

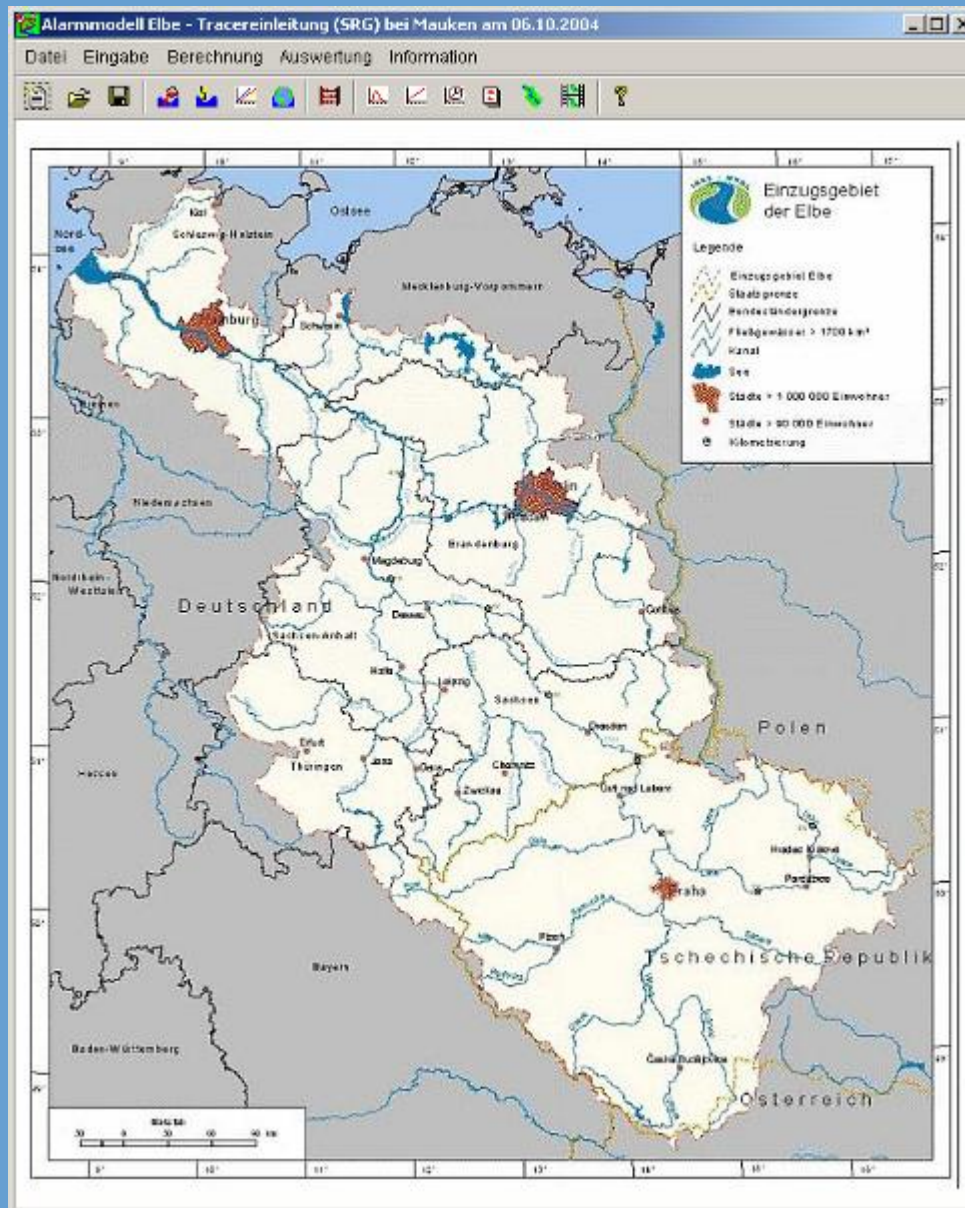
Tracerversuche

Grundlage zur Kalibrierung eines Alarmmodells

Dr. Stephan Mai
Referat M1 (Hydrometrie u. gewässerkundliche Begutachtung)
Abteilung M (Quantitative Gewässerkunde)
Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz

Prag, 01.03.2010

1. Motivation: Tracerversuche zur Kalibrierung von Alarmmodellen



➤ Anforderungen

einfaches Modell (bedienerfreundlich)

lauffähig auf PC

geringe Laufzeit
(quasi sofortige Ergebnisse)

➤ Realisierung ► ALAMO

eindimensionales numerisches Modell

empirische Formulierung von
Dispersion und Quervermischung

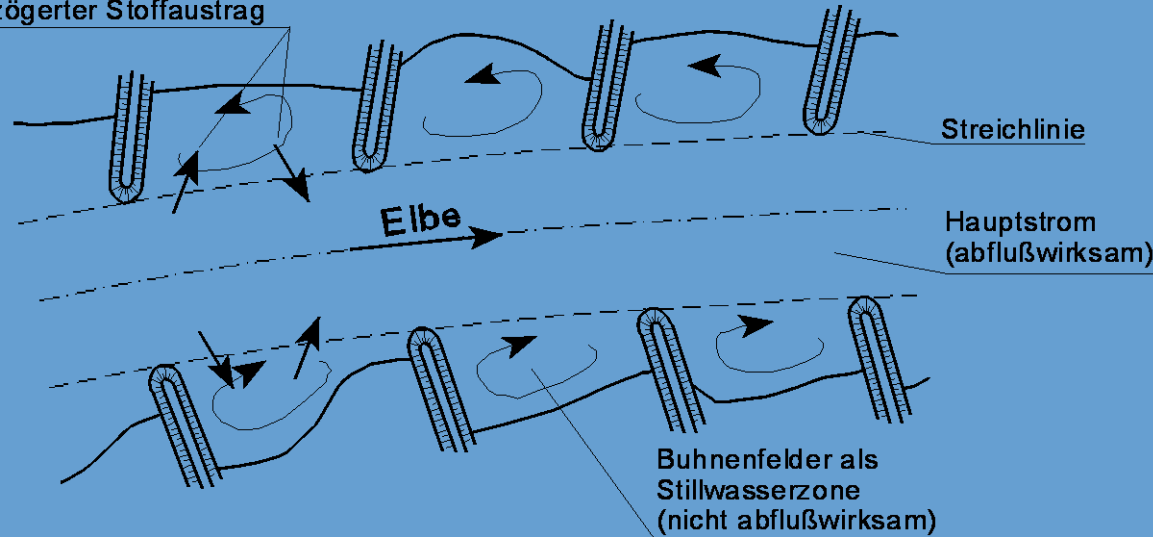
➤ Erfordernis

Kalibrierung der Dispersions- und
Quervermischungsbeiwerte

➤ Tracerexperimente

1. Motivation: Tracerversuche zur Kalibrierung von Alarmmodellen

Stoffeintrag und zeitver-
zögerter Stoffaustrag



Wirksame Prozesse in:

➤ Hauptstrom

Advektion

Diffusion/ Dispersion

Abbau

Austrag in / Eintag aus
Stillwasserzonen

➤ Stillwasserzone

Abbau

Austrag in / Eintag aus
Stillwasserzonen

1. Motivation: Tracerversuche zur Kalibrierung von Alarmmodellen

Dgl. für
Hauptstrom:

$$\frac{\partial c}{\partial t} = -v \frac{\partial c}{\partial x} + D_L \frac{\partial^2 c}{\partial x^2} - \dots$$

$$\dots \varepsilon D_S (c - s) - k c$$

Dgl. für
Stillwasserzone:

$$\frac{\partial s}{\partial t} = D_S \frac{\partial^2 s}{\partial x^2} - k s$$

- c: Schadstoffkonzentration (Hauptstrom)
- v: Strömungsgeschwindigkeit (Hauptstrom)
- D_L : Längsdiffusionskoeffizient
- s: Schadstoffkonzentration (Stillwasserzone)
- D_S : Stillwasserzonenaustauschkoeffizient
- ε : Stillwasserzonenanteil
- k: stoffspezifische, lineare Abbaukonstante

➤ Erweitertes Taylor-Modell

Teilprozesse:

Advektion

Diffusion/ Dispersion

Abbau

➤ 1,5-dimensionaler Ansatz

Austausch zwischen
Hauptstrom und
Stillwasserzonen

kein Transport in
Stillwasserzonen

➤ Kalibrierung erforderlich für

Koeffizienten D_L , D_S

2. Einleitung des Tracers



- **Anforderungen an Tracer**
 - + ökotoxikologisch unbedenklich
 - + genotoxikologisch unbedenklich
 - + möglichst reaktionsarm (inert)
(geringe Abbaurate)
 - + möglichst geringe Anlagerung



- **Auswahl des Tracers**
Sulforhodamin G (SRG) [synonym Amidorhodamin G]

- **Einleitung des Tracers**
 - + Einleitung vom Boot/Schiff oder an einem Wehr
 - + Unterstützung der Durchmischung
 - + bei Einleitung vom Boot:
möglichst quer über den Fließquerschnitt

- **erforderliche Tracermenge**

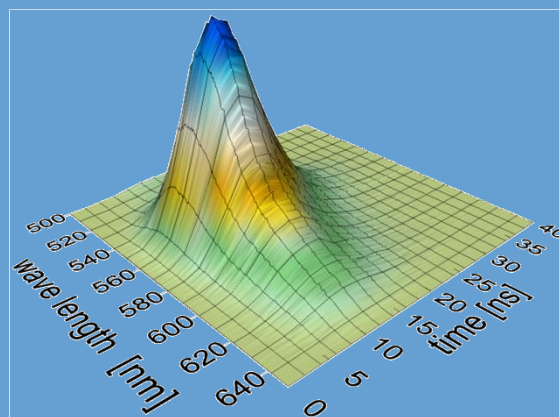
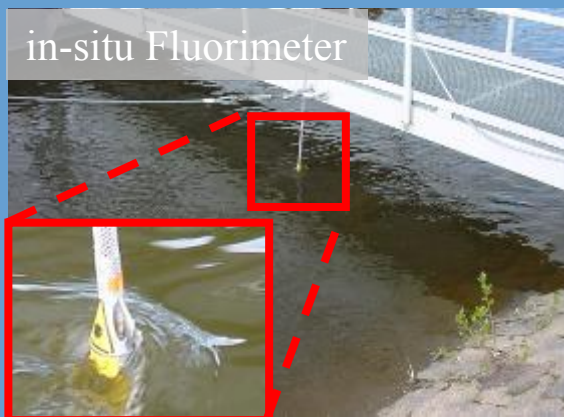
+ typische Abschätzung:

$$m_{\text{Tracer}} = 0,1 \cdot Q_{\text{Fluss}} \quad m_{\text{Tracer}} \text{ in kg, } Q_{\text{Fluss}} \text{ in m}^3/\text{s}$$

+ Pulver d. Tracers wird in Wasser vorgelöst.



3. Messung der Tracerkonzentration stromab der Einleitung



➤ Geräteinsatz

- + in-situ Fluorimeter
Gesamtfluoreszenz der Emission
- + ex-situ Fluorimeter
Gesamtfluoreszenz der Emission
- + ex-situ Fluoreszenz-Spektrometer u.
diskontinuierlicher Probennehmer
Fluoreszenzspektrum der Emission
- + in-situ Laser-Fluoreszenz-Spektrometer
Fluoreszenzspektrum der Emission

➤ Kalibrierung der Messgeräte

- + Schaffung eines Zusammenhangs
zwischen Fluoreszenz und Konzentration
- + linearer Zusammenhang

Tracereigenschaften:

Typ: Acid Red 50 (Sulforhodamin G)

maximale Anregung: 535 nm

maximale Emission: 555 nm

3. Messung der Tracerkonzentration stromab der Einleitung

auf den Tracer SRG
angepaßte Fluorimeter



➤ Messung in Strommitte

- + an Wehrpfeilern
- + an Brückenpfeilern
- + von einer Messboje
- + vom Schiff

➤ Messung in der Stillwasserzone

- + unmittelbar am Ufer
- + an einem Schiffsanleger

➤ Messungen in Strommitte weisen Vorteile auf

- + größere Tracerkonzentration



Messung
im Hauptstrom

Messung in
der Still-
wasserzone



Beispiel:

Tracerversuch im Jahr 2004
Einleitungsort Mauken
Fließstrecke bis Geesthacht ca. 400 km

3. Messung der Tracerkonzentration stromab der Einleitung



➤ Messung in Strommitte

- + an Wehrpfeilern
- + an Brückenpfeilern
- + von einer Messboje
- + vom Schiff

➤ Messung in der Stillwasserzone

- + unmittelbar am Ufer
- + an einem Schiffsanleger

➤ Messungen in Strommitte weisen Vorteile auf

- + größere Tracerkonzentration

Beispiel:

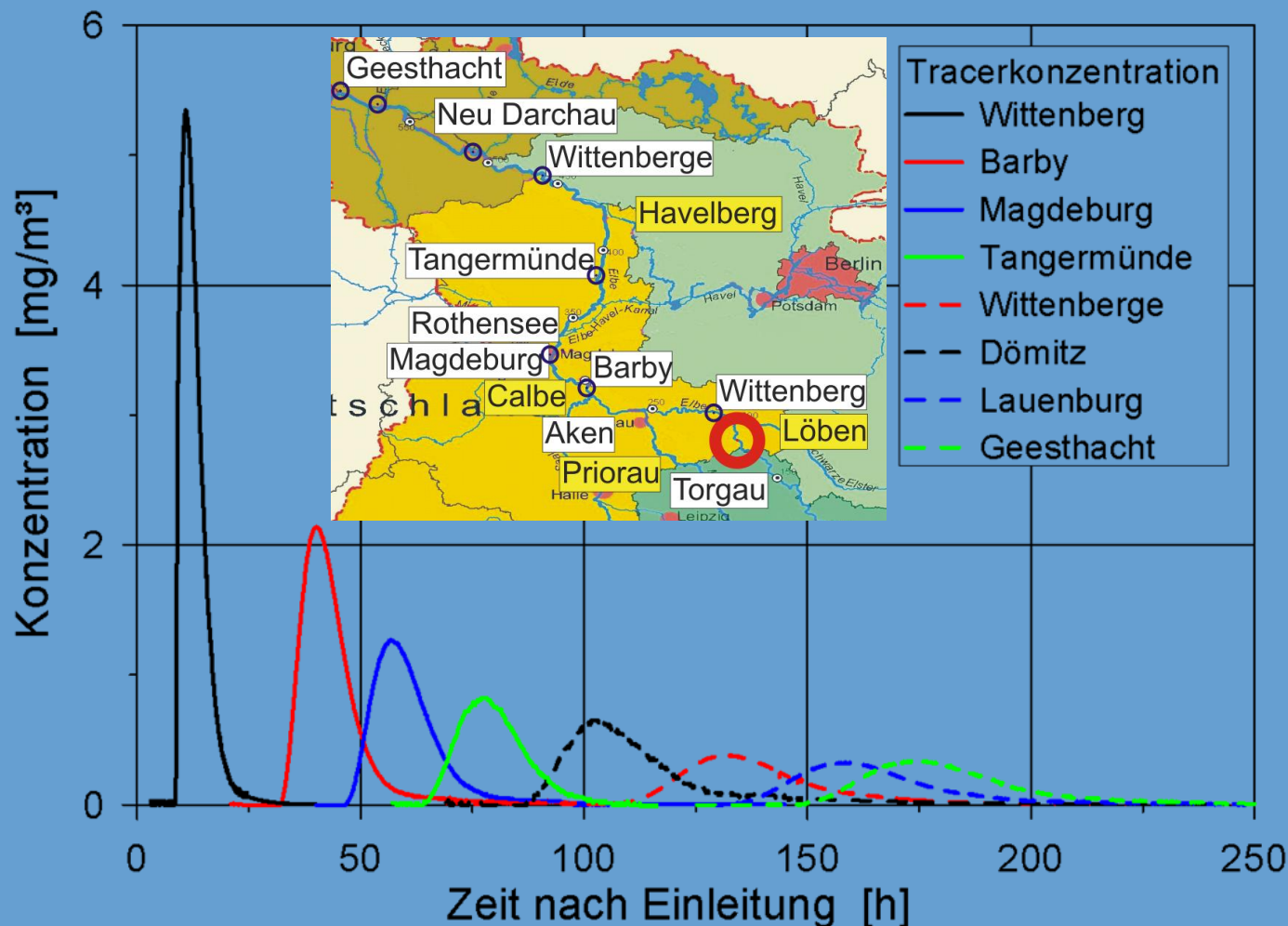
Tracerversuch im Jahr 2005

Einleitungsort Nĕmčice

Fließstrecke bis Dresden ca. 300 km

4. Ganglinien der Tracerkonzentration

Zeitreihe der gemessenen Tracerkonzentration
in der Elbe (Abfluß $Q = 150 \text{ m}^3/\text{s}$)



Beispiel:

Tracerversuch im Jahr 2004

Einleitungsort Mauken

Fließstrecke bis Geesthacht ca. 400 km

Versuchsauswertung
hinsichtlich:

► Laufzeit

Start des Tracerdurchgangs

Maximum des Tracerdurchgangs

Ende des Tracerdurchgangs

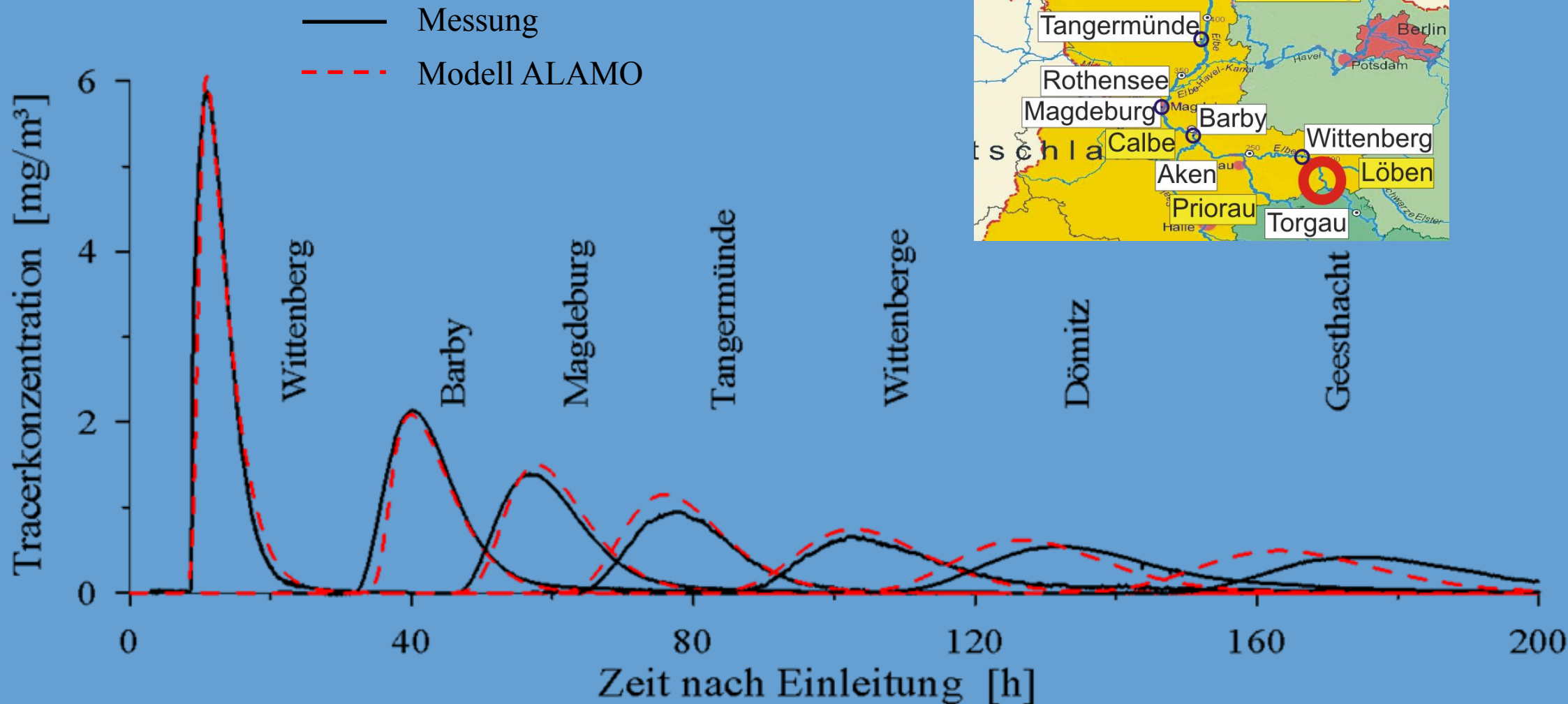
► Maximalkonzentration der
Tracerwolke

im Hauptstrom

in der Stillwasserzone

5. Modellkalibrierung

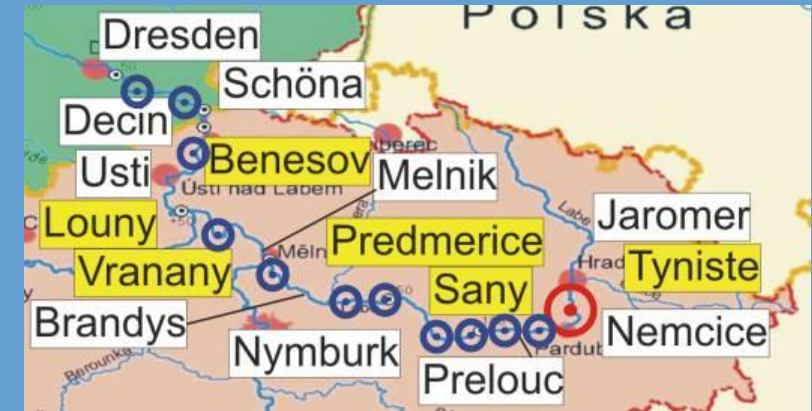
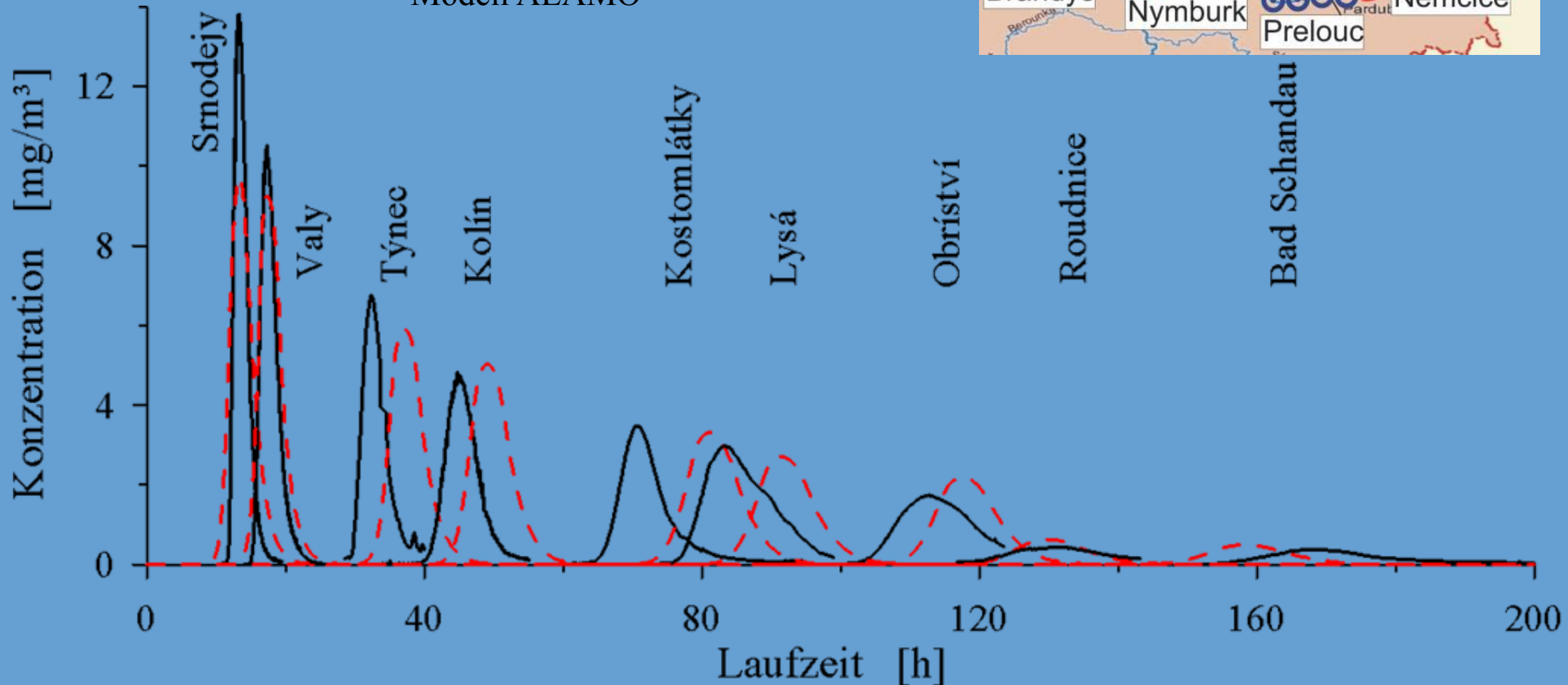
Modell versus Messung - Übersicht

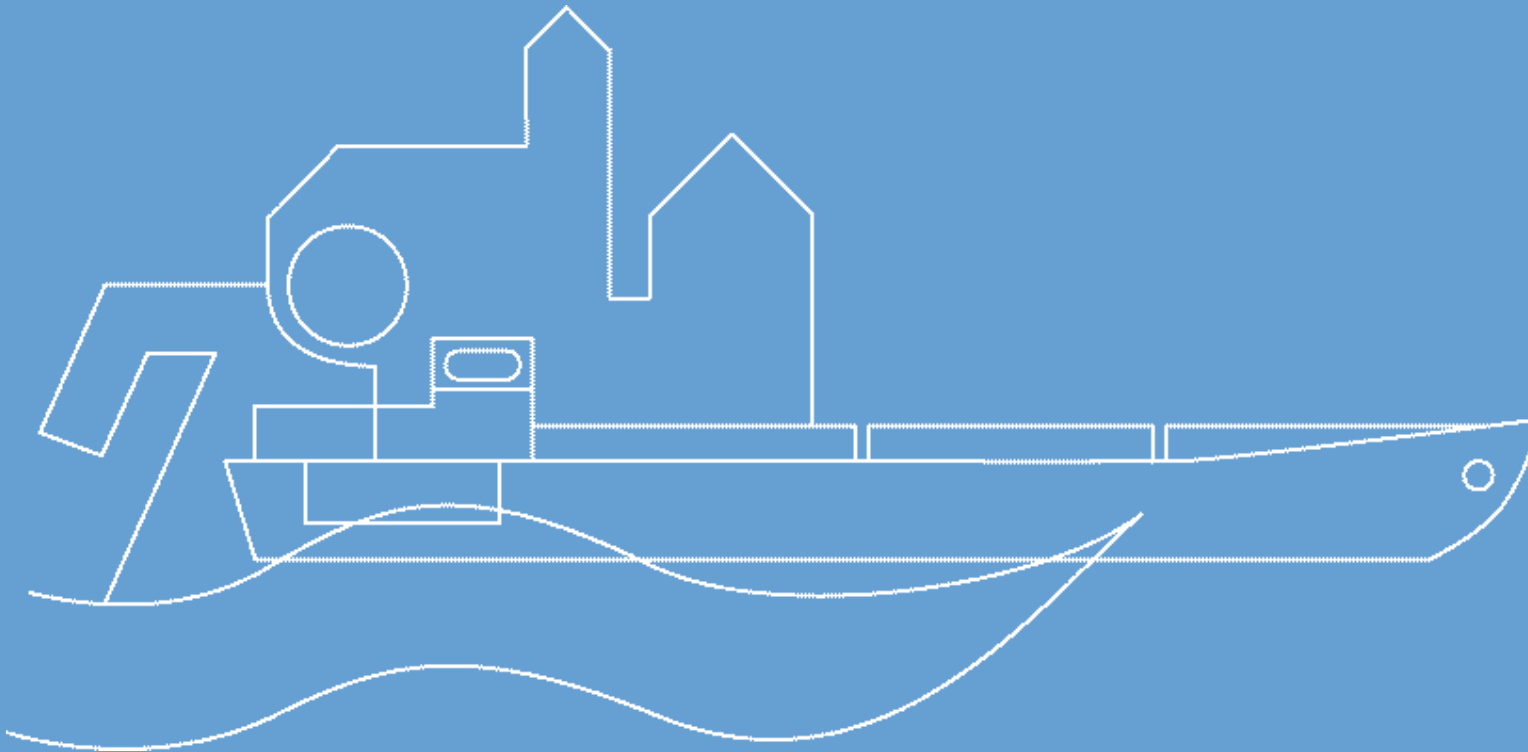


5. Modellkalibrierung

Modell versus Messung - Übersicht

— Messung
- - - Modell ALAMO





Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

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

Tel.: 0261/1306-5322, Fax: 0261/1306-5363
E-Mail: mai@bafg.de
www.bafg.de