

Quantifizierung der Exfiltration aus Kanalisationen mit Tracern

J. Rieckermann, W. Gujer

Eidgenössische Anstalt für
Wasserversorgung
Abwasserreinigung und
Gewässerschutz



Kernaussagen

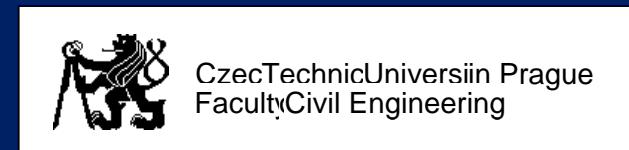
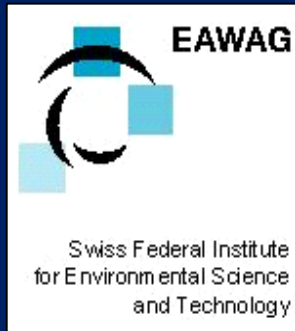
Die Exfiltration aus Kanalnetzen ist mit Tracern messbar

Unsicherheiten werden bei der Entwicklung berücksichtigt

- systematische Fehler vermeiden
- zufällige Fehler berücksichtigen

APUSS

www.insa-lyon.fr/apuss



Fragestellung:

Können wir die Exfiltration und Infiltration als Indikatoren für die Leistungsfähigkeit von Kanalnetzen nutzen?

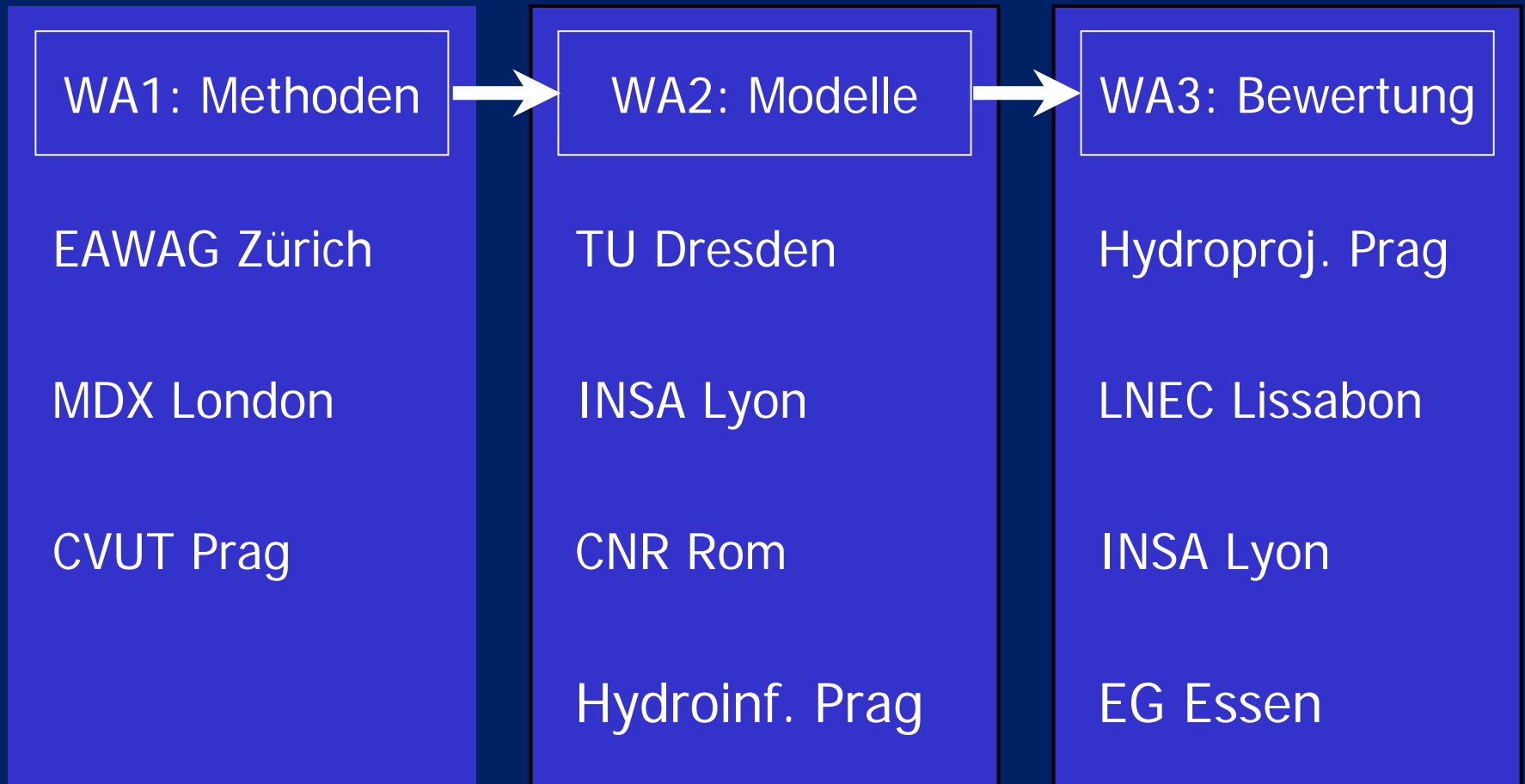
Ziele:

- Optimale Sanierungs- und Investitionsstrategien aufgrund von Exfiltration und Infiltration
- "Benchmarking" von Kanalnetzen

APUSS

www.insa-lyon.fr/apuss

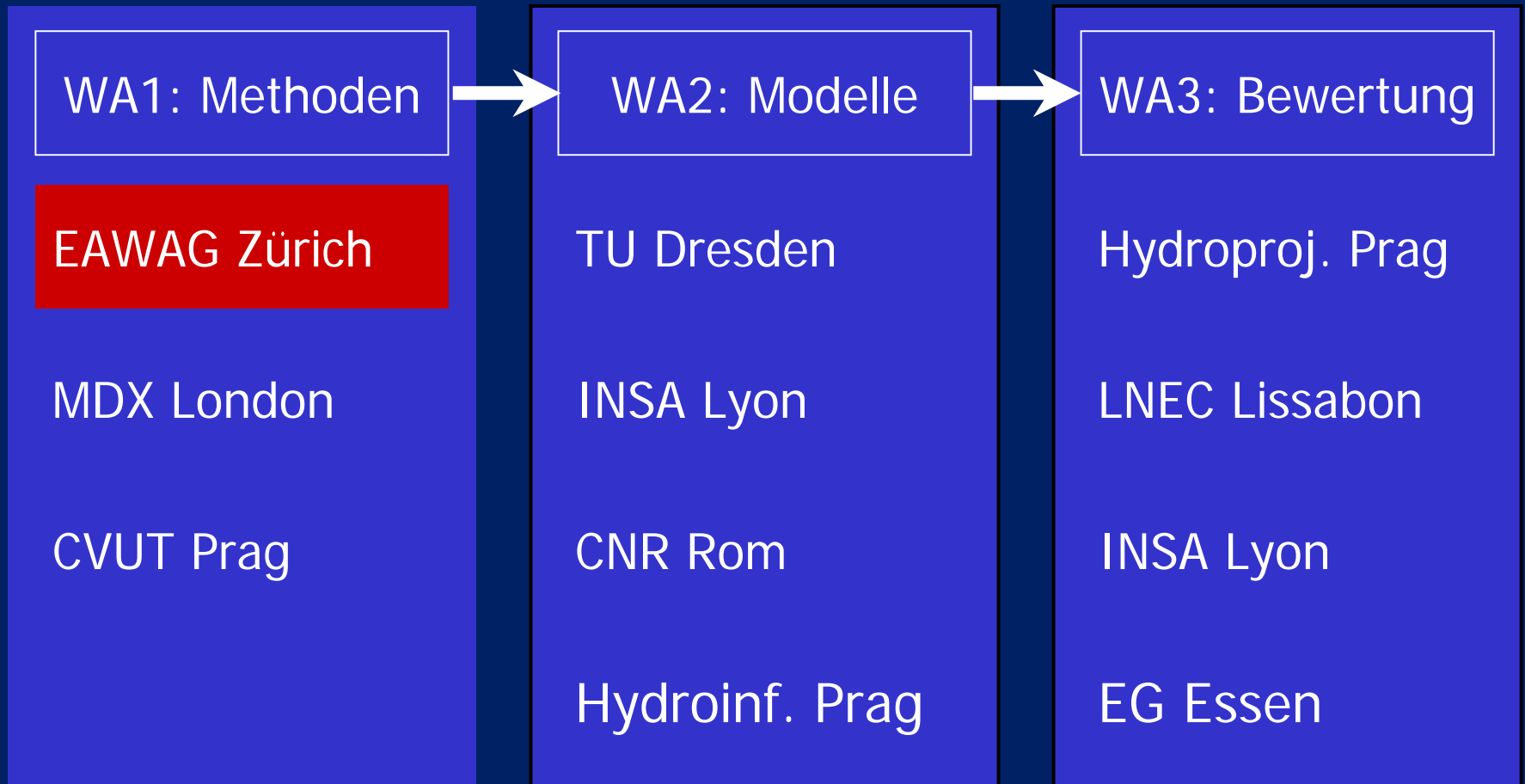
10 Partner aus Forschung und Wirtschaft
Laufzeit 2001 - 2004



APUSS

www.insa-lyon.fr/apuss

10 Partner aus Forschung und Wirtschaft
Laufzeit 2001 - 2004



Tracermethoden:

Exfiltration

1) QUEST

impulsartige Dosierung

Vorteil: eine einzige Tracersubstanz



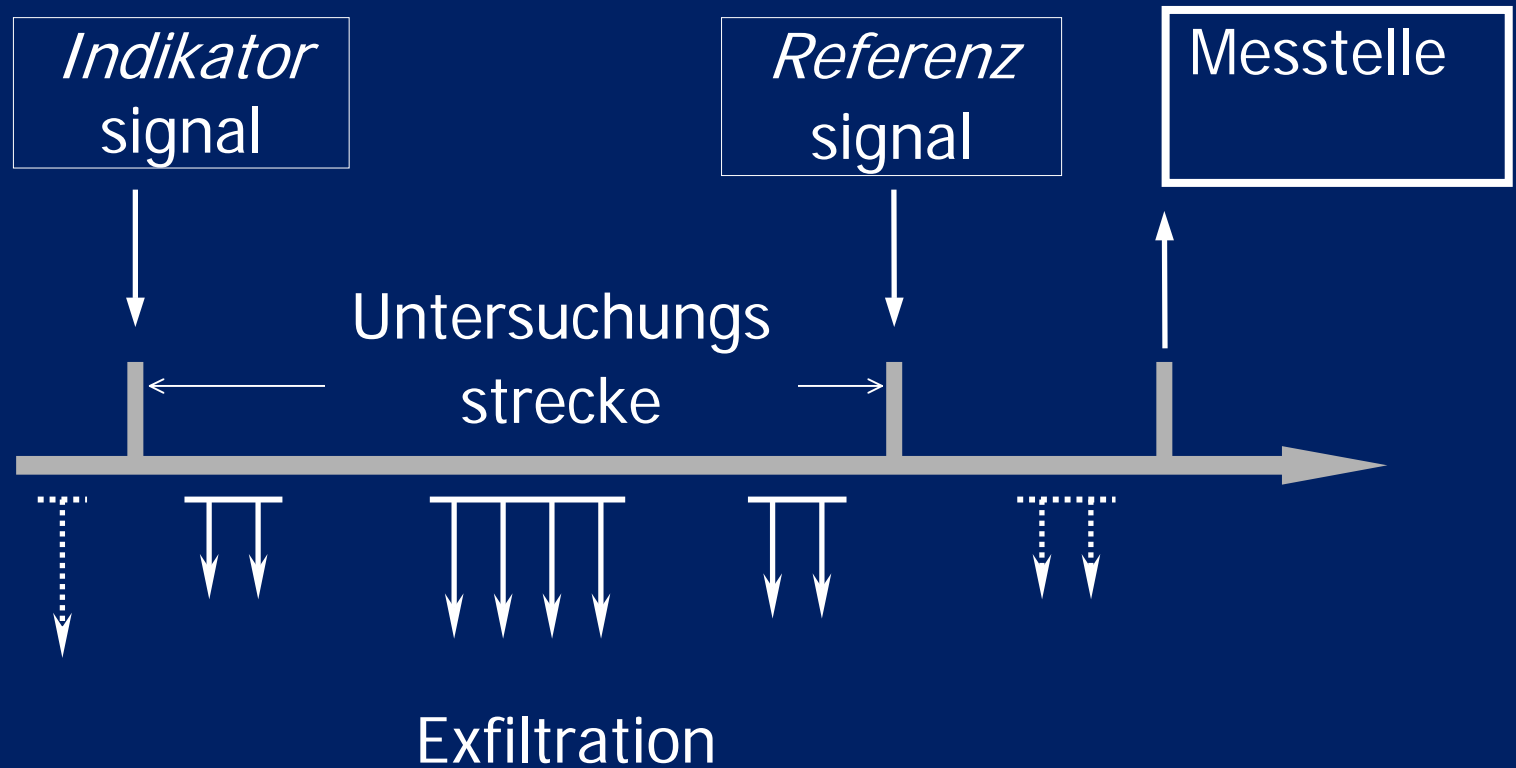
2) QUEST-C

kontinuierliche Dosierung

Vorteil: Laboranalytik



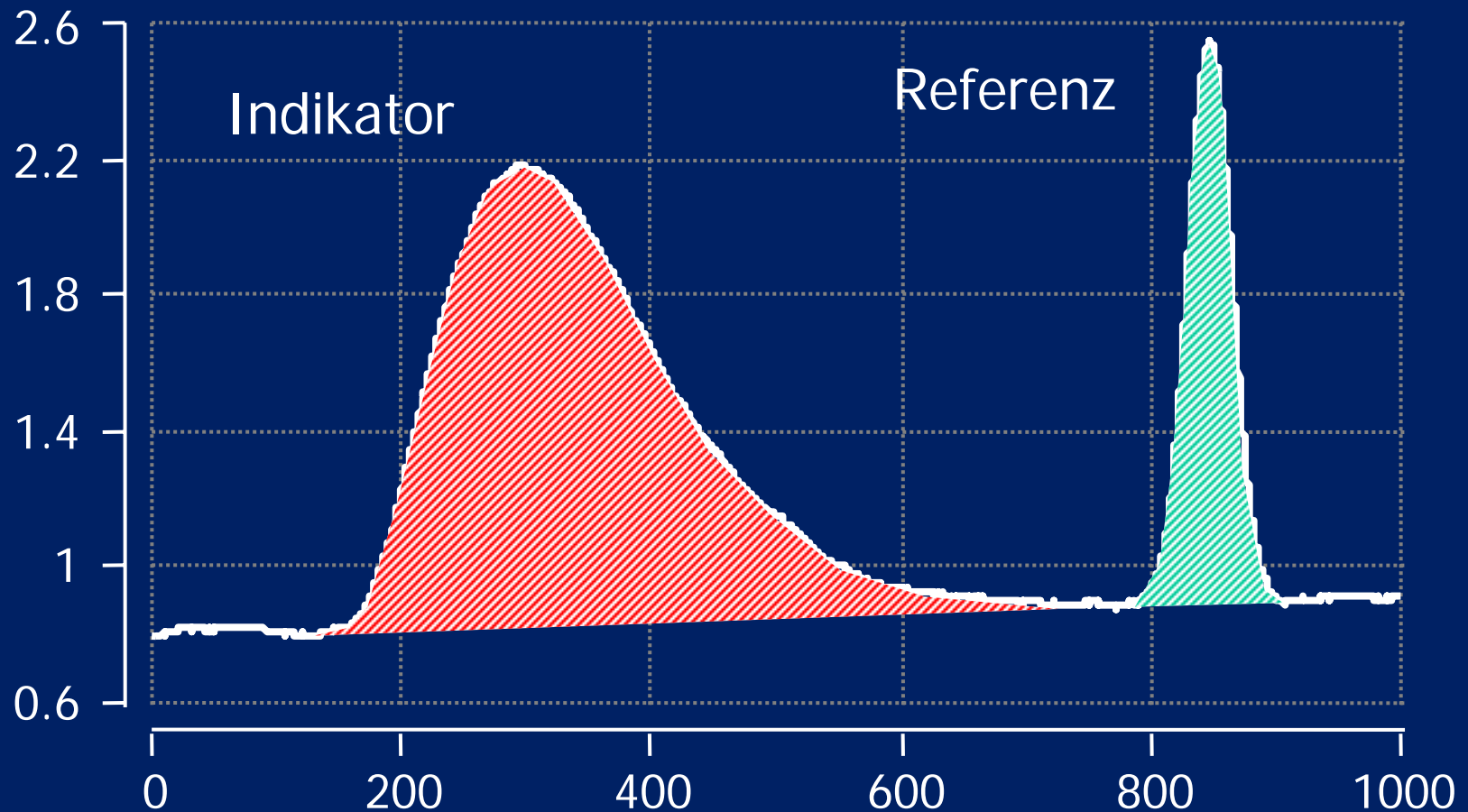
Methode



Methode

Impulsartige Dosierung

Leitfähigkeit mS cm^{-1}



Tracer

In-line Messtechnik

NaCl

elektr. Leitfähigkeit



Uranin

Fluoreszenzintensität



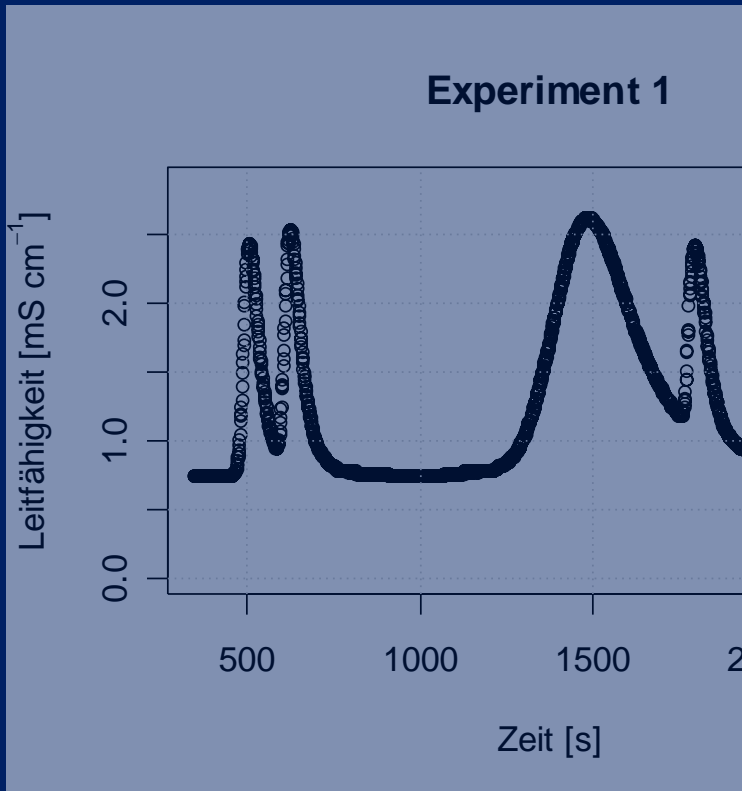
Li⁻, Br⁺

Potenzialänderung an
ionenselektiver Membran

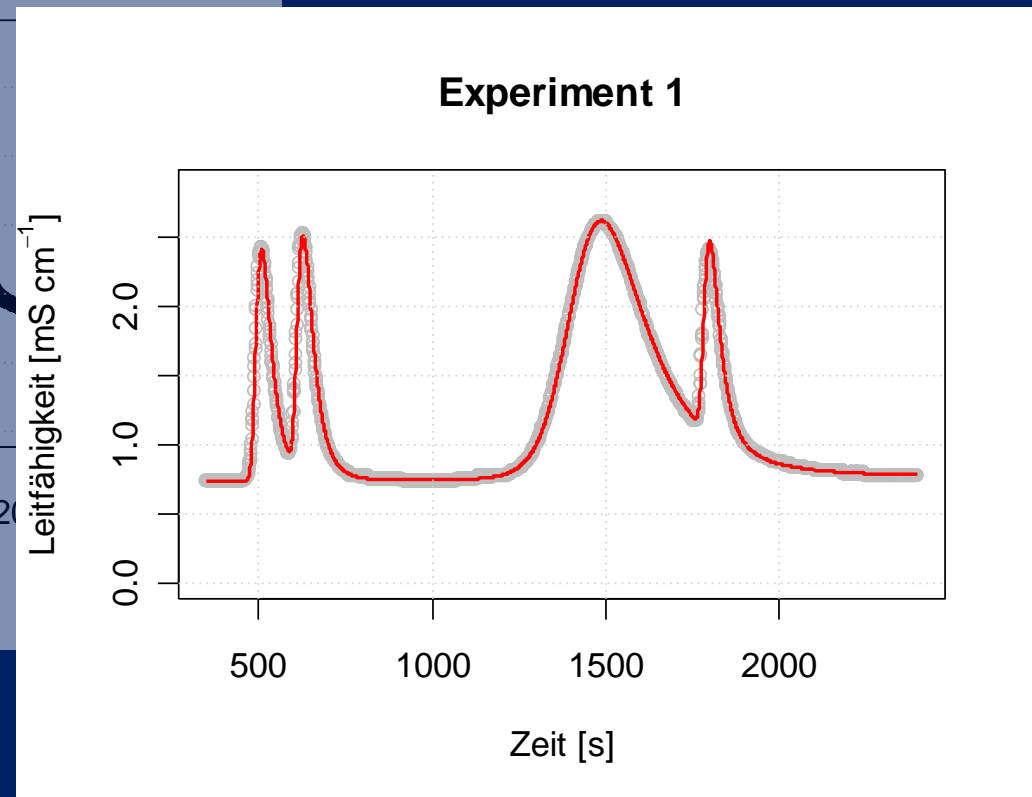
Anwendung

Impulsartige Dosierung

Messdaten

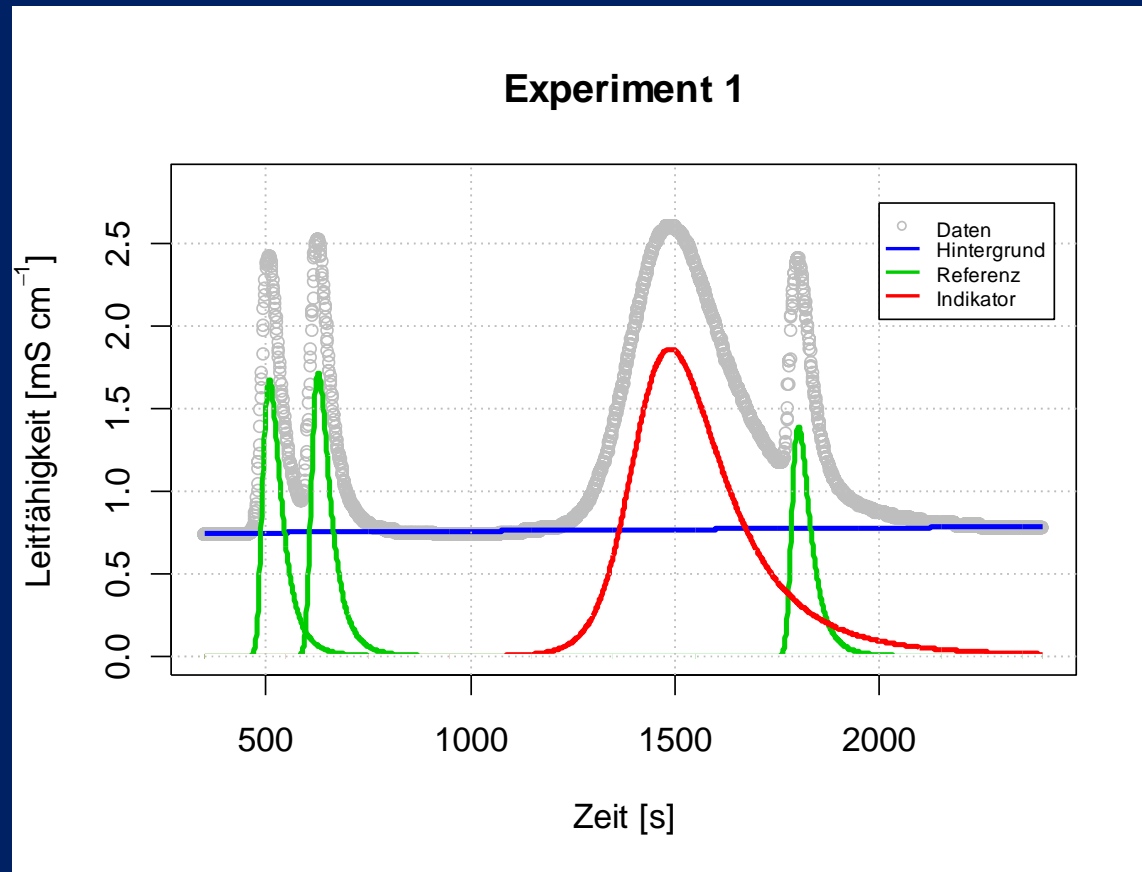


Modellierung



Auswertung

Impulsartige Dosierung

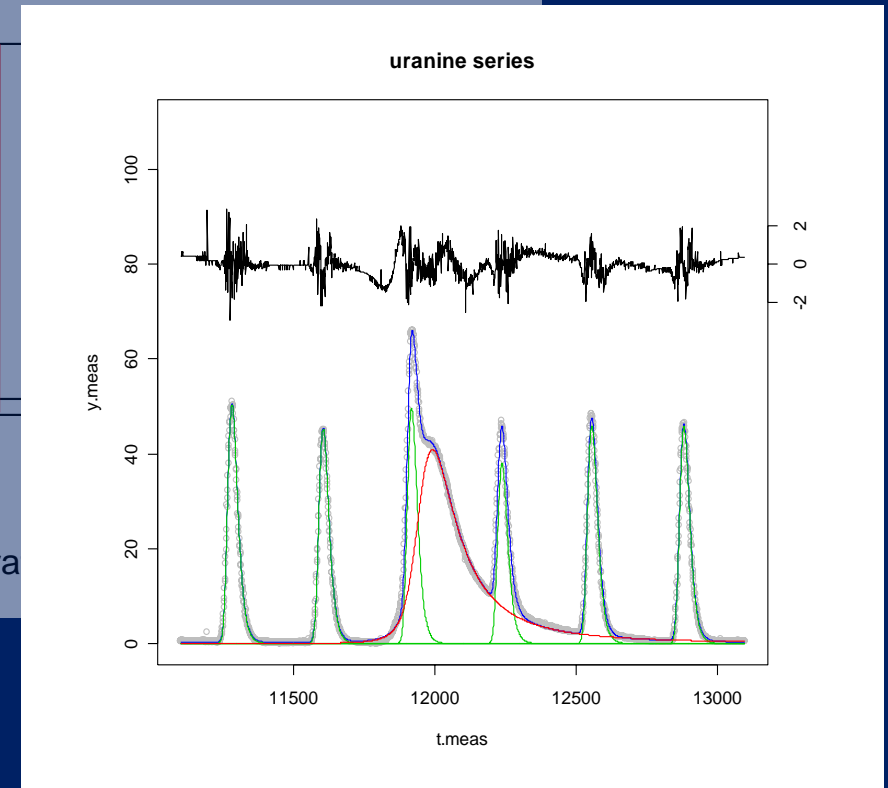
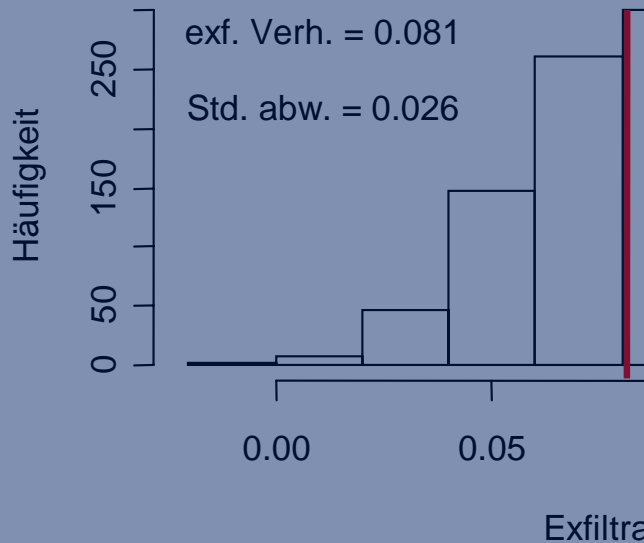


=> Geschätzte Exfiltration: 8%

Auswertung

Monte Carlo-Fehlerfortpflanzung

Histogramm der Exfiltration



=> Geschätzte Exfiltration: 8% (+/- ?? %)

Tracermethoden:

Exfiltration

1) QUEST

impulsartige Dosierung

Vorteil: eine einzige Tracersubstanz

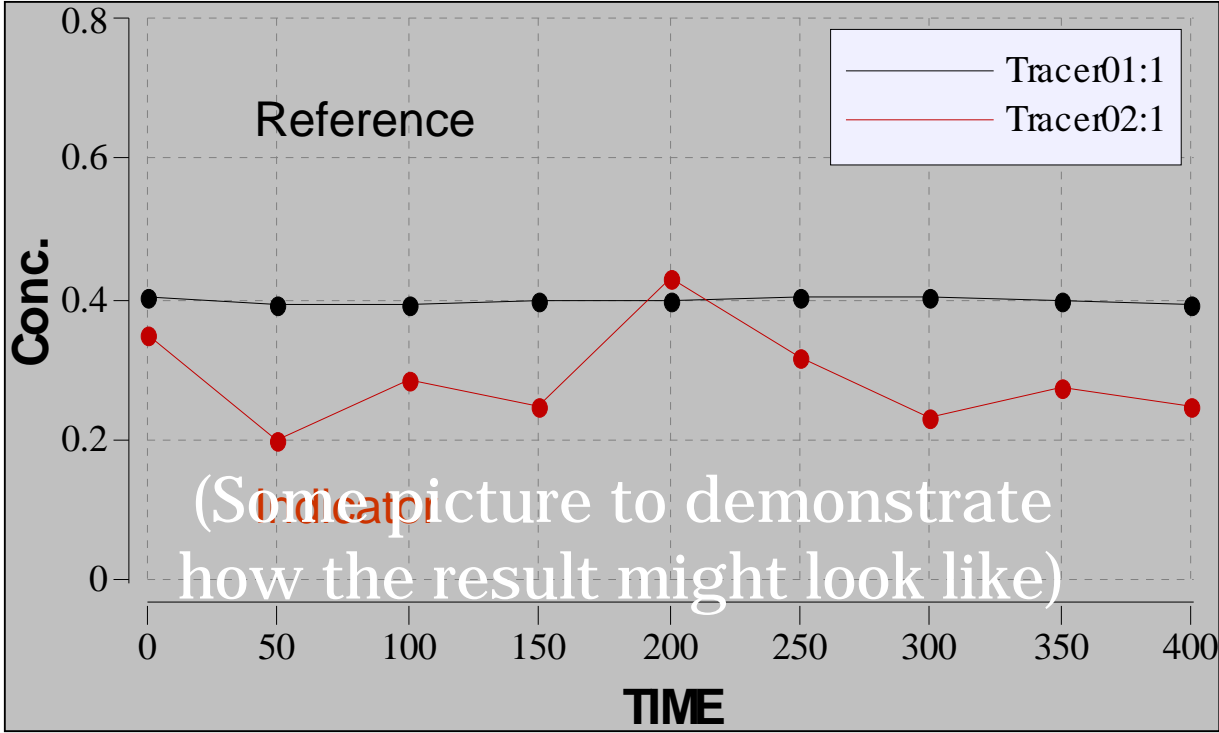


2) QUEST-C

kontinuierliche Dosierung

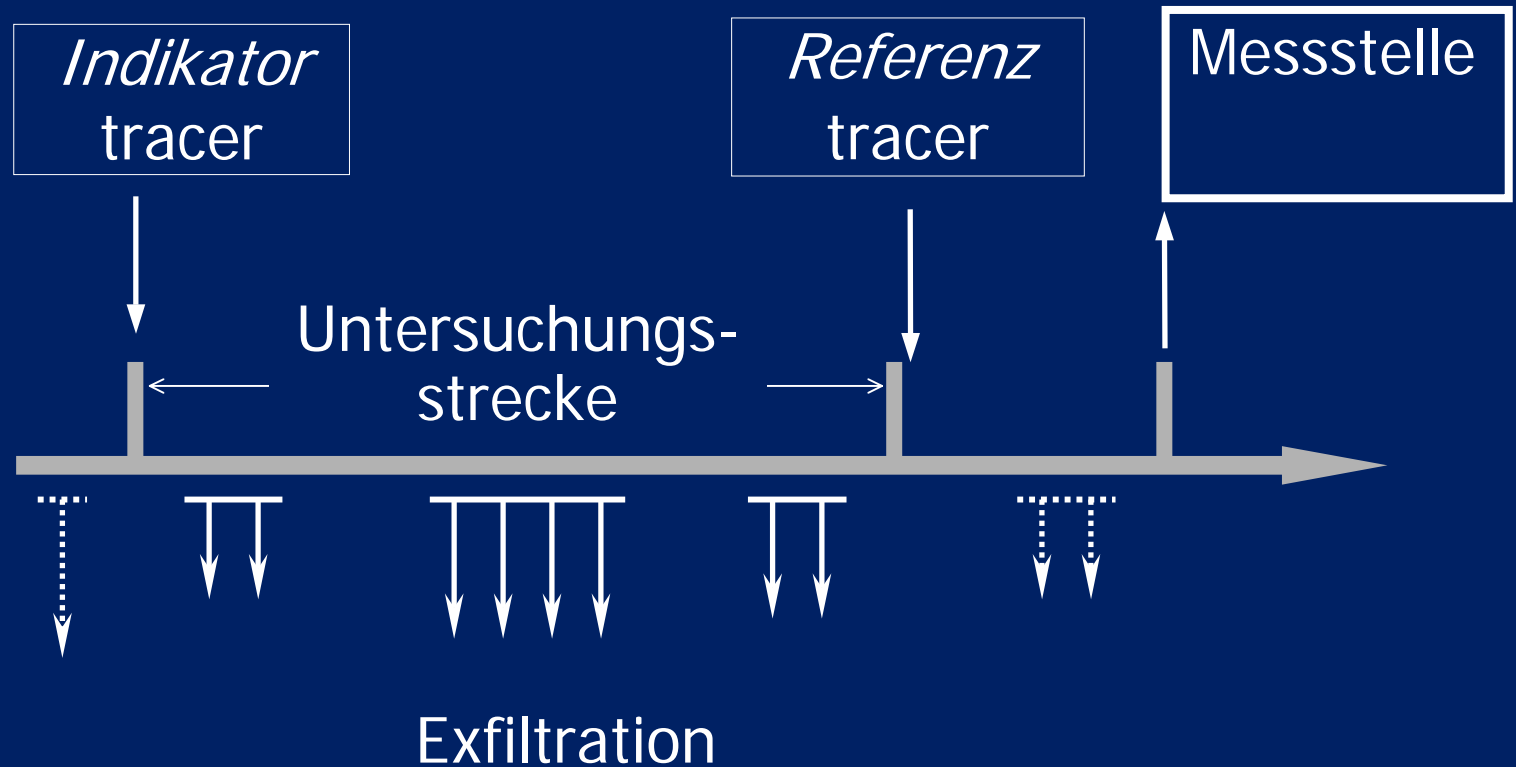
Vorteil: Laboranalytik





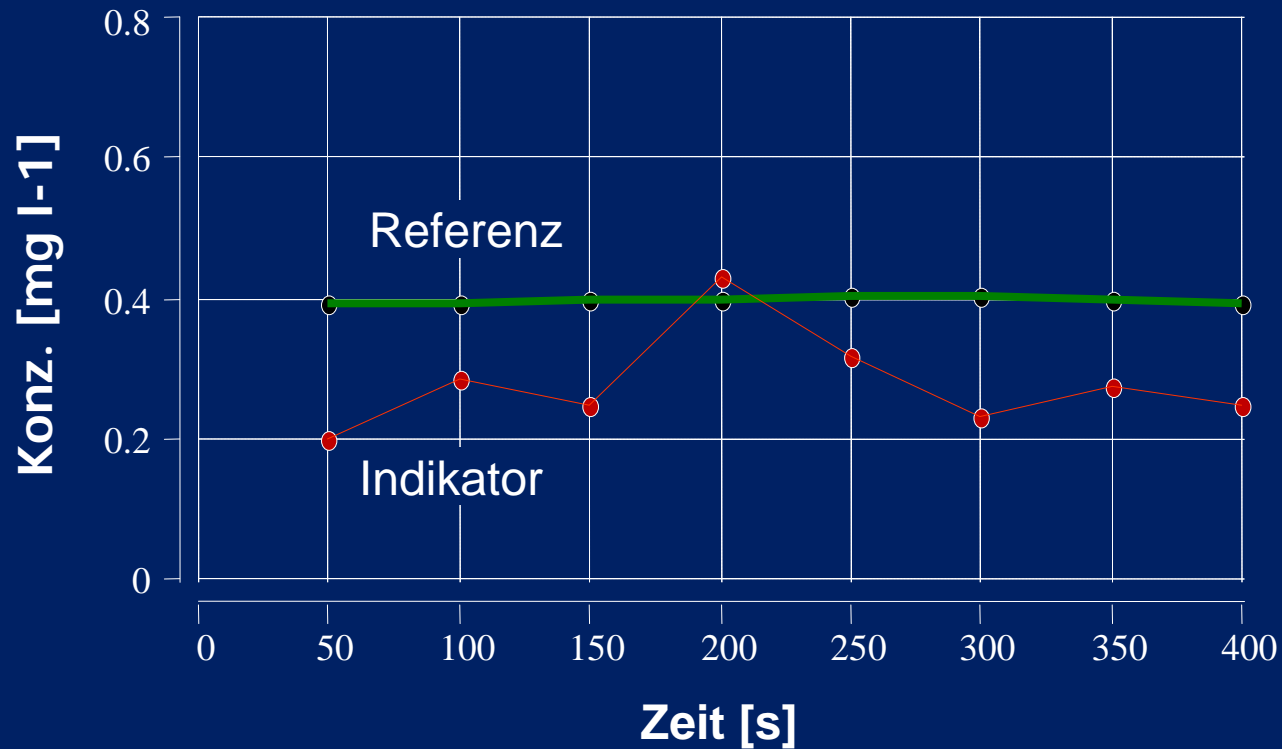
Methode

kontinuierliche Dosierung



Methode

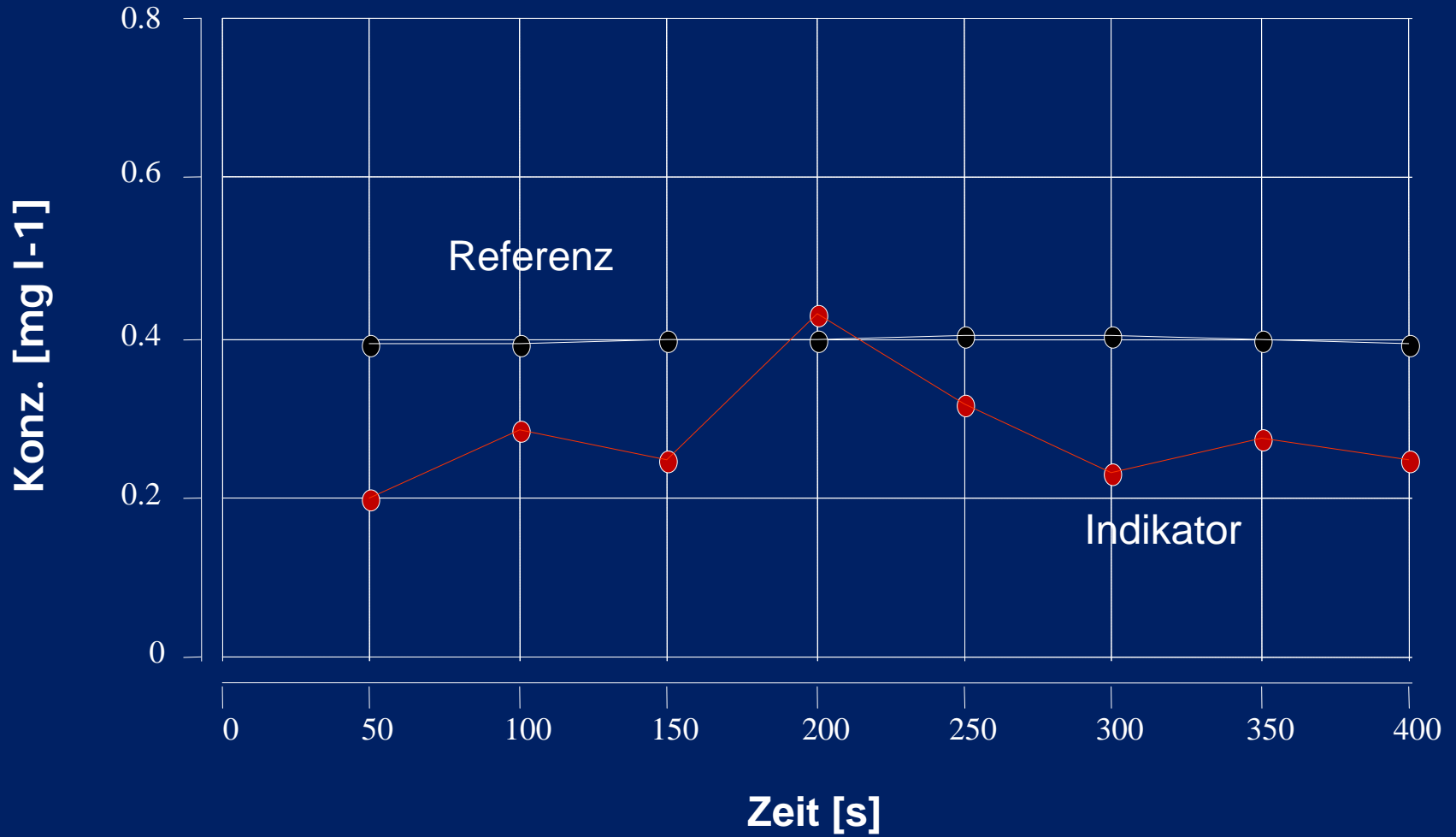
kontinuierliche Dosierung



$$E = 1 - \left(\frac{c_{REF,in} q_{REF}}{c_{IND,in} q_{Ind}} \right) \cdot \frac{C_{IND,meas}}{(C_{REF,meas})}$$

Methode

kontinuierliche Dosierung



Tracer

kontinuierliche Dosierung

Li⁺, Br⁻ Ionenchromatographie

Vorteile:

präzise Messtechnik verfügbar (1- 2%)

Nachteile:

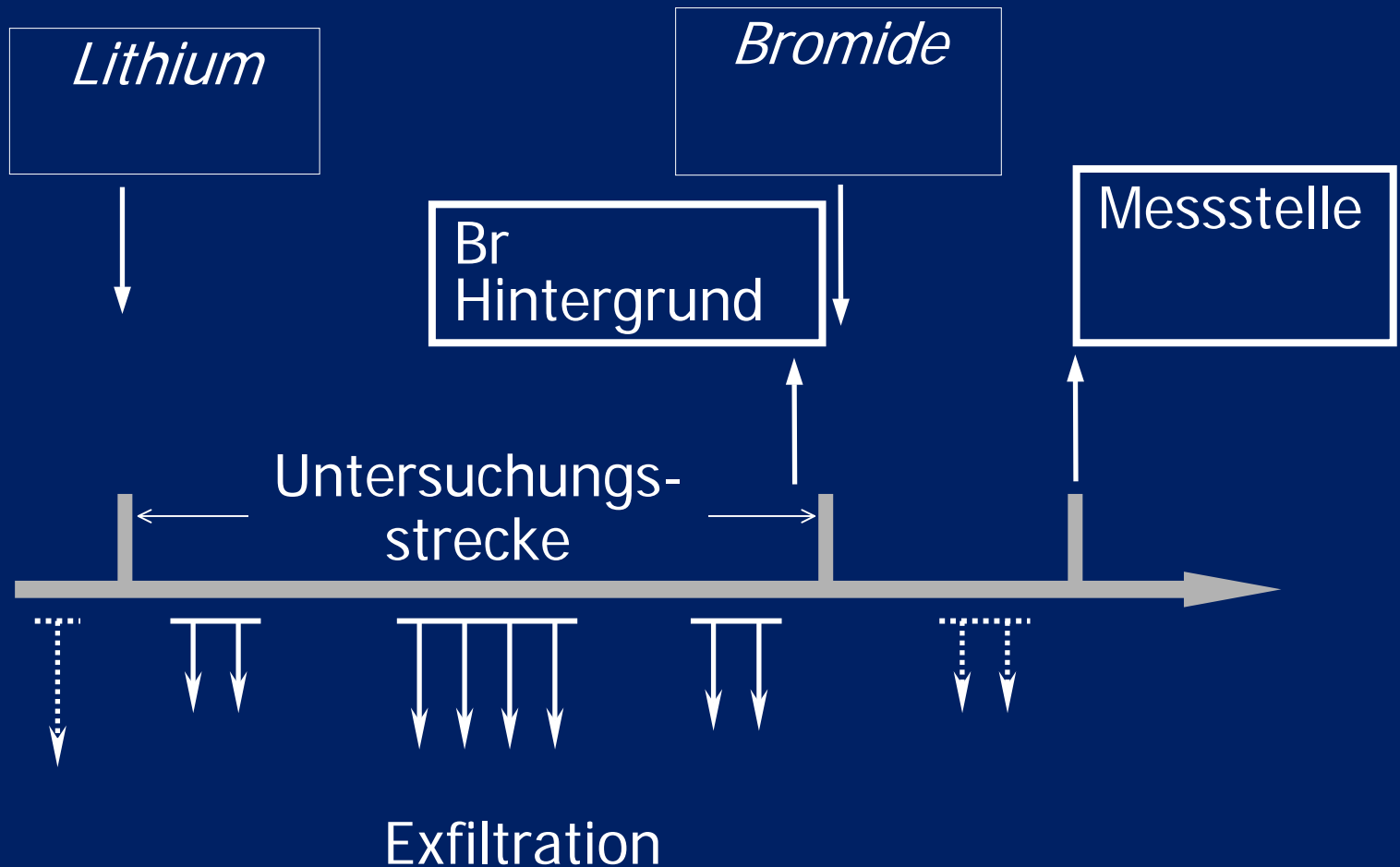
Natürlicher Hintergrund

Abwassermatrix

Kosten Analytik

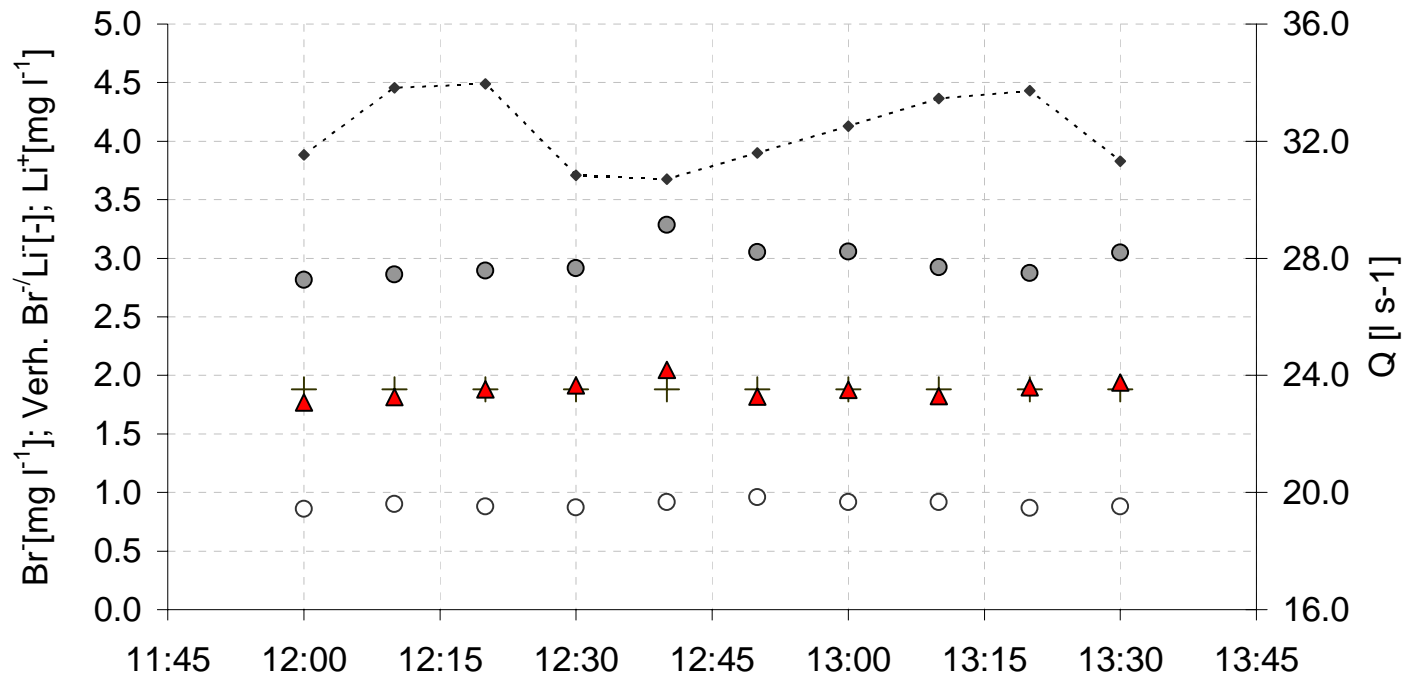
Anwendung

kontinuierliche Dosierung



Anwendung

kontinuierliche Dosierung



+ Verh. Br-/Li+(Lab Std.) ● Br- ▲ Verh. Br-/Li+(mess) ○ Li+ -♦- Discharge

=> geschätzte Exfiltration: 0 %

Anwendung

kontinuierliche Dosierung

Parameter (p)	μ_p	σ_p	$\frac{\partial E}{\partial p}$	$(\frac{\partial E}{\partial p}) \cdot \sigma_p$
$c_{eq,Li}$ [mg l-1]	1.348	0.003	0.742	1.95E-03
$c_{eq,Br}$ [mg l-1]	4.132	0.054	-0.242	1.30E-02
w_{Br} [g]	1.011	2.02E-04	-0.990	2.00E-04
w_{Li} [g]	1.798	3.60E-04	0.556	2.00E-04
q_{Br} [kg s-1]	0.002	3.67E-08	566.294	2.08E-05
q_{Li} [kg s-1]	0.003	8.94E-08	-296.908	2.65E-05
$C_{eq,Li}$ [mg l-1]	0.897	0.010	-1.116	1.09E-02
$C_{eq,Br}$ [mg l-1]	2.946	0.050	0.340	1.71E-02
E	-0.0052	0.024		

=> geschätzte Exfiltration: 0 % (+- 2)

Parameter (p)	μ_p	σ_p	$\hat{\partial}E / \hat{\partial}p$	$(\hat{\partial}E / \hat{\partial}p) \cdot \sigma_p$
$c_{eq,Li}$ [mg l-1]	1.348	0.003	0.742	1.95E-03
$c_{eq,Br}$ [mg l-1]	4.132	0.054	-0.242	1.30E-02
w_{Br} [g]	1.011	2.02E-04	-0.990	2.00E-04
w_{Li} [g]	1.798	3.60E-04	0.556	2.00E-04
q_{Br} [kg s-1]	0.002	3.67E-08	566.294	2.08E-05
q_{Li} [kg s-1]	0.003	8.94E-08	-296.908	2.65E-05
$c_{eq,Li}$ [mg l-1]	0.897	0.010	-1.116	1.09E-02
$c_{eq,Br}$ [mg l-1]	2.946	0.050	0.340	1.71E-02
E	-0.0052	0.024		

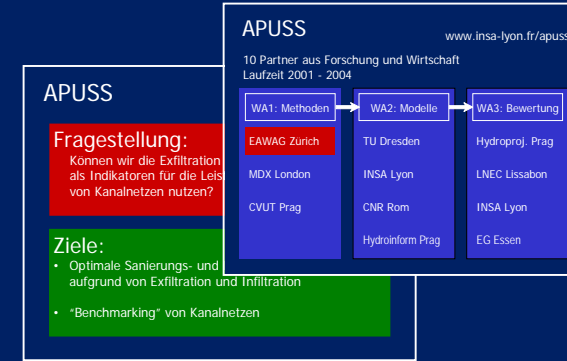
=> geschätzte Exfiltration: 0 % (+- 2)

$$\sigma_E = \sqrt{\sum_{i=1}^n \left(\frac{\partial E}{\partial p_i} \right)^2 \cdot \sigma_{p_i}^2}$$

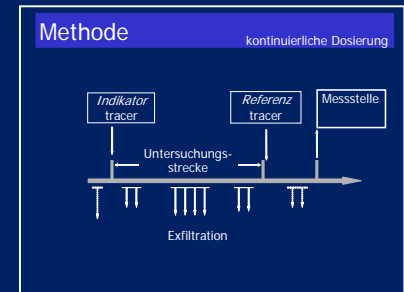
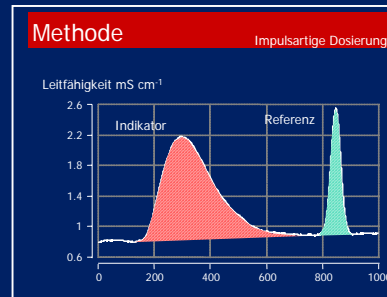
=> geschätzte Exfiltration: 0 % (+- 2)

Zusammenfassung

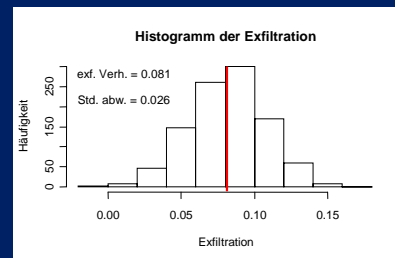
- APUSS:
Leistungsfähigkeit von Kanalnetzen



- Tracermethoden:



- Fehlerrechnung:



$$\sigma_E = \sqrt{\sum_{i=1}^n \left(\frac{\partial E}{\partial p_i} \right)^2 \cdot \sigma_{p_i}^2}$$

Exfiltration und Unsicherheit

- Dichtheitsprüfung
 - Volumen- / Druckmessung
 - Positionierung
- Tracermethoden
 - Modellstruktur
 - Instationäre Transportprozesse
 - Massen- / Konzentrationsmessung
- GW-Modellierung
 - Modellstruktur
 - Eingangsdaten

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit



Kernaussagen

Exfiltration ist mit Tracern messbar

Infiltration

- Verringerung der Reinigungsleistung von Abwasserbehandlungsanlagen
- Erhöhte Kosten für Betrieb und Instandhaltung
- Absenkung des Grundwasserspiegels