



PRiMaT

Präventives Risikomanagement in der Trinkwasserversorgung

NaWaM
Nachhaltiges Wassermanagement



RiSKWa

Risikomanagement von neuen Schadstoffen und
Krankheitserregern im Wasserkreislauf



Frank Sacher & Astrid Thoma
DVGW-Technologiezentrum Wasser (TZW)



PRiMa T

Projektbeginn: 1.11.2011

Projektlaufzeit: 3,5 Jahre

18 Partner

Ziel: Erarbeitung eines risikobasierten Konzeptes zum Umgang mit Spurenstoffen und Krankheitserregern in der Trinkwasserversorgung





LP 1 Modelle und Konzepte zur Gefährdungsanalyse

BP 1-1 Entwicklung und Validierung molekularbiologischer Methoden zum Nachweis von Krankheitserregern

BP 1-2 Testverfahren zur Beurteilung der Trinkwasserrelevanz von Mikroverunreinigungen und Nanopartikeln

BP 1-3 Wirksamkeit von Aufbereitungs- und Desinfektionsverfahren zur Elimination von Krankheitserregern

BP 1-4 Stoffkataster (Problemstoffe mit Trinkwasserrelevanz)

BP 1-5 Beurteilungsgrundsätze für Monitoringkonzepte

LP 2 Technische/organisatorische Maßnahmen zum Risikomanagement bei Wasserversorgern

BP 2-1 Innovative Oxidationsverfahren für Schadstoffe und Krankheitserreger

BP 2-2 Stimulierung des biologischen Abbaus

BP 2-3 Prüfung auf Bildung von Transformationsprodukten

BP 2-4 Selektive Schadstoffentfernung mittels Elektrodialyse

BP 2-5 Selektive Adsorber- und Austauschermaterialien

BP 2-6 Kosten-Nutzen-Analyse

BP 2-7 Organisatorische Emissionsminderungsmaßnahmen

LP 3 Interaktive Risikokommunikation

BP 3-1 Internetportal

BP 3-2 Schulbildung und Lehrerfortbildung

BP 3-3 Verbraucherorientierte Risikokommunikation

Anmeldung

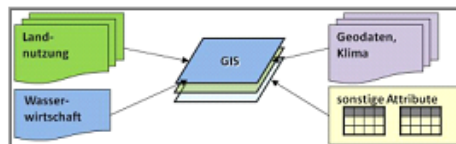
WWU: badenova
 GIS-Ordner: lausen
 Notizen

Anwender: TZW
 Version: 27.11.2014 [beenden](#)



WWU - Eingabe

- GIS-Daten EZG/WSG / Flächennutzung...
 Rohwasser EZG/WSG...



WWU - Ausgabe

- Flächennutzung in EZG/WSG...
 Bewertung nach W101 / W102 in EZG...
 Parameter im EZG/WSG ...
 Flächen mit Parametern im EZG/WSG ...
 Parameter im genutzten Rohwasser des EZG/WSG ...
 Anzeigen der WSG-Zonen-Anteile der Flächennutzungen...

Basisdaten

- Basisdatenverwaltung, z.B. ...

- Auslöser (z.B. Flächennutzungskatalog)
- Gefährdungen (Parameter, Organismen)
- Zuordnungen
- Transfer zum Rohwasser





Datenbankbasiertes System zur Gefährdungsanalyse (DBBS)

Zuordnung



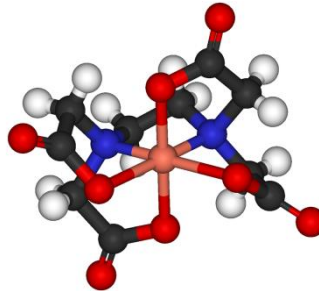
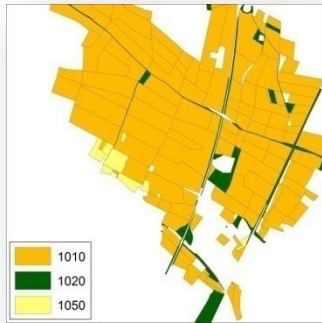
Parameterliste des EZG

- Bewertung anhand Mobilität / Persistenz
- Rang der Zuordnung

Flächennutzungsdaten + Handlungen



Stoffe bzw. Organismen



- Bundesweites ATKIS-DLM
- Sonstige Datenquellen
→ z.B. Kanalnetz
- Handlungen im EZG

Parameterliste
→ Bewertung nach
Eigenschaften

Grundlage für
Risikoabschätzung und
Monitoring



Emissionsquelle

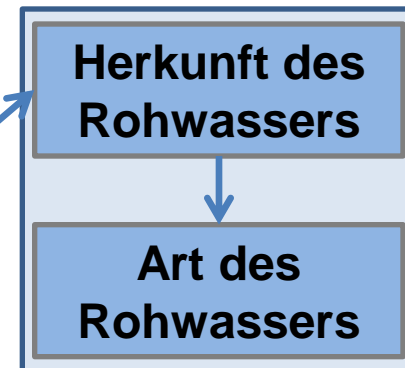
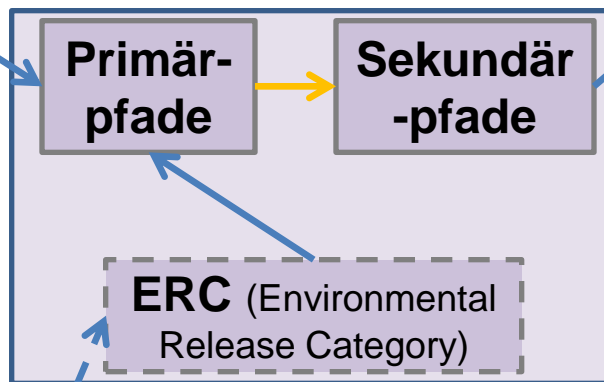
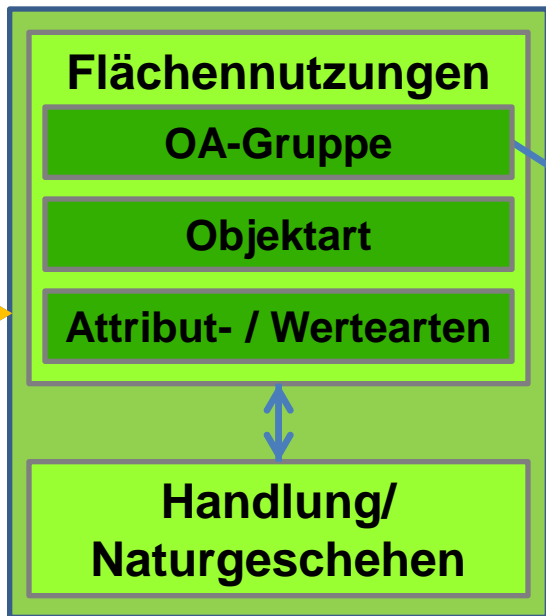
Transfer

Immission

Auslöser

Pfade

Ziel/Schutzgut



- Eintrag nötig
- -> Eintrag möglich
- Gebietspezifische Anpassung
- In PRiMaT erarbeitet



Parameter im Einzugsgebiet mit zugehöriger Flächennutzung

Zurück

Aktionen

- Tabelle aktualisieren
- Nutzungsliste für EZG erstellen
- Export Parameterliste
- Metabolitenliste anzeigen

Kriterien

GIS-Ordner: Hausen

Einzugsgebiet:

Rang Zuordnung: 3

Indikator:

Verwendungs-status: Aktuell verwendet


Objektartengruppe: Vegetation - Landwirtschaft

Statistik

Anzahl Datensätze: 23

Anzahl Einzugsgebiete: 1

Anzahl Parameter: 23



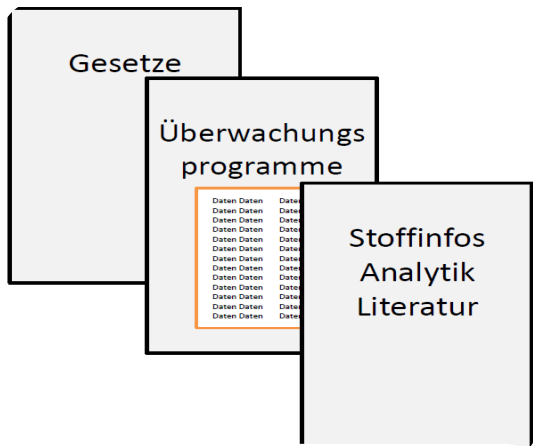
EZG_ID	Einzugsgebiet	PA_ID	Parameter	Summe K	Nutzung	Handlung
				14		
77	WSG Hausen	254	Chloridazon	14	'Ackerland, Gemüse, konventionell'	
77	WSG Hausen	257	Chlormequat	16	Ackerland, Getreide, konventionell; Baumschule, konventionell; Landwirtschaft, Zierpflanzenkonventionell	
77	WSG Hausen	305	Clopyralid	16	Ackerland, Mais, konventionell; Ackerland, Raps, konventionell	
77	WSG Hausen	307	Clothianidin	16	Ackerland, Mais, konventionell	
77	WSG Hausen	392	Dicamba			
77	WSG Hausen	475	Dimethoat			
77	WSG Hausen					
77	WSG Hausen					
		982	Nitrat		Landwirtschaft	;
		1102	Picloram	14	'Ackerland, Gemüse, konventionell; Ackerland, Mais, konventionell; Ackerland, Raps, konventionell'	;;'
77	WSG Hausen	1161	Quinmerac	19	Ackerland, Raps, konventionell	

Gefährdungsanalyse ≠ Risikoabschätzung!

- Tatsächlicher Einsatz?
- Standorteigenschaften (Vulnerabilität)?

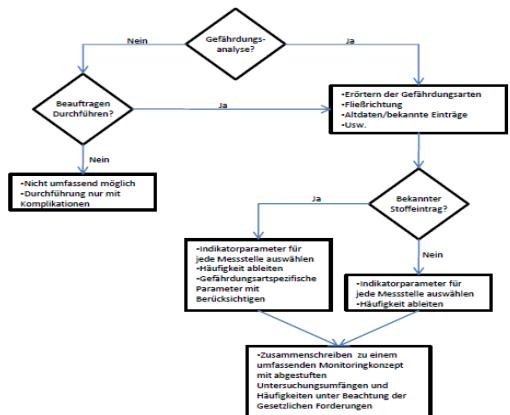


BEURTEILUNGSGRUNDSÄTZE FÜR MONITORINGKONZEPTE



Stoff	Formel	Metallart	CSAR Nummer	EMV-Bewertung	Themen 2011	Prüfung 2011	Prüfung 2012	Prüfung 2013	Prüfung 2014	Prüfung 2015	Prüfung 2016	Prüfung 2017	Prüfung 2018	Prüfung 2019	Prüfung 2020	Prüfung 2021	Prüfung 2022	Prüfung 2023	Prüfung 2024	Prüfung 2025	Prüfung 2026	Prüfung 2027	Prüfung 2028	Prüfung 2029	Prüfung 2030	
...

Monitoringkonzept Wasserschutzgebiet



Datensammlung

- gesetzliche Richtlinien und Verordnungen
- Überwachungsprogramme
- Parameterbetrachtungen
- moderne Analysemöglichkeiten (Non-Target-Screening, Multimethoden u.a.)
- Äquivalentverhältnisse

Analyse

- Zusammenschau der Parameter
- Gefährdungsanalyse
- Analysenumfang für jeweilige Gefährdungsart
- Häufigkeitsbetrachtung
- Auswahl Indikatorparameter
- Auswahl Analysemethoden

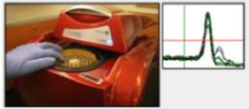
Monitoringkonzept

- Parameter ↔ Häufigkeit
- Gefährdungsanalyse → Gefahr → Indikatorparameter → positiv oder negativ? → Gefährdungsartspezifische Parameter



PCR / EMA-PCR

Vervielfältigung spezifischer Abschnitte der DNA von pathogenen Organismen.

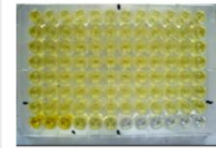
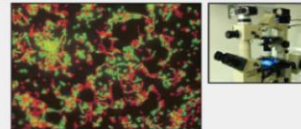


LUMINEX

Analyse und Quantifizierung von Krankheitserregern mit an Trägermaterial gebundenen Sonden.

FISH

Visueller Nachweis bestimmter Krankheitserreger mit fluoreszenten Sonden.



RheinEnergie AG



umu-Test
Infolge einer DNA-Schädigung
Aktivierung des Reparatursystems

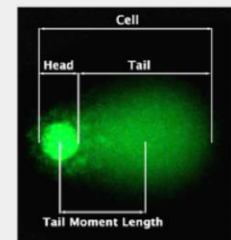
Mikrokern-Test
Nachweis von Chromosomenschäden per Lichtmikroskopischer Detektion.

TZW Proben

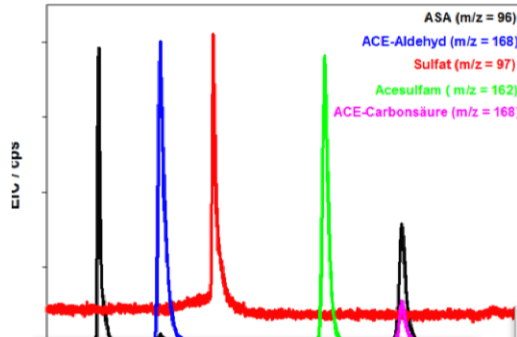
Hydrotox GmbH

Ames-Test
Messung der mutagenen Aktivität anhand von Revertanten.
•TA98: Rasterschubmutationen
•TA100: Basenaustauschmutation

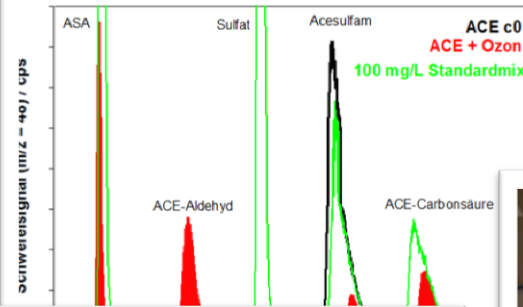
Comet-Assay
Nachweis von DNA-Schädigungen. Elektrophorese trennt Bruchstücke
größen-abhängig auf.



IC-ESI-TOF-Kopplung



IC-ICP-MS-Kopplung



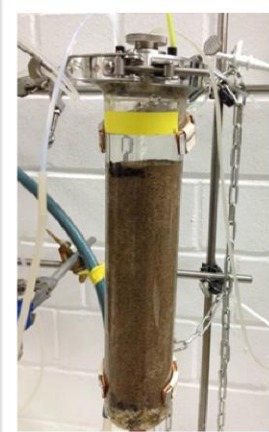
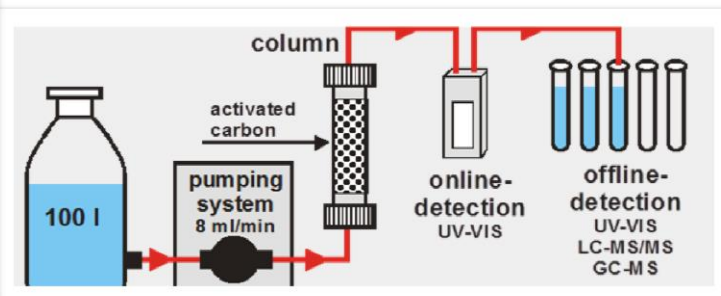
Teflon® AF 2400 Schlauch

Fluidzuführung

Fluidabführung

Deuterium-Lichtquelle

fasergekoppelter Spektrometer-Eingang



PRiMaT-SOP
Arbeitsanweisung zur Ozonung unter Praxisbedingungen
 (Stand: 24.04.2014)

Ziel der Arbeitsanweisung:
 Ozonung von Zielsubstanzen bei hohen Stoffgehalten (1 µg/L) und Ozondosen (1 mg/L). Aufnahme von Stoffabbaukurven und Ozonzehrungskurven.

Zielsubstanzen (PRiMaT-Projekt):

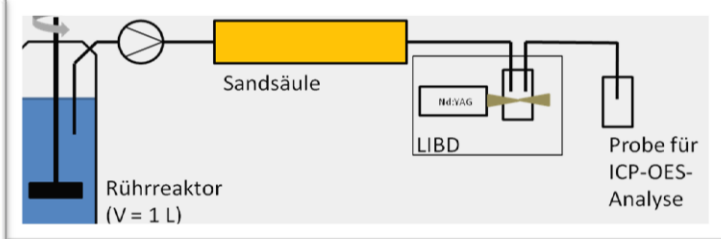
- Amidotrizoesäure
- Diclofenac
- Acesulfam
- Cyclophosphamid
- Hydrochlorothiazid
- 3,5-Dinitrobenzoesäure

Für alle Zielsubstanzen sollen identische experimentelle Bedingungen (Ozon- und Stoffkonzentrationen) verwendet werden.

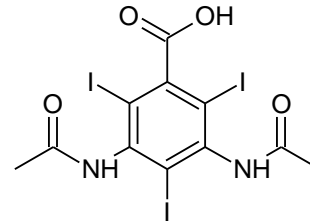
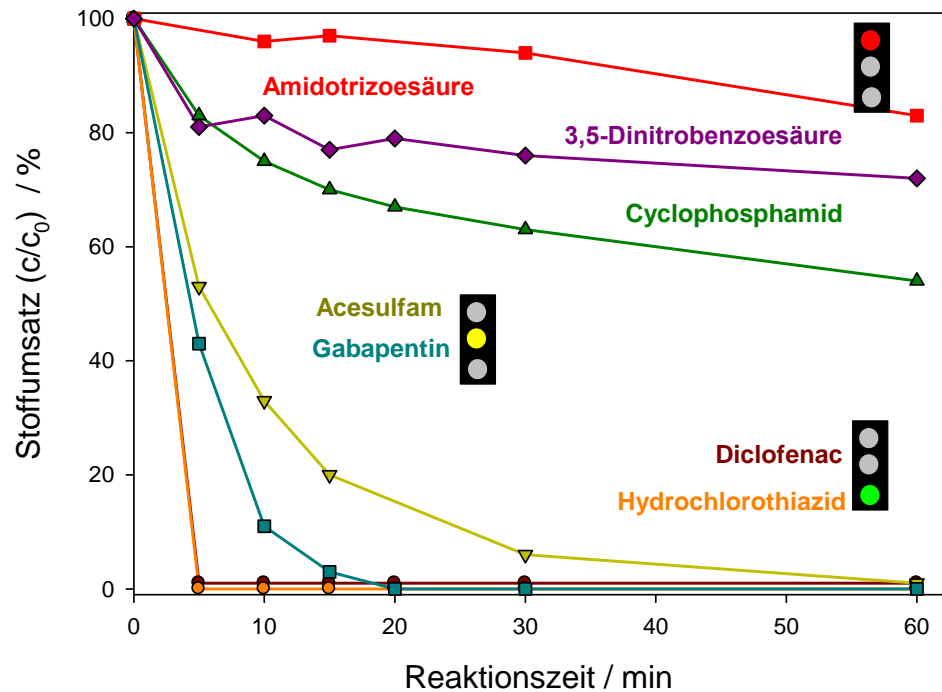
Vorgehen

Die Zudosierung der Zielsubstanz in das Reaktionsgefäß muss aus wässriger Lösung erfolgen! Auch die Stammlösungen dürfen kein Lösemittel enthalten.

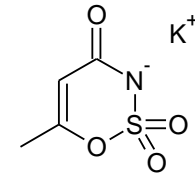
Der Ansatz von 10 L Reaktionslösung erfolgt in Karlsruher Trinkwasser mit einem Gehalt von $\beta(\text{Substanz}) = 1,11 \mu\text{g/L}$ (d.h. 11,1 µg in 10 L dotieren).



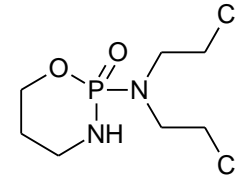
Ozonung von Modellsubstanzen unter praxisnahen Bedingungen



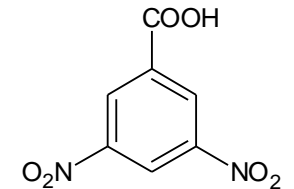
Amidotrizoesäure



Acesulfam-K

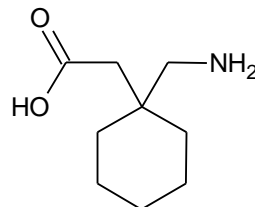


Cyclophosphamid

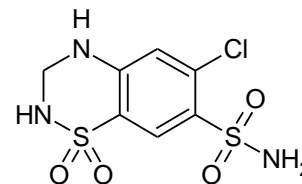


3,5-Dinitrobenzoesäure

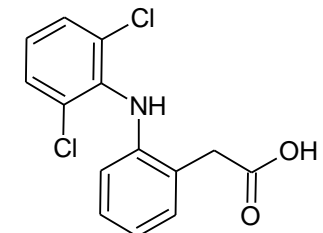
Matrix: Trinkwasser
Stoffdosis: 1 µg/L
Ozondosis: 1 mg/L



Gabapentin



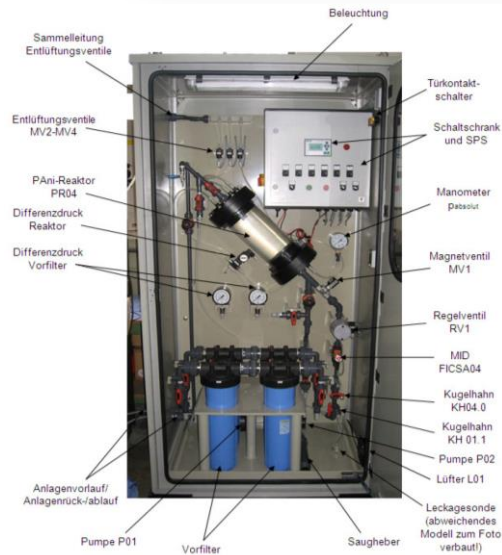
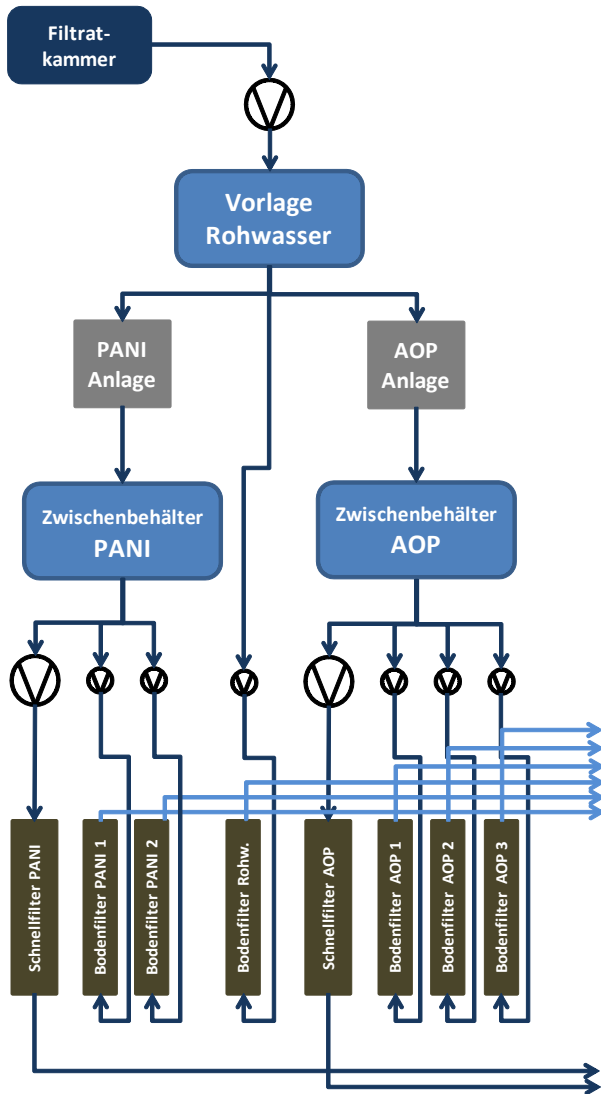
Hydrochlorothiazid

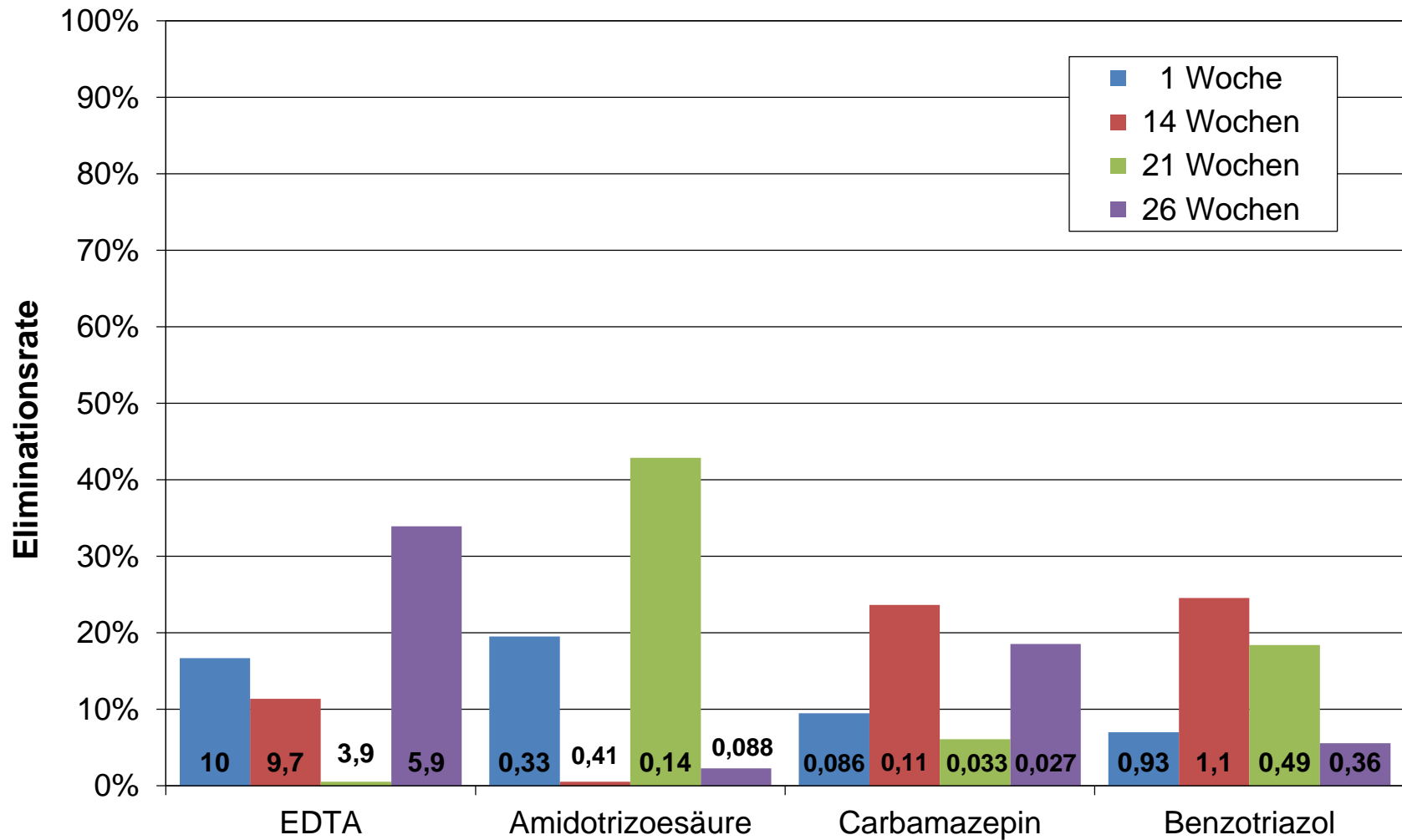


Diclofenac

	Oxidation					Adsorptionsisotherme				AK-Kleinfiltertest		
	Ozon	O ₃ /H ₂ O ₂	UV/H ₂ O ₂	UV	H ₂ O ₂	F 300	Blücher A	Blücher B	Norit W 35	F 300	Blücher A	Blücher B
Amido-trizoesäure	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red
Acesulfam	Yellow	Yellow	Yellow	Red	Red	Yellow	Yellow	Green	Red	Red	Red	Yellow
Hydrochloro-thiazid	Green	Green	Red	Red	Red	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green
Diclofenac	Green	Green	Green	Yellow	Red	Yellow	Red	Yellow	Green	Yellow	Red	Yellow
3,5-Dinitro-benzoessäure	Red	Red	Red	Red	Red	Green	Green	Green	Green	Green	Red	Green
Gabapentin	Yellow	Yellow	Yellow	Red	Red	Grey	Grey	Grey	Grey	Grey	Grey	Red
Cyclophosphamid	Red	Grey	Grey	Grey	Grey	Grey	Grey	Grey	Grey	Grey	Grey	Grey

RISIKOMINDERUNG: INNOVATIVE OXIDATIONSVERFAHREN



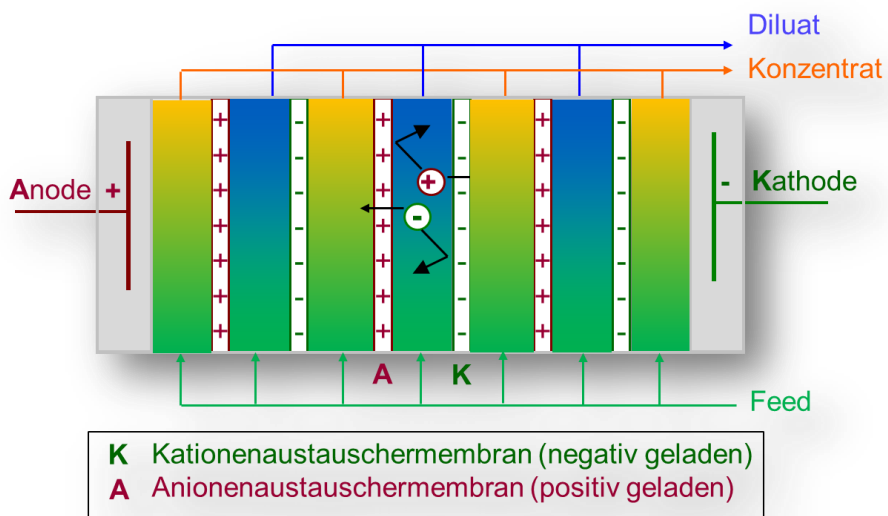




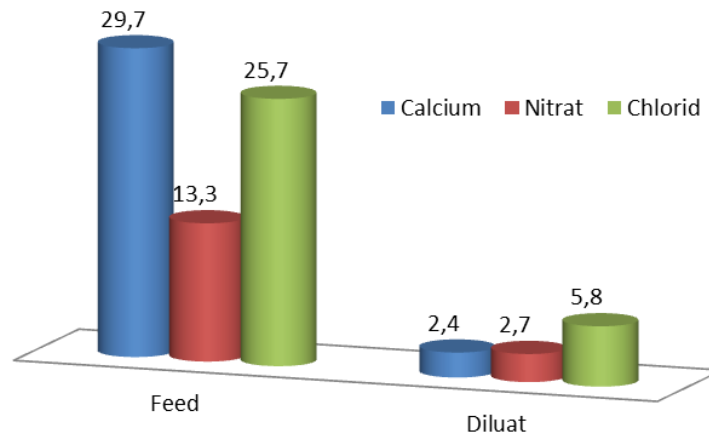
VERGLEICH PAni – AOP

	Konzentration im Rohwasser µg/L	Eliminationsraten				
		PAni	AOP	Bodenfilter	PAni + Bodenfilter	AOP + Bodenfilter
EDTA	9,7	11%	34%	11%	9%	65%
DTPA	4,3	12%	100%	12%	28%	100%
Amidotrizoesäure	0,41	0%	15%	0%	2%	7%
Iohexol	0,15	20%	57%	100%	100%	56%
Iomeprol	0,84	15%	55%	94%	98%	56%
Iopamidol	0,57	2%	49%	0%	7%	0%
Iopromid	0,17	18%	56%	90%	100%	59%
Diclofenac	0,11	39%	100%	100%	100%	100%
Bezafibrat	0,020	30%	100%	100%	100%	100%
Carbamazepin	0,11	24%	100%	0%	0%	100%
Benzotriazol	1,1	25%	91%	90%	68%	98%
4-Methylbenzotriazol	0,33	21%	100%	21%	42%	100%
5-Methylbenzotriazol	0,13	28%	100%	31%	47%	100%

RISIKOMINDERUNG: ELEKTRODIALYSE



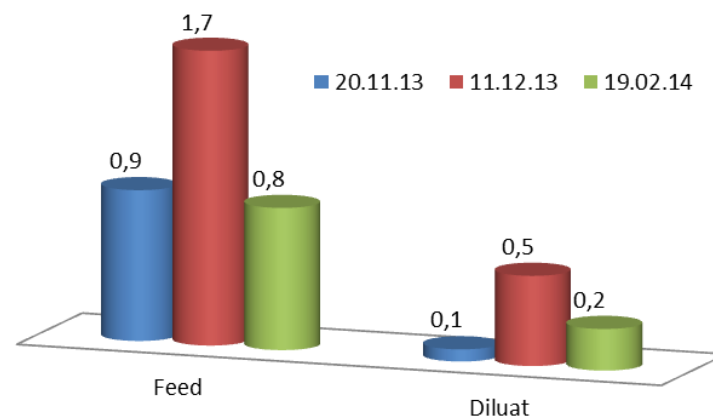
Entfernung Salze [mg/L]



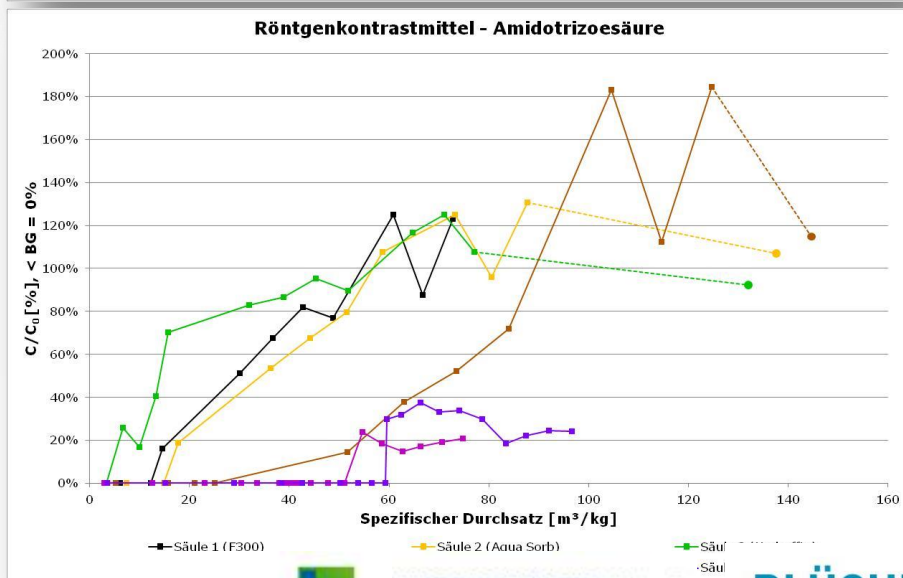
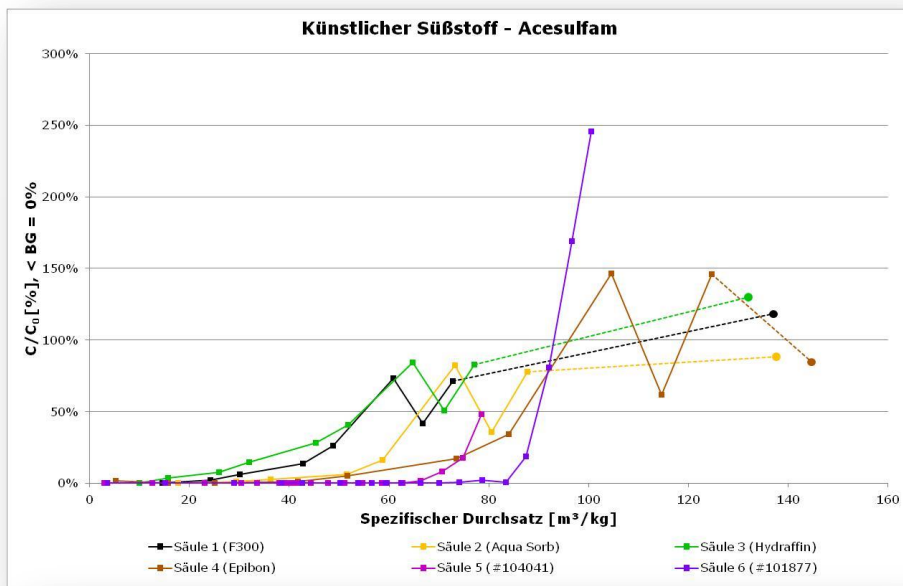
ED-Anlage



Entfernung Acesulfam [$\mu\text{g/L}$]



RISIKOMINDERUNG: SELEKTIVE ADSORPTIONSMATERIALIEN





Maßnahmenbewertung der Trinkwasseraufbereitung mittels Nutzwertanalyse

1 Ausgewählter Stoff: <input type="checkbox"/> Es wurde kein Stoff ausgewählt! Maßnahmen: <input type="checkbox"/> Stoffauswahl fehlt!	2 Ausgewählte Zielkriterien: <input checked="" type="checkbox"/> ACHTUNG! Es muss mindestens ein Zielkriterium gewählt werden. Notwendige Eingaben: <input type="checkbox"/> Zielauswahl fehlt!
Problem	Ziele
3 Notwendige Eingaben: <input type="checkbox"/> Kein Stoff, keine Maßnahme oder kein Ziel ausgewählt!	4 Resultat: <input type="checkbox"/> 1 Aufgrund fehlender Angaben liegt kein Ergebnis vor.
Maßnahmen	Ergebnisse
RESET (Alle Angaben löschen)	
NaWaM Nachhaltiges Wassermanagement	RiSKWa Risikomanagement von neuen Schadstoffen und Krankheitserregern im Wasserkreislauf
<small>beraten von</small>  Bundesministerium für Bildung und Forschung	



Schritt 4

Schritt 4: Ergebnisse

Gewählter Stoff	Geforderte mindeste Reduktionsleistung	Anzahl relevanter Maßnahmen	Anzahl relevanter Zielkriterien
Diclofenac	gut geeignet	3	8

Weitere Elimination von:

Rang	Nutzwert	Maßnahme	Eliminationsleistung	Kosten	
1	0,464	Aktivkohle	gut geeignet	4	unwirksam
2	0,464	Ozonierung	gut geeignet	6	unwirksam
3	0,294	Umkehrosmose	gut geeignet	40	keine Angaben

OK

Workshops zur Risikokommunikation in der Trinkwasserversorgung

- Kommunikation in der Trinkwasserversorgung – Erfahrungen und Konsequenzen (Kommunikation in der Trinkwasserversorgung, 2013)
- Kommunikation in der Trinkwasserversorgung – Erfahrungen und Konsequenzen (Kommunikation in der Trinkwasserversorgung, 2013)
- Fallbeispiele aus der Trinkwasserversorgung – Erfahrungen und Konsequenzen (Kommunikation in der Trinkwasserversorgung, 2013)





Umfrage zum Thema Trinkwasser

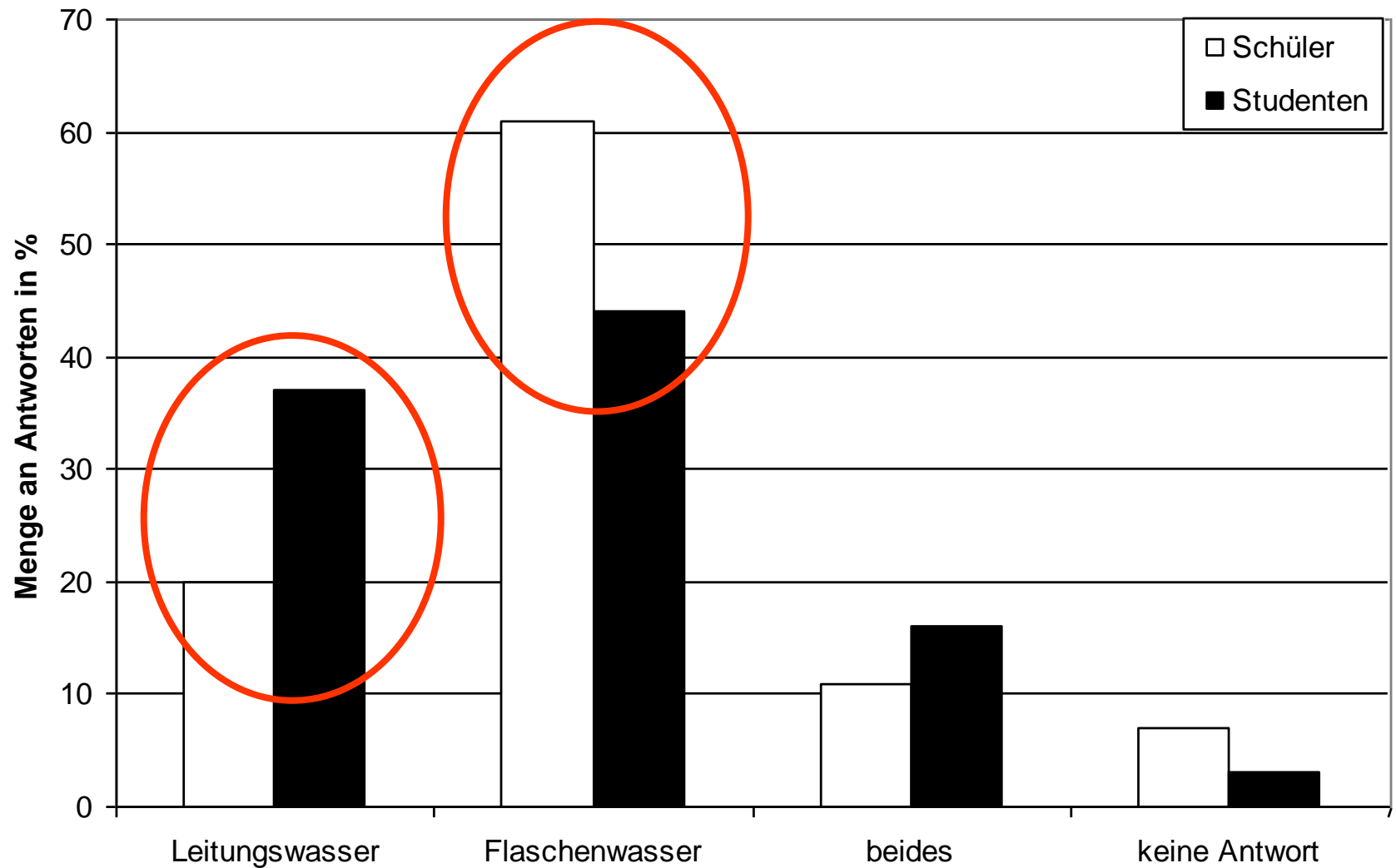
- 132 Zehntklässler und 125 Biologiestudenten
- 19 offene Fragen
- Ergebnisse zeigen starkes Grundvertrauen in das Trinkwasser
 - Mehrheit (80%) sagt, TW ist bedenkenlos trinkbar
- Aber: Es bestehen teilweise nicht korrekte Vorstellungen
 - Trinkwasserqualität (Kalk = schlecht)
 - Wasser“ver“brauch (bald kein Wasser mehr)
 - Fachsprache (virtuelles Wasser)

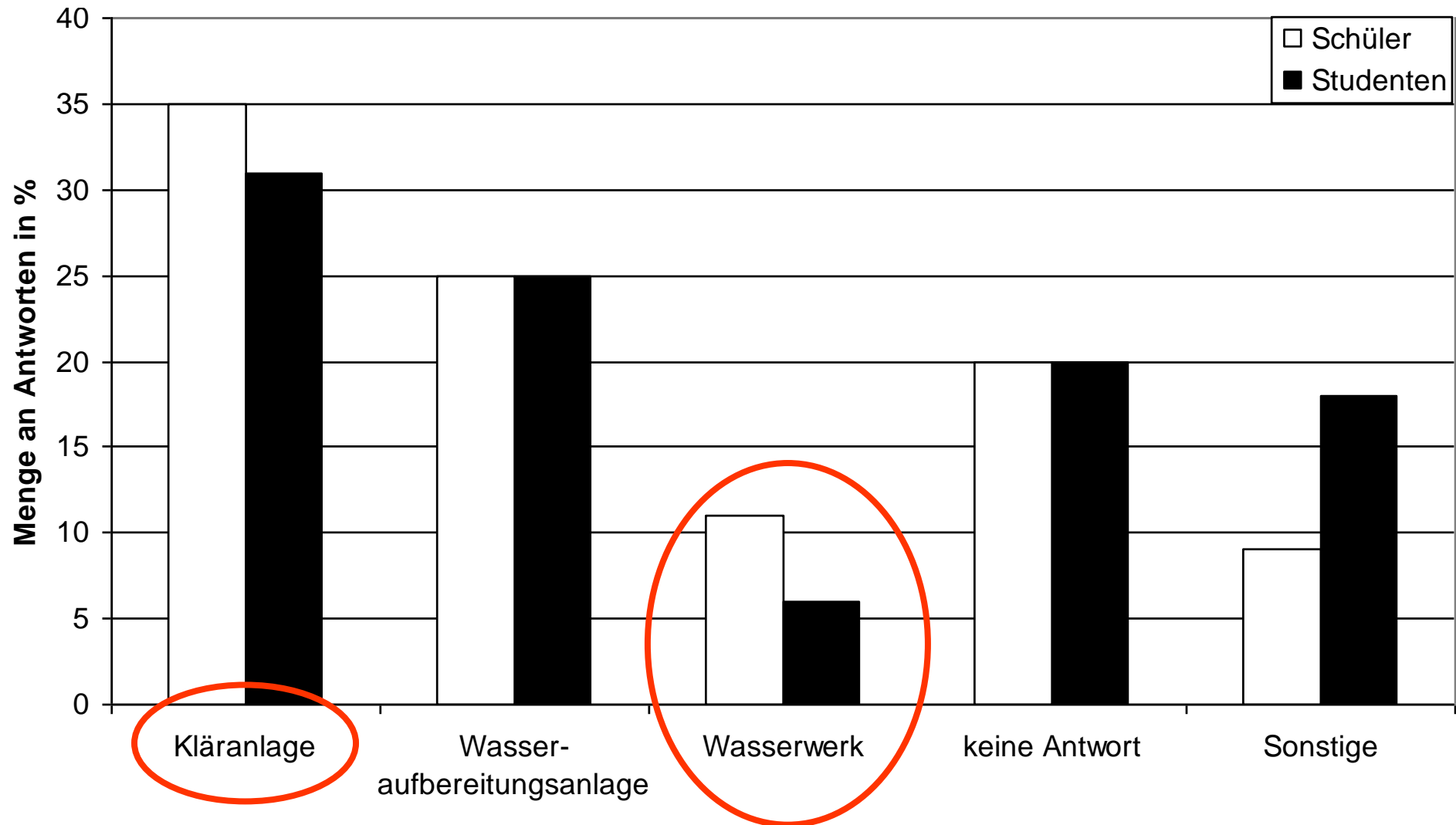
→ „**JA!** Unterricht/Öffentlichkeitsarbeit ist nötig!“

Fremerey, C., Liefländer, A.K. & Bogner, F.X. (2014): Conceptions about drinking water of 10th graders and undergraduates. J. Water Resource Protection 6, 1112-1123



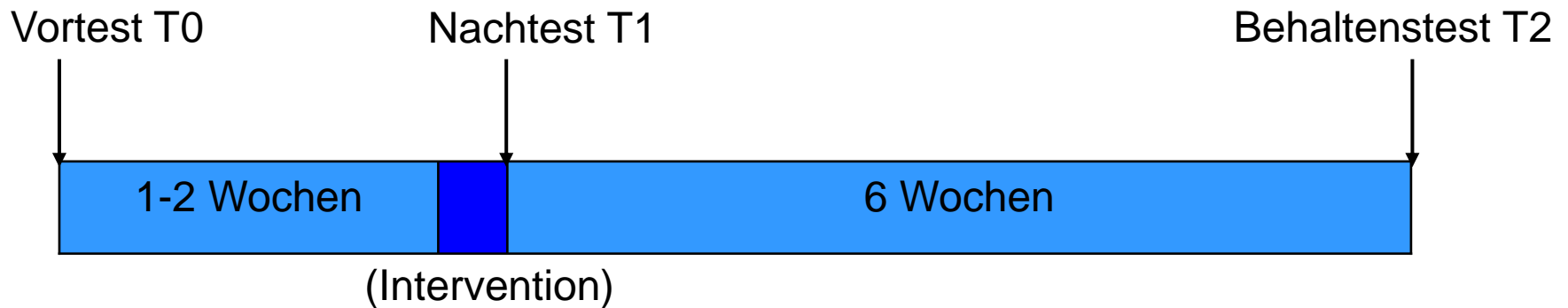
UMFRAGE – ERGEBNISSE





Wasserwerksführung für Unterstufe bei der Bodenseewasserversorgung

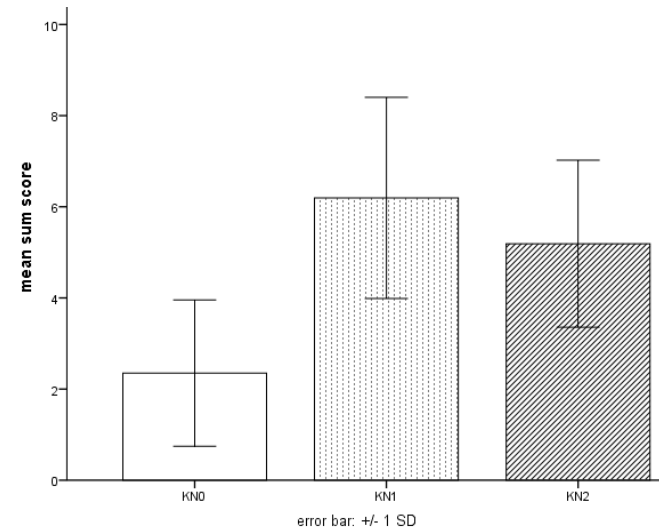
- 185 S+S der Jgst. 5 bis Jgst. 7
- empirische Begleitung
- pre-/post-/retention Verfahren
- 2-MEV-model: Bogner & Wiseman
- semantisches Differential



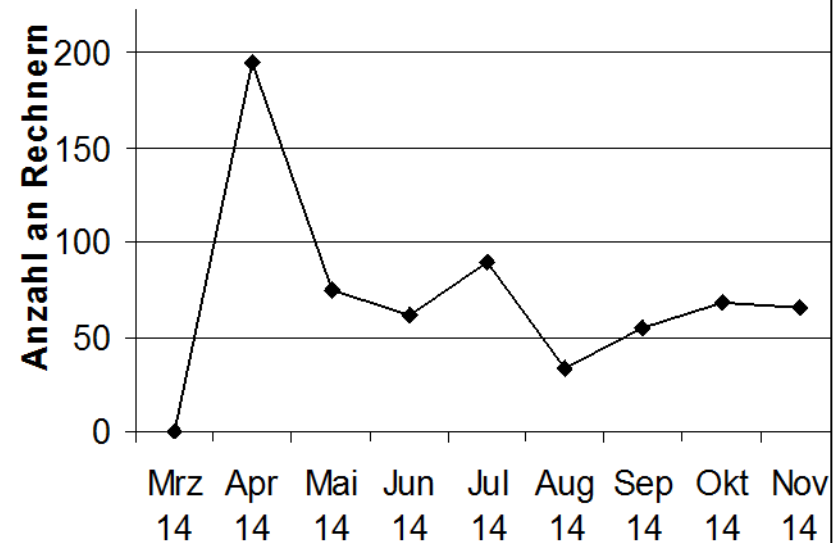
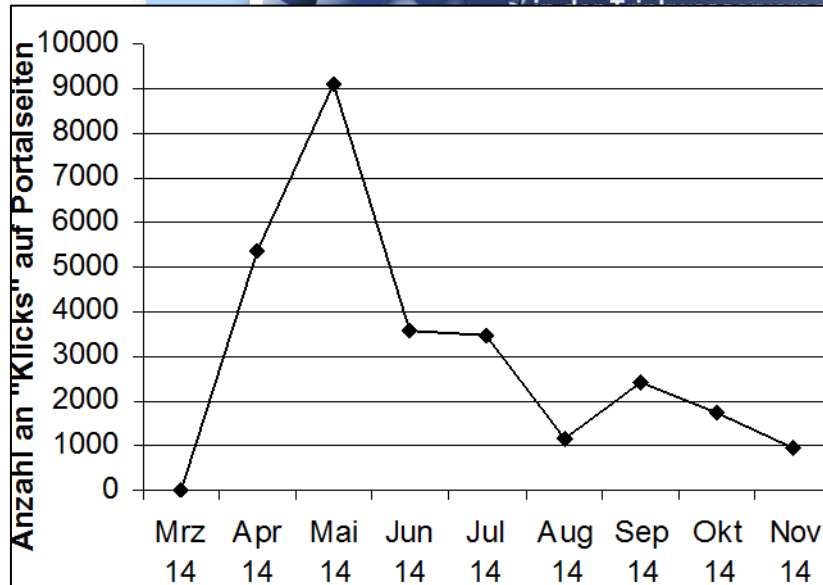
Fremerey, C. & Bogner F.X. (2015): Cognitive learning in authentic environments in relation to green attitude preferences. Studies in Educational Evaluation 44, 9-15.



- Werksführungen lohnen sich!
 - fördern die Kommunikation
 - bauen ein „Basis-Vertrauen“ auf
- kurze Lernprogramme sind wirkungsvoll!
- neu gelerntes Wissen ist wichtig!
- persönliche Einstellungen beachten
 - S+S mit hohen UTIL-Werten lernen nicht schlechter!
 - ABER: ein hoher PRE-Wert wirkt sich positiv auf das Wissen aus



		2- MEV test		knowledge test		
		PRE	UTIL	KN0	KN1	KN2
PRE	correlation coefficient	/	n. s.	n. s.	,235	,189
	significance				,005	,026
UTIL	correlation coefficient	n. s.	/	n. s.	n. s.	n. s.
	significance					





In PRiMaT wurden in enger Zusammenarbeit mit Trinkwasserversorgern eine Vielzahl von praxistauglichen Werkzeugen entwickelt, die für die Erfassung, Bewertung und Minimierung von potentiellen Risiken, die mit dem Auftreten von Spurenstoffen und Krankheitserregern in Rohwasserressourcen verbunden sind, genutzt werden können.





DANKE

PRiMa **T**

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

NaWaM

Nachhaltiges Wassermanagement



RiSKWa

Risikomanagement von neuen Schadstoffen und
Krankheitserregern im Wasserkreislauf



www.primat.tv