



Analyse der Niedrigwasserperiode **2014 – 2023** im Einzugsgebiet der Elbe

Teil A: Oberflächengewässer
(Seiten 3 – 50)

Teil B: Grundwasser
(Seiten 51– 86)



Herausgeber

Internationale Kommission zum Schutz der Elbe (IKSE)

Mezinárodní komise pro ochranu Labe (MKOL)

Postfach 1647/1648, 39006 Magdeburg

Tel.: +49 (0)391 400 03-0

E-Mail: sekretariat@ikse-mkol.org

Internet: www.ikse-mkol.org

ISBN 978-3-910400-06-1

Teil A

Bewertung der Oberflächengewässer

Inhalt:

1	Einleitung	5
2	Kurze Charakteristik des Zeitraums 04/2014 – 03/2024	5
3	Auswertung der Schneerücklagen im Einzugsgebiet der Elbe für den Zeitraum 11/2013 – 03/2024.....	8
4	Vorgehen und Beschreibung der wichtigsten Ergebnisse	10
5	Kommentar zu den Ergebnissen für die einzelnen Pegel	15
6	Die lange Reihe in Magdeburg (1727 – 2023).....	19
7	Die lange Reihe in Děčín (1851 – 2023)	21
8	Vergleich der Bezugszeiträume 1981 – 2010 und 1991 – 2020	24
9	Fazit.....	26
10	Anlagen.....	28

Fachliche Bearbeitung und Redaktion

Expertengruppe „Hydrologie“ (Hy) der IKSE

Vorsitzender: Petr Šercl (Český hydrometeorologický ústav)

Mitglieder (in alphabetischer Reihenfolge):

Jörg Uwe Belz (Bundesanstalt für Gewässerkunde)

Miloň Boháč (Český hydrometeorologický ústav)

Radek Čekal (Český hydrometeorologický ústav)

Tomáš Kendík (Povodí Vltavy, státní podnik)

Jiří Kremsa (Povodí Labe, státní podnik)

Nico Marche (Landesbetrieb für Hochwasserschutz und Wasserwirtschaft Sachsen-Anhalt)

Gregor Ollesch (Geschäftsstelle der Flussgebietsgemeinschaft Elbe)

Petra Walther (Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie)

Mit Unterstützung der Arbeitsgruppe „Hochwasserschutz“ (FP) und des Sekretariats der IKSE.

Dank gebührt außerdem allen weiteren, nicht namentlich aufgeführten, Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern verschiedener Institutionen, die ebenfalls an der Erarbeitung der Publikation beteiligt waren.

Teil A: Bewertung der Oberflächengewässer

1 Einleitung

Im Zeitraum 2014 – 2023 war das Einzugsgebiet der Elbe durch unterdurchschnittliche Niederschläge und überdurchschnittliche Lufttemperaturen geprägt. Das hatte zur Folge, dass sich im tschechischen und im deutschen Teil des Elbeeinzugsgebiets wiederholt sehr lange Niedrigwassersituationen jeweils unterschiedlichen räumlichen Ausmaßes und unterschiedlicher Intensität einstellten.

Besonders ausgeprägt waren die Niedrigwasserjahre 2015 und 2018, wobei 2015 besonders extrem das tschechische Einzugsgebiet der Elbe und 2018 deutlich mehr das deutsche Elbeeinzugsgebiet betroffen war. Beide Jahre wurden umfassend ausgewertet und die Ergebnisse dazu veröffentlicht¹. Diesen Auswertungen schloss sich eine Publikation mit der Betrachtung des 7-jährigen Zeitraums von 2014 bis 2020² an. Angesichts fortgesetzter Niedrigwasserereignisse werden die Analysen mit diesem Bericht um weitere drei Jahre ergänzt, um mit dem 10-jährigen Niedrigwasserzeitraum 2014 bis 2023 abzuschließen. Dabei hat sich das seit 2014 aufgebaute Niederschlags- und Abflussdefizit nochmals bis 2023 vertieft. Ursache für das gestiegene Abflussdefizit waren, neben geringen Niederschlägen, teilweise die geringen Schneerücklagen im Winter 2022/2023, aber vor allem die unterdurchschnittlichen Grundwasserstände in weiten Teilen des Einzugsgebiets, die sich bis dahin nicht erholt hatten.

Wie in der 7-jährigen Auswertung wurden für die Analyse 11 maßgebliche Pegel aus dem Einzugsgebiet der Elbe ausgewählt. Betrachtet wurden Kenngrößen der Lufttemperatur, des Niederschlags und des Abflusses für den Zeitraum 2014 bis 2023, die mit der Bezugsperiode 1981 bis 2010 verglichen wurden. Bewertet wurden die Wasserhaushaltsjahre jeweils von April bis März des Folgejahres. Die entsprechenden Tabellen und Grafiken sind in der Anlage zu ersehen.

Die untersuchte Niedrigwasserperiode war so bedeutsam, dass der reine Vergleich mit den Kenngrößen für den 30-jährigen Bezugszeitraum bei weitem nicht ausreichend ist. Deswegen wurde für die Pegel an der Elbe in Děčín (ab 1851) und in Magdeburg (ab 1727) zur statistischen Einordnung dieses Niedrigwasserzeitraums auf sehr lange Beobachtungsreihen zurückgegriffen. Die diesbezüglichen Auswertungen zeigen, dass der 10-jährige Zeitraum 2014 – 2023 zu den abflussärmsten seit Beobachtungsbeginn dieser Pegel gehört.

2 Kurze Charakteristik des Zeitraums 04/2014 – 03/2024

Im Einzugsgebiet der Elbe deutete bis Ende 2013 nichts auf den Beginn einer sehr bedeutenden und langen Niedrigwasserphase hin. Der Winter 2012/2013 zog sich bis Anfang April, auch der Mai war sehr kalt und regnerisch. Der Boden im Einzugsgebiet der Elbe war stellenweise extrem gesättigt. Anfang Juni traten nach ergiebigen Regenfällen bedeutende Hochwasser auf. Im Hinblick auf die Temperaturen war das Jahr 2013 durchschnittlich und in Bezug auf die Niederschläge überdurchschnittlich.

In der ersten Dezemberdekade 2013 lag in den Mittelgebirgen im Einzugsgebiet der Elbe eine überdurchschnittliche Schneemenge. Im Laufe des Dezembers setzte aber Tauwetter ein und bis zum Ende des Winters 2013/2014 schneite es bis auf einige wenige Tage fast nicht mehr. Vor

¹ <https://www.ikse-mkol.org/publikationen>

² https://www.ikse-mkol.org/fileadmin/media/user_upload/D/06_Publikationen/02a_Niedrigwasser/2023-05_IKSE-Auswertung_Niedrigwasserperiode_2014-2020.pdf

allein die zweite Winterhälfte war im Hinblick auf die Schneerücklagen extrem unterdurchschnittlich und Schnee lag überwiegend nur in den Kammlagen der Mittelgebirge. Die Schneerücklagen waren im tschechischen Einzugsgebiet der Elbe die geringsten seit 1970. Eine für das Auffüllen der Grundwasserspeicher bedeutsame Schneeschmelze gab es im Frühjahr praktisch nicht.

Das Jahr 2014 war bezogen auf die Temperaturen stark bis extrem überdurchschnittlich und in Bezug auf die Niederschläge nur durchschnittlich bis unterdurchschnittlich. Die Grundwasserstände erreichten zwar schrittweise den unterdurchschnittlichen Bereich, sanken aber vorerst nicht bis unter die Niedrigwassergrenze. Gerade die Speisung aus dem Grundwasser in die Fließgewässer reichte noch aus, dass in den Gewässern nur vereinzelt Abflüsse unterhalb des Q_{10} auftraten, obwohl die Abflüsse schrittweise auch deutlich unterdurchschnittliche Werte erreichten.

Der Winter 2014/2015 war im Hinblick auf die Temperaturen überdurchschnittlich und auf die Schneerücklagen durchschnittlich bis unterdurchschnittlich. Die Grundwasserspeicher wurden somit erneut nicht aufgefüllt. Das Jahr 2015 fiel in Bezug auf die Temperaturen in Tschechien stark bis extrem überdurchschnittlich und auf die Niederschläge stark unterdurchschnittlich aus. Auch in Deutschland lag die Jahresmitteltemperatur deutlich über dem Durchschnitt. Hinsichtlich des Niederschlags war das Jahr 2015 in Deutschland zu trocken. Die Sommerzeit mit einem Niederschlagsmangel war im Juli und August von Hitzewellen mit extrem hohen Lufttemperaturen begleitet, in dieser Zeit überschritten die Maxima an mehreren Tagen sogar 35 °C. Etwa ab Anfang Juli begann ein sehr ausgeprägter Niedrigwasserzeitraum, in dem sich die mittleren Tagesabflüsse meistens unter dem Q_{10} hielten. An einer Reihe von Gewässern wurden historische Abflussminima erreicht. Die Grundwasserstände fielen bereits im Laufe des Junis unter die Niedrigwasserschwelle. Im weiteren Jahresverlauf verschärfte sich die Niedrigwassersituation. Auch 2016 und 2017 dauerte die Niedrigwasserperiode an, die Niedrigwasserabflüsse erreichten allerdings nicht so geringe Werte wie 2015.

Die Niedrigwassersituation aus dem Jahr 2015 wiederholte sich 2018 und war im deutschen Einzugsgebiet der Elbe extremer als 2015. 2018 fielen die Wasservorräte im Schnee in den Gebirgen überwiegend durchschnittlich aus. Im April schmolzen die Schneerücklagen auch aus den Gebirgen schnell ab. Obwohl im Mai und Juni lokal ergiebige Niederschläge auftraten, vor allem in der Südwesthälfte Böhmens und im Vogtland, begann sich das Niedrigwasser ab Mitte Juni deutlich zu verstärken. Die atmosphärischen Zirkulationsbedingungen verhinderten den Durchzug von Frontalsystemen vom Atlantik (Westwetterlagen) in das Gebiet Mitteleuropas, sodass niederschlagsarmes Hochdruckwetter vorherrschend war. Die meteorologische Trockenheit erfasste nicht nur Tschechien, sondern auch die meisten der europäischen Staaten. Der Witterungsverlauf im Sommer und seine synoptischen Ursachen waren sehr ähnlich wie im Jahr 2015. Charakteristisch waren lange Zeiträume mit überdurchschnittlichen Lufttemperaturen, insbesondere im April, Mai, Juli und August, sowie lange Zeiträume mit unterdurchschnittlichen Niederschlagshöhen, wobei in einigen längeren Phasen überhaupt keine Niederschläge auftraten. Im Juli und August wurden nur etwa 50 % des Normalwerts des Niederschlags gemessen. In Folge der hohen Verdunstung sank die Wasserführung im überwiegenden Teil des Einzugsgebiets der Elbe bis unter Q_{10} und sehr niedrige Abflüsse traten in den Gewässern praktisch bis Ende November auf. Einige kleinere Fließgewässer oder Gewässerabschnitte fielen sogar trocken. Das Niedrigwasser im Jahr 2018 übertraf mit seinen Parametern, d. h. der Höhe und der Dauer der Niedrigwasserabflüsse und dem Absinken der Grundwasserstände, auch das Jahr 2015.

Obwohl der Winter 2018/2019 aus der Sicht der Wasservorräte durchschnittlich war, in den Mittelgebirgen stellenweise überdurchschnittlich, reichte dies nicht aus, um das aufgebaute Defizit im Grundwasser wieder auszugleichen. Im Laufe des Jahres 2019 ging daher die Wasserführung erneut mehrfach bis unter Q_{10} zurück. Erst 2020 kam es teilweise zu einer Verbesserung der Abflusssituation insbesondere in Tschechien. Hier war das Jahr in Bezug auf die Temperaturen zwar stark überdurchschnittlich, aber im Hinblick auf die Niederschläge durchschnittlich bis überdurchschnittlich. Mehr Niederschläge, die zum Teil zu Hochwasser führten, erfassten den südöstlichen Teil des tschechischen Einzugsgebiets der Elbe. Im nordwestlichen Teil hingegen, aber

auch auf dem Gebiet Deutschlands, hielt das Niedrigwasser weiterhin an. Ursache im deutschen Teil des Elbeinzugsgebiets war u. a. das zu warme und zu trockene Frühjahr. Die Aufeinanderfolge der Trockenjahre 2018, 2019 und 2020 stellt in Deutschland eine seit Beginn der Wetteraufzeichnung bis zu dieser Zeit noch nie dagewesene Extremsituation dar.

Das Frühjahr 2021 war in Tschechien sehr kalt, im Hinblick auf die Niederschläge durchschnittlich, der Sommer in Bezug auf die Temperaturen durchschnittlich. Das führte dazu, dass sich insbesondere im Mai und im Juli erhöhte Abflüsse einstellten. Von August 2021 bis Oktober 2023 war die allgemein niedrige Wasserführung lediglich durch einige kurzfristige Abflussanstiege in Folge von bedeutenderen Niederschlagsereignissen unterbrochen. Erst im November und Dezember 2023 waren die Monatsniederschläge stark überdurchschnittlich und oft erreichten sie 200 % des Normalwerts.

Auch im deutschen Einzugsgebiet der Elbe war das Frühjahr 2021 kälter als üblich mit sehr geringen Niederschlägen, insbesondere im April. In diesem Monat stellten sich auch an mehreren Pegeln die niedrigsten Abflüsse im Jahr ein. Erst ab dem deutlich zu feuchten Mai normalisierten sich die Abflussverhältnisse etwas. Der sehr nasse Juli brachte auch in den Fließgewässern des deutschen Einzugsgebiets der Elbe erhöhte Abflüsse. Ab Oktober 2021 und das ganze Jahr 2022 wurden mit einer kurzen Unterbrechung im Januar und Februar deutlich zu geringe Abflüsse beobachtet. Grund dafür waren vor allem die deutlich zu trockenen Frühjahrs- und Sommermonate des Jahres 2022. Das Jahr 2023 war erneut überdurchschnittlich warm und meist überdurchschnittlich nass. Nur der Mai war im deutschen Teil des Einzugsgebiets der Elbe ungewöhnlich trocken. Trotz meist überdurchschnittlicher Niederschläge blieben die Abflüsse die meiste Zeit auf sehr niedrigem Niveau. Erst die ergiebigen Niederschläge im Oktober, November und Dezember (im Oktober über 200 % des Normalwerts) beendeten die Niedrigwasserperiode im Einzugsgebiet der Elbe. Zum Jahreswechsel 2023/2024 entwickelte sich daraus eine ausgeprägte gewässerübergreifende Hochwassersituation.

Während des Hochwassers waren die Abflussspitzen im Einzugsgebiet der Elbe oberhalb der Moldaumündung relativ bedeutend, z. B. erreichte der Scheitelabfluss in Kostelec nad Labem im Dezember 2023 HQ₁₀. An der Elbe unterhalb der Moldau verringerte sich das Wiederkehrintervall des Scheitelabflusses (wegen der geringeren Abflüsse in der Moldau) jedoch und an den Pegeln Mělník, Ústí nad Labem und Děčín erreichte es nicht einmal 2 Jahre, an den deutschen Elbepegeln maximal ein Wiederkehrintervall von 2 bis 5 Jahren. Dennoch waren diese Abflüsse die höchsten seit dem Hochwasser 2013.

Zusammengefasst gilt, dass alle Jahre bis zum Ende des 10-jährigen Bewertungszeitraums im Hinblick auf die Temperaturen überdurchschnittlich ausfielen, wobei die Jahre 2018 (das wärmste Jahr seit 1961), 2019, 2022 und 2023 sogar extrem überdurchschnittlich waren. In Deutschland gehören die Jahre 2018, 2019, 2020 sowie die Jahre 2022 und 2023 zu den wärmsten Jahren seit Beginn der systematischen Wetteraufzeichnungen im Jahr 1881.

Im Hinblick auf die Niederschläge waren in Tschechien die Jahre 2015, 2016, 2018 und 2019 unterdurchschnittlich, die Jahre 2014, 2017 und 2020 bis 2023 aber durchschnittlich. In Deutschland fielen alle Jahre außer dem Jahr 2017 zu trocken aus. Die Winter waren auch weiterhin in Bezug auf die Temperaturen in Tschechien überwiegend überdurchschnittlich und aus der Sicht der Schneesüklagen bis auf den Winter 2016/2017 durchschnittlich bis unterdurchschnittlich. Im deutschen Elbegebiet sind alle Jahre außer 2017, 2021 und 2023 als zu trocken einzustufen. Die Winter gehören in dem 10-jährigen Zeitraum (mit Ausnahme des Winters 2017/2018) zu den wärmsten Wintern seit Beobachtungsbeginn. Die Tage mit Schnee blieben während des gesamten 10-jährigen Zeitraums jeweils unter den mehrjährigen Mitteln.

Für den Zeitraum von 2014 bis 2023 war ferner typisch, dass auch nach außergewöhnlich intensiven Niederschlägen nahezu keine bedeutenden Hochwasser auftraten. Dies wurde dadurch verursacht, dass in Folge der trockenen Perioden eine sehr niedrige Bodensättigung überwog.

Bei Niederschlagsereignissen wurden zum Teil auch weniger als 10 % des Niederschlags abflusswirksam. Dies führte dazu, dass in Folge der über lange Zeit niedrigen Grundwasserstände nach kleinen Abflussspitzen ein rasches Absinken der Wasserführung zurück in den Niedrigwasserbereich zu beobachten war. An der gesamten Elbe blieb in diesem Zeitraum eine Periode mit einer bedeutenderen Abflusszunahme aus. So erreichten die höchsten Scheitelabflüsse nicht einmal den Wert des HQ₂. Erstmals im Dezember 2023 wurden mit Jährlichkeiten von HQ₂₋₁₀ wieder nennenswerte Hochwasserscheitel beobachtet.

3 Auswertung der Schneerücklagen im Einzugsgebiet der Elbe für den Zeitraum 11/2013 – 03/2024

Die Entwicklung der Abflüsse im Laufe eines Jahres wird stark durch die Verteilung der Schneedecke im Einzugsgebiet und ihren Abschmelzprozess beeinflusst, durch den die Grundwasservorkommen im Einzugsgebiet aufgefüllt werden. Der überwiegende Teil des Wasservorrats im Schnee befindet sich in der Regel im tschechischen Teil des Einzugsgebiets, d. h. am Oberlauf der Elbe. Die Entwicklung des Wasservorrats im Schnee in den einzelnen Jahren der Periode 2014 – 2023 im tschechischen und im deutschen Teil des Einzugsgebiets der Elbe ist in den Diagrammen in den Abbildungen 3-1 und 3-2 dargestellt. Die Diagramme zeigen darüber hinaus die mittleren Wasservorräte im Schnee für den Zeitraum 1981 – 2010. Die Abbildungen verdeutlichen, dass in den meisten Winterperioden der angegebenen Jahre die Schneerücklagen die Mittelwerte nicht erreichten. Typisch für diesen 10-jährigen Zeitraum ist das Schwanken der Wassermenge im Schnee während der Winterperioden, was durch das periodische Abschmelzen der Schneedecke, oft auch in den höheren Gebirgslagen, bedingt ist. Ein weiteres Phänomen ist die Verschiebung der Maxima der Schneerücklagen aus dem März in den Februar. Die Tendenz zur Abnahme des Wasservorrats im Schnee im Einzugsgebiet der Elbe führt dazu, dass das Grundwasser nicht ausreichend aufgefüllt wird und sich die Abflüsse bei unter den Normalwerten liegenden Niederschlägen im Laufe des Frühjahrs und zu Beginn des Sommers schnell in Richtung Niedrigwasser bewegen.

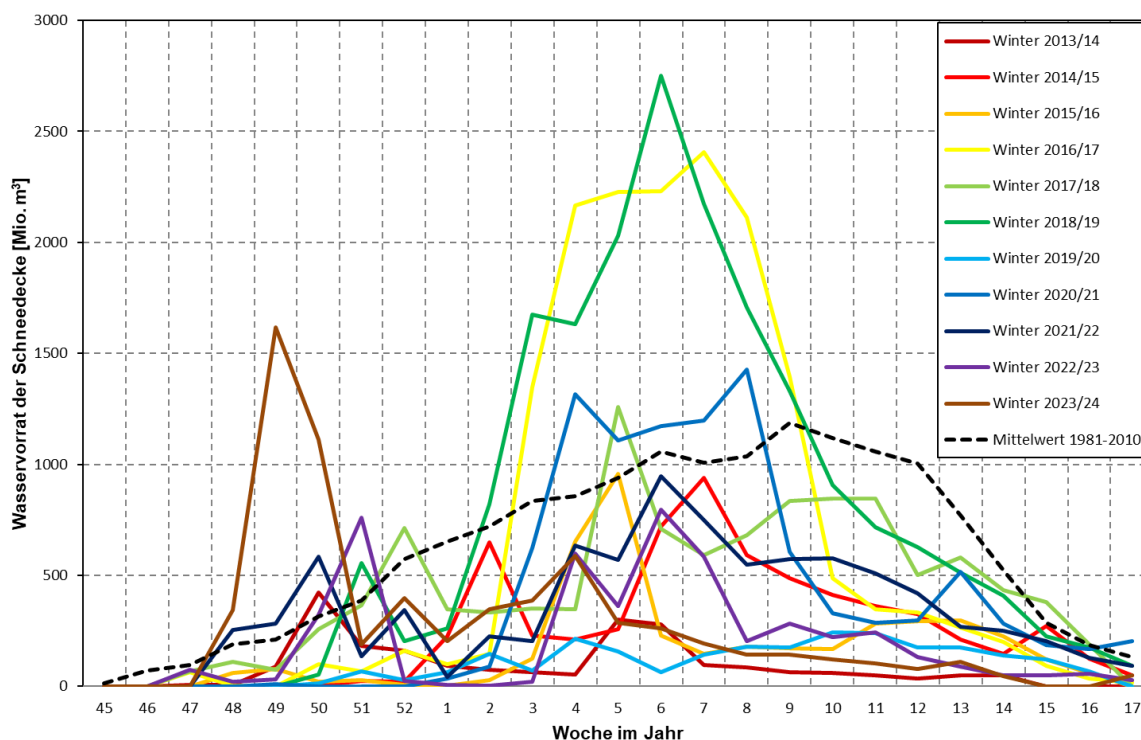


Abb. 3-1: Entwicklung der Schneerücklagen für den tschechischen Teil des Einzugsgebiets der Elbe im Zeitraum von 11/2013 – 03/2024 (Quelle: ČHMÚ)

In Abbildung 3-1 ist zu erkennen, dass in den Wintern 2013/2014 und 2019/2020 die geringsten Wasservolumina in der Schneedecke vorhanden waren und diese als stark unterdurchschnittlich zu bewerten sind. Insbesondere der kontinuierlich schneearme Winter 2013/2014 war eine der Ursachen für das ausgeprägte Niedrigwasser, welches sich im Jahr 2015 im tschechischen Einzugsgebiet der Elbe entwickelte und sich auf dem gesamten deutschen Elbeabschnitt deutlich auswirkte.

Die größten Wasservolumina in der Schneedecke waren in den Winterperioden 2018/2019 und 2016/2017 gespeichert. Insgesamt wurden die angesammelten Schneewasseräquivalente in diesen Wintern im Vergleich zum Mittelwert für den Zeitraum 1981 – 2010 auch als überdurchschnittlich bewertet.

Von November 2013 bis Ende März 2024 wurde im tschechischen Teil des Einzugsgebiets der Elbe die größte Wassermenge in der Schneedecke am 04.02.2019 registriert, als die Gesamtschätzung der Schneewasseräquivalente 2 750 Mio. m³ betrug.

Bemerkenswert war die Entwicklung der Schneerücklagen im Winter 2023/2024 im tschechischen Teil des Elbeeinzugsgebiets. In der ersten Dekade des Dezembers 2023 stellten sich die für diesen Zeitraum höchsten Wasservolumina der Schneedecke ein, die bisher innerhalb der gesamten Zeit ab Beobachtungsbeginn erreicht wurden. Diese Rücklagen reduzierten sich aber bis zum Ende der zweiten Dezemberdekade auf ein Achtel der ursprünglichen Menge. Der weitere Verlauf des Winters 2023/2024 stand im Zeichen stark unterdurchschnittlicher Werte.

Für das deutsche Einzugsgebiet der Elbe erfolgte die Auswertung des Wasservorrats der Schneedecke über das Modell LARSIM. Die Ergebnisse sind für die einzelnen Jahre der Betrachtungsperiode in nachfolgender Abbildung 3-2 dargestellt.

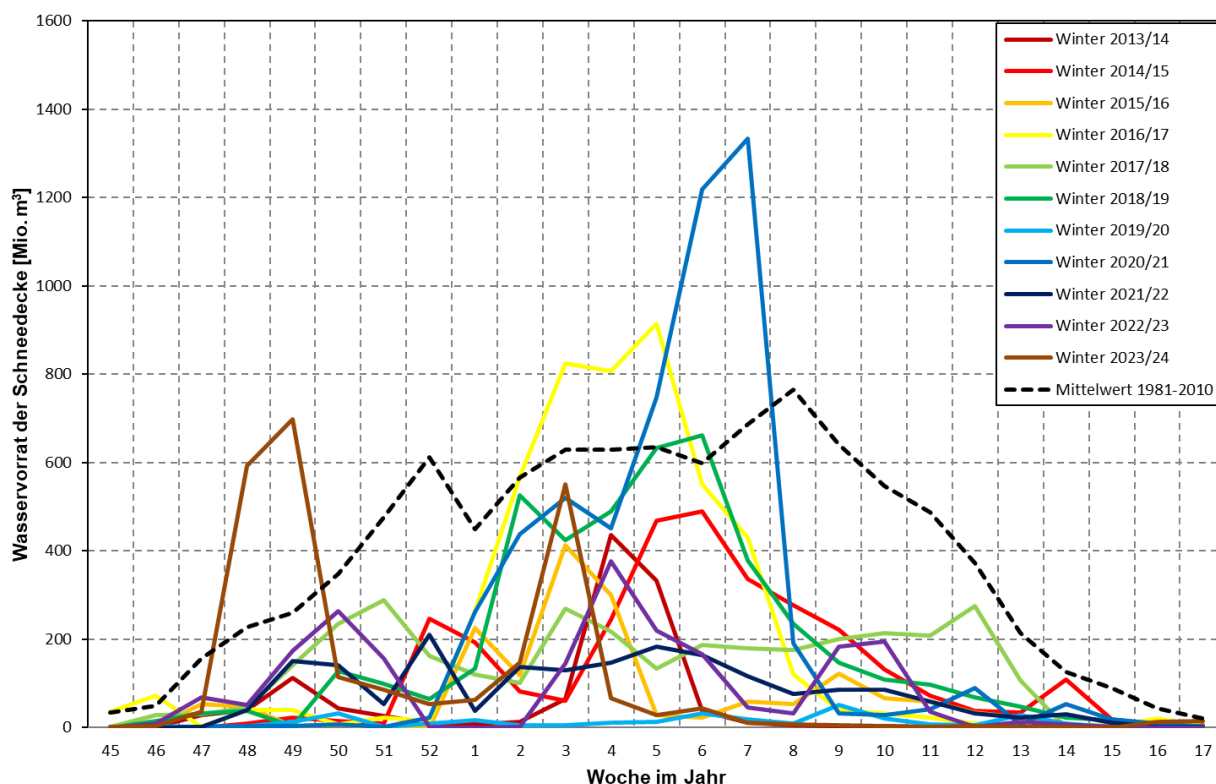


Abb. 3-2: Entwicklung der Schneerücklagen für den deutschen Teil des Einzugsgebiets der Elbe im Zeitraum von 11/2013 – 03/2024 (Quelle: BfG)

Im Vergleich zu den beiden Referenzperioden 1981 – 2010 bzw. 1991 – 2020 fielen die meisten Winter der Betrachtungsperiode unterdurchschnittlich bis stark unterdurchschnittlich aus. Zudem war der Zeitraum mit einer nennenswerten akkumulierten Schneedecke kürzer. Als extrem schneearm ist dabei der Winter 2019/2020 zu bezeichnen.

Der Winter 2020/2021 weist besonders im Februar deutlich höhere Schneerücklagen (ca. 2 000 Mio. m³) als im mehrjährigen Vergleich auf. Auch gab es in den Wintern 2016/2017 und auch 2023/2024 Phasen mit einer überdurchschnittlichen Entwicklung der Schneedecke.

4 Vorgehen und Beschreibung der wichtigsten Ergebnisse

Bewertete Pegel

Die Bewertung wurde für elf Pegel vorgenommen (vier an der Elbe und sieben an den Nebenflüssen) – siehe Tabelle 4-1. Die Pegel an der Elbe charakterisieren die Verhältnisse an der Oberen (Kostelec nad Labem und Děčín) und der Mittleren Elbe (Magdeburg-Strombrücke und Neu Darchau). Die durch Ebbe und Flut beeinflusste Untere Elbe (Tideelbe) unterhalb des Wehres Geesthacht war nicht Gegenstand der Bewertung. Der letzte berücksichtigte Pegel Neu Darchau repräsentiert 89 % der Fläche des Einzugsgebiets der Elbe. Die Pegel an den Nebenflüssen wurden so gewählt, dass es sich um Teileinzugsgebiete mit einer möglichst geringen anthropogenen Beeinflussung des hydrologischen Regimes handelt.

Tab. 4-1: Ausgewählte Pegel im Einzugsgebiet der Elbe

Nummer	Gewässer	Pegel	Einzugsgebiet [km ²]
1	Elbe	Kostelec nad Labem	13 183
2	Otava	Písek	2 914
3	Sázava	Zruč nad Sázavou	1 421
4	Berounka	Beroun	8 286
5	Elbe	Děčín	51 120
6	Freiberger Mulde	Nossen 1	586
7	Vereinigte Mulde	Bad Dübén 1	6 171
8	Saale	Calbe-Grizéhne	23 719
9	Elbe	Magdeburg-Strombrücke	94 942
10	Sude	Garlitz	735
11	Elbe	Neu Darchau	131 950

fett – Elbepegel

Grundsätze für die Erarbeitung

- Bewertet wurden die Wasserhaushaltsjahre jeweils von April bis März des Folgejahres. Der Bewertungszeitraum reicht vom 1. April 2014 bis zum 31. März 2024. Damit wird gewährleistet, dass Zeiträume mit den niedrigsten Abflüssen innerhalb eines Jahres als Ganzes beurteilt werden, weil in der Zeit Ende März / Anfang April gewöhnlich keine Niedrigwasserabflüsse auftreten.
- Gewählt wurde der Bezugszeitraum 1981 – 2010 für die mehrjährigen Kenngrößen der Abflüsse, der Niederschläge und der Temperaturen.
- Bewertet wurden die mittleren Jahresabflüsse (z. B. die 10-jährigen gleitenden Mittel) für den Pegel Magdeburg-Strombrücke seit 1727 (längste historische Abflussreihe im Einzugsgebiet der Elbe) und für den Pegel Děčín seit 1851 (längste historische Abflussreihe für die Elbe auf dem tschechischen Gebiet).

Grafische und tabellarische Ergebnisse

Für die 11 ausgewählten Pegel wurden einheitlich grafische und tabellarische Auswertungen erarbeitet (**siehe Anlagen 1 bis 11**), die im Weiteren am Beispiel der Ergebnisse für den Pegel **Magdeburg-Strombrücke an der Elbe** beschrieben werden:

Diagramm 1 veranschaulicht den Vergleich der mittleren Monatswerte der Lufttemperaturen (**A**), der Niederschläge (**B**) und der Abflüsse (**C**) im Bewertungszeitraum 04/2014 – 03/2024 mit den mehrjährigen Monatsmitteln **für den Zeitraum 1981 – 2010**:

- **Diagramm 1A:** Abweichungen der mittleren Monatstemperaturen in °C von den Werten der mehrjährigen Monatsmittel. 93 Monate lagen über den Normalwerten und nur 27 unter den Normalwerten. Die größte positive Abweichung beträgt 6,4 °C (02/2024), die größte negative Abweichung -3,5 °C (01/2017).
- **Diagramm 1B:** Mittlere Monatsniederschläge in Prozent der Werte der mehrjährigen Monatsmittel. 69 Monate lagen unter den Normalwerten und 51 über den Normalwerten. Die größte negative Abweichung vom Normalwert beträgt -81 % (02/2015), die größte positive Abweichung 121 % (02/2020).
- **Diagramm 1C:** Mittlere Monatsabflüsse in Prozent der Werte der mehrjährigen Monatsmittel. 105 Monate lagen unter den Mittelwerten und nur 15 über den Mittelwerten. Die größte negative Abweichung beträgt -69 % (04/2020), die größte positive Abweichung 105 % (01/2024).

Magdeburg-Strombrücke – Elbe
Diagramm 9-1 (siehe Anlage 9)

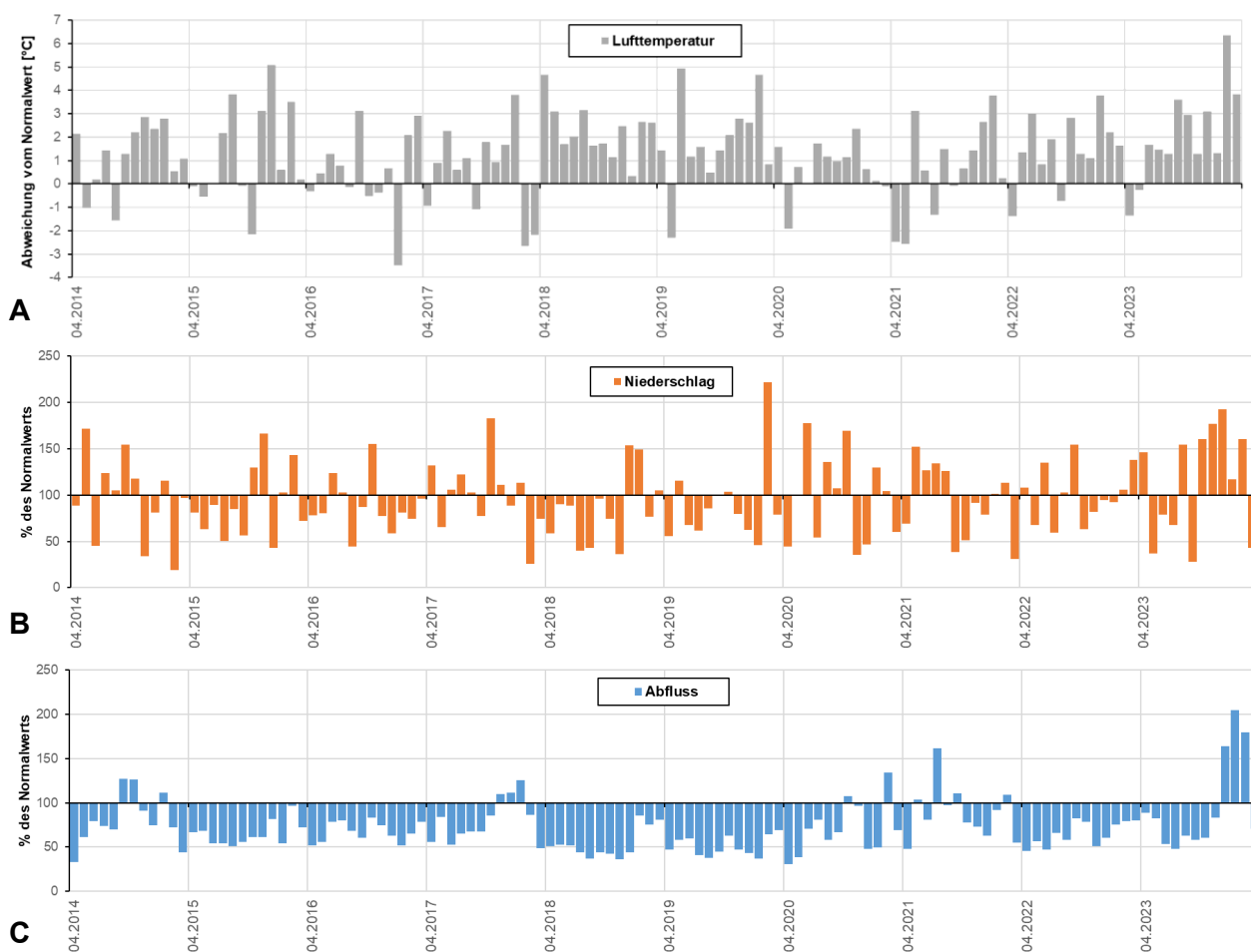


Diagramm 2 dokumentiert die Entwicklung der hydrologischen Situation im Zeitraum 2014 – 2023. Es enthält Ganglinien der mittleren Tages- und Monatsabflüsse sowie der mehrjährigen Werte für die einzelnen Monate (MQ_{Monat}), sowie die Höhe der Abflüsse Q_{10} und MNQ für die Jahresreihe 1981 – 2010.

- Q_{10} – mittlerer Tagesabfluss, der im Jahr im Mittel an 10 Tagen unterschritten wird
- MNQ – arithmetisches Mittel der niedrigsten mittleren Tagesabflüsse der Einzeljahre

Zum Beispiel bewegten sich im Zeitraum 07/2018 – 11/2018, also über eine Zeit von 5 Monaten, die mittleren Monatsabflüsse deutlich unter Q_{10} und MNQ.

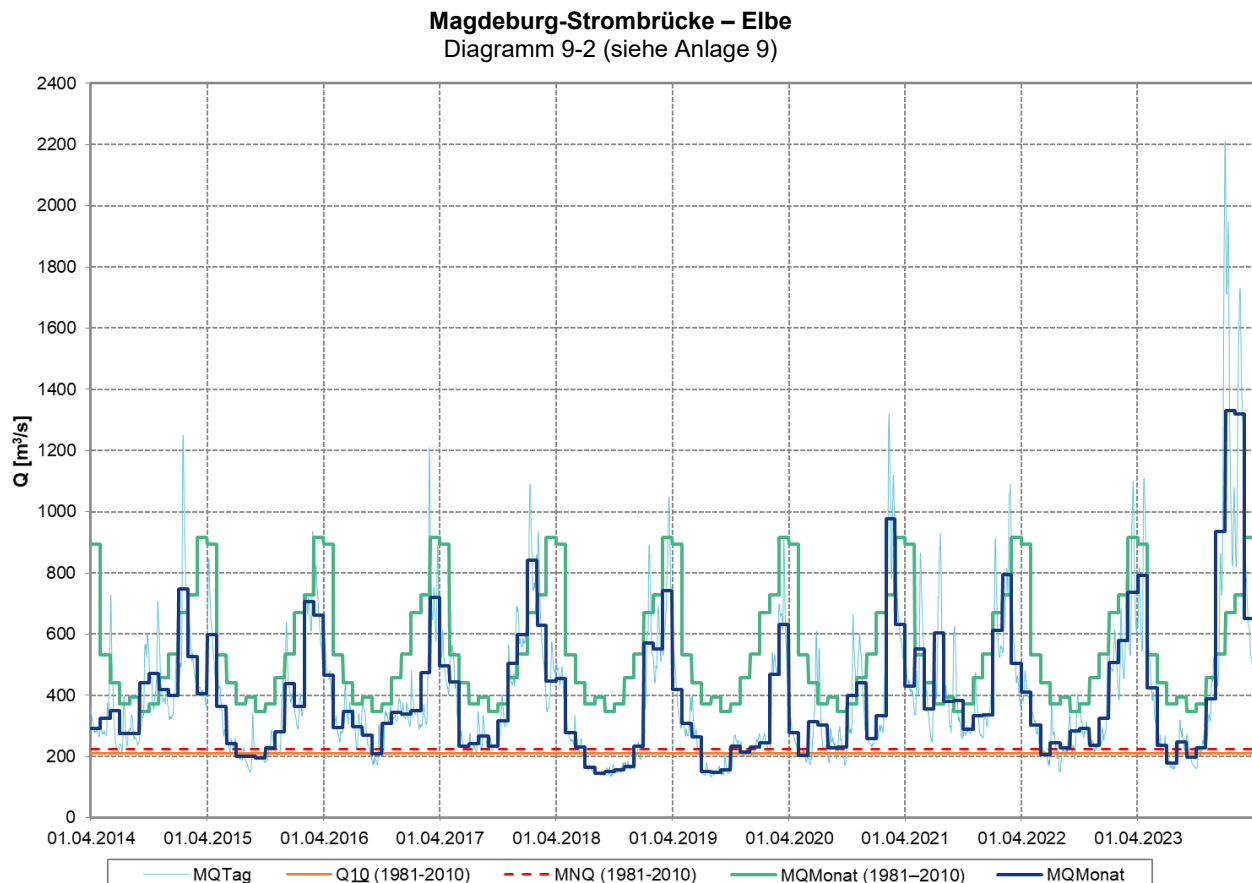


Diagramm 3 zeigt, wie es im Zeitraum seit 2014 zum Anstieg des Defizits des Abfluss- und des Niederschlagsvolumens in Bezug auf die mehrjährigen Werte für den Zeitraum 1981 – 2010 kam.

Im 10-jährigen Zeitraum 04/2014 – 03/2024 wuchs das Abflussdefizit bis auf 49,4 Mrd. m³ (521 mm Abflusshöhe), was bedeutet, dass in diesem Zeitraum der Abfluss um 28 % niedriger als die mehrjährigen Mittelwerte war.

Magdeburg-Strombrücke – Elbe

Diagramm 9-3 (siehe Anlage 9)

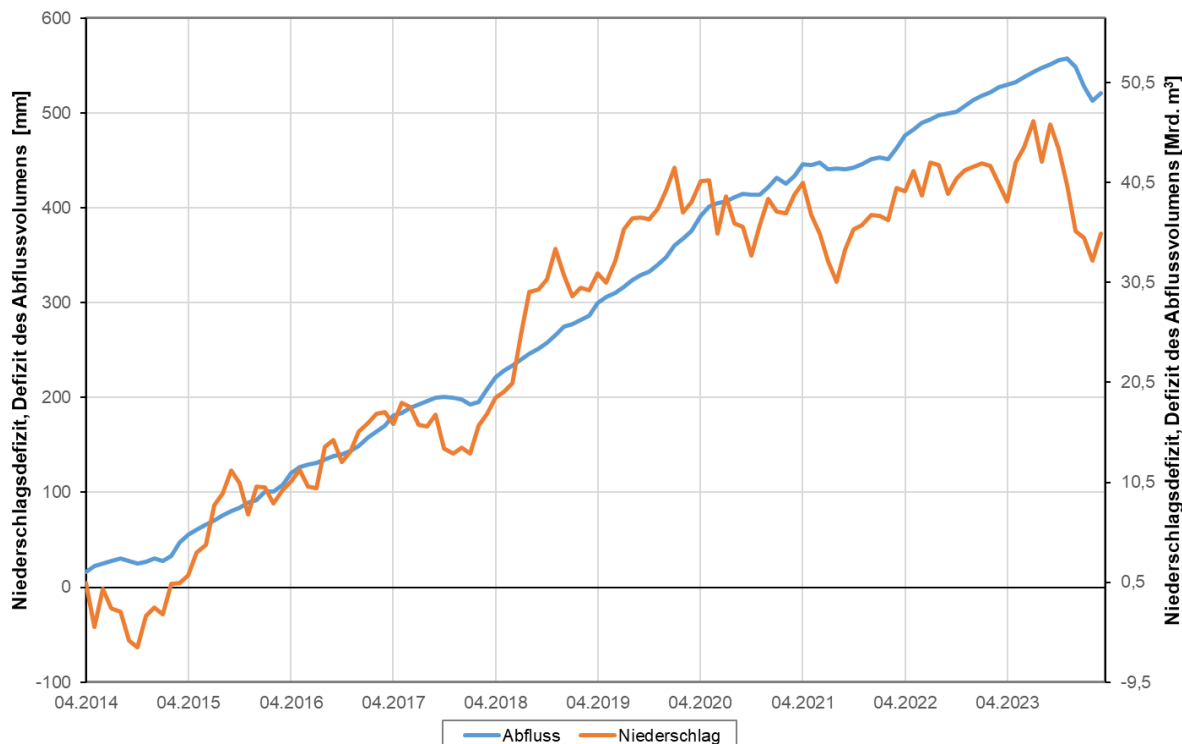


Tabelle A enthält ausgewählte Kenngrößen der Jahreswerte (vom 01.04. bis zum 31.03.) und der Werte für den gesamten Zeitraum 2014 – 2023 sowie ihren Vergleich mit den mehrjährigen Mitteln für den Zeitraum 1981 – 2010. Es handelt sich um folgende Werte:

- Lufttemperatur
- Niederschlagshöhe
- Abfluss
- Abflussdefizit im Vergleich zum mehrjährigen mittleren Abfluss für den Zeitraum 1981 – 2010
- ausgewählte Kenngrößen der Niedrigwasserabflüsse:
 - Q_{10} – mittlerer Tagesabfluss, der im Jahr im Mittel an 10 Tagen unterschritten wird
 - MNQ (mittlerer Niedrigwasserabfluss) – arithmetisches Mittel der niedrigsten mittleren Tagesabflüsse der Einzeljahre des jeweiligen Zeitraums
 - NQ – der kleinste mittlere Tagesabfluss des jeweiligen Zeitraums oder Jahres
 - NM7Q – das kleinste arithmetische Mittel der Abflüsse an 7 aufeinanderfolgenden Tagen der Einzeljahre des jeweiligen Zeitraums
 - Min. NM7Q – der kleinste mittlere 7-tägige Abfluss des jeweiligen Zeitraums oder Jahres

Anmerkung: Im Falle der Werte für die Einzeljahre sind die Werte MNQ und NQ sowie die Werte NM7Q und Min. NM7Q identisch und drücken den kleinsten Wert des jeweiligen Jahres aus.

Erläuterungen:

- MQ_{Tag} mittlerer Tagesabfluss
- MQ_{Monat} mittlerer Monatsabfluss
- MQ mehrjähriger mittlerer Abfluss
- * mehrjähriger Mittel-/Normalwert

Tabelle A-9 (siehe Anlage 9): Vergleich ausgewählter Kenngrößen des Zeitraums 2014 – 2023 sowie der Einzeljahre am Pegel **Magdeburg-Strombrücke** mit den mehrjährigen Mitteln für den Zeitraum 1981 – 2010:

	1981-2010*	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2014-2023
Mittlere Jahrestemperatur der Luft [°C]	8,0	9,2	9,3	8,6	8,6	10,3	9,8	8,7	8,7	9,5	10,1	9,3
Abweichung vom Normalwert [°C]		1,2	1,3	0,5	0,6	2,3	1,8	0,7	0,6	1,5	2,1	1,3
Anzahl der Monate über dem Monats-Normalwert		10	8	7	8	12	11	9	8	10	10	93
Jährliche Niederschlagshöhe [mm]	676	673	580	595	680	547	585	670	670	673	731	641
% des jährlichen Normalwerts des Niederschlags		100	86	88	101	81	87	99	99	100	108	95
Anzahl der Monate unter dem Monats-Normalwert		6	8	9	5	9	9	6	6	6	5	69
Jährlicher MQ [m³/s]	554	410	372	368	437	319	288	379	463	362	573	397
% des mehrjährigen MQ		74	67	66	79	58	52	68	84	65	103	72
Anzahl der Monate mit MQ _{Monat} unter den mehrjährigen MQ _{Monat}		9	12	12	9	12	12	10	8	12	9	105
Abflussdefizit [Mrd. m³]		4,53	5,76	5,87	3,67	7,38	8,40	5,50	2,86	6,05	-0,61	49,4
Q₁₀ [m³/s]	209	226	171	185	210	140	140	180	262	182	163	186
% des mehrjährigen Q ₁₀		108	82	89	100	67	67	86	125	87	78	89
Anzahl der Monate mit MQ _{Monat} unter dem mehrjährigen Q ₁₀		0	3	0	0	5	3	1	0	1	2	15
Anzahl der Tage mit MQ _{Tag} unter dem mehrjährigen Q ₁₀		0	93	29	8	176	122	60	0	37	63	588
MNQ [m³/s]	225	215	147	173	201	134	133	171	247	150	159	173
% des mehrjährigen MNQ		96	65	77	89	60	59	76	110	67	71	77
Anzahl der Monate mit MQ _{Monat} unter dem mehrjährigen MNQ		0	3	1	0	5	4	1	0	1	3	18
Anzahl der Tage mit MQ _{Tag} unter dem mehrjährigen MNQ		9	116	37	40	186	159	81	0	74	92	794
NQ [m³/s]	173	215	147	173	201	134	133	171	247	150	159	133
% des mehrjährigen NQ		124	85	100	116	77	77	99	143	87	92	77
Anzahl der Monate mit MQ _{Monat} unter dem mehrjährigen NQ		0	0	0	0	5	3	0	0	0	0	8
Anzahl der Tage mit MQ _{Tag} unter dem mehrjährigen NQ		0	12	0	0	142	85	1	0	8	28	276
NM7Q [m³/s]	239	220	152	180	206	139	137	178	260	160	162	179
% des mehrjährigen NM7Q		92	64	75	86	58	57	74	109	67	68	75
Anzahl der Monate mit MQ _{Monat} unter dem mehrjährigen NM7Q		0	4	1	2	7	6	3	0	3	4	30
Anzahl der Tage mit MQ _{Tag} unter dem mehrjährigen NM7Q		21	135	47	70	193	174	102	0	99	108	949
Min. NM7Q [m³/s]	175	220	152	180	206	139	137	178	260	160	162	137
% des mehrjährigen Min. NM7Q		126	87	103	118	79	78	102	149	91	93	78
Anzahl der Monate mit MQ _{Monat} unter dem mehrjährigen Min. NM7Q		0	0	0	0	5	3	0	0	0	0	8
Anzahl der Tage mit MQ _{Tag} unter dem mehrjährigen Min. NM7Q		0	12	2	0	145	89	4	0	9	30	291

5 Kommentar zu den Ergebnissen für die einzelnen Pegel

Wie aus den Diagrammen 1 (siehe Anlage) und der Tabelle 5-1 ersichtlich ist, lagen die **mittleren Monatstemperaturen** für die Einzugsgebiete der ausgewählten Pegel im bewerteten 10-jährigen Zeitraum meistens über ihren mehrjährigen Normalwerten, in einigen Monaten sogar um 4 bis 5 °C, die größten Abweichungen gab es im Februar 2024, und zwar von über 6 °C. Die mittlere Abweichung für den gesamten Zeitraum gegenüber dem mehrjährigen Normalwert betrug +1,1 °C (Einzugsgebiet der Otava) bis +1,5 °C (Einzugsgebiet der Sázava).

Die **mittleren Monatsniederschläge** lagen in 69 (Einzugsgebiet der Otava und Einzugsgebiet der Elbe in Magdeburg) bis 81 (Einzugsgebiet der Freiberger Mulde) der insgesamt 120 Monate des Bewertungszeitraums unter dem Normalwert.

Die Jahresniederschlagssummen erreichten 87 % (Einzugsgebiet der Freiberger Mulde) bis 96 % (Einzugsgebiet der Otava) des mehrjährigen jährlichen Normalwerts.

Von den insgesamt 120 Monaten des Bewertungszeitraums lagen die **mittleren Monatsabflüsse** an den tschechischen Nebenflüssen der Elbe in 90 (Písek – Otava) bis 105 (Beroun – Berounka) Monaten unter ihren mehrjährigen Monatsmitteln. In den analysierten Zuflüssen im deutschen Einzugsgebiet der Elbe lagen diese in 92 (Nossen 1 – Freiberger Mulde) bis 102 (Calbe-Grizelne – Saale) Monaten unter ihren mehrjährigen Monatsmitteln. An der Elbe selbst unterschritten die mittleren Monatsabflüsse ihre mehrjährigen Werte in Kostelec nad Labem in 100 Monaten, in Děčín in 104 Monaten, in Magdeburg-Strombrücke in 105 und in Neu Darchau in 106 Monaten.

Bei den **mittleren Abflüssen** wurden an den bewerteten Pegeln für den Zeitraum 2014 – 2023 an den Nebenflüssen der Elbe 66 % (Beroun – Berounka) bis 85 % (Garlitz – Sude) ihrer mehrjährigen Mittel für den Bezugszeitraum 1981 – 2010 erreicht. An der Elbe selbst am Pegel Kostelec betrug der mittlere Abfluss 70 %, an den Pegeln Děčín und Magdeburg-Strombrücke 72 % sowie am Pegel Neu Darchau 73 % des mehrjährigen Mittels.

Anhand der Entwicklung der **mittleren Tagesabflüsse** für den gesamten Bewertungszeitraum (siehe Diagramme 2 in der Anlage) wird deutlich, dass die Abflüsse Q_{10} bzw. MNQ, die als Niedrigwassergrenze betrachtet werden, in relativ langen Zeitperioden unterschritten worden sind, vor allem in den Jahren 2015, 2018, 2019 sowie auch in den Jahren 2022 und 2023. Statistisch gesehen wird der Abfluss Q_{10} ca. 10 Tage im Jahr unterschritten, folglich sind für den 10-jährigen Zeitraum etwa 100 Tage zu erwarten. Im Bewertungszeitraum wurde der Abfluss Q_{10} an den Nebenflüssen der Moldau an 332 (Zruč – Sázava) bis 484 Tagen (Beroun – Berounka) und an den Nebenflüssen der Elbe an 135 (Garlitz – Sude) bis 662 Tagen (Calbe-Grizelne – Saale) unterschritten. An den Pegeln der Elbe war das in Děčín an 530 und in Magdeburg-Strombrücke an 588 Tagen der Fall.

Wesentlich unterschritten wurde auch der mittlere Niedrigwasserabfluss (MNQ), und zwar an 440 (Zruč – Sázava) bis 747 Tagen (Beroun – Berounka) an den Moldauzuflüssen sowie an 336 (Garlitz – Sude) bis 981 Tagen (Calbe-Grizelne – Saale) an den deutschen Elbezuflüssen. An den Pegeln der Elbe war das in Děčín an 567 Tagen und in Magdeburg-Strombrücke an 794 Tagen der Fall.

Die niedrigsten mittleren Tagesabflüsse traten an den bewerteten Pegeln im tschechischen Teil des Einzugsgebiets im Zeitraum von August bis September 2015 (Písek – Otava am 1. September mit 3,31 m³/s, d. h. 46 % des mehrjährigen MNQ, Beroun – Berounka am 14. August mit 4,57 m³/s, d. h. ebenfalls 46 % des MNQ) auf, in Beroun wurde am 20. Juli 2023 ein mittlerer Tagesabfluss von 4,42 m³/s, d. h. 44 % des MNQ, registriert, der noch niedriger als im August 2015 war. Ein weiterer Zeitraum, in dem die niedrigsten mittleren Tagesabflüsse auftraten, reichte von Ende Juli bis September 2018 (Zruč – Sázava am 22. August mit 0,425 m³/s, d. h. nur 21 %

des MNQ, Kostelec – Elbe am 20. August mit 15,6 m³/s, d. h. 61 % des MNQ, und Děčín – Elbe am 13. September mit 69,8 m³/s, d. h. 63 % des MNQ).

Die niedrigsten mittleren Tagesabflüsse an den bewerteten Pegeln im deutschen Einzugsgebiet der Elbe wurden dagegen erst Ende Juli bis September 2019 registriert (Magdeburg-Strombrücke – Elbe am 31. Juli mit 133 m³/s, d. h. mit 59 % des MNQ, und Neu Darchau – Elbe am 08. September mit 133 m³/s, d. h. mit 59 % des MNQ, Calbe-Grzechne – Saale am 05. September mit 29,2 m³/s, d. h. 62 % des MNQ, Garlitz – Sude am 27. August mit 0,494 m³/s, d. h. mit 45 % des MNQ). Im Muldeinzugsgebiet stellten sich die niedrigsten Tagesmittelwerte im August bis September 2020 ein (Bad Dübener See – Vereinigte Mulde am 21. September mit 5,33 m³/s, d. h. mit 32 % des MNQ, und Nossen 1 – Freiburger Mulde am 09. August mit 0,565 m³/s, d. h. mit 41 % des MNQ).

In den Diagrammen 3 (siehe Anlage) ist die Entwicklung für das **Abfluss- und Niederschlagsdefizit** in Bezug zu den mehrjährigen Werten für den Bezugszeitraum 1981 – 2010 in Monatschritten dargestellt. Dabei ist ein klarer Zusammenhang zwischen Abfluss und Niederschlag erkennbar. Innerhalb des Zeitraums von 2014 bis 2020 baute sich das Defizit an den betrachteten Pegeln kontinuierlich weiter auf. Im Zusammenhang mit den überwiegend schneearmen Wintern (Ausnahme der Winter 2016/2017) ist eine deutlich stärkere Zunahme des Abflussdefizits im Frühjahr zu beobachten.

Das verhältnismäßig niederschlagsreiche Jahr 2017 resultierte allgemein in einer Verlangsamung bzw. Abmilderung der Niedrigwasserintensität, teilweise sogar in einer positiven Volumenbilanzentwicklung. Ergiebige Niederschläge Ende Juni führten zu einem deutlichen Niederschlagsüberschuss im Nordostdeutschen Raum, was insbesondere am Pegel Garlitz an der Sude zu erkennen ist. Ähnliche Entwicklungen haben sich auch 2020 abgezeichnet, welche regional zu einer Verringerung des Abflussdefizits in Folge bedeutender Niederschläge im östlichen und südöstlichen Teil des Einzugsgebiets der Elbe in Tschechien führten (Pegel Zruč an der Sázava). In der Elbe selbst wirkte sich eine temporäre Entspannung des Niederschlagsdefizits nur marginal auf die mittelfristige Abflussentwicklung aus. Mitunter ist bei über den Normalwerten liegenden Niederschlägen eine sich fortsetzende Zunahme des Abflussdefizits zu beobachten (u. a. Pegel Magdeburg-Strombrücke 2020). Maßgebliche Ursache dafür sind die sehr niedrigen Abflüsse in den meisten Fließgewässern und die deutlich unter das Normalniveau abgefallenen Grundwasserstände mit zum Teil historischen Tiefstständen. In deren Konsequenz kann das Grundwasser die Wasserführung nicht mehr in dem Maße stützen, sondern führt zu einer zunehmenden Entkopplung von Oberflächen- und Grundwasserkörper und somit zu influenten Abflussverhältnissen, bei denen das Grundwasser aus dem Fließgewässer gespeist wird.

Eine demgegenüber gegenläufige Entwicklung tritt durch die Abflussstützung der Talsperren auf. Dabei nimmt das Abflussdefizit nicht in der Größenordnung wie das Niederschlagsdefizit zu (u. a. Pegel Calbe-Grzechne – Saale 2018). Entsprechend können trockene Witterungsperioden mit niedrigen Abflüssen zum Teil durch Abflussaufhöhungen aus den Stauseen kompensiert werden.

Im Zeitraum von 2020 bis 2023 verlangsamte sich die Zunahme des Niederschlagsdefizits und an mehreren Pegeln reduzierte sich diese sogar (Písek – Otava, Beroun – Berounka, Zruč – Sázava). Gleichzeitig nahm das Abflussdefizit weniger und langsamer zu. Zu einer deutlicheren Abnahme des Niederschlags- und Abflussdefizits kam es erst zum Ende des bewerteten Zeitraums im Dezember 2023 sowie im Januar und Februar 2024.

Tab. 5-1: Übersichtliche Zusammenfassung der Kenngrößen für den Zeitraum 2014 – 2023 (aus den Tabellen A in der Anlage) und Vergleich mit dem Bezugszeitraum 1981 – 2010

Nummer	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Gewässer	Elbe	Otava	Sázava	Berounka	Elbe	Freiberger Mulde	Vereinigte Mulde	Saale	Elbe	Sude	Elbe
Pegel	Kostelec nad Labem	Písek	Zruč nad Sázavou	Beroun	Děčín	Nossen 1	Bad Dübén 1	Calbe-Grizelne	Magdeburg-Strombr.	Garlitz	Neu Darchau
Fläche des Einzugsgebiets [km ²]	13 183	2 914	1 421	8 286	51 120	586	6 171	23 719	94 942	735	131 950
Mittlere Jahrestemperatur der Luft [°C]	9,4	8,3	8,9	9,1	9,1	8,8	8,9	9,9	9,3	10,3	9,5
Abweichung vom Normalwert [°C]	1,3	1,1	1,5	1,3	1,2	1,4	1,3	1,3	1,3	1,2	1,3
Anzahl der Monate über dem Monats-Normalwert	94	93	99	95	95	94	93	94	93	89	93
Jährliche Niederschlagshöhe [mm]	666	733	671	588	639	784	771	611	641	636	620
% des jährlichen Normalwerts des Niederschlags	91	96	94	94	94	87	93	94	95	95	95
Anzahl der Monate unter dem Monats-Normalwert	74	69	79	71	73	81	75	74	69	71	73
Jährlicher MQ [m³/s]	72,6	18,6	7,05	24,5	227	5,66	45,4	83,5	397	3,92	508
% des mehrjährigen MQ	70	76	75	66	72	80	72	71	72	85	73
Anzahl der Monate mit MQ _{Monat} unter den mehrjährigen MQ _{Monat}	100	90	97	105	104	92	95	102	105	98	106
Abflussdefizit [Mrd. m³]	9,83	1,81	0,725	4,03	27,7	0,450	5,40	10,6	49,4	0,214	60,4
Q₁₀ [m³/s]	23,5	6,37	1,69	7,26	96,3	1,19	12,3	39	186	1,11	231
% des mehrjährigen Q ₁₀	91	100	94	84	89	93	78	91	89	132	97
Anzahl der Monate mit MQ _{Monat} unter dem mehrjährigen Q ₁₀	14	6	7	11	12	11	16	16	15	5	11
Anzahl der Tage mit MQ _{Tag} unter dem mehrjährigen Q ₁₀	550	343	332	484	530	491	649	662	588	135	452
MNQ [m³/s]	21,4	5,14	1,33	6,33	84,1	1,01	10,9	35,5	173	0,948	211
% des mehrjährigen MNQ	84	71	66	63	76	73	65	75	77	85	78
Anzahl der Monate mit MQ _{Monat} unter dem mehrjährigen MNQ	14	10	9	17	14	13	17	27	18	8	21
Anzahl der Tage mit MQ _{Tag} unter dem mehrjährigen MNQ	529	524	440	747	567	575	744	981	794	336	681

Nummer	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Gewässer	Elbe	Otava	Sázava	Berounka	Elbe	Freiberger Mulde	Vereinigte Mulde	Saale	Elbe	Sude	Elbe
Pegel	Kostelec nad Labem	Písek	Zruč nad Sázavou	Beroun	Děčín	Nossen 1	Bad Dübén 1	Calbe-Grizelne	Magdeburg-Strombr.	Garlitz	Neu Darchau
NQ [m³/s]	15,6	3,31	0,425	4,42	69,8	0,565	5,33	29,2	133	0,48	160
% des mehrjährigen NQ	117	106	50	88	84	121	45	82	77	160	92
Anzahl der Monate mit MQ_{Monat} unter dem mehrjährigen NQ	0	0	1	0	0	0	7	5	8	0	0
Anzahl der Tage mit MQ_{Tag} unter dem mehrjährigen NQ	0	0	35	11	85	0	349	177	276	0	45
NM7Q [m³/s]	23,1	6,0	1,58	6,91	94,1	1,12	11,8	37,2	179	1,05	218
% des mehrjährigen NM7Q	75	77	65	64	77	67	63	73	75	84	77
Anzahl der Monate mit MQ_{Monat} unter dem mehrjährigen NM7Q	23	14	16	23	19	21	25	33	30	14	23
Anzahl der Tage mit MQ_{Tag} unter dem mehrjährigen NM7Q	865	634	705	885	799	784	920	1171	949	460	800
Min. NM7Q [m³/s]	15,9	3,48	0,453	4,86	75,3	0,693	5,73	30,7	137	0,541	164
% des mehrjährigen Min. NM7Q	86	106	46	92	83	137	44	84	78	169	94
Anzahl der Monate mit MQ_{Monat} unter dem mehrjährigen Min. NM7Q	1	0	1	0	5	0	11	7	8	0	0
Anzahl der Tage mit MQ_{Tag} unter dem mehrjährigen Min. NM7Q	103	0	60	29	188	0	437	244	291	0	52

Erläuterungen:

MQ_{Tag} mittlerer Tagesabfluss

MQ_{Monat} mittlerer Monatsabfluss

MQ mehrjähriger mittlerer Abfluss

Q_{10} mittlerer Tagesabfluss, der im Jahr im Mittel an 10 Tagen unterschritten wird

MNQ arithmetisches Mittel der niedrigsten Tagesabflüsse der Einzeljahre des jeweiligen Zeitraums

NQ der kleinste mittlere Tagesabfluss des jeweiligen Zeitraums

NM7Q das kleinste arithmetische Mittel der Abflüsse an 7 aufeinanderfolgenden Tagen der Einzeljahre des jeweiligen Zeitraums

Min. NM7Q der kleinste mittlere 7-tägige Abfluss des jeweiligen Zeitraums

6 Die lange Reihe in Magdeburg (1727 – 2023)

Anhand von überlieferten Pegelaufzeichnungen an der Elbe in Magdeburg wurden auf der Grundlage einer Auswertung zahlreicher historischer Dokumente Wasserstands-Durchfluss-Tabellen (Schlüsselkurven) erstellt, aus denen Abflussreihen für den Zeitraum von 1727 bis 1890 abgeleitet wurden³. Ergänzt um die bestehende Abflussreihe von 1890 bis 2023 wird so ein beinahe 300 Jahre umfassender Referenzzeitraum erschlossen. Trotz der Tatsache, dass diese abgeleiteten historischen Daten nicht dieselbe Genauigkeit aufweisen können wie moderne Messdaten, lassen sich vor diesem einzigartigen hydrologischen Hintergrund gegenwärtige Niedrigwasserbedingungen zumindest näherungsweise einordnen.

Die Größenordnung des Wasserdargebots eines Bezugszeitraums spiegelt sich im jeweiligen Abflussmittel (MQ) wider (vgl. Abb. 6-1 und Tab. 6-1). Bezogen auf Wasserhaushaltsjahre fällt rezent am Elbepegel Magdeburg-Strombrücke insbesondere das Jahr 2019 auf; im Zeitraum seit 1727 gab es nur drei Jahre mit geringerem Wasserdargebot. Mit Bezug auf Zehnjahressequenzen lässt sich die extreme Stellung der bewerteten Niedrigwasserfolge gut belegen. Der jüngste Analysezeitraum 2014 bis 2023 ist mit deutlichem Abstand der abflussärmste in diesem langen historischen Zeitfenster ($397 \text{ m}^3/\text{s}$), der Zeitraum 2013 bis 2022 ordnet sich mit einer durchschnittlichen Wasserführung von $404 \text{ m}^3/\text{s}$ auf dem zweiten Rang ein, obwohl das extreme Hochwasserereignis 2013 dabei in der Statistik enthalten ist.

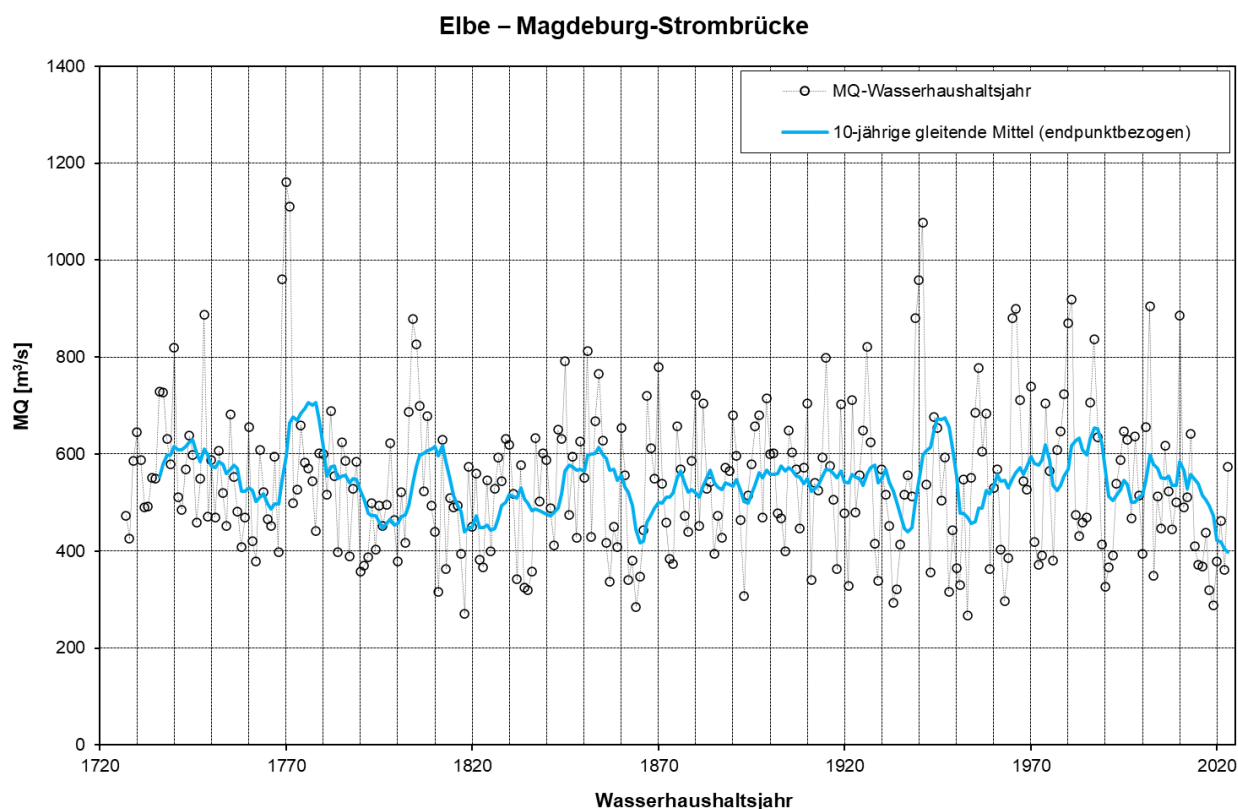


Abb. 6-1: *Mittlere Jahresabflüsse einschließlich 10-jährigem gleitendem Mittel am Pegel Magdeburg-Strombrücke (Elbe) für den Zeitraum 1727 – 2023 (Bezug: Wasserhaushaltsjahre) – Quelle: BfG, Daten: BfG, WSV*

³ FAIST et al. (2020) – Faist H., Th. Recknagel, H. Vietinghoff (2020): Historische Abflussdaten für die Elbe – Ableitung von Tagesabflüssen am Pegel Magdeburg-Strombrücke im Zeitraum von 1727 bis 1890. Koblenz, Bundesanstalt für Gewässerkunde, 68 S. In: Mitteilungen, Nr. 34. DOI: 10.5675/BfG Mitteilungen 34.2020

Tab. 6-1: *Pegel Magdeburg-Strombrücke (Elbe): Die zwanzig abflussärmsten Einzeljahre MQ(a) bzw. Zehnjahresmittel des Zeitraums 1727 bis 2023 (Wasserhaushaltsjahre, Werte aus dem Zeitraum 2014 – 2023 sind hervorgehoben)*

Wasserhaushaltsjahre			Zehnjahresmittel		
Jahr	MQ [m³/s]	Rang	Jahre	[m³/s]	Rang
1953	266	1	2014-2023	397	1
1818	271	2	2013-2022	404	2
1864	285	3	1856-1865	418	3
2019	288	4	2012-2021	419	4
1933	293	5	1857-1866	420	5
1963	296	6	2011-2020	422	6
1893	308	7	1928-1937	439	7
1811	316	8	1809-1818	440	8
1948	316	9	1816-1825	444	9
1835	319	10	1855-1864	446	10
2018	319	11	1927-1936	446	11
1934	321	12	1787-1796	447	12
1834	325	13	1817-1826	447	13
1990	327	14	1810-1819	448	14
1921	328	15	1929-1938	449	15
1951	330	16	1813-1822	449	16
1857	337	17	1811-1820	449	17
1929	339	18	1814-1823	449	18
1911	341	19	1815-1824	453	19
1862	341	20	1790-1799	454	20

Ein geeigneter Parameter zur Kennzeichnung und Untersuchung einer Niedrigwassersituation ist NM30Q, d. h. das niedrigste Abflussmittel von dreißig aufeinanderfolgenden Tagen eines Untersuchungszeitraums. Dieser Parameter wird in Abbildung 6-2 für die Wasserhaushaltsjahre sowie als zehnjährliches gleitendes Mittel im historischen Kontext 1727 bis 2020 betrachtet. Es ist bei annuellem Fokus festzustellen, dass die NM30Q(a) der Wasserhaushaltsjahre 2018 und 2019 sehr niedrig ausfielen, sie in der Vergangenheit zwar mehrfach unterschritten wurden (das 30-tägige Minimum von 2018 insgesamt siebenmal seit 1727, das von 2019 insgesamt neunmal), dies war aber in der Zeit vor dem Bau der großen Talsperren, welche die Niedrigwasserabflüsse aufhöhen. Bei höherer Aggregation fallen die gleitenden Zehnjahresblöcke NM30Q rezent extremer aus; z. B. wurde der dekadische NM30Q-Mittelwert der Jahre 2014 – 2023 (197 m³/s) in der Vergangenheit in nur vier Zehnjahressequenzen unterschritten (Abb. 6-2).

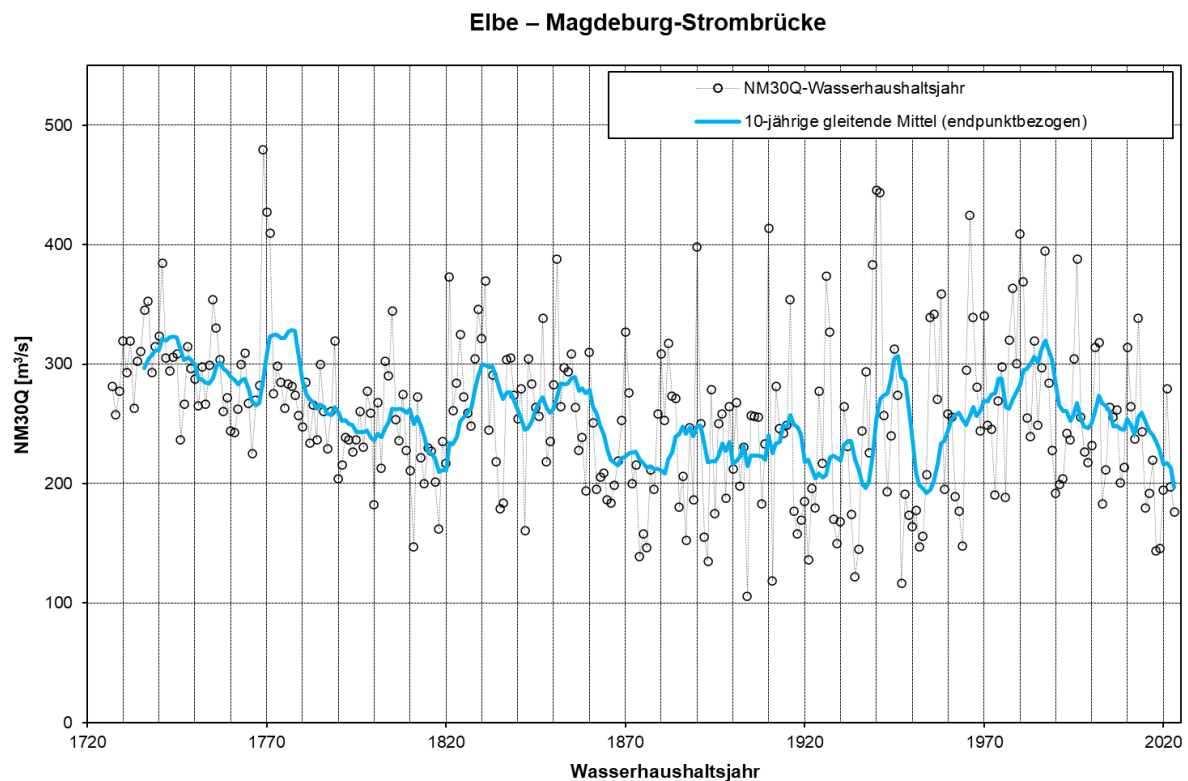


Abb. 6-2: *Jährliche Niedrigwasserextreme als niedrigste 30-Tagesmittel des Abflusses (NM30Q) einschließlich 10-jährigem gleitendem Mittel am Pegel Magdeburg-Strombrücke an der Elbe für den Zeitraum 1727 – 2023 (Bezug: Wasserhaushaltsjahre) – Quelle: BfG, Daten: BfG, WSV*

Aus dem Diagramm in Abbildung 6-2 geht auch hervor, dass ab Mitte der 60er Jahre des 20. Jahrhunderts an der Elbe die 30-tägigen Niedrigwasserabflüsse im Vergleich zum vorherigen Zeitraum im Durchschnitt höher waren (mit einer kurzen Unterbrechung in den 90ern), was durch die Niedrigwasseraufhöhung aus den großen Talsperren verursacht wurde.

Trotz dieser Aufhöhungseffekte bewegt sich die derzeitige Niedrigwasserperiode der Elbe am unteren Rand der natürlichen Variabilität vor dem Talsperrenbau.

7 Die lange Reihe in Děčín (1851 – 2023)

Am Pegel Děčín werden die Wasserstände schon seit 1851 beobachtet. Mittlere Tagesabflüsse sind zwar erst seit 1888 verfügbar, aber die mittleren Monatsabflüsse sind bereits seit Beobachtungsbeginn ermittelt worden. Eine Analyse der mittleren Jahresabflüsse kann deshalb an einer 170 Jahre langen Reihe vorgenommen werden.

In Abbildung 7-1 sind die für das Wasserhaushaltsjahr berechneten mittleren Jahresabflüsse für die Jahresreihe 1851 – 2023 dargestellt. Innerhalb dieses Zeitraums war 1864 mit einem Jahresabfluss von 117 m³/s das abflussärmste Jahr, gefolgt von den Jahren 1953, 1857 und 1873. Aus der Sicht des bewerteten Zeitraums von 2014 – 2023 wurde der mittlere Jahresabfluss im Jahr 2019 im Zeitraum 1851 – 2023 siebenmal und der Abfluss im Jahr 2018 dreizehnmal unterschritten – siehe Tabelle 7-1.

Tab. 7-1: Pegel Děčín (Elbe): Die zwanzig abflussärmsten Einzeljahre bzw. Zehnjahresmittel des Zeitraums 1851 bis 2023 (Wasserhaushaltsjahre, Werte aus dem Zeitraum 2014 – 2023 sind hervorgehoben)

Wasserhaushaltsjahre			Zehnjahresmittel		
Jahr	MQ [m³/s]	Rang	Jahre	[m³/s]	Rang
1864	117	1	1856-1865	215	1
1953	130	2	1857-1866	220	2
1857	141	3	2013-2022	227	3
1873	150	4	2014-2023	228	4
1933	158	5	1855-1864	233	5
1863	165	6	2012-2021	234	6
1874	167	7	2011-2020	237	7
2019	167	8	1945-1954	250	8
1862	171	9	1858-1867	250	9
1893	172	10	1946-1955	250	10
1948	173	11	1870-1879	251	11
1921	176	12	1859-1868	253	12
1990	179	13	1862-1871	254	13
2018	180	14	1864-1873	254	14
1934	181	15	1863-1872	255	15
1943	182	16	1928-1937	256	16
1963	183	17	2010-2019	256	17
1951	187	18	1869-1878	257	18
1872	188	19	1927-1936	258	19
2016	189	20	1948-1957	258	20

Ferner sind die mittleren Jahresabflüsse für den 10-jährigen gleitenden Zeitraum abgebildet. Aus der Bewertung der 10-jährigen Zeiträume haben die zwei Zeiträume aus den 50er und 60er Jahren des 19. Jahrhunderts den kleinsten mittleren Abfluss und die Zeiträume 2013 – 2022 (227 m³/s) und 2014 – 2023 (228 m³/s) stehen erst auf dem 3. und 4. Platz – siehe Tabelle 7-1.

Elbe – Děčín

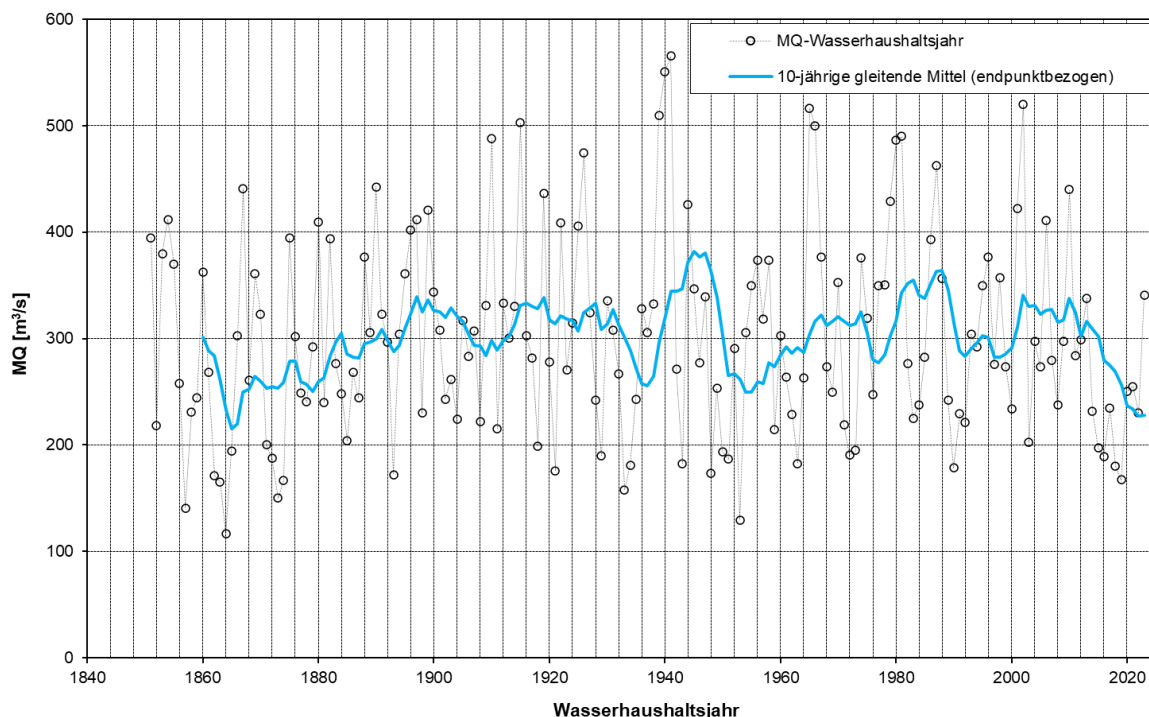


Abb. 7-1: Mittlere Jahresabflüsse einschließlich 10-jährigem gleitendem Mittel am Pegel Děčín an der Elbe für den Zeitraum 1851 – 2023 (Bezug: Wasserhaushaltsjahre) – Quelle: ČHMÚ

Für die Erfassung der Charakteristik der Niedrigwasserperiode ist es günstig, die Werte des 30-tägigen Niedrigwasserabflusses (NM30Q) zu nutzen. In Abbildung 7-2 sind die 30-tägigen Niedrigwasserabflüsse sowie ihre gleitenden Mittel für 10 Jahre im Zeitraum 1888 – 2023 dargestellt.

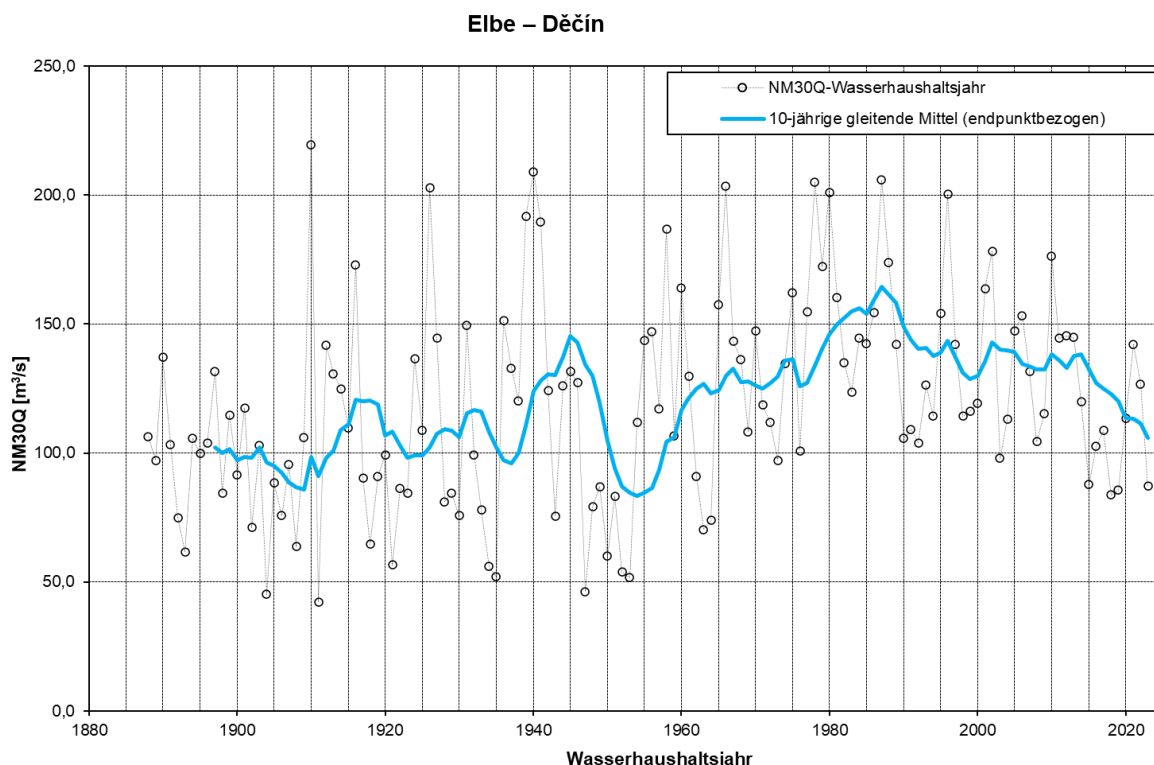


Abb. 7-2: *Jährliche Niedrigwasserextreme als niedrigste 30-Tagesmittel des Abflusses (NM30Q) einschließlich 10-jährigem gleitendem Mittel am Pegel Děčín an der Elbe für den Zeitraum 1888 – 2023 (Bezug: Wasserhaushaltsjahre) – Quelle: ČHMÚ*

Die 30-tägigen Niedrigwasserabflüsse der Wasserhaushaltsjahre 2018 (83,7 m³/s), 2019 (85,6 m³/s), 2023 (87,1 m³/s) und 2015 (87,9 m³/s) waren die niedrigsten seit Beginn der Niedrigwasseraufhöhung aus den Talsperren, insbesondere aus der Moldaukaskade, im Jahre 1964. Die niedrigsten Werte traten 1911 (42,3 m³/s), 1904 (45,2 m³/s), 1947 (46,3 m³/s) und 1953 (51,7 m³/s) auf.

Im Rahmen der Auswertung der Niedrigwasserperiode im Jahr 2018 wurden die „bereinigten“ mittleren Tagesabflüsse (ohne Talsperreneinfluss) an der Moldau in Prag und an der Elbe in Děčín geschätzt. Der anhand dieser Daten abgeleitete 30-tägige Niedrigwasserabfluss für 2018 beläuft sich in Děčín auf ca. 41,0 m³/s, was theoretisch der kleinste Wert für den Zeitraum 1888 – 2023 wäre.

Aus Abbildung 7-2 sind zwei bedeutendere Zeiträume für die 10-jährigen gleitenden Mittel der 30-tägigen Niedrigwasserabflüsse ersichtlich. Die niedrigsten 10-jährigen Mittel traten Ende der 40er und Anfang der 50er Jahre des 20. Jahrhunderts (1945 – 1954 mit 83,2 m³/s, 1946 – 1955 und 1944 – 1953) sowie zu Beginn des 20. Jahrhunderts (1900 – 1909 mit 85,7 m³/s, 1899 – 1908) auf. Der bewertete Zeitraum 2014 – 2023 steht mit einem Abfluss von 106 m³/s erst auf dem 36. Platz, da die Abflüsse durch den Betrieb der Talsperren wesentlich aufgehört wurden. Der Einfluss der Talsperren auf die Aufhöhung von Niedrigwasserabflüssen ist in den IKSE-Publikationen zur Auswertung der Niedrigwassersituation von 2015 und von 2018 ausführlich beschrieben.⁴

⁴ <https://www.ikse-mkol.org/publikationen>

8 Vergleich der Bezugszeiträume 1981 – 2010 und 1991 – 2020

Die Kenngrößen der Abflüsse, der Niederschläge und der Temperaturen für den Zeitraum 2014 – 2023 wurden mit den mehrjährigen Kenngrößen für den Bezugszeitraum **1981 – 2010** verglichen, und zwar aus folgenden Gründen:

- damit der Bewertungszeitraum nicht in den Bezugszeitraum hineinreicht,
- damit die Vergleichbarkeit mit den Ergebnissen der Analyse des 7-jährigen Zeitraums 2014 – 2020⁵ gesichert ist, der ebenfalls mit dem Bezugszeitraum 1981 – 2010 verglichen wurde.

In den folgenden Abbildungen 8-1 und 8-2 ist der Vergleich der Bezugszeiträume 1981 – 2010 und 1991 – 2020 am Beispiel der mittleren Jahres- und Monatswerte der Abflüsse, Niederschläge und Temperaturen dargestellt.

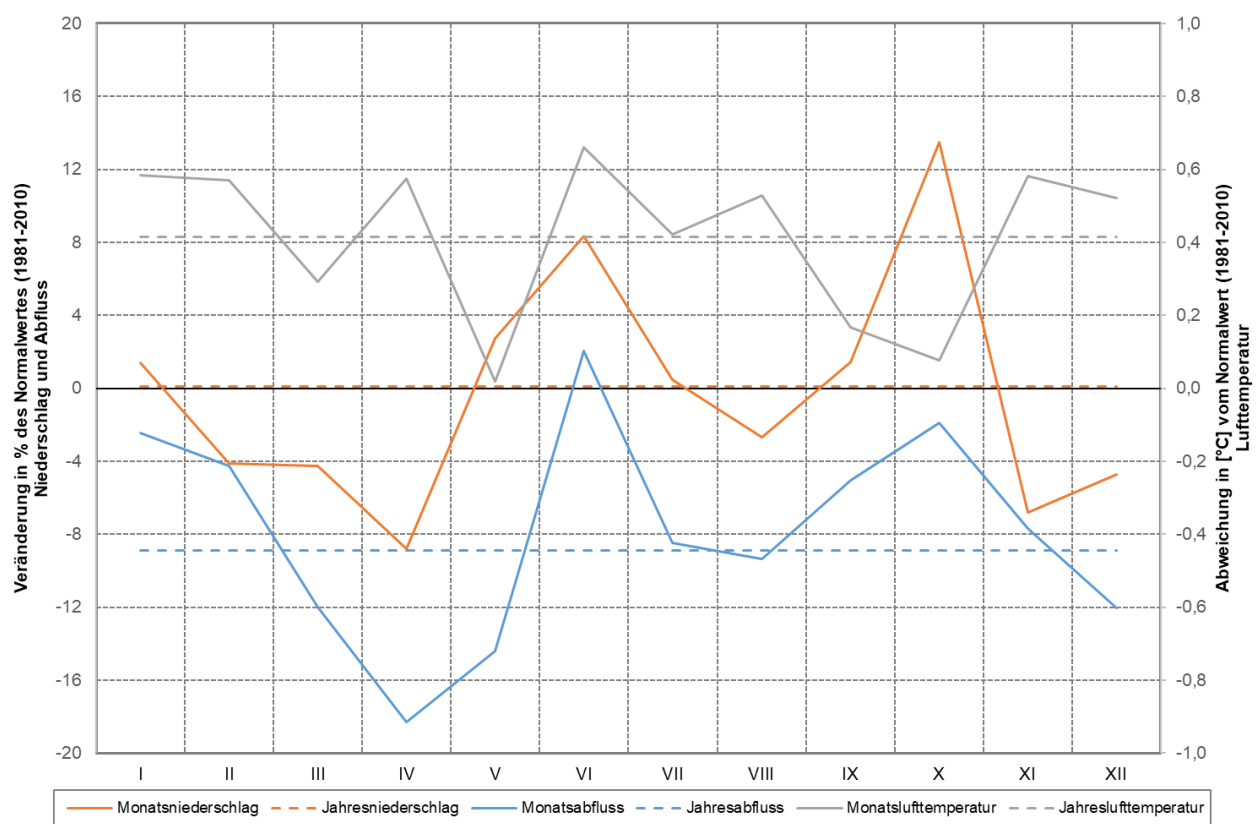


Abb. 8-1: Vergleich der Mittelwerte des Bezugszeitraums 1991 – 2020 mit dem Bezugszeitraum 1981 – 2010 am Pegel Děčín an der Elbe, Quelle: IKSE, Rasterdaten: ČHMÚ, DWD

⁵ <https://www.ikse-mkol.org/publikationen>

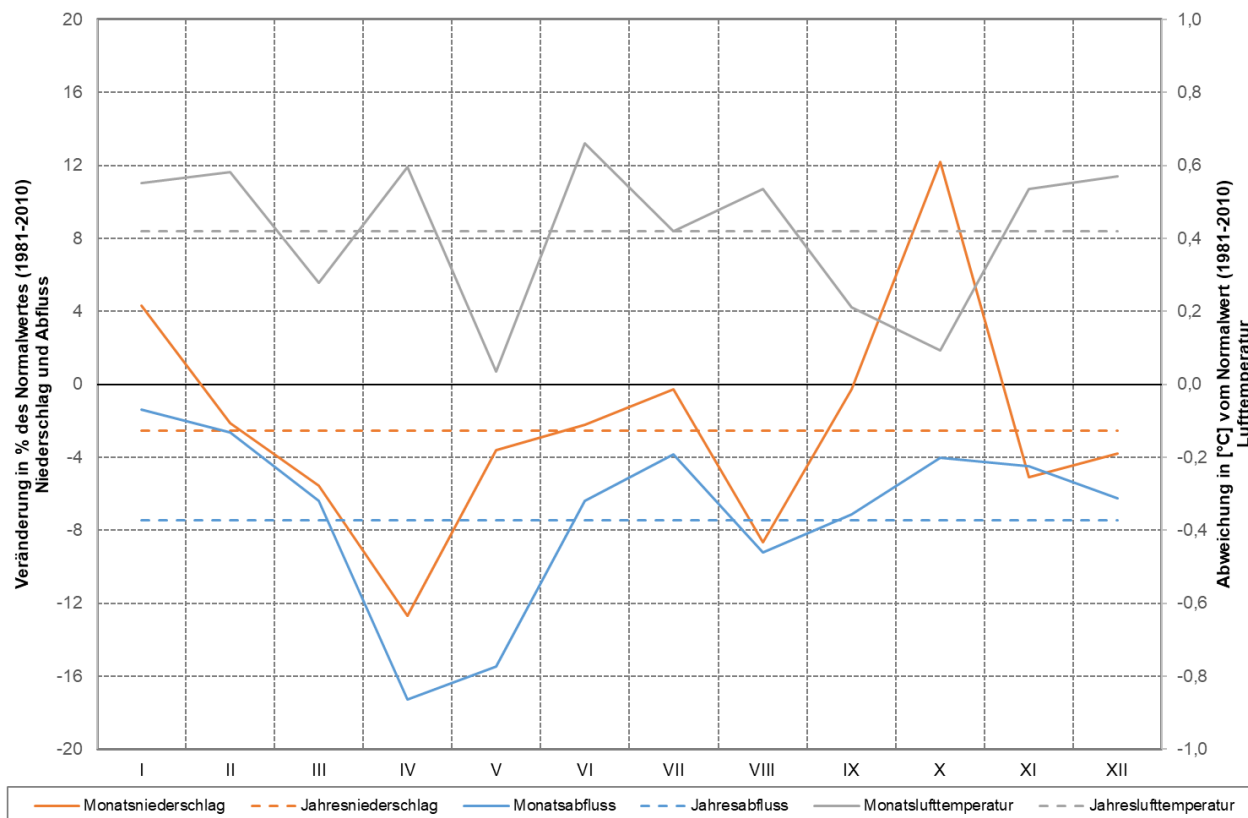


Abb. 8-2: Vergleich der Mittelwerte des Bezugszeitraums 1991 – 2020 mit dem Bezugszeitraum 1981 – 2010 am Pegel Neu Darchau an der Elbe, Quelle: IKSE, Rasterdaten: ČHMÚ, DWD

Aus den Abbildungen 8-1 und 8-2 ist am Beispiel der Pegel Děčín und Neu Darchau an der Elbe ersichtlich, dass die Werte des Bezugszeitraums 1991 – 2020 deutlich durch den Niedrigwasserzeitraum ab 2014 mit überdurchschnittlichen Temperaturen beeinflusst sind.

- In allen Monaten kam es zu einem Anstieg der mittleren Temperaturen. Die mittlere Jahrestemperatur erhöhte sich um ca. 0,4 °C.
- In allen Monaten kam es zu einem Rückgang der mittleren Monatsabflüsse, mit Ausnahme des Juni am Pegel Děčín, was durch das Hochwasser 2013 verursacht wird. Der mittlere Jahresabfluss verringerte sich um ca. 8 %.
- Die Jahresniederschlagshöhe war in beiden Bezugszeiträumen vergleichbar.

Diese Ergebnisse zeigen, dass sich bei einem Vergleich der Mittelwerte für den Zeitraum 2014 – 2023 mit den Werten für den Bezugszeitraum 1991 – 2020 die Abweichungen der Temperaturen und der Abflüsse von den mehrjährigen Mittelwerten verringern würden.

9 Fazit

Die Expertengruppe „Hydrologie“ der IKSE hat den 10-jährigen Zeitraum der Niedrigwasserphase von 2014 bis 2023 im Einzugsgebiet der Elbe aus hydrometeorologischer Sicht zusammenfassend bewertet. Diese abschließende Betrachtung basiert auf den bereits veröffentlichten Auswertungen der IKSE für 2015, 2018, 2014–2020⁶ und wurde um die Wasserhaushaltsjahre 2021, 2022 und 2023 ergänzt.

Im Folgenden werden die Ergebnisse für den bewerteten Zeitraum von 2014 – 2023 zusammengefasst:

- Primäre Ursache für die langanhaltenden Niedrigwasserphasen im Elbeeinzugsgebiet in den Jahren 2014 bis 2023 war das vermehrte Auftreten von Hochdruckwetterlagen. Obwohl Mitteleuropa in diesem Zeitraum oft nur am Rand der langanhaltenden Hochdruckwetterlagen lag, brachten die über Mitteleuropa ziehenden Tiefausläufer und ihre Frontensysteme oft vergleichsweise wenig Niederschlag.
- Als Extremjahre im Elbeeinzugsgebiet sind die Jahre 2015 und 2018 einzuordnen. Der Verlauf der Witterung und ihre synoptischen Ursachen waren sich in beiden Jahren ähnlich. Charakteristisch waren lange Zeiträume mit überdurchschnittlichen Abweichungen der Lufttemperatur, insbesondere im April, Mai, Juli und August, sowie lange Zeiträume mit unter den Normalwerten liegenden Niederschlagshöhen, wobei über mehrere längere Perioden überhaupt keine Niederschläge fielen.
- Die Auswertung der Niederschläge ergab, dass im tschechischen Einzugsgebiet der Elbe die Jahre 2015, 2016, 2018 und 2019 unterdurchschnittlich, die Jahre 2014, 2017 und 2020 bis 2023 durchschnittlich waren. Im deutschen Teil des Einzugsgebiets der Elbe fielen alle Jahre außer 2017 zu trocken aus.
- Die Schneerücklagen waren im Betrachtungszeitraum im gesamten Elbeeinzugsgebiet oft unterdurchschnittlich bis stark unterdurchschnittlich. Im tschechischen Elbeeinzugsgebiet waren die Winter 2013/2014 und 2022/2023 und im deutschen Einzugsgebiet der Winter 2019/2020 extrem schneearm. Im tschechischen und im deutschen Teil des Einzugsgebiets der Elbe fand ein steter Wechsel zwischen Akkumulation und Zehrung der Schneedecke statt, sodass sich im 10-jährigen Zeitraum kein Schmelzhochwasser zum Ende des Winters entwickelt hat.
- Die Auswirkungen des Niederschlagsdefizits, der hohen Temperaturen und der hohen Verdunstung waren im tschechischen Einzugsgebiet bereits 2015 stark spürbar, im gesamten deutschen Einzugsgebiet der Elbe ab 2018.
- Die niedrigsten mittleren Tagesabflüsse traten an den bewerteten Pegeln im tschechischen Teil des Einzugsgebiets meist im Zeitraum von August bis September 2015 auf, ein weiterer Zeitraum mit den niedrigsten mittleren Tagesabflüssen war von Ende Juli bis September 2018 zu beobachten.
- Die niedrigsten mittleren Tagesabflüsse an den bewerteten Pegeln im deutschen Einzugsgebiet der Elbe wurden erst Ende Juli bis September 2019, im Muldeeeinzugsgebiet im August bis September 2020 festgestellt.

⁶ <https://www.ikse-mkol.org/publikationen>

- Im Zeitraum von 2020 bis 2023 nahm das aufgebaute Niederschlagsdefizit und das Abflussdefizit weniger bzw. langsamer zu. Zu einer deutlicheren Abnahme des Niederschlags- und Abflussdefizits kam es erst zum Ende des bewerteten Zeitraums im Dezember 2023 sowie im Januar und Februar 2024.
- Die Intensität von Niedrigwasserereignissen wurde auch über den Kennwert NM7Q (niedrigstes arithmetisches Abflussmittel von 7 aufeinanderfolgenden Tagen) eingeordnet. Dabei sind insbesondere 2015 und 2018 die NM7Q-Werte an den ausgewerteten Pegeln oberhalb der Moldaumündung mit Wiederkehrintervallen von 100 Jahren einzuordnen. Die Abflussaufhöhung durch die Moldaukaskade bewirkte einen Rückgang der Intensität der Niedrigwasserabflüsse unterhalb der Moldaumündung, wo sich die Wiederkehrintervalle zwischen 10 bis 50 Jahren bewegten. An der Elbe in Deutschland betrugen sie 2015 auch 10 bis 50 Jahre, 2018 bis zu 50 und 2019 von 50 bis 100 Jahren. Im Zeitraum danach heben sich die Jahre 2021 und 2023 auf dem deutschen Elbeabschnitt besonders ab, in denen die ausgewerteten NM7Q-Werte an den Pegeln Wiederkehrintervalle von 10 bis 50 Jahren, 2023 vereinzelt bis 100 Jahre zuzuordnen sind. Ursachen waren das niedrige Ausgangsniveau der Abflüsse in den meisten Fließgewässern in diesen Jahren angesichts der jeweils bereits defizitären Vorjahre und die deutlich unter das Normalniveau abgefallenen Grundwasserstände mit zum Teil historischen Tiefstständen.
- Für die adäquate Einordnung der 10-jährigen Niedrigwasserperiode wurden die langen Abflussreihen der Pegel Děčín (1851 – 2023) und Magdeburg-Strombrücke (1727 – 2023) an der Elbe herangezogen. Dabei ordnen sich an beiden Pegeln die Jahre 2018 und 2019 zu den abflussärmsten Jahren seit Beobachtungsbeginn ein. Bei Betrachtung der Zehnjahresmittel nimmt die Niedrigwasserperiode 2014 bis 2023 am Pegel Magdeburg-Strombrücke den ersten Rang, am Pegel Děčín den vierten Rang ein. Damit gehört dieses Jahrzehnt zu den abflussärmsten Zeiträumen seit Beginn der Pegelaufzeichnung.
- Während des Zeitraums von 2014 bis 2023 sind nach Starkregen keine bedeutenden Hochwasser aufgetreten. Ursache war die durch die trockenen Perioden sehr niedrige Sättigung des Bodens, der einen beträchtlichen Teil des Niederschlagswassers aufnahm. Bei Niederschlagsereignissen wurden zum Teil auch weniger als 10 % des Niederschlags abflusswirksam. Die Ereignisse waren dadurch charakterisiert, dass die Wasserführung in Folge der niedrigen Grundwasserstände nach Abflussspitzen rasch in den Niedrigwasserbereich sank.

Die vorliegende Niedrigwasseranalyse endet mit dem 31.03.2024, also mit dem Wasserhaushaltsjahr 2023. In Folge der verbreiteten Hochwassersituation zum Jahreswechsel 2023/2024 konnte auch das Grundwasserdefizit bis zu einem gewissen Maße ausgeglichen werden. Die Entwicklung in den nächsten Jahren gilt es dennoch weiterhin zu beobachten und zu analysieren.

10 Anlagen

Daten: ČHMÚ, DWD, WSV, LfULG SN, LHW ST, StALU WM

Anlage 1: Kostelec nad Labem (Elbe)

Anlage 2: Písek (Otava)

Anlage 3: Zruč nad Sázavou (Sázava)

Anlage 4: Beroun (Berounka)

Anlage 5: Děčín (Elbe)

Anlage 6: Nossen 1 (Freiberger Mulde)

Anlage 7: Bad Düben 1 (Vereinigte Mulde)

Anlage 8: Calbe-Grizéhne (Saale)

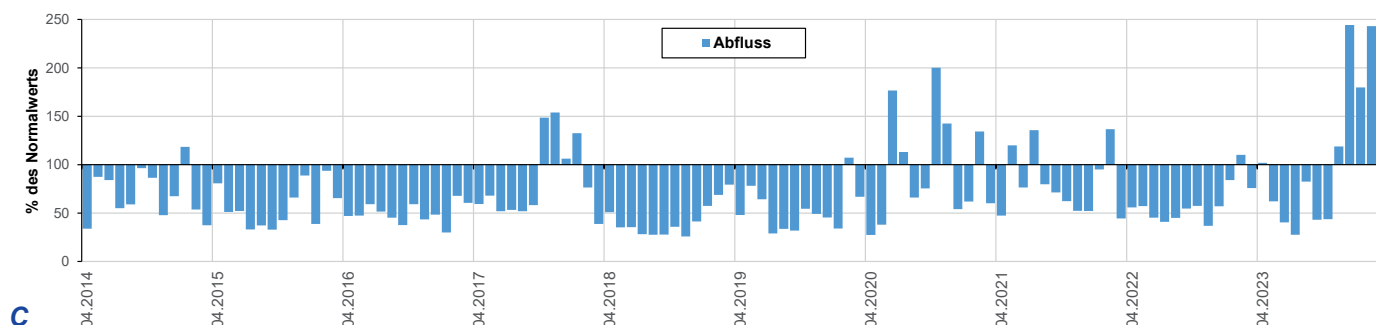
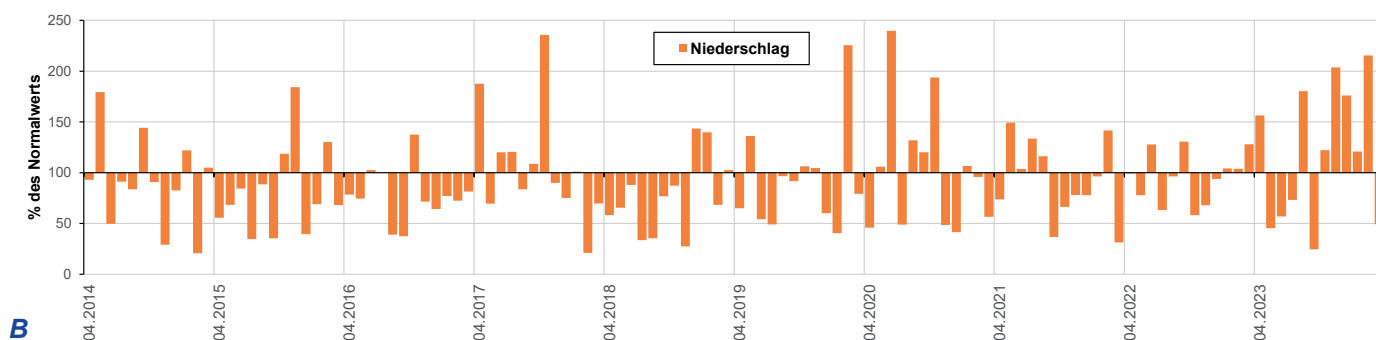
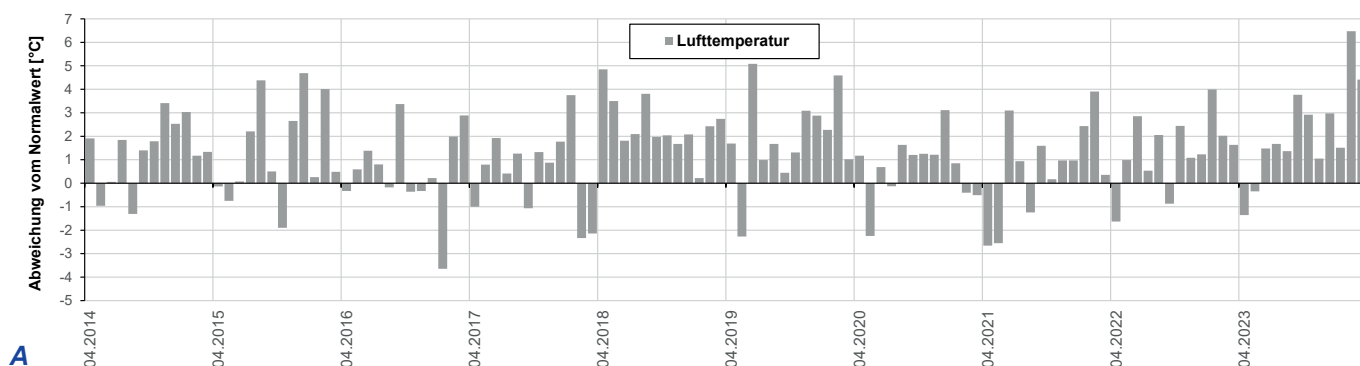
Anlage 9: Magdeburg-Strombrücke (Elbe)

Anlage 10: Garlitz (Sude)

Anlage 11: Neu Darchau (Elbe)

Tabelle A-1: Vergleich ausgewählter Kenngrößen des Zeitraums 2014 – 2023 sowie der Einzeljahre mit den mehrjährigen Mitteln für den Zeitraum 1981 – 2010

	1981-2010	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2014-2023
Mittlere Jahrestemperatur der Luft [°C]	8,1	9,5	9,5	8,7	8,6	10,6	10,0	8,8	8,8	9,5	10,3	9,4
Abweichung vom Normalwert [°C]		1,4	1,3	0,5	0,5	2,4	1,9	0,7	0,6	1,4	2,1	1,3
Anzahl der Monate über dem Monats-Normalwert		10	9	7	8	12	11	8	9	10	10	94
Jährliche Niederschlagshöhe [mm]	729	668	560	557	754	535	637	755	692	688	818	666
% des jährlichen Normalwerts des Niederschlags		92	77	76	103	73	87	104	95	94	112	91
Anzahl der Monate unter dem Monats-Normalwert		8	9	9	6	9	8	6	7	7	5	74
Jährlicher MQ [m³/s]	104	67,0	63,8	52,3	82,4	50,7	58,7	87,0	80,8	66,8	116	72,6
% des mehrjährigen MQ		64	61	50	79	49	56	84	78	64	112	70
Anzahl der Monate mit MQ _{Monat} unter den mehrjährigen MQ _{Monat}		11	12	12	8	12	11	7	9	11	7	100
Abflussdefizit [Mrd. m³]	1,16	1,26	1,62	0,673	1,67	1,43	0,528	0,722	1,17	-0,402	9,83	9,83
Q_{4d} [m³/s]	25,9	30,0	18,4	23,8	26,8	16,3	18,2	28,0	35,0	20,3	18,4	23,5
% des mehrjährigen Q _{4d}		116	71	92	103	63	70	108	135	78	71	91
Anzahl der Monate mit MQ _{Monat} unter dem mehrjährigen Q _{4d}		0	3	1	0	6	3	0	0	0	1	14
Anzahl der Tage mit MQ _{Tag} unter dem mehrjährigen Q _{4d}		0	111	34	5	176	99	3	0	51	71	550
MNQ [m³/s]	25,5	27,3	16,0	21,5	24,6	15,6	16,1	24,9	33,5	17,3	17,4	21,4
% des mehrjährigen MNQ		107	63	84	96	61	63	98	131	68	68	84
Anzahl der Monate mit MQ _{Monat} unter dem mehrjährigen MNQ		0	3	1	0	6	3	0	0	0	1	14
Anzahl der Tage mit MQ _{Tag} unter dem mehrjährigen MNQ		0	109	28	3	175	97	2	0	49	66	529
NQ [m³/s]	13,3	27,3	16,0	21,5	24,6	15,6	16,1	24,9	33,5	17,3	17,4	15,6
% des mehrjährigen NQ		205	120	162	185	117	121	187	252	130	131	117
Anzahl der Monate mit MQ _{Monat} unter dem mehrjährigen NQ		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Anzahl der Tage mit MQ _{Tag} unter dem mehrjährigen NQ		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NM7Q [m³/s]	30,9	29,3	16,7	23,1	26,0	15,9	18,9	29,0	35,5	18,9	18,0	23,1
% des mehrjährigen NM7Q		95	54	75	84	51	61	94	115	61	58	75
Anzahl der Monate mit MQ _{Monat} unter dem mehrjährigen NM7Q		0	4	2	0	6	3	0	0	4	4	23
Anzahl der Tage mit MQ _{Tag} unter dem mehrjährigen NM7Q		17	134	97	42	197	123	23	0	120	112	865
Min. NM7Q [m³/s]	18,4	29,3	16,7	23,1	26,0	15,9	18,9	29,0	35,5	18,9	18,0	15,9
% des mehrjährigen Min. NM7Q		159	91	126	141	86	103	158	193	103	98	86
Anzahl der Monate mit MQ _{Monat} unter dem mehrjährigen Min. NM7Q		0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
Anzahl der Tage mit MQ _{Tag} unter dem mehrjährigen Min. NM7Q		0	11	0	0	67	13	0	0	3	9	103

**Diagramm 1-1:** Vergleich der mittleren Monatswerte der Lufttemperaturen (A), der Niederschläge (B) und der Abflüsse (C) im Bewertungszeitraum 04/2014 – 03/2024 mit den mehrjährigen Monatsmitteln für den Zeitraum 1981 – 2010

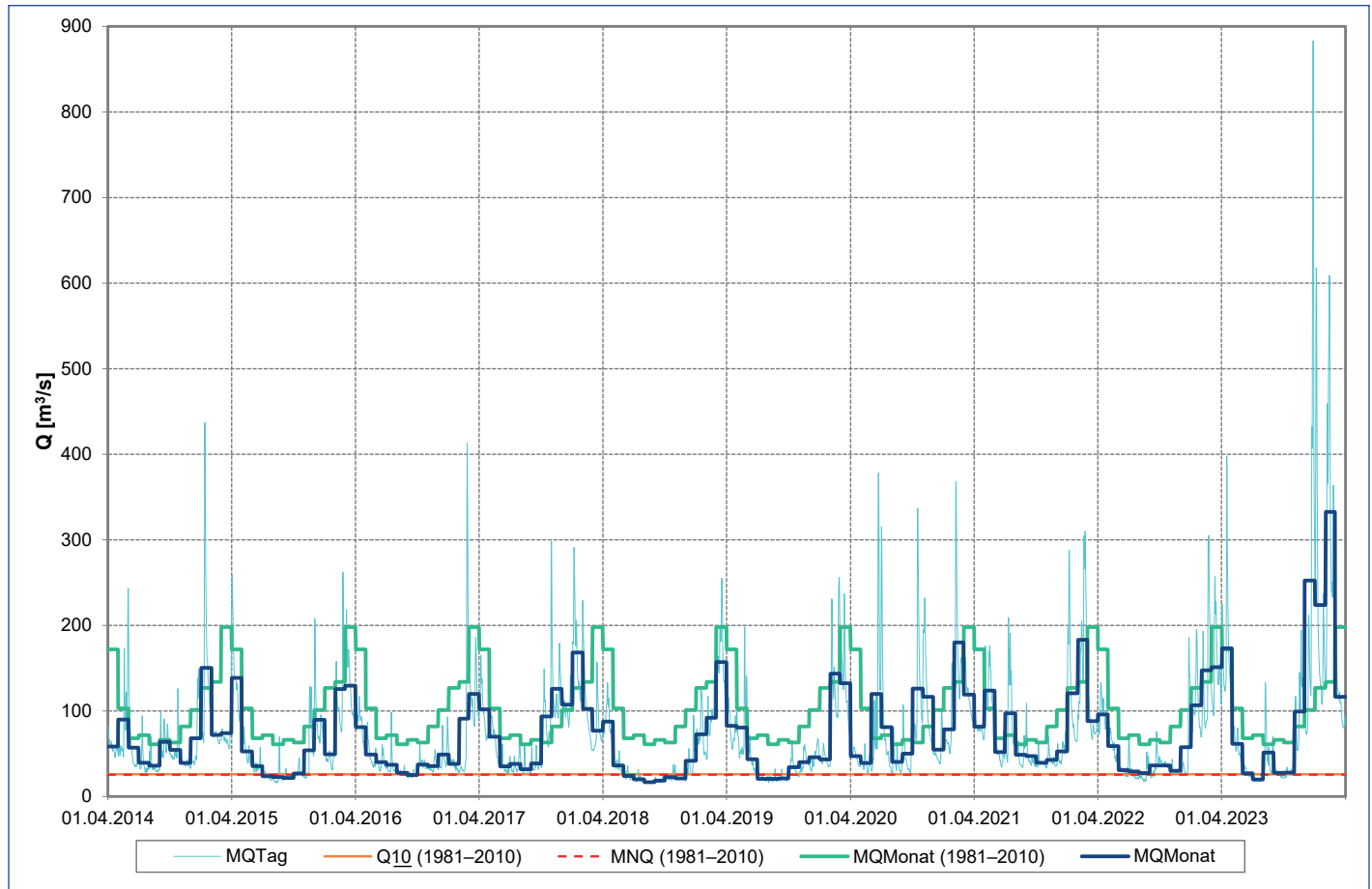


Diagramm 1-2: Entwicklung der hydrologischen Situation im Zeitraum 2014 – 2023

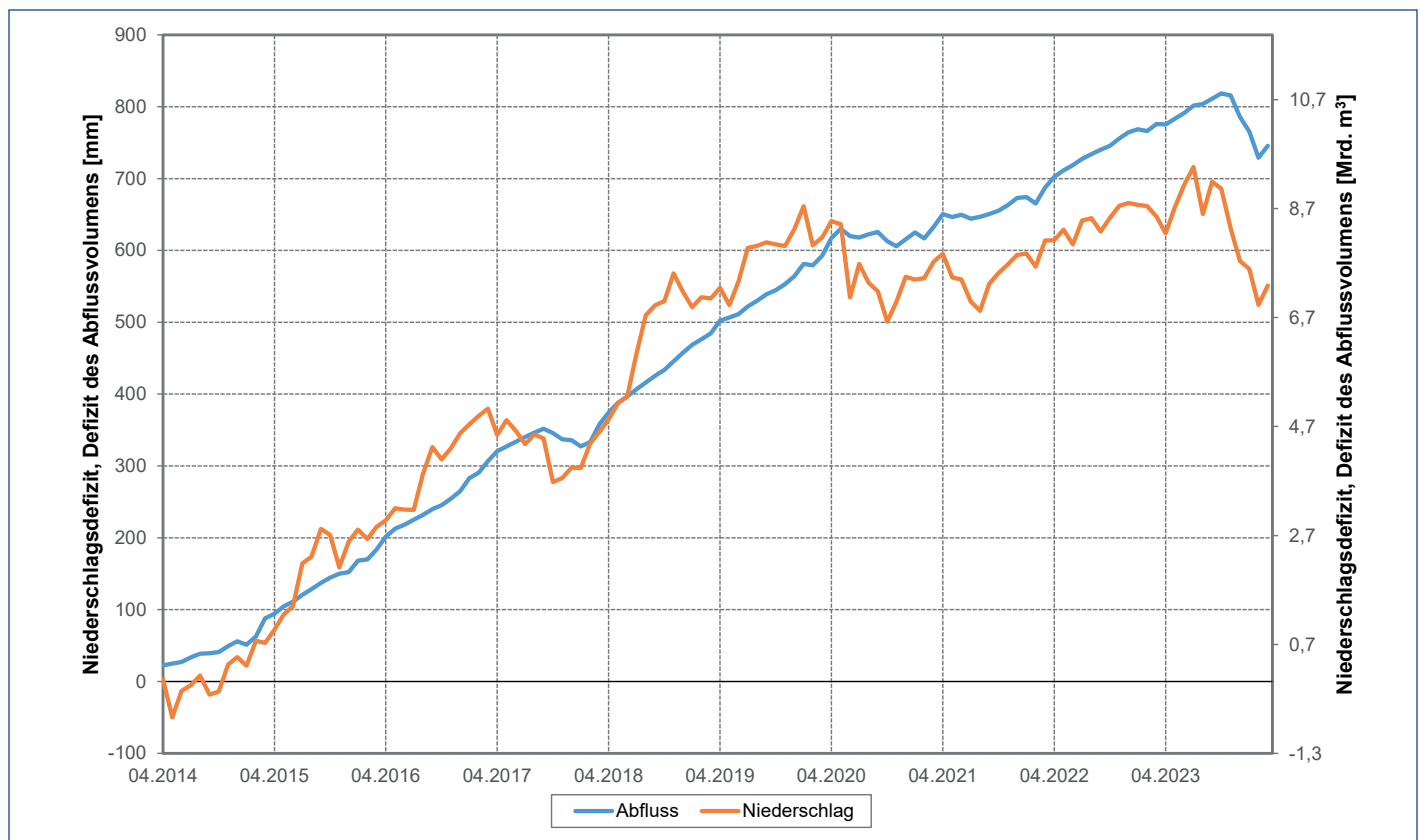


Diagramm 1-3: Entwicklung des Defizits des Abfluss- und des Niederschlagsvolumens in Bezug auf die mehrjährigen Werte für den Zeitraum 1981 – 2010

Tabelle A-2: Vergleich ausgewählter Kenngrößen des Zeitraums 2014 – 2023 sowie der Einzeljahre mit den mehrjährigen Mitteln für den Zeitraum 1981 – 2010

	1981-2010	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2014-2023
Mittlere Jahrestemperatur der Luft [°C]	7,2	8,2	8,6	7,5	7,7	9,2	8,8	7,7	7,6	8,6	9,2	8,3
Abweichung vom Normalwert [°C]		1,0	1,4	0,4	0,5	2,0	1,7	0,5	0,4	1,4	2,0	1,1
Anzahl der Monate über dem Monats-Normalwert		10	9	7	8	12	11	9	7	10	10	93
Jährliche Niederschlagshöhe [mm]	760	794	581	700	697	738	631	768	757	849	817	733
% des jährlichen Normalwerts des Niederschlags		104	76	92	92	97	83	101	100	112	107	96
Anzahl der Monate unter dem Monats-Normalwert		5	8	7	8	5	10	7	8	5	6	69
Jährlicher MQ [m³/s]	24,4	20,4	13,9	17,0	16,5	17,7	14,0	17,5	21,9	21,8	25,7	18,6
% des mehrjährigen MQ		83	57	70	68	72	57	72	90	89	105	76
Anzahl der Monate mit MQ _{Monat} unter den mehrjährigen MQ _{Monat}		9	11	11	10	9	11	9	7	6	7	90
Abflussdefizit [Mrd. m³]	0,127	0,330	0,232	0,248	0,212	0,328	0,218	0,077	0,082	-0,042	1,81	1,81
Q₁₀ [m³/s]	6,36	8,24	3,66	6,57	5,49	4,79	5,06	7,50	9,01	7,47	5,86	6,37
% des mehrjährigen Q ₁₀		130	58	103	86	75	80	118	142	117	92	100
Anzahl der Monate mit MQ _{Monat} unter dem mehrjährigen Q ₁₀		0	3	0	0	1	1	0	0	0	1	6
Anzahl der Tage mit MQ _{Tag} unter dem mehrjährigen Q ₁₀		0	113	8	38	79	62	1	1	1	40	343
MNQ [m³/s]	7,25	6,51	3,31	5,42	4,67	3,89	4,48	6,07	6,09	6,21	4,79	5,14
% des mehrjährigen MNQ		90	46	75	64	54	62	84	84	86	66	71
Anzahl der Monate mit MQ _{Monat} unter dem mehrjährigen MNQ		0	4	0	1	2	2	0	0	0	1	10
Anzahl der Tage mit MQ _{Tag} unter dem mehrjährigen MNQ		3	139	18	71	107	101	7	1	9	68	524
NQ [m³/s]	3,13	6,51	3,31	5,42	4,67	3,89	4,48	6,07	6,09	6,21	4,79	3,31
% des mehrjährigen NQ		208	106	173	149	124	143	194	195	198	153	106
Anzahl der Monate mit MQ _{Monat} unter dem mehrjährigen NQ		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Anzahl der Tage mit MQ _{Tag} unter dem mehrjährigen NQ		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NM7Q [m³/s]	7,79	7,63	3,48	5,84	5,43	4,33	4,66	7,18	8,81	7,13	5,51	6,00
% des mehrjährigen NM7Q		98	45	75	70	56	60	92	113	92	71	77
Anzahl der Monate mit MQ _{Monat} unter dem mehrjährigen NM7Q		0	4	0	3	3	3	0	0	0	1	14
Anzahl der Tage mit MQ _{Tag} unter dem mehrjährigen NM7Q		5	155	25	89	115	131	14	1	14	85	634
Min. NM7Q [m³/s]	3,29	7,63	3,48	5,84	5,43	4,33	4,66	7,18	8,81	7,13	5,51	3,48
% des mehrjährigen Min. NM7Q		232	106	178	165	132	142	218	268	217	167	106
Anzahl der Monate mit MQ _{Monat} unter dem mehrjährigen Min. NM7Q		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Anzahl der Tage mit MQ _{Tag} unter dem mehrjährigen Min. NM7Q		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

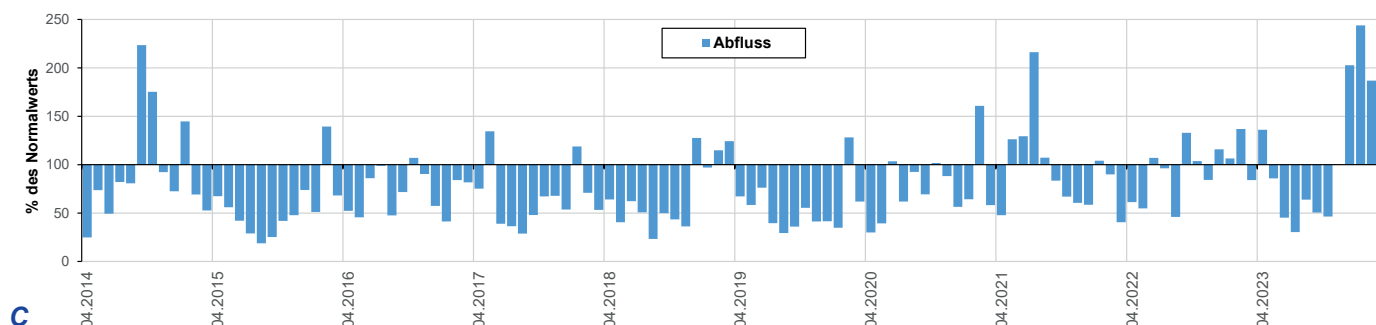
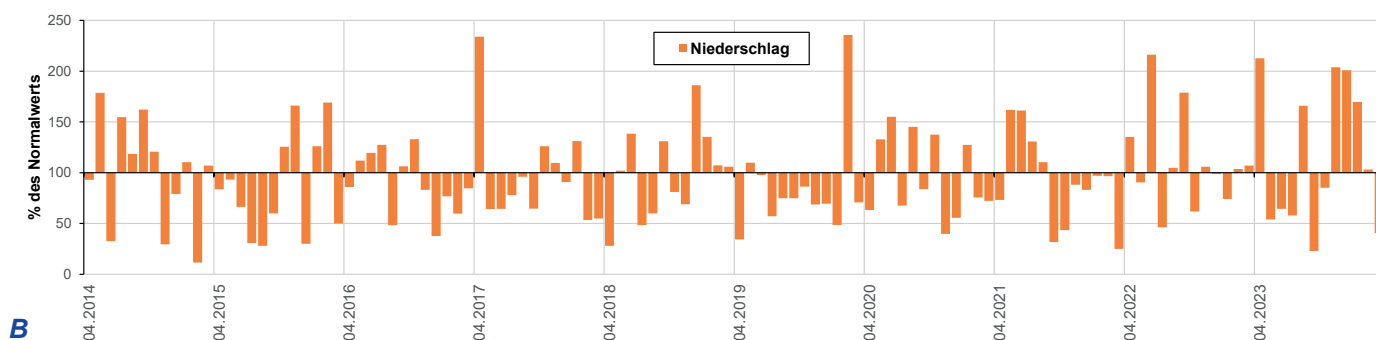
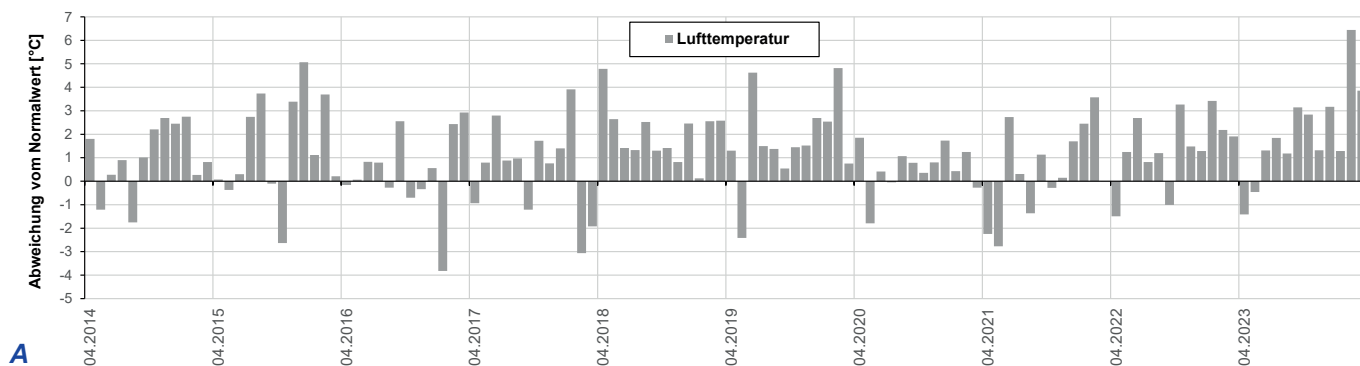


Diagramm 2-1: Vergleich der mittleren Monatswerte der Lufttemperaturen (A), der Niederschläge (B) und der Abflüsse (C) im Bewertungszeitraum 04/2014 – 03/2024 mit den mehrjährigen Monatsmitteln für den Zeitraum 1981 – 2010

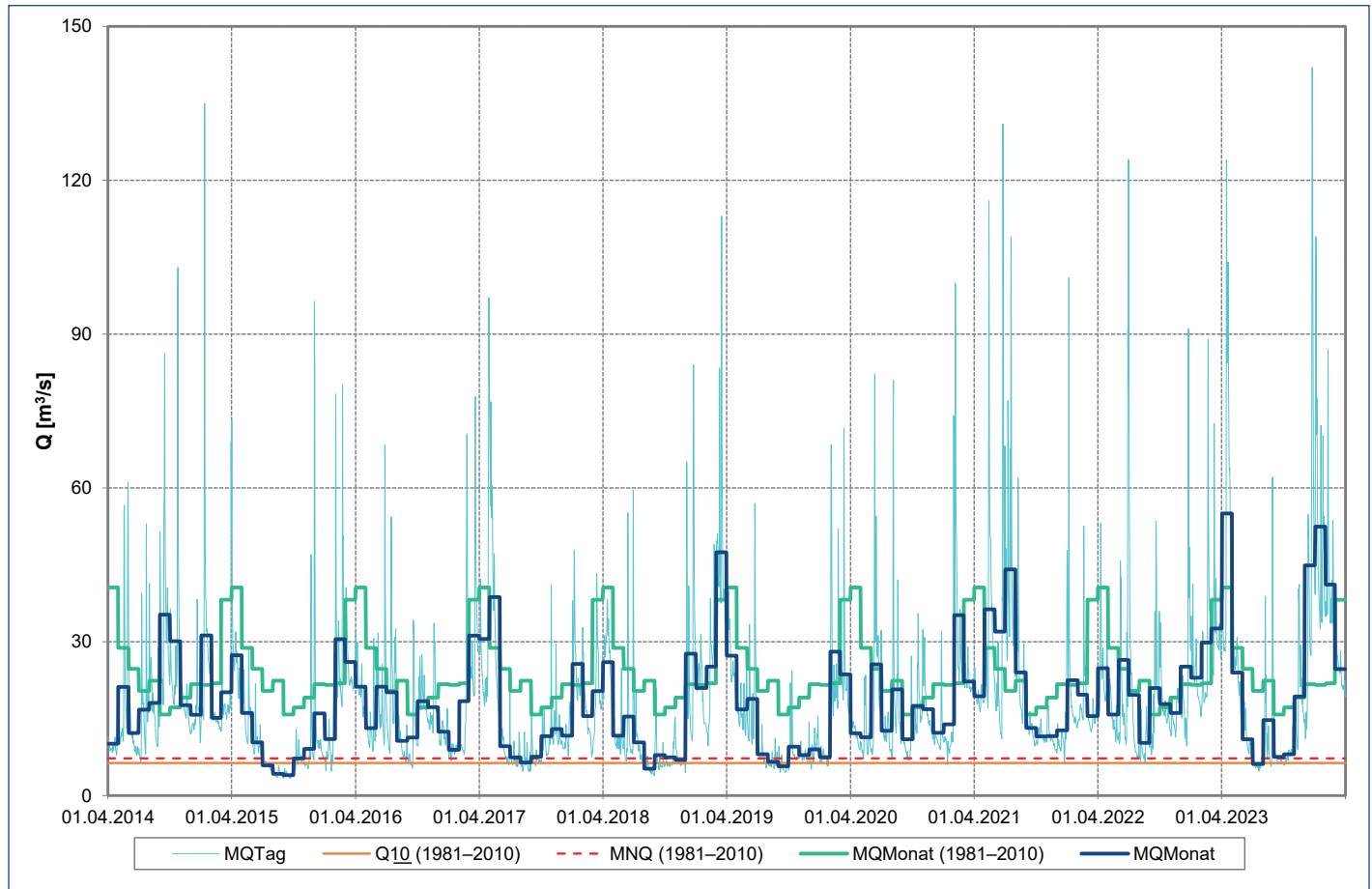


Diagramm 2-2: Entwicklung der hydrologischen Situation im Zeitraum 2014 – 2023

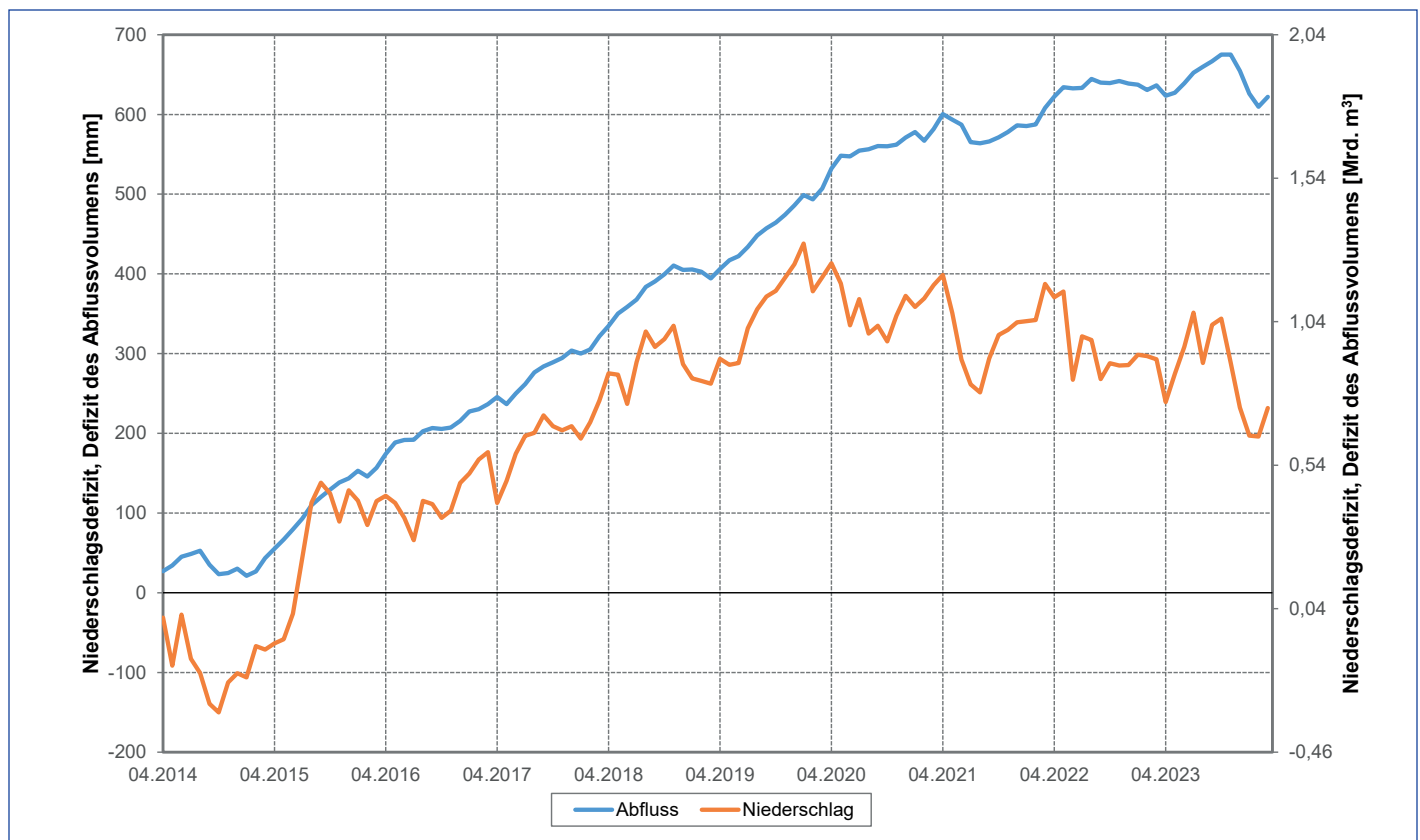


Diagramm 2-3: Entwicklung des Defizits des Abfluss- und des Niederschlagsvolumens in Bezug auf die mehrjährigen Werte für den Zeitraum 1981 – 2010

Tabelle A-3: Vergleich ausgewählter Kenngrößen des Zeitraums 2014 – 2023 sowie der Einzeljahre mit den mehrjährigen Mitteln für den Zeitraum 1981 – 2010

	1981-2010	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2014-2023
Mittlere Jahrestemperatur der Luft [°C]	7,4	8,8	9,0	8,1	8,2	10,0	9,4	8,3	8,3	9,1	9,7	8,9
Abweichung vom Normalwert [°C]		1,4	1,6	0,7	0,8	2,6	2,0	0,9	0,9	1,7	2,3	1,5
Anzahl der Monate über dem Monats-Normalwert		10	10	9	8	12	11	10	9	10	10	99
Jährliche Niederschlagshöhe [mm]	714	709	582	563	694	620	653	830	638	674	748	671
% des jährlichen Normalwerts des Niederschlags		99	81	79	97	87	92	116	89	94	105	94
Anzahl der Monate unter dem Monats-Normalwert		8	9	10	7	7	8	5	9	9	7	79
Jährlicher MQ [m³/s]	9,35	7,71	5,94	4,42	6,01	5,61	5,28	11,7	7,23	5,91	10,7	7,05
% des mehrjährigen MQ		82	64	47	64	60	56	125	77	63	114	75
Anzahl der Monate mit MQ _{Monat} unter den mehrjährigen MQ _{Monat}		9	12	12	9	11	12	5	9	11	7	97
Abflussdefizit [Mrd. m³]	0,052	0,108	0,155	0,105	0,118	0,129	-0,073	0,067	0,108	-0,043	0,725	0,725
Q_{4d} [m³/s]	1,80	2,13	0,967	1,33	1,55	0,554	1,67	3,36	2,81	1,00	1,56	1,69
% des mehrjährigen Q _{4d}		118	54	74	86	31	93	187	156	56	87	94
Anzahl der Monate mit MQ _{Monat} unter dem mehrjährigen Q _{4d}		0	1	1	0	4	0	0	0	0	1	7
Anzahl der Tage mit MQ _{Tag} unter dem mehrjährigen Q _{4d}		4	57	42	23	126	17	0	39	24	332	
MNQ [m³/s]	2,01	1,31	0,504	1,03	1,23	0,425	1,46	2,94	2,60	0,813	1,01	1,33
% des mehrjährigen MNQ		65	25	51	61	21	73	146	129	40	50	66
Anzahl der Monate mit MQ _{Monat} unter dem mehrjährigen MNQ		0	2	1	1	4	0	0	0	0	1	9
Anzahl der Tage mit MQ _{Tag} unter dem mehrjährigen MNQ		7	74	48	40	142	31	0	51	47	440	
NQ [m³/s]	0,851	1,31	0,504	1,03	1,23	0,425	1,46	2,94	2,60	0,813	1,01	0,425
% des mehrjährigen NQ		154	59	121	145	50	172	345	306	96	119	50
Anzahl der Monate mit MQ _{Monat} unter dem mehrjährigen NQ		0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
Anzahl der Tage mit MQ _{Tag} unter dem mehrjährigen NQ		0	6	0	0	25	0	0	4	0	35	
NM7Q [m³/s]	2,44	1,92	0,805	1,27	1,35	0,453	1,69	3,34	2,73	0,891	1,39	1,58
% des mehrjährigen NM7Q		79	33	52	55	19	69	137	112	37	57	65
Anzahl der Monate mit MQ _{Monat} unter dem mehrjährigen NM7Q		0	3	3	2	5	1	0	0	0	2	16
Anzahl der Tage mit MQ _{Tag} unter dem mehrjährigen NM7Q		20	100	122	64	182	74	0	64	79	705	
Min. NM7Q [m³/s]	0,975	1,92	0,805	1,27	1,35	0,453	1,69	3,34	2,73	0,891	1,39	0,453
% des mehrjährigen Min. NM7Q		197	83	130	138	46	173	343	280	91	143	46
Anzahl der Monate mit MQ _{Monat} unter dem mehrjährigen Min. NM7Q		0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
Anzahl der Tage mit MQ _{Tag} unter dem mehrjährigen Min. NM7Q		0	12	0	0	38	0	0	10	0	60	

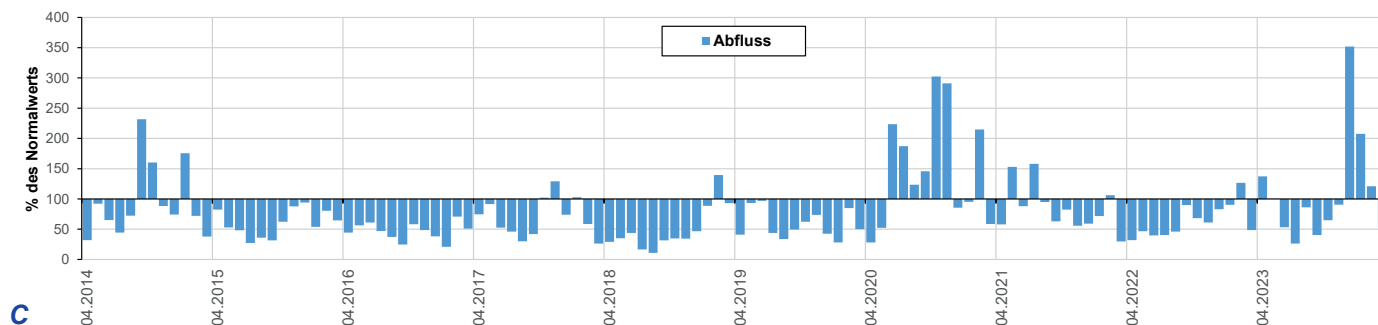
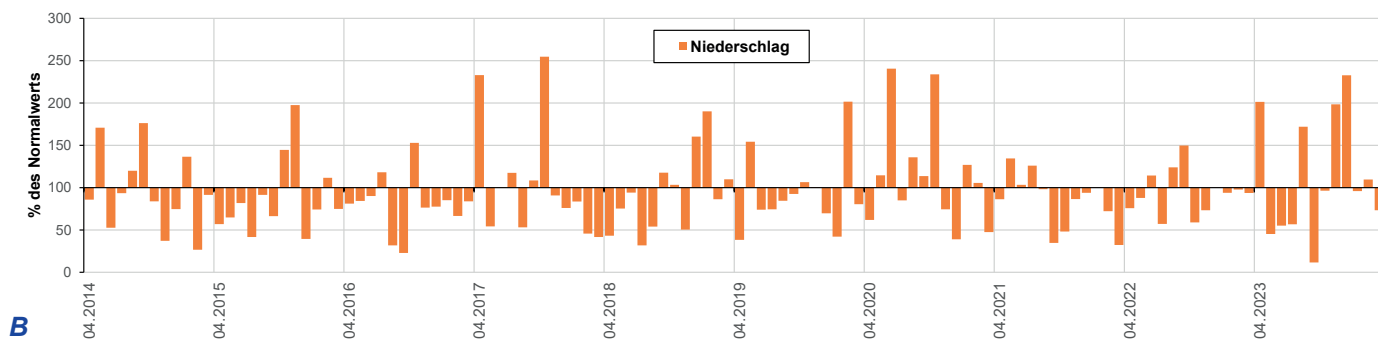
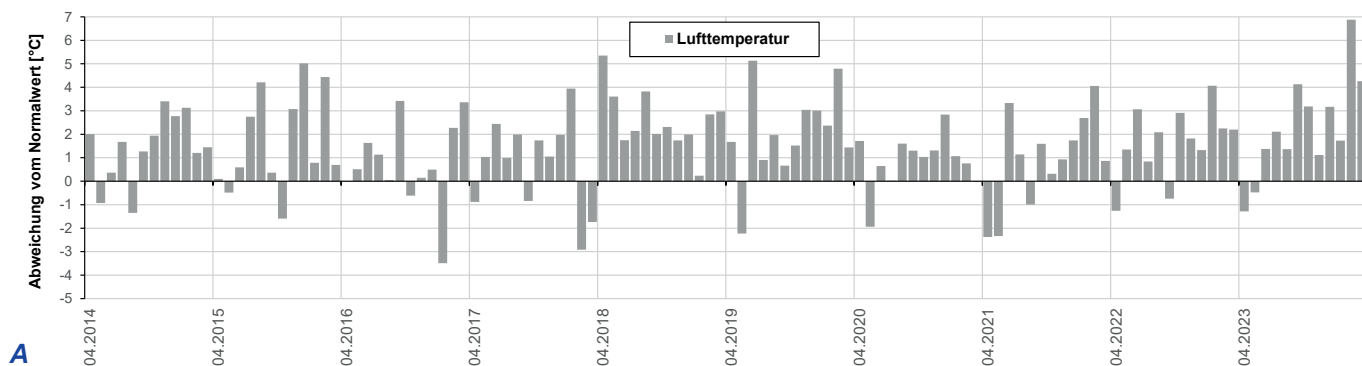


Diagramm 3-1: Vergleich der mittleren Monatswerte der Lufttemperaturen (A), der Niederschläge (B) und der Abflüsse (C) im Bewertungszeitraum 04/2014 – 03/2024 mit den mehrjährigen Monatsmitteln für den Zeitraum 1981 – 2010

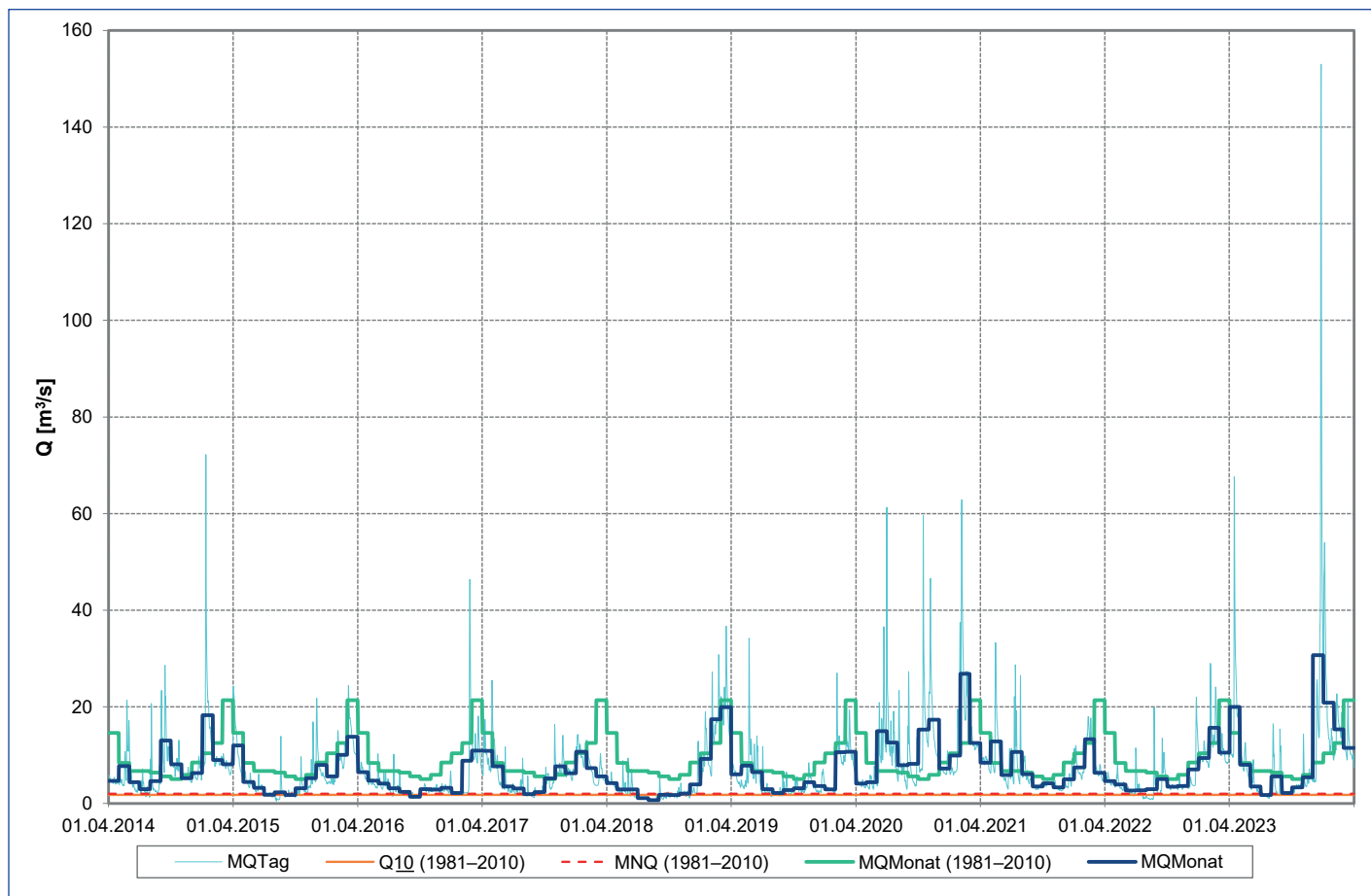


Diagramm 3-2: Entwicklung der hydrologischen Situation im Zeitraum 2014 – 2023

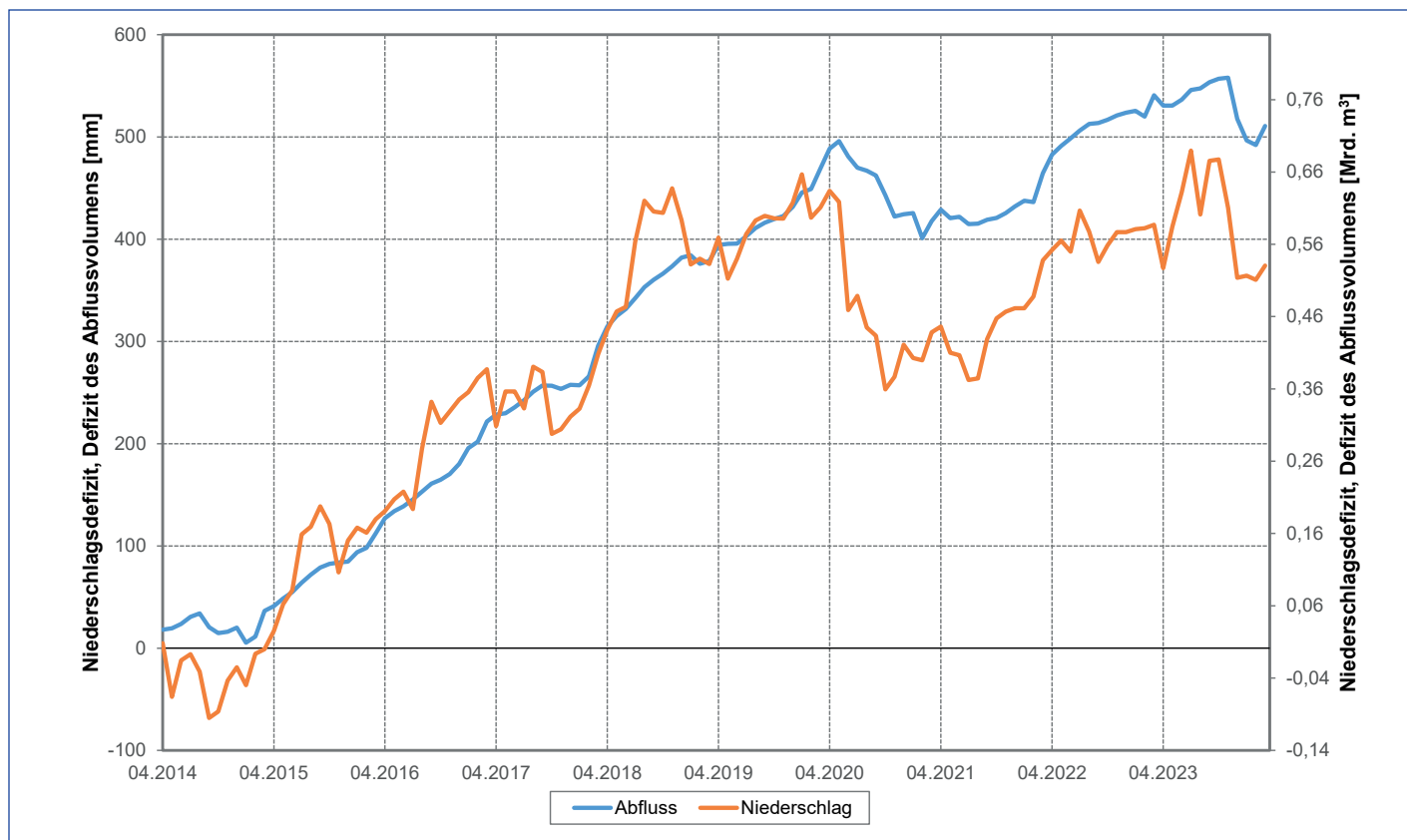


Diagramm 3-3: Entwicklung des Defizits des Abfluss- und des Niederschlagsvolumens in Bezug auf die mehrjährigen Werte für den Zeitraum 1981 – 2010

Tabelle A-4: Vergleich ausgewählter Kenngrößen des Zeitraums 2014 – 2023 sowie der Einzeljahre mit den mehrjährigen Mitteln für den Zeitraum 1981 – 2010

	1981-2010	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2014-2023
Mittlere Jahrestemperatur der Luft [°C]	7,8	9,1	9,2	8,3	8,5	10,1	9,6	8,5	8,4	9,4	9,9	9,1
Abweichung vom Normalwert [°C]		1,2	1,4	0,5	0,7	2,2	1,8	0,7	0,5	1,6	2,1	1,3
Anzahl der Monate über dem Monats-Normalwert		10	9	7	8	12	11	10	8	10	10	95
Jährliche Niederschlagshöhe [mm]	624	649	511	570	597	523	544	600	638	632	616	588
% des jährlichen Normalwerts des Niederschlags		104	82	91	96	84	87	96	102	101	99	94
Anzahl der Monate unter dem Monats-Normalwert		7	8	8	8	7	8	7	7	6	5	71
Jährlicher MQ [m³/s]	37,2	29,8	22,2	22,7	26,2	19,3	15,2	21,7	30,5	24,2	32,9	24,5
% des mehrjährigen MQ		80	60	61	70	52	41	58	82	65	89	66
Anzahl der Monate mit MQ _{Monat} unter den mehrjährigen MQ _{Monat}		8	12	12	10	12	12	11	9	11	8	105
Abflussdefizit [Mrd. m³]	0,235	0,476	0,459	0,349	0,566	0,697	0,490	0,211	0,411	0,137	0,137	4,03
Q₁₀ [m³/s]	8,64	10,5	5,45	8,65	6,90	5,34	5,55	6,88	11,1	6,06	6,21	7,26
% des mehrjährigen Q ₁₀		122	63	100	80	62	64	80	128	70	72	84
Anzahl der Monate mit MQ _{Monat} unter dem mehrjährigen Q ₁₀		0	3	0	1	3	1	1	0	0	2	11
Anzahl der Tage mit MQ _{Tag} unter dem mehrjährigen Q ₁₀		0	86	10	57	104	78	36	0	33	80	484
MNQ [m³/s]	9,99	8,91	4,57	7,83	6,53	4,92	5,08	5,41	9,94	5,73	4,42	6,33
% des mehrjährigen MNQ		89	46	78	65	49	51	54	99	57	44	63
Anzahl der Monate mit MQ _{Monat} unter dem mehrjährigen MNQ		0	3	0	2	5	3	1	0	0	3	17
Anzahl der Tage mit MQ _{Tag} unter dem mehrjährigen MNQ		8	110	22	87	153	143	79	2	46	97	747
NQ [m³/s]	5,05	8,91	4,57	7,83	6,53	4,92	5,08	5,41	9,94	5,73	4,42	4,42
% des mehrjährigen NQ		176	90	155	129	97	101	107	197	113	88	88
Anzahl der Monate mit MQ _{Monat} unter dem mehrjährigen NQ		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Anzahl der Tage mit MQ _{Tag} unter dem mehrjährigen NQ		0	6	0	0	3	0	0	0	0	2	11
NM7Q [m³/s]	10,8	10,1	4,86	8,15	6,98	5,18	5,27	6,29	11,0	5,97	5,32	6,91
% des mehrjährigen NM7Q		94	45	75	65	48	49	58	102	55	49	64
Anzahl der Monate mit MQ _{Monat} unter dem mehrjährigen NM7Q		0	3	0	3	5	6	2	0	0	4	23
Anzahl der Tage mit MQ _{Tag} unter dem mehrjährigen NM7Q		11	122	27	102	168	191	97	3	60	104	885
Min. NM7Q [m³/s]	5,29	10,1	4,86	8,15	6,98	5,18	5,27	6,29	11,0	5,97	5,32	4,86
% des mehrjährigen Min. NM7Q		191	92	154	132	98	100	119	208	113	101	92
Anzahl der Monate mit MQ _{Monat} unter dem mehrjährigen Min. NM7Q		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Anzahl der Tage mit MQ _{Tag} unter dem mehrjährigen Min. NM7Q		0	10	0	0	9	7	0	0	0	3	29

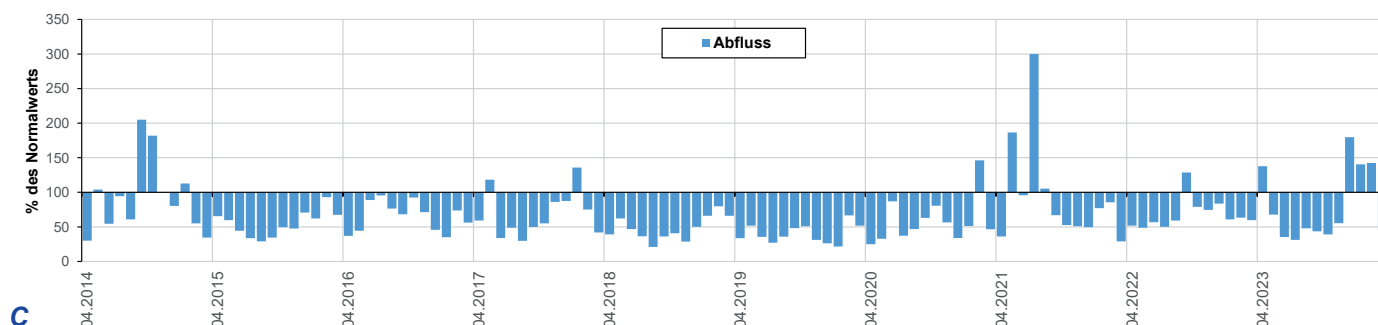
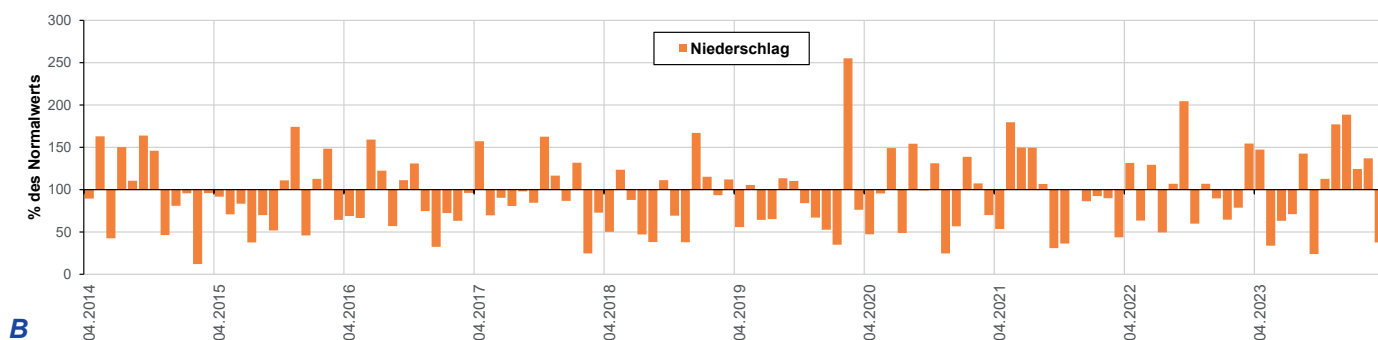
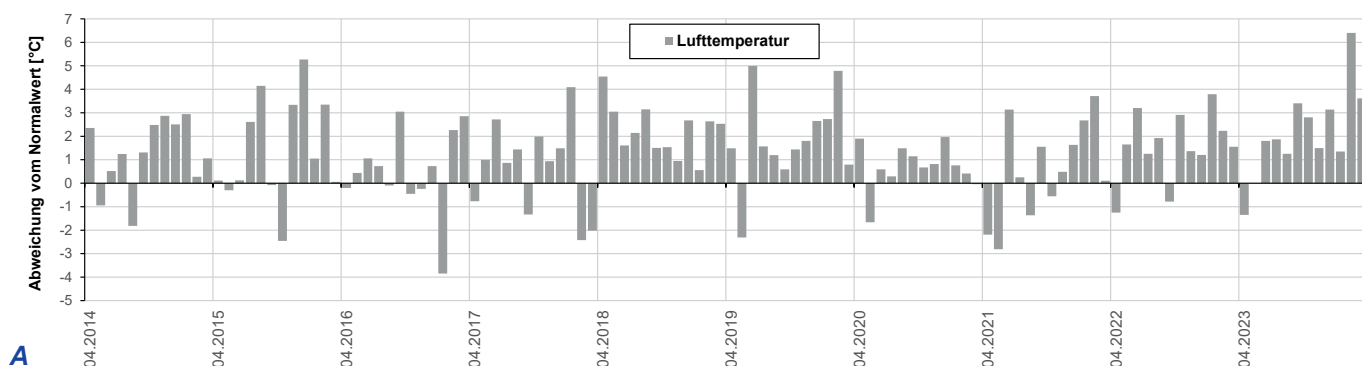


Diagramm 4-1: Vergleich der mittleren Monatswerte der Lufttemperaturen (A), der Niederschläge (B) und der Abflüsse (C) im Bewertungszeitraum 04/2014 – 03/2024 mit den mehrjährigen Monatsmitteln für den Zeitraum 1981 – 2010

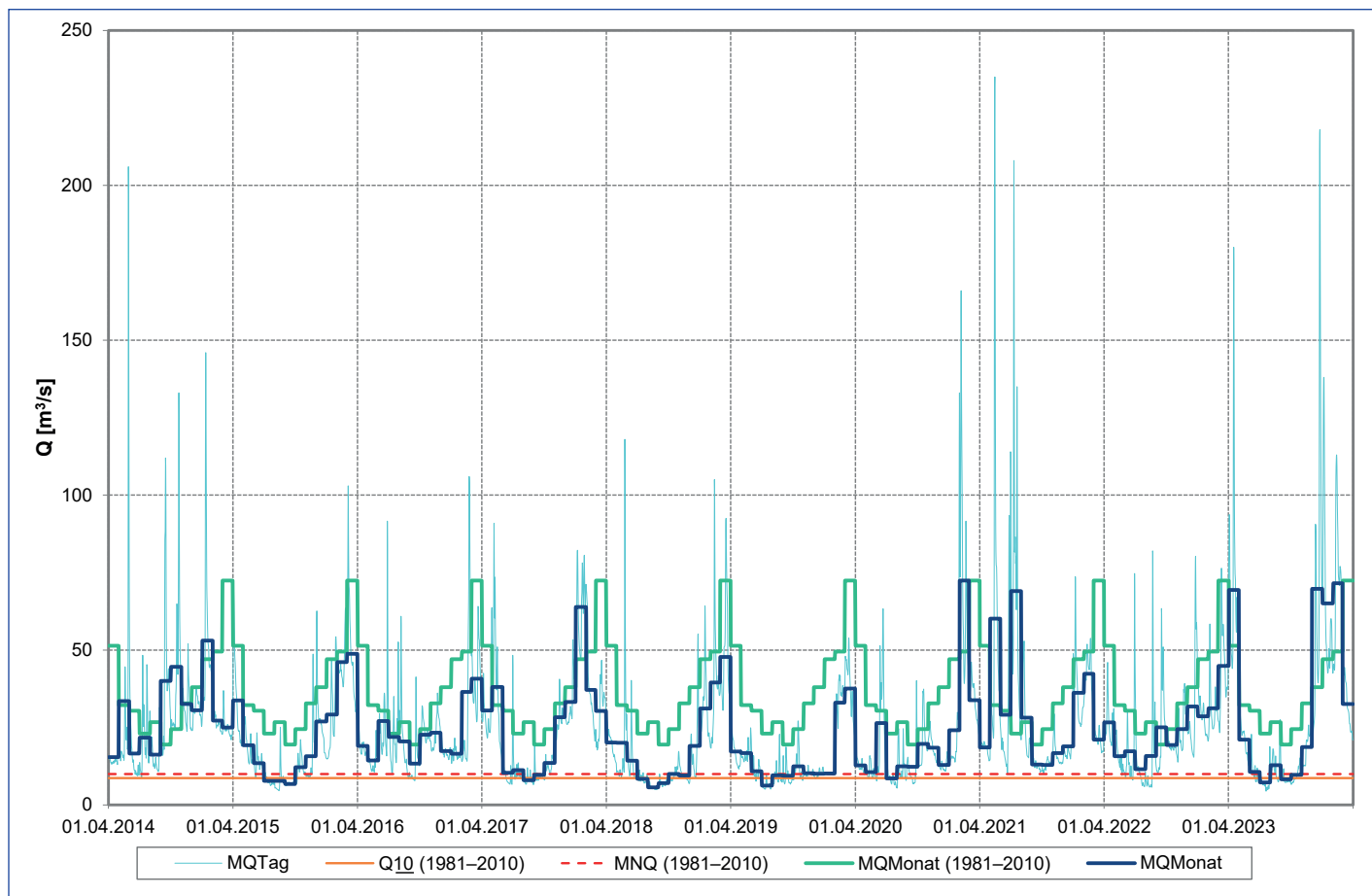


Diagramm 4-2: Entwicklung der hydrologischen Situation im Zeitraum 2014 – 2023

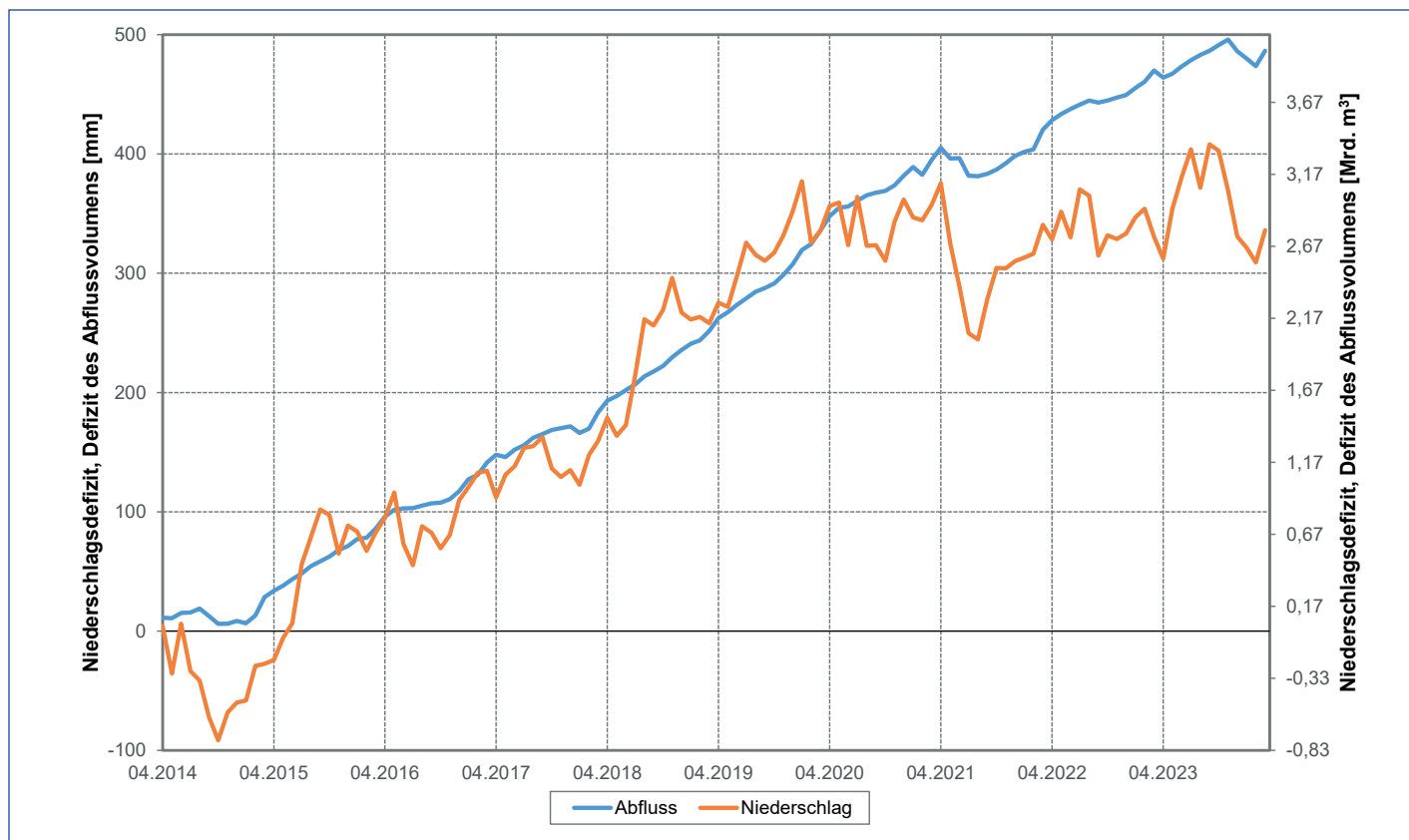


Diagramm 4-3: Entwicklung des Defizits des Abfluss- und des Niederschlagsvolumens in Bezug auf die mehrjährigen Werte für den Zeitraum 1981 – 2010

Tabelle A-5: Vergleich ausgewählter Kenngrößen des Zeitraums 2014 – 2023 sowie der Einzeljahre mit den mehrjährigen Mitteln für den Zeitraum 1981 – 2010

	1981-2010	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2014-2023
Mittlere Jahrestemperatur der Luft [°C]	7,9	9,1	9,2	8,4	8,5	10,2	9,7	8,6	8,5	9,4	10,0	9,1
Abweichung vom Normalwert [°C]		1,2	1,3	0,5	0,6	2,3	1,8	0,6	0,6	1,5	2,1	1,2
Anzahl der Monate über dem Monats-Normalwert		10	9	7	8	12	11	10	8	10	10	95
Jährliche Niederschlagshöhe [mm]	681	672	554	595	671	557	586	689	660	685	720	639
% des jährlichen Normalwerts des Niederschlags		99	81	87	99	82	86	101	97	101	106	94
Anzahl der Monate unter dem Monats-Normalwert		6	9	9	7	8	10	5	7	7	5	73
Jährlicher MQ [m³/s]	315	232	198	189	235	180	167	250	255	230	337	227
% des mehrjährigen MQ		74	63	60	74	57	53	79	81	73	107	72
Anzahl der Monate mit MQ _{Monat} unter den mehrjährigen MQ _{Monat}		9	12	12	10	12	12	8	9	12	8	104
Abflussdefizit [Mrd. m³]	2,62	3,71	3,97	2,53	4,25	4,67	2,04	1,87	2,68	-0,699	27,7	27,7
Q_{4d} [m³/s]	108	110	82,7	98,0	98,7	76,0	81,1	101	127	104	84,2	96,3
% des mehrjährigen Q _{4d}		102	77	91	91	70	75	94	118	96	78	89
Anzahl der Monate mit MQ _{Monat} unter dem mehrjährigen Q _{4d}		0	3	0	0	5	3	0	0	0	1	12
Anzahl der Tage mit MQ _{Tag} unter dem mehrjährigen Q _{4d}		7	102	30	40	163	94	17	0	13	64	530
MNQ [m³/s]	110	99,9	74,3	85,9	87,8	69,8	71,8	89,7	108	79,4	74,8	84,1
% des mehrjährigen MNQ		91	68	78	80	63	65	82	98	72	68	76
Anzahl der Monate mit MQ _{Monat} unter dem mehrjährigen MNQ		0	3	0	1	5	3	0	0	0	2	14
Anzahl der Tage mit MQ _{Tag} unter dem mehrjährigen MNQ		8	108	31	49	169	97	23	1	13	68	567
NQ [m³/s]	83,3	99,9	74,3	85,9	87,8	69,8	71,8	89,7	108	79,4	74,8	69,8
% des mehrjährigen NQ		120	89	103	105	84	86	108	130	95	90	84
Anzahl der Monate mit MQ _{Monat} unter dem mehrjährigen NQ		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Anzahl der Tage mit MQ _{Tag} unter dem mehrjährigen NQ		0	12	0	0	41	20	0	0	1	11	85
NM7Q [m³/s]	122	108	75,3	95,7	98,3	78,4	80,6	104	127	94,9	79,0	94,1
% des mehrjährigen NM7Q		89	62	78	81	64	66	85	104	78	65	77
Anzahl der Monate mit MQ _{Monat} unter dem mehrjährigen NM7Q		0	4	1	2	6	3	1	0	0	2	19
Anzahl der Tage mit MQ _{Tag} unter dem mehrjährigen NM7Q		27	141	51	87	191	134	50	5	23	90	799
Min. NM7Q [m³/s]	90,9	108	75,3	95,7	98,3	78,4	80,6	104	127	94,9	79,0	75,3
% des mehrjährigen Min. NM7Q		119	83	105	108	86	89	114	140	104	87	83
Anzahl der Monate mit MQ _{Monat} unter dem mehrjährigen Min. NM7Q		0	0	0	0	3	1	0	0	0	1	5
Anzahl der Tage mit MQ _{Tag} unter dem mehrjährigen Min. NM7Q		0	25	3	1	82	52	1	0	4	20	188

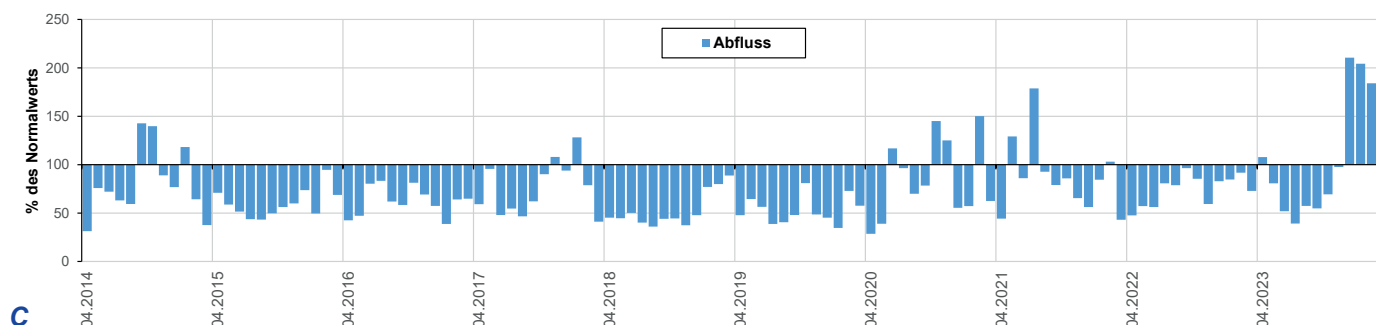
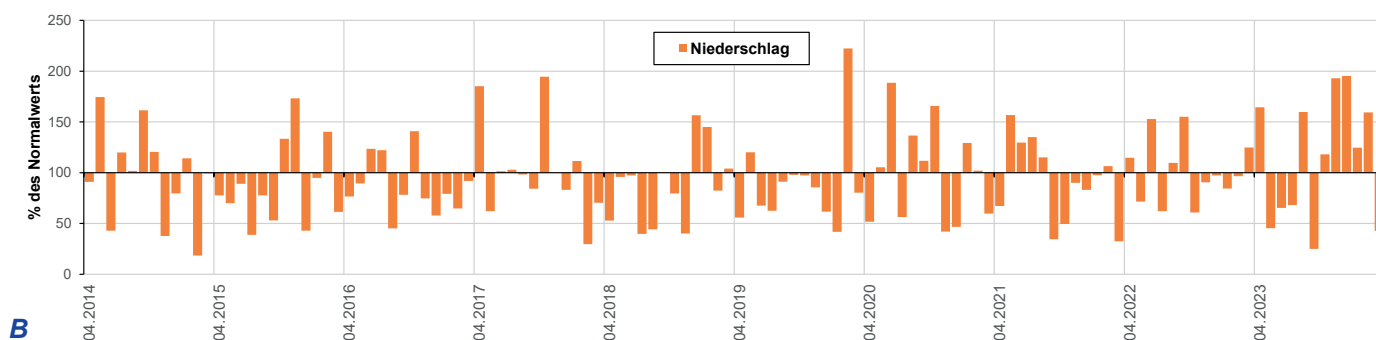
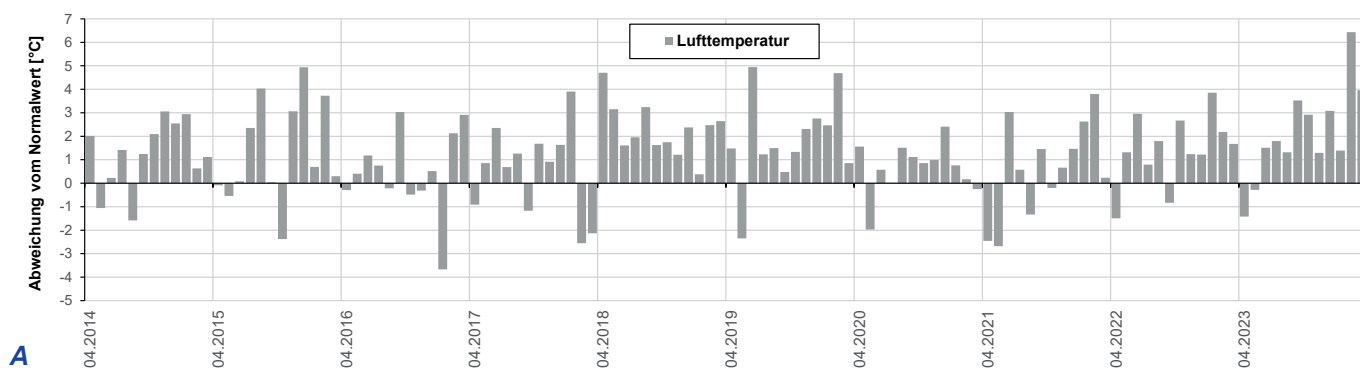


Diagramm 5-1: Vergleich der mittleren Monatswerte der Lufttemperaturen (A), der Niederschläge (B) und der Abflüsse (C) im Bewertungszeitraum 04/2014 – 03/2024 mit den mehrjährigen Monatsmitteln für den Zeitraum 1981 – 2010

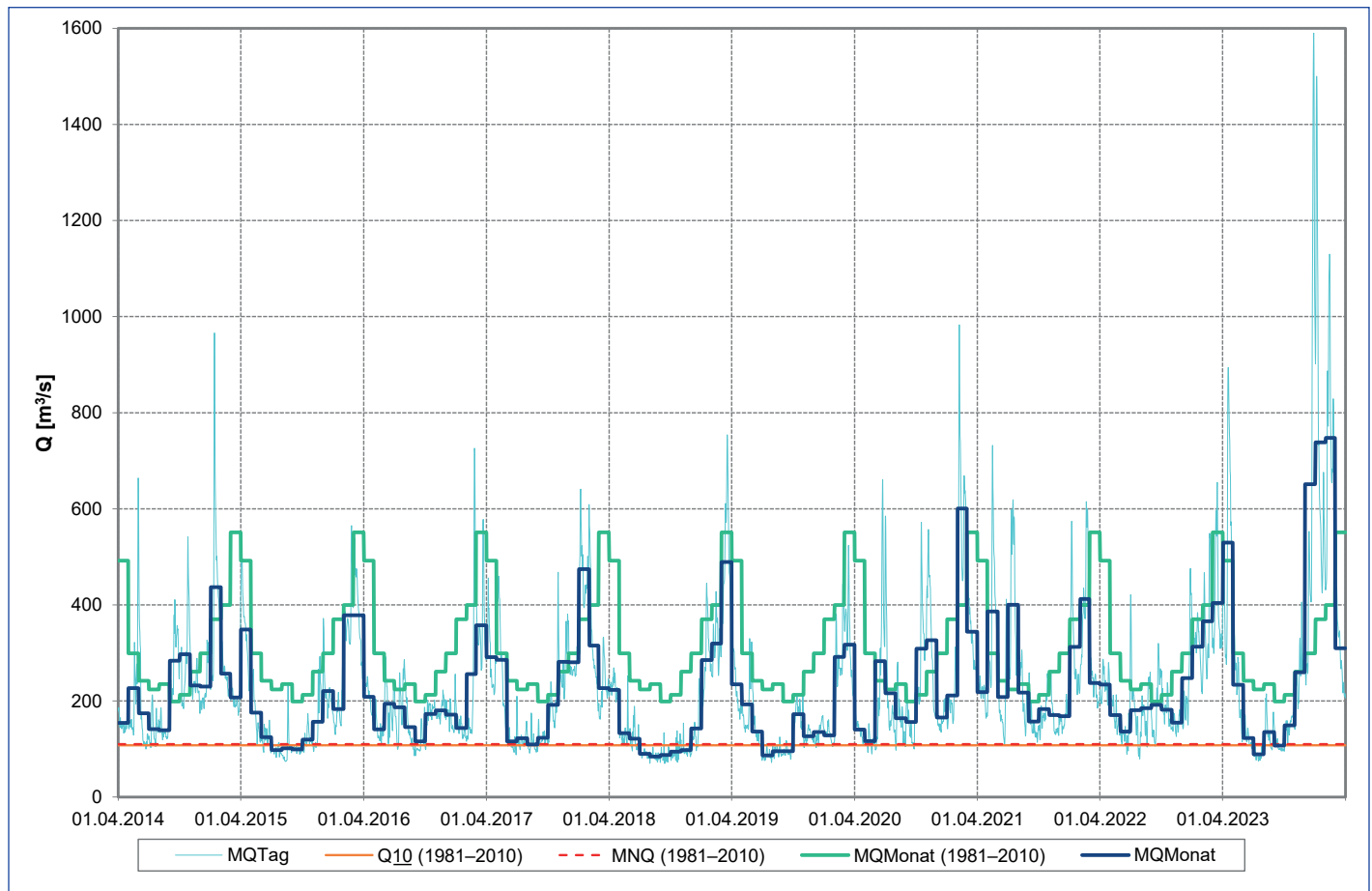


Diagramm 5-2: Entwicklung der hydrologischen Situation im Zeitraum 2014 – 2023

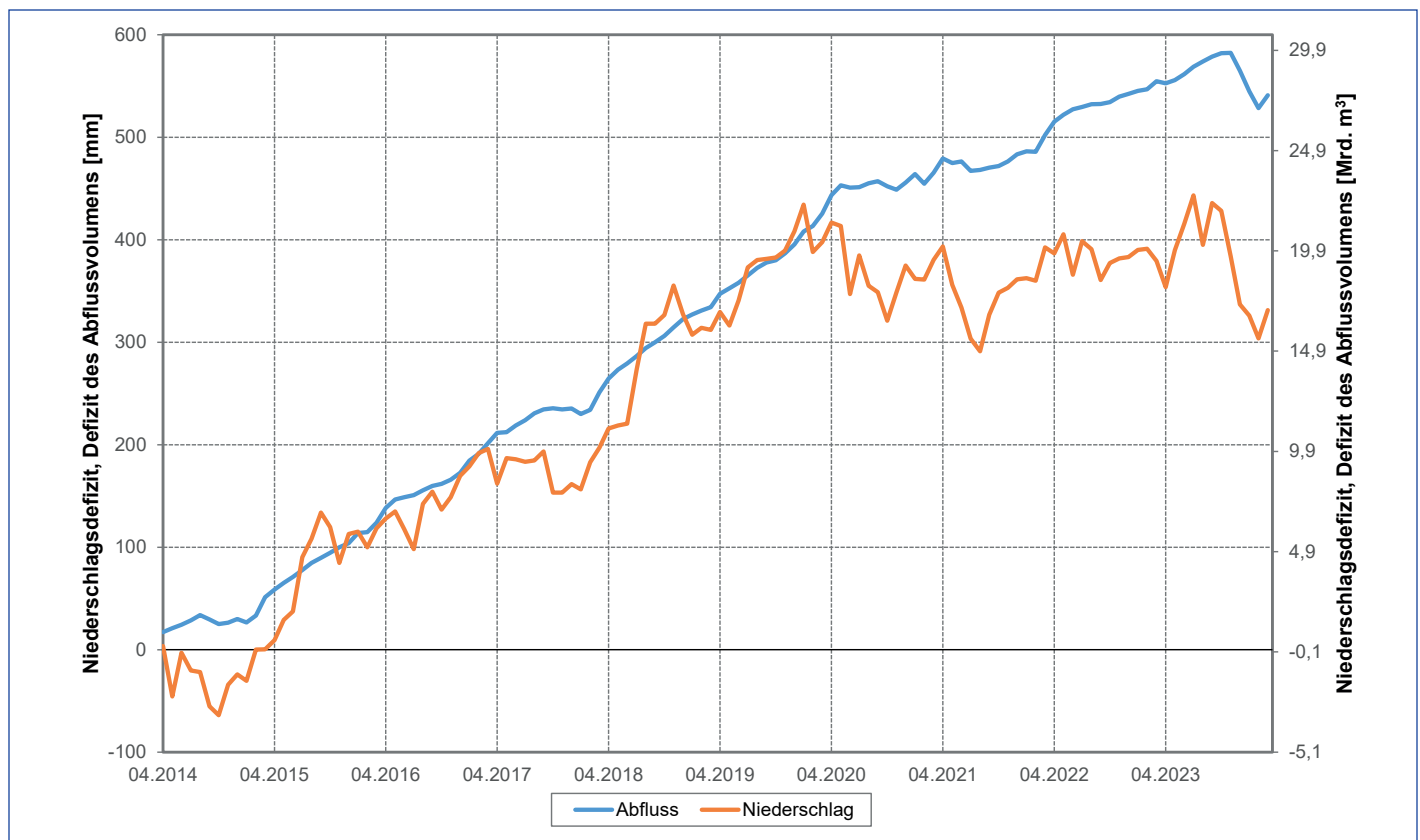


Diagramm 5-3: Entwicklung des Defizits des Abfluss- und des Niederschlagsvolumens in Bezug auf die mehrjährigen Werte für den Zeitraum 1981 – 2010

Tabelle A-6: Vergleich ausgewählter Kenngrößen des Zeitraums 2014 – 2023 sowie der Einzeljahre mit den mehrjährigen Mitteln für den Zeitraum 1981 – 2010

	1981-2010	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2014-2023
Mittlere Jahrestemperatur der Luft [°C]	7,5	8,7	8,8	8,2	8,0	9,8	9,4	8,5	8,2	9,1	9,6	8,8
Abweichung vom Normalwert [°C]		1,2	1,3	0,8	0,5	2,3	1,9	1,0	0,7	1,6	2,2	1,4
Anzahl der Monate über dem Monats-Normalwert		10	6	8	8	11	11	11	9	10	10	94
Jährliche Niederschlagshöhe [mm]	896	808	794	809	790	728	686	721	906	729	865	784
% des jährlichen Normalwerts des Niederschlags		90	89	90	88	81	77	80	101	81	97	87
Anzahl der Monate unter dem Monats-Normalwert		8	8	9	8	9	9	9	6	9	6	81
Jährlicher MQ [m³/s]	7,08	4,97	5,40	6,74	5,35	5,70	3,39	4,47	7,83	5,00	7,71	5,66
% des mehrjährigen MQ		70	76	95	76	81	48	63	111	71	109	80
Anzahl der Monate mit MQ _{Monat} unter den mehrjährigen MQ _{Monat}		9	11	8	9	9	12	10	6	10	8	92
Abflussdefizit [Mrd. m³]	0,066	0,054	0,011	0,055	0,043	0,117	0,082	-0,024	0,065	-0,020	0,450	0,450
Q_{4d} [m³/s]	1,28	1,67	1,07	1,35	1,41	0,742	0,797	0,717	2,33	0,766	1,01	1,19
% des mehrjährigen Q _{4d}		130	84	105	110	58	62	56	182	60	79	93
Anzahl der Monate mit MQ _{Monat} unter dem mehrjährigen Q _{4d}		0	0	0	0	5	3	1	0	1	1	11
Anzahl der Tage mit MQ _{Tag} unter dem mehrjährigen Q _{4d}		0	29	5	1	138	114	87	0	62	55	491
MNQ [m³/s]	1,38	1,48	0,806	1,17	1,23	0,640	0,640	0,565	2,02	0,717	0,859	1,01
% des mehrjährigen MNQ		107	58	85	89	46	46	41	146	52	62	73
Anzahl der Monate mit MQ _{Monat} unter dem mehrjährigen MNQ		0	0	0	0	5	3	2	0	1	2	13
Anzahl der Tage mit MQ _{Tag} unter dem mehrjährigen MNQ		0	43	13	5	145	131	106	0	68	64	575
NQ [m³/s]	0,468	1,48	0,806	1,17	1,23	0,640	0,640	0,565	2,02	0,717	0,859	0,565
% des mehrjährigen NQ		316	172	250	263	137	137	121	432	153	184	121
Anzahl der Monate mit MQ _{Monat} unter dem mehrjährigen NQ		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Anzahl der Tage mit MQ _{Tag} unter dem mehrjährigen NQ		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NM7Q [m³/s]	1,69	1,66	0,857	1,29	1,46	0,693	0,711	0,733	2,15	0,720	0,972	1,12
% des mehrjährigen NM7Q		98	51	76	86	41	42	43	127	43	58	67
Anzahl der Monate mit MQ _{Monat} unter dem mehrjährigen NM7Q		0	2	0	0	5	5	4	0	3	2	21
Anzahl der Tage mit MQ _{Tag} unter dem mehrjährigen NM7Q		11	72	20	49	169	155	125	0	89	94	784
Min. NM7Q [m³/s]	0,507	1,66	0,857	1,29	1,46	0,693	0,711	0,733	2,15	0,720	0,972	0,693
% des mehrjährigen Min. NM7Q		327	169	254	288	137	140	145	424	142	192	137
Anzahl der Monate mit MQ _{Monat} unter dem mehrjährigen Min. NM7Q		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Anzahl der Tage mit MQ _{Tag} unter dem mehrjährigen Min. NM7Q		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

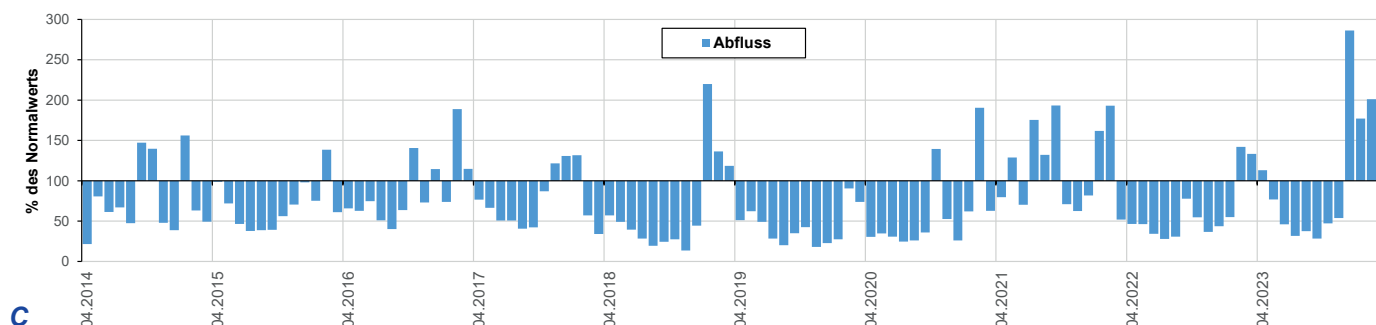
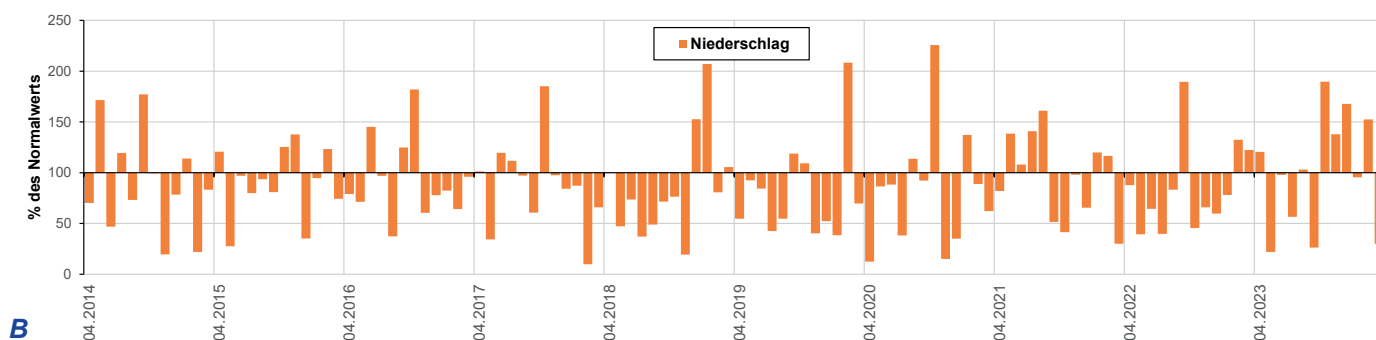
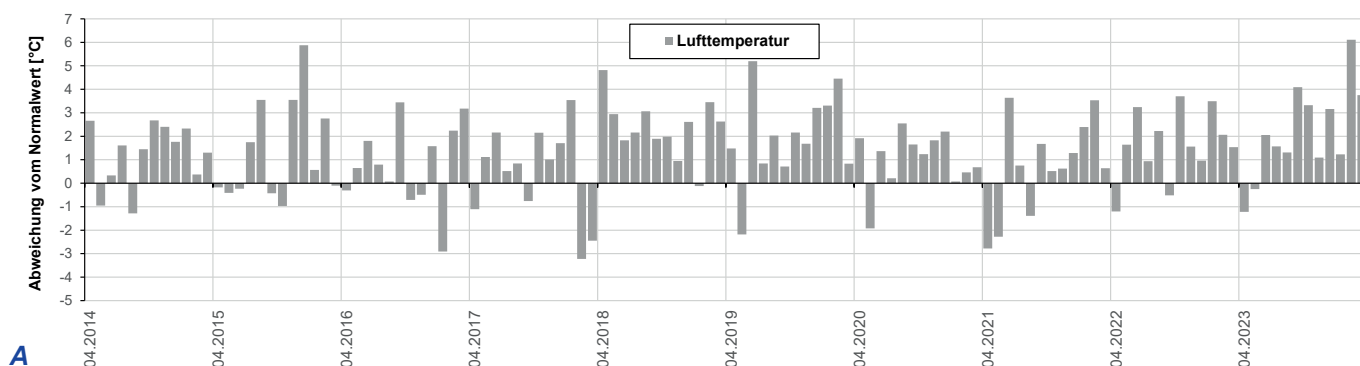


Diagramm 6-1: Vergleich der mittleren Monatswerte der Lufttemperaturen (A), der Niederschläge (B) und der Abflüsse (C) im Bewertungszeitraum 04/2014 – 03/2024 mit den mehrjährigen Monatsmitteln für den Zeitraum 1981 – 2010

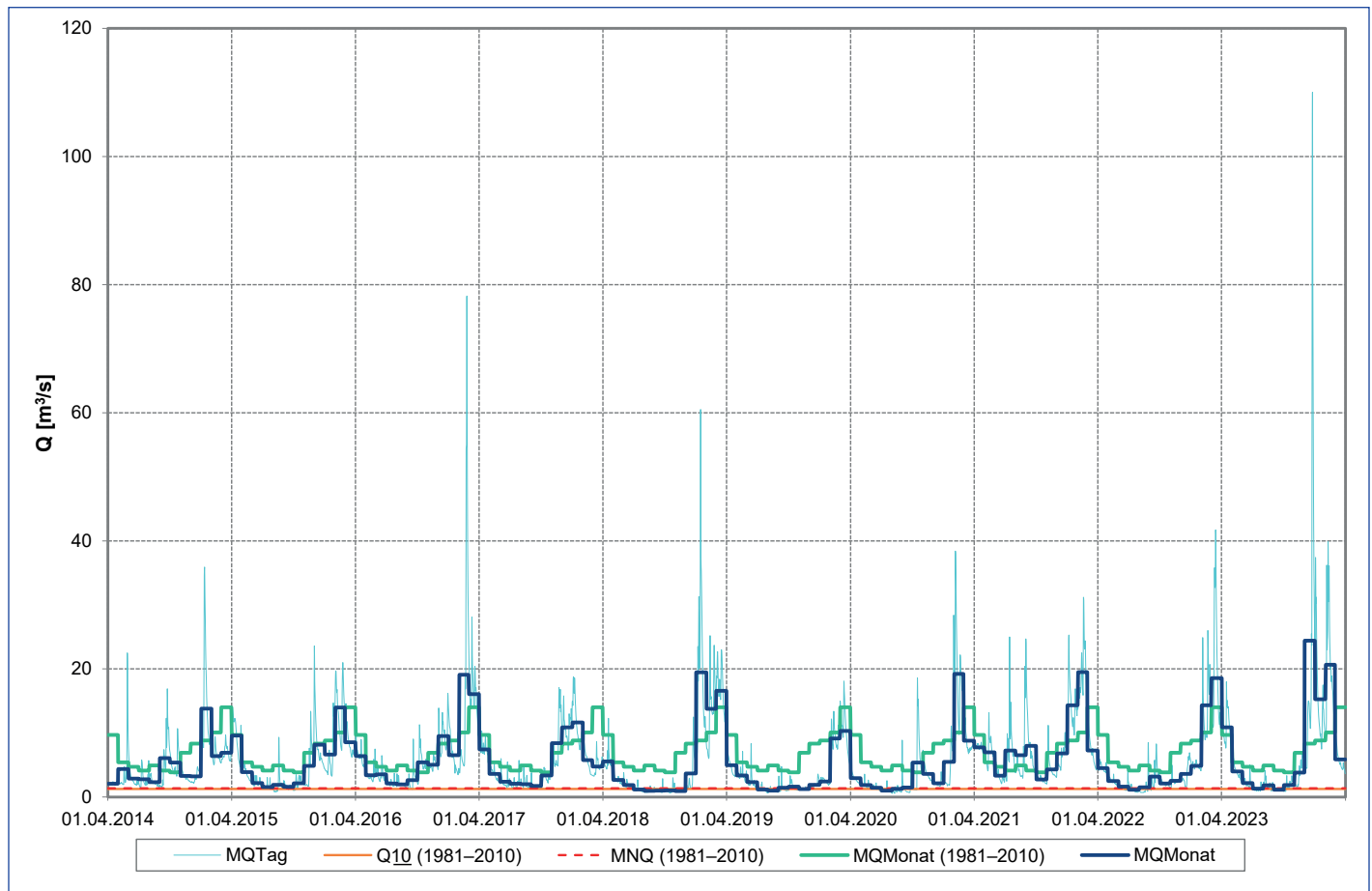


Diagramm 6-2: Entwicklung der hydrologischen Situation im Zeitraum 2014 – 2023

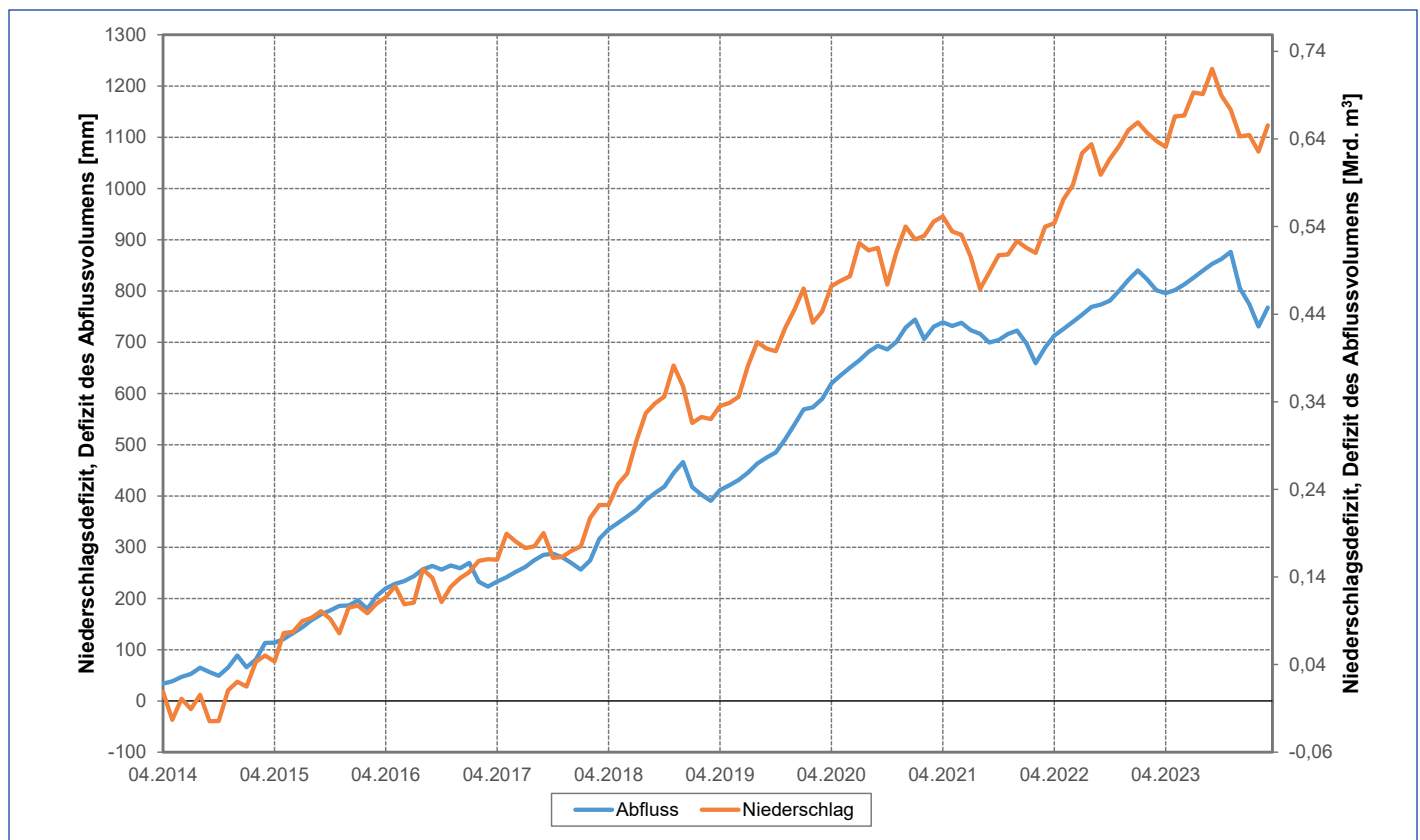


Diagramm 6-3: Entwicklung des Defizits des Abfluss- und des Niederschlagsvolumens in Bezug auf die mehrjährigen Werte für den Zeitraum 1981 – 2010

Tabelle A-7: Vergleich ausgewählter Kenngrößen des Zeitraums 2014 – 2023 sowie der Einzeljahre mit den mehrjährigen Mitteln für den Zeitraum 1981 – 2010

	1981-2010	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2014-2023
Mittlere Jahrestemperatur der Luft [°C]	7,6	8,7	8,8	8,3	8,0	9,9	9,4	8,6	8,2	9,2	9,7	8,9
Abweichung vom Normalwert [°C]		1,1	1,2	0,7	0,4	2,3	1,8	1,0	0,6	1,6	2,1	1,3
Anzahl der Monate über dem Monats-Normalwert		10	6	8	8	11	11	10	9	10	10	93
Jährliche Niederschlagshöhe [mm]	825	807	772	766	805	698	673	722	902	711	855	771
% des jährlichen Normalwerts des Niederschlags		98	94	93	98	85	82	88	109	86	104	93
Anzahl der Monate unter dem Monats-Normalwert		7	7	9	6	9	9	8	6	9	5	75
Jährlicher MQ [m³/s]	63,3	40,0	42,6	52,4	50,6	44,4	30,1	34,6	65,1	37,0	57,2	45,4
% des mehrjährigen MQ		63	67	83	80	70	48	55	103	59	90	72
Anzahl der Monate mit MQ _{Monat} unter den mehrjährigen MQ _{Monat}		9	11	9	8	9	12	11	6	11	9	95
Abflussdefizit [Mrd. m³]		0,710	0,631	0,317	0,375	0,570	1,03	0,881	-0,083	0,802	0,167	5,40
Q_{4d} [m³/s]	15,7	14,7	11,8	12,4	16,9	8,96	9,51	7,21	22,4	8,69	10,1	12,3
% des mehrjährigen Q _{4d}		94	75	79	108	57	61	46	143	55	64	78
Anzahl der Monate mit MQ _{Monat} unter dem mehrjährigen Q _{4d}		0	0	0	0	5	4	2	0	3	2	16
Anzahl der Tage mit MQ _{Tag} unter dem mehrjährigen Q _{4d}		12	39	20	4	152	140	111	0	92	79	649
MNQ [m³/s]	16,8	13,5	10,3	11,2	14,0	8,23	8,15	5,33	20,5	8,05	9,73	10,9
% des mehrjährigen MNQ		80	61	67	83	49	49	32	122	48	58	65
Anzahl der Monate mit MQ _{Monat} unter dem mehrjährigen MNQ		0	0	0	0	5	4	2	0	3	3	17
Anzahl der Tage mit MQ _{Tag} unter dem mehrjährigen MNQ		18	58	26	10	157	153	125	0	102	95	744
NQ [m³/s]	11,9	13,5	10,3	11,2	14,0	8,23	8,15	5,33	20,5	8,05	9,73	5,33
% des mehrjährigen NQ		113	87	94	118	69	68	45	172	68	82	45
Anzahl der Monate mit MQ _{Monat} unter dem mehrjährigen NQ		0	0	0	0	4	1	1	0	0	1	7
Anzahl der Tage mit MQ _{Tag} unter dem mehrjährigen NQ		0	12	5	0	110	58	69	0	50	45	349
NM7Q [m³/s]	18,6	15,1	10,7	12,0	16,8	8,53	8,88	5,73	21,8	8,37	9,90	11,8
% des mehrjährigen NM7Q		81	58	65	90	46	48	31	117	45	53	63
Anzahl der Monate mit MQ _{Monat} unter dem mehrjährigen NM7Q		0	2	0	0	5	6	5	0	4	3	25
Anzahl der Tage mit MQ _{Tag} unter dem mehrjährigen NM7Q		47	83	32	29	169	162	155	0	129	114	920
Min. NM7Q [m³/s]	12,9	15,1	10,7	12,0	16,8	8,53	8,88	5,73	21,8	8,37	9,90	5,73
% des mehrjährigen Min. NM7Q		117	83	93	130	66	69	44	169	65	77	44
Anzahl der Monate mit MQ _{Monat} unter dem mehrjährigen Min. NM7Q		0	0	0	0	4	2	2	0	2	1	11
Anzahl der Tage mit MQ _{Tag} unter dem mehrjährigen Min. NM7Q		0	16	13	0	126	88	81	0	61	52	437

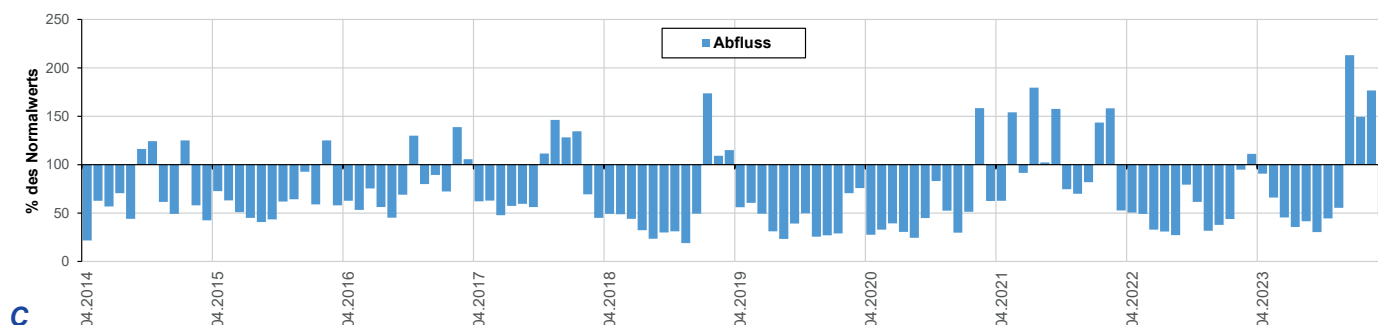
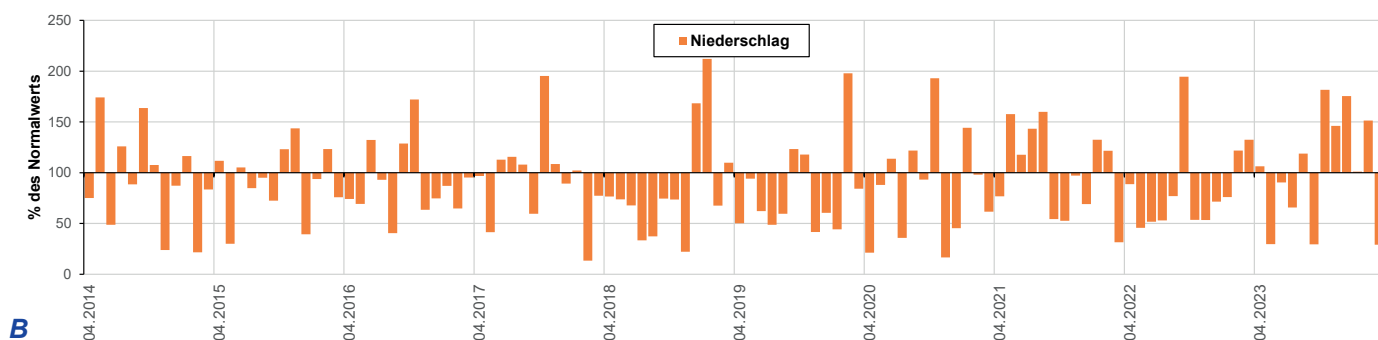
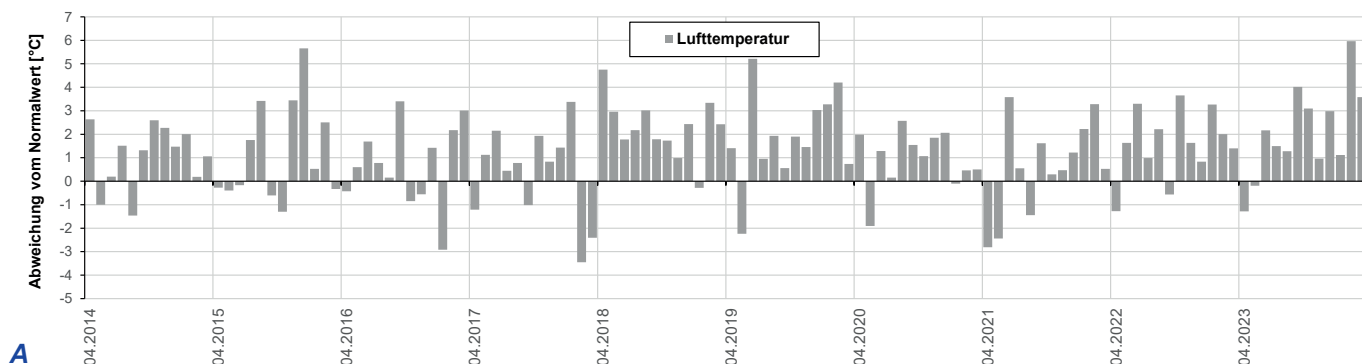


Diagramm 7-1: Vergleich der mittleren Monatswerte der Lufttemperaturen (A), der Niederschläge (B) und der Abflüsse (C) im Bewertungszeitraum 04/2014 – 03/2024 mit den mehrjährigen Monatsmitteln für den Zeitraum 1981 – 2010

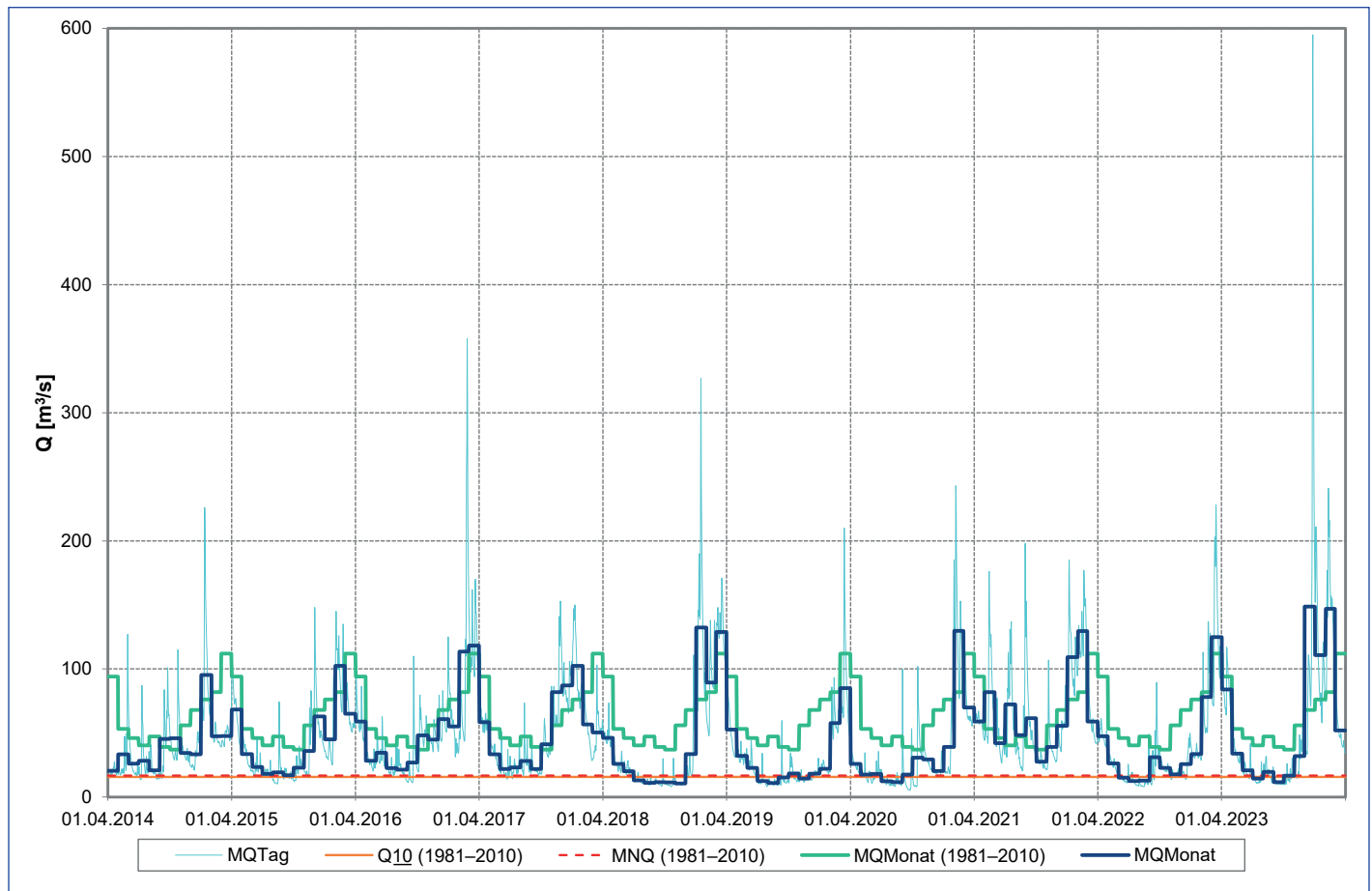


Diagramm 7-2: Entwicklung der hydrologischen Situation im Zeitraum 2014 – 2023

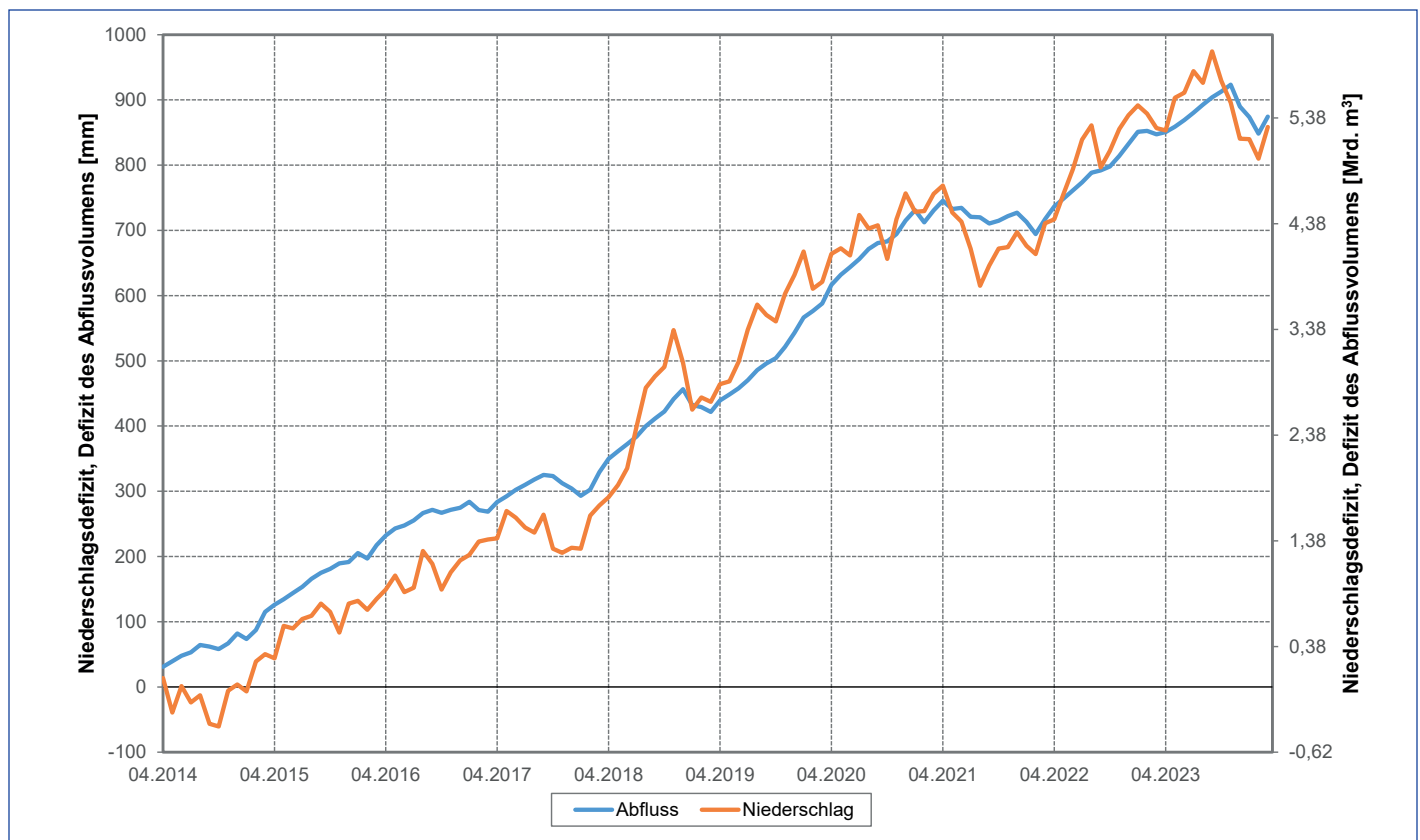
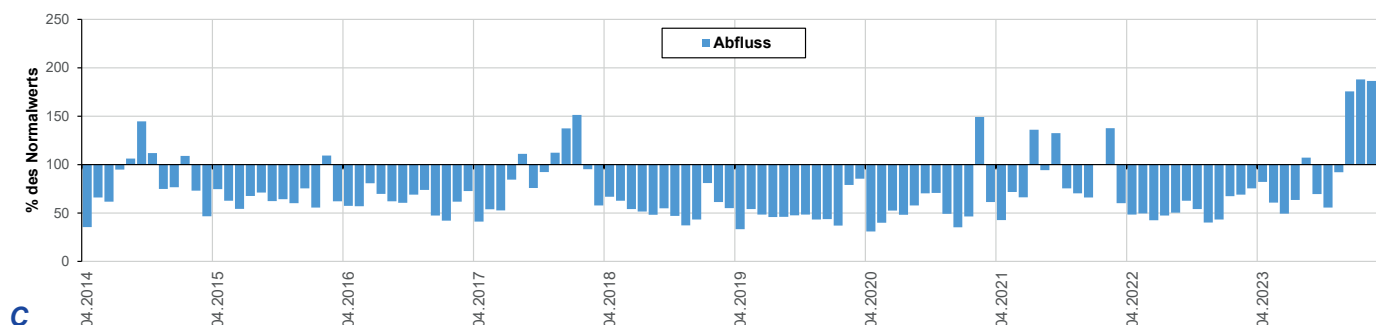
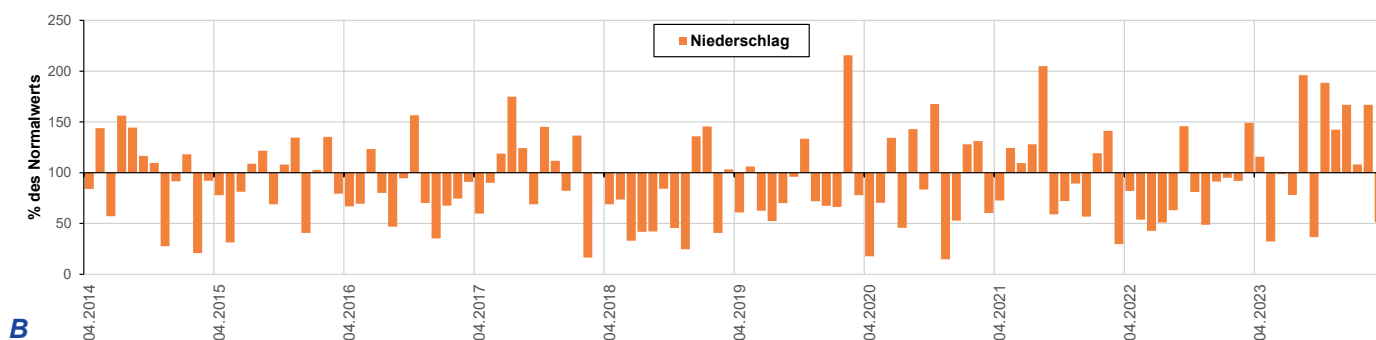
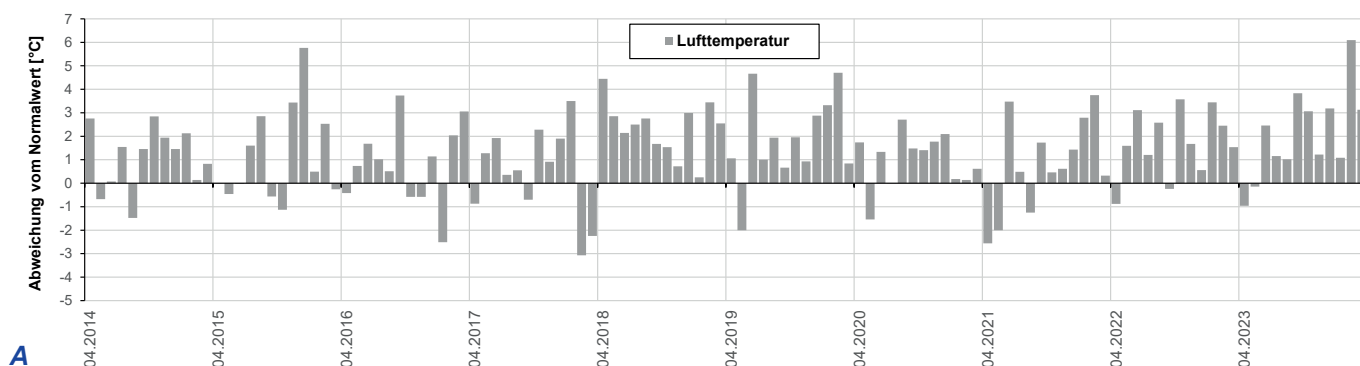


Diagramm 7-3: Entwicklung des Defizits des Abfluss- und des Niederschlagsvolumens in Bezug auf die mehrjährigen Werte für den Zeitraum 1981 – 2010

Tabelle A-8: Vergleich ausgewählter Kenngrößen des Zeitraums 2014 – 2023 sowie der Einzeljahre mit den mehrjährigen Mitteln für den Zeitraum 1981 – 2010

	1981-2010	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2014-2023
Mittlere Jahrestemperatur der Luft [°C]	8,6	9,7	9,8	9,4	9,1	10,9	10,4	9,6	9,4	10,3	10,7	9,9
Abweichung vom Normalwert [°C]		1,1	1,2	0,8	0,5	2,3	1,8	1,0	0,8	1,7	2,1	1,3
Anzahl der Monate über dem Monats-Normalwert		10	6	8	8	12	11	10	9	10	10	94
Jährliche Niederschlagshöhe [mm]	649	672	602	537	709	459	576	574	691	538	753	611
% des jährlichen Normalwerts des Niederschlags		104	93	83	109	71	89	88	107	83	116	94
Anzahl der Monate unter dem Monats-Normalwert		6	6	10	6	9	9	7	6	10	5	74
Jährlicher MQ [m³/s]	117	90,1	81,4	72,3	103	66,9	62,2	70,2	98,0	65,8	125	83,5
% des mehrjährigen MQ		77	70	62	88	57	53	60	84	56	107	71
Anzahl der Monate mit MQ _{Monat} unter den mehrjährigen MQ _{Monat}		8	11	12	8	12	12	11	8	12	8	102
Abflussdefizit [Mrd. m³]		0,846	1,13	1,41	0,444	1,58	1,74	1,48	0,596	1,61	-0,248	10,6
Q_{4d} [m³/s]	42,8	50,6	41,5	38,0	41,4	33,3	31,2	33,5	48,6	31,7	40,2	39,0
% des mehrjährigen Q _{4d}		118	97	89	97	78	73	78	114	74	94	91
Anzahl der Monate mit MQ _{Monat} unter dem mehrjährigen Q _{4d}		0	0	0	0	5	4	3	0	4	0	16
Anzahl der Tage mit MQ _{Tag} unter dem mehrjährigen Q _{4d}		0	17	35	12	148	135	143	6	138	28	662
MNQ [m³/s]	47,3	43,2	36,7	35,2	39,1	30,9	29,2	32,0	40,5	30,3	38,3	35,5
% des mehrjährigen MNQ		91	78	74	83	65	62	68	86	64	81	75
Anzahl der Monate mit MQ _{Monat} unter dem mehrjährigen MNQ		0	1	2	0	5	6	4	0	6	3	27
Anzahl der Tage mit MQ _{Tag} unter dem mehrjährigen MNQ		4	73	57	26	180	190	180	9	181	81	981
NQ [m³/s]	35,4	43,2	36,7	35,2	39,1	30,9	29,2	32,0	40,5	30,3	38,3	29,2
% des mehrjährigen NQ		122	104	99	110	87	82	90	114	86	108	82
Anzahl der Monate mit MQ _{Monat} unter dem mehrjährigen NQ		0	0	0	0	1	3	0	0	1	0	5
Anzahl der Tage mit MQ _{Tag} unter dem mehrjährigen NQ		0	0	2	0	28	81	29	0	37	0	177
NM7Q [m³/s]	50,9	48,0	37,8	37,0	40,9	32,0	31,0	33,2	42,2	30,7	39,0	37,2
% des mehrjährigen NM7Q		94	74	73	80	63	61	65	83	60	77	73
Anzahl der Monate mit MQ _{Monat} unter dem mehrjährigen NM7Q		0	3	2	1	5	6	6	0	6	4	33
Anzahl der Tage mit MQ _{Tag} unter dem mehrjährigen NM7Q		13	113	77	45	189	217	200	21	203	93	1171
Min. NM7Q [m³/s]	36,7	48,0	37,8	37,0	40,9	32,0	31,0	33,2	42,2	30,7	39,0	30,7
% des mehrjährigen Min. NM7Q		131	103	101	111	87	84	90	115	84	106	84
Anzahl der Monate mit MQ _{Monat} unter dem mehrjährigen Min. NM7Q		0	0	0	0	1	3	1	0	2	0	7
Anzahl der Tage mit MQ _{Tag} unter dem mehrjährigen Min. NM7Q		0	0	5	0	53	90	45	0	51	0	244

**Diagramm 8-1:** Vergleich der mittleren Monatswerte der Lufttemperaturen (A), der Niederschläge (B) und der Abflüsse (C) im Bewertungszeitraum 04/2014 – 03/2024 mit den mehrjährigen Monatsmitteln für den Zeitraum 1981 – 2010

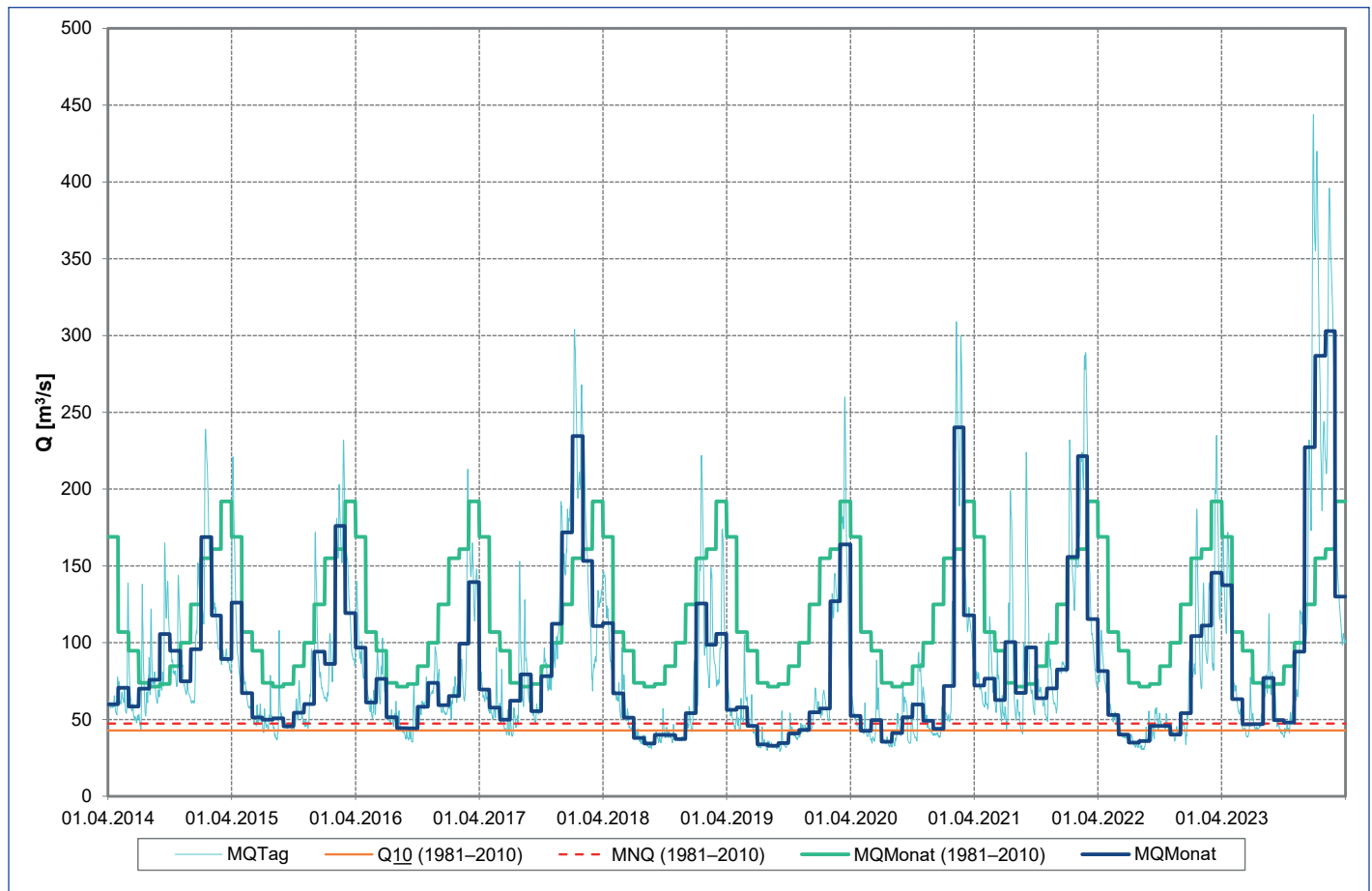


Diagramm 8-2: Entwicklung der hydrologischen Situation im Zeitraum 2014 – 2023

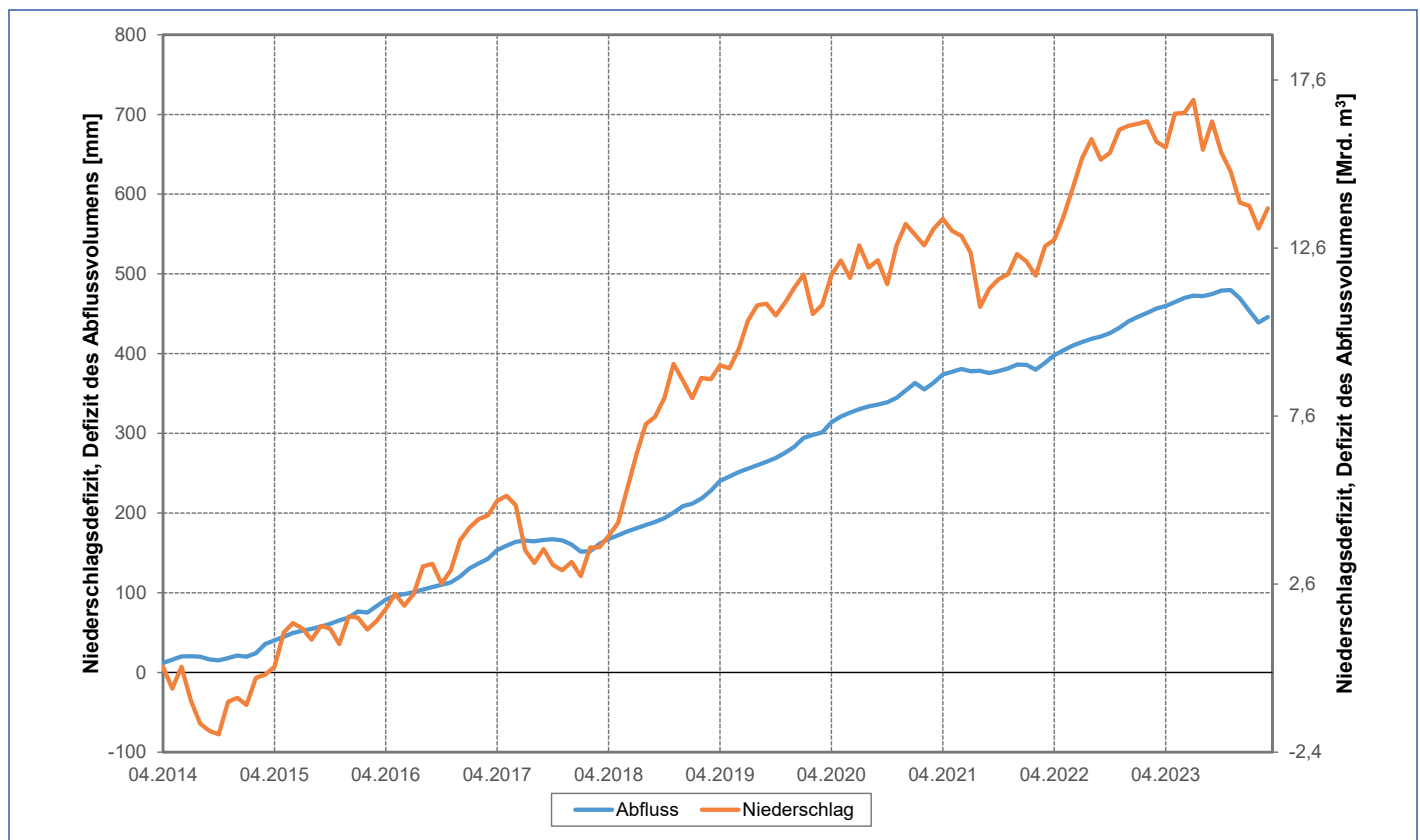


Diagramm 8-3: Entwicklung des Defizits des Abfluss- und des Niederschlagsvolumens in Bezug auf die mehrjährigen Werte für den Zeitraum 1981 – 2010

Tabelle A-9: Vergleich ausgewählter Kenngrößen des Zeitraums 2014 – 2023 sowie der Einzeljahre mit den mehrjährigen Mitteln für den Zeitraum 1981 – 2010

	1981-2010	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2014-2023
Mittlere Jahrestemperatur der Luft [°C]	8,0	9,2	9,3	8,6	8,6	10,3	9,8	8,7	8,7	9,5	10,1	9,3
Abweichung vom Normalwert [°C]		1,2	1,3	0,5	0,6	2,3	1,8	0,7	0,6	1,5	2,1	1,3
Anzahl der Monate über dem Monats-Normalwert		10	8	7	8	12	11	9	8	10	10	93
Jährliche Niederschlagshöhe [mm]	676	673	580	595	680	547	585	670	670	673	731	641
% des jährlichen Normalwerts des Niederschlags		100	86	88	101	81	87	99	99	100	108	95
Anzahl der Monate unter dem Monats-Normalwert		6	8	9	5	9	9	6	6	6	5	69
Jährlicher MQ [m³/s]	554	410	372	368	437	319	288	379	463	362	573	397
% des mehrjährigen MQ		74	67	66	79	58	52	68	84	65	103	72
Anzahl der Monate mit MQ _{Monat} unter den mehrjährigen MQ _{Monat}		9	12	12	9	12	12	10	8	12	9	105
Abflussdefizit [Mrd. m³]		4,53	5,76	5,87	3,67	7,38	8,40	5,50	2,86	6,05	-0,608	49,4
Q_{4d} [m³/s]	209	226	171	185	210	140	140	180	262	182	163	186
% des mehrjährigen Q _{4d}		108	82	89	100	67	67	86	125	87	78	89
Anzahl der Monate mit MQ _{Monat} unter dem mehrjährigen Q _{4d}		0	3	0	0	5	3	1	0	1	2	15
Anzahl der Tage mit MQ _{Tag} unter dem mehrjährigen Q _{4d}		0	93	29	8	176	122	60	0	37	63	588
MNQ [m³/s]	225	215	147	173	201	134	133	171	247	150	159	173
% des mehrjährigen MNQ		96	65	77	89	60	59	76	110	67	71	77
Anzahl der Monate mit MQ _{Monat} unter dem mehrjährigen MNQ		0	3	1	0	5	4	1	0	1	3	18
Anzahl der Tage mit MQ _{Tag} unter dem mehrjährigen MNQ		9	116	37	40	186	159	81	0	74	92	794
NQ [m³/s]	173	215	147	173	201	134	133	171	247	150	159	133
% des mehrjährigen NQ		124	85	100	116	77	77	99	143	87	92	77
Anzahl der Monate mit MQ _{Monat} unter dem mehrjährigen NQ		0	0	0	0	5	3	0	0	0	0	8
Anzahl der Tage mit MQ _{Tag} unter dem mehrjährigen NQ		0	12	0	0	142	85	1	0	8	28	276
NM7Q [m³/s]	239	220	152	180	206	139	137	178	260	160	162	179
% des mehrjährigen NM7Q		92	64	75	86	58	57	74	109	67	68	75
Anzahl der Monate mit MQ _{Monat} unter dem mehrjährigen NM7Q		0	4	1	2	7	6	3	0	3	4	30
Anzahl der Tage mit MQ _{Tag} unter dem mehrjährigen NM7Q		21	135	47	70	193	174	102	0	99	108	949
Min. NM7Q [m³/s]	175	220	152	180	206	139	137	178	260	160	162	137
% des mehrjährigen Min. NM7Q		126	87	103	118	79	78	102	149	91	93	78
Anzahl der Monate mit MQ _{Monat} unter dem mehrjährigen Min. NM7Q		0	0	0	0	5	3	0	0	0	0	8
Anzahl der Tage mit MQ _{Tag} unter dem mehrjährigen Min. NM7Q		0	12	2	0	145	89	4	0	9	30	291

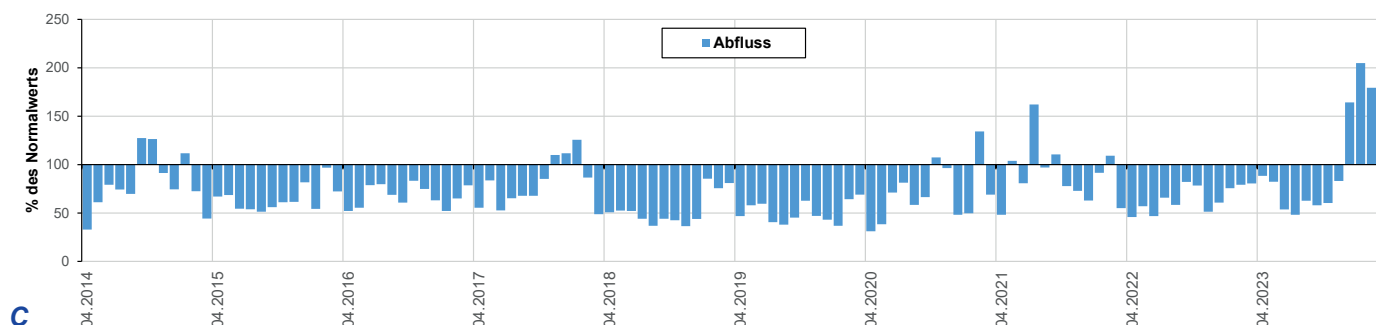
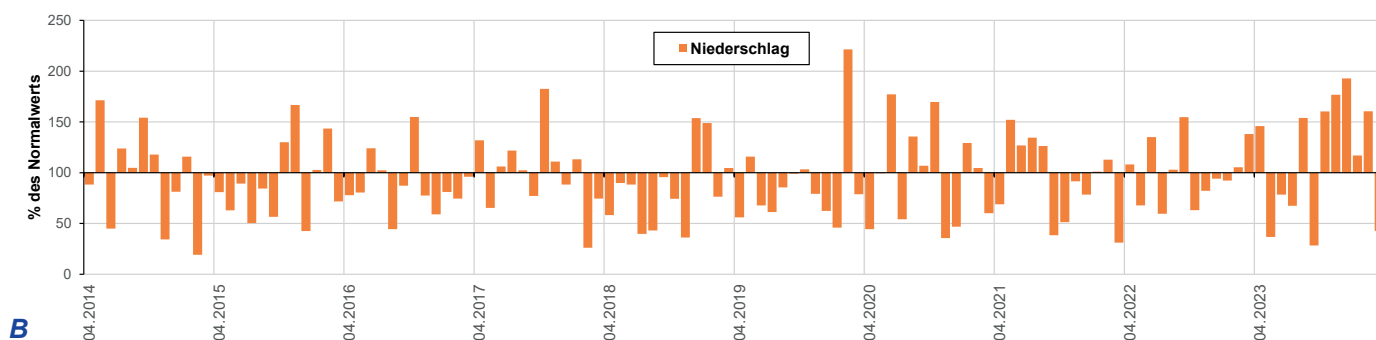
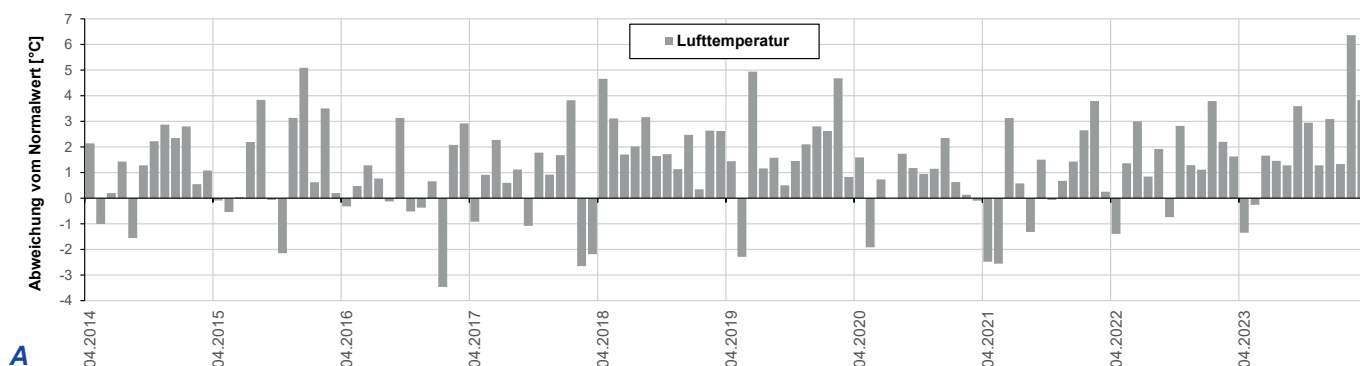


Diagramm 9-1: Vergleich der mittleren Monatswerte der Lufttemperaturen (A), der Niederschläge (B) und der Abflüsse (C) im Bewertungszeitraum 04/2014 – 03/2024 mit den mehrjährigen Monatsmitteln für den Zeitraum 1981 – 2010

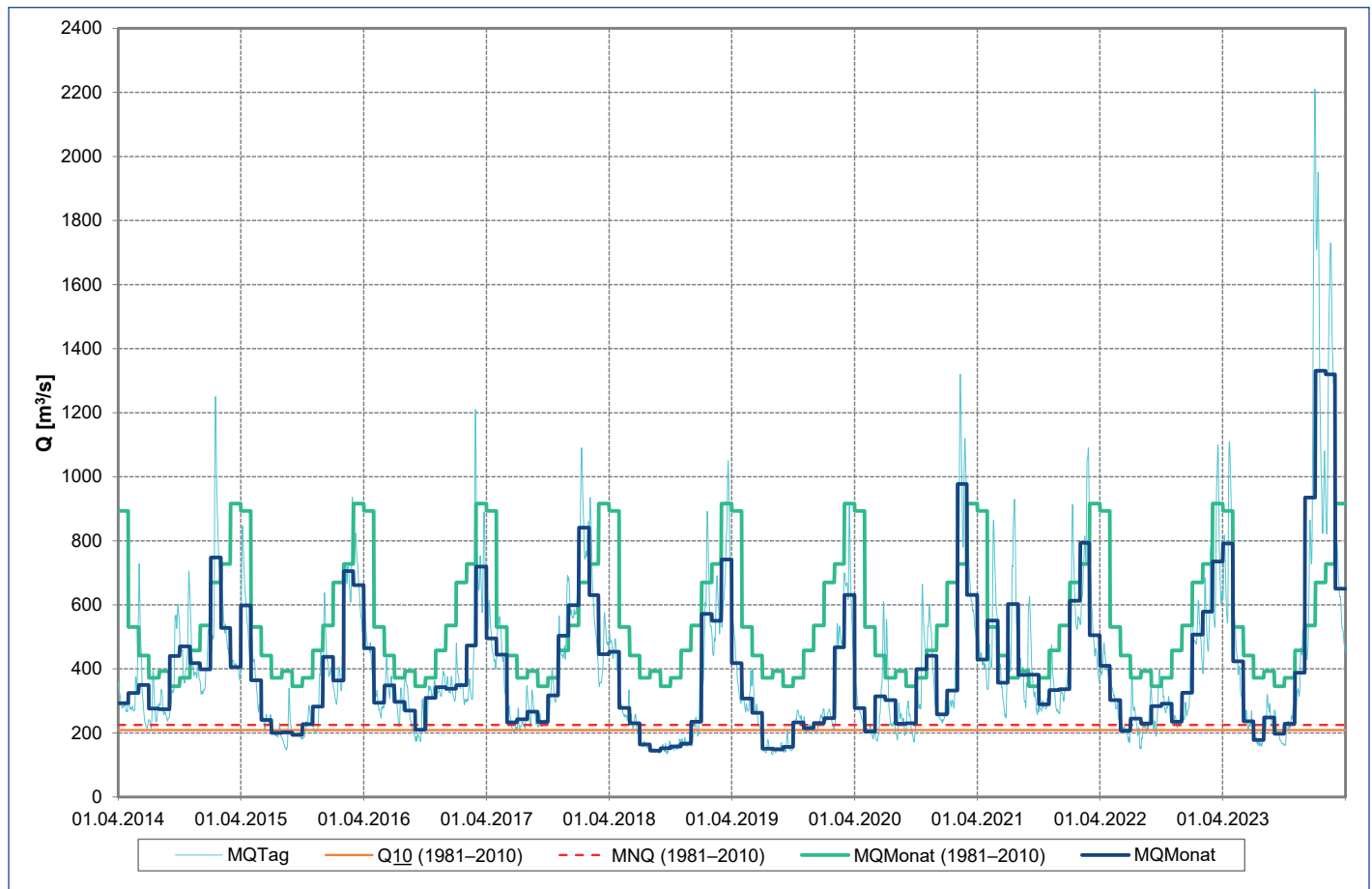


Diagramm 9-2: Entwicklung der hydrologischen Situation im Zeitraum 2014 – 2023

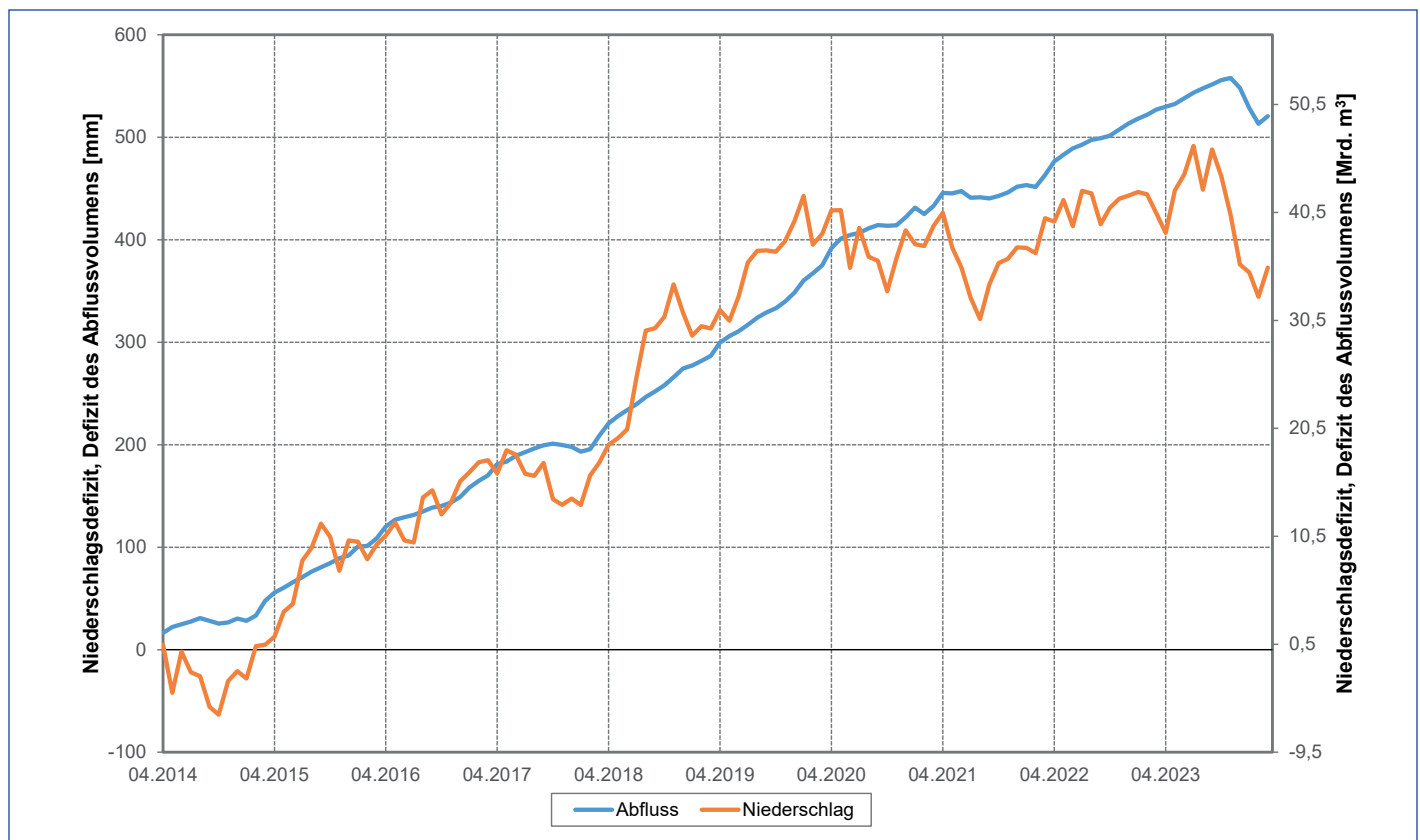


Diagramm 9-3: Entwicklung des Defizits des Abfluss- und des Niederschlagsvolumens in Bezug auf die mehrjährigen Werte für den Zeitraum 1981 – 2010

Tabelle A-10: Vergleich ausgewählter Kenngrößen des Zeitraums 2014 – 2023 sowie der Einzeljahre mit den mehrjährigen Mitteln für den Zeitraum 1981 – 2010

	1981-2010	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2014-2023
Mittlere Jahrestemperatur der Luft [°C]	9,1	10,4	9,8	9,9	9,3	11,4	10,8	10,1	10,2	10,5	10,8	10,3
Abweichung vom Normalwert [°C]		1,3	0,7	0,8	0,2	2,3	1,7	1,0	1,1	1,4	1,7	1,2
Anzahl der Monate über dem Monats-Normalwert		10	5	7	6	12	11	10	9	9	10	89
Jährliche Niederschlagshöhe [mm]	671	672	637	574	894	392	654	537	663	572	766	636
% des jährlichen Normalwerts des Niederschlags		100	95	86	133	58	97	80	99	85	114	95
Anzahl der Monate unter dem Monats-Normalwert		5	8	9	4	10	7	10	6	7	5	71
Jährlicher MQ [m³/s]	4,60	3,38	4,15	3,06	7,61	2,72	3,20	2,81	3,92	3,08	5,25	3,92
% des mehrjährigen MQ		73	90	67	165	59	69	61	85	67	114	85
Anzahl der Monate mit MQ _{Monat} unter den mehrjährigen MQ _{Monat}		11	9	12	3	10	11	12	10	12	8	98
Abflussdefizit [Mrd. m³]	0,038	0,014	0,048	-0,095	0,059	0,045	0,056	0,021	0,048	-0,020	0,214	0,214
Q₁₀ [m³/s]	0,840	1,40	1,29	1,15	2,12	0,932	0,594	0,726	1,27	0,660	0,940	1,11
% des mehrjährigen Q ₁₀		167	154	137	252	111	71	86	151	79	112	132
Anzahl der Monate mit MQ _{Monat} unter dem mehrjährigen Q ₁₀		0	0	0	0	0	3	0	0	2	0	5
Anzahl der Tage mit MQ _{Tag} unter dem mehrjährigen Q ₁₀		0	0	0	0	0	63	23	0	48	1	135
MNQ [m³/s]	1,11	1,20	1,16	1,03	1,70	0,882	0,494	0,620	1,08	0,480	0,838	0,948
% des mehrjährigen MNQ		108	105	93	153	79	45	56	97	43	75	85
Anzahl der Monate mit MQ _{Monat} unter dem mehrjährigen MNQ		0	0	0	0	1	3	2	0	2	0	8
Anzahl der Tage mit MQ _{Tag} unter dem mehrjährigen MNQ		0	0	3	0	61	107	64	2	76	23	336
NQ [m³/s]	0,300	1,20	1,16	1,03	1,70	0,882	0,494	0,620	1,08	0,480	0,838	0,480
% des mehrjährigen NQ		400	387	343	567	294	165	207	360	160	279	160
Anzahl der Monate mit MQ _{Monat} unter dem mehrjährigen NQ		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Anzahl der Tage mit MQ _{Tag} unter dem mehrjährigen NQ		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NM7Q [m³/s]	1,25	1,33	1,26	1,14	1,93	0,929	0,541	0,656	1,22	0,579	0,875	1,05
% des mehrjährigen NM7Q		106	101	91	154	74	43	52	98	46	70	84
Anzahl der Monate mit MQ _{Monat} unter dem mehrjährigen NM7Q		0	0	1	0	3	4	3	0	2	1	14
Anzahl der Tage mit MQ _{Tag} unter dem mehrjährigen NM7Q		2	4	19	0	99	118	82	7	84	45	460
Min. NM7Q [m³/s]	0,320	1,33	1,26	1,14	1,93	0,929	0,541	0,656	1,22	0,579	0,875	0,541
% des mehrjährigen Min. NM7Q		416	394	356	603	290	169	205	381	181	273	169
Anzahl der Monate mit MQ _{Monat} unter dem mehrjährigen Min. NM7Q		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Anzahl der Tage mit MQ _{Tag} unter dem mehrjährigen Min. NM7Q		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

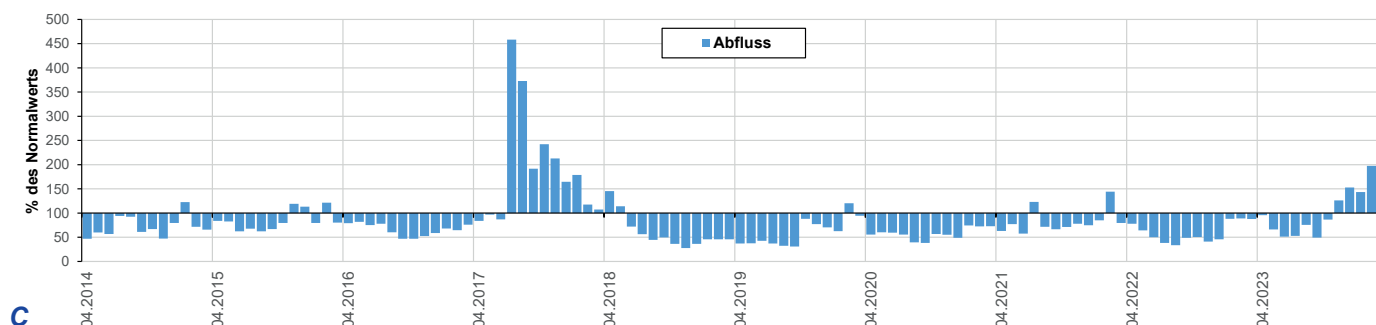
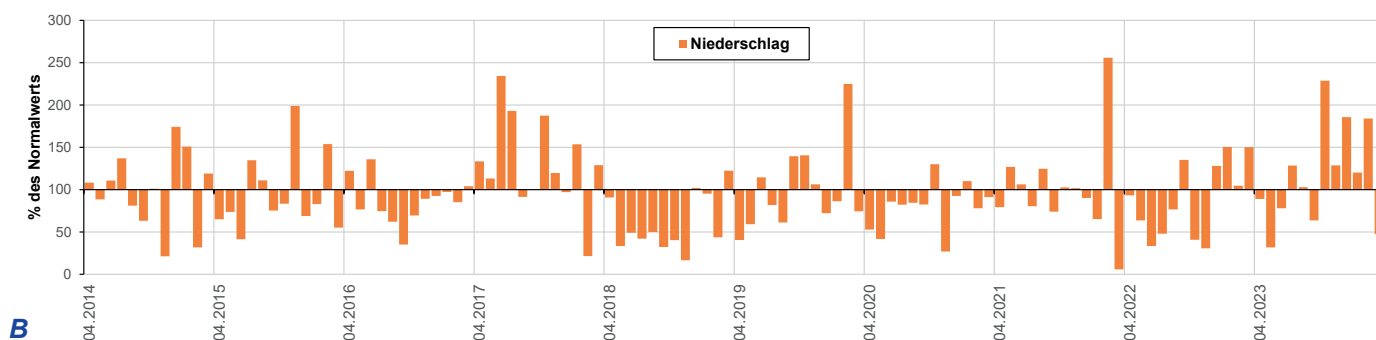
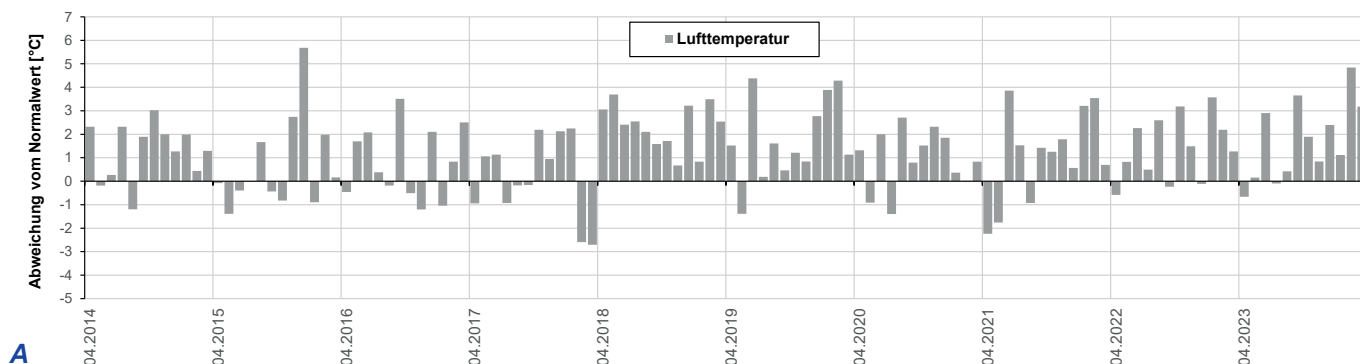


Diagramm 10-1: Vergleich der mittleren Monatswerte der Lufttemperaturen (A), der Niederschläge (B) und der Abflüsse (C) im Bewertungszeitraum 04/2014 – 03/2024 mit den mehrjährigen Monatsmitteln für den Zeitraum 1981 – 2010

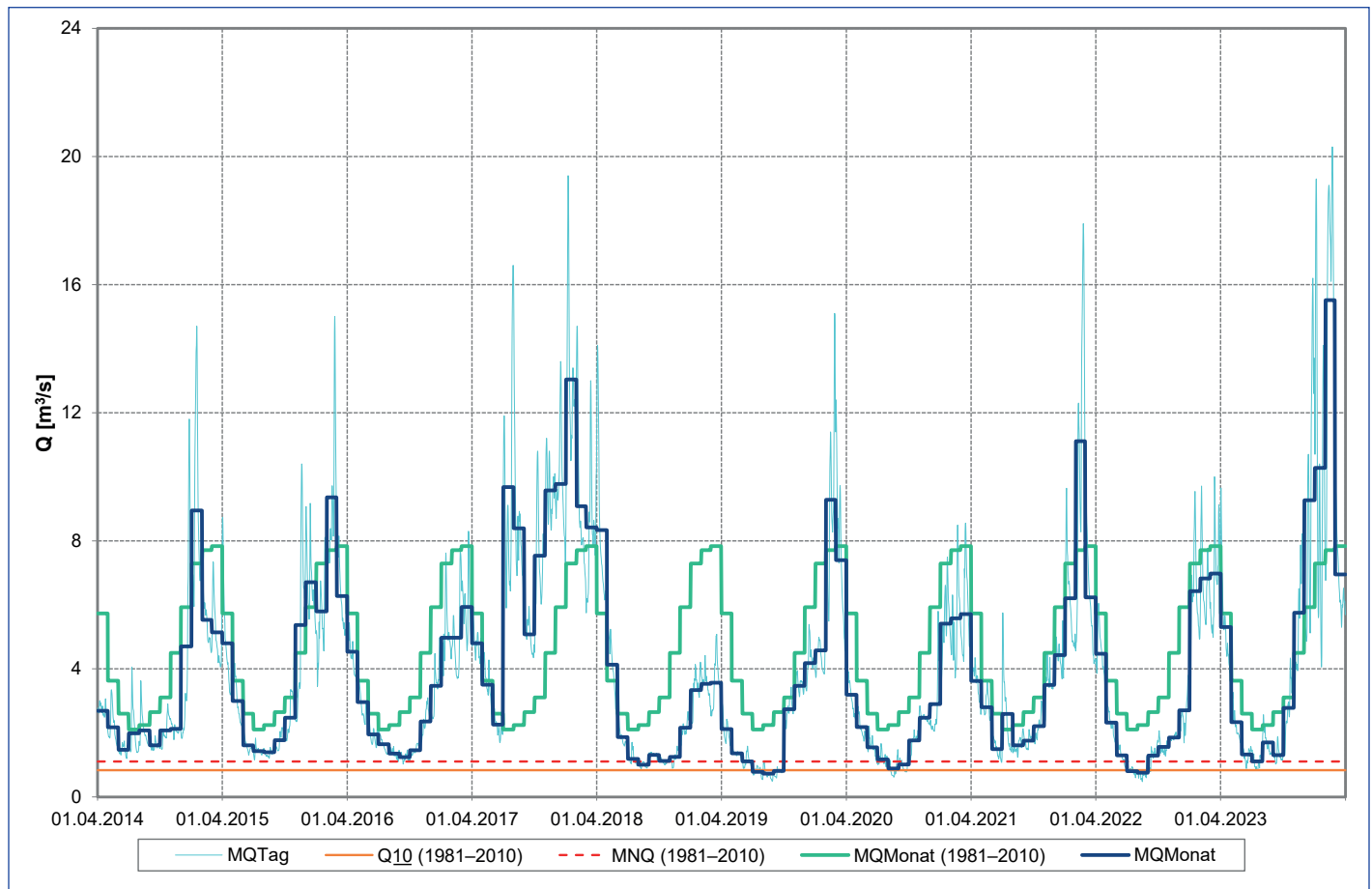


Diagramm 10-2: Entwicklung der hydrologischen Situation im Zeitraum 2014 – 2023

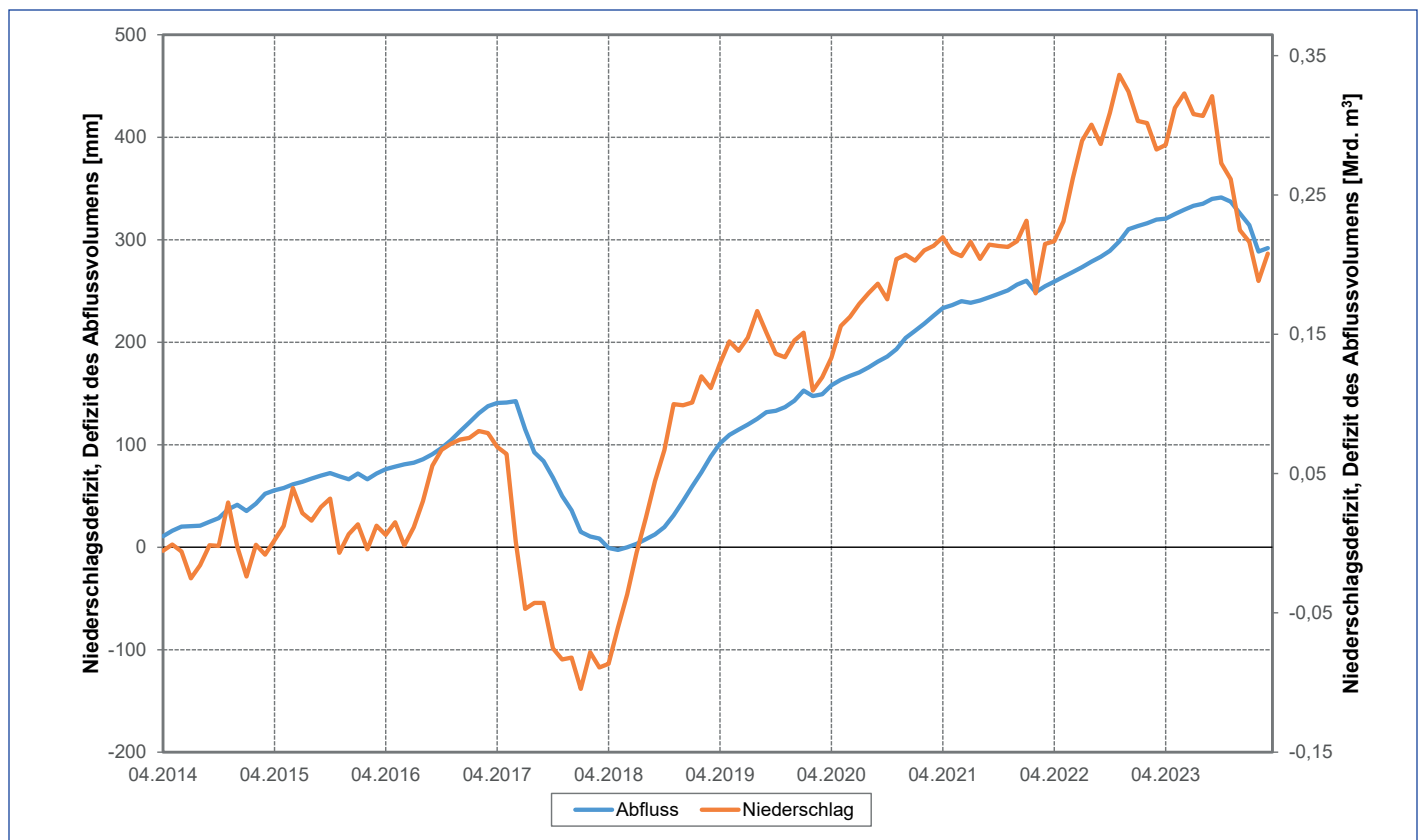


Diagramm 10-3: Entwicklung des Defizits des Abfluss- und des Niederschlagsvolumens in Bezug auf die mehrjährigen Werte für den Zeitraum 1981 – 2010

Tabelle A-11: Vergleich ausgewählter Kenngrößen des Zeitraums 2014 – 2023 sowie der Einzeljahre mit den mehrjährigen Mitteln für den Zeitraum 1981 – 2010

	1981-2010	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2014-2023
Mittlere Jahrestemperatur der Luft [°C]	8,2	9,4	9,4	8,8	8,7	10,5	10,0	9,0	8,9	9,7	10,3	9,5
Abweichung vom Normalwert [°C]		1,2	1,2	0,6	0,5	2,3	1,8	0,8	0,7	1,5	2,1	1,3
Anzahl der Monate über dem Monats-Normalwert		10	7	7	8	12	11	9	9	10	10	93
Jährliche Niederschlagshöhe [mm]	650	664	576	572	618	527	557	648	658	657	725	620
% des jährlichen Normalwerts des Niederschlags		102	89	88	95	81	86	100	101	101	111	95
Anzahl der Monate unter dem Monats-Normalwert		6	9	10	8	9	8	6	7	5	5	73
Jährlicher MQ [m³/s]	699	525	487	464	633	399	369	455	576	435	734	508
% des mehrjährigen MQ		75	70	66	91	57	53	65	82	62	105	73
Anzahl der Monate mit MQ _{Monat} unter den mehrjährigen MQ _{Monat}		9	12	12	8	12	12	11	9	12	9	106
Abflussdefizit [Mrd. m³]	5,50	6,73	7,40	7,40	2,08	9,46	10,4	7,70	3,87	8,33	-1,10	60,4
Q_{4d} [m³/s]	239	280	202	224	288	169	170	222	344	209	202	231
% des mehrjährigen Q _{4d}		117	85	94	121	71	71	93	144	87	85	97
Anzahl der Monate mit MQ _{Monat} unter dem mehrjährigen Q _{4d}		0	1	0	0	5	3	0	0	1	1	11
Anzahl der Tage mit MQ _{Tag} unter dem mehrjährigen Q _{4d}		0	39	22	0	165	97	33	0	56	40	452
MNQ [m³/s]	271	261	177	209	263	163	160	215	288	182	188	211
% des mehrjährigen MNQ		96	65	77	97	60	59	79	106	67	69	78
Anzahl der Monate mit MQ _{Monat} unter dem mehrjährigen MNQ		0	3	1	0	5	3	3	0	3	3	21
Anzahl der Tage mit MQ _{Tag} unter dem mehrjährigen MNQ		2	92	35	6	181	108	87	0	88	82	681
NQ [m³/s]	173	261	177	209	263	163	160	215	288	182	188	160
% des mehrjährigen NQ		151	102	121	152	94	92	124	166	105	109	92
Anzahl der Monate mit MQ _{Monat} unter dem mehrjährigen NQ		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Anzahl der Tage mit MQ _{Tag} unter dem mehrjährigen NQ		0	0	0	0	21	24	0	0	0	0	45
NM7Q [m³/s]	284	277	182	218	267	166	164	222	302	189	194	218
% des mehrjährigen NM7Q		98	64	77	94	58	58	78	106	67	68	77
Anzahl der Monate mit MQ _{Monat} unter dem mehrjährigen NM7Q		0	3	1	0	6	3	3	0	4	3	23
Anzahl der Tage mit MQ _{Tag} unter dem mehrjährigen NM7Q		12	109	47	8	187	126	103	0	109	99	800
Min. NM7Q [m³/s]	174	277	182	218	267	166	164	222	302	189	194	164
% des mehrjährigen Min. NM7Q		159	105	125	153	95	94	128	174	109	111	94
Anzahl der Monate mit MQ _{Monat} unter dem mehrjährigen Min. NM7Q		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Anzahl der Tage mit MQ _{Tag} unter dem mehrjährigen Min. NM7Q		0	0	0	0	26	26	0	0	0	0	52

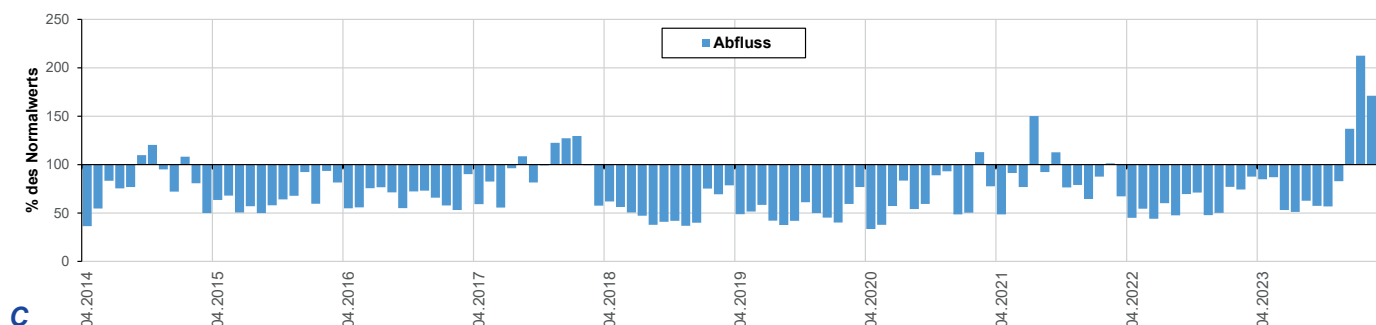
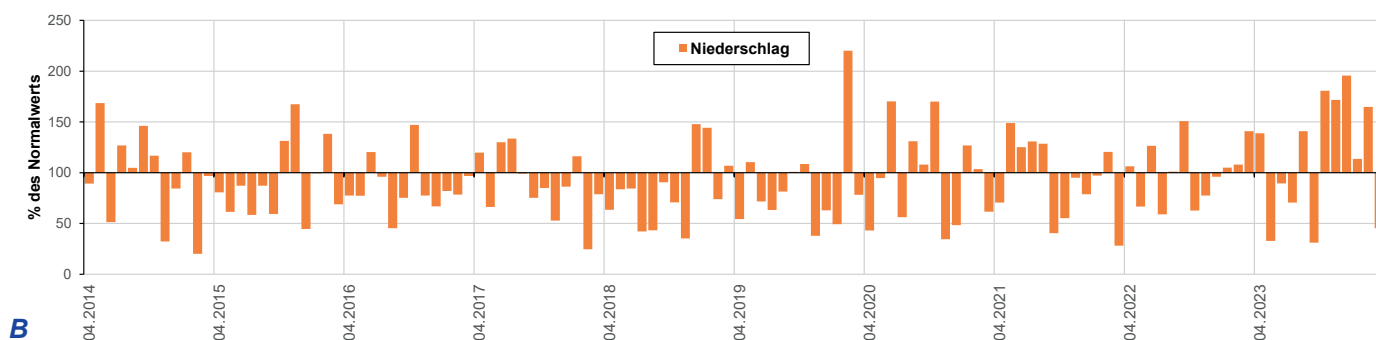
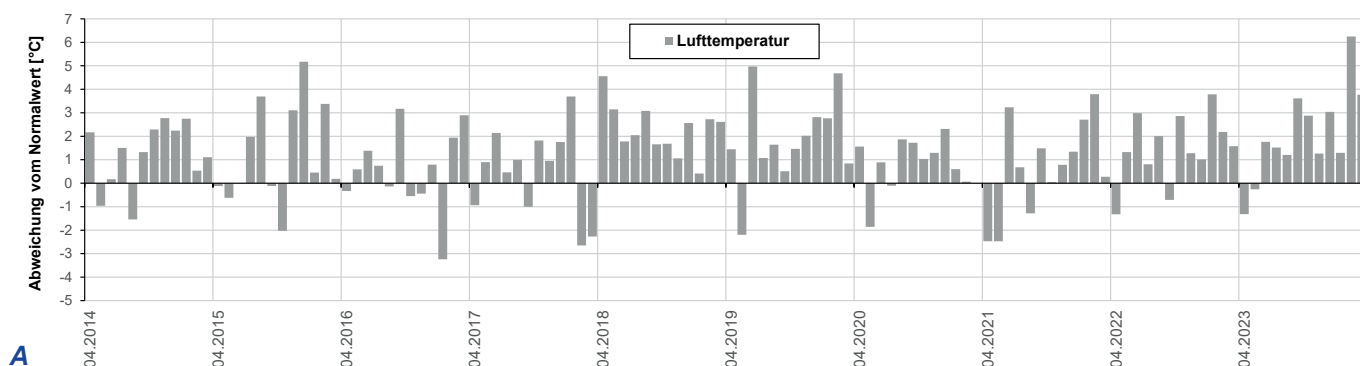


Diagramm 11-1: Vergleich der mittleren Monatswerte der Lufttemperaturen (A), der Niederschläge (B) und der Abflüsse (C) im Bewertungszeitraum 04/2014 – 03/2024 mit den mehrjährigen Monatsmitteln für den Zeitraum 1981 – 2010

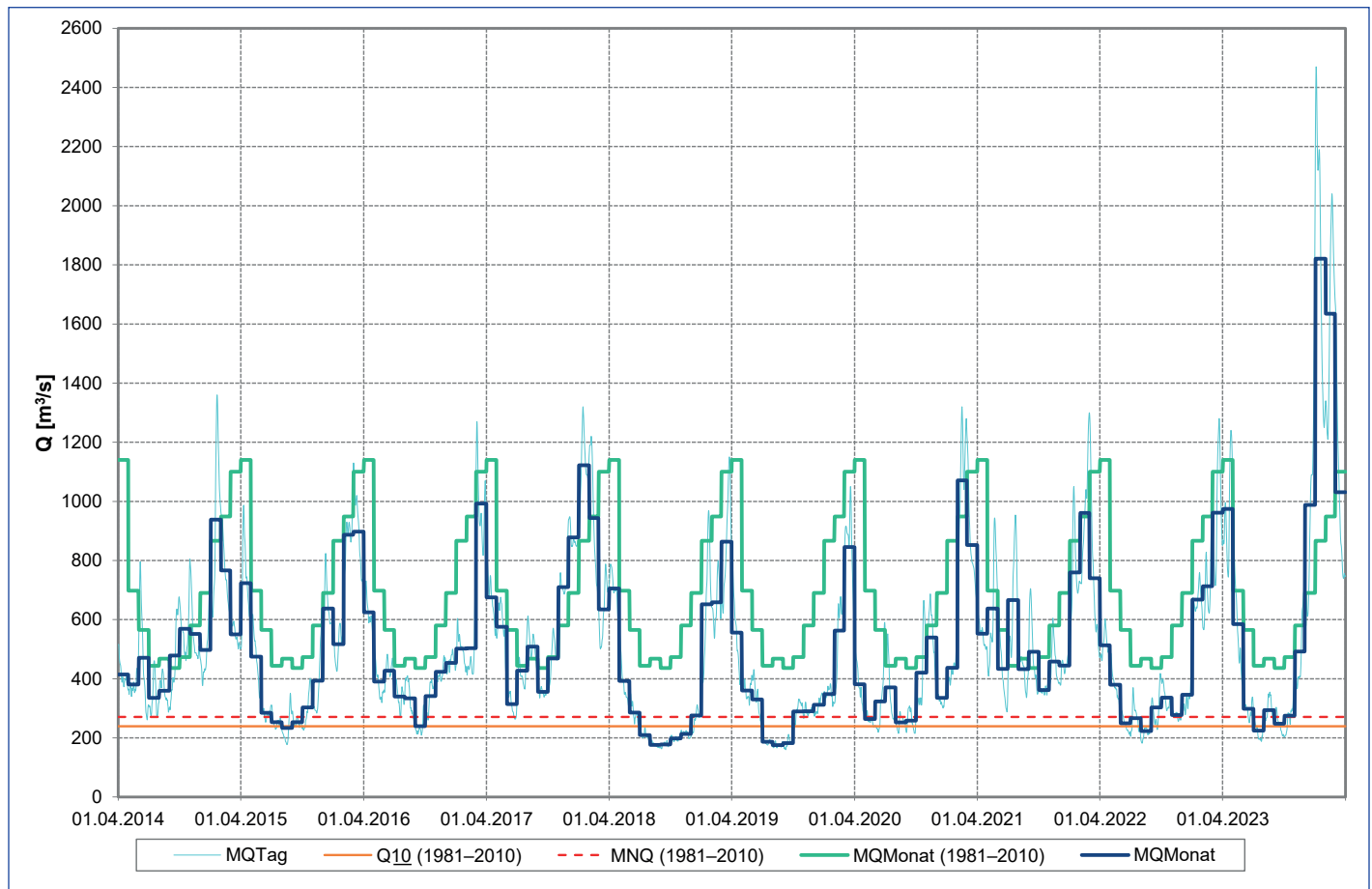


Diagramm 11-2: Entwicklung der hydrologischen Situation im Zeitraum 2014 – 2023

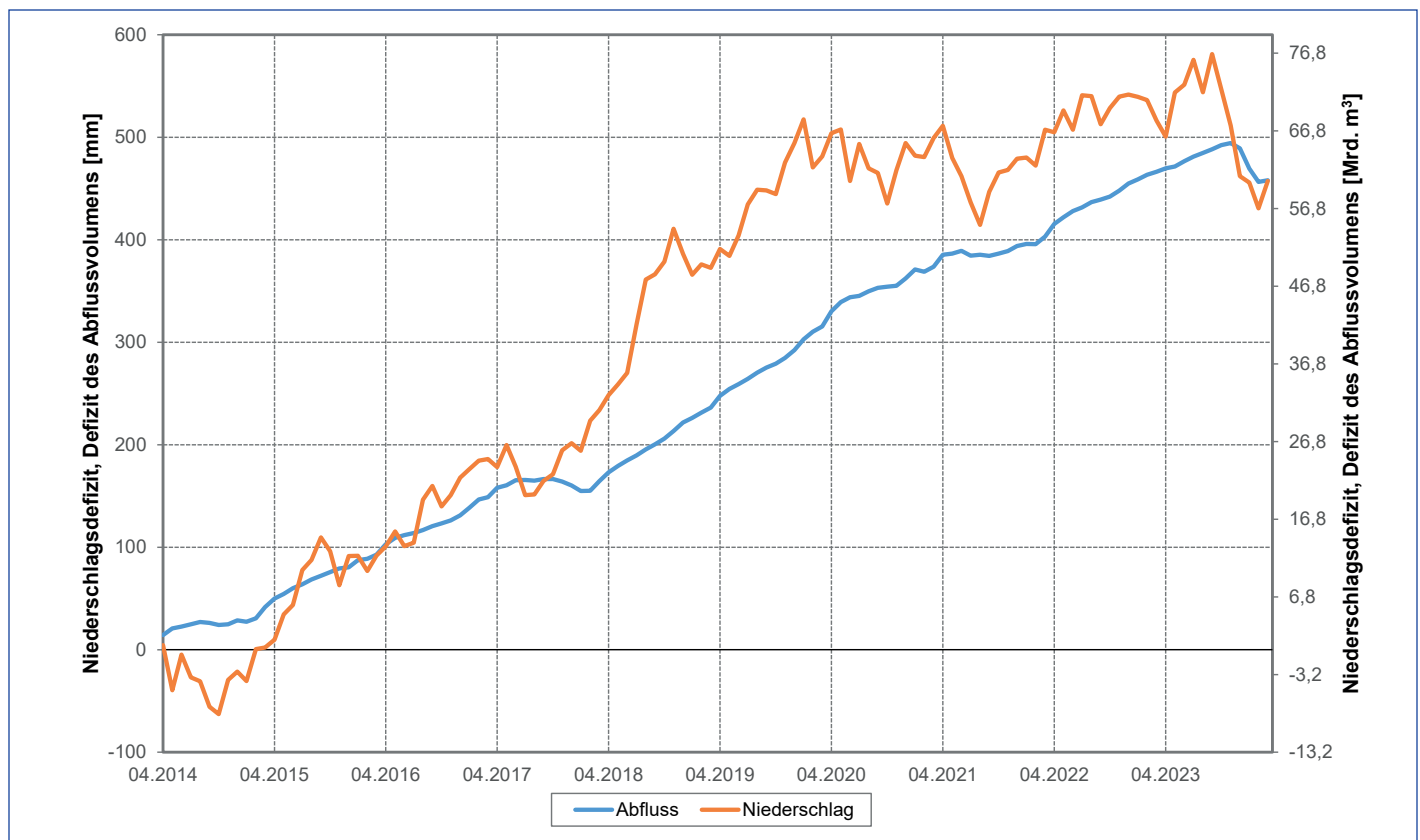


Diagramm 11-3: Entwicklung des Defizits des Abfluss- und des Niederschlagsvolumens in Bezug auf die mehrjährigen Werte für den Zeitraum 1981 – 2010

Teil B

Bewertung des Grundwassers

Inhalt:

1	Einleitung	53
2	Vorgehen	53
3	Auswertung des Einflusses der Trockenperiode auf das Grundwasser	56
3.1	Auswertung des Einflusses der Trockenperiode auf das Grundwasser im tschechischen Teil des Einzugsgebiets der Elbe	56
3.1.1	Gesamtbewertung des tschechischen Teils des Einzugsgebiets der Elbe – Flachbohrungen	56
3.1.2	Gesamtbewertung des tschechischen Teils des Einzugsgebiets der Elbe – Tiefbohrungen	57
3.1.3	Gesamtbewertung des tschechischen Teils des Einzugsgebiets der Elbe – Vergleich der Referenzzeiträume 1981 – 2010 und 1991 – 2020	58
3.1.4	Bewertung der Koordinierungsräume (Flachbohrungen)	58
3.1.5	Bewertung der ausgewählten wasserwirtschaftlich bedeutenden hydrogeologischen Gebiete (Tiefbohrungen)	66
3.2	Auswertung des Einflusses der Trockenperiode auf das Grundwasser im deutschen Teil des Einzugsgebiets der Elbe	69
3.2.1	Gesamtbewertung des deutschen Teils des Einzugsgebiets der Elbe (Flachbohrungen)	69
3.2.2	Vergleich der Referenzzeiträume 1981 – 2010 und 1991 – 2020	70
3.2.3	Bewertung der Koordinierungsräume (Flachbohrungen)	71
4	Fazit	77
5	Liste der Abkürzungen	78
Anlage 1: Flachbohrungen		79
Anlage 2: Tiefbohrungen (nur im tschechischen Teil des Einzugsgebiets der Elbe)		85

Fachliche Bearbeitung und Redaktion

Expertengruppe „Grundwasser“ (GW) der IKSE

Vorsitzende: Susanna Börner (Sächsisches Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft)

Mitglieder (in alphabetischer Reihenfolge):

Nikolaus Classen (Behörde für Umwelt, Klima, Energie und Agrarwirtschaft, Hamburg)
Petr Ferbar (Povodí Labe, státní podnik)
Zuzana Keprtová (Povodí Vltavy, státní podnik)
Vít Kodeš (Český hydrometeorologický ústav)
Sandra Naumann (Geschäftsstelle der Flussgebietsgemeinschaft Elbe)
Lea Petrová (Ministerstvo životního prostředí ČR)
Pavel Poledníček (Povodí Ohře, státní podnik)
Hana Prchalová (Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, v. v. i.)
René Schenk (Ministerium für Land- und Ernährungswirtschaft, Umwelt und Verbraucherschutz des Landes Brandenburg)

Externe Bearbeiter (in alphabetischer Reihenfolge):

Ute Brase (Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz)
Barbara Hölzel (Landesamt für Umwelt Brandenburg)
Anna Lamačová (Český hydrometeorologický ústav)
Udo Mellentin (Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie)
Annett Peters (Thüringer Landesamt für Umwelt, Bergbau und Naturschutz)
Tina Treucker (Landesamt für Umwelt Brandenburg)
Radek Vlnas (Český hydrometeorologický ústav)

Mit Unterstützung der Arbeitsgruppe „Hochwasserschutz“ (FP) und des Sekretariats der IKSE.

Dank gebührt außerdem allen weiteren, nicht namentlich aufgeführten, Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern verschiedener Institutionen, die ebenfalls an der Erarbeitung der Publikation beteiligt waren.

Teil B: Bewertung des Grundwassers

1 Einleitung

Im Jahr 2014 begann im Einzugsgebiet der Elbe eine Periode mit überwiegend unterdurchschnittlichen Niederschlägen und überdurchschnittlichen Lufttemperaturen. Das wirkte sich sowohl auf die Oberflächengewässer als auch auf das Grundwasser aus. Nach den hydrologischen Auswertungen der Niedrigwassersituation im Einzugsgebiet der Elbe im Jahr 2015 (Publikation der IKSE 2017) und im Jahr 2018 (Publikation der IKSE 2022) wurde 2023 die Auswertung der gesamten Niedrigwasserperiode 2014 – 2020 erarbeitet und veröffentlicht (www.ikse-mkol.org). Dabei wurde eine kurze Form der Auswertung gewählt, mit einem kurzen Text und Fokus auf tabellarische und grafische Übersichten, die eine einfache Erweiterung der Auswertung im Falle der Fortsetzung der Niedrigwassersituation in weiteren Jahren ermöglicht. Da die niedrige Abflusssituation auch in den Jahren 2021 – 2023 andauerte, wurde entschieden, die Auswertung sowohl für die Oberflächengewässer als auch für das Grundwasser auf die Dekade 2014 – 2023 zu erweitern.

Eine kurze Charakteristik des Zeitraums 2014 – 2023 aus der Sicht der Niederschläge, der Lufttemperaturen und der Niedrigwasserentwicklung ist im Kapitel 2 des Teils „Bewertung der Oberflächengewässer“ enthalten.

2 Vorgehen

– Bewertete Grundwassermessstellen:

- Flachbohrungen – insgesamt 186 Messstellen im tschechischen und 86 im deutschen Teil des Einzugsgebiets der Elbe, ähnliche Auswahl wie in der Auswertung für das Jahr 2018 (IKSE 2022)
- Tiefbohrungen – nur im tschechischen Teil des Einzugsgebiets der Elbe, insgesamt 22 Messstellen in den ausgewählten wasserwirtschaftlich bedeutenden hydrogeologischen Gebieten

– Bewerteter Zeitraum und Werte:

- Monatsmittelwerte des Grundwasserstands von 01/2014 bis 12/2023, Referenzzeitraum a) – siehe unten,
- Monatsmittelwerte des Grundwasserstands von 01/2021 bis 12/2023, Referenzzeitraum b) – siehe unten.

Referenzzeiträume:

Gemäß den Empfehlungen der Weltorganisation für Meteorologie (WMO) werden Mittelwerte über einen Zeitraum von 30 Jahren gebildet, um das Klima und seine Änderungen zu erfassen. Mit Ende des Jahres 2020 wurde die Vergleichsperiode (der Referenzzeitraum) von 1981 – 2010 durch den Referenzzeitraum 1991 – 2020 ersetzt. Um die Vergleichbarkeit der Auswertungen zu verbessern, wurden für die aktuellen Auswertungen beide Referenzzeiträume wie folgt berücksichtigt:

- Flachbohrungen (Tschechien, Deutschland):
 - a) 01/1981 – 12/2010 (30 Jahre) –
für die grundlegende Auswertung aller bewerteten Messstellen (siehe oben),
 - b) 01/1991 – 12/2020 (30 Jahre) –
für die vergleichende Auswertung in den Jahren 2021 – 2023 aller bewerteten Messstellen (siehe oben),

- Tiefbohrungen (nur Tschechien):
 - a) 01/1991 – 12/2010 (20 Jahre)¹ –
für die grundlegende Auswertung aller bewerteten Messstellen (siehe oben),
 - b) 01/1991 – 12/2020 (30 Jahre) –
für die vergleichende Auswertung in den Jahren 2021 – 2023 aller bewerteten Messstellen (siehe oben).

Für die einzelnen Messstellen wurden aus den Monatsmittelwerten des Referenzzeitraums monatliche statistische Merkmale unter Einbeziehung der Werte Minimum, Maximum und Perzentilwerte 5 %, 15 %, 25 %, 75 %, 85 %, 95 % festgelegt. Auf diese Weise kann der charakteristische Jahresgang der einzelnen Messstellen im Rahmen des Referenzzeitraums dargestellt werden. Diesen Merkmalen wurden die Monatsmittelwerte aus dem bewerteten Zeitraum 01/2014 – 12/2023 zugeordnet und in sieben Kategorien von extremem Niedrigwasser (≤ 5 %) bis zu extremem Hochwasser (> 95 %) eingestuft. Die einzelnen Kategorien und die entsprechende Farbskala sind in der Abbildung 2-1 dargestellt.








Perzentilwert für den Referenzzeitraum	Farbe und Beschreibung der Kategorie	
> 95 %		extremes Hochwasser
$> 85 \text{ a } \leq 95$ %		starkes Hochwasser
$> 75 \text{ a } \leq 85$ %		Hochwasser
$> 25 \text{ a } \leq 75$ %		Normalwerte
$> 15 \text{ a } \leq 25$ %		Niedrigwasser
$> 5 \text{ a } \leq 15$ %		starkes Niedrigwasser
≤ 5 %		extremes Niedrigwasser

Abb. 2-1: Kategorien des Grundwasserstands im Hinblick auf den Referenzzeitraum

Die Auswertung erfolgte separat für den tschechischen und für den deutschen Teil des Elbeeinzugsgebiets und auch getrennt für die Flach- und die Tiefbohrungen im tschechischen Teil. Auf Grundlage der Grundwasserstände in den Flachbohrungen wurde in einem Kommentar die Entwicklung in den einzelnen Koordinierungsräumen der internationalen Flussgebietseinheit Elbe bewertet. Im tschechischen Teil fand noch eine gesonderte Bewertung der Grundwasserstände in den Tiefbohrungen von drei ausgewählten wasserwirtschaftlich bedeutenden hydrogeologischen Gebieten statt: der Südböhmischen Becken, der Nordböhmischen Kreide und der Ostböhmischen Kreide. Die Lage der einzelnen Koordinierungsräume/Gebiete und der bewerteten Messstellen ist in Abbildung 2-2 dargestellt. Für die mit großen Punkten und den Namen gekennzeichneten Messstellen sind die Ganglinien des Grundwasserstands im bewerteten Zeitraum in Diagrammen abgebildet.

Die Bewertung der Koordinierungsräume im Kommentar basiert in Deutschland auf der Bewertung einzelner Messstellen. In Tschechien beruht die Bewertung der Koordinierungsräume oder der Gebiete mit Tiefbohrungen im Text auf der mit statistischen Verfahren vorgenommenen Gesamtklassifizierung des Grundwasserstands im jeweiligen Koordinierungsraum/Gebiet.

Neben dem Kommentar und den Diagrammen für ausgewählte Messstellen gibt es bei den Flachbohrungen für jeden Koordinierungsraum auch Tabellen mit dem prozentualen Anteil der Messstellen, in denen in den einzelnen Monaten des bewerteten Zeitraums starkes oder extremes Niedrigwasser erreicht wurde. Für die Gebiete mit Tiefbohrungen im tschechischen Teil des Einzugsgebiets sind in den Tabellen hingegen für die einzelnen Monate und Jahre des bewerteten

¹ Mit dem Monitoring der Tiefbohrungen wurde erst in den 1990er Jahren begonnen.

Zeitraums die Gesamtklassifizierung anhand der Perzentilwerte und der o. g. Kategorien des Grundwasserstands dargestellt.

Die oben dargestellte Auswertung erfolgte für alle bewerteten Messstellen für den Zeitraum 2014 – 2023 anhand des Referenzzeitraums 1981 – 2010² und im Vergleich hierzu für die Daten der Jahre 2021 – 2023 anhand des Referenzzeitraums 1991 – 2020.

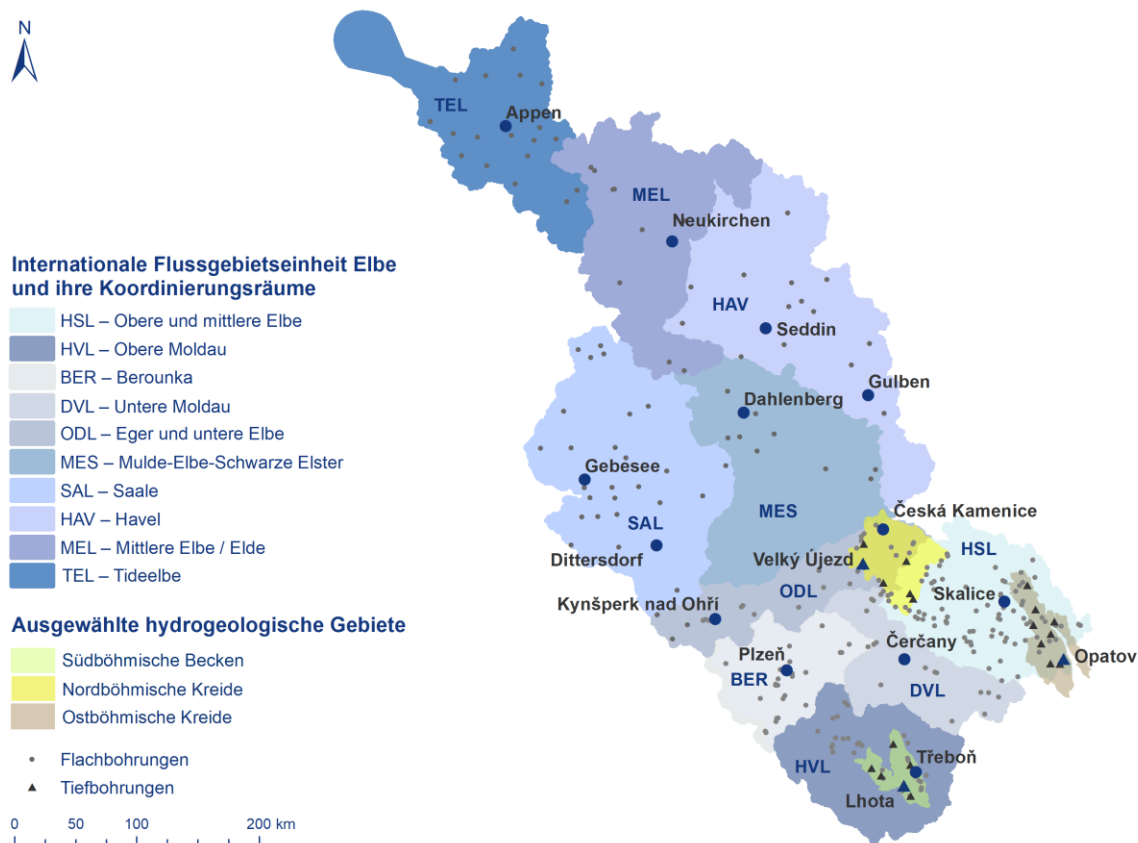


Abb. 2-2: Lage der Messstellen, der Koordinierungsräume und der ausgewählten tschechischen wasserwirtschaftlich bedeutenden hydrogeologischen Gebiete in der internationalen Flussgebietseinheit Elbe (Quelle: ČHMÚ)

² Bei den Tiefbohrungen in Tschechien 1991 – 2010 – siehe oben und Kapitel 3.1.2.

3 Auswertung des Einflusses der Trockenperiode auf das Grundwasser

3.1 Auswertung des Einflusses der Trockenperiode auf das Grundwasser im tschechischen Teil des Einzugsgebiets der Elbe

3.1.1 Gesamtbewertung des tschechischen Teils des Einzugsgebiets der Elbe – Flachbohrungen

Der Grundwasserstand in den Flachbohrungen im tschechischen Teil des Einzugsgebiets der Elbe war 2014 insgesamt normal. Im Frühjahr lag er zwar im Bereich des starken Niedrigwassers, im Laufe des Jahres stieg er aber bis zum starken Hochwasser im Herbst an. Die wasserwirtschaftlich günstige Situation mit hohen Grundwasserständen Anfang 2015 begann sich schnell im gesamten Gebiet zu verschlechtern. Am stärksten wirkte sich die Trockenheit während des Sommers in den Koordinierungsräumen HVL und HSL aus. Insgesamt fielen die Grundwasserstände 2015 in den Bereich des starken Niedrigwassers. Auch 2016 setzte sich die Niedrigwassersituation fort, der Grundwasserstand war jedoch regional unterschiedlich. Am stärksten wirkte sich die Trockenheit im Koordinierungsraum HSL aus, wo der Grundwasserstand im Sommer extremes Niedrigwasser erreichte. In den Koordinierungsräumen HVL und BER gab es Niedrigwasser nur im April und Mai, insgesamt war dort der Grundwasserstand normal. Das insgesamt starke Niedrigwasser dauerte auch 2017 an. Im Jahr 2018 sank der Grundwasserstand bereits ab Januar und meistens herrschte im gesamten Gebiet extremes Niedrigwasser vor. Am stärksten zeigte sich das Niedrigwasser im Koordinierungsraum HSL, wo im August bei 90 % der Messstellen extremes oder starkes Niedrigwasser verzeichnet wurde. Das Jahr 2018 war insgesamt das trockenste seit Beginn der Beobachtungen (seit 1971). Das extreme Niedrigwasser dauerte auch 2019 an, selbst wenn es im Sommer im überwiegenden Teil des Gebiets die Minima des Vorjahres nicht erreichte – mit Ausnahme der Koordinierungsräume HVL und BER, in denen das Niedrigwasser am stärksten war. Extremes Niedrigwasser herrschte bis Mai 2020 vor. Während der zweiten Jahreshälfte 2020 verbesserte sich der Grundwasserstand in den Koordinierungsräumen HVL, DVL und HSL, am Jahresende sogar bis zum Hochwasser. In den Koordinierungsräumen BER und ODL zeigte sich die Verbesserung jedoch nur minimal. Insgesamt lag der Grundwasserstand 2020 im Bereich des starken Niedrigwassers. Der Grundwasserstand in den Flachbohrungen war 2021 insgesamt normal. Im Januar 2021 überwogen die Normalwerte; eine Ausnahme bildete der Koordinierungsraum ODL, in dem das extreme Niedrigwasser andauerte. Das insgesamt hohe Jahresmaximum erreichte der Grundwasserstand im Februar. Bis April sank er jedoch insgesamt bis zum starken Niedrigwasser ab, danach folgte ein schrittweiser Wiederanstieg bis zum starken Hochwasser im Juli. Im Koordinierungsraum BER wurde sogar extremes Hochwasser registriert. Anschließend ging der Grundwasserstand nach und nach zurück und im letzten Quartal 2021 war er in allen Koordinierungsräumen normal, mit Ausnahme des Niedrigwassers im Koordinierungsraum ODL. 2022 lag der Grundwasserstand insgesamt im Bereich des starken Niedrigwassers. Regional war die Situation jedoch unterschiedlich – in den Koordinierungsräumen HVL, BER und DVL war der Jahresmittelwert des Grundwasserstands in diesem Jahr normal, im Koordinierungsraum HSL hingegen im Bereich des starken und im Koordinierungsraum ODL sogar des extremen Niedrigwassers. Der zu Jahresbeginn normale Grundwasserstand sank schrittweise, bis er im März starkes Niedrigwasser erreichte. Von April bis Juni lag er insgesamt im Bereich des extremen Niedrigwassers. Im Juli verbesserte sich die Situation in den Koordinierungsräumen HVL und DVL bis auf Normalwerte, während im Rest des Gebiets das starke bis extreme Niedrigwasser bis in den August andauerte. Im Koordinierungsraum HVL stieg der Grundwasserstand bis zum Jahresende und im Dezember erreichte er starkes Hochwasser. Im Koordinierungsraum ODL hingegen blieb er bis zum Jahresende im Bereich des starken Niedrigwassers. Das Jahr 2023 war im Jahresmittel normal. Der Grundwasserstand war zu Jahresbeginn insgesamt normal. Ab Mai begann sich jedoch in einigen Koordinierungsräumen, insbesondere im Koordinierungsraum ODL, ein starkes Niedrigwasser zu zeigen. Der Grundwasserstand verschlechterte sich nach und nach bis Juli, als im gesamten Gebiet starke bis extreme Trockenheit vorherrschte und bei 65 % der Bohrungen Grundwasserstände im Bereich des extremen oder starken Niedrigwassers verzeichnet wurden. Im August kam es in den meisten Ge-

bieten zu einem Anstieg bis zum Niedrigwasser oder zu Normalwerten; mit Ausnahme des Koordinierungsraums ODL, in dem das starke bis extreme Niedrigwasser andauerte. Der Oktober war wieder im Niedrigwasserbereich, aber bis zum Jahresende verbesserte sich die Situation. Im November lagen die Grundwasserstände im gesamten Gebiet im normalen Bereich. Im Dezember wurde ein Anstieg bis auf sehr hohe Werte, bei 45 % der Bohrungen sogar bis auf starkes bis extremes Hochwasser registriert.

In Anlage 1 ist für jeden Koordinierungsraum eine Tabelle mit dem prozentualen Anteil der Messstellen, in denen in den einzelnen Monaten des bewerteten Zeitraums starkes oder extremes Niedrigwasser im Vergleich zum Referenzzeitraum 1981 – 2010 erreicht wurde, aufgeführt.

3.1.2 Gesamtbewertung des tschechischen Teils des Einzugsgebiets der Elbe – Tiefbohrungen

Der Grundwasserstand der Südböhmischen Becken und der Nordböhmischen Kreide lag im Jahr 2014 insgesamt im Bereich des Hochwassers, der Grundwasserstand in der Ostböhmischen Kreide war insgesamt normal. In den Folgejahren fiel der Grundwasserstand in den Südböhmischen Becken und der Nordböhmischen Kreide langfristig, so dass er sich 2017 bereits im Bereich des starken Niedrigwassers und seit der zweiten Hälfte des Jahres 2018 überwiegend im Bereich des extremen Niedrigwassers befand. Bis zum Jahresende 2019 fiel er weiter. Im Jahr 2020 stagnierte der Grundwasserstand in der Nordböhmischen Kreide, in den Südböhmischen Becken stieg er leicht an. In der Ostböhmischen Kreide fiel der Grundwasserstand auch langfristig bis in den Bereich des extremen Niedrigwassers im Jahr 2019. Im Jahr 2020 stieg er aber bis in den Bereich des starken Hochwassers im November an. In den Südböhmischen Becken und in der Nordböhmischen Kreide dauerte das extreme Niedrigwasser der vorherigen Jahre auch 2021 an. In der Ostböhmischen Kreide hingegen setzte sich bis März 2021 das starke Hochwasser fort. Ab April fiel der Grundwasserstand in der Ostböhmischen Kreide und erreichte überwiegend Normalwerte. Der Grundwasserstand in den Südböhmischen Becken und in der Nordböhmischen Kreide ging langfristig weiter zurück und blieb im Bereich des extremen Niedrigwassers. In der Ostböhmischen Kreide verzeichnete er im ersten Quartal 2022 Normalwerte, ab April verschlechterte er sich aber bis in den Bereich des extremen Niedrigwassers, wobei er bis zum Jahresende zurückging und der Grundwasserstand 2022 insgesamt im Bereich des starken Niedrigwassers lag. In der Nordböhmischen Kreide setzte sich das extreme Niedrigwasser auch 2023 fort. In den Südböhmischen Becken trat teilweise eine Verbesserung ein – vom Niedrigwasser zum Jahresbeginn stieg der Grundwasserstand bis auf Normalwerte im Mai und Juni an, ab Juli begann er jedoch stark zu fallen und insgesamt lag der Grundwasserstand wieder im Bereich des starken Niedrigwassers. In der Ostböhmischen Kreide verbesserte er sich gegenüber dem Vorjahr insgesamt leicht bis in den Bereich des Niedrigwassers.

In Anlage 2 ist für jedes o. g. Gebiet eine Tabelle mit der Gesamtbewertung des Grundwasserstands im betreffenden Gebiet in den einzelnen Monaten des bewerteten Zeitraums anhand der Perzentilwerte und der Kategorien des Grundwasserstands im Vergleich zum Referenzzeitraum 1991 – 2010 aufgeführt.

3.1.3 Gesamtbewertung des tschechischen Teils des Einzugsgebiets der Elbe – Vergleich der Referenzzeiträume 1981 – 2010 und 1991 – 2020³

Der Vergleich der Jahreskategorien des Grundwasserstands in den einzelnen Koordinierungsräumen und hydrogeologischen Gebieten bei der Bewertung der Jahre 2021 – 2023 ergab, dass die Veränderung des Referenzzeitraums von 1981 – 2010 bzw. 1991 – 2010 auf 1991 – 2020 in einigen Fällen zu einer Verschiebung der Kategorie Niedrigwasser in eine moderatere Kategorie geführt hat. Die Differenz in den Perzentilwerten betrug 2 bis 13 % (siehe Tab. 3.1.3-1). Eine Verschiebung bei der Bewertung des Grundwasserstands wurde am häufigsten zwischen den Kategorien starkes Niedrigwasser und Niedrigwasser (4 Fälle) sowie extremes und starkes Niedrigwasser (3 Fälle) verzeichnet. Zum Beispiel würde der Grundwasserstand in den Südböhmischen Becken und der Nordböhmischen Kreide 2021 bei Verwendung des neuen Referenzzeitraums in die Kategorie des starken Niedrigwassers fallen, bei Verwendung des älteren Zeitraums 1991 – 2010 hingegen wurde er als extremes Niedrigwasser klassifiziert. Diese Verschiebung ist die Folge der Einbeziehung der Niedrigwasserperiode 2014 – 2020 in den neuen Referenzzeitraum.

Tab. 3.1.3-1 Perzentilwerte und Kategorien der Grundwasserstände im Vergleich mit den Referenzzeiträumen in den Koordinierungsräumen und den ausgewählten wasserwirtschaftlich bedeutenden hydrogeologischen Gebieten im tschechischen Teil des Einzugsgebiets der Elbe in den Jahren 2021 – 2023

	2021		2022		2023	
	Perzentilwerte bei Verwendung von verschiedenen Referenzzeiträumen					
	1981 – 2010 ^{*)}	1991 – 2020	1981 – 2010 ^{*)}	1991 – 2020	1981 – 2010 ^{*)}	1991 – 2020
HSL	53	64	8	16	34	47
HVL	74	76	39	44	44	50
BER	69	74	33	44	31	42
DVL	64	71	32	40	60	65
ODL	24	36	2	8	6	14
ELBE	59	67	12	22	32	44
SB Becken	5	9	1	3	12	19
NB Kreide	<0,5	6	<0,5	2	<0,5	2
OB Kreide	76	82	12	18	18	28

^{*)} Der Referenzzeitraum bei den Tiefbohrungen in den hydrogeologischen Gebieten der Südböhmischen Becken (SB Becken), der Nordböhmischen Kreide (NB Kreide) und der Ostböhmischen Kreide (OB Kreide) ist im Hinblick auf die spätere Etablierung des Monitoringnetzes der Tiefbohrungen kürzer: 1991 – 2010.

3.1.4 Bewertung der Koordinierungsräume (Flachbohrungen)

3.1.4.1 Koordinierungsraum Obere und mittlere Elbe (HSL)

2014 war der Grundwasserstand meistens normal, mit Ausnahme des starken Niedrigwassers im März und April (Perzentil 8 % bzw. 7 %). Die Normalwerte setzten sich auch Anfang 2015 fort, allerdings herrschte von März bis November starkes Niedrigwasser vor. Am meisten wirkte sich die Trockenheit im Juli und August aus, als bei 76 % bzw. 69 % der Messstellen extremes oder starkes Niedrigwasser verzeichnet wurde. 2016 war der Grundwasserstand nur im Februar und März normal, von April bis Ende des Jahres herrschte starkes Niedrigwasser vor. Ab Januar 2017 fiel der Grundwasserstand und bis August war er im Bereich des extremen oder starken Niedrigwassers. Ab September stieg er allerdings an und war bis zum Ende des Jahres überwiegend

³ Bei den Flachbohrungen in den Koordinierungsräumen wurde ein Vergleich der Bewertungen nach den Referenzzeiträumen 1981 – 2010 und 1991 – 2020 durchgeführt. Bei den Tiefbohrungen in den hydrogeologischen Gebieten der Südböhmischen Becken, der Nordböhmischen Kreide und der Ostböhmischen Kreide erfolgte im Hinblick auf die spätere Etablierung des Monitoringnetzes der Tiefbohrungen der Vergleich der Bewertungen anhand der Referenzzeiträume 1991 – 2010 und 1991 – 2020.

normal. Vom Hochwasser (Perzentil 80 %) im Januar 2018 sank der Grundwasserstand deutlich bis zum September und von Mai bis zum Jahresende dauerte das extreme Niedrigwasser an. Das stärkste Niedrigwasser trat im Juli und August auf, dennoch wurde bei mehr als 80 % der Messstellen von Juli bis Dezember extremes oder starkes Niedrigwasser verzeichnet. Grundwasserstände im Bereich des extremen oder starken Niedrigwassers traten auch während des gesamten Jahres 2019 auf, sie fielen jedoch nicht so tief wie im Vorjahr. Am stärksten war das Niedrigwasser im Sommer, als der Grundwasserstand im Juli und August bei 75 bis 77 % der Messstellen im Bereich des extremen oder starken Niedrigwassers lag. Auch Anfang 2020 setzte sich das Niedrigwasser fort, in der zweiten Jahreshälfte erholte sich der Grundwasserstand jedoch und erreichte Normalwerte oder sogar starkes Hochwasser (Juli, Oktober und November). Der Jahresbeginn 2021 war durch einen normalen Grundwasserstand charakterisiert, der bis Februar in den Hochwasserbereich anstieg (Perzentil 82 %). Dann folgte ein Rückgang, der jedoch überwiegend in den Grenzen der Normalwerte blieb, mit Ausnahme des Niedrigwassers im April. Im Juli verbesserte sich der Grundwasserstand bis in den Bereich des starken Hochwassers (Perzentil 88 %), im August fiel er aber wieder auf Normalwerte, die bis Dezember andauerten. Auch Anfang 2022 setzte sich der normale Grundwasserstand fort, ab März verschlechterte er sich jedoch bis in den Bereich des starken und von Mai bis Juli sogar des extremen Niedrigwassers (Perzentil 2 – 5 %). Im Juni wurde bei 76 % der Messstellen extremes oder starkes Niedrigwasser verzeichnet. Auch im August dauerte das starke Niedrigwasser an (Perzentil 7 %). Von September bis zum Jahresende verbesserte sich der Grundwasserstand bis in den Bereich von Niedrigwasser und auf Normalwerte. Auf der Höhe der Normalwerte verharrte der Grundwasserstand 2023 bis in den Mai, danach ging er auf starkes (Perzentil 15 %), im Juli sogar auf extremes Niedrigwasser (Perzentil <0,5 %) zurück und bei 67 % der Messstellen wurde starkes oder extremes Niedrigwasser verzeichnet. Im August verbesserte sich der Grundwasserstand fast bis auf Normalwerte (Perzentil 25 %), aber im Oktober verschlechterte er sich wieder bis in den Bereich des Niedrigwassers. Vom November bis zum Jahresende stieg der Grundwasserstand an. Im Dezember erreichte er insgesamt starkes Hochwasser (Perzentil 90 %), wobei an 62 % der Messstellen starkes oder extremes Hochwasser verzeichnet wurde.

Abbildung 3.1.4-1 zeigt als Beispiel die Ganglinie des Grundwasserstands an der Messstelle VP0093 – Skalice im bewerteten Zeitraum 2014 – 2023 im Vergleich zum Referenzzeitraum 1981 – 2010.

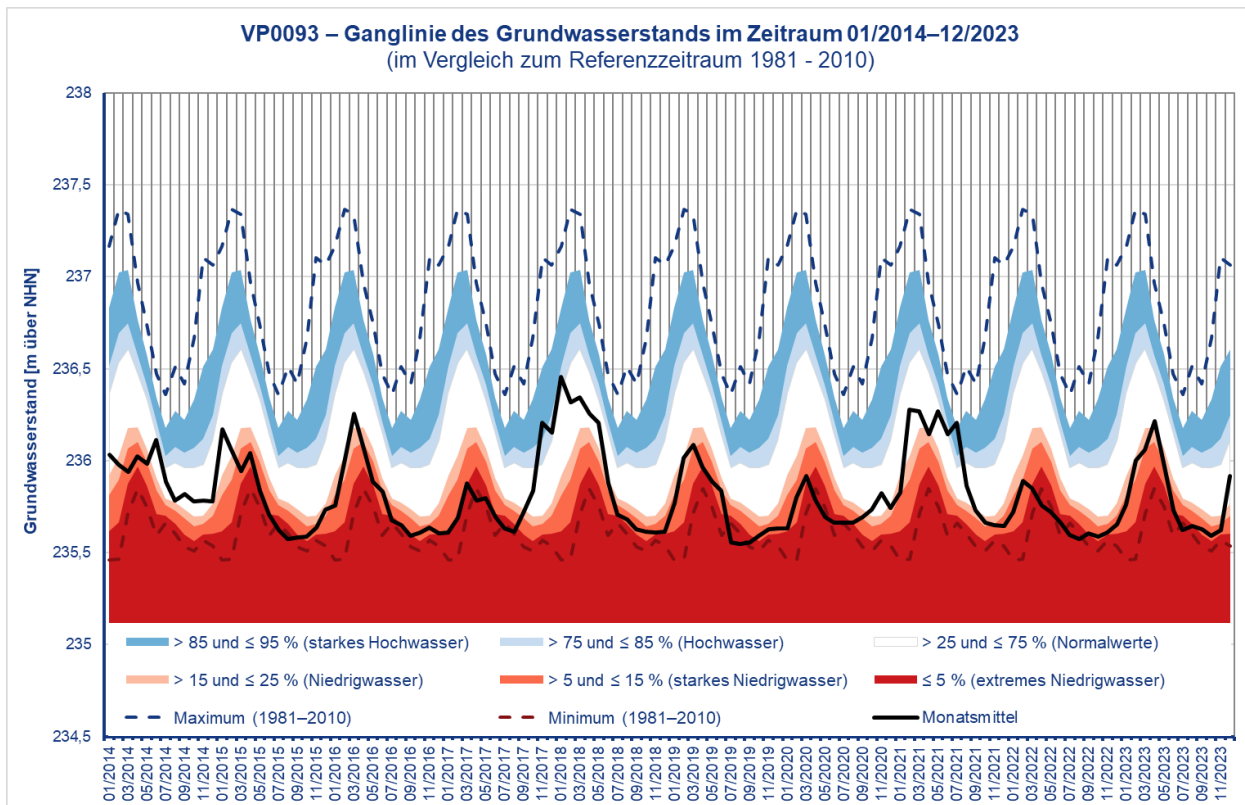


Abb. 3.1.4-1: Ganglinie des Grundwasserstands an der Messstelle VP0093 – Skalice im Koordinierungsraum Obere und mittlere Elbe im Zeitraum 01/2014 – 12/2023 im Vergleich zum Referenzzeitraum 1981 – 2010. Die Position der Messstelle ist in Abbildung 2-2 dargestellt. (Quelle: ČHMÚ)

3.1.4.2 Koordinierungsraum Obere Moldau (HVL)

Der Anfang 2014 normale Grundwasserstand verschlechterte sich bis zum extremen Niedrigwasser im April. In der zweiten Jahreshälfte stieg der Grundwasserstand überwiegend an und von September bis November erreichte er sogar starkes Hochwasser (Perzentil 90 – 93 %). Stark hoch war er auch im Januar 2015 (Perzentil 87 %), danach sank er aber bis zum extrem niedrigen Grundwasserstand im August und September, als bei 75 % der Messstellen extremes oder starkes Niedrigwasser verzeichnet wurde. Im Dezember stieg der Grundwasserstand bis auf Normalwerte an. Normale Grundwasserstände herrschten auch meistens im Jahr 2016 vor, mit Ausnahme des starken Niedrigwassers im April und Mai. 2017 lag der Grundwasserstand insgesamt im starken Niedrigwasserbereich. Am schlimmsten war es im Juli (Perzentil 3 %), als bei 63 % der Messstellen der Grundwasserstand extremes oder starkes Niedrigwasser erreichte. 2018 lag der Grundwasserstand bis auf den normalen Januar meistens im Bereich des extremen oder starken Niedrigwassers. Am schlimmsten war es im Mai (Perzentil 0 %), als 78 % der Messstellen extremes oder starkes Niedrigwasser verzeichneten. Im Januar bis März 2019 war der Grundwasserstand normal, danach sank er bis auf ein extrem niedriges Minimum im September 2019, das noch niedriger als im Vorjahr war. Das extreme Niedrigwasser dauerte von Juli 2019 bis Mai 2020 an, als der Grundwasserstand bei 63 bis 97 % der Messstellen im Bereich des extremen oder starken Niedrigwassers lag. Von Juni 2020 bis zum Ende des Jahres stieg der Grundwasserstand überwiegend an und es herrschte ein normaler Zustand vor, im November 2020 war der Grundwasserstand sogar im Bereich des starken Hochwassers (Perzentil 86 %). Zu Beginn des Jahres 2021 lag der Grundwasserstand auf der Höhe der Normalwerte, im Februar verbesserte er sich jedoch bis in den Bereich des starken Hochwassers (Perzentil 93 %). Anschließend fiel er und im April erreichte er starkes Niedrigwasser (Perzentil 16 %). Ab Mai verbesserte sich die Situation wieder bis zum Hochwasser (Perzentil 75 %), im Juli und August sogar bis zum starken

Hochwasser (Perzentil 86 – 90 %). Danach folgte ein Rückgang und von Oktober bis zum Jahresende erreichte der Grundwasserstand Normalwerte. Diese dauerten bis Februar 2022 an. Im März fiel der Grundwasserstand bis auf starkes (Perzentil 6 %), im April und Mai sogar bis auf extremes Niedrigwasser (Perzentil 2 – 3 %). Im Juli verbesserte er sich auf Normalwerte und ab August stieg er weiter an, bis er im November Hochwasser und im Dezember starkes Hochwasser erreichte (Perzentil 85 %). Im Jahr 2023 lag er bis Mai überwiegend im Bereich von Hochwasser, mit Ausnahme der Normalwerte im März. Anschließend begann der Grundwasserstand zu fallen und im Juli verschlechterte er sich bis in den Bereich des starken Niedrigwassers (Perzentil 8 %). Im September trat eine leichte Verbesserung auf Normalwerte ein, aber im Oktober fiel der Grundwasserstand wieder auf starkes Niedrigwasser (Perzentil 10 %). Am Jahresende verbesserte sich die Situation – im November erreichte er Normalwerte und im Dezember stieg er bis in den Bereich des Hochwassers (77 %) an.

Abbildung 3.1.4-2 zeigt als Beispiel die Ganglinie des Grundwasserstands an der Messstelle VP1009 – Třeboň im bewerteten Zeitraum 2014 – 2023 im Vergleich zum Referenzzeitraum 1981 – 2010.

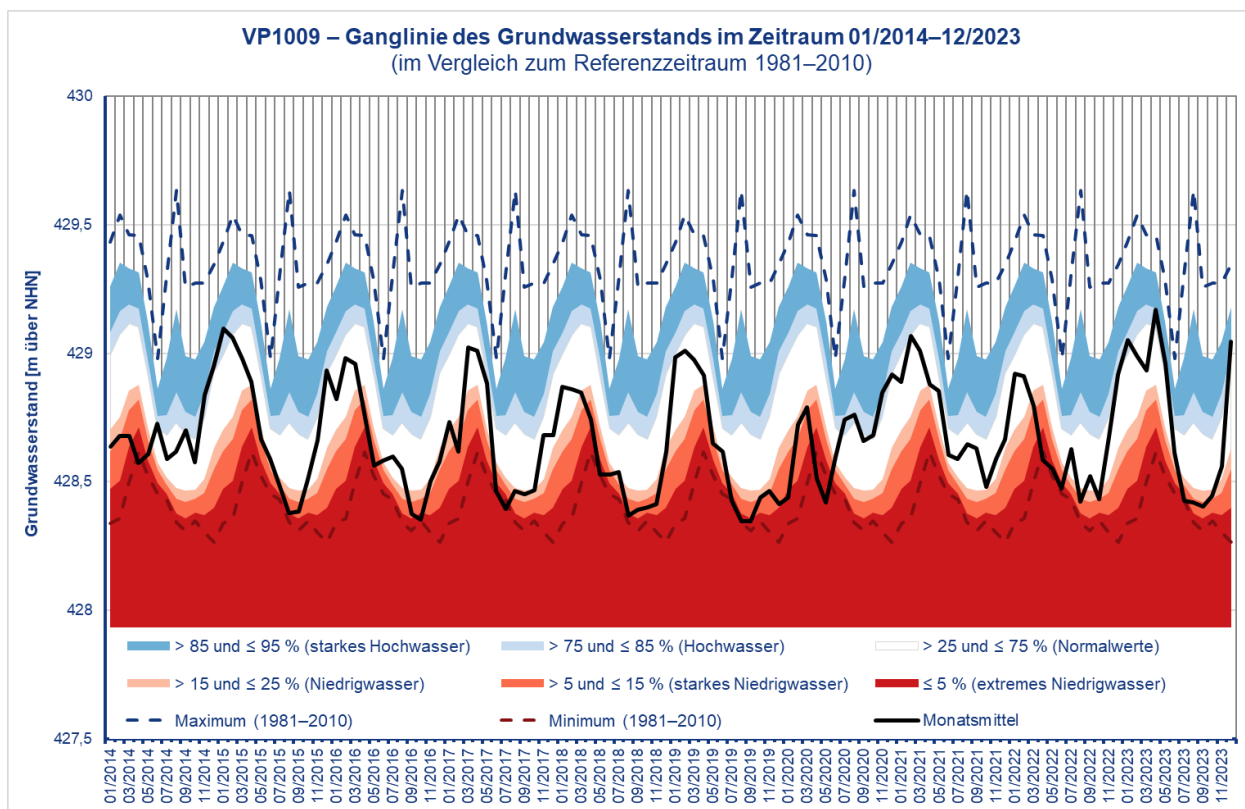


Abb. 3.1.4-2: Ganglinie des Grundwasserstands an der Messstelle VP1009 – Třeboň im Koordinierungsraum Obere Moldau im Zeitraum 01/2014 – 12/2023 im Vergleich zum Referenzzeitraum 1981 – 2010. Die Position der Messstelle ist in Abbildung 2-2 dargestellt. (Quelle: ČHMÚ)

3.1.4.3 Koordinierungsraum Berounka (BER)

Der Grundwasserstand war 2014 insgesamt hoch. Nur im März und April erreichte er starkes Niedrigwasser (Perzentil 9 – 13 %). Ab Juni stieg er deutlich bis zum extrem hohen Grundwasserstand (Perzentil 95 %) im Oktober an. Starkes Hochwasser gab es auch im Januar 2015, danach sank der Grundwasserstand und von Juli bis zum Ende des Jahres lag er überwiegend im Bereich des starken Niedrigwassers. 2016 herrschte ein normaler Grundwasserstand vor, Niedrigwasser gab es nur im April und Mai (Perzentil 8 – 12 %). 2017 trat in den Sommermonaten

extremes Niedrigwasser auf (Juni bis August, Perzentil 7 – 13 %), aber zum Jahreswechsel 2017/2018 lag der Grundwasserstand im normalen Bereich. Danach fiel der Grundwasserstand schnell. Im Mai war er bereits extrem niedrig. Am schlimmsten war es im August (Perzentil 3 %), als 59 % der Bohrungen extremes oder starkes Niedrigwasser verzeichneten. Die Niedrigwassersituation dauerte bis zum Ende des Jahres an. Januar und Februar 2019 waren normal, ab März sank der Grundwasserstand aber. Das Jahresminimum im Juli war noch niedriger als im Vorjahr und 74 % der Messstellen waren von extremem oder starkem Niedrigwasser betroffen. Das Niedrigwasser (Perzentil 2 – 15 %) setzte sich bis Juli 2020 fort. In der zweiten Jahreshälfte trat eine Verbesserung ein, aber nur bis in den Bereich des Niedrigwassers oder der Normalwerte. Im ersten Quartal 2021 erreichte der Grundwasserstand überwiegend Normalwerte. Im April fiel er auf starkes Niedrigwasser (Perzentil 11 %). Im Mai stieg er bis auf Hochwasser an (78 %) und im Juli erreichte er sogar extremes Hochwasser (Perzentil 96 %). Danach begann der Grundwasserstand zu fallen, aber bis in den September blieb er im Bereich von Hochwasser und bis zum Jahresende bei Normalwerten. Der normale Grundwasserstand setzte sich bis Februar 2022 fort. Im März verschlechterte er sich bis in den Bereich von starkem Niedrigwasser und bis auf eine kurze Verbesserung auf Niedrigwasser im April hielt das starke Niedrigwasser bis in den August an. Im September verbesserte sich der Grundwasserstand auf normales Niveau, das bis Mai 2023 überwog. Im Juni verschlechterte er sich jedoch bis auf Niedrigwasser und im Juli sogar auf extremes Niedrigwasser (Perzentil 2 %). Das Niedrigwasser bis starke Niedrigwasser hielt bis Oktober an. Am Jahresende verbesserte sich der Grundwasserstand auf Normalwerte.

Abbildung 3.1.4-3 zeigt als Beispiel die Ganglinie des Grundwasserstands an der Messstelle VP1571 – Plzeň (Pilsen) im bewerteten Zeitraum 2014 – 2023 im Vergleich zum Referenzzeitraum 1981 – 2010.

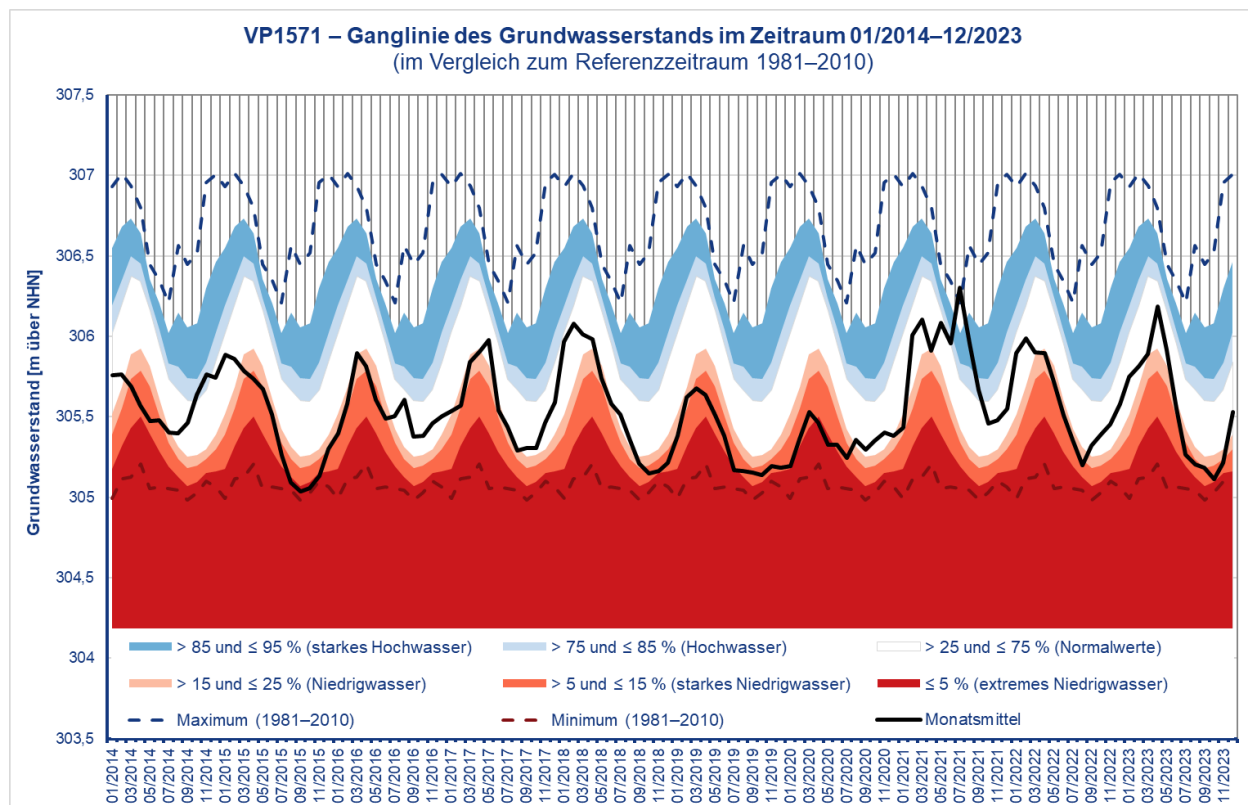


Abb. 3.1.4-3: Ganglinie des Grundwasserstands an der Messstelle VP1571 – Plzeň im Koordinierungsraum Berounka im Zeitraum 01/2014 – 12/2023 im Vergleich zum Referenzzeitraum 1981 – 2010. Die Position der Messstelle ist in Abbildung 2-2 dargestellt. (Quelle: ČHMÚ)

3.1.4.4 Koordinierungsraum Untere Moldau (DVL)

Der Grundwasserstand war 2014 meistens normal, bis auf das starke Niedrigwasser (Perzentil 6 – 8 %) im März und April. Auch das Jahresmaximum im Januar 2015 lag im normalen Bereich. Danach sank der Grundwasserstand bis September überwiegend und von Mai bis Oktober lag er im Bereich des Niedrigwassers bis starken Niedrigwassers. Zum Jahresende hin verbesserte er sich bis auf Normalwerte und blieb bis zum August des Folgejahres normal. Von September 2016 bis September 2017 erreichte der Grundwasserstand überwiegend Niedrigwasser oder starkes Niedrigwasser. Im Oktober 2017 verbesserte er sich bis in den normalen Bereich und blieb so bis Februar 2018. Im März erreichte der Grundwasserstand bereits starkes Niedrigwasser und von April bis zum Jahresende sogar extremes Niedrigwasser mit dem Minimum im August, als 71 % der Messstellen von extremem oder starkem Niedrigwasser betroffen waren. Im Januar bis März 2019 lag der Grundwasserstand im normalen Bereich, ab April überwog aber wieder starkes Niedrigwasser mit Tiefstwerten im Juli (Perzentil 3 %), als 60 % der Messstellen extremes oder starkes Niedrigwasser verzeichneten. Das Niedrigwasser setzte sich (bis auf den normalen Februar) auch im ersten Quartal 2020 fort. Am schlimmsten war es im April (Perzentil 2 %), als es bei 70 % der Messstellen extremes oder starkes Niedrigwasser gab. Von Juni bis zum Ende des Jahres verbesserte sich der Grundwasserstand bis in den normalen Bereich. Zu Beginn des Jahres 2021 lag er im Normalbereich. Im Februar stieg er fast auf starkes Hochwasser (Perzentil 85 %), aber ab März begann er zu fallen, bis er im April Niedrigwasser erreichte (Perzentil 21 %). Im Mai verbesserte er sich bis auf Hochwasser (Perzentil 75 %) und im Juli sogar auf starkes Hochwasser (Perzentil 89 %). Das Hochwasser hielt auch im August an (Perzentil 77 %). Bis zum Jahresende bewegte sich der Grundwasserstand in den Grenzen der Normalwerte. Diese setzten sich bis Februar 2022 fort. Im März fiel der Grundwasserstand fast bis auf extremes Niedrigwasser (5 %) und das starke bis extreme Niedrigwasser dauerte bis in den Juni an (Perzentil 3 – 7 %). Im Juli verbesserte er sich auf Normalwerte, die bis zum November anhielten. Im Dezember 2022 stieg der Grundwasserstand leicht in den Bereich des Hochwassers (Perzentil 79 %) an. Das Hochwasser überwog bis in den April 2023. Danach fiel der Grundwasserstand bis in den Bereich der Normalwerte, wobei er sich im Juli bis auf starkes Niedrigwasser (Perzentil 12 %) verschlechterte. Von August bis November erreichte er überwiegend Normalwerte. Im Dezember stieg der Grundwasserstand wieder bis auf starkes Hochwasser (Perzentil 90 %) an.

Abbildung 3.1.4-4 zeigt als Beispiel die Ganglinie des Grundwasserstands an der Messstelle VP1320 – Čerčany im bewerteten Zeitraum 2014 – 2023 im Vergleich zum Referenzzeitraum 1981 – 2010.

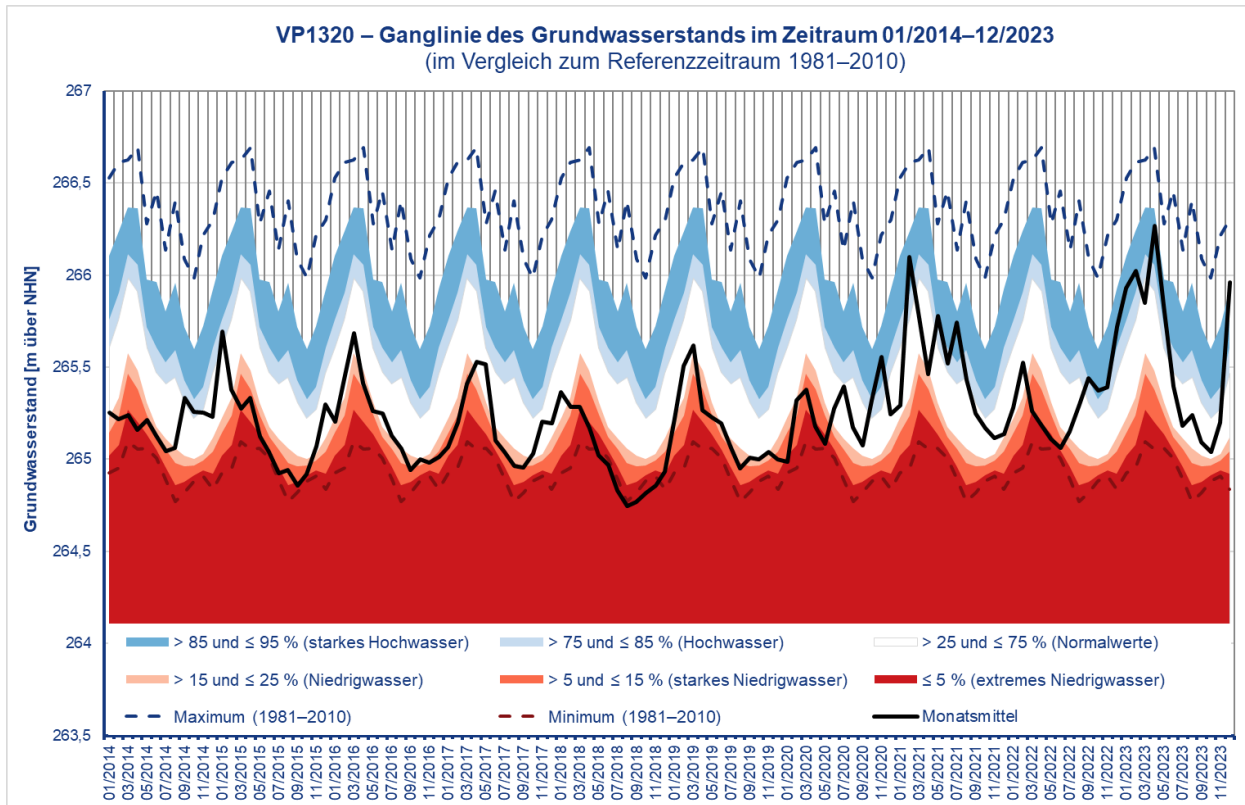


Abb. 3.1.4-4: Ganglinie des Grundwasserstands an der Messstelle VP1320 – Čerčany im Koordinierungsraum Untere Moldau im Zeitraum 01/2014 – 12/2023 im Vergleich zum Referenzzeitraum 1981 – 2010. Die Position der Messstelle ist in Abbildung 2-2 dargestellt. (Quelle: ČHMÚ)

3.1.4.5 Koordinierungsraum Eger und untere Elbe (ODL)

2014 gab es starkes Niedrigwasser nur im März und April (Perzentil 9 – 12 %), während des restlichen Jahres erreichten die Grundwasserstände überwiegend Normalwerte. In den Jahren 2015 – 2017 war der Grundwasserstand insgesamt niedrig mit einem ähnlichen Verlauf wie im Koordinierungsraum BER. Extremes Niedrigwasser trat nur im Juni und Juli 2017 auf, als der Grundwasserstand bei 47 % der Messstellen extremes und bei 38 % starkes Niedrigwasser erreichte. Von Mai 2018 bis Ende 2020 überwog extremes Niedrigwasser, eine Ausnahme bildete nur die Verbesserung bis in den niedrigen bis normalen Bereich im Januar bis März 2019 sowie Februar und März 2020 und bis in den Niedrigwasserbereich im Oktober und November 2020. Am stärksten war das Niedrigwasser im August und September 2018, als der Grundwasserstand bei 78 % der Messstellen im Bereich des extremen und bei 72 % des starken Niedrigwassers lag. Den zweitstärksten Niedrigwasserzeitraum gab es im Juli und August 2019, als 75 % der Messstellen von extremem und 72 % von starkem Niedrigwasser betroffen waren. Zu Beginn des Jahres 2021 lag der Grundwasserstand im Bereich des extremen Niedrigwassers (Perzentil 3 %), aber im Februar verbesserte er sich auf Normalwerte. Danach setzte ein Rückgang ein, der im April starkes Niedrigwasser erreichte (Perzentil 7 %). Von Mai bis September bewegte er sich in den Grenzen der Normalwerte; mit Ausnahme des Junis, als er wieder auf starkes Niedrigwasser (Perzentil 17 %) fiel. Von Oktober bis zum Jahresende lag er im Niedrigwasserbereich (Perzentil 17 – 21 %). Anfang 2022 erreichte er Normalwerte, aber im März ging er auf starkes Niedrigwasser (Perzentil 9 %) zurück. Von Mai bis August verschlechterte er sich auf extremes Niedrigwasser (Perzentil <0,5 – 5 %) und bis zum Jahresende hielt das starke Niedrigwasser an (Perzentil 7 – 12 %). Auch 2023 trat keine deutliche Verbesserung ein. Nach dem starken Niedrigwasser im Januar kam es zwar zu einer leichten Verbesserung auf Normalwerte im Februar und April, aber von Mai bis Oktober lag der Grundwasserstand wieder im Bereich des starken bis extremen

Niedrigwassers (Perzentil $<0,5 - 9\%$), wobei dieser bei 79 % der Bohrungen registriert wurde. Ein deutlicher Anstieg des Grundwasserstands auf Normalwerte trat im November und insbesondere im Dezember ein, als er sein Jahresmaximum erreichte (Perzentil 75 %).

Abbildungen 3.1.4-5 und 3.1.4-6 zeigen als Beispiel die Ganglinie des Grundwasserstands an den Messstellen VP1808 – Kynšperk nad Ohří (Westböhmen) und VP1995 – Česká Kamenice (Nordböhmen) im bewerteten Zeitraum 2014 – 2023 im Vergleich zum Referenzzeitraum 1981 – 2010.

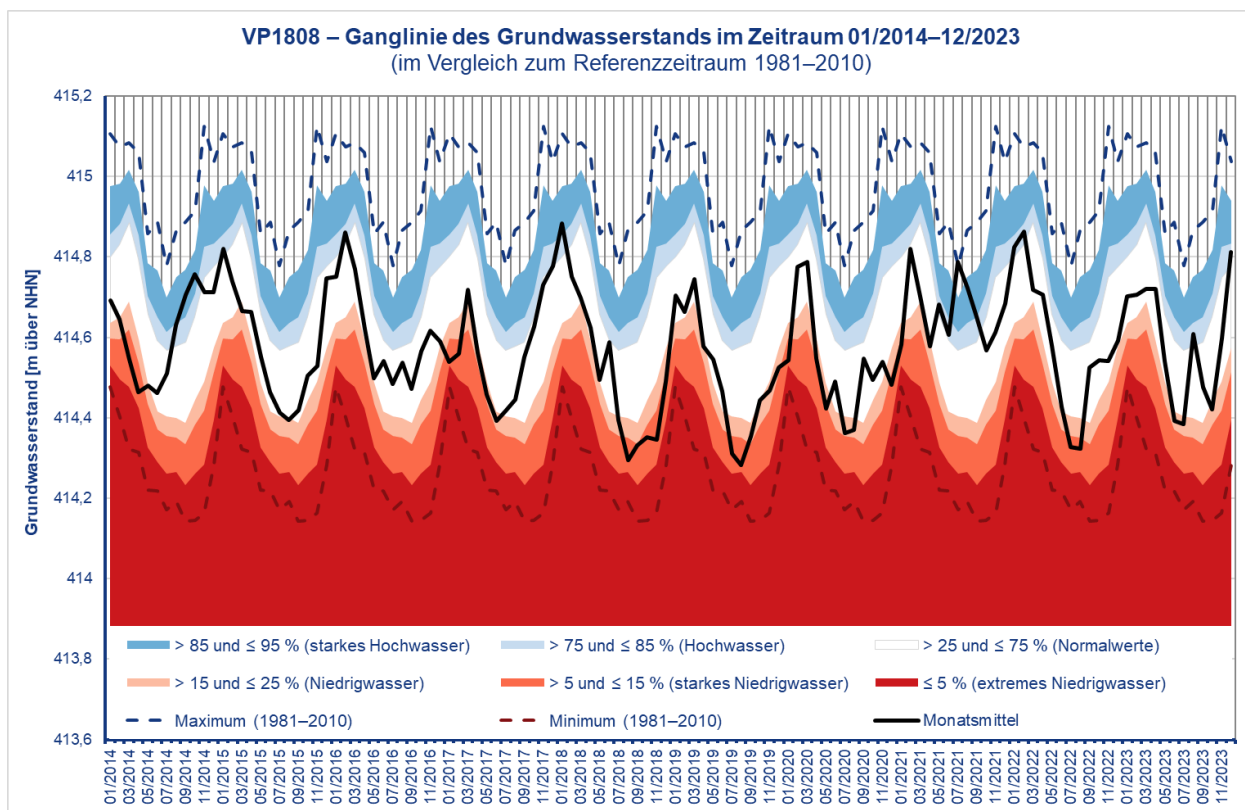


Abb. 3.1.4-5: Ganglinie des Grundwasserstands an der Messstelle VP1808 – Kynšperk nad Ohří im Koordinierungsraum Eger und untere Elbe im Zeitraum 01/2014 – 12/2023 im Vergleich zum Referenzzeitraum 1981 – 2010. Die Position der Messstelle ist in Abbildung 2-2 dargestellt. (Quelle: ČHMÚ)

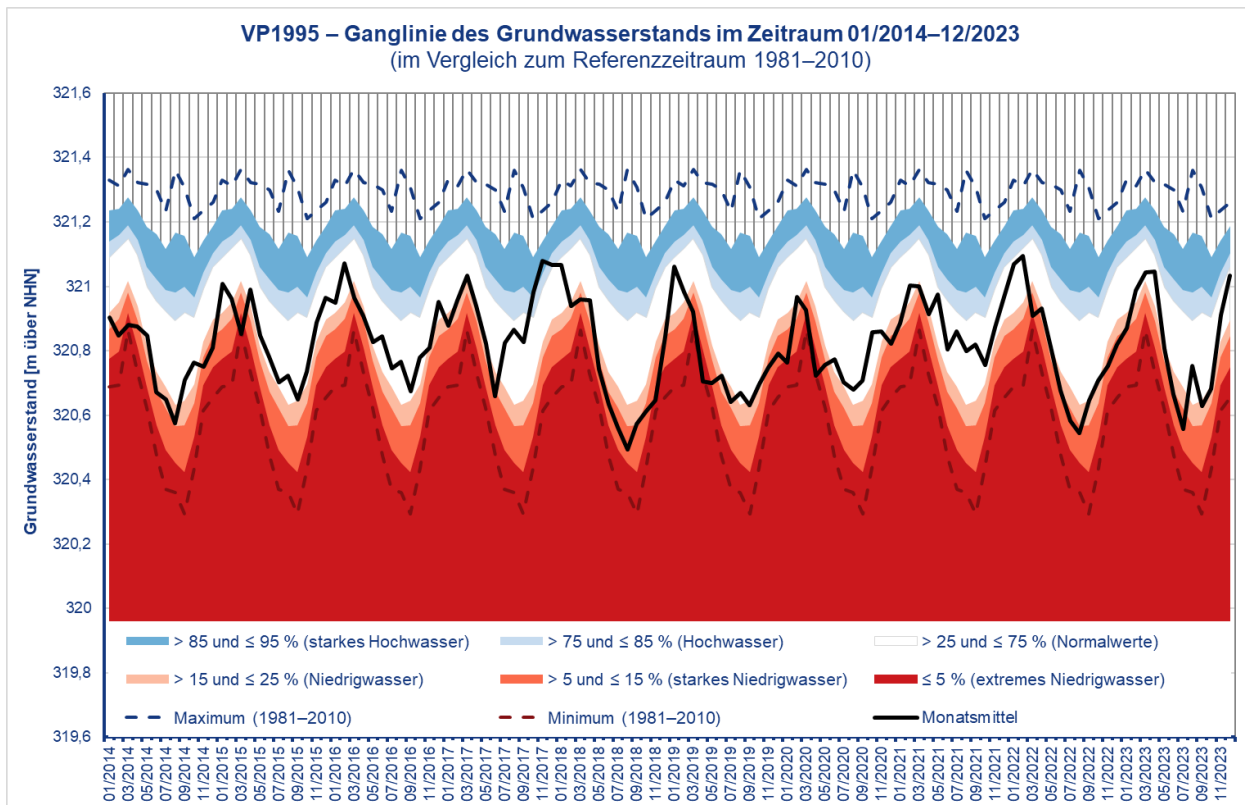


Abb. 3.1.4-6: Ganglinie des Grundwasserstands an der Messstelle VP1995 – Česká Kamenice im Koordinierungsraum Eger und untere Elbe im Zeitraum 01/2014 – 12/2023 im Vergleich zum Referenzzeitraum 1981 – 2010. Die Position der Messstelle ist in Abbildung 2-2 dargestellt. (Quelle: ČHMÚ)

3.1.5 Bewertung der ausgewählten wasserwirtschaftlich bedeutenden hydrogeologischen Gebiete (Tiefbohrungen)

3.1.5.1 Südböhmische Becken

Der Grundwasserstand in den Tiefbohrungen im Gebiet der Südböhmischen Becken weist einen mehrjährigen Rückgang auf. Am besten war der Grundwasserstand im Januar und Februar 2014 mit Werten im Bereich des starken Hochwassers. Die hohen Werte blieben anschließend 2014 meistens bestehen. In der ersten Jahreshälfte 2015 gab es Normalwerte, aber im September und Oktober sank der Grundwasserstand bereits in den Bereich des extremen Niedrigwassers. Im Januar bis März 2016 trat eine Verbesserung bis in den Bereich der Normalwerte ein. In den restlichen Monaten des Jahres ging der Grundwasserstand allerdings überwiegend moderat zurück und war insgesamt niedrig. Auch 2017 erreichte der Grundwasserstand insgesamt starkes Niedrigwasser. Im August 2018 trat eine Verschlechterung bis in den Bereich des extremen Niedrigwassers ein. Mit Ausnahme der Verbesserung zum niedrigen Grundwasserstand von Januar bis März 2019 setzte sich das extreme Niedrigwasser bis zum Dezember 2020 fort, mit dem Minimum im Mai 2020. Der langfristige Rückgang des Grundwasserstands in den Tiefbohrungen im Bereich der Südböhmischen Becken setzte sich auch 2021 und 2022 fort, als er in den einzelnen Monaten überwiegend starkes bis extremes Niedrigwasser verzeichnete. Ein deutlicher Anstieg setzte erst Anfang 2023 bis auf Normalwerte im Mai und Juni ein. Im Juli ging der Grundwasserstand jedoch wieder auf starkes Niedrigwasser zurück, das sich im August bis auf extremes Niedrigwasser verschlechterte. Im November milderte sich die Situation etwas auf starkes Niedrigwasser und bis Dezember stieg der Grundwasserstand deutlich bis auf Normalwerte an.

Abbildung 3.1.5-1 zeigt als Beispiel die Ganglinie des Grundwasserstands an der Messstelle VP7712 – Lhota im bewerteten Zeitraum 2014 – 2023 im Vergleich zum Referenzzeitraum 1991 – 2010.

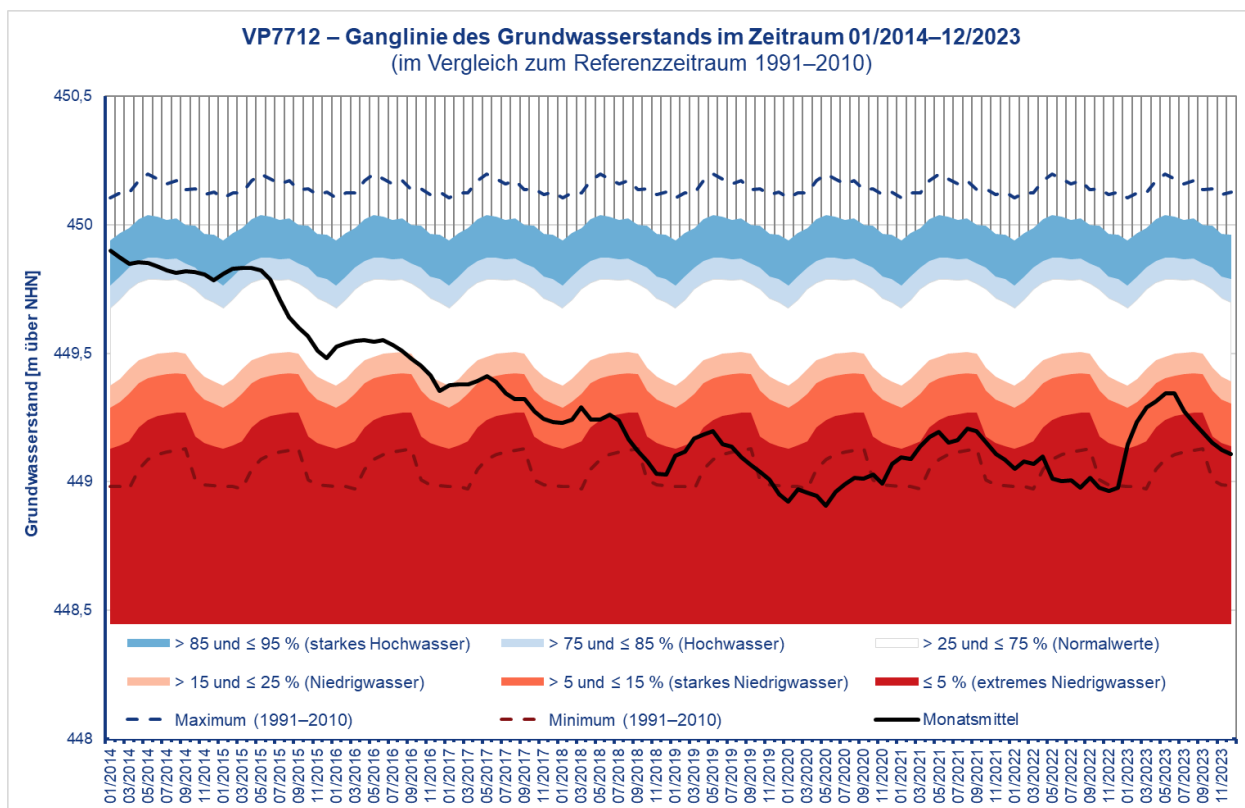


Abb. 3.1.5-1: Ganglinie des Grundwasserstands an der Messstelle VP7712 – Lhota im hydrogeologischen Gebiet Südböhmische Becken (untersuchter Grundwasserleiter – Kreide), die sich im Koordinierungsraum Obere Moldau befindet, im Zeitraum 01/2014 – 12/2023 im Vergleich zum Referenzzeitraum 1991 – 2010. Die Position der Messstelle ist in Abbildung 2-2 dargestellt. (Quelle: ČHMÚ)

3.1.5.2 Nordböhmische Kreide

In den Tiefbohrungen, die den Turon-Grundwasserleiter in der Nordböhmischen Kreide untersuchen, ging der Grundwasserstand im bewerteten Zeitraum zurück. Am höchsten war er Anfang 2014, als er den Bereich des starken Hochwassers erreichte. Insgesamt war der Grundwasserstand 2014 hoch. Trotz des überwiegenden Rückgangs herrschten in den Jahren 2015 und 2016 Normalwerte vor. Das Jahr 2017 war insgesamt durch starkes Niedrigwasser gekennzeichnet, der tiefste Grundwasserstand (extremes Niedrigwasser) wurde im Juli und August erreicht. Im Januar und Februar 2018 verbesserte sich der Grundwasserstand bis in den Bereich der Normalwerte. Von März bis Juni lag der Grundwasserstand im Bereich des starken Niedrigwassers und von Juli 2018 bis Dezember 2020 war er extrem niedrig mit dem Minimum für den gesamten bewerteten Zeitraum im Juni 2020. Der langfristige Rückgang des Grundwasserstands in den Tiefbohrungen im Turon-Grundwasserleiter im Bereich der Nordböhmischen Kreide setzte sich auch 2021 – 2023 fort. Der Grundwasserstand lag in fast allen Monaten im Bereich des extremen Niedrigwassers. Eine Ausnahme bildete nur das starke Niedrigwasser im April, Mai und September 2021. Das extreme Niedrigwasser im August 2022 erreichte sogar den niedrigsten Stand seit 1991.

Abbildung 3.1.5-2 zeigt als Beispiel die Ganglinie des Grundwasserstands an der Messstelle VP8221 – Velký Újezd im bewerteten Zeitraum 2014 – 2023 im Vergleich zum Referenzzeitraum 1991 – 2010.

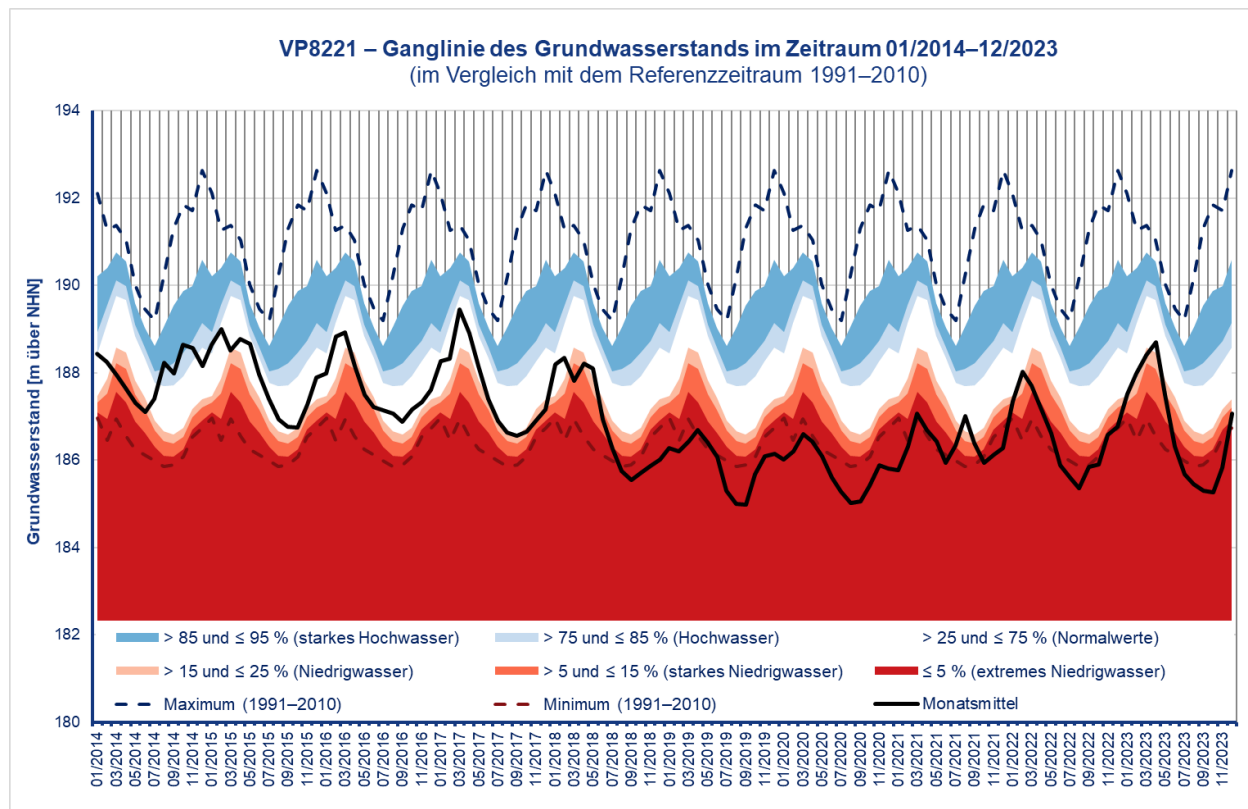


Abb. 3.1.5-2: Ganglinie des Grundwasserstands an der Messstelle VP8221 – Velký Újezd, im hydrogeologischen Gebiet Nordböhmisches Kreide (untersuchter Grundwasserleiter – Mittelturon), die sich in den Koordinierungsräumen Eger und untere Elbe sowie Obere und mittlere Elbe befindet, im Zeitraum 01/2014 – 12/2023 im Vergleich zum Referenzzeitraum 1991 – 2010. Die Position der Messstelle ist in Abbildung 2-2 dargestellt. (Quelle: ČHMÚ)

3.1.5.3 Ostböhmisches Kreide

Das Jahr 2014 war insgesamt normal, von März bis Juli lag der Grundwasserstand aber im Bereich des starken oder sogar extremen (April und Mai) Niedrigwassers. Danach verbesserte sich der Grundwasserstand und war von September 2014 bis Juni 2015 überwiegend normal, mit Ausnahme des Hochwassers im Januar und Februar 2015. Von Juli 2015 bis Januar 2016 lag der Grundwasserstand im Niedrigwasserbereich und 2016 meistens im Bereich des starken Niedrigwassers. Von Januar bis Juli 2017 erreichte er extremes, bis Oktober dann starkes Niedrigwasser. Im November verbesserte er sich auf Normalwerte, die bis März 2018 andauerten. Danach kam es zu einer schnellen Verschlechterung bis in den Bereich des extremen Niedrigwassers. Der Grundwasserstand fiel bis auf das Minimum für den gesamten bewerteten Zeitraum im Dezember 2018, und das extreme Niedrigwasser überwog bis Juni 2020. Ab Juli 2020 begann sich der Grundwasserstand deutlich zu verbessern. Von Juli bis September war er normal, im Oktober im Bereich des starken Hochwassers und im November 2020 trat sogar das extrem hohe Maximum für den gesamten bewerteten Zeitraum auf. Im ersten Quartal 2021 dauerte beim Grundwasserstand das starke Hochwasser vom Ende des vorangegangenen Jahres an. Ab April

fiel der Grundwasserstand schrittweise und lag bis Anfang 2022 meistens im Bereich der Normalwerte, lediglich im Juli 2021 unterbrochen durch erneutes Hochwasser (Perzentil 80 %). Nach einem Anstieg im Bereich der Normalwerte bis März 2022 kam es zu einem deutlichen Abfallen bis auf extremes Niedrigwasser im April, das bis in den August anhielt. Anschließend verlangsamte sich der Rückgang und der Grundwasserstand geriet in den Bereich des starken Niedrigwassers im September und Oktober bis des Niedrigwassers im November und Dezember. Im Jahr 2023 stieg der Grundwasserstand weiter leicht an, blieb aber über das Jahr meistens im Bereich des Niedrigwassers bis starken Niedrigwassers und nur im Dezember verbesserte er sich auf Normalwerte (40 %).

Abbildung 3.1.5-3 zeigt als Beispiel die Ganglinie des Grundwasserstands an der Messstelle VP7218 – Opatov v Čechách im bewerteten Zeitraum 2014 – 2023 im Vergleich zum Referenzzeitraum 1991 – 2010.

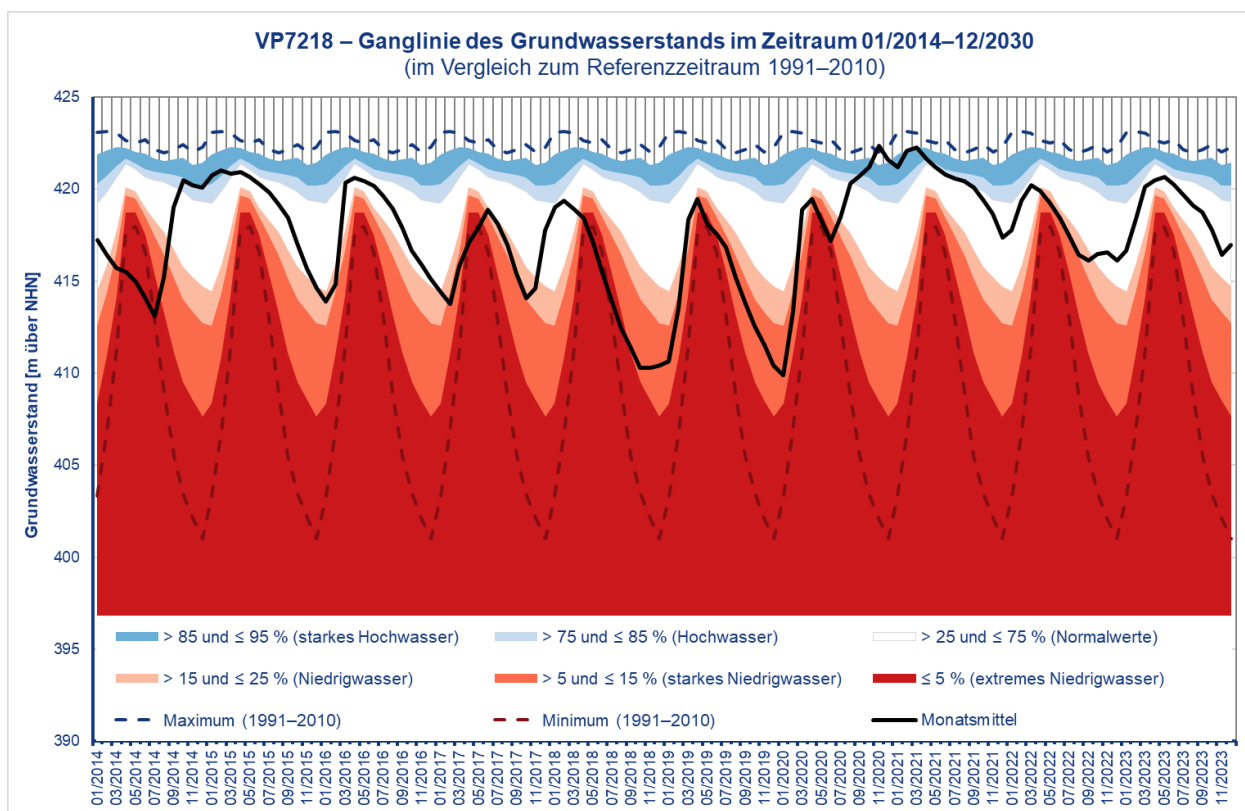


Abb. 3.1.5-3: Ganglinie des Grundwasserstands an der Messstelle VP7218 – Opatov v Čechách, im hydrogeologischen Gebiet Ostböhmische Kreide (untersuchter Grundwasserleiter – Mittelturon), die sich im Koordinierungsraum Obere und mittlere Elbe befindet, im Zeitraum 01/2014 – 12/2023 im Vergleich zum Referenzzeitraum 1981 – 2010. Die Position der Messstelle ist in Abbildung 2-2 dargestellt. (Quelle: ČHMÚ)

3.2 Auswertung des Einflusses der Trockenperiode auf das Grundwasser im deutschen Teil des Einzugsgebiets der Elbe

3.2.1 Gesamtbewertung des deutschen Teils des Einzugsgebiets der Elbe (Flachbohrungen)

Im Gegensatz zu den hydrologischen Auswertungen der Niedrigwassersituationen in den Einzeljahren 2015 (IKSE 2017) und 2018 (IKSE 2022) ergibt sich für die Periode 2014 – 2023 für die

Koordinierungsräume des deutschen Teils der internationalen Flussgebietseinheit Elbe ein einheitlicheres Bild. In allen Teilräumen gab es Unterschreitungen der im Referenzzeitraum (1981 – 2010) gemessenen Minima des Grundwasserstands. Von den insgesamt betrachteten 86 Messstellen zeigten 49 Messstellen zwischen 2014 und 2023 solch ein neues Minimum und an insgesamt 74 Messstellen befand sich der Grundwasserstand im Vergleich zum Referenzzeitraum im Bereich eines extremen Niedrigwassers. Zudem gab es bei 45 % der Messstellen zwischen 2014 und 2023 einen stark fallenden Trend (-2 % nach Grimm-Strele⁴) und bei weiteren 17 % der Messstellen einen fallenden Trend (-1 %) der Grundwasserstände. Die Jahre mit den extremsten niedrigen Grundwasserständen waren insbesondere 2017 und 2018 und an einzelnen Messstellen auch die Jahre 2014 und 2023. Eine Normalisierung der Grundwasserstände im Jahr 2023 (mindestens zehn Monate im Bereich der Normalwerte oder höher) im Vergleich zum Referenzzeitraum hat bei ca. 35 % der Messstellen stattgefunden. In Anlage 1 ist für jeden Koordinierungsraum eine Tabelle mit dem prozentualen Anteil der Messstellen, in denen in den einzelnen Monaten des bewerteten Zeitraums starkes oder extremes Niedrigwasser im Vergleich zum Referenzzeitraum 1981 – 2010 erreicht wurde, aufgeführt.

3.2.2 Vergleich der Referenzzeiträume 1981 – 2010 und 1991 – 2020

Für die Bewertung der Niedrigwassersituation wurde neben dem bisher verwendeten Referenzzeitraum 1981 – 2010 auch der Zeitraum 1991 – 2020 betrachtet. Um die Auswirkungen dieser Verschiebung der Zeitschiene zu beurteilen, ist der Auswertung der Koordinierungsräume an dieser Stelle ein Vergleich der gewählten Referenzzeiträume für den gesamten deutschen Teil des Einzugsgebiets der Elbe vorangestellt.

Hierbei fällt vor allem auf, dass die Perzentilwerte im Zeitraum 1991 – 2020 bei fast allen Messstellen niedriger sind als beim Referenzzeitraum 1981 – 2010. Der jüngere 30-Jahre-Zyklus zeichnet sich durch eine geringere Grundwasserneubildung aus, was sich in einem niedrigeren Grundwasserstand der ausgewerteten Messstellen widerspiegelt. Diese Verschiebung der Perzentile hin zu niedrigeren Grundwasserständen beim Referenzzeitraum 1991 – 2020 führt aber bei der Einstufung der Monatsmittelwerte der Grundwasserstände im Zeitraum 2021 – 2023 zu mehr Normalwerten und suggeriert damit eine Normalisierung der Grundwasserstände und somit Verharmlosung der Situation im Grundwasser (siehe Tab. 3.2.2-1).

Tab. 3.2.2-1: Anzahl der gemessenen Monatsmittelwerte der Grundwasserstände im Zeitraum 2021 – 2023 und deren Einstufung im Vergleich zu den beiden Referenzzeiträumen

Anzahl Monatsmittelwerte im Zeitraum 2021 – 2023		
Referenzzeitraum	1981 – 2010	1991 – 2020
extremes Niedrigwasser	1 134	752
starkes Niedrigwasser	319	363
Niedrigwasser	247	314
Normalwerte	1 000	1 140
Hochwasser	144	233

⁴ GRIMM-STRELE, J. (2003): WRRL – Mengenmäßiger Zustand des Grundwassers. – LAWA-Workshop Bonn, Mai 2003. [unveröffentlichte Sitzungsunterlagen]. Die Methode der Trendberechnung wird z. B. im LAWA-Sachstandsbericht „Fachliche Umsetzung der EG-WRRL – Teil 5: Bundesweit einheitliche Methode zur Beurteilung des mengenmäßigen Zustands“ (2011) – siehe https://www.wasserblick.net/servlet/is/142651/WRRL_LAWA_Fachliche_Umsetzung_WRRL_Teil_5_Methode_Beurteilung_Menge_GW.pdf?command=downloadContent&filename=WRRL_LAWA_Fachliche_Umsetzung_WRRL_Teil_5_Methode_Beurteilung_Menge_GW.pdf – erklärt: „Zur Bewertung (des Trends – Anmerkung der Redaktion) wird das Verhältnis der Steigung der Regressionsgeraden in cm pro Jahr zur Spannweite der Extremwerte in der Zeitreihe in m (entspricht % pro Jahr) gebildet.“

Anzahl Monatsmittelwerte im Zeitraum 2021 – 2023		
Referenzzeitraum	1981 – 2010	1991 – 2020
starkes Hochwasser	137	184
extremes Hochwasser	103	98

Zudem fällt beim Vergleich der beiden Referenzzeiträume auf, dass für die Monatsmittelwerte bezogen auf den Referenzzeitraum 1981 – 2010 im deutschen Teil des Einzugsgebiets der Elbe an deutlich mehr Messstellen ein neuer Minimalwert gemessen wurde als bezogen auf den jüngeren Referenzzeitraum 1991 – 2020. Das heißt, es treten bereits in den Jahren 2014 bis 2020 an einigen Messstellen neue Minimalwerte auf, die den oben gezeigten Trend der Bedingungen mit geringerer Grundwasserneubildung im neuen Referenzzeitraum noch einmal unterstreichen.

Auch die Trendauswertung nach Grimm-Strele aller bewerteten Messstellen im deutschen Elbeeinzugsgebiet (siehe Kapitel 2) zeigt im Ergebnis für die Zeitperioden 1981 – 2023 und 1991 – 2023 einen deutlichen Unterschied. Unter Einbeziehung der Jahre 1981 – 2023 zeigen 66 Messstellen einen stark fallenden Trend des Grundwasserstands bis 2023. Bei der Betrachtung der Trendentwicklung erst ab 1991 zeigen nur 39 Messstellen einen stark fallenden Trend und sogar 23 Messstellen keinen Trend – im Vergleich zu nur acht Messstellen bei der Berücksichtigung des Zeitraums ab 1981 (siehe Tab. 3.2.2-2).

Tab. 3.2.2-2: Trendanalyse nach Grimm-Strele aller bewerteten Messstellen im deutschen Elbeeinzugsgebiet

Betrachtungszeitraum für die Trendanalyse	Anzahl der Messstellen	
	1981 – 2023	1991 – 2023
stark fallender Trend	66	39
fallender Trend	8	15
kein Trend	8	23
steigender Trend	3	4
stark steigender Trend	1	5

3.2.3 Bewertung der Koordinierungsräume (Flachbohrungen)

3.2.3.1 Koordinierungsraum Mulde-Elbe-Schwarze Elster (MES)

Bei ca. 2/3 der 11 Messstellen im Koordinierungsraum MES ist über den Zeitraum 2014 – 2023 ein fallender oder stark fallender Trend zu beobachten. Alle Messstellen des Koordinierungsraums haben bis 2022 Grundwasserstände im Bereich des starken oder extremen Niedrigwassers gezeigt. Auch wenn sich die Grundwasserstände seit der extremen Trockenperiode 2018/2019 teilweise wieder langsam erholen, lagen sie an einigen Messstellen 2023 vor allem im Sommer noch immer im Bereich des extremen Niedrigwassers (Abb. 3.2.3-1). Zwei der Messstellen zeigten im bewerteten Zeitraum im Vergleich zum Referenzzeitraum sogar ein absolutes Minimum des Grundwasserstands.

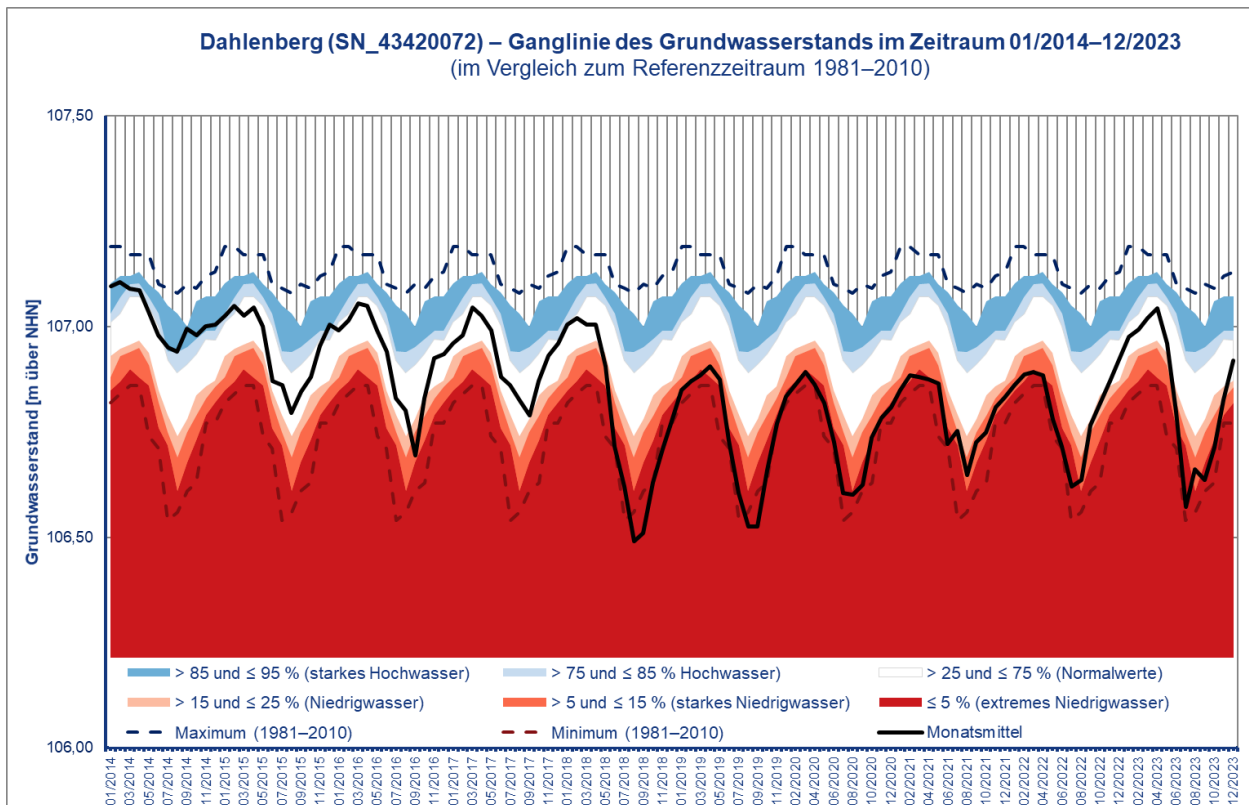


Abb. 3.2.3-1: Ganglinie des Grundwasserstands an der Messstelle Dahlenberg (SN 43420072) im Koordinierungsraum Mulde-Elbe-Schwarze Elster im Zeitraum 01/2014 – 12/2023 im Vergleich zum Referenzzeitraum 1981 – 2010. Die Position der Messstelle ist in Abbildung 2-2 dargestellt. (Quelle: FGG Elbe, Daten: zuständige Behörde des Freistaats Sachsen)

3.2.3.2 Koordinierungsraum Saale (SAL)

Auch im Koordinierungsraum SAL waren im Zeitraum 2014 – 2023 niedrige bis extrem niedrige Grundwasserstände zu verzeichnen. Mehr als 50 % der Referenzmessstellen zeigen für diesen Zeitraum einen stark fallenden oder fallenden Trend der Grundwasserstände. An der Hälfte der Messstellen wurde ebenfalls das Minimum des Referenzzeitraums im Zeitraum 2014 – 2023 und insbesondere seit Oktober 2018 (siehe Abbildung 3.2.3-2 – Gebesee) unterschritten. Allerdings gibt es räumliche Unterschiede. Während im nördlichen bis mittleren Bereich des Koordinierungsraums die Trockenperioden in der Regel zu sinkenden Grundwasserständen führten, spiegelte sich dieser Trend im südlichen Koordinierungsraum (paläozoische Einheiten der Mittelgebirge) nicht oder nur in abgeschwächter Form wider. Hier zeigt sich in den Wintermonaten bei entsprechender Grundwasserneubildung zwar ein kurzzeitiger Anstieg der Grundwasserstände – teilweise sogar bis in den Hochwasserbereich, diese fallen jedoch im Sommer rasch wieder ab und erreichen in den Jahren 2018 und 2019 den Bereich sehr niedriger bis extrem niedriger Grundwasserstände (siehe Abbildung 3.2.3-2 – Dittersdorf). An vier Messstellen ist im Zeitraum 2014 – 2023 sogar ein steigender oder stark steigender Trend der Grundwasserstände zu beobachten.

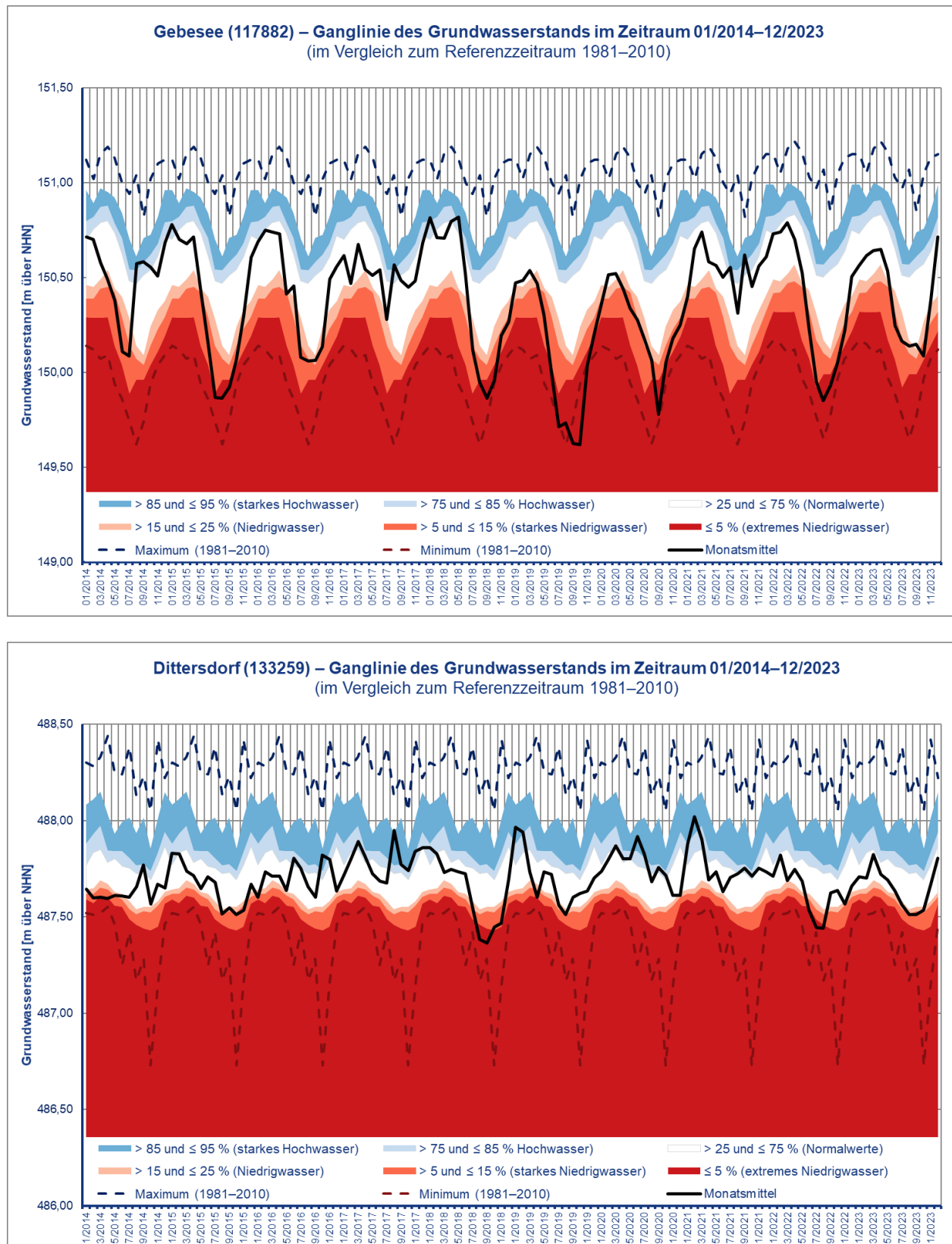


Abb. 3.2.3-2: Ganglinien des Grundwasserstands an den Messstellen Gebesee (117882) und Dittersdorf (133259) im Koordinierungsraum Saale im Zeitraum 01/2014 – 12/2023 im Vergleich zum Referenzzeitraum 1981 – 2010. Die Position der Messstellen ist in Abbildung 2-2 dargestellt. (Quelle: FGG Elbe, Daten: zuständige Behörde des Freistaats Thüringen)

3.2.3.3 Koordinierungsraum Havel (HAV)

Im Koordinierungsraum HAV zeigen bis auf zwei Messstellen für den Zeitraum 2014 – 2023 alle einen fallenden bis stark fallenden Trend. An der Hälfte der Messstellen wurde in dem betrachteten Zeitraum ein neuer Tiefstwert der Grundwasserstände im Vergleich zur Referenzperiode gemessen. Zudem wurden im ersten Halbjahr 2022 an fast allen Messstellen ein starkes bzw. extremes Niedrigwasser nachgewiesen. An drei Messstellen im Koordinierungsraum wurden atypische Verläufe mit einem fast gleichbleibenden Grundwasserniveau identifiziert. Dieses ist unter anderem darin begründet, dass im Stadtgebiet von Berlin das klimainduzierte Wasserregime teilweise anthropogen beeinflusst wird und der erwartete Verlauf des Wasserstands deutlich abweicht. Auch wenn die im Winterhalbjahr 2022/2023 vermehrt aufgetretenen Niederschläge zu einem merklichen Anstieg der Grundwasserstände geführt haben, lagen im Dezember 2023 immer noch sechs der 16 Messstellen auf dem Niveau des extremen Niedrigwassers (siehe Abb. 3.2.3-3 – Seddin). Andere Messstellen zeigen hingegen bereits wieder Grundwasserstände im normalen Bereich bzw. sogar im Bereich des starken Hochwassers (siehe Abb. 3.2.3-4 – Gulben).

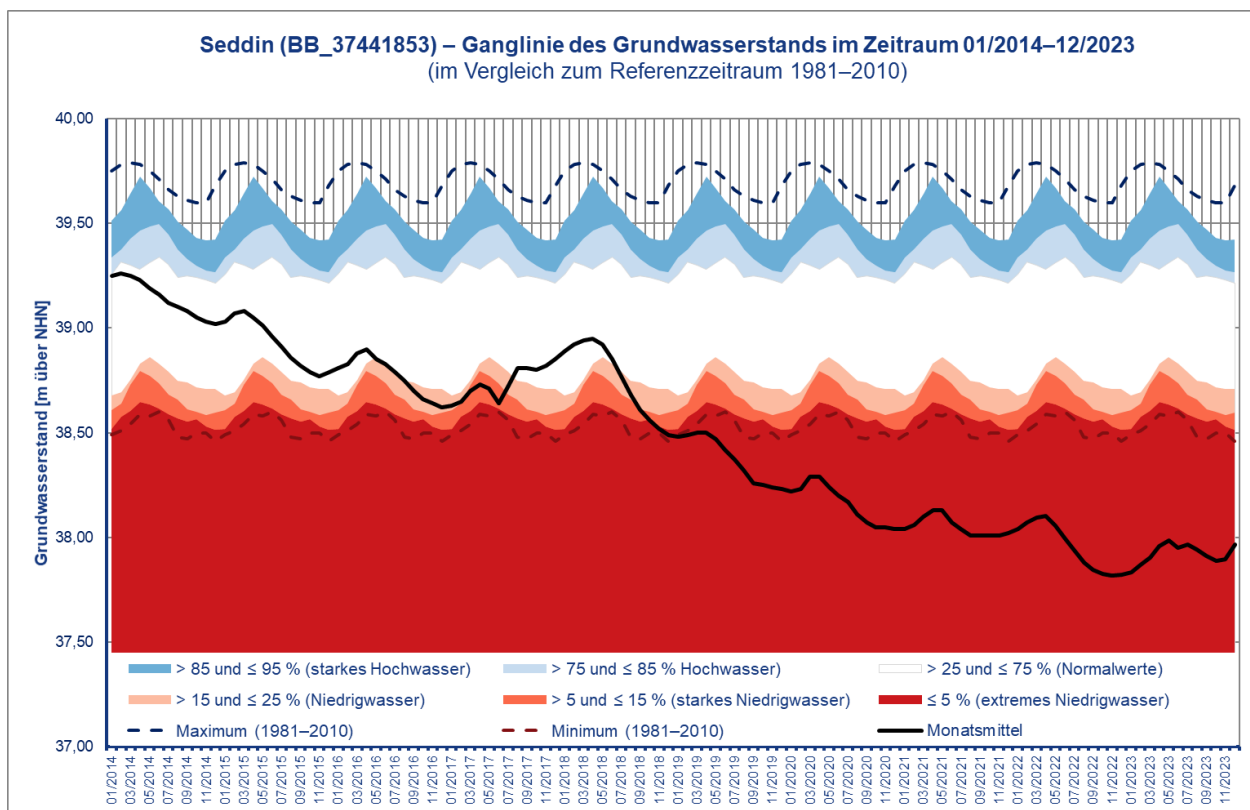


Abb. 3.2.3-3: Ganglinie des Grundwasserstands an der Messstellen Seddin (BB_37441853) im Koordinierungsraum Havel im Zeitraum 01/2014 – 12/2023 im Vergleich zum Referenzzeitraum 1981 – 2010. Die Position der Messstelle ist in Abbildung 2-2 dargestellt. (Quelle: FGG Elbe, Daten: zuständige Behörde des Landes Brandenburg)

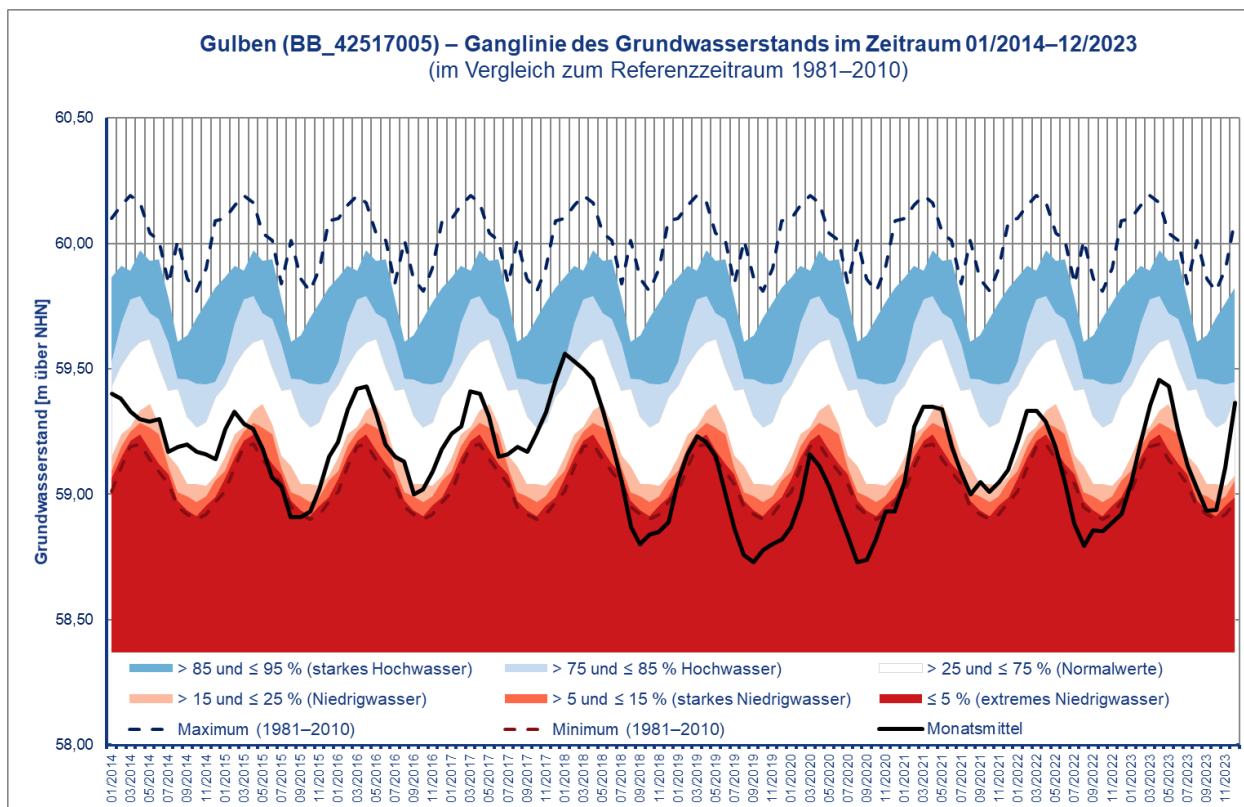


Abb. 3.2.3-4: Ganglinie des Grundwasserstands an der Messstelle Gulben (BB_42517005) im Koordinierungsraum Havel im Zeitraum 01/2014 – 12/2023 im Vergleich zum Referenzzeitraum 1981 – 2010. Die Position der Messstelle ist in Abbildung 2-2 dargestellt. (Quelle: FGG Elbe, Daten: zuständige Behörde des Landes Brandenburg)

3.2.3.4 Koordinierungsraum Mittlere Elbe / Elde (MEL)

Im Koordinierungsraum MEL zeigen die drei Messstellen im westlichen Bereich nördlich der Elbe keinen signifikanten oder einen steigenden Trend. Zwei dieser Messstellen zeigen zu keinem Zeitpunkt innerhalb des Zeitraums 2014 – 2023 starkes oder extremes Niedrigwasser. Wogegen die sechs weiteren Messstellen einen stark fallenden Trend aufweisen. Alle Messstellen sind seit dem Sommer 2018 durch ein Wasserdefizit gekennzeichnet und der niedrigste Grundwasserstand des Referenzzeitraums wurde an allen Messstellen zwischen 2014 und 2023 zeitweise unterschritten (siehe Abbildung 3.2.3-5). Eine Messstelle zeigt seit Januar 2019 und eine andere Messstelle seit September 2019 bis zum Ende des Betrachtungszeitraums (Dezember 2023) extremes Niedrigwasser an. Eine weitere Messstelle liegt seit Dezember 2018 mit nur wenigen Monaten positiver Änderung bis hin zum Niedrigwasserniveau im extremen Niedrigwasserbereich. Zwei Messstellen zeigen immerhin eine Phase von Normalwerten innerhalb eines halben Jahres bis zu einem ganzen Jahr zwischen den Frühjahren 2021 – 2022.

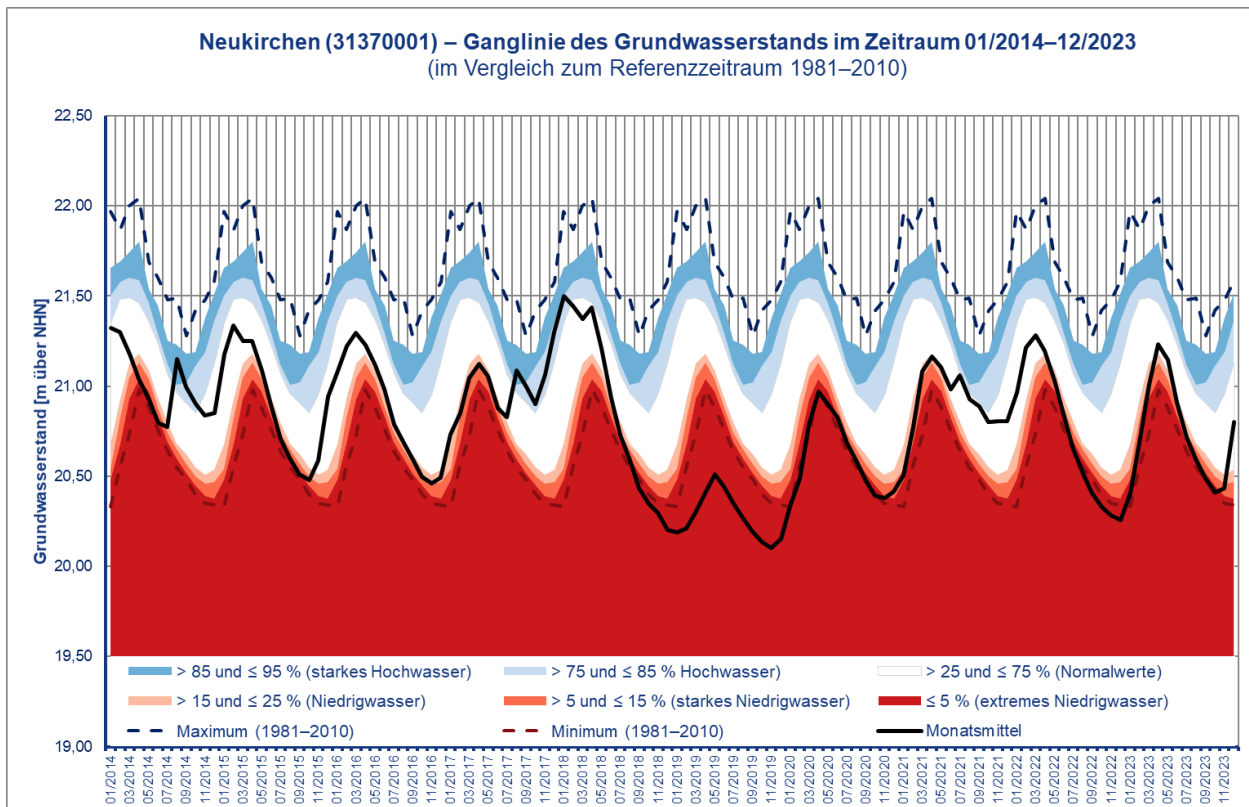


Abb. 3.2.3-5: Ganglinie des Grundwasserstands an der Messstelle Neukirchen (31370001) im Koordinierungsraum Mittlere Elbe / Elde im Zeitraum 01/2014 – 12/2023 im Vergleich zum Referenzzeitraum 1981 – 2010. Die Position der Messstelle ist in Abbildung 2-2 dargestellt. (Quelle: FGG Elbe, Daten: zuständige Behörde des Landes Sachsen-Anhalt)

3.2.3.5 Koordinierungsraum Tideelbe

Im Koordinierungsraum TEL weisen 11 von 19 Messstellen einen fallenden bzw. stark fallenden Trend zwischen 2014 und 2023 auf. Allerdings traten die meisten signifikanten Änderungen in den Ganglinien erst ab Sommer 2018 auf (siehe Abbildung 3.2.3-6). In den Jahren zuvor hatten die meisten Messstellen noch normale Grundwasserstände, die vor allem durch die hohen Winterniederschläge bis einschließlich Frühjahr 2018 begründet werden können. Viele, der vor allem in Schleswig-Holstein liegenden Messstellen, zeigen eine leichte Erholung der Ganglinien und der damit einhergehenden Grundwasserstände bereits wieder im Jahr 2020. Der Phase des Anstiegs des Grundwasserstands folgt ab Herbst 2020 bis Ende 2021 eine Niedrigwasserphase an rund der Hälfte der 19 Messstellen, davon weisen 7 Messstellen fast durchgehend extremes Niedrigwasser auf. Vier Messstellen in Niedersachsen zeigen seit Januar 2019 bis zum Herbst 2023 eine sehr langanhaltende Dauer extremen Niedrigwassers mit nur wenigen Monaten von starkem Niedrigwasser oder Niedrigwasser (4 % aller Messwerte) an.

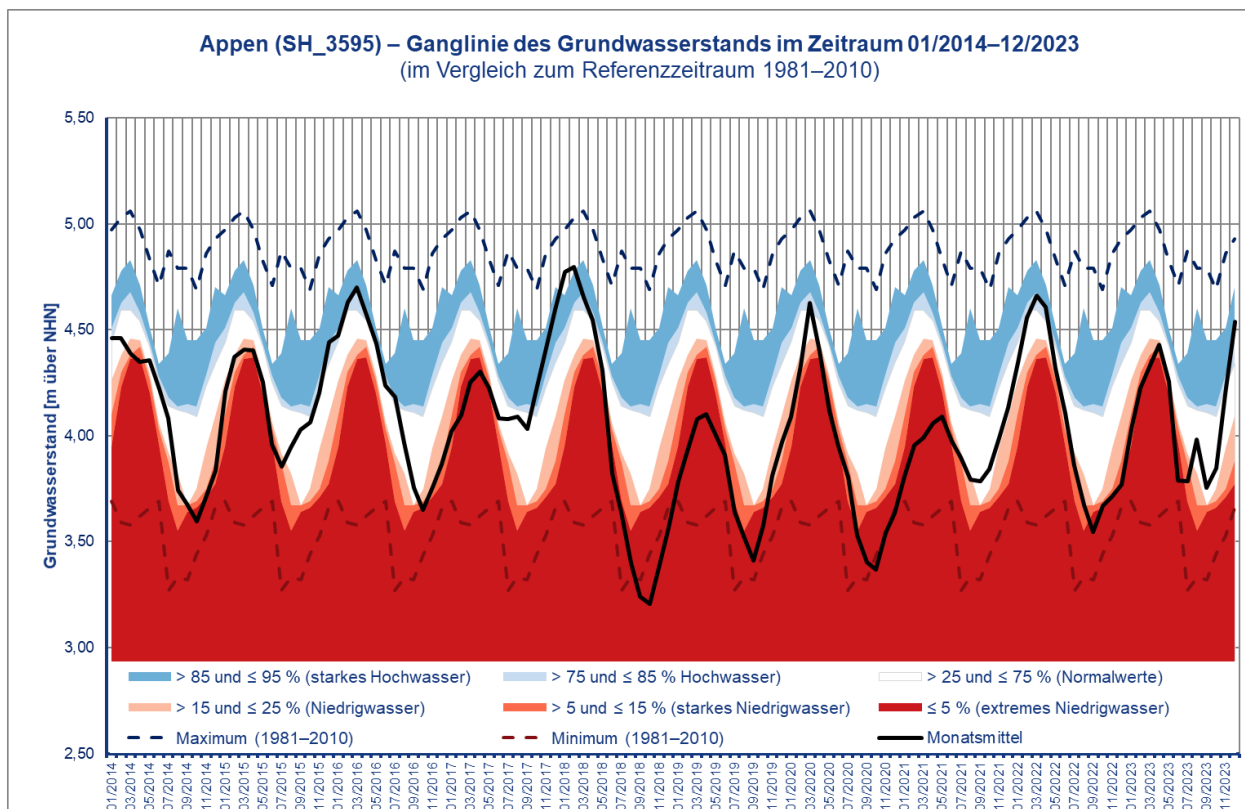


Abb. 3.2.3-6: Ganglinie des Grundwasserstands an der Messstelle Appen (SH_3595) im Koordinierungsraum Tideelbe im Zeitraum 01/2014 – 12/2023 im Vergleich zum Referenzzeitraum 1981 – 2010. Die Position der Messstelle ist in Abbildung 2-2 dargestellt. (Quelle: FGG Elbe, Daten: zuständige Behörde des Landes Schleswig-Holstein)

4 Fazit

Die Expertengruppe „Grundwasser“ der IKSE hat die Bewertung des Grundwassers im Einzugsgebiet der Elbe für den 10-jährigen Zeitraum der Niedrigwasserphase von 2014 bis 2023 im Hinblick auf die Grundwasserstände erarbeitet. Sie ging dabei von der bereits 2023 von der IKSE veröffentlichten Auswertung des Zeitraums 2014 – 2020⁵ aus, die sie um die Jahre 2021 bis 2023 ergänzte.

Die primären Ursachen für die langanhaltenden Niedrigwasserphasen im Elbeeinzugsgebiet in den Jahren 2014 bis 2023 und die Bewertung der Lufttemperatur, der Niederschläge, der Schneerücklagen und Abflüsse sind bereits im Teil A „Bewertung der Oberflächengewässer“ und zusammenfassend in dessen Kapitel 9 Fazit aufgeführt. Ergänzend zu diesen Informationen kann man für das Grundwasser kurz Folgendes sagen:

- Beim Grundwasser ist es im Zeitraum 2014 – 2023 sowohl auf der tschechischen als auch auf der deutschen Seite zur Unterschreitung der Minima des Grundwasserstands aus dem Referenzzeitraum 1981 – 2010 gekommen. Auf der tschechischen Seite war 2018 das trockenste Jahr, insgesamt dauerte das extreme Niedrigwasser bei den Grundwasserständen jedoch bis Mai 2020 an. Auf der deutschen Seite wurden die größten Extreme

⁵ <https://www.ikse-mkol.org/publikationen>

beim Rückgang des Grundwasserstands 2017 und 2018 verzeichnet. Das Ende des Auswertungszeitraums brachte bei einem Teil der Messstellen eine Verbesserung bis Normalisierung der Grundwasserspiegel mit sich.

- Der Vergleich der Referenzzeiträume 1981 – 2010 und 1991 – 2020 und deren Anwendung bei der Bewertung in den Jahren 2021 – 2023 zeigt erwartungsgemäß, dass bei Verwendung des Referenzzeitraums 1991 – 2020, der eine signifikante Niedrigwasserphase umfasst, die Bewertung der Grundwasserstände hinsichtlich der Niedrigwasserstände günstiger ausfällt als bei Verwendung des Referenzzeitraums 1981 – 2010.

Angesichts des fortschreitenden Klimawandels wird es notwendig sein, die Entwicklung der Grundwasserstände weiterhin zu beobachten und zu analysieren.

5 Liste der Abkürzungen

KOR	Koordinierungsraum
HSL	(Koordinierungsraum) Obere und mittlere Elbe
HVL	(Koordinierungsraum) Obere Moldau
DVL	(Koordinierungsraum) Untere Moldau
BER	(Koordinierungsraum) Berounka
ODL	(Koordinierungsraum) Eger und untere Elbe
MES	(Koordinierungsraum) Mulde-Elbe-Schwarze Elster
SAL	(Koordinierungsraum) Saale
HAV	(Koordinierungsraum) Havel
MEL	(Koordinierungsraum) Mittlere Elbe / Elde
TEL	(Koordinierungsraum) Tideelbe
ČHMÚ	Tschechisches Hydrometeorologisches Institut (Český hydrometeorologický ústav)
FGG Elbe	Flussgebietsgemeinschaft Elbe

Anlage 1: Flachbohrungen

Tabellen der Koordinierungsräume mit dem prozentualen Anteil der Messstellen (Flachbohrungen), in denen in den einzelnen Monaten des bewerteten Zeitraums im Vergleich zum Referenzzeitraum 1981 – 2010 starkes oder extremes Niedrigwasser erreicht wurde.

Legende:

Anzahl der Messstellen in %	
Auftreten des starken Niedrigwassers (Kategorie 2)	x
Auftreten des extremen Niedrigwassers (Kategorie 1)	y

Koordinierungsraum Obere und mittlere Elbe Prozentualer Anteil der Messstellen mit starkem (hellrot) bzw. extremem (dunkelrot) Niedrigwasser Anzahl der Messstellen: 81												
Jahre	Monate											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2014	6	30	32	31	26	7	12	14	4	4	7	10
	0	2	28	27	7	1	4	2	0	0	0	2
2015	1	10	40	14	36	35	41	49	40	37	27	14
	0	0	22	5	7	14	35	20	20	19	10	0
2016	41	16	14	35	40	32	30	32	41	42	40	42
	4	1	1	15	16	22	26	19	26	20	20	23
2017	34	26	36	26	31	29	19	30	16	6	2	4
	50	57	19	35	14	39	38	15	5	1	0	0
2018	1	6	27	27	35	23	25	19	28	25	28	33
	0	0	9	24	37	47	57	71	62	62	59	56
2019	41	30	39	45	42	29	14	28	34	31	31	42
	21	14	14	44	26	19	61	49	39	32	25	30
2020	38	22	28	30	27	16	7	9	6	4	2	11
	43	15	7	59	57	14	5	6	2	1	2	1
2021	4	2	9	21	5	5	1	1	1	5	7	16
	7	1	4	10	1	2	0	0	0	0	1	1
2022	4	2	33	37	44	36	33	32	28	20	28	32
	0	1	10	27	25	40	25	25	11	7	7	5
2023	19	7	14	1	6	23	32	19	17	30	12	0
	2	1	4	0	1	11	35	5	1	6	0	0

Koordinierungsraum Obere Moldau Prozentualer Anteil der Messstellen mit starkem (hellrot) bzw. extremem (dunkelrot) Niedrigwasser												
Anzahl der Messstellen: 32												
Jahre	Monate											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2014	9	19	56	28	41	16	22	6	0	0	0	0
	3	0	19	56	9	0	0	0	0	0	0	0
2015	0	0	19	41	28	19	41	50	50	31	28	22
	0	0	0	0	3	0	19	25	25	28	16	0
2016	28	12	12	41	28	9	0	0	12	6	6	16
	3	0	0	22	25	3	0	0	3	3	0	0
2017	22	34	12	6	6	34	38	34	22	16	9	22
	0	6	3	6	3	12	25	3	3	16	6	3
2018	16	16	41	47	22	28	28	38	41	38	44	28
	0	0	3	31	56	19	16	41	28	38	28	19
2019	9	6	9	31	22	12	34	34	41	41	38	59
	3	0	0	19	19	9	34	38	38	34	31	34
2020	50	38	28	6	12	9	3	3	3	3	0	6
	47	25	59	91	72	22	9	6	3	0	0	0
2021	6	0	6	31	3	3	0	0	0	3	3	6
	3	0	0	3	0	0	0	0	0	0	3	3
2022	3	9	50	34	22	22	6	12	3	3	0	0
	0	0	16	41	31	19	0	3	0	0	0	0
2023	0	0	9	0	0	6	47	28	22	31	19	3
	0	0	0	0	0	0	12	3	0	12	3	0

Koordinierungsraum Berounka Prozentualer Anteil der Messstellen mit starkem (hellrot) bzw. extremem (dunkelrot) Niedrigwasser												
Anzahl der Messstellen: 27												
Jahre	Monate											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2014	0	4	22	33	26	11	4	4	0	0	0	0
	4	4	15	15	4	0	0	0	0	0	0	0
2015	0	0	19	11	19	11	41	22	22	22	19	19
	0	4	4	4	4	4	7	22	22	19	15	4
2016	7	0	0	30	44	15	11	7	7	4	7	7
	4	4	4	7	11	4	0	4	4	4	0	0
2017	11	11	11	7	7	37	19	22	7	7	7	15
	7	4	4	7	0	22	19	19	11	11	4	4
2018	0	19	15	22	22	19	22	22	30	37	30	30
	0	0	11	15	33	15	19	37	26	26	33	15
2019	19	19	26	33	37	33	15	44	26	19	22	30
	11	4	15	30	19	22	59	19	15	19	19	30
2020	33	22	26	30	26	44	37	11	19	7	11	30
	33	19	26	48	44	7	15	7	7	7	4	4
2021	19	4	15	33	0	0	0	0	0	7	4	4
	11	4	7	11	0	0	0	0	0	0	0	4
2022	4	4	30	26	30	26	15	37	7	0	0	0
	0	0	11	7	4	4	30	15	4	4	0	0
2023	0	7	15	0	0	22	26	22	15	37	15	4
	0	0	4	0	0	15	33	4	7	15	7	0

Koordinierungsraum Untere Moldau Prozentualer Anteil der Messstellen mit starkem (hellrot) bzw. extremem (dunkelrot) Niedrigwasser Anzahl der Messstellen: 17												
Jahre	Monate											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2014	6	24	29	29	18	6	18	6	6	6	6	6
	0	0	18	18	6	0	6	6	0	0	0	0
2015	0	0	35	24	12	24	6	24	12	12	18	12
	0	0	12	6	18	6	35	18	24	24	6	0
2016	18	6	18	24	29	24	18	24	24	18	29	35
	0	0	0	6	6	0	12	6	18	18	12	12
2017	29	35	29	18	18	35	29	29	35	18	12	6
	12	12	0	0	0	12	12	6	6	6	6	6
2018	12	0	12	29	24	29	24	24	35	35	41	35
	0	6	18	24	41	35	41	47	41	41	41	
2019	13	7	7	40	27	13	47	27	40	40	27	47
	7	7	7	13	13	7	13	20	0	0	7	7
2020	47	6	24	41	47	12	6	6	12	0	0	6
	18	6	6	29	12	6	6	6	6	6	6	0
2021	0	6	12	12	6	6	6	6	6	12	24	18
	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2022	12	12	12	24	24	41	12	18	6	0	0	6
	0	0	35	41	29	18	18	18	12	12	12	6
2023	0	6	18	0	6	12	24	6	12	24	12	0
	6	0	0	6	0	0	24	6	6	12	6	6

Koordinierungsraum Eger und untere Elbe Prozentualer Anteil der Messstellen mit starkem (hellrot) bzw. extremem (dunkelrot) Niedrigwasser Anzahl der Messstellen: 32 (einschließlich 3 Messstellen in Bayern)												
Jahre	Monate											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2014	6	28	25	16	13	16	13	13	9	9	19	9
	0	3	28	38	16	6	9	3	0	0	3	9
2015	3	9	19	22	19	6	13	19	28	19	19	0
	3	6	28	3	9	19	22	19	13	16	6	6
2016	13	3	9	31	41	22	22	6	13	9	13	9
	6	3	0	3	16	3	3	3	3	0	0	6
2017	31	19	6	19	6	34	19	34	22	9	16	6
	13	13	3	6	6	13	19	6	6	6	0	3
2018	0	6	31	25	38	38	31	28	22	28	25	16
	3	3	6	6	13	19	44	50	50	47	56	47
2019	19	19	22	31	25	16	31	28	25	25	28	25
	25	16	13	28	19	25	44	44	44	31	31	38
2020	16	13	25	28	22	19	13	22	16	9	16	25
	50	19	16	41	47	28	31	31	28	22	16	28
2021	34	0	13	38	13	16	6	9	16	13	13	22
	19	6	3	16	3	9	3	3	3	13	13	13
2022	9	6	34	28	38	28	31	28	16	16	13	25
	0	3	13	16	19	28	34	41	19	22	25	16
2023	13	16	16	16	16	34	28	22	25	19	25	3
	16	9	9	6	13	25	44	22	28	34	9	6

Koordinierungsraum Mulde-Elbe-Schwarze Elster Prozentualer Anteil der Messstellen mit starkem (hellrot) bzw. extremem (dunkelrot) Niedrigwasser Anzahl der Messstellen: 11												
Jahre	Monate											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2014	0	0	18	9	9	9	9	0	9	0	0	0
	0	0	9	18	18	18	27	27	18	9	9	9
2015	0	9	27	0	0	9	0	0	0	0	0	0
	9	9	18	55	55	45	55	55	36	36	36	36
2016	0	9	27	36	0	0	0	0	9	9	0	9
	36	18	0	9	27	27	27	27	27	27	27	18
2017	0	9	27	9	9	9	0	0	9	0	0	0
	27	27	9	27	27	27	36	27	27	36	36	9
2018	9	9	18	9	9	0	0	9	9	9	0	9
	0	0	9	27	36	55	55	55	55	55	64	55
2019	18	18	27	27	27	9	9	18	18	27	27	18
	36	36	36	36	36	64	64	64	64	55	45	45
2020	18	9	27	18	18	9	9	9	9	9	0	27
	55	64	45	64	73	82	91	91	82	73	64	64
2021	9	36	9	9	18	9	9	9	9	9	18	9
	82	36	45	55	45	45	27	27	27	36	27	36
2022	9	9	9	18	9	0	9	27	9	18	0	18
	27	27	36	45	64	73	73	64	64	55	55	55
2023	27	18	18	18	9	27	9	9	0	0	9	9
	27	27	27	27	27	27	45	45	55	55	45	18

Koordinierungsraum Saale Prozentualer Anteil der Messstellen mit starkem (hellrot) bzw. extremem (dunkelrot) Niedrigwasser Anzahl der Messstellen: 28												
Jahre	Monate											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2014	0	4	25	21	32	21	7	4	4	4	4	7
	4	4	14	36	14	18	18	0	0	0	0	0
2015	4	4	11	4	18	25	14	14	18	18	18	14
	4	4	4	7	7	29	36	32	25	21	18	7
2016	7	7	14	11	32	14	21	14	4	14	29	32
	14	7	4	11	18	18	25	36	39	32	4	7
2017	7	21	21	25	25	29	18	4	7	7	11	4
	32	29	25	32	32	29	32	14	11	7	4	4
2018	4	4	4	7	7	25	11	11	14	18	18	11
	4	4	7	4	7	29	57	61	61	57	61	50
2019	21	14	14	18	29	21	11	21	18	14	14	18
	25	32	36	50	39	46	57	54	61	50	39	39
2020	21	11	7	18	18	14	21	11	18	7	11	21
	39	29	21	50	54	50	50	54	50	46	43	50
2021	11	11	11	14	18	25	4	7	0	4	4	14
	50	21	18	25	25	25	25	18	14	18	18	21
2022	4	0	0	14	21	18	21	21	11	18	21	11
	18	14	18	18	21	43	57	61	57	43	43	43
2023	0	11	14	7	14	18	25	21	14	21	4	4
	46	36	25	29	25	39	43	25	29	32	29	18

Koordinierungsraum Havel Prozentualer Anteil der Messstellen mit starkem (hellrot) bzw. extremem (dunkelrot) Niedrigwasser Anzahl der Messstellen: 16												
Jahre	Monate											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2014	0	0	6	6	6	0	0	0	6	6	6	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
2015	0	6	13	19	19	6	13	25	0	13	0	0
	6	0	0	6	6	19	19	13	19	13	6	6
2016	0	0	0	0	0	6	6	13	13	6	6	6
	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
2017	13	19	13	6	13	19	13	6	6	0	6	0
	6	6	6	13	13	13	6	0	0	6	0	0
2018	0	0	0	0	0	6	13	13	19	13	13	13
	0	0	0	0	0	0	6	6	13	25	25	25
2019	6	13	19	19	13	6	0	6	0	0	6	13
	31	25	25	44	50	63	63	63	63	63	50	44
2020	19	25	19	25	13	19	13	31	13	6	6	19
	50	44	38	44	50	50	50	50	63	63	56	50
2021	6	13	13	6	6	13	6	6	0	0	0	0
	63	44	38	50	44	44	44	44	44	44	38	38
2022	0	0	0	19	31	13	13	19	6	0	0	0
	38	38	38	38	38	63	63	63	69	69	69	69
2023	6	13	13	0	0	0	6	6	0	13	0	0
	69	50	38	38	38	38	38	38	50	38	38	38

Koordinierungsraum Mittlere Elbe / Elde Prozentualer Anteil der Messstellen mit starkem (hellrot) bzw. extremem (dunkelrot) Niedrigwasser Anzahl der Messstellen: 9												
Jahre	Monate											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2014	0	0	0	22	22	11	22	11	11	0	11	22
	0	0	0	11	22	22	0	0	0	0	0	0
2015	11	11	0	11	11	11	22	11	11	22	0	11
	0	0	11	11	11	11	11	22	22	11	11	0
2016	11	11	11	11	11	11	22	0	11	22	33	11
	0	0	0	0	11	11	0	11	11	11	11	22
2017	33	11	22	11	22	22	11	11	11	11	22	0
	11	22	22	33	22	22	22	11	11	11	0	0
2018	0	0	0	0	11	11	22	11	0	11	33	11
	0	0	0	0	0	0	0	11	22	22	22	44
2019	0	0	22	0	0	0	11	11	0	0	11	11
	56	56	44	56	56	56	56	56	67	67	56	56
2020	22	11	11	11	0	22	0	11	11	11	11	11
	44	56	44	44	56	33	56	56	56	56	56	56
2021	22	33	11	33	11	22	22	22	11	11	11	0
	44	33	22	22	33	22	22	22	33	33	33	44
2022	11	0	11	0	11	11	11	11	11	0	0	0
	33	33	22	33	44	56	56	56	56	67	67	67
2023	11	22	11	0	11	11	22	0	11	0	11	0
	56	44	44	44	33	33	33	56	56	56	44	33

Prozentualer Anteil der Messstellen im Koordinierungsraum Tideelbe mit starkem (hellrot) bzw. extremem (dunkelrot) Niedrigwasser												
Anzahl der Messstellen: 19												
Jahre	Monate											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2014	0	5	53	63	21	16	21	32	11	37	16	32
	0	0	5	21	21	26	16	32	53	53	79	58
2015	16	21	16	21	26	26	26	11	0	0	5	0
	21	5	16	11	11	32	32	32	32	26	21	11
2016	16	11	5	11	11	21	5	0	5	32	26	32
	5	5	11	5	5	0	0	11	21	21	32	42
2017	37	16	11	21	37	26	11	0	5	0	5	5
	26	47	42	37	16	16	11	11	11	11	5	5
2018	0	0	0	0	5	26	16	16	16	26	11	0
	5	0	0	0	0	11	26	53	58	53	68	74
2019	21	16	16	26	16	11	11	11	16	5	11	11
	63	53	47	47	63	63	68	68	68	58	42	37
2020	21	11	0	11	26	16	26	16	16	16	11	5
	37	26	16	21	26	37	26	47	63	74	74	79
2021	11	16	16	21	0	26	11	5	5	16	11	21
	58	47	53	58	63	37	37	53	47	47	42	37
2022	16	5	5	0	0	11	16	11	5	21	26	11
	21	16	16	21	21	21	26	42	58	42	53	68
2023	11	5	5	5	16	21	21	5	0	5	5	0
	37	37	32	26	26	37	37	21	32	21	16	11

Anlage 2: Tiefbohrungen (nur im tschechischen Teil des Einzugsgebiets der Elbe)

Tabellen der ausgewählten wasserwirtschaftlich bedeutenden hydrogeologischen Gebiete im tschechischen Teil des Einzugsgebiets der Elbe mit der Gesamtbewertung des Grundwasserstands im betreffenden Gebiet in den einzelnen Monaten und Jahren des bewerteten Zeitraums anhand der Perzentilwerte und der Kategorien des Grundwasserstands im Vergleich zum Referenzzeitraum 1991 – 2010.

Legende:

Perzentilwert für den Referenzzeitraum	Farbe und Beschreibung der Kategorie	
> 95 %		extremes Hochwasser
> 85 a ≤ 95 %		starkes Hochwasser
> 75 a ≤ 85 %		Hochwasser
> 25 a ≤ 75 %		Normalwerte
> 15 a ≤ 25 %		Niedrigwasser
> 5 a ≤ 15 %		starkes Niedrigwasser
≤ 5 %		extremes Niedrigwasser

Gebiet Südböhmische Becken													
Anzahl der Messstellen: 6													
Jahre	Perzentilwerte												Jahr
	Monate												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
2014	94	93	85	80	84	77	60	63	84	86	76	55	81
2015	63	56	47	51	53	44	23	9	2	5	12	24	19
2016	32	33	29	23	21	23	27	35	14	15	22	20	20
2017	27	20	22	18	42	19	8	9	10	4	17	21	14
2018	30	31	26	9	11	21	14	1	<0,5	<0,5	1	4	7
2019	19	22	18	4	6	2	2	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	2
2020	1	1	1	<0,5	<0,5	1	4	1	<0,5	<0,5	2	4	1
2021	5	10	11	3	6	4	6	6	1	<0,5	1	3	5
2022	5	5	2	<0,5	<0,5	<0,5	2	<0,5	<0,5	<0,5	1	7	1
2023	17	23	16	22	41	26	6	1	<0,5	1	7	27	12

Gebiet Nordböhmische Kreide													
Anzahl der Messstellen: 6													
Jahre	Perzentilwerte												
	Monate												Jahr
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
2014	90	79	61	40	47	74	85	85	86	91	82	60	77
2015	80	66	34	38	45	55	41	39	42	62	58	50	43
2016	49	56	49	23	21	34	48	43	68	66	22	14	28
2017	29	22	41	25	42	12	4	2	20	39	18	15	11
2018	64	47	8	11	10	9	1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
2019	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
2020	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
2021	<0,5	1	3	6	5	1	1	4	8	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
2022	<0,5	2	<0,5	1	1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
2023	<0,5	<0,5	<0,5	4	2	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	1	<0,5

Gebiet Ostböhmische Kreide													
Anzahl der Messstellen: 10													
Jahre	Perzentilwerte												
	Monate												Jahr
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
2014	60	34	10	1	1	9	11	20	53	74	73	68	28
2015	80	78	52	29	36	35	22	19	22	22	21	25	30
2016	17	14	39	14	11	15	15	14	13	12	13	13	14
2017	5	2	1	<0,5	<0,5	<0,5	1	6	7	11	29	52	7
2018	72	66	27	3	1	<0,5	<0,5	1	2	2	2	3	8
2019	1	2	3	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	1	3	4	6	6	4
2020	2	5	13	2	<0,5	1	58	63	74	88	96	92	38
2021	88	91	89	60	59	72	80	73	67	58	48	37	76
2022	43	42	32	4	1	<0,5	2	5	9	15	18	16	12
2023	19	21	22	11	23	15	8	10	14	16	21	40	18

