

Untersuchungen zum Einfluss urbaner Räume auf das Stoffinventar von Fließgewässern – dargestellt am Beispiel von Halle/Saale

Steffen KOCH, Martin SAUERWEIN und Manfred FRÜHAUF

9 Abbildungen und 3 Tabellen

ABSTRACT

KOCH, S.; SAUERWEIN, M.; FRÜHAUF, M.: Investigations about the impact of urban space units to the material inventory of watercourses - the example of Halle/Saale. – *Hercynia N.F.* 38 (2005): 25–38.

The quality of the surface waters often is degraded in urban areas. The city of Halle was known as one of the largest ecological crisis areas in the former GDR. The river Saale, which is crossing the city, as main water vein is still heavily used.

Based on continuous measurings at different inner municipal waterways as well as at various control points at the Saale the article explains about the extent for the current load within 2 hydrological years. In addition, the inner municipal substance entry is quantified about load calculations. The detailed investigations permit the identification of various entry paths.

Key words: water quality, urban surface waters, solution load, urban entry

1 PROBLEMSTELLUNG UND ZIELSETZUNG

Die das Stadtgebiet von Halle (135 km², 238000 Einwohner (STADT HALLE 2002)) querende Stromsaale weist eine Lauflänge von 24 km (zuzüglich 23 km an Nebenarmen) auf (WINDE 1996). Als größerer Nebenfluss mündet die Weiße Elster im Süden von Halle in die Saale (Abb. 1). Außerdem existieren zahlreiche Bäche und Gräben.

Bis 1990 galt der Hallesche Raum infolge der übermäßigen Belastung der Oberflächengewässer als eines der größten ökologischen Krisengebiete der ehemaligen DDR (ZINKE 1993, WALOSSEK et al. 2002). Obwohl seitdem eine deutliche Verbesserung der Wasserqualität zu verzeichnen ist, werden die Zielsetzungen der EU-Wasserrahmenrichtlinie (EUROPÄISCHE GEMEINSCHAFT 2000) noch nicht erfüllt. Dies setzt voraus, die Belastungsquellen stofflich in qualitativer und quantitativer Hinsicht zu erfassen (NOLTE et WERNER 1991). Konkrete Analysen der Ursachen bzw. Quellen der stofflichen Belastung im urbanen Raum fehlen jedoch für das hallesche Stadtgebiet.

Das Ziel der eigenen Untersuchungen ist das Aufzeigen qualitativer und auch zeitbezogener Veränderungen von Fließgewässern in Halle in Abhängigkeit von räumlichen Belastungsmustern. Der Ansatz erfolgt über die Berechnung von Stofffrachten, um quantitative Aussagen zum aktuellen Stoffeintrag zu gewinnen und durch die Analyse der Stofffrachten in Abhängigkeit unterschiedlicher hydrologischer Randbedingungen diesen Einträgen zeitbezogen verschiedene Eintragspfade zuzuordnen. Die Untersuchungen sind eingebunden in ein größeres Forschungsvorhaben, das vom UFZ-Umweltforschungszentrum Leipzig-Halle unterstützt wird („Urbane Böden als Belastungsquellen von Nähr- und Schadstoffen für aquatische Systeme [Fließgewässer, Standgewässer, Grundwasser] – dargestellt am Beispiel der Stadt Halle“).

2 DATENGRUNDLAGE UND METHODIK

Für die Erfassung der Veränderung des Stoffbestandes der Fließgewässer durch das Stadtgebiet im Jahresverlauf wurden in 14tägigem Abstand von Mitte 2001 bis Ende 2003 an mehreren Standorten

Wasserproben entnommen und Gewässergüteparameter bestimmt. Die Beprobungspunkte befinden sich an verschiedenen Stellen im Längsprofil der Saale (oberhalb Halle: Standort SaR, zentrumsnah: SaH, unterhalb: SaL). Außerdem sind die Saalenebenflüsse Weiße Elster (EIS) sowie Fließgewässer mit rein innerstädtischem Einzugsgebiet, der Hechtgraben (He2) und der Beesener Bach (B2), mit Messpunkten abgedeckt worden (Abb. 1). Die im Zweiwochenrhythmus durchgeführte Probenahme fand an allen Standorten jeweils am selben Tag in Fließrichtung (von Süd nach Nord) statt.

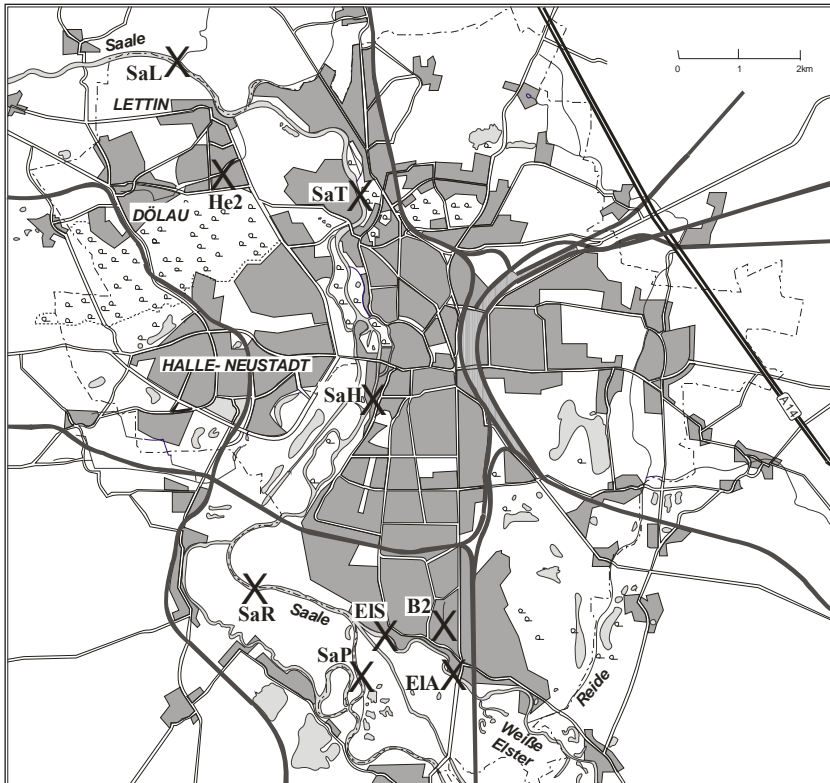


Abb. 1 Stadtgebiet von Halle mit Lage der Beprobungspunkte

Um Stoffquellen und Eintragspfade genauer lokalisieren zu können, wurden die Gewässer zusätzlich episodisch an mehreren Standorten, die über das 14tägige Messprogramm hinausgehen, beprobt. Dabei bildeten Bereiche von Punktquellen oder nach charakteristischen Wechseln der Flächennutzung bzw. des Stadtstrukturtyps das Auswahlkriterium.

Das Analysenspektrum umfasste physiko-chemische Parameter, einige Schwermetalle (Zn, Cu, Pb, Mn mittels AAS) und weitere anorganische Hauptinhaltsstoffe (Na, K, Mg, Ca, Cl, NO_3 , SO_4 mittels IC, o- PO_4 photometrisch). Für die Validierung der ermittelten Parameter standen Daten des LHW-Landesbetrieb für Hochwasserschutz und Wasserwirtschaft Sachsen-Anhalt (LHW 2003) von der Weißen Elster (Standort EIA) sowie der Saale (Standorte SaP und SaT) zur Verfügung.

Auf der Grundlage der zur Verfügung stehenden Stoffkonzentrationen wurde die Gewässergüte entsprechend LAU (1997) und LAWA (1998) bestimmt und die Stofffracht mit Hilfe der abflusskorrigierten Standardmethode (LAWA 2003) berechnet. Datenbasis des Abflusses bildeten wöchentliche und ereig-

nisbezogene Messungen an Hechtgraben und Beesener Bach sowie Tagesmittelwerte des Saale-Pegels Trotha im Norden Halles (WSA 2003). Der mittlere Abfluss der Saale in den betrachteten Abflussjahren betrug 2002 98,7 m³/s und 2003 119,7 m³/s. Der Anteil der Weißen Elster am Saaleabfluss in Halle/Trotha beträgt ca. 25 %.

3 URSACHEN UND AUSWIRKUNGEN DER STOFFLICHEN BELASTUNG

3.1 Folgen historischer Emissionen für den aktuellen Stoffbestand

Die Gewässergüte wird entscheidend durch punktuelle und diffuse Einträge geprägt. Vor allem diffuse Quellen können infolge der Retentionswirkung des Grundwassers sichtbare Erfolge der Emissionsminderung in den Oberflächengewässern verzögern. Innerhalb der Fließgewässer kann die Stofffracht durch Zwischenspeicherung in den Sedimenten zurückgehalten werden. Fließgeschwindigkeitsverringerungen und Ausflockungsvorgänge durch Abwassereinleitungen in den Saalenebenarmen im halleschen Stadtgebiet schaffen optimale Bedingungen für die Sedimentation (WINDE 1996, HECKNER 2003). Auf der anderen Seite werden historische Einträge durch Hochwasserereignisse oder wechselnde physiko-chemische Bedingungen mobilisiert. Damit kann das aktuelle Volumen der Stoffeinträge positiv als auch negativ überdeckt werden.

Das gilt insbesondere für Schwermetalle und Phosphate, die durch industrielle, bergbaubedingte und kommunale Abwassereinleitungen bis 1989 in extremen Ausmaß in die Fließgewässer gelangten (Abb. 2) (ZINKE 1993, WINDE 1996, MÜLLER et al. 1998, HECKNER 2003).

Nach der Wende besserte sich die Wasserqualität durch den Wegfall vieler Punktquellen (Industriestilllegungen, verbesserte Abwasserreinigung) sprunghaft (Abb. 2 und 3). Auch der diffuse Phosphor-Eintrag hat sich nach Modellierungen der ARGE-ELBE (2001) in den 1990er Jahren um ca. 1/3 verringert. Hervorzuhebende Punktquellen sind immer noch die kommunalen Kläranlagen. Im Einzugsgebiet der Saale erreichten sie 1995 nur eine Stickstoffreinigungsleistung von 38 % (UBA 1999). Trotz der deutlichen Emissionsreduktion seit 1989 steht das Einzugsgebiet der Saale im bundesweiten Durchschnitt mit einer Abgabe von 11,5 g Stickstoff und 0,8 g Phosphor je Einwohner und Tag über kommunale Kläranlagen in die Fließgewässer immer noch sehr schlecht da (UBA 1999), so dass in den letzten 10 Jahren eine Stagnation der Nährstoffkonzentrationen zu verzeichnen ist (Abb. 2).

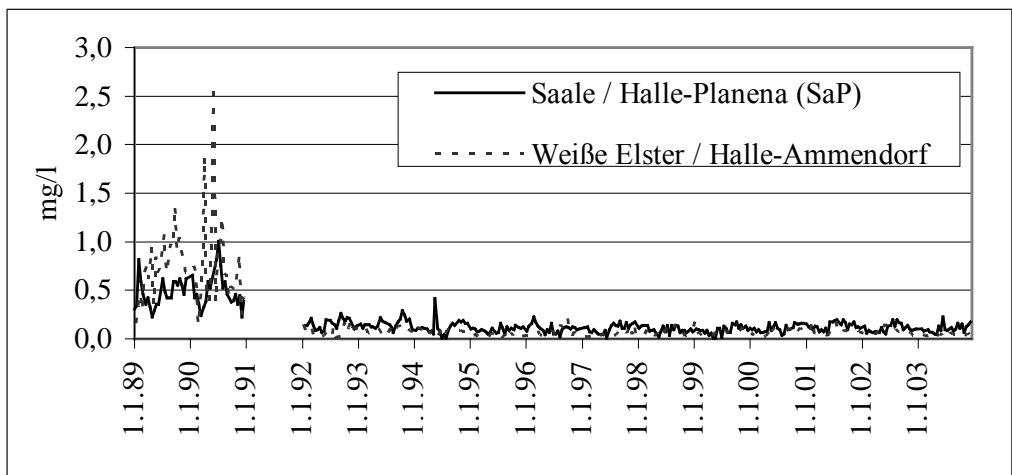


Abb. 2 Ganglinie der o-PO₄-P Konzentrationen (Quelle: L.F.U. S.A. 1990, 1991, LHW 2003)

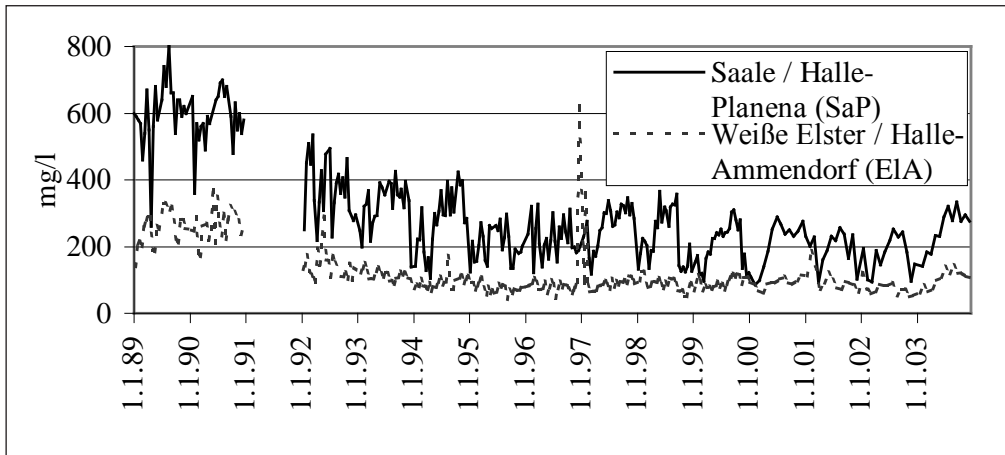


Abb. 3 Ganglinie der Chloridkonzentrationen (Quelle: L.F.U.S.A. 1990, 1991, LHW 2003)

Neben den Abwässern war die Saale bis 1989 stark durch Salze belastet. Obwohl der Kalibergbau im Einzugsgebiet nach der Wende einen Niedergang erlebte, führt die Saale immer noch eine hohe Salzlast mit sich (Abb. 3).

Geogen bedingt ist durch den Zechsteinausstrich im Stadtgebiet eine erhöhte Salzzufuhr gegeben. Analysen oberflächennaher Grundwasserleiter (KOCH et al. 2004) zeigen, dass unmittelbar über der Störungszone die Chloridkonzentrationen die Saalewerte übertreffen. Beispielsweise im saalenahen Bereich des Stadtzentrums konnte aber nachgewiesen werden, dass die Stoffkonzentrationen durch anthropogene Einflüsse im oberirdischen Einzugsgebiet entscheidenderen Veränderungen unterliegen (KOCH et al. 2004).

3.2 Die aktuelle Gewässergüte

Die physiko-chemischen Eigenschaften in den Fließgewässern sind relativ konstant. Das Redoxpotenzial bewegt sich zwischen 100 und 200 mV. Im Hechtgraben werden nur Werte von 30–100 mV erreicht. Der pH-Wert schwankt in der Saale und im Beesener Bach um etwa eine halbe Einheit im Bereich von 8, in der Weißen Elster und im Hechtgraben um 7,5.

Die Einstufung nach Gewässergüteklassen variiert bei den meisten Parametern an den eigenen Beprobungspunkten der Saale nur geringfügig (Tab.1). Wie unter 3.3 noch näher erläutert wird, übersteigen die Stoffeinträge des Winterhalbjahres die des Sommerhalbjahres innerhalb des Stadtgebietes deutlich. Die innerstädtischen Emissionen schlagen sich nicht in Maximalkonzentrationen nieder, da die meisten Stoffkonzentrationen negativ mit dem Abfluss korrelieren. Natrium, Chlorid, Sulfat und die elektrische Leitfähigkeit als Summenparameter der gelösten Ionen zeigen an allen Standorten ausgeprägte negative Korrelationen (Signifikanzniveau 0,01; Korrelationskoeffizient -0,8 bis -0,9; Probenanzahl 61) mit dem Abfluss. Kalium, Calcium und Magnesium weisen eine schwächere entgegengesetzte Bindung zur Wasserführung auf (0,01; -0,4 bis -0,6; Probenanzahl 61).

Die für die Güteklassifikation relevanten Spitzenkonzentrationen werden demnach mit dem Basisabfluss im Sommerhalbjahr erreicht (Abb. 3). Hier werden die verhältnismäßig geringen Einträge aus innerstädtischen diffusen und punktuellen Quellen durch den trotz allem noch relativ hohen Abfluss der Saale ver-

dünnt. Außerdem sinkt der Einfluss von Emissionen durch die abnehmende Differenz der Konzentrationen der Einträge und des Saalewassers.

Neben dem geogen bedingten Anstieg der Stoffkonzentrationen im Sommerhalbjahr können auch Nutzungen wie beispielsweise die Einleitung von Bergbauwässern im Einzugsgebiet der Weißen Elster (MÜLLER et al. 1998) und deren mangelnde Verdünnung Emissionen unterhalb überdecken.

Innerhalb des Stadtgebietes von Halle verschlechterten sich 2003 lediglich die Sauerstoffverhältnisse von SaR zu SaH um eine Güteklasse. Bis zum Stadtausgang verbessern sich die Werte jedoch wieder (Tab. 1). Eine leichte Verbesserung in Güteklasse II wird bezüglich des Phosphats im Stadtgebiet erreicht. Die Senkung der Spitzenkonzentrationen von 2002 zu 2003 ist im Zusammenhang von der Einleitpraxis der Punktquellen und dem Abfluss zu sehen. Geringere Konzentrationen gegenüber 2002 sind ansonsten nur bei Calcium und Blei zu verzeichnen.

Mit Ausnahme der Schwermetalle ruft der Zufluss der Weißen Elster eine spürbare Qualitätsverbesserung in der Saale hervor (Tab. 1), da die aus den Gegebenheiten des Einzugsgebietes oberhalb von Halle resultierende Last der Weißen Elster geringer ist. Deutlicher wird dies in Abb. 4 im direkten Vergleich der Konzentrationen oberhalb des Zusammenflusses.

Im Gegensatz zu den „Fremdlingen“ des Mitteldeutschen Trockengebietes Saale und Weiße Elster sind die innerstädtischen Einzugsgebiete des Hechtgrabens und des Beesener Bachs vergleichsweise gering mit Phosphat und Nitrat belastet. Hier macht sich zum einen die fehlende Landwirtschaft im Einzugsgebiet bemerkbar, zum anderen werden die Nährstoffe durch die hohe Biomasseproduktion in den kleineren Gewässern wieder verbraucht. Ansonsten ist die Gewässergüte vor allem im Hechtgraben meist schlechter als die der Saale einzuschätzen.

Für die Gewässergüte der halleschen Fließgewässer sind vor allem Zink, Kupfer, Mangan, Aluminium, Kalium, Nitrat, Sulfat sowie Blei mit hoher Belastung (Tab. 1) als Problemstoffe zu sehen. Grenzwerte der Trinkwasserverordnung werden von Kalium, Sulfat, Mangan sowie von Blei und Aluminium überschritten.

3.3 Charakterisierung der Belastungspfade anhand der Frachtanalyse

Der Frachtanalyse der Saale geht die Annahme voraus, dass der Abfluss im Längsprofil innerhalb der Stadt konstant bleibt. Grundwasserhebungen wie z.B. in Halle-Neustadt liegen deutlich unter $1 \text{ m}^3/\text{s}$ (LAUER et al. 1998). Somit kann mit einer zu vernachlässigbaren Menge an infiltrierendem Saalewasser gerechnet werden. Perennierende Zuflüsse bewirken im Vergleich zum Abfluss der Saale keine erwähnenswerten Speisung. Der Hechtgraben als größerer Zufluss zwischen den Beprobungspunkten bringt nur wenige Liter je Sekunde ein. Schwer zu kalkulieren ist der Zufluss bei Niederschlagsereignissen über die Regenwasserüberläufe der Mischwasserkanalisation, den Oberflächenabfluss und den Interflow. In den Betrachtungen bleiben diese Größen unberücksichtigt. Dadurch ist eine Überschätzung der Frachten im Süden der Stadt möglich. Die für die Fragestellung relevantere Größe des innerstädtischen Stoffeintrages wird in diesem Fall unterschätzt.

Aus Tab. 3 geht hervor, dass nahezu alle Stofffrachten an den 3 eigenen Beprobungspunkten der Saale bis zum Punkt SaH abnehmen und dann bis SaL teilweise über den Ausgangswert hinaus ansteigen. Auch wenn die Frachten an den Beprobungspunkten des LHW infolge der nur monatlichen Analyse der Inhaltsstoffe und der unterschiedlichen Entnahmezeitpunkte von den eigenen Messungen abweichen, so bestätigen sie ebenso, dass innerhalb der Stadt Gewässerabschnitte mit hoher Selbstreinigungsleistung existieren.

Dies kann darauf zurückgeführt werden, dass im oberen Teil von Halle weniger Einträge erfolgen und der Stoffrückhalt durch Sedimentation, Abbau und Verbrauch deutlich überwiegt. Die NSG „Pfungstanger bei Wörlitz“ sowie „Rabeninsel und Saaleaue bei Böllberg“ mit Bifurkationen der Saale bieten dafür günstige Voraussetzungen.

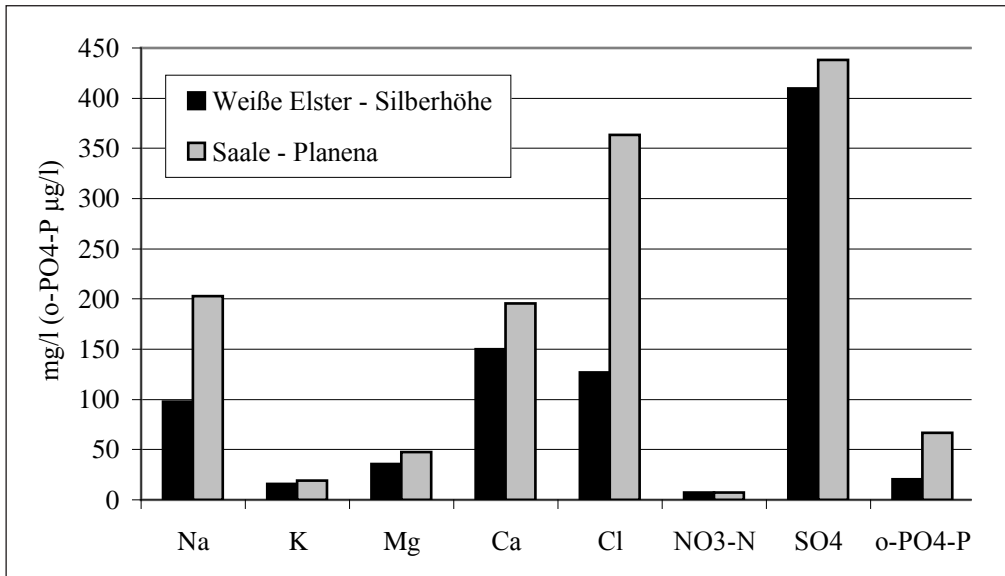


Abb. 4 Mittlere Stoffkonzentrationen im November 2003

Tab. 1 Einstufung von Gewässergüteparametern nach Güteklassen (Perzentil 0,9, O₂ = Perzentil 0,1)

Jahr	He2	B2		EIS	SaR		SaH		SaL	
	2002	2003	2002	2003	2002	2003	2002	2003	2002	2003
O ₂	III 4,3	III-IV 3,7	II-III 5,6	II 6,4	II 6,1	II-III 5,7	II 7,3	II 6,0		
Na	140	92	74	131	98	124	97	151		
K	31	15	13	14	15	13	14	16		
Mg	42	90	34	40	35	35	35	39		
Ca	327	282	185	173	220	160	212	174		
Cl	II-III 194	II-III 118	II-III 108	III 296	II-III 183	III 269	II-III 181	III 275		
NO ₃ -N	III 5,1	II-III 3,9	III 7,9	III 8,9	III 6,3	III 8,6	III 6,4	III 8,9		
o-PO ₄ -P	II 0,06	I 0,02	II 0,09	II-III 0,12	II-III 0,13	II 0,10	II-III 0,15	II 0,09		
SO ₄	III-IV 677	IV 891	III 322	III-IV 407	III 339	III-IV 407	III 360	III-IV 412		
Al	0,18		0,12		0,08		0,15			
Pb	IV 40,4	I 1,6	III-IV 30,1	II 3,3	III-IV 22,3	II 3,2	IV 59,5	II 2,5		
Cu	III-IV 28	III-IV 26	III-IV 20	IV 34	III-IV 19	IV 33	III-IV 22	IV 45		
Zn		III-IV 95		III-IV 85		III-IV 108		III-IV 82		
Mn	591		378		96		141			

Unterhalb des Messpunktes SaH mehren sich die Regenwasserüberläufe der Mischwasserkanalisation (WINDE 1996) und weitere Punktquellen. Detailliertere Probenentnahmen im Juli 2001 konnten einigen dieser Punktquellen charakteristische Stoffkonzentrationen zuweisen. Im Hafbereich wurden bis zu 4 mg/l ortho-Phosphat gemessen. Erhöhte ortho-Phosphat- und maximale Nitratkonzentrationen bis zu 40 mg/l waren in den zentralen Nebenarmen z.B. unterhalb der Einleitung einer Kompostieranlage (ca. 1,2 km oberhalb der Wiedereinmündung der Wilden Saale) sowie im Hauptlauf unterhalb der Kläranlage in Halle-Nord zu messen.

Abb. 5 zeigt die Entwicklung der elektrischen Leitfähigkeit im Hauptlauf von der Rabeninsel (Höhe Diesterwegstraße) bis zur Stadtgrenze. Ab dem Stadtzentrum bzw. der Wiedereinmündung der Nebenarme ist ein merklicher Anstieg der Leitfähigkeit zu verzeichnen.

Insbesondere im Bereich des Talgrundwasserleiters im Stadtzentrum ist durch Grundwasserverschmutzungen bei effluenten Verhältnissen eine Beeinträchtigung der Oberflächenwasserqualität zu erwarten (KOCH et al. 2004). Anthropogen bedingte stoffliche Anreicherungen des städtischen Grundwassers gehen von Altlasten abgesehen auf Kanalnetzleckagen und urbane Böden zurück. Dauerhaft hohe Nährstoffgehalte des Grundwassers sind außerdem im Bereich von Kleingartenanlagen, die immerhin 7% des Stadtgebietes ausmachen, nachgewiesen worden (KOCH et al. 2002a). Des weiteren sind in der Stadtmitte die Stofffrachten der Sickerwässer aus den urban überprägten Böden besonders hoch einzuschätzen (KOCH et al. 2002b). Nach wie vor vorhandene hohe Schlammmächtigkeiten mit extremen Stoffgehalten (WINDE 1996, HECKNER 2003) und Einleitungen in die Saale stehen einer langfristig anhaltenden Wasserqualitätsverbesserung ebenso entgegen.

Bei der Quantifizierung der Stoffeinträge muss die Höhe der Retention berücksichtigt werden. SCHWOERBEL (1999) stellt Beispiele vor, bei denen 0,2–11 gN/m²*a und ca. 1 gP/m²*a aus dem Stoffhaushalt von Seen eliminiert werden. WERNER et al. (1994) kalkulierten für das Einzugsgebiet der Saale ein Rückhaltevermögen infolge Sedimentation und Abbau bei P von ca. 65 % sowie bei N von ca. 60% der Emissionen. ADMIRAAL et al. (1988 in WERNER et WODASAK 1994) geben für aufgestaute Bereiche des Rheins eine Denitrifikationsrate von 15–49 gNO₃-N/m²*a an. Derartige Erkenntnisse über das Selbstreinigungsvermögen von Oberflächengewässern in der Kulturlandschaft sind nur schwer auf andere Gebiete zu übertragen.

Da quasi alle ermittelten Stofffrachten zwischen SaR und SaH eine Reduktion erfahren, wurde diese Abnahme dem Selbstreinigungsvermögen gleichgesetzt, obwohl selbstverständlich auch auf diesem Teilstück ein stofflicher Input erfolgt.

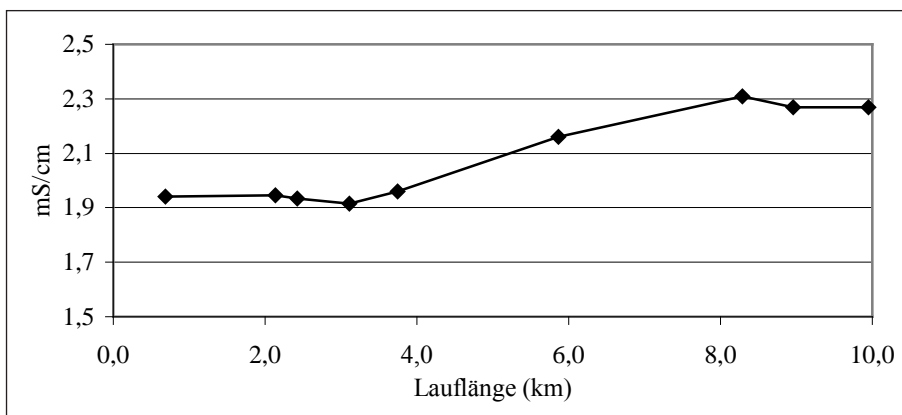


Abb. 5 Elektrische Leitfähigkeit im Längsprofil der Saale (Juli 2001)

Während Hochwasserphasen beträgt die Überflutungsfläche und damit die Möglichkeit des Stoffrückhalts zwischen den Standorten SaH und SaL nur ca. 2/3 der Fläche im ersten Laufabschnitt. Deshalb wurde trotz der bei MW größeren Wasserfläche zwischen SaH und SaL das Selbstreinigungsvermögen nur mit 2/3 des Wertes des oberen Teilstückes berechnet. Damit wird auch dem stärkeren Verbau der zentralen Nebenarme Rechnung getragen.

Die in Tab. 2 und 3 enthaltenen prozentualen Angaben der stofflichen Belastung sind durch die Annahmen bezüglich des Abflusses und der Selbstreinigung als Minimalwerte zu verstehen. Die letzte Spalte in Tab. 2 und 3 zeigt den im Stadtgebiet von Halle eingetragenen Anteil der Stofffracht der Saale am Messpunkt SaL unter Berücksichtigung der Selbstreinigung bzw. Retention auf der gesamten Laufstrecke.

Alle untersuchten Stoffe werden in hohem Maße innerhalb der Stadt Halle freigesetzt (Tab. 2). Besonders stechen die Phosphateinträge mit einem ca. 20%igen Anteil (36 % bei berücksichtigter Retention) sowie die Schwermetallemissionen mit bis zu 58 % Anteil an der Gesamtfracht heraus.

Bezüglich diffuser P-Einträge stellten ALBRECHT et al. (2002) in Sachsen vor allem bei kleineren Siedlungen eine Zunahme fest. In größeren Siedlungen wird hier dem Kanalnetz ein höheres Akkumulationspotenzial zugeschrieben. Ein anderes Beispiel ist die Schwarze Elster, an der MATSCHULLAT et al. (1997) unterhalb von Siedlungen weder im Wasser noch im Sediment eine Konzentrationserhöhung von Phosphat und Nitrat ermitteln konnten. Bei den eigenen Messungen stiegen die mittleren o-PO_4 -Konzentrationen 2002 während der Passage des Stadtgebietes leicht an. 2003 unterscheiden sich die Mittelwerte an den Beprobungspunkten kaum. Jedoch nehmen die Stofffrachten immer deutlich ab dem Stadtzentrum (SaH) zu (Tab. 2). Dies erklärt sich über die Zunahme der positiven Korrelation zwischen Phosphatkonzentration und Abfluss im Winterhalbjahr im Stadtlängsprofil. Ähnliche Beziehungen von Phosphat und Abfluss wurden von MATSCHULLAT et al. (1997) beschrieben. Darin kommt der höhere P-Verbrauch im Sommer zum Ausdruck. Ortho-Phosphat wird gegenüber anderen P-Formen bevorzugt von Pflanzen aufgenommen. Vor allem zeigt sich aber, dass insbesondere in abflussreichen Phasen in Halle Phosphat verstärkt in die Saale gelangt. Diese Tatsache beruht zum einen auf der Umlagerung der Sedimente bei höherer Wasserführung. Dabei werden Teile der Sedimente aus reduzierendem Milieu in oxisches Milieu überführt. Infolge dessen können Phosphate aber auch Schwermetalle in die Wassersäule gelangen. Insbesondere der Mühlgraben und die Wilde Saale (Peißnitz) enthalten in den Schlämmen bis zu 19 gP/kg (HECKNER 2003). Bei guter Sulfatversorgung wie sie in der Saale gegeben ist, kann Phosphat durch die Entkopplung von Eisen- und Phosphorkreislauf verstärkt mobilisiert werden (CALMANO 2001).

Zum anderen führen Niederschläge zum Eintrag von Oberflächenabfluss. Nach WERNER et WODSAK (1994) erreichen ca. 24 % des Regenwassers von urbanen Flächen über Regenwasserüberläufe von Trenn- und Mischkanalisationen inklusive der entsprechenden Stofffrachten direkt die Oberflächengewässer. Einen starken Eintrag über Regenwasserüberläufe der Mischwasserkanalisation in die Saale hat WINDE (1996) nachgewiesen. WERNER et WODSAK (1994) geben für urbane Flächen im Gebiet der neuen Bundesländer zu Beginn der 1990er Jahre einen P-Eintrag infolge Straßenverkehr, tierischer Exkremente und nasser Deposition mit 4,7 kgP/ha*a bzw. 1 mgP/l im Regenwasserabfluss und 20 kgN/ha*a bzw. 2,5 mgN/l im urbanen Abfluss an. Es ist zu beachten, dass der Straßenverkehr seit dem zugenommen hat. Bei den eigenen Untersuchungen sowie in MATSCHULLAT et al. (1997) und UBA (1998) beweisen positive Korrelationen der NO_3 -Konzentrationen mit dem Abfluss ebenfalls einen erhöhten Eintrag während Niederschlagsphasen. Dieser Zusammenhang wird durch den N-Verbrauch während der Vegetationsperiode, in der die Abflüsse meist geringer sind, verstärkt.

Anhand des Eintragsgeschehens wird offensichtlich, dass eine getrennte Betrachtung von Sommer- und Winterhalbjahr (Tab. 3) einen weiteren Pfad der stofflichen Belastung identifizieren kann.

Im Winter wird durch den höheren Abfluss mehr transportiert. Infolge des Hochwassers um die Jahreswende 2002/03 sind die Unterschiede in Tab. 3 extrem. Deutlich erhöht ist aber auch der prozentuale Anteil der Stadt Halle an der Gewässerbelastung im Winter. Das kann nicht allein auf die Biomassenproduktion im Sommer zurückgeführt werden, da auch der Anteil unter Berücksichtigung der Retention (Tab. 3) erhöht ist.

Tab. 2 Stofffrachten im hydrologischen Jahr 2002 und 2003

		Jahr	EIA	SaP	SaR	SaH	SaT	SaL	Anteil des Eintrages an SaL [%] + Retention	
Na	kt/a	2002	46	190		183	248	183	0	
		2003	55	282	228	189	278	220	14	26
K	kt/a	2002	8	25		30	32	30	1	
		2003	9	34	26	23	37	28	16	23
Mg	kt/a	2002	21	65		69	85	70	1	
		2003	28	104	92	75	111	87	14	27
Ca	kt/a	2002	82	284		362	370	379	5	
		2003	113	436	450	382	471	417	8	19
Cl	kt/a	2002	62	332		350	412	351	0	
		2003	77	488	501	452	463	491	8	15
NO ₃ -N	kt/a	2002	5,5	11,4		17,1	16,6	17,5	2	
		2003	7,6	18,9	28,6	28,7	26,9	29,0	1	
o-PO ₄ -P	t/a	2002	60	212		225	271	292	23	
		2003	50	257	274	206	310	250	18	36
SO ₄	kt/a	2002	184	528		686	723	741	8	
		2003	250	803	937	886	867	956	7	11
Zn	t/a	2002	28	43			63			
		2003	40	66	182	161	106	184	13	20
Cu	t/a	2002	3,2	8,0		41,4	11,3	38,3	-8	
		2003	4,1	9,1	79,1	82,6	18,8	87,6	10	
Pb	t/a	2002	1,8	4,5		25,5	5,8	60,1	58	
		2003	2,5	3,9	9,1	13,2	9,2	5,8	-57	
Mn	t/a	2002				123		215	43	
Al	t/a	2002				127		402	68	

Während des Sommers sorgen vorwiegend die Punktquellen und der direkte Abfluss nach Starkregenereignissen für die Stoffeinträge. Im niederschlagsärmeren Winter geht vor allem der Einfluss der Starkregenereignisse, die sich auch durch das Überlaufen der Mischwasserkanalisation bemerkbar machen, zurück. Die Zunahme des Eintragungsgeschehens muss deshalb in Zusammenhang mit dem verstärkten sickerwassergetragenen Stoffaustausch aus den urban überprägten Böden gesehen werden. Der Eintrag erfolgt direkt und über den „Umweg“ Grundwasser.

Der Sickerwassertransport findet unter den gegebenen Klimabedingungen vorwiegend außerhalb der Vegetationsperiode statt. Neben den Winterniederschlägen ist die Auffüllung des Bodenwasserspeichers im Herbst von großer Bedeutung.

Ein weiteres Indiz für die Bedeutung des sickerwassergetragenen Stoffeintrags sind die Unterschiede zwischen den hydrologischen Jahren 2002 und 2003 in Tab. 2. Im Herbst 2002 fiel im Stadtgebiet doppelt soviel Niederschlag wie im vorangegangenen Herbst. Der Winterniederschlag 2002 betrug außerdem nur 2/3 des Niederschlags im Winter 2003, wodurch der höhere Anteil Halles an der stofflichen Belastung der Oberflächengewässer 2003 mit zu erklären ist.

Im Winterhalbjahr steigt insbesondere die Belastung mit Phosphat, Chlorid, Sulfat und Zink deutlich an (Tab. 3). Diese Tatsache deckt sich mit den hohen Konzentrationen des halleschen Sickerwassers (KOCH o.J.).

Untersuchungen am Beesener Bach (Abb. 6) belegen ebenfalls den Einfluss des Sickerwasserpfades aus den urbanen Böden. Der mittlere Abfluss erhöhte sich hier im hydrologischen Jahr 2003 vom Ober- zum Unterlauf von 1,5 l/s auf knapp 2,5 l/s. Die Flächennutzung und -entwicklung ist im Untersuchungsgebiet homogen. Zwischen den Messpunkten an Ober- und Unterlauf finden keine direkten Einleitungen statt. Trotzdem überschreitet die Frachtzunahme die Zunahme des Abflusses in Fließrichtung (Abb. 6; zu beachten ist die logarithmische Skalierung). Das gilt insbesondere im Winterhalbjahr. In Trockenphasen wie z.B. im Sommer 2003 setzen influente Verhältnisse in Verbindung mit einer Frachtreduzierung ein.

Detaillierte Untersuchungen zur Qualität und Quantität des sickerwassergetragenen Stoffeintrages laufen an verschiedenen Oberflächengewässern in Halle (KOCH o.J.).

Die Summe aus direkten, sickerwassergetragenen und atmoregenen Einträgen sowie Nutzungsbeeinträchtigungen ist an den rein innerstädtischen Einzugsgebieten zu erkennen. So ergeben sich im intensiv genutzten und bebauten Bereich des Hechtgrabenoberlaufs absolute Maximalkonzentrationen innerhalb aller Beprobungsstandorte. Der Anteil einzelner innerstädtischer Fließgewässer am Stoffeintrag in die

Tab. 3 Stofffrachten und -einträge 2003

	hydrologisches Halbjahr 2003	SaR	SaH	Anteil des Eintrages			
				SaL	an SaL [%] + Retention		
Na	kt	Winter	161,2	124,2	145,2	14,4	31,4
		Sommer	66,7	65,2	73,2	10,9	12,2
K	kt	Winter	19,2	16,8	20,2	17,1	25,0
		Sommer	7,3	6,7	7,6	12,8	17,9
Mg	kt	Winter	72,8	56,4	67,1	16,0	32,4
		Sommer	19,1	18,5	20,3	9,2	11,2
Ca	kt	Winter	367,4	297,7	329,9	9,8	23,9
		Sommer	83,2	85,0	90,5	8,1	
Cl	kt	Winter	346,2	302,4	336,2	10,1	18,7
		Sommer	155,5	149,9	155,0	3,3	5,6
NO3-N	kt	Winter	25,2	24,1	25,7	6,4	9,1
		Sommer	3,5	4,7	3,7	6,4	
o-PO4-P	t	Winter	233,3	166,9	211,4	21,1	42,0
		Sommer	41,6	39,3	41,8	6,0	9,6
SO4	kt	Winter	691,6	636,2	705,4	9,8	15,0
		Sommer	246,9	251,5	254,7	3,1	
Zn	t	Winter	152,0	133,0	158,0	15,8	23,8
		Sommer	29,7	28,8	28,8	0,1	2,2
Cu	t	Winter	70,3	74,1	77,6	9,4	
		Sommer	9	8,7	11,3	23,0	24,8
Pb	t	Winter	5,2	12,7	5,3	1,9	
		Sommer	3,8	0,5	0,6	3,6	390,5

Saale ist trotzdem als gering einzuschätzen. Der entscheidende Fakt dafür ist deren niedriger Abfluss durch die Überbauung, die Einleitung kleinerer Bäche in das Kanalisationsnetz sowie die Lage Halles am Rand des Mitteldeutschen Trockengebietes. Im Hechtgraben wurde 2002 ein mittlerer Abfluss von knapp 10 l/s ermittelt. Oberflächenabfluss kann kurzzeitig zu Spitzenwerten führen. Messungen nach Starkregenereignissen erbrachten eine Abflusserhöhung gegenüber dem niedrigsten Wert um zwei 10er Potenzen.

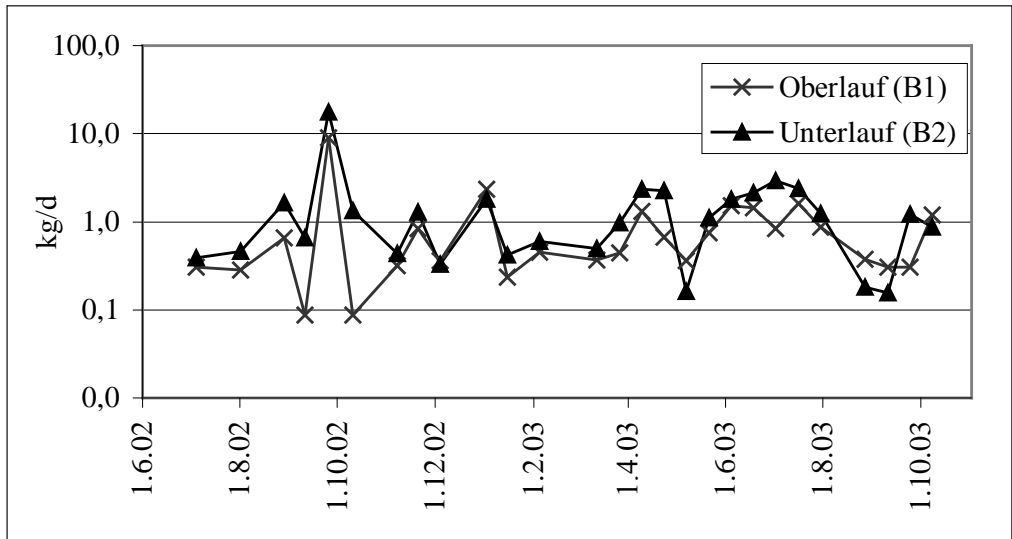


Abb. 6 Kalium-Frachten im Beesener Bach 2003

Qualitätsverbesserungen in den kleinen Gewässern sind deutlich in weniger intensiv bebauten Stadtstrukturtypen zu verzeichnen. So geht z.B. die Kaliumkonzentration (Abb. 7), die als Indikator für die Abwasserlast und Düngemittelgaben im Einzugsgebiet angesehen werden kann, von den Spitzenwerten im Stadtteil Dölau (1. Standort in Abb. 7 Höhe Heideweg) nach dem Tangieren der Heide und dem Durchfließen von Bereichen, in denen intensive Nutzung und Verbau nicht bis an die Böschungsoberkante reicht, auf ca. 1/3 zurück.

Demzufolge weisen selbst stark begradigte und teilweise verbaute innerstädtische Fließgewässer ein oftmals unterschätztes Potenzial für den Stoffrückhalt und -abbau auf. Eine Senkung der innerstädtischen Einträge könnte deshalb schon mit der aus mehreren Gründen zu begrüßenden Revitalisierung von verrohrten Bächen und Gräben erreicht werden.

Wie Abb. 8 zu entnehmen ist, zeigen die kleineren Fließgewässer eine klare jahreszeitlich differenzierte anthropogene Belastung auf. Im Winter erfolgt im Beispiel von Abb. 8 über den Zulauf eines Oberflächenabflusswassersammelbeckens bei Kilometer 1,4 ein massiver streusalzbedingter Chlorideintrag. Ansonsten verdünnt dieser Zulauf die Konzentrationen im Hechtgraben.

Über den Hechtgraben wurden 2002 ca. 40 t Chlorid und 7 t Kalium in die Saale eingetragen. Damit hat der Hechtgraben einen Anteil von ca. 3 % am innerstädtischen Eintrag in die Saale. Bei allen anderen Stoffen ist der Anteil wesentlich geringer als 1 %.

Bezüglich der Aussagen zum Schwermetallaustrag aus dem urbanen Raum über die Fließgewässer (Tab. 2 und 3) besteht ein erhöhtes Fehlerpotenzial. So ist auch die gravierende Reduktion der Bleispitzenkon-

zentrationen in Tab.1 auf ein Ursachenbündel zurückzuführen. Schwermetalle und insbesondere Blei werden sehr schnell im Sediment festgelegt (MÜLLER et al. 1998). Hohe Anteile an Feinmaterial und organischer Substanz bedingen eine hohe Sorptionskapazität der Schlämme (WINDE 1996, MÜLLER et al. 1998, ZERLING et al. 2003). Veränderte physiko-chemische Bedingungen können eine spätere Remobilisierung bewirken. Beleg dafür sind unterschiedlich stark ausgeprägte Korrelationen von Bleikonzentration und Redoxpotenzial in der Saale. Einfluss hat außerdem die Häufigkeit und Intensität von Starkregenereignissen im Zusammenhang mit der Oberflächenabspülung. Die Schwermetallkonzentrationen unterliegen des weiteren einer hohen Schwankungsbreite von der Nachweisgrenze bis z.B. knapp $70 \mu\text{g/l}$ bei Kupfer (Abb. 9), so dass hier 14tägige Messungen für eine umfassende Bewertung eventuell nicht ausreichend sind. Die Messwerte des LHW (allerdings nur 1 Wert je Monat!) zeigen im Zeitraum 2002–2003 eine leicht steigende Tendenz (Tab. 2) im Gegensatz zu den eigenen Werten.

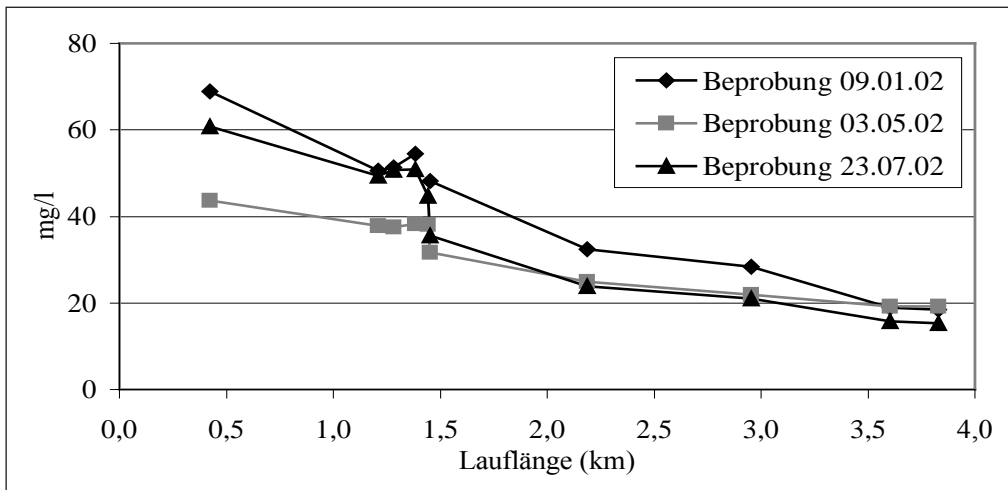


Abb. 7 Kalium-Konzentrationen im Hechtgraben

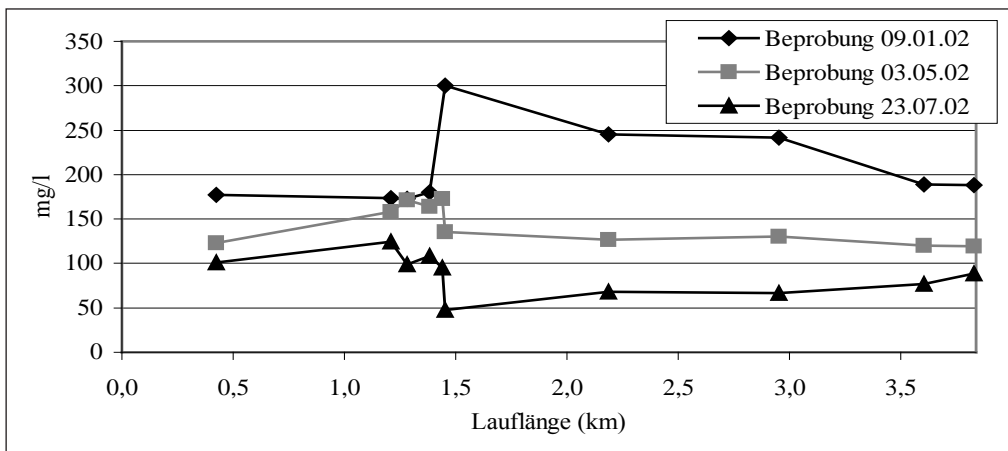


Abb. 8 Chloridkonzentrationen im Längsprofil des Hechtgrabens

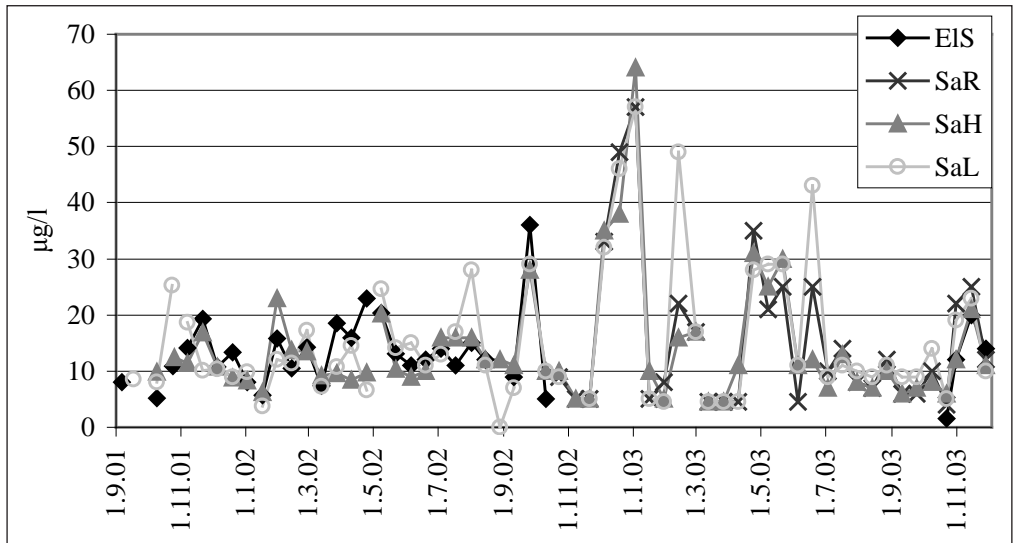


Abb. 9 Ganglinie der Kupferkonzentrationen

4 ZUSAMMENFASSUNG

KOCH, S.; SAUERWEIN, M.; FRÜHAUF, M.: Untersuchungen zum Einfluss urbaner Räume auf das Stoffinventar von Fließgewässern – dargestellt am Beispiel von Halle/Saale. – *Hercynia N.F.* 38 (2005): 25–38.

Die innerstädtischen Fließgewässer in Halle weisen deutliche anthropogene Belastungsmerkmale auf. In Bereichen dichter Überbauung oder kleinräumig wechselnder Flächennutzungen kommen verschiedene Eintragspfade zum Tragen. Dadurch ergibt sich ein breitgefächertes Spektrum stofflicher Belastungen. Größere, weniger intensiv genutzte Grünareale können die Wasserqualität durch die sinkende Bedeutung direkter Einleitungen und des Sickerwassereintrages über die urbanen Böden verbessern.

Aufgrund hoher einzugsgebietsbedingter Stoffkonzentrationen oberhalb Halles erfährt die chemische Gewässergüte der Saale nur eine geringe Minderung im Stadtgebiet. Der innerstädtische Stoffeintrag kann allerdings einen hohen Anteil an der Fracht am Ortsausgang ausmachen. Dabei treten erwartungsgemäß Indikatorstoffe für urbane Emissionen hervor. So wird ohne Berücksichtigung der Selbstreinigung in den untersuchten Abflussjahren unterhalb der Stadt ca. 20 % der Phosphatfracht innerhalb Halles eingetragen. Ein weiterer Problemstoff ist Blei.

5 LITERATUR

- ALBRECHT, K.; GRUNEWALD, K.; HALBFASS, S. (2002): Untersuchung von Phosphoreinträgen aus Siedlungsgebieten in Oberflächengewässer. - *Geoöko*. XXIII: 269-277.
- ARGE-ELBE - ARBEITSGEMEINSCHAFT FÜR DIE REINHALTUNG DER ELBE (2001): Analyse der Nährstoffkonzentrationen, -frachten und -einträge im Elbeeinzugsgebiet. - <http://www.arge-elbe.de> (31.7.2004).
- CALMANO, W. [Hrsg.] (2001): Untersuchung und Bewertung von Sedimenten. - Berlin.
- EUROPÄISCHE GEMEINSCHAFT (2000): Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23.10.2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik. - *Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften*, Bd. 43.
- HECKNER, M. (2003): Vergleichende Untersuchungen zum Einfluss der Stadt Halle auf die stoffliche Belastung in den Sedimenten der Oberflächengewässer. - *Dipl.-Arb., Univ. Halle*.

- KOCH, S.; WALKER, M.A.; SAUERWEIN, M.; FRÜHAUF, M. (2002a): Untersuchungen zur Beeinflussung der Grundwasserqualität durch Kleingartennutzung im Stadtgebiet von Halle (Saale). - Hall. Jahrb. Geowiss. R. A. **24**: 41-52.
- KOCH, S.; SAUERWEIN, M.; FRÜHAUF, M. (2002b): Untersuchungen zur Bodensickerwasserdynamik im Stadtgebiet von Halle / Saale. - Aktuelle Reihe der BTU Cottbus **4**: 26 - 32.
- KOCH, S.; BUKOWSKI, F.; SAUERWEIN, M.; FRÜHAUF, M. (2004): Der Einfluss von Stadtstrukturtypen auf die Grundwasserbeschaffenheit der Stadt Halle (Saale). - Wasser und Abfall **5**: 37-43.
- KOCH, S. (o.J.): Geoökologische Untersuchungen zum wassergetragenen Nähr- und Schadstofftransport aus urbanen Böden in aquatische Systeme mit besonderer Berücksichtigung des Sickerwasserpfadens - dargestellt am Beispiel der Stadt Halle (Saale). - Diss. (unveröff. Manuskript), Univ. Halle.
- LAWA - LÄNDERARBEITSGEMEINSCHAFT WASSER [Hrsg.] (1998): Beurteilung der Wasserbeschaffenheit von Fließgewässern in der Bundesrepublik Deutschland – Chemische Gewässergüteklassifikation. - Berlin.
- LAWA - LÄNDERARBEITSGEMEINSCHAFT WASSER [Hrsg.] (2003): Ermittlung von Stoff-Frachten in Fließgewässern. - Berlin.
- LAU – LANDESAMT FÜR UMWELTSCHUTZ SACHSEN-ANHALT [Hrsg.] (1997): Gewässergütebericht Sachsen-Anhalt 1997. - Halle.
- L.F.U. S.A. - LANDESANSTALT FÜR UMWELTSCHUTZ SACHSEN-ANHALT [Hrsg.] (1990): Jahresbericht zur Wasserbeschaffenheit im Bezirk Halle 1989.
- L.F.U. S.A. - LANDESANSTALT FÜR UMWELTSCHUTZ SACHSEN-ANHALT [Hrsg.] (1991): Jahresbericht zur Wasserbeschaffenheit im südlichen Sachsen-Anhalt 1990.
- LHW - LANDESBETRIEB FÜR HOCHWASSERSCHUTZ UND WASSERWIRTSCHAFT SACHSEN-ANHALT (2003): Gewässergütekataster.
- LAUER, D.; LAUER, M.; ZIMMERMANN, G. (1998): Die Grundwasserabsenkung im Stadtgebiet Halle Neustadt – geologisch, hydrologische und technische Bedingungen. - Hall. Jahrb. Geowiss. R. B, Bd. **4**: 79-97.
- MATSCHELLAT, J.; MÜLLER, G.; NAUMANN, U.; SCHILLING, H. (1997): Hydro- und Sedimentgeochemie im Einzugsgebiet der Schwarzen Elster. - Heidelberger Beiträge zur Umwelt-Geochemie, H. **10**: 1-91.
- MÜLLER, A.; HANISCH, C.; ZERLING, L.; LOHSE, M.; WALTHER, A. (1998): Schwermetalle im Gewässersystem der Weißen Elster. - Abh. der Sächs. Akad. Wiss. Leipzig **58/6**: 1-197.
- NOLTE, C.; WERNER, W. (1991): Stickstoff- und Phosphateintrag über diffuse Quellen in Fließgewässer des Elbeinzugsgebietes im Bereich der ehemaligen DDR. - Schr.R. Agrarspectrum **19**: 1-110.
- SCHWOERBEL, J. (1999): Einführung in die Limnologie. - Stuttgart.
- STADT HALLE [Hrsg.] (2002): Statistisches Jahrbuch der Stadt Halle (Saale) 2002.
- UBA - UMWELTBUNDESAMT [Hrsg.] (1998): Branchenbezogene Inventare zu Stickstoff- und Phosphoremissionen in die Gewässer. - Texte **24/98**: 1-124.
- UBA - UMWELTBUNDESAMT [Hrsg.] (1999): Nährstoffbilanzierung der Flussgebiete Deutschlands. - Texte **75/99**: 1-288.
- WALOSSEK, W.; WINDE, W.; ZINKE, G. (2002): „An der Saale hellem Strande?“ – ein Flussschicksal in Vergangenheit und Gegenwart. - In: FRIEDRICH, K.; FRÜHAUF, M. [Hrsg.] (2002): Halle und sein Umland. 66-75.
- WSA - WASSER- UND SCHIFFFAHRTSAMT MAGDEBURG (2003): Abflussdatenbank Saale-Pegel Trotha.
- WERNER, W.; WODSAK, H.-P. (1994): Stickstoff- und Phosphateintrag in die Fließgewässer Deutschlands unter besonderer Berücksichtigung des Eintragungsgeschehens im Lockergesteinsbereich der ehemaligen DDR. – Agrarspectrum **22**: 1-243.
- WINDE, F. (1996): Schlammablagerungen in urbanen Vorflutern – Ursachen, Schwermetallbelastung und Remobilisierbarkeit. Diss. Univ. Halle.
- ZERLING, L.; HANISCH, C.; JUNGE, F.W.; MÜLLER, A. (2003): Heavy Metals in Saale Sediments – Changes in the Contamination since 1991. - Acta hydrochimica et hydrobiologica **31/4-5**: 368-377.
- ZINKE, G. (1993): Ökologische Probleme von Fließ- und Standgewässern in der Stadtregion Halle. - Ber. zur deutschen Landeskunde. **67/1**, Trier: 101-114.

Manuskript angenommen: 15. Februar 2005

Anschrift der Autoren:

Dipl. Geogr. St. Koch; Dr. M. Sauerwein; Prof. M. Frühauf

Institut für Geographie der Univ. Halle

Von-Seckendorff-Platz 4

06120 Halle

e-mail: steffen.koch@geo.uni-halle.de

BERG, C., DENGLER, J., ABDANK, A. & ISERMANN, M. (Hrsg.): Die Pflanzengesellschaften Mecklenburg-Vorpommerns und ihre Gefährdung. Textband. – Weissdorn-Verlag, Jena 2004. – 606 S., 200 farb. Abb., 100 Verbreitungskarten, ca. 500 Tabellen. – ISBN 3-936055-03-3, Preis: 59,90 €.

BERG, C., DENGLER, J. & ABDANK, A. (HRSG.): Die Pflanzengesellschaften Mecklenburg-Vorpommerns und ihre Gefährdung. Tabellenband. – Weissdorn-Verlag, Jena 2001. – 241 S., zahlr. Tabellen. – ISBN 3-936055-00-9, Preis: 19,80 €. (Bezug direkt im Weissdorn-Verlag, Wöllnitzer Str. 53, 07749 Jena; weissdornverlag@t-online.de)

Nachdem die allgemeine Beschreibung der Vegetationseinheiten in Mitteleuropa heute nahezu abgeschlossen ist, geht der Trend mittlerweile dahin, für größere Gebiete die Vegetation vergleichend zu bearbeiten. Dies wird vor allem durch die Entwicklung neuer Computerprogramme begünstigt, die die Bearbeitung von großen Datensätzen ermöglichen. So wird im diesem zweibändigen Werk unter Auswertung einer der größten, 51.000 Vegetationsaufnahmen umfassenden Datenbank, eine monographische Bearbeitung von mehr als 42.000 Vegetationsaufnahmen vorgelegt. Um dies zu bewerkstelligen, war es nötig, einheitliche Standards zum methodischen Vorgehen der Vegetationsklassifikation zu erarbeiten, worüber die Autoren bereits im Vorfeld dieses Werkes in vielfältiger Weise publizierten.

Der Textband enthält im Allgemeinen Teil neben einer Einführung zum Projekt selbst sowohl eine kurze Beschreibung zur naturräumlichen Gliederung als auch zur pflanzengeografischen Stellungen von Mecklenburg-Vorpommern wie auch zur Methodik. Hier wird noch einmal ausführlich auf die Probleme der Vegetationsklassifikation, der Nomenklatur der Pflanzengesellschaften sowie der Benennung der Pflanzenarten, der Berücksichtigung von Kryptogamen, der Bewertung der Gefährdung der Gesellschaften und der Einstufung in naturschutzfachliche Wertstufen eingegangen.

Im Speziellen Teil werden die Pflanzengesellschaften einzeln dargestellt, die zunächst gut nachvollziehbar nach den Formationstypen in gehölzfreie und Gehölzvegetation und darin nach ihren Lebensräumen in aquatische, amphibische und terrestrische Vegetation gegliedert werden. Die synsystematische Gliederung von den Klassen bis zu den Assoziationen wird jeweils durch synoptische Tabellen mit Nennung der entsprechenden Charakter- und Differenzialarten verdeutlicht. Es folgt die detaillierte Beschreibung der Syntaxa, die zunächst mit einer Zusammenstellung aller Synonyme beginnt und mit der Charakterisierung der standörtlichen Bedingungen und der Struktur der Bestände sowie der Synchorologie und naturräumlichen Bindung, der naturschutzrechtlichen Einordnung, der Gefährdung, der naturschutzfachlichen Wertstufe und den Erhaltungsmöglichkeiten fortgesetzt wird. Anhand von Verbreitungskarten wird sowohl das Vorkommen der Pflanzenbestände unterschiedlicher syntaxonomischer Rangstufen als auch die Verbreitung von einzelnen wichtigen Pflanzenarten in Mecklenburg-Vorpommern dargestellt. Durch die Zusammenarbeit mit einer Reihe von Zoologen und Mykologen konnte auch auf ausgewählte Pilz- und Tiergruppen eingegangen werden, die eine Bindung zu den typischen Vegetationsstrukturen der einzelnen Klassen aufweisen. Zusätzlich werden die Kapitel durch eine Vielzahl von gut gelungenen Farbfotos bereichert.

Ein nachfolgender Teil beschäftigt sich mit der Bilanzierung der Gefährdung von Pflanzengesellschaften und deren Konsequenzen für den Naturschutz. In einer Übersichtstabelle werden alle im Gebiet nachgewiesenen Assoziationen hinsichtlich ihrer Gefährdungskategorien, der naturschutzfachlichen Wertstufen und des sich ergebenden Handlungsbedarfs sowie der Zugehörigkeit zu den FFH-Lebensraumtypen und des gesetzlichen Schutzes gegenüber gestellt. Dabei sind auch hier wie in vielen anderen Abschnitten des Buches farbige Unterlegungen sehr hilfreich für eine schnelle Orientierung.

Der letzte Teil des Buches beinhaltet sowohl ein sehr umfangreiches Literaturverzeichnis, welchen vor allem auch eine Vielzahl von z.T. schwer zugänglicher „grauer Literatur“ enthält als auch ein komplettes Register von Art- und Gesellschaftsnamen sowie eine Liste von Namen, die noch der Überprüfung durch die Nomenklaturkommission bedarf.

Der bereits drei Jahre früher erschienene Tabellenband beinhaltet die 285 in Mecklenburg-Vorpommern nachgewiesenen Assoziationen, die in Form von Stetigkeitstabellen (prozentuale Stetigkeit) entsprechend ihrer Zuordnung zu den übergeordneten syntaxonomischen Ebenen zusammengestellt sind. Die Syntaxa der Hauptangstufen sind durch ein dezimales Nummernsystem gekennzeichnet, welches mit der Nummerierung der Kapitel im Textband übereinstimmt und somit eine kombinierte Nutzung beider, sehr umfangreichen Bände erleichtert. Die Charakter- und Differenzialarten werden in den Tabellen durch Markierungen optisch hervorgehoben. Auf die Einbeziehung von Kryptogamen wurde großer Wert gelegt, wobei sich deren Stetigkeit nur aus den Vegetationsaufnahmen berechnet, bei denen diese Artengruppe mit erfasst worden ist. Sehr hilfreich ist die Gesamtklassentabelle am Ende des Bandes, in der alle Pflanzenarten (Gefäßpflanzen, Moose, Flechten, Algen) alphabetisch geordnet sind und ihr Vorkommen in den 34 Klasse ausgewiesen wird.

Die beiden vorgelegten Bände über die Pflanzengesellschaften Mecklenburg-Vorpommerns bilden eine organische Einheit und stellen eine nahezu allumfassende Vegetationsbearbeitung auf einer größeren regionalen Ebene dar. Durch die Anwendung einer neuen Methode zur Klassifikation, basierend auf der Lehre von Braun-Blanquet, kommt es jedoch zu einer Reihe neuer Syntaxa bzw. zu Neuordnungen innerhalb dieser (z.B. Einordnung der Feuchtstaudenfluren Filipendulion, Calystegion und Senecionion fluviatilis in die Phragmito-Magno-Caricetea; der krautigen Staudenfluren Epilobietea angustifolii in die Artemisietea vulgaris; der Auenwälder Alno-Ulmion in die Alnetea glutinosae) deren Akzeptanz durch die Fachkollegen noch abzuwarten ist. Auch die Verwendung von Unterrangstufen, die dazu führen, dass nicht nur 3 sondern 6 Systemebenen oberhalb der Assoziation zur Verfügung stehen, führt zu einer Inflation höherer Syntaxa, die der Übersichtlichkeit des Systems eher entgegenstehen. Dies erschwert auch eine überregionale Vegetationsbearbeitung über die Grenzen eines Bundeslandes hinaus und sollte neu überdacht und im Interesse der Nutzbarkeit eher wieder reduziert werden.

Sowohl die gewissenhafte Dokumentation der Daten als auch deren gut nachvollziehbare Auswertung und Schlussfolgerung für den Naturschutz sind beispielgebend und für weitere Gebietsbearbeitungen richtungweisend.

Monika PARTZSCH, Halle (Saale)