

Gesammelte Fachartikel und Studien zu Mikroverunreinigungen aus Siedlung, Industrie und Gewerbe

Inhaltsverzeichnis

Strahm I., Munz N., Leu, C., Wittmer I., Stamm C., 2013. Landnutzung entlang des Gewässernetzes , Quellen für Mikroverunreinigungen. Aqua&Gas 5: 36-44	Seite 2
Stauffer P., Ort C., 2012. Diffuse Einträge aus der Siedlung , Ergebnisse einer Situationsanalyse. Aqua&Gas 11: 2-10.....	11
Braun C., Gälli R., 2014. Mikroverunreinigungen aus Industrie und Gewerbe , erste Grundlagenerhebung mittels Umfrage bei den Kantonen zu vorhandenen Informationen. Studie im Auftrag des Bundesamts für Umwelt (BAFU): 44 S.	20
Burkhardt M., Dietschweiler C., 2013. Mengenabschätzung von Bioziden in Schutzmitteln in der Schweiz . Studie im Auftrag des Schweizer Bundesamtes für Umwelt (BAFU), Bern: 30 S.	64

LANDNUTZUNG ENTLANG DES GEWÄSSERNETZES

QUELLEN FÜR MIKROVERUNREINIGUNGEN

Die stoffliche Gewässerqualität hängt erheblich von der Landnutzung im Einzugsgebiet eines Gewässers ab. Mit einem neu erstellten Geo-Datensatz, der erstmals auch die Charakterisierung kleiner Fliessgewässer ermöglichte, wurde die Landnutzung entlang des Schweizer Gewässernetzes analysiert. In grosse Teile des Gewässernetzes, insbesondere in kleine Gewässer, können ausschliesslich Stoffe aus verschiedenen diffusen Quellen eingetragen werden.

Ivo Strahm; Nicole Munz; Christian Leu, BAFU
Irene Wittmer; Christian Stamm, Eawag*

RÉSUMÉ

L'UTILISATION DU SOL LE LONG DU RÉSEAU HYDROGRAPHIQUE – SOURCES DE MICROPOLLUANTS

L'utilisation du sol dans le bassin versant d'un cours d'eau définit le spectre des substances rejetées dans les eaux, ainsi que la charge en substances rejetées. Une analyse de l'utilisation du sol peut donc servir de base pour l'estimation de la charge en substances d'un cours d'eau. Dans la présente étude, une analyse à l'échelle de la Suisse de l'utilisation du sol le long des cours d'eau a été réalisée à l'aide d'une base de données de bassins versants basée sur un SIG. Dans ce cadre, les rejets diffus de micropolluants ont fait l'objet d'une attention particulière. Étant donné que des concentrations élevées en micropolluants sont surtout, par expérience, mesurées dans les petits cours d'eau qui constituent une grande part du réseau hydrographique, la base de données a été élaborée de telle sorte qu'une caractérisation quantitative liée à l'utilisation du sol des petits cours d'eau a pu être établie. Les infrastructures de transport (chemins de fer, routes), les zones habitées, les STEP, diverses surfaces à usage agricole (vignes, vergers, prairies, terres cultivées) et les déchetteries ont été considérés comme sources pertinentes de micropolluants. L'analyse a montré que le tronçon de petits cours d'eau qui peuvent être fortement contaminés en micropolluants par une seule source peut être court (par ex. déchetteries, chemin de fer) ou très long (par ex. prairie, route) en

EINLEITUNG

Der Zustand der Oberflächengewässer wird entscheidend von der Landnutzung, der Infrastruktur und den damit verbundenen Aktivitäten im Einzugsgebiet beeinflusst. Beispielsweise ändert sich aufgrund der Landnutzung im Einzugsgebiet und entlang des Gewässers der gewässerbiologische Zustand, die Sedimentfrachten oder der ökomorphologische Zustand eines Gewässers. Dies gilt auch für die Beeinflussung der Wasserqualität durch Nährstoffe oder Mikroverunreinigungen. Es wurde wiederholt gezeigt, dass das in den Gewässern nachgewiesene Stoffspektrum auf spezifische Landnutzungen (z.B. Landwirtschaft, Verkehr, Siedlung) im Einzugsgebiet zurückgeführt werden kann [1–5]. So werden aus Ackerlandflächen andere Stoffe in die Gewässer eingetragen als aus Obstkulturen, Strassen, zentralen Abwasserreinigungsanlagen (ARA) oder der Siedlungsfläche. *Figur 1* zeigt Beispiele von Mikroverunreinigungen, die jeweils von einer bestimmten Landnutzung in die Gewässer eingetragen werden können.

Eine Analyse der Landnutzung, bezogen auf das Gewässernetz, dient als Grundlage für eine Abschätzung der stofflichen Verunreinigungen eines Fliessgewässers. Auch können die daraus resultierenden Daten und Ergebnisse für eine Beurteilung der Relevanz verschiedener Stoffquellen beigezogen werden. Zudem

* Kontakt: ivo.strahm@bafu.admin.ch

kann eine solche Analyse die Planung und Auswertung von aufwendigen Gewässeruntersuchungen ergänzen. Bisher war eine Analyse der Landnutzung auf nationaler Skala nur für grössere Fließgewässer möglich, da eine umfassende Ausscheidung der Einzugsgebiete kleiner Fließgewässer fehlte. Kleine Gewässer, d.h. Gewässer mit Flussordnungszahl (FLOZ) 1 und 2 nach *Strahler* [6], machen in der Schweiz aber 75% des Gewässernetzes aus (*Fig. 2*) und sind von grosser ökologischer Relevanz. Zudem zeigen Messdaten, dass besonders in kleinen Gewässern unter bestimmten Voraussetzungen hohe Konzentrationen von Mikroverunreinigungen gemessen werden [1-4; 7]. Deshalb wurde ein GIS-basierter Einzugsgebietsdatensatz generiert, der eine detaillierte Analyse der Landnutzung, bezogen auf das Gewässernetz einschliesslich kleiner Gewässer, ermöglicht. Der vorliegende Artikel präsentiert eine erstmals in dieser Form mögliche Analyse der Landnutzung entlang des gesamten Schweizer Gewässernetzes sowie eine Anwendung des Datensatzes zur Beurteilung der Repräsentativität zweier ausgewählter Gewässeruntersuchungen.

VORGEHEN

DEFINITION VON EINZUGSGEBIETEN

Für die Analyse der Landnutzung entlang des Schweizer Gewässernetzes wurde eine Charakterisierung der Fließgewässer durchgeführt. Diese sollte auch für kleine Fließgewässer möglich sein. Deshalb wurde als kleinste Charakterisierungseinheit der Gewässerabschnitt gewählt. Als Gewässerabschnitt wird beispielsweise eine Fließstrecke bezeichnet, die durch zwei Gewässerknoten (Zusammentreffen zweier Fließgewässer) begrenzt ist. Das hier verwendete Gewässernetz von etwa 64 000 km Länge umfasst rund 182 000 ober- und unterirdisch verlaufende Gewässerabschnitte (ausschliesslich Fließgewässerabschnitte), die im Mittel 350 m und maximal 14 km lang sind. Für jeden Gewässerabschnitt wurde in einem halbautomatischen, GIS-technischen Verfahren aus einem Höhenmodell das jeweils zugehörige, topografische und vektorbasierte Teileinzugsgebiet bestimmt (*Fig. 3*). So entstand ein lückenloses, überlappungsfreies Mosaik aus rund 182 000 Teileinzugsgebieten mit einer

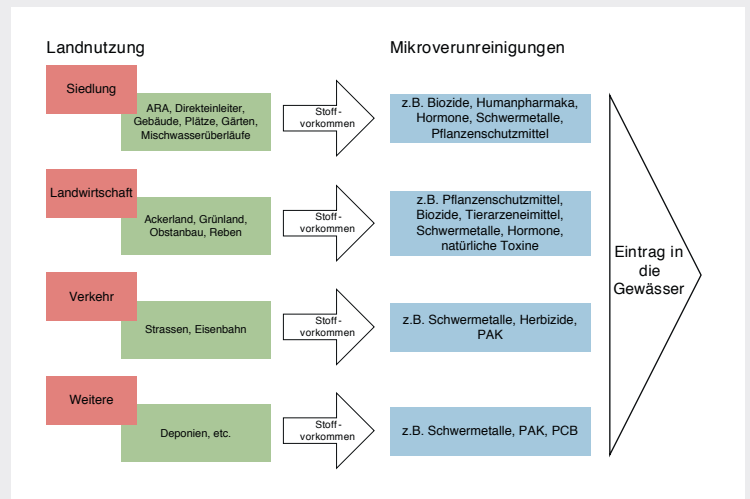


Fig. 1 Beispiele von Mikroverunreinigungen, die aus unterschiedlichen Landnutzungen in die Gewässer eingetragen werden können
Exemples de micropolluants qui peuvent être rejetés dans les eaux par diverses utilisations du sol

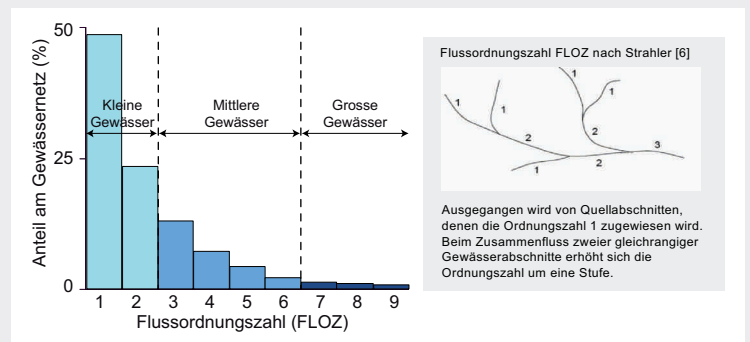


Fig. 2 Anteil Fließstrecke am gesamten Gewässernetz der Schweiz nach Flussordnungszahlen (FLOZ). Hier werden Fließgewässer mit FLOZ 1 und 2 als «kleine Gewässer», mit FLOZ 3-6 als «mittlere Gewässer» und mit FLOZ 7-9 als «grosse Gewässer» bezeichnet [7]
Répartition des tronçons de cours d'eau de l'ensemble du réseau hydrographique de la Suisse selon le numéro d'ordre hydrographique (NOH). Classification des cours d'eau selon le NOH: NOH 1 et 2: «petits cours d'eau»; NOH 3 - 6: «cours d'eau moyens»; NOH 7 - 9: «grands cours d'eau» [7]

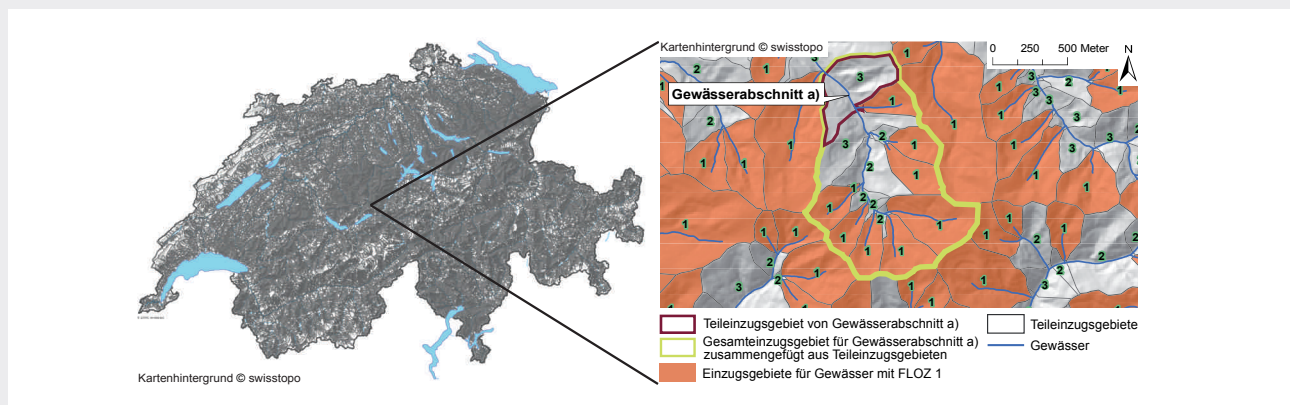


Fig. 3 Teileinzugsgebiete für die Gewässerabschnitte des Schweizer Gewässernetzes. Links: alle Teileinzugsgebiete der Schweiz. Rechts: Ausschnitt mit orange eingefärbten Teileinzugsgebieten für FLOZ 1 Gewässerabschnitte. Hervorgehoben: Ein Gesamteinzugsgebiet für ein FLOZ 3 Gewässer bestehend aus Teileinzugsgebieten. Die Zahlen beschreiben die FLOZ der Gewässerabschnitte eines Teileinzugsgebietes
Bassins versants partiels pour les tronçons de cours d'eau du réseau hydrographique suisse. À gauche: tous les bassins versants partiels. À droite: extrait avec des bassins versants partiels en orange pour les tronçons de cours d'eau avec un NOH de 1. En surbrillance: un bassin versant global pour un cours d'eau NOH 3 composé de bassins versants partiels

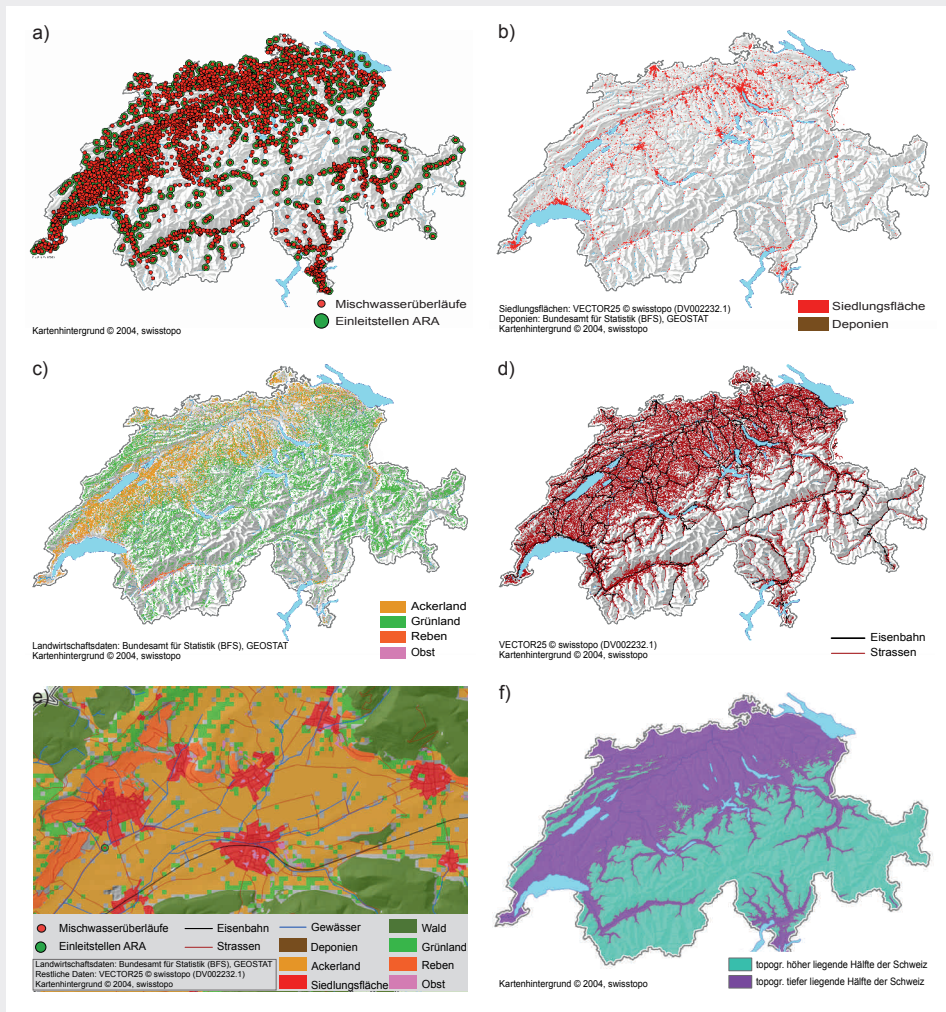


Fig. 4 Landnutzung / Landnutzungsdaten der Schweiz (z.T. sind einige Landnutzungen aufgrund deren geringen Flächengrösse auf der schweizweiten Übersicht nicht ersichtlich oder kommen im gewählten Ausschnitt nicht vor): a) Quellen mit häuslichem Abwasser; b) Siedlungsflächen und Deponien; c) Landwirtschaft; d) Verkehr; e) Detailansicht der Daten aus a), b), c), d) im Gebiet Klettgau, Schaffhausen; f) die Schweiz eingeteilt in die topografisch höher gelegene (> 1080 m ü. M.) und topografisch tiefer gelegene Hälfte (entspricht annäherungsweise der Hälfte der Landfläche der Schweiz)

Utilisation du sol/données d'utilisation du sol en Suisse (en partie, certaines utilisations du sol ne sont pas visibles en raison de leur faible étendue sur le territoire suisse ou n'apparaissent pas dans l'extrait choisi): a) sources avec eaux usées domestiques; b) surfaces habitées et déchetteries; c) agriculture; d) trafic; e) vue détaillée des données de a), b), c), d) dans la zone de Klettgau, Schaffhouse; f) la Suisse répartie en partie haute (> 1080 m d'altitude) et en partie basse (correspond approximativement à la moitié de la superficie de la Suisse)

durchschnittlichen Fläche von 2 ha. Für Gewässer mit FLOZ 1 stellt das Teileinzugsgebiet oft auch das Gesamteinzugsgebiet dar. Für Gewässer mit höherer FLOZ muss jedoch das Gesamteinzugsgebiet aus den Teileinzugsgebieten zusammengefügt werden (Fig. 3). Hierfür kam eine am BAFU verwendete, auf dem digitalen Gewässernetz basierende, hierarchische Struktur zum Einsatz [8].

CHARAKTERISIERUNG DER FLIESSGEWÄSSER

Die Charakterisierung der Fließgewässer wurde anhand von schweizweit verfügbaren Landnutzungsdaten durchge-

führt (Fig. 4, Tab. 1). Betrachtet wurden Landnutzungen und Infrastrukturen, die als relevante Quellen für Mikroverunreinigungen beurteilt wurden.

Folgende Quellen, die nachstehend auch als «Landnutzung» bezeichnet werden, wurden in die Analysen einbezogen und unterschieden:

- Punktquellen: zentrale Abwasserreinigungsanlagen
- diffuse Quellen: Mischwasserüberläufe, Siedlungsflächen, Deponien, Landwirtschaft (Obstanbau, Reben, Ackerland, Grünland) und Verkehrsflächen (Strasse, Eisenbahn)

Für einzelne Analysen wurden auch die Waldflächen und eine berechnete Restfläche, bezeichnet als «Übrige», mit einbezogen. Es wird aber angenommen, dass aus diesen zwei Landnutzungen keine relevanten Einträge von Mikroverunreinigungen in die Gewässer erfolgen.

DATENAUSWERTUNG

Bei der Auswertung der Landnutzungsdaten standen drei Fragen im Vordergrund. Sie sind in Fig. 5 schematisch dargestellt und im Folgenden kurz erläutert:

a) Besteht eine bestimmte Landnutzung im Einzugsgebiet eines Gewässerabschnittes? Aufgrund des Vorkommens einer bestimmten Landnutzung im Einzugsgebiet eines Gewässerabschnittes sind grundsätzlich Einträge von Mikroverunreinigungen in diesen Gewässerabschnitt möglich. Illustriert an einem Beispiel heisst das, dass Stoffe, die von Ackerland im Bereich eines kleinen Zuflusses des Rheins eingetragen werden, in der gesamten Fließstrecke bis nach Basel enthalten sein können. Die ganze Fließstrecke bis nach Basel wird deshalb im Zusammenhang mit Frage a) als potenziell durch Stoffeinträge aus Ackerland beeinflusst betrachtet. Diese Betrachtung ermöglicht aber keine Aussage über das Ausmass der realen Beeinträchtigung eines Fließgewässers.

b) Wie gross ist der Flächenanteil einer bestimmten Landnutzung am Einzugsgebiet? In Auswertung a) wird nicht berücksichtigt, wie gross der Flächenanteil einer bestimmten Landnutzung (beispielsweise Ackerland) am Gesamteinzugsgebiet ist. Die Flächenanteile sind aber bei ausgewählten Landnutzungen, insbesondere bei landwirtschaftlichen Nutzungen, eine wichtige Betrachtungsgrösse, um deren Relevanz in einem Einzugsgebiet und Ergebnisse von Gewässeruntersuchungen zu beurteilen. Auf bestimmte Nutzungsarten wie zum Beispiel ARA oder Mischwasserüberläufe ist diese Analyse nicht anwendbar. Für Nutzungsarten wie Deponien ist sie nur begrenzt aussagekräftig. In dieser Studie wird anhand eines Beispiels die Möglichkeit einer Beurteilung von Ergebnissen von Gewässeruntersuchungen basierend auf den bestimmten Flächenanteilen aufgezeigt. Dabei wurden hochaufgelöst gemessene Einträge von Pflanzenschutzmitteln in Einzugsgebieten mit hohen Anteilen von Ackerland be-

Landnutzung	Datensatz	Verfügbarkeit	Als relevante Quelle für Mikroverunreinigungen beurteilt
ARA	Einleitstellen ARA aus Micropoll-Modelldaten	BAFU, Abteilung Wasser	x
Mischwasserüberläufe	Modelliert, basierend auf bestehenden Geodaten (jeder ARA und mindestens jeder Gemeinde wurde ein Mischwasserüberlauf zugewiesen)	BAFU, Abteilung Wasser	x
Siedlungsfläche	Siedlungsfläche gemäss VECTOR25 (enthält beispielsweise: Gebäude, Gärten, Plätze)	swisstopo	x
Deponien	Arealstatistik nach Nomenklatur 92-97	Bundesamt für Statistik (BFS), GEOSTAT	x
Obstanbau	Obstanbaugebiete gemäss VECTOR25	swisstopo	x
Reben	Rebbaugebiete gemäss VECTOR25	swisstopo	x
Grünland	Arealstatistik nach Nomenklatur 2004 ergänzt mit Arealstatistik nach Nomenklatur 92-97. Entspricht dem Grünland ohne Kunstwiesen	Bundesamt für Statistik (BFS), GEOSTAT	x
Ackerland	Arealstatistik nach Nomenklatur 2004 ergänzt mit Arealstatistik nach Nomenklatur 92-97. Umfasst auch Kunstwiesen	Bundesamt für Statistik (BFS), GEOSTAT	x
Strassen	Strassen gemäss VECTOR25	swisstopo	x
Eisenbahn	Eisenbahn gemäss VECTOR25	swisstopo	x
Wald	VECTOR25	swisstopo	
Übrige	Restfläche: Differenz zwischen der Einzugsgebietsfläche und der Summe aller anderen betrachteten Landnutzungsflächen	BAFU	
Gewässer			
Gewässernetz	VECTOR25, 2007	swisstopo	
Hierarchie auf dem Gewässernetz		BAFU, Abteilung Wasser	
Einzugsgebiete	Teileinzugsgebiete der Gewässerabschnitte mit Hierarchie	BAFU, Abteilung Wasser	
Topografie			
Digitales Höhenmodell	DTM-AV (bearbeitet)	swisstopo	

Tab. 1 Verwendete Geo-/Datensätze
Bases de données/géodonnées utilisées

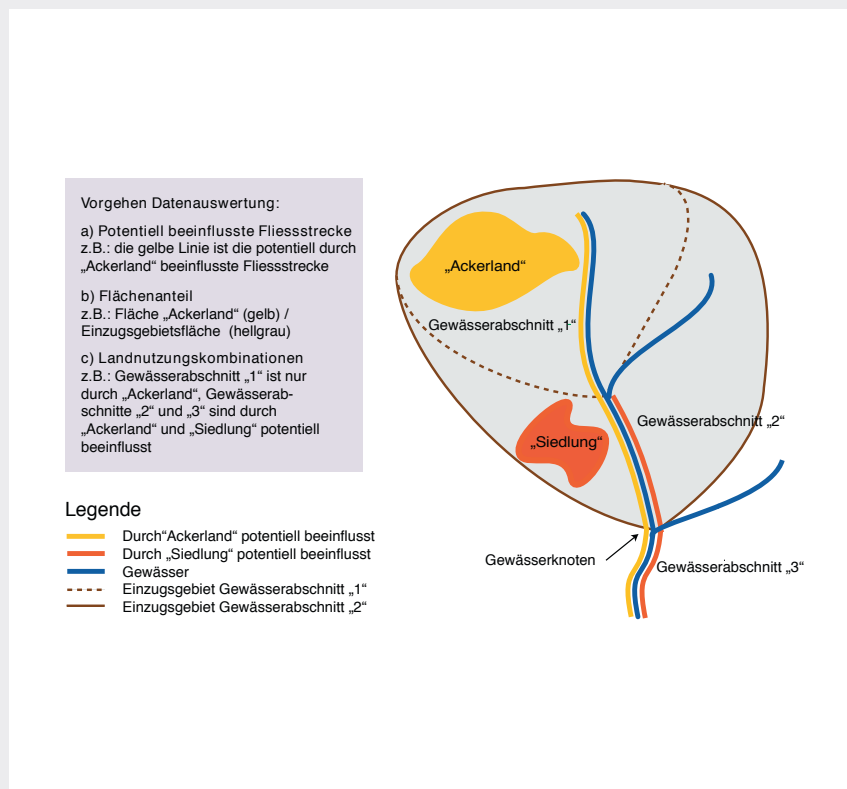


Fig. 5 Erläuterung des Vorgehens zur Auswertung der Landnutzungsdaten
Explication du mode opératoire d'évaluation des données d'utilisation du sol

züglich deren Repräsentativität für das Schweizer Gewässernetz analysiert.

c) Wie viele der ausgewählten Landnutzungen sind in einem Einzugsgebiet vorhanden?
In den Auswertungen a) und b) werden die Landnutzungen nur einzeln betrachtet. Im Grossteil der Einzugsgebiete kommen jedoch mehrere Landnutzungen vor. Beispielsweise ist Gewässerabschnitt «2» in *Figur 5* möglicherweise durch Stoffeinträge aus den Landnutzungen Siedlung und Ackerland beeinflusst.

In topografisch höher gelegenen Gebieten der Schweiz dominiert eine weniger komplexe und weniger intensive Landnutzung als in tiefer gelegenen Gebieten (Mittelland, Talebenen grösserer Täler). Deshalb wurde ein Teil der Analysen nur für die Gewässerabschnitte (rund 35 000 km) im Gebiet der topografisch tiefer liegenden Hälfte der Schweiz (< 1080 m ü. M.) gemacht (*Fig. 4e*).

Die hier ausgeführten GIS-Analysen erfolgten mit dem geografischen Informationssystem *ArcGIS* von ESRI [9].

RESULTATE UND DISKUSSION

POTENZIELL BEEINFLUSSTE FLIESSSTRECKE

Grünland, bei Vernachlässigung von Wald und «Übrige», beeinflusst potenziell die längste Flie遝sstrecke (Fig. 6a). Diese landwirtschaftlich bewirtschafteten Flächen nehmen besonders in den Gebieten der Alpen und Voralpen oder des Juras einen Grossteil der Landfläche ein (Fig. 4c). Aufgrund dieser geografischen Lage stellen sie deshalb für einen Grossteil der Flie遝sgewässer einen möglichen Belastungsfaktor dar. Andere Landnutzungen dagegen

kommen eher regional (z.B. Ackerland) oder gar nur lokal vor (z.B. Rebbaue) und beeinflussen deshalb potenziell einen kleineren Teil des Gewässernetzes.

Der durch Obstanbau potenziell beeinflusste Flie遝sstreckenanteil ist relativ hoch. Dies obwohl die gesamte Obstanbaufläche weniger als 1% der Landesfläche ausmacht. Eine detaillierte Betrachtung der Landnutzungsdaten zeigte, dass neben den typischen Obstanbaugebieten im Thurgau oder im Wallis viele eher kleine Obstanbauflächen weiträumig, ähnlich wie Siedlungsflächen und Strassen, in der

Schweiz verteilt vorkommen. Deswegen können im Obstanbau eingesetzte Stoffe möglicherweise in einer relativ langen Flie遝sstrecke nachgewiesen werden.

ARA befinden sich hauptsächlich in den tiefer gelegenen Ballungszentren der Schweiz. Unterhalb von ARA befindet sich ein relativ kleiner Anteil der gesamten Flie遝sstrecke des Gewässernetzes. Für diese Flie遝sstrecke stellen ARA aber eine relevante Quelle für ein breites Spektrum von Stoffen dar, das mit dem biologisch gereinigten Abwasser eingetragen wird [10].

Die einzelnen Landnutzungen kommen jeweils entlang von 90-100% der Flie遝sstrecke von grossen Gewässern vor (Fig. 6b). Folglich kann nicht ausgeschlossen werden, dass fast alle grossen Gewässer eine grosse Vielfalt an Mikroverunreinigungen aller betrachteter Quellen enthalten. Mit abnehmender Gewässergrösse sind die jeweiligen Landnutzungen weniger häufig in den Einzugsgebieten vorhanden. Beispielsweise findet man bei grossen Gewässern entlang von 95% der Flie遝sstrecke die Landnutzung «Eisenbahn», bei kleinen Gewässern betrifft dies nur 10% der Flie遝sstrecke. Absolut betrachtet entsprechen jedoch diese 95% Flie遝sstrecke von grossen Gewässern 950 km, wogegen die 10% Flie遝sstrecke kleiner Gewässer mehr als das Doppelte beziehungsweise 2400 km ausmachen.

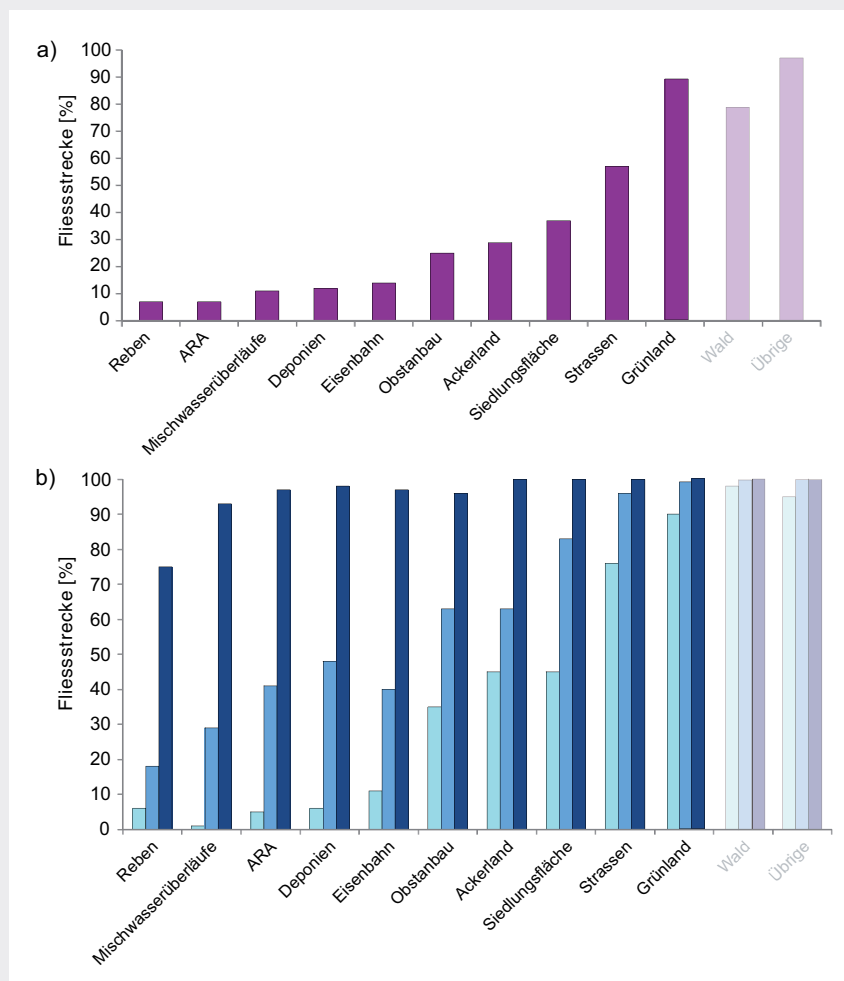


Fig. 6 Anteil Flie遝sstrecke, der potenziell durch eine der betrachteten Landnutzungen beeinflusst ist. «Wald» und «Übrige» werden nicht als relevante Quellen für Mikroverunreinigungen betrachtet, werden hier aber als Vergleichsgrössen trotzdem aufgeführt. a) Schweizweite Auswertung für das gesamte verwendete Gewässernetz (Flie遝sstrecke: rund 64 000 km). b) Auswertung für die topografisch tiefer liegende Hälfte der Schweiz. Hellblau: kleine Gewässer (Flie遝sstrecke: rund 24 000 km), Blau: mittlere Gewässer (Flie遝sstrecke: rund 10 000 km) und Dunkelblau: grosse Gewässer (Flie遝sstrecke: rund 1000 km)

Part des tronçons de cours d'eau qui est potentiellement influencée par l'une des utilisations du sol prises en compte. «Forêt» et «Autres» ne sont pas considérés comme sources pertinentes de micropolluants, mais sont toutefois représentés à des fins de comparaison. a) Évaluation à l'échelle de la Suisse du réseau hydrographique total utilisé (env. 64 000 km). b) Évaluation de la partie basse de la Suisse du point de vue topographique. Bleu clair: petits cours d'eau (env. 24 000 km), bleu: cours d'eau moyens (env. 10 000 km) et bleu foncé: grands cours d'eau (env. 1000 km)

FLÄCHENANTEIL EINER LANDNUTZUNG AM EINZUGSGEBIET

In den Figuren 7 und 8 sind die Flie遝sstreckenanteile dargestellt, auf deren Einzugsgebiete jeweils ein bestimmter Flächenanteil einer Landnutzung entfällt. Die Analyse der Flächenanteile beschränkt sich auf «flächige» Landnutzungen und ist auf Punktquellen nicht anwendbar. ARA und Mischwasserüberläufe wurden daher nicht betrachtet.

Flächenanteile in Einzugsgebieten kleiner Gewässer

Figur 7 zeigt die Flächenanteile einzelner Landnutzungen für kleine Gewässer der topografisch tiefer liegenden Hälfte der Schweiz. Beispielsweise hat es in rund 10% der Einzugsgebiete kleiner Gewässer (resp. entlang von 10 % der Gesamtflie遝sstrecke) zwischen 20 und 40% Ackerland. Die landwirtschaftlich genutzten Flächen (Grünland, Ackerland, Obstanbau, Reben) haben die grössten Flächenanteile an den Einzugsgebieten und können gar bis zu

100% der Einzugsgebietsfläche abdecken. Nur die Siedlungsfläche erreicht ähnlich hohe Flächenanteile. Einzelne Fließgewässer liegen vollumfänglich im Siedlungsgebiet. Strassen, Eisenbahnen und Deponien werden in der Regel nicht in die Fläche gebaut und sind deshalb flächenanteilmässig weniger relevant. Eine Gegenüberstellung der landwirtschaftlich genutzten Flächen macht deutlich, dass eine vergleichsweise lange Fließstrecke hohe Flächenanteile von

Ackerland und Grünland im Einzugsgebiet hat. Ackerlandflächen können bis 80% und mehr der Einzugsgebiete kleiner Gewässer ausmachen und mehr als 35% der Fließstrecke weisen Ackerlandanteile von mehr als 10% auf. Rebbaugelände sowie der flächenanteilmässig bedeutende Teil der Obstanbaugelände kommen dagegen eher in wenigen Anbauregionen verdichtet vor. In einigen Einzugsgebieten finden sich zwar sehr hohe Anteile von Obstanbau- und Rebbaufächen (bis

100%), der Fließstreckenanteil der Gewässer mit solch hohen Flächenanteilen ist aber eher klein.

Flächenanteile in Einzugsgebieten unterschiedlich grosser Gewässer

Die Betrachtung der verschiedenen Gewässergrößen zeigt, dass kleine Gewässer bezüglich der Zusammensetzung der Landnutzung ihrer Einzugsgebiete viel heterogener sind als mittlere und insbesondere grosse Gewässer. In *Figur 8* sind als Beispiel die Flächenanteile von Grünland für kleine, mittlere und grosse Gewässer der topografisch tiefer liegenden Hälfte der Schweiz abgebildet. Bei mehr als 10% der kleinen Gewässer ist der Anteil von Grünland mehr als 60%. Mittlere Gewässer weisen solch hohe Landnutzungsanteile nur auf einem kleinen Anteil der Fließstrecke auf. Grosse Gewässer erreichen nie solch hohe Flächenanteile. Bei kleinen Gewässern ist aber auch die Fließstrecke, die durch Grünland unbeeinflusst ist, relativ lang. Diese grössere Vielfalt der Flächenanteile bei kleinen Gewässern zeigt sich nicht nur beim Grünland, sondern auch bei der Analyse der anderen Landnutzungen (Daten nicht gezeigt). Die grossen Gewässer sind eher durch eine mittlere Landnutzungssituation charakterisiert. Im Hinblick auf eine Landnutzung trifft man extreme Situationen – nicht vorhanden oder stark ausgeprägt – hauptsächlich bei kleinen Gewässern an.

LANDNUTZUNGSKOMBINATIONEN

In rund 60% der analysierten Einzugsgebiete kommen mehrere für Mikroverunreinigungen relevante Landnutzungen vor (*Fig. 9*). Die Fließgewässer, die durch die grösste Anzahl dieser Landnutzungen beeinflusst sein können, befinden sich in den intensiv genutzten Regionen der grossen Talebenen und des Mittellandes. Insbesondere bei grösseren Fließgewässern sind mehrere dieser Landnutzungen im Einzugsgebiet vorhanden (*rot gefärbte Fließgewässer*). Fließstrecken, die nur durch eine einzelne dieser Landnutzungen beeinflusst sein können, liegen mehrheitlich in den topografisch höher gelegenen Gebieten der Voralpen und Alpen. Bei diesen Fließgewässern ist überwiegend Grünland eine mögliche Quelle für Mikroverunreinigungen. Nur ein kleiner Teil der Fließgewässer der Schweiz (rund 5000 km, ca. 8%) sind durch die in der hier präsentierten Analyse betrachte-

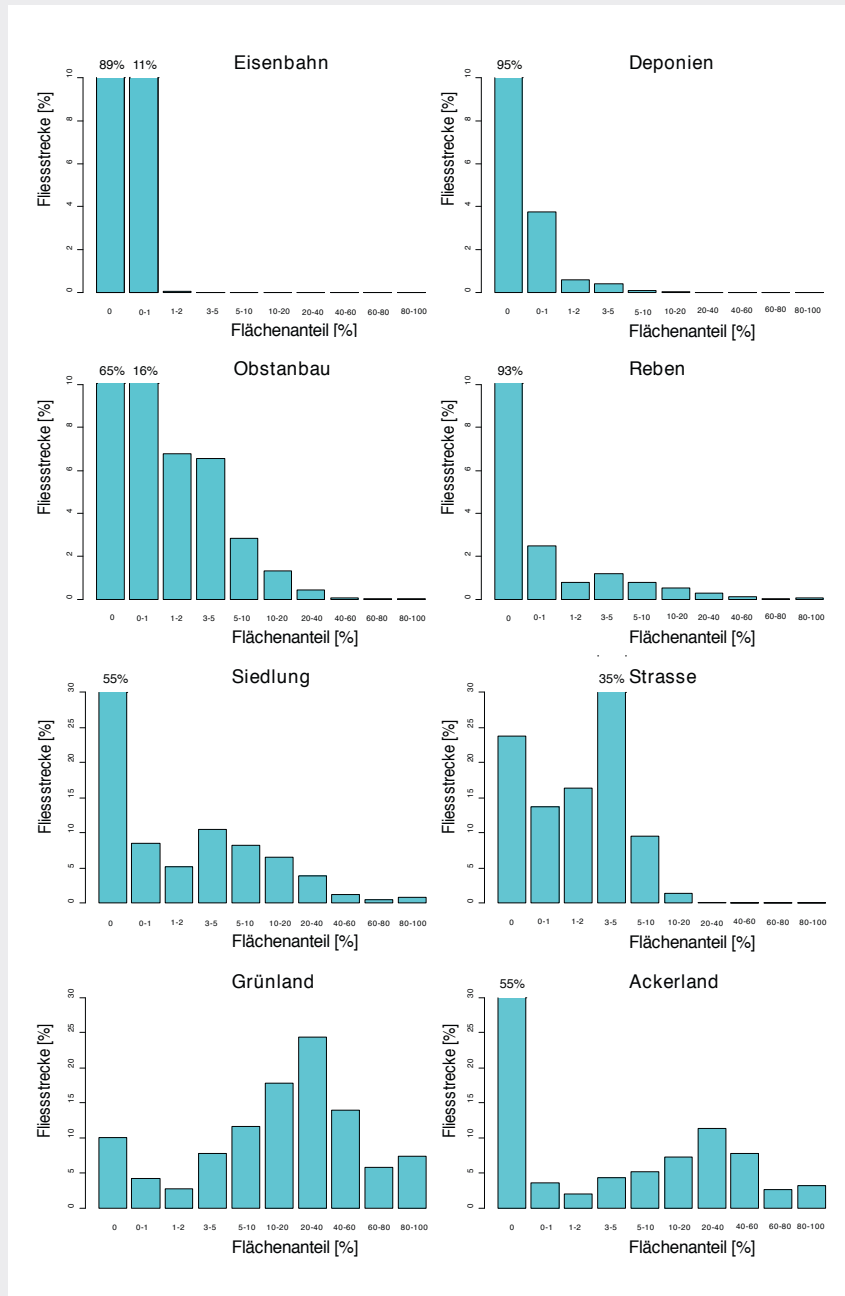


Fig. 7 Flächenanteile einer spezifischen Landnutzung für kleine Gewässer (ohne ARA und Mischwasserüberläufe). Analysegebiet: topografisch tiefer liegende Hälfte der Schweiz. Die berücksichtigte Fließstrecke beträgt rund 24 000 km. Bemerkung: unterschiedliche Y-Achsen
 Pourcentage de superficie d'une utilisation spécifique du sol pour les petits cours d'eaux (sans STEP et déversoirs d'eaux mixtes). Zone d'analyse: moitié la plus basse de Suisse du point de vue topographique. La somme des tronçons de cours d'eau: env. 24 000 km

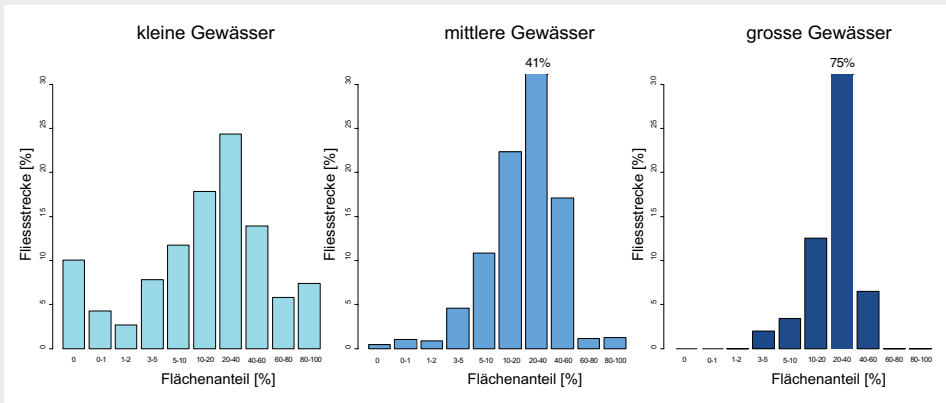


Fig. 8 Flächenanteile von Grünland für kleine, mittlere und grosse Gewässer. Analysegebiet: topografisch tiefer liegende Hälfte der Schweiz. Die berücksichtigte Flie遛strecke beträgt rund 24 000 km für kleine Gewässer; rund 10 000 km für mittlere Gewässer und rund 1000 km für grosse Gewässer
 Pourcentage de superficie de prairies pour les petits, moyens et grands cours d'eau. Zone d'analyse: moitié la plus basse de Suisse. Somme des tronçons pris en compte pour les petits cours d'eau: env. 24 000 km, pour les cours d'eau moyens: 10 000 km, pour les grands cours d'eau: 1000 km

ten Landnutzungen unbeeinflusst. Diese liegen im Alpenbogen oder in tiefer gelegenen und ausschliesslich bewaldeten Gebieten.

Figur 10 zeigt die aufsummierten Flächenanteile aller betrachteten Landnutzungen im Einzugsgebiet eines Gewässerabschnittes. Für mehr als die Hälfte der gesamten Flie遛strecke beträgt dieser Flächenanteil mehr als 40%. Bei einem Viertel der Flie遛strecke beträgt die Sum-

me der Flächenanteile sogar 60% und mehr. Solche hohen Flächenanteile finden sich mehrheitlich in überwiegend landwirtschaftlich genutzten Gebieten im Mittelland (vergleiche Fig. 4 und 9). Hier sind aber, aufgrund der allgemein intensiven Landnutzung und dichten Besiedlung, oft mehrere Landnutzungen für die hohen Flächenanteile verantwortlich. Dagegen werden die hohen Flächenanteile in den Alpen fast ausschliesslich durch

landwirtschaftlich genutztes Grünland verursacht.

ANWENDUNGSBEISPIEL

Landnutzungs-basierte Interpretation von bestehenden Gewässeruntersuchungen
 Die Einträge von Mikroverunreinigungen aus diffusen Quellen führen in Flie遛gewässern oft zu sehr kurzen Konzentrationsspitzen während Regenereignissen (Fig. 11b und 11c). Diese sind in kleinen Gewässern am stärksten ausgeprägt. Da die vollständige Erfassung solcher Konzentrationsspitzen sehr aufwendig ist, werden nur sehr wenige kleine Gewässer umfassend auf Mikroverunreinigungen wie zum Beispiel Pflanzenschutzmittel untersucht.

Über Informationen zur Landnutzung im Einzugsgebiet können aber die Resultate der wenigen vorhandenen Gewässeruntersuchungen auf andere Schweizer Gewässerabschnitte übertragen werden. Die Beurteilung der Repräsentativität, oder Identifizierung von möglicherweise ähnlich belasteten Standorten, ist somit machbar unter der Annahme, dass in vergleichbar grossen Einzugsgebieten mit einer ähnlichen Landnutzung dieselben oder ähnliche Stoffe verwendet werden

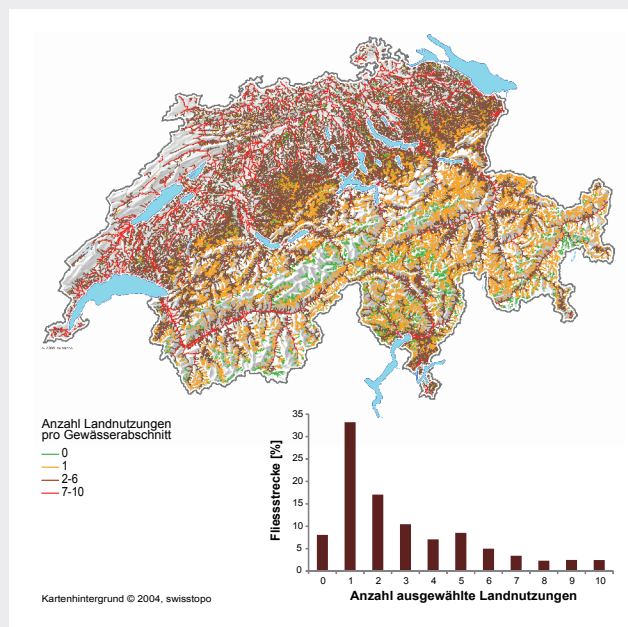


Fig. 9 Anzahl Landnutzungen pro Gewässerabschnitt, aus denen Einträge von Mikroverunreinigungen in das Gewässer erfolgen können. Analysegebiet: ganze Schweiz. Die berücksichtigte Flie遛strecke beträgt rund 64 000 km
 Nombre d'utilisations du sol par tronçon de cours d'eau, pouvant produire des rejets de micropolluants dans l'eau.
 Zone d'analyse: toute la Suisse. Environ 64 000 km de cours d'eau pris en compte

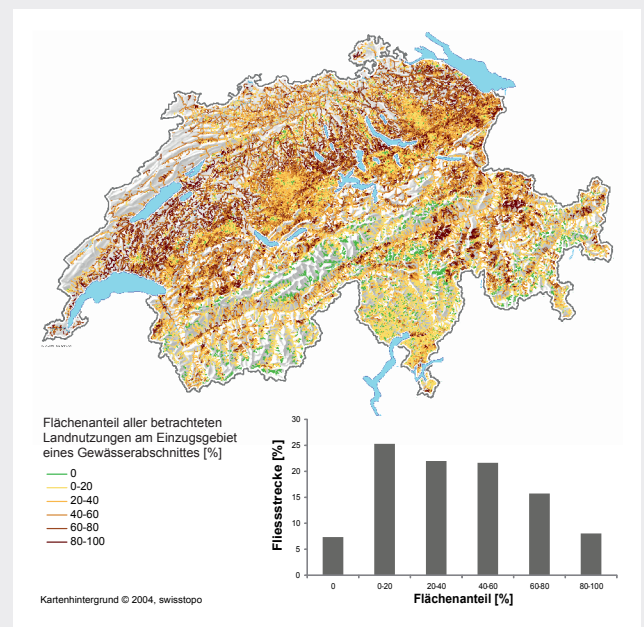


Fig. 10 Flächenanteile der Summe aller betrachteten Landnutzungen im Einzugsgebiet eines Gewässerabschnittes. Analysegebiet: ganze Schweiz. Die berücksichtigte Flie遛strecke beträgt rund 64 000 km
 Superficies de la somme des utilisations du sol prises en compte dans le bassin versant d'un tronçon de cours d'eau.
 Zone d'analyse: toute la Suisse. Environ 64 000 km de cours d'eau pris en compte

und dass die Stoffeinträge vergleichbar sind.

Die Figuren 11b und 11c zeigen für zwei Pflanzenschutzmittel die Konzentrationsdynamik mit Konzentrationsspitzen von rund 40 µg/l für Terbutylazin in einem Untersuchungsgebiet mit etwa 75% Ackerland und von rund 10 µg/l für Isoproturon in einem Untersuchungsgebiet mit etwa 55% Ackerland. In Figur 11a sind die Ackerlandanteile in Einzugsgebieten von kleinen Gewässern dargestellt. Es zeigt sich, dass die untersuchten, ackerbaulich geprägten Einzugsgebiete keine Einzelfälle sind.

Rund 800 km beziehungsweise rund 2700 km der Fliessstrecke kleiner Gewässer weisen mindestens so viel Ackerland im Einzugsgebiet auf wie das Terbutylazin- (Fig. 11b) beziehungsweise das Isoproturon-Studienggebiet (Fig. 11c). Folglich sind in einem bedeutenden Teil der Fliessstrecke von kleinen Gewässern während den alljährlichen Applikationsperioden regelmässig Konzentrationen

von Pflanzenschutzmitteln höher als 10 µg/l möglich.

Die in Figur 11 dargestellten Isoproturon- und Terbutylazin-Konzentrationen liegen deutlich über den in den letzten Jahren an mehr als 500 Standorten anhand einzelnen Stich- oder Mischproben durch Gewässerschutzfachstellen in der Schweiz gemessenen Konzentrationen der beiden Wirkstoffe [7]. Dies ist ein Indiz, dass die im Rahmen des Vollzugs des Gewässerschutzgesetzes durchgeführten Überwachungen des Gewässerzustandes in der Regel den unteren Bereich der tatsächlichen Belastungssituation erfassen, da wie oben ausgeführt davon ausgegangen werden kann, dass die Resultate der hochaufgelösten Messungen keine Einzelfälle sind.

Diese Analysen zeigen, dass die Verknüpfung von Messdaten mit Informationen zur Landnutzung wichtige Hinweise auf die mögliche Belastung eines Gewässers geben kann. Es ist sicher angezeigt, diese Analyse auf weitere Landnutzungen und Stoffe zu erweitern.

FAZIT UND AUSBLICK

In vielen Regionen der Schweiz findet man eine vielfältige und intensive Landnutzung in den Einzugsgebieten der Fliessgewässer. Daraus lässt sich schliessen, dass die stoffliche Belastung dieser Gewässer aus unterschiedlichen Quellen stammt. Abhängig von der Landnutzungsintensität kann die Belastung unterschiedlich gross sein. Die in dieser Studie ausgeführten Landnutzungsanalysen zeigen, dass aufgrund der intensiven Landnutzung in der Schweiz für die Mehrheit der Oberflächengewässer die Möglichkeit für Einträge von Mikroverunreinigungen besteht.

Bei kleinen Gewässern beträgt der Anteil der Fliessstrecke, der potenziell durch Mikroverunreinigungen aus Reben, ARA, Deponien, Mischwasserüberläufen und Eisenbahn belastet sein kann, jeweils weniger als 10% des gesamten Gewässernetzes der Schweiz. Bei Obstbau, Ackerland und Siedlungsflächen sind es rund 40% und bei Strassen und Grünland rund 80%. Grosse Gewässer können dagegen mehrheitlich durch alle Landnutzungen und somit alle betrachteten Quellen für Mikroverunreinigungen beeinflusst sein. Der Flächenanteil einer Landnutzung an der Einzugsgebietsfläche kann bei kleinen Gewässern stark variieren und erreicht auch Extremwerte von 0 oder 100%. Solche Extremwerte werden bei mittleren und grossen Gewässern selten erreicht. Für viele kleine Gewässer sind die Siedlungsflächen sowie Grünland und Ackerland flächenanteilmässig sehr relevant. Reben und Obstbau erreichen selten sehr hohe Flächenanteile. Lokal können aber Einzugsgebiete kleiner Gewässer praktisch ausschliesslich mit Reben und seltener mit Obstbäumen bepflanzt sein. Strassen, Deponien und Eisenbahn sind flächenanteilmässig für kleine Gewässer weniger relevant.

Die hier ausgeführten Analysen zeigten, dass bei einem Grossteil der vielen kleinen Gewässer die Möglichkeit für Einträge von Mikroverunreinigungen besteht. Die Einzugsgebiete dieser Gewässer sind oft durch hohe Anteile einzelner oder sogar mehrerer Landnutzungen charakterisiert. Um dies zu berücksichtigen, sollte bei zukünftigen Planungen von Messkampagnen zunehmend auch diese Gewässer einbezogen werden.

Mit dem erstellten Einzugsgebietsdatensatz können die Schweizer Fliessge-

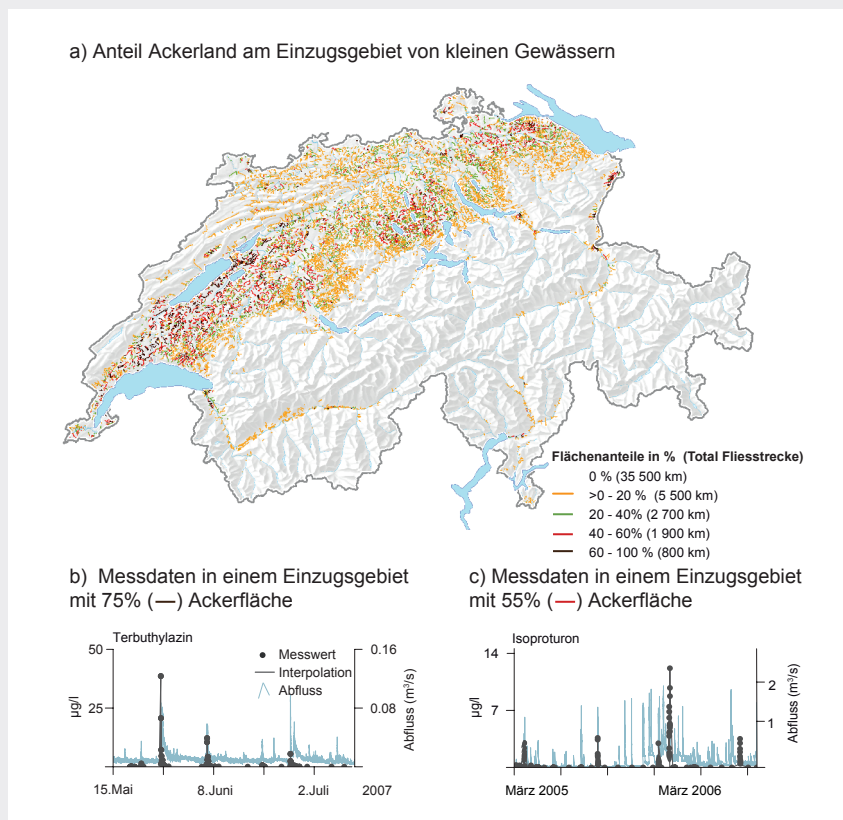


Fig. 11 a) Flächenanteile von Ackerland in Einzugsgebieten kleiner Gewässer
b) Terbutylazin-Konzentrationen in einem kleinen Gewässer (Daten: Doppler et al. [1])
c) Isoproturon-Konzentrationen in einem kleinen Gewässer (Daten: Kanton Bern [11])
Analysegebiet Geodaten: ganze Schweiz

a) Superficies de terres cultivées dans les bassins versants de petits cours d'eau
b) concentrations en terbutylazine dans un petit cours d'eau (données: [1])
c) concentrations en isoproturone dans un petit cours d'eau (données: [11])
Zone d'analyse géodonnées: toute la Suisse

wässer umfassend und abschnittsweise hinsichtlich der Landnutzung charakterisiert werden. Aufgrund des hohen Detaillierungsgrades ist auch die quantitative Analyse von Einzugsgebieten kleiner Gewässer möglich. Dieser Datensatz kann als Grundlage für unterschiedliche Modellierungs-Ansätze, beispielsweise im Bereich der Nährstoffmodellierung oder zur Planung und Auswertung von Monitoring-Programmen, verwendet werden. Für Messkampagnen sind potenziell stark betroffene Fließgewässer oder durch einzelne Quellen unbeeinflusste Fließstrecken identifizierbar. Bestehende Messdaten können anhand der Flächenanteile im Untersuchungsgebiet in einem gesamtschweizerischen Kontext betrachtet und deren Repräsentativität für die Schweiz beurteilt werden. Für entsprechende Anwendungen werden die geometrischen Einzugsgebiete und die aufbereiteten Landnutzungsdaten vom BAFU zur Verfügung gestellt

Die detaillierte Landnutzungsanalyse und die nun vorliegenden Daten liefern die Grundlage für eine umfassende Situationsanalyse zur Relevanz der Quellen für Mikroverunreinigungen. Ist es bei grossen Gewässern eher die Punktquelle ARA, die eine wichtige Quelle darstellt, so können deutlich mehr, insbesondere kleine Gewässer, mehr oder weniger stark durch Stoffeinträge aus diffusen Quellen beeinflusst sein. Für eine abschliessende Beurteilung müssten jedoch zusätzliche Faktoren wie Anwendungsmengen, Transport und Umwandlungsprozesse der innerhalb der jeweiligen Landnutzung verwendeten Stoffe berücksichtigt werden. Eine solche Abschätzung ist

aktuell in Arbeit. Dabei wird ein Modell entwickelt, das Stoffeinträge in die Fließgewässer mittels Emissionsfaktoren bestimmt.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] Doppler, T. et al. (2012): *Spatial variability of herbicide mobilisation and transport at catchment scale: insights from a field experiment*. *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 16, 1947–1967
- [2] Wittmer, I. (2010): *Influence of agricultural pesticide and urban biocide use on load dynamic in surface waters*. Dissertation ETH No. 19323. Schweiz
- [3] Gomides Freitas, L. (2005): *Herbicide Losses to surface waters in a small agricultural catchment. Spatial and temporal variability an influence of substance properties*. Dissertation ETH No. 16076. Schweiz
- [4] Leu, C. et al. (2005): *Comparison of atrazine losses in three small headwater catchments*. *J. Environ. Quality* 34: 1873–1882
- [5] Auckenthaler, A. et al. (2012): *Spurenstoffe in Fließgewässern. Auswirkungen aufs Grundwasser – Fallbeispiele aus dem Kanton Basel-Landschaft*. *Aqua & Gas N° 11*, 60–66

- [6] www.bafu.admin.ch/hydrologie/01835/02118/02120/index.html?lang=de
- [7] Munz, N. et al. (2012): *Pestizidmessungen in Fließgewässern. Schweizweite Auswertung*. *Aqua & Gas N° 11*, 32–41
- [8] Bundesamt für Umwelt (BAFU): *«Einzugsgebietsgliederung der Schweiz» (EZGG-CH)*
- [9] Environmental System Research Institute (ESRI). www.esri.com
- [10] Abegglen, C.; Siegrist, H. 2012: *Mikroverunreinigungen aus kommunalem Abwasser. Verfahren zur weitergehenden Elimination auf Kläranlagen*. Bundesamt für Umwelt, Bern, Umwelt-Wissen Nr. 1214: 210 S.
- [11] Kanton Bern, AWA, Einzugsgebiet Seebach, 2005/06

TITELBILD

Orthophoto: SWISSIMAGE © swisstopo (DV043734)
Landwirtschaftsdaten: Bundesamt für Statistik (BFS), GEOSTAT
Restliche Daten: VECTOR25 © swisstopo (DV002232.1)
Kartenhintergrund © 2004, swisstopo

> SUITE DU RÉSUMÉ

fonction de la source concernée. Dans la plupart des grands cours d'eau, des substances venant de toutes les sources sont prévisibles. Dans plus de 90% des bassins versants, au moins une des utilisations du sol prises en compte est présente, dans 60% des cas, il y en a même plusieurs. La superficie d'une utilisation du sol dans le bassin versant de petits cours d'eau est extrêmement spécifique en fonction de l'utilisation concernée. Ainsi, les zones habitées, les terres cultivées et les prairies couvrent une surface bien plus grande de ces bassins versants que les routes, les déchetteries et les chemins de fer qui n'occupent qu'une petite surface. Plus le cours d'eau est petit, plus une seule utilisation du sol peut dominer l'ensemble du bassin versant. De même on ne trouve les bassins versants sans aucune influence seulement pour les petits cours d'eau. Grâce aux informations relatives à l'utilisation du sol de zones d'analyse existantes de certains petits cours d'eau, leur représentativité a pu être évaluée pour tout le territoire suisse. Les exemples ont prouvé que pour une grande partie des bassins versants avec des terres cultivées près de petits cours d'eau, il était difficile d'exclure des concentrations élevées en produits phytosanitaires.

DANKSAGUNG

Die Autoren bedanken sich bei *Ulrich Sieber, Michael Schärer, Urs Helg, René Gälli* sowie *Juliane Hollender* für das Gegenlesen des Manuskripts.

DIFFUSE EINTRÄGE AUS SIEDLUNGEN

ERGEBNISSE EINER SITUATIONSANALYSE

Regenwassereinleitungen und Mischwasserentlastungen tragen erheblich zu den Frachten im Gewässer bei. Die Situationsanalyse charakterisiert diese Emissionen für Mikroverunreinigungen aus dem häuslichen Abwasser und dem Regenabfluss. Die Modellergebnisse weisen substanzabhängig auf kritische Stellen in kleinen und mittelgrossen Gewässern in verdichteten Siedlungsräumen hin.

Philipp Staufer; Christoph Ort, Eawag

ÉMISSIONS DIFFUSES DE MICROPOLLUANTS PROVENANT DE ZONES HABITÉES

RÉSULTATS D'UNE ANALYSE DE SITUATION

Les eaux usées domestiques et les eaux pluviales des zones habitées sont recueillies et rejetées dans les réseaux mixtes et séparés. Dans les systèmes mixtes, une partie des eaux usées domestiques est rejetée dans les cours d'eau en n'étant pas traitée ou en étant traitée que de façon marginale. Cela ne concerne, dans toute la Suisse, que 3-4% environ des eaux usées domestiques produites annuellement. Pour les substances provenant des eaux usées domestiques comme les médicaments, les émissions suivant cette voie conduisent à des situations très particulières de détérioration de la qualité de l'eau, par exemple en présence de substances présentant un critère de qualité très médiocre ou dans un petit cours d'eau.

De même, les eaux pluviales peuvent contenir de nombreux micropolluants. Citons, par exemple, des biocides conçus pour la protection des matériaux ou des métaux lourds. Les réseaux unitaires d'assainissement et les réseaux d'écoulement des eaux pluviales (regroupés ici sous le terme d'émissions diffuses) conduisent des quantités importantes d'eaux pluviales polluées dans les cours d'eau. Parallèlement, des proportions importantes de micropolluants éliminables des eaux pluviales des réseaux mixtes sont retenues grâce au traitement des eaux polluées dans les STEP. Différentes campagnes de mesure montrent que les émissions diffuses conduisent très rapidement des quantités élevées de micropolluants dans les cours d'eau. Dans une partie du bassin versant du Lac de Greifen, on a pu ainsi identifier un grand nombre de pesticides provenant des zo- >

EINLEITUNG

Eine grosse Anzahl von Substanzen wird in Siedlungen eingesetzt und gelangt nach ihrer Freisetzung ins Abwasser. Darunter sind viele Mikroverunreinigungen (MV), die selbst in geringen Konzentrationen, im Bereich von wenigen Nanogramm pro Liter, in der aquatischen Umwelt zu nachteiligen Einwirkungen führen können. Zum Beispiel werden biozide Wirkstoffe als Schutzmittel (PA6-13) in den Aussenbereichen eingesetzt. In der Schweiz sind ca. 150 Wirkstoffe als Schutzmittel zugelassen [1], darunter Terbutryn, Carbendazim und Diuron. Verschiedentlich wurden bereits MV in Oberflächengewässern in relevanten Konzentrationen nachgewiesen, darunter in der Gürbe [2], Mönchaltorfer Aa [3, 4] und Vuachère [5]. Bei einem Teil der vorgefundenen Substanzen weisen die Kombination der MV und der zeitliche Verlauf der Konzentrationen eindeutig auf die diffusen Einträge aus Regenwassereinleitungen (RWE) und Mischwasserentlastungen (MWE) hin. Aus detaillierten Untersuchungen eines gesamten Einzugsgebietes wurde weiter gefolgert, dass diffuse Emissionen einen grossen Anteil an den Pestizidfrachten im Gewässer ausmachen können [3, 4, 6]. Die möglichen Einträge sind stark abhängig von der Landnutzung im jeweiligen Teileinzugsgebiet.

Daher sollte für die Schweiz in einer ersten Situationsanalyse aufgezeigt werden, wie die Relevanz diffuser Emissionen aus Siedlungen (in der Folge kurz als «diffuse Einträge» bezeichnet) einzuordnen ist. Es wurden die Stoffflüsse von 40 Substanzen analysiert. Die Stoffauswahl basiert wesentlich auf dem Beur-

teilungskonzept für Mikroverunreinigungen [7]. Bei den Arbeiten standen folgende Fragen im Zentrum:

- Wie viel der kanalisierten Abwassermenge wird nicht in einer Abwasserreinigungsanlage (ARA) behandelt?
- Welche Substanzmengen werden auf welchen urbanen Flächentypen eingesetzt?
- Welcher Anteil der eingesetzten Menge gelangt ins Regenwasser oder ins häusliche Abwasser?
- Welche Frachten und Konzentrationen sind aus Mischwasserentlastungen und Regenwassereinleitungen zu erwarten?
- Wie sind die Einträge in der Schweiz räumlich verteilt?

Da Messkampagnen sehr aufwendig sind und in der Regel nur lokal relevante und nicht einfach generalisierbare Aussagen ermöglichen, wurde in dieser Studie auf Messungen verzichtet. Die Stoffflüsse aller Substanzen wurden mit einem Modell analysiert. Das Stoffflussmodell führt flächenhaft vorhandene Daten und das Systemverständnis zur Siedlungsentwässerung zusammen. Damit wurden zwei unterschiedliche Situationen betrachtet:

Situation Rhein

Um die durchschnittlichen Gesamtverhältnisse summarisch zu analysieren, wurden die Frachten im Rhein bei Basel berechnet. Dies erlaubt einen Vergleich mit Messungen, wo der Rhein als «Integrator» dient.

Lokale Situation

Um den Einfluss der diffusen Einträge aus dem Siedlungsgebiet insbesondere auf kleine und mittlere Gewässer besser einschätzen zu können, wurden für ein hypothetisches Einzugsgebiet, das einer kleineren Schweizer Gemeinde entspricht, die Konzentrationen in den jeweiligen Abwasserströmen abgeschätzt.

Die Berechnungen unterliegen Worst-Case-Annahmen und dienen einer ersten Beurteilung der heutigen Situation. In diesem Artikel wird die Vorgehensweise am Beispiel von vier Substanzen illustriert. Die Auswahl spiegelt unterschiedliche Mobilisierungsprozesse im Siedlungsraum und unterschiedliche Eliminationsraten in der ARA wider: Diclofenac (Arzneimittel), Glyphosat und Diuron (Pestizide) sowie Kupfer. In der Diskussi-

on werden die Modellresultate mit Messwerten plausibilisiert und Qualitätskriterien (QK) gegenübergestellt. Es werden zudem Ansatzpunkte diskutiert, wie im Bereich der diffusen Einträge von MV aus dem Siedlungsbereich breit abgestützte Strategien und Handlungsoptionen entwickelt werden können.

SZENARIENBASIERTE STOFFFLUSSANALYSE

Die diffusen Einträge wurden in mehreren Szenarien betrachtet, die Worst-Case-Annahmen repräsentieren sollen. Die Analyse unterscheidet zwei Betrachtungsweisen: die Situation im Rhein bei

Basel (*Situation Rhein*) und die lokale Situation.

SITUATION RHEIN

Für die *Situation Rhein* werden die jährlichen Frachten abgeschätzt, die aus der Siedlungsentwässerung in die Fließgewässer gelangen. Im Rhein fließen 67% der gesamtschweizerischen ARA-Einleitungen zusammen. Um den Beitrag aus Siedlungen näher zu quantifizieren, wurden die schweizweiten Verhältnisse der Entwässerungssysteme, der urbanen Wasserbilanz und der Landnutzung ermittelt. Eine Reihe von Merkmalen ist in *Tabelle 1* dargestellt. Aus der urbanen Wasserbilanz wurde hergeleitet, dass im

Kenngrösse	Mittelwert	Bemerkungen	Ref
<i>Regenwasser</i>			
Anteil Mischsystem	70%	56 680 ha _{red} ^{al} vgl. Herleitung [9]	[11]
Anteil Trennsystem	30%	21 720 ha _{red} vgl. Herleitung [9]	[11]
Anteil Versickerung	10%	kantonale Umfrage von 2005	[12]
<i>Trockenwetterabfluss</i>			
Einwohnerzahl	7,8 Mio. E	entspricht einer durchschnittlichen Einwohnerdichte von 108 E/ha _{red}	
Fremdwasser	50% Fremdwasseranteil	In Anlehnung an die Bemessung von Kanalisationsnetzen wird der Fremdwasseranfall zu 100% des häuslichen Abwasserabflusses angenommen	
häuslicher Abwasseranfall (Schmutzwasser)	200 l/E/d	Trockenwetter von 400 l/E/d (Auswertung von 200 ARA, VSA Zahlen, Daten nicht veröffentlicht)	
Exfiltration	5,5%	als arithmetischer Mittelwert aus der Spanne zwischen 1 und 11%	[13]
<i>Mischwasserbehandlung¹</i>			
Regenwasserbehandlung in der ARA	1,1 l/s/ha _{red}		[14]
Entlastungsvolumen	26 m ³ /ha _{red}	Im Kanton Bern beläuft sich der Median der spezifischen Regenbeckenvolumina auf 26 m ³ /ha _{red} (Minimum 7 m ³ /ha _{red} , Maximum 76 m ³ /ha _{red})	Daten: [15]
Entlastungsvolumen in % des kanaliserten Regenabflussvolumens (Entlastungsrate, e ₀)	33%	Entlastungsraten von 25% bis 45% des abflusswirksamen Volumens, wenn ein spezifisches Speichervolumen von 20 bis 40 m ³ /ha _{red} vorhanden ist. 67 des gefassten Regenabflusses gelangte zur ARA.	[16]
Kumulierte Dauer des Regenabflusses pro Jahr	880 h	10% eines Jahres	
Anteil des häuslichen Abwassers am Entlastungsvolumen	3,5%	Für eine Herleitung wird auf [9] und [8] verwiesen; 3,1% nach [17] bzw. 3,3% nach [18], 4,4% [19]	
<i>Urbane Wasserbilanz</i>			
Häusliches Abwasser im Mischsystem (MS)	380 Mio. m ³ /a	Differenz von häuslichem Abwasser zu Fremdwasser resultiert aus Exfiltration	
Fremdwasser im MS	400 Mio. m ³ /a		
Regenabfluss			
- im Trennsystem	205 Mio. m ³ /a		
- im Mischsystem	480 Mio. m ³ /a		
^{al} Mit den Abflussbeiwerten (z. B. [20]) wird die Siedlungsfläche zu einer einzigen quasi undurchlässigen Fläche (ha _{red}) abgemindert			

Tab. 1 Kenngrößen der Stoffflussanalyse zur Beschreibung der Eigenschaften der Entwässerungssysteme
Grandeurs caractéristiques de l'analyse des substances pour décrire les caractéristiques des réseaux d'assainissement

Mittel 3–4% des jährlichen häuslichen Abwasservolumens über MWE in die Gewässer gelangt (Details siehe [8, 9]). Dies konnte mit gemessenen Koffeinfrachten im Rhein bei Basel plausibilisiert werden [9], weil Koffein in ARAs nahezu vollständig eliminiert wird. Entsprechend liegen die Frachten diffuser Einträge, die ausschliesslich über das häusliche Abwasser eingetragen werden, in dieser Grössenordnung. Die Ergebnisse werden zur Einordnung Messwerten aus der Rheinüberwachungsstation Weil am Rhein gegenübergestellt. Eine allfällige Überschreitung der QK durch Mischwasserentlastungen ist nur für Substanzen mit sehr tiefen Wirkkonzentrationen, wie beispielsweise hormonaktive Substanzen, zu erwarten.

LOKALE SITUATION

Die lokale Situation ist typisch für ein kleines Fliessgewässer. Dabei wird eine hypothetische Gemeinde betrachtet, bei der sowohl die undurchlässige Fläche (32 ha_{red}), Bevölkerung (3300 Einwohner) wie auch Landnutzungsverteilung dem Median der Schweizer Gemeinden entsprechen. Bei der lokalen Situation wird zwischen MWE und RWE differenziert. Das Starkregenszenario ist direkt mit anderen Teilprojekten zu diffusen Quellen (s. weitere Fachartikel in dieser Aqua & Gas-Ausgabe) vergleichbar: In diesem Szenario wird davon ausgegangen, dass von der mittleren Jahresniederschlagshöhe im Mittelland (1050 mm/a) 10% an einem einzigen Tag anfallen. Gleichzeitig wird unabhängig von der Mobili-

sierung der Einzelstoffe auch 10% der Jahresfracht durch Regenwasser in das Entwässerungssystem eingetragen. Aus Untersuchungen zu MWE ist bekannt, dass gerade lang andauernde Regenereignisse zu kritischen Konzentrationen von gelösten Stoffen im Gewässer führen können [10]. Daher wurde für die lokale Betrachtungsweise im Mischsystem ein weiteres Regenszenario formuliert: Im Dauerregenszenario wird simuliert, wie die gesamte, jährliche Regenmenge gleichmässig innerhalb von 10% der Zeit, also an aufeinanderfolgenden 36,5 Tagen, anfällt. Für den Vergleich mit dem Starkregenszenario wird dabei ein einzelner Tag aus dem Dauerregenszenario betrachtet.

MOBILISIERUNG UND EINTRAG IN DIE KANALISATION

INHALTSSTOFFE AUS HÄUSLICHEM ABWASSER

Im häuslichen Abwasser sind viele Haushalts- und Reinigungschemikalien sowie Arzneimittel enthalten. Diese und weitere Substanzen führen zu einer grösseren Stoffvielfalt im häuslichen Abwasser als im Regenabfluss. Die Fracht im Abwasser wird anhand von Messdaten oder über die personenbezogenen Verkaufs- und Verbrauchsmengen und einem Faktor für den Anteil, der unverändert in die Kanalisation gelangt, abgeschätzt. Weil das häusliche Abwasser im Trennsystem nicht mit Regenwasser vermischt wird, wird die nationale Fracht auf 70% reduziert, was dem Anteil der Mischsysteme

in der Schweiz entspricht. In Tabelle 2 kann diese Vorgehensweise am Beispiel von Diclofenac nachvollzogen werden.

MIKROVERUNREINIGUNGEN IM REGENABFLUSS

Die Liste der Substanzen, die über den Regenabfluss in die Kanalisationen gelangen, ist lang. Konzeptionell werden die MV im Hinblick auf ihre Mobilisierung unterschieden.

Pflanzenschutzmittel am Beispiel von Glyphosat

Die Mobilisierung der Pflanzenschutzmittel und Biozide wird über einen Auswaschfaktor beschrieben. Er gibt an, welcher Anteil eines Substanzdepots in den Regenabfluss gelangt. Der Auswaschfaktor wurde für Pflanzenschutzmittel konservativ auf 15% geschätzt. Zum Vergleich: Bei landwirtschaftlichen Pestiziden gehen in der Grössenordnung von 0,5 bis 3,5% der Einsatzmenge in den Oberflächenabfluss über [22]. Die Stoffeinträge erfolgen oftmals saisonal.

Bei den Pflanzenschutzmitteln, die im urbanen Raum eingesetzt werden, scheint der Einsatz im privaten Bereich von grosser Bedeutung zu sein [23]. Detaillierte Kenntnisse über die Einsatzmengen von Glyphosat auf befestigten Flächen (Wegen) fehlen. Es wurde angenommen, dass 1% der insgesamt im privaten Bereich auf Grünflächen eingesetzten Menge auf befestigten Flächen verwendet wird. Für Glyphosat sind die Beiträge der einzelnen Nutzungsarten in Tabelle 3 aufgelistet. Daraus ergibt sich eine Belastung des urbanen Regenabflusses in der Schweiz von rund 11 300 kg/a.

Materialschutz am Beispiel von Diuron

Eine wichtige Gruppe der urbanen regengetriebenen MV sind biozide Wirkstoffe aus dem Materialschutz. Substanzen aus dem Materialschutzmittel in Aussenbereichen können das ganze Jahr über in die Umwelt freigesetzt werden. Die beobachteten Fracht- und Konzentrationsvariabilität von Bioziden innerhalb eines Abflussereignisses können gerade bei neugefertigten Oberflächen hoch sein [24]. Die hohe Variabilität mittelt sich aus, wenn man grössere Einzugsgebiete mit zahlreichen Einleitstellen betrachtet. Diuron dient hier als Beispiel für eine Mikroverunreinigung (MV), die im Fassadenschutz eingesetzt wird (Tab. 4).

Name	Einsatzmenge CH	Anteil unverändert ausgeschieden	Mobilisiert Eintragspfad häusliches Abwasser	Mischsystem (70%) häusliches Abwasser
Diclofenac	kg/a 5411 ^{a)}	(-) 0,16 ^{b)}	kg/a 866	kg/a 606

^{a)} [7]; ^{b)} [21]

Tab. 2 Quantifizierung des Eintragspfads häusliches Abwasser am Beispiel von Diclofenac
Quantification de la voie de diffusion des eaux usées avec l'exemple du diclofénac

Urbaner Raum	Grünflächen				Wege	Regenabfluss CH mobilisiert ^{d)}
	priv. Raum	GALA ^{a)}	öffentl. Grünflächen	Auswaschfaktor		
kg/a	kg/a	kg/a	kg/a		kg/a	kg/a
71 522 ^{b)}	58 868	11 988 ^{c)}	666 ^{c)}	0,15	600	11 328

^{a)} GALA: Garten- und Landschaftsbau; ^{b)} [61], ^{c)} [6], ^{d)} Summe Trenn- und Mischsystem

Tab. 3 Einsatzmengen und Mobilisierung von Glyphosat im urbanen Raum nach Flächennutzungsart
Quantité d'utilisation et mise en œuvre du glyphosate dans les zones urbaines

	Einsatzmenge CH	Auswaschfaktor für den Regenwasserpfad	Regenabfluss CH mobilisiert ^{a)}
	kg/a	(-)	kg/a
Diuron	23 625	0,29 ^{c)}	1712

^{a)} nur ein Viertel der Fassadenfläche (eine von vier Fassaden) wird berechnet, daher wird der Eintrag weiter reduziert; ^{b)} [25] aus [7]; ^{c)} [26]

Tab. 4 Einsatzmengen und Mobilisierung von Diuron aus Fassaden im urbanen Raum
Quantité d'utilisation et mise en œuvre du Diuron provenant des façades des espaces urbains

häusliches Abwasser	Dächer/ Fassaden	Ver- kehrsf- flächen	Grünflächen ^{e)}			Regen- abfluss	Summe urban ^{f)}
			priv. Raum	öffentl. Raum	Auswasch- faktor		
kg/a	kg/a	kg/a	kg/a	kg/a	kg/a	kg/a	kg/a
56 160 ^{a)}	50 544 ^{b)}	11 640	1134 ^{c)}	63 ^{c)}	0,15 ^{d)}	62 364	118 524

^{a)} [28], ^{b)} [29], ^{c)} [27] ^{d)} Der Auswaschfaktor wurde wie bei Glyphosat konservativ angesetzt, ^{e)} als Summe von elementarem Kupfer und Kupfer als Hydroxid, ^{f)} Summe aus Misch- und Trennsystem

Tab. 5 Quantifizierung der Eintragspfade häusliches Abwasser und Regenwasser am Beispiel Kupfer [in kg/a]

Quantification de la voie de diffusion des eaux usées et des eaux pluviales en utilisant l'exemple du cuivre [kg/a]

Substanz	numerische An- forderungen GSchV ^{c)}	chronisches Qualitätskriterium (CQK)	akutes Qualitätskriterium (AQK)
Diclofenac		50 ng/l ^{a)}	(700) µg/l ^{b)}
Diuron	100 ng/l	20 ng/l ^{a)}	60 ng/l ^{a)}
Kupfer (ges) ^{d)}	5 µg/l	5 µg/l ^{f)}	-
Glyphosat	100 ng/l	11-196 µg/l ^{f)}	wie CQK oder höher

^{a)} [30], ^{b)} kein Vorschlag [30]: hier: aus [7], ^{c)} [31], ^{d)} ges: gesamt, ^{e)} erster Vorschlag des Ökotoxizitätskriteriums zu QK, ^{f)} [43] g) ökotoxikologisch basierte Vorschläge von 7 EU-Mitgliedsstaaten [32]

Tab. 6 Verwendete Qualitätskriterien der vier Beispielsubstanzen
Critères de qualité utilisés pour les quatre substances étudiées

UBIQUITÄRE MIKROVERUNREINIGUNGEN

Am Beispiel von Kupfer soll demonstriert werden, wie die Stoffmodellierung für eine Substanz durchgeführt wird, die aus sechs Quellen stammt und somit allgegenwärtig (ubiquitär) ist (Tab. 5). Kupfer gelangt sowohl über das häusliche Abwasser (47%) als auch über das Regenwasser (Dächer/Fassaden: 42%) in die Kanalisation. Der städtische Verkehr macht rund 10% aus. Die Emissionen aus dem Strassenverkehr wurden mit 8880 kg/a und die Emissionen aus den Fahrleitungsdrähten (Tram, Trolleybus) mit 2760 kg/a berücksichtigt. Der verbleibende Anteil von weniger als 1% geht auf die Applikation von Pflanzenschutzmitteln auf Grünflächen zurück [27].

RELEVANZANALYSE – VERGLEICH MIT QUALITÄTSKRITERIEN

Um einen Vergleich mit ökotoxikologisch basierten Qualitätskriterien (QK) zu ermöglichen, werden alle Frachten in Kon-

zentrationen umgerechnet. Falls keine neueren ökotoxikologisch basierten QK vorhanden sind, wird auf andere Werte, z.B. auf die numerischen Anforderungen an die Wasserqualität der Gewässerschutzverordnung (GSchV) oder Vorsorgewerte, zurückgegriffen.

In der *Situation Rhein* wird auf Basis der Jahresdurchschnittskonzentrationen und chronischen QK (CQK) bewertet (Tab. 6). Hierfür werden die täglichen Frachten aus der Modellberechnung für den Rhein auf die Verteilung des täglichen Gewässerabflusses aus den Jahren 2008 und 2009 bezogen [33]. Im Jahresmittel liegt der Abfluss im Rhein bei rund 1000 m³/s [30].

Bei der *lokalen Situation* werden Abwasserkonzentrationen im Überlaufwasser des Mischsystems bzw. im Regenwasser des Trennsystems (Einleitkonzentrationen) betrachtet, weil die urbanen Abflüsse gerade bei kleinen Gewässern den Gewässerabfluss leicht übersteigen können.

Die Einleitkonzentrationen werden, wenn vorhanden, mit den akuten QK (AQK) (Tab. 6) verglichen.

REGENGETRIEBENE MIKROVERUNREINIGUNGEN

SITUATION RHEIN

Mit steigendem Anteil der Jahresfracht im Regenwasser oder mit zunehmender Elimination in der ARA gewinnen die diffusen Einträge an Bedeutung. Die Emissionen aus MWE machen bei Diclofenac, der Beispielsubstanz für häusliches Abwasser, 4% der Fracht im Gewässer aus (Tab. 7). Die diffusen Emissionen summieren sich bei den drei übrigen Beispielsubstanzen auf über 50% an der Gesamtemission der urbanen Entwässerungssysteme. Die internationale Kommission zum Schutz des Rheines (IKSR) berechnete die Kupferfrachten aus der Schweiz für verschiedene Eintragspfade [34]. Der Anteil der urbanen Fracht an der Gesamtfracht beträgt nach IKSR 62% (MWE: 11%, RWE: 17%, ARA: 34%). Dieser Wert wie auch die Grössenordnung der absoluten Werte stimmt mit den Berechnungen dieser Studie überein.

Des Weiteren ist ein direkter Vergleich der Frachten der regengetriebenen Substanzen aus Misch- und Trennsystemen interessant. Eine Analyse von Glyphosat und Diuron, die beide über den Regenabfluss in die Kanalisation gelangen, erlaubt die Eliminationsleistung der ARA im Mischsystem zu quantifizieren. Der hohe Wirkungsgrad von 80% führt bei Glyphosat dazu, dass der Frachtanteil über die ARA nur 15% beträgt. Eine Verbesserung der Eliminationsleistung der ARA hätte demzufolge nur eine begrenzte zusätzliche Reduktion der Gesamtemission zur Folge. Bei einer Steigerung der Elimination in der ARA von 80 auf 95% würde sich die Gesamtemission nur um 8% reduzieren. Für eine massgeblichere Steigerung der Eliminationsleistung müsste die Aufnahmekapazität von Regenwasser in der ARA vergrössert werden. Bei Diuron ist der Frachtanteil über die ARA deutlich höher. Eine Verbesserung der Eliminationsleistung aller ARA von 80 auf 95% würde die urbane Gesamtemission im Rheineinzugsgebiet von 1088 kg/a auf 609 kg/a reduzieren (Reduktion um 44%).

Table 7 ermöglicht ebenfalls einen qualitativen Vergleich mit gemessenen Frachten aus dem Rhein. Mit den Messungen wurden jedoch alle Emissionen

		Diclofenac	Kupfer	Glyphosat	Diuron
Emissionsverhalten Regenwasseranteil	%	ganzjährig 0	ganzjährig 50	saisonal 100	ganzjährig 100
<i>Emissionen aus Abwasserreinigungsanlagen (ARA)</i>					
Eliminationswirkungswirkungsgrad ARA	%	25 ^{a)}	80 ^{c)}	hoch (80 ^{a)})	0 ^{d)}
Rhein	kg/a	376 ^{a)}	10814 10055 ^{b)}	641	481
<i>Emissionen aus Mischwasserentlastungen (MWE)</i>					
MWE	kg/a	14	9609	1578	239
<i>Emissionen aus Regenwassereinleitungen (RWE) im Trennsystem</i>					
RWE	kg/a	-	11225	2039	308
<i>Summe der urbanen Emissionen</i>					
RWE+MWE+ARA	kg/a	390	31648	4254	1088
<i>Anteil an der urbanen Fracht</i>					
MWE		4	30	37	23
RWE		-	35	48	30
Summe	%	4	65	85	53
ARA		96	35	15	47
<i>Messungen (alle Quellen, nicht nur urbane)</i>					
Rhein	kg/a	547 ± 237 ^{b)}	54923 ^{f)}		^{e)} 157-233
urbaner Anteil	%	72	63		

^{a)} [21], ^{b)} [35], ^{c)} [29], ^{d)} [36] ^{e)} REF Rheinüberwachungsstation Basel, Daten: 2008–2011, ^{f)} [33], ^{g)} die Datenlage ist noch ungenügend, jedoch existieren Laboruntersuchungen, die eine Elimination > 90% belegen [37]. Insofern wird eine hohe Eliminationsrate in der mechanisch-biologischen Abwasserreinigung erwartet. Der Eintrag zur ARA ist 4781 kg/a Glyphosat.

Tab. 7 Rheinszenario: Zusammenfassung der Ergebnisse der Stoffflussanalyse
Scénario du Rhin: récapitulatif des résultats de l'analyse des flux de substances

erfasst, nicht nur die urbanen Quellen. Im Weiteren fallen die jeweiligen Abbauprozesse im Gewässernetz ins Gewicht. Abbauprozesse sind gerade bei langen Aufenthaltszeiten in Seen massgebend. Diese Aspekte und die konservativen Annahmen der Szenarien führen bei den Pestiziden zu einer Überschätzung der Frachten. Abgeschätzten Diuronfrachten von 1088 kg/a stehen Hochrechnungen aus Messungen der Jahre 2008 bis 2011 von 157 bis 233 kg/a gegenüber [38].

Dauerbelastung im Rhein -
Ableitung von Gewässerkonzentrationen
Die berechneten Konzentrationen der vier Stoffe im Rhein (Boxplots in Fig. 1) zeigen, dass mit der (szenarienbasierten) Stoffflussanalyse Prioritäten identifiziert werden können, z.B. für eine vertiefte Stoffbilanzierung oder für die Auswahl von Stoffen für Monitoringprogramme. Für Diclofenac, Kupfer und Glyphosat führen die durchschnittlichen Tagesfrachten zu keiner Überschreitung des CQK. Bei Diuron sind jedoch Überschreitungen nicht auszuschliessen. Es handelt sich jedoch hier um eine Worst-Case-Betrachtung, d.h. selbst wenn das QK rechnerisch überschritten wird, ist nicht unmittelbar

auf eine tatsächliche Überschreitung oder ökologische Wirkung zu schliessen. Dieser Fall liegt bei Diuron vor, bei dem die gemessenen Gesamtfrachten deutlich unter den Worst-Case-Abschätzungen lie-

gen. Zudem wird bei Diuron zwar das CQK rechnerisch erreicht, jedoch das AQK von 60 ng/l nicht überschritten. Üblicherweise werden die meisten Substanzen aus Niederschlagswassereinleitungen mit akuten Effekten in Verbindung gebracht. Für eine Vertiefung der Stoffbilanzierung müssen auf jeden Fall die bereits erwähnten Umwandlungsprozesse im Gewässer berücksichtigt werden.

LOKALE SITUATION

Modellerggebnisse

Im Dauerregenszenario betragen die Konzentrationen von Diclofenac etwa das Dreifache der Konzentrationen bei Starkregen (Tab. 8). Die Momentanfrachten sind jedoch ähnlich hoch, was entscheidend wird, wenn das aufnehmende Gewässer nur einen geringen Abfluss besitzt. In diesem Fall kann der Entlastungsabfluss leicht die Grössenordnung des Gewässerabflusses erreichen. Im speziellen Fall von Diclofenac liegt jedoch bereits die Konzentration im mit Regenabfluss verdünnten Abwasser vor der Einleitung deutlich unterhalb des AQK.

Bei den regengetriebenen Substanzen sind die Unterschiede zwischen den Konzentrationen im Misch- und Trennsystem (in der Kanalisation vor Verdünnung mit Gewässer) marginal und sie sind höher als die QK. Ob die QK auch im aufnehmenden Gewässer überschritten werden,

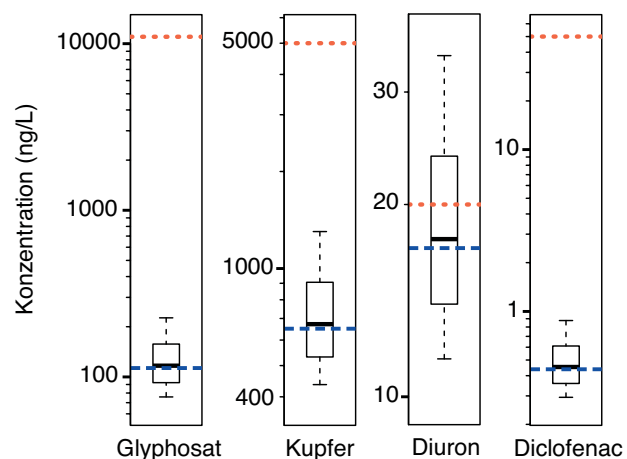


Fig. 1 Boxplots der Konzentrationsverteilung im Rhein basierend auf der Stoffflussmodellierung und der Verteilung der Tagesabflüsse Weil am Rhein von 2008/09 [30]. Weitere Angaben: gepunktete rote Linie = CQK nach Tabelle 6; gestrichelte blaue Linie = Ergebnis bei mittlerem Abfluss von 1013 m³/s

Boîtes à moustaches de la répartition des concentrations dans le Rhin en se basant sur des modèles de flux de substance et la distribution des eaux du ruissellement quotidien de Weil-am-Rhein à partir de 2008/09. [30] Autres données: ligne pointillée rouge = CQ selon le tableau 6; ligne pointillée bleue = résultat pour un module moyen de 1013 m³/s

		Diclofenac	Kupfer	Glyphosat	Diuron
Qualitätskriterium	µg/l	700	5	11–196	0,02
Überlaufwasser Mischsystem Stoffflussmodell					
<i>Dauerregen</i>	µg/l	0,094	69,4	11,5	1,74
<i>Starkregen</i>	µg/l	0,028	69,9	12,4	1,87
Messwerte ^d (min – max)	µg/l	<NG–0,44	40,8–330	0,06–2,0–3,4	<NG – 0,628
Trennsystem Regenwasserkanal Stoffflussmodell					
<i>Starkregen</i>	µg/l	–	70,7	12,8	1,91
Messwerte ^d (min–max)	µg/l	–	5–6000 ^{a)} 40–1950 ^{b)}	0,05–20	<NG–0,14

^{a)} Dachabwasser [39], ^{b)} Strassen und Plätze [39], ^{d)} aus Untersuchung REXPO [3, 4, 6, 40],
<NG: kleiner Nachweisgrenze

Tab. 8 Berechnete Konzentrationen an der Einleitung vor der Vermischung im Gewässer in µg/l
(Qualitätskriterien vgl. Tab. 6)

Concentrations calculées au moment du déversement, avant le mélange dans les cours d'eau,
en µg/l (pour les critères de qualité, voir Tab. 6)

hängt von der Verdünnung im Gewässer, den oberhalb gelegenen Einleitungen und ggf. von der Hintergrundbelastung ab. Von den diffusen Einträgen sind daher kleine bis mittelgrosse Gewässer aufgrund des geringeren Verdünnungspotenzials stärker betroffen.

ereignis mit einer Wiederkehrperiode > 50 Jahre und hoher Mobilität).

Auch hier erlaubt einzig die Überschreitung von QK durch berechnete Konzentrationen keine abschliessende Bewertung über Wirkungen im Gewässer. Dazu sind vertiefte Abklärungen notwendig.

DIFFUSE MV-EMISSIONEN AUS SIEDLUNGEN

URBANISIERUNGSINDEX ZUR IDENTIFIZIERUNG VON SCHWERPUNKTEN

Bezüglich der Einträge von MV unterscheiden sich die beiden wichtigen Entwässerungssysteme. Das Mischsystem ist mehr auf den Rückhalt von Regenwasser ausgelegt. Daher sind dort einzelne bedeutende Abflussereignisse an den Einleitstellen relevant. Das Trennsystem weist deutlich mehr Einleitstellen auf als das Mischsystem. Insgesamt führt dies durchschnittlich zu kleineren Flächen, die einer Einzeleinleitung zugeordnet sind, sowie zu einer höheren Anzahl Abflussereignisse. Dadurch ist im Trennsystem der diffuse Charakter der Einträge stärker betont. Für die Beurteilung einer Einzeleinleitung ist wichtig zu wissen, welche Substanzen auf der (kleinen) entwässerten Fläche vorkommen/verwendet werden. Dazu muss die Vorbelastung des und dessen Wasserführung im Gewässer ebenfalls beurteilt werden. Als Hilfsgrösse kann der sogenannte Urbanisierungs-

EINORDNUNG DER WORST-CASE- BETRACHTUNGEN

Dem Starkregenszenario liegt zugrunde, dass 10% der regengetriebenen Jahresfracht an einem einzelnen Tag mobilisiert wird. Daraus resultieren hohe Pestizidkonzentrationen im verschmutzten Abwasser. Da bei Diuron die Mobilisierung aus Fassaden durch Materialeigenschaften begrenzt wird, führt dies zu einer Überschätzung der Konzentrationen im Regenabfluss und Überlaufwasser. Im Vergleich zu den Diuron-Messdaten des Projektes REXPO [3, 4, 6, 41] sind die modellierten Einleitkonzentrationen im Trennsystem einen Faktor 14 höher. Bei Glyphosat überschätzt das Starkregenszenario die maximalen Messwerte im Mischsystem um den Faktor 4, wohingegen im Regenwasserkanal sogar höhere Konzentrationen von bis zu 20 µg/l gemessen wurden. Beim Arzneimittel Diclofenac liegt das Modellergebnis zwischen Maximal- und Mittelwert der Messkampagne in REXPO [3, 4, 6, 41].

Die Abweichungen zwischen Modell und Messdaten sind insoweit nicht überraschend. Zum einen bildet das Modell nicht das untersuchte Einzugsgebiet ab; zum anderen beinhalten die Messkampagnen nicht die konservativen Rahmenbedingungen des Szenarios (extremes Regen-

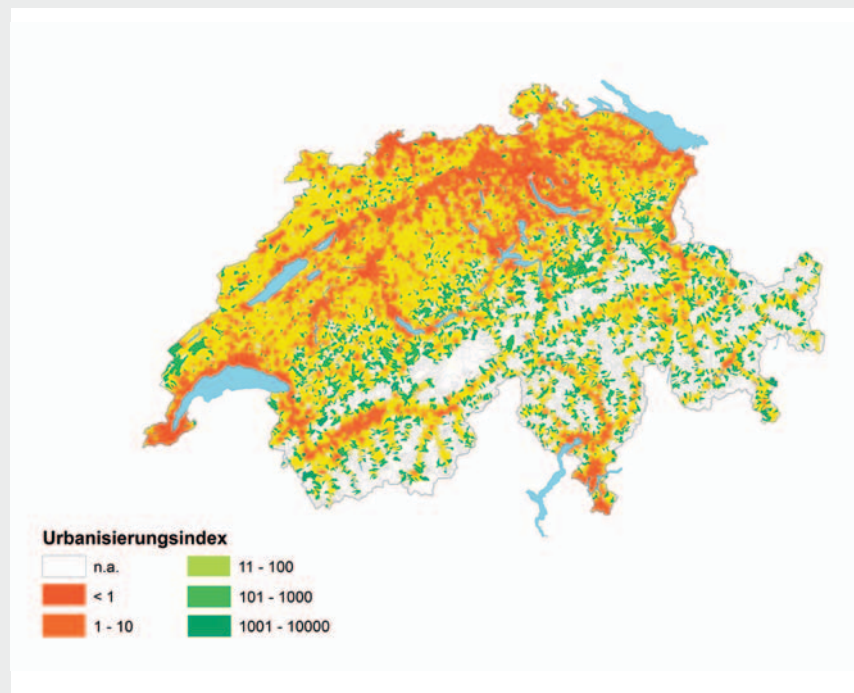


Fig. 2 Urbanisierungsindex der hydrologischen Einzugsgebiete. Der Urbanisierungsindex stellt das Verhältnis von langsam abfließenden (natürlichen) Flächen zu den urbanisierten Einzugsgebietsflächen dar. Je höher der Wert, umso geringer sind die zu erwartenden diffusen Emissionen pro km² Einzugsgebietsfläche (Bild: swisstopo (Art. 30 GeoIV): 5 704 000 000/ EZGG-CH®2011; vektor25®2007, Arealstatistik des Bundesamtes für Statistik [42] (reproduziert mit Bewilligung von swisstopo / JA100119)

Indice d'urbanisation des bassins hydrologiques. L'indice d'urbanisation indique le rapport entre les surfaces à ruissellement lent (naturel) par rapport aux bassins versants urbanisés. Plus cette valeur est élevée, plus les émissions diffuses escomptées par km² de bassin versant sont faibles.

index dienen (Herleitung siehe [9]). Er beschreibt das Verhältnis zwischen dem nicht urbanisierten Teil des Gewässereinzugsgebietes (natürlicher Abfluss) und der kanalisiert Siedlungsfläche (urbane Abfluss). Der Urbanisierungsindex ist tief, wenn die Bevölkerungsdichte hoch ist (Fig. 2). Bei kleinen Urbanisierungsindizes ist von einem geringeren Puffer gegenüber diffusen Einträgen und höheren möglichen flächenspezifischen Emissionen auszugehen als bei höheren Werten. In den stark verdichteten Gebieten bzw. in Gebieten mit tiefem Urbanisierungsindex ist daher die Gefährdung kleiner und mittlerer Gewässer besonders hoch.

ABKLÄRUNGEN BEI BELASTETEN GEWÄSSERN

Die Stoffflussanalysen sind wie in dieser Studie für verschiedenartige Problemstellungen geeignet. Auf übergeordneter Ebene, z. B. in grösseren Gewässereinzugsgebieten, kann die Stoffflussanalyse eingesetzt werden, um Monitoringstrategien zu optimieren und gezielte Abklärungen bei belasteten Gewässern durchzuführen. Mit der Verknüpfung von Landnutzung und Eigenschaften der Entwässerungssysteme können potenziell belastete Gewässer identifiziert sowie die für die Belastung verantwortlichen Stoffe und deren Haupteintragspfade beurteilt werden.

Stoffbilanzierung können dazu auch wichtige Interpretationshilfen für Gewässeruntersuchungen liefern, z. B. wenn Beeinträchtigungen der Wasserqualität festgestellt worden sind. Gewässeruntersuchungen sind ein probates Mittel, um Einflüsse aus der Siedlungsentwässerung zu lokalisieren. Oftmals ist jedoch der Befund unspezifisch, da z. B. aus dem Fehlen bestimmter Taxa nicht immer eindeutige Rückschlüsse auf eine bestimmte Ursache wie Pflanzenschutzmittel gezogen werden können. Als Alternative zu parameter- und arbeitsintensiven Simulationen erlaubt die Stoffflussanalyse ebenfalls, verschiedene Quellen und Prozesse effizient zu quantifizieren. Viele wertvolle Betriebsinformationen, Kenngrößen und Modellergebnisse, die benötigt werden, liegen in den Entwässerungsbetrieben bereits vor, wie z. B. Berechnungsergebnisse der Langzeitkontinuumsimulation, die für den Generellen Entwässerungsplan (GEP) genutzt wird: Überlaufdauer, Abflussvolumina, Mischungsverhältnis. Es wird empfohlen, die Abklärungen dabei nicht auf die Siedlungsentwässerung

zu beschränken. Je nach lokalen Verhältnissen müssen weitere Quellen, wie z. B. Einleitungen aus der Landwirtschaft oder aus ARA, in die Bewertung mit einfließen. Sofern entsprechende Emissionsschwerpunkte im Einzugsbiet belasteter Gewässer ausgemacht werden, können neben konventionellen End-of-pipe-Lösungen auch dezentrale Behandlungsanlagen oder Massnahmen, die an der Quelle bei der Stoffanwendung ansetzen, in Betracht gezogen werden.

EMPFEHLUNGEN FÜR PLANUNG UND BETRIEB

Wenn bei Gewässeruntersuchungen Verunreinigungen festgestellt und deren Ursachen identifiziert wurden, stellt sich die Frage nach effizienten Strategien und Massnahmen.

Die neuen Fragestellungen bezüglich MV können in bestehende Instrumente eingebaut werden. Im Bereich Siedlungsentwässerung kann dies z. B. eine Anpassung des Generellen Entwässerungsplans (GEP) bedeuten. Viele bereits angestrebte Massnahmen wie beispielsweise zur Fremdwassersanierung oder der Ausbau der Misch- und Regenwasserbehandlung werden sich positiv auf die Belastungssituation bezüglich MV auswirken. Die rollende Planung im Rahmen der Fortführung des GEPs ist das geeignete Instrument, auf die erkannten Defizite zu reagieren und die Massnahmenplanung im Dialog mit den zuständigen kantonalen Fachstellen und den weiteren Beteiligten voranzutreiben. Die konzeptionellen Ansätze aus der STORM-Richtlinie bilden auch bei MV ein geeignetes Gerüst, um die Massnahmenplanung zu unterstützen. Bei der Entwicklung von Lösungsansätzen soll eine möglichst integrale Betrachtungsweise gewählt werden bzw. das gesamte ARA- oder Gewässereinzugsgebiet betrachtet werden. Daraus können sich weitere oder alternative Handlungsoptionen ergeben. Es soll auch ein gemeinsamer Betrieb von ARA und Netz angestrebt werden: Sofern die kritischen Substanzen in der ARA eliminiert werden, kann eine Kombination von Speicherung, Steuerung oder Erhöhung der Regenwasserkapazität der ARA diskutiert werden. Vor dem Hintergrund des Ausbaus von ARA für die Elimination von MV ist zu bewerten, für welche Regenwasserkapazitäten die zusätzliche Reinigungsstufe dimensioniert und inwiefern die Aufnahmekapazität von Regenwasser in der ARA vergrössert werden soll.

Die Grundlagen zur Beurteilung der Wasserqualität werden aktuell vom BAFU in Zusammenarbeit mit verschiedenen Experten erarbeitet. Dabei werden auch Vorschläge für QK durch das Schweizerische Zentrum für angewandte Ökotoxikologie (Oekotoxzentrum) geschaffen, die für die immissionsbasierte Dimensionierung unverzichtbar sind.

SCHLUSSFOLGERUNGEN UND AUSBLICK

Mikroverunreinigungen stammen aus einer grossen Zahl unterschiedlicher Quellen und gelangen über das Regenwasser und das häusliche Abwasser in die Entwässerungssysteme. Als direkte regenabhängige Einleitungen sind MWE und RWE relevant. Um die diffusen Emissionen aus Siedlungen zu quantifizieren, wurde eine Stoffflussmodellierung auf nationaler und lokaler Ebene durchgeführt. Auf Basis von vier Substanzen mit unterschiedlichen Einsatzorten und Emissionsverhalten können die folgenden Schlussfolgerungen gezogen werden:

- Die Stoffflussanalyse ist ein geeignetes Mittel, um die diffusen Emissionen von Einzelstoffen untereinander zu bewerten. Mit dieser Methode lassen sich lokale Belastungsschwerpunkte aufzeigen und Indikatormaterialien für bestimmte Eintragspfade identifizieren.
- Die diffusen Mikroverunreinigungsemissionen sind erwartungsgemäss in dicht besiedelten Regionen wichtiger. Bei Einleitungen in kleine und mittlere Fließgewässer sind je nach Situation viel häufiger kurzzeitige Überschreitungen der Qualitätskriterien zu erwarten als bei den grossen Flüssen.
- Mit der szenarienbasierten Stoffflussmodellierung kann über einen Vergleich mit Qualitätskriterien eine erste grobe Beurteilung der Belastungssituation vorgenommen werden. Dadurch kann eine Prioritätensetzung ermöglicht und der weitere Informationsbedarf aufgezeigt werden. Es sind aber keine belastbaren Aussagen über nachteilige Einwirkungen im Gewässer möglich.

Mit den Modellergebnissen können nicht nur die eingangs erwähnten Fragen beantwortet werden. Die Kombination von Stoffflussmodell und Szenarienanalyse kann für zukünftige Messkampagnen sowie bei der Ermittlung von Ursachen einer Verunreinigung der Gewässer weg-

weisend sein. Der Aufwand der Messkampagne kann auf die potenziell relevantesten Stoffe begrenzt und die Probenahme auf die anzutreffende Dynamik optimiert werden. Zudem kann die Methode auf weitere kleinere Einzugsgebiete angewendet werden, um mögliche Ursachen einer Verunreinigung der Gewässer zu beurteilen und räumliche Unterschiede aufzuzeigen.

Die Bedeutung der Niederschlagswassereinträge für die Wasserqualität ist weitgehend unstrittig. In Bezug auf die pulsartigen Einwirkungen von Stoffmischungen auf die Biozönose sind die wissenschaftlichen Erkenntnisse noch unvollständig. Für einen effizienten Gewässerschutz wären belastbare Qualitätskriterien wünschenswert. Damit kann eine Optimierung des Gesamtsystems bestehend aus Verbraucher, Emissionsquelle, Kanalisation und Abwasserreinigungsanlage vorangetrieben werden. Für diese integrierte Vorgehensweise sind die in dieser Studie vorgestellten Methoden allerdings noch um weitere Informationen zu ergänzen: beispielsweise die räumliche Verteilung der MV-Quellen und -Eintragspfade sowie das Verhalten der MV in der ARA bei Regenwetter.

VERDANKUNG

Diese Studie ist Teil des vom Bundesamt für Umwelt beauftragten Projektes «Diffuse Mikroverunreinigungs-Emissionen aus Siedlungsgebieten» (DIMES). Für die konstruktiven Gesprächsbeiträge danken die Autoren *M. Schärer, C. Leu, I. Wittmer, M. Thomann, D. Dominguez, R. Battaglia, C. Stamm* und *M. Maurer*.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] BAG (2012): Biozide Wirkstoffe. www.bag.admin.ch/anmeldestelle/00925/00937/index.html?lang=de (24.08.2012)
- [2] Stamm, C. et al. (2012): Ereignis-bezogenes Pestizidmonitoring in Oberflächengewässern am Beispiel des Gürbetals (Kanton Bern). *Aqua & Gas* (04)
- [3] Wittmer, I. K. et al., Significance of urban and agricultural land use for biocide and pesticide dynamics in surface waters. *Water research*, 2010, 44(9): p. 2850–2862
- [4] Wittmer, I. K. et al. (2011): Loss rates of urban biocides can exceed those of agricultural pesticides. *Science of the Total Environment*. 409(5): p. 920–932
- [5] Del Giudice, D. et al. (2012): Modelling the behaviour of façade biocides in the urban hydrological runoff, in *International Conference on Urban Drainage Modelling (UDM): Belgrade, Serbia* (4–7. Sept. 2012). p. on CD
- [6] Hanke, I. et al. (2010): Relevance of urban glyphosate use for surface water quality. *Chemosphere*. 81(3): p. 422–429
- [7] Götz, C.W. et al. (2010): Mikroverunreinigungen – Beurteilungskonzept für organische Spurenstoffe aus kommunalem Abwasser. Studie im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt, Eawag, Dübendorf
- [8] Stauer, P.; Ort, C. (2012): Schweizweite Bilanzierung der Einträge von Mikroverunreinigungen aus Mischwasserentlastungen, in *Aqua Urbanica T. Schmitt and I. Alves, Editors. Schriftenreihe des Fachgebietes für Siedlungswasserwirtschaft der TU Kaiserslautern: Kaiserslautern*. p. 11 – 122.
- [9] Stauer, P.; Ort, C. (2012): Mikroverunreinigungen aus diffusen Quellen – Faktenblatt: «Diffuse Mikroverunreinigungs-Emissionen» aus Siedlungen (DIMES). Studie im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt, Eawag, Dübendorf
- [10] Gujer, W. (2002): *Siedlungswasserwirtschaft*. 2. Aufl. ed. Berlin: Springer. 421 S.
- [11] Brombach, H. (2011): Kanalisation – Status und quo vadis? (Sewers – Status and quo vadis ?), in *Aqua Urbanica 2011: Niederschlags- und Mischwasserbehandlung im urbanen Bereich*. Graz: Schriftenreihe zur Wasserwirtschaft, TU Graz, Bd. 62
- [12] SVGW (2012): *Jahrbuch 2012 – Gas und Wasser*. Schweizerischer Verein des Gas- und Wasserfaches, Zürich
- [13] Dohmann, M. (1999): *Wassergefährdung durch undichte Kanäle. Erfassung und Bewertung*. Berlin: Springer. 306 S.
- [14] DWA (2003): *ATV-DVWK-A 198: Vereinheitlichung und Herleitung von Bemessungswerten für Abwasseranlagen, Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V.: Hennef*
- [15] Maurer, M.; Herlyn, A. (2006): *Zustand, Kosten und Investitionsbedarf der schweizerischen Abwasserentsorgung. Studie im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt, Eawag, Dübendorf*
- [16] Munz, W., *Wirkung von Regenbecken, 1984. Schriftenreihe Umweltschutz, Bundesamt für Umweltschutz (Hrsg)*
- [17] DWA (1992): *ATV-A 128: Richtlinien für die Bemessung und Gestaltung von Regenentlastungsanlagen in Mischwasserkanälen, Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. (German Water Association): Hennef*
- [18] Stauer, P. et al. (2012): *Dynamic Substance Flow Analysis of rainfall-mobilized Micropollutants. in 9th Int. Conf. on Urban Drainage Modelling, Belgrade, Serbia*
- [19] Buerge, I.J. et al. (2006): *Combined sewer overflows to surface waters detected by the anthropogenic marker caffeine. Environmental Science & Technology*. 40(13): p. 4096–4102
- [20] DWA (2004): *ATV-DVWK-M 165: Anforderungen an Niederschlag-Abfluss-Berechnungen in der Stadtentwässerung (Requirements for the Precipitation-Runoff-Calculation for urban drainage), Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. (German Water Association): Hennef*
- [21] Ort, C. et al. (2009): *Model-Based Evaluation of Reduction Strategies for Micropollutants from Wastewater Treatment Plants in Complex River Networks. Environmental Science & Technology*. 43(9): p. 3214–3220
- [22] Singer, H. (2005): *Pestizidbelastung von Oberflächengewässern. gwa, (11): p. 879–886*
- [23] Wittwer, A.; Gubser, C. (2010): *Umsetzung des Verbots von Pflanzenschutzmitteln. Untersuchungen zum Stand der Umsetzung des Anwendungsverbots von Unkrautvertilgungsmitteln auf und an Strassen, Wegen und Plätzen (Implementation of the ban of pesticide use on streets, roads and places). Umwelt Wissen Nr. 1014, Bundesamt für Umwelt, Bern*
- [24] Burkhardt, M. et al. (2011): *Leaching of additives from construction materials to urban storm water runoff. Water science and technology*. 63(9): p. 1974–1982
- [25] FriedliPartner AG, *Verbrauchsabschätzungen (Hochrechnungen basierend auf Messungen): FriedliPartner AG: Biozide als Mikroverunreinigungen in Abwasser und Gewässern, Teilprojekt 1: Priorisierung von bioziden Wirkstoffen, in Mikroverunreinigungen, Bundesamt für Umwelt: Bern*
- [26] Burkhardt, M. et al. (2009): *Biozide in Gebäudefassaden – ökotoxikologische Effekte, Auswaschung und Belastungsabschätzung für Gewässer. Umweltwissenschaften und Schadstoff-Forschung*. 21(1): p. 36–47
- [27] Krebs, R. et al. (2008): *Pflanzenschutzmittel im gewerblichen Gartenbau – Pilotstudie über die Anwendung. Umwelt-Wissen Nr.0811, Bundesamt für Umwelt, Bern*
- [28] Boller, M. (1997): *Tracking heavy metals reveals sustainability deficits of urban drainage systems. Water Science and Technology*. 35(9): p. 77–87
- [29] von Arx, U.; Kupfer (2006): *Verbrauch, Umwelteinträge und -vorkommen (Copper. Usage, emissions and environmental fate). Umwelt-Wissen, Bundesamt für Umwelt*
- [30] oekotoxzentrum (2012): *Vorschläge für akute und chronische Qualitätskriterien für ausgewählte schweizrelevante Substanzen. Cited [09.07.2012]; Available from: www.oekotoxzentrum.ch/expertenservice/qualitaetskriterien/vorschlaege*
- [31] SBR (1998): *Gewässerschutzverordnung (GSchV) vom 28. Oktober 1998 (Stand am 1. Juli 2008), Schweizer Bundesrat, Bern*
- [32] Junghans, M. et al. (2012): *Variability on Environmental Quality Standards – how much is there and what are the causes? in Setac. Berlin: (poster presentation)*
- [33] NADUF (2011): *Nationale Daueruntersuchung Fließgewässer (NADUF). www.eawag.ch/forschung/wut/schwerpunkte/chemievonwasserressourcen/naduf/datendownload*

- [34] *JKSR (2000): Kupferemissionen im Rhein (unveröffentlicht)*
- [35] *Abegglen, C. (2012): Mikroverunreinigungen aus diffusen Quellen: Faktenblatt «Kommunale ARA». Studie im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt, Eawag, Dübendorf*
- [36] *Welker, A. (2005): Schadstoffströme im urbanen Wasserkreislauf – Aufkommen und Verteilung, insbesondere in den Abwasserentsorgungssystemen, Universität Kaiserslautern: Schriftenreihe des Fachgebietes Siedlungswasserwirtschaft, Bd. 20*
- [37] *Hallas, L.E. et al. (1992): Glyphosate Degradation by Immobilized Bacteria – Field Studies with Industrial Waste-Water Effluent. Applied and Environmental Microbiology, 1992. 58(4): p. 1215–1219*
- [38] *RÜS (2011): Diuronfrachten im Rhein bei Basel (Rheinüberwachungsstation), bereitgestellt von R. Gälli (unveröffentlicht)*
- [39] *Boller, M.; V. Mottier (1998): Wasserwirtschaftliche Bedeutung der Regenwasserversickerung am Beispiel einer Region. Z.f. Kulturtechnik und Landentwicklung. 39: p. 247–254*
- [40] *Stamm, C., et al. (2009): Concentration patterns of agricultural pesticides and urban biocides in surface waters of a catchment of mixed land use*
- [41] *Wittmer, I. K. (2010): Influence of agricultural pesticide and urban biocide use on load dynamics in surface waters. Zürich: ETH/Eawag*
- [42] *BFS (2009): Arealstatistik (land use statistics) Federal office for statistics, Neuchâtel, CH, www.bfs.admin.ch/bfs/portal/de/index/infothek/erhebungen_quellen/blank/blank/arealstatistik/06/06_01.html*
- [43] *Junghans, M. et al. (2012): Variability in Environmental Quality Standards – how much is there and what are the causes?, Posterpresentation, Setac Conference, 3rd SETEC CEE Annual Meeting, 17.–19.09.12, Krakow, PL*

> SUITE DU RÉSUMÉ

nes habitées, dans des concentrations significatives. Il ne s'agit malheureusement pas de cas isolés, comme le montrent d'autres études réalisées à Lausanne, au Luxembourg, en Allemagne et en France.

Afin d'effectuer une analyse de la situation de la Suisse, cette étude réalise une première estimation des émissions diffuses de micropolluants provenant des zones urbaines. Elle analyse le flux de 40 substances dans le cadre d'hypothèses prudentes (observation du scénario le plus pessimiste). Cet article traite de quatre micropolluants représentatifs de la variété des voies de diffusion, des sources et des propriétés de substances: le médicament diclofénac, les pesticides Diuron et glyphosate, ainsi que le cuivre, un métal lourd. L'analyse des flux de substances montre que les micropolluants

provenant d'émissions diffuses peuvent atteindre des concentrations élevées dans les grands cours d'eau, sans dépasser les critères de qualité. Dans les cours d'eau de taille modeste ou moyenne, les émissions ponctuelles issues des réseaux mixtes ou des réseaux d'eaux pluviales peuvent provoquer très rapidement des dépassements des critères de qualité pour certaines substances. Pour une meilleure analyse de la situation comme pour les bases d'une stratégie visant à réduire les émissions, il est essentiel de développer de meilleurs principes d'évaluation des effets néfastes des micropolluants dans les rivières. La spécificité des concentrations ponctuelles et très variables de nombreuses substances doit être analysée de manière plus précise avant que des stratégies efficaces puissent être mises en œuvre.

Mikroverunreinigungen aus Industrie und Gewerbe

**Erste Grundlagenerhebung mittels Umfrage bei
den Kantonen zu vorhandenen Informationen**

Kurzbericht

von BMG Engineering AG

im Auftrag des Bundesamts für Umwelt (BAFU)

vom Januar 2014

Impressum

Auftraggeber

Bundesamt für Umwelt (BAFU), Abteilung Wasser, CH-3003 Bern

Das BAFU ist ein Amt des Eidgenössischen Departements für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK).

Auftragnehmer

BMG Engineering AG, Ifangstrasse 11, CH-8952 Schlieren

Autoren

Christian Braun und René Gälli, BMG Engineering AG

Begleitung BAFU

Benjamin Sollberger; Ulrich Sieber; (Abteilung Wasser)

Hinweis

Dieser Bericht wurde im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU) verfasst. Für den Inhalt ist allein der Auftragnehmer verantwortlich.

Kontakt

Christian Braun: christian.braun@bmgeng.ch

Zitiervorschlag

Braun, C., Gälli, R. 2014. Mikroverunreinigungen aus Industrie und Gewerbe. Erste Grundlagenerhebung mittels Umfrage bei den Kantonen zu vorhandenen Informationen. Bericht im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU). BMG Engineering AG, Schlieren.

Zusammenfassung

Mit Hilfe einer Datenerhebung bei allen Kantonen wurde versucht, möglichst alle Direkteinleiter (leiten industrielles bzw. gewerbliches Abwasser mit oder ohne betriebsinterne Vorbehandlung direkt in ein Gewässer ein) und die relevanten Indirekteinleiter (leiten das Abwasser mit oder ohne betriebseigene Vorbehandlung in das öffentliche Kanalnetz ein) aus Industrie und Gewerbe zu erfassen. Das Ziel war, eine Grundlage für die Beurteilung von Mikroverunreinigungen (MV) aus Industrie und Gewerbe (I+G) zu erhalten. Aus den ausgewählten Branchen wurden mehr als 60 Direkteinleiter und fast 250 Indirekteinleiter gemeldet. Gemäss den Umfrageunterlagen konnten Meldungen branchengleicher Indirekteinleiter zu summarischen Meldungen zusammengefasst werden (z.B. alle metallverarbeitenden Betriebe einer Region).

Der Vergleich mit der Eidg. Betriebszählung 2008 des Bundesamtes für Statistik zeigt, dass die Direkteinleiter nahezu vollständig erfasst wurden, was nicht heisst, dass auch die Fracht an Mikroverunreinigungen vollständig erfasst werden konnte. Bei den Indirekteinleitern muss davon ausgegangen werden, dass aufgrund der unterschiedlichen Datenlage bei den einzelnen Kantonen nur ein Teil der relevanten Betriebe erfasst wurde. Auch die Anzahl der Stoffe, für die Meldungen vorliegen, ist sehr unterschiedlich.

Die geografische Zuordnung der Meldungen zeigt, dass 75% der Betriebe im Einzugsgebiet von Aare und Rhein liegen, dies entspricht ungefähr dem Anteil dieses Einzugsgebiets an der Entwässerung der Schweiz.

Bei der Branchenzugehörigkeit der Betriebe zeigt sich für Direkt- und Indirekteinleiter ein unterschiedliches Bild. Bei den Direkteinleitern sind die drei meist genannten Branchen Sammlung und Beseitigung von Abfällen etc. (21 gemeldete Betriebe), Herstellung von chemischen Erzeugnissen (16) sowie Herstellung von Nahrungs- und Futtermitteln (8 inkl. Fischzuchtanlagen). Bei den Indirekteinleitern sind es die Branchen Herstellung von Metallerzeugnissen (860), Herstellung von Nahrungs- und Futtermitteln (536) sowie Herstellung von chemischen Erzeugnissen (201).

Frachten von organischen Mikroverunreinigungen – seien es Pflanzenschutzmittel, Pharmaka oder Industriechemikalien – sind in der gesamten Schweiz nur punktuell bekannt. Grundsätzlich findet hier keine routinemässige Überwachung statt. Vielmehr stammen die meisten Daten aus spezifischen Projekten (Sanierungen, Einzelkampagnen) bzw. aus einzelnen Kantonen, die eine Deklarationspflicht für Einleitparameter kennen und für grosse Einleiter, welche routinemässig überwacht werden.

Hingegen wurden Frachten von Summenparametern (GUS, CSB, BSB5, DOC) oft gemeldet. Diese sind also bei vielen Kantonen gut bekannt. Ebenso konnten häufig Frachten von Schwermetallen (As, Pb, Cd, Cr, Co, Cu, Mo, Ni und Zn) angegeben werden, somit sind auch diese gut bekannt. Dies ist (teilweise) dadurch begründet, dass Einleitgrenzwerte eingehalten werden müssen und dazu periodische Kontrollmessungen durchgeführt werden.

Wissenslücken bestehen vor allem im Bereich der Indirekteinleiter. Hier ist die Datenlage bei den Kantonen sehr unterschiedlich, zum einen die Zahl der Betriebe

und das jeweilige Abwasseraufkommen betreffend und zum anderen die Art der emittierten Schadstoffe betreffend. Auch bei den Direkteinleitern liegen den Kantonen nur wenige Daten zu den unterschiedlichen Schadstofffrachten vor. Daten zu organischen Mikroverunreinigungen sind nur teilweise vorhanden.

In der Tabelle 1 sind die summierten Frachten angegeben. Die Frachten der vorgegebenen Parameter sind nach Direkt- und Indirekteinleiter aufgeteilt, Daten zu Pflanzenschutzmitteln (PSM) stammen ausschliesslich von Direkteinleitern, Daten zu Pharmazeutika zum überwiegenden Teil von Direkteinleitern (1 Meldung von einem Indirekteinleiter) und die Daten zu Industriechemikalien stammen sowohl von Direkt- als auch von Indirekteinleitern.

Tab. 1 Summe der von den Kantonen gemeldeten Frachten in kg/Jahr, Daten aus der Indirekteinleitung sind nur lückenhaft vorhanden, die Frachten aus kommunalen Abwasserreinigungsanlagen (ARA) sind zum Vergleich angegeben (Daten für das Einzugsgebiet des Rheins aus der MicroPoll-Datenbank, BAUFU [6]).

	GUS	BSB5	CSB	DOC	As	Pb	Cd	Cr	Co	Cu	Mo	Ni	Zn
Direkteinleitung	607'854	410'523	366'532	1'452'488	9	10	5	47	53	117	75	104	617
Indirekteinleitung	1'620'795	2'263'546	12'679'772	4'093'603	12	94	34	64	9	231	72	241	421
Fracht ARA	7'200'000	3'200'000	27'000'000	11'500'000	385	360	39	670	1'300	12'570	-	6'250	77'500
	Summe PSM	173	Summe Pharmaka		1'212			Summe Industriechemikalien					19'000
								davon Lösungsmittel					442
								davon Tenside					1'910

Im Vergleich der gemeldeten Frachten der vorgegebenen Parameter mit denjenigen aus der kommunalen Abwasserreinigung zeigt sich, dass die Frachten der gemeldeten Direkteinleiter mindestens eine Grössenordnung kleiner sind, die Frachten der Indirekteinleiter sind (mit Ausnahme von Blei, und unter der Annahme, dass die Frachten in der Abwasserreinigungsanlage weiter reduziert werden) jeweils noch kleiner.

Im Rheineinzugsgebiet machen die gemeldeten Einleitungen aus Industrie und Gewerbe verglichen mit der Einleitung kommunalen Abwassers allgemein nur wenige Prozent aus. Grundsätzlich sind über die Anteile aus Industrie und Gewerbe an den Frachten von Mikroverunreinigungen im Gewässer auf der Grundlage der erhobenen Daten kaum verlässliche Abschätzungen möglich.

Für eine quantitative Gesamtdarstellung des Anteils an Mikroverunreinigungen in Gewässern, die aus Industrie und Gewerbe stammen, sind die erhobenen Daten nicht ausreichend. Vor allem im Bereich der Indirekteinleiter ist die Datenlage bei den Kantonen sehr unterschiedlich, zum einen die Zahl der Betriebe und das jeweilige Abwasseraufkommen betreffend und zum anderen die Art der emittierten Schadstoffe betreffend. Da kurzfristig keine Verbesserung der Datenlage bezüglich der Einzelstoffe zu erwarten ist, müsste versucht werden, den Anteil der Mikroverunreinigungen aus Industrie und Gewerbe z.B. durch Abschätzungen bzw. Verallgemeinerungen zu quantifizieren.

Inhalt

Impressum	2
Zusammenfassung	i
1 Einleitung	5
1.1 Fragestellung	5
1.2 Ziel	5
1.3 Projektablauf	5
2 Pilotumfrage	6
2.1 Verschickte Unterlagen	6
2.2 Aufgabenstellung für die Teilnehmer	6
2.3 Resultate der Pilotumfrage	7
2.4 Anpassung der Umfrageunterlagen an die Resultate der Pilotumfrage	8
3 Gesamtumfrage	9
3.1 Vorgehen	9
3.2 Meldungen zu Anzahl der Einleiter und zu vorgegebenen Parametern	10
3.2.1 Allgemeine Parameter	11
3.2.2 Chemische Parameter	12
3.2.3 Geografische Lage und Branchenzugehörigkeit der gemeldeten Betriebe	12
3.3 Gemeldete Frachten der Direkteinleiter	13
3.4 Gemeldete Frachten der Indirekteinleiter	14
4 Bewertung der gemeldeten Frachten	15
4.1 Frachten und Branchen	15
4.2 Vergleich mit Einleitungen aus kommunalen Abwasserreinigungsanlagen	16
4.3 Anteil an der Fracht im Rhein bei Basel	17
4.4 Relevanz der gemeldeten Daten	19
4.5 Mehrfache Meldungen weiterer Parameter	20
4.6 Meldungen zu Einzelstoffen	20
4.6.1 Pflanzenschutzmittel	20
4.6.2 Pharmazeutische Produkte	20
4.6.3 Meldungen weiterer Frachten	21
5 Fazit	21
Literatur	23

Anhänge

Anhang 1 verschickte Umfrageunterlagen

Anhang 2 Zuordnung der Frachten zu den Branchen

1 Einleitung

1.1 Fragestellung

Das BAFU bearbeitet die Thematik der „Mikroverunreinigungen in Gewässern“ in verschiedenen Bereichen:

- Mikroverunreinigungen aus der Siedlungsentwässerung
- Mikroverunreinigungen aus diffusen Quellen

In diesem Projekt sollen erste Grundlagen im Bereich Mikroverunreinigungen (MV) aus Industrie und Gewerbe erhoben werden. Dabei sollen möglichst alle Direkteinleiter und die relevanten Indirekteinleiter aus Industrie und Gewerbe erfasst und deren Einfluss auf die Belastung der Gewässer mit Mikroverunreinigungen auf der Grundlage der erhobenen Daten grob abgeschätzt werden.

1.2 Ziel

Es geht um die Zusammenstellung einer Übersicht der Industrieeinleiter als Grundlage für die Beurteilung von Mikroverunreinigungen (MV) aus Industrie und Gewerbe (I+G). Diese Informationen sollen mittels einer Umfrage bei allen Kantonen zusammengetragen werden, wobei die Erfahrung der kantonalen Behörden einbezogen werden soll. Dabei sollen alle Direkteinleiter und eine gezielte Auswahl von relevanten Indirekteinleitern (relevant bezüglich der Einleitung von Mikroverunreinigungen) betrachtet werden. Zusätzlich sollen mit der Umfrage allfällig vorhandene Hintergrundinformationen in Bezug auf MV aus I+G bei den Kantonen miterfasst werden.

1.3 Projektablauf

- Vorarbeiten
 - Definition und Abgrenzung Direkteinleiter und relevante Indirekteinleiter
 - Format für Datenablage in ARA Datenbank BAFU festlegen
 - Format für Datenerhebung definieren
 - Ankündigungsschreiben BAFU
 - Vorabklärungen bei Kantonen (Pilotumfrage)
 - Fachgruppensitzung mit Diskussion der Ergebnisse der Pilotumfrage, Festlegung der abzufragenden Branchen
- Erarbeitung des Konzeptes für die Datenerhebung bei allen Kantonen
- Ausarbeitung des Fragebogens und einer Checkliste (basierend auf Branchenverzeichnis)
- Ausarbeiten des Begleitbriefes

- Datenerhebung bei den Kantonen (inkl. Nachfragen)
- Datenauswertung und Verifizierung (Übersicht Direkt- und Indirekteinleiter, Stoffübersicht, Frachtübersicht)
- Datenaufbereitung zur Überführung in die ARA Datenbank des BAFU
- Kurzbericht

In Abb. 1 ist die Definition der für diesen Bericht verwendeten Bezeichnungen Direkteinleiter und Indirekteinleiter angegeben. Demnach leitet ein Direkteinleiter industrielles bzw. gewerbliches Abwasser mit oder ohne betriebsinterne Vorbehandlung direkt in ein Gewässer ein. Im Gegensatz dazu leitet ein Indirekteinleiter das Abwasser (mit oder ohne betriebseigene Vorbehandlung) in das öffentliche Kanalnetz ein.

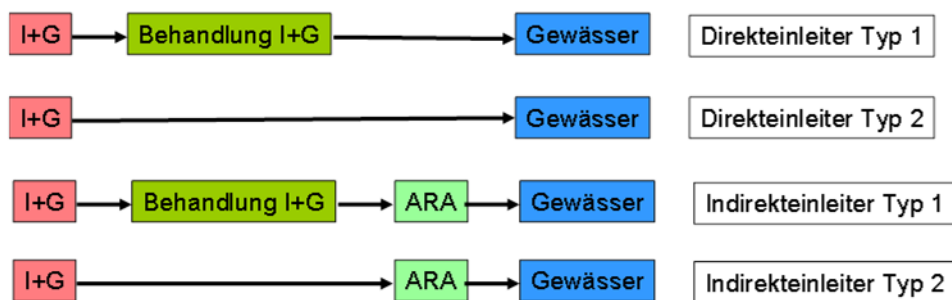


Abb. 1 Definition der unterschiedlichen Einleiter mit und ohne eigene Vorbehandlung

2 Pilotumfrage

2.1 Verschickte Unterlagen

Folgende Unterlagen wurden verschickt:

- Email mit der Aufgabenstellung
- Stoffliste mit möglichen Mikroverunreinigungen
- Branchenliste mit möglicherweise relevanten Indirekteinleitern
- Fragebogen zum Ausfüllen

2.2 Aufgabenstellung für die Teilnehmer

Die Pilotkantone wurden gebeten:

- Angaben zu einem Direkteinleiter zu machen und die Anzahl Direkteinleiter im Kanton anzugeben
- Angaben zu einem relevanten Indirekteinleiter zu machen und die Anzahl Indirekteinleiter im Kanton anzugeben

- Angaben zu einer relevanten Branche (Summe von indirekt einleitenden Betrieben) zu machen und die Anzahl der relevanten Branchen im Kanton anzugeben
- Eine Rückmeldung zu fehlenden Branchen und Mikroverunreinigungen zu geben und die Pilotumfrage zu kommentieren.

2.3 Resultate der Pilotumfrage

Alle teilnehmenden Kantone haben die Unterlagen und somit die Zielsetzung der Pilotumfrage verstanden und konnten den Fragebogen ausfüllen.

Folgende Schlussfolgerungen konnten gemacht werden:

- Die Kantone sind unterschiedlich stark von der Problematik „Mikroverunreinigungen aus Industrie und Gewerbe“ betroffen.
- Die Anzahl Direkteinleiter ist überblickbar und die Kantone kennen die Betriebe.
- Der Kenntnisstand und die Dokumentation (Datenablage) bezüglich relevanter Indirekteinleiter sind unterschiedlich.
- Die Anzahl Indirekteinleiter ist sehr gross, so dass gemeinsame Branchen vorgegeben werden müssen, welche von allen Kantonen erhoben werden sollen (z.B.: Chemie/Pharma, Galvanik, Farben- und Lackhersteller).
- Zusätzlich sollen die Kantone kantonsspezifische Einleiter nennen (z.B. Fischzuchten, Grossgärtnereien).
- Belastbare Frachtabschätzungen für einzelne Mikroverunreinigungen dürften nur für wenige Betriebe machbar sein (ausser für Schwermetalle, DOC/BSB5 etc.) – eine Abschätzung der Grössenordnung soll angefragt werden.
- Zusätzlich sollen bekannte Stoffe, auch wenn keine Frachten abgeschätzt werden können, angefragt werden.
- Die Kantone sind an der Thematik generell interessiert, wobei die Priorität unterschiedlich eingestuft wird.
- Der Arbeitsaufwand ist nicht unerheblich für die Kantone, so dass für die Datenerhebung genügend Zeit eingeräumt werden muss.

Fazit:

Aufgrund der Umfrage durfte damit gerechnet werden, dass bei einer pragmatischen Datenerhebung alle Kantone in der Lage sein sollten entsprechende Daten zu liefern. Es ist jedoch damit zu rechnen, dass nicht alle Kantone auf demselben Kenntnis- und Datenstand sein werden wie die Pilotkantone. Dies muss bei der Erhebung berücksichtigt werden (Hilfestellung, Help-Desk, Fokus auf das Wesentliche).

2.4 Anpassung der Umfrageunterlagen an die Resultate der Pilotumfrage

Die für die Pilotanfrage verschickten Unterlagen wurden für die Gesamtanfrage wie folgt verbessert:

- Der Begriff der relevanten Indirekteinleiter wurde mit quantitativen Zahlen umschrieben:
 - Ein relevanter Indirekteinleiter (Einzelbetrieb) hat in der Grössenordnung ein Abwasservolumen $>10'000\text{m}^3/\text{a}$ oder $>10\%$ der hydraulischen Fracht der ARA und emittiert Schwermetalle $>10\text{ kg/a}$ und/oder relevante organische Spurenstoffe $>10\text{ kg/a}$ wie Biozide, Pflanzenschutzmittel, Pharmaka oder andere gewässerrelevante Stoffe.
 - Indirekteinleiter, die als Summe relevant sind, haben in der Grössenordnung ein Abwasservolumen $>10'000\text{m}^3/\text{a}$ oder $>10\%$ der hydraulischen Fracht der ARA und emittiert Schwermetalle $>10\text{ kg/a}$ und/oder relevante organische Spurenstoffe $>10\text{ kg/a}$ wie Biozide, Pflanzenschutzmittel, Pharmaka oder andere gewässerrelevante Stoffe.

Darüber hinaus wurden verbesserte Erklärungen der zu erhebenden Daten angegeben:

- Die Emission der Direkteinleiter bezieht sich auf die Emission nach der Abwasseraufbereitung.
- Die Emission der relevanten Indirekteinleiter bezieht sich auf die Emission nach einer eventuellen betriebsinternen Vorbehandlung vor Einleitung in die Kanalisation.
- Die von allen Kantonen zu erhebenden Branchen der relevanten Indirekteinleiter sollten benannt werden. Die Kantone können zusätzliche Betriebe oder Summe von Betrieben auflisten.
- Es wurde eine Liste mit vorgegebenen Parametern definiert, für die Frachten angegeben werden sollen:
 - GUS, BSB5, DOC, As, Pb, Cd, Cr, Co, Cu, Mo, Ni, Zn
- Es wurden weitere Felder für die freie Eingabe von Frachten zu Mikroverunreinigungen, die bei den Kantonen vorhanden sind, vorgesehen.
- Bekannte Mikroverunreinigungen sollen von den Kantonen benannt werden, auch wenn Frachten nicht verfügbar sind.

Der Erfassungsbogen wurde so angepasst, dass eine möglichst einfache Aufarbeitung der Rohdaten möglich ist.

3 Gesamtumfrage

3.1 Vorgehen

Zusammen mit einer Kopie des Schreibens vom 20.04.2011, welches das BAFU den Kantonen zur Information bereits im Voraus zugestellt hat, wurden die Umfrageunterlagen (Erfassungsbogen mit Erklärung, Branchenliste und Liste der Mikroverunreinigungen in deutscher und französischer Sprache) im November 2011 an alle zuständigen kantonalen Stellen verschickt (siehe Anhang 1). Die Adressen der jeweiligen Ansprechpartner wurden vom BAFU zur Verfügung gestellt. Dank einer ausreichenden Fristverlängerung bis Anfang November konnten die Daten von allen 26 Kantonen erhalten werden.

Aus der Vielzahl der Branchen sollten nur Betriebe des 2. Sektors (industrieller Sektor) gemeldet werden. Vorrangig gemeldet werden sollten aus diesem Sektor Betriebe mit Zugehörigkeit zu folgenden NOGA-Codes (einschliesslich 3-stelliger Untercodes, gemäss allgemeiner Systematik der Wirtschaftszweige), bei denen relevante Freisetzungen von Mikroverunreinigungen vermutet werden:

- 13 Herstellung v. Textilien
- 14 Herstellung v. Bekleidung
- 15 Herstellung v. Leder, Lederwaren, Schuhen
- 17 Herstellung v. Papier, Pappe, Waren daraus
- 19 Kokerei u. Mineralölverarbeitung
- 20 Herstellung v. chemischen Erzeugnissen
- 21 Herstellung v. pharmazeutischen Erzeugnissen
- 22 Herstellung v. Gummi- u. Kunststoffwaren
- 24 Metallerzeugung u. -bearbeitung
- 25 Herstellung v. Metallerzeugnissen
- 35 Energieversorgung

Wenn Daten zu Betrieben mit anderer Branchenzugehörigkeit bei den Kantonen vorlagen, sollten diese auch gemeldet werden. Insbesondere betrifft dies die folgenden NOGA-Codes, bei denen vermutet werden kann, dass auch dort – wenn auch weniger relevante Mengen – Mikroverunreinigungen freigesetzt werden können:

- 10 Herstellung v. Nahrungs- u. Futtermitteln
- 11 Getränkeherstellung
- 12 Tabakverarbeitung
- 16 Herstellung v. Holzwaren
- 23 Herstellung von Glas u. Keramik, Verarbeitung v. Steine u. Erden
- 26 Herstellung v. Datenverarbeitungsgeräten, elektronischen u. optischen Erzeugnissen
- 28 Maschinenbau
- 29 Herstellung v. Automobilen u. -teilen
- 30 Sonstiger Fahrzeugbau
- 31 Herstellung von Möbeln
- 38 Sammlung, Beseitigung v. Abfällen, Rückgewinnung

Betriebe mit einer Zugehörigkeit zu Branchen bei denen keine spezifischen oder nur kurzfristig Freisetzungen vermutet werden, sollten nur in Ausnahmefällen gemeldet werden. Dies betrifft die Branchen mit den folgenden NOGA-Codes:

- 5-9 Bergbau, Gewinnung v. Steinen u. Erden
- 18 Herstellung v. Druckerzeugnissen, Vervielfältigung
- 27 Herstellung v. elektrischen Ausrüstungen
- 32 Herstellung v. sonstiger Waren
- 33 Reparatur u. Installation v. Maschinen
- 36 Wasserversorgung
- 37 Abwasserentsorgung
- 39 Beseitigung v. Umweltverschmutzung
- 41 Hochbau
- 42 Tiefbau
- 43 Vorbereitende Baustellenarbeiten, Bauinstallation

Für die Branche „37 Abwasserentsorgung“ war zu beachten, dass die kommunalen Abwasserreinigungsanlagen nicht gemeldet werden sollten, jedoch sollten solche Abwasserreinigungsanlagen mit ausschliesslich bzw. hauptsächlich Abwasser aus industriellen Quellen als Direkteinleiter gemeldet werden.

In Abb. 2 ist schematisch dargestellt, wie die Daten zu den einzelnen Betrieben bzw. den summarischen Meldungen für die branchengleiche Indirekteinleiter zu erfassen sind.

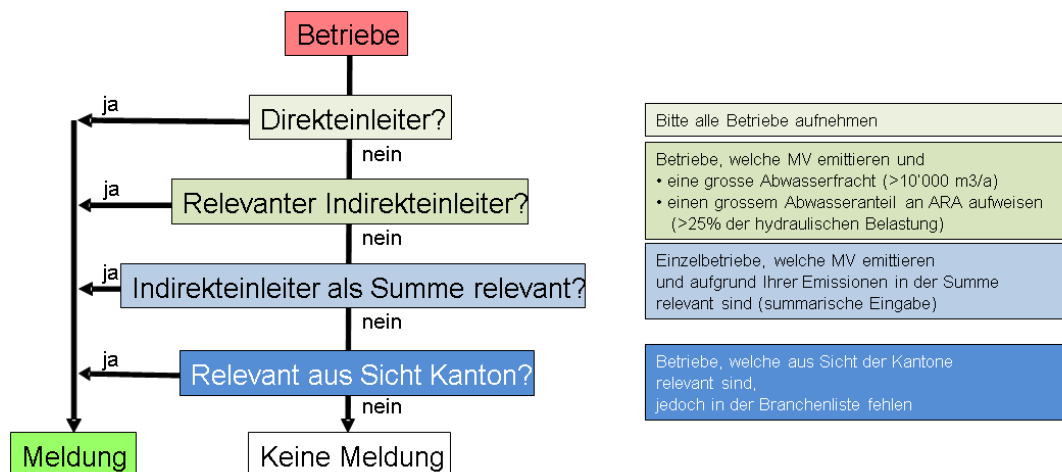


Abb. 2 Schema der Datenerhebung für die Gesamtumfrage

3.2 Meldungen zu Anzahl der Einleiter und zu vorgegebenen Parametern

In Tab. 2 ist der Datenrücklauf der Gesamtumfrage zusammengestellt. Insgesamt wurden Daten von über 60 Direkteinleitern und mehr als 250 Indirekteinleitern (davon ca. 50 summarische) gemeldet.

Tab. 2 Meldungen der Kantone: eine 0 in der Spalte „Anzahl gemeldete Einleitertypen“ bedeutet, dass dem Kanton keine Einleiter bekannt sind bzw. keine Direkteinleiter existieren, „k.A.“ bedeutet, dass keine Angaben zu Einleitern bei den Kantonen vorliegen

Kanton	Anzahl gemeldete Einleitertypen			Anzahl gemeldete Parameter												
	direkt	indirekt	davon summarisch	GUS	BSB5	CSB	DOC	As	Pb	Cd	Cr	Co	Cu	Mo	Ni	Zn
	gesamt	gesamt		85	39	109	73	27	46	36	53	27	69	34	68	66
	66	279	49													
AG	6	13	10	3	1		6				1					
AI	0		k.A.													
AR	0	6	4			3						1				
BE	12	30	17	22			28	5	8	6	9	5	10	4	8	12
BL	2	2	1	1			2	1	1		2		2		2	2
BS	1		k.A.													
FR	12	40	0	5	6	16	2	3	10	6	11	7	12	6	10	11
GE	2	4	0	2	2	1	4	5	6	6	5	5	6	6	6	5
GL	k.A.		k.A.													
GR	4	10	3	5	2	7	5	4	5	5	4	1	3		4	5
JU	k.A.		k.A.													
LU	3	4	1	4	4	3	4	1	1	1	1	1	1		1	1
NE	1	16	0	5	1	3	9	4	6	7	7	6	11	7	11	9
NW	0	1	0													
OW	0		k.A.													
SG	1	3	2											1		1
SH	1	14	2			6							2			
SO	2	15	1	4	2	14			1				8		8	8
SZ	0	4	1					1	2		2		2		2	2
TI	1	31	0	19		23	2	3	3	3	6	2	7	9	11	6
TG	1	2	0	1		2										
UR	k.A.		k.A.													
VD	2	27	3	11	14	20	2		2	1	3		2	1	3	3
VS	13	46	0	1	6	1	9		1	1	1		1		1	
ZG	0	3	0	2	1	2						1	1		1	1
ZH	2	8	1			8										

3.2.1 Allgemeine Parameter

Die gemeldeten Direkteinleiter haben gesamthaft ein Abwasseraufkommen von >67'000'000 m³/a. Von den Betrieben haben – neben den gemeldeten Inertstoffdeponien – 3 Betriebe aus der metallverarbeitenden Branche keine Abwasserbehandlung, jeweils ca. 20 eine chemische, biologische oder physikalische Behandlung.

Die gemeldeten Indirekteinleiter haben zusammen ein Abwasseraufkommen von >25'000'000 m³/a.

Bei einigen Meldungen wurden keine Abwassermengen angegeben, entweder weil keine Daten erhoben wurden oder es sich um neue Anlagen/Betriebe handelt, von denen noch keine Daten vorliegen. Summarisch wurden also knapp 100'000'000 m³/a an industriellen und gewerblichen Abwasser gemeldet.

Die gesamte Abwassermenge die in der Schweiz in ARAs behandelt wird beträgt 1'441'500'000 m³/a (VSA, 2000). Im Vergleich dazu beträgt der Anteil des häuslichen Abwassers am Abwasseraufkommen aller kommunalen Abwasserreinigungsanlagen ca. 950'000'000 m³/a (Annahme: 125 m³ Abwasser pro Person und Jahr, 7.5 Mio Einwohner CH). Die Differenz (ca. 500'000'000 m³/a) setzt sich aus dem industriellen und gewerblichen Abwasser (Indirekteinleiter), dem in die Kanalisation eingeleiteten Niederschlägen und dem in die Kanalisation eindringenden Fremdwasser zusammen.

3.2.2 Chemische Parameter

Am häufigsten gemeldet wurden Frachten von CSB und DOC (knapp 200 Meldungen von direkt und indirekt einleitenden Betrieben), gefolgt von GUS (>80 Meldungen). Bei den Schwermetallen wurden Frachten von Cu, Zn und Ni am häufigsten gemeldet.

Neben den in Tab. 2 angegebenen Parametern war es den Kantonen möglich, weitere Frachten von Mikroverunreinigungen anzugeben. Hier wurden teilweise Einzelstoffe gemeldet (z.B. von den Chemie-ARAs) aber auch Summenparameter wie TOC und Kohlenwasserstoffe. Klassische ARA-Parameter wie Stickstoff und Phosphor wurden vereinzelt auch gemeldet.

3.2.3 Geografische Lage und Branchenzugehörigkeit der gemeldeten Betriebe

In Tab. 3 ist die Anzahl der industriellen Einleiter nach Flusseinzugsgebiet angegeben. Die grösste Anzahl der Meldungen stammt aus dem Einzugsgebiet der Aare und des Rheins. Dieses entwässert ca. 80% der Schweiz. Zusätzlich sind Namen und Standorte für ausgewählte Direkteinleiter angegeben.

Tab. 3 Anzahl der gemeldeten industriellen Einleiter nach Flusseinzugsgebiet

Einzugsgebiet	gemeldete Direkteinleiter	gemeldete Indirekteinleiter	Branche der Direkteinleiter
Aare/Rhein	49	172	Chemie, Lebensmittel
Rhône	16	73	Chemie
Inn	keine	1	
Po	1	33	Entsorgung

In der nachfolgenden Tabelle ist die Branchenzugehörigkeit der gemeldeten industriellen und gewerblichen Einleiter aufgeführt. Zum Vergleich ist die Anzahl der Arbeitsstätten mit mehr als 10 Vollzeitäquivalenten gemäss der Betriebszählung 2008 angegeben. Für die Branche „Metallerzeugung und -bearbeitung“ ist die Anzahl der Meldungen grösser als die Anzahl der Betriebe gemäss Betriebszählung. Dies ist möglicherweise auf die Meldung einer grossen Zahl kleiner Betriebe zurückzuführen. Für alle anderen Branchen liegt die Zahl der gemeldeten Betriebe unterhalb der Anzahl Betriebe gemäss Betriebszählung. Der Anteil der gemeldeten Betriebe reicht von 2% („Herstellung von Glas und Keramik“) bis zu 84% („Herstellung von Nahrungs- und Futtermitteln“). Dies mag auch daran liegen, dass nicht alle Betriebe

dieser Branchen abwasserrelevante Prozesse betreiben bzw. bei einzelnen Kantonen keine Daten zur Verfügung stehen.

Tab. 4 Branchenzugehörigkeit der gemeldeten Betriebe im Vergleich zur Betriebszählung 2008 für mittlere und grosse Betriebe mit mehr als 10 Vollzeitäquivalenten (VZÄ)

Branche	gemeldete Direkteinleiter	gemeldete Indirekteinleiter	Betriebe CH >10 VZÄ	Anteil
Herstellung von Nahrungs- und Futtermitteln	8	536	598	88%
Getränkeherstellung	1	36	91	39%
Herstellung von Textilien		105	158	66%
Tabakverarbeitung		2	10	20%
Herstellung von Leder, Lederwaren, Schuhen		10	26	38%
Herstellung von Papier, Pappe, Waren daraus	5	12	116	10%
Kokerei und Mineralölverarbeitung	1	2	5	33%
Herstellung von chemischen Erzeugnissen	16	201	298	64%
Herstellung von pharmazeutischen Erzeugn.		61	138	44%
Herstellung von Gummi- und Kunststoffwaren		87	360	24%
Herstellung von Glas und Keramik	3	14	355	4%
Metallerzeugung und -bearbeitung	1	231	147	156%
Herstellung von Metallerzeugnissen	7	860	1821	47%
Energieversorgung		53	390	14%
Sammlung und Beseitigung von Abfällen	21	140	238	54%
Sonstige (z.B. Maler, Gipser, Schwimmbäder)	3	1'090		

3.3 Gemeldete Frachten der Direkteinleiter

Die gemeldeten Direkteinleiter liegen hauptsächlich an den grossen Flüssen der Schweiz. Eine Ausnahme bilden die Fischzuchtbetriebe (Herstellung von Nahrungs- und Futtermitteln), die auch an kleineren Gewässern zu finden sind. Abb. 3 zeigt die Standorte der direkt einleitenden Betriebe und ihr jeweiliges Abwasseraufkommen sowie die Branchenzugehörigkeit. Die grössten Abwassermengen produzieren Fischzuchtbetriebe (max. 12.8 Mio m³/a), gefolgt von der Papier- sowie der chemischen Industrie (max. 5 Mio bzw. 2 Mio m³/a).

Die gemeldeten Frachten sind in Tab. 5 zusammengefasst. Dabei ist zu beachten, dass die Summierung immer über die verfügbaren Meldungen durchgeführt wurde, d.h. dass die direkt eingeleitete DOC-Fracht aufgrund der höchsten Anzahl Meldungen sehr viel grösser ist als die beiden Parameter BSB5 und CSB. Ebenfalls aufgrund der höheren Anzahl Meldungen für BSB5 ist die daraus berechnete Fracht sehr viel grösser als die CSB-Fracht, für deren Summierung nur halb so viel Meldungen vorlagen.

Tab. 5 Gemeldete Frachten der direkteinleitenden Betriebe (=Eintrag in Gewässer)

Parameter	Anzahl Meldungen	Mittelwert der gemeldeten Frachten kg/a	Summe der gemeldeten Frachten kg/a
GUS	24	25'327.00	607'854.00
BSB5	12	31'579.00	410'523.00
CSB	8	45'817.00	366'352.00
DOC	28	50'086.00	1'452'488.00
As	7	1.30	9.08
Pb	9	1.08	9.72
Cd	9	0.53	4.76
Cr	10	4.71	47.06
Co	8	6.60	52.77
Cu	10	11.70	117.00
Mo	8	9.36	74.84
Ni	10	10.41	104.07
Zn	13	47.48	617.30

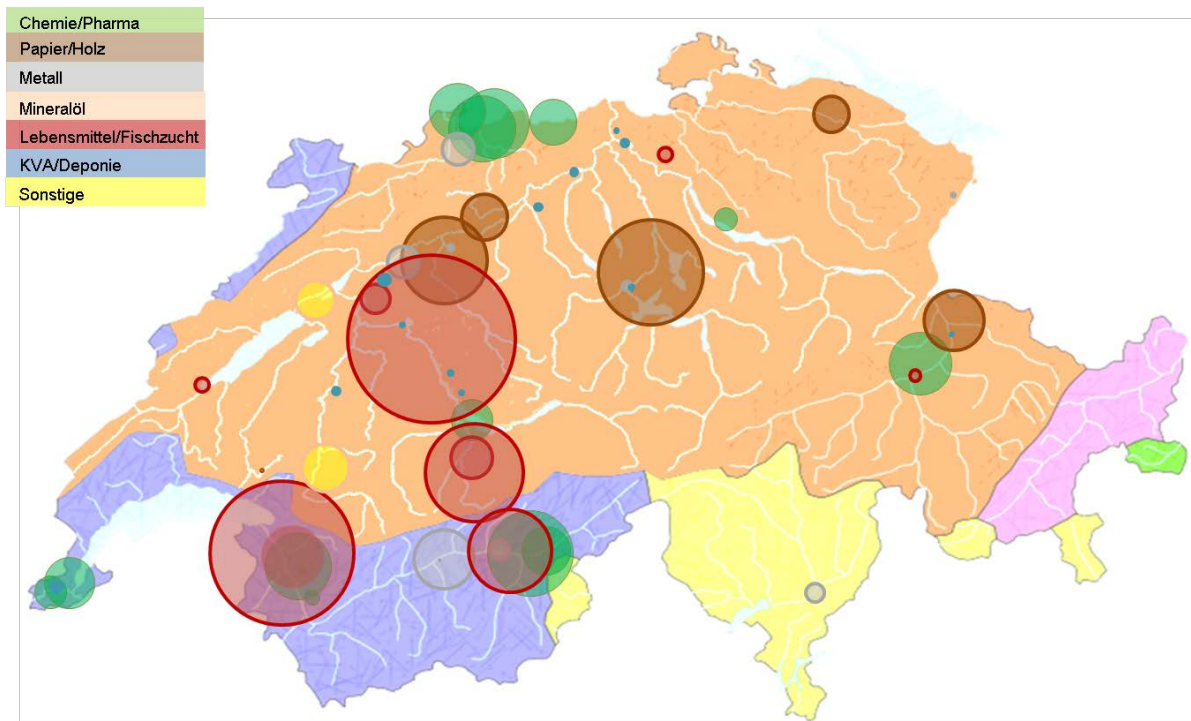


Abb. 3 Lage und Branche der gemeldeten direkteinleitenden Betriebe. Die Grösse der Kreise entspricht der jährlichen Abwassermenge (maximal 12.8 Mio m³/a), nicht der Schadstofffracht im Abwasser. Der Farbcode der CH-Karte gibt das Einzugsgebiet an (Rhein, Rhône, Po, Inn und Adige).

3.4 Gemeldete Frachten der Indirekteinleiter

Die Meldungen zu den indirekt einleitenden Betrieben stammen aus allen Flusseinzugsgebieten der Schweiz. Regionale Schwerpunkte der industriellen Tätigkeit sind

– von wenigen Ausnahmen abgesehen – jedoch ebenfalls entlang der grosse Flüsse zu finden.

Tab. 6 Gemeldete Frachten der indirekt einleitenden Betriebe bzw. der summarisch gemeldeten Betriebe: Anzahl der Meldungen pro Parameter, Mittelwert und Summe der Fracht in kg/Jahr

	GUS	BSB5	CSB	DOC	As	Pb	Cd	Cr	Co	Cu	Mo	Ni	Zn
Anzahl	58	28	101	43	17	35	25	40	18	55	25	56	52
Mittelwert	27'945	80'841	125'542	95'200	1.0	3.0	1.4	2.0	0.0	4.0	3.0	4.0	8.0
Summe	1'620'795	2'263'546	12'679'772	4'093'603	12.5	94.0	34.0	64.3	8.9	231.5	72.3	240.8	421.3
nach ARA*	81'040	113'177	633'989	204'680	0.6	4.7	1.7	3.2	0.4	11.6	3.6	12.0	21.1

* zur Berechnung der Fracht „nach ARA“ siehe Kapitel 4.2

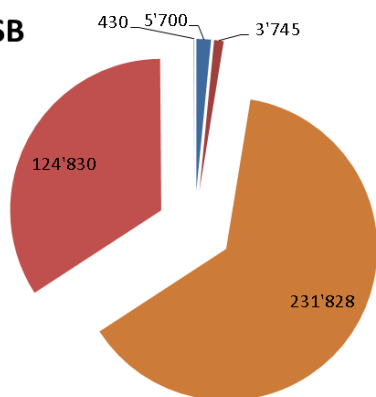
4 Bewertung der gemeldeten Frachten

4.1 Frachten und Branchen

In den folgenden Abbildungen ist für die Parameter CSB und Zn die Herkunft der Frachten aus Direkt- und Indirekteinleitung gezeigt. Die gemeldete summierte CSB-Fracht stammt bei den Direkteinleitern zum überwiegenden Teil aus der Papierherstellung (>60%) und der Herstellung von chemischen Erzeugnissen (ca. 34%). Zusätzliche Beiträge stammen aus der Nahrungs-, Futtermittel- und Getränkeindustrie. Bei den Indirekteinleitern stammt der überwiegende Teil (>60%) aus der Nahrungs- und Futtermittelindustrie sowie der Papierherstellung (ca. 20%) und der Pharmabranche (ca. 8%). Kleinere Beiträge stammen aus der Chemiebranche und aus der Textilindustrie und der Getränkeherstellung.

Direkteinleiter

CSB



Indirekteinleiter

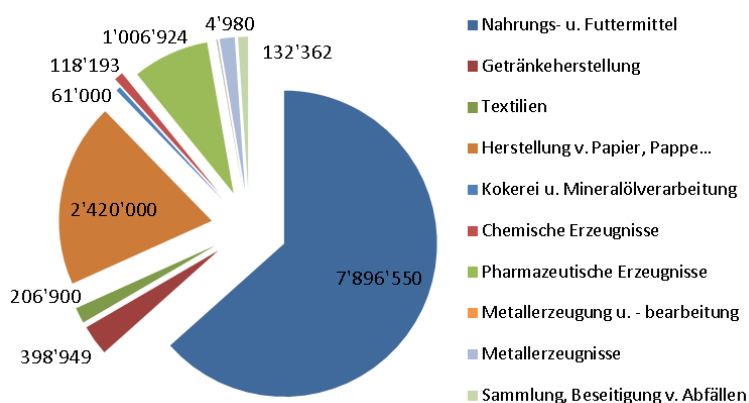


Abb. 4 Herkunft der gemeldeten CSB-Fracht aus Direkt- (links) und Indirekteinleitung (rechts) in kg/Jahr

Der Hauptteil der Zink-Fracht stammt aus Betrieben des Metallgewerbes und der chemischen/pharmazeutischen Industrie (>80% bei den Direkteinleitern und >50% bei den Indirekteinleitern). Je nach Einleitungsart (direkt bzw. indirekt) sind die restlichen Quellen unterschiedlich. So stammt ca. ein Fünftel des direkt eingeleiteten

Zinks aus der Papierindustrie, hingegen ist dieser Anteil bei den Indirekteinleitern sehr viel geringer (0.1 kg/a verglichen mit einer Gesamtfracht von >68 kg/a). Bei den Indirekteinleitern stammt mehr als ein Viertel der Zn-Fracht aus der Abfallbeseitigung und ein geringer Anteil (<5%) zusätzlich noch aus der Textilindustrie.

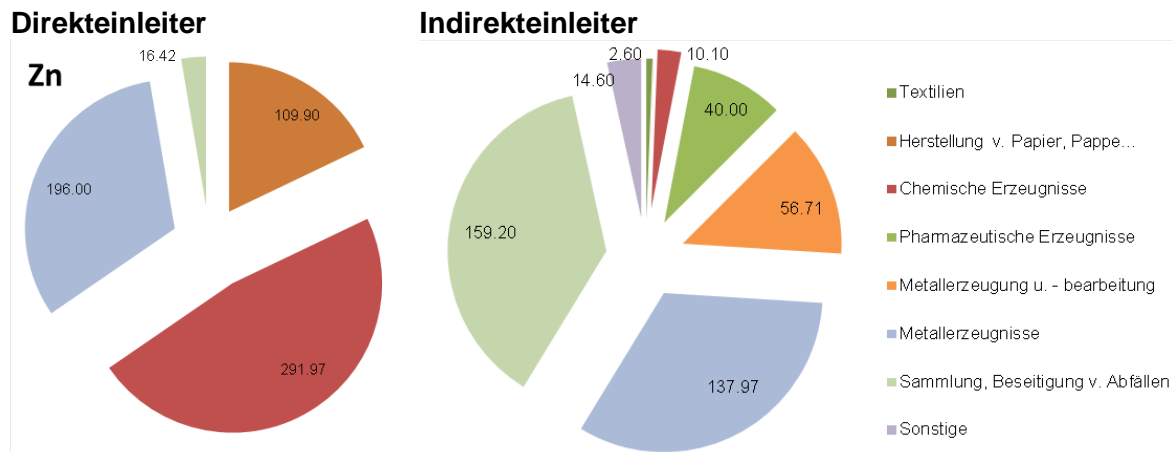


Abb. 5 Herkunft der gemeldeten Zink-Fracht aus Direkt- (links) und Indirekteinleitung (rechts) in kg/Jahr

Die Branchenzuordnung von Frachten der weiteren Parameter ist im Anhang 2 gezeigt. Einschränkend ist anzumerken, dass insbesondere bei den Frachten aus der indirekten Einleitung dominierende Einzelbetriebe bzw. Einzelmeldungen die Zuordnung zu den Branchen verfälschen können.

4.2 Vergleich mit Einleitungen aus kommunalen Abwasserreinigungsanlagen

Um die Grössenordnung der Frachten, die industrielle und gewerbliche Betriebe in Gewässer einleiten, abschätzen zu können, werden sie im Folgenden mit solchen Frachten verglichen, die aus kommunalen Abwasserreinigungsanlagen stammen.

Für diese Abschätzung wurden folgende Annahmen getroffen:

- Es wurden alle gemeldeten Einleiter (direkt und indirekt) berücksichtigt
- Die Angaben zu den Direkteinleitern wurden unverändert übernommen, d.h. es wurden die tatsächlichen Einleitwerte berücksichtigt (aus Einleitungen mit und ohne betriebseigene Behandlung)
- Die Abwässer aus indirekt einleitenden Betrieben gelangen jeweils über eine ARA in die Gewässer. Folglich sind die tatsächlich in das Gewässer gelangenden Frachten durch den Abwasserreinigungsprozess der jeweiligen ARA beeinflusst
 - Für die Parameter CSB und DOC wurde angenommen, dass diese zu 95% abgebaut werden

- Die Schwermetallelimination liegt allgemein darunter (ca. 55% für Nickel und ca. 75% für die anderen gemeldeten Metalle, nach Kupper [1])
- Die Fracht aus der kommunalen ARA stammt aus einer Hochrechnung der Einwohnerwert-Frachten pro Parameter mit dem mittleren Abwasseranfall pro Person, diese Werte enthalten also auch den industriell-gewerbliche Anteil. Die Einwohnerwert-Frachten wurden im Rahmen des Projekts „Mikroverunreinigungen aus diffusen Quellen“ in einer Arbeit zum Abwasser aus kommunalen Abwasserreinigungsanlagen abgeschätzt [3].

Tab. 7 fasst die Ergebnisse dieser Abschätzung zusammen.

Tab. 7 Vergleich der gemeldeten Frachten mit Frachten aus kommunalen Abwasserreinigungsanlagen in kg/Jahr bzw. %-Anteilen. Gemeldete Frachten aus Indirekteinleitung wurden bzgl. Elimination auf der ARA korrigiert (Spalte C „Indirekteinleiter nach ARA“).

Parameter (Anzahl Mel- dungen)	A	B	C	D	Vergleich Direkteinleiter mit ARA (Spalte A von Spalte D)	Anteil Indirekt- einleiter an ARA (Spalte C von Spalte D)
	Fracht der ge- meldeten Di- rekteinleiter kg/a	Fracht der ge- meldeten Indi- rekteinleiter kg/a	Fracht der ge- meldeten Indi- rekteinleiter nach ARA kg/a	Einleitung aus kom- munalen ARA kg/a		
CSB (109)	366'532	12'679'722	633'988	23'100'000	1.6%	2.7%
DOC (73)	1'452'488	4'093'603	204'680	15'375'115	9.4%	1.3%
As (27)	9.08	12.49	0.62	520	1.7%	0.1%
Pb (46)	9.72	94.04	4.70	488	2.0%	1.0%
Cd (36)	4.76	33.96	1.70	53	9.0%	3.2%
Cr (53)	47.06	64.32	3.22	907	5.2%	0.4%
Co (27)	52.77	8.88	0.44	1760	3.0%	<0.1%
Cu (69)	117.00	231.48	11.57	16'973	0.7%	<0.1%
Ni (68)	104.07	240.76	12.04	8'446	1.2%	0.1%
Zn (66)	617.3	421.28	21.06	59'253	1.0%	<0.1%

Die Frachten der gemeldeten Parameter aus industrieller und gewerblicher Einleitung liegen mindestens eine Grössenordnung unter denen aus den Abwasserreinigungsanlagen. Die höchsten Werte finden sich bei Cadmium (9%) und bei DOC (9%). Die Frachten aus industrieller und gewerblicher Indirekteinleitung liegen (nach der ARA abgeschätzt) mit Ausnahme von CSB noch unter den Frachten der Direkteinleiter. Für As, Cd und Co liegt nur eine vergleichsweise geringe Anzahl an Meldungen vor, so dass die summierten Frachten von den tatsächlichen Frachten stärker abweichen als für diejenigen Parameter, für die mehr Meldungen vorliegen.

4.3 Anteil an der Fracht im Rhein bei Basel

In Tab. 8 sind die im Rheineinzugsgebiet gemeldeten Frachten aus Industrie und Gewerbe mit denen im Rhein bei Basel verglichen. Die jeweilige Gesamtfracht der zu vergleichenden Parameter im Rhein bei Basel wurde aus den Daten der Rheinüberwachungsstelle für das Jahr 2010 berechnet. Diese Frachten enthalten damit auch die summierten Hintergrundkonzentrationen, die z.B. geogenen Ursprungs sein können. Für die Frachtberechnung wurde der Messwert mit dem mittleren Ab-

fluss in der Messperiode multipliziert. Bei den Metallen wurde sowohl der gelöste als auch der Anteil im Schwebstoff berücksichtigt.

Für den Vergleich der gemeldeten Frachten aus der Indirekteinleitung wurde dieselbe Abschätzung für die Elimination auf der ARA verwendet, wie bei der Betrachtung im vorhergehenden Abschnitt. Auf eine Abschätzung des weiteren Abbaus entlang der Fließstrecken vom Ort der Emission bis zum Rhein bei Basel wurde verzichtet. Es ist auch hier zu beachten, dass Daten für die Frachtmeldungen zur Indirekteinleitung nur lückenhaft vorliegen.

Tab. 8 Vergleich der gemeldeten Frachten aus industrieller und gewerblicher Einleitung mit Frachten aus der ARA und Messungen der Rheinüberwachungsstelle. Die gemeldeten Frachten aus Indirekteinleitung wurden bzgl. Elimination auf der ARA korrigiert.

Parameter (Anzahl Meldungen)	A		B		C		D		Anteil Industrie und Gewerbe
	Fracht der gemelde- ten Direkt- einleiter	Fracht der gemelde- ten Indi- rekteinleiter nach ARA	Einleitung aus ARA	Messung Fracht im Rhein	Anteil Direktein- leiter	Anteil Indirekt- einleiter	Anteil ARA	Anteil In- dustrie und Gewerbe	
	kg/a	kg/a	kg/a	kg/a	A von D %	B von D %	C von D %	A+B von D %	
GUS (85)	520'666	74'644	k.A.	472'451'000	0.1	0.2		0.3	
DOC (73)	962'572	119'466	11'531'337	62'570'000	1.5	0.2	18.4	1.7	
As (27)	8.95	1.25	390.00	26'553	<0.1	<0.1	1.5	<0.1	
Pb (46)	8.05	9.17	366.00	3'818	0.2	0.2	9.6	0.5	
Cd (36)	3.16	2.19	40.00	325	1.0	0.7	12.3	1.6	
Cr (53)	46.41	14.22	680.00	9'368	0.5	0.2	7.3	0.6	
Cu (69)	116.36	51.02	12'730.00	47'569	0.2	0.1	26.8	0.4	
Ni (68)	103.26	98.16	6'335.00	23'026	0.4	0.4	27.5	0.9	
Zn (66)	602.76	60.89	44'440.00	74'705	0.8	<0.1	59.5	0.9	

Ein signifikanter Anteil von industrieller und gewerblicher Fracht an der Gesamtfracht im Rhein findet sich nur für die Parameter DOC, Cadmium, Nickel und Zink (1% bis 2%). Die Frachten der anderen Parameter liegen alle unterhalb von 1%, für Arsen sogar deutlich unter 1‰.

Am Beispiel des Parameters DOC kann gezeigt werden, dass die Daten nur lückenhaft vorliegen: Die Summe der gemeldeten Frachten aus der Direkteinleitung im Rheineinzugsgebiet liegt bei 962'500 kg/Jahr, und damit niedriger als die Summe aller anderen Einleiter. Für das Einzugsgebiet der Rhône oberhalb des Genfersees wurden DOC-Frachten gemeldet die eine Summe von 489'916 kg/Jahr ergeben, also ca. 50% der Summe der Meldungen des Rheineinzugsgebiets. Die DOC-Fracht an der Messstation „Porte du Scex“ betrug im Jahr 2000 ca. 17'500'000 kg/Jahr (Daten aus der MicroPoll-Datenbank [6]). Der Anteil aus der Direkteinleitung (Summe der Meldungen) an der Gesamtfracht in der Rhône macht dort – unter Vernachlässigung eines Abbaus entlang der Fließstrecke – ca. 3% aus, also das Doppelte des Anteils, der in Tab. 8 für das Rheineinzugsgebiets abgeschätzt wurde.

4.4 Relevanz der gemeldeten Daten

Die gemeldeten Frachten aus der Direkteinleitung liegen in einer vergleichbaren Grössenordnung wie die Frachten aus der Indirekteinleitung nach Behandlung in der ARA (vgl. z.B. Tab. 8). Ausnahmen bilden hier die DOC-Fracht und bei den Schwermetallen Zn, bei denen die Fracht aus der Direkteinleitung ca. 10-mal grösser ist als aus der Indirekteinleitung via ARA.

Als eine obere Schranke für die gemeldeten Frachten mag man die Werte der Rheinüberwachungsstelle bei Basel ansehen. Die Summe der Frachten sowohl aus der Direkteinleitung als auch aus der (in der ARA behandelten) Indirekteinleitung liegt im Bereich von wenigen Promille bis einigen Prozent dieses Werts.

Auch verglichen mit den Frachten aus kommunalen Abwasserreinigungsanlagen liegen die gemeldeten Frachten aus Industrie und Gewerbe im Bereich weniger Prozent.

Für einen weiteren Vergleich können die Daten des Schweizerischen „Schadstofffreisetzungs- und -transferregisters“ (Pollutant Release and Transfer Register, kurz SwissPRTR, [4]) herangezogen werden. Die Daten müssen auf der Grundlage der PRTR-Verordnung [5] von Anlagenbetreibern bzw. Betrieben, die spezifische Schadstoffe freisetzen, gemeldet werden. Im Jahr 2010 meldeten 207 Betriebe Daten. Bei den SwissPRTR-Meldungen ist zu berücksichtigen, dass dort Angaben der kommunalen Abwasserreinigungsanlagen enthalten sind (meldepflichtige Anlagenkategorie: >100'000 Einwohnergleichwerte). Die Daten dieser Studie enthalten hiervon jedoch nur den Anteil industriellen und gewerblichen Ursprungs, diesen jedoch auch teilweise von kleinen ARAs, die aufgrund ihrer geringen Grösse in den SwissPRTR-Meldungen nicht enthalten sind. Abweichungen der im SwissPRTR gemeldeten Daten zu den für diese Studie erhobenen Daten sind in beide Richtungen zu erwarten: einerseits sind die hier erhobenen Daten unvollständig, andererseits sind im SwissPRTR teilweise auch geschätzte Daten vorhanden, die evtl. eher hoch sind.

Tab. 9 Vergleich der für diese Studie gemeldeten Frachten aus Direkteinleitung und eliminations-korrigierter Indirekteinleitung mit denen aus dem SwissPRTR (2010) in kg/Jahr.

Parameter	Frachtmeldungen SwissPRTR	Frachtmeldungen diese Studie	Anteil
	kg/a	kg/a	%
As	175.1	12.2	7
Pb	827.2	33.2	4
Cd	56.3	13.3	24
Cr	945.0	63.1	7
Cu	2'963.8	174.9	6
Ni	814.5	212.4	26
Zn	7'060.9	722.6	10

In Tab. 9 sind die Daten des SwissPRTR als Summe aus Freisetzung in Gewässer und Freisetzung in Abwasser gezeigt. Der Anteil im Abwasser wurde demselben Eliminationsformalismus unterworfen wie die Frachten aus der Indirekteinleitung

(siehe 4.2). Die SwissPRTR-Frachten enthalten auch Beiträge aus kommunalen ARAs, die nicht nur durch industrielle bzw. gewerbliche Einleiter verursacht werden. Der Anteil der in dieser Studie gemeldeten Frachten an den im SwissPRTR gemeldeten Frachten beträgt zwischen 4% (Pb) und 26% (Ni).

4.5 Mehrfache Meldungen weiterer Parameter

Neben den in den vorherigen Kapiteln erwähnten Parametern wurden zusätzlich noch mehrfach Angaben zu Frachten von weiteren Parametern gemacht, sowohl für Direkt- als auch für Indirekteinleiter.

Tab. 10 zusätzliche, mehrfach gemeldete Parameter, unten Direkteinleiter und oben Indirekteinleiter

	KW	TOC	NH ₄	P	Hg	SO ₄	Cl	NO ₂	NO ₃
	kg/a	kg/a	kg/a	kg/a	kg/a	kg/a	kg/a	kg/a	kg/a
gemeldete Fracht aus der Indirekteinleitung									
Anzahl	8	4	14	6	6	2	2	6	4
Mittelwert	1'306	1'133'916	8'575	825	1.37	37'180	817'170	271	23'126
Summe	10'451	4'535'664	120'057	4'947	8.2	74'360	1'634'340	1'624	92'505
gemeldete Frachten aus der Direkteinleitung									
Anzahl	9	10	3	13	5	6	4	-	2
Mittelwert	525	7'525	158	241	0.09	26'262	24'225	-	1'055
Summe	4'727	75'248	473	3'127	0.47	157'570	96'900	-	2'110

4.6 Meldungen zu Einzelstoffen

Neben den Summenparametern, den Daten zu Schwermetallen und den oben angegebenen weiteren Parametern wurden teilweise auch Einzelstoffe gemeldet. Insbesondere von den Abwasserreinigungsanlagen wurden Frachten gemeldet.

4.6.1 Pflanzenschutzmittel

Meldungen zu Pflanzenschutzmitteln liegen von drei Abwasserreinigungsanlagen vor. Die Messungen stammen direkt aus dem Ablauf der jeweiligen ARA, deren industrieller Teil als Direkteinleiter angesehen werden kann. Teilweise behandeln diese ARAs jedoch auch kommunales Abwasser, werden aufgrund des hohen Anteils an industriellem Abwasser aber als Direkteinleiter geführt. Alle gemeldeten 26 Wirkstofffrachten sind sehr gering und liegen im Bereich von 0.3 kg/a bis maximal 36.5 kg/a.

4.6.2 Pharmazeutische Produkte

Ebenfalls aus Daten von (industriellen) Abwasserreinigungsanlagen stammen Meldungen zu 13 pharmazeutischen Wirkstoffen. Die gemeldeten, jährlichen Stofffrachten liegen im Bereich von 1 kg/a bis zu 291 kg/a.

Ein Vergleich mit aus Messdaten berechneten, durchschnittlichen Frachten in Rhein bzw. Rhône zeigt, dass für die verschiedenen Wirkstoffe die Anteile aus den gemel-

deten industriellen Einleitungen in einem weiten Bereich vorliegen (von 0.5% bis ca. 25%).

4.6.3 Meldungen weiterer Frachten

Abschliessend zeigt Tab. 11 Werte der gemeldeten Frachten weiterer Parameter. Die Werte der Metalle stammen hauptsächlich aus der Uhrenindustrie, die Meldungen zu den Industriechemikalien und Tensiden stammen hingegen wiederum von (industriellen) Abwasserreinigungsanlagen sowie von kleineren Direkteinleitern.

Tab. 11 Weitere gemeldete Frachten zu Einzelstoffen, mehrere Einträge pro Stoff in den Spalten Frachtmeldungen entsprechen Meldungen von unterschiedlichen Betrieben bzw. zusammengefassten Betrieben.

Kategorie	Anzahl Meldungen	gemeldete Frachten		
		Minimum kg/a	Median kg/a	Maximum kg/a
Industriechemikalien	10	10	50	15'257
Tenside	4	3.5	250	1'000
weitere Metalle	15	0.006	1	10.64

5 Fazit

Eine Zusammenstellung der direkt einleitenden Industrie- und Gewerbebetriebe der ausgewählten Branchen konnte erstellt werden (>60 Betriebe in der ganzen Schweiz). Für die Summenparameter (GUS, BSB/CSB und DOC) sind die Frachten im Allgemeinen bekannt. Teilweise bekannt sind auch noch die Frachten einiger Schwermetalle. Die Branchen mit den meisten gemeldeten Betrieben sind die Sammlung und Beseitigung von Abfällen etc. (21), die Herstellung von chemischen Erzeugnissen (16), die Herstellung von Nahrungs- und Futtermitteln (8 inkl. Fischzuchtanlagen) sowie die Herstellung von Papier, Pappe und Waren daraus (5).

Bei den Direkteinleitern liegen den Kantonen nur wenige Daten zu den unterschiedlichen Frachten von Mikroverunreinigungen vor. Substanz- bzw. Wirkstoff-spezifische Frachten werden nicht regelmässig erhoben, sondern meistens nur im Rahmen ausserordentlicher Masskampagnen.

Die Anzahl der indirekt einleitenden Betriebe ist sehr gross, und es liegen relativ wenige Daten bei den Kantonen und diese in unterschiedlicher Qualität vor. Die Branchen mit den meisten gemeldeten Betrieben sind die Herstellung von Metallernzeugnissen (860), Die Herstellung von Nahrungs- und Futtermitteln (536), die Herstellung von chemischen Erzeugnissen (201), die Metallherzeugung und -bearbeitung (231), die Sammlung und Beseitigung von Abfällen etc.(140) sowie die Herstellung von Textilien(105).Ein Vergleich der eingegangenen Meldungen zu Indirekteinleitern mit der Anzahl der Betriebe aus der Betriebszählung 2008 zeigt, dass die Anzahl Meldungen stets geringer ist als die tatsächliche Anzahl der Betriebe (Ausnahme: „Metallherzeugung u. -bearbeitung“). Dabei muss jedoch einschränkend

hinzugefügt werden, dass nicht alle Betriebe einer Branche auch tatsächlich abwasserrelevante Prozesse durchführen.

Für die Summenparameter (GUS, CSB, BSB5, DOC) sind die Frachten bei den Indirekteinleitern oft gemeldet worden, also bei vielen Kantonen gut bekannt. Ebenso wurden Frachten von Schwermetallen (As, Pb, Cd, Cr, Co, Cu, Mo, Ni und Zn) häufig gemeldet. Auch diese sind gut bekannt. Dies ist (teilweise) dadurch begründet, dass Einleitgrenzwerte eingehalten werden müssen und dazu periodische Kontrollmessungen durchgeführt werden.

Frachten von organischen Mikroverunreinigungen aus indirekteinleitenden Betrieben – seien es Pflanzenschutzmittel, Pharmaka oder Industriechemikalien – sind in der gesamten Schweiz nur punktuell bekannt. Grundsätzlich findet hier wenig routinemässige Überwachung statt. Vielmehr stammen die meisten Daten aus spezifischen Projekten (Sanierungen, Einzelkampagnen) bzw. aus einzelnen Kantonen, die eine Deklarationspflicht für Einleitparameter kennen und für grosse Einleiter, welche routinemässig überwacht werden.

Verglichen mit der Einleitung kommunalen Abwassers im Rheineinzugsgebiet machen die gemeldeten Einleitungen aus Industrie und Gewerbe allgemein nur wenige Prozent aus. Grundsätzlich sind über die Anteile aus Industrie und Gewerbe an den Frachten von Mikroverunreinigungen im Gewässer auf der Grundlage der erhobenen Daten kaum verlässliche Abschätzungen möglich.

Durch die vereinzelt Meldungen von Frachten von z.B. pharmazeutischen Wirkstoffen oder Pflanzenschutzmitteln kann gezeigt werden, wie hoch der Anteil einer punktuellen, industriellen Einleitung an der Gesamtfracht im Gewässer ist.

Für eine quantitative Gesamtdarstellung des Anteils an Mikroverunreinigungen in Gewässern, die aus Industrie und Gewerbe stammen, sind die erhobenen Daten nicht ausreichend. Vor allem im Bereich der Indirekteinleiter ist die Datenlage bei den Kantonen sehr unterschiedlich, zum einen die Zahl der Betriebe und das jeweilige Abwasseraufkommen betreffend und zum anderen die Art der emittierten Schadstoffe betreffend. Da kurzfristig keine Verbesserung der Datenlage bezüglich der Einzelstoffe zu erwarten ist (fehlende gesetzliche Grundlagen, unterschiedliche Prioritäten bei den kantonalen Stellen, etc.), müsste versucht werden, den Anteil der Mikroverunreinigungen aus Industrie und Gewerbe z.B. durch Abschätzungen bzw. Verallgemeinerungen zu quantifizieren.

Literatur

- [1] Schweizerischer Verein des Gas- und Wasserfachs, Jahrbuch 2009, Zürich
- [2] Kupper, Thomas, Der Transfer von Schwermetallen vom Abwasser in den Klärschlamm unter besonderer Berücksichtigung von Nickel, Literaturstudie, EPFL, Lausanne 2000
- [3] Abegglen, Christian, Stoffdatensammlung „Kommunale ARA“, BAFU, Bern 2012
- [4] SwissPRTR-Website: <http://www.prtr.admin.ch/>
- [5] SR 814.017, Verordnung zum Register über die Freisetzung von Schadstoffen sowie den Transfer von Abfällen und von Schadstoffen in Abwasser (PRTR-V), vom 15. Dezember 2006 (Stand 23. Januar 2007)
- [6] Micropoll-Datenbank, BAFU 2012

Der Projektleiter

BMG Engineering AG

Dr. Christian Braun

Dr. René Gälli

Schlieren, Januar 2014

Projekt: Mikroverunreinigungen aus Industrie und Gewerbe, 51'095

Die BMG Engineering AG hat diese Untersuchung unter Einsatz ihres besten professionellen Könnens und in Übereinstimmung mit allgemein anerkannten Grundsätzen ausgeführt. Die Erkenntnisse und Schlussfolgerungen im Untersuchungsbericht stützen sich auf die der BMG Engineering AG zum Zeitpunkt der Berichtverfassung vorliegenden Informationen. Diese Erkenntnisse und Schlussfolgerungen können nicht unüberprüft auf zukünftige Verhältnisse übertragen werden.

Anhang 1

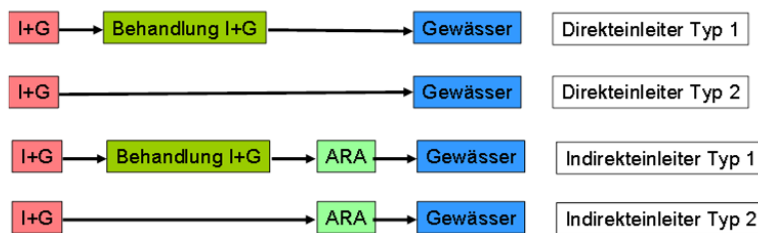
verschickte Umfrageunterlagen

1. Definition der zu erfassenden Einleiter

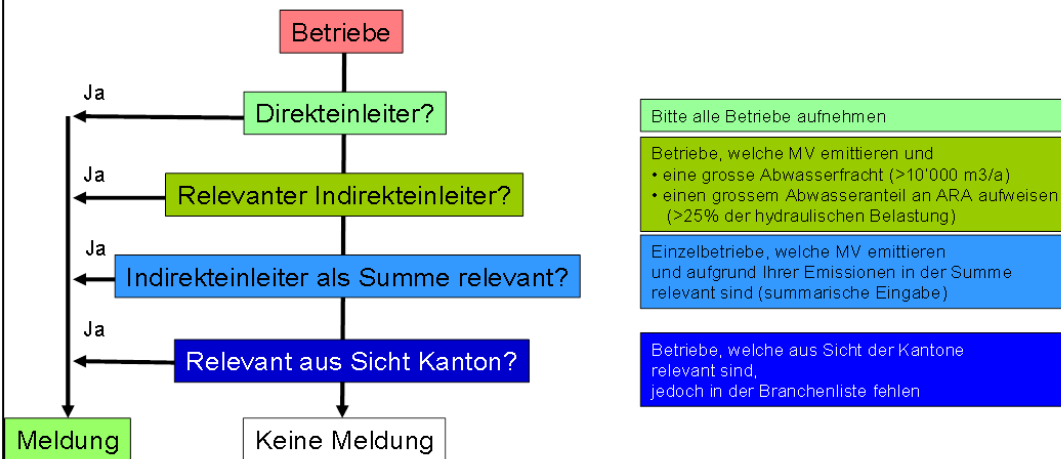
Welche Betriebe sind zu erfassen?

1. alle **Direkteinleiter** mit und ohne Vorbehandlung des Abwassers, z.B.
 - Chemische Industrie
 - Papierindustrie
 - usw. (siehe Tabellenblatt "Branchenliste")
2. relevante **Indirekteinleiter**, z.B.
 - Betriebe mit sehr grossen Abwasseraufkommen (**grösser 10'000 m³/a**)
 - Betriebe mit grossem Abwasseranteil an kleiner ARA (**mittlere hydraulische Belastung grösser 25%**)
 - Betriebe welche in der Summe relevant sein können gemäss Beurteilung Kanton (summarische Angabe)
 - Spezielle Betriebe gemäss Erfahrung und Beurteilung der Kantone

Übersicht: Einleitertypen I + G



Vorgehen: Erfassung Betriebe I+G



- Bitte alle Betriebe aufnehmen
- Betriebe, welche MV emittieren und
 - eine grosse Abwasserfracht (>10'000 m³/a)
 - einen grossem Abwasseranteil an ARA aufweisen (>25% der hydraulischen Belastung)
- Einzelbetriebe, welche MV emittieren und aufgrund Ihrer Emissionen in der Summe relevant sind (summarische Eingabe)
- Betriebe, welche aus Sicht der Kantone relevant sind, jedoch in der Branchenliste fehlen

Hilfsmittel:

- Branchenliste
- Liste mit relevanten Mikroverunreinigungen
- Erfassungsbogen

2. Branchenliste

Liste der vermutlich relevanten Branchen für Mikroverunreinigungen aus Industrie und Gewerbe (NOGA-Liste)						
Die Liste ist als Hilfsmittel zur Identifikation von relevanten Industrien und Betrieben gedacht und kann durch die Kantone ergänzt bzw. verfeinert werden.						
NOGA	Branche	Arbeitsstätten CH	Vollzeitalivalente CH	als relevant vermutet	als weniger relevant vermutet	Begründung
	Um die Datenerhebung für die indirekt einleitenden Betriebe einzuschränken sind zwingend nur solche aus den fett gedruckten Branchen anzugeben, bei den anderen ist es dem Datenlieferant freigestellt Angaben zu machen					
2. Sektor						
13	Herstellung v. Textilien	682	9'189	x		Biozide, Farbstoffe
131	<i>Spinnstoffaufbereitung und Spinnerei (Entfetten, Waschen, etc.)</i>					
133	<i>Veredelung von Textilien (Bleichen, Färben, Pissieren, Beschichten, Bedrucken, etc.)</i>					
14	Herstellung v. Bekleidung	816	5'191	x		Biozide, Farbstoffe
15	Herstellung v. Leder, Lederwaren, Schuhen	208	1'774	x		Biozide, Farbstoffe, Gerbstoffe
17	Herstellung v. Papier, Pappe, Waren daraus	214	11'834	x		Biozide, Farbstoffe
19	Kokerei u. Mineralölverarbeitung	15	774	x		organische Spurenstoffe (KW, PAK)
20	Herstellung v. chemischen Erzeugnissen	679	32'277	x		organische Spurenstoffe von Zwischen- und Endprodukten
201	<i>Herstellung von chemischen Grundstoffen, Düngemitteln und Stickstoffverbindungen, Kunststoffen in Primärformen und synthetischem Kautschuk in Primärformen</i>					
202	<i>Herstellung von Schädlingsbekämpfung-, Pflanzenschutz- und Desinfektionsmitteln</i>					
203	<i>Herstellung von Anstrichmitteln, Druckfarben und Kitten</i>					
204	<i>Herstellung von Seifen, Wasch-, Reinigungs- und Körperpflegemitteln sowie von Duftstoffen</i>					
205	<i>Herstellung von sonstigen chemischen Erzeugnissen</i>					
21	Herstellung v. pharmazeutischen Erzeugnissen	234	33'733	x		organische Spurenstoffe von Zwischen- und Endprodukten, Pharmazeutika
22	Herstellung v. Gummi- u. Kunststoffwaren	809	23'745	x		organische Spurenstoffe (z.B. Zusatzstoffe wie Weichmacher, Farbstoffe, Vulkanisierhilfsmittel)
24	Metallerzeugung u. -bearbeitung	286	15'264	x		Metalle, Lösungsmittel, Biozide, halogenierte Aliphaten
25	Herstellung v. Metallserzeugnissen	7'438	87'068	x		Metalle, Lösungsmittel, Biozide
256	<i>Oberflächenveredlung und Wärmebehandlung (z.B. Galvanik, Verzinkereien etc.)</i>					
257	<i>Herstellung von Schneidwaren, Werkzeugen, Schlössern und Beschlägen aus unedlen Metallen</i>					
259	<i>Herstellung von sonstigen Metallwaren (Fässer, Drähte, Schrauben, etc.)</i>					
35	Energieversorgung	714	22'111	x		Biozide in offenen Kühlsystemen
10	Herst. v. Nahrungs- u. Futtermitteln	2'141	50'976	x		organische Spurenstoffe wie z.B. Reinigungsmittel, Biozide
11	Getränkeherstellung	399	5'661	x		organische Spurenstoffe wie z.B. Reinigungsmittel, Biozide
12	Tabakverarbeitung	14	2'865	x		organische Spurenstoffe wie z.B. Reinigungsmittel, Biozide
16	Herstellung v. Holzwaren	6'393	36'639	x		Farbstoffe, Biozide
23	Herstellung von Glas u. Keramik, Verarbeitung v. Steine u. Erden	1'395	18'257	x		Farbstoffe, Metalle
26	Herstellung v. Datenverarbeitungsgeräten, elektronischen u. optischen Erzeugnissen	2'385	104'337	x		Metalle, Lösungsmittel, fluorierte Verbindungen
28	Maschinenbau	2'543	91'363	x		Metalle
29	Herstellung v. Automobilen u. -teilen	208	5'598	x		Metalle
30	Sonstiger Fahrzeugbau	229	8'975	x		Metalle
31	Herstellung von Möbeln	1'016	12'294	x		Farbstoffe, Biozide
38	Sammlung, Beseitigung v. Abfällen, Rückgewinnung	699	8'559	x		bei abwasserrelevanten Verfahren
5-9	Bergbau, Gewinnung v. Steinen u. Erden	332	4'600		x	keine spezifischen Mikroverunreinigungen bekannt
18	Herstellung v. Druckerzeugnissen, Vervielfältigung	2'673	25'630		x	keine spezifischen Mikroverunreinigungen bekannt
27	Herstellung v. elektrischen Ausrüstungen	905	38'971		x	keine spezifischen Mikroverunreinigungen bekannt
32	Herstellung v. sonstiger Waren	3'047	21'904		x	keine spezifischen Mikroverunreinigungen bekannt
33	Reparatur u. Installation v. Maschinen	2'114	16'727		x	keine spezifischen Mikroverunreinigungen bekannt
36	Wasserversorgung	228	1'391		x	keine spezifischen Mikroverunreinigungen bekannt
37	Abwasserentsorgung	576	3'437		x	im BAFU-Projekt MicroPoll behandelt
39	Beseitigung v. Umweltverschmutzung	20	76		x	keine spezifischen Mikroverunreinigungen bekannt
41	Hochbau	4'837	77'164		x	nur temporäre Emissionen
42	Tiefbau	1'068	26'222		x	nur temporäre Emissionen
43	Vorbereitende Baustellenarbeiten, Bauinstallation	32'394	196'127		x	keine spezifischen Mikroverunreinigungen bekannt

4. Liste der Mikroverunreinigungen

Stoffgruppe	Stoffname	Emissionspfad		Bemerkung
		diffus	punktuell	
Biozide	BHT(Butyl-hydroxytoluol)		X	Haushalte, Industrie
	Carbendazim	X	X	Haushalte, Industrie, Landwirtschaft
	DEET	X	X	Haushalte
	Irgarol	X	X	Bautenschutz
	Mecoprop	X	X	Haushalte, Industrie, Landwirtschaft
	Pentachlorphenol	X	X	Industrie
	Terbutryn	X	X	Industrie, Landwirtschaft
	Triclosan		X	Haushalte, Industrie
	ACPA		X	Industrie (Kühlsysteme)
	5-Chlor-2-methyl-isothiazol-3-on		X	Industrie (Kühlsysteme)
	Bromchlor-5,5-dimethylimidazolidin-2,4-dion		X	Industrie (Kühlsysteme)
	Benzyl-C12-18-alkyldimethylammoniumchlorid		X	Industrie (Kühlsysteme)
Pflanzenschutzmittel	AMPA	X	X	Abbauprodukt von Glyphosat
	Diuron	X	X	Bautenschutz
	Glyphosat	X	X	Bautenschutz, Landwirtschaft
Industriechemikalien	1,2,4-Trichlorbenzol		X	Industrie
	1,2-Dichlorethan		X	Industrie
	Benzol		X	Industrie
	Benzothiazol	X	X	Industrie, Strassenverkehr
	Benzotriazol/Methyl-Benzotriazol		X	Industrie, Haushalte
	Bisphenol A	X	X	Industrie, Haushalte
	C10-13 Chloralkane		X	Industrie
	Dibutylphthalate (DBP)	X	X	Industrie, Haushalte
	Dichlormethan		X	Industrie, Haushalte
	Diethylhexylphthalate (DEHP)	X	X	Industrie, Haushalte
	Diisodecylphthalate (DIDP)	X	X	Industrie, Haushalte
	Diisononylphthalate (DINP)	X	X	Industrie, Haushalte
	Diglyme	X	X	Industrie
	Flammschutzmittel		X	Industrie, Haushalte
	Hexachlorbutadien	X	X	Industrie
	MTBE/ETBE	X		Verkehr
	Nonylphenol		X	Industrie
	Octylphenol		X	Industrie
	PAK	X		Beschichtung, Holzkonservierung
	Pentachlorbenzol	X	X	Industrie
	Perfluoroktansulfonsäure (PFOS)	X	X	Industrie, Haushalte
	Perfluorierte Tenside allg.	X	X	Industrie, Haushalte
	Tetrachlorethylen		X	Industrie
	Tetrachlorkohlenstoff		X	Industrie
	Tributylzinn	X	X	Industrie
	Trichlorethylen		X	Industrie
	Trichlormethan		X	Industrie
Komplexbildner	DTPA		X	Industrie
	EDTA		X	Industrie, Haushalte
	NTA		X	Industrie, Haushalte
Metalle	Cadmium	X	X	div. Quellen
	Blei	X	X	div. Quellen
	Nickel	X	X	div. Quellen
	Quecksilber	X	X	div. Quellen
	Kupfer	X	X	div. Quellen
	Arsen	X	X	div. Quellen
	Zink	X	X	div. Quellen
	weitere Metalle	X	X	div. Quellen
Arzneimittel	Amidotrizoensäure	X	X	Gesundheitswesen, Haushalte
	Bezafibrat	X	X	Gesundheitswesen, Haushalte
	Carbamazepin	X	X	Gesundheitswesen, Haushalte
	Cyproflorazin	X	X	Gesundheitswesen, Haushalte, Landwirtschaft
	Diclofenac	X	X	Gesundheitswesen, Haushalte
	Iopamidol	X	X	Gesundheitswesen, Haushalte
	Iopromid	X	X	Gesundheitswesen, Haushalte
	Oxytetracyclin	X	X	Gesundheitswesen, Haushalte, Landwirtschaft
	Sulfadiazin	X	X	Gesundheitswesen, Haushalte, Landwirtschaft
	Sulfamethazin	X	X	Gesundheitswesen, Haushalte, Landwirtschaft
	Sulfamethoxazole	X	X	Gesundheitswesen, Haushalte
Zwischenprodukte und Ausgangsstoffe	Nitro- und Nitrosoverbindungen	X	X	Industrie
	halogenierte/sulfonierte Aromaten	X	X	Industrie
	aromatische Amine	X	X	Industrie
	weitere organische Stoffe	X	X	Industrie

Quelle:

Grundlage bildet die Stoffliste des Berichts "Strategie Mikroverunreinigungen – Strategie für die Siedlungs- und Industrieabwässer –" der IKSR (2010)

Nicht betrachtet wurden "Altstoffe" (z. B. Hexachlorbenzol, PCB) und solche, die vermutlich nicht aus Industrie und Gewerbe stammen

Die Liste wurde um die Industriechemikalien aus der im Projekt MicroPoll erarbeiteten Liste der schweizrelevanten Spurenstoffe (Stand: September 2010) und um Inhaltsstoffe von industriellen Ausgangs- und Zwischenprodukte erweitert

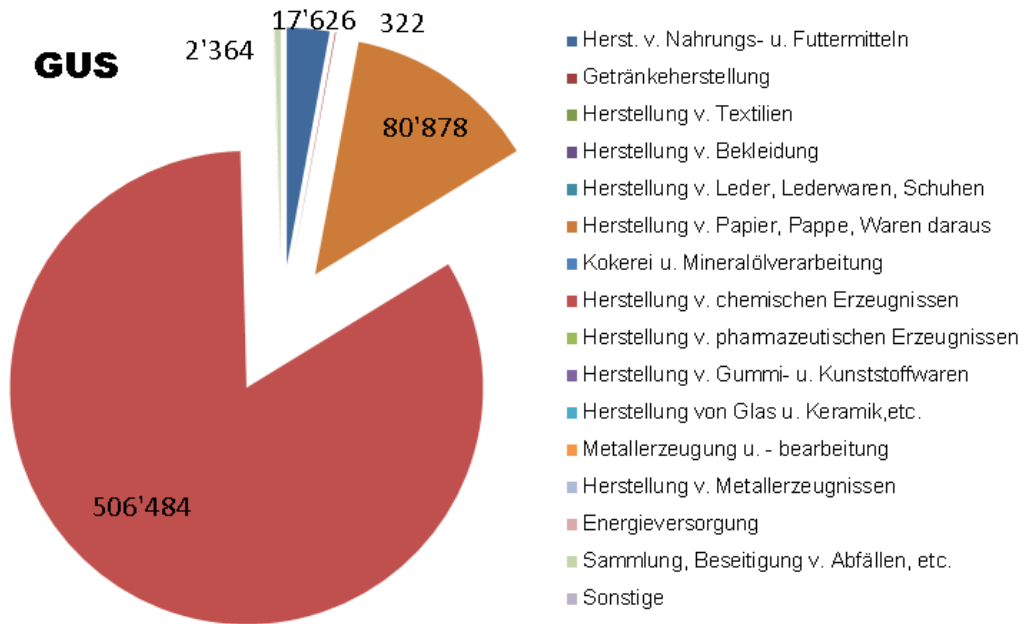
Ferner wurden in der Schweiz zugelassene Biozide für offene Kühlsysteme aufgeführt

Anhang 2

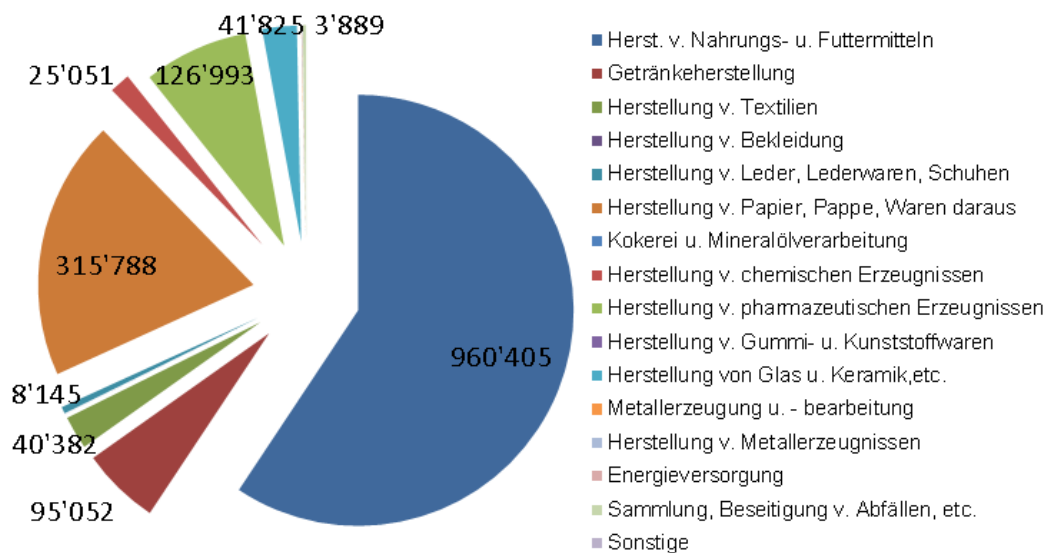
Zuordnung der Frachten zu den Branchen

In den Meldungen der Kantone wurde jeweils die Branche des einleitenden Betriebs angegeben. In den nachfolgenden Abbildungen sind die summierten Frachten pro Branche jeweils in kg/Jahr für Direkt- und Indirekteinleiter angegeben. Insbesondere bei der Darstellung der Frachten aus der Indirekteinleitung muss aber darauf hingewiesen werden, dass auf Grund der lückenhaft gemeldeten Daten die Aufteilung der einzelnen Parameter zu den unterschiedlichen Branchen mit einer grossen Unsicherheit behaftet ist.

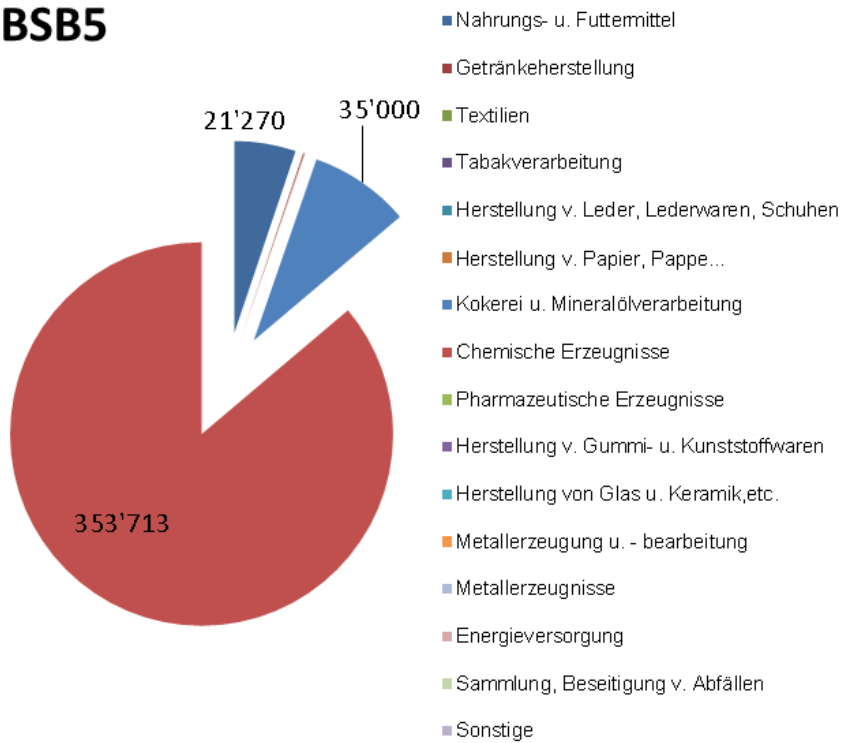
Direkteinleiter



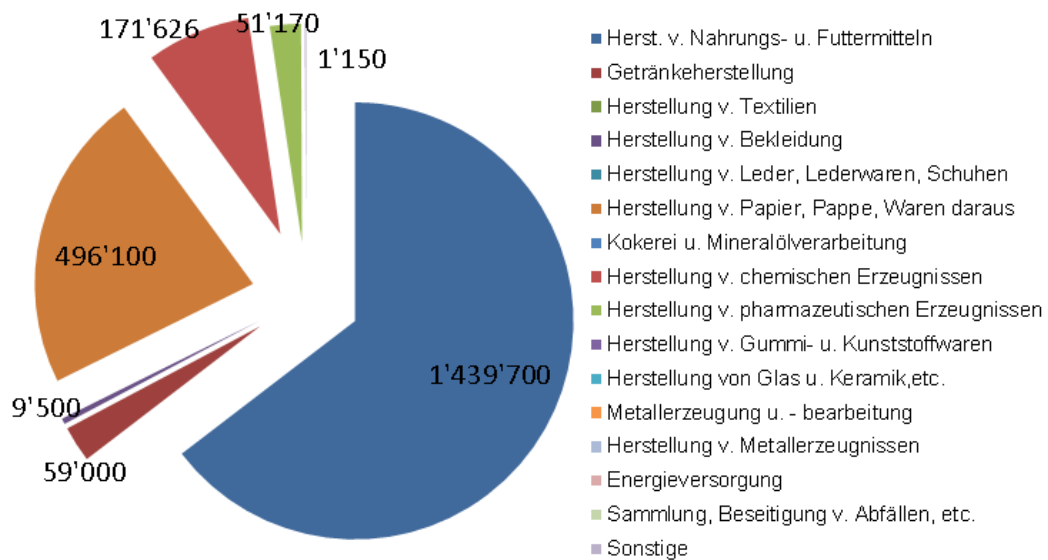
Indirekteinleiter



BSB5

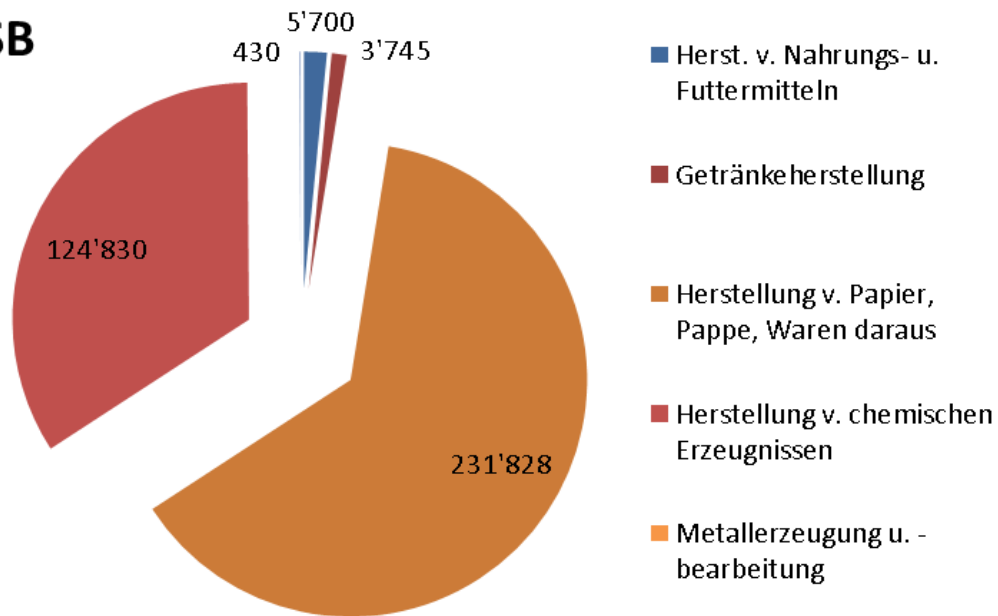


Indirekteinleiter

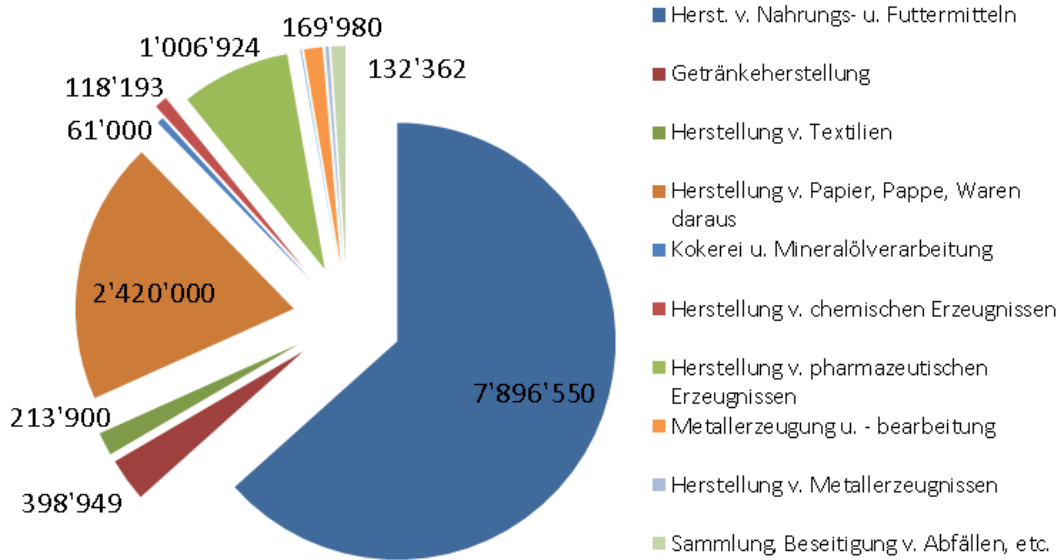


Direkteinleiter

CSB

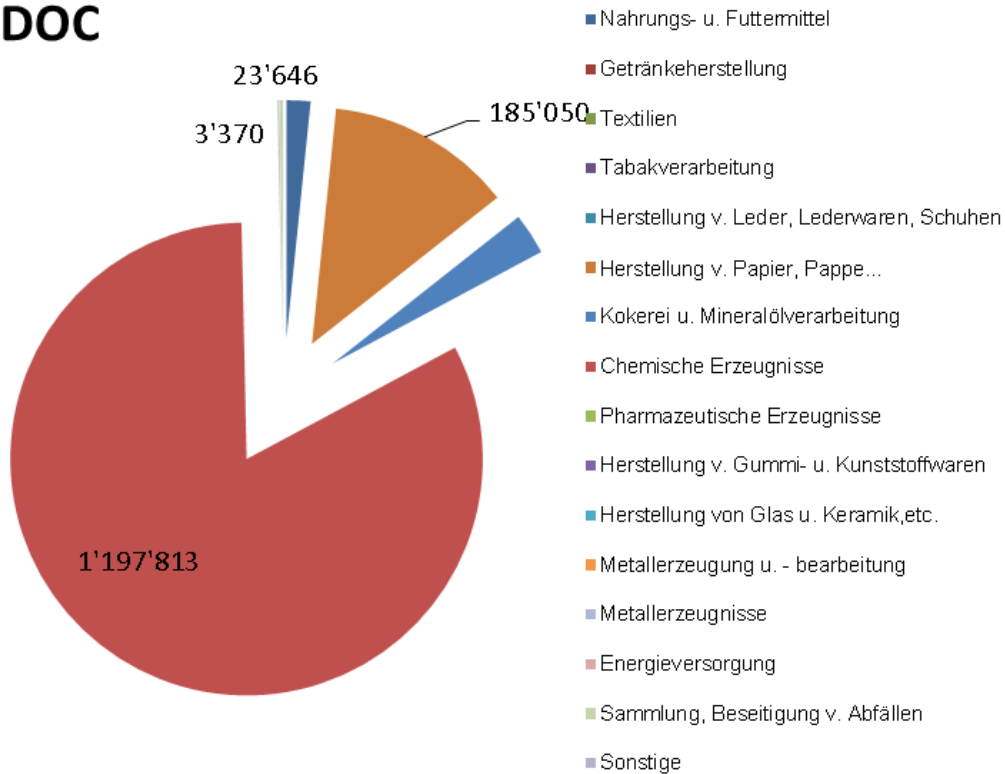


Indirekteinleiter

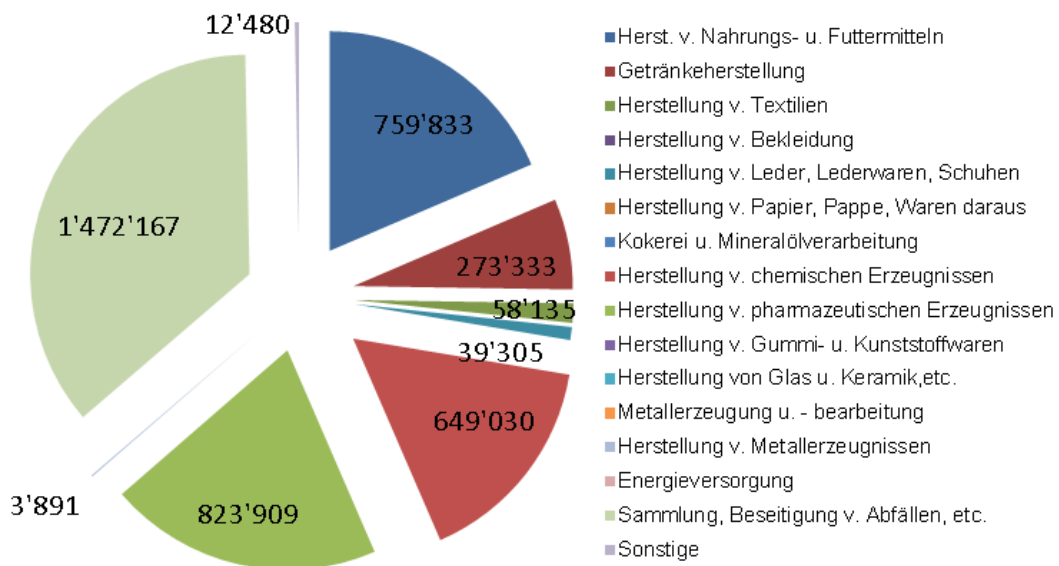


Direkteinleiter

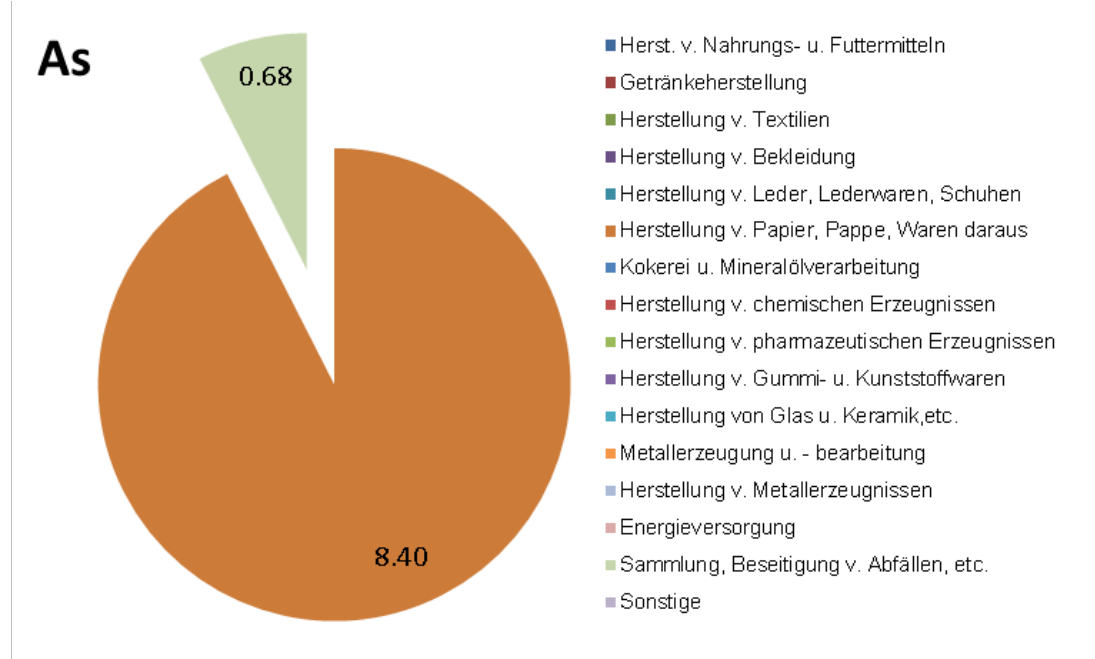
DOC



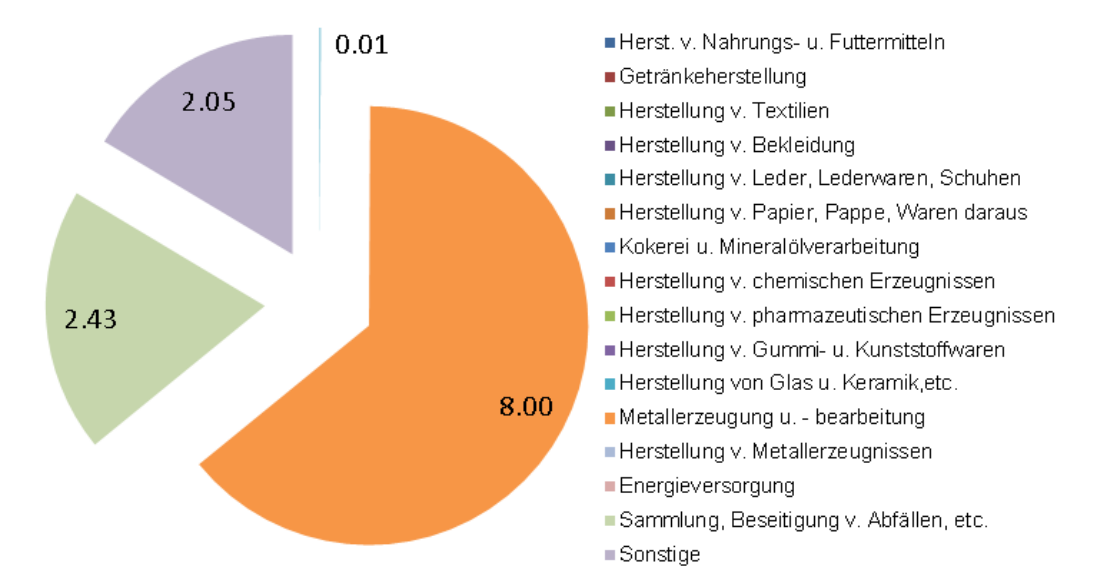
Indirekteinleiter



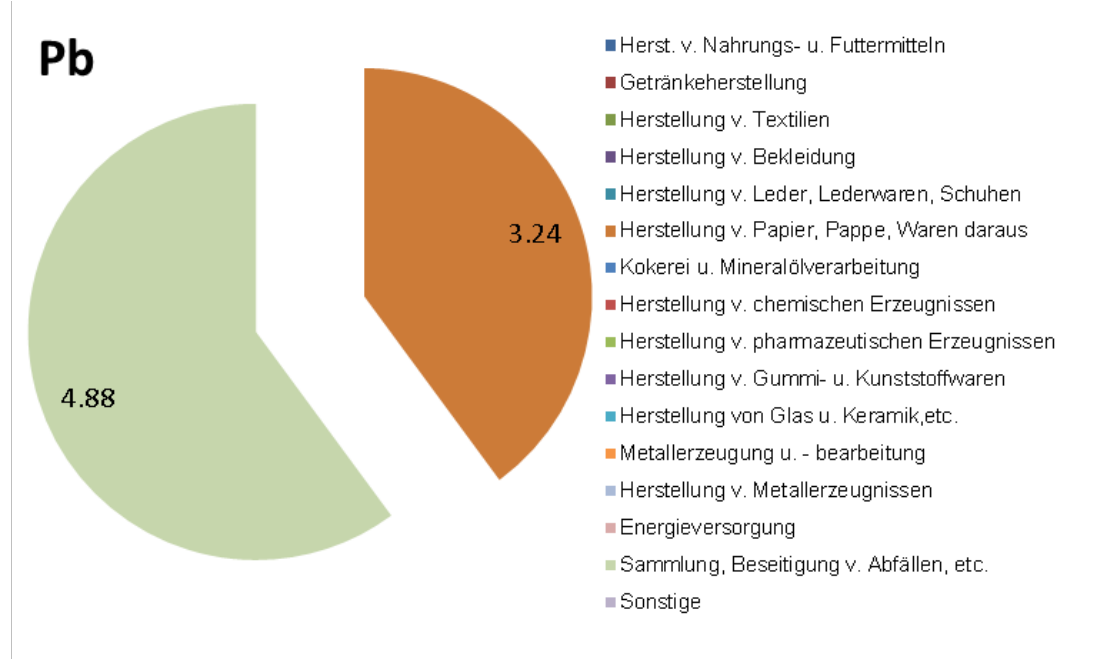
Direkteinleiter



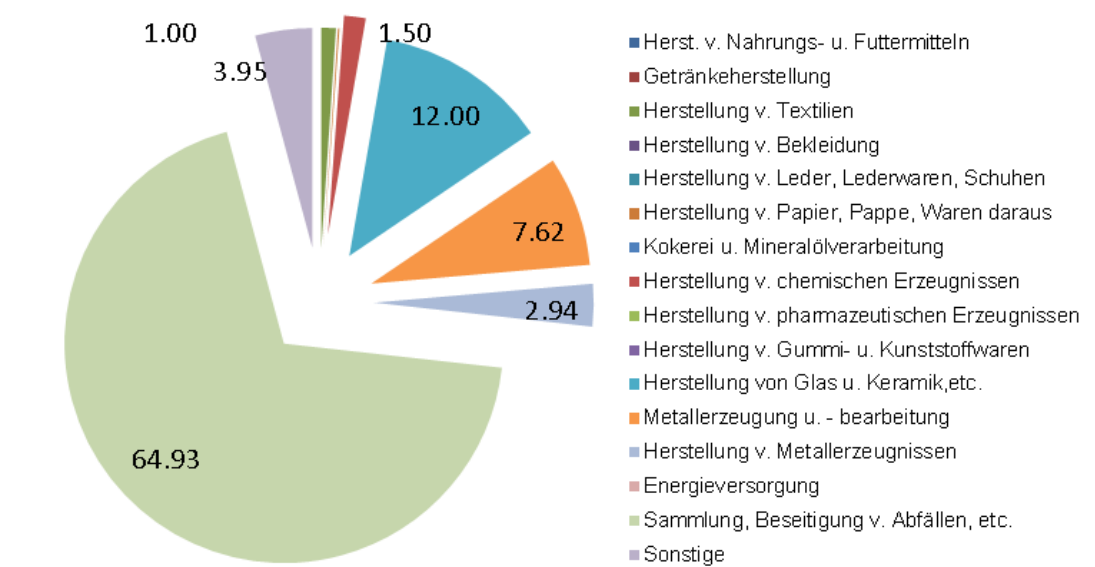
Indirekteinleiter



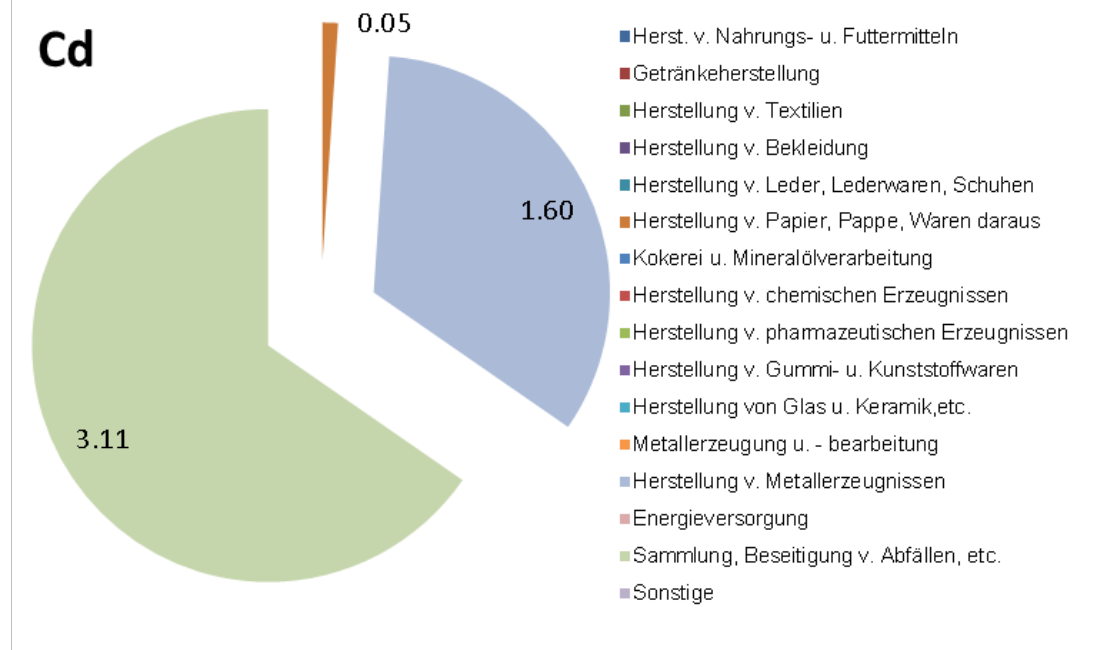
Direkteinleiter



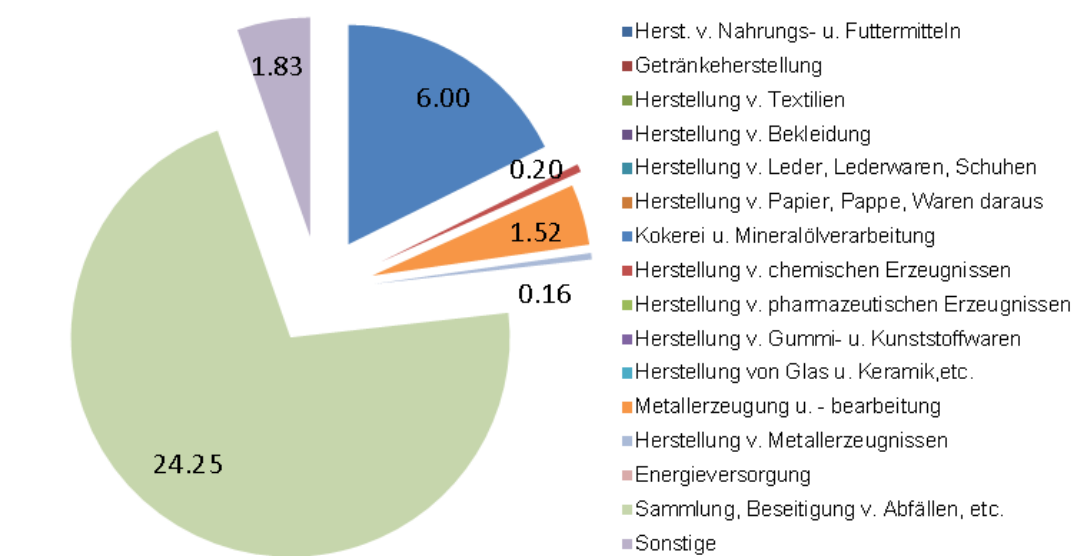
Indirekteinleiter



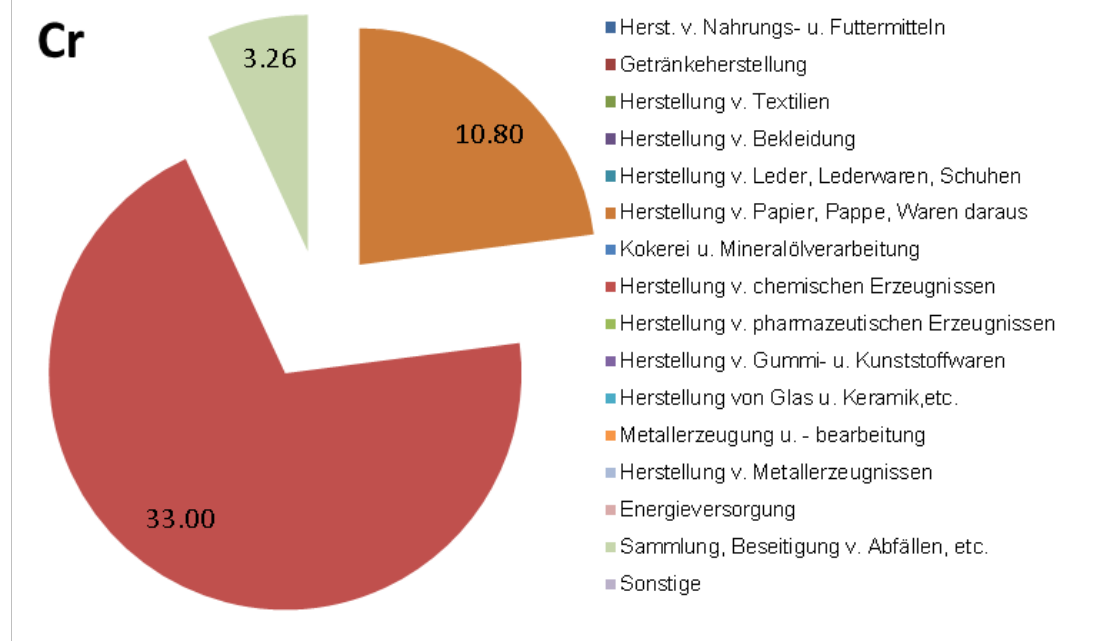
Direkteinleiter



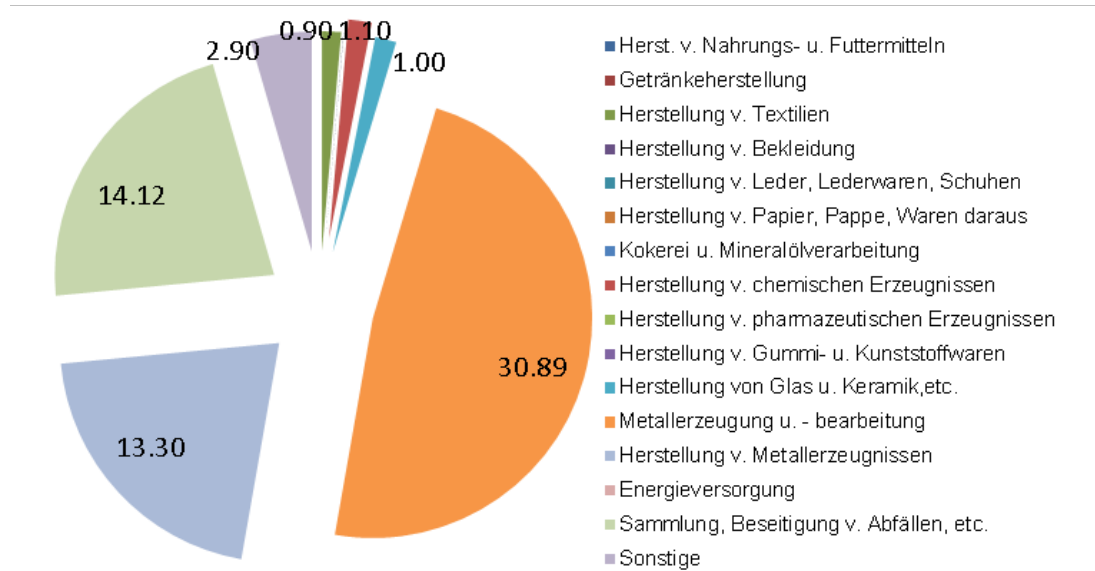
Indirekteinleiter



Direkteinleiter

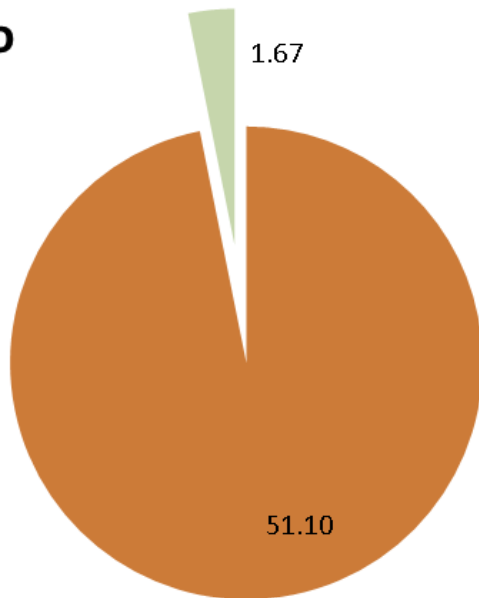


Indirekteinleiter



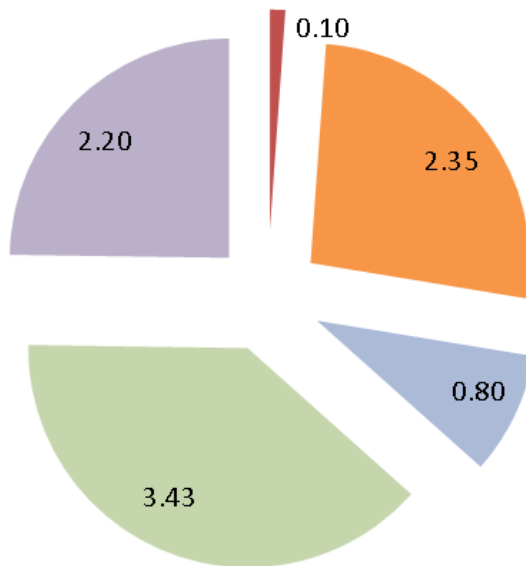
Direkteinleiter

Co



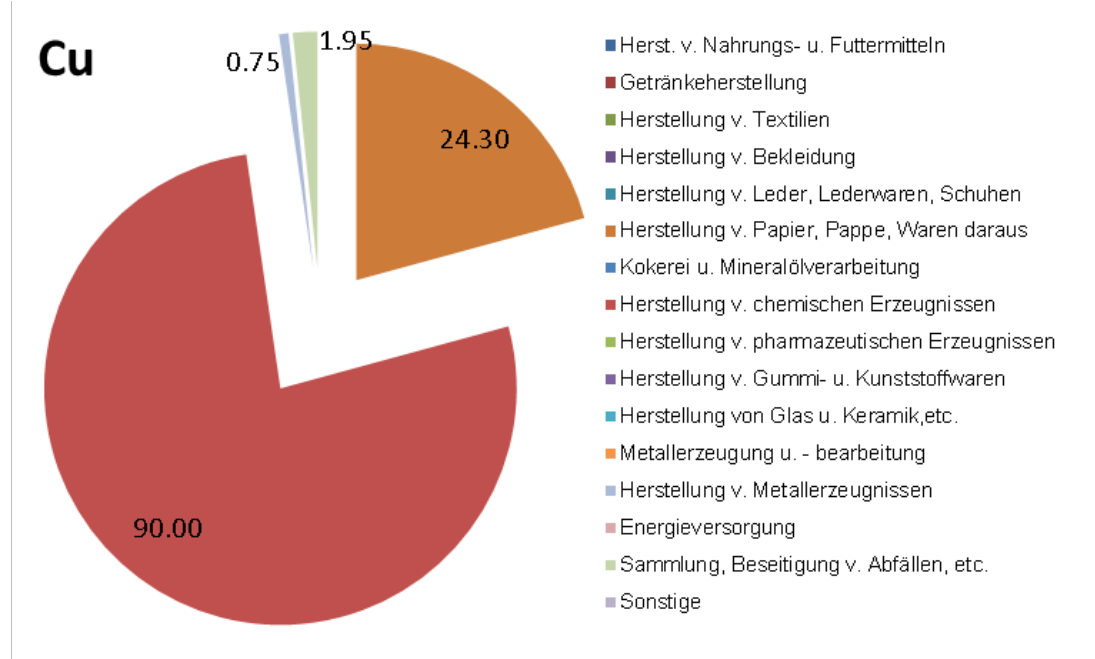
- Herst. v. Nahrungs- u. Futtermitteln
- Getränkeherstellung
- Herstellung v. Textilien
- Herstellung v. Bekleidung
- Herstellung v. Leder, Lederwaren, Schuhen
- Herstellung v. Papier, Pappe, Waren daraus
- Kokerei u. Mineralölverarbeitung
- Herstellung v. chemischen Erzeugnissen
- Herstellung v. pharmazeutischen Erzeugnissen
- Herstellung v. Gummi- u. Kunststoffwaren
- Herstellung von Glas u. Keramik, etc.
- Metallerzeugung u. -bearbeitung
- Herstellung v. Metallerzeugnissen
- Energieversorgung
- Sammlung, Beseitigung v. Abfällen, etc.
- Sonstige

Indirekteinleiter

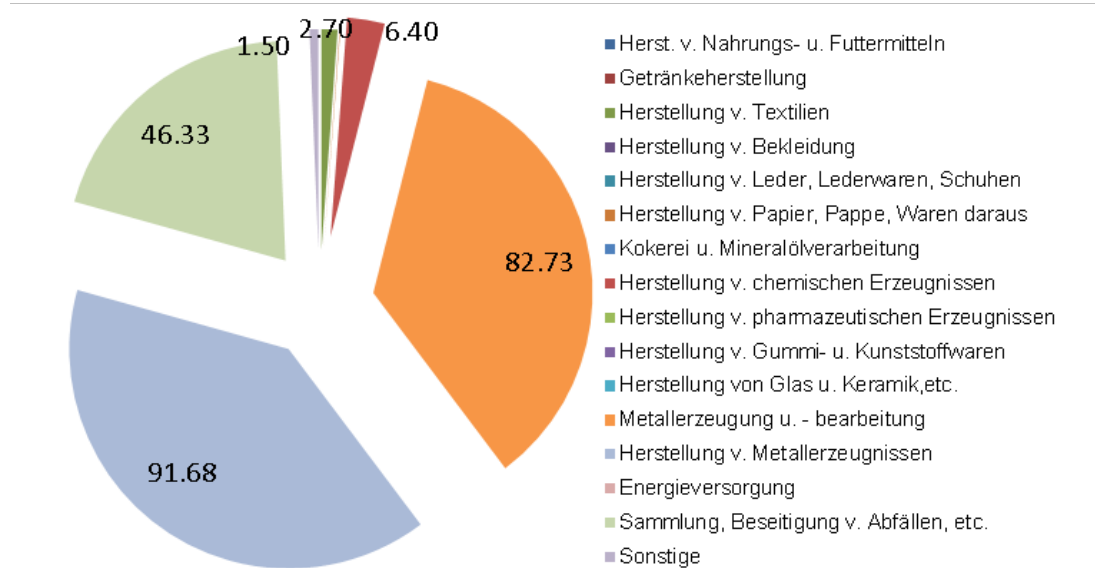


- Herst. v. Nahrungs- u. Futtermitteln
- Getränkeherstellung
- Herstellung v. Textilien
- Herstellung v. Bekleidung
- Herstellung v. Leder, Lederwaren, Schuhen
- Herstellung v. Papier, Pappe, Waren daraus
- Kokerei u. Mineralölverarbeitung
- Herstellung v. chemischen Erzeugnissen
- Herstellung v. pharmazeutischen Erzeugnissen
- Herstellung v. Gummi- u. Kunststoffwaren
- Herstellung von Glas u. Keramik, etc.
- Metallerzeugung u. -bearbeitung
- Herstellung v. Metallerzeugnissen
- Energieversorgung
- Sammlung, Beseitigung v. Abfällen, etc.
- Sonstige

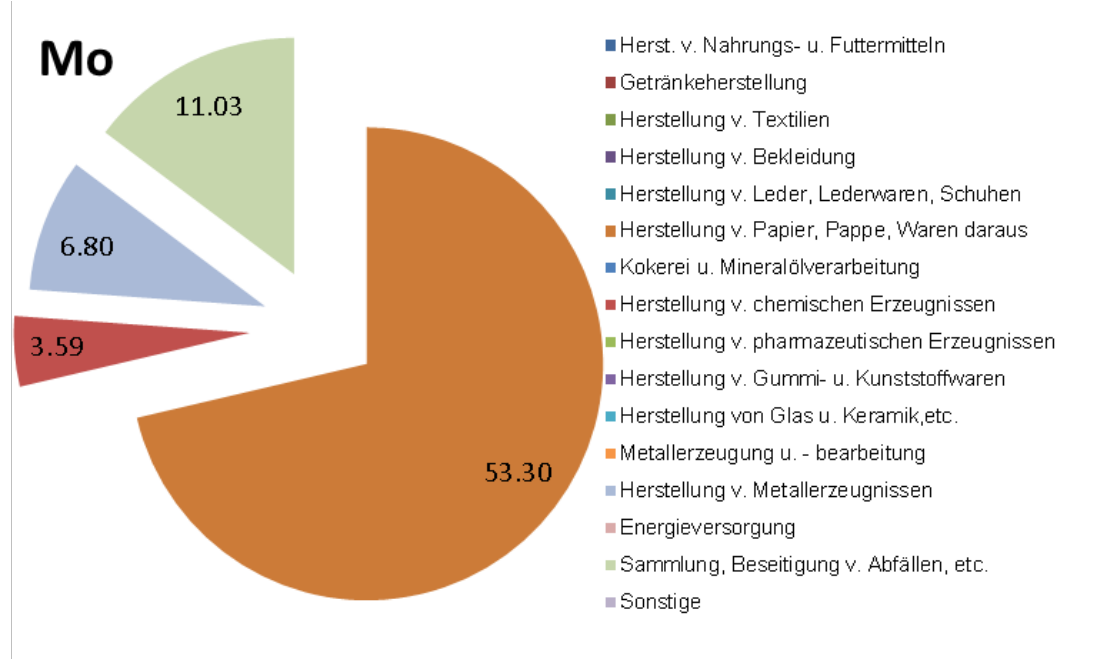
Direkteinleiter



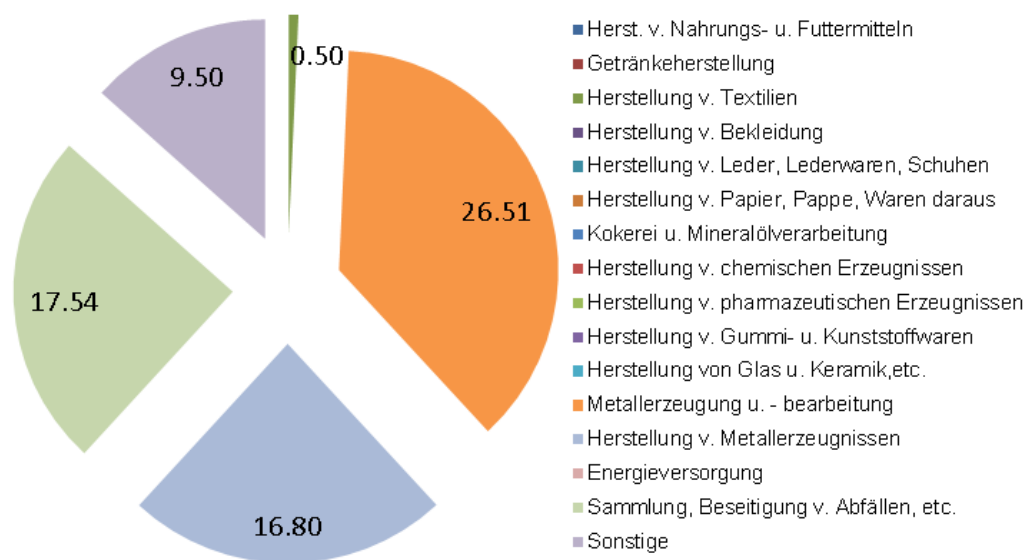
Indirekteinleiter



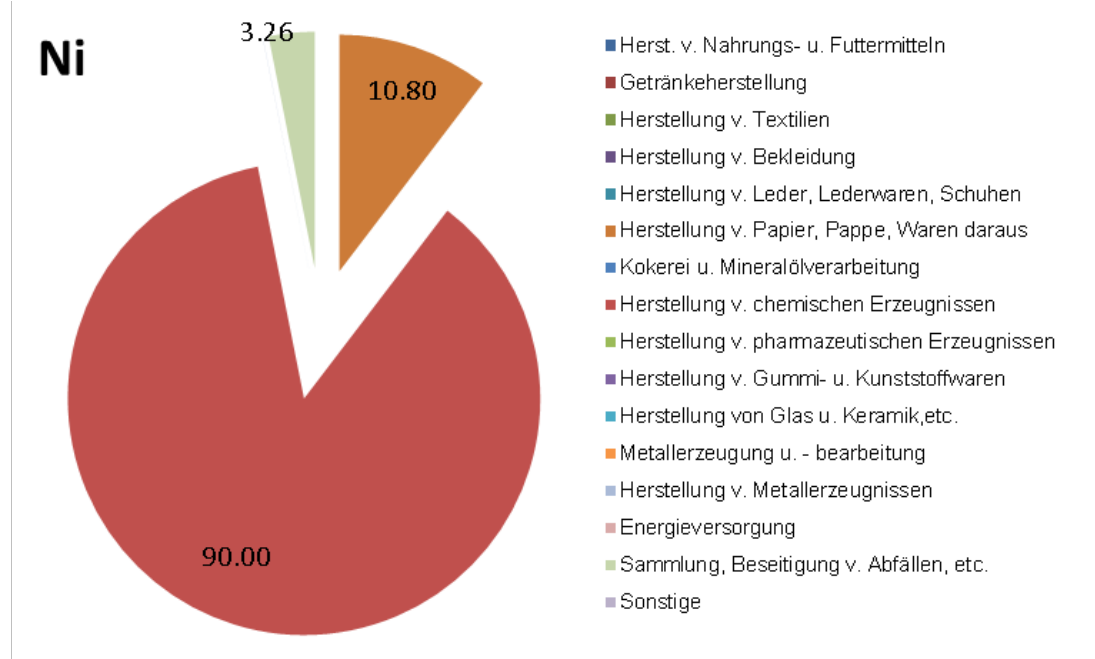
Direkteinleiter



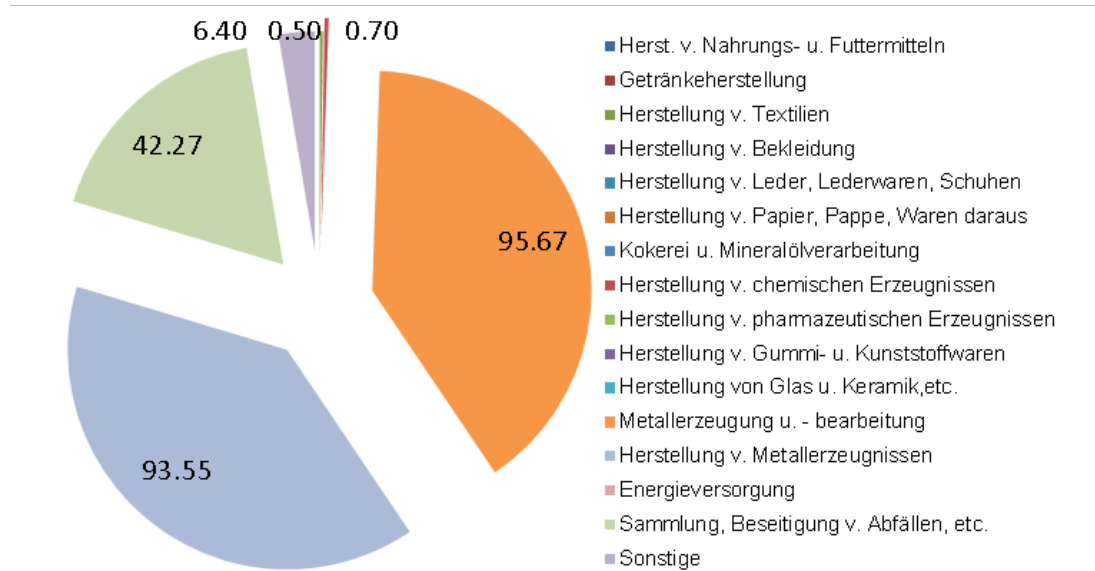
Indirekteinleiter



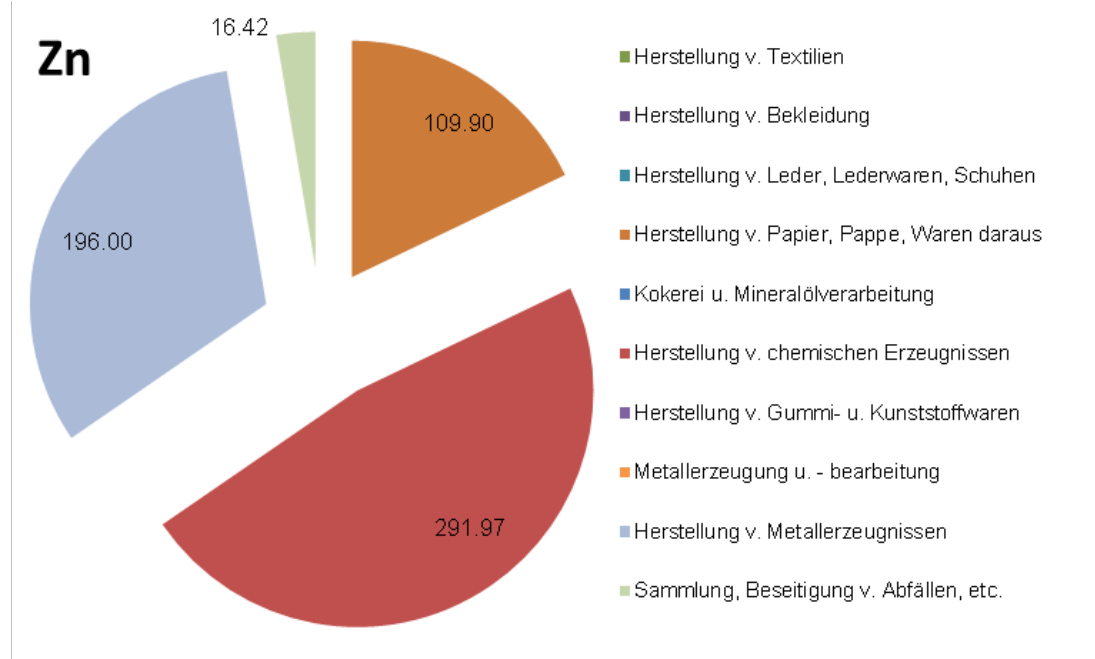
Direkteinleiter



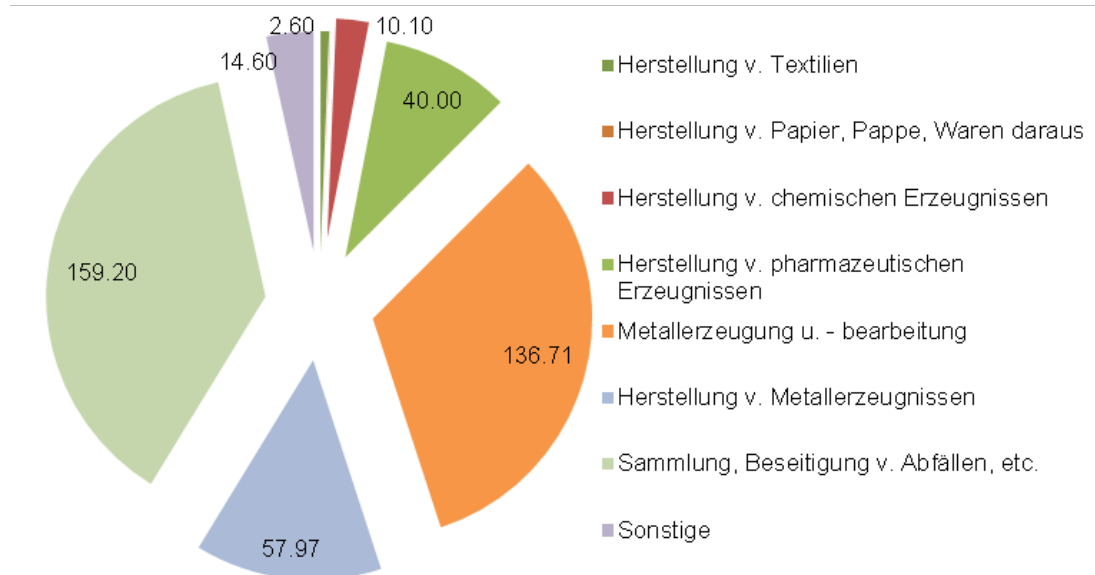
Indirekteinleiter



Direkteinleiter



Indirekteinleiter



Mengenabschätzung von Bioziden in Schutzmitteln in der Schweiz

**Bautenfarben und –putze (PA 7),
Holz (PA 8), Mauerwerk (PA 10) und Antifouling (PA 21)**



Michael Burkhardt, Conrad Dietschweiler

24. April 2013

Im Auftrag des Schweizer Bundesamtes für Umwelt (BAFU), Bern

Auftraggeber

Bundesamt für Umwelt BAFU
Abteilung Wasser und Abteilung Luftreinhaltung und Chemikalien
3003 Bern
Schweiz

Referenz-Nr. REF-1011-03300
Kreditnummer: A2310.0132 Wasser

Referenz-Nr. REF-1011-06100
Kreditnummer: A2111.0239 Umweltforschung + Bildung

Bearbeitung

Prof. Dr. Michael Burkhardt , MSc ETH Umwelt-Natw. Conrad Dietschweiler
HSR Hochschule für Technik Rapperswil
Institut für Umwelt- und Verfahrenstechnik (UMTEC)
8640 Rapperswil
Schweiz
E-Mail: michael.burkhardt@hsr.ch

Hinweis: Diese Studie und dieser Bericht wurden im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU) verfasst. Für den Inhalt ist allein der Auftragnehmer verantwortlich.

Zusammenfassung

Im Rahmen einer Befragung in der Schweiz wurden die Relevanz von Bioziden und deren Verbrauchsmengen in verschiedenen Produktarten (PA) erfasst, welche in der Schweizer Biozidproduktverordnung (VBP) definiert sind. Zu den betrachteten PA zählten Filmschutzmittel für Bautenfarben und –putze (Beschichtungsschutzmittel, PA 7), Holzschutzmittel (PA 8), Schutzmittel für Mauerwerk (PA 10) und Antifouling-Produkte (PA 21). Für die Erhebung sind zielgruppenspezifische Fragebögen an Biozid-Hersteller, Formulierer, Verbände und Anwender versandt und Experteninterviews durchgeführt worden. Eine zusätzliche Plausibilitätsprüfung erfolgte unter Berücksichtigung von Vergleichsdaten aus Deutschland. Alle Fragen bezogen sich auf die Marktsituation im Jahr 2011. Durch die vorliegende Erhebung sollten die Resultate der Schweizer BIOMIK-Studie von 2005 aktualisiert werden. Andere Produkte aus PA 7 zum Schutz von Beschichtungen oder Überzügen gegen mikrobielle Schädigung wie Kunststoffe, Dichtungs- und Klebkitt, Bindemittel, Einbände, Papiere und künstlerische Werke blieben zwar unberücksichtigt, spielen aber mengenmässig auch nur eine untergeordnete Rolle.

Der Rücklauf war mit mindestens 50 % je Produktart für eine solche Befragung sehr gut. Erfreulich war, dass zu den Film-, Mauer- und Antifouling-Produkten auch mehrere sehr detaillierte Antworten eintrafen, die ein konsistentes Bild zum Marktgeschehen zeichneten. Aus diesem Grund werden diese Mengenabschätzungen als sehr belastbar eingestuft, sowohl bei den Wirkstoffmengen als auch den Endprodukten. Bei Holzschutzmitteln war der Rücklauf weniger umfassend und die Resultate liessen sich nicht vergleichbar gut verifizieren. Daher besteht, bezogen auf Wirkstoff- und Gesamtverbrauch, immer noch eine hohe Unsicherheit gegenüber den anderen drei PA.

In der Schweiz werden folgende Wirkstoffe und Biozidmengen in den ausgewählten PAs eingesetzt (Reihenfolge nach abnehmender Bedeutung):

- PA 7 (total 10 bis 30 Tonnen): 5 bis 10 Tonnen Diuron; je 1 bis 5 Tonnen Terbutryn, OIT, Zinkpyrithion, Carbendazim; je < 1 Tonnen IPBC, DCOIT und Isoproturon; keine Anwendung mehr: Irgarol
- PA 10 (total < 2 Tonnen): je < 1 Tonnen QAV und OIT
- PA 8 (total 4.8 bis 48 Tonnen): IPBC, Propiconazol, Tebuconazol, Borsäure, Dichlofluanid, Kupferoxid, Permethrin, Fenxoycarb, Fenpropimorph, K-HDO, Thiocloprid, Thiamethoxan, Cyproconazol
- PA 21 (total 9.5 bis 15 Tonnen): 6 bis 8 Tonnen Kupfer/Kupferoxid; je 1 bis 2 Tonnen Kupfer-Thiocyanat, Dichlofluanid, Tolyfluanid; < 1 Tonnen Zinkpyrithion; keine Anwendung mehr: Irgarol

Bei Filmschutzmitteln PA 7 und Schutzmitteln für Mauerwerk PA 10 liegen die Wirkstoffmengen und verbrauchten Endprodukte um 90 % niedriger als in BIOMIK, bei Holzschutzmitteln (PA 8) sogar um 98 % (s.u. Tabelle). Nur bei den Antifouling-Produkten gab es keine wesentliche Veränderung. Die neue Abschätzung zeigt auch, dass seit der BIOMIK-Studie weniger Wirkstoffe von Bedeutung sind und verkapselte Wirkstoffe in PA 7 aktuell > 70 % Marktanteil umfassen.

Aus den geringeren Mengen resultiert, dass die Einschätzung in BIOMIK für die Hauptgruppe 2, die Schutzmittel, mit 1'825 Tonnen pro Jahr bzw. 25 % des gesamten Biozidverbrauchs zu korrigieren ist. Gegenwärtig deutet alles darauf hin, dass rund 300 bis 500 Tonnen verbraucht werden. Die Resultate der aktuellen Erhebung (Bezugsjahr 2011) lassen sich summarisch gegenüber BIOMIK (Bezugsjahr 2005) wie unten folgt darstellen (k.a.: keine Angaben).

Filmschuttmittel für Bautenfarben/-putz (PA 7)	BIOMIK (2005)	NEU (2011)	Veränderung (%)
Wirkstoffe (-)	28	8	-71
Konzentration (ppm)	3'000 (1'000 – 5'000)	1'250 (500 – 2'000)	-58
Biozidverbrauch (t/a)	179 (60 – 298)	20 (10 – 30)	-89
Verbrauchte Endprodukte (t/a)	60'100	26'000	-57

Schuttmittel für Mauerwerk (PA 10)	BIOMIK (2005)	NEU (2011)	Veränderung (%)
Wirkstoffe (-)	28	2	-93
Konzentration (ppm)	k.a.	1'000 (100 – 5'000)	-
Biozidverbrauch (t/a)	20	< 2	-90
Verbrauchte Endprodukte (t/a)	k.a.	150	-

Holzschuttmittel (PA 8)	BIOMIK (2005)	NEU (2011)	Veränderung (%)
Wirkstoffe (-)	26	13	-50
Konzentration (ppm)	22'000 (1'000 – 60'000)	5'500 (1000 – 10'000)	-75
Biozidverbrauch (t/a)	1'100 (816 – 1'360)	27 (4.8 – 48)	-98
Verbrauchte Endprodukte (t/a)	50'000	4'800 (2'700 t Lagerung, 2'100 t Holzprodukte)	-90

Antifouling-Produkte (PA 21)	BIOMIK (2005)	NEU (2011)	Veränderung (%)
Wirkstoffe (-)	11	7	-36
Konzentration (ppm)	12'500 (5'000 – 20'000)	205'000 (10'000 – 400'000)	+94
Biozidverbrauch (t/a)	12.5 (5 – 20)	12.8 (9.5 – 15)	+2
Verbrauchte Endprodukte (t/a)	85 (70 – 100)	55 (50 – 60)	-35

Nahezu sämtliche Veränderungen sind nicht auf effektiv geringere Verbrauchsmengen zwischen der BIOMIK-Erhebung und heute, sondern auf bessere Einblicke in die Produktformulierung und das Marktgeschehen zurückzuführen. Insgesamt führten also exaktere Angaben zu den eingesetzten Wirkstoffen und verbrauchten Endprodukten zur gegenüber BIOMIK realistischen Mengenabschätzung.

Aufgrund der neuen Mengenabschätzung lassen sich nun umweltrelevante Wirkstoffe und Anwendungen auch mit Blick auf erwartete Entwicklungen noch besser priorisieren. Zukünftig sollten dennoch Holzschuttmittel besser erfasst werden und Verbände, die eigene Mengenerhebungen durchführen, bei solchen Erhebungen direkt eingebunden werden.

Glossar

Biozid	Wird synonym für „biozider Wirkstoff“ bzw. „Wirkstoff“ verwendet, die entgegen zu „Biozid“ beide in der VBP definiert sind (s.u. „Wirkstoff“).
Biozidprodukt	Wirkstoffe, einen oder mehrere Wirkstoffe enthaltende Zubereitungen, sowie Gegenstände (s.u. Endprodukt), die solche Wirkstoffe enthalten oder freisetzen und die dazu bestimmt sind, auf Schadorganismen ausserhalb dieser Gegenstände einzuwirken. Biozidprodukte dürfen nur in Verkehr gebracht werden, wenn sie eine Risikobewertung durchlaufen haben und zugelassen sind. Im Anschluss werden sie ins Schweizer öffentliche Produktregister aufgenommen.
BPD	Biocidal Products Directive 98/8/EG: Europäische Richtlinie über das Inverkehrbringen von Biozidprodukten (http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:31998L0008:de:HTML)
Endprodukt	Im Handel erhältliches Biozidprodukt oder Erzeugnis, welches durch Anwender verarbeitet wird und Biozide / biozide Wirkstoffe enthält.
Formulierer	Produzent von Endprodukten, beispielsweise Farben (biozidhaltiges Erzeugnis) oder Holzschutzmitteln (Biozidprodukt)
Hauptgruppe	In der Biozidprodukteverordnung sind vier Hauptgruppen aufgeführt: Desinfektionsmittel und allgemeine Biozidprodukte (HG 1), Schutzmittel (HG 2), Schädlingsbekämpfungsmittel (HG 3), sonstige Biozidprodukte (HG 4)
Hauptgruppe 2	In der Hauptgruppe 2 der VBP sind Topf-Konservierungsmittel (PA 6), Beschichtungsschutzmittel (PA 7), Holzschutzmittel (PA 8), Schutzmittel für Fasern, Leder, Gummi und polymerisierte Materialien (PA 9), Schutzmittel für Mauerwerk (PA 10), Schutzmittel für Flüssigkeiten in Kühl- und Verfahrenssystemen (PA 11), Schleimbekämpfungsmittel (PA 12) und Schutzmittel für Metallbearbeitungsflüssigkeiten (PA 13) zusammengefasst.
Hersteller	Produzent von Bioziden / Wirkstoffen bzw. Biozidprodukten
Mittel	Begriff wird im Bericht synonym für „Schutzmittel“ verwendet
PA	Produktart. In den vier Hauptgruppen der VBP sind 23 Produktarten aufgeführt, die mit PA 1, PA 2 usw. bezeichnet sind.
PA 7	Produktart 7: Beschichtungsschutzmittel; im Zusammenhang mit Bautenfarben und –putzen auch als „Filmschutzmittel“ bezeichnet. Farben und Putze sind keine Biozidprodukte, sondern biozidhaltige Erzeugnisse.
PA 8	Produktart 8: Holzschutzmittel; Mittel zum Schutz von Holz ab dem Einschnitt im Sägewerk oder Holzerzeugnissen.
PA 10	Produktart 10: Schutzmittel für Mauerwerk. Zum Schutz und zur Sanierung von Mauerwerk oder anderen Baumaterialien.
PA 21	Produktart 21: Antifouling-Produkte; Schutzmittel für Boote, an Ausrüstung für Aquakultur oder andere im Wasser eingesetzte Bauten.
VBP	Schweizer Verordnung über das Inverkehrbringen von und den Umgang mit Biozidprodukten (Biozidprodukteverordnung (SR 813.12) (www.admin.ch/ch/d/sr/c813_12.html)
Wirkstoff	Sind dazu bestimmt, auf chemischem oder biologischem Weg Schadorganismen abzuschrecken, unschädlich zu machen, zu zerstören oder in anderer Weise zu bekämpfen oder Schädigungen durch Schadorganismen zu verhindern. Ein Wirkstoff benötigt eine Zulassung für jede Produktart unter der VBP. Im Bericht wird synonym der Begriff „Biozid“ verwendet.
Wirkstoffkonzentration	Konzentration des Biozids bzw. bioziden Wirkstoffs im Biozidprodukt oder im biozidhaltigen Erzeugnis.
Wirkstoffmenge	Begriff wird im Bericht synonym mit „Biozidmenge“ verwendet; Menge, die eingesetzt oder verbraucht wird.

Inhaltsverzeichnis

1	EINLEITUNG	1
2	ZIEL	1
3	VORGEHEN	2
3.1	BEFRAGUNG	2
3.2	AUSWERTUNG	3
4	BESCHICHTUNGSSCHUTZMITTEL (PA 7)	4
4.1	WIRKSTOFFE	4
4.2	VERBRAUCHSMENGE	5
4.3	ERWARTETE VERÄNDERUNGEN	7
4.4	GESAMTVERBRAUCHSMENGE IN ALLEN PRODUKTARTEN (PA 1 BIS 23)	7
4.5	VERGLEICHENDE BEWERTUNG	8
5	SCHUTZMITTEL FÜR MAUERWERK (PA 10)	10
5.1	WIRKSTOFFE	10
5.2	VERBRAUCHSMENGE	10
5.3	ERWARTETE VERÄNDERUNGEN	10
5.4	GESAMTVERBRAUCHSMENGE IN ALLEN PRODUKTARTEN (PA 1 BIS 23)	11
5.5	VERGLEICHENDE BEWERTUNG	11
6	HOLZSCHUTZMITTEL PA 8.....	12
6.1	WIRKSTOFFE	12
6.2	VERBRAUCHSMENGE	14
6.3	ERWARTETE VERÄNDERUNGEN	15
6.4	VERGLEICHENDE BEWERTUNG	16
7	ANTIFOULING-PRODUKTE PA 21	17
7.1	WIRKSTOFFE	17
7.2	VERBRAUCHSMENGE	18
7.3	ERWARTETE VERÄNDERUNGEN	20
7.4	GESAMTVERBRAUCHSMENGE IN ALLEN PRODUKTARTEN (PA 1 BIS 23)	20
7.5	VERGLEICHENDE BEWERTUNG	21
8	SCHLUSSFOLGERUNGEN.....	22
9	ANHANG	23

1 Einleitung

In der Schweizer Biozidprodukteverordnung (VBP, SR 813.12¹) werden 23 Produktarten (PA) aufgeführt, zu denen auch Beschichtungsschutzmittel (PA 7), Holzschutzmittel (PA 8), Schutzmittel für Mauerschutz (PA 10) und Antifouling-Produkte (PA 21) zählen. Die gleichen Produktarten finden sich in der europäischen Richtlinie über das Inverkehrbringen von Biozidprodukten² 98/8/EG (Biocidal Products Directive, BPD). Um die Umweltrelevanz von Wirkstoffen in den genannten Produktarten besser beurteilen zu können, sind Kenntnisse zu den eingesetzten Wirkstoffen und Verbrauchsmengen von Interesse.

Im Rahmen der Studie „BIOMIK“ wurde für die Schweiz eine Mengenerhebung, Umweltrisikoprüfung und Stoffpriorisierung für die eingesetzten Biozide durchgeführt³. Die Recherche erstreckte sich über rund 18 Monate und wurde Anfang 2007 als Bericht veröffentlicht. Seither hat sich der Wissensstand zur Biozidanwendung und der Marktsituation so deutlich verändert, dass eine Überarbeitung der damals abgeschätzten Mengen für einzelne PAs sinnvoll erscheint.

Mit einer aktualisierten Abschätzung erhält das BAFU aktuelle Grundlagen für eine Stoffpriorisierung, sofern aus den vier Produktarten Stoffe mit besonderer Umweltrelevanz eingesetzt werden. Dadurch lässt sich die Gewässerüberwachung auf Zielsubstanzen noch besser abstimmen.

2 Ziel

Durch Befragung und Interviews sollten für Beschichtungsschutzmittel (PA 7), Holzschutzmittel (PA 8), Schutzmittel für Mauerwerk (PA 10) und Antifouling-Produkte (PA 21) die folgenden Informationen zusammengetragen werden:

- Erfassung der mengenrelevanten Wirkstoffe, der Verbrauchsmenge pro Produktart und typischen Anwendungskonzentrationen im Endprodukt
- Abschätzung der jährlich verarbeiteten Menge von Endprodukten und der behandelten Flächen
- Trends und Entwicklungen in den nächsten Jahren
- Mengenrelevanz der Wirkstoffe in Bezug auf alle 23 Produktarten

In PA 7 wurde auf die polymervergüteten Bautenfarben und -putze für Aussenanwendungen fokussiert, die mit biozidhaltigen Filmschutzmitteln ausgerüstet sind. Im Kern der Umfrage standen die professionellen Produkte, welche > 90 % des Markts abdecken. Andere Produkte aus PA 7 zum Schutz von Beschichtungen oder Überzügen gegen mikrobielle Schädigung, wie Kunststoffe, Dichtungs- und Klebkitte, Bindemittel, Einbände, Papiere und künstlerische Werke, blieben unberücksichtigt und spielen mengenmässig auch nur eine untergeordnete Rolle. Daneben wurde die kleine Gruppe der Schutzmittel für Mauerwerk (PA 10) berücksichtigt. In PA 8 und 21 dagegen haben Do-It-Yourself-Produkte (DIY-Produkte von Baumärkten usw.) einen höheren Stellenwert als in PA 7 und 10, und es wurde erwartet, dass die Erfassung dieser Verbrauchsmengen schwieriger sein dürfte.

¹ www.admin.ch/ch/d/sr/c813_12.html

² <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:31998L0008:de:HTML>

³ Bürgi D, Knechtenhofer L, Meier I (2007) Biozide als Mikroverunreinigungen in Abwasser und Gewässern – Teilprojekt 1: Priorisierung von Produktarten und Wirkstoffen.

www.bafu.admin.ch/gewaesserschutz/03716/11216/index.html?__imperia_node_id=/18/36/24213&lang=de

3 Vorgehen

3.1 Befragung

Die Erfassung und Mengenabschätzung erfolgte durch Umfragen und Interviews. Drei zielgruppenspezifische Fragebögen wurden für Hersteller von Bioziden, für Formulierer von Endprodukten und für Anwender/Verbände ausgearbeitet und mit dem BAFU abgestimmt. In der Befragung wurde das Jahr 2011 als Referenz gewählt.

Befragt wurden die sechs wichtigsten Biozid-Hersteller in Europa (Ashland, Dow, Lanxess, Lonza, Thor, Troy). Der Rücklauf war erfreulich gut (50 %) und die Antworten waren sehr aussagekräftig (Tabelle 1). Um die Marktbedeutung einzelner Wirkstoffe besser einschätzen zu können, war die qualitativ hochstehende Beantwortung sehr wertvoll.

Zu Filmschutzmitteln (PA 7) und Schutzmitteln für Mauerwerk (PA 10) wurden 10 Formulierer, der Verband der Schweizerischen Lack- und Farbenindustrie (VSLF) und der Schweizerische Maler- und Gipserunternehmer-Verband (SMGV) angesprochen. Der Formulierer-Rücklauf war ebenfalls sehr gut (60 %). Der VSLF teilte die erfassten Verbrauchsmengen von Endprodukten nicht mit, da die Angaben der Vertraulichkeit unterliegen.

Bei Holzschutzmitteln (PA 8) wurden ausserdem Lignum, die Deutsche Bauchemie e.V. und der Verband der deutschen Lack- und Druckfarbenindustrie (VdL) kontaktiert. Zusätzlich wurden Recherchen im Schweizer öffentlichen Produktregister⁴ und der Produktdatenbank über zugelassene Biozid-Produkte der deutschen Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin⁵ (BAuA) durchgeführt.

Zu Antifouling-Produkten (PA 21) wurden Importeure, der Schweizerische Bootsbauer-Verband (SBV) und professionelle Verarbeiter (Werften) angefragt. In der Schweiz gibt es keine Hersteller von Antifouling-Produkten. Alleine durch den Rücklauf der zwei Hauptimporteure von Antifouling-Produkten sind gut 80 % des schweizerischen Verbrauchs erfasst. Von den professionellen Werften wurden Standorte am Zürichsee und Bodensee berücksichtigt.

Tabelle 1: Übersicht zur Anzahl angesprochener Gruppen sowie der Rückmeldungen.

		Angesprochen	Rückmeldungen
PA 7 und PA 10	Hersteller	6	3
	Formulierer	10	6
	Verband	2	0
	Gesamt	18	9
PA 8	Hersteller	6	3
	Formulierer	11	5
	Verbände	3	2
	Gesamt	20	10
PA 21	Hersteller	6	3
	Formulierer	3	3
	Importeure	2	2
	Anwender/Verband	5	3
	Gesamt	14	11

⁴ <https://www.rpc.admin.ch/rpc/public/index.xhtml?>

⁵ <http://www.baua.de/de/Chemikaliengesetz-Biozidverfahren/Biozide/Produkt/Holzschutzmittel.html>

Expertengespräche sind mit zwei Dutzend Firmen und Verbänden durchgeführt worden. Durch den persönlichen Austausch, auch mit bedeutenden Marktteilnehmern und Verbandsvertretern in Deutschland, konnten sowohl wirkstoff- und marktspezifische Fragen geklärt als auch die eingetroffenen Antworten auf Konsistenz geprüft werden.

3.2 Auswertung

Die Auswertung der Biozidmengen für jede PA erfolgte auf zwei verschiedenen Wegen, deren Resultate im Anschluss miteinander verglichen wurden:

- (1) Direkt ermittelte Biozidmengen und verbrauchte Endprodukte: Durch Addition der in der Befragung mitgeteilten Verbrauchsmengen von Einzelwirkstoffen resultiert der Gesamtverbrauch von Bioziden.
- (2) Indirekt ermittelte Biozidmengen und verbrauchte Endprodukte: Die durchschnittliche Wirkstoffkonzentration multipliziert mit der verbrauchten Endproduktmenge ergibt die Biozidmenge.

Für PA 7 und PA 21 sind aus den verbrauchten Endproduktmengen und unter Berücksichtigung üblicher Applikationsmengen pro Fläche, die behandelten Flächen abgeschätzt worden. Dadurch ergeben sich Hinweise zur Bedeutung von freisetzungrelevanten Flächen.

Im Gegensatz zu den drei anderen erfassten PA konnte der Wirkstoffverbrauch für Holzschutzmittel durch Befragung nicht direkt ermittelt werden. Daher war nur eine indirekte Abschätzung möglich. Gleichfalls fehlten Informationen zur Verifizierung aus Deutschland. Dagegen wurden zu den verbrauchten Endprodukten von Holzschutzmitteln sehr detaillierte Informationen zusammengetragen.

Sofern die durch die Umfrage erfassten Mengen eines Wirkstoffes von gewichtiger Bedeutung für die Gesamtverbrauchsmenge des Wirkstoffes sämtlicher 23 PA waren (> 60 %), sind die Gesamtverbrauchsmengen der Wirkstoffe gesamthaft abgeschätzt worden.

Die Plausibilisierung der abgeschätzten Mengen erfolgte unter Berücksichtigung der BIOMIK-Studie sowie durch Quervergleich mit zugänglichen Verbrauchsmengenerhebungen in Deutschland.

4 Beschichtungsschutzmittel (PA 7)

Unter Beschichtungs- oder Filmschutzmittel PA 7 fallen Produkte zum Schutz von Beschichtungen oder Überzügen gegen mikrobielle Schädigung zwecks Erhaltung der ursprünglichen Oberflächeneigenschaften von Stoffen oder Gegenständen wie Farben, Kunststoffen, Dichtungs- und Klebkitten, Bindemitteln, Einbänden, Papieren und künstlerischen Werken. Entsprechende Filmschutzmittel werden einem Endprodukt, beispielsweise Bautenfarben, dazugegeben. Die Biozide im Filmschutz wirken in polymergebundenen Farben und Putzen gegen mikrobielle Schädigung oder Algenwachstum zwecks Erhaltung der ursprünglichen Oberflächeneigenschaften. Durch die Zugabe wird das Endprodukt zu einem biozidhaltigen Erzeugnis, ist aber selber kein Biozidprodukt. Die Farben und Putze sollen durch Migration der Biozide gegen den oberflächlichen Befall geschützt werden.

Deckputz schützt das Mauerwerk physikalisch gegen direkten Witterungseinfluss, während der Deckanstrich eher eine ästhetische Aufgabe erfüllt und durch eine glatte Oberflächenstruktur das Anhaften von Schmutz verhindert. Die durchschnittliche Dicke von Putz liegt bei 2 bis 3 mm, die vom üblicherweise doppelt aufgetragenen Farbanstrich bei 0.2 bis 0.3 mm. Beide Endprodukte wurden bei der Befragung unter PA 7 zusammengefasst.

4.1 Wirkstoffe

Die wichtigsten Biozide im Filmschutz für polymergebundene Bautenfarben und -putze für Aussenanwendungen, die gegenwärtig in der Schweiz eingesetzt werden, sind in Tabelle 2 aufgelistet. Dazu zählen Diuron (3-(3,4-Dichlorphenyl)-1,1-dimethylharnstoff), Terbutryn (2-t-Butylamino-4-ethylamino-6-methylthio-s-triazin), Carbendazim (Methylbenzimidazol-2-ylcarbamat), OIT (Octyl-Isothiazolinon) und Zinkpyrithion (2-Pyridinthiol-1-oxid). IPBC (3-Iod-2-propinylbutylcarbamat) und DCOIT (4,5-Dichloro-2-n-octyl-4-isothiazolin-3-on) sind zwar selten im Einsatz, aber bedeutsamer als Isoproturon (N-(4-Isopropylphenyl)-N',N'-dimethylharnstoff).

Der Wirkstoff Irgarol (2-Methylthio-4-tert-butylamino-6-cyclopropylamino-s-triazin) wird gemäss Biozid-Herstellern und Formulierern nicht mehr eingesetzt. Ausserdem wurde in der EU kein Wirkstoffdossier zur Registrierung unter PA 7 eingereicht, sodass Irgarol nicht mehr in Schweizer Produkten vorkommt. Die gleichen Informationen liegen aus Deutschland vor.

Tabelle 2: Auflistung der wichtigsten Wirkstoffe (PA 7), die in Filmschutzmitteln eingesetzt werden.

Bedeutung	Wirkstoff PA 7
hoch	Diuron, Terbutryn, OIT, Zinkpyrithion
mittel	Carbendazim
gering	DCOIT, IPBC, Isoproturon
keine	Irgarol

Die Antworten zu den Pigmenten Zinkoxid und Zinksulfid weisen darauf hin, dass es eine verbreitete Anwendung gibt, in erster Linie in mineralischen Produkten, die auch mit der antimikrobiellen Wirkung der beiden Stoffe verbunden ist. Beide Stoffe sind aber nicht unter der VBP bzw. BPD geführt, sodass sie keine bioziden Wirkstoffe sind. Der Einsatz benötigt einerseits keinen Hinweis auf die bioziden Eigenschaften, andererseits dürfen die Produkte nicht als antimikrobiell oder biozid ausgelobt werden.

4.2 Verbrauchsmenge

Die von den Biozid-Herstellern mitgeteilten Verbrauchsmengen von Filmschutzmitteln für Bautenfarben und -putze für Aussenanwendungen in der Schweiz sind in Abbildung 1 dargestellt. Die Wirkstoffe Terbutryn, Carbendazim, OIT und Zinkpyrithion werden in einer Menge von je 1 bis 5 Tonnen pro Jahr eingesetzt. Die Menge von Diuron liegt gemäss Herstellern geringfügig darüber. Da sich die Klassenbreite von 5 bis 10 Tonnen erstreckte, erscheint das hohe Maximum in Abbildung 1. Von IPBC, DCOIT und Isoproturon wurden jeweils weniger als 1 Tonnen pro Jahr verbraucht. Der Wirkstoff Irgarol wurde nicht genannt. Da Zinkoxid und Zinksulfid nicht als Biozide geführt werden, kam seitens der Biozid-Hersteller auch keine entsprechende Antwort.

⇒ **Daraus ergibt sich für Biozide in Filmschutzmitteln von Bautenfarben und -putzen ein Schweizer Verbrauch von 10 bis 30 Tonnen im Jahr 2011.**

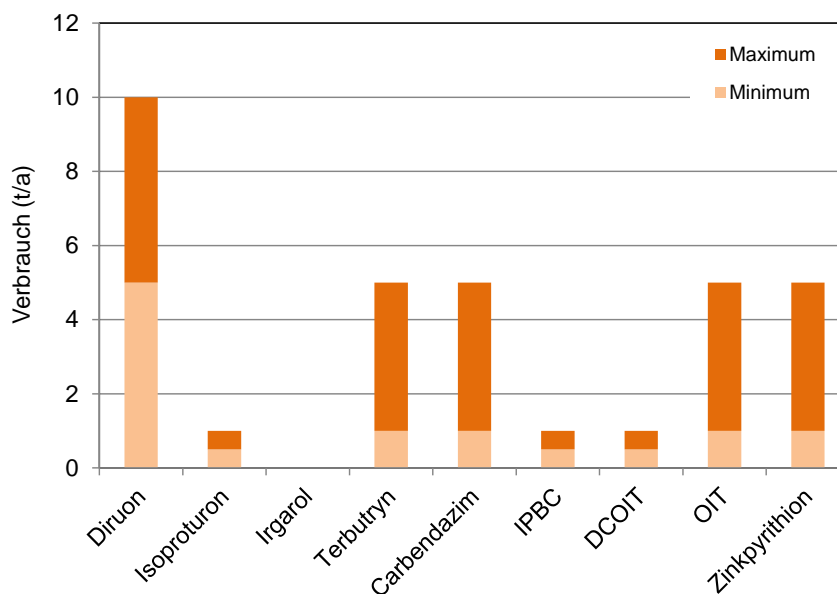


Abbildung 1: Verbrauchsmenge (Tonnen pro Jahr) von Filmschutzmitteln für Bautenfarben und -putze für Aussenanwendungen (PA 7) in der Schweiz im Jahr 2011.

Die ermittelten üblichen Konzentrationsbereiche in Bautenfarben und -putzen sind in Tabelle 3 aufgeführt. Die Tabelle spiegelt eine grosse Spannbreite wider, da die effektiven Dosierungen durch Produktrezepturen der Formulierer festgelegt werden und beispielsweise aufgrund des

Einsatzgebiets und des Farbtons variieren. Farben und Putze enthalten meistens 2 bis 4 Filmkonservierungsmittel, z. B. DCOIT und IPBC oder OIT, Terbutryn und Zinkpyrithion. Unter der Annahme, dass in einer weitverbreiteten 3er-Kombination mit den Wirkstoffen OIT, Terbutryn und Zinkpyrithion zwei Wirkstoffe mit 250 ppm und ein Wirkstoff mit 750 ppm enthalten sind, resultieren 1250 ppm Biozide. In mehreren Gesprächen wurde eine Gesamtkonzentration von 500 bis 2000 ppm bestätigt, wobei in Farben tendenziell höher dosiert wird als in Putzen.

Die Erhebung ergab einen Jahresverbrauch von 4'000 Tonnen pro Jahr für organische Aussenfarben und 22'000 Tonnen pro Jahr für organische Aussenputze, woraus ein jährlicher Gesamtverbrauch von 26'000 Tonnen für Aussenfassaden resultiert.

Wird eine mittlere Biozidkonzentration von 1'250 ppm für Aussenfarben und -putze zugrunde gelegt, ergibt sich eine Biozidmenge von 5 Tonnen in Farben und 27.5 Tonnen in Putzen.

⇒ **Die indirekte Abschätzung für Biozide in Filmschutzmitteln für Bautenfarben und -putze ergibt einen Schweizer Wirkstoffverbrauch von ca. 33 Tonnen. Diese Verbrauchsmenge liegt im oberen Bereich der direkt ermittelten Herstellerangaben von 10 bis 30 Tonnen. Unter Berücksichtigung, dass Putze eher geringere Konzentrationen als die angenommene Durchschnittskonzentration enthalten, bestätigt demnach die indirekte Abschätzung die Wirkstoffmengen der Umfrage.**

Tabelle 3: *Eingesetzte Konzentrationsbereiche in Bautenfarben und -putzen im Aussenbereich.*

Wirkstoffe	Konzentration in Farben (ppm)			Konzentration in Putzen (ppm)		
	100-500	500-1000	1000-1500	100-500	500-1000	1000-1500
Diuron	□	□	○	□	□	○
Terbutryn	□	□	○	□	□	
Carbendazim	□	□		□	□	
IPBC	□	□	○	□	○	○
DCOIT	□	□		□		
OIT	□	□		□	□	
Zinkpyrithion	□	□	○	□		◇
Zinkoxid	□	□		□		
Isoproturon	□			□		

□ = häufig genannt, ○ = mittel genannt, ◇ = selten genannt.

Mit den verarbeiteten 4'000 Tonnen Farbe und 22'000 Tonnen Putz lassen sich, unter Berücksichtigung einer mittleren Verarbeitungsmenge von 0.3 kg/m² für Farbe und 3 kg/m² für Putz, eine Fläche von rund 13 Mio m² streichen und 7 Mio m² verputzen. Bezogen auf das sogenannte „Modellhaus“ mit 125 m² Fassadenfläche, welches in der Biozidzulassung bei der Risikobeurteilung zugrunde gelegt wird⁶, liessen sich ca. 56'000 Häuser verputzen und ca. 104'000 Häuser streichen. Da bei rund der Hälfte aller Installationen auf dem biozidhaltigen Putz noch ein biozidhaltiger Deckanstrich folgt, reduziert sich die Gesamtzahl um rund ein Viertel.

⁶ van der Aa, E., et al. (2004): Environmental Emission Scenarios for Biocides used as Film Preservatives (Product type 7). European Commission DG ENV / RIVM.

4.3 Erwartete Veränderungen

Die Verbrauchsmenge von Filmschutzmitteln für Bautenfarben und -putze wurde von einigen Befragten als „abnehmend“ (43 %), von anderen als „stagnierend“ (57 %) eingeschätzt. Mehrere Befragte prognostizierten, dass Diuron, Isoproturon, Carbendazim und Terbutryn an Bedeutung verlieren, wohingegen die gut abbaubaren Wirkstoffe IPBC, DCOIT, OIT und Zinkpyrithion an Bedeutung zunehmen. In Tabelle 4 ist die Markteinschätzung zusammengefasst dargestellt.

Experten und Hersteller gehen davon aus, dass in den nächsten fünf Jahren keine neuen Aktivsubstanzen lanciert werden, allenfalls werden neue Kombinationen von bekannten Wirkstoffen entwickelt und vermarktet. Auch die Wirkstoffkonzentrationen im Endprodukt werden nicht wesentlich verändert. Dies lässt sich mit der auf Zielorganismen erforderlichen minimalen Hemmkonzentration (MIC) und den Kosten für die Schutzmittel erklären.

Tabelle 4: Erwartete Marktveränderungen bei Filmschutzmitteln für Bautenfarben und -putze für Außenanwendungen in den nächsten 5 Jahren in der Schweiz.

Wirkstoffe	Abnehmend	Gleich	Zunehmend
Diuron	□		○
Terbutryn	□	□	
Carbendazim	□		
Zinkpyrithion			□
OIT			□
IPBC			□
DCOIT			□
Isoproturon	□		

□ = häufig genannt, ○ = mittel genannt.

Die Wirkstoffe werden bereits heute durch Verkapselung vor unerwünschtem Abbau in der Fassadebeschichtung und schneller Auswaschung geschützt^{7,8}. Vor allem die „instabilen“ Wirkstoffe Zinkpyrithion, IPBC, OIT und DCOIT haben dadurch massiv an Marktbedeutung gewonnen. Die Abschätzung für die Schweiz ergab, dass mindestens 70 bis 80 % aller Bautenfarben und -putze bereits verkapselte Biozide enthalten. Zusätzlich arbeiten alle befragten Formulierer an weiteren technischen Lösungen zur reduzierten Freisetzung.

4.4 Gesamtverbrauchsmenge in allen Produktarten (PA 1 bis 23)

Auf Grundlage der Filmschutzmenge in Bautenfarben und -putzen und unter Berücksichtigung des jeweiligen Wirkstoffverbrauchs in allen Produktarten (PA 1 bis 23) ergab sich für Diuron, Terbutryn, Carbendazim, OIT, Zinkpyrithion und Isoproturon (Anteil am Gesamtverbrauch jeweils > 60 %) eine Wirkstoffmenge von 12 bis 48 Tonnen im Jahr 2011 (Tabelle 5, Tabelle 6).

⁷ Gegenwärtig vor allem als sogenannte „AMME®“-Technologie (Advanced Micro Matrix Embedding) vermarktet. <http://www.thor.com/biocideproducts.asp?AppID=2>

⁸ Sauer, F. (2013): Algen das Leben schwer machen. Farbe+Lack, 119:73-79.

Table 5: Marktanteil von Filmschutzmitteln für Bautenfarben und -putze bezogen auf den Gesamtverbrauch des jeweiligen Wirkstoffs in allen Anwendungsbereichen (PA 1 bis 23).

Bedeutung	Anteil in PA 7 (%)	Wirkstoff
hoch	80-100	Diuron, Terbutryn, Isoproturon, Carbendazim
mittel	60-80	OIT, Zinkpyrithion
gering	<20	DCOIT, IPBC

4.5 Vergleichende Bewertung

Die in BIOMIK recherchierten 28 Wirkstoffe lassen sich heute auf 8 Wirkstoffe (Diuron, Terbutryn, OIT, Zinkpyrithion, Carbendazim, IPBC, DCOIT, Isoproturon) reduzieren. Die geringere Anzahl Wirkstoffe ist auf zwei Gründe zurückzuführen:

- (1) Durch den fehlenden Einblick in die übliche Formulierungspraxis wurden in BIOMIK Wirkstoffe den Bautenfarben und Putzen zugeordnet, die in der Praxis ohne Bedeutung sind. Der Grund ist, dass viele notifizierte Wirkstoffe als bedeutsam erachtet wurden. Damals waren irrtümlicherweise selbst Topfkonservierer aus PA 6 (z. B. BIT, Bronopol) bei PA 7 erfasst. Dagegen fehlten die Wirkstoffe DCOIT und Isoproturon, die nun berücksichtigt wurden. Zudem lassen sich heute relevante Wirkstoffe einfacher identifizieren, weil die gute Zusammenarbeit von Wissenschaft und Industrie Einblicke zum aktuellen Marktgeschehen ermöglichen.
- (2) Die Anzahl eingesetzter Wirkstoffe für den Filmschutz ist in den letzten Jahren zurückgegangen. Dies hat mit der Zulassungspraxis zu tun. Problematische Wirkstoffe wie Irgarol wurden durch die Biozid-Hersteller nicht mehr unterstützt.

Der Wirkstoffverbrauch für Bautenfarben und -putze wurde in BIOMIK auf 60 bis 298 Tonnen pro Jahr, also durchschnittlich 179 Tonnen pro Jahr, geschätzt. Das ist bezogen auf die ermittelten und plausibilisierten 10 bis 30 Tonnen pro Jahr rund 6 bis 18mal mehr. Die grosse Diskrepanz lässt sich wiederum auf zwei Gründe zurückführen:

- (1) In BIOMIK wurde von einer durchschnittlichen Wirkstoffkonzentration von 3'000 ppm (Spannbreite 1'000 bis 5'000 ppm) ausgegangen. Die neue Erhebung sowie Kenntnisse zu der üblichen Formulierungspraxis ergaben aber, dass die Gesamtkonzentration 500 bis 2'000 ppm beträgt und 1'250 ppm eine (hohe) Durchschnittsmenge repräsentieren.
- (2) Die Verbrauchsmenge von 26'000 Tonnen für Bautenfarben und 34'100 Tonnen für kunstharzgebundene Putze war deutlich zu hoch, weil die vom VSLF rapportierten Verbrauchsmengen nicht in die verschiedenen Anwendungsbereiche (Lacke, Innenraumfarben, mineralische Farben usw.) differenziert wurden. Nun sollte bei biozidhaltigen, wasserbasierten, polymergebundenen Produkten von 4'000 Tonnen Farbe pro Jahr und 22'000 Tonnen Putz pro Jahr ausgegangen werden.

Die Plausibilität der Schweizer Mengenabschätzung wurde auch durch einen Vergleich mit Deutschland geprüft. Für Deutschland wurde soeben in einer unabhängigen Befragung ein Jahresverbrauch von 250 bis 400 Tonnen Bioziden direkt ermittelt, eine um rund Faktor 10 höhere

Wirkstoffmenge für Bautenfarben und –putze als in der Schweiz mit 10 bis 30 Tonnen in 2011⁹. Dieser Unterschied zwischen Deutschland und der Schweiz deckt sich mit dem um rund einen Faktor 10 kleineren Schweizer Markt. Dieser Skalierungsfaktor findet sich in zahlreichen Markt-bereichen wieder.

In einem weiteren Vergleich wurden die in Deutschland verbrauchten 248'000 Tonnen Fassadenfarbe und Kunstharzputze aus dem Jahr 2011 zugrunde gelegt (9 Anhang: Abbildung 4). Diese Zahlen werden vom VdL jährlich veröffentlicht. Unter Berücksichtigung eines zehnmal kleineren Schweizer Markts ergeben sich umgerechnet 25'000 Tonnen Bautenfarben und -putze. Dieser Wert stimmt ausgezeichnet mit dem Resultat der eigenen Befragung in der Schweiz überein und unterstreicht nochmals, dass die BIOMIK-Annahme zu hoch lag und die aktualisierte Erhebung das Marktvolumen sehr zuverlässig abbildet.

Die neue Umfrage ergab für alle Wirkstoffe von PA 1 bis 23 gemäss Tabelle 6 eine deutlich geringere Gesamtverbrauchsmenge. Bemerkenswert ist vor allem der grosse Unterschied bei OIT. Dieser ist darauf zurückzuführen, dass in BIOMIK von einer sehr viel breiteren Anwendung in den unterschiedlichsten PA ausgegangen wurde. Nun zeigte sich aber, dass vom OIT rund 60 bis 80 % im Filmschutz von Farben und Putzen eingesetzt werden. Die aktuelle Mengenabschätzung wird wiederum durch die Erhebung in Deutschland bestätigt.

Tabelle 6: Verbrauchsmengen von Bioziden in den 23 Anwendungsbereichen PA 1 bis PA 23.

Wirkstoff	BIOMIK (2007) t/a	Neu (2011) t/a
Diuron	24	5 - 12
Terbutryn	27	1 - 6
Isoproturon	76	1 - 6
Carbendazim	26	1 - 6
OIT	210	2 - 8
Zinkpyrithion	19	2 - 8
Total	382	12 - 48

⁹ Gartiser, S., Gross, R., Dietschweiler, C., M. Burkhardt (in Vorbereitung): Reduction of environmental risks from the use of biocides: Environmental sound use of disinfectants, film and masonry preservatives, and rodenticides.

5 Schutzmittel für Mauerwerk (PA 10)

Die Schutzmittel für Mauerwerk (PA 10) umfassen Produkte zum Schutz von darunterliegendem Mauerwerk, Verbundwerkstoffen oder anderen Baumaterialien gegen mikrobielle Schädigung oder Algenwachstum. Diese Endprodukte sind Biozidprodukte, die als sogenannte „Sanierlösungen“ angewendet werden. Einige Hersteller stufen Sanierungslösungen auf Basis von Quarären Ammoniumverbindungen (QAV) für befallenes Mauerwerk im Renovierungsfall auch unter den Desinfektionsmitteln PA 2 ein. In der Produktzuordnung besteht also noch Klärungsbedarf. Mineralische Baumaterialien, wie Putz, Mörtel usw. enthalten keine organischen Biozide.

5.1 Wirkstoffe

Bei Schutzmitteln für Mauerwerk wurden ausschliesslich die Wirkstoffe OIT und die Gruppe der QAV genannt. Andere Wirkstoffe finden in der Schweiz keine Anwendung als Schutzmittel für Mauerwerk.

5.2 Verbrauchsmenge

Bei den Schutzmitteln für Mauerwerk lag die ermittelte Wirkstoffmenge von OIT und QAV bei jeweils < 1 Tonnen pro Jahr. Dabei ist zu beachten, dass dies auch der kleinsten abgefragten Menge in der Umfrage entsprach.

- ⇒ **Der Gesamtverbrauch von Bioziden in Schutzmitteln für Mauerwerk in der Schweiz betrug < 2 Tonnen im Jahr 2011.**

In den Endprodukten kann von einem üblichen Konzentrationsbereich von 100 bis 1'000 ppm OIT und 1'000 bis 5'000 ppm QAV (0.1 bis 0.5 %) ausgegangen werden. Bei einer mittleren Wirkstoffkonzentration von 1'000 ppm Wirkstoff in rund 150 Tonnen pro Jahr Sanierungslösung (diese Menge ist auf Basis der Antworten aus der Umfrage hergeleitet), resultiert ein Biozidverbrauch in Sanierlösungen von < 0.1 Tonnen pro Jahr.

- ⇒ **Die indirekte Abschätzung für den Schweizer Biozidverbrauch in Schutzmitteln für Mauerwerk ergibt < 0.1 Tonnen pro Jahr. Diese Verbrauchsmenge liegt eine Grössenordnung niedriger als bei der direkten Erhebung abgeschätzt. Der Grund für die Diskrepanz ist, dass bei der direkten Erhebung die kleinste abgefragte Menge < 1 Tonne war, sodass sich geringere Mengen nicht differenzieren liessen.**

5.3 Erwartete Veränderungen

Bei Schutzmitteln für Mauerwerk gehen die Marktteilnehmer von einem stagnierenden Markt aus. Die Verbrauchsmengen von OIT und QAV werden deutlich unter 1 Tonne pro Jahr bleiben. Die Experten und Hersteller gehen davon aus, dass in den nächsten fünf Jahren keine neuen Aktivsubstanzen unter PA 10 lanciert werden.

5.4 Gesamtverbrauchsmenge in allen Produktarten (PA 1 bis 23)

Die Verbrauchsmenge < 2 Tonnen OIT und QAVs pro Jahr entspricht, auf alle 23 Produktarten bezogen, deutlich weniger als 1 % des Gesamtverbrauchs der jeweiligen Wirkstoffe. Da Angaben zu den mengenmässig wichtigsten Anwendungsbereichen bzw. PA fehlten und eine Abschätzung daher mit einer hohen Unsicherheit behaftet wäre, wurde aber auf die Gesamtab-schätzung für alle 23 Produktarten verzichtet.

5.5 Vergleichende Bewertung

In der BIOMIK Studie wurden bei den Schutzmitteln für Mauerwerk (PA 10) 20 Wirkstoffe be-rücksichtigt, die jeweils auch unter den Filmschutzmitteln in PA 7 gelistet sind. Unklar war aber damals, ob alle Wirkstoffe auch effektiv eingesetzt werden.

In BIOMIK konnte keine Verbrauchsmenge und Anwendungskonzentration ermittelt werden, jedoch wurde aus indirekten Herleitungen als grobe Orientierung eine Wirkstoffmenge von 20 Tonnen pro Jahr angegeben. Anhand der Umfrage und mittels Gesprächen wird die Gesamt-menge für PA 10 nun bei deutlich weniger als 2 Tonnen pro Jahr geschätzt, möglicherweise sogar < 0.1 Tonnen (indirekt ermittelt). Zudem werden effektiv nur QAV und OIT in Sanierlö-sungen eingesetzt. Ein absolut deckungsgleiches Resultat liegt aus Deutschland vor.

Auf eine Hochrechnung auf alle PA wurde verzichtet, denn die Datengrundlagen für die men-genrelevanten PA, insbesondere den QAV, lagen nicht vor.

6 Holzschutzmittel PA 8

Holzschutzmittel sind Biozidprodukte, welche zum Schutz von Holz ab dem Einschnitt im Sägewerk und zum Schutz von fertigen Holzzeugnissen vorgesehen sind. Diese PA umfasst sowohl Präventiv- als auch Kurativprodukte. Während der Lagerung von Schnittholz kommen beispielsweise vorbeugende temporär wirkende Rundholzspritz- und Bläueschutzschutzmittel zum Einsatz. Für die Behandlung von Holzprodukten werden Mittel zur Grundierung (z. B. für Fenster und Fassadenschalung), Vorlacke, Lasuren, Imprägnierungen, Insekten- und Pilz-Bekämpfungsmittel eingesetzt. Farben, Lacke und Beizen, die die Wirkstoffe nur zum Schutz der Beschichtung enthalten (und nicht des Untergrunds), gehören nicht zu PA 8, sondern zu Beschichtungsschutzmitteln PA 7¹⁰.

- Gebrauchsklasse 1: Innen: Holz ohne Erdkontakt, geschützt und dauernd trocken
- Gebrauchsklasse 2: Innen und Aussen unter Dach: Holz ohne Erdkontakt, jedoch mit Feuchterisiko; Schimmel- und Bläueschutz, teils auch Pilzschutz und Insektenschutz
- Gebrauchsklasse 3: Aussen: Holz ohne ständigen Erd- und Wasserkontakt; Bläue- und Witterungsschutz, Pilz- und Insektenschutz
- Gebrauchsklasse 4: Aussen: Holz in ständigem Erd- und Süsswasserkontakt; witterungsbeständiger, insektenvorbeugender und pilzwidriger Holzschutz

Bei der Mengenerhebung von Holzschutzmitteln wurden zwei Besonderheiten festgestellt, die die Erhebung erschwerten und den Unterschied zu PA 7, 10 und 21 begründen. Zum einen haben DIY-Produkte rund 20 bis 30 % Marktanteil bei Aussenanwendungen, sind damit mengenrelevant, aber eher schwer durch Befragung zu erfassen. Zum anderen befindet sich der Markt in einer Bereinigungsphase, in der zahlreiche Produkte und Wirkstoffe durch die Hersteller vom Markt genommen wurden und noch werden. Vermutlich ist auch deshalb der Rücklauf der Befragung nicht annähernd so aussagekräftig wie bei anderen PA. Die Marktanpassung erklärt vermutlich auch, warum es deutliche Unterschiede zwischen dem öffentlichen Produktregister¹¹ und dem Schweizerisches Holzschutzmittelverzeichnis¹² bei der Anzahl und Wirkstoffzusammensetzung von Holzschutzmitteln, welche jeweils aufgeführt sind, bestehen.

6.1 Wirkstoffe

Für Holzschutzmittel sind europaweit inklusive der Schweiz gegenwärtig 28 Wirkstoffe zugelassen (VBP, Annex 1 / 1A; Anhang 9: Tabelle 12). Da die Evaluation weit fortgeschritten ist, werden nur noch wenige Wirkstoffe hinzukommen.

Die Befragung ergab, dass von den 28 Wirkstoffen in der Schweiz noch wenigstens 13 Wirkstoffe eingesetzt werden (Tabelle 7). Die Wirkstoffe IPBC, Propiconazol und Tebuconazol wurden als die derzeit wichtigsten eingestuft, darüber hinaus als „mittel“ bedeutsam Borsäure, Kupferoxid, Dichlofluanid u.a. genannt.

Kreosot, welches in der Befragung bei der Bedeutung mit „keine“ eingestuft wurde, wird für Bahnschwellen eingesetzt. Es ist demnach eine spezifische Anwendung. Herstellung und Verarbeitung beschränken sich auf 1 bis 2 Firmen, die in der Umfrage nicht eingebunden waren.

¹⁰ Empa und Lignum (2012): Richtlinie – Umgang mit Holzschutzmitteln, Gebinden behandelten Holzprodukten. http://www.lignum.ch/holz_a_z/holzschutz

¹¹ <https://www.rpc.admin.ch/rpc/public/index.xhtml>

¹² Lignum Holzwirtschaft Schweiz (2012): Schweizerisches Holzschutzmittelverzeichnis. Empa Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt, Angewandte Holzforschung.

Table 7: *Eingesetzte Wirkstoffe in Holzschutzmitteln für die Schweiz.*

Bedeutung	Wirkstoff
hoch	IPBC, Propiconazol, Tebuconazol
mittel	Borsäure, Kupferoxid, Dichlofluanid, Fenxoycarb, Fenpropimorph, K-HDO, Thiocloprid, Thiamethoxam
gering	Cyproconazol, Permethrin
keine	Kupferkarbonat, Bifenthrin, Boroxid, Clothianidin, Kupferhydroxid, Kreosot, Dazomet, DCOIT, Dinatriumoctaborattetrahydrat, Dinatriumtetraborat, Etofenprox, Sulfuryldifluorid, Thiobendazol,

Eine Auswertung des öffentlichen Produktregisters wurde zurückgestellt, weil es einige Fragen aufwarf (Wirkstoffe nicht benannt, Produkte doppelt geführt, usw.) und Produkte noch aufgeführt sind, die gemäss Brancheninformationen nicht mehr von Marktbedeutung sind. Dagegen ist das Holzschutzmittelverzeichnis durch deren Autoren sowohl mit dem Produktregister abgeglichen, als auch ergänzende Recherchen erstellt worden¹³. Deshalb wurden die Antworten der Befragung mit dem Holzschutzmittelverzeichnis verifiziert.

Zurzeit sind 168 Holzschutzmittel aufgeführt, davon sind 114 mit einem Wirkstoff, 81 mit zwei, 30 mit drei, 13 mit vier und 1 Produkt mit sechs Wirkstoffen ausgerüstet. Die im Holzschutzmittelverzeichnis genannten Wirkstoffe in Endprodukten ermöglichen eine Grobabschätzung zur Relevanz durch die Anzahl an Nennungen. Insgesamt ergeben sich für die 168 Produkte rund 300 Wirkstoffnennungen, wobei IPBC (24 %), Propiconazol (18 %) und Permethrin (14 %) am häufigsten gelistet sind, gefolgt von Dichlofluanid und Borsäure mit je 7 % und Tebuconazol mit 6 % (Abbildung 2). Alle weiteren 21 Wirkstoffe umfassen rund 22 % der Nennungen und spielen damit eine nachrangige Rolle; dagegen werden 78% durch 6 Wirkstoffe abgedeckt.

Mit Ausnahmen von Permethrin decken sich die Wirkstoffnennungen gut mit dem Ergebnis der Befragung. Die Bedeutung von Permethrin wurde bei der Befragung mit „gering“ eingestuft, im Holzschutzmittelverzeichnis aber an dritter Stelle genannt. Dieser Unterschied lässt sich vermutlich darauf zurückzuführen sein, dass die an der Befragung teilgenommenen Firmen den Wirkstoff weniger häufig einsetzen als die Anzahl gemeldeter Produkte erwarten lassen, oder dass der Wirkstoff heute effektiv weniger Bedeutung hat und auch das Verzeichnis die aktuelle Marktsituation ungenügend abbildet.

¹³ Lignum Holzwirtschaft Schweiz (2012): Schweizerisches Holzschutzmittelverzeichnis. Empa Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt, Angewandte Holzforschung.

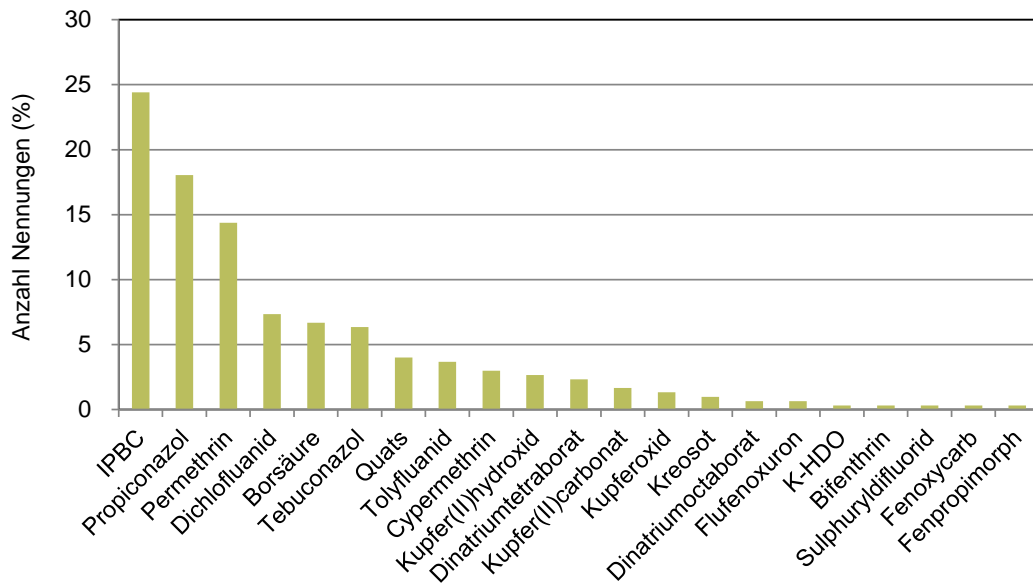


Abbildung 2: Anzahl Nennungen der Biozide (%) in alle Holzschutzmitteln, die im Holzschutzmittelverzeichnis aufgeführt sind (168 Produkte und 299 Nennungen = 100 %).

6.2 Verbrauchsmenge

Für die Abschätzung der Schweizer Verbrauchsmenge für Aussenanwendungen (Gebrauchsklassen 2 bis 4) wurde die Annahme getroffen, dass sich die von fünf Formulierern referierten Mengen auf rund 60 Firmen extrapolieren lassen. 60 Firmen sind im öffentlichen Produktregister aufgeführt und könnten also am Markt mit zugelassenen Produkten präsent sein. Werden die ermittelten Mengen zu $\frac{1}{3}$ auf grosse und $\frac{2}{3}$ auf kleine Firmen aufgeteilt, resultieren pro grosse Firma 200 Tonnen pro Jahr (20 Firmen = 4000 Tonnen) und pro kleine Firma 20 Tonnen pro Jahr (40 Firmen = 800 Tonnen). Der Jahresverbrauch von Holzschutzmitteln ergibt folglich 4800 Tonnen. Eingerechnet sind dabei auch die DIY-Produkte.

In diesem Zusammenhang ist noch erwähnenswert, dass von der Gesamtmenge jährlich rund 2700 Tonnen Holzschutzmittel für die Holzlagerung – nach vorliegenden Informationen ab Einschnitt im Sägewerk für Bläueschutz und Rundholzschutz - und 2100 Tonnen Holzschutzmittel für Holzzeugnisse eingesetzt werden. Ob die Schutzmittel für Rundholz eher der Holzlagerung im Wald zugeordnet sind (und dann wäre es kein Holzschutzmittel, sondern Pflanzenschutzmittel), liess sich nicht abschliessend klären. Entsprechend würde sich aber der Gesamtverbrauch um rund 10 % reduzieren. Vermutlich sind auch nicht alle summierten Holzschutzmittel der Witterung ausgesetzt, obwohl diese dafür zugelassen sind. Aufgrund der Fülle von Produkten und Anwendungsvarianten besteht folglich eine hohe Unsicherheit bei den Verbrauchsmengen im Holzschutz.

In nachfolgenden Interviews wurde zwar mehrfach bestätigt, dass die Verbrauchsmenge von 4800 Tonnen Holzschutzmitteln den Schweizer Markt sehr gut abbildet, jedoch die Anzahl Firmen zu hoch und die jeweiligen Mengen daher eher zu niedrig geschätzt wurden.

Die üblichen Konzentrationsbereiche der Wirkstoffe wurden in allen Antwortbögen mitgeteilt und liessen sich durch einen stichprobenartigen Vergleich mit dem Register verifizieren. In Tabelle 8 sind Beispiele aufgeführt. Der typische Konzentrationsbereich liegt zwischen 1'000 und 10'000 ppm (0.1 bis 1.0%). Unter Berücksichtigung von 4800 Tonnen Jahresverbrauch resultiert daraus ein Jahresverbrauch von 4.8 bis 48 Tonnen Biozide. Damit ist die Verbrauchsmenge nahezu gleich gross wie für die Biozide in Bautenfarben und -putzen mit 10 bis 30 Tonnen pro Jahr. Unter der Berücksichtigung, dass in Holzschutzmitteln vielfach 2 bis 3 Wirkstoffe gleichzeitig eingesetzt werden, liegt die Biozidmenge sogar höher als die 4.8 bis 48 Tonnen Biozide.

⇒ **Der indirekt ermittelte Verbrauch von Holzschutzmitteln belief sich in der Schweiz auf 4800 Tonnen im Jahr 2011, davon 2700 Tonnen für die Behandlung während der Holzlagerung und 2100 Tonnen für Holzzerzeugnisse (Anwendungsphase). Mit den Holzschutzmitteln wurden 4.8 bis 48 Tonnen Biozide appliziert, davon 2.7 bis 27 Tonnen für die Holzlagerung und 2.1 bis 21 Tonnen für Holzzerzeugnisse.**

Tabelle 8: Konzentrationsbereiche in Holzschutzmitteln für Aussenanwendungen. * Konzentrationsbereich aus BIOMIK, da keine neueren Angaben mitgeteilt wurden; k.a. – keine Angaben.

Wirkstoff	Spannbreite (ppm)	Mittelwert (ppm)
Borsäure	50 - 500	225
Kupferoxid	k.a.	100'000*
Dichlofluanid	4'000 – 7'000	5'500
Fenxoycarb	k.a.	1'000*
Fenpropimorph	1'500	1'500
IPBC	2'000 - 8'000	5'000
K-HDO	k.a.	275'000*
Propiconazol	2'000 - 15'000	8'500
Tebuconazol	1'000 - 6'000	3'500
Thiacloprid	30 - 100	65
Permethrin	1'500	1'500

6.3 Erwartete Veränderungen

Die Veränderung der Verbrauchsmenge von Holzschutzmitteln über die letzten fünf Jahre wurde von den Marktteilnehmern als „abnehmend“ für Aussenanwendungen beantwortet. Für die nächsten Jahre wird ein weiter rückläufiges Marktvolumen erwartet.

Biozide Wirkstoffe wie Dichlofluanid, Bor und chromhaltige Holzschutzmittel dürften gemäss Herstellereinschätzung in den nächsten Jahren ebenfalls an Bedeutung verlieren, da Diskussionen um schlechte Abbaubarkeit, problematische Abbauprodukte oder hohe Toxizität die weitere Anwendung reduzieren werden. Zu Permethrin liegen widersprüchliche Aussagen vor: neben Hinweisen zur abnehmenden Bedeutung wurden auch genau entgegengesetzte Signale mitgeteilt.

Zu erwarten ist darüber hinaus, dass klassische Holzschutzmittel durch Produkte mit Filmschutz ersetzt werden. Filmgeschützte Produkte, die unter PA 7 als sogenannte „Holzfarben“ einge-

ordnet sind, üben den Schutz gegen aussen aus (Migration des Wirkstoffs an die Oberfläche). Konkret heisst das, dass beispielsweise eine Imprägnierung mit einer filmgeschützten Lasur beschichtet wird oder ein biozidfreier Topcoat folgt.

6.4 Vergleichende Bewertung

In der BIOMIK-Studie sind 26 Wirkstoffen für Aussenanwendungen aufgeführt, heute jedoch 28 Wirkstoffe zugelassen, von denen sechs Wirkstoffe auf dem Schweizer Markt dominierend anzutreffen sind (IPBC, Propiconazol, Dichlofluanid, Tebuconazol, Permethrin, Borsäure). Über die Bedeutung der anderen Wirkstoffe ist wenig bekannt, jedoch haben diese bezogen auf die Verbrauchsmenge nur eine nachrangige Bedeutung. OIT, Tributylzinn-Verbindungen, Carbazim, Deltamethrin, Fenitrothion, Steinkohlenteeröle, Zinkoktoat, Chrom-Verbindungen und Fluoride, die bei BIOMIK noch erwähnt wurden, haben in Produkten keine oder eine weiter stark abnehmende Bedeutung.

In der BIOMIK-Schätzung wurde eine mittlere Biozidkonzentration von 2.2 % und ein Gesamtverbrauch von Holzschutzmitteln in Höhe von 50'000 Tonnen pro Jahr angenommen. Daraus resultierte ein Wirkstoffverbrauch von 816 bis 1360 Tonnen pro Jahr (im Mittel 1088 Tonnen). Der Verbrauch an Holzschutzmitteln läge damit heute rund doppelt so hoch wie die mengenrelevanten Bautenfarben und -putze mit 26'000 Tonnen. Gegenwärtig liegen aber keine Anhaltspunkte vor, weder aus der Befragung und den Interviews, noch aus der Literatur, die die hohen Durchschnittskonzentrationen und Verbrauchsmengen von BIOMIK bestätigen würden.

Dagegen weisen alle heute verfügbaren Informationen darauf hin, dass die ermittelte Verbrauchsmenge von 4800 Tonnen Holzschutzmittel pro Jahr, der Konzentrationsbereich von 0.1 bis 1.0 % Wirkstoff und die resultierende Wirkstoffmenge von 4.8 bis 48 Tonnen pro Jahr den Schweizer Markt zutreffender widerspiegeln. Weniger als die Hälfte wiederum geht in verarbeitete Holzzeugnisse, die in Kontakt mit Regenwasser kommen können, und der Rest wird bei der Lagerung von Holz ab Sägewerk eingesetzt.

Folglich ist der grosse Unterschied zwischen der BIOMIK-Erhebung und der hier präsentierten Studie von rund 800 bis 1300 Tonnen Wirkstoffe pro Jahr darauf zurückzuführen, dass die Grundlagendaten für die Mengenabschätzung - wie im BIOMIK-Bericht erwähnt - mit hoher Unsicherheit behaftet waren und mit einer zu hohen mittleren Wirkstoffkonzentration kalkuliert wurden.

Ein Vergleich mit Daten aus Deutschland war nicht zu führen. So konnten weder der VdL (nicht zuständig für Holzschutzmittel), noch die Deutsche Bauchemie e.V. entsprechende Verbrauchszahlen mitteilen. Gemäss Deutscher Bauchemie e.V. darf aus kartellrechtlichen Gründen bei weniger als sieben Firmen keine anonymisierte Statistik erarbeitet werden, da Veränderungen im Verbrauch für eine unerlaubte Marktbeobachtung genutzt werden könnten. Neutrale Statistiken sind erst ab rund 10 Firmen zugelassen, was für Biozide in Holzschutzmitteln aber nicht mehr möglich ist. In der Vergangenheit gab es diese Angaben, da mehr Firmen Holzschutzmittel herstellten und das europäische Kartellrecht entsprechende Erhebungen auch noch zulies.

7 Antifouling-Produkte PA 21

Unter Antifouling-Produkte PA 21 fallen Produkte zur Bekämpfung des Wachstums und der Ansiedlung von bewuchsbildenden Organismen (Mikroben, höhere Pflanzen und Tiere) an Wasserfahrzeugen, Ausrüstung für die Aquakultur und anderen im Wasser eingesetzten Bauteilen. In der Erhebung lag der Schwerpunkt ausschliesslich auf Antifouling für Schiffe.

Bei den Antifouling-Systemen unterscheidet man grob zwischen erodierenden (selbstpolierende Farben; SPC = self polishing copolymers) und nicht-erodierenden Systemen. Beide können sowohl mit als auch ohne Biozide eingesetzt werden. Nach Vorgaben der Internationalen Gewässerschutzkommission IGKB sind biozide Zusätze im Bereich des Bodensees zu vermeiden¹⁴.

Biozidfreie Produkte basieren auf einer Bewuchs hemmenden, harten Oberfläche, die stark Wasser abweisend ist und unter anderem eine glatte, gummiartige Schicht auf Basis von Silikonen und Fluor-Polymer-Farben (Teflon[®]) aufweist. Auch die Schweiz ist "VC 17 M-Land", wie es in der Szene so schön heisst. Das bedeutet, es wird eine Basisbeschichtung auf Teflon-Basis genommen und dann Kupferoxid hinein gerührt. Ein marktführendes Produkt hierzu ist das Produkt VC 17 M. Mit einer Reinigung in der Saison geht es aber auch ohne Kupfer. Nach Erfahrungen vieler Wassersportler und Servicefirmen sind biozid freie Unterwasserbeschichtungen gut geeignet¹⁵. Alleine oder in Verbindung mit mechanischen Reinigungsverfahren, können sie einen ausreichenden physikalischen Bewuchsschutz bieten. Interessanterweise wird VC 17M eco ohne Kupfer auch vermarktet, aber z. B. nicht in Deutschland und in der Schweiz, sondern nur in Skandinavien.

Antifouling-Produkte benötigen wie Holzschutzmittel eine Zulassung, die mit Kosten verbunden ist. Dies hat zur Folge, dass Schweizer Händler wie Compass, Bauhaus, AWN-Niemeyer, Yachting Systems bei den Schweizer Importeuren einkaufen. Es wurde in der Befragung auf Praktiken im Privatbereich hingewiesen, dass aus dem naheliegenden Ausland Produkte über die Grenze gelangen würden. Solche Gebinde sind nicht erfassbar.

7.1 Wirkstoffe

Von den sieben Wirkstoffen, die in der Schweiz in Antifouling-Produkten eingesetzt werden, sind Kupferoxid/Kupfer, Kupfer-Thiocyanat, Dichlofluanid und Tolyfluanid von mittlerer bis hoher Bedeutung; Zinkpyrithion und Kupferpyrithion sind von geringer Bedeutung (Tabelle 9). Auffallend ist die Dominanz der kupferbasierten Wirkstoffe. Kupfer (als Kupferpulver) gilt derzeit als der am wenigsten schädliche biozide Wirkstoff in Antifouling. Die Wirkstoffe Chlorothalonil, DCOIT, Irgarol und Zineb wurden nicht genannt. Bei Irgarol wurde darauf verwiesen, dass der Wirkstoff schon lange nicht mehr in Produkten enthalten sei.

Antifouling-Produkte sind noch nicht in Annex I der BPD aufgenommen, aber 10 Wirkstoffe befinden sich in der Beurteilung.

¹⁴ Abweichend von den nationalen Regelungen hat die Internationale Gewässerschutzkommission IGKB für den Bodensee ein generelles Verbot Biozid haltiger Antifouling-Farben erlassen: „Schiffsfarben, deren biozide Zusätze in das Wasser Übergehen können, sind unzulässig.“ Dieses Verbot wurde jedoch faktisch nicht umgesetzt (Richtlinie der Internationalen Gewässerschutzkommission für den Bodensee (IGKB) für die Reinhaltung des Bodensees vom 27. Mai 1987).

¹⁵ <http://www.mein-bodensee.com/wassersport/antifouling.html>

Tabelle 9: Die Bedeutung der Wirkstoffe in Antifouling-Produkten (PA 21).

Bedeutung	Wirkstoff PA 21
hoch	Kupfer, Kupferoxid
mittel	Kupfer-Thiocyanat, Dichlofluanid, Tolyfluanid
gering	Kupferpyrithion, Zinkpyrithion
keine	Chlorothalonil, DCOIT, Irgarol, Zineb

7.2 Verbrauchsmenge

Die Resultate der Verbrauchsmengenabschätzung von Antifouling-Produkten im Jahr 2011 sind in Abbildung 3 dargestellt. Darin kommt Kupferoxid mit einer Menge von 6 bis 8 Tonnen pro Jahr die mit grossem Abstand höchste Bedeutung zu. Der Verbrauch von Kupfer-Thiocyanat, Dichlofluanid und Tolyfluanid beläuft sich auf jeweils 1 bis 2 Tonnen pro Jahr. Die Verbrauchsmenge von Zinkpyrithion liegt mit < 1 Tonne pro Jahr nochmals darunter. Die Verbrauchsmenge von Kupferpyrithion wird heute noch mit Null angegeben.

Anhand der evaluierten Wirkstoffmengen wurde eine kumulative Gesamtverbrauchsmenge von 9.5 bis 15 Tonnen pro Jahr (im Mittel 12.8 Tonnen) abgeschätzt. Die Biozidmenge ist vergleichbar hoch wie von Filmschutzmitteln für Farben und Putze.

⇒ **Der Gesamtverbrauch von Bioziden in Antifouling-Produkten betrug in der Schweiz 9.5 bis 15 Tonnen im Jahr 2011.**

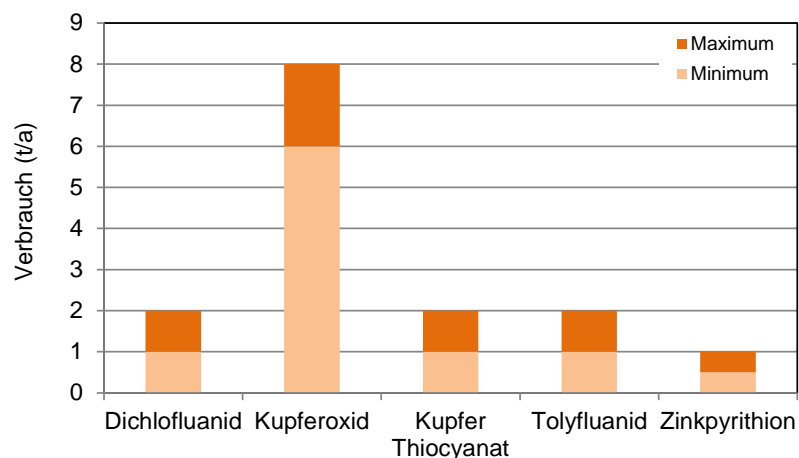


Abbildung 3: Verbrauchsmenge (Tonnen pro Jahr) von Antifouling-Produkten (PA 21) für das Jahr 2011 in der Schweiz.

Die durchschnittliche Konzentration in Antifouling-Produkten umfasst ca. 30 % Kupferoxid, 22 % Kupfer-Thiocyanat und 3 % bei den anderen Wirkstoffen (Tabelle 3). Es existiert kein Konzentrationsunterschied zwischen professionellen Produkten und solchen für private Anwender. Der dunkelrote Farbton als charakteristisches Merkmal vieler Antifouling-Produkte ist das sichtbare Merkmal einer hohen Konzentration von Kupferpartikeln.

Bei den befragten Importeuren von Antifouling-Produkten mit einem Marktanteil von 70 bis 80 % wurde eine Gesamtmenge von 40 bis 45 Tonnen pro Jahr evaluiert, sodass die gesamte in der Schweiz verarbeitete Antifoulingmenge im Jahr 2011 rund 50 bis 60 Tonnen umfasst haben dürfte. Aus den evaluierten Marktanteilen der Wirkstoffe von 60 bis 80 % für Kupferoxid und 2 bis 5 % für die restlichen Wirkstoffe ergibt sich eine Biozidmenge von 10 bis 16 Tonnen pro Jahr (Tabelle 12).

⇒ **Der indirekt ermittelte Verbrauch von Wirkstoffen in Antifouling-Produkten belief sich in der Schweiz auf 10 bis 16 Tonnen im Jahr 2011. Dies deckt sich mit den durch die Befragung direkt ermittelten 9.5 bis 15 Tonnen pro Jahr.**

Tabelle 10: Konzentrationsbereiche der Biozide in Antifouling-Produkten für professionelle und private Anwender.

	Wirkstoffe	Konzentration	
		(ppm)	(%)
Anorganische Verbindungen	Kupferoxid	250'000 - 400'000	25 - 40
	Kupfer	100'000 - 420'000	10 - 42
	Kupfer-Thiocyanat	100'000 - 350'000	10 - 35
Metall-/Organische Verbindungen	Kupferpyrithion	30'000 - 50'000	3 - 5
	Tolyfluamid	10'000 - 30'000	1 - 3
	Dichlofluamid	10'000 - 30'000	1 - 3
	Zinkpyrithion	30'000 - 50'000	3 - 5

Angenommen, die 50 bis 60 Tonnen pro Jahr Antifouling-Produkte werden mit durchschnittlich 0.1 kg/m² verarbeitet, dann lassen sich damit 500'000 bis 600'000 m² Rumpffläche behandeln. Diese Flächenschätzung lässt sich durch die Anzahl Schiffe verifizieren. Wird in einer weiteren Plausibilitätsprüfung eine durchschnittliche Bootsfläche von 10 m² für 100'000 private Motor- und Segelboote und 200 m² für 775 Schiffe im öffentlichen Personen- und Frachtverkehr zugrunde gelegt¹⁶, ergeben sich 1'155'000 m² gestrichene Bootsfläche. Bei einem Neuanstrich alle zwei Jahre würden 577'500 m² Rumpffläche pro Jahr behandelt. Beide Abschätzungen bestätigen damit die direkt ermittelten Mengen von 50 bis 60 Tonnen Antifouling-Produkte. Erfahrungsgemäss werden viele Schiffe auch in grösseren Abständen gestrichen, sodass sich dann die jährlich neu erstellte Fläche entsprechend verringert.

¹⁶ Bundesamt für Statistik.

7.3 Erwartete Veränderungen

Die Marktteilnehmer sind überzeugt, dass es in den nächsten fünf Jahren keine Marktveränderung gibt, jedoch Kupferoxid, Tolyfluanid und Dichlofluanid an Bedeutung verlieren (Tabelle 11). Kupfer-Thiocyanat, Kupferpyrithion und Zinkpyrithion werden dagegen an Bedeutung zunehmen.

Die befragten Firmen gehen davon aus, dass in den nächsten fünf Jahren keine neuen Aktivsubstanzen unter PA 21 angemeldet werden.

Tabelle 11: Erwartete Marktveränderungen bei Antifouling-Produkten in den nächsten 5 Jahren in der Schweiz.

Wirkstoffe	Abnehmend	Gleich	Zunehmend
Kupferoxid	☐		
Kupfer-Thiocyanat			☐
Kupferpyrithion			☐
Tolyfluanid	☐		
Dichlofluanid	☐		
Zinkpyrithion			☐

7.4 Gesamtverbrauchsmenge in allen Produktarten (PA 1 bis 23)

Bezogen auf die Anwendungsbedeutung des jeweiligen Wirkstoffs in allen Produktarten (PA 1 bis 23) resultierte eine Gesamtverbrauchsmenge von zusammen 123 bis 240 Tonnen pro Jahr für Kupferoxid, mit grossem Abstand gefolgt von Kupfer Thiocyanat, Dichlofluanid, Tolyfluanid und Zinkpyrithion (Tabelle 12). Dominiert wird die Menge durch Kupfer. Auf eine detaillierte Betrachtung wurde aber verzichtet, weil die drei (metall-)organischen Biozide in Antifouling-Produkten eher unbedeutend sind und daher eine Extrapolation auf alle anderen PA unsicher ist.

Tabelle 12: Marktanteil von Antifouling-Produkten bezogen auf den Gesamtverbrauch des jeweiligen Wirkstoffs in allen Anwendungsbereichen (PA 01 bis PA 23).

Bedeutung	Anteil in PA 21 (%)	Wirkstoff
hoch	60 - 80	Kupferoxid
mittel	1 - 5	Kupfer(I)-thiocyanat, Dichlofluanid, Tolyfluanid, Zinkpyrithion
gering	< 1	Kupferpyrithion

7.5 Vergleichende Bewertung

In BIOMIK wurde ein Wirkstoffverbrauch von 5 bis 20 Tonnen pro Jahr für Antifouling-Produkte geschätzt. Auch diese Menge wird mit der neuen Erhebung von 9.5 bis 15 Tonnen ausgezeichnet bestätigt. Seit BIOMIK werden aber Chlorothalonil, Irgarol (Triazine), DCOIT (Isothiazolone), Diuron (Phenylharnstoff) sowie anorganische Zinnverbindungen nicht mehr verwendet. Heute sind nur noch kupferbasierte Verbindungen sowie Dichlofluanid, Tolyfluanid und Zinkpyrithion mengenrelevant.

Die schweizerische Verbrauchsmenge von Antifoulingmitteln wird in BIOMIK mit 70 bis 100 Tonnen pro Jahr angegeben. Die neu ermittelte Verbrauchsmenge liegt bei 50 bis 60 Tonnen pro Jahr. Aufgrund der hohen Übereinstimmung sollte davon ausgegangen werden, dass diese Menge der Realität sehr nahe kommt. Die Konsistenz beider Erhebungen lässt sich auf die geringe Anzahl Firmen zurückführen, die den Zugang zu den gewünschten Informationen problemlos ermöglichten.

In Deutschland wurde vom VdL eine Gesamtverbrauchsmenge von Antifoulingfarbe von ca. 16'000 Tonnen pro Jahr erhoben (Anhang: Abbildung 4). Herunterskaliert um einen Faktor 10 auf Schweizer Verhältnisse resultiert daraus eine theoretische Verbrauchsmenge von 1'600 Tonnen Antifouling-Produkte pro Jahr. Diese Menge übersteigt die vorgestellte Mengenerhebung von 50 bis 60 Tonnen pro Jahr um gut das dreissigfache. Eine derart hohe Abweichung zwischen beiden Ländern ist auf den Umstand zurückzuführen, dass Deutschland auch eine Meeresküste besitzt. Deutschland mit intensiver Binnenschifffahrt, Schiffsbau und -unterhalt ist bei Antifouling-Produkten somit nicht direkt mit den Schweizer Marktverhältnissen vergleichbar. Die Verbrauchsmengen fallen folglich bedeutend höher aus.

8 Schlussfolgerungen

Unter Berücksichtigung verschiedenster Quellen liess sich die Plausibilität der Antworten der Befragten prüfen und ein konsistentes Bild erarbeiten.

Die vorliegende Abschätzung zeigt, dass seit der BIOMIK-Studie weniger Wirkstoffe von Marktbedeutung sind. Beispielsweise werden für Filmschutzmittel rund zwei Drittel der Wirkstoffe heute nicht mehr eingesetzt. Beim Holzschutz sind nur noch rund ein halbes Dutzend Wirkstoffe bedeutsam, daneben sind aber auch viele Produkte und deren Hersteller nicht mehr am Markt vertreten.

Die Mengenabschätzungen zu Bautenfarben und -putzen (PA 7), Schutzmitteln für Mauerwerk (PA 10) und Antifouling-Produkten (PA 21) sind als sehr zuverlässig einzustufen. Die Erhebung beruht auf einem robusten Datensatz, sodass die neu ermittelten Verbrauchsmengen mit sehr hoher Aussagesicherheit behaftet sind. Bei den Holzschutzmitteln (PA 8) sind die Gesamtverbrauchsmengen als zuverlässig einzustufen, die Wirkstoffmengen aber mit gewisser Unsicherheit verbunden, weil direkte Herstellerinformationen fehlten.

Die Einschätzung in BIOMIK, dass in Hauptgruppe 2, den Schutzmitteln, 1'825 Tonnen pro Jahr bzw. 25 % des gesamten Biozidverbrauchs eingesetzt werden, ist zu korrigieren. Gegenwärtig deutet alles darauf hin, dass von rund 300 bis 500 Tonnen Biozide auszugehen sind.

Verkapselte Wirkstoffe haben heute im Filmschutz erhebliche Marktbedeutung gewonnen, wodurch sich auch die Freisetzung in die Umwelt verändert hat. Die Biozide werden zu Beginn der Anwendungsphase um einen Faktor 2 bis 10 geringer ausgewaschen. Bei Holzlasuren werden zukünftig verstärkt Imprägnierungen aufgebracht, die nachfolgend mit einem Filmschutz beschichtet sind, wodurch wiederum die Anfangsauswaschung von Bioziden abnimmt.

Es zeigte sich, dass eine Nachführung von Verbrauchsmengenerhebungen durch den intensiven Austausch mit den unterschiedlichen Interessensgruppen möglich ist, in bestimmten Produktarten aber noch verbessert werden kann (Holzschutzmittel).

Behörden und Wissenschaft können nun auf der neuen Mengenabschätzung beruhend umweltrelevante Wirkstoffe und Anwendungsgebiete identifizieren und eine Stoffpriorisierung auch mit Blick auf zukünftige Entwicklungen vornehmen.

9 Anhang

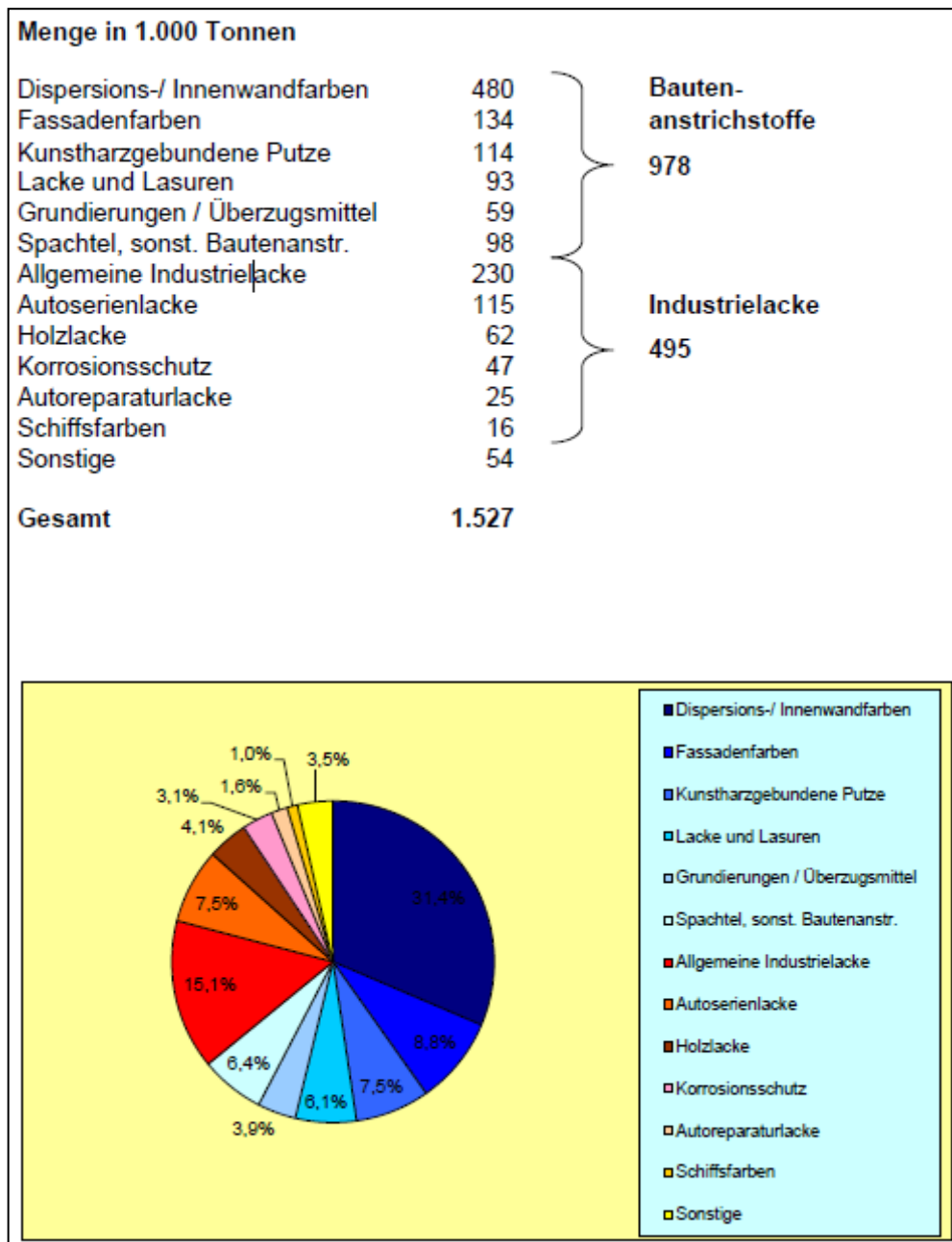


Abbildung 4: Aufteilung des Inlandverbrauchs in Deutschland 2011 (Verband der deutschen Lack- und Druckfarbenindustrie VdL).

Tabelle 13: Liste der 28 registrierten Wirkstoffe im Bereich der Holzschutzmittel PA 8 (Februar 2013).

Wirkstoff	CAS-Nummer	Entscheidung
Basisches Kupfercarbonat	12069-69-1	2012/2/EC
Bifenthrin	82657-04-3	2011/10/EC
Boroxid	1303-86-2	2009/98/EC
Borsäure	10043-35-3	2009/94/EC
Clothianidin	210880-92-5	2008/15/EC
Dazomet	533-74-4	2010/50/EC
DDA-Carbonat	894406-76-9	2012/22/EC
Dichlofluanid	1085-98-9	2007/20/EC
DCOIT	64359-81-5	2011/66/EC
Didecyldimethylammoniumchlorid	7173-51-5	2013/4/EC
Dinatriumoctaborat tetrahydrat	12280-03-4	2009/96/EC
Dinatriumtetraborat	1330-43-4	2009/91/EC
Etofenprox	80844-07-1	2008/16/EC
Fenoxycarb	72490-01-8	2011/12/EC
Fenpropimorph	67564-91-4	2009/86/EC
Flufenoxuron	01463-69-8	2012/20/EC
IPBC	55406-53-6	2008/79/EC
K-HDO	66603-10-9	2008/80/EC
Kreosot	8001-58-9	2011/71/EC
Kupfer(II)-hydroxid	20427-59-2	2012/2/EC
Kupfer(II)-oxid	1317-38-0	2012/2/EC
Propiconazol	60207-90-1	2008/78/EC
Sulphuryldifluorid	2699-79-8	2006/140/EC
Tebuconazol	107534-96-3	2008/86/EC
Thiabendazol	148-79-8	2008/85/EC
Thiacloprid	111988-49-9	2009/88/EC
Thiamethoxam	153719-23-4	2008/77/EC
Tolyfluanid	731-27-1	2009/151/EC

Mikroverunreinigungen aus Industrie und Gewerbe

**Erste Grundlagenerhebung mittels Umfrage bei
den Kantonen zu vorhandenen Informationen**

Kurzbericht

von BMG Engineering AG

im Auftrag des Bundesamts für Umwelt (BAFU)

vom Januar 2014

Impressum

Auftraggeber

Bundesamt für Umwelt (BAFU), Abteilung Wasser, CH-3003 Bern

Das BAFU ist ein Amt des Eidgenössischen Departements für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK).

Auftragnehmer

BMG Engineering AG, Ifangstrasse 11, CH-8952 Schlieren

Autoren

Christian Braun und René Gälli, BMG Engineering AG

Begleitung BAFU

Benjamin Sollberger; Ulrich Sieber; (Abteilung Wasser)

Hinweis

Dieser Bericht wurde im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU) verfasst. Für den Inhalt ist allein der Auftragnehmer verantwortlich.

Kontakt

Christian Braun: christian.braun@bmgeng.ch

Zitervorschlag

Braun, C., Gälli, R. 2014. Mikroverunreinigungen aus Industrie und Gewerbe. Erste Grundlagenerhebung mittels Umfrage bei den Kantonen zu vorhandenen Informationen. Bericht im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU). BMG Engineering AG, Schlieren.

Zusammenfassung

Mit Hilfe einer Datenerhebung bei allen Kantonen wurde versucht, möglichst alle Direkteinleiter (leiten industrielles bzw. gewerbliches Abwasser mit oder ohne betriebsinterne Vorbehandlung direkt in ein Gewässer ein) und die relevanten Indirekteinleiter (leiten das Abwasser mit oder ohne betriebseigene Vorbehandlung in das öffentliche Kanalnetz ein) aus Industrie und Gewerbe zu erfassen. Das Ziel war, eine Grundlage für die Beurteilung von Mikroverunreinigungen (MV) aus Industrie und Gewerbe (I+G) zu erhalten. Aus den ausgewählten Branchen wurden mehr als 60 Direkteinleiter und fast 250 Indirekteinleiter gemeldet. Gemäss den Umfrageunterlagen konnten Meldungen branchengleicher Indirekteinleiter zu summarischen Meldungen zusammengefasst werden (z.B. alle metallverarbeitenden Betriebe einer Region).

Der Vergleich mit der Eidg. Betriebszählung 2008 des Bundesamtes für Statistik zeigt, dass die Direkteinleiter nahezu vollständig erfasst wurden, was nicht heisst, dass auch die Fracht an Mikroverunreinigungen vollständig erfasst werden konnte. Bei den Indirekteinleitern muss davon ausgegangen werden, dass aufgrund der unterschiedlichen Datenlage bei den einzelnen Kantonen nur ein Teil der relevanten Betriebe erfasst wurde. Auch die Anzahl der Stoffe, für die Meldungen vorliegen, ist sehr unterschiedlich.

Die geografische Zuordnung der Meldungen zeigt, dass 75% der Betriebe im Einzugsgebiet von Aare und Rhein liegen, dies entspricht ungefähr dem Anteil dieses Einzugsgebiets an der Entwässerung der Schweiz.

Bei der Branchenzugehörigkeit der Betriebe zeigt sich für Direkt- und Indirekteinleiter ein unterschiedliches Bild. Bei den Direkteinleitern sind die drei meist genannten Branchen Sammlung und Beseitigung von Abfällen etc. (21 gemeldete Betriebe), Herstellung von chemischen Erzeugnissen (16) sowie Herstellung von Nahrungs- und Futtermitteln (8 inkl. Fischzuchtanlagen). Bei den Indirekteinleitern sind es die Branchen Herstellung von Metallerzeugnissen (860), Herstellung von Nahrungs- und Futtermitteln (536) sowie Herstellung von chemischen Erzeugnissen (201).

Frachten von organischen Mikroverunreinigungen – seien es Pflanzenschutzmittel, Pharmaka oder Industriechemikalien – sind in der gesamten Schweiz nur punktuell bekannt. Grundsätzlich findet hier keine routinemässige Überwachung statt. Vielmehr stammen die meisten Daten aus spezifischen Projekten (Sanierungen, Einzelkampagnen) bzw. aus einzelnen Kantonen, die eine Deklarationspflicht für Einleitparameter kennen und für grosse Einleiter, welche routinemässig überwacht werden.

Hingegen wurden Frachten von Summenparametern (GUS, CSB, BSB5, DOC) oft gemeldet. Diese sind also bei vielen Kantonen gut bekannt. Ebenso konnten häufig Frachten von Schwermetallen (As, Pb, Cd, Cr, Co, Cu, Mo, Ni und Zn) angegeben werden, somit sind auch diese gut bekannt. Dies ist (teilweise) dadurch begründet, dass Einleitgrenzwerte eingehalten werden müssen und dazu periodische Kontrollmessungen durchgeführt werden.

Wissenslücken bestehen vor allem im Bereich der Indirekteinleiter. Hier ist die Datenlage bei den Kantonen sehr unterschiedlich, zum einen die Zahl der Betriebe

und das jeweilige Abwasseraufkommen betreffend und zum anderen die Art der emittierten Schadstoffe betreffend. Auch bei den Direkteinleitern liegen den Kantonen nur wenige Daten zu den unterschiedlichen Schadstofffrachten vor. Daten zu organischen Mikroverunreinigungen sind nur teilweise vorhanden.

In der Tabelle 1 sind die summierten Frachten angegeben. Die Frachten der vorgegebenen Parameter sind nach Direkt- und Indirekteinleiter aufgeteilt, Daten zu Pflanzenschutzmitteln (PSM) stammen ausschliesslich von Direkteinleitern, Daten zu Pharmazeutika zum überwiegenden Teil von Direkteinleitern (1 Meldung von einem Indirekteinleiter) und die Daten zu Industriechemikalien stammen sowohl von Direkt- als auch von Indirekteinleitern.

Tab. 1 Summe der von den Kantonen gemeldeten Frachten in kg/Jahr, Daten aus der Indirekteinleitung sind nur lückenhaft vorhanden, die Frachten aus kommunalen Abwasserreinigungsanlagen (ARA) sind zum Vergleich angegeben (Daten für das Einzugsgebiet des Rheins aus der MicroPoll-Datenbank, BAUFU [6]).

	GUS	BSB5	CSB	DOC	As	Pb	Cd	Cr	Co	Cu	Mo	Ni	Zn
Direkteinleitung	607'854	410'523	366'532	1'452'488	9	10	5	47	53	117	75	104	617
Indirekteinleitung	1'620'795	2'263'546	12'679'772	4'093'603	12	94	34	64	9	231	72	241	421
Fracht ARA	7'200'000	3'200'000	27'000'000	11'500'000	385	360	39	670	1'300	12'570	-	6'250	77'500
	Summe PSM	173	Summe Pharmaka		1'212			Summe Industriechemikalien					19'000
								davon Lösungsmittel					442
								davon Tenside					1'910

Im Vergleich der gemeldeten Frachten der vorgegebenen Parameter mit denjenigen aus der kommunalen Abwasserreinigung zeigt sich, dass die Frachten der gemeldeten Direkteinleiter mindestens eine Grössenordnung kleiner sind, die Frachten der Indirekteinleiter sind (mit Ausnahme von Blei, und unter der Annahme, dass die Frachten in der Abwasserreinigungsanlage weiter reduziert werden) jeweils noch kleiner.

Im Rheineinzugsgebiet machen die gemeldeten Einleitungen aus Industrie und Gewerbe verglichen mit der Einleitung kommunalen Abwassers allgemein nur wenige Prozent aus. Grundsätzlich sind über die Anteile aus Industrie und Gewerbe an den Frachten von Mikroverunreinigungen im Gewässer auf der Grundlage der erhobenen Daten kaum verlässliche Abschätzungen möglich.

Für eine quantitative Gesamtdarstellung des Anteils an Mikroverunreinigungen in Gewässern, die aus Industrie und Gewerbe stammen, sind die erhobenen Daten nicht ausreichend. Vor allem im Bereich der Indirekteinleiter ist die Datenlage bei den Kantonen sehr unterschiedlich, zum einen die Zahl der Betriebe und das jeweilige Abwasseraufkommen betreffend und zum anderen die Art der emittierten Schadstoffe betreffend. Da kurzfristig keine Verbesserung der Datenlage bezüglich der Einzelstoffe zu erwarten ist, müsste versucht werden, den Anteil der Mikroverunreinigungen aus Industrie und Gewerbe z.B. durch Abschätzungen bzw. Verallgemeinerungen zu quantifizieren.

Inhalt

Impressum	2
Zusammenfassung	i
1 Einleitung	5
1.1 Fragestellung	5
1.2 Ziel	5
1.3 Projektablauf	5
2 Pilotumfrage	6
2.1 Verschickte Unterlagen	6
2.2 Aufgabenstellung für die Teilnehmer	6
2.3 Resultate der Pilotumfrage	7
2.4 Anpassung der Umfrageunterlagen an die Resultate der Pilotumfrage	8
3 Gesamtumfrage	9
3.1 Vorgehen	9
3.2 Meldungen zu Anzahl der Einleiter und zu vorgegebenen Parametern	10
3.2.1 Allgemeine Parameter	11
3.2.2 Chemische Parameter	12
3.2.3 Geografische Lage und Branchenzugehörigkeit der gemeldeten Betriebe	12
3.3 Gemeldete Frachten der Direkteinleiter	13
3.4 Gemeldete Frachten der Indirekteinleiter	14
4 Bewertung der gemeldeten Frachten	15
4.1 Frachten und Branchen	15
4.2 Vergleich mit Einleitungen aus kommunalen Abwasserreinigungsanlagen	16
4.3 Anteil an der Fracht im Rhein bei Basel	17
4.4 Relevanz der gemeldeten Daten	19
4.5 Mehrfache Meldungen weiterer Parameter	20
4.6 Meldungen zu Einzelstoffen	20
4.6.1 Pflanzenschutzmittel	20
4.6.2 Pharmazeutische Produkte	20
4.6.3 Meldungen weiterer Frachten	21
5 Fazit	21
Literatur	23

Anhänge

Anhang 1 verschickte Umfrageunterlagen

Anhang 2 Zuordnung der Frachten zu den Branchen

1 Einleitung

1.1 Fragestellung

Das BAFU bearbeitet die Thematik der „Mikroverunreinigungen in Gewässern“ in verschiedenen Bereichen:

- Mikroverunreinigungen aus der Siedlungsentwässerung
- Mikroverunreinigungen aus diffusen Quellen

In diesem Projekt sollen erste Grundlagen im Bereich Mikroverunreinigungen (MV) aus Industrie und Gewerbe erhoben werden. Dabei sollen möglichst alle Direkteinleiter und die relevanten Indirekteinleiter aus Industrie und Gewerbe erfasst und deren Einfluss auf die Belastung der Gewässer mit Mikroverunreinigungen auf der Grundlage der erhobenen Daten grob abgeschätzt werden.

1.2 Ziel

Es geht um die Zusammenstellung einer Übersicht der Industrieeinleiter als Grundlage für die Beurteilung von Mikroverunreinigungen (MV) aus Industrie und Gewerbe (I+G). Diese Informationen sollen mittels einer Umfrage bei allen Kantonen zusammengetragen werden, wobei die Erfahrung der kantonalen Behörden einbezogen werden soll. Dabei sollen alle Direkteinleiter und eine gezielte Auswahl von relevanten Indirekteinleitern (relevant bezüglich der Einleitung von Mikroverunreinigungen) betrachtet werden. Zusätzlich sollen mit der Umfrage allfällig vorhandene Hintergrundinformationen in Bezug auf MV aus I+G bei den Kantonen miterfasst werden.

1.3 Projektablauf

- Vorarbeiten
 - Definition und Abgrenzung Direkteinleiter und relevante Indirekteinleiter
 - Format für Datenablage in ARA Datenbank BAFU festlegen
 - Format für Datenerhebung definieren
 - Ankündigungsschreiben BAFU
 - Vorabklärungen bei Kantonen (Pilotumfrage)
 - Fachgruppensitzung mit Diskussion der Ergebnisse der Pilotumfrage, Festlegung der abzufragenden Branchen
- Erarbeitung des Konzeptes für die Datenerhebung bei allen Kantonen
- Ausarbeitung des Fragebogens und einer Checkliste (basierend auf Branchenverzeichnis)
- Ausarbeiten des Begleitbriefes

- Datenerhebung bei den Kantonen (inkl. Nachfragen)
- Datenauswertung und Verifizierung (Übersicht Direkt- und Indirekteinleiter, Stoffübersicht, Frachtübersicht)
- Datenaufbereitung zur Überführung in die ARA Datenbank des BAFU
- Kurzbericht

In Abb. 1 ist die Definition der für diesen Bericht verwendeten Bezeichnungen Direkteinleiter und Indirekteinleiter angegeben. Demnach leitet ein Direkteinleiter industrielles bzw. gewerbliches Abwasser mit oder ohne betriebsinterne Vorbehandlung direkt in ein Gewässer ein. Im Gegensatz dazu leitet ein Indirekteinleiter das Abwasser (mit oder ohne betriebseigene Vorbehandlung) in das öffentliche Kanalnetz ein.

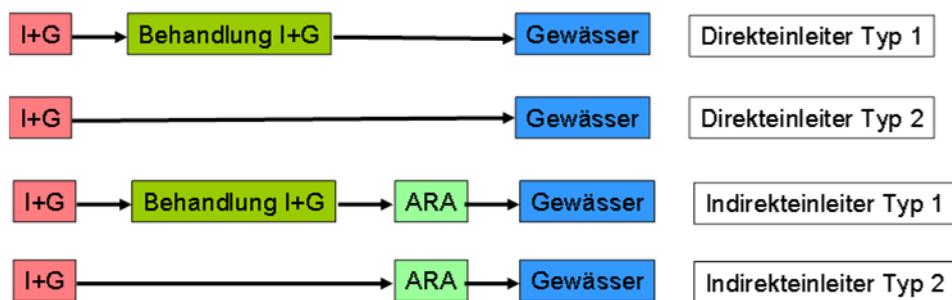


Abb. 1 Definition der unterschiedlichen Einleiter mit und ohne eigene Vorbehandlung

2 Pilotumfrage

2.1 Versicherte Unterlagen

Folgende Unterlagen wurden verschickt:

- Email mit der Aufgabenstellung
- Stoffliste mit möglichen Mikroverunreinigungen
- Branchenliste mit möglicherweise relevanten Indirekteinleitern
- Fragebogen zum Ausfüllen

2.2 Aufgabenstellung für die Teilnehmer

Die Pilotkantone wurden gebeten:

- Angaben zu einem Direkteinleiter zu machen und die Anzahl Direkteinleiter im Kanton anzugeben
- Angaben zu einem relevanten Indirekteinleiter zu machen und die Anzahl Indirekteinleiter im Kanton anzugeben

- Angaben zu einer relevanten Branche (Summe von indirekt einleitenden Betrieben) zu machen und die Anzahl der relevanten Branchen im Kanton anzugeben
- Eine Rückmeldung zu fehlenden Branchen und Mikroverunreinigungen zu geben und die Pilotumfrage zu kommentieren.

2.3 Resultate der Pilotumfrage

Alle teilnehmenden Kantone haben die Unterlagen und somit die Zielsetzung der Pilotumfrage verstanden und konnten den Fragebogen ausfüllen.

Folgende Schlussfolgerungen konnten gemacht werden:

- Die Kantone sind unterschiedlich stark von der Problematik „Mikroverunreinigungen aus Industrie und Gewerbe“ betroffen.
- Die Anzahl Direkteinleiter ist überblickbar und die Kantone kennen die Betriebe.
- Der Kenntnisstand und die Dokumentation (Datenablage) bezüglich relevanter Indirekteinleiter sind unterschiedlich.
- Die Anzahl Indirekteinleiter ist sehr gross, so dass gemeinsame Branchen vorgegeben werden müssen, welche von allen Kantonen erhoben werden sollen (z.B.: Chemie/Pharma, Galvanik, Farben- und Lackhersteller).
- Zusätzlich sollen die Kantone kantonsspezifische Einleiter nennen (z.B. Fischzuchten, Grossgärtnereien).
- Belastbare Frachtabschätzungen für einzelne Mikroverunreinigungen dürften nur für wenige Betriebe machbar sein (ausser für Schwermetalle, DOC/BSB5 etc.) – eine Abschätzung der Grössenordnung soll angefragt werden.
- Zusätzlich sollen bekannte Stoffe, auch wenn keine Frachten abgeschätzt werden können, angefragt werden.
- Die Kantone sind an der Thematik generell interessiert, wobei die Priorität unterschiedlich eingestuft wird.
- Der Arbeitsaufwand ist nicht unerheblich für die Kantone, so dass für die Datenerhebung genügend Zeit eingeräumt werden muss.

Fazit:

Aufgrund der Umfrage durfte damit gerechnet werden, dass bei einer pragmatischen Datenerhebung alle Kantone in der Lage sein sollten entsprechende Daten zu liefern. Es ist jedoch damit zu rechnen, dass nicht alle Kantone auf demselben Kenntnis- und Datenstand sein werden wie die Pilotkantone. Dies muss bei der Erhebung berücksichtigt werden (Hilfestellung, Help-Desk, Fokus auf das Wesentliche).

2.4 Anpassung der Umfrageunterlagen an die Resultate der Pilotumfrage

Die für die Pilotanfrage verschickten Unterlagen wurden für die Gesamtanfrage wie folgt verbessert:

- Der Begriff der relevanten Indirekteinleiter wurde mit quantitativen Zahlen umschrieben:
 - Ein relevanter Indirekteinleiter (Einzelbetrieb) hat in der Grössenordnung ein Abwasservolumen $>10'000\text{m}^3/\text{a}$ oder $>10\%$ der hydraulischen Fracht der ARA und emittiert Schwermetalle $>10\text{ kg/a}$ und/oder relevante organische Spurenstoffe $>10\text{ kg/a}$ wie Biozide, Pflanzenschutzmittel, Pharmaka oder andere gewässerrelevante Stoffe.
 - Indirekteinleiter, die als Summe relevant sind, haben in der Grössenordnung ein Abwasservolumen $>10'000\text{m}^3/\text{a}$ oder $>10\%$ der hydraulischen Fracht der ARA und emittiert Schwermetalle $>10\text{ kg/a}$ und/oder relevante organische Spurenstoffe $>10\text{ kg/a}$ wie Biozide, Pflanzenschutzmittel, Pharmaka oder andere gewässerrelevante Stoffe.

Darüber hinaus wurden verbesserte Erklärungen der zu erhebenden Daten angegeben:

- Die Emission der Direkteinleiter bezieht sich auf die Emission nach der Abwasseraufbereitung.
- Die Emission der relevanten Indirekteinleiter bezieht sich auf die Emission nach einer eventuellen betriebsinternen Vorbehandlung vor Einleitung in die Kanalisation.
- Die von allen Kantonen zu erhebenden Branchen der relevanten Indirekteinleiter sollten benannt werden. Die Kantone können zusätzliche Betriebe oder Summe von Betrieben auflisten.
- Es wurde eine Liste mit vorgegebenen Parametern definiert, für die Frachten angegeben werden sollen:
 - GUS, BSB5, DOC, As, Pb, Cd, Cr, Co, Cu, Mo, Ni, Zn
- Es wurden weitere Felder für die freie Eingabe von Frachten zu Mikroverunreinigungen, die bei den Kantonen vorhanden sind, vorgesehen.
- Bekannte Mikroverunreinigungen sollen von den Kantonen benannt werden, auch wenn Frachten nicht verfügbar sind.

Der Erfassungsbogen wurde so angepasst, dass eine möglichst einfache Aufarbeitung der Rohdaten möglich ist.

3 Gesamtumfrage

3.1 Vorgehen

Zusammen mit einer Kopie des Schreibens vom 20.04.2011, welches das BAFU den Kantonen zur Information bereits im Voraus zugestellt hat, wurden die Umfrageunterlagen (Erfassungsbogen mit Erklärung, Branchenliste und Liste der Mikroverunreinigungen in deutscher und französischer Sprache) im November 2011 an alle zuständigen kantonalen Stellen verschickt (siehe Anhang 1). Die Adressen der jeweiligen Ansprechpartner wurden vom BAFU zur Verfügung gestellt. Dank einer ausreichenden Fristverlängerung bis Anfang November konnten die Daten von allen 26 Kantonen erhalten werden.

Aus der Vielzahl der Branchen sollten nur Betriebe des 2. Sektors (industrieller Sektor) gemeldet werden. Vorrangig gemeldet werden sollten aus diesem Sektor Betriebe mit Zugehörigkeit zu folgenden NOGA-Codes (einschliesslich 3-stelliger Untercodes, gemäss allgemeiner Systematik der Wirtschaftszweige), bei denen relevante Freisetzungen von Mikroverunreinigungen vermutet werden:

- 13 Herstellung v. Textilien
- 14 Herstellung v. Bekleidung
- 15 Herstellung v. Leder, Lederwaren, Schuhen
- 17 Herstellung v. Papier, Pappe, Waren daraus
- 19 Kokerei u. Mineralölverarbeitung
- 20 Herstellung v. chemischen Erzeugnissen
- 21 Herstellung v. pharmazeutischen Erzeugnissen
- 22 Herstellung v. Gummi- u. Kunststoffwaren
- 24 Metallerzeugung u. -bearbeitung
- 25 Herstellung v. Metallerzeugnissen
- 35 Energieversorgung

Wenn Daten zu Betrieben mit anderer Branchenzugehörigkeit bei den Kantonen vorlagen, sollten diese auch gemeldet werden. Insbesondere betrifft dies die folgenden NOGA-Codes, bei denen vermutet werden kann, dass auch dort – wenn auch weniger relevante Mengen – Mikroverunreinigungen freigesetzt werden können:

- 10 Herstellung v. Nahrungs- u. Futtermitteln
- 11 Getränkeherstellung
- 12 Tabakverarbeitung
- 16 Herstellung v. Holzwaren
- 23 Herstellung von Glas u. Keramik, Verarbeitung v. Steine u. Erden
- 26 Herstellung v. Datenverarbeitungsgeräten, elektronischen u. optischen Erzeugnissen
- 28 Maschinenbau
- 29 Herstellung v. Automobilen u. -teilen
- 30 Sonstiger Fahrzeugbau
- 31 Herstellung von Möbeln
- 38 Sammlung, Beseitigung v. Abfällen, Rückgewinnung

Betriebe mit einer Zugehörigkeit zu Branchen bei denen keine spezifischen oder nur kurzfristig Freisetzungen vermutet werden, sollten nur in Ausnahmefällen gemeldet werden. Dies betrifft die Branchen mit den folgenden NOGA-Codes:

- 5-9 Bergbau, Gewinnung v. Steinen u. Erden
- 18 Herstellung v. Druckerzeugnissen, Vervielfältigung
- 27 Herstellung v. elektrischen Ausrüstungen
- 32 Herstellung v. sonstiger Waren
- 33 Reparatur u. Installation v. Maschinen
- 36 Wasserversorgung
- 37 Abwasserentsorgung
- 39 Beseitigung v. Umweltverschmutzung
- 41 Hochbau
- 42 Tiefbau
- 43 Vorbereitende Baustellenarbeiten, Bauinstallation

Für die Branche „37 Abwasserentsorgung“ war zu beachten, dass die kommunalen Abwasserreinigungsanlagen nicht gemeldet werden sollten, jedoch sollten solche Abwasserreinigungsanlagen mit ausschliesslich bzw. hauptsächlich Abwasser aus industriellen Quellen als Direkteinleiter gemeldet werden.

In Abb. 2 ist schematisch dargestellt, wie die Daten zu den einzelnen Betrieben bzw. den summarischen Meldungen für die branchengleiche Indirekteinleiter zu erfassen sind.

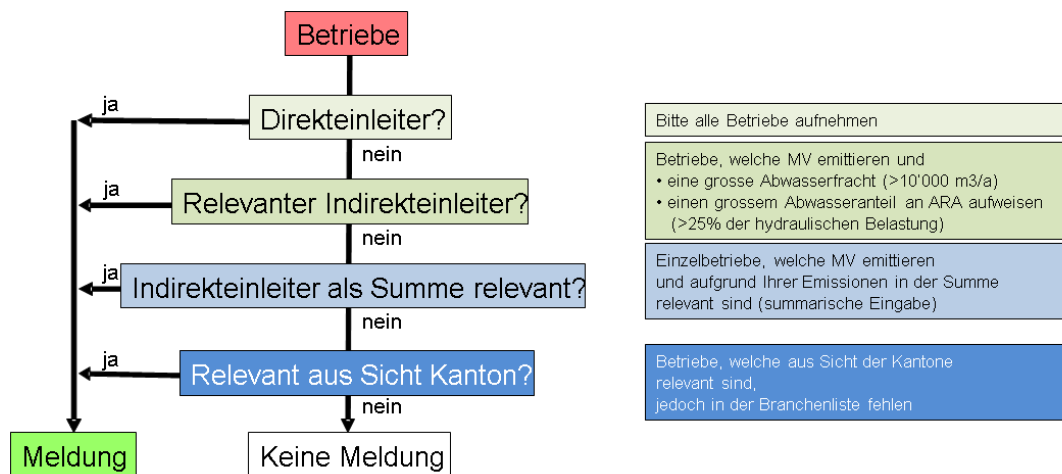


Abb. 2 Schema der Datenerhebung für die Gesamtumfrage

3.2 Meldungen zu Anzahl der Einleiter und zu vorgegebenen Parametern

In Tab. 2 ist der Datenrücklauf der Gesamtumfrage zusammengestellt. Insgesamt wurden Daten von über 60 Direkteinleitern und mehr als 250 Indirekteinleitern (davon ca. 50 summarische) gemeldet.

Tab. 2 Meldungen der Kantone: eine 0 in der Spalte „Anzahl gemeldete Einleitertypen“ bedeutet, dass dem Kanton keine Einleiter bekannt sind bzw. keine Direkteinleiter existieren, „k.A.“ bedeutet, dass keine Angaben zu Einleitern bei den Kantonen vorliegen

Kanton	Anzahl gemeldete Einleitertypen			Anzahl gemeldete Parameter												
	direkt	indirekt	davon summarisch	GUS	BSB5	CSB	DOC	As	Pb	Cd	Cr	Co	Cu	Mo	Ni	Zn
	gesamt	gesamt		85	39	109	73	27	46	36	53	27	69	34	68	66
	66	279	49													
AG	6	13	10	3	1		6				1					
AI	0		k.A.													
AR	0	6	4			3							1			
BE	12	30	17	22			28	5	8	6	9	5	10	4	8	12
BL	2	2	1	1			2	1	1		2		2		2	2
BS	1		k.A.													
FR	12	40	0	5	6	16	2	3	10	6	11	7	12	6	10	11
GE	2	4	0	2	2	1	4	5	6	6	5	5	6	6	6	5
GL	k.A.		k.A.													
GR	4	10	3	5	2	7	5	4	5	5	4	1	3		4	5
JU	k.A.		k.A.													
LU	3	4	1	4	4	3	4	1	1	1	1	1	1		1	1
NE	1	16	0	5	1	3	9	4	6	7	7	6	11	7	11	9
NW	0	1	0													
OW	0		k.A.													
SG	1	3	2											1		1
SH	1	14	2			6							2			
SO	2	15	1	4	2	14			1				8		8	8
SZ	0	4	1					1	2		2		2		2	2
TI	1	31	0	19		23	2	3	3	3	6	2	7	9	11	6
TG	1	2	0	1		2										
UR	k.A.		k.A.													
VD	2	27	3	11	14	20	2		2	1	3		2	1	3	3
VS	13	46	0	1	6	1	9		1	1	1		1		1	
ZG	0	3	0	2	1	2						1	1		1	1
ZH	2	8	1			8										

3.2.1 Allgemeine Parameter

Die gemeldeten Direkteinleiter haben gesamthaft ein Abwasseraufkommen von >67'000'000 m³/a. Von den Betrieben haben – neben den gemeldeten Inertstoffdeponien – 3 Betriebe aus der metallverarbeitenden Branche keine Abwasserbehandlung, jeweils ca. 20 eine chemische, biologische oder physikalische Behandlung.

Die gemeldeten Indirekteinleiter haben zusammen ein Abwasseraufkommen von >25'000'000 m³/a.

Bei einigen Meldungen wurden keine Abwassermengen angegeben, entweder weil keine Daten erhoben wurden oder es sich um neue Anlagen/Betriebe handelt, von denen noch keine Daten vorliegen. Summarisch wurden also knapp 100'000'000 m³/a an industriellen und gewerblichen Abwasser gemeldet.

Die gesamte Abwassermenge die in der Schweiz in ARAs behandelt wird beträgt 1'441'500'000 m³/a (VSA, 2000). Im Vergleich dazu beträgt der Anteil des häuslichen Abwassers am Abwasseraufkommen aller kommunalen Abwasserreinigungsanlagen ca. 950'000'000 m³/a (Annahme: 125 m³ Abwasser pro Person und Jahr, 7.5 Mio Einwohner CH). Die Differenz (ca. 500'000'000 m³/a) setzt sich aus dem industriellen und gewerblichen Abwasser (Indirekteinleiter), dem in die Kanalisation eingeleiteten Niederschlägen und dem in die Kanalisation eindringenden Fremdwasser zusammen.

3.2.2 Chemische Parameter

Am häufigsten gemeldet wurden Frachten von CSB und DOC (knapp 200 Meldungen von direkt und indirekt einleitenden Betrieben), gefolgt von GUS (>80 Meldungen). Bei den Schwermetallen wurden Frachten von Cu, Zn und Ni am häufigsten gemeldet.

Neben den in Tab. 2 angegebenen Parametern war es den Kantonen möglich, weitere Frachten von Mikroverunreinigungen anzugeben. Hier wurden teilweise Einzelstoffe gemeldet (z.B. von den Chemie-ARAs) aber auch Summenparameter wie TOC und Kohlenwasserstoffe. Klassische ARA-Parameter wie Stickstoff und Phosphor wurden vereinzelt auch gemeldet.

3.2.3 Geografische Lage und Branchenzugehörigkeit der gemeldeten Betriebe

In Tab. 3 ist die Anzahl der industriellen Einleiter nach Flusseinzugsgebiet angegeben. Die grösste Anzahl der Meldungen stammt aus dem Einzugsgebiet der Aare und des Rheins. Dieses entwässert ca. 80% der Schweiz. Zusätzlich sind Namen und Standorte für ausgewählte Direkteinleiter angegeben.

Tab. 3 Anzahl der gemeldeten industriellen Einleiter nach Flusseinzugsgebiet

Einzugsgebiet	gemeldete Direkteinleiter	gemeldete Indirekteinleiter	Branche der Direkteinleiter
Aare/Rhein	49	172	Chemie, Lebensmittel
Rhône	16	73	Chemie
Inn	keine	1	
Po	1	33	Entsorgung

In der nachfolgenden Tabelle ist die Branchenzugehörigkeit der gemeldeten industriellen und gewerblichen Einleiter aufgeführt. Zum Vergleich ist die Anzahl der Arbeitsstätten mit mehr als 10 Vollzeitäquivalenten gemäss der Betriebszählung 2008 angegeben. Für die Branche „Metallerzeugung und -bearbeitung“ ist die Anzahl der Meldungen grösser als die Anzahl der Betriebe gemäss Betriebszählung. Dies ist möglicherweise auf die Meldung einer grossen Zahl kleiner Betriebe zurückzuführen. Für alle anderen Branchen liegt die Zahl der gemeldeten Betriebe unterhalb der Anzahl Betriebe gemäss Betriebszählung. Der Anteil der gemeldeten Betriebe reicht von 2% („Herstellung von Glas und Keramik“) bis zu 84% („Herstellung von Nahrungs- und Futtermitteln“). Dies mag auch daran liegen, dass nicht alle Betriebe

dieser Branchen abwasserrelevante Prozesse betreiben bzw. bei einzelnen Kantonen keine Daten zur Verfügung stehen.

Tab. 4 Branchenzugehörigkeit der gemeldeten Betriebe im Vergleich zur Betriebszählung 2008 für mittlere und grosse Betriebe mit mehr als 10 Vollzeitäquivalenten (VZÄ)

Branche	gemeldete Direkteinleiter	gemeldete Indirekteinleiter	Betriebe CH >10 VZÄ	Anteil
Herstellung von Nahrungs- und Futtermitteln	8	536	598	88%
Getränkeherstellung	1	36	91	39%
Herstellung von Textilien		105	158	66%
Tabakverarbeitung		2	10	20%
Herstellung von Leder, Lederwaren, Schuhen		10	26	38%
Herstellung von Papier, Pappe, Waren daraus	5	12	116	10%
Kokerei und Mineralölverarbeitung	1	2	5	33%
Herstellung von chemischen Erzeugnissen	16	201	298	64%
Herstellung von pharmazeutischen Erzeugn.		61	138	44%
Herstellung von Gummi- und Kunststoffwaren		87	360	24%
Herstellung von Glas und Keramik	3	14	355	4%
Metallerzeugung und -bearbeitung	1	231	147	156%
Herstellung von Metallerzeugnissen	7	860	1821	47%
Energieversorgung		53	390	14%
Sammlung und Beseitigung von Abfällen	21	140	238	54%
Sonstige (z.B. Maler, Gipser, Schwimmbäder)	3	1'090		

3.3 Gemeldete Frachten der Direkteinleiter

Die gemeldeten Direkteinleiter liegen hauptsächlich an den grossen Flüssen der Schweiz. Eine Ausnahme bilden die Fischzuchtbetriebe (Herstellung von Nahrungs- und Futtermitteln), die auch an kleineren Gewässern zu finden sind. Abb. 3 zeigt die Standorte der direkt einleitenden Betriebe und ihr jeweiliges Abwasseraufkommen sowie die Branchenzugehörigkeit. Die grössten Abwassermengen produzieren Fischzuchtbetriebe (max. 12.8 Mio m³/a), gefolgt von der Papier- sowie der chemischen Industrie (max. 5 Mio bzw. 2 Mio m³/a).

Die gemeldeten Frachten sind in Tab. 5 zusammengefasst. Dabei ist zu beachten, dass die Summierung immer über die verfügbaren Meldungen durchgeführt wurde, d.h. dass die direkt eingeleitete DOC-Fracht aufgrund der höchsten Anzahl Meldungen sehr viel grösser ist als die beiden Parameter BSB5 und CSB. Ebenfalls aufgrund der höheren Anzahl Meldungen für BSB5 ist die daraus berechnete Fracht sehr viel grösser als die CSB-Fracht, für deren Summierung nur halb so viel Meldungen vorlagen.

Tab. 5 Gemeldete Frachten der direkteinleitenden Betriebe (=Eintrag in Gewässer)

Parameter	Anzahl Meldungen	Mittelwert der gemeldeten Frachten kg/a	Summe der gemeldeten Frachten kg/a
GUS	24	25'327.00	607'854.00
BSB5	12	31'579.00	410'523.00
CSB	8	45'817.00	366'352.00
DOC	28	50'086.00	1'452'488.00
As	7	1.30	9.08
Pb	9	1.08	9.72
Cd	9	0.53	4.76
Cr	10	4.71	47.06
Co	8	6.60	52.77
Cu	10	11.70	117.00
Mo	8	9.36	74.84
Ni	10	10.41	104.07
Zn	13	47.48	617.30

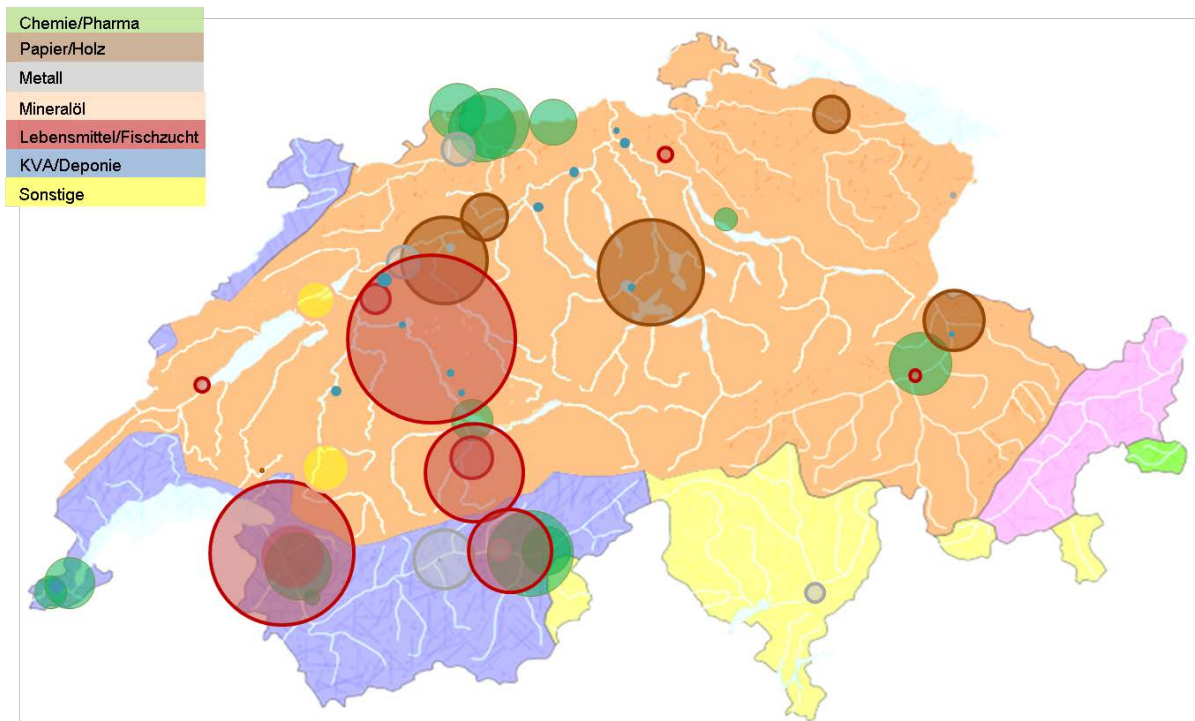


Abb. 3 Lage und Branche der gemeldeten direkteinleitenden Betriebe. Die Grösse der Kreise entspricht der jährlichen Abwassermenge (maximal 12.8 Mio m³/a), nicht der Schadstofffracht im Abwasser. Der Farbcode der CH-Karte gibt das Einzugsgebiet an (Rhein, Rhône, Po, Inn und Adige).

3.4 Gemeldete Frachten der Indirekteinleiter

Die Meldungen zu den indirekt einleitenden Betrieben stammen aus allen Flusseinzugsgebieten der Schweiz. Regionale Schwerpunkte der industriellen Tätigkeit sind

– von wenigen Ausnahmen abgesehen – jedoch ebenfalls entlang der grosse Flüsse zu finden.

Tab. 6 Gemeldete Frachten der indirekt einleitenden Betriebe bzw. der summarisch gemeldeten Betriebe: Anzahl der Meldungen pro Parameter, Mittelwert und Summe der Fracht in kg/Jahr

	GUS	BSB5	CSB	DOC	As	Pb	Cd	Cr	Co	Cu	Mo	Ni	Zn
Anzahl	58	28	101	43	17	35	25	40	18	55	25	56	52
Mittelwert	27'945	80'841	125'542	95'200	1.0	3.0	1.4	2.0	0.0	4.0	3.0	4.0	8.0
Summe	1'620'795	2'263'546	12'679'772	4'093'603	12.5	94.0	34.0	64.3	8.9	231.5	72.3	240.8	421.3
nach ARA*	81'040	113'177	633'989	204'680	0.6	4.7	1.7	3.2	0.4	11.6	3.6	12.0	21.1

* zur Berechnung der Fracht „nach ARA“ siehe Kapitel 4.2

4 Bewertung der gemeldeten Frachten

4.1 Frachten und Branchen

In den folgenden Abbildungen ist für die Parameter CSB und Zn die Herkunft der Frachten aus Direkt- und Indirekteinleitung gezeigt. Die gemeldete summierte CSB-Fracht stammt bei den Direkteinleitern zum überwiegenden Teil aus der Papierherstellung (>60%) und der Herstellung von chemischen Erzeugnissen (ca. 34%). Zusätzliche Beiträge stammen aus der Nahrungs-, Futtermittel- und Getränkeindustrie. Bei den Indirekteinleitern stammt der überwiegende Teil (>60%) aus der Nahrungs- und Futtermittelindustrie sowie der Papierherstellung (ca. 20%) und der Pharmabranche (ca. 8%). Kleinere Beiträge stammen aus der Chemiebranche und aus der Textilindustrie und der Getränkeherstellung.

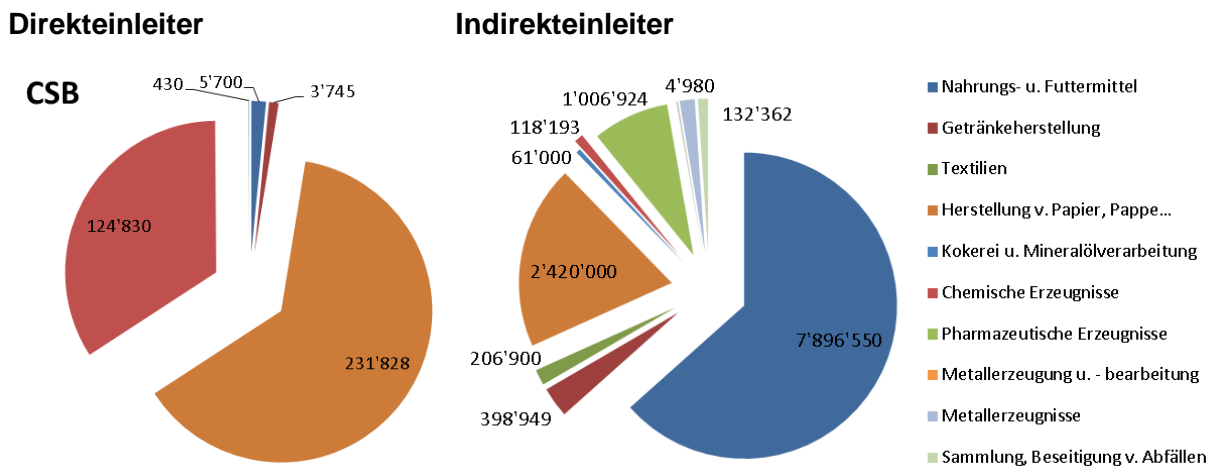


Abb. 4 Herkunft der gemeldeten CSB-Fracht aus Direkt- (links) und Indirekteinleitung (rechts) in kg/Jahr

Der Hauptteil der Zink-Fracht stammt aus Betrieben des Metallgewerbes und der chemischen/pharmazeutischen Industrie (>80% bei den Direkteinleitern und >50% bei den Indirekteinleitern). Je nach Einleitungsart (direkt bzw. indirekt) sind die restlichen Quellen unterschiedlich. So stammt ca. ein Fünftel des direkt eingeleiteten

Zinks aus der Papierindustrie, hingegen ist dieser Anteil bei den Indirekteinleitern sehr viel geringer (0.1 kg/a verglichen mit einer Gesamtfracht von >68 kg/a). Bei den Indirekteinleitern stammt mehr als ein Viertel der Zn-Fracht aus der Abfallbeseitigung und ein geringer Anteil (<5%) zusätzlich noch aus der Textilindustrie.

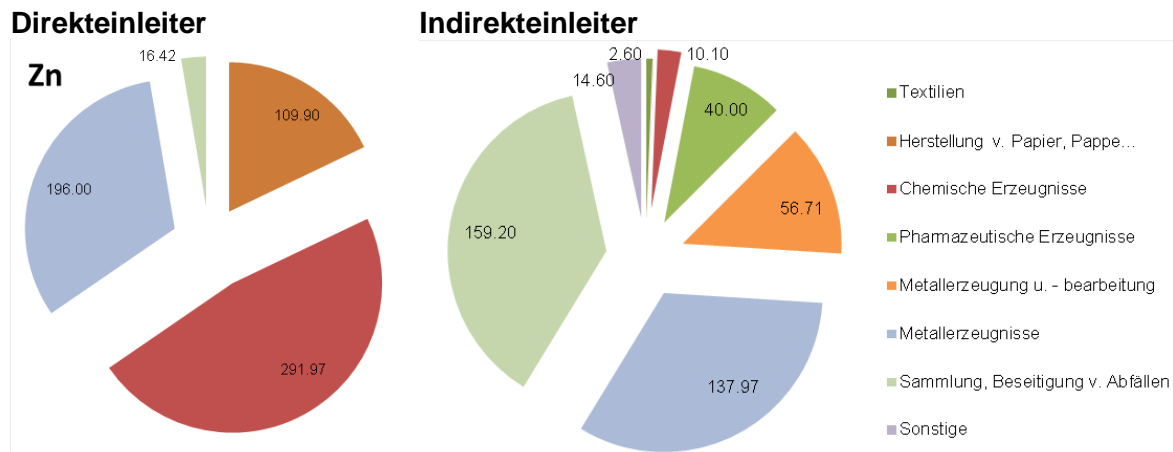


Abb. 5 Herkunft der gemeldeten Zink-Fracht aus Direkt- (links) und Indirekteinleitung (rechts) in kg/Jahr

Die Branchenzuordnung von Frachten der weiteren Parameter ist im Anhang 2 gezeigt. Einschränkend ist anzumerken, dass insbesondere bei den Frachten aus der indirekten Einleitung dominierende Einzelbetriebe bzw. Einzelmeldungen die Zuordnung zu den Branchen verfälschen können.

4.2 Vergleich mit Einleitungen aus kommunalen Abwasserreinigungsanlagen

Um die Grössenordnung der Frachten, die industrielle und gewerbliche Betriebe in Gewässer einleiten, abschätzen zu können, werden sie im Folgenden mit solchen Frachten verglichen, die aus kommunalen Abwasserreinigungsanlagen stammen.

Für diese Abschätzung wurden folgende Annahmen getroffen:

- Es wurden alle gemeldeten Einleiter (direkt und indirekt) berücksichtigt
- Die Angaben zu den Direkteinleitern wurden unverändert übernommen, d.h. es wurden die tatsächlichen Einleitwerte berücksichtigt (aus Einleitungen mit und ohne betriebseigene Behandlung)
- Die Abwässer aus indirekt einleitenden Betrieben gelangen jeweils über eine ARA in die Gewässer. Folglich sind die tatsächlich in das Gewässer gelangenden Frachten durch den Abwasserreinigungsprozess der jeweiligen ARA beeinflusst
 - Für die Parameter CSB und DOC wurde angenommen, dass diese zu 95% abgebaut werden

- Die Schwermetallelimination liegt allgemein darunter (ca. 55% für Nickel und ca. 75% für die anderen gemeldeten Metalle, nach Kupper [1])
- Die Fracht aus der kommunalen ARA stammt aus einer Hochrechnung der Einwohnerwert-Frachten pro Parameter mit dem mittleren Abwasseranfall pro Person, diese Werte enthalten also auch den industriell-gewerbliche Anteil. Die Einwohnerwert-Frachten wurden im Rahmen des Projekts „Mikroverunreinigungen aus diffusen Quellen“ in einer Arbeit zum Abwasser aus kommunalen Abwasserreinigungsanlagen abgeschätzt [3].

Tab. 7 fasst die Ergebnisse dieser Abschätzung zusammen.

Tab. 7 Vergleich der gemeldeten Frachten mit Frachten aus kommunalen Abwasserreinigungsanlagen in kg/Jahr bzw. %-Anteilen. Gemeldete Frachten aus Indirekteinleitung wurden bzgl. Elimination auf der ARA korrigiert (Spalte C „Indirekteinleiter nach ARA“).

Parameter (Anzahl Mel- dungen)	A	B	C	D	Vergleich Direkteinleiter mit ARA (Spalte A von Spalte D)	Anteil Indirekt- einleiter an ARA (Spalte C von Spalte D)
	Fracht der ge- meldeten Di- rekteinleiter kg/a	Fracht der ge- meldeten Indi- rekteinleiter kg/a	Fracht der ge- meldeten Indi- rekteinleiter nach ARA kg/a	Einleitung aus kom- munalen ARA kg/a		
CSB (109)	366'532	12'679'722	633'988	23'100'000	1.6%	2.7%
DOC (73)	1'452'488	4'093'603	204'680	15'375'115	9.4%	1.3%
As (27)	9.08	12.49	0.62	520	1.7%	0.1%
Pb (46)	9.72	94.04	4.70	488	2.0%	1.0%
Cd (36)	4.76	33.96	1.70	53	9.0%	3.2%
Cr (53)	47.06	64.32	3.22	907	5.2%	0.4%
Co (27)	52.77	8.88	0.44	1760	3.0%	<0.1%
Cu (69)	117.00	231.48	11.57	16'973	0.7%	<0.1%
Ni (68)	104.07	240.76	12.04	8'446	1.2%	0.1%
Zn (66)	617.3	421.28	21.06	59'253	1.0%	<0.1%

Die Frachten der gemeldeten Parameter aus industrieller und gewerblicher Einleitung liegen mindestens eine Grössenordnung unter denen aus den Abwasserreinigungsanlagen. Die höchsten Werte finden sich bei Cadmium (9%) und bei DOC (9%). Die Frachten aus industrieller und gewerblicher Indirekteinleitung liegen (nach der ARA abgeschätzt) mit Ausnahme von CSB noch unter den Frachten der Direkteinleiter. Für As, Cd und Co liegt nur eine vergleichsweise geringe Anzahl an Meldungen vor, so dass die summierten Frachten von den tatsächlichen Frachten stärker abweichen als für diejenigen Parameter, für die mehr Meldungen vorliegen.

4.3 Anteil an der Fracht im Rhein bei Basel

In Tab. 8 sind die im Rheineinzugsgebiet gemeldeten Frachten aus Industrie und Gewerbe mit denen im Rhein bei Basel verglichen. Die jeweilige Gesamtfracht der zu vergleichenden Parameter im Rhein bei Basel wurde aus den Daten der Rheinüberwachungsstelle für das Jahr 2010 berechnet. Diese Frachten enthalten damit auch die summierten Hintergrundkonzentrationen, die z.B. geogenen Ursprungs sein können. Für die Frachtberechnung wurde der Messwert mit dem mittleren Ab-

fluss in der Messperiode multipliziert. Bei den Metallen wurde sowohl der gelöste als auch der Anteil im Schwebstoff berücksichtigt.

Für den Vergleich der gemeldeten Frachten aus der Indirekteinleitung wurde dieselbe Abschätzung für die Elimination auf der ARA verwendet, wie bei der Betrachtung im vorhergehenden Abschnitt. Auf eine Abschätzung des weiteren Abbaus entlang der Fließstrecken vom Ort der Emission bis zum Rhein bei Basel wurde verzichtet. Es ist auch hier zu beachten, dass Daten für die Frachtmeldungen zur Indirekteinleitung nur lückenhaft vorliegen.

Tab. 8 Vergleich der gemeldeten Frachten aus industrieller und gewerblicher Einleitung mit Frachten aus der ARA und Messungen der Rheinüberwachungsstelle. Die gemeldeten Frachten aus Indirekteinleitung wurden bzgl. Elimination auf der ARA korrigiert.

Parameter (Anzahl Meldungen)	A		B		C		D		Anteil Industrie und Gewerbe
	Fracht der gemelde- ten Direkt- einleiter	Fracht der gemelde- ten Indi- rekteinleiter nach ARA	Einleitung aus ARA	Messung Fracht im Rhein	Anteil Direktein- leiter	Anteil Indirekt- einleiter	Anteil ARA	Anteil In- dustrie und Gewerbe	
	kg/a	kg/a	kg/a	kg/a	A von D %	B von D %	C von D %	A+B von D %	
GUS (85)	520'666	74'644	k.A.	472'451'000	0.1	0.2		0.3	
DOC (73)	962'572	119'466	11'531'337	62'570'000	1.5	0.2	18.4	1.7	
As (27)	8.95	1.25	390.00	26'553	<0.1	<0.1	1.5	<0.1	
Pb (46)	8.05	9.17	366.00	3'818	0.2	0.2	9.6	0.5	
Cd (36)	3.16	2.19	40.00	325	1.0	0.7	12.3	1.6	
Cr (53)	46.41	14.22	680.00	9'368	0.5	0.2	7.3	0.6	
Cu (69)	116.36	51.02	12'730.00	47'569	0.2	0.1	26.8	0.4	
Ni (68)	103.26	98.16	6'335.00	23'026	0.4	0.4	27.5	0.9	
Zn (66)	602.76	60.89	44'440.00	74'705	0.8	<0.1	59.5	0.9	

Ein signifikanter Anteil von industrieller und gewerblicher Fracht an der Gesamtfracht im Rhein findet sich nur für die Parameter DOC, Cadmium, Nickel und Zink (1% bis 2%). Die Frachten der anderen Parameter liegen alle unterhalb von 1%, für Arsen sogar deutlich unter 1‰.

Am Beispiel des Parameters DOC kann gezeigt werden, dass die Daten nur lückenhaft vorliegen: Die Summe der gemeldeten Frachten aus der Direkteinleitung im Rheineinzugsgebiet liegt bei 962'500 kg/Jahr, und damit niedriger als die Summe aller anderen Einleiter. Für das Einzugsgebiet der Rhône oberhalb des Genfersees wurden DOC-Frachten gemeldet die eine Summe von 489'916 kg/Jahr ergeben, also ca. 50% der Summe der Meldungen des Rheineinzugsgebiets. Die DOC-Fracht an der Messstation „Porte du Scex“ betrug im Jahr 2000 ca. 17'500'000 kg/Jahr (Daten aus der MicroPoll-Datenbank [6]). Der Anteil aus der Direkteinleitung (Summe der Meldungen) an der Gesamtfracht in der Rhône macht dort – unter Vernachlässigung eines Abbaus entlang der Fließstrecke – ca. 3% aus, also das Doppelte des Anteils, der in Tab. 8 für das Rheineinzugsgebiets abgeschätzt wurde.

4.4 Relevanz der gemeldeten Daten

Die gemeldeten Frachten aus der Direkteinleitung liegen in einer vergleichbaren Grössenordnung wie die Frachten aus der Indirekteinleitung nach Behandlung in der ARA (vgl. z.B. Tab. 8). Ausnahmen bilden hier die DOC-Fracht und bei den Schwermetallen Zn, bei denen die Fracht aus der Direkteinleitung ca. 10-mal grösser ist als aus der Indirekteinleitung via ARA.

Als eine obere Schranke für die gemeldeten Frachten mag man die Werte der Rheinüberwachungsstelle bei Basel ansehen. Die Summe der Frachten sowohl aus der Direkteinleitung als auch aus der (in der ARA behandelten) Indirekteinleitung liegt im Bereich von wenigen Promille bis einigen Prozent dieses Werts.

Auch verglichen mit den Frachten aus kommunalen Abwasserreinigungsanlagen liegen die gemeldeten Frachten aus Industrie und Gewerbe im Bereich weniger Prozent.

Für einen weiteren Vergleich können die Daten des Schweizerischen „Schadstofffreisetzungs- und -transferregisters“ (Pollutant Release and Transfer Register, kurz SwissPRTR, [4]) herangezogen werden. Die Daten müssen auf der Grundlage der PRTR-Verordnung [5] von Anlagenbetreibern bzw. Betrieben, die spezifische Schadstoffe freisetzen, gemeldet werden. Im Jahr 2010 meldeten 207 Betriebe Daten. Bei den SwissPRTR-Meldungen ist zu berücksichtigen, dass dort Angaben der kommunalen Abwasserreinigungsanlagen enthalten sind (meldepflichtige Anlagenkategorie: >100'000 Einwohnergleichwerte). Die Daten dieser Studie enthalten hiervon jedoch nur den Anteil industriellen und gewerblichen Ursprungs, diesen jedoch auch teilweise von kleinen ARAs, die aufgrund ihrer geringen Grösse in den SwissPRTR-Meldungen nicht enthalten sind. Abweichungen der im SwissPRTR gemeldeten Daten zu den für diese Studie erhobenen Daten sind in beide Richtungen zu erwarten: einerseits sind die hier erhobenen Daten unvollständig, andererseits sind im SwissPRTR teilweise auch geschätzte Daten vorhanden, die evtl. eher hoch sind.

Tab. 9 Vergleich der für diese Studie gemeldeten Frachten aus Direkteinleitung und eliminations-korrigierter Indirekteinleitung mit denen aus dem SwissPRTR (2010) in kg/Jahr.

Parameter	Frachtmeldungen SwissPRTR	Frachtmeldungen diese Studie	Anteil
	kg/a	kg/a	%
As	175.1	12.2	7
Pb	827.2	33.2	4
Cd	56.3	13.3	24
Cr	945.0	63.1	7
Cu	2'963.8	174.9	6
Ni	814.5	212.4	26
Zn	7'060.9	722.6	10

In Tab. 9 sind die Daten des SwissPRTR als Summe aus Freisetzung in Gewässer und Freisetzung in Abwasser gezeigt. Der Anteil im Abwasser wurde demselben Eliminationsformalismus unterworfen wie die Frachten aus der Indirekteinleitung

(siehe 4.2). Die SwissPRTR-Frachten enthalten auch Beiträge aus kommunalen ARAs, die nicht nur durch industrielle bzw. gewerbliche Einleiter verursacht werden. Der Anteil der in dieser Studie gemeldeten Frachten an den im SwissPRTR gemeldeten Frachten beträgt zwischen 4% (Pb) und 26% (Ni).

4.5 Mehrfache Meldungen weiterer Parameter

Neben den in den vorherigen Kapiteln erwähnten Parametern wurden zusätzlich noch mehrfach Angaben zu Frachten von weiteren Parametern gemacht, sowohl für Direkt- als auch für Indirekteinleiter.

Tab. 10 zusätzliche, mehrfach gemeldete Parameter, unten Direkteinleiter und oben Indirekteinleiter

	KW	TOC	NH ₄	P	Hg	SO ₄	Cl	NO ₂	NO ₃
	kg/a	kg/a	kg/a	kg/a	kg/a	kg/a	kg/a	kg/a	kg/a
gemeldete Fracht aus der Indirekteinleitung									
Anzahl	8	4	14	6	6	2	2	6	4
Mittelwert	1'306	1'133'916	8'575	825	1.37	37'180	817'170	271	23'126
Summe	10'451	4'535'664	120'057	4'947	8.2	74'360	1'634'340	1'624	92'505
gemeldete Frachten aus der Direkteinleitung									
Anzahl	9	10	3	13	5	6	4	-	2
Mittelwert	525	7'525	158	241	0.09	26'262	24'225	-	1'055
Summe	4'727	75'248	473	3'127	0.47	157'570	96'900	-	2'110

4.6 Meldungen zu Einzelstoffen

Neben den Summenparametern, den Daten zu Schwermetallen und den oben angegebenen weiteren Parametern wurden teilweise auch Einzelstoffe gemeldet. Insbesondere von den Abwasserreinigungsanlagen wurden Frachten gemeldet.

4.6.1 Pflanzenschutzmittel

Meldungen zu Pflanzenschutzmitteln liegen von drei Abwasserreinigungsanlagen vor. Die Messungen stammen direkt aus dem Ablauf der jeweiligen ARA, deren industrieller Teil als Direkteinleiter angesehen werden kann. Teilweise behandeln diese ARAs jedoch auch kommunales Abwasser, werden aufgrund des hohen Anteils an industriellem Abwasser aber als Direkteinleiter geführt. Alle gemeldeten 26 Wirkstofffrachten sind sehr gering und liegen im Bereich von 0.3 kg/a bis maximal 36.5 kg/a.

4.6.2 Pharmazeutische Produkte

Ebenfalls aus Daten von (industriellen) Abwasserreinigungsanlagen stammen Meldungen zu 13 pharmazeutischen Wirkstoffen. Die gemeldeten, jährlichen Stofffrachten liegen im Bereich von 1 kg/a bis zu 291 kg/a.

Ein Vergleich mit aus Messdaten berechneten, durchschnittlichen Frachten in Rhein bzw. Rhône zeigt, dass für die verschiedenen Wirkstoffe die Anteile aus den gemel-

deten industriellen Einleitungen in einem weiten Bereich vorliegen (von 0.5% bis ca. 25%).

4.6.3 Meldungen weiterer Frachten

Abschliessend zeigt Tab. 11 Werte der gemeldeten Frachten weiterer Parameter. Die Werte der Metalle stammen hauptsächlich aus der Uhrenindustrie, die Meldungen zu den Industriechemikalien und Tensiden stammen hingegen wiederum von (industriellen) Abwasserreinigungsanlagen sowie von kleineren Direkteinleitern.

Tab. 11 Weitere gemeldete Frachten zu Einzelstoffen, mehrere Einträge pro Stoff in den Spalten Frachtmeldungen entsprechen Meldungen von unterschiedlichen Betrieben bzw. zusammengefassten Betrieben.

Kategorie	Anzahl Meldungen	gemeldete Frachten		
		Minimum kg/a	Median kg/a	Maximum kg/a
Industriechemikalien	10	10	50	15'257
Tenside	4	3.5	250	1'000
weitere Metalle	15	0.006	1	10.64

5 Fazit

Eine Zusammenstellung der direkt einleitenden Industrie- und Gewerbebetriebe der ausgewählten Branchen konnte erstellt werden (>60 Betriebe in der ganzen Schweiz). Für die Summenparameter (GUS, BSB/CSB und DOC) sind die Frachten im Allgemeinen bekannt. Teilweise bekannt sind auch noch die Frachten einiger Schwermetalle. Die Branchen mit den meisten gemeldeten Betrieben sind die Sammlung und Beseitigung von Abfällen etc. (21), die Herstellung von chemischen Erzeugnissen (16), die Herstellung von Nahrungs- und Futtermitteln (8 inkl. Fischzuchtanlagen) sowie die Herstellung von Papier, Pappe und Waren daraus (5).

Bei den Direkteinleitern liegen den Kantonen nur wenige Daten zu den unterschiedlichen Frachten von Mikroverunreinigungen vor. Substanz- bzw. Wirkstoff-spezifische Frachten werden nicht regelmässig erhoben, sondern meistens nur im Rahmen ausserordentlicher Masskampagnen.

Die Anzahl der indirekt einleitenden Betriebe ist sehr gross, und es liegen relativ wenige Daten bei den Kantonen und diese in unterschiedlicher Qualität vor. Die Branchen mit den meisten gemeldeten Betrieben sind die Herstellung von Metall-erzeugnissen (860), Die Herstellung von Nahrungs- und Futtermitteln (536), die Herstellung von chemischen Erzeugnissen (201), die Metall-erzeugung und -bearbeitung (231), die Sammlung und Beseitigung von Abfällen etc.(140) sowie die Herstellung von Textilien(105).Ein Vergleich der eingegangenen Meldungen zu Indirekteinleitern mit der Anzahl der Betriebe aus der Betriebszählung 2008 zeigt, dass die Anzahl Meldungen stets geringer ist als die tatsächliche Anzahl der Betriebe (Ausnahme: „Metall-erzeugung u. -bearbeitung“). Dabei muss jedoch einschränkend

hinzugefügt werden, dass nicht alle Betriebe einer Branche auch tatsächlich abwasserrelevante Prozesse durchführen.

Für die Summenparameter (GUS, CSB, BSB5, DOC) sind die Frachten bei den Indirekteinleitern oft gemeldet worden, also bei vielen Kantonen gut bekannt. Ebenso wurden Frachten von Schwermetallen (As, Pb, Cd, Cr, Co, Cu, Mo, Ni und Zn) häufig gemeldet. Auch diese sind gut bekannt. Dies ist (teilweise) dadurch begründet, dass Einleitgrenzwerte eingehalten werden müssen und dazu periodische Kontrollmessungen durchgeführt werden.

Frachten von organischen Mikroverunreinigungen aus indirekteinleitenden Betrieben – seien es Pflanzenschutzmittel, Pharmaka oder Industriechemikalien – sind in der gesamten Schweiz nur punktuell bekannt. Grundsätzlich findet hier wenig routinemässige Überwachung statt. Vielmehr stammen die meisten Daten aus spezifischen Projekten (Sanierungen, Einzelkampagnen) bzw. aus einzelnen Kantonen, die eine Deklarationspflicht für Einleitparameter kennen und für grosse Einleiter, welche routinemässig überwacht werden.

Verglichen mit der Einleitung kommunalen Abwassers im Rheineinzugsgebiet machen die gemeldeten Einleitungen aus Industrie und Gewerbe allgemein nur wenige Prozent aus. Grundsätzlich sind über die Anteile aus Industrie und Gewerbe an den Frachten von Mikroverunreinigungen im Gewässer auf der Grundlage der erhobenen Daten kaum verlässliche Abschätzungen möglich.

Durch die vereinzelt Meldungen von Frachten von z.B. pharmazeutischen Wirkstoffen oder Pflanzenschutzmitteln kann gezeigt werden, wie hoch der Anteil einer punktuellen, industriellen Einleitung an der Gesamtfracht im Gewässer ist.

Für eine quantitative Gesamtdarstellung des Anteils an Mikroverunreinigungen in Gewässern, die aus Industrie und Gewerbe stammen, sind die erhobenen Daten nicht ausreichend. Vor allem im Bereich der Indirekteinleiter ist die Datenlage bei den Kantonen sehr unterschiedlich, zum einen die Zahl der Betriebe und das jeweilige Abwasseraufkommen betreffend und zum anderen die Art der emittierten Schadstoffe betreffend. Da kurzfristig keine Verbesserung der Datenlage bezüglich der Einzelstoffe zu erwarten ist (fehlende gesetzliche Grundlagen, unterschiedliche Prioritäten bei den kantonalen Stellen, etc.), müsste versucht werden, den Anteil der Mikroverunreinigungen aus Industrie und Gewerbe z.B. durch Abschätzungen bzw. Verallgemeinerungen zu quantifizieren.

Literatur

- [1] Schweizerischer Verein des Gas- und Wasserfachs, Jahrbuch 2009, Zürich
- [2] Kupper, Thomas, Der Transfer von Schwermetallen vom Abwasser in den Klärschlamm unter besonderer Berücksichtigung von Nickel, Literaturstudie, EPFL, Lausanne 2000
- [3] Abegglen, Christian, Stoffdatensammlung „Kommunale ARA“, BAFU, Bern 2012
- [4] SwissPRTR-Website: <http://www.prtr.admin.ch/>
- [5] SR 814.017, Verordnung zum Register über die Freisetzung von Schadstoffen sowie den Transfer von Abfällen und von Schadstoffen in Abwasser (PRTR-V), vom 15. Dezember 2006 (Stand 23. Januar 2007)
- [6] Micropoll-Datenbank, BAFU 2012

Der Projektleiter

BMG Engineering AG

Dr. Christian Braun

Dr. René Gälli

Schlieren, Januar 2014

Projekt: Mikroverunreinigungen aus Industrie und Gewerbe, 51'095

Die BMG Engineering AG hat diese Untersuchung unter Einsatz ihres besten professionellen Könnens und in Übereinstimmung mit allgemein anerkannten Grundsätzen ausgeführt. Die Erkenntnisse und Schlussfolgerungen im Untersuchungsbericht stützen sich auf die der BMG Engineering AG zum Zeitpunkt der Berichtverfassung vorliegenden Informationen. Diese Erkenntnisse und Schlussfolgerungen können nicht unüberprüft auf zukünftige Verhältnisse übertragen werden.

Anhang 1

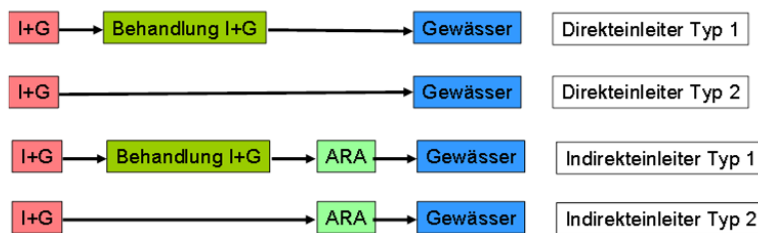
verschickte Umfrageunterlagen

1. Definition der zu erfassenden Einleiter

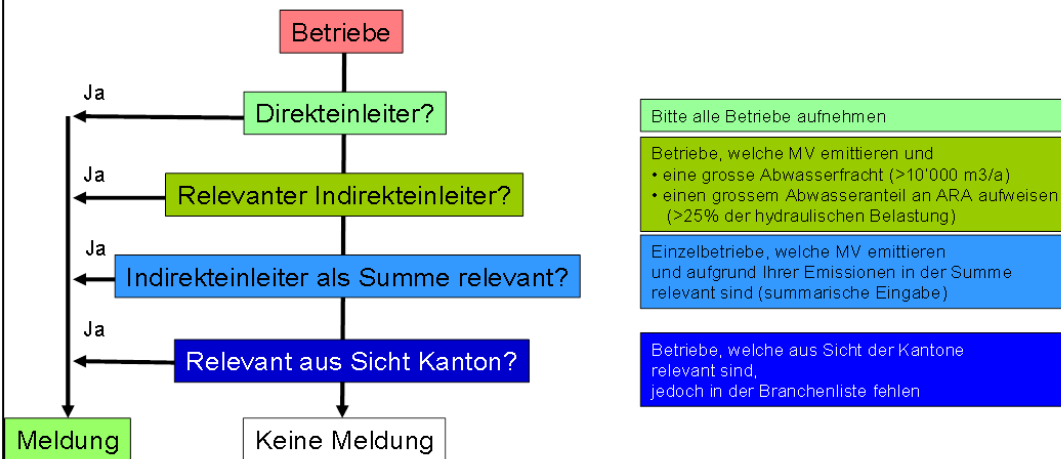
Welche Betriebe sind zu erfassen?

1. alle **Direkteinleiter** mit und ohne Vorbehandlung des Abwassers, z.B.
 - Chemische Industrie
 - Papierindustrie
 - usw. (siehe Tabellenblatt "Branchenliste")
2. relevante **Indirekteinleiter**, z.B.
 - Betriebe mit sehr grossen Abwasseraufkommen (**grösser 10'000 m³/a**)
 - Betriebe mit grossem Abwasseranteil an kleiner ARA (**mittlere hydraulische Belastung grösser 25%**)
 - Betriebe welche in der Summe relevant sein können gemäss Beurteilung Kanton (summarische Angabe)
 - Spezielle Betriebe gemäss Erfahrung und Beurteilung der Kantone

Übersicht: Einleitertypen I + G



Vorgehen: Erfassung Betriebe I+G



- Bitte alle Betriebe aufnehmen
- Betriebe, welche MV emittieren und
 - eine grosse Abwasserfracht (>10'000 m³/a)
 - einen grossem Abwasseranteil an ARA aufweisen (>25% der hydraulischen Belastung)
- Einzelbetriebe, welche MV emittieren und aufgrund Ihrer Emissionen in der Summe relevant sind (summarische Eingabe)
- Betriebe, welche aus Sicht der Kantone relevant sind, jedoch in der Branchenliste fehlen

Hilfsmittel:

- Branchenliste
- Liste mit relevanten Mikroverunreinigungen
- Erfassungsbogen

2. Branchenliste

Liste der vermutlich relevanten Branchen für Mikroverunreinigungen aus Industrie und Gewerbe (NOGA-Liste)						
Die Liste ist als Hilfsmittel zur Identifikation von relevanten Industrien und Betrieben gedacht und kann durch die Kantone ergänzt bzw. verfeinert werden.						
NOGA	Branche	Arbeitsstätten CH	Vollzeitalivalente CH	als relevant vermutet	als weniger relevant vermutet	Begründung
	Um die Datenerhebung für die indirekt einleitenden Betriebe einzuschränken sind zwingend nur solche aus den fett gedruckten Branchen anzugeben, bei den anderen ist es dem Datenlieferant freigestellt Angaben zu machen					
2. Sektor						
13	Herstellung v. Textilien	682	9'189	x		Biozide, Farbstoffe
131	<i>Spinnstoffaufbereitung und Spinnerei (Entfetten, Waschen, etc.)</i>					
133	<i>Veredelung von Textilien (Bleichen, Färben, Pissieren, Beschichten, Bedrucken, etc.)</i>					
14	Herstellung v. Bekleidung	816	5'191	x		Biozide, Farbstoffe
15	Herstellung v. Leder, Lederwaren, Schuhen	208	1'774	x		Biozide, Farbstoffe, Gerbstoffe
17	Herstellung v. Papier, Pappe, Waren daraus	214	11'834	x		Biozide, Farbstoffe
19	Kokerei u. Mineralölverarbeitung	15	774	x		organische Spurenstoffe (KW, PAK)
20	Herstellung v. chemischen Erzeugnissen	679	32'277	x		organische Spurenstoffe von Zwischen- und Endprodukten
201	<i>Herstellung von chemischen Grundstoffen, Düngemitteln und Stickstoffverbindungen, Kunststoffen in Primärformen und synthetischem Kautschuk in Primärformen</i>					
202	<i>Herstellung von Schädlingsbekämpfung-, Pflanzenschutz- und Desinfektionsmitteln</i>					
203	<i>Herstellung von Anstrichmitteln, Druckfarben und Kitten</i>					
204	<i>Herstellung von Seifen, Wasch-, Reinigungs- und Körperpflegemitteln sowie von Duftstoffen</i>					
205	<i>Herstellung von sonstigen chemischen Erzeugnissen</i>					
21	Herstellung v. pharmazeutischen Erzeugnissen	234	33'733	x		organische Spurenstoffe von Zwischen- und Endprodukten, Pharmazeutika
22	Herstellung v. Gummi- u. Kunststoffwaren	809	23'745	x		organische Spurenstoffe (z.B. Zusatzstoffe wie Weichmacher, Farbstoffe, Vulkanisierhilfsmittel)
24	Metallerzeugung u. -bearbeitung	286	15'264	x		Metalle, Lösungsmittel, Biozide, halogenierte Aliphaten
25	Herstellung v. Metallserzeugnissen	7'438	87'068	x		Metalle, Lösungsmittel, Biozide
256	<i>Oberflächenveredlung und Wärmebehandlung (z.B. Galvanik, Verzinkereien etc.)</i>					
257	<i>Herstellung von Schneidwaren, Werkzeugen, Schlössern und Beschlägen aus unedlen Metallen</i>					
259	<i>Herstellung von sonstigen Metallwaren (Fässer, Drähte, Schrauben, etc.)</i>					
35	Energieversorgung	714	22'111	x		Biozide in offenen Kühlsystemen
10	Herst. v. Nahrungs- u. Futtermitteln	2'141	50'976	x		organische Spurenstoffe wie z.B. Reinigungsmittel, Biozide
11	Getränkeherstellung	399	5'661	x		organische Spurenstoffe wie z.B. Reinigungsmittel, Biozide
12	Tabakverarbeitung	14	2'865	x		organische Spurenstoffe wie z.B. Reinigungsmittel, Biozide
16	Herstellung v. Holzwaren	6'393	36'639	x		Farbstoffe, Biozide
23	Herstellung von Glas u. Keramik, Verarbeitung v. Steine u. Erden	1'395	18'257	x		Farbstoffe, Metalle
26	Herstellung v. Datenverarbeitungsgeräten, elektronischen u. optischen Erzeugnissen	2'385	104'337	x		Metalle, Lösungsmittel, fluorierte Verbindungen
28	Maschinenbau	2'543	91'363	x		Metalle
29	Herstellung v. Automobilen u. -teilen	208	5'598	x		Metalle
30	Sonstiger Fahrzeugbau	229	8'975	x		Metalle
31	Herstellung von Möbeln	1'016	12'294	x		Farbstoffe, Biozide
38	Sammlung, Beseitigung v. Abfällen, Rückgewinnung	699	8'559	x		bei abwasserrelevanten Verfahren
5-9	Bergbau, Gewinnung v. Steinen u. Erden	332	4'600		x	keine spezifischen Mikroverunreinigungen bekannt
18	Herstellung v. Druckerzeugnissen, Vervielfältigung	2'673	25'630		x	keine spezifischen Mikroverunreinigungen bekannt
27	Herstellung v. elektrischen Ausrüstungen	905	38'971		x	keine spezifischen Mikroverunreinigungen bekannt
32	Herstellung v. sonstiger Waren	3'047	21'904		x	keine spezifischen Mikroverunreinigungen bekannt
33	Reparatur u. Installation v. Maschinen	2'114	16'727		x	keine spezifischen Mikroverunreinigungen bekannt
36	Wasserversorgung	228	1'391		x	keine spezifischen Mikroverunreinigungen bekannt
37	Abwasserentsorgung	576	3'437		x	im BAFU-Projekt MicroPoll behandelt
39	Beseitigung v. Umweltverschmutzung	20	76		x	keine spezifischen Mikroverunreinigungen bekannt
41	Hochbau	4'837	77'164		x	nur temporäre Emissionen
42	Tiefbau	1'068	26'222		x	nur temporäre Emissionen
43	Vorbereitende Baustellenarbeiten, Bauinstallation	32'394	196'127		x	keine spezifischen Mikroverunreinigungen bekannt

4. Liste der Mikroverunreinigungen

Stoffgruppe	Stoffname	Emissionspfad		Bemerkung
		diffus	punktuell	
Biozide	BHT(Butyl-hydroxytoluol)		X	Haushalte, Industrie
	Carbendazim	X	X	Haushalte, Industrie, Landwirtschaft
	DEET	X	X	Haushalte
	Irgarol	X	X	Bautenschutz
	Mecoprop	X	X	Haushalte, Industrie, Landwirtschaft
	Pentachlorphenol	X	X	Industrie
	Terbutryn	X	X	Industrie, Landwirtschaft
	Triclosan		X	Haushalte, Industrie
	ACPA		X	Industrie (Kühlsysteme)
	5-Chlor-2-methyl-isothiazol-3-on		X	Industrie (Kühlsysteme)
	Bromchlor-5,5-dimethylimidazolidin-2,4-dion		X	Industrie (Kühlsysteme)
	Benzyl-C12-18-alkyldimethylammoniumchlorid		X	Industrie (Kühlsysteme)
Pflanzenschutzmittel	AMPA	X	X	Abbauprodukt von Glyphosat
	Diuron	X	X	Bautenschutz
	Glyphosat	X	X	Bautenschutz, Landwirtschaft
Industriechemikalien	1,2,4-Trichlorbenzol		X	Industrie
	1,2-Dichlorethan		X	Industrie
	Benzol		X	Industrie
	Benzothiazol	X	X	Industrie, Strassenverkehr
	Benzotriazol/Methyl-Benzotriazol		X	Industrie, Haushalte
	Bisphenol A	X	X	Industrie, Haushalte
	C10-13 Chloralkane		X	Industrie
	Dibutylphthalate (DBP)	X	X	Industrie, Haushalte
	Dichlormethan		X	Industrie, Haushalte
	Diethylhexylphthalate (DEHP)	X	X	Industrie, Haushalte
	Diisodecylphthalate (DiDP)	X	X	Industrie, Haushalte
	Diisononylphthalate (DINP)	X	X	Industrie, Haushalte
	Diglyme	X	X	Industrie
	Flammschutzmittel		X	Industrie, Haushalte
	Hexachlorbutadien	X	X	Industrie
	MTBE/ETBE	X		Verkehr
	Nonylphenol		X	Industrie
	Octylphenol		X	Industrie
	PAK	X		Beschichtung, Holzkonservierung
	Pentachlorbenzol	X	X	Industrie
	Perfluoroktansulfonsäure (PFOS)	X	X	Industrie, Haushalte
	Perfluorierte Tenside allg.	X	X	Industrie, Haushalte
	Tetrachlorethylen		X	Industrie
Tetrachlorkohlenstoff		X	Industrie	
Tributylzinn	X	X	Industrie	
Trichlorethylen		X	Industrie	
Trichlormethan		X	Industrie	
Komplexbildner	DTPA		X	Industrie
	EDTA		X	Industrie, Haushalte
	NTA		X	Industrie, Haushalte
Metalle	Cadmium	X	X	div. Quellen
	Blei	X	X	div. Quellen
	Nickel	X	X	div. Quellen
	Quecksilber	X	X	div. Quellen
	Kupfer	X	X	div. Quellen
	Arsen	X	X	div. Quellen
	Zink	X	X	div. Quellen
	weitere Metalle	X	X	div. Quellen
Arzneimittel	Amidotrizoensäure	X	X	Gesundheitswesen, Haushalte
	Bezafibrat	X	X	Gesundheitswesen, Haushalte
	Carbamazepin	X	X	Gesundheitswesen, Haushalte
	Cyproflorazin	X	X	Gesundheitswesen, Haushalte, Landwirtschaft
	Diclofenac	X	X	Gesundheitswesen, Haushalte
	Iopamidol	X	X	Gesundheitswesen, Haushalte
	Iopromid	X	X	Gesundheitswesen, Haushalte
	Oxytetracyclin	X	X	Gesundheitswesen, Haushalte, Landwirtschaft
	Sulfadiazin	X	X	Gesundheitswesen, Haushalte, Landwirtschaft
	Sulfamethazin	X	X	Gesundheitswesen, Haushalte, Landwirtschaft
	Sulfamethoxazole	X	X	Gesundheitswesen, Haushalte
Zwischenprodukte und Ausgangsstoffe	Nitro- und Nitrosoverbindungen	X	X	Industrie
	halogenierte/sulfonierte Aromaten	X	X	Industrie
	aromatische Amine	X	X	Industrie
	weitere organische Stoffe	X	X	Industrie

Quelle:

Grundlage bildet die Stoffliste des Berichts "Strategie Mikroverunreinigungen – Strategie für die Siedlungs- und Industrieabwässer –" der IKSR (2010)

Nicht betrachtet wurden "Altstoffe" (z. B. Hexachlorbenzol, PCB) und solche, die vermutlich nicht aus Industrie und Gewerbe stammen

Die Liste wurde um die Industriechemikalien aus der im Projekt MicroPoll erarbeiteten Liste der schweizrelevanten Spurenstoffe (Stand: September 2010) und um Inhaltsstoffe von industriellen Ausgangs- und Zwischenprodukte erweitert

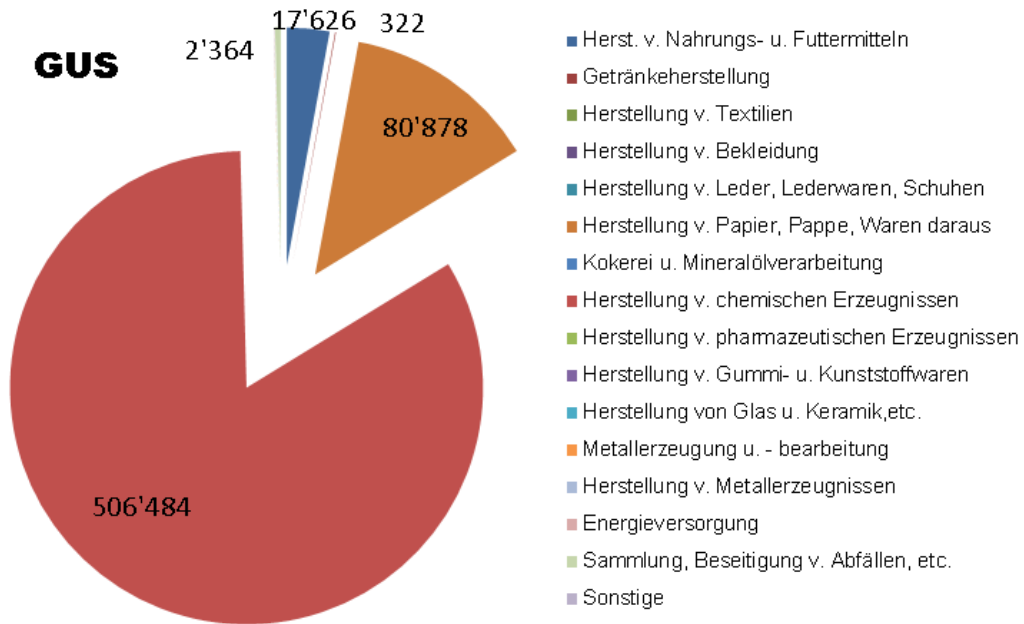
Ferner wurden in der Schweiz zugelassene Biozide für offene Kühlsysteme aufgeführt

Anhang 2

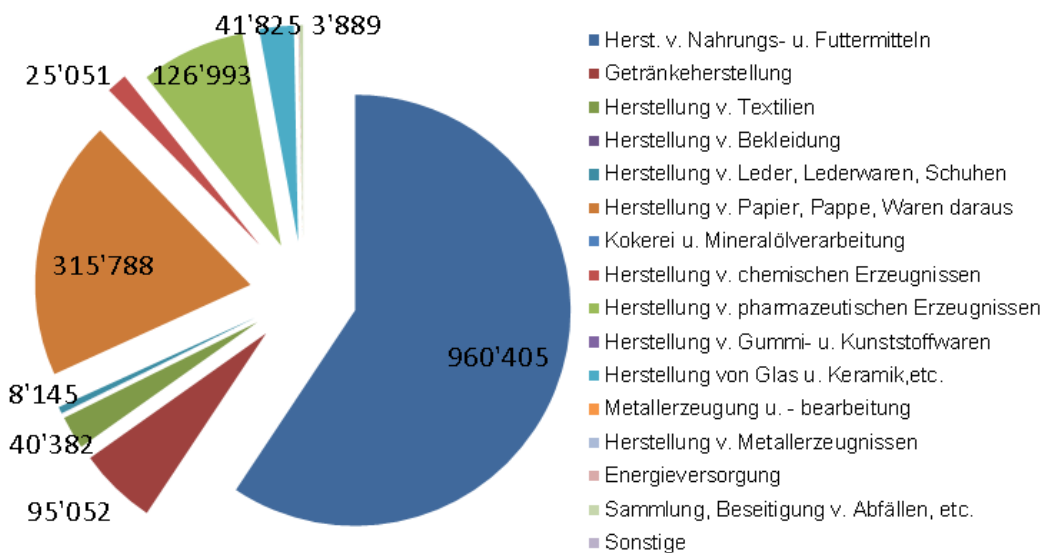
Zuordnung der Frachten zu den Branchen

In den Meldungen der Kantone wurde jeweils die Branche des einleitenden Betriebs angegeben. In den nachfolgenden Abbildungen sind die summierten Frachten pro Branche jeweils in kg/Jahr für Direkt- und Indirekteinleiter angegeben. Insbesondere bei der Darstellung der Frachten aus der Indirekteinleitung muss aber darauf hingewiesen werden, dass auf Grund der lückenhaft gemeldeten Daten die Aufteilung der einzelnen Parameter zu den unterschiedlichen Branchen mit einer grossen Unsicherheit behaftet ist.

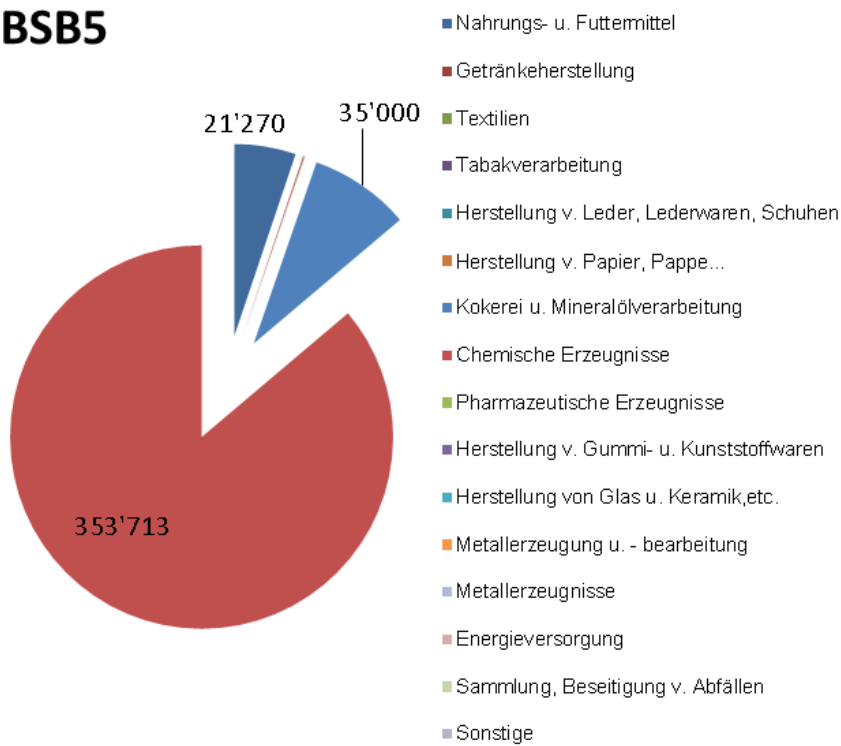
Direkteinleiter



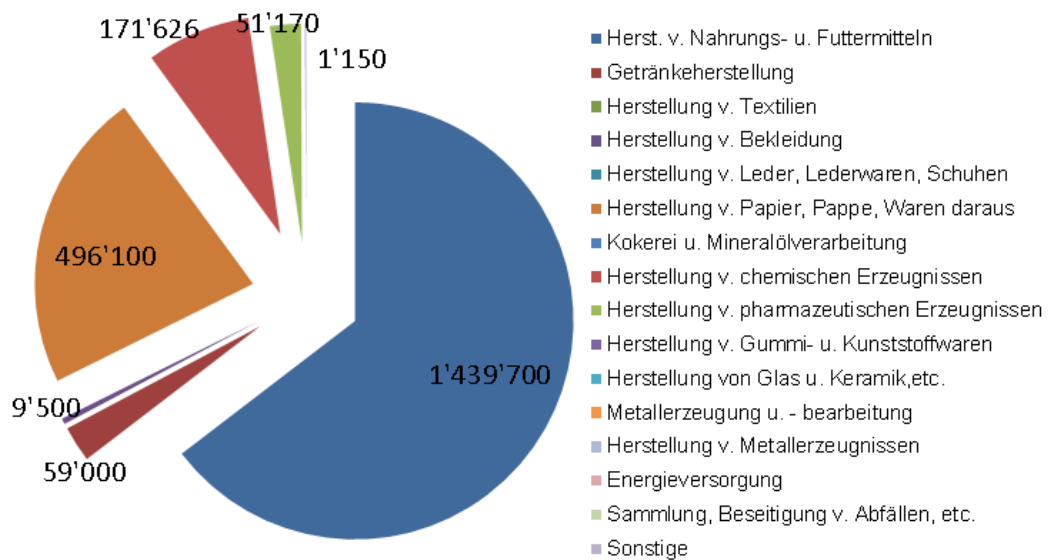
Indirekteinleiter



BSB5

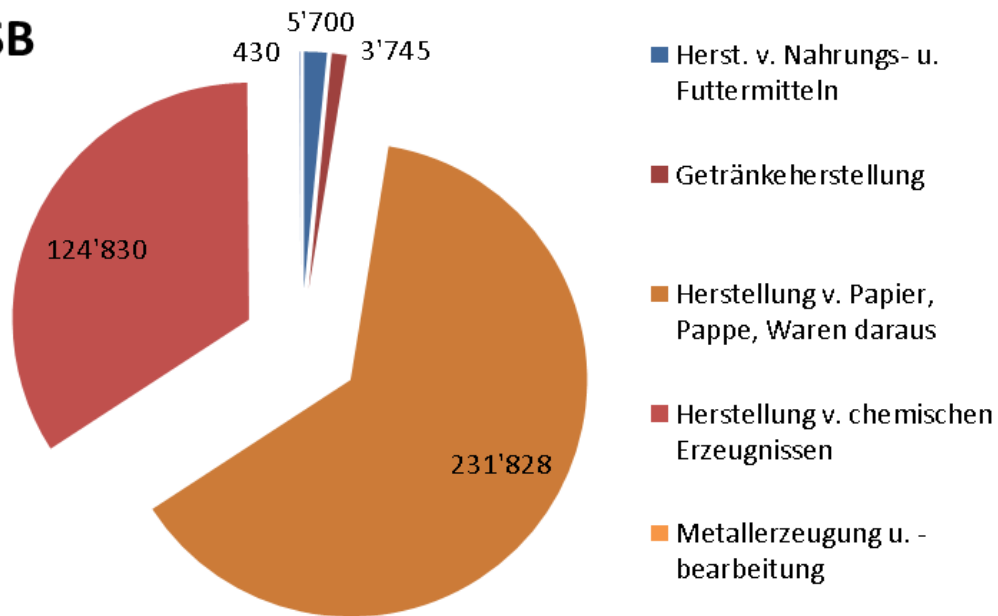


Indirekteinleiter

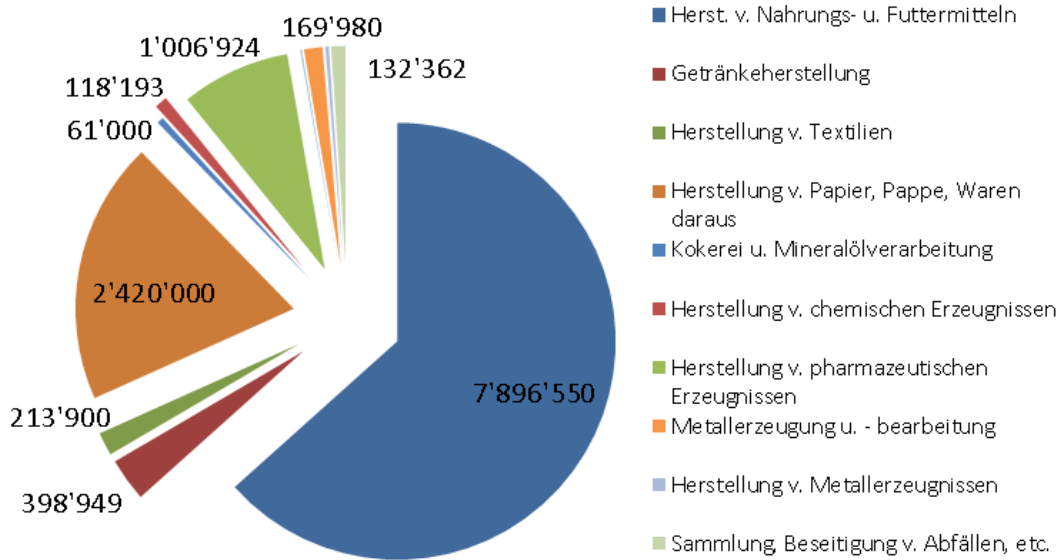


Direkteinleiter

CSB

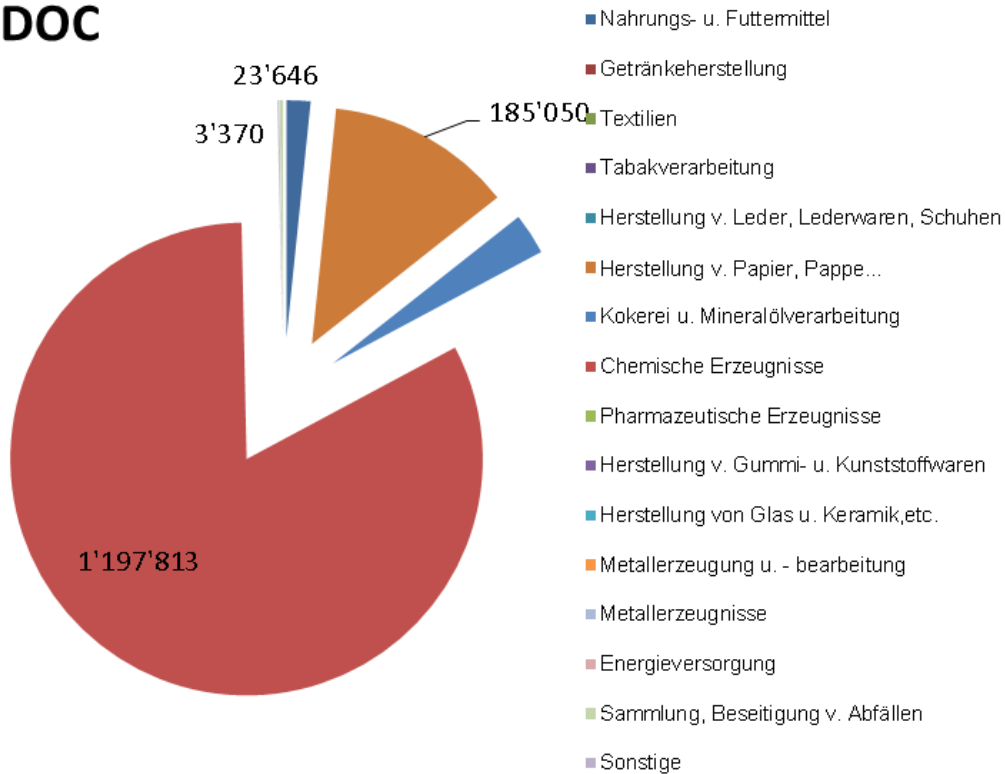


Indirekteinleiter

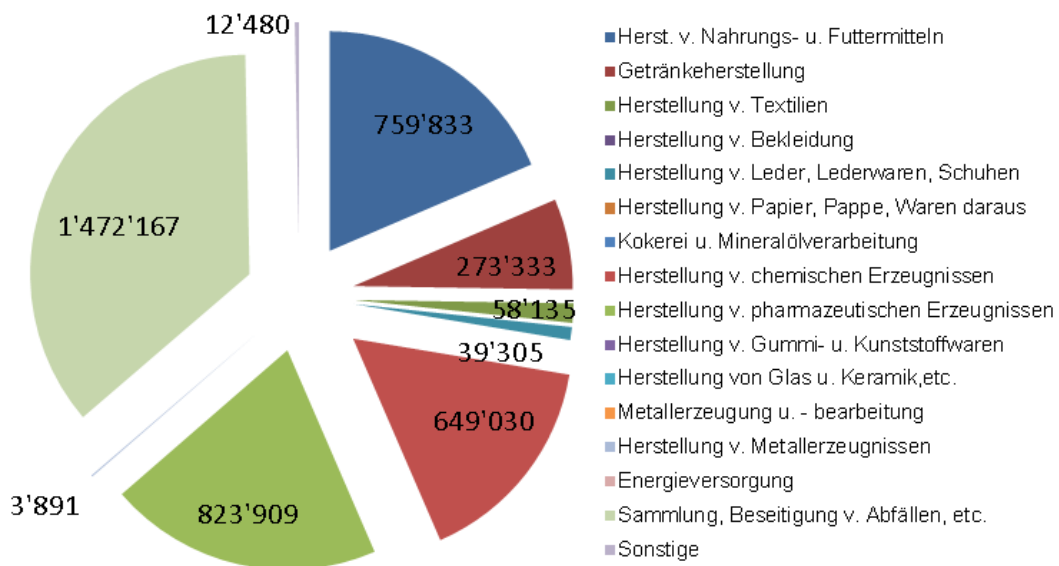


Direkteinleiter

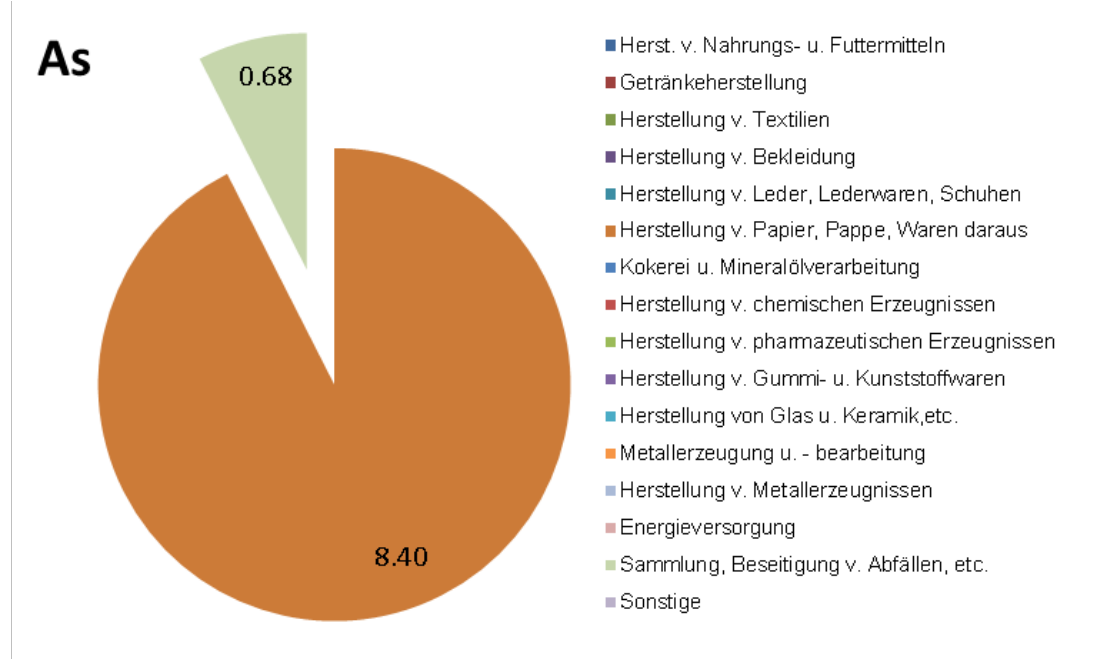
DOC



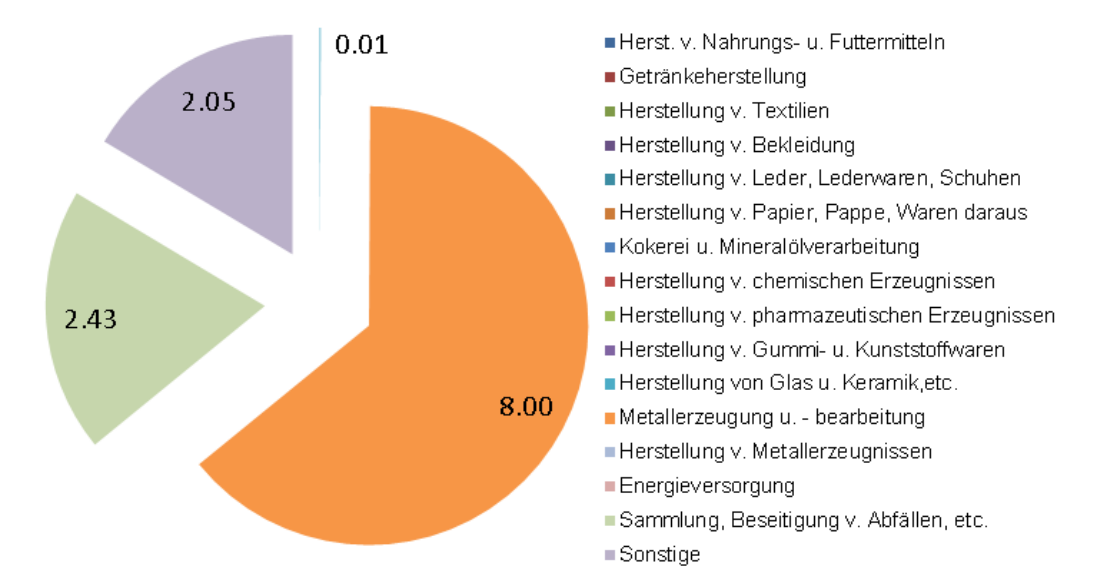
Indirekteinleiter



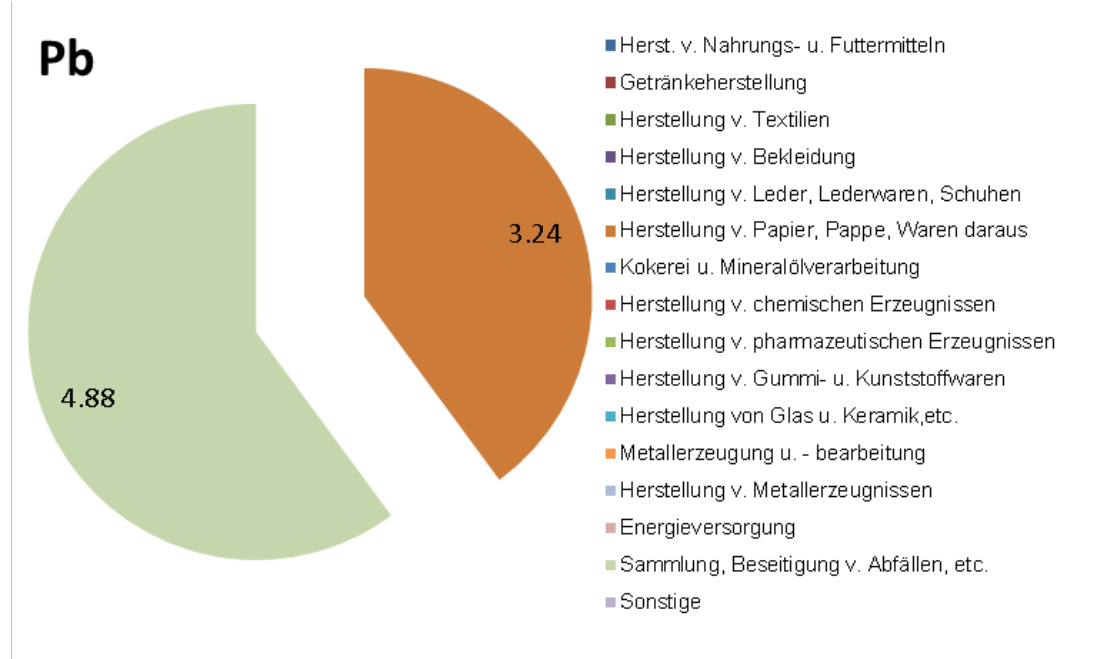
Direkteinleiter



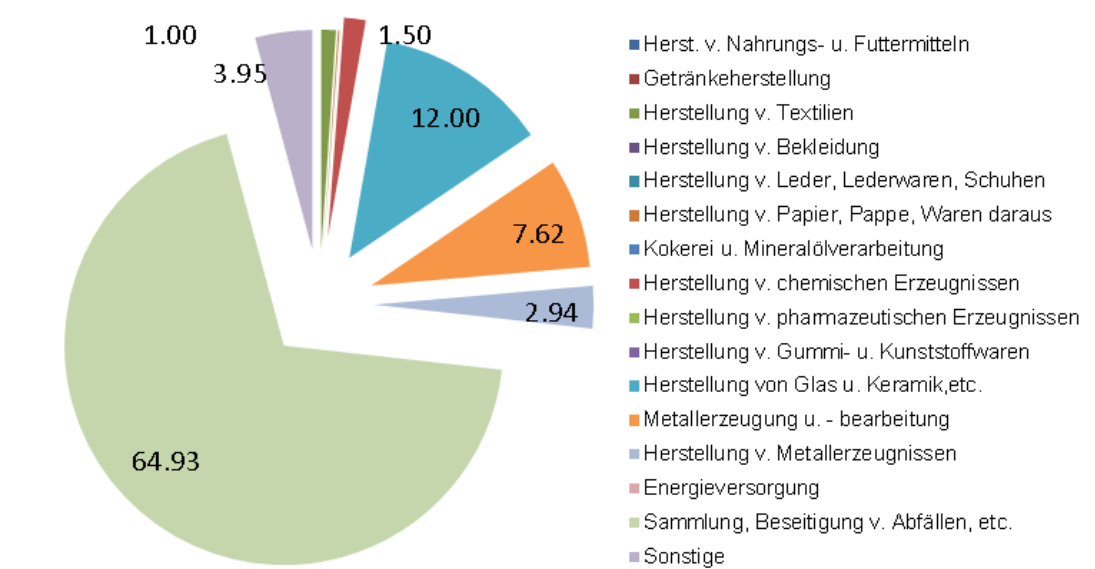
Indirekteinleiter



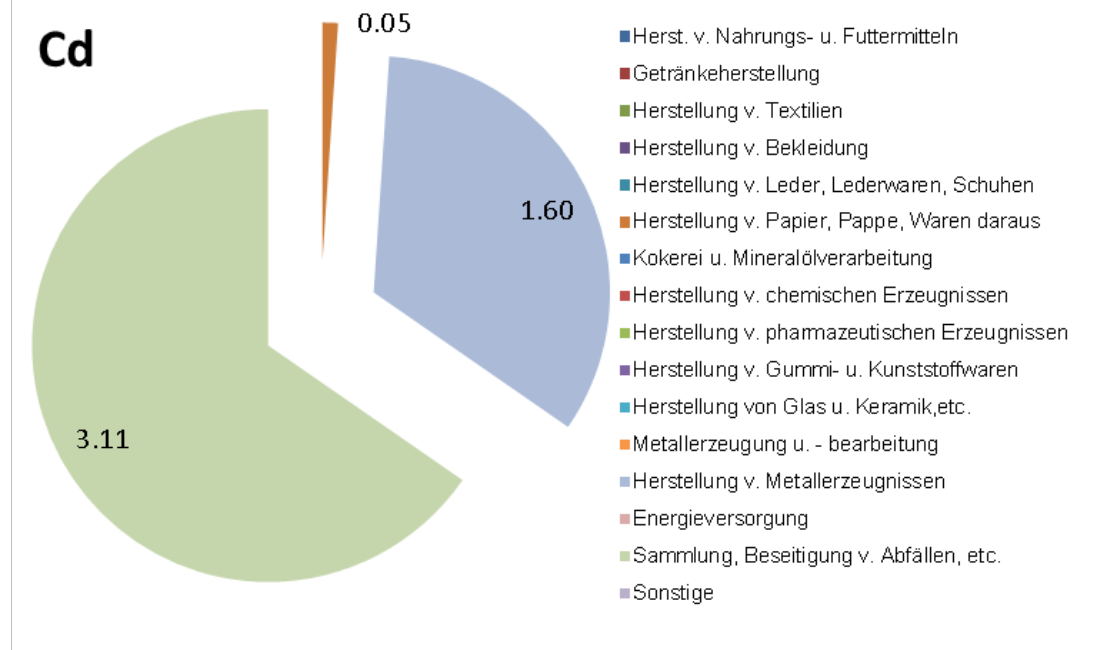
Direkteinleiter



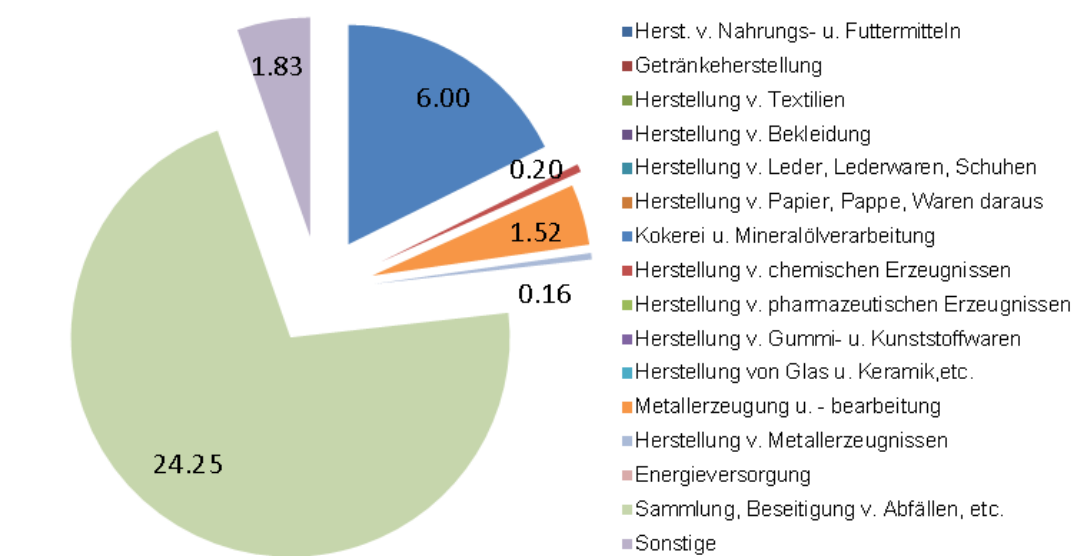
Indirekteinleiter



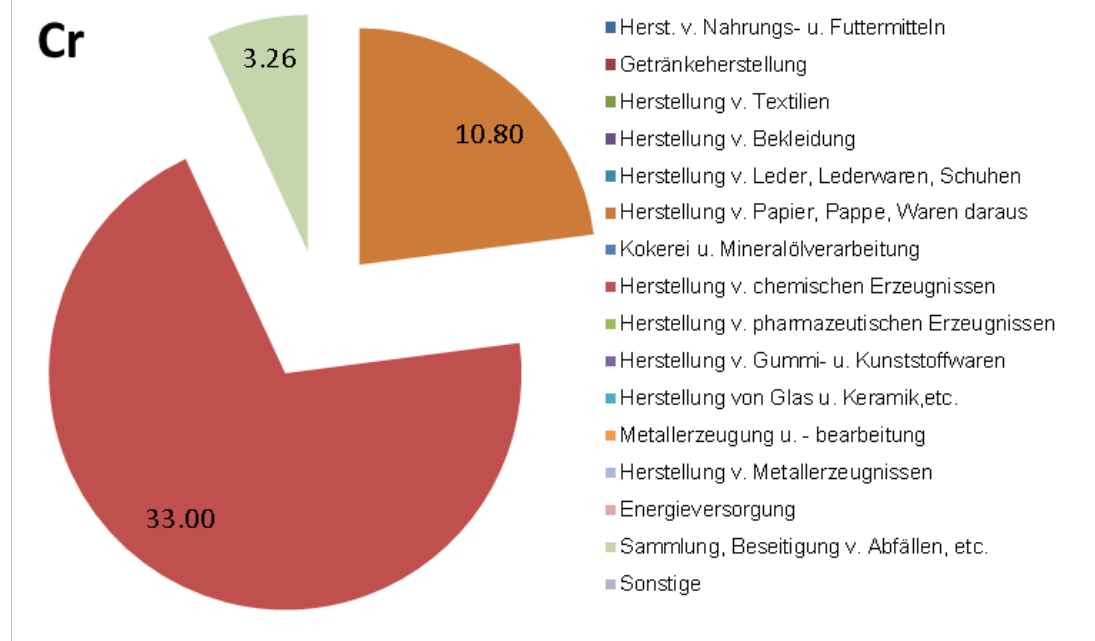
Direkteinleiter



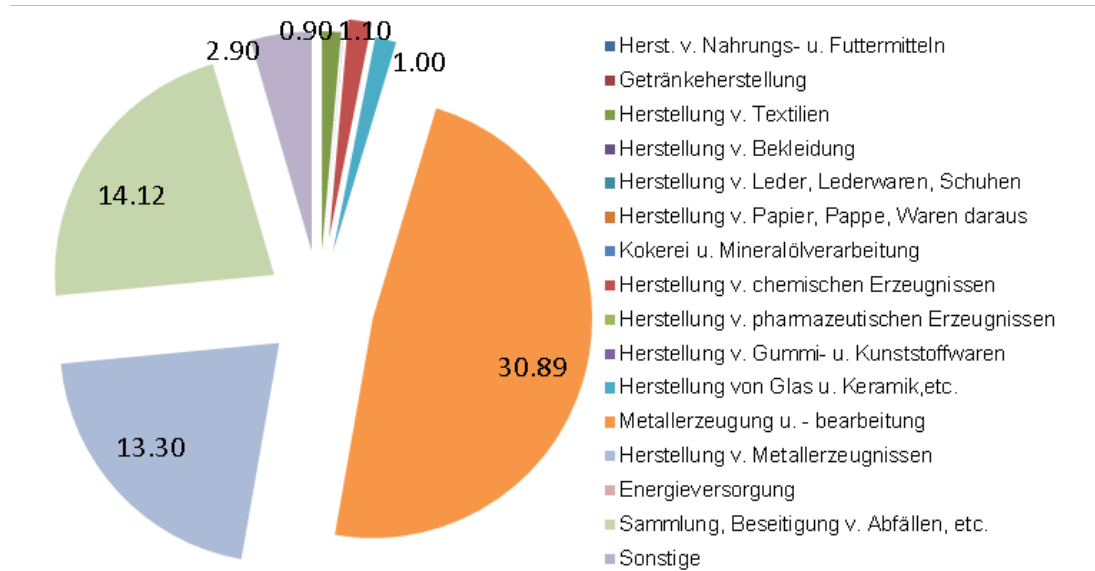
Indirekteinleiter



Direkteinleiter

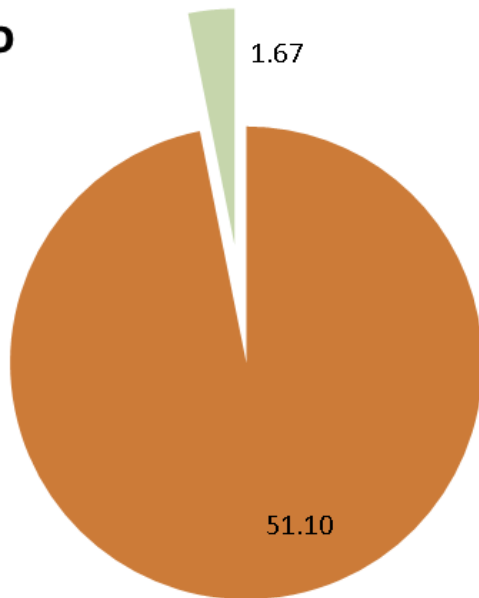


Indirekteinleiter



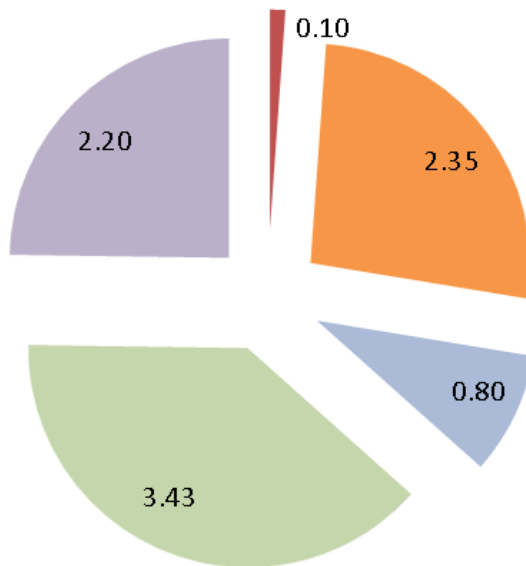
Direkteinleiter

Co



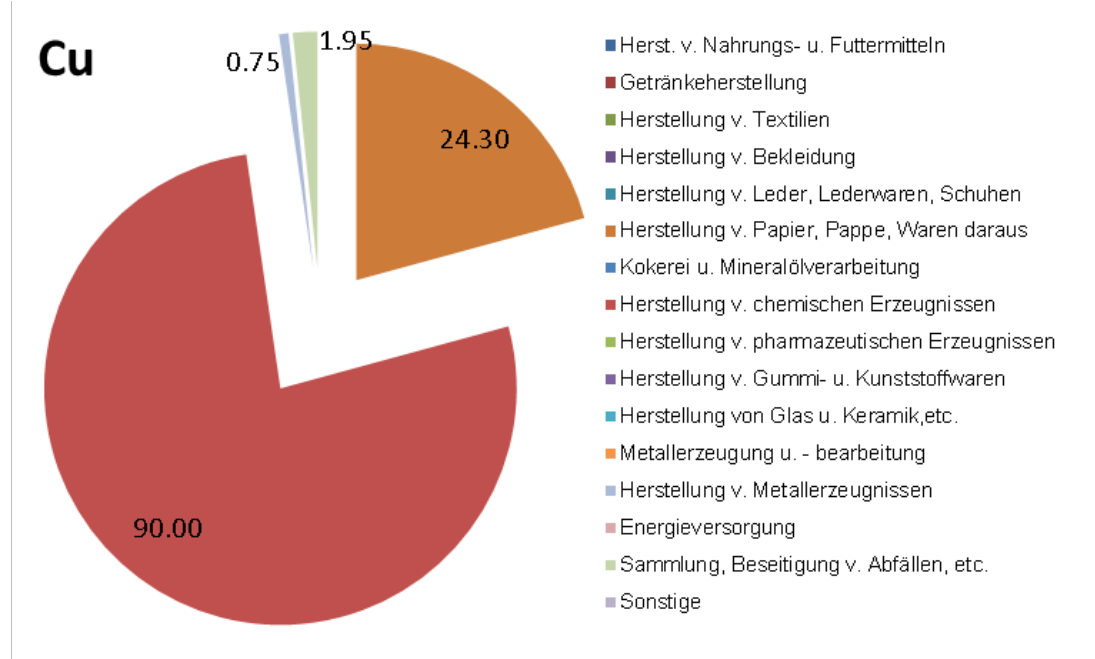
- Herst. v. Nahrungs- u. Futtermitteln
- Getränkeherstellung
- Herstellung v. Textilien
- Herstellung v. Bekleidung
- Herstellung v. Leder, Lederwaren, Schuhen
- Herstellung v. Papier, Pappe, Waren daraus
- Kokerei u. Mineralölverarbeitung
- Herstellung v. chemischen Erzeugnissen
- Herstellung v. pharmazeutischen Erzeugnissen
- Herstellung v. Gummi- u. Kunststoffwaren
- Herstellung von Glas u. Keramik, etc.
- Metallerzeugung u. -bearbeitung
- Herstellung v. Metallerzeugnissen
- Energieversorgung
- Sammlung, Beseitigung v. Abfällen, etc.
- Sonstige

Indirekteinleiter

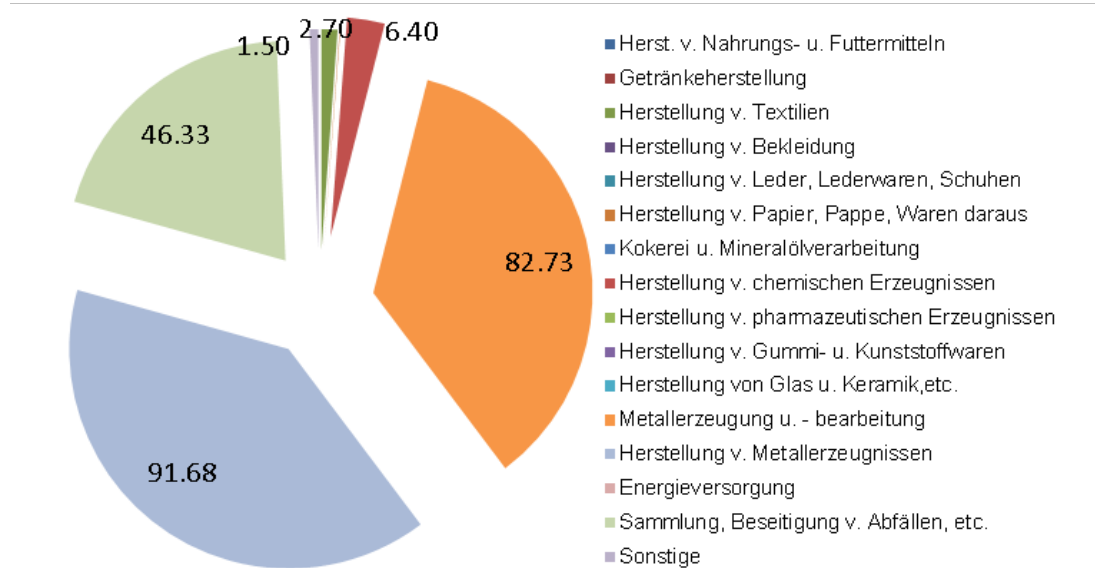


- Herst. v. Nahrungs- u. Futtermitteln
- Getränkeherstellung
- Herstellung v. Textilien
- Herstellung v. Bekleidung
- Herstellung v. Leder, Lederwaren, Schuhen
- Herstellung v. Papier, Pappe, Waren daraus
- Kokerei u. Mineralölverarbeitung
- Herstellung v. chemischen Erzeugnissen
- Herstellung v. pharmazeutischen Erzeugnissen
- Herstellung v. Gummi- u. Kunststoffwaren
- Herstellung von Glas u. Keramik, etc.
- Metallerzeugung u. -bearbeitung
- Herstellung v. Metallerzeugnissen
- Energieversorgung
- Sammlung, Beseitigung v. Abfällen, etc.
- Sonstige

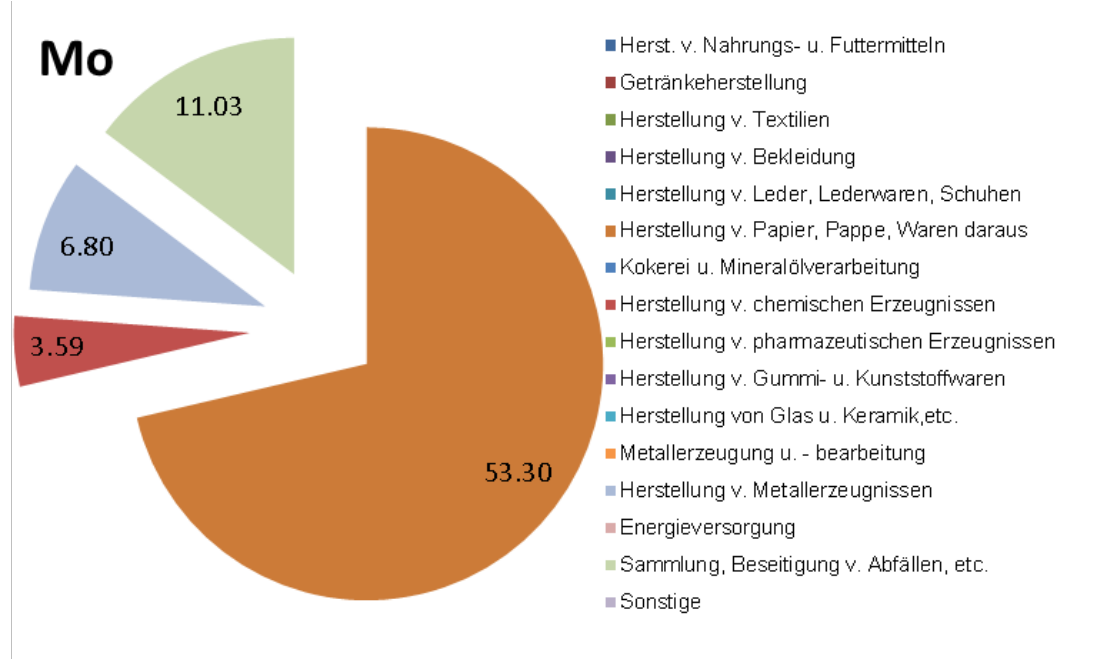
Direkteinleiter



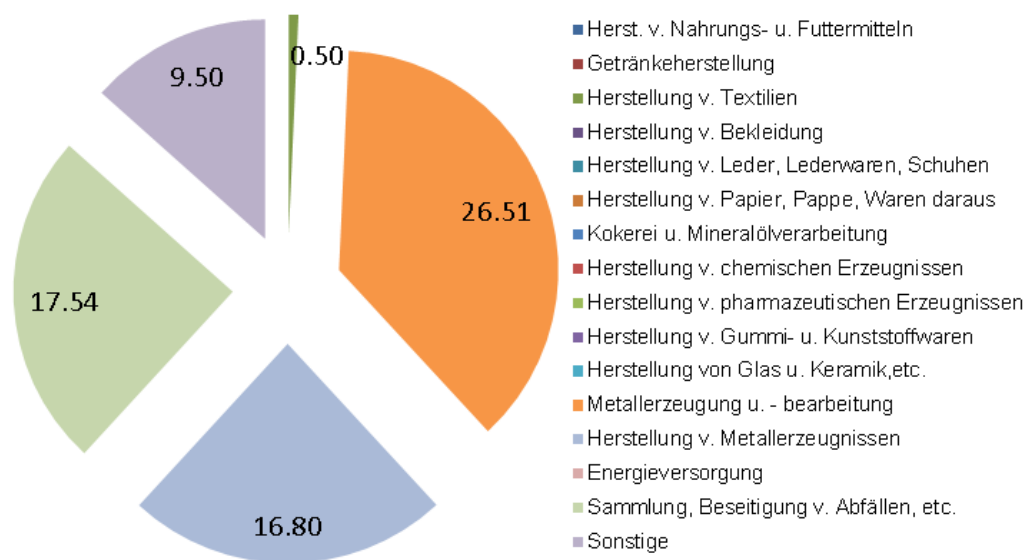
Indirekteinleiter



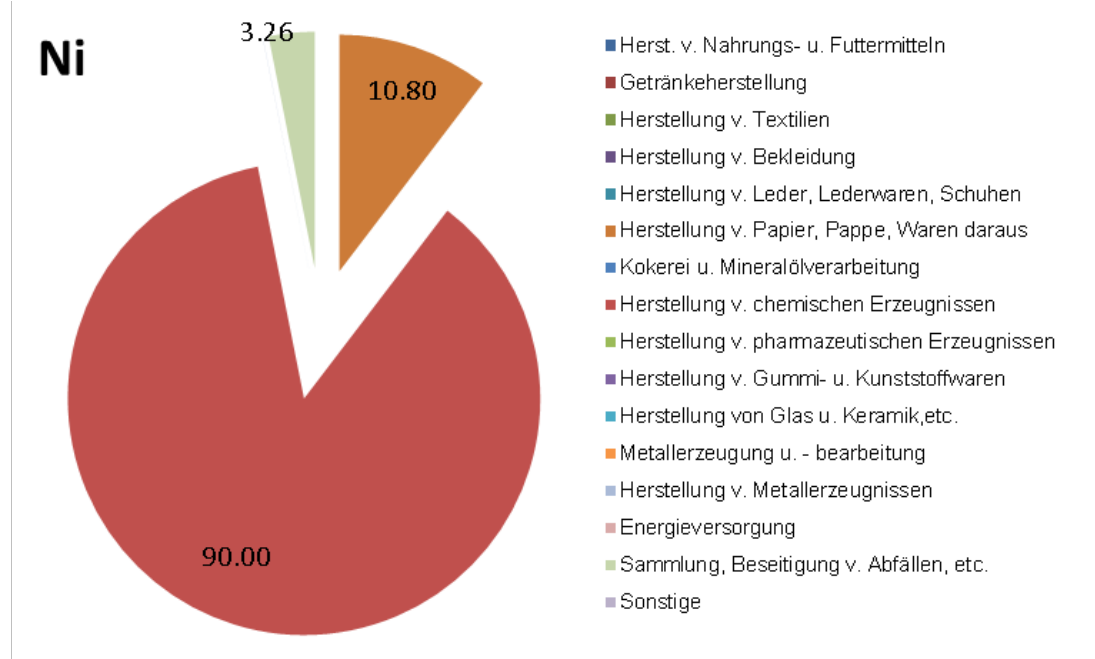
Direkteinleiter



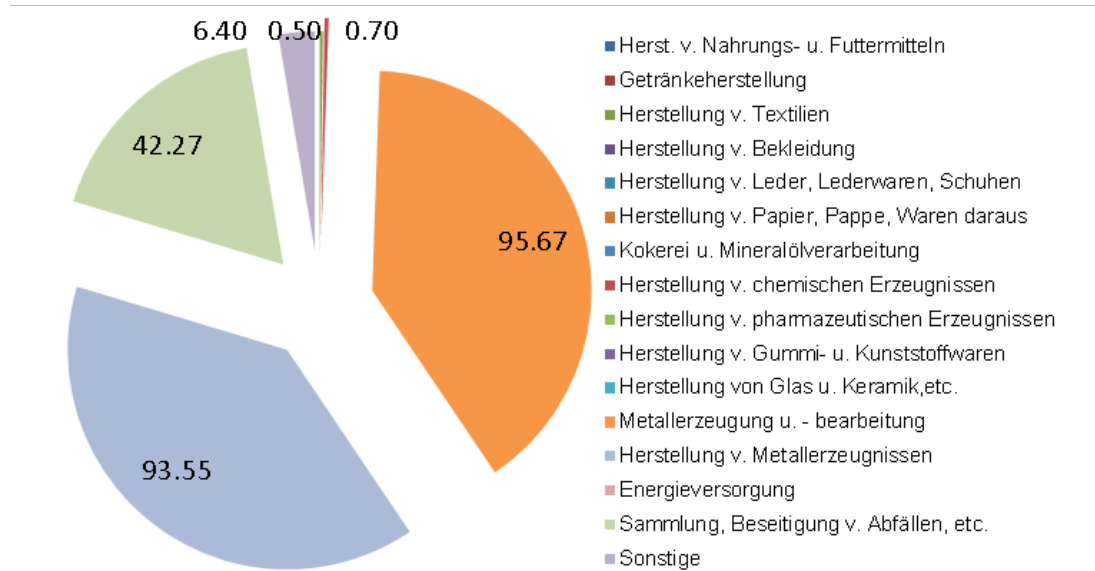
Indirekteinleiter



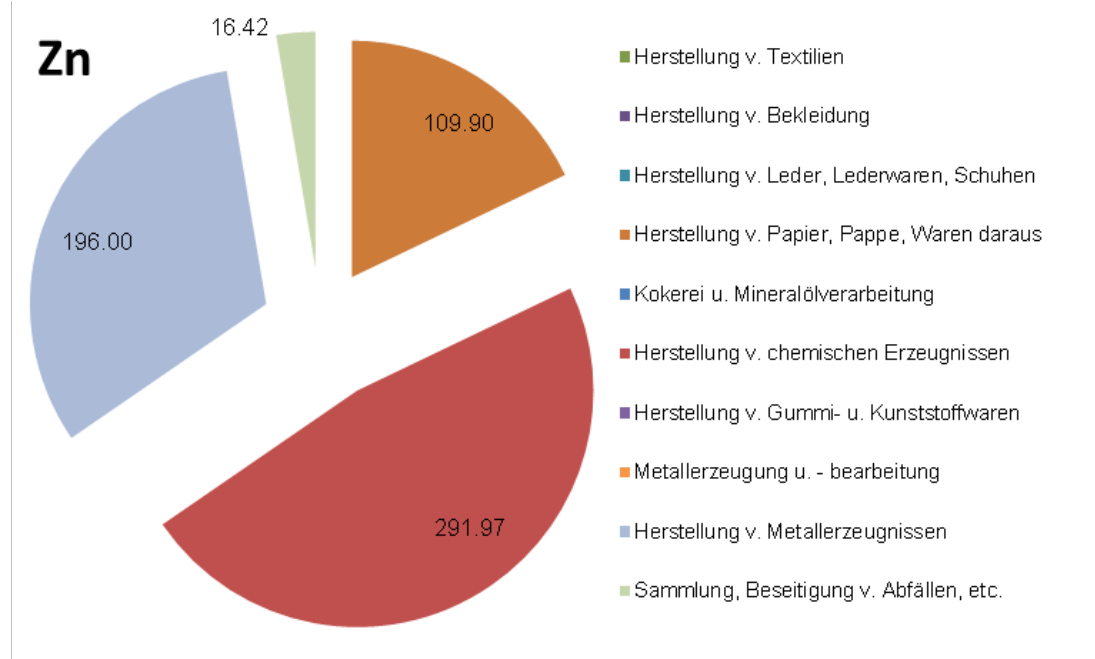
Direkteinleiter



Indirekteinleiter



Direkteinleiter



Indirekteinleiter

