

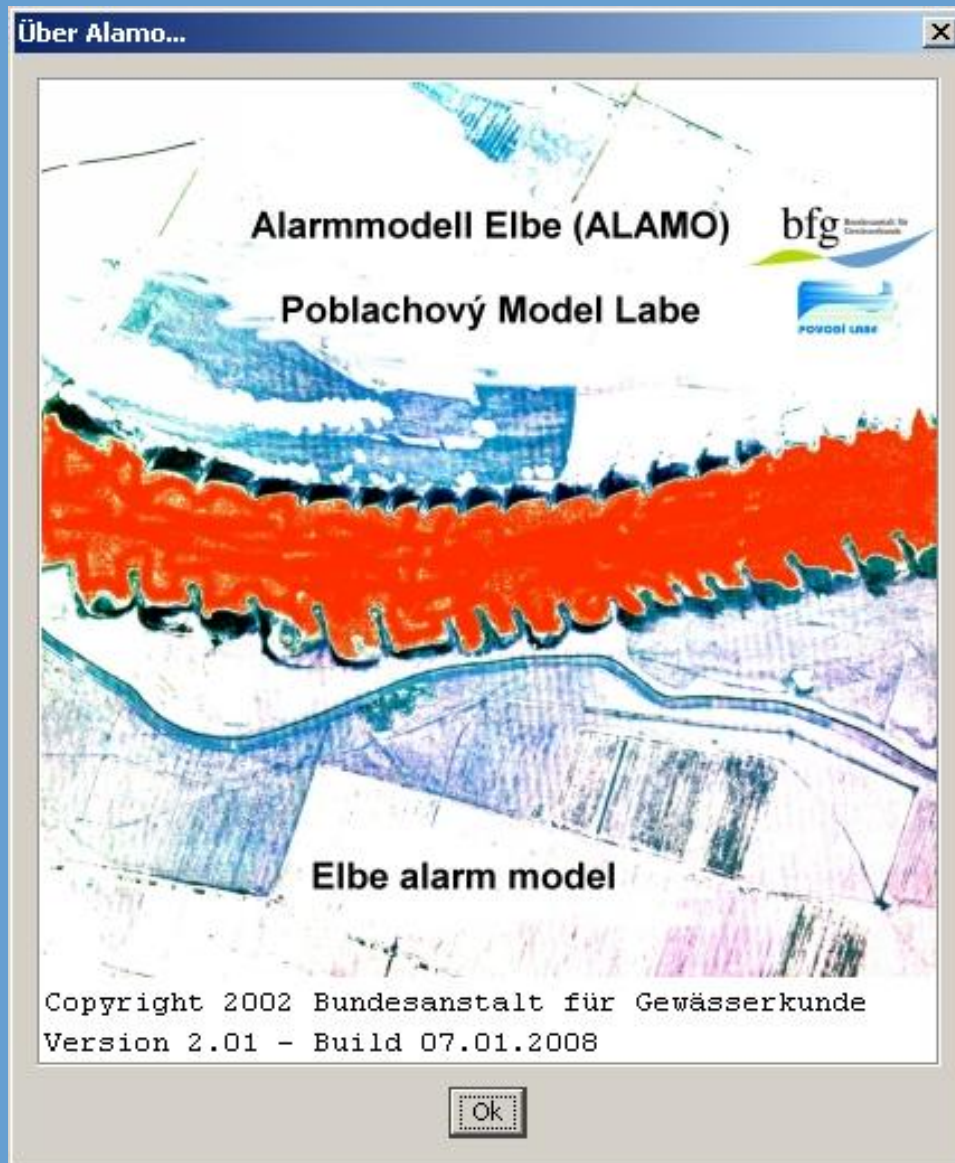
# Alarmmodell Elbe – ALAMO

Erweiterung auf die Nebenflüsse Saale und Vltava – Erweiterungsphase 1

Dr. Stephan Mai  
Quantitative Gewässerkunde, Referat M1  
Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz

Pec pod Sněžkou, 26.08.2009

# Funktionsumfang der aktuellen Version von ALAMO



- **Automatisierter Abruf von Wasserstands- und Abflussdaten entlang der Elbe**
- **Vorgabe der Schadstoffeinleitung**
  - Zugriff auf Verzeichnis potentieller Einleiter (auch an Vorflutern)
  - Einleitungsmenge, Einleitungszeitraum
  - Ganglinie der Schadstoffkonzentration
- **Prognose des Schadstofftransports in der Labe / Elbe (etwa 850 km)**
- **Automatisierte Visualisierung der Ergebnisse**
  - Ganglinien der Schadstoffkonzentration
  - Animation des Schadstofftransports
- **Automatisierte Unterstützung bei der Erstellung der Meldung „SOS-LABE“ / „SOS-ELBE“**

# Übersicht über die 1. Phase der Erweiterung von ALAMO



- **Erweiterung der Schadstofftransportprognose auf Nebenflüsse**

- Vltava
- Saale

- **Verbesserung der bestehenden Programmfunktionalität**

- Möglichkeit zur Nummerierung von Havarie-Meldungen (eines Unfalls)
- Speichermöglichkeit für (alle) Graphiken (derzeit nur für Videoanimation, Kartenübersicht, zu ergänzen: Darstellungen von Ganglinien etc.)

# Vorgehen zur Einbeziehung von Nebenflüssen

## 1. Erweiterung des Steuererroutinen des Programms ALAMO

- **Anpassung: WWW-Pegelabruf / Standardsituation / Handeingabe**

Einbeziehung weiterer Pegel (W bzw. Q) an den Nebenflüssen

- **Anpassung: Havarieeingabe - Verursacher**  
Auswahlmöglichkeit für Einleitung den verschiedenen Flüssen



# Vorgehen zur Einbeziehung von Nebenflüssen



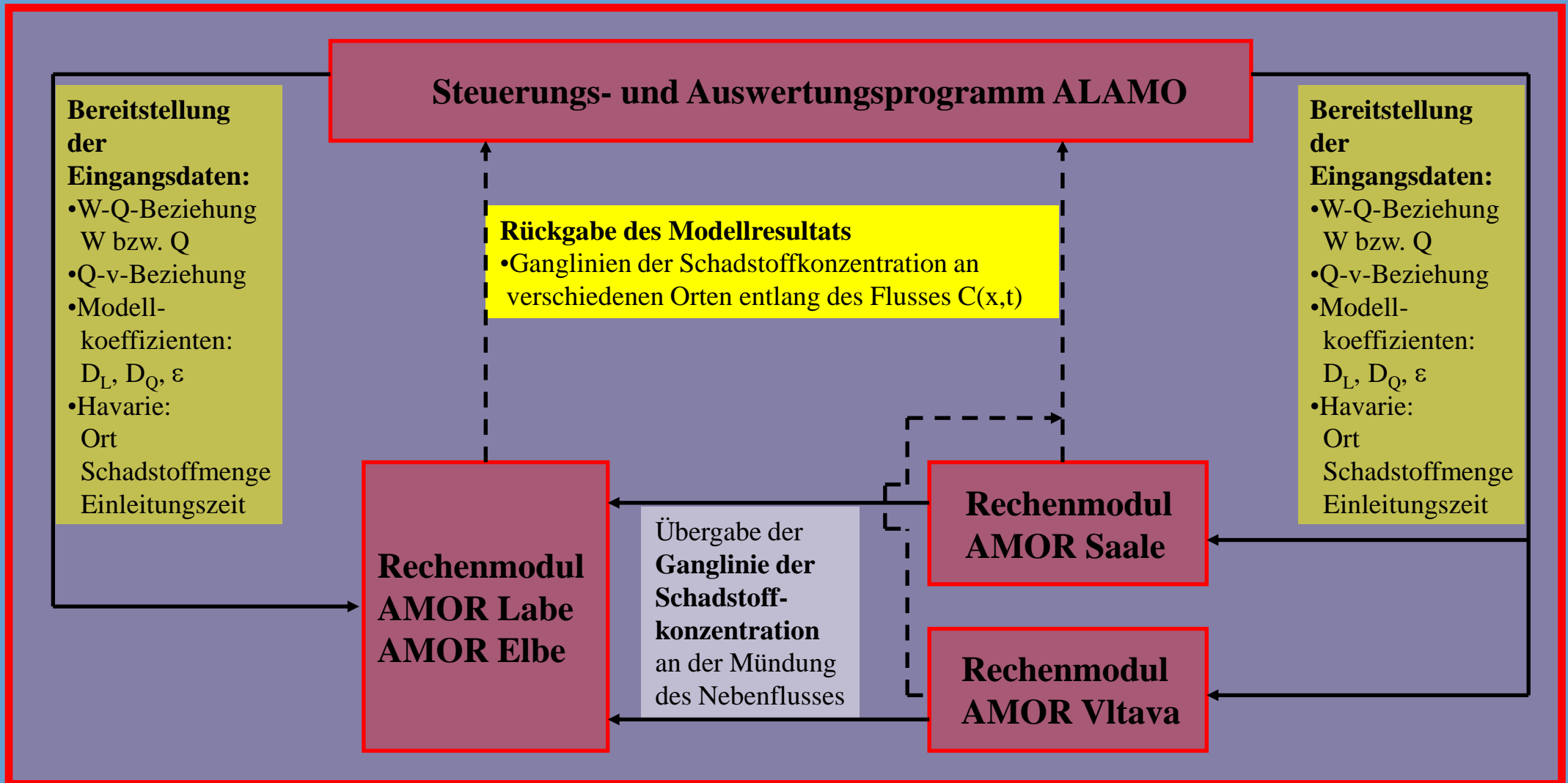
## 2. Erweiterung des Ausgabefunktionalität des Programms ALAMO

- Anpassung der Gangliniendarstellung
- Anpassung der Kartendarstellung für den Schadstoffunfall
- Anpassung der Animation des Schadstoffunfalls
- Anpassung der Meldung (IWAPE auch für Nebenflüsse)
- Anpassung: Informations- und Hilfefunktion
- Anpassung des Aufrufs des Rechenmoduls AMOR

## 3. Aufbau von Rechenmodulen AMOR für die Nebenflüsse

- Rechenmodul AMOR Vltava
- Rechenmodul AMOR Saale

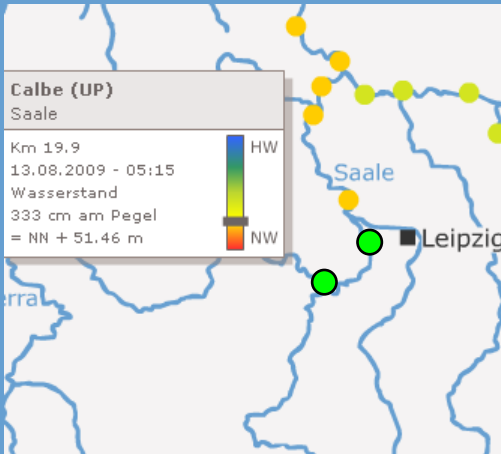
# Mögliche Struktur des erweiterten Modells ALAMO



## **Aufbau von Rechenmodulen AMOR – Notwendige Schritte für jeden Nebenfluss**

- 1. Auswahl der zusätzlich zu verwendenden Pegel**
- 2. Ermittlung und Zusammenstellung der Wasserstand-Abfluss-Beziehungen (W-Q)**
- 3. Ermittlung der Abfluss-Fließgeschwindigkeit-Beziehungen (Q-v)**
- 4. 3 Tracerversuchen (Q-Bereich: MNQ ... MQ ... MHQ) zur Kalibrierung/ Verifizierung**
- 5. Anpassung der Modellkoeffizienten des Rechenmoduls AMOR**
  - Stillwasserzonenanteil  $\varepsilon$
  - Längsdispersionskoeffizient  $D_L$
  - Stillwasserzonenaustauschkoeffizient  $D_S$

# Aufbau von Rechenmodulen AMOR – Auswahl der zu verwendenden Pegel (D und CZ)



## 1. Abgrenzung der Modellgebiete der Nebenflüsse z.B.

Saale ab km 164 (Pegel Naumburg)  
Vltava ab km 71 (TS Vrané)

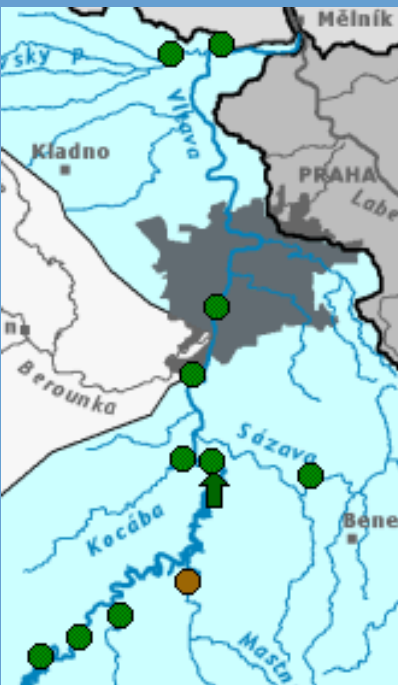
## 2. Auswahl von Pegeln entlang der Nebenflüsse

Bedingungen für Pegelintegration:

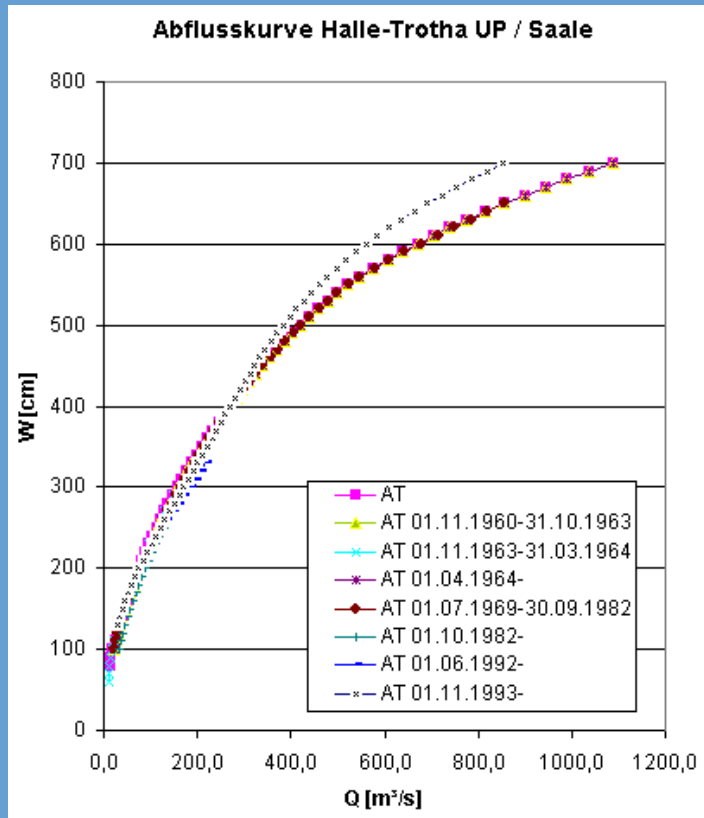
- kontinuierlicher Betrieb
- Tägliche Meldung der Wasserstände / Abflüsse  
zur Gewährleistung der Aktualität des W-/Q-Abrufs in ALAMO

**Notwendig: Absprachen / Festlegungen mit den Pegelbetreibern**

**Personaleinsatz: ca. 2 Wochen pro Fluss**



# Aufbau von Rechenmodulen AMOR – Ermittlung von Wasserstand-Abfluss-Beziehungen (nur D)



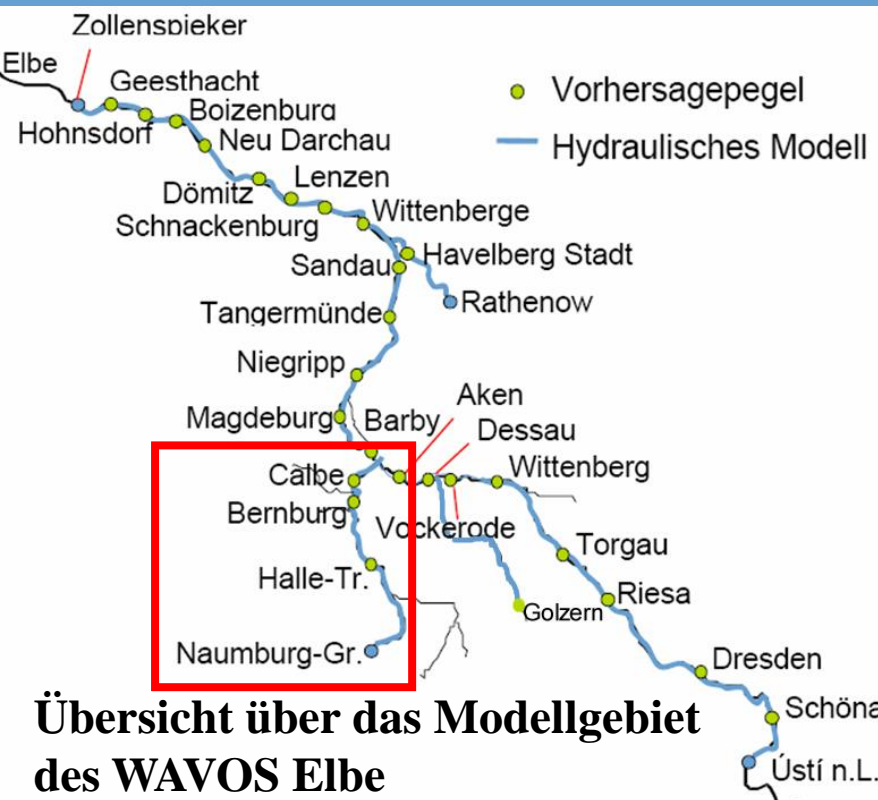
1. Prüfung vorhandener W-Q-Beziehungen
2. Ggf. Ableitung von W-Q-Beziehungen durch Nutzung des hydronumerischen Modells WAVOS Elbe (WAVOS: Wasserstandsvorhersagesystem)

Anmerkung: In der aktuellen Version von ALAMO konnte auf vorhandene W-Q-Beziehungen zurückgegriffen werden.  
Die Umrechnung von W in Q ist nur auf deutscher Seite erforderlich. Auf tschechischer Seite wird direkt Q bereitgestellt.

**Notwendig: Klärung mit Wasser- und Schifffahrtsämtern und Wasserwirtschaftsämtern  
ggf. Modellierung z.B. durch BfG, Ref. M2**

**Personaleinsatz: ca. 2 Wochen pro Fluss**

# Aufbau von Rechenmodulen AMOR – Ermittlung von Abfluss-Fließgeschwindigkeit-Beziehungen



► WAVOS Elbe nutzbar für:  
Saale (bis Naumburg, km 164)

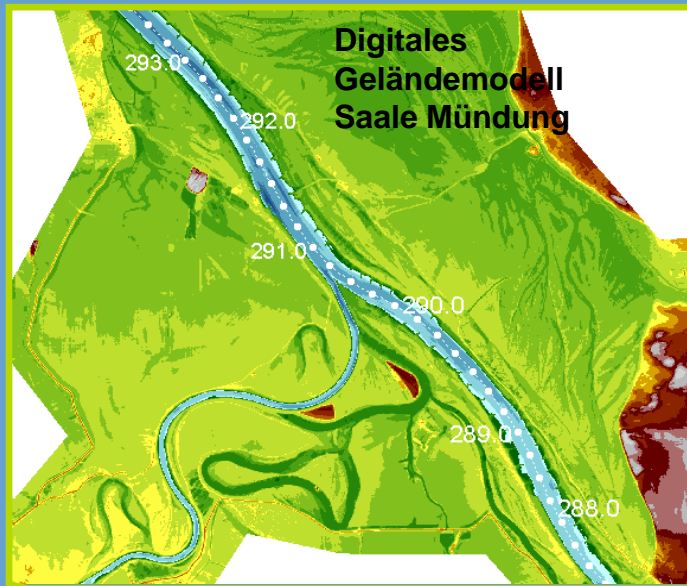
1. Prüfung vorhandener Q-v-Beziehungen
2. Ableitung von Q-v-Beziehungen durch  
Nutzung von hydronumerischen Modellen  
in D: WAVOS Elbe  
(WAVOS: Wasserstandsvorhersagesystem)

Anmerkung: In der aktuellen Version von ALAMO erfolgte die Ermittlung der Q-v-Beziehungen durch die Technische Universität Braunschweig mit Hilfe eines hydronumerischen Modells.

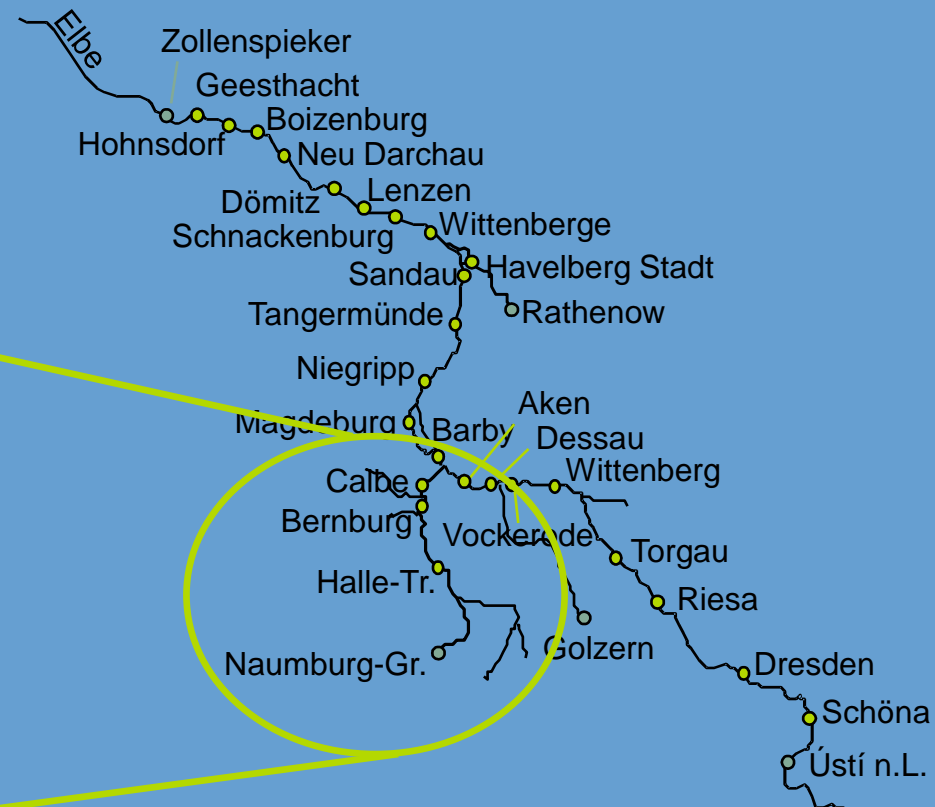
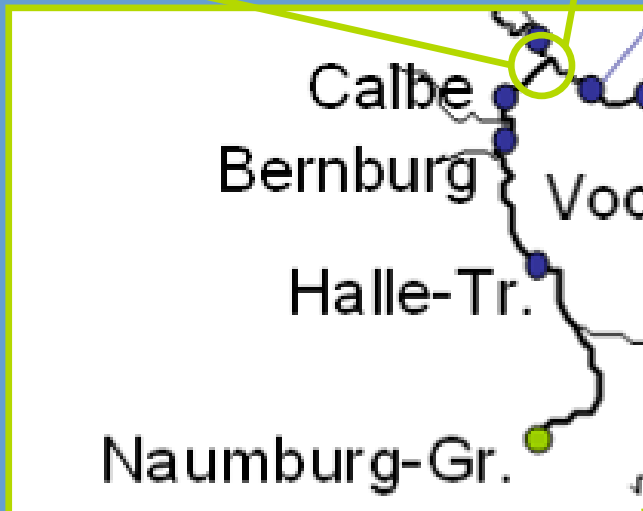
Notwendig: Klärung mit Wasser- und Schifffahrtsämtern  
und Wasserwirtschaftsämtern  
ggf. Modellierung  
für Saale durch z.B. BfG, Ref. M2  
für Vltava durch ???

Personaleinsatz: ca. je 2 Wochen (für Saale)  
pro Fluss ca. je ??? Wochen (für Vltava)

# Aufbau von Rechenmodulen AMOR – Exkurs: WAVOS Elbe, Nebenfluss: Saale



- **Hydrodynamisches Modell**
- **eindimensional**
- **für die Saale unterstrom von Naumburg**



# Aufbau von Rechenmodulen AMOR – Tracerversuche je Nebenfluss (D und CZ)

Tracereinleitung von  
Sulphorhodamin G



in-situ Fluorimetrie

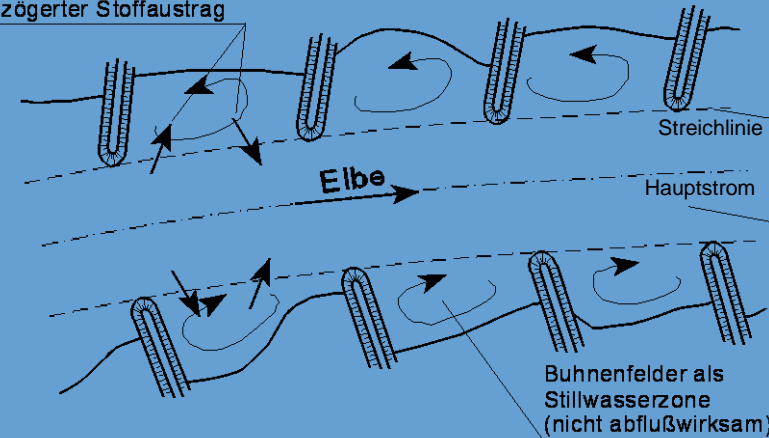


|                               |  |
|-------------------------------|--|
| <b>Anzahl pro Nebenfluss:</b> | <b>3</b>   |
| <b>Menge an Tracer:</b>       | $m_{\text{Tracer}}[\text{kg}] \approx Q[\text{m}^3/\text{s}]/10$               |
| <b>Kosten des Tracers:</b>    | <b>ca. 150 €/kg</b>  |
| <b>Mittlere Abflüsse:</b>     | <b>Vltava: ca. 217 m<sup>3</sup>/s</b><br><b>Saale: ca. 98 m<sup>3</sup>/s</b> |

|                               |   |
|-------------------------------|---|
| <b>Benötigte Tracermenge:</b> | <b>ca. 25 kg / Versuch</b><br><b>► ca. 5.500 € pro Fluss</b>      |
| <b>Personaleinsatz:</b>       | <b>ca. 4 Wochen / Versuch</b><br><b>► ca. 12 Wochen pro Fluss</b> |

# Aufbau von Rechenmodulen AMOR – Anpassung der Modellkoeffizienten je Nebenfluss (D und CZ)

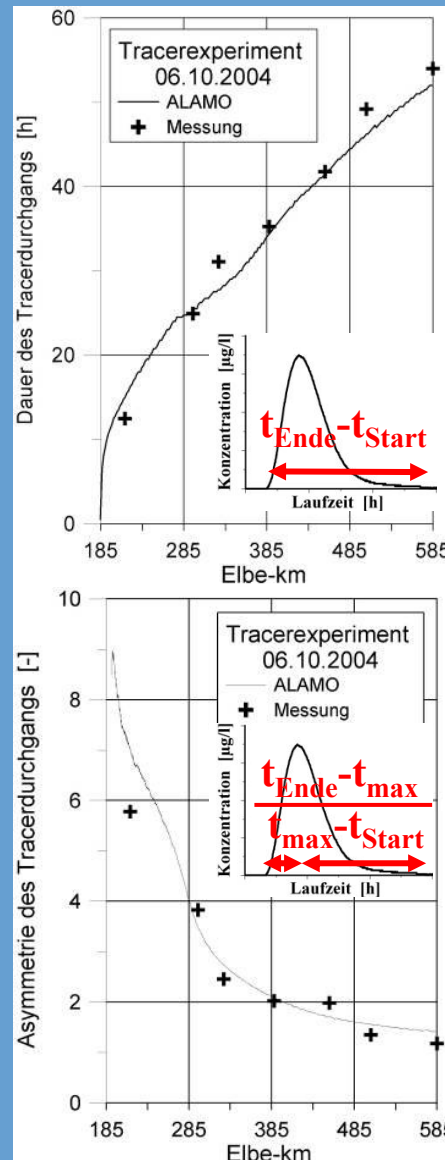
Stoffeintrag und zeitver-  
zögerter Stoffaustrag



Differential-  
gleichungen  
in AMOR:

$$\frac{\partial s}{\partial t} = D_s (c - s)$$

$$\frac{\partial c}{\partial t} = -v \frac{\partial c}{\partial x} + D_L \frac{\partial^2 c}{\partial x^2} - \varepsilon D_s (c - s)$$



Folgende Koeffizienten sind für die  
Rechenmodule AMOR anzupassen:

- **Stillwasserzonenanteil  $\varepsilon$**   
durch Auswertung der Geometrie der  
Querprofile der Nebenflüsse
- **Längsdispersionskoeffizient  $D_L$**   
durch Auswertung der Dauer des  
Tracerdurchgangs bei den Versuchen
- **Stillwasserzonen austauschkoeffizient  $D_s$**   
durch Auswertung der Asymmetrie des  
Tracerdurchgangs bei den Versuchen

**Personaleinsatz: ca. 5 Wochen pro Fluss**

# Aufbau von Rechenmodulen AMOR – Zusammenstellung der Kosten- und Personalschätzung

|   | Personaleinsatz<br>in Wochen pro Fluss                              | Sachkosten<br>pro Fluss   | Reisekosten<br>pro Fluss |
|---|---|---|--------------------------|
| Pegelauswahl,<br>Gebietsauswahl                       | ca. 2   | ./.   | ./.                      |
| W-Q-Beziehungen                                       | ca. 2   | ./.   | ./.                      |
| Q-v-Beziehungen<br>(bei Verwendung des<br>WAVOS Elbe) | ca. 2 bzw. ???<br>(???: Der Bedarf Vltava ist noch<br>zu ermitteln) | ca. 0 € bzw. ???<br>(???: Der Bedarf für Vltava ist<br>noch zu ermitteln) | ./.                      |
| Tracerversuche  | ca. 12  | ca. 5.500 €<br>(3 x 1.850 €)  | ca. 2.500 €              |
| Kalibrierung AMOR                                     | ca. 5   | ./.   | ./.                      |
| <b>gesamt für AMOR<br/>pro Fluss</b>                  | <b>ca. 23</b>   | <b>ca. 5.500 €</b>  | <b>ca. 2.500 €</b>       |

# Erweiterung des Steuer- und Auswertungsprogramms ALAMO

**Havárie - Původce**

Původce: <Neznámá>

Místo havárie: Poř. č.:

Poloha

Místo havárie: ☒ Voda ☐ Silnice ☐ Železnice

Řiční: ☐ Elbe ☒ Vltava ☐ Saale

Vnos na plavebním\_km: 0.0 Řiční km: 0.0

Zeme: ☒ Německo ☐ ČR ☐ Pod ústím Vltavy ☐ Nad ústím Vltavy

Břeh: ☒ Levý břeh ☐ Pravý břeh ☐ Střed toku

☐ Vnos přes recipient

Recipient:

Řiční\_km do Labe:

Osa x:

Osa y:

<< Zpět Další >> Storno

**Havárie - Verursacher**

Verursacher: <Unbekannt>

Unfallort: Lfd. Nr.:

Lage

Unfallort: ☒ Wasser ☐ Strasse ☐ Schiene

Fluss: ☐ Elbe ☒ Vltava ☐ Saale

Eintrag bei Schiffs\_km: 0.0 Fluss-km: 0.0

Land: ☒ Deutschland ☐ Tschechien ☐ nach Moldau ☐ vor Moldau

Ufer: ☒ Linkes Ufer ☐ Rechtes ... ☐ Strommitte

☐ Eintrag über Vorfluter

Vorfluter:

Fluss\_km bis Elbe:

Rechtswert:

Hochwert:

<< zurück weiter >> Abbrechen

- Anpassung: WWW-Pegelabruf / Standardsituation / Handeingabe**  
Einbeziehung weiterer Pegel (W bzw. Q) an den Nebenflüssen
- Anpassung: Havarieeingabe - Verursacher**  
Auswahlmöglichkeit für Einleitung den verschiedenen Flüssen
- Anpassung: Auswertefunktionalität**  
Änderung der Gangliniendarstellung  
Änderung der Kartendarstellung für den Schadstoffunfall  
Änderung der Animation des Schadstoffunfalls  
Ggf. Anpassung der Meldung (IWAPE auch für Nebenflüsse)
- Anpassung: Informations- und Hilfefunktion**
- Anpassung des Aufrufs der Rechenmodule AMOR**

**Mögliche Durchführung:** Externe Vergabe der Anpassung des Steuer- und Auswerteprogramms

**Kostenschätzung:** ca. 15.000 € pro Fluss

# Erweiterung ALAMO / AMOR – Kosten- und Personalschätzung für das Gesamtprojekt

|  | Personaleinsatz<br>in Wochen pro Fluss   | Sachkosten<br>pro Fluss | Reisekosten<br>pro Fluss |
|--|--|-------------------------|--------------------------|
| Aufbau des<br>Rechenmodul<br>AMOR                            | <b>ca. 23</b>  | ca. 5.500 €             | ca. 2.500 €              |
| Anpassung des<br>Steuer- und Aus-<br>werteprogramms<br>ALAMO | ./.  | ca. 15.000 €            | ./.                      |
| <b>gesamt pro Fluss</b>                                      | <b>ca. 23 + ???</b><br>(???: Der Bedarf für Vltava<br>hinsichtlich der Bestimmung<br>der Q-v-Beziehung ist noch zu<br>ermitteln) | <b>ca. 20.500 €</b>     | <b>ca. 2.500 €</b>       |
| <b>gesamt<br/>für Vltava und Saale</b>                       | <b>ca. 46 + ???</b><br>(???: Der Bedarf für Vltava<br>hinsichtlich der Bestimmung<br>der Q-v-Beziehung ist noch zu<br>ermitteln) | <b>ca. 41.000 €</b>     | <b>ca. 5.000 €</b>       |

# Erweiterung ALAMO / AMOR

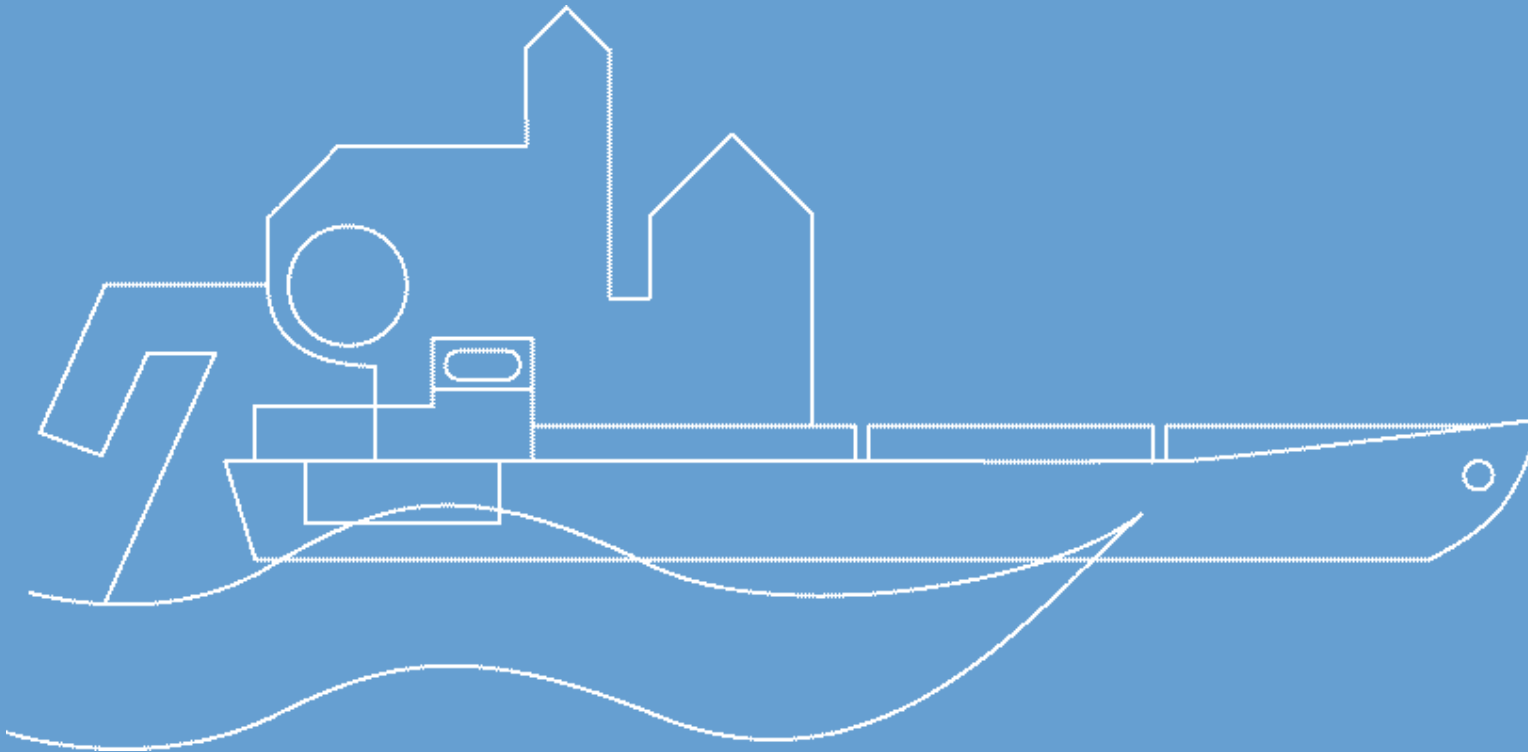
## Meilensteine / personeller und finanzieller Aufwand (Schätzung für einen Nebenfluss)

| Phase   |  | Personalkosten<br>[Mannwochen] |          |          | Finanzielle Kosten<br>[€] |                     |                     |
|---|--|--------------------------------|----------|----------|---------------------------|---------------------|---------------------|
|   |  | 2010                           | 2011     | 2012     | 2010                      | 2011                | 2012                |
| Schaffung des<br>Berechnungssubmoduls<br>AMOR   | Abgrenzung des Modellabschnitts,<br>Auswahl der notwendigen Pegel                      | 2                              |          |          |                           |                     |                     |
|   | Bearbeitung der Abflusskurven  | 2                              |          |          |                           |                     |                     |
|   | Aufstellung der Beziehungen<br>zwischen Abfluss und mittlerer<br>Profilgeschwindigkeit | 2                              |          |          |                           |                     |                     |
|   | 1. Tracerversuch<br>(hoher Abfluss)  | 4                              |          |          | 3 700 <sup>1)</sup>       |                     |                     |
|   | 2. Tracerversuch<br>(mittlerer Abfluss)  |                                | 4        |          | 2 700 <sup>1)</sup>       |                     |                     |
|   | 3. Tracerversuch<br>(geringer Abfluss)   |                                | 4        |          |                           | 1 700 <sup>1)</sup> |                     |
|   | Kalibrierung des<br>Berechnungssubmoduls AMOR  |                                |          | 5        |                           |                     |                     |
| Einarbeitung in das „Alarmmodell Elbe“<br>einschließlich graphischer Auswertung der<br>Ergebnisse <sup>4)</sup> |  |                                |          |          |                           | 7 000 <sup>2)</sup> | 8 000 <sup>2)</sup> |
| <b>Gesamtaufwand für einen Nebenfluss</b>   |  | <b>10</b>                      | <b>8</b> | <b>5</b> | <b>6 400</b>              | <b>8 700</b>        | <b>8 000</b>        |
| <b>Gesamtaufwand 2010 – 2012</b>  |  | <b>23</b>                      |          |          | <b>23 100</b>             |                     |                     |

### Erläuterungen:

<sup>1)</sup> Einkauf des Tracers und Reisekosten für Mitarbeiter der BfG

<sup>2)</sup> Programmierarbeit – muss zur Bearbeitung an eine externe Firma vergeben werden.



# Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

Dr. Stephan Mai (Dipl.-Physiker Dipl.-Bauingenieur)  
Quantitative Gewässerkunde (Referat M1)  
Bundesanstalt für Gewässerkunde  
Am Mainzer Tor 1  
56068 Koblenz

Tel.: +49-261-1306-5322, Fax: +49-261-1306-5363  
E-Mail: [mai@bafg.de](mailto:mai@bafg.de)  
[www.bafg.de](http://www.bafg.de)