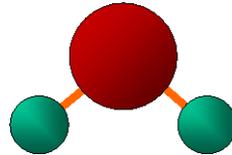


Vorlesung „Wasserinhaltsstoffe“

Schwerpunkte



Dr. Hilmar Börnick

Prüfungs- / Klausurschwerpunkte

Wasserinhaltsstoffe

- I) Allgemeine **Begriffe** und **Einteilung**
- II) **Natürliche WIS**
- III) **Huminstoffe:** Charakterisierung
analytische Erfassung
Bedeutung für aquatische Systeme
Bedeutung für die Wasseraufbereitung
- IV) ((Wichtige **TVO-Grenzwerte**))

Prüfungs- / Klausurschwerpunkte Organische Wasserinhaltsstoffe

V) Kriterien zur Charakterisierung der Relevanz **anthropogener organischer Wasserinhaltsstoffe**:

- Umweltauftreten, Produktion, wirtschaftliche Bedeutung
- Polarität (Wasserlöslichkeit, $\log K_{OW}$, Mobilität, Akkumulation ...)
- Persistenz, Stabilität, mikrobieller Abbau, chemische Umsetzung ...
- Toxizität hinsichtlich Mensch/Ökosystem (akut, chronisch)
- Flüchtigkeit

- Abschätzung Mobilität:

$$\log K_{OC} = a * \log P_{ow} + b$$

$$K_{OC} = \frac{K_d}{f_{OC}}$$

$$R_d = \frac{\rho K_d}{\varepsilon} + 1$$

$$R_d = \frac{v_W}{v_C}$$

Prüfungs- / Klausurschwerpunkte Organische Wasserinhaltsstoffe

VI) mögliche **Wirkung** von organischen WIS auf **Mikroorganismen**

VII) Möglichkeiten der **Entfernung** organischer WIS - Zusammenhang zu Punkt V)

VIII) Benennung wichtiger **Schadstoffgruppen** und deren typischer Kennzeichen bzw. Charakterisierung

- Kohlenwasserstoffe, BTEX
- PAK
- Chlorbenzole/-phenole
- Tenside

- LHKW
- PCB, PCDD, PCDF
- PSMBP
- Emerging Pollutants



Grundlegende Aussagen zur deren Polarität / Abbaubarkeit / Flüchtigkeit / Toxizität / Entfernbare bei Aufbereitung

Prüfungs- / Klausurschwerpunkte Organische Wasserinhaltsstoffe

IX) *Stoffspezifische/allgemeine Fragen, wie z. B.:*

- Zusammenhang zwischen wichtigen Stoffeigenschaften von Chlorbenzolen und Chlorierungsgrad?
- wie können Pestizide in Gewässer gelangen?
- Aufbau von Tensiden, Waschwirkung?
- Entstehung, Verbreitung und toxikologische Relevanz von PAK?
- Verhalten/Wechselwirkungen von PCDD/PCDF in Fließgewässern?
- Einteilung PSMBP bezüglich Mobilität und Abbauverhalten?
- Woraus bestehen moderne Textilwaschmittel?
- Welche Verfahren der Abwasserbehandlung eignen sich zur Entfernung von SOC?
- Welche Randbedingungen können den biologischen Abbau von SOC beeinflussen?
 - Welche Parameter können zur Verfolgung des biologischen Abbaus verfolgt werden?
 - Welche stofflichen Faktoren können ausschlaggebend dafür sein, ob eine organische Substanz gut oder schlecht abbaubar ist?
- Nennen Sie Kriterien, die bei der Festlegung von Grenzwerten wichtig sind!

X) Entstehung unerwünschter Stoffe bei der Wasseraufbereitung

Themenschwerpunkte

Allgemeines

Berechnungen (1 – 2 Aufgaben)

Einteilungskriterien für **Wasserinhaltsstoffe** (Auswahl):

- nach Konzentration (*anorg. Beispiele nennen*),
- nach der Natur,
- nach dem Dispersionsgrad

Häufigkeit des **Auftretens** von Ionen in Hydrosphäre (Häufigkeit Erdkruste, Löslichkeit, Bindungsform)

Eintragspfade von anthropogenen Wasserinhaltsstoffen (Definiton, **punktueller/diffuse Quelle**)

Grenzwerte für **Wasserinhaltsstoffe** (*Grundsätze der Festlegung mit Beispielen*)

Eigenschaften, die aus einem Wasserinhaltsstoff einen **Schadstoff** machen

konservative Ionen (Beispiel; Verhalten; Methoden der Entfernung)

Härtebildner [Definitionen: Gesamthärte, Temporäre (Carbonat-) Härte, Permanente (Nichtcarbonat-) Härte; vor- und nachteilige Wirkung auf technische Prozesse sowie auf aquatische Ökosysteme]

Trinkwasseraufbereitung (Bsp. naturnaher Verfahren u. technischer Verfahren)

Abwasserbehandlung (Verfahrensstufen; Vor- und Nachteile zentraler u. dezentraler Konzepte)

Themenschwerpunkte

Eisen, Mangan, Aluminium [Randbedingungen für Auftreten in Hydrosphäre, Hydrolysereaktion, Trinkwasseraufbereitung (Probleme, organoleptischer Grenzwert, Entfernung) Pyritverwitterung/Acid Mine Drainage, Bodenpuffersysteme]

mikrobiologische Stoffkreisläufe (Stickstoff, Schwefel, Phosphor, Kohlenstoff), Sequenz der Elektronenakzeptoren, Eutrophierung)

gelöste Gase und **Stoffhaushalt** (Henry-Gesetz, anthropogene Beeinflussung der Sauerstoffkonzentration), Bedeutung für Standgewässer (Sauerstoffhaushalt in Abhängigkeit von Zirkulation/Stagnation)

Schwermetalle – wichtigste anorganische Wasserschadstoffe (Definition, allg. Eigenschaften, essentielle, nicht essentielle, Bioakkumulation, Sediment als Senke, Remobilisierungsprozesse)

As, Pb, Cd, Hg – Mobilität, Auftreten in wässriger Lsg., Toxizität, Entfernung

Zum Schluss: 3 x W (Was war wesentlich?)



Möglichkeiten der Einteilung von Wasserinhaltsstoffen

Faktoren, welche die Häufigkeit des Auftretens von Ionen bestimmen

Wasserinhaltsstoffe können sich verändern - diverse Prozesse

Begriffe (NOM, anthropogen, diffuse/punktuelle Quellen) ...

Grenzwerte, allgemeine Kriterien zur Festlegung

Zum Schluss: 3 x W (Was war wesentlich?)



NOM – Huminstoffe und Nichthuminstoffe

NOM – um Größenordnungen höhere Konzentrationen als anthropogene organische Wasserinhaltsstoffe

Nichthuminstoffe – Momentaufnahme, da oft weiterer Abbau, divers, eher niedermolekular

Bedeutsamer Huminstoffe – typische Eigenschaften!

NOM/Huminstoffe können in ihrer Größenordnung summarisch erfasst werden (DOC, SAK, CSB ...)

Grobe Einteilung: Humine (nicht wasserlöslich), Huminsäuren (nichtlöslich bei $\text{pH} < 2$), Fulvinsäuren (gut löslich)

Huminstoffe wichtig für natürliche und technische Prozesse!

Zum Schluss: 3 x W (Was war wesentlich?)

Faktoren für Umweltrelevanz? – Wirkung (Mensch, Ökosystem), Abbaubarkeit (chemisch, biologisch), Hydrophilie, Eintragsmengen

Maß für Hydrophilie/Akkumulationspotential n-Octanol/Wasser-Verteilungskoeffizient K_{OW}

K_{OW} -Wert wichtig - z. B. zur Abschätzung des Transportverhaltens

WCSI – Aussagen zur Eintragsmenge und zur Abbaubarkeit in Kläranlagen

Abwasserbehandlung: biologischer/chemischer Abbau, Sorption und Verflüchtigung bedeutsam

Abbaubarkeit hängt von Struktur der SOC und weiteren Randbedingungen ab

KKA – nicht zur Entfernung von SOC ausgelegt

Wirkung von SOC auf Mikroorganismen: von vollständigen Abbau bis Abtötung

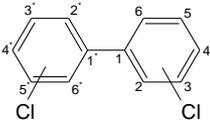
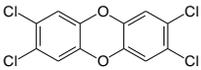
Wasseraufbereitung: SOC-Eliminierung vor allem bei Uferfiltration, A-Kohleadsorption, Oxidation und z. T. Belüftung

Zwischenfazit: 3 x W (Was war wesentlich?)

	Kennzeichen	Umweltverhalten	Aufbereitung	Sonstiges
<u><i>KW</i></u>	Nur C und H, aliphatisch bzw. ein aromatischer Ring (BTEX)	diverse Polarität, abbaubar	Adsorption, Abbau, (Oxidation)	Erdöl Gasaustausch
<u><i>PAK</i></u>	Verbund aromatischer Ringe, „BAY“-Region	ubiquitär, unpolar, schlecht abbaubar	Sorption, (Flockung, Oxidation, Abbau)	Verbrennung / Pyrolyse, nicht gezielt produziert
<u><i>Phenole</i></u>	Hydrogruppe am Ring	abbaubar, mittelpolar, Bestandteil NOM	Abbau, Oxidation, Adsorption	Säurecharakter „reaktions- freudig“

Zwischenfazit: 3 x W (Was war wesentlich?)

Halogenorganische Verbindungen – wichtige Gruppen

	Kennzeichen	Umweltverhalten	Aufbereitung	Sonstiges
<u>LHKW</u>	kleine Moleküle, zumeist aliphatisch, Cl aber auch Br enthaltend	flüchtig, eher hydrophil, abbaubar	A-Kohle-adsorption, Entgasung (UF)	große Herstellungsmengen
<u>Chlorphenole / -benzole</u>	1 bis 5 (6) Cl-Substituenten,	steigender Cl-Grad-Polarität, Abbau, Flüchtigkeit sinkt	A-Kohle (UF, Oxidation)	technisch bedeutsam
<u>PCB</u>	viele Congonere 	hohes Akkumulationspotential, persistent	kaum relevant (an Kolloiden) Adsorption	partikelgebundener Stofftransport
<u>PCDD / PCDF</u>	viele Congonere, toxisch: mittlere Cl-Zahl  2,3,7,8-TCDD	hohes Akkumulationspotential, persistent	kaum relevant (an Kolloiden) Adsorption	z. T. extrem toxisch

Zwischenfazit: 3 x W (Was war wesentlich?)

	Kennzeichen	Umweltverhalten	Aufbereitung	Sonstiges
<u>PSMBP</u>	chemisch sehr heterogen, oft Cl,	Divers, aber allgemein: mittelpolar, mittlere Abbaubarkeit	UF, Oxidation, Adsorption	Diverse Eintragsquellen in Wasserkreislauf
<u>Tenside</u>	polare Kopfgruppe, unpolarer Rest (kationisch, anionisch, zwitter, neutral)	ändern Oberflächenspannung, wasserlöslich, mittlerweile abbaubar	Abbau, Adsorption	Waschmittelbestandteil, Industriechemikalien, aber auch PCP ...
<u>Komplexbildner</u>	LEWIS-Basen, (z.B. N-, P-haltig)	wasserlöslich, z. T. schlecht abbaubar	Oxidation (Adsorption)	Industriechemikalien
<u>Emerging Pollutants</u>	Vielzahl funktioneller Gruppen, (oft sauer / basisch)	oft sehr polar, (pseudo-)persistent	Oxidation, Adsorption, Membrantechniken	Ultraspuren, ubiquitär, KKA-Ablauf

Zum Schluss: 3 × W (Was war wesentlich?)

Desinfektionsnebenprodukte

Einsatz von Cl_2 ; ClO_2 und Ozon; jeweils Vor-/Nachteile (Verfügbarkeit, Wirksamkeit, Depotwirkung?)

jeweils wichtige Nebenprodukte (Cl_2 : THM, Chlorphenole, Bromorganika; ClO_2 : Chlorit, Chlorat, Chlororganika; Ozon: Bromat, Bromorganika)

Anorganische WIS / Kationen

Eigenschaften, die aus einem Wasserinhaltsstoff einen **Schadstoff** machen

kationische Hauptinhaltsstoffe

„**konservative**“ Ionen (Beispiel; Verhalten; Methoden der Entfernung)

Härtebildner [Definitionen: Gesamthärte, Temporäre (Carbonat-) Härte, Permanente (Nichtcarbonat-) Härte; vor- und nachteilige Wirkung auf technische Prozesse sowie auf aquatische Ökosysteme]

Trinkwasseraufbereitung (Bsp. naturnaher Verfahren u. technischer Verfahren)

Abwasserbehandlung (Verfahrensstufen; Vor- und Nachteile zentraler u. dezentraler Konzepte)

Zum Schluss: 3 × W (Was war wesentlich?)

Ammoniumionen (mikrobieller Stickstoffkreislauf, Bildungsreaktionen, pK_S , Ökotoxizität der korrespondierenden Base)

Eisen, Mangan [Randbedingungen für Auftreten in Hydrosphäre, Hydrolysereaktion, Trinkwasseraufbereitung (Probleme, organoleptischer Grenzwert, Entfernung)
Pyritverwitterung/Acid Main Drainage]

Aluminium [Randbedingungen für Auftreten in Hydrosphäre (pH, DOC, etc.), Bodenpuffersysteme]

Zum Schluss: 3 × W (Was war wesentlich?)

Cl⁻ [konservatives Verhalten, organoleptischer Grenzwert, Entfernung]

HCO₃⁻ [natürliche Eintragspfade (Atmung, Kalk-Kohlensäure-Glg.), Säure-Base-Reaktionen, Bedeutung als natürliches Puffersystem]

SO₄²⁻ [mikrobieller Schwefelkreislauf (Desulfurikation, Sulfurikation), organoleptischer Grenzwert, Bildung von Ettringit]

NO₃⁻ [mikrobieller Stickstoffkreislauf, Bildung und Abbau (Nitratatmung), humantoxikologisch begründeter Grenzwert (Erläuterung der Primär-, Sekundär- und Tertiärwirkung), Sequenz der Elektronenakzeptoren (Atmung)]

HPO₄²⁻/ H₂PO₄⁻

[Säure-Base-Glg., Grenzwert im Abwasser (limitierender Nährstoff in aquatischen Ökosystemen, Eutrophierung, natürlicher Phosphorkreislauf in Standgewässern (Trophie, Remobilisierung von Phosphor))

Zum Schluss: 3 × W (Was war wesentlich?)

Henry-Gesetz zur Quantifizierung des Gleichgewichts von gelösten Gasen

O₂ [Bedeutung für Hydrosphäre (Eintrag, Verbrauch), Prozesse die den physikalischen Eintrag (negativ) beeinflussen, Kinetik des Eintrags (Streeter-Phelps-Berechnung)]

CO₂ [Eintrag und Verbrauch in Hydrosphäre, Säure-Base-Ggw., Kalk-Kohlensäure-Ggw. pH-Wert-Berechnung, Entfernung in Trinkwasseraufbereitung]

H₂S [Quellen, Indikator für reduzierendes Milieu, Säure-Base-Ggw., Entfernung in der Trinkwasseraufbereitung]

Zum Schluss: 3 × W (Was war wesentlich?)

allgemein:

Definition Schwermetalle (Dichte, Konzentrationsbereich)

Begriffserklärung: essentiell und nichtessentiell

Bioakkumulation (BCF, Biokonzentration/Biomagnifikation)

Sedimente als Schwermetallsenke

Schwermetallremobilisierung (4 Prozesse)

Themenschwerpunkte

Eisen, Mangan, Aluminium [Randbedingungen für Auftreten in Hydrosphäre, Hydrolysereaktion, Trinkwasseraufbereitung (Probleme, organoleptischer Grenzwert, Entfernung) Pyritverwitterung/Acid Mine Drainage, Bodenpuffersysteme]

mikrobiologische Stoffkreisläufe (Stickstoff, Schwefel, Phosphor, Kohlenstoff), Sequenz der Elektronenakzeptoren, Eutrophierung)

gelöste Gase und **Stoffhaushalt** (Henry-Gesetz, anthropogene Beeinflussung der Sauerstoffkonzentration), Bedeutung für Standgewässer (Sauerstoffhaushalt in Abhängigkeit von Zirkulation/Stagnation)

Schwermetalle – wichtigste anorganische Wasserschadstoffe (Definition, allg. Eigenschaften, essentielle, nicht essentielle, Bioakkumulation, Sediment als Senke, Remobilisierungsprozesse)

As, Pb, Cd, Hg – Mobilität, Auftreten in wässriger Lsg., Toxizität, Entfernung