

Die Elbe und ihr Einzugsgebiet

Ein geographisch-hydrologischer und wasserwirtschaftlicher Überblick



Internationale Kommission zum Schutz der Elbe
Mezinárodní komise pro ochranu Labe

Die Elbe und ihr Einzugsgebiet

Ein geographisch-hydrologischer und wasserwirtschaftlicher Überblick



Internationale Kommission zum Schutz der Elbe

2005

Autorengruppe:

Leitung: Manfred Simon (Sekretariat der IKSE, Magdeburg)

Mitglieder: Veronika Bekele (Sekretariat der IKSE, Magdeburg)
 Bohuslava Kulasová (Tschechisches Hydrometeorologisches Institut, Prag)
 Christian Maul (im Auftrage der Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz)
 Reinhard Oppermann (Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz)
 Pavel Řehák (Povodí Labe, Hradec Králové)

Textliche Gestaltung und Übersetzung:

Veronika Bekele (Sekretariat der IKSE, Magdeburg)
 Ines Hallmann (Sekretariat der IKSE, Magdeburg)
 Petr Kuřik (Sekretariat der IKSE, Magdeburg)
 Merit Lühr (Sekretariat der IKSE, Magdeburg)
 Marie Matulíková (Sekretariat der IKSE, Magdeburg)

Kartographische Gestaltung:

Abbildungen: 1-1, 2.1-1, 2.1-3, 2.2-1, 2.3-1, 3.3-4, 4-1, 4.1-1, 4.1-2, 4.2-1, 4.2-2, 4.3-1, 4.3-2, 4.3-5, 4.4-1, 4.4-2, 4.5-1, 4.5-2, 4.6-1, 4.6-2, 4.7-1, 4.7-2, 4.8-1, 4.8-2, 4.9-1, 4.9-3, 4.10-1, 4.10-2, 4.11-1, 4.11-2, 5.6-1
 Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz (R. Busskamp, F. Loy, I. Schnatz)
 Tschechisches Hydrometeorologisches Institut, Prag (I. Popelík, P. Šercl, S. Varga)
 Internationale Kommission zum Schutz der Elbe (P. Kuřik, M. Simon)

Abbildungen: 4.4-17, 4.6-5, 4.6-6, 4.6-16, 4.6-21, 4.7-19, 4.7-23
 Landestalsperrenverwaltung des Freistaates Sachsen (E. Leske)

Abbildungen: 4.7-28, 4.8-12, 4.8-39
 Landesbetrieb für Hochwasserschutz und Wasserwirtschaft Sachsen-Anhalt
 (C. Lüdemann)

Abbildungen: 3.1-5, 3.1-20, 4.11-4, 5.1-11
 Wassergütestelle Elbe (M. Bergemann, U. Ehrhorn)

Abbildungen: 3.1-21, 3.3-2, 3.3-5, 3.3-6, 4.1-3, 4.2-3, 4.3-3, 4.4-3, 4.5-3, 4.6-3, 4.7-3, 4.8-3, 4.9-2, 4.9-4, 4.10-3, 4.11-3, 4.11-5, 5.2-3, 5.3-4, 5.3-5, 5.6-2, 5.7-1, 5.7-2, 5.7-3
 Internationale Kommission zum Schutz der Elbe – Sekretariat
 (I. Hallmann, P. Kuřik, M. Lühr, M. Simon) und C. Maul

Abbildungen: 3.3-10, 3.3-13, 3.3-14, 4.2-11, 4.2-30
 Povodí Vltavy, s. p.

Abbildungen: 4.1-16, 4.1-21
 Povodí Labe, s. p.

Abbildungen: 4.8-18, 4.9-6, 4.10-10
 Auf der Grundlage der Längsschnitte der Wasser- und Schifffahrtsdirektion
 Ost in Zusammenarbeit mit den Wasser- und Schifffahrtsämtern Eberswalde,
 Brandenburg, Magdeburg und Lauenburg

Bildautoren: siehe Angaben bei den einzelnen Bildern

Layout: Merit Lühr (Sekretariat der IKSE, Magdeburg)

Titelblatt:

Bildautor: Manfred Simon
 Layout: Ruge Kommunikationsmarketing
 Kometenweg 69
 D-39118 Magdeburg

Herausgeber: Internationale Kommission zum Schutz der Elbe (IKSE)
 Postfach 1647/1648
 D-39006 Magdeburg

Druck: Druckerei Schlüter GmbH & Co. KG
 Grundweg 77
 D-39218 Schönebeck (Elbe)

Auflage: 2 500 deutsche Exemplare
 1 000 tschechische Exemplare

Redaktionsschluss: 11.08.2005

Reproduktion, Nachdruck oder Veröffentlichung, auch auszugsweise, ist nur mit besonderer Genehmigung des Herausgebers gestattet.

Diese Publikation wurde auf Papier aus 100 % chlorfrei gebleichtem Zellstoff gedruckt.



Vorwort	3	4.1.4 Die Jizera	54
1 Einleitung	4	4.1.5 Die Elbe von der Quelle der Jizera bis zur Mündung der Moldau	55
2 Kurzcharakteristik der Elbe und ihres Einzugsgebiets.....	5	4.1.6 Das System der Wehranlagen und Stautufen in der Oberen Elbe	56
2.1 Hydrographische Verhältnisse	5	4.2 Die Moldau.....	59
2.2 Einzugsgebietsflächen in den vier Staaten.....	9	4.2.1 Die Moldau von der Quelle bis zur Mündung der Berounka	63
2.3 Natürliche Verhältnisse	11	4.2.2 Die Lainsitz/Lužnice.....	67
2.3.1 Klima.....	11	4.2.3 Die Otava.....	69
2.3.2 Geländehöhe und Relief.....	15	4.2.4 Die Sázava	70
2.3.3 Boden und Vegetation	16	4.2.5 Die Berounka	71
2.4 Bevölkerung	16	4.2.6 Die Moldau von der Mündung der Berounka bis zur Mündung in die Elbe	72
3 Auswirkungen anthropogener Maßnahmen auf die Abflussverhältnisse	17	4.3 Die Eger/Ohře.....	75
3.1 Deichbau.....	18	4.3.1 Die Eger von der Quelle bis zur Talsperre Skalka	78
3.1.1 Deichbau und Sturmflutsperrwerke an der Unteren Elbe	18	4.3.2 Die Eger von der Talsperre Skalka bis zur Talsperre Nechanice.....	80
3.1.2 Deichbau und Absperrbauwerke an der Mittleren Elbe	22	4.3.3 Nordböhmisches Braunkohlen- und Industriegebiet.....	82
3.1.3 Deichbau an der Oberen Elbe	25	4.3.4 Die Eger von der Talsperre Nechanice bis zur Mündung	85
3.1.4 Auswirkungen des Deichbaus auf die Abflussverhältnisse.....	26	4.4 Die Elbe von der Mündung der Moldau bis zur Mündung der Schwarzen Elster	86
3.2 Veränderung der Elbelänge	29	4.4.1 Die Elbe von der Mündung der Moldau bis zur tschechisch-deutschen Grenze	89
3.2.1 Wasserlaufverkürzungen	29	4.4.2 Die Elbe von der tschechisch-deutschen Grenze bis zur Mündung der Schwarzen Elster	92
3.2.2 Schifffahrtskarten und Elbekilometrierung	30	4.4.3 Uferfiltratfassungen entlang der Elbe	96
3.2.3 Heutige Länge der Elbe	31	4.4.4 Flussregelung und Sohlenerosion	98
3.3 Talsperrenbau	32	4.5 Die Schwarze Elster.....	100
3.3.1 Talsperrenbau im Einzugsgebiet der Elbe	34	4.5.1 Die Schwarze Elster von der Quelle bis zur Mündung in die Elbe.....	103
3.3.2 Auswirkungen des Talsperrenbaus auf die Abflussverhältnisse	37	4.5.2 Braunkohlengebiete im Flussgebiet der Schwarzen Elster	105
4 Geographisch-hydrologischer und wasserwirtschaftlicher Überblick des Einzugsgebiets der Elbe	45	4.6 Die Mulde.....	107
4.1 Die Elbe von der Quelle bis zur Mündung der Moldau.....	46	4.6.1 Die Freiburger Mulde	110
4.1.1 Die Elbe von der Quelle bis zur Mündung der Orlice.....	50	4.6.2 Die Zwickauer Mulde	115
4.1.2 Die Orlice	52	4.6.3 Die Vereinigte Mulde.....	118
4.1.3 Die Elbe von der Mündung der Orlice bis zur Mündung der Jizera	53	4.7 Die Saale.....	121
		4.7.1 Die Saale von der Quelle bis zum Saale-Talsperrensystem	126
		4.7.2 Das Saale-Talsperrensystem	126
		4.7.3 Vom Saale-Talsperrensystem bis zur Unstrutmündung.....	128
		4.7.4 Die Unstrut.....	130



4.7.5	Die Saale von der Unstrutmündung bis zur Mündung der Weißen Elster	132
4.7.6	Die Weiße Elster	133
4.7.7	Die Bode	135
4.7.8	Braunkohlegebiete in Mitteldeutschland	138
4.7.9	Die Saale von der Mündung der Weißen Elster bis zur Mündung in die Elbe	141
4.8	Die Elbe von der Mündung der Schwarzen Elster bis zur Mündung der Havel	144
4.8.1	Die Elbe von der Mündung der Schwarzen Elster bis zum Wasserstraßenkreuz Magdeburg	147
4.8.2	Mittellandkanal und Wasserstraßenkreuz Magdeburg	152
4.8.3	Die Ohre und die Trinkwasserversorgung von Magdeburg	156
4.8.4	Die Elbe von der Mündung der Ohre bis zur Mündung der Havel	157
4.9	Die Havel	158
4.9.1	Die Havel von der Quelle bis zur Mündung der Spree	162
4.9.2	Die Spree	165
4.9.3	Braunkohlegebiete in der Lausitz	170
4.9.4	Die Havel von der Mündung der Spree bis zur Mündung in die Elbe	175
4.10	Die Elbe von der Mündung der Havel bis zum Wehr Geesthacht	179
4.10.1	Die Elbe von der Mündung der Havel bis zur Mündung der Müritz-Elde-Wasserstraße	182
4.10.2	Die Elde und die Müritz-Elde-Wasserstraße	184
4.10.3	Die Elbe von der Mündung der Müritz-Elde-Wasserstraße bis zum Wehr Geesthacht	188
4.11	Die Elbe vom Wehr Geesthacht bis zur Mündung in die Nordsee	191
4.11.1	Die Untere Elbe und ihre wichtigsten Nebenflüsse	196
4.11.2	Der Nord-Ostsee-Kanal	200
5	Hydrologische Gesamtbetrachtungen des Einzugsgebiets der Elbe	202
5.1	Geschichte der hydrologischen Beobachtungen	202
5.1.1	Wasserstandsbeobachtungen	202
5.1.2	Abflussermittlung	206
5.1.3	Hydrologische Jahrbücher	208
5.2	Gefälle, Fließgeschwindigkeiten und Fließzeiten der Elbe	209
5.2.1	Gefälle	209

5.2.2	Fließgeschwindigkeiten	212
5.2.3	Fließzeiten	214
5.3	Eisverhältnisse der Elbe	216
5.3.1	Eisverhältnisse von der Elbequelle bis zur Staustufe Střekov	216
5.3.2	Eisverhältnisse von der Staustufe Střekov bis zum Wehr Geesthacht	217
5.3.3	Eisverhältnisse in der Tideelbe	220
5.3.4	Gefährdung durch Eis	221
5.4	Hochwasser	225
5.4.1	Hochwasserregime der Elbe	226
5.4.2	Historische Hochwasser	230
5.4.3	Hochwasserwahrscheinlichkeit	232
5.4.4	Hochwasservorhersage	233
5.5	Niedrigwasser	235
5.5.1	Auftreten und Folgen	235
5.5.2	Langfristige Aspekte von Niedrigwasserereignissen im Elbegebiet	236
5.5.3	Niedrigwasserwahrscheinlichkeiten	237
5.5.4	Das Niedrigwasser-Extrem von 2003 im Elbegebiet	238
5.6	Hydrologische Vergleichsbetrachtungen im Einzugsgebiet der Elbe	240
5.6.1	Vergleichsbetrachtungen im Elbeeinzugsgebiet	240
5.6.2	Hydrologische Gesamtbetrachtung des Elbestroms	242
5.7	Die Elbe und ihr Einzugsgebiet im Vergleich zu anderen europäischen Flüssen	246
5.7.1	Abflussverhältnisse an Pegeln mitteleuropäischer Flüsse mit annähernd gleich großen Einzugsgebieten	246
5.7.2	Vergleich der Abflussverhältnisse in 19 Flüssen Europas	250
6	Schlussbetrachtungen	252
Literaturverzeichnis		255



*Das Wasser ist zum Lebenssaft
dieser trockenen Erde bestimmt.
(Leonardo da Vinci)*

Flüsse trennen die Menschen an einem Ufer von den Menschen am anderen Ufer. Zugleich verbinden sie die Menschen am Oberlauf mit denen, die am Unterlauf leben. Flüsse ermöglichen Leben und können zugleich äußerst zerstörerisch wirken. Mit dieser Doppelseitigkeit der Gewässer haben wir umzugehen gelernt. Der Mensch hat Brücken von einem zum anderen Ufer gebaut, um das Trennende zu überwinden. Er hat Deiche errichtet, um der zerstörerischen Kraft des Wassers Einhalt zu gebieten. Große Städte und Wirtschaftszentren sind stets an den Ufern von Flüssen entstanden. Insgesamt also überwiegt das Verbindende der Flüsse.

Flüsse bilden ein wesentliches Element des Landschaftsbildes und erfüllen vielfältige Aufgaben. Neben der natürlichen Entwässerung des Einzugsgebiets dienen sie der Trinkwasserversorgung der Bevölkerung, der Brauchwasserversorgung für Industrie und Landwirtschaft, der Ableitung von gereinigtem Abwasser, der Binnenschifffahrt, der Wasserkraftnutzung, der Fischerei, der Erholung und dem Sport.

Flüsse erregen in der Öffentlichkeit vorwiegend durch ihre Extremereignisse besonderes Aufsehen. Große Hochwasserereignisse werden genauso interessiert verfolgt wie lang anhaltende Trockenperioden und Eisverhältnisse.

Die Elbe ist einer der bedeutendsten Flüsse Mitteleuropas, deren Einzugsgebiet ebenso wie das anderer Flussgebiete durch menschliche Eingriffe geprägt ist. Urkundlich belegt seit mehr als 1000 Jahren sind der Deichbau, Wasserlaufverkürzungen, Flussbegradigungen und der Bau von Wehren. Aus jüngerer Zeit sind besonders der Bau von Talsperren, die Errichtung von Staustufen für die Schifffahrt sowie Fernwasserüberleitungen zu nennen.

Eine im Oktober 1995 durch die Internationale Kommission zum Schutz der Elbe (IKSE) veröffentlichte Broschüre „Die Elbe und ihr Einzugsgebiet“ mit Daten und Informationen über das Flussgebiet Elbe war innerhalb kurzer Zeit vergriffen. Das zeigt das große Interesse an solchen Publikationen. Deshalb hat die Arbeitsgruppe „Hydrologie“ der IKSE aus Anlass des

15. Jahrestages der Gründung der IKSE im Oktober 2005 die Publikation über die Elbe und ihr Einzugsgebiet verfasst. In ihr werden neben einem geographisch-hydrologischen und wasserwirtschaftlichen Überblick auch die anthropogenen Eingriffe in den Wasser- und Naturhaushalt beschrieben. Breiten Raum nimmt die Darstellung der einzelnen Flussabschnitte der Elbe sowie der großen Elbenebenflüsse ein.

Dank gilt den Fachleuten aus vielen Behörden, Institutionen und Unternehmen der Tschechischen Republik und aus Deutschland sowie den Mitarbeitern des Sekretariats der IKSE, die zum Gelingen dieser Publikation beigetragen haben. Besonderer Dank gilt dabei der Autorengruppe unter Leitung von Herrn Manfred Simon.

Möge diese Publikation in der breiten Öffentlichkeit Interesse finden und viele Fragen zur Elbe und ihrem Einzugsgebiet beantworten.

1 Einleitung

*Das Prinzip aller Dinge ist das Wasser,
aus Wasser ist alles,
und ins Wasser kehrt alles zurück.
(Thales von Milet)*

Die Elbe ist mit einer Länge von 1 094 km von der Quelle im Riesengebirge bis zur Mündung in die Nordsee bei Cuxhaven und einem Einzugsgebiet von 148 268 km² nach Donau (817 000 km²), Weichsel (194 112 km²) und Rhein (183 800 km²) das viertgrößte Flussgebiet Mitteleuropas (Abb. 1-1). Es befindet sich auf der Fläche der vier Staaten Deutschland, Tschechische Republik, Österreich und Polen.

Mit der am 8. Oktober 1990 in Magdeburg unterzeichneten „Vereinbarung über die Internationale Kommission zum Schutz der Elbe“ wurden die Grundlagen geschaffen, um grenzüberschreitende Aufgaben im Einzugsgebiet der Elbe gemeinsam zu lösen. Als Hauptziele wurden vereinbart:

- die Nutzungen, vor allem die Gewinnung von Trinkwasser aus Uferfiltrat und die landwirtschaftliche Verwendung des Wassers und der Sedimente, zu ermöglichen,
- ein möglichst naturnahes Ökosystem mit einer entsprechenden Artenvielfalt zu erreichen und
- die Belastung der Nordsee aus dem Elbeeinzugsgebiet nachhaltig zu verringern.

Darüber hinaus wurde festgelegt, dass sich die IKSE auch detailliert mit der quantitativen Seite des Gewässerschutzes und den hydrologischen Verhältnissen im Einzugsgebiet der Elbe befassen soll. Dafür wurde im Jahre 1993 die Arbeitsgruppe „Hydrologie“ gebildet.

Die in dieser Arbeitsgruppe seither entwickelte vertrauensvolle Zusammenarbeit hat zu wertvollen Ergebnissen auf hydrologischem Gebiet geführt, die Eingang in die vorliegende Publikation gefunden haben.

Zugleich stellen die flussgebietsbezogenen Untersuchungen der Gruppe Hydrologie eine geeignete Grundlage zur Erfüllung der anspruchsvollen Ziele der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie dar. Nach dieser Richtlinie 2000/60/EG,

die am 22. Dezember 2000 in Kraft getreten ist, wird die Aufstellung von Wasserbewirtschaftungsplänen verlangt, und zwar nicht innerhalb staatlicher Grenzen, sondern nach großen Flussgebietseinheiten, wozu die internationale Flussgebietseinheit Elbe zählt.

Die Autoren hoffen, dass diese Publikation sowohl in Fachkreisen, als auch in der breiten Öffentlichkeit Interesse findet und dazu beiträgt, die Elbe und ihre Nebenflüsse zu schützen und umweltgerecht zu nutzen sowie die noch vorhandenen naturnahen Gewässerlandschaften an der Elbe und in ihrem Einzugsgebiet zu erhalten.



Abb. 1-1: Bedeutende Flussgebiete Europas

2.1 Hydrographische Verhältnisse

Die **Elbe** entspringt im Riesengebirge in einer Höhe von 1 386,3 m ü. NN. Auf ihrem 261 km langen Weg bis zur Mündung der Moldau nimmt sie die **Orlice**, die **Jizera** und einige kleine Nebenflüsse auf (Abb. 2.1-1 und 2.1-3). Charakteristisch sind enge, durch Felsen und steile Terrassen geprägte Talabschnitte im Oberlauf und verhältnismäßig breite Niederungen im Böhmischem Becken. Vor der Moldaumündung ist das Einzugsgebiet der Elbe 13 714 km² groß, wovon 239 km² in Polen liegen. Der mittlere Abfluss beträgt dort 101 m³/s.

Der größte Nebenfluss der Elbe ist die **Moldau**. An ihrer Mündung beträgt der mittlere Abfluss 154 m³/s und ist damit im Vergleich zur Elbe um mehr als die Hälfte höher. Ihr Einzugsgebiet von 28 090 km² ist mehr als doppelt so groß als das der Elbe beim Zusammenfluss. Sie entwässert mit ihren Nebenflüssen **Lužnice**, **Otava**, **Sázava** und **Berounka** große Teile des Böhmerwaldes, des Oberpfälzer Waldes, der Böhmischem-Mährischen Höhe und des Mittelböhmischem Waldgebirges. 921 km² liegen in Österreich und 122 km² in Deutschland.

Von der Moldaumündung bis zur Mündung der Eger vergrößern sich das Einzugsgebiet bei 45 km Elbelänge auf 42 690 km² und der mittlere Abfluss auf 258 m³/s. Die **Eger** entwässert Teile des Fichtelgebirges und des Erzgebirges. Ihr mittlerer Abfluss beträgt ca. 38 m³/s. Von ihrem 5 614 km² großen Einzugsgebiet befinden sich 1 003 km² in Deutschland.

Auf dem fast 65 km langen Flussabschnitt bis zur tschechisch-deutschen Grenze durchfließt die Elbe die Durchbruchtäler des Böhmischem Mittelgebirges und des Elbsandsteingebirges. An der Staatsgrenze betragen das Einzugsgebiet 51 394 km² und der mittlere Abfluss 311 m³/s.

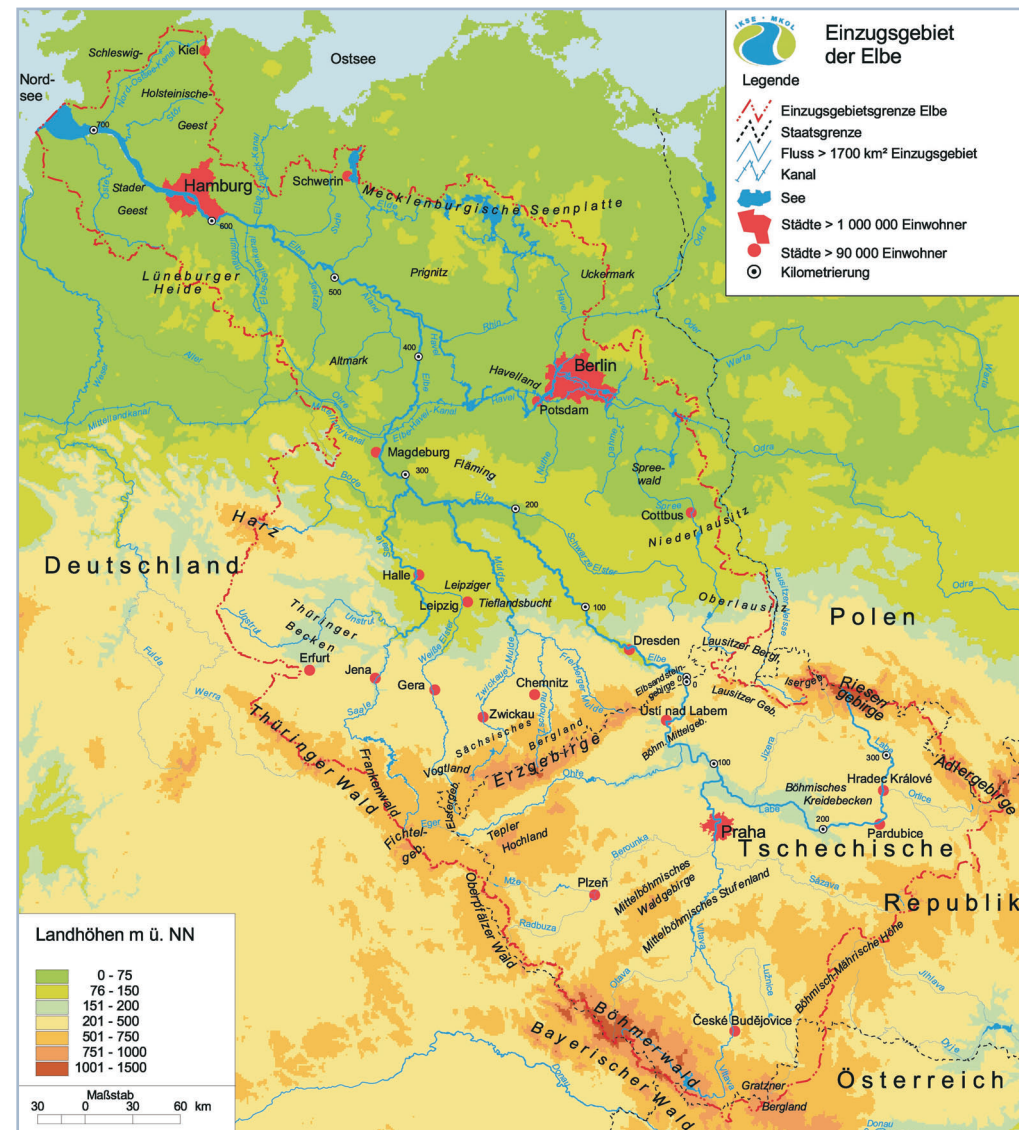


Abb. 2.1-1: Topographische Übersichtskarte des Einzugsgebiets der Elbe

Auf deutscher Seite fließt die Elbe zunächst noch durch das Elbsandsteingebirge, durchquert dann die Dresdner Elbtalweitung und tritt nördlich von Meißen in das Norddeutsche Tiefland ein. Bis zum Schloss Hirschstein (Abb. 2.1-2) am Elbe-km 96,0 vergrößert sich das Elbegebiet nur auf 54 170 km². Auch der mittlere Abfluss erhöht sich nur unwesentlich auf ca. 330 m³/s. Am Schloss Hirschstein endet das von der IKSE nach geomorphologischen Kriterien festgelegte Gebiet der **Oberen Elbe**.

Der erste, etwa 103 km lange Abschnitt der **Mittleren Elbe** reicht bis zur Mündung der Schwarzen Elster. Auch auf diesem Flussabschnitt vergrößert sich das Einzugsgebiet wegen des Fehlens größerer Nebenflüsse nur geringfügig auf 55 866 km².

Die **Schwarze Elster** mit einem Einzugsgebiet von 5 705 km² entwässert Teile des Lausitzer Hügellandes, zum überwiegen- den Teil aber das Lausitzer Urstromtal. Ihr mittlerer Abfluss beträgt ca. 21 m³/s. Der nächste Abschnitt bis zur Mündung der Mulde ist 60 km lang. Das Einzugsgebiet be- trägt dort 62 626 km².

Die **Mulde** mit einem Einzugsgebiet von 7 400 km² entwässert mit ih- ren Quellflüssen **Freiberger Mulde** und **Zwickauer Mulde** wesent- liche Teile des Erzgebirges so- wie des Sächsischen Hügellandes. Quellgebiete mit einer Fläche von ins- gesamt 388 km² befinden sich auf tschechischem Gebiet.

Der mittlere Abfluss der Mulde mit ca. 67 m³/s erhöht den Abfluss der Elbe auf ca. 430 m³/s.

Auf dem nur etwa 31 km langen Abschnitt von der Mündung der Mulde bis zur Mündung der Saale er- reicht die Elbe ein Einzugsgebiet von

70 167 km². Die **Saale** ist mit 24 079 km² der zweitgröß- te Nebenfluss der Elbe. Sie entwässert mit **Unstrut, Weißer Elster** und **Bode** Teile des Elster- und des Fichtelgebirges, des Thüringer Waldes und des Harzes sowie das Thüringer Becken.

Kleine Nebenflüsse der Oberen Saale und der Quellbereich der Weißen Elster befinden sich mit einer Fläche von 100 km² auf tschechischem Gebiet. Mit einem mittleren Abfluss von 117 m³/s trägt die Saale zu einer deutlichen Erhöhung des mittleren Elbeabflusses bei.

Auf dem etwa 147 km langen Abschnitt von der Saalemündung bis zur Mündung der Havel fließt die Elbe größtenteils in einer breiten Niederung und ihr Einzugsgebiet erreicht eine Größe von 98 324 km².

Die **Havel** ist ein typischer Tieflandfluss. Ihr Quellgebiet be- findet sich im Bereich der Mecklenburgischen Seenplatte.



Abb. 2.1-2: Schloss Hirschstein nordwestlich von Meißen, Grenze zwischen Oberer und Mittlerer Elbe

Nebenflüsse der Elbe über 2 000 km² Einzugsgebiet

Moldau / Vltava	-	28 090,0 km ²
Saale	-	24 079,1 km ²
Havel	-	23 858,0 km ²
Mulde	-	7 400,3 km ²
Schwarze Elster	-	5 704,9 km ²
Eger / Ohře	-	5 613,7 km ²
Elde und Müritz-Elde-Wasserstraße	-	2 989,7 km ²
Ilmenau	-	2 852,0 km ²
Sude	-	2 253,4 km ²
Jizera	-	2 193,4 km ²
Orlice	-	2 036,9 km ²

Mit 23 858 km² ist die Havel das drittgrößte Flussgebiet im Einzugsgebiet der Elbe. Ihr mittlerer Abfluss entspricht mit 114 m³/s fast dem der Saale. Ihr größter Nebenfluss ist die **Spree**, die durch die Ober- und Niederlausitz fließt und in Berlin-Spandau in die Havel mündet. Das Einzugsgebiet der Spree ist mit 9 858 km² fast dreimal so groß wie das der Havel beim Zusammenfluss, das dort nur 3 399 km² beträgt. Quellbereiche der Spree mit einer Fläche von 70 km² befin- den sich auf tschechischem Gebiet.

Von der Havelmündung bis zum Wehr Geesthacht (Abb. 2.1-4) bei Elbe-km 585,9 vergrößert sich bei fast 148 km Elbelänge das Einzugsgebiet auf 135 013 km². Auf dieser Strecke münden mehrere Flachlandflüsse wie **Aland, Müritz-Elde-**

Flüsse mit einer Länge über 200 km

Saale	-	433,9 km
Moldau / Vltava	-	430,3 km
Spree	-	375,3 km
Havel	-	333,7 km
Mulde (mit Zwickauer Mulde)	-	313,7 km
Eger / Ohře	-	304,6 km
Weißer Elster	-	247,1 km
Berounka (mit Mže)	-	246,2 km
Sázava	-	224,6 km
Elde und Müritz-Elde-Wasserstraße	-	206,9 km



Abb. 2.1-3: Einzugsgebiete bedeutender Nebenflüsse der Elbe

Wasserstraße, Jeetzel und Sude. Am Wehr Geesthacht, das die Grenze zwischen Mittlerer und Unterer Elbe bildet, endet die frei fließende Elbe. Am Pegel Neu Darchau, ca. 50 km oberhalb des Wehres Geesthacht, beträgt der mittlere Abfluss 711 m³/s.

Die **Untere Elbe** ist bis zur Mündung in die Nordsee 141,8 km lang. Ihr Einzugsgebiet beträgt 13 255 km². Das Abflussverhalten wird durch Ebbe und Flut geprägt. Deshalb wird die Untere Elbe auch Tideelbe genannt.

Wichtigster Nebenfluss der Unteren Elbe ist die **Ilmenau**. Auch der **Nord-Ostsee-Kanal**, in den mehrere kleine Flüsse münden, gehört zum Einzugsgebiet der Elbe, das dadurch fast bis an die Ostsee bei Kiel reicht.

An der Seegrenze bei Cuxhaven-Kugelbake/Friedrichskoog-Spitze am Elbe-km 727,7 mündet die Elbe mit einem Einzugsgebiet von 148 268 km² und einer Flusslänge von 1 094,3 km in die Nordsee.

Weitere Flüsse im Einzugsgebiet der Elbe mit einer Fläche über 2 000 km²

Spree	-	9 858,0 km²
Berounka	-	8 855,1 km²
Unstrut	-	6 342,7 km²
Weißer Elster	-	5 154,0 km²
Sázava	-	4 349,2 km²
Lainsitz / Lužnice	-	4 226,2 km²
Otava	-	3 839,1 km²
Bode	-	3 297,4 km²
Freiberger Mulde	-	2 984,6 km²
Zwickauer Mulde	-	2 360,5 km²
Radbuza	-	2 179,4 km²
Dahme	-	2 101,6 km²

Die Vergrößerung der Fläche und des mittleren Abflusses im Einzugsgebiet der Elbe sowie deren Einteilung in Obere, Mittlere und Untere Elbe sind aus den *Tabellen 2.1-1* und *2.1-2* ersichtlich. Die angegebenen mittleren Abflüsse sind berechnet.

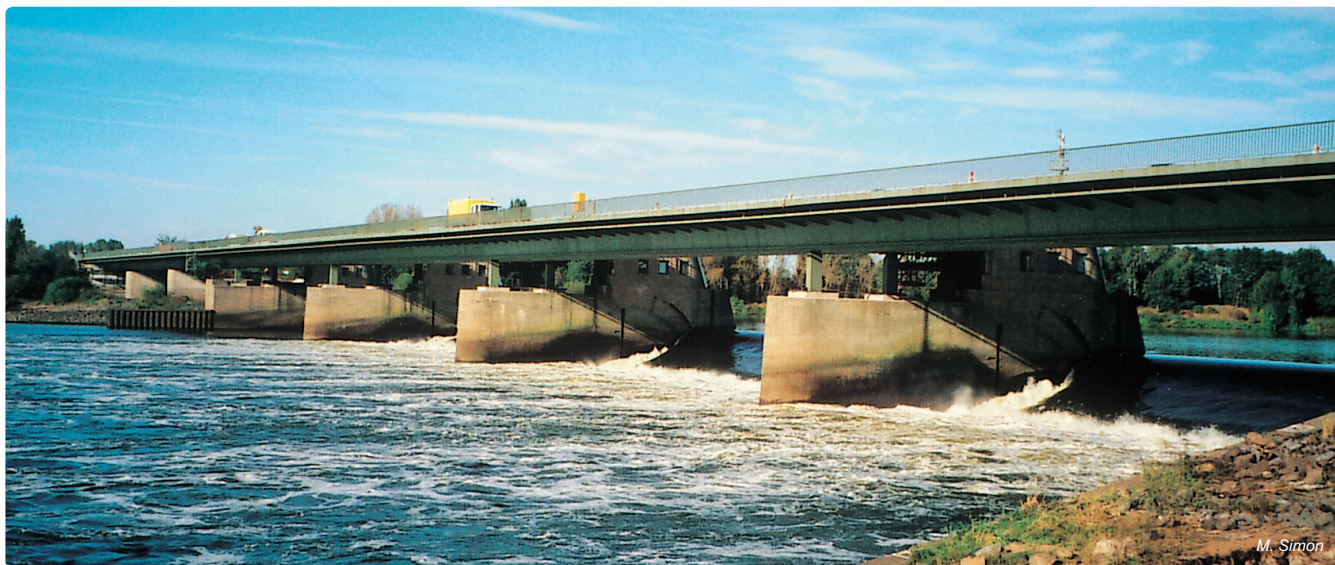


Abb. 2.1-4: Das Wehr Geesthacht, Grenze zwischen Mittlerer und Unterer Elbe

Tab. 2.1-1: Vergrößerung des Einzugsgebiets und des mittleren Abflusses der Elbe von der Quelle bis zur Mündung

Abschnitt der Elbe	Haupt- nebenfluss der Elbe	Einzugsgebiet [km ²]		Mittlerer Abfluss [m ³ /s]	
		Elbe	Hauptnebenfluss an der Mündung	Elbe	Hauptnebenfluss an der Mündung
Elbe bis Moldaumündung		13 714		101	
	Moldau/Vltava		28 090		154
Elbe bis Egermündung		42 690		258	
	Eger/Ohře		5 614		38
Elbe an der tschechisch-deutschen Staatsgrenze		51 394		311	
Schloss Hirschstein (Grenze Obere/Mittlere Elbe)		54 170		330	
Elbe bis Mündung der Schwarzen Elster		55 866		338	
	Schwarze Elster		5 705		21
Elbe bis Muldemündung		62 626		363	
	Mulde		7 400		67
Elbe bis Saalemündung		70 167		432	
	Saale		24 079		117
Elbe bis Havelmündung		98 324		560	
	Havel		23 858		114
Elbe Wehr Geesthacht (Grenze Mittlere/Untere Elbe)		135 013		728	
Elbemündung		148 268		861	

Tab. 2.1-2: Einteilung der Elbe

Einteilung der Elbe	Elbeabschnitte	Elbelänge ¹⁾ [km]	Einzugsgebiet [km ²]
Obere Elbe	Elbequelle bis Schloss Hirschstein	463	54 170
Mittlere Elbe	Schloss Hirschstein bis Wehr Geesthacht	489	80 843
Untere Elbe	Wehr Geesthacht bis Mündung in die Nordsee (Seegrenze)	142	13 255
Elbe gesamt	Elbequelle bis Mündung in die Nordsee	1 094	148 268

1) zur Elbelänge siehe auch Kapitel 3.2

Die in dieser Publikation aufgeführten Einzugsgebietsflächen entsprechen den im Jahre 2003 gültigen Flächenverzeichnissen der Tschechischen Republik, Österreichs und der Bundesländer Deutschlands. Eine Neubearbeitung der Einzugsgebiete mit Gewässernetzüberprüfung und Erstellung neuer Flächenverzeichnisse wird derzeit durchgeführt. Mit dem Abschluss der Arbeiten ist aber erst ab 2006 zu rechnen.

Eine Ausnahme bildet das Flussgebiet der Havel. Wegen der Zuordnung von bisherigen Teileinzugsgebieten der Havel zum Einzugsgebiet der Oder (siehe Kapitel 4.9) und abgeschlossener Digitalisierung der Flächen wurden die ab Januar 2004 gültigen Einzugsgebietsflächen für Flüsse und Pegel genutzt.

Nach der Vorlage von neuen und bestätigten Flächenverzeichnissen für das gesamte Flussgebiet der Elbe sind die Einzugsgebietsflächen der Flüsse und Pegel ggf. zu korrigieren und die Einzugsgebietsflächen in Längsschnitten wie z. B. in *Tabelle 2.1-1* zu präzisieren. Auch eine Änderung der Einzugsgebietsgröße der Elbe an ihrer Mündung in die Nordsee (148 268 km²) ist nicht ausgeschlossen.



Abb. 2.2-1: Lage der Staaten und der Bundesländer Deutschlands im Einzugsgebiet der Elbe

Tab. 2.2-2: Flächenanteile der deutschen Bundesländer im Einzugsgebiet der Elbe

Bundesland	Gesamtfläche ¹⁾ [km ²]	Anteil der Flächen der Bundesländer im Einzugsgebiet der Elbe	
		[km ²]	[%]
Bayern	70 549,2	1 977,0	2,8
Berlin	891,8	891,8	100,0
Brandenburg	29 477,2	23 567,8	80,0
Hamburg	755,2	755,2	100,0
Mecklenburg-Vorpommern	23 174,2	6 130,0	26,5
Niedersachsen	47 618,2	9 252,8	19,4
Sachsen	18 413,9	17 632,0	95,8
Sachsen-Anhalt	20 445,3	19 746,0	96,6
Schleswig-Holstein	15 763,2	6 204,0	39,4
Thüringen	16 172,1	10 512,0	65,0
Summe	243 260,3	96 668,6 ²⁾	39,7

- 1) Angaben der Statistischen Ämter des Bundes und der Länder zum 31.12.2003
 2) Die Differenz von 506 km² zwischen der Summe der Flächen der zehn Bundesländer im Elbeeinzugsgebiet (96 669 km²) und der Fläche des Elbegebiets in Deutschland gemäß Tabelle 2.2-1 (97 175 km²) wird erst nach Abschluss der digitalen Bearbeitung der topographischen Karten durch die Bundesländer geklärt werden können. (siehe auch letzten Absatz im Kapitel 2.1)



Abb. 2.2-3: Elbe mit Mündung der Kamenice im Bereich der tschechisch-deutschen Grenze bei Hřensko/Schöna

2.3 Natürliche Verhältnisse

Des Menschen Seele gleicht dem Wasser:
Vom Himmel kommt es, zum Himmel steigt es,
Und wieder nieder zur Erde muss es,
Ewig wechselnd.
(Johann Wolfgang von Goethe)

Die Abflussverhältnisse in einem Flussgebiet sind von vielen natürlichen Faktoren abhängig, von denen Klima, Geländehöhe und Relief sowie Boden und Vegetation die wichtigsten sind.

2.3.1 Klima

Das Einzugsgebiet der Elbe gehört zur gemäßigten Klimazone und liegt im Übergangsbereich vom mehr maritim zum mehr kontinental geprägten Klima. Kontinentaler Einfluss kommt in verhältnismäßig geringen Niederschlagshöhen und großen Temperaturunterschieden zwischen Winter und Sommer zum Ausdruck. Das trifft für den größten Teil des Elbeinzugsgebiets zu, wobei mit ansteigender Geländehöhe in den Mittelgebirgen die Niederschlagshöhen zunehmen.

Ein mehr ausgeglichener Temperaturverlauf und für das Tiefland relativ große Niederschlagshöhen – Merkmale maritimen Klimas – kennzeichnen den Bereich der Unteren Elbe.

Charakteristisch für dieses Übergangsklima ist das Abflussregime des Regen-Schnee-Typs. Ein Teil der Winterniederschläge fällt als Schnee, der in den Mittelgebirgen meist erst im Frühjahr abtaut (siehe Kapitel 2.3.2) und im langjährigen Durchschnitt allgemein zum Abflussmaximum in den Monaten März und April führt. Schneeschmelze allein löst aber keine bedeutenden Hochwasser aus. Häufig jedoch wird das Abtauen der Schneedecke von Regen begleitet und verstärkt, so dass große Hochwasser sowohl in den Gebirgsflüssen als auch in den Nebenflüssen der Elbe und in der Elbe selbst eintreten können.

Die **Lufttemperatur** beträgt im Jahresmittel im Flachland 8 bis 9 °C und in den Gipfellagen der Mittelgebirge 1 bis 3 °C. Die Extremwerte sind im tschechischen Elbegebiet mit +40,2 °C

am 27.07.1983 in Prag und mit -42,2 °C am 11.02.1929 in Litvínovice bei České Budějovice (Einzugsgebiet der oberen Moldau) gemessen worden. Im deutschen Elbegebiet wurden +39,2 °C am 09.08.1992 in Lützen (Einzugsgebiet der Spree) und -28,9 °C am 24.02.1956 in Gardelegen (Einzugsgebiet des Alands) registriert.

Die jährliche Anzahl der Frost- und Eistage nimmt mit wachsender Entfernung vom Meer und größerer Höhenlage zu. Im langjährigen Durchschnitt beträgt die Anzahl der Frosttage (niedrigste Lufttemperatur im Verlauf eines Tages unter 0 °C) im Flachland 50 bis 100, in den Mittelgebirgen 100 bis 140 und auf den Gipfeln bis 175. Die mittlere Anzahl der Eistage (Tageshöchsttemperatur unter 0 °C) beträgt im Flachland 15 bis 30, im Mittelgebirge 30 bis 70 und auf den Gipfeln bis 100. Die Anzahl der Sommertage (Tageshöchsttemperatur über 25 °C) beträgt im langjährigen Durchschnitt im Flachland 15 bis 50, im höheren Bergland 5 bis 20.

Die mittlere jährliche **Niederschlagshöhe** für das gesamte Elbegebiet beträgt durchschnittlich 628 mm, darunter für das tschechische Elbegebiet 666 mm. Wie *Abbildung 2.3-1* zeigt, ist die Niederschlagshöhe in den einzelnen Regionen aber sehr unterschiedlich. Auf etwa einem Drittel des Einzugsgebiets der Elbe beträgt sie unter 550 mm. Das betrifft vor allem Teile der Einzugsgebiete von Moldau, Eger, Saale und Havel. Besonders wenig Niederschlag fällt in solchen Bereichen, die bei zyklonalen West- und Nordwestwetterlagen

im Regenschatten von Mittelgebirgen liegen. Deshalb sind das Gebiet der unteren Saale mit durchschnittlich 430 bis 450 mm pro Jahr sowie das Saazer Becken im Egergebiet und das Thüringer Becken im Unstrutgebiet mit 450 mm pro Jahr am niederschlagärmsten.

Auf etwa der Hälfte des Elbegebiets beträgt die mittlere jährliche Niederschlagshöhe 550 bis 700 mm. Hierzu zählen große Teile der Oberen Elbe, Moldau, Schwarze Elster, Mulde und Spree sowie der Mittleren Elbe zwischen Havelmündung und Wehr Geesthacht.

Niederschlagshöhen von 700 bis 850 mm sind charakteristisch für das mittlere Bergland und für das Gebiet der Unteren Elbe mit dem stark maritim geprägten Klima. Im Nordosten des Gebiets der Unteren Elbe treten sogar Niederschläge über 850 mm auf, wie sie sonst nur im höheren Bergland zu verzeichnen sind

Mehr als 1 000 mm Jahresniederschlag sind auf die Hochlagen der Mittelgebirge beschränkt. Die größten mittleren Jahresniederschläge betragen auf den Kammlagen

- im Riesen- und Isergebirge um 1 700 mm
- im Adlergebirge um 1 100 mm
- im Böhmerwald um 1 150 mm
- im Erzgebirge um 1 120 mm
- im Thüringer Wald um 1 290 mm und
- im Harz um 1 810 mm.

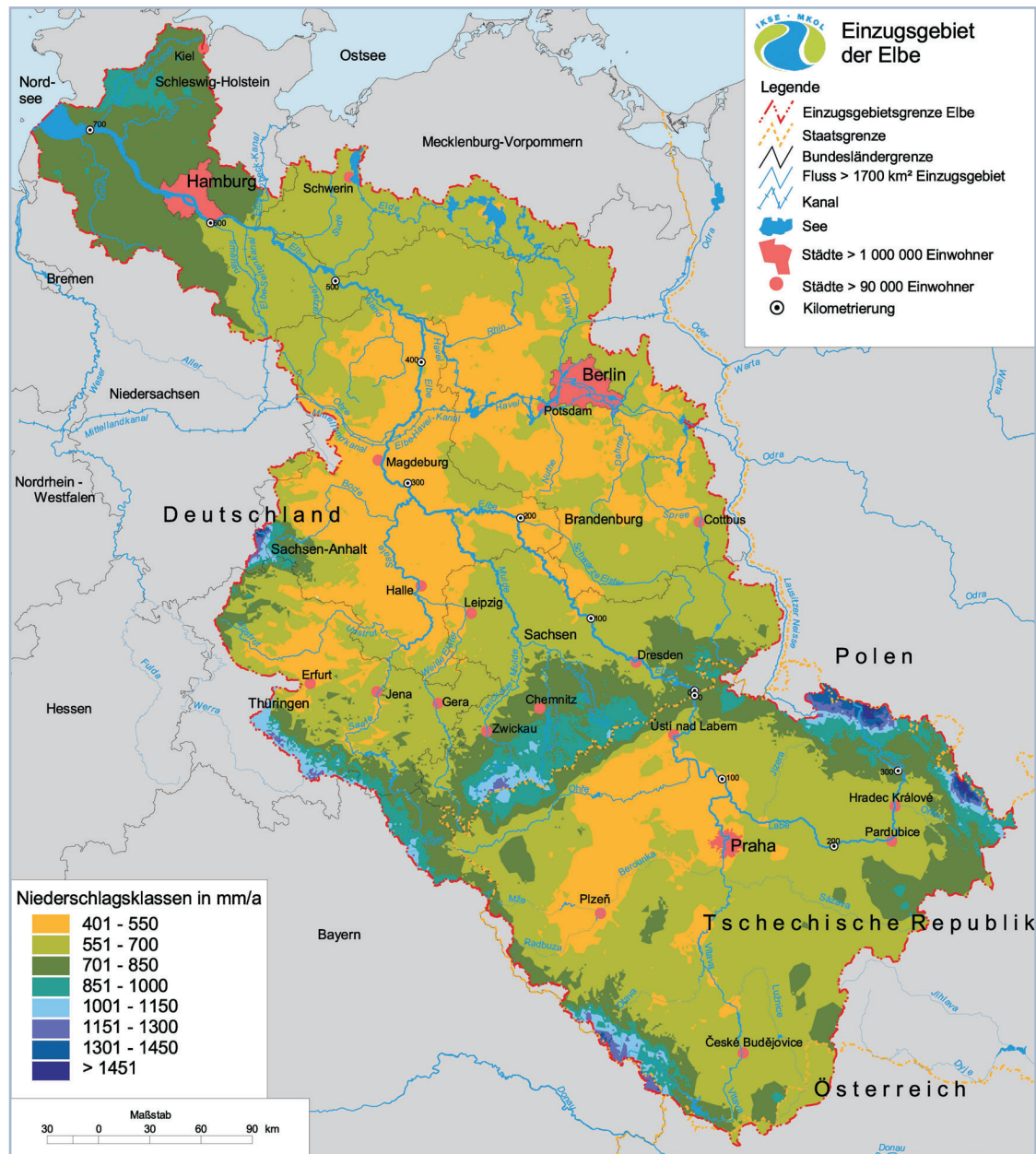


Abb. 2.3-1: Mittlere jährliche Niederschlagshöhen im Einzugsgebiet der Elbe (Jahresreihe 1961 – 1990)

Der größte Tagesniederschlag im Einzugsgebiet der Elbe wurde am 29.07.1897 mit 345 mm in Nová Louka im Isergebirge registriert (Abb. 2.3-2). Die am 12.08.2002 gemessenen 312 mm Regen in Zinnwald-Georgenfeld im Osterzgebirge sind der höchste Tagesniederschlag in Deutschland seit Beginn der regelmäßigen Messungen.



Abb. 2.3-2: Besichtigung der klimatologischen Messstation Nová Louka im Isergebirge durch die Arbeitsgruppe „Hydrologie“ der IKSE

In den Tabellen 2.3-1 und 2.3-2 sind für 38 ausgewählte Klimastationen im Elbegebiet, hydrographisch geordnet, die mittleren Niederschlagshöhen für Monate, Halbjahre und Jahr enthalten. Die Halbjahre entsprechen dem hydrologischen Winter- bzw. Sommerhalbjahr, das sind die Monate November bis April bzw. Mai bis Oktober. Zudem ist in Tabelle 2.3-1 die Zuordnung der Stationen zu den Teilflussgebieten der Elbe erfolgt, die im Kapitel 4 ausführlich beschrieben werden.

Tab.2.3-1: Mittlere jährliche Niederschlagshöhen und prozentualer Anteil des Jahresniederschlags für hydrologische Halbjahre an ausgewählten Klimastationen (Jahresreihe 1961-1990)

Lfd. Nr.	Station	Flussgebiet	Landschaft	Flussgebiet in Kap. 4	Stationshöhe [m ü. NN]	Mittlerer Niederschlag		
						Jahr [mm]	Winterhalbjahr (Nov. – April) [%]	Sommerhalbjahr (Mai – Okt.) [%]
1.	Pec pod Sněžkou	Obere Elbe	Riesengebirge	4.1	816	1 189	48,4	51,6
2.	Pardubice	Obere Elbe	Böhmisches Kreidebecken	4.1	225	611	37,5	62,5
3.	Rokytnice n. J.	Jizera	Riesengebirge-Westteil	4.1	525	1 161	51,9	48,1
4.	Kaplice	Malše	Vorland des Glatzner Berglandes	4.2	536	671	31,3	68,7
5.	Tábor	Lužnice	Mittelböhmisches Stufenland	4.2	461	579	36,3	63,7
6.	Plzeň-Bolevec	Berounka	Pilsener Becken	4.2	328	529	34,8	65,2
7.	Praha-Ruzyně	Moldau	Prager Ebene	4.2	374	526	32,1	67,9
8.	Česká Lípa	Ploučnice	Böhmisches Mittelgebirge	4.3	285	628	42,7	57,3
9.	Sebnitz	Sebnitz	Elbsandsteingebirge	4.3	335	854	47,8	52,2
10.	Zinnwald-Georgenfeld	Müglitz	Osterzgebirge	4.3	877	977	46,4	53,6
11.	Dresden-Klotzsche	Obere Elbe	Dresdner Elbtalweitung	4.3	222	667	43,2	56,8
12.	Selb-Heidelheim	Eger/Ohře	Fichtelgebirge	4.4	576	812	46,3	53,7
13.	Wunsiedel	Röslau	Fichtelgebirge	4.4	520	742	49,1	50,9
14.	Karlovy Vary-Flughafen	Ohře/Eger	Falkenauer Becken	4.4	603	599	38,7	61,3
15.	Žatec	Ohře/Eger	Saazer Becken	4.4	201	448	33,9	66,1
16.	Laußnitz	Pulsnitz	Lausitzer Hügelland	4.5	190	718	46,0	54,0
17.	Kletitz	Schwarze Elster	Senftenberg-Finsterwalder Becken	4.5	128	610	44,1	55,9
18.	Doberlug-Kirchhain	Kleine Elster		4.5	97	560	42,9	57,1
19.	Magdeburg	Mittlere Elbe	Magdeburger Börde	4.6	79	494	44,7	55,3
20.	Marienberg	Flöha-Zschopau	Mittelerzgebirge	4.7	639	818	41,0	59,0
21.	Schneeberg	Zwickauer Mulde	Sächsisches Bergland	4.7	450	825	43,4	56,6
22.	Chemnitz	Chemnitz-Zwickauer Mulde	Erzgebirgisches Becken	4.7	418	701	40,1	59,9
23.	Radis	Vereinigte Mulde	Dübener Heide	4.7	97	570	44,7	55,3
24.	Schwarzburg	Schwarza	Thüringer Schiefergebirge	4.8	277	639	43,2	56,8
25.	Schmücke	Gera-Unstrut	Thüringer Wald	4.8	937	1 288	49,8	50,2
26.	Artern	Unstrut	Thüringer Becken	4.8	164	474	38,8	61,2
27.	Gera	Weißer Elster	Mittlere Weiße Elster	4.8	200	592	45,3	55,7
28.	Schkeuditz	Weißer Elster	Leipziger Tieflandsbucht	4.8	144	512	42,2	57,8
29.	Schierke	Kalte Bode-Bode	Harz	4.8	613	1 275	56,2	43,8
30.	Kubschütz bei Bautzen	Spree	Oberlausitz	4.9	207	675	45,0	55,0
31.	Cottbus	Spree	Niederlausitz	4.9	69	563	40,9	59,1
32.	Berlin-Tegel	Havel	Spree-Havel Gebiet	4.9	36	557	44,0	56,0
33.	Neuruppin	Rhin	Rhinluch	4.9	38	511	44,2	55,8
34.	Seehausen	Aland	Altmärkische Wische	4.10	21	541	44,2	55,8
35.	Schwerin	Störkanal-Müritzer-Elde-Wasserstraße	Westmecklenburg	4.10	59	621	44,8	55,2
36.	Lüneburg	Ilmenau	Lüneburger Heide	4.11	11	612	44,3	55,7
37.	Stade	Schwinne	Unterelbeniederung	4.11	16	778	45,9	54,1
38.	Neumünster	Stör	Schleswig-Holsteinische Geest	4.11	26	874	45,8	54,2
Berechnete langjährige Mittelwerte für das tschechisch-deutsche Grenzprofil						666	40,0	60,0
Berechnete langjährige Mittelwerte für das Gesamtgebiet der Elbe						628	43,2	56,8

Tab. 2.3-2: Mittlere Niederschlagshöhen für Monate und hydrologische Halbjahre an ausgewählten Klimastationen (Jahresreihe 1961-1990)

Lfd. Nr.	Station	Mittlere Niederschlagshöhen [mm]														Winter- halbjahr (Nov. – April)	Sommer- halbjahr (Mai – Okt.)
		Monate															
		XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X				
1.	Pec pod Sněžkou	114	128	100	81	82	71	93	118	118	106	87	91	576	613		
2.	Pardubice	42	42	35	32	36	42	69	74	69	81	50	39	229	382		
3.	Rokytnice n. J.	107	140	117	84	84	70	86	103	104	99	82	85	602	559		
4.	Kaplice	39	31	26	28	35	51	81	112	93	89	50	36	210	461		
5.	Tábor	36	35	33	31	34	41	67	79	69	73	46	35	210	369		
6.	Plzeň-Bolevec	34	28	26	26	32	38	62	68	68	72	43	32	184	345		
7.	Praha-Ruzyně	32	25	23	23	28	38	77	73	66	70	40	31	169	357		
8.	Česká Lípa	51	53	47	36	36	45	64	65	63	78	47	43	268	360		
9.	Sebnitz	70	89	70	60	58	61	79	79	75	91	65	57	408	446		
10.	Zinnwald-Georgenfeld	82	93	76	64	65	73	89	95	97	102	74	67	453	524		
11.	Dresden-Klotzsche	51	58	46	39	41	53	63	75	69	76	51	45	288	379		
12.	Selb-Heidelberg	65	78	65	52	57	59	73	84	79	83	59	58	376	436		
13.	Wunsiedel	63	75	64	52	56	54	67	70	67	65	53	56	364	378		
14.	Karlovy Vary	44	54	45	38	43	38	56	72	70	63	54	43	262	358		
15.	Žatec	28	25	21	21	26	30	49	64	58	63	38	25	151	297		
16.	Laußnitz	57	69	55	45	46	58	63	78	60	79	58	50	330	388		
17.	Kletitz	48	56	43	35	38	49	56	68	56	68	50	43	269	341		
18.	Doberlug-Kirchhain	43	49	37	31	36	44	51	69	52	64	46	38	240	320		
19.	Magdeburg	38	41	33	31	38	40	47	62	48	51	36	29	221	273		
20.	Marienberg	56	62	52	46	50	69	81	97	92	89	68	56	335	483		
21.	Schneeberg	58	70	55	50	56	69	78	99	87	86	64	53	358	467		
22.	Chemnitz	48	55	43	37	43	55	67	91	77	78	60	47	281	420		
23.	Radis	44	54	40	34	39	44	52	63	52	64	45	39	255	315		
24.	Schwarzburg	48	48	39	37	44	60	65	77	59	74	47	41	276	363		
25.	Schmücke	116	134	107	86	103	96	96	128	110	119	96	97	642	646		
26.	Artern	33	34	27	24	30	36	51	59	54	53	41	32	184	290		
27.	Gera	51	41	40	35	44	57	55	70	48	67	42	42	268	324		
28.	Schkeuditz	37	40	32	30	34	43	49	62	47	59	44	35	216	296		
29.	Schierke	129	149	130	99	116	94	89	107	92	92	84	94	717	558		
30.	Kubschütz bei Bautzen	52	58	49	43	45	57	70	68	60	73	54	46	304	371		
31.	Cottbus	42	48	36	29	33	42	58	65	54	69	49	38	230	333		
32.	Berlin-Tegel	48	51	40	31	35	40	52	71	50	57	47	35	245	312		
33.	Neuruppin	44	46	38	28	33	37	51	61	49	51	41	32	226	285		
34.	Seehausen	44	48	42	29	37	39	48	64	57	51	46	36	239	302		
35.	Schwerin	57	55	46	33	42	45	52	65	72	54	55	45	278	343		
36.	Lüneburg	50	51	47	35	44	44	53	65	64	61	55	43	271	341		
37.	Stade	75	74	63	40	55	50	58	74	82	73	69	65	357	421		
38.	Neumünster	89	80	70	49	57	55	65	82	94	74	83	76	400	474		
Berechnete langjährige Mittel- werte für das tschechisch- deutsche Grenzprofil		48	49	43	38	41	47	70	80	77	78	53	42	266	400		
Berechnete langjährige Mittelwerte für das Gesamtgebiet der Elbe		47	51	46	38	41	48	58	71	68	67	48	45	271	357		

Aus beiden Tabellen ist Folgendes zu erkennen:

■ Mit Ausnahme der Stationen Rokytnice n. J. und Schierke ist die Niederschlagshöhe im hydrologischen Sommerhalbjahr größer als im hydrologischen Winterhalbjahr. An allen Stationen mit einem Jahresniederschlag bis 700 mm beträgt der Sommerniederschlag mindestens 55 %. In Gebieten mit stark kontinental geprägtem Klima, die zudem noch im Regenschatten der Mittelgebirge liegen und deshalb im Winterhalbjahr besonders niederschlagsarm sind, betragen die Sommerniederschläge über 60 % und in Teilen des Moldau- und Egergebiets sogar über 65 % der Jahresniederschläge.

■ Bis auf wenige Stationen ist der Februar der niederschlagsärmste Monat. Die höchsten monatlichen Niederschläge treten in den Kamm- und Gipfellagen der Mittelgebirge im Dezember und Januar auf. Im weitaus größten Teil des Elbegebiets sind es aber die Sommermonate Juni, Juli und August, in denen es zu großflächigem Dauerregen und als Folge der an Wärmegewitter gebundenen konvektiven Niederschläge häufig zu örtlichem Starkregen kommt.

■ Die innerjährliche Verteilung der Niederschläge ist in den höheren Lagen der Mittelgebirge und im Gebiet der Unteren Elbe eher ausgeglichen. Dort halten sich die Niederschläge der drei Monate November bis Januar mit denen der drei Monate Juni bis August annähernd die Waage. Zwischen niederschlagsärmstem und niederschlagsreichstem Monat besteht ein Verhältnis von 1 : 1,3 bis 1 : 1,9. Dagegen beträgt bei den deutlich im Regenschatten der Mittelgebirge gelegenen Stationen dieses Verhältnis 1 : 2,6 bis 1 : 4,3. Es sind die Stationen im Moldaugebiet sowie Žatec im Egergebiet.

Die mittlere jährliche **Verdunstung** im gesamten Einzugsgebiet der Elbe beträgt 455 mm, das sind 71 % der mittleren jährlichen Niederschlagshöhe.

2.3.2 Geländehöhe und Relief

Aus der topographischen Übersichtskarte (Abb. 2.1-1) ist zu ersehen, dass etwa die Hälfte des Elbegebiets nur Geländehöhen bis 200 m ü. NN aufweist, die allgemein dem Flachland zugeordnet werden. Neben großen fast ebenen Flächen gibt es auch welliges und kuppiges Gelände und in den Bereichen der eiszeitlichen Endmoränen teilweise verhältnismäßig tiefe Täler und steile Hänge. Nur selten entsteht hier im Winter eine über mehrere Wochen andauernde Schneedecke. Meistens tauen die nur dünnen Schneedecken bereits nach wenigen Tagen ab, wobei das Schmelzwasser größtenteils versickert und nach Bodensättigung in flachen Mulden längere Zeit steht.

Ein Drittel des Elbegebiets mit Höhen von 200 bis 500 m ü. NN wird dem Hügelland zugerechnet. Es umfasst sowohl das niedere Bergland mit oft tief eingeschnittenen Tälern als auch weite flachwellige Gebiete. Öfter als im Flachland bildet sich vor allem in Höhen von 400 bis 500 m ü. NN eine Schneedecke, die aber größtenteils durch zwischenzeitliches Tauwetter nicht über längere Zeit Bestand hat. Das Schmelzwasser versickert oder fließt meistens allmählich ab.

In fast allen Mittelgebirgen weisen die Höhen von 500 bis 750 m ü. NN die größte Reliefenergie auf, Steilhänge, schroffe Felsen und tief eingeschnittene Täler dominieren. Größere Hochflächen sind selten. Häufige Schneefälle von Dezember bis Februar führen in fast allen Jahren zu einer mehrere Dezimeter bis einen Meter hohen Schneedecke, die auch durch zwischenzeitlichen Temperaturanstieg in Höhen über 600 m ü. NN meistens nicht vollständig abtaut. Überwiegend taut erst im März in diesen Höhen der Schnee restlos ab. Das Schmelzwasser bedingt eine deutliche Abflusserhöhung in den Gebirgsflüssen.

Oberhalb 750 m ü. NN sind mit Ausnahme des Riesengebirges schroffe Geländeformen eher selten. Die höchsten Berge (Tab. 2.3-3) heben sich meist nur mit allmählichem Anstieg über die Kammlagen empor. In diesen Hochlagen der

Mittelgebirge fallen die Winterniederschläge größtenteils als Schnee. Teilweise bildet sich schon im November eine geschlossene Schneedecke, die durch ergiebige Schneefälle im Dezember und Januar Höhen von 100 bis 200 cm, in Einzeljahren noch darüber, erreichen kann. Das Abtauen der Schneedecke beginnt häufig erst im März und kann in den höchsten Kamm- und Gipfellagen bis Anfang Mai andauern. Je nach Abtauprozess verursacht das Schmelzwasser auch in den größeren Flüssen hohe Abflüsse.

Die in *Tabelle 2.3-4* enthaltenen Flächenanteile des Elbegebiets nach Höhenstufen verdeutlichen, dass über 50 % Flachland (bis 200 m ü. NN) und weitere fast 33 % Hügelland (200 bis 500 m ü. NN) sind. Auf das Bergland (über 500 m ü. NN) entfallen nur knapp 17 %, wobei nur zwei Prozent des gesamten Elbegebiets Höhen über 600 m ü. NN erreichen.

Tab. 2.3-3: Übersicht über die höchsten Berge in den Mittelgebirgen des Einzugsgebiets der Elbe

Gebirge	Name des Berges	Höhe [m ü. NN]
Riesengebirge	Sněžka (Schneekoppe)	1 602
Böhmerwald	Plechý (Pichenstein)	1 378
Erzgebirge	Klínovec (Keilberg)	1 244
Harz	Brocken	1 142
Isergebirge	Smrk	1 124
Adlergebirge	Velká Deštná	1 115
Gratzner Bergland	Viehberg	1 111
Fichtelgebirge	Schneeberg	1 053
Oberpfälzer Wald	Čerchov	1 042
Jeschkengebirge	Ještěd	1 012
Thüringer Wald	Großer Beerberg	982
Böhmisches Mittelgebirge	Milešovka	837
Frankenwald	Dobraberg	795
Lausitzer Gebirge	Lausche (Luž)	793

Tab. 2.3-4: Höhenstufen im Einzugsgebiet der Elbe

Höhenstufen [m ü. NN]	Flächenanteile [km ²]				Summe pro Höhenstufe [km ²]	Anteil am Einzugsgebiet der Elbe [%]	Summe kumulativ [%]
	Deutschland	Tschechische Republik	Österreich	Polen			
< 50	30 525	—	—	—	30 525	20,6	20,6
50 - 100	25 916	—	—	—	25 916	17,5	38,1
100 - 200	16 579	1 737	—	—	18 316	12,4	50,5
200 - 300	8 020	8 531	—	—	16 551	11,2	61,7
300 - 400	5 535	8 489	—	—	14 024	9,4	71,1
400 - 500	4 009	14 105	34	—	18 148	12,2	83,3
500 - 600	3 893	8 415	417	60	12 785	8,6	91,9
600 - 800	2 407	6 147	335	121	9 010	6,1	98,0
800 - 1 000	279	1 920	128	53	2 380	1,6	99,6
1 000 - 1 200	12	494	7	5	518	0,3	99,9
> 1 200	—	95	—	—	95	0,1	100,0
Summe	97 175	49 933	921	239	148 268	100,0	

2.3.3 Boden und Vegetation

Der Boden ist das leistungsfähigste Element zur Wasserspeicherung. Die Wasseraufnahmefähigkeit in seinen Hohlräumen ist vor allem von der Bodenstruktur, Bodentiefe, Durchwurzelung und aktuell bereits gespeicherter Wassermenge abhängig. Weil der Boden zugleich Wärmespeicher ist, kann er auch bei Frost über längere Zeit Wasser aufnehmen.

Die Bodenbedeckung trägt über die verschiedenen Teilprozesse der Verdunstung erheblich zum Wasserrückhalt auf der Einzugsgebietsfläche bei. Die Verdunstung der Wälder beträgt im Tiefland und im Mittelgebirge zwischen 450 und

600 mm pro Jahr, auf Acker- und Grünland zwischen 150 und 600 mm pro Jahr. Diese Werte sind bei Niederschlägen über 600 mm pro Jahr von der Niederschlagshöhe weitgehend unabhängig.

Für die Flächen der vier Staaten im Einzugsgebiet der Elbe ergeben sich folgende Hauptbodennutzungen (Tab. 2.3-5), wobei die Ackerflächen auf nahezu der Hälfte des Einzugsgebiets dominieren.

Tab. 2.3-5: Flächenanteile der Hauptbodennutzungen im Einzugsgebiet der Elbe

Staat	Fläche im Einzugsgebiet der Elbe [km ²]	Ackerflächen		Dauergrünlandflächen		Waldflächen		Sonstige Flächen ¹⁾	
		[km ²]	[%]	[km ²]	[%]	[km ²]	[%]	[km ²]	[%]
Deutschland	97 175	48 000	49,4	8 400	8,6	25 900	26,7	14 875	15,3
Tschechische Republik	49 933	19 100	38,3	7 700	15,4	16 700	33,4	6 433	12,9
Österreich	921	200	21,7	160	17,4	405	44,0	156	16,9
Polen	239	—	—	100	41,8	139	58,2	—	—
Summe	148 268	67 300	45,4	16 360	11,0	43 144	29,1	21 464	14,5

1) einschließlich Siedlungs-, Verkehrs- und Wasserflächen

2.4 Bevölkerung

*Nach der Arbeit – ei da schmeckt
Wasser besser noch als Sekt.
Auch zum Waschen und für's Bad,
zur Rasur man's nötig hat.
(W. Lebedew-Kumatsch)*

Im Einzugsgebiet der Elbe leben 24,52 Mio. Einwohner (Tab. 2.4-1).

Tab. 2.4-1: Einwohner im Einzugsgebiet der Elbe

Staat	Fläche im Einzugsgebiet der Elbe [km ²]	Einwohner ¹⁾ [Mio.]	Anteil an der Bevölkerung im Einzugsgebiet der Elbe [%]
Deutschland	97 175	18,50	75,4
Tschechische Republik	49 933	5,95	24,3
Österreich	921	0,05	0,2
Polen	239	0,02	0,1
Einzugsgebiet der Elbe	148 268	24,52	100,0

1) Stand 31.12.2003

Die 5,95 Mio. Einwohner im Einzugsgebiet der Elbe in der Tschechischen Republik sind 58,3 % der Gesamtbevölkerung der Tschechischen Republik (10,21 Mio. Einwohner).

Die 18,50 Mio. Einwohner Deutschlands im Einzugsgebiet der Elbe entsprechen 22,4 % der Gesamtbevölkerung Deutschlands (82,53 Mio. Einwohner).

Auf die zehn Bundesländer Deutschlands, die teilweise bzw. vollständig im Einzugsgebiet der Elbe liegen, entfallen die in Tabelle 2.4-2 angegebenen Einwohner.

Tab. 2.4-2: Einwohner der deutschen Bundesländer im Einzugsgebiet der Elbe

Bundesland	Einwohner gesamt ¹⁾ [1 000 Einwohner]	Anteil der Einwohner der Bundesländer im Einzugsgebiet der Elbe ¹⁾	
		[1 000 Einwohner]	[%]
Bayern	12 423	300	2,4
Berlin	3 388	3 388	100,0
Brandenburg	2 575	2 110	81,9
Hamburg	1 734	1 734	100,0
Mecklenburg-Vorpommern	1 732	420	24,2
Niedersachsen	7 993	970	12,1
Sachsen	4 321	4 170	96,5
Sachsen-Anhalt	2 523	2 480	98,3
Schleswig-Holstein	2 823	1 180	41,8
Thüringen	2 373	1 750	73,7
Summe	41 885	18 502	44,2

1) Stand 31.12.2003

*Der Mensch beherrscht die Natur,
bevor er gelernt hat, sich selbst zu beherrschen.
(Albert Schweitzer)*

Die menschlichen Eingriffe in den Wasser- und Naturhaushalt sind vielfältig und ihre Wirkungen unterschiedlich zu beurteilen, manchmal positiv, manchmal negativ. Als wichtigste anthropogene Maßnahmen mit Einfluss auf die Abflussverhältnisse sind im Einzugsgebiet der Elbe zu nennen:

- Durch den Bau von Deichen wurden den Flussauen Retentionsflächen entzogen. Dadurch kommt es bei Hochwasser zur Beschleunigung und Erhöhung der Hochwasserscheitel.
- Flussbegradigungen im Interesse des Hochwasserschutzes, der Eisabwehr und der Schifffahrt führten zur Reduzierung der Wasserlaufänge mit Erhöhung des Gefälles und damit zur Erhöhung der Fließgeschwindigkeiten, wodurch auch die Laufzeiten der Hochwasserwellen verkürzt wurden.
- Der Bau von Sturmflutsperrwerken an den Nebenflüssen der Tideelbe und Vordeichungen entlang der Elbe führten zum Entzug von Retentionsvolumen. In Verbindung mit Fahrrinnenvertiefungen der Tideelbe treten Scheitelerhöhungen bei hohen Sturmfluten auf. Gleichzeitig kommt es zu Verkürzungen der Laufzeiten der Hochwasserwellen.
- Talsperren und Hochwasserrückhaltebecken verlangsamen den Abfluss. Hochwasserwellen werden in Ab-

hängigkeit ihrer Scheitelabflüsse und ihrer Volumina je nach Größe des Hochwasserrückhalterumes in den Talsperren und Hochwasserrückhaltebecken zurückgehalten bzw. reduziert und es treten zeitliche Verzögerungen der mehr oder weniger abgeflachten Hochwasserscheitel ein. Festgelegte Mindestabgaben aus den Talsperren ermöglichen Aufhöhungen der Niedrigwasserabflüsse.

■ Staustufen für die Schifffahrt und Wehre führen zur Verringerung des Wasserspiegel- bzw. Sohlengefälles im gestauten Bereich, wodurch außerhalb von Hochwassersituationen die Fließgeschwindigkeit verringert wird. Dadurch tritt auch eine Veränderung der Geschiebeverhältnisse ein.

■ Durch den Braunkohlenbergbau werden großflächige Grundwasserabsenkungen verursacht. Die Einleitung von Sumpfungswasser in die Flüsse führt zur Abflusserhöhung. Nach Stilllegung der Tagebaue erfolgt durch Flutung mit Flusswasser und Grundwasserwiederanstieg über Jahre eine Reduzierung der natürlichen Abflüsse.

■ Das anhaltende hohe Wachstum von Siedlungs-, Industrie- und Verkehrsflächen vor allem im Umland städtischer Verdichtungsräume verursacht eine zunehmende Versiegelung von Bodenflächen. Dadurch wird die Grund-

wasserneubildung eingeschränkt. Durch die Ableitung des Niederschlagswassers über die Kanalisation und höheren direkten oberflächlichen Abfluss werden die Hochwasserwellen vergrößert und beschleunigt. In ganz Deutschland wächst gegenwärtig die Siedlungs- und Verkehrsfläche täglich um ca. 130 ha, wovon die Hälfte versiegelt wird.

■ Wasserüberleitungen in benachbarte Teileinzugsgebiete und Fernwasserversorgungssysteme führen zur Verringerung des Dargebots in den Ableitungsgebieten.

Nachfolgend werden anthropogene Maßnahmen mit tiefgreifenden Auswirkungen auf die Abflussverhältnisse im Elbegebiet dargestellt. Auf weitere derartige Maßnahmen und Wirkungen wird in den Beschreibungen der Teileinzugsgebiete im Kapitel 4 hingewiesen.

In der Regel werden in dieser Publikation die Beschreibungen in hydrographischer Reihenfolge vorgenommen. Bei der Darstellung des Deichbaus wird ausnahmsweise davon abgewichen. Grund ist seine historische Entwicklung. Durch den Einfluss der Nordsee, insbesondere durch die Sturmfluten, waren Deiche an der Unteren Elbe (Tideelbe) wesentlich früher und in größerem Umfang als an der Mittleren und Oberen Elbe gebaut worden.

3.1 Deichbau

3.1.1 Deichbau und Sturmflutsperrwerke an der Unteren Elbe

Seit der Besiedlung der Flusstäler und -niederungen waren die Bewohner bestrebt, sich gegen Hochwasser zu schützen. Vermutlich wurden schon um das Jahr 1000 in den Elbmarschen, den teilweise bis 0,9 m unter und bis 3,5 m über dem Meeresspiegel liegenden Niederungen beidseitig der Elbe vor ihrer Mündung in die Nordsee, die ersten Eindeichungsmaßnahmen ausgeführt. Die Marschbewohner lebten vorher auf Warften (Wohnhügeln) bzw. im Schutze von örtlich begrenzten Erdwällen. Die Warften, auf denen die Behausungen der Siedler errichtet wurden, hatten anfangs nur eine Höhe von wenigen Dezimetern. Im Laufe der Zeit wurden sie den weiter wachsenden Nutzungsansprüchen in den zu schützenden Bereichen angepasst; schließlich erreichten sie Höhen von bis zu fünf Metern.

Durch die Warften konnten die Siedler zwar sich selbst, ihre Behausungen und ihr Vieh vor Überflutungen sichern, nicht aber ihre Ländereien, von deren Erträgen sie leben mussten. Diese waren durch Überflutungen mit Meerwasser von der Tideelbe her versalzen und dadurch für die Nutzung schwer geschädigt. Aus dieser Not heraus entstand der Zwang, durch Deiche diese Ländereien gegen Überflutungen zu schützen. Unter der Anleitung von Holländern begannen die Marschbewohner und die Hamburger um die Mitte des 12. Jhds. mit dem durchgehenden Bau von Deichen. Dabei wurde nach dem friesischen Spruch gehandelt „Wer nicht will deichen – der muss weichen“.

Bedingt durch den Wechsel von Ebbe und Flut und durch Sturmfluten sind die Deiche im Bereich der Unteren Elbe höheren Belastungen als im Binnenland ausgesetzt. Sturmfluten entstehen, wenn bei Sturm die Flut mit Windstau des Wassers zusammenfällt (siehe Kapitel 4.11.1).

In den Jahrhunderten seit den ersten Deichbauten gab es immer wieder kleinere und größere Deichbrüche, die das hinter den Deichen liegende Land überfluteten. So wurden die anfänglich schwachen und niedrigen Schutzwälle im Laufe der Zeit weiter erhöht und verstärkt. Zum Schutz weiterer landwirtschaftlicher Flächen wurden an zahlreichen Stellen zusätzliche Eindeichungen vorgenommen. Diese Entwicklung hielt bis zum 20. Jhd. an.

Die Sturmflutkatastrophe vom 16./17.02.1962 mit 60 Deichbrüchen (Abb. 3.1-1 und 3.1-2), bei der 340 Menschen den Tod fanden (davon 317 allein in Hamburg), die Sturmfluten vom November und Dezember 1973 sowie vom 03./04.01.1976 waren Anlass für weitere umfangreiche Schutzmaßnahmen in den Jahren ab 1962. Dazu gehörten:

- Deicherhöhungen und Deichverstärkungen,
- weitere Eindeichungen von Überschwemmungsflächen durch den Bau neuer elbnaher Deiche und
- der Bau von Sperrwerken in den Mündungsbereichen von Nebenflüssen der Elbe.

Die Notwendigkeit der ab 1962 eingeleiteten Maßnahmen der Deicherhöhungen wurde erneut bekräftigt durch die Sturmflut vom 03.01.1976. Sie war um 0,75 m höher als die vom 17.02.1962 (Abb. 3.1-21). Dabei traten am linken Elbedeich unterhalb Stade bis zur Ostemündung 48 und am rechten Elbedeich in der Haseldorfer Marsch bei Hetlingen neun Deichbrüche auf (Abb. 3.1-5).

Bei den Deichneubauten wurden die alten kurvenreichen und zu niedrigen Deiche durch geradlinig verlaufende höhere Deiche ersetzt (Abb. 3.1-3 und 3.1-4).

Durch Eindeichungen von Überschwemmungsflächen (Vordeichungen) an neun Standorten zwischen Hamburg und Cuxhaven wurden die bisherigen Überschwemmungsflächen um über 140 km² reduziert. Die größte Flächenabnahme ist zwischen der Schwingemündung und der Ostemündung eingetreten. Hier haben die Eindeichungsmaßnahmen zu einer Abnahme der Außendeichflächen um 94,4 km² geführt, wovon allein 51 km² die Vordeichungen Nordkehdingen betreffen. Im Hamburger Raum sind durch die verschiedenen Ausbaumaßnahmen nahezu die gesamten Außendeichflächen mit 20 km² weggefallen.

Die wichtigsten Vordeichungen sind in Abbildung 3.1-5 dargestellt.

Für die derzeit bestehenden Deiche der Unteren Elbe wurden bei der Bemessung der Deichhöhe auch mögliche langfristige Veränderungen, wie ein Meeresspiegelanstieg von 30 cm in hundert Jahren berücksichtigt.



Abb. 3.1-1: Deichbruch bei Hamburg-Neuenfelde während der Sturmflut am 17.02.1962



Abb. 3.1-2: Deichbruch am linken Schwingedeich bei Stade während der Sturmflut am 17.02.1962

In der Stadtlage Hamburg wurden seit 1988 die Deiche um 0,8 bis 1,0 m erhöht und die Geländer der Uferpromenade im Bereich der St.-Pauli-Landungsbrücken teilweise zu Hochwasserschutzwänden durch Aufsetzen einer Stahlschutzwand ausgebaut und so dem derzeit festgelegten Hochwasserschutzniveau angepasst (Abb. 3.1-6). Nach dem gegenwärtigen Bauprogramm werden die Deiche im Raum Hamburg auf eine Höhe von im Mittel + 8,00 m ü. NN ausgebaut.

Heute schützen an der Unteren Elbe:

- 135,6 km linkselbische Deiche unterhalb der Staustufe Geesthacht bis Cuxhaven in Niedersachsen 1 309 km²
- 99,5 km rechtelbische Deiche unterhalb Hamburg 856 km² in Schleswig-Holstein und
- 99,5 km Elbedeiche im Stadtgebiet Hamburg 250 km² vor Überflutungen bei Hochwasser.

Damit bestehen entlang der Unteren Elbe vom Wehr Geesthacht bis zur Mündung der Elbe in die Nordsee hinter 334,6 km Elbedeichen insgesamt 2 415 km² deichgeschützte Flächen (Abb. 3.1-5), wo 475 000 Menschen wohnen. Die Deiche an der Unteren Elbe unterhalb Hamburg haben inzwischen Deichhöhen von 6 bis 9 m erreicht.

Bis auf die rechtselbischen Hochufer in Geesthacht, Hamburg (Abb. 3.1-7) und Wedel ist damit die Untere Elbe durchgehend beidseitig eingedeicht. Neben den Vordeichungen vor vorhandenen Deichen führte auch der Bau von Sturmflutsperrwerken in den Mündungsbereichen von Nebenflüssen der Tideelbe zu einer Reduzierung der Überschwemmungsflächen (Abb. 3.1-8 und 3.1-9). Es sind Bauwerke mit Verschlusseinrichtungen, z. B. Stemmtore, Segmentwehre oder Hubschütze, zum Absperren gegen Sturmfluten. Die Sturmflutsperrwerke werden erst geschlossen, wenn die Wasserstände 0,5 bis 1,5 m über dem mittleren Tidehochwasser liegen. Bis zu dieser Höhe wird das Wasser ohne Absperrung in den Fluss hinein gelassen.

Die mündungsnahen Absperrung der Elbenebenflüsse im Tidebereich bedeutet einen optimalen Sturmflutschutz für die dahinter liegenden Niederungen. Der Bau der Sperrwerke hat sich besonders dort angeboten, wo bereits bedeihte Flussniederungen gegen extreme Sturmfluteinflüsse nicht mehr ausreichend geschützt werden konnten. Mit ihrem Bau wurde unmittelbar nach der verhängnisvollen Sturmflut vom Februar 1962 begonnen.

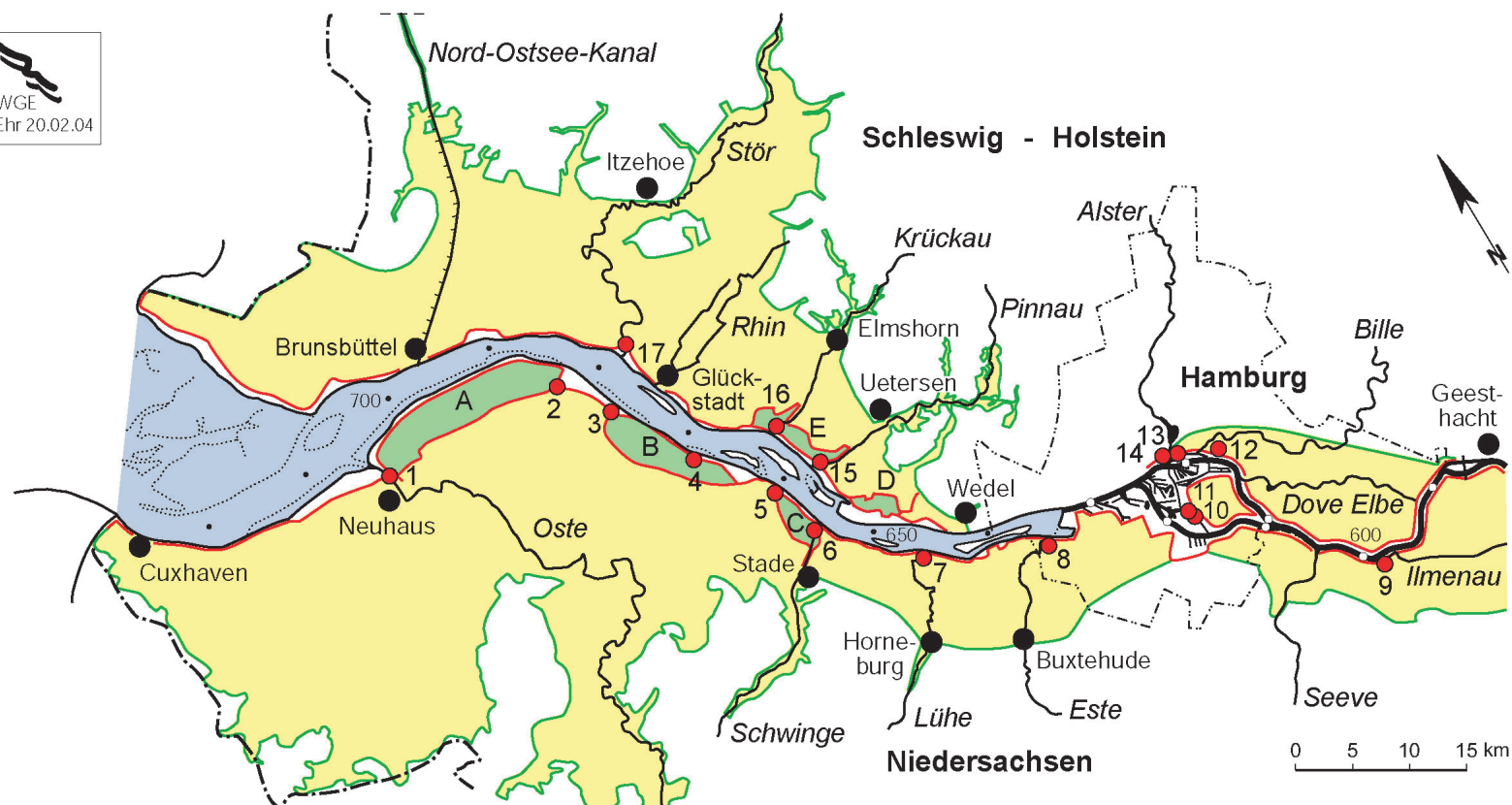
Die Lage aller Sturmflutsperrwerke im Bereich der Tideelbe vom Wehr Geesthacht bis zur Nordsee ist aus Abbildung 3.1-5 zu ersehen.



Abb. 3.1-3: Linker Elbedeich bei Twielenfleth oberhalb Stade



Abb. 3.1-4: Rechter Elbedeich bei Kollmar unterhalb der Krückaummündung



Wesentliche Vordeichungen nach 1962

- A Nordkehdingen (1967-1976) - 51 km²
- B Krautsand (1976-1977) - 32 km²
- C Bützflether Sand (1970-1972) - 11,4 km²
- D Haseldorfer Marsch (1975-1976) - 21 km²
- E Niederungen von Krückau und Pinnau (1967-1969) - 16,5 km²

Sturmflutsperrwerke (Jahr der Inbetriebnahme)

- | | |
|----------------------|----------------------------|
| 1 Oste (1968) | 10 Schmidtkanal (1966) |
| 2 Freiburg (1964) | 11 Veringkanal (1965) |
| 3 Wischhafen (1978) | 12 Billwerder Bucht (1966) |
| 4 Ruthenstrom (1978) | 13 Nikolai (1969) |
| 5 Abbenfleth (1971) | 14 Baumwall (1969) |
| 6 Schwinge (1971) | 15 Pinnau (1969) |
| 7 Lühe (1968) | 16 Krückau (1969) |
| 8 Este (1967) | 17 Stör (1975) |
| 9 Ilmenau (1973) | Wehr Geesthacht (1960) |

Legende

- deichgeschützte Flächen
- wesentliche Vordeichungen
- Sturmflutsperrwerk
- Deiche
- Einzugsgebietsgrenze Elbe

Abb. 3.1-5: Vordeichungen, deichgeschützte Flächen sowie Sturmflutsperrwerke an der Unteren Elbe vom Wehr Geesthacht bis zur Mündung der Elbe in die Nordsee bei Cuxhaven

Gleichzeitig mit dem Deichbau an der Elbe wurden auch Nebenflüsse eingedeicht. Dazu gehören: Ilmenau, Seeve, Este, Lühe, Schwinge, Pinnau, Krückau, Stör und Oste (Abb. 3.1-10). Allein die Ostedeiche mit 49 km Länge schützen 184 km². Nach Errichtung der Sturmflutsperrwerke haben aber die Nebenflussdeiche an Bedeutung eingebüßt.



Abb. 3.1-6: Hochwasserschutzwand in der Hamburger Innenstadt im Bereich der St.-Pauli-Landungsbrücken



Abb. 3.1-8: Sturmflutsperrwerk der Oste mit Schiffs- und vier Seitenöffnungen

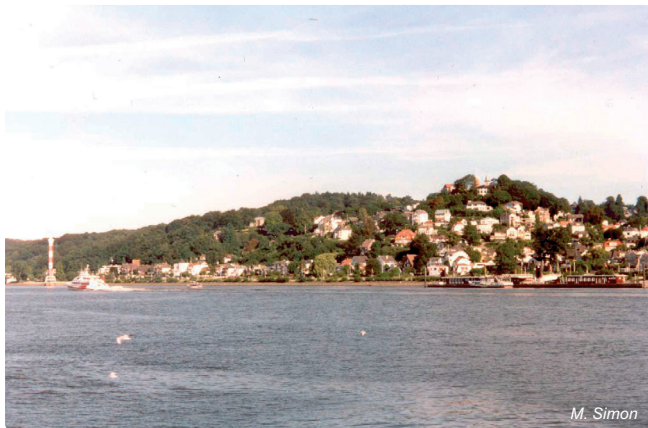


Abb. 3.1-7: Hochufer im Bereich Hamburg-Blankenese



Abb. 3.1-9: Sturmflutsperrwerk der Pinnau mit Schiffs- und zwei Seitenöffnungen



Abb. 3.1-10: Ostedeich bei Neuhaus oberhalb des Sturmflutsperrwerkes

3.1.2 Deichbau und Absperrbauwerke an der Mittleren Elbe

An der Mittleren Elbe haben Siedler um 1100 die ersten Verwallungen gegen Hochwasser im Bereich der Altmark und oberhalb Magdeburgs angelegt. Um 1160 wurde mit dem Bau von Deichen begonnen, die wie Burgwälle die Dörfer umschlossen. In den folgenden Jahrhunderten wurden diese einzelnen Ringdeiche miteinander verbunden, so dass zusammenhängende Deichabschnitte entstanden.

Aus alten Urkunden und Schriften geht aber auch hervor, dass bereits im Jahre 1160 von Altenzaun (Elbe-km 412) bis Beuster (Elbe-km 450) mit dem Deichbau entlang der Elbe begonnen worden ist. 1274 war eine durchgehende Deichlinie zwischen Bleckede (Elbe-km 550) und Geesthacht (Elbe-km 585) vorhanden. In der Folgezeit wurde der Deichbau entlang der Elbe auch den Verlegungen des Stromes angepasst.

Die Deiche waren damals weitaus geringer dimensioniert als heute. Deshalb wurden Überschwemmungen der zu schützenden Gebiete nicht verhindert, sondern nur eingeschränkt. Teilweise wurden Deiche nach großen Hochwassern nur erhöht, ohne gleichzeitig den Querschnitt zu verstärken. Damit war keine ausreichende Standsicherheit der Deiche mehr gewährleistet. Als Folge vieler Deichbrüche entstand eine unregelmäßige und hydraulisch oft ungünstige Linienführung der Deiche, weil Bruchstellen beim Wiederherstellen der Deiche umdeicht bzw. ausgedeicht worden sind (Abb. 3.1-11).

Zur Verbesserung des Hochwasserschutzes im Mündungsgebiet der Havel wurden 1771/1772 ab Sandau (Elbe-km 418) 8,2 km Trennungsdeiche zwischen Elbe und Havel errichtet sowie 1809 und 1832 auf insgesamt 11,2 km verlängert. Gleichzeitig wurde damit die Havelmündung um drei Kilometer Elbe abwärts verlegt. Durch diese Maßnahmen wurde die Rückstauhöhe aus der Elbe um 1,8 m gesenkt.

Große Deichbaumaßnahmen wurden Mitte des 19. Jhds. vom preußischen Staat durch Gesetzgebung festgelegt. So wurden z. B. an der Saalemündung (Elbe-km 290,7), bei Magde-

burg-Rothensee (Elbe-km 330), Burg (Elbe-km rechts 343 bis 364), Genthin (Elbe-km rechts 364 bis 392), Tangermünde (Elbe-km links 372 bis 393) und Sandau (Elbe-km rechts 412 bis 427) Sommerdeiche zu Winterdeichen ausgebaut, Lücken zwischen den Bereichen der Deichverbände geschlossen und einheitliche Deichhöhen auf beiden Stromseiten angestrebt.

Sommerdeiche gibt es an einigen Elbeabschnitten auch heute noch. Sie befinden sich teilweise bis mehrere hundert Meter vor den Winterdeichen und sind geringer dimensioniert als diese. Weil Sommerhochwasser größtenteils ein geringeres Volumen als Winterhochwasser haben und ihre Scheitelwasserstände deshalb im Bereich der Mittleren Elbe deutlich an Höhe verlieren, schützen die Sommerdeiche oftmals die landwirtschaftlich genutzten Flächen bis zu den Winterdeichen vor Überschwemmung.

Ab 1975 wurde sowohl auf dem Gebiet der ehemaligen DDR unterhalb Wittenberge beidseitig der Elbe als auch auf dem Gebiet von Niedersachsen linksseitig der Elbe bis Geesthacht begonnen, durch umfangreiche Deichbaumaßnahmen die Elbedeiche durchgängig zu verstärken und zu erhöhen, um



Abb. 3.1-11: Verlauf der Deichlinie bei Sandau (Elbe-km 415) mit deutlich erkennbaren Standorten ehemaliger Deichbrüche

ein 100-jährliches Hochwasser mit einem Freibord von 1,0 m (in Ortslagen 1,20 m) sicher abzuführen.

Die Deichbaumaßnahmen unterhalb Wittenberge sind auf eine Höhe der Deichkrone von 745 cm am Pegel Wittenberge zuzüglich 100 cm Freibord ausgerichtet.

Die Mittlere Elbe ist von Elbe-km 97,7 (1,7 km unterhalb Schloss Hirschstein) bis zum Elbe-km 585,9 (Wehr Geesthacht) überwiegend eingedeicht. Insgesamt bestehen auf dieser Strecke 356 km Winterdeiche am linken und 374 km am rechten Ufer der Elbe. Ausnahmen bilden Ufermauern in einigen Ortslagen sowie zahlreiche Hochuferabschnitte.

Durch diese 730 km Elbedeiche werden 3 285 km² ehemalige Überschwemmungsflächen gegen Hochwasser geschützt, wo 365 000 Menschen in 249 Städten und Gemeinden wohnen. Aus Abbildung 3.1-12 ist zu erkennen, dass im Falle eines Deichbruchs große Flächen überflutet werden können. So verursachte z. B. der Deichbruch an der Burg am 12.02.1566 eine Überschwemmung, die sich bis zur Stadt Rathenow an der Havel erstreckte. Noch Anfang des 18. Jahrhunderts nahmen Elbehochwasser ihren Weg über Rathenow und Havelberg. Zwischen den Deichen bzw. Hochufern befinden sich trotz umfangreicher Eindeichungen an der Mittleren Elbe noch 1 015 km² Überschwemmungsgebiete, die zu 94 % durch Rechtsverordnung festgelegt sind.

Außer den Elbedeichen bestehen an den Unterläufen der Nebenflüsse Rückstaudeiche. Ihre Höhe ist den Wasserständen bei Elbehochwasser angepasst, um eine Überflutung der Nebenflusssiederungen durch rückgestauten Elbehochwasser zu vermeiden. Außer an Schwarzer Elster, Mulde, Saale (Abb. 3.1-13) und Havel bestehen auch an kleineren Nebenflüssen wie Ohre, Stepenitz/Karthane, Aland, Seege, Löcknitz, Jeetzel und Sude Rückstaudeiche. Ihre Länge beträgt insgesamt 500 km.

Von den 730 km Elbe- und 500 km Rückstauedeichen im Bereich der Mittleren Elbe weisen 548 km, das sind 45 %, Mängel gegenüber den geltenden technischen Anforderungen an die Standsicherheit auf (Stand 01.01.2003).

Diese Mängel sind:

Diese Schwachstellen sollen entsprechend einem umfangreichen Deichsanierungsprogramm bis zum Jahre 2015 beseitigt werden (Abb. 3.1-14 und 3.1-15).

Ein Regelprofil zur Deichsanierung, wie es in Sachsen-Anhalt üblich ist, enthält Abbildung 3.1-16.

In den Mündungsbereichen einiger Nebenflüsse der Mittleren Elbe wurden im 20. Jhd., meist in Verbindung mit Mündungsverlegungen, Absperrbauwerke errichtet: Havel (Wehrgruppe Quitzöbel 1936), Mündungswehr Gnevsdorf und Einlasswehr Neuwerben (1954), Karthane (Schöpfwerk mit Freischleuse 1981), Aland (1991), Löcknitz (1972), Sude (1982–Abb. 3.1-17).

Diese Mängel sind:

- inhomogener Aufbau der Deiche
- stellenweise zu niedrige Deichkronen gegenüber dem Bemessungshochwasser
- zu steile Böschungen und ein zu geringes Querprofil in vielen Deichabschnitten
- häufiges Fehlen eines befestigten Wegenetzes zur Deichverteidigung im Hochwasserfall.

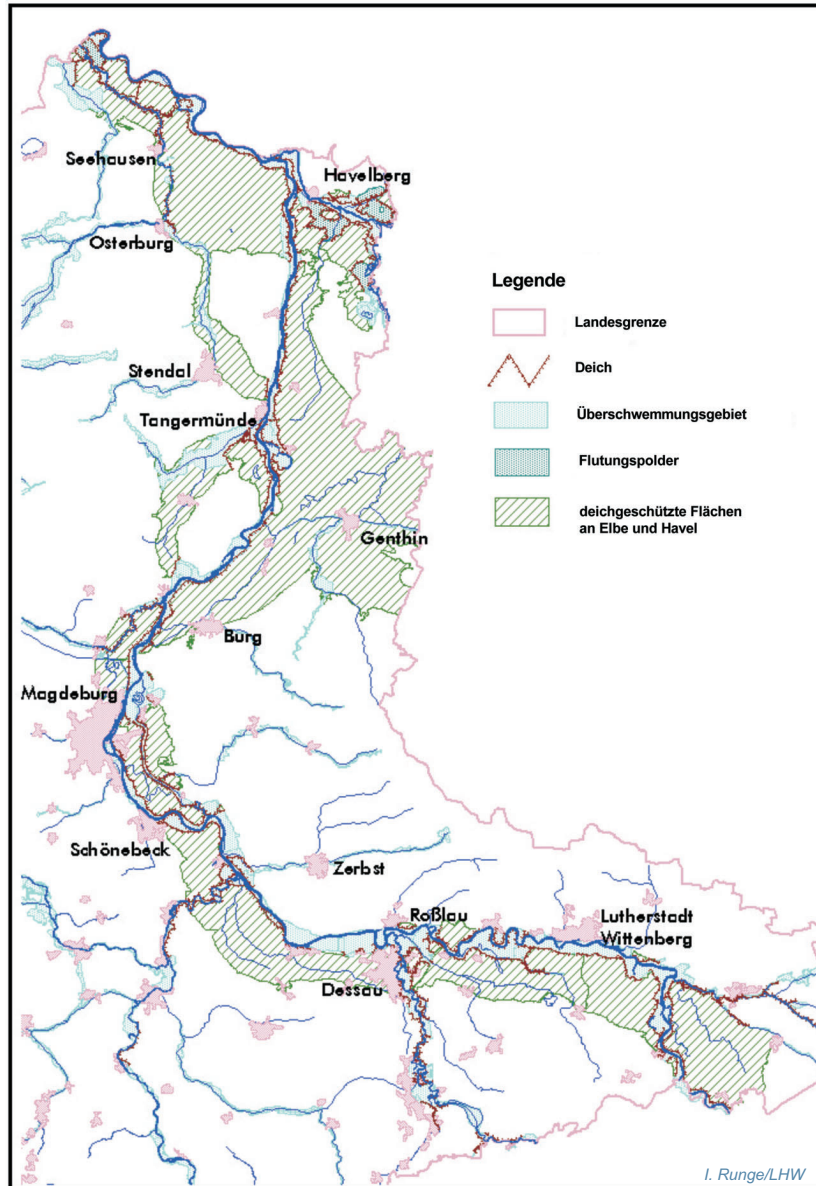


Abb. 3.1-12: Deiche und deichgeschützte Flächen an der Mittleren Elbe im Bundesland Sachsen-Anhalt



Abb. 3.1-13: Rückstauedeiche der Saale oberhalb der Mündung in die Elbe



Abb. 3.1-14: Deichneubau des rechten Elbedeiches bei Jagel (Brandenburg) – Elbe-km 472 – im Jahre 2003



Abb. 3.1-15: Sanierter linksseitiger Elbedeich bei Neukirchen (unterhalb Werben, Elbe-km 436) mit den für diesen Elberaum typischen Qualmwasserpoldern am 24.08.2002

Diese Absperrbauwerke werden anders als die Sturmflutsperrwerke an der Unteren Elbe betrieben. Die Sturmflutsperrwerke bleiben während der gesamten Dauer der Sturmflut, die meist nur einige Stunden bis wenige Tage anhält, geschlossen. An der Mittleren Elbe dauert das Hochwasser dagegen oft viele Tage an, teils mehrere Wochen. Wenn in dieser Zeit der Wasserstand hinter den Absperrbauwerken über das Niveau

des Elbewasserspiegels ansteigt und der Freibord an den Rückstaudeichen unterschritten wird, müssen die Wehre geöffnet werden.

Nur bei der Havel ist die Situation anders. Dort stehen neben einem breiten Flussschlauch auch sechs Flutungspolder zur Verfügung. Dadurch ist ab einem 50-jährlichen Hochwasser

der Elbe ($3\,730\text{ m}^3/\text{s}$ am Pegel Wittenberge) durch Einleitung von Elbewasser in das Havelgebiet über das Einlasswehr Neuwerben eine Kappung der Hochwasserwelle der Elbe bis zu 40 cm möglich. Dies wurde erstmalig beim Hochwasser im August 2002 praktiziert. Eine detaillierte Beschreibung der Absperrbauwerke an der Unteren Havel und ihrer Funktionsweise ist im Kapitel 4.9.4 enthalten.

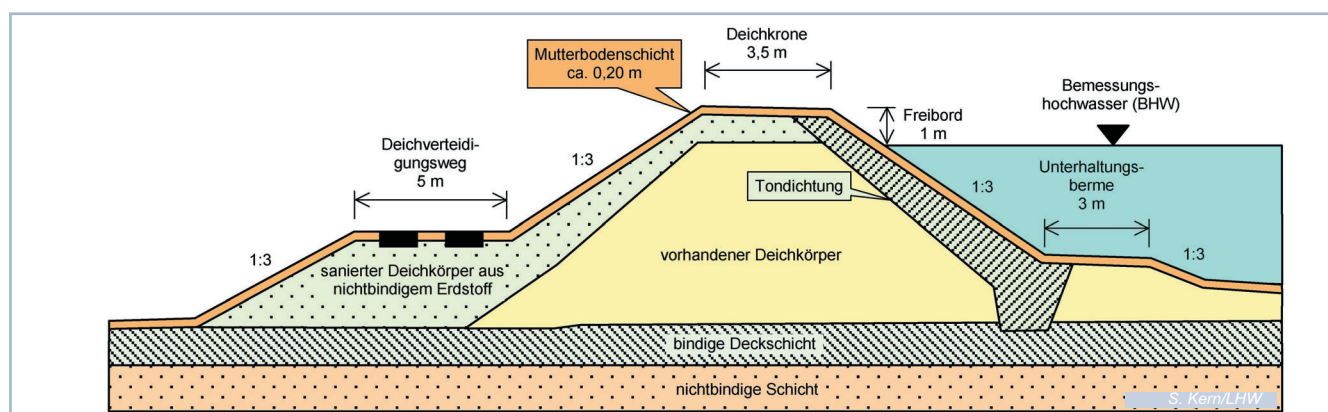


Abb. 3.1-16: Regelprofil zur Deichsanierung in Sachsen-Anhalt



Abb. 3.1-17: Absperrbauwerk im Mündungsbereich der Sude

3.1.3 Deichbau an der Oberen Elbe

Auf Grund der geographischen Gegebenheiten an der Elbe in der Tschechischen Republik sind Hochwasserschutzdeiche im 20. Jhd. als Bestandteile lokaler Ausbaumaßnahmen und im Zusammenhang mit Stauhaltungen durch Wehre errichtet worden. Sie befinden sich stellenweise an der Elbe von Hradec Králové bis zur Mündung der Jizera auf einer Länge von insgesamt 23,4 km und sichern den Hochwasserschutz für eine Fläche von 89 km², wobei nur 6,7 km Deiche in Hradec Králové und Pardubice auf ein 100-jährliches Hochwasser ausgebaut sind (Abb. 3.1-18).

Bei den anderen Elbedeichen besteht nur ein Schutz gegen ein 2- bis 20-jährliches Hochwasser. Die Fläche der Überschwemmungsgebiete entlang der Elbe vom Riesengebirge bis zur Staatsgrenze mit Deutschland beträgt bei einem 100-jährlichen Hochwasser 368 km².

Auch an den Nebenflüssen der Elbe in der Tschechischen Republik bestehen nur wenige Deiche. Rückstaudeiche gibt es an der Orlice (Abb. 3.1-19) im Bereich der Stadtlage Hradec Králové (2,7 km) und an der Mrlina in der Stadtlage Nymburk (3,0 km).

An der Moldau sind Deiche im Stadtgebiet Prag (7,1 km) sowie stellenweise unterhalb von Prag bis zur Mündung in die Elbe (13,4 km) und an der Eger unterhalb der Talsperre Nechanice auf 1,2 km vorhanden, wovon 0,9 km im Bereich von Wehranlagen liegen.

In der Oberen Elbe in Deutschland bestehen nur 9,4 km Hochwasserschutzdeiche im Raum Dresden-Meißen, wodurch etwa sieben Quadratkilometer Fläche geschützt werden.



Abb. 3.1-18: Deichbau in Pardubice



Abb. 3.1-19: Rückstaudeiche an der Orlice oberhalb der Mündung in die Elbe

3.1.4 Auswirkungen des Deichbaus auf die Abflussverhältnisse

Der Bau von Deichen entlang der Wasserläufe zum Schutze der Menschen, ihrer Wohnsiedlungen, der Verkehrswege, Industriestandorte sowie landwirtschaftlicher Flächen hat zu einer drastischen Verringerung der ursprünglichen Überschwemmungsflächen geführt. Zugleich wurden dadurch bei Hochwasser höhere Wasserstände und Fließgeschwindigkeiten bewirkt und die Hochwasserscheitel beschleunigt.

Die reduzierten Überschwemmungsflächen und das verringerte Retentionsvolumen sind aus *Tabelle 3.1-1* ersichtlich.

Durch die wenigen Deichabschnitte an der Oberen Elbe werden die Abflussverhältnisse kaum beeinflusst. Insbesondere bleiben die nur geringen beidseitigen Eindeichungen oberhalb der Wehre im tschechischen Elbeabschnitt auf den Hochwasserabfluss ohne nennenswerte Auswirkungen. Hinzu kommt, dass die Wehre bei Hochwasser geöffnet sind und dadurch der volle Abflussquerschnitt zur Verfügung steht.

Ganz andere Auswirkungen sind durch die Eindeichungen an der Mittleren Elbe festzustellen. Durch die 730 km Elbedeiche und 500 km Rückstaudeiche wurden

- die ehemaligen Überschwemmungsflächen von 4 300 km² um 3 285 km² (76 %) reduziert und dadurch das Retentionsvolumen um 2,3 Mrd. m³ verringert

- die Hochwasserscheitel bei einem 100-jährlichen Hochwasser im Raum Lutherstadt Wittenberg um 10 cm und im Raum Wittenberge um ca. 50 cm erhöht

- die Fließgeschwindigkeiten erhöht, wodurch Hochwasserwellen schneller abfließen, was zu einem früheren Eintritt der Hochwasserscheitel führt.

Unterhalb vom Wehr Geesthacht bestimmen die Gezeiten die Strömung und den Wasserstand. Elbe abwärts laufende Hochwasser wirken sich in der Tideelbe nur geringfügig

aus. Auf jeweils 100 m³/s höheren Zufluss aus der Mittleren Elbe wird mit einer Erhöhung des Wasserstandes am Pegel Hamburg-St. Pauli um einen Zentimeter gerechnet. So sind die Eindeichungen der Mittleren Elbe hier nicht mehr wahrnehmbar.

Dagegen sind durch die vielfältigen Maßnahmen in der Unteren Elbe selbst die Abflussverhältnisse nachhaltig geprägt worden.

Tabelle 3.1-1 zeigt, dass an der 142 km langen Tideelbe die ehemalige Überschwemmungsfläche um über 2 400 km² reduziert worden ist. Das verringerte Retentionsvolumen von ca. 8,0 Mrd. m³ entspricht dem 3,5fachen gegenüber dem an der 489 km langen Mittleren Elbe.

Allein seit 1962 wurden

- die Elbedeiche beidseitig um mindestens 1,5 m erhöht und verstärkt

- zusätzliche Eindeichungen (Vordeichungen) von Überschwemmungsflächen an neun Standorten zwischen Hamburg und Cuxhaven durchgeführt

- 17 Sturmflutsperrwerke an den Elbenebenflüssen von der Ilmenau bis zur Oste zur Abriegelung der Einzugsgebiete der Nebenflüsse errichtet

- mehrere Fahrwasservertiefungen von 10,5 m auf 15,8 m auf der rund 100 km langen Strecke von Cuxhaven bis zum Hamburger Hafen für immer größer werdende Seeschiffe realisiert.

Tab. 3.1-1: Reduzierte Überschwemmungsflächen und verringertes Retentionsvolumen durch Deichbau an der Elbe und an den Unterläufen der Nebenflüsse

Elbeabschnitt	Bundesland in Deutschland	Reduzierte Überschwemmungsflächen [km ²]	Durchschnittliche Überflutungshöhen bei Deichbruch [m]	Verringertes Retentionsvolumen [Mrd. m ³]
Obere Elbe – ČR	-	89	0,3	0,03
Obere Elbe (D) und Mittlere Elbe mit Mündungsbereichen der Nebenflüsse	Sachsen	127	0,3	0,04
	Sachsen-Anhalt	2 338	0,5	1,17
	Brandenburg	263	1,0	0,26
	Niedersachsen	454	1,5	0,68
	Mecklenburg-Vorpommern	102	1,5	0,15
	Schleswig-Holstein	1	1,5	0,00
	Summe	3 285		2,30
Untere Elbe	Niedersachsen (oberhalb Hamburg)	142	2,0	0,28
	Hamburg	250	2,5	0,63
	Niedersachsen (unterhalb Hamburg)	1 167	3,5	4,08
	Schleswig-Holstein	856	3,5	3,00
	Summe	2 415		7,99
Gesamtsumme		5 781		10,32

Die Fahrrinnenvertiefungen, aber auch der Entzug von Überschwemmungsflächen durch Eindeichungen und Absperrungen der Nebenflüsse haben zu deutlichen Veränderungen der Abflussverhältnisse geführt.

Am Pegel Hamburg-St. Pauli sind folgende Veränderungen seit 1962 eingetreten (Abb. 3.1-20):

- Vergrößerung des Tidehubes um 100 cm, da das mittlere Tidehochwasser um 30 cm höher und das mittlere Tideniedrigwasser um etwa 70 cm tiefer ausfällt
- Erhöhung der Scheitel hoher Sturmfluten (über 5 m ü. NN) um 50 bis 60 cm. Oberhalb des Hamburger Stromspaltungsgebiets am Pegel Zollenspieker sind sogar Anstiege um 65 bis 95 cm zu verzeichnen
- Verkürzung der Laufzeit von Sturmflutscheiteln zwischen Cuxhaven und Hamburg von 4,5 auf 3,5 Stunden. Das heißt, dass Sturmfluten heute etwa eine Stunde schneller in Hamburg sind als vor rund 40 Jahren. Die Durchschnittsgeschwindigkeit einer mittleren Sturmflut hat sich von etwa 22 km/h auf knapp 29 km/h erhöht.

Darüber hinaus ist aus der Sturmflutstatistik zu erkennen, dass es in den letzten Jahrzehnten neben der Erhöhung der Scheitel der Sturmfluten auch zu einer Häufigkeitszunahme der Sturmflutereignisse gekommen ist. Die Häufigkeitsverteilung von Sturmfluten über 5,00 m ü. NN im Zeitraum 1775 - 2002, bezogen auf den Pegel Hamburg-St. Pauli, ist aus Abbildung 3.1-21 zu ersehen.

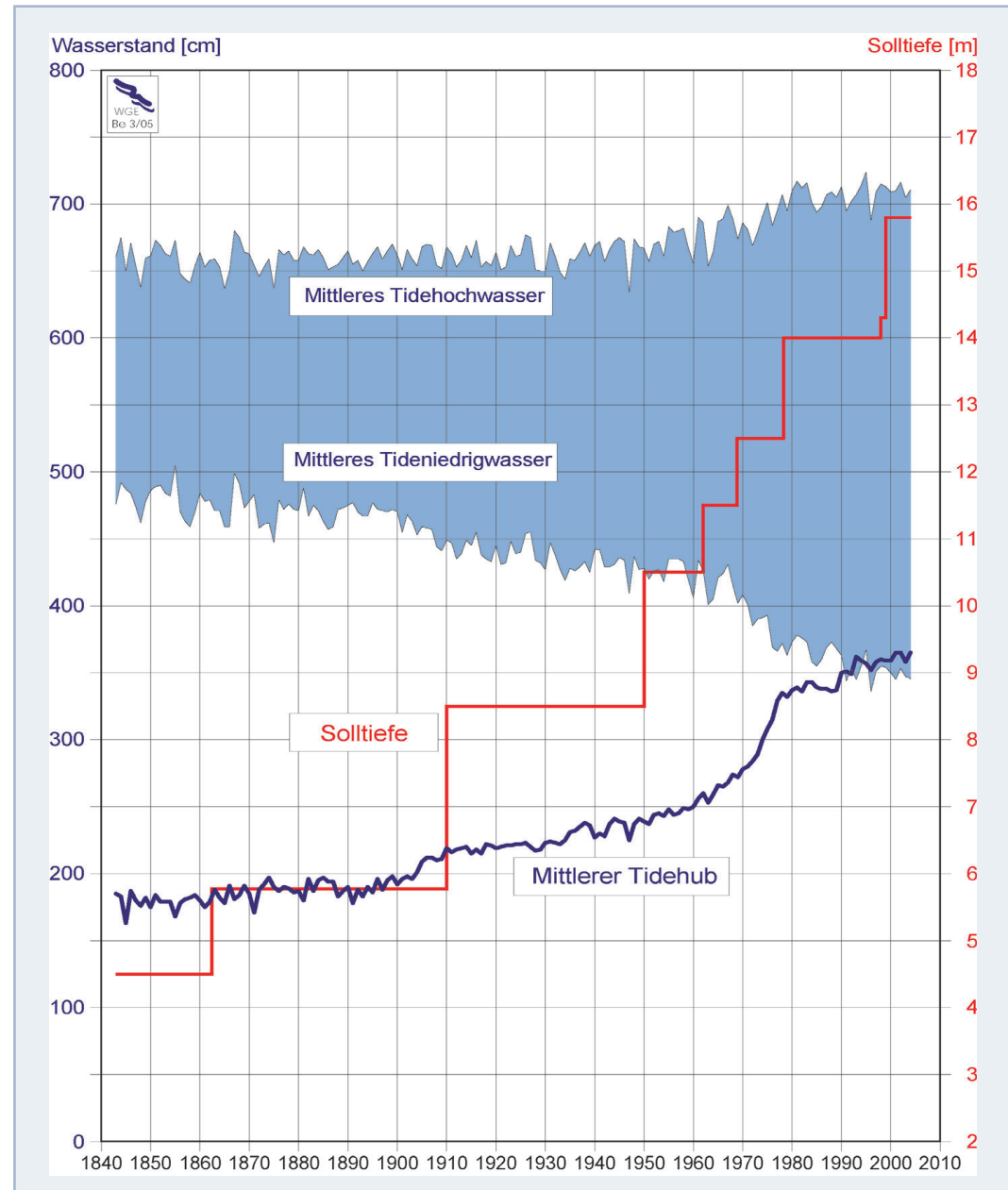


Abb. 3.1-20: Mittlere Wasserstände der Elbe ab 1843 am Pegel Hamburg-St. Pauli und Fahrrinnsolltiefen (bezogen auf Kartennull NN -1,9 m)

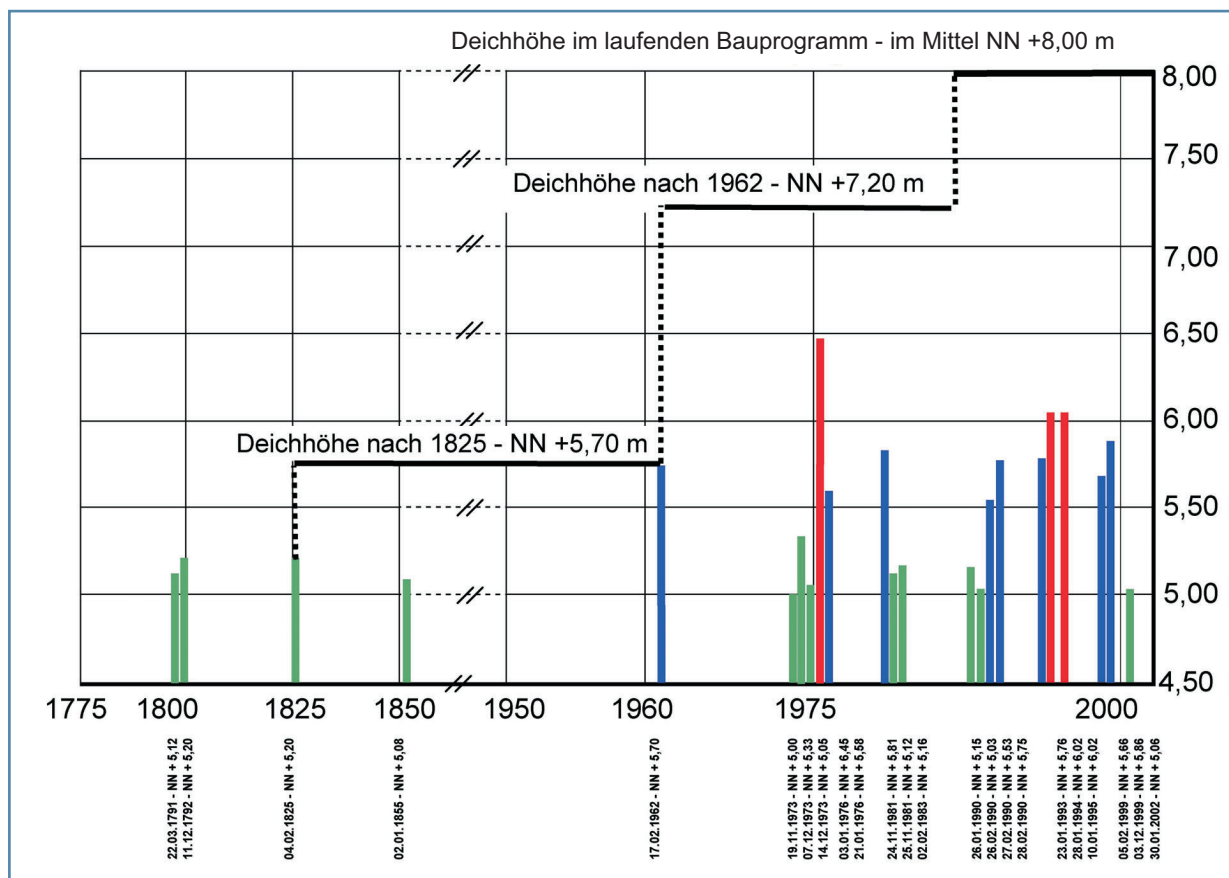


Abb. 3.1-21: Sturmfluten über 5,00 m ü. NN seit 1775 am Pegel Hamburg-St. Pauli und Entwicklung der Deichhöhen

Aus der Grafik ist zu erkennen, dass im Zeitraum

- 1775 – 1961, also in 187 Jahren, nur vier Sturmfluten mit mehr als 5,00 m ü. NN aufgetreten sind;
- 1962 – 2002, also in nur 41 Jahren, 19 Sturmfluten über 5,00 m ü. NN zu verzeichnen sind, davon zehn nach 1990;
- 1976 – 2002 bereits drei Sturmfluten über 6,00 m ü. NN eingetreten sind, davon zwei nach 1990.

Deshalb wurden die Deiche stufenweise erhöht, nämlich nach der Sturmflut von 1825 von ehemals unterschiedlicher Höhe auf einheitlich 5,70 m ü. NN und nach der katastrophalen Sturmflut von 1962 auf 7,20 m ü. NN. Die Sturmflut von 1976 bewirkte ein Bauprogramm, demzufolge die Deiche im Raum Hamburg auf eine Höhe von 8,00 m ü. NN ausgebaut werden.

Diese Statistik belegt eindeutig eine Zunahme der Sturmfluten in der Tideelbe in der jüngsten Vergangenheit und die zunehmende Höhe der Sturmflutwasserstände. Die sehr schweren Sturmfluten vom 28.01.1994 und 10.01.1995 (jeweils 6,02 m ü. NN am Pegel St. Pauli) stellen für den Hamburger Raum nach 1976 (6,45 m ü. NN) die zweithöchsten Sturmflutscheitel dar.

Sicherlich sind diese Veränderungen der Häufigkeit und Höhe der Sturmfluten nicht allein auf anthropogene Veränderungen in den letzten Jahrzehnten zurückzuführen, doch dürften sie den Hauptanteil ausmachen.

3.2 Veränderungen der Elbelänge

Wer von uns verweilt nicht lieber bei der geistreichen Unordnung
einer natürlichen Flusslandschaft als bei der geistlosen Regelmäßigkeit
eines begrädigten Gerinnes?
(Friedrich Schiller)

3.2.1 Wasserlaufverkürzungen

Die über Jahrhunderte an der Elbe durchgeführten Flussbegradigungen zur Verbesserung des Hochwasserschutzes, zur besseren Abführung des Eises, zur Entwässerung landwirtschaftlicher Flächen und ganz besonders zur Verbesserung der Schifffahrtsbedingungen hatten immer eine Verkürzung des Wasserlaufes zur Folge (Tab. 3.2-1). Viele Durchstiche führten zur Abtrennung von Mäandern, wesentliche sind seit dem 16. Jhd. belegt.

Tab. 3.2-1: Übersicht über die größten Laufverkürzungen der Elbe

Bereich der Elbe	Ursprüngliche Wasserlauf- länge [km]	Verkürzung der Elbelänge um [km] (Zeitraum)
Mündung Metuje - Předměřice	13,2	4,1 (1931 - 1944)
Předměřice - Opatovice	20,1	4,3 (1931 - 1944)
Mündung Loučna - Chvaletice	44,1	12,2 (1906 - 1969)
Chvaletice - Moldaumündung	127,8	25,6 (1906 - 1962)
Döbeltitz (oberhalb Torgau)	5,0	3,5 (1873)
Neubläsern – Mockritz (unterhalb Torgau)	17,5	12,0 (1773 - 1774)
Bösewig (oberhalb Mündung der Schwarzen Elster)	6,7	4,0 (1773 - 1774)
Magdeburg/Rothensee - Lostau	24,0	11,3 (1784 - 1789)
Rogätz – Kehnert (unterhalb der Ohremündung)	13,8	6,7 (1684 und 1743 - 1747)

Die Obere Elbe wurde bereits Mitte des 16. Jhds. oberhalb von Kolín mehrfach verändert, um die Bedingungen für die Flößerei der Baumstämme aus dem Riesengebirge und dem

Adlergebirge zu verbessern. Die größten Veränderungen der Oberen Elbe erfolgten jedoch ab 1906 zwischen Pardubice und der Moldaumündung wegen des Baus von Staustufen und der damit verbundenen Elbekanalisation. Auf dem 127,8 km langen Abschnitt von Chvaletice bis zur Moldaumündung trat dadurch eine Wasserlaufverkürzung von 25,6 km ein. Der elbaufwärts gelegene 44,1 km lange Abschnitt zwischen der Mündung der Loučna und Chvaletice wurde um 12,2 km verringert. Insgesamt wurde die Elbe in der Tschechischen Republik im Zeitraum 1848 bis 1992 von 422,91 km auf 370,74 km, d. h. um 52,17 km verkürzt. Das entspricht 12,3 % der Gesamtlänge der Elbe auf tschechischem Gebiet.

Der Schwerpunkt der Elbelaufverkürzungen in Deutschland lag im Zeitraum 1600 bis 1810 auf den Elbestrecken zwischen Dresden und Wittenberge. Die größte Verkürzung erfolgte zwischen Magdeburg-Rothensee und Lostau, wo in den Jahren 1784 bis 1789 Elbemäander durch drei Durchstiche beseitigt wurden, wobei sich die Länge dieses Elbeabschnitts von



Abb. 3.2-1: Veränderung des Verlaufes der Elbe im Raum Schönebeck bis Magdeburg



Abb. 3.2-2: Altarme infolge von Durchstichen der Elbe bei Hradec Králové

24 auf 12,7 km verringerte (Abb. 3.2-1). Die dadurch enorm verstärkte Sohlenerosion hatte verheerende Folgen für die Schifffahrt, die im Bereich der Felsstrecken im Stadtgebiet Magdeburg bis heute behindert wird (siehe Kapitel 5.2).

Der mit der Mittelwasserregulierung ab 1844 verbundene Ausbau der Elbe zur Wasserstraße verursachte weitere Wasserlaufverkürzungen. Diese Flussbegradigungen dienten ausschließlich der Verbesserung der Schifffahrtsbedingungen. Insgesamt ist die Elbelänge in Deutschland um mindestens 67 km verringert worden, das entspricht 9,2 %.

Bezogen auf den gesamten Elbelauf ist davon auszugehen, dass seit dem 16. Jhd. die Elbe um mindestens 119 km verkürzt worden ist. Zu den negativen Folgen dieser Entwicklung gehören die Erhöhung des Wasserlaufgefälles und der Fließgeschwindigkeit, die Verkürzung der Laufzeiten von Hochwasserwellen, die verstärkte Erosion der Flusssohle und die Zerstörung großer Teile der Auenlandschaft.

Die abgeschnittenen Mäander sind als Elbealtarme überwiegend noch heute vorhanden und als wertvolle Biotopbereiche unter Schutz gestellt worden (Abb. 3.2-2 und 3.2-3). Dadurch hat bei Magdeburg-Rothensee das natürliche Überschwemmungsgebiet eine Breite von 3,3 km.



Abb. 3.2-3: Altarm infolge des Durchstichs der Elbe bei Magdeburg-Rothensee

3.2.2 Schifffahrtskarten und Elbekilometrierung

Jahrhunderte lang wurde die Schifffahrt auf der Elbe mit kleinen Schiffen betrieben, die bergwärts segelten oder mit Hilfe der menschlichen Kraft getreidelt werden mussten, während sie zu Tal mit dem Strom trieben oder auch segelten.

Besonderen Aufschwung erlebte die Schifffahrt im 12. und 16. Jhd. Die Elbe war im 16. Jhd. einer der meistbefahrenen Ströme Europas. Im 17. Jhd. fuhren die Schiffe bereits bis nach Prag.

Durch die Beschlüsse des Wiener Kongresses von 1815 wurde die Elbe internationaler Wasserlauf, Schifffahrt und Flößerei wurden dadurch weiter gefördert. Die Elbeschifffahrtsakte, unterzeichnet 1821 in Dresden-Pillnitz, befreite die Schifffahrt schrittweise bis 1870 von den bis dahin herrschenden Zollzwängen.

Ab 1836 bestand ein regelmäßiger Dampfschiffbetrieb zwischen Hamburg und Dresden und ab 1841 zwischen Dresden und Prag.

Zur Verbesserung der Schifffahrtsbedingungen auf der Elbe waren auch Flusskarten erforderlich. Die erste Elbekarte entstand um 1560. Sie zeigte nicht nur Städte, Nebenflüsse, Brücken und Fähren, sondern auch die Zollstellen. Eine weitere Stromkarte des gesamten Elbelaufes, die zu den Kostbarkeiten der historischen Kartographie gehört, entstand 1781. In ihr sind auch Inseln und Heger der damals noch wenig regulierten Elbe dargestellt. Auch Fähren, Schiffsmühlen und Furten sind abgebildet.

Nach der Erstellung weiterer Elbekarten, teilweise nur für bestimmte Elbeabschnitte, erfolgte nach Einführung des internationalen Meterabkommens im Jahre 1874 – in Deutschland war das Meter bereits ab 1868 als einheitliches Maßsystem eingeführt – und nach umfangreichen Vermessungsarbeiten an der Elbe von 1874 bis 1880 die Herstellung einer einheitlichen Elbekarte für die gesamte schiffbare Elbe. Diese wurde

1885 als „Vereinskarte der Elbe“ im Maßstab 1 : 10 000 herausgegeben und zum gültigen Dokument der Schifffahrt erklärt. Die Vereinskarte legte den noch heute für die Tschechische Republik gültigen Nullpunkt der Schifffahrtskilometrierung bei Mělník (Mündung der Moldau) fest. Etwas später erfolgte vom Nullpunkt Mělník aus die heute ebenfalls noch gültige Schifffahrtskilometrierung elbaufwärts bis zum Hafen Chvaletice.

Ein zweiter Nullpunkt wurde 1885 im Grenzort Schöna (linkes Ufer) festgelegt. Von Schöna bis Schmilka bildet die Elbe auf einer Länge von 3,43 km in der Wasserlaufmitte die Staatsgrenze zwischen Deutschland und der Tschechischen Republik. Die 1885 festgelegte Kilometrierung auf deutschem Gebiet von Schöna bis zur Mündung der Elbe in die Nordsee ist die noch heute gültige Elbekilometrierung.

Die Schifffahrtskilometrierung in beiden Staaten ist entlang der Elbe durch Schifffahrtstafeln mit Kilometerangabe gekennzeichnet (Abb. 3.2-4).



Abb. 3.2-4: Schifffahrtstafel bei Elbe-km 96 auf deutschem Gebiet (Grenze Obere und Mittlere Elbe)

3.2.3 Heutige Länge der Elbe

Die heutige Länge der Elbe entspricht jedoch nicht der Länge, die sich aus der seit 1885 gültigen Schifffahrtskilometrierung ergibt, weil man wegen der nach 1885 erfolgten Wasserlaufänderungen nicht jedes Mal die gesamte Elbekilometrierung ändern konnte. Aus den neueren Schifffahrtskarten sind aber die Wasserlaufverkürzungen zu erkennen.

Für die Ermittlung der heutigen Elbelänge wurden folgende Sachverhalte berücksichtigt:

- Für wasserwirtschaftliche Betrachtungen wird in der Tschechischen Republik eine Kilometrierung der Elbe von der Staatsgrenze Tschechische Republik/Deutschland (rechtes Ufer) oberhalb Schmilka mit 0,0 km bis zur Quelle mit 370,74 km benutzt. Diese Kilometrierung verläuft in der Wasserlaufmitte der Elbe und nicht über die teilweise kürzere Strecke der Schleusenanlagen für die Schifffahrt. Sie berücksichtigt alle durchgeführten Wasserlaufverkürzungen der Elbe und entspricht der tatsächlichen Flusslänge.

- Der 3,43 km lange Elbeabschnitt zwischen Schöna und Schmilka, der in der Wasserlaufmitte die Grenze zwischen der Tschechischen Republik und Deutschland bildet, ist Bestandteil der Kilometrierung in beiden Staaten und darf daher nur einmal in die Berechnung der Elbelänge einbezogen werden.

- Die Elbe ist zwischen Elbe-km 140,0 und 140,5 (Belgern) im Rahmen der Niedrigwasserregulierung in den 30er Jahren des 20. Jhds. um 310 m und zwischen Elbe-km 249 und 252 (oberhalb Roßlau) im Jahre 1934 durch einen Durchstich (sogenannter „Kurzer Wurf“) um 1 480 m verkürzt worden.

- Bei der Vermessung der sächsischen Elbe und der preußischen Elbe trat eine Differenz auf. Nach preußischer Vermessung lag die Grenze an der Elbe zwischen den Königreichen Sachsen und Preußen bei Elbe-km 120,50, die säch-

sische Vermessung ermittelte jedoch Elbe-km 121,54. Die Differenz ergab sich daraus, dass frühere Längenmessungen nicht in der Strommitte erfolgten. Um nicht die bereits realisierte Kennzeichnung der Kilometrierung auf der preußischen Elbestrecke ändern zu müssen, entschied man sich, die sächsische Kilometrierung von 121,54 der preußischen Kilometrierung von 120,50 gleichzusetzen. Dadurch ist die Elbe in diesem Bereich tatsächlich um die Differenz von 1 040 m länger. Bei der Schifffahrtskilometrierung ist nun zweimal der Kilometer 121, der sogenannte „lange Kilometer“, ausgewiesen.

- Die tatsächliche Länge der Elbe auf deutschem Gebiet beträgt somit vom linken Ufer an der Staatsgrenze bei Schöna bis zur Mündung der Elbe in die Nordsee bei Cuxhaven-Kugelbake (Seegrenze) 726,95 km.

Unter Berücksichtigung der gemeinsamen Grenze in Elbemitte von Schöna bis Schmilka auf einer Länge von 3,43 km beträgt damit die heutige Länge der Elbe von ihrer Quelle im Riesengebirge bis zu ihrer Mündung in die Nordsee 1 094,26 km.

3.3 Talsperrenbau

Talsperren sind Stauanlagen, die im Unterschied zu Wehren über den Querschnitt des Flusslaufes hinaus den gesamten Talquerschnitt absperren (Abb. 3.3-1). Sie bestehen aus dem Absperrbauwerk und dem Speicherbecken. Die Absperrbauwerke können Staumauern, Steinschüttdämme oder Erd-dämme sein. Talsperren sind häufig durch Vorsperren in den

Zuflüssen ergänzt, die ebenfalls aus Absperrbauwerk und Staubecken bestehen. Sie sichern einen gleichbleibenden Wasserstand im Stauwurzelbereich der Hauptsperre, dienen dem Sedimentrückhalt und werden insbesondere bei Trinkwassertalsperren auch zur Nährstoffeliminierung genutzt.

Der Bau von Talsperren hat in Mitteleuropa eine lange Tradition. Schon im 10. Jhd. wurden Staudämme zur Schaffung von Teichanlagen für fischereiliche Zwecke und später zur Nutzung der Wasserkraft für den Bergbau errichtet. Ab Ende des 19. Jhds. begann der Bau moderner Talsperren für Zwecke der Trinkwasserversorgung, der Brauchwasserbereitstellung, der Energieerzeugung, der Niedrigwasseraufhöhung und des Hochwasserschutzes. Oft erfüllen Talsperren gleichzeitig mehrere Funktionen (Mehrzwecktalsperren). Für den Hochwasserschutz wird in vielen Talsperren ein bestimmter Hochwasserrückhalteraum freigehalten, der im Sommer und Winterhalbjahr unterschiedlich sein kann. Eine schematische Darstellung der Speicherräume einer Talsperre enthält Abbildung 3.3-2.

Zu den Talsperren werden auch Hochwasserrückhaltebecken und Wasserspeicher gezählt. Hochwasserrückhaltebecken bestehen hauptsächlich in besonders hochwassergefährdeten Tälern der Mittelgebirge und dienen ausschließlich dem vorübergehenden Rückhalt von Hochwasserabflüssen. Wasserspeicher resultieren aus ehemaligen anderen Nutzungen, z. B. Wasser gefüllte Restlöcher des Braunkohlentagebaus, soweit sie einen bewirtschaftbaren Speicherraum mit steuerbarem Abfluss aufweisen. Oberbecken von Pumpspeicherwerken sind häufig auf einem Hochplateau ohne natürlichen Zufluss angelegt.

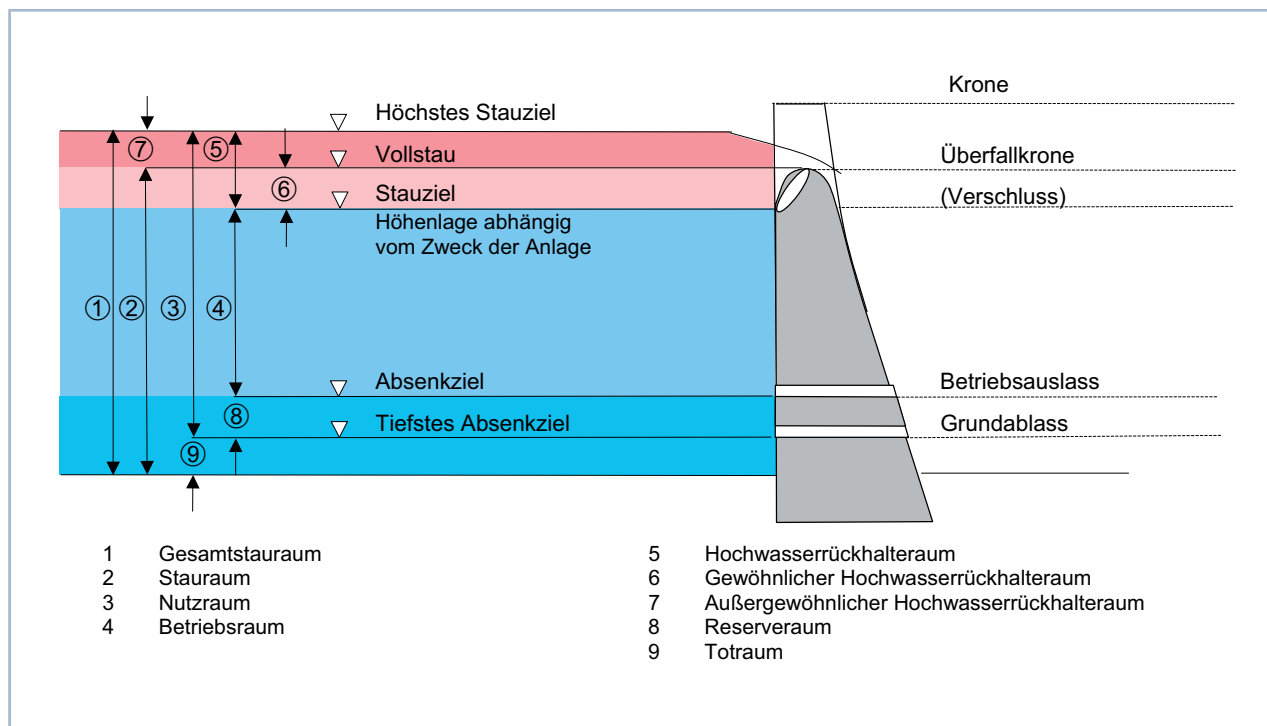


Abb. 3.3-2: Schematische Darstellung der Speicherräume und Stauziele einer Talsperre

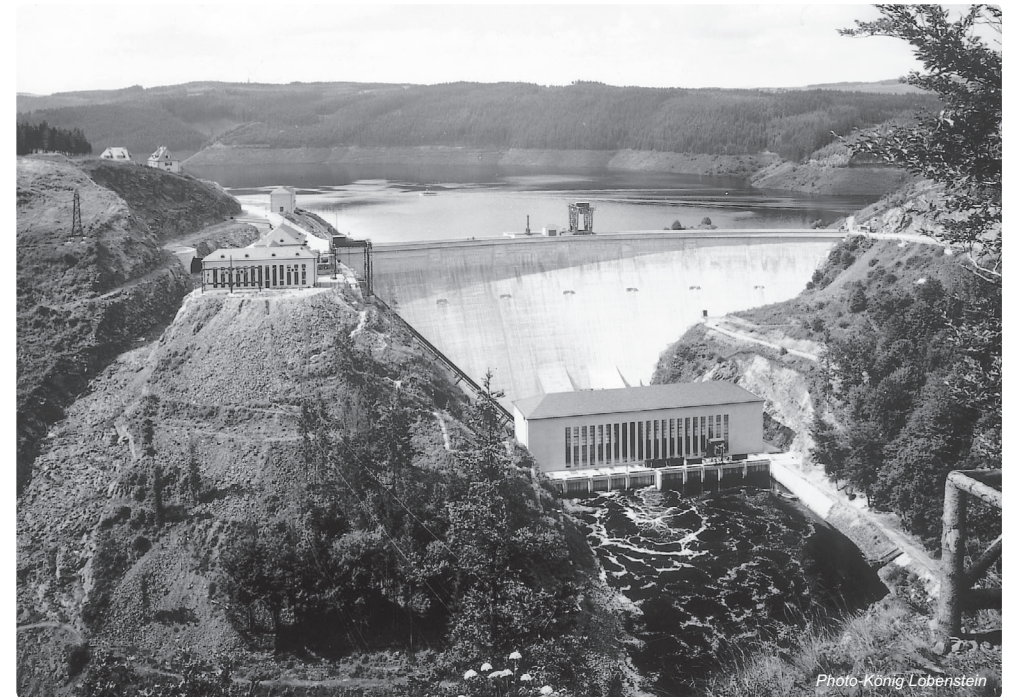


Abb. 3.3-1: Profil der Sperrstelle an der Saale vor (1926) und nach (1933) Errichtung der Talsperre Bleiloch

3.3.1 Talsperrenbau im Einzugsgebiet der Elbe

Bis 1930 bestanden im Elbegebiet 95 kleine Talsperren, vorwiegend für den örtlichen Hochwasserschutz, die Wasserbereitstellung und die Fischwirtschaft. Erst mit dem Bau der Saale- und der Moldautalsperren wurden große Speicherräume und weitreichend wirksame Hochwasserrückhalteräume geschaffen. Die Talsperre Orlik an der Moldau (Abb. 3.3-3) ist mit 716,5 Mio. m³ vom Speicherraum her die größte Talsperre im Einzugsgebiet der Elbe. Die Rappbodetalsperre im Harz ist mit 106 m Mauerhöhe die höchste Talsperre. Die Talsperren Švihov in der Böhmischemährischen Höhe und Rappbode sind die größten Talsperren zur Trinkwasserversorgung.

Im Einzugsgebiet der Elbe bestehen mit Stand vom 31.12.2003 292 Talsperren mit einem Stauraum von 4,08 Mrd. m³, davon 0,57 Mrd. m³ gewöhnlicher Hochwasserrückhalteraum (Tab. 3.3-2). Bis auf wenige Ausnahmen befinden sich diese Talsperren im Einzugsgebiet der Oberen Elbe und der Mittleren Elbe bis unterhalb der Saalemündung. Eine so große Talsperrendichte gibt es in keinem anderen großen europäischen Flussgebiet.

Aus der Tabelle ist Folgendes zu erkennen:

Tab. 3.3-1: Die größten Talsperren im Einzugsgebiet der Elbe

Name der Talsperre	Wasserlauf	Stauraum [Mio. m ³]	Staat
Orlik	Moldau	716,5	ČR
Lipno I	Moldau	309,5	ČR
Nechranice	Ohře	272,4	ČR
Slapy	Moldau	269,3	ČR
Švihov	Želivka	266,6	ČR
Bleiloch	Saale	215,0	D
Hohenwarte	Saale	182,0	D
Rappbode	Rappbode	109,1	D

■ Vom Stauraum entfallen 62,6 % auf tschechisches und 37,4 % auf deutsches Elbegebiet. Am größten ist der Stauraum im Einzugsgebiet der Moldau mit 1,89 Mrd. m³, gefolgt vom Saalegebiet mit 0,96 Mrd. m³.

■ Vom gesamten gewöhnlichen Hochwasserrückhalteraum entfallen 43,3 % auf tschechisches und 56,7 % auf deutsches Elbegebiet. Er ist im Einzugsgebiet der Saale mit 237,8 Mio. m³ am größten, gefolgt vom Moldaugebiet mit 125,0 Mio. m³.

Die 45 größten Talsperren im gesamten Elbegebiet mit einem Stauraum von jeweils über 15 Mio. m³ und weitere neun Talsperren mit einem gewöhnlichen Hochwasserrückhalteraum von jeweils über 3 Mio. m³ sind in Abb. 3.3-4 dargestellt. Acht Talsperren im Moldau-, Eger- und Saalegebiet mit je-



Abb. 3.3-3: Talsperre Orlik an der Moldau

weils mehr als 100 Mio. m³ Stauraum verfügen zusammen über 2,34 Mrd. m³ Stauraum, wovon 0,19 Mrd. m³ als Hochwasserrückhalteraum festgelegt sind.

Tab. 3.3-2: Übersicht über die Talsperren im Einzugsgebiet der Elbe mit einem Stauraum ab 0,3 Mio. m³ (Stand 31.12.2003)

Teilflussgebiet	Anzahl der Talsperren	Stauraum [Mio. m ³]	davon gewöhnlicher Hochwasserrückhalteraum im Winterhalbjahr [Mio. m ³]
Elbe oberhalb der Mündung der Moldau	19	167,35	45,22
Elbe unterhalb der Mündung der Moldau bis zur Staatsgrenze ČR/D	16	27,21	7,13
Moldau	72	1 892,74	124,98
Eger	11	397,57	69,58
Mulde	2	72,03	1,27
Summe Tschechische Republik	120	2 556,90	248,18
Obere Eger bis zur Staatsgrenze D/ČR	2	2,20	0,50
Elbe von Staatsgrenze ČR/D bis zur Mündung der Schwarzen Elster	19	79,19	23,90
Schwarze Elster	13	42,89	8,85
Mulde	34	200,33	19,82
Saale	86	964,68	237,78
Havel	14	231,90	31,43
Elbe von der Mündung der Saale bis unterhalb der Mündung der Stepenitz	4	5,07	2,68
Summe Deutschland	172	1 526,26	324,96
Gesamtsumme im Einzugsgebiet der Elbe	292	4 083,16	573,14



Abb. 3.3-4: Ausgewählte Talsperren im Einzugsgebiet der Elbe (Stand der Stauraumdaten: 31.12.2003)

Lfd. Nr.	Talsperre	Stauraum [Mio. m³]	
		gesamt	davon gewöhnlicher Hochwasser-rückhalteraum
1.	Les Království	8,0	4,9
2.	Rozkoš	76,2	25,9
3.	Seč	19,0	3,3
4.	Josefův Důl	20,8	0,3
5.	Lipno I	309,5	33,2
6.	Římov	33,6	1,6
7.	Hněvkovice	21,1	—
8.	Orlík	716,5	62,1
9.	Slapy	269,3	—
10.	Švihov	266,6	—
11.	Hracholuský	41,9	2,4
12.	Nýrsko	19,0	2,0
13.	Skalka	15,9	12,6
14.	Jesenice	52,8	13,2
15.	Horka	19,2	—
16.	Březová	4,7	3,1
17.	Stanovice	24,2	4,2
18.	Nechranice	272,4	36,6
19.	Újezd	6,7	3,2
20.	Lehnmühle	21,9	7,0
21.	Klingenberg	16,4	2,0
22.	Niemtšch	16,2	2,9
23.	Radeburg II	8,9	3,5
24.	Fláje	21,6	0,4
25.	Rauschenbach	15,2	4,0
26.	Saidenbach	22,4	1,0
27.	Přísečnice	50,4	0,9
28.	Eibenstock	74,7	10,0
29.	Muldestausee	18,0	—
30.	Bleiloch	215,0	27,0
31.	Hohenwarte	182,0	13,0
32.	Goldisthal (Unterbecken)	17,9	1,2
33.	Ohra	17,8	2,0
34.	Schmalwasser	20,6	3,0
35.	Straußfurt	18,6	18,6
36.	Kelbra	35,6	35,6
37.	Dröda	17,3	3,0
38.	Pöhl	62,0	9,2
39.	Zeulenroda	30,4	7,7
40.	Regis - Serbitz	5,9	5,9
41.	Borna	51,5	46,1
42.	Schömbach	7,7	6,2
43.	Witznitz	20,7	3,2
44.	Stöhma	11,4	11,4
45.	Kalte Bode	4,5	3,9
46.	Rappbode	109,1	14,1
47.	Wendefurth	8,5	5,4
48.	Bautzen	44,6	5,4
49.	Quitzdorf	22,0	2,3
50.	Bärwalde	20,0	—
51.	Lohsa II	53,0	—
52.	Spremberg	42,7	19,0
53.	Rhinspeicher	14,1	—
54.	Dossespeicher Kyritz	16,6	1,8

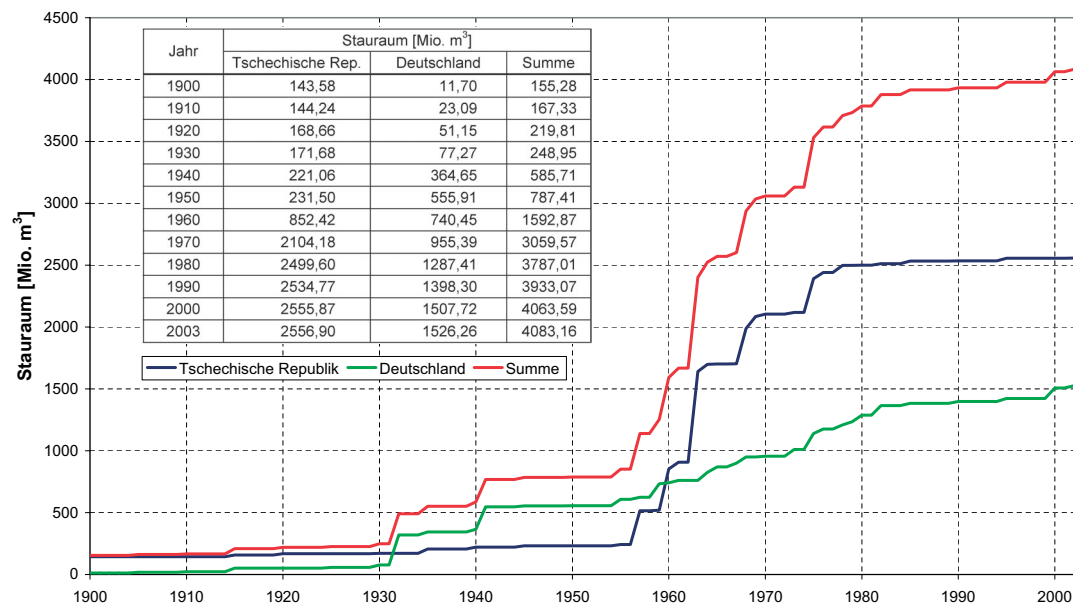


Abb. 3.3-5: Entwicklung des Stauraumes in den Talsperren im Einzugsgebiet der Elbe (Stand: 31.12.2003)

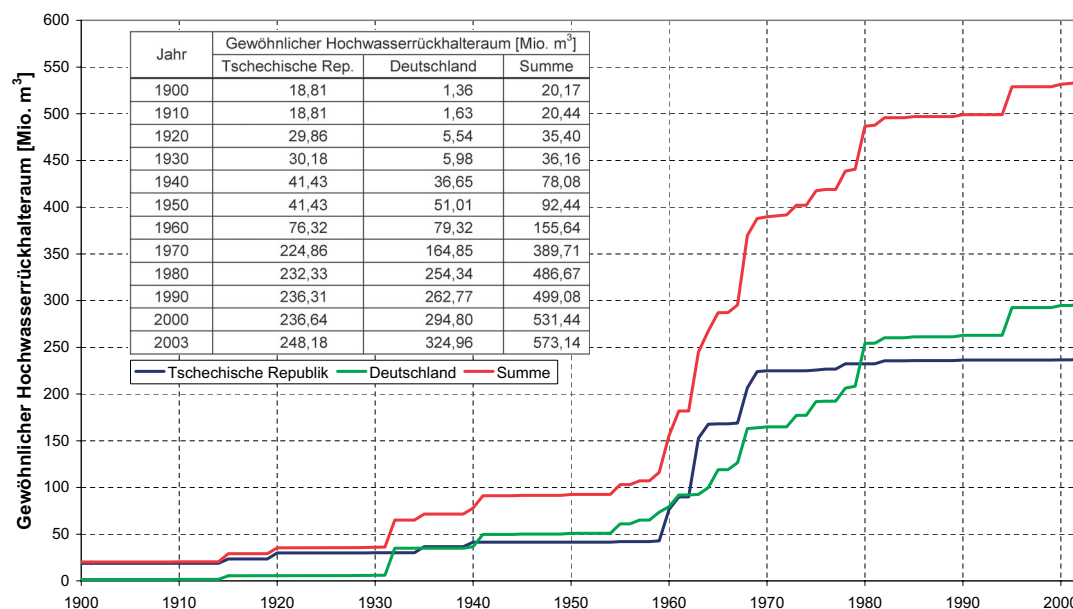


Abb. 3.3-6: Entwicklung des gewöhnlichen Hochwasserrückhalteraumes (Winter) in den Talsperren im Einzugsgebiet der Elbe (Stand 31.12.2003)

Die Entwicklung der Talsperrenkapazität im Elbegebiet seit 1900 (Abb. 3.3-5 und 3.3-6) zeigt Folgendes:

■ In den Jahren 1955 bis 1980 ist der Stauraum auf das 4,5fache und der Hochwasserrückhalteraum auf das 4,7fache angestiegen.

■ Der größte Zuwachs an Stauraum im tschechischen Elbegebiet ist im Zeitraum von 1955 bis 1980 mit 2,26 Mrd. m³ erreicht worden. Im deutschen Elbegebiet entstand der Hauptanteil des Talsperrenvolumens in den Jahren 1930 bis 1941 mit 469,4 Mio. m³ und 1955 bis 1982 mit 757,6 Mio. m³.

■ Der größte Zuwachs des gewöhnlichen Hochwasserrückhalteraumes erfolgte im tschechischen Elbegebiet im Zeitraum 1959 bis 1969 mit 181,1 Mio. m³ und im deutschen Elbegebiet in den Jahren 1955 bis 1982 mit 199,1 Mio. m³.

■ Im gesamten Flussgebiet Elbe sind allein im Zeitraum 1955 bis 1980 383,6 Mio. m³ Hochwasserrückhalteraum entstanden. Das sind 66,9 % des heute festgesetzten Hochwasserrückhalteraumes.

■ Die Vergrößerung des Hochwasserrückhalteraumes zwischen 1994 und 1995 im deutschen Elbegebiet ist in Auswertung des Hochwassers im April 1994 im Einzugsgebiet der Saale vorgenommen worden. In 13 Talsperren wurde der gewöhnliche Hochwasserrückhalteraum um 29,1 Mio. m³ erhöht. Der Schwerpunkt lag im Unstrutgebiet, wo in elf Talsperren der Hochwasserrückhalteraum um 18,9 Mio. m³ vergrößert wurde.

■ Die Vergrößerung des Stauraumes und vor allem des Hochwasserrückhalteraumes von 2000 bis 2003 ist darauf zurückzuführen, dass nach den Hochwasserereignissen vom Juli 1997 und Juli 1998 im Riesen- und Adlergebirge in zwei Talsperren die gewöhnlichen Hochwasserrückhalteräume um 10,8 Mio. m³ erhöht sowie zwei Hochwasserrückhalte-

3.3.2 Auswirkungen des Talsperrenbaus auf die Abflussverhältnisse

becken im Einzugsgebiet der Orlice mit einer Kapazität von 1,0 Mio. m³ gebaut wurden. Nach dem Auguthochwasser 2002 sind in Sachsen und Thüringen in 15 Talsperren die gewöhnlichen Hochwasserrückhalteräume um 29,0 Mio. m³ erhöht worden. Außerdem wurden die Talsperre Goldisthal mit 17,9 Mio. m³ Stauraum, davon 0,4 Mio. m³ gewöhnlicher Hochwasserrückhalteraum, und die Vorsperre Goldisthal (Stauraum 0,6 Mio. m³) in Betrieb genommen.

Mit Stand vom 31.12.2003 beträgt der Stauraum bis zur tschechisch-deutschen Elbegrenze (35 % des Elbegebiets) 2,48 Mrd. m³ bzw. 61 % und bis zum Pegel Barby unterhalb der Saalemündung (63 % des Elbegebiets) 3,85 Mrd. m³ bzw. 94 % des gesamten Stauraumes aller Talsperren im Elbegebiet mit jeweils über 0,3 Mio. m³.

Darüber hinaus bestehen noch viele kleine Talsperren und Hochwasserrückhaltebecken mit weniger als 0,3 Mio. m³ Stauraum, die weder in vorgenannten Angaben noch in *Tabelle 3.3-2* und den *Abbildungen 3.3-5* und *3.3-6* berücksichtigt sind.

Zurzeit befinden sich im oberen Elbegebiet mehrere kleine Hochwasserrückhaltebecken im Bau bzw. in der Planung. In den Einzugsgebieten Gottleuba, Müglitz und Rote Weißeritz im Osterzgebirge wird die Errichtung von Hochwasserrückhaltebecken gegenwärtig an zwölf Standorten geprüft. Das Hochwasserrückhaltebecken Lauenstein mit einem Stauraum von 5,2 Mio. m³ ist bereits im Bau und soll im Jahre 2006 fertig gestellt werden. Ebenfalls im Bau ist die Trinkwassertalsperre Leibis an der Lichte, einem Nebenfluss der Schwarza im Einzugsgebiet der Saale, mit 38,9 Mio. m³ Stauraum, davon 5,6 Mio. m³ gewöhnlicher Hochwasserrückhalteraum. Die Inbetriebnahme ist für 2007 vorgesehen.

Durch den Bau von Talsperren werden die Abflussverhältnisse im jeweiligen Einzugsgebiet unterhalb der Talsperren merkbar beeinflusst, wodurch aber das Wasserdargebot insgesamt nicht verändert wird. Es werden aber jahreszeitliche und bei großen Talsperren auch über mehrere Jahre reichende Unterschiede des natürlichen Abflusses ausgeglichen. So kann in Niedrigwasserperioden der Abfluss unterhalb von Talsperren durch Abgabe von gespeichertem Wasser erhöht werden. Andererseits können Hochwasserwellen in den Talsperren zurück gehalten oder reduziert werden, wodurch der Abfluss unterhalb der Talsperren deutlich abgesenkt wird. Die Möglichkeiten des Abflussausgleichs durch Talsperren sind vor allem von der Größe des Stauraumes abhängig. Generell nimmt die Wirkung mit größer werdender Entfernung von den Talsperren und mit zunehmendem Zwischeneinzugsgebiet ab.

Für viele Talsperren im Elbegebiet ist in den Bewirtschaftungsplänen eine Abgabe bzw. ein anzustrebender Abfluss an einem Richtpegel im unterhalb gelegenen Flussabschnitt festgelegt, wodurch in abflussarmen Perioden eine **Niedrigwasseraufhöhung** gewährleistet ist. So wird durch die Moldaukaskade unter Beachtung des Abflusses der Berounka in Prag ein Mindestabfluss von 40 m³/s gesichert. Für die Talsperre Nechanice in der Eger ist eine Niedrigwasserabgabe von 8,0 m³/s vorgeschrieben. Die Talsperren in der oberen Saale und in der Unstrut werden so gesteuert, dass in der mittleren Saale bei Naumburg ein Abfluss von 22 m³/s nicht unterschritten wird.

Diese festgelegten Niedrigwasseraufhöhungen durch Talsperren in den Flussgebieten von Moldau, Eger und Saale wirken sich bis weit in die Mittlere Elbe aus und sind für die Schifffahrt von außerordentlicher wirtschaftlicher Bedeutung.

Vor dem Bau großer Talsperren musste die Elbeschifffahrt wegen zu geringer Wasserführung oft und teilweise über mehrere Wochen eingestellt werden (*Abb. 3.3-7*). Zur Markierung

niedriger Wasserstände waren früher in der Elbe und in anderen Flüssen so genannte Hungersteine verlegt worden, die nur bei geringen Abflüssen sichtbar sind. Ein solcher Stein befindet sich am linken Elbeufer in Děčín unterhalb der Straßenbrücke. Der deutsche Text an diesem Hungerstein aus dem 19. Jhd. „Wenn du mich siehst, dann weine“ ist bei einem Abfluss von 62 m³/s Pegel Děčín vollständig zu lesen (*Abb. 3.3-8*). Letztmalig war das im August 1964 der Fall.



Abb. 3.3-7: Niedrigwassersituation im September 1904 bei Dolní Žleb (ca. 6 km obhalb der tschechisch-deutschen Elbegrenze)

Die durch den Bau und die Bewirtschaftung der Talsperren möglich gewordene Niedrigwasseraufhöhung in der Elbe wird aus den *Tabellen 3.3-3*, *3.3-4* und *3.3-5* deutlich, in denen für die Pegel Dresden, Barby und Wittenberge die mittleren Niedrigwasserabflüsse (MNQ) der Jahresreihen 1901 bis 1953 und 1961 bis 2000 gegenübergestellt sind. Zwischen dem Ende der ersten und dem Beginn der zweiten Jahresreihe lag die Hauptphase des Talsperrenbaus in den Flussgebieten der Moldau und der Eger. Der Stauraum im tschechischen Elbegebiet wurde gegenüber 1953 bis 1961 um das Vierfache und bis 1970 um mehr als das Neunfache erhöht (*Abb. 3.3-5*).

Maßgeblich für den Nachweis der durch Talsperrenbewirtschaftung erfolgten Niedrigwasseraufhöhung sind die MNQ-



Abb. 3.3-8: Der Hungerstein in Děčín

Werte für das Jahr und für die naturgemäß abflussarmen Sommer- und Herbstmonate, insbesondere August und September.

An allen drei Elbepegeln ist für die Zeit nach dem Talsperrenbau eine deutliche Erhöhung des mittleren niedrigsten Jahresabflusses festzustellen. Am Pegel Dresden entspricht das einer Wasserstandserhöhung um 21 cm, am Pegel Barby um 22 cm und am Pegel Wittenberge um 31 cm. Der mittlere niedrigste Monatsabfluss im August und September ist in der Jahresreihe 1961 bis 2000 am Pegel Dresden 19 m³/s, am Pegel Barby 28 bis 30 m³/s und am Pegel Wittenberge über 40 m³/s höher als in der Jahresreihe 1901 bis 1953.

Am Pegel Dresden, wo die Differenz des mittleren Jahresabflusses zwischen beiden Jahresreihen lediglich 4 m³/s beträgt, ist die Erhöhung der MNQ-Werte wohl ausschließlich auf die Bewirtschaftung der Talsperren in der Tschechischen Republik zurückzuführen.

Am Pegel Barby, wo die Differenz des mittleren Jahresabflusses zwischen beiden Jahresreihen 22 m³/s beträgt, kann die Erhöhung der MNQ-Werte für das Jahr sowie für die Sommer- und Herbstmonate nicht allein der Talsperrenbewirtschaftung zugeschrieben werden, obwohl sich dort zusätzlich die Niedrigwasseraufhöhung in der Saale auswirkt.

Tab. 3.3-3: Niedrigwasserabflüsse am Pegel Dresden (53 096 km²)

Jahresreihe	Mittlerer Jahres- abfluss (MQ)	Mittlerer niedrigster Jahresabfluss (MNQ)	Mittlerer niedrigster Monatsabfluss											
			XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
	[m³/s]		[m³/s]											
1901 - 1953	324	89,7	170	166	186	204	294	327	206	155	140	121	130	154
1961 - 2000	328	118	184	202	226	258	298	332	239	192	153	140	149	154
Differenz 2. minus 1. Jahresreihe	4	28	14	36	40	54	4	5	33	37	13	19	19	0

Tab. 3.3-4: Niedrigwasserabflüsse am Pegel Barby (94 060 km²)

Jahresreihe	Mittlerer Jahres- abfluss (MQ)	Mittlerer niedrigster Jahresabfluss (MNQ)	Mittlerer niedrigster Monatsabfluss											
			XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
	[m³/s]		[m³/s]											
1901 - 1953	542	186	312	330	378	418	550	569	383	291	261	230	241	262
1961 - 2000	564	222	341	369	437	483	548	612	452	366	290	258	271	282
Differenz 2. minus 1. Jahresreihe	22	36	29	39	59	65	-2	43	69	75	29	28	30	20

Tab. 3.3-5: Niedrigwasserabflüsse am Pegel Wittenberge (123 532 km²)

Jahresreihe	Mittlerer Jahres- abfluss (MQ)	Mittlerer niedrigster Jahresabfluss (MNQ)	Mittlerer niedrigster Monatsabfluss											
			XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
	[m³/s]		[m³/s]											
1901 - 1953	646	245	399	454	509	577	699	761	520	377	336	301	313	332
1961 - 2000	712	301	471	511	607	678	743	817	602	492	378	342	361	388
Differenz 2. minus 1. Jahresreihe	66	56	72	57	98	101	44	56	82	115	42	41	48	56

Tab. 3.3-6: Vergleich niedriger Tagesabflüsse in der Elbe vor 1955 und nach 1965

Pegel	Niedrige Tagesabflüsse [m ³ /s]	
	vor 1955	nach 1965
Dresden	oft unter 50	nicht unter 88
Barby	oft um 90	nicht unter 142
Wittenberge	oft unter 140	nicht unter 180

Tab. 3.3-7: Vergleich niedrigster Tagesabflüsse in der Elbe in extremen Trockenperioden

Pegel	Niedrigste Tagesabflüsse [m ³ /s]				
	VIII/IX 1947	VIII 1952	VIII/IX 1976	VIII/IX 1990	VII/XI 2003
Dresden	35,8	35,8	88,6	89,3	89,6
Barby	89,0	112	142	177	154
Wittenberge	131	157	195	211	194

Am Pegel Wittenberge, wo die Differenz des mittleren Jahresabflusses zwischen beiden Jahresreihen $66 \text{ m}^3/\text{s}$ beträgt, wird die durch Talsperrenbewirtschaftung erzielte Niedrigwasseraufhöhung durch weitere abflusserhöhende Maßnahmen ergänzt.

Trotz der Abflussunterschiede in beiden Jahresreihen und anderer Abfluss erhöhender Maßnahmen in der zweiten Hälfte des 20. Jhds. ist die durch Talsperrenbewirtschaftung erzielte Niedrigwasseraufhöhung bis weit in die Mittlere Elbe unstrittig. Das belegen auch Vergleiche niedriger Tagesabflüsse vor 1955 und nach 1965 sowie der niedrigsten Tagesabflüsse in extremen Trockenperioden (Tab. 3.3-6 und 3.3-7).

Aus Tabelle 3.3-7 wird deutlich, dass selbst in der lang anhaltenden Trockenperiode 2003 die niedrigsten Tagesabflüsse durch die Niedrigwasseraufhöhung aus Talsperren erheblich größer waren als in Trockenperioden vor dem Talsperrenbau in den Flussgebieten der Moldau und der Eger.

Die **Hochwasserschutzwirkung** der Talsperren wird vorwiegend durch den gewöhnlichen Hochwasserrückhalteraum und die in den Bewirtschaftungsplänen festgelegten Regeln zum Hochwasserrückhalt gewährleistet.

Maßgebend ist das Verhältnis der Größe des Hochwasserrückhalterumes zum Volumen der Hochwasserwelle. So können Hochwasserereignisse mit sehr hohen Scheitelabflüssen aber geringem Volumen oftmals in einer Talsperre vollständig aufgenommen oder sehr wirksam reduziert werden. Hochwasserwellen mit einem sehr großen Volumen können nur teilweise in einer Talsperre zurückgehalten werden. Gerade für solche Ereignisse sind zuverlässige Wettervorhersagen für das Einzugsgebiet der Talsperre und Vorhersagen der Zuflüsse für eine vorausschauende optimale Steuerung der Talsperre von grundsätzlicher Bedeutung. Dabei werden zwei Ziele verfolgt: Erstens eine Vorentlastung der Talsperre, d. h. Absenkung des Füllungsstandes bis in den Betriebsraum unter Berücksichtigung der Schneerücklage im Einzugsgebiet, so dass der festgesetzte Hochwasserrückhalteraum vorübergehend vergrößert wird. Zweitens eine zeitliche Verzögerung hoher Abgaben aus der Talsperre, um ein Zusammentreffen

mit Hochwasserscheiteln aus Nebenflüssen unterhalb der Talsperre zu vermeiden.

Auch Talsperren, die bereits völlig gefüllt sind, verursachen durch die Retentionswirkung der Seefläche eine Reduzierung und zeitliche Verzögerung des Scheitelabflusses aus der Talsperre. Das trifft auch für das Extremhochwasser vom August 2002 zu.

Die Talsperrensteuerung hat in den letzten Jahrzehnten im tschechischen wie im deutschen Elbegebiet zu einer wirksamen Absenkung von Hochwasserscheiteln und zur Minderung von Schäden geführt. Das wird durch folgende Beispiele unterstrichen:

Beim Hochwasser im Saalegebiet im April 1994, dem ein Wiederkehrintervall von mehr als 100 Jahren zugeordnet wird, wurde der gesamte Zufluss aus der oberen Saale über eine Dauer von 48 Stunden in den Saale-Talsperren (siehe Kapitel 4.7.2) vollständig gespeichert. Dadurch konnte am 25 km unterhalb gelegenen Pegel Rudolstadt der Scheitelwasserstand um 120 cm abgesenkt werden. Erst nach Scheiteldurchgang an diesem Pegel wurde mit der Entlastung der Saale-Talsperren begonnen.

Beim gleichen Hochwasser konnte der Zufluss beim Hochwasserrückhaltebecken Straußfurt/Unstrut von $280 \text{ m}^3/\text{s}$ auf eine gleichzeitige Abgabe von $52 \text{ m}^3/\text{s}$ gesenkt werden. Die maximale Abgabe betrug $110 \text{ m}^3/\text{s}$.

Durch die Steuerung der Saale-Talsperren und des Hochwasserrückhaltebeckens Straußfurt trat im Raum Halle, 190 km unterhalb der Saale-Talsperren, noch eine Scheitelwasserstandsabsenkung um 20 bis 30 cm ein.

In Tabelle 3.3-8 sind die Wiederkehrintervalle von Hochwasserscheitelabflüssen am Pegel Kaulsdorf/Saale (Einzugsgebiet $1\,665 \text{ km}^2$), unmittelbar unterhalb der Saale-Talsperren gelegen, ohne und mit Berücksichtigung der Talsperrenwirkung gegenübergestellt.

Der Zufluss zum Talsperrensystem Ostharz/Bode (siehe

Tab. 3.3-8: Einfluss der Saale-Talsperren auf den Hochwasserscheitelabfluss der Saale in Kaulsdorf

Wiederkehrintervall [Jahre]	Hochwasserscheitelabfluss [m^3/s]		Differenz [m^3/s]
	ohne Berücksichtigung der Talsperrenwirkung	mit	
2	162	75	87
5	238	113	125
10	288	138	150
20	336	162	174
50	398	193	205
100	444	217	227

he Kapitel 4.7.8) von $196 \text{ m}^3/\text{s}$ wurde auf eine gleichzeitige Abgabe von $16 \text{ m}^3/\text{s}$ reduziert. Nach Anspringen des Hochwasserüberlaufes betrug die höchste Abgabe nur $87 \text{ m}^3/\text{s}$.

Die für den Pegel Treseburg/Bode (Einzugsgebiet 333 km^2), wenige Kilometer unterhalb des Talsperrensystems Ostharz gelegen, berechneten Wiederkehrintervalle für die Zeit vor und nach Bau der Talsperren enthält Tabelle 3.3-9.

Tab. 3.3-9: Einfluss des Ostharz-Talsperrensystems auf den Hochwasserscheitelabfluss der Bode in Treseburg

Wiederkehrintervall [Jahre]	Hochwasserscheitelabfluss [m^3/s]		Differenz [m^3/s]
	1920/60	1961/95	
2	55	22	33
5	85	35	50
10	115	55	60
20	185	80	105
50	280	110	170

Beim Hochwasser am 07. und 08. Juli 1997 im oberen Einzugsgebiet der Elbe wurde durch die Talsperre Les Království/Elbe (Einzugsgebiet 532 km^2) im Riesengebirgsvorland (Abb. 4.1-7) der Scheitelzufluss von $160 \text{ m}^3/\text{s}$ auf $92 \text{ m}^3/\text{s}$ abgesenkt. In der Talsperre Pastviny/Divoká Orlice (Einzugsgebiet 181 km^2) im Adlergebirge (Abb. 4.1-13) trat schon 30 Minuten nach dem höchsten Zufluss von $140 \text{ m}^3/\text{s}$ der Hochwasserüberlauf in Funktion. Dennoch erfolgte eine Scheitelreduzierung um $30 \text{ m}^3/\text{s}$ auf $110 \text{ m}^3/\text{s}$. Der Talsperre

Seč/Chrudimka (Einzugsgebiet 216 km²) im Eisengebirge flossen maximal 77 m³/s zu. Die gleichzeitige Abgabe betrug 40 m³/s. Nach sieben Stunden lief die Talsperre über, der Abfluss erhöhte sich auf 55 m³/s. Neben dieser Hochwasserscheitelreduzierung um 22 m³/s war für den unterhalb gelegenen Flussabschnitt vor allem die zeitliche Verzögerung des Scheiteleintritts von Bedeutung.

Beim Hochwasser am 19. und 20. Juli 1997 war vor allem die Obere Elbe im Riesengebirge betroffen. Der kleinen Talsperre Labská (Einzugsgebiet 60,5 km²) in Špindlerův Mlýn flossen maximal 180 m³/s zu. Die gleichzeitige Abgabe betrug nur 58 m³/s. Obwohl der Freiraum in der Talsperre größer war als der gewöhnliche Hochwasserrückhalteraum sprang der Hochwasserüberlauf zwei Stunden nach Scheitelzufluss an, der Abfluss erhöhte sich auf 170 m³/s (Abb. 3.3-9). Die zeitliche Verzögerung des Scheiteleintritts und die Reduzierung des maximalen Abflusses um 10 m³/s waren für die 42,5 km flussabwärts gelegene Talsperre Les Království wichtig. Dort konnte der Scheitelzufluss von 190 m³/s um mehr als die Hälfte auf die gleichzeitige schadlose Abgabe von 90 m³/s vermindert werden, ein Hochwasserüberlauf erfolgte nicht.



Abb. 3.3-9: Hochwasserüberlauf der Talsperre Labská im Juli 1997

Beim Hochwasser im August 2002 hatten viele Talsperren in den Flussgebieten der Moldau, Eger, Gottleuba, Weißeritz und Mulde die größte Belastung seit ihrer Errichtung zu bestehen. Zugleich war es die größte Herausforderung an die Talsperrensteuerung.

Für 19 ausgewählte Talsperren ist deren Wirksamkeit aus Tabelle 3.3-10 ersichtlich.

■ Das Wiederkehrintervall des Scheitelzuflusses wurde für die Talsperre Orlik mit 1 000 Jahren, für acht Talsperren mit 200 und 500 Jahren, für sieben Talsperren mit 100 Jahren und für zwei Talsperren mit 10 Jahren ermittelt.

■ In allen Talsperren war zu Beginn des Hochwassers der gewöhnliche Hochwasserrückhalteraum frei. In den meisten Talsperren war außerdem ein Teil des Betriebsraumes frei. So betrug der gesamte Freiraum an den beiden größten Talsperren Orlik und Lipno I das 2- bzw. 3,5fache des gewöhnlichen Hochwasserrückhalterumes.

■ Zum Zeitpunkt des maximalen Zuflusses betrug die Abgabe an neun Talsperren nur 5 bis 26 % und an fünf Talsperren 43 bis 81 % des Scheitelzuflusses. An drei Talsperren (Řimov, Slapy, Malter) hatte das ungewöhnlich große Volumen der Hochwasserwellen schon vor Scheiteleintritt zum vollständigen Füllen der Freiräume geführt und an der Talsperre Klingenberg entsprach die Abgabe schon 96 % des Scheitelzuflusses.

■ Die maximale Abgabe konnte an fünf Talsperren auf 11 bis 38 % und an zehn Talsperren auf 47 bis 85 % des maximalen Zuflusses begrenzt werden. An den vorgenannten vier Talsperren war keine Verringerung des maximalen Zuflusses möglich.

■ Die zeitliche Verzögerung zwischen maximalem Zufluss und maximaler Abgabe betrug an zehn Talsperren 10 bis 19 Stunden, an vier Talsperren 3 bis 5 Stunden und an vier Talsperren weniger als eine Stunde.

■ Drei Talsperren liefen nicht über. Bei 16 Talsperren wurde der außergewöhnliche Hochwasserrückhalteraum in Anspruch genommen, sie liefen eine mehr oder weniger lange Zeit über. Davon stieg in sieben Talsperren der Wasserstand über das zulässige höchste Stauziel an ohne ihre Standsicherheit zu gefährden, sie waren jedoch nicht mehr steuerbar.

■ Der schadlose Abfluss wurde an je vier Talsperren nicht bzw. nur bis zum Zweifachen überschritten. An sechs Talsperren betrug die Überschreitung das Zwei- bis Vierfache, an vier Talsperren das Vier- bis Achtfache und an der Talsperre Řimov das 16fache.



Abb. 3.3-11: Hochwasserableitung von 3 100 m³/s an der Talsperre Orlik am 14.08.2002

Talsperre	Wasserlauf/ Flussgebiet	Einzugs- gebiet [km ²]	Stauraum, davon gewöhl. Hochwasser- rückhalteraum ¹⁾ [Mio. m ³]	Maximaler Zufluss [m ³ /s] Tag/Uhrzeit	Wiederkehr- intervall [Jahre]	Abgabe zum Zeitpunkt des maximalen Zuflusses [m ³ /s] ²⁾	Maximale Abgabe [m ³ /s] ²⁾ Tag/Uhrzeit	Freiraum vor Beginn des Hochwassers [Mio. m ³] ³⁾	Schadloser Abfluss [m ³ /s]	Inanspruchnahme des außergewöhnl. Hochwasser- rückhalteraus [Mio. m ³]
Einzugsgebiet der Moldau										
Lipno I	Moldau	948	309,5 12,6	470 13.08./4.00 Uhr	500	230	320 13.08./19.00 Uhr	44,6	60	3,4 ⁵⁾
Řimov	Malše/Moldau	488	33,6 1,56	476 13.08./6.00 Uhr	500	473	473 13.08./6.00 Uhr	6,7	30	0,09
Orlík	Moldau	12 106	716,5 62,1	3900 13.08./12.00 Uhr	1000	2130	3100 14.08./4.00 Uhr	126	1500 in Prag	41,7 ⁵⁾
Slapy	Moldau	12 952	269,3 0,0	3150 14.08./15.00 Uhr	100	3150	3150 14.08./16.00 Uhr	7,5	1500 in Prag	0,8 ⁵⁾
Hracholusky	Mže/Berounka/Moldau	1 610	41,9 2,41	185 13.08./18.00 Uhr	10	80	126 14.08./4.00 Uhr	3,7	40	5,0
Einzugsgebiet der Eger/Ohře										
Nechranice	Eger	3 590	272,4 36,6	335 13.08./11-12.00 Uhr	2 - 5	115	154 14. 8./6.00 Uhr	46,7	170	4)
Einzugsgebiet der Gottleuba										
Gottleuba	Gottleuba	35,3	13,0 2,00	67,9 13.08./6.00 Uhr	100	17,9	35,0 13.08./9.00 Uhr	2,63	35	0,4
Mordgrund- bach	Mordgrundbach/ Bahra/Gottleuba	12,9	1,27 1,15	25,1 13.08./6.00 Uhr	100	4,42	4,7 13.08./19.00 Uhr	1,15	5	4)
Buschbach	Buschbach/ Bahra/Gottleuba	27,4	2,40 2,40	47,2 12.08./20.00 Uhr	100	4,81	27,0 13.08./15.00 Uhr	2,40	8,5	0,1
Liebstadt	Seidewitz/ Gottleuba	11,5	1,08 1,01	36,0 12.08./20.00 Uhr	100	2,95	20,3 13.08./7.00 Uhr	1,01	16	0,06
Friedrichswal- de-Ottendorf	Bahre/Seide- witz/Gottleuba	26,9	1,52 1,45	70,3 12.08./20.00 Uhr	100	3,53	26,5 13.08./6.00 Uhr	1,45	7	0,12
Einzugsgebiet der Weißeritz										
Lehnmühle	Wilde Weißeritz/ Weißeritz	60,4	21,9 1,95	155 13.08./3.00 Uhr	200 - 500	95,1	114 13.08./6.00 Uhr	3,88	15	1,7 ⁵⁾
Klingenberg	Wilde Weißeritz/ Weißeritz	89,4	16,4 1,63	170 13.08./8.00 Uhr	200 - 500	163	168 13.08./9.00 Uhr	2,23	30	1,6 ⁵⁾
Malter	Rote Weißeritz/ Weißeritz	105	8,78 2,28	220 13.08./1.00 Uhr	200 - 500	220	220 13.08./ 2.00 Uhr	2,43	50	1,2 ⁵⁾
Einzugsgebiet der Mulde										
Lichtenberg	Gimmlitz/ Freiberger Mulde	38,8	14,5 0,53	53,0 13.08./4.00 Uhr	250 - 350	43	45,0 13.08./7.00 Uhr	1,20	6,5	0,74
Fláje	Flöha/Zschopau/ Freiberger Mulde	43,1	21,6 0,34	52,0 13.08./2.00 Uhr	100	10,5	14,1 13.08./17.00 Uhr	3,07	8,0	0,27
Saidenbach	Saidenbach/ Flöha/Zschopau/ Freiberger Mulde	60,8	22,36 0,00	72,0 13.08./4.00 Uhr	200 - 300	9,0	36,5 13.08./9.00 Uhr	3,25	27	0,71 ⁵⁾
Přísečnice	Preßnitz/Zschopau/ Freiberger Mulde	46,2	50,4 0,92	30,0 12.08./14.00 Uhr	10	3,2	3,4 13.08./3.00 Uhr	4,26	4,0	4)
Eibenstock	Zwickauer Mulde	200	74,7 5,78	180 13.08./2.00 Uhr	200	10,0	55,4 13.08./13.00 Uhr	6,36	36	2,6

- 1) Stand: August 2002
2) Abgabe aus der Summe Grundablass, Hochwasserüberlauf und Kraftwerksabgabe
3) freier Stauraum bis zum Hochwasserüberlauf
4) kein Überlauf
5) zulässiges höchstes Stauziel überschritten

Tab. 3.3-10: Wirksamkeit ausgewählter Talsperren beim Augusthochwasser 2002



Das Volumen der zweiten Hochwasserwelle vom 12.08. bis 16.08.2002 war so groß, dass alle Talsperren überliefen (*Abb. 3.3-11 und 3.3-12*).



Durch die Talsperre Lipno I konnte der Scheitelzufluss der zweiten Hochwasserwelle von 470 m³/s (HQ₅₀₀) auf 320 m³/s (HQ₁₀₀) abgesenkt werden.

In der Talsperre Orlik waren der gewöhnliche Hochwasserrückhalteraum und der freie Betriebsraum mit zusammen 126 Mio. m³ innerhalb von 24 Stunden gefüllt und am Nachmittag des 13.08.2002 war das zulässige höchste Stauziel erreicht. Gleichzeitig kam es zu einer störfallbedingten Betriebsunterbrechung des Wasserkraftwerks und damit zu einer Kapazitätsminderung der Anlagen, die das Wasser

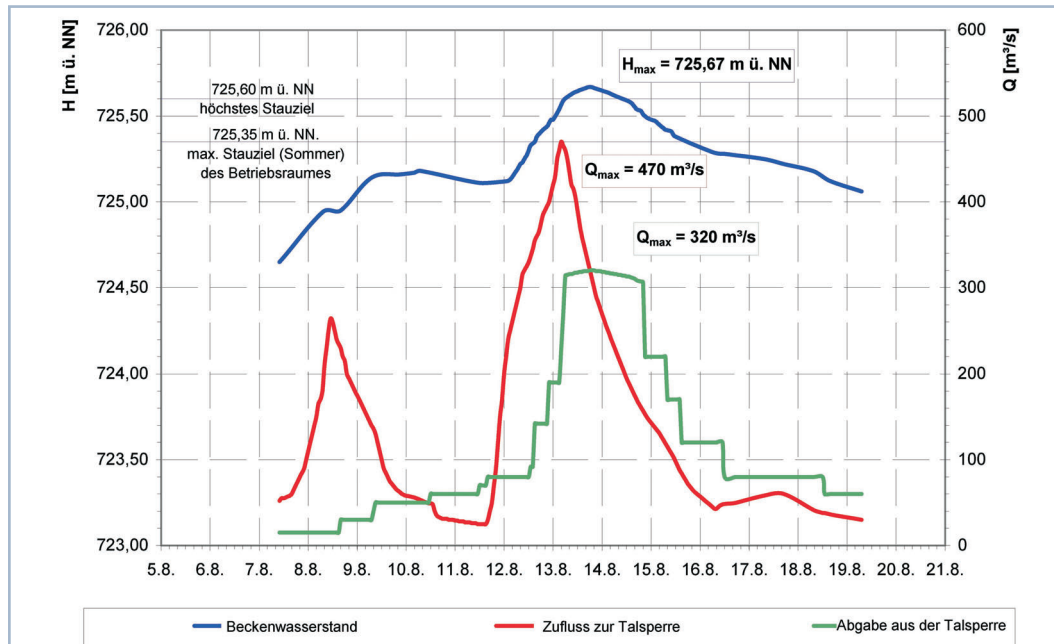


Abb. 3.3-13: Reduzierung der Hochwasserwellen im August 2002 durch die Talsperre Lipno I

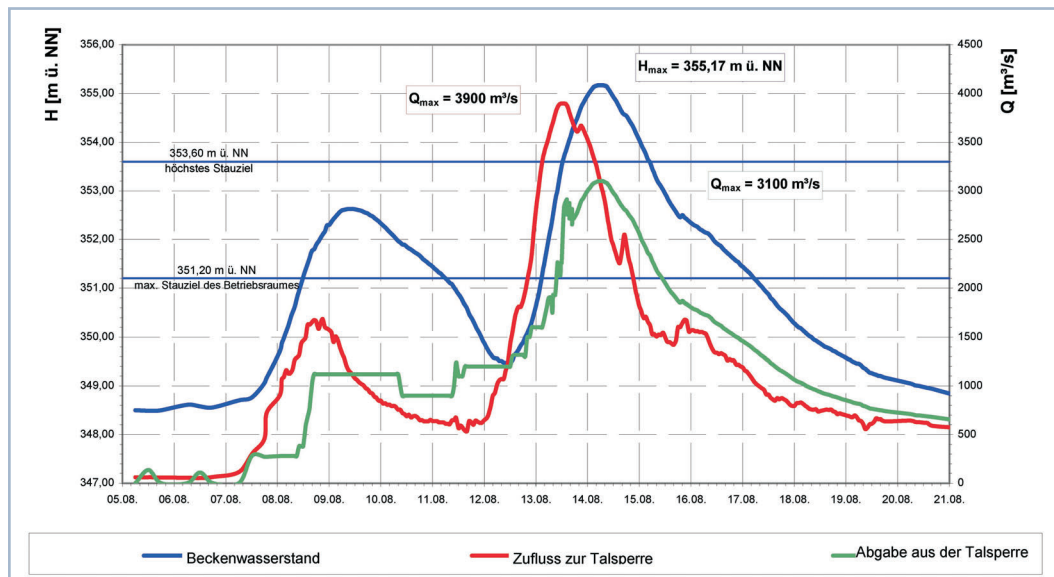


Abb. 3.3-14: Reduzierung der Hochwasserwellen im August 2002 durch die Talsperre Orlik

aus der Talsperre ableiten. Dadurch reichte nicht einmal mehr die Kapazität der voll geöffneten Segmentverschlüsse auf der Hochwasserüberlaufkrone und der Grundablässe, um den zu diesem Zeitpunkt eintretenden maximalen Zufluss von 3 900 m³/s abzuleiten. Der Wasserstand stieg um 1,57 m über das zulässige höchste Stauziel. Der dadurch entstandene zusätzliche Rückhalteraum von 41,7 Mio. m³ ermöglichte, den Scheitelzufluss von 3 900 m³/s (HQ_{1000}) auf 3 100 m³ (HQ_{100}) abzusenken. Angesichts der aufgezeigten Umstände und des ungewöhnlich großen Volumens der Hochwasserwelle ist die Reduzierung des Abflusses um 800 m³/s eine außerordentliche Leistung.

Durch die fünf Talsperren Lipno I, Římov, Orlik, Slapy und Hracholusky im Einzugsgebiet der Moldau wurden 239 Mio. m³ zurückgehalten.

Im Einzugsgebiet der Eger (Abb. 4.3-2) wurden allein in der Talsperre Nechanice 27,3 Mio. m³ gespeichert, so dass der Scheitelzufluss von 335 m³/s um mehr als die Hälfte auf 154 m³/s abgesenkt werden konnte.

Durch die Talsperre Gottleuba und die vier Hochwasserrückhaltebecken Mordgrundbach, Buschbach, Liebstadt und Friedrichswalde-Ottendorf (Abb. 4.4-17) konnte der Hochwasserscheitel der Gottleuba in Pirna um ca. 40 % reduziert werden. Durch dieses Hochwasserrückhaltesystem wurden insgesamt 8,4 Mio. m³ vorübergehend gespeichert. Das ist fast die Hälfte des Zuflusses von 17,5 Mio. m³.

Die Talsperren Lehmühle, Klingenberg und Malter im Weißeritzgebiet wurden über das zulässige höchste Stauziel eingestaut. In der Talsperre Klingenberg betrug der Freibord zwischen dem höchsten Beckenwasserstand und der Mauerkrone nur 6 cm (Abb. 3.3-15).

Trotz der geringen zeitlichen Verzögerung zwischen Scheitelzufluss und maximaler Abgabe konnte durch die Steuerung der Talsperren ein direktes Zusammentreffen der Hochwasserscheitel aus Roter und Wilder Weißeritz in der Vereinigten Weißeritz, die durch Freital und Dresden fließt, verhindert werden. Durch die drei Talsperren wur-

den 8,5 Mio. m³ zurückgehalten. Das sind über 18 % des Zuflusses von 46 Mio. m³.

Durch die vier Talsperren Lichtenberg, Fláje, Saidenbach und Přisečnice im Einzugsgebiet der Freiburger Mulde (Abb. 4.6-2) wurden 13,5 Mio. m³ zurückgehalten. Dabei ist zu beachten, dass im Jahre 2002 in der Talsperre Saidenbach kein und in den anderen drei Talsperren nur ein sehr geringer gewöhnlicher Hochwasserrückhalteraum festgelegt war. In der Talsperre Eibenstock wurden unter Inanspruch-

nahme des außergewöhnlichen Hochwasserrückhalteraum (Abb. 3.3-16) 9,0 Mio. m³ vorübergehend zurückgehalten, wodurch der Scheitelzufluss von 180 m³/s auf 55 m³/s abgesenkt werden konnte. Dadurch wurde eine Reduzierung des Hochwasserscheitels der Zwickauer Mulde in Aue und Zwickau erzielt.

In den Stauanlagen Borna, Schömbach, Witznitz und Stöhma im Einzugsgebiet der Pleiße (Abb. 4.7-2) wurden 25,7 Mio. m³ eingestaut. Dadurch konnte die Überflutung von Stadtteilen in Leipzig verhindert werden.



Abb. 3.3-15: Hochwasserableitung an der Talsperre Klingenberg mit 170 m³/s am 13.08.2002



Abb. 3.3-16: Hochwasserableitung an der Talsperre Eibenstock mit 55 m³/s am 13.08.2002

4

Geographisch-hydrologischer und wasserwirtschaftlicher Überblick des Einzugsgebiets der Elbe

In diesem Kapitel werden elf Teileinzugsgebiete der Elbe vorgestellt. Das sind die Flussgebiete der sechs Hauptnebenflüsse Moldau, Eger, Schwarze Elster, Mulde, Saale und Havel sowie fünf Elbeteilgebiete (Abb. 4-1). Für jedes Teileinzugsgebiet unterstützen eine topographische und eine hydrographische Karte, Tabellen hydrologischer Grunddaten und der Charakteristik des Abflussregimes sowie Grafiken des Jahresganges des Abflusses von ausgewählten Pegeln die Beschreibung.

Tab. 4-1: Ausgewählte Charakteristika der Teileinzugsgebiete der Elbe

Teileinzugsgebiet	Einzugsgebietsfläche [km ²]	Anteil der Höhen über 200 m ü. NN [%]	Anteil der Höhen unter 200 m ü. NN [%]	Mittlere jährliche Niederschlagshöhe [mm]
Elbe von der Quelle bis zur Mündung der Moldau	13 714	93,5	6,5	710
Moldau	28 090	99,5	0,5	656
Elbe von der Mündung der Moldau bis zur Mündung der Schwarzen Elster (ohne Eger)	8 448	66,6	33,4	620 ¹⁾
Eger	5 614	96,0	4,0	667
Schwarze Elster	5 705	9,0	91,0	600
Elbe von der Mündung der Schwarzen Elster bis zur Mündung der Havel (ohne Mulde und Saale)	5 274	—	100,0	525 ¹⁾
Mulde	7 400	71,0	29,0	770
Saale	24 079	59,2	40,8	615
Havel	23 858	1,2	98,8	562
Elbe von der Mündung der Havel bis zum Wehr Geesthacht	12 593	—	100,0	580 ¹⁾
Elbe vom Wehr Geesthacht bis zur Mündung in die Nordsee	13 255	—	100,0	800 ¹⁾

1) überschläglich ermittelt



Abb. 4-1: Teileinzugsgebiete der Elbe

4.1 Die Elbe von der Quelle bis zur Mündung der Moldau

*Vom Wasser haben wir's gelernt,
Vom Wasser!
Das hat nicht Rast bei Tag und Nacht,
Ist stets auf Wanderschaft bedacht,
Das Wasser.
(Wilhelm Müller)*

Die Elbe ist von der Quelle im Riesengebirge bis zur Mündung der Moldau in die Elbe bei Mělník 260,7 km lang und weist einen Höhenunterschied von 1 231 m auf. Ab dem Hafen Chvaletice oberhalb der Mündung des Flusses Doubrava ist die Elbe schiffbar. Die Schifffahrtsstrecke bis zur Mündung der Moldau beträgt 102 km. Insgesamt ist die Elbe auf tschechischem Gebiet auf einer Länge von 212 km schiffbar.

An der Mündung der Moldau erreicht die Elbe ein Einzugsgebiet von 13 714 km², davon 239,3 km² in Polen. Von dieser Fläche sind 93,5 % dem Gebirgs- und Hügelland und 6,5 % mit Höhen unter 200 m ü. NN dem Flachland zuzurechnen.

Das Riesengebirge ist der höchste Gebirgszug im Einzugsgebiet der Elbe. In Mitteleuropa wird es nur noch von den Alpen und den Karpaten überragt. Mehrere seiner Gipfel haben Höhen von über 1 500 m. Der Kamm des Riesengebirges ist größtenteils über 1 250 m hoch.

Die höchsten Erhebungen in diesem Teileinzugsgebiet sind die Schneekoppe/Sněžka (1 602 m ü. NN) im Riesengebirge, der Smrk (1 124 m ü. NN) im Isergebirge, die Velká Deštná (1 115 m ü. NN) im Adlergebirge, der Ještěd (1 012 m ü. NN) im Jeschkengebirge und der Šindelný vrh (806 m ü. NN) in der Böhmischo-mährischen Höhe.

Zunächst fließt die Elbe durch imposante Talschluchten und

schmale Erosionstäler des Riesengebirges und verlässt 27 km nach der Quelle unterhalb der Stadt Vrchlabí das Gebirge. Sie durchfließt dann auf 58 km Länge bis zur Mündung der Nebenflüsse Úpa und Metuje in der Stadt Jaroměř das Riesengebirgsvorland. Anschließend erreicht sie die weite Ebene der Elbeniederung, die sich bis zur Mündung der Eger auf einer Länge von über 220 km erstreckt. Den überwiegenden Teil bildet das Böhmisches Kreidebecken (Abb. 4.1-1).

Die natürlichen Abflussverhältnisse sind in diesem obersten Einzugsgebiet der Elbe seit Jahrhunderten zunehmend beeinflusst worden. Dazu gehören der Bau von Talsperren, Fischteichen, Überleitungskanälen, Wehren und Staustufen mit Schleusenanlagen für die Schifffahrt. Allein durch 19 Talsperren mit jeweils mehr als 0,3 Mio. m³ Inhalt und einem Stauraum von insgesamt 167,4 Mio. m³ können Hochwasserwellen abgesenkt und Niedrigwasserabflüsse aufgehört werden. In 15 Talsperren ist ein gewöhnlicher Hochwasserrückhalteraum von 45,2 Mio. m³ festgelegt. Die Talsperren Labská und Les Království mit einem Stauraum von zusammen 11,0 Mio. m³ sind die einzigen im gesamten Elbegebiet, die direkt in der Elbe errichtet wurden.

Klimatisch bestehen im Elbegebiet von der Quelle bis zur Mündung der Moldau große Unterschiede. Während in den Gipfellagen von Riesengebirge, Adlergebirge und Isergebirge die mittleren Jahrestemperaturen teils unter 2 °C liegen, be-

tragen sie im Böhmisches Kreidebecken 7 bis 9 °C. Am kältesten ist der Gipfel der Schneekoppe mit + 0,2 °C mittlerer Jahrestemperatur.

Die mittlere jährliche Niederschlagshöhe in diesem Teileinzugsgebiet beträgt 710 mm. In den Hochlagen der Mittelgebirge ist sie zwei- bis dreimal höher als im Böhmisches Kreidebecken, wo 600 mm nicht überschritten werden. Die bisher gemessene größte jährliche Niederschlagshöhe wurde 1926 im Isergebirge an der Station Bílý potok an der Jizerka, einem Nebenfluss der oberen Jizera, mit 2 201 mm erreicht. An der Station Nová Louka im Einzugsgebiet der Kamenice, dem größten Nebenfluss der Jizera, wurde die bisher größte monatliche Niederschlagshöhe im Juli 1897 mit 656 mm registriert. Davon fielen allein am 29.07.1897 345 mm.

Im Winter werden Schneehöhen um 150 cm, in den oberen Lagen des Riesengebirges und des Isergebirges vereinzelt sogar bis 300 cm erreicht, die bei plötzlichem Tauwetter und Regen zu gefährlichem Hochwasser führen können.

Zur Charakterisierung der Abflussverhältnisse sind die hydrologischen Daten von 13 ausgewählten Pegeln in den Tabellen 4.1-1 und 4.1-2 enthalten und für je sechs Pegel an der Elbe und an Nebenflüssen ist der Jahresgang des Abflusses graphisch dargestellt (Abb. 4.1-3). Die Lage der meisten Pegel ist aus Abbildung 4.1-2 zu ersehen.

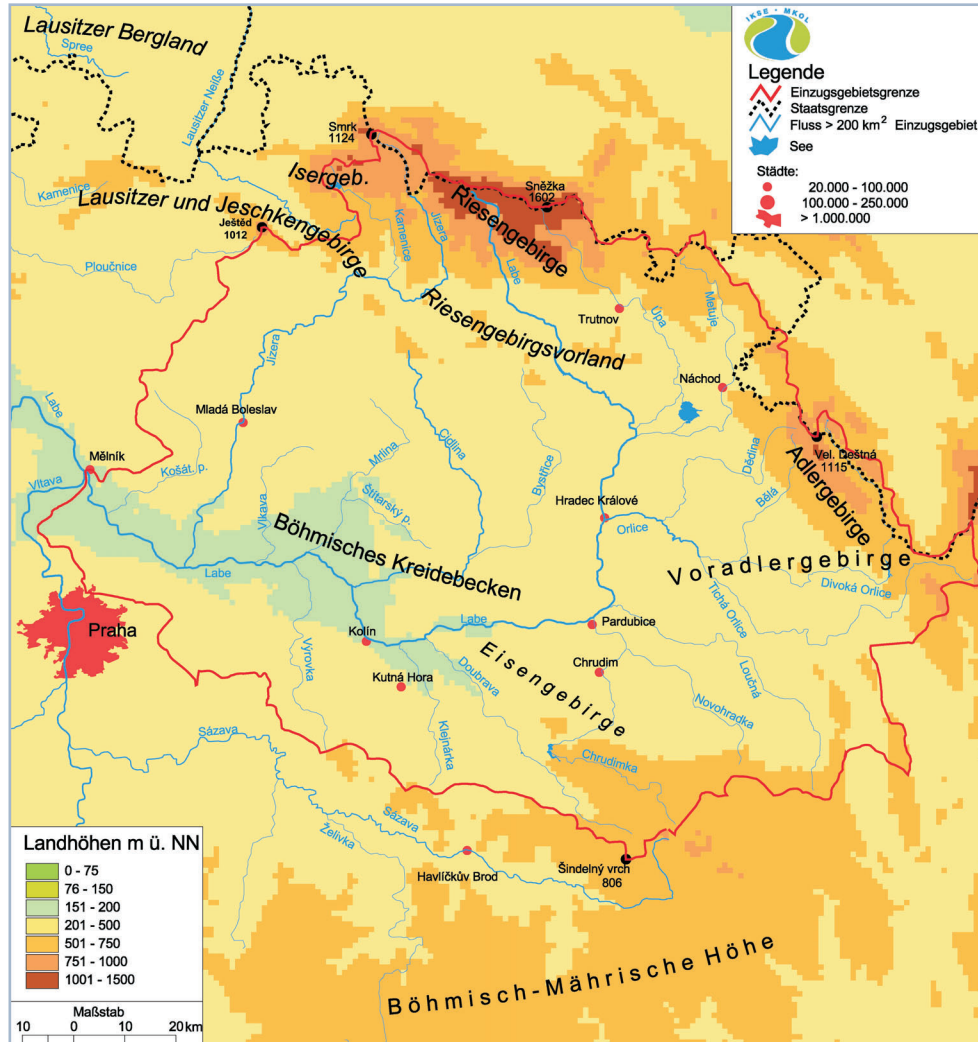


Abb. 4.1-1: Topographische Karte des Einzugsgebiets der Elbe/Labe von der Quelle bis zur Mündung der Moldau/Vltava

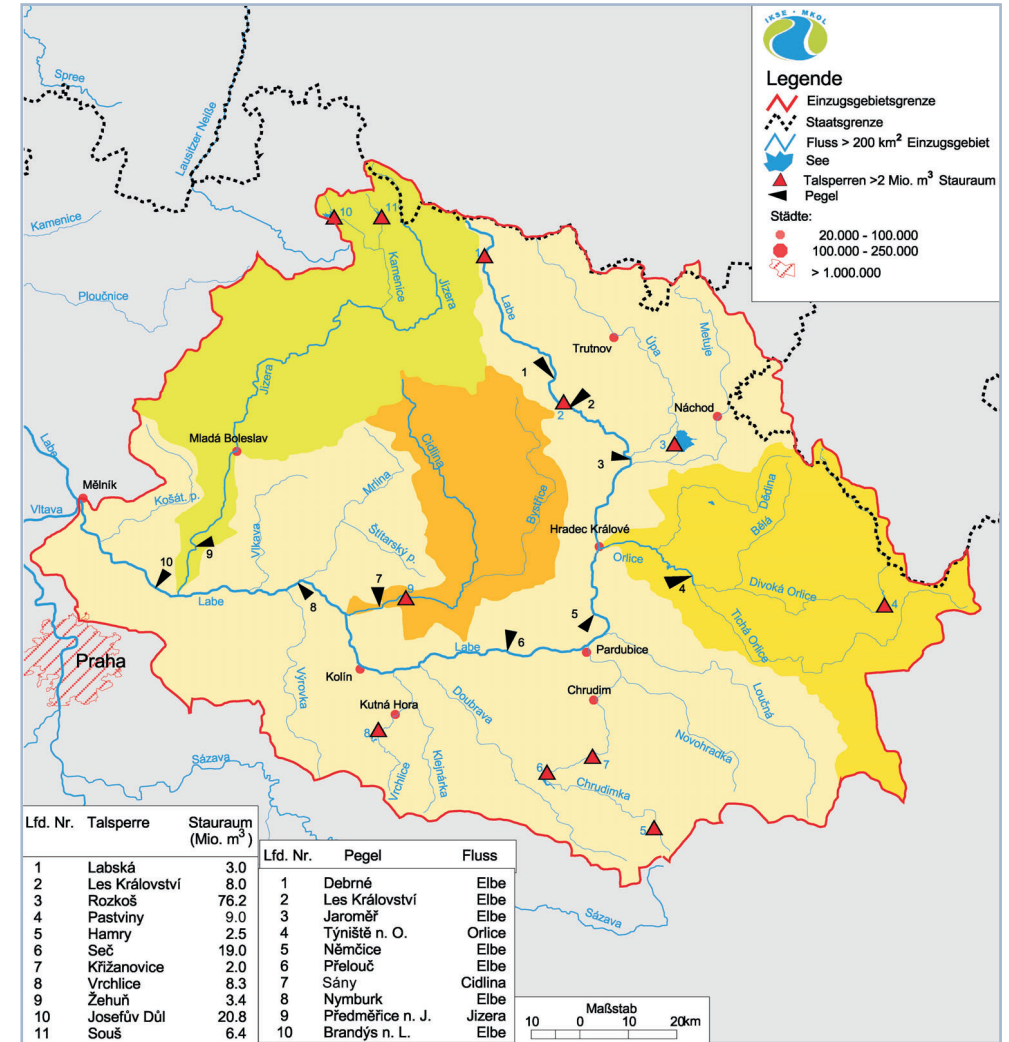


Abb. 4.1-2: Hydrographische Karte des Einzugsgebiets der Elbe/Labe von der Quelle bis zur Mündung der Moldau/Vltava mit Teileinzugsgebieten über 1 000 km²

Tab. 4.1-1: Hydrologische Grunddaten langjähriger Abflussreihen von ausgewählten Pegeln im Einzugsgebiet der Elbe von der Quelle bis zur Mündung der Moldau (Die Nummern der Pegel entsprechen den Pegelnummern der Abbildung 4.1-2)

Nr.	Gewässer	Pegel	Flusskilometer	Einzugs- gebietsfläche (AE)	Mittlerer Abfluss (MQ)	Mittlerer Niedrigwasser- abfluss (MNQ)	Mittlerer Hochwasser- abfluss (MHQ)	Jahres- reihe
			[km oh. Staatsgrenze]					
1.	Elbe	Debrné	322,3	477	8,02	1,92	97,2	1949 - 2000
2.	Elbe	Les Království ¹⁾	315,2	532	8,54	2,25	80,7	1931 - 2000
	Úpa	Česká Skalice ²⁾	12,7 ³⁾	461	6,76	1,76	64,1	1931 - 2000
3.	Elbe	Jaroměř	287,5	1 226	17,0	4,80	138	1931 - 2000
4.	Orlice	Týniště n. O.	30,9 ³⁾	1 591	19,1	4,90	175	1931 - 2000
5.	Elbe	Němčice	252,6	4 301	45,5	11,8	308	1931 - 2000
	Chrudimka	Nemošice ²⁾	3,7 ³⁾	852	5,91	1,11	58,9	1931 - 2000
6.	Elbe	Přelouč	223,5	6 432	57,3	15,9	349	1931 - 2000
7.	Cidlina	Sány ²⁾	6,8 ³⁾	1 156	5,46	1,67	65,0	1957 - 2000
8.	Elbe	Nymburk	167,6	9 724	72,7	19,5	419	1931 - 2000
	Mumlava/Jizera	Janov-Harrachov	0,4 ³⁾	51	1,86	0,39	28,3	1941 - 2000
9.	Jizera	Předměřice n. J.	10,8 ³⁾	2 158	25,7	7,18	229	1931 - 2000
10.	Elbe	Brandýs n. L.	137,1	13 111	101	27,5	557	1931 - 2000

1) beeinflusst durch Talsperre

2) beeinflusst durch Wasserüberleitungen und Talsperren

3) Flusskilometer oberhalb der Mündung in die Elbe bzw. in deren Nebenfluss

Tab. 4.1-2: Charakteristik des Abflussregimes von ausgewählten Pegeln im Einzugsgebiet der Elbe von der Quelle bis zur Mündung der Moldau (Die Nummern der Pegel entsprechen den Pegelnummern der Abbildung 4.1-2)

Nr.	Gewässer	Pegel	Mittlere Abflusspende [l/s · km ²]	Mittlerer Abfluss				MNQ:MQ	MQ:MHQ
				Winterhalbjahr		Sommerhalbjahr			
				[m ³ /s]	[%]	[m ³ /s]	[%]		
1.	Elbe	Debrné	16,8	9,63	60	6,42	40	1 : 4,2	1 : 12,1
2.		Les Království ¹⁾	16,1	10,3	60	6,81	40	1 : 3,8	1 : 9,4
	Úpa	Česká Skalice ²⁾	14,7	7,59	56	5,93	44	1 : 3,8	1 : 9,5
3.	Elbe	Jaroměř	13,9	20,0	59	13,9	41	1 : 3,5	1 : 8,1
4.	Orlice	Týniště n. O.	12,0	24,3	64	14,1	36	1 : 3,9	1 : 9,1
5.	Elbe	Němčice	10,6	56,4	62	34,5	38	1 : 3,9	1 : 6,7
	Chrudimka	Nemošice ²⁾	6,9	7,51	63	4,32	37	1 : 5,3	1 : 10,0
6.	Elbe	Přelouč	8,9	70,9	62	43,8	38	1 : 3,6	1 : 6,1
7.	Cidlina	Sány ²⁾	4,7	8,02	73	2,89	27	1 : 3,3	1 : 11,9
8.	Elbe	Nymburk	7,5	91,5	63	54,1	37	1 : 3,7	1 : 5,8
	Mumlava/Jizera	Janov-Harrachov	36,5	1,89	51	1,84	49	1 : 4,8	1 : 15,2
9.	Jizera	Předměřice n. J.	11,9	31,8	62	19,6	38	1 : 3,6	1 : 8,9
10.	Elbe	Brandýs n. L.	7,7	127	63	75,7	37	1 : 3,6	1 : 5,5

1) beeinflusst durch Talsperre

2) beeinflusst durch Wasserüberleitungen und Talsperren

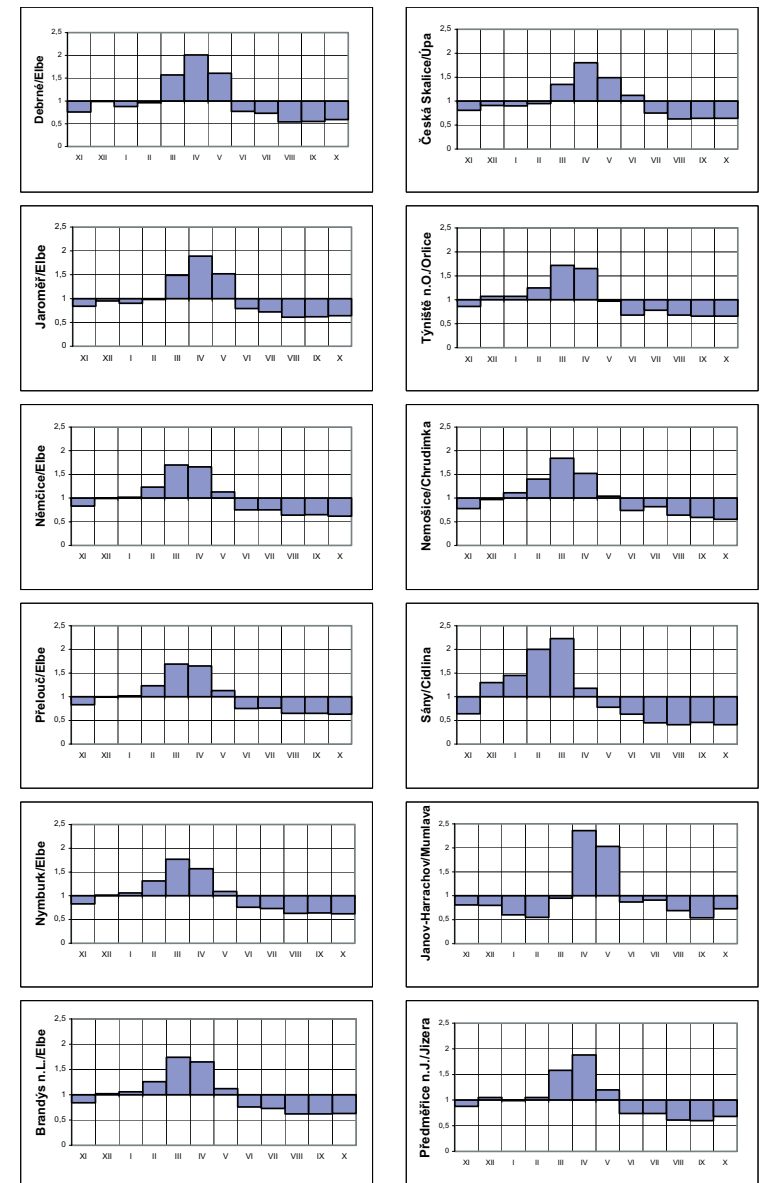


Abb. 4.1-3: Jahresgang des Abflusses an ausgewählten Pegeln im Einzugsgebiet der Elbe von der Quelle bis zur Mündung der Moldau, dargestellt als Quotient aus langjährigen Mittelwerten für Monate und Jahr ($MQ_{\text{Monat}} / MQ_{\text{Jahr}}$)

Auf Grund der Daten in den vorgenannten Tabellen und in der *Abbildung 4.1-3* werden die Abflussverhältnisse wie folgt bewertet:

■ Die mittlere Abflussspende von $36,5 \text{ l/s} \cdot \text{km}^2$ am Pegel Janov-Harrachov ist charakteristisch für die niederschlagsreichen Hochlagen des Riesengebirges und des Isergebirges. Für Gebirgs- und Vorgebirgslagen mit geringerer Höhe und deutlich weniger Niederschlag betragen die Abflussspenden $12 \text{ bis } 17 \text{ l/s} \cdot \text{km}^2$. Im Böhmischem Kreidebecken sind sie noch wesentlich niedriger. So beträgt die mittlere Abflussspende für das Zwischeneinzugsgebiet der Elbe von Némčice bis Nymburk ($5\,423 \text{ km}^2$) nur $5,0 \text{ l/s} \cdot \text{km}^2$.

■ Im größten Teil des Einzugsgebiets fließen im Winterhalbjahr über 60 % des Jahresabflusses ab, hauptsächlich in den Monaten Februar bis April. Von November bis Januar liegen die Monatsabflüsse nur in der Größe des mittleren Jahresabflusses. In den Hochlagen der Mittelgebirge, wo Teile der oftmals sehr hohen Schneedecke erst im Mai abtauen, beträgt der Winterabfluss unter 60 % des Jahresabflusses. Dafür charakteristisch sind die nur 51 % Winterabfluss am Pegel Janov-Harrachov. Die Grafik für diesen Pegel in *Abbildung 4.1-3* verdeutlicht die sehr hohen Abflüsse im April und Mai und die sehr geringen Abflüsse im Januar und Februar. Aus der Abbildung ist auch die drastische Abnahme des Abflusses vom Mai zum Juni in den hohen Gebirgslagen und vom April zum Mai im Flach- und Hügelland zu erkennen. Von Juni bis Oktober liegen an allen Pegeln der Elbe und ihrer Nebenflüsse die Monatswerte deutlich unter dem Jahresdurchschnitt.

■ Die Verhältniszahlen $MNQ : MQ$ und $MQ : MHQ$ weisen für die Pegel Debrné ($1 : 4,2$ bzw. $1 : 12,1$) und Janov-Harrachov ($1 : 4,8$ bzw. $1 : 15,2$) die größten Unterschiede auf – Ausdruck für das geringe Speichervermögen des Bodens in den höheren Gebirgslagen. An den Pegeln der Úpa, Orlice und Jizera wird aus dem Verhältnis $MQ : MHQ$ mit Werten um $1 : 9$ der hochwassergefährliche Charakter dieser Elbenebenflüsse deutlich.

■ Veränderungen der natürlichen Abflussverhältnisse durch Wasserüberleitungen und Talsperren in den Einzugsgebieten der Úpa und Chrudimka spiegeln sich in der Charakteristik des Abflussregimes und des Jahresganges des Abflusses nur teilweise wider. Dagegen sind für den Pegel Sány die Nutzungseinflüsse im Gebiet der Cidlina in *Tabelle 4.1-2* und vor allem in *Abbildung 4.1-3* sehr deutlich zu erkennen, die Abflussunterschiede zwischen Winter- und Sommerhalbjahr werden erheblich verstärkt. Talsperren, Wasserüberleitungen und andere bauliche Anlagen sowie deren Wirkung auf die Abflussverhältnisse werden in den folgenden Abschnitten dieses Kapitels beschrieben.

Die Vergrößerung der Fläche und des mittleren Abflusses (für den Zeitraum 1931-1980) im Teileinzugsgebiet der Elbe von der Quelle bis zur Mündung der Moldau ist aus *Tabelle 4.1-3* ersichtlich. Die angegebenen mittleren Abflüsse sind errechnet.

Tab. 4.1-3: Vergrößerung des Einzugsgebiets und des mittleren Abflusses der Elbe von der Quelle bis zur Mündung der Moldau

Abschnitt der Elbe	Wichtiger Nebenfluss der Elbe		Einzugsgebiet [km^2]		Mittlerer Abfluss [m^3/s]	
	Name	Elbe-km	Elbe	Wichtiger Nebenfluss an der Mündung	Elbe	Wichtiger Nebenfluss an der Mündung
Elbe bis zur Mündung der Úpa			712		9,74	
	Úpa	289,7		512		6,68
	Metuje	287,5		608		6,08
Elbe bis zur Mündung der Orlice			2 124		23,8	
	Orlice	267,9		2 036		21,8
Elbe bis zur Mündung der Loučná			4 409		44,5	
	Loučná	245,8		732		4,43
Elbe bis zur Mündung der Chrudimka			5 152		48,9	
	Chrudimka	241,0		859		6,02
Elbe bis zur Mündung der Cidlina			7 858		64,5	
	Cidlina	180,5		1 173		4,94
Elbe bis zur Mündung der Mrlina			9 066		69,5	
	Mrlina	169,0		653		2,22
Elbe bis zur Mündung der Jizera			10 891		74,9	
	Jizera	141,9		2 193		24,4
Elbe bis zur Mündung der Moldau			13 714		101	
	Moldau	110,0		28 090		154

4.1.1 Die Elbe von der Quelle bis zur Mündung der Orlice

Die Elbe entspringt auf den Elbewiesen 0,8 km südwestlich des Berges Violík (1 472 m ü. NN) in einer Höhe von 1 386,3 m ü. NN. Die symbolische Fassung der Elbequelle durch Brunnenringe wird von vielen Touristen besucht (Abb. 4.1-4). An einer Stützmauer im Quellbereich ist der Verlauf der Elbe von der Quelle bis zur Mündung in die Nordsee schematisch dargestellt und die größten Städte entlang der Elbe sind durch Stadtwappen gekennzeichnet.

Von der Quelle rinnt die Elbe als ein Bächlein, stellenweise auch unterirdisch, um dann in der Nähe der Elbebaude über ihren 35 m hohen Wasserfall in die Elbeschucht zu stürzen. Unterhalb ragt auf der rechten Flussseite eine bis zu 300 m hohe imposante Felswand empor. Über diese fällt auch die Pančava mit ihrer 148 m hohen Wasserfallkaskade in das Elbetal herab (Abb. 4.1-5 und Tab. 4.1-4).

In Špindlerův Mlýn, 11,6 km unterhalb der Elbequelle, befindet sich die Talsperre Labská (Einzugsgebiet 60,5 km²) mit einem Stauraum von 3,00 Mio. m³, davon sind 1,45 Mio. m³ gewöhnlicher Hochwasserrückhalteraum (Abb. 4.1-6). Grund für ihren Bau waren katastrophale Hochwasser Ende des 19. Jhds., insbesondere im Juli 1897.

Bis zur Talsperre ist die Elbe ein Wildbach mit einem Gefälle von 59,5 ‰. Auf dem 16 km langen Flussabschnitt von Špindlerův Mlýn bis zur Stadt Vrchlabí behält die Elbe ihren Wildbachcharakter mit einem mittleren Gefälle von 16,2 ‰. Hier befindet sich auch die bekannte romantische Elbeklamm. Danach durchfließt sie das Riesengebirgsvorland und erreicht nach 26 km die Talsperre Les Království. In diesem Abschnitt verringert sich das Gefälle auf 4,6 ‰.



Abb. 4.1-5: Die 148 m hohe Kaskade des Wasserfalls der Pančava

Die Talsperre Les Království (Einzugsgebiet 532 km²), 54 km unterhalb der Elbequelle gelegen, wurde 1919 in Betrieb genommen. Mit einem Stauraum von 7,98 Mio. m³ dient sie neben der Betriebswasserversorgung und der Energieerzeugung vorwiegend dem Hochwasserschutz, wofür ein gewöhnlicher Rückhalteraum von 4,92 Mio. m³ zur Verfügung steht. Die Talsperre ist aus architektonischer Sicht eine der schönsten Talsperren im Elbegebiet und deshalb als technisches Denkmal geschützt (Abb. 4.1-7).

Nach weiteren 31 km mit einem mittleren Gefälle von nur noch 2,2 ‰ nimmt die Elbe bei Jaroměř linksseitig ihre ersten größeren Nebenflüsse, die **Úpa** (512 km²) in deren Einzugsgebiet die Schneekoppe liegt (Abb. 4.1-8) und die **Metuje** (608 km²), auf. Vom Einzugsgebiet der Úpa sind 18,0 km² und von dem der Metuje 102,4 km² auf polnischem Gebiet.



Abb. 4.1-6: Talsperre Labská in Špindlerův Mlýn

Tab. 4.1-4: Übersicht über die höchsten natürlichen Wasserfälle im Einzugsgebiet der Elbe

Name des Wasserfalls bzw. der Wasserfallkaskade	Höhe des Wasserfalls [m]	Fluss/ Gebirge
Pančavawasserfall	148	Pančava/ Riesengebirge
Oberer Wasserfall der Úpa	129	Úpa/ Riesengebirge
Pudlavský Wasserfall	122	Pudlavský potok/ Riesengebirge
Wasserfall des Baches Dvorský potok	68	Dvorský potok/ Riesengebirge
Steinerne Renne	50	Holtemme/ Harz
Unterer Wasserfall der Úpa	45	Úpa/ Riesengebirge
Wasserfall der Elbe	35	Elbe/ Riesengebirge
Wasserfall der Mumlava	8	Mumlava/ Riesengebirge



Abb. 4.1-4: Die Elbequelle im Riesengebirge



Abb. 4.1-7: Talsperre Les Království



Abb. 4.1-9: Talsperre Rozkoš

Zwischen den Unterläufen der Flüsse Úpa und Metuje liegt im Nebenschluss der Úpa am Fluss Rozkošský potok die 1969 in Betrieb genommene Talsperre Rozkoš (Abb. 4.1-9) mit einem Stauraum von 76,15 Mio. m³, davon 25,85 Mio. m³ gewöhnlicher Hochwasserrückhalteraum. Ein 2,3 km langer Zuleiter aus der Úpa zur Talsperre ermöglicht im Hochwasserfall eine Überleitung bis zu 150 m³/s. Es ist die größte Wasserüberleitung aus einem Fluss in einen anderen im gesamten Elbegebiet.

Das Wehr Smiřice (Abb. 4.1-10), das 5,7 km unterhalb der Mündung der Metuje steht, ist das Wehr mit der größten Wasserspiegeldifferenz zwischen Ober- und Unterwasser an der gesamten Elbe mit 9,02 m. Selbst die baulich größte Wehranlage, Střekov in Ústí n. L., hat nur eine Wasserspiegeldifferenz von 8,40 m.



Abb. 4.1-8: Schneekoppe (Sněžka) im Riesengebirge, höchster Berg im Einzugsgebiet der Elbe 1 602 m ü. NN)



Abb. 4.1-10: Wehr Smiřice



Abb. 4.1-11: Wehr Hučák mit Kraftwerk in der Stadtlage Hradec Králové

Nur 7,4 km unterhalb dieser Wehranlage befindet sich mit ähnlicher Bauart das Wehr Předměřice n. L., das mit 7,88 m ebenfalls eine beträchtliche Wasserspiegeldifferenz zwischen Ober- und Unterwasser aufweist. Das ist die drittgrößte Wasserspiegeldifferenz an einer Wehranlage in der Elbe. Nach weiteren sechs Kilometern befindet sich in Hradec Králové (95 000 Einwohner) das Wehr Hučák (Abb. 4.1-11). Es wurde zusammen mit dem Gebäude des Kraftwerkes 1911 im Jugendstil errichtet und bildet eine der schönsten historischen Anlagen der Stadt.

4.1.2 Die Orlice

In Hradec Králové mündet die **Orlice** mit einem Einzugsgebiet von 2 036 km² in die Elbe. Damit hat sie ein fast gleich großes Einzugsgebiet wie die Elbe (2 124 km²) vor dem Zusammenfluss.

Die Orlice entsteht aus zwei Quellflüssen. Die **Divoká Orlice** (807 km²) entspringt nordöstlich des Berges Velká Deštná (1 115 m ü. NN) im Adlergebirge in einer Höhe von 790 m ü. NN auf polnischem Gebiet. Nach 5,7 km erreicht sie die polnisch-tschechische Grenze und bildet dann auf etwa 26 km die Staatsgrenze. 71,2 km² ihres Einzugsgebiets sind auf polnischem Gebiet.

Die **Tichá Orlice** (755 km²) entspringt in den östlichen Ausläufern des Adlergebirges am Westhang des Berges Jeřáb (1 003 m ü. NN) in einer Höhe von 760 m ü. NN und vereinigt sich nach 104,5 km Lauflänge mit der Divoká Orlice zur Vereinigten Orlice, meistens nur Orlice genannt, auf einer Höhe von 242 m ü. NN. Vom Einzugsgebiet der Tichá Orlice sind 0,7 km² auf polnischem Gebiet.



Abb. 4.1-12: Zerstörte Häuser in der Ortslage Deštné im Adlergebirge am Fluss Bělá am 23.07.1998

Im oberen Einzugsgebiet der Tichá Orlice befindet sich eine wichtige mitteleuropäische Wasserscheide. Am Berg Klepy (Trojmorski Wierch – 1 143 m ü. NN), höchste Erhebung im Einzugsgebiet der Orlice, teilen sich die Stromgebiete der Elbe, Oder und Donau bzw. die Einzugsgebiete von Nordsee, Ostsee und Schwarzem Meer.



Abb. 4.1-13: Talsperre Pastviny in der Divoká Orlice, Hochwasserüberlauf am 07.07.1997

Betrachtet man die Divoká Orlice als Hauptfluss, so hat die Orlice eine Gesamtlänge von 136,4 km mit einem Höhenunterschied von der Quelle bis zur Mündung von 566 m. Wichtige Nebenflüsse im Einzugsgebiet der Orlice sind die **Bělá** (214 km²) und die **Dědina** (333 km²). Beide entwässern das Adlergebirge und das Voradlergebirge und sind als besonders hochwassergefährliche Flüsse bekannt. Beim Hochwasser im Juli 1998 (Abb. 4.1-12) waren neben großen Sachschäden auch Menschenleben zu beklagen.

Die Talsperre Pastviny (Abb. 4.1-13) in der Divoká Orlice wurde 1938 in Betrieb genommen. Sie dient dem Hochwasserschutz und der Energieerzeugung (2,7 MW). Das Kraftwerk wird als Spitzenkraftwerk betrieben, weshalb unterhalb der Talsperre ein Ausgleichsbecken besteht. Von dem Stauraum (8,95 Mio. m³) sind im Winterhalbjahr 2,01 Mio. m³ gewöhnlicher Hochwasserrückhalteraum.

Die Vereinigte Orlice bildet in ihrer breiten Talaue oberhalb Hradec Králové überwiegend einen stark mäandrierenden Wasserlauf mit hohem ökologischen Wert (Abb. 4.1-14).

Dieses natürliche Überschwemmungsgebiet wird durch das Wehr Malšovice in Hradec Králové begrenzt. Unterhalb dieses Wehres ist die Orlice bis zur Mündung beidseitig eingedeicht.



Abb. 4.1-14: Mäander der Orlice im Unterlauf

4.1.3 Die Elbe von der Mündung der Orlice bis zur Mündung der Jizera

Auf dem 126 km langen Elbeabschnitt von der Mündung der Orlice bis zur Mündung der Jizera mit einem durchschnittlichen Gefälle von nur noch 0,47 ‰ vergrößert sich ihr Einzugsgebiet um 6 731 km² auf 10 891 km².

Wehranlagen und Staustufen, die diesen Elbeabschnitt prägen, bestimmen auch das Bild der Elbe weiter flussabwärts bis 40 km oberhalb der tschechisch-deutschen Grenze. Im Interesse einer zusammenhängenden Darstellung ist dem System der Wehranlagen und Staustufen in der Elbe ein eigener Abschnitt gewidmet (siehe Kapitel 4.1.6). Die schematische Darstellung der Wehranlagen und Staustufen in der Elbe von der Mündung der Metuje bis zur tschechisch-deutschen Grenze ist schon hier eingeordnet, weil die Abbildung 4.1-16 auch die Elbenebenflüsse, Wasserüberleitungen und Talsperrenstandorte beinhaltet, die im Folgenden behandelt werden.

Etwa 5,5 km unterhalb der Mündung der Orlice steht die feste Wehranlage Opatovice mit einer Höhe von 4,00 m und einer Überlaufkrone von 112 m Länge (Abb. 4.1-15). Aus ihrem Staubeereich zweigt der 31,8 km lange Opatovicer Kanal ab,



Povodí Labe, s. p.

Abb. 4.1-15: Festes Überfallwehr in der Elbe bei Opatovice

der unterhalb der Stauanlage Přelouč wieder in die Elbe mündet. Er diente über Jahrhunderte der Wasserversorgung von Fischteichen, deren Fläche Ende des 16. Jhds. über 50 km² betrug. Heute bestehen dort nur noch drei Teiche mit einer Fläche von 3,5 km². Gemeinsam mit den Fischteichsystemen der Cidlina bei Chlumec und der Mrlina bei Poděbrady bildeten die Fischteiche entlang des Opatovicer Kanals über lange Zeit das bekannteste Fischteichsystem Böhmens.

Oberhalb der Stadt Pardubice (89 000 Einwohner) nimmt die Elbe linksseitig die **Loučná** (732 km²) und in Pardubice die **Chrudimka** (859 km²) auf. Die Trinkwassertalsperren Hamry (Stauraum 2,50 Mio. m³), Seč (Stauraum 19,00 Mio. m³) und Křižanovice (Stauraum 2,04 Mio. m³) sichern die Trinkwasserversorgung der Region. Aus dem Unterlauf der **Novohradka**

(472 km²), einem Nebenfluss der Chrudimka, können über den 11,5 km langen Kanal „Zmínka“ 0,5 m³/s in die Loučna übergeleitet werden (Abb. 4.1-16).

Weitere Nebenflüsse der Elbe sind linksseitig die **Doubrava** (599 km²), die **Klejnarka** (345 km²), in deren Nebenfluss Vrchlice die Trinkwassertalsperre Vrchlice (Stauraum 8,32 Mio. m³) liegt und die **Výrovka** (544 km²). Rechtsseitig münden die **Cidlina** (1 173 km²), die **Mrlina** (653 km²) und die **Vlkava** (237 km²). Unterhalb der Talsperre Žehuň (Stauraum 3,35 Mio. m³) in der Cidlina besteht der 15,8 km lange „Sánský kanál“ mit einer Kapazität von 0,8 m³/s, der früher Teile des Fischteichsystems von Poděbrady mit Wasser versorgte und heute der Niedrigwasseraufhöhung der unteren Mrlina sowie zum Betrieb kleiner Wasserkraftanlagen dient (Abb. 4.1-16).

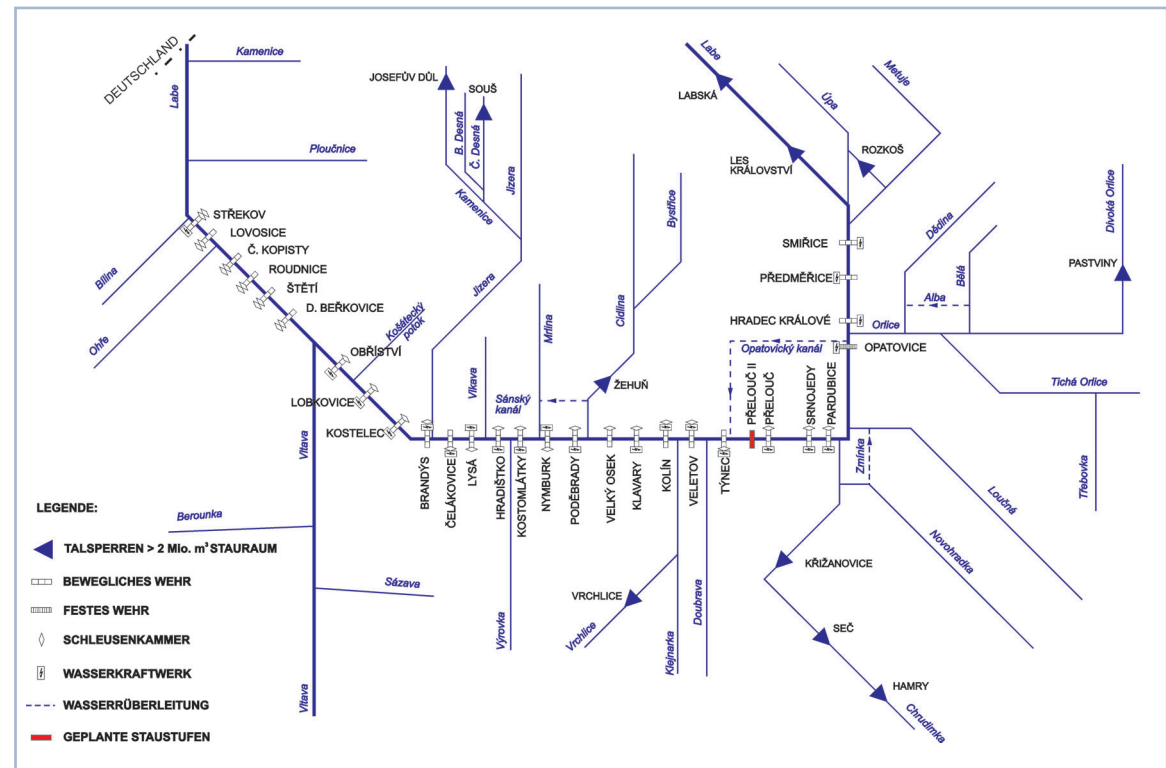


Abb. 4.1-16: Schematische Darstellung der Wehranlagen und Staustufen in der Elbe von der Mündung der Metuje bis zur tschechisch-deutschen Grenze

4.1.4 Die Jizera

Die **Jizera** ist mit einem Einzugsgebiet von 2 193 km² und 167,5 km Länge der größte Nebenfluss der Elbe bis zur Mündung der Moldau. Sie entspringt im Isergebirge am östlichen Hang des Berges Smrk (1 124 m ü. NN) in einer Höhe von 919 m ü. NN auf polnischem Gebiet. Nach 1,4 km bildet sie auf 17 km die polnisch-tschechische Grenze, 47,0 km² ihres Einzugsgebiets liegen in Polen. Die obere Jizera entwässert mit ihren Nebenflüssen Teile des Isergebirges, des westlichen Riesengebirges und dessen Vorlandes sowie des östlichen Lausitzer- und Jeschkengebirges.

Im Oberlauf, wo die Jizera mit 12,2 ‰ Gefälle Wildbachcharakter trägt, nimmt sie linksseitig einige kleine Wasserläufe auf, die ihre Quellen im Riesengebirge in Höhen zwischen 1 240 und 1 300 m ü. NN haben. Dazu gehört auch die **Mumlava**, die oberhalb der Stadt Harrachov den wasserreichsten Wasserfall des Riesengebirges bildet (Abb. 4.1-17).

Im südlichen Bereich des Riesengebirgsvorlandes biegt die Jizera nach Westen. Dort mündet rechtsseitig die aus dem Isergebirge kommende **Kamenice** (219 km²), in deren Oberlauf die 1983 in Betrieb genommene Trinkwassertalsperre Josefův Důl (Stauraum 20,76 Mio. m³) liegt. Ein linksseitiger Nebenfluss der Kamenice ist die **Desná** mit ihren Quellflüssen Černá und Bílá Desná. In der **Černá Desná** war bereits 1915 die Talsperre Souš mit einem Stauraum von 6,35 Mio. m³, davon 1,24 Mio. m³ gewöhnlicher Hochwasserrückhalteraum, errichtet und 1973 zur Trinkwassertalsperre umgebaut worden. Aus beiden Talsperren werden derzeit 0,3 m³/s zur Trinkwasserversorgung der Städte Jablonec und Liberec im Einzugsgebiet der Oder (Lausitzer Neiße) abgeleitet.



Abb. 4.1-18: Reste des 1916 zerstörten Erddamms der Talsperre Bílá Desná und des Grundablasses mit Schieberschacht und Auslaufbauwerk



Abb. 4.1-17: Wasserfall der Mumlava bei Harrachov

Nach dem verheerenden Hochwasser im Juli 1897 im Isergebirge wurde in der **Bílá Desná** eine kleine Talsperre errichtet – ein Erddamm mit 14,2 m Höhe über der Talsohle und einem Stauraum von 400 000 m³. Nur 10 Monate nach Inbetriebnahme im November 1915 brach der Erddamm am 18.09.1916 um 16.45 Uhr. Die auf 11,3 m Höhe aufgestaute Wassermenge von 280 000 m³ strömte innerhalb von nur 30 Minuten durch eine 40 m breite Bruchstelle (Abb. 4.1-18). Mitgerissene Baumstämme, Brennholz, entwurzelte Bäume, Geröll und Gesteinsbrocken bis 10 m³ bildeten oberhalb des Dorfes Desná, das 5,8 km unterhalb der gebrochenen Talsperre liegt, eine Barriere, hinter der sich das Wasser bis zu 20 m hoch aufstaute. Nach Durchbrechen der Barriere wälzte sich eine ungeheuer Flutwelle talwärts und zerstörte den größten Teil der Ansiedlungen von Desná und Hluboká. In der 6,6 km entfernten Stadt Tanvald am

Zusammenfluss von Desná und Kamenice hatte die Flutwelle noch eine Höhe von 4,0 m und überflutete Häuser, Fabriken, Lagerräume und Straßen mit dem sehr schlammigen Wasser. Auch im Tal der Kamenice unterhalb Tanvald traten in den Orten Světlá, Svárov und Haratice erhebliche Schäden auf. Selbst im 26,8 km entfernten Železný Brod an der Jizera hatte die Flutwelle noch eine Höhe von 0,60 m.

Durch diese Katastrophe fanden 65 Menschen den Tod, 400 wurden obdachlos, 29 Gebäude und 11 Glasschleifereien wurden völlig zerstört und 35 Gebäude schwer beschädigt. Das Flussbett der Bílá Desná wurde teilweise um fünf bis sechs Meter vertieft und um 10 m verbreitert.

Die Ursachen der Zerstörung des Erddamms waren vielfältig. Für die wasserseitige Tondichtung war ungeeignetes Material genutzt worden und die Anbindung der Dichtung an den Grundablassstollen und den Schieberschacht war unzureichend. Außerdem war die lagenweise Verdichtung des Dammmaterials mangelhaft. Die geologischen Strukturen un-

ter dem Erddamm wiesen zahlreiche Störungen auf und es traten unterschiedliche Setzungen des Dammkörpers sowie der Betonbauwerke ein. Die Summe dieser Unzulänglichkeiten verursachte im Dammkörper ein Sickerwasserregime, das zur inneren Erosion des Dammmaterials und in deren Folge zum Bruch des Dammes führte.

Im Mittellauf mit einem durchschnittlichen Gefälle von 3,2 ‰ durchfließt die Jizera Mladá Boleslav (44 000 Einwohner) und das landschaftlich reizvolle Sandsteingebiet „Böhmisches Paradies“ (Abb. 4.1-19).

Im Unterlauf beträgt das Gefälle noch 1 ‰. In einer Höhe von 169,0 m ü. NN mündet die Jizera im Rückstauereich der Staustufe Brandýs n. L.

Wichtig für die Trinkwasserversorgung von Prag sind die Trinkwassergewinnungsanlagen unmittelbar oberhalb der Jizera-Mündung. Schon seit 1914 sind zwischen den Orten Sojovice und Káraný Uferfiltratfassungen in Betrieb. Seit 1968 erfolgt zusätzlich eine künstliche Infiltration von Wasser der Jizera über Sickerwasserbecken mit einer Fläche von 70 000 m². Mit den jährlich gewonnenen 45 Mio. m³ Wasser können ca. 310 000 Einwohner von Prag mit Trinkwasser versorgt werden.



Abb. 4.1-19: Jizeratal im „Böhmisches Paradies“

4.1.5 Die Elbe von der Mündung der Jizera bis zur Mündung der Moldau

Von der Mündung der Jizera bis zur Mündung der Moldau vergrößert sich auf 31,9 km Elbelauf das Einzugsgebiet nur um 630 km². Bei Mělník (19 000 Einwohner) vereinigt sich die Elbe am Elbe-km 110,0 mit der Moldau, deren Einzugsgebiet 28 090 km² beträgt (Abb. 4.1-20).

Beim Zusammenfluss ist also das Einzugsgebiet der Elbe noch nicht einmal halb so groß wie das der Moldau. Dass ein Nebenfluss ein größeres Einzugsgebiet hat als der Hauptfluss ist im Einzugsgebiet der Elbe mehrmals zu verzeichnen (Tab. 4.1-5).

Tab. 4.1-5: Vergleich der Einzugsgebiete von Haupt- und Nebenflüssen im Elbegebiet

Hauptfluss		Nebenfluss		Verhältnis der Einzugsgebiete Hauptfluss : Nebenfluss
Name	Einzugsgebiet [km ²]	Name	Einzugsgebiet [km ²]	
Elbe	13 714	Moldau	28 090	1 : 2,1
Moldau	3 645	Lužnice	4 226	1 : 1,2
Freiberger Mulde	984	Zschopau	1 847	1 : 1,9
Saale	5 096	Unstrut	6 343	1 : 1,2
Unstrut	832	Gera	1 092	1 : 1,3
Havel	3 399	Spree	9 858	1 : 2,9



Abb. 4.1-20: Zusammenfluss der Elbe und der Moldau bei Mělník

4.1.6 Das System der Wehranlagen und Staustufen in der Oberen Elbe

Der Charakter des Elbelaufes unterhalb der Mündung der Metuje bis 40 km oberhalb der tschechisch-deutschen Grenze wird heute durch große Wehranlagen und Staustufen für die Schifffahrt und Flussregulierungen bestimmt. Im Interesse einer ganzheitlichen Darstellung dieses Elbeabschnitts werden hier die Wehranlagen und Staustufen sowie die Flussregulierungen sowohl oberhalb als auch unterhalb der Moldaumündung behandelt.

Bereits im 14. und 15. Jhd. bestanden zahlreiche Mühlen und Sägewerke, die die Wasserkraft der Elbe nutzten. Zur Wasserspiegelhebung waren hölzerne, teilweise auch steinerne Überfallwehre nach den Wehrtypen in Prag errichtet worden. Allein zwischen Hradec Králové und der Moldaumündung befanden sich 14 Mühlenwehre. Die Stauhöhen betrugen 0,97 bis 2,97 m. Diese Wehre nutzten auch der Holzflößerei, die auf der Elbe vom 12. bis zu Beginn des 20. Jhds. betrieben wurde.

Die nicht regulierte Elbe mit ihren zahlreichen Wehren war für den Schiffsverkehr ungeeignet. Deshalb gab es bereits im 17. Jhd. Bemühungen zur Schiffbarmachung der Elbe. Ab 1841 wurde ein regelmäßiger Schiffsverkehr zwischen Dresden und Prag aufgenommen. Zwischen 1870 und 1890 erfolgte eine Mittelwasserregulierung der tschechischen Elbe mit zahlreichen Flussbegradigungen. Der weitere Ausbau der Elbe für die Schifffahrt mit dem Bau neuer Wehranlagen mit Schifffahrtsschleusen sowie der Flussbettregulierung ab der Mündung der Metuje begann aber erst 1904. Die neuen Wehre wurden vorwiegend an den Standorten der alten Wehre bzw. in deren unmittelbarer Nähe errichtet. Teilweise ersetzte ein neues Wehr zwei alte Wehranlagen.

Auf der 247,1 km langen Elbestrecke von der Mündung der Metuje bis zur Staustufe Střekov in Ústí n. L. befinden sich heute vier Wehre (Smřice bis Opatovice) und 24 Staustufen mit Schleusenanlagen (Pardubice bis Střekov). Ihre Lage ist der schematischen Darstellung (Abb. 4.1-16) und dem

Längsschnitt (Abb. 4.1-21) zu entnehmen. Von den 24 Staustufen können die drei komplett ausgebauten obersten Staustufen Pardubice, Snojedy und Přelouč bisher nicht als Schifffahrtsstrecke genutzt werden, da der schiffahrtstechnische Ausbau zwischen den Staustufen Přelouč (Abb. 4.1-22) und Týnec n. L. noch nicht erfolgte.

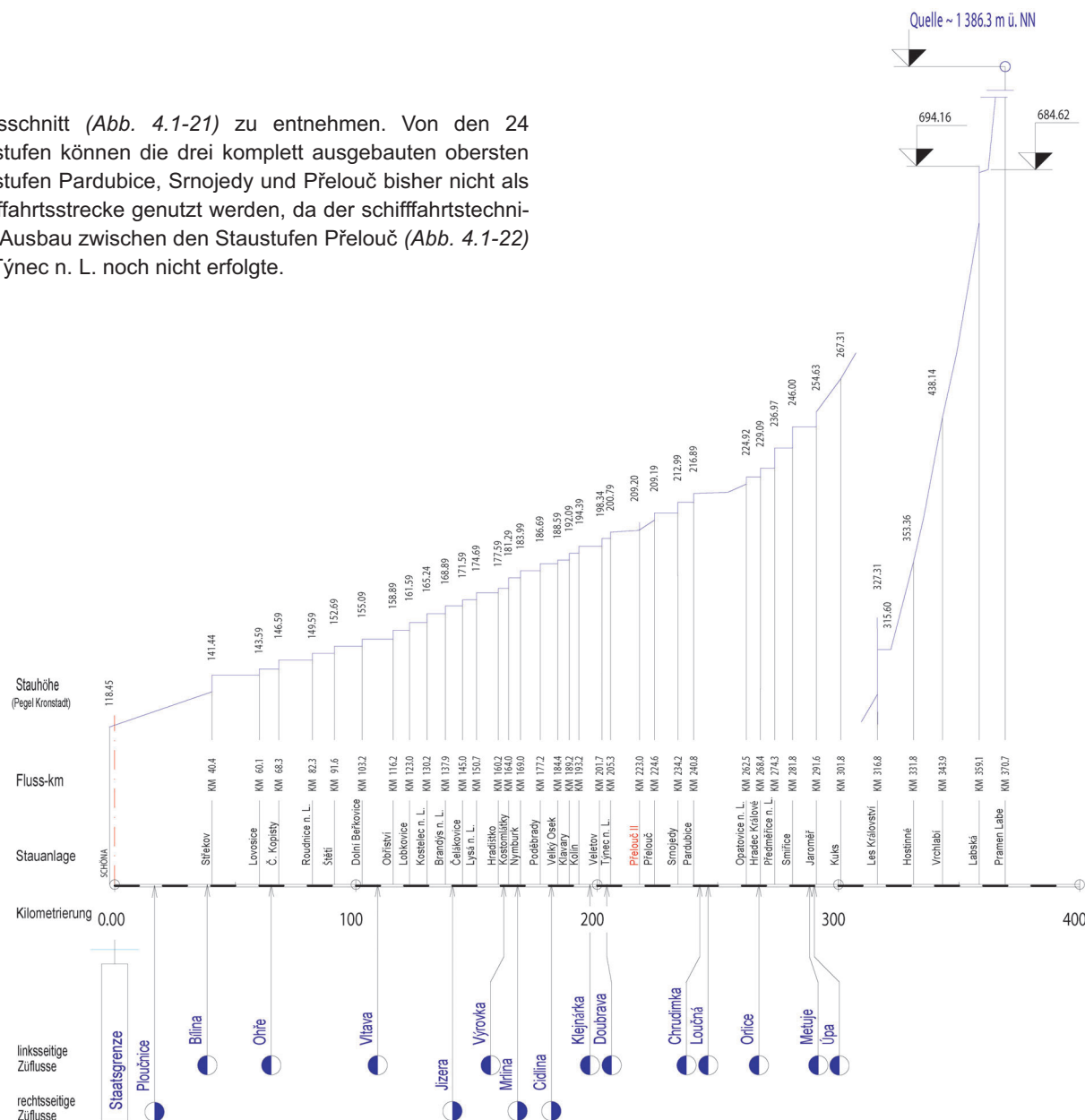


Abb. 4.1-21 : Längsschnitt der Elbe von der Quelle bis zur tschechisch - deutschen Grenze

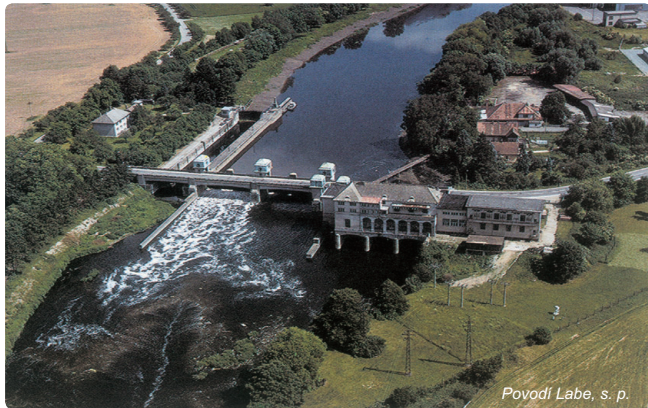


Abb. 4.1-22: Staustufe Přelouč, deren Schleusenanlage bisher noch nicht genutzt werden konnte

Im Hafen von Chvaletice im Staubereich der Staustufe Týnec n. L. beginnt die 170 km lange kanalisierte Elbestrecke mit 21 Staustufen bis zur Wehranlage Střekov in Ústí n. L. Aus dem Längsschnitt der Elbe ist ersichtlich, dass die Stauhaltungen so angelegt sind, dass das Wasser von der unterhalb liegenden Anlage immer bis zur oberhalb gelegenen Staustufe zurückstaut, damit der Fluss auch bei Niedrigwasser durchgängig befahrbar ist. Die Tauchtiefen betragen oberhalb der Moldaumündung 2,1 m und unterhalb bis zum Wehr Střekov 2,0 m.

Einen wesentlichen Aufschwung erhielt die Schifffahrt der Elbe in der Tschechischen Republik mit dem Aufbau des Braunkohlenkraftwerkes in Chvaletice (800 MW) oberhalb der Staustufe Týnec n. L., das über die Elbe mit 3,7 Mio. t Kohle pro Jahr versorgt wurde. Von 1970 bis 1980 wurden deshalb sieben Wehre neu gebaut und bei weiteren Wehren die Staukonstruktionen modernisiert. Dadurch sind die Wehre auch im Hochwasserfalle leicht bedienbar geworden.

Vom Stauende des Wehres Smiřice (Elbe-km 287,90) bis zum Wehr Střekov (Elbe-km 40,36) sind von den 247,54 km Elbelänge insgesamt 231,90 km überstaut. Das sind 93,7 %. Nur unterhalb der Wehre Opatovice n. L. und Přelouč ist die Elbe auf 12,2 bzw. 3,4 km Länge nicht überstaut. Die Wasserspiegeldifferenz zwischen Ober-

und Unterwasser ist an den 28 Wehranlagen sehr unterschiedlich und reicht von 1,90 m (Velký Osek) bis 9,02 m (Smiřice). Mit Ausnahme des festen Überfallwehres Opatovice n. L. verfügen alle Wehre über bewegliche Verschlussorgane, die durch Heben und Absenken den vollen Abflussquerschnitt freigeben, wie er vor dem Bau der Wehre vorhanden war (Tab. 4.1-6). Deshalb stellen die Wehre im Allgemeinen kein Hindernis für den Abfluss von Hochwasserwellen und bei Eisgang dar. Wenn nötig, werden auch die Schifffahrts- und Geschiebeschleusen zur Hochwassererabführung genutzt.

Die hinter den Wehranlagen entstandenen Stauräume haben wegen der Haltung festgelegter Wasserstände und mit Ausnahme der Staustufe Střekov wegen der geringen Größe des Inhaltes keine nennenswerten Auswirkungen auf den Abfluss. In der Staustufe Střekov ist aber ein Bewirtschaftungsraum von 3,0 Mio. m³ festgelegt. Er ermöglicht, bei niedrigen Wasserständen in der nicht kanalisierten Elbe einen Wasserschwall abzugeben, auf dem Schiffe flussabwärts fahren können.

Mit dem Ausbau der Elbe im Interesse der Schifffahrt wurde die Verbesserung des Hochwasserschutzes für elbnahe Gebiete verbunden. Vor dem Ausbau uferte die Elbe fast jährlich, mitunter mehrmals in einem Jahr aus und führte zu erheblichen Überschwemmungen. Andererseits führte der Elbeausbau zu schwerwiegenden ökologischen Schädigungen. Mit Durchstichen wurden viele Mäander beseitigt und damit die ursprüngliche Flusslandschaft geschädigt (Abb. 4.1-23). Allein von der Mündung der Metuje bis zur Moldaumündung, wo die Elbe früher in der breiten Talaue stark mäandrierte, wurde sie um 47 km verkürzt. Insgesamt reduzier-

te sich die Länge der Elbe auf tschechischem Gebiet durch Ausbaumaßnahmen im Zeitraum von 1848 bis 1992 von ursprünglich 422,9 km auf 370,7 km, d. h. um 52,2 km. Das sind 12,3 %. Heute entspricht das Abflussvermögen der Elbe ohne Ausuferung von Hradec Králové bis zur Moldaumündung mindestens einem 2- bis 5-jährlichen Hochwasser und von Mělník bis zur tschechisch-deutschen Grenze einem 2-jährlichen Hochwasser. Ortslagen sind gegen Hochwasser mit einem größeren Wiederkehrintervall geschützt.

Derzeitig befindet sich der Ausbau der Elbe zwischen den Staustufen Přelouč und Týnec n. L. durch den Bau einer weiteren Staustufe in der Planung (Abb. 4.1-16 und 4.1-21). Damit würde die kanalisierte Elbe bis nach Pardubice um 24 km verlängert werden. Über die Errichtung von Staustufen unterhalb der Staustufe Střekov wurde bisher noch nicht entschieden.



Abb. 4.1-23: Mäanderdurchstich der Elbe oberhalb von Kolín

Tab. 4.1-6: Übersicht über die Wehranlagen und Staustufen in der Elbe auf tschegischem Gebiet unterhalb der Mündung der Metuje

Lfd. Nr.	Name der Stauanlage	Elbe-km	Jahr der Inbetriebnahme der neuen Wehre	Wasserspiegel-differenz zwischen Ober- und Unterwasser [m]	Stauration [Mio. m ³]	Länge des gestauten Abschnitts [km]	Stauanlage		Leistung der Wasserkraft-anlage [MW]
							Art der Stauanlage	Anzahl und Breite der Durchflussöffnungen	
1.	Smřice	281,76	1936	9,02	0,35	6,14	Doppelschützen	2 x 11 m	2,40
2.	Předměřice n. L.	274,32	1917/1933/1952	7,88	0,58	7,45	Schütz mit aufgesetzter Klappe	2 x 11 m	1,94
3.	Hradec Králové	268,44	1911	4,00	0,34	5,87	Segmentwehr	2 x 18 m	0,81
4.	Opatovice n. L.	262,53	1959	4,00	0,70	5,91	festes Überfallwehr	111,6 m Überfalllänge	0,99
5.	Pardubice	240,82	1969	3,90	1,40	9,50	Schütz mit aufgesetzter Klappe	3 x 18 m	1,94
6.	Srnojedy	234,19	1937	3,60	1,88	6,63	Schütz mit aufgesetzter Klappe	2 x 22 m	1,96
7.	Přelouč	224,57	1927	3,00	1,60	9,62	Schütz mit aufgesetzter Klappe	2 x 21 m	1,75
Beginn der Schifffahrtsstrecke									
8.	Týnec n. L.	205,28	1976	2,57	1,86	15,89	Klappenwehr	3 x 20 m	0,47
9.	Veletov	201,74	1991	3,95	0,60	3,54	Klappenwehr	7 x 12 m	0,57
10.	Kolín	193,23	1920	2,30	1,89	8,51	Walzenwehr	3 x 19 m	0,62
11.	Klavy	189,19	1939	3,50	1,01	4,04	Schütz mit aufgesetzter Klappe	3 x 19 m	1,58
12.	Velký Osek	184,37	1952	1,90	1,20	4,82	Schütz mit aufgesetzter Klappe	3 x 19 m	—
13.	Poděbrady	177,16	1916	2,70	1,73	7,21	Schützenwehr	2 x 22 m	1,04
14.	Nymburk	169,04	1919	2,70	1,70	8,12	Schütz mit aufgesetzter Klappe	3 x 22 m	1,07
15.	Kostomlátky	164,02	1937	3,70	1,41	5,02	Schütz mit aufgesetzter Klappe	3 x 24 m	2,56
16.	Hradištko	160,17	1953	2,90	1,12	3,84	Schütz mit aufgesetzter Klappe	3 x 24 m	1,92
17.	Lysá n. L.	150,70	1935	3,10	2,36	9,48	Schütz mit aufgesetzter Klappe	3 x 23 m	1,20
18.	Čelákovice	144,98	1938	2,70	1,45	5,72	Schütz mit aufgesetzter Klappe	3 x 23 m	0,11
19.	Brandýs n. L.	137,91	1936	3,80	1,85	7,07	Schütz mit aufgesetzter Klappe	3 x 23,5 m	1,98
20.	Kostelec n. L.	130,16	1931	3,50	1,82	7,76	Schütz mit aufgesetzter Klappe	3 x 24 m	2,34
21.	Lobkovice	123,02	1932	2,70	1,81	7,14	Schütz mit aufgesetzter Klappe	3 x 25 m	2,36
22.	Obříství	116,18	1911/1974	4,00	1,84	6,83	Sektorwehr	2 x 37 m	3,36
Moldaumündung									
		110,04			30,50	156,11			32,97
23.	Dolní Beřkovice	103,21	1907/1974	2,70	4,56	12,96	Sektorwehr	2 x 54 m, 1 x 52 m	—
24.	Štětí	91,58	1909/1970	2,80	6,46	11,63	Segmentwehr mit aufgesetzter Klappe	5 x 25 m beweglich 2 x 12 m fest	—
25.	Roudnice	82,34	1912/1971	2,90	4,54	9,25	Sektorwehr	3 x 54 m	—
26.	České Kopisty	68,27	1914/1976	3,20	3,29	14,07	Sektorwehr	2 x 47 m, 1 x 46 m	—
27.	Lovosice	60,13	1919/1972	2,15	4,15	8,12	Sektorwehr	2 x 41 m, 1 x 51 m	—
28.	Střekov	40,36	1936	8,40	16,10	19,76	Doppelschützen	4 x 24 m	15,00
	Summe				69,60	231,90			47,97

4.2 Die Moldau

*Die großen Flüsse
brauchen die kleinen Wasser
(Albert Schweitzer)*

Die Moldau/Vltava ist von der Quelle im Böhmerwald bis zur Mündung in die Elbe 430,3 km lang und damit 169,6 km länger als die Elbe bis dorthin. Von der Quelle bis zur Mündung weist die Moldau einen Höhenunterschied von 1 017 m auf. Sie mündet bei Mělník im Rückstauereich der Staustufe Dolní Beřkovice in die Elbe und ist ab der Talsperre Slapy bis zur Mündung auf einer Länge von 92 km schiffbar. Fahrgastschiffahrt wird auch auf allen großen Stauseen der Moldaukaskade betrieben.

Die Moldau ist mit 28 090 km² das größte Nebenflussgebiet der Elbe. Von dieser Fläche sind 99,5 % dem Gebirgs- und Hügelland und 0,5 % mit Höhen unter 200 m ü. NN dem Flachland zuzurechnen. Von diesem Einzugsgebiet liegen 121,7 km² in Deutschland und 920,7 km² in Österreich. Die höchsten Erhebungen sind der Plechý (1 378 m ü. NN) im Böhmerwald, der Viehberg (1 111 m ü. NN) im Gratzner Bergland, der Křemešník (765 m ü. NN) in der Böhmischemährischen Höhe, der Čerchov (1 042 m ü. NN) im Oberpfälzer Wald und der Hradiště (943 m ü. NN) im Duppauer Gebirge.

Im Oberlauf fließt die Moldau in südöstlicher Richtung bis unterhalb des Stausees Lipno durch den romantischen Böhmerwald und biegt dann mit vorwiegend nördlichem Verlauf zuerst in das Vorland des Böhmerwaldes ein. Danach

erreicht sie das Budweiser Becken und durchfließt dann in zum Teil tief eingeschnittenen Tälern des Mittelböhmischen Stufenlandes auf einer Länge von 154 km die Stauseen der Moldaukaskade. Auf diesem Flussabschnitt münden die großen Nebenflüsse Lainsitz/Lužnice, Otava, Sázava und Berounka, die alle Einzugsgebiete über 3 700 km² aufweisen.

Das Stadtbild von Prag wird wesentlich durch die gestaute Moldau geprägt. Unterhalb von Prag durchbricht die Moldau in einem engen Tal die Prager Hochfläche, um dann in einer breiten Ebene der Elbe zuzufließen (Abb. 4.2-1).

Die mittleren jährlichen Lufttemperaturen betragen in den Gipfellagen von Böhmerwald, Gratzner Bergland und Oberpfälzer Wald 2,8 bis 5 °C, im Mittelböhmischen Stufenland ca. 6 °C an und in Prag 10 °C.

Die mittlere jährliche Niederschlagshöhe im Einzugsgebiet der Moldau beträgt 656 mm. Sie erreicht im Böhmerwald 1 150 mm, im Mittelböhmischen Stufenland ca. 700 mm und in den tieferen Lagen 500 bis 600 mm (Prag: 510 mm). Im Winter werden in den Mittelgebirgen Schneehöhen von 70 bis 90 cm, in den Hochlagen des Böhmerwaldes und des Gratzner Berglandes bis zu 100 cm und in Einzeljahren so-

gar bis 200 cm gemessen, die bei plötzlichem Tauwetter in Verbindung mit Regen zu gefährlichen Hochwassern führen können.

Die natürlichen Abflussverhältnisse der Moldau werden durch eine Vielzahl von Talsperren beeinflusst. In ihrem Einzugsgebiet befinden sich 72 Talsperren mit einem Inhalt von jeweils mehr als 0,3 Mio. m³. Der Stauraum beträgt 1 892,7 Mio. m³, davon sind 125,0 Mio. m³ gewöhnlicher Hochwasserrückhalteraum im Winterhalbjahr. Den Schwerpunkt bilden die neun Talsperren der Moldaukaskade von der Talsperre Lipno I bis zur Talsperre Vrané mit einem Stauraum von 1 352,6 Mio. m³, davon sind 95,2 Mio. m³ als gewöhnlicher Hochwasserrückhalteraum festgelegt. Damit weist die Moldaukaskade allein 71 % des Stauraumes aller Talsperren im Einzugsgebiet der Moldau und 33 % des Stauraumes aller Talsperren im gesamten Elbegebiet (4 083,2 Mio. m³) auf.

Zur Charakterisierung der Abflussverhältnisse sind die hydrologischen Daten von 16 ausgewählten Pegeln in den Tabellen 4.2-1 und 4.2-2 enthalten und für je sechs Pegel an der Moldau und an Nebenflüssen ist der Jahresgang des Abflusses graphisch dargestellt (Abb. 4.2-3). Die Lage der meisten Pegel ist aus Abbildung 4.2-2 zu ersehen.

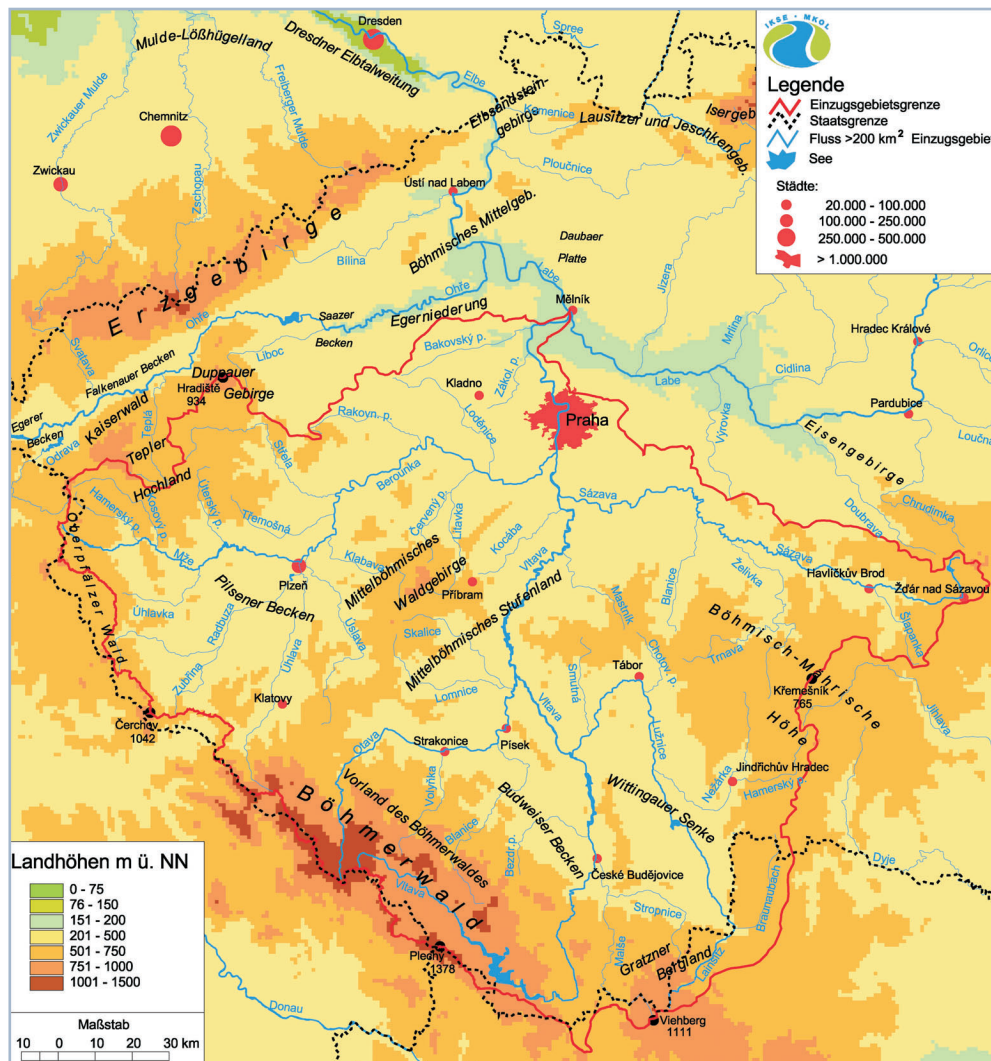


Abb. 4.2-1: Topographische Karte des Einzugsgebiets der Moldau/Vltava

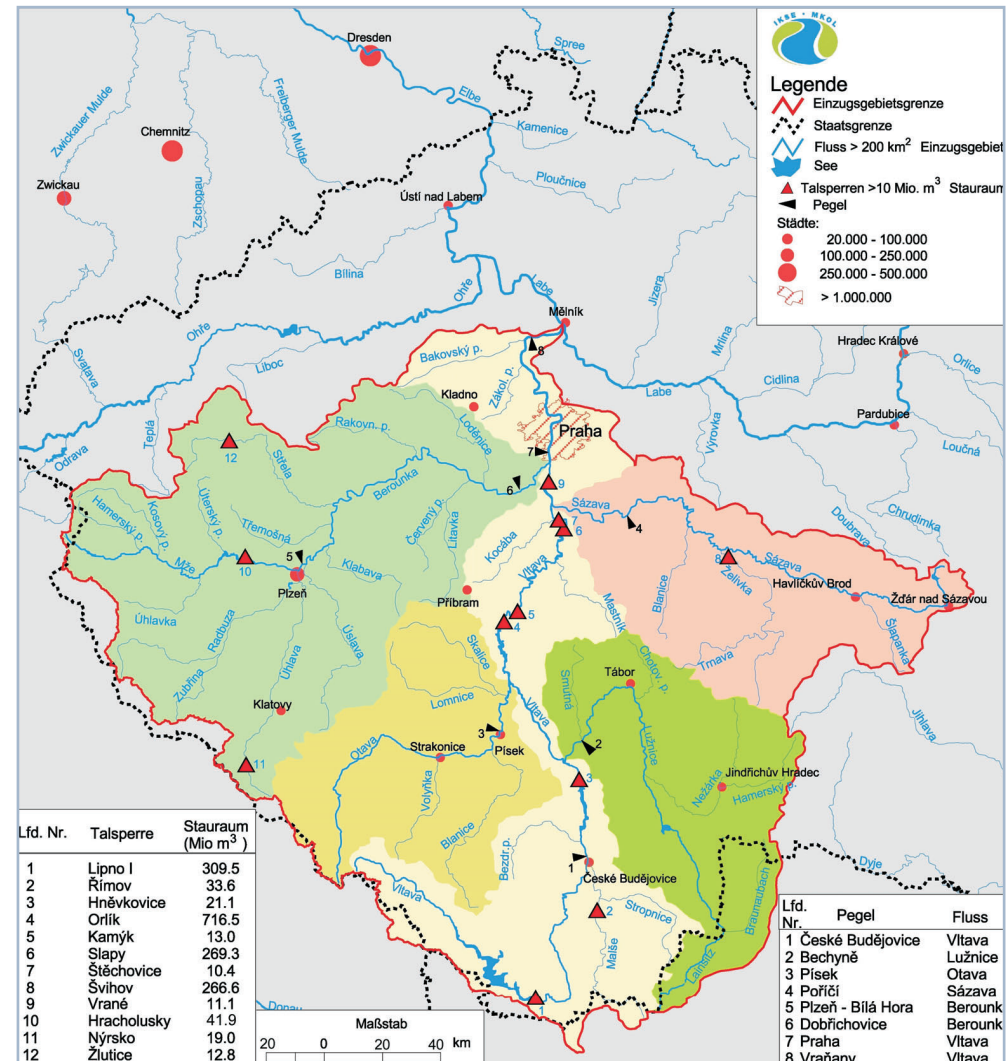


Abb. 4.2-2: Hydrographische Karte des Einzugsgebiets der Moldau/Vltava mit Teileinzugsgebiets über 3 700 km²

Tab. 4.2-1: Hydrologische Grunddaten langjähriger Abflussreihen von ausgewählten Pegeln im Einzugsgebiet der Moldau/Vltava (Die Nummern der Pegel entsprechen den Pegelnummern der Abbildung 4.2-2)

Nr.	Gewässer	Pegel	Flusskilometer	Einzugsgebietsfläche (AE)	Mittlerer Abfluss (MQ)	Mittlerer Niedrigwasserabfluss (MNQ)	Mittlerer Hochwasserabfluss (MHQ)	Jahresreihe
			[km]	[km ²]	[m ³ /s]	[m ³ /s]	[m ³ /s]	
	Warme Moldau	Chlum-Volary	377,7	341	5,81	1,67	44,7	1947 - 2000
	Kalte Moldau	Černý Kříž-Volary	3,3 ¹⁾	104	1,97	0,46	20,3	1947 - 2000
	Moldau	Vyšší Brod	319,0	999	13,1	4,04	70,5	1931 - 2000
	Malše	Roudné	5,3 ¹⁾	961	6,73	1,46	82,0	1931 - 2000
1.	Moldau	České Budějovice	238,8	2 848	23,2	9,57	148	1989 - 2000
	Nežárka/Lužnice	Hamr n. N.	8,0 ¹⁾	981	11,7	1,81	70,4	1931 - 2000
2.	Lužnice	Bechyně	10,6 ¹⁾	4 046	22,4	4,16	132	1931 - 2000
		Katovice	60,8 ¹⁾	1 135	13,7	4,13	157	1931 - 2000
3.	Otava	Písek	24,7 ¹⁾	2 913	23,1	6,64	205	1931 - 2000
	Sázava	Kácov	87,2 ¹⁾	2 813	16,6	3,46	153	1931 - 2000
4.		Poříčí n. S.	30,7 ¹⁾	4 000	22,0	4,78	192	1931 - 2000
	Radbuza/Berounka	Lhota	15,2 ¹⁾	1 175	5,20	1,23	54,2	1931 - 2000
5.	Berounka	Plzeň-Bílá Hora	136,9 ¹⁾	4 016	19,9	4,86	155	1931 - 2000
6.		Dobřichovice	15,8 ¹⁾	8 720	36,7	9,70	327	1931 - 2000
7.	Moldau	Praha-Chuchle	61,6	26 720	143	44,8	841	1931 - 2000
8.		Vraňany	11,3	28 048	154	48,6	866	1931 - 2000

1) Flusskilometer oberhalb der Mündung in die Moldau bzw. in deren Nebenflüsse

Tab. 4.2-2: Charakteristik des Abflussregimes von ausgewählten Pegeln im Einzugsgebiet der Moldau/Vltava (Die Nummern der Pegel entsprechen den Pegelnummern der Abbildung 4.2-2)

Nr.	Gewässer	Pegel	Mittlere Abfluss- spende [l/s · km ²]	Mittlerer Abfluss				MNQ:MQ	MQ:MHQ
				Winterhalbjahr		Sommerhalbjahr			
				[m ³ /s]	[%]	[m ³ /s]	[%]		
	Warme Moldau	Chlum-Volary	17,0	6,61	57	5,02	43	1 : 3,5	1 : 7,7
	Kalte Moldau	Černý Kříž-Volary	18,9	2,29	58	1,65	42	1 : 4,3	1 : 10,3
	Moldau	Vyšší Brod	13,1	14,5	55	11,7	45	1 : 3,2	1 : 5,4
	Malše	Roudné	7,0	6,72	50	6,73	50	1 : 4,6	1 : 12,2
1.	Moldau	České Budějovice	8,1	27,4	59	19,0	41	1 : 2,4	1 : 6,4
	Nežárka/Lužnice	Hamr n. N.	11,9	13,4	57	10,1	43	1 : 6,5	1 : 6,0
2.	Lužnice	Bechyně	5,5	25,9	58	19,0	42	1 : 5,4	1 : 5,9
	Otava	Katovice	12,1	14,3	52	13,1	48	1 : 3,3	1 : 11,5
3.		Písek	7,9	24,5	53	21,7	47	1 : 3,5	1 : 8,9
	Sázava	Kácov	5,9	20,7	62	12,5	38	1 : 4,8	1 : 9,2
4.		Poříčí n. S.	5,5	27,5	63	16,6	37	1 : 4,6	1 : 8,7
	Radbuza/Berounka	Lhota	4,4	6,71	65	3,72	35	1 : 4,2	1 : 10,4
5.	Berounka	Plzeň-Bílá Hora	5,0	25,7	65	14,2	35	1 : 4,1	1 : 7,8
6.		Dobřichovice	4,2	46,5	63	27,1	37	1 : 3,8	1 : 8,9
7.	Moldau	Praha-Chuchle	5,4	168	59	119	41	1 : 3,2	1 : 5,9
8.		Vraňany	5,4	181	59	128	41	1 : 3,2	1 : 5,6

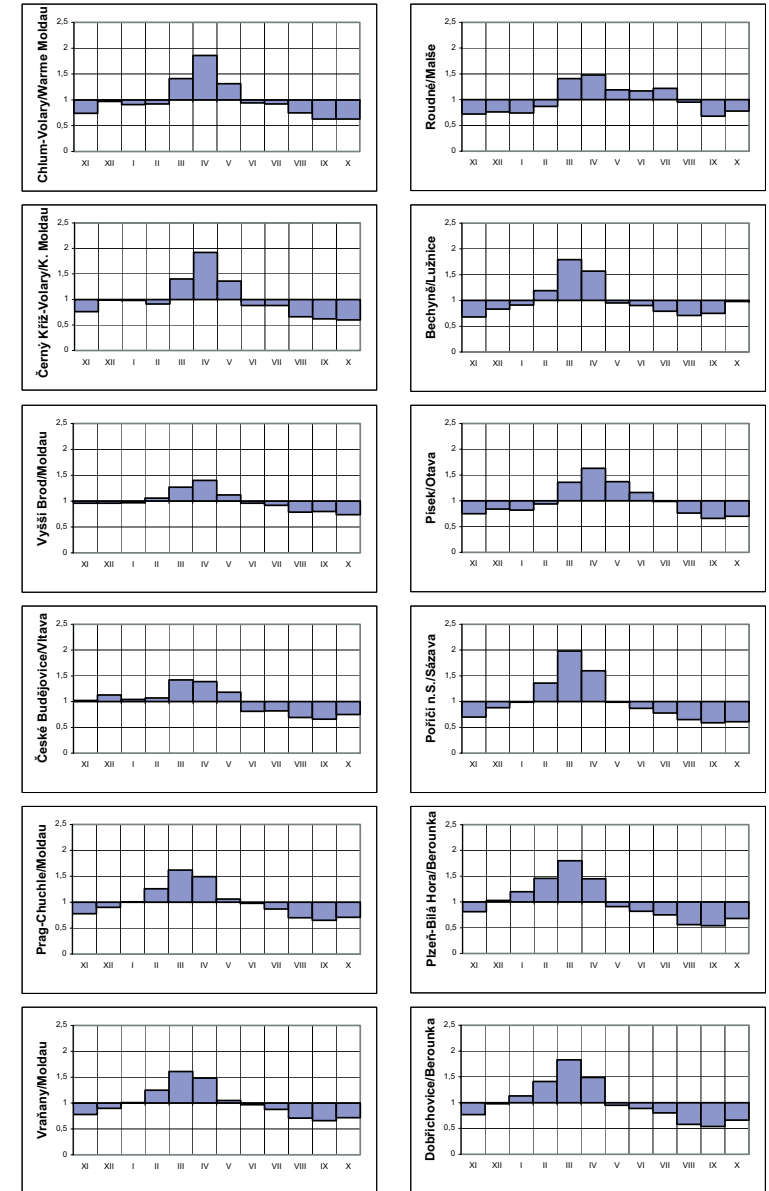


Abb. 4.2-3: Jahresgang des Abflusses an ausgewählten Pegeln im Einzugsgebiet der Moldau, dargestellt als Quotient aus langjährigen Mittelwerten für Monate und Jahr ($MQ_{\text{Monat}} / MQ_{\text{Jahr}}$)

Auf Grund der Daten in vorgenannten Tabellen und in Abbildung 4.2-3 werden die Abflussverhältnisse wie folgt bewertet:

■ Die mittleren Abflussspenden von 17 bis 19 l/s · km² an den Pegeln von Teplá und Studená Vltava sind charakteristisch für den niederschlagsreichen Böhmerwald, wo in den Hochlagen über 900 m ü. NN Abflussspenden von über 24 l/s · km² zu verzeichnen sind. Die verhältnismäßig hohen Abflussspenden von etwa 12 l/s · km² an den Pegeln Katovice und Hamr n. N. sind darauf zurückzuführen, dass die Quellflüsse der Otava im Böhmerwald und die Nežárka auf der Böhmischemährischen Höhe entspringen. Die hohen Abflüsse aus dem oberen Moldaugebiet bewirken in der unteren Moldau Abflussspenden von 5,4 l/s · km². Sie würden sonst noch unter den Abflussspenden von nur 4 bis 5 l/s · km² im größtenteils niederschlagsarmen Einzugsgebiet der Berounka liegen.

■ Der Jahresgang des Abflusses an den Pegeln von Warmer und Kalter Moldau zeigt, dass wegen des späten Abtauens der Schneedecke im Böhmerwald der Abfluss im Mai noch beträchtlich über dem mittleren Jahresabfluss liegt (Abb. 4.2-3). Der Abfluss im Winterhalbjahr beträgt deshalb nur 57 bis 58 % des Jahresabflusses. Im Einzugsgebiet der Berounka dagegen ist der Winterabfluss mit 63 bis 65 % deutlich höher. Hier steigt der Abfluss schon im Januar über den Jahresmittelwert an. Frühe Schneeschmelze und Regen verursachen den höchsten Abfluss schon im März und im Mai liegt er bereits unter dem Jahresdurchschnitt. Im größten Teil des Moldaugebiets sind durch die vielen Talsperren und Fischteiche der Jahresgang des Abflusses und das Verhältnis zwischen Winter- und Sommerabfluss verändert. Die dadurch bedingte größere Ausgeglichenheit im Abflussverlauf wird an der Moldau besonders am Pegel Vyšší Brod (unterhalb der Talsperren Lipno I und II) und an den Nebenflüssen besonders am Pegel Roudné/Malše (unterhalb der Talsperre Řimov) deutlich, wo das Verhältnis zwischen Winter- und Sommerabfluss auf 50 : 50 Prozent verändert worden ist.

■ Die Verhältniszahlen MNQ : MQ und MQ : MHQ betragen mehrheitlich 1 : 3,5 bis 1 : 4,8 bzw. 1 : 7,7 bis 1 : 10.

Häufige sommerliche Starkregen und geringes natürliches Rückhaltevermögen sind die Ursachen für die MQ : MHQ-Werte bis 1 : 12,2 in der Malše und Otava sowie im oberen Einzugsgebiet der Berounka. Durch die Steuerung der Talsperren zur Niedrigwasseraufhöhung und zum Hochwasserrückhalt betragen in der Moldau die MNQ : MQ-Werte nur 1 : 2,4 bis 1 : 3,2 und die MQ : MHQ-Werte nur 1 : 5,4 bis 1 : 6,4. Die unnatürlichen hydrologischen Verhältniswerte für das Einzugsgebiet der Lužnice sind auf die Bewirtschaftung der vielen Fischteiche zurückzuführen.

Die Vergrößerung der Fläche und des mittleren Abflusses im Einzugsgebiet der Moldau ist aus Tabelle 4.2-3 ersichtlich. Die angegebenen mittleren Abflüsse sind berechnet. Die Tabelle verdeutlicht, dass die vier großen Nebenflüsse der Moldau – Lužnice, Otava, Sázava und Berounka – mit über 75 % der gesamten Einzugsgebietsfläche die Struktur des Moldaugebiets bestimmen.

Tab. 4.2-3: Vergrößerung des Einzugsgebiets und des mittleren Abflusses der Moldau von der Quelle bis zur Mündung in die Elbe

Abschnitt der Moldau	Wichtiger Nebenfluss der Moldau	Einzugsgebiet [km ²]		Mittlerer Abfluss [m ³ /s]	
		Moldau	Wichtiger Nebenfluss an der Mündung	Moldau	Wichtiger Nebenfluss an der Mündung
Warme Moldau vor Mündung der Kalten Moldau		341		5,90	
	Kalte Moldau vor Mündung der Warmen Moldau		128		2,18
Moldau im Profil der Talsperre Lipno I		948		12,8	
Moldau bis zur Mündung der Malše		1 862		20,2	
	Malše		979		7,35
Moldau bis zur Mündung der Lužnice		3 594		30,8	
	Lužnice davon: Nežárka		4 226 999		24,1 12,3
Moldau bis zur Mündung der Otava		8 146		56,0	
	Otava davon: Blanice Lomnice		3 839 860 831		27,1 4,70 3,41
Moldau bis zur Mündung der Sázava		13 310		85,8	
	Sázava davon Želivka		4 349 1 189		24,3 6,98
Moldau bis zur Mündung der Berounka		17 834		110	
	Berounka davon: Mže Radbuza einschl. Úhlava Úslava Střela		8 855 1 824 2 179 757 923		37,2 8,60 11,4 3,62 3,41
Moldau bis zur Mündung in die Elbe		28 090		154	

4.2.1 Die Moldau von der Quelle bis zur Mündung der Berounka

Die Moldau entspringt im Böhmerwald in einer Höhe von 1 172 m ü. NN am Südosthang des Berges Černá hora (1 315 m ü. NN) in unmittelbarer Nähe der deutsch-tschechischen Grenze (Abb. 4.2-4) als Warme Moldau (Teplá Vltava).



Abb. 4.2-4: Quelle der Moldau im Böhmerwald

Auf den ersten 13 km beträgt das Gefälle der Warmen Moldau 26 ‰, auf den weiteren 40,6 km bis zum Zusammenfluss mit der Kalten Moldau (Studená Vltava) bei Fluss-km 376,7 4,5 ‰. Von da an wird der Fluss nur noch Moldau genannt. Mit einem Gefälle von 2,2 ‰ und starker Mäanderbildung (Abb. 4.2-5) fließt sie nach etwa 9 km in den Stausee der Talsperre Lipno I.

Historisch-wasserbaulich interessant ist der von 1789 bis 1822 gebaute 44,4 km lange Schwarzenbergkanal am Nordhang des Böhmerwaldes (Abb. 4.2-6). Er beginnt nordwestlich des Berges Plechý in einer Höhe von 916 m ü. NN, verläuft fast parallel zur Moldau, fließt 9 km auf österreichischem Gebiet, um dann wieder auf tschechischem Gebiet im Zwettelbach (Einzugsgebiet der Donau) in einer Höhe von 790 m ü. NN zu enden.

Gespeist wurde der Kanal, durch den Nebenflüsse der Moldau und Donau miteinander verbunden sind, aus zahlreichen kleinen Flüssen und drei Speicherbecken. Bis 1962 diente er zum Transport von Holz aus schwer zugänglichen Gebieten des Böhmerwaldes.

So konnte das Holz über einen 3,9 km langen Stichkanal zur Moldau und von dort nach Prag bzw. über den ausgebauten Zwettelbach zur Donau und weiter bis Wien geflößt werden. Große Teile dieses Bauwerkes, das unter Denkmalschutz steht, sind heute noch funktionsfähig.

Die Talsperre Lipno I (Fluss-km 329,5) wurde 1960 mit einem Stauraum von 309,50 Mio. m³ in Betrieb genommen, wovon 33,16 Mio. m³ im Winterhalbjahr und 12,06 Mio. m³ im Sommerhalbjahr als gewöhnlicher Hochwasserrückhalteraum zur Verfügung stehen. Durch das überwiegend offene Tal im 38 km langen Staubeereich besteht bei Vollstau ein Stausee mit einer Fläche von 48,7 km². Das ist die größte Wasserfläche einer Talsperre im Einzugsgebiet der Elbe (Abb. 4.2-7 und



Abb. 4.2-6: Hirschperktunnel im oberen Teil des Schwarzenbergkanals



Abb. 4.2-5: Mäandrierende Moldau oberhalb der Talsperre Lipno I

Tab. 4.2-4). Von ihrem Einzugsgebiet (948,2 km²) liegen 74,6 km² in Deutschland und 27,8 km² in Österreich.

Neben dem Hochwasserschutz und der Naherholung dient die Talsperre Lipno I vorwiegend der Energieerzeugung.

Unterhalb der Talsperre weist die Moldau auf einer Strecke von 10 km einen Höhenunterschied von 160 m auf. Dieses große Gefälle wird in einem Kavernenkraftwerk genutzt, das mit einer Leistung von 120 MW als Spitzenkraftwerk betrieben wird. Dabei dient die Talsperre Lipno II (Fluss-km 319,1) als Ausgleichsbecken. In diesem kurzen Flussabschnitt bis zur Kraftwerkseinleitung an der Talsperre Lipno II wird durch das enge Moldautal nur ein ökologischer Mindestabfluss von 1,5 m³/s geleitet.



Povodí Vltavy, s. p.

Abb. 4.2-7: Talsperre Lipno I

Tab. 4.2-4: Talsperren im Elbeinzugsgebiet mit den größten Wasserflächen bei Vollstau

Talsperre	Fluss	Wasserfläche [km ²]
Lipno I	Moldau	48,7
Orlík	Moldau	27,3
Švihov	Želivka	14,3
Kelbra	Helme	14,3
Nehranice	Eger	13,1
Slapy	Moldau	11,6
Rozkoš	Metuje	10,0
Rožmberk	Lužnice	9,9
Spremberg	Spree	9,9
Bleiloch	Saale	9,2
Straußfurt	Unstrut	9,0

Von der Talsperre Lipno II bis České Budějovice durchfließt die Moldau zuerst das Vorland des Böhmerwaldes und erreicht dann das Budweiser Becken. Auf dieser Strecke befinden sich 17 feste Wehre. Nach dem Hochwasser vom August 2002 wurden zahlreiche zerstörte Wehre vollständig rekonstruiert (Abb. 4.2-8).

In diesem Bereich durchfließt die Moldau die historische Stadt Český Krumlov (14 000 Einwohner), die sich romantisch in das tiefe Tal der Moldau einordnet (Abb. 4.2-9) und zum Weltkulturerbe der UNESCO gehört.

In České Budějovice (95 000 Einwohner) mündet bei Fluss-km 240,1 die **Maltsch/Malše** (979 km², davon 109,9 km² in Österreich) in einer Höhe von 385 m ü. NN. Sie hat ihren Ursprung im Gratzner Bergland in Österreich nordöstlich des Viehberges beim Ort Sandl in einer Höhe von 910 m ü. NN. Von

ihrer Gesamtlänge (100,7 km) liegen 6,0 km in Österreich, 19,5 km bilden die gemeinsame österreichisch-tschechische Grenze und 75,2 km liegen in der Tschechischen Republik.

In der Malše wurde 1978 die Trinkwassertalsperre Římov (Abb. 4.2-10) mit einem Stauraum von 33,64 Mio. m³, davon 1,56 Mio. m³ gewöhnlicher Hochwasserrückhalteraum, in Betrieb genommen. Aus ihr werden große Teile Südböhmens mit 21 Mio. m³/a Trinkwasser versorgt.

Ab České Budějovice verliert die Moldau ihren natürlichen Charakter und fließt in einem ausgebauten Flussbett bis zum Rückstau der Talsperre Hněvkovice (Fluss-km 225,3).



M. Simon

Abb. 4.2-8: Moldau in Rožmberk mit rekonstruiertem Wehr und Burg

Unterhalb von České Budějovice befindet sich bei Hluboká n. Vlt. seit dem 15. Jhd. eines der größten Fischteichsysteme der Tschechischen Republik mit 190 Fischteichen und einer Wasserfläche von 26,6 km² (Tab. 4.2-6). Es dient vorwiegend der Fischzucht (Karpfen).

Von Fluss-km 225,3 (Rückstau der Talsperre Hněvkovice) bis zur Mündung der Berounka (Fluss-km 63,7) sind weitere sieben Talsperren in dem zum Teil tief eingeschnittenen Moldautal im Mittelböhmischen Stufenland gebaut worden.



Abb. 4.2-9: Český Krumlov an der Moldau



Abb. 4.2-10: Talsperre Řimov in der Malše

Durch sie wird das Moldautal auf einer Länge von 154 km überstaut (Abb. 4.2-11 und Tab. 4.2-5).

Das von den Talsperren erfasste Einzugsgebiet vergrößert sich von der Talsperre Lipno I mit 948 km² auf 17 782 km²

an der Talsperre Vrané. Seit Inbetriebnahme der großen Talsperren wurden die Abflussverhältnisse der Moldau in bedeutendem Maße beeinflusst.

Die Moldaukaskade erfüllt mehrere Funktionen:

■ Hauptfunktion ist die Energieerzeugung. An allen Talsperren befinden sich Spitzenkraftwerke oder Laufkraftwerke mit einer Gesamtleistung von 719 MW (Tab. 4.2-5). An der Talsperre Štěchovice ist außerdem seit 1947 ein Pumpspeicher-Kraftwerk in Betrieb (Abb. 4.2-12). Als Ausgleichsbecken

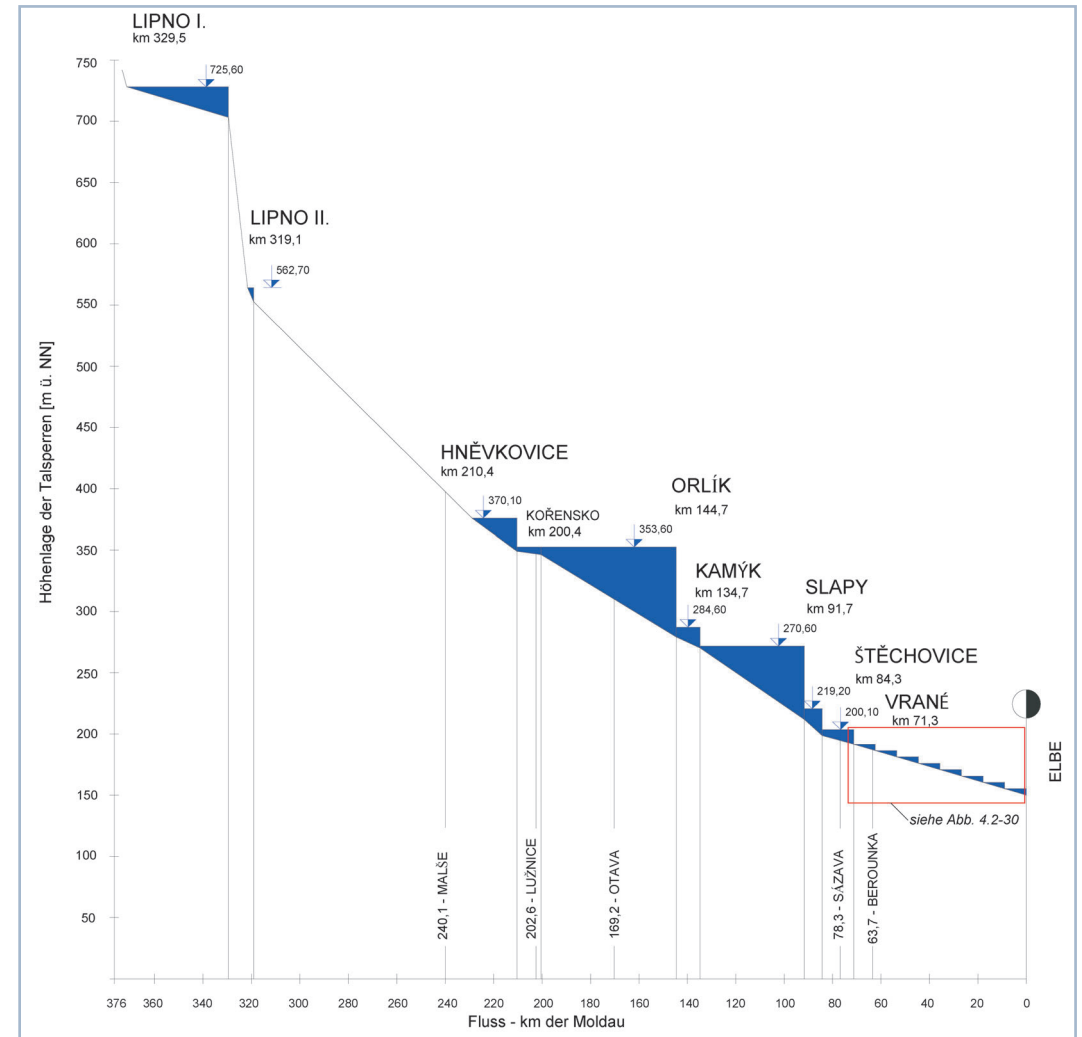


Abb. 4.2-11: Längsschnitt der Moldaukaskade



Abb. 4.2-12: Talsperre Štěchovice mit Laufkraftwerk (links) und Pumpspeicher-Kraftwerk (rechts)

für die Spitzenkraftwerke und das Pumpspeicher-Kraftwerk dienen die jeweils unterhalb gelegenen Talsperren (Tab. 4.2-5). Aus der Talsperre Hněvkovice wird seit 2002 das Kernkraftwerk Temelín (1 962 MW) mit Kühlwasser versorgt.

■ Eine weitere Funktion ist die Niedrigwasseraufhöhung. Unter Beachtung des Abflusses der Berounka wird die Abgabe aus den Moldautalsperren so gesteuert, dass in Prag ein Mindestabfluss von 40 m³/s gesichert wird. Vor Errichtung der Talsperren kam es in Prag des öfteren zu Abflüssen von nur zwölf bis 15 m³/s. Die Wasserabgaben aus der Moldaukaskade sichern auch die Wasserentnahmen in Prag für die Trinkwasserversorgung und industriellen Nutzungen. Sie bevorteilen auch die Schifffahrt auf der Moldau und der Elbe.

■ Für den Hochwasserschutz stehen im Talsperrensystem 95,23 Mio. m³ gewöhnlicher Hochwasserrückhalteraum zur Verfügung, das sind 7,0 % des Gesamtstauraumes. Dieser Rückhalteraum kann durch Vorentlastung der Talsperren bei zu erwartendem größerem Hochwasser, vor allem bei einsetzendem Tauwetter, vergrößert werden. Die Hochwasserschutzwirkung der Moldautalsperren beim extremen Hochwasser im August 2002 ist im Kapitel 3.3.2 ausführlich beschrieben.

■ Alle Talsperren dienen der Erholung, der Fischwirtschaft und der Fahrgastschifffahrt. Zur Überwindung des Höhenunterschiedes zwischen Stausee und Fluss gibt es bis auf die Talsperren Lipno I und II, Hněvkovice sowie Slapy Schifffahrtsschleusen. An der Talsperre Orlik befindet sich

das einzige längsgeneigte Schiffshebewerk im Einzugsgebiet der Elbe (siehe Kapitel 4.8.2 und Abbildung 3.3-3). Es ist seit 1962 in Betrieb. Über die Fertigstellung eines zweiten größeren Hebewerks gleicher Bauart ist noch nicht entschieden.

Tab. 4.2-5: Übersicht über die Talsperren der Moldaukaskade

Lfd. Nr.	Name der Talsperre	Fluss-km	Jahr der Inbetriebnahme	Stauraum bei Vollstau [Mio. m ³]		Staufläche bei Vollstau [km ²]	Staulänge bei Vollstau [km]	Art und Leistung der beweglichen Stauvorrichtungen auf den Hochwasserüberläufen				Maximale Leistung Wasserkraftwerk [MW]
				gesamt	davon gewöhnlicher Hochwasserrückhalteraum			Art	Stauhöhe [m]	Breite [m]	Leistung [m ³ /s]	
1.	Lipno I	329,54	1960	309,50	33,16	48,7	38,0	Klappenwehr	2,35	2 x 10	2 x 79 158	120 - Spitzenkraftwerk (Kavernenkraftwerk)
2.	Lipno II	319,11	1960	1,66	—	0,5	2,5	Klappenwehr	2,85	2 x 10	2 x 102 204	1,5 - Laufkraftwerk
3.	Hněvkovice	210,39	1991	21,10	—	3,1	14,9	Segmentwehr	7,00	3 x 12	3 x 337 1.011	9,4 - Laufkraftwerk
4.	Kořensko	200,41	1991	(2,80)	—		(10,0) ¹⁾ - bis Talsperre Hněvkovice	Klappenwehr	4,80	4 x 20		3,8 - Laufkraftwerk
5.	Orlik	144,65	1963	716,50	62,07	27,3	65,7 - bis Talsperre Hněvkovice 7 km in die Lužnice 22 km in die Otava	Segmentwehr	8,00	3 x 15	3 x 728 2.184	364 - Spitzenkraftwerk
6.	Kamýk	134,73	1963	12,98	—	2,0	10,0 - bis Talsperre Orlik	Segmentwehr	5,50	4 x 18	4 x 500 2.000	40 - Laufkraftwerk
7.	Slapy	91,69	1957	269,30	—	13,9	43,0 - bis Talsperre Kamýk	Segmentwehr	8,00	4 x 15	4 x 750 3.000	144 - Spitzenkraftwerk
8.	Štěchovice	84,32	1945	10,44	—	1,1	7,3 - bis Talsperre Slapy	Schützenwehr	5,20	5 x 20	5 x 480 2.400	22,5 - Laufkraftwerk 45 - Pumpspeicher-Kraftwerk unmittelbar unterh. der Talsperre
9.	Vrané	71,33	1935	11,10	—	2,5	13,1 - bis Talsperre Štěchovice 3 km in die Sázava	Schützenwehr	9,70	4 x 20	4 x 700 2.800	13,8 - Laufkraftwerk
	Summe			1 352,58	95,23	99,1	194,5 in der Moldau 32 in Nebenflüsse					719,0 - Spitzen- und Laufkraftwerke 45,0 - Pumpspeicher-Kraftwerk

1) Bei Vollstau der Talsperre Orlik wird die Talsperre Kořensko überstaut. Stauraum und Staulänge sind bereits bei den Angaben der Talsperre Orlik enthalten.

4.2.2 Die Lainsitz/Lužnice

Die Lainsitz entspringt im Gratzner Bergland südwestlich des Tischberges (1 063 m ü. NN) auf österreichischem Gebiet in einer Höhe von 990 m ü. NN. Sie ist 198,2 km lang und hat ein Einzugsgebiet von 4 226 km², davon 709 km² in Österreich. Auf den ersten 50 km Flusslänge mit einem mittleren Gefälle von 10,5 ‰ fließt sie bei wechselndem Verlauf 43,5 km in Österreich, 4,7 km in der Tschechischen Republik und bildet auf 1,8 km Länge zwischen Gmünd (6 000 Einwohner) und České Velenice die österreichisch-tschechische Grenze. Auf tschechischem Gebiet fließt sie mit der Bezeichnung Lužnice bis zur Mündung in die Moldau weitere 148,2 km.

Auf österreichischem Gebiet ist der **Braunaubach** (293 km²) der größte Nebenfluss, der in Gmünd in die Lainsitz mündet.

Nach Verlassen des österreichischen Gebiets erreicht die Lužnice die breite Wittingauer Senke und fließt als Flachlandfluss auf einer Länge von 109,6 km bis Tábor mit einem mittleren Gefälle von nur 0,74 ‰.

In diesem Flussabschnitt befindet sich das **Fischteichsystem von Třeboň**. Das mit 465 Teichen heute größte Fischteichsystem Europas (Tab. 4.2-6) prägt mit einer Wasserfläche von

74,5 km² das Landschaftsbild Südböhmens. Jährlich werden bis zu 3 000 t Speisefisch (vorwiegend Karpfen) produziert.

Das Teichsystem wurde vorwiegend im 16. Jhd. errichtet (Abb. 4.2-13). Erste Teiche stammen aus dem 14. Jhd. Im Jahre 1450 gab es bereits 20 Fischteiche mit einer Fläche von 7,1 km². Die größten Fischteiche enthält Tabelle 4.2-7. Der Fischteich Rožmberk (Inbetriebnahme 1590) ist mit 9,9 km² der größte tschechische Fischteich (Abb. 4.2-14).

Während des Hochwassers vom August 2002 wurden in den gewöhnlichen und außergewöhnlichen Hochwasserrückhalteraum des Fischteichsystems Třeboň 148 Mio. m³ eingestaut, davon allein 99 Mio. m³ in den 14 Teichen mit einer Fläche über 1 km².

Der künstliche Kanal „**Zlatá stoka**“ (Goldener Kanal) versorgt 64 Fischteiche mit einer Fläche von 27 km² mit Wasser. Er ist 47,9 km lang und hat eine Kapazität von 2 bis 3 m³/s. Seine Inbetriebnahme in voller Länge erfolgte 1520, Teilstücke waren bereits 1327 angelegt. Er zweigt etwa 12 km südöstlich von Třeboň aus der Lužnice ab (Abb. 4.2-15) und fließt oberhalb der Mündung der **Nežárka** (999 km²) wieder in diese zurück (Abb. 4.2-13).

In seiner Zeit stellte dieser Kanal ein Meisterwerk des Wasserbaus dar. Er war mit einer Breite von 2 bis 4 m und einer Tiefe von 1,5 m der erste bedeutende künstliche Kanal in Böhmen.

Der Kanal „**Nová řeka**“ (Neuer Fluss) mit einer Länge von 13,5 km und einer Breite von 5 bis 10 m wurde in den Jahren 1584 und 1585 gleichzeitig mit dem Bau des Erddammes des Fischteiches Rožmberk fertig gestellt. Seine Aufgabe war es, und ist es auch noch heute, bei Hochwasser einen Teil des Wassers aus der Lužnice (bis zu 60 m³/s) in die Nežárka überzuleiten (Abb. 4.2-13). Gleichzeitig werden aus dem Kanal zahlreiche Fischteiche mit Wasser versorgt.

Tab. 4.2-7: Wichtige Fischteiche im System von Třeboň

Name des Fischteiches	Wasserfläche [km ²]	Stauraum [Mio. m ³]	Max. Wassertiefe [m]
Rožmberk	9,90	15,30	6,9
Horusický	4,38	3,97	7,1
Dvořiště	3,74	9,30	5,3
Velký Tisý	3,14	5,10	3,5
Záblatský	3,10	3,35	5,3
Staňkovský	2,72	7,40	10,2
Velká Holná	2,44	4,40	7,2
Svět	2,15	3,33	6,3
Koclířov	2,03	4,90	3,3
Bošilecký	2,01	1,81	3,2



Abb. 4.2-14: Absperrdamm des Fischteiches Rožmberk (2,4 km) in der Lužnice bei Třeboň

Tab. 4.2-6: Größte Fischteichsysteme im Einzugsgebiet der Elbe

Name des Fischteichsystems	Einzugsgebiet	Anzahl der Teiche	Wasserfläche [km ²]	Speisefischproduktion [t/a]
Třeboň	Lužnice	465	74,5	3 000
Oberlausitzer Teichgebiet	Spree und Schwarze Elster	1 000	55,0	2 000
Hluboká	Moldau	190	26,6	1 300
Blatná	Lomnice/Otava	—	16,0	800
Peitz	Spree	32	8,4	400
Tábor	Lužnice	—	—	390
Lewitzer Teichwirtschaft	Elde	39	7,5	350
Moritzburger Teichgebiet	Schwarze Elster	23	3,5	150

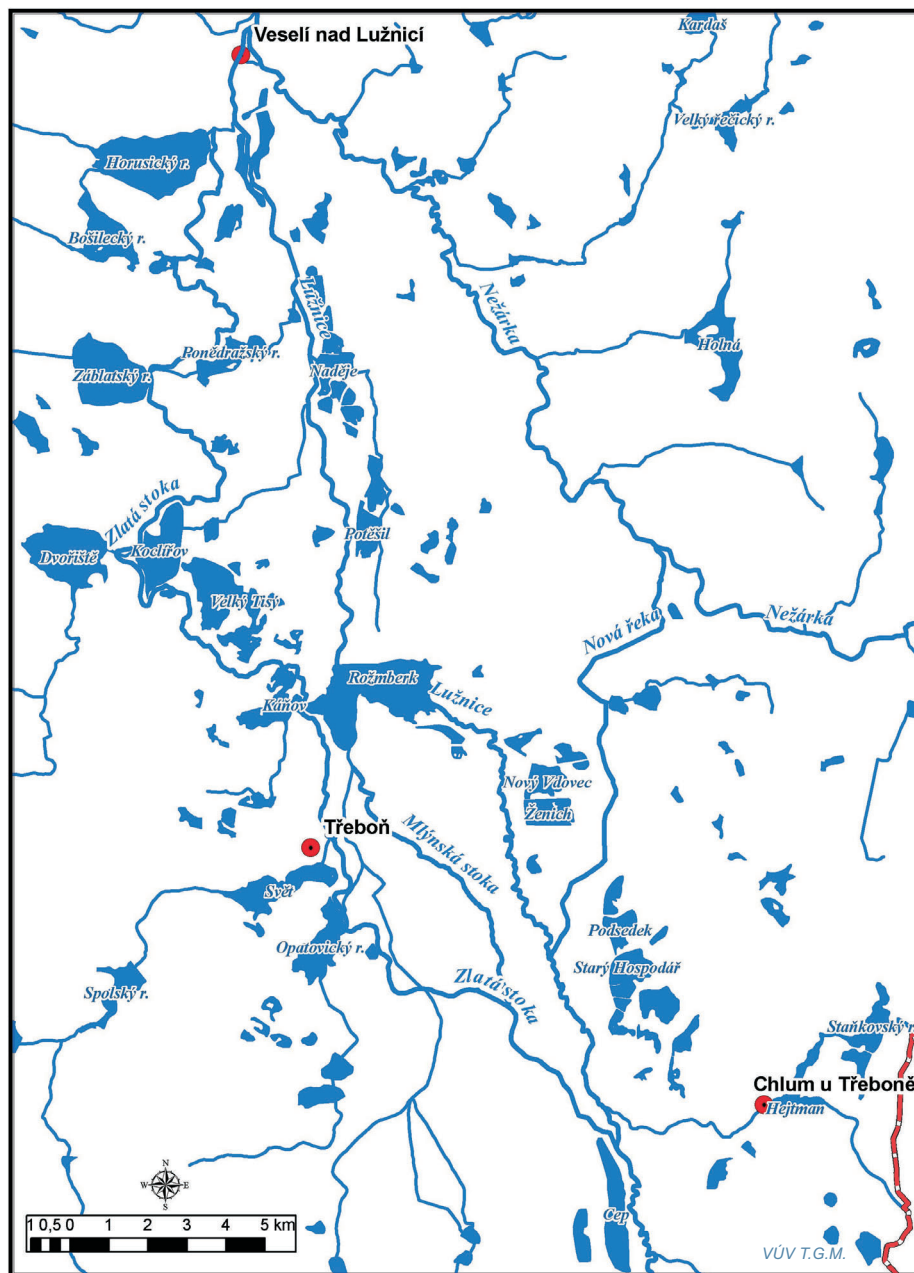


Abb. 4.2-13: Lageplan des Fischteichsystems bei Třeboň im Einzugsgebiet der Lužnice

Bei Tábor (Fluss-km 38,6) befindet sich die 1492 errichtete Talsperre Jordan (Abb. 4.2-16) mit einem Stauraum von 3,00 Mio. m³. Sie wurde zum Zwecke der Trinkwasserversorgung der Stadt Tábor (36 000 Einwohner) gebaut, in die das Wasser mit einer originellen Einrichtung über 32 m hoch gepumpt wurde.



Abb. 4.2-16: Talsperre Jordan (Damm mit Straße und Hochwasserüberlauf im Hintergrund)

Der Erddamm der Talsperre mit 20 m Höhe war damals der höchste Damm in Europa. Mit Ausnahme der römischen Speicher aus dem ersten und zweiten Jhd. in Südeuropa (Spanien, Portugal und Südfrankreich) ist die Talsperre Jordan die älteste Anlage in Europa, die der Trinkwasserversorgung diente. In der Kombination von Höhe und Versorgungszweck war die Talsperre zu ihrer Zeit ohne Beispiel. Sie dient auch noch heute der Trinkwasserversorgung von Tábor.



Abb. 4.2-15: Verteilerwehr in der Lužnice zur Ableitung von Wasser in den Kanal „Zlatá stoka“

Unterhalb von Tábor fließt die Lužnice durch ein enges felsiges Tal mit 0,91‰ Gefälle und mündet bei Fluss-km 202,6 der Moldau in den Rückstaubereich der Talsperre Kořensko (Abb. 4.2-17). Bei voller Talsperre Orlik wird die Talsperre Kořensko überstaut, wodurch ein Rückstau in die Lužnice von 7,0 km Länge entsteht.



Abb. 4.2-17: Mündung der Lužnice (rechts) in die gestaute Moldau

4.2.3 Die Otava

Die Otava mit einem Einzugsgebiet von 3 839 km², davon 11,2 km² in Deutschland, entsteht nach der Vereinigung ihrer beiden Quellflüsse Vydra und Křemelná, die ihre Quellgebiete in den Hochlagen des Böhmerwaldes haben. Die Quelle der Vydra, im Oberlauf auch als Modravský potok bezeichnet, liegt nahe der deutsch-tschechischen Grenze etwa 1 km westlich des Berges Lužný/Lusan (1 371 m ü. NN) in einer Höhe von 1 215 m ü. NN.

Bis zur Mündung der Křemelná nach 19,5 km beträgt das mittlere Gefälle über 30 ‰. Steinblöcke und großes Gefälle auf einem zum Flößen ungeeigneten Abschnitt der Vydra führten zum Bau des 14,5 km langen Vchynicko-Tetovský-Kanals (1789 bis 1801) von der oberen Vydra zur Křemelná, der bis 1952 zum Flößen von Baumstämmen aus dem Böhmerwald diente. Heute wird der Kanal zur Wasserzuleitung zu dem 1939 in Betrieb genommenen Speicher (Stauraum 67 000 m³) mit dem Spitzenkraftwerk Vydra (6,4 MW) genutzt.

Unterhalb davon war eine Sägemühle 1912 zum Wasserkraftwerk Čeňkova pila (96 kW) umgebaut worden. Es ist heute noch funktionsfähig und wird als nationales technisches Denkmal geführt (Abb. 4.2-18).

Von der Mündung der Křemelná bis zur Mündung in die Moldau ist die Otava 112,9 km lang, einschließlich der Vydra 132,4 km. Im nordwestlichen Teil des Budweiser Beckens, zwischen Strakonice (24 000 Einwohner) und Písek (30 000 Einwohner) beträgt das mittlere Gefälle nur 1,7 ‰. Es erhöht sich unterhalb von Písek im Mittelböhmisches Stufenland auf 2,0 ‰.

Die frühgotische Steinbrücke über die Otava in Písek wurde Ende des 13. Jhd. errichtet und ist die älteste erhaltene Steinbrücke in Böhmen. Nördlich der Alpen ist nur noch die Steinbrücke von Regensburg (1135-1146) über die Donau älter. Beim Hochwasser im August 2002 überflutet und beschädigt, wurde sie bereits 2003 rekonstruiert (Abb. 4.2-19).



Abb. 4.2-18: Hölzerner Zuleitungskanal zum Kraftwerk „Čeňkova pila“, 105 m lang

Auf ihrem Lauf bis zur Mündung in die Moldau nimmt die Otava zahlreiche Flüsse auf. Aus dem Böhmerwald kommen **Volyňka** (427 km²) und **Blanice** (860 km²), deren Quellen in Höhen von 1 115 bzw. 972 m ü. NN liegen.

In der Blanice befindet sich die größte Talsperre im Einzugsgebiet der Otava, die Trinkwassertalsperre Husinec. Sie hat einen Stauraum von 5,64 Mio. m³, davon 2,82 Mio. m³ gewöhnlicher Hochwasserrückhalte-raum. Die **Lomnice** (831 km²) und ihr Nebenfluss **Skalice** (376 km²) entspringen im Mittelböhmisches Waldgebirge. Die Lomnice mündet im Rückstau-bereich der Talsperre Orlik, die bei Vollstau die Moldau 19,4 km in die Otava zurückstaut. Die Otava mündet bei Fluss-km 169,2 unterhalb der Burg Zvíkov (Abb. 4.2-20).



Abb. 4.2-19: Historische Steinbrücke über die Otava in Písek



Abb. 4.2-20: Mündung der Otava (links) in die Moldau im Rückstau-bereich der Talsperre Orlik mit Burg Zvíkov

4.2.4 Die Sázava

Die Quelle der Sázava (4 349 km²) liegt südwestlich des Kamenný vrch (802 m ü. NN) in der nördlichen Abdachung der Böhmischemährischen Höhe (Žďárské vrchy) in einer Höhe von 724 m ü. NN. Sie ist 224,6 km lang. Der Fluss hat den Charakter eines tief eingeschnittenen Gebirgsflusses, der insbesondere im Mittellauf zahlreiche scharfe Krümmungen aufweist. Oberhalb Žďár nad Sázavou (24 000 Einwohner) hat die Sázava ein Gefälle von 9,1 ‰, das auf 60 km Länge bis unterhalb Havlíčkův Brod (25 000 Einwohner) auf 3,0 ‰ zurückgeht. Im 128 km langen Mittellauf beträgt das Gefälle nur noch 1,1 ‰, es erhöht sich auf den letzten 20 km vor der Mündung in die Moldau wieder auf 2,9 ‰.

Die größten Nebenflüsse der Sázava sind die **Želivka** (1 189 km²) und die **Blanice** (544 km²) im Mittellauf.

Die Sázava mündet bei Fluss-km 78,3 im Rückstaubereich der Talsperre Vrané in die Moldau. Der Rückstau reicht bis 3,0 km in das Tal der Sázava.

Von den sechs Talsperren im Einzugsgebiet der Sázava mit einem Stauraum von 276,88 Mio. m³ ist die Talsperre Švihov in der Želivka mit 266,60 Mio. m³ Inhalt die größte (Abb. 4.2-21).

Sie wurde 1975 in Betrieb genommen und dient der Trinkwasserversorgung für die Hauptstadt Prag sowie für Gebiete in Mittel-, Ost- und Südböhmen.

Es ist die größte Trinkwassertalsperre im Einzugsgebiet der Elbe (Tab. 4.2-8). Ihre Trinkwasseraufbereitungsanlage Želivka wurde bereits im Mai 1972 in Betrieb genommen. Die ursprüngliche Kapazität von 3 m³/s wurde innerhalb von 20 Jahren auf 5,2 m³/s erhöht, bei Bedarf können auch 7 m³/s abgegeben werden. Mit dieser Kapazität ist die Anlage eine der größten in Europa. Im Jahresmittel wurden in den über 30 Jahren

seit der Inbetriebnahme 3,5 m³/s (110 Mio. m³/a) Trinkwasser geliefert. Diese Wassermenge wird dem Einzugsgebiet der Sázava entzogen, da der Hauptanteil des Trinkwassers über einen 51,9 km langen Stollen nach Prag fließt. Dort werden etwa 750 000 Einwohner mit Trinkwasser aus der Talsperre versorgt, die somit 64 % des gesamten Trinkwasserbedarfs von Prag sichert. Die übrigen Bedarfsmengen werden mit 45 Mio. m³/a (26 %) aus dem Mündungsbereich der Jizera in die Elbe (siehe Kapitel 4.1.4) und mit 19 Mio. m³/a (10 %) aus dem Wasserwerk Prag-Podolí, mit direkter Entnahme aus der Moldau, bereitgestellt.

Tab. 4.2-8: Die größten Trinkwassertalsperren im Einzugsgebiet der Elbe

Name der Talsperre	Stauraum [Mio. m ³]	Staat
Švihov	266,60	ČR
Rappbode	109,08	D
Eibenstock	74,65	D
Přísečnice	50,43	ČR
Řimov	33,64	ČR
Zeulenroda	30,42	D
Stanovice	24,22	ČR
Saidenbach	22,38	D
Lehnmühle	21,92	D
Josefův Důl	20,76	ČR



Abb. 4.2-21: Trinkwassertalsperre Švihov in der Želivka

4.2.5 Die Berounka

Die Berounka ist mit einem Einzugsgebiet von 8 855 km² der größte Nebenfluss der Moldau. Sie entsteht nach der Vereinigung der beiden Quellflüsse Mže und Radbuza. Hauptquellfluss ist die **Mže** (1 824 km², davon 29,2 km² in Deutschland). Sie entspringt im Oberpfälzer Wald nordwestlich des Berges Oltář (710 m ü. NN) in einer Höhe von 700 m ü. NN, fließt 2,0 km auf deutschem Gebiet, bildet dann auf 0,9 km die gemeinsame Grenze und nimmt nach weiteren 104,5 km in Plzeň (164 000 Einwohner) die Radbuza auf. Ihre Gesamtlänge beträgt somit 107,4 km.

Die Mže fließt zunächst in einem tief eingeschnittenen romanischen Tal mit einem mittleren Gefälle von 17 ‰, das sich bis ins Pilsner Becken auf 1,4 ‰ verringert.

Die **Radbuza** (2 179 km²) entspringt im Oberpfälzer Wald in einer Höhe von 720 m ü. NN. Im Stadtgebiet Plzeň mündet ihr größter Nebenfluss, die **Úhlava** (919 km², davon 6,7 km² in Deutschland), die im Böhmerwald in einer Höhe von 1 110 m ü. NN ihr Quellgebiet hat.

Die Berounka ist 138,8 km lang, einschließlich der Mže 246,2 km. Unmittelbar nach der Vereinigung von Mže und Radbuza nimmt sie die **Úslava** (757 km²) auf und fließt zunächst in einem tief eingeschnittenen Tal mit vielfach scharfen Krümmungen in nordöstlicher Richtung. Größter Nebenfluss auf diesem Abschnitt ist die **Střela** (923 km²). Die Berounka biegt dann nach Südosten ab, durchfließt mehrfach Strecken mit steilen Kalksteinfelsen (Abb. 4.2-22), um dann unterhalb von Karlštejn (25 km oberhalb der Mündung) in einem großen Bogen nach Nordosten bei Fluss-km 63,7 in die Moldau zu münden (Abb. 4.2-23). Größter Nebenfluss ist auf diesem Abschnitt die **Litavka** (629 km²). Das mittlere Gefälle der Berounka von Plzeň bis zur Mündung beträgt nur 0,79 ‰.

In Karlštejn befindet sich auch die gleichnamige Burg (Abb. 4.2-24). Sie wurde 1367 fertiggestellt, diente als Kaiserresidenz



Abb. 4.2-22: Blick in das Tal der Berounka von den Felsen bei Tetín

und als Festung zum Schutz der Krönungskleinodien und ist heute die von Touristen am häufigsten besuchte Burg Böhmens.

Im Einzugsgebiet der Berounka gibt es 17 Talsperren mit jeweils mehr als 0,3 Mio. m³ Inhalt. Ihr Stauraum beträgt 103,51 Mio. m³, davon sind 7,08 Mio. m³ gewöhnlicher Hochwasserrückhalteraum. Die größten Talsperren sind die Brauchwassertalsperre Hracholusky in der Mže mit 41,90 Mio. m³ Stauraum, davon 2,41 Mio. m³ gewöhnlicher Hochwasserrückhalteraum (Abb. 4.2-25) und die Trinkwassertalsperren Nýrsko in der Úhlava mit 18,95 Mio. m³ und Žlutice in der Střela mit 12,80 Mio. m³ Stauraum.

Das älteste Pumpspeicher-Kraftwerk im tschechischen Einzugsgebiet der Elbe befindet sich im Böhmerwald im Quellbereich der Úhlava oberhalb der Talsperre Nýrsko. Das



Abb. 4.2-23: Mündung der Berounka (rechts) in die Moldau beim Hochwasser am 14.08.2002

seit 1930 mit einer Leistung von 1,5 MW in Betrieb genommene Kraftwerk funktioniert mit der damals installierten technischen Ausrüstung noch heute. Unter Nutzung des in Höhe



Abb. 4.2-24: Burg Karlštejn

von 1 008 m ü. NN liegenden Sees Černé jezero besteht bis zum Ausgleichsbecken in der Úhlava ein Gefälle von 275 m (Abb. 4.2-26).

Nach dem Pumpspeicher-Kraftwerk Niederwartha bei Dresden (Inbetriebnahme 1929) ist das Pumpspeicher-Kraftwerk Černé Jezero die zweitälteste Anlage dieser Art im Einzugsgebiet der Elbe (siehe Kapitel 4.7.2).



Abb. 4.2-25: Talsperre Hracholusky mit Kraftwerk und Schachtüberlauf



Abb. 4.2-26: Kraftwerk und Ausgleichsbecken des Pumpspeicher-Kraftwerkes Černé jezero

4.2.6 Die Moldau von der Mündung der Berounka bis zur Mündung in die Elbe

Kurz nach der Mündung der Berounka erreicht die Moldau Prag (1,17 Mio. Einwohner). Die festen Überfallwehre aus dem 14. Jhd., die vorwiegend für den Betrieb von Mühlen errichtet wurden und grundsätzlich mit Floßdurchlässen versehen waren, wurden schrittweise rekonstruiert und mit Schifffahrtsschleusen versehen. Am Wehr Šitkov sind sogar an beiden Ufern Schleusen angeordnet (Abb. 4.2-27).



Abb. 4.2-27: Wehr Šitkov mit Floßdurchlass sowie Schleuse und mittelalterlichem Wasserturm „Mánes“ im Hintergrund

Viele noch unmittelbar an der Moldau vorhandene Türme dienten im Mittelalter als Wassertürme. Der erste ging 1425 in Betrieb, der Turm „Mánes“ wurde 1495 fertig gestellt.

An der Ausfahrt der linksseitigen Schleuse Smíchov steht eine Säule mit fünf Frauenfiguren, die symbolisch die Moldau (obere Figur) und die vier Hauptnebenflüsse Lužnice, Otava, Sázava und Berounka darstellen (Abb. 4.2-28).

Weltbekannt ist das Panorama der Moldau mit Karlsbrücke und der Prager Burg Hradšchin (Abb. 4.2-29). Die gestaute Moldau trägt wesentlich zu dem von Touristen geliebten Flair der Stadt bei.



Abb. 4.2-28: Säule mit symbolischer Darstellung der Moldau und ihrer Nebenflüsse als Frauenfiguren

Von der Mündung der Berounka bis zur Moldaumündung gibt es auf 63,7 km Wasserlaufänge bei einem mittleren Gefälle von 0,58 ‰ insgesamt neun Wehre mit Schifffahrtsschleusen (Abb. 4.2-30 und Tab. 4.2-9). Die Stautufen unterhalb von Prag wurden an der Wende vom 19. zum 20. Jhd. anstelle von alten festen Wehren errichtet und bildeten somit die Wasserstraße von Prag bis Mělník zur Anbindung an die Elbewasserstraße. In den 70er und 80er Jahren des 20. Jhds. wurden alle Wehre und Schleusen rekonstruiert, mit modernen Verschlusseinrichtungen versehen und es wurden Wasserkraftwerke errichtet (Abb. 4.2-31).

Die Stauhöhen wurden um 0,5 m angehoben, so dass im Moldauabschnitt von Prag bis zur Mündung in die Elbe eine Tauchtiefe von 1,8 m besteht. Die oberste Staustufe in Prag-Modřany wurde 1988 in Betrieb genommen.

Vor der Mündung der Moldau in die Elbe besteht ab dem Wehr Vraňany ein 9,1 km langer Seitenkanal, an dessen Ende eine Schleusenanlage mit einer Hubhöhe von 8,5 m zur Elbe besteht.

Unterhalb von Prag fließt die Moldau zuerst in einem engen Tal durch die Prager Hochfläche (Abb. 4.2-32), um dann 24 km vor der Mündung in der breiten Ebene der Elbeniederung der Elbe zuzufließen (Abb. 4.2-33).

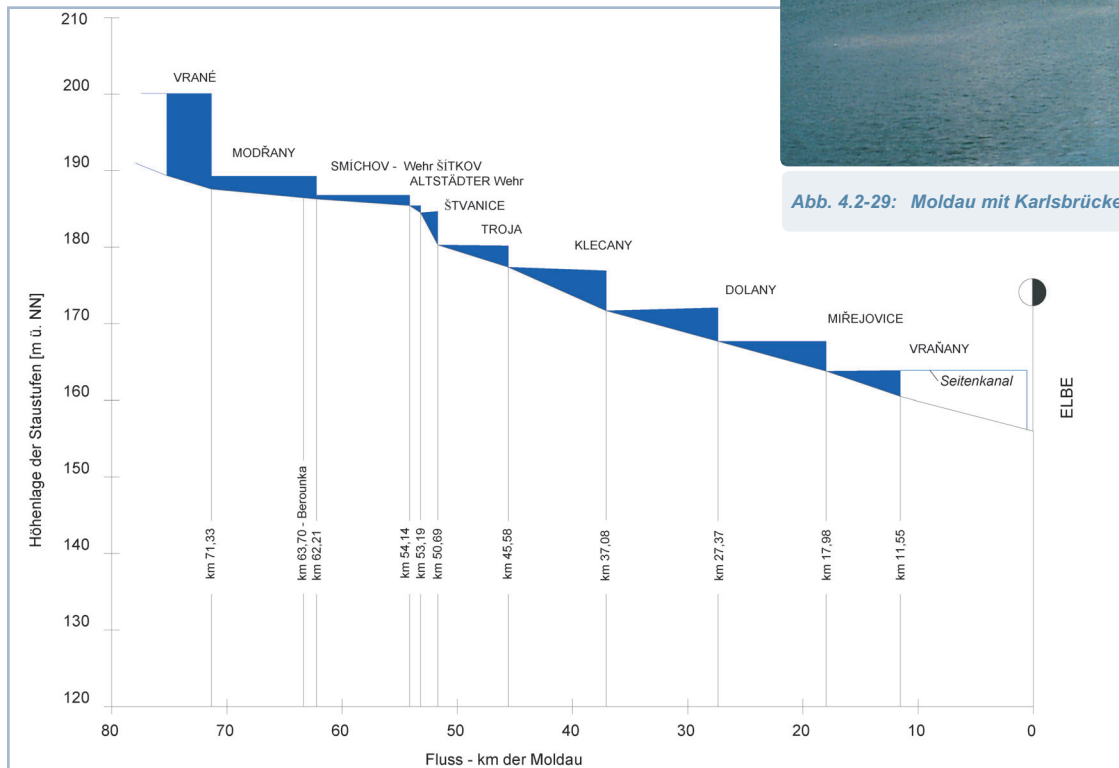


Abb. 4.2-30: Längsschnitt der Moldau von Prag bis zur Mündung in die Elbe



Abb. 4.2-29: Moldau mit Karlsbrücke und Prager Burg



Abb. 4.2-31: Rekonstruierte Wehranlage in der Moldau bei Klecany

Tab. 4.2-9: Übersicht über Wehranlagen und Stautufen in der Moldau von Prag bis zur Mündung in die Elbe

Lfd. Nr.	Name der Stauanlage	Fluss-km	Jahr der Inbetriebnahme der neuen Wehre	Wasserspiegel-differenz zwischen Ober- und Unterwasser [m]	Stau-raum [Mio. m ³]	Länge des gestauten Abschnitts [km]	Stauanlage		Leistung der Wasserkraftanlage [MW]
							Art der Stauanlage	Anzahl und Breite der Durchflussöffnungen [m]	
1.	Modřany	62,21	1978	2,50	1,73	9,00 Moldau 2,10 Berounka	Klappenwehr	3 x 27	1,5
2.	Smíchov Wehr Šitkov	54,14	1959	1,36	2,28	2,91	festes Überfallwehr	1 x 280	—
3.	Smíchov Altstädter Wehr	53,19	1970	0,94	0,61	0,95	festes Überfallwehr	1 x 317	—
4.	Štvanice	50,69	1989	4,40	1,68	2,13	Klappenwehr und festes Überfallwehr	1 x 165 1 x 12 2 x 27 1 x 3,60	5,67
5.	Troja	45,58	1979	3,00	2,81	4,65	Klappenwehr	1 x 28 2 x 39	1,34
6.	Klecany	37,08	1983	3,30	2,41	6,5	Klappenwehr	1 x 40 2 x 39	0,96
7.	Dolany	27,37	1987	4,40	4,31	9,64	Klappenwehr	1 x 20 2 x 43	5,0
8.	Miřejovice	17,98	1933	3,90	3,07	9,24	Walzenwehr und Schützenwehr mit aufgesetzter Klappe	1 x 19 2 x 26 2 x 27	3,5
9.	Vraňany	11,55	1984	3,40	2,09	6,51	Klappenwehr	1 x 38 1 x 19 1 x 39	—



Abb. 4.2-32: Moldau bei Sedlec unterhalb von Prag



Abb. 4.2-33: Zusammenfluss der Elbe (links), der Moldau (Mitte) und des Seitenkanals bei Mělník

4.3 Die Eger / Ohře

*Um zur Quelle zu kommen,
musst du gegen den Strom schwimmen.
(Stanislaw Jerzy Lec)*

Von der Quelle im Fichtelgebirge bis zur Mündung in die Elbe bei Litoměřice im Rückstaubereich der Staustufe Lovosice (143,6 m ü. NN) hat die Eger eine Länge von 304,6 km, davon befinden sich 51,0 km in Deutschland. Der Höhenunterschied zwischen Quelle und Mündung in die Elbe beträgt 608 m. Von ihrem 5 614 km² großen Einzugsgebiet liegen 1 003 km² in Deutschland (Abb. 2.2-2). Dies betrifft die Einzugsgebiete der oberen Eger selbst (916 km²) sowie kurze Abschnitte der Oberläufe mehrerer Nebenflüsse (87 km²).

Das Einzugsgebiet der Eger ist mit 96 % fast vollständig Gebirgs- und Hügelland, nur 4 % sind mit Höhen unter 200 m ü. NN dem Flachland zuzurechnen. Die höchsten Erhebungen sind der Schneeberg (1 053 m ü. NN) im Fichtelgebirge, der Klínovec (1 244 m ü. NN) im Erzgebirge, der Lesný (983 m ü. NN) im Kaiserwald und der Hradiště (934 m ü. NN) im Duppauer Gebirge.

Das Fichtelgebirge liegt zwischen Oberpfälzer Wald, Frankenwald und Elstergebirge. Nach Verlassen des Fichtelgebirges erreicht die Eger in ihrem nach Osten gerichteten Verlauf das Egerer Becken um die Stadt Cheb. Sie durchfließt dann das

Falkenauer Becken, das im Norden durch das Erzgebirge und im Süden durch den Kaiserwald und das Tepler Hochland begrenzt wird. Unterhalb von Karlovy Vary zwingt sich die Eger zwischen dem Erzgebirge und dem Duppauer Gebirge hindurch und erreicht bei Žatec das Saazer Becken. Ab Louny durchfließt sie im Vorland des Böhmisches Mittelgebirges die breite Egerniederung, eines der fruchtbarsten Gebiete Böhmens, um dann nach einem fast rechtwinkligen Schwenk nach Norden bei Litoměřice (Elbe-km 65,0) linksseitig in die Elbe zu münden (Abb. 4.3-1).

Die mittleren Lufttemperaturen reichen von ca. 3 °C in den Kammlagen von Erzgebirge und Fichtelgebirge bis 8,7 °C in der Egerniederung bei Louny. Am kältesten ist der Klínovec mit 2,6 °C mittlerer Jahrestemperatur.

In der inneren Hügellandschaft des Fichtelgebirges, die durch die Berge wie ein nach Nordosten offenes Hufeisen umschlossen wird, gibt es Jahre mit bis zu 200 Frosttagen (niedrigste Temperatur im Verlauf eines Tages < 0 °C). Diese Tatsache hat dem Fichtelgebirge den Beinamen „Kältepol Bayerns“ eingebracht.

Die mittlere jährliche Niederschlagshöhe beträgt im Egergebiet 667 mm, in den Hochlagen des Fichtelgebirges und Erzgebirges 1 000 bis 1 200 mm. Die niedrigsten Werte sind im Saazer Becken, das im Regenschatten des Erzgebirges liegt, mit etwa 450 mm (Station Žatec mit 448 mm) zu verzeichnen. Es gehört damit zu den trockensten Regionen im gesamten Elbegebiet.

Zur Charakterisierung der Abflussverhältnisse sind für vier Pegel an der Eger und für fünf Pegel an Nebenflüssen die hydrologischen Daten in den Tabellen 4.3-1 und 4.3-2 enthalten. Der Jahresgang des Abflusses ist in Abbildung 4.3-3 graphisch dargestellt. Die Lage der Pegel ist aus Abbildung 4.3-2 zu ersehen.

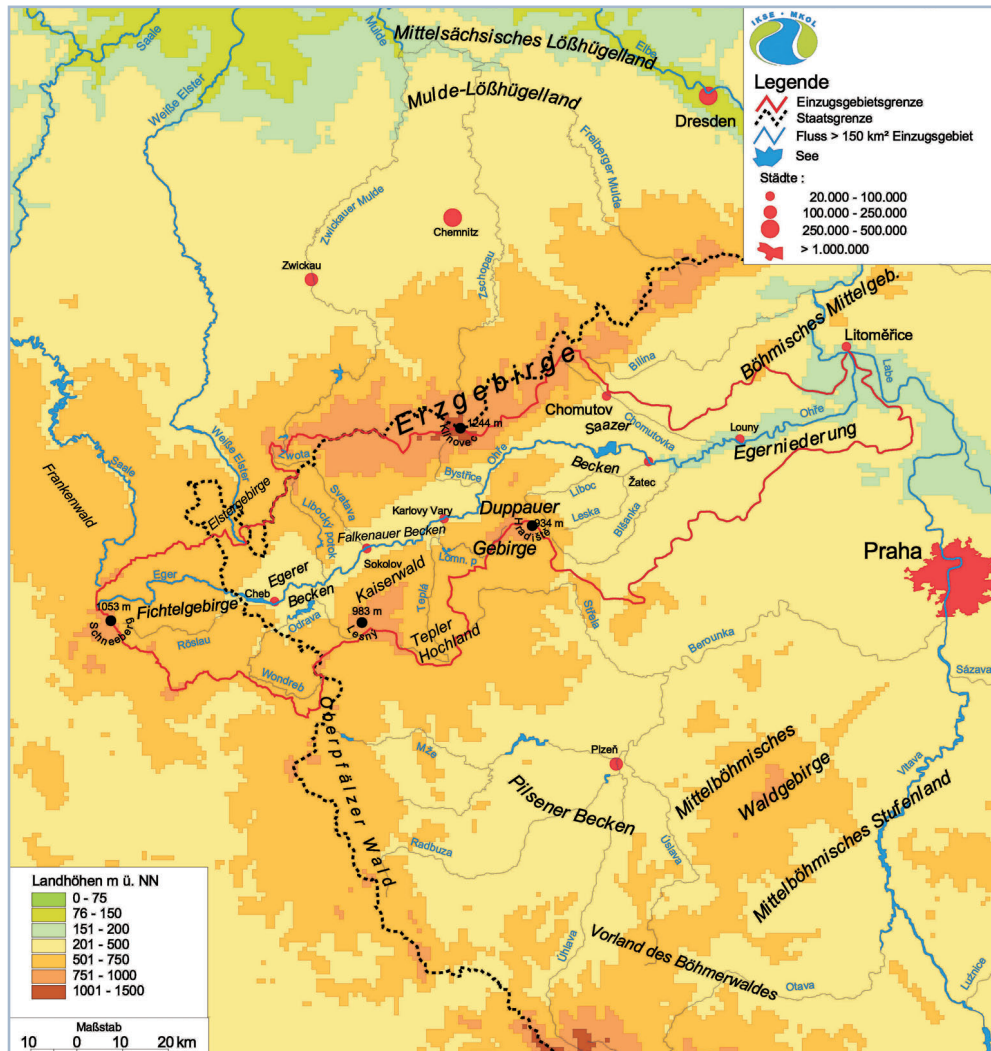


Abb. 4.3-1: Topographische Karte des Einzugsgebiets der Eger/Ohře

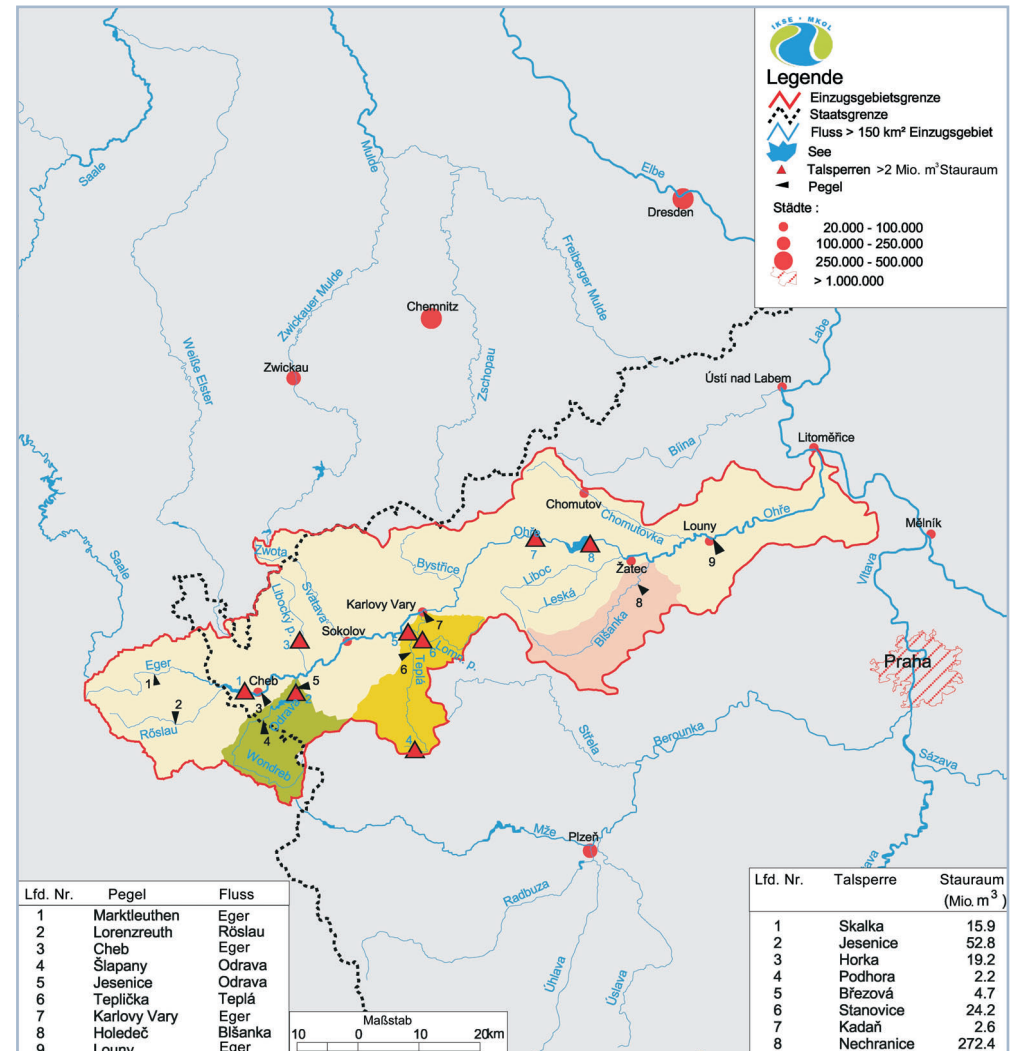


Abb. 4.3-2: Hydrographische Karte des Einzugsgebiets der Eger/Ohře mit Teileinzugsgebieten über 400 km²

Tab. 4.3-1: Hydrologische Grunddaten langjähriger Abflussreihen von ausgewählten Pegeln im Einzugsgebiet der Eger/Ohře (Die Nummern der Pegel entsprechen den Pegelnummern der Abbildung 4.3-2)

Nr.	Gewässer	Pegel	Fluss-kilometer	Einzugsgebiets-fläche (AE)	Mittlerer Abfluss (MQ)	Mittlerer Niedrigwasser-abfluss (MNQ)	Mittlerer Hochwasser-abfluss (MHQ)	Jahres-reihe
			[km]					
1.	Eger	Marktleuthen	266,0	114	1,78	0,445	20,4	1937 – 2000 (ohne 1950)
2.	Röslau	Lorenzreuth	20,4 ²⁾	122	1,79	0,461	22,3	1966 – 2000
3.	Eger/Ohře	Cheb	239,7	683	6,96	1,50	46,1	1965 – 2000
4.	Odrava	Šlapany	16,9 ²⁾	265	2,05	0,680	23,2	1975 – 2000
5.		Jesenice ¹⁾	2,8 ²⁾	407	2,65	0,492	12,4	1973 – 2000
6.	Teplá	Teplička	17,1 ²⁾	278	2,50	0,310	42,7	1931 – 2000
7.	Eger/Ohře	Karlovy Vary	174,4	2 856	26,6	6,82	181	1959 – 2000
8.	Blšanka	Holedeč	7,8 ²⁾	375	0,797	0,192	9,80	1969 – 2000
9.	Eger/Ohře	Louny	54,3	4 983	36,7	9,24	226	1931 – 2000

1) beeinflusst durch Talsperre

2) Flusskilometer oberhalb der Mündung in die Eger

Tab. 4.3-2 : Charakteristik des Abflussregimes von ausgewählten Pegeln im Einzugsgebiet der Eger/Ohře (Die Nummern der Pegel entsprechen den Pegelnummern der Abbildung 4.3-2)

Nr.	Gewässer	Pegel	Mittlere Abfluss-spende [l/s · km ²]	Mittlerer Abfluss				MNQ:MQ	MQ:MHQ
				Winterhalbjahr		Sommerhalbjahr			
				[m³/s]	[%]	[m³/s]	[%]		
1.	Eger	Marktleuthen	15,6	2,33	65	1,23	35	1 : 4,0	1 : 11,5
2.	Röslau	Lorenzreuth	14,7	2,44	68	1,15	32	1 : 3,9	1 : 12,5
3.	Eger/Ohře	Cheb	10,2	9,22	66	4,75	34	1 : 4,6	1 : 6,6
4.	Odrava	Šlapany	7,7	2,58	63	1,52	37	1 : 3,0	1 : 11,3
5.		Jesenice ¹⁾	6,5	3,00	57	2,30	43	1 : 5,4	1 : 4,7
6.	Teplá	Teplička	9,0	3,66	73	1,36	27	1 : 8,1	1 : 17,1
7.	Eger/Ohře	Karlovy Vary	9,3	35,3	66	17,9	34	1 : 3,9	1 : 6,8
8.	Blšanka	Holedeč	2,1	0,996	62	0,600	38	1 : 4,2	1 : 12,3
9.	Eger/Ohře	Louny	7,4	48,7	67	24,8	33	1 : 4,0	1 : 6,2

1) beeinflusst durch Talsperre

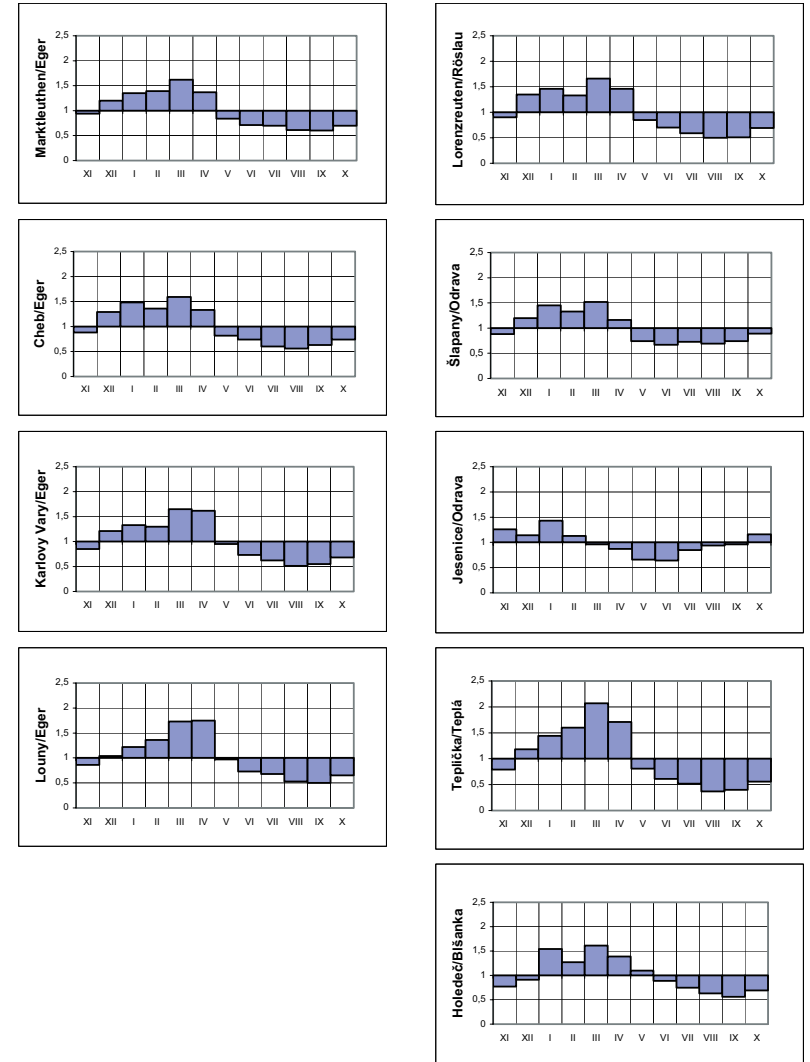


Abb. 4.3-3: Jahresgang des Abflusses an ausgewählten Pegeln im Einzugsgebiet der Eger/Ohře, dargestellt als Quotient aus langjährigen Mittelwerten für Monate und Jahr (MQ_{Monat}/MQ_{Jahr})

Auf Grund der Daten in vorgenannten Tabellen und in *Abbildung 4.3-3* werden die Abflussverhältnisse wie folgt bewertet:

■ Die mittleren Abflussspenden im niederschlagsreichen oberen Einzugsgebiet betragen über $14 \text{ l/s} \cdot \text{km}^2$. In den linken Egernebenflüssen, die in den Kammlagen des Westerzgebirges entspringen, werden sogar $20 \text{ l/s} \cdot \text{km}^2$ erreicht. Durch diese hohen Abflüsse bleiben die Abflussspenden der Eger von Cheb ($10,2 \text{ l/s} \cdot \text{km}^2$) über Karlovy Vary (9,3) bis Louny (7,4) verhältnismäßig hoch. Die rechten Egernebenflüsse weisen mit 6 bis $9 \text{ l/s} \cdot \text{km}^2$ deutlich geringere Abflussspenden auf. Charakteristisch für die niederschlagsarmen Gebiete des Saazer Beckens und der Egerniederung ist die Abflussspende am Pegel Holedeč mit nur $2,1 \text{ l/s} \cdot \text{km}^2$.

■ Mit Ausnahme der Pegel Jesenice und Teplice betragen die mittleren Abflüsse im Winterhalbjahr 62 bis 68 % des Jahresabflusses. Der Jahresgang zeigt, dass die Monatsabflüsse allgemein ab Dezember über den mittleren Jahresabfluss ansteigen, im März am höchsten sind, ab Mai unter den Jahresdurchschnitt abfallen und im August/September die geringsten Werte erreichen (*Abb. 4.3-3*). Auffällig ist bei den meisten Pegeln der verhältnismäßig geringe Abfluss im Februar als Folge der wenigen Februarniederschläge. Der Jahresgang an den Pegeln Karlovy Vary und Louny ist erheblich durch Talsperrensteuerung beeinflusst. Zudem ist der Abfluss am Pegel Louny seit den 70er Jahren des vorigen Jhds. durch Wasserüberleitungen aus der Eger in das Einzugsgebiet der Bílina deutlich verringert worden. Ein größerer Einfluss auf den Abfluss in der Eger wird während der Flutung der stillgelegten Braunkohlentagebaue und der damit verbundenen Entstehung von Tageauseen eintreten. Der völlig andere Jahresgang des Abflusses am Pegel Jesenice wird durch die unmittelbar oberhalb gelegene gleichnamige Talsperre geprägt, der Winterabfluss beträgt deshalb nur 57 % des Jahresabflusses. Außergewöhnlich ist die große Amplitude im Abflussverlauf des Pegels Teplice und der hohe Winterabfluss mit 73 % des Jahresabflusses. Offenbar ist das Rückhaltevermögen im Tepler Hochland besonders gering.

■ Die besonderen Abflussverhältnisse in der Teplá werden auch in den extremen Verhältniszahlen MNQ : MQ mit 1 : 8,1 und MQ : MHQ mit 1 : 17,1 deutlich. An den anderen Pegeln betragen die MNQ : MQ-Werte 1 : 3 bis 1 : 5. An den nicht durch Talsperren beeinflussten Pegeln sind sehr einheitliche MQ : MHQ-Werte von 1 : 11,3 bis 1 : 12,5 zu verzeichnen. An den durch Talsperrensteuerung beeinflussten Pegeln der Eger betragen diese Werte 1 : 6,2 bis 1 : 6,8; am Pegel Jesenice/Odrava ist das Verhältnis MQ : MHQ sogar auf 1 : 4,7 abgesenkt.

Die Abflussverhältnisse der Eger werden massiv durch anthropogene Eingriffe beeinflusst. Dazu gehören insbesondere:

■ 13 Talsperren mit einem Inhalt jeweils über 0,3 Mio. m^3 mit einem Stauraum von 399,8 Mio. m^3 , davon 70,1 Mio. m^3 gewöhnlicher Hochwasserrückhalteraum, von denen zwei Talsperren mit 2,2 Mio. m^3 Stauraum im oberen Egergebiet in Deutschland liegen und drei sich direkt in der Eger befinden.

■ 60 Wehre in der Eger, davon 24 in Deutschland und 36 auf tschegischem Gebiet.

■ Erschließung und Betrieb von Braunkohlentagebauen im Raum Sokolov und im Nordböhmischem Becken, verbunden mit großflächigen Grundwasserabsenkungen, umfangreichen Flussverlegungen und Maßnahmen zum Hochwasserschutz

■ Überleitungen von Brauch- und Trinkwasser in das Einzugsgebiet der Bílina

■ Schädigung des Wasserhaushalts im Erzgebirge als Folge des durch Rauchgase aus Kraftwerken und Industrieunternehmen verursachten großflächigen Waldsterbens.

Die durch Bergbau und Industrie im Nordböhmischem Becken bedingten wasserbaulichen Vorhaben und die Auswirkungen auf die Abflussverhältnisse sind im Kapitel 4.3.3 flussgebietsübergreifend dargestellt.

4.3.1 Die Eger von der Quelle bis zur Talsperre Skalka

Die Eger hat ihren Ursprung am Nordwesthang des Schneeberges (1 053 m ü. NN) im Fichtelgebirge in einer Höhe von 752 m ü. NN. Die 1923 auf Initiative der Stadt Eger gefassete Quelle besteht aus zwölf Granitsteinen mit den Wappen von Städten, die die Eger auf ihrem Lauf zur Elbe durchfließt (*Abb. 4.3-4*).



Abb. 4.3-4: Egerquelle

Das Fichtelgebirge ist eine bedeutende mitteleuropäische Wasserscheide, von wo aus Eger, Saale, Weißer Main und Fichtelnaab ihre Wasser in alle vier Himmelsrichtungen senden. Die Eger fließt nach Osten über die Elbe und die Saale nach Norden über die Elbe in die Nordsee, der Weiße Main nach Westen über den Rhein ebenfalls in die Nordsee und die Fichtelnaab nach Süden über die Donau in das Schwarze Meer. Alle Quellen liegen weniger als 30 km voneinander entfernt (*Abb. 4.3-5*).

Das obere Egergebiet gilt als geographischer Mittelpunkt Europas. Der genaue Punkt liegt ca. 15 km südöstlich von Cheb am Nordrand des Oberpfälzer Waldes am Westhang



Abb. 4.3-5: Das Fichtelgebirge als bedeutende mitteleuropäische Wasserscheide der Flussgebiete Elbe, Rhein und Donau

des 940 m hohen Dyleň (Tillenber) bei der Gemeinde Neualbenreuth direkt an der deutsch-tschechischen Grenze und ist durch einen Markierungsstein gekennzeichnet, einem viel besuchten Ausflugsziel (Abb.4.3-6.).



Abb. 4.3-6: Markierungsstein des geographischen Mittelpunktes Europas

Fünf Kilometer unterhalb ihrer Quelle erreicht die Eger bei Weißenstadt den seit 1976 angestauten Weißenstädter See (Stauraum 0,95 Mio. m³) und nach 52,2 km mündet rechtsseitig die **Reslava/Röslau** (316 km²), deren Einzugsgebiet fast vollständig in Deutschland liegt.

In der Feisnitz, einem rechtsseitigen Nebenfluss der Röslau unterhalb von Marktrechwitz, befindet sich die Feisnitztalsperre, die 1975 in Betrieb gegangen ist und mit ihrem Speicherraum von 1,25 Mio. m³ vorwiegend der Erholung dient (Abb. 4.3-7).

Zur Stabilisierung der Flusssohle und zur Sicherung von Wasserentnahmen für gewerbliche Zwecke wurden in der

oberen Eger und in der Rösau zahlreiche Wehre errichtet. Vom Weißenstädter See bis zur Grenze befinden sich allein in der Eger auf 46 km Wasserlaufstrecke 24 Wehranlagen mit Höhen von 0,4 m bis 5,0 m.

Nach der Rösau-Mündung hat die Eger ein Einzugsgebiet von 641,1 km², wovon 605,6 km² in Deutschland liegen. Durch die Talsperre Skalka wird die Eger auf 9,8 km Länge aufgestaut (Abb. 4.3-8). Die Stauwurzel befindet sich bei Vollstau nur 0,3 km unterhalb der Rösau-Mündung.



Abb. 4.3.7: Feisnitztalsperre



Abb. 4.3-8: Talsperre Skalka in der Eger

4.3.2 Die Eger von der Talsperre Skalka bis zur Talsperre Nechanice

Während die Eger bis zur Mündung der Rösau (km 252,4) ein typischer Mittelgebirgsfluss mit einem mittleren Gefälle von 5,9 ‰ ist, geht ihr Gefälle im Egerer und Falkenauer Becken bis zur Mündung der Bystřice (km 153,8) auf 1,0 ‰ zurück. Von dort bis zur Mündung der Blšanka (km 82,2) steigt es wieder auf 2,2 ‰ an.

Wichtige Nebenflüsse der mittleren Eger sind **Wondreb/Odrava** (498 km²), **Zwota/Svatava** (300 km²), **Teplá** (408 km²) und **Bystřice** (164 km²). Im Einzugsgebiet der Wondreb liegen 310,5 km² und in dem der Zwota 59,7 km² in Deutschland (Abb. 4.3-1).

Von den 13 Talsperren im Egergebiet ist die Lage der acht größten in Abbildung 4.3-2 dargestellt. Die 1964 fertig gestellte Talsperre Skalka (Stauraum 15,92 Mio. m³, davon 12,55 Mio. m³ gewöhnlicher Hochwasserrückhalteraum) dient auch dem Hochwasserschutz der Stadt Cheb (33 000 Einwohner) und gemeinsam mit der 1961 in Betrieb gegangenen Talsperre Jesenice/Odrava (Stauraum 52,75 Mio. m³, davon 13,15 Mio. m³ gewöhnlicher Hochwasserrückhalteraum) auch dem Hochwasserschutz im Egertal, vorrangig für die Städte Sokolov (25 000 Einwohner) und Karlovy Vary (52 000 Einwohner). Zugleich ermöglichen beide Talsperren die Niedrigwasseraufhöhung der Eger, wodurch neben anderen Wassernutzungen eine stabile Wasserversorgung des Braunkohlkraftwerkes Tisov 1 (270 MW) im Braunkohlengbiet Sokolov gesichert wird.

Die Braunkohlenförderung im Falkenauer Becken wurde erstmalig 1642 erwähnt. Eine nennenswerte Förderung erfolgte aber erst ab 1793 und erreichte 1860 bereits 103 000 t. Die Fördermenge stieg von 1,5 Mio. t im Jahr 1890 auf 4,4 Mio. t im Jahr 1920 und betrug 1960 bereits 14,2 Mio. t. In den 80er Jahren des letzten Jhds. wurden aus sechs Tagebauen jährlich 20,5 Mio. t Braunkohle gefördert. Zu Gunsten des Braunkohlenabbaus wurden zwölf kleine Flüsse auf einer Gesamtlänge von ca. 23 km verlegt und der Verlauf der Eger

oberhalb Sokolov geändert. Für die Trinkwasserversorgung im Raum Sokolov wurde 1970 die Talsperre Horka/Libocký potok (Stauraum 19,23 Mio. m³) in Betrieb genommen.

Heute bestehen dort nur noch zwei Tagebaue, wovon der Tagebau Medard-Libík bereits zur Flutung vorbereitet wird. Dafür ist neben dem Wiederanstieg des Grundwassers Flusswasser aus kleinen Flüssen des Erzgebirges und vor allem aus der Eger vorgesehen. Der Tagebau Jiří und Družba wird noch bis 2035 betrieben. Aus ihm werden derzeit jährlich 10,1 Mio. t Kohle gefördert (Stand 2003). Diese Menge soll noch bis 2027 beibehalten bleiben. Danach ist bis 2035 ein schrittweiser Rückgang auf 1,5 Mio. t pro Jahr vorgesehen. Der Tagebau soll ab 2038 geflutet werden, wodurch dann der zweitgrößte See in den böhmischen Braunkohlengebieten mit einer Fläche von ca. 1 320 ha entstehen wird (Tab. 4.3-4).

Aus der 1978 errichteten Talsperre Stanovice/Lommický potok (Stauraum 24,22 Mio. m³, davon 4,19 Mio. m³ gewöhnlicher Hochwasserrückhalteraum) wird die Trinkwasserversorgung von Karlovy Vary und Umgebung gesichert. Außerdem wird durch sie zusammen mit der Talsperre Březová/Teplá (Stauraum 4,70 Mio. m³, davon 3,13 Mio. m³ gewöhnlicher Hochwasserrückhalteraum) der im Tal der Teplá gele-



Abb. 4.3-9: Teplá in Karlovy Vary

gene Stadtteil von Karlovy Vary vor Hochwasser geschützt (Abb. 4.3-9). In diesem Stadtteil befinden sich die vierzehn Heilquellen und die Bäder, die Karlovy Vary weltbekannt gemacht haben.

72 km unterhalb von Karlovy Vary, bei Fluss-km 103,4, besteht seit 1968 die Talsperre Nechanice. Mit einem Stauraum von 272,43 Mio. m³, davon 36,56 Mio. m³ gewöhnlicher Hochwasserrückhalteraum, ist sie nach den Talsperren Orlik und

Lipno I in der Moldau die drittgrößte Talsperre im gesamten Elbegebiet (Abb. 4.3-10).

Sie dient teilweise dem Hochwasserschutz, der Niedrigwasseraufhöhung, der Energieerzeugung und Fischerei und wird auch touristisch genutzt. Ihr Hauptzweck ist aber gemeinsam mit der ca. 22 km oberhalb gelegenen kleinen Talsperre Kadaň (Stauraum 2,62 Mio. m³) die Wasserbereitstellung für das nordböhmische Braunkohlen- und Industriegebiet.



Abb. 4.3-10: Talsperre Nechanice in der Eger

4.3.3 Nordböhmisches Braunkohlen- und Industriegebiet

Der ursprünglich unter Tage erfolgte Abbau der Braunkohle im Nordböhmisches Becken zwischen Chomutov und Ústí n. L. wurde zu Beginn des 19. Jhds. durch Tagebaue abgelöst und erreichte in der zweiten Hälfte des 20. Jhds. die höchste Förderung: 1970 55,0 Mio. t, 1984 74,6 Mio. t und 1990 62,1 Mio. t. Im Jahr 2003 betrug sie nur noch 38,2 Mio. t. Während bis 1997 im Nordböhmisches Becken sieben Tagebaue in Betrieb waren, sind es 2005 nur noch fünf. Der größte Teil der Kohle wurde in Braunkohlenkraftwerken zur Energieerzeugung genutzt. Die Kapazität der sieben Kraftwerke betrug 1990 5 010 MW, gegenwärtig sind es 3 620 MW (Tab. 4.3-3).

Die Wasserversorgung der Kraftwerke bei Ledvice erfolgt aus der Elbe über eine Pumpstation bei Dolní Zálezly (Elbe-km 47,5) und eine 25 km lange Rohrleitung.

Dem Braunkohlenabbau fielen in den letzten 50 Jahren zwischen Chomutov (50 000 Einwohner) und Ústí n. L. (94 000 Einwohner) 90 Orte zum Opfer. Auch der größte Teil der Stadt Most (68 000 Einwohner) mit seinem historischen Stadtkern war betroffen.

Die ehemalige Talsperre Dřínov (Stauraum 9,39 Mio. m³) im Nebenschluss der Bílina nordwestlich von Most wurde beseitigt und 24 Flüsse im Einzugsgebiet der Bílina wurden auf einer Gesamtlänge von 132 km verlegt. Die Bílina selbst ist in fünf Abschnitten auf 10 km verlegt worden. Unterhalb der Talsperre Újezd (Abb. 4.3-12) verläuft sie auf 3,1 km in Rohrleitungen über eine 140 m hohe Abraumhalde (Abb. 4.3-11.).

Das durch die Vorfeldentwässerung und den Betrieb der Tagebaue tief abgesenkte Grundwasser erforderte einen Ersatz für die Trinkwasserversorgung. Deshalb wurden 1960 und 1976 die Trinkwassertalsperren Fláje (Stauraum 21,60 Mio. m³) und Přisečnice (Stauraum 50,43 Mio. m³) im Einzugsgebiet der Freiburger Mulde in Betrieb genommen. Aus den



Abb. 4.3-11: In Rohrleitungen verlegte Bílina mit Blick auf den Großtagebau ČSA

Talsperren werden 14,2 bzw. 29,7 Mio. m³/a Trinkwasser in die Einzugsgebiete der Bílina und der Eger übergeleitet. Außerdem wird Wasser aus fünf kleinen Talsperren in den Flussgebieten von Bílina und Eger mit einem Stauraum von insgesamt 6,20 Mio. m³ zur Trinkwasserversorgung genutzt.

Die auf der Braunkohlenveredlung beruhende Industrie vergrößerte sich in den 60er bis 80er Jahren des letzten Jhds. um ein Mehrfaches, der Wasserbedarf stieg enorm an. Deshalb wurden drei große Wasserüberleitungen gebaut (Abb. 4.3-12):

■ Industrierwasserzuleiter Eger-Bílina (Bauzeit: 1957 bis 1967)

Von der Pumpstation Rašovice wird Wasser der Talsperre Kadaň zunächst durch eine 3,2 km lange Rohrleitung und danach in einem 22,4 km langen künstlichen Kanal bis Chomutov übergeleitet. Von diesem Wasser wurden anfänglich auch die Kraftwerke Prunéřov 1 und 2 mit Kühlwasser versorgt. Heute besitzen die Kraftwerke eine eigene Überleitung mit Pumpstation an der Talsperre (Abb. 4.3-12 und Tab. 4.3-3). Der Kanal ist auf eine Kapazität von 27 m³/s ausgelegt (Abb. 4.3-13). Damit ist gesichert, dass Hochwasser der eingebundenen kleinen Flüsse aus dem Erzgebirge Tagebaue nicht gefährden. Die Industrie wird über den Kanal im Mittel mit 0,72 m³/s versorgt.

Tab. 4.3-3: Braunkohlenkraftwerke im Falkenauer und im Nordböhmisches Becken

Name des Kraftwerkes	Leistung und Wasserbedarf				Wasserentnahme
	1990		2003		
	[MW]	[m³/s]	[MW]	[m³/s]	
Braunkohlenggebiet bei Sokolov im Falkenauer Becken					
Tisová 1	270	0,48	270	0,15	Entnahme aus der Eger unterhalb der Mündung der Odrava
Tisová 2	250		—		
Summe	520	0,48	270	0,15	
Braunkohlenggebiet im Nordböhmisches Becken					
Tušimice 1	660	0,75	—		Entnahme aus der Eger zwischen den Talsperren Kadaň und Nechanice
Tušimice 2	800		800	0,37	
Prunéřov 1	660	0,80	440	0,69	Entnahme aus der Talsperre Kadaň/Eger
Prunéřov 2	1 050		1 050		
Počerady	1 200	1,24	1 000	0,64	Entnahme aus der Eger oberhalb Louny
Ledvice 1	200	0,81	—	0,26	Entnahme aus der Elbe, Havarieentnahme aus der Talsperre Všechlapy
Ledvice 2	440		220		
Ledvice 3	—		110		
Summe	5 010	3,60	3 620	1,96	
Gesamtsumme	5 530	4,08	3 890	2,11	

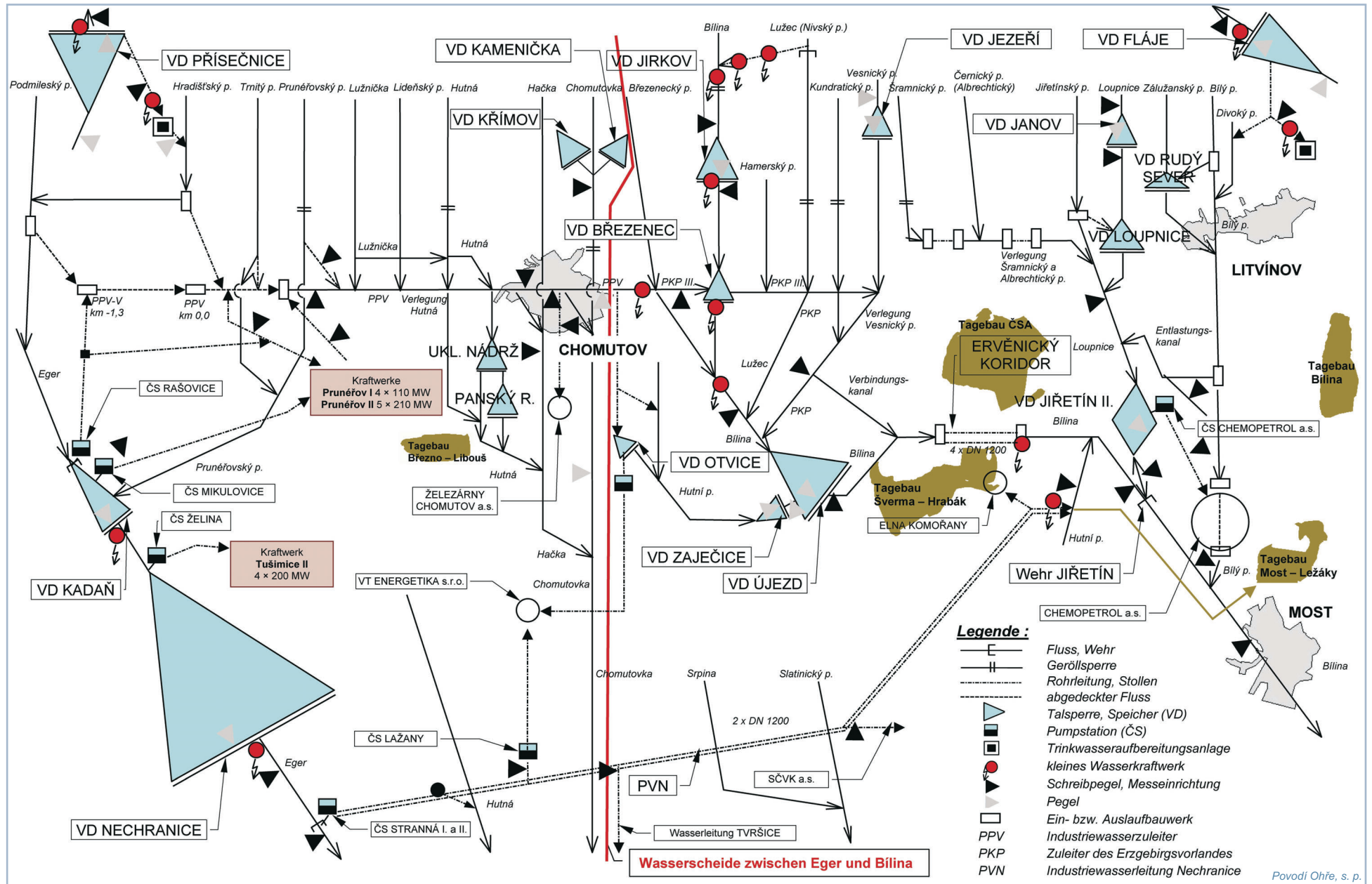


Abb. 4.3-12: Schema der wasserwirtschaftlichen Anlagen im Nordböhmischem Braunkohlen- und Industriegebiet



Abb. 4.3-13: Industrierwasserzuleiter Eger-Bílina mit dem Kraftwerk Prunéřov 2 im Hintergrund



Abb. 4.3-14: Talsperre Újezd



Abb. 4.3-15: Waldschäden nordöstlich des Klínovec im Jahre 1998

■ Zuleiter des Erzgebirgsvorlandes

(Bauzeit 1973 bis 1982)

Der Kanal schließt an den Industrierwasserzuleiter Eger-Bílina an. Er nimmt das Wasser vieler kleiner Flüsse aus dem Erzgebirge auf und schützt mit einer Kapazität von 56 m³/s die Tagebaue vor Überflutung.

Die Abflüsse aus beiden Kanälen werden der 1981 fertig gestellten Talsperre Újezd (Stauraum 6,73 Mio. m³, davon 3,23 Mio. m³ gewöhnlicher Hochwasserrückhalteraum) zugeleitet, die ein 100-jährliches Hochwasser auf eine Abgabe von 10 m³/s reduzieren kann (Abb. 4.3-14). Zum Hochwasserschutz und zur Wasserverteilung tragen noch neun kleine Speicher im Einzugsgebiet der Bílina und Wasserüberleitungen in das Einzugsgebiet der Eger bei (Abb. 4.3-12).

■ Industrierwasserleitung Nechanice

(Bauzeiten 1965 bis 1970 und 1977 bis 1983)

Von der Pumpstation Stranná, 4,2 km unterhalb der Talsperre Nechanice, wird durch eine 22,5 km lange Rohrleitung im Mittel 0,22 m³/s Egerwasser in das Gebiet der Bílina übergeleitet (Abb. 4.3-12). Neben der Versorgung der Kraftwerke und der Industrie wird ein Teil des Wassers zur landwirtschaftlichen Bewässerung genutzt. Außerdem wird es zur Verbesserung der Wasserbeschaffenheit in der durch Abwasser aus den chemischen Betrieben in Záluží und den Städten Most und Bílina stark belasteten Bílina eingesetzt.

Die Überleitungen aus dem Einzugsgebiet der Eger in das Einzugsgebiet Bílina stellen das größte Brauchwasserüberleitungssystem in der Tschechischen Republik dar.

Mit der ständigen Erhöhung der Kraftwerkskapazität und der Industrieproduktion, vor allem der chemischen Industrie, stiegen die Rauchgase im Nordböhmischen Becken und im Erzgebirge in den 70er und 80er Jahren des letzten Jahrhunderts auf ein unerträgliches Maß an. Die jährliche Emission von Schwefeldioxid erreichte 1,2 Mio. t. Neben den Belastungen für die Bürger und den Gebäudeschäden verursachten die Rauchgase riesige Waldschäden im tschechischen und deutschen Teil des Erzgebirges. Seit 1964 nahm das Waldsterben Jahr für Jahr zu, nach zwei Jahrzehnten waren 80 % der Wälder nordöstlich des Klínovec (Keilberg) oberhalb 500 m ü. NN tot (Abb. 4.3-15).

Auf diesen Flächen nahm der direkte Oberflächenabfluss vor allem nach ergiebigen Niederschlägen so zu, dass die Kapazität eines Teils der technischen Anlagen zur Wasserspeicherung und -ableitung vergrößert werden musste.

Die vor etwa einem Jahrzehnt begonnenen Maßnahmen zur Revitalisierung der Landschaften im Nordböhmischen Becken und im Erzgebirge haben zu ersten Erfolgen geführt. Technisch veraltete Braunkohlenkraftwerke sind stillgelegt, bestehende Kraftwerke wurden mit Rauchgas-

entschwefelungsanlagen nachgerüstet. Die Emission von Rauchgasen ist dadurch deutlich vermindert. Umfangreiche Aufforstungen lassen langfristig die Wiederherstellung eines ausgeglichenen Wasserhaushalts in den Flussgebieten des südlichen Erzgebirges erwarten. Durch die verminderte Industrieproduktion und den Bau von Abwasserreinigungsanlagen ist die Wasserbeschaffenheit der Bílina verbessert worden.

Mit dem Auslaufen des Braunkohlenbergbaus in den nächsten Jahrzehnten werden zu den in Flutung befindlichen kleineren und den bereits bestehenden Tageauseen zwischen Teplice (51 000 Einwohner) und Ústí n. L. weitere hinzukommen (Tab. 4.3-4).

Flutungswasser wird hauptsächlich durch die genannten drei Industrierwasserüberleitungen bereitgestellt. Der Tageausee ČSA wird mit 1 500 ha der größte See der böhmischen Braunkohlengebiete sein. Die Tageauseen sollen vorwiegend touristisch genutzt werden. Bewirtschaftbare Speicherlamellen, z. B. als Hochwasserrückhalteräume, sind bisher nicht vorgesehen.

Tab. 4.3-4: Übersicht über die vorgesehene Flutung der Tagebaue im Falkenauer und im Nordböhmisches Becken

Name des Tagebaus	voraussichtliche Seefläche nach der Flutung [ha]	voraussichtliches Seevolumen nach der Flutung [Mio. m ³]	voraussichtlicher Beginn der Flutung [Jahr]
Braunkohlengebiet bei Sokolov im Falkenauer Becken			
Medard-Libík	500	138	2010
Jiří und Družba	1 320	515	2038
Summe	1 820	653	
Braunkohlengebiet im Nordböhmisches Becken			
Chabařovice	260	48	2001
Ležáky-Most	410	72	2006
ČSA	1 500	760	2020
Bílina	1 250	645	2037
Šverma-Vršany	390	74	2030
Libouš (Březno)	1 080	248	2038
Summe	4 890	1 847	
Gesamtsumme	6 710	2 500	



Povodí Ohře, s. p.

Abb. 4.3-16: Wehranlage in der Eger bei Terezín

4.3.4 Die Eger von der Talsperre Nechranice bis zur Mündung

Die untere Eger ist 103 km lang. Größere Nebenflüsse sind **Liboc** (339 km²), **Blšanka** (483 km²) und **Chomutovka** (160 km²). Unterhalb der Blšankamündung beträgt das Gefälle nur 0,56 ‰.

In längeren Niedrigwasserperioden sank früher der Abfluss in der unteren Eger bis auf 1,5 m³/s ab. Heute wird durch die Wasserabgabe aus der Talsperre Nechranice ein Mindestabfluss von 8,0 m³/s gesichert. In den Sommermonaten wird der Abfluss so gesteuert, dass er am Pegel Louny, 49 km unterhalb der Talsperre Nechranice, mindestens 15,8 m³/s beträgt. Neben einer stabilen Industriewasserbereitstellung (siehe Kapitel 4.3.3) wird dadurch eine ausgedehnte landwirtschaftliche Bewässerung in den sehr fruchtbaren, aber niederschlagsarmen Gebieten des Saazer Beckens

und der Egerniederung ermöglicht. Zwischen Žatec (20 000 Einwohner) und Louny (19 000 Einwohner) wird vor allem Hopfen, das „grüne Gold“ Böhmens, und unterhalb von Louny Obst und Gemüse angebaut. Oberhalb von Louny erfolgt die Wasserentnahme für das Braunkohlkraftwerk Počeradý (Tab. 4.3-3).

Bei Terezín (Theresienstadt), 2,6 km oberhalb der Egermündung, besteht seit 1976 ein bewegliches Wehr mit einem Stauraum von 0,57 Mio. m³ (Abb. 4.3-16). Es ersetzt die 1784 errichtete feste Wehranlage, aus der bis 1882 Wasser in die Gräben der Festung Terezín geleitet wurde. Die Festung Terezín, 1780 bis 1790 erbaut, diente dem Schutz der Handelsstraße Prag-Dresden.

Die Eger mündet bei Litoměřice (25 000 Einwohner) in die Elbe (Abb. 4.3-17). Sie ist mit einem mittleren Abfluss von 38,0 m³/s nach der Moldau der wasserreichste Nebenfluss der Elbe auf tschechischem Gebiet.



Povodí Labe, s. p.

Abb. 4.3-17: Mündung der Eger bei Litoměřice

4.4 Die Elbe von der Mündung der Moldau bis zur Mündung der Schwarzen Elster

*Wenn du dich mit Wasser befasst,
dann mache erst einmal Experimente,
bevor du dein Urteil abgibst.
(Leonardo da Vinci)*

Die Elbe ist von der Moldaumündung bei Mělník bis zur Mündung der Schwarzen Elster 305,8 km lang. Bei dieser Längenangabe sind der gemeinsame tschechisch-deutsche Elbeabschnitt zwischen Schöna und Schmilka, der sogenannte „lange Kilometer“ auf deutschem Gebiet bei Elbe-km 121,0 und der Durchstich bei Belgern (siehe Kapitel 3.2.3) berücksichtigt. Bis zur Grenze am rechten Ufer oberhalb Schmilka befinden sich 110,0 km auf tschechischem Gebiet.

Das Teileinzugsgebiet (ohne das Einzugsgebiet der Eger – 5 614 km²) ist 8 448 km² groß, wovon etwas mehr als die Hälfte (4 262 km²) auf tschechischem Gebiet liegt. Die höchsten Erhebungen sind die Milešovka (837 m ü. NN) im Böhmisches Mittelgebirge, die Loučná (956 m ü. NN) im Erzgebirge, der Ještěd (1 012 m ü. NN) im Lausitzer- und Jeschkengebirge, die Lausche (793 m ü. NN) im Lausitzer Gebirge und der Valtenberg (587 m ü. NN) im Lausitzer Bergland (Abb. 4.4-1).

Ab Mělník durchfließt die Elbe in vorwiegend nordwestlicher Richtung zuerst die Ausläufer des Böhmisches Kreidebeckens. Unterhalb von Litoměřice fließt sie dann in nördlicher bzw. nordöstlicher Richtung in zum Teil tiefen Tälern durch

das Böhmisches Mittelgebirge und das Elbsandsteingebirge. Anschließend nimmt sie bis zur Mündung der Schwarzen Elster wieder nordwestliche Richtung ein, wobei sie zunächst in der Dresdner Elbtalweitung fließt bevor sie unterhalb von Meißen das Norddeutsche Tiefland erreicht.

Die mittleren jährlichen Lufttemperaturen reichen von ca. 5 °C im Erzgebirge bis zu 8 °C in der unmittelbaren Talau der Elbe zwischen Mělník und Pirna sowie bis 9 °C in der Dresdner Elbtalweitung und weiter elbabwärts.

Die mittleren jährlichen Niederschlagshöhen weisen große Unterschiede auf. Sie betragen zwischen der Moldaumündung und Ústí n. L. bedingt durch die Regenschattenwirkung des Erzgebirges nur 450 bis 550 mm, zwischen Ústí n. L. und Děčín sowie zwischen Pirna und Riesa 550 bis 650 mm, steigen im Lausitzer Bergland auf 800 bis 900 mm und im Osterzgebirge auf 900 bis 1 000 mm an. Unterhalb von Riesa werden wieder nur Werte von 500 bis 600 mm erreicht.

Die natürlichen Abflussverhältnisse werden durch sechs Staustufen in der Elbe unterhalb der Moldaumündung und durch 35 Talsperren mit einem Inhalt von jeweils mehr als

0,3 Mio. m³ im betrachteten Teileinzugsgebiet beeinflusst. Ihr Stauraum beträgt 106,4 Mio. m³, davon sind 31,0 Mio. m³ gewöhnlicher Hochwasserrückhalteraum im Winterhalbjahr.

Von diesen Talsperren befinden sich 16 mit einem Stauraum von 27,2 Mio. m³ auf tschechischem und 19 mit einem Stauraum von 79,2 Mio. m³ auf deutschem Gebiet. Zudem werden die Abflussverhältnisse im Flussgebiet der Bilina durch Wasserüberleitungen und Braunkohlenbergbau beeinträchtigt (siehe Kapitel 4.3.3).

Zur Charakterisierung der Abflussverhältnisse sind die hydrologischen Daten von elf ausgewählten Pegeln sowie vom Elbegrenzprofil ČR/D in den Tabellen 4.4-1 und 4.4-2 enthalten. Für vier Pegel an der Elbe und für das Elbegrenzprofil sowie für fünf Pegel an Nebenflüssen ist der Jahresgang des Abflusses graphisch dargestellt (Abb. 4.4-3). Die Lage der meisten Pegel ist aus Abbildung 4.4-2 zu ersehen. Die Abflussverhältnisse am Pegel Louny sind im Kapitel 4.3 beschrieben.

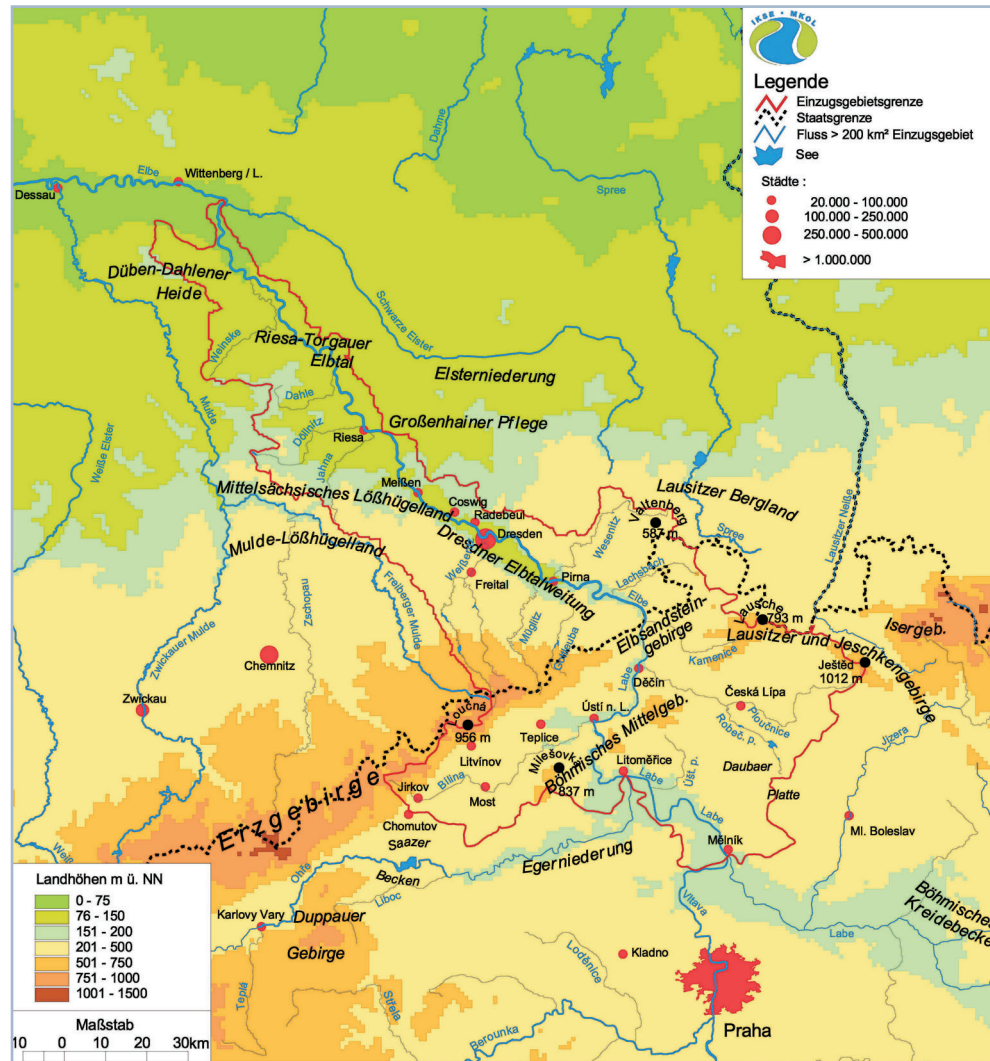


Abb. 4.4-1: Topographische Karte des Einzugsgebiets der Elbe/Labe von der Mündung der Moldau/Vltava bis zur Mündung der Schwarzen Elster (ohne Einzugsgebiet der Eger/Ohře)

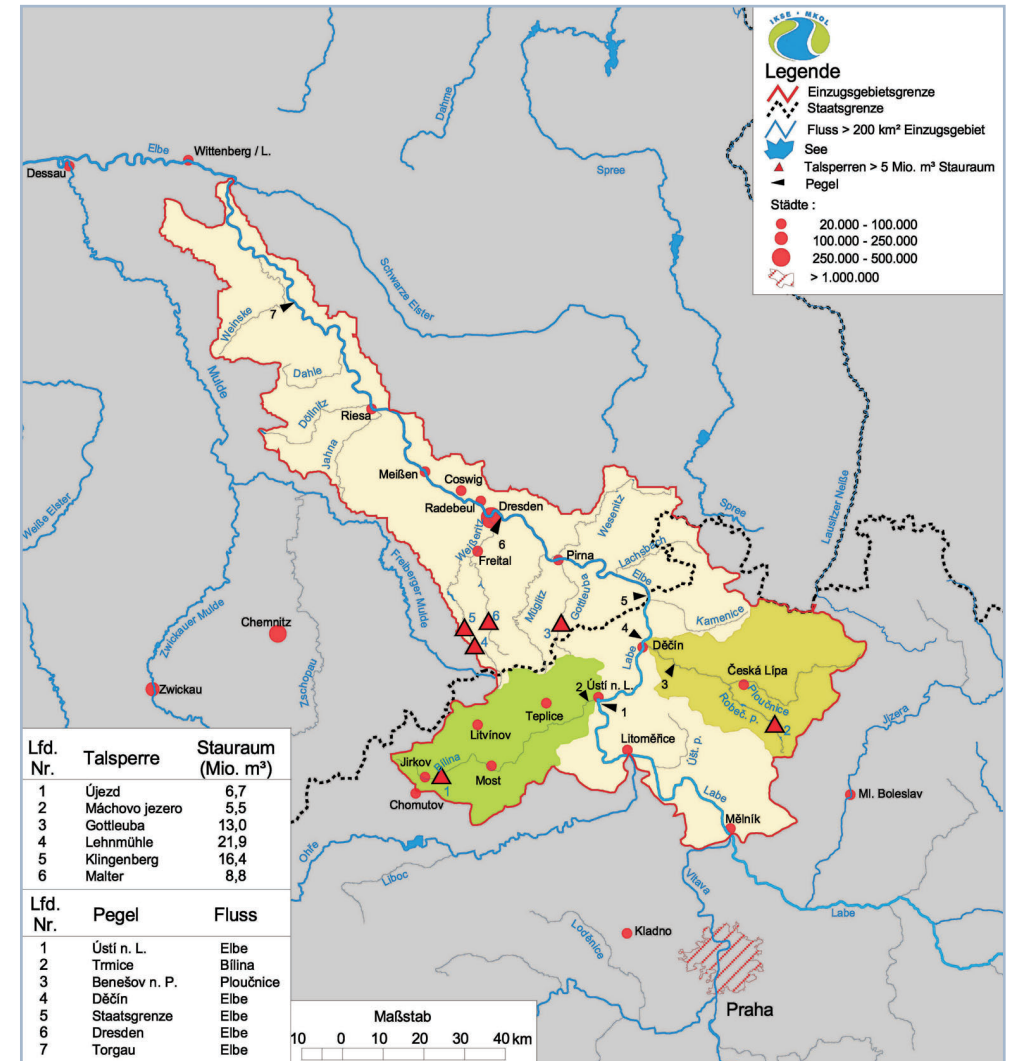


Abb. 4.4-2: Hydrographische Karte des Einzugsgebiets der Elbe/Labe von der Mündung der Moldau/Vltava bis zur Mündung der Schwarzen Elster mit Teileinzugsgebieten über 1 000 km² (ohne Einzugsgebiet der Eger/Ohře)

Tab. 4.4-1: Hydrologische Grunddaten langjähriger Abflussreihen von ausgewählten Pegeln im Einzugsgebiet der Elbe von der Mündung der Moldau bis zur Mündung der Schwarzen Elster (Die Nummern der Pegel entsprechen den Pegelnummern der Abbildung 4.4-2)

Nr.	Gewässer	Pegel	Fluss-kilometer	Einzugs-gebietsfläche (AE)	Mittlerer Abfluss (MQ)	Mittlerer Niedrigwasser-abfluss (MNQ)	Mittlerer Hochwasser-abfluss (MHQ)	Jahres-reihe
			[km]					
	Eger/Ohře	Louny	54,3 ¹⁾	4 983	36,7	9,24	226	1931 - 2000
1.	Elbe	Ústí n. L.	38,7	48 557	292	91,6	1 390	1931 - 2000
2.	Bílina	Trmice	4,5 ¹⁾	963	6,07	2,54	²⁾	1932 - 2000
3.	Ploučnice	Benešov n. Pl.	11,0 ¹⁾	1 156	8,89	4,18	57,8	1931 - 2000
4.	Elbe	Děčín	13,8	51 104	309	102	1 440	1931 - 2000
5.		Staatsgrenze	0,0 ČR/3,4 D	51 394	311	102	1 436	1931 - 2000
	Wesenitz	Elbersdorf	16,5 ¹⁾	227	2,13	0,701	23,7	1921 - 2000
	Müglitz	Dohna	4,3 ¹⁾	198	2,52	0,232	38,6	1912 - 2000
6.	Elbe	Dresden	55,6	53 096	324	106	1 410	1931 - 2000
	Vereinigte Weißeritz	Dölzschen	6,3 ¹⁾	366	3,42	0,736	25,4	1929 - 1999 (ohne 1958 – 1968)
	Jahna	Seerhausen	10,5 ¹⁾	153	0,635	0,236	6,85	1926 - 2000 (ohne 1942 - 1946, 1959 - 1965)
7.	Elbe	Torgau	154,2	55 211	341	117	1 370	1936 - 2000

- 1) Flusskilometer oberhalb der Mündung in die Elbe
2) beeinflusst durch Braunkohlenbergbau

Tab. 4.4-2: Charakteristik des Abflussregimes von ausgewählten Pegeln im Einzugsgebiet der Elbe von der Mündung der Moldau bis zur Mündung der Schwarzen Elster (Die Nummern der Pegel entsprechen den Pegelnummern der Abbildung 4.4-2)

Nr.	Gewässer	Pegel	Mittlere Abflusspende [l/s · km ²]	Mittlerer Abfluss				MNQ:MQ	MQ:MHQ
				Winterhalbjahr		Sommerhalbjahr			
				[m ³ /s]	[%]	[m ³ /s]	[%]		
	Eger/Ohře	Louny	7,4	48,7	67	24,8	33	1 : 4,0	1 : 6,2
1.	Elbe	Ústí n. L.	6,0	357	61	227	39	1 : 3,2	1 : 4,8
2.	Bílina	Trmice	6,3	7,34	60	4,83	40	1 : 2,4	1) ¹⁾
3.	Ploučnice	Benešov n. Pl.	7,7	10,6	60	7,23	40	1 : 2,1	1 : 6,5
4.	Elbe	Děčín	6,0	377	61	242	39	1 : 3,0	1 : 4,7
5.		Staatsgrenze	6,0	380	61	243	39	1 : 3,0	1 : 4,6
	Wesenitz	Elbersdorf	9,4	2,58	61	1,68	39	1 : 3,0	1 : 11,1
	Müglitz	Dohna	12,7	3,34	66	1,72	34	1 : 10,9	1 : 15,3
6.	Elbe	Dresden	6,1	395	61	254	39	1 : 3,1	1 : 4,4
	Vereinigte Weißeritz	Dölzschen	9,3	4,18	61	2,67	39	1 : 4,6	1 : 7,4
	Jahna	Seerhausen	4,1	0,753	59	0,518	41	1 : 2,7	1 : 10,8
7.	Elbe	Torgau	6,1	412	61	269	39	1 : 2,9	1 : 4,1

- 1) beeinflusst durch Braunkohlenbergbau

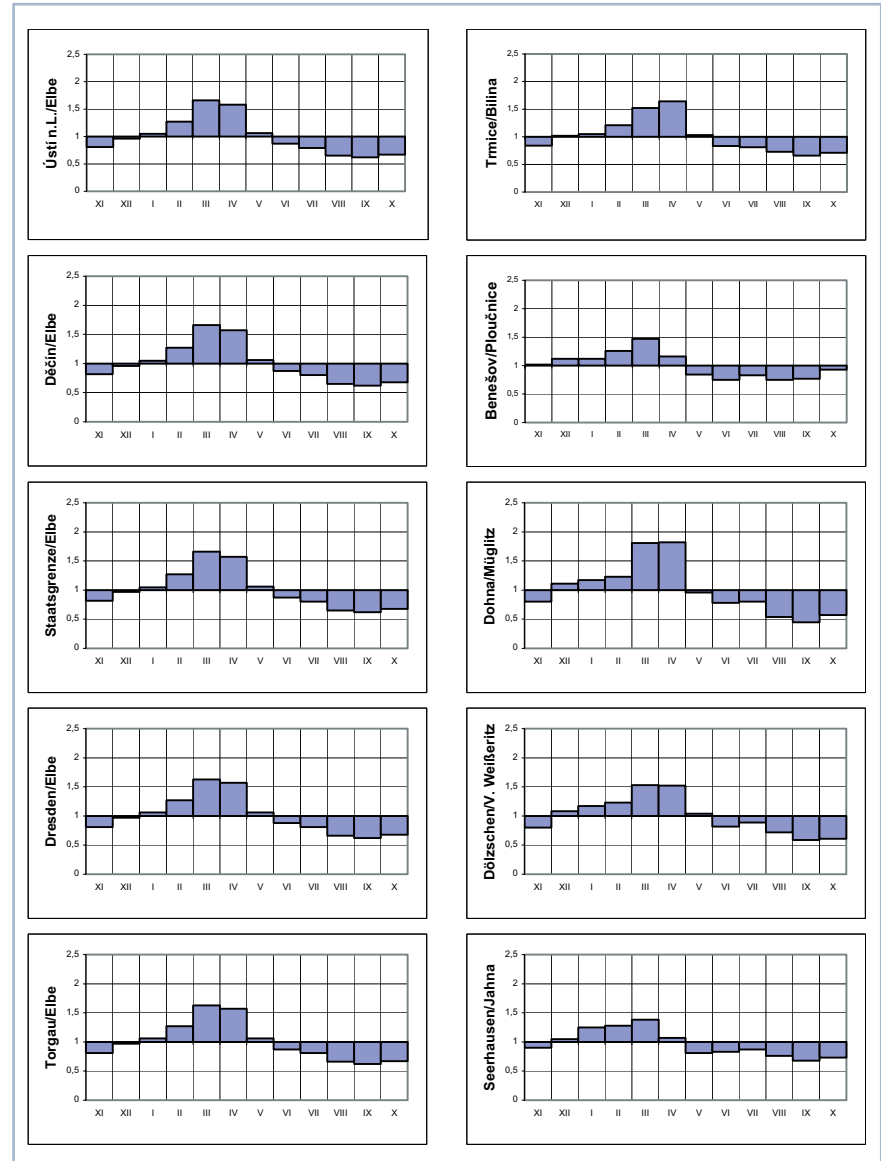


Abb. 4.4-3: Jahresgang des Abflusses an ausgewählten Pegeln im Einzugsgebiet der Elbe von der Mündung der Moldau bis zur Mündung der Schwarzen Elster, dargestellt als Quotient aus langjährigen Mittelwerten für Monate und Jahr (MQ_{Monat} / MQ_{Jahr})

Auf Grund der Daten in den vorgenannten Tabellen und in *Abbildung 4.4-3* werden die Abflussverhältnisse wie folgt bewertet:

■ Auf dem 190 km langen Elbeabschnitt von Ústí n. L. bis Torgau ergibt sich an allen fünf Elbeprofilen ein sehr ähnliches Bild. Das betrifft sowohl den Jahresgang des Abflusses als auch die Abflussspenden mit ca. $6,0 \text{ l/s} \cdot \text{km}^2$ und das Abflussverhältnis Winter-/Sommerhalbjahr mit $61 : 39 \%$. Die MNQ : MQ- und MQ : MHQ-Werte nehmen naturgemäß ab. Sie betragen in Ústí n. L. $1 : 3,2$ bzw. $1 : 4,8$ und in Torgau $1 : 2,9$ bzw. $1 : 4,1$.

■ Sehr differenziert ist dagegen das Bild für die Nebenflüsse.

- Die mittleren Abflussspenden von 9 bis $13 \text{ l/s} \cdot \text{km}^2$ an den mündungsnahen Pegeln von Wesenitz, Müglitz und Vereinigter Weißeritz sind charakteristisch für die kleinen Elbenebenflüsse zwischen Děčín und Dresden. Sie sind auf hohe Abflüsse aus den niederschlagsreichen oberen Einzugsgebieten zurückzuführen, wo mittlere Abflussspenden von 12 bis $17 \text{ l/s} \cdot \text{km}^2$, im oberen Osterzgebirge bis $25 \text{ l/s} \cdot \text{km}^2$, zu verzeichnen sind. In den Flussgebieten der Bílina und Ploučnice mit geringeren Niederschlägen betragen die Abflussspenden $6,3$ bzw. $7,7 \text{ l/s} \cdot \text{km}^2$. Die Abflussspende von nur $4,1 \text{ l/s} \cdot \text{km}^2$ am Pegel Seerhausen/Jahna ist typisch für die kleinen Flachlandflüsse, die zwischen Meißen und Torgau in die Elbe münden.

- Im Jahresgang des Abflusses am Pegel Trmice werden die Eingriffe in den Wasserhaushalt der Bílina durch Wasserüberleitungen und Braunkohlenbergbau sowie Talsperren deutlich. Aus dem Jahresgang des Abflusses am Pegel Benešov n. P. wird der ausgeglichene Abfluss der Ploučnice deutlich, der zu einem wesentlichen Teil durch den Grundwasserabfluss aus durchlässigen Kreidesedimenten entsteht. Verhältnismäßig geringe Abflüsse im April und relativ hohe Abflüsse im Herbst sind die Folge.

Der nicht durch anthropogene Eingriffe beeinträchtigte

Jahresgang des Abflusses am Pegel Dohna widerspiegelt die natürlichen Abflussverhältnisse im Osterzgebirge. Das allmählich ansteigende Gelände bedingt in den meisten Jahren ein schrittweises Abtauen der Schneedecke, das in den Kammlagen erst im April endet. Das sehr geringe natürliche Speichervermögen im Einzugsgebiet führt bereits im Mai zu einem jähen Abflussrückgang. Die deutlich geringere Amplitude im Jahresgang am Pegel Dölzsch ist auf die Steuerung der drei Talsperren in den Quellflüssen Rote und Wilde Weißeritz zurückzuführen.

Charakteristisch für Flachlandflüsse ist der recht ausgeglichene Jahresgang am Pegel Seerhausen.

- Starkregen, der in den kleinen Elbenebenflüssen ab und zu extreme Hochwasser verursacht, tritt überwiegend im Juli auf und bewirkt im Jahresgang des mittleren Abflusses eine Unterbrechung des sonst stetigen Abflussrückgangs im Sommerhalbjahr (*Abb. 4.4-3*). Das trifft sowohl für die als besonders hochwassergefährlich geltenden Flüsse Gottleuba, Müglitz und Weißeritz als auch für Ploučnice, Wesenitz und weitere kleine Flüsse und sogar für den Flachlandfluss Jahna zu.

- Die Verhältniszahlen MNQ : MQ und MQ : MHQ an den Nebenflusspegeln bestätigen den Einfluss der Talsperrenbewirtschaftung in der Weißeritz und die sehr großen Abflussschwankungen in der Müglitz, wo der mittlere Abfluss im Sommerhalbjahr deutlich geringer ist als in den anderen kleinen Elbenebenflüssen.

4.4.1 Die Elbe von der Mündung der Moldau bis zur tschechisch-deutschen Grenze

Auf dem 70 km langen Abschnitt bis Ústí n. L. (94 000 Einwohner) wird die Elbe durch sechs moderne Staustufen geprägt, die die ehemals schwer bedienbaren Nadelwehre ersetzen (*Abb. 4.4-4*).



Abb. 4.4-4: Ehemaliges Nadelwehr in Lovosice

Unterhalb der Burg Střekov (Schreckenstein) endet mit der gleichnamigen Staustufe bei Elbe-km 40,36 (*Abb. 4.4-5*) die durch Staustufen kanalisierte Elbe (siehe Kapitel 4.1.6). Das hier befindliche Wasserkraftwerk mit einer Leistung von 15,0 MW ist das größte Laufwasserkraftwerk im Einzugsgebiet der Elbe.

In dem 2 bis 4 km breiten Elbetal befinden sich bei Mělník drei Braunkohlenkraftwerke mit einer Kapazität von 1 050 MW (*Abb. 4.4-6*). Für die Durchlaufkühlung werden bis zu $14,0 \text{ m}^3/\text{s}$ Elbewasser genutzt.

In Litoměřice (25 000 Einwohner) mündet bei Elbe-km 65,0 die **Eger** (siehe Kapitel 4.3), die vor ihrem Ausbau einen deltaähnlichen Mündungsbereich aufwies. Dort verbreitert sich das Elbetal bis auf 8 km.

Etwa 10 km unterhalb der Egermündung beginnt das enge Elbetal durch das Böhmisches Mittelgebirge. Ein landschaftliches Wahrzeichen am Beginn des Elbedurchbruchtales ist die „Porta Bohemica“, das „Tor Böhmens“, bei Velké Žernoseky (Abb. 4.4-7).

Schroffe Felswände und Steilhänge kennzeichnen das teilweise bis 300 m tiefe Tal bis Ústí n. L. (Abb. 4.4-8).

Zwei Kilometer unterhalb der Staustufe Střekov, bei Elbe-km 38,3, mündet linksseitig die **Bílina** (1 071 km²). Sie entspringt in einer Höhe von 825 m ü. NN im Mittelerzgebirge am süd-östlichen Hang des Berges Kamenná Hůrka (878 m ü. NN) und ist 81,4 km lang. Nur ein Sechstel ihrer Länge im oberen Einzugsgebiet weist naturnahe Verhältnisse auf. Der größte Teil des Einzugsgebiets und die Bílina selbst haben durch den Braunkohlenbergbau und die Industrie im Nordböhmisches Becken ihren natürlichen Charakter verloren (siehe Kapitel 4.3.3).

Unterhalb von Ústí n. L. öffnet sich das Elbetal bis auf eine Breite von 2 km, wird bald wieder schmaler und teilweise völlig eingengt. Das etwas breitere Tal von Děčín (52 000 Einwohner) ist von den Hängen des Böhmisches Mittelgebirges umgeben.

In Děčín mündet rechtsseitig bei Elbe-km 14,1 die **Ploučnice** (1 194 km²). Ihre Quelle liegt im Lausitzer- und Jeschkengebirge am Südwesthang des Ještěd (1 012 m ü. NN) in einer Höhe von 670 m ü. NN. Die Ploučnice ist 101,1 km lang. Von ihrem Einzugsgebiet liegen 7,1 km² in Deutschland. Der verhältnismäßig ausgeglichene Jahresgang des Abflusses ist nur im oberen Einzugsgebiet durch Eingriffe in den Grundwasserhaushalt im Zusammenhang mit der Förderung von Uranerz beeinflusst. Dagegen wirken ein Teichsystem und die Talsperre Máchovo jezero (Stauraum 5,47 Mio m³) im Robečský potok, einem linken Nebenfluss der Ploučnice, zusätzlich abflussausgleichend.

Unterhalb von Děčín durchbricht die Elbe in einem engen Tal mit 200 bis 300 m tiefen Einschnitten und steilen Sandsteinwänden das Elbsandsteingebirge (Abb. 4.4-1 und Abb. 4.4-9),



Abb. 4.4-5: Staustufe Střekov in Ústí n. L.

das sich bis Pirna erstreckt. Die für Mitteleuropa in Ausdehnung und Ausprägung einmalige Felsenlandschaft, die auch Sächsisch-Böhmische Schweiz genannt wird, entstand durch die Erosion der Elbe und ihrer Nebenflüsse.

Der letzte Nebenfluss der Elbe auf tschechischem Gebiet ist die **Kamenice** (217 km²), in deren Einzugsgebiet sich das Prebischtor befindet (Abb. 4.4-10). Es ist mit einer Spannweite von 26 m und einer Höhe von 16 m das größte natürliche Felsentor Mitteleuropas.

An der tschechisch-deutschen Elbegrenze oberhalb von Schmilka erreicht das Einzugsgebiet 51 394 km². Davon liegen 49 096 km² in der Tschechischen Republik, 1 138 km² in Deutschland, 921 km² in Österreich und 239 km² in Polen. Unterhalb des Grenzprofils entwässern noch 837 km² tschechisches Gebiet in die Elbe. Das betrifft die Quellbereiche linkselbischer Nebenflüsse aus dem Osterzgebirge, rechtselbischer Nebenflüssen aus dem Lausitzer Gebirge und Lausitzer Bergland sowie Quellbereiche der Freiburger und Zwickauer Mulde, der Saale und Spree (Abb. 2.2-2).

An der Staatsgrenze beträgt der langjährige mittlere Abfluss der Elbe 311 m³/s. Zum Vergleich: Beim Hochwasser im August 2002 betrug der Scheitelabfluss 4 780 m³/s.

Die unterschiedlichen Gefälleverhältnisse der Elbe ober- und unterhalb der Staatsgrenze sind im Kapitel 5.2.1 dargestellt.



Abb. 4.4-6: Braunkohlkraftwerk Mělník



Abb. 4.4-8: Elbemäander unter dem Dubitzer Kirchlein



Abb. 4.4-9: Die Elbe bei Dolní Žleb (ca. 6 km oberhalb der tschechisch-deutschen Grenze)



Abb. 4.4-10: Das Prebischtor



Abb. 4.4-7: Porta Bohemica bei Velké Žernoseky

4.4.2 Die Elbe von der tschechisch-deutschen Grenze bis zur Mündung der Schwarzen Elster

Auf deutschem Gebiet setzt sich das Elbsandsteingebirge auf ca. 23 km Elbetalänge fort. Steile Sandsteinfelsen, Tafelberge und die Bastei (Abb. 4.4-11 bis 4.4-13) haben diese Landschaft weltbekannt gemacht.

Oberhalb von Pirna (41 000 Einwohner) beginnt die Dresdner Elbtalweitung, ein Platten- und Hügelland, das sich bis Meißen (29 000 Einwohner) ausdehnt.

In diesem Elbeabschnitt sind der **Lachsbach** (270 km²) mit seinen Quellflüssen Sebnitz und Polenz und die **Wesenitz** (ebenfalls 270 km²) die größten rechtselbischen Nebenflüsse, von deren Einzugsgebieten 163,8 km² auf tschechischem Gebiet liegen.

Ebenfalls auf tschechischem Gebiet mit 115,0 km² befinden sich in den Kammlagen des Osterzgebirges die Quellgebiete der linkselbischen Nebenflüsse. Die größten sind **Gottleuba** (252 km²), **Müglitz** (214 km²) und **Vereinigte Weißeritz** (384 km²) mit ihren Quellflüssen Rote und Wilde Weißeritz.

Typisch für die Osterzgebirgsflüsse sind ihre überwiegend engen und stark eingetieften Täler mit teilweise sehr steilen und felsigen Talhängen, das große Gefälle, das von der Quelle bis zur Mündung durchschnittlich zwischen 13 und 20 ‰ beträgt, der sehr geringe Waldbestand in den Einzugsgebieten und das außergewöhnlich geringe natürliche Rückhaltevermögen für Regenwasser. Die Entwicklung sehr schnell ansteigender Hochwasserwellen durch sommerliche Starkniederschläge wird dadurch begünstigt. Hauptsächlich Tiefdruckgebiete, die sich auf der Vb-Zugstraße bewegen und an der Nordabdachung des Osterzgebirges gestaut werden, führen durch extreme Regenhöhen mit sehr hoher Intensität zu verheerenden Hochwasserereignissen. Das Osterzgebirge zählt deshalb zu den hochwassergefährdetsten Gebieten in Mitteleuropa. Aus jüngerer Vergangenheit sind die Katastrophenhochwasser vom Juli 1897, Juli 1927, Juli 1954, Juli 1957, Juli 1958 und August 2002 als besonders schwere, mit hohen Schäden und



Abb. 4.4-11: Schrammsteine bei Bad Schandau



Abb. 4.4-12: Blick von der Festung Königstein zum Tafelberg Lilienstein



Abb. 4.4-13: Blick von der Bastei in das Elbetal bei Rathen

teilweise Verlust von Menschenleben verbundene Fluten bekannt (Abb. 4.4-14 und 4.4-15). Allein beim Hochwasser im Juli 1927 fanden im Gottleuba- und Müglitztal 152 Menschen den Tod.



Abb. 4.4-14: Berggießhübel im Tal der Gottleuba nach dem Hochwasser vom Juli 1927



Abb. 4.4-15: Eisenbahnlinie Dresden-Prag in Pirna nach dem Hochwasser vom Juli 1957

In Dresden (484 000 Einwohner) war die Mündung der Vereinigten Weißeritz in den Jahren 1891 bis 1893 durch ein neues 2,9 km langes kanalisiertes Flussbett 4,8 km elbawärts verlegt worden. Bei den Hochwassern 1897, 1958 und



Abb. 4.4-16: Panorama von Dresden an der Elbe

2002 durchbrach die Weißeritz ihr neues Flussbett und überflutete im Bereich des alten Verlaufs große Teile von Dresden. Im August 2002 waren das 6 km².

Im Stadtgebiet Dresden (Abb. 4.4-16) wurden im Rahmen von Siedlungserweiterungen 1904 die Flutrinne Ostragehege (2,5 km) und 1921 die Flutrinne Kaditz (2,6 km) fertig gestellt. Bei einem 100jährigen Hochwasser tragen sie mit einer Kapazität von jeweils 600 m³/s zum Hochwasserschutz in Teilen von Dresden-Neustadt bei.

Die Hochwasserkatastrophen im Osterzgebirge waren Anlass zur schrittweisen Errichtung des **Talsperrensystems Osterzgebirge** (Abb. 4.4-17).

Zuerst wurden im Zeitraum von 1913 bis 1931 die Talsperren in der Wilden und Roten Weißeritz fertig gestellt. Nach

dem Hochwasser vom Juli 1957, das zur bis dahin größten Überflutung des Stadtgebietes von Pirna führte, wurde das Hochwasserschutzsystem Osterzgebirge, bestehend aus der Talsperre Gottleuba und fünf Rückhaltebecken, errichtet (Abb. 4.4-17 und Tab. 4.4-3).

Das Hochwasser vom August 2002 hat im Einzugsgebiet von Roter, Wilder und Vereinigter Weißeritz bei weitem die bisherigen Hochwasser übertroffen und im Einzugsgebiet der Gottleuba hätte das Hochwasser ohne das Talsperrensystem die Auswirkungen der Katastrophen von 1927 und 1957 haben können. Die Talsperre Gottleuba und die Rückhaltebecken Buschbach, Mordgrundbach (Abb. 4.4-18), Friedrichswalde-Ottendorf und Liebstadt bewirkten in der Gottleuba unterhalb der Mündung der Seidewitz eine Scheitelreduzierung von 332 m³/s auf 213 m³/s und verzögerten die Hochwasserwelle entscheidend, so-

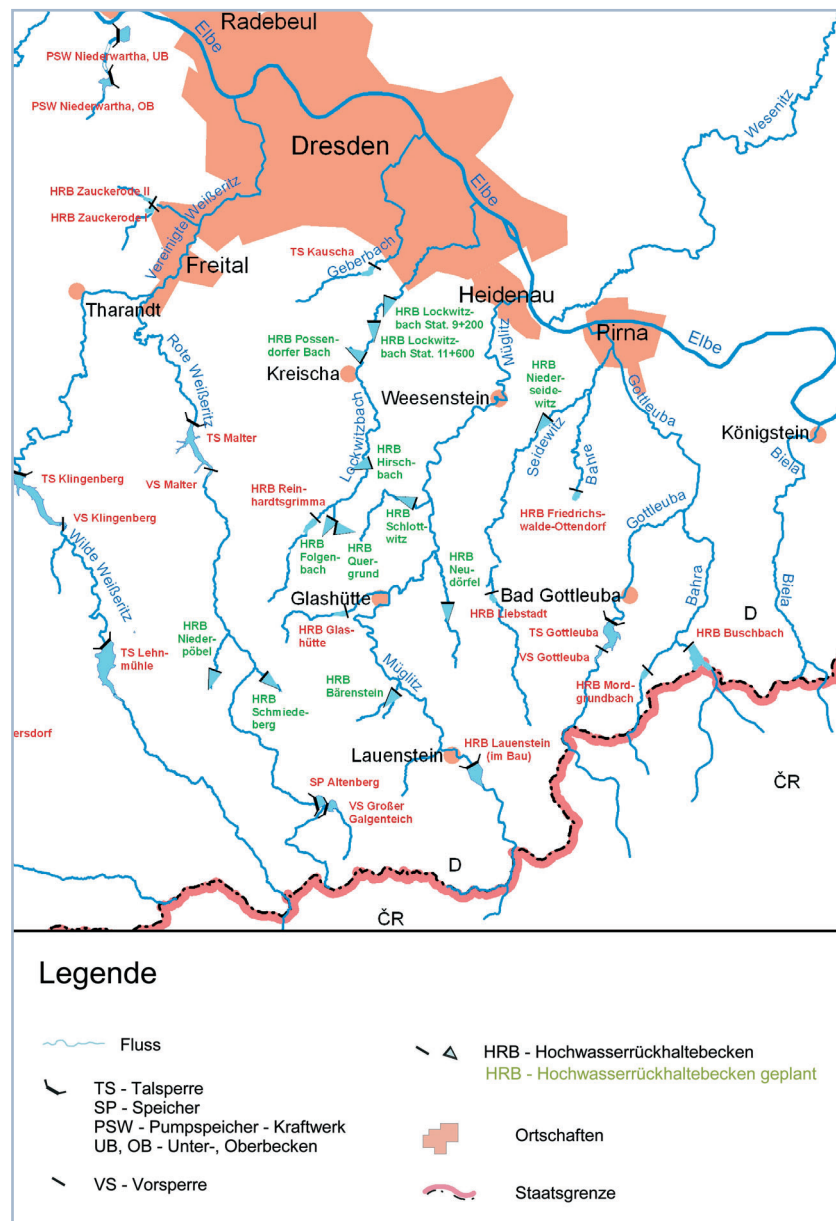


Abb. 4.4-17: Talsperrensystem Osterzgebirge

Tab. 4.4-3: Wichtige Talsperren für den Hochwasserschutz im Osterzgebirge

Lfd. Nr.	Bezeichnung der Talsperre - Wasserlauf	Stauraum bei Vollstau [Mio. m ³]	davon gewöhnlicher Hochwasserrückhalteraum [Mio. m ³]		Inbetriebnahme [Jahr]
			bis 2002	nach 2002	
1.	Malter - Rote Weißeritz	8,78	2,28	4,34	1913
2.	Klingenberg - Wilde Weißeritz	16,38	1,63	2,00	1914
3.	Lehnmühle - Wilde Weißeritz	21,92	1,95	7,00	1931
4.	Rückhaltebecken Buschbach - Buschbach/Bahra/Gottleuba	2,40	2,40	2,40	1964
5.	Rückhaltebecken Mordgrundbach - Mordgrundbach/Bahra/Gottleuba	1,27	1,15	1,15	1966
6.	Rückhaltebecken Liebstadt - Seidewitz/Gottleuba	1,08	1,01	1,01	1967
7.	Rückhaltebecken Reinhardtsgrimma - Lockwitzbach/Elbe	0,38	0,38	0,38	1969
8.	Rückhaltebecken Friedrichswalde - Ottendorf-Bahre/Seidewitz/Gottleuba	1,52	1,45	1,45	1970
9.	Gottleuba - Gottleuba	12,97	2,00	3,00	1974
Summe		66,70	14,25	22,73	

dass ein Zusammentreffen mit den Hochwasserwellen aus den Zwischen-einzugsgebieten verhindert wurde.

Durch die extremen Zuflüsse zu den Weißeritztalsperren Lehnmühle, Klingenberg und Malter kam es trotz freier Hochwasserrückhalteräume zum Abfluss über die Hochwasserentlastungsanlagen. In Folge der zeitlichen Verzögerung des Scheiteleintritts in der Wilden Weißeritz durch beide Talsperren wurde die Überlagerung der Hochwasserscheitel von Roter und Wilder Weißeritz am Zusammenfluss in Freital verhindert und in der Vereinigten Weißeritz eine Scheitelreduzierung von 100 m³/s erreicht.

Nach dem Hochwasser vom August 2002 wurden in den bestehenden

Talsperren die gewöhnlichen Hochwasserrückhalteräume um 8,48 Mio. m³ (Tab. 4.4-3) und der Stauraum des im Bau befindlichen Hochwasserrückhaltebeckens Lauenstein (Fertigstellung im Jahr 2006) von 2,47 auf 5,19 Mio. m³ erhöht. Außerdem werden an verschiedenen Standorten in den Einzugsgebieten der Roten Weißeritz, der Müglitz, des Lockwitzbaches sowie der Seidewitz im Gottleubagebiet Untersuchungen zur Errichtung weiterer Hochwasserrückhaltebecken vorgenommen (Abb. 4.4-17).

Die Talsperren Lehnmühle und Klingenberg (Abb. 4.4-19) sichern auch die Trinkwasserversorgung von Freital (39 000 Einwohner) und im langjährigen Mittel zu 70 % die des Großraumes Dresden mit insgesamt 530 000 Einwohnern. Das Wasser wird von der Talsperre Klingenberg im freien Gefälle über eine 19,2 km lange Zuleitung (10,5 km Rohrleitung und vier Stollen mit einer Länge von 8,7 km) bis zum Wasserwerk Coschütz in Dresden geführt.

Die übrigen 30 % des gesamten Wasserbedarfs in Höhe von 38 Mio. m³ werden durch Mischwasser aus Uferfiltrat, Grundwasser und Infiltration von Elbewasser durch die an



Abb. 4.4-18: Hochwasserrückhaltebecken Mordgrundbach mit Teildauerstau

Unterhalb von Dresden befindet sich am linken Elbeufer das Pumpspeicher-Kraftwerk Niederwartha (Abb. 4.4-20). Bei der Inbetriebnahme im Jahr 1929 war diese Anlage mit einer Leistung von 80 MW das erste größere Pumpspeicher-Kraftwerk der Welt. Die Leistung wurde 1960 bei vorhandener mittlerer Fallhöhe von 143 m auf 120 MW erhöht. Nach Beseitigung der Schäden vom Hochwasser im August 2002 wird seit November 2003 wieder eine Kraftwerksleistung von 40 MW erreicht. Der weitere Ausbau ist geplant. Das Pumpspeicher-Kraftwerk Niederwartha ist eine von zehn Anlagen dieser Art im Einzugsgebiet der Elbe (Tab. 4.7-6).

Bei Meißen tritt die Elbe in das Mittelsächsische Lößhügelland ein, wo sie sich bis 100 m tief in die Landschaft einschneidet. Das markante Durchbruchstal erstreckt sich von oberhalb bis unterhalb Meißen (Abb. 4.4-21 und 4.4-22).



Abb. 4.4-20: Pumpspeicher-Kraftwerk Niederwartha



Abb. 4.4-19: Trinkwassertalsperre Klingenberg in der Wilden Weißeritz

der Elbe in Dresden liegenden Wasserwerke Hosterwitz und Tolkewitz bereit gestellt (Tab. 4.4-4). In Notsituationen besteht die Möglichkeit, das Versorgungsgebiet kurzzeitig vollständig entweder aus dem Talsperrensystem, wie z. B. beim Hochwasser im August 2002, oder aus den Elbewasserwerken zu versorgen.



Abb. 4.4-21: Elbe bei Meißen mit Albrechtsburg und Dom

Am Schloss Hirschstein (Elbe-km 96,0), etwa 14 km unterhalb von Meißen, erreicht die Elbe das Norddeutsche Tiefland. Hier endet die Obere Elbe mit einer Länge von 463,3 km und einem Einzugsgebiet von 54 170 km². Die sich bis zum Wehr Geesthacht anschließende Mittlere Elbe hat eine Flusslänge von 489,2 km (Tab. 2.1-2).

Etwa 12 km oberhalb von Riesa (38 000 Einwohner) beginnt das breite Riesa-Torgauer Elbtal, das sich bis zur Mündung der Schwarzen Elster bei Elbe-km 198,5 erstreckt (Abb. 4.4-1). Größte Nebenflüsse ab Riesa sind **Jahna** (244 km²), **Döllnitz** (215 km²), **Dahle** (230 km²) und **Weinske** (355 km²). In den Einzugsgebieten von Döllnitz und Weinske befinden sich 60 Fischteiche mit einer Fläche von 6,9 km².

Oberhalb der Mündung der Schwarzen Elster trat beim Hochwasser im August 2002 rechtselbisch bei Dautzschen (Elbe-km 163,2) der größte Deichbruch ein (Abb. 4.4-23). Im Elbe-Schwarze Elster-Dreieck wurde eine Fläche von 214 km² überflutet. Das entspricht fast der doppelten Fläche des größten deutschen Binnensees, der Müritz (112,6 km²).



Abb. 4.4-22: Durchbruchstal der Elbe bei Diesbar-Seußlitz unterhalb Meißen

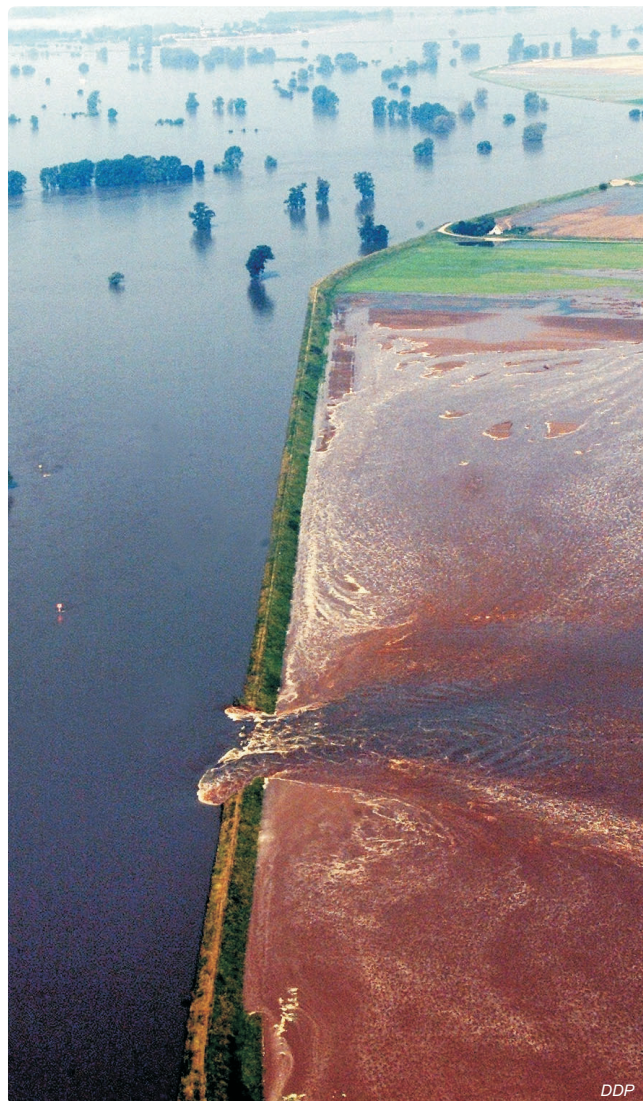


Abb. 4.4-23: Deichbruch bei Dautzschen beim Hochwasser im August 2002

4.4.3 Uferfiltratfassungen entlang der Elbe

Neben den in Dresden liegenden Wasserwerken Hosterwitz und Tolkewitz befinden sich im Raum Torgau weitere vier Wasserwerke zwischen Elbe-km 150 und Elbe-km 182 mit Uferfiltratfassungen (Abb. 4.4-24 und 4.4-25).

Die Entwicklung der Trinkwasserbereitstellung aus diesen Wasserwerken ist aus Tabelle 4.4-4. ersichtlich. Der Anteil der geförderten Uferfiltratmenge im Verhältnis zur Grundwasserentnahme liegt zwischen 70 und 90 %.

Die Wasserwerke in der Elbeaue im Raum Torgau und das im Zeitraum 1941 bis 1990 errichtete Fernwasserversorgungssystem versorgen die Städte Leipzig und Halle, umliegende Städte und Gemeinden sowie teilweise die Industrie. Durch die Verbindung zum Fernwasserversorgungssystem Ostharz des Rappbodetalsperrensystems (siehe Kapitel 4.7.7) entstand 1966 die Verbundwasserversorgung Elbaue-Ostharz mit einem Rohrleitungssystem von zurzeit über 700 km (Abb. 4.4-25).

Seit 1990 ging der Trinkwasserbedarf zurück. Die Werkskapazitäten konnten reduziert werden. Im Jahre 2000 wurden von insgesamt 73,7 Mio. m³ Trinkwasser zur Versorgung von 2,4 Mio. Einwohnern zwischen Harz und Elbe – 39,7 Mio. m³ aus dem Ostharz und 34,0 Mio. m³ aus den Elbeauen einschließlich dem Grundwasserwerk Kossa in der Dübener Heide (2,5 Mio. m³/a) – geliefert. Auch in Zukunft bleibt die Uferfiltratgewinnung entlang der Elbe eine wichtige Quelle für die sichere und stabile Trinkwasserversorgung des mitteldeutschen Raumes.

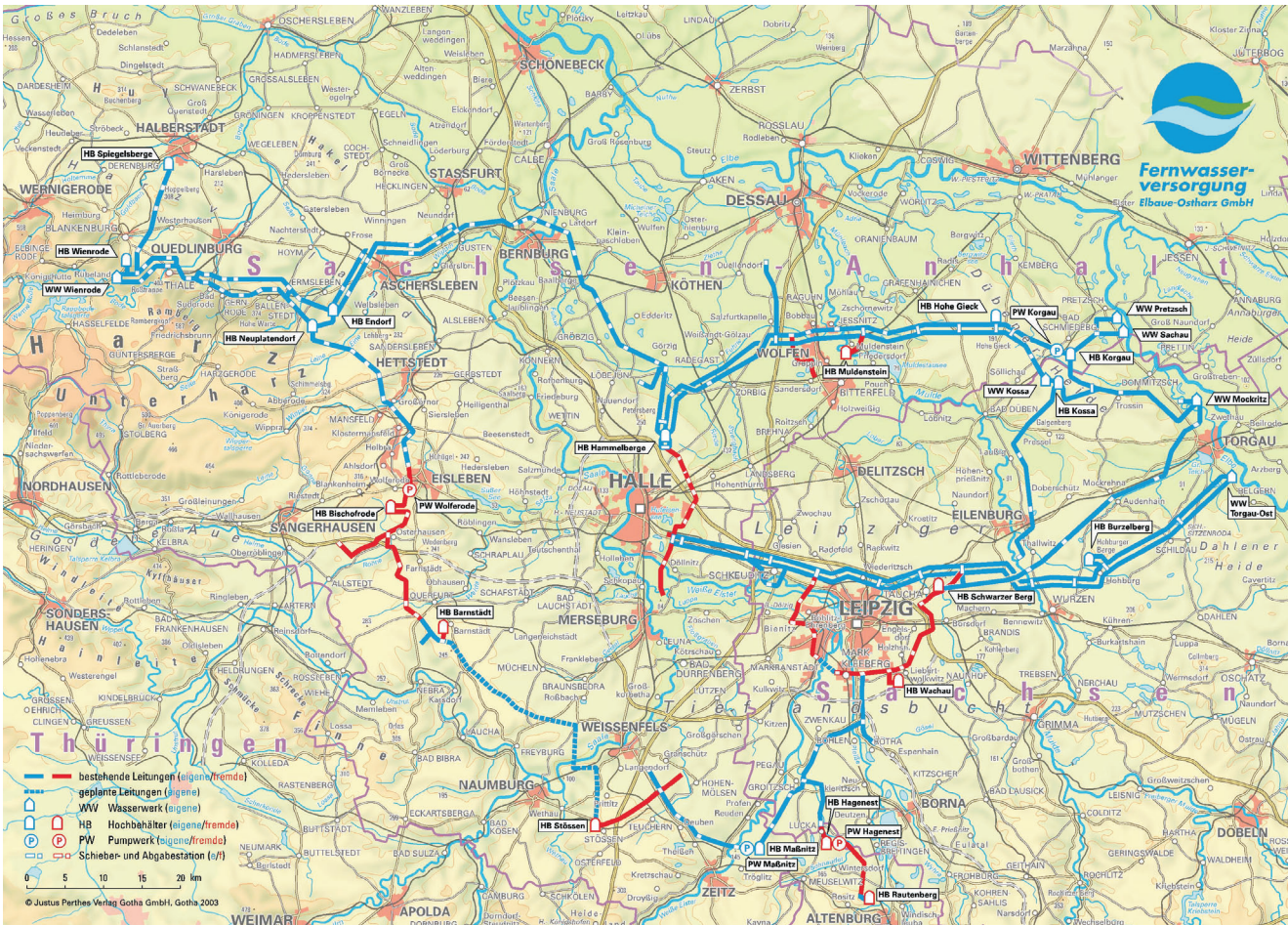


Abb. 4.4-25: Fernwasserversorgungssystem Elbaue-Ostharz GmbH



Abb. 4.4-24: Wasserwerk Torgau-Ost bei Elbe-km 150

Tab. 4.4-4: Übersicht über bedeutende Wasserwerke mit Uferfiltrationsfassungen an der Elbe

Name des Wasserwerkes	Liefermengen [Mio. m ³ /a]				Wasserwerkskapazität [T m ³ /d]	
	1989	1990	1995	2000	1989	2000
Dresden-Hosterwitz ¹⁾	14,3	13,1	9,2	4,8	80	60
Dresden-Tolkewitz	11,6	14,6	- Sanierung	4,6	46	35
Summe Dresden	25,9	27,7	9,2	9,4	126	95
Torgau-Ost	31,7	29,6	21,5	19,5	150	125
Mockritz	31,4	30,2	13,0	6,6	109	69
Sachau	13,2	11,0	5,9	3,2	46	23
Pretzsch	4,6	3,9	2,9	2,2	17	11
Summe Elbaue Torgau	80,9	74,7	43,3	31,5	322	228

1) mit Infiltration aus der Elbe

4.4.4 Flussregelung und Sohlenerosion

Auf der Grundlage der Festlegungen im Wiener Kongress von 1815 und der am 23.06.1821 in Dresden-Pillnitz unterzeichneten Elbeschiffsakts, wurde die Elbe in mehreren Etappen systematisch für die Schifffahrt ausgebaut. Während die **Mittelwasserregulierung** im tschechischen Elbeabschnitt in den Jahren 1870 bis 1890 und auf dem Gebiet des damaligen Königreichs Sachsen (bis Elbe-km 121,0) in den Jahren 1860 bis 1900 vorwiegend durch den Bau von Längswerken (Deck- und Leitwerke) und Schwellen erfolgte, wurde auf dem Gebiet des damaligen Königreichs Preußen (unterhalb Elbe-km 121,0) in den Jahren 1844 bis 1892 der Ausbau vorwiegend durch die Errichtung von Buhnen (vom Ufer aus in den Wasserlauf hineinragende Dämme) vorgenommen (Abb. 4.4-26). Bereits 1858 gab es 4 300 Buhnen. Heute gibt es im deutschen Elbeabschnitt 6 900 Buhnen und 327 km Deck- und Leitwerke (Abb. 4.4-27).

Die Kronenhöhe der Buhnen und Leitwerke unterhalb Elbe-km 121,0 wurde in der Regel auf den damaligen langjährigen mittleren Wasserstand festgelegt. Mit diesen Maßnahmen wurde der Abflussquerschnitt eingengt, wodurch die gewünschte Wassertiefe erreicht wurde. Da die Mittelwasserregulierung der Elbe den steigenden Anforderungen der Schifffahrt nicht mehr genügte, wurde auf deutscher Seite die **Niedrigwasserregulierung** durchgeführt. Während der ersten Niedrigwasserregulierung in den Jahren 1893 bis 1930 wurden an den vorhandenen Buhnen Kopfschwellen aus Steinen gebaut und stark erodierte Abschnitte mit Sohlschwelen (insbesondere oberhalb Elbe-km 121,0) und weiteren Deck- und Leitwerken stabilisiert. Die zweite Niedrigwasserregulierung begann 1931 und wurde durch Kriegseinflüsse nicht vollendet. Ziel der Niedrigwasserregulierungen war es, Mindestfahrwassertiefen oberhalb der Saalemündung von 1,10 m und unterhalb von 1,25 m bis 1,40 m zu erreichen. Außerdem gab es Mitte der 30er Jahre des 20. Jhds. Vorstellungen zum Bau eines Speicherbeckens bei Pirna, rechtselbisch unterhalb der Mündung der Wesenitz, mit einem Stauraum von 128 Mio. m³. Dieses Becken sollte



Abb. 4.4-26: Buhnen in der Elbe bei Belgern (Elbe-km 140)



Abb. 4.4-27: Deckwerke (Böschungsbefestigung) an der Außenböschung der Elbe bei Löstau, unterhalb Magdeburg

eine Mindestfahrwassertiefe von 1,40 m in der Elbe oberhalb der Saalemündung gewährleisten. Das Vorhaben wurde Mitte der 50er Jahre des 20. Jhds. erneut untersucht, kam aber aus Kosten- und Effektivitätsgründen nicht zur Ausführung.

In Auswertung des Hochwassers vom August 2002 werden sich die wasserbaulichen Maßnahmen an der Elbe nicht mehr auf die Verbesserung der Fahrwassertiefen orientieren, sondern die zukünftigen Unterhaltungs- und Reparaturarbeiten sollen lediglich einer Verschlechterung der Schifffahrtsverhältnisse vorbeugen und einen ordnungsgemäßen Wasserabfluss im Mittelwasserbett sichern. Das bedeutet, dass der Zustand vor dem Hochwasser im August 2002 erhalten bleibt und nicht verschlechtert wird. Deshalb sind die für die Aufrechterhaltung der Schifffahrt unverzichtbaren Unterhaltungsmaßnahmen 2003 hinsichtlich ihrer Hochwasserneutralität überprüft worden. Das Unterhaltungsziel besteht darin, entsprechend dem Status quo vor dem Hochwasser im August 2002, für die Schifffahrt eine durchgängige Fahrrinntiefe zwischen Schöna und Dresden von 1,5 m und zwischen Dresden und Geesthacht von 1,6 m unter dem gleichwertigen Wasserstand (GIW) zu gewährleisten. Der GIW ist in Deutschland ein Bezugswasserstand der Elbe, der durchschnittlich an 20 eisfreien Tagen im Jahr erreicht oder unterschritten wird. Er liegt in der Größe des langjährigen mittleren Niedrigwassers (MNW). Zur Erreichung dieses Ziels wird einer auch ökologisch nachteiligen Tiefenerosion entgegengewirkt. Abschnittsweise müssen Einschränkungen der Fahrrinnenbreite (einschiffiger Richtungsverkehr) in Kauf genommen werden. Die Fahrrinnenbreite beträgt grundsätzlich 40 m oberhalb und 50 m unterhalb von Dresden, wobei sie in der Magdeburger Stadtstrecke wegen des größeren Gefälles nur 35 m beträgt.

Durch den seit Jahrhunderten andauernden Deichbau (siehe Kapitel 3.1) und die damit verbundene Einengung der Elbeauen sowie durch wasserwirtschaftliche Maßnahmen zur Mittel- und Niedrigwasserregulierung und zur Verkürzung der Flusslänge (siehe Kapitel 3.2) ist der Elbe ein seitlicher Zwang angelegt worden. Somit ist ihre Ausbreitung durch Seitenerosion mit ständiger Laufverlegung in der Aue nicht mehr möglich, wodurch die **Tiefenerosion** beschleunigt wur-

de. Außerdem trägt die Verringerung des Geschiebeeintrages von Oberstrom durch den Bau von Wehren und Talsperren in der Elbe und ihren Nebenflüssen zur Verstärkung der Erosion bei.

Die Elbestrecke mit der aktuell stärksten Tiefenerosion liegt in der 110 km langen sogenannten Erosionsstrecke von Elbe-km 120,0 (oberhalb Mühlberg) bis Elbe-km 230,0 (unterhalb Wittenberg/L.). Es handelt sich hier um eine langfristige und großräumige Eintiefung der Sohle. Diese hat insbesondere im Niedrigwasser- und Mittelwasserbereich eine Absenkung des Wasserspiegels und damit verbunden des Grundwasserstandes in der Talau mit Auswirkungen auf Flora und Fauna zur Folge. Auch kann die Standsicherheit der Wasserbauwerke gefährdet werden. Die Wasserspiegelentwicklung in der Erosionsstrecke gegenüber dem Jahre 1888 ist in *Abbildung 4.4-28* für die Jahre 1934, 1959 und 1996 dargestellt.

Aus der Grafik ist ersichtlich, dass es zwischen Elbe-km 150,0 (oberhalb Torgau) und Elbe-km 180,0 (oberhalb Pretzsch) im Zeitraum 1888 bis 1996 zu einem Wasserspiegelabfall bei vergleichbaren Durchflüssen von bis zu 1,70 m gekommen ist. Aktuell tritt in diesem Bereich eine Erosion von 1 bis 2 cm/a auf. Im Elbeabschnitt oberhalb Elbe-km 120,0 führte der Einbau von Sohlschwellen wieder zum Abklingen der Erosion.

Eine Möglichkeit, die Sohlenerosion in der Erosionsstrecke einzudämmen, besteht in der Erhöhung des Feststoffdargebots durch künstliche Geschiebezugabe. Nach mehrjähriger Erprobung (1996 bis 2000) werden jetzt an zwei Stellen in der Erosionsstrecke regelmäßig 40 000 t/a Geschiebe zugegeben. Sohlenstabilisierung mit Grundswellen und Kolkverbau, höhenmäßige Anpassung von Buhnen und Deckwerken sowie Maßnahmen im Deichvorland wie Uferabgrabungen und Altarmanschlüsse stellen weitere Möglichkeiten zur Eindämmung der Sohlenerosion dar. Letztere Maßnahmen sind wissenschaftlich untersucht und bedürfen in Zukunft einer schrittweisen Umsetzung. Ziel aller Aktivitäten kann nur eine Verringerung der Erosion sein, da eine Wiederanhebung der Sohle technisch nicht möglich ist.

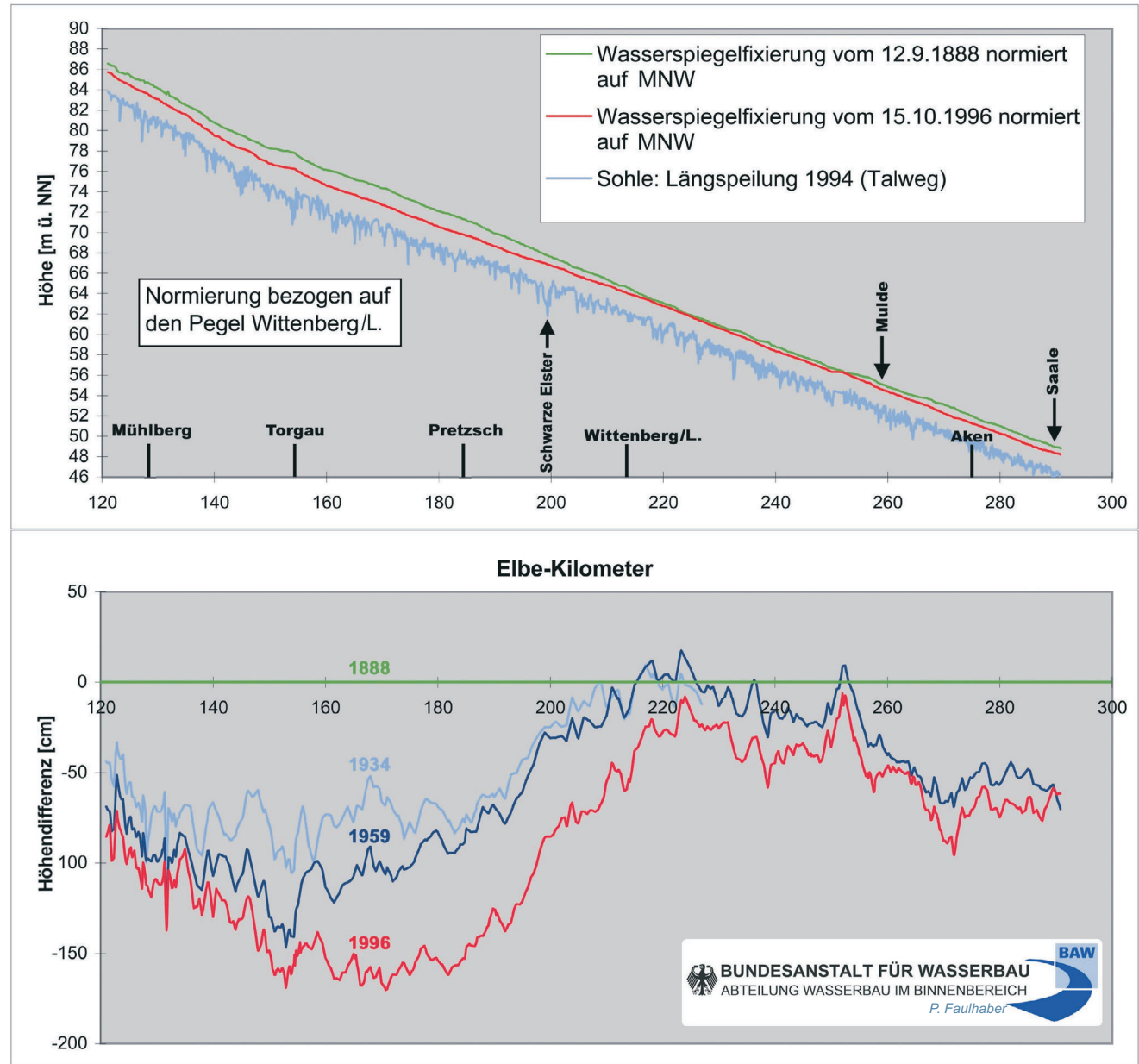


Abb. 4.4-28: Entwicklung des Wasserspiegels seit 1888 in der Erosionsstrecke der Elbe

4.5 Die Schwarze Elster

*Der Strom einmal getrübt,
muss fließen eine Weile,
eh' aus der inn'ren Füll
er seinen Schaden heile.
(Friedrich Rückert)*

Die Schwarze Elster ist von der Quelle im Lausitzer Hügelland bis zur Mündung in die Elbe bei Elbe-km 198,5 oberhalb Wittenberg/L. 178,6 km lang und weist einen Höhenunterschied von 242 m auf.

Ihr Einzugsgebiet beträgt 5 705 km² und ist mit 91 % fast vollständig Flachland mit Höhen unter 200 m ü. NN, nur 9 % (500 km²) sind dem Hügelland zuzurechnen. Die höchste Erhebung ist der Picho (499 m ü. NN) im Teilflussgebiet des Hoyerswerdaer Schwarzwassers (Abb. 4.5-1).

Im Oberlauf fließt die Schwarze Elster in nördlicher bzw. nord-östlicher Richtung und erreicht im Oberlausitzer Heide- und Teichgebiet bereits Höhen unter 150 m ü. NN. Ab Hoyerswerda biegt sie in nordwestliche Richtung ab, um dann im Senftenberg-Finsterwalder Becken in westlicher Richtung zu fließen. Nach der Mündung der Großen Röder nimmt sie wieder nordwestlichen Verlauf ein und mündet nach Durchfließen der Elsterniederung mit Höhen unter 75 m ü. NN in die Elbe. Die Fließrichtung der Schwarzen Elster nach Mündung der Großen Röder entspricht dem Verlauf des 20 bis 30 km breiten Magdeburg-Breslauer Urstromtals.

Die Endmoränenzüge, wie der Lausitzer Grenzwall und der Niedere Fläming bilden die nordwestliche Wasserscheide zum Spree- und Havelgebiet.

Die mittleren jährlichen Lufttemperaturen liegen fast im gesamten Einzugsgebiet der Schwarzen Elster bei 8,5 bis 9 °C. Lediglich im Lausitzer Hügelland gehen sie auf 7 bis 8 °C zurück.

Die mittlere jährliche Niederschlagshöhe für das Einzugsgebiet der Schwarzen Elster beträgt ca. 600 mm. Sie ist im Lausitzer Hügelland mit 700 bis 800 mm am größten und im Bereich der Elsterniederung mit 500 bis 550 mm am geringsten.

Die natürlichen Abflussverhältnisse im Einzugsgebiet der Schwarzen Elster werden massiv durch anthropogene Eingriffe beeinflusst. Dazu gehören:

- großflächige Erschließung von Braunkohlenfeldern in den Gebieten vorwiegend rechtsseitig der Schwarzen Elster zwischen Hoyerswerda und Lauchhammer

- 13 Talsperren mit einem Inhalt von jeweils über 0,3 Mio. m³ mit einem Stauraum von 42,9 Mio. m³, davon 8,9 Mio. m³ gewöhnlicher Hochwasserrückhalteraum. Davon sind drei Speicher Tagebauseen.

- umfangreiche Flussverlegungen, -begradigungen und -eindeichungen, insbesondere der Schwarzen Elster und der Großen Röder, im Interesse des Hochwasserschutzes und der Landwirtschaft sowie im Zusammenhang mit der Erschließung von Braunkohlentagebauen.

Zur Charakterisierung der Abflussverhältnisse sind die hydrologischen Daten von zehn ausgewählten Pegeln in den Tabellen 4.5-1 und 4.5-2 enthalten. Für jeweils fünf Pegel an der Schwarzen Elster und an Nebenflüssen ist der Jahresgang des Abflusses graphisch dargestellt (Abb. 4.5-3). Die Lage der meisten Pegel ist aus Abbildung 4.5-2 zu ersehen.



Abb. 4.5-1: Topographische Karte des Einzugsgebiets der Schwarzen Elster

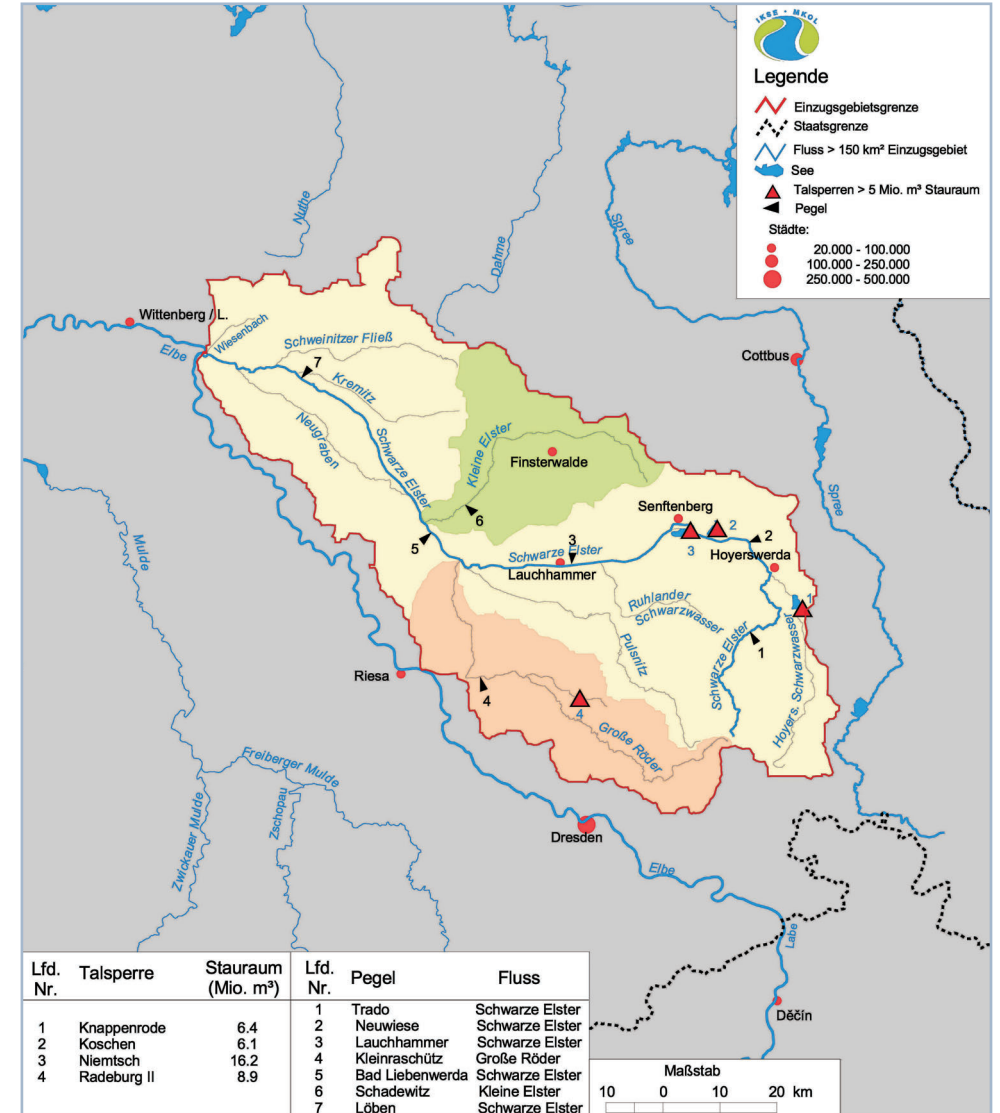


Abb. 4.5-2: Hydrographische Karte des Einzugsgebiets der Schwarzen Elster mit Teileinzugsgebieten über 700 km²

Tab. 4.5-1: Hydrologische Grunddaten langjähriger Abflussreihen von ausgewählten Pegeln im Einzugsgebiet der Schwarzen Elster (Die Nummern der Pegel entsprechen den Pegelnummern der Abbildung 4.5-2)

Nr.	Gewässer	Pegel	Flusskilometer	Einzugsgebietsfläche (AE)	Mittlerer Abfluss (MQ)	Mittlerer Niedrigwasserabfluss (MNQ)	Mittlerer Hochwasserabfluss (MHQ)	Jahresreihe
			[km]	[km ²]	[m ³ /s]	[m ³ /s]	[m ³ /s]	
1.	Schwarze Elster	Trado	149,4	166	0,875	0,165	9,00	1964 - 2000
	Hoyerswerdaer Schwarzwasser	Zescha	20,0 ¹⁾	180	1,04	0,327	10,9	1966 - 2000
2.	Schwarze Elster	Neuwiese	124,2	669	2,98	0,263	21,1	1955 - 2000
3.	Elster	Lauchhammer	87,5	1 513	6,31	2,97	21,3	1974 - 2000
	Pulsnitz	Königsbrück	53,4 ¹⁾	92	0,786	0,191	10,4	1927 - 2000 (ohne 1945 und 1946)
	Große Röder	Großdittmannsdorf	61,4 ¹⁾	300	2,25	0,605	26,4	1921 - 2000 (ohne 1944 - 1946)
4.		Kleinraschütz	30,0 ¹⁾	679	4,04	1,05	26,3	1962 - 2000
5.	Schwarze Elster	Bad Liebenwerda	59,6	3 184	16,1	5,99	54,1	1961 - 2000
6.	Kleine Elster	Schadewitz	11,2 ¹⁾	637	2,08	0,346	9,90	1956 - 2000
7.	Schwarze Elster	Löben	21,6	4 327	19,6	6,49	67,0	1974 - 2000

1) Flusskilometer oberhalb der Mündung in die Schwarze Elster

Tab. 4.5-2: Charakteristik des Abflussregimes von ausgewählten Pegeln im Einzugsgebiet der Schwarzen Elster (Die Nummern der Pegel entsprechen den Pegelnummern der Abbildung 4.5-2)

Nr.	Gewässer	Pegel	Mittlere Abflussspende [l/s · km ²]	Mittlerer Abfluss				MNQ:MQ	MQ:MHQ
				Winterhalbjahr		Sommerhalbjahr			
				[m ³ /s]	[%]	[m ³ /s]	[%]		
1.	Schwarze Elster	Trado	5,3	1,07	61	0,677	39	1 : 5,3	1 : 10,3
	Hoyerswerdaer Schwarzwasser	Zescha	5,8	1,32	63	0,766	37	1 : 3,2	1 : 10,5
2.	Schwarze	Neuwiese	4,5	4,01	67	1,97	33	1 : 11,3	1 : 7,1
3.	Elster	Lauchhammer	4,2	7,50	59	5,14	41	1 : 2,1	1 : 3,4
	Pulsnitz	Königsbrück	8,5	1,00	64	0,574	36	1 : 4,1	1 : 13,2
	Große Röder	Großdittmannsdorf	7,5	2,79	62	1,72	38	1 : 3,7	1 : 11,7
4.		Kleinraschütz	5,9	4,99	62	3,10	38	1 : 3,8	1 : 6,5
5.	Schwarze Elster	Bad Liebenwerda	5,1	20,2	62	12,2	38	1 : 2,7	1 : 3,4
6.	Kleine Elster	Schadewitz	3,3	2,71	65	1,46	35	1 : 6,0	1 : 4,8
7.	Schwarze Elster	Löben	4,5	25,3	64	14,0	36	1 : 3,0	1 : 3,4

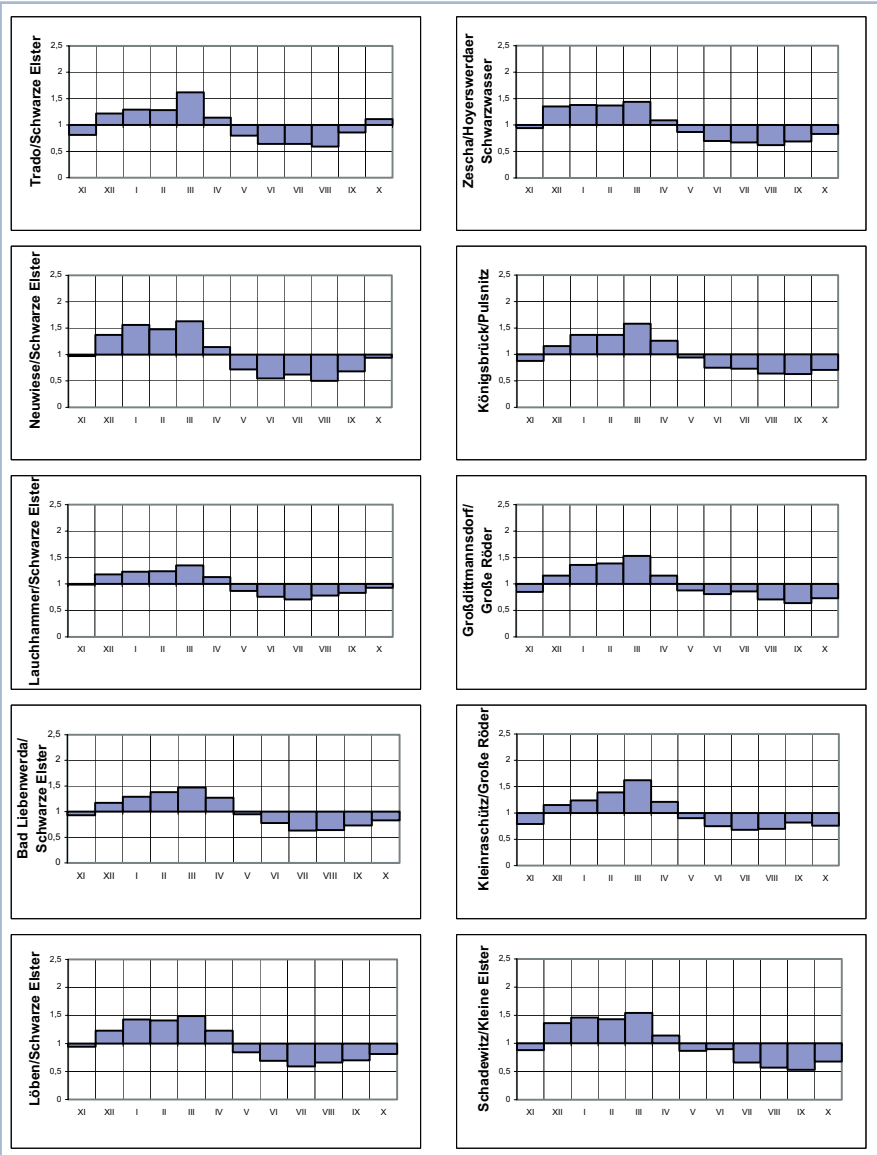


Abb. 4.5-3: Jahresgang des Abflusses an ausgewählten Pegeln im Einzugsgebiet der Schwarzen Elster, dargestellt als Quotient aus langjährigen Mittelwerten für Monate und Jahr (MQ_{Monat} / MQ_{Jahr})

Auf Grund der Daten in den vorgenannten Tabellen und in *Abbildung 4.5-3* werden die Abflussverhältnisse wie folgt bewertet:

■ Die im Laufe der Zeit wechselnde Einleitung von Sumpfungs- und Sumpfwasser vor allem aus der Vorfeldd entwässerung der Braunkohlentagebaue, die Überleitung von Wasser zur Flutung von Tagebauseen, die Entwässerung großer landwirtschaftlicher Flächen besonders in den 70er und 80er Jahren des 20. Jhds., die vielen Stauanlagen und Wasserentnahmen zur landwirtschaftlichen Bewässerung und der Bau einiger Hochwasserrückhaltebecken, Wasserspeicher und Talsperren haben im weitaus größten Teil des Einzugsgebiets zu stark anthropogen geprägten Verhältnissen geführt, die sich sowohl in den hydrologischen Daten als auch im Jahresgang des Abflusses niederschlagen. So sind z. B. der hohe Oktoberabfluss am Pegel Trado und der MNQ : MQ-Wert von 1 : 11,3 am Pegel Neuwiese genauso unnatürlich wie der gesamte Jahresverlauf am Pegel Lauchhammer. Die Abflusspende der Schwarzen Elster nimmt zunächst von Trado ($5,3 \text{ l/s} \cdot \text{km}^2$) bis Lauchhammer ($4,2 \text{ l/s} \cdot \text{km}^2$) ab, steigt danach durch vergleichsweise hohe Zuflüsse aus Pulsnitz und Großer Röder bis Bad Liebenwerda ($5,1 \text{ l/s} \cdot \text{km}^2$) wieder an und sinkt durch geringen Abfluss im unteren Einzugsgebiet auf $4,5 \text{ l/s} \cdot \text{km}^2$ ab.

■ Im Lausitzer Berg- und Hügelland betragen die mittleren Abflusspenden in den Oberläufen von Schwarzer Elster, Hoyerswerdaer Schwarzwasser, Pulsnitz und Großer Röder 7 bis $9 \text{ l/s} \cdot \text{km}^2$. Der dort noch weitgehend natürliche Charakter der Abflussverhältnisse wird durch den Jahresgang des Abflusses, wie er aus *Abbildung 4.5-3* an den Pegeln Zescha, Königsbrück und Großdittmannsdorf zu ersehen ist, durch die Winter-/Sommerabflussverteilung von etwa 63 : 37 %, durch MNQ : MQ-Werte von 1 : 3 bis 1 : 4 und durch MQ : MHQ-Werte von 1 : 7 bis 1 : 12 unterstrichen. Die großen MQ : MHQ-Werte verdeutlichen den hochwassergefährliche Charakter dieser Gebiete, hauptsächlich durch sommerlichen Starkregen. Einzelne Hochwasserrückhaltebecken und Talsperren reduzieren den Hochwasserabfluss und ermöglichen eine Niedrigwasseraufhöhung im Sommerhalbjahr. Das widerspiegelt sich am Pegel Kleinraschütz/Großer Röder im MQ : MHQ-Verhältnis 1 : 6,5 und im Abflussgang des Sommerhalbjahres.

4.5.1 Die Schwarze Elster von der Quelle bis zur Mündung in die Elbe

Die Schwarze Elster entspringt am östlichen Hang des Hochsteines (488 m ü. NN) in einer Höhe von 311 m ü. NN. Die Quelle liegt wie die Quellgebiete ihrer wichtigsten Nebenflüsse Hoyerswerdaer Schwarzwasser, Pulsnitz und Großer Röder im Lausitzer Hügelland (*Abb. 4.5-1*). Bereits 13 km unterhalb der Quelle erreicht die Schwarze Elster bei einem Gefälle von 12,4 ‰ bei Kamenz ein Talniveau von 150 m ü. NN. Bis zur Mündung des **Hoyerswerdaer Schwarzwassers** (282 km^2) beträgt das Gefälle nur noch 1,0 ‰. Zur Verbesserung des Hochwasserschutzes wurden im oberen Einzugsgebiet des Hoyerswerdaer Schwarzwassers drei Rückhaltebecken, zwei davon mit Stauräumen jeweils über 0,30 Mio. m^3 , geschaffen (*Abb. 4.5-4*) und die Schwarze Elster in Ortschaften mit Hochwasserprofilen ausgebaut (*Abb. 4.5-5*).

Das untere Einzugsgebiet des Hoyerswerdaer Schwarzwassers um Königswartha und die Schwarze Elster unterhalb Kamenz (*Abb. 4.5-1*) gehören zum Oberlausitzer Heide- und Teichgebiet mit 350 Fischteichen ($18,1 \text{ km}^2$), die vorrangig der Speisekarpfenproduktion dienen (siehe Kapitel 4.9.2).



Abb. 4.5-4: Rückhaltebecken Göda (0,42 Mio. m^3) mit Teildauerstau



Abb. 4.5-5: Schwarze Elster mit Hochwasserabflussprofil in der Stadtlage Hoyerswerda

Das Einzugsgebiet der mittleren Schwarzen Elster, die mit einem Gefälle von 0,45 ‰ von Hoyerswerda (45 000 Einwohner) über Senftenberg (30 000 Einwohner) und Lauchhammer (20 000 Einwohner) bis zur Mündung der Großen Röder reicht, ist heute größtenteils durch den Braunkohlenbergbau geprägt (siehe Kapitel 4.5.2). Zu Gunsten des Kohlenabbaus sind die Schwarze Elster und viele ihrer Nebenflüsse auf einer Gesamtlänge von über 70 km teilweise mehrfach verlegt, ausgebaut und überwiegend gedichtet worden.

Weitgehend unabhängig vom Braunkohlenbergbau war die Schwarze Elster schon in den 50er und 60er Jahren des 19. Jhds. auf einer Länge von 90 km (8 km oberhalb von Senftenberg bis 6 km oberhalb der Kremitzmündung) begradigt und eingedeicht worden. Durchstiche führten zum Wegfall von Mäandern und einer Wasserlaufverkürzung um etwa 30 km.

Im Zeitraum 1945 bis 1969 wurde der ehemals stark mäandrierende Unterlauf der Schwarzen Elster (6 km oberhalb der Kremitzmündung bis zur Mündung in die Elbe) massiv ausgebaut, begradigt und vollständig eingedeicht. In diesem Zusammenhang und in Verbindung mit Entwässerungsmaßnahmen großer landwirtschaftlicher Flächen wurde die Mündung des **Wiesenbaches** (163,5 km²) von der Elbe in die Schwarze Elster verlegt. Dadurch vergrößerte sich das Einzugsgebiet der Schwarzen Elster von 5 541,4 km² auf 5 704,9 km².

Weitere Nebenflüsse mit einem Einzugsgebiet über 150 km² (Abb. 4.5-2) sind neben dem Hoyerswerdaer Schwarzwasser das **Ruhlander Schwarzwasser** (269 km²), die **Pulsnitz** (354 km²), die **Große Röder** (859 km²), die **Kleine Elster** (717 km²), die **Kremitz** (177 km²), das **Schweinitzer Fließ** (576 km²) und der **Neugraben** (308 km²).

Im Mündungsbereich der Pulsnitz zweigt bei Elsterwerda der 22 km lange **Grödel-Elsterwerdaer Floßkanal** ab, der bis an die Elbe bei Grödel (Elbe-km 104) oberhalb Riesa reicht. Er wurde 1742 bis 1748 gebaut und diente zunächst der Beförderung von Holz nach Meißen und Dresden, ab 1779 auch dem Transport von Eisenerz und Kalk für das Eisenwerk in Gröditz und bis 1947 auch dem Transport anderer Güter. Der Höhenunterschied von 10 m wurde durch drei Schleusen überwunden. In Verbindung mit dem Grödel-Elsterwerdaer Floßkanal führen zur Versorgung des Hüttenwerkes Lauchhammer von 1864 bis 1876 auch auf dem 28 km langen Flussabschnitt der Schwarzen Elster von Lauchhammer bis Bad Liebenwerda Lastkähne mit bis zu 15 t Eisenerz und Kalk. In den 70er und 80er Jahren des 20. Jhds. diente der Kanal zur Überleitung von Wasser aus der Elbe zu Beregnungsflächen (5 800 ha) entlang des Kanals. Die

Wassereinleitung aus der Elbe erfolgte über eine schwimmende Pumpstation.

Die Große Röder (105,2 km) ist der größte Nebenfluss der Schwarzen Elster. Sie entspringt im Lausitzer Hügelland in einer Höhe von 326 m ü. NN, durchfließt die Großenhainer Pflege und mündet im Senftenberg-Finsterwalder Becken (Abb. 4.5-1). In ihrem Einzugsgebiet gibt es acht Talsperren mit einem

Inhalt von jeweils über 0,3 Mio. m³ mit einem Stauraum von 13,46 Mio. m³. Dazu gehören zwei Talsperren bei Radeburg und vier Speicher im **Moritzburger Teichgebiet** (Abb. 4.5-6). Dieses Teichsystem, das nördlich von Dresden bereits Ende des 15. und Anfang des 16. Jhds. für fischereiliche Zwecke angelegt wurde, besteht aus 23 Fischteichen (3,45 km²), die zur Produktion von Speisefisch (150 t/a – vorrangig Karpfen) und teilweise auch zum Baden genutzt werden.



Abb. 4.5-6: Schloss Moritzburg als Zentrum des Moritzburger Teichsystems

Die Speicher Radeburg I (1937) und Radeburg II (1953) wurden für den Hochwasserschutz und die Niedrigwasseraufhöhung angelegt. Durch einen 5,1 km langen Verbindungskanal werden aus dem Speicher Radeburg I (Stauraum 0,69 Mio. m³) in der Großen Röder im langjährigen Mittel 0,19 m³/s dem Speicher Radeburg II (Stauraum 8,9 Mio. m³, davon 3,48 Mio. m³ gewöhnlicher Hochwasserrückhalteraum) im Dobrabach zugeleitet (Abb. 4.5-2 und 4.5-7). Aus dem Speicher Radeburg II erfolgt die Zuschusswasserabgabe über den Dobrabach in die 9 km unterhalb fließende Große Röder. Darüber hinaus wird das durch Infiltration angereicherte Grundwasser unmittelbar unterhalb des Speichers Radeburg II seit 1988 für die Trinkwasserversorgung genutzt (40 l/s).

Ab Mündung der Großen Röder durchfließt die Schwarze Elster auf einer Länge von 67 km mit einem mittleren Gefälle von 0,26 ‰ die Elsterniederung und mündet bei Elbe-km 198,5 oberhalb von Wittenberg/L. in die Elbe (Abb. 4.5-8).



Abb. 4.5-7: Speicher Radeburg II



Abb. 4.5-8: Mündung der Schwarzen Elster in die Elbe

4.5.2 Braunkohlengebiete im Flussgebiet der Schwarzen Elster

Die Braunkohlenvorkommen befinden sich hauptsächlich im Gebiet der mittleren Schwarzen Elster zwischen dem Raum um Hoyerswerda und dem Raum Lauchhammer-Elsterwerda, wobei die Gegend um Senftenberg den Schwerpunkt bildet. Weitere kleine Braunkohlenfelder im Gebiet der Kleinen Elster waren schon bis zur Mitte des 20. Jhds. abgebaut (Abb. 4.5-1).

Erste Braunkohlenfunde gab es 1789 in der Gegend um Lauchhammer. Als Beginn des industriellen Braunkohlenabbaus gilt aber das Jahr 1835. Anfangs erfolgte der Abbau in kleinen offenen Gruben, später auch unter Tage. 1864 nahmen mehrere Gruben bei Senftenberg den Betrieb auf. In rascher Folge stieg die Anzahl kleiner Gruben an und 1888 bestand im Senftenberger Revier der erste Tagebau. 1890 wurden im Gebiet der Schwarzen Elster 2,5 Mio. t und 1913 bereits 19 Mio. t Rohbraunkohle gefördert. Die heutigen über 40 kleinen Tagebauseen, größtenteils sehr sauer mit pH-Werten unter 3 und meist nur wenige Hektar groß, sind überwiegend in den ersten Jahrzehnten des 20. Jhds. entstanden.

Durch die Entwicklung und den Einsatz neuer Technik konnte die Kohlengewinnung ständig gesteigert werden. 1924 kam im Tagebau Agnes bei Plessa, westlich von Lauchhammer, die weltweit erste Abraumförderbrücke zum Einsatz.

Die Einleitung von Sumpfungswasser in die Schwarze Elster stieg immer mehr an und erreichte 1941 fast 10 m³/s (Abb. 4.9-24). Durch den Rückgang der Kohlenproduktion im 2. Weltkrieg und in der Nachkriegszeit sank die Einleitung von Sumpfungswasser bis auf 5 m³/s, erhöhte sich ab 1955 wieder und betrug durch die Erschließung und den Betrieb mehrerer Großtagebaue in den 60er Jahren des 20. Jhds. über 10 m³/s. Zugleich vergrößerte sich das Grundwasserabsenkungsgebiet erheblich (Abb. 4.9-25).

Allein aus den fünf Großtagebauen Niemtsch (Senftenberger See), Koschen, Skado, Sedlitz und Meuro (Abb. 4.9-26) wur-

den über 1 Mrd. t Rohbraunkohle gefördert. Mit der Stilllegung des Tagebaues Meuro 1999 endete der Braunkohlenabbau im Gebiet der Schwarzen Elster.

Der 1966 stillgelegte Tagebau Niemtsch wurde von 1967 bis 1971 mit Wasser der Schwarzen Elster geflutet und heißt seitdem Senftenberger See. Die Wasserfläche beträgt 1 066 ha, die maximale Tiefe 23 m und das Wasservolumen 160 Mio. m³. Er dient der Naherholung und als Wasserspeicher. Die gleichen Funktionen hat der Knappensee bei Hoyerswerda, der mit einer Wasserfläche von 279 ha und einer maximalen Tiefe von 11 m schon ab 1949 zum Wasserspeicher ausgebaut wurde. Auch der 1972 stillgelegte Tagebau Koschen wurde zum Wasserspeicher ausgebaut, ist aber stark versauert und kann deshalb gegenwärtig nicht genutzt werden (Tab. 4.5-3).

Neben der Naherholung dienen diese Speicher vorwiegend der Niedrigwasseraufhöhung in der Schwarzen Elster, der Brauchwasserbereitstellung und dem Hochwasserschutz. Oberhalb von Senftenberg besteht zwischen den Speichern Koschen und Niemtsch über einen Stollen unter der Schwarzen Elster eine Verbindung mit Schützentafelverschluss. Über

ein Verteilerwehr in der Schwarzen Elster bei Kleinkoschen (Abb. 4.5-9) kann über zwei Einlaufbauwerke in den Stollen entweder Wasser in beide Speicher oder wahlweise nach Schließung des Stollenschützes nur in einen Speicher eingeleitet werden.

Durch die Flutung der stillgelegten Tagebaue in der Niederlausitz (siehe Kapitel 4.9.3) entstehen in der von Natur aus seenarmen Altmoränenlandschaft viele Seen, die neben ihrer wasserwirtschaftlichen Bedeutung günstige Voraussetzungen für eine touristische Nachnutzung bieten. Für die sogenannte Restlochkette – Tagebauseen Sedlitz, Skado, Koschen – mit einer voraussichtlichen Wasserfläche von über 30 km² (Abb. 4.5-10) ist bereits mit dem Bau schiffbarer Verbindungen zwischen den Seen begonnen worden. Im Dezember 2003 wurde der 1 150 m lange schiffbare Überleitungskanal zwischen den Tagebauseen Skado und Koschen eingeweiht. Auch eine speicherwirtschaftliche Nutzung der Restlochkette ist vorgesehen.

Darüber hinaus sieht ein Nachnutzungskonzept für die „Erweiterte Restlochkette“ unter Einbeziehung des Senftenberger Sees und der entstehenden Seen in den ehemaligen Tagebauen Meuro, Bluno, Spreetal-Nordost (Abb. 4.9-26 und Tab. 4.9-7) den Bau von zwölf schiffbaren Verbindungen zwischen zehn Seen mit einer Gesamtseefläche von ca. 65 km² vor. Wegen der unterschiedlichen Wasserspiegeln sind allerdings mehrere Schleusen erforderlich.



Abb. 4.5-9: Verteilerwehr in der Schwarzen Elster oberhalb Senftenberg mit Einlaufbauwerken in den Stollen zwischen den Speichern Koschen und Niemtsch

Tab. 4.5-3: Tagebauseen mit bewirtschaftbarer Speicherlamelle

Lfd. Nr.	Bezeichnung des Speichers / Wasserlauf	Bewirtschaftbare Speicherlamelle [Mio. m ³]	davon gewöhnlicher Hochwasserrückhalte-raum [Mio. m ³]	Inbetriebnahme [Jahr]
1	Knappenrode (Knappensee) / im Nebenschluss des Hoyerswerdaer Schwarzwassers	6,38	1,41	1953
2	Niemtsch (Senftenberger See) / im Nebenschluss der Schwarzen Elster	16,20	2,91	1974
3	Koschen (Geierswalder See) / im Nebenschluss der Schwarzen Elster	6,10	-	1985
	Summe	28,68	4,32	



Abb. 4.5-10: Blick auf die Restlochkette Sedlitz-Skado-Koschen

Die Vereinigte Mulde – allgemein nur Mulde genannt – entwässert mit ihren beiden Quellflüssen, der Freiburger und der Zwickauer Mulde, den größten Teil des ca. 130 km langen Erzgebirges. Im Unterschied zum steilen Südhang ist der Nordteil des Erzgebirges bis zu einer Linie Zwickau-Chemnitz-Freiberg eine allmählich abfallende Hochfläche mit meist tief eingeschnittenen Tälern (Abb. 4.6-1).

Die Freiburger Mulde entspringt auf tschechischem Gebiet im Osterzgebirge. Sie ist von der Quelle bis zum Zusammenfluss mit der Zwickauer Mulde 123,9 km lang. Bei einem Höhenunterschied von 719 m beträgt ihr mittleres Gefälle 5,8 ‰. Bis zur Mündung ihres Hauptnebenflusses Zschopau fließt die Freiburger Mulde nahe ihrer östlichen Einzugsgebietsgrenze überwiegend in nordwestliche Richtung, in ihrem Unterlauf in westlicher Richtung.

Die Zwickauer Mulde ist von der Quelle oberhalb der Talsperre Muldenberg im Westerzgebirge bis zum Zusammenfluss mit der Freiburger Mulde 166,7 km lang. Bei einem Höhenunterschied von 639 m beträgt das mittlere Gefälle 3,8 ‰. Die Zwickauer Mulde durchfließt zunächst mit unterschiedlicher Richtung das Sächsische Bergland und das Erzgebirgische Becken und verläuft ab Zwickau in nördlicher bis nordöstlicher Richtung nahe ihrer westlichen Einzugsgebietsgrenze.

Die Vereinigte Mulde ist 147,0 km lang. Bei einem Höhenunterschied von 75 m vom Zusammenfluss der Freiburger und Zwickauer Mulde bis zur Mündung in die Elbe bei Dessau (Elbe-km 259,6) beträgt ihr mittleres Gefälle 0,5 ‰. Die längste Fließstrecke der Mulde ergibt sich von der Quelle der Zwickauer Mulde bis zur Muldemündung mit 313,7 km.

Vom Gesamteinzugsgebiet der Mulde mit 7 400 km² entfallen 2 985 km² auf das Einzugsgebiet der Freiburger Mulde, 2 360 km² auf das der Zwickauer Mulde und 2 055 km² auf das

der Vereinigten Mulde. Weil die tschechisch-deutsche Grenze fast im gesamten Erzgebirge nördlich der Kammlinie verläuft, liegen 310 km² des Einzugsgebiets der Freiburger Mulde und 78 km² des Einzugsgebiets der Zwickauer Mulde, zusammen also 388 km², in der Tschechischen Republik (Abb. 2.2-2). Deshalb befinden sich die höchsten Berge auf dem von Ost nach West ansteigenden Erzgebirgskamm mit Ausnahme von Fichtelberg (1 214 m ü. NN) und Auersberg (1 018 m ü. NN) auch auf tschechischem Gebiet: Loučná (956 m ü. NN), Jelení hora (994 m ü. NN) und Klínovec (1 244 m ü. NN).

71 % (5 250 km²) des gesamten Muldegebiets sind Gebirgs- und Hügelland. 29 % zählen zum Flachland, weil schon im Mulde-Lößhügelland und im Mittelsächsischen Lößhügelland Höhen von 200 m ü. NN teilweise unterschritten werden.

Die mittlere jährliche Lufttemperatur erreicht auf den höchsten Bergen kaum 3 °C (Klínovec 2,6 °C, Fichtelberg 3 °C), steigt mit abnehmender Geländehöhe allmählich an und beträgt im Flachland 8 bis 9 °C.

Die mittleren jährlichen Niederschlagshöhen weisen große Unterschiede auf. Sie betragen in den oberen Lagen des Erzgebirges 900 bis über 1 000 mm, vereinzelt bis 1 200 mm (Fichtelberg 1 118 mm, Talsperre Carlsfeld 1 200 mm). Die häufigen Nordwest- und Nordwetterlagen, die am Erzgebirge gestaut werden, führen in Höhen von 400 bis 500 m ü. NN zu jährlichen Niederschlägen von 700 bis 850 mm und selbst in der Düben-Dahlener Heide in nur etwa 100 m ü. NN werden 550 bis 600 mm erreicht. Die mittlere jährliche Niederschlagshöhe für das gesamte Einzugsgebiet der Mulde beträgt ca. 770 mm.

Die natürlichen Abflussverhältnisse im Einzugsgebiet der Mulde werden durch eine Vielzahl von anthropogenen Eingriffen beeinflusst. Dazu gehören:

- 36 Talsperren mit einem Inhalt von jeweils über 0,3 Mio. m³ mit einem Stauraum von 272,4 Mio. m³, davon 21,1 Mio. m³ gewöhnlicher Hochwasserrückhalteraum, von denen zwei Talsperren mit 72,0 Mio. m³ Stauraum in der Tschechischen Republik liegen
- bergbauliche Anlagen wie Kunstteichsysteme, Wasserüberleitungen und Wasserableitungsstollen infolge des Bergbaus im Erzgebirge
- Erschließung von Braunkohlenfeldern im Mittellauf der Vereinigten Mulde im Raum Delitzsch-Bitterfeld-Wolfen
- Flussverlegungen, -begradigungen und -eindeichungen im Interesse des Hochwasserschutzes und der Braunkohlenförderung
- Wasserüberleitungen innerhalb des Einzugsgebiets der Mulde und Wasserableitungen in die benachbarten Flussgebiete Pleiße, Wilde Weißeritz, Eger und Elbe zur Trink- und Brauchwasserversorgung
- viele Wehre, davon 51 in der Freiburger Mulde, 53 in der Zwickauer Mulde und zwölf in der Vereinigten Mulde

Zur Charakterisierung der Abflussverhältnisse sind die hydrologischen Daten von zwölf ausgewählten Pegeln in den Tabellen 4.6-1 und 4.6-2 enthalten. Für jeweils zwei Pegel an der Freiburger, Zwickauer und Vereinigten Mulde sowie für sechs Pegel an Nebenflüssen ist der Jahresgang des Abflusses graphisch dargestellt (Abb. 4.6-3). Die Lage der meisten Pegel ist aus Abbildung 4.6-2 zu ersehen.

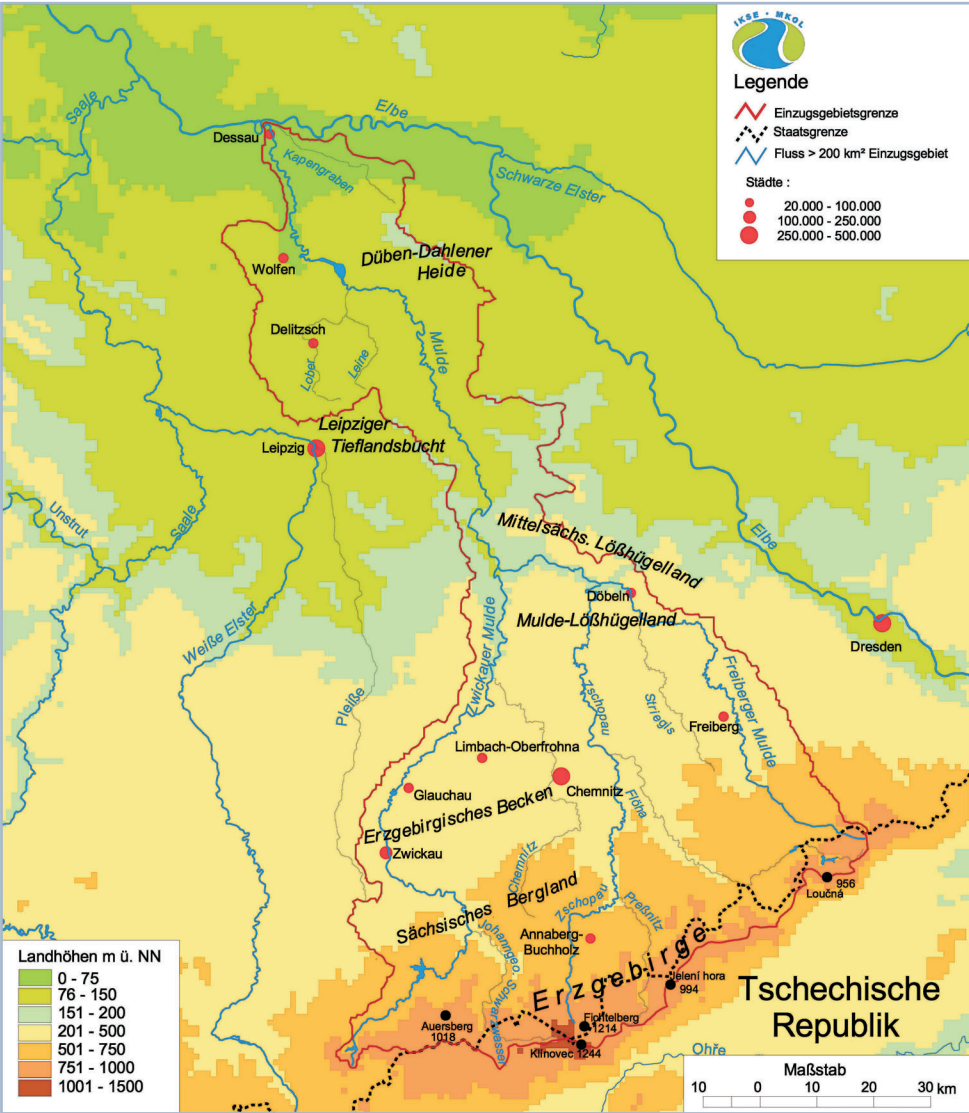


Abb.4.6-1: Topographische Karte des Einzugsgebiets der Mulde

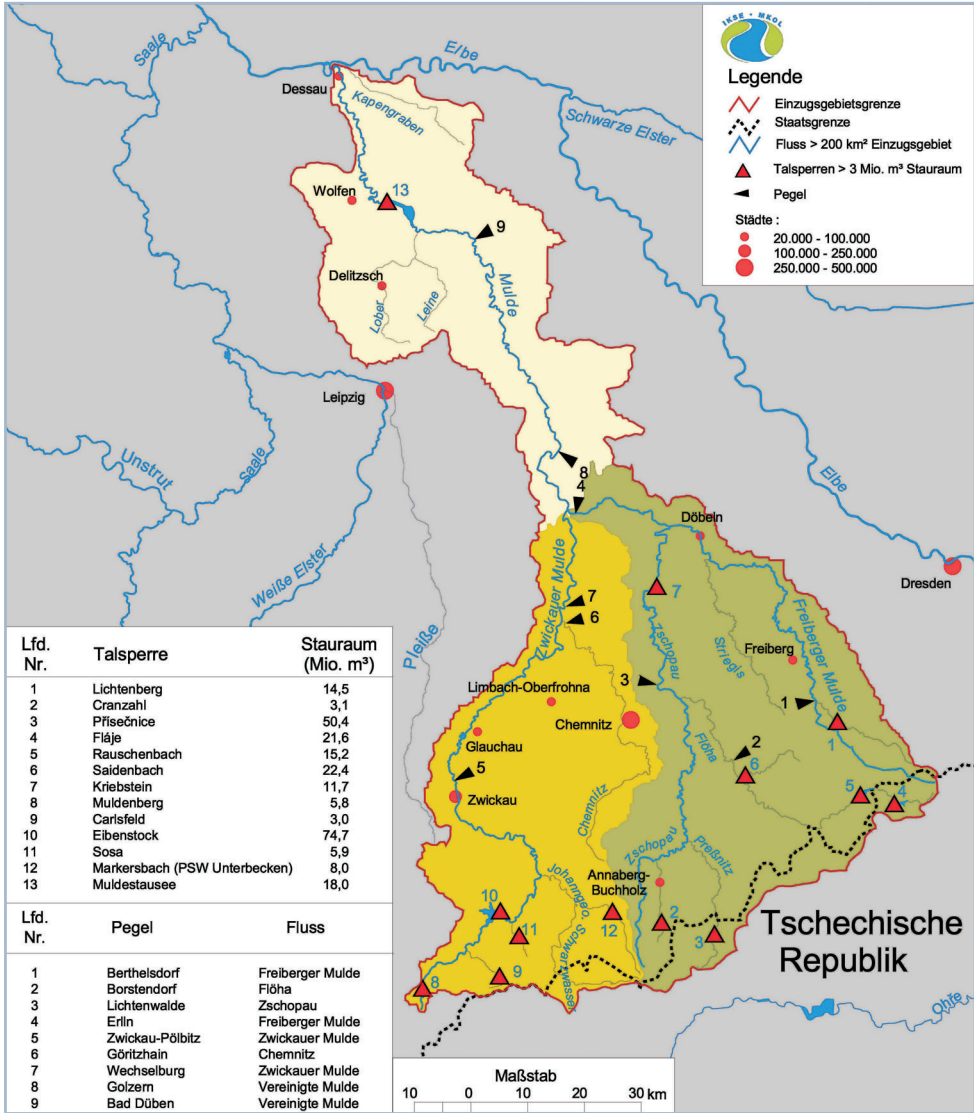


Abb. 4.6-2: Hydrographische Karte des Einzugsgebiets der Mulde mit Teileinzugsgebieten über 2 300 km²

Tab. 4.6-1: Hydrologische Grunddaten langjähriger Abflussreihen von ausgewählten Pegeln im Einzugsgebiet der Mulde (Die Nummern der Pegel entsprechen den Pegelnummern der Abbildung 4.6-2)

Nr.	Gewässer	Pegel	Flusskilometer	Einzugsgebietsfläche (AE)	Mittlerer Abfluss (MQ)	Mittlerer Niedrigwasserabfluss (MNQ)	Mittlerer Hochwasserabfluss (MHQ)	Jahresreihe
			[km]	[km ²]	[m ³ /s]	[m ³ /s]	[m ³ /s]	
1.	Freiberger Mulde	Berthelsdorf	89,5 ¹⁾	244	3,54	0,671	30,5	1936 - 2000
	Striegis/Freiberger Mulde	Niederstriegis	0,2 ³⁾	283	2,69	0,325	27,2	1926 - 2000 (ohne 1941)
	Zschopau/Freiberger Mulde	Hopfgarten	82,8 ³⁾	529	7,95	1,44	78,1	1911 - 2000 (ohne 1929)
2.	Flöha/Zschopau-Freiberger Mulde	Borstendorf	23,6 ⁴⁾	644	9,14	1,66	85,8	1929 - 2000
3.	Zschopau/Freiberger Mulde	Lichtenwalde	45,6 ³⁾	1 575	21,7	3,54	209	1910 - 2000
4.	Freiberger Mulde	ErlIn	1,5 ¹⁾	2 982	35,3	6,46	303	1961 - 2000
	Schwarzwasser/Zwickauer Mulde	Aue	1,0 ³⁾	362	6,26	1,30	63,4	1928 - 2000
5.	Zwickauer Mulde	Zwickau-Pölbitz	83,8 ¹⁾	1 030	14,3	3,02	124	1928 - 2000 (ohne 1932)
6.	Chemnitz/Zwickauer Mulde	Göritzchain	1,2 ³⁾	532	6,25	1,62	67,8	1910 - 2000
7.	Zwickauer Mulde	Wechselburg	25,8 ¹⁾	2 107	26,0	6,34	206	1910 - 2000
8.	Vereinigte Mulde	Golzern	128,4 ²⁾	5 442	61,6	13,0	497	1911 - 2000 (ohne 1933)
9.		Bad Düben	68,1 ⁴⁾	6 171	63,9	15,2	450	1961 - 2000

- 1) Flusskilometer bis zur Vereinigung von Freib. und Zwickauer Mulde
 2) Flusskilometer bis zur Mündung in die Elbe
 3) Flusskilometer bis zur Mündung in die Freib. bzw. Zwickauer Mulde
 4) Flusskilometer bis zur Mündung in die Zschopau

Tab. 4.6-2: Charakteristik des Abflussregimes von ausgewählten Pegeln im Einzugsgebiet der Mulde (Die Nummern der Pegel entsprechen den Pegelnummern der Abbildung 4.6-2)

Nr.	Gewässer	Pegel	Mittlere Abflussspende [l/s · km ²]	Mittlerer Abfluss				MNQ:MQ	MQ:MHQ
				Winterhalbjahr		Sommerhalbjahr			
				[m ³ /s]	[%]	[m ³ /s]	[%]		
1.	Freiberger Mulde	Berthelsdorf	14,5	4,51	64	2,58	36	1 : 5,3	1 : 8,6
	Striegis/ Freiberger Mulde	Niederstriegis	9,5	3,68	68	1,71	32	1 : 8,3	1 : 10,1
	Zschopau/ Freiberger Mulde	Hopfgarten	15,0	9,72	61	6,21	39	1 : 5,5	1 : 9,8
2.	Flöha/Zschopau- Freiberger Mulde	Borstendorf	14,2	11,2	61	7,09	39	1 : 5,5	1 : 9,4
3.	Zschopau/ Freiberger Mulde	Lichtenwalde	13,8	27,1	62	16,4	38	1 : 6,1	1 : 9,6
4.	Freiberger Mulde	ErlIn	11,8	45,1	64	25,6	36	1 : 5,5	1 : 8,6
	Schwarzwasser/ Zwickauer Mulde	Aue	17,3	7,29	58	5,25	42	1 : 4,8	1 : 10,1
5.	Zwickauer Mulde	Zwickau-Pölbitz	13,9	16,8	59	11,8	41	1 : 4,7	1 : 8,7
6.	Chemnitz/ Zwickauer Mulde	Göritzchain	11,7	7,58	61	4,94	39	1 : 3,9	1 : 10,8
7.	Zwickauer Mulde	Wechselburg	12,3	30,2	58	21,9	42	1 : 4,1	1 : 7,9
8.	Vereinigte Mulde	Golzern	11,3	75,6	61	47,9	39	1 : 4,7	1 : 8,1
9.		Bad Düben	10,3	81,1	63	46,9	37	1 : 4,2	1 : 7,1

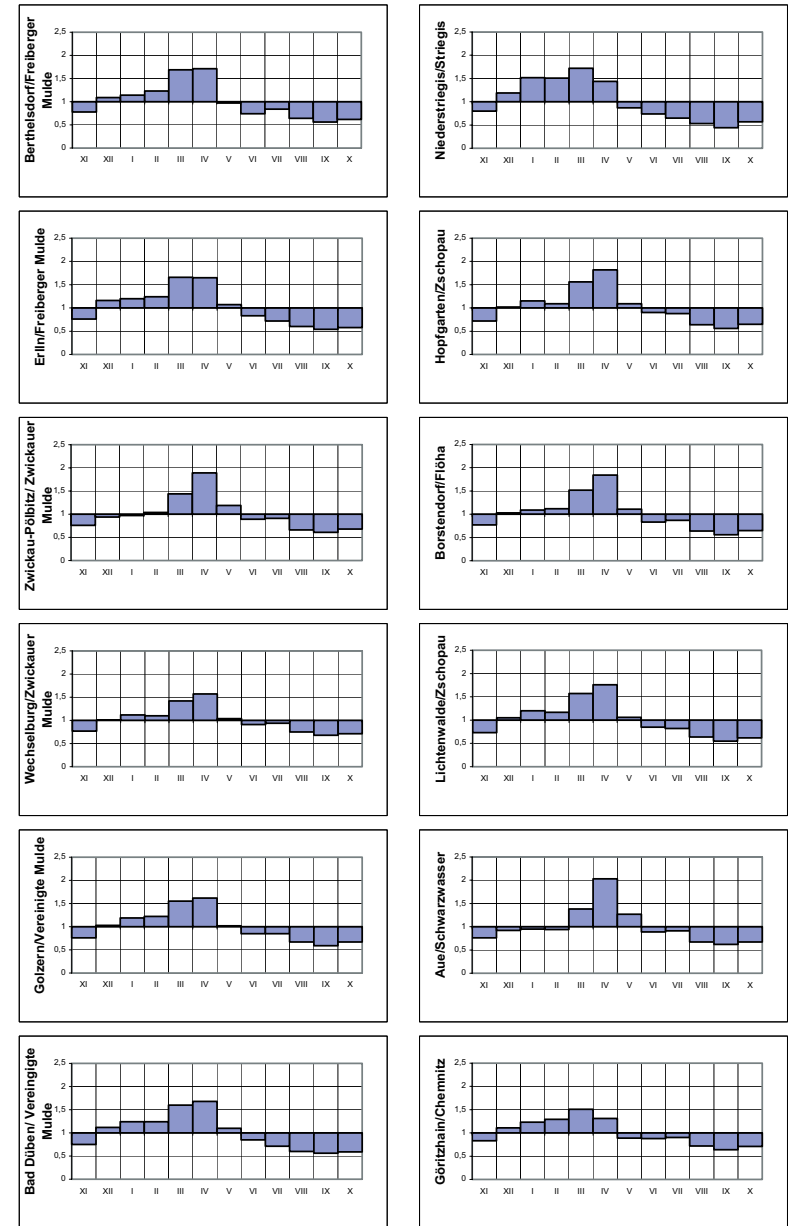


Abb. 4.6-3: Jahresgang des Abflusses an ausgewählten Pegeln im Einzugsgebiet der Mulde dargestellt als Quotient aus langjährigen Mittelwerten für Monate und Jahr ($MQ_{\text{Monat}}/MQ_{\text{Jahr}}$)

Auf Grund der Daten in vorgenannten Tabellen und in *Abbildung 4.6-3* werden die Abflussverhältnisse wie folgt bewertet:

■ Der Jahresgang des mittleren Abflusses am Pegel Berthelsdorf/Freiburger Mulde ist charakteristisch für das Osterzgebirge. Das allmählich ansteigende Gelände bedingt in den meisten Jahren ein schrittweises Abtauen der Schneedecke, das in den Kammlagen erst im April endet. Im Mai liegt der Abfluss bereits unter dem Jahresdurchschnitt. Das Einzugsgebiet der Striegis reicht nicht bis in die höheren Lagen des Osterzgebirges. Deshalb tritt bei schon hohem Abfluss ab Januar das Maximum im März auf und ab Mai sinken die Monatsabflüsse sehr tief. Die Abflussverteilung Winter-/Sommerhalbjahr beträgt am Pegel Niederstriegis 68 : 32 %.

An den Pegeln der Zschopau und Flöha ist der Abfluss von Dezember bis Februar klein, steigt erst im März deutlich an, erreicht im April sein Maximum und liegt im Mai noch über dem Jahresdurchschnitt. Die Ursache ist das späte Abtauen der Schneedecke. Der Zufluss aus der Zschopau, der an ihrer Mündung weitaus größer ist als der der Freiburger Mulde, prägt den Jahresgang des Pegels Erlin.

Charakteristisch für das Westerzgebirge ist der Jahresgang am Pegel Aue/Schwarzwasser. Bis Februar liegen die Monatsabflüsse unter dem Jahresdurchschnitt. Das noch spätere Abtauen der Schneedecke als auf den Kammlagen des Ost- und Mittelerzgebirges führt zu einem herausragenden Abflussmaximum im April und zu relativ hohem Maiabfluss. Diese Abflusscharakteristik zeigt sich in abgeschwächter Form auch noch an den unterhalb gelegenen Pegeln der Zwickauer Mulde. Die Abflussverteilung Winter-/Sommerhalbjahr beträgt 58 : 42 %.

Auch in der Vereinigten Mulde ist der Abfluss im April höher als im März und der Maiabfluss liegt noch über dem Jahresdurchschnitt.

Mit Ausnahme der Pegel Niederstriegis, Erlin und Bad Düben, hier spielen Effekte der Länge der Beobachtungsreihe eine

Rolle, weist der Jahresgang des Abflusses im Juli eine deutliche Unterbrechung des sonst stetigen Abflussrückgangs im Sommerhalbjahr auf. Das ist auf hohe Abflüsse als Folge ergiebigen Regens zurückzuführen, der an der Nordabdachung des Erzgebirges überwiegend im Monat Juli auftritt.

■ Die mittlere Abflusssspende an den in 350 bis 400 m ü. NN gelegenen Pegeln Berthelsdorf, Hopfgarten, Borstendorf und Aue beträgt 14,2 bis 17,3 l/s · km². Ab Höhenlagen um 600 m ü. NN bis in die Kammlagen des Erzgebirges steigt die Abflusssspende von 20 bis auf 30 l/s · km² an. Durch die hohen Abflüsse aus den oberen Einzugsgebieten der Freiburger und Zwickauer Mulde beträgt die Abflusssspende vor ihrer Vereinigung an den Pegeln Erlin und Wechselburg etwa 12 l/s · km² und selbst in der Vereinigten Mulde erreicht sie noch über 10 l/s · km². Typisch für das untere Muldegebiet ist aber eine Abflusssspende von 2 bis 3,5 l/s · km².

■ Das Verhältnis MNQ : MQ liegt mit Ausnahme des Pegels Niederstriegis (1 : 8,3) zwischen 1 : 4 und 1 : 6. Es ist an einigen Pegeln durch Niedrigwasseraufhöhung aus den Talsperren unnatürlich verringert. Auch im Verhältnis MQ : MHQ ist an den Pegeln der Freiburger Mulde, Flöha, Zschopau und Zwickauer Mulde der Talsperreneinfluss teilweise erkennbar. Ein Verhältnis von über 1 : 10 ist nur an den nicht durch Talsperren beeinflussten Pegeln Niederstriegis, Aue und Göritzahn zu verzeichnen.

4.6.1 Die Freiburger Mulde

Die Freiburger Mulde entspringt im Osterzgebirge als Moldavský potok südöstlich der Gemeinde Moldava in einer Höhe von 850 m ü. NN. Sie fließt zunächst 3,5 km auf tschechischem Gebiet, ist dann auf 0,8 km grenzbildend und erreicht nach weiteren 119,6 km die Zwickauer Mulde (*Abb. 4.6-1*). Ihr mittleres Gefälle beträgt bis Muldenhütten, einem Ortsteil von Freiberg (44 000 Einwohner), 13 ‰, unterhalb Freiberg bis zur Vereinigung mit der Zwickauer Mulde 2,5 ‰.

Durch einige kleine Nebenflüsse, zu denen als größte **Bobritsch** (182 km²) und **Striegis** (286 km²) gehören, wächst ihr Einzugsgebiet bis unterhalb Döbeln (22 000 Einwohner) nur auf 984 km² an. Dort mündet die Zschopau, deren Einzugsgebiet von 1 844 km² fast doppelt so groß ist wie das der Freiburger Mulde. Der größte Nebenfluss der Zschopau, die Flöha, gilt allgemein als naturräumliche Grenze zwischen Ost- und Mittelerzgebirge (*Abb. 4.6-1*).

Das Wasser der Erzgebirgsflüsse erlangte schon im Mittelalter eine herausragende wirtschaftliche Bedeutung. Für den im 12. Jhd. im Freiburger Raum begonnenen Erzbergbau, der sich in der Folgezeit immer mehr ausdehnte und im 16. Jhd. 716 Gruben umfasste, stieg der Wasserbedarf ständig an. Das Wasser wurde zum Antrieb von Wasserrädern für das Heben von Grubenwasser aus den bis 600 m tiefen Schächten, für Pochwerke zum Zerkleinern der Silber-, Zink- und Bleierze und für die Erzwäsche benötigt.

Schon bald entstanden erste Teiche und Wassergräben zu den Gruben und Bergwerken. Der 1524 errichtete Untere Großhartmannsdorfer Teich (*Abb. 4.6-4*), der heute einen Stauraum von 1,58 Mio. m³ aufweist, markiert den Baubeginn der **Revierwasserlaufanstalt (RWA) Freiberg**, die am Standort der heutigen Talsperre Rauschenbach beginnt. Bis 1825 entstand ein System aus 10 Teichen, 54 km Kunstgräben und 60 km Stollen (sog. Röschen), durch das das Wasser im freien Gefälle bis in die Bereiche der Gruben und Bergwerke geleitet werden konnte (*Abb. 4.6-5*).

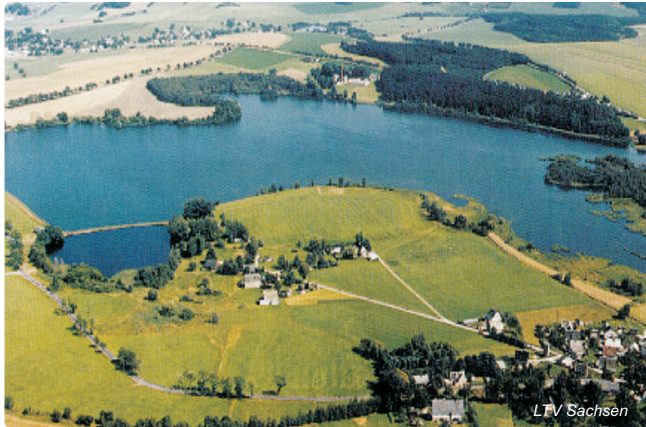


Abb. 4.6-4: Unterer Großhartmannsdorfer Teich

Die RWA wird noch heute zur Trink- und Brauchwasserversorgung genutzt. Sie ist durch Einbeziehung in **Wasserüberleitungen** ein wichtiges Bindeglied zwischen den Talsperren- und Trinkwasserversorgungssystemen des Mittel- und Osterzgebirges.

Von der Talsperre Rauschenbach (Stauraum 15,20 Mio. m³, davon 4,00 Mio. m³ gewöhnlicher Hochwasserrückhalteraum) können unter Nutzung der RWA, des Haselbaches und des Saldenbaches über 0,70 m³/s in die Talsperre Saldenbach (Stauraum 22,38 Mio. m³, davon 1,00 Mio. m³ gewöhnlicher Hochwasserrückhalteraum) im freien Gefälle übergeleitet werden (Abb. 4.6-5). Von dort wird das Wasser zur Talsperre Neunzehnhain I (Stauraum 0,54 Mio. m³) (Abb. 4.6-6) und durch ein schon vor 100 Jahren errichtetes Überleitungssystem zur Talsperre Einsiedel (Stauraum 0,31 Mio. m³) im Einzugsgebiet der Zwickauer Mulde geleitet (Abb. 4.6-7).

Die 13,2 km lange Wasserüberleitung, wovon 9,8 km Stollen sind, überquert die Zschopau und eine Eisenbahnlinie mit einer 21 m hohen und 147 m langen Rohrbrücke (Abb. 4.6-8).

Durch diesen Verbund von neun Talsperren, einschließlich drei Teichen der RWA, verfügt das Talsperrensystem Mittlerzgebirge über einen Stauraum von 43,66 Mio. m³ (da-

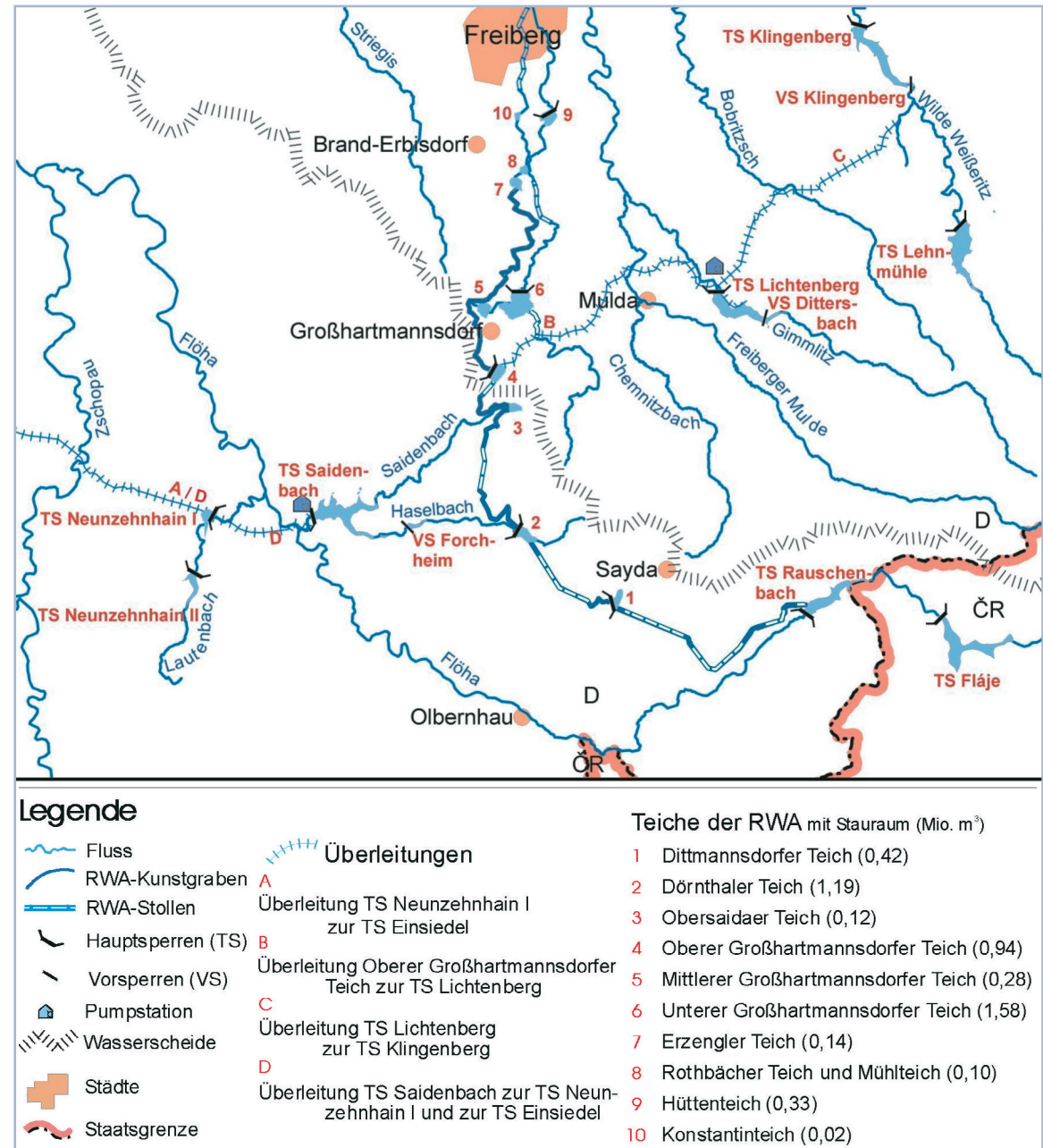


Abb. 4.6-5: Revierwasserlaufanstalt (RWA) Freiberg

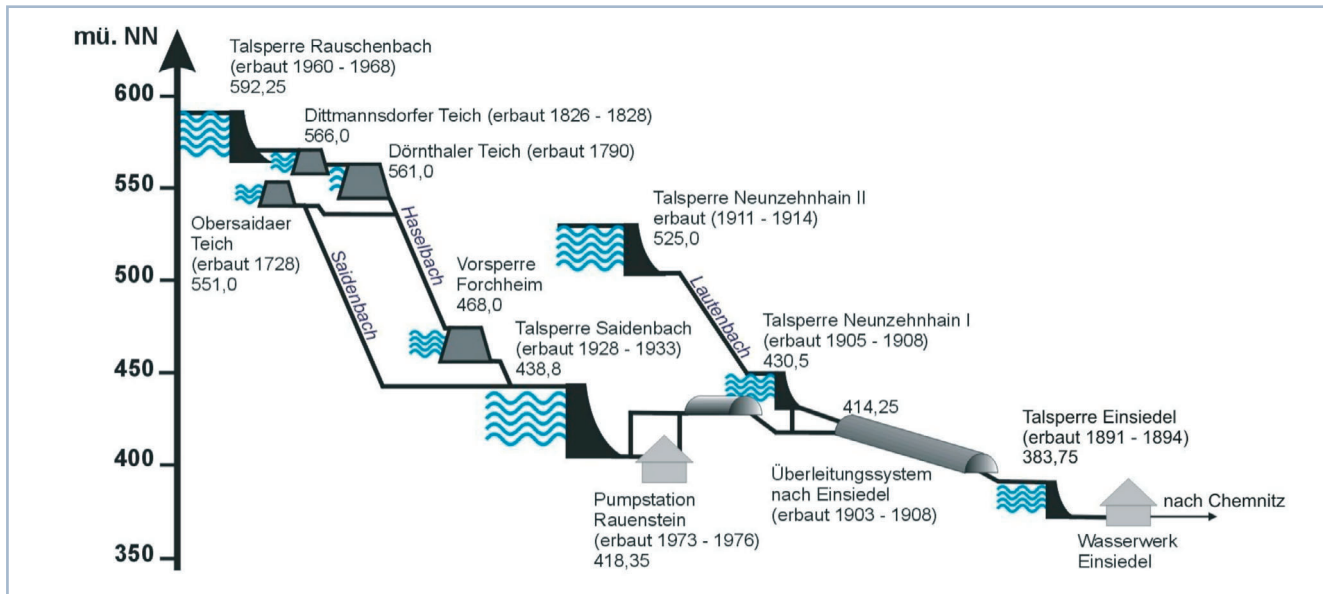


Abb. 4.6-6: Stauhöhenübersicht im Talsperrensystem Mittelerzgebirge

von 5,09 Mio. m³ gewöhnlicher Hochwasserrückhalteraum). Es dient hauptsächlich der Trinkwasserversorgung im Raum Chemnitz.

Um die Bewirtschaftung der Talsperren im Osterzgebirge flexibler zu gestalten, wurde vom Oberen Großhartmannsdorfer Teich (Abb. 4.6-5) eine 12,0 km lange Rohrleitung bis zur Pumpstation am Fuße der Talsperre Lichtenberg (Stauraum 14,45 Mio. m³, davon 3,00 Mio. m³ gewöhnlicher Hochwasserrückhalteraum) und von dort in die Talsperre selbst (1,6 km) verlegt. Damit kann Wasser von der Talsperre Rauschenbach über die RWA bis in die Talsperre Lichtenberg übergeleitet werden. Von der Pumpstation an der Talsperre Lichtenberg besteht darüber hinaus eine 13,0 km lange Druckrohrleitung zur Wilden Weißeritz, um maximal 0,35 m³/s für die Trinkwasserversorgung von Freital und Dresden überzuleiten (siehe Kapitel 4.4.2).

Neben der RWA gibt es im Freiburger Raum noch andere wasserwirtschaftliche Anlagen, die dem Erzbergbau ge-

schuldet sind. Dazu gehört der 13,9 km lange **Rothschönberger Stollen**, der von 1844 bis 1877 zur Entwässerung des 120 km langen Stollensystems im Freiburger Bergbaurevier errichtet wurde. Noch heute sorgt er mit einem mittleren Abfluss von 0,70 m³/s für die Entwässerung der ehemaligen Gruben. Der Ausgang des Stollens liegt unterhalb der Gemeinde Rothschönberg an der Triebisch (Abb. 4.6-9), die in Meißen in die Elbe mündet.

Im Drei-Brüder-Schacht bei Freiberg wurden zwei Kavernenkraftwerke gebaut. Das 1914 in Betrieb genommene sogenannte Unterwerk war das erste **Kaver-**



Abb. 4.6-7: Talsperre Einsiedel, zweitälteste Gewichtstaumauer Deutschlands



Abb. 4.6-8: Rekonstruierte Rohrbrücke über die Zschopau bei Waldkirchen



Abb. 4.6-9: Mundloch des Rothschönberger Stollens mit Abfluss in die Triebisch

nenkraftwerk der Welt. Es hatte mit vier Turbinen eine Leistung von 2,4 MW, ab 1941 von 3,7 MW, und war bis 1972 in Betrieb. Für das notwendige Wasser sorgte ein Untertagespeicher von 1,50 Mio. m³ Stauraum, der durch das Abriegeln von mehreren ehemaligen Stollen entstand. Das Oberwerk (1,9 MW), das von 1922 bis 1968 bestand, erhielt das Wasser aus dem Konstantenteich (Abb. 4.6-5). Die Ableitung von beiden Kraftwerken erfolgte über den Rothschönberger Stollen.

An der Freiburger Mulde bei Halsbrücke unterhalb von Freiberg befinden sich noch Reste des ersten **Senkrechtschiffshebewerkes** der Welt (Abb. 4.6-10). Von 1789 bis 1868 wurden im Kahnhebehaus in senkrechter Trockenförderung mittels Flaschenzügen und Laufkatzen Erzkhäbe bis 8,5 m Länge aus der Freiburger Mulde in den 7,0 m höher gelegenen Werkskanal gehoben, der mit einer Länge von 5,4 km zu den Erzaufbereitungsanlagen führte.



Abb. 4.6-10: Reste des Schiffshebewerkes Halsbrücke

Die **Zschopau** (1 844 km²) ist der Hauptfluss im Mittelerzgebirge (Abb. 4.6-1). Sie ist 130 km lang und hat ein mittleres Gefälle von 7,4 ‰. Ihre Quelle liegt am Nordhang des Fichtelberges (Abb. 4.6-11) in einer Höhe von 1 125 m ü. NN.



Abb. 4.6-11: Fichtelberg (1 214 m. ü. NN) bei Oberwiesenthal

Im Gebiet des kleinen Nebenflusses Sehma befindet sich seit 1952 die Trinkwassertalsperre Cranzahl mit einem Stauraum von 3,10 Mio. m³, davon 0,12 Mio. m³ gewöhnlicher Hochwasserrückhalteraum (Abb. 4.6-2.). Der erste größere Zufluss ist die **Prísečnice/Preßnitz** (209 km²), die auf tschechischem Gebiet in einer Höhe von 875 m ü. NN ihre Quelle hat. In der Preßnitz liegt etwa 2 km oberhalb der tschechisch-deutschen Grenze die 1976 fertig gestellte Talsperre Přísečnice (Abb. 4.6-12) mit einem Stauraum von 50,43 Mio. m³, davon 0,92 Mio. m³ gewöhnlicher Hochwasserrückhalteraum. Sie dient der Trinkwasserversorgung im Nordböhmischem Braunkohlen- und Industriegebiet (siehe Kapitel 4.3.3). 92,4 km² des Einzugsgebiets der Preßnitz liegen auf tschechischem Gebiet.

Im östlichen Teil des Erzgebirgischen Beckens mündet die **Flájský potok/Flöha** (795 km²) in die Zschopau. Ihr mittleres Gefälle beträgt 7,2 ‰ und ihr Einzugsgebiet ist etwas größer als das der Zschopau oberhalb der Mündung (729 km²). Die Quelle der Flöha befindet sich in einer Höhe von 848 m ü. NN südlich der Quelle der Freiburger Mulde auf tschechischem Gebiet (Abb. 4.6-1). Nach 17,1 km Lauflänge erreicht

sie die tschechisch-deutsche Grenze. Unmittelbar oberhalb der Grenze liegt die 1960 in Betrieb genommene Talsperre Fláje (Abb. 4.6-13) mit einem Stauraum von 21,60 Mio. m³, davon 0,35 Mio. m³ gewöhnlicher Hochwasserrückhalteraum. Sie dient ebenfalls der Trinkwasserversorgung im Nordböhmischen Braunkohlen- und Industriegebiet und gehört neben den Talsperren Rauschenbach und Saidenbach zu den drei größten Trinkwassertalsperren im Flussgebiet der Flöha (Abb. 4.6-2). Vom Einzugsgebiet der Flöha liegen 180,2 km² auf tschechischem Gebiet.

Am Standort des seit 1923 in Betrieb befindlichen Laufwasserkraftwerkes Mittweida (Abb. 4.6-14) mit einer Leistung von 1,0 MW war von 1928 bis 1988 das älteste **Pumpspeicher-Kraftwerk** im Einzugsgebiet der Elbe in Betrieb. Es hatte vom Oberbecken (0,13 Mio. m³) eine mittlere Fallhöhe von 118 m und erreichte eine Leistung von 1,5 MW. Die Kraftwerksanlagen sind heute gemeinsam mit den Anlagen des Laufwasserkraftwerkes technisches Denkmal.



Abb. 4.6-12: Talsperre Přisečnice



Abb. 4.6-13: Trinkwassertalsperre Fláje

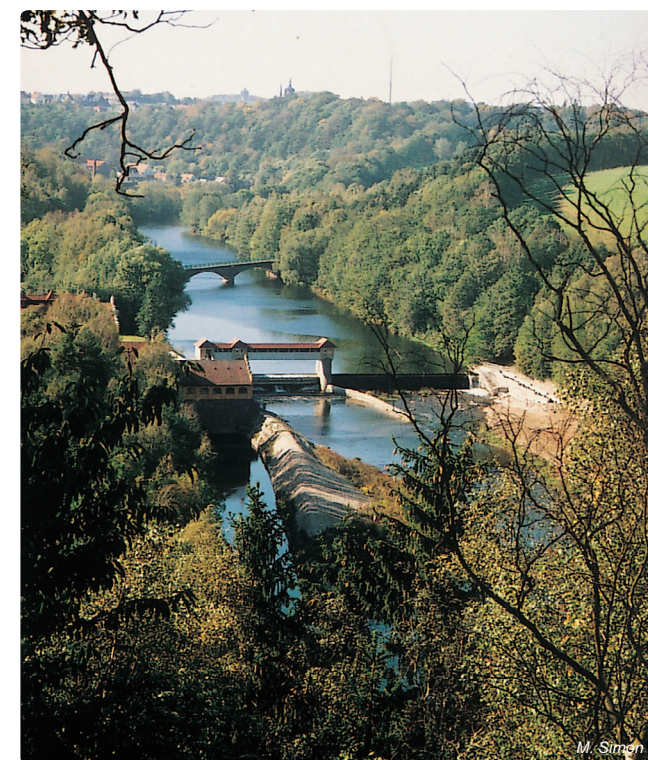


Abb. 4.6-14: Tal der Zschopau mit dem Wasserkraftwerk Mittweida

4.6.2 Die Zwickauer Mulde

Die Zwickauer Mulde entspringt im Westerzgebirge. Von den drei Flüssen oberhalb der Talsperre Muldenberg (Rote Mulde, Weiße Mulde und Saubach) gilt die Rote Mulde, die in einer Höhe von 770 m ü. NN östlich von Schöneck entspringt, als Hauptquellfluss.

Im oberen Einzugsgebiet der Zwickauer Mulde, die dort ein mittleres Gefälle von 8,8‰ aufweist, besteht ein Talsperrensystem, das für die großräumige Trinkwasserversorgung und den Hochwasserschutz im Westerzgebirge große Bedeutung erlangt hat (Abb. 4.6-16 und Tabelle 4.6-3).

Nach der Mündung der Flöha beträgt das Einzugsgebiet der Zschopau 1 528 km², davon 297,3 km² in der Tschechischen Republik. Bis zur Mündung in die Freiburger Mulde vergrößert es sich nur noch um 316 km². In ihrem Unterlauf liegt die 1930 fertiggestellte Talsperre Kriebstein (Stauraum 11,66 Mio. m³) mit einem Wasserkraftwerk (5,0 MW). Sie ist nach 1990 in Privatbesitz übergegangen und verfügt über keinen festgelegten gewöhnlichen Hochwasserrückhalteraum (Abb. 4.6-15). Unmittelbar vor der Vereinigung der Freiburger mit der Zwickauer Mulde steht das **Pumpwerk Sermuth**, das im Mittel 0,19 m³/s Wasser aus der Freiburger Mulde über eine 30,0 km lange Strecke – 10,3 km Rohrleitung und 19,7 km ausgebaute Wasserläufe – zum Speicher Witznitz im Einzugsgebiet der Pleiße überleitet (siehe Kapitel 4.7.6).

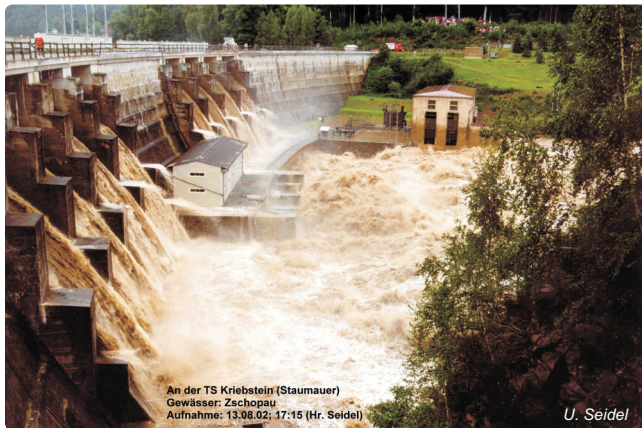


Abb. 4.6-15: Talsperre Kriebstein während des Hochwassers am 13.08.2002

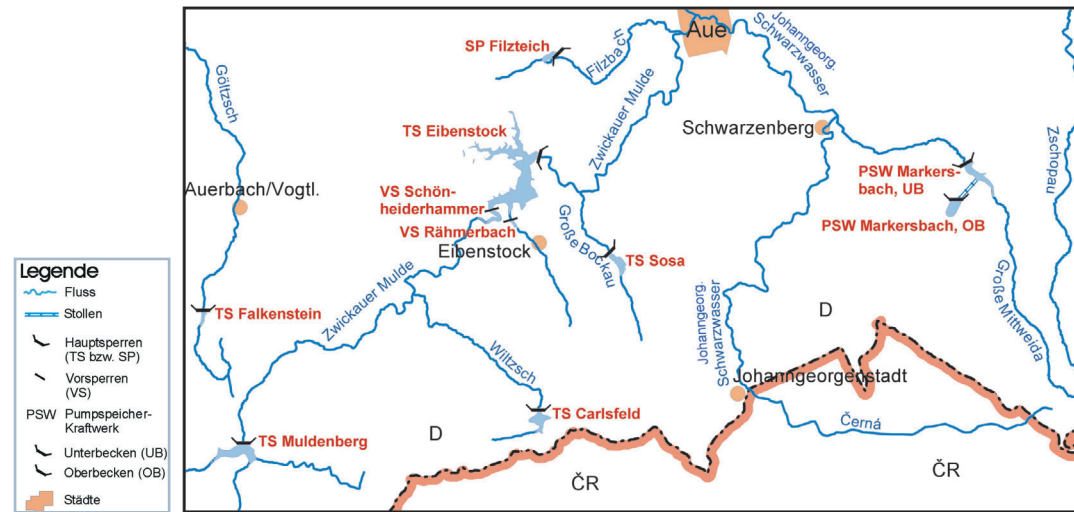


Abb. 4.6-16: Talsperrensystem im Einzugsgebiet der oberen Zwickauer Mulde

Tab. 4.6-3: Talsperren im Einzugsgebiet der oberen Zwickauer Mulde

Lfd. Nr.	Bezeichnung der Talsperre / Wasserlauf	Stauraum bei Vollstau [Mio. m ³]	davon gewöhnlicher Hochwasserrückhalteraum [Mio. m ³]	Inbetriebnahme [Jahr]
1.	Muldenberg / Zwickauer Mulde	5,83	0,85 (nach 2002)	1925
2.	Carlsfeld / Wiltsch	3,03	0,23	1930
3.	Vorsperre Schönheiderhammer / Zwickauer Mulde	2,54	—	1982
4.	Vorsperre Rämberbach / Rämberbach	0,48	—	1981
5.	Talsperre Eibenstock / Zwickauer Mulde	74,65	10,00 (nach 2002)	1982
6.	Sosa / Bockau	5,94	—	1952
	Summe	92,47	11,08	



Abb. 4.6-17: Talsperre Carlsfeld

Die unter Denkmalschutz stehende Talsperre Carlsfeld (Abb. 4.6-17) ist mit einer Höhe bei Vollstau von 904,00 m ü. NN die höchstgelegene Trinkwassertalsperre Deutschlands und auch im Einzugsgebiet der Elbe.

Etwa 28 km unterhalb der Talsperre Muldenberg befindet sich die Talsperre Eibenstock (Abb. 4.6-18), die größte Talsperre im gesamten Einzugsgebiet der Mulde. Über einen 19,5 km langen Stollen erfolgt die Rohwasserzuleitung bis zum Wasserwerk Burkersdorf, dem größten Wasserwerk für die Trinkwasserversorgung von Chemnitz (250 000 Einwohner) und Zwickau (100 000 Einwohner).

Ihre Bedeutung für den Hochwasserschutz im Tal der Zwickauer Mulde erwies sich beim Augusthochwasser 2002, als der Scheitelabfluss von 180 m³/s auf 55 m³/s abgesenkt werden konnte (Abb. 4.6-19). Durch die Talsperre Eibenstock wird auch ein ökologisch erforderlicher Mindestabfluss von 0,50 m³/s in der Zwickauer Mulde gesichert.

Im Sächsischen Bergland mündet in Aue (18 000 Einwoh-



Abb. 4.6-18: Talsperre Eibenstock

ner) das **Johanngeorgenstädter Schwarzwasser/Černá** (364 km²) in die Zwickauer Mulde. Das Johanngeorgenstädter Schwarzwasser entspringt westlich des Fichtelberges in einer Höhe von 1 125 m ü. NN. Nach 1,8 km verlässt es Deutschland und fließt 16,7 km auf tschechischem Gebiet, ehe es nach weiteren 30,9 km die Zwickauer Mulde erreicht. Deshalb liegen 77,8 km² seines Einzugsgebietes in der Tschechischen Republik.

Am größten Nebenfluss des Johanngeorgenstädter Schwarzwassers, der **Großen Mittweida** (166 km²), befindet sich das Pumpspeicher-Kraftwerk Markersbach (Abb. 4.6-16 und 4.6-20). Es ist mit einer Leistung von 1050 MW das zweitgrößte Pumpspeicher-Kraftwerk im Einzugsgebiet der Elbe (Tab. 4.7-6). Der Stauraum des Unterbeckens beträgt 7,97 Mio. m³.

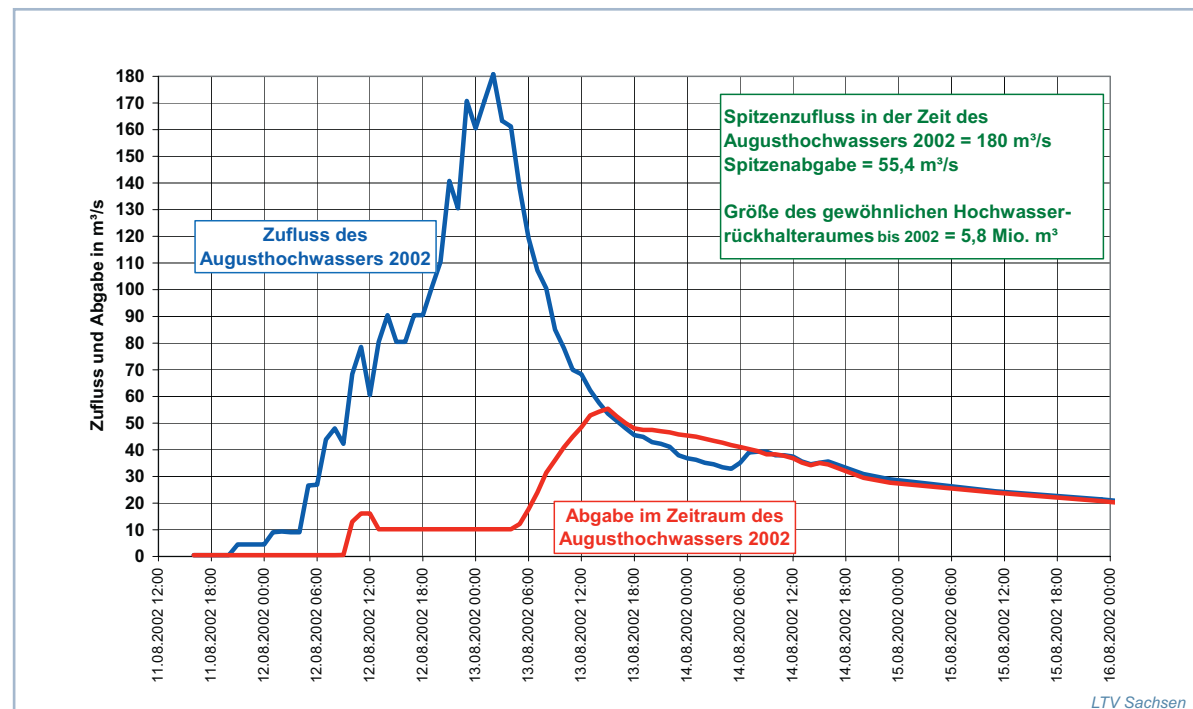


Abb. 4.6-19: Reduzierung der Hochwasserwelle im August 2002 durch die Talsperre Eibenstock

Nach Durchfließen des Erzgebirgischen Beckens mit einer sehr breiten Aue mündet im Mulde-Lößhügelland die **Chemnitz** (534 km²) mit einem mittleren Gefälle von 7 ‰ als größter Nebenfluss der Zwickauer Mulde. Von dort bis zur Vereinigung mit der Freiburger Mulde vergrößert sich das Einzugsgebiet der Zwickauer Mulde nur noch um 277 km².

Durch Wegfall der Subventionen des Wasserpreises und die drastische Abnahme der Industrieproduktion nach 1990 ist der Trink- und Brauchwasserbedarf zurückgegangen. Die Rohwasserabgabe für Trinkwasser aus dem Talsperrensystem Mittelerzgebirge und aus der Talsperre Eibenstock verringerte sich von 1988 bis 2000 um ca. 40 %. Dies wiederum er-

möglichte eine Vergrößerung der Hochwasserrückhalte-räume. Nach dem Augusthochwasser 2002 wurden bei sieben Trinkwassertalsperren im Einzugsgebiet der Mulde die gewöhnlichen Hochwasserrückhalteräume von 7,42 auf 19,10 Mio. m³, also um 157 % erhöht, davon allein an der Talsperre Eibenstock um 4,22 Mio. m³.



Abb. 4.6-20: Pumpspeicher-Kraftwerk Markersbach

Von den 29 Talsperren auf deutschem Gebiet in den Flussgebieten der Freiburger und Zwickauer Mulde werden 19 Talsperren mit einem Stauraum von 156,02 Mio. m³ für die Trinkwasserversorgung genutzt. Unter Einbeziehung der Talsperren Werda (Stauraum 3,6 Mio. m³) und Dröda (Stauraum 17,32 Mio. m³) aus dem oberen Einzugsgebiet der Weißen Elster (siehe Kapitel 4.7.6) wurde das **Fernwasserversorgungssystem Südsachsen** (Abb. 4.6-21) mit einem Fernwasserleitungsnetz von 360 km aufgebaut. Aus ihm werden über neun Wasserwerke 300 Städte und Gemeinden mit 1,25 Mio. Einwohnern mit Trinkwasser versorgt.

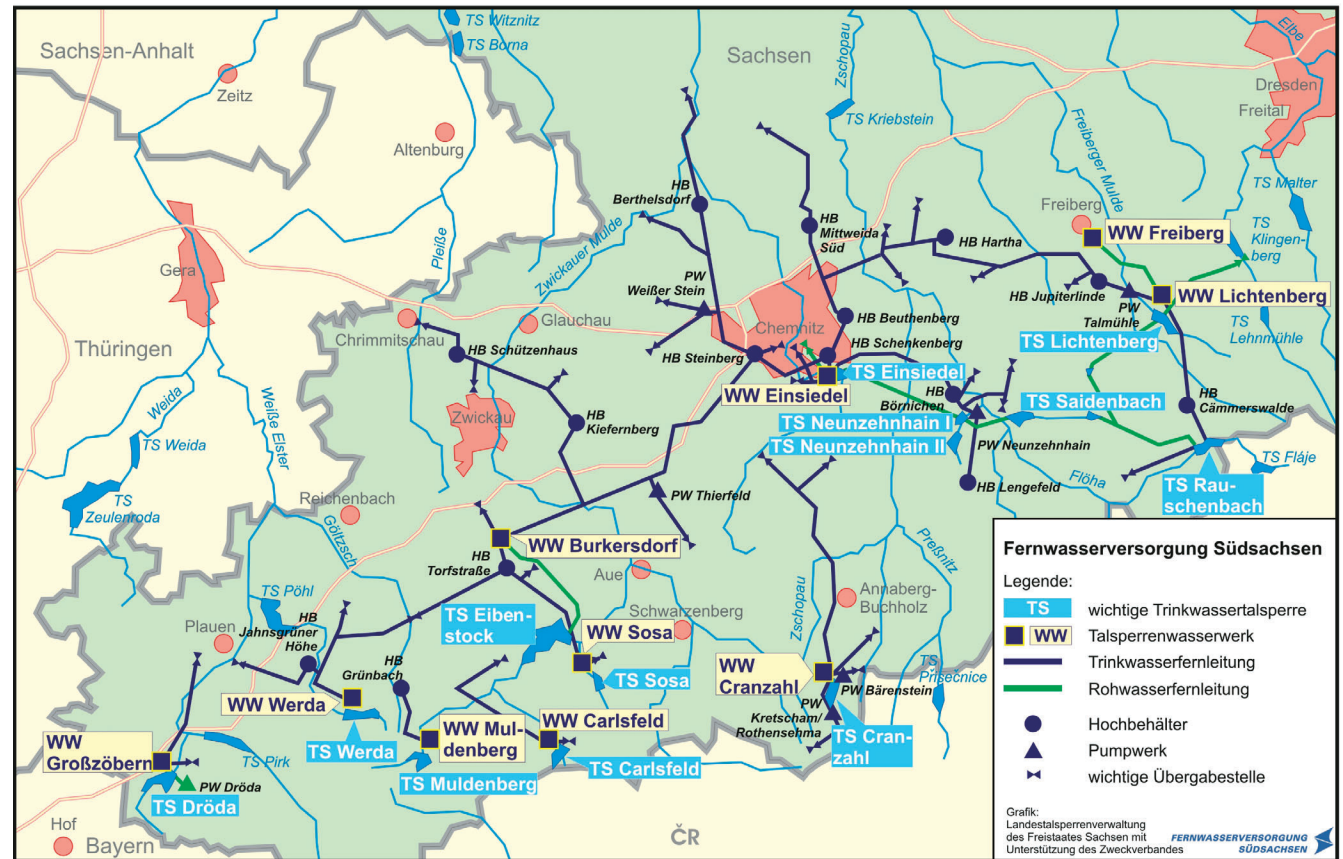


Abb. 4.6-21: Fernwasserversorgungssystem Südsachsen

4.6.3 Die Vereinigte Mulde

Nach der Vereinigung beider Quellflüsse durchfließt die Mulde zunächst die Ausläufer des flachwelligen Mittelsächsischen Lößhügellandes mit Taleintiefungen von 60 bis 80 m (Abb. 4.6-22), im Mittellauf die Leipziger Tieflandsbucht und im Unterlauf die Düben-Dahlener Heide und das Elbetal (Abb. 4.6-1).



Abb. 4.6-22: Tal der Mulde in Grimma mit der während des Hochwassers im August 2002 zerstörten historischen Pöppelmannbrücke



Abb. 4.6-23: Wehr Kollau oberhalb Eilenburg

Am Zusammenfluss von Freiberger und Zwickauer Mulde beträgt das Einzugsgebiet 5 345 km². Durch eine Reihe kleiner Nebenflüsse, zu denen **Lossa** (147 km²), **Lober-Leine-Kanal** (359 km²) und **Kapengraben** (237 km²) gehören, vergrößert es sich bis zur Mündung in die Elbe um 2 055 km² (Abb. 4.6-2).

Das Wasserspiegelgefälle der Mulde verringert sich von 0,83 ‰ bis auf 0,15 ‰ und wird durch zwölf Wehre beeinflusst. Mit einer Wasserspiegeldifferenz von 3,0 m bei Mittelwasser und einer Länge von 76 m ist das feste Wehr Kollau bei Eilenburg (18 000 Einwohner), 47 km unterhalb der



Abb. 4.6-24: Naturbelassene Mulde bei Sollnitz unterhalb Raguhn

Vereinigung von Zwickauer und Freiburger Mulde, eine der größten Wehranlagen (Abb. 4.6-23). Sie dient der Speisung des Eilenburger Mühlengrabens, eines Altarmes der Mulde.

Trotz anthropogener Eingriffe weist die Mulde teilweise einen naturnahen Charakter auf (Abb. 4.6-24). Im Mittel- und Unterlauf gibt es noch viele Mäander (Abb. 4.6-25) und über größere Strecken unbefestigte Ufer, wodurch die ursprüngliche morphologische Dynamik des Flusses weitgehend erhalten

geblieben ist. Der Anteil der Überflutungsauwe entspricht noch ca. 40 % des natürlichen Überschwemmungsgebiets, weil die Deiche nicht durchgängig und nur selten flussnah angelegt sind.

Beim Hochwasser im August 2002 kam es zu den höchsten Wasserständen seit Jahrhunderten. Nach den historischen Hochwassermarken an der Großmühle in Grimma (19 000 Einwohner), 13 km unterhalb der Vereinigung von Zwickauer



und Freiburger Mulde, lag der Scheitelwasserstand vom Augusthochwasser 161 cm über dem dort angegebenen bisher höchsten Wasserstand vom Juni 1771 (Abb. 4.6-26). An der Zwickauer, Freiburger und Vereinigten Mulde traten 115 Deichbrüche auf.

Abb. 4.6-26: Hochwassermarken an der Großmühle in Grimma

Im unteren Teil des Einzugsgebiets der Vereinigten Mulde sind durch den Abbau von Braunkohle seit Ende des 19. Jhds. erhebliche Eingriffe in den Wasserhaushalt erfolgt. Allein ab 1950 wurden auf einer Länge von insgesamt 27 km mehrere kleine Flüsse verlegt. Die Verlegungen von Lober und Leine (Abb. 4.6-1) führten zum Bau des 13 km langen Lober-Leine-Kanals. Nachdem von 1955 bis 1975 aus dem Tagebau Muldenstein 126 Mio. t Rohbraunkohle gefördert waren, wurde die Mulde auf 11,1 km Länge verlegt und durch diesen Tagebau geführt, um die Kohle unter dem ursprünglichen Muldeverlauf abbauen zu können. Schon 1976 war der Tagebau Muldenstein mit Wasser gefüllt.

Der heutige Muldestausee ist 5,9 km lang und bis 35 m tief. Die Seefläche beträgt 610 ha. Das eingestaute Wasser hat ein Volumen von 118 Mio. m³, wovon 18 Mio. m³ speicherwirtschaftlich genutzt werden können (Abb. 4.6-27).

In den Muldestausee mit einem Einzugsgebiet von 6 709 km² werden jährlich 400 000 t Schwebstoffe und Geschiebe ein-



Abb. 4.6-25: Mäandrierende Mulde zwischen Jessnitz und Raguhn

geleitet, wovon über 90 % zurückgehalten werden. Dies hat Auswirkungen auf den Geschiebetransport und damit auf die Sohlenerosion der 50 km langen Flussstrecke der Mulde unterhalb des Stausees.

Durch den Braunkohlenbergbau im Raum Delitzsch-Bitterfeld (siehe Kapitel 4.7.8) ist das Defizit an Grundwasser in den entleerten Porenräumen bis 1990 auf ca. 1,2 Mrd. m³ angewachsen. Die Einleitung von Tagebauwasser in die Mulde erreichte von 1980 bis 1989 6 bis 7 m³/s.

Der Tagebau Goitzsche ist der größte Tagebau im Muldegebiet. Er entstand aus drei Tagebauen, aus denen von 1908 bis 1991 insgesamt 500 Mio. t Rohbraunkohle gefördert wurden. Beim Kohleabbau wurde im Tagebau Bernstein gefunden. Ab Ende der 70er Jahre des 20. Jhds. konnten jährlich bis zu 50 t „Bitterfelder Bernstein“ gefördert, sortiert und der Schmuckindustrie zugeführt werden.

Nach umfangreichen bergtechnischen Sanierungsarbeiten begann 1999 die Flutung des Tagebaus Goitzsche auf eine Höhe von zunächst 71,5 m ü. NN, die im Frühjahr 2002 erreicht war. Nach weiteren Sicherungsarbeiten sollte der Anstieg des Wasserstandes bis 2005 auf den Endwasserstand von 75,0 m ü. NN fortgesetzt werden. Beim Hochwasser im August 2002 kam es am 14. August bei Bad Dübener, östlich des Tagebaus Goitzsche, zu mehreren Deichbrüchen und Deichüberströmungen an der Mulde. Das Wasser floss in westlicher Richtung und durchbrach die Deiche des Lober-Leine-Kanals im Mündungsbereich in die Mulde, wodurch ein weiterer starker Abfluss aus der Mulde in Richtung Tagebau entstand. Durch diese Ereignisse strömten anfänglich etwa 1 000 m³/s in den Tagebau Goitzsche. Allein innerhalb von 13,5 Stunden (14.08., 17.00 Uhr bis 15.08., 6.30 Uhr) betrug die zugeführte Wassermenge 37,6 Mio. m³. Der für 2005 geplante Endwasserstand von 75,0 m ü. NN wurde am 15. August erreicht. Trotz umfangreicher Sofortmaßnahmen

stieg der Wasserstand weiter an und erreichte am 19. August 78,5 m ü. NN, eine für die Böschungen gefährliche Höhe. Nur sehr langsam wurde der Wasserstand abgesenkt, er betrug am 30. August noch 76,8 m ü. NN. Durch das Einströmen von ca. 90 Mio. m³ Wasser in den Tagebau Goitzsche, wodurch erhebliche Schäden entstanden, wurden die Stadt Bitterfeld und mehrere Dörfer vor einer vollständigen Überflutung bewahrt.

Die Entwicklung der Braunkohlentagebaue im Muldegebiet ist im Kapitel 4.7.8 dargestellt. Heute wird im Einzugsgebiet der Mulde keine Braunkohle mehr gefördert.

Die Mulde mündet bei Dessau (78 000 Einwohner) in einem breiten, oft überschwemmten Tal in die Elbe (Abb. 4.6-28).



Abb. 4.6-27: Auslaufbauwerk des Muldestausees



Abb. 4.6-28: Mündung der Mulde in die Elbe

4.7 Die Saale

*Alles ist aus dem Wasser entsprungen!
Alles wird durch das Wasser erhalten!
(Johann Wolfgang von Goethe)*

Die Saale ist von der Quelle im Fichtelgebirge bis zur Mündung in die Elbe bei Elbe-km 290,7 oberhalb Barby 433,9 km lang und weist einen Höhenunterschied von 657,5 m auf. Ab der Unstrutmündung ist sie auf fast 162 km schiffbar.

Das Einzugsgebiet von 24 079 km² ist nach dem der Moldau das zweitgrößte eines Nebenflusses der Elbe. Über 59 % sind Gebirgs- und Hügelland, knapp 41 % sind mit Höhen unter 200 m ü. NN dem Flachland zuzurechnen. Die höchsten Erhebungen sind der Brocken (1 142 m ü. NN) im Harz, der Große Beerberg (982 m ü. NN) im Thüringer Wald und der Große Waldstein (880 m ü. NN) im Fichtelgebirge (Abb. 4.7-1).

Im Oberlauf fließt die Saale zunächst in einem gewundenen, engen Tal zwischen Frankenwald und Elstergebirge, bevor sie das Thüringer Schiefergebirge in einem tief eingeschnittenen Tal durchbricht. In diesem engen Tal wurden die beiden großen Talsperren Bleiloch und Hohenwarte errichtet. Ab Rudolstadt verbreitert sich zunächst das Saaletal, bevor der Fluss bei Jena wieder tief eingeschnitten die Ilm-Saale-

Platte durchbricht. Oberhalb von Naumburg beginnt das flache, breite Tal des Mittellaufes, in dem die Saale stark mäandriert. Hier nimmt sie ihren größten Nebenfluss, die Unstrut, auf. Bei Merseburg vereinigt sich das Saaletal mit der bis zu zwei Kilometer breiten Aue der Weißen Elster, dem zweitgrößten Nebenfluss. Im Unterlauf, besonders bei Rothenburg unterhalb Halle, schnüren noch einmal Felsen das Saaletal auf weniger als 200 m Breite ein, bevor der Fluss das breite Urstromtal der Elbe erreicht. Dort mündet die Bode, der drittgrößte Nebenfluss der Saale.

Klimatisch bestehen im Saalegebiet große Unterschiede. Während in den Gipfellagen der Mittelgebirge die mittleren Jahrestemperaturen bei 4 bis 6 °C liegen, betragen sie im unteren Einzugsgebiet 8 bis 9 °C. Die mittlere jährliche Niederschlagshöhe für das Einzugsgebiet der Saale beträgt ca. 615 mm. In den Hochlagen der Mittelgebirge sind die mittleren jährlichen Niederschlagshöhen zwei- bis dreimal höher als im unteren Saalegebiet. Sie erreichen im Oberharz Werte um 1 800 mm und im Thüringer Wald fast 1 300 mm. Im Winter können Schneehöhen bis 200 cm, im Oberharz

sogar bis 300 cm erreicht werden, durch die bei Tauwetter gefährliche Hochwasser entstehen. Im Regenschatten des Thüringer Waldes und des Harzes gelegen, gehören das Thüringer Becken, die Goldene Aue und das untere Saalegebiet mit durchschnittlichen Jahresniederschlägen von 450 bis 500 mm zu den niederschlagsärmsten Gebieten Deutschlands. Unterhalb Halle werden teilweise sogar nur 430 bis 440 mm registriert. Diese geringen Niederschlagsmengen entsprechen der Größe der jährlichen Verdunstung und können deshalb nur im Winterhalbjahr sowie bei sommerlichen Starkniederschlägen zur Abflussbildung beitragen.

Zur Charakterisierung der Abflussverhältnisse sind die hydrographischen Daten von 15 ausgewählten Pegeln – neun an der Saale und sechs an den Saalenebenflüssen – in den Tabellen 4.7-1 und 4.7-2 enthalten. Für je sechs Pegel an der Saale und an deren Nebenflüssen ist der Jahresgang des Abflusses graphisch dargestellt (Abb. 4.7-3). Die Lage der 15 Pegel ist aus Abbildung 4.7-2 zu ersehen.

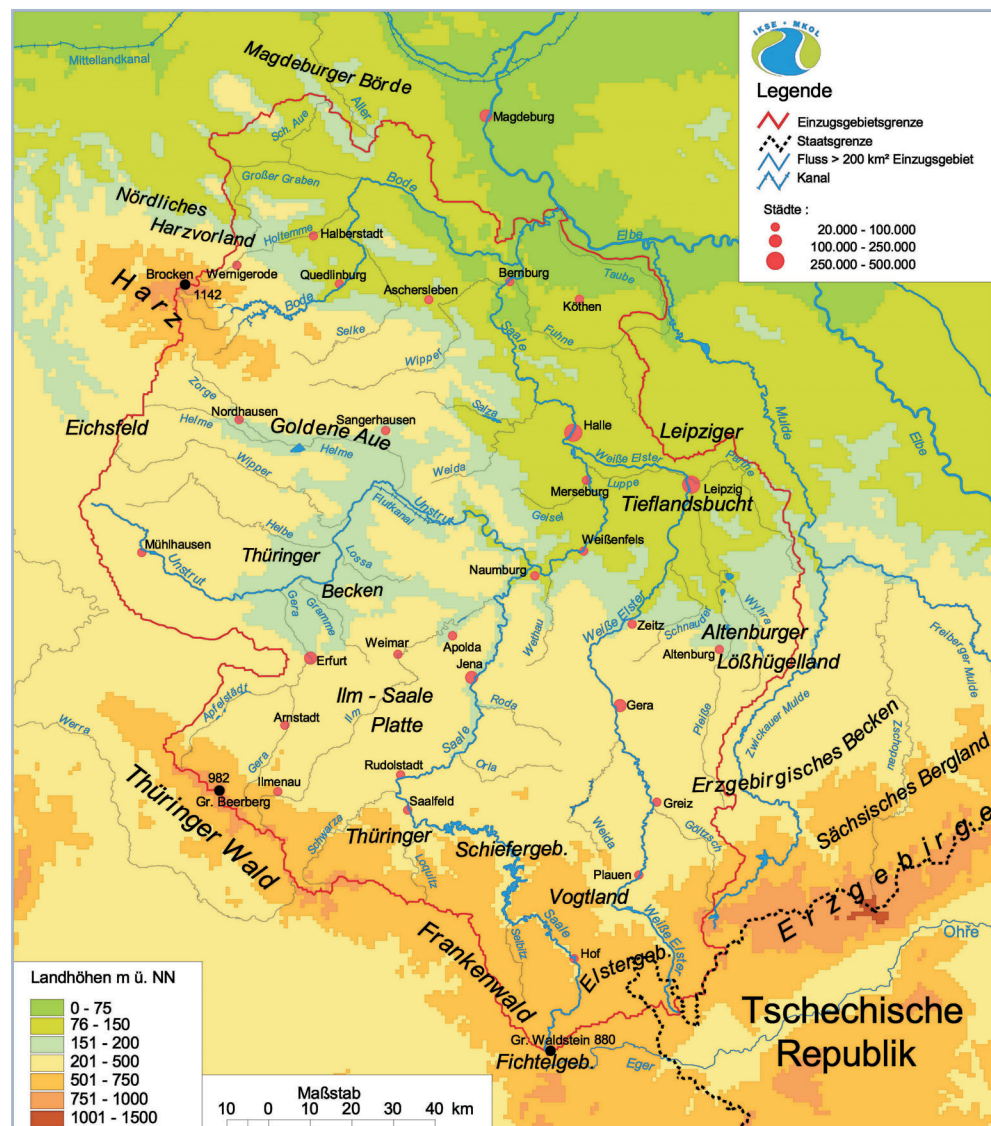


Abb. 4.7-1: Topographische Karte des Einzugsgebiets der Saale



Abb. 4.7-2: Hydrographische Karte des Einzugsgebiets der Saale

Tab. 4.7-1: Hydrologische Grunddaten langjähriger Abflussreihen von ausgewählten Pegeln im Einzugsgebiet der Saale (Die Nummern der Pegel entsprechen den Pegelnummern der Abbildung 4.7-2)

Nr.	Gewässer	Pegel	Flusskilo- meter	Einzugs- gebiets- fläche (AE)	Mittlerer Abfluss (MQ)	Mittlerer Niedrig- wasserabfluss (MNQ)	Mittlerer Hoch- wasserabfluss (MHQ)	Jahres- reihe
			[km]		[m³/s]	[m³/s]	[m³/s]	
1.	Saale	Hof	391,0	521	5,43	0,912	56,6	1921 - 2000
2.		Blankenstein	357,0	1 013	11,6	1,80	123	1964 - 2000 (ohne 1976)
3.		Kaulsdorf ¹⁾	281,0	1 665	16,5	3,15	83,6	1955 - 2000
4.	Loquitz	Kaulsdorf-Eichicht	1,8 ²⁾	362	3,89	0,474	35,6	1923 - 2000 (ohne 1929)
5.	Schwarza	Schwarzburg	13,0 ²⁾	341	4,83	0,671	61,6	1984 - 2000
6.	Saale	Rudolstadt ¹⁾	258,0	2 678	25,9	7,54	126	1943 - 2000 (ohne 1945 und 1952)
7.		Camburg-Stöben ¹⁾	187,0	3 977	31,4	10,9	137	1932 - 2000
8.	Ilm	Niedertrebra	10,0 ²⁾	894	5,91	1,64	40,1	1923 - 2000
9.	Unstrut	Laucha	12,8 ²⁾	6 218	30,6	10,7	104	1946 - 2000
10.	Saale	Naumburg-Grochlitz	158,0	11 449	67,8	26,0	245	1934 - 2000
11.	Weißer Elster	Zeitz	89,5 ²⁾	2 504	16,9	4,67	143	1941 - 2000 (ohne 1951 und 1953)
12.	Saale	Halle-Trotha	89,1	17 979	99,2	39,4	352	1955 - 2000
13.		Bernburg	36,1	19 639	101	41,8	313	1957 - 2000
14.	Bode	Hadmersleben	46,9 ²⁾	2 758	14,3	3,96	56,5	1931 - 2000
15.	Saale	Calbe-Grzechne	17,4	23 719	115	44,0	377	1932 - 2000 (ohne 1945)

- 1) beeinflusst durch Talsperren
2) Flusskilometer oberhalb der Mündung in die Saale

Tab.4.7-2: Charakteristik des Abflussregimes von ausgewählten Pegeln im Einzugsgebiet der Saale (Die Nummern der Pegel entsprechen den Pegelnummern der Abbildung 4.7-2)

Nr.	Gewässer	Pegel	Mittlere Abflussspende [l/s · km ²]	Mittlerer Abfluss				MNQ:MQ	MQ:MHQ
				Winterhalbjahr		Sommerhalbjahr			
				[m ³ /s]	[%]	[m ³ /s]	[%]		
1.	Saale	Hof	10,4	7,28	67	3,60	33	1 : 6,0	1 : 10,4
2.		Blankenstein	11,5	16,3	70	6,93	30	1 : 6,4	1 : 10,6
3.		Kaulsdorf ¹⁾	9,9	20,0	61	13,0	39	1 : 5,2	1 : 5,1
4.	Loquitz	Kaulsdorf-Eichicht	10,7	5,45	70	2,35	30	1 : 8,2	1 : 9,2
5.	Schwarza	Schwarzburg	14,2	7,41	77	2,29	23	1 : 7,2	1 : 12,8
6.	Saale	Rudolstadt ¹⁾	9,7	32,6	63	19,4	37	1 : 3,4	1 : 4,9
7.		Camburg-Stöben ¹⁾	7,9	38,6	61	24,3	39	1 : 2,9	1 : 4,4
8.	Ilm	Niedertrebra	6,6	7,44	63	4,40	37	1 : 3,6	1 : 6,8
9.	Unstrut	Laucha	4,9	38,7	63	22,6	37	1 : 2,9	1 : 3,4
10.	Saale	Naumburg-Grochlitz	5,9	85,0	63	51,0	37	1 : 2,6	1 : 3,6
11.	Weißer Elster	Zeitz	6,7	20,6	61	13,4	39	1 : 3,6	1 : 8,5
12.	Saale	Halle-Trotha	5,5	123	62	76,3	38	1 : 2,5	1 : 3,5
13.		Bernburg	5,1	123	61	78,5	39	1 : 2,4	1 : 3,1
14.	Bode	Hadmersleben	5,2	19,0	66	9,65	34	1 : 3,6	1 : 4,0
15.	Saale	Calbe-Grzechne	4,8	143	62	87,9	38	1 : 2,6	1 : 3,3

- 1) beeinflusst durch Talsperren

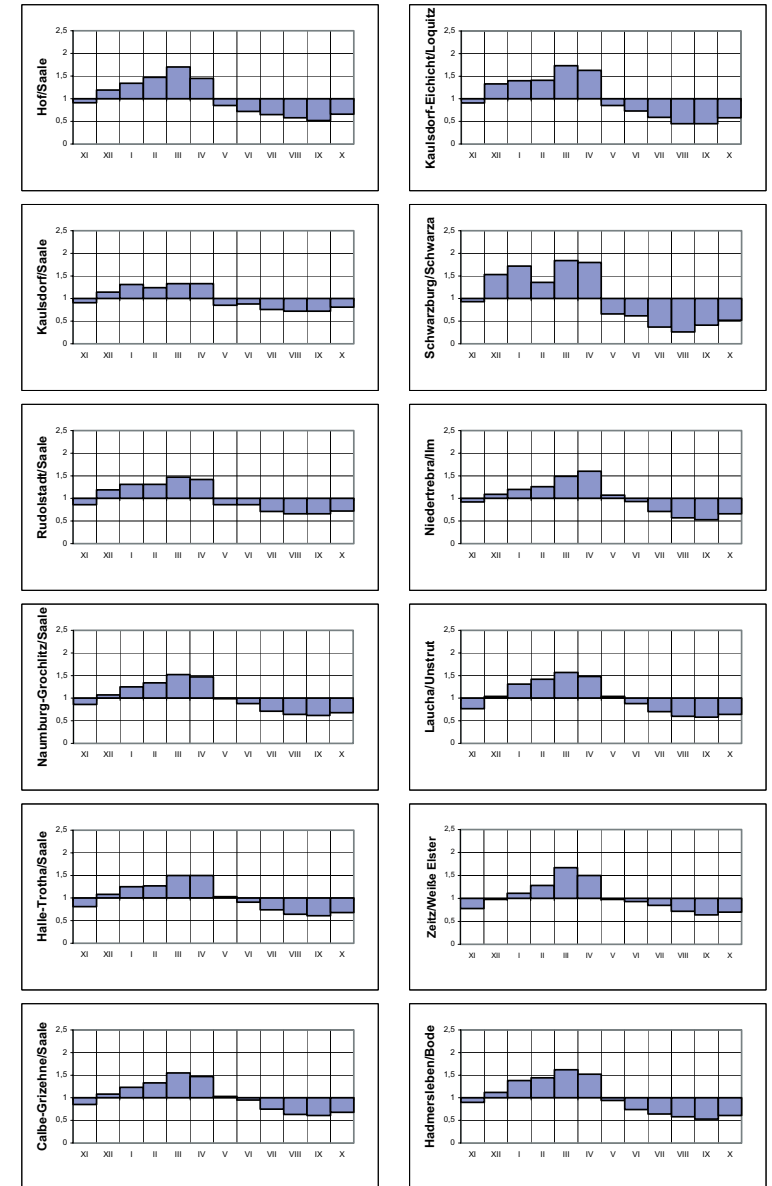


Abb. 4.7-3: Jahresgang des Abflusses an ausgewählten Pegeln im Einzugsgebiet der Saale, dargestellt als Quotient aus langjährigen Mittelwerten für Monate und Jahr ($MQ_{\text{Monat}} / MQ_{\text{Jahr}}$)

Auf Grund der Daten in vorgenannten Tabellen und der *Abbildung 4.7-3* werden die Abflussverhältnisse wie folgt bewertet:

■ Der Jahresgang des Abflusses der Saale, der im Oberlauf am Pegel Hof einen weitgehend natürlichen Verlauf zeigt, wird durch die Saale-Talsperren beeinflusst. Am auffälligsten ist die ausgleichende Wirkung an dem unmittelbar unterhalb der Saale-Talsperren gelegenen Pegel Kaulsdorf und am Pegel Rudolstadt. Weiter flussabwärts nimmt die Wirkung der Saale-Talsperren deutlich ab, ist aber vor allem durch die Niedrigwasseraufhöhung in den Sommer- und Herbstmonaten auch noch im Jahresgang der Pegel Naumburg-Grochlitz, Halle-Trotha und Calbe-Grizehne erkennbar.

In den Nebenflüssen verläuft der Jahresgang recht unterschiedlich. Die größte Amplitude besteht an den als besonders hochwassergefährlich geltenden Flüssen Loquitz und Schwarza, deren Einzugsgebiete im Thüringer Schiefergebirge und östlichen Thüringer Wald nur ein sehr begrenztes Rückhaltevermögen besitzen. Das kommt sowohl in den hohen Abflüssen schon ab Dezember als auch in den sehr geringen Abflüssen von Juli bis September zum Ausdruck. Der verhältnismäßig geringe Februarabfluss am Pegel Schwarza ist typisch für die Hochlagen des Thüringer Waldes und ist in anderen kleinen Einzugsgebieten noch auffälliger. Er ist darauf zurück zu führen, dass in der Mehrzahl der Jahre Ende Januar/Anfang Februar eine länger anhaltende Frostperiode eintritt, in der die Niederschläge nur als Schnee fallen und der Abfluss vorübergehend deutlich abnimmt.

In dem sehr schmalen Einzugsgebiet der Ilm nimmt der Abfluss am Pegel Niedertrebra ab November ziemlich gleichmäßig zu und erreicht durch das späte Abtauen der Schneedecke in den Gipfellen des Thüringer Waldes erst im April sein Maximum. Der Abflussrückgang ab Mai erfolgt längst nicht so schnell wie an Loquitz und Schwarza.

In den sehr verschiedenartigen Teilflussgebieten der Unstrut mit jährlichen Niederschlagshöhen von über 1 200 mm im hohen westlichen Thüringer Wald, 700 bis 900 mm im Südharz und teils weniger als 500 mm im Thüringer Becken verläuft

der Jahresgang des Abflusses ganz unterschiedlich und wird zudem durch mehrere Talsperren beeinflusst. Bis zur Unstrutmündung werden diese Unterschiede kompensiert und sind am Pegel Laucha nicht erkennbar. Das trifft gleichermaßen für den Pegel Hadmersleben in der unteren Bode zu, in deren Einzugsgebiet ebenfalls sehr unterschiedliche Abflussverhältnisse bestehen.

Auch am Pegel Zeitz beeinflussen mehrere Talsperren im oberen Einzugsgebiet der Weißen Elster den Jahresgang des Abflusses. Der verhältnismäßig hohe Abfluss im Sommerhalbjahr ist aber nicht nur auf Niedrigwasseraufhöhung zurückzuführen. Als Folge ergiebigen Regens treten in den Sommermonaten im Gebiet der Weißen Elster ziemlich häufig hohe Abflüsse auf. Anders als im übrigen Saalegebiet sind die größten Hochwasser in der Weißen Elster in den Monaten Juni bis August zu verzeichnen.

■ Die mittlere Abflussspende an den Pegeln der oberen Saale und ihrer Nebenflüsse Loquitz und Schwarza beträgt 10 bis 14 l/s · km². Durch die Nebenflüsse Ilm, Unstrut, Weiße Elster und Bode mit Abflussspenden von nur 4,9 bis 6,7 l/s · km² wird der stetige Rückgang der Abflussspende in der Saale von Rudolstadt (9,7 l/s · km²) bis Calbe-Grizehne (4,8 l/s · km²) nicht aufgehalten.

Die Abflussspenden an weiteren knapp 100 Pegeln im Saalegebiet lassen weit größere Unterschiede erkennen als die Abflussspenden der in *Tabelle 4.7-2* enthaltenen Pegel. In den oberen Einzugsgebieten der Saale und ihrer Nebenflüsse, wo die jährliche Niederschlagshöhe von Ost nach West ansteigt, nimmt auch die Abflussspende in vergleichbarer Höhenlage zu. An Pegeln in 400 bis 500 m ü. NN beträgt die Abflussspende im Elstergebirge (obere Weiße Elster) 8 bis 11 l/s · km², im Fichtelgebirge und Frankenwald (obere Saale) 8 bis 14 l/s · km², im östlichen Thüringer Wald (obere Schwarza) 18 bis 21 l/s · km², im mittleren Thüringer Wald (obere Ilm) 19 bis 24 l/s · km², im westlichen Thüringer

Wald (obere Einzugsgebiete der Unstrutnebenflüsse Gera und Apfelstädt) 20 bis 27 l/s · km² und im Harz (obere Bode) 22 bis 29 l/s · km².

Die kleinsten Abflussspenden sind im Thüringer Becken (Nebenflüsse der Unstrut) mit 2,5 bis 3,7 l/s · km², in der Leipziger Tieflandsbucht (untere Einzugsgebiete der Weißen Elster und Saale) mit 2,9 bis 4,2 l/s · km² und im Großen Bruch zwischen nördlichem Harzvorland und Magdeburger Börde (Großer Graben und untere Bode) mit 2,8 l/s · km² zu verzeichnen.

■ Die vier Pegel an der oberen Saale, Loquitz und Schwarza weisen bei der Abflussverteilung Winter-/Sommerhalbjahr mit 67 : 33 bis 77 : 23 %, beim Verhältnis MNQ : MQ mit 1 : 6,0 bis 1 : 8,2 und beim Verhältnis MQ : MHQ mit 1 : 9,2 bis 1 : 12,8 die größten Unterschiede auf. Mit Ausnahme des Pegels Hadmersleben/Bode beträgt der Anteil des Winterabflusses an den übrigen Pegeln 61 bis 63 %, wobei er am Pegel Kaulsdorf durch die Saale-Talsperren um ca. zehn Prozentpunkte gegenüber natürlichen Abflussverhältnissen abgesenkt ist. Die Wirkung der Saale-Talsperren wird auch in den Verhältnissen MNQ : MQ und MQ : MHQ sehr deutlich: An Stelle natürlicher Werte von ca. 1 : 8 bzw. 1 : 11 werden am Pegel Kaulsdorf nur Werte von 1 : 5,2 bzw. 1 : 5,1 verzeichnet. Flussabwärts nehmen die Verhältnismerte ab und betragen in der unteren Saale noch etwa 1 : 2,5 bzw. 1 : 3,3. Der verhältnismäßig große MQ : MHQ-Wert von 1 : 8,5 am Pegel Zeitz, fast 90 km oberhalb der Mündung der Weißen Elster, ist auf die schon o. g. häufigen Sommerhochwasser zurückzuführen.

Die Vergrößerung der Fläche und des mittleren Abflusses im Einzugsgebiet der Saale ist aus *Tabelle 4.7-3* ersichtlich. Die angegebenen mittleren Abflüsse sind berechnet.

Tab. 4.7-3: Vergrößerung des Einzugsgebiets und des mittleren Abflusses der Saale von der Quelle bis zur Mündung

Abschnitt der Saale	Wichtiger Nebenfluss der Saale	Einzugsgebiet [km ²]		Mittlerer Abfluss [m ³ /s]	
		Saale	Wichtiger Nebenfluss an der Mündung	Saale	Wichtiger Nebenfluss an der Mündung
Saale von der Quelle bis zur Mündung der Selbitz		766,2		8,14	
	Selbitz		246,8		3,46
Saale bis zur Mündung der Loquitz		1 665,9		16,5	
	Loquitz		364,3		3,98
Saale bis zur Mündung der Schwarza		2 137,1		21,2	
	Schwarza		507,0		5,40
Saale bis zur Mündung der Orla		2 934,1		27,8	
	Orla		258,2		1,39
Saale bis zur Mündung der Roda		3 392,5		30,0	
	Roda		262,3		1,29
Saale bis zur Mündung der Ilm		3 996,3		32,6	
	Ilm		1042,7		6,50
Saale bis zur Mündung der Unstrut		5 096,4		30,1	
	Unstrut davon: Gera Helme		6 342,7 1 089,9 1 318,1		31,0 6,60 7,70
Saale bis zur Mündung der Weißen Elster		12 733,9		70,3	
	Weißer Elster davon: Pleiße		5 154,0 1 473,6		26,0
Saale bis zur Mündung der Salza		18 063,9		99,4	
	Salza		564,8		1,04
Saale bis zur Mündung der Wipper		19 023,0		97,0	
	Wipper		606,0		2,77
Saale bis zur Mündung der Fuhne		19 642,5		100	
	Fuhne		700,8		1,13
Saale bis zur Mündung der Bode		20 366,1		104	
	Bode davon: Großer Graben		3 297,4 828,0		12,8 2,71
Saale bis zur Mündung in die Elbe		24 079,1		117	

Die Tabelle verdeutlicht, dass die drei großen Nebenflüsse der Saale – Unstrut, Weiße Elster und Bode – mit fast 62 % der gesamten Einzugsgebietsfläche die Struktur des Saalegebiets bestimmen.

Im Einzugsgebiet der Saale gibt es 86 Talsperren mit einem Stauraum von jeweils mehr als 0,3 Mio. m³. Der Stauraum beträgt 964,7 Mio. m³, wovon 237,8 Mio. m³ als gewöhnlicher Hochwasserrückhalteraum im Winterhalbjahr festgelegt sind (Tab. 4.7-4).

Tab. 4.7-4: Übersicht über Talsperren im Einzugsgebiet der Saale

Teileinzugsgebiet	Anzahl der Talsperren	Stauraum	
		insgesamt [Mio. m ³]	davon Hochwasserrückhalteraum [Mio. m ³]
Saale ohne Unstrut, Weiße Elster und Bode	22	458,16	45,69
Unstrut	25	124,23	71,98
Weiße Elster	29	251,09	95,47
Bode	10	131,20	24,64
Saale insgesamt	86	964,68	237,78

4.7.1 Die Saale von der Quelle bis zum Saale-Talsperrensystem

Die Saale, im Oberlauf zur Unterscheidung von dem gleichnamigen Nebenfluss des Mains in Unterfranken auch als Sächsische Saale bezeichnet, entspringt wie die Eger im Fichtelgebirge.

Die Quelle liegt in einer Höhe von 707 m ü. NN in der Nähe der Ortschaft Zell am Südwesthang des Großen Waldsteins (880 m ü. NN). Sie wurde 1869 gefasst und mit einer Inschrift auf einer Tafel versehen (Abb. 4.7-4).



Abb. 4.7-4: Saalequelle

Bis oberhalb Hof (50 000 Einwohner) weist die Saale Wildbettcharakter mit einem mittleren Gefälle von 5,2 ‰ auf. Dort münden die Nebenflüsse **Förmitz** und **Oelsnitz**. Die 1978 errichtete Förmitztalsperre (Abb. 4.7-5) mit einem Stauraum von 9,85 Mio. m³ dient hauptsächlich der Niedrigwasseraufhöhung der Saale auf einen Mindestabfluss von 1 m³/s in der Stadt Hof.



Abb. 4.7-5: Förmitztalsperre

Der Untreusee in der Oelsnitz mit einem Stauraum von 5,80 Mio. m³ dient vorwiegend der Naherholung. Er wird aber auch zur Niedrigwasseraufhöhung der Saale nach der Badesaison und zur Hochwasserrückhaltung im Winterhalbjahr (1,20 Mio. m³) genutzt.

Unterhalb von Hof bis zur Stauwurzel der Bleilochtalsperre bei Blankenstein verringert sich das Gefälle auf 1,7 ‰. Nach 78,1 km Wasserlauf nimmt die Saale die **Selbitz** (247 km²) auf. Sie entspringt im Frankenwald und mündet oberhalb Blankenstein in die Saale, wodurch diese ein Einzugsgebiet von 1 013 km² erreicht.

4.7.2 Das Saale-Talsperrensystem

Auf der Saalestrecke von Blankenstein bis Eichicht wurde auf 79,8 km Flusslänge der Saale das größte zusammenhängend bewirtschaftete Talsperrensystem Deutschlands errichtet (Abb. 4.7-6). Von den sechs Talsperren (Tab. 4.7-5) bilden die Talsperren Bleiloch und Hohenwarte (Abb. 3.3-1 und 4.7-7) mit einem Stauraum von 397 Mio. m³ den Kern des Talsperrensystems. Die Bleilochtalsperre ist hinsichtlich des Stauraumes die größte Talsperre Deutschlands. Die Größe des Einzugsgebiets am Systemausgang, der Talsperre Eichicht, beträgt 1 665 km², der mittlere Abfluss 16,5 m³/s.

Tab. 4.7-5: Talsperren im Talsperrensystem obere Saale

Lfd. Nr.	Bezeichnung der Talsperre / Wasserlauf	Stauraum bei Vollstau [Mio. m ³]	davon gewöhnlicher Hochwasserrückhalteraum im Winter [Mio. m ³]	Inbetriebnahme [Jahr]
1.	Bleiloch / Saale	215,00	27,00	1932
2.	Burgkhammer / Saale	5,64	—	1932
3.	Walsburg / Saale	2,54	—	1939
4.	Wisenta / Wisenta	1,04	—	1934
5.	Hohenwarte / Saale	182,00	13,00	1941
6.	Eichicht / Saale	5,21	—	1945
	Summe	411,43	40,00	

Zwischen den beiden Großtalsperren Bleiloch und Hohenwarte mündet rechtsseitig die aus dem westlichen Vogtland kommende **Wisenta** (176 km²) in die Saale, die im Oberlauf mit der Talsperre Lössau und im Unterlauf mit der Talsperre Wisenta in das Saale-Talsperrensystem eingebunden ist.

Das Saale-Talsperrensystem hat mehrere Funktionen zu erfüllen:

- Der Mindestabfluss in der Saale am Pegel Kaulsdorf kann auf 5 m³/s erhöht werden. Vor dem Bau der Talsperren flossen hier in Trockenzeiten oft nur 0,7 m³/s Wasser.

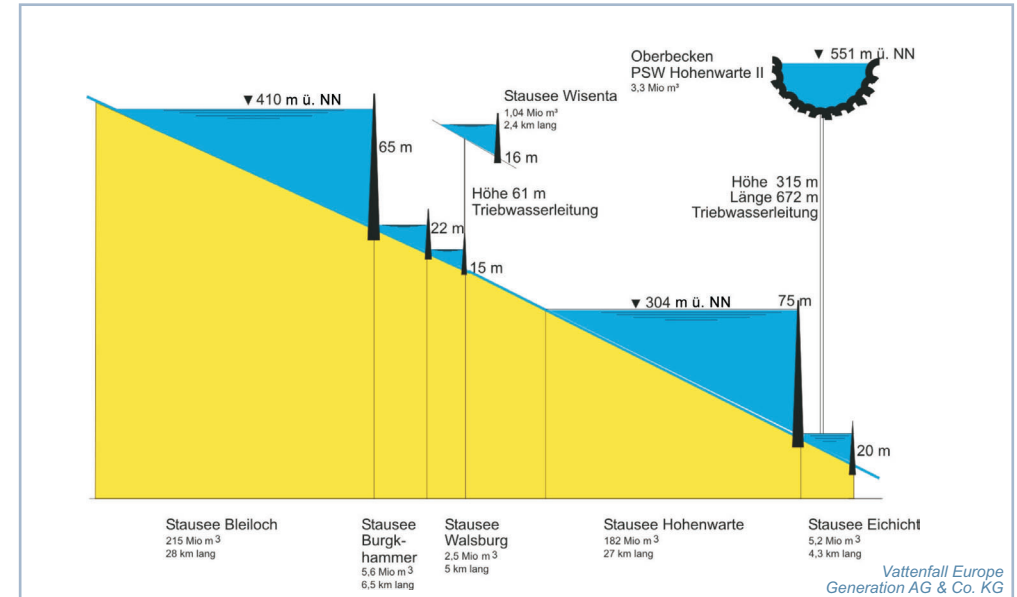
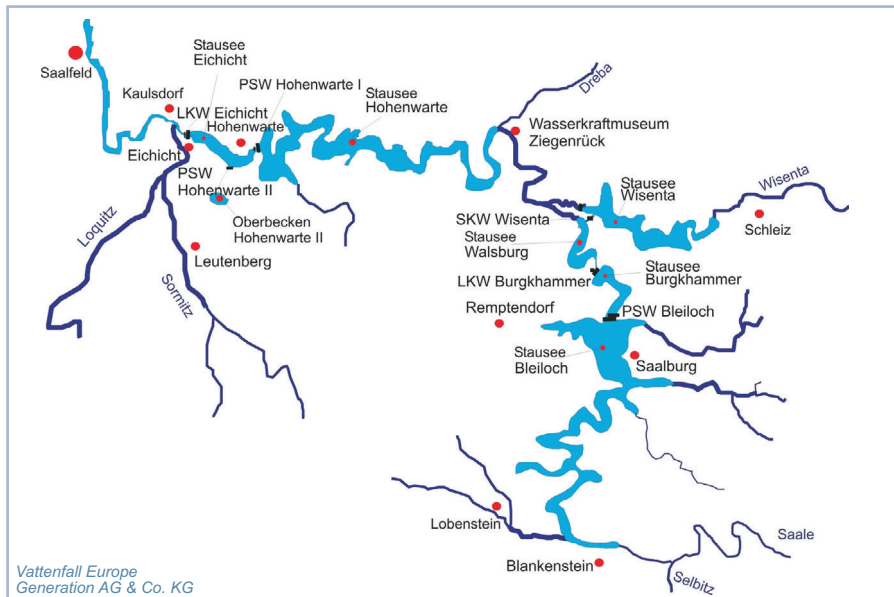


Abb. 4.7-6: Übersichtsplan und Längsschnitt der Saale von Blankenstein bis Eichicht („Saale-Kaskade“)



Abb. 4.7-7: Talsperre Hohenwarte

In Verbindung mit den übrigen Talsperren im Einzugsgebiet der oberen Saale und der Unstrut kann in Naumburg bei einem Einzugsgebiet von 11 449 km² ein Mindestabfluss von 22 m³/s garantiert werden. In Trockenzeiten flossen vor Errichtung der Talsperren hier öfter nur 7 m³/s ab.

■ Durch den Hochwasserrückhalteraum von 40 Mio. m³, der im Sommerhalbjahr auf 25 Mio. m³ reduziert wird, kann die Überschreitung einer maximalen Abgabe von 120 m³/s aus der Saale-Kaskade verhindert werden. Beim Hochwasser im November 1890 betrug demgegenüber der Abfluss 610 m³/s.

■ Beim Hochwasser im April 1994 betrug der maximale Zufluss zum Talsperrensystem am 13.04.1994 270 m³/s. Vom 13.04. 8.00 Uhr bis 15.04. 8.00 Uhr erfolgte keine Abgabe, um die unterhalb in der Saale ablaufende Hochwasserwelle nicht zu verstärken. Damit konnte eine Scheitelwasserstandsabsenkung am Pegel Rudolstadt um 120 cm erreicht werden. Die maximale Abgabe aus der Saalekaskade betrug bei diesem Hochwasser 110 m³/s.

■ Die Energieerzeugung ist die dritte wesentliche Aufgabe des Talsperrensystems. In insgesamt sechs Wasserkraftwerken ist eine Leistung von 471 MW installiert.

Die Kraftwerke Bleiloch (80 MW), Hohenwarte I (63 MW)



Abb. 4.7-8: Pumpspeicher-Kraftwerk Hohenwarte II

und Hohenwarte II (320 MW) wurden als Pumpspeicher-Kraftwerke gebaut. Das Pumpspeicher-Kraftwerk Hohenwarte II ist das größte Wasserkraftwerk an der Saale (Abb. 4.7-8).

Als Besonderheit der Saale-Kaskade ist zu erwähnen, dass die Stauseen der Talsperren Bleiloch und Hohenwarte gleichzeitig die Oberbecken der Pumpspeicher-Kraftwerke Bleiloch und Hohenwarte I bilden. Als Unterbecken dienen die Talsperren Burgkhammer bzw. Eichicht. Einen Vergleich aller Pumpspeicher-Kraftwerke im Einzugsgebiet der Elbe enthält Tabelle 4.7-6.

■ Von besonderer Bedeutung für die Flussgebietsbewirtschaftung der Saale war die seit 1963 betriebene Salzlaststeuerung im Saale-Unstrut-Gebiet. Ihr Ziel war es, die durch die Kaliproduktion im Südharz eingebrachte und über die Wipper - Unstrut - Saale transportierte Salzlast durch Abgaben von salzarmem Zuschusswasser (8 Grad dH) aus den Saale-Talsperren so zu verdünnen, dass im Interesse der Betriebswassernutzung des Saalewassers für die Industrie im Raum Leuna-Buna die Grenzwerte von 40 Grad dH und 560 mg/l Chlorid am Querschnitt Leuna-Daspig nicht überschritten wurden.

Nach der schrittweisen Einstellung der Kaliproduktion Anfang der 90er Jahre spielen heute nur noch die Laugen der Kalihalden als diffuser Eintrag eine gewisse Rolle. Die für das Jahr 2000 am Querschnitt Leuna-Daspig ermittelten Werte von 27 Grad dH und 25 mg/l Chlorid nähern sich bereits den natürlichen geogenen Bedingungen. Die Salzlaststeuerung und die Zuschusswasserabgabe wurden 1997 eingestellt.

■ Ursprünglich war das Talsperrensystem für die Bereitstellung von Zuschusswasser zur Erhöhung des Wasserstandes in Saale und Elbe zur Verbesserung der Schifffahrtsbedingungen gedacht. Mit bis zu 60 m³/s Zuschusswasser aus beiden Großspeichern sollte die Fahrwassertiefe beim niedrigsten Elbewasserstand um 45 cm auf 1,70 m an der Saalemündung angehoben werden. Seit 1950 werden die Talsperren jedoch mehr und mehr für energetische und wasserwirtschaftliche Zwecke bewirtschaftet, die Niedrigwasseraufhöhung in der Elbe spielt keine Rolle.

4.7.3 Vom Saale-Talsperrensystem bis zur Unstrutmündung

Unmittelbar unterhalb des Talsperrensystems münden linksseitig die besonders hochwassergefährlichen Flüsse **Loquitz** (364 km²) und **Schwarza** (507 km²), deren Quellen im östlichen Thüringer Wald liegen.

Im Einzugsgebiet der Schwarza befinden sich die Trinkwassertalsperren Scheibe-Alsbach (Stauraum 2,05 Mio. m³) und Deesbach (Stauraum 3,22 Mio. m³). Letztere dient zukünftig als Vorsperre für die Talsperre Leibis, die mit einem Stauraum von 38,90 Mio. m³, davon 5,60 Mio. m³ gewöhnlicher Hochwasserrückhalteraum, bis 2007 fertig gestellt wird.

Im Einzugsgebiet der Schwarza wurde 2003 das Pumpspeicher-Kraftwerk Goldisthal mit einer Kapazität von 1 060 MW und einem Ausgleichsbecken (17,91 Mio. m³) in Betrieb genommen. Es ist die modernste Anlage ihrer Art in Europa



Abb. 4.7-9: Pumpspeicher-Kraftwerk Goldisthal

(Abb. 4.7-9) mit dem größten künstlichen Oberbecken von 12,00 Mio. m³ im Einzugsgebiet der Elbe (Tab. 4.7-6).

Am Schnittpunkt der Wasserscheiden des Einzugsgebiets der Saale zu den benachbarten Einzugsgebieten des Rheins und der Weser wurde im Quellbereich der Schwarza am Rennsteig bei Siegmundsburg der Dreistromstein errichtet (Abb. 4.7-10).



Abb. 4.7-10: Dreistromstein Elbe/Rhein/Weser

Tab. 4.7-6: Übersicht über Pumpspeicher-Kraftwerke im Einzugsgebiet der Elbe

Lfd. Nr.	Name des Pumpspeicher-Kraftwerkes / Wasserlauf	Inbetriebnahme [Jahr]	Nennleistung [MW]	Mittlere Fallhöhe [m]	Stauraum [Mio. m³]		Bemerkungen
					Oberbecken	Unterbecken	
Flussgebiet Moldau							
1.	Černé jezero / Úhlava	1930	1 x 1,5 = 1,5	275		0,015	Erste Anlage dieser Art in der Tschechischen Republik
2.	Štěchovice II / Moldau	1947	1 x 45 = 45	219	0,50	11,10 (Talsperre Vrané)	Nach Umbau ging modernisierte Anlage 1996 in Betrieb
Elbe direkt							
3.	Niederwartha / Elbe	1929 1955 1957 1960	4 x 20 = 80 2 x 20 = 40 4 x 20 = 80 6 x 20 = 120	143	2,84	2,60	Mit 80 MW im Jahre 1929 war die Anlage das erste größere Pumpspeicher-Kraftwerk der Welt. 1955 - 1957 Inbetriebnahme nach Wiedermontage. 1960 Ausbau auf 120 MW. Durch Hochwasser August 2002 beschädigt. Schrittweise Wiederinbetriebnahme ab November 2003
4.	Geesthacht / Elbe	1958	3 x 40 = 120	83	3,30	8,21 (Staustufe Geesthacht)	
Flussgebiet Mulde ¹⁾							
5.	Markersbach / Große Mittweida	1979 - 1981	6 x 175 = 1 050	288	6,46	7,97	Kavernenkraftwerk
Flussgebiet Saale ²⁾							
6.	Bleiloch / Saale	1932	2 x 40 = 80	49	215,00 (Talsperre Bleiloch)	5,64 (Talsperre Burgkhammer)	Der Stausee der Talsperre Bleiloch dient als Oberbecken.
7.	Hohenwarte I / Saale	1942 1959	1 x 30 = 30 2 x 30 = 60 1 x 2,75 = 2,75	56	182,00 (Talsperre Hohenwarte)	5,21 (Talsperre Eichicht)	Der Stausee der Talsperre Hohenwarte dient als Oberbecken.
8.	Hohenwarte II / Saale	1965 - 1966	8 x 40 = 320	304	3,28	5,21 (Talsperre Eichicht)	
9.	Goldisthal / Schwarza	2003	4 x 265 = 1 060	302	12,00	17,91 (Talsperre Goldisthal)	Gehört zu den größten und modernsten Anlagen Europas. Größtes künstliches Oberbecken, Kavernenkraftwerk
10.	Wendefurth / Bode	1967 - 1968	2 x 40 = 80	126	1,97	8,54 (Talsperre Wendefurth)	

1) Das Pumpspeicher-Kraftwerk Mittweida / Zschopau (1,5 MW) war 1928 bis 1988 in Betrieb

2) Das Kraftwerk Wisenta / Saale wird seit Stilllegung der Pumpen im Jahre 1992 nicht mehr als Pumpspeicher-Kraftwerk betrieben, sondern nur noch als Speicherkraftwerk (1,26 MW)



Abb. 4.7-11: Saaletal unterhalb der Mündung der Ilm mit den Ruinen Rudelsburg (links) und Burg Saaleck

Unterhalb der Schwarzamündung durchfließt die Saale die Ilm-Saale-Platte und nimmt mehrere Nebenflüsse auf. Die **Ilm** (1 043 km²), die etwa 25 km unterhalb Jena (103 000) linksseitig in die Saale mündet, entspringt im westlichen Thüringer Wald und weist ein ungewöhnlich schmales Einzugsgebiet auf. Stellenweise wird die Saale auch durch steile Felsen, z. B. unterhalb der Mündung der Ilm (Fluss-km 179,9) eingengt (Abb. 4.7-11).

Von den ehemals vielen Wehranlagen auf der 117,7 km langen Flussstrecke von den Saale-Talsperren bis zur Mündung der Unstrut mit einem mittleren Gefälle von 1,1 ‰ bestehen derzeit noch 19 mit Bauhöhen über der Gewässersohle von über 1 m. Die Wehranlage in Bad Kösen ist mit 3,30 m Höhe die größte (Abb. 4.7-12).

Vor der Unstrutmündung bei Naumburg (30 000 Einwohner) erreicht das Einzugsgebiet der Saale 5 096 km².

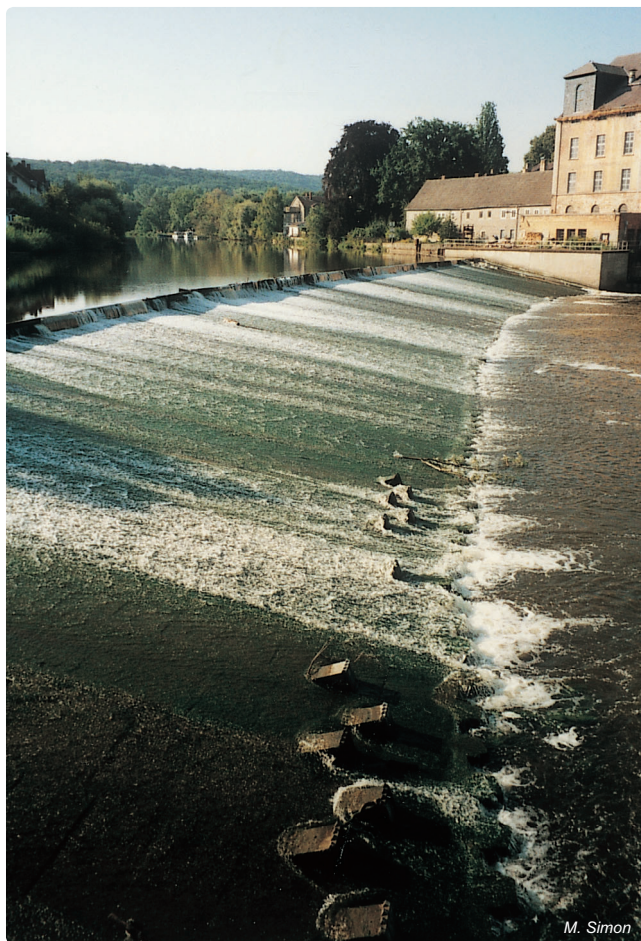


Abb. 4.7-12: Wehranlage in Bad Kösen

4.7.4 Die Unstrut

Das Einzugsgebiet der **Unstrut** (6 343 km²) ist um 1 246 km² größer als das der Saale beim Zusammenfluss. Es reicht vom westlichen Thüringer Wald über das Eichsfeld bis zum Südharz und schließt das Thüringer Becken ein. Die Unstrut entspringt in einer Höhe von 390 m ü. NN westlich der Ortschaft Kefferhausen im Eichsfeld. Ab Mühlhausen (38 000 Einwohner) durchquert sie in einer breiten gefällearmen Talaue die Lößlandschaft des Thüringer Beckens. Bei Artern durchfließt sie ein mehrere Kilometer breites Tal, um sich dann im unteren Laufdrittel zwischen steilen Berghängen durchzuwinden und bei Naumburg in die Saale (Fluss-km 161,8) zu münden. Die Wasserlaufänge der Unstrut beträgt 191,1 km, bei einem Höhenunterschied von 289 m. Das Gefälle beträgt im Oberlauf bis zur Mündung der Gera 3,6 ‰, im Mittellauf 0,55 ‰ und im Unterlauf 0,30 bis 0,10 ‰.

Wichtigster Nebenfluss zum Oberlauf der Unstrut ist die **Gera** (1 090 km²) mit ihrem Nebenfluss **Apfelstädt** (372 km²), die ihre Quellbereiche in den Kammlagen des westlichen Thüringer Waldes haben. Ab Erfurt (202 000 Einwohner) ist die Gera weitgehend reguliert und ausgebaut. Die Unstrut wird erst durch die Vereinigung mit der wasserreicheren Gera zum Hauptfluss des Thüringer Beckens, denn vor der Mündung der Gera beträgt ihr Einzugsgebiet nur 832 km².

Im Einzugsgebiet der Gera befinden sich sieben Talsperren. Davon gehören die Talsperren Tambach-Dietharz (Stauraum 0,78 Mio. m³), Ohra (Stauraum 17,82 Mio. m³) und Schmalwasser (Stauraum 20,55 Mio. m³, Abb. 4.7-13) zu dem Verbundwasserversorgungssystem Nord- und Ostthüringen, das für 1,2 Mio. Einwohner und die Wirtschaft Wasser bereitstellt.

Die Talsperre Heyda (Stauraum 5,03 Mio. m³) dagegen dient nur der Bereitstellung von Bewässerungswasser und dem Hochwasserschutz.



Abb. 4.7-13: Talsperre Schmalwasser

Unmittelbar unterhalb der Mündung der Gera in die Unstrut befindet sich das Hochwasserrückhaltebecken Straußfurt (4.7-14), das mit dem Stauraum von 18,64 Mio. m³ zum Hochwasserschutz im Gebiet der Unstrut und der Saale beiträgt.

Auf ihrem weiteren Verlauf entwässert die Unstrut mit ihren Nebenflüssen **Gramme** (357 km²) und **Lossa** (394 km²) sowie den aus dem Eichsfeld kommenden Flüssen **Helbe**, (414 km²), **Wipper** (647 km²) und **Helme** (1 318 km²) das Thüringer Becken, während die Nebenflüsse der Helme, **Zorge** (356 km²) und **Thyra** (175 km²) im Südharz ihre Quellbereiche haben. Die Helme entwässert auch große Teile der Goldenen Aue, die wegen ihrer Fruchtbarkeit weithin bekannt ist (Abb. 4.7-1).



Abb. 4.7-14: Rückhaltebecken Straußfurt beim Hochwasser im April 1994



Abb. 4.7-15: Talsperre Kelbra

Die größte Talsperre im Einzugsgebiet der Unstrut ist die Talsperre Kelbra (Abb. 4.7-15). Sie wurde in der Helme unterhalb der Stadt Nordhausen (44 000 Einwohner) im Jahre 1969 in Betrieb genommen. Mit ihrem Stauraum von 35,60 Mio. m³, der im Winterhalbjahr ausschließlich für den Hochwasserschutz zur Verfügung steht (im Sommer 23,30 Mio. m³), hat die Talsperre wesentlichen Einfluss auf den Hochwasserablauf in der Helme und der unteren Unstrut und trägt wie das Hochwasserrückhaltebecken Straußfurt zur Hochwasserminderung in der Saale bei.

Nach ersten Deichbauarbeiten schon im 12. Jhd. wurde die Unstrut vor allem durch zwei große Unstrutregulierungen im 19. und 20. Jhd. ausgebaut, begradigt, verkürzt und eingedeicht. Sie ist heute ein über weite Strecken eingedeichter kanalartiger Fluss. Naturnahe Gewässerstrukturen sind nur noch an wenigen Abschnitten vorhanden. Zu dieser Entwicklung hat die **Schiffbarmachung** der Unstrut von 1791 bis 1795 maßgeblich beigetragen. Insgesamt wurden 12 Schiffschleusen mit Wehranlagen errichtet (Abb. 4.7-16). Um 1880 wurden an den meisten Schleusenanlagen nochmals Umbauten vorgenommen. Damit war die Unstrut auf einer Länge von 71,4 km für Schiffe bis zu 150 t befahrbar.

Die Unstrut war wegen des schlechten baulichen Zustands der Schleusen und Wehre seit 1954 nicht mehr Binnenwasserstraße. Von 1992 bis 1999 wurden die vier untersten Wehranlagen mit Schleusen (Freyburg, Zeddenbach, Laucha und Tröbsdorf) rekonstruiert bzw. erneuert. Auf dieser Strecke von ca. 25 km wird die Unstrut heute wieder von Fahrgastschiffen und Sportbooten befahren. Die größte Bauhöhe über der Gewässersohle besteht an der Wehranlage in Freyburg mit 4,40 m (Abb. 4.7-17).



Abb. 4.7-17: 1995 rekonstruierte Wehranlage mit Schleuse in der Unstrut in Freyburg

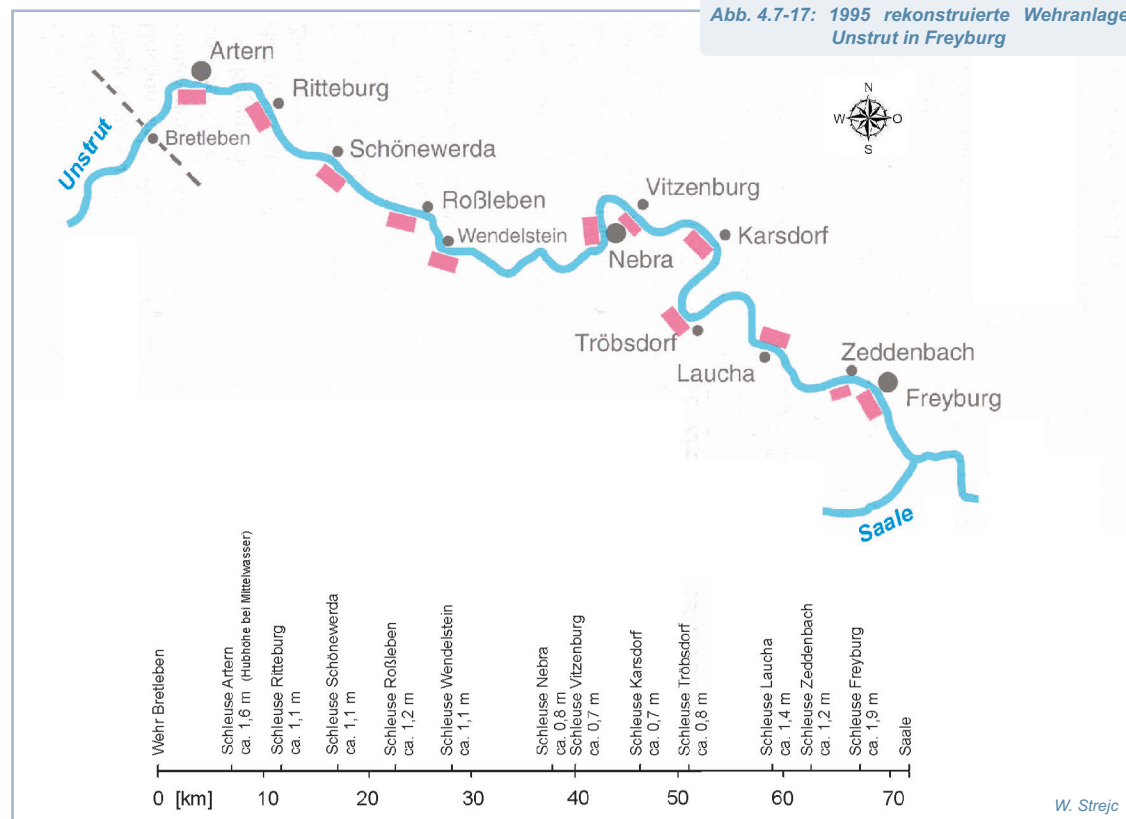


Abb. 4.7-16: Schiffsschleusen der Unstrut um 1795

4.7.5 Die Saale von der Unstrutmündung bis zur Mündung der Weißen Elster

Auf dem 59,2 km langen Flussabschnitt der Saale ab Unstrutmündung bis zur Mündung der Weißen Elster (Fluss-km 102,6) mit einem durchschnittlichen Gefälle von nur noch 0,38 ‰ vergrößert sich das Einzugsgebiet der Saale um fast 1 300 km² auf 12 734 km².

Der Ausbau dieses Saaleabschnitts als Binnenwasserstraße begann zeitgleich mit der Schiffbarmachung der unteren Unstrut in den Jahren 1791 bis 1795 durch den Bau von vier Schleusen zwischen Naumburg und Weißenfels. Von 1816 bis 1822 wurden sieben Schleusen im Saaleabschnitt unterhalb Weißenfels bis Halle errichtet. Ab 1880 konnten Schiffe bis zu 400 t von der Saalemündung in die Elbe bis nach Halle und mit bis zu 150 t nach Artern an der Unstrut (ca. 244 km) fahren.

Zum Schutz vor Hochwasser sind in den Städten Weißenfels (30 000 Einwohner), Merseburg (35 000 Einwohner) und weiteren an der Saale liegenden Ortslagen vielfach Ufermauern gebaut worden (Abb. 4.7-18). Im übrigen Bereich, wo keine Hochufer bestehen, ist die Saale eingedeicht.



Abb. 4.7-18: Saale mit Dom und Schloss von Merseburg

4.7.6 Die Weiße Elster

Mit einem Einzugsgebiet von 5 154 km² ist die Weiße Elster der zweitgrößte Nebenfluss der Saale. Das verhältnismäßig schmale Einzugsgebiet reicht vom Elstergebirge über das Vogtland bis zur Leipziger Tieflandsbucht, wobei der Fluss annähernd parallel zur Saale verläuft.

Die Weiße Elster entspringt im Elstergebirge auf tschechischem Gebiet nordwestlich des Kapellenberges (759 m ü. NN) bzw. südöstlich von Aš in einer Höhe von 723 m ü. NN. Ihr Einzugsgebiet in der Tschechischen Republik beträgt 55,4 km².

Auf ihrem hauptsächlich nach Norden gerichteten Verlauf durchfließt die Weiße Elster Plauen (70 000 Einwohner), Greiz (25 000 Einwohner), Gera (106 000 Einwohner) und Zeitz (30 000 Einwohner). In Leipzig (498 000 Einwohner) schwenkt sie nach Westen und mündet am südlichen Stadtrand von Halle (240 000 Einwohner) in die Saale.

Die Weiße Elster ist 247,1 km lang, der Höhenunterschied von der Quelle bis zur Mündung beträgt 644,6 m. Auf den ersten 11,8 km Laufweg in der Tschechischen Republik weist der Fluss mit einem Gefälle von 20,2 ‰ Wildbachcharakter auf. Auch die folgenden 72 km bis Greiz kennzeichnen die

Weißer Elster mit einem mittleren Gefälle von 6,2 ‰ als typischen Gebirgsfluss. Im Mittellauf bis Zeitz auf einer Länge von 71 km sinkt das Gefälle auf 1,5 ‰ und im 92 km langen Unterlauf auf 0,76 ‰.

Die obere Weiße Elster und ihre Nebenflüsse **Trieb** (163 km²), **Göltzsch** (230 km²) und **Weida** (459 km²) sind als besonders hochwassergefährliche Flüsse bekannt. Das extreme Hochwasser im Juli 1954 war Hauptanlass zum Bau mehrerer Talsperren, die neben dem Hochwasserschutz auch der Trinkwasserversorgung dienen (Abb. 4.7-19 und 4.7-20, Tab. 4.7-7).

Aus dem Weidatalsperrensystem kann die Trinkwasserversorgung von 320 000 Einwohnern gesichert werden. Zu diesem Zweck kann bedarfsabhängig Wasser aus der Talsperre Lössau (Einzugsgebiet der oberen Saale) durch einen Stollen übergeleitet werden (Abb. 4.7-21).

Ein imposantes Bauwerk an der Göltzsch ist die 1851 in Betrieb genommene Eisenbahnbrücke zwischen Reichenbach und Plauen. Es ist die größte aus Ziegeln errichtete Brücke der Welt. In vier Etagen wurden in die 78 m hohe und 574 m lange Brücke 26 Mio. Ziegelsteine vermauert (Abb. 4.7-22).

In Leipzig mündet die **Pleiße**, mit einem Einzugsgebiet von 1 474 km² und einer Wasserlaufänge von 97,8 km. Sie entspringt bei Ebersbrunn südwestlich von Zwickau in einer Höhe von 443 m ü. NN. Wesentliche Nebenflüsse sind **Wychra** (429 km²) und **Parthe** (400 km²).

Für den Hochwasserschutz vor allem der Stadt Leipzig sowie zur Brauchwasserbereitstellung wurden im Einzugsgebiet der Pleiße drei Talsperren und zwei Hochwasserrückhaltebecken gebaut und in vier Tagebauseen bewirtschaftbare Speicherlamellen ein-

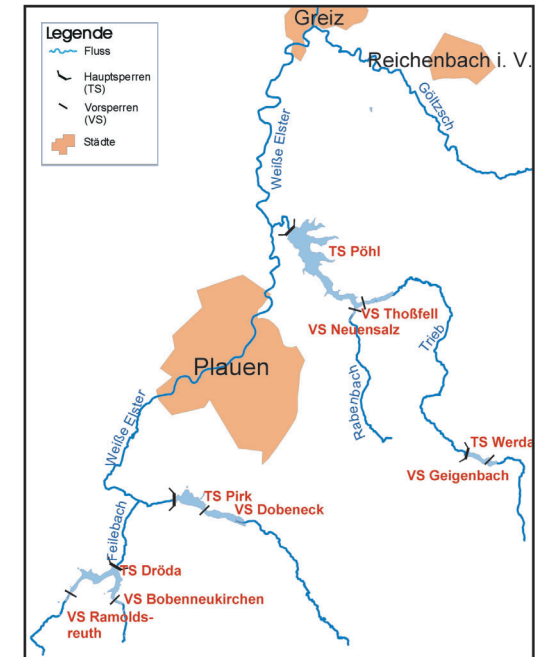


Abb. 4.7-19: Talsperren im oberen Einzugsgebiet der Weißen Elster im Raum Plauen



Abb. 4.7-20: Talsperre Pöhl, die größte Talsperre im Einzugsgebiet der Weißen Elster

gerichtet. Der Stauraum dieser neun Talsperren beträgt über 104 Mio. m³, davon sind über 73 Mio. m³ gewöhnlicher Hochwasserrückhalteraum (Abb. 4.7-23 und Tab. 4.7-8).

Tab. 4.7-7: Talsperren im Einzugsgebiet der Weißen Elster (ohne Pleiße und Vorsperren)

Lfd. Nr.	Bezeichnung der Talsperre / Wasserlauf	Stauraum bei Vollstau [Mio. m ³]	davon gewöhnlicher Hochwasserrückhalteraum im Winter [Mio. m ³]	Inbetriebnahme [Jahr]
1.	Pirk / Weiße Elster	9,50	0,76	1938
2.	Dröda / Feilebach	17,32	3,00	1971
3.	Werda / Geigenbach	3,63	1,22	1909
4.	Pöhl / Trieb	61,98	9,16	1964
5.	Falkenstein / Göltzsch	1,20	0,25	1975
6.	Zeulenroda / Weida	30,42	7,62	1975
7.	Weida / Weida	9,73	0,60	1956
8.	Hohenleuben / Leuba	4,96	—	1981
9.	Auma / Weida	0,57	—	1936
	Summe	139,31	22,21	

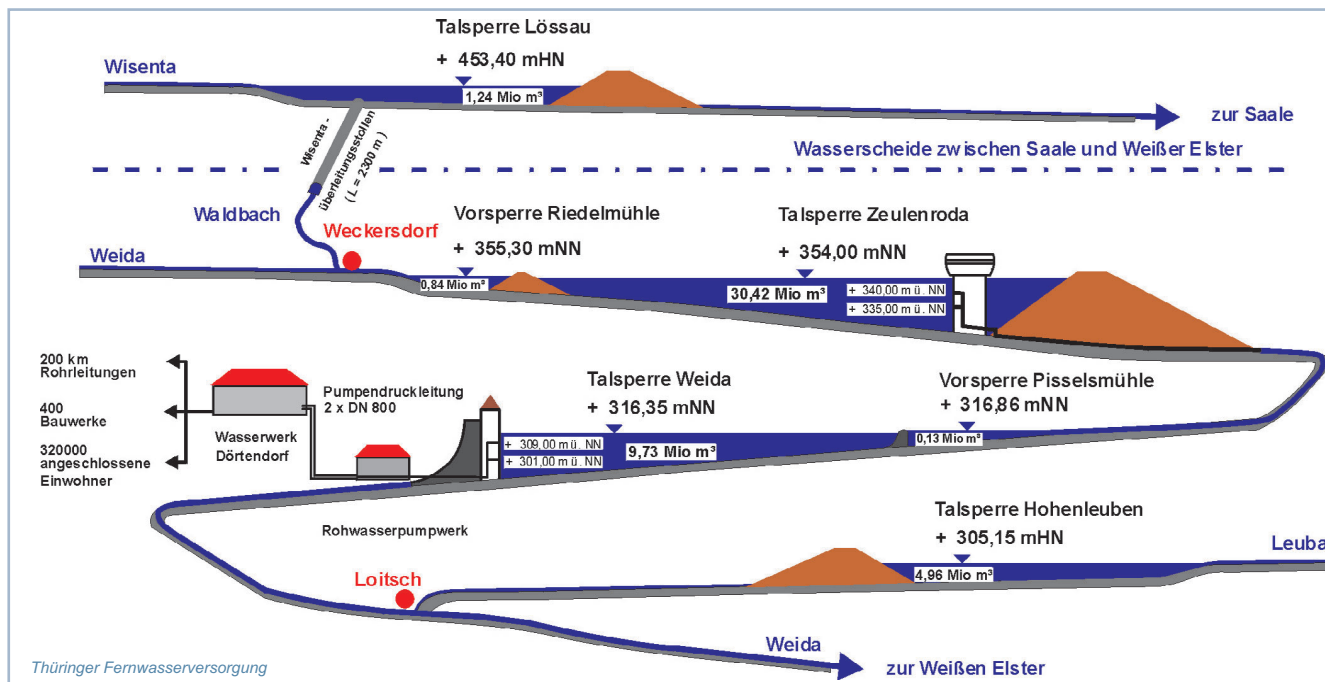


Abb. 4.7-21: Schema des Weidatalsperrensystems

Der Speicher Witznitz (Abb. 4.7-24) dient auch der Brauchwasserversorgung, insbesondere des neuen Braunkohlkraftwerks bei Lippendorf (im Südraum von Leipzig) mit zwei Blöcken von jeweils 933 MW. Diese haben einen

Wasserbedarf von 35 Mio. m³/a. In den Speicher werden im Mittel 5,9 Mio. m³/a aus dem Einzugsgebiet der Freiburger Mulde übergeleitet (siehe Kapitel 4.6-1).



Abb. 4.7-22: Göltzschtalbrücke

Tab. 4.7-8: Talsperren im Einzugsgebiet der Pleiße

Lfd. Nr.	Bezeichnung der Talsperre / Wasserlauf	Stauraum bei Vollstau [Mio. m³]	davon gewöhnlicher Hochwasserrückhalte- raum im Winter [Mio. m³]	Inbetrieb- nahme [Jahr]
1.	Koberbach / Koberbach	2,70	0,23	1929
2.	Windischleuba / Pleiße	2,03	0,26	1953
3.	Hochwasserrückhaltebecken Regis-Serbitz/Pleiße	5,87	5,87	1960
4.	Borna (Tagebausee) im Nebenschluss der Pleiße	51,50 (Speicherlamelle)	46,10	1980
5.	Lobstädt (Tagebausee) im Nebenschluss der Pleiße	1,11 (Speicherlamelle)	—	1953
6.	Schömbach / Wyhra	7,71	6,21	1971
7.	Witznitz (Tagebausee) im Nebenschluss der Wyhra und Eula	20,70 (Speicherlamelle)	3,20	1954
8.	Rötha (Tagebausee) im Nebenschluss der Pleiße	1,33 (Speicherlamelle)	0,11	1940
9.	Hochwasserrückhaltebecken Stöhma im Nebenschluss der Pleiße	11,35	11,35	1977
	Summe	104,30	73,33	



Abb. 4.7-24: Speicher Witznitz (Tagebausee)

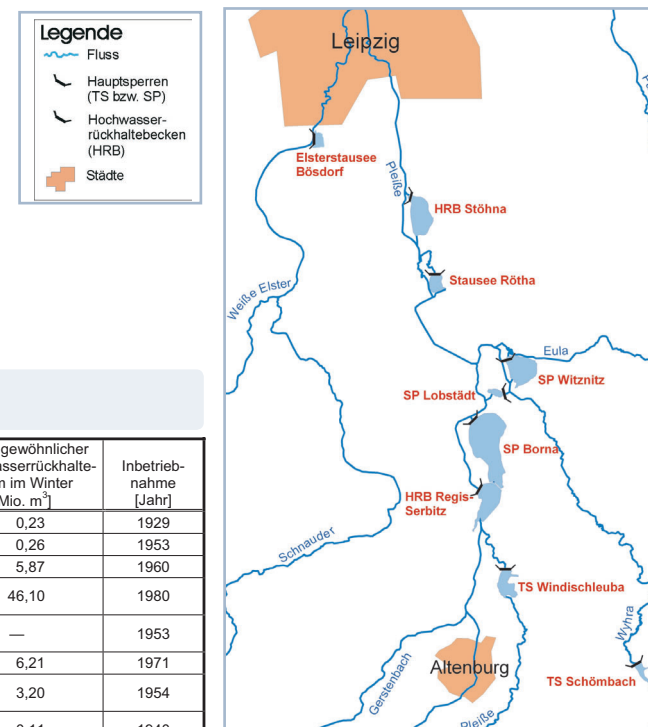


Abb. 4.7-23: Talsperren im Einzugsgebiet der Pleiße

4.7.7 Die Bode

Die Bode ist mit einem Einzugsgebiet von 3 297 km² und einer Länge von 168,5 km (mit 25,0 km Warmer Bode) der drittgrößte Nebenfluss der Saale.

Die beiden Quellflüsse, die Warme und Kalte Bode, entspringen im Harz südwestlich des 1 142 m ü. NN hohen Granitmassivs des Brockens (Abb. 4.7-25). Die Quelle der Kalten Bode liegt bei 873 m ü. NN (Bodesprung) und die der Warmen Bode bei 843 m ü. NN.



Abb. 4.7-25: Bergmassiv des Brockens, des höchsten Berges des Harzes

Unterhalb Königshütte vereinen sich Warme und Kalte Bode. Bei Thale tritt der gefällestarke Oberlauf der Bode aus den tiefen Schluchten des Harzes heraus (Abb. 4.7-26). In ihrer allgemein östlichen Laufrichtung beschreibt sie einen großen Bogen nach Norden und mündet bei Nienburg unterhalb Bernburg (33 000 Einwohner) in einer Höhe von 56 m ü. NN in die Saale. Sie entwässert mit ihren Nebenflüssen große

Teile des östlichen Harzes und des Harzvorlandes sowie im Unterlauf die bis zu vier Kilometer breite Egeln-Staßfurter Talmulde, die zur Magdeburger Börde gehört.

Bei einem Höhenunterschied von 787 m zwischen der Quelle der Warmen Bode und der Mündung in die Saale beträgt das



Abb. 4.7-26: Romantisches Bodetal oberhalb Thale

mittlere Gefälle der Bode im 64 km langen Oberlauf bis Thale 10,7 ‰, im Mittellauf bis Oschersleben (48 km) 1,7 ‰ und im Unterlauf (57 km) nur 0,37 ‰. Wichtige Nebenflüsse sind **Selke** (486 km²), **Holtemme** (278 km²) und **Großer Graben** (828 km²).

Häufige Hochwasser, das größte in der Silvesternacht 1925/26, waren immer wieder Anlass, den Bau von Talsperren im oberen Bodegebiet für den Hochwasserschutz zu fordern. Zugleich wuchs das Interesse, Wasser aus dem Ostharz in den wasserarmen Großraum Halle/Leipzig überzuleiten.

Von 1956 bis 1967 wurden sechs Talsperren in Betrieb genommen (Tab. 4.7-9). Von den über 126 Mio. m³ Stauraum sind 23,5 Mio. m³ als gewöhnlicher Hochwasserrückhalteraum im Winterhalbjahr festgelegt.

Tab. 4.7-9: Talsperren im Bodetalsperrensystem

Lfd. Nr.	Bezeichnung der Talsperre / Wasserlauf	Stauraum bei Vollstau [Mio. m ³]	davon gewöhnlicher Hochwasserrückhalteraum im Winter [Mio. m ³]	Inbetriebnahme [Jahr]
1.	Hochwasserschutzbecken Kalte Bode / Kalte Bode	4,47	3,94	1957
2.	Überleitungssperre Königshütte / Bode	1,20	—	1956
3.	Vorsperre Rappbode / Rappbode	1,50	—	1961
4.	Vorsperre Hassel / Hassel	1,48	—	1960
5.	Rappbodetalsperre / Rappbode	109,08	14,08	1959
6.	Wendefurth / Bode	8,54	5,44	1967
	Summe	126,27	23,46	

Die Rappbodetalsperre ist mit 106 m Höhe von der Gründungssohle bis zur Mauerkrone die höchste Talsperre Deutschlands und im Einzugsgebiet der Elbe (Abb. 4.7-27). Trotz des nur kleinen natürlichen Einzugsgebiets (116 km²) ist sie wegen der bautechnisch sehr günstigen Sperrstelle im engen tiefen Tal der Rappbode errichtet worden.



Abb. 4.7-27: Rappbodetalsperre

Aus dem größeren Einzugsgebiet der Warmen und Kalten Bode (154 km²) können von der Überleitungssperre Königshütte durch einen 1,7 km langen Stollen bis zu 14 m³/s Wasser in die Rappbodetalsperre übergeleitet werden. Das übrige Wasser fließt von der Überleitungssperre Königshütte im Bodetal zur Talsperre Wendefurth, die sich unmittelbar unterhalb der Rappbodetalsperre befindet und den Abschluss des Bodetalsperrensystems bildet (Abb. 4.7-28 und 4.7-29).

Das Bodetalsperrensystem erfüllt folgende Hauptfunktionen:

■ Trinkwasserversorgung

Seit Oktober 1965 wird in der Trinkwasseraufbereitungsanlage Wienrode Wasser aus der Rappbodetalsperre aufbereitet (Tab. 4.7-10). Der größte Teil des Trinkwassers wird über ein Fernwasserversorgungssystem in den Raum Halle/Leipzig und somit aus dem Einzugsgebiet der Bode abgeleitet (siehe Kapitel 4.4.3).

Tab.4.7-10: Entwicklung der Trinkwasserlieferung aus der Rappbodetalsperre

Jahr	Trinkwasserabgabe [Mio. m ³ /a]
1975	59,4
1980	66,5
1985	67,5
1989	73,8
1990	72,7
1995	45,7
2000	39,7

■ Hochwasserschutz

Durch die Reduzierung der Hochwasserscheitel aus dem oberen Bodegebiet ist für 20 Städte und Gemeinden und für 100 km² Landwirtschaftsfläche entlang des Bodelaufs der Hochwasserschutz deutlich erhöht worden. Beim Extremhochwasser im April 1994 betrug der höchste Zufluss zum Talsperrensystem fast 200 m³/s, die maximale Abgabe jedoch nur 90 m³/s.

■ Niedrigwasseraufhöhung

Vor Bau des Talsperrensystems betrug der Abfluss in der oberen Bode in Trockenzeiten oftmals weniger als 0,3 m³/s. Die Mindestwasserabgabe aus der Talsperre Wendefurth ist seit 1967 mit 1,0 m³/s festgelegt und kann seit 2001 bei Bedarf auf 2,0 m³/s erhöht werden.

■ Energieerzeugung

Das Pumpspeicher-Kraftwerk Wendefurth (Abb. 4.7-29) mit einer installierten Leistung von 80 MW nutzt die Talsperre Wendefurth als Unterbecken. Weitere 3,9 MW werden durch zwei kleine Kraftwerke an der Rappbodetalsperre erzeugt.

Die mittlere Bode ist bis auf wenige lokale Maßnahmen nicht reguliert. Unterhalb der Holtemmemündung dagegen wurde die Bode von 1905 bis 1914 ausgebaut, teilweise begründet und außerhalb von Ortslagen größtenteils eingedeicht. Wegen der geringen Deichhöhe ist jedoch die Talaue als Retentionsraum für größere Hochwasser erhalten geblieben.

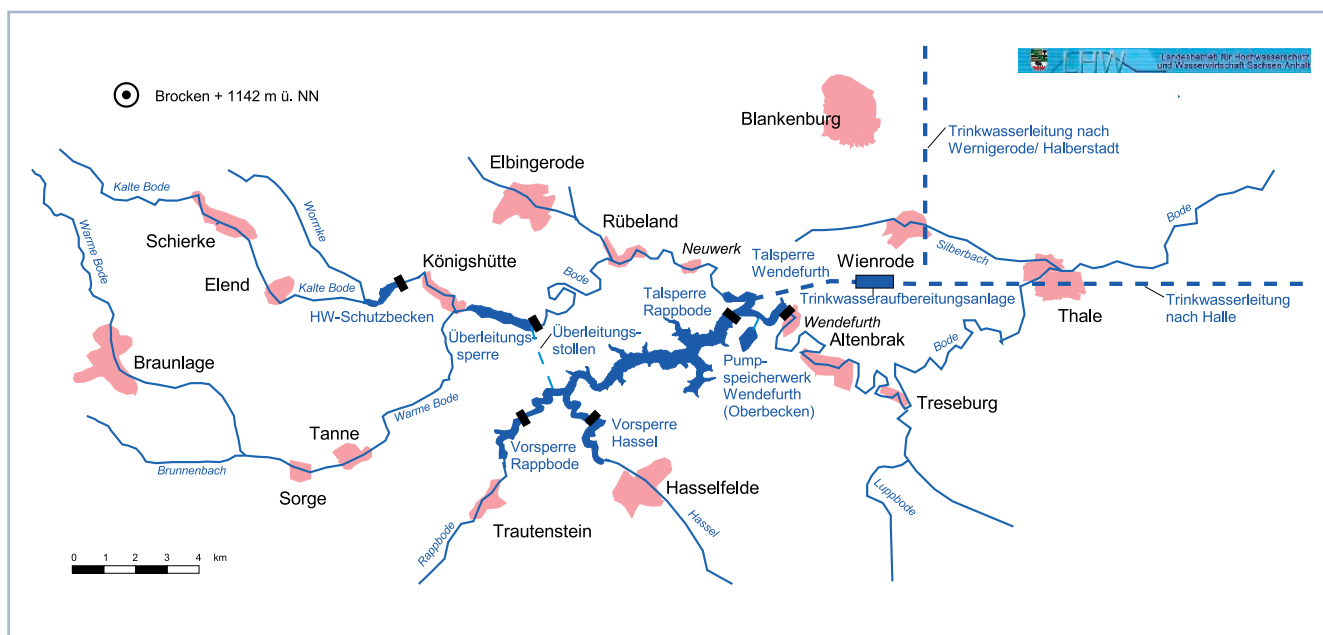


Abb. 4.7-28: Bodetalsperrensystem

Wasserwirtschaftlich und historisch interessant sind die sogenannten Harzteiche im Einzugsgebiet der Selke sowie im Gebiet der mittleren Bode. Sie verdanken ihre Entstehung dem Bergbau.

Im Ostharz, der zu den ältesten Bergbaugebieten in Deutschland gehört, bestanden schon um das Jahr 800 mehrere

Gruben bei Stolberg. Im 9. und 10. Jhd. wurden bei Harzgerode Kupfer- und Silbererze gewonnen. Im Gebiet um Straßberg begann im 13. Jhd. der Blei- und Silberbergbau, um 1700 waren dort 60 Gruben in Betrieb.

Das sich in den Gruben ansammelnde Wasser wurde mittels eines einfachen Pumpensystems, angetrieben durch

Wasserräder, zu Tage gefördert. Dazu war ein gleichmäßiger Wasserzufluss notwendig. Wasser war auch für die Beförderung, Aufbereitung und Verarbeitung der Erze erforderlich. Das waren die Hauptgründe für den Bau der Harzteiche. Im 18. Jhd. gab es allein im Selkegebiet 23 bergbauliche Sammelteiche mit Dammhöhen bis zu 20 m und Stauinhalten von mehreren 100 000 m³. Ab Ende des 19. Jhds. wurden die Bergwerke schrittweise stillgelegt.

In den Einzugsgebieten der Selke und der mittleren Bode gibt es noch heute 43 dieser Teiche. Seit 1963 wurden 21 Staudämme rekonstruiert und teilweise erweitert, z. B. der Kiliansteich mit 1,08 Mio. m³ Stauraum (Abb 4.7-30). Diese Kleinspeicher dienen überwiegend der Naherholung, aber auch der örtlichen Trinkwasserversorgung und teilweise dem Hochwasserschutz.

Wie in anderen Nebenflüssen der Saale gab es früher auch in der Bode viele Wehranlagen zum Betrieb von Mühlen und kleinen Kraftwerken sowie zur Wasserentnahme für die Industrie. Heute bestehen noch 21 Wehre zwischen Thale und der Bodemündung.



Talsperrenbetrieb Sachsen-Anhalt



M. Simon

Abb. 4.7-29: Blick auf die Talsperre Wendefurth (im Vordergrund) mit Pumpspeicher-Kraftwerk (Bildmitte) und Rappbodetalsperre (im Hintergrund)

Abb. 4.7-30: Rekonstruierter Damm des Kiliansteiches

4.7.8 Braunkohlengebiete in Mitteldeutschland

Zum Mitteldeutschen Braunkohlenrevier zählen alle Braunkohlenlagerstätten westlich der Elbe in den Flussgebieten von Mulde und Saale. Es werden vier Braunkohlengebiete unterschieden: Der Bitterfelder Raum im Muldegebiet, der Nordraum im Gebiet von Bode und Selke, Geiseltal/Merseburg in den Gebieten der Saale und unteren Weißen Elster sowie der Südraum Leipzig in den Gebieten von Weißer Elster und Pleiße (Abb. 4.7-31).

Die Braunkohle entstand im mittleren Tertiär, im Saalegebiet hauptsächlich vor 30 bis 40 Millionen Jahren und im Muldegebiet vor etwa 20 bis 25 Millionen Jahren.

Urkundlich erwähnt sind erste Braunkohlenabbaustätten 1598 in Könnern bei Halle, 1698 im Geiseltal, 1703 bei Nachterstedt im Nordraum, 1743 im Südraum Leipzig und um 1800 im Bitterfelder Raum.

Der Kohlenabbau erfolgte anfänglich in sehr kleinen Gruben im Tiefbau. Eine nennenswerte Förderung war ab etwa 1850 zu verzeichnen, als mit dem Einsatz von Dampfmaschinen die Wasserhaltung in den Schächten zunehmend besser beherrscht werden konnte. Ein deutlicher Aufschwung trat durch die Erfindung der Brikettierung um 1900 ein. War die Braunkohle bis dahin nur für Heizzwecke verwendet worden, stieg der Verbrauch durch die Erzeugung von Elektroenergie und die Entwicklung der Carbochemie zu Beginn des 20. Jhds. sprunghaft an. Oberflächennahe Flöze waren rasch erschöpft. In den 20er Jahren des 20. Jhds. entstanden die ersten großen Tagebaue und der Tiefbau kam zum Erliegen.

Die größte Braunkohlengewinnung erfolgte in den 60er Jahren des 20. Jhds. (1963: 145,5 Mio. t). 1988 wurden aus 20 Tagebauen noch knapp 110 Mio. t gefördert. Dafür mussten 400 Mio. m³ Abraum abgetragen und transportiert sowie 0,5 Mrd. m³ Wasser gehoben und abgeleitet werden (Abb. 4.7-32). Die Einleitung von Tagebauwasser in Pleiße, Weiße Elster und Saale erreichte von 1980 bis 1989 7 bis 8 m³/s.

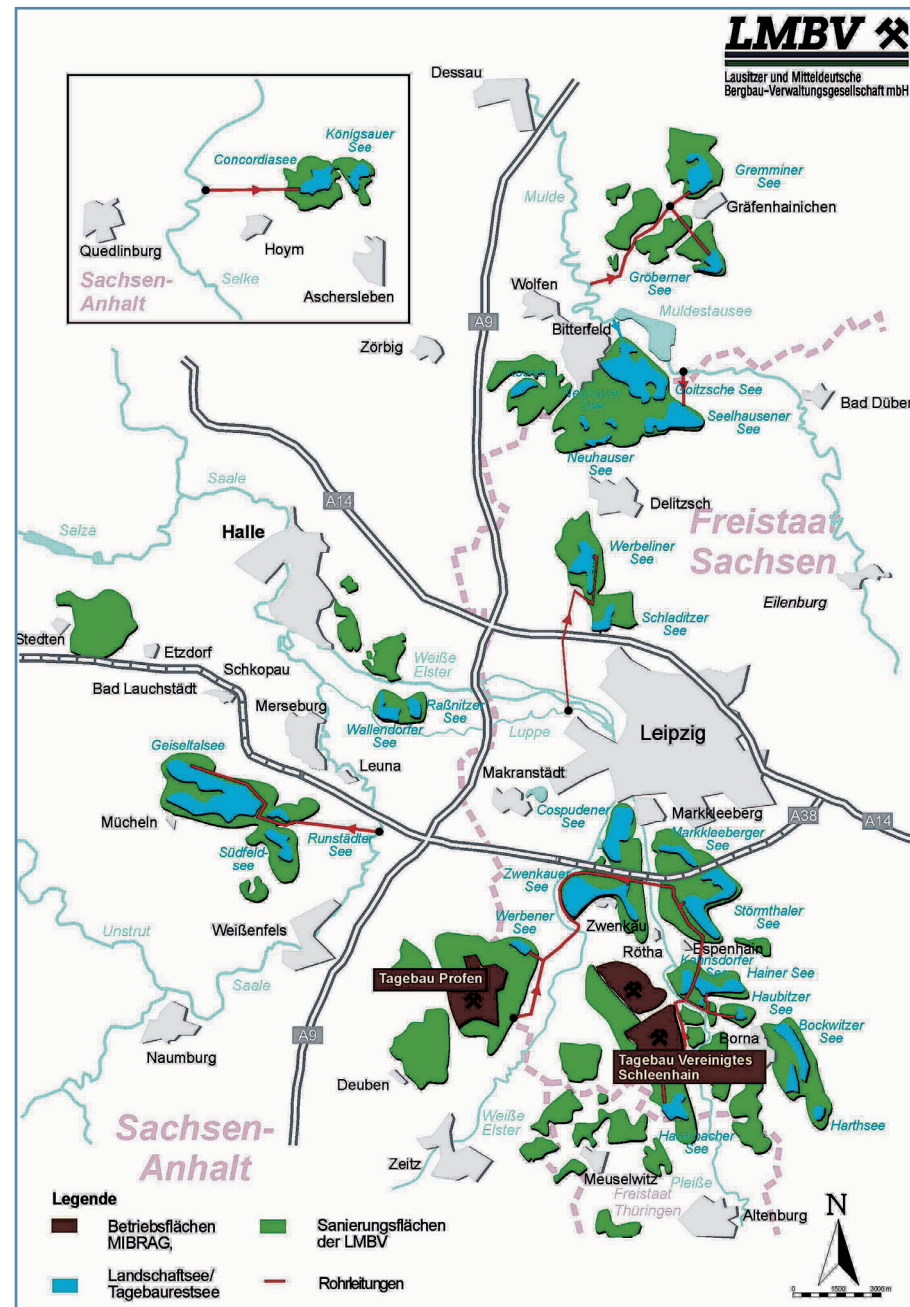


Abb. 4.7-31: Konzept zur Flutung ehemaliger Braunkohlentagebaue im Mitteldeutschen Revier (Stand: 2004)

1989/90 betrugen die bergbaubedingten Verluste an statischen Grundwasservorräten 5,6 Mrd. m³. Die Absenkungstrichter erreichten im Bitterfelder Raum 60 bis 80 m, im Südraum Leipzig 65 bis 80 m, stellenweise über 120 m und im Geiseltal über 100 m, stellenweise fast 200 m. Die Fläche mit einer Beeinflussungsgrenze von mehr als 0,5 m Grundwasserabsenkung betrug insgesamt etwa 1 100 km².

Zu Gunsten des Kohlenabbaus waren im Einzugsgebiet der Saale Flüsse auf einer Gesamtlänge von ca. 110 km verlegt worden, davon allein die Weiße Elster auf 25 km und die Pleiße mit ihren Nebenflüssen Wyhra und Gösel auf 58 km. Die teilweise mehrfach verlegten Wasserläufe wurden überwiegend gedichtet, oft bis zu einem Wasserstand, der dem dreifachen Mittelwasserabfluss entspricht. Als Ersatz für verloren gegangene Überschwemmungsflächen in den abgebagerten Talauen der Pleiße und ihrer Nebenflüsse wurden die Hochwasserrückhaltebecken Regis-Serbitz und Stöhma gebaut und in den Tagebauseen Borna und Witznitz größere Hochwasserrückhalteräume festgelegt (Tab. 4.7-8).

Der tiefgreifende Strukturwandel nach der deutschen Einheit 1990 führte zur abrupten Schließung der meisten Tagebaue und zum drastischen Rückgang der Braunkohlenförderung (Tab. 4.7-11).

Ab 1990 mussten die stillgelegten Tagebaue saniert werden. Hinzu kamen Tagebaurestlöcher, deren Sanierung vor 1990

Tab. 4.7-11: Braunkohlenförderung (Mio. t) im Mitteldeutschen Revier

Jahr	Mio. t	Bemerkungen
1885	15,0	davon 75 % Tiefbau
1913	19,2	davon 30 % Tiefbau
1934	91,1	davon 12 % Tiefbau
1963	145,5	
1985	115,4	20 Tagebaue
1989	105,6	20 Tagebaue
1991	50,9	11 Tagebaue
1994	17,5	3 Tagebaue
1999	13,8	3 Tagebaue
2004	20,2	2 Tagebaue

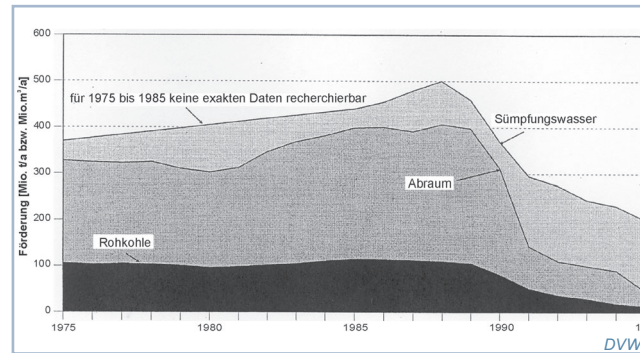


Abb. 4.7-32: Rohkohlengewinnung (Mio. t/a), Abraumförderung (Mio. m³/a) und Wasserhebung (Mio. m³/a) im Mitteldeutschen Revier von 1975 bis 1995

vernachlässigt worden war. Für den Sanierungserfolg erwies sich die Wasserhaushaltsproblematik als Schlüsselfrage.

Langfristiges Ziel war und ist es, in den betroffenen Flusseinzugsgebieten solche Verhältnisse herzustellen, die einen sich weitgehend selbst regulierenden Wasserhaushalt ermöglichen. Die dafür notwendigen Maßnahmen umfassen insbesondere:

- die gezielte Wiederauffüllung der entwässerten Tagebaue einschließlich Flutung der Tagebaue
- die Einbindung der entstehenden Tagebauseen in das Gewässersystem
- die Renaturierung ausgebauter, verlegter oder abgedichteter Flüsse
- die Bewirtschaftung und Regelung der Abflussverhältnisse in den oberirdischen Gewässern nach Menge und Beschaffenheit im Einklang mit den ökologischen Mindestanforderungen.

Bevor diese wasserwirtschaftlichen Maßnahmen in den einzelnen Tagebauegebieten in Angriff genommen werden können, ist deren umfassende Grundsanierung durchzuführen. Dazu gehören die Beräumung und Rekultivierung der

Bergwerksflächen, einschließlich der Beseitigung bzw. gefahrlosen Sanierung von Altlasten und insbesondere die bergtechnische Sicherung der Abraumkippen und Tagebauböschungen.

Tagebauböschungen und Abraumkippen verlieren beim Wiederanstieg des Grundwassers ihre Standfestigkeit. Das betrifft besonders locker gelagerte gleichförmige Sande, die unter Wassereinfluss zur Verflüssigung neigen. Dieses Setzungsfießen – vergleichbar mit Lawinen – verläuft von der Böschung landeinwärts, oftmals mehrere 100 m in wenigen Minuten, wobei Millionen m³ Bodenmassen in Bewegung kommen können und in den entstehenden Tagebausee fließen (siehe Kapitel 4.9.3). Aus Gründen der Böschungssicherheit sind die Tagebauseen daher in der Regel mit einer solchen Geschwindigkeit zu fluten, dass der Seewasserspiegel über dem ansteigenden Grundwasserniveau liegt. Schon deshalb ist die Zuführung von Flusswasser bzw. Sumpfungswasser aus aktiven Tagebauen notwendig. Außerdem würde der alleinige Wiederanstieg des Grundwassers in den meisten Tagebauegebieten mehrere Jahrzehnte beanspruchen, zumal die Grundwasserneubildung durch die Niederschlagsarmut in den betroffenen Gebieten sehr gering ist.

Hinzu kommt das Problem der Wasserbeschaffenheit. Während der Grundwasserabsenkung sind in den trocken gefallen Sedimenten und besonders in den Abraumkippen Pyrit und Markasit unter Sauerstoffzufuhr oxydiert. Beim Wiederanstieg des Grundwassers führen die Verwitterungsprodukte häufig zu extremer Versauerung des Wassers mit pH-Werten unter 3, hohen Sulfatgehalten und hohen Metallkonzentrationen. Deshalb ist die Zufuhr von Flusswasser im Regelfall unverzichtbar, um mindestens einen pH-Wert von 4,5 als Ausgangsbedingung für eine nachhaltige biologische Entwicklung in den Tagebauseen zu sichern. Spätestens zum Zeitpunkt des Ausleitens von Wasser aus den Tagebauseen in das Gewässernetz muss die gesetzlich geforderte Wasserbeschaffenheit erreicht sein. Zu diesem Zweck sind auch spezielle biologische und chemische Verfahren entwickelt worden, durch deren Anwendung die langfristige Entwicklung der Wasserbeschaffenheit in den Tagebauseen unterhalb der zulässigen Grenzwerte gesichert werden kann.

In *Abbildung 4.7-31* sind die ehemaligen Tagebaue bzw. Tagebauseen und die Rohrleitungen zur Überleitung von Flutungswasser dargestellt. Von herausragender Bedeutung für die beschleunigte Flutung der Tagebaue im Südraum Leipzig ist die Zuführung von Sumpfungswasser aus den aktiven Tagebauen Profen, nördlich von Zeitz und Vereinigtes Schleenhain, westlich von Borna, über einen 70 km langen Rohrleitungsverbund.

Tabelle 4.7-12 enthält für die einzelnen Tagebauseen die Seefläche, das Seevolumen, die maximale Tiefe, den Füllstand 2003 und das Jahr, in dem die Flutung beendet werden soll. Der

wieder aufzufüllende Porenraum in den Grundwasserleitern kann das 1,5 bis 3fache des Tagebauvolumens betragen.

Von den 26 Tagebauseen war Ende 2003 in acht die Flutung bereits abgeschlossen und der Endwasserstand erreicht. Zehn Tagebauseen befanden sich in Flutung mit Fluss- und Sumpfungswasser. In weiteren drei Tagebauseen (Concordia-See, Südfeldsee, Werbener See) ist die Flutung mit Fluss- bzw. Sumpfungswasser beendet, die weitere Füllung erfolgt durch Wiederanstieg des Grundwassers. Nur in vier Tagebauseen (Neuhäuser, Schladitzer, Königsauer und Bockwitzer See) ist die Flutung allein durch Wiederanstieg des Grundwassers

möglich. Für den Zwenkauer See ist der Flutungsbeginn für 2006 geplant. In ihm ist eine Speicherlamelle von ca. 15 Mio. m³ als Hochwasserrückhalteraum vorgesehen.

Der aus dem Tagebau Mücheln entstehende Geiseltalsee wird nach Abschluss der Flutung im Jahre 2008 mit seiner Seefläche von 18,4 km² der größte Tagebausee im Einzugsgebiet der Elbe sein (siehe Kapitel 4.4.3 und 4.9.3).

Mit einer Gesamtseefläche von ca. 110 km² bereichern die 26 Tagebauseen die von Natur aus seenarme Landschaft im Mitteldeutschen Raum. Die meisten sind als Landschaftsseen

konzipiert, einige als Badeseen, von denen der Harthsee und der Cospudener See bereits intensiv genutzt werden. Die 60 km² große Bergbaufolgelandschaft östlich von Bitterfeld mit einer Wasserfläche von etwa 25 km² ist als Touristen- und Erholungsgebiet entwickelt worden.

Der Bestand der beiden Tagebaue Vereinigtes Schleenhain und Profen (2004: 20,2 Mio. t Kohle) ist für mehrere Jahrzehnte konzipiert. Das Förderverhältnis Abraum : Kohle von 2,8 m³ : 1 t ist sehr günstig. Der Heizwert der Kohle beträgt knapp 11 000 kJ/kg und liegt damit um ca. 2 000 kJ/kg über dem der Kohle im Lausitzer und Rheinischen Revier.

An die 1999 in Betrieb gegangenen zwei Blöcke des Kraftwerks in Lippendorf mit je 933 MW werden jährlich 10 Mio. t Braunkohle geliefert. Das Kraftwerk Schkopau, 980 MW, und mehrere kleine Kraftwerke mit einer installierten Leistung von insgesamt ca. 700 MW nutzen ebenfalls die Kohle aus beiden Tagebauen.

Tab. 4.7-12: Stand und voraussichtliche Entwicklung der Tagebauseen im Mitteldeutschen Braunkohlenrevier

Lfd. Nr.	Name des ehemaligen Tagebaus	Name des Tagebausees	Flussgebiet	Bundesland	voraussichtliche Seefläche [ha]	voraussichtliches Seevolumen [Mio. m ³]	voraussichtliche maximale Tiefe [m]	Füllstand 31.12.2003 [%]	voraussichtliches Flutungsende [Jahr]
Bitterfelder Raum									
1.	Golpa-Nord	Gremminer See	Mulde	ST	544	67	19	83	2007
2.	Gröbern	Gröberner See	Mulde	ST	368	68	40	4	2007
3.	Köckern	Köckern	Mulde	ST	109	6	14	100	2001
4.	Goitzsche	Goitzsche	Mulde	ST	1 332	213	55	100	2002
5.	Rösa	Seelhausener See	Mulde	ST/SN	622	74	24	89	2004
6.	Holzweißig	Neuhäuser See	Mulde	SN/ST	72	3	21		2010
7.	Delitzsch-SW	Werbener See	Mulde	SN	441	43	32	85	2006
8.	Breitenfeld	Schladitzer See	Mulde	SN	210	25	23		2012
Nordraum									
9.	Königsau	Königsauer See	Bode	ST	151	10	19		2016
10.	Nachterstedt	Concordia-See	Bode	ST	578	172	62	19	2018
Geiseltal/Merseburg									
11.	Mücheln	Geiseltalsee	Saale	ST	1 842	427	78	7	2008
12.	Kayna-Süd	Südfeldsee	Saale	ST	255	27	21	82	2012
13.	Großkayna	Runstädter See	Saale	ST	230	55	33	100	2002
14.	Merseburg-Ost	Wallendorfer See	Weißer Elster	ST	338	36	28	100	2003
15.	Merseburg-Ost	Raßnitzer See	Weißer Elster	ST	310	66	37	100	2003
Südraum Leipzig									
16.	Haselbach	Haselbacher See	Pleisse	SN/TH	335	24	35	100	2002
17.	Bockwitz	Harthsee	Pleisse	SN	85	5	13	100	vor 1995
18.	Bockwitz	Bockwitzer See	Pleisse	SN	171	19	20		2005
19.	Witznitz	Kahnsdorfer See	Pleisse	SN	112	20	43	74	2007
20.	Witznitz	Hainer See	Pleisse	SN	387	73	48	68	2007
21.	Witznitz	Haubitzer See	Pleisse	SN	158	25	26	72	2007
22.	Espenhain	Störmthaler See	Pleisse	SN	733	158	52	15	2011
23.	Espenhain	Markkleeberger See	Pleisse	SN	252	61	58	78	2006
24.	Profen	Werbener See	Weißer Elster	SN	79	9	36	72	2006
25.	Zwenkau	Zwenkauer See	Weißer Elster	SN	914	174	43	0	2016
26.	Cospuden	Cospudener See	Weißer Elster	SN	436	109	46	100	2000
	Summe				11 064	1 969			

4.7.9 Die Saale von der Mündung der Weißen Elster bis zur Mündung in die Elbe

Wie der Flussabschnitt zwischen Unstrut- und Weiße Elster-Mündung ist auch der 103 km lange untere Saaleabschnitt mit Ausnahme der Hochuferbereiche und der durch Ufermauern vor Hochwasser geschützten Ortslagen eingedeicht. Das Gefälle verringert sich auf diesem Flussabschnitt von 0,28 ‰ bis auf 0,18 ‰. Das Zwischeneinzugsgebiet beträgt 6 191 km². Wichtige Nebenflüsse sind neben der **Bode** (3 297 km²) die **Salza** (565 km²), **Wipper** (606 km²) und **Fuhne** (695 km²).

Besonders beeindruckend im Bereich der unteren Saale ist die Stadtlage Halle (Abb. 4.7-33) und das Durchbruchtal bei Rothenburg zwischen Halle und Bernburg (Abb. 4.7-34).

Die Schifffahrt auf der Saale geht bis auf das 8. Jhd. zurück, die Flößerei ist urkundlich seit 1258 nachweisbar. Ab 1366 wurden als Schiffsdurchlässe in Alsleben und Calbe hölzerne Schleusen neben den Mühlenwehren errichtet, weil diese die Schifffahrt und die Flößerei behinderten. Das bereits 941 bei Alsleben gebaute Mühlenwehr gilt als das älteste in einem größeren Fluss in Deutschland. Von 1560 bis 1564 wurden diese Schleusen durch Kammerschleusen in Alsleben, Bernburg und Calbe ersetzt und von 1694 bis 1696 wurden neben festen Überfallwehren sieben massive Steinschleusen von Gimritz bis Calbe gebaut (Abb. 4.7-35).

Die tiefgreifendsten Veränderungen der unteren Saale fanden aber im 20. Jhd. statt. Von 1933 bis 1959 erfolgten ab Bad Dürrenberg, oberhalb Merseburg, saaleabwärts 21 Durchstiche zur Beseitigung von Mäandern. Dadurch hat sich die Flusslänge um 13,4 km verringert. In den Jahren 1932 bis 1942 wurden in Rothenburg, Alsleben, Bernburg (Abb. 4.7-36) und Calbe die alten kleineren durch ca. doppelt so große Schleusen ersetzt. Die Schleuse in Wettin konnte kriegsbedingt erst 1951 vollendet werden. Damit war die durchgängige Befahrbarkeit für 1000 t-Schiffe von der Saalemündung bis zum Hafen Halle-Trotha möglich. Die bis 1942 erfolgten Durchstiche und Schleusenbauten gehörten zum Plan für den



Abb. 4.7-33: Saale in Halle mit Burg Giebichenstein



Abb. 4.7-34: Durchbruchtal der Saale bei Rothenburg

Die Elbe und ihr Einzugsgebiet - ein geographisch-hydrologischer und wasserwirtschaftlicher Überblick



M. Simon

Abb. 4.7-37: Mündung der Saale in die Elbe

4.8 Die Elbe von der Mündung der Schwarzen Elster bis zur Mündung der Havel

*Das erste aber ist das Wasser,
besser als olympischer Sieg, besser als Gold.
(griechisches Sprichwort)*

Unter Berücksichtigung des Durchstichs bei Roßlau mit einer Wasserlaufverkürzung von 1,48 km (siehe Kapitel 3.2.3) ist die Elbe von der Mündung der Schwarzen Elster bis zur Havelmündung 238 km lang. Der Höhenunterschied bei Mittelwasser der Elbe zwischen der Mündung der Schwarzen Elster (68,70 m ü. NN) und der Mündung der Havel (22,70 m ü. NN) beträgt 46 m. Das entspricht einem mittleren Gefälle von 0,19 ‰ (Abb. 5.2-3).

Das Einzugsgebiet zwischen den Mündungen der beiden Elbenebenflüsse ohne die Einzugsgebiete der Mulde (7 400 km²) und Saale (24 079 km²) beträgt 5 274 km² und liegt vollständig in Höhen unter 200 m ü. NN, überwiegend sogar unter 75 m ü. NN und ist somit dem Flachland zuzuordnen (Abb. 4.8-1). Die höchsten Erhebungen liegen im Fläming in den Einzugsgebieten von Nuthe und Rossel zwischen 180 und 190 m ü. NN.

Nach der Mündung der Schwarzen Elster verläuft die Elbe im Magdeburg-Breslauer Urstromtal zunächst bis unterhalb der Mündung der Mulde in westlicher Richtung, um dann in nordwestlicher Richtung Magdeburg zu erreichen. Hier schwenkt die Elbe in Richtung Nordosten und verlässt das Magdeburg-Breslauer Urstromtal. Etwa 20 km unterhalb der Ohremündung weist sie bis 16 km oberhalb der Havelmündung einen nördlichen Verlauf auf, um dann die Richtung Nordwest einzunehmen, die sie im Wesentlichen bis zur Mündung in die Nordsee beibehält.

Die mittlere jährliche Lufttemperatur beträgt einheitlich 8,5 bis 9 °C und die mittlere jährliche Niederschlagshöhe überwiegend 500 bis 550 mm, im Fläming und im Quellbereich der Ohre 550 bis über 600 mm. Durch die Regenschattenwirkung des Harzes werden im Bereich zwischen Saale- und Ohremündung nur 450 bis 500 mm erreicht.

Die natürlichen Abflussverhältnisse in diesem Teileinzugsgebiet werden durch Gewässerausbau und Eindeichungen, Wehre und Stauanlagen sowie Wasserentnahmen beeinflusst. In der Elbe selbst gibt es keine Wehranlagen, aber im Stadtgebiet von Magdeburg befindet sich in der Alten Elbe ein festes Wehr und im Umflutkanal bei Magdeburg das historische Pretziener Wehr.

Zur Charakterisierung der Abflussverhältnisse sind die hydrologischen Daten von zehn ausgewählten Pegeln in den Tabellen 4.8-1 und 4.8-2 enthalten. Für jeweils vier Pegel an der Elbe und an den Nebenflüssen ist der Jahresgang des Abflusses graphisch dargestellt (Abb. 4.8-3). Die Lage der meisten Pegel ist aus Abbildung 4.8-2 zu ersehen. Die Abflussverhältnisse an den Pegeln Bad Dübener Heide und Calbe-Gräbe sind in den Kapiteln 4.6 bzw. 4.7 beschrieben.

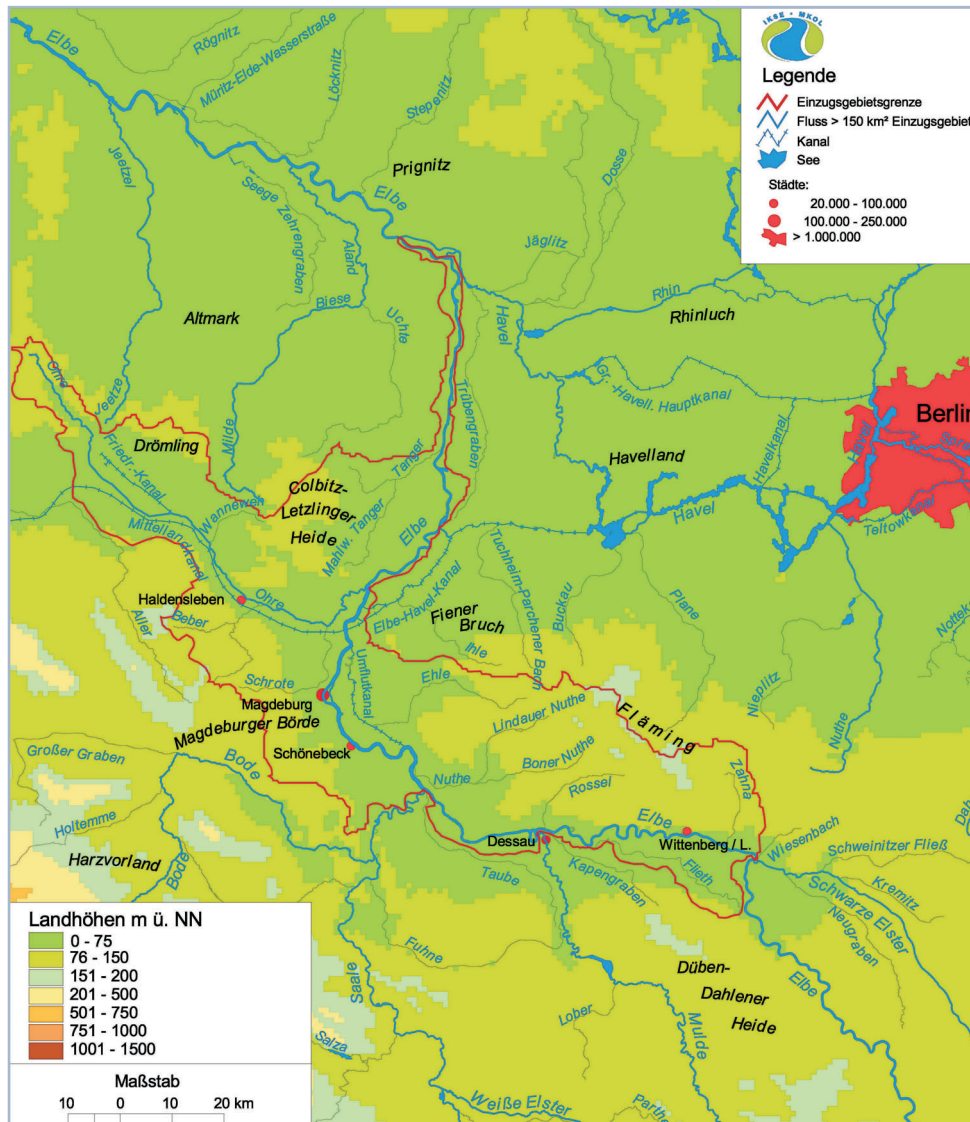


Abb. 4.8-1: Topographische Karte des Einzugsgebiets der Elbe von der Mündung der Schwarzen Elster bis zur Mündung der Havel (ohne Einzugsgebiete der Mulde und Saale)

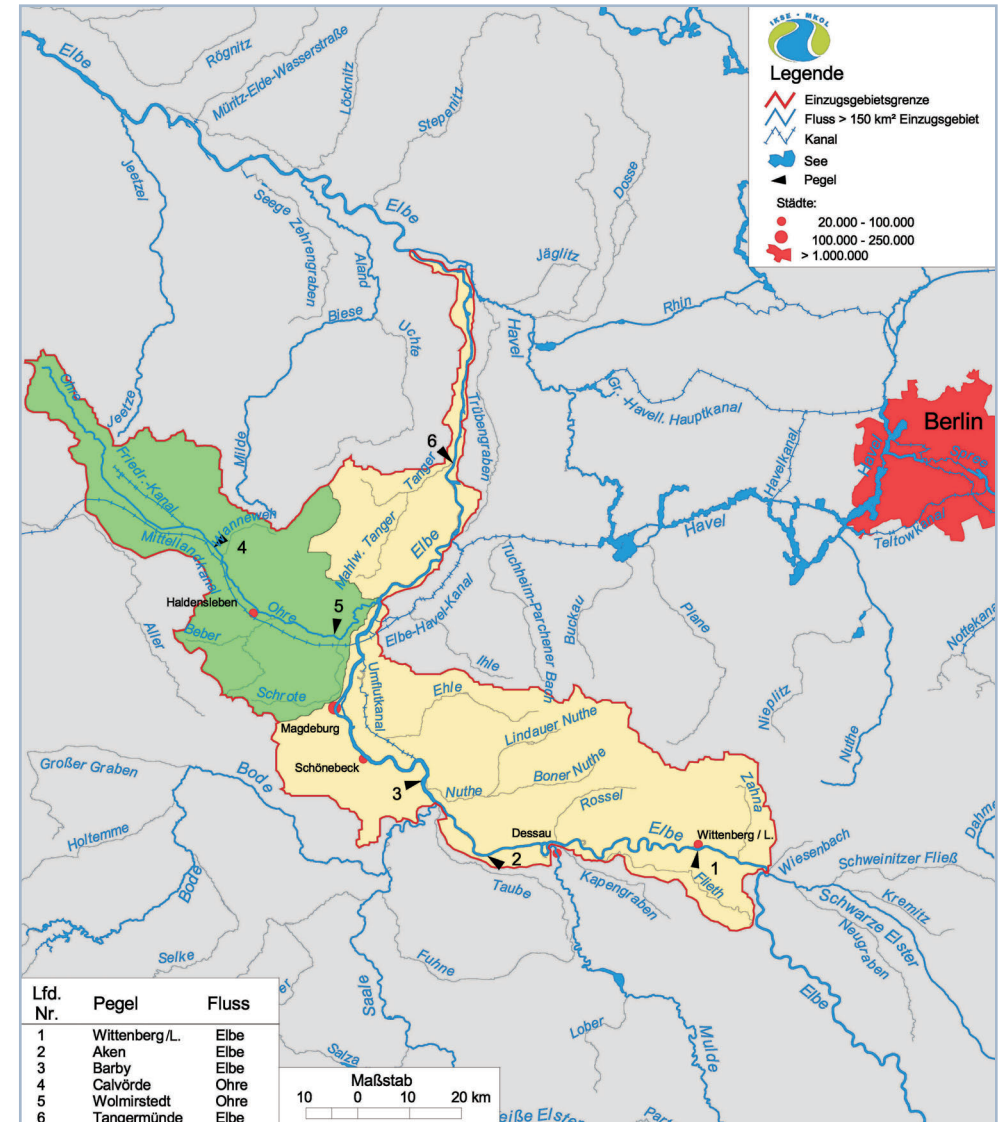


Abb. 4.8-2: Hydrographische Karte des Einzugsgebiets der Elbe von der Mündung der Schwarzen Elster bis zur Mündung der Havel mit einem Teileinzugsgebiet über 1 000 km² (ohne Einzugsgebiete der Mulde und Saale)

Tab. 4.8-1: Hydrologische Grunddaten langjähriger Abflussreihen von ausgewählten Pegeln im Einzugsgebiet der Elbe von der Mündung der Schwarzen Elster bis zur Mündung der Havel
(Die Nummern der Pegel entsprechen den Pegelnummern der Abbildung 4.8-2)

Nr.	Gewässer	Pegel	Fluss- kilo- meter	Einzugs- gebiets- fläche (AE)	Mittlerer Abfluss (MQ)	Mittlerer Niedrigwasser- abfluss (MNQ)	Mittlerer Hochwasser- abfluss (MHQ)	Jahres- reihe
			[km]	[km ²]	[m ³ /s]	[m ³ /s]	[m ³ /s]	
1.	Elbe	Wittenberg/L.	214,1	61 879	357	128	1 450	1931 - 2000
	Vereinigte Mulde	Bad Dübén	68,1 ²⁾	6 171	63,9	15,2	450	1961 - 2000
2.	Elbe	Aken	274,7	70 093	431	158	1 650	1931 - 2000
	Saale	Calbe-Grizehne	17,6 ²⁾	23 719	115	44,0	377	1932 - 2000 (ohne 1945)
3.	Elbe	Barby	294,8	94 260	554	202	2 020	1931 - 2000
	Nuthe	Nutha	12,4 ²⁾	509	1,58	0,555	5,08	1972 - 2000
	Ehle	Dannigkow	9,4 ³⁾	260	0,972	0,165	5,36	1971 - 2000
4.	Ohre	Calvörde ¹⁾	49,2 ²⁾	732	3,00	0,465	11,8	1951 - 2000 (ohne 1985)
		Wolmirstedt ¹⁾	17,0 ²⁾	1 503	4,20	0,643	17,3	1951 - 2000
6.	Elbe	Tangermünde	388,2	97 780	571	239	1 720	1961 - 2000

- 1) beeinflusst durch Wasserentnahme und Stauanlagen
2) Flusskilometer oberhalb der Mündung in die Elbe
3) Flusskilometer oberhalb der Elbemündung in den Elbe-Umflutkanal

Tab. 4.8-2: Charakteristik des Abflussregimes von ausgewählten Pegeln im Einzugsgebiet der Elbe von der Mündung der Schwarzen Elster bis zur Mündung der Havel
(Die Nummern der Pegel entsprechen den Pegelnummern der Abbildung 4.8-2)

Nr.	Gewässer	Pegel	Mittlere Abflussspende [l/s · km ²]	Mittlerer Abfluss				MNQ:MQ	MQ:MHQ
				Winterhalbjahr		Sommerhalbjahr			
				[m ³ /s]	[%]	[m ³ /s]	[%]		
1.	Elbe	Wittenberg/L.	5,8	432	61	281	39	1 : 2,8	1 : 4,0
	Vereinigte Mulde	Bad Dübén	10,3	81,1	63	46,9	37	1 : 4,2	1 : 7,1
2.	Elbe	Aken	6,1	528	61	335	39	1 : 2,7	1 : 3,8
	Saale	Calbe-Grizehne	4,8	143	62	87,9	38	1 : 2,6	1 : 3,3
3.	Elbe	Barby	5,9	686	62	424	38	1 : 2,7	1 : 3,6
	Nuthe	Nutha	3,1	1,97	62	1,20	38	1 : 2,8	1 : 3,2
	Ehle	Dannigkow	3,7	1,44	74	0,515	26	1 : 5,9	1 : 5,5
4.	Ohre	Calvörde ¹⁾	4,1	4,47	74	1,56	26	1 : 6,5	1 : 3,9
5.		Wolmirstedt ¹⁾	2,8	6,17	73	2,26	27	1 : 6,5	1 : 4,1
6.	Elbe	Tangermünde	5,8	698	61	446	39	1 : 2,4	1 : 3,0

- 1) beeinflusst durch Wasserentnahme und Stauanlagen

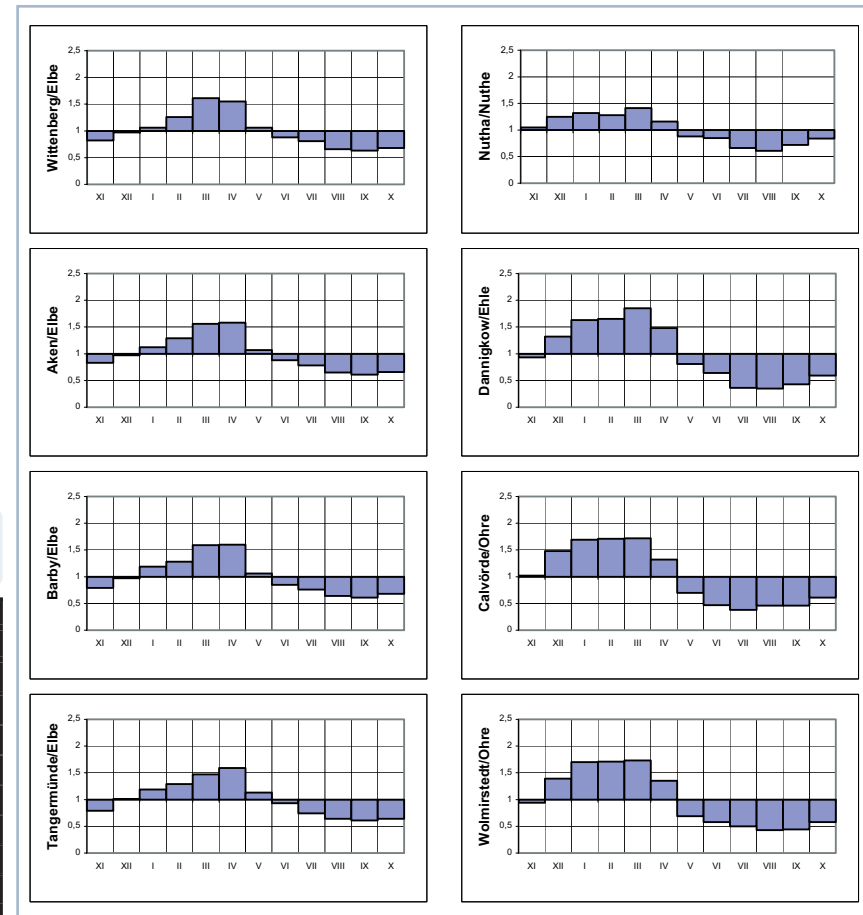


Abb. 4.8-3: Jahresgang des Abflusses an ausgewählten Pegeln im Einzugsgebiet der Elbe von der Mündung der Schwarzen Elster bis zur Mündung der Havel, dargestellt als Quotient aus langjährigen Mittelwerten für Monate und Jahr ($\frac{MQ_{Monat}}{MQ_{Jahr}}$)

Auf Grund der Daten in vorgenannten Tabellen und in *Abbildung 4.8-3* werden die Abflussverhältnisse wie folgt bewertet:

■ Der Jahresgang des mittleren Abflusses am Pegel Wittenberg/L. entspricht dem der Pegel zwischen Ústí n. L. und Torgau (*Abb. 4.8-3*). Ab dem Pegel Aken aber übertrifft der Aprilabfluss den des Monats März. Die Ursache ist weniger der hohe Aprilzufluss aus der Mulde als vielmehr die lange Fließzeit aus der Oberen Elbe, wo der März ab Pegel Nemčice der abflussreichste Monat ist (*Abb. 4.8-3*). Durch den Zufluss aus der Mulde ergibt sich für den Pegel Tangermünde die gleiche mittlere Abflussspende von $5,8 \text{ l/s} \cdot \text{km}^2$ wie am Pegel Wittenberg/L. Bei gleich bleibendem Verhältnis der Winter- und Sommerabflüsse sinken die MNQ : MQ- und die MQ : MHQ-Werte auf dem 173 km langen Elbeabschnitt von Wittenberg/L. (1 : 2,8 bzw. 1 : 4,0) bis Tangermünde (1 : 2,4 bzw. 1 : 3,0) naturgemäß ab.

■ Die mittleren Abflussspenden in den Nebenflussgebieten betragen nur 3 bis $4 \text{ l/s} \cdot \text{km}^2$. Gute Versickerungsbedingungen im Einzugsgebiet der Nuthe führen zu einem verhältnismäßig ausgeglichenen Jahresgang des Abflusses mit einer Winter-/Sommer-Abflussverteilung von 62 : 38 % und MNQ : MQ-Werten von 1 : 2,8 bzw. 1 : 3,2. Ganz anders stellt sich der Abflussverlauf an den anderen Nebenflüssen dar. Die Auswirkung geringen Speichervermögens im Ehlegebiet wird durch Stauanlagen zur landwirtschaftlichen Bewässerung noch verstärkt. Der Abflussverlauf in der Ohre ist die Folge sehr vieler Stauanlagen zur landwirtschaftlichen Bewässerung, von Wasserentnahmen und insbesondere der radikalen Entwässerung des Drömling, einer Wiesenmoorniederung im oberen Ohregebiet. Die hohen Wasserverluste im Sommerhalbjahr und der Verlust an Retentionsfläche durch die Entwässerungsmaßnahmen widerspiegeln sich auch in der Winter-/Sommer-Abflussverteilung von 74 : 26 % und im MNQ : MQ-Verhältnis von 1 : 6,5. Die demgegenüber verhältnismäßig geringen MQ : MHQ-Werte von 1 : 3,9 bzw. 1 : 4,1 werden darauf zurückgeführt, dass Hochwasserabflüsse in der oberen Ohre in den Mittellandkanal abgeführt werden können.

4.8.1 Die Elbe von der Mündung der Schwarzen Elster bis zum Wasserstraßenkreuz Magdeburg

Im Anschluss an das Riesa-Torgauer Elbtal durchfließt die Elbe zunächst das breite Magdeburg-Breslauer Urstromtal bis zur Saalemündung. Nördlich dieses Elbeabschnitts liegt der Fläming, der die Wasserscheide zwischen Elbe und Havel bildet (*Abb. 4.8-1*). Hier befinden sich die Quellgebiete der rechtselbischen Nebenflüsse **Zahna** (186 km^2), **Rosel** (194 km^2) und **Nuthe** (566 km^2).

Obwohl die Mittlere Elbe bis auf wenige Hochuferbereiche beidseitig eingedeicht ist (siehe Kapitel 3.1.2), gibt es zwischen den Mündungen der Schwarzen Elster und der Saale noch natürliche Überschwemmungsgebiete, die 170 km^2 groß sind. Sie erreichen eine Breite von 3,5 km im Mündungsbereich der Schwarzen Elster, 5,2 km unterhalb von Wittenberg/L. bei Coswig (*Abb. 4.8-4*), 4,1 km oberhalb der Muldemündung und 4,2 km im Mündungsbereich der Saale.

Elbemäander zwischen Wittenberg/L. (46 000 Einwohner) und Dessau (78 000 Einwohner), der sehr enge Elbebogen im



Abb. 4.8-4: Natürliches Überschwemmungsgebiet der Elbe unterhalb Wittenberg/L. (Elbe-km 228)



Abb. 4.8-5: Mäandrierende Elbe unterhalb Coswig

Bereich der Muldemündung, Altarme, Altwasser und Flutrinnen sind kennzeichnend für das breite Elbetal (*Abb. 4.8-5 bis 4.8-7*).

Zwischen Mulde- und Saalemündung befinden sich auf $117,4 \text{ km}^2$ die größten zusammenhängenden Auenwaldbestände Mitteleuropas mit dem Naturschutzgebiet „Steckby-Löderitzer Forst“, das auf Grund seiner ökologischen Bedeutung 1979 zum ersten deutschen Biosphärenreservat erklärt wurde (*Abb. 4.8-8*).

Ein schematischer Querschnitt der Elbeaue ist aus *Abbildung 4.8-9* ersichtlich.



Abb. 4.8-6: Altarm der Elbe oberhalb Roßlau



Abb. 4.8-7: Elbebogen bei Dessau mit Mündung der Mulde (rechts)



Abb. 4.8-8: Auenwaldgebiet an der Elbe bei Breitenhagen oberhalb der Saalemündung

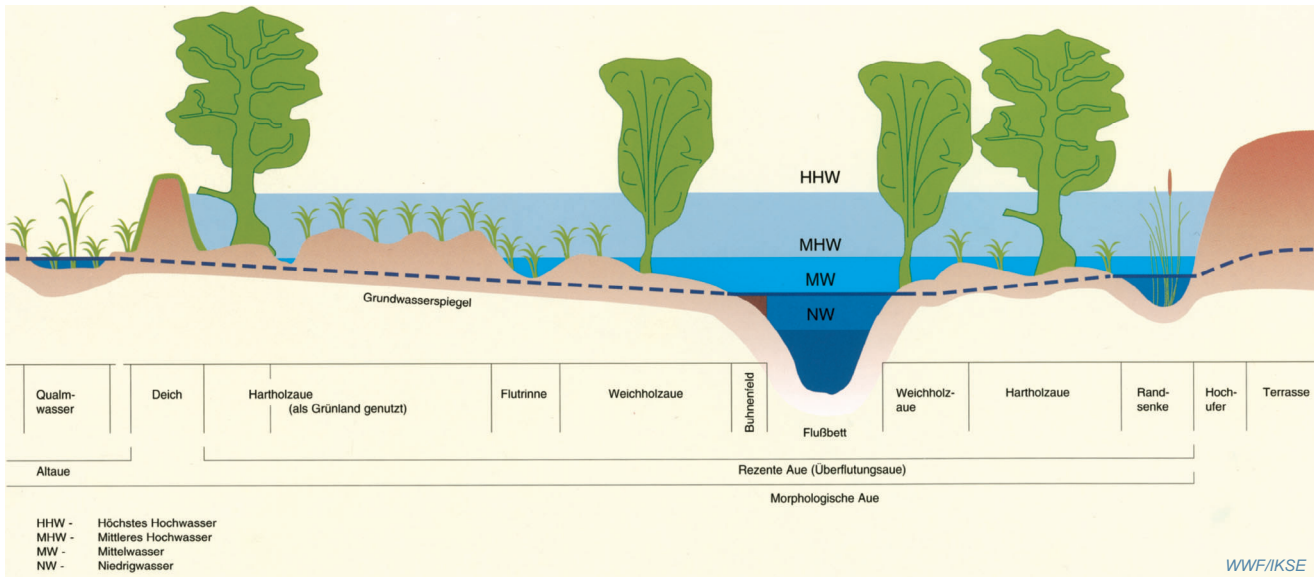


Abb. 4.8-9: Schematischer Querschnitt der Aue der Mittleren Elbe mit ihren morphologisch und ökologisch wichtigen Bereichen

Trotz des breiten natürlichen Überschwemmungsgebiets sind während des Hochwassers im August 2002 zwischen Wittenberg/L. und Muldemündung drei große Deichbrüche linksseitig aufgetreten. Der größte war bei Seegrehna (Elbe-km 222,6), durch dessen 100 m lange Deichlücke etwa 200 m³/s Wasser strömten und 50 km² überfluteten (Abb. 4.8-10).

Auf der Elbe gibt es seit Jahrhunderten eine Vielzahl von **Gierfähren**. Allein fünf befinden sich zwischen den Mündungen der Schwarzen Elster und der Saale. Die erste Gierfähre wurde bereits 1682 in Roßlau oberhalb der Muldemündung eingerichtet. Die Gierfähre zwischen Coswig und Wörlitz (Elbe-km 236) besteht seit 1864 (Abb. 4.8-11).

Gierfähren ersetzen die vorher genutzten Kahnfähren (Stak- und Ruderfähren) an den Elbeübergängen zwischen den Brücken. Sie sind an einem mehrere hundert Meter langen Drahtseil flussaufwärts an einer Uferseite außerhalb der Fahrinne fest verankert. Das Seil wird durch Bojen an der Wasseroberfläche geführt und ist dadurch sichtbar. Etwa 30 m von der Fähre entfernt teilt sich das Halteseil in zwei Führungsseile, die an Bug und Heck der Fähre befestigt sind. Ihre Länge kann von der Fähre aus über zwei getrennte Winden beliebig verändert werden, wodurch sich der Anstellwinkel



Abb. 4.8-10: Deichbruch bei Seegrehna unterhalb Wittenberg/L.



Abb. 4.8-11: Gierfähre bei Coswig/Wörlitz

der Fähre gegenüber der Strömung verändert. Damit liegt die Fähre schräg zur Strömung und der Druck des anströmenden Wassers drängt die Fähre ohne Motorantrieb von einem Ufer zum anderen. Gierfähren sind den derzeit geltenden Anforderungen der Binnenschifffahrt angepasste technische Denkmale und werden, neben Motorfähren, weiterhin für den Personen- bzw. Autotransport genutzt.

Bei Elbe-km 300,7 oberhalb von Schönebeck (35 000 Einwohner) zweigt der **Elbeumflutkanal** ab. Dessen Flussbett bildete bis zum 10. Jhd. den eigentlichen Elbelauf in Richtung Magdeburg. Schönebeck lag bis zum 11. Jhd. noch nicht an der Elbe (siehe Kapitel 3.2.1). Der Umflutkanal wurde 1869 bis 1873 mit dem Ziel ausgebaut, bei Elbehochwasser einen Teil des Wassers abzuleiten und dadurch den Wasserstand der Elbe in den Stadtlagen von Schönebeck und Magdeburg abzusenken (Abb. 4.8-12). Er hat vom Abzweig aus der Elbe bis zur Eisenbahnbrücke unterhalb Heyrothsberge eine Länge von 21 km. Danach geht er in das natürliche Überschwemmungsgebiet der Elbe über und mündet oberhalb Hohenwarthe in die Elbe. Bei Gommern mündet die **Elhle** (510 km²) in den Umflutkanal. Sie hat ihre Quelle im Fläming.

Um Überschwemmungen von Grünlandflächen und der durch den Elbeumflutkanal führenden Straßen schon bei geringen Hochwasserabflüssen der Elbe zu vermeiden und um im Interesse der Schifffahrt bei normalen oder niedrigen Wasserständen die vollständige Ableitung des Wassers über die Stromelbe in Magdeburg zu ermöglichen, wurde 3 km unterhalb der Abzweigung des Umflutkanals aus der Elbe 1875 das **Pretziener Wehr** in Betrieb genommen. In

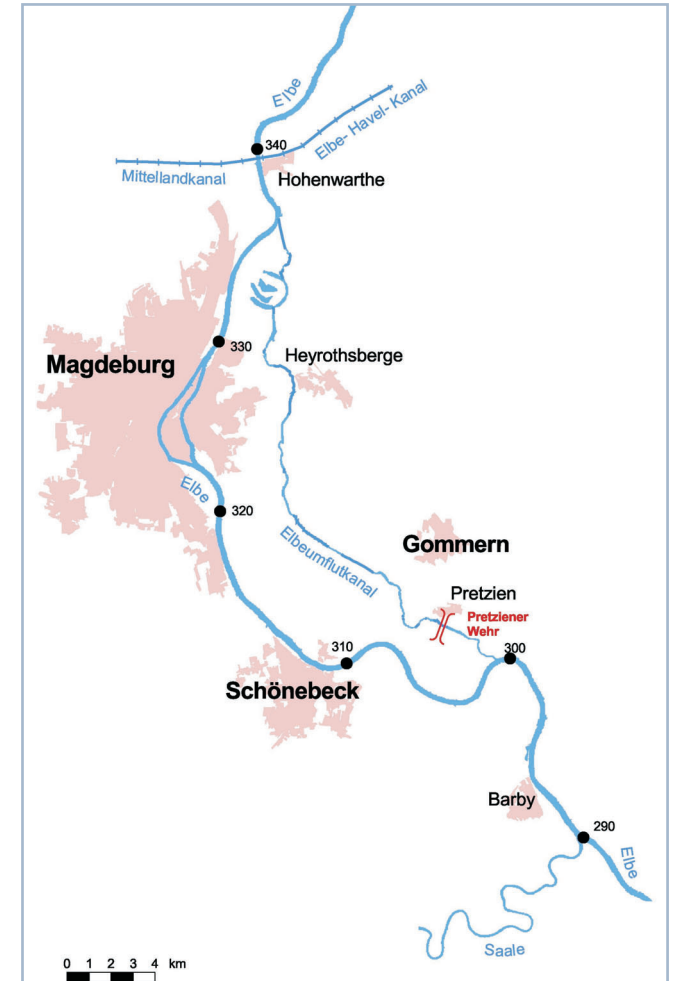


Abb. 4.8-12: Elbeumflutkanal bei Magdeburg mit dem Pretziener Wehr

neun Wehröffnungen mit einer Gesamtdurchflussbreite von 112,9 m befinden sich 324 Schützentafeln mit einer Größe von 1,31 x 0,83 m (Abb. 4.8-13).

Es ist das größte Schützentafelwehr Europas und wurde auf der Weltausstellung 1889 in Paris mit einer Goldmedaille ausgezeichnet. Im März 2005 wurde das Pretziener Wehr seit seiner Inbetriebnahme das 60. Mal geöffnet, davon 52-



Abb. 4.8-13: Schützentafelwehr Pretzien im Elbeumflutkanal



Abb. 4.8-14: Geöffnetes Pretziener Wehr beim Hochwasser im August 2002

mal im Winterhalbjahr. Beim Extremhochwasser im August 2002 wurden bis $1\,050\text{ m}^3/\text{s}$ durch den Umflutkanal abgeleitet (Abb. 4.8-14). Das entsprach 24 % des Scheitelabflusses der Elbe am Pegel Barby ($4\,320\text{ m}^3/\text{s}$), 6 km oberhalb der Abzweigung des Umflutkanals.

In Barby wurde eine Absenkung des Scheitelwasserstandes um 20 cm, in Schönebeck um 70 cm und in Magdeburg um 50 cm erreicht. Dadurch konnten die Stadtlagen wesentlich entlastet werden.

Die Elbe in der Stadtlage Magdeburg (228 000 Einwohner) ist durch die Spaltung des Flusses in Stromelbe (für den Schiffsverkehr) und Alte Elbe (6,0 km Länge) sowie das starke Gefälle der Stromelbe in drei Felsbereichen (siehe Kapitel

5.2.1) insbesondere im Bereich des Magdeburger Doms gekennzeichnet (Abb. 4.8-15).

Die unter Denkmalschutz stehende **Hubbrücke** im Stadtgebiet Magdeburg oberhalb des Domes ist eine der größten der Welt. Sie wurde 1848 mit der Aufnahme des Eisenbahnverkehrs zwischen Berlin und Magdeburg in Betrieb genommen. Ein Teil der Brücke wurde ursprünglich als Drehbrücke konstruiert, um die Durchfahrt von Schiffen mit hohen Aufbauten bzw. den gesamten Schiffsverkehr bei Hochwasser zu gewährleisten. 1895 wurde sie zur Hubbrücke umgebaut. Ein 33 m langes Mittelteil konnte um 1,70 m angehoben werden. Durch einen weiteren Umbau im Jahre 1934 entstand ein 90 m langes Hubteil mit einer Hubhöhe von 2,87 m. Da die Eisenbahnbrücke zunehmend ihre Bedeutung für den Bahnverkehr verlor, wur-

de sie ab 1956 auch für den Fußgängerverkehr freigegeben. Seit 2001 wird sie nur noch als Fußgängerbrücke genutzt (Abb. 4.8-16).

Eine baugleiche Hubbrücke aus dem Jahre 1894 befindet sich im Magdeburger Hafen (Hubteil 32 m lang, Hubhöhe 4,46 m). Sie wurde bis 1978 für den Verkehr der Hafenbahn betrieben. Auch dieses technische Denkmal wird heute als Fußgängerbrücke genutzt.

Unmittelbar unterhalb von Magdeburg befindet sich die wasserbaulich bedeutendste Anlage jüngster Zeit, die Kreuzung des Mittellandkanals über die Elbe mit den dazu gehörigen weiteren Anlagen.

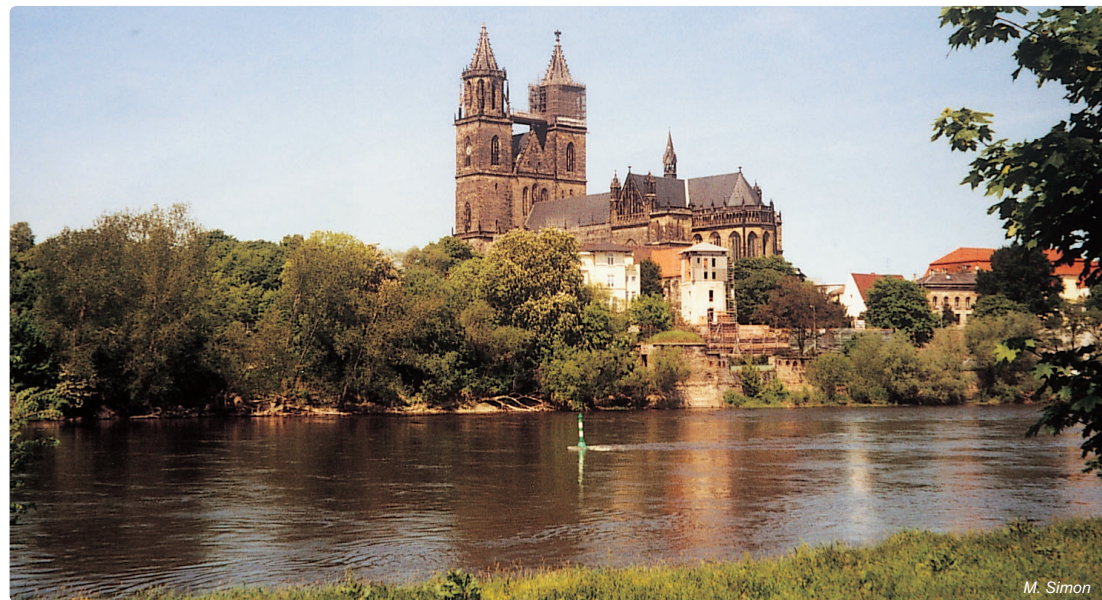


Abb. 4.8-15: Magdeburger Dom an der Elbe



Abb. 4.8-16: Hubbrücke über die Elbe in Magdeburg

4.8.2 Mittellandkanal und Wasserstraßenkreuz Magdeburg

Der **Mittellandkanal** zweigt bei Bergeshövede in der Nähe von Rheine aus dem Dortmund-Ems-Kanal ab und endet nach 325,7 km östlich der im Jahre 2003 in Betrieb genommenen Doppelsparschleuse Hohenwarthe, wo der Elbe-Havel-Kanal anbindet (Abb. 4.8-17). Der Mittellandkanal verbindet als zentraler Teil der einzigen West-Ost-Wasserstraße Norddeutschlands die Stromgebiete des Rheins, der Ems, der Weser und der Elbe. Über den Elbe-Havel-Kanal sowie über die Havel und Spree besteht eine Verbindung nach Berlin und zur Oder (siehe Kapitel 4.9).

Mit dem Bau des Mittellandkanals wurde 1906 begonnen, 1915 war die 102 km lange Strecke bis zum Wasserstraßenkreuz Minden mit einer 370 m langen Kanalbrücke über die Weser und 1916 die 55 km lange Strecke bis Hannover fertig gestellt. Kurz nach dem 1. Weltkrieg wurden der Bau des Mittellandkanals fortgeführt und 1938 mit der Inbetriebnahme des östlichen Kanalteils und des Schiffshebewerkes Rothen-see bei Magdeburg die Anbindung an die Elbe erreicht. Die Kanalbrücke über die Elbe konnte kriegsbedingt nicht ge- baut werden. Erst mit dem Bau des Wasserstraßenkreuzes Magdeburg und dessen Inbetriebnahme 2003 wurde die Kreuzung über die Elbe und somit eine vom Wasserstand der Elbe unabhängige Verbindung zum Elbe-Havel-Kanal herge- stellt.

Im Mittellandkanal gibt es drei Schleusenanlagen: Hannover-Anderten (km 174,24), Sülfeld (km 236,93) und Hohenwarthe (km 325,10). Aus der Scheitelhaltung des Mittellandkanals, die die Schleusen Anderten und Sülfeld begrenzen, zweigt östlich von Braunschweig (km 233,65) der Elbe-Seitenkanal ab, der unterhalb von Lauenburg im Rückstaubereich des Wehres Geesthacht in die Elbe mündet (Abb. 4.8-17 und 4.8-18).

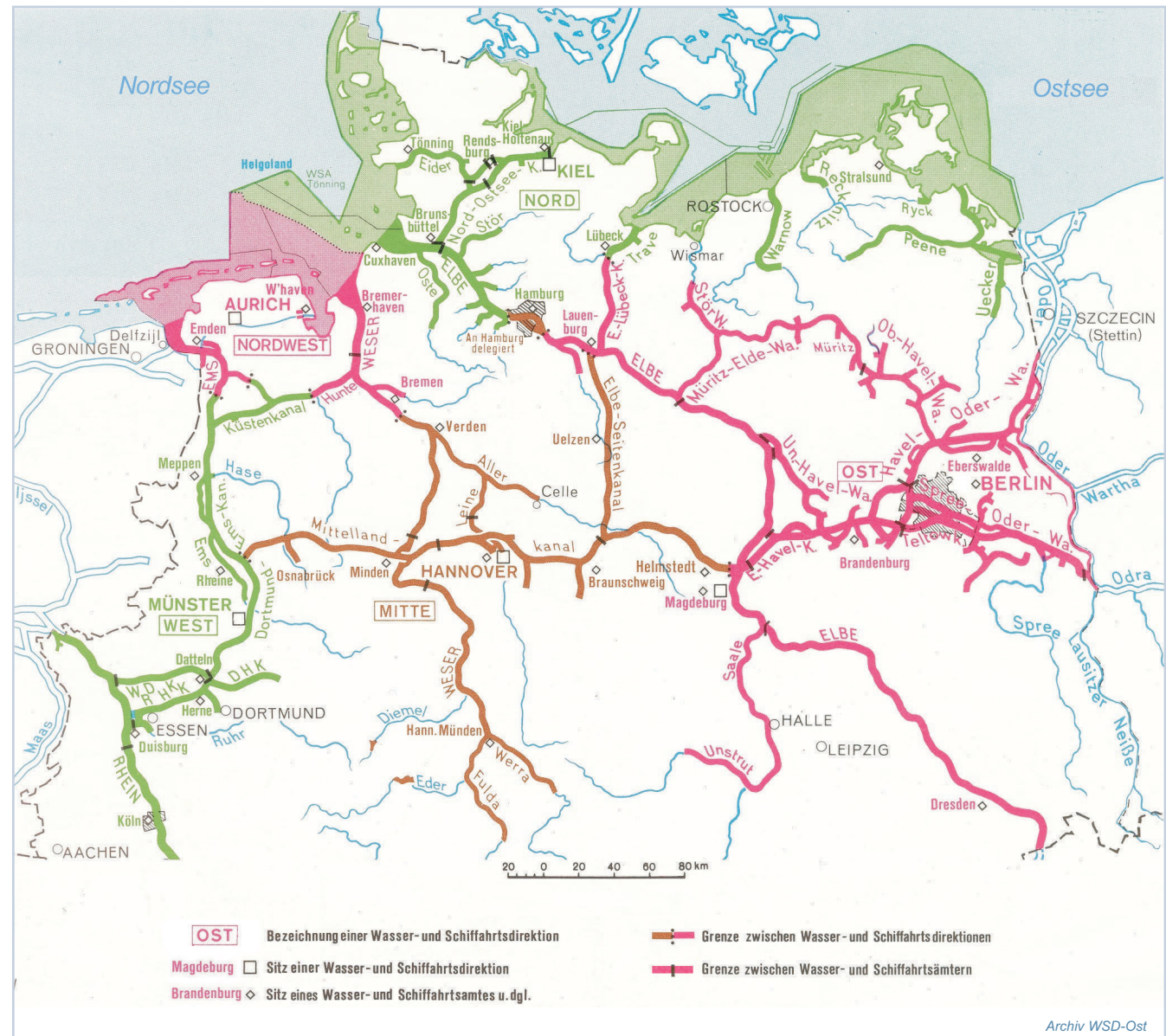


Abb. 4.8-17: Bundeswasserstraßen in Mittel- und Norddeutschland

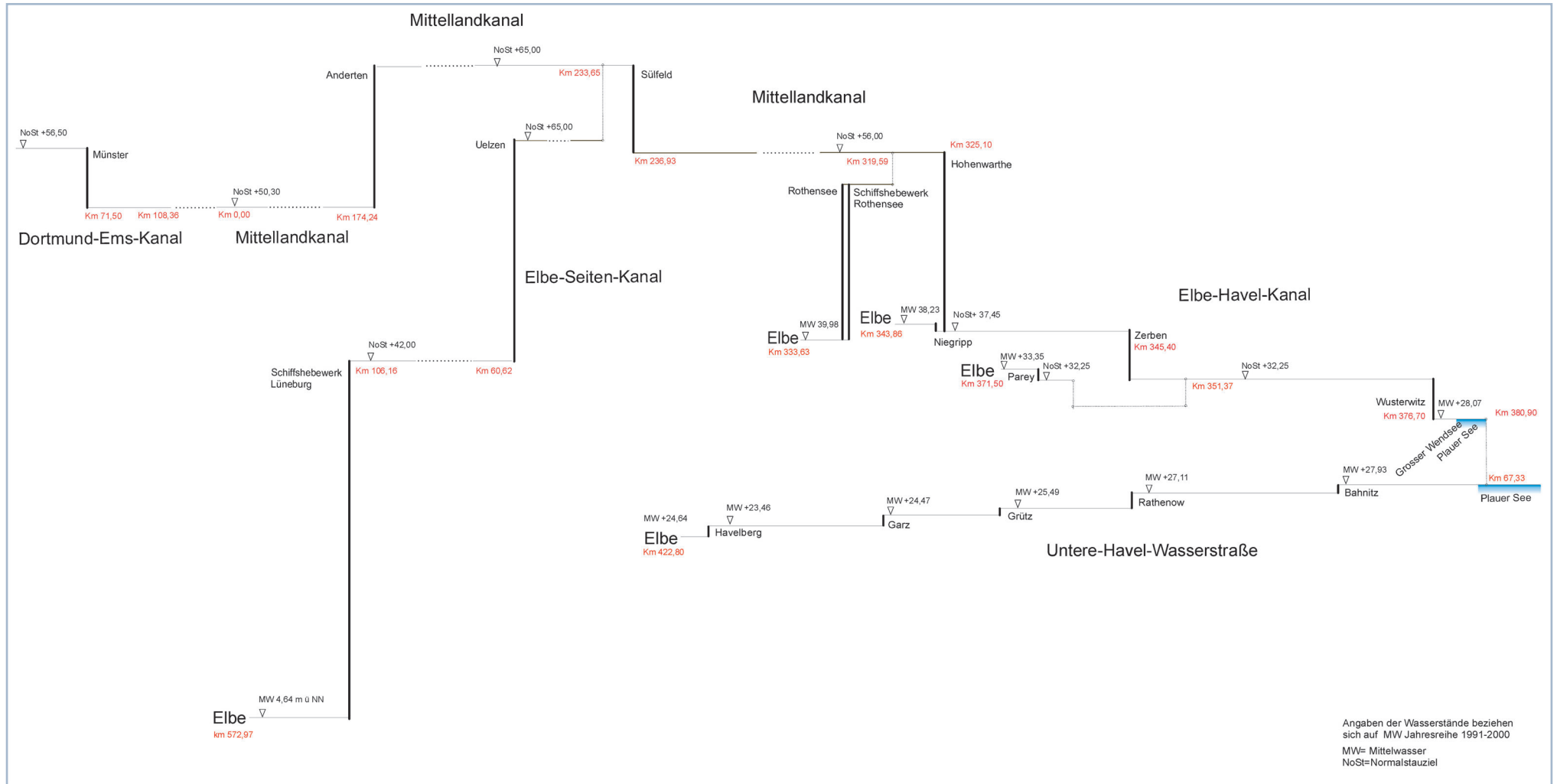


Abb. 4.8-18: Längsschnitt des Mittellandkanals mit Anbindung des Elbe-Seitenkanals, des Elbe-Havel-Kanals und der Unteren-Havel-Wasserstraße

Der Mittellandkanal liegt ab km 302,9 (östlich von Haldensleben) auf einer Länge von 21,3 km auf einem gedichteten Damm, der im Elbetal eine Höhe von 17 m über Gelände erreicht (Abb. 4.8-19).



Abb. 4.8-19: Dammstrecke des Mittellandkanals westlich der Elbe

Nach dem Abschluss der laufenden Ausbaumaßnahmen westlich des Wasserstraßenkreuzes Magdeburg wird der Kanal ab 2008 mit einer Wassertiefe von 4,00 m für Binnenschiffe mit 110 m Länge und für Schubverbände mit 185 m Länge bei einer Breite von 11,40 m und einer Tauchtiefe von 2,80 m durchgängig befahrbar sein.

Das in den Jahren 1997 bis 2003 errichtete **Wasserstraßenkreuz Magdeburg** ermöglicht großen Schiffen mit voller Tauchtiefe aus dem Mittellandkanal in den Elbe-Havel-Kanal in Richtung Berlin zu fahren. Einen Gesamtüberblick über das Wasserstraßenkreuz Magdeburg zeigt Abbildung 4.8-20.

Es besteht aus folgenden wichtigen Bauwerken:

■ Die mit 918 m längste **Kanalbrücke** Europas besteht aus der 228 m langen Strombrücke über die Elbe und der 690 m langen Vorlandbrücke. Die Trogbreite beträgt 34 m, die Wassertiefe 4,25 m (Abb. 4.8-21).



Abb. 4.8-20: Gesamtansicht des Wasserstraßenkreuzes Magdeburg



Abb. 4.8-21: Kanalbrücke über die Elbe bei Hohenwarthe

■ Die **Sparschleuse Rothensee** mit einer Länge von 190 m und einer Breite von 12,50 m wurde neben dem Schiffshabewerk Rothensee errichtet. Bedingt durch den schwankenden Wasserstand der Elbe im Rothenseer Verbindungskanal beträgt die Hubhöhe 10,45 m bis 18,46 m. Aus diesem Grund ist das Untertor ein Stemmtor mit einer Höhe von 21,40 m.

■ Die **Doppelsparschleuse Hohenwarthe** (km 325,10) hat die gleiche Größe wie die Sparschleuse Rothensee, nur dass hier zwei Schleusen gleicher Bauart nebeneinander liegen. Die Hubhöhe von 18,55 m bis 19,05 m ist wegen der Anbindung an den Elbe-Havel-Kanal mit nur geringen Wasserspiegelschwankungen relativ konstant. Das Untertor ist deshalb ein Hubtor (Abb. 4.8-22).



Abb. 4.8-22: Doppelsparschleuse Hohenwarthe

■ Zwischen dem Abzweig zur Sparschleuse Rothensee und dem Beginn des Elbe-Havel-Kanals liegt eine 5 km lange neu ausgebauta **Kanalstrecke** (ohne Kanalbrücke).

■ Eine **Hochwasserentlastungsanlage** mit einer Leistung von 44,0 m³/s wurde am westlichen Widerlager der Kanalbrücke gebaut. Sie ermöglicht die Ableitung überschüssiger Wassermengen in die Elbe, die bei Hochwasser aus den Einzugsgebieten der oberen Aller (bis zu 34,4 m³/s) und der oberen Ohre (bis zu 9,60 m³/s) in den Mittellandkanal eingeleitet werden.

Tab. 4.8-3: Schiffshebewerke im Einzugsgebiet der Elbe

Name	Gewässer	Inbetriebnahme	Art	Hubhöhe [m]	Länge der geneigten Ebene [m]	Größe des Troges (Länge x Breite x Wassertiefe) [m]	Bemerkungen
Niederfinow	Oder-Havel-Kanal	1934	Senkrechtshewerk mit Gegengewichten an einem Wasser gefüllten Trog	36	—	85 x 12 x 2,5	ältestes derzeit in Deutschland in Betrieb befindliches Hebewerk
Rothensee	Mittellandkanal	1938	Senkrechtshewerk mit zwei Schwimmern und einem Wasser gefüllten Trog	10,5 - 18,5 je nach Wasserstand der Elbe	—	85 x 12 x 2,5	ältestes Schwimmerhebewerk der Welt mit der größten Hubhöhe für Schwimmerhebewerke für Sportboote bis 3,5 t. Die Sportboote überwinden den Scheitel trocken.
Talsperre Orlik	Moldau	1963	Längsgeneigtes Trockenhebewerk	71,5	191	Plattform eines Transportwagens	
Scharnebeck	Elbe-Seitenkanal	1975	Doppelsenkrechtshewerk mit Gegengewichten an zwei Wasser gefüllten Trögen	38	—	105 x 12 x 3,4	eines der größten Senkrechtshewerke der Welt

Vor Fertigstellung des Wasserstraßenkreuzes mussten Schiffe, um aus dem Mittellandkanal in den Elbe-Havel-Kanal zu gelangen, eine 12 km längere Fahrtstrecke über das Schiffshebewerk Rothensee, den Rothenseer Verbindungskanal, die Elbe und die Schleuse Niegripp befahren (Abb. 4.8-23). Bei Niedrigwasser der Elbe war die Fahrt mit voller Ladung oft nicht möglich. Nach dem Abschluss des Baus einer Niedrigwasserschleuse im Rothenseer Verbindungskanal können ab 2008 voll beladene Schiffe mit einer Tauchtiefe von 2,80 m aus dem Mittellandkanal den Magdeburger Hafen auch bei Niedrigwasser der Elbe erreichen.



Abb. 4.8-24: Schiffshebewerk Rothensee

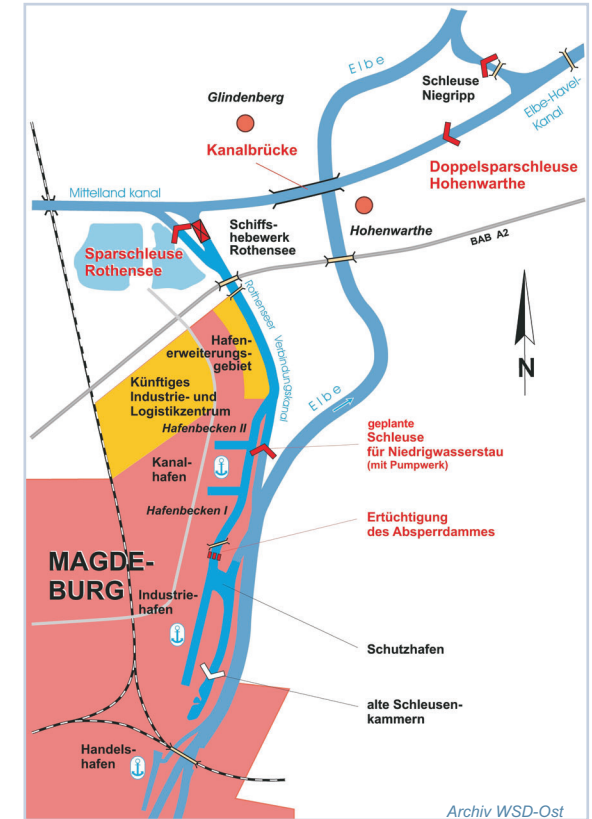


Abb. 4.8-23: Wasserstraßenkreuz Magdeburg mit Hafenanbindung

Das **Schiffshebewerk Rothensee** (Abb. 4.8-24) aus dem Jahre 1938 mit einer maximalen Hubhöhe von 18,46 m bleibt auch zukünftig neben der Sparschleuse Rothensee in Betrieb. Bei diesem Senkrechtshewerk wird der 85 m lange, 12 m breite und 2,50 m tiefe, mit Wasser gefüllte Trog durch zwei 30 m hohe Schwimmer mit einem Durchmesser von 10 m in jeweils 60 m tiefen Schächten auf und ab bewegt. Es ist jetzt das älteste Schwimmerhebewerk der Welt, da das Hebewerk Henrichenburg I am Dortmund-Ems-Kanal aus dem Jahre 1899 mit fünf Schwimmern 1970 außer Betrieb genommen wurde. Eine Übersicht über alle Schiffshebewerke im Einzugsgebiet der Elbe enthält *Tabelle 4.8-3*.

4.8.3 Die Ohre und die Trinkwasserversorgung von Magdeburg

Unterhalb der Kreuzung der Elbe durch den Mittellandkanal mündet linksseitig bei Elbe-km 350,3 die **Ohre**. Mit einem Einzugsgebiet von 1 747 km² und einer Länge von 105,7 km ist sie nach Saale und Mulde der größte Elbenebenfluss zwischen den Mündungen der Schwarzen Elster und der Havel (Abb. 4.8-1). Sie entspringt nordwestlich des Drömling in einer Höhe von 85 m ü. NN. Bis zur Mündung in die Elbe nimmt sie vorwiegend südöstlichen Verlauf und hat ein mittleres Gefälle von 0,44 ‰.

Die Talaue der Ohre war Bestandteil des Ohre-Aller-Weser-Urstromtales, durch das die Elbe bis zur letzten Eiszeit zur Nordsee floss und über diesen Weg den böhmisch-mittel-deutschen Raum entwässerte. Das jetzige Flusssystem der Elbe ist erst während der letzten Eiszeit entstanden. 20 km nach ihrer Quelle erreicht die Ohre den Drömling und durchquert ihn in einem 26 km langen geradlinigen, kanalförmigen Bett bis nach Calvörde.

Der Drömling ist eine Wiesenmoorniederung beiderseits des Mittellandkanals in einer Höhe von 55 bis 60 m ü. NN. Ein Sechstel seiner 320 km² großen Fläche liegt im Einzugsgebiet der Aller. Das ab 1778 auf Veranlassung von König Friedrich des Großen urbar gemachte ehemalige Sumpfgebiet wird vorwiegend als Wiese und Weide genutzt. Charakteristisch sind die Moordammkulturen, die weite Teile des Drömling prägen. Im Abstand von 15 bis 25 m wurden Gräben angelegt und die Flächen zwischen den Gräben mit dem Grabenaushub überdeckt, wodurch so genannte Dämme entstanden, die landwirtschaftlich genutzt werden konnten. Fünf große Drömlingsmeliorationen schufen ein Grabensystem aus ca. 3 000 Einzelgräben mit einer Länge von 1 500 km und 216 Stauanlagen. Diese dienen insbesondere dazu, einen flurnahen Grundwasserstand von 0,40 m unter Gelände und damit die Erhaltung des Moorbodens zu gewährleisten. Seit 1989 ist der Drömling Naturpark, in dem alte Wehranlagen als technische Denkmale erhalten sind (Abb. 4.8-25 und 4.8-26).



Abb. 4.8-25: Altes Holzwehr aus dem Jahre 1875 im Friedrichskanal

Das Einzugsgebiet der Ohre spielt ab 1932 eine große Rolle für die **Trinkwasserversorgung von Magdeburg**. Bis dahin wurde die Stadt ausschließlich aus der Elbe versorgt. 1537 war mit der Inbetriebnahme der „Alten Wasserkunst“ das Wasser aus der Elbe über ein Wasserschöpftrad und eine Holzrohrleitung 15 m hoch auf den heutigen Alten Markt gefördert und ohne Aufbereitung als Trinkwasser genutzt worden. Die Wasserförderung und -verteilung wurde mehrfach vervollkommen. So wurde ab 1828 das Wasserschöpftrad durch eine mit Dampfmaschine angetriebene Pumpe und das Holzrohrleitungssystem durch gusseiserne Rohre ersetzt. 1859 nahm ein Elbewasserwerk in Magdeburg-Buckau mit einer Leistung von 10 000 m³/d den Betrieb auf. Magdeburg hatte zu dieser Zeit 80 000 Einwohner.

Die Einleitungen der Kaliindustrie im Einzugsgebiet der Saale führten zu einer starken Versalzung der Elbe. Da das Wasser der 31 km oberhalb linksseitig mündenden Saale bis in das Stadtgebiet Magdeburg noch nicht im gesamten Querschnitt mit dem Elbewasser vermischt und dadurch die Wasserbeschaffenheit der Elbe am rechten Ufer besser war, wurde die Entnahme für das Wasserwerk Magdeburg-Buckau im Jahre 1905 vom linken auf das rechte Ufer der Elbe verlegt. Mit der zunehmenden Industrialisierung und damit verbundenen größeren Abwassereinleitungen ging ei-



Abb. 4.8-26: Ohre bei Taterberg mit den Initialen Friedrich Wilhelm Rex und der Krone am Brückengeländer

ne weitere Verschlechterung der Wasserbeschaffenheit der Elbe einher. Es wurde nach neuen Möglichkeiten zur Trinkwasserversorgung von Magdeburg gesucht. 1932 nahm nördlich von Magdeburg in der Letzlinger Heide bei Colbitz, im Einzugsgebiet der Ohre, das erste Wasserwerk, das das natürliche Grundwasserdargebot nutzte, mit einer Kapazität von 40 000 m³/d den Betrieb auf. Das Wasser wurde über 29 km Rohrleitung nach Magdeburg geleitet und dort mit dem Elbewasser aus dem Flusswasserwerk Magdeburg-Buckau vermischt.

Der steigende Wasserbedarf der Stadt und die zunehmende Verschlechterung der Wasserbeschaffenheit der Elbe führten zur Weiterentwicklung der Wasserversorgung aus der Letzlinger Heide. Da die natürliche Grundwasserneubildung nicht ausreichte, war es nötig, Wasser aus der Ohre in die Letzlinger Heide überzuleiten und dort zur künstlichen Grundwasseranreicherung zu infiltrieren.

Die 1963 in Betrieb genommenen Anlagen bestehen aus der Pumpstation Satuelle (Abb. 4.8-27) mit einer Kapazität von 2,8 m³/s oberhalb von Haldensleben (21 000 Einwohner), einer 13,5 km langen Wasserüberleitung, davon 9,9 km offener Kanal und 3,6 km Rohrleitung sowie Infiltrationsbecken mit einer Fläche von 35 ha. Das durch den Boden gereinig-

te, infiltrierte Wasser gelangt in den Untergrund, wo es als Grundwasser gefördert oder in einem Untergrundspeicher mit einem bewirtschaftbaren Volumen von 30 Mio. m³ gespeichert werden kann. Die Wasserkapazität beträgt heute 120 000 m³/d.

1966 wurde die Trinkwasserversorgung der Magdeburger Bevölkerung aus dem Flusswasserwerk Magdeburg-Buckau eingestellt. Seit diesem Zeitpunkt werden die Stadt und umliegende Orte vollständig von Wasserwerken in der Letzlinger Heide bei Colbitz mit Trinkwasser versorgt.

Um in der Ohre bei Satuelle einen Mindestabfluss von 0,8 m³/s zu gewährleisten, sind die Wasserentnahmen zur Überleitung in die Letzlinger Heide auf Mengen von 0,3 bis 1,58 m³/s, maximal auf 31,5 m³/a, also im Durchschnitt 1,0 m³/s, begrenzt.



Abb. 4.8-27: Pumpstation Satuelle mit dem vorgelagerten Einlaufbecken (35 000 m³)

4.8.4 Die Elbe von der Mündung der Ohre bis zur Mündung der Havel

Dieser 87,7 km lange Abschnitt des Elbelaufes bildete sich erst in der letzten Eiszeit mit der Verbindung der Urstromtäler aus, die heute von der Ohre bzw. Havel durchflossen werden. Während unterhalb der Ohremündung mehrfach Überschwemmungsflächen mit Breiten von 3 km auftreten, ist von der Mündung des **Tanger** (480 km²) bei Elbe-km 388,2 bis zur Havelmündung (Elbe-km 438,0) das unmittelbare



Abb. 4.8-28: Hochufer am linken Ufer der Elbe bei Arneburg (Elbe-km 404)

Einzugsgebiet der Elbe auf einen schmalen, teilweise unter 1 km breiten Schlauch begrenzt (Abb. 4.8-2). Linksseitig bilden Deiche und 18 km Hochufer die Wasserscheide zum Alandgebiet (Abb. 4.8-28), rechtsseitig trennen ausschließlich Deiche den Elbeschlauch vom Einzugsgebiet der Havel.

Die noch relativ großen natürlichen Überschwemmungsflächen in vielen Abschnitten der Mittleren Elbe ab Mündung der Schwarzen Elster (Abb. 4.8-29 und Tab. 5.4-3) tragen dazu bei, dass die Unterschiede zwischen Mittel- und Hochwasserstand gegenüber der Oberen Elbe deutlich geringer sind (Tab. 4.8-4).



Abb. 4.8-29: Natürliches Überschwemmungsgebiet der Elbe beim Hochufer Derben (Elbe-km 374)

Tab. 4.8-4: Differenzen zwischen langjährigem mittlerem Wasserstand und dem Scheitelwasserstand beim Hochwasser im August 2002 an ausgewählten Pegeln der Elbe

Pegel	Elbe-km	Langjähriger mittlerer Wasserstand [cm]	Scheitelwasserstand beim Hochwasser im August 2002 [cm]	Wasserstands-differenz [cm]
Ústí n. L.	38,7	247	1 196	949
Děčín	13,8	231	1 230	999
Schöna	2,1	213	1 204	991
Dresden	55,6	189	940	751
Torgau	154,2	242	949	707
Wittenberg/L.	214,1	280	706	426
Barby	294,8	237	701	464
Tangermünde	388,2	300	768	468
Wittenberge	453,9	282	734 ¹⁾	452
Neu-Darchau	536,4	270	732	460

1) unter Berücksichtigung der Scheitelsenkung durch die Flutung der Havelpolder

4.9 Die Havel

*Den wahren Geschmack des Wassers
erkennt man in der Wüste.
(Volksweisheit)*

Von der Quelle östlich der Müritz bis zur Mündung in die Elbe bei Gnevsdorf (Elbe-km 438,0) hat die Havel über den staugeregelten Fluss eine Länge von 333,7 km. Der Höhenunterschied beträgt nur 41,3 m.

Die Havel fließt zunächst in südöstlicher, dann in südlicher Richtung bis in den Berliner Raum, danach in westlicher und ab dem Plauer See unterhalb von Brandenburg in nordwestlicher Richtung (*Abb. 4.9-1*). Von Norden kommend und schließlich wieder nach Norden fließend, beschreibt sie einen weiten Bogen, wodurch sich die Besonderheit ergibt, dass die als Luftlinie gemessene Entfernung zwischen der Quelle und der Mündung lediglich 93 km beträgt.

Das Einzugsgebiet der Havel ist 23 858 km² groß. Davon sind fast 99 % dem Flachland mit Höhen unter 200 m ü. NN zuzurechnen. Nur 1,2 % (300 km²) sind Gebirgs- und Hügelland. Das sind die Quellgebiete von Spree, Löbauer Wasser, Schwarzem und Weißem Schöps im Lausitzer Bergland. Die höchsten Erhebungen sind der Hrazený (608 m ü. NN) im tschechischen und der Kottmar (583 m ü. NN) im deutschen Einzugsgebiet der oberen Spree.

Die mittlere jährliche Lufttemperatur beträgt fast im gesamten Einzugsgebiet 8 bis 9 °C, lediglich im Lausitzer Bergland geht sie bis auf 7 °C zurück.

Die mittlere jährliche Niederschlagshöhe beträgt 562 mm. Im Lausitzer Bergland ist sie mit 700 bis 800 mm am größten und erreicht in der Oberlausitz und in der Niederlausitz bis zur Talsperre Spremberg 600 bis 700 mm. Im Gebiet der Oberen Havel, in den oberen Einzugsgebieten von Rhin, Dosse und Jäglitz sowie im Lausitzer Grenzwall und im Fläming beträgt sie überwiegend 550 bis 600 mm, im übrigen Gebiet unter 550 mm.

Aus hydrologischen Gesichtspunkten teilt man die Havel in die Obere und Untere Havel. Trennpunkt ist die Spreemündung in Berlin, wo das Einzugsgebiet der Oberen Havel mit 3 399 km² nur ein reichliches Drittel des Einzugsgebiets der Spree (9 858 km²) beträgt.

Die Havel ist ein typischer Tieflandfluss mit einem durchschnittlichen Gefälle von nur 0,12 ‰. Auf 90 % ihrer Länge ist sie staugeregelt. Die große Zahl der durchflossenen Seen, vie-

le seenartige Erweiterungen sowie zahlreiche Verzweigungen und staugeregelte Abschnitte prägen ihren Charakter.

In *Abbildung 4.9-2* sind wichtige Kanalverbindungen innerhalb des Havelgebiets sowie zur Elbe und Oder dargestellt. Für die gewerbliche Schifffahrt spielt die Verbindung von der Elbe zur Oder über die Berliner Gewässer die Hauptrolle. Auf den übrigen Wasserstraßen dominiert heute die Fahrgast-, Freizeit- und Sportbootschifffahrt.

Das Einzugsgebiet der Havel ist das gewässerreichste im Flussgebiet der Elbe. Allein durch 116 natürliche Seen mit einer Fläche über 0,5 km² ergibt sich eine Wasserfläche von 407 km². Die größten Seen sind in *Tabelle 4.9-1* enthalten. Die mittlere jährliche Verdunstungshöhe von den größtenteils flachen Seen beträgt ca. 700 mm. In Anbetracht der deutlich geringeren Niederschlagshöhe verursachen sowohl diese Seen als auch die seenartigen Erweiterungen der Havel und ihrer Nebenflüsse erhebliche Wasserverluste.

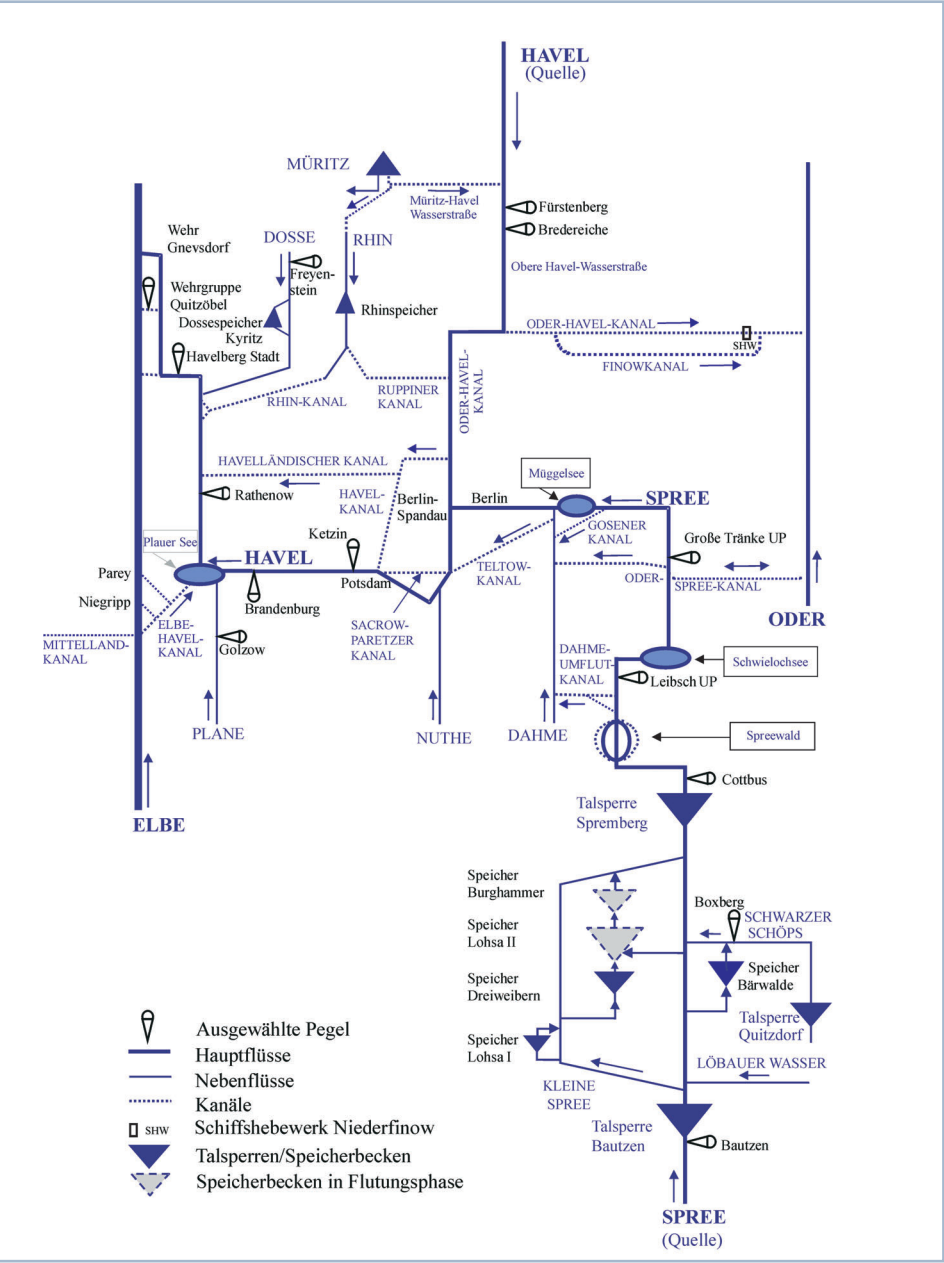


Abb. 4.9-2: Schematische Darstellung des Flussgebiets der Havel



Abb. 4.9-3: Hydrographische Karte des Einzugsgebiets der Havel mit Teileinzugsgebieten über 1 700 km²

Tab. 4.9-2: Hydrologische Grunddaten langjähriger Abflussreihen von ausgewählten Pegeln im Einzugsgebiet der Havel
(Die Nummern der Pegel entsprechen den Pegelnummern der Abbildung 4.9-3)

Nr.	Gewässer	Pegel	Flusskilometer	Einzugsgebietsfläche (AE)	Mittlerer Abfluss (MQ)	Mittlerer Niedrigwasserabfluss (MNQ)	Mittlerer Hochwasserabfluss (MHQ)	Jahresreihe
			[km]	[km ²]	[m ³ /s]	[m ³ /s]	[m ³ /s]	
1.	Spree	Bautzen - Weite Bleiche	334,1 ¹⁾	276	2,63	0,854	35,2	1926 - 2000 (ohne 1932 und 1941)
2.	Schwarzer Schöps	Boxberg	7,8 ²⁾	639	4,48	1,44	26,4	1927 - 2000 (ohne 1941 - 1957)
3.	Spree	Cottbus - Sandower Brücke	231,5 ¹⁾	2 325	17,9	9,27	43,8	1971 - 2000
4.	Spree	Leibsch UP	160,9 ¹⁾	4 605	20,3	6,14	41,7	1971 - 2000
5.	Spree	Große Tränke UP	78,1 ¹⁾	6 203	14,9	6,04	26,1	1971 - 2000
	Erpe/Spree	Dahlwitz-Hoppegarten	8,9 ²⁾	221	0,388	0,082	1,63	1971 - 2000 (ohne 1995 und 1998)
6.	Havel	Bredereiche OP	91,3 ³⁾	1 157	6,00	2,17	14,0	1986 - 2000
7.	Havel	Ketzin	34,1 ⁴⁾	16 026	72,3	21,4	149	1965 - 2000
	Plane	Golzow	19,9 ¹⁾	416	1,45	0,233	4,62	1971 - 2000
8.	Havel	Rathenow UP	103,9 ⁴⁾	19 116	88,8	22,8	161	1952 - 2000
	Dosse	Freyenstein	89,3 ¹⁾	39	0,199	0,056	0,919	1980 - 2000
9.	Havel	Havelberg-Stadt	145,3 ⁴⁾	23 804	114	24,6	225	1946 - 2000

1) Flusskilometer oberhalb der Mündung in die Havel

3) Flusskilometer oberhalb der Spreemündung

2) Flusskilometer oberhalb der Mündung in die Spree

4) Flusskilometer unterhalb der Spreemündung

Tab. 4.9-3: Charakteristik des Abflussregimes von ausgewählten Pegeln im Einzugsgebiet der Havel
(Die Nummern der Pegel entsprechen den Pegelnummern der Abbildung 4.9-3)

Nr.	Gewässer	Pegel	Mittlere Abfluss- spende [l/s · km ²]	Mittlerer Abfluss				MNQ:MQ	MQ:MHQ
				Winterhalbjahr		Sommerhalbjahr			
				[m ³ /s]	[%]	[m ³ /s]	[%]		
1.	Spree	Bautzen - Weite Bleiche	9,5	3,21	61	2,06	39	1 : 3,1	1 : 13
2.	Schwarzer Schöps	Boxberg	7,0	5,25	59	3,71	41	1 : 3,1	1 : 5,9
3.	Spree	Cottbus - Sandower Brücke	7,7	20,5	57	15,3	43	1 : 1,9	1 : 2,4
4.	Spree	Leibsch UP	4,4	25,2	62	15,6	38	1 : 3,3	1 : 2,0
5.	Spree	Große Tränke UP	2,4	17,5	59	12,4	41	1 : 2,5	1 : 1,8
	Erpe/Spree	Dahlwitz-Hoppegarten	1,8	0,470	61	0,307	39	1 : 4,7	1 : 4,2
6.	Havel	Bredereiche OP	5,2	7,28	60	4,85	40	1 : 2,8	1 : 2,3
7.	Havel	Ketzin	4,5	92,3	64	52,6	36	1 : 3,4	1 : 2,1
	Plane	Golzow	3,5	1,76	61	1,14	39	1 : 6,2	1 : 3,2
8.	Havel	Rathenow UP	4,6	113	63	65,3	37	1 : 3,9	1 : 1,8
	Dosse	Freyenstein	5,1	0,275	69	0,123	31	1 : 3,6	1 : 4,6
9.	Havel	Havelberg-Stadt	4,8	145	64	82,3	36	1 : 4,6	1 : 2,0

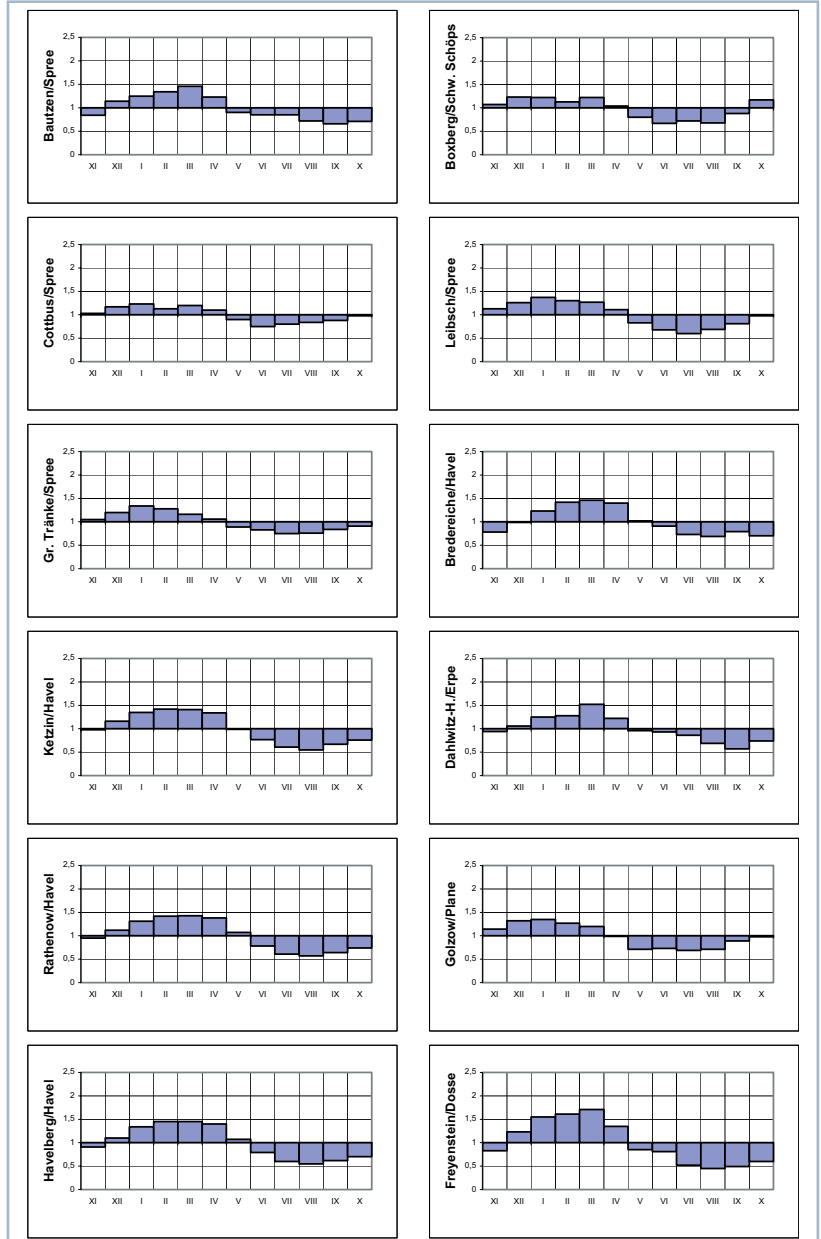


Abb. 4.9-4: Jahresgang des Abflusses an ausgewählten Pegeln im Einzugsgebiet der Havel, dargestellt als Quotient aus langjährigen Mittelwerten für Monate und Jahr ($MQ_{\text{Monat}} / MQ_{\text{Jahr}}$)

Auf Grund der Daten in vorgenannten Tabellen und in *Abbildung 4.9-4* werden die Abflussverhältnisse wie folgt bewertet:

■ Die Charakteristik des Abflussregimes und der Jahresgang des Abflusses am Pegel Bautzen-Weite Bleiche sind repräsentativ für die oberen Einzugsgebiete von Spree, Löbauer Wasser, Schwarzem und Weißem Schöps im Lausitzer Bergland. Die Abflussspenden betragen 9 bis 13 l/s · km². Sowohl Schneeschmelze mit Regen im Frühjahr als auch sommerliche Starkniederschläge führen ziemlich häufig zu rasch ansteigendem Hochwasser. Die Verhältnismerte MQ : MHQ sind deshalb mit 1 : 10 bis 1 : 20, am Pegel Bautzen 1 : 13, sehr groß.

■ Unterhalb des Pegels Bautzen sind in der Spree bis zu deren Mündung keine natürlichen Abflussverhältnisse gegeben. Die Talsperren und die im Lausitzer Braunkohlenrevier bestehenden Speicherbecken, Wassereinleitungen, -ausleitungen und -überleitungen sowie die flussabwärts befindlichen Kanäle haben zu deutlichen Änderungen im Abfluss und im Wasserhaushalt der Spree geführt (*Abb. 4.9-2*).

Kennzeichnend dafür sind der Jahresgang des Abflusses an den Pegeln Boxberg und Cottbus, der noch ausgeglichener verläuft als an den unterhalb gelegenen Pegeln Leibsch und Große Tränke sowie die hohen Abflüsse von Oktober bis Januar, wobei im Dezember bzw. Januar die höchsten Monatsabflüsse des gesamten Jahres zu verzeichnen sind, und die kleinen MNQ : MQ- bzw. MQ : MHQ-Werte.

Der Spreewald, wo sich die Spree in eine Vielzahl von Fließen verzweigt, der Schwielochsee und die seenartigen Erweiterungen der Spree bewirken auf natürliche Weise eine deutliche Verzögerung des Abflusses und eine sehr hohe Verdunstung. Oberhalb des Pegels Leibsch wird vor allem bei hohen Abflüssen in der Spree Wasser über den Dahme-Umflut-Kanal in die Dahme übergeleitet. Vor dem Pegel Große Tränke, wo das Einzugsgebiet der Spree über ein Drittel größer, der mittlere Abfluss aber um 5,4 m³/s geringer ist als am Pegel Leibsch, wird ein großer Teil des Spreewassers über den Oder-Spree-Kanal abgeführt. Als Folge dieser natürli-

chen und anthropogenen Wirkungen sinkt die Abflussspende am Pegel Leibsch auf 4,4 und am Pegel Große Tränke auf 2,4 l/s · km² ab.

■ Kanäle, Wasserüberleitungen und viele landwirtschaftliche Stauanlagen sind die Ursache dafür, dass es im gesamten Einzugsgebiet der Oberen Havel keinen einzigen Pegel gibt, der die natürlichen Abflussverhältnisse widerspiegelt. Der Pegel Bredereiche weist auf Grund der Wasserüberleitung aus dem Einzugsgebiet der Elde (siehe Kapitel 4.10) einen unnatürlich hohen mittleren Abfluss auf, die Abflussspende beträgt 5,2 l/s · km². Weniger deutlich ist das im Jahresgang des Abflusses zu erkennen, wenn auch der Septemberabfluss offensichtlich zu hoch ist.

■ In den gefällearmen Nebenflüssen der unteren Spree und der Unteren Havel bestehen größtenteils bis in die Oberläufe landwirtschaftliche Stauanlagen, die gemeinsam mit Wasserentnahmen zur Bewässerung die Abflussverhältnisse in hohem Maße verändern. Vergleichsweise weniger beeinflusst ist das Abflussregime an den Pegeln Dahwitz-Hoppegarten und Golzow. Dennoch lassen auch an diesen Pegeln die MNQ : MQ- und MQ : MHQ-Werte, der Jahresgang des Abflusses – besonders am Pegel Golzow – und die Abflussspenden – besonders am Pegel Dahwitz-Hoppegarten – Veränderungen der natürlichen Abflussverhältnisse erkennen. Am Pegel Freyenstein im hügeligen oberen Einzugsgebiet der Dosse weisen die Charakteristik des Abflussregimes und der Jahresgang des Abflusses auf natürliche Verhältnisse hin, die allerdings für den weitaus größeren Teil des sehr flachen Havelgebiets nicht repräsentativ sind.

■ In der Havel unterhalb der Spreemündung zeigen trotz vielfältiger Beeinflussung des Abflussgeschehens der Jahresgang des Abflusses und die Charakteristik des Abflussregimes an den Pegeln Ketzin, Rathenow und Havelberg ein weitgehend einheitliches Bild. Die MQ : MHQ-Werte von 1 : 1,8 bis 1 : 2,1 sind auf die geringe Abflussdynamik mit der sehr großen Retentionswirkung der vielen Seen und seenartigen Erweiterungen der Havel zurückzuführen. Hochwasserwellen sind deshalb wenig ausgeprägt, aber sehr lang anhaltend.

4.9.1 Die Havel von der Quelle bis zur Mündung der Spree

Der Ursprung der Havel und somit auch die Wasserscheide zwischen Nord- und Ostsee sind durch menschliche Eingriffe seit dem Mittelalter mehrfach geändert worden, wodurch 16,4 km² ehemaliges Havelgebiet jetzt zur Ostsee entwässern. Heute liegt die Havelquelle östlich der Mützig in der Gemarkung Ankershagen unmittelbar südlich des Mühlenseedammes in einer Höhe von 64,0 m ü. NN. Sie ist durch einen Gedenkstein markiert (*Abb. 4.9-5*).



Abb. 4.9-5:
Gedenkstein an der Havelquelle

Bis zur Mündung der Spree ist die **Obere Havel** 168,1 km lang, ihr mittleres Gefälle beträgt 0,21 ‰. Auf den ersten 70 km bis in den Raum unterhalb Fürstenberg durchfließt sie in meist südöstlicher Richtung 27 Seen der Neustrelitzer Seenplatte, die ein Teil der Mecklenburgischen Seenplatte ist (*Abb. 4.9-1*). Aber schon 32,6 km unterhalb der Quelle beginnt mit der Schleuse Zwenzow die staugeregelte schiffbare Havel, die von hier an **Obere-Havel-Wasserstraße** heißt (*Abb. 4.9-6*).

Nach weiteren 19,6 km mündet die **Müritz-Havel-Wasserstraße** (242 km²). Sie wurde 1831 bis 1836 erbaut. Die 1935 bis 1937 veränderte Trassenführung des Kanals hat eine Länge von 31,8 km und ermöglicht Schiffen mit einer Tauchtiefe bis 1,4 m die Durchfahrt. Vier Schleusen überwinden einen Höhenunterschied von etwa 7,5 m. Die oberste Schleuse in Mirow (*Abb. 4.9-7*) bildet gleichzeitig die Wasserscheide zwischen den Einzugsgebieten der Elde und der Havel.

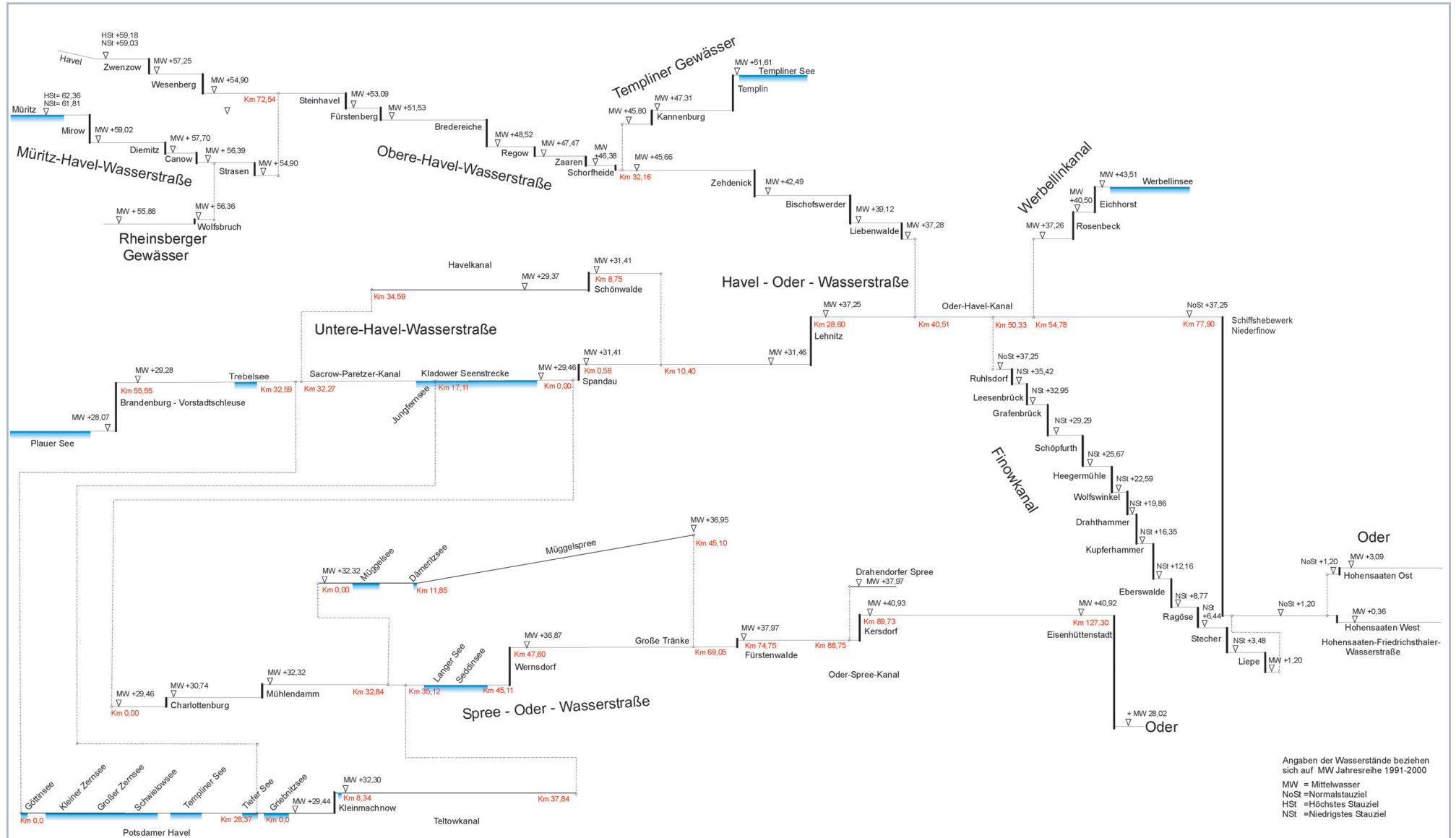


Abb. 4.9-6: Längsschnitt der Wasserstraßen des Havelgebiets bis Brandenburg und der Spree-Oder-Wasserstraße



Abb. 4.9-7: Schleuse Mirow in der Müritzhavel-Wasserstraße

Zur Aufhöhung der Wasserstände in der Oberen-Havel-Wasserstraße werden aus der Müritzhavel im langjährigen Mittel (Jahresreihe 1983-2002) über die Schleuse Mirow $1,36 \text{ m}^3/\text{s}$ und über die Wehranlage Bolt $0,55 \text{ m}^3/\text{s}$ in das Havelgebiet übergeleitet (siehe Kapitel 4.10). Von diesen insgesamt $1,91 \text{ m}^3/\text{s}$ wird aus der Müritzhavel-Wasserstraße eine Wassermenge von durchschnittlich $0,17 \text{ m}^3/\text{s}$ über die Schleuse Wolfsbruch dem Einzugsgebiet des Rhin (Rheinsberger Gewässer) zugeführt (Abb. 4.9-6).

Die Obere-Havel-Wasserstraße ist 95 km lang und weist elf Staustufen auf. Ihr unterer Abschnitt ab der Mündung der **Templiner Gewässer** (416 km^2) war bereits im 17. und 18. Jhd., der oberhalb befindliche Abschnitt erst zu Beginn des 19. Jhds. erbaut worden (Abb. 4.9-6). Die Tauchtiefen betragen ab Einmündung der Müritzhavel-Wasserstraße 1,4 bis 1,6 m, oberhalb davon bis zur Schleuse Zwenzow nehmen sie bis auf 1,1 m ab.

An der Mündung der Oberen-Havel-Wasserstraße in den **Oder-Havel-Kanal** beträgt das Einzugsgebiet der Havel 2412 km^2 . Ihr Zufluss und der aus dem **Werbellinkanal** ($82,4 \text{ km}^2$) sichert die Bewirtschaftung der 49,3 km langen Scheitelhaltung des 1914 in Betrieb genommenen Oder-Havel-Kanals, der eine Tauchtiefe von 2,0 m aufweist. Für den Abstieg in das Odertal bestand damals am Ende der heute 37,4 km langen östlichen Scheitelhaltung (179 km^2) eine Schleusentreppe, bestehend aus vier Schleusen mit je 9 m Höhenunterschied. Die Schleusentreppe wurde 1934 durch das Schiffshebewerk Niederfinow ersetzt (Abb. 4.9-8), das bis zur Inbetriebnahme des Schiffshebewerkes Scharnebeck im Elbe-Seitenkanal im Jahre 1975 das größte Senkrechtschiffshebewerk der Welt war (siehe Kapitel 4.10). Der Höhenunterschied von 36 m zwischen unterer und oberer Wasserhaltung wird durch einen 85 m langen und 12 m breiten Schiffstrog überwunden, der an Stahlseilen hängend über Seilscheiben mit 192 Betongewichten mit je 21 t bewegt wird. Da die Grenze der Leistungsfähigkeit des Schiffshebewerkes erreicht ist, wird gegenwärtig die Errichtung eines weiteren Schiffshebewerkes in Niederfinow geplant.

Der **Finowkanal** (Abb. 4.9-2 und 4.9-6), der ursprünglich aus der Oberen-Havel-Wasserstraße abzweigte, bildete bis Baubeginn des Oder-Havel-Kanals die Verbindung zur Oder. Der schon 1605 bis 1620 erbaute erste Finowkanal hatte 20 Schleusen. Er wurde durch den zweiten Finowkanal, Bauzeit 1743 bis 1746, mit einer Länge von 41,3 km und nur noch 15 Schleusen ersetzt. Durch den Bau neuer Schleusen, Begrädnungen und Vergrößerung der Wassertiefe auf 1,75 m wurde der zweite Finowkanal von 1874 bis 1885 den Anforderungen der Schifffahrt angepasst. Er wird heute noch als Abzweig aus der Scheitelhaltung des Oder-Havel-Kanales mit einer Länge

von 31,9 km und zwölf Schleusen für Sportboote genutzt und mündet unterhalb des Schiffshebewerkes Niederfinow wieder in den Oder-Havel-Kanal. Der Finowkanal ist der älteste noch genutzte Kanal Deutschlands, der zwei Stromgebiete verbindet.

Im Rahmen der Umsetzung der EG-Wasserrahmenrichtlinie hat das Land Brandenburg die oberirdischen Einzugsgebietsgrenzen überarbeitet und digitalisiert. Dabei wurde das Einzugsgebiet der östlichen Scheitelhaltung des Oder-Havel-Kanals ab dem Abzweig des Finowkanals einschließlich des



Abb. 4.9-8: Schiffshebewerk Niederfinow

4.9.2 Die Spree

Werbellinkanals dem Einzugsgebiet der Oder zugeordnet (Abb. 4.9-6). Damit wurde das bisherige Einzugsgebiet der Elbe um 148 km² verringert. Maßgeblich dafür waren orografische Gründe, da ohne die Kanäle das in diesem Gebiet anfallende Wasser natürlicherweise der Oder zufließen würde. Als Ableitungsmenge aus dem Oder-Havel-Kanal und dem Finowkanal zur Oder werden 0,14 m³/s angesetzt.

Die westliche Scheitelhaltung des Oder-Havel-Kanals, die an der Mündung der Oberen-Havel-Wasserstraße beginnt und 11,9 km lang ist, endet an der Doppelschleuse Lehnitz oberhalb Oranienburg (41 000 Einwohner). Sie ist mit einer Hubhöhe von 5,8 m die größte Schleuse der Havel-Wasserstraßen (Abb. 4.9-9).

In Oranienburg beginnt die Verbindung zwischen dem Oder-Havel-Kanal und dem Rhin, die zunächst **Oranienburger Kanal** (298 km²) und danach **Ruppiner Kanal** heißt (Abb. 4.9-2).



Abb. 4.9-9: Doppelschleuse bei Lehnitz im Oder-Havel-Kanal

Unterhalb Hennigsdorf (26 000 Einwohner) endet der Oder-Havel-Kanal. Hier zweigt der 34,6 km lange **Havelkanal** (256 km²) ab, der die Obere mit der Unteren Havel verbindet. Er verkürzt den Weg zwischen Elbe und Oder um 9 km (Abb. 4.9-2). Aus ihm verläuft in westlicher Richtung der **Große Havelländische Hauptkanal** bis unterhalb Rathenow (28 000 Einwohner), in den bis 3,5 m³/s zur landwirtschaftlichen Bewässerung übergeleitet werden.

Nach dem Erreichen des Stadtgebiets von Berlin (3,39 Mio. Einwohner) beginnen die seenartigen Erweiterungen der Havel, die den weiteren Verlauf des Flusses prägen. Der Tegeler See ist eine solche 4 km lange Ausbuchtung. Hier befinden sich fünf große Uferfiltratfassungsanlagen, aus denen 2,2 Mio. Einwohner mit Trinkwasser versorgt werden.

580 m oberhalb der Mündung der Spree in die Havel befindet sich die letzte Staustufe der Oberen Havel, die Schleuse Spandau, mit einer mittleren Hubhöhe von 1,9 m. Die 2002 rekonstruierte Anlage besteht aus Schleuse, Havelwehr und Bootsschleppe (Abb. 4.9-10).



Abb. 4.9-10: Schleuse Spandau in der Havel

Als Quelle der Spree sind drei Standorte im Lausitzer Bergland seit Jahrhunderten umstritten: die Walddorfer Quelle am Westhang des Kottmar in einer Höhe von 478 m ü. NN (Abb. 4.9-11), die Neugersdorfer Quelle in einer Höhe von 405 m ü. NN (Abb. 4.9-12) und die Ebersbacher Quelle.



Abb. 4.9-11: Walddorfer Spreequelle am Kottmar



Abb. 4.9-12: Neugersdorfer Spreequelle

Im sächsischen Wasserlaufverzeichnis ist die Neugersdorfer Quelle als Spreequelle festgelegt worden. Von dort bis zur Mündung in die Havel ist die Spree heute 375,3 km lang. Sie bildet zunächst unterhalb von Neugersdorf auf 1,9 km und in Oppach auf 0,9 km die deutsch-tschechische Grenze. Insgesamt befinden sich 69,5 km² des Spreegebiets auf tschechischem Gebiet. Dort liegt auch der höchste Berg im Einzugsgebiet der Spree, der Hrazený (608 m ü. NN). Auf deutschem Gebiet sind es der Kottmar und der Czorneboh mit 583 bzw. 556 m ü. NN (Abb. 4.9-1).

Nach 23 km Fließweg wendet sich die Spree nach Norden und durchfließt die Hochfläche von Bautzen. In teilweise bis zu 50 m tief eingeschnittenen Engtälern mit zahlreichen Krümmungen hat die Spree an vielen Stellen noch den Charakter eines Gebirgsbaches. Die historische Altstadt von Bautzen (42 000 Einwohner) wird an ihrer Westseite in einem tiefen Tal halbkreisförmig von der Spree umflossen.

Die „Alte Wasserkunst“, das auffälligste Bauwerk und Wahrzeichen der Stadt, diente der Wasserversorgung und war Bestandteil des Verteidigungsringes der Stadt. Die von einem Wehr aufgestaute Spree trieb ein Mühlenrad und ein mit ihm verbundenes Pumpwerk an, das das Wasser aus einem Sammelbrunnen in einen 35 m hohen Behälter im Turm beförderte. Von da aus wurde das Wasser dem höchsten Punkt der Stadt im freien Gefälle zugeleitet und durch Tröge weiterverteilt. Die „Alte Wasserkunst“ war von 1496 bis 1965 in Betrieb und ist heute technisches Museum (Abb. 4.9-13).

Unterhalb der Stadt befindet sich die Talsperre Bautzen (Stauraum 44,63 Mio. m³, davon 5,43 Mio. m³ gewöhnlicher Hochwasserrückhalteraum), die im Jahre 1975 in Betrieb genommen wurde (Abb. 4.9-14).

Unmittelbar unterhalb der Talsperre Bautzen verlässt die Spree mit einem Einzugsgebiet von 310 km² das Gebirgs- und Hügelland der Oberlausitz. Hier endet nach 60,7 km der Oberlauf der Spree. Bei einem Höhenunterschied von 253 m ab der Quelle bei Neugersdorf weist die obere Spree mit einem mittleren Gefälle von 4,2 ‰ den Charakter eines Mittelgebirgsflusses auf. Der sich anschließende Mittellauf



Abb. 4.9-13: Altstadtansicht von Bautzen mit Spreewehr und „Alter Wasserkunst“ (linker großer Turm in der Stadtbefestigungsmauer)



Abb. 4.9-14: Hauptdamm der Talsperre Bautzen

bis Leibsch mit einer Länge von 153,8 km und einem Höhenunterschied von 106,5 m bildet mit einem mittleren Gefälle von 0,69 ‰ den Übergang zum typischen Flachlandfluss,

den die Spree im 160,8 km langen Unterlauf mit einem Höhenunterschied von 16,0 m und einem mittleren Gefälle von 0,10 ‰ darstellt.

Unterhalb der Talsperre Bautzen beginnt das **Oberlausitzer Heide- und Teichgebiet**. Es erstreckt sich westlich der Schwarzen Elster bis östlich des Weißen Schöpses. Das Oberlausitzer Teichgebiet ist mit fast 1 000 Teichen, die vorrangig für die Speisefischproduktion (2 000 t/a - vorwiegend Karpfen) genutzt werden und einer Fläche von 55,0 km² das größte zusammenhängende Teichgebiet Deutschlands (Abb. 4.9-15) und das zweitgrößte im Einzugsgebiet der Elbe (Tab. 4.2-6). 650 dieser Teiche mit einer Fläche von 36,9 km² befinden sich in den Einzugsgebieten von Spree so-

wie Schwarzem und Weißem Schöps. 350 Teiche mit einer Fläche von 18,1 km² liegen im Einzugsgebiet der Schwarzen Elster. Keiner der einzelnen Teiche ist größer als 0,8 km².

Etwa 9 km unterhalb der Talsperre Bautzen zweigt die **Kleine Spree** (273 km²) ab. Über sie wird ein großer Teil der Fischteiche mit Wasser versorgt. In ihrem Nebenschluss befindet sich der Tagebausee Lohsa I, der schon seit 1972 als Speicher genutzt wird (Abb. 4.9-2 und Tab. 4.9-5). Kurz unterhalb der Abzweigung der Kleinen Spree mündet das **Löbauer Wasser** (414 km²) in die Spree. Der am Nordhang des Kottmar entspringende Fluss hat ein größeres Einzugsgebiet als die Spree oberhalb seiner Mündung (346 km²). Weiter spreeabwärts mündet der **Schwarze Schöps** (788 km²). Sein größter Nebenfluss ist der **Weißer Schöps** (367 km²), in dessen Mittellauf die Talsperre Quitzdorf liegt (Abb. 4.9-16).



Abb. 4.9-15: Abfischung im Oberlausitzer Teichgebiet

Bei Spremberg (27 000 Einwohner) durchbricht die Spree in einem tief eingeschnittenen Tal den Lausitzer Grenzwall, der gleichzeitig die Oberlausitz von der Niederlausitz abgrenzt. Hier befindet sich die Talsperre Spremberg (Abb. 4.9-17).

Die Talsperren Spremberg, Bautzen und Quitzdorf waren von 1965 bis 1975 gebaut worden, um durch Niedrigwasseraufhöhung vorrangig den ständig steigenden Brauchwasserbedarf der Braunkohlenkraftwerke und der Braunkohle verarbeitenden Industrie zu decken. Allein für fünf große



Abb. 4.9-16: Talsperre Quitzdorf



Abb. 4.9-17: Talsperre Spremberg

Braunkohlenkraftwerke bestand ein durchschnittlicher Wasserbedarf von 9,3 m³/s (Tab. 4.9-4).

Eine weitere wichtige Funktion dieser Talsperren ist der Hochwasserschutz. So konnte beim Hochwasser im Juli 1981, als drei Hochwasserwellen innerhalb weniger Tage im Gebiet der oberen Spree entstanden waren, die Überflutung des Braunkohlentagebaus Reichwalde und spreenaher Siedlungsgebiete verhindert werden.

Die Talsperren sollen auch zwischenzeitlich zur Wasserversorgung für die Flutung stillgelegter Braunkohlentagebaue genutzt werden. Neben den Aufgaben des Hochwasserschutzes und der Niedrigwasseraufhöhung bis Berlin ist

dies eine neue wichtige Funktion. Gemeinsam mit dem Speichersystem Lohsa II (siehe Kapitel 4.9.3) bilden die drei genannten Talsperren das Talsperrensystem Mittlere Spree (Abb. 4.9-2 und Tab. 4.9-5).

Unterhalb von Cottbus (108 000 Einwohner) beschreibt die Spree einen großen nach Westen ausgebuchteten Bogen, in dem sie den Spreewald durchfließt und anschließend den Schwielochsee erreicht.

Nordöstlich von Cottbus befindet sich das **Fischteichsystem Peitz**. Es besteht aus 32 Teichen mit einer Fläche von 8,4 km². Die Teiche sind durch Abbau von Raseneisenerz und anschließenden Einstau von Wasser entstanden. Jährlich werden 400 t Speisefische, vorwiegend Karpfen, produziert. Die Wasserversorgung erfolgt aus der Spree über den Hammergraben. Im Sommerbetrieb besteht ein Wasserbedarf von 1,00 m³/s, wovon 0,80 m³/s Verluste durch Verdunstung und Versickerung sind.

Von der rechtsseitigen **Malxe**, die derzeit bis zur Mündung in den Burg-Lübbener Kanal noch ein Einzugsgebiet von 414 km² hat, entwässern durch den Aufschluss des Tagebaus Jänschwalde 138 km² der oberen Malxe ab 1975 zur Neiße, d. h. zum Odergebiet.

Der **Spreewald** ist ein im Spreebogen liegendes etwa 75 km langes und maximal 15 km breites Niederungsgebiet. Auf Grund seiner unterschiedlichen erdgeschichtlichen Entstehung gliedert er sich in den ca. 200 km² großen Ober-

Tab. 4.9-4: Braunkohlengroßkraftwerke in der Lausitz

Name des Kraftwerkkomplexes	Inbetriebnahme [Jahr]	Leistung und Wasserbedarf				Bemerkungen
		1989		2004		
		[MW]	[m³/s]	[MW]	[m³/s]	
Jänschwalde	1988	3 000	2,5	3 000	2,0	mit Umwelttechnik nachgerüstet
Boxberg	1980	3 520	3,5	2 260	1,9	neue Kraftwerksblöcke eingebaut
Schwarze Pumpe	1998	—	—	1 600	1,1	modernstes Braunkohlenkraftwerk
Lübbenau	1967	1 300	1,5	—	—	1996 Außerbetriebnahme
Vetschau	1967	1 200	1,3	—	—	1996 Außerbetriebnahme
Trattendorf		450	0,5	—	—	Außerbetriebnahme
Summe		9 470	9,3	6 860	5,0	

Tab. 4.9-5: Talsperrensystem Mittlere Spree

lfd. Nr.	Bezeichnung der Talsperre / Wasserlauf	Stauraum bei Vollstau bzw. bewirtschaftbare Speicherlamelle [Mio. m³]	davon gewöhnlicher Hochwasser-rückhalteraum [Mio. m³]	Inbetrieb-nahme [Jahr]
1.	Bautzen / Spree	44,63	5,43	1975
2.	Lohsa I / im Nebenschluss der Kleinen Spree	5,80 (Speicherlamelle)	2,00	1972
3.	Dreiweibern / im Nebenschluss der Kleinen Spree	5,00 (Speicherlamelle)	—	2002
4.	Lohsa II / im Nebenschluss der Spree und der Kleinen Spree	53,00 (Speicherlamelle)	—	2008
5.	Burghammer / im Nebenschluss der Spree und der Kleinen Spree	5,00 (Speicherlamelle)	—	2006
6.	Quitzdorf / Schwarzer Schöps	22,02	2,30	1972
7.	Bärwalde / im Nebenschluss der Spree	20,00 (Speicherlamelle)	—	2005
8.	Spremberg / Spree	42,70	19,03	1965
	Summe	198,15	28,76	

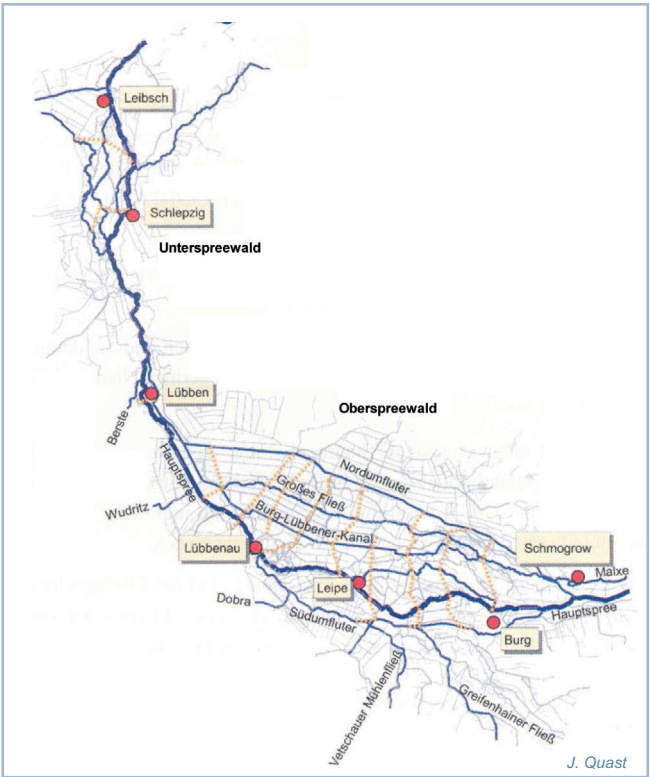


Abb. 4.9-18: Lage der Spreewaldteile

spreewald und den etwa 75 km² umfassenden Unterspreewald. Der Spreewald ist eine in Mitteleuropa einmalige Landschaft, die von einem labyrinthartigen 1 328 km langen Fließ- und Grabensystem durchzogen ist. Davon bilden 550 km (443 km Oberspreewald, 107 km Unterspreewald) das Hauptgewässernetz des Spreewaldes (Gewässer I. Ordnung). Davon werden insgesamt 266 km als schiffbare Landesgewässer eingestuft (Abb. 4.9-18).

Die Spreewaldgewässer werden verschieden genutzt. Sie dienen der Ableitung von Hochwasser, der Be- und Entwässerung von land- und forstwirtschaftlichen Flächen, der Fischerei und sind Verkehrs- und Transportwege – heute vor allem für Touristen (Abb. 4.9-19). Der gesamte Spreewald ist Biosphärenreservat der UNESCO, wobei die Kernzonen nicht touristisch oder auf andere Weise genutzt werden können.

Zur Entwässerung und zur Verbesserung des Hochwasserschutzes wurden umfangreiche Ausbaumaßnahmen der Gewässer (Nord- und Südumfluter mit einer Abflusskapazität von zusammen 60 m³/s, Profilerweiterungen, Eindeichungen, Auspolderung von Überflutungsflächen usw.) vorgenommen. Mit dem verstärkten Bau von Wehren wurde es in zunehmendem Maße möglich, die Wasserstände und Abflüsse im Spreewald zu regulieren. Die etwa 120 bedeutsamen Wehre des Ober- und Unterspreewaldes sind heute unverzichtbare Grundlage für die Einhaltung festgelegter Wasserstände

in den Gewässern sowie von Grundwasserständen in den Flächen.

Der Spreewald ist ein Wasserzehrgebiet, d. h. die Jahreshöhe der Verdunstung übersteigt die des Niederschlages. Neben den freien Wasserflächen des weit verzweigten Gewässernetzes resultiert dies aus den flurnahen Grundwasserständen und den damit verbundenen hohen Verdunstungsraten. In Trockenjahren kann das Jahresdefizit zwischen Gebietsniederschlag und realer Verdunstung bis zu 5 m³/s betragen. In extremen Trockenperioden steigt die Verdunstung auf Werte bis über 8 m³/s an.

Im Bereich des Spreewaldes münden das **Greifenhainer Fließ** (393 km²) und die **Berste** (321 km²). Oberhalb des



Abb. 4.9-19: Spreewaldtourismus an der Quappenschenke in Lehde

Pegels Leibsch (4 605 km²) besteht der von 1908 bis 1912 gebaute Dahme-Umflut-Kanal (Abb. 4.9-2). Zur Entlastung der Spree bei Hochwasser und zur Niedrigwasseraufhöhung der Dahme können über das Verteilerwehr bei Leibsch (Abb. 4.9-20) bis zu 20 m³/s dem Kanal zugeführt werden.



Abb. 4.9-20: Verteilerwehr Leibsch (links zum Dahme-Umflut-Kanal, rechts zur Spree)

Seit 1976 besteht außerdem die Möglichkeit, über einen Randkanal von einem Nebenarm der Spree weitere 10 m³/s in den Dahme-Umflut-Kanal einzuleiten. Von Leibsch bis zur Mündung ist die Spree durch acht Schleusenanlagen auf der gesamten Länge von 160,8 km schiffbar. Zur Verbesserung der Schifffahrtsverhältnisse zwischen Leibsch und Oder-Spree-Kanal erfolgten von 1906 bis 1912 40 Durchstiche, die zu einer Verkürzung der Spree um 16,6 km führten.

Ab Leibsch fließt die Spree über den Neuendorfer See (3,0 km²) nach Osten und durchfließt den nördlichen Teil des Schwielochsees (13,3 km²). Der Abfluss aus dem Schwielochsee wird über das Wehr Beeskow geregelt.

Ab dem Schwielochsee fließt die Spree nach Norden und erreicht 97,6 km oberhalb ihrer Mündung den 1887 bis 1891 erbauten 85,0 km langen **Oder-Spree-Kanal**, der an Stelle des 1662 geschaffenen Friedrich-Wilhelm-Kanals errichtet wurde. Auf 19,7 km Länge ist die Spree Teil des Oder-Spree-Kanals, der die Oder über die Spree mit der Dahme und damit mit dem Wasserstraßennetz von Berlin verbindet. Seine 37,6 km lan-

ge Scheitelhaltung liegt zwischen der Spreestrecke und der Oder. Ihre westliche Schleuse bei Kersdorf mit einer Fallhöhe zur Spree von 3,0 m bildet die Einzugsgebietsgrenze zwischen Spree und Oder (Abb. 4.9-6).

Durch eine Pumpstation bei Neuhaus werden im Normalfall bis zu 2,5 m³/s Spreewasser in die Scheitelhaltung gepumpt. Bei Niedrigwasser der Spree wird der Wasserverbrauch im Kanal durch Oderwasser gedeckt. Dazu dient eine Pumpstation (7,5 m³/s) bei Eisenhüttenstadt an der Oder. Eine Überleitung von Oderwasser zur Niedrigwasseraufhöhung der Spree erfolgt nicht.

An der Großen Tränke, westlich von Fürstenwalde (34 000 Einwohner), zweigt die Spree vom Oder-Spree-Kanal ab und fließt vorwiegend in nordwestlicher Richtung über den Großen Müggelsee (7,5 km²) durch das Stadtgebiet von Berlin zur Havel (Abb. 4.9-1 und 4.9-6). Sie ist in Berlin 46 km lang und wird gemeinsam mit den Kanalverbindungen in der Stadt von sehr vielen Fahrgastschiffen und Sportbooten befahren (Abb. 4.9-21).

Beim Abzweig der Spree an der Großen Tränke können zur Hochwasserentlastung der unteren Spree über den Oder-Spree-Kanal bis zu 20 m³/s zur Dahme übergeleitet werden. Oberhalb des Müggelsees, wo die **Löcknitz** (378 km²) in die Spree mündet, zweigt der Gosener Kanal ab, über den weitere 25 m³/s der Dahme zugeführt werden können (Abb. 4.9-2). Die **Dahme** (2 102 km²), die ihre Quelle im



Abb. 4.9-22: Mündung der Spree (rechts) in die Havel in Berlin-Spandau

Lausitzer Grenzwall hat, ist der größte Nebenfluss der Spree. In ihrem unteren Einzugsgebiet gibt es viele Seen, von denen der Scharmützelsee (12,1 km²) der größte ist. Sie ist ab dem Dahme-Umflut-Kanal schiffbar und mündet unterhalb des Müggelsees in die Spree. Der Müggelsee ist nicht nur ein beliebtes Erholungs- und Badegewässer, sondern auch Infiltrationsquelle für die Rohwassergewinnung des Wasserwerkes Berlin-Friedrichshagen. Kurz oberhalb der Dahmemündung zweigt der 37,8 km lange Teltowkanal ab, der die Verbindung zur Potsdamer Havel und dem Sacrow-Paretzer Kanal herstellt (Abb. 4.9-2 und 4.9-6).

Mit einem Einzugsgebiet von 9 858 km² mündet die Spree in Berlin-Spandau in die Havel (Abb. 4.9-22).



Abb. 4.9-21: Spree am Berliner Dom

4.9.3 Braunkohlengebiete in der Lausitz

Die Braunkohlenlagerstätten der Lausitz nehmen große Teile der Flussgebiete von Schwarzer Elster und Spree ein. Davon isoliert ist das Braunkohlengebiet an der Lausitzer Neiße, einem Nebenfluss der Oder, das allgemein zum Lausitzer Braunkohlenrevier gezählt, im Folgenden aber nicht betrachtet wird. Lediglich in *Tabelle 4.9-6* und in *Abbildung 4.9-23* sind die entsprechenden Daten der beiden ehemaligen Tagebaue Berzdorf und Olbersdorf aus dem Einzugsgebiet der Lausitzer Neiße einbezogen.

Tab. 4.9-6: Braunkohlenförderung (Mio. t) im Lausitzer Revier

Jahr	[Mio. t]	Anzahl der Tagebaue
1963	108,7	17
1985	196,8	17
1988	200,5	17
1990	168,0	16
1991	116,8	12
1992	93,1	9
1995	70,7	8
1998	50,5	6
2001	57,5	5
2004	59,0	5

Die Lausitzer Braunkohle entstand im jüngeren Tertiär (Miozän) vor 15 bis 20 Mio. Jahren. Die Anfänge des Kohlenabbaus lagen in der Gegend um Lauchhammer und bis in die 60er Jahre des vorigen Jhds. war das Senftenberger Revier das Hauptabbaugebiet (siehe Kapitel 4.5.2).

Ab etwa 1960 wurde der Braunkohlenabbau mehr und mehr auf das Spreegebiet ausgedehnt und erhöht. Von 1963 (108,7 Mio. t) bis 1988 (200,5 Mio. t) hat sich die Gewinnung von Rohbraunkohle im Lausitzer Revier fast verdoppelt (*Tab. 4.9-6*). 1988 mussten 940 Mio. t Abraum abgetragen und transportiert sowie über 1,2 Mrd. m³ Wasser gehoben und abgeleitet werden (*Abb. 4.9-23*).

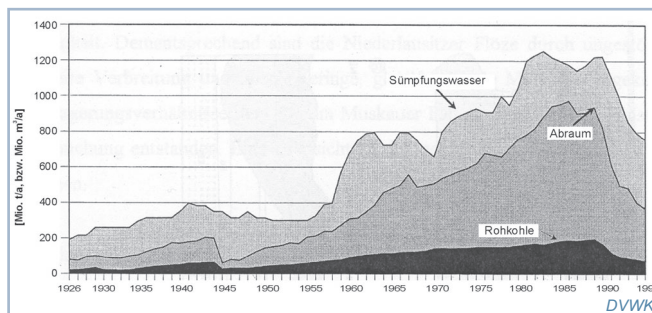


Abb. 4.9-23: Rohkohlegewinnung (Mio. t/a), Abraumförderung (Mio. m³/a) und Wasserhebung (Mio. m³/a) im Lausitzer Revier von 1926 bis 1995

Zu Gunsten des Kohlenabbaus sind die Spree und ihre Nebenflüsse bis 1990 auf einer Gesamtlänge von über 140 km teilweise mehrfach verlegt, ausgebaut und über größere Abschnitte gedichtet worden.

Der Aufschluss der Großtagebaue im Spreegebiet führte zur sprunghaften Erhöhung der Einleitung von Sumpfungswasser in die Spree bzw. deren Nebenflüsse. Die eingeleiteten Wassermengen stiegen von weniger als 5 m³/s (1958) auf über 30 m³/s in den Jahren 1981 bis 1991 an (*Abb. 4.9-24*). In die Lausitzer Neiße wurde Sumpfungswasser nur in einer Größe von 0,5 m³/s abgeleitet.

Das eingeleitete Sumpfungswasser hat trotz hoher Nutzungsverluste, Infiltration und anderer Prozesse sowohl in der Schwarzen Elster als auch in der Spree bis zu deren Mündung zu unnatürlich hohem Abfluss und einem unnatürlichen innerjährlichen Abflussregime geführt (siehe Kapitel 4.5 und 4.9). Ein Vergleich der MNQ- und MQ-Werte verschiedener Jahresreihen am Pegel Cottbus-Sandower Brücke/ Spree verdeutlicht das Ausmaß der Abflusserhöhung. In der Jahresreihe 1900 bis 1964 betrugen MNQ 4,87 m³/s und MQ 14,3 m³/s, in der Jahresreihe 1965 bis 1989 dagegen MNQ 9,36 m³/s und MQ 20,2 m³/s.

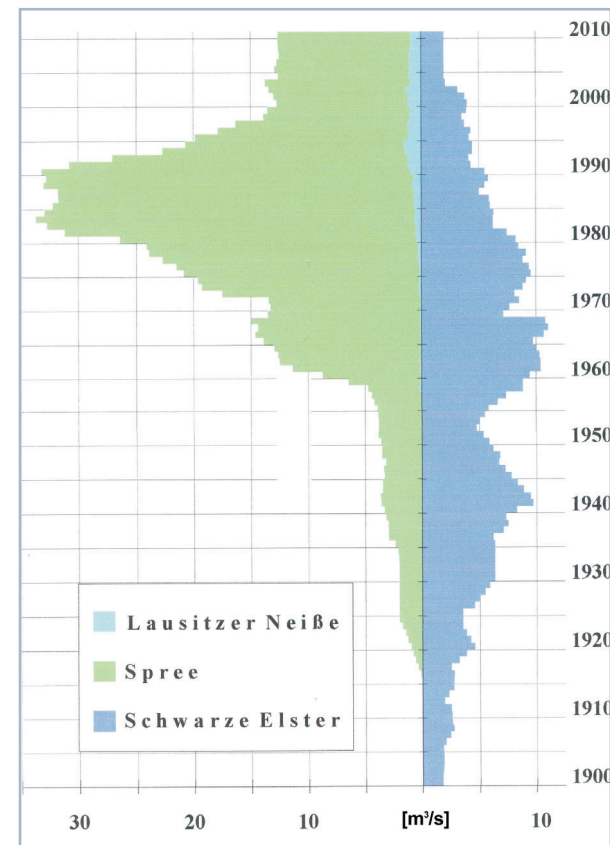


Abb. 4.9-24: Einleitung von Sumpfungswasser des Lausitzer Braunkohlenreviers 1900 bis 2001 und Prognose bis 2010 (nach I. Arnold)

Bis 1989/90 waren die bergbaubedingten Verluste an statischen Grundwasservorräten in den Gebieten von Schwarzer Elster und Spree bis auf 9 Mrd. m³ angewachsen und die Absenkungen des Grundwasserstandes erreichten örtlich über 100 m. Die Fläche mit einer Beeinflussungsgrenze von mehr als 2,0 m Grundwasserabsenkung betrug 1989 2 100 km² (*Abb. 4.9-25*).

der Tagebauböschungen und Innenkippen erfolgen. Ein schneller Anstieg des Seewasserspiegels durch Zuführung von Flusswasser verringert den technischen Aufwand zur Bodenstabilisierung. *Tabelle 4.9-8* enthält eine Auswahl von großen Setzungsfließrutschungen in Lausitzer Tagebauen. *Abbildung 4.9-27* zeigt die Setzungsfließrutschung an der

Böschung des Tageausees Burghammer (Bernsteinsee) 1996 mit einer Rutschungsmasse von 4,5 Mio. m³.

Das in Kapitel 4.7.8 beschriebene Problem der Versauerung der Tageauseen beim Wiederanstieg des Grundwassers ist kennzeichnend für das Lausitzer Revier. In mehreren

Tagebauen besteht ohne Zuführung von Flusswasser die akute Gefahr der Bildung schwefelsaurer Seen. Zu sehr sauren Seen mit pH-Werten unter 3 würden sich neben einer Reihe kleiner Restseen vor allem die Seen in den ehemaligen Tagebauen Bärwalde, Lohsa II, Spreetal-NO, Skado, Spreetal, Bluno und Dreiweibern entwickeln. Das Ziel, Tageauseen

Tab. 4.9-7: Stand und voraussichtliche Entwicklung der Tageauseen im Lausitzer Braunkohlenrevier

Lfd. Nr.	Name des ehemaligen Tagebaus	Voraussichtlicher Name des Tageausees	Flussgebiet	Bundesland	Voraussichtliche Seefläche [ha]	Voraussichtliches Seevolumen [Mio. m ³]	Voraussichtliche maximale Tiefe [m]	Füllstand 31.12.2003 [%]	Voraussichtliches Flutungsende [Jahr]
1.	Schlabendorf-Nord	Lichtenauer See	Spree	BB	247	25	31	71	2008
2.	Schlabendorf-Süd	Stiebsdorfer See	Spree	BB	51	6	26		2013
3.	Schlabendorf-Süd	Schlabendorfer See	Spree	BB	615	48	32	35	2007
4.	Schlabendorf-Süd	Drehnaer See	Spree	BB	227	15		45	2006
5.	Seese-Ost	Kahnsdorfer See	Spree	BB	70	2		0	2011
6.	Seese-Ost	Bischdorfer See	Spree	BB	255	19		36	2010
7.	Seese-West	Schönfelder See	Spree	BB	138	11	27	78	2007
8.	Jänschwalde	Klinger See	Spree	BB	320	100	68	16	2021
9.	Gräbendorf	Gräbendorfer See	Spree	BB	425	93	47	89	2007
10.	Greifenhain	Greifenhainer See	Spree	BB	1 016	330	69	30	2015
11.	Kleinleipisch	Grünhauser See-Ost	Schwarze Elster	BB	43	2	22		2011
12.	Kleinleipisch	Grünhauser See-West	Schwarze Elster	BB	16	1	10		2011
13.	Kleinleipisch	Kleinleipischer See	Schwarze Elster	BB	55	7		27	2012
14.	Kleinleipisch	Heidesee	Schwarze Elster	BB	82	4		14	2012
15.	Klettwitz-Nord	Bergheider See	Schwarze Elster	BB	332	41		28	2012
16.	Meuro	Ilse-See	Schwarze Elster	BB	771	153	56	0	2018
17.	Sedlitz	Sedlitzer See	Schwarze Elster	BB	1 330	206	43	32	2015
18.	Skado	Partwitzer See	Schwarze Elster	BB/SN	1 120	130	48	51	2010
19.	Koschen	Geierswalder See	Schwarze Elster	BB/SN	620	92	35	89	2005
20.	Laubusch	Erika See	Schwarze Elster	SN	180	8	10	100	1970
21.	Laubusch	Lugteich	Schwarze Elster	SN	96	3	10	16	2005
22.	Laubusch	Koritzmühler See	Schwarze Elster	SN	28	1	6	59	2006
23.	Heide	Heide VI	Schwarze Elster	SN/BB	103	8	22	100	1984
24.	Restloch Knappenrode	Graureiher See	Schwarze Elster	SN	136	4		20	2010
25.	Bluno	Neuwieser See	Schwarze Elster	SN	632	56		51	2009
26.	Bluno-Nordschlauch	Blunoer Südsee	Schwarze Elster	SN	350	64	60	>40	2009
27.	Spreetal-Norddrandschlauch	Sabrodtter See	Schwarze Elster	SN	136	27		>42	2009
28.	Spreetal-Südostschlauch	Bergener See	Schwarze Elster	SN	133	3			2009
29.	Spreetal-Nordost	Spreetaler See	Spree	SN	314	97	58	65	2008
30.	Scheibe	Scheibe-See	Spree	SN	660	116	48	69	2009
31.	Burghammer	SB Burghammer (Bernsteinsee)	Spree	SN	445	36	21	52	2006
32.	Lohsa II	SB Lohsa II	Spree	SN	1 081	97	55	38	2008
33.	Dreiweibern	SB Dreiweibern	Spree	SN	286	35	26	100	2002
34.	Bärwalde	SB Bärwalde	Spree	SN	1 285	166	60	61	2005
Summe					13 598	2 006			

Tab. 4.9-8: Ausgewählte Setzungsfließrutschungen in Tagebauen des Lausitzer Reviers

Tagebau	Jahr	Rutschungsmasse [Mio. t]
Laubusch	1968	3,3
Skado	1984	7,8
Sedlitz	1987	12,3
Skado	1996	8,5
Burghammer	1996	4,5
Koschen	1997	2,2
Bluno	1998	0,7
Skado	1999	1,7
Skado	2000	1,2
Lohsa II	2001	1,0
Skado	2002	0,3

als ökologisch eingebundenes Landschaftselement in der Bergbaufolgelandschaft zu schaffen, würde verfehlt. Um eine dauerhafte Neutralisierung als Bedingung für die Anbindung der Tagebauseen an das vorhandene Gewässernetz zu erreichen, ist eine Flutung mit Flusswasser unumgänglich. Nur in drei kleinen Tagebauseen (Stiebsdorfer See, Grünhauser See-Ost und -West) ist die Flutung allein durch Wiederanstieg des Grundwassers möglich.

Flusswasser und geeignetes Grubenwasser aus den aktiven Tagebauen stehen aber nur in sehr begrenzter Menge zur Verfügung. Einerseits führen verhältnismäßig geringe Niederschläge in den Flussgebieten von Spree und Schwarzer Elster zu geringem natürlichem Abfluss. Andererseits bestehen auch nach dem Rückgang der Sümpfungswasser-einleitungen weiterhin hohe Nutzungsanforderungen. Das betrifft im Spreegebiet vor allem die landschafts- und gewässerökologischen Ansprüche des Spreewaldes und die Versorgungsansprüche des Großraumes Berlin, insbesondere zur Gewinnung von Uferfiltrat für die Trinkwasserversorgung.

Gemessen an dem Flutungswasserbedarf müssen die ohnehin sehr begrenzten Entnahmen aus Spree und Schwarzer Elster in Niedrigwasserzeiten weitgehend ausgesetzt werden. Das sind in manchen Jahren bis zu sechs Monate. Längere Unterbrechungen der Flutung führen aber dazu, dass ei-

ne bereits erreichte Erhöhung des pH-Wertes im Tagebausee rückfällig wird.

Um den Wassermangel in der Spree auszugleichen, wird das Speichersystem Lohsa II errichtet. Es ist seit Mitte der 90er Jahre des 20. Jhds. das größte Wasserbauvorhaben im Gebiet der neuen Bundesländer. Es besteht aus den zu Speichern ausgebauten ehemaligen Tagebauen Bärwalde, Dreiweibern, Lohsa II und Burghammer und schließt den schon seit 1972 bestehenden Speicher Lohsa I ein (Abb. 4.9-2, Tab. 4.9-5 und Abb. 4.9-26). Im Hauptspeicher Lohsa II (Abb. 4.9-28) wird die Staulamelle fast 7 m betragen, in den übrigen Speichern 1,5 bis 2 m.

Als Überleiter vom Speicher Lohsa II zum Speicher Burghammer wurde eine 1,4 km lange Tunnelröhre mit einem Durchmesser von 2,8 m in 12 bis 15 m Tiefe gebaut. Sie ermöglicht die Überleitung von 10 m³/s.

Das Speichersystem Lohsa II ist als Überjahresspeicher konzipiert, aus dem in Niedrigwasserperioden eine den Bedarfsansprüchen angemessene Wasserabgabe in die Spree möglich ist.

Mit einer Wasserüberleitung aus der Lausitzer Neiße über den Weißen und Schwarzen Schöps werden ab 2005 bis zu 2 m³/s bzw. 30 Mio.m³/a Flutungswasser bereitgestellt. Voraussichtlich ab 2007 soll es auch für die Flutung der Tagebauseen im Gebiet der Schwarzen Elster eingesetzt werden.



Abb. 4.9-27: Setzungsfließrutschung Tagebau Burghammer 1996



Abb. 4.9-28: Teilgefüllter Speicher Lohsa II im Juni 2003

Mit dem Fortgang der Sanierungsarbeiten in den ehemaligen Tagebauen geht die Wasserhebung zur Gefahrenabwehr im Tagebau stetig zurück. Bevor es in die Gewässer eingeleitet bzw. als Flutungswasser genutzt werden kann, muss es in Grubenwasserreinigungsanlagen vor allem von Eisen und Schwebstoffen befreit werden. Der Volumenstrom in den Grubenwasserreinigungsanlagen des Lausitzer Reviers beträgt 0,5 bis 5,0 m³/s pro Anlage.

Für die Flutung der Tagebauseen und für deren Einbindung in das Gewässernetz sind insgesamt 71 Wasserbauwerke erforderlich, darunter 35 Einlaufbauwerke, 13 Überleitungsbauwerke und 18 Auslaufbauwerke. Dazu gehört das Wehr in der Spree bei Bärwalde, oberhalb der Mündung des Schwarzen Schöpfes, für die Wasserüberleitung in den Speicher Lohsa II (Abb. 4.9-29).

Das wasserwirtschaftliche Gesamtsystem zur Flutung der ehemaligen Tagebaue und zur Einbindung der Tagebauseen in das Gewässernetz ist sehr kompliziert und bedarf einer einheitlichen Steuerung. Deshalb nahm am 14. Sep-

tember 2000 die Flutungszentrale Lausitz als gemeinsame Einrichtung der Länder Brandenburg und Sachsen sowie der Lausitzer und Mitteldeutschen Bergbau-Verwaltungsgesellschaft mbH (LMBV) ihre Tätigkeit auf. Ihre Hauptaufgabe ist es, für die vom Braunkohlenbergbau betroffenen Bereiche der Schwarzen Elster und der Spree die effektive Ausnutzung der maximal möglichen Wassermengen zur Flutung der Tagebauseen unter Beachtung der erforderlichen Mindestabflüsse und des Wasserbedarfs anderer Nutzer zu sichern. Auch nach Erreichen der Endwasserspiegel in den Tagebauseen wird die Flutungszentrale Lausitz ihre Arbeit fortsetzen müssen, weil eine längerfristige wasserwirtschaftliche Nachsorge erforderlich ist, um Rückschläge wie die Wiederversauerung des Seewassers und dadurch bedingte Nutzungseinschränkungen sowie hohe zusätzliche Kosten zu vermeiden.

Erst nach längerer Zeit, wenn die Grundwasserstände wieder angestiegen sind, wird sich zeigen, in welchem Umfang eine Änderung der ursprünglichen Einzugsgebietsgrenze zwischen Spree und Schwarzer Elster eintritt.

Aus den fünf aktiven Tagebauen Cottbus-Nord, Jänschwalde, Welzow-Süd, Nochten und Reichwalde (Abb. 4.9-26) wurden in den letzten Jahren bei einem Förderverhältnis Abraum : Kohle von 6,2 m³ : 1 t knapp 60 Mio. t Rohbraunkohle gefördert (Abb. 4.9-30).

Jährlich werden ca. 50 Mio. t Kohle an die modernen Kraftwerke Jänschwalde, Boxberg und Schwarze Pumpe geliefert (Tab. 4.9-4). Außerdem nutzen mehrere kleine Kraftwerke mit einer installierten Leistung von insgesamt etwa 500 MW ebenfalls die Lausitzer Braunkohle.



Abb. 4.9-29: Spreewehr bei Bärwalde



Abb. 4.9-30: Blick in den Tagebau Cottbus-Nord

4.9.4 Die Havel von der Mündung der Spree bis zur Mündung in die Elbe

Die Untere Havel hat über den staugeregelten Fluss sowie über den Sacrow-Paretzer Kanal bei Potsdam, den Silokanal bei Brandenburg und die Mündung über den Gnevsvorfluter eine Länge von 165,6 km. Dabei wurde eine Verkürzung bei Bahnitz von 1,36 km und eine Verlängerung bei Garz von 0,55 km berücksichtigt. Der Höhenunterschied von der Spreemündung bei 29,46 m ü. NN bis zur Elbe bei Mittelwasser von 22,70 m ü. NN (1964-1995) beträgt 6,76 m, wodurch ein mittleres theoretisches Gefälle von 0,04 ‰ (ohne Berücksichtigung der Stautufen) besteht.

17,1 km unterhalb der Spreemündung beginnt im Jungfernsee der nördlich um Potsdam verlaufende 15,5 km lange **Sacrow-Paretzer Kanal** (Abb. 4.9-2 und 4.9-6). Er wurde von 1874 bis 1876 gebaut und verkürzt den Schifffahrtsweg von der Elbe nach Berlin um 13,5 km. Seitdem ist der eigentliche Flusslauf der Havel, die 29,9 km lange **Potsdamer Havel**, eine gesonderte Wasserstraße. Durch sie werden 30 bis 40 % des Havelwassers abgeführt.

In die Potsdamer Havel münden kurz unterhalb des Abzweiges des Sacrow-Paretzer Kanals der **Teltowkanal** (240 km²) und die **Nuthe** (1 806 km²) mit ihrem größten Nebenfluss, der **Nieplitz** (716 km²). Die seenartigen Erweiterungen des Flusses und mehrere angeschlossene Seen, von denen der Schwielowsee mit 7,8 km² der größte ist (Abb. 4.9-31), verleihen der Stadt Potsdam (145 000 Einwohner) mit ihren historischen Bauten ein besonderes Flair.

Hauptsächlich zur Wasserversorgung der Fontänen im Schlosspark Sanssouci (Abb. 4.9-32) wurde von 1841 bis 1843 eine Pumpstation ähnlich einer türkischen Moschee mit einem Minarett als Schornstein errichtet (Abb. 4.9-33). Das Wasser der Havel wird in ein 44 m höher gelegenes Bassin auf dem Ruinenberg oberhalb des Schlosses gepumpt und von dort aus verteilt. Derzeitig werden im Sommer mit täglich 6 000 m³ Havelwasser die Fontänen gespeist, der Botanische Garten und die Gewächshäuser versorgt und der 2,9 km²



Abb. 4.9-31: Schwielowsee in der Potsdamer Havel

große Park bewässert. Die historische Anlage ist als technisches Denkmal mit einer der ältesten Dampfmaschinen Deutschlands erhalten geblieben, nur übernehmen heute moderne Pumpen die Wasserförderung.

32,6 km unterhalb der Spreemündung vereinigen sich Potsdamer Havel und Sacrow-Paretzer Kanal. Durch die Einmündung des von Norden kommenden **Havelkanals** (256 km²) an dieser Stelle besteht dort ein regelrechtes Wasserstraßenkreuz (Abb. 4.9-2 und 4.9-6).

55,6 km nach der Spreemündung befindet sich in Brandenburg (76 000 Einwohner) die erste von sieben Stautufen der Unteren Havel. Das geringe Gefälle zwischen den Stautufen Berlin-Spandau und Brandenburg von nur 0,006 ‰, also 6 mm auf 1 km, führt dazu, dass allein auf diesem etwa 56 km langen Abschnitt die Wasserfläche der Unteren Havel und der von ihr durchflossenen Seen 82,6 km² beträgt.

Durch den 1906 bis 1910 gebauten Silokanal nördlich um Brandenburg wurde der Schifffahrtsweg von der Elbe nach Berlin um 3,3 km verkürzt.

Westlich von Brandenburg erreicht die Havel den Plauer See. Durch den angeschlossenen Breitlingsee ist er mit einer Fläche von 15,2 km² der größte See im Einzugsgebiet der Havel. Hier mündet auch die **Plane** (602 km²).



Abb. 4.9-32: Schloss Sanssouci in Potsdam

Der von 1926 bis 1938 gebaute **Elbe-Havel-Kanal** (961 km²) verbindet den Plauer See mit der Elbe und ist 55,2 km lang (Abb. 4.8-18). Seit 2003 besteht durch die Doppelsparschleuse bei Hohenwarthe und die Kanalbrücke über die Elbe auch eine direkte Verbindung zum Mittellandkanal (siehe Kapitel 4.8.2).

Schon lange Zeit vor dem Bau des Elbe-Havel-Kanals bestanden zwischen dem Plauer See und der Elbe zwei Kanalverbindungen: Der Plauer Kanal über die Schleuse Parey bis Elbe-km 371,5 aus den Jahren 1743 bis 1745 und der Ihlekanal über die Schleuse Niegripp bis Elbe-km 343,9 aus den Jahren 1865 bis 1872 (Abb. 4.8-18 und 4.9-2).

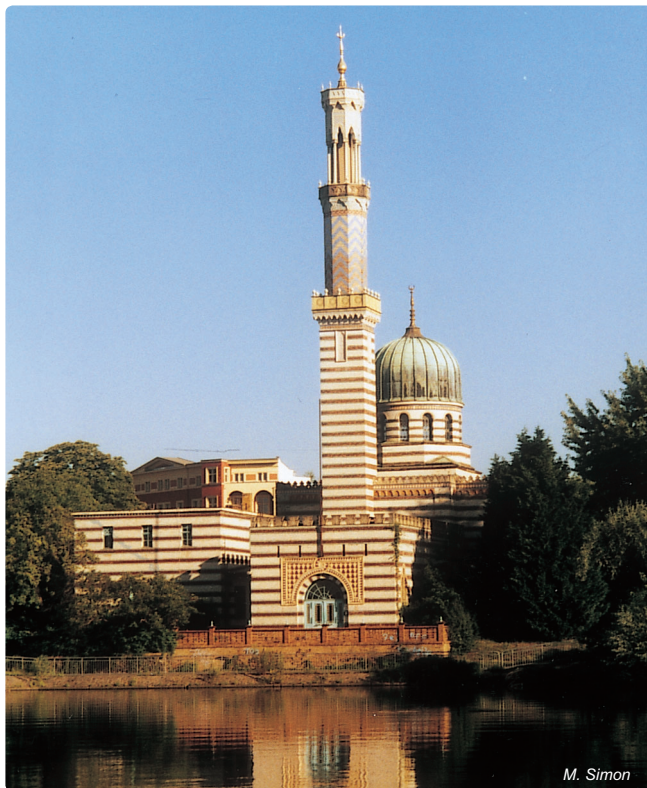


Abb. 4.9-33: Pumpstation für den Schlosspark von Sanssouci in Gestalt einer Moschee

Die Schleuse Parey ist eine nur noch selten erhaltene Art von Schleusen, eine Kuppelschleuse (Abb. 4.9-34). Sie wurde 1891 in Betrieb genommen und besteht aus zwei hintereinander liegenden Kammern. Die Schiffe werden über zwei unterschiedliche Stauhöhen geschleust, das Obertor der unteren Schleuse ist gleichzeitig das Untertor der höheren Schleuse.

Die Verbindungen zwischen Elbe und Havel über die Schleusen Zerben und Wusterwitz im Elbe-Havel-Kanal sind Abstiegskanäle von der Elbe zur Havel (Abb. 4.8-18). Deshalb werden sie seit Jahrzehnten zur Überleitung von Elbewasser zum Plauer See genutzt. Die Überleitungsmengen in das Havelgebiet betragen im Sommerhalbjahr $5,26 \text{ m}^3/\text{s}$ und in Wassermangelzeiten mindestens $4,0 \text{ m}^3/\text{s}$. Ist diese

Wassermenge aus dem Einzugsgebiet des Elbe-Havel-Kanals (mittleres Einzugsgebietsaufkommen von $2,2 \text{ m}^3/\text{s}$) nicht zu erbringen, erfolgt über die Schleuse Niegripp bis zu einem Wasserstand in der Elbe von $37,44 \text{ m}$ ü. NN eine Überleitung im freien Gefälle. Fehlende Wassermengen werden von der Pumpstation in Rothensee über die Scheitelhaltung des Mittelkanals bereitgestellt. Durch diese Wasserüberleitungen soll der Havelwasserstand im Plauer See so weit gestützt werden, dass ein Schifffahrtsbetrieb zwischen Hannover und Berlin jederzeit gesichert ist. Das übergeleitete Wasser dient damit auch einer Niedrigwasseraufhöhung der Havel unterhalb des Plauer Sees.

Nach Verlassen des Plauer Sees fließt die Havel in nördlicher bzw. nordwestlicher Richtung durch die Elbeniederung.

Zur Verbesserung der in Niedrigwasserzeiten unzureichenden Fahrwassertiefen erfolgten in den Jahren 1875 bis 1890 Regulierungen der Unteren Havel. Dabei wurden vom Plauer See bis zur Havelmündung zahlreiche Buhnen-, Leit- und Deckwerke errichtet sowie mehrere Durchstiche zur Beseitigung scharfer Flusskrümmungen vorgenommen.



Abb. 4.9-34: Kuppelschleuse in Parey

Wehr und Schleuse in Rathenow wurden wie in Brandenburg mehrfach erneuert. Bereits 1548 waren an beiden Standorten die ursprünglich an Wassermühlen aus dem 13. Jhd. bestehenden Flutrinnen durch Kammerschleusen ersetzt worden. Von 1909 bis 1912 wurden durch den Bau von Nadelwehren mit kleinen Schützenwehren die Staustufen Bahnitz, Grütz und Garz errichtet (Abb. 4.8-18). Die Schleusen wurden in Haveldurchstichen angelegt. Eine Rekonstruktion der Nadelwehre Grütz und Garz erfolgte in den Jahren 2000 bis 2004 (Abb. 4.9-35).

Wichtige Nebenflüsse der Havel unterhalb des Plauer Sees sind der **Große Havelländische Hauptkanal** (858 km^2), der **Rhin** ($1\,716 \text{ km}^2$), die **Dosse** (939 km^2) und die **Jäglitz** (520 km^2).

In den Gebieten von Rhin und Dosse sind natürliche Seen zu Gunsten der Bereitstellung von Bewässerungswasser aufgestaut worden: Der Rhinspeicher besteht aus fünf Staustufen, mit denen mehrere Flusseen, u. a. der Ruppiner See ($8,1 \text{ km}^2$), bewirtschaftet werden. Die Staulamelle aller Staustufen umfasst $14,10 \text{ Mio. m}^3$. Der Dossespeicher Kyritz staut einen Nebenfluss der Dosse und bildet einen Stauraum von $16,60 \text{ Mio. m}^3$, davon $1,80 \text{ Mio. m}^3$ gewöhnlicher Hochwasserrückhalteraum (Abb. 4.9-2 und 4.9-3). Allein mit dem Wasser des Dossespeichers (Abb. 4.9-36) können über Zuleiter zur Jäglitz ($2,5 \text{ km}$) und zum Rhin ($8,3 \text{ km}$) $12\,400 \text{ ha}$ Landwirtschaftsfläche bewässert werden. Zu diesem Zweck werden über einen $5,3 \text{ km}$ langen Zuleiter bis $3,1 \text{ m}^3/\text{s}$ aus der Dosse in den Speicher übergeleitet.

Das flache Gebiet der Havel unterhalb Rathenow war immer ein durch Hochwasser der Elbe gefährdeter Bereich. Bei Hochwasser in der Elbe liegt der Wasserspiegel um $4,0 \text{ m}$ höher als der der Havel. Um die Hochwassergefahren zu verringern, wurden bereits 1771/72 ab Sandau (Elbe-km 418,0) durch Verlängerung der vorhandenen Elbedeiche Trennungsdeiche zwischen Elbe und Havel errichtet. Dadurch konnten der Rückstau der Elbe um $8,2 \text{ km}$ elbeabwärts verlegt und die Rückstauhöhe um $1,3 \text{ m}$ vermindert werden. In den Jahren 1809 und 1832 bis 1836 wurde der Deich jeweils um weitere $1,5 \text{ km}$ verlängert, so dass zwischen Elbe und Havel



Abb. 4.9-35: Rekonstruiertes Nadelwehr in Garz

insgesamt eine Deichverlängerung von 11,2 km erreicht wurde. Mit den beiden letzten Verlängerungen war jeweils eine Verlegung der Havelmündung um 1,5 km stromabwärts bis zum Elbe-km 431,3 verbunden. So konnte die Rückstauhöhe um weitere 0,5 auf 1,8 m gesenkt werden. Trotzdem ist die Elbe bei Hochwasser noch so weit in die Niederungen der Havel eingeflossen, dass teilweise ein Rückstau von 50 km bis Rathenow zu verzeichnen war. Aus diesem Grunde wur-



Abb. 4.9-36: Hauptdamm des Dossespeichers Kyritz mit Entnahmebauwerk

de die Wehrgruppe Quitzöbel errichtet. Das Durchstichwehr wurde 1936 und das Altarmwehr mit Kahnschleuse 1937 in Betrieb genommen (Abb. 4.9-37). Durch Schließung der Wehre kann bei Hochwasser der Elbe ein Rückstau in die Havel vermieden werden. Andererseits ermöglicht die Wasserrückhaltung auch bei Niedrigwasser die Schifffahrt auf der Havel. Für größere Schiffe wurde 1936 ein 2,5 km langer Durchstichkanal mit Schleuse bei Havelberg (Abb. 4.9-38) von der Havel in die Elbe errichtet, der bei Elbe-km 422,8 mündet.

Zur weiteren Erhöhung des Schutzes vor Elbehochwasser wurde 1954 die Mündung der Havel durch die Fertigstellung des Gnevsdorfer Vorfluters erneut von Elbe-km 431,3 auf 438,0, d. h. um 6,7 km verlegt.

Dadurch wurde die Rückstauhöhe aus der Elbe um weitere 1,1 m gesenkt. Außerdem wurde kurz vor der Mündung in die Elbe das Mündungswehr Gnevsdorf mit Kahnschleuse, auch „Kulturstauwehr Gnevsdorf“ genannt, errichtet (Abb. 4.9-39).

Die damit verbundene Verminderung des Retentionsvolumen für die Elbe in der Havelniederung führt zur Erhöhung der Hochwasserscheitel der Elbe. Deshalb wurde im Mündungsbereich der Havel auch Möglichkeiten der Flutung der Havel zur Entlastung der Elbe bei außergewöhnlichem Hochwasser geschaffen. In einem Durchstich zwischen Elbe (Elbe-km 427,9) und Havel wurden 1954 das Einlasswehr Neuwerben und in den Folgejahren sechs Flutungspolder (101,9 km²) oberhalb Havelberg mit einem Rückhalteraum von 109,4 Mio. m³ geschaffen (Abb. 4.9-39). In Verbindung mit einem Stauraum von 130,0 Mio. m³ im Flussschlauch der Havel selbst kann nach Öffnung des Wehres in Neuwerben



Abb. 4.9-37: Wehrgruppe Quitzöbel mit Einlasswehr Neuwerben (links) sowie Altarm- und Durchstichwehr in der Havel

bei Extremhochwasser der Elbe der Hochwasserscheitel der Elbe gekappt werden.

Beim Hochwasser im August 2002 war das erstmals notwendig. Kurz vor dem Durchgang des Hochwasserscheitels in der Elbe wurde das Einlasswehr Neuwerben am 20.08.2002 geöffnet (Abb. 4.9-40), wodurch bis zu 720 m³/s Elbewasser einströmten. Insgesamt wurden 75,6 Mio. m³ Elbewasser der Havel zugeleitet, wovon 50,6 Mio. m³ in fünf Flutungspoldern (ohne Polder Nr. 6) und 25,0 Mio. m³ im Havelschlauch gespeichert wurden. Der Hochwasserscheitel in der Elbe am unterhalb liegenden Pegel Wittenberge wurde dadurch um 41 cm abgesenkt.

Die Havel hat an der Mündung in die Elbe ein Einzugsgebiet von 23 858 km². Diese Fläche ist um 237,9 km² geringer als die bis 2003 gültige Einzugsgebietsgröße von 24 095,9 km².

Die Veränderungen resultieren aus der im Jahre 2003 abgeschlossenen Digitalisierung des Einzugsgebiets der Havel, wobei neben der oberen Malxe auch ein Teil des Oder-Havel-Kanals dem Einzugsgebiet der Oder zugeordnet wurde. Im

gesamten Kapitel 4.9 sind diese Veränderungen bei den Einzugsgebieten der Flüsse und Pegel berücksichtigt.

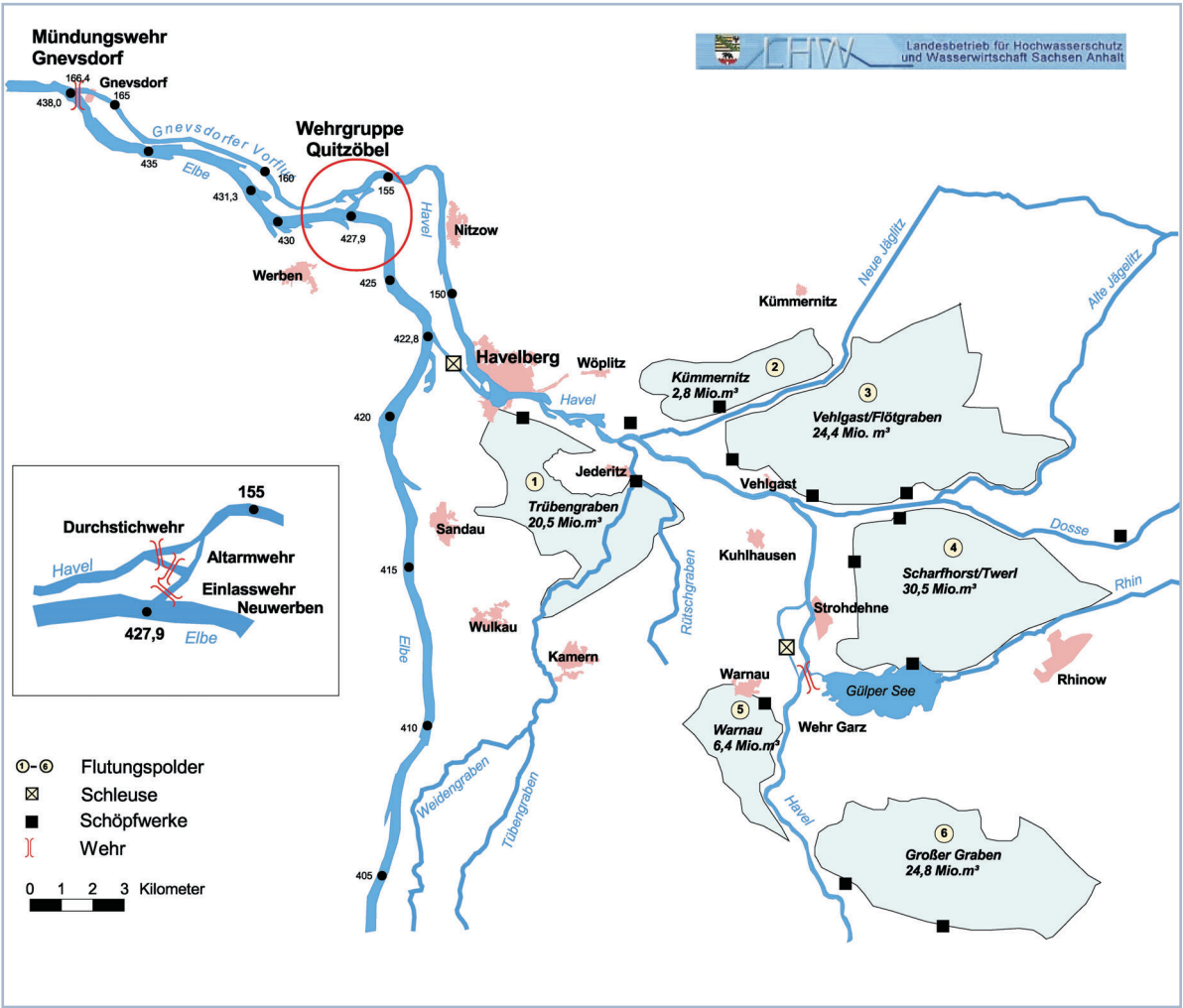


Abb. 4.9-39: Wehrgruppe Quitzöbel im Mündungsbereich der Havel und Havelpolder



Abb. 4.9-38: Havel im Stadtgebiet Havelberg mit Schleusenkanal zur Elbe (links)



Abb. 4.9-40: Flutung des Unterlaufs der Havel mit Elbewasser über das Einlasswehr Neuwerben im August 2002

4.10 Die Elbe von der Mündung der Havel bis zum Wehr Geesthacht

*Der Damm zerreißt, das Feld erbraust.
Die Fluten spülen, die Fläche saust.
(Johann Wolfgang von Goethe)*

Die Elbe ist von der Mündung der Havel bis zum Wehr Geesthacht 147,9 km lang. Der Höhenunterschied bei Mittelwasser der Elbe an der Havelmündung (22,70 m ü. NN) und dem Normalstau im Oberwasser des Wehres Geesthacht (4,00 m ü. NN) beträgt 18,7 m und entspricht einem mittleren Gefälle von 0,13 ‰ (Abb. 5.2-3).

Das 12 593 km² große Teileinzugsgebiet liegt überwiegend unter 75 m ü. NN. Lediglich im Bereich der Mecklenburgischen Seenplatte, der Letzlinger Heide, der Altmark und des Wendlandes sind Höhen bis zu 150 m ü. NN anzutreffen (Abb. 4.10-1). Eine Ausnahme bilden die Ruhner Berge südöstlich von Parchim mit 177 m ü. NN.

Bis zur Mündung der Jeetzel wird der vorwiegend nordwestliche Verlauf der Elbe durch zahlreiche großräumige Mäander geprägt, die rechtselbisch durch die Prignitz und linkselbisch durch das Wendland begleitet werden.

Die mittlere jährliche Lufttemperatur liegt bei 8,5 bis 9 °C.

Die mittleren jährlichen Niederschlagshöhen betragen in der Altmark und Altmärkischen Wische 500 bis 550 mm und in der Prignitz sowie im Gebiet der Mecklenburgischen

Seenplatte 550 bis 600 mm. Mit zunehmendem maritimen Einfluss steigen die Niederschlagshöhen in nordwestlicher Richtung an, linkselbisch bis über 600 mm, rechtselbisch bis über 650 mm.

Die natürlichen Abflussverhältnisse werden durch eine Vielzahl von wasserbaulichen Maßnahmen beeinflusst. Dazu gehören:

- die durchgehende beidseitige Eindeichung der Elbe, mit Ausnahme der Hochuferbereiche linksseitig unterhalb der Mündung der Jeetzel und rechtsseitig oberhalb des Wehres Geesthacht

- die umfangreichen Eindeichungen und Ausbaumaßnahmen der Elbenebenflüsse zur Vermeidung von negativen Auswirkungen des Rückstaus der Elbe, zur Verbesserung des Hochwasserschutzes der anliegenden Flächen und zur Entwässerung landwirtschaftlicher Flächen

- der Bau von Abschlussbauwerken in den Mündungsbereichen von Karthane, Aland, Löcknitz und Sude zur Vermeidung des Rückstaus von Elbehochwasser

- die Bewirtschaftung der Mecklenburgischen Oberseen mit Wasserableitungen zur Havel

- die Bewirtschaftung des Schweriner Sees mit Wasserableitungen zur Ostsee

- der Ausbau der Elde zur Müritz-Elde-Wasserstraße mit 17 Staustufen

- drei Talsperren mit einem Inhalt von jeweils über 0,3 Mio. m³ mit einem Stauraum von 4,7 Mio. m³, davon 2,4 Mio. m³ gewöhnlicher Hochwasserrückhalteraum, die sich im Einzugsgebiet der Stepenitz befinden.

Zur Charakterisierung der Abflussverhältnisse sind die hydrologischen Daten von zehn ausgewählten Pegeln in den Tabellen 4.10-1 und 4.10-2 enthalten. Für zwei Pegel an der Elbe und für acht Pegel an Nebenflüssen ist der Jahresgang des Abflusses graphisch dargestellt (Abb. 4.10-3). Die Lage der meisten Pegel ist aus Abbildung 4.10-2 ersichtlich.

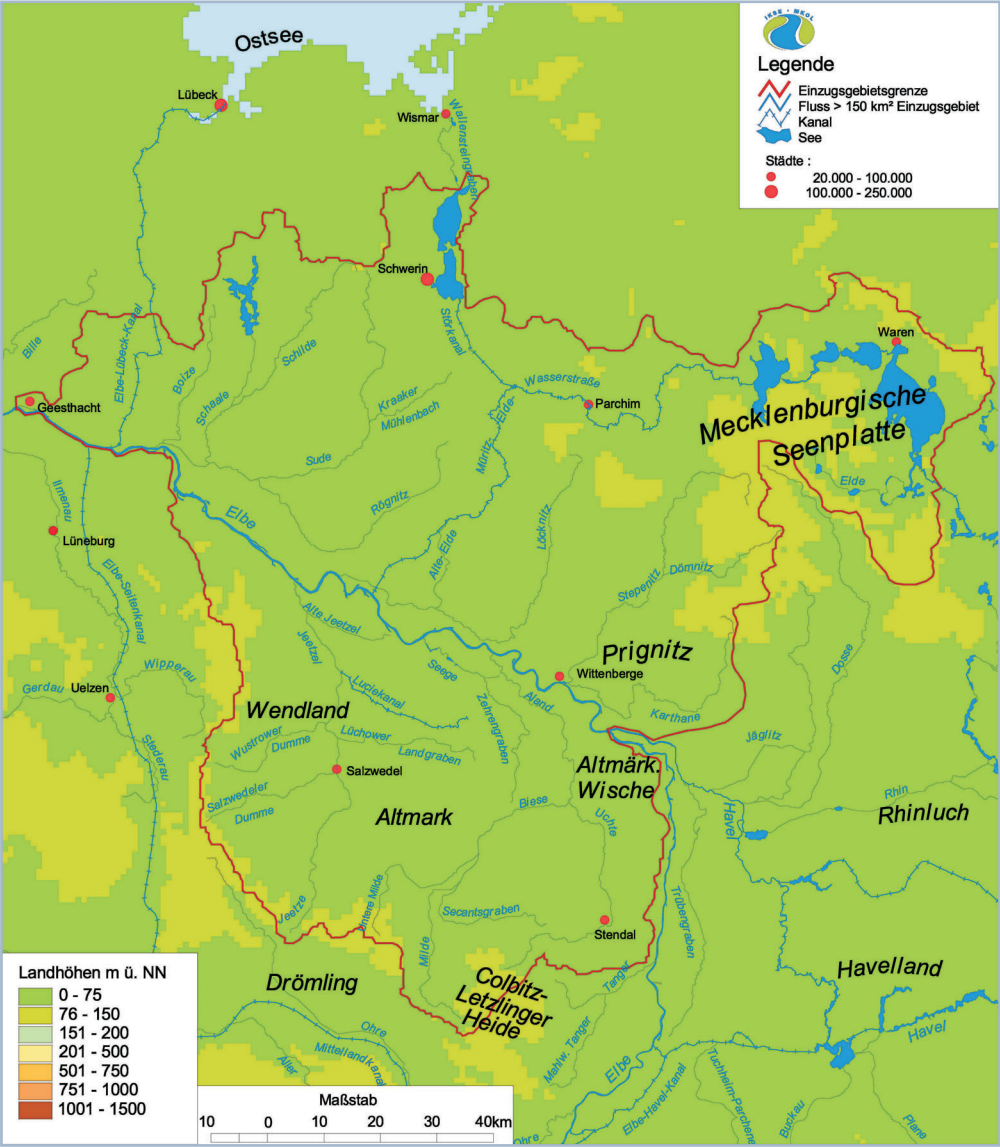


Abb. 4.10-1: Topographische Karte des Einzugsgebiets der Elbe von der Mündung der Havel bis zum Wehr Geesthacht

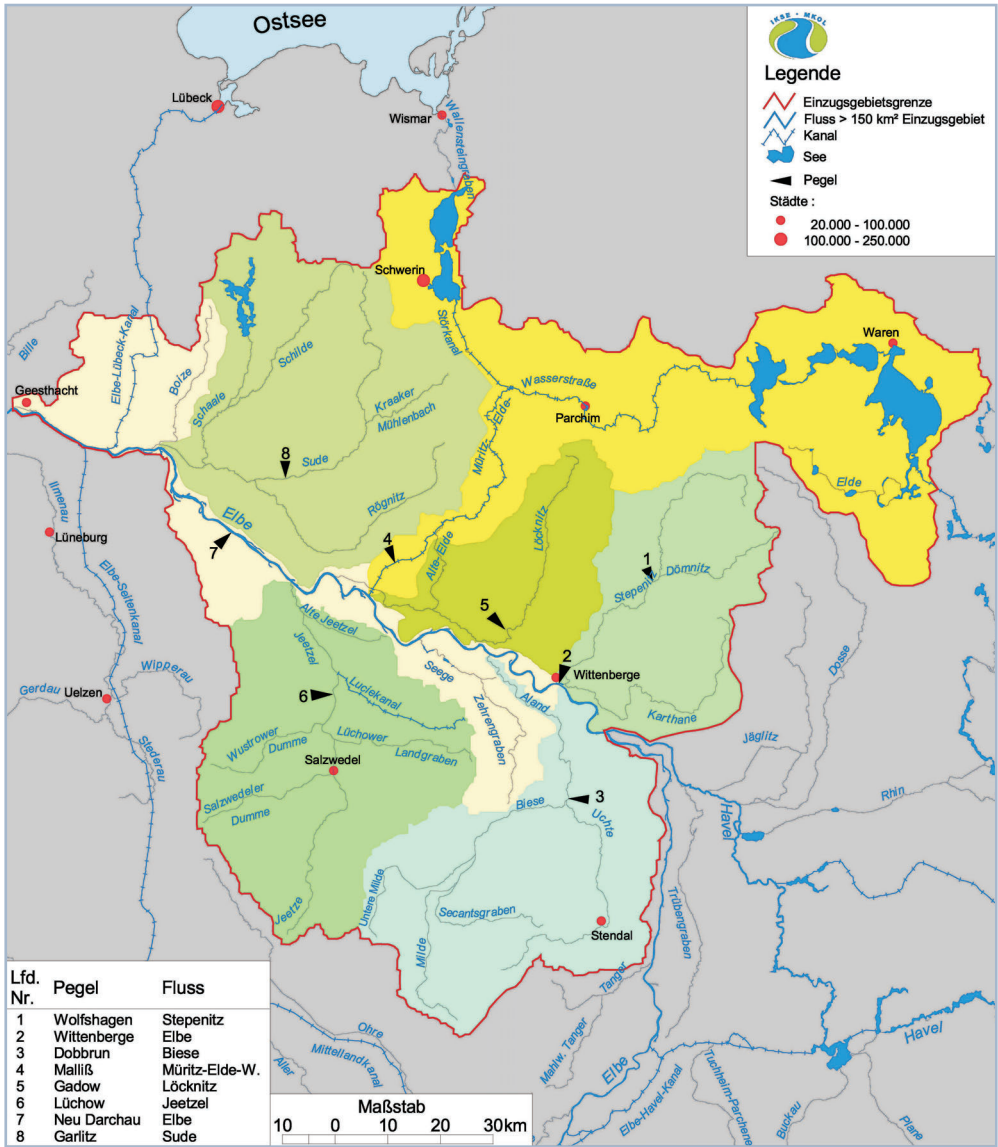


Abb. 4.10-2: Hydrographische Karte des Einzugsgebiets der Elbe von der Mündung der Havel bis zum Wehr Geesthacht mit Teileinzugsgebieten über 900 km²

Tab.4.10-1: Hydrologische Grunddaten langjähriger Abflussreihen von ausgewählten Pegeln im Einzugsgebiet der Elbe von der Mündung der Havel bis zum Wehr Geesthacht (Die Nummern der Pegel entsprechen den Pegelnummern der Abbildung 4.10-2)

Nr.	Gewässer	Pegel	Flusskilo- meter	Einzugs- gebiets- fläche (AE) [km ²]	Mittlerer Abfluss (MQ) [m ³ /s]	Mittlerer Niedrigwasser- abfluss (MNQ) [m ³ /s]	Mittlerer Hochwasser- abfluss (MHQ) [m ³ /s]	Jahres- reihe
			[km]					
1.	Stepenitz	Wolfshagen	35,7 ²⁾	575	3,37	1,16	18,4	1978 - 2000
2.	Elbe	Wittenberge	453,9	123 532	678	273	1 910	1931 - 2000
3.	Biese	Dobbrun	36,7 ²⁾	1 597	6,03	1,00	23,5	1971 - 2000 (ohne 1982 - 1984)
4.	Müritz-Elde- Wasserstraße	Plau Oberpegel ¹⁾	120,0 ²⁾	1 230	2,84	0,810	5,02	1957 - 2000
		Malliß Oberpegel ¹⁾	9,5 ²⁾	2 920	10,2	1,23	26,7	1970 - 2000
5.	Löcknitz	Gadow	33,2 ³⁾	475	2,35	0,436	10,6	1956 - 1999 (ohne 1962)
6.	Jeetzel	Lüchow	26,0 ²⁾	1300	6,25	1,32	31,2	1967 - 2000
7.	Elbe	Neu Darchau	536,4	131 950	711	276	1 920	1931 - 2000
8.	Sude	Garlitz	24,0 ²⁾	735	4,54	1,05	15,2	1955 - 2000
	Boize	Schwartow	5,0 ²⁾	157	1,24	0,311	5,21	1976 - 2000

- 1) Die Abflüsse repräsentieren nicht den gesamten Einzugsgebietsabfluss
2) Flusskilometer oberhalb der Mündung in die Elbe
3) Flusskilometer oberhalb der Mündung in die Müritz-Elde-Wasserstraße

Tab.4.10-2: Charakteristik des Abflussregimes von ausgewählten Pegeln im Einzugsgebiet der Elbe von der Mündung der Havel bis zum Wehr Geesthacht (Die Nummern der Pegel entsprechen den Pegelnummern der Abbildung 4.10-2)

Nr.	Gewässer	Pegel	Mittlere Abfluss- spende [l/s · km²]	Mittlerer Abfluss				MNQ:MQ	MQ:MHQ
				Winterhalbjahr		Sommerhalbjahr			
				[m³/s]	[%]	[m³/s]	[%]		
1.	Stepenitz	Wolfshagen	5,9	4,55	67	2,25	33	1 : 2,9	1 : 5,6
2.	Elbe	Wittenberge	5,5	832	61	527	39	1 : 2,5	1 : 2,8
3.	Biese	Dobbrun	3,8	9,04	75	3,07	25	1 : 6,0	1 : 3,9
4.	Müritz-Elde- Wasserstraße	Plau Oberpegel ¹⁾	2,3	2,74	48	2,94	52	1 : 3,5	1 : 1,8
		Malliß Oberpegel ¹⁾	3,5	13,1	64	7,39	36	1 : 8,3	1 : 2,6
5.	Löcknitz	Gadow	5,0	3,28	70	1,43	30	1 : 5,4	1 : 4,5
6.	Jeetzel	Lüchow	4,8	8,62	69	3,91	31	1 : 4,7	1 : 5,0
7.	Elbe	Neu Darchau	5,4	863	61	558	39	1 : 2,6	1 : 2,7
8.	Sude	Garlitz	6,2	6,33	70	2,78	30	1 : 4,3	1 : 3,3
	Boize	Schwartow	7,9	1,66	67	0,814	33	1 : 4,0	1 : 4,2

- 1) Die Abflüsse repräsentieren nicht den gesamten Einzugsgebietsabfluss

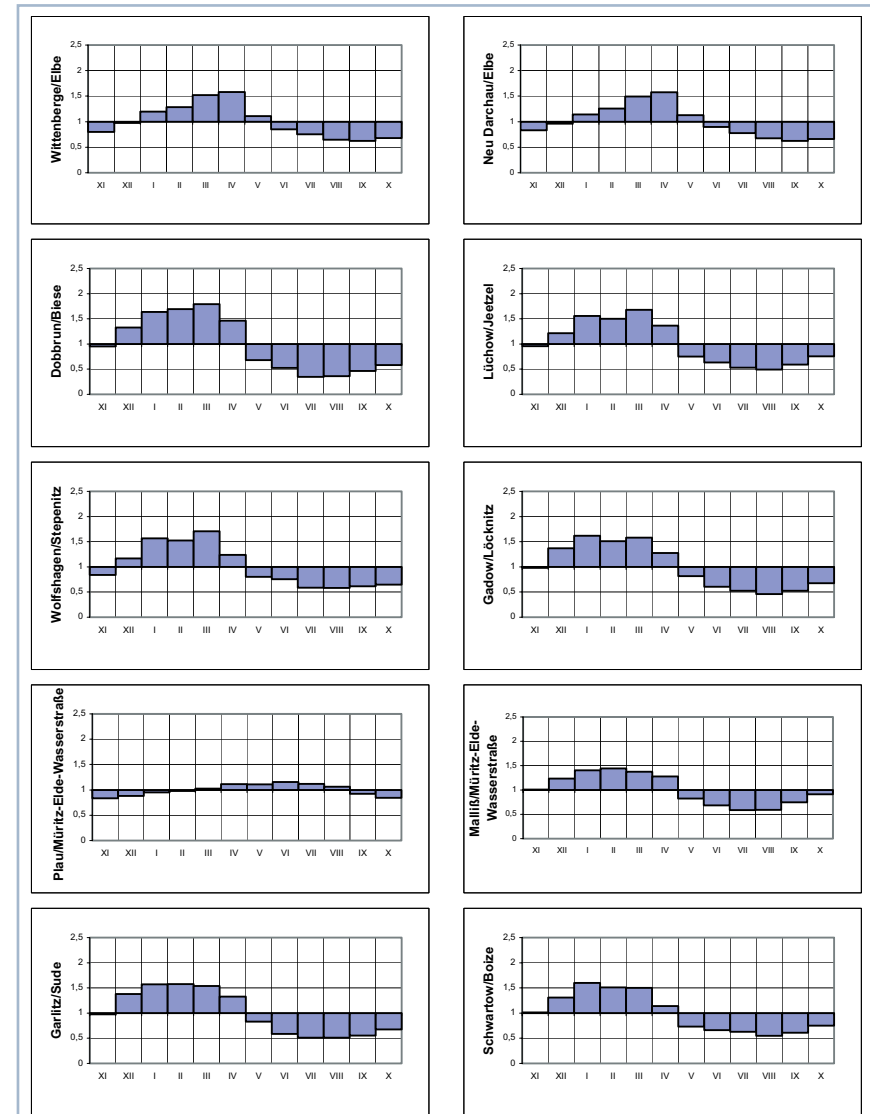


Abb. 4.10-3: Jahresgang des Abflusses an ausgewählten Pegeln im Einzugsgebiet der Elbe von der Mündung der Havel bis zum Wehr Geesthacht, dargestellt als Quotient aus langjährigen Mittelwerten für Monate und Jahr ($MQ_{\text{Monat}} / MQ_{\text{Jahr}}$)

Auf Grund der Daten in vorgenannten Tabellen und in *Abbildung 4.10-3* werden die Abflussverhältnisse wie folgt bewertet:

■ An den Elbepegeln Wittenberge und Neu Darchau weist der Jahresgang des Abflusses das gleiche Bild auf wie für den oberhalb der Havelmündung gelegenen Pegel Tangermünde (*Abb. 4.10-3*). Auch die Abflussverteilung Winter-/Sommerhalbjahr ist mit 61 : 39 % gleichbleibend. Die Abflussspende verringert sich bis auf $5,4 \text{ l/s} \cdot \text{km}^2$ am Pegel Neu Darchau. Der MNQ : MQ-Wert vergrößert sich und der MQ : MHQ-Wert verringert sich naturgemäß, jedoch jeweils nur geringfügig.

■ Von den Nebenflüssen weist die Müritz-Elde-Wasserstraße am Pegel Plau einen abnormen Jahresgang des Abflusses auf. Ursachen sind der weitgehende Wasserrückhalt im Winterhalbjahr in den Mecklenburgischen Oberseen und die Abgabe des gespeicherten Wassers im Sommerhalbjahr. Deshalb betragen die Winter-/Sommer-Abflussverteilung 48 : 52 % und die Verhältnismerte MNQ : MQ sowie MQ : MHQ nur 1 : 3,5 bzw. 1 : 1,8. Die sehr geringe mittlere Abflussspende von $2,3 \text{ l/s} \cdot \text{km}^2$ ist darauf zurückzuführen, dass aus den Mecklenburgischen Oberseen Wasser in die Obere Havel abgeleitet wird. Zudem wirkt die hohe Verdunstung von den großen Seeflächen Abfluss mindernd.

Ebenfalls gesteuert wird der Abfluss aus dem Gebiet des Schweriner Sees – Abflussverteilung Winter-/Sommerhalbjahr 58 : 42 % – über den Störkanal in die Müritz-Elde-Wasserstraße (*Abb. 4.10-2*). Daneben besteht die Möglichkeit, Wasser aus dem Schweriner See über den Wallensteingraben zur Ostsee abzuleiten.

Die Abflusssteuerung der Mecklenburgischen Oberseen und des Schweriner Sees sowie die teilweise Ableitung von Wasser aus dem Eldegebiet wirken sich selbstverständlich auf den Abfluss am Pegel Malliß im Unterlauf der Müritz-Elde-Wasserstraße aus. Im Vergleich mit anderen Elbenebenflüssen weist der Jahresgang des Abflusses eine geringere Amplitude auf. Die Abflussspende beträgt nur $3,5 \text{ l/s} \cdot \text{km}^2$ und ist damit um mindestens $1,5 \text{ l/s} \cdot \text{km}^2$ zu klein. Die Abflussverteilung Winter-/Sommerhalbjahr mit 64 : 36 % und der MQ : MHQ-

Wert mit 1 : 2,6 sind deutlich ausgeglichener. Das unnatürliche Verhältnis MNQ : MQ von 1 : 8,3 resultiert daraus, dass die Abflüsse aus den Mecklenburgischen Oberseen und dem Schweriner See zeitweise sehr eingeschränkt werden und in der Vegetationsperiode große Entnahmen und Überleitungen zur landwirtschaftlichen Bewässerung erfolgen.

■ Umfangreiche Entwässerungsmaßnahmen vor allem in der zweiten Hälfte des 20. Jhds. sowie viele Stauhaltungen und Wasserentnahmen für die landwirtschaftliche Bewässerung in allen Nebenflussgebieten tragen maßgeblich zu den großen Unterschieden im Jahresgang des Abflusses und der Abflussverteilung Winter-/Sommerhalbjahr von 67 : 33 bis 70 : 30 % bei. Besonders krass ist der Unterschied an der Biese mit 75 : 25 % und einem MNQ : MQ-Wert von 1 : 6,0. Der größte MQ : MHQ-Wert mit 1 : 5,6 ist an der Stepenitz zu verzeichnen, wo allenthalben ergiebiger Regen zu rasch ansteigenden hohen Abflüssen führt. Regen und zeitiges Abschmelzen einer meist nur dünnen Schneedecke verursachen teilweise bereits im Januar die höchsten Monatsabflüsse.

In den linkselbischen Nebenflüssen betragen die Abflussspenden 4 bis $5 \text{ l/s} \cdot \text{km}^2$. In den rechtselbischen Nebenflüssen erreichen sie in den Gebieten von Sude und Boize bei deutlich höheren Niederschlägen 6 bis $8 \text{ l/s} \cdot \text{km}^2$.

4.10.1 Die Elbe von der Mündung der Havel bis zur Mündung der Müritz-Elde-Wasserstraße

Zahlreiche große Mäander prägen diesen 66,1 km langen Elbeabschnitt mit einem mittleren Gefälle von 0,13 ‰. Rechtsseitig ist die Elbe durchgehend eingedeicht, linksseitig bestehen drei Hochuferbereiche mit einer Länge von 8,3 km. Die natürlichen Überschwemmungsflächen sind oberhalb Wittenberge (21 000 Einwohner) bis zu 3,7 km breit, unterhalb der Stadt nur 0,5 bis 1,4 km.

Im Hafen von Wittenberge münden **Stepenitz** (867 km²) und **Karthane** (425 km²), die große Teile der Prignitz entwässern (*Abb. 4.10-1*). Sie vergrößern bei der Hafeneinfahrt (Elbe-km 454,9) das Einzugsgebiet der Elbe um 1 292 km². Im Einzugsgebiet der Stepenitz wurden für die Bereitstellung von Bewässerungswasser und im Interesse des Hochwasserschutzes zahlreiche Speicher errichtet, von denen drei einen Stauraum von jeweils über 0,3 Mio. m³ haben. Das Hochwasserrückhaltebecken „Neue Mühle“ bei Perleberg ist mit einem Stauraum von 2,30 Mio. m³ die größte Talsperre in diesem Gebiet (*Abb. 4.10-4*).

Zur Vermeidung des Rückstaus der Elbe bei Hochwasser in den Unterlauf der Karthane ist 1981 als Absperrbauwerk



Abb. 4.10-4: Rückhaltebecken „Neue Mühle“ in der Stepenitz

oberhalb des Hafens von Wittenberge ein Schöpfwerk mit einer Leistung von 17 m³/s errichtet worden (Abb. 4.10-5). Der Abfluss der Karthane erfolgt in hochwasserfreien Zeiten über zwei Freischleusen. Diese werden bei Hochwasser der Elbe geschlossen und das Eigenwasser der Karthane wird dann durch das Schöpfwerk in das Unterwasser gepumpt.



M. Simon

Abb. 4.10-5: Schöpfwerk in der Karthane bei Wittenberge

Zahlreiche Elbedeiche hatten bzw. haben Mängel gegenüber den geltenden technischen Anforderungen (siehe Kapitel 3.1.2). Größtenteils sind die Deiche bereits saniert (Abb. 4.10-6). Insgesamt sollen die Schwachstellen bis 2010 beseitigt werden.



M. Simon

Abb. 4.10-6: Sanierter rechtsseitiger Elbedeich unterhalb Wittenberge

Der **Aland** (1 864 km²) und die **Seege** (324 km²) sind bedeutende linksseitige Nebenflüsse. Der Aland wird im Oberlauf Milde genannt, heißt dann ab der Mündung der Unteren Milde Biese und trägt seinen Namen erst ab 10 km unterhalb der Mündung der Uchte. Der Aland entwässert Teile der Colbitz-Letzlinger Heide, große Teile der Altmark und die 350 km² große Altmärkische Wische, eine grabendurchzogene Auenniederung (Abb. 4.10-1). Er hat an der Mündung (Elbe-km 474,6) einen mittleren Abfluss von 6,7 m³/s. Sein Mündungsbereich ist zu einem Sportboot- und Binnenschiffahrtshafen ausgebaut.

3,2 km oberhalb der Alandmündung wurde 1991 ein Absperrbauwerk in Betrieb genommen. Es wird bei größeren Elbe-

hochwassern geschlossen, um einen Rückstau in den Aland zu vermeiden. Zur Abführung des Eigenhochwassers bei längerer Schließzeit des Absperrbauwerkes wird gegenwärtig ein Überleitungswehr geplant, durch das dann bis 60 m³/s über einen bereits gebauten 3,3 km langen Kanal in das Einzugsgebiet der Seege geleitet werden können. Die Seege mündet 15,0 km unterhalb des Alands bei Elbe-km 489,6. Darüber hinaus stehen im Bereich des Alandabsperrbauwerkes hinter den Deichen noch die Polder Garbe (13,0 Mio. m³) und Wrechow (4,5 Mio. m³) zur Verfügung, die über Siele geflutet werden können (Abb. 4.10-7).

In der Ortslage Dömitz bei Elbe-km 504,1 mündet die zur Müritz-Elde-Wasserstraße ausgebaut Elde in die Elbe.



A. Prange

Abb. 4.10-7: Aland mit Absperrbauwerk vor der Mündung in die Elbe (oben rechts) und den Poldern Garbe (rechts) und Wrechow (links)

4.10.2 Die Elde und die Müritz-Elde-Wasserstraße

Mit einem Einzugsgebiet von 2 990 km² und einer Länge von 206,9 km zählt die Elde zu den größten Flüssen im Einzugsgebiet der Elbe (siehe Kapitel 2.1). Sie entspringt 5,5 km südöstlich der Südspitze des Plauer Sees beim Ort Darze in einer Höhe von 90 m ü. NN. Nach ihrem zunächst südöstlichen Verlauf beschreibt sie einen großen, nach Norden offenen, Bogen bis zur Müritz. Nach 26,9 km Flusslänge beginnt bei Buchholz (Elde-km 180,0) im Müritzarm, dem südlichen Zufluss der Müritz, die schiffbare Elde. Sie durchquert die Müritz und durchfließt dann in westlicher Richtung Kölpinsee, Fleesensee und Plauer See (Abb. 4.10-8). An dessen Auslauf schließt sich bei Elde-km 121,1 die staueregelterte und im Unterlauf ab Eldena die kanalisierte Elde an. Die 180 km lange schiffbare Elde wird als **Müritz-Elde-Wasserstraße** bezeichnet.

Unter den **Mecklenburgischen Oberseen** werden alle 29 Seen verstanden, die sich im Einzugsgebiet der Elde bis zum Ablauf aus dem Plauer See (1 230 km²) befinden. Sie sind Bestandteil der Mecklenburgischen Seenplatte, die sich noch bis in das Einzugsgebiet der Oberen Havel erstreckt. Die Mecklenburgischen Oberseen haben ein Gesamtvolumen von 1,2 Mrd. m³ und eine Wasserfläche bei Mittelwasser von 210,9 km². Davon hat die Müritz mit 112,6 km² die größte Seefläche (Abb. 4.10-9). Sie ist damit auch der größte Binnensee Deutschlands, da der größere Bodensee (571,5 km²) zwischen Deutschland, Schweiz und Österreich aufgeteilt ist. Die maximale Tiefe der Müritz beträgt 31,0 m.

Auch die übrigen Seen der Mecklenburgischen Oberseen reihen sich unter die größten natürlichen Seen im Einzugsgebiet der Elbe ein (Tab. 4.10-3).

Die Seenfläche von der Müritz bis zum Plauer See wird als Seenspeicher bewirtschaftet. Die Speicherlamelle zwischen 61,81 und 62,36 m ü. NN, also 0,55 m, entspricht einem Stauraum von 116 Mio. m³. Durch diesen werden die langjäh-

rigen mittleren Abgaben über die Müritz-Havel-Wasserstraße zur Oberen Havel von 1,91 m³/s (siehe Kapitel 4.9.1) und zur Müritz-Elde-Wasserstraße an der Schleuse in Plau von 2,84 m³/s ermöglicht. Diese Abgaben gewährleisten nicht nur die Schiffbarkeit der beiden Wasserstraßen, sie dienen auch der Bereitstellung von Bewässerungswasser und Frischwasser für Fischteiche. In Trockenjahren gehen die Abgaben oft bis auf den ökologisch begründeten Mindestabfluss zurück, der für beide Wasserstraßen je 1 m³/s beträgt. Im Hochwasserfall ist ein außergewöhnliches Stauziel bis 62,41 m ü. NN zuge-

lassen, was noch einmal einem Stauraum von 10,5 Mio. m³ entspricht.

Die mittlere jährliche Niederschlagshöhe im Gebiet der Mecklenburgischen Oberseen beträgt ca. 570 mm. Die mittlere jährliche Verdunstung von der Seefläche ist aber 40 bis 50 mm höher und kann im Hochsommer bis 10 mm pro Tag erreichen, was einem Wasserverlust von 2,1 Mio. m³ entspricht. Auch diese Fehlmengen müssen durch den Stauraum der Speicherlamelle ausgeglichen werden.

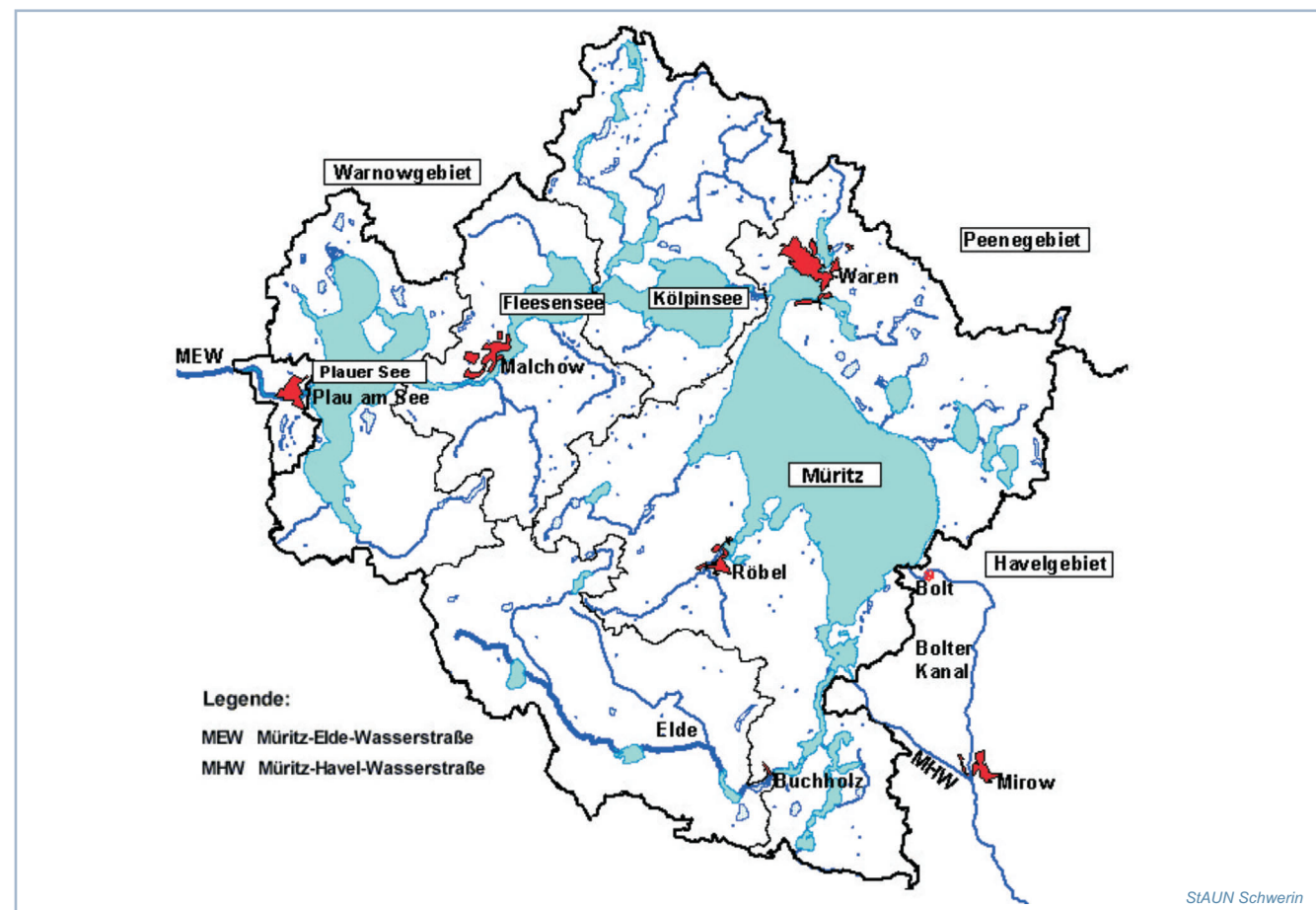


Abb. 4.10-8: Lageplan der Mecklenburgischen Oberseen



Abb. 4.10-9: Röbeler Bucht mit Blick auf die Außenmüritz

Im Zuge der Schiffbarmachung der Elde wurden auch die Verbindungsgräben zwischen den einzelnen Seen kanalartig ausgebaut. Dadurch ist u. a. das Wasserspiegelgefälle zwischen Müritz und Plauer See, das anfangs noch über 1 m betrug, in den Jahren 1797 bis 1836 beseitigt worden. Über drei Ausbaustapen wurde der Wasserstand der Müritz um 1,87 m abgesenkt und damit die Wasserfläche von 134 auf 112,6 km² reduziert.

Der Wasserstand in der miteinander verbundenen Seenkette der Mecklenburgischen Oberseen wird auf einer Länge von 60 km von der Schleuse in Plau bis zum Ende der schiffbaren Elde bei Buchholz durch Freischleusen (Wehr im Umlauf

Tab. 4.10-3: Größte natürliche Seen im Einzugsgebiet der Elbe

Name des Sees	Flussgebiet	Wasserfläche [km ²]
Müritz	Elde	112,6
Schweriner See	Stör - Elde	65,0
Plauer See	Elde	38,8
Schaalsee	Schaale - Sude	23,4
Kölpinsee	Elde	20,3
Plauer See mit Breitlingsee	Untere Havel	15,2
Schwielochsee	Spree	13,3
Scharmützelsee	Spree	12,1
Fleesensee	Elde	12,0

neben der Schleuse) in Plau und Mirow reguliert. Über diese Freischleusen erfolgt die kontrollierte Wasserabgabe in die Elde bzw. Obere Havel.

Die 120,1 km lange Müritz-Elde-Wasserstraße von der Staustufe in Plau bis zur Mündung in die Elbe bei Dömitz hat bei einer Tauchtiefe von 1,20 m 17 Schleusen. Die Schiffe haben dabei einen mittleren Höhenunterschied von ca. 49 m zu überwinden (Abb. 4.10-10). Von den sechs großen staugeregelten Flüssen im Einzugsgebiet der Elbe hat die Müritz-Elde-Wasserstraße die größte Dichte von Staustufen, da im Mittel alle 7 km eine Staustufe existiert (Tab. 4.10-4).

Die erste planmäßige Schiffbarmachung der Müritz-Elde-Wasserstraße erfolgte von 1560 bis 1572 im Bereich der unteren Elde zwischen Eldena und Dömitz. Dadurch entstand die „Neue Elde“, ein Kanal von 18 km Länge mit Schleusen in einfacher Form. Die „Alte Elde“, die heute in die Löcknitz mündet, ist nur noch ein Abzweig der Wasserstraße (Abb. 4.10-2). Der verstärkte Ausbau der Müritz-Elde-Wasserstraße erfolgte 1831 bis 1836 im Zusammenhang mit der Errichtung der Müritz-Havel-Wasserstraße (siehe Kapitel 4.9.1). Dabei wurden viele Krümmungen beseitigt und die Vorgänger vieler heutiger Schleusen gebaut. Mit Beginn des Jahres 1837 war damit ein „Wasserstraßenring“ Elbe-Elde-Müritz-Havel-Elbe für den Schiffsverkehr geschaffen, bei dem die Mecklenburgischen Oberseen die Scheitelhaltung bilden.

Tab. 4.10-4: Große staugeregelte Flüsse im Einzugsgebiet der Elbe

Nr.	Wasserlauf	Staugeregelte Flussstrecke	Länge [km]	Anzahl der Schleusen
1.	Elbe	Pardubice bis Střekov	200,5	24
2.	Moldau	Talsperre Vrané bis zur Mündung in die Elbe	71,3	8
3.	Saale	Mündung der Unstrut bis zur Mündung in die Elbe	161,8	17
4.	Havel	Schleuse Zwenzow bis zur Mündung in die Elbe	301,1	20
5.	Untere Spree	unterhalb Leibsch bis zur Mündung in die Havel	160,8	8
6.	Elde	Schleuse Plau bis zur Mündung in die Elbe	120,1	17

An der Müritz-Elde-Wasserstraße gibt es zahlreiche Bauwerke, die als technische Denkmale erhalten geblieben sind, so z. B. die einzige Drehbrücke in diesem Bereich in Malchow (Abb. 4.10-11) zwischen Fleesensee und Plauer See und die Hubbrücke in Plau (Abb. 4.10-12) an der Zufahrt vom Plauer See zur Schleuse in Plau.



Abb. 4.10-11: Drehbrücke in Malchow



Abb. 4.10-12: Hubbrücke in Plau

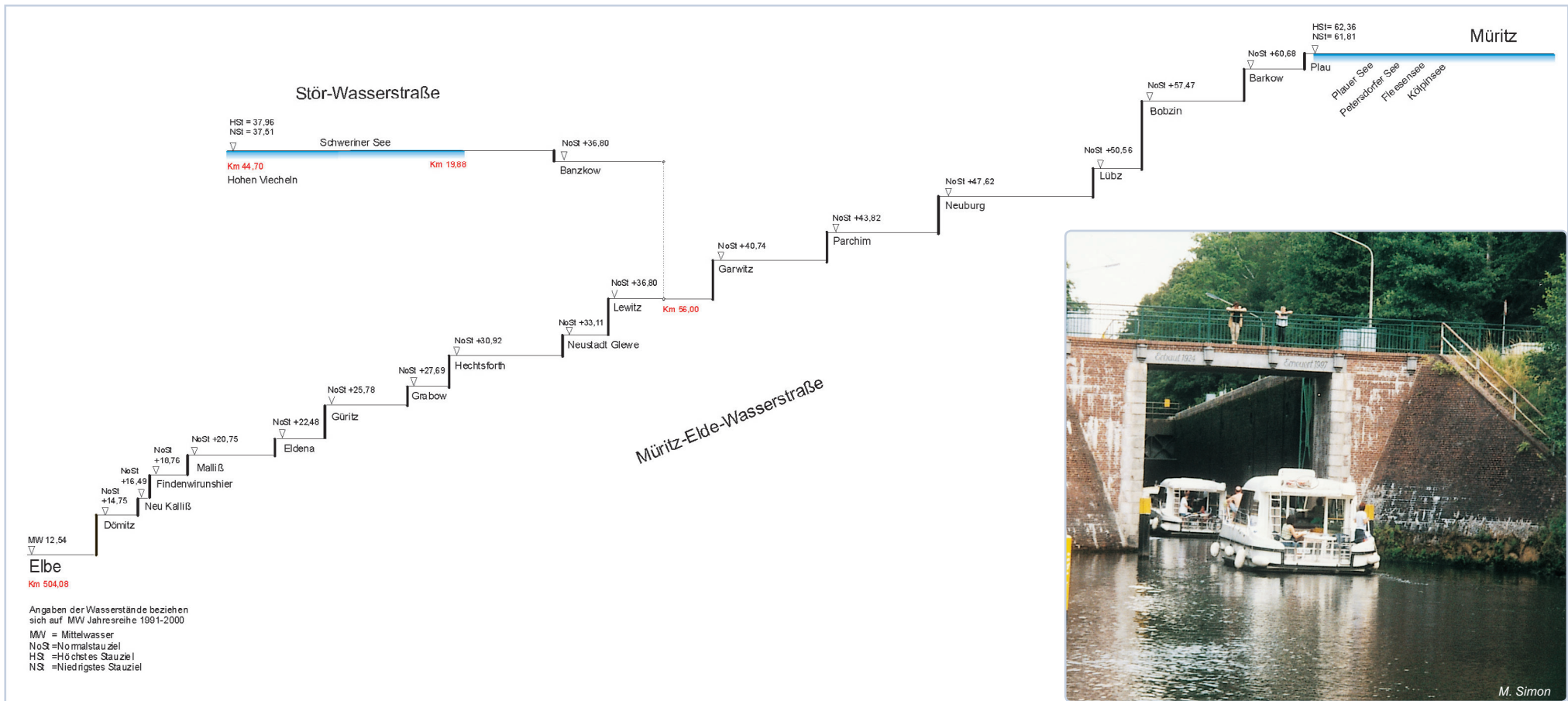


Abb. 4.10-10: Längsschnitt der Müritz-Elde-Wasserstraße mit ihren Seen und der Stör-Wasserstraße mit Schweriner See



Abb. 4.10-13: Schleuse Bobzin

Die Schleuse mit der größten Hubhöhe (6,9 m) im Eldegebiet befindet sich bei Bobzin (Abb. 4.10-13). Sie wurde 1924 an Stelle von zwei älteren Schleusen errichtet.

Bei Elde-km 56,0, im sogenannten Eldedreieck, mündet unterhalb von Parchim (20 000 Einwohner) rechtsseitig der **Störkanal** (556 km²), der bis zum Auslauf aus dem Schweriner See eine Länge von 19,9 km hat (Abb. 4.10-2). Bis zur Nordspitze des Schweriner Sees bei Hohen Viecheln erstreckt sich die weitere Schifffahrtsstrecke von 24,8 km.

Schweriner See und Störkanal bilden somit die 44,7 km lange Stör-Wasserstraße (Abb. 4.10-10). Sie zählt zu den ältesten Wasserstraßen Europas. Bereits im 16. Jhd. gab es eine schiffbare Verbindung von der Elbe über die Stör zum Schweriner See und ab 1593 weiter über einen 18,4 km langen künstlichen Kanal mit zwölf Schleusen, den Wallensteingraben, bis nach Wismar an der Ostsee. Die Schifffahrtsverbindung über den Wallensteingraben war aber nur bis 1611 in Betrieb. Über den Wallensteingraben, in dem zur Überwindung des Höhenunterschiedes von 34 m mehrere

Wehre und Sohlabstürze eingebaut sind, werden aus dem Schweriner See im Mittel 0,68 m³/s abgegeben, wobei eine ökologisch begründete Mindestwassermenge von 0,30 m³/s festgelegt ist. Dies bedeutet eine Wasserüberleitung in das Einzugsgebiet der Ostsee, denn die natürliche Wasserscheide zwischen Nord- und Ostsee verläuft unmittelbar nördlich des Schweriner Sees, der ursprünglich keinen Abfluss zum Einzugsgebiet der Ostsee besaß.



Abb. 4.10-14: Schweriner See bei Schwerin mit Schloss und Dom

Der Schweriner See ist mit seiner Wasserfläche von 65,0 km² bei Mittelwasser der zweitgrößte See im Einzugsgebiet der Elbe (Abb. 4.10-14). Seine maximale Tiefe beträgt 51,0 m. Auch er wird als Seenspeicher bewirtschaftet. Die Speicherlamelle zwischen 37,51 und 37,96 m ü. NN, also 0,45 m, entspricht einem Stauraum von 29,5 Mio. m³. Im Hochwasserfall ist auch ein um 5 cm höherer Einstau möglich, wodurch nochmals 5,2 Mio. m³ gespeichert werden können.

Die einzige Schleuse im Störkanal befindet sich in Banzkow (Abb. 4.10-15). Der Wasserstand im Schweriner See wird durch die Freischleuse in Banzkow und das Wehr im Wallensteingraben bei Hohen Viecheln eingestellt. Hier erfolgen auch die kontrollierten Wasserabgaben aus dem Schweriner See.



Abb. 4.10-15: Störkanal mit Schleuse und Klappbrücke in Banzkow



Abb. 4.10-16: Staustufe Dömitz mit Schleuse, Hochwasserentlastungswehr und Fischaufstiegsanlage

Im langjährigen Mittel werden 1,65 m³/s zur Elde über den Störkanal abgegeben, der Mindestabfluss ist mit 0,50 m³/s festgelegt.

Südlich der Mündung des Störkanals in die Müritz-Elde-Wasserstraße befindet sich die Lewitzer Teichwirtschaft. Sie ist mit 39 Teichen mit einer Wasserfläche von 7,5 km² das größte Fischteichsystem Norddeutschlands. Jährlich werden 300 bis 400 t Karpfen produziert. Die Wasserentnahme beträgt witterungsabhängig 1 bis 2,5 m³/s.

Kurz vor der Mündung der Müritz-Elde-Wasserstraße befindet sich in Dömitz die 1992 rekonstruierte Staustufe mit Hochwasserentlastungswehr und Schleuse (Abb. 4.10-16). Über das Wehr können bis zu 54 m³/s in die Elbe abgeleitet werden.

4.10.3 Die Elbe von der Mündung der Müritz-Elde-Wasserstraße bis zum Wehr Geesthacht

Bedeutende Nebenflüsse der 81,8 km langen Elbestrecke mit einem mittleren Gefälle von 0,12 ‰ sind Löcknitz, Jeetzel und Sude. Sie fließen, wie Karthane, Aland und Seege nach ihrem Eintritt in das Elbe-Urstromtal eine längere Strecke parallel zur Elbe, bevor sie in die Elbe münden (Abb. 4.10-2).

Das Einzugsgebiet der **Löcknitz** (937 km²) liegt zwischen den Einzugsgebieten von Stepenitz und Elde. Bis 1972 mündete die Löcknitz 1,9 km oberhalb der Müritz-Elde-Wasserstraße in die Elbe (Abb. 4.10-2). Im Rahmen großflächiger Entwässerungen in ihrem Einzugsgebiet von 1967 bis 1972 und im Interesse des Hochwasserschutzes wurde die Mündung der Löcknitz 10,9 km elbabwärts verlegt. Durch einen 12,5 km langen Umflutkanal wurde sie um die Ortslage Dömitz herumgeführt, wobei die Müritz-Elde-Wasserstraße mit einem Düker mit einer Kapazität von 30 m³/s gekreuzt werden musste (Abb. 4.10-17).



Abb. 4.10-17: Einlauf zum Düker der Löcknitz unter der Müritz-Elde-Wasserstraße

Die Löcknitz mündet nunmehr 9,0 km unterhalb der Mündung der Müritz-Elde-Wasserstraße bei Wehningen (Elbe-km 513,1). Durch die Mündungsverlegung liegt das Niveau des Wasserspiegels der Löcknitz bei Mittelwasser jetzt 1,40 m tie-

fer als an der ehemaligen Mündung. Ein Absperrbauwerk vor der Mündung in die Elbe, das bei größerem Hochwasser der Elbe geschlossen werden kann, verhindert Rückstau in die Löcknitz. Bei Niedrigwasser der Elbe erfolgt der Einstau der Löcknitz, um den Landschaftswasserhaushalt nicht negativ zu beeinflussen.

Zu den in den letzten Jahren durchgeführten umfangreichen Hochwasserschutzmaßnahmen im Raum Dömitz gehörte auch die Sanierung der Elbedeiche (Abb. 4.10-18).



Abb. 4.10-18: Sanierter Elbedeich oberhalb der neuen Brücke in Dömitz

Die **Jeetzel** (1928 km²), im Oberlauf bis unterhalb Salzwedel (21 000 Einwohner) auch Jeetze genannt, mündet in Hitzacker (Elbe-km 522,5) mit einem mittleren Abfluss von 8,10 m³/s linksseitig in die Elbe (Abb. 4.10-19). Sie entwässert Teile der Altmark und des Wendlandes.

Im Einzugsgebiet ihres Nebenflusses Lüchower Landgraben liegt der größte See dieses Gebietes, der Arendsee, mit einer Fläche von 5,5 km² und einer Tiefe bis 49,5 m. Er ist das bedeutendste Badegewässer der Region.

Ab Hitzacker erstreckt sich mit fast 26 km am linken Ufer der Elbe bis oberhalb Bleckede (Elbe-km 548,5) einer der längsten zusammenhängenden Hochuferabschnitte der gesamten Mittleren Elbe. Rechtsseitig ist die Elbe bis auf kleinere Hochuferabschnitte im Raum Boizenburg und Geesthacht durchgehend eingedeicht.

In der Hafeneinfahrt in Boizenburg bei Elbe-km 559,5 mündet die **Sude** (2 253 km²) mit einem mittleren Abfluss von 13,8 m³/s. Im Zuge der in den Jahren 1979 bis 1982 durchgeführten wasserbaulichen Maßnahmen am Unterlauf der Sude wurde ihre Mündung um 2,5 km flussabwärts verlegt und dadurch das Niveau ihres Wasserspiegels gegenüber der alten Mündung bei Mittelwasser um 0,28 m abgesenkt. Ein Absperrbauwerk kurz vor der Mündung in den Hafen Boizenburg dient zum Einstau der Sude bei Niedrigwasser und mindert ein Einströmen aus der Elbe bei größeren Hochwassern (Abb. 3.1-17).

In der **Schaale** (682 km²), dem größten Nebenfluss der Sude, befindet sich der Schaalsee mit 23,4 km² Wasserfläche. Er ist der viertgrößte See im Einzugsgebiet der Elbe (Tab. 4.10-3) und zählt mit 71,5 m Wassertiefe zu den tiefsten Seen Norddeutschlands. Obwohl seit 1925 der künstlich entstandene Schaalseekanal zwischen Schaalsee und Ratzeburger See mit Wasserableitung über das Schaalseekraftwerk zur Trave/Ostsee besteht, wird der Schaalsee mit seinem Einzugsgebiet von 179,8 km² hydrologisch weiterhin zum Einzugsgebiet der Sude/Elbe gerechnet.

Bei Elbe-km 569,2 mündet im Rückstaubereich des Wehres Geesthacht der **Elbe-Lübeck-Kanal**. Er überwindet mit sieben Schleusen die Höhen zwischen Elbe (zwei Schleusen) und



Abb. 4.10-19: Elbe bei Hitzacker mit Mündungsarmen der Jeetzel

Ostsee (fünf Schleusen). Die 29,8 km lange Scheitelhaltung liegt 11,8 m über der Ostsee und 7,8 m über der Elbe. Der Kanal mit seiner jetzigen Länge von 61,1 km (ohne 5,6 km Kanal-Trave) wurde 1900 in Betrieb genommen. Er wird vom Kanal-km 27,9 im Möllner See in der Scheitelhaltung mit einer Länge von 33,2 km und 345 km² Einzugsgebiet zum Elbegebiet gezählt.

Vorläufer des Elbe-Lübeck-Kanals war die 1398 in Betrieb genommene „**Stecknitzfahrt**“. Sie war zwischen der Trave in Lübeck und der Elbe eine 98 km lange Wasserstraße mit 15 Schleusen, die den Tälern der Flüsse Delvenau und Stecknitz folgte. Sie war die erste künstliche Wasserstraße Europas, die durch eine Scheitelhaltung die Wasserscheide zwischen zwei Meeren, der Ostsee und der Nordsee, überwand. Über die „Stecknitzfahrt“ wurde vorwiegend Salz von Lüneburg nach Lübeck transportiert, wo es zur Fischkonservierung benötigt wurde. Von Lübeck aus wurde der gesamte Ostseeraum mit Salz beliefert. Im Laufe der Jahrhunderte ist die Wasserstraße weiter ausgebaut worden. So wurden die Schleusen mehrfach umgebaut und durch neue ersetzt, der Kanal verbreitert und vertieft. Bei der Außerbetriebnahme durch den Bau des Elbe-Lübeck-Kanals, der 1896 begann, bestanden 17 Schleusen. Die „Stecknitzfahrt“ war also fast 500 Jahre in Betrieb. Sie hatte auch die ersten Kammerschleusen Deutschlands. Die Ende des 14. Jhds. errichteten Schleusen gehörten zu den ältesten bekannten Kammerschleusen der Welt. Nach mehrfachen Erneuerungen wurde 1724 die Palmschleuse bei Lauenburg errichtet, die heute das älteste noch existierende Schleusenbauwerk Deutschlands ist (Abb. 4.10-20).

Nur 3,8 km unterhalb des Elbe-Lübeck-Kanals mündet bei Elbe-km 573,0 der **Elbe-Seitenkanal** (Abb. 4.10-1). Er stellt mit einer Länge von 115,2 km die Verbindung zwischen Mittellandkanal und Elbe her (siehe Kapitel 4.8.2).

Der Höhenunterschied zwischen der Scheitelhaltung des Mittellandkanals und der Elbe bei Normalstau des Wehres Geesthacht (4,00 m ü. NN) beträgt 61,0 m. Er wird durch die Doppelsparschleuse bei Uelzen (die zweite Schleuse geht Mitte 2006 in Betrieb) mit einer Hubhöhe von 23,0 m und



Abb. 4.10-20: Palmschleuse bei Lauenburg

das Doppelschiffshebewerk Scharnebeck bei Lüneburg mit einer Hubhöhe von 38,0 m überwunden (Abb. 4.8-18). Das Schiffshebewerk, das nur 9,0 km oberhalb der Mündung des Elbe-Seitenkanals in die Elbe liegt, ist eines der größten Senkrechtshewerke der Welt (Abb. 4.10-21). Die beiden Tröge mit einer Nutzlänge von 100 m werden wie beim Schiffshebewerk Niederfinow (siehe Kapitel 4.9.1) mit Gegengewichten bewegt. Jeder Trog hat 240 Stahlseile, die über Seilscheiben mit 224 Gegengewichten von jeweils 26,5 t Einzelgewicht verbunden sind.

Die Schleusenanlage in Uelzen hat die größte Hubhöhe aller Schleusen im Einzugsgebiet der Elbe (Tab. 4.10-5).

Der Elbe-Seitenkanal liegt teilweise bis zu 20 m über dem angrenzenden Gelände, teilweise aber auch bis zu 20 m tief im Einschnitt. Er wurde 1977 endgültig in Betrieb genommen, nachdem kurz nach der ersten Inbetriebnahme im Jahre 1976 ein Bruch des westlichen Kanalseitendammes bei Lüneburg eingetreten war. Die ausgeflossenen Wassermassen – etwa 4 Mio. m³ – überfluteten 10 km² Land.

Mit dem Bau des Elbe-Seitenkanals wurde der Schifffahrtsweg aus dem Hamburger Raum bis Magdeburg gegenüber der freifließenden Elbe um 33 km verkürzt und von der Wasserführung der Elbe unabhängig gemacht. Gleichzeitig erhielt



Abb. 4.10-21: Doppelschiffshebewerk Scharnebeck

ten die Industriegebiete im Raum Hannover-Braunschweig einen günstigen Seehafenanschluss. Darüber hinaus dient der Kanal zur Bereitstellung von bis zu 5 m³/s Wasser für die Beregnung von 15 000 ha Nutzfläche.

Tab. 4.10-5.: Schifffahrtsschleusen mit den größten Hubhöhen im Einzugsgebiet der Elbe

Lfd. Nr.	Wasserlauf bzw. Kanal	Name der Schifffahrtsschleuse	Maximale Hubhöhe [m]
1.	Elbe-Seitenkanal	Doppelsparschleuse Uelzen	23,0
2.	Moldau	Schleuse an der Talsperre Štěchovice	20,1
3.	Mittellandkanal	Doppelsparschleuse Hohenwarthe	19,1
4.	Mittellandkanal	Sparschleuse Rothensee	18,5
5.	Moldau	Schleuse an der Talsperre Kamýk	15,5
6.	Moldau	Doppelschleuse an der Talsperre Vrané	10,2
7.	Mittellandkanal	Doppelsparschleuse Sülfeld	9,0
8.	Moldau-Seitenkanal	Vraňany - Hořín	8,5
9.	Elbe	Doppelschleuse Střekov/Ústí n.L.	8,4
10.	Müritz-Elde-Wasserstraße	Schleuse Bobzin	6,9
11.	Oder-Havel-Kanal	Doppelschleuse Lehnitz	5,8

Im Hochwasserfall können aus dem Mittellandkanal über den Elbe-Seitenkanal bis zu 25 m³/s in die Elbe abgeleitet werden. Andererseits wird bei größeren Hochwassern in der Elbe mit einem Aufstau über 8,00 m ü. NN das Sperrtor im Elbe-Seitenkanal kurz vor der Mündung geschlossen, um Rückstau zu vermeiden.

Der Elbe-Seitenkanal selbst hat keine nennenswerten natürlichen Zuflüsse. Deshalb hat auch die zum Einzugsgebiet der Elbe gehörende Fläche vom Unterwasser der Doppelsparschleuse Uelzen bis zur 54,5 km unterhalb liegenden Mündung in die Elbe nur eine Größe von 26,1 km².

Bei Elbe-km 585,9 wurde 1960 die **Staustufe Geesthacht** in Betrieb genommen. Sie besteht aus dem Wehr mit vier Öffnungen von je 50 m Breite und einer Doppelschleusenanlage mit jeweils 230 m nutzbarer Länge (Abb. 4.10-22).

Das Wehr bildet die Grenze zwischen Mittlerer und Unterer Elbe. Die Elbe hat hier ein Einzugsgebiet von 135 013 km² mit einem mittleren Abfluss von 728 m³/s. Zwischen der letzten Staustufe in der Elbe auf tschechischem Gebiet bei Ústí n.L./Střekov und dem Wehr Geesthacht beträgt somit die Strecke der frei fließenden Elbe 622,1 km.



Abb. 4.10-22: Staustufe Geesthacht mit Wehr (links) und Schleusenanlage

Durch umfangreiche wasserbauliche Maßnahmen in der Unteren Elbe, insbesondere durch Baggerungen zur Sohlenvertiefung von Hamburg bis zur Elbemündung (siehe Kapitel 3.1.4), hatte sich die Tidegrenze allmählich weiter stromaufwärts verschoben. Es kam zu fortschreitender Erosion und einem Absinken der Niedrigwasserstände, z. B. bei Geesthacht um 1,5 m. Dies führte zu negativen Auswirkungen auf Schifffahrt und Landeskultur. Deshalb wurde bei Geesthacht (29 000 Einwohner) die Staustufe errichtet, durch die bei mittleren Tiden die Tidegrenze festgelegt ist und die Erosion für die oberhalb liegende Flussstrecke unterbunden ist. Bei hohen Sturmfluten läuft der Flutscheitel wie vor dem Bau des Wehres ungehindert elbeaufwärts. Die schwere Sturmflut vom 03.01.1976 beeinflusste die Elbewasserstände bis zum 50 km oberhalb des Wehres liegenden Neu Darchau. In Bleckede, 36 km oberhalb des Wehres, betrug der Tidehub 0,47 m. Ab einem Abfluss von ca. 1 200 m³/s ist das Wehr vollständig abgesenkt. Bei weiter ansteigendem Abfluss folgt die Wasserspiegellage den natürlichen Verhältnissen im Fluss.

Der Normalstau im Oberwasser des Wehres ist auf 4,00 m ü. NN festgelegt. Bei mittlerem Abfluss der Elbe ergibt sich ein mittleres Tideniedrigwasser von 0,56 m ü. NN (Reihe 1990-2000) unterhalb des Wehres und damit eine Wasserspiegeldifferenz von 3,44 m. Der Rückstau des Wehres beträgt bei Mittelwasser 21,9 km und reicht bis in den Raum Barförde (Elbe-km 564,0) unterhalb der Sudemündung, wodurch sich ein Stauraum von 8,2 Mio. m³ ergibt. Dadurch können der Elbe-Lübeck-Kanal und der Elbe-Seitenkanal ganzjährig vollschiffbar, d. h. mit Tauchtiefen von 2,0 bzw. 2,8 m, erreicht werden.

Im Staubereich des Wehres befindet sich bei Elbe-km 580,5 das **Kernkraftwerk Krümmel** mit einer Leistung von 1 316 MW



Abb. 4.10-23: Kernkraftwerk Krümmel



Abb. 4.10-24: Pumpspeicher-Kraftwerk Geesthacht

(Abb. 4.10-23). Der langjährige mittlere Wasserbedarf für die Durchlaufkühlung beträgt 1,69 Mrd. m³/a bei einer maximal genehmigten Entnahmemenge von 70 m³/s.

Die Stauhaltung des Wehres Geesthacht wird auch als Unterbecken für das **Pumpspeicher-Kraftwerk Geesthacht** (Elbe-km 581,9) genutzt (Abb. 4.10-24). Mit einer mittleren Fallhöhe von 83 m und einer Leistung von 120 MW ist es das einzige Pumpspeicher-Kraftwerk im Einzugsgebiet der Elbe unterhalb der Saalemündung (siehe Kapitel 4.7.3). Das Oberbecken hat einen Stauraum von 3,3 Mio. m³.

4.11 Die Elbe vom Wehr Geesthacht bis zur Mündung in die Nordsee

*Wer nicht will deichen,
muss weichen.
(altes friesisches Sprichwort)*

Die Elbe hat vom Wehr Geesthacht bis zur Mündung in die Nordsee an der Seegrenze bei Cuxhaven-Kugelbake und Friedrichskoog-Spitze bei Elbe-km 727,7 eine Länge von 141,8 km. Unter Berücksichtigung der Fahrrinnenvertiefung der Elbe auf 15,8 m auf der Strecke vom Hamburger Hafen bis nach Cuxhaven ergibt sich vom Wehr Geesthacht bis nach Cuxhaven ein Höhenunterschied der Flusssohle von 12,0 m.

Das 13 255 km² große Einzugsgebiet der Unteren Elbe liegt überwiegend unter 75 m ü. NN. Lediglich im Bereich der Lüneburger Heide und im Wendland sind Höhen bis zu 150 m ü. NN anzutreffen. Eine Ausnahme bildet der Wilseder Berg in den Quellbereichen von Luhe, Seeve und Este mit 169 m ü. NN.

Unterhalb des Wehres Geesthacht durchfließt die Elbe zunächst das Stadtgebiet von Hamburg, wo sie sich in Norder- und Süderelbe teilt, und dann weiter in nordwestlicher Richtung zur Nordsee. Das Elbegebiet wird in diesem Bereich durch die Marsch- und Niederungslandschaften als fruchtbares Schwemmland des Elbetales und durch die etwas höher

gelegenen Geestlandschaften als Altmoränenland geprägt (Abb. 4.11-1). Während in den flachen Marschlandschaften die Geländehöhen lokal sogar unter Normalnull liegen, erreichen sie in den Geestgebieten 50 bis 80 m ü. NN.

Das Klima des Einzugsgebiets der Unteren Elbe ist durch den Einfluss von Nord- und Ostsee geprägt. Die mittlere jährliche Lufttemperatur beträgt einheitlich 8,5 bis 9 °C. Die innerjährlichen Schwankungen sind geringer als im stark kontinental geprägten übrigen Elbegebiet.

Die mittlere jährliche Niederschlagshöhe, die im Gebiet der Ilmenau über 600 mm beträgt, steigt nach Nordwesten rasch an. Im Raum Stade werden fast 800 mm und im Gebiet der unteren Oste ca. 850 mm erreicht. Rechtselbisch beträgt sie im Gebiet der Bille bereits um 750 mm und steigt bis Neumünster auf nahezu 900 mm an. Entlang des Nord-Ostsee-Kanals erreicht die Niederschlagshöhe gebietsweise sogar bis 950 mm und entspricht damit den jährlichen Niederschlagshöhen in den höher gelegenen Bereichen der Mittelgebirge im tschechischen und deutschen Elbegebiet.

Die Abflussverhältnisse der Elbe unterhalb des Wehres Geesthacht werden durch Ebbe und Flut geprägt, die sich auch in die Elbenebenflüsse auswirken. Bei auftretenden Sturmfluten werden durch das Schließen der Sturmflutsperrwerke in den mündungsnahen Bereichen der Elbenebenflüsse und die vorgenommenen Fahrwasservertiefungen die Scheitel der Sturmfluten im Raum Hamburg erhöht und deren Laufzeit verkürzt (siehe Kapitel 3.1.4).

Zur Charakterisierung der Abflussverhältnisse in der Unteren Elbe steht kein Pegel mit Abflussstatistik zur Verfügung. Aus dem Einzugsgebiet der Unteren Elbe sind aber die hydrologischen Daten von acht ausgewählten Pegeln an Elbenebenflüssen in den Tabellen 4.11-1 und 4.11-2 enthalten und der Jahresgang des Abflusses ist in Abbildung 4.11-3 graphisch dargestellt. Die Pegel Bienenbüttel/Ilmenau, Wittensteden/Stör und Rockstedt/Oste (Abb. 4.11-2) liegen weit oberhalb der Nebenflussmündungen und repräsentieren die Abflussverhältnisse nur für 27 bis 50 % ihres gesamten Einzugsgebiets.

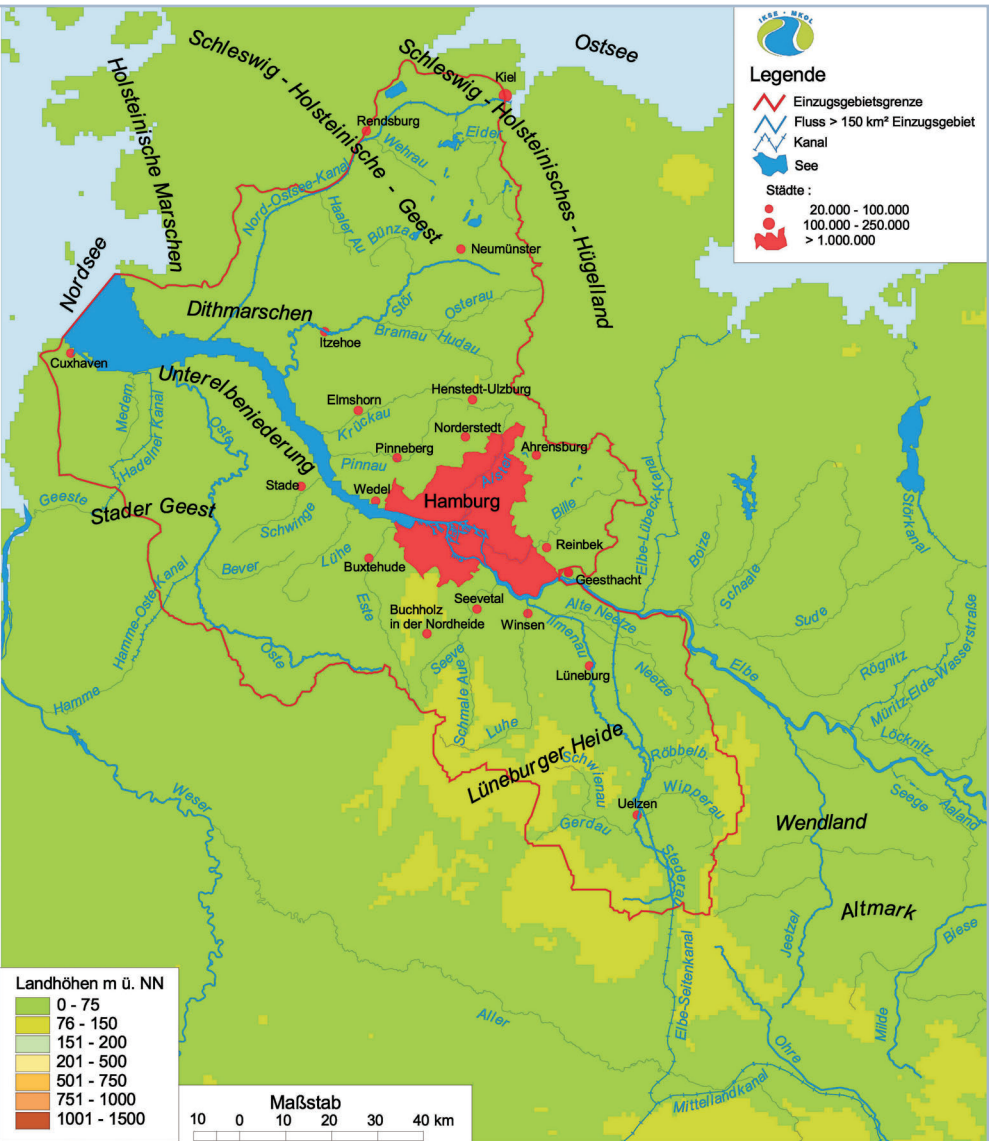


Abb. 4.11-1: Topographische Karte des Einzugsgebiets der Elbe vom Wehr Geesthacht bis zur Mündung in die Nordsee

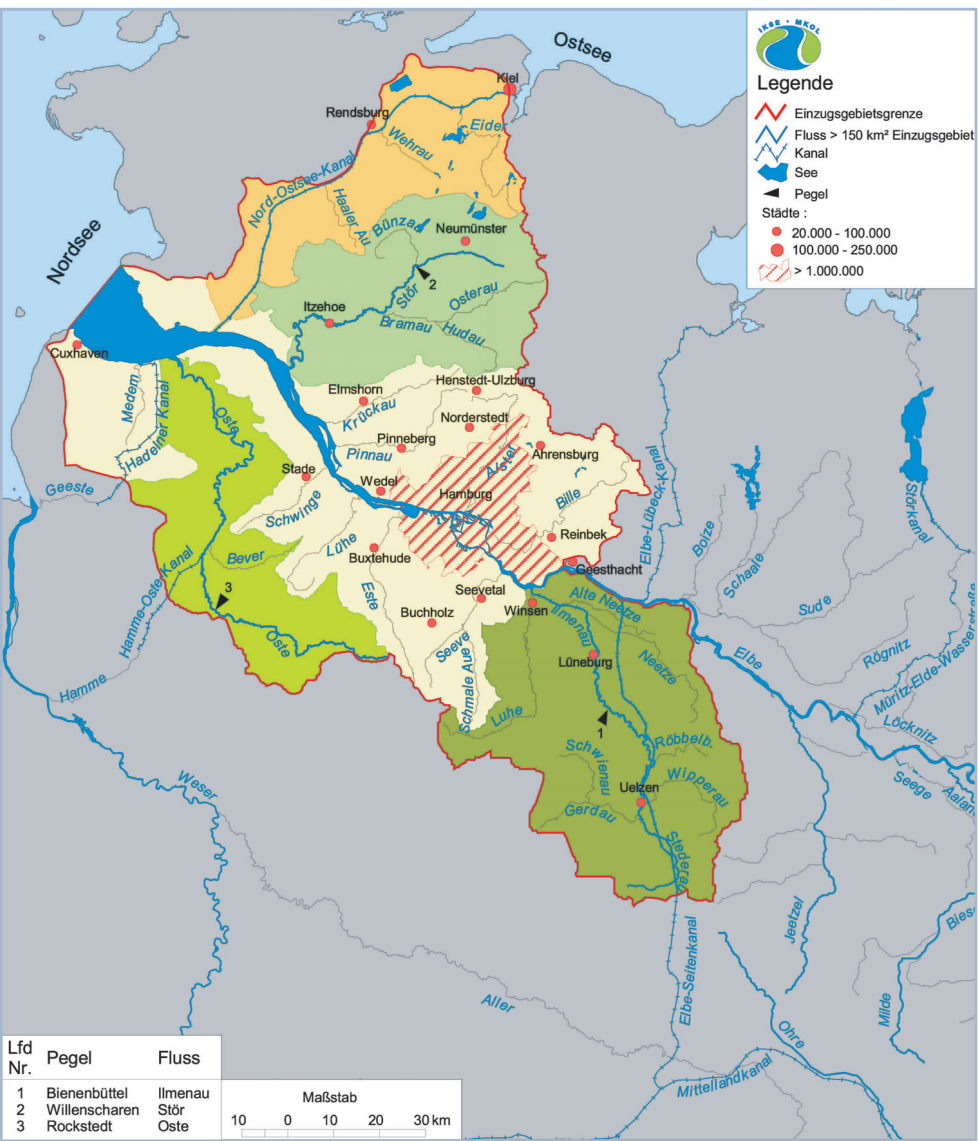


Abb. 4.11-2: Hydrographische Karte des Einzugsgebiets der Elbe vom Wehr Geesthacht bis zur Mündung in die Nordsee mit Teileinzugsgebieten über 1 500 km²

Tab. 4.11-1: Hydrologische Grunddaten langjähriger Abflussreihen von ausgewählten Pegeln im Einzugsgebiet der Elbe vom Wehr Geesthacht bis zur Mündung in die Nordsee (Die Nummern der Pegel entsprechen den Pegelnummern der Abbildung 4.11-2)

Nr.	Gewässer	Pegel	Flusskilo- meter	Einzugs- gebiets- fläche (AE) [km ²]	Mittlerer Abfluss (MQ) [m ³ /s]	Mittlerer Niedrigwasser- abfluss (MNQ) [m ³ /s]	Mittlerer Hochwasser- abfluss (MHQ) [m ³ /s]	Jahres- reihe
			[km]					
1.	Ilmenau	Bienenbüttel	45,0 ¹⁾	1 434	9,17	4,97	36,3	1956 - 2000
	Seeve	Jehrden	8,0 ¹⁾	408	4,47	2,92	15,2	1962 - 2000
	Bille	Reinbek	23,0 ¹⁾	335	2,55	0,772	14,1	1976 - 2000
	Alster	Wulfsfelde	29,5 ¹⁾	140	1,55	0,300	10,7	1976 - 2000
2.	Stör	Willenscharen	58,6 ¹⁾	476	5,87	2,20	28,1	1971 - 2000
	Jevenau/ Nord-Ostsee-Kanal	Jevenstedt	2,2 ²⁾	106	1,49	0,329	8,63	1981 - 2000
3.	Oste	Rockstedt	97,8 ¹⁾	611	6,27	1,86	37,2	1961 - 2000
	Mehe/Oste	Alfstedt	11,1 ²⁾	54	0,661	0,206	4,73	1979 - 2000

1) Flusskilometer oberhalb der Mündung in die Elbe

2) Flusskilometer oberhalb der Mündung in den Nord-Ostsee-Kanal bzw. in die Oste

Tab. 4.11-2: Charakteristik des Abflussregimes von ausgewählten Pegeln im Einzugsgebiet der Elbe vom Wehr Geesthacht bis zur Mündung in die Nordsee (Die Nummern der Pegel entsprechen den Pegelnummern der Abbildung 4.11-2)

Nr.	Gewässer	Pegel	Mittlere Abfluss- spende [l/s · km ²]	Mittlerer Abfluss				MNQ:MQ	MQ:MHQ
				Winterhalbjahr		Sommerhalbjahr			
				[m ³ /s]	[%]	[m ³ /s]	[%]		
1.	Ilmenau	Bienenbüttel	6,4	11,1	60	7,30	40	1 : 1,8	1 : 4,0
	Seeve	Jehrden	11,0	5,05	56	3,89	44	1 : 1,5	1 : 3,4
	Bille	Reinbek	7,6	3,56	70	1,57	30	1 : 3,3	1 : 5,5
	Alster	Wulfsfelde	11,1	2,29	74	0,822	26	1 : 5,2	1 : 6,9
2.	Stör	Willenscharen	12,3	7,90	67	3,87	33	1 : 2,7	1 : 4,8
	Jevenau/ Nord-Ostsee-Kanal	Jevenstedt	14,1	2,09	70	0,898	30	1 : 4,5	1 : 5,8
3.	Oste	Rockstedt	10,3	8,71	69	3,87	31	1 : 3,4	1 : 5,9
	Mehe/Oste	Alfstedt	12,1	0,833	63	0,493	37	1 : 3,2	1 : 7,2

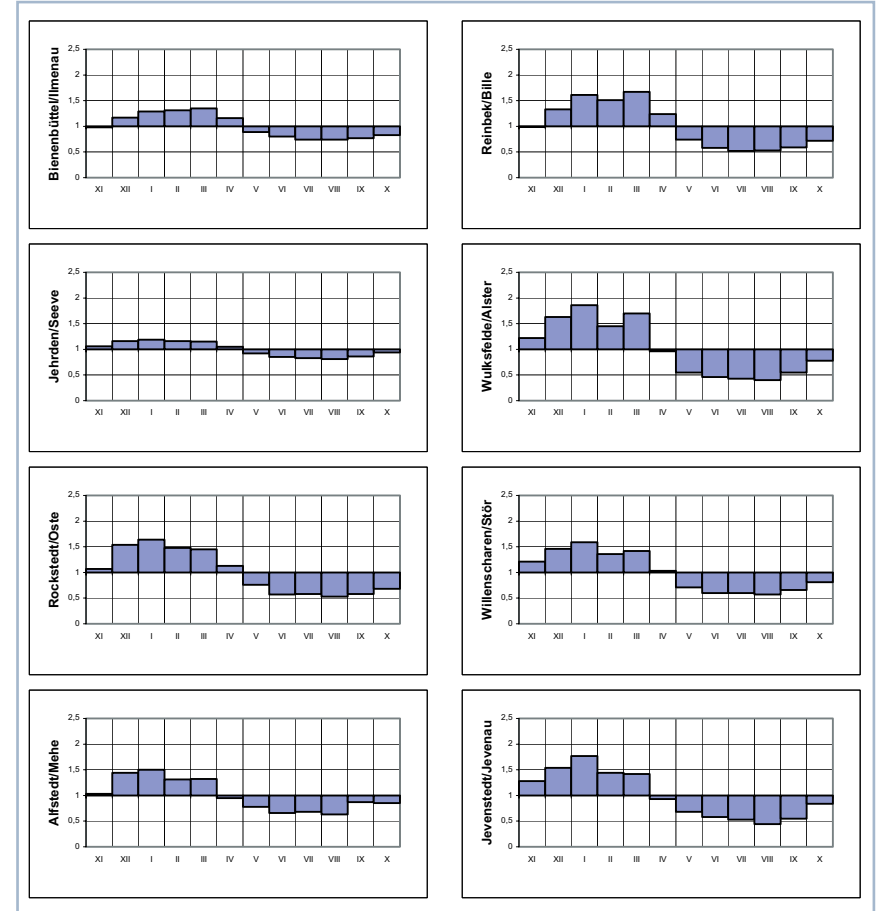


Abb. 4.11-3: Jahresgang des Abflusses an ausgewählten Pegeln von Elbenebenflüssen im Einzugsgebiet der Elbe vom Wehr Geesthacht bis zur Mündung in die Nordsee, dargestellt als Quotient aus langjährigen Mittelwerten für Monate und Jahr (MQ_{Monat}/MQ_{Jahr})

Auf Grund der Daten in vorgenannten Tabellen und in *Abbildung 4.11-3* werden die Abflussverhältnisse im Einzugsgebiet der Unteren Elbe wie folgt bewertet:

■ Im linkselbischen Einzugsgebiet ist der Jahresgang des Abflusses an den Pegeln Bienenbüttel und Jehrden, die als repräsentativ für den Nordost- bzw. Nordteil der Lüneburger Heide gelten, sehr ausgeglichen. Das kommt vor allem am Pegel Jehrden auch in der Abflussverteilung Winter-/ Sommerhalbjahr von 56 : 44 % und in den geringen MNQ : MQ- bzw. MQ : MHQ-Werten von 1 : 1,5 bzw. 1 : 3,4 zum Ausdruck. Deutlich größere Unterschiede bestehen im Jahresgang und in den Verhältniszahlen an den beiden Pegeln im Flussgebiet der Oste. Der Pegel Alfstedt an der Mehe, die etwa 45 km unterhalb des Pegels Rockstedt linksseitig in die Oste mündet, gilt als repräsentativ für die Stader Geest (*Abb. 4.11-3*). Die nach Nordwesten rasch zunehmenden Niederschlagshöhen bewirken einen deutlichen Anstieg der Abflussspenden von 6,4 l/s · km² am Pegel Bienenbüttel bis 12,1 l/s · km² am Pegel Alfstedt. In gleicher Richtung verändert sich an den einzelnen Pegeln das Verhältnis der Monatsabflüsse von Dezember bis April, wobei der Aprilabfluss am Pegel Alfstedt schon unter den mittleren Jahresabfluss absinkt (*Abb. 4.11-3*).

■ Im rechtselbischen Einzugsgebiet sind die Unterschiede im Jahresgang des Abflusses und in den Verhältniszahlen Winter-/ Sommerabfluss sowie MNQ : MQ und MQ : MHQ mit Ausnahme des Pegels Willenscharen an der oberen Stör größer als im linkselbischen Gebiet. Die Abflussspenden nehmen von 7,6 l/s · km² am Pegel Reinbek/Bille bis 14,1 l/s · km² am Pegel Jevenstedt/Jevenau deutlich zu. Die Veränderungen im Verhältnis der Monatsabflüsse im Winterhalbjahr sind an den einzelnen Pegeln mit geringer werdender Entfernung zur Küste noch größer als linkselbisch. Besonders auffällig ist der Anstieg der November- und Dezemberabflüsse und die

Verringerung der Aprilabflüsse, am Pegel Jevenstedt bis unter den mittleren Jahresabfluss.

Wie in der Unteren Elbe selbst stehen wegen der Gezeiten auch in den mündungsnahen Abschnitten der Nebenflüsse keine Pegel mit Abflussstatistik zur Verfügung. Die in *Tabelle 4.11-3* enthaltenen mittleren Abflüsse und Abflussspenden an den Nebenflussmündungen sind berechnet.

Die in *Tabelle 4.11-3* enthaltenen Nebenflüsse einschließlich Nord-Ostsee-Kanal sind sowohl am Gesamtzufluss aus

dem Einzugsgebiet als auch an der Einzugsgebietsfläche der Unteren Elbe mit ca. 85 % beteiligt. Die mittlere jährliche Abflussspende für das Einzugsgebiet der Unteren Elbe beträgt 10,0 l/s · km². An den meisten Nebenflüssen entsprechen die Abflussspenden denen der Gebirgsflüsse im tschechischen und deutschen Elbegebiet.

Die hydrographische Darstellung der Unteren Elbe ist aus *Abbildung 4.11-4* ersichtlich.

Tab. 4.11-3: Langjährige mittlere Abflüsse und Abflussspenden von Nebenflüssen der Unteren Elbe

Gewässer	Elbe-km	Einzugsgebietsfläche (AE)	Mittlerer Abfluss (MQ)	Mittlere Abflussspende
		[km ²]	[m ³ /s]	[l/s · km ²]
Ilmenau	599,0	2 852,0	17,7	6,2
Seeve	604,9	471,1	4,71	10,0
Bille	615,3 Norderelbe	506,4	3,99	7,9
Alster	622,4 Norderelbe	580,7	5,80	10,0
Este	634,4	364,2	3,21	8,8
Lühe	645,5	216,7	2,51	11,6
Schwinge	654,8	215,7	2,62	12,1
Pinnau	659,7	367,0	3,46	9,4
Krückau	664,9	275,7	2,42	8,8
Stör	679,3	1 780,5	21,7	12,2
Nord-Ostsee-Kanal	696,0	1 536,7	19,1	12,4
Oste	707,0	1 711,1	17,7	10,3
Medem und Hadelner Kanal	712,6	482,8	7,81	16,2

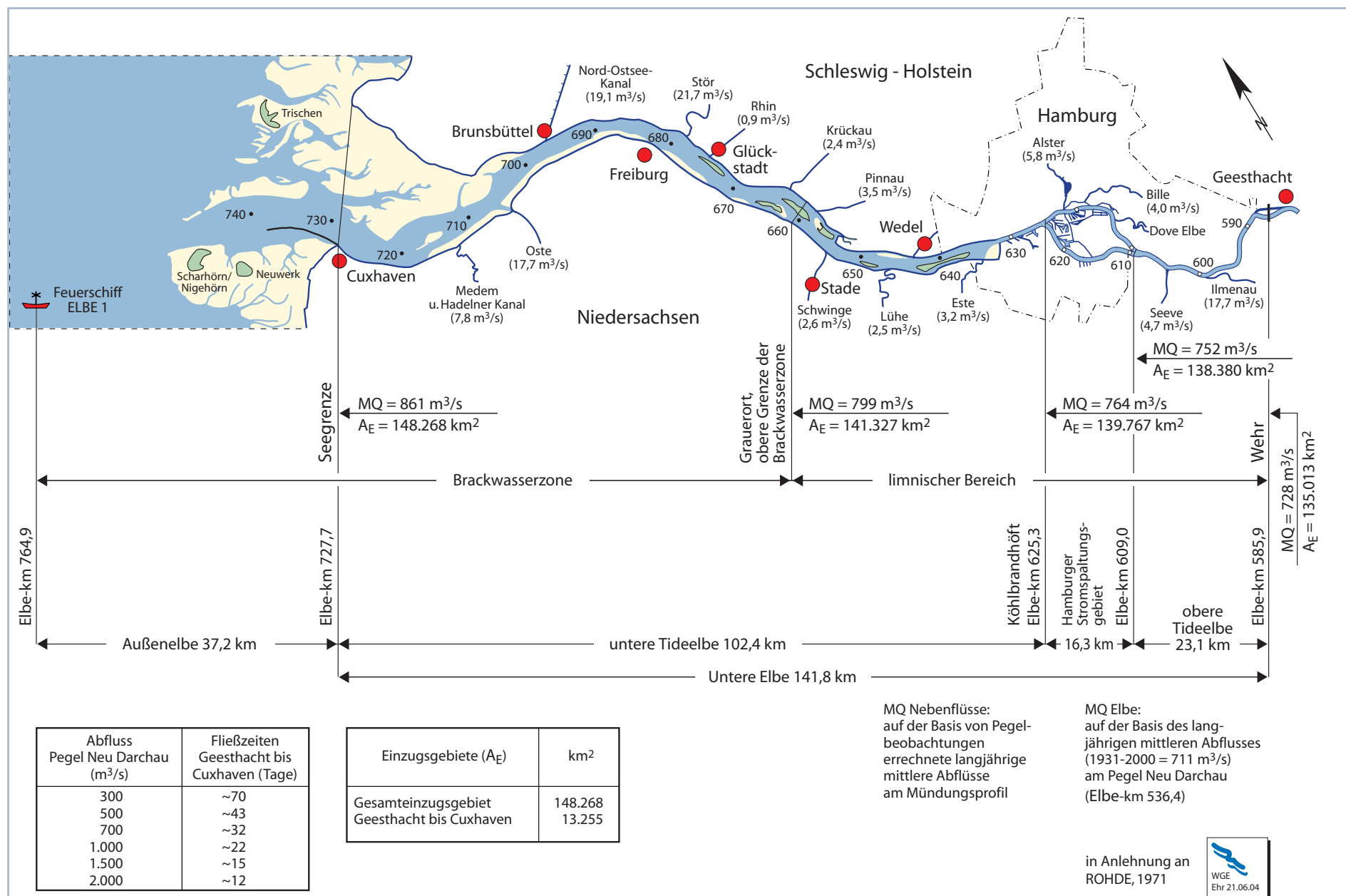


Abb. 4.11-4: Hydrographische Darstellung der Unteren Elbe

4.11.1 Die Untere Elbe und ihre wichtigsten Nebenflüsse

Unterhalb des Wehres Geesthacht bestimmen Ebbe und Flut die Strömung und den Wasserstand der Elbe. Durch die Anziehungskraft des Mondes wird in der Nordsee ein Steigen und Fallen des Wassers hervorgerufen, das sich auf die Wasserstände in der Elbe bis zum Wehr Geesthacht auswirkt. Vom niedrigsten Wasserstand, dem Tideniedrigwasser, steigt das Wasser ca. sechs Stunden an, bis es den höchsten Stand, das Tidehochwasser, erreicht hat. Diese Phase des Anstiegs wird als Flut bezeichnet. Dann fällt der Wasserstand wieder ca. sechs Stunden bis zum Tideniedrigwasser. Diese Phase wird als Ebbe bezeichnet (Abb. 4.11-5).

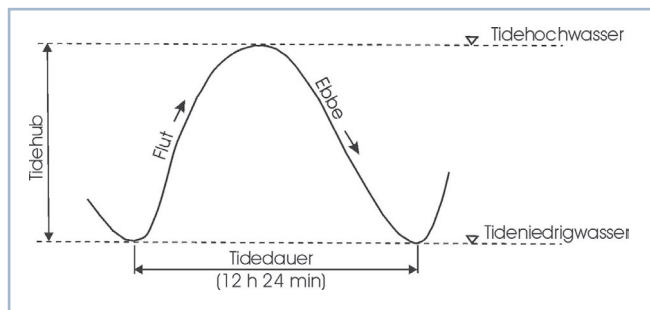


Abb. 4.11-5: Verlauf einer Tide

Das Steigen und Fallen des Wasserstandes dauert genau zwölf Stunden und 24 Minuten und wird als eine Gezeit oder Tide bezeichnet. Deshalb heißt die Untere Elbe auch Tideelbe. Die Wasserstandsdifferenz zwischen Tideniedrigwasser und Tidehochwasser wird Tidehub genannt. Der mittlere Tidehub beträgt in Geesthacht 2,0 m, in Hamburg 3,5 m und in Cuxhaven 3,0 m.

Bei Vollmond und bei Neumond beginnt ein sechs Tage dauernder Zeitraum großer Tidehübe, die Springzeit. Bei Halbmond beginnt ein sechs Tage dauernder Zeitraum kleiner Tidehübe, die Nippzeit. In der Springzeit ist das Tidehochwasser um 40 bis 50 cm höher als in der Nippzeit.

In der Tideelbe treten durch starken Wind Sturmfluten auf. Sie entstehen durch die Überlagerung von Windstau mit der astronomischen Tide. Hohe Sturmfluten an der deutschen Nordseeküste und in der Tideelbe sind Folgen von Stürmen aus nordwestlicher Richtung, die direkt in den Mündungstrichter der Elbe blasen (siehe Kapitel 3.1.4).

Geographisch untergliedert sich die Untere Elbe in die obere Tideelbe vom Wehr Geesthacht bis zum Beginn des Stromspaltungsgebiets (Elbe-km 585,9 bis 609,0), das Hamburger Stromspaltungsgebiet mit der Norder- und der Süderelbe (Elbe-km 609,0 bis 625,3) und die untere Tideelbe bis zur Seegrenze bei Cuxhaven (Elbe-km 625,3 bis 727,7). Die unterhalb der Seegrenze liegende Außenelbe wird bis Elbe-km 764,9 gerechnet (Abb. 4.11-4).

Zur Vermeidung des Einlaufens von Sturmfluten in die Nebenflüsse wurden in deren Mündungsbereichen Sturmflutsperrwerke errichtet (siehe Kapitel 3.1.1). Alle schiffbaren

Nebenflüsse haben in den Sturmflutsperrwerken Schifffahrtsöffnungen, die durch zwei hintereinander liegende Stemmtorpaare verschlossen werden. In größeren Nebenflüssen gibt es neben den Schifffahrts- noch Seitenöffnungen zur Wasserableitung, die durch Segmentverschlüsse oder Hubschütze verschlossen werden können. Die Nebenflüsse werden vorwiegend für die Freizeit- und Sportschifffahrt und nur noch teilweise für die gewerbliche Schifffahrt genutzt. Um auch größeren Schiffen die Durchfahrt zu ermöglichen, sind die Brücken über den Schifffahrtsöffnungen und bei den oberhalb liegenden Straßen Klapp-, Roll- oder Drehbrücken (Tab. 4.11-4 und Abb. 4.11-6).

In der 23,1 km langen **oberen Tideelbe** treten sehr unterschiedliche Strömungsgeschwindigkeiten und -richtungen auf, die durch die Überlagerung des unterschiedlichen Abflusses aus dem oberhalb liegenden Einzugsgebiet der Elbe mit der Gezeitenbewegung bestimmt werden. Hier münden **Ilmenau** (2 852 km²) und **Seeve** (471 km²).

Tab. 4.11-4: Angaben zu Bundeswasserstraßen in den Nebenflüssen der Unteren Elbe

Lfd. Nr.	Elbe-nebenfluss	Gesamtlänge [km]	davon schiffbar [km]	Schiffbare Flussstrecke bis zur Mündung in die Elbe	Sturmflutsperrwerk	
					Schifffahrtsöffnungen mit Doppelstemmtorpaaren	Seitenöffnungen
1.	Ilmenau	107,0 (mit Stederau)	28,8	von Lüneburg, mit drei Schleusen	1 x 16 m mit Klappbrücke	2 x 10 m mit Hubschützen
2.	Este	50,0	12,7	vom Mühlenstau in Buxtehude	1 x 22 m mit Klappbrücke	—
3.	Lühe	44,2	12,7	vom Mühlenstau in Horneburg	1 x 10 m mit Rollbrücke	—
4.	Schwinge	26,0	4,7	von der Salztorschleuse in Stade	1 x 16 m mit Klappbrücke	—
5.	Pinnau	44,9	19,9	vom Mühlenstau oberhalb Pinneberg bis zur Mündung in die Pagesander Nebenelbe	1 x 20 m mit Drehbrücke	2 x 8 m mit Hubschützen
6.	Krückau	36,7	11,2	vom Mühlenstau oberhalb des Hafens Elmshorn bis zur Mündung in die Pagesander Nebenelbe	1 x 20 m mit Drehbrücke	2 x 12 m mit Hubschützen
7.	Stör	84,1	50,6	von Kellinghusen	2 x 22 m mit Klappbrücken	2 x 43 m mit Doppelsegmentverschlüssen
8.	Oste	151,0	74,0	vom Mühlenwehr in Bremervörde	1 x 22 m mit Klappbrücke	4 x 22 m mit Doppelsegmentverschlüssen



Abb. 4.11-6: Klappbrücke der Bundesstraße 495 über die Schwinge bei Stade

Die Ilmenau führt ihren Namen erst nach dem Zusammenfluss ihrer Quellflüsse Stederau und Gerdau, die auf der Hochfläche der Lüneburger Heide südlich von Uelzen (35 000 Einwohner) entspringen (Abb. 4.11-1). Seit dem 14. Jhd. wurde die Ilmenau zum Salztransport von Lüneburg nach Lübeck genutzt. Nach Fertigstellung der „Stecknitzfahrt“ im Jahre 1398 erfolgte dieser durchgehend auf dem Wasserwege (siehe Kapitel 4.10.3). Die Ilmenau ist heute von Lüneburg (71 000 Einwohner) bis zur Mündung in die Elbe auf einer Länge von 28,8 km und mit drei Schleusen Bundeswasserstraße. Der auf den unteren 12 km als Ilmenaukanal ausgebaute Fluss ist bis zur untersten Schleuse Fahrenholz (11,2 km oberhalb der Mündung) gezeitenabhängig. Im Mittelalter war auch die 50 km lange Strecke von Lüneburg bis Uelzen noch als Wasserstraße genutzt worden.

1973 wurde kurz vor der Ilmenaumündung unterhalb von Winsen (32 000 Einwohner) ein Sturmflutsperrwerk in Betrieb genommen, dass die Mündungsstrecken von Ilmenau und der 3 km oberhalb in die Ilmenau mündenden **Luhe** (476 km²) sowie die umgebende Niederung vor Sturmfluten schützt (Abb. 4.11-7).

Das **Hamburger Stromspaltungsgebiet** mit seinen beiden etwa 16 km gleich langen Elbearmen, der Norder- und Süderelbe, stellt mit den angeschlossenen großen Hafenflächen und den großen Wassertiefen ein sehr kompliziertes und abflusträges System dar (Abb. 4.11-8). Das von oberhalb zufließende Elbewasser verweilt in diesem Bereich lange Zeit. Mit der Tidebewegung pendelt das zufließende Wasser über mehrere Tiden stromauf und stromab, wobei mit jeder Tide ein Wasseraustausch zwischen den Hafenbecken und der Elbe stattfindet. Infolge dieser Pendelbewegung, die sich auch unterhalb des Stromspaltungsgebiets fortsetzt, passiert ein Wasserkörper denselben Querschnitt mehrere Male



Abb. 4.11-7: Mündung der Ilmenau mit Sturmflutsperrwerk



Abb. 4.11-8: Beginn des Hamburger Stromspaltungsgebiets durch Trennung in Norder- und Süderelbe

(siehe Kapitel 5.2.3). Die resultierende seewärts gerichtete Verdriftung des Wasserkörpers wird durch die Größe des von oberhalb kommenden Abflusses bestimmt. Die sich daraus ergebenden Fließzeiten sind für verschiedene Abflüsse am Pegel Neu Darchau in der kleinen Tabelle in Abbildung 4.11-4 enthalten.

Am Stromspaltungsgebiet liegt mit Hamburg (1,73 Mio. Einwohner) die größte Stadt an der Elbe (Abb. 4.11-9). Auf ihrem Gebiet münden **Bille** (506 km²) und **Alster** (581 km²) in die Norderelbe.

Der Hamburger Hafen ist der größte deutsche Seehafen und der zweitgrößte Hafen Europas. Der Containerhafen zählt zu den größten der Welt. Im Hafengelände befindet sich über der Süderelbe die fast 4 km lange Köhlbrandhochbrücke (Abb. 4.11-10), die 1974 in Betrieb genommen wurde.



Abb. 4.11-9: Stadtansicht von Hamburg mit den Landungsbrücken (links) und der Überseebrücke (rechts)



Abb. 4.11-10: Teil des Hamburger Hafens mit der Köhlbrandhochbrücke

Bereits 1973 war die 3 km oberhalb liegende Kattwykbrücke fertiggestellt. Beide Brücken zählen zu den eindrucksvollsten Ingenieurbauwerken des norddeutschen Raumes. Sie ermöglichen bei einer lichten Durchfahrtshöhe von 54 m die Fahrt von Tankern bis zu 250 000 Bruttoregistertonnen. Die Kattwykbrücke mit einem 100 m langen Hubteil und einer maximalen Hubhöhe von 45,7 m ist eine Eisenbahn- und Straßenbrücke.

In der 102,4 km langen **unteren Tideelbe** wird zwischen dem limnischen Bereich, der durch Süßwasser geprägt ist und der Brackwasserzone, in der sich Süß- und Salzwasser mischen und die über die Seegrenze hinaus reicht, unterschieden (Abb. 4.11-4). Die Brackwasserzone beginnt in der Regel im Bereich der Pinnaumündung und ist durch einen schwankenden Salzgehalt im Längsschnitt dieses Flussabschnitts gekennzeichnet. Ihre Lage wird insbesondere durch die von oberhalb zufließenden Wassermengen beeinflusst. Bei sehr hohen Zuflussmengen verschiebt sie sich bis unter-

halb der Mündung des Nord-Ostsee-Kanals. Bei anhaltend niedrigen Zuflüssen hingegen dringt die obere Grenze der Brackwasserzone bis oberhalb der Schwingemündung stromauf vor.

In die untere Tideelbe münden die Nebenflüsse **Este** (364 km²), **Lühe** (217 km²), **Schwinge** (216 km²), **Pinnau** (367 km²), **Krückau** (276 km²), **Stör** (1 781 km²) und **Oste** (1 711 km²) sowie der **Nord-Ostsee-Kanal** (1 537 km²) und die **Medem mit dem Hadelner Kanal** (483 km²). Während Este und Oste im Norden der Lüneburger Heide ihre Quellen haben, liegen die Quellgebiete der übrigen Nebenflüsse in Geestlandschaften. Die Eindeichungen der Nebenflussabschnitte in den elbenahe Marschgebieten haben zur Folge, dass die Entwässerung ihrer Zuflüsse über Schöpfwerke oder Deichsiele erfolgen muss. Alle Elbenebenflüsse haben in ihren mündungsnahen Bereichen Sturmflutsperrwerke (siehe Kapitel 3.1.1 und Tabelle 4.11-4).

Die **Stör** hat nach der Ilmenau das zweitgrößte Einzugsgebiet aller Nebenflüsse der Unteren Elbe. Sie entspringt südöstlich von Neumünster (79 000 Einwohner) in der Schleswig-Holsteinischen-Geest in einer Höhe von 33 m ü. NN und mündet nach 84,1 km in die Elbe. Sie ist der einzige Nebenfluss der Unteren Elbe, in dem die Tidebewegung frei ausschwingt und die Tidegrenze nicht durch eine Schleuse oder ein Wehr festgelegt ist. Der Tideeinfluss reicht bis 51,2 km flussaufwärts. Auf 50,6 km ist die Stör schiffbar, wobei die gewerbliche Schifffahrt nur noch auf einer Länge von 27 km bis Itzehoe (33 000 Einwohner) betrieben wird. Zwischen der Stör unterhalb Itzehoe und dem Nord-Ostsee-Kanal befindet sich im Dithmarschen die Wilster Marsch. Sie liegt 3 m unter dem Meeresspiegel und ist damit das tiefstgelegene Marschgebiet an der Unteren Elbe.

Im Mündungsbereich der Stör befindet sich das größte Sturmflutsperrwerk an der Unteren Elbe. Es wurde 1975 fertig gestellt. Es verfügt über zwei Schifffahrtsöffnungen

mit Klappbrücken und zwei hintereinander angeordnete Stemmtorpaaren in der Mitte des Bauwerkes sowie zwei Seitenöffnungen mit jeweils zwei hintereinander liegenden Segmentverschlüssen (Tab. 4.11-4 und Abb. 4.11-11).



Abb. 4.11-11: Sturmflutsperrwerk der Stör

Unterhalb der Störmündung befinden sich mit den Kernkraftwerken Brokdorf (1 370 MW) und Brunsbüttel (806 MW) die beiden größten Wassernutzer der Unteren Elbe (Abb. 4.11-12). Ihr Wasserbedarf für die Durchlaufkühlung beträgt 2,10 bzw. 1,28 Mrd. m³/a bei einer maximal genehmigten Entnahmemenge von 70 bzw. 40 m³/s. Das Kernkraftwerk Stade (672 MW), oberhalb der Schwingemündung, wurde 2003 stillgelegt.

Die **Oste** ist mit 151,0 km der längste Nebenfluss der Unteren Elbe. Ihre Quelle im nördlichen Teil der Lüneburger Heide ist nur 8 km von der Este- und 12 km von der Seevequelle entfernt. Die Tidebewegung in der Oste reicht 74,0 km flussaufwärts bis zum Mühlenwehr und einer Bootsschleuse in Bremervörde an der Mündung der Bever (Abb. 4.11-1). Bis hier ist die Oste Bundeswasserstraße.

1784 wurde der **Hamme-Oste-Kanal** in Betrieb genommen, der 8,5 km oberhalb der Bevermündung aus der Oste abzweigt



Abb. 4.11-12: Elbe im Bereich Brokdorf mit Kernkraftwerk

und über die Hamme zur Weser führt. Diese Verbindung zwischen den Flussgebieten Elbe und Weser diente hauptsächlich zum Transport von Torf aus den umliegenden Mooren. Seit Einstellung der Torfförderung im Jahre 1950 wird der

Kanal als Vorflut zur Entwässerung anliegender Flächen genutzt.

Eine weitere Verbindung zwischen Elbe und Weser wurde durch den **Hadelner Kanal** geschaffen. Kurz oberhalb der Mündung der **Medem** (483 km²) in die Elbe zweigt er aus der Medem ab (Abb. 4.11-1) und ist seit 1855 auf einer Länge von 31,7 km bis in die Nähe der Wasserscheide zur Weser in Betrieb. Die Verlängerung zur Geeste im Einzugsgebiet der Weser erfolgte 1860 als Bederska-Geeste-Kanal. Der somit entstandene Elbe-Weser-Schiffahrtsweg mit drei Schleusen hat eine Länge von 54,7 km und wird derzeit bei einer Tauchtiefe von 1,5 m vorwiegend für die Freizeit- und Sportbootschiffahrt genutzt.

Während die Elbe im Hamburger Hafengebiet eine Breite von 400 bis 500 m aufweist, verbreitert sie sich auf 1,5 km oberhalb der Lühemündung, auf 3,5 km oberhalb der Störmündung und auf 6 km unterhalb der Ostemündung. Bei ihrer Mündung in die Nordsee an der Seegrenze bei Cuxhaven (53 000 Einwohner) ist die Elbe etwa 17 km breit (Abb. 4.11-13).



Abb. 4.11-13: Mündung der Elbe in die Nordsee bei Cuxhaven-Kugelbake

4.11.2 Der Nord-Ostsee-Kanal

Bei Brunsbüttel mündet 31,7 km oberhalb der Seegrenze der **Nord-Ostsee-Kanal** (1 537 km²) in die Elbe. Er verbindet mit seiner Länge von 98,6 km die Ostsee bei Kiel (233 000 Einwohner) mit der Elbe. Er durchquert zuerst das Schleswig-Holsteinische-Hügelland, folgt dann bis Rendsburg (29 000 Einwohner) der Eiderniederung, durchschneidet den bis zu 25 m hohen Geestrücken der Schleswig-Holsteinischen-Geest, um dann die bis 3 m unter dem Meeresspiegel liegende Marsch zu durchqueren (Abb. 4.11-1).

Der Nord-Ostsee-Kanal, einstmals als Jahrhundertbauwerk bezeichnet, wurde von 1887 bis 1895 erbaut und musste wegen der ständigen Zunahme der Schiffe nach Größe und Anzahl von 1907 bis 1914 und ab 1965 verbreitert und vertieft werden.

Heute ermöglicht er mit 90 m Sohlenbreite und 162 m Wasserspiegelbreite Schiffen bis zu 51 000 Bruttoregistertonnen mit einem Tiefgang von 9,5 m die Durchfahrt. Der Kanal erspart den Umweg durch Kattegat und Skagerrak und verkürzt damit den Weg um 250 Seemeilen. Waren für seinen Bau noch strategische Gründe maßgebend, so dient er heute vorwiegend dem Handel der Länder des Ostseeraumes mit der übrigen Welt. Der Nord-Ostsee-Kanal ist die meistbefahrene künstliche Seeschiffahrtsstraße der Welt. Ohne Berücksichtigung der 14 300 Sport- und sonstigen Kleinstfahrzeuge befuhren im Jahre 2003 insgesamt 39 800 Schiffe den Kanal, d. h. 109 Schiffe pro Tag. Zum Vergleich: Den Suezkanal befahren 13 400 und den Panamakanal 11 900 Schiffe jährlich.

Der maßgebende Kanalwasserstand liegt bei - 0,20 m ü. NN, d. h. 0,19 m unter dem Mittelwasser der Ostsee bei Kiel und 1,12 m über dem Tideniedrigwasser der Elbe bei Brunsbüttel. Die Wasserstandsschwankungen in der Elbe können, bedingt durch die Tidebewegung und Windstau, bis über 9 m und in der Ostsee bei Kiel, verursacht durch Windstau, mehr als 5 m

betragen. An beiden Enden wird der Kanal deshalb gegen die wechselnden Wasserstände durch je vier Schleusen abgeschlossen. Die Endpunkte des Kanals in Brunsbüttel und Kiel bilden je eine Doppelschleuse mit Nutzlängen von 125 m und Nutzbreiten von 22 m aus dem Jahre 1895 (alte Schleusen) und je eine neue Doppelschleuse mit Nutzlängen von 310 m und Nutzbreiten von 42 m aus dem Jahre 1914 (Abb. 4.11-14). Die neuen Schleusen übertrafen mit ihren Abmessungen die des Panamakanals, die bis dahin größten der Welt, und gehören auch heute noch zu den weltgrößten.



Abb. 4.11-14: Alte (rechts) und neue (links) Doppelschleusen an der Einfahrt in den Nord-Ostsee-Kanal in Brunsbüttel

Im Zuge des Baus des Nord-Ostsee-Kanals mussten zahlreiche Brücken und später auch Tunnel errichtet werden. Die Hochbrücken über den Kanal haben eine lichte Durchfahrtshöhe von 42 m. Die bekannteste ist die 2,5 km lange Eisenbahnhochbrücke in Rendsburg aus dem Jahre 1913 (Abb. 4.11-15). Sie war zu diesem Zeitpunkt das größte Stahlbauwerk Europas und ersetzte im Rahmen der Kanalverbreiterung die bis dahin in Betrieb befindliche zweiteilige Eisenbahndrehbrücke.



Abb. 4.11-15: Eisenbahnhochbrücke über den Nord-Ostsee-Kanal in Rendsburg

Die Hochbrücke in Rendsburg steht mit ihrer ebenfalls 1913 in Betrieb genommenen Schwebefähre seit 1988 unter Denkmalschutz. Die Fähre zur Beförderung von Personen und sechs PKW hängt an zwölf Seilen an einem Fährwagen, der direkt unter der Hochbrücke angebracht ist (Abb. 4.11-16).

Der Bau des Nord-Ostsee-Kanals führte zur Zerschneidung zahlreicher Flüsse. So mündeten der Oberlauf der Eider und ehemals in die Eider mündende Zuflüsse heute direkt in den Kanal (Abb. 4.11-2). Etwa 1 200 km² des ursprünglichen Einzugsgebiets der Eider entwässern seitdem in den Kanal. Die Flüsse der Marschen mit einem Einzugsgebiet von 250 km² werden wegen ihrer tiefen Lage durch 19 Schöpfwerke in den Kanal entwässert. Die größten Nebenflüsse des Nord-Ostsee-Kanals sind obere **Eider** (283 km²), **Wehrau** (151 km²) und **Haaler Au** (150 km²).

Der Nord-Ostsee-Kanal ist die längste künstliche Wasserstraße im Einzugsgebiet der Elbe. Eine Übersicht der wichtigsten Schifffahrtskanäle im Elbegebiet ist in Tabelle 4.11-5 enthalten.



Abb. 4.11-16: Schwebefähre an der Eisenbahnhochbrücke in Rendsburg

Tab. 4.11-5: Bedeutende künstliche Wasserstraßen im Einzugsgebiet der Elbe

Lfd. Nr.	Name des Kanals	Strecke	Länge [km]	Anzahl der Standorte von Schleusen
1.	Mittellandkanal	– vom Abzweig aus dem Dortmund-Ems-Kanal bis unterhalb der Schleuse Hohenwarthe (Anschluss an den Elbe-Havel-Kanal) – davon im Einzugsgebiet der Elbe → von der Schleuse Sülfeld bis unterhalb der Schleuse Hohenwarthe (Anschluss an den Elbe-Havel-Kanal)	(325,7) 88,8	(3) 1
2.	Elbe-Havel-Kanal	vom Anschluss an den Mittellandkanal unterhalb der Schleuse Hohenwarthe bis zum Plauer See	55,2	2
3.	Müritz-Havel-Wasserstraße	von der Kleinen Müritz bis zur Mündung in die Obere-Havel-Wasserstraße (Obere Havel)	31,8	4
4.	Oder-Havel-Kanal	– vom Schiffshebewerk Niederfinow bis zum Abzweig des Havelkanals (davon 30,1 km kanalisierte Havelstrecke) – davon im Einzugsgebiet der Elbe → vom Abzweig des Finowkanals aus der Scheitelhaltung des Oder-Havel-Kanals bis zum Abzweig des Havelkanals (davon 30,1 km kanalisierte Havelstrecke)	(67,5) 39,9	(1) (1 Hebewerk) 1
5.	Havelkanal	Vom Oder-Havel-Kanal unterhalb Hennigsdorf bis zum Sacrow-Paretzer Kanal	34,6	1
6.	Oder-Spree-Kanal	– von der Oder bei Eisenhüttenstadt über die Spree bis zum Seddinsee in der Dahme (davon 19,7 km kanalisierte Spreestrecke) – davon im Einzugsgebiet der Elbe → von der Schleuse Kersdorf bis zum Seddinsee (davon 19,7 km kanalisierte Spreestrecke)	(85,0) 44,6	(4) 3
7.	Teltowkanal	von der Dahme bis in die Potsdamer Havel	37,8	1
8.	Elbe-Lübeck-Kanal	– von der Elbe in Lauenburg bis Kiel an der Ostsee – davon im Einzugsgebiet der Elbe → vom Möllner See bis zur Mündung in die Elbe	(61,1) 33,2	(7) 2
9.	Elbe-Seitenkanal	– vom Abzweig aus dem Mittellandkanal bis zur Mündung in die Elbe unterhalb Lauenburg – davon im Einzugsgebiet der Elbe → von der Schleuse Uelzen bis zur Mündung in die Elbe	(115,2) 54,6	(1) (1 Hebewerk) 1 Hebewerk
10.	Nord-Ostsee-Kanal	von Kiel an der Ostsee bis Brunsbüttel an der Elbe	98,6	2 je vier Schleusen

5.1 Geschichte der hydrologischen Beobachtungen

So ist es Brauch: Sie messen dort den Strom nach
Pyramidenstufen; daran sehn sie,
nach Höhe, Tief' und Mittelstand,
ob Teurung, oder Fülle folgt.
(William Shakespeare)

5.1.1 Wasserstandsbeobachtungen

Beobachtungen der Wasserstände sind schon aus dem Altertum bekannt. Am Nil waren Pegel an den Tempeln angebracht, die durch Priester abgelesen wurden. In China beobachtete man schon 250 v. Chr. die Wasserstände der großen Flüsse.

In Ortschroniken aus dem Elbegebiet sind seit dem frühen Mittelalter Hinweise auf außergewöhnliche Wetterereignisse, Hochwasser, sehr niedrige Wasserführung in Trockenperioden und Vereisungen der Flüsse zu finden. Erste Wasserstandsbeobachtungen erfolgten schon seit dem 13. Jhd., vorwiegend in Verbindung mit dem Bau von Fischteichen, der Einrichtung von Wassermühlen und der Flößerei.

Mit der weiteren Ausdehnung der Siedlungen bis an die Flussufer, der Zunahme von Flößerei und Schifffahrt sowie dem Bau neuer Brücken, Straßen und Mühlen erlangten Wasserstandsbeobachtungen wachsende Bedeutung. Hohe Wasserstände, die Menschen und Siedlungen bedrohten, wurden an Gebäuden, Brücken, Mauern und Felsen markiert (Abb. 5.1-1 und 5.1-2). Allerdings sind viele dieser Hochwassermarken später verloren gegangen.

Zu den in den Felsen unterhalb des Schlossturmes in Děčín eingemeißelten Wasserständen der Elbe gehört eine Hochwassermarken aus dem Jahre 1432. Das ist die älteste bis heute erhalten gebliebene Markierung eines Hochwasserstandes an der Elbe (Abb. 5.1-3).

An der Elbetreppe zum Wasserpalais des Schlosses Pillnitz bei Dresden



Abb. 5.1-1: Elbehochwassermarken in Königstein



Abb. 5.1-2: Elbehochwassermarken in Křešice oberhalb Litoměřice



Abb. 5.1-3: Felsen unterhalb des Schlossturmes in Děčín mit eingemeißelten Wasserständen der Elbe

sind alle seit 1736 aufgetretenen sehr hohen Wasserstände registriert (Abb. 5.1-4). Die bisher höchste Markierung vom 31. März 1845 von 994 cm wurde am 17. August 2002 noch um sechs Zentimeter überschritten.

Eine Besonderheit zur Beobachtung sehr hoher Wasserstände der Moldau in Prag war der „Bradáč“ (Abb. 5.1-5). Das ist ein bärtiger Kopf aus Stein, der ursprünglich im letzten Pfeiler der 1172 errichteten Judith-Brücke eingebaut war, der zweit-ältesten Steinbrücke Europas nach der Donaubrücke in Regensburg. Die Judithbrücke wurde 1342 durch Hochwasser zerstört, der Bradáč jedoch blieb unversehrt. Er befindet sich jetzt unterhalb der ab 1357 erbauten Karlsbrücke an der rechten Ufermauer der Moldau. Die Wasserstände wurden seinerzeit vom Kopf des Bradáč aus bestimmt, wobei der Mund die „Bezugsbasis“ war. Am 15. August 1501 z. B. überstiegen die Fluten der Moldau den steinernen Kopf um zwei Ellen, das sind 113 cm.

Von diesem Hochwasser war auch eine Markierung an einem Haus in Meißen erhalten geblieben. Sie nahm Christian Gottlieb Pötzsch (1732 bis 1805) zum Anlass, im Herbst 1774 ein Wasserhöhenmaß in die Meißner Elbebrücke hauen zu lassen. Dabei sollte der Nullpunkt dem Wasserstand entsprechen, bei dem die Schiffe ungehindert mit voller Fracht den Fluss befahren konnten. Ein Jahr später brachte Pötzsch durch „höchste Anordnung“ an dem großen Pfeiler der Augustusbrücke in Dresden eine eiserne Pegellatte an, die in Ellen und Zoll unterteilt war (1 sächsische Elle = 56,64 cm = 24 Zoll; 1 Zoll = 2,36 cm). 3-Zoll-große schwarz-weiße Quadrate ermöglichten eine 1/2-Zoll-genaue Ablesung des Wasserstandes. Die Aufnahme regelmäßiger Beobachtungen des Wasserstandes 1775 in Meißen und ab 1. Januar 1776 in Dresden sowie die systematische Auswertung der Wasserstandsmessungen gelten als Beginn des hydrologischen Messwesens in Sachsen.



Abb. 5.1-4: Schloss Pillnitz bei Dresden mit einem Teil der historischen Hochwassermarken



Seit Beginn des 19. Jhds. nahm die Zahl der Pegel mit regelmäßiger Wasserstandsmessung und systematischer Auswertung rasch zu. An der Elbe waren das Roßlau 1804, Torgau und Wittenberg/L. 1817, Mühlberg 1818, Riesa 1837, Barby 1841 sowie Mělník, Litoměřice und Děčín 1851. Am Moldaupegel Prager Altstädter Mühle wurde 1827 die regelmäßige Beobachtung aufgenommen. Im Gebiet der Mulde waren es die Pegel Bitterfeld 1822, Wurzen 1829 und Grimma 1830.

Regelmäßige Wasserstandsbeobachtungen an Schleusen gewannen zunehmende Bedeutung für die Schifffahrt. An der Saale erfolgten amtliche Pegelablesungen ab 1821 an den Schleusen Wettin, Rothenburg und Alsleben und im Havel-Spree-Gebiet schon ab 1810 an den Schleusen Beeskow/Spree sowie Priesow/Dahme.

Zur einheitlichen Durchführung der Wasserstandsmessungen wurden Pegelvorschriften erlassen. Die erste Pegelinstruktion vom 13. Februar 1810 galt für Preußen und Sachsen. Nachdem bereits 1868 in Preußen das metrische Messsystem Anwendung fand, wurde in Sachsen mit einer neuen Pegelvorschrift vom 14. September 1874 der Übergang vom alten Messsystem in das metrische System mit 2-cm-Teilung der Pegellatte vollzogen. Daran hat sich bis heute nichts geändert.

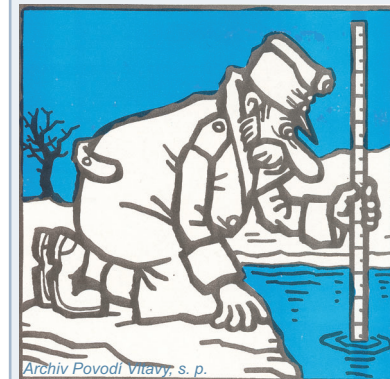
Die stets zweifarbige Pegellatte trägt dezimeterweise eine E-Teilung, deren abwechselnd kurze und lan-



Abb. 5.1-5: Der Bradáč, ein Bezugspunkt der Wasserstände der Moldau unterhalb der Karlsbrücke in Prag



„Falls es überhaupt nicht möglich war, Messungen durchzuführen, dürfen in den Bericht auch keine Zahlenwerte für den Wasserstand eingetragen werden, denn, beliebige Angaben sind schlechter als gar keine.“



Archiv Povodí Vltavy, s. p.

Abb. 5.1-6: Karikatur der Wasserstandsmessungen

Aus:
Vorschriften für
Wasserstandsbeobachtungen sowie Anleitung
zur Beobachtung der
Wassertemperatur
herausgegeben 1907
vom kaiserlich-königlichen
Zentralamt für Hydrologie
in Prag

ge Balken eine Höhe von zwei Zentimetern haben und eine Ablesegenauigkeit von einem Zentimeter ermöglichen (Abb. 5.1-7).

Der abgelesene Wasserstand ist die Höhe des Wasserspiegels über einem festen Bezugshorizont (Pegelnnull). Für den Pegelnnullpunkt wird die Höhe über dem Meeresspiegel (Meter über NN) bestimmt. Der Pegelnnullpunkt wird willkürlich festgelegt, er kann sowohl über als auch unter der Flusssohle liegen, d. h. der gemessene Wasserstand ist kein Maß für die Wassertiefe im Fluss.

Die Pegellatten werden in Ufernähe an gut gegründeten Bauwerken, Ufermauern oder Brückenpfeilern überwiegend als senkrechter **Lattenpegel** so angebracht, dass vom Pegel und seinem Unterbau kein störender Einfluss auf den Wasserspiegel erzeugt wird. An Uferböschungen finden sich häufig auch andere Formen des Lattenpegels. Es gibt den mit der Böschung bündig liegenden Schrägpegel, den für flache Böschungen bevorzugten Treppenpegel oder den an langen Böschungen gesetzten Staffelpegel (Abb. 5.1-8 bis 5.1-10). Bei Errichtung der Pegel ist darauf zu achten, dass alle Wasserstände vom niedrigsten zu erwartenden bis zum höchsten zu erwartenden abgelesen werden können. Beim Hochwasser im August 2002 musste leider festgestellt werden, dass an einigen Pegeln die Pegellatten nicht die erforderliche Länge hatten und deshalb nachgerüstet werden mussten.

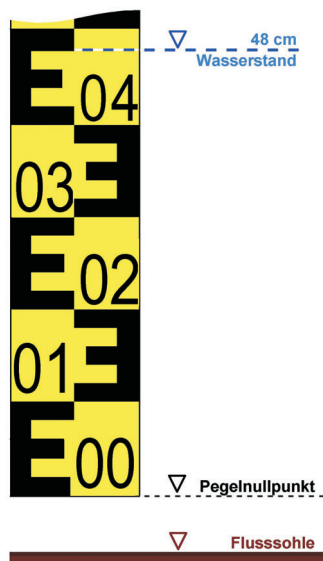


Abb. 5.1-7: Skizze einer Pegellatte

Die in der Regel einmal täglich um 7.00 Uhr an den Lattenpegeln abgelesenen Wasserstände genügten gegen Ende des 19. Jhds. den gewachsenen Anforderungen an die Aussagekraft dieser Terminwerte nicht mehr. Für den Betrieb von Talsperren und Staustufen, für die Schifffahrt und für das frühzeitige Erkennen von Hochwasser wurde die Kenntnis von Wasserstandsänderungen im Verlauf eines Tages immer bedeutungsvoller. Das führte zur Entwicklung des



Abb. 5.1-8: Schrägpegel in Praha-Chuchle an der Moldau



Abb. 5.1-9: Treppenpegel am Pegel Wittenberge/Elbe mit 714 cm Wasserstand. Der Höchststand betrug am 20.08.2002 – 734 cm.



Abb. 5.1-10: Staffelpegel zur Kontrolle der Flutung des Tagebaus Goitzsche aus der Mulde bei Bitterfeld

Schreibpegels, der eine kontinuierliche Aufzeichnung des Wasserstandes ermöglichte.

Es wurden verschiedene Registriergeräte entwickelt, am häufigsten wird der Schwimmerpegel genutzt. In einem Schacht in Ufernähe, der durch ein Rohr mit dem Fluss verbunden ist, wird von einem Schwimmer über ein Schwimmerseil mit Gegengewicht der jeweilige Wasserstand auf das sich drehende Registriergerät übertragen, sodass eine Ganglinie des Wasserstandes gezeichnet wird. Das Registriergerät ist in einem Pegelhaus über dem Schacht untergebracht (Abb. 5.1-11). Der Schreibpegel bedarf einer regelmäßigen Wartung, der zu registrierende Wasserstand wird nach dem am Lattenpegel abgelesenen Wasserstand justiert.

Moderne Pegel werden schon ohne Schwimmerschacht errichtet. Der Wasserstand wird mittels Druckluft (pneumatischer Pegel) oder Drucksonden gemessen, die direkt im Gewässerbett angeordnet sind. Es werden aber auch Ultraschall- oder Radarmesswertgeber genutzt, die z. B. an Brücken angebracht sind.

Die ersten zuverlässig arbeitenden Schreibpegel bestanden bereits in den 1880er Jahren. Zu ihnen gehörten auch die teils noch heute erhaltenen Pegeluhren, die später durch Trommelschreibpegel abgelöst wurden (Abb. 5.1-12 und 5.1-13).

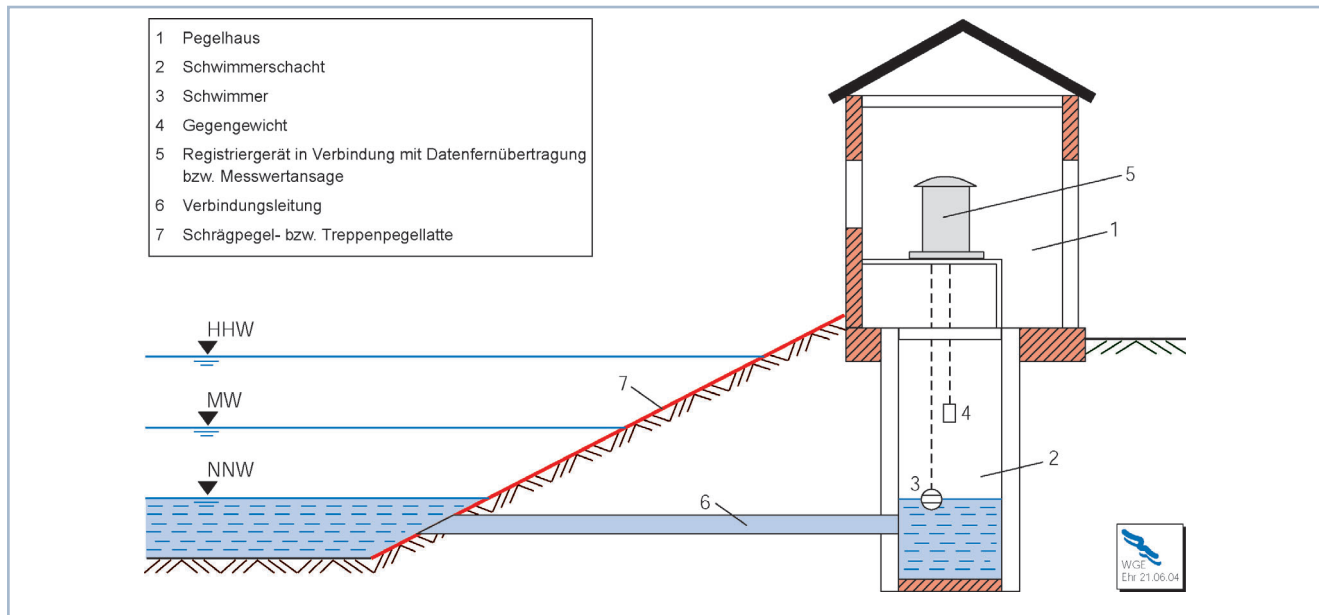


Abb. 5.1-11: Prinzipskizze einer Schreibpegelstation



Abb. 5.1-12: Pegeluhr Na Františku an der Moldau in Prag

Anfang des 20. Jhds. wurden viele Lattenpegel zu Schreibpegelstationen ausgebaut. Allein in Sachsen stieg ihre Anzahl von fünf um das Jahr 1900 auf 76 im Jahre 1921.

Um 1970 wurde mit der Automatisierung der ersten Pegel und mit der Datenfernübertragung in Erfassungszentren begonnen. Schrittweise wurde immer modernere Technik der Messung, Registrierung und Übertragung der Daten eingeführt, wozu auch die telefonische Messwertansage gehört. Heute sind die wichtigsten Pegelanlagen mit Datenfernübertragung und telefonischer Messwertansage ausgestattet, was insbesondere bei Hochwasser von besonderer Bedeutung ist. Im Bereich der Staatsgrenze zwischen der Tschechischen Republik und Deutschland sind mehrere Pegelanlagen mit deutscher und tschechischer Messwertansage ausgestattet.

Im Jahre 2002 gab es im Einzugsgebiet der Elbe bis zum Wehr Geesthacht 255 Hochwassermeldepegel mit Datenfernübertragung, davon 87 in der Tschechischen Republik und 168 in Deutschland. Ihre Anzahl soll schrittweise erhöht werden.



Abb. 5.1-13: Pegeluhr im Mündungsbereich der Havel in die Elbe am Wehr Neuwerben, angezeigter Wasserstand: 286 cm

Beim extremen Hochwasser im Elbegebiet im August 2002 wurde bei der überwiegenden Mehrzahl der Pegel die Hochwasserwelle einschließlich Scheitelwasserstand zuverlässig erfasst und eine Datenfernübertragung gesichert. Es ist aber auch eine größere Anzahl modern ausgerüsteter Pegel mit Datenfernübertragung überflutet und zerstört worden. Auch haben Stromausfall bzw. -abschaltung zu Unterbrechungen der Datenbereitstellung beigetragen. Am häufigsten waren Pegel in den Einzugsgebieten der oberen Moldau, der Berounka, der Flüsse im Osterzgebirge, der Freiburger und Zwickauer Mulde sowie der Elbe unterhalb der Moldaumündung bis zur tschechisch-deutschen Grenze betroffen. Bei zahlreichen Pegeln in den Flüssen des Osterzgebirges (Gottleuba, Müglitz und Weißeritz) wurden durch das Fehlen der Umkehrspindel die Scheitelwasserstände nicht aufgezeichnet. Meist fielen die Pegel beim Durchgang der Hochwasserscheitel für die Dauer von mehreren Stunden bis mehreren

Tagen aus. Durch die Installation von Hilfspegeln konnte die Ablesung der Wasserstände an einigen Stellen erfolgen, bei vielen überfluteten Pegeln war eine Messung der Wasserstände wegen Unzugänglichkeit nicht möglich.

Viele Pegelanlagen wurden während des Hochwassers stark beschädigt. Das betraf auf tschechischem Gebiet sieben Pegel. In Sachsen wurden vier Messstellen völlig zerstört (Abb. 5.1-14 und 5.1-15). An der Elbe selbst waren die Pegel Mělník, Děčín und Hřensko betroffen.

Durch die Unterbrechungen der Datenbereitstellung und die Zerstörung von Pegelanlagen fehlten während des Hochwassers wichtige Daten zur aktuellen Lagebeurteilung und zur Hochwasservorhersage.



Abb. 5.1-14: Zerstörte Pegelanlage Žďirec an der Úslava im Einzugsgebiet der Berounka

Da aber gerade in solchen Extremsituationen wie beim Hochwasser vom August 2002 die Kenntnis der Wasserstände von überragender Bedeutung ist, ist zukünftig zu sichern, dass Pegel ausreichend robust und zuverlässig sind, um auch bei extremen Hochwassern zuverlässige Messungen und Datenübertragungen gewährleisten zu können.

Beim Wiederaufbau der Pegelstationen wurde deshalb ihrer baulichen Gestaltung besondere Aufmerksamkeit geschenkt, damit sie auch bei Extremereignissen funktionsfähig bleiben. In wichtigen Pegeln wurden die Mess- und Registriereinrichtungen doppelt installiert. Trotz aller Vorsorge sind Störungen und Ausfälle bei der automatischen Messwerterfassung und -übertragung, u. a. durch Stromausfall über mehrere Tage, nicht auszuschließen. Deshalb ist auch die Ablesung der Lattenpegel in Hochwassersituationen unbedingt zu sichern.



Abb. 5.1-15: Zerstörtes Pegelhaus am Pegel Hainsberg 1 an der Roten Weißeritz im Osterzgebirge

5.1.2 Abflussermittlung

Zur Bestimmung des Wasserhaushalts eines Flussgebiets und für wasserwirtschaftliche Belange aller Art reicht allein die Kenntnis des Wasserstandes und dessen zeitliche Änderung nicht aus. Notwendig ist die Kenntnis des Abflusses, also der Wassermenge, die in einer bestimmten Zeit einen festgelegten Flussquerschnitt passiert. Der Abfluss (m^3/s) ist das Produkt aus der Fläche des durchflossenen Flussquerschnitts (m^2) und der Fließgeschwindigkeit des Wassers (m/s).

Da die Fließgeschwindigkeit im Flussquerschnitt sehr unterschiedlich ist, muss sie sowohl in der Breite als auch in der Tiefe des Flusses an verschiedenen Punkten gemessen werden. Bei einer Abflussmessung wird deshalb der Flussquerschnitt in mehrere Lamellen unterteilt, zunächst die Wassertiefe und danach in bestimmten Tiefenabständen die Fließgeschwindigkeit gemessen. Die so ermittelten Teilabflüsse aller Lamellen werden zum Gesamtabfluss addiert, der auf den Wasserstand am Pegel zum Zeitpunkt der Messung bezogen wird. Aus vielen Abflussmessungen bei unterschiedlichen Wasserständen eines Pegels wird die Wasserstands-Abfluss-Beziehung, die so genannte Abflusskurve – auch Schlüsselkurve genannt – aufgestellt. Auf diese Weise kann für jeden beliebigen Wasserstand am Pegel der dazugehörige Abfluss bestimmt werden.

Die Genauigkeit der Abflussbestimmung ist von vielen Faktoren abhängig. Dazu zählen die häufigen Profilveränderungen im Flussquerschnitt und die begrenzten Möglichkeiten, Abflussmessungen bei seltenen Hochwasserereignissen und mitunter gefährlichen Bedingungen auszuführen. Hinzu kommt, dass die Abflusskurven nur bei freiem Abfluss gültig sind, also nicht bei Eisstand, bei Krautwuchs im Flussbett, wie das vor allem bei kleineren Tieflandflüssen im Sommer häufig der Fall ist und bei Anstau des Wassers. Trotz des Einsatzes moderner Messtechnik ist die Abflussermittlung mit einer gewissen Fehlerquote behaftet, in der Regel bis 5 %.

Wie viel schwieriger und zwangsläufig ungenau waren die Anfänge der Abflussermittlung Ende des 18. Jhds., als versucht wurde, die Fließgeschwindigkeit mit Schwimmern oder Wasserrädern festzustellen. In den Jahren 1820/23 wurden zwischen Mühlberg (Elbe-km 128,0) und Wittenberg (Elbe-km 214,0) die ersten Geschwindigkeitsmessungen mit dem Woltman'schen Flügel ausgeführt. Ab Mitte des 19. Jhds. erfolgten in der Schwarzen Elster, Mulde, Saale und Havel sowie anderen Flüssen des deutschen Elbegebiets sowie 1875 im tschechischen Elbeabschnitt und in den Flussgebieten von Moldau und Eger Flügelmessungen. Regelmäßige Abflussmessstellen wurden an der Elbe 1874 in Darchau, 1883 in Barby, 1886 in Dresden und Schöna und 1888 in Děčín eingerichtet.

Einheitliche Methoden für die Durchführung von Abflussmessungen in der Elbe und ihren Nebenflüssen wurden 1874 in Preußen, 1886 in Sachsen und 1876 für das tschechische Elbegebiet eingeführt.

Nach 1900 nahm die Anzahl der regelmäßigen Abflussmessstellen deutlich zu. Allein in Sachsen wuchs sie von 32 (1915)



Abb. 5.1-16: Flügelmessungen am Elbeumflutkanal bei Magdeburg beim Hochwasser im August 2002

auf 93 (1936) an. Im tschechischen Elbegebiet war eine Entwicklung von 133 (1901) auf 324 (1931) zu verzeichnen.

Für den Bau und den Betrieb von Talsperren und Fernwasserleitungen und durch den erhöhten Wasserbedarf für die Industrie und die Landwirtschaft waren ab Mitte des 20. Jhds. immer genauere Kenntnisse der Abflussverhältnisse sowohl im tschechischen als auch im deutschen Elbegebiet gefragt. Vor allem dadurch stieg die Anzahl der Abflussmessstellen und der Abflussmessungen gegenüber dem Vorkriegsstand auf das Mehrfache an (Abb. 5.1-16).

Für die Auswertung der Abflüsse kann man jedoch nicht in allen Fällen das Pegelprofil und die bekannte Wasserstands-Abfluss-Beziehung nutzen. Es handelt sich vor allem um Gewässerabschnitte, die durch wasserwirtschaftliche Anlagen (Wehre) gestaut sind. An diesen Stellen hat man in den letzten zehn Jahren begonnen, Verfahren der Abflussmessung mit Hilfe so genannter Ultraschallabflussmessstationen zu nutzen. Dabei wird die Fließgeschwindigkeit kontinuierlich mit Ultraschall gemessen. Aus dem parallel erfassten Wasserstand und dem sich daraus ergebenden Querschnitt wird der Abfluss ermittelt. In der Tschechischen Republik gibt es zurzeit sechs solcher Pegel direkt an der Elbe und sechs Pegel an den Nebenflüssen. Im deutschen Elbegebiet werden in der Unteren Havel ab Borgsdorf zehn stationäre Ultraschallanlagen betrieben.

In den letzten Jahren werden auch ADCP-Geräte (mobile Anlagen zur Messung nach dem Prinzip des Dopplereffekts) häufiger für Abflussmessungen, insbesondere bei höheren Wasserständen genutzt. Sie sind einfacher handhabbar als Flügel und verringern die

Dauer der Messung deutlich. Im Unterschied zu den punktuellen Messungen der Fließgeschwindigkeiten des Wassers mittels Messflügel, messen die ADCP-Geräte den Verlauf der Geschwindigkeiten im gesamten Flussprofil zusammenfassend, gleichzeitig wird die Form des Abflussprofils registriert und direkt der Gesamtabfluss ausgewiesen. Sie wurden deshalb verstärkt bei den Messungen während des Hochwassers im August 2002 eingesetzt (Abb. 5.1-17).

Unter den sonstigen Verfahren ist noch die induktive Strömungs-sonde erwähnenswert. Sie ist im Gegensatz zum Messflügel auch bei extrem geringen Fließgeschwindigkeiten einsetzbar. Das Messprinzip beruht auf dem Faradayschen Induktionsgesetz. Die Strömung des Wassers induziert in einem magnetischen Feld zwischen zwei Elektroden eine ihr proportionale Spannung.



Abb. 5.1-17: Abflussmessung mittels Ultraschallgerät (ADCP) in Dresden beim Hochwasser im August 2002

5.1.3 Hydrologische Jahrbücher

Für viele Bereiche der Wirtschaft, vor allem Schifffahrt, Industrie, Trinkwasserversorgung und Bergbau sowie für die weitere Entwicklung der Infrastruktur, insbesondere für die Ausdehnung der Städte, den Brücken-, Straßen- und Eisenbahnbau, sowie die Errichtung von wasserwirtschaftlichen Anlagen wie Talsperren, Wehre und Deiche erlangte die Kenntnis von Wasserstands- und Abflussdaten der Elbe und ihrer Nebenflüsse, aber auch von kleineren Flüssen, im 19. Jhd. eine immer größer werdende Bedeutung. Um diesem Anspruch gerecht zu werden und zugleich Ergebnisse hydrologischer Untersuchungen zu publizieren, wurde mit der Herausgabe hydrologischer Jahrbücher begonnen.

Auf tschechischem Gebiet gibt es Hydrologische Jahrbücher seit 1875 (Abb. 5.1-18) und auf deutschem Gebiet seit 1892. Für die inhaltliche Gestaltung war der Beschluss der Elbuferstaaten von 1891 wichtig, das „Hydrologische Jahr“ vom 1. November des Vorjahres bis zum 31. Oktober einzuführen. Es entspricht dem innerjährlichen hydrologischen Verlauf besser als das Kalenderjahr und hat sich bis heute in der hydrologischen Statistik bewährt. Das Winterhalbjahr umfasst die Monate November bis April und das Sommerhalbjahr die Monate Mai bis Oktober.

Die tschechischen Jahrbücher enthielten ursprünglich für eine größere Anzahl von Pegeln die mittleren Tages-, Monats- und Jahresabflüsse sowie die im jeweiligen Jahr vorgenommenen hydrometrischen Messungen. Jahrbücher mit diesem Inhalt sind bis zum Jahr 1975 erschienen.

Die derzeitigen, seit 1992 herausgegebenen Jahrbücher weisen einen anderen Charakter auf. Die Messwerte werden zu Zeit- und Flächenkennziffern aufbereitet, die die hydrologischen Verhältnisse im jeweiligen Jahr zusammenfassend zum Ausdruck bringen. Der Inhalt der Jahrbücher ist eine Kombination aus Texten, Tabellen und graphischen Darstellungen. Nur für eine eingeschränkte Anzahl von ausgewählten Pegeln an den Hauptwasserläufen werden die

mittleren Tagesabflüsse und für ausgewählte Quellen und Brunnen die mittleren Monatsergiebigkeiten bzw. die Wasserspiegellagen angegeben. Der Hauptzweck der derzeitigen hydrologischen Jahrbücher besteht in der Veröffentlichung der Ergebnisse der Tätigkeit des Hydrologischen Dienstes für das abgelaufene Jahr. Neben diesem hydrologischen Jahrbuch wird ein gesondertes Jahrbuch zur Güte der Oberflächengewässer und des Grundwassers herausgegeben.

In den deutschen hydrologischen bzw. gewässerkundlichen Jahrbüchern waren zunächst nur die täglichen Wasserstände, später auch die täglichen Abflüsse von Pegeln, Zusammenstellungen der Abflussmessungen, Beschreibungen des Witterungsablaufes und außergewöhnlicher hydrologischer Ereignisse enthalten.

Heute besteht das „Deutsche Gewässerkundliche Jahrbuch“ für das Elbegebiet aus drei Teilen. Teil I umfasst das Elbegebiet von der tschechisch-deutschen Grenze bis zur Havelmündung und schließt den deutschen Teil des oberen Einzugsgebiets der Eger ein. Teil II ist auf das Flussgebiet der Havel begrenzt. Teil III umfasst das Elbegebiet von der Havelmündung bis zur Mündung der Elbe in die Nordsee.

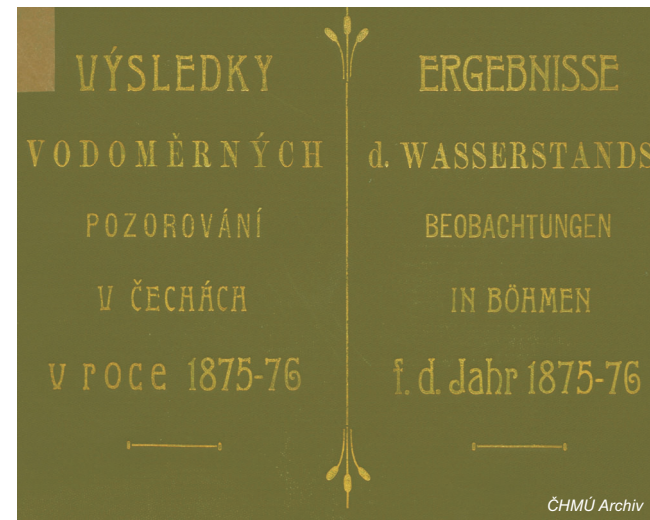


Abb. 5.1-18: Titelblatt des ersten Tschechischen Gewässerkundlichen Jahrbuches aus dem Jahre 1875

Insgesamt sind Wasserstandsdaten für 145 und Abflussdaten für 243 ausgewählte Pegel dokumentiert (Stand 2000).

Die Wasserstands- und Abflussdaten sind stets für 14 Monate aufgeführt, also sowohl für das Abflussjahr (hydrologisches Jahr) als auch für das Kalenderjahr.

Die Wasserstandsdaten umfassen die Tageswerte, die monatlichen und jährlichen Hauptzahlen, die Unterschreitungsdauer des Wasserstandes in Tagen für das jeweilige Jahr und für die letzte zehnjährige Beobachtungsreihe sowie die zehn niedrigsten und die zehn höchsten gemessenen Wasserstände seit Beobachtungsbeginn. Soweit zutreffend, sind die Tageswerte mit einem Symbol für Verkrautung bzw. mit fünf verschiedenen Symbolen für unterschiedliche Eisverhältnisse gekennzeichnet. Davon abweichend sind für die Pegel im Tidebereich der Elbe für jeden Tag die beiden niedrigsten und die beiden höchsten Wasserstände, jeweils mit genauer Uhrzeit dokumentiert.

Für den Abfluss sind die gleichen Daten wie für den Wasserstand aufgeführt, allerdings werden die Hauptzahlen und die Unterschreitungsdauer des Abflusses in Tagen für die Jahresreihe nicht auf zehn Jahre begrenzt, sondern auf die gesamte Beobachtungsdauer bezogen.

Allen drei Teilen des Jahrbuches ist eine Übersichtskarte des jeweiligen Elbeteilgebiets beigelegt, in der alle im Jahrbuch enthaltenen Pegel mit unterschiedlichen Symbolen für Wasserstands- oder Abflusspegel sowie für die technische Ausstattung der Pegel eingezeichnet sind.

Beschreibungen der Witterungs-, Abfluss- und Grundwasser- verhältnisse, eine Bewertung der Schwebstoffführung, Ganglinien und Dauerlinien für Wasserstand und Abfluss an ausgewählten Pegeln, Ganglinien des Wasserstandes an Grundwassermessstellen typisierter Grundwasserlandschaften und Graphiken der Lufttemperatur und der Niederschlagshöhe ausgewählter Klimastationen vervollständigen jeweils die drei Teile des Deutschen Gewässerkundlichen Jahrbuches für das Elbegebiet.

5.2 Gefälle, Fließgeschwindigkeiten und Fließzeiten der Elbe

5.2.1 Gefälle

Der natürliche Fließvorgang im Gewässerbett wird durch das Wasserlaufgefälle ermöglicht. Man unterscheidet zwischen dem Sohlen- und dem Wasserspiegelgefälle. Das Gefälle stellt das Verhältnis des Höhenunterschiedes zweier Punkte der Gewässersohle bzw. des Wasserspiegels zur zugehörigen Flusslänge dar und wird allgemein in Promille (‰) angegeben, wobei 1 ‰ einen Höhenunterschied von einem Meter auf einen Kilometer Flusslänge kennzeichnet.

Das Wasserspiegelgefälle hängt neben dem Sohlengefälle auch von der Wasserführung ab. Beide Gefällearten sind bei mittlerer Wasserführung für den größten Teil der Elbe identisch. Unterschiede treten vorwiegend im Gebirge und im Bereich von Wehranlagen auf. Im Tidebereich ist das Wasserspiegelgefälle von Ebbe und Flut abhängig.

In *Tabelle 5.2-1* und *Abbildung 5.2-3* ist das mittlere Gefälle von der Elbequelle bis zum Wehr Střekov in Ústí n. L. sowie vom Beginn des Rückstaubereiches des Wehres Geesthacht bis zur Mündung der Elbe in die Nordsee als Sohlengefälle und für den dazwischen befindlichen langen Flussabschnitt als Wasserspiegelgefälle bei mittlerer Wasserführung angegeben. Es ist deutlich erkennbar, dass bis auf wenige Flussabschnitte das Gefälle von der Quelle bis zur Mündung kontinuierlich abnimmt. Das große Gefälle im obersten Elbeabschnitt kennzeichnet den Wildbachcharakter des Flusses (*Abb. 5.2-1*). Unterhalb der Moldaumündung sowie von der Staatsgrenze bis Torgau treten einige Gefälleschwankungen auf. Weiter flussabwärts setzt sich mehr und mehr der Flachlandcharakter des Flusses durch.

*Es gibt auf dieser Welt
nichts Weicheres und Schwächeres als Wasser.
Und doch vermag es
die härtesten und größten Felsbrocken
zu bewegen und auszuhöhlen.
Es gibt nichts Vergleichbares.
(Lao-tse)*



Abb. 5.2-1: Elbe oberhalb der Ortslage Špindlerův Mlýn

Eine Ausnahme bildet die Felsstrecke in der Stadtlage Magdeburg (Abb. 5.2-2). Die Verkürzung der Lauflänge der Elbe unterhalb des Stadtgebiets um 11,3 km im Zeitraum von 1784 bis 1789 (siehe Kapitel 3.2) verursachte eine verstärkte Erosion der Sohle, die seither zum allmählichen „Freilegen“ von drei Felsbereichen führte. Diese Felsriegel im Bereich des Magdeburger Domes (Elbe-km 325,6), an der Strombrücke (Elbe-km 326,6) und am Herrenkrug (Elbe-km 329,6) bewirken Gefällewechsel und demzufolge höhere Fließgeschwindigkeiten. Für die gesamte 4,0 km lange Felsstrecke beträgt das Wasserspiegelgefälle im Mittel 0,40 ‰, zwischen Domfelsen und Strombrücke sogar

0,64 ‰. Deshalb ist hier die Fließgeschwindigkeit deutlich höher als ober- und unterhalb dieses Felsabschnitts. Sie beträgt bei mittlerem Niedrigwasser 0,7 m/s und bei Mittelwasser 2,2 m/s.

Die graphische Darstellung der Vergrößerung des Einzugsgebiets der Elbe von der Quelle bis zur Mündung (Abb. 5.2-3) geht vom früher gültigen Einzugsgebiet der Havel von 24 096 km² aus, da die für einen neuen Längsschnitt notwendigen aktuellen Flächen der übrigen Nebenflüsse noch fehlen (siehe Kapitel 2.1).



Abb. 5.2-2: Elbe in der Stadtlage Magdeburg im Bereich des Domfelsens während des Niedrigwassers im August 2003

Tab. 5.2-1: Mittleres Gefälle der Elbe für einzelne Flussabschnitte

Flussabschnitt	Elbe-km ¹⁾ von - bis	Länge [km]	Mittleres Gefälle [‰]
Elbequelle - Talsperre Labská	370,7 - 359,1	11,6	59,5
Talsperre Labská - Vrchlabí	359,1 - 343,2	15,9	16,2
Vrchlabí - Talsperre Les Království	343,2 - 316,8	26,4	4,6
Talsperre Les Království - Jaroměř	316,8 - 291,2	25,6	2,6
Jaroměř - Wehr Hradec Králové	291,2 - 268,4	22,8	1,1
Wehr Hradec Králové - Wehr Přelouč	268,4 - 224,6	43,8	0,46
Wehr Přelouč - Wehr Poděbrady	224,6 - 177,2	47,4	0,48
Wehr Poděbrady - Moldaumündung	177,2 - 110,0	67,2	0,44
Moldaumündung - Wehr Střekov/Ústí n. L.	110,0 - 40,4	69,6	0,29
Wehr Střekov/Ústí n. L. - Děčín	40,4 - 14,0	26,4	0,45
Děčín - Staatsgrenze ČR/D	14,0 - 0,0	14,0	0,36
Staatsgrenze ČR/D - Dresden	3,4 - 55,6	52,2 ²⁾	0,26
Dresden - Torgau	55,6 - 154,2	99,3 ³⁾	0,28
Torgau - Wittenberg/L.	154,2 - 214,1	59,9	0,20
Wittenberg/L. - Barby	214,1 - 294,8	79,2 ³⁾	0,21
Barby - Magdeburg (oberhalb Felsstrecke)	294,8 - 325,6	30,8	0,20
Stadtstrecke Magdeburg (Felsstrecke)	325,6 - 329,6	4,0	0,40
Magdeburg (unterhalb Felsstrecke) - Tangermünde	329,6 - 388,2	58,6	0,18
Tangermünde - Wittenberge	388,2 - 453,9	65,7	0,17
Wittenberge - Neu Darchau	453,9 - 536,4	82,5	0,13
Neu Darchau - Beginn des Rückstaubereiches des Wehres Geesthacht	536,4 - 564,0	27,6	0,12
Rückstaubereich des Wehres Geesthacht	564,0 - 585,9	21,9	0,10
Wehr Geesthacht - Cuxhaven	585,9 - 727,7	141,8	0,08 ⁴⁾

- 1) wasserwirtschaftliche Kilometrierung in der Tschechischen Republik bzw. Schifffahrtskilometrierung in Deutschland
- 2) Die Elbe bildet auf einer Länge von 3,4 km in Wasserlaufmitte die gemeinsame Staatsgrenze.
- 3) unter Berücksichtigung der Wasserlaufverkürzungen nach Festlegung der Schifffahrtskilometrierung (siehe Kapitel 3.2.3)
- 4) unter Beachtung der Fahrrinnenvertiefung auf 15,8 m auf dem Abschnitt von Cuxhaven bis zum Hamburger Hafen

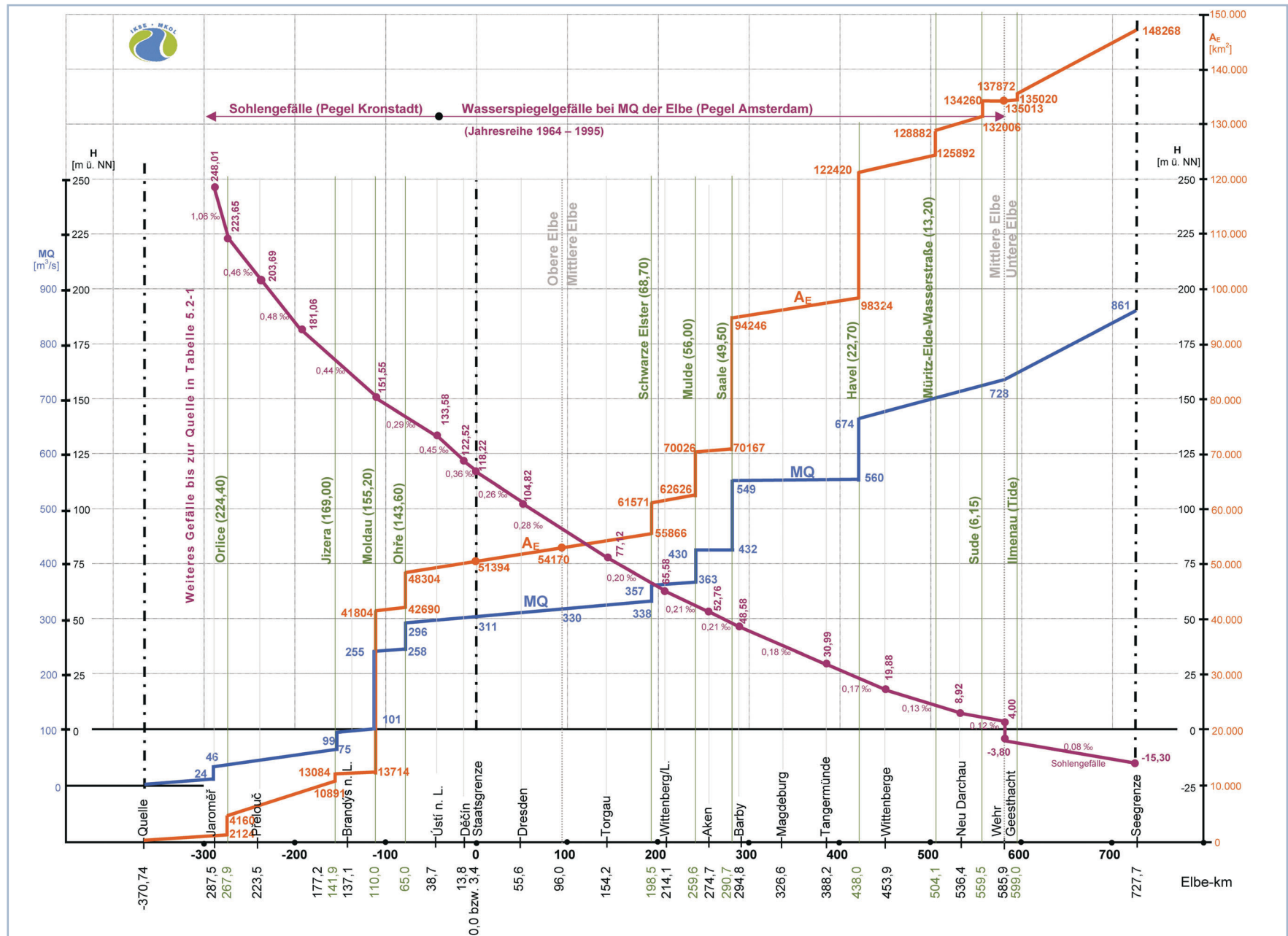


Abb. 5.2-3: Hydrologischer Längsschnitt der Elbe

5.2.2 Fließgeschwindigkeiten

Die Fließgeschwindigkeit ist vom Gefälle und der abfließenden Wassermenge abhängig. Je größer Gefälle und Abfluss sind, desto schneller fließt das Wasser flussabwärts. Aus *Tabelle 5.2-2* ist das deutlich zu erkennen. Mit der Abnahme des Gefälles vom Riesengebirge (Pegel Jaroměř) bis zum Tiefland (Pegel Wittenberge) verringert sich bei gleichem Abfluss die Fließgeschwindigkeit erheblich. Andererseits erhöht sie sich im jeweiligen Abflussquerschnitt mit zunehmendem Abfluss. Durch großflächige Ausuferungen in die Überschwemmungsgebiete, wie das bei Hochwasser vor allem im Tiefland der Fall ist, nimmt die Fließgeschwindigkeit wieder ab (siehe Pegel Barby und Wittenberge).

Einen Vergleich der Abflüsse in der Tabelle mit den hydrologischen Hauptzahlen MNQ, MQ und MHQ ermöglicht *Tabelle 5.6-3* (siehe Kapitel 5.6).

Beim Durchgang einer Hochwasserwelle erhöht sich das Wasserspiegelgefälle und somit auch die Fließgeschwindigkeit. Beim Hochwasser im August 2002 wurden in der Elbe die in *Tabelle 5.2-3* enthaltenen maximalen Fließgeschwindigkeiten durch Abflussmessungen ermittelt.

Während an den Pegeln Dresden, Torgau und Neu Darchau die Abflussmessungen beim Durchgang des Hochwasserscheitels durchgeführt wurden, erfolgten sie an den Pegeln Ústí n. L. und Děčín bei Wasserständen, die weit unter den Scheitelwasserständen lagen. Dennoch wurde am 19.08.2002 in Děčín durch Flügelmessungen ein Abfluss von 2 180 m³/s und damit der in der Tschechischen Republik bisher höchste direkt gemessene Abfluss ermittelt. Es ist aber davon auszugehen, dass an beiden Pegeln die maximalen Fließgeschwindigkeiten beim Scheiteldurchgang noch weit aus größer als die gemessenen waren. Die verhältnismäßig geringe Fließgeschwindigkeit am Pegel Wittenberge ist die Folge von Deichbrüchen und riesiger Ausuferungen in den Überschwemmungsgebieten der Mittleren Elbe.

Tab. 5.2-2: Mittlere Fließgeschwindigkeit im Abflussquerschnitt ausgewählter Elbepegel bei gleichem Abfluss

Pegel	Elbe- km ¹⁾	Ab- fluss	Fließ- geschwin- digkeit	Ab- fluss	Fließ- geschwin- digkeit	Ab- fluss	Fließ- geschwin- digkeit	Ab- fluss	Fließ- geschwin- digkeit	Ab- fluss	Fließ- geschwin- digkeit	Ab- fluss	Fließ- geschwin- digkeit
	[km]	[m³/s]	[m/s]	[m³/s]	[m/s]	[m³/s]	[m/s]	[m³/s]	[m/s]	[m³/s]	[m/s]	[m³/s]	[m/s]
Jaroměř	287,5	150	1,63	300	2,07	400	2,23	1 000	—	1 500	—	3 000	—
Ústí n. L.	38,7	150	0,82	300	1,06	500	1,30	1 000	1,57	1 500	1,74	3 000	1,84 ²⁾
Dresden	55,6	150	0,65	300	0,95	500	1,20	1 000	1,50	1 500	1,60	3 000	2,10
Barby	294,8	150	0,55	300	0,88	500	0,90	1 000	1,16	1 500	1,42	3 000	1,40
Witten- berge	453,9	150	0,48	300	0,75	500	0,90	1 000	1,02	1 500	0,91	3 000	0,88

- 1) wasserwirtschaftliche Kilometrierung in der Tschechischen Republik bzw. Schifffahrtskilometrierung in Deutschland
2) aus Berechnungen ermittelt

Tab. 5.2-3: Gemessene maximale Fließgeschwindigkeit im Abflussquerschnitt ausgewählter Elbepegel beim Auguthochwasser 2002

Pegel	Elbe-km	Einzugs- gebietsfläche [km²]	Hochwasserscheitel im August 2002			Messungen im August 2002	
			Datum	Wasserstand [cm]	Abfluss [m³/s]	Wasserstand [cm]	Fließ- geschwindigkeit [m/s]
Ústí n. L.	38,7	48 557	16.08.	1 196	4 700	602	2,27
Děčín	13,8	51 104	16.08.	1 230	4 770	743	2,96
Dresden	55,6	53 096	17.08.	940	4 580	939	3,86
Torgau	154,2	55 211	18.08.	949	4 420	948	3,60
Wittenberg/L.	214,1	61 879	18.08.	706	4 120	665	2,60
Wittenberge	453,9	123 532	20.08.	734	3 830	714	1,52
Neu Darchau	536,4	131 950	23.08.	732	3 420	731	1,94

Tab. 5.2-4: Gemessene maximale Fließgeschwindigkeit im Abflussquerschnitt ausgewählter Pegel in Nebenflussgebieten beim Auguthochwasser 2002

Gewässer	Pegel	Einzugs- gebietsfläche [km²]	Hochwasserscheitel im August 2002			Messungen im August 2002	
			Datum des Scheitels	Wasser- stand [cm]	Abfluss [m³/s]	Wasser- stand [cm]	Fließge- schwindigkeit [m/s]
Moldau	České Budějovice	2 848	13.08.	652	1 310	354	3,42
Lužnice	Bechyně	4 046	16.08.	640	666	337	2,10
Otava	Písek	2 913	13.08.	880	1 180	454	2,66
Moldau	Praha-Chuchle	26 720	14.08.	782	5 160	782	3,28 ¹⁾
Weißeritz	Dresden-Cotta	366	13.08.	430	450	270	3,25
Freiberger Mulde	Lichtenberg 2	38,9	13.08.	277	53,2	118	2,60
Zwickauer Mulde	Zwickau-Pölbitz	1 030	13.08.	476	500	406	3,07
Mulde	Bad Dübener 1	6 171	14.08.	852	1 500	656	2,45
Mulde	Priorau	6 990	14.08.	684	971	662	2,39

- 1) durch Schwimmer gemessene maximale Oberflächengeschwindigkeit

In den Flüssen der Hochwasserentstehungsgebiete mit teilweise sehr großem Gefälle traten noch deutlich höhere Fließgeschwindigkeiten als in der Elbe auf. Dies ist aus den Abflussmessungen in Nebenflussgebieten (Tab. 5.2-4) zu schlussfolgern, da die Messungen bei Wasserständen erfolgten, die wesentlich unter den Scheitelwasserständen lagen.

Am Pegel Řimov an der Malše (Einzugsgebiet der Moldau) wurde der Abfluss in der Nähe des Scheitelwasserstandes mit einer maximalen Fließgeschwindigkeit von 4,03 m/s gemessen. Am Pegel Niedermülsen/Mülsebach im Flussgebiet der Zwickauer Mulde wurde die maximale Fließgeschwindigkeit mit 4,32 m/s und am Pegel Gottleuba/Gottleuba mit 3,43 m/s gemessen. In den engen Talbereichen der Müglitz wurden sogar bis über 6 m/s erreicht.

Hochwasser mit derart großen Fließgeschwindigkeiten zerstören alles, was den Wassermassen entgegensteht. Deshalb



Abb. 5.2-4: Zerstörte Ortslage Weesenstein im Müglitztal/Osterzgebirge

waren beim Augusthochwasser 2002 die Zerstörungen von Gebäuden, Brücken, Straßen, Eisenbahnstrecken, Strom- und Telefonmasten in den meist engen Gebirgstälern am größten (Abb. 5.2-4). Dabei verursacht Treibgut oftmals einen vorübergehenden Aufstau des Wassers an Brücken und anderen Hindernissen. Nach dem Durchbruch des Aufstaus fließt dann das Wasser mit noch größerer Wucht und Geschwindigkeit talwärts. Derartige Hochwasser mit ihrem sehr schnellen Eintreten und ihren verheerenden Auswirkungen werden auch als Sturzfluten bezeichnet.

In Flussabschnitten mit weit geringerem Gefälle als in den Gebirgsflüssen und demzufolge geringerer Fließgeschwindigkeit treten derartige Zerstörungen in wesentlich kleinerem Umfang auf. Hier führen Hochwasserwellen vor allem zu Folgeschäden durch Überflutung von Gebäuden, Verkehrs- und anderen Infrastruktureinrichtungen (Abb. 5.2-5 und 5.2-6).



Abb. 5.2-5: Überflutete Stadtteile von Prag-Holešovice am 14.08.2002



Abb. 5.2-6: Überflutete Stadtteile von Dresden am 17.08.2002

5.2.3 Fließzeiten

Unterschiedliche Fließgeschwindigkeiten verursachen zwangsläufig unterschiedlich lange Fließzeiten. Aus *Tabelle 5.2-5* ist zu ersehen, dass auf Grund des größeren Gefälles der Oberen Elbe die Fließzeiten im Gebiet der Tschechischen Republik erheblich kürzer sind als auf gleich langen Flussabschnitten im deutschen Elbegebiet.

Bei Mittelwasser beträgt die Fließzeit von Jaroměř bis zur Staatsgrenze (291,2 km) 63 Stunden, für die etwa gleich lange Strecke auf deutschem Gebiet von der Staatsgrenze bis Barby (294,0 km) aber 90 Stunden. Dabei ist die fließzeitreduzierende Wirkung der Sohlschwellen und Staustufen auf tschegischem Gebiet bereits berücksichtigt. Ansonsten wäre die Fließzeit auf tschegischem Gebiet noch wesentlich geringer. Von Barby bis zum Wehr Geesthacht (291,1 km) beträgt die Fließzeit sogar 107 Stunden.

Für die gesamte Flussstrecke von Jaroměř bis zum Wehr Geesthacht (872,9 km) betragen die Fließzeiten

- bei MNW 327 Stunden (13 Tage und 15 Stunden),
- bei MW 260 Stunden (10 Tage und 20 Stunden) und
- bei MHW 178 Stunden (7 Tage und 10 Stunden).

Auffällig ist die lange Fließzeit in der Tideelbe von 768 Stunden (32 Tage) bei Mittelwasser. Infolge der Wirkungen von Ebbe und Flut wird auf dem fast 142 km langen Flussabschnitt vom Wehr Geesthacht bis zur Mündung der Elbe der einzelne Wassertropfen nur durch vielfache Pendelbewegung der Nordsee zugeführt. Auf dem fast gleich langen Abschnitt von Wittenberge bis zum Wehr Geesthacht (132 km) benötigt dagegen der einzelne Wassertropfen nur 8 % (51 Stunden) der Fließzeit im Tidebereich.

Die ausgewiesenen Fließzeiten sind nicht identisch mit den Stofftransportzeiten. Auch die Scheitellaufzeiten von Hochwasserwellen können erheblich von den angegebenen Zeiten bei mittlerem Hochwasser abweichen. Dies ist von den jewei-

Tab. 5.2-5: Fließzeiten in der Elbe für einzelne Flussabschnitte bei unterschiedlicher Wasserführung

Flussabschnitt	Elbe-km von - bis	Länge des Flussabschnitts [km]	Fließzeiten ¹⁾ [Stunden] bei		
			Mittlerem Niedrig- wasserstand (MNW)	Mittel- wasserstand (MW)	Mittlerem Hoch- wasserstand (MHW)
Jaroměř (Mündung der Metuje) - Pardubice	291,2 - 240,2	51,0	14	12	10
Pardubice - Mělník (Mündung der Moldau)	240,2 - 110,0	130,2	48 (62)	33 (45)	29 (39)
Mělník (Mündung der Moldau) - Ústí n. L.	110,0 - 38,7	71,3	17 (79)	12 (57)	10 (49)
Ústí n. L. - Staatsgrenze ČR/D	38,7 - 0,0 (linkes Ufer)	35,3 (3,4 km gemeinsame Grenze)	9 (88)	6 (63)	4 (53)
Staatsgrenze ČR/D - Dresden	0,0 - 55,6	55,6	16	14	10
Dresden - Torgau	55,6 - 154,2	99,3	35 (51)	28 (42)	20 (30)
Torgau - Wittenberg/L.	154,2 - 214,1	59,9	24 (75)	20 (62)	13 (43)
Wittenberg/L. - Barby	214,1 - 294,8	79,2	30 (105)	28 (90)	19 (62)
Barby - Magdeburg	294,8 - 326,6	31,8	16 (121)	9 (99)	6 (68)
Magdeburg - Tangermünde	326,6 - 388,2	61,6	28 (149)	22 (121)	13 (81)
Tangermünde - Wittenberge	388,2 - 453,9	65,7	30 (179)	25 (146)	15 (96)
Wittenberge - Neu Darchau	453,9 - 536,4	82,5	33 (212)	26 (172)	16 (112)
Neu Darchau - Wehr Geesthacht	536,4 - 585,9	49,5	27 (239)	25 (197)	13 (125)
Wehr Geesthacht – Cuxhaven	585,9 - 727,7	141,8	[~70 Tage] ²⁾	[~32 Tage] ²⁾	[~12 Tage] ²⁾

1) Die Fließzeiten wurden vom ČHMÚ Prag und von der BfG Koblenz mitgeteilt. Es sind Orientierungswerte, die im Einzelfall unter- bzw. überschritten werden können.

() kumulative Fließzeiten von Jaroměř bis Staatsgrenze ČR/D und von dort bis Wehr Geesthacht

2) Fließzeiten unter Beachtung des Tideinflusses

ligen Wasserständen in der Elbe und in den Mündungs-
bereichen der Nebenflüsse beim Eintreffen von Hochwasser-
wellen abhängig.

Ein Vergleich der in *Tabelle 5.2-5* angegebenen Fließzeiten
bei mittlerem Hochwasser mit den Fließzeiten der extremen
Hochwasserwelle im August 2002 zeigt Folgendes:

In der Tabelle ist die Fließzeit zwischen Mělník (Mündung
der Moldau in die Elbe) und dem Pegel Ústí n. L. (71,3 km)
bei mittlerem Hochwasser mit zehn Stunden angegeben. Im
August 2002 betrug die Fließzeit des Hochwasserscheitels auf
diesem Abschnitt aber 25 Stunden. In der Elbe, die oberhalb
der Moldaumündung nur unbedeutendes Hochwasser führte,
trat 20 km flussaufwärts bis nach Kostelec n. L. Rückstau auf.
Durch großflächige Ausuferungen an der Mündung der Moldau

wurden 51 km² überflutet (*Abb. 5.2-7*). Im Mündungsbereich
der Eger bei Litoměřice (*Abb. 5.2-8*) betrug die Breite des
Überschwemmungsgebiets (67 km²) bis zu 8 km. Durch
Rückstau und Ausuferungen wurde der Hochwasserscheitel
reduziert und der Ablauf der Hochwasserwelle erheblich ver-
zögert.

Gemäß *Tabelle 5.2-5* beträgt die Fließzeit bei mittlerem
Hochwasser auf dem 90,9 km langen Abschnitt zwischen den
Pegeln Ústí n. L. und Dresden 14 Stunden. Obwohl in dem
relativ engen Tal der Elbe im Böhmischem Mittelgebirge und
in der Böhmisches-Sächsischen Schweiz keine großen Über-
schwemmungsflächen bestehen, wirkte der Aufstau des
Wassers im August 2002 abflusshemmend, sodass die tatsäch-
liche Fließzeit des Hochwasserscheitels 17 Stunden betrug.



Abb. 5.2-7: Überschwemmungsgebiet im Bereich des Zusammenflusses der Elbe mit der Moldau bei Hořín am 16.08.2002

Für den 82,5 km langen Flussabschnitt zwischen den Pegeln Wittenberge und Neu Darchau weist die Tabelle eine Fließzeit bei mittlerem Hochwasser von 16 Stunden aus. Im August 2002 wurde die Hochwasserwelle auf den breiten Überschwemmungsflächen auf den breiten Überschwemmungsflächen zwischen den Deichen verformt, sodass die tatsächliche Fließzeit des Hochwasser-

scheitels außergewöhnlich verzögert wurde und 63 Stunden betrug (Abb. 5.2-9).

Für die Flussabschnitte der Mittleren Elbe bis Wittenberge sind keine Vergleiche der Tabellenwerte mit den Fließzeiten im August 2002 möglich, weil viele Deiche brachen oder überströmt wurden.



Abb. 5.2-8: Überschwemmungsgebiet im Mündungsbe-
reich der Eger (im Vordergrund Theresien-
stadt/Terezín) mit der Elbe bei Litoměřice
(Hintergrund) am 16.08.2002



Abb. 5.2-9: Überschwemmungsgebiet zwischen den Elbedeichen unterhalb Wittenberge (Elbe-km 456,0) am 20.08.2002

5.3 Eisverhältnisse der Elbe

Die Elbe ist ein Fluss, der bei lang anhaltenden Frosttemperaturen schnell zur Bildung von Treibeis und Eisstand neigt. Insbesondere der Eisstand stellt mit seiner geschlossenen Eisdecke über die gesamte Wasserfläche eine Behinderung der Abflüsse und der Schifffahrt dar. Bereits vor dem Ausbau der Elbe zur Wasserstraße im Zeitraum 1844 bis 1892 wurden deshalb schon wesentliche Korrekturen des Gewässerverlaufes zum Schutz der Anwohner vor Hochwasser- und Eisgefahren durchgeführt.

5.3.1 Eisverhältnisse der Elbe von der Elbequelle bis zur Staustufe Střekov

Die Eisbildung in der **Elbe im Riesengebirge** und seinem Gebirgsvorland geht auf Grund des Wildbachcharakters anders vonstatten als in stehenden Gewässern bzw. in langsam fließenden Bereichen der Elbe. Durch das große Sohlengefälle und die damit verbundene hohe Fließgeschwindigkeit wird das Wasser so durcheinander gewirbelt, dass auch das an der Oberfläche um Bruchteile eines Grades unter Null unterkühlte Wasser daran gehindert wird, sich zu Eis zu verwandeln. Beim Auftreffen der unterkühlten Wasserteile auf die Flusssohle bildet sich Grundeis bzw. in den Uferbereichen und an den großen Gesteinsbrocken Randeis (*Abb. 5.3-1*). Bei weiterem Anhalten des Frostes wird langsam eine Eisschicht, auch in Verbindung mit aufsteigendem Grundeis, über die gesamte Breite des Wildbaches gebildet.

Die Eisverhältnisse der Elbe vom Riesengebirgsvorland bis **oberhalb der Mündung der Moldau** haben, bedingt durch die großen Wehranlagen und Schifffahrtsstaustufen, einen charakteristischen Verlauf. In den Stauhaltungen dieser Anlagen kommt es insbesondere durch die geringe Strömung und die damit einhergehende temperaturabhängige Schichtung

des Wassers in Frostperioden ebenfalls schnell zur Bildung einer geschlossenen Eisdecke. In den Jahren mit starkem Schifffahrtsbetrieb wurden für das Aufbrechen der Eisdecke Spezialschiffe genutzt, d. h. Schubschiffe, die mit einem Eisbrecheraufsatz versehen waren. Infolge der Einstellung des Braunkohletransports auf der Elbe ging seit 1996 die Schifffahrt, durch die die Schichtung des Wassers und die Ausbildung einer geschlossenen Eisdecke verhindert bzw.



Abb. 5.3-1: Eisverhältnisse in einem Flussabschnitt mit Wildbachcharakter

*Vom Eise befreit sind Strom und Bäche
durch des Frühlings holden, belebenden Blick ...
(Johann Wolfgang von Goethe)*

verzögert wurde, zurück und damit veränderte sich auch der Charakter der Eisverhältnisse. Heute wird die noch vorhandene Schifffahrt nach der Ausbildung einer geschlossenen Eisdecke mit einer Stärke von mehr als 10 cm eingestellt.

Seit 1990 waren z. B. an ausgewählten Staustufen der Elbe die in *Tabelle 5.3-1* dargestellten Tage mit geschlossener Eisdecke zu verzeichnen:

Tab. 5.3-1: Eisstand an ausgewählten Staustufen der tschechischen Elbe

Winter	Anzahl der Tage mit Eisstand an den Staustufen der tschechischen Elbe / Elbe-km ¹⁾				
	Týnec n. L. 205,3	Nymburk 169,0	Brandýs n. L. 137,9	Obříství 116,2	Střekov 40,4
1992/93: XII/1992 – II/1993	19	26	33	29	0
II/1994	4	6	11	11	0
1995/96: XII/1995 – II/1996	18	31	37	21	0
1996/97: XII/1996 – II/1997	25	41	51	30	13
II/1998	5	8	10	6	0

1) wasserwirtschaftliche Kilometrierung der tschechischen Elbe

5.3.2 Eisverhältnisse von der Staustufe Střekov bis zum Wehr Geesthacht

Für jede Wehranlage gibt es Betriebsvorschriften, die die Bewirtschaftung bei Eisverhältnissen vorsehen. Viele Wehre sind mit einem Schutz vor Vereisung z. B. durch Lufteintrag mit Blasenbildung an den Bauwerken und beweglichen Anlagen oder mit Anlagen zum Erwärmen der Verschlusseinrichtungen bzw. der Dichtungen ausgestattet.

Bei Eisgang erfolgt die Steuerung der Wehranlagen in der Form, dass ein ausreichend starker Überfallwasserstrahl erreicht wird. Aus diesem Grunde wird in der Regel nur ein Wehrfeld im Bereich des Stromstriches geöffnet, denn die Stärke des Überfallstrahles sollte 15 cm größer sein als die maximale Stärke der abzuleitenden Eisschollen.

Das Temperaturregime der Elbe oberhalb der Mündung der Moldau kann durch die Ableitung von erwärmtem Wasser aus

dem Kraftwerk Chvaletice und aus dem Kühlwasserkreislauf des Kraftwerkes Opatovice deutlich beeinflusst werden. Dies wurde z. B. bei den Eisverhältnissen im Januar/Februar 1987 zur Beschleunigung der Wiederaufnahme der Schifffahrt für den Transport von Braunkohle genutzt.

Der Eisgang im Bereich der Elbe oberhalb der Moldaumündung dauert je nach Temperaturverlauf und Abflussmenge sechs bis acht Tage. Bei Niedrigwasser ist die notwendige Zeit für die Abführung der Eisschollen durch das System der Staustufen länger.

Das Temperaturregime der Elbe verändert sich **unterhalb der Moldaumündung** deutlich und damit auch der Charakter der Eisverhältnisse. Dort fließt temperaturbeeinflusstes Wasser aus der Talsperrenkaskade der Moldau und Wasser aus den Kühlsystemen der Kraftwerke bei Mělník zu. Diese Veränderung ist auch daran zu erkennen, dass die Anzahl der Tage mit Eisstand z. B. im Winterhalbjahr 1996/97 an der Staustufe Obříství oberhalb der Moldaumündung 26 und an der Staustufe Střekov nur 13 Tage betrug.

Einen besonderen Schwerpunkt bei Eisverhältnissen bildeten die sieben in den Jahren 1907 bis 1919 errichteten Nadelwehre, von denen sich fünf unterhalb der Mündung der Moldau befanden. Bei starkem Frost waren die Wehre oft so vereist, dass sie nicht mehr bedienbar waren (Abb. 5.3-2).

Im Zeitraum 1970 bis 1974 wurden diese Wehre durch moderne Anlagen ersetzt, die heute bei Eis keine Gefahr mehr darstellen.

Für den größten Abschnitt der Elbe ist es charakteristisch, dass die Eisbildung mit Treibeis einsetzt und bei anhaltendem Frost von der Unteren Elbe her flussaufwärts wächst. Einen Überblick über die Anzahl der Winter mit geschlossener Eisdecke und die Anzahl der Tage mit Eisstand auf der Elbe gibt die *Tabelle 5.3-2*. Am Pegel Magdeburg ist noch die Anzahl der Tage mit Treibeis bzw. Eisgang aufgeführt.



Abb. 5.3-3: Treibeis auf der Elbe in Magdeburg im Bereich der Hubbrücke (Elbe-km 326)

Die Darstellung der Winter mit geschlossener Eisdecke am Pegel Magdeburg ist aus der *Abbildung 5.3-4* zu erkennen.

Im Längsschnitt der Elbe sind die Eisstandsverhältnisse im 20. Jhd. in *Abbildung 5.3-5* dargestellt. Dabei wurde als Bezugspunkt der jetzige Standort des Wehres Geesthacht genommen, obwohl die meisten Ereignisse mit einer geschlossenen Eisdecke bereits ab dem Stromspaltungsgebiet der Elbe in Hamburg beginnen. Die Eisverhältnisse auf den Rückstauereichen der Staustufen in der Elbe auf tschechischem Gebiet blieben dabei unberücksichtigt.

Die Eisstandsverhältnisse für die Ereignisse im 20. Jhd., bei denen eine geschlossene Eisdecke aus dem Hamburger Raum bis zum Pegel Děčín auftrat, sind an ausgewählten Pegeln in *Tabelle 5.3-3* dargestellt.



Abb. 5.3-2: Ehemaliges Nadelwehr in Lovosice mit starker Vereisung (Elbe-km 60,1)

Tab. 5.3-2: Anzahl der Winter mit geschlossener Eisdecke auf der Elbe und zugehörige Tage des Eisstandes an den Pegeln Dresden und Magdeburg für den Zeitraum 1830 bis 2000 und Tage mit Treibeis bzw. Eisgang in den vorgegebenen Zeiträumen am Pegel Magdeburg

Zeitraum	Pegel				
	Dresden		Magdeburg		
	Winter [Anzahl]	Eisstand [Tage]	Winter [Anzahl]	Eisstand [Tage]	Treiberis bzw. Eisgang [Tage]
1830/31 – 1839/40	2	91	9	258	232
1840/41 – 1849/50	3	126	8	428	150
1850/51 – 1859/60	—	—	6	206	261
1860/61 – 1869/70	1	21	7	199	200
1870/71 – 1879/80	—	—	2	86	311
1880/81 – 1889/90	—	—	4	49	169
1890/91 – 1899/00	2	46	6	140	261
1900/01 – 1909/10	3	46	2	60	249
1910/11 – 1919/20	1	28	1	32	218
1920/21 – 1929/30	1	28	3	119	132
1930/31 – 1939/40	1	37	5	51	136
1940/41 – 1949/50	2	40	4	109	146
1950/51 – 1959/60	1	31	3	27	71
1960/61 – 1969/70	1	35	1	(12)	65
1970/71 – 1979/80	—	—	—	—	47
1980/81 – 1989/90	—	—	—	—	73
1990/91 – 1999/00	—	—	2	29	64

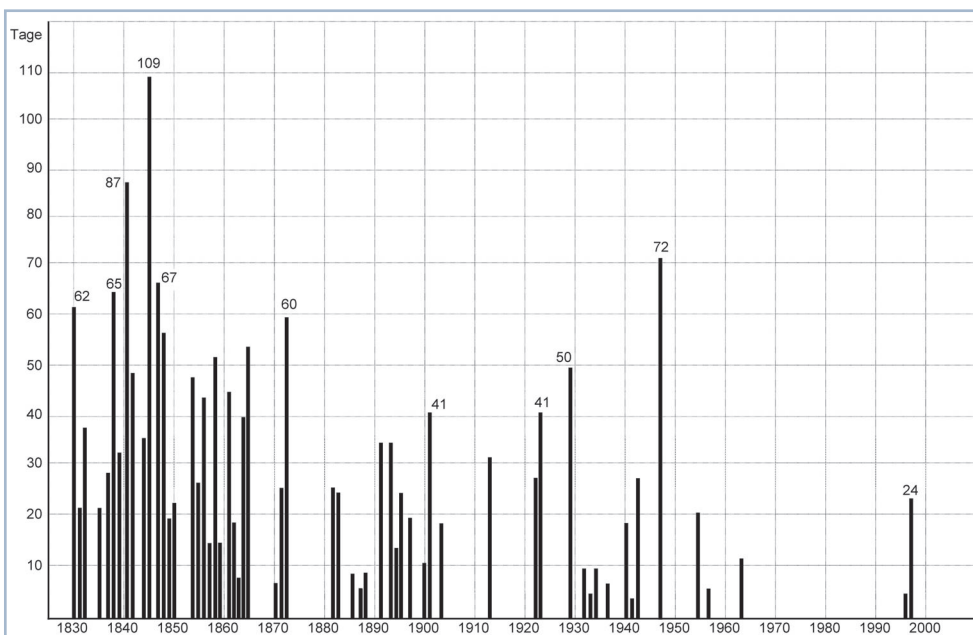


Abb. 5.3-4: Eisstand auf der Elbe am Pegel Magdeburg

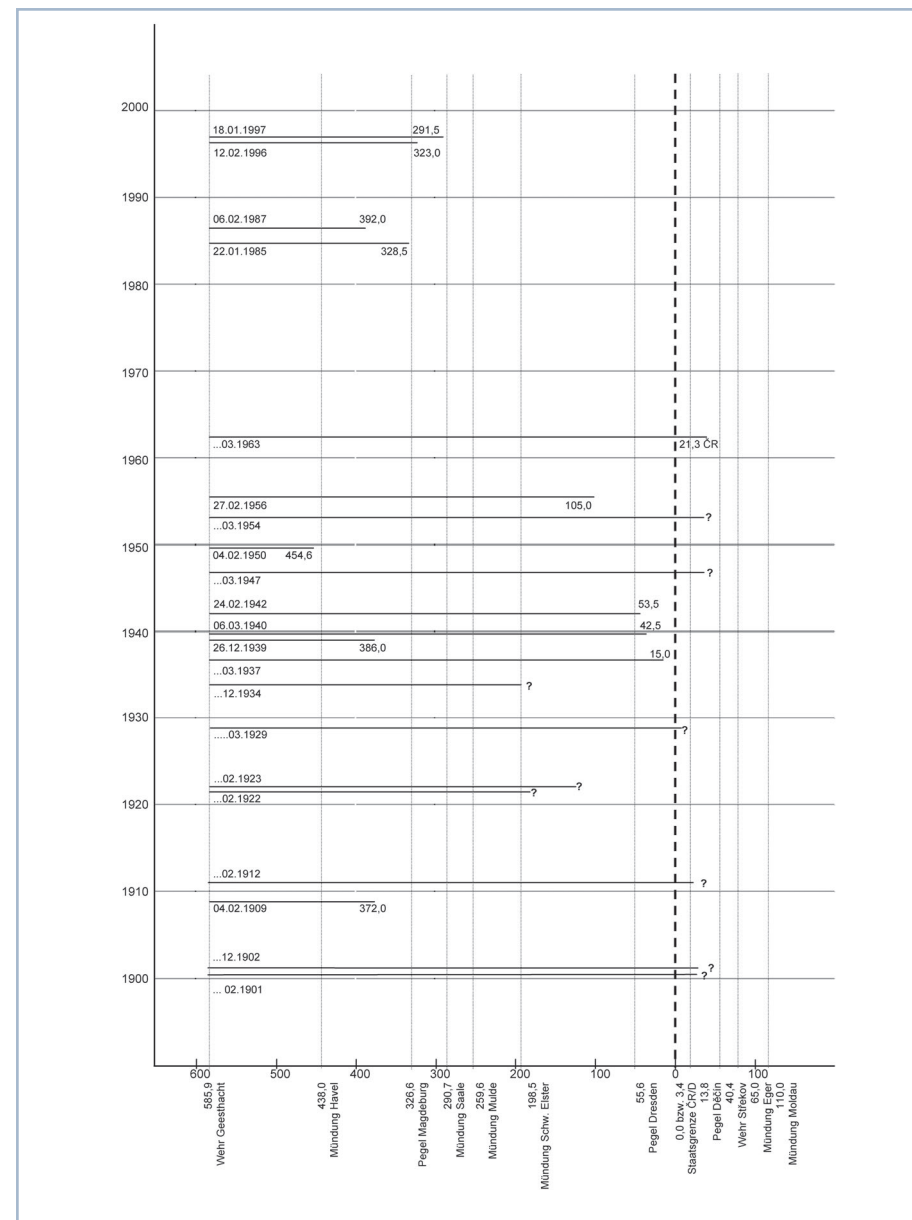


Abb. 5.3-5: Eisstandsverhältnisse mit Datum und Elbe-km der obersten Eisstandsgrenze im Längsschnitt der Elbe im 20. Jhd. (Es wurden nur geschlossene Eisdecken, die vom Standort des Wehres Geesthacht flussaufwärts über den Pegel Wittenberge hinausreichten, erfasst.) ? – Die genaue obere Eisstandsgrenze ist nicht bekannt.

Tab. 5.3-3: Eisstandsverhältnisse im 20. Jhd. an ausgewählten Pegeln der Elbe

Jahr	Pegel / Elbe-km				
	Dömitz / 504,7	Magdeburg / 326,6	Wittenberg/L. ²⁾ / 214,1	Dresden / 55,6	Děčín / - 13,8 ¹⁾
1901	07.01.1901 – 06.02.1901 31 Tage	11.01.1901 – 01.03.1901 41 Tage	36 Tage	08.01.1901 – 28.01.1901 21 Tage	04.01.1901 – 30.01.1901 27 Tage 18.02.1901 – 02.03.1902 13 Tage
1902	03.12.1902 – 26.12.1902 24 Tage	06.12.1902 – 24.12.1902 19 Tage	15 Tage	07.12.1902 – 20.12.1902 14 Tage	23.11.1902 – 27.11.1902 5 Tage 06.12.1902 – 19.12.1902 14 Tage
1912	16.01.1912 – 17.02.1912 33 Tage	18.01.1912 – 18.02.1912 32 Tage	29 Tage	19.01.1912 – 15.02.1912 28 Tage	16.01.1912 – 15.02.1912 31 Tage
1929	12.01.1929 – 15.03.1929 63 Tage	25.01.1929 – 15.03.1929 50 Tage	42 Tage	13.02.1929 – 13.03.1929 28 Tage	11.01.1929 – 15.03.1929 35 Tage
1947	22.12.1946 – 16.03.1947 77 Tage	04.01.1947 – 16.03.1947 72 Tage	69 Tage	04.02.1947 – 10.03.1947 35 Tage	06.01.1947 – 10.03.1947 33 Tage
1954	20.01.1954 – 07.03.1954 31 Tage	01.02.1954 – 21.02.1954 21 Tage	38 Tage	05.02.1954 – 07.03.1954 31 Tage	26.01.1954 – 07.03.1954 41 Tage
1963	27.12.1962 – 16.03.1963 52 Tage	01.02.1963 – 11.02.1963 12 Tage	54 Tage	31.01.1963 – 06.03.1963 35 Tage	16.01.1963 – 13.02.1963 29 Tage

- 1) wasserwirtschaftliche Kilometrierung der Elbe auf tschegischem Gebiet
 2) Originalunterlagen mit genauen Daten standen nicht mehr zur Verfügung.

Aus vorstehenden Abbildungen und Tabellen und der Betrachtung der einzelnen Ereignisse der aufgetretenen Eisverhältnisse ist Folgendes zu erkennen:

■ Eisstand auf großen Abschnitten der Elbe war bis Mitte des 20. Jhds. keine Seltenheit (Tab. 5.3-2, 5.3-3 und Abb. 5.3-5). Durch die zunehmende Industrialisierung und die damit verbundene Einleitung von warmen Abwässern hat aber die Häufigkeit und die Dauer der Perioden mit geschlossener Eisdecke abgenommen. Waren es am Pegel Magdeburg im 70-jährigen Zeitraum von 1831 bis 1900 insgesamt 42 Winter mit 1 366 Tagen Eisstand, so waren es im genauso langen Zeitraum 1901 bis 1970 nur noch 19 Winter mit Eisstand an 410 Tagen. Auch am Pegel Dresden gingen in den gleichen Zeiträumen die Eisstandstage von 284 auf 245 zurück (Tab. 5.3-2).

■ In den gleichen 70-jährigen Zeiträumen haben die Häufigkeit und Dauer der Perioden mit Treibeis abgenommen. Waren es am Pegel Magdeburg im Zeitraum 1831 bis 1900 noch 1 584 Tage mit Treibeis bzw. Eisgang, so waren es im Zeitraum 1901 bis 1970 nur noch 1 017 Tage (Tab. 5.3-2).



Abb. 5.3-6: Eisstand auf der Elbe bei Dömitz (Elbe-km 505) im Januar 1997



Abb. 5.3-7: Eisstand auf der Elbe am 22.01.1997 in der Stadtlage Schönebeck (Elbe-km 311)

5.3.3 Eisverhältnisse in der Tideelbe

■ Beobachtungen am Pegel Magdeburg ab 1830 zeigen, dass sich der Zeitpunkt der ersten Eisbildung durch Treibeis nach und nach vom November in die zweite Dezemberdekade verlagert hat.

■ Durch die Einleitung großer Mengen warmen Abwassers und durch die erhöhte Salzlast der Saale, vor allem in den 70er und 80er Jahren des 20. Jhds., wurde die Eisbildung auf der Mittleren Elbe weiter drastisch verhindert. Die Abwassereinleitungen führten in der Mittleren Elbe im Winter zur Erhöhung der Wassertemperatur um bis zu 3 °C. Eisstand beschränkte sich daher auch bei lang anhaltenden Kälteperioden meist auf den staugeregelten Abschnitt der Oberen Elbe in der Tschechischen Republik sowie auf den Abschnitt unterhalb der Havelmündung und auf die Untere Elbe.

■ Nach dem großen Eiswinter vom Januar/Februar 1963, der eine geschlossene Eisdecke vom Hamburger Raum bis 21 km auf das tschechische Gebiet zur Folge hatte, gab es keine Eisperiode mehr, bei der die obere Grenze des Eisstandes der Elbe bis in die Tschechische Republik reichte (Abb. 5.3-5).

■ Durch die Inbetriebnahme moderner Kläranlagen sowie die Stilllegung von Industrieunternehmungen, insbesondere der Zellstoff- und Papierindustrie und der chemischen Industrie, und Kraftwerken in den 90er Jahren des 20. Jhds. sind die Abwasserlast und die Erwärmung in der Elbe rapid abgesunken und dadurch in Frostperioden die Eisbildung wieder begünstigt worden. Im Februar 1996 war die Mittlere Elbe wieder bis Magdeburg und im Januar 1997 erstmals seit Februar 1963, also nach 34 Jahren, wieder fast bis zur Saalemündung (d. h. bis Elbe-km 291,5) auf einer Länge von 307 km vollständig zugefroren (Abb. 5.3-5).

Am Pegel Magdeburg wurden im Januar 1997 insgesamt 24 Tage mit Eisstand registriert (Abb. 5.3-4).

Die Eisprobleme in der Tideelbe **unterhalb vom Wehr Geesthacht bis Hamburg** entstehen überwiegend durch die pendelnde Tideströmung. Die Eisschollen werden nicht schnell genug abgeführt und wachsen bei anhaltendem Frost zu einer geschlossenen Eisdecke zusammen. Nachkommendes Treibeis wird festgehalten und es kommt zum Eisstand. In der Regel ist das Stromspaltungsgebiet der Elbe in Hamburg mit seinen Brückeneinbauten und der Pufferwirkung der Hafenbecken Ausgangspunkt für den Eisstand. Weiteres Treibeis sorgt dafür, dass sich der Eisstand stromaufwärts fortsetzt. Unter dem Druck des Eises können in kürzester Zeit auch mächtige Barrieren entstehen, die mehrere Meter stark sein können und somit zu Eisversetzungen führen. Diese kön-

nen auch bei Eisabgang über die Staustufe Geesthacht entstehen, da die Fließgeschwindigkeiten unterhalb des Wehres gering sind. Hier kann nur der Einsatz von Eisbrechern Abhilfe schaffen, um einen zu starken Wasseranstieg und eine Beschädigung der Deiche durch Eisschollen zu vermeiden (Abb. 5.3-8).

Die Eiskatastrophe von 1885, aber insbesondere die schwere Eiskatastrophe im Winter 1887/1888, bei der mehrere bis zu sechs Meter starke Eisversetzungen zu Deichbrüchen auf ca. 70 km Länge führten und es nur durch den Einsatz von fünf Dampfschleppern aus Hamburg gelang, weitere gefährliche Eisversetzungen zwischen Geesthacht und Lauenburg aufzubrechen, waren Anlass zum Aufbau einer Eisbrecherflotte, die speziell für die Elbebereiche von Hamburg flussaufwärts vorgesehen war. Bereits ein Jahr später konnte die ehemalige preußische Elbstrombauverwaltung in Magdeburg drei Dampfeisbrecher in Dienst stellen. Seitdem wurde die Eisbrecherflotte stetig verstärkt und technisch verbessert.

Unterhalb von Hamburg ist es seit dem Ausbau zur Seeschiffahrtsstraße nicht mehr zum Eisstand gekommen. Das milde maritime Klima, der ständige tidebedingte Wasseraustausch sowie der wesentlich größere Flussquerschnitt verhindern ähnlich gefährliche Eislagen, wie sie für die oberhalb Hamburgs liegenden Flussabschnitte der Elbe typisch sind. Außerdem sorgen Eisbrecher im Hafengebiet und auf der Elbe unterhalb Hamburgs dafür, dass bei dichten Treibeisfeldern der Seeschiffahrtsverkehr von und nach Hamburg nicht empfindlich gestört wird und der Fährverkehr möglichst nicht eingestellt werden muss.



Bezirksregierung Lüneburg

Abb. 5.3-8: Eisbrechereinsatz unterhalb des Wehres Geesthacht im Januar 1997

5.3.4 Gefährdung durch Eis

Hochwasser mit starkem Treibeis und Eisversetzungen sind besonders gefürchtete Naturereignisse. Das Verhalten des Eises ist oft unberechenbar. In sehr konkreter Weise haben die Winter 1986/87, 1995/96, 1996/97 und 2002/2003 darauf aufmerksam gemacht, dass Eiswinter auf der Elbe mit komplizierten Randbedingungen wie einer Hochwasserführung und der damit einhergehenden Vereisung der Vorländer sowie eintretender Eiszusammenschiebungen bis zwei Meter Dicke bzw. dem Entstehen von Eisversetzungen bis vier Meter Höhe nach wie vor aktuell sind. Bei den Eisverhältnissen können sich deshalb nachstehende Gefahrenmomente ergeben:

In der Phase des Eisstaus kommt es oberhalb eines Eisstandes zum **Anstieg der Wasserstände** bei weiterhin herantreibenden und sich zusammenschiebenden Eismassen. Sobald ein Fluss zugefroren ist, folgt er nicht mehr den Fließgesetzen des offenen Gerinnes, sondern denen geschlossener Rohrleitungen. Wegen der Reibung an der Eisdecke ist die mittlere Fließgeschwindigkeit bei gleichem Wasserstand gegenüber dem eisfreien Zustand geringer. Gegen und unter eine einmal entstandene Eisdecke schieben sich immer neue Eisschollen und engen den Abflussquerschnitt weiter ein. Dadurch kommt es oberhalb des Eisstandes zu einem starken Anstieg des Wasserstandes, dem so genannten Eishochwasser. In der *Tabelle 5.3-4* sind für drei ausgewählte Eisstandssituationen an der Elbe aus der jüngsten Zeit an ausgewählten Pegelstationen die Wasserstandserhöhungen infolge des Eisstandes ausgewiesen.

Aus der Tabelle ist ersichtlich, dass es durch den Eisstau zu dramatischen Wasserstandsanstiegen von über zwei Metern kommen kann, was bei großen Abflüssen zum Überströmen der Deiche und zu Deichbrüchen führen kann. Durch eine Eisversetzung am 10.01.1979 wurde am Pegel Darchau sogar ein Wasserstandswuchs von 3,41 m erreicht. Am 15.01.1987 wurde am Wehr Geesthacht durch den Eisstand ein Wasserstand erreicht, der 42 cm über dem Sturmflutwasserstand vom Januar 1976 lag. Der Freibord zur

erhöhten Deichkrone betrug aber noch 145 cm. Ein Vergleich des Freibordes zwischen dem maximalen Wasserstand beim Hochwasser vom Januar 2003, bei dem auf großen Strecken der Elbe ab Magdeburg über mehrere Tage ein dichtes Eistreiben bestand (*Abb. 5.3-9*), und den Deichoberkanten zeigt *Tabelle 5.3-5*.

Aus der Tabelle ist zu erkennen, dass an einigen Pegeln der vorhandene Freibord zwischen 158 und 189 cm lag. Er war teilweise nur 20 bis 30 cm größer als beim Hochwasser im August 2002. Wäre es also beim Hochwasser im Januar 2003 bei länger anhaltender Frostperiode zum Eisstand mit Wasserstandserhöhungen bis zu zwei Metern gekommen,

Tab. 5.3-4: Einfluss des Eisstandes auf die Wasserstände der Elbe an ausgewählten Pegeln

Pegel	Elbe-km	Eisstand Jan./Febr. 1987			Eisstand Jan./Febr. 1996			Eisstand Dez. 1996/Jan. 1997		
		Wasserstand			Wasserstand			Wasserstand		
		vor Eisstand [cm]	bei Eisstand [max. cm]	Aufhöhung [cm]	vor Eisstand [cm]	bei Eisstand [max. cm]	Aufhöhung [cm]	vor Eisstand [cm]	bei Eisstand [max. cm]	Aufhöhung [cm]
Boizenburg	559,5	473	587	114	191	310	119	187	285	98
Neu Darchau	536,4	577	688	111	269	374	105	256	379	123
Dömitz	504,7	441	553	112	212	319	107	183	341	158
Wittenberge	453,9	449	584	135	231	438	207	264	394	126
Tangermünde	388,2	—	—	—	240	537	297	287	480	193
Magdeburg	326,6	—	—	—	299	372	73	165	371	206
Barby	294,8	—	—	—	—	—	—	219	427	208

Tab. 5.3-5: Wasserstände beim Bemessungshochwasser für die Elbedeiche im Vergleich mit eingetretenen Hochwasserereignissen

Pegel	Elbe-km	Pegelnul [m ü. NN]	Bemessungshochwasser		Deichoberkante mit 1 m Freibord ²⁾ [cm am Pegel]	Hochwasser August 2002		Hochwasser Januar 2003	
			am Pegel ¹⁾ [cm]	absolute Höhe [m ü. NN]		am Pegel [cm]	Freibord [cm]	am Pegel [cm]	Freibord [cm]
Hohnstorf	568,9	± 0,00	940	9,40	1 040	870	170	851	189
Boizenburg	559,5	3,80	680	10,60	780	645	135	617	163
Neu Darchau	536,4	5,68	757	13,25	857	732	125	692	165
Dömitz	504,7	10,43	685	17,28	785	657	128	618	167
Schnackenburg	474,6	13,70	760	21,30	860	751	109	695	165
Wittenberge	453,9	16,72	745	24,17	845	734	111	674	171
Tangermünde	388,2	27,59	742	35,01	842	768	74	684	158

1) Das eisfreie Bemessungshochwasser der Elbe wurde 1983 mit 745 cm am Pegel Wittenberge bei einem Abfluss von 4 000 m³/s, was nach dem Hochwasser vom August 2002 einem HQ₁₀₀ entspricht, durch die gemeinsame Grenzgewässerkommission der Bundesrepublik Deutschland und der DDR ermittelt. Für den Pegel Neu Darchau wurden 757 cm und für den Pegel Boizenburg 680 cm als Bemessungswasserstand vereinbart. Grundlage ist die Hochwasserscheitellinie des Hochwassers vom März 1981 mit einem Zuschlag von 70 cm.

2) In Ortslagen wird oft ein Freibord von 1,20 m gewählt.



Abb. 5.3-9: Treibeis in der Stadtlage Magdeburg bei Durchgang des Hochwasserscheitels am 10.01.2003 mit 3 070 m³/s (HQ₂₀)

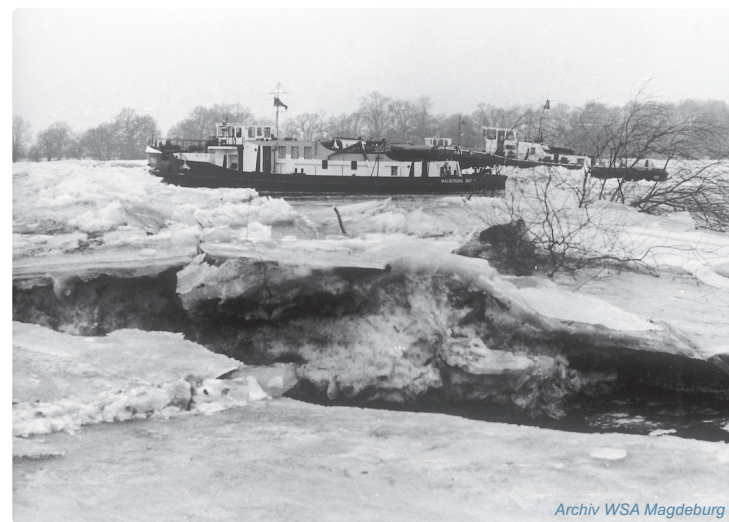


Abb. 5.3-10: Eisbrechereinsatz bei Elbe-km 415 am 06.02.1987 bei starken Eiszusammenschiebungen und teilweisen Eisversetzungen bis zu 4 m

hätte es an vielen Elbestrecken unterhalb von Magdeburg zum Überströmen der Deiche mit der Gefahr von schweren Deichbrüchen kommen können. Durch den bei Eishochwassern sehr schnell eintretenden Wasserspiegelanstieg verbleibt zur Eis- und Hochwasserabwehr nicht viel Reaktions- bzw. Vorbereitungszeit.

Eine besonders gefährliche Situation entsteht dann, wenn sich die Eisschollen auf die Deichkronen aufschieben und gestautes Wasser die Deichkrone überströmt. Das kann bis zur Zerstörung des Deiches führen, wie es z. B. beim Eishochwasser 1909 durch den Deichbruch bei Berge (Elbe-km 420) der Fall gewesen war.

Wenn in der Phase des Eisstaus weiterhin große Eismassen auf blockierend wirkende Brückenpfeiler und sonstige feste Flusseinbauten, natürliche Engstellen und scharfe Gewässerkrümmungen auflaufen, sich über und unter die Eisdecke schieben, kann sich eine **Eisversetzung** bilden (Abb. 5.3-10). Diese gilt von allen Erscheinungen des Eises als die gefährlichste. Die möglichen Auswirkungen der Eisversetzung sind analog wie beim Eisstand, aber mit größeren Gefahren.

Ist einmal Eisstand auf der Elbe eingetreten und hält die Frostperiode weiter an, dann wächst die Eisdecke durch die weiter zutreibenden Schollen rasch flussaufwärts an. Die Kenntnis der Geschwindigkeit der **Ausbreitung des Eisstandes** bzw. die Vorbaugeschwindigkeit ist entscheidend für die Einschätzung der Entwicklung der Gefahren

aus dem Eisstand. Durch die Auswertung historischer Eisstandsentwicklungen ergibt sich die in *Tabelle 5.3-6* dargestellte Übersicht:

Aus der Tabelle ist bei den einzelnen Eisstandsereignissen auf den ausgewählten Elbestrecken eine unterschiedliche

Tab. 5.3-6: Vorbaugeschwindigkeit der Eisstandsgrenzen entlang der Elbe für ausgewählte Eisstandsereignisse

Bereich/Elbe-km	Länge der Elbestrecke [km]	Ausbreitung der Eisstandsgrenzen					
		Januar/Februar 1987		Dezember 1996/ Januar 1997		langjähriges Mittel ¹⁾	
		[km/h]	[Std.]	[km/h]	[Std.]	[km/h]	[Std.]
Wehr Geesthacht/585,9 - Boizenburg/559,5	26,4	2,0	13	2,0	13		
Boizenburg/559,5 - Darchau/536,4	23,1	1,5	15	2,1	11	0,7	34
Darchau/536,4 - Dömitz/504,7	31,7	3,5	9	1,3	24	1,0	32
Dömitz/504,7 - Lenzen/484,6	20,1	1,8	11	3,4	6	1,4	14
Lenzen/484,6 - Wittenberge/453,9	30,7	1,5	21	3,8	8	1,1	29
Wittenberge/453,9 - Tangermünde/388,2	65,7	—	—	3,7	18	2,7	24
Tangermünde/388,2 - Magdeburg/326,6	61,6	—	—	1,4	45	0,6	108
Magdeburg/326,6 - Barby/294,8	31,8	—	—	0,1	263	0,6	55

1) Mittel von 27 Ereignissen des Eisstandes der Jahre 1901 bis 1963

Vorbaugeschwindigkeit der Eisstandsgrenze zu erkennen, so dass eine Prognose von Eisstandsentwicklungen nur bedingt möglich ist. Dabei ist auch zu beachten, dass es in den oberen Eisstandsbereichen oft zu Zusammenschiebungen des Eises kommt, wodurch eine Verringerung der Vorbaugeschwindigkeit eintritt.

Betrachtet man längere Abschnitte der Elbe, so dauerte z. B. die Entwicklung der Eisstandsgrenze von Boizenburg bis Wittenberge auf dem 105,6 km langen Abschnitt beim Eiswinter Januar/Februar 1987 insgesamt 56 Stunden, d. h. 2,3 Tage, beim Eiswinter Dezember 1996/Januar 1997 49 Stunden, d. h. 2 Tage, aber im langjährigen Mittel 109 Stunden, d. h. 4,5 Tage. Daraus könnte man eine Beschleunigung der Ausbreitung der Eisstandsgrenze in der jüngsten Vergangenheit schlussfolgern.

In den vergangenen Jahrhunderten kam es beim **Aufbruch des Eises** und einsetzendem Eisgang infolge von Tauwetter oft zu katastrophalen Eisversetzungen bzw. zu Hochwasserwellen. Das Eishochwasser vom Februar 1655, vor dem die Elbe in Dresden 15 Wochen lang zugefroren war, bewirkte nicht nur entlang der Elbe, sondern auch entlang der Moldau große Überschwemmungen und Zerstörungen. Analoge Auswirkungen hatte das Eishochwasser vom Februar/März 1784. Der gewaltige Aufbruch des Eises kündigte sich in Dresden unter lautem Krachen an und es kam zu einem unglaublich schnellen Anstieg des Wassers. So stieg der Wasserstand vom 28.02.1784 um 21.00 Uhr bis 01.03.1784 um 8.00 Uhr, d. h. innerhalb von 11 Stunden um 355 cm, d. h. pro Stunde um durchschnittlich 32 cm, und erreichte am 01.03.1784 mit 857 cm am jetzigen Pegel den Höchstwert. Bei diesem Eishochwasser wurde u. a. auch ein Pfeiler der Karlsbrücke in Prag zerstört und ein Pfeiler der Dresdner Brücke erlitt großen Schaden. Bereits im folgenden Winter 1784/85 hatte die Elbe in Dresden über einen Zeitraum von 108 Tagen Eisstand.

Aus den vorangegangenen Eishochwassern wurden erste Maßnahmen des vorbeugenden Hochwasserschutzes abgeleitet. Nach einer kurfürstlichen Verfügung vom Februar 1785 sollten reitende Boten ab der Sächsischen Grenze bei Bad Schandau den Eisauflauf und die aus Böhmen herannahende Wasserflut melden. Später wurden an exponierten Stellen entlang der tschechischen und deutschen Elbe bis Barby Signalkanonen aufgestellt, die durch Böllerschüsse vor dem Eisauflauf warnten (Abb. 5.3-11). Erstmalig verkündeten sie

beim Eishochwasser im Januar 1789 den Aufbruch und die Ankunft des Eises. Der erste Posten der Signalkanonen auf sächsischem Gebiet befand sich auf der Festung Königstein, der bei Eisauflauf drei Kanonenschüsse abzugeben hatte.

Heute werden geschlossene Eisdecken und Eisversetzungen in der Elbe in Deutschland zur Vermeidung von Eishochwassern und im Interesse der Schifffahrt durch Eisbrecher aufgebrochen (Abb. 5.3-12). Die Wasser- und Schifffahrtsdirektion

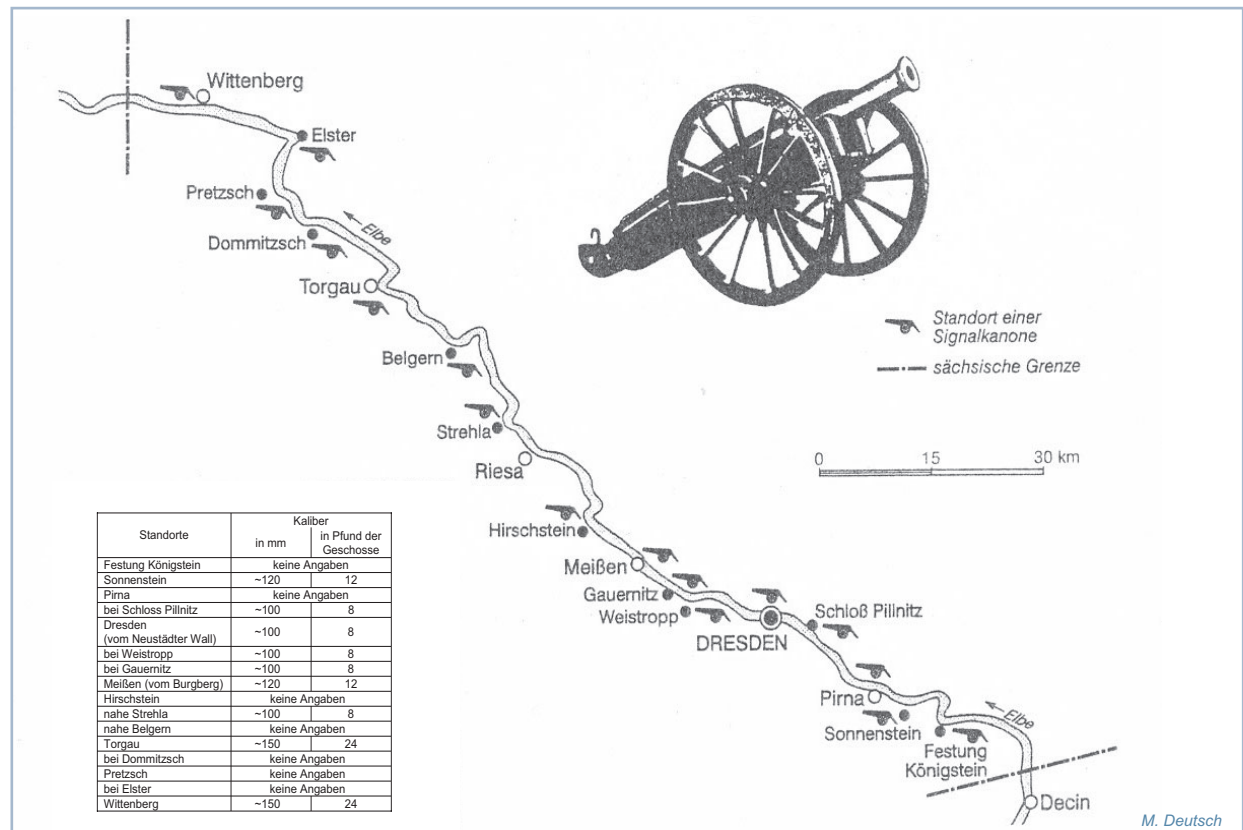


Abb. 5.3-11: Standorte der Signalkanonen zur Eis- und Hochwasserwarnung entlang der Elbe von der Festung Königstein bis Wittenberg im Jahre 1789

Ost hat eine eigene Eisdienstvorschrift. Sie umfasst die Eisbeobachtungen, Eismeldungen, Eiswarnungen, Sicherheitsmaßnahmen für die Schifffahrt und die verkehrsbezogene Eiskämpfung. Eiswarnungen werden herausgegeben, wenn mit lokalen oder regionalen Gefährdungen von Personen und Sachgütern infolge von Vereisung zu rechnen ist.

Eiswarnungen kommt auch in Zukunft eine große Bedeutung zu, weil infolge der Trendumkehr des anthropogenen

Wärmeeintrages in die Gewässer im Einzugsgebiet der Elbe ab 1991 durch Stilllegungen von Industriebetrieben und Kraftwerken sowie die verbesserte Abwasserbehandlung in Zukunft bei länger anhaltenden Frostperioden wieder mit einer verstärkten Eisbildung auf der Mittleren Elbe zu rechnen ist. Die obere Grenze des Eisstandes wird sich dadurch wieder öfter weiter flussaufwärts einstellen.

Eisschollen können beim Eisgang durch ihre Schäl- und Rammkraft Schäden großen Ausmaßes an Deichen, Ufern

und Bauwerken im und am Fluss bewirken. Rasenschälungen an den wasserseitigen Böschungen der Deiche können eine Gefährdung der Standsicherheit zur Folge haben. Beim Hochwasser im Januar 2003 kam es durch die hohe Fließgeschwindigkeit unterhalb der Mündung der Havel in die Elbe in zahlreichen Bögen infolge von Eisschälungen zu bedeutenden Schäden an der Deichböschung mit massivem Volumenverlust im Deichkörper (Abb. 5.3-13).



Abb. 5.3-12: Eisbrechereinsatz im Verband auf der Elbe oberhalb Tangermünde (Elbe-km 392) am 26.02.1996



Abb. 5.3-13: Deichschäden am rechten Elbedeich mit vorgelagertem Deckwerk oberhalb Müggendorf (Elbe-km 464) infolge des Eisganges im Januar 2003

5.4 Hochwasser

*Wem das Wasser bis zum Hals steht,
sollte den Kopf nicht hängen lassen.
(Ulrich Steger)*

Hochwasser und damit verbundene Überschwemmungen sind eine Folge meteorologischer Ereignisse, sie haben eine natürliche Ursache und sind untrennbarer Bestandteil des Wasserkreislaufes in der Natur. Diese Naturereignisse werden dann zur Katastrophe, wenn sie schwerwiegende Folgen für den Menschen und die Umwelt mit sich bringen.

Hochwasser hat es seit Urzeiten immer gegeben und wird es auch in Zukunft geben. Quellen des Hochwassers sind der Regen und/oder das bei Tauwetter aus Schnee freigesetzte Schmelzwasser. Maßgebend für die Höhe von Hochwassern sind neben der mengenmäßigen, zeitlichen und räumlichen Verteilung des Niederschlages die Speicherwirkungen von Bewuchs, Boden, Gelände und Gewässernetz. Erst wenn diese Speicherwirkung insgesamt überlastet ist, verschärft sich die Abflusssituation sprunghaft.

Nach den Ursachen der Hochwasserentstehung gibt es im Einzugsgebiet der Elbe folgende wichtige Hochwassertypen:

- Winter- und Frühjahrshochwasser, die durch das Schmelzen der Schneedecke, überwiegend in Kombination mit Regen, hervorgerufen werden
- durch lang anhaltenden großflächigen Regen hervorgerufene Sommerhochwasser
- Sommerhochwasser, die durch kurzzeitige Starkniederschläge, die nur ein relativ kleines Gebiet erfassen, hervorgerufen werden.

Hohe Wasserstände können auch durch Eisverhältnisse (siehe Kapitel 5.3), Treibgut und Geröll entstehen.

Hochwasser können nicht verhindert, ihre Schäden aber in Verbindung mit Frühwarnung und Vorhersage des Hochwasserlaufes durch geeignete technische Maßnahmen, insbesondere bei kleinen und mittleren Hochwassern, begrenzt werden. Deshalb ist und bleibt der technische Hochwasserschutz ein wichtiges Element des Hochwasserschutzes. Dabei ist aber zu beachten, dass es einen absoluten Schutz vor Hochwasser nicht gibt. Deshalb werden technische Maßnahmen für ein gewähltes Hochwasserschutzniveau durchgeführt, das auf der Grundlage des Bemessungshochwassers festgelegt wird.

Unstrittig ist aber auch, dass der Mensch in den Naturhaushalt und den Wasserkreislauf eingegriffen und in vielen Fällen die Hochwassersituation positiv oder negativ beeinflusst hat. Eingriffe in die natürlichen Speichereigenschaften von Bewuchs, Boden, Gelände und Gewässernetz haben häufig negative Auswirkungen auf das Hochwassergeschehen. Talsperren und Rückhaltebecken können dagegen, je nach Größe des Hochwassers, eine Minderung der Hochwasserwelle bewirken (siehe Kapitel 3.3). Extreme Hochwasserereignisse sind von anthropogenen Wirkungen im Einzugsgebiet jedoch kaum beeinflusst.

Der Hochwasserschutz hat in den letzten Jahrzehnten ein immer größer werdendes Gewicht erhalten, da sich die volkswirtschaftlichen Vermögenswerte in den zu schützenden Gebieten ständig vermehrt haben. In stark besiedelten Gebieten kön-

nen Hochwasser in kürzester Zeit Millionenschäden verursachen, was durch Hochwasser am Rhein im Dezember 1993 und Januar 1995, im Einzugsgebiet der Saale im April 1994, an der Oder und March (Morava) im Juli 1997, in den Gebirgslagen der Oberen Elbe im Juli 1997 und Juli 1998 und an der Moldau und Elbe im August 2002 eindeutig bewiesen wurde.

Die Erfahrungen aus den Hochwassern in den letzten Jahren haben gezeigt, dass

- grundsätzlich flussgebietsbezogene Betrachtungen zum Hochwasserschutz unabhängig von politischen und staatlichen Grenzen erforderlich sind
- innerhalb eines Flussgebiets die Unterlieger durch Maßnahmen der Oberlieger beeinflusst werden
- Hochwasserschutzinteressen an grenzüberschreitenden Gewässern international koordiniert werden müssen und der vorbeugende Hochwasserschutz nach abgestimmten Kriterien durchgeführt werden sollte.

5.4.1 Hochwasserregime der Elbe

Wegen der Höhenlage des Einzugsgebiets ist das Abflussverhalten der Elbe wesentlich durch Schneespeicherung und Schneeschmelze beeinflusst. Die Elbe gehört deshalb zu den Flüssen des Regen-Schnee-Typs. Das Abflussverhalten wird daher vorwiegend durch Winter- und Frühjahrshochwasser geprägt. Deshalb beträgt der Abflussanteil im hydrologischen Winterhalbjahr über 60 % des mittleren Jahresabflusses und weniger als 40 % im Sommerhalbjahr (siehe Kapitel 5.6.2). Die überwiegende Zahl bedeutender Hochwasserereignisse

in der Elbe entsteht hauptsächlich infolge intensiver Schneeschmelze bis in die Kammlagen der Mittelgebirge in Verbindung mit großflächigem ergiebigem Regen. Die Abflussfülle der Hochwasserwellen ist groß. Schneeschmelze allein löst aber keine großen Hochwasser in der Elbe aus.

Bei Betrachtung der Jahresreihe 1890 bis 2002 ist zu erkennen, dass in der Oberen Elbe 70 bis 75 % der jährlichen Hochwasser im hydrologischen Winterhalbjahr aufgetreten

sind, in der Mittleren Elbe sind es sogar über 80 %. Einzelheiten sind aus *Tabelle 5.4-1* zu entnehmen. Der März erweist sich dabei mit über 25 % als der an Hochwasserereignissen reichste Monat. Der trockenste Monat im hydrologischen Winterhalbjahr ist der November mit 0,9 % bis 1,8 % der jährlichen Hochwasser.

Auf das hydrologische Sommerhalbjahr entfallen in der Oberen Elbe 25 bis 30 % aller jährlichen Hochwasser der Jahresreihe 1890 bis 2002, während es in der Mittleren Elbe fast 20 % sind (*Tab. 5.4-1*). Die trockensten Monate im Sommerhalbjahr sind September und Oktober. Abweichungen treten nur am Pegel Brandýs n. L. im Juni und September auf.

Alle bedeutenden Hochwasserereignisse in der Elbe in den Sommermonaten entstehen durch großflächigen mehrtägigen ergiebigen Regen. Infolge ihrer räumlichen Begrenztheit führen sommerliche Starkniederschläge häufig zu extremen Hochwasserereignissen in kleinen und auch in großen Nebenflüssen der Elbe, die jedoch nur unbedeutende Hochwasser in der Elbe zur Folge haben.

Die Zusammenstellung der größten jährlichen Winter- und Sommerhochwasser am Pegel Dresden ist aus *Tabelle 5.4-2* und einer Übersicht aller jährlichen Hochwasser aus *Abbildung 5.4-1* ersichtlich.

Große Elbehochwasser entstehen gewöhnlich auf dem Gebiet der Tschechischen Republik, in dem 33,7 % des Einzugsgebiets der Elbe liegen. Größe und Verlauf eines Hochwassers in der sächsischen Elbe werden durch den Entstehungsprozess in Böhmen bestimmt. Selbst Extremhochwasser in den deutschen Flussgebieten, wie das Julihochwasser 1927 sowie das Augushochwasser 2002 aus dem Osterzgebirge und das Aprilhochwasser 1994 in der Saale, führen nur kurzzeitig zu einem Wasseranstieg in der Elbe.

Tab. 5.4-1: Innerjährliche Verteilung der jährlichen Hochwasserscheitelabflüsse in der Elbe im Zeitraum 1890 - 2002 (113 Jahre)

Pegel	Anzahl der Hochwasser in den Monaten und ihre prozentuale Verteilung												Winter- halbjahr [Anzahl] [%]	Sommer- halbjahr [Anzahl] [%]
	Hydrologisches Winterhalbjahr						Hydrologisches Sommerhalbjahr							
	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X		
Brandýs n. L.	1	7	16	21	29	11	8	2	5	5	6	2	85	28
	0,9 %	6,2 %	14,1 %	18,6 %	25,7 %	9,7 %	7,1 %	1,8 %	4,4 %	4,4 %	5,3 %	1,8 %	75,2 %	24,8 %
Ústí n. L.	1	4	8	27	32	8	8	7	6	7	3	2	80	33
	0,9 %	3,5 %	7,1 %	23,9 %	28,3 %	7,1 %	7,1 %	6,2 %	5,3 %	6,2 %	2,6 %	1,8 %	70,8 %	29,2 %
Děčín	1	6	7	26	32	9	7	6	6	7	4	2	81	32
	0,9 %	5,3 %	6,2 %	23,0 %	28,3 %	8,0 %	6,2 %	5,3 %	5,3 %	6,2 %	3,5 %	1,8 %	71,7 %	28,3 %
Dresden	1	3	10	25	32	9	7	6	7	6	4	3	80	33
	0,9 %	2,7 %	8,8 %	22,1 %	28,3 %	8,0 %	6,2 %	5,3 %	6,2 %	5,3 %	3,5 %	2,7 %	70,8 %	29,2 %
Barby	2	2	17	20	30	20	9	4	2	3	2	2	91	22
	1,8 %	1,8 %	15,0 %	17,7 %	26,5 %	17,7 %	8,0 %	3,5 %	1,8 %	2,6 %	1,8 %	1,8 %	80,5 %	19,5 %
Wittenberge	1	3	17	16	30	24	7	5	2	2	3	3	91	22
	0,9 %	2,7 %	15,0 %	14,2 %	26,5 %	21,2 %	6,2 %	4,4 %	1,8 %	1,8 %	2,7 %	2,6 %	80,5 %	19,5 %
Neu Darchau	1	3	18	15	30	24	8	5	2	1	3	3	91	22
	0,9 %	2,7 %	15,9 %	13,3 %	26,5 %	21,2 %	7,1 %	4,4 %	1,8 %	0,9 %	2,7 %	2,6 %	80,5 %	19,5 %

Tab. 5.4-2: Übersicht über die größten jährlichen Winter- und Sommerhochwasser (1890 - 2002) mit einem Abfluss über 2 100 m³/s (HQ_z) am Pegel Dresden

Lfd. Nr.	Winterhochwasser			Sommerhochwasser		
	Datum	Wasserstand [cm]	Abfluss [m³/s]	Datum	Wasserstand [cm]	Abfluss [m³/s]
1.	17.03.1940	778	3 360	17.08.2002	940	4 580
2.	11.04.1900	773	3 200	06.09.1890	837	4 350
3.	17.01.1920	772	3 190	07.05.1896	732	3 070
4.	27.03.1895	734	3 040	02.08.1897	708	2 840
5.	10.04.1941	715	2 700	22.06.1926	698	2 591
6.	05.02.1923	717	2 695	12.07.1954	674	2 350
7.	09.03.1891	692	2 560	23.07.1981	663	2 310
8.	17.03.1947	667	2 380	10.10.1915	670	2 280
9.	12.02.1946	668	2 310			
10.	19.04.1917	660	2 210			
11.	12.02.1948	650	2 180			
12.	07.02.1909	658	2 170			
13.	15.03.1981	652	2 220			
14.	30.03.1924	638	2 140			

Ohne Hochwasser aus der Oberen Elbe entstehen demzufolge selbst bei sehr hohem Zufluss aus den Nebenflüssen der Mittleren Elbe wie Schwarze Elster, Mulde, Saale und Havel in der Mittleren Elbe keine bedeutenden Hochwasserwellen. Je nach zeitlichem Verlauf des Abtauprozesses der Schneedecke und des Eintritts ergiebigen Regens in den Nebenflussgebieten mit hohem Mittelgebirgsanteil (Mulde und Saale) erreichen die Hochwasserwellen der Nebenflüsse die Elbe vor oder nach Durchgang der Elbehochwasserwelle, sehr selten treffen die Scheitelabflüsse zusammen.

Die Entstehung von Hochwasser in der Oberen Elbe wird durch den Zufluss der Moldau, deren Einzugsgebiet bei der Mündung der Elbe mehr als doppelt so groß ist wie das der Elbe, entscheidend bestimmt. Dies ist auch aus dem Vergleich der historischen Hochwasser in der Moldau am Pegel Prag und in der Elbe an den Pegeln Děčín und Dresden ersichtlich (Abb. 5.4-1 bis Abb. 5.4-3). Zu sieben großen

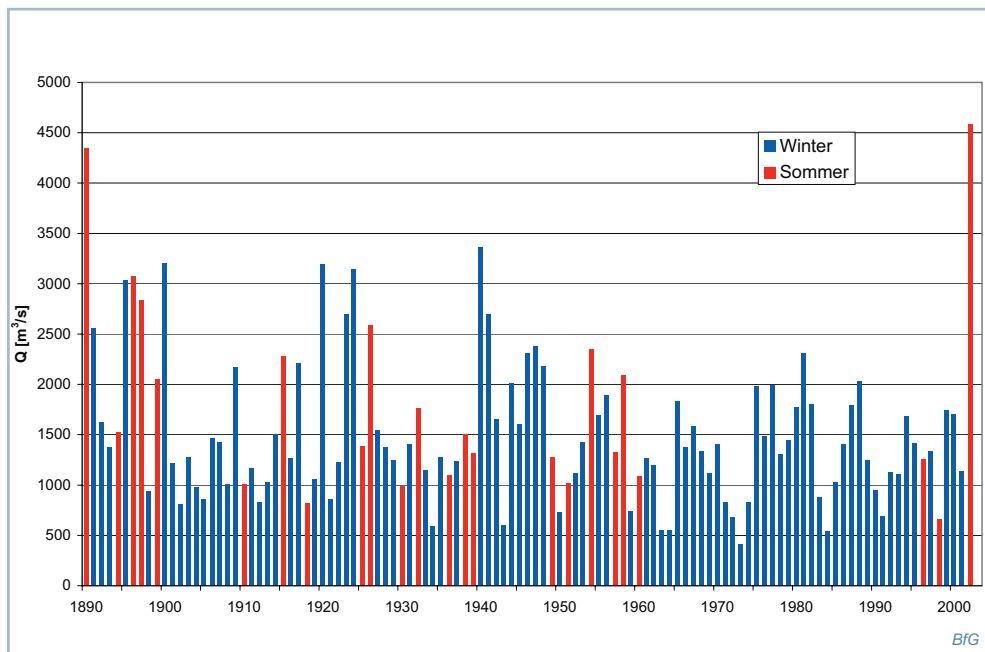


Abb. 5.4-1: Jährliche Hochwasserscheitelabflüsse am Pegel Dresden (Jahresreihe 1890 - 2002)

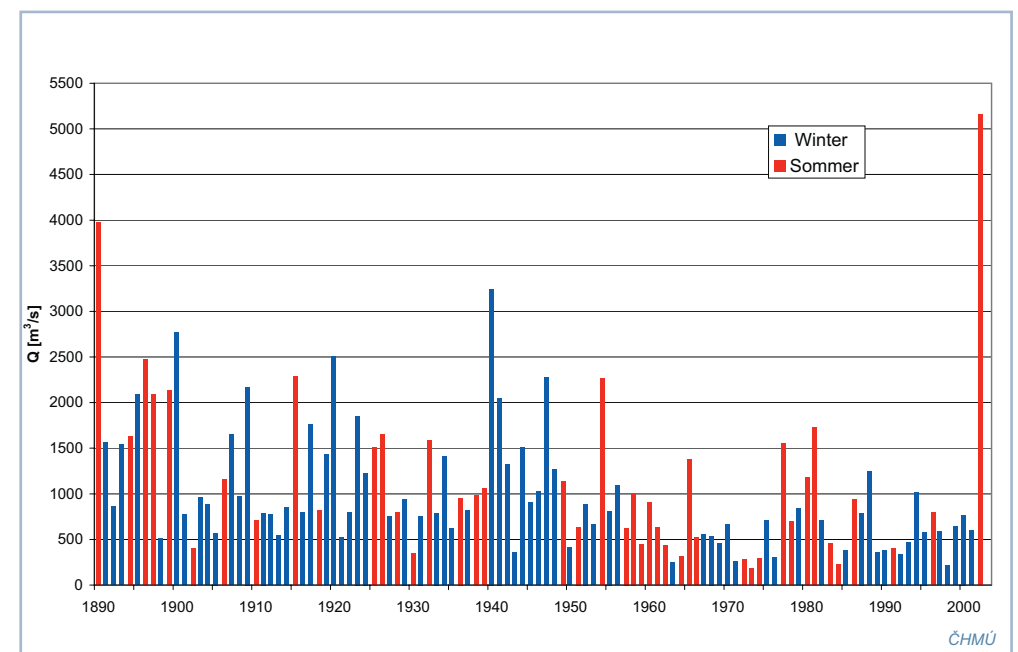


Abb. 5.4-2: Jährliche Hochwasserscheitelabflüsse am Pegel Prag (Jahresreihe 1890 - 2002)

Hochwassern seit 1890 in Dresden ($> 3\,000\text{ m}^3/\text{s}$) und sechs großen Hochwassern in Dčín ($> 3\,000\text{ m}^3/\text{s}$) gibt es in sechs Fällen in Prag Entsprechungen. Daraus lässt sich folgern, dass die größten Elbehochwasser in Dresden in der Regel Moldauhochwasser sind.

In Abhängigkeit von der Wasserführung der Nebenflüsse im Bereich der Mittleren Elbe können dort große Hochwasserwellen aus der Oberen Elbe noch verstärkt werden. Hochwasserwellen der Oberen Elbe mit geringer Abflussfülle flachen sich unterhalb von Dresden immer mehr ab. Durch die noch vorhandenen $1\,015\text{ km}^2$ großen natürlichen Überschwemmungsflächen entlang der Elbe auf deutschem Gebiet bis zum Wehr Geesthacht können die Hochwasser-

scheitel zeitlich verzögert und in einem begrenzten Umfang auch gesenkt werden.

Die Größe der noch vorhandenen natürlichen Überschwemmungsgebiete der Elbe, dargestellt an der Breite der Überschwemmungsflächen zwischen den Deichen bzw. Deich und Hochufer ist an ausgewählten Profilen der Elbe aus *Tabelle 5.4-3* zu entnehmen.

Die Darstellungen eines Überschwemmungsgebiets bei Hochwasser und bei normaler Wasserführung vom gleichen Standort in der *Abbildung 5.4-4* zeigen die noch recht großen Flächen an der Elbe, die bei Hochwasser überflutet werden. Diese Flächen gilt es zu erhalten und durch

Deichrückverlegungen an geeigneten Standorten zu vergrößern. Dazu sind 15 Standorte vorgesehen.

Merkbare Reduzierungen von Hochwasserscheiteln der Elbe können aber nur durch gesteuerte Flutungspolder erreicht werden, was die Flutung der Havel und deren Polder sowie die zahlreichen Deichbrüche beim Hochwasser im August 2002 gezeigt haben. Deshalb sollen auch in den nächsten Jahren 16 Standorte entlang der Elbe auf deutschem Gebiet hinsichtlich des Effektes der Hochwasserscheitelabsenkung durch den Betrieb von Flutungspoldern untersucht werden.

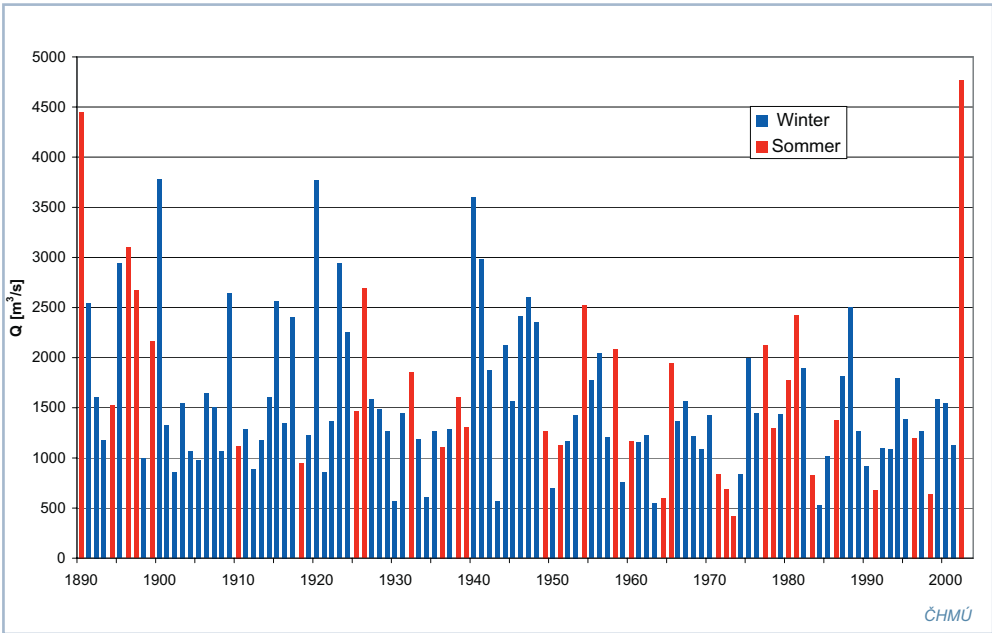


Abb. 5.4-3: Jährliche Hochwasserscheitelabflüsse am Pegel Dčín (Jahresreihe 1890 - 2002)

Tab. 5.4-3: Breite der natürlichen Überschwemmungsgebiete entlang der Elbe an ausgewählten Profilen

Ausgewähltes Profil der Elbe		Breite des natürlichen Überschwemmungsgebietes [m]
Örtliche Lage	Elbe-km	
Oberhalb Klöden-Bösewig	191	3 400
Mündung der Schwarzen Elster	198,5	3 450
Wittenberg/L.	214	2 000
Oberhalb Coswig	229	5 200
Roßlau oberhalb der Muldemündung	256	4 100
Unterhalb Aken	277	2 950
Unterhalb der Mündung der Saale	291	4 200
Unterhalb Barby (Eisenbahnstrecke)	294	2 800
Abzweig Alte Elbe zum Pretziener Wehr	300,7	3 000
Magdeburg-Rothensee/Gerwisch	332	3 350
Elbe Abstiegskanal – Lostau (Alte Elbe)	337	3 200
Autobahnbrücke Hohenwarthe	338,5	1 200
Unterhalb Rogätz (Kiesgrube)	354	3 000
Buch-Jerichow	383	3 300
Arneburg	404	850
Oberhalb Werben (bis zur Havel)	427	2 900
Beuster	446	3 700
Straßenbrücke Wittenberge	456,3	1 400
Cumlosen	469	2 700



M. Simon

Abb. 5.4-4: Elbe bei Apollensdorf unterhalb Wittenberg/L. (Elbe-km 224) beim Hochwasser am 07.03.1999 bei einem Abfluss von 1 900 m³/s (oben) und Vergleichsaufnahme am 29.05.1999 bei einem Abfluss von 215 m³/s (unten) am Pegel Wittenberg/L.



M. Simon

5.4.2 Historische Hochwasser

Zur Beurteilung von historischen Hochwassern der Elbe wurden Pegel ausgewählt, deren hydrologische Charakteristika in *Tabelle 5.4-4* aufgeführt sind.

In folgender *Tabelle 5.4-5* sind alle größeren Hochwasserereignisse ab 1845 an den ausgewählten Pegeln dargestellt. Dabei wurde der Pegel Dresden als Bezugspegel ausgewählt, bei dem alle Hochwasser mit einem Wasserstand über 650 cm aufgeführt sind. An den anderen Pegeln wurden die dem gleichen Hochwasser in Dresden entsprechenden Wasserstände und Abflüsse dargestellt. Dadurch ist eine Längsschnittbetrachtung der Elbe möglich. Die Reihenfolge der Hochwasser an den anderen Pegeln entspricht dabei aber oft nicht der Einordnung nach der Größe.

Bei den Angaben der Wasserstände wurden die Tieferlegungen der Pegelnullpunkte wie folgt berücksichtigt:

- Pegel Ústí n. L. am 01.11.1939 um 2,00 m
- Pegel Děčín am 01.11.1939 um 2,00 m
- Pegel Dresden am 01.12.1935 um 3,00 m;
- Pegel Barby am 01.11.1935 um 1,00 m;
- Pegel Wittenberge am 01.11.1935 um 1,00 m und
- Pegel Darchau am 01.11.1935 um 2,00 m.

Die vor diesen Zeiträumen gemessenen Wasserstände wurden auf den derzeitigen Pegelnullpunkt umgerechnet. Die Wasserstände für Brandýs n. L. sind durch die Staustufe und in Prag durch mehrfachen Standortwechsel des Pegels beeinflusst.

Aus der Tabelle ist zu entnehmen, dass, bezogen auf den Pegel Dresden, das Hochwasser vom März 1845 das größte im 19. Jhd., das Hochwasser vom März 1940 das größte im 20. Jhd. und das Hochwasser vom August 2002 das bisher größte im 21. Jhd. ist.

Die graphischen Darstellungen der jährlichen Hochwasserscheitelabflüsse an den Pegeln Prag, Děčín und Dresden

Tab. 5.4-4: Übersicht ausgewählter Pegel für die Betrachtung von historischen Hochwassern

Pegel/ Wasserlauf	Einzugs- gebiet [km ²]	Elbe- km ¹⁾	Beginn der regelmä- ßigen Beobach- tungen [Jahr]		Mittlerer Niedrig- wasser- abfluss ²⁾ [m ³ /s]	Mittlerer Niedrig- wasser- stand ²⁾ [cm]	Mittlerer Abfluss ²⁾ [m ³ /s]	Mittlerer Wasser- stand ²⁾ [cm]	Mittlerer Hoch- wasser- abfluss ²⁾ [m ³ /s]	Mittlerer Hoch- wasser- stand ²⁾ [cm]
			Wasser- stand	Abfluss						
Brandýs n. L./Elbe	13 111	137,1	1883	1911	27,5	⁵⁾	101	⁵⁾	557	⁵⁾
Praha ³⁾ - Chuchle/Moldau	26 720	61,6 ⁴⁾	1827	1827	44,8	39 ³⁾	143	65 ³⁾	841	188 ³⁾
Ústí n. L./ Elbe	48 557	38,7	1851	1941	91,6	146	292	247	1 390	610
Dresden/Elbe	53 096	55,6	1776	1806	106	81	324	189	1 410	503
Barby/Elbe	94 060	294,8	1883	1841	202	101	554	237	2 020	514
Wittenberge/Elbe	123 532	453,9	1899	1848	273	139	678	282	1 910	521
Darchau bzw.	131 950	535,8	1869	1874	276	151	711	296	1 920	551
Neu Darchau/Elbe		536,4	1945	1945						

1) getrennt nach deutscher und tschechischer Kilometrierung

2) Jahresreihe 1931-2000

3) Standort des Pegels in Prag wurde mehrfach geändert

4) oberhalb der Mündung in die Elbe

5) Wasserstand wird durch die Staustufe Brandýs n. L. beeinflusst

sind bereits im Zusammenhang mit den Erläuterungen zu Beginn dieses Kapitels eingeordnet worden. Ergänzend und zur Erläuterung vorstehender Tabelle verdeutlicht *Abbildung 5.4-5* die jährlichen Hochwasser am Pegel Neu Darchau.

Bei der Längsschnittbetrachtung der Hochwasser in der Elbe ist zu beachten, dass viele Hochwasser des 19. Jhds. durch Deichbrüche und starke Eisverhältnisse beeinflusst wurden.

Beim Hochwasser im März/April 1845 sind z. B. allein auf der Elbestrecke Mühlberg (Elbe-km 127) bis Wittenberg/L. (Elbe-km 214) insgesamt 70 Deichbrüche aufgetreten. Weitere Deichbrüche waren bei Rehse, Dellnau, Dessau und Kühnau im Zeitraum 31.03. bis 02.04.1845, bei Aken und Grieben

am 03.04.1845, bei Ferchland, Fischbeck, Hohengören und Lübars am 04.04.1845 und bei Jogel und Lüttgenwisch

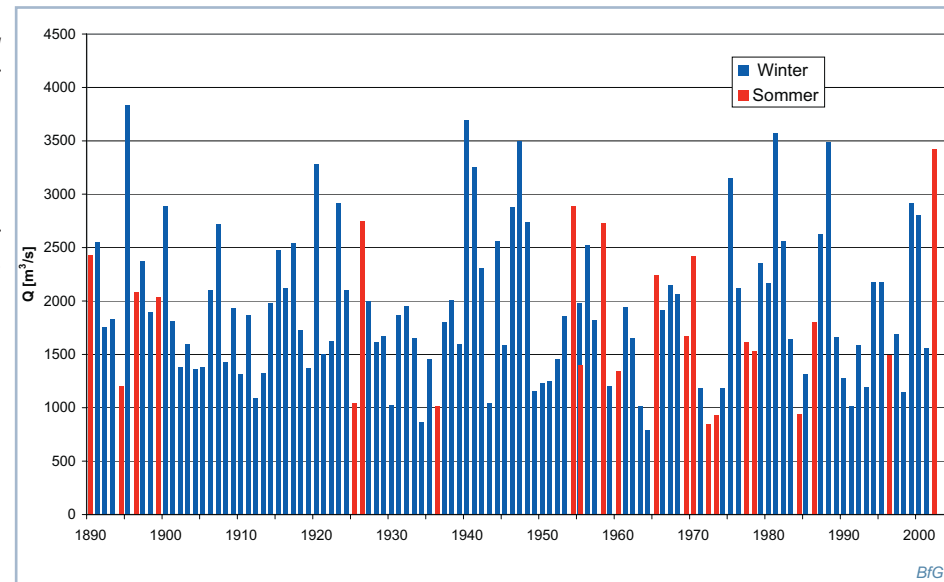


Abb. 5.4-5: Jährliche Hochwasserscheitelabflüsse am Pegel Neu Darchau (Jahresreihe 1890 - 2002)

Tab. 5.4-5: Übersicht über die größten Hochwasserereignisse an ausgewählten Pegeln ab 1845. Die Reihenfolge richtet sich nach der Höhe des Wasserstandes über 650 cm am Pegel Dresden

Pegel Brandýs n. L.		Pegel Prag		Pegel Ústí n. L.			Pegel Dresden			Pegel Barby			Pegel Wittenberge			Pegel Darchau		
Datum	Q [m³/s]	Datum	Q [m³/s]	Datum	W [cm]	Q [m³/s]	Datum	W [cm]	Q [m³/s]	Datum	W [cm]	Q [m³/s]	Datum	W [cm]	Q [m³/s]	Datum	W [cm]	Q [m³/s]
15.08.2002	529	14.08.2002	5 160	16.08.2002	1 196	4 700	17.08.2002	940	4 580	19.08.2002	701	4 320	20.08.2002	734	3 830	23.08.2002	732	3 420
30.03.1845	1 560	29.03.1845	4 500	30.03.1845	1 119	5 350	31.03.1845	877	5 700	03.04.1845	733	5 020	04.04.1845	707		1845	694	
07.09.1890	469	04.09.1890	3 975	06.09.1890	1 005	4 400	06.09.1890	837	4 350	09.09.1890	652	3 710	14.09.1890	642		17.09.1890	617	2 430
1862		02.02.1862	3 950	03.02.1862 ¹⁾	1 101 ¹⁾	4 820 ¹⁾	03.02.1862	824	4 490	09.02.1862	678	4 140	13.02.1862	730		1862	714	
15.03.1940	832	15.03.1940	3 245	16.03.1940	923	3 560	17.03.1940	778	3 360	19.03.1940	659	4 070	21.03.1940	701	3 430	01.04.1940	700	3 620
1876		19.02.1876	2 674	20.02.1876 ¹⁾	1 006 ¹⁾	4 210 ¹⁾	20.02.1876	776	3 290	23.02.1876	703	4 550	01.03.1876	714		03.03.1876	698	3 490
09.04.1900	518	09.04.1900	2 770	10.04.1900	922	3 600	11.04.1900	773	3 200	13.04.1900	658	3 990	16.04.1900	656	2 920	19.04.1900	645	2 890
16.01.1920	1 410	15.01.1920	2 503	16.01.1920	928	3 650	17.01.1920	772	3 190	19.01.1920	683	4 650	23.01.1920	715	3 590	26.01.1920	701	3 290
1865		08.04.1865	2 370	10.04.1865 ¹⁾	880 ¹⁾	3 390 ¹⁾	12.04.1865	748	3 300	13.04.1865	675	4 090	17.04.1865	704		...04.1865	683	
02.04.1895	572	26.03.1895	2 090	28.03.1895	826	2 790	27.03.1895	734	3 040	31.03.1895	678	4 140	02.04.1895	730		07.04.1895	724	3 840
08.05.1896	456	06.05.1896	2 470	06.05.1896	841	2 950	07.05.1896	732	3 070	10.05.1896	627	3 310	13.05.1896	595		17.05.1896	584	2 080
03.04.1886	425	23.03.1886	2 002	24.03.1886	826	2 790	25.03.1886	727	2 930	28.03.1886	654	3 740	31.03.1886	654		04.04.1886	644	2 730
1881		08.03.1881	1 708	13.03.1881	768	2 480	10.03.1881	726	3 090	15.03.1881	696	4 430	17.03.1881	725		21.03.1881	701	3 540
04.01.1883	510	29.12.1882	2 260	03.01.1883	810	2 670	04.01.1883	724	2 900	07.01.1883	662	3 870	09.01.1883	692		12.01.1883	678	3 180
04.02.1923	780	05.02.1923	1 852	05.02.1923	816	2 700	05.02.1923	717	2 700	08.02.1923	652	3 840	11.02.1923	663	3 010	13.02.1923	658	2 920
15.03.1888	563	12.03.1888	1 820	13.03.1888	796	2 600	14.03.1888	716	2 820	16.03.1888	662	3 870	20.03.1888	649		25.03.1888	825	4 400
12.03.1941	975	08.04.1941	2 050	10.04.1941	824	2 910	10.04.1941	715	2 700	12.04.1941	635	3 510	18.03.1941	676	3 150	19.03.1941	674	3 260
1846		23.01.1846	920	1846			29.01.1846	713	2 660	1846	655	3 730	05.02.1846	670		...02.1846	651	
1867		29.01.1867	2 160	31.01.1867 ¹⁾	801 ¹⁾	2 840 ¹⁾	31.01.1867	711	2 850	...02.1867	621	3 190	19.04.1867	607		...04.1867	614	
04.08.1897	577	31.07.1897	2 070	02.08.1897	767	2 400	02.08.1897	708	2 840	06.08.1897	640	3 510	09.08.1897	618		11.08.1897		2 040
1850		1850		1850			05.02.1850	706	2 580	08.02.1850	665	3 890	13.02.1850	652		...02.1850	633	
20.06.1926	1 170	17.06.1926	1 652	21.06.1926	786	2 490	22.06.1926	698	2 590	22.06.1926	639	3 580	27.06.1926	660	2 960	30.06.1926	648	2 750
1860		31.03.1860	1 960	02.04.1860 ¹⁾	703 ¹⁾	2 320 ¹⁾	02.04.1860	694	2 570	05.04.1860	623	3 220	09.04.1860	639		...04.1860	626	
09.03.1891	1 090	07.03.1891	1 540	08.03.1891	765	2 400	09.03.1891	692	2 560	...03.1891	616	3 110	15.03.1891	623		14.04.1891	557	1 810
1855		02.03.1855	2 220	03.03.1855 ¹⁾	853 ¹⁾	3 170 ¹⁾	03.03.1855	692	2 500	07.03.1855	644	3 570	21.03.1855	737		...03.1855	706	
22.03.1947	635	15.03.1947	2 272	17.03.1947	784	2 550	17.03.1947	677	2 380	20.03.1947	649	3 830	24.03.1947	690	3 310	27.03.1947	690	3 500
19.07.1954	259	10.07.1954	2 265	11.07.1954	771	2 410	12.07.1954	674	2 350	15.07.1954	650	3 940	18.07.1954	666	3 180	21.07.1954	653	2 890
13.10.1915	513	08.10.1915	2 290	10.10.1915	762	2 320	10.10.1915	670	2 280	13.10.1915	586	2 460	18.10.1915	531	1 820	20.10.1915	577	1 720
06.01.2003	772	06.01.2003	1 030	06.01.2003	574	1 945	07.01.2003	669	2 010	09.01.2003	637	3 030	12.01.2003	674	3 210	13.01.2003	692	3 030
1877		14.02.1877	1 219	15.02.1877	716	2 080	16.02.1877	669	2 200	...02.1877	623	3 230	...02.1877			24.02.1877	637	2 640
12.02.1946	872	10.02.1946	1 028	11.02.1946	738	2 280	12.02.1946	668	2 310	12.02.1946	667	4 270	17.02.1946	652	2 870	20.02.1946	650	2 790
22.07.1981	718	21.07.1981	1 730	22.07.1981	757	2 310	23.07.1981	663	2 310	27.07.1981	565	2 230	30.07.1981	531	1 960	31.07.1981	550	1 810
02.1856		10.02.1856	1 660	11.02.1856 ¹⁾	719 ¹⁾	2 370 ¹⁾	11.02.1856	661	2 200	...02.1856	589	2 650	18.02.1856			...02.1856	550	
20.04.1917	868	17.04.1917	1 762	19.04.1917	751	2 250	19.04.1917	660	2 210	22.04.1917	596	2 650	26.04.1917	589	2 250	29.04.1917	598	2 190
14.02.1909	534	05.02.1909	2 170	02.1909			17.02.1909	658	2 170	11.02.1909	608	2 880	14.02.1909	616		...02.1909		
29.03.1988	706	28.03.1988	1 260	29.03.1988	757	2 380	30.03.1988	655	2 030	02.04.1988	632	3 220	04.04.1988	674	3 250	05.04.1988	693	3 490
14.03.1981	1 140	13.03.1981	652	15.03.1981	740	2 190	15.03.1981	652	2 220	17.03.1981	628	3 220	10.03.1981	674	3 280	21.03.1981	689	3 570
02.1948	—	10.02.1948	1 266	02.1948			12.02.1948	650	2 180	15.02.1948	625	3 290	18.02.1948	638	2 910	21.02.1948	640	2 740

* Pegel Děčín

5.4.3 Hochwasserwahrscheinlichkeit

am 06.04.1845. Wegen der Tatsache, dass an zahlreichen Elbestrecken noch Eisverhältnisse den Abfluss des Hochwassers behinderten, eignet sich dieses Hochwasser auf deutschem Gebiet nur bedingt für Vergleichsbetrachtungen.

Auch bei den Hochwassern im Februar 1850 (10 Deichbrüche), März 1855 (8 Deichbrüche), Februar 1862 (12 Deichbrüche), April 1865 (1 Deichbruch), Februar 1876 (3 Deichbrüche), März 1881 (2 Deichbrüche), März 1888 (10 Deichbrüche) und September 1890 (8 Deichbrüche) sind zahlreiche Deichbrüche aufgetreten, die auf deutschem Gebiet die Wasserstände und Abflüsse im Längsschnitt der Elbe beeinflusst haben.

Eine Besonderheit unter den Hochwasserereignissen stellt das Jahr 1987 dar. Bereits Anfang Januar trat eine außergewöhnliche Hochwassersituation mit Abflüssen von 2 600 bis 2 700 m³/s in der Mittleren Elbe ein (Pegel Barby bis Neu Darchau). Eine extreme Frostwetterlage führte ab Mitte Januar von Tangermünde (Elbe-km 392) flussabwärts zu einer geschlossenen Eisdecke (Abb. 5.3-5), die zu Wasser-

standserhöhungen bis über zwei Meter im Raum Havelberg führte. Durch weitere Niederschläge und einsetzendes Tauwetter bildeten sich Mitte Februar und Ende März/Anfang April zwei weitere Hochwasserwellen aus, wobei im April wiederum Abflüsse bis 2 700 m³/s registriert wurden (Pegel Barby und Wittenberge). Detaillierte Angaben zu dieser Hochwasserperiode sind aus *Tabelle 5.4-6* zu entnehmen.

Die im Jahre 1987 aufgetretenen Hochwasserereignisse mit vier Hochwasserscheiteln, bei denen bis auf das Eishochwasser die Abflüsse überwiegend weit über den langjährigen mittleren Hochwasserwerten lagen, und die außergewöhnliche Dauer der Hochwassersituation von Ende Dezember 1986 bis Mitte April 1987 findet keinen Vergleich unter den bisher beobachteten Hochwassern.

Eine detaillierte Betrachtung des Extremhochwassers vom August 2002 ist in der „Dokumentation des Hochwassers vom August 2002 im Einzugsgebiet der Elbe“ der IKSE von 2004 enthalten.

Zur Bewertung eines Hochwasserscheitelabflusses, zur Bemessung von wasserbaulichen Anlagen im Wasserlauf oder in seiner Nähe und als Grundlage für raumordnerische Entscheidungen (z. B. Überschwemmungsgebiete) ist dem Abfluss an einem bestimmten Profil des Fließgewässers eine Überschreitungswahrscheinlichkeit bzw. eine Wiederkehrzeit zuzuordnen. Ein Hochwasserscheitelwert mit einer Jährlichkeit z. B. von 100 Jahren ist derjenige Momentanwert des Scheitelabflusses, der in 100 Jahren im langjährigen Durchschnitt einmal erreicht oder überschritten wird.

Die Ermittlung der Wiederkehrzeit erfolgt dadurch, dass aus dem höchsten Hochwasserabfluss aus jedem Jahr der vorhandenen Beobachtungsreihe eine empirische Überschreitungslinie festgelegt wird, die einer theoretischen Verteilungsfunktion angepasst wird. Durch diese theoretische Verteilungsfunktion wird es möglich, auch über die durch Beobachtungen belegte Jahresreihe hinaus zu extrapolieren und die Wahrscheinlichkeiten für die Überschreitung auch extremer Hochwasserscheitelabflüsse anzugeben. Die Wiederkehrzeit bzw. Jährlichkeit ist also eine theoretische statistisch ermittelte Zeitspanne.

Die häufigsten genutzten Wiederkehrzeiten sind 2, 5, 10, 20, 50 und 100 Jahre. Für die Dimensionierung von Hochwasserüberläufen an Talsperren und für die Beurteilung der Sicherheit von wasserbaulichen Anlagen bei Hochwasser werden auch theoretische Hochwasserwellen mit Jährlichkeiten des Scheitelabflusses von $T = 1\,000$ bzw. $10\,000$ Jahren als Bemessungs- und Referenzhochwasser verwendet.

Die Werte der T-jährlichen Hochwasserscheitelabflüsse hängen von der Länge der Beobachtungsreihen, der verwendeten theoretischen Verteilungsfunktion und dem angewandten Parameterschätzverfahren ab, wobei die Reihengänge von ausschlaggebender Bedeutung ist.

Tab. 5.4-6: Höchste Wasserstände (W) und Durchflüsse (Q) des Hochwassers vom Winter/Frühjahr 1987 an ausgewählten Pegeln

Pegel/ Wasserlauf	Hochwasserwelle Januar 1987		Eishochwasser Januar 1987		Hochwasserwelle Februar 1987		Hochwasserwelle März/April 1987	
	W [cm] Datum	Q [m ³ /s] Datum	W [cm] Datum	Q [m ³ /s] Datum	W [cm] Datum	Q [m ³ /s] Datum	W [cm] Datum	Q [m ³ /s] Datum
Ústí n. L./Elbe	665 04.01.87	1 716 04.01.87	—	—	546 17.02.87	1 171 17.02.87	660 30.03.87	1 750 30.03.87
Dresden/Elbe	583 05.01.87	1 760 05.01.87	—	—	489 17.02.87	1 270 17.02.87	587 31.03.87	1 790 31.03.87
Barby/Elbe	588 05.01.87	2 630 05.01.87	—	—	533 14.02.87	1 830 14.02.87	592 02.04.87	2 706 02.04.87
Wittenberge/Elbe	620 09.01.87	2 740 09.01.87	613 29.01.87	1 254 29.01.87	543 17.02.87	2 059 17.02.87	615 16.04.87	2 697 16.04.87
Neu Darchau/Elbe	647 10.01.87	2 630 10.01.87	688 16.01.87	917 16.01.87	586 19.02.87	2 030 19.02.87	633 17.04.87	2 610 17.04.87
Boizenburg/Elbe	545 10.01.87	—	570 16.01.87	—	486 19.02.87	—	549 18.04.87	—

5.4.4 Hochwasservorhersage

Die Anfänge der Wasserstandsvorhersagen bei Hochwasser im Einzugsgebiet der Elbe reichen bis in das 19. Jhd. zurück. Seit 1882 hat die damalige Hydrografische Kommission in Prag Hochwasserstände der Elbe in Děčín und Dresden mit einem Vorhersagezeitraum von 36 Stunden vorhergesagt. 1888 wurde für die Elbe in Sachsen ein Hochwasserwarn-, -melde- und -vorhersagedienst eingerichtet. Um diese Zeit erfolgten auch für einige Nebenflüsse der Elbe Benachrichtigungen der durch Eisgang und Hochwasser bedrohten Orte mittels Eilboten, Telegramm oder Telefon. 1890 wurde die Anzahl der Vorhersagepegel an der Elbe erweitert und es wurden auch für Mělník, Litoměřice, Ústí n. L. und Torgau Vorhersagen herausgegeben.

Wellenlaufzeiten und Scheitelwasserstandsbeziehungen zwischen einzelnen Elbepegeln, basierend auf zurückliegenden Hochwasserereignissen, später auch unter Einbeziehung der Wasserstände an Pegeln wichtiger Nebenflüsse, bildeten bis 1980 die Vorhersagegrundlage für den deutschen Elbeteil. Damit wurde oftmals eine hohe Genauigkeit erreicht, allerdings waren die Vorhersagen auf den Scheitelwasserstand und die Scheiteleintrittszeit begrenzt. Später begann man, auch außerhalb von Hochwassersituationen täglich Wasserstandsvorhersagen herauszugeben, was vor allem für die Schifffahrt große Bedeutung hatte.

Wachsende gesellschaftliche Ansprüche erforderten die Vorhersage des gesamten Verlaufes der Hochwasserwelle. 1981 wurde ein in der DDR entwickeltes Wellenablaufmodell für die Elbe, das „Zentralmodell Elbe“ in Betrieb genommen, das diesen Anforderungen entsprach. Es ermöglichte Hochwasservorhersagen für 570 km Elbe sowie die Unterläufe von Schwarzer Elster, Mulde, Saale und Havel. Für die Elbe erfolgten kontinuierliche Abflussvorhersagen von 24 Stunden für den Pegel Dresden und bis zu fünf Tagen für den Pegel Boizenburg, im Hochwasserfalle ermöglichte es auch Vorhersagen für den Pegel Ústí n. L. Zur Erhöhung der

Vorhersagegenauigkeit wurde das Modell in den Folgejahren mehrfach kalibriert. Auf der Grundlage des „Zentralmodells Elbe“ wurde das Vorhersagesystem „ELBA“ erarbeitet, das ab 1995 zum Einsatz kam.

In der Tschechischen Republik werden die hydrologischen Vorhersagen für die Elbe und ihre Nebenflüsse vom Tschechischen Hydrometeorologischen Institut in Zusammenarbeit mit den Wasserwirtschaftsbetrieben der Flussgebiete erstellt und herausgegeben. Die klassische Terminvorhersage wird manuell unter Nutzung des Verfahrens sich einander entsprechender Abflüsse und ihrer Wellenlaufzeiten berechnet.

Im tschechischen Elbegebiet werden so für 14 Pegel tägliche Vorhersagen mit einem Vorhersagezeitraum von 6 bis 27 Stunden erstellt, bei Hochwasser erhöht sich die Zahl der Pegel. Nach den Hochwassern von 1997 wurde für die Elbe und die Einzugsgebiete ihrer wichtigsten Nebenflüsse in der Tschechischen Republik das hydrologische Vorhersagesystem AQUALOG entwickelt und schrittweise in Betrieb genommen. Es ist eine Kombination aus Schneerücklage- und Schneeschmelzmodellen, Niederschlag-Abfluss- und Speichermodellen sowie Wellenablaufmodellen.

Das Vorhersagesystem AQUALOG deckt zurzeit den überwiegenden Teil des tschechischen Elbegebiets ab, wird noch weiter entwickelt und ausgedehnt. Die Anzahl der Vorhersagepegel wurde im Jahre 2003 erhöht, der Vorhersagezeitraum hängt von der Länge der Eingangsreihen der Vorhersagegrößen ab. Nach der vollständigen Komplettierung des Modellsystems können Vorhersagezeiträume verlängert werden. Modell-eingangsgroßen sind die Wasserstände und Abflüsse an Fließgewässern, die Abgaben aus den Talsperren, Niederschlags- und Lufttemperaturdaten, Daten über die Schneedecke und auch quantifizierte Niederschlags- und Temperaturvorhersagen. Dabei wird derzeit ein Vorhersagezeitraum von 48 Stunden genutzt.

Im tschechischen Teil des Elbeeinzugsgebiets funktionierten die Vorhersagesysteme während des Hochwassers im August 2002 gut, wenn auch in seiner Extremphase mit gewissen Einschränkungen. Diese waren zum einen

durch den begrenzten Umfang der Eingangsdaten infolge des Ausfalls eines Teils des Messnetzes und zum anderen dadurch bedingt, dass die Parameter der hydrologischen Vorhersagemodelle für so extreme Situationen nicht kalibriert waren. Die Vorhersagegenauigkeit für den Elbepegel Ústí n. L. war durch den Ausfall der Pegel in Mělník und Vraňany sowie die ungenaue Extrapolation der Abflusskurve für die Moldau in Prag eingeschränkt. Die Erfahrungen aus dem Hochwasser im August 2002 wurden u. a. bei der neuen Parameterabschätzung für das Wellenablaufmodell der tschechischen unteren Elbe berücksichtigt, das nun in der Lage ist, die Transformation eines Hochwassers bei der Passage durch diesen Gewässerabschnitt erfolgreicher zu simulieren.

Die Erfahrungen zeigen, dass die Qualität der quantifizierten Niederschlagsvorhersage, im Winter auch der Lufttemperaturen, einen grundlegenden Einfluss auf die Qualität der Vorhersagen hydrologischer (Niederschlag-Abfluss-)Modelle hat.

Auch im deutschen Elbegebiet werden an neun Wasserläufen für 113 Pegel Hochwasservorhersagen mit einem Vorhersagezeitraum von sechs Stunden bis fünf Tagen erstellt. Davon befinden sich 14 Pegel an der Elbe. Die Ausgangsdaten für die Erstellung der Hochwasservorhersagen sind je nach Flussgebiet analog wie auf dem tschechischen Gebiet.

Im deutschen Teil des Elbeeinzugsgebiets funktionierte das Vorhersagesystem während des Hochwassers im August 2002 bis zum Erreichen des Katastrophenzustandes gut und termingerecht. Der optimale Zeitpunkt für die Kappung des Hochwasserscheitels der Elbe an der Havelmündung durch die gezielte Steuerung der Havelwehre wurde auf der Grundlage der Vorhersage festgelegt.

Gewisse Einschränkungen gab es bei der Vorhersage im extremen Hochwasserbereich, da zahlreiche für die Vorhersage benötigte Pegel an Nebengewässern durch Sturzfluten keine Daten lieferten bzw. zerstört wurden. Teilweise waren die Vorhersagemodelle für extreme Hochwasser nicht ausgelegt und kalibriert. So konnten die z. B. durch Deichbrüche verursachten Veränderungen der Abflüsse nur teilweise mit dem

Vorhersagesystem erfasst werden. Als unzureichend erwiesen sich auch die Vorhersagezeiträume, insbesondere für das Elbemodell im Bereich der Staatsgrenze.

Eine Übersicht über die derzeit im Elbegebiet genutzten Hochwasservorhersagemodelle zeigt *Abbildung 5.4-6*.

In Auswertung des Hochwassers vom August 2002 sollen u. a. folgende Maßnahmen umgesetzt werden:

- Ergänzung des Niederschlagsmessnetzes für den Bedarf der Niederschlag-Abfluss-Modelle sowohl im tschechischen als auch im deutschen Elbegebiet
- weitere Automatisierung von Meldepegeln und Modernisierung veralteter Datenfernübertragungswege
- Erhöhung der Anzahl der Vorhersagepegel an der Elbe und deren Nebenflüssen (ohne Einrichtung zusätzlicher Pegelmessstellen)
- Verbesserung und Weiterentwicklung der Hochwasservorhersagemodelle für die Elbe einschließlich ihrer Nebenflüsse mit dem Ziel der Verlängerung des Vorhersagezeitraums, erweiterte Nutzung von Niederschlag-Abfluss-Modellen, die von quantifizierten Niederschlagsvorhersagen ausgehen, und von Simulationsmodellen für Abtauraten der Schneedecke
- Erarbeitung eines neuen Hochwasservorhersagemodells für die deutsche Elbe (WAVOS) auf der Basis eines hydrodynamischen Modells bis zum Jahre 2006. Neben der Vorhersage an den Pegeln wird mit diesem Modell auch eine Vorhersage an beliebigen Elbequerschnitten möglich. Der Einfluss von Deichbrüchen und die Steuerung von Flutungspoldern kann dann ebenfalls berücksichtigt werden.
- Verbesserung der Vernetzung der Hochwassermelde- und -vorhersagezentren der Tschechischen Republik und Deutschlands, um die Sicherheit der weitergeleiteten Daten, Informationen und Vorhersagen bei Hochwasser zu erhöhen.

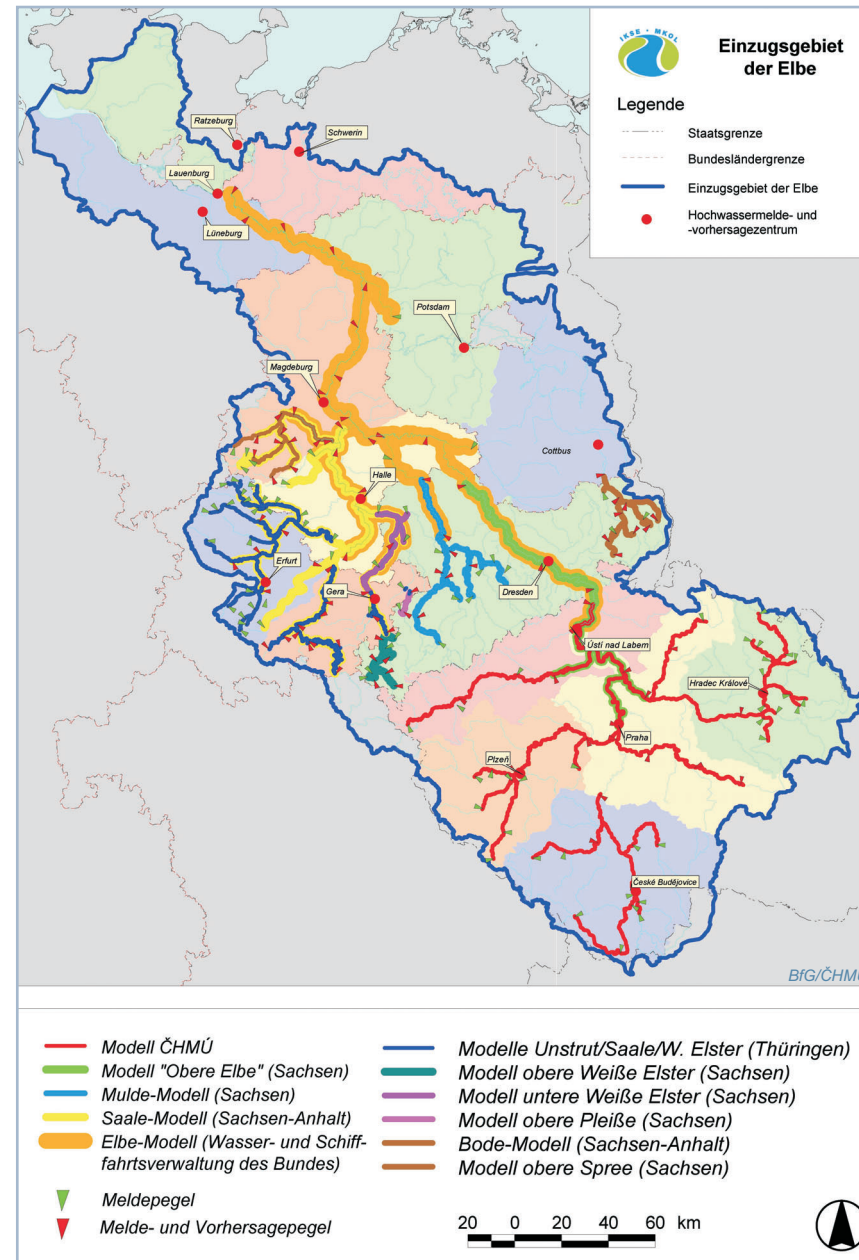


Abb. 5.4-6: Hochwasservorhersagemodelle im Elbegebiet

5.5 Niedrigwasser

5.5.1 Auftreten und Folgen

Niedrigwasserereignisse sind Perioden mit Wasserständen bzw. Abflüssen, die einen vieljährigen Durchschnitt deutlich unterschreiten, und im Elbegebiet nichts Ungewöhnliches. Auch kleine austrocknende Bachläufe oder wegen zu geringer Wasserstände für den Schiffsverkehr gesperrte große Flüsse mit breiten trockengefallenen Ufersäumen, wie im Sommer 2003 aufgetreten, gehören zu den regelmäßig wiederkehrenden Erscheinungen. Allerdings sind Intensität und Ausmaß des Niedrigwassers von Jahr zu Jahr recht unterschiedlich und damit auch die hieraus resultierenden Folgen.

Höchst vielfältig sind die jeweiligen Auswirkungen von Niedrigwasserzeiten auf die Belange von Natur, Landwirtschaft, Siedlung, Verkehr und Industrie. Vielfach ist Wassermangel die Konsequenz einer Niedrigwassersituation. Dieser wiederum resultiert in seinem Ausmaß allerdings aus dem Abhängigkeitsgefüge von Zeitpunkt des Auftretens, dem konkreten Mengendargebot des Niedrigwassers und dem nutzungsabhängig unterschiedlichen Wasserbedarf. So kann beispielsweise Niedrigwasser im Frühsommer wegen daraufhin fehlender Bewässerungsmöglichkeiten in der Landwirtschaft (Gemüseanbau, Obstbau) große Ertragsausfälle nach sich ziehen. Das Auftreten von Niedrigwasser im Spätherbst ist aber völlig unerheblich, weil die Ernte dann bereits eingebracht ist. Niedrige Wasserstände und Abflüsse, die den Schiffsverkehr bereits zum Erliegen gebracht haben, können dennoch weiterhin Kühlwasserentnahmen für Kraftwerke möglich machen, so lange der hierfür angesetzte Schwellenwert, der sich nach ökologischen Gesichtspunkten bemisst, nicht unterschritten wird.

In Kenntnis von Zeitpunkt und Menge des Wasserbedarfs einer Region kann durch verschiedene Maßnahmen der Wasserdarlehensbewirtschaftung (z. B. Talsperrenbau, Grundwasserentnahmen, Wasserüberleitung aus anderen Gewässersystemen usw.) dem Entstehen von Mangelsituationen entgegengesteuert werden. Derartige anthropogene Einflüsse lassen sich, wie unten gezeigt wird, durchaus im Abflussverhalten der Elbe nachweisen.

Von Natur aus haben Niedrigwasserereignisse im Elbegebiet zwei Gründe: Entweder kann Niedrigwasser aus Niederschlagsmangel verbunden mit hoher Verdunstungsrate resultieren – im vorliegenden kontinental beeinflussten Klimaraum typisch für den Spätsommer und Frühherbst – oder es kann frostbedingt ein winterliches Niedrigwasser entstehen. In diesem Falle werden bei kalten Temperaturen große Teile der Niederschläge, von Boden- und Oberflächenwasser, als Schnee und Eis gebunden und können somit für einen befristeten Zeitraum nicht abflusswirksam werden.

Aus *Abbildung 5.5-1*, die den vieljährigen Jahresgang der mittleren Monatsabflüsse an den Pegeln Brandýs an der Elbe, Praha-Chuchle an der Moldau, Dresden (Abschluss des oberen Einzugsgebiets der Elbe) und Neu Darchau (im unteren Einzugsgebiet)

*Ohne Wasser, merkt euch das,
wär' unsere Welt ein leeres Fass.
(W. Lebedew-Kumatsch)*

zeigt, ist allerdings eindeutig abzulesen, dass Niedrigwasser in der Elbe zumeist eine Erscheinung des Spätsommers ist. Im Durchschnitt liegt das jährliche Abflussminimum in Dresden um den 5. September und damit ca. 10 Tage früher als bei Neu Darchau. In dieser Verzögerung des Eintrittsdatums macht sich der Einfluss der dazwischen liegenden Nebenflüsse bemerkbar.

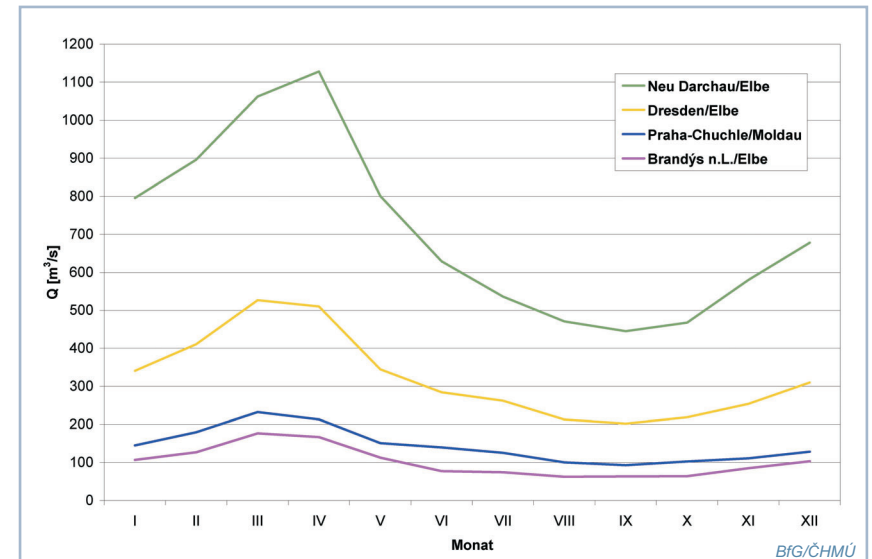


Abb. 5.5-1: Jahresgang der Monatsmittel-Abflüsse der Zeitreihe 1931 - 2000 an den Pegeln Brandýs n. L., Praha-Chuchle, Dresden und Neu Darchau

5.5.2 Langfristige Aspekte von Niedrigwasserereignissen im Elbegebiet

Anhand geeigneter gewässerkundlicher Kenngrößen können Grundcharakteristika („Hauptwerte“) und langfristige Entwicklung von Niedrigwasserereignissen im Elbegebiet näher beleuchtet werden. Folgende Kenngrößen wurden berücksichtigt:

- **NQ:** niedrigster Tagesabfluss einer Zeitspanne, gemessen in m^3/s
- **MNQ:** arithmetisches Mittel der kleinsten Tagesabflüsse (NQ) einer Zeitspanne, gemessen in m^3/s
- **NM7Q:** das niedrigste arithmetische Mittel des Abflusses an sieben aufeinanderfolgenden Tagen, gemessen in m^3/s
- **sumD:** Summe der Unterschreitungsdauern eines bestimmten Schwellenwertes Q_s (gemessen in Tagen pro Jahr); als Schwellenwert für die Unterschreitung wird MNQ angesetzt.

Die absoluten Niedrigwasser-Minima des Zeitraumes 1931 bis 2000 für obige Kenngrößen an den Pegeln Brandýs n. L., Praha-Chuchle, Dresden und Neu Darchau sind *Tabelle 5.5-1* zu entnehmen. Als Bezugszeitspanne dient jeweils das hydrologisch begründete sogenannte „Niedrigwasserjahr“, das am 1. April beginnt und am 31. März endet (so reicht z. B. das Niedrigwasserjahr 1947 vom 01.04.1947 bis zum 31.03.1948). Evident ist, dass fast alle Vieljahresminima aus Ereignissen herrühren, die in den Jahren 1947 oder 1953 stattfanden.

Die langfristige Niedrigwasserentwicklung in der Periode 1931 bis 2000 verdeutlicht *Abbildung 5.5-2* anhand einer Trendanalyse der Kenngröße NM7Q. NM7Q (zuverlässiger, gegenüber Singularitäten unempfindlicher Abflussparameter) ist in diesem Zusammenhang gegenüber der Berücksichtigung

der absoluten Minima (NQ) zu bevorzugen, weil letztere häufig durch unterschiedliche kurzfristige Ursachen (z. B. Entnahme, Eisstau, Betrieb eines Wasserkraftwerkes) oder auch Messfehler verfälscht sein können. Die statistische Zuverlässigkeit der Trendberechnungen wurde mit zwei sogenannten Signifikanztesten doppelt abgesichert. Zuverlässigkeit wurde nur angenommen, wenn dies beide Verfahren gleichzeitig bestätigten.

Die Ergebnisse am Pegel Neu Darchau mit signifikant ansteigenden Niedrigwasserabflüssen im Winter und fallenden, aber nicht statistisch gesicherten NM7Q-Werten in der Sommersaison zeichnen demnach das nach, was in den derzeit aktuellen Klimaanalysen für die 2. Hälfte des 20. Jhds. im Elbegebiet konstatiert wurde: leicht niederschlagsärmere Sommer, deutlich niederschlagsreichere Winterhalbjahre.

An den Pegeln Praha-Chuchle und Dresden wird diese Entwicklung überlagert durch Bewirtschaftungseinflüsse. Seit Mitte des 20. Jhds. ist vor allem im Einzugsgebiet der Moldau ein intensiver Talsperrenbau zu verzeichnen. Diese

Talsperren wirken in Niedrigwasserzeiten abflussstützend. Die Kurvenverläufe für Praha-Chuchle und Dresden in den *Abbildungen 5.5-3* und *5.5-4* belegen eindrucksvoll, dass die vor der Errichtung der Talsperren erreichten Niedrigstabflüsse in den letzten 35 Jahren nicht mehr zu verzeichnen waren. Die ansteigenden Trends sind durchweg gut statistisch abgesichert.

Tab. 5.5-1: Niedrigwasser-Extreme im Untersuchungszeitraum 1931 - 2000

Pegel/ Gewässer	NQ		MNQ	NM7Q		sumD ($Q_s = \text{MNQ}$)	
	$[\text{m}^3/\text{s}]$	Datum	$[\text{m}^3/\text{s}]$	$[\text{m}^3/\text{s}]$	Datum	Tage	Jahr
Brandýs n. L./Elbe	11,4	23.09.1947	28,0	13,9	17. - 23.09.1947	173	1953
Praha-Chuchle/Moldau	15,0	10.01.1954	46,0	15,9	05. - 11.01.1954	177	1953
Dresden/Elbe	22,5	09.01.1954	108	26,0	07. - 13.01.1954	187	1953
Neu Darchau/Elbe	145	02.10.1947	281	149	02. - 08.10.1947	179	1953

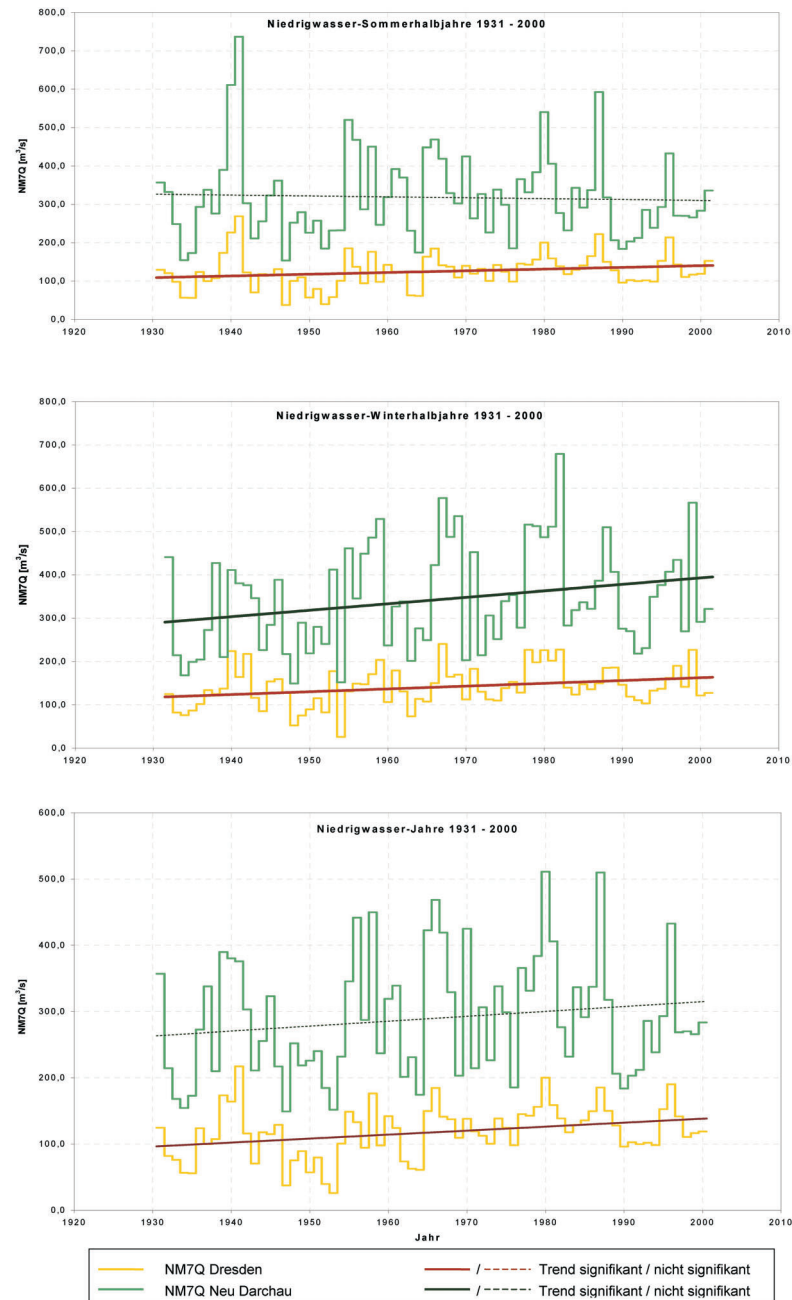
5.5.3 Niedrigwasser-wahrscheinlichkeiten

Im Kapitel 5.4 wurde bezüglich der Hochwasserwahrscheinlichkeiten das Prinzip der Berechnung der Jährlichkeit von Ereignissen erläutert. Im Zusammenhang mit wasserbaulichen und bemessungstechnischen Fragestellungen werden analog dazu auch die Jährlichkeiten von Niedrigwasserereignissen untersucht. Dazu bedient man sich zumeist der oben erläuterten Kenngröße NM7Q. Berechnet werden aber im Unterschied zum Hochwasser Unterschreitungswahrscheinlichkeiten. Demnach ist z. B. ein Niedrigwasserereignis mit der Jährlichkeit von 100 Jahren derjenige Abfluss, der in 100 Jahren im Durchschnitt einmal erreicht oder unterschritten wird. Der nachstehenden *Tabelle 5.5-2* sind die berechneten NM7Q-Werte für die Pegel Brandýs n. L., Praha-Chuchle, Dresden und Neu Darchau zu entnehmen.

Tab. 5.5-2: Jährlichkeiten von Niedrigwasser-Extremabflüssen NM7Q der Zeitreihe 1931 – 2000

Pegel/ Gewässer	Jährlichkeiten [Jahre] der Niedrigwasser-abflüsse NM7Q [m³/s]					
	2	5	10	20	50	100
Brandýs n. L./ Elbe	30,2	22,8	19,5	17,1	14,5	12,9
Praha-Chuchle/ Moldau	48,8	35,0	28,5	23,4	18,1	14,6
Dresden/ Elbe	121	83,2	64,7	50,9	37,6	30,0
Neu Darchau/ Elbe	277	213	186	166	146	134

Abb. 5.5-2: Trendanalyse der Kenngröße NM7Q für den Zeitraum 1931-2000



BfG

5.5.4 Das Niedrigwasser-Extrem von 2003 im Elbegebiet

Im Februar 2003 setzte sich in ganz Mitteleuropa eine dauerhafte niederschlagsarme Witterungsperiode fest, die über zehn Monate Bestand hatte. Im Elbegebiet blieben die Niederschläge in dieser Zeit deutlich unter dem vieljährigen Durchschnitt, lediglich in den Monaten September und Oktober wurden sie knapp überschritten.

Die Abbildungen 5.5-3 und 5.5-4 zeigen die Abflussganglinien in den Trockenjahren 1947, 1976 und 2003 und den Vergleich zu den MNQ- und MQ-Werten der langjährigen Reihe. Sie verdeutlichen, dass in der Niedrigwasserperiode des Jahres 2003 niedrigere Abflüsse auftraten als 1976. Nur die Abflüsse im Jahre 1947 waren für längere Zeit auf deutlich tieferem Niveau.

Eine Einordnung der Abflüsse an der Elbe von 2003 (Abb. 5.5-5) in den gewässerkundlichen Gesamtkontext gibt Tabelle 5.5-3. Deutlich tritt die besondere Stellung des Niedrigwasserextrems von 1947 zutage, das in allen deutschen Stromgebieten mit Ausnahme des äußersten Ostens außergewöhnliche Jährlichkeiten aufweist.

Das Niedrigwasserereignis von 2003 ist hinsichtlich seiner Wahrscheinlichkeit von mittlerer Größenordnung. Auffällig sind dabei regionale Besonderheiten:

Im Süden Deutschlands profitierte die Wasserführung der Donau trotz der über lange Zeit fehlenden Niederschläge von

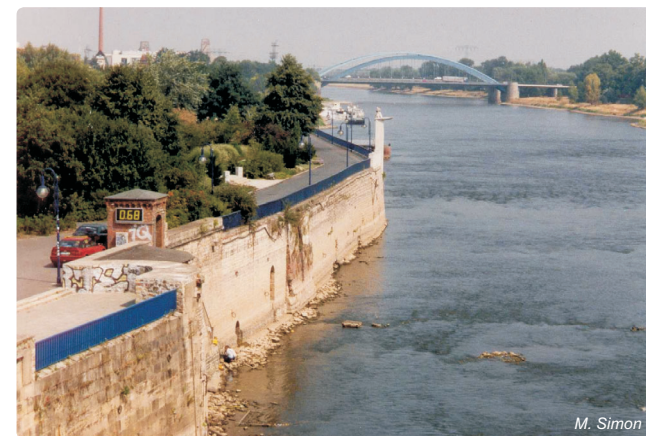


Abb. 5.5-5: Niedrigwasser der Elbe in Magdeburg im August 2003

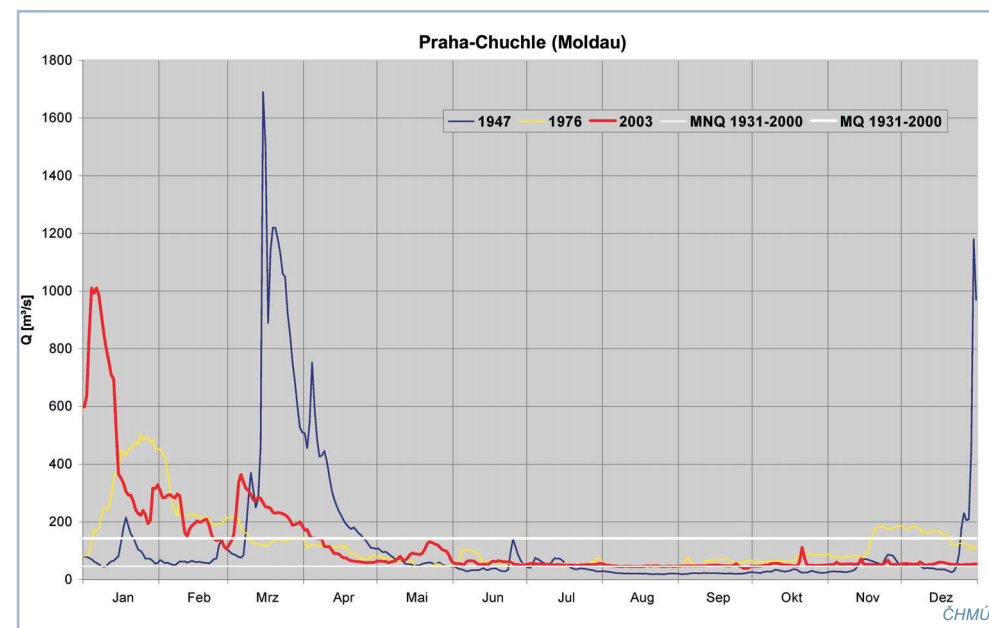
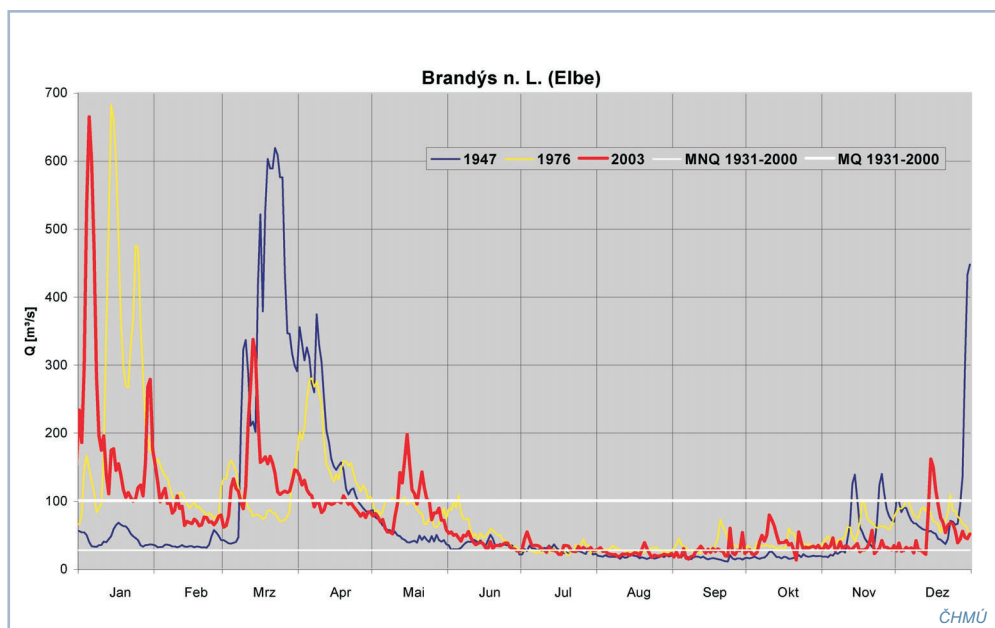


Abb. 5.5-3: Pegel Brandýs n. L. (Elbe) und Praha-Chuchle (Moldau): Abflussganglinien der Trockenjahre 1947, 1976 und 2003

Schmelzwasserzuflüssen aus den Alpen. Zudem kam es im Oktober im Einzugsgebiet zu reichlicheren Niederschlägen.

Der Nordwesten Deutschlands wurde im Verlauf des Sommers im Gegensatz zum übrigen Bundesgebiet wiederholt von atlantischen Tiefausläufern gestreift. Dies führte im Verein mit dem großräumigen Grundwasserreichtum des Einzugsgebiets zu wenig extremen Niedrigwasserabflüssen an der Weser.

Anhand der Ergebnisse in *Tabelle 5.5-3* wird erneut die oben beschriebene Wirkung der Niedrigwasseraufhöhung durch die im Nassjahr 2002 sehr gut gefüllten Speicherseen auf das Einzugsgebiet der oberen Elbe (bis Dresden) deutlich. Diese Wirkung verliert sich flussabwärts.

Tab. 5.5-3: Vergleich der Niedrigwasserereignisse 1947, 1976 und 2003 anhand der Wahrscheinlichkeit (als Jährlichkeit T_n) der Kenngröße NM7Q

Pegel/ Gewässer	1947		1976		2003	
	NM7Q [m³/s]	T_n (Bezug: 1931 - 2000)	NM7Q [m³/s]	T_n (Bezug: 1931 - 2000)	NM7Q [m³/s]	T_n (Bezug: 1931 - 2000)
Dresden/ Elbe	37,6	50	98,4	3	93,7	4
Neu Darchau/ Elbe	149,0	40	186,0	10	174,0	14
Hofkirchen/ Donau	202,0	70	285,0	4	259,0	8
Köln/Rhein	546,0	200	796,0	5	659,0	24
Intschede/ Weser	72,9	25	75,7	20	99,2	4
Hohensaaten- Finow/Oder	216,0	4	224,0	3	163,0	29

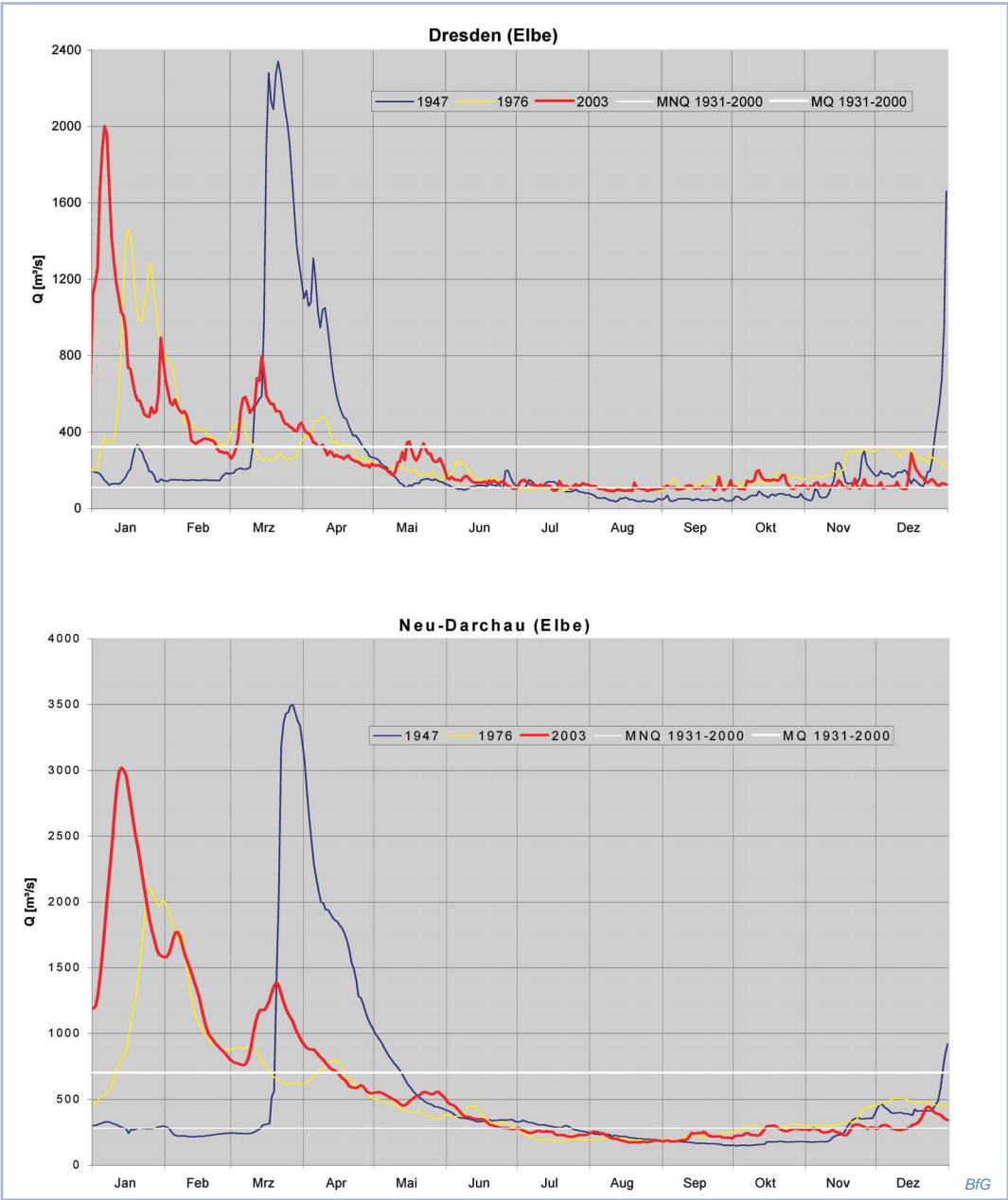


Abb. 5.5-4: Pegel Dresden (Elbe) und Neu Darchau (Elbe): Abflussganglinien der Trockenjahre 1947, 1976 und 2003

5.6 Hydrologische Vergleichsbetrachtungen im Einzugsgebiet der Elbe

5.6.1 Vergleichsbetrachtungen im Elbeeinzugsgebiet

Im Kapitel 4 sind die Abflussverhältnisse in elf Teileinzugsgebieten der Elbe anhand von Daten von ca. 500 Pegeln beschrieben worden. Für 124 ausgewählte Pegel sind die hydrologischen Grunddaten langjähriger Abflussreihen sowie die Charakteristik des Abflussregimes in den Kapiteln 4.1 bis 4.11 enthalten, ergänzt durch die graphische Darstellung des Jahresganges des mittleren Abflusses von 115 Pegeln. Auf diesen Daten basieren die folgenden Vergleichsbetrachtungen.

Die **mittlere Abflussspende** beträgt in großen Teilen des Elbegebiets 5 bis 6 l/s · km². Die höchsten Werte sind in den Gipfel- und Kammlagen des Riesen- und Isergebirges mit 30 bis 40 l/s · km² zu verzeichnen. In den Kammlagen von Adlergebirge, Böhmerwald, Erzgebirge, Thüringer Wald und Harz werden 20 bis 30 l/s · km² erreicht. Abflussspenden von 10 bis 15, selten bis 20 l/s · km² sind charakteristisch für Höhenlagen von 400 bis 600 m ü. NN und für den größten Teil des Einzugsgebiets der Tideelbe, wo jährliche Niederschlagshöhen wie in den Mittelgebirgen zu verzeichnen sind.

In Gebieten mit mittleren jährlichen Niederschlagshöhen unter 550 mm erreichen die durchschnittlichen Abflussspenden meist weniger als 4 l/s · km². Hierzu gehören die Einzugsgebiete der unteren Moldau, unteren Berounka und unteren Eger, der Vereinigten Mulde sowie mehrere Bereiche im Saale-

und Havelgebiet. Abflussspenden von nur ca. 2 l/s · km² gibt es im Saazer Becken (Egergebiet), im Thüringer Becken und im östlichen Harzvorland (Saalegebiet), wo im Regenschatten der Mittelgebirge die Jahresniederschläge nur um 450 mm betragen.

Die **Abflussspende** nimmt im Oberlauf der Elbe durch die geringen Zuflüsse im Böhmisches Kreidebecken bis Brandýs n. L. deutlich ab und erreicht von der Moldaumündung bis Dresden nur 6,1 l/s · km². Geringe Zuflüsse aus der Havel und aus den weiteren Nebenflüssen zum unteren Abschnitt der Mittleren Elbe verringern die Abflussspende der Elbe am Pegel Neu Darchau auf 5,4 l/s · km². Unterhalb des Pegels Neu Darchau sind wieder höhere Zuflüsse zu verzeichnen. An der Elbemündung beträgt die Abflussspende 5,8 l/s · km².

Das **Abflussverhältnis Winter-/Sommerhalbjahr** weist mit Ausnahme der Eger keine großen Unterschiede auf. Das Verhältnis 59 : 41 % an den Pegeln Jaroměř und Praha-Chuchle ist auf das späte Abtauen der Schneedecke im Riesengebirge und im Böhmerwald sowie auf den Wasserrückhalt in den Talsperren des Moldaugebiets zurückzuführen. Der deutlich größere Unterschied von 67 : 33 % am Pegel Louny besteht auch schon im oberen Einzugsgebiet der Eger.

*Der Schnee von gestern ist immerhin
das Wasser von heute.
(Johann Wolfgang von Goethe)*

Der **mittlere Abfluss im Winterhalbjahr** beträgt im Elbegebiet überwiegend 61 bis 63 % des mittleren Jahresabflusses. Dementsprechend weist der **mittlere Abfluss im Sommerhalbjahr** meist 37 bis 39 % auf. Deutlich geringer ist der Winterabfluss mit 51 bis 53 % in den Hochlagen des Riesen- und Isergebirges sowie des westlichen Böhmerwaldes (oberes Einzugsgebiet der Otava), weil dort ein bedeutender Teil der Schneedecke erst im Mai abtaut. Weniger ausgeprägt gilt das auch für die Kammlagen des mittleren und östlichen Böhmerwaldes (Einzugsgebiete der Warmen und Kalten Moldau) und des westlichen Erzgebirges (Einzugsgebiet der Zwickauer Mulde), wo der Winterabfluss 56 bis 58 % beträgt.

In Mittelgebirgsregionen, wo der Anteil der Winterniederschläge an den Jahresniederschlägen verhältnismäßig groß ist und die Schneedecke schon im März/April vollständig abtaut, beträgt der Winterabfluss 64 bis 70 % des Jahresabflusses, in dem Egernebenfluss Teplá und in den Saalenebenflüssen Loquitz und Schwarza sogar über 70 %.

Der hohe Winterabflussanteil bis über 70 % im Flachland ist einerseits auf umfangreiche Entwässerungsmaßnahmen zurückzuführen und andererseits darauf, dass durch viele Stauanlagen und Wasserentnahmen zur landwirtschaftlichen Bewässerung der Sommerabfluss stark abgesenkt wird. Das ist besonders an den Elbenebenflüssen Ehle, Ohre, Biese-

Aland, Löcknitz, Jeetzel und Sude sowie an Nebenflüssen der Havel der Fall.

Der ebenfalls hohe Winterabflussanteil von 67 bis 74 % im Einzugsgebiet der Tideelbe ist die Folge verhältnismäßig hoher Winterniederschläge, die durch den maritimen Einfluss unmittelbar abflusswirksam werden.

Das Verhältnis **langjähriger mittlerer Niedrigwasserabfluss zu langjährigem mittlerem Abfluss MNQ : MQ** beträgt größtenteils 1 : 3 bis 1 : 5, im Mulde- und Saalegebiet bis 1 : 6. Größere Unterschiede von 1 : 7 bis 1 : 11 treten in den Gebirgsflüssen Tepla, Müglitz, Striegis, Loquitz und Schwarza auf, wo das natürliche Rückhaltevermögen sehr gering ist. Ein Verhältnis kleiner als 1 : 2 besteht nur an Ilmenau und Seeve, weil das natürliche Speichervermögen in ihren Einzugsgebieten in der Lüneburger Heide besonders groß ist.

Das **Verhältnis langjähriger mittlerer Abfluss zu langjährigem mittlerem Hochwasserabfluss MQ : MHQ** beträgt in großen Teilen des Flach- und Hügellandes 1 : 4 bis 1 : 7, in sehr ebenen Teilgebieten der Havel nur 1 : 3. In den Mittelgebirgen werden meist Werte von 1 : 9 bis 1 : 13 erreicht. Von allen ausgewählten Pegeln ergeben sich die größten Unterschiede für die Pegel Janov-Harrachov/Mumlava mit 1 : 15,2, Teplíčka/Teplá mit 1 : 17,1 und Dohna/Müglitz mit 1 : 15,3. In kleinen Gebirgsflüssen, vor allem im Riesen-, Iser- und Adlergebirge, im Erzgebirge und seinem nördlichen Vorland sowie im Lausitzer Bergland verursachen häufige sommerliche Starkregen Verhältniswerte bis über 1 : 20.

Der Jahresgang des mittleren Abflusses:

Im November, dem Beginn des hydrologischen Winterhalbjahres, ist der Abfluss deutlich höher als im Oktober, liegt aber mit Ausnahme der Nebenflüsse zur Tideelbe unter dem mittleren Jahresabfluss. Im Dezember steigt der Abfluss mit Ausnahme der Kammlagen des Riesen- und Isergebirges, wo sich bereits eine stabile Schneedecke gebildet hat, an und erreicht in den meisten Mittelgebirgen Werte um den mittleren Jahresabfluss. In den oberen Einzugsgebieten von Eger, Saale und Spree wie auch im Flach- und Hügelland

wird der mittlere Jahresabfluss deutlich überschritten, in den Nebenflüssen zur Tideelbe bis um das 1,5fache.

Im Januar vergrößert sich die Schneedecke in den Mittelgebirgen (Riesen- und Isergebirge, Böhmerwald und Erzgebirge), der Abfluss sinkt weiter ab. In allen anderen Gebieten nimmt der Abfluss zu, in den Nebenflüssen zur Tideelbe werden die höchsten Monatsabflüsse des gesamten Jahres erreicht. Bei zumeist anhaltendem Frostwetter sinkt der Abfluss im niederschlagsarmen Februar in den genannten Mittelgebirgen nochmals weiter ab und erreicht fast die geringsten Werte des gesamten Jahres. Die geringen Februarniederschläge verursachen in den Hochlagen des Fichtelgebirges und des Thüringer Waldes sowie in den Nebenflüssen zur Tideelbe ebenfalls einen Abflussrückgang, jedoch nur auf Werte, die deutlich über dem Jahresmittel liegen. In allen anderen Gebieten steigt der Abfluss an.

Der März ist im größten Teil des Elbegebiets der abflussreichste Monat. Auch in den Hochlagen der Mittelgebirge führen Regen und Schneeschmelze zu einer deutlichen Abflusserhöhung, jedoch noch nicht zum höchsten Monatsabfluss. Im Elbegebiet unterhalb der Havelmündung entspricht der Märzabfluss etwa dem im Januar oder ist sogar geringer.

Im April erreichen die Gebirgsflüsse ihren höchsten Monatsabfluss. In den Kammlagen des Riesen- und Isergebirges wird der mittlere Jahresabfluss um das 2- bis 2,5fache, in den anderen Mittelgebirgen um das 1,5- bis 2fache überschritten. In den meisten Flüssen des Elbegebiets sinkt der Abfluss bereits mehr oder weniger stark ab, in einigen Nebenflüssen zur Tideelbe sogar schon unter den Jahresmittelwert.

Im Mai, zu Beginn des hydrologischen Sommerhalbjahres, wird im größten Teil des Elbegebiets der mittlere Jahresabfluss unterschritten. Besonders groß ist der Abflussrückgang gegenüber April in der Teplá, Müglitz, Loquitz und Schwarza, also in den Mittelgebirgsflüssen mit besonders geringem natürlichem Speichervermögen. Im Riesen- und Isergebirge, wo die Schneedecke erst im Mai vollständig abtaut, be-

trägt der Abfluss noch das 1,5- bis 2fache des mittleren Jahresabflusses, im Böhmerwald und im Westerzgebirge liegt er ebenfalls noch über dem Jahresdurchschnitt.

Ab Juni liegen im gesamten Elbegebiet die Monatsabflüsse unter den Jahresmittelwerten und nehmen bis August/September mehr oder weniger kontinuierlich ab. In Gebirgsflüssen mit geringem natürlichem Speichervermögen und in einigen Nebenflüssen zur Tideelbe sinkt dabei der Abfluss bis auf unter 50 % des mittleren Jahresabflusses. Der Wiederanstieg im Herbst beginnt im Gebiet der Tideelbe bereits im September, sonst mehrheitlich im Oktober.

In einigen Gebirgsflüssen wird der zumeist kontinuierliche Abflussrückgang im Sommerhalbjahr durch verhältnismäßig hohe Juliabflüsse unterbrochen. Dazu zählen insbesondere Orlice, Müglitz, Weißeritz und kleinere Flüsse in den oberen Einzugsgebieten von Mulde und Spree. Ursache sind die sehr hohen Niederschläge im Sommer, die meistens im Juli, selten im August wie 2002, zu extremen Hochwasserabflüssen führen. Beispielhaft sind in *Tabelle 5.6-1* für zwei Pegel die Abflussspenden der bis zum Jahre 2002 beobachteten höchsten Hochwasser enthalten.

Tab. 5.6-1: Größte Abflussspenden bei Hochwasser an zwei ausgewählten Pegeln

Pegel	Dohna		Berthelsdorf	
Gewässer	Müglitz		Freiberger Mulde	
Einzugsgebietsfläche [km ²]	198		244	
Jahresreihe	1912 - 2000		1936 - 2000	
Abflussspende [l/s · km ²]	bei MQ Jahr		14,5	
	12,7			
	194		125	
	Datum		Datum	
Abflussspende [l/s · km ²] bei den größten beobachteten Hochwasserereignissen	09.07.1927	1 660	06.07.1992	499
	06.07.1958	822	05.07.1958	491
	23.07.1957	741	09.07.1954	297
	10.07.1954	706		
	13.08.2002	2 020	13.08.2002	1 475

5.6.2 Hydrologische Gesamtbetrachtung des Elbestroms

Für eine auf den Elbestrom ausgerichtete Betrachtung sind die hydrologischen Grunddaten langjähriger Abflussreihen und die langjährigen mittleren Monats- und Halbjahresabflüsse für 16 Elbepegel, für 15 Pegel an den Unterläufen von Elbenebenflüssen und für das Grenzprofil der Elbe zwischen der Tschechischen Republik und Deutschland in den *Tabellen 5.6-3 und 5.6-4* ausgewiesen. Die Lage der ausgewählten Pegel ist in *Abbildung 5.6-1* dargestellt.

Für sechs Pegel an der Elbe und für Pegel an den Unterläufen der sechs Hauptnebenflüsse sind die Kenngrößen für das hydrologische Winter- und Sommerhalbjahr in *Tabelle 5.6-2* zusammengestellt. Die graphischen Darstellungen des Jahresganges des Abflusses basieren auf den in *Tabelle 5.6-4* aufgeführten langjährigen Monatsmittelwerten und sind für diese zwölf Pegel in *Abbildung 5.6-2* dargestellt. Die gleichen hydrologischen Grunddaten sind darüber hinaus in den Beschreibungen der Teilflussgebiete (siehe Kapitel 4.1 bis 4.11) enthalten.

Das **Verhältnis langjähriger mittlerer Niedrigwasserabfluss (MNQ) zu langjährigem mittlerem Abfluss (MQ)** verringert sich von über 1 : 4 oberhalb Jaroměř bis auf 1 : 3,6 vor der Moldaumündung. Naturgemäß und unterstützt durch Niedrigwasseraufhöhung aus den Moldau- und Saale-Talsperren nimmt das Verhältnis MNQ : MQ elbeabwärts weiter ab und beträgt im Unterlauf der Mittlen Elbe nur noch 1 : 2,5.

Im **Verhältnis langjähriger mittlerer Abfluss (MQ) zu langjährigem mittlerem Hochwasserabfluss (MHQ)** wird die elbeabwärts zunehmende Ausgeglichenheit noch deutlicher. Das MQ : MHQ-Verhältnis sinkt vom obersten Elbeabschnitt mit 1 : 12 bis Brandýs n. L. auf 1 : 5,5. Da Hochwasserwellen aus dem Oberlauf der Elbe und aus der Moldau nur selten zusammentreffen, sinkt das MQ : MHQ-Verhältnis nach der Moldaumündung unter 1 : 5. Es verringert sich flussabwärts kontinuierlich bis auf 1 : 2,7 am Pegel Neu Darchau. Begünstigt



Abb. 5.6-1: Ausgewählte Pegelstationen im Einzugsgebiet der Elbe

wird diese Tendenz durch den Hochwasserrückhalt in vielen Talsperren, vor allem in den Einzugsgebieten von Moldau und Saale, sowie durch den weitgehenden Abflussausgleich im Tieflandfluss Havel, wo das MQ : MHQ-Verhältnis nur 1 : 1,8 beträgt.

Das **Verhältnis zwischen dem niedrigsten und dem höchsten mittleren Monatsabfluss** (Tab. 5.6-4) bestätigt die zunehmende Ausgeglichenheit elbeabwärts. Von Jaroměř bis Neu Darchau verringert sich dieses Verhältnis kontinuierlich von 1 : 3,1 auf 1 : 2,5. 1 : 2,5 beträgt das Verhältnis auch an den Unterläufen von Moldau, Schwarzer Elster, Saale und Havel, wobei es an Moldau und Saale durch den Talsperreneinfluss unnatürlich gering ist. Demgegenüber beträgt es an den Unterläufen von Eger und Mulde 1 : 3,5 bzw. 1 : 3,0.

Der **Jahresgang des mittleren Abflusses an der Elbe** (Abb. 5.6-2) zeigt, dass der Abfluss am Pegel Jaroměř wegen der späten Schneeschmelze im Riesengebirge erst im März über den Jahresmittelwert ansteigt und im April sein Maximum erreicht.

An den anderen Elbepegeln wird der mittlere Jahresabfluss schon im Januar überschritten und der höchste Abfluss tritt auf dem Elbeabschnitt von Nemčice, nur 35 km unterhalb von Jaroměř, bis Wittenberg/L. im März ein. Ab der Muldemündung ist der Abfluss im April größer als im März. Die Ursache ist weniger der hohe Aprilzufluss aus der Mulde als vielmehr die lange Fließzeit aus der Oberen Elbe. Ab Juni sinkt der Abfluss unter den Jahresdurchschnitt und erreicht sein Minimum oberhalb der Moldaumündung im August, unterhalb im September.

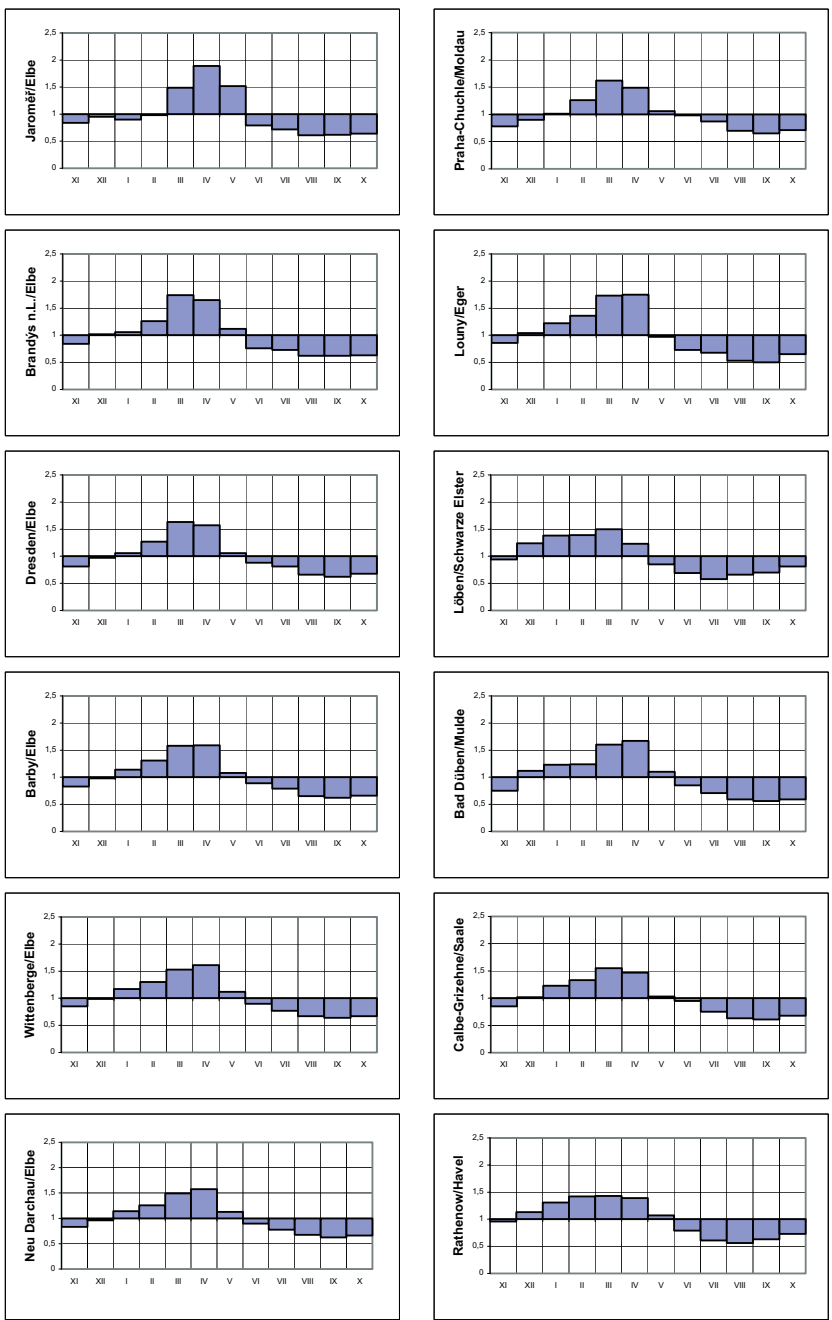
An den Unterläufen der sechs Hauptnebenflüsse weist der Jahresgang des mittleren Abflusses größere

Tab. 5.6-2: Charakteristik des Abflussregimes von ausgewählten Pegeln an der Elbe und an den Unterläufen ihrer Hauptnebenflüsse

Nr. ¹⁾	Gewässer	Pegel	Mittlere Abfluss- spende [l/s · km ²]	Mittlerer Abfluss				MNQ:MQ	MQ:MHQ
				Winterhalbjahr		Sommerhalbjahr			
				[m ³ /s]	[%]	[m ³ /s]	[%]		
1.	Elbe	Jaroměř	13,9	20,0	59	13,9	41	1 : 3,5	1 : 8,1
7.	Elbe	Brandýs n. L.	7,7	127	63	75,7	37	1 : 3,6	1 : 5,5
15.	Elbe	Dresden	6,1	395	61	254	39	1 : 3,1	1 : 4,4
22.	Elbe	Barby	5,9	686	62	433	38	1 : 2,7	1 : 3,6
27.	Elbe	Wittenberge	5,5	842	62	539	38	1 : 2,5	1 : 2,8
30.	Elbe	Neu Darchau	5,4	863	61	558	39	1 : 2,6	1 : 2,7
8.	Moldau	Praha-Chuchle	5,4	168	59	119	41	1 : 3,2	1 : 5,9
10.	Eger	Louny	7,4	48,7	67	24,8	33	1 : 4,0	1 : 6,2
17.	Schwarze Elster	Löben	4,5	25,3	64	14,0	36	1 : 3,0	1 : 3,4
19.	Mulde	Bad Dübén	10,3	81,1	63	46,9	37	1 : 4,2	1 : 7,1
21.	Saale	Calbe-Grzechne	4,8	143	62	87,9	38	1 : 2,6	1 : 3,3
25.	Havel	Rathenow UP	4,6	113	63	65,3	37	1 : 3,9	1 : 1,8

1) Die Nummern der Pegel entsprechen den Pegelnummern der Tabellen 5.6-3 und 5.6-4 sowie der Abbildung 5.6-1.

Abb. 5.6-2: Jahresgang des Abflusses an ausgewählten Pegeln der Elbe und deren Unterläufen der Hauptnebenflüsse, dargestellt als Quotient aus langjährigen Mittelwerten für Monate und Jahr (MQ_{Monat}/MQ_{Jahr})



Unterschiede auf. Sie sind sowohl auf die unterschiedlichen natürlichen Verhältnisse in ihren Einzugsgebieten als auch auf intensive anthropogene Eingriffe in den Abflussprozess zurückzuführen. Am Pegel Praha-Chuchle wird durch den verhältnismäßig geringen Abfluss im März und April und noch mehr durch den verzögerten Abflussrückgang in den Sommermonaten die Wirkung der Moldaukaskade und wei-

terer großer Talsperren im Moldaueinzugsgebiet deutlich (siehe Kapitel 4.2).

Auch am Pegel Louny wirken sich die vielfältigen Wassernutzungen im Egergebiet aus, die besonders in dem unnatürlich hohen Aprilabfluss und dem tiefen Absinken des Abflusses im Mai ihren Ausdruck finden (siehe Kapitel 4.3).

Für die Schwarze Elster, deren Einzugsgebiet größtenteils Flachlandcharakter aufweist, ist die Abflusserhöhung schon ab Dezember nicht ungewöhnlich. Die über viele Jahre betriebene Einleitung von Sumpfungswasser des Braunkohlenbergbaues ist die Ursache für die unnatürliche Abflusserhöhung ab August (siehe Kapitel 4.5).

Tab. 5.6-3: Hydrologische Grunddaten langjähriger Abflussreihen ausgewählter Pegel an der Elbe und an den Unterläufen von Elbenebenflüssen (Die Lage der Pegel ist aus Abb. 5.6-1 ersichtlich.)

Nr.	Gewässer	Pegel	Elbe km [km]	Einzugsgebietsfläche (AE) [km ²]	Jahresreihe	Mittlerer Abfluss (MQ) [m ³ /s]	Mittlerer Niedrigwasserabfluss (MNQ) [m ³ /s]	Mittlerer Hochwasserabfluss (MHQ) [m ³ /s]
1.	Elbe	Jaroměř	287,5	1 226	1931 - 2000	17,0	4,80	138
2.	Orlice	Týniště n. O.	30,9 ¹⁾	1 591	1931 - 2000	19,1	4,90	175
3.	Elbe	Němčice	252,6	4 301	1931 - 2000	45,5	11,8	308
4.	Elbe	Přelouč	223,5	6 432	1931 - 2000	57,3	15,9	349
5.	Elbe	Nymburk	167,6	9 724	1931 - 2000	72,7	19,5	419
6.	Jizera	Předměčice n. J.	10,8 ¹⁾	2 158	1931 - 2000	25,7	7,18	229
7.	Elbe	Brandýs n. L.	137,1	13 111	1931 - 2000	101	27,5	557
8.	Moldau	Praha-Chuchle	61,6 ¹⁾	26 720	1931 - 2000	143	44,8	841
9.	Moldau	Vraňany	11,3 ¹⁾	28 048	1931 - 2000	154	48,6	866
10.	Eger	Louny	54,3 ¹⁾	4 983	1931 - 2000	36,7	9,24	226
11.	Elbe	Ústí n. L.	38,7	48 557	1931 - 2000	292	91,6	1 390
12.	Ploučnice	Benešov n. P.	11,0	1 156	1931 - 2000	8,89	4,18	57,8
13.	Elbe	Děčín	13,8	51 104	1931 - 2000	309	102	1 440
14.	Elbe	Staatsgrenze	0,0 ČR/3,4 D	51 394	1931 - 2000	311	102	1 440
15.	Elbe	Dresden	55,6	53 096	1931 - 2000	324	106	1 410
16.	Elbe	Torgau	154,2	55 211	1936 - 2000	341	117	1 370
17.	Schwarze Elster	Löben	21,6 ¹⁾	4 328	1974 - 2000	19,6	6,49	67,0
18.	Elbe	Wittenberg/L.	214,1	61 879	1931 - 2000	357	128	1 450
19.	Mulde	Bad Dübén	68,1 ¹⁾	6 171	1961 - 2000	63,9	15,2	450
20.	Elbe	Aken	274,7	70 093	1931 - 2000	431	158	1 650
21.	Saale	Calbe-Grizelne	17,4 ¹⁾	23 719	1932 - 2000	115	44,0	377
22.	Elbe	Barby	294,8	94 260	1931 - 2000	554	202	2 020
23.	Elbe	Magdeburg-Strombrücke	326,6	94 942	1931 - 2000	559	225	1 730
24.	Elbe	Tangermünde	388,2	97 780	1961 - 2000	571	239	1 720
25.	Havel	Rathenow UP	62,2 ¹⁾	19 116	1952 - 2000	88,8	22,8	161
26.	Havel	Havelberg-Stadt	20,8 ¹⁾	23 804	1946 - 2000	114	24,6	225
27.	Elbe	Wittenberge	453,9	123 532	1931 - 2000	678	273	1 910
28.	Elde	Malliß OP	9,5 ¹⁾	2 920	1970 - 2000	10,2	1,23	26,7
29.	Jeetzel	Lüchow	26,0 ¹⁾	1 300	1967 - 2000	6,25	1,32	31,2
30.	Elbe	Neu Darchau	536,4	131 950	1931 - 2000	711	276	1 920
31.	Sude	Garlitz	24,0 ¹⁾	735	1955 - 2000	4,54	1,05	15,2
32.	Ilmenau	Bienenbüttel	45,0 ¹⁾	1 434	1956 - 2000	9,17	4,97	36,3

1) Flusskilometer oberhalb der Mündung in die Elbe

Der weitgehend natürliche Jahresgang des Abflusses am Pegel Bad Dübener See wird durch das Abflussregime in den Quellflüssen Freiberger und Zwickauer Mulde bestimmt, die den größten Teil des Erzgebirges entwässern (siehe Kapitel 4.6). Am Pegel Calbe-Grzehne wirken sich die sehr unterschiedlichen Abflussverhältnisse in niederschlagsreichen

Mittelgebirgen und in großen niederschlagsarmen Gebieten aus. Der Einfluss der Saaletalsperren und weiterer Talsperren in den Saaleeinenflüssen wird vor allem im verzögerten Abflussrückgang in den Sommermonaten sichtbar (siehe Kapitel 4.7).

Der Jahresgang am Pegel Rathenow ist typisch für einen Tieflandfluss mit geringer natürlicher Abflussdynamik, die durch den Bau von Kanälen und eine Vielzahl von Stauanlagen im Havelgebiet zusätzlich vermindert ist (siehe Kapitel 4.9).

Tab. 5.6-4: Langjährige mittlere Monats- und Halbjahresabflüsse (m³/s) ausgewählter Pegel an der Elbe und an den Unterläufen von Elbenebenflüssen
(Die Lage der Pegel ist aus Abb. 5.6-1 ersichtlich.)

Nr.	Gewässer	Pegel	Jahresreihe	Monat												Winterhalbjahr	Sommerhalbjahr
				XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X		
1.	Elbe	Jaroměř	1931 - 2000	14,3	16,2	15,3	16,7	25,4	32,2	25,9	13,4	12,3	10,3	10,5	10,8	20,0	13,9
2.	Orlice	Týniště n. O.	1931 - 2000	16,5	20,5	20,4	23,9	32,8	31,5	18,5	13,0	14,9	12,9	12,6	12,6	24,3	14,1
3.	Elbe	Němčice	1931 - 2000	37,6	45,2	46,6	56,1	77,3	75,7	51,6	34,1	34,2	29,3	29,4	28,4	56,4	34,5
4.	Elbe	Přelouč	1931 - 2000	47,7	57,1	58,7	70,5	96,7	94,7	65,0	43,2	43,4	37,3	37,5	36,2	70,9	43,8
5.	Elbe	Nymburk	1931 - 2000	60,1	73,4	77,4	95,3	129	114	78,9	55,5	53,2	45,6	46,3	45,0	91,5	54,1
6.	Jizera	Předměřice n. J.	1931 - 2000	22,7	27,0	25,4	27,1	40,6	48,4	30,8	18,9	19,0	15,7	15,5	17,5	31,8	19,6
7.	Elbe	Brandýs n. L.	1931 - 2000	85,1	103	107	127	176	167	113	77,2	74,2	62,6	63,3	64,0	127	75,7
8.	Moldau	Praha-Chuchle	1931 - 2000	111	129	145	180	232	213	151	140	125	100	92,8	102	168	119
9.	Moldau	Vraňany	1931 - 2000	120	139	156	193	248	228	162	150	135	109	101	111	181	128
10.	Eger	Louny	1931 - 2000	31,4	38,3	44,7	50,0	63,4	64,4	35,5	26,7	24,8	19,5	18,4	23,8	48,7	24,8
11.	Elbe	Ústí n. L.	1931 - 2000	237	281	306	370	486	461	310	254	232	189	180	197	357	227
12.	Ploučnice	Benešov n. P.	1931 - 2000	8,88	9,93	10,0	11,2	13,1	10,3	7,48	6,69	7,39	6,67	6,88	8,25	10,6	7,23
13.	Elbe	Děčín	1931 - 2000	252	298	324	391	512	486	329	270	247	202	193	210	377	242
14.	Elbe	Staatsgrenze	1931 - 2000	254	301	327	394	515	489	331	272	249	203	194	211	380	243
15.	Elbe	Dresden	1931 - 2000	264	314	344	412	529	510	345	284	262	213	202	219	395	254
16.	Elbe	Torgau	1936 - 2000	266	323	359	430	554	541	370	301	277	227	213	226	412	269
17.	Schwarze Elster	Löben	1974 - 2000	18,4	24,2	28,1	27,6	29,2	24,1	16,5	13,6	11,5	12,9	13,8	15,8	25,3	14,0
18.	Elbe	Wittenberg/L.	1931 - 2000	291	345	377	450	575	555	378	313	289	237	225	243	432	281
19.	Mulde	Bad Dübener	1961 - 2000	48,0	71,4	78,9	79,1	102	107	70,0	54,5	45,1	38,0	36,0	37,4	81,1	46,9
20.	Elbe	Aken	1931 - 2000	357	418	485	558	674	680	460	381	337	280	265	285	528	335
21.	Saale	Calbe-Grzehne	1932 - 2000	97,2	117	141	153	178	169	118	104	86,1	73,0	70,0	77,8	143	87,9
22.	Elbe	Barby	1931 - 2000	462	542	629	724	876	883	596	493	436	362	342	368	686	433
23.	Elbe	Magdeburg-Strombrücke	1931 - 2000	466	541	624	711	849	869	604	499	441	376	356	382	676	443
24.	Elbe	Tangermünde	1961 - 2000	451	574	681	735	841	906	646	529	420	368	348	363	698	446
25.	Havel	Rathenow UP	1952 - 2000	84,7	100	116	126	127	123	94,8	69,3	54,5	50,6	56,7	65,8	113	65,3
26.	Havel	Havelberg-Stadt	1946 - 2000	104	126	153	165	165	160	122	89,5	69,0	62,7	70,5	80,1	145	82,3
27.	Elbe	Wittenberge	1931 - 2000	576	672	793	883	1040	1090	762	608	523	452	432	457	842	539
28.	Elde	Malliß OP	1970 - 2000	10,3	12,6	14,3	14,7	14,0	13,0	8,41	6,98	5,98	6,03	7,61	9,33	13,1	7,39
29.	Jeetzel	Lüchow	1967 - 2000	5,98	7,59	9,72	9,37	10,5	8,53	4,70	3,95	3,30	3,08	3,69	4,73	8,62	3,91
30.	Elbe	Neu Darchau	1931 - 2000	592	690	803	900	1070	1130	800	629	536	471	445	467	863	558
31.	Sude	Garlitz	1955 - 2000	4,43	6,26	7,14	7,16	6,99	6,02	3,76	2,67	2,33	2,32	2,51	3,06	6,33	2,78
32.	Ilmenau	Bienenbüttel	1956 - 2000	8,98	10,7	11,8	12,0	12,4	10,6	8,17	7,35	6,80	6,75	7,08	7,61	11,1	7,30

5.7 Die Elbe und ihr Einzugsgebiet im Vergleich zu anderen europäischen Flüssen

Für einen Vergleich der Abflussverhältnisse im Elbegebiet mit denen anderer Flüsse in Europa sind einerseits Pegel mitteleuropäischer Flüsse mit annähernd gleich großen Einzugsgebieten und andererseits mündungsnahe Pegel von 19 Flüssen Europas ausgewählt worden (Abb. 1-1).

*Unser Wissen ist ein Tropfen,
was wir nicht wissen, ist ein Ozean.
(Isaac Newton)*

5.7.1 Abflussverhältnisse an Pegeln mittel-europäischer Flüsse mit annähernd gleich großer Einzugsgebietsfläche

Für zwölf Pegel mit einer Einzugsgebietsfläche in der **Größenordnung von 10 000 km²** enthält *Tabelle 5.7-1* Hinweise zur Lage, *Tabelle 5.7-2* die hydrologischen Grunddaten langjähriger Abflussreihen und *Tabelle 5.7-3* die Charakteristik des Abflussregimes. Der Jahresgang des Abflusses ist in *Abbildung 5.7-1* dargestellt.

Die Kenngrößen zur Charakteristik des Abflussregimes und der Jahresgang des Abflusses dieser zwölf Pegel weisen große Unterschiede auf.

Die **Abflussspenden** an den Pegeln Brandýs n. L. und Naumburg-Grochlitz sind trotz großer Mittelgebirgsanteile und hoher Niederschläge in ihren Einzugsgebieten – gemessen an der mittleren Niederschlagshöhe für das Elbegebiet – deutlich geringer als an allen anderen Pegeln der übrigen europäischen Flüsse. Wesentlich höhere Niederschläge führen in den westlich des Elbegebiets gelegenen Flussgebieten und in den Alpen zu größeren Abflussspenden, die in der oberen Mosel das Zweifache und in den Alpenflüssen das Vier- bis Fünffache der Abflussspenden an den beiden Pegeln im Elbegebiet betragen.

Tab. 5.7-1: Lagebeschreibung von zwölf ausgewählten Pegeln mit einer Einzugsgebietsfläche von ungefähr 10 000 km² in Flüssen Mitteleuropas

Gewässer	Pegel	Lagebeschreibung
Elbe	Brandýs n. L.	27 km oberhalb Moldaumündung
Saale	Naumburg-Grochlitz	158 km oberhalb Saalemündung; ca. 121 km unterhalb der Saalealsperren
Weser	Hannover-Münden	0,7 km unterhalb Zusammenfluss von Werra und Fulda
Ems	Versen	235 km unterhalb der Quelle, im Mittellauf
Rhein	Neuhausen	Hochrhein, 46 km unterhalb Rheinbrücke Konstanz, unterhalb Bodensee, nahe Rheinfall bei Schaffhausen
Aare	Brugg (Schweiz)	Aare mündet in den Hochrhein zwischen Schaffhausen und Basel, mittlere Höhe des Einzugsgebiets bis Pegel Brugg 1 010 m ü. NN, 2 % sind vergletschert
Neckar	Rockenau	61 km oberhalb Neckarmündung
Main	Schweinfurt	331 km oberhalb Mainmündung, im Mittellauf
Mosel	Perl	242 km oberhalb Moselmündung, direkt an der französisch-luxemburgisch-deutschen Grenze
Donau	Dillingen	zwischen Ulm und Donauwörth, unterhalb Illermündung
Inn	Wasserburg	159 km oberhalb Innmündung
Rhône	Chancy (Schweiz)	unterhalb des Genfer Sees, mittlere Höhe des Einzugsgebiets bis Pegel Chancy 1 580 m ü. NN, 8,4 % sind vergletschert

Tab. 5.7-2: Hydrologische Grunddaten langjähriger Abflussreihen von ausgewählten Pegeln mit einer Einzugsgebietsfläche von ungefähr 10 000 km² in Flüssen Mitteleuropas

Gewässer	Pegel	Pegel- nullpunkt ¹⁾	Einzugs- gebietsfläche (AE) [km ²]	Mittlerer Abfluss (MQ) [m ³ /s]	Mittlerer Niedrigwasserabfluss (MNQ) [m ³ /s]	Mittlerer Hochwasserabfluss (MHQ) [m ³ /s]	Jahres- reihe
		[m ü. NN]					
Elbe	Brandýs n. L.	164	13 111	101	27,5	557	1931 - 2000
Saale-Elbe	Naumburg- Grochlitz	98	11 449	67,8	26,0	245	1934 - 2000
Weser	Hannover- Münden	115	12 442	114	36,1	630	1941 - 1999
Ems	Versen	7	8 375	80,3	15,2	378	1941 - 1999
Rhein	Neuhausen	380	11 887	369	178	719	1931 - 1999
Aare-Rhein	Brugg	332	11 750	316	²⁾	²⁾	1935 - 2001
Neckar-Rhein	Rockenau	120	12 710	135	35,5	1 180	1951 - 1999
Main-Rhein	Schweinfurt	201	12 715	104	33,8	644	1911 - 1998
Mosel-Rhein	Perl	138	11 522	162	21,8	1 210	1976 - 1999
Donau	Dillingen	415	11 315	160	66,2	687	1924 - 1998
Inn-Donau	Wasserburg	420	11 983	355	131	1 420	1965 - 1998
Rhône	Chancy	336	10 299	343	²⁾	²⁾	1935 - 2001

1) gerundet auf volle Meter

2) wird in der Schweiz nicht ermittelt

Tab. 5.7-3: Charakteristik des Abflussregimes von ausgewählten Pegeln mit einer Einzugsgebietsfläche von ungefähr 10 000 km² in Flüssen Mitteleuropas

Gewässer	Pegel	Mittlere Abfluss- spende [l/s · km ²]	Mittlerer Abfluss				MNQ:MQ	MQ:MHQ
			Winterhalbjahr		Sommerhalbjahr			
			[m³/s]	[%]	[m³/s]	[%]		
Elbe	Brandýs n. L.	7,7	127	63	75,7	37	1 : 3,6	1 : 5,5
Saale-Elbe	Naumburg- Grochlitz	5,9	85,0	63	51,0	37	1 : 2,6	1 : 3,6
Weser	Hannover- Münden	9,2	150	66	78,9	34	1 : 3,2	1 : 5,5
Ems	Versen	9,6	116	72	44,7	28	1 : 5,3	1 : 4,7
Rhein	Neuhausen	31,0	261	35	475	65	1 : 2,1	1 : 1,9
Aare-Rhein	Brugg	26,9	289	46	343	54	-	-
Neckar-Rhein	Rockenau	10,6	173	64	97,7	36	1 : 3,8	1 : 8,7
Main-Rhein	Schweinfurt	8,2	139	66	71,0	34	1 : 3,1	1 : 6,2
Mosel-Rhein	Perl	14,1	238	73	86,2	27	1 : 7,4	1 : 7,5
Donau	Dillingen	14,1	163	51	157	49	1 : 2,4	1 : 4,3
Inn-Donau	Wasserburg	29,6	216	30	493	70	1 : 2,7	1 : 4,0
Rhône	Chancy	33,1	273	40	412	60	-	-

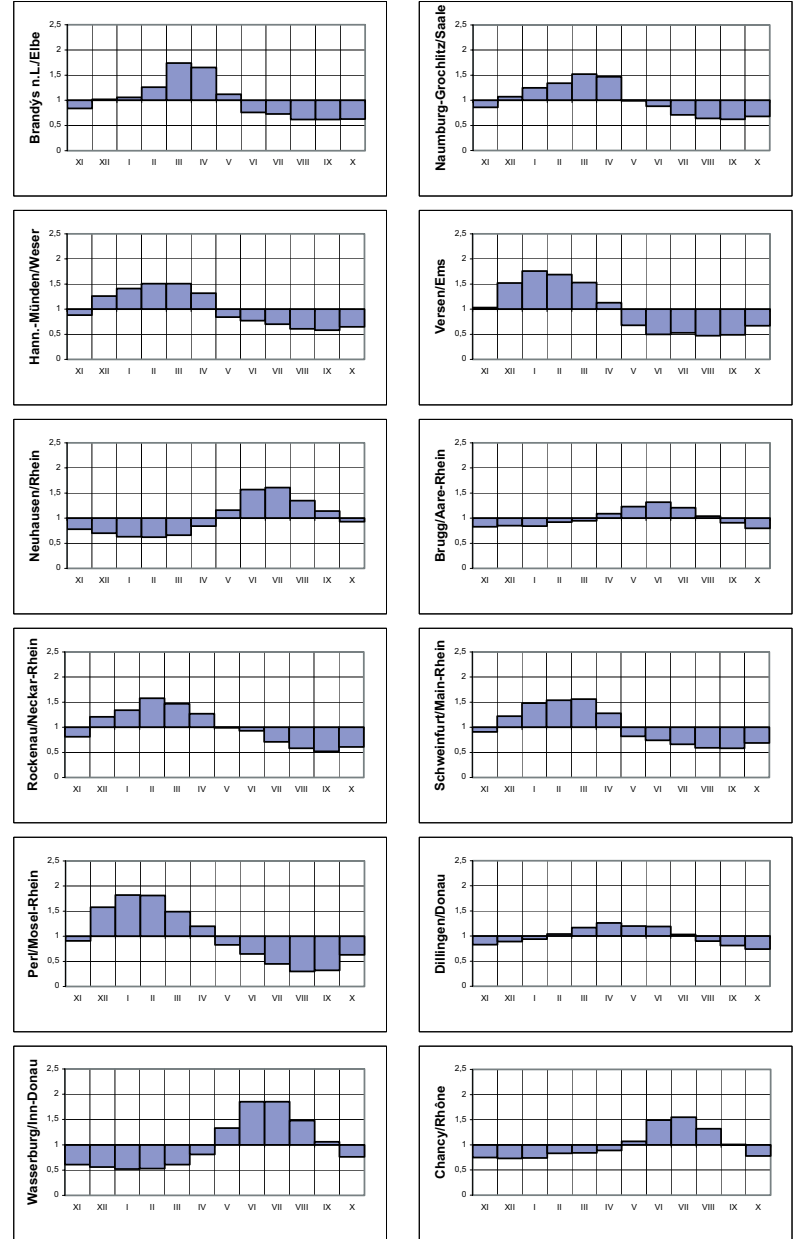


Abb. 5.7-1: Jahresgang des Abflusses von ausgewählten Pegeln mit einer Einzugsgebietsfläche von ungefähr 10 000 km² in Flüssen Mitteleuropas, dargestellt als Quotient aus langjährigen Mittelwerten für Monate und Jahr ($MQ_{\text{Monat}} / MQ_{\text{Jahr}}$)

Das **Abflussverhältnis Winter-/Sommerhalbjahr**, an den Pegeln Brandýs n. L. und Naumburg-Grochlitz 63 : 37 %, weist in den westlich gelegenen Flussgebieten größere Unterschiede auf und erreicht an der oberen Mosel, wo sich fast nie eine Schneedecke bildet, 73 : 27 %. In den Alpenflüssen, wo der größte Teil der Winterniederschläge als Schnee gespeichert wird und örtlich zur Gletschernährung führt, ist die Abflussverteilung umgekehrt. Sie erreicht z. B. am Inn ein Verhältnis von 30 : 70 %.

Die **Verhältniszahlen MNQ : MQ und MQ : MHQ** sind an den Alpenflüssen wegen des sehr langsamen Abtauens von Schnee und Eis klein und betragen am Hochrhein nur 1 : 2,1 bzw. 1 : 1,9. Geringes natürliches Rückhaltevermögen führt dagegen an der oberen Mosel zu einem MNQ : MQ-Verhältnis von 1 : 7,4. Dort, wie auch an Neckar und Main, ist das MQ : MHQ-Verhältnis am größten.

Im **Jahresgang des Abflusses** wird deutlich, dass an den Pegeln der Weser, der Ems und der Rheinnebenflüsse Neckar, Main und Mosel wegen des maritim geprägten Klimas der Abfluss bereits im Dezember deutlich über den mittleren Jahresabfluss ansteigt und überwiegend im Januar und Februar seine höchsten Werte erreicht. Schon im Mai sinkt dort der Abfluss unter den Jahresmittelwert. Am Pegel Versen/Ems und besonders am Pegel Perl/Mosel ist der Jahresgang wesentlich unausgeglichener als an den Pegeln Brandýs n. L. und Naumburg-Grochlitz. In den Alpenflüssen überschreitet der Abfluss erst im April/Mai den Jahresmittelwert, das Maximum tritt im Juni/Juli ein. Neben der oberen Donau weist von den Alpenflüssen die Aare einen besonders ausgeglichenen Jahresgang auf.

Zehn Pegel mit Einzugsgebietsflächen in den **Größenordnungen von 50 000 km² bzw. \geq 100 000 km²** (Tabellen 5.7-4 bis 5.7-6 und Abbildung 5.7-2) ermöglichen sowohl den direkten Vergleich der Abflussverhältnisse untereinander als auch einen Vergleich der Abflussveränderungen im Längsschnitt von Elbe, Rhein und Donau, wobei deren Pegel in der Größenordnung von 10 000 km² einbezogen werden.

Tab. 5.7-4: Lagebeschreibung von ausgewählten Pegeln mit einer Einzugsgebietsfläche von ungefähr 50 000 bzw. \geq 100 000 km² in Flüssen Mitteleuropas

Gewässer	Pegel	Lagebeschreibung
Pegel in der Größenordnung von \geq 50 000 km ²		
Elbe	Dresden	56 km unterhalb deutsch-tschechischer Grenze
Oder	Eisenhüttenstadt	253 km oberhalb Odermündung, ca. 15 km unterhalb Mündung der Lausitzer Neiße, wo die Oder die deutsch-polnische Grenze bildet
Rhein	Maxau	Oberrhein, zwischen Karlsruhe und Mannheim, 362 km unterhalb Rheinbrücke Konstanz
Donau	Hofkirchen	Zwischen Isar- und Innmündung
Pegel in der Größenordnung von \geq 100 000 km ²		
Elbe	Barby	ca. 4 km unterhalb Saalemündung, 295 km unterhalb deutsch-tschechischer Grenze
Elbe	Neu Darchau	ca. 50 km oberhalb Wehr Geesthacht, 536 km unterhalb deutsch-tschechischer Grenze
Oder	Hohensaaten-Finow AP	142 km oberhalb Odermündung, knapp 50 km unterhalb Mündung der 762 km langen Warta/Warthe aus Polen, die das Einzugsgebiet der Oder verdoppelt
Rhein	Kaub	Mittelrhein, oberhalb der Loreley, 546 km unterhalb Rheinbrücke Konstanz
Rhein	Köln	Niederrhein, 688 km unterhalb Rheinbrücke Konstanz
Donau	Kienstock (Österreich)	oberhalb von Wien

Die **Abflussspende** verringert sich in der Elbe von Brandýs n. L. (7,7 l/s · km²) bis Neu Darchau auf 5,4 l/s · km² und ist geringfügig größer als in der Oder. Vom Hochrhein bis Köln am Niederrhein nimmt sie um mehr als die Hälfte ab, ist dort aber mit 14,6 l/s · km² mehr als doppelt so groß als in der Mittleren Elbe. In der Donau steigt sie nach der Innmündung deutlich an und erreicht oberhalb von Wien über 18 l/s · km².

Das **Abflussverhältnis Winter-/Sommerhalbjahr** verändert sich in der Elbe nur geringfügig und beträgt beim Übergang in die Tideelbe 61 : 39 %. Spätere Schneeschmelze im oberen Odergebiet führt in der Grenzoder zu einem Verhältnis von 57 : 43 %. Im Rhein nimmt der Winterabfluss von nur 35 % im Hochrhein auf 55 % am Pegel Köln sehr stark zu. In der Donau ist der Verlauf wiederum anders, der Winterabfluss sinkt von 51 auf 46 %.

Die **Verhältniszahlen MNQ : MQ und MQ : MHQ** verringern sich in Elbe und Oder flussabwärts deutlich, im Rhein steigen sie kontinuierlich an. In der Donau nehmen sie zunächst ab, steigen aber unterhalb der Innmündung wieder etwas an.

Der **Jahresgang des Abflusses** in der Elbe von Brandýs n. L. bis Neu Darchau weist ein sehr einheitliches Bild auf. Wegen der langen Fließzeit aus dem Riesengebirge bis zum Übergang in die Tideelbe verlagert sich lediglich das Abflussmaximum ab dem Pegel Barby vom März in den April. Sehr ähnlich sind die Verhältnisse in der Oder. Das Sommermaximum in Neuhausen am Hochrhein ist abgeschwächt in Maxau am Oberrhein und bei insgesamt sehr ausgeglichenem Jahresgang auch noch in Kaub am Mittelrhein vorhanden. In Köln am Niederrhein tritt durch das Abflussregime der Nebenflüsse, vor allem der Mosel, das Maximum im Februar auf und der Jahresgang ist nicht mehr so ausgeglichen wie am Mittelrhein. In der oberen Donau bleibt bei großer Ausgeglichenheit des Jahresganges das Abflussmaximum im April zunächst bis Hofkirchen erhalten. Nach der Innmündung verlagert sich der höchste Monatsabfluss am Pegel Kienstock in den Juni und der Jahresgang ist weniger ausgeglichen.

Dennoch ist der Jahresgang des mittleren Abflusses im Rhein und in der Donau bis Wien wesentlich ausgeglichener als in der Elbe und der Oder, was vor allem für die Rhein- und Donauschifffahrt von hohem Nutzen ist.

Tab. 5.7-5: Hydrologische Grunddaten langjähriger Abflussreihen von ausgewählten Pegeln mit einer Einzugsgebietsfläche von ungefähr 50 000 bzw. $\geq 100\,000\text{ km}^2$ in Flüssen Mitteleuropas

Gewässer	Pegel	Pegelnulldpunkt ¹⁾	Einzugsgebietsfläche (AE)	Mittlerer Abfluss (MQ)	Mittlerer Niedrigwasserabfluss (MNQ)	Mittlerer Hochwasserabfluss (MHQ)	Jahresreihe
		[m ü. NN]					
Elbe	Dresden	103	53 096	324	106	1 410	1931 - 2000
Oder	Eisenhüttenstadt	25	52 033	307	128	968	1941 - 2000 (ohne 1945)
Rhein	Maxau	98	50 196	1 260	585	3 100	1931 - 1999
Donau	Hofkirchen	300	47 496	634	299	1 830	1901 - 1998
Elbe	Barby	46	94 260	554	202	2 020	1931 - 2000
Elbe	Neu Darchau	6	131 950	711	276	1 920	1931 - 2000
Oder	Hohensaaten-Finow AP	0,2	109 564	525	251	1 228	1941 - 2000 (ohne 1945)
Rhein	Kaub	68	103 488	1 650	758	4 220	1931 - 1999
Rhein	Köln	35	144 232	2 100	932	6 390	1931 - 1999
Donau	Kienstock	n.n.	95 970	1 770	823	6 110	1981 - 1999

1) gerundet auf volle Meter (Ausnahme: lfd. Nr. 7)

Tab. 5.7-6: Charakteristik des Abflussregimes von ausgewählten Pegeln mit einer Einzugsgebietsfläche von ungefähr 50 000 bzw. $\geq 100\,000\text{ km}^2$ in Flüssen Mitteleuropas

Gewässer	Pegel	Mittlere Abflusspende [l/s · km ²]	Mittlerer Abfluss				MNQ:MQ	MQ:MHQ
			Winterhalbjahr		Sommerhalbjahr			
			[m ³ /s]	[%]	[m ³ /s]	[%]		
Elbe	Dresden	6,1	395	61	254	39	1 : 3,1	1 : 4,4
Oder	Eisenhüttenstadt	5,9	349	57	266	43	1 : 2,4	1 : 3,2
Rhein	Maxau	25,1	1 120	45	1 390	55	1 : 2,2	1 : 2,5
Donau	Hofkirchen	13,3	636	50	631	50	1 : 2,1	1 : 2,9
Elbe	Barby	5,9	686	62	424	38	1 : 2,7	1 : 3,6
Elbe	Neu Darchau	5,4	863	61	558	39	1 : 2,6	1 : 2,7
Oder	Hohensaaten- Finow AP	4,8	608	58	443	42	1 : 2,1	1 : 2,3
Rhein	Kaub	15,9	1 660	51	1 630	49	1 : 2,2	1 : 2,6
Rhein	Köln	14,6	2 320	55	1 890	45	1 : 2,3	1 : 3,0
Donau	Kienstock	18,4	1 630	46	1 920	54	1 : 2,2	1 : 3,4

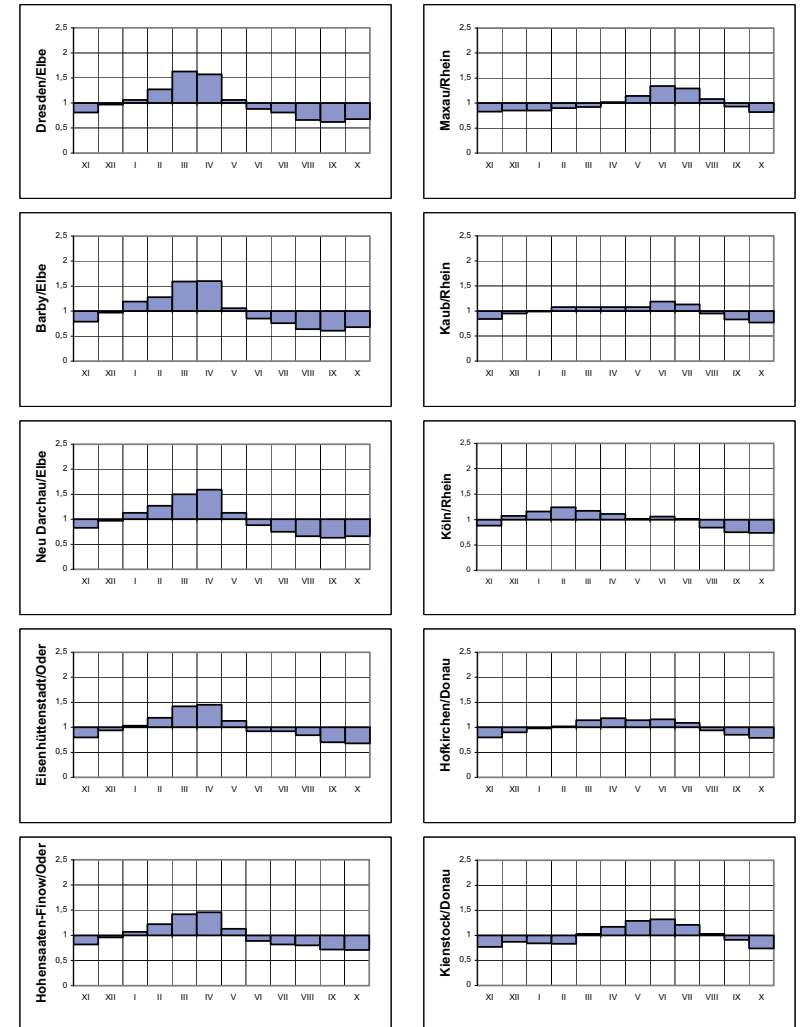


Abb. 5.7-2: Jahresgang des Abflusses von ausgewählten Pegeln mit einer Einzugsgebietsfläche von ungefähr 50 000 bzw. $\geq 100\,000\text{ km}^2$ in Flüssen Mitteleuropas, dargestellt als Quotient aus langjährigen Mittelwerten für Monate und Jahr ($MQ_{\text{Monat}} / MQ_{\text{Jahr}}$)

5.7.2 Vergleich der Abflussverhältnisse in 19 Flüssen Europas

Die hydrologischen Grunddaten und die Charakteristik des Abflussregimes mündungsnaher Pegel von 19 Flüssen Europas sind in den *Tabellen 5.7-7 und 5.7-8* enthalten. Die Flüsse sind von der Elbe aus zunächst in westlicher, dann südlicher und südöstlicher Richtung und danach in östlicher bis nord-östlicher Richtung geordnet. Die gleiche Anordnung ist für die Darstellung des Jahresganges des mittleren Abflusses in *Abbildung 5.7-3* gewählt.

In *Tabelle 5.7-7* sind neben den Einzugsgebietsflächen der mündungsnahen Pegel auch die Einzugsgebietsflächen bis zur Mündung der Flüsse angegeben, so dass die Mündungsnähe der Pegel, für deren Lage mehrheitlich keine genauen Daten erhältlich waren, abgeschätzt werden kann. Die Jahresreihen des Abflusses sind unterschiedlich lang und enthalten zum Teil Beobachtungslücken. Die Anzahl der Beobachtungsjahre reicht von 20 bis 179. Dennoch bieten die vorliegenden Daten eine ausreichende Grundlage für den Vergleich der Abflussverhältnisse am Pegel Neu Darchau/Elbe mit denen mündungsnaher Pegel anderer Flüsse Europas. Auf eine genaue Analyse der Abflussverhältnisse für jeden einzelnen Pegel muss aber verzichtet werden.

Die **mittlere Abflussspende** ist im Vergleich zur Elbe ($5,4 \text{ l/s} \cdot \text{km}^2$) in den meisten anderen Flüssen größer, nur im Dnepr und im Don sowie in der Oder geringer. Die größten Abflussspenden sind im Po ($21,7 \text{ l/s} \cdot \text{km}^2$) und in der Rhône ($17,7 \text{ l/s} \cdot \text{km}^2$) zu verzeichnen.

Das **Abflussverhältnis Winter-/Sommerhalbjahr** von 61 : 39 % in der Elbe besteht in dieser Größe auch in Memel und Westlicher Dwina, allerdings mit deutlich größeren Unterschieden vor allem innerhalb des Winterhalbjahres. Winterabflüsse von über 70 % an den mündungsnahen Pegeln von Ems und Loire sind Ausdruck für das maritim geprägte Klima. In den durch kontinentales Klima geprägten nordosteuropäischen Flüssen Nördliche Dwina, Mesen und Petschora, die schon der subpolaren Klimazone zuzurechnen

Tab. 5.7-7: Hydrologische Grunddaten für 19 Flüsse Europas und deren mündungsnaher Pegel

Gewässer	Mündung in	Flusslänge [km]	Einzugsgebietsfläche AE [1 000 km ²]	Mündungsnaher Pegel		Jahresreihe	Anzahl der Jahre	Mittlerer Abfluss (MQ) [m ³ /s]
				Name	Einzugsgebietsfläche AE [1 000 km ²]			
Elbe	Nordsee	1 094	148	Neu Darchau	132	1874 - 2000	126	709
Weser	Nordsee	730 ¹⁾	46,3	Intschede	37,7	1857 - 2000	143	324
Ems	Nordsee	371	14,4	Versen	8,37	1940 - 1999	60	80,3
Rhein	Nordsee	1 326	184	Rees	159	1814 - 2000	172	2 250
Loire	Atlantik	1 012	121	Montjean	110	1863 - 1979	117	838
Rhône	Mittelmeer	812	98	Beaucaire	95,6	1920 - 1979	59	1 690
Po	Mittelmeer/Adria	676	75	Pontelagoscuro	70,1	1918 - 1985	68	1 520
Donau	Schwarzes Meer	2 857	817	Ceatal Izmail	807	1921 - 1999	79	6 410
Dnepr	Schwarzes Meer	2 285	503	Dnepr-Kraftwerk	463	1952 - 1984	33	1 480
Don	Schwarzes Meer/Aowsches Meer	1 970	442	Razdorskaja	378	1891 - 1990	98	779
Wolga	Kaspisches Meer	3 688	1 380	Wolgograd-Kraftwerk	1 360	1879 - 1990	93	8 100
Oder	Ostsee	855	119	Hohensaaten-Finow AP	110	1920 - 2000	79	526
Weichsel	Ostsee	1 095	198	Tczew	194	1900 - 1994	94	1 040
Memel	Ostsee	990	98,1	Smalininkai	81,2	1812 - 1993	179	538
Westliche Dwina	Ostsee	1 020	84,4	Daugavpils	64,5	1965 - 1984	20	391
Newa	Ostsee/Finnischer Meerbusen	74	282	Nowosaratowka	281	1859 - 1988	127	2 510
Nördliche Dwina	Barentssee/Weißes Meer	1 302	360	Ust-Pinega	348	1881 - 1998	117	3 330
Mesen	Barentssee/Weißes Meer	857	76,5	Malonisogorskaja	56,4	1920 - 1998	78	642
Petschora	Barentssee	1 809	327	Oksino	312	1916 - 1998	37	4 380

1) Länge der Weser (432 km) plus des Quellflusses Werra (298 km)

Tab. 5.7-8: Charakteristik des Abflussregimes mündungsnaher Pegel von 19 Flüssen Europas

Mündungsnaher Pegel	Mittlere Abflussspende [l/s · km ²]	Mittlerer Abfluss				NJMQ 1)	HJMQ 2)	NJMQ : HJMQ	NMOMQ 3)	HMOMQ 4)	NMOMQ : HMOMQ
		Winterhalbjahr		Sommerhalbjahr							
		[m ³ /s]	[%]	[m ³ /s]	[%]	[m ³ /s]	[m ³ /s]		[m ³ /s]	[m ³ /s]	
Neu Darchau	5,4	870	61	548	39	380	1 370	1 : 3,6	143	2 900	1 : 20
Intschede	8,6	440	68	208	32	150	559	1 : 3,7	65,3	1 440	1 : 22
Versen	9,6	116	72	44,7	28	38,4	131	1 : 3,4	8,69	389	1 : 45
Rees	14,2	2 470	55	2 030	45	1 080	3 280	1 : 3,0	675	7 280	1 : 11
Montjean	7,6	1 230	73	447	27	282	1 970	1 : 7,0	60,0	4 200	1 : 70
Beaucaire	17,7	1 930	57	1 460	43	723	2 470	1 : 3,4	420	5 080	1 : 12
Pontelagoscuro	21,7	1 520	50	1 510	50	905	2 620	1 : 2,9	330	5 180	1 : 16
Ceatal Izmail	7,9	6 420	50	6 410	50	4 020	9 370	1 : 2,3	1 890	14 500	1 : 7,7
Dnepr-Kraftwerk	3,2	1 580	53	1 390	47	801	2 660	1 : 3,3	362	8 040	1 : 22
Razdorskaja	2,1	737	47	823	53	300	1 670	1 : 5,6	103	9 390	1 : 91
Wolgograd-KW	6,0	4 920	30	11 300	70	5 180	12 400	1 : 2,4	1 140	39 400	1 : 35
Hohensaaten-F. AP	4,8	613	58	438	42	290	911	1 : 3,1	121	1 760	1 : 15
Tczew	5,4	1 200	58	882	42	600	1 780	1 : 3,0	254	4 390	1 : 17
Smalininkai	6,6	654	61	422	39	350	799	1 : 2,3	174	3 430	1 : 20
Daugavpils	6,1	486	62	296	38	281	584	1 : 2,1	84	2 630	1 : 31
Nowosaratowka	8,9	2 050	41	2 960	59	1 340	3 670	1 : 2,7	183	4 450	1 : 24
Ust-Pinega	9,6	1 470	22	5 200	78	1 800	5 250	1 : 2,9	319	20 800	1 : 65
Malonisogorskaja	11,4	253	20	1 030	80	350	904	1 : 2,6	88,4	4 400	1 : 50
Oksino	14,0	1 210	14	7 540	86	3 120	5 550	1 : 1,8	269	30 200	1 : 112

- 1) niedrigster mittlerer Abfluss eines Einzeljahres
2) höchster mittlerer Abfluss eines Einzeljahres
3) niedrigster mittlerer Abfluss eines Einzelmonats
4) höchster mittlerer Abfluss eines Einzelmonats
- jeweils innerhalb der Jahresreihe -

sind, beträgt dagegen der Winterabfluss nur 14 bis 22 % des Jahresabflusses.

Das **Verhältnis zwischen dem niedrigsten und dem höchsten mittleren Abfluss eines Einzeljahres** innerhalb der jeweiligen Jahresreihe ist an der Mehrzahl der Pegel kleiner als am Pegel Neu Darchau (1 : 3,6), am kleinsten am Pegel Oksino/Petschora (1 : 1,8). Deutlich größere Unterschiede sind für die Loire mit 1 : 7,0 und für den Don mit 1 : 5,6 zu verzeichnen.

Das **Verhältnis zwischen dem niedrigsten und dem höchsten mittleren Abfluss eines Einzelmonats** innerhalb der jeweiligen Jahresreihe, das am Pegel Neu Darchau 1 : 20 beträgt, ist an den mündungsnahen Pegeln von Donau (1 : 7,7), Rhein (1 : 11) und Rhône (1 : 12) deutlich kleiner. Die größten

Unterschiede ergeben sich auch hierbei für die Loire (1 : 70) und den Don (1 : 91). Am Pegel Oksino/Petschora, wo das Abflussverhältnis zwischen den Einzeljahren nur 1 : 1,8 beträgt, besteht zwischen den Einzelmonaten der größte Abflussunterschied (1 : 112). Er ist auf den für die subpolare Klimazone typischen sehr wechselhaften Witterungsverlauf zurückzuführen.

Im **Jahresgang des mittleren Abflusses** werden die sehr unterschiedlichen Abflussverhältnisse in den Flüssen Europas besonders deutlich. Im Vergleich zum Jahresgang am Pegel Neu Darchau an der Elbe treten in Weser, Ems und Loire die Abflussmaxima früher ein und der Jahresgang ist weniger ausgeglichen. Rhein, Rhône und Po weisen dagegen wegen

ihres alpinen Ursprungs einen sehr ausgeglichenen Jahresgang auf. Von der Donau bis zur Wolga treten die Abflussmaxima im Mai auf, die Unausgeglichenheit im Jahresgang wird ständig größer und in der Wolga ist der Abfluss nur in drei Monaten höher als der mittlere Jahresabfluss. Wie am Pegel Neu Darchau treten die Abflussmaxima an den mündungsnahen Pegeln von Oder, Weichsel, Memel und Westlicher Dwina im April auf und werden nach Nordosten immer dominierender. In der Westlichen Dwina ist der Abfluss nur im April und Mai größer als der mittlere Jahresabfluss. Der völlig andere Jahresgang in der Newa ist auf die ausgleichende Wirkung des Onegasees (fast 10 000 km²) und des Ladogasees (über 18 000 km²) zurückzuführen.

In Nördlicher Dwina, Mesen und Petschora bestehen die größten Unterschiede im Jahresgang des Abflusses. In der nur kurzen Sommerperiode erreicht der Abfluss im Mai bzw. Juni das Vierfache des mittleren Jahresabflusses und in der langen sehr kalten Winterperiode sinkt er bis unter 25 %, in der Petschora bis auf 17 % des mittleren Jahresabflusses ab.

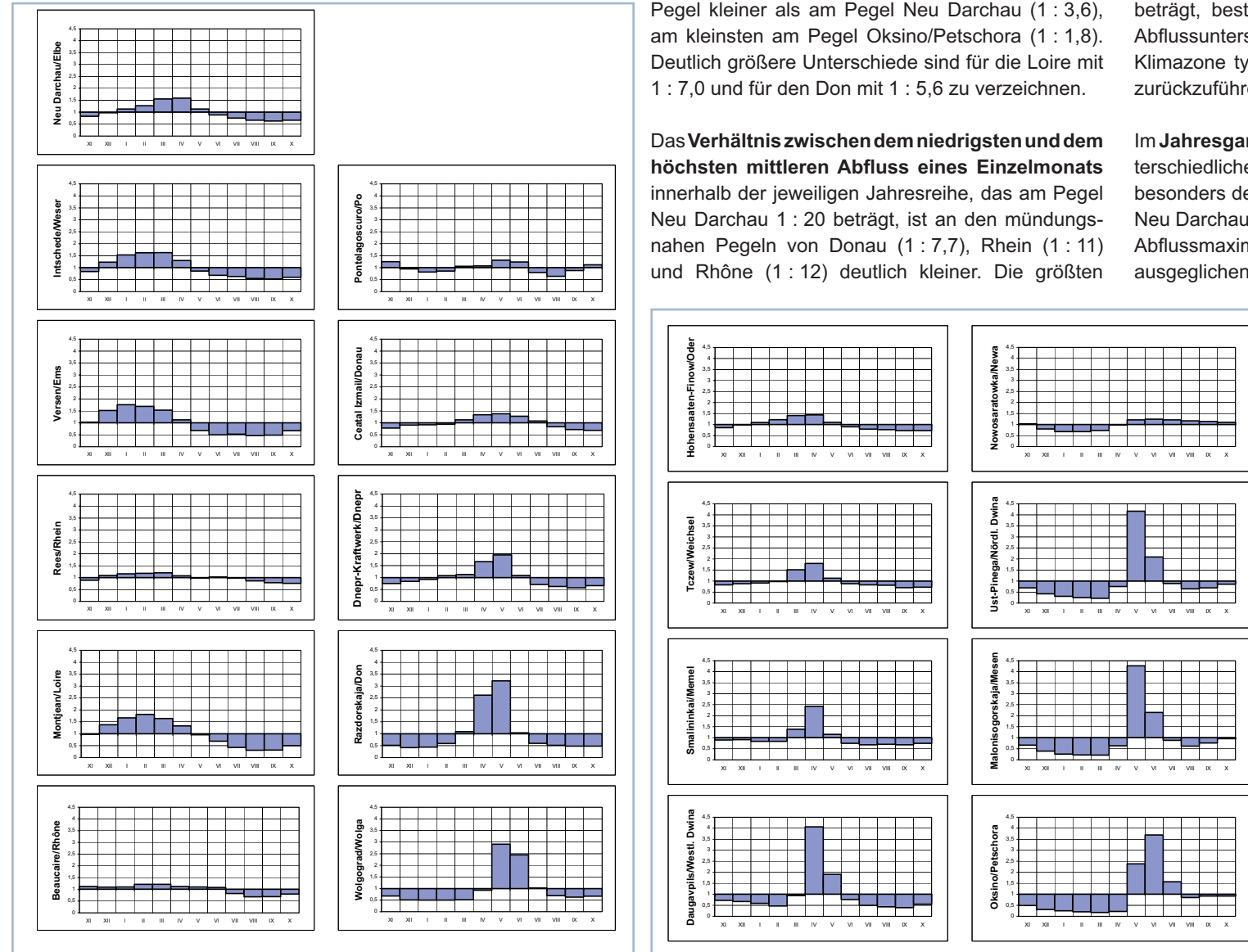


Abb. 5.7-3: Jahresgang des Abflusses mündungsnaher Pegel von 19 Flüssen Europas, dargestellt als Quotient aus langjährigen Mittelwerten für Monate und Jahr ($\frac{MQ_{\text{Monat}}}{MQ_{\text{Jahr}}}$)

*Das Wasser ist ein freundliches Element für den,
der damit bekannt ist und
der damit umzugehen weiß.
(Johann Wolfgang von Goethe)*

Die Elbe ist 1 094 km lang, ihr Einzugsgebiet beträgt 148 268 km². Somit ist sie nach Donau, Weichsel und Rhein der viertgrößte Fluss in Mitteleuropa.

Die größten Nebenflüsse der Elbe sind Moldau, Saale und Havel mit über 51 % des Einzugsgebiets. 21 % entfallen auf Eger, Schwarze Elster, Mulde und weitere fünf Nebenflüsse (Müritz-Elde-Wasserstraße, Ilmenau, Sude, Jizera und Orlice) mit jeweils mehr als 2 000 km².

Die Elbe wird von ihrer Quelle im Riesengebirge bis zur Mündung in die Nordsee in drei Abschnitte unterteilt (Obere, Mittlere und Untere Elbe).

Die Obere Elbe endet nach 463 km unterhalb von Meißen. Das über 54 000 km² große Einzugsgebiet wird größtenteils von Hügelland (200 bis 500 m ü. NN) und Mittelgebirgen eingenommen. Nur in den Gipfel- und Kammlagen werden Höhen von 1 000 m ü. NN überschritten. Höchster Berg ist die Schneekoppe im Riesengebirge (1 602 m ü. NN). Der innerjährliche Abflussgang der Oberen Elbe und ihrer Nebenflüsse weist die höchsten mittleren Monatsabflüsse als Folge der Schneeschmelze im März und April und die geringsten von August bis Oktober auf.

Die Mittlere Elbe bis zum Wehr Geesthacht oberhalb Hamburgs ist 489 km lang. Das fast 81 000 km² große Einzugsgebiet ist größtenteils Flachland (unter 200 m ü. NN). Nur geringe

Anteile sind den Mittelgebirgen (über 500 m ü. NN) zuzurechnen. Höhen über 1 000 m ü. NN sind auf wenige Berge begrenzt. Der innerjährliche Abflussgang der Oberen Elbe setzt sich fort und wird durch das gleichartige Abflussregime der Mulde und der Saale gestützt. Der ausgeglichene innerjährliche Abflussgang der Havel und weiterer Elbenebenflüsse mit hohen Monatsabflüssen schon ab Dezember/Januar ändert daran nichts.

Die Untere Elbe ist bis zur Mündung in die Nordsee 142 km lang. Ihr Einzugsgebiet von mehr als 13 000 km² ist Flachland und liegt überwiegend unter 75 m ü. NN. Ihr Abflussverhalten wird durch die Gezeiten geprägt. Sie wird deshalb auch Tideelbe genannt.

Die Einzugsgebiete der Oberen und Mittleren Elbe liegen im Übergangsbereich vom maritim zum kontinental geprägten Klima Mitteleuropas. Der kontinentale Charakter kommt in größeren Temperaturunterschieden zwischen Winter und Sommer sowie relativ geringen Niederschlägen zum Ausdruck. Das Einzugsgebiet der Tideelbe ist demgegenüber stark maritim geprägt mit milderem Winter und höheren Niederschlägen, die nur selten als Schnee fallen. Die mittleren jährlichen Niederschlagshöhen betragen zwischen 1 700 mm in den Kammlagen von Riesen- und Isergebirge sowie im Oberharz und um 450 mm in Gebieten, die im Regenschatten von Mittelgebirgen liegen. Im Einzugsgebiet der Tideelbe fallen durchschnittlich jährlich 750 bis 900 mm. Das sind 200

bis 300 mm mehr als im überwiegenden Teil des übrigen Elbegebiets. Die mittlere jährliche Niederschlagshöhe für das gesamte Elbegebiet beträgt 628 mm und damit deutlich weniger als z. B. im Gebiet des Rheins (950 mm). 43 % fallen im hydrologischen Winterhalbjahr (November bis April) und 57 % im hydrologischen Sommerhalbjahr (Mai bis Oktober).

Der langjährige mittlere Abfluss der Elbe an der Seegrenze beträgt 861 m³/s bzw. 27,2 Mrd. m³/a, was einer jährlichen Abflusshöhe von 183 mm entspricht. Demzufolge beträgt die Gebietsverdunstung 445 mm, das sind 71 % des mittleren Gebietsniederschlags.

In Abhängigkeit von der Niederschlagshöhe und den orographischen Verhältnissen betragen die mittleren jährlichen Abflussspenden zwischen 30 und 40 l/s · km² in den Kammlagen der Mittelgebirge und weniger als 2 l/s · km² in besonders niederschlagsarmen Gebieten. Bezogen auf den Pegel Neu Darchau, der 89 % des gesamten Elbegebiets repräsentiert, beträgt die mittlere jährliche Abflussspende 5,4 l/s · km². Damit ist das Elbegebiet eines der abflussärmsten großen Flussgebiete in Europa. Der Vergleich mit mittleren jährlichen Abflussspenden an mündungsnahen Pegeln von 18 großen europäischen Flüssen zeigt, dass nur die Flussgebiete von Oder, Dnepr und Don noch abflussärmer sind. An Rhein, Rhône und Po dagegen betragen die Abflussspenden das Drei- bis Vierfache.

Über Jahrhunderte hat menschliches Handeln den Natur- und Wasserhaushalt erheblich verändert, wodurch das Abflussregime fast im gesamten Einzugsgebiet der Elbe beeinflusst wurde. Zu den tiefgreifenden Maßnahmen, die sich fast im gesamten Elbegebiet auf die Abflussverhältnisse auswirken, gehören Deichbau, Flussausbau und -begradigung, der Bau von Wehren, Staustufen und Talsperren, Wasserüberleitungen sowie Ent- und Bewässerung von Landwirtschaftsflächen.

Seit der Besiedlung des Elbegebiets wurden entlang der Elbe und vieler ihrer Nebenflüsse Deiche gebaut, erhöht und verstärkt, um Städte und Dörfer, Straßen und Eisenbahnen sowie Landwirtschaftsflächen vor Hochwasser zu schützen. Diese Entwicklung hält auch heute noch an.

An der Unteren Elbe schützen gegenwärtig 335 km Deiche und 17 Sturmflutsperrwerke in den Mündungsbereichen von Nebenflüssen der Tideelbe eine Fläche von über 2 400 km², einschließlich des Stadtgebiets von Hamburg. Dadurch ist allerdings das natürliche Retentionsvolumen elbenaher Flächen um 8 Mrd. m³ verringert worden.

Mit 730 km Deichen entlang der Mittleren Elbe und weiteren 500 km Rückstaudeichen an den Unterläufen der Nebenflüsse werden fast 3 300 km² Fläche vor Hochwasser geschützt. Allerdings führte der Deichbau neben dem Verlust von 2,3 Mrd. m³ natürlichem Retentionsvolumen auch dazu,

dass Hochwasserwellen in der Mittleren Elbe schneller und mit größerem Hochwasserscheitel abfließen.

Schon seit dem Mittelalter wurden im Elbegebiet sehr viele Flüsse zu Gunsten der beschleunigten Hochwasserabführung und der Entwässerung von Landwirtschaftsflächen ausgebaut und begradigt. Der damit verbundene Wegfall von Mäandern, Feucht- und Moorebenen bewirkte nicht nur den Verlust von Hochwasserretentionsflächen, sondern verlängerte durch verminderte Wasserspeicherung im Boden die Niedrigwasserperioden in den Flüssen.

Schiffahrtsinteressen haben diese Entwicklung vor allem in Elbe, Moldau, Saale und Havel maßgeblich gefördert. Zu den großen Vorhaben zählt der Bau von Kanälen und Staustufen. Die Elbe wurde z. B. von Chvaletice bis Ústí n. L. auf einer Länge von 170 km für die Schifffahrt ausgebaut und es sind hier 21 Staustufen errichtet worden, die die erforderliche Tauchtiefe sichern. Eine Vielzahl von künstlichen Wasserstraßen verbindet die Flussgebiete Rhein, Weser, Elbe und Oder und sichert auch die Schifffahrt zu Nord- und Ostsee.

Die Elbe ist gegenüber ihrer ursprünglichen Länge heute 120 km kürzer. Die mit den Wasserlaufverkürzungen verbundene Vergrößerung des Gefälles hat neben höherer Fließgeschwindigkeit auch eine verstärkte Sohlenerosion ausgelöst. In der Elbe ist die Sohlenerosion auf einem 110 km

langen Abschnitt zwischen Mühlberg und Wittenberg/L. am größten. Innerhalb dieses Abschnitts im Raum Torgau beträgt sie zurzeit 1 bis 2 cm/a. Maßnahmen zu ihrer Eindämmung sind begonnen worden und bedürfen einer intensiven Fortführung.

Bis 1930 gab es im Elbegebiet 95 Talsperren mit einem Inhalt von jeweils über 0,3 Mio. m³. Der Stauraum betrug insgesamt 249 Mio. m³, wovon 36 Mio. m³ gewöhnlicher Hochwasserrückhalteraum waren. Erhöhter Trink- und Brauchwasserbedarf, zunehmendes Schutzbedürfnis vor Hochwasser, höhere Ansprüche an die Wasserverfügbarkeit in Niedrigwasserperioden und wachsender Energiebedarf führten in den folgenden Jahrzehnten zum Bau immer neuer Talsperren. In der Hauptbauphase von 1955 bis 1980 wuchs der Stauraum auf das 4,5fache und der gewöhnliche Hochwasserrückhalteraum auf das 4,7fache gegenüber dem Stand von 1955 an.

Heute existieren 292 Talsperren, darunter 72 im Moldau- und 86 im Saalegebiet, mit einem Stauraum von 4,08 Mrd. m³, wovon 573 Mio. m³ als gewöhnlicher Hochwasserrückhalteraum festgelegt sind. Eine solche Talsperrendichte wie im Gebiet der Oberen Elbe, Mulde und Saale ist in keinem anderen großen europäischen Flussgebiet zu verzeichnen.

Viele Talsperren sind Mehrzweckspeicher. 76 dienen ausschließlich oder größtenteils der Trinkwasserversorgung, wo-

bei in mehr als der Hälfte dieser Talsperren auch ein meist nur sehr kleiner Stauraum als Hochwasserrückhalteraum festgelegt ist. Die größten Trinkwassertalsperren sind Švihov (266,6 Mio. m³) im Einzugsgebiet der Sázava und Rappbode (109,1 Mio. m³) im Einzugsgebiet der Bode.

Bezogen auf den Stauraum und die Wasserfläche sind die Talsperren Orlik (716,5 Mio. m³ und 27,30 km²) und Lipno I (309,5 Mio. m³ und 48,7 km²) die größten. Sie bilden mit sieben weiteren Talsperren die Moldaukaskade, das größte zusammenhängend bewirtschaftete Talsperrensystem (Stauraum 1,35 Mrd. m³) in Mitteleuropa. Die Moldaukaskade ermöglicht u. a. eine deutliche Niedrigwasseraufhöhung in der Moldau und Elbe.

Viele Talsperren dienen auch der Energieerzeugung. Allein die Moldaukaskade hat unter Volllast eine Kapazität von 760 MW. Außerdem bestehen vorwiegend in den Mittelgebirgen zehn Pumpspeicher-Kraftwerke mit einer Leistung von 2 940 MW.

Die Hochwasserschutzwirkung der Talsperren hängt vom Verhältnis des freien Stauraumes zum Volumen der Hochwasserwelle ab. Bedeutend ist sie bei kleineren und mittleren Hochwassern für den Wasserlauf unterhalb der Talsperre. Inwieweit Talsperren bei Extremhochwasser wirksam sind, zeigte sich im August 2002. Trotz des außergewöhnlich großen Volumens der Hochwasserwellen konnten zumeist die Scheitelabflüsse erheblich abgesenkt oder zeitlich so verzögert werden, dass unterhalb der Talsperre meistens eine Überlagerung mehrerer Hochwasserscheitel verhindert wurde und die erforderlichen Maßnahmen getroffen werden konnten.

Dieses Hochwasser war Anlass, neben Untersuchungen zum Bau neuer Hochwasserrückhaltebecken die festgelegte Größe des gewöhnlichen Hochwasserrückhalteraaumes in den bestehenden Talsperren zu überprüfen. In einer Reihe von Talsperren konnte dieser Hochwasserrückhalteraum vergrößert werden, zumal der Trink- und Brauchwasserbedarf rückläufig ist.

Erste Wasserüberleitungen aus einem Flussgebiet in ein anderes und damit verbundene Änderungen der Abflussverhältnisse hat es im Elbegebiet schon im ausgehenden Mittelalter gegeben. Einige haben ihre Bedeutung verloren, neue sind hinzugekommen. Besonders deutlich wird dies im Flussgebiet der Havel, für das viele Kanalverbindungen innerhalb des Gebiets und Wasserüberleitungen aus Elbe, Elde und Oder geradezu kennzeichnend sind.

Zu den wichtigen Wasserüberleitungen, die vorwiegend in der zweiten Hälfte des letzten Jahrhunderts gebaut worden sind, zählen die Überleitungen von Brauchwasser aus der Eger in das Gebiet der Bílina sowie die Überleitungen zur Trinkwasserversorgung von Großstädten und Ballungsräumen. Die 2005 fertig gestellte Wasserüberleitung aus der Lausitzer Neiße in das Gebiet der Spree dient der Flutung ehemaliger Braunkohlentagebaue. Auch in Zukunft sind Wasserüberleitungen unverzichtbar. Erhöhte Bedeutung erlangen sie für die Flutung von Tageauseen im Nordböhmischen Becken sowie im Mitteldeutschen und im Lausitzer Braunkohlenrevier.

Großflächige Ent- und Bewässerungsmaßnahmen zu Gunsten der Landwirtschaft, die verstärkt in den 60er bis

80er Jahren des letzten Jahrhunderts erfolgten, führten zu weitreichenden Änderungen der Abflussverhältnisse. So kam es einerseits durch Trockenlegungen zur Verminderung des Bodenwassers und einer Absenkung des flurnahen Grundwassers, während andererseits Flüssen und Seen riesige Wassermengen für die Beregnung entnommen wurden. In den Hauptbewässerungszeiten sank der Wasserspiegel in Flüssen und Seen oft weit unter den natürlichen Niedrigwasserstand ab. Seit Beginn der 90er Jahre ist diese Entwicklung rückläufig. Vielerorts werden die Entwässerungs- und Bewässerungsanlagen nicht mehr genutzt, teilweise sind sie zurückgebaut und Maßnahmen zur Revitalisierung ökologisch geschädigter Landschaften eingeleitet worden.

Die Elbe gehört zu den großen europäischen Flüssen, deren Einzugsgebiete sich durch die Einwirkung des Menschen zu intensiv genutzten Kulturlandschaften entwickelt haben. Anthropogen nur wenig beeinflusste Natur ist selten geworden. Daher hat die Europäische Gemeinschaft eine Richtlinie verabschiedet, die einen einheitlichen Rahmen für die Tätigkeit der Gemeinschaft auf dem Gebiet der Wasserpolitik bildet (die sog. Wasserrahmenrichtlinie). Das Ziel besteht in der Erreichung des guten ökologischen und chemischen Zustandes der Oberflächengewässer sowie des guten mengenmäßigen und chemischen Zustandes des Grundwassers. Den politischen Entscheidungsträgern im Einzugsgebiet der Elbe ist damit die Verpflichtung auferlegt, im Bereich der Wasserpolitik alles Notwendige zu unternehmen, um für künftige Generationen eine intakte Kultur- und Naturlandschaft zu erhalten und zu gestalten.

- Baumgartner, A.; Liebscher, H.-J. (1996): Allgemeine Hydrologie – Quantitative Hydrologie. Gebrüder Borntraegerverlag, Berlin/Stuttgart
- Benešová, J. (2002): Krajina důlních oblastí severních Čech (Die Braunkohlengebiete in Nordböhmen). Vodní hospodářství, Heft 6, S. 167 - 168
- Bezirksfischereiverband Oberfranken e.V. (2000): Analyse der biologischen Durchgängigkeit der Fließgewässer im oberfränkischen Elbeinzugsgebiet.
- Bjarsch, B. (2001): Beeinflussung der wasserwirtschaftlichen Verhältnisse im Spreegebiet durch den Braunkohlenabbau und die Errichtung von Talsperren vor 1994. In: Band 8 (2001) Vom Teichbau zum Talsperrenbau in der Lausitz, Fachhochschule Lausitz, Fachbereich Bauingenieurwesen, Cottbus, S. 7 - 18
- Brundiers, K.; Utecht, H. (1992): Elbe-Handbuch 2, mit Saale. DSV-Verlag, Hamburg
- Brundiers, K.; Utecht, H. (1993): Elbe-Handbuch 1, mit Moldau. DSV-Verlag, Hamburg
- Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz (1994): Mittlere Fließzeiten der Elbe auf der Strecke (Ústí) Dresden – Wittenberge (Dömitz) auf der Grundlage von Profiliberechnungen. BfG-Bericht Nr. 0840
- Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz (1996): Wasserbewirtschaftung der Bundeswasserstraßen im Bereich der Wasser- und Schifffahrtsdirektion Ost. BfG-Bericht Nr. 1057
- Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz (1999): Untersuchungen zum Abflussregime der Elbe. BfG-Bericht Nr. 1228
- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (2000): Hydrologischer Atlas von Deutschland.
- Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen (2004): Wasserstraßenkreuz Magdeburg.
- Burkhardt, P. (1983): Eisbildung auf der Elbe. Nicht veröffentlichtes Material der Wasserwirtschaftsdirektion Untere Elbe Magdeburg
- Burkhardt, P.; Fröhlich, W. (1995): Hochwasservorhersage an der Elbe in Deutschland. Tagungsband der Fachtagung „Povodňová ochrana na Labi“ (Hochwasserschutz an der Elbe) am 30./31.03.1995 in Ústí n. L., S. 327 - 338
- Büttner, M.; Krippendorf, W.; Thiele, W. (1990): Rechnergestützte Bewirtschaftung der Oberen Saale und Unstrut. Wasser & Boden, Heft 12, S. 814 - 818
- Christiansen, H.; Elsholz, M. (1988): Das Eishochwasser der Elbe im Januar 1987. Deutsche Gewässer-kundliche Mitteilungen Heft 4, S. 94 - 102
- DEBRIV Bundesverband Braunkohle (2001): Braunkohle – Ein Industriezweig stellt sich vor.
- Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau e.V. - DVWK (1991): Historische Talsperren. Konrad-Wittwer-Verlag, Stuttgart
- DVWK (1996): Ermittlung der Verdunstung von Land- und Wasserflächen, DVWK-Merkblatt zur Wasserbewirtschaftung 238/1996
- DVWK (1999): Wasserwirtschaftlich-ökologische Forderungen für den Braunkohlenabbau. Materialien 2/1999
- Deutsches Gewässerkundliches Jahrbuch für das Elbegebiet (verschiedene Jahrgänge): Teil I: Von der Grenze bis zur Havelmündung; Teil II: Havel mit deutschem Odergebiet Teil III: Untere Elbe ab der Havelmündung
- Deutsches Gewässerkundliches Jahrbuch der Jahre 1999 bzw. 2000 für die Flussgebiete Oder, Weser, Ems, Rhein und Donau
- Dyck, S.; Peschke, G. (1995): Grundlagen der Hydrologie. Verlag für Bauwesen, Berlin
- Eckoldt, M. (1998): Flüsse und Kanäle – Die Geschichte der deutschen Wasserstraßen. DSV-Verlag GmbH, Hamburg
- Elbestrombauverwaltung Magdeburg (1898): Der Elbestrom, sein Stromgebiet und seine wichtigsten Nebenflüsse – Band I, II und III sowie Tabellen und Kartenwerke. Verlag von Dietrich Reimer, Berlin
- Elbestrombauverwaltung Magdeburg (1909): Denkschrift über den Verlauf des Hochwassers und Eisganges auf der Elbe im Winter 1908/09. Druckerei E. Baensch
- Fachhochschule Lausitz, Cottbus, Fachbereich Bauingenieurwesen (2001): Vom Teichbau zum Talsperrenbau in der Lausitz. Band 8
- Faist, H. (1967): Die jährlichen Hochwasserabflüsse der Elbe bei Magdeburg im Zeitraum 1870 - 1960. Wasserwirtschaftsdirektion Magdeburg
- Faist, H. (1968): Die jährlichen Hochwasserabflüsse der Elbe bei Magdeburg im Zeitraum 1727 - 1870. Wasserwirtschaftsdirektion Magdeburg
- Faist, H. (1969): Zur Geschichte der Abflussmessungen in der Elbe. Wasserwirtschaft - Wassertechnik, Heft 7/8, S. 260 - 262
- Faist, H. (1991): Die Schifffahrtsbedingungen auf der Wasserstraße Saale. Binnenschifffahrt, Nr. 22, S. 1128 - 1132
- Faist, H. (1992): Zur Sohlenerosion der Elbe. Binnenschifffahrt, Heft 6, S. 240
- Faist, H. (2002): Zur Geschichte der Magdeburger Elbestrecke. Elbe-Saale-Schifffahrtskalender 2003, S. 232 - 238
- Faulhaber, P. (1998): Entwicklung der Wasserspiegel- und Sohlenhöhen in der deutschen Binnenelbe innerhalb der letzten 100 Jahre. Tagungsband des 8. Magdeburger Gewässerschutzseminars in Karlovy Vary, S. 217 - 220
- Faulhaber, P. (2001): Maßnahmen gegen die Sohleneintiefung der Elbe. Wasserwirtschaft - Wassertechnik, Heft 7, S. 17 - 22
- Freie und Hansestadt Hamburg, Wirtschaftsbehörde Strom- und Hafenbau (1995): Die Entwicklung des Hamburger Stromspaltungsgebietes der Elbe von 1950 bis 1994. Statusbericht
- Freistaat Sachsen, Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft (2000): Entstehung und Entwicklung der Oberlausitzer Teichwirtschaft. Sonderheft
- Freistaat Sachsen, Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft (2000): Entstehung und Entwicklung der Teichwirtschaft Moritzburg. Sonderheft
- Fügner, D. (1982): Über die „Chronologische Geschichte der großen Wasserfluten des Elbestromes seit tausend und mehr Jahren“ von Christian Gottlieb Pötzsch anlässlich seines 250. Geburtstages. Wasserwirtschaft - Wassertechnik, Heft 6, S. 203 - 205
- Fügner, D. (1984): Neue Ergebnisse der Hochwasserberechnungen für den Elbestrom in Dresden. Wasserwirtschaft - Wassertechnik, Heft 8, S. 189
- Fügner, D. (1990): Die historische Entwicklung des hydrologischen Messwesens in Sachsen. Sonderdruck aus Deutsche Gewässerkundliche Mitteilungen, Heft 5/6, S. 156
- Fügner, D. (1994): Die größten Hochwasser des Elbestromes am Pegel Dresden. Sächsisches Staatsministerium für Umwelt und Landesentwicklung
- Fügner, D. (2003): Hochwasserkatastrophen in Sachsen. Tauchaer Verlag
- Fügner, D. (2004): Hochwasserkatastrophen in Sachsen – ein historischer Überblick. Mitteilungen des Landesvereins Sächsischer Heimatschutz e.V., Heft 1, S. 23 - 31
- Glazik, G. (1964): Veränderungen der Wasserspiegel- und Sohlenlage der Elbe. Wasserwirtschaft - Wassertechnik, Heft 11, S. 332
- Glazik, G. (1964): Die Sohlenerosion der Elbe (Teil 1). Wasserwirtschaft - Wassertechnik, Heft 7, S. 32 - 35; (Teil 2). Wasserwirtschaft - Wassertechnik, Heft 8, S. 36 - 42

- Global Runoff Data Centre Koblenz (2003): Hydrologische Daten von 19 mündungsnahen Pegeln großer europäischer Flüsse
- Gönnert, G.; Ferk, U. (1996): Natürliche und anthropogen beeinflusste Entwicklung von Sturmfluten in der Deutschen Bucht und der Unterelbe. Vechtaer Studien zur Angewandten Geographie und Regionalwissenschaft, Band 18, S. 13 - 31
- Görtz, M.; Buchheister, M. (1900): Das Eisbrechewesen im Deutschen Reich. Verlag von A. Asher & Co, Berlin
- Götze, H. (1993): 398 Kilometer Spree – von den Quellen in der Oberlausitz bis zur Mündung in Spandau. Stapp Verlag, Berlin
- Grünwald, U. (1999): Einzugsgebietsbezogene Wasserbewirtschaftung als fach- und länderübergreifende Herausforderung, Hydrologie und Wasserwirtschaft 43, Heft 6, S. 292 ff.
- Grünwald, U. (2000): Zum aktuellen Stand und zu Entwicklungsbedingungen der Wasserbeschaffenheit im Lausitzer Revier. 35. Sitzung der Bund/Länder-Arbeitsgruppe „Wasserwirtschaftliche Planung“ Berlin 19.2.2000
- Grüttner, H. (1974): Anlass und Konzeption von Sturmflutsperrwerken und ihr Einfluss auf die Wasserwirtschaft. Wasser & Boden, Heft 10, S. 283 - 288
- Hamburger Deichverbände und Wasser- und Bodenverbände (1987): Sturmfluten und Hochwasserschutz in Hamburg.
- Heinrich, F. (1991): Aus der 1000-jährigen Elbschiffahrtsgeschichte. Urania-Vortragszentrum e.V., Dresden
- Horn, A.; Hoop, W. (1996): Nebenflüsse der Elbe, Edition Maritim Verlag, Hamburg
- Hydrologický ústav, Praha (1965): Hydrologické poměry Československé Socialistické Republiky (Hydrologische Verhältnisse der Tschechoslowakischen Sozialistischen Republik); Díl I: Text (Teil I: Text mit Flächenverzeichnis); Díl II: Mapy (Teil II: Karten)
- Hydrologisches Jahrbuch der Schweiz für das Jahr 2001
- Hydrologisches Jahrbuch von Österreich für das Jahr 1999
- IKSE (1994): Ökologische Studie zum Schutz und zur Gestaltung der Gewässerstrukturen und der Uferandregionen der Elbe.
- IKSE (1995): Die Elbe und ihr Einzugsgebiet.
- IKSE (1996): Symposium „5 Jahre IKSE“ am 19.10.1995 in Prag. Tagungsband
- IKSE (1999): Die Elbe - erhaltenswertes Kleinod in Europa. 2. Auflage
- IKSE (2000): Die Elbe von 1990 bis 2000 - 10 Jahre erfolgreiche Zusammenarbeit in der IKSE.
- IKSE (2000): Zusammenfassung der Analysen der hydrologischen Aspekte der Entstehung von Hochwasser und deren Vorhersage für den Wasserlauf Elbe und deren Hauptnebenflüsse Moldau, Eger (Ohře), Schwarze Elster, Mulde, Saale und Havel. Sieben Einzelanalysen aus den Jahren 1996 bis 1999
- IKSE (2001): Bestandsaufnahme des vorhandenen Hochwasserschutzniveaus im Einzugsgebiet der Elbe.
- IKSE (2003): Aktionsplan Hochwasserschutz Elbe.
- IKSE (2004): Dokumentation des Hochwassers vom August 2002 im Einzugsgebiet der Elbe.
- Jeschke, K. (2004): Wasser für Sachsen – in Vergangenheit und Gegenwart. Mitteilungen des Landesvereins Sächsischer Heimatschutz e.V., Heft 1, S. 3 - 22
- Jirásek, V. (2000): Pilotprojekt an der Orlice. Wasserwirtschaft - Wassertechnik, Heft 7, S. 20 - 25
- Jüngel, K. (1993): Die Elbe – Geschichte um einen Fluss. Anita Tykve Verlag, Böblingen
- Kanowski, H. (1995): Hochwasserschutzmaßnahmen im Bereich der Mittleren Elbe im Land Sachsen-Anhalt. Tagungsband der Fachtagung „Povodňová ochrana na Labi“ (Hochwasserschutz an der Elbe) am 30./31.03.1995 in Ústí n. L., S. 238 - 249
- Kögel, U.; Siebke J. (1993): Der Ausbau der Havel-Oder-Wasserstraße. Binnenschiffahrt, Nr. 21, S. 18 - 23
- Köhler, J.; Gelbrecht, J.; Pusch M. (2002): Die Spree – Zustand, Probleme, Entwicklungsmöglichkeiten. E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung (Nägele und Obermiller)
- Kubát, J. (1996): Hydrologie der Elbe – Allgemeines und Besonderes. Tagungsband über das Symposium „5 Jahre IKSE“ S. 43 - 51
- Kunkel, R.; Wendland F. (1998): Der Landschaftshaushalt im Flusseinzugsgebiet der Elbe. Forschungszentrum Jülich, Band 12
- Kuratorium für Forschung im Küsteningenieurwesen (1988): Einfluss von Baumaßnahmen in und an der Tideelbe auf die Höhe hoher Sturmfluten. Sonderdruck aus Heft 47/1988
- Kuřa, K. (1995): Chlumecká rybniční soustava (Fischteichsystem bei Chlumeck).
- Landesamt für Umweltschutz Sachsen-Anhalt (1995): Das Frühjahrshochwasser vom April 1994. Heft 15
- Landesamt für Umweltschutz Sachsen-Anhalt (1996): Das vorläufige Flächenverzeichnis und die Verschlüsselung von oberirdischen Gewässern entsprechend LAWA-Richtlinien in Sachsen-Anhalt. Sonderheft 1/1996
- Landesamt für Umweltschutz Sachsen-Anhalt (2001): Arten- und Biotop-schutzprogramm Sachsen-Anhalt – Landschaftsraum Elbe. Sonderheft Teil 1
- Landesamt für Umwelt und Geologie des Freistaates Sachsen (2001): Gewässerstrukturbericht 2001.
- Landesamt für Umwelt und Geologie des Freistaates Sachsen (2002): Stauanlagenverzeichnis 2002.
- Landestalsperrenverwaltung des Freistaates Sachsen (1992): Talsperren in Sachsen. Sebald Sachsendruck GmbH, Plauen
- Landestalsperrenverwaltung des Freistaates Sachsen (1996 - 2003): Geschäftsberichte der Landestalsperrenverwaltung.
- Landestalsperrenverwaltung des Freistaates Sachsen (2002): 10 Jahre Landestalsperrenverwaltung des Freistaates Sachsen. Tagungsband des Fachkolloquiums vom 11.04.2002
- Landesumweltamt Brandenburg (1995): Die Havel. Studien und Tagungsberichte, Band 8
- Landesumweltamt Brandenburg (1997): Schwarze Elster, ökologischer Zustand und Entwicklungsgebiete. Reihe: Fachbeiträge des Landesumweltamtes
- Landesumweltamt Brandenburg (1999): Berichte aus der Arbeit 1998.
- Lausitzer und Mitteldeutsche Bergbau-Verwaltungsgesellschaft mbH/ LMBV (1996): Sichere Gestaltung setzungsfließgefährdeter Kippenrandbereiche.
- LMVB (1997 - 2003): Jährliche Sanierungsberichte.
- LMVB (2003): Flutungszentrale Lausitz.
- LMVB (2004): Nach der Kohle kommt das Wasser.
- LMVB (2004): Sanierungsgebiet Goitzsche – Bericht zum Hochwasserereignis im August 2002.
- LAWA (1995): Leitlinien für einen zukunftsweisenden Hochwasserschutz.
- Liedtke, H.; Marcinek, J. (1995): Physikalische Geographie Deutschlands. Justus Perthes Verlag, Gotha
- Luckner, L. et al. (1995): Durchführbarkeitsstudie zur Rehabilitation des Wasserhaushaltes der Niederlausitz auf der Grundlage vorhandener Lösungsansätze. Hrsg.: Lausitzer Bergbauverwaltungs-gesellschaft mbH
- Luckner, L. et al. (1996a): Rehabilitation des Wasserhaushaltes im Braunkohlenrevier Mitteldeutschland. Hrsg.: LMVB

- Luckner, L. et al. (1996b): Sanierungskonzept der wasserwirtschaftlichen Verhältnisse in den Bergbaufolgelandschaften der Niederlausitz. Hrsg.: LMVB
- Luckner, L.; Gockel, G.; Seidel, K.-H. (1997): Restlochflutung. Hrsg.: LMVB
- Luckner, L. et al. (2003): Restlochflutung. Hrsg.: LMVB
- Mack, J. (1976): Der Rückgang der Eisbildung auf der Elbe als Folge anthropogener Einflüsse. Ingenieurabschlussarbeit, Ingenieurschule für Wasserwirtschaft, Magdeburg
- Martin, H.; Carstensen, D. (1993): Ergebnisse der Untersuchungen zur hydraulischen Wirksamkeit der Dresdner Flutrinnen. Wasserbauliche Mitteilungen der TU Dresden, Heft 5, S. 145 - 159
- Maul, C.; Ziegenhardt, W. (1994a): Grundwassersanierung in den Braunkohlegebieten der Lausitz und Mitteldeutschlands. IWS-Schriftenreihe 23, S. 163 - 175
- Maul, C.; Ziegenhardt, W. (1994b): Rahmenkonzept zur Wiederherstellung eines ausgeglichenen Wasserhaushalts in den vom Braunkohlenbergbau beeinträchtigten Flusseinzugsgebieten in der Lausitz und in Mitteldeutschland. TU Cottbus Aktuelle Reihe 11, S. 19 - 25
- Maul, C. (1996): Die Sanierung des Wasserhaushalts im Lausitzer und im Mitteldeutschen Braunkohlenrevier – ein Überblick. In: Grundwasser guteentwicklung in den Braunkohlegebieten der neuen Länder. GBL-Gemeinschaftsvorhaben, Vorträge des 2. GBL-Kolloquiums, 6. - 8. März 1996, Stuttgart: 13 - 15.
- Meteorologischer Dienst der Deutschen Demokratischen Republik (1966): Hydrographisches Kartenwerk der DDR. Band I und II.
- Meteorologischer Dienst der Deutschen Demokratischen Republik (1968): Flächenverzeichnis der Flussgebiete in der DDR.
- Meusel, G. (1988): Sachstandsinformation über Aufgabenstellungen zur Gewährleistung des vorbeugenden Katastrophenschutzes gegen Eis und Hochwasser im Bereich der Unteren Elbe. Vortrag anlässlich einer Bereisung der Elbe am 08.09.1988
- Ministerstvo životního prostředí (1999): Povodňová katastrofa 20. století na území České republiky (Hochwasserkatastrophe des 20. Jhds. auf dem Gebiet der Tschechischen Republik).
- Möbs, H.; Maul, C. (1994): Sanierung der Braunkohlegebiete in Mitteldeutschland und in der Lausitz. Wasserwirtschaft - Wassertechnik, Heft 3, S. 12 - 18
- Müller, A. (2002): Die Mütitz – Geschichte einer Landschaft und ihrer Bewohner rund um Deutschlands größten Binnensee. CITY-DRUCK Hoffmann GmbH
- Müller, B. (2002): Von Berlin zur Mütitz. Verlag Edition Maritim GmbH
- Nestmann, F.; Büchele, B. (2000): Ergebnisse des Verbundvorhabens „Morphodynamik der Elbe“. Tagungsband des BMBF-Symposiums Elbeforschung, ATV-DVWK-Schriftenreihe, Heft 21, S. 203 ff.
- Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft und Küstenschutz – Betriebsstellen Lüneburg und Stade (2001): Gewässergütebericht ELBE 2000.
- Niedersächsischer Minister für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (1983): Flächenverzeichnis der hydrographischen Karten Niedersachsens.
- Niedersächsisches Umweltministerium (1992): Wasserwirtschaftlicher Rahmenplan Obere Elbe; Wasserwirtschaftlicher Rahmenplan Untere Elbe
- Nixdorf, B. et al. (2001): Tagebauseen in Deutschland. Texte 35/01 des Umweltbundesamtes
- Novák, J. et al. (1998 - 2001): Vodácký průvodce (Führer für Wassersportler). Lužnice/Lainsitz - 1998, Vltava/Moldau - 1999, Otava - 1999, Berounka - 2001, SHOCart, Zlín
- Novák, L. (1998): Wasserwirtschaftliche Systeme an der Eger. Wasserwirtschaft - Wassertechnik, Heft 7, S. 53 - 56
- Okresní úřad Pardubice (1999): Opatovický kanál, stavebně-historický, technický a přírodní klenot Pardubicka (Der Opatovitzer Kanal, ein bauhistorisches, technisches und Naturkleinod der Pardubitzer Region).
- Peschke-Verlag (1998): Die Elbe von Helgoland bis Magdeburg.
- Podzimek, J. et al. (1970): Povodí Vltavy (Einzugsgebiet der Moldau). 1. Teil: Geschichte, 2. Teil: Bauliche Anlagen, Verlag ČTK
- Podzimek, J. et al. (1973): Povodí Vltavy (Einzugsgebiet der Moldau). Wasserwirtschaftsbetrieb Dolní Vltava 1969 - 1970, Verlag ČTK
- Podzimek, J. et al. (1976): Dolní Labe (Untere Elbe). Státní zemědělské nakladatelství, Praha
- Podzimek, J. et al. (1980): Povodí Berounky (Einzugsgebiet der Berounka). Verlag Polygrafie 1, Praha
- Pondělíček, V. (1998): Vliv antropogenní činnosti na říční systémy Krušných hor (Einfluss der anthropogenen Tätigkeit auf das Flusssystem im Erzgebirge). Vodní hospodářství, Heft 10, S. 265 - 268
- Povodí Labe (1992): Distribuční řád (současné vodohospodářské poměry Opatovického kanálu) Bedienungsvorschrift (derzeitige wasserwirtschaftliche Verhältnisse des Opatovitzer Kanals).
- Povodí Labe (1996): 80. výročí protržení přehrady na Bílé Desné (80. Jahrestag des Bruches der Talsperre Bílá Desná). Tagungsband
- Povodí Ohře (1986): Významná vodohospodářská díla Povodí Ohře. (Bedeutende wasserwirtschaftliche Anlagen im Wasserwirtschaftsbetrieb Povodí Ohře/Eger).
- Povodí Ohře (1991): Čtvrt století Povodí Ohře. (Ein Vierteljahrhundert Wasserwirtschaftsbetrieb Povodí Ohře/Eger).
- Povodí Ohře (1995): Povodí Ohře AG
- Povodí Vltavy (1992): Povodí Vltavy (Wasserwirtschaftsbetrieb des Einzugsgebietes der Moldau). Publikation aus Anlass des 25-jährigen Bestehens des Betriebes
- Püttmer, A. (1990): Hochwasserschutz der Elbe unter besonderer Berücksichtigung der Mittleren Elbe. DVWK-Schriften Nr. 94, S.155 - 176. Verlag Paul Parey
- Rommel, J. (2000): Laufentwicklung der deutschen Elbe bis Geesthacht seit ca. 1600. Studie im Auftrag der Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz
- Ruchay, D. (1996): Die Elbe verbindet Völker in Mitteleuropa. In: Tagungsband über das Symposium „5 Jahre IKSE“, S. 9 - 13
- Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie (2004): Ereignisanalyse – Hochwasser August 2002 in den Osterzgebirgsflüssen.
- Schirmer, P. (1998): Erster deutscher übergreifender Rahmenplan für Berlin und Umgebung. DVWK-Schriften Nr. 122, S. 33 - 49
- Schlenker, G.; Laubner, J. (1996): Die Saale – Porträt einer Kulturlandschaft. Koehler & Amelung, Verlagsgesellschaft mbH, München/Berlin
- Schmidt, A.; Faulhaber, P. (1998): Geschiebezugabe in der Erosionsstrecke der Elbe. Binnenschifffahrt, Nr. 23, S. 41 - 45
- Schulz, O. (2002): Die Spree – von der Quelle bis zur Mündung. Oberlausitzer Verlag Spitzenkundersdorf
- Schüler, O.; August, O. (1957): Mitteldeutscher Heimatatlas, 2. Auflage. Verlag Enzyklopädie Leipzig
- Schwarz, B.; Faist, H. (1993): Historisches vom Strom – Schifffahrt auf Saale und Unstrut, Personenschifffahrt-Güterschifffahrt. Band VIII. Verlag Krüpfanz, Duisburg
- Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umweltschutz Berlin (1993): Der große Müggelsee und sein Einzugsgebiet. Besondere Mitteilungen zum Gewässerkundlichen Jahresbericht für Berlin und Umland
- Sieber, H.-U.; Glasebach, H.-J. (2001): Die Bedeutung von Stauanlagen für die Infrastruktur und die Kulturlandschaft in Sachsen. Wasserwirtschaft, Heft 7/8, S. 394 - 403
- Simon, M. (1993): Wasserbauliche Maßnahmen an der Elbe aus Sicht der IKSE. Wasserbauliche Mitteilungen der TU Dresden, Heft 5, S. 47 - 66
- Simon, M. (1993): Die Elbe und ihr Einzugsgebiet. Wasserwirtschaft - Wassertechnik, Heft 7, S. 15 - 23
- Simon, M. (1994): Hochwasserschutz im Einzugsgebiet der Elbe. Wasserwirtschaft - Wassertechnik, Heft 7, S. 25 - 31

- Simon, M. (1996): Hochwasserschutz im Einzugsgebiet der Elbe (unveröffentlicht).
- Simon, M. (1996): Anthropogene Einflüsse auf das Hochwasserabflussverhalten im Einzugsgebiet der Elbe. Wasser & Boden, Heft 2, S. 19 - 23
- Simon, M. (2001): Die IKSE – 10 Jahre erfolgreiche grenzüberschreitende Zusammenarbeit. Der Ingenieur (Wasser- und Schifffahrtsverwaltung), Heft 2, S. 16 - 21
- Simon, M. (2004): Die Elbe und ihr Einzugsgebiet. Schriften der Deutschen Wasserhistorischen Gesellschaft, Band 4, S. 31 - 49
- Staatliches Amt für Umweltschutz Halle/Saale (1997): Untere Unstrut – ein Fluss und seine Landschaft.
- Staatliches Amt für Umweltschutz Magdeburg (2000): 125 Jahre Pretziener Wehr.
- Staatsministerium für Umwelt und Landesentwicklung des Freistaates Sachsen (1996): Materialien zur Wasserwirtschaft 3/1996 „Merkblatt Eisgefahren“.
- Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft des Freistaates Sachsen (1999): Materialien zur Wasserwirtschaft 3/1999 „Hochwasserschutz in Sachsen“.
- Státní plavební správa (1977): Plavební mapa Labe – Chvaletice-Mělník (Schifffahrtskarten der Elbe von Chvaletice bis Mělník).
- Státní plavební správa (1978): Plavební mapa Labe – Mělník-Hřensko (Schifffahrtskarten der Elbe von Mělník bis Hřensko).
- Státní plavební správa (1981): Plavební mapa Vltavy – Slapy-Mělník (Schifffahrtskarten der Moldau von Slapy bis Mělník).
- Steuerungs- und Budgetausschuss für die Braunkohlesanierung (2003): Protokoll Braunkohlesanierung 1992 - 2002.
- Stiftung Schlösser und Gärten Potsdam-Sanssouci (1994): Die „Moschee“ von Sanssouci.
- Straßburger, J. (1993) Die Elbe mit Saale. Edition Maritim, Hamburg
- Šamalová, Z. (1995): Ekonomické a sociální aspekty soustavné úpravy středního Labe na přelomu století (Ökonomische und soziale Aspekte des systematischen Ausbaus der Mittleren Elbe zur Jahrhundertwende). Tagungsband „Povodňová ochrana na Labi“ (Hochwasserschutz an der Elbe) der Fachtagung am 30.03.1995 in Ústí n. L., S. 213 - 223
- Talsperrenmeisterei des Landes Sachsen-Anhalt (1994): Talsperren in Sachsen-Anhalt. Weimardruck GmbH
- Thüringer Landesamt für Umwelt (1998): Gebiets- und Gewässerkennzahlen (Flächenverzeichnis). Schriftenreihe Nr. 32
- Thüringer Talsperrenverwaltung (1993): Talsperren in Thüringen. Verlag und Druckerei Fortschritt Erfurt GmbH
- Trejtnar, K. und Kollektiv (1978): Střední Labe (Mittlere Elbe). Státní zemědělské nakladatelství, Praha
- Treuhandanstalt (1992, 1994): Braunkohlenbergbau und Wasserwirtschaft in Mitteldeutschland und in der Lausitz. Berlin
- Uhlemann, H.-J. (1998): Die Kammerschleusen wurden nicht an der Stecknitzfahrt erfunden. Binnenschifffahrt, Nr. 15/16, S. 31
- Uhlemann, H.-J. (1999): Die Geschichte der Schiffshebewerke, DSV-Verlag
- Uhlemann, H.-J. (2000): Zwischen Elbe und Ostsee, zur Entstehung der Schleswig-Holsteinischen und Mecklenburg-Vorpommerschen Wasserstraßen. DSV-Verlag
- Umweltministerium Mecklenburg-Vorpommern (1999): Hochwasserschutz Elbe in Mecklenburg-Vorpommern.
- Vaněk, T. (2002): Hochwasserschutz an der Oberen Elbe. Wasserwirtschaft - Wassertechnik, Heft 7, S. 16 - 19
- Verkehrsnachrichten (1985): Der Kampf gegen das Eis am Beispiel der Oberelbe. Verkehrsnachrichten, Heft 4, S. 13 - 16
- Vollrath, H.; Lammel, B. (1993): Die Havel – Geschichten eines Flusses. Ullsteinverlag
- Wasserstraßenaufsichtsamt der DDR (1985): Schifffahrtskarten der Binnenwasserstraßen der DDR.
- Band 1: Elbe, von der Mündung der Saale bis Boizenburg
Saale, von der Mündung bis Halle-Trotha (1985)
- Band 2: Elbe, von Schöna bis zur Mündung der Saale (1986)
- Wasser- und Schifffahrtsamt Brandenburg (1999): Bereisung von Potsdam bis Bahnitz am 12.05.1999
- Wasser- und Schifffahrtsamt Brandenburg (1999): Bereisung am 01.10.1999 von Schollene nach Havelberg
- Wasser- und Schifffahrtsamt Brandenburg (2003): Wasserbauprojekte an der Havel.
- Wasser- und Schifffahrtsdirektion Ost (1998, 2003 und 2004): Informationen über Bundeswasserstraßen und Hinweise für die Sportschifffahrt.
- Wasserwirtschaftsdirektion Untere Elbe, Magdeburg (1983): Auswirkungen wasserbaulicher Maßnahmen auf den Hochwasserverlauf der Elbe.
- Wasserwirtschaftsdirektion Untere Elbe, Magdeburg (1987): Abschlussbericht zur Einschätzung der Erfahrungen aus dem Hochwasserereignis Dezember 1986 bis April 1987.
- Wasserwirtschaftsdirektion Untere Elbe, Magdeburg (1989): Dokumentation über die Harzteiche im Selke- und Bodegebiet vom 13.04.1989
- Wasserwirtschaftsdirektion Küste, Stralsund (1987): Abschlussbericht Elbe-Hochwasser / Eis 1987.
- Wehlmann, E.-W. (1991): Chronik über die tausendjährige Geschichte der Saaleschifffahrt.
- Wilke, F. L. (1991): Beeinflussung der Grundwassersituation durch den Braunkohlenbergbau. Gutachten für das Büro für Technikfolgen-Abschätzung des Deutschen Bundestages (TAB)
- Winkler, U. (1999): Wasserkraftnutzung an Talsperren, Speichern und Kunstteichen in Sachsen. Wasser und Abfall, Heft 12, S. 48 - 53
- Žák, L. (1996): Katastrofa na Bílé Desné (Katastrophe an der Weißen Desná). Městský úřad v Desné v Jizerských horách/Povodí Labe
Broschüre zum 80. Jahrestag des Bruches der Talsperre an der Weißen Desná
- Zeman, V. (1948): Umělé kanály a náhony v českém vodním hospodářství (Künstliche Kanäle und Triebwerksgräben in der tschechischen Wasserwirtschaft). OBZOR, Heft 11, S. 151 - 156 und Heft 12, S. 168 - 174
- Ziegenhardt, W.; Trogisch, R. (1996): Bedeutung des Speichersystems Lohsa II für die wasserwirtschaftliche Sanierung im Spreegebiet. Grundwasser – Zeitschrift der Fachsektion Hydrogeologie 3-4/96

