

## **Quellenbezogene Analyse und Quantifizierung der Schmutzstofffrachten im Trockenwetter- und Regenwasserabfluss von Kanalisationssystemen**

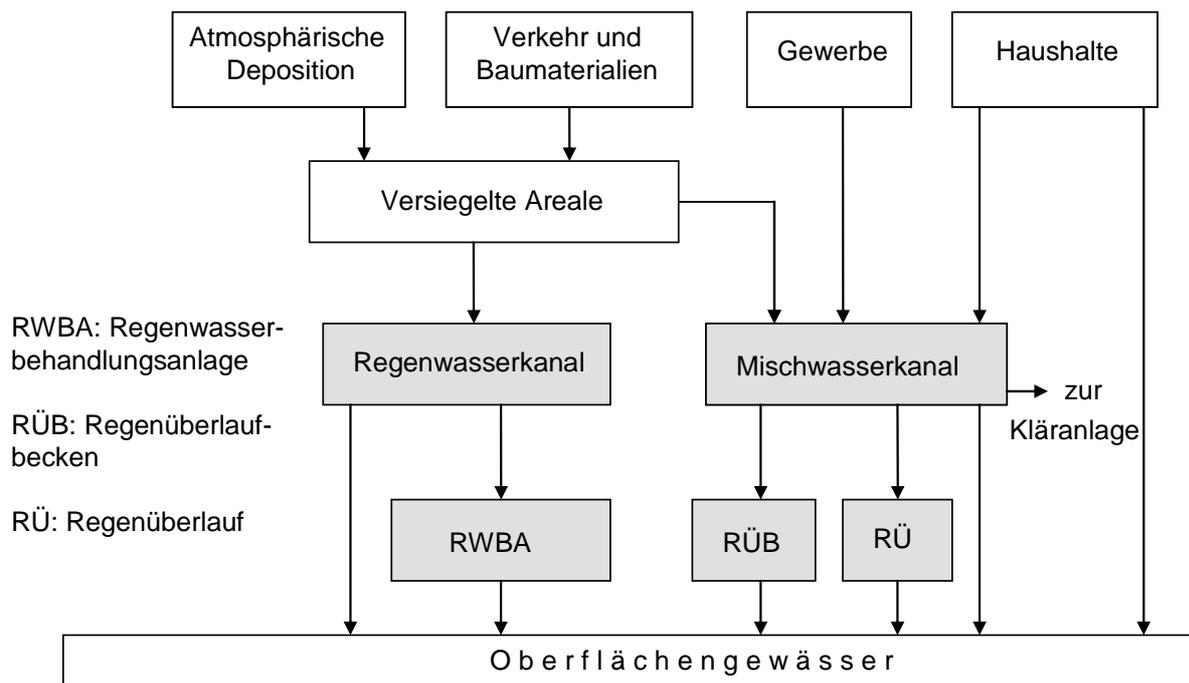
Wander, R., Karlsruhe/D, Scherer, U., Karlsruhe/D, Butz, J., Karlsruhe/D, Fuchs, S., Karlsruhe/D

Ramona Wander, Universität Karlsruhe (TH), Institut für Wasser und Gewässerentwicklung, Bereich Siedlungswasserwirtschaft und Wassergütewirtschaft, Kaiserstr. 12, Geb. 50.40, 76131 Karlsruhe, Tel.: +49 (0) 721/ 608-4115, E-Mail: [ramona.wander@iwg.uka.de](mailto:ramona.wander@iwg.uka.de)

Die Einträge von Nähr- und Zehrstoffen sowie von Schwermetallen in Ökosysteme stellen auch im 21. Jahrhundert immer noch ein großes Problem dar. Übermäßige Nährstoffzufuhr in ein Ökosystem mündet häufig in Eutrophierung desselben. Der Abbau von Zehrstoffen durch Mikroorganismen hat einen erhöhten Sauerstoffverbrauch und somit Sauerstoffdefizit im Gewässer zur Folge. Schwermetalle können nicht abgebaut werden und akkumulieren in den Gewässersedimenten und Organismen.

Eine aus der Wasserrahmenrichtlinie der Europäischen Union resultierende Aufgabe der Wasserwirtschaft ist es, Bilanzen der oben genannten Stoffgruppen zu erstellen und die Einträge in die Gewässer zu vermindern. Um sinnvolle Maßnahmen für eine Reduktion vorschlagen und umsetzen zu können, müssen Kenntnisse über die Emissionsquellen der genannten Stoffe vorhanden sein. An diesem Punkt setzt die vorliegende Arbeit an. Verschiedene Studien heben die Bedeutung der Emissionen aus urbanen Gebieten hervor (Hillenbrand et al., 2005; Fuchs et al., 2003). Die wichtigsten Eintragspfade stellen dabei neben Kläranlagenabläufen die Einleitungen von Misch- und Regenwasser dar.

Ziel der Arbeit ist die Analyse und Quantifizierung der Schmutzstoffquellen von Trockenwetter- und Regenwasserabfluss in Baden-Württemberg und somit die Ermittlung der Schadstoffemissionen aus den urbanen Gebieten des Landes sowie deren Hauptquellen (Abbildung 1). Hierzu wurden auf Basis einer Literaturrecherche die Emissionen in das Kanalnetz von Haushalten, über atmosphärische Deposition, aus dem Verkehr und über Materialien (z. B. Metaldächer) sowie aus sonstigen Verschmutzungsquellen (z. B. Laubfall) berechnet.



**Abbildung 1: Quellen und Eintragspfade für Schwermetalle aus urbanen Gebieten (nach Fuchs et al., 2002, verändert nach Stotz & Knoche, 1999)**

Die Ermittlung der Emissionen aus den Haushalten greift auf eine relativ breite Datenbasis zurück. Vereinzelt waren Parameter und Stoffdaten jedoch nicht in dem gewünschten Umfang und in der gewünschten Aktualität verfügbar. Die Frachten aus den menschlichen Ausscheidungen, Speiseresten sowie Wasch- und Reinigungsaktivitäten werden als bundesweit sehr einheitlich eingestuft, deswegen wurden sie für Baden-Württemberg übernommen. Für die Emissionsberechnung aus dem Trinkwasserverbrauch sind regionalisierte Angaben zum Trinkwasserverbrauch notwendig. Die Konzentrationsangaben von Becker et al. (1997) und Krause (2001) im Trinkwasser wurden als repräsentativ für das Gebiet der Bundesrepublik eingestuft. Aus den Angaben für die alten Länder und dem einwohnerspezifischem Trinkwasserverbrauch von Baden-Württemberg wurden daraus die jährlichen Schwermetallfrachten errechnet.

Daten zur atmosphärischen Deposition wurden – soweit vorhanden – in regionalisierter Form verwendet. Für N, Cd, Hg und Pb liegen regionalisierte Depositionsdaten von EMEP (2003) vor. Für die anderen Stoffe wurden urbane Depositionsraten aus Baden-Württemberg recherchiert. Für den CSB von Partikeln, für Cr, Cu und Zn war lediglich eine Messung aus städtischem Umfeld verfügbar. Dies führt sicherlich zu einer Überschätzung der Einträge für die ländlichen befestigten Gebiete. Bei Phosphor lag nur eine aggregierte Angabe vor – es gibt jedoch kein Grund zur Annahme, dass sich die Depositionsrate in Städten von jener in ländlichen Gebieten unterscheidet.

Zur Berechnung der Emissionen aus dem Kfz-Verkehr wurden zunächst fahrleistungsbezogene Emissionsfaktoren für Partikel aus dem Reifenabrieb, dem

Abrieb von Bremsbelägen sowie dem Straßenabrieb ermittelt. In einem nächsten Schritt wurden die Elementgehalte in den diversen Abriebpartikeln recherchiert und über die innerörtliche Fahrleistung die Emissionen berechnet. Bei den Auswuchtgewichten lagen Emissionsfaktoren von Hillenbrand et al. (2005) vor. Hier wurde die Bilanzierung über den Kfz-Bestand erstellt. Bereits mehrere Untersuchungen haben erhöhte Phosphorkonzentrationen in Straßenabläufen mit einem erhöhten Kfz-Aufkommen in Verbindung gebracht (z. B. Ahlmann, 2004). Phosphor aus dem Auspuff wird als Grund hierfür genannt. Eigene Recherchen bei verschiedenen Mineralölproduzenten in Deutschland ergaben jedoch, dass Phosphor im Treibstoff nicht nachweisbar sein darf. Auch eine eigene Analyse von Phosphor in Reifenabrieb erbrachte nicht die gesuchte Quelle. In diesem Bereich besteht demnach noch Forschungsbedarf.

Die Ermittlung der Stoffeinträge aus der Korrosion von metallischen Oberflächen orientierte sich bei den Metallen Cu, Pb und Zn an den Bilanzierungen von Hullmann (2003) und Hillenbrand et al. (2004). Die Ermittlung der exponierten Edelstahlflächen, die für Chrom- und Nিকেleinträge relevant sind, erwies sich als sehr schwierig. Hier ist sicherlich in Zukunft eine enge Zusammenarbeit mit der metallproduzierenden und -verarbeitenden Industrie notwendig. Da lediglich bekannt ist, dass im Süden Deutschlands Metallflächen an Gebäuden häufiger vorkommen als im Bundesdurchschnitt, regionale Daten jedoch nicht vorliegen, musste die Berechnung der metallbedeckten Fläche Baden-Württembergs anhand der im Bundesdurchschnitt ermittelten spezifischen Metalloberfläche erfolgen. Dabei wurde von einer Gleichverteilung der Metallflächen in Deutschland ausgegangen. Die Angaben zur Abschwemmung von Korrosionsverbindungen sind hingegen als sehr vertrauenswürdig einzustufen. Über eine genaue Aufnahme der metallbedeckten Fläche in Baden-Württemberg könnte eine Unterschätzung der Einträge aus Metalloberflächen verhindert werden. Nach Kenntnis der Autoren existieren zu verschiedenen anderen nichtmetallischen Oberflächen keine verwertbaren Angaben. Diese Oberflächen sind entweder mit Korrosionsschutzanstrichen oder Holzschutzmitteln behandelt, die Schwermetalle enthalten und folglich auch emittieren.

Stoffeinträge in die Kanalisation von Tieren und Pflanzen spielen nach bisherigem Kenntnisstand keine große Rolle. In der vorliegenden Arbeit wurden beispielhaft die Einträge von Hunden und Tauben sowie von Falllaub bilanziert. Nach Einschätzung der Autoren stellen die berechneten Emissionen eine Obergrenze für diese Quelle dar. Lediglich das Falllaub lieferte einen nennenswerten Beitrag für die Phosphoreinträge von Straßenabflüssen. Wünschenswert wäre noch eine Abschätzung der Polleneinträge auf urbane Flächen, was die berechnete Phosphorfracht erhöhen würde.

Die folgende Abbildung 2 stellt graphisch Quellenzuweisung der Emissionen in die Kanalisation dar.

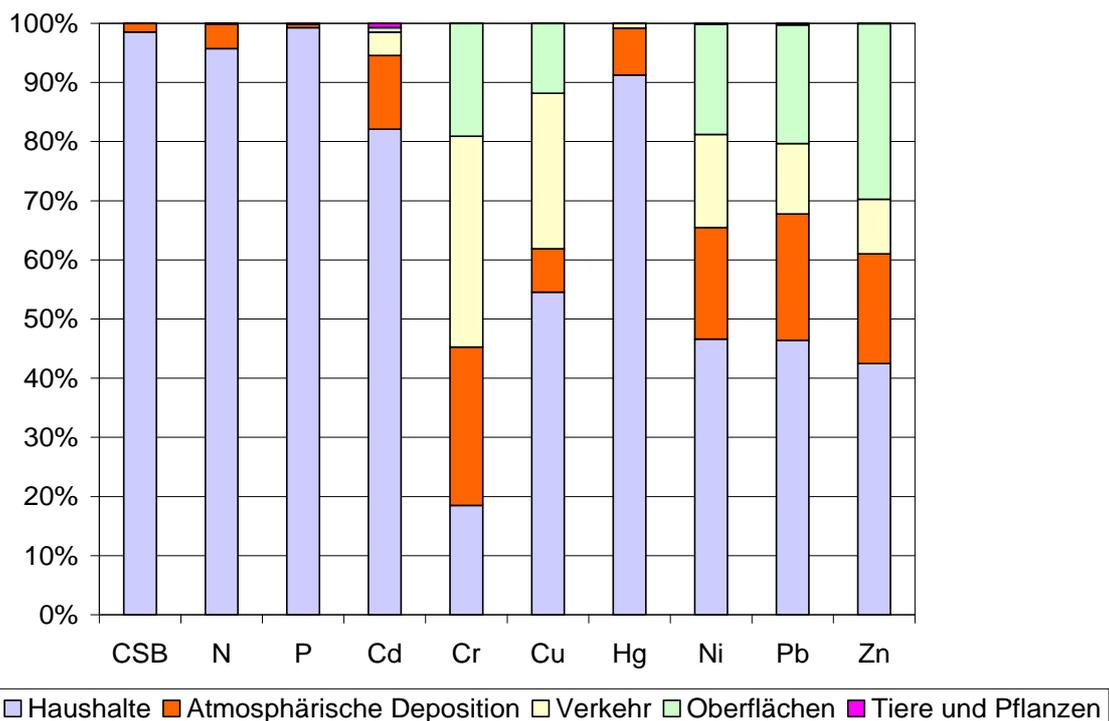


Abbildung 2: Anteil der einzelnen Emissionsquellen an den Einträgen in die Kanalisation in Baden-Württemberg

Der überwiegende Teil der Emissionen von Haushalten und metallischen Oberflächen gelangt direkt in die Kanalisation. Bei den Quellen atmosphärische Deposition, Kfz-Verkehr sowie Tiere und Pflanzen musste zusätzlich eine Abschätzung über den Verlust der Frachten durch Verwehung und Straßenreinigung (z. B. für die Frachten aus dem Kfz-Verkehr s. Abbildung 3) gemacht werden. Durch diese Umlagerung reduziert sich zwar nicht der Schmutz als solcher, jedoch die Einträge in die Kanalisation von den entsprechenden befestigten Flächen.

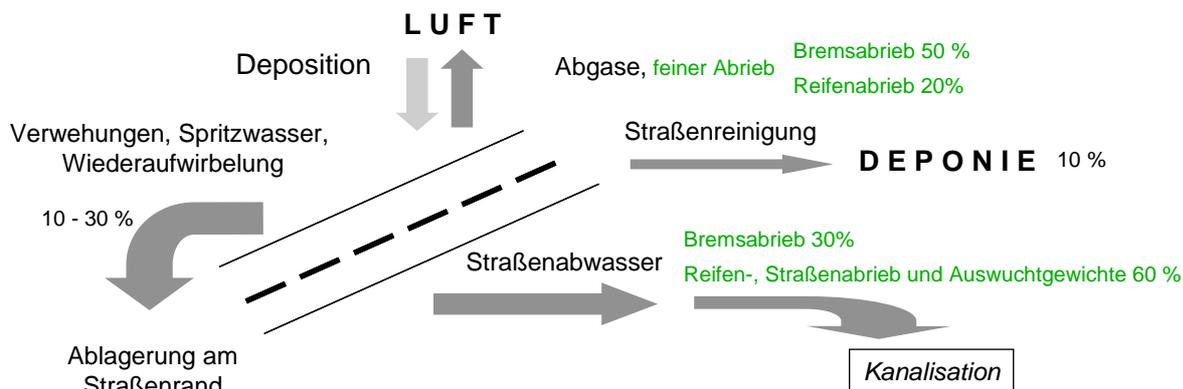


Abbildung 3: Einträge in Gewässer aus dem Kfz-Verkehr (Hillenbrand et al., 2005, verändert)

Die Emissionen in die Kanalisation wurden auf Ebene von 116 Flussgebieten in Baden-Württemberg berechnet. Über einen gegebenen Anteil von dezentraler Entsorgung,

Trenn- und Mischkanalisation, die Reinigungsleistung der verschiedenen Kläranlagentypen sowie einer berechneten Entlastungsrate konnten hieraus die Emissionen aus diesen Quellen in die Flussgebiete Baden-Württembergs ermittelt werden.

Schlussendlich wurde die Plausibilität der erhobenen Daten über eine Abschätzung der Schmutzstoffausträge aus urbanen Gebieten geprüft. Der Vergleich mit anderen Studien über den Bilanzierungsraum Baden-Württemberg bzw. das Einzugsgebiet des Neckars zeigte bei den Nähr- und Zehrstoffen eine bessere Übereinstimmung als bei den Schwermetallen.

In der vorliegenden Arbeit konnte gezeigt werden, dass die quellenbezogene Berechnung der Einträge aus urbanen Quellen in Fließgewässer zu Ergebnissen gelangt, die gut mit pfadspezifischen Eintragsberechnungen übereinstimmen.

## Literatur

Ahlmann, S. (2004): Persönliche Mitteilung. Department of Water Environment Transport, Chalmers University of Technology, Göteborg, Schweden

Becker, K.; Müssig-Zufika, M.; Hoffmann, K.; Krause, C.; Meyer, E.; Nöllke, P.; Schulz, C.; Seiwert, M. (1997): Umwelt-Survey 1990/92, Band V: Trinkwasser. Institut für Wasser-, Boden- und Lufthygiene des Umweltbundesamtes Berlin. WaBoLu-Hefte 5/97

EMEP (2003): Co-operative Programme for Monitoring and Evaluation of the Long-range Transmissions of Air Pollutants in Europe. Internetseite. Status Report 1/03 Part II "Transboundary Acidification and Eutrophication and Ground Level Ozone in Europe: Unified EMEP Model Performance". Joint CCC & MSC W Report. Datenlieferung zur atmosphärischen Deposition für N. Internetseite: <http://www.emep.int>

Fuchs, S., Oltmann, A., Scherer, U. (2003): Quantifizierung von Schwermetalleinträgen in die Fließgewässer des Landes Baden-Württemberg. Projekt des Instituts für Siedlungswasserwirtschaft, Universität Karlsruhe. Im Auftrag der Landesanstalt für Umweltschutz von Baden-Württemberg, Abteilung Wasser und Altlasten. Projektstudie 20013689/41

Hillenbrand, T., Toussaint, D., Böhm, E., Fuchs, S., Scherer, U. (2004): Stoffflüsse und Emissionen der Schwermetalle Kupfer, Zink und Blei in Gewässer und Böden. Arbeitspapier im Rahmen des Vorhabens Freisetzung von Schwermetallen aus Materialien in die Umwelt (Teilvorhaben 2). (unveröffentlicht)

Hullmann, H. (Hrsg.) (2003): Natürlich oxidierende Metalloberflächen. Umweltauswirkungen beim Einsatz von Kupfer und Zink in Gebäudehüllen. Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart