

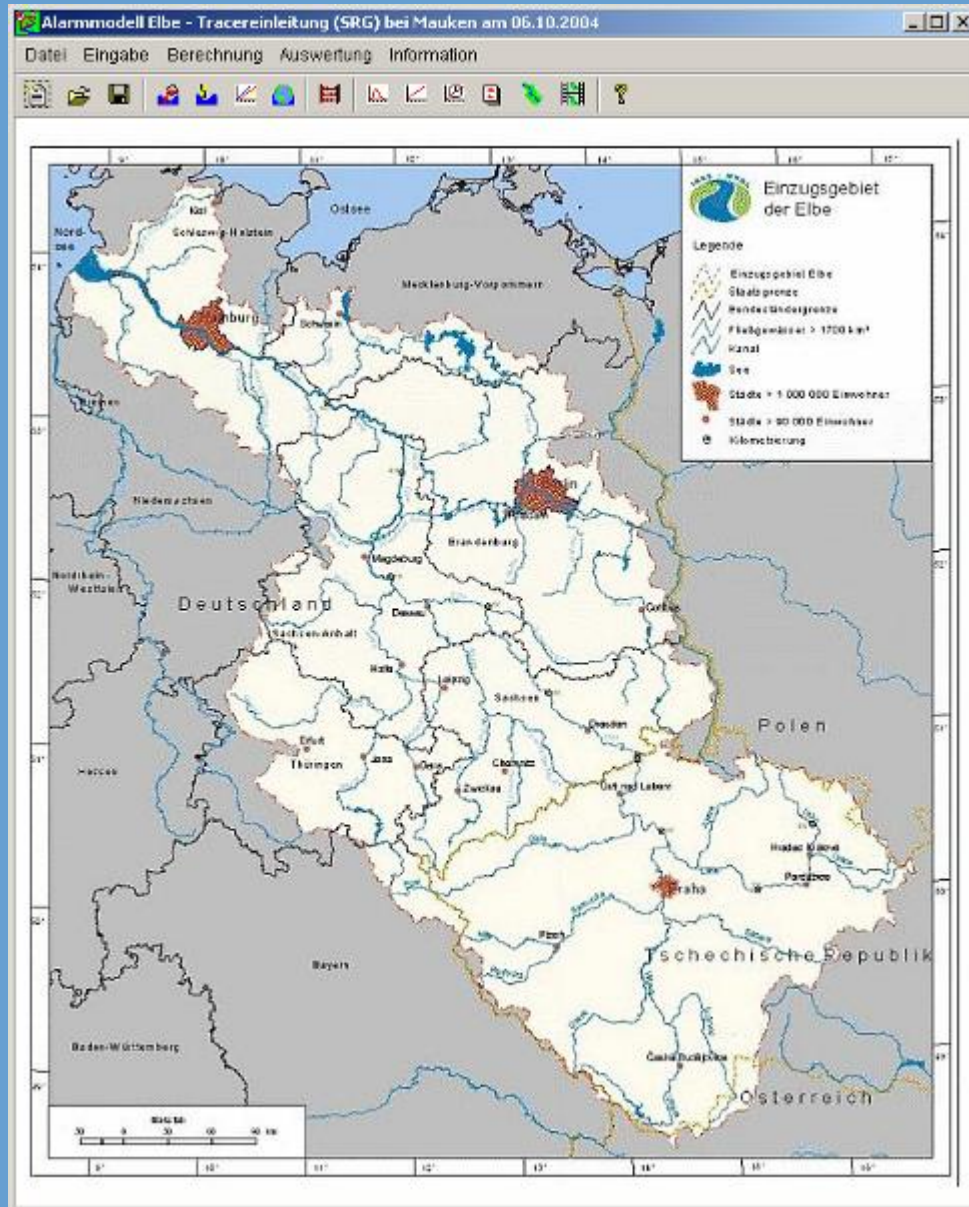
# **Pokusy se stopovací látkou**

## **Základ ke kalibraci Poplachového modelu**

Dr. Stephan Mai  
Referát M1 (Hydrometrie a hydrologické posudky)  
Oddělení M (Kvantitativní hydrologie)  
Spolkový ústav hydrologický (BfG), Koblenz

Praha, 1. 3. 2010

# 1. Motivace: Pokusy se stopovací látkou ke kalibraci poplachových modelů



## ➤ Požadavky

jednoduchý model  
(optimální pro obsluhu)

funkční na PC

minimální doba zpracování  
(v podstatě okamžité výsledky)

## ➤ Realizace ► ALAMO

jednodimenzionální numerický model

empirická formulace disperze a příčného  
promíchávání

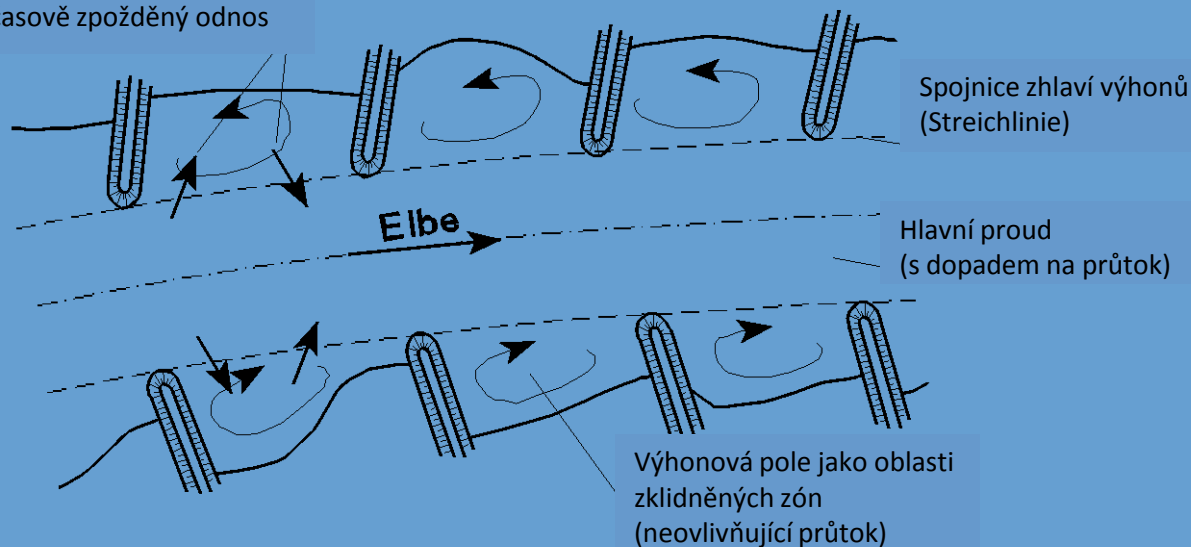
## ➤ Požadavek

kalibrace koeficientů disperze a příčného  
promíchávání

## ➤ Pokusy se stopovací látkou

# 1. Motivace: Pokusy se stopovací látkou ke kalibraci poplachových modelů

Vnos látky a její  
časově zpožděný odnos



## Účinné procesy :

### ➤ v hlavním toku

- advekce
- difuze / disperze
- odbourávání
- vnos do / odnos ze zklidněných zón

### ➤ ve zklidněné zóně

- odbourávání
- vnos do / odnos ze zklidněných zón



# 1. Motivace: Pokusy se stopovací látkou ke kalibraci poplachových modelů

totéž pro  
hlavní tok:

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

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

totéž pro  
zklidněnou zónu:

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

- c: koncentrace znečišťující látky (hlavní tok)
- v: rychlost proudění (hlavní tok)
- $D_L$ : koeficient podélné disperze
- s: koncentrace znečišťující látky (zklidněná zóna)
- $D_s$ : koeficient výměny vody ve zklidněné zóně
- $\varepsilon$ : podíl zklidněných zón
- k: látkově specifická, lineární konstanta rozkladu

## ➤ Rozšířený Taylorův model

dílčí procesy:

advekce

difuze / disperze

odbourávání

## ➤ 1,5-dimenzionální přístup

Výměna mezi  
hlavním tokem a  
zklidněnými zónami

žádný transport  
ve zklidněných zónách

## ➤ Kalibrace nezbytná pro koeficienty $D_L$ , $D_s$



## 2. Vypouštění stopovací látky (tracer)



Vypouštění stopovací látky  
v profilu Mauken, 2004

### ➤ Požadavky na stopovací látku

- + ekotoxikologicky nezávadná
- + genotoxikologicky nezávadná
- + pokud možno netečná (inertní)  
(minimální míra odbourávání)
- + pokud možno min. usazování

### ➤ Výběr stopovací látky

Sulforhodamin G (SRG)  
[synonymum Amidorhodamin G]

### ➤ Vypouštění stopovací látky

- + vypouštění z člunu / lodi nebo na jezovém objektu
- + podpora promíšení
- + při vypouštění z lodi:  
pokud možno napříč přes celý průtočný profil toku

### ➤ Nezbytné množství stopovací látky

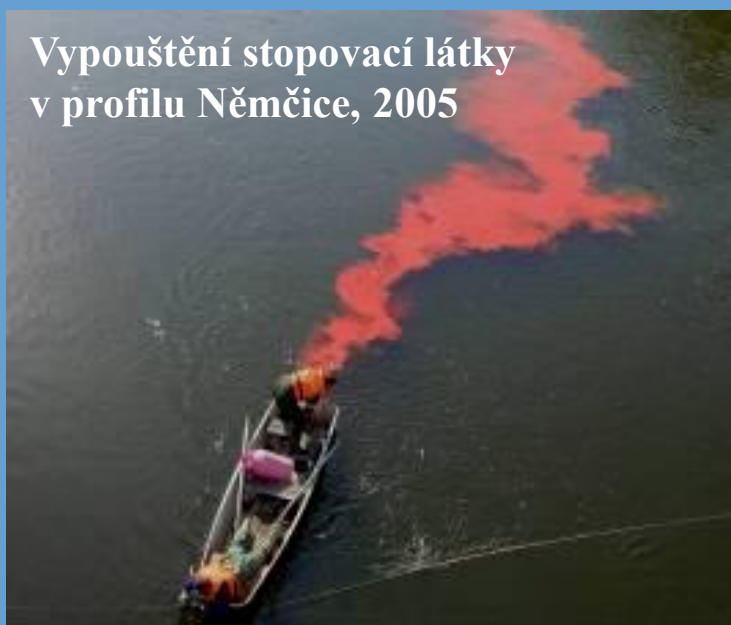
- + typický odhad:

$$m_{\text{tracer}} = 0,1 \cdot Q_{\text{řeka}} \quad m_{\text{tracer}} \text{ v kg, } Q_{\text{řeka}} \text{ v m}^3/\text{s}$$

- + prášek stopovací látky dát předem rozpustit do vody

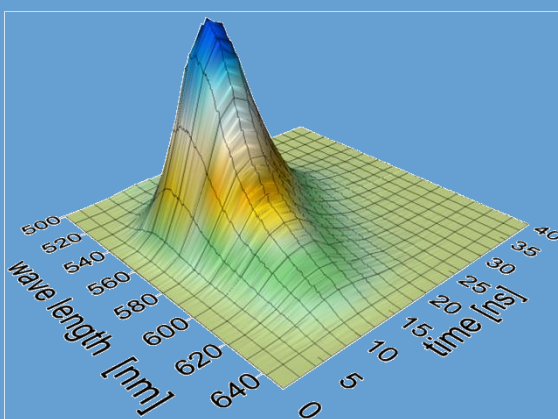
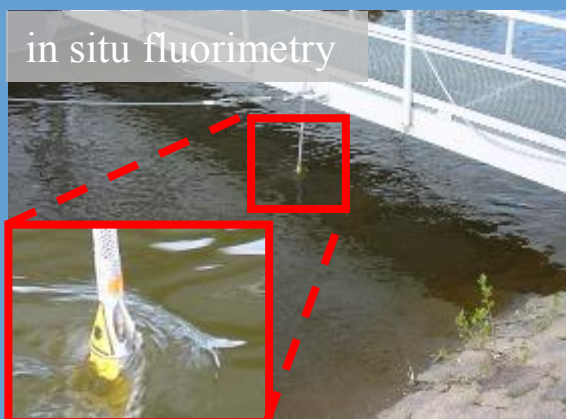


Vypouštění stopovací látky  
na řece Lahn



Vypouštění stopovací látky  
v profilu Němčice, 2005

### 3. Měření koncentrace stopovací látky směrem po proudu od místa vypuštění



#### ➤ Využití přístrojů

- + in situ fluorimetry  
celková fluorescence emise
- + ex situ fluorimetry  
celková fluorescence emise
- + ex situ fluorescenční spektrometr a  
diskontinuální vzorkovač  
fluorescenční spektrum emise
- + in situ laserový fluorescenční spektrometr  
fluorescenční spektrum emise

#### ➤ Kalibrace měřicích přístrojů

- + vytvoření souvislosti  
mezi fluorescencí a koncentrací
- + lineární souvislost

Vlastnosti stopovací látky:

typ: Acid Red 50 (Sulforhodamin G)

maximální aktivace: 535 nm

maximální emise: 555 nm



### 3. Měření koncentrace stopovací látky směrem po proudu od místa vypuštění



#### ➤ Měření uprostřed toku

- + na jezových pilířích
- + na mostních pilířích
- + z plovoucí měřicí sondy
- + z lodi

#### ➤ Měření ve zklidněné zóně

- + bezprostředně u břehu
- + u kotviště lodí

#### ➤ Měření uprostřed toku mají výhodu

- + větší koncentrace stopovací látky



Příklad:

Stopovací pokus v roce 2004  
místo vypuštění látky: profil Mauken  
délka úseku toku do profilu Geesthacht  
cca 400 km

### 3. Měření koncentrace stopovací látky směrem po proudu od místa vypuštění



#### ➤ Měření uprostřed toku

- + na jezových pilířích
- + na mostních pilířích
- + z plovoucí měřicí sondy
- + z lodi

#### ➤ Měření ve zklidněné zóně

- + bezprostředně u břehu
- + u kotviště lodí

#### ➤ Měření uprostřed toku mají výhodu

- + větší koncentrace stopovací látky

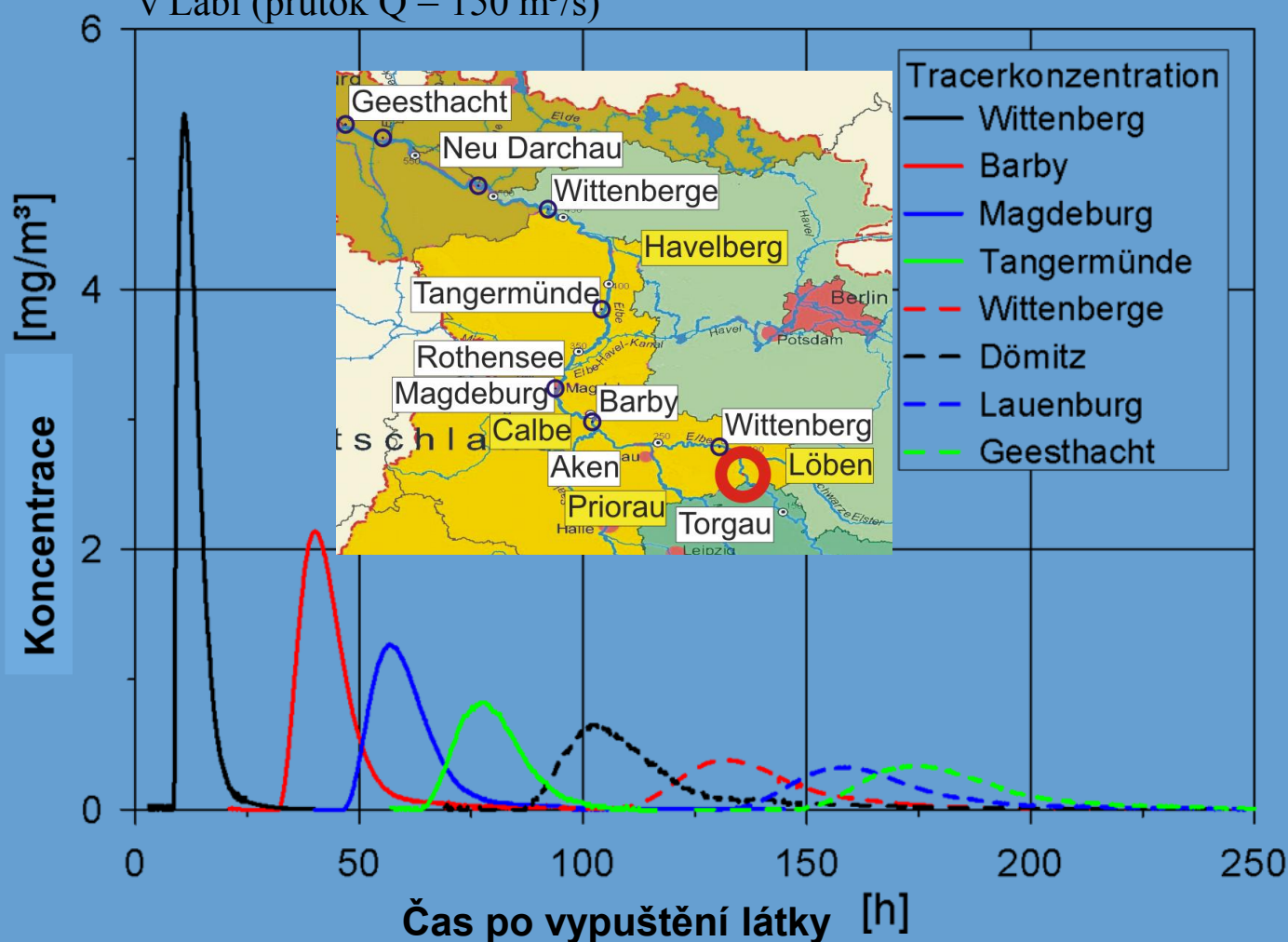
Příklad:

Stopovací pokus v roce 2005  
místo vypuštění látky: profil Němčice  
délka úseku toku do profilu Drážďany  
cca 300 km



## 4. Křivky průběhu koncentrací stopovací látky

Časová řada naměřených koncentrací stopovací látky  
v Labi (průtok  $Q = 150 \text{ m}^3/\text{s}$ )



Příklad:

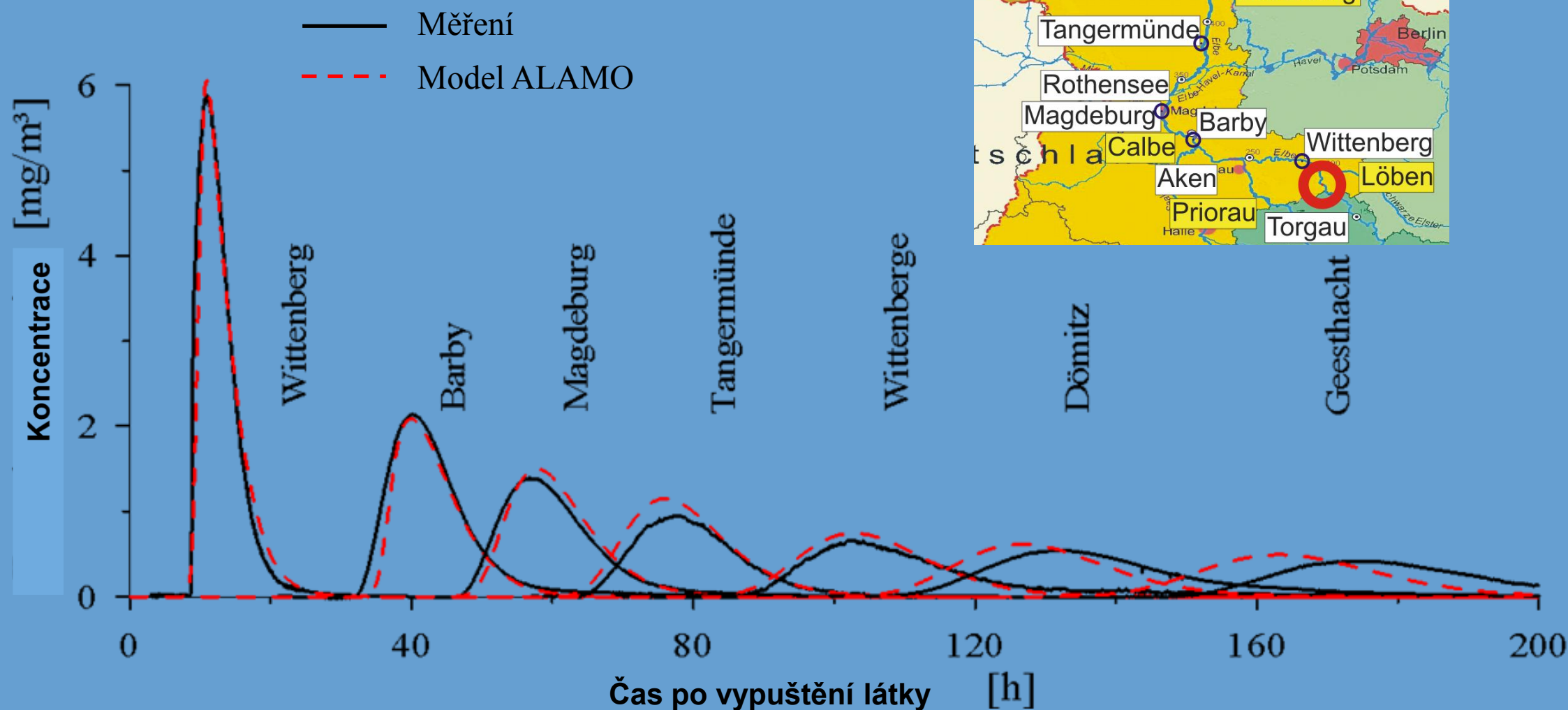
Stopovací pokus v roce 2004  
místo vypuštění látky: profil Mauken  
délka úseku toku do profilu Geesthacht  
cca 400 km

Vyhodnocení pokusu  
z hlediska:

- ▶ postupové doby
  - zahájení postupu stopovací látky
  - maximum postupu stopovací látky
  - konec postupu stopovací látky
- ▶ maximální koncentrace
  - vlny stopovací látky
  - v hlavním toku
  - ve zklidněné zóně

## 5. Kalibrace modelu

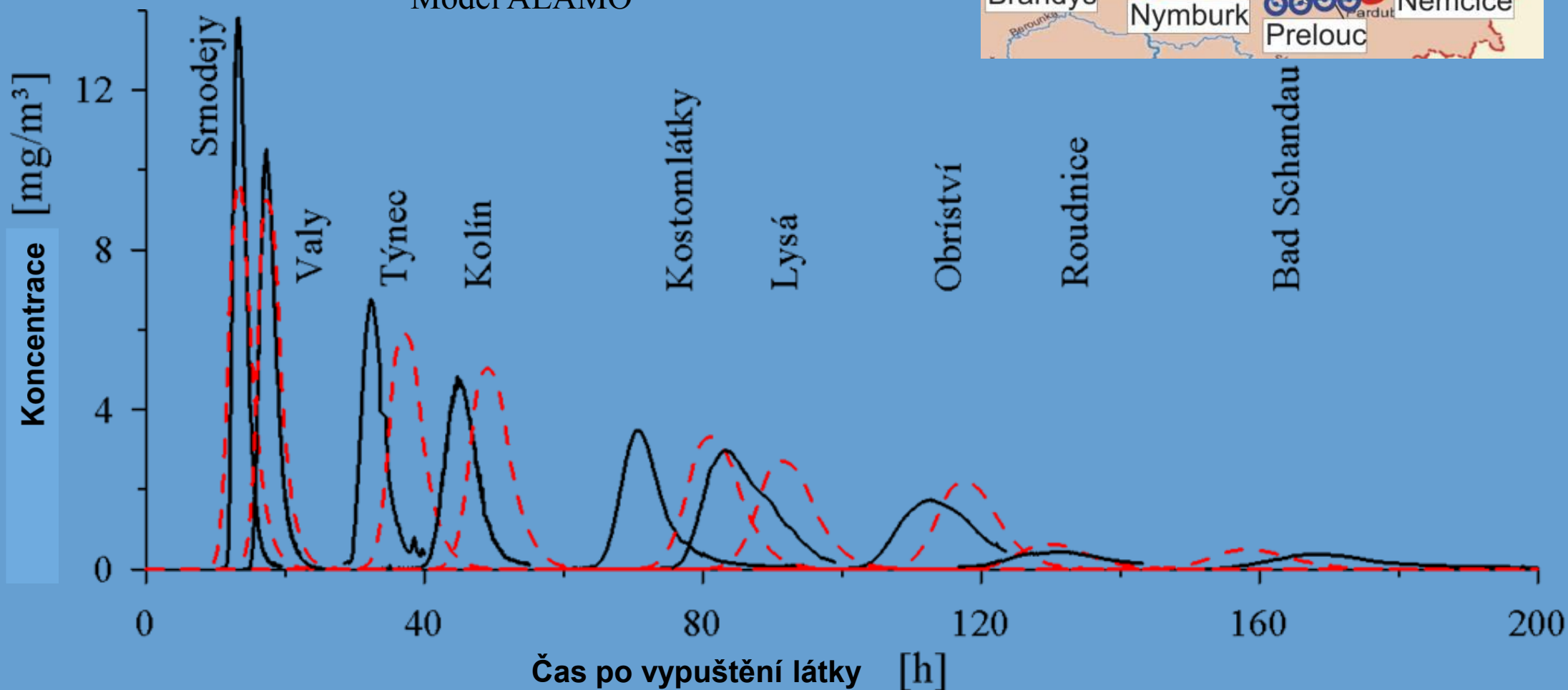
### Model v porovnání s měřením - přehled



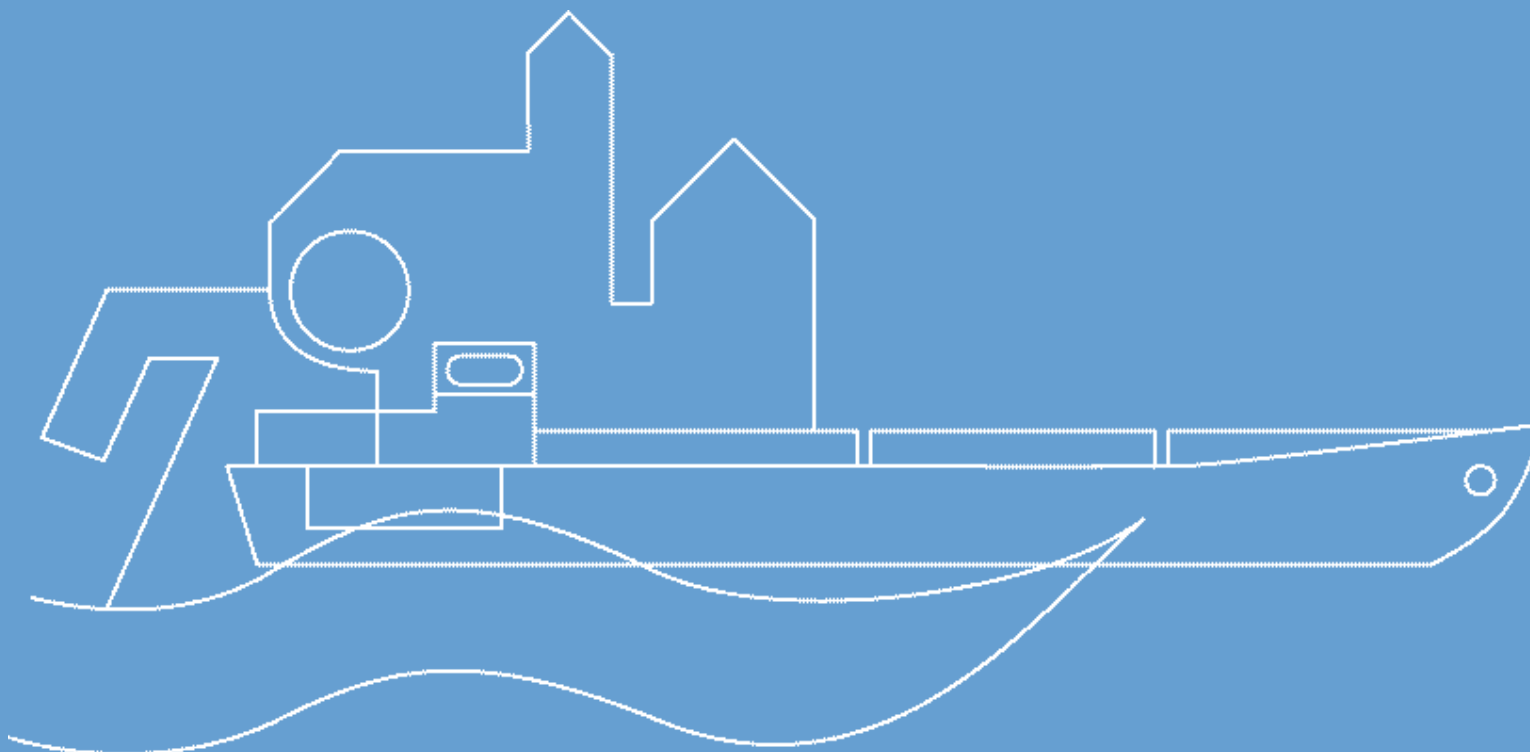
## 5. Kalibrace modelu

### Model v porovnání s měřením - přehled

— Měření  
- - - Model ALAMO







# Děkuji Vám za pozornost

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](mailto:mai@bafg.de)  
[www.bafg.de](http://www.bafg.de)