

Pharmazeutika in der Umwelt – ein Überblick via Datenbank

Martina Winker*, Joachim Behrendt, Ralf Otterpohl
Institut für Abwasserwirtschaft & Gewässerschutz, Technische Universität Hamburg-
Harburg, 21071 Hamburg, Tel. 040-42878-2982, Email: m.winker@tuhh.de

Zusammenfassung

Pharmazeutika werden seit über 20 Jahren in unserer Umwelt nachgewiesen. Außerdem wurden in den letzten Jahren verstärkt Messungen in unsere Umwelt auf Pharmakarückstände durchgeführt. Um einen allgemeinen Überblick zu bekommen, haben wir Forschungsergebnisse der letzten Jahre in einer Datenbank zusammengetragen und nun öffentlich zugänglich gemacht. Durch Datenaufbereitung und Abfragetechnik wurde es so möglich, sich ein allgemeines Bild über das Vorkommen von Pharmazeutika in unserer unmittelbaren und weiteren Umgebung wie auch den damit verbundenen Konzentrationen und Belastung zu machen. Mittels verschiedener Statistiktools besteht das Angebot, Datensätze und Wirkstoffe über verschiedene Standorte und Verordnungsgruppen hinweg zu betrachten. Bei Interesse ist die Datenbank unter <https://www.tu-harburg.de/aww/pharma/nutzbar>.

Stichworte

Datenbank, Pharmazeutika, Umwelt, Verordnungsgruppen

Einleitung

Pharmazeutika sind eine sehr diverse Chemikaliengruppe. Sie ändern ihre Typen und Zusammensetzung von Jahr zu Jahr. Einige Substanzen sind seit über 20 Jahren in der Umwelt nachgewiesen (Norpoth, K. et al. (1973), Tabak, H. und Bunch, R. (1970)). Daher ist das Vorkommen von Pharmaka in unserer Umwelt kein neues Phänomen. Die Problematik wurde allerdings erst mit der Verbesserung der chemischen Nachweismethoden in den letzten zehn Jahren einer breiten Öffentlichkeit bekannt (Daughton, C. (2001)). Dadurch wurde auch das Ausmaß der Verbreitung in der Umwelt wie etwas der Nachweis von Pharmaka im Kläranlagenabfluss, in Oberflächengewässern und im Grundwasser erkannt. Die jährlich verschriebenen Pharmakamengen in den letzten Jahren verzeichneten eine stetige leichte Zunahme (6.1 % zwischen 1992 und 2003 (Arzneiverordnungs-Report 2004, Schwabe, U. und Paffrath, D. (2004))). Insgesamt sind in den 3000 führenden Arzneimitteln in Deutschland 466 verschiedene Wirkstoffe enthalten. Da in Deutschland keine Angaben über verkaufte, verordnete oder gar konsumierte Pharmazeutikamengen veröffentlicht werden (Heberer, T. (2002)), kann man nur über die jährlichen Verordnungseinheiten indirekte Angaben zur Wirkstoffmenge machen: Diclofenac hat die größte mit 2,6 Mio Verordnungen und Vancomycin mit 30.000 die kleinste (Arzneiverordnungs-Report 2004, Schwabe, U. und Paffrath, D. (2004)).

Aufgrund der oben beschriebenen Geschehnisse der letzten Jahre ist die Besorgnis gestiegen und es wurden viele Umweltbereiche auf ihre Pharmazeutikabelastungen hin untersucht. Dabei handelt es sich um gänzlich unterschiedliche Vorgehensweisen bzgl. Art der Beprobung, Probenumfang, Zeitraum, Standort, wodurch es schwierig ist aus einzelnen Messkampagnen Rückschlüsse allgemeiner Art zu ziehen. Um einen allgemeinen Überblick über das Vorkommen von Pharmaka in der Umwelt zu erhalten, haben wir Forschungsergebnisse der letzten Jahre in unserer Datenbank gesammelt, sortiert und zusammengefasst. Diese Daten wurden nun für einen Internetauftritt aufbereitet und allgemein verfügbar gemacht.

Vorgehensweise

Es ist eine Datenbank gestellt worden, für die über 700 Artikel bearbeitet wurden, von denen die Daten von ca. 350 Artikeln in der Datenbank gespeichert sind. Die restlichen Artikel sind nicht aufgenommen worden, da Angaben zu ungenau oder nicht vollständig waren. Außerdem wurden nur Originalquellen berücksichtigt, das heißt keine Literaturübersichten etc. So wurde eine Pharmakaübersicht ermöglicht, die detaillierte Informationen, Vorkommen eines Wirkstoffes in einem bestimmten Medium oder an einem dezidierten Ort, als auch einen allgemeinen Überblick, wie viele Stoffe in unserer Umwelt bisher nachgewiesen wurden, enthält.

Schwerpunktmäßig wird im Folgenden die Abfrage des Pharmakavorkommens in der Umwelt vorgestellt. Die Datenbank ist in verschiedene Bereiche gegliedert. Dem Nutzer ist es möglich, durch Auswahl aus dem Menü nach eigenem Interesse sich verschiedenste Kombinationen zusammenzustellen. Auswahlbereiche sind

- Gebiet: nach Stadt, Region oder Land.
- Umweltbereich: Abwasser, Wasser, Boden, Pflanze sowie deren Unterbereiche, z.B. bei Wasser die Typen Oberflächenwasser, Grundwasser, Trinkwasser, Uferfiltrat, Meerwasser, Bodenwasser und Brackwasser (siehe Abb.1).
- Pharmaka: individuell als auch nach Pharmakagruppen.

Wenn Abfragen nach einzelnen Pharmaka geschaltet werden, werden zusätzlich automatisch Mittelwerte sowie Standardabweichungen und der Vertrauensbereich von 95 % berechnet.

Die vorgestellten Mittelwerte, Standardabweichungen und Vertrauensbereiche sind nach Winker et al. (2008) bestimmt. Es wurden alle Datensätze berücksichtigt, deren Nachweis- bzw. Bestimmungsgrenze (LOQ), sowie Bestimmungsfrequenz df , die durchschnittliche Konzentration K_D aller positiv bestimmten Proben und die Anzahl der Proben n_i . Wenn n_i nicht gegeben war, wurde $n_i = 1$ gesetzt.

Daraus ließ sich unter Berücksichtigung der Bestimmungsfrequenz df ein gewichteter Mittelwert K_{GD} über alle Einzelproben des Datensatzes berechnen:

$$K_{GD} = (K_D \cdot df \cdot 100^{-1}) + (LOQ/2 \cdot (100 - df) \cdot 100^{-1}) \quad (1)$$

Wenn eine Konzentration „nicht bestimmbar“ war, wurde sie unter Zuhilfenahme der halben Bestimmungsgrenze eingerechnet. Falls nur die Nachweisgrenze gegeben war, wurde diese mit 3 multipliziert (Funk, W. et al. (2005)) und dann als LOQ eingesetzt. Im Falle dass keine Angaben aus dem Artikel diesbezüglich zur Verfügung standen, ob es sich um die Nachweis- oder Bestimmungsgrenze handelt, wurde angenommen, dass es die Bestimmungsgrenze ist.

Dadurch wurde die durchschnittliche Konzentration K_P der Pharmaka, die die K_{GD} s aller Datensätze enthielt, folgendermaßen bestimmt:

$$K_P = \sum_i (K_{GD_i} \cdot n_i) \cdot (\sum_i (n_i))^{-1} \quad (2)$$

n_i steht für die Anzahl der Einzelkonzentrationen, die benutzt wurden um den entsprechenden K_{GD_i} eines Pharmakas innerhalb eines Datensatzes zu bestimmen.

Die im Ergebnissteil gemachten Angaben zu Minimum und Maximum geben den kleinsten bzw. größten K_{GD} wieder.

Ergebnisse & Diskussion

Insgesamt gelang es, Auskünfte zu ca. 330 Pharmaka und deren Umweltrelevanz in über 3000 Datensätzen (DS) in der Datenbank zu sammeln. Der Schwerpunkt lag auf Deutschland, 60% der DS beziehen sich darauf.

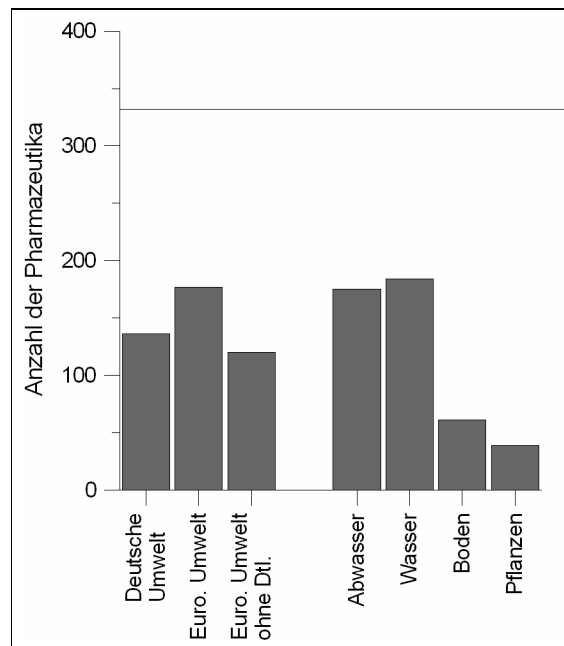


Abb. 1: Übersicht über die Anzahl der Pharmaka und ihrer Rückstände, die in der deutschen und europäischen Umwelt erfasst bzw. in den einzelnen Kategorien der DB geführt werden. Die schwarze Linie zeigt die Gesamtanzahl der verfügbaren Pharmaka (332 Substanzen) an.

Darüber hinaus gibt es auch Unterschiede zwischen den angesprochenen Umweltbereichen (siehe Abb. 1). Im Bereich Wasser und Abwasser wurden mit 184 bzw. 175 Pharmazeutika deutlich mehr gefunden als in Boden (61) und Pflanzen (39). Dies liegt am Fokus der meisten Analyse. Pharmazeutika werden hauptsächlich über Kläranlagen in unsere Gewässer eingeleitet und gelangen dadurch in die Umwelt. Diese Prozesse sind in Wasser und Abwasser beschrieben. Während Böden und Pflanzen schwerpunktmäßig im Zusammenhang mit dem Eintrag von Veterinärpharmazeutika betrachtet wurden, was eine wesentlich kleinere Stoffgruppe ist. Dieses Phänomen wird auch sehr deutlich, wenn man die einzelnen Typen im

Wasser- und Abwasserbereich betrachtet (Abb. 2). Es liegen die höchsten Mengen an DS für Rohabwasser, Kläranlagenablauf, Oberflächenwasser und Grundwasser vor. Diese Typen beschreiben exakt den Weg, den Pharmaka nach ihrer Ausscheidung aus dem menschlichen Körper nehmen.

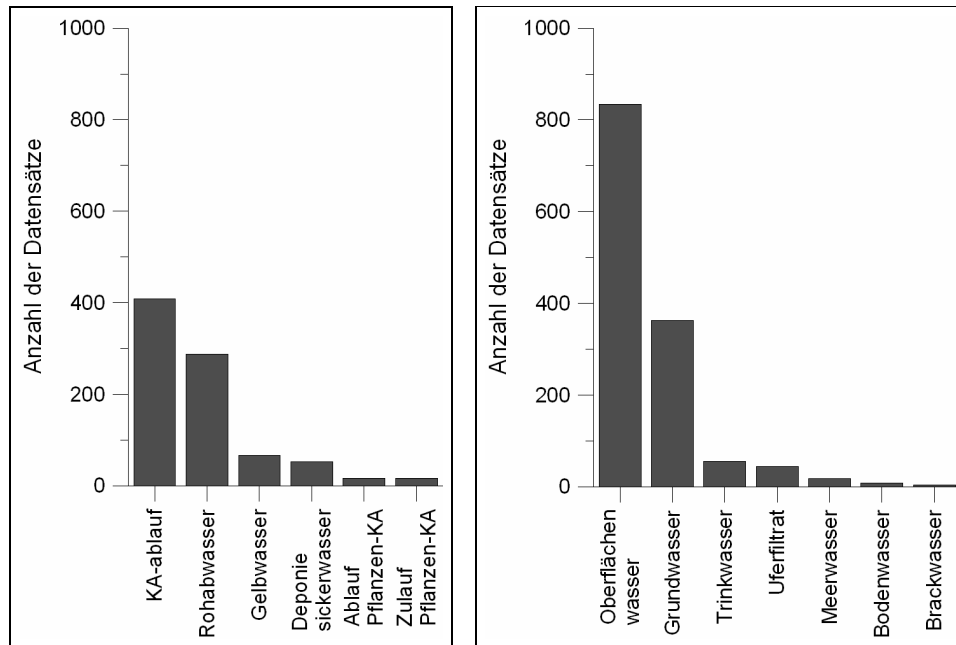


Abb. 2: Anzahl der Datensätze für Deutschland, Österreich und der Schweiz für die Kategorien Abwasser (linke Abb.) und Wasser (rechte Abb.). KA steht für Kläranlage.

Diese Daten wurden nun für einen Internetauftritt aufbereitet und durch Abfrageprofile allgemein verfügbar gemacht. Bereits erstellt und potentiell nutzbar sind die Abfrage zum Vorkommen von Pharmaka in unserer Umwelt als auch die Abfrage zu jährlichen Konzentrationen der Pharmaka im Urin (jährlich verordnete Mengen, Pharmakokinetik, Konzentrationen im Urin bei einer Einzelperson unter Medikation und für den gesamtdeutschen Urin). Außerdem werden zurzeit die Behandlungsmethoden zur Reinigung von Wasser und Abwasser von Pharmaka als auch detaillierte Informationen zu den einzelnen Pharmaka (Toxizität, Metabolite, etc.) eingestellt. Diese Abfragen sind noch im Aufbau.

Daher soll hier nun schwerpunktmäßig dargestellt werden, zu welchen Ergebnissen die Datenbank in den verschiedenen Umweltbereichen, wie in Abb. 2 dargestellt, verhilft. Berechnungen für Mittelwerte etc. wurden wie in der Vorgehensweise durchgeführt. Dabei zeigte sich, dass nur für sechs Bereiche für eine größere Anzahl von Pharmazeutika genug DS hierzu vorlagen. Es handelt sich um die Abwasserunterbereiche Rohabwasser, Gelbwasser und Kläranlagenablauf sowie um Oberflächen-, Grund- und Deponiesickerwasser aus dem Wasserbereich (siehe Abb. 3). Zusätzlich wurden für fünf weitere Teilgebiete (Meerwasser, Bodenwasser, Trinkwasser, Brunnenwasser und Uferfiltrat) jeweils 1-2 Pharmaka berechnet.

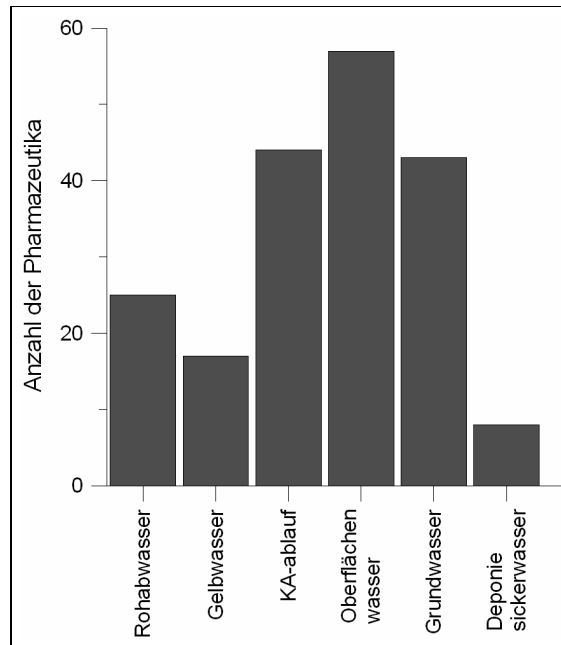


Abb. 3: Anzahl der Pharmaka, deren Mittelwerte in den jeweils drei deutschen Abwasser- und Wasserbereichen nach der beschriebenen Vorgehensweise berechenbar waren.

Um einen genaueren Überblick über das Vorkommen einzelner Pharmazeutika und ihrer Konzentrationen in den abgebildeten Medien (siehe Abb. 3) zu bekommen, wurden die vier größten DS (Rohabwasser, Kläranlagenablauf, Oberflächen- und Grundwasser) auf die einzelnen Wirkstoffgruppen hin betrachtet (siehe Tabelle 1 und 2). Bei dieser Darstellung steht jeder Datensatz für eine Zusammenfassung aller Einzeldatensätze einer Substanz im jeweiligen Medium. Da ein Pharmazeutikum mehrerer Verordnungsgruppen angehören kann sind mehrfach Nennungen einzelner Wirkstoffe in unterschiedlichen Wirkstoffgruppen möglich. Acetylsalicylsäure (Wirkstoff des Aspirins) wird zum Beispiel den Analgetika als auch den Thrombozytenblockern zugerechnet (Arzneiverordnungs-Report 2004, Schwabe, U. und Paffrath, D. (2004)).

Rohabwasser und Kläranlagenablauf

In Rohabwasser (siehe Tabelle 1) wurden insgesamt 152 DS zu 25 verschiedenen Pharmaka gefunden, die 16 verschiedenen Wirkstoffgruppen angehören. Durch Mehrfachnennungen wurden insgesamt 232 DS gezählt. Die durchschnittlichen Pharmakakonzentrationen befinden sich in ähnlichen Bereichen wie im Kläranlagenablauf, auch wenn der allgemeine Mittelwert mit 2195 ng/l deutlich über dem von geklärtem Abwasser ($K_P = 417$ ng/l) liegt.

Im Kläranlagenablauf wurden 44 Pharmakazeutika identifiziert, die insgesamt 19 unterschiedlichen Wirkstoffgruppen angehören. Insgesamt wurden 253 DS ermittelt. In Rohabwasser wurde eine sehr große Streuung der Daten festgestellt. 10 der abgebildeten Verordnungsgruppen zeigten Abweichungen >10% vom Mittelwert für einen Vertrauensbereich von 95%, 8 sogar >20%. Dies ist auch gut ersichtlich in den teils sehr hohen Standardabweichungen von bis zu 4-5 µg/l für Analgetika und Diagnostika. Dermatika zeigen sogar SD von 23 µg/l. Diese hohe Abweichung kommt durch einen Datensatz, der 6 auf Salicylsäure analysiert hat und auf die durchschnittliche Konzentration von 54 µg/l kam (siehe Maximum der Dermatika in Tabelle 1). Da insgesamt nur 4 vollständige DS mit insgesamt 25 n_i in die Berechnung einfließen, kommt es zu dieser großen SD.

Tabelle 1: Konzentrationen sowie Standardabweichungen (SD) und Vertrauensbereiche (VB) von Pharmazeutika aufgeschlüsselt nach einzelnen Verordnungsgruppen in Rohabwasser und Kläranlagenablauf. DS = Datensätze

Verordnungsgruppe	Rohabwasser (ng/l)						Kläranlagenablauf (ng/l)					
	Min	K _P	Max	SD	VB 95% in %	Anzahl der DS	Min	K _P	Max	SD	VB 95% in %	Anzahl der DS
Analgetika	10	3.390	26.000	4.180	10	18	10	1.810	5.500	2.540	10	20
Antibiotika	1	295	1.800	395	23	19	1	944	340.000	17.300	75	62
Antiepileptika	150	1.570	3.000	468	3	15	46	1.220	2.100	635	4	20
Antiphlogisitika	1	1.860	5.300	1.400	10	34	1	355	1.760	503	7	45
Antirheumatika	1.347	3.120	5.300	1.180	9	13	13	108	329	96	8	17
Antitussiva	-	-	-	-	-	-	25	602	1.391	563	17	5
Betablocker	13	1.380	10.000	2.480	29	26	13	216	1.700	290	8	34
Broncho-spasmolytika	13	82	370	117	39	7	13	32	75	19	4	12
Dermatika	1	12.600	54.000	23.100	74	4	25	175	2.500	441	28	9
Desinfektionsmittel	-	-	-	-	-	-	30	71	75	14	5	3
Diagnostika	1	4.030	18.000	5.350	38	9	1	598	8.000	1.380	29	18
Gynäkologika	-	-	-	-	-	-	1	4	9	4	37	3
Lipidsenker	33	1.200	5.600	1.440	19	28	15	450	2.535	657	10	41
Ophtalmika	25	1.480	4.000	877	12	17	25	630	1.760	598	7	24
Otologika	22	452	1.910	330	8	14	25	171	320	137	7	15
Sexualhormone	1	83	3.300	301	33	9	1	8	1.100	66	52	27
Thrombozytenaggregationshemmer	210	1.250	3.200	1.050	21	10	13	114	182	58	7	12
Zytostatika	1	134	1.521	416	66	9	1	3	27	5	17	10
Gesamt	1	2.195	54.000			232	1	417	340.000			377

Tabelle 2: Konzentrationen sowie Standardabweichungen (SD) und Vertrauensbereiche (VB) von Pharmazeutika aufgeschlüsselt nach einzelnen Verordnungsgruppen in Oberflächen- und Grundwasser.

Verordnungsgruppe	Oberflächenwasser (ng/l)						Grundwasser (ng/l)					
	Min	K _P	Max	SD	VB 95% in %	Anzahl der DS	Min	K _P	Max	SD	VB 95% in %	Anzahl der DS
Analgetika	4	64	630	105	12	43	3	16	1.000	59	39	21
Anregungsmittel	8	275	430	171	28	5	-	-	-	-	-	-
Antibiotika	1	17	485	34	7	340	5	13	850	46	10	93
Antiepileptika	3	139	570	123	7	33	5	66	3.600	301	42	25
Antiphlogisitika	1	32	380	47	8	125	3	40	3.400	262	35	52
Antirheumatika	3	21	92	17	6	39	3	30	520	89	32	20
Antitussiva	25	24	25	5	8	3	25	19	25	13	106	3
Betablocker	2	22	44	10	2	23	5	10	25	8	4	29
Broncho-spasmolytika	2	22	75	14	4	12	5	12	25	10	7	7
Corticosteroide	1	5	10	3	7	26	5	9	14	4	6	4
Dermatika	1	35	192	41	13	31	5	30	850	121	42	10
Diagnostika	10	116	841	140	13	15	5	157	5.583	882	36	20
Futterzusatz	25	25	25	3	2	3	5	9	50	8	11	6
Gynäkologika	1	21	25	9	11	13	5	7	25	6	16	5
Lipidsenker	2	47	350	70	8	97	2	29	1.000	86	15	52
Magendarmmittel	3	16	25	11	15	17	-	-	-	-	-	-
Ophtalmika	3	47	329	63	9	46	3	57	3.400	354	45	30
Otologika	3	28	260	40	12	51	5	25	3.000	165	72	18
Psychopharmaka	8	28	45	7	5	3	-	-	-	-	-	-
Sexualhormone	1	4	25	4	9	59	5	6	25	5	27	5
Thrombozytenaggregationshemmer	5	22	30	8	6	18	3	4	11	3	35	12
Zytostatika	1	6	15	4	5	30	5	7	14	3	4	8
Gesamt	1	46	841			1.032	2	29	5.583			420

Für Kläranlagenabläufe sind die Werte etwas besser. Nur 7 Wirkstoffgruppen zeigen Abweichungen >10% vom VB 95%, 5 Gruppen liegen >20%. Auch die Standardabweichungen sind niedriger. Nur Antibiotika zeigen eine SD von 17,3 µg/l (für Details siehe Abb. 4 und Tabelle 3).

Oberflächenwasser

Die größte Anzahl an Datensätzen war mit über 1000 Stück für den Bereich der Oberflächenwasser (siehe Tabelle 2) bestimmt, wobei insgesamt 723 DS anfielen und die restlichen erneut durch Mehrfachnennung hinzukamen. In diesem Medium wurde auch mit 57 Pharmazeutika innerhalb von 23 Verordnungsgruppen die größte Anzahl an Wirkstoffen gezählt. Die Konzentrationen waren deutlich geringer als die in geklärtem Abwasser und lagen bei Mittelwerten zwischen 4 (für Sexualhormone) und 275 ng/l (für Anregungsmittel). Ein Verdünnungseffekt des Kläranlagenablaufs durch die Einleitung ist somit klar sichtbar. SD und VB 95% sehen hier sehr viel besser aus: nur Anregungsmittel haben mit 28% eine Abweichung vom VB 95% >20%. Die anderen 6 Gruppen bewegen sich zwischen 11-15%. Dies kann ein Ergebnis der hohen Anzahl an DS sein.

Grundwasser

Im Grundwasser wurde mit 43 Pharmaka (20 Wirkstoffgruppen) in 278 DS eine erstaunlich hohe Diversität bestimmt. Außerdem war die durchschnittliche Konzentration mit 4 und 157 ng/l in einem ähnlichen Bereich wie im Oberflächenwasser. Die durchschnittliche Konzentration über alle Wirkstoffgruppen hinweg lag jedoch mit 29 ng/l unter der im Oberflächenwasser mit 41 ng/l. Eine Erklärung für vereinzelt sehr hohe Angaben von Maximalwerten kann durch die Wahl der Messstellen erfolgt sein. Häufig wurden Grundwasserproben unterhalb von Mülldeponien, Abwasserverrieselungsfeldern und ähnlichen Stellen genommen, wo mit einem Pharmakavorkommen im Grundwasser zu rechnen ist. Durch die Auswahl der Messstellen können die hier für Grundwasser dargestellten Werte künstlich erhöht worden sein. Dies betrifft damit natürlich auch die angegebenen Mittelwerte. Einen Hinweis liefern hierfür die Standardabweichungen (3-882 ng/l). Sie sind hier deutlich höher als für Oberflächenwasser (3-171 ng/l). Auch liegt der VB 95% für 14 Verordnungsgruppen über 10%. In keinem anderen dargestellten Medium gibt es so viele Abweichungen vom VB 95% in dieser Größenordnung (Tabelle 1 und 2). Auch dies könnte aus der beschriebenen Auswahl der Messstellen resultieren.

Interessant ist außerdem, dass in allen vier Medien immer wieder dieselben Wirkstoffgruppen (Analgetika, Antibiotika, Dermatika, Diagnostika und Lipidsenker) große Standardabweichungen und Vertrauensbereiche mit Abweichungen >10% aufwiesen. Neben den dargestellten Verordnungsgruppen wurden auch Metabolite in den vier Medien gefunden. Diese wurden nicht wie die anderen Gruppen zusammengefasst und daher auch nicht mit abgebildet. Allerdings ist ihre Anzahl nicht zu unterschätzen: insgesamt 234 DS, allein 111 davon in Oberflächengewässer.

Um nochmals genauer abzubilden, wie sich die Verordnungsgruppen zusammensetzen können, sind exemplarisch die Antibiotika der vier Medien aus Tabelle 1 und 2 nach einzelnen Wirkstoffen abgebildet (siehe Abb. 4). Anhand dieser Wirkstoffgruppe wird nochmals gezeigt, wie sich die Daten zusammensetzen und welchen Einfluss Einzeldaten haben können.

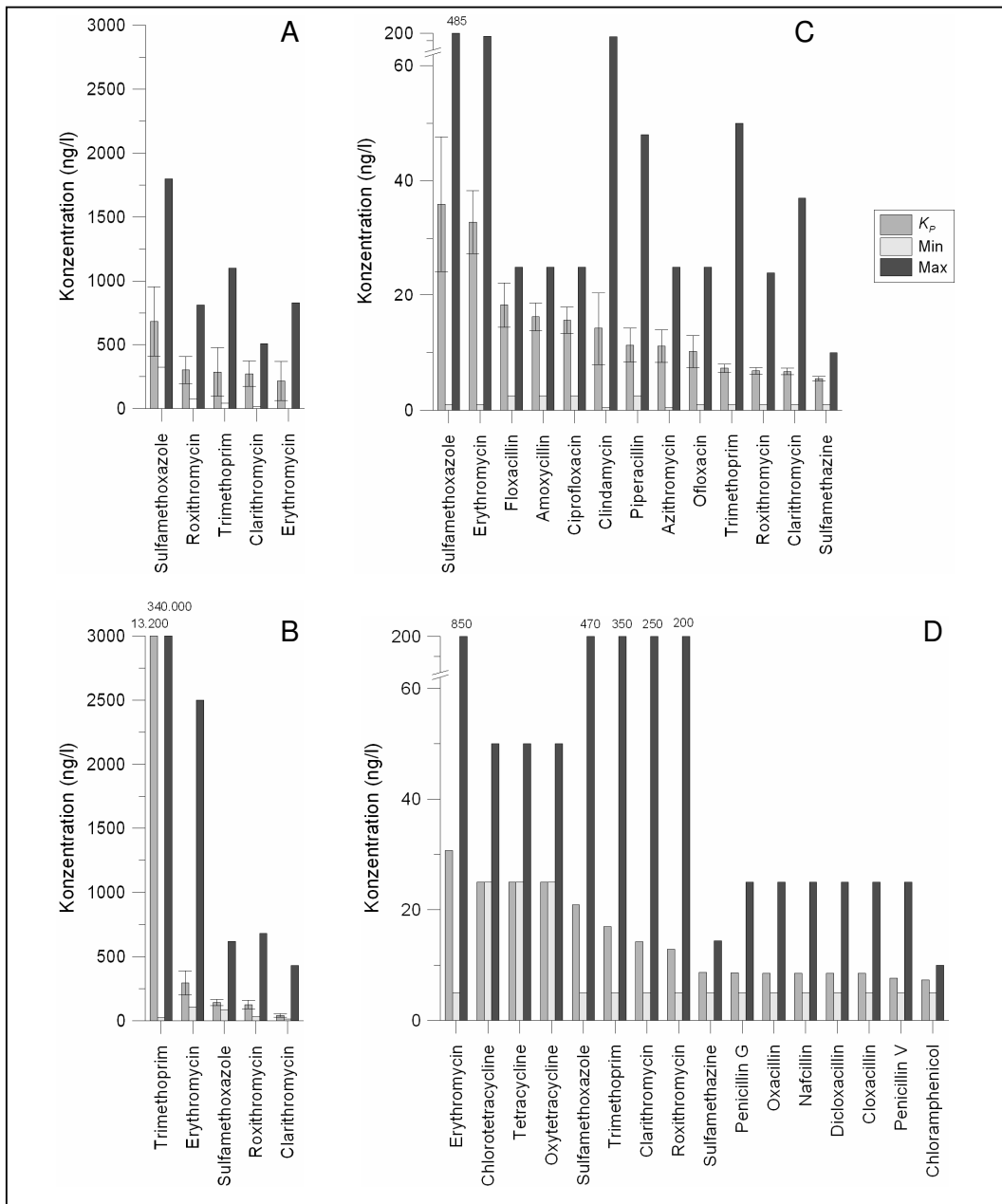


Abb. 4: Darstellung der Konzentrationen der einzelnen Antibiotikawirkstoffe, die in der Datenbank für Deutschland gelistet sind. A: Antibiotika, die in Rohabwasser gefunden wurden, B: in Kläranlagenablauf, C: in Oberflächenwasser und D: in Grundwasser. Fehlerbalken bilden den 95%ige Vertrauensbereich ab, außer für Trimethoprim in B (10.400 ng/l).

Abb. 4 zeigt, dass in den beiden Abwassertypen (Abb. 4 A & B) wesentlich weniger Antibiotikawirkstoffe gefunden wurden, nur 5 Stück verglichen mit 13/16 in Oberflächen-/Grundwasser (Abb. 4, C & D). Außerdem erklärt sich beim Betrachten von Abb. 4 B gut, wie es zu der großen Standardabweichung von 17,3 µg/l kam, die bereits in der Diskussion von Tabelle 1 angesprochen wurde. Interessanterweise beruht sie allein auf dem DS von Trimethoprim und hier wiederum auf einem einzigen K_{GD} (siehe Tabelle 3).

Tabelle 3: Aufschlüsselung des K_P -Wertes von Trimethoprim aus Abb. 4B

Trimethoprim	K_{GD} in ng/l	n_i	df in %	LOQ
K_{GD} 1	340.000	6	100	5.000
K_{GD} 2	289	10	90	20
K_{GD} 3	23	134	65	1
K_{GD} 4	340	4	100	100

Hierdurch wird nochmals deutlich, dass sich nicht alle Wirkstoffe innerhalb einer Verordnungsgruppe und auch nicht bezogen auf einen Wirkstoff in ähnlichen Konzentrationsbereichen bewegen und Verallgemeinerungen sehr vorsichtig zu betrachten sind. Dies war zu erwarten. Zusätzlich sind externe Einwirkungen wie Regenereignisse, Jahreszeit, Stelle der Probennahme, Art und Anzahl der Probennahmen und verwandte Analytik, um nur einige externe Faktoren zu nennen in diesen Auswertungen nicht weiter berücksichtigt.

Fazit

Die Datenaufbereitung und Abfragetechnik ermöglicht es, sich ein allgemeines Bild über das Vorkommen von Pharmazeutika in unserer unmittelbaren und weiteren Umgebung wie auch den damit verbundenen Konzentrationen und Belastung zu machen. Mittels verschiedener Statistiktools besteht das Angebot, Datensätze und Wirkstoffe über verschiedene Standorte und Verordnungsgruppen hinweg zu betrachten als auch einzelne Stoffe im Detail zu betrachten.

Darüber hinaus werden die Abfragen weiter ausgebaut und ergänzt werden. Unter anderem ist eine Bewertung der Ökotoxizität der einzelnen Pharmaka über die gesammelten EC_{50} -Werte geplant.

Danksagung

Die Autoren danken der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU) und der LinzAG, Österreich, für die Finanzierung dieser Forschung.

Referenzen

- Arzneiverordnungs-Report 2004* (2004) Schwabe, U. und Paffrath, D. Springer-Verlag, Heidelberg, Germany.
- Daughton, C. (2001) "Emerging" pollutants, and communicating the science of environmental chemistry and mass spectrometry - pharmaceuticals in the environment -. *Journal of the American Society of Mass Spectrometry* 12(10): 1067-1076.
- Funk, W., Dammann, V., und Donnevert, G. (2005) *Qualitätssicherung in der analytischen Chemie*. Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA,
- Heberer, T. (2002) Tracking persistent pharmaceutical residues from municipal sewage to drinking water. *Journal of Hydrology* 266(3): 175-189.

- Norpoth, K., Nehr Korn, A., Kirchner, M., Holsen, H., und Teipel, H. (1973) Untersuchungen zur Frage der Löslichkeit und Stabilität ovulationshemmender Steriode in Wasser, Abwasser und Belebtschlamm. *Zentralblatt für Bakteriologie, Parasitenkunde, Infektionskrankheiten und Hygiene* 156(6): 500-511.
- Tabak, H. und Bunch, R. (1970) Steroid hormones as water pollutants. I. Metabolism of natural and synthetic ovulation-inhibiting hormones by microorganisms of activated sludge and primary settled sewage. *Developments in Industrial Microbiology* 11(35): 367-376.
- Winker, M., Faika, D., Gulyas, H., und Otterpohl, R. (2008) A comparison of human pharmaceuticals concentrations in raw municipal wastewater and yellowwater. *Science of the Total Environment* accepted for publication