



Mikroverunreinigungen im gereinigten Abwasser von kommunalen ARA

Messkampagnen 2009



Impressum

Herausgeber

Amt für Umwelt und Energie (AFU)
Lämmli Brunnenstrasse 54
9001 St.Gallen

Autoren

Tanja Bertolini, Markus Faden, Sergio Rezzonico
AFU, Sektion Analytik und Gewässerzustand

Titelfoto

ARA Thal-Altenrhein

Bezug

Gesamtbericht *Mikroverunreinigungen im gereinigten Abwasser aus kommunalen ARA*
Kein Bezug in gedruckter Form möglich
Bezug via Internet: www.afu.sg.ch → Publikationen

Inhalt

Zusammenfassung

1. Ziel der Messkampagnen	5
1.1. Prüfung auf perfluorierte Tenside.....	5
1.2. Finden von Punktquellen, Vergleich aller ARA des Kantons St.Gallen.....	5
2. Untersuchungskonzept.....	5
2.1. Kriterien zur Auswahl der zu bestimmenden Stoffe	5
2.2. Untersuchte Verbindungen [1], [2], [3]	5
2.3. Beurteilungskriterien und Nachweismethode der Stoffe	6
2.4. Untersuchte ARA und Flüsse in den Kampagnen.....	7
2.5. Probenahme und Analyse.....	9
3. Resultate	10
4. Weiteres Vorgehen.....	11
5. Literatur	12
6. Messergebnisse der Kampagne vom Februar 2009 (Perfluorierte Tenside PFT).....	13
6.1. Konzentrationen von perfluorierten Tensiden (PFT) in ARA-Abläufen und Flüssen im Einzugsgebiet des Bodensees und in ARA-Abläufen mit speziellen Industrieanschlüssen	13
6.2. Grafik: Summe der Konzentrationen der perfluorierten Tenside (PFT) je ARA- Ablauf	14
6.3. 24h-Fracht an perfluorierten Tensiden (PFT) in ARA-Abläufen und Flüssen im Einzugsgebiet des Bodensees und in ARA-Abläufen mit speziellen Industrieanschlüssen	15
6.4. Grafik: Summe der 24h-Frachten der perfluorierten Tenside (PFT) je ARA-Ablauf.....	16
6.5. Grafik: Summe der 24h-Frachten der perfluorierten Tenside (PFT) in den Flüssen.....	17
7. Messergebnisse der Kampagne vom August 2009 (Pflanzenschutzmittel, Biozide, PFT).....	18
7.1. Konzentrationen von ausgewählten Mikroverunreinigungen (Pestizide und Perfluortenside) in ARA-Abläufen	18
7.2. Grafik: Kampagne August 2009, Carbendazim in ARA-Abläufen in µg/L	21
7.3. Grafik: Kampagne August 2009, Diazinon in ARA-Abläufen in µg/L	22
7.4. Grafik: Kampagne August 2009, Diuron in ARA-Abläufen in µg/L.....	23
7.5. Grafik: Kampagne August 2009, Terbutryn in ARA-Abläufen in µg/L.....	24
7.6. Grafik: Kampagne August 2009, Mecoprop (MCPP) in ARA-Abläufen in µg/L.....	25
7.7. Grafik: Kampagne August 2009, Triclosan in ARA-Abläufen in µg/L.....	26
7.8. 24h-Fracht von ausgewählten Mikroverunreinigungen (Pflanzenschutzmittel, Biozide und Perfluortenside) in ARA-Abläufen	27
7.9. Grafik: Kampagne August 2009, 24h-Fracht, Stoffe mit den grössten Frachten in ARA-Abläufen in g/Tag	29
7.10. Grafik: Kampagne August 2009, 24h-Fracht, Stoffe mit den grössten Frachten in ARA-Abläufen in g/Tag	30
8. Anhang 1: Standorte aller St.Galler ARA mit ihren Zuläufen	31
9. Anhang 2: Analysenschema Kampagne vom August 2009	32

Zusammenfassung

Im Jahr 2009 führte das AFU zwei grössere Kampagnen zur Untersuchung von organischen Spurenstoffen in Ausläufen von Abwasserreinigungsanlagen (ARA) durch.

Veranlassung und Ziel

Erstmals untersuchte das AFU im Jahr 2007 im Rahmen der Kampagne *Organische Spurenstoffe in Flüssen und Bächen der Ostschweiz* einzelne ARA-Abläufe. Im darauffolgenden Jahr wurden auf Grund dieser Resultate weitere Analysen von Abläufen ausgewählter ARA mit Industriebezug in den Kantonen St.Gallen und Appenzell Ausserrhoden durchgeführt. Diese Resultate, die Ergebnisse von eigenen Untersuchungen in Oberflächengewässern und die Analysen der IGKB im Freiwasser des Bodensees veranlassten uns, die ARA-Abläufe im Jahr 2009 umfassender zu untersuchen.

Ziel der Untersuchungen war es, Hinweise auf mögliche Punkteinleiter von wichtigen organischen Spurenstoffen aus den Gruppen der perfluorierten Tenside (PFT), der Pflanzenschutzmittel und der Biozide zu erhalten. Sie sollten zudem einen Überblick über die Konzentrationsverhältnisse der ausgewählten Analyte in den ARA-Abläufen geben.

Kampagne vom Februar 2009: Perfluorierte Verbindungen (PFT)

Im Februar 2009 wurden total 17 ARA und vier Zuflüsse des Bodensees auf 18 perfluorierte Stoffe geprüft. Die Verbindungsklasse wird als sogenannte PBT-Stoffe (persistent, bioakkumulierbar, toxisch) eingestuft. Perfluorooctansulfonsäure (PFOS) ist im EU-Raum nicht mehr zugelassen und soll auch in der Schweiz mit der laufenden 2. Revision der Chemikalien-Risikoreduktions-Verordnung (ChemRRV) 2010 weitgehend verboten werden.

13 der 17 untersuchten ARA befinden sich im Einzugsgebiet des Bodensees. Die anderen vier ARA wurden auf Grund spezieller Industrieanschlüsse gewählt. Die Summe der Konzentrationen dieser perfluorierten Stoffe bewegte sich bei den ARA-Abläufen im Bereich von 0.02 bis 3.2 µg/l und bei den Flüssen von 0.002 bis 0.17 µg/l. Die Tagesfracht aller ARA mit Abflüssen zum Bodensee ergab 54 g für den Probenahmetag vom 12./13. Februar 2009.

Kampagne vom August 2009: Pflanzenschutzmittel, Biozide, PFT

In der zweiten Kampagne wurden bei fast allen ARA des Kantons St.Gallen (41), sechs ARA des Kantons Appenzell Ausserrhoden und einer ARA des Kantons Appenzell Innerrhoden Untersuchungen durchgeführt. Geprüft wurde auf 22 Stoffe aus den Gruppen Pflanzenschutzmittel, Biozide und Perfluortenside. 16.5% aller Nachweise waren positiv. Davon erreichte jeder zwölfte Nachweis die kritische Grenze, wenn eine 10-fache Verdünnung des gereinigten Abwassers im Vorfluter angenommen wird. Meistens war dafür das Insektizid Diazinon verantwortlich. Bei zwei ARA wurden sehr deutliche Konzentrationen von Bioziden, wie sie auch in Gebäudefassaden zur Verhinderung von Algenbewuchs angewendet werden, gefunden. Dies sind namentlich Carbendazim, Diuron, Terbutryn und in einem Fall zusätzlich Cybutryn. Mögliche punktuelle Ursachen sind Bestandteil weiterer Abklärungen. Häufig wurde das Herbizid Mecoprop in Konzentrationen unterhalb der kritischen Grenze nachgewiesen. Vereinzelt konnten auch perfluorierte Tenside, wie sie in der Kampagne vom Februar 2009 gefunden wurden, bestätigt werden. Im Unterschied zur Kampagne vom Februar waren in dieser Kampagne die Bestimmungsgrenzen für die 4 geprüften Perfluortenside Geräte bedingt um den Faktor 10 bis 30 schlechter.

Weiteres Vorgehen

Zur Bestätigung der vermuteten Punktquellen wird das AFU gezielt weitere Proben untersuchen. Zusammen mit den betroffenen Industriebetrieben werden Sanierungsmöglichkeiten geprüft.

1. Ziel der Messkampagnen

Im Jahr 2009 wurden 2 Messkampagnen durchgeführt.

1.1. Prüfung auf perfluorierte Tenside

Im Februar 2009 sollten mit der Untersuchung in erster Linie relevante Punkteinleiter von perfluorierten Stoffen festgestellt werden. Auf Grund der Aktualität lag das Hauptaugenmerk auf der Belastung der Zuflüsse zum Bodensee. Es wurden Proben aus den wichtigen vier St.Galler Bodenseezuflüssen und Proben aus dem Ablauf der ARA im Einzugsgebiet des Bodensees untersucht. Zusätzlich gelangten Proben aus einzelnen ARA mit speziellen Industrieinleitern ausserhalb des Bodensee-Einzugsgebiets zur Analyse.

1.2. Finden von Punktquellen, Vergleich aller ARA des Kantons St.Gallen

Bei dieser Kampagne wurden erstmals alle Abläufe von Abwasserreinigungsanlagen im Kanton St.Gallen und zusätzlich sechs ARA im Kanton Appenzell A.Rh. sowie eine ARA im Kanton Appenzell I.Rh. auf eine Auswahl von gewässerrelevanten, organischen Spurenstoffen untersucht. Ziel war es wiederum, bedeutende Punkteinleiter zu finden und eine flächendeckende Übersicht über die Verhältnisse in den ARA-Abläufen zu erhalten.

2. Untersuchungskonzept

2.1. Kriterien zur Auswahl der zu bestimmenden Stoffe

- Wirkstoff mit Anwendung in Industriebetrieben (Produktion, Verarbeitung)
- Wirkstoff mit allgemein breiter Verwendung (Publikumsprodukt, bekannt aus anderen Kampagnen und Publikationen)
- Wirkstoff kann im Gewässer nachteilige Auswirkungen haben (tiefer, gewässerrelevanter Beurteilungswert)

2.2. Untersuchte Verbindungen [1], [2], [3]

Übersicht (ohne perfluorierte Stoffe):

Bezeichnung / chemischer Name	Wirkstoffgruppe	Verwendung
2,4-DP / Dichlorprop	Herbizid	PSM
BIT / 1,2-Benzyl-isothiazolin-3-on	Fungizid	Konservierungsmittel
Carbendazim	Fungizid	PSM (Saatbeizmittel), Baumaterial (Verputze, Farben), Veterinärmedizin, HSM
Chlorpyrifos	Insektizid	PSM
Cybutryn / Irgarol 1051	Algizid, Antifouling	Anstriche für Schiffe, Baumaterial (Verputze, Farben)
Cypermethrin (Summe Isomere)	Insektizid	PSM, HSM
Diazinon	Insektizid	PSM, Wirkstoff auch in Publikumsprodukten, grosse Verbreitung
Dimethoat	Insektizid	PSM
Diuron	Herbizid	Baumaterial (Verputze, Farben), PSM
Isoproturon	Herbizid	PSM
MCPA / (4-Chlor-2-methylphenoxy) essigsäure	Herbizid	PSM
MCPP / Mecoprop	Herbizid	PSM, Bitumenbahnen [4]
OIT / 2-n-Octyl-4-isothiazolin-3-on	Fungizid	Konservierungsmittel, HSM
Permethrin (Summe cis- / trans Isomere)	Insektizid	PSM, HSM
Phoxim	Insektizid	PSM, Wirkstoff Schafräudebäder

Bezeichnung / chemischer Name	Wirkstoffgruppe	Verwendung
Pirimicarb	Insektizid	PSM
Propiconazol	Fungizid	PSM, HSM
Tebuconazol	Fungizid	PSM, HSM
Terbutryn	Herbizid	Baumaterial (Verputze, Farben)
Triclosan / 5-Chlor-2-(2,4-dichlorphenoxy)-phenol	Desinfektionsmittel	Verwendung auch in vielen Produkten des Haushalts (z.B. Zahnpasta)
Coffein	Alkaloid	(als Marker von häuslichem Abwasser gemessen)

Tab. 1: Untersuchte Verbindungen (ohne perfluorierte Stoffe)

PSM=Pflanzenschutzmittel, HSM=Holzschutzmittel

Untersuchte perfluorierte Verbindungen:

Chemischer Name	Verwendung, Einsatz
Perfluorbutanoat (PFBA)	Perfluoralkancarboxylate: <ul style="list-style-type: none"> • fotolithografischen Prozesse • zur Beschichtung von Papier und Druckplatten • Hilfschemikalie in Galvanotechnikprozessen • Feuerlöschschäume • Textilveredelung für die Wasser und Schmutz abweisende Ausrüstung [5]
Perfluorpentanoat (PFPA)	
Perfluorhexanoat (PFHxA)	
Perfluorheptanoat (PFHpA)	
Perfluoroctanoat (PFOA)	
Perfluorononanoat (PFNA)	
Perfluordecanoat (PFDA)	
Perfluorundecanoat (PFUnA)	
Perfluordodecanoat (PFDoA)	Perfluoralkansulfonate: Verwendung siehe oben PFOS: Beschränkungen in der Schweiz ab 2010 *) [6][1]
Perfluorbutansulfonat (PFBS)	
Perfluorhexansulfonat (PFHxS)	
Perfluordecansulfonat (PFDS)	
Perfluoroctansulfonsäureamid (PFOSA)	Weitere diverse Perfluorverbindungen: Verwendung siehe oben
7H-Dodecafluorheptanoat (HPFHpA)	
2H,2H-Perfluordecanoat (H2PFDA)	
2H,2H,3H,3H-Perfluorundecanoat (H4PFUnA)	
1H,1H,2H,2H-Perfluoroctansulfonat (H4PFOS)	

Tab. 2: Untersuchte perfluorierte Verbindungen

*) In der Schweiz soll PFOS mit der laufenden 2. Revision der Chemikalien-Risikoreduktions-Verordnung (ChemRRV) 2010 weitgehend verboten werden. Übergangsfristen sind für die grossen Lager mit PFOS-haltigen Feuerlöschschäumen vorgesehen, Ausnahmen für galvanische und fotografische Prozesse, wo geeignete Ersatzstoffe immer noch fehlen. [7]

2.3. Beurteilungskriterien und Nachweismethode der Stoffe

Gemäss Anhang 2 der Gewässerschutzverordnung (GSchV) darf die Konzentration für organische Pestizide im oberirdischen Gewässer maximal 0.1 µg/l je Einzelstoff betragen. Vorbehalten bleiben andere Werte auf Grund von Einzelstoffbeurteilungen im Rahmen des Zulassungsverfahrens.

Diese Regelung trägt der unterschiedlichen Toxizität der verschiedenen Wirkstoffe zu wenig Rechnung und ist aus ökotoxikologischer Sicht unbefriedigend. Aus diesem Grund wenden wir als Beurteilungswerte (BW) publizierte PNEC¹- oder CQK²-Werte an. Die Beurteilung basiert in beiden Fällen auf einer lang andauernden Einwirkung (chronisch). Diese gilt für Schadstoffkonzentrationen in Oberflächengewässern. Um die ARA-Abläufe vergleichen zu können, wird eine 10-fache Verdünnung des gereinigten Abwassers im Bachwasser angenommen.

¹ PNEC-Wert (predicited no effect concentration): Konzentrationsschwelle eines Stoffs unterhalb der nach dem heutigen Kenntnisstand kein Schadeffekt auf das aquatische Ökosystem erwartet wird.

² CQK-Wert: Chronisches Qualitätskriterium (wie PNEC-Wert).

Je nach Quelle werden in der Literatur zum Teil deutlich unterschiedliche Beurteilungswerte gefunden. Wir verwenden möglichst breit akzeptierte Werte. Es ist durchaus möglich, dass auch tiefere Beurteilungswerte als die hier angegebenen publiziert sind [8], [9], [10], [11].

Bezeichnung / Chemischer Name	verwendeter Beurteilungswert $\mu\text{g/L}$	Nachweismethode
2,4-DP / Dichlorprop	1.3	LC-MS/MS
BIT	0.06	GC-MS/MS
Carbendazim	0.15	LC-MS/MS
Chlorpyrifos	0.033	GC-MS/MS
Cybutryn	0.0019	LC-MS/MS, GC-MS/MS
Cypermethrin	0.0001	GC-MS/MS
Diazinon	0.01	LC-MS/MS, GC-MS/MS
Dimethoat	0.1	LC-MS/MS
Diuron	0.2	LC-MS/MS
Isoproturon	0.32	LC-MS/MS
MCPA	0.5	LC-MS/MS
MCPP / Mecoprop	18	LC-MS/MS
OIT	0.047	GC-MS/MS
Permethrin	0.0018	GC-MS/MS
Phoxim	0.0005	LC-MS/MS, GC-MS/MS
Pirimicarb	1.7	LC-MS/MS, GC-MS/MS
Propiconazol	5.1	LC-MS/MS, GC-MS/MS
Tebuconazol	1	LC-MS/MS, GC-MS/MS
Terbutryn	0.17	LC-MS/MS, GC-MS/MS
Triclosan	0.05	GC-MS/MS
PFOS	25	LC-MS/MS
restliche PFT-Verbindungen	keine Angaben	LC-MS/MS

Tab. 3: Beurteilungswerte und Nachweismethode

2.4. Untersuchte ARA und Flüsse in den Kampagnen

Eine Karte mit allen St.Galler ARA und ihren Zuläufen ist im Anhang Kapitel 8 abgebildet.

Kampagne perfluorierte Tenside vom Februar 2009: untersuchte ARA

Abwasserreinigungsanlage (ARA)	Bemerkungen
Altstätten	Einzugsgebiet Bodensee
Au- Rosenbergsau	Einzugsgebiet Bodensee
Bad Ragaz	Einzugsgebiet Bodensee
Buchs	Einzugsgebiet Bodensee
Gams	Einzugsgebiet Bodensee
Steinach - Morgental	Einzugsgebiet Bodensee
Oberriet	Einzugsgebiet Bodensee
Rüthi	Einzugsgebiet Bodensee
Sargans	Einzugsgebiet Bodensee
Sennwald	Einzugsgebiet Bodensee
St. Gallen- Hofen	Einzugsgebiet Bodensee
Thal- Altenrhein	Einzugsgebiet Bodensee
Wartau	Einzugsgebiet Bodensee
Flawil - Oberglatt	Zulauf Industrieabwasser (Textil u.a.), Vorfluter Glatt
Flums - Seez	Zulauf Industrieabwasser (Galvanik), Vorfluter Seez
St. Gallen- Au	Zulauf Industrieabwasser (Galvanik), Vorfluter Sitter
Herisau Bachwis (Kanton AR)	Zulauf Industrieabwasser (Textil), Vorfluter Glatt

Tab. 4: Kampagne Feb. 2009, untersuchte ARA

Untersuchte Fliessgewässer

Gewässer	Probenahmestelle	Zeitraum Probenahme
Steinach	Steinach - Mattenhof	23.02.2009 - 24.02.2009
Goldach	Goldach - Bleiche	23.02.2009 - 24.02.2009
Alter Rhein	St.Margrethen - Bruggerhorn	23.02.2009 - 24.02.2009
Alpenrhein	Diepoldsau - Rietbrücke	24.02.2009 - 25.02.2009

Tab. 5: Kampagne Feb. 2009, untersuchte Fliessgewässer

Kampagne vom August 2009: untersuchte ARA

Abwasserreinigungsanlage (ARA)	Kt.
Altstätten	SG
Au - Rosenbergsau	SG
Bad Ragaz	SG
Benken	SG
Buchs	SG
Bütschwil	SG
Ebnat - Kappel	SG
Eschenbach	SG
Flawil - Oberglatt	SG
Flums - Seez	SG
Gams	SG
Ganterschwil	SG
Goldingen	SG
Hemberg	SG
Jonschwil	SG
Kirchberg - Bazenhaid	SG
Mels - Weisstannen	SG
Neckertal - Rennen	SG
Nesslau - Krummenau	SG
Niederbüren	SG
Oberriet	SG
Steinach - Morgental	SG
Pfäfers - Vättis	SG
Quarten - Mittensee	SG

Abwasserreinigungsanlage (ARA)	Kt.
Rapperswil - Jona	SG
Rüthi	SG
Sargans	SG
Schmerikon - Obersee	SG
Sennwald	SG
St. Gallen - Au	SG
St. Gallen - Hofen	SG
Neckertal - Schönengrund	SG
Stein - Churfürsten	SG
Thal - Altenrhein	SG
Uzwil	SG
Walenstadt	SG
Wartau	SG
Wattwil	SG
Wil	SG
Wildhaus - Sägenboden	SG
Zuzwil	SG
Bühler	AR
Herisau	AR
Rehetobel	AR
Speicher	AR
Teufen	AR
Waldstadt	AR
Appenzell	AI

Tab. 6: Kampagne August 2009, untersuchte ARA

2.5. Probenahme und Analyse

Kampagne vom Februar 2009

Von den ARA-Abläufen wurden am 12./13. Februar 2009 Tagessammelproben (24h) genommen. Die Beprobung der Flüsse erfolgte mit Hilfe eines automatischen Probenahmegeräts ebenfalls über den Zeitraum von 24 Stunden.



Abb. 1: Automatische Probenahme, Probenahmestelle: Steinach, Mattenhof



Abb. 2: Automatische Probenahme, Probenahmestelle Alpenrhein, Diepoldsau - Rietbrücke

Bis zur Weiterverarbeitung verblieben die Proben angesäuert im Kühlraum. Die chemische Analyse auf 18 perfluorierte Verbindungen wurde vom Technologiezentrum Wasser (TZW), Karlsruhe (Deutschland) durchgeführt.

Kampagne vom August 2009

Von den ARA-Abläufen wurden in der Woche vom 10. bis 16. August 2009 je sieben Tagessammelproben genommen und zu gleichen Anteilen zu einer Wochensammelprobe gemischt. Bis zur Weiterverarbeitung verblieben die Proben im Kühlraum.

Alle Proben wurden vom AFU je nach Analyt mit Hilfe der Gaschromatographie oder der Flüssigkeitschromatographie mit gekoppelter Massenspektroskopie analysiert. Um die sehr tiefen Konzentrationen nachweisen zu können, mussten trotz der empfindlichen Analysengeräte alle Proben durch eine Festphasenextraktion (SPE) zusätzlich aufkonzentriert werden. Das Analysenschema im Anhang Kapitel 9 zeigt das Vorgehen.

3. Resultate

Kampagne perfluorierte Tenside vom Februar 2009

Die detaillierten Resultatübersichten sind in den Tabellen und Grafiken im Kapitel 6 zu finden. In 24 Prozent aller Nachweise der ARA-Abläufe konnte eine Perfluorverbindung detektiert werden. Bei den Flussproben waren 30 Prozent aller Nachweise positiv. Auffallend waren die stark erhöhten Konzentrationen im Ablauf der ARA Buchs. Auch bei der ARA Oberriet, Rüthi, Sargans und St.Gallen-Hofen wurden erhöhte Werte festgestellt. Hohe Konzentrationen müssen sich in weiteren Beprobungen bestätigen, um Rückschlüsse auf mögliche Einleiter zu ziehen.

Kampagne vom August 2009, Wirkstoffe in ARA-Abläufen

Die Darstellung unten zeigt deutlich für die Wirkstoffe Diuron, Carbendazim und Terbutryn als Ursache punktuelle Einleitungen im Einzugsgebiet der betreffenden ARA.

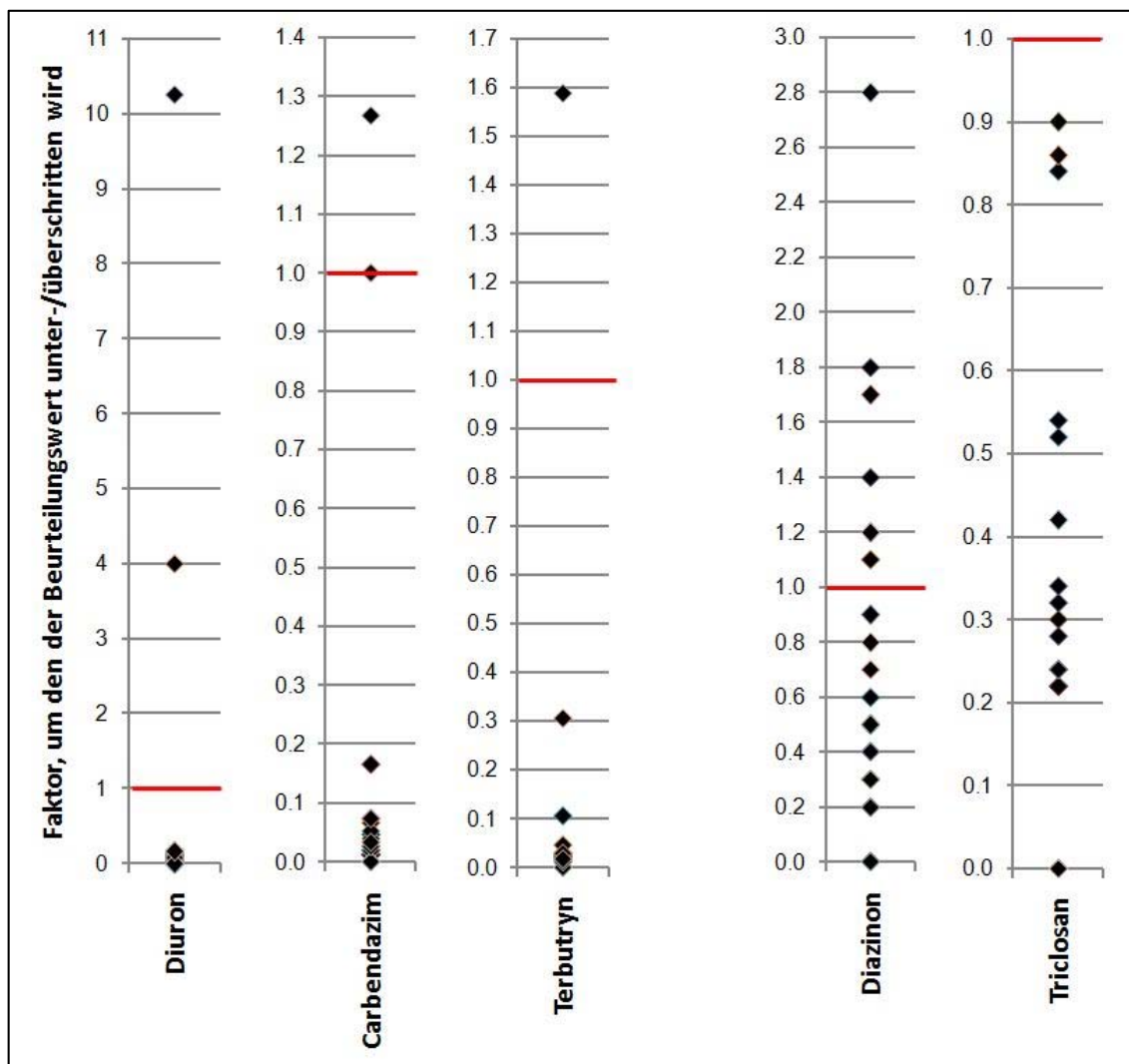


Abb. 3: Problematische Biozid-Wirkstoffe in ARA-Ausläufen.

Jede Säule von Rhomben steht für einen Wirkstoff und zeigt die in den verschiedenen ARA-Abläufen gemessenen Konzentrationen. Ein Rhombus entspricht einer ARA. Die Skalen und der Beurteilungswert (rote Linie) sind wirkstoffspezifisch normiert. Als Beurteilungswert für den ARA-Ablauf wird der zehnfache Wert des Beurteilungswerts im Gewässer angenommen. Liegt ein Wert deutlich über allen anderen, wird das als Hinweis auf eine punktuelle Einleitung im Einzugsgebiet dieser ARA gedeutet. Stoffe, die breit angewendet werden, sind in der Regel in allen ARA in erhöhter Konzentration vorhanden.

Die ARA-spezifischen Resultatübersichten sind in den Tabellen und Grafiken im Kapitel 7 zu finden.

Wie schon in früheren Kampagnen konnten das Insektizid Diazinon und das Herbizid Mecoprop häufig nachgewiesen werden. Infolge des tiefen Beurteilungswerts kann Diazinon in Vorflutern mit schlechter Verdünnung kritische Konzentrationen erreichen. Es wird verbreitet im Erwerbsgartenbau wie auch in Publikumsprodukten zur Schädlingsbekämpfung verwendet (Pflanzenschutzmittelverzeichnis vom 29.10.2010 des BLW).

Viele positive Befunde ergaben sich für Carbendazim, Diuron und Terbutryn. Bei den ARA Flawil und Buchs waren die Konzentrationen für diese Wirkstoffe stark erhöht, während bei den übrigen ARA tiefe Konzentrationen gemessen wurden. In der ARA Buchs konnten zusätzlich Cybutryn, Tebuconazol und Propiconazol in deutlich erhöhten Konzentrationen nachgewiesen werden. Die Ergebnisse der ARA Buchs und Flawil deuten auf Punktquellen hin. Weitergehende Abklärungen sind eingeleitet. In einigen ARA konnten das Fungizid Propiconazol und perfluorierte Stoffe detektiert werden. Bei der ARA Wil ergab die Analyse eine deutliche Konzentration an Perfluorooctylsulfonsäure (PFOS). In zahlreichen ARA liess sich zudem das vielseitig verwendete Triclosan nachweisen.

Bei schlechter Verdünnung des gereinigten Abwassers – wie beispielsweise in der Glatt – können sich für die genannten Wirkstoffe bei den festgestellten Konzentrationen kritische Verhältnisse im Gewässer ergeben.

4. Weiteres Vorgehen

Eine Expertengruppe *Industrieabwasser* setzt sich aus AFU-Fachleuten der Gebiete Abwasseranlagen, Industrie & Gewerbe, Oberflächengewässer und chemischer Analytik zusammen. Hier werden die Ergebnisse von speziellen Untersuchungen besprochen und weitere Schritte festgelegt. Um vertiefte Informationen über die Konzentrationsverhältnisse von Mikroverunreinigungen im Abwasser über den Jahresverlauf zu erhalten, sind weitere Beprobungen von ARA-Abläufen geplant.

Die beiden im Jahr 2009 durchgeführten Kampagnen liefern ziemlich eindeutige Hinweise auf Punkteinleiter.

Im vergangenen Jahr ergriff ein Industriebetrieb auf Grund früherer Analysenergebnisse Massnahmen, um die Abwasserbelastung mit Bioziden deutlich zu verringern. Die immer noch schlechten Werte der Kampagne vom August begründen sich durch die noch nicht abgeschlossene Verbesserung der Abwasserbehandlung. Die Erfolgskontrolle der Abwasserqualität erfolgt nach Abschluss der Optimierungsarbeiten.

Zur Bestätigung anderer vermuteter Punktquellen wird das AFU gezielt weitere Proben untersuchen. Zusammen mit den betroffenen Industriebetrieben werden Sanierungsmöglichkeiten geprüft.

Die Anschaffung eines Gaschromatographen mit gekoppeltem Massenspektrometer neuester Generation (GC-MS/MS) und die Möglichkeit, im Amt für Gesundheit und Verbraucherschutz (AfGVS) den Flüssigchromatographen mit gekoppeltem Massenspektrometer (LC-MS/MS) zu benützen, erlauben uns, vermehrt gezielt Untersuchungen von Mikroverunreinigungen durchzuführen.

5. Literatur

- [1] Bürgi D, Knechtenhofer L, Meier I (2007): Biozide als Mikroverunreinigungen in Abwasser und Gewässern - Projekt BIOMIK, Teilprojekt 1: Priorisierung von Produktarten und Wirkstoffen, <http://www.bafu.admin.ch/gewaesserschutz/03716/06387/index.html>
- [2] Hollender Juliane (2007): Mikroverunreinigungen - Vorkommen in Gewässern der Schweiz und Bewertung. gwa 11: 843-852
- [3] Amt für Umwelt und Energie AFU, Baudepartement des Kantons St.Gallen (2008): Pestizide in St.Galler Fliessgewässern - Auswertung der Messkampagnen 2002 und 2006. Internet: <http://www.umwelt.sg.ch/home/Themen/wasser/Mikroverunreinigungen.html>
- [4] Bundesamt für Umwelt BAFU, Mecoprop in Bitumenbahnen, Plattform Marktkontrolle vom 11. Dezember 2008, H485-0758.
- [5] Duschek G, Sielemann D (2008): Neue hochwirksame und umweltfreundliche Hydrophobierungsmittel. Textilveredlung 7/8: 4 - 7.
- [6] Erläuternder Bericht zur Änderung der Verordnung zur Reduktion von Risiken beim Umgang mit bestimmten besonders gefährlichen Stoffen, Zubereitungen und Gegenständen. Chemikalien-Risikoreduktions-Verordnung (ChemRRV), Stand: 27.11.2008
- [7] <http://www.bafu.admin.ch>
Startseite > Dokumentation >Magazin «umwelt» >2/2009 Energiezukunft... >PFOS
- [8] Chèvre Nathalie (2006): Pestizide in Schweizer Oberflächengewässern - Wirkungsbasierte Qualitätskriterien. gwa 4: 297-307.
- [9] Burkhardt Michael et al.(2009): Biozide in Gebäudefassaden - ökotoxikologische Effekte, Auswaschung und Belastung für Gewässer. Umweltwiss Schadst Forsch 10.1007/s12302-008-0033-1.
- [10] INERIS - Chemical Substances Portal - Environmental database.
Internet: <http://chimie.ineris.fr/en/index.php>
- [11] AGRITOX - Base de données sur les substances actives phytopharmaceutiques.
Internet: <http://www.dive.afssa.fr/agritox/index.php>

6. Messergebnisse der Kampagne vom Februar 2009 (Perfluorierte Tenside PFT)

6.1. Konzentrationen von perfluorierten Tensiden (PFT) in ARA-Abläufen und Flüssen im Einzugsgebiet des Bodensees und in ARA-Abläufen mit speziellen Industrieanschlüssen

Analyt	ARA Kt. St.Gallen und Appenzell Ausserrohden (im Einzugsgebiet des Bodensees & spez. nach Industrie gewählt)																	Flüsse im Einzugsgebiet des Bodensees									
	Bestimmungsgrenze (BG)	Einheit	ARA Thal-Altenrhein	ARA Altstätten	ARA St.Gallen-Au	ARA Bad Ragaz	ARA Buchs	ARA Flawil-Oberglatt	ARA Gams	ARA St.Gallen-Hofen	ARA Steinach-Morgental	ARA Oberriet	ARA Rosenbergsau	ARA Rüthi	ARA Sargans	ARA Flums-Seez	ARA Sennwald	ARA Wartau	ARA Herisau-Bachwies	Bestimmungsgrenze (BG)	Einheit	Steinach OGB009 Mattenhof, Steinach 23. - 24.02.2009	Goldach OGB008 Bleiche, Goldach 23. - 24.02.2009	Alter Rhein OGB006 Bruggenhorn, St.Margrethen 23. - 24.02.2009	Alpenrhein OGB005 Rietrüchle, Diepoldsau 24. - 25.02.2009		
Probennummer			16058	16059	16060	16061	16062	16063	16064	16065	16066	16067	16068	16069	16070	16071	16072	16073	16074			16075	16076	16077	16078		
ARA Ablauf, Tagessammelprobe, Zeitraum: 12. - 13.02.2009																											
Perfluorbutanoat (PFBA)	10	ng/L	13			31	360		14	55		140		280	330	180	56	39		1	ng/L	14	1	4			
Perfluorpentanoat (PFPA)	10	ng/L												23	16					1	ng/L						
Perfluorhexanoat (PFHxA)	10	ng/L	13											28	22					1	ng/L						
Perfluorheptanoat (PFHpA)	10	ng/L	39	11			890		73		99		340	260	80	60	37	15		1	ng/L	13	5	4			
Perfluoroctanoat (PFOA)	10	ng/L				12	320		33		52		210	59	18	17				1	ng/L	8	4	1			
Perfluornonanoat (PFNA)	10	ng/L					280				190									1	ng/L						
Perfluordecanoat (PFDA)	10	ng/L					630		24	17		100		21	18		23	10	32	1	ng/L	7	3	3	2		
Perfluorundecanoat (PFUnA)	10	ng/L					510					150							53	1	ng/L			2			
Perfluordodecanoat (PFDoA)	10	ng/L																		1	ng/L						
Σ Perfluoralkancarboxylate		ng/L	65	11		43	2990		38	178		731		902	705	278	156	86	100		ng/L	42	13	14	2		
Perluorbutansulfonat (PFBS)	10	ng/L								11	17			15						1	ng/L	3					
Perluorhexansulfonat (PFHxS)	10	ng/L								56				15						1	ng/L	22	1	1			
Perluoroctansulfonat (PFOS)	10	ng/L	97	35	17	40	160	18		260	85	45	95	10	86	19	32	20	26	1	ng/L	97	30	8			
Perluordecansulfonat (PFDS)	10	ng/L																		1	ng/L						
Σ restliche Perfluoralkansulfonate		ng/L								67	17			30							ng/L	25	1	1			
Perfluoroctansulfonsäureamid (PFOSA)	10	ng/L	41																	1	ng/L						
7H-Dodecafluorheptanoat HPFHpA)	10	ng/L																		1	ng/L						
2H, 2H-Perfluordecanoat (H2PFDA)	10	ng/L																		1	ng/L						
2H, 2H, 3H, 3H-Perfluorundecanoat (H4PFUnA)	10	ng/L																		1	ng/L						
1H, 1H, 2H, 2H-Perfluoroctansulfonat (H4PFOS)	10	ng/L								15		11			16					1	ng/L	1					
Σ Weitere Perfluorverbindungen		ng/L	41							15		11			16						ng/L	1					
Σ Perfluorverbindungen (total)		ng/L	203	46	17	83	3150	18	38	520	102	787	95	942	807	297	188	106	126		ng/L	165	44	23	2		
Anzahl nachgewiesene PF-Verbindungen			5	2	1	3	7	1	2	8	2	8	1	9	8	4	5	4	4			8	6	7	1		

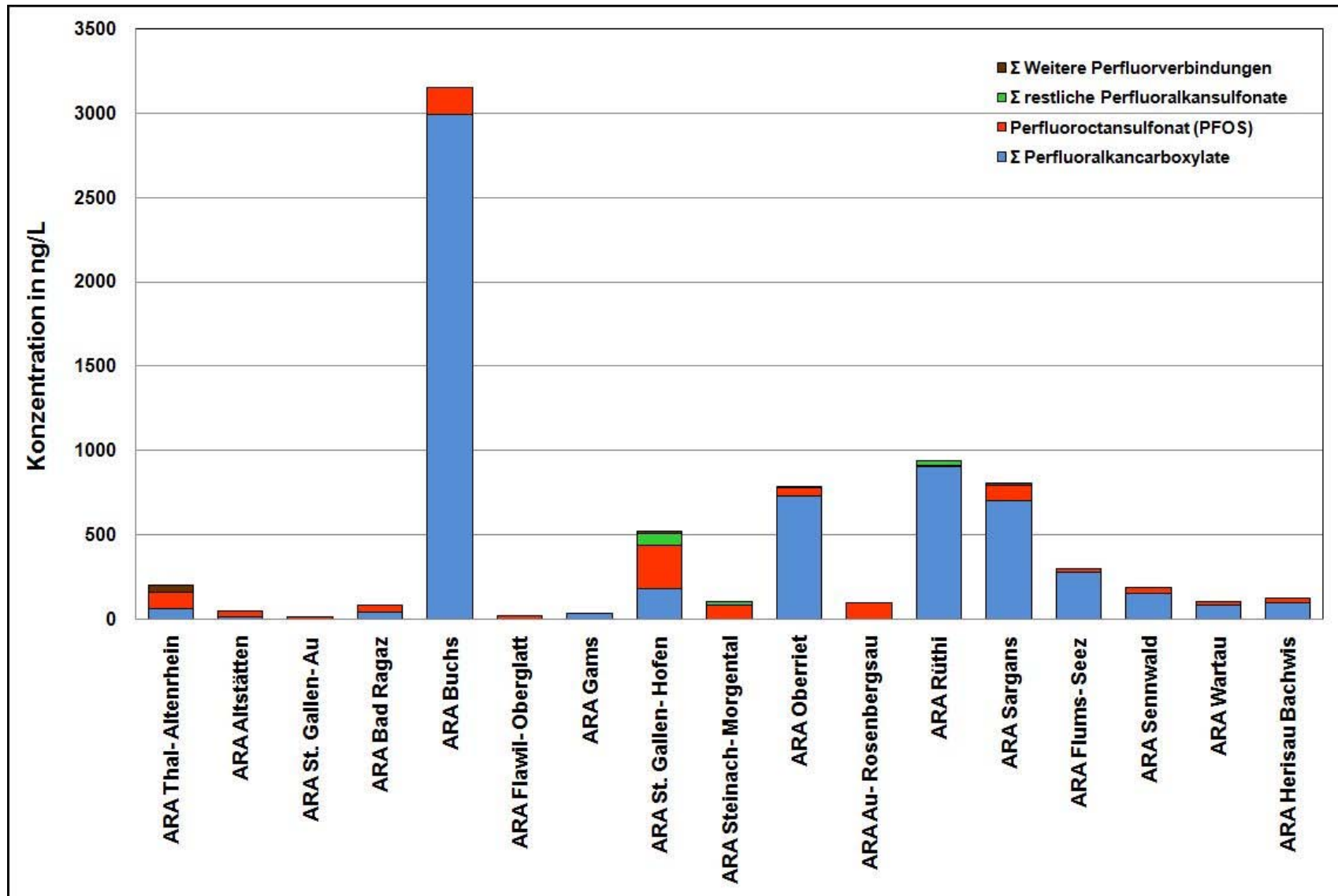
leere Felder: <BG

Probennummer 'grau' -> nicht im Einzugsgebiet des Bodensees

Farbcodierung für Klassierung ARA:

- Σ Perfluorverbindungen total >1000 ng/L: ■
- Σ Perfluorverbindungen total >500-1000 ng/L: ■
- Σ Perfluorverbindungen total 100-500 ng/L: ■
- Σ Perfluorverbindungen total <100 ng/L: □

6.2. Grafik: Summe der Konzentrationen der perfluorierten Tenside (PFT) je ARA-Ablauf



6.3. 24h-Fracht an perfluorierten Tensiden (PFT) in ARA-Abläufen und Flüssen im Einzugsgebiet des Bodensees und in ARA-Abläufen mit speziellen Industrieanschlüssen

Analyt	ARA Kt. St.Gallen und Appenzell Ausserrhodan (im Einzugsgebiet des Bodensees & spez. nach Industrie gewählt)																	Flüsse im Einzugsgebiet des Bodensees					
	Einheit	ARA Thal-Altenrhein	ARA Altstätten	ARA St. Gallen-Au	ARA Bad Ragaz	ARA Buchs	ARA Flawil-Oberglatt	ARA Gams	ARA St. Gallen-Hofen	ARA Steinach-Morgental	ARA Oberriet	ARA Rosenbergsau	ARA Rüthi	ARA Sargans	ARA Flums-Seez	ARA Sennwald	ARA Wartau	ARA Herisau-Bachwies	Einheit	Steinach OGB009 Mattenhof, Steinach 23. - 24.02.2009	Goldach OGB008 Bleiche, Goldach 23. - 24.02.2009	Alter Rhein OGB006 Bruggenhorn, St.Margrethen 23. - 24.02.2009	Alpenrhein OGB005 Rietbrücke, Diepoldsau 24. - 25.02.2009
Probennummer		16058	16059	16060	16061	16062	16063	16064	16065	16066	16067	16068	16069	16070	16071	16072	16073	16074		16075	16076	16077	16078
Q24h / m ³		27'640	3'324	18'878	3'566	8'140	9'470	870	22'050	10'859	2'433	15'376	578	6'077	3'670	1'154	1'689	8'122		17'280	55'296	1'006'560	11'344'320
ARA Ablauf, Tagessammelprobe, Zeitraum: 12. - 13.02.2009																							
Perfluorbutanoat (PFBA)	g	0.36			0.11	2.93		0.01	1.21		0.34		0.16	2.01	0.66	0.06	0.07		g	0.24	0.06	4.0	
Perfluorpentanoat (PFPA)	g												0.01	0.10					g				
Perfluorhexanoat (PFHxA)	g												0.02	0.13					g				
Perfluorheptanoat (PFHpA)	g	0.36				7.24			1.61		0.24		0.20	1.58	0.29	0.07	0.06	0.12	g	0.22	0.28	4.0	
Perfluoroctanoat (PFOA)	g	1.08	0.04		0.04	2.60			0.73		0.13		0.12	0.36	0.07	0.02			g	0.14	0.22	1.0	
Perfluomonanoat (PFNA)	g					2.28					0.46								g				
Perfluordecanoat (PFDA)	g					5.13		0.02	0.37		0.24		0.01	0.11		0.03	0.02	0.26	g	0.12	0.17	3.0	22.7
Perfluorundecanoat (PFUnA)	g					4.15					0.36							0.43	g			2.0	
Perfluordodecanoat (PFDoA)	g																		g				
Σ Perfluoralkancarboxylate	g	1.80	0.04		0.15	24.34		0.03	3.92		1.78		0.52	4.28	1.02	0.18	0.15	0.81	g	0.73	0.72	14.1	22.7
Perluorbutansulfonat (PFBS)	g								0.24	0.18			0.01						g	0.05			
Perluorhexansulfonat (PFHxS)	g								1.23				0.01						g	0.38	0.06	1.0	
Perluoroctansulfonat (PFOS)	g	2.68	0.12	0.32	0.14	1.30	0.17		5.73	0.92	0.11	1.46	0.01	0.52	0.07	0.04	0.03	0.21	g	1.68	1.66	8.1	
Perluordecansulfonat (PFDS)	g																		g				
Σ restliche Perfluoralkansulfonate	g								1.48	0.18			0.02						g	0.43	0.06	1.0	
Perfluoroctansulfonsäureamid (PFOSA)	g	1.13																	g				
7H-Dodecafluorheptanoat HPFHpA)	g																		g				
2H, 2H-Perfluordecanoat (H2PFDA)	g																		g				
2H, 2H, 3H, 3H-Perfluorundecanoat (H4PFUnA)	g																		g				
1H, 1H, 2H, 2H-Perfluoroctansulfonat (H4PFOS)	g								0.33		0.03			0.10					g	0.02			
Σ Weitere Perfluorverbindungen	g	1.13							0.33		0.03			0.10					g	0.02			
Σ Perfluorverbindungen (total)	g	5.6	0.15	0.32	0.30	26	0.17	0.03	11	1.1	1.9	1.5	0.54	4.9	1.1	0.22	0.18	1.0	g	2.9	2.4	23	23
Anzahl nachgewiesene PF-Verbindungen		5	2	1	3	7	1	2	8	2	8	1	9	8	4	5	4	4		8	6	7	1

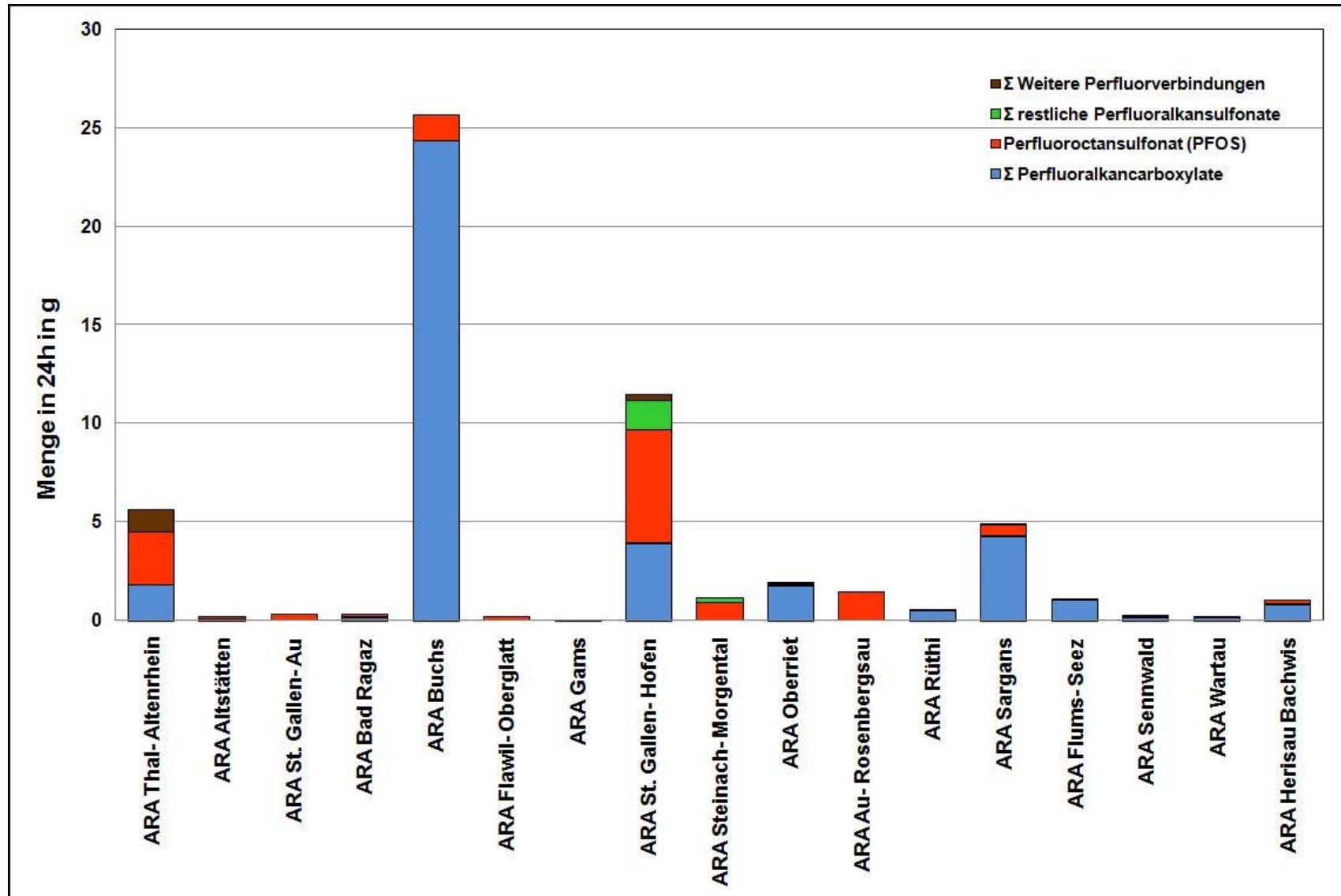
leere Felder: <BG

Probennummer 'grau' → nicht im Einzugsgebiet des Bodensees

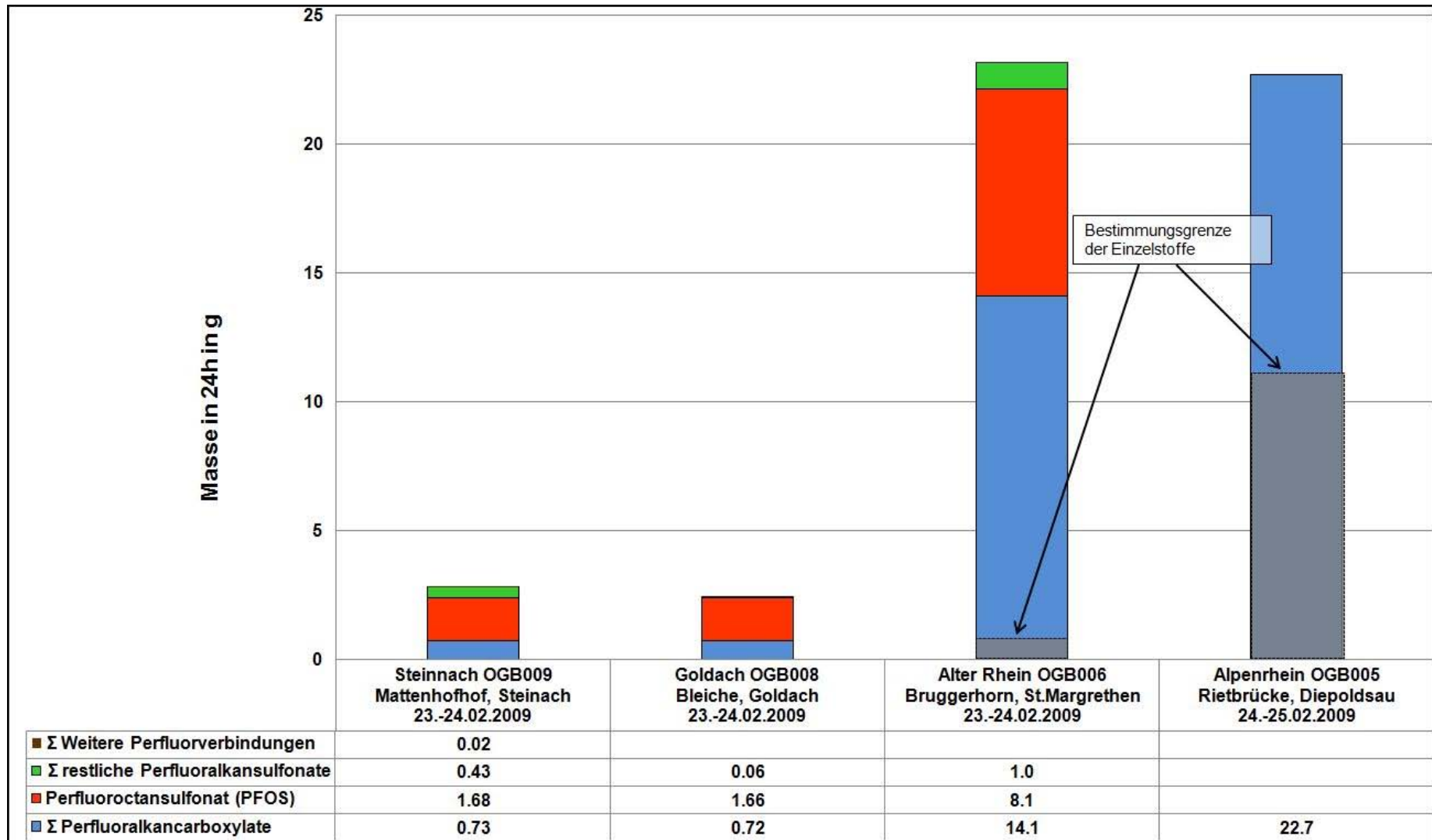
Farbcodierung für Klassierung ARA:
Fracht in 24h

Σ Perfluorverbindungen total >20 g: ■
 Σ Perfluorverbindungen total >5 - 20 g: ■
 Σ Perfluorverbindungen total 1 – 5 g: ■
 Σ Perfluorverbindungen total <1 g: □

6.4. Grafik: Summe der 24h-Frachten der perfluorierten Tenside (PFT) je ARA-Ablauf



6.5. Grafik: Summe der 24h-Frachten der perfluorierten Tenside (PFT) in den Flüssen



Leere Felder: Analytkonzentrationen kleiner als Bestimmungsgrenze

7. Messergebnisse der Kampagne vom August 2009 (Pflanzenschutzmittel, Biozide, PFT)

7.1. Konzentrationen von ausgewählten Mikroverunreinigungen (Pestizide und Perfluortenside) in ARA-Abläufen

Wochensammelproben gemischt aus Tagessammelproben vom 10. - 16.08.2009																												
Resultate ARA Teil 1		Kt.	PN-Nr.	Carbendazim	Diazinon	Dimethoat	Diuron	Cybutryn	Isoproturon	Phoxim	Pirimicarb	Propiconazol	Tebuconazol	Terbutryn	2,4-DP (Dichlorprop)	MCPA	MCPP (Mecoprop)	PFHpA	PFOA	PFNA	PFOS	Permethrin Σcis-/trans Isomere	Cypermethrin Σ Isomere	Chlorpyrifos	OIT, 2n-Octyl-4- isothiazolin-3-on	BIT, 1,2-Benzyl- isothiazolin-3-on	Triclosan	Coffein (Marker)
10-fache Beurteilungswerte BW10 (µg/L) ¹⁾				1.5	0.1	1	2	0.019	3.2	0.005	17	51	10	1.7	13	5	180	kA	kA	kA	250	0.018	0.001	0.33	0.47	0.6	0.5	kA
Analyse-technik				LC-MS	LC-MS	LC-MS	LC-MS	LC-MS	LC-MS	LC-MS	LC-MS	LC-MS	LC-MS	LC-MS	LC-MS	LC-MS	LC-MS	LC-MS	LC-MS	LC-MS	LC-MS	GC-MS	GC-MS	GC-MS	GC-MS	LC-UV	GC-MS	GC-MS
Einheit				µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L
Bestimmungsgrenze (BG)				0.02	0.02	0.02	0.1	0.02	0.02	0.2	0.02	0.05	0.05	0.02	0.5	0.3	0.2	0.2	0.1	0.1	0.3	0.1	0.4	0.1	0.1	2	0.1	0.2
Altstätten	SG	16562	0.02	0.03								0.06					0.36									nb	0.11	0.24
Appenzell	AI	16576	0.02	0.02																						nb		
Au-Rosenbergsau	SG	16600	0.11	0.08										0.02			0.34											0.21
Bad Ragaz	SG	16595	0.08	0.05		0.10						0.33		0.02												nb	0.12	0.34
Benken	SG	16586		0.02													0.21									nb		
Buchs	SG	16604	1.9	0.02		20.5	0.60					1.5	0.54	2.7			0.24		0.27							nb		0.43
Bühler	AR	16580		0.14										0.03		0.34										nb	0.17	0.59
Bütschwil	SG	16568	0.11	0.04	0.14	0.24						1.0		0.04														0.28
Ebnat-Kappel	SG	16592	0.04	0.09		0.15																				nb		
Eschenbach	SG	16584	0.02	0.02													1.6									nb		0.47
Flawil-Oberglatt	SG	16594	1.5	0.07		8.0								0.52			0.75											0.44
Flums-Seez	SG	16585	0.06	0.03		0.36						0.38		0.04												nb		0.73
Gams	SG	16601		0.28																						nb		0.77
Ganterschwil	SG	16566												0.02			0.54									nb	0.11	0.57
Goldingen	SG	16575																								nb	0.26	0.6
Hemberg	SG	16574		0.18																						nb	0.14	0.27
Herisau	AR	16577	0.02	0.02													0.20									nb	0.27	0.3
Jonschwil	SG	16567	0.02	0.04										0.03												nb		0.21
Kirchberg-Bazenheid	SG	16563	0.02	0.05																						nb	0.42	0.46

¹⁾: tiefster publizierter PNEC-Wert (Stand 2009) mal 10 (vorausgesetzte Verdünnung ARA Auslauf: 1:10)

leere Zelle bedeutet: <BG (bestimmungsgrenze)
nb = nicht bestimmt
BW = Bewertungswert

Klassierung der Werte:
≥BW10 ■
≥1/10BW10 bis <BW10 ■
<1/10BW10 □

Wochensammelproben gemischt aus Tagessammelproben vom 10. - 16.08.2009		Kt.	PN-Nr.	Carbendazim	Diazinon	Dimethoat	Diuron	Cybutryn	Isoproturon	Phoxim	Pirimicarb	Propiconazol	Tebuconazol	Terbutryn	2,4-DP (Dichlorprop)	MCPA	MCP (Mecoprop)	PFHpA	PFOA	PFNA	PFOS	Permethrin Σcis-/trans Isomere	Cypermethrin Σ Isomere	Chlorpyrifos	OIT, 2n-Octyl-4- isothiazolin-3-on	BIT, 1,2-Benzyl- isothiazolin-3-on	Triclosan	Coffein (Marker)	
Resultate ARA Teil 2	10-fache Beurteilungswerte BW10 (µg/L) ¹⁾																												
Analysentechnik		LC-MS	LC-MS	LC-MS	LC-MS	LC-MS	LC-MS	LC-MS	LC-MS	LC-MS	LC-MS	LC-MS	LC-MS	LC-MS	LC-MS	LC-MS	LC-MS	LC-MS	LC-MS	LC-MS	GC-MS	GC-MS	GC-MS	GC-MS	LC-JV	GC-MS	GC-MS		
Einheit		µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L		
Bestimmungsgrenze (BG)		0.02	0.02	0.02	0.1	0.02	0.02	0.2	0.02	0.05	0.05	0.02	0.5	0.3	0.2	0.2	0.1	0.1	0.3	0.1	0.4	0.1	0.4	0.1	0.1	2	0.1	0.2	
Mels-Weisstannen	SG 16560																								0.11	nb		0.21	
Neckertal-Rennen	SG 16571		0.02															0.15							0.14	nb	0.12		
Neckertal-Schönengrund	SG 16572	0.25													0.42											nb	0.12		
Nesslau-Krummenau	SG 16591	0.03				0.14							0.02														nb	0.27	
Niederbüren	SG 16569	0.07	0.06			0.16								0.30	0.20												nb	0.24	
Oberriet	SG 16597		0.05															0.53	2.1								nb	0.21	0.26
Pfäfers-Vättis	SG 16599																											0.21	
Quarten-Mittensee	SG 16588	0.03											0.05														nb	0.43	1.3
Rapperswil-Jona	SG 16573	0.03	0.03																								nb		0.26
Rehetobel	AR 16581					0.30																						nb	
Rüthi	SG 16570																											nb	0.25
Sargans	SG 16561	0.02	0.02																									nb	0.2
Schmerikon-Obersee	SG 16583	0.03	0.12														0.25											nb	0.23
Sennwald	SG 16602		0.03			0.17											0.22											nb	0.40
Speicher	AR 16582	0.10	0.02			0.11																						nb	
St.Gallen-Au	SG 16603		0.03														0.40											nb	0.73
St.Gallen-Hofen	SG 16605	0.04	0.04														0.40											nb	1.4
Stein-Churfirsten	SG 16590		0.17																									nb	0.21
Steinach-Morgental	SG 16598	0.03	0.03					0.03									0.60											nb	0.28
Teufen	AR 16578	0.02	0.02														0.23											nb	
Thal-Altenrhein	SG 16596	0.04	0.02			0.10										0.27			0.11									nb	0.35

¹⁾: tiefster publizierter PNEC-Wert (Stand 2009) mal 10 (vorausgesetzte Verdünnung ARA Auslauf: 1:10)

leere Zelle bedeutet: <BG (bestimmungsgrenze)
nb = nicht bestimmt
BW = Bewertungswert

Klassierung der Werte:
≥BW10 ■
≥1/10BW10 bis <BW10 ■
<1/10BW10 ■

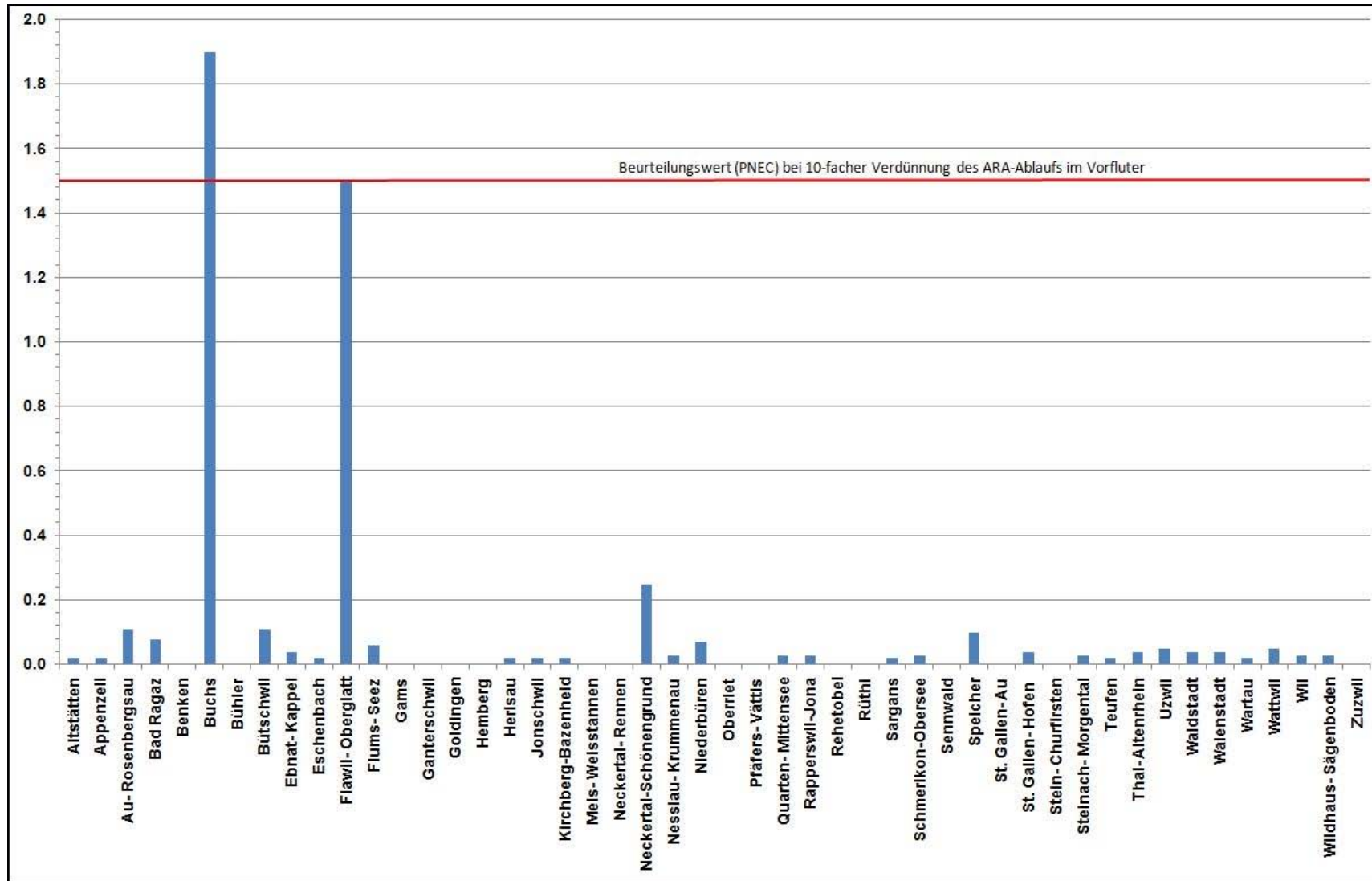
Wochensammelproben gemischt aus Tagessammelproben vom 10. - 16.08.2009		Kt.	PN-Nr.	Carbendazim	Diazinon	Dimethoat	Diuron	Cybutryn	Isoproturon	Phoxim	Pirimicarb	Propiconazol	Tebuconazol	Terbutryn	2,4-DP (Dichlorprop)	MCPA	MCPP (Mecoprop)	PFHpA	PFOA	PFNA	PFOS	Permethrin Σcis-/trans Isomere	Cypermethrin Σ Isomere	Chlorpyrifos	OIT, 2n-Octyl-4- isothiazolin-3-on	BIT, 1,2-Benzyl- isothiazolin-3-on	Triclosan	Coffein (Marker)
				1.5	0.1	1	2	0.019	3.2	0.005	17	51	10	1.7	13	5	180	kA	kA	kA	250	0.018	0.001	0.33	0.47	0.6	0.5	kA
				LC-MS	LC-MS	LC-MS	LC-MS	LC-MS	LC-MS	LC-MS	LC-MS	LC-MS	LC-MS	LC-MS	LC-MS	LC-MS	LC-MS	LC-MS	LC-MS	LC-MS	LC-MS	GC-MS	GC-MS	GC-MS	GC-MS	LC-JV	GC-MS	GC-MS
				µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L
				0.02	0.02	0.02	0.1	0.02	0.02	0.2	0.02	0.05	0.05	0.02	0.5	0.3	0.2	0.2	0.1	0.1	0.3	0.1	0.4	0.1	0.1	2	0.1	0.2
Uzwil	SG	16564	0.05	0.11		0.11								0.04			0.28									nb	0.15	0.39
Waldstadt	AR	16579	0.04	0.02																						nb	0.45	0.91
Walenstadt	SG	16587	0.04	0.05		0.18								0.05												nb		0.38
Wartau	SG	16559	0.02	0.03																						nb		0.21
Wattwil	SG	16606	0.05	0.12		0.33						0.05		0.03												nb		0.61
Wil	SG	16565	0.03	0.03		0.14						0.05									1.5					nb	0.16	0.48
Wildhaus-Sägenboden	SG	16589	0.03					0.07						0.02												nb		0.36
Zuzwil	SG	16593		0.02													0.65									nb		

¹⁾: tiefster publizierter PNEC-Wert (Stand 2009) mal 10 (vorausgesetzte Verdünnung ARA Auslauf: 1:10)

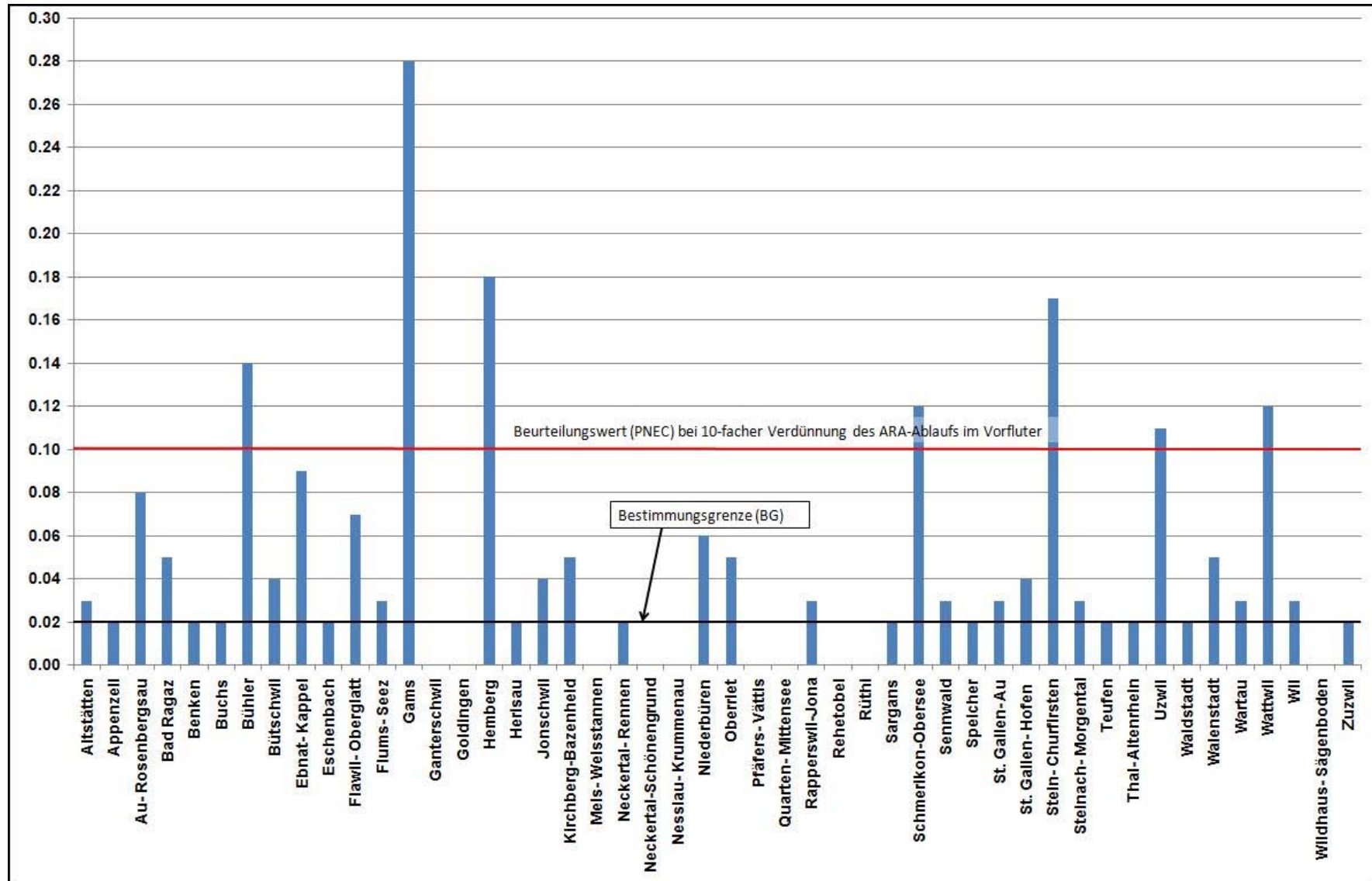
leere Zelle bedeutet: <BG (bestimmungsgrenze)
nb = nicht bestimmt
BW = Bewertungswert

Klassierung der Werte:
≥BW10 ■
≥1/10BW10 bis <BW10 ■
<1/10BW10 □

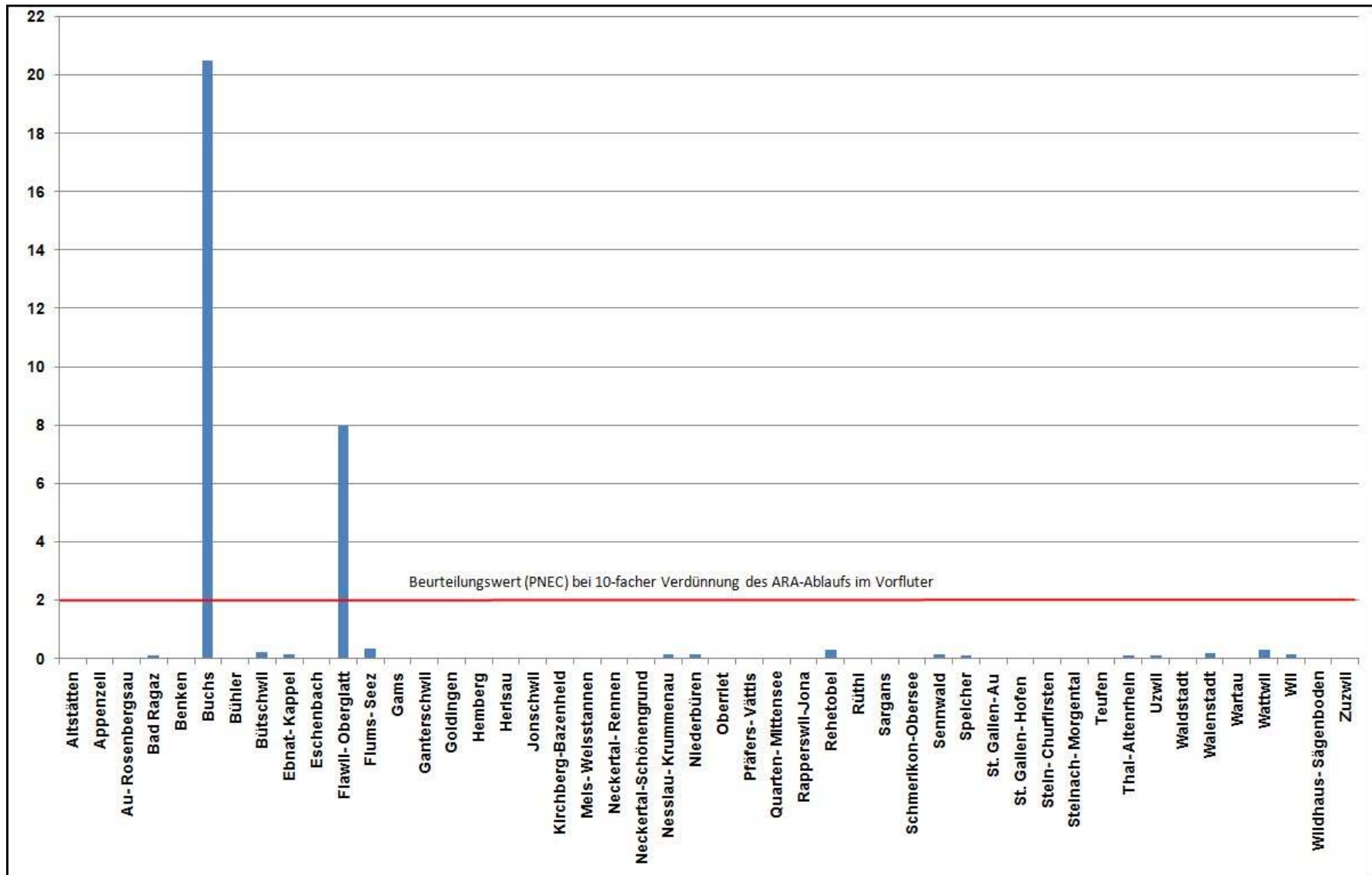
7.2. Grafik: Kampagne August 2009, Carbendazim in ARA-Abläufen in µg/L



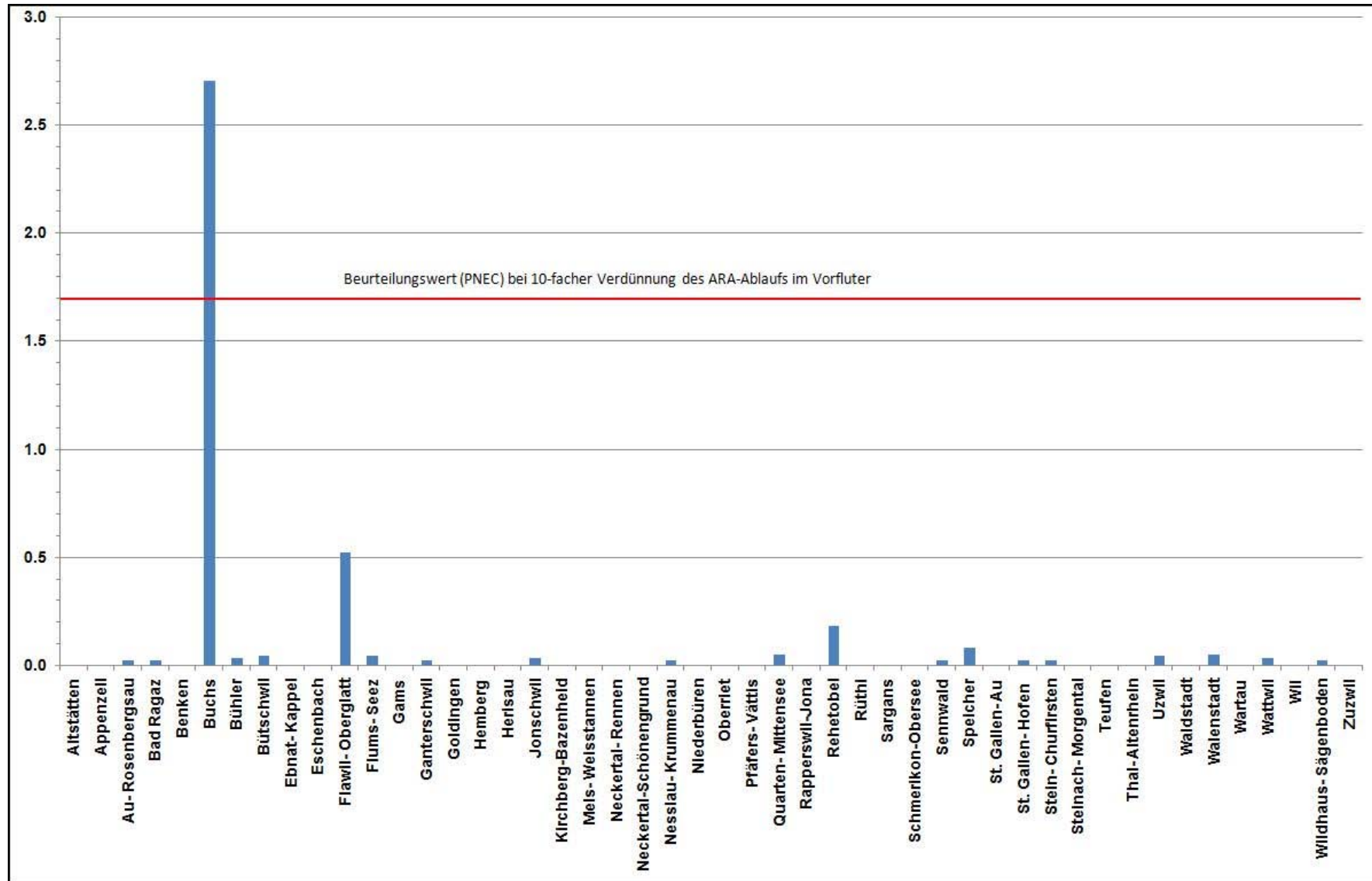
7.3. Grafik: Kampagne August 2009, Diazinon in ARA-Abläufen in µg/L



7.4. Grafik: Kampagne August 2009, Diuron in ARA-Abläufen in µg/L



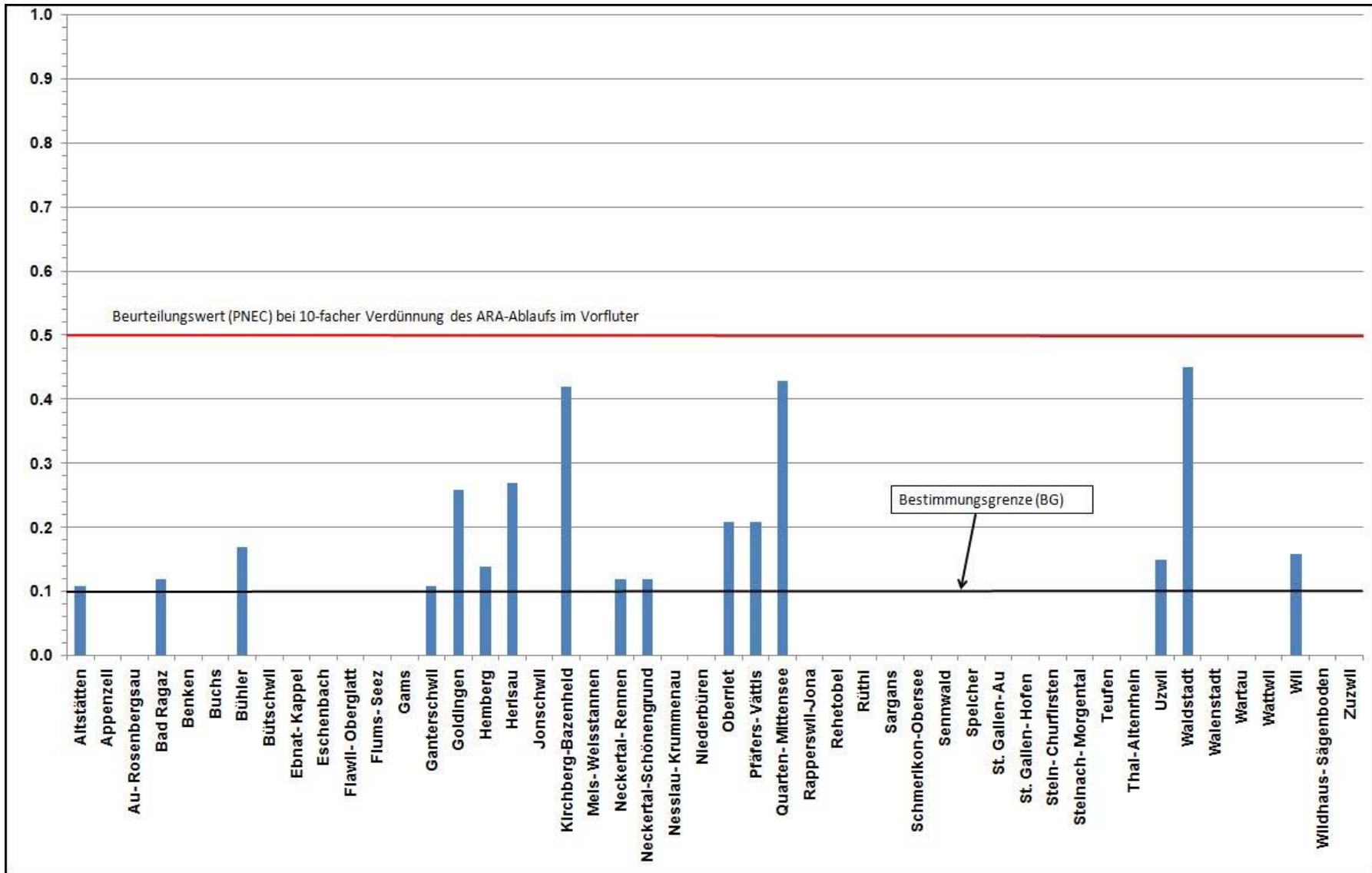
7.5. Grafik: Kampagne August 2009, Terbutryn in ARA-Abläufen in µg/L



7.6. Grafik: Kampagne August 2009, Mecoprop (MCCP) in ARA-Abläufen in µg/L



7.7. Grafik: Kampagne August 2009, Triclosan in ARA-Abläufen in µg/L



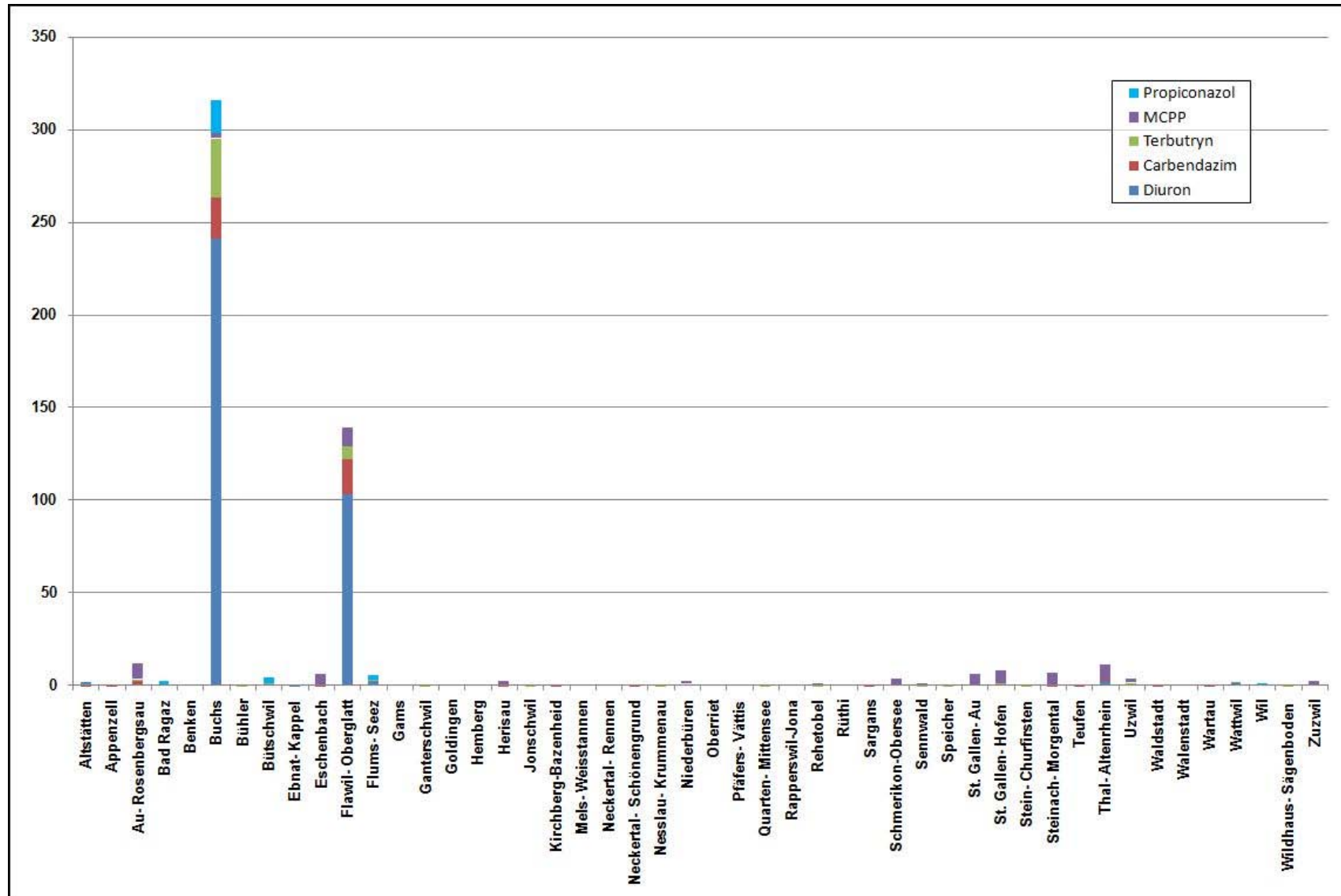
7.8. 24h-Fracht von ausgewählten Mikroverunreinigungen (Pflanzenschutzmittel, Biozide und Perfluortenside) in ARA-Abflüssen

Wochensammelproben gemischt aus Tagessammelproben vom 10. - 16.08.2009	Kt.	Wochenablaufmenge m ³ / TW33	Abschätzung der Fracht: Masse Wirkstoff pro Tag (g / d)																										
			Carbendazim	Diazinon	Dimethoat	Diuron	Cybutryn	Isoproturon	Phoxim	Pirimicarb	Propiconazol	Tebuconazol	Terbutryn	2,4-DP (Dichlorprop)	MCPA	MCPP (Mecoprop)	PFHpA	PFOA	PFNA	PFOS	Permethrin Σ cis-/trans Isomere	Cypermethrin Σ Isomere	Chlorpyrifos	OIT, 2n-Octyl-4-isothiazolin-3-on	BIT, 1,2-Benzyl-isothiazolin-3-on	Triclosan	Coffein (Marker)		
Altstätten	SG	24'353	0.07	0.10						0.21					1.3												nb	0.38	0.83
Appenzell	AI	17'948	0.05	0.05																							nb		
Au-Rosenbergsau	SG	174'584	2.7	2.0							0.50				8.5														5.2
Bad Ragaz	SG	33'130	0.38	0.24		0.47				1.6	0.09															nb	0.57	1.6	
Benken	SG	7'657		0.02											0.23												nb		
Buchs	SG	82'340	22	0.24		241	7.1			18	6.4	32			2.8		3.2									nb		5.1	
Bühler	AR	9'345		0.19							0.04		0.45													nb	0.23	0.79	
Bütschwil	SG	23'528	0.37	0.13	0.47	0.81				3.4	0.13																	0.94	
Ebnat-Kappel	SG	14'108	0.08	0.18		0.30																				nb			
Eschenbach	SG	25'787	0.07	0.07											5.9											nb		1.7	
Flawil-Oberglatt	SG	90'150	19	0.90		103					6.7				9.7													5.7	
Flums-Seez	SG	47'650	0.41	0.20		2.5				2.6	0.27															nb		5.0	
Gams	SG	6'886		0.28																						nb		0.76	
Ganterschwil	SG	1'800									0.005				0.14											nb	0.03	0.15	
Goldingen	SG	2'925																								nb	0.11	0.25	
Hemberg	SG	1'940		0.05																						nb	0.04	0.07	
Herisau	AR	59'271	0.17	0.17											1.7											nb	2.3	2.5	
Jonschwil	SG	7'114	0.02	0.04							0.03															nb		0.21	
Kirchberg-Bazenheid	SG	28'460	0.08	0.20																						nb	1.7	1.9	
Mels-Weisstannen	SG	369																						0.006	nb		0.01		
Neckertal-Rennen	SG	5'595		0.02														0.12							0.11	nb	0.10		
Neckertal-Schönengrund	SG	2'072	0.07												0.12											nb	0.04		
Nesslau-Krummenau	SG	9'149	0.04			0.18					0.03															nb		0.35	

leere Zelle bedeutet: <BG (Bestimmungsgrenze)
nb = nicht bestimmt

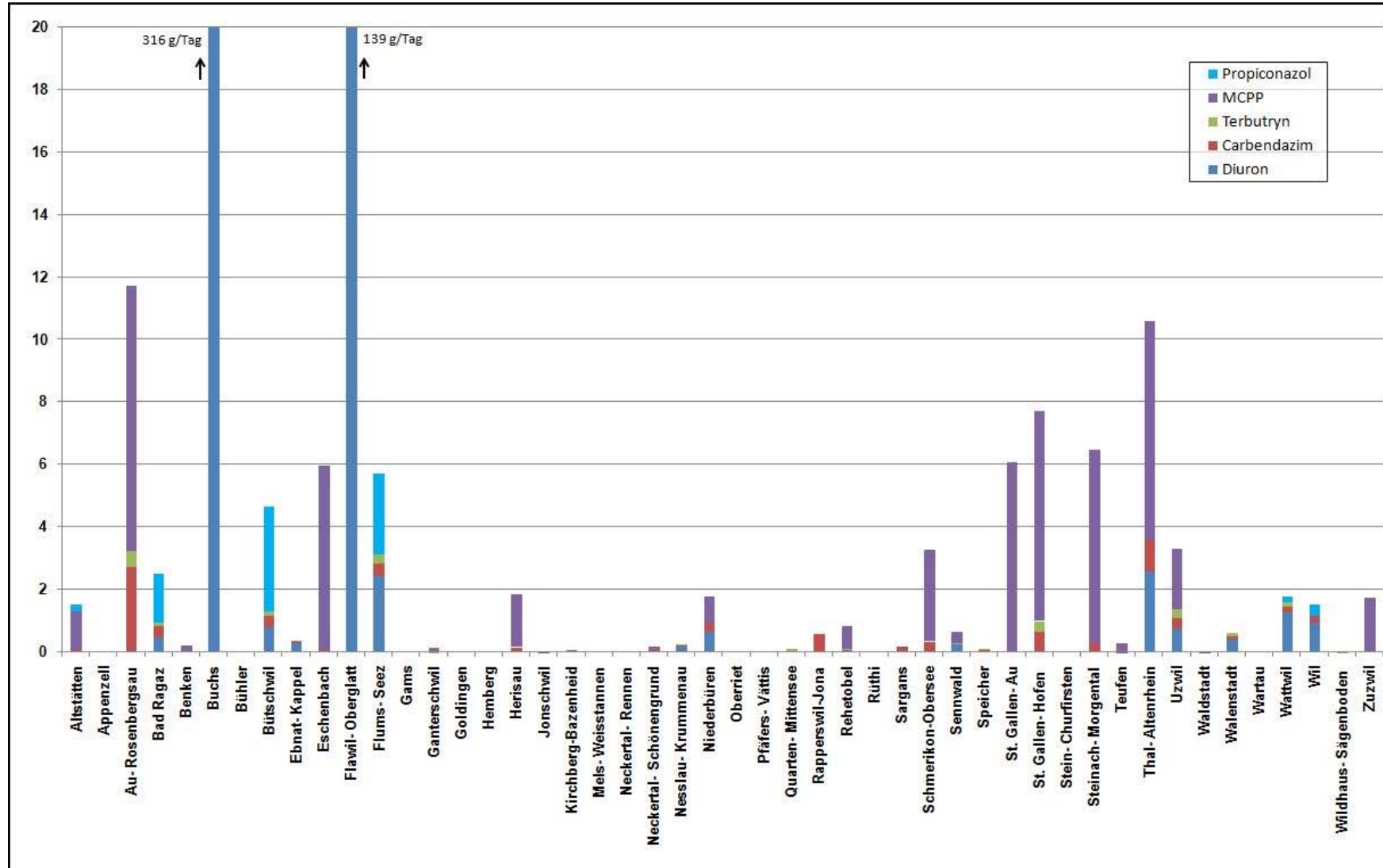
Klassierung der Werte:
 Fracht: >100 g Wirkstoffe / Tag ■
 Fracht: >10 - 100 g Wirkstoffe / Tag ■
 Fracht: 1 - 10 g Wirkstoffe / Tag ■
 Fracht: <1 g Wirkstoffe / Tag □

7.9. Grafik: Kampagne August 2009, 24h-Fracht, Stoffe mit den grössten Frachten in ARA-Abläufen in g/Tag

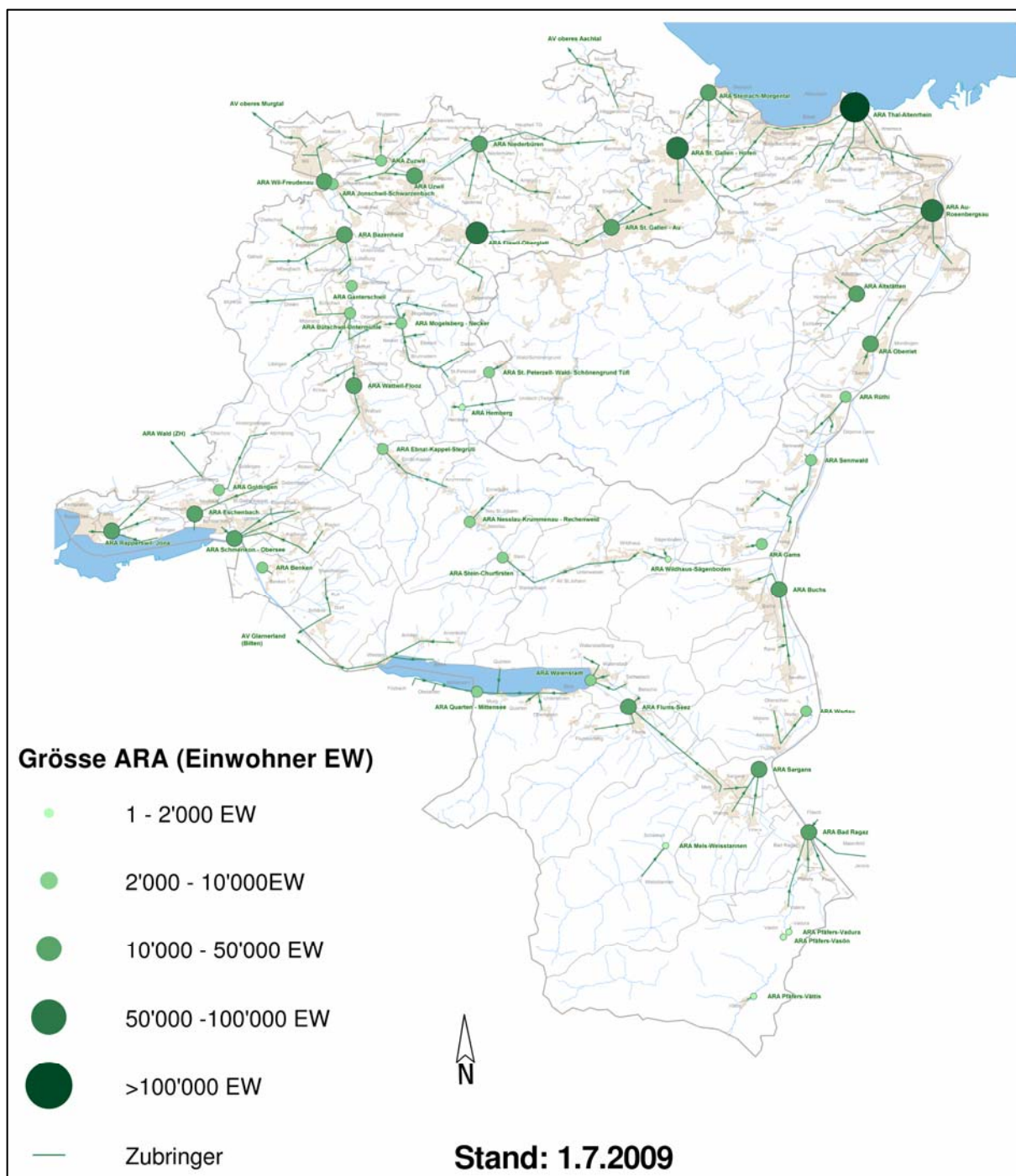


7.10. Grafik: Kampagne August 2009, 24h-Fracht, Stoffe mit den grössten Frachten in ARA-Abläufen in g/Tag

Grafik wie 7.9, aber mit anderer Skalierung



8. Anhang 1: Standorte aller St.Galler ARA mit ihren Zuläufen



9. Anhang 2: Analysenschema Kampagne vom August 2009

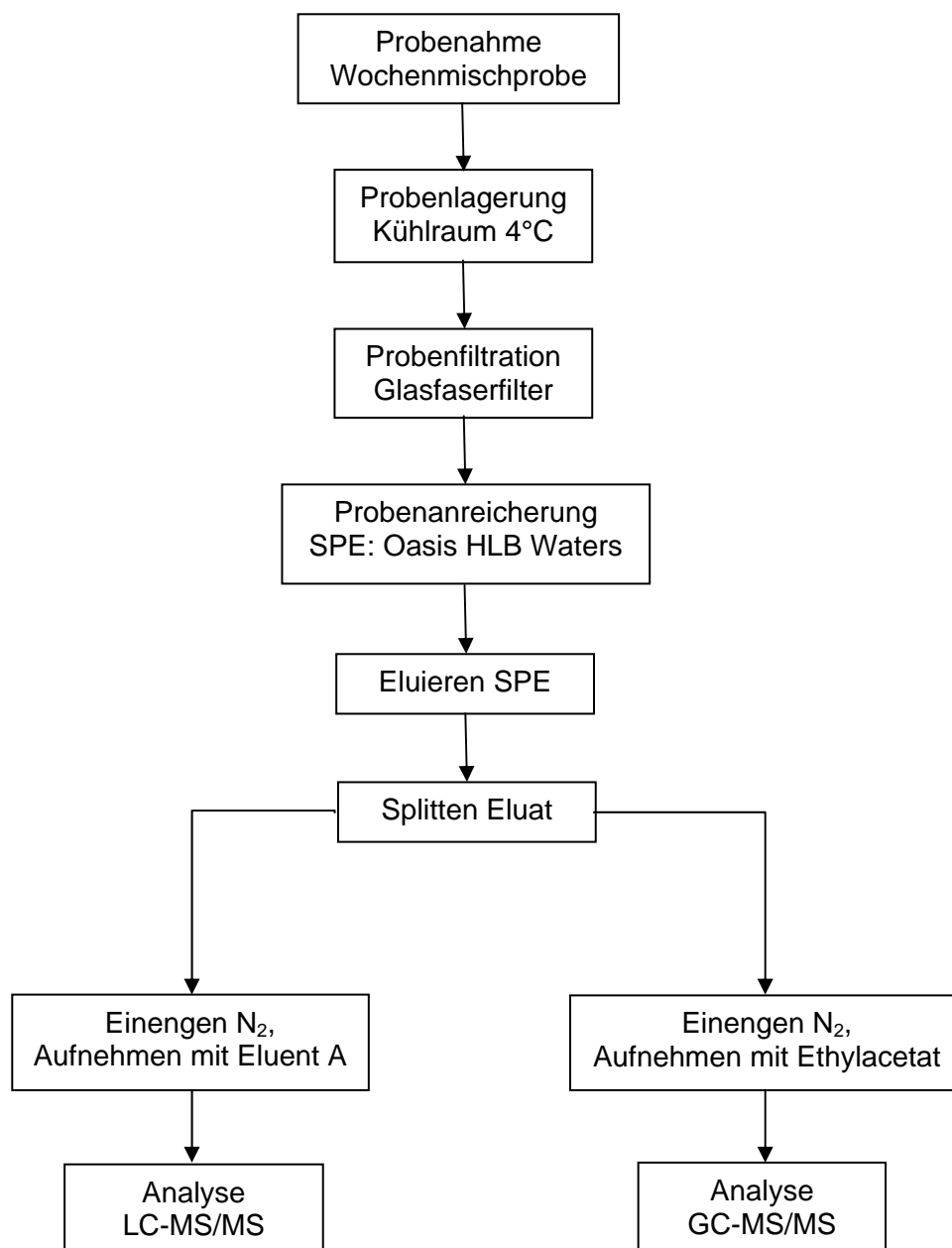


Abb. 4: LC-MS/MS Gerät



Abb. 5: GC-MS/MS Gerät

Abkürzungen:

- SPE: Festphasenextraktion (solid phase extraction) zur Probenanreicherung
- LC-MS/MS: Flüssigchromatographie mit gekoppelter Massenspektroskopie (Tripelquadgerät)
- GC-MS/MS: Gaschromatographie mit gekoppelter Massenspektroskopie (Tripelquadgerät)