

DVGW-Information

WASSER Nr. 54 April 2015

Arzneimittelrückstände im Wasserkreislauf; eine Bewertung aus Sicht der
Trinkwasserversorgung

ISSN 0176-3504

© DVGW, Bonn, April 2015

DVGW Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e.V.

Technisch-wissenschaftlicher Verein

Josef-Wirmer-Straße 1-3

D-53123 Bonn

Telefon: +49 228 9188-5

Telefax: +49 228 9188-990

E-Mail: info@dvwg.de

Internet: www.dvbw.de

Nachdruck und fotomechanische Wiedergabe, auch auszugsweise, nur mit Genehmigung des
DVGW e.V., Bonn, gestattet.

Vertrieb: Wirtschafts- und Verlagsgesellschaft Gas und Wasser mbH, Josef-Wirmer-Str. 3, 53123 Bonn

Telefon: +49 228 9191-40 · Telefax: +49 228 9191-499

E-Mail: info@wvgw.de · Internet: www.wvgw.de

Arzneimittelrückstände im Wasserkreislauf; eine Bewertung aus Sicht der Trinkwasserversorgung

Inhalt

1	Hintergrund.....	4
2	Einträge von Arzneimittelwirkstoffen in den Wasserkreislauf.....	5
3	Konzentrationen von Arzneimittelrückständen im Wasserkreislauf.....	6
4	Bewertung der Arzneimittelrückstände im Wasserkreislauf.....	7

1 Hintergrund

Arzneimittel sind für die Erhaltung und Wiederherstellung der Gesundheit von Mensch und Tier unverzichtbar. Derzeit sind in Deutschland rund 3 000 unterschiedliche Wirkstoffe in über 9 000 Präparaten im human- und veterinärmedizinischen Bereich zugelassen. Sie werden im Entwicklungs- und Zulassungsverfahren von den Herstellern und Zulassungsbehörden umfassend humantoxikologisch bewertet. Laut Umweltbundesamt wurden von den rund 1 200 Humanarzneimittelwirkstoffen mit möglicher Umweltrelevanz im Jahr 2012 in Deutschland insgesamt 8 120 t verbraucht, wobei zwei Drittel auf nur 16 Wirkstoffe fallen, deren Verbrauch jeweils über 80 t liegt.

Mögliche Gefährdungen und Risiken für die aquatische Umwelt und den Menschen aus der Anwendung sowie der Entsorgung von Arzneimittelwirkstoffen werden in Fachkreisen und in der Öffentlichkeit diskutiert. Bei den Arzneimitteln handelt es sich um Chemikalien, die wegen ihrer besonderen stofflichen Eigenschaften in der Umwelt generell unerwünscht sind.

Aufgrund der heutigen empfindlichen Analysensysteme werden Arzneimittelwirkstoffe, ihre Metaboliten oder Transformationsprodukte (im Weiteren als Arzneimittelrückstände bezeichnet) seit einigen Jahren in niedrigen Konzentrationen in Abwässern und oberirdischen Gewässern gefunden. Deutlich seltener lassen sich die Arzneimittelrückstände in sehr niedrigen Konzentrationen im Grundwasser nachweisen. Im Roh- und Trinkwasser sind nur vereinzelt Befunde in äußerst niedrigen Konzentrationen zu beobachten.

Tabelle 1 enthält eine Zusammenstellung von Arzneimittelwirkstoffen und ihren Indikationsgruppen, die in den letzten Jahren besonders häufig in verschiedenen Teilen des Wasserkreislaufs nachgewiesen wurden.

Tabelle 1 – Beispiele für Arzneimittelwirkstoffe und Indikationsgruppen

Wirkstoffe	Indikationsgruppe
Diclofenac, Ibuprofen	Analgetika, Antirheumatika
Bezafibrat	Lipidsenker
Metoprolol, Sotalol	Betablocker
Metformin	Antidiabetika
Carbamazepin, Primidon	Antikonvulsiva, Antiepileptika
Sulfamethoxazol	Antibiotika
Diazepam	Psychopharmaka
Amidotrizoesäure, Iopamidol	Röntgenkontrastmittel

2 Einträge von Arzneimittelwirkstoffen in den Wasserkreislauf

Arzneimittel können über punktuelle und diffuse Einträge in die Gewässer gelangen. Haupteintragspfad ist dabei das kommunale Abwasser. Werden die Substanzen bei der Abwasserbehandlung nicht oder nur unvollständig eliminiert, werden sie somit in den Wasserkreislauf eingetragen (siehe Bild 1). Daneben gibt es u. a. Eintragswege über die Anwendungen von Veterinärarzneimitteln in der Nutztierhaltung, die über den Weg Gülle, Weidehaltung oder Aquakulturen diffus in die Grund- und Oberflächenwässer eingetragen werden können.



**Bild 1 – Wasserkreislauf mit Eintragspfaden für Arzneimittel
(verändert nach Berliner Wasserbetriebe)**

Arzneimittelrückstände können über folgende Wege in das Abwasser und weiter in die Kläranlagen gelangen:

- durch Ausscheidungen aus dem menschlichen Körper bei bestimmungsgemäßen Gebrauch (oder z. B. auch durch Abwaschungen bei Salben und Cremes)
- durch eine unsachgemäße Entsorgung nicht eingenommener Arzneimittel, z. B. über die Toilette oder über den Ausguss
- durch Einleitungen im Rahmen der Herstellung von Arzneimitteln

Ein direkter Eintrag von Arzneimitteln aus dem Abwasser in den Boden und das Grundwasser ist auch über undichte Abwasserkanäle möglich.

Gelangen Arzneimittelwirkstoffe über das Abwasser in die Kläranlagen, werden sie dort in vielen Fällen nicht oder nur teilweise eliminiert. Dies ist darauf zurückzuführen, dass die heutigen Kläranlagen mit konventionellen mehrstufigen Reinigungstechniken insbesondere für den Rückhalt von Nährstoffen wie Stickstoff und Phosphor und die Elimination biologisch gut abbaubarer Substanzen ausgestattet sind. Der Rückhalt polarer und persistenter Verbindungen, wie sie die Arzneimittelrückstände häufig darstellen, war bislang nicht im Fokus kommunaler Kläranlagen.

Dennoch werden Arzneimittelrückstände zumindest teilweise in Kläranlagen zurückgehalten, z. B. in der biologischen Reinigungsstufe oder durch Sorption an den Klärschlamm. Die Elimination der Wirkstoffe durch mikrobiellen Abbau führt in der Regel nicht zu einer vollständigen Mineralisierung, sondern zur Bildung stabiler, häufig unbekannter Metabolite und Transformationsprodukte. Die in Tabelle 1 angegebenen Arzneimittelwirkstoffe zeichnen sich zumeist durch eine mäßige oder fehlende biologische Abbaubarkeit sowie eine erhöhte Wasserlöslichkeit und Mobilität im Untergrund aus, so dass eine vollständige Entfernung selbst in mehrstufigen Abwasserbehandlungsanlagen und weitergehenden Trinkwasseraufbereitungsanlagen nicht möglich ist. Wirkstoffe aus weiteren Gruppen, wie z. B. natürliche (17β -Estradiol) und synthetische Hormone (17α -Ethinylestradiol), werden bei der Abwasserbehandlung und in der Trinkwasseraufbereitung hingegen sehr gut entfernt. Gemessene bzw. abgeschätzte Konzentrationen dieser Wirkstoffe liegen schon in oberirdischen Gewässern unter $0,001 \mu\text{g/l}^a$.

Findet ein Rückhalt der Arzneimittel, Metabolite oder Transformationsprodukte durch Sorption an den Klärschlamm statt, muss die mögliche Ausbringung des Klärschlammes als Wirtschaftsdünger in der Landwirtschaft als ein weiterer möglicher Eintragspfad von Arzneimittelrückständen in den Wasserkreislauf betrachtet werden.

Gleiches gilt für die Ausbringung von Gülle, durch die insbesondere für Tierarzneimittel ein Eintrag in das Grundwasser generell nicht ausgeschlossen werden kann.

Auch können Gärprodukte aus Biogasanlagen, die ebenfalls auf die Felder ausgebracht werden, als Quelle von Arzneimittelrückständen wirken.

Trinkwasser, welches aus Oberflächenwasser oder aus Oberflächenwasser beeinflusstem Grundwasser stammt, wird in Deutschland in der Regel mit einer mehrstufigen Aufbereitungstechnik aufbereitet. Vor allem durch eine Untergrundpassage in Kombination mit oxidativ oder adsorptiv wirkenden Reinigungsstufen können Arzneimittelrückstände effektiv entfernt werden, sodass Trinkwasser bis auf wenige Ausnahmen ohne Befunde an Arzneimitteln ist.

3 Konzentrationen von Arzneimittelrückständen im Wasserkreislauf

Infolge der enormen Fortschritte in der chemischen Spurenanalytik können heute viel mehr organische Stoffe in extrem niedrigen Konzentrationen (Spurenstoffe) in Wasserproben bestimmt werden als dies noch vor wenigen Jahren möglich gewesen wäre. Mit optimierten und sehr empfindlichen Analysemethoden werden inzwischen Bestimmungsgrenzen für einzelne Wirkstoffe von $0,001 \mu\text{g/l}$ bzw. sogar unter $0,0001 \mu\text{g/l}$ (10^{-9} g/l bzw. 10^{-10} g/l) erreicht.

a Ein Nanogramm pro Liter (ng/l) entspricht $0,001 \mu\text{g/l}$ (Mikrogramm), $0,000\ 001 \text{ mg/l}$ (Milligramm) oder einem Milliardstel Gramm pro Liter (10^{-9} g/l).

$1 \text{ ng} = 0,001 \mu\text{g} = 0,000\ 001 \text{ mg} = 0,000\ 000\ 001 \text{ g}$

Die Konzentrationen vieler Arzneimittelwirkstoffe aus dem Human- und Veterinärbereich in den verschiedenen Bereichen des Wasserkreislaufs sind heute gut bekannt. Im Zu- und häufig auch im Ablauf kommunaler Kläranlagen liegen die Konzentrationen vieler Einzelstoffe in der Größenordnung von 1 µg/l bis 10 µg/l. Einzelne Wirkstoffe, wie beispielsweise das Antidiabetikum Metformin, können aber auch in Konzentrationen bis zu 100 µg/l vorkommen. 1 µg/l (10^{-6} g/l) entspricht dabei der Konzentration, die durch einen einzelnen Zuckerwürfel in einem Volumen von 2,7 Millionen Litern (etwa dem Inhalt eines großen Tankschiffs) erhalten wird, wobei allerdings z. B. hormonell wirksame Stoffe auch in diesen Konzentrationen in aquatischen Ökosystemen noch Wirkungen auslösen können.

In Fließgewässern sind die Konzentrationen der Arzneimittelwirkstoffe mit Werten zwischen wenigen Nanogramm pro Liter (ng/l, 10^{-9} g/l)^b und 100 ng/l durch die Verdünnung des eingeleiteten Abwassers niedriger als im Ablauf der Kläranlagen. In kleinen Flüssen mit hohem Abwasseranteil können die Konzentrationen einzelner Wirkstoffe bis zu 1 µg/l betragen. In großen Seen wie dem Bodensee liegen die Konzentrationen aufgrund der hohen Verdünnung eher im Bereich von wenigen ng/l.

In Grundwässern können aufgrund der besonderen Schutzwirkung der grundwasserüberdeckenden Schichten nur in Ausnahmefällen Arzneimittelwirkstoffe nachgewiesen werden. Ursachen für derartige Befunde können undichte Abwasserkanäle oder der Einfluss von belastetem Oberflächenwasser sein. In diesen Fällen werden eher die besonders persistenten, mobilen und gut wasserlöslichen Stoffe gefunden, mit Konzentrationen, die oft in derselben Größenordnung wie in den oberirdischen Gewässern liegen, d. h. zwischen wenigen ng/l und 100 ng/l^b.

In den wenigen Fällen, in denen Rückstände von Arzneimitteln auch in Trinkwässern nachgewiesen wurden, lagen die Konzentrationen zumeist im Bereich von wenigen ng/l.

Die gemessenen Konzentrationen im Roh- und Trinkwasser sind dabei in allen Fällen um mehrere Größenordnungen niedriger als die spezifischen therapeutischen Dosen von Arzneimitteln. Um beispielsweise die minimale Tagesdosis des Antiepileptikums Carbamazepin von 0,4 g aufzunehmen, müsste man täglich über 5 000 Jahre hinweg 2 Liter Wasser mit einer Konzentration von 0,1 µg/l trinken.

4 Bewertung der Arzneimittelrückstände im Wasserkreislauf

Arzneimittelwirkstoffe in den Gewässern sind als Indikatoren für den weit verbreiteten Verbrauch von Arzneimitteln in unserer Gesellschaft anzusehen. Da viele der verabreichten Arzneimittel – unmetabolisiert oder in Form von Metaboliten – über den Abwasserpfad und die Kläranlagen trotz aufwändiger Behandlungsmaßnahmen in die Gewässer eingetragen werden, sind mit den heute verfügbaren, hochempfindlichen Analysensystemen Wirkstoffe auch in extrem niedrigen Konzentrationen nachzuweisen. Wenn ein Wirkstoff hergestellt, verabreicht und entsorgt wird, ist grundsätzlich davon auszugehen, dass trotz extremer Verdünnung und weitgehendem Rückhalt in natürlichen und technischen Aufbereitungssystemen gewisse Rückstände in der Umwelt mit hochempfindlichen Analysengeräten nachgewiesen werden können.

^b Ein Nanogramm pro Liter (ng/l) entspricht 0,001 µg/l (Mikrogramm), 0,000 001 mg/l (Milligramm) oder einem Milliardstel Gramm pro Liter (10^{-9} g/l).

1 ng = 0,001 µg = 0,000 001 mg = 0,000 000 001 g

Aufgrund der demografischen Entwicklung in unserer Gesellschaft wird der Arzneimittelverbrauch auf lange Sicht vermutlich weiter ansteigen, da vor allem im letzten Lebensdrittel der Arzneimittelverbrauch stark zunimmt (siehe Bild 2). Damit werden höchstwahrscheinlich auch die Mengen an Arzneimittelrückständen in der Umwelt ansteigen.

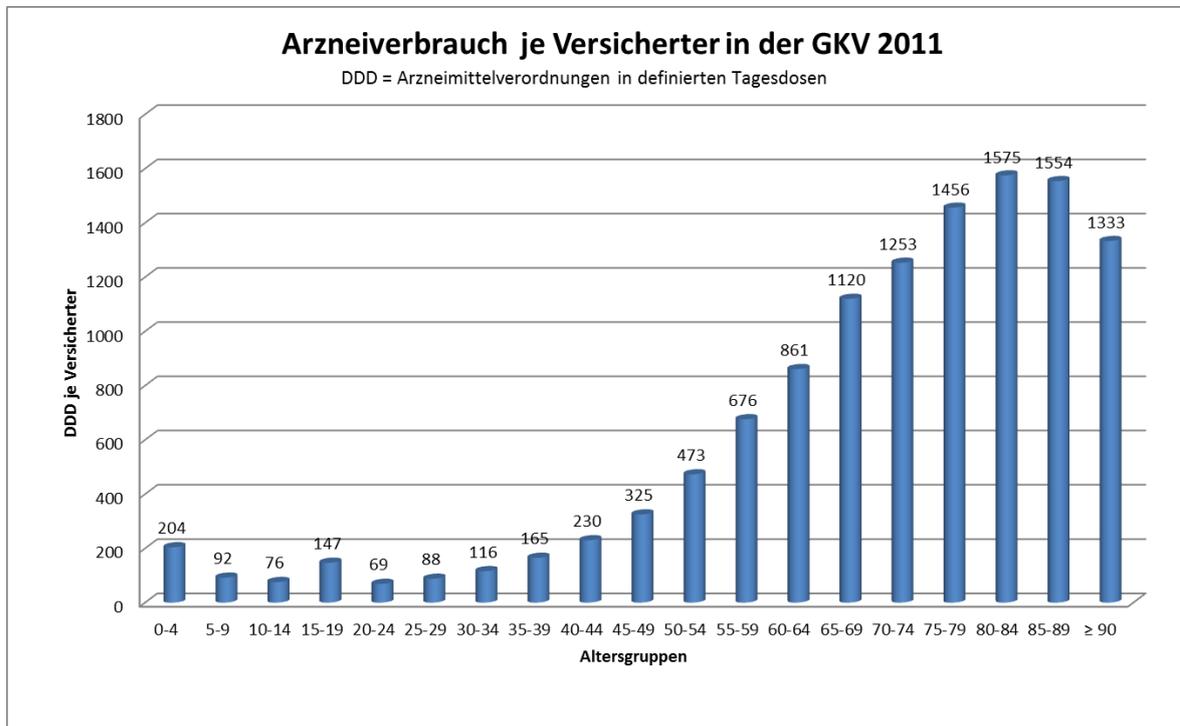


Bild 2 – Arzneiverbrauch je Versicherter in der GKV 2011
(Quelle: Arzneiverordnungs-Report 2012, Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2012)

Ziel aller Maßnahmen muss es sein, die Gewässer und damit die Trinkwasserressourcen vor vermeidbaren Emissionen nachhaltig zu schützen. Ein gemeinsames Hinwirken von allen Beteiligten, um den Eintrag von Arzneimitteln zu minimieren, ist wichtig. Grundsätzlich müssen Maßnahmen zur Minimierung von Einträgen an der direkten Quelle im Vordergrund stehen, z. B. durch innovative Therapiekonzepte (z. B. Retardformen) und separate Behandlung von Krankenhausabwässern, aber auch durch die Berücksichtigung der Belange des Gewässerschutzes bereits bei der Zulassung von Arzneimitteln. Inwieweit zusätzliche Maßnahmen in der Abwasserentsorgung bzw. Wasserversorgung wirksam und notwendig sind, muss im Einzelfall abgewogen werden.

Jeder einzelne Verbraucher kann mit seinem Verhalten für eine Minderung der Einträge von Arzneimittelrückständen in die Umwelt sorgen. Eine repräsentative Untersuchung durch das START-Projekt^c hat ergeben, dass im Jahr 2006 jeder siebte Bundesbürger seine nicht mehr benötigten Tabletten zumindest gelegentlich über die Toilette entsorgt. Flüssige Arzneimittelreste kippt sogar jeder Zweite bisweilen in den Ausguss oder die Toilette – 10 Prozent der Bevölkerung tun dies sogar immer. Dies ergibt eine abgeschätzte Menge von einigen hundert Tonnen Arzneimitteln, die unsachgemäß über Ausguss oder Toilette entsorgt werden.

c BMBF-Forschungsprojekt START *Strategien zum Umgang mit Arzneimittelwirkstoffen im Trinkwasser*

Altmedikamente zählen zum „Siedlungsabfall“ und können deshalb beispielsweise in den Hausmüll gegeben werden. Dieser wird in Müllverbrennungsanlagen verbrannt oder gelangt bei der mechanisch-biologisch Abfallbehandlung entweder als Ersatzbrennstoff in die Verbrennung und zu geringen Prozentteilen auf die Deponie. Ein weiterer sinnvoller Weg der Entsorgung alter Arzneimittel ist über die Apotheken, obwohl diese nicht verpflichtet sind, die Arzneimittel zurückzunehmen.

Die gesundheitliche Bewertung von Arzneimittelrückständen im Trinkwasser wird in der Bundesrepublik Deutschland durch das Umweltbundesamt (UBA) vorgenommen. Das UBA hat in den letzten Jahren für einige Wirkstoffe gesundheitliche Orientierungswerte (GOW) festgelegt. Aus Vorsorgegründen wird für nicht genotoxische Verbindungen ein genereller Zielwert von 0,1 µg/l im Trinkwasser empfohlen. Dies bedeutet, dass bei Konzentrationen unter 0,1 µg/l pro Einzelstoff im Trinkwasser kein Risiko für den Verbraucher (alle Altersgruppen inklusive Säuglinge und Kleinkinder) erkennbar und keine weitere gesundheitliche Bewertung erforderlich ist. Beim Auftreten von neuen Stoffen im Rohwasser werden vom Umweltbundesamt substanzspezifische Leit- und Maßnahmenwerte festgesetzt, die bei Einhaltung der spezifischen Werte den Genuss von Trinkwasser ohne weitere Einschränkungen erlauben. Auch ist eine Summenwirkung verschiedener Arzneimittelrückstände aus heutiger Kenntnis ohne Risiko für die Bevölkerung. Konzentrationen von Arzneimittelrückständen unter 0,1 µg/l pro Stoff im Trinkwasser geben nach derzeitiger Kenntnislage keinerlei Anlass zur Besorgnis, und es besteht somit kein Risiko für alle Altersgruppen der Bevölkerung durch den Genuss von Trinkwasser.