



1



Kenntnisstand zu (Schad)Stoffen in Gewässern aus Sicht der Wissenschaft

Symposium:
„Industrielle Schadstoffe in Gewässern“
17. September 2009

Prof. Helmut Kroiss,
Institut für Wassergüte, Ressourcenmanagement und Abfallwirtschaft
TU-Wien



2



Zusammenfassung

- ⇒ Chemisch reines Wasser ist nicht der Grundstoff des Lebens
- ⇒ Jeder Stoff, der produziert wird, wird über Luft und Wasser global verteilt. Stoffe, die man nicht in der Umwelt haben will darf man nicht produzieren.
- ⇒ Es gibt keine „Schadstoffe“. Es gibt nur eine Konzentration oder/und eine Dosis eines Stoffes, die Schaden bei Mensch oder in der Umwelt bewirken kann.
- ⇒ Die Verknüpfung von Abwasser-Trinkwasser-Gewässerschutz wird mit steigender Produktion von Chemikalien und Produkten und steigender Weltbevölkerung immer relevanter



Zusammenfassung

- ⇒ Die Stoffprobleme verschieben sich zusehends von der Produktion zu den Produkten und ihrer Verwendung
- ⇒ Ohne Risiko ist Leben unmöglich, es muss daher (politisch) entschieden werden, welches Risiko für Mensch und Umwelt wir akzeptieren. Die Wissenschaft liefert Grundlagen dazu und konkretisiert die Folgen für das Risikomanagement
- ⇒ Welche Maßnahmen dafür optimal sind (Vermeidung, Quelle, end of pipe) ist auf Basis der Abwägung von Nutzen, Kosten und dem Risiko zu entscheiden (Ideologie ist hinderlich)

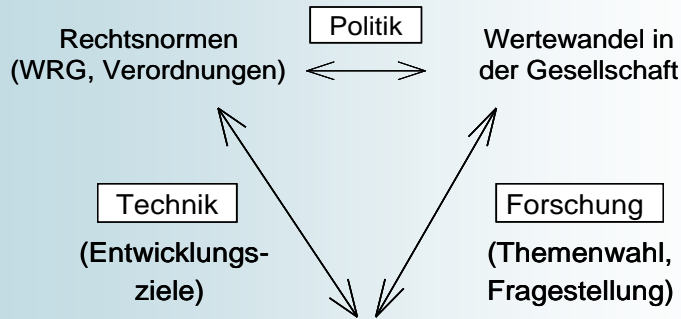


Zusammenfassung

- ⇒ Vorsorge- und Immissionsprinzip ergänzen einander in der Rechtsordnung, die folgende Ziele und Aufgaben hat:
 - ⊗ Vermeidung von Wettbewerb auf Kosten von Umwelt und Gesundheit
 - ⊗ Durchsetzung und Überwachung des öffentlichen Interesses am Schutz von Mensch und Umwelt
 - ⊗ Entfaltungsspielräume zu sichern (Freiheit)
- ⇒ Immissionsprinzip dient vorrangig dem Schutz
- ⇒ Vorsorgeprinzip legt Rahmenbedingungen für Wettbewerb fest und erleichtert Durchsetzung



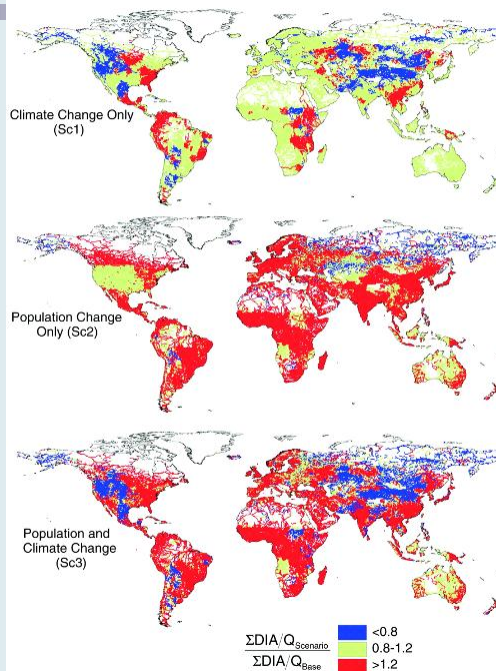
Wertesysteme und ihre Kriterien



Beziehungen zwischen menschlichen Eingriffen und Reaktionen der Umwelt auf diesen Eingriff (Ursache ↔ Wirkung)



Relative Change in Demand per Discharge



Zunahme des regionalen Wasserstresses bis 2050, dunkel (rot)= Wassermangel



Was sind Schadstoffe?

- ⇒ Stoffe die Schaden für Menschen und/oder die Umwelt verursachen können?
- ⇒ Das gilt streng genommen für alle Stoffe. Warum?:
 - ✎ Keine chemische Reaktion und kein „Abbau“ ist vollständig Wasser löst jeden Stoff, auch die sog. „unlöslichen“
 - ✎ Wasser steht dauernd mit der Atmosphäre in Kontakt und jeder Stoff hat auch einen Dampfdruck
- ⇒ Es gibt **keine** Schadstoffe!



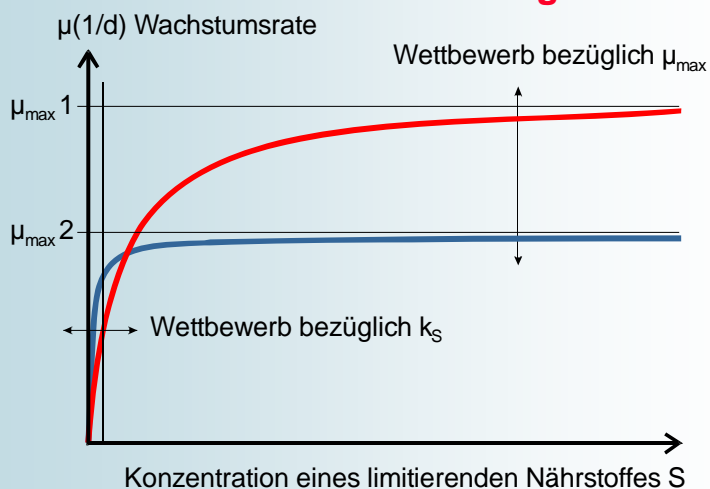
Hypothesen, Theorien

- ⇒ „Dosis facit venenum“ – Gift ist keine Stoffeigenschaft. Giftwirkung ist die Folge einer Dosis (Konzentration/Massenstrom * Zeit)
- ⇒ Schadwirkung von Stoffen kann sehr unterschiedlich sein:
 - ✎ Akut (kurzfristig) durch z.B. pathogene Keime oder hohe Dosierung von Krankheit bis Tod; relativ gut erforscht
 - ✎ Dauerwirkung (lebenslang) bei (sehr) niedriger Dosierung
- ⇒ Fachexpertise: Medizin (Hygiene), Toxikologie, Pharmakologie, Umwelttoxikologie, Mikrobiologie, Chemie

Hypothesen, Theorien

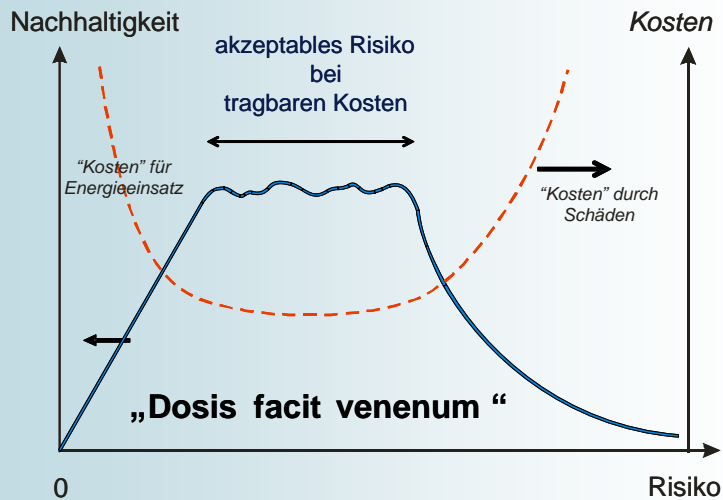
- ⇒ Es gibt Konzentrationsschwellen, bei deren Unterschreitung keine akute Wirkung (auf den Menschen, die Umwelt) zu besorgen ist.
- ⇒ Es gibt Schwellen der Dosis bei deren Unterschreitung auch über lebenslangen Genuss über z.B. das Trinkwasser keine negative Wirkung zu besorgen ist.
- ⇒ Weil diese Hypothesen prinzipiell nicht gesichert verifiziert werden können (Synergie, laufende Veränderung etc.) muss ein durch politischen Konsens festgelegtes Risiko für den Menschen und die Umwelt zugelassen werden: **ein duldbares Risiko**
- ⇒ Dieses „zu beschreiben“ wird z.B. den Trinkwasserkommissionen übertragen und es wird dann über Verordnungen verbindlich.

Steuerung biologischer Systeme durch Mangel an einem essenziellen Nahrungsstoff





Wechselwirkung zwischen Nachhaltigkeit, Risiko und Kosten



Stoffverteilung in der Umwelt

⇒ Wo sind dann „alle“ Stoffe, die natürlichen und die anthropogenen?

- ✎ Über Luft und Wasser kann jeder Stoff überall hin gelangen und kann daran nie vollständig gehindert werden.
- ✎ Es gibt $\sim 1,4 \cdot 10^{21}$ Liter Wasser auf der Erde (inklusive Meere). Ein Mol eines Stoffes (Molekulargewicht in g, z.B. 34 g Schwefelwasserstoff) enthält $\sim 6 \cdot 10^{23}$ Moleküle
- ✎ mit einem Mol eines Stoffes kann jeder Liter Wasser auf der Erde mit ~ 400 Molekülen versorgt werden!



Wo und wie können wir sie finden?

- ⇒ Sie müssen überall sein, ob wir sie finden hängt ab von:
 - ✧ Dass wir sie suchen (aus reiner Neugier oder als mögliche Ursache von Veränderungen oder „Schäden“)
 - ✧ Dass wir sie messen können:
 - 1 g/l $\sim 10^{21}$ Moleküle je Liter
 - 1 mg/l $\sim 10^{18}$
 - 1 µg/l $\sim 10^{15}$
 - 1 ng/l $\sim 10^{12}$
 - 1 pg/l $\sim 10^9$ (also eine Milliarde je Liter)



Wo finden wir die Stoffe?

- ⇒ Wann wir sie wo suchen und finden ist zeit- und ortsabhängig: die Verteilung in der Umwelt braucht Zeit und Quellen sind konkret verteilt und zeitlich variabel.
- ⇒ In den Emissionen (Industrie, Gewerbe, menschl. Ausscheidungen („Punktquellen“))
- ⇒ In den Produkten, die mit Wasser (Luft) in Berührung kommen („diffuse“ Quellen)
- ⇒ In der Umwelt: Wasser, Boden Luft, Pflanzen, Tieren
- ⇒ In den Menschen (Blut, Knochen, Muttermilch etc.)



Konsequenzen

- ⇒ Der Mensch kann weder sich vollständig vor der Umwelt schützen noch die Umwelt vor seinem Eingriff. Mit steigender Weltbevölkerung und steigender Produktion anthropogener Stoffe wird es umso wichtiger sich der Tatsache bewusst zu werden, dass der Mensch integraler Bestandteil seiner Umwelt (lokal, regional, global) ist.
- ⇒ Die Adaptierung vieler natürlicher Ökosysteme über Mutation und Selektion ist langsamer als die Veränderungen durch den menschlichen Erfindergeist, zumindest während der letzten 200 Jahre. Darin liegt ein fundamentales Risiko, das wir nicht quantifizieren können.



Wirkungen von Stoffen

- ⇒ Stark gentoxisch
 - ⇒ Schwach gentoxisch
 - ⇒ Nicht gentoxisch
 - ⇒ Neurotoxisch
 - ⇒ Immunotoxisch
 - ⇒ Endokrin wirksam
- Kann an Hand der Strukturanalyse und Zusammensetzung von Stoffen abgeschätzt werden



Grenzwerte

- ⇒ Grenzwerte sind in Gesetzen und Verordnungen „politisch“ festgelegte Höchstkonzentrationen für natürliche Inhaltsstoffe, Wirkstoffrückstände und Umweltkontaminanten in Lebensmitteln, Bedarfsgegenständen und Umweltmedien. Sie haben sich zur Regulation des Umgangs mit Chemikalien und vieler anderer potenzieller Schädwirkungen in allen Bereichen der Umwelt des Menschen bewährt.
- ⇒ Grundlagen:
 - ⊋ wissenschaftlich (Abschätzung des Risikos durch die Toxikologie, Hygiene, Ökologie und/oder
 - ⊋ technisch (Nutzung, Vermeidung, Kosten, Nutzen)



Grenzwerte, Kriterien

- ⇒ Gesundheit/Krankheit
- ⇒ nicht-menschliche Organismen/Ökosphäre
- ⇒ technische Einrichtungen (z.B. Korrosion)
- ⇒ Kulturdenkmäler und kulturtypische Verhaltensweisen
- ⇒ Nutzbarkeit technischer Einrichtungen und natürlicher Ressourcen
- ⇒ Sensorische und ästhetische Qualitätskriterien

Wer entwickelt Grenzwerte: Toxikologen, Mediziner, Ökologen, Chemiker, Umwelttechniker, Ingenieure



Grenzwerte (Namen)

(Dietrich 2009):

- ⇒ Vorsorgewerte,
 - ✧ Warn- oder Indikatorwerte,
 - ✧ Besorgniswerte,
 - ✧ Leitwerte oder Eingreifwerte,
 - ✧ Gefahrenwerte und Prüf- /Maßnahmenwerte
 - ✧ Orientierungswerte,
 - ✧ Vorsorge-Maßnahmenwerte,
- ⇒ Gesundheitsbasierte Höchstwerte
Name + Beschreibung + wiss. Bestimmungsmethode
(+Konsens der Fachleute inkl. bewusstem Mangel an Wissen)



Gesundheitlicher Orientierungswert

- ⇒ Der GOW wird als Konzentration angegeben, und stellt einen **Vorsorgewert** bezüglich der menschlichen Gesundheit aus Sicht der **Trinkwasserversorgung** dar. Er wird unter der Mindestanforderung festgelegt, dass bei lebenslangem Genuss von 2 Litern Trinkwasser pro Tag keine Überschreitung eines **nach gesellschaftlichem Konsens duldbaren Risikos** für die Konsumenten auftritt.
- ⇒ Werte: 0,01 bis 3 µg/l
- ⇒ Im Rohwasser (Oberflächengewässer) für TW-Aufbereitung mit geringerer Einhaltewahrscheinlichkeit angestrebt.
- ⇒ GOW_x: vorläufiger GOW je nach Wissen und Wirkung



Prüfwert für akute Toxizität (TW)

- ⇒ Aus wissenschaftlicher (toxikologischer) Sicht handelt es sich beim PWak um einen *Prüfwert* für akute Toxizität bei noch nicht vorliegender akut-toxikologischer Bewertung bis hin zum Fehlen akut-toxikologischer Daten.
- ⇒ Vermutlich ~ 50µg/l, es gibt Hinweise, dass es keinen bekannten Stoff gibt, der in einem Gewässer vorkommt, der unter dieser Konzentration akute Wirkungen auf die menschliche Gesundheit hat



Prüfwert chronische Toxizität

- ⇒ Der Prüfwert zum Schutz vor chronischer Toxizität beim Nachweis eines „neuen“ Stoffes im Rohwasser oder im Trinkwasser ist der **allgemeine trinkwasserhygienische vorsorgende Prüfwert** PWct = 0,1 µg/l pro Stoff.
- ⇒ Stoffkonzentrationen von weniger als 0,1 µg/l im Trinkwasser sind – außer für **stark gentoxische und neurotoxische - lebenslang gesundheitlich duldbar**. Bei der auf die Trinkwassergewinnung ausgerichteten Bewertung im Rohwasser ist ggf. die Wirkung des jeweils vorhandenen Rohwassergewinnungs- und –aufbereitungsverfahrens zu berücksichtigen.



Zukunftsprogramm

- ⇒ Überwachung der Wasser- und Gewässergüte wird durch neue Parameter und Messgeräte ergänzt, Daten werden laufend ausgewertet und verknüpft.
- ⇒ Neue Wirkungsparameter helfen die Datenflut und die Kosten der Überwachung zu dämpfen
- ⇒ Bei der Trinkwasserversorgung und Abwasserreinigung setzen sich die Methoden der Lebensmitteltechnik zur Überwachung des Reinigungsergebnisses durch (HACCP)



Konsequenzen

- ⇒ Da Ursache Wirkungsbeziehung prinzipiell nicht vollständig und eindeutig quantifiziert werden kann, muss man sich auf einheitliche Methoden einigen, das Restrisiko durch Stoffe unter einem akzeptablen Niveau zu halten.
- ⇒ PEC, NEC, NOEC, Grenzwerte, REACH, UVP, Indikatoren, GOW, Toxikologie, Pharmazie, Medizin. Im Grund stehen überall Risikoüberlegungen im Hintergrund. „Alles was eine Wirkung hat, hat auch eine Nebenwirkung“
- ⇒ Methodisches Rüstzeug:
 - ⊗ Der eindeutige Nachweis der Wirkung einer Dosis wird extrapoliert (akut, chronisch)
 - ⊗ Vermeidung oder Verminderung von Stoffströmen nach Wirkung und Kosten- Nutzen- Überlegungen
 - ⊗ Das Wissen um das Nichtwissen wird über Faktoren pauschal berücksichtigt (wissenschaftlich analysierte Erfahrung)



Maßnahmen zum Risikomanagement für Stoffströme und ihre Wirkung

- ⇒ Vermeiden durch **Verzicht** (Nutzen-Risiko-Abwägung z.B. Pharmaka)
- ⇒ Vermeiden durch **Substitution** (Risikoverminderung)
- ⇒ Verminderung durch **Rückhalt und Kreislaufführung** (an der Quelle)
- ⇒ Verminderung durch **end of pipe Reinigungstechnik** (WAR, zusätzliche Stufen, UV, Ozon, Aktivkohle)
- ⇒ Verminderung durch **Aufbereitungstechnik** (TW, zusätzliche Stufen, UV, Aktivkohle)
- ⇒ Vermeidung der Wirkung durch **Verdünnung**



Die derzeitige Interpretation von „einwandfreiem“ Trinkwasser und „sauberen“ Gewässern steht in Konflikt mit den „Schadstoffen“, die fast alle ubiquitär vorkommen.

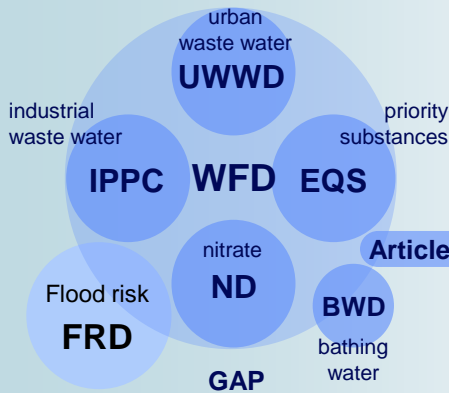
- ⊘ Folge: Angst und Unsicherheit in der Bevölkerung.

Der Begriff „Stoff“ muss neutralisiert werden:

- ⊘ Schaden oder Nutzen eines Stoffes wird nur mehr seiner Konzentration/Dosis zugeordnet. („Schadstoffe“ und „Wertstoffe“ verschwinden!)
- ⊘ Festlegung eines duldbaren Risikos das vom Wasser ausgeht auf politischer Ebene durch Konsens der Betroffenen
- ⊘ Wissenschaft kann nur Entscheidungsgrundlagen liefern.



EU Water Quality Management



Articles 7, 16 WFD

EU-DWD

Drinking Water Directive

Amendment

risks by life long consumption:
micro-pollutants

acute risks from pathogens:
"new" pathogens
giardia, cryptosporidium,
legionella, entero viruses

UV disinfection, chlorine?,
activated carbon

WHO Water Safety Plans

WHO Drinking water guidelines

REACH, HACCP



EU-Gesetzgebung für Wasser, Gewässer und Trinkwasser

EU Wassergütwirtschaft



Article 7, 16 WFD

Novelle der EU Trinkwasserrichtlinie

Risiko bei lebenslangem
Genuss:
Micro-Schadstoffpollutants

Akute Risiken von
pathogenen Keimen:
„neue“ Keime
giardia, cryptosporidium,
legionella, entero virus,

UV Desinfektion,
Nitratrichtlinie.

WHO Water Safety Plans

Trinkwasser Richtlinie

Gute landwirtschaftliche Praxis

REACH, HACCP



Die gute und die schlechte Nachricht

- ⇒ Die Forschung rund um die Schadstoffproblematik von der Stoffstrom bis zur Wirkungsanalyse, von der Entwicklung und Produktion neuer Stoffe und Analysenverfahren bis zur „Beseitigung“ von Risiken wird weltweit intensiv betrieben.
- ⇒ Es besteht „kein“ **akutes Risiko für Mensch und Biozönose** in **unseren** Gewässern. An welchem Maßstab gemessen?
- ⇒ Bezüglich **chronischer Risiken** durch anthropogene Mikroverunreinigungen kann die Wissenschaft **nie** gesicherten Aussagen über **alle** Stoffe machen.
- ⇒ Wir haben daher semantische, mediale und politische Probleme mit „notwendigen“ und „vermeidbaren“ Risiken umzugehen. (Paradigmenwechsel?, Neue Maßstäbe?)