

Gewässerschutz

Schutz und nachhaltige Bewirtschaftung von Gewässern - Grundlagen

Einführung

Gewässerschutz - wozu?

Nicht um ökologischen Phantastereien nachzuhängen, sondern um

- **die Lebensgrundlagen des Menschen zu schützen und zu sichern (Wasser ist das wichtigste Lebensmittel!),**
- **unseren Kindern und Enkeln die aquatische Flora und Fauna und Naturausstattung zu bewahren,**
- **die Selbstreinigungskraft der Gewässer zu erhalten**
und
- **die Gewässer auch in Zukunft durch eine nachhaltige Bewirtschaftung als nutzbares Gut zu schützen.**

Gewässerschutz - wozu?

Beispiele für Aufgaben eines Bauingenieurs im Umweltschutz:

- Bau von Wasserwerken oder Kläranlagen,
- Bau von Hochwasser- und Küstenschutzanlagen
- Gewässerausbau einschließlich Wasserbauwerke,
- Bau von Anlagen zur Regenwasserbehandlung und -versickerung,
- Kanal- und Rohrnetzbau,

sowie

- Planung und Projektierung aller vorgenannten Bauvorhaben.

Gewässerschutz - wozu?

Ein Bauingenieur im Umweltschutz:

- trägt aktiv zum Gewässerschutz bei, indem er entsprechende Anlagen plant, projiziert oder baut

und

- muss selbst beim Bau – aber auch beim Abriss - von Anlagen die Anforderungen an den Gewässerschutz erfüllen, z. B. bezüglich
 - rechtzeitiges Einholen erforderlicher behördlicher Genehmigungen und Erfüllung erteilter Auflagen
 - Einhaltung der Vorschriften in Schutzzonen zur Wassergewinnung oder in Hochwassergebieten,
 - ordnungsgemäße Entsorgung von Bau- und Abbruchabfällen,
 - ordnungsgemäßer Umgang mit Treib- und Schmierstoffen für Baumaschinen und Fahrzeuge

Wozu dienen uns Gewässer?

Beispiele für Zielkonflikte und konkurrierende Nutzungsziele

Abwassereinleitungen vs. Trinkwassergewinnung, Badewassernutzung, Fischfang, Bewässerung, Entnahme von Tränkwasser etc.

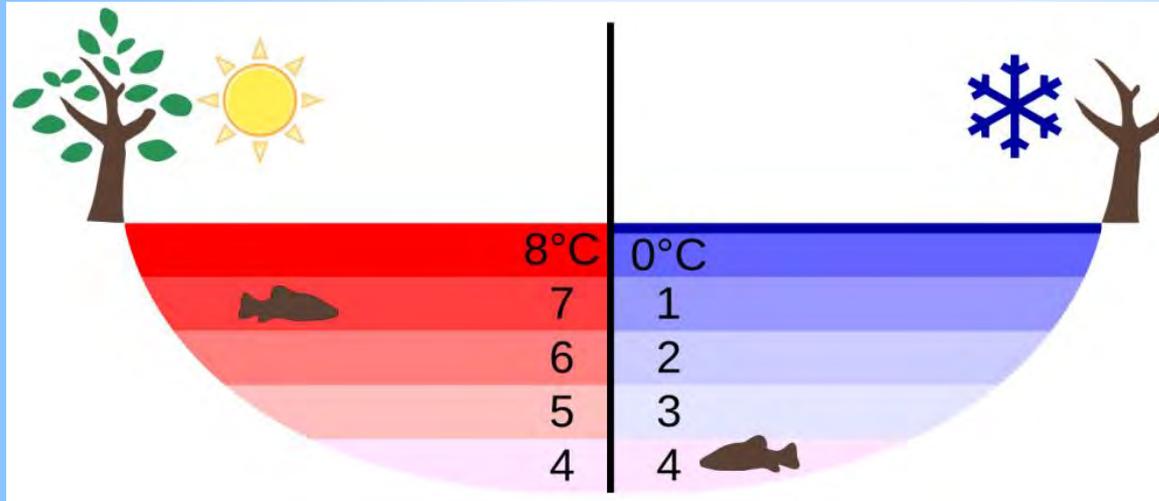
Nutzung von Talsperren für die Naherholung vs. Hochwasserschutz / Erzeugung und Speicherung von Elektroenergie

Schiffahrtsgerechter Ausbau der Flüsse und Kanäle vs. naturnahe Gewässer für die Erholungsnutzung

Entnahme von Oberflächenwasser zur Bewässerung oder zu Kühlzwecken vs. landschaftsnotwendiger Mindestabfluss

Einige Besonderheiten des Wassers

- Dichteanomalie: Höchste Dichte bei $+4^{\circ}\text{C}$;
bei tieferen Temperaturen nimmt die Dichte wieder ab, so dass Eis, z. B. mit -5°C leichter ist als Wasser von 2°C oder 0°C



aus Wikipedia

http://de.wikipedia.org/wiki/Anomalie_des_Wassers#Wasser

- Wassermoleküle sind Dipole – Wasser ist ein guter elektrischer Leiter
- Wasser ist ein schlechter Wärmeleiter, aber ein sehr guter Wärme- bzw. Kältespeicher
- „Wasser ist die einzige chemische Verbindung auf der Erde, die in der Natur als Flüssigkeit, als Festkörper und als Gas vorkommt“ (Wikipedia, Wasser).
- Wasser hat – nach Quecksilber - die zweitgrößte Oberflächenspannung aller Flüssigkeiten

Einteilung der Gewässer

Unterschiede:
Salzgehalt, Tiefe,
tägliche und
jahreszeitliche
Schwankungen
der Temperatur,
Besiedlung

Limnische
Gewässer
(Süßgewässer)

Marine
Gewässer
(Salzgewässer)

Oberflächengewässer

Grundwasser

Stehende
Gewässer

Fließende
Gewässer

**Focus der
Lehrveranstaltungen**

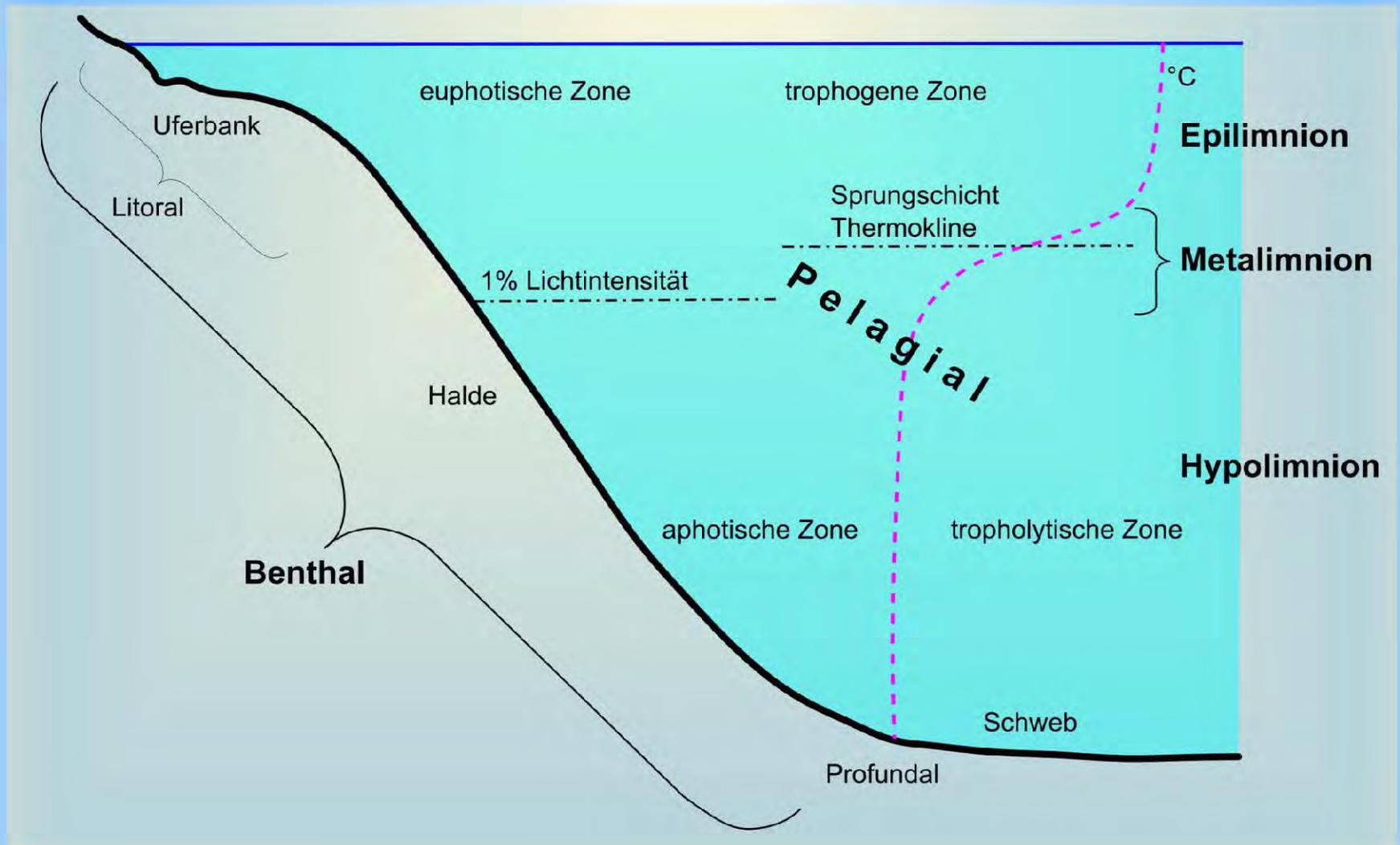
Unterschied Fließ- und Standgewässer

- Fließgewässer:** Die Wasserbewegung folgt dem Gefälle und ist stets turbulent (nicht laminar). Die Fließgeschwindigkeit nimmt mit abnehmendem Gefälle ab und hängt von der Wasserführung, der Querschnittsbreite und der Rauigkeit des Gerinnes ab [SCHWOERBEL, 1984]. Sie sind „...durch mehr oder weniger starke Strömung und durch ständige Durchmischung gekennzeichnet“ [BESCH et al., 1992].
- Standgewässer:** „Im Stoffhaushalt der stehenden Gewässer spielen die frei im Wasser schwebenden Planktonorganismen eine dominierende Rolle“ [BESCH et al., 1992].

Fließgewässerzonen

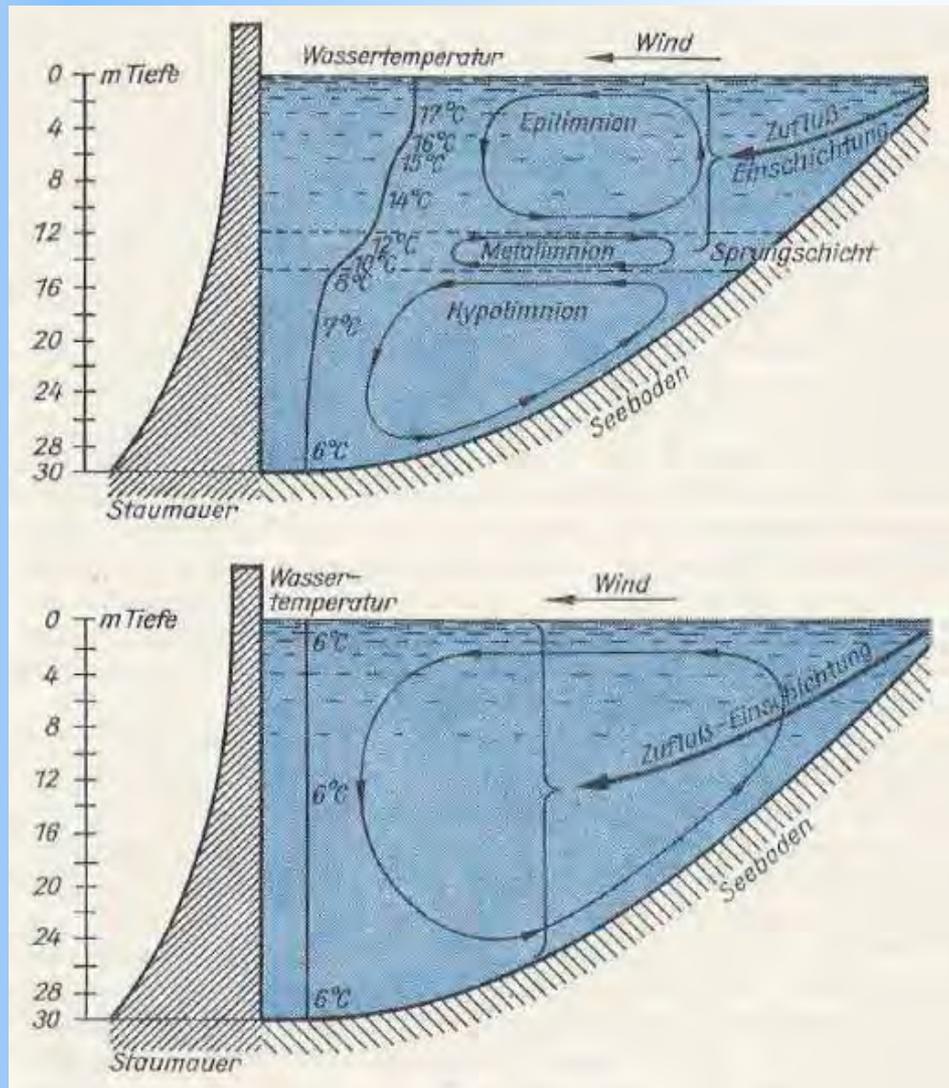
Gewässerskizze aus [BESCH et al., 1992], umgezeichnet	Zonierung nach Gefälle und Temperatur nach [SCHWOERBEL, 1984]	Fischzonen nach [SCHWOERBEL, 1984]		
	Krenal (Quellzone)	-	-	
	Epirithral (obere Zone)	Obere Forellenregion	} Salmoniden -region	
	Metarithral (mittlere Zone)	Untere Forellenregion		
	Hyporithral (untere Zone)	Äschenregion		
	Epipotamal (obere Zone)	} Potamal (Zone des Tiefland- flusses)	Barbenregion	} Cypriniden -region
	Metapotamal (mittlere Zone)		Blei- oder Brachsenregion	
	Hypopotamal (untere Zone)		Kaulbarsch- Flunder-Region	(Mündungs- gebiet)

Standgewässerzonen (während der Sommerstagnation)



aus [DOKULIL et. al., 2001], umgezeichnet

Sommerstagnation und Vollzirkulation



Sommerstagnation und Vollzirkulation im Frühjahr und im Herbst in einer Trinkwassertalsperre im Harz

aus [BEUSCHOLD, 1984]

Arten von Fließ- und Standgewässern

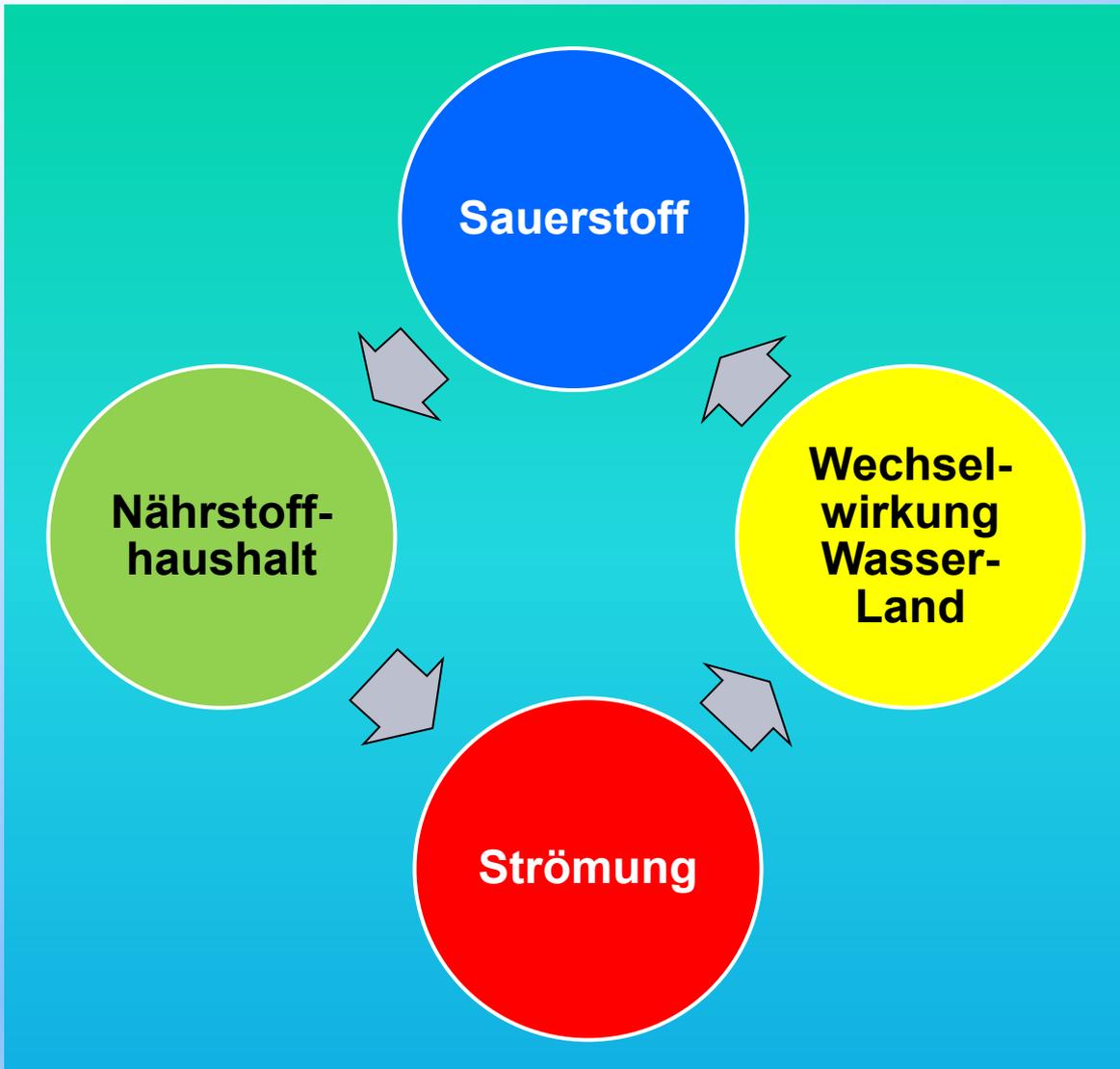
Fließgewässer:

- Quellen und Quellabflüsse
- Gebirgsbäche
- Flüsse
- Große Ströme
- Kanäle

Stehende Gewässer:

- Seen
- Weiher
- Teiche, Tümpel
- Tagebaurestseen / Baggerseen
- Talsperren

Besonderheiten von Fließgewässern



Besonderheiten von Fließgewässern

Nährstoffkreislauf

Stoffkreislauf in Fließgewässern nicht geschlossen, d. h., Abdrift von Nährstoffen muss ständig ersetzt werden durch Zufluss von oberhalb

Sauerstoff

Grenzschicht zur Luft bei Fließgewässern im Vergleich zum Wasserkörper sehr groß (geringe Wassertiefe), Wasser ständig durchmischt (turbulente Strömung), dadurch sehr gute Sauerstoffversorgung

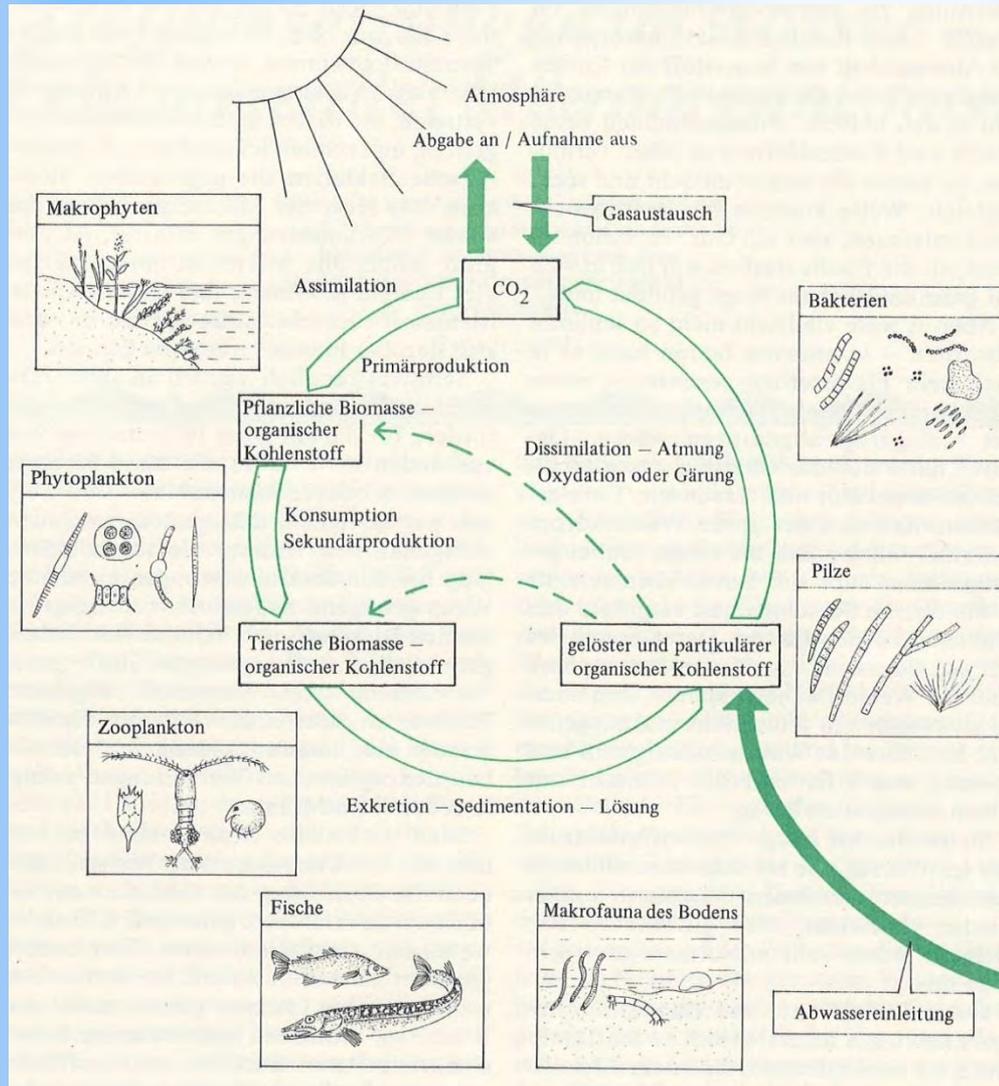
Strömung

abschnittsweise stark schwankend. Höchste Fließgeschwindigkeit nahe der Wasseroberfläche über der tiefsten Stelle des Flussbetts. Eintiefungen und Kolke bremsen Strömung, dort Stillwasserzonen mit Besiedlung wie bei Standgewässern möglich.

Wechselwirkung Wasser-Land

Fließgewässer haben enge Wechselwirkung zu den umgebenden Landökosystemen (Grund: Länge der Flüsse, geringe Tiefe im Verhältnis zur Wassermenge)

Stoffumsetzungen im Gewässer



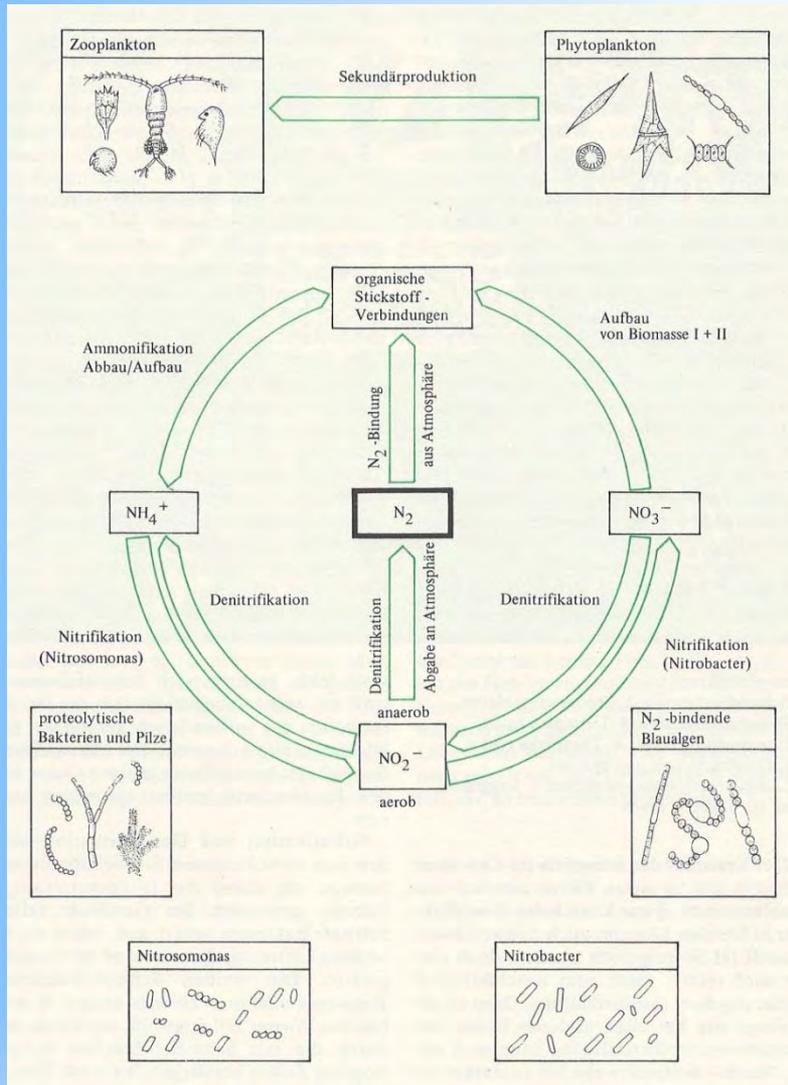
Kohlenstoffkreislauf nach [KALBE, 1985]:
Produzenten (= autotrophe Organismen) assimilieren CO_2 aus der Atmosphäre unter Aufnahme von Energie (Sonnenlicht) zu pflanzlicher Biomasse,

diese ist Nahrungsgrundlage für alle **Konsumenten** (= heterotrophe Organismen) in der weiteren „Fresskette“.

Exkrete und tote organische Biomasse (Detritus) werden von **Destruenten**, (Pilze, Bakterien), zwecks Energiegewinn unter Aufnahme von Sauerstoff „veratmet“ (dissimiliert). Hierbei entstehen CO_2 und mineralische Substanzen (P, N). Im anaeroben Milieu erfolgt Vergärung, Methan und CO_2 entstehen.

Stoffumsetzungen im Gewässer

Stickstoffkreislauf nach [KALBE, 1985]:

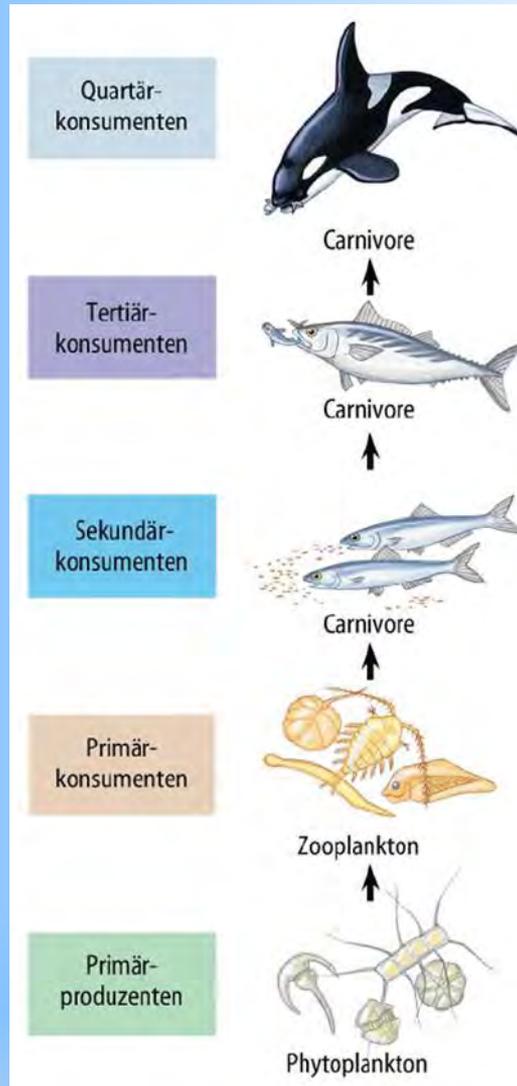


Organische Stickstoffverbindungen werden gespalten, entweder durch Hydrolyse (z. B. Harnstoff) oder von heterotrophen Organismen (z. B. Eiweiß). Dabei entsteht Ammonium. Dieses wird von autotrophen Mikroorganismen zu Nitrit und Nitrat oxidiert (Nitrifikation).

Nitrit, Nitrat und Ammonium sind wichtige Mineralstoffe für die Primärproduzenten. Einige Bakterien und Algen vermögen aber auch molekularen Stickstoff direkt aus der Atmosphäre zu binden.

Im anoxischen Milieu findet eine Zersetzung der Nitrate statt, weil heterotrophe Organismen den Sauerstoff im Nitratmolekül zur Dissimilation benötigen. Dabei entsteht elementarer Stickstoff, der in die Atmosphäre entweicht.

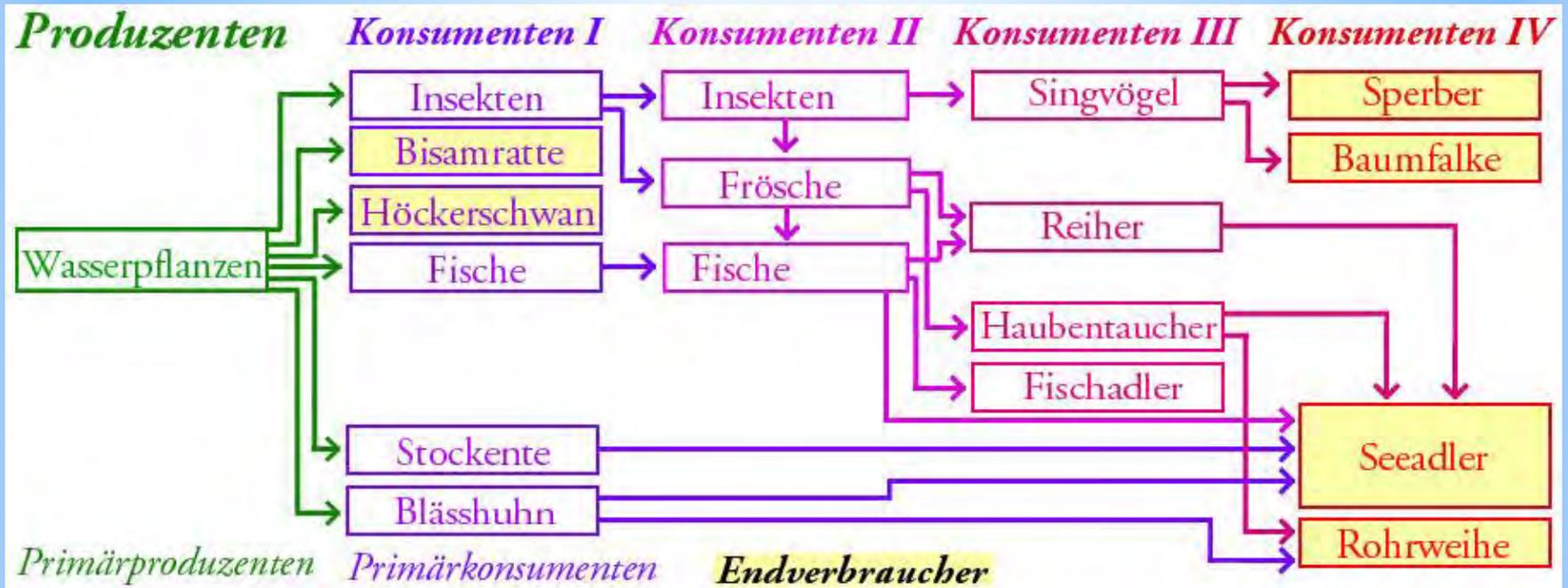
Stoffumsetzungen im Gewässer



Marine „Fresskette“

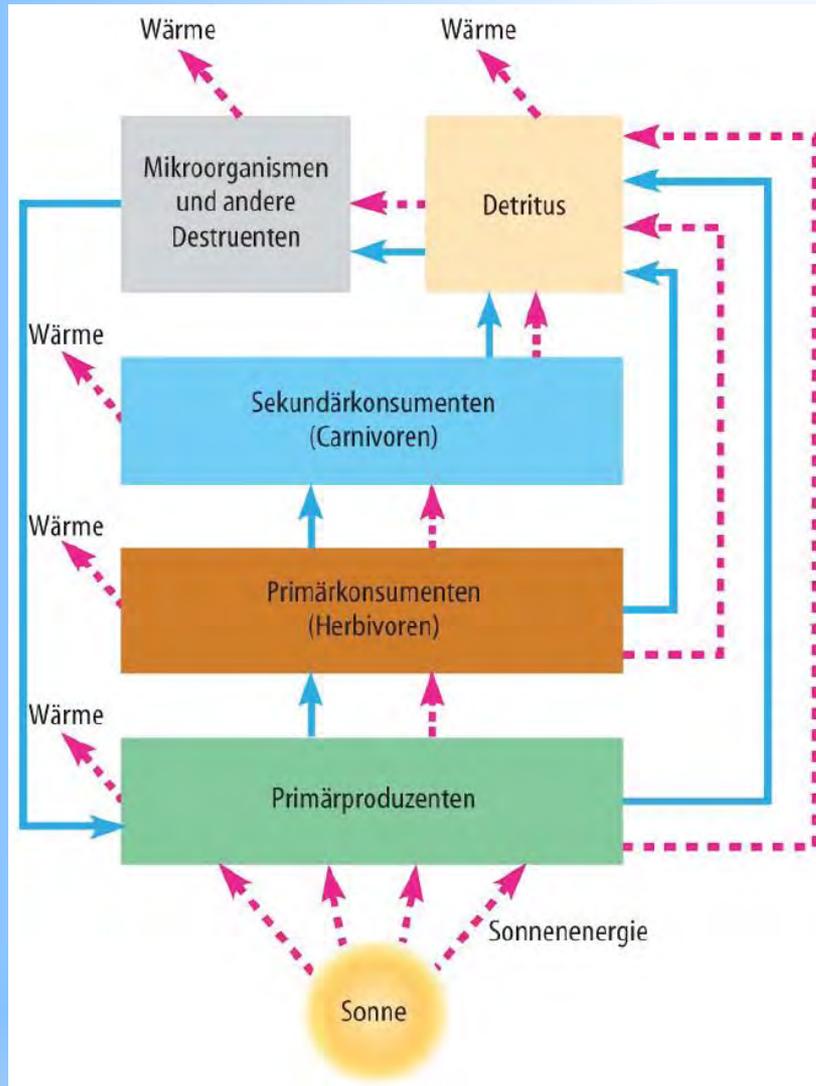
(aus www.israng.ch/downloads/presentationen_pdf/oekologie_sf.pdf)

Stoffumsetzungen im Gewässer



Schematische Darstellung einer Nahrungskette in einem europäischen See (ohne Destruenten) (aus <http://de.wikipedia.org/wiki/Trophieniveau>)

Stoffumsetzungen im Gewässer



Energie- und Stoffkreislauf (aus www.israng.ch/downloads/presentationen_pdf/oekologie_sf.pdf):

Energiefluss (rote gestrichelte Pfeillinie) und Stofftransport (blaue Pfeile) in einem Ökosystem.

Gewässerschutz

Schutz und nachhaltige Bewirtschaftung von Gewässern - Grundlagen

**Gewässergüteklassifizierung mit Hilfe von Saprobienindex
und Trophiegrad (vor Inkrafttreten der WRRL)**

Gewässergüte vor Inkrafttreten d. WRRL

Fließgewässer: Saprobiensystem zur Kennzeichnung des ökologischen Zustands und chemische und physikalische Parameter zur Beurteilung der Gewässerbeschaffenheit.

Standgewässer: Trophiestufen zur Kennzeichnung des ökologischen Zustands und chemische und physikalische Parameter zur Beurteilung der Gewässerbeschaffenheit.

Trophie & Saprobie

Biomasse und Umsatz der **autotrophen** Organismen (Produzenten) kennzeichnen die **Trophie** (Trophie = Intensität der Primärproduktion),
Biomasse und Umsatz der **heterotrophen** Organismen (Destruenten) kennzeichnen die **Saprobie** eines Gewässers (griech. sapos: faul, Saprobien sind Organismen, die von fäulnisfähigen Stoffen leben).

Selbstreinigung

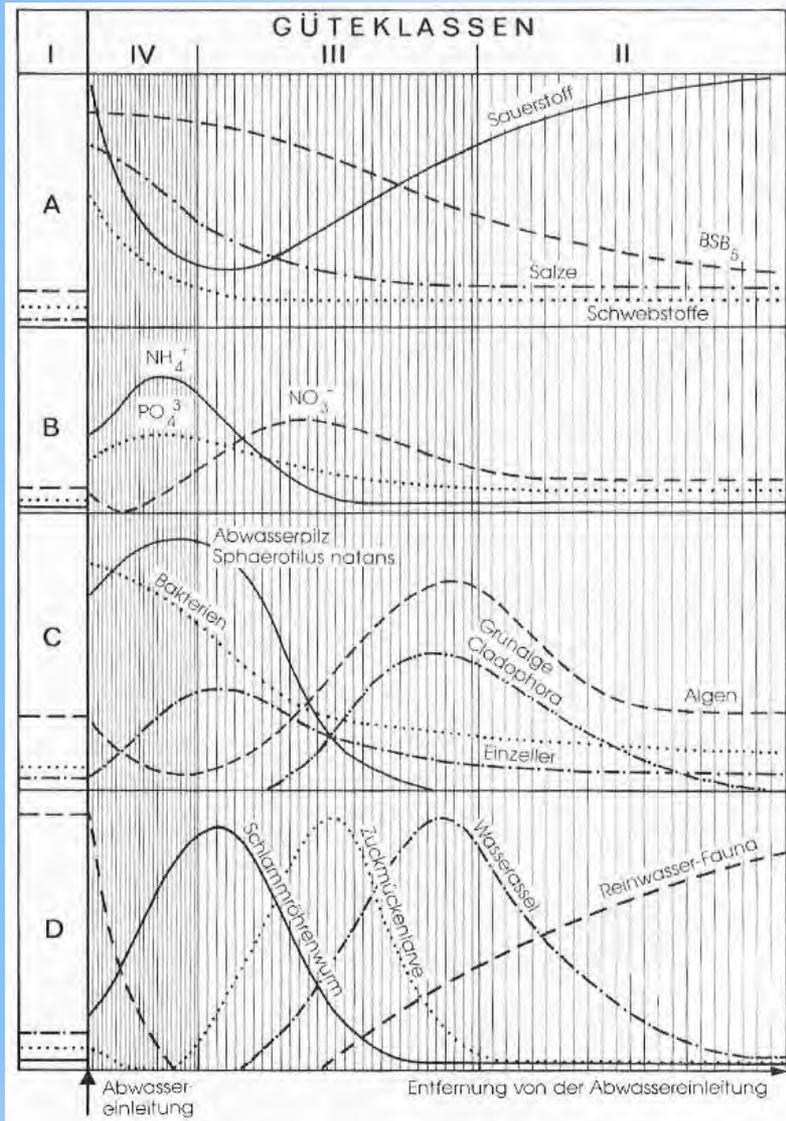
„Durch die Zufuhr von organischen abbaubaren Abwässern werden die Nahrungsverhältnisse für die heterotrophen Mikroorganismen im Gewässer verbessert und das Gleichgewicht von Trophie und Saprobie wird gestört. Diese Verschiebung des Verhältnisses von Trophie zu Saprobie zugunsten der Saprobie ist ein regulativer Vorgang des Gewässers, bei dem sich die Biozönose auf eine gesteigerte Abbauleistung einstellt. Mit dieser **Adaptation der Biozönose** beginnt im Gewässer die **Selbstreinigung**, in deren weiterem Verlauf durch die Aktivität der Mikroorganismen die organischen Stoffe abgebaut, mineralisiert und inkorporiert werden. Die Selbstreinigung stellt in ihrem Verlauf das Gleichgewicht von Saprobie und Trophie im Gewässer wieder her.“

aus [SCHWOERBEL, 1984]

Selbstreinigung

Verhalten unterschiedlicher Parameter in einer Selbstreinigungsstrecke

aus [VDG, 1992]



Fließgewässer: Saprobien-system

Das Saprobien-system beschreibt anhand des Makrozoobenthos den Sauerstoffhaushalt der Fließgewässer.

Die einzelnen Arten der Saprobien (Indikatororganismen) sind i.a. charakteristisch für einen bestimmten Grad der Belastung mit abbaubaren organischen Stoffen. Das klassische Saprobien-system nach Kolkwitz und Marsson (1908/09 entwickelt) nimmt eine Zuordnung der Saprobien zu 4 verschiedenen Belastungsstufen in Gewässern bzw. in deren Teilbereichen vor. Auf diese Weise kann aus der Besiedlung eines Gewässerabschnitts auf seine Beschaffenheit geschlossen werden.

Makrozoobenthos: mit bloßem Auge erkennbare wirbellose Tiere, die auf oder in der Gewässersohle leben)

Fließgewässer: Saprobien-system

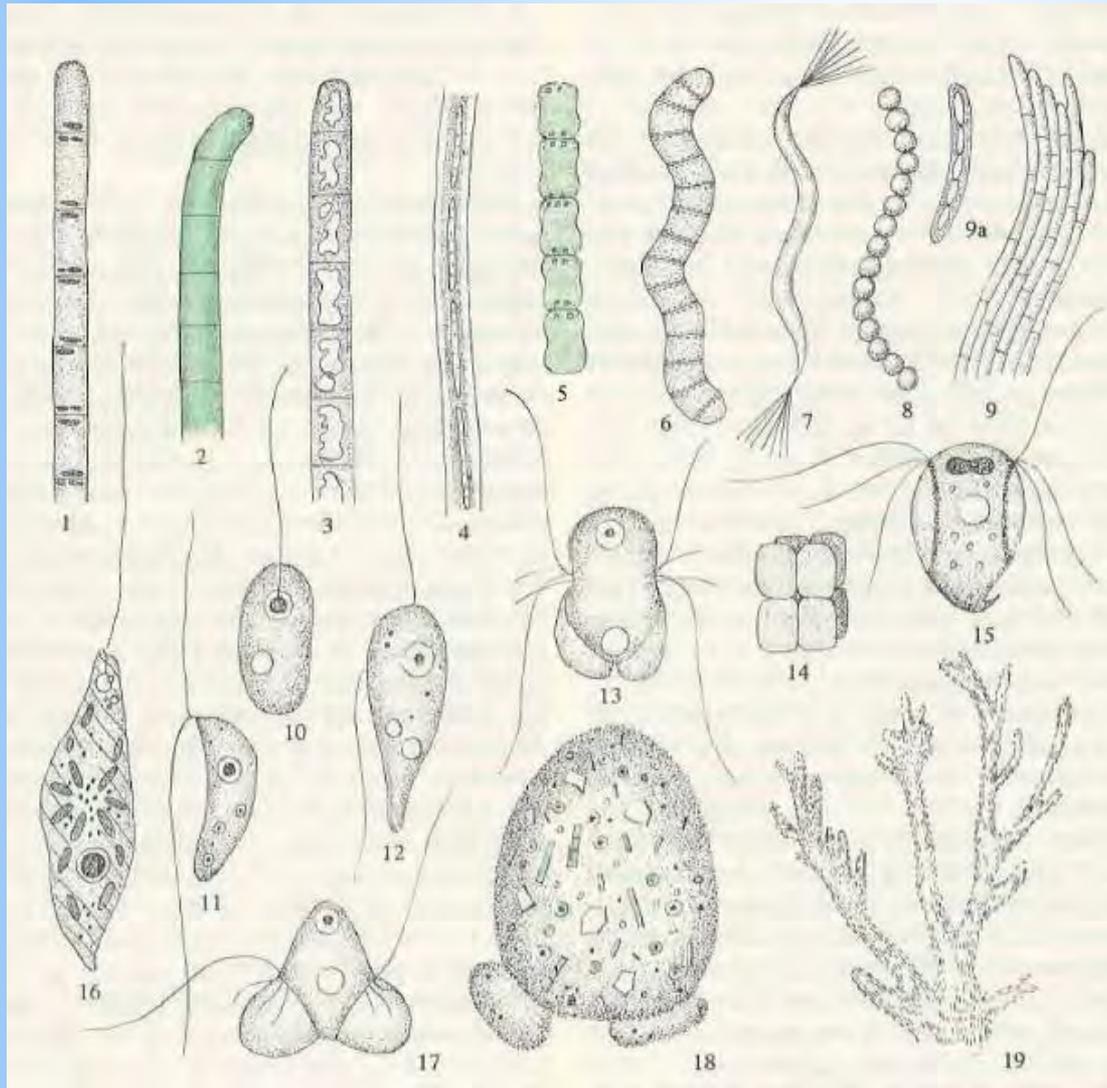
Staffelung der Gewässergüte im Saprobien-system:

oligosaprob	nicht oder kaum belastet
β-mesosaprob	mäßig belastet
α-mesosaprob	stark verschmutzt
polysaprob	übermäßig verschmutzt

Bis zum Inkrafttreten der Wasserrahmenrichtlinie der EU (**WRRL**) diente das Saprobien-system zur Kennzeichnung des ökologischen Zustands der Fließgewässer.

Einige Leitorganismen der verschiedenen Zonen sind auf den folgenden Folien dargestellt. Dabei ist zu beachten, dass die Organismen des Makrozoobenthos sich nicht immer streng nach der ihnen zugedachten Zone „richten“, sondern durchaus auch in anderen Zonen anzutreffen sind. Diese Erkenntnis hat dazu geführt, dass die Tabellen der Leitorganismen in der Vergangenheit mehrfach korrigiert und erweitert worden sind.

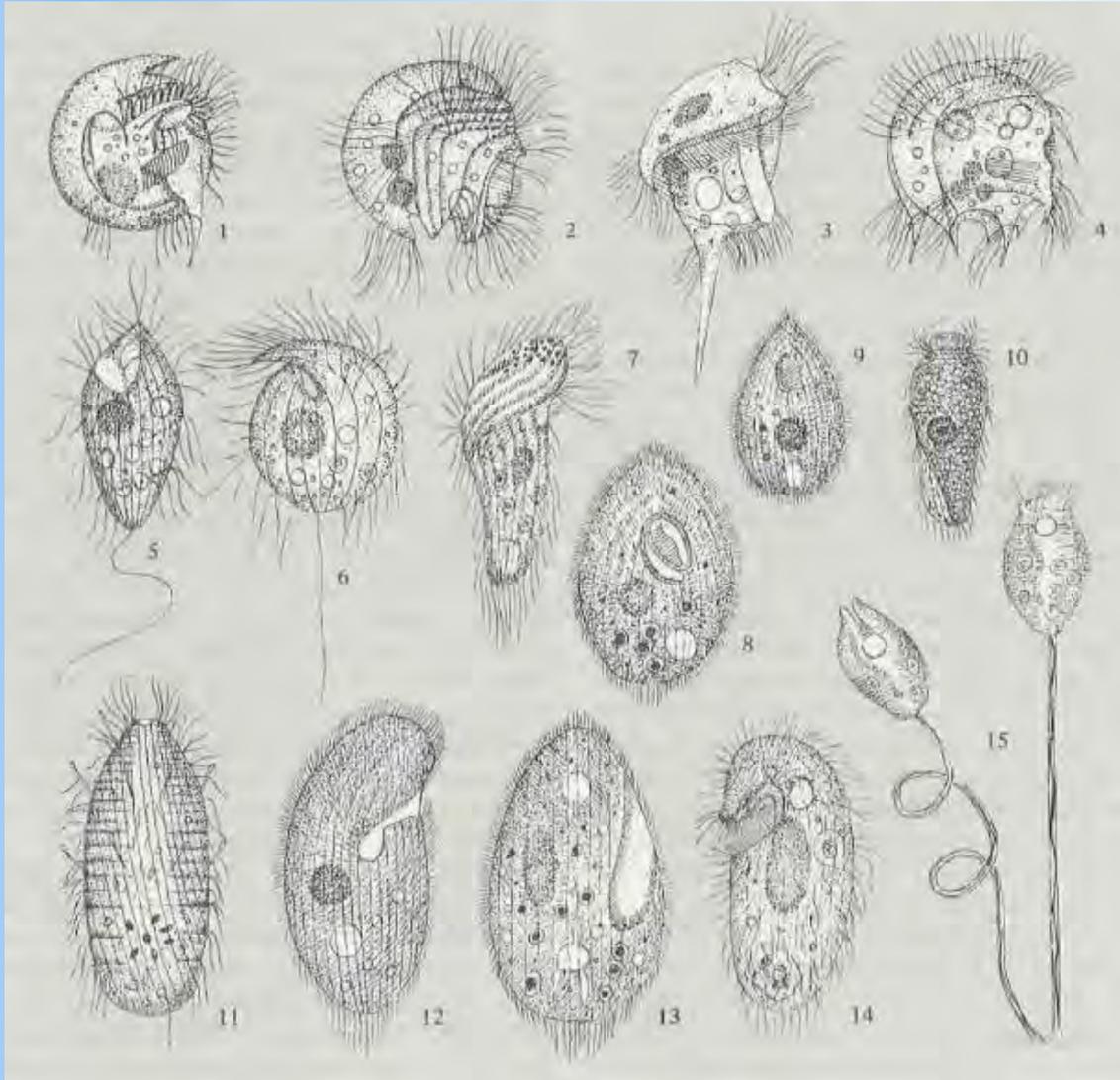
Fließgewässer: Polysaprobier I



- 1 *Oscillatoria putrida*,
- 2 *Oscillatoria chlorina*,
- 3 *Oscillatoria lauterbornii*,
- 4 *Sphaerotilus natans*,
- 5 *Anabaena constricta*,
- 6 *Spirulina yeneri*,
- 7 *Spirillum undulans*,
- 8 *Streptococcus margaritaceus*,
- 9 *Peloploca undulata*,
- 9a Einzelzelle,
- 10 *Oicomonas mutabilis*,
- 11 *Bodo putrinus*,
- 12 *Cercobodo longicauda*,
- 13 *Trepomonas rotans*,
- 14 *Sarcina paludosa*,
- 15 *Trigonomonas compressa*,
- 16 *Euglena viridis*,
- 17 *Trepomonas agilis*,
- 18 *Pelomyxa palustris*,
- 19 *Zoogloea ramigera*

aus [KALBE, 1985]

Fließgewässer: Polysaprobier II

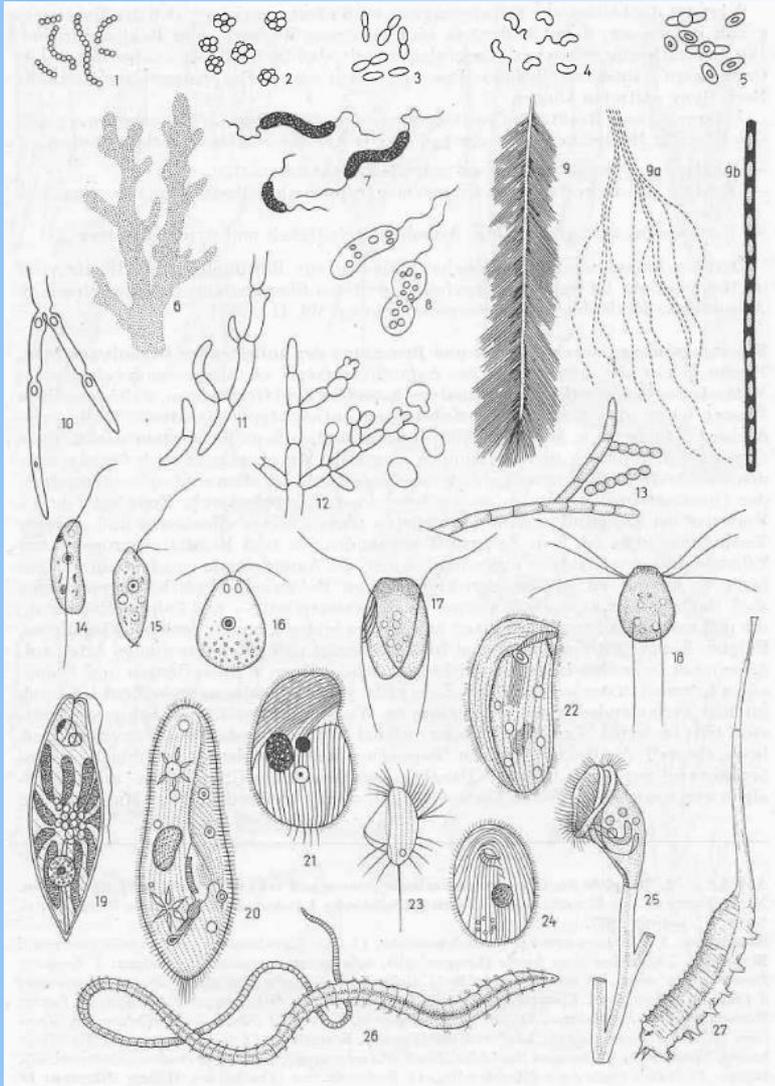


Wimpertierchen

- 1 *Discomorpha pectinata*,
- 2 *Pelodinium reniforme*,
- 3 *Caenomorpha medusula*,
- 4 *Saprodinium dentatum*,
- 5 *Trimyema compressum*,
- 6 *Hexotricha caudata*,
- 7 *Metopus sigmoides*,
- 8 *Glaucoma scintillans*,
- 9 *Glaucoma pyriformis*,
- 10 *Lagynus elegans*,
- 11 *Enchelys vermicularis*,
- 12 *Colpidium colpoda*,
- 13 *Paramecium putrinum*,
- 14 *Plagiopyla nasuta*,
- 15 *Vorticella microstoma*

aus [KALBE, 1985]

Fließgewässer: Polysaprobier III



Bakterien: 1 *Micrococcus*, 2 *Sarcina*, 3 Kurzstäbchen, 4 *Vibrio*, 5 *Bacillus*, 6 *Zoogloea* (Bäumchenbakterien), 7 *Rhodospirillum*, 8 *Chromatium*, 9 ***Sphaerotilus*** (natürliche Größe; 9a stark, 9b sehr stark vergrößert).

Pilze: 10 *Leptomitus*, 11 *Fusarium*, 12 *Candida*, 13 *Geotrichum*.

Geißelorganismen: 14 *Bodo caudatus*, 15 *Monas termo*, 16 *Polytoma uvella*, 17 *Trepomonas rotans*, 18 *Tetramitus pyriformis*, 19 *Euglena viridis*.

Ciliaten (Wimpertierchen): 20 *Paramecium caudatum* (Pantoffeltierchen), 21 *Colpidium colpoda*, 22 *Chilodonella cucullulus*, 23 *Cyclidium elongatum*, 24 *Glaucoma scintillans*, 25 *Carchesium polypinum*.

Borstenwürmer: 26 ***Tubifex*** (Schlammröhrenwurm).

Insektenlarven: 27 *Eristalomyia*.

aus [BUSCH, UHLMANN & WEISE, 1983]

Fließgewässer: Polysaprobier



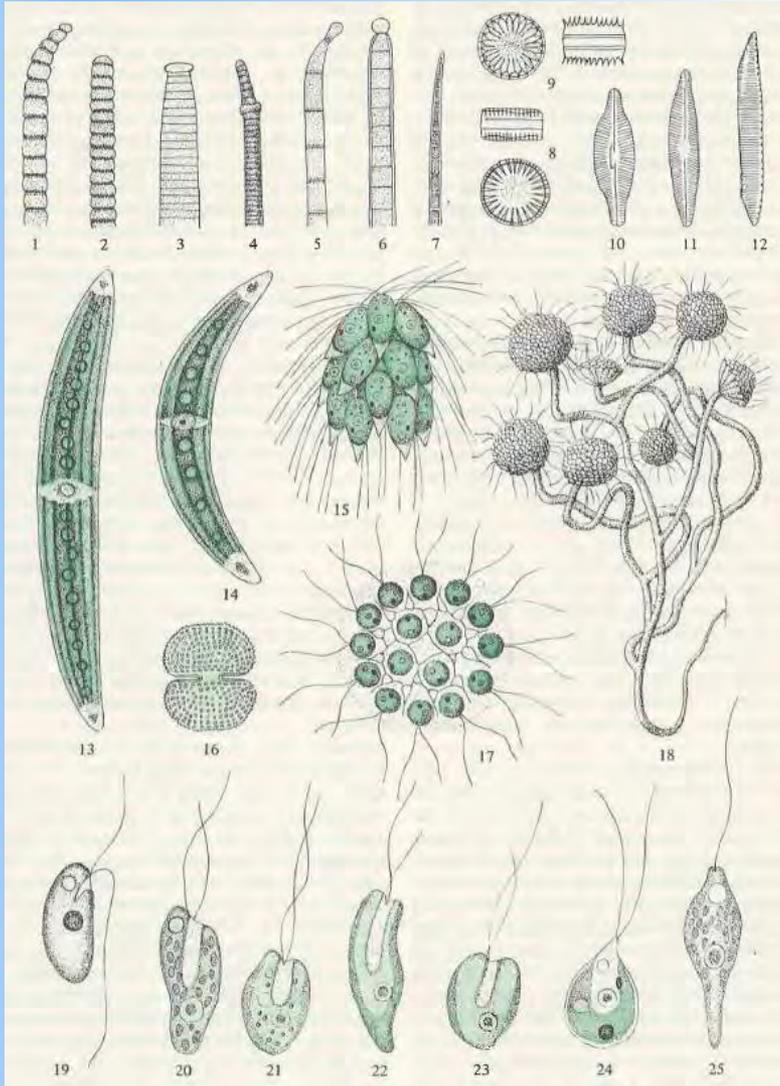
Sphaerotilus natans mit schmutzig-milchiger Färbung der Gewässersohle

Fließgewässer: α -Mesosaprobier I

Blualgen, Kieselalgen, Jochalgen, Geißelorganismen

- 1 *Oscillatoria formosa*, 2 *Oscillatoria tenuis*,
- 3 *Oscillatoria princeps*, 4 *Oscillatoria brevis*,
- 5 *Oscillatoria splendida*, 6 *Phormidium autumnale*,
- 7 *Phormidium foveolarum*, 8 *Cyclotella meneghiniana*,
- 9 *Stephanodiscus hantzschii*, 10 *Navicula viridula*,
- 11 *Navicula cryptocephala*, 12 *Nitzschia palea*,
- 13 *Closterium acerosum*, 14 *Closterium leibleinii*,
- 15 *Spondylomorom quaternarium*, 16 *Cosmarium botrytis*,
- 17 *Gonium pectorale*, 18 *Anthophysa vegetans*,
- 19 *Bodo saltans*, 20 *Chilomonas paramaecium*,
- 21 *Cryptomonas erosa*, 22 *Cryptomonas rostratiformis*,
- 23 *Cryptomonas ovata*, 24 Chlamydomonas-Art,
- 25 *Astasia klebsii*

aus [KALBE, 1985]

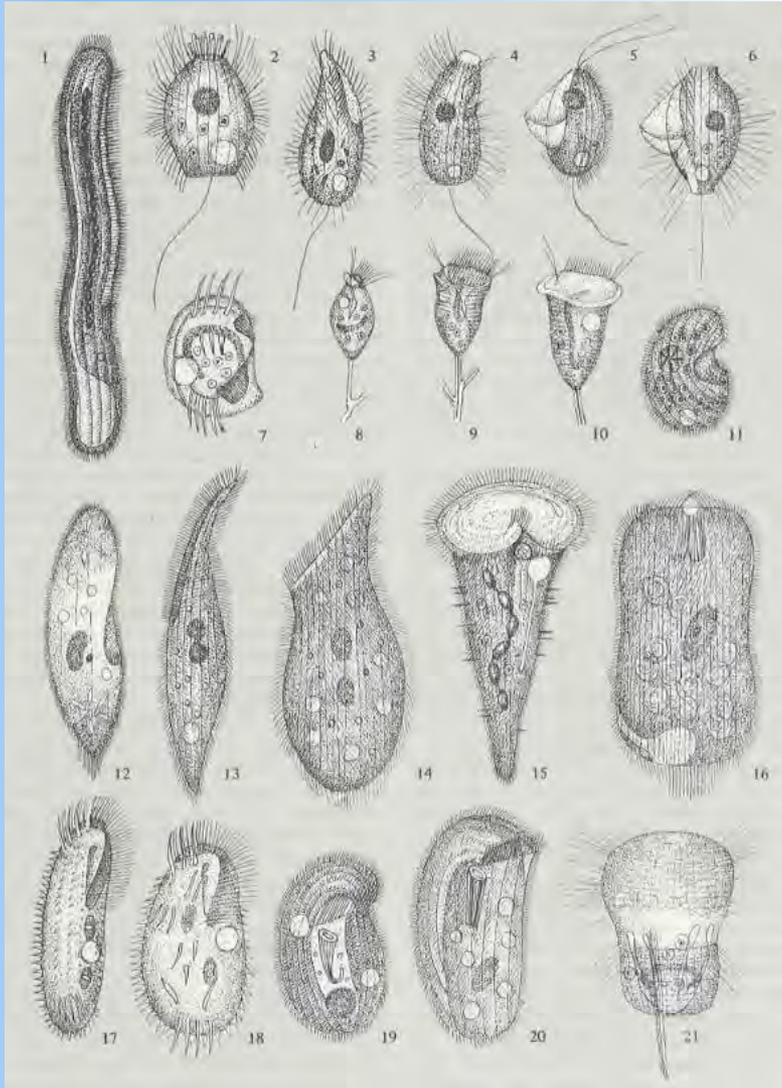


Fließgewässer: α -Mesosaprobier II

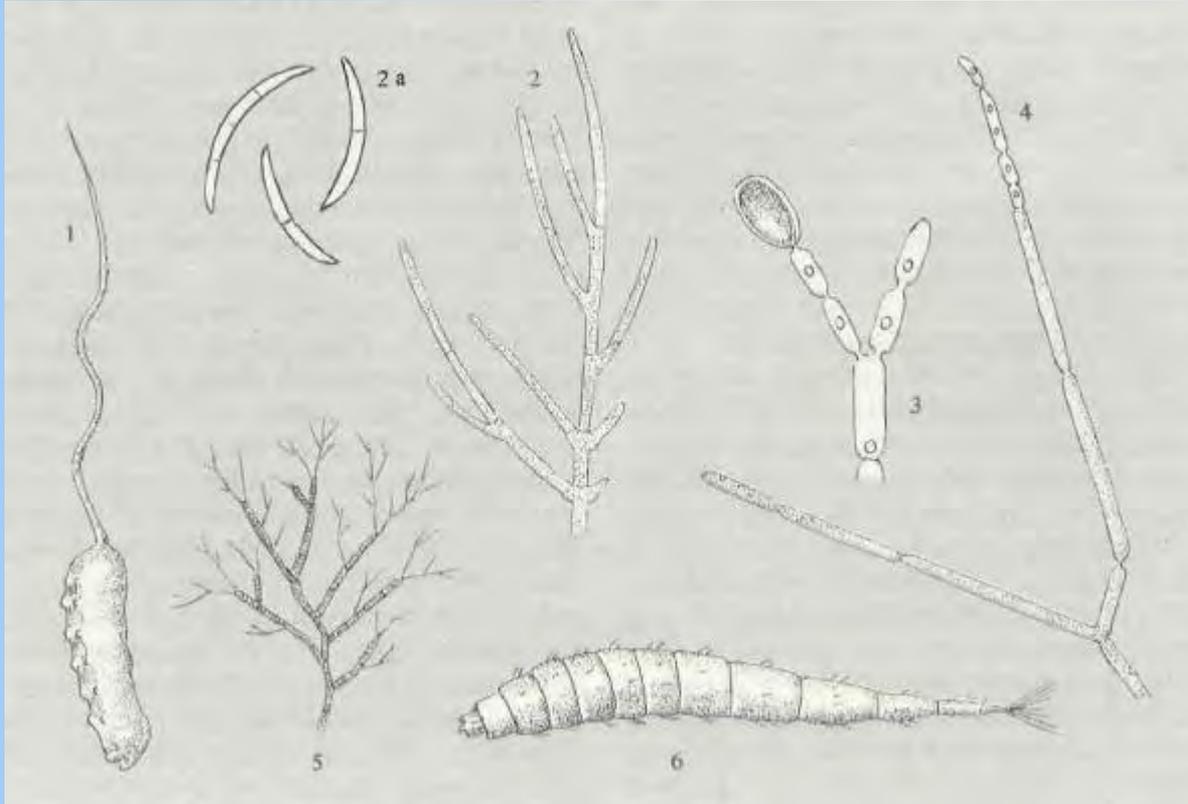
Wimpertierchen

- 1 Spirostomum ambiguum, 2 Urotricha farcta,
- 3 Lembus pusillus, 4 Uronema marinum,
- 5 Cyclidium lanuginosum, 6 Cyclidium citrullus,
- 7 Aspidisca lynceus, 8 Opercularia coarctata,
- 9 Carchesium polypinum, 10 Vorticella convallaria,
- 11 Colpoda cucullus, 12 Paramaecium caudatum,
- 13 Lionotus fasciola, 14 Amphileptus claparedei,
- 15 Stentor coeruleus, 16 Prorodon teres,
- 17 Urostyla weissei, 18 Oxytricha fallax,
- 19 Chilodonella uncinata, 20 Chilodonella cucullulus,
- 21 Urocentrum turbo

aus [KALBE, 1985]



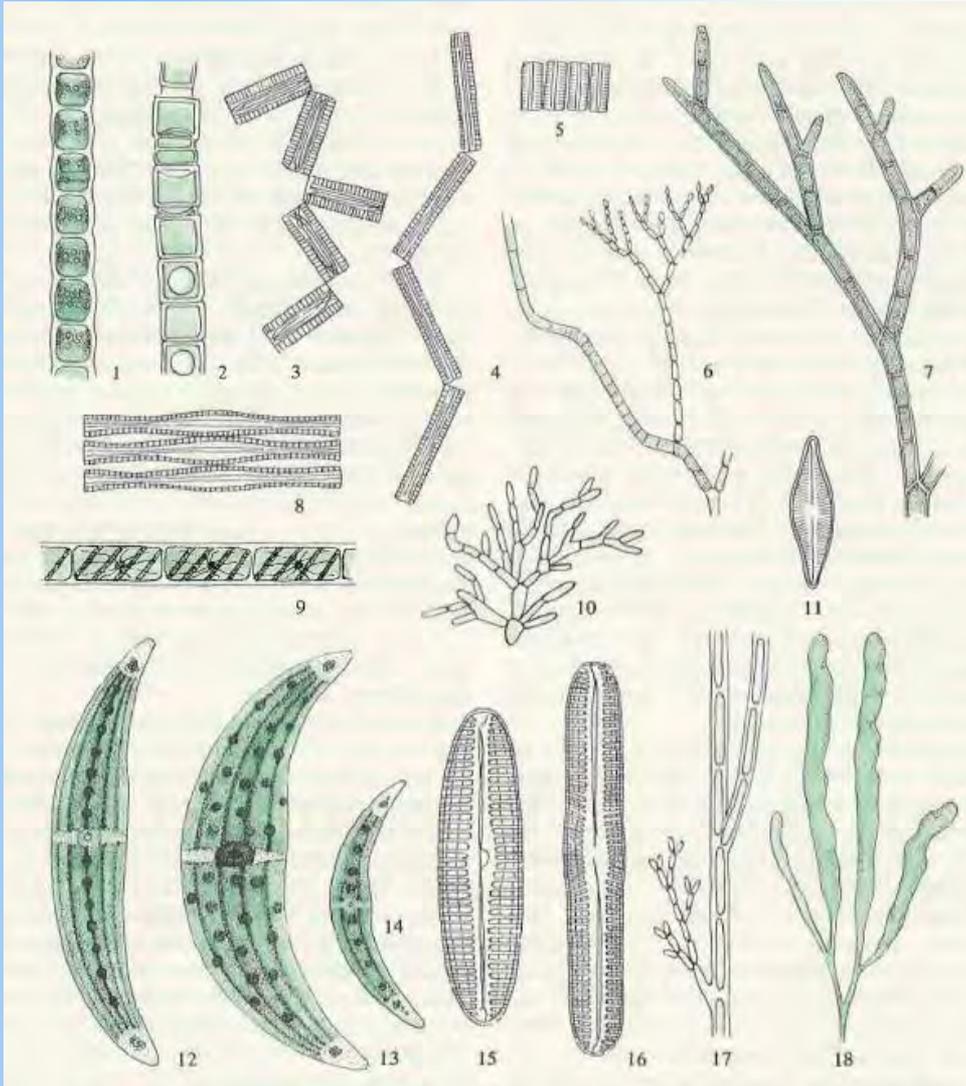
Fließgewässer: α -Mesosaprobier III



- 1 *Eristalis tenax*
(Rattenschwanzlarve der Schlammbiene),
- 2 *Fusarium aquaeductum*,
2a Sichelsporen von *Fusarium*,
- 3 u. 4 *Apodya* (*Leptomitus*)
lactea (3 vergr. Endstück),
- 5 *Mucor racemosus*,
- 6 *Stratiomys chamaeleon* (Larve der Waffenfleie)

aus [KALBE, 1985]

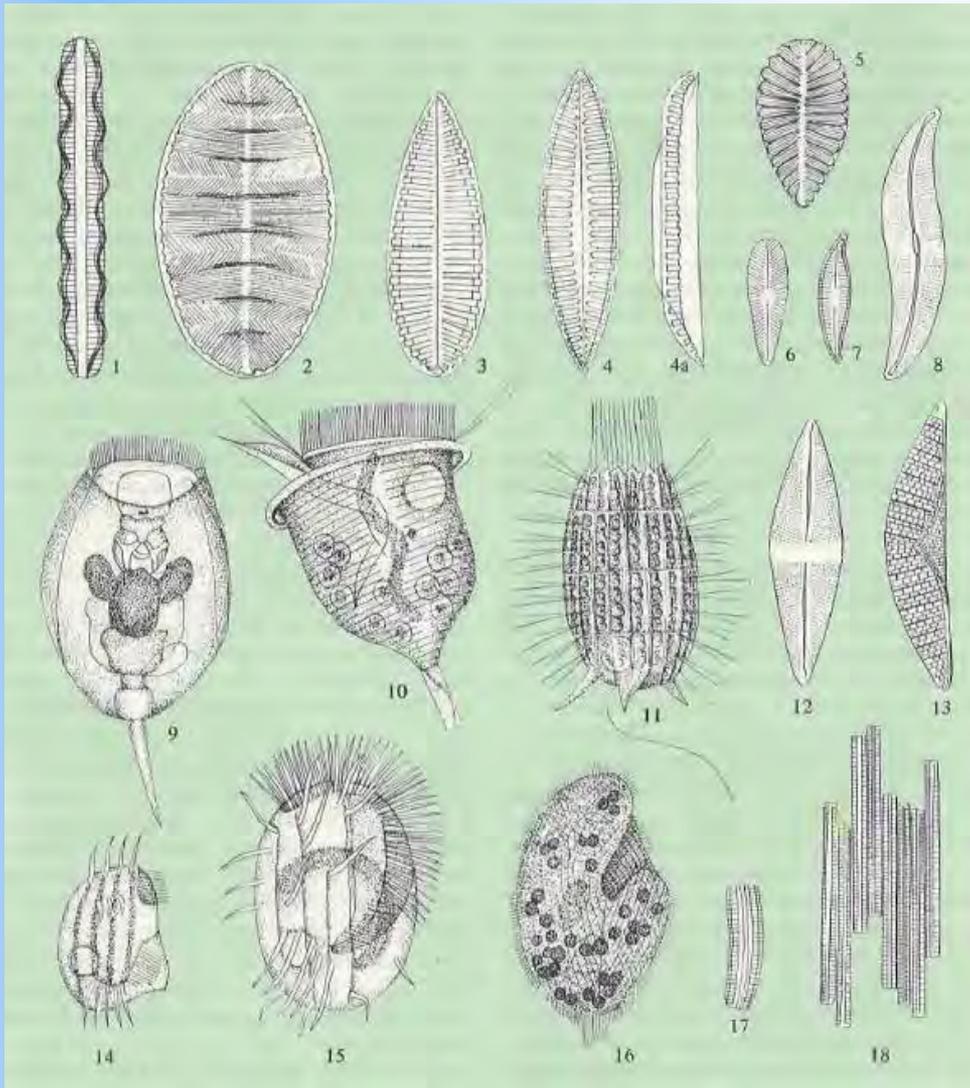
Fließgewässer: β -Mesosaprobier I



- 1 *Ulothrix zonata*,
- 2 *Oedogonium capillare* (Fadenstück),
- 3 *Diatoma vulgare*,
- 4 *Diatoma elongata*,
- 5 *Fragilaria construens*,
- 6 *Chaetophora elegans*,
- 7 *Cladophora glomerata*,
- 8 *Fragilaria crotonensis*,
- 9 *Spirogyra crassa* (Fadenstück),
- 10 *Microthamnion kützingianum*,
- 11 *Navicula rynchocephala*,
- 12 *Closterium moniliferum*,
- 13 *Closterium ehrenbergianum*,
- 14 *Closterium parvulum*,
- 15 *Pinnularia viridis*,
- 16 *Pinnularia major*,
- 17 *Chantransia chalybea*,
- 18 *Enteromorpha intestinalis*

aus [KALBE, 1985]

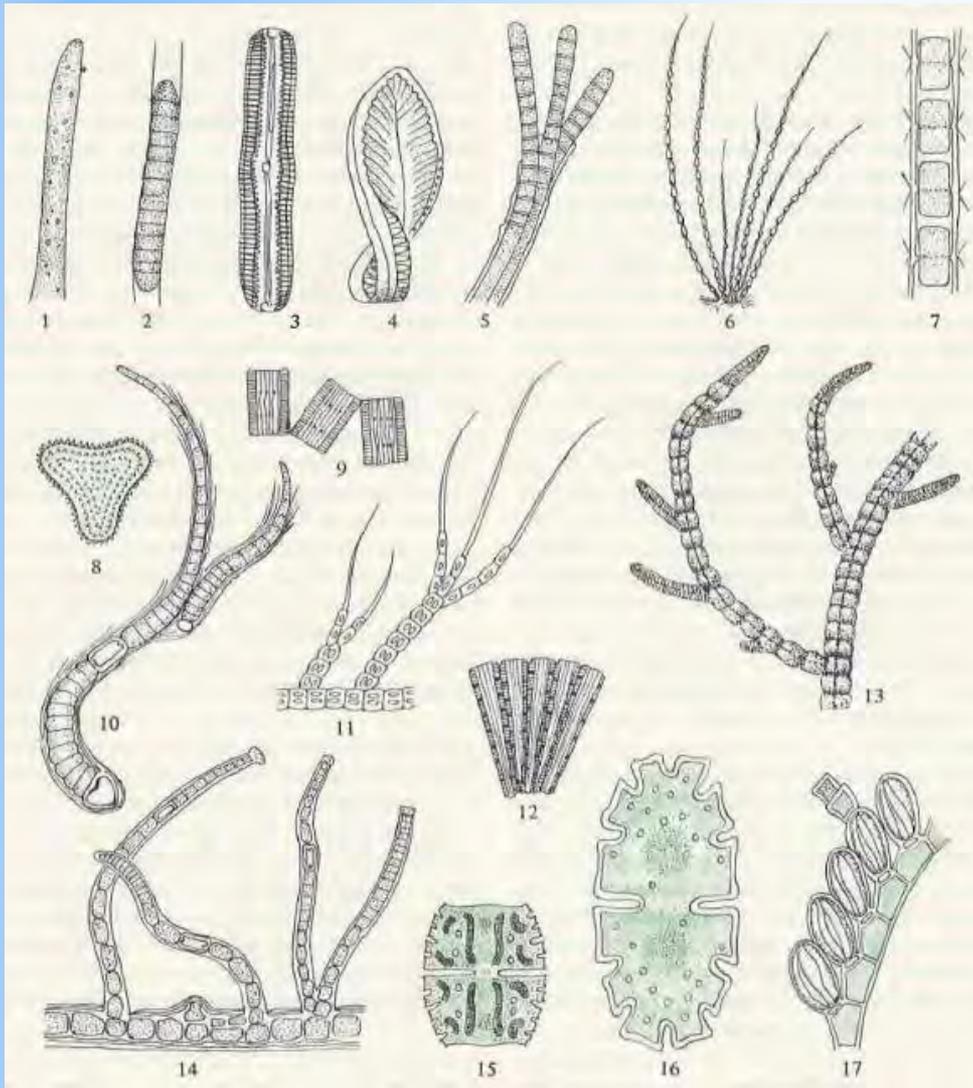
Fließgewässer: β -Mesosaprobier II



- 1 *Cymatopleura solea* (Gürtelbandansicht),
- 2 *Cymatopleura elliptica* (Schalenansicht),
- 3 *Surirella tenera*,
- 4 *Surirella biseriata*, Schalenansicht,
- 4a Gürtelbandansicht,
- 5 *Surirella ovata*,
- 6 *Gomphonema olivaceum*,
- 7 *Cymbella ventricosa*,
- 8 *Gyrosigma litorale*,
- 9 *Monostyla lunaris*,
- 10 *Vorticella campanula*,
- 11 *Coleps hirtus*,
- 12 *Stauroneis phoenicenteron*,
- 13 *Epithemia turgida*,
- 14 *Aspidisca costata*,
- 15 *Euplotes charon*,
- 16 *Paramaecium bursaria*,
- 17 *Rhoicosphenia curvata*,
- 18 *Bacillaria paradoxa*

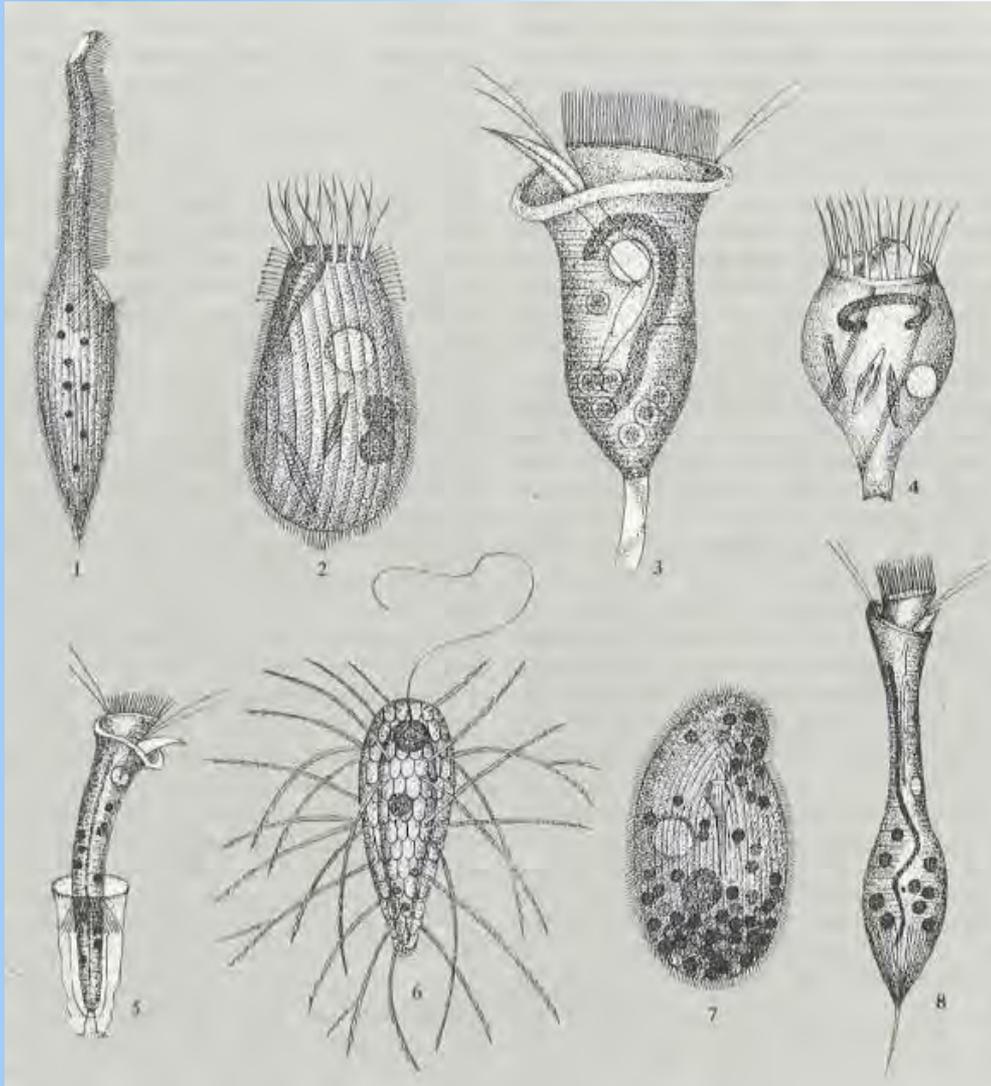
aus [KALBE, 1985]

Fließgewässer: Oligosaprobier I



- 1 *Phormidium inundatum* (Schwarze Häutchenblaualge),
- 2 *Phormidium papyraceum* (Glänzende Häutchenblaualge),
- 3 *Pinnularia nobilis* (Rippenkieselalge),
- 4 *Surirella spiralis*, Gürtelbandansicht (Gedrehte Flügelalge),
- 5 *Microcoelus subtorulosus* (Blaualge),
- 6 *Lemanea annulata* (Steinfliegenlarve),
- 7 *Microspora amoena* (Doppelbecher-Grünalge),
- 8 *Staurastrum punctulatum* (Gekörnelter Stachelstern),
- 9 *Tabellaria flocculosa* (Moor-Kieselalge),
- 10 *Calothrix parietina* (Blaualge),
- 11 *Draparnaldia glomerata* (Pinsel-Grünalge),
- 12 *Meridion circulare* (Sektorenkieselalge),
- 13 *Batrachospermum vagum* (Rotalge),
- 14 *Hapalosiphon fontinalis* (Zweigblaualge),
- 15 *Micrasterias truncata* (Grünalge),
- 16 *Euastrum oblongum* (Sternalge),
- 17 *Bulbochaete mirabilis* (Grünalge)

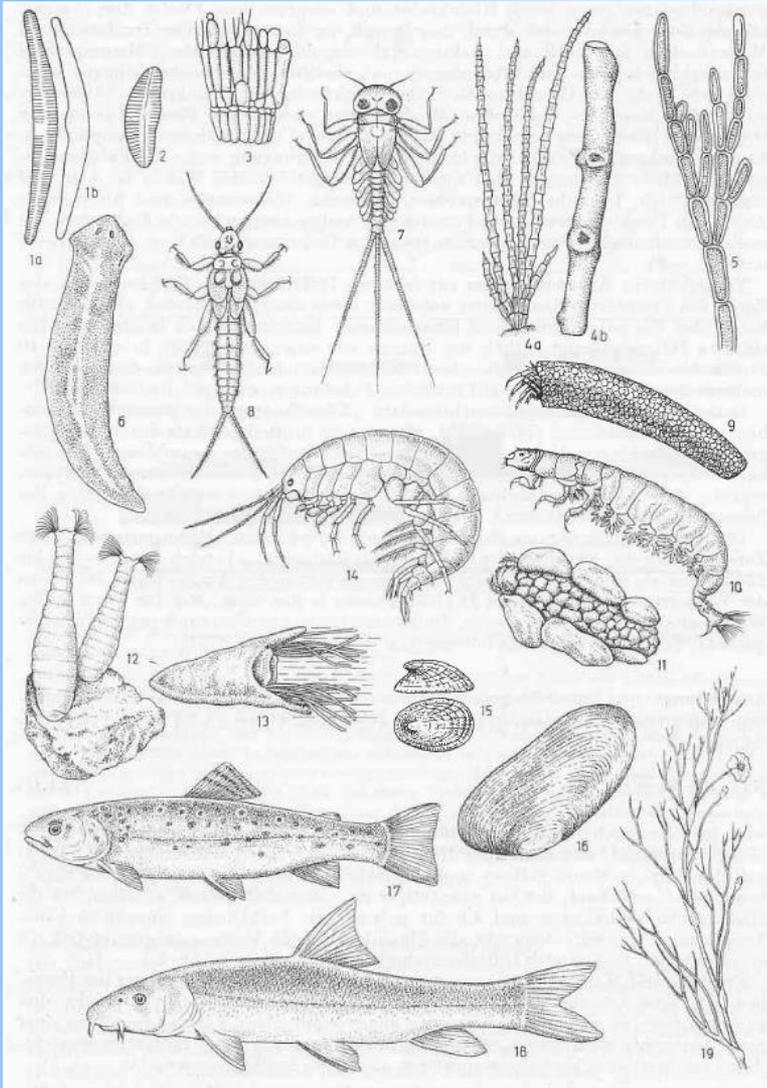
Fließgewässer: Oligosaprobier II



- 1 *Dileptus anser* (Ciliat),
- 2 *Strombidinopsis gyrans* (Wimperntierchen),
- 3 *Vorticella nebulifera* (Urtierchen),
- 4 *Strobilidium gyrans*,
- 5 *Thuricola folliculata* (Wimperntierchen),
- 6 *Mallomonas caudata* (Geschwänzte Goldalge),
- 7 *Nassula gracilis* (Wimperntierchen),
- 8 *Ophridium versatile* (Grünes Gallertkugeltierchen)

aus [KALBE, 1985]

Fließgewässer: Oligosaprobier III



Kieselalgen: 1 *Ceratoneis arcus* (1 a Schalenansicht, 1 b Gürtelbandansicht), 2 *Cymbella ventricosa*.

Blaualgen: 3 *Chamaesiphon fuscus* (Längsschnitt, sehr stark vergrößert).

Rotalgen: 4 *Lemanea fluviatilis* (4a etwas, 4b stärker vergrößert).

Grünalgen: 5 *Cladophora glomerata*.

Strudelwürmer: 6 *Planaria gonocephala*.

Eintagsfliegen: 7 *Rhithrogena*, Larve.

Steinfliegen: 8 *Chloroperla*, Larve.

Köcherfliegen: 9 *Serieostoma*, Larve; 10 *Hydropsyche*, Larve; 11 *Silo*, Larve.

Mücken: 12 *Simulium* (Kriebelmücke), Larve; 13 *Simulium* (Puppe).

Krebstiere: 14 *Gammarus pulex* (Bachflohkrebs).

Weichtiere: 15 *Anculus fluviatilis* (Bach-Mützen-schnecke), 16 *Unio crassus* (Flußmuschel).

Fische: 17 *Salmo trutta jario* (Bachforelle), 18 *Barbus barbatus* (Flußbarbe).

Höhere Pflanzen: 19

Ranunculus fluitans (Flutender Hahnenfuß).

aus [BUSCH, UHLMANN & WEISE, 1983]

Fließgewässer: Saprobien-system

In den 80'er Jahren wurde das Saprobien-system mit Zwischenstufen der Gewässergüteklassen erweitert:

Güteklasse	Grad der Belastung	Saprobieindex
I	unbelastet bis gering belastet	oligosaprob
I-II	gering belastet	
II	mäßig belastet	β -mesosaprob
II-III	kritisch belastet	
III	stark verschmutzt	α -mesosaprob
III-IV	sehr stark verschmutzt	
IV	übermäßig verschmutzt	polysaprob

Die Klassifizierung der Gewässergüte nach diesem Schema wurde deutschlandweit alle fünf Jahre durchgeführt, letztmalig im Jahr 2000.

Gewässergüte vor Inkrafttreten d. WRRL

Güteklasse	Grad der Belastung	1995	2000
I	unbelastet bis gering belastet	0,7 %	0,8 %
I-II	gering belastet	3,8 %	6,5 %
II	mäßig belastet	42,7 %	57,8 %
II-III	kritisch belastet	43,6 %	31,4 %
III	stark verschmutzt	7,4 %	2,8 %
III-IV	sehr stark verschmutzt	1,1 %	0,3 %
IV	übermäßig verschmutzt	0,7 %	0,4 %

Biologische Güteklassifikation der Fließgewässer in Deutschland nach dem Saprobien-system – prozentualer Anteil der Flusskilometer am Gewässernetz von insgesamt ca. 30.000 km, davon im Jahre 2000 rund $\frac{2}{3}$ im „grünen Bereich“

aus [UBA, 2010]

Stehende Gewässer: Trophiegrad

Bei stehenden Gewässer ist der Trophiegrad, d. h. die Nährstoffbelastung und deren Auswirkung auf den Sauerstoffhaushalt, maßgeblich für die Güteeinstufung.

Trophieindex	Grad der Belastung
oligotroph	Klare, nährstoffarme Seen mit geringer Planktonproduktion, die am Ende der Stagnationsperiode auch in der Tiefe noch mit über 70% Sauerstoff gesättigt sind.
mesotroph	Seen mit geringem Nährstoffangebot, mäßiger Planktonproduktion und Sichttiefen von über 2 m, die im Tiefenwasser am Ende der Stagnationsperiode zu 30 bis 70% mit Sauerstoff gesättigt sind.
eutroph	Nährstoffreiche, im Tiefenwasser am Ende der Stagnationsperiode sauerstoffarme (0 bis 30% Sättigung), im Oberflächenwasser zeitweise mit Sauerstoff übersättigte Seen mit Sichttiefen von meist unter 2 m und hoher Planktonproduktion.
polytroph	Seen mit sehr hohem, stets frei verfügbarem Nährstoffangebot; Tiefenwasser schon im Sommer sauerstofffrei mit zeitweiser Schwefelwasserstoffentwicklung; Oberflächenwasser zeitweise stark mit Sauerstoff übersättigt; Sichttiefe sehr gering; Massenentwicklung von Phytoplankton.

nach LAWA 1980,
zitiert in [BESCH et
al., 1992]

Bei der Klassifizierung stehender Gewässer werden i. d. R. außerdem noch der Chlorophyll-Gehalt, chemisch-physikalische (z. B. Phosphorgehalt, Sichttiefe) und morphologische Parameter (z. B. Fläche und Tiefe des Gewässers) berücksichtigt.

Gewässerschutz

Schutz und nachhaltige Bewirtschaftung von Gewässern - Grundlagen

Parameter der Wassermenge und -beschaffenheit

Ausgewählte physikalische Parameter

Parameter/ Symbol	Maß- einheit	Bedeutung	Ein- satz
Q	m ³ /h m ³ /s	Volumenstrom (Durchfluss)	A, F, G AbwAG
W	m	Wasserstand	F, G, S
T	°C	Wassertemperatur	A, F, G, S
Sichttiefe	m	Lichtdurchlässigkeit der Oberflächenschichten, wird ermittelt mit der sog. „Secchi-Scheibe“ (weiße Scheibe von 30 cm Durchmesser)	S
Lf	µS/cm	elektrische Leitfähigkeit, korrespondiert mit dem Gesamtsalzgehalt (engl.: Total Dissolved Solids)	A, F, S, G

Anwendungsbereich:

A	Abwasser
F	Fließgewässer
S	Standgewässer
G	Grundwasser
AbwAG	Abwasserabgabe

Ausgewählte chemische Parameter

Parameter/ Symbol	Maß- einheit	Bedeutung	Ein- satz
O ₂	mg/l	Im Wasser gelöster Sauerstoff	F, S, G
CSB (engl.: COD)	mg/l	Chemischer Sauerstoffbedarf, Summenparameter für organische Belastung, erfasst aber nicht nur C-Verbindungen, sondern z. B. auch Sulfide	A, F, S, G AbwAG
TOC = DOC + POC	mg/l	Total Organic Carbon – Gesamter organisch gebundener Kohlenstoff, Summenparameter für organische C-Verbindungen	A, F, S, G
DOC	mg/l	Dissolved OC – Gelöster organischer Kohlenstoff Summenparameter für gelöste organische C-Verbindungen	A, F, S
POC	mg/l	Particular OC – Partikulärer organischer Kohlenstoff, Summenparameter für partikuläre organische C-Verbindungen	A, F, S, G

Probenvorbereitung / Indirekte Messung

Probenvorbereitung:

1. Teilen der Probe für unterschiedliche Untersuchungszwecke (Parameter)
2. erforderlichenfalls Verdünnen oder Anreichern der Originalprobe (letzteres mittels Eindampfen)
3. Homogenisieren eines Teils der Originalprobe
4. Filtrieren eines Teils der Originalprobe
5. Zusetzen von Chemikalien zur „Maskierung“ (z. B. Allylthioharnstoff zur BSB-Bestimmung)
6. ...usw.

Indirekt bestimmte Parameter, Beispiel POC:

1. TOC-Bestimmung (aus der homogenisierten Probe)
2. DOC-Bestimmung (aus der filtrierten Probe)
3. Berechnung $POC = TOC - DOC$

Ausgewählte chemische Parameter

Parameter/ Symbol	Maß- einheit	Bedeutung	Ein- satz
AOX	mg/l	Adsorbierbare organisch gebundene Halogene, Summenparameter für organische Halogenverbindungen, die an A-Kohle adsorbiert werden (lange Zeit nur in D üblich)	A, F, S, G AbwAG
POX	mg/l	Purgeable Organic Halogens, Summenparameter für flüchtige („ausblasbare“) organisch gebundene Halogene	A, F, S, G
BTEX	mg/l	Benzol und Derivate (Toluol, Ethylbenzol, Xylol), Summenparameter für monozyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (Erdölprodukte)	A
PAK	mg/l	Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe, erfasst werden z. B. Fluoranthen, Benzo(a)pyren	A, F, S, G

Ausgewählte chemische Parameter

Parameter/ Symbol	Maß- einheit	Bedeutung	Ein- satz
TN (TIN + TON + N _{gasförmig})	mg/l	Total Nitrogen, Gesamtstickstoff	A, F, S, G
TN _b (TIN + TON)	mg/l	Total Nitrogen, bounded, Gesamter gebundener Stickstoff	A, F, S, G
TIN (NH ₄ -N + NO _x -N)	mg/l	Total Inorganic Nitrogen, Gesamter anorganisch gebundener Stickstoff	A, F, S, G AbwAG
TON (TN _b – TIN)	mg/l	Total Organic Nitrogen, Gesamter organisch gebundener Stickstoff (in D oft nicht gemessen!)	A, F, S, G
TKN (NH ₄ -N + TON)	mg/l	Total Kjeldahl Nitrogen, Gesamt-Kjeldahl-Stickstoff, Summenparameter für biologisch verwertbaren Stickstoff in Rohabwasser	A, F, S, G
NH ₄ -N	mg/l	Ammoniumstickstoff	A, F, S, G
NO ₃ -N	mg/l	Nitratstickstoff	A, F, S, G
NO ₂ -N	mg/l	Nitritstickstoff	A, F, S, G

Ausgewählte chemische Parameter

Parameter/ Symbol	Maß- einheit	Bedeutung	Ein- satz
TP	mg/l	Total Phosphorus, Gesamt Phosphor	A, F, S AbwAG
o-PO ₄	mg/l	ortho-Phosphat, Summenparameter der bioverfügbaren (gelösten) Phosphatverbindungen	A, F, S
Pb	mg/l	Blei (Schwermetall)	A, F, S, G AbwAG
Cd	mg/l	Cadmium (Schwermetall)	A, F, S, G AbwAG
Cr	mg/l	Chrom (Schwermetall)	A, F, S, G AbwAG
Cu	mg/l	Kupfer (Schwermetall)	A, F, S, G AbwAG
Ni	mg/l	Nickel (Schwermetall)	A, F, S, G AbwAG
Hg	mg/l	Quecksilber (Schwermetall)	A, F, S, G AbwAG
Zn	mg/l	Zink (Schwermetall)	A, F, S, G

Ausgewählte biologische Untersuchungen

Parameter/ Symbol	Maß- einheit	Bedeutung	Ein- satz
BSB ₅	mg/l	Biologischer Sauerstoffbedarf in 5 Tagen, Summenparameter für organische Belastung, erfasst nur biologisch abbaubare C-Verbindungen (hierzu wird bei der Analyse Nitrifikation von Ammonium unterdrückt mit Allylthioharnstoff)	A, F, S
Zahn- Wellens-Test	%	Aerobe biologische Abbaubarkeit von Stoffen, gemessen am DOC-Abbau	A
G _{Ei}	-	Giftigkeit gegenüber Fischeiern, Biolog. Wirkungstest (AbwAG-Parameter!)	A AbwAG
G _D	-	Giftigkeit gegenüber Daphnien, Biolog. Wirkungstest	A
G _L	-	Giftigkeit gegenüber Leuchtbakterien, Biolog. Wirkungstest	A
umu-Test	-	Erbgutveränderndes Potential (Ermittlung, ob und inwieweit in der Probe Stoffe mit erbgutschädi- gender (mutagener) Wirkung enthalten sind)	A

Ausgewählte Parameter für Feststoffe

Parameter/ Symbol	Maß- einheit	Bedeutung	Ein- satz
AFS (engl.: TSS)	mg/l	Abfiltrierbare Stoffe (Suspendierte Feststoffe), Summenparameter für partikuläre Stoffe (Filter)	A, F, S, G
TR	mg/l %	Trockenrückstand Summenparameter für in der Probe enthaltene Feststoffe	A, F, S
oTR	mg/l %	organischer Anteil des Trockenrückstands Summenparameter für organisch gebundene Feststoffe	A, F, S
GR	mg/l	Glührückstand Summenparameter für inerte Feststoffe	A, F, S
Gesamt- salzgehalt (engl.: Total Dissolved Solids)	mg/l	Summenparameter für im Wasser gelöste Salze	A, F, S, G

Trockensubstanz / Salzgehalt

Indirekt bestimmte Parameter, Beispiel oTR:

1. TR-Bestimmung (Filterkuchen der homogenisierten Probe wird getrocknet und gewogen)
2. GR-Bestimmung (TR wird so stark erhitzt, dass alle organischen Anteile verbrennen, verbleibender Rückstand wird gewogen)
3. Berechnung $\text{oTR} = \text{TR} - \text{GR}$

(So kann beispielsweise der organische Anteil, d. h. der biologisch aktive Teil von Belebtschlamm bestimmt werden.)

Bestimmung Salzgehalt:

1. Eindampfen des Filtrats einer filtrierten Probe

Wie viel Salz erhält man im Mittel beim Eindampfen von 1 Liter Meerwasser

?

Gewässergüte nach WRRL

Die

Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik (Wasserrahmenrichtlinie der EU - WRRL)

hat zum Ziel, die Einzugsgebiete von Flüssen und Seen sowie Grundwasservorkommen so zu bewirtschaften, dass ein bestehender sehr guter oder guter Zustand erhalten bzw. der gute Zustand erreicht wird. Die WRRL enthält u.a. einen detaillierten Zeitplan für die Umsetzung der wasserwirtschaftlichen Vorgaben. So sollen bis 2015 alle Oberflächengewässer ökologisch (biologisch und morphologisch) und chemisch in einen guten Zustand bzw. das Grundwasser in einen guten chemischen und mengenmäßigen Zustand versetzt werden.

Um die Vergleichbarkeit des Zustands der Gewässer innerhalb der EU zu ermöglichen und als Maßstab für die Erfolgskontrolle wurden mit der WRRL Festlegungen über die Beurteilung der Gewässergüte getroffen. Diese lösten die bisher in den einzelnen Ländern üblichen (unterschiedlichen) Bewertungsschemata ab und sind EU-weit einheitlich anzuwenden.

Gewässergüte nach WRRL

Das Monitoringprogramm nach WRRL ist eine Kombination aus Messung, Belastungsanalyse und Analogieschlüssen mit europaweiter Vergleichbarkeit.

Bei Oberflächengewässern wird unterschieden zwischen

- dem **ökologischen Zustand**

und

- dem **chemischen Zustand**.

Der jeweils schlechtere Wert bestimmt die Gesamteinschätzung (nur wenn sowohl der chemische als auch der ökologische Zustand gut sind, ist der Gesamtstatus „gut“ – das führte bei vielen Gewässern in D zu einer Herabstufung).

Die ökologische Gewässerqualität wird hauptsächlich über die Biologie definiert. Sie orientiert sich für natürliche Oberflächenwasserkörper am gewässertyp-spezifischen Referenzzustand. Die „alten“ Bewertungsmaßstäbe fließen dabei mit ein. Ergänzend werden Umweltqualitätsnormen für flussgebietsspezifische Schadstoffe, allgemeine physikalisch-chemische Parameter (z. B. Temperatur, Sauerstoff) sowie die sog. hydromorphologischen Qualitätskomponenten berücksichtigt.

Gewässergüte nach WRRL – Ökol. Zust.

„Die Anforderungen der WRRL an die biologische Zustandsklassifikation gehen weit über die bisherige Praxis hinaus. Durch Beschreibung des Zustands der Artengemeinschaften von Pflanzen und Tieren in Flüssen, Seen, Übergangsgewässern und Meeren wird der ökologische Zustand eines Gewässers in der Gesamtheit aller anthropogenen Belastungen charakterisiert. Als Bezugsmaßstab für die Bewertung wurden gewässertypspezifische Referenzbedingungen definiert, welche sich von den biologischen, chemisch-physikalischen und hydromorphologischen Eigenschaften des jeweiligen Gewässertyps ableiten. Anhand des Abweichungsgrades von diesen Referenzbedingungen wird die ökologische Zustandsklasse bestimmt.“

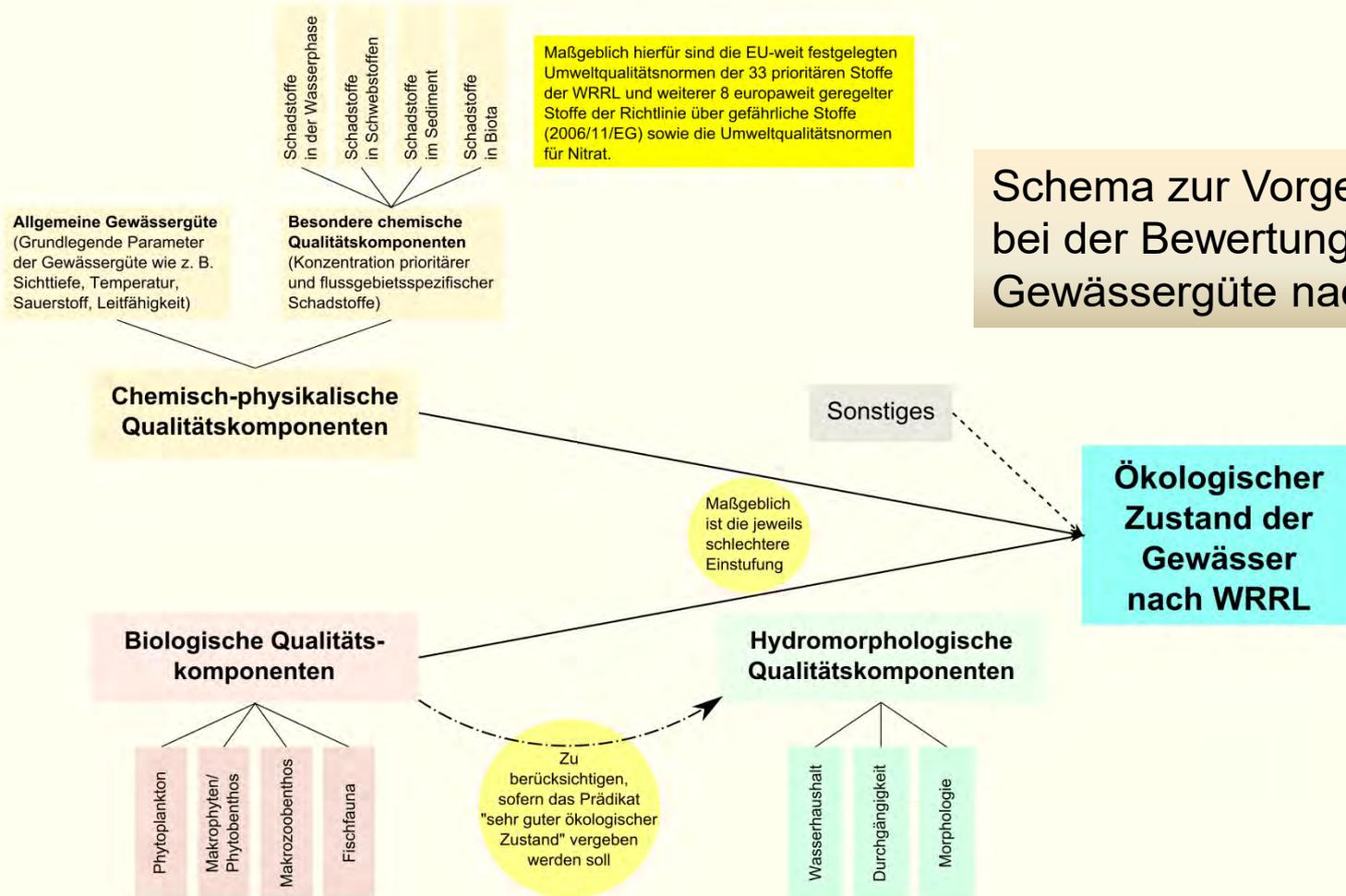
aus [UBA, 2010]

Es werden fünf ökologische Zustandsklassen unterschieden:

- **schlecht**
- **unbefriedigend**
- **mäßig**
- **gut**
- **sehr gut**

Gewässergüte nach WRRL

Schema zur Vorgehensweise bei der Bewertung der Gewässergüte nach WRRL



Gewässergüte nach WRRL – Hydromorph.

Klasse	Grad der Veränderungen	Kurze Beschreibung
1	unverändert	Die Gewässerstruktur entspricht dem potenziell natürlichen Zustand.
2	gering verändert	Die Gewässerstruktur ist durch einzelne, kleinräumige Eingriffe nur gering beeinflusst.
3	mäßig verändert	Die Gewässerstruktur ist durch mehrere kleinräumige Eingriffe nur mäßig beeinflusst.
4	deutlich verändert	Die Gewässerstruktur ist durch verschiedene Eingriffe z.B. in Sohle, Ufer, durch Rückstau und/oder Nutzungen in der Aue deutlich beeinflusst.
5	stark verändert	Die Gewässerstruktur ist durch Kombination von Eingriffen z.B. in die Linienführung, durch Uferverbau, Querbauwerke, Stauregulierung, Anlagen zum Hochwasserschutz und/oder durch die Nutzungen in der Aue beeinträchtigt.
6	sehr stark verändert	Die Gewässerstruktur ist durch Kombination von Eingriffen z.B. in die Linienführung, durch Uferverbau, Querbauwerke, Stauregulierung, Anlagen zum Hochwasserschutz und/oder durch die Nutzungen in der Aue stark beeinträchtigt.
7	vollständig verändert	Die Gewässerstruktur ist durch Eingriffe in die Linienführung, durch Uferverbau, Querbauwerke, Stauregulierung, Anlagen zum Hochwasserschutz und/oder durch die Nutzungen in der Aue vollständig verändert.

Gewässerstrukturgüteklassifikation, entwickelt von der LAWA, zur Erfassung der morphologischen Veränderungen im Vergleich zum natürlichen Zustand

(aus <https://www.umweltbundesamt.de/wasser/themen/fluesse-und-seen/fluesse/bewertung/strukturgueteklassifikation.htm>)

Gewässergüte nach WRRL – Hydromorph.

Gute hydromorphologische Qualität:

- Morphologische Veränderungen (z.B. künstliche Wasser- und Uferstrukturen, Gewässerprofile und seitliche Verbindungen) sind nur so gering, dass eine Anpassung und Erholung des Ökosystems möglich ist, die der biologischen Vielfalt und ökologischen Funktionsfähigkeit von unveränderten, natürlichen Wasserkörpern entspricht.
- Wasserentnahmen oder Abflussregulierung führen nur zu sehr geringer Verminderung des Abflusses.
- Wasserspiegelveränderungen haben höchstens sehr geringfügige Auswirkungen auf die Qualitätskomponenten.
- Die Uferzonenvegetation weist einen natürlichen Bewuchs auf, der dem Typ und der geografischen Lage des Flusses entspricht.

Gewässergüte nach WRRL – Chem. Klass.

Chemische Gewässerklassifikation der Fließ- und Standgewässer

(nach <https://www.umweltbundesamt.de/wasser/themen/fluesse-und-seen/fluesse/bewertung/chemische-gewaesserklassifikation.htm>)

Stoffname	Einheit	Stoffbezogene chemische Gewässergüteklasse						
		I	I – II	II	II – III	III	III – IV	IV
Gesamtstickstoff	mg/l	≤ 1	≤ 1,5	≤ 3	≤ 6	≤ 12	≤ 24	> 24
Nitrat-Stickstoff	mg/l	≤ 1	≤ 1,5	≤ 2,5	≤ 5	≤ 10	≤ 20	> 20
Nitrit-Stickstoff	mg/l	≤ 0,01	≤ 0,05	≤ 0,1	≤ 0,2	≤ 0,4	≤ 0,8	> 0,8
Ammonium-Stickstoff	mg/l	≤ 0,04	≤ 0,1	≤ 0,3	≤ 0,6	≤ 1,2	≤ 2,4	> 2,4
Gesamtphosphor	mg/l	≤ 0,05	≤ 0,08	≤ 0,15	≤ 0,3	≤ 0,6	≤ 1,2	> 1,2
o-Phosphat-Phosphor	mg/l	≤ 0,02	≤ 0,04	≤ 0,1	≤ 0,2	≤ 0,4	≤ 0,8	> 0,8
Sauerstoffgehalt*	mg/l	> 8	> 8	> 6	> 5	> 4	> 2	≤ 2
Chlorid	mg/l	≤ 25	≤ 50	≤ 100	≤ 200	≤ 400	≤ 800	> 800
Sulfat	mg/l	≤ 25	≤ 50	≤ 100	≤ 200	≤ 400	≤ 800	> 800
TOC	mg/l	≤ 2	≤ 3	≤ 5	≤ 10	≤ 20	≤ 40	> 40
AOX	µg/l	"0"	≤ 10	≤ 25	≤ 50	≤ 100	≤ 200	> 200

Gewässergüte nach WRRL - Seen

Bisher wurden Seen im Wesentlichen an Hand ihrer trophischen Situation bewertet (Nährstoffbelastung und Reaktion der Planktonalgen).

Durch die EG-Wasserrahmenrichtlinie wird eine ganzheitliche Bewertung des „ökologischen Zustandes“ unter Einbeziehung von biologischen, hydromorphologischen und chemisch-physikalischen Komponenten gefordert. Deshalb müssen zur biologischen Zustandsbewertung neben den bei der Trophiebewertung maßgeblichen Planktonalgen auch die Qualitätskomponenten Makrophyten, Phytobenthos, Makrozoobenthos und Fische herangezogen werden.

Zur Strukturgüteklassifikation wird vor allem die Naturnähe der Uferzonen bewertet. Auch Algen, Wasserpflanzen, Wasserinsekten und Fische werden zur Bewertung der Naturnähe der Seen untersucht. Nähr- und Schadstoffe ergänzen das Bild.

Ähnlich wie in Fließgewässern wird auch in Seen das Vorkommen relevanter Schadstoffe mittels des „chemischen Zustands“ bewertet.

Die chemische Gewässerklassifikation erfolgt wie bei den Fließgewässern (siehe Gewässergüte nach WRRL – Chem. Klass.).

(nach <https://www.umweltbundesamt.de/wasser/themen/fluesse-und-seen/seen/bewertung/index.htm>)

Gewässergüte nach WRRL

Datenportal der FGG Elbe

Startseite » Datenabruf

Qualitätskomponenten auswählen ?

Biologische Qualitätskomponenten

Phytoplankton Makrophyten/Phytobenthos **Makrozoobenthos** Fischfauna

Daten aus der Erfassung im Wasser schwimmender, schwebender oder bodenbewohnender Organismen

Chemische Qualitätskomponenten

Schadstoffe in Wasserphase Schadstoffe in Schwebstoffen Schadstoffe im Sediment Schadstoffe in Biota

Messdaten zu Konzentrationen prioritärer und flussgebietsspezifischer Schadstoffe

Physikalisch-chemische Qualitätskomponenten

allgemeine Gewässergüte

Grundlegende Parameter der Gewässergüte mit Messdaten zu Sauerstoffhaushalt, Nährstoffverhältnissen, Salzaushalt und Versauerungszustand

Hydromorphologische Qualitätskomponenten

Hydrologie

Messdaten zu Tidewasserständen und Abflussmengen

Sonstiges

Meteorologie Bakterien

Messdaten zu meteorologischen Kenngrößen und Bakterien

Sie besuchen die Seiten als Gast • [Anmeldung](#) • [Dokumentation](#) • [Kontakt/Impressum](#)

Datenportal FGG Elbe als Beispiel für WRRL-Monitoring

„altes“ Saprobien-system

<http://www.elbe-datenportal.de/FisFggElbe/content/start/ZurStartseite.action>

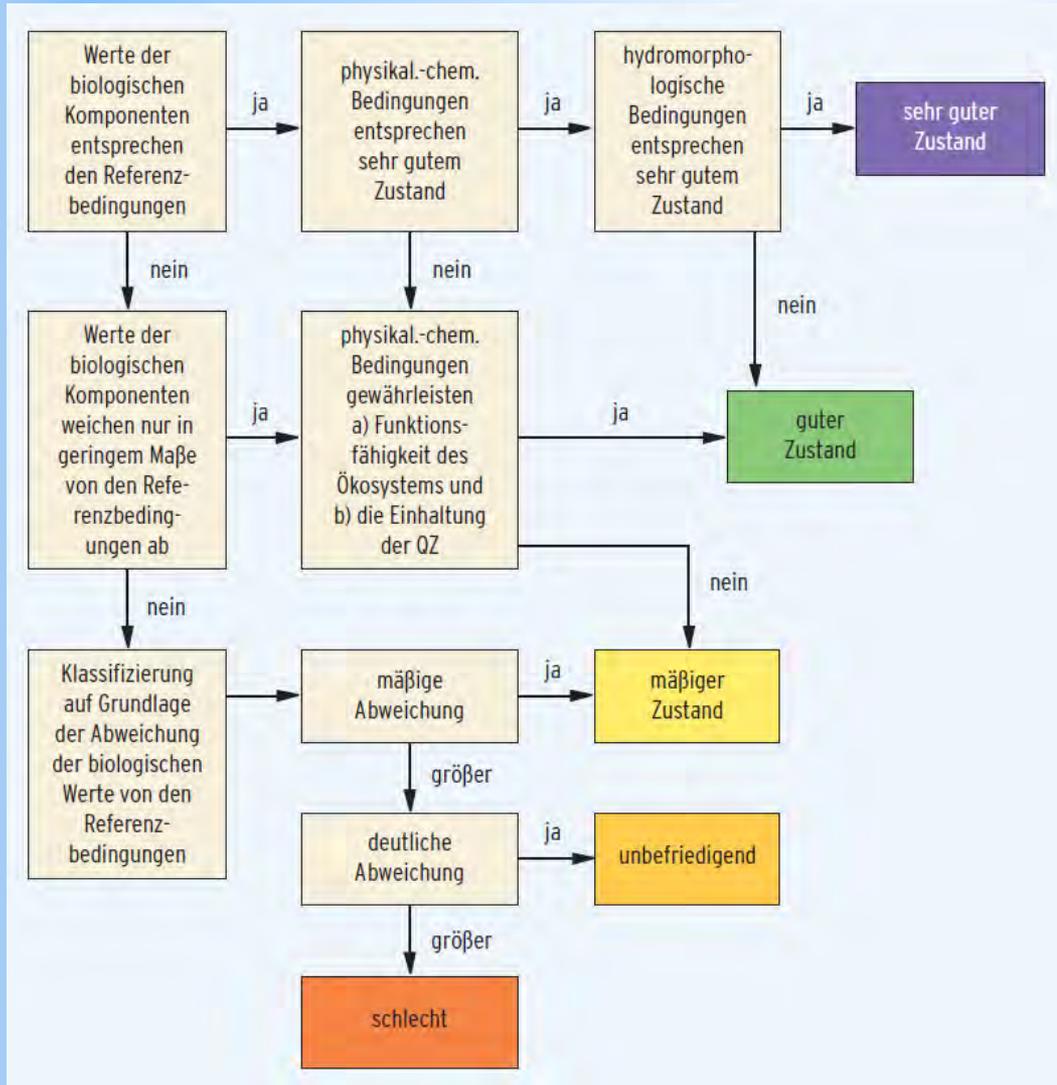
Gewässergüteklassifizierung gemäß WRRL

Qualitätskomponente (QK)	Fließgewässer	Seen	Übergangsgewässer	Küsten-gewässer
Biologische Qualitätskomponenten				
Phytoplankton	X	X	X	X
Makrophyten/ Phythobenthos	X	X	X	X
Makro- invertebraten	X	X	X	X
Fische	X	X	X	
Hydromorphologische Qualitätskomponenten				
Durchgängigkeit	X			
Wasserhaushalt	X	X		
Morphologie	X	X	X	X
Tideregime			X	X
Chemisch-physikalische Qualitätskomponenten				
allgemeine chemisch-physika- lische Parameter	X	X	X	X
Spezifische Schadstoffe	X	X	X	X

Qualitätskomponenten des ökologischen Zustands nach WRRL

aus [UBA, 2010]

Gewässergüteklassifizierung gemäß WRRL



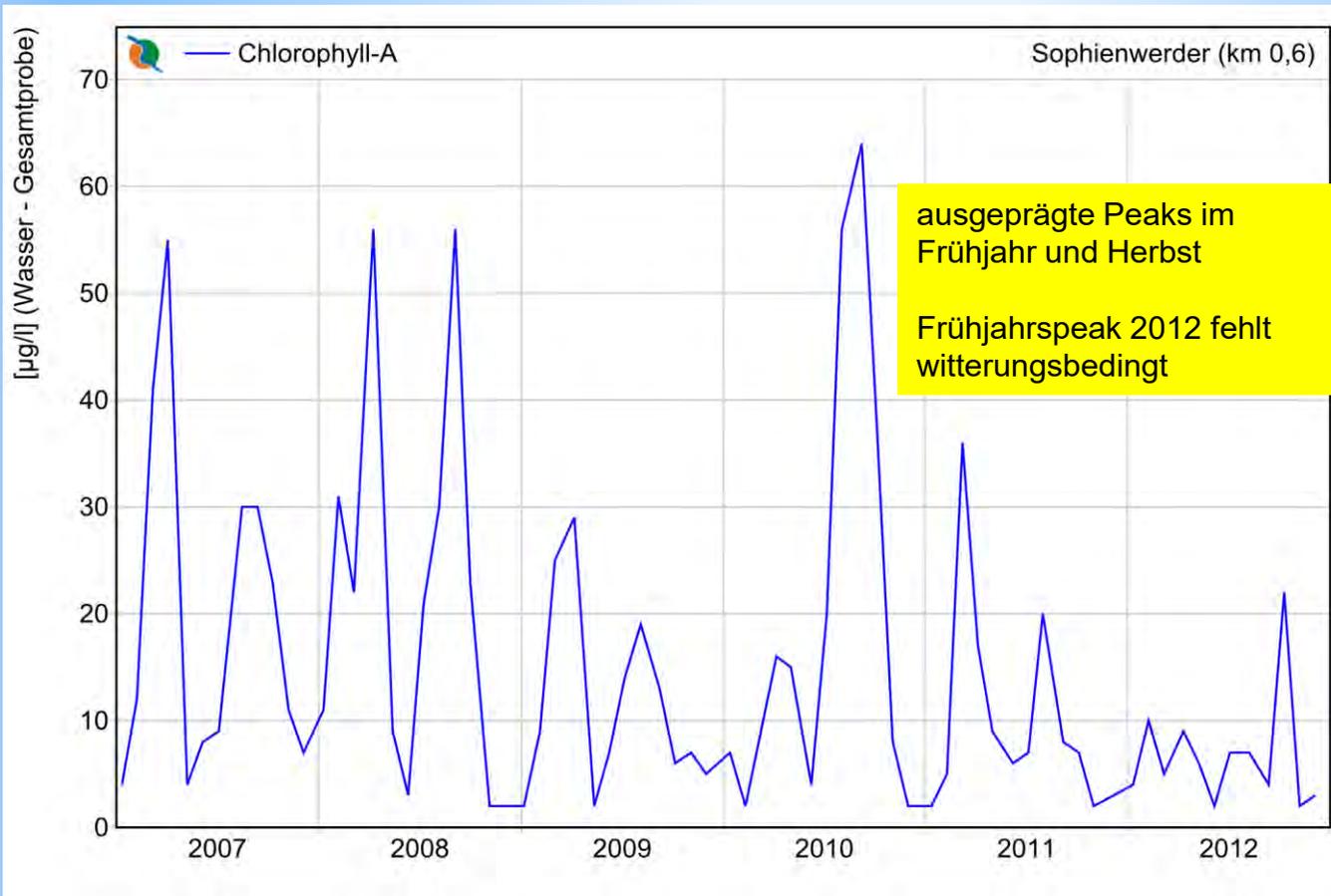
Zusammenspiel biologischer, physikalisch-chemischer und hydromorphologischer Qualitätselemente bei der Klassifizierung des ökologischen Zustands natürlicher Gewässer

aus [UBA, 2004]

Gegenüberstellung Klassifizierung der Gewässergüte vor und nach WRRL

Gewässer	Klassifizierung der Gewässergüte <u>vor</u> Inkrafttreten der WRRL	Klassifizierung der Gewässergüte <u>nach</u> Inkrafttreten der WRRL	
Fließgewässer	Saprobienindex (auf Basis des Makrozoobenthos) zur Kennzeichnung des ökologischen Zustands + chemische und physikalische Parameter zur Beurteilung der Gewässerbeschaffenheit	Ganzheitliche Bewertung des „ökologischen Zustandes“ unter Einbeziehung von biologischen, hydromorphologischen und chemisch-physikalischen Komponenten in fünf Klassen: „sehr gut“ (blau) „gut“ (grün) „mäßig“ (gelb) „unbefriedigend“ (orange) „schlecht“ (rot)	Der Saprobienindex wird weiterhin als Maß für die Belastung mit sauerstoffzehrenden, organischen Stoffen in Flüssen herangezogen. Zusätzlich werden die Qualitätskomponenten Phytoplankton, Makrophyten/Phytobenthos und Fische einbezogen. Die chemische Beurteilung wird erweitert durch Umweltqualitätsnormen für prioritäre und flussgebietspezifische Schadstoffe.
Standgewässer	Trophiestufen (auf Basis der Nährstoffe und des Phytoplanktons) zur Kennzeichnung des ökologischen Zustands + chemische und physikalische Parameter zur Beurteilung der Gewässerbeschaffenheit		Biologische Bewertung schließt die Trophiestufen ein, zusätzlich werden neben den Planktonalgen auch die Qualitätskomponenten Makrophyten/Phytobenthos, Makrozoobenthos und Fische herangezogen.
Grundwasser		„gut“ (grün) „schlecht“ (rot) „unklar“ (grau)	Es wird sowohl der chemische als auch der mengenmäßige Zustand bewertet. Letzterer wird als gut bewertet, solange die Grundwasserneubildung höher als die Entnahme ist

Gewässergüte nach WRRL



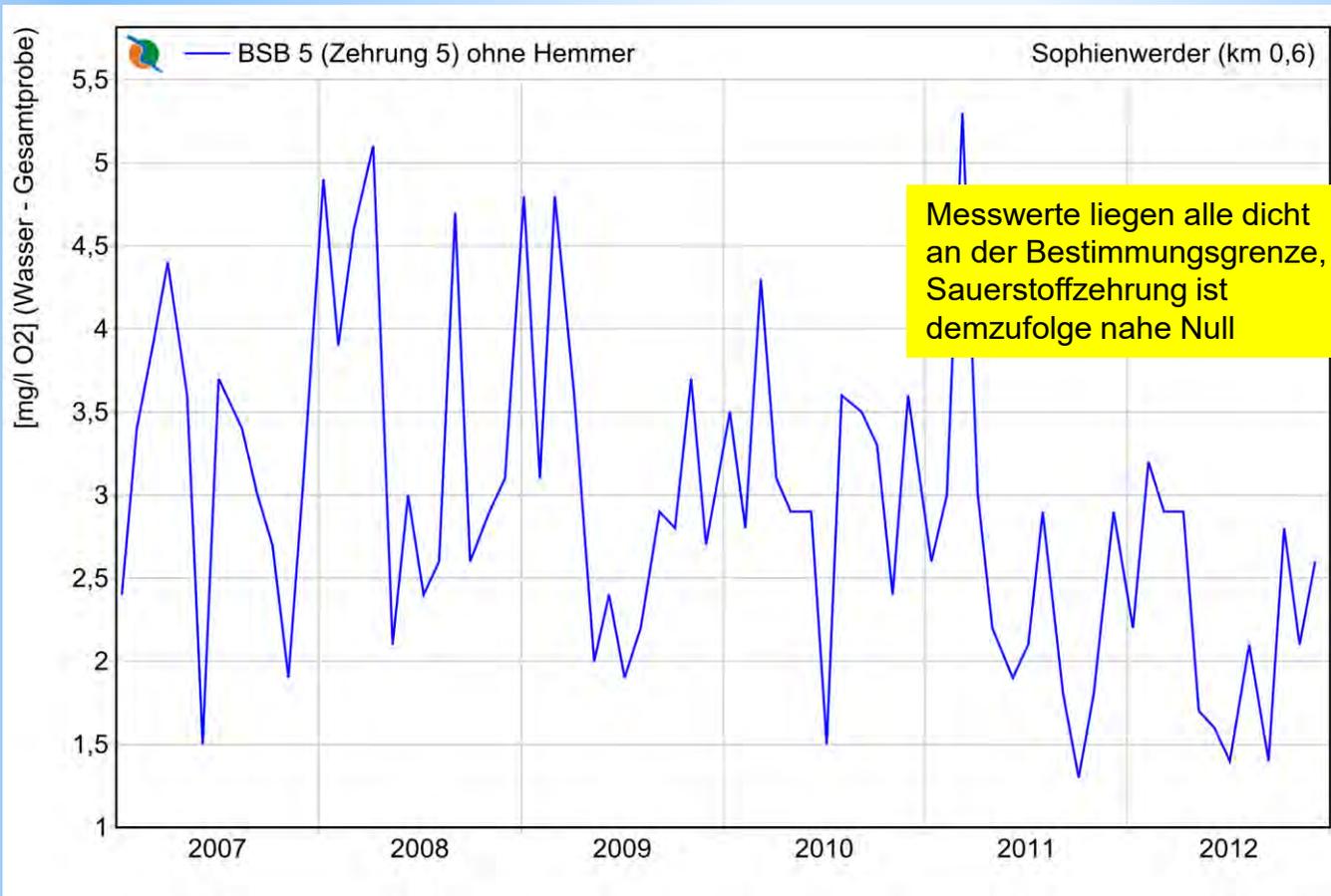
Beispiel einer Datenausgabe zu

- Phytoplankton (Biologische Qualitätskomponenten)
- Chlorophyll A

vom Datenportal FG Elbe, Gewässer Spree, Messstelle Sophienwerder im Zeitraum 2007 bis 2012

<http://www.elbe-datenportal.de/FisFggElbe/content/start/ZurStartseite.action>

Gewässergüte nach WRRL



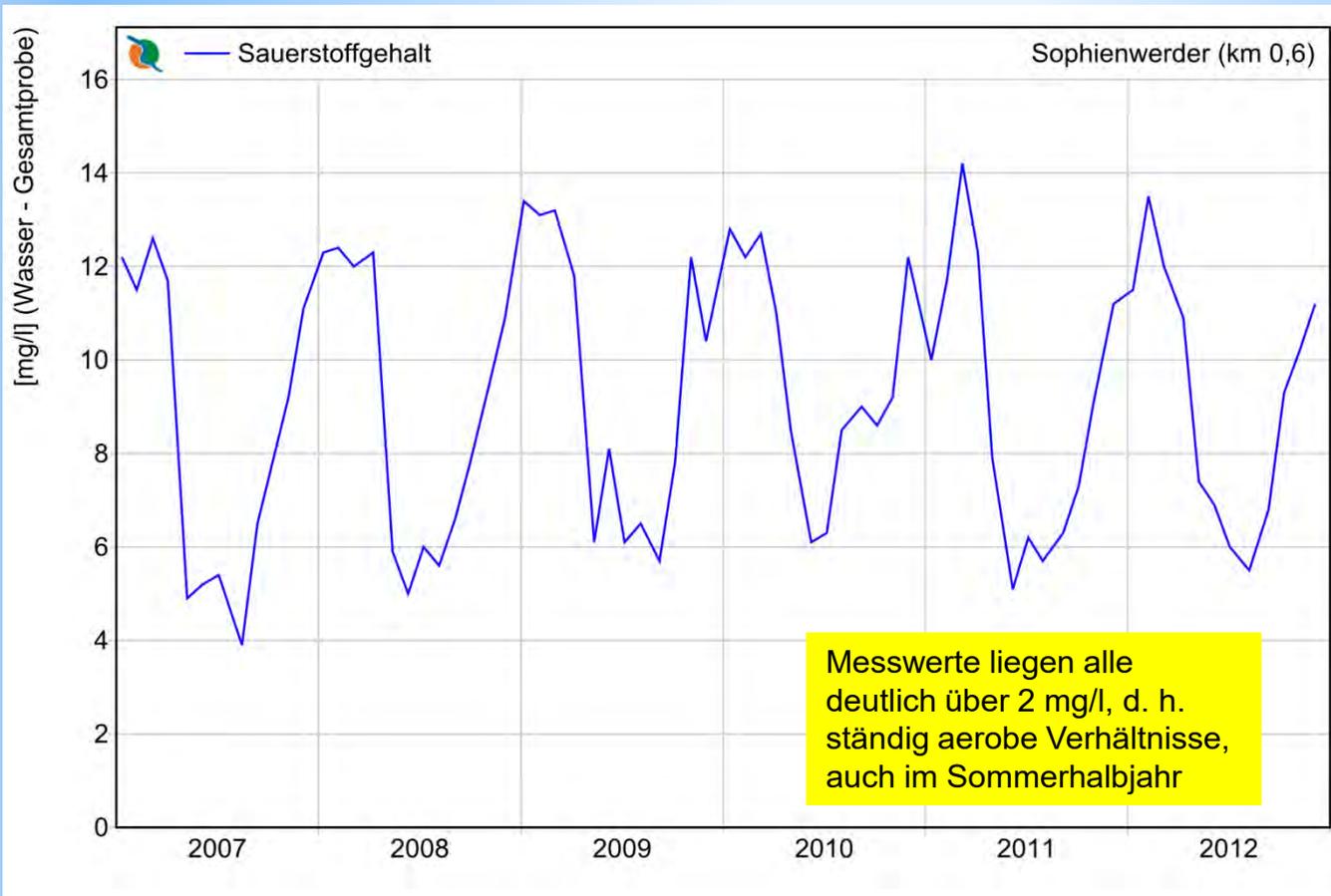
Beispiel einer Datenausgabe zu

- Physikalisch-chemische Qualitätskomponenten
- Sauerstoffhaushalt
- BSB₅ (Zehrung) ohne Hemmer

vom Datenportal FGG Elbe,
Gewässer Spree,
Messstelle
Sophienwerder
im Zeitraum 2007 bis
2012

<http://www.elbe-datenportal.de/FisFggElbe/content/start/ZurStartseite.action>

Gewässergüte nach WRRL



Beispiel einer Datenausgabe zu

- Physikalisch-chemische Qualitätskomponenten
- Sauerstoffhaushalt
- Sauerstoffgehalt

vom Datenportal FGG Elbe, Gewässer Spree, Messstelle Sophienwerder im Zeitraum 2007 bis 2012

<http://www.elbe-datenportal.de/FisFggElbe/content/start/ZurStartseite.action>

Gewässergüte nach WRRL



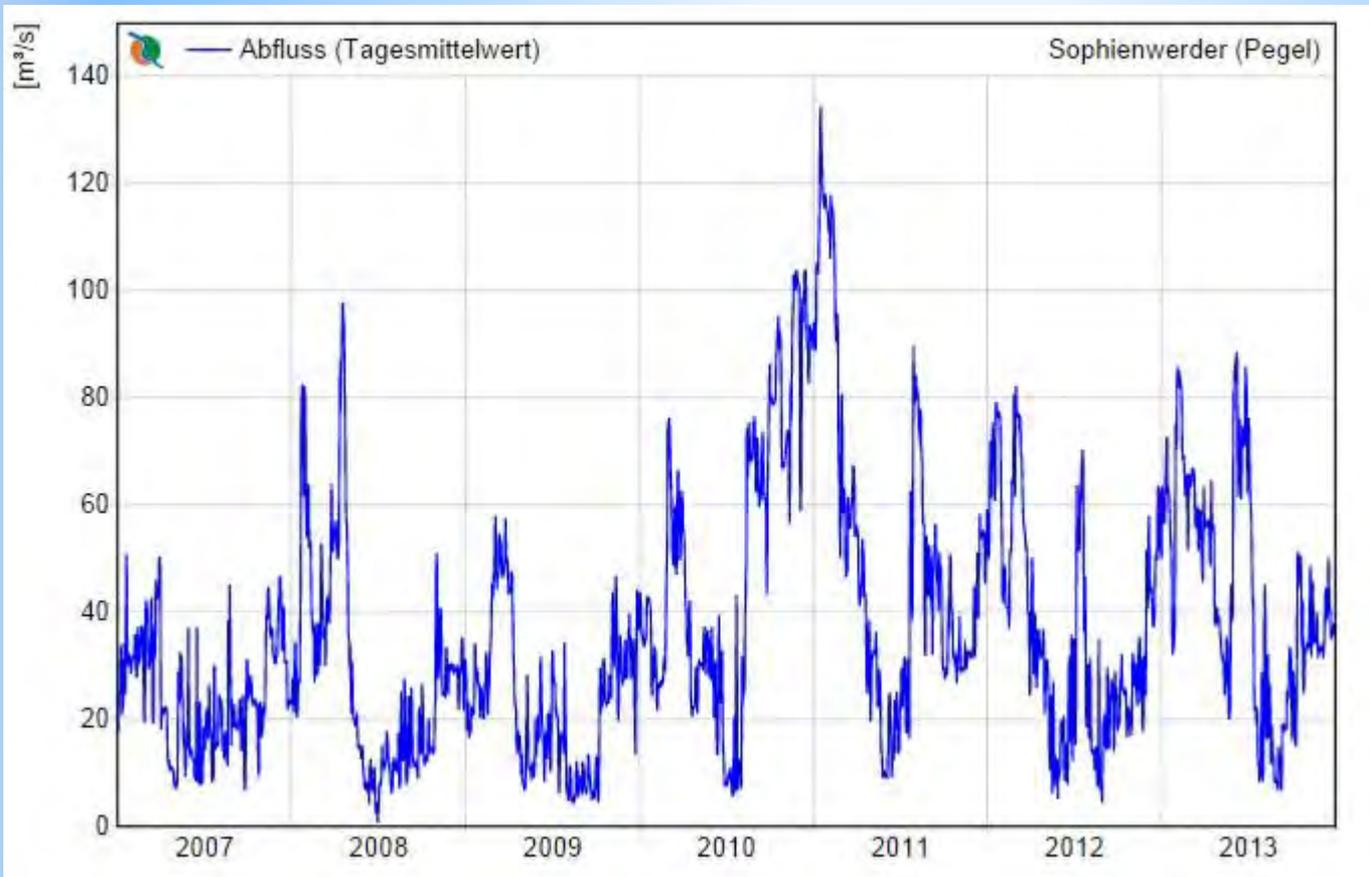
Beispiel einer Datenausgabe zu

- Chemische Qualitätskomponenten
- Schadstoffe in Wasserphase
- Schwermetalle/ übrige Metalle
- Blei
- filtrierte Probe

vom Datenportal FGG Elbe, Gewässer Spree, Messstelle Sophienwerder im Zeitraum 2007 bis 2012

<http://www.elbe-datenportal.de/FisFggElbe/content/start/ZurStartseite.action>

Gewässergüte nach WRRL



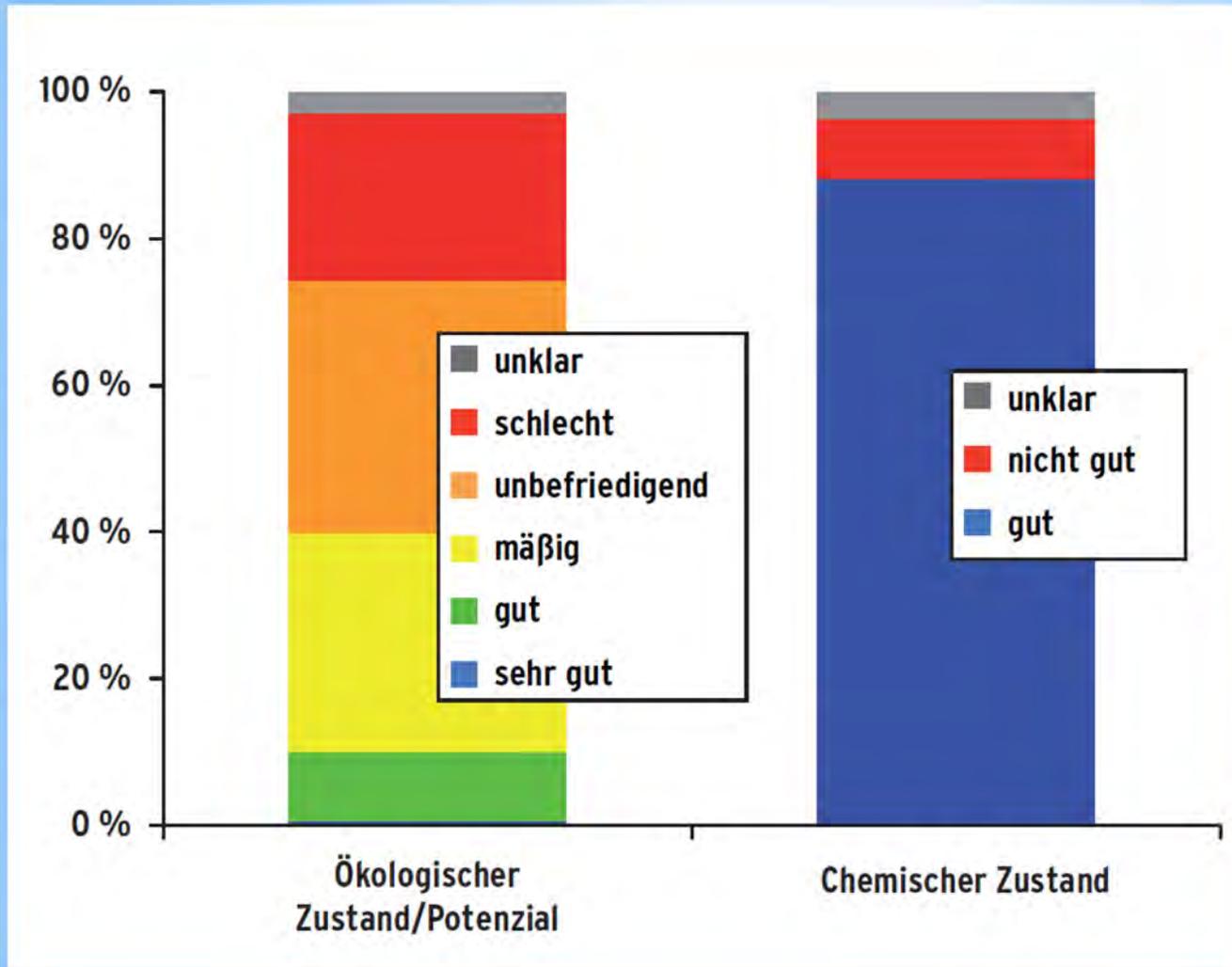
Beispiel einer Datenausgabe zu

- Hydromorphologische Qualitätskomponenten
- Wassermenge
- Abfluss
- Tagesmittelwert

vom Datenportal FGG Elbe, Gewässer Spree, Messstelle Sophienwerder im Zeitraum 2007 bis 2013

<http://www.elbe-datenportal.de/FisFggElbe/content/start/ZurStartseite.action>

Gewässergüte nach WRRL

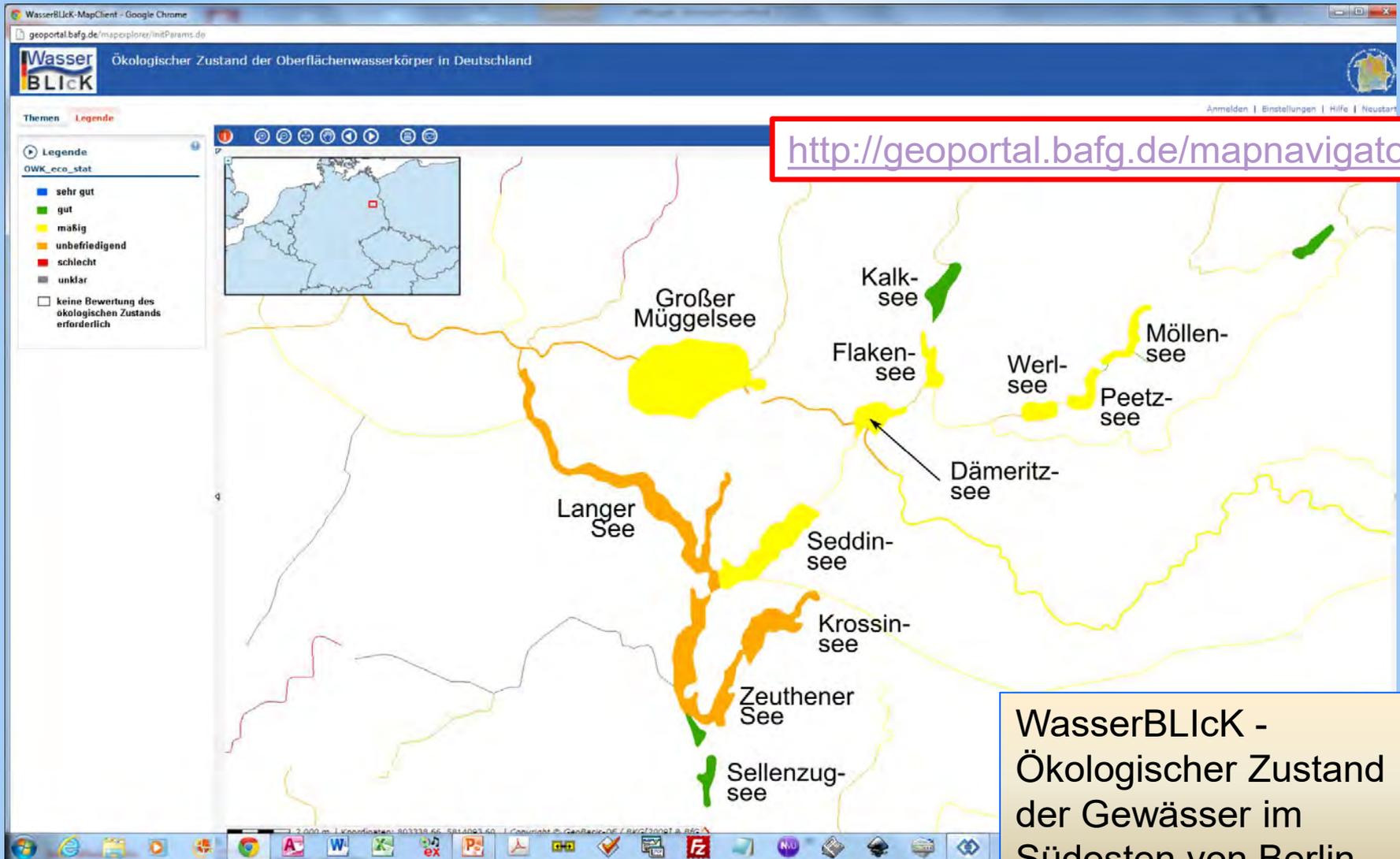


Ökologischer und chemischer Zustand der Oberflächengewässer in Deutschland

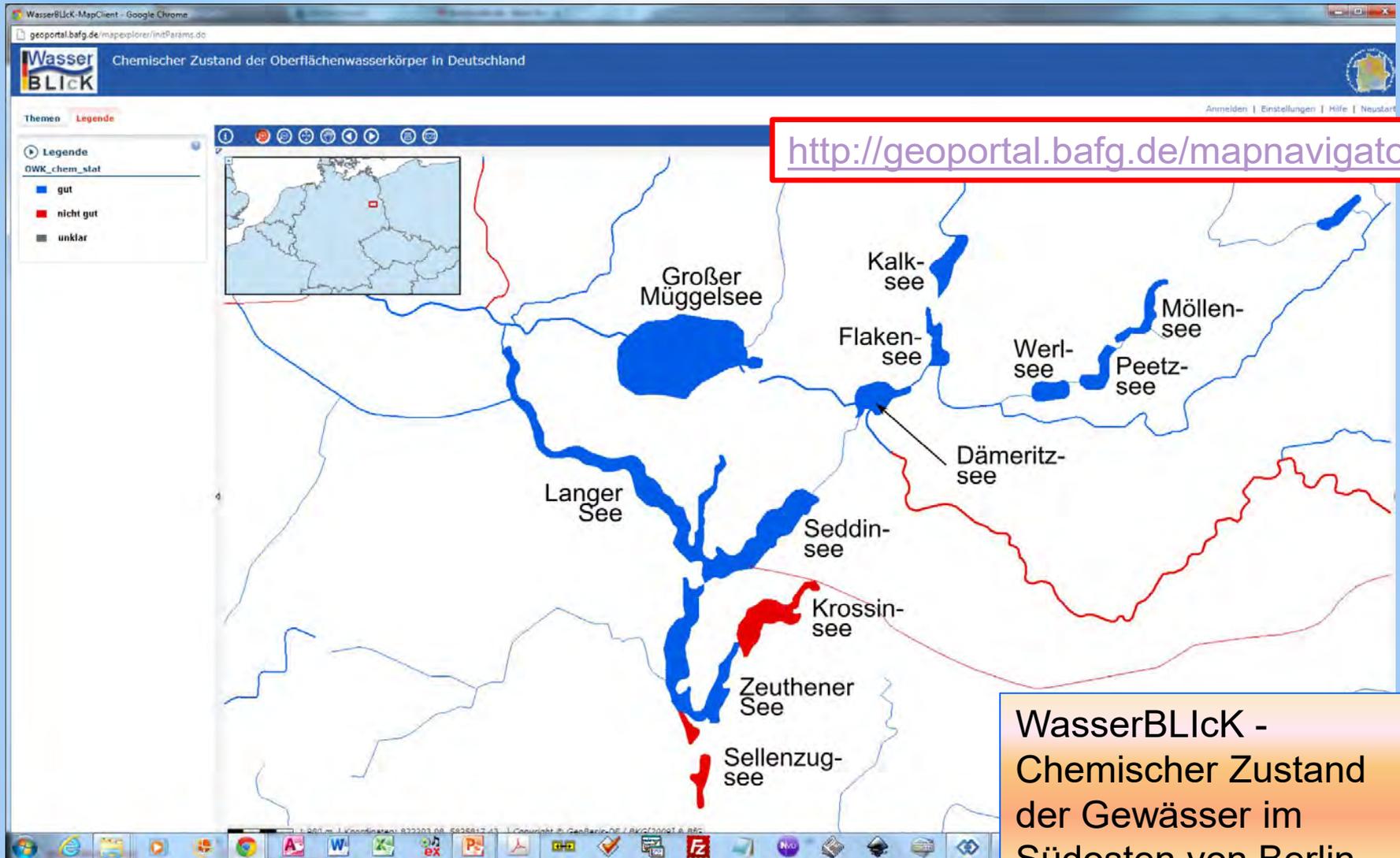
Zu beachten ist, dass nach der neuen Klassifizierung nur etwa 10% der Oberflächengewässer einen guten ökologischen Zustand aufweisen!

aus [UBA, 2010]

WasserBLiCK MapClient



WasserBLiCK MapClient



Literaturverzeichnis

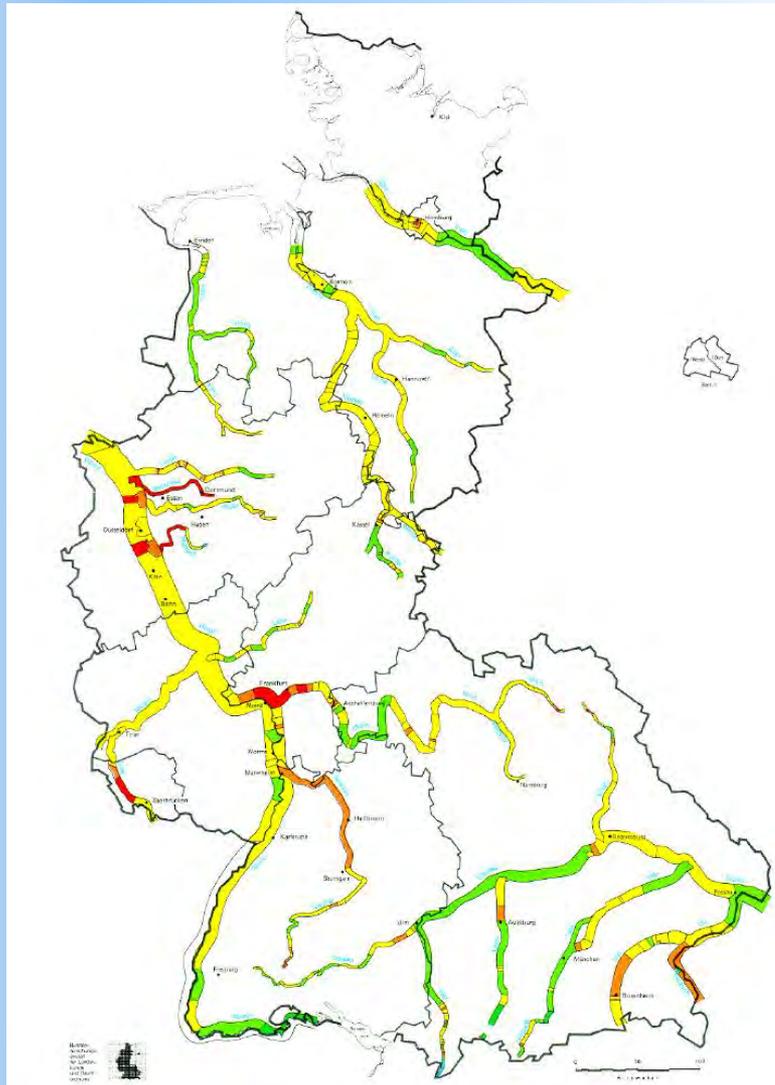
Kurzbezeichnung	Fundstelle
[ANDERS, 1983]	Anders, S. Rund um das Wasser - ein physikalischer Streifzug BSB B.G. Teubner Verlagsgesellschaft, Leipzig 1983
[BESCH et al., 1992]	Besch, W.-K.; Hamm, A.; Lenhart, B.; Melzer, A.; Scharf, B.; Steinberg, C.: Limnologie für die Praxis - Grundlagen des Gewässerschutzes, 3. Auflage ecomed Fachverlag, Landsberg, 1992
[BEUSCHOLD, 1984]	Beuschold, E. Problem Wasser Urania-Verlag Leipzig Jena Berlin, 1984
[BFG, 2013]	Bund- Länder-Informations- und Kommunikationsplattform Wasser (WasserBLICK), Mapnavigator Download von der Internet-Homepage der Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz im Oktober 2013 http://geoportal.bafg.de/mapnavigator/
[BUSCH, UHLMANN & WEISE, 1983]	Busch, K.-F.; Uhlmann, D.; Weise, G. Ingenieurökologie VEB Gustav Fischer Verlag Jena, 1983
[DOKULIL et. al., 2001]	Dokulil, M.; Hamm, A.; Kohl, J.-G. (Hg.): Ökologie und Schutz von Seen Facultas Verlags- und Buchhandels AG, Wien, 2001
[KALBE, 1985]	Kalbe, L.: Leben im Wassertropfen Urania Verlag Leipzig, Jena, Berlin, 1985
[SCHWOERBEL, 1984]	Schwoerbel, J.: Einführung in die Limnologie VEB Gustav Fischer Verlag, Jena, 1984
[UBA, 2004]	Autorenkollektiv des Umweltbundesamts Die Wasserrahmenrichtlinie – Neues Fundament für den Gewässerschutz in Europa, Langfassung Umweltbundesamt, Dessau, November 2004 http://www.umweltbundesamt.de/publikationen/wasserrahmenrichtlinie-neues-fundament-fuer-den
[UBA, 2010]	Autorenkollektiv des Umweltbundesamts Wasserwirtschaft in Deutschland – Teil 2 Gewässergüte Herausgeber: Umweltbundesamt Dessau-Roßlau, November 2010 http://www.umweltbundesamt.de/uba-info-medien/3469.html
[VDG, 1992]	Biologische und chemische Gütebestimmung von Fließgewässern Schriftenreihe der Vereinigung Deutscher Gewässerschutz, Band 53

Gewässerschutz

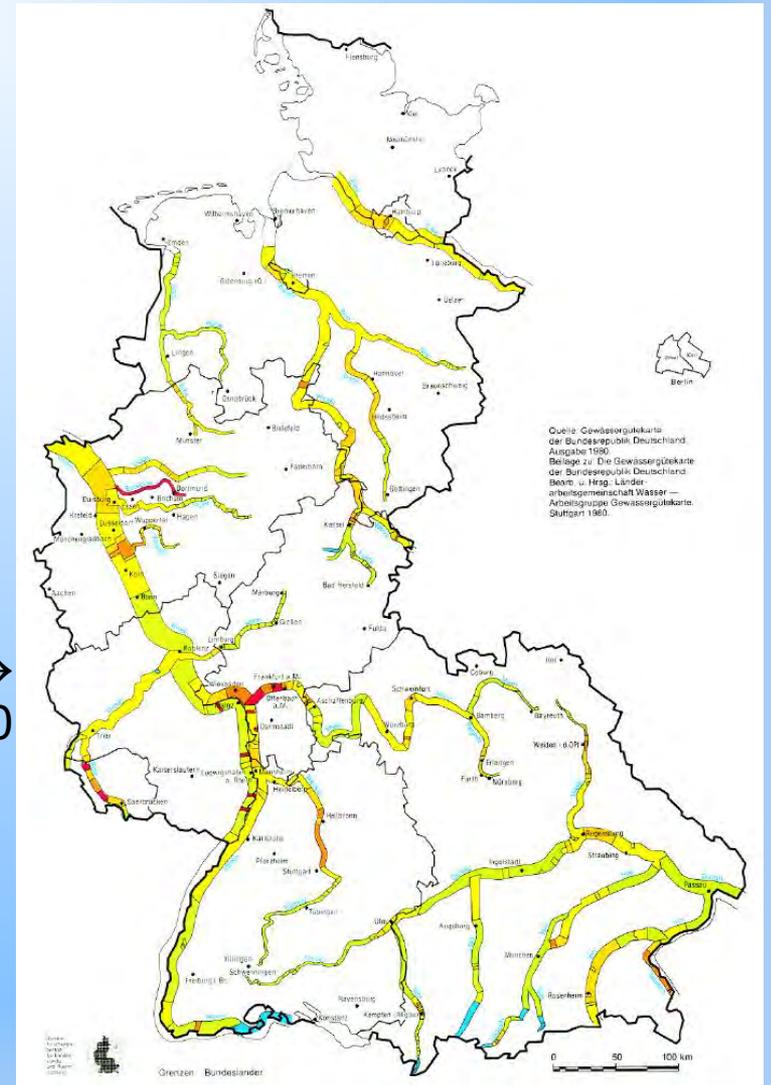
Schutz und nachhaltige Bewirtschaftung von Gewässern – Grundlagen II

Zustand der Gewässer in Deutschland

Gewässergüte der Fließgewässer in D



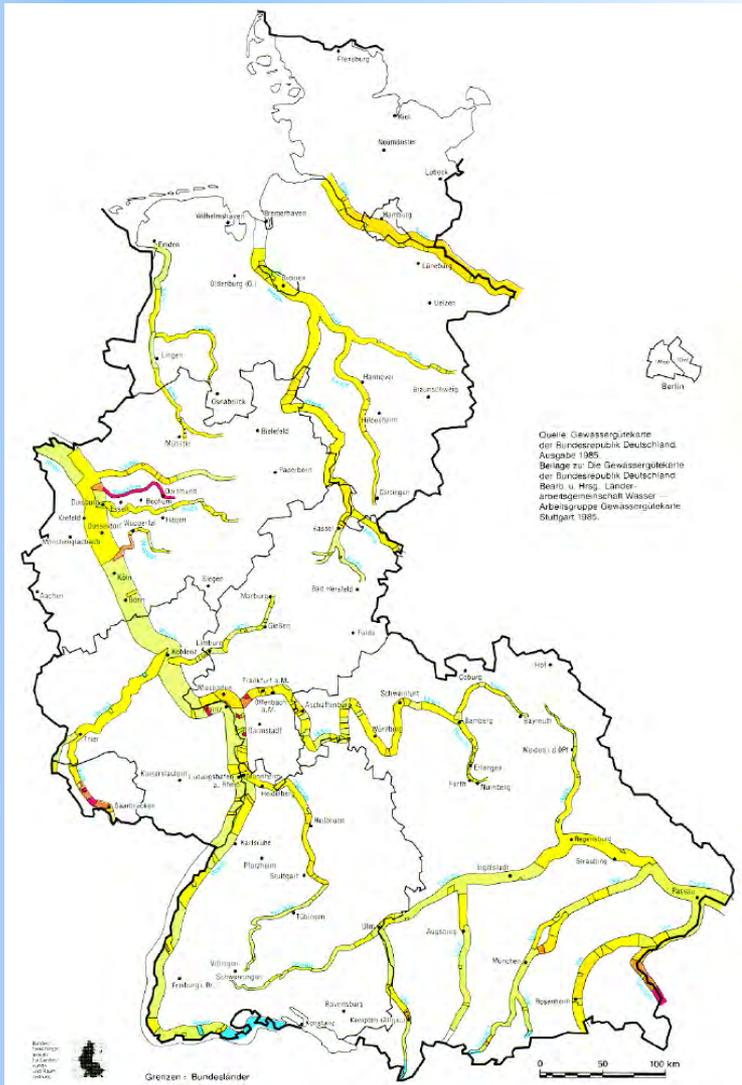
←
1975



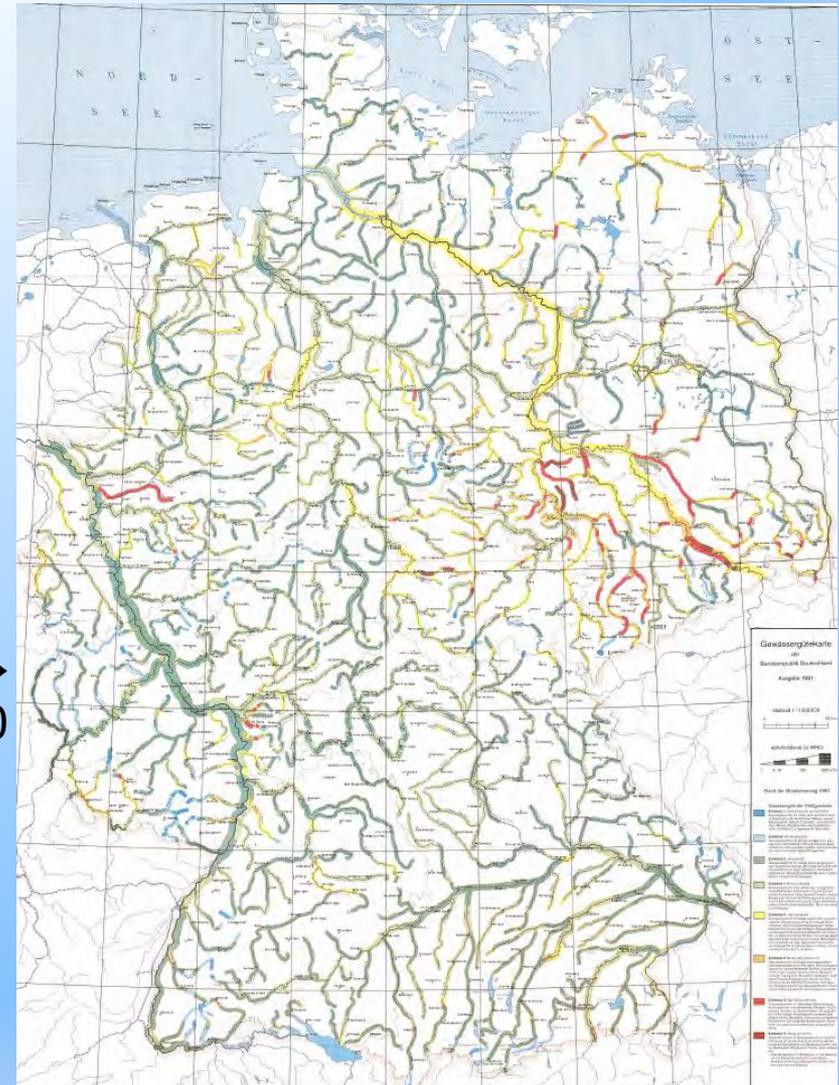
→
1980

aus [4]

Gewässergüte der Fließgewässer in D



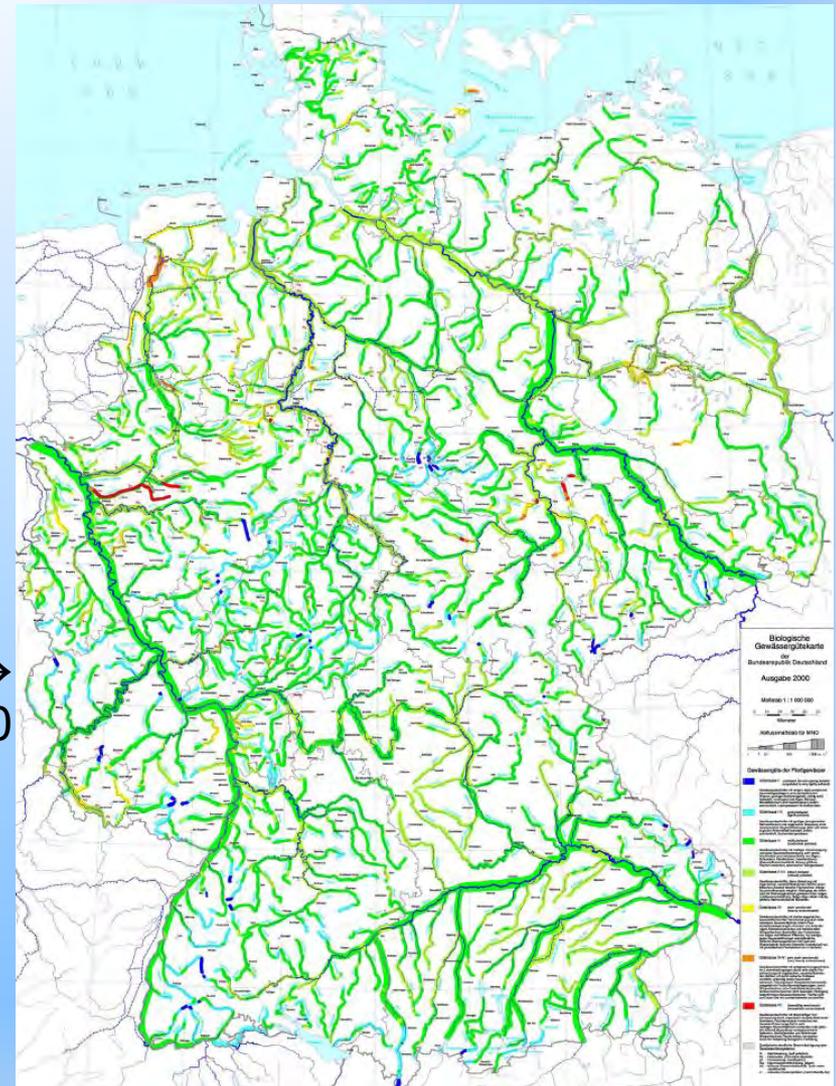
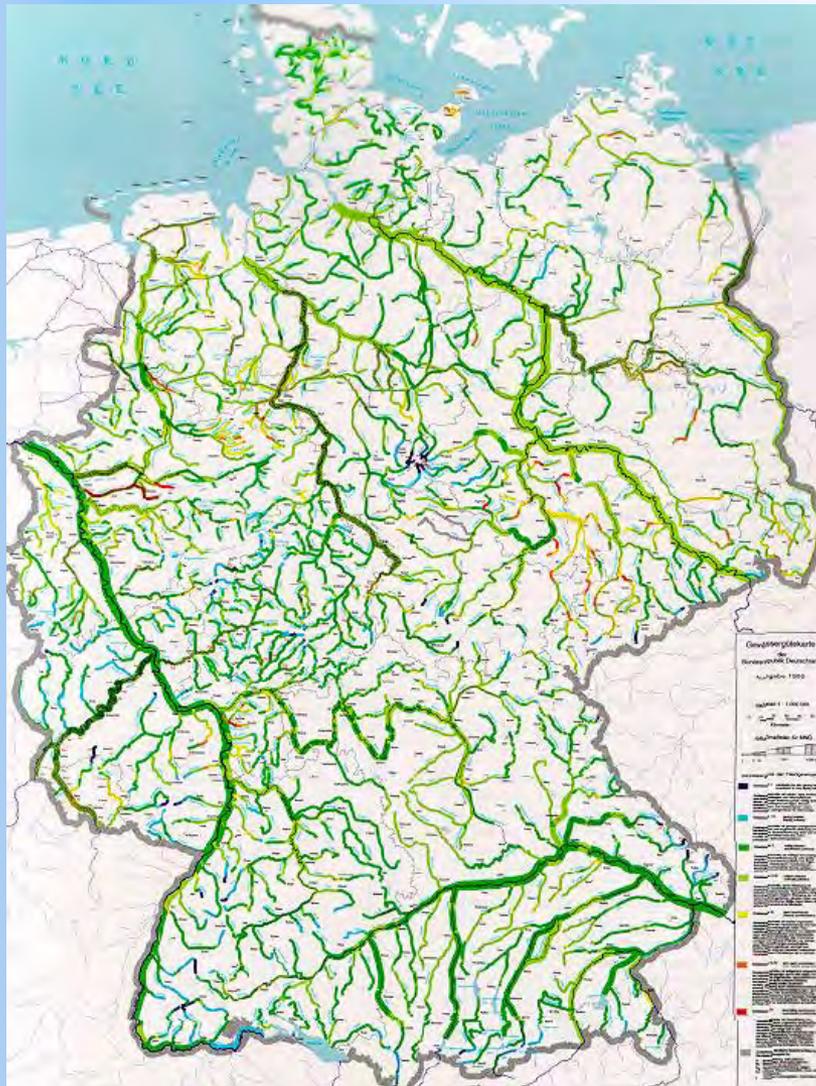
←
1985



→
1990

aus [4]

Gewässergüte der Fließgewässer in D



aus [4]

Gewässergüte der Fließgewässer in D

Im Vergleich zur Situation im Jahre 1990 zeigen sich in den Jahren 1995 und 2000 besonders deutliche Verbesserungen im Osten Deutschlands auf dem Gebiet der ehemaligen DDR.

Allerdings sind diese Verbesserungen – neben Neubau und Sanierung von kommunalen Kläranlagen – vor allem auf die Stilllegung von Industriebetrieben in der ehemaligen DDR zurückzuführen.

Beispiele:

Oberes Elbtal Zellstoffwerke Pirna-Heidenau
Kunstseidenwerk Pirna

Berlin Berliner Metallhütten- und Halbzeugwerke
Kabelwerk Oberspree, Werk für Fernsehelektronik
Elektrokohle Lichtenberg

Brandenburg Braunkohlenkombinate (Lauchhammer, Schwarze Pumpe usw.)
Glaswerke (Glashütte, Tettau)

Gewässergüte der Fließgewässer in D

Und - die noch verbliebenen Industriestandorte in den Neuen Bundesländern wurden technologisch mehr oder weniger komplett auf den neuesten Stand der Technik gebracht (abwasserarme oder abwasserfreie Verfahren, Neubau oder Ertüchtigung von Kläranlagen).

Beispiele

Chemie
Industrie

Erarbeitung eines Konzepts zur Sanierung der Abwasserverhältnisse der LEUNA-WERKE AG

O. Sterger, T. Lüdtkke, Berlin, J. Lange, Hannover, I. Bauer, Bad Dürrenberg

Aut

Zusammenfassung

Im Rahmen des 1992/93 durchgeführten Umweltförderpro-

different points of origin, synthesis lines and corporate levels.

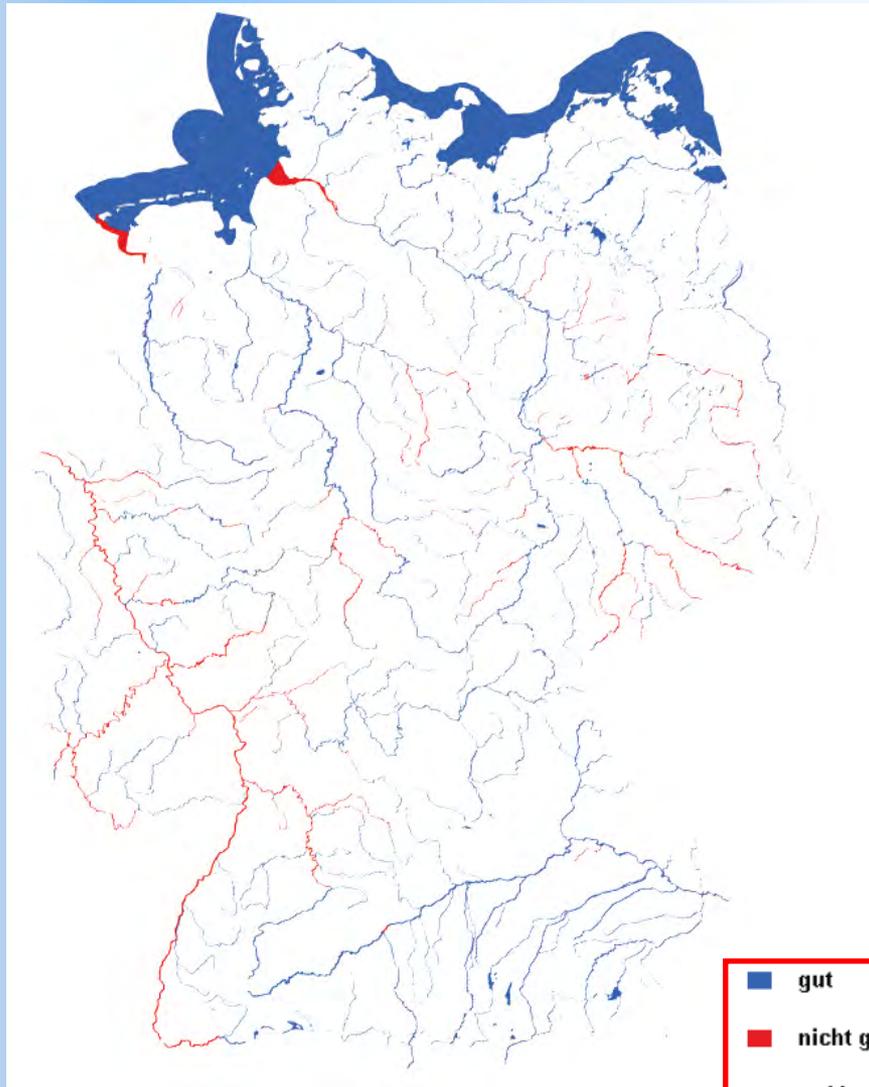
An expert system has turned out to be a very useful tool to

Papier- und

Zellstoffindustrie

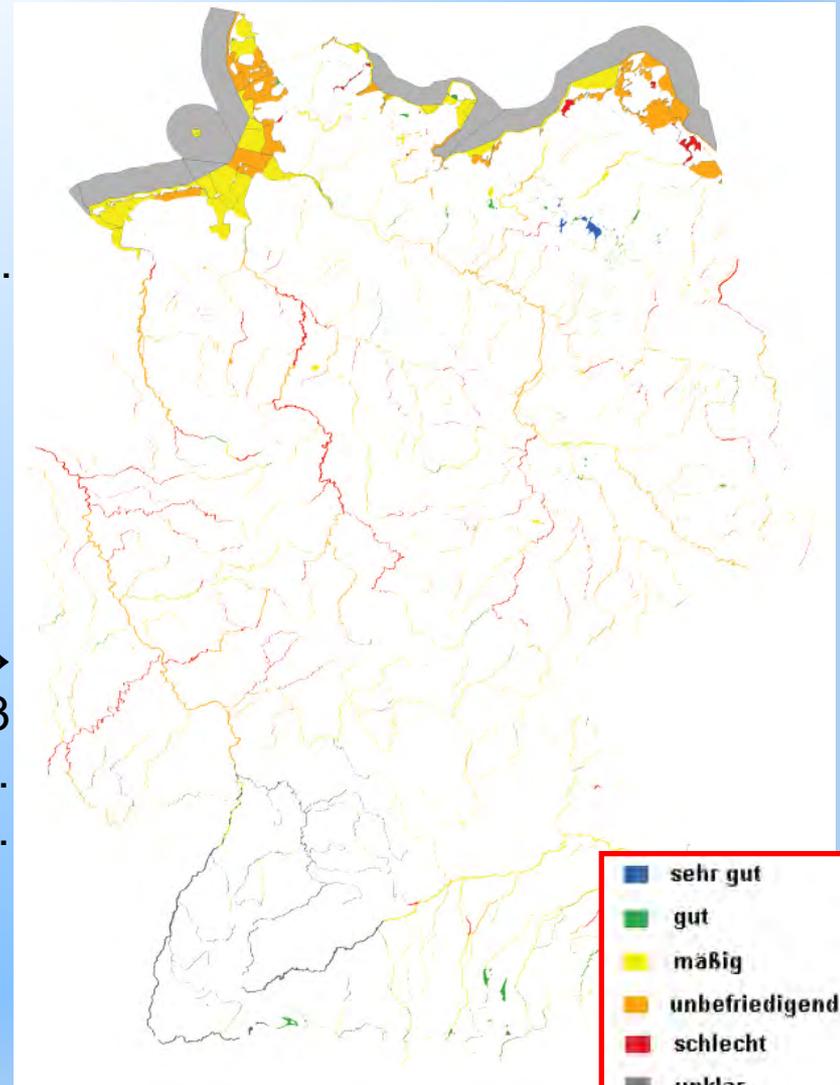
→ UPM Schwedt / LEIPA GmbH

WRRL-Gewässergüte Oberflächengewässer



←
2013
chem.
Zust.

→
2013
ökol.
Zust.



■ gut
■ nicht gut
■ unklar

[3]

■ sehr gut
■ gut
■ mäßig
■ unbefriedigend
■ schlecht
■ unklar

WRRL-Gewässergüte Oberflächengewässer

Nach der aktuellen Einstufung der Oberflächengewässer in Deutschland ist zwar der chemische Zustand in etwa 2/3 der Gewässer gut, der ökologische Zustand und damit die Gesamteinstufung zeigen aber, dass nur etwa 10% als „gut“ eingestuft werden können.

Defizite der Fließgewässer bestehen vor allem hinsichtlich der biologischen und der hydromorphologischen Qualitätskomponenten (nur wenige Fließgewässer in D sind noch „naturnah“).

Ähnlich sieht es bei den Standgewässern aus. Bei den natürlichen Seen ergibt sich folgendes (nach [10]):

- 12,2 % „sehr guter“ ökologischer Zustand (z. B. der Müritzsee),
- 26,9 % „guter“ ökologischer Zustand,
- 38,8 % „mäßig“,
- 18,1 % „unbefriedigend“
- 4,0 % „schlecht“

WRRL-Gewässergüte Grundwasser

Der mengenmäßige Zustand des Grundwassers ist gut, wenn die verfügbare Grundwasserressource nicht von der langfristigen mittleren jährlichen Entnahme überschritten wird (Grundwasserstand darf zwar schwanken, aber über längere Zeiträume gesehen nicht sinken).

Der chemische Zustand des Grundwasserkörpers ist gut, wenn die in der EG-Grundwasserrichtlinie festgelegten Qualitätsanforderungen (= Qualitätsnormen und Schwellenwerte) für die dort aufgeführten Stoffe eingehalten werden.

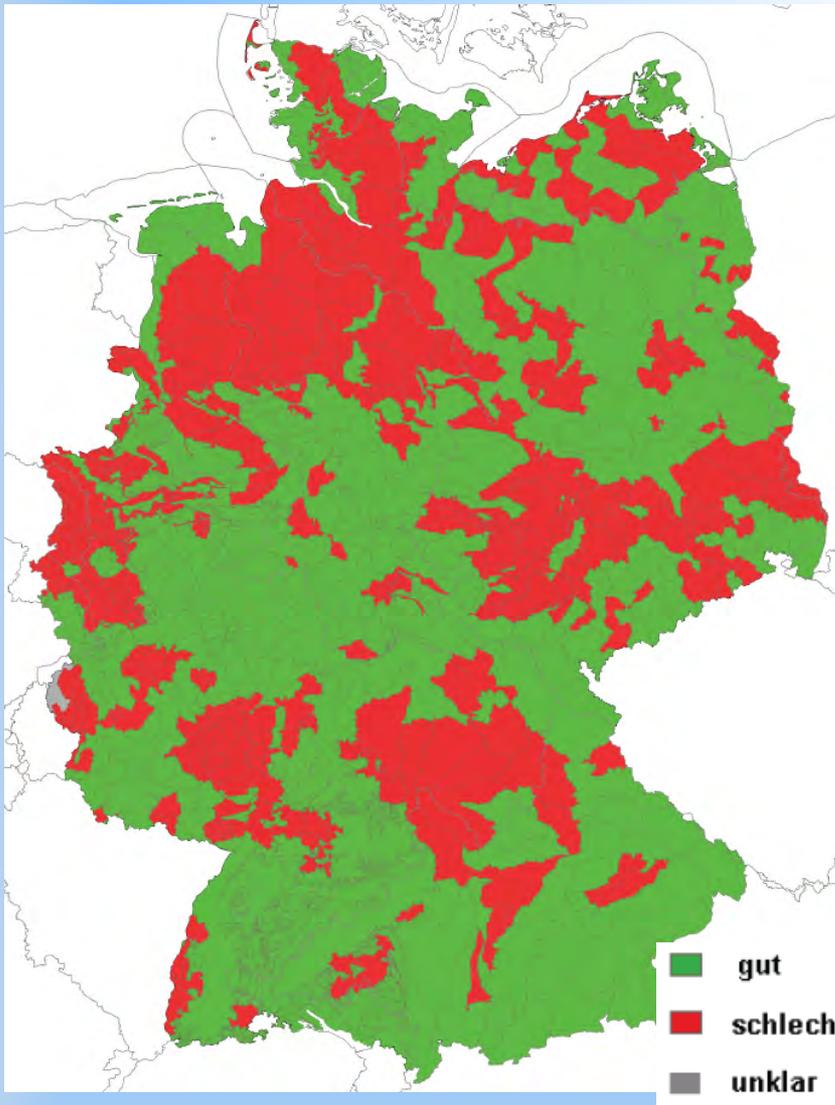
Beispiele dieser Qualitätsanforderungen:

- Nitrat ≤ 50 mg/l

und

- Pestizide (= Pflanzenschutzmittel (PSM) und Biozide) –
[Einzelgrenzwert $\leq 0,1$ $\mu\text{g/l}$, Summengrenzwert $\leq 0,5$ $\mu\text{g/l}$].

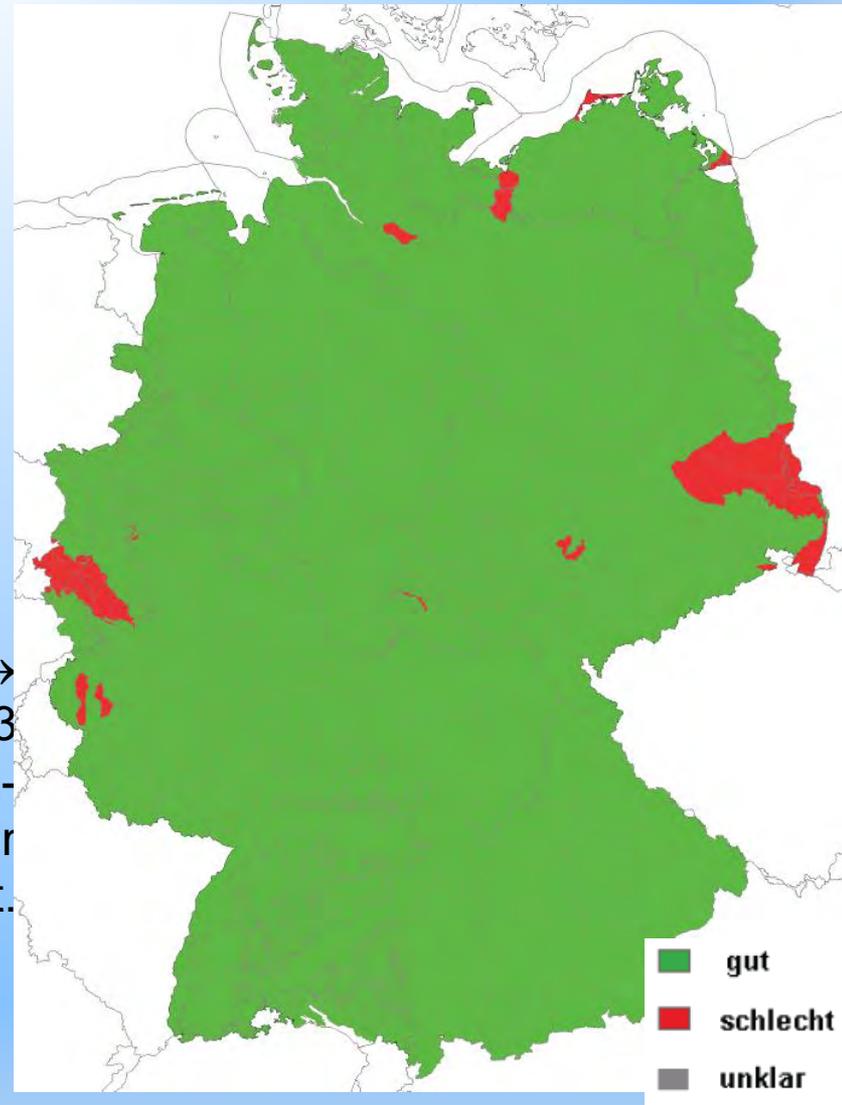
WRRL-Gewässergüte Grundwasser



←
2013
chem.
Zust.

→
2013
mengen-
mäßiger
Zust.

[3]



WRRL-Gewässergüte Grundwasser

Insgesamt gibt es in Deutschland nur wenige Grundwasserkörper, die Wassermengenprobleme aufweisen. Von den insgesamt 1.000 GWK verfehlen lediglich 38 (d. h. 4 %) den „guten mengenmäßigen Zustand“. Ursache für Mengenprobleme sind vor allem Bergbauaktivitäten (Braunkohletagebaue, Salzbergbau).

Hinsichtlich des chemischen Zustands gibt es deutlich mehr Defizite: 37 % aller Grundwasserkörper sind in einem schlechten chemischen Zustand!

Hauptursache sind diffuse Belastungen aus der Landwirtschaft - durch Nitrat (27 % GWK überschreiten die Qualitätsnorm) und Pflanzenschutzmittel (4 % GWK überschreiten die Qualitätsnorm).

nach [10]

Welche Auswirkungen haben zu hohe Nitratkonzentrationen im Grundwasser ?
Gehen von „Fracking“ Gefahren für die Grundwasservorräte aus?

WRRL-Gewässergüte Grundwasser

Welche Auswirkungen haben zu hohe Nitratkonzentrationen im Grundwasser ?

- Methämoglobinämie („Blausucht“) bei Säuglingen, wenn die Flaschennahrung aus nitratbelastetem Trinkwasser zubereitet wurde
- Darmkrebs bei Erwachsenen aufgrund der Bildung von Nitrosaminen / Nitrosamiden im Verdauungstrakt bei der Aufnahme von nitratbelastetem Trinkwasser

Gehen von „Fracking“ Gefahren für die Grundwasservorräte aus?

m. E. **ja**, weil

- Eintrag von Stoffen, über deren Langzeitwirkung keine Kenntnisse vorliegen
- Grundwasseraquifere werden durchbrochen, die vorhandene flächenmäßige und vertikale Trennung („Grundwasserstockwerke“) der verschiedenen Grundwasservorkommen wird beseitigt (Kontaminationen können sich ausbreiten, deren Sanierung wird erheblich erschwert – Verdünnung!)

Fracking ähnelt Verpressung von Abwasser in den Untergrund (ehem. BRABAG!)

Gewässerschutz

Schutz und nachhaltige Bewirtschaftung von Gewässern – Grundlagen II

**Labor- und Online-Messungen und deren
Bedeutung für den Gewässerschutz**

Gewässerüberwachung

Die Landesämter für Umweltschutz/Wasserwirtschaft führen regelmäßige Messungen an den Gewässern durch (bzw. beauftragen hiermit externe Auftragnehmer).

Gemessen werden alle wichtigen Parameter, die für Wasserbewirtschaftung einschließlich Hochwasserschutz und zur Beurteilung der Gewässergüte erforderlich sind.

Die Messungen an den Gewässern lassen sich unterteilen in

- Messungen der Wassermenge (hydrologische und hydrogeologische Überwachung)
- Messungen der Wasserbeschaffenheit (Überwachung der Wassergüte durch spezialisierte Labore)

Darüber hinaus werden die Uferbereiche der Oberflächengewässer überwacht (z. B. Standfestigkeit der Deiche).

Eine besonders wichtige Aufgabe der staatlichen Gewässeraufsicht besteht in der Kontrolle der Einhaltung der Allgemeinen Anforderungen und der Einhaltung der Überwachungswerte (nach Menge und Beschaffenheit) durch die Abwassereinleiter.

Gewässerüberwachung

Verantwortlich für die staatliche Gewässerüberwachung sind i. a. R. die **Landesumweltbehörden**:

(nach <http://www.umweltbundesamt.de/laermprobleme/links/behoerden.html>)

Baden-Württemberg

[Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg](#)

Bayern

[Bayerisches Landesamt für Umwelt](#)

Berlin

[Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt](#)

Brandenburg

[Landesamt für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz](#)

Bremen

[Der Senator für Umwelt, Bau und Verkehr](#)

Hamburg

[Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt](#)

Hessen

[Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie](#)

Mecklenburg-Vorpommern

[Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie](#)

Niedersachsen

[Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz](#)

Nordrhein-Westfalen

[Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen](#)

Rheinland-Pfalz

[Landesamt für Umwelt, Wasserwirtschaft und Gewerbeaufsicht](#)

Saarland

[Landesamt für Umwelt- und Arbeitsschutz](#)

Sachsen

[Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie](#)

Sachsen-Anhalt

[Landesamt für Umweltschutz](#)

Schleswig-Holstein

[Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume Schleswig-Holstein](#)

Thüringen

[Thüringer Landesanstalt für Umwelt und Geologie](#)

Gewässerkundliche Jahrbücher

Die Ergebnisse der Mengenmessungen an den Gewässern werden in den

Deutschen Gewässerkundlichen Jahrbüchern

veröffentlicht und sind i. a. R. für jeden zugänglich.

Die Gewässerkundlichen Jahrbücher umfassen u. a.:

- Alphabetisches Pegelverzeichnis (OW & GW)
- Hydrografisches Verzeichnis (Gewässerverzeichnis)
- Übersichtskarten, Längsschnitte
- Lufttemperaturen und Niederschlagshöhen
- Abflüsse und Abflusspenden
- Wasserstände W und Durchflüsse Q der oberirdischen Gewässer
- Hydrologische Hauptwerte
- Grundwasserpegelstände

Beispiel: [Deutsches Gewässerkundliches Jahrbuch Elbegebiet, Teil II, Havel mit deutschem Odergebiet - 1998](#)

Gewässergüteberichte

Die Ergebnisse der Beschaffenheitsmessungen werden in den

Gewässergüteberichten

veröffentlicht und sind ebenfalls i. a. R. für jeden zugänglich.

Die Gewässergüteberichte umfassen u. a.:

- Einstufung der Gewässer in Güteklassen
- Kartierung
- Begriffsbestimmungen, Erläuternde Berichte

Beispiel: [Gewässergütebericht Freistaat Sachsen 2003 Text](#) / [Gewässergütebericht Freistaat Sachsen 2003 - Karte](#)

PRTR: Ergebnisse Abwasserüberwachung

Umwelt Bundes Amt
Für Mensch und Umwelt

Thru.de Betriebe Information

Inhalt Impressum Nutzungsbedingungen Kontakt Suche

Über Thru.de

Wie viele Schadstoffe stößt der Industriebetrieb in meiner Nachbarschaft aus? Welche Stoffe sind immer noch in den Abwässern enthalten, die die Kläranlagen verlassen? Antworten auf diese und zahlreiche weitere Fragen erhalten Sie nun hier bei Thru.de.

Schnelleinstieg

Karte Schadstoffquellen entdecken.

Suche Fundierte Ergebnisse finden.

Hilfe Thru.de effektiv nutzen.

Top-Themen

Juli 2013 – Beteiligen Sie sich...

... am deutschen Umsetzungsbericht zum PRTR-Protokoll! Zurzeit erstellen wir einen Bericht, wie wir in Deutschland die Anforderungen des PRTR-Protokolls zum Aufbau und Betrieb eines Schadstoffreisetzungs- und Verbringungsregisters umgesetzt haben. Das Protokoll sieht vor, dass alle Staaten, die es ratifiziert haben, einen solchen „Umsetzungsbericht“ erstellen, damit die korrekte Umsetzung der Anforderungen auf der nächsten PRTR-Vertragsstaatenkonferenz im Juni 2014 kontrolliert werden kann.

→ mehr lesen

Die Ergebnisse der Überwachung der Abwassereinleiter werden zumindest teilweise im

European Pollutant Release and Transfer Register (E-PRTR)
bzw. unter “Thru” vom deutschen UBA

<http://www.prtr.de/>

veröffentlicht und sind dort für jeden zugänglich.

U. a. ist folgendes zu finden:

- Karten
- Emissionsquellen
- Abwasseremissionen (Jahresfrachten)
- Emissionen in die Luft und Abfall
- Datenbank mit den PRTR-berichtspflichtigen Betrieben in D und deren Emissionen

Beispiel: [Thru-Bericht 2011 Dow Olefinverbund GmbH, Werk Schkopau](#)

Wassermengenmessung (Volumenstrom)

In Fließgewässern (i. d. R. nur diskontinuierliche Messung)

(Näheres siehe z. B. http://www.lfu.bayern.de/wasser/wasserstand_abfluss/abfluss/index.htm)

- „klassische“ Methode: Aufnahme von Querprofilen & Geschwindigkeitsmessung mit Messflügeln ($Q = A \cdot v$)
- Ultraschallmessung
- ADCP- Messung (Acoustic Doppler Current Profiler)
- Geschwindigkeitsradarmessung
- Verdünnungsmessung (Tracermessung)
- Seilkrananlage oder Messung von Brücken (bei Hochwasser)

In offenen Gerinnen, kontinuierlich (z. B. Abwasserkanäle):

- Venturimessung
(siehe z. B. <http://de.wikipedia.org/wiki/Venturi-Durchflussmessung>)

In Rohrleitungen, kontinuierlich (z. B. Trink-, Brauch- und Abwasserrohre):

- Induktive Durchflussmessung
(siehe z. B. http://de.wikipedia.org/wiki/Magnetisch-induktiver_Durchflussmesser)

Grundsätzlich gilt:

Alle Messungen des Volumenstroms haben Messfehler bis zu 10%!

Wassermengenmessung (Volumenstrom)

GUJER [7] setzt die Messfehler bei Messungen des Volumenstroms in Freispiegelleitungen sogar noch höher an: bis zu 20%!

Beispiel 5.1: Durchflussmessungen in Freispiegelkanälen sind unzuverlässig

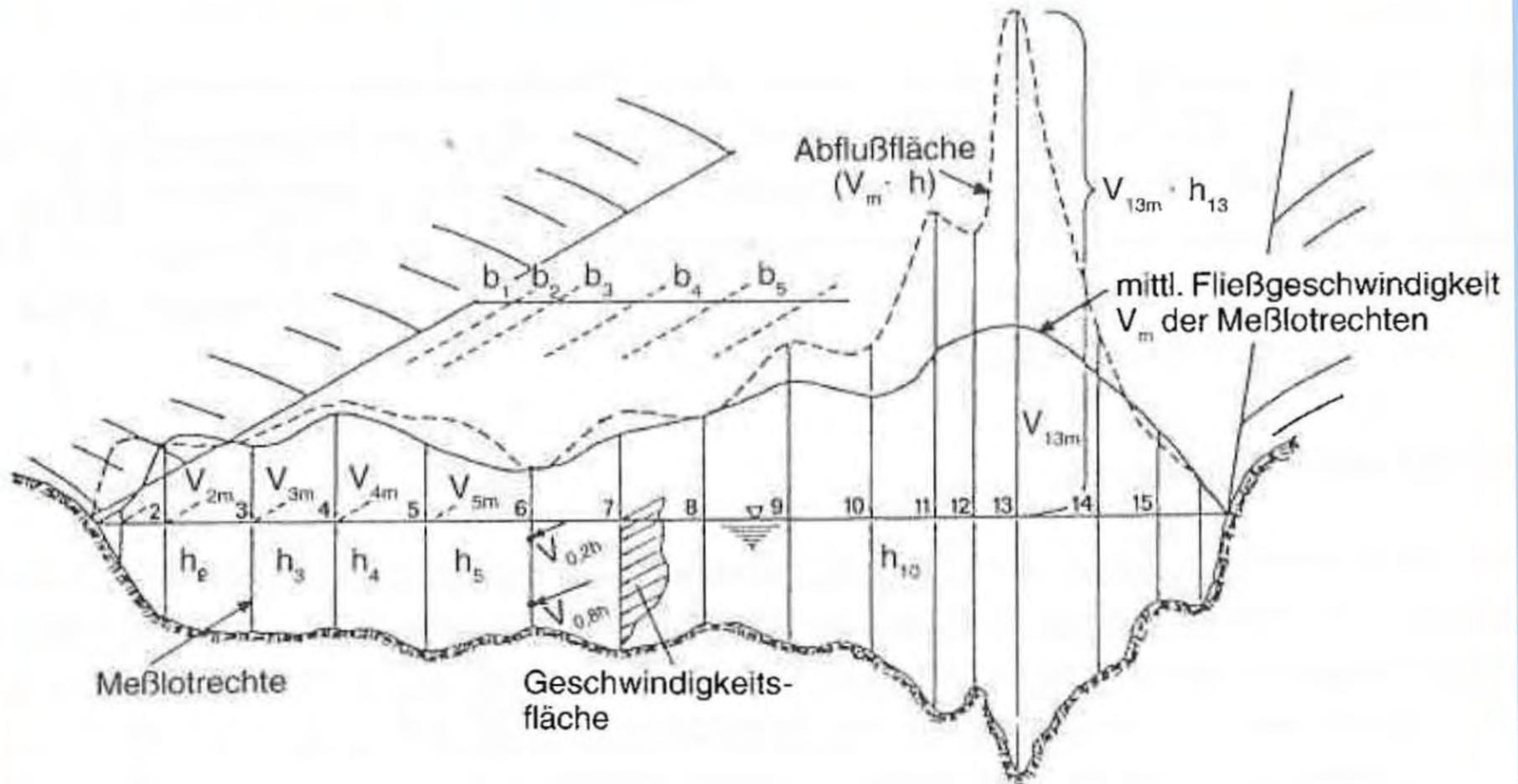
Leider gibt es heute kein wirklich zuverlässiges System, mit dem der Durchfluss in Kanalisationen kontinuierlich und mit geringer Messabweichung gemessen werden kann. Vorhandene Messsysteme müssen *in situ* sorgfältig geeicht werden, was sehr aufwändig ist.

Viele Systeme basieren u.a. auf einer Messung der Wasserspiegellage. Sedimente, Wellen und ungenaue Referenzpunkte führen zu Streuungen und systematischen Abweichungen. Bei der Messung von Fließgeschwindigkeiten müssen in Abhängigkeit vom Fließquerschnitt Korrekturen gemacht werden, weil sich über den Querschnitt Fließprofile ausbilden.

Konkret muss mit grösseren Streuungen und systematischen Abweichungen bis 20% gerechnet werden.

Durchflussmessungen in Druckleitungen sind deutlich genauer und häufig zuverlässig.

Wassermengenmessung (Volumenstrom)



Graphische Auswertung einer klassischen Abflussmessung
mit Geschwindigkeitsprofil und Abflussfläche aus [8]

Messung des Wasserstands (kontinuierlich)



Foto: Sterger, 2010

Beispiel für ein Pegelhäuschen zur Messung und Fernübertragung des Wasserstands an einem Fließgewässer:

**Elsterberg/Thür.
an der
Weißen Elster**

Zwischen Wasserstand W und Durchfluss Q besteht eine feste Korrelation, deshalb kann Q aus W errechnet werden.

Messung chemischer Parameter

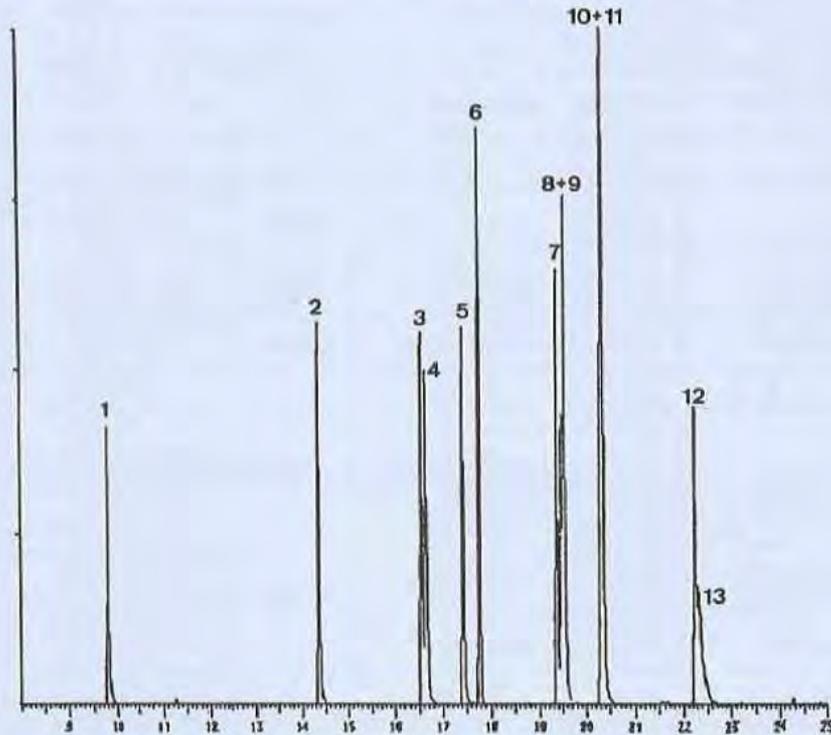
Labormessungen nach Probenahme vor Ort

- „Naßchemische“ (traditionelle) Methoden (z. B. CSB)
- Photometrische Methoden (Durchlichtmessung mit Küvetten, z. B. Trübung)
- Spektroskopische Methoden,
z. B. Atomabsorptionsspektrometer (AAS → Schwermetalle)
- Chromatographische Methoden,
z. B. Gaschromatographie mit Massenspektrometrie (GC-MS → organische Stoffe)

siehe z. B. <http://de.wikipedia.org/wiki/Atomabsorptionsspektrometrie>

siehe z. B. http://de.wikipedia.org/wiki/Gaschromatographie_mit_Massenspektrometrie-Kopplung

Messung chemischer Parameter



- | | |
|------------------------------|--------------------------------|
| (1) aniline | (8) 4-bromoaniline |
| (2) 2-chloroaniline | (9) 3-chloro-4-methylaniline |
| (3) 3-chloroaniline | (10) 2,4-dichloroaniline |
| (4) 4-chloroaniline | (11) 2,5-dichloroaniline |
| (5) 4-isopropylaniline | (12) 3,4-dichloroaniline |
| (6) 2,6-dichloroaniline | (13) 3-chloro-4-methoxyaniline |
| (7) 4-chloro-2-methylaniline | |

Beispiel des Gaschromatogramms einer Wasserprobe, die mit verschiedenen Anilinverbindungen dotiert wurde (Kapillare GC-MS)

aus [13]

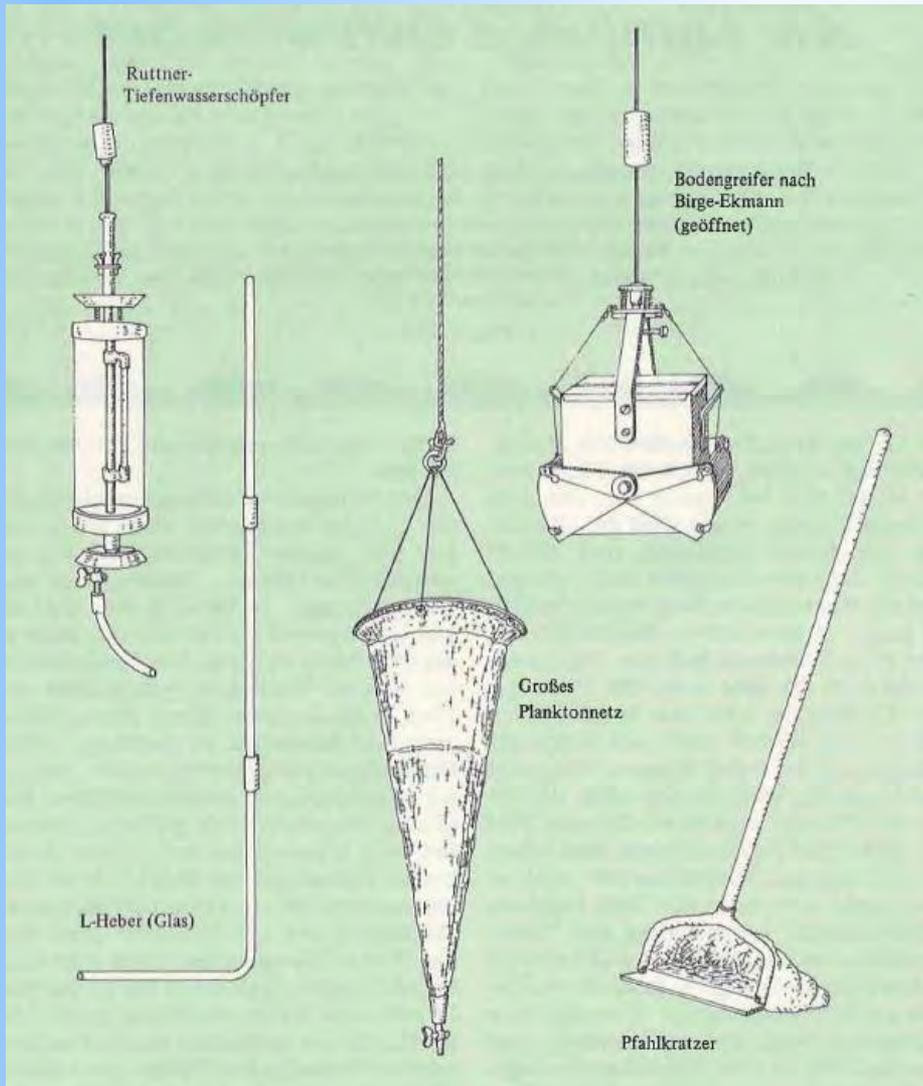
Messung chemischer Parameter

Grundsätzlich gilt:

Bei der Messung chemischer Parameter wurden in den letzten 20...30 Jahren enorme Fortschritte erzielt. Dies betrifft insbesondere:

- Das “analytische Fenster“ wurde durch zahlreiche neue Parameter weit geöffnet (Schwermetalle, AOX, lipophile Stoffe, endokrine Stoffe, Fischei-Test, umu-Test, AMES-Test etc.). Die Erweiterung des Spektrums der Stoffe, die im Wasser nachgewiesen und deren Konzentration gemessen werden kann, umfasst heute praktisch alle wichtigen Stoffe, die überhaupt im Wasser anzutreffen sind.
- Die Empfindlichkeit der Messverfahren hat enorm zugenommen. Die Erfassungs- und Bestimmungsgrenzen wurden für praktisch alle Parameter deutlich nach unten ausgedehnt (mg/l → ng/l bzw. 10^{-3} g/l → 10^{-9} g/l), d. h., dass heute auch Spurenstoffe in geringsten Konzentrationen quantifiziert werden können.
- Die Messverfahren sind dank Computertechnik intelligenter und zuverlässiger und schneller geworden.
- Die Messergebnisse können heute den Entscheidungsträgern via Internet oder durch Funk deutlich schneller als früher zur Verfügung gestellt werden.
- Messverfahren wurden mit Hilfe der Mikroelektronik vereinfacht und automatisiert. Damit haben sich auch die Kosten je einzelne Messung deutlich verringert.

Probenahme Stehende Gewässer



Geräte zur Probenahme aus stehenden Gewässern

aus [11]

Die Proben werden nach der Entnahme konserviert und in entsprechende Labore zur Untersuchung gebracht (z. B. zur Ermittlung der Arten und der Anzahl der Individuen). Sofern die Proben nicht sofort untersucht werden können, werden sie gekühlt aufbewahrt.

Probenahme Fließgewässer (& Abwasser)

- Stichprobe
- Qualifizierte Stichprobe (nur bei Abwasser)
- 2h-Mischprobe
- 24h-Mischprobe (Tagesmischprobe)
- mengenproportionale Probenahme



Probenahme mit Schöpfbecher



Automatischer Probenehmer
z. B. für Tagesmischproben

Probenahme Grundwasser

Hydrogeologe mit Datenlogger
an einer Grundwassermessstelle



Der Grundwasserstand wurde früher mit
einer Brunnenpfeife bestimmt, heute
mittels Ultraschall bzw. anderen Mess-
methoden.

Zur Untersuchung der Beschaffenheit
wird Grundwasser aus der Messstelle
abgepumpt und in entsprechenden
Laboren analysiert.

Beispiel für eine Grundwassermessstelle
(Brunnenkopf mit verschlossenem
Probenahmerohr)

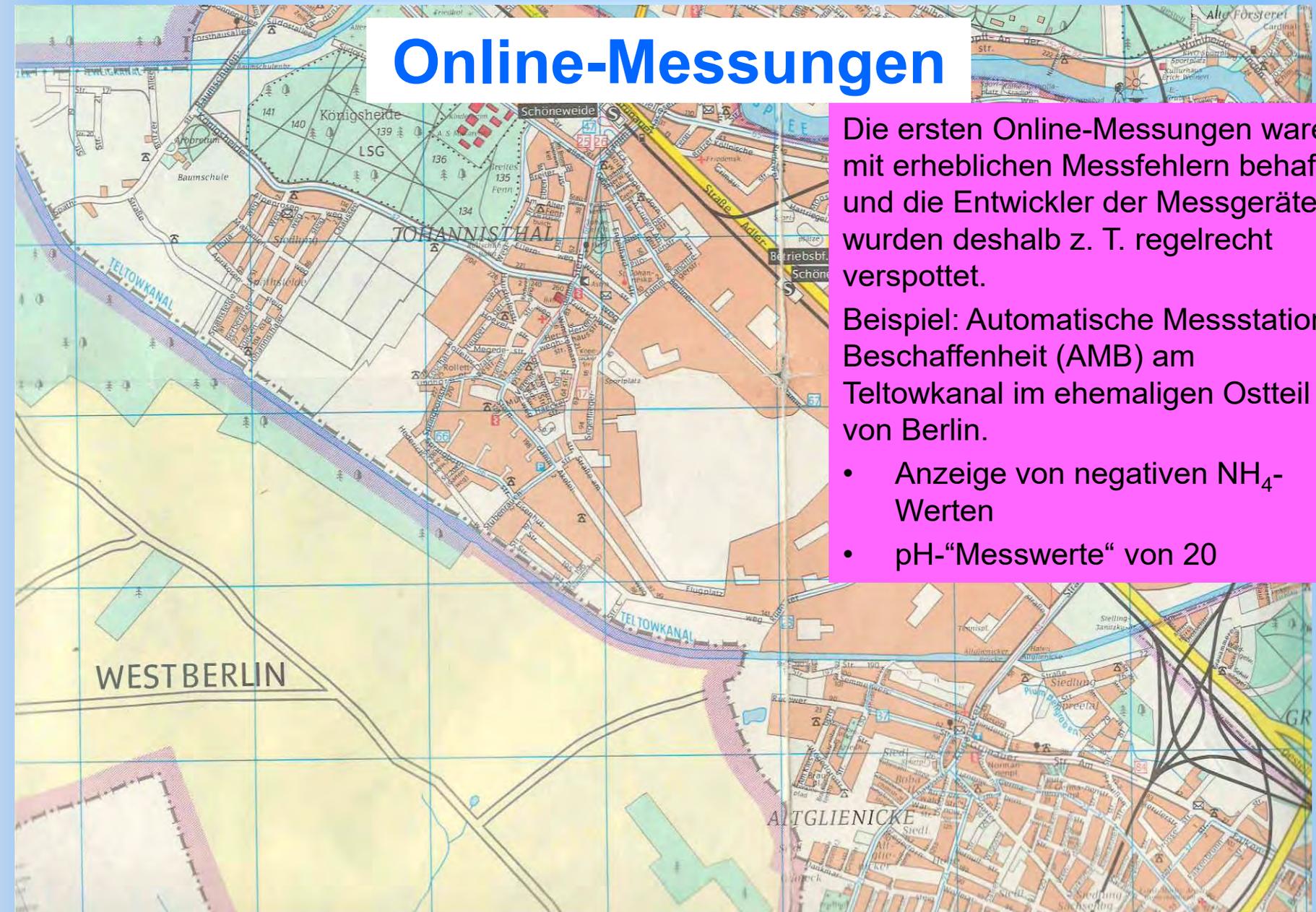


Online-Messungen

Die ersten Online-Messungen waren mit erheblichen Messfehlern behaftet und die Entwickler der Messgeräte wurden deshalb z. T. regelrecht verspottet.

Beispiel: Automatische Messstation Beschaffenheit (AMB) am Teltowkanal im ehemaligen Ostteil von Berlin.

- Anzeige von negativen NH_4 -Werten
- pH-“Messwerte“ von 20



Online-Messungen

Auch bei der Online-Messung wurden in den letzten 20...30 Jahren enorme Fortschritte erzielt. Dies betrifft insbesondere:

- Viele Parameter, die bisher nicht online bestimmt werden konnten, sind mittlerweile im Routinebetrieb mit Onlinemessgeräten bestimmbar (siehe folgende Folie).
- Die Empfindlichkeit der Sensoren für Online-Messverfahren hat enorm zugenommen, so dass heute zahlreiche Routine-Untersuchungen weg von den Laboren auf Onlinemessgeräte verlagert werden konnten. Laboruntersuchungen werden dann nur noch in größeren Zeitabständen durchgeführt, um die Zuverlässigkeit und Genauigkeit der Onlinemesstechnik zu kontrollieren (Spurenstoffanalytik ist allerdings mit Onlinemessgeräten - noch? - nicht möglich).
- Online-Messgeräte stellen die Ausgangsinformationen für Speicherprogrammierbare Steuerungen (SPS) zur Verfügung. Sie sind heute aus dem Betrieb der Wasserwerke und Kläranlagen nicht mehr wegzudenken.
- Soweit Prozessleitsysteme auf den Anlagen vorhanden sind, werden Online-Messgeräte damit verbunden. Die Messergebnisse können somit auch für komplexe, übergreifende Steuer- und Regelaufgaben genutzt werden.
- Messverfahren wurden mit Hilfe der Mikroelektronik vereinfacht und automatisiert. Damit haben sich auch die Wartungskosten der Geräte deutlich verringert.

...und die Entwicklung der Online-Messgeräte ist noch längst nicht abgeschlossen, sondern geht in einem atemberaubenden Tempo weiter!

Online-Messungen

Parametergruppe	Summen- oder Einzelparameter
Physikalische Parameter	Volumenstrom Temperatur Leitfähigkeit
Sauerstoffgehalt/ Organische Belastung	O ₂ TOC / DOC SAK (Spektraler Absorptionskoeffizient) CSB BSB
Phosphorverbindungen	Orthophosphat (PO ₄ -P) Gesamtposphat (P _{ges})
Stickstoffverbindungen	NH ₄ -N NO ₃ -N, NO ₂ -N, NO _x -N TN _b
Feststoffe, Sonstiges	Trübung Trockensubstanzgehalt pH-Wert Füllstand von Reaktoren, Stapeltanks etc.

Online-Messgeräte aus Berlin

Online BSB - Respirations - Toxizitäts Messgerät



BioMonitor

BioMonitor®

- Messbereich:
 - 1-200.000 mg/l BSB
 - 0-100 % Toxizität
 - Respiration in mg O₂/l x min
- Ansprechzeit: 3-4 min. (frei einstellbar)
- Hoher Abbaugrad
- Belebtschlammaktivität
- Verwendung Anlageneigener Biomasse
- Keine Memory-Effekte

LAR BioMonitor

<http://www.lar.com/Online-BOD-Respiration-Toxicity.316.0.html?&L=1>

Online CSB Messung



QuickCOD_{ultra}

CSB-Messgerät QuickCOD_{ultra}

- Messbereich: 0-200.000 mg/l CSB
- Ansprechzeit: 3 Minuten
- CSB Überwachung
- Messung des realen CSB
- Höchste Verbrennungstemperatur auf dem Markt (1.200°C)
- Katalysatorfreie Technik
- Messung ohne Reagenzien
- Keine Filtration notwendig
- Keine Memory-Effekte
- Sehr geringe Wartungs- und Betriebskosten

LAR QuickCOD

<http://www.lar.com/Online-CSB-Messung.306.0.html?&L=1>

Online-Messgeräte auf Kläranlagen

Gesamte Anlage zweistraßig ausgelegt!

Stapeltank:
4 Rundbecken à 4.000 m³
(im STODAT Modell als ein einziger balancing tank abgebildet, wobei das verfügbare Volumen für jeden Rechnerlauf frei gewählt werden kann)

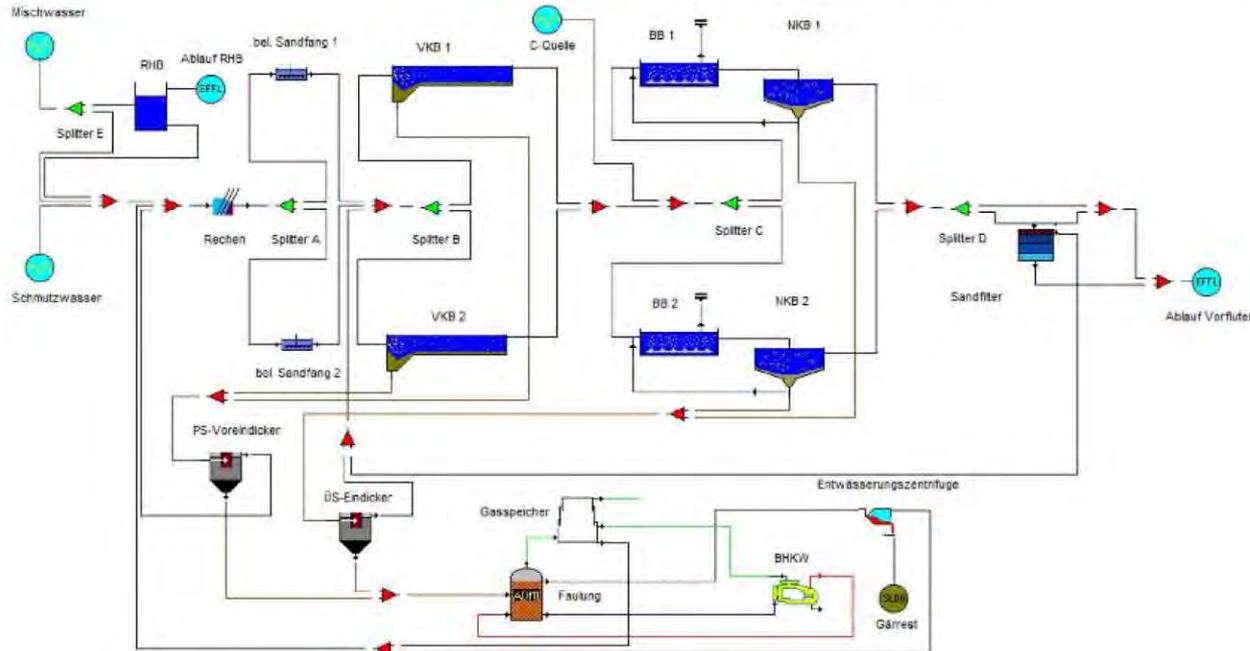
Sandfang, belüftet:
2 parallel angeordnete belüftete Sandfänge ohne Fettkammer mit einem Volumen von je 240 m³ und einer Einblastiefe von 2,70 m

Vorklärbecken:
2 Rechteckbecken à 1.250 m³

Belebungsbecken:
2 längsdurchströmte Becken à 12.500 m³ mit je 4 Stufen
1. Stufe BioP / DN 2.500 m³
2. Stufe DN 2.500 m³
3. Stufe DN / N 1.750 m³
4. Stufe Nitrifikation 5.750 m³

Nachklärbecken:
2 Rundbecken à 5.000 m³

Flockungsfiltration
Zweischicht-Raumfilter:
8 Einheiten à 27 m² Filterfläche
Schichthöhe gesamt 1,7 m
(Anthrazit 1,0 m
Filtersand 0,5 m
Filterkies 0,2m)



Primärschlammendicker
(statischer Voreindicker)

Überschussschlammendicker:
12 Filtertrommeln à 6 m

Faulbehälter:
Volumen 4.300 m³
Aufenthaltszeit im
Bemessungslastfall 20 d,
im Jahresmittel 27 d

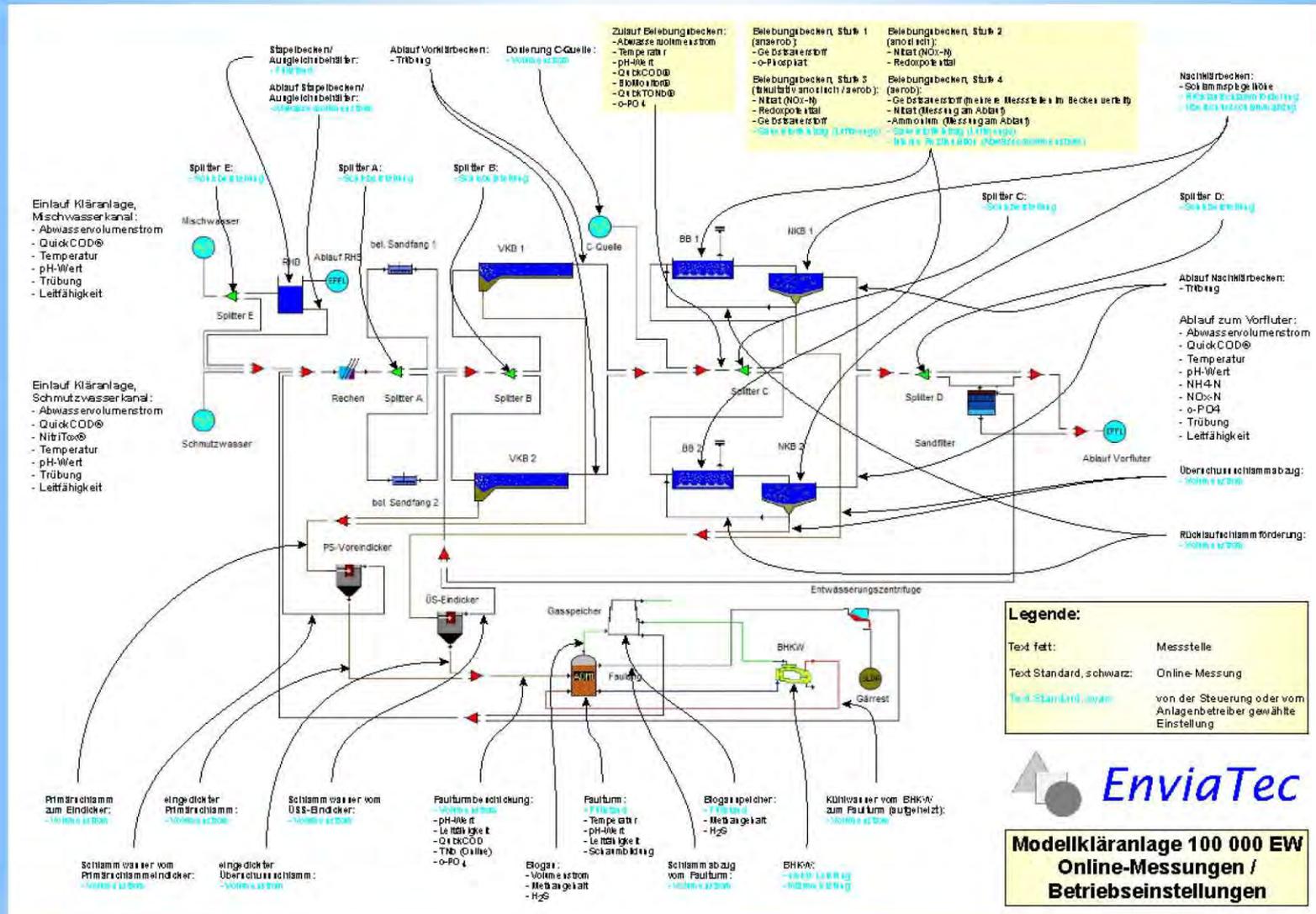
Gasspeicher:
Volumen 8.600 m³

BHKW:
2 Module mit je
140 kW elektr. Leistung
32% elektr. Wirkungsgrad
240 kW Wärmeleistung
55% therm. Wirkungsgrad



Modellkläranlage 100 000 EW
STODAT Modell mit
Angaben zum Anlagendesign

Online-Messgeräte auf Kläranlagen



Interpretation von Messergebnissen

Trotz aller Fortschritte der letzten Jahre gibt es nach wie vor zahlreiche Fehlerquellen, die ein Messergebnis verfälschen und damit Befunde sowie resultierende Schlussfolgerungen und Handlungsempfehlungen ad absurdum führen können:

- Auswahl der Probenahmestelle und der Probenahmezeit
(→ Repräsentanz der Probe)
- Fehler bei der Probenkonservierung
- Fehler bei der Probenvorbereitung
(z. B. unzureichende oder fehlerhafte Maskierung von Störstoffen)
- Vertauschen oder Verwechseln von Proben
- ...

Weitere Fehlerquellen?

Deshalb

- Keine voreiligen Schlüsse ziehen, immer alle Messergebnisse auf Plausibilität und Konsistenz prüfen (auch untereinander!),
- „Ausreißer“ in den Messwerten hartnäckig hinterfragen, ggf. eliminieren,
- Immer „vor Augen halten“, wie die Messwerte - von der Probenahme über die Messung bis hin zur Datenspeicherung – zustande kommen.

Literaturverzeichnis

Symbol	Kurzbezeichnung	Fundstelle
[1]	BESCH et al., 1992	Besch, W.-K.; Hamm, A.; Lenhart, B.; Melzer, A.; Scharf, B.; Steinberg, C.: Limnologie für die Praxis - Grundlagen des Gewässerschutzes, 3. Auflage ecomед Fachverlag, Landsberg, 1992
[2]	BEUSCHOLD, 1984	Beuschold, E. Problem Wasser Urania-Verlag Leipzig Jena Berlin, 1984
[3]	BFG, 2013	Bund- Länder- Informations- und Kommunikationsplattform Wasser (WasserBLiCK), Mapnavigator Download von der Internet-Homepage der Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz im Oktober 2013 http://geoportal.bafg.de/mapnavigator/
[4]	BMU, 2013	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit Biologische Gewässergütekarten von 1975 bis 2000 Download von der Internet-Homepage im Oktober 2013 http://www.bmu.de/service/publikationen/downloads/details/artikel/biologische-gewaesserguetekarten-von-1975-bis-2000/
[5]	BUSCH, UHLMANN & WEISE, 1983	Busch, K.-F.; Uhlmann, D.; Weise, G. Ingenieurökologie VEB Gustav Fischer Verlag Jena, 1983
[6]	DOKULIL et. al., 2001	Dokulil, M.; Hamm, A.; Kohl, J.-G. (Hg.): Ökologie und Schutz von Seen Facultas Verlags- und Buchhandels AG, Wien, 2001
[7]	GUJER, 2007	Gujer, W. Siedlungswasserwirtschaft Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2007
[8]	GUNKEL, 1996	Gunkel, G. (Hrsg.): Renaturierung kleiner Fließgewässer Gustav Fischer Verlag, Jena/Stuttgart, 1996
[9]	IRMER et al., 2010	Autorenkollektiv des Umweltbundesamts Wasserwirtschaft in Deutschland – Grundlagen Herausgeber: Umweltbundesamt Dessau-Roßlau, November 2010 http://www.umweltbundesamt.de/uba-info-medien/3469.html
[10]	IRMER et al., 2010	Autorenkollektiv des Umweltbundesamts Wasserwirtschaft in Deutschland, Teil 2 - Gewässergüte Herausgeber: Umweltbundesamt Dessau-Roßlau, November 2010 http://www.umweltbundesamt.de/uba-info-medien/3470.html
[11]	KALBE, 1985	Kalbe, L.: Leben im Wassertropfen Urania Verlag Leipzig, Jena, Berlin, 1985
[12]	SCHWOERBEL, 1984	Schwoerbel, J.: Einführung in die Limnologie VEB Gustav Fischer Verlag, Jena, 1984
[13]	SONIASSY, SANDRA & SCHLETT, 1994	Soniassy, R.; Sandra, P.; Schlett, C. Water Analysis Organic Micropollutants Hewlett-Packard Company, 1994

Seeadler



Seeadler über dem
Dämeritzsee
am 6. Oktober 2014



Seeadler mit Beute über dem Storkower See am
8. August 2012

Fischadler



Fischadler mit Beute über dem
Storkower See am 8. August 2012



Haubentaucher



Haubentaucher auf dem Scharmützelsee am 10. August 2012

Fischreiher



Fischreiher über dem Langen See am 12. August 2012

Kormoran



Kormoran über dem Flakensee am Juli 2014

Gewässerschutz

Wichtige Regelungen zum
Gewässerschutz nach EU-, Bundes- und
Landesrecht und deren Anforderungen

**Grundlegende Prinzipien des
Gewässerschutzes**

Vorsorgeprinzip

Wichtiges Prinzip der Umweltpolitik, wonach Umweltbelastungen und – gefahren durch frühzeitiges und vorausschauendes Handeln auszuschließen oder deren Auswirkungen zu minimieren sind. Neben der vorbeugenden Gefahrenabwehr ist auch eine Risikovorsorge zu treffen!

Dabei sind ökologische Gesichtspunkte ebenso zu berücksichtigen wie der im Grundgesetz verankerte **Verhältnismäßigkeitsgrundsatz** und es ist zu beachten, dass Entlastungen in einem Bereich nicht zu Verlagerungen der Umweltbelastungen auf andere Bereiche führen.

Beispiele zur Umsetzung des Vorsorgeprinzips im Gewässerschutz

- WHG

§ 55 Grundsätze der Abwasserbeseitigung

(1) Abwasser ist so zu beseitigen, dass das Wohl der Allgemeinheit nicht beeinträchtigt wird.

§ 62 Anforderungen an den Umgang mit wassergefährdenden Stoffen

(1) Anlagen zum Lagern, Abfüllen, Herstellen und Behandeln wassergefährdender Stoffe sowie Anlagen zum Verwenden wassergefährdender Stoffe im Bereich der gewerblichen Wirtschaft und im Bereich öffentlicher Einrichtungen müssen so beschaffen sein und so errichtet, unterhalten, betrieben und stillgelegt werden, dass eine nachteilige Veränderung der Eigenschaften von Gewässern nicht zu besorgen ist. Das Gleiche gilt für Rohrleitungsanlagen.

- WRRL, Präambel, Ziffer 11, Ziffer 44

Verursacherprinzip

Der Verursacher ist für Belastungen der Umwelt verantwortlich und trägt die Kosten für Vermeidung, Beseitigung oder Ausgleich von Umweltschäden.

Das Verursacherprinzip ist tragendes Prinzip der Umweltpolitik, Pendant: Gemeinlastprinzip.

Beispiele zur Umsetzung des Verursacherprinzips im Gewässerschutz

- WHG

§ 13 Inhalts- und Nebenbestimmungen der Erlaubnis und der Bewilligung

(1) Inhalts- und Nebenbestimmungen sind auch nachträglich sowie auch zu dem Zweck zulässig, nachteilige Wirkungen für andere zu vermeiden oder auszugleichen.

(2) Die zuständige Behörde kann durch Inhalts- und Nebenbestimmungen insbesondere

1. Anforderungen an die Beschaffenheit einzubringender oder einzuleitender Stoffe stellen,
2. Maßnahmen anordnen, die
 - a) in einem Maßnahmenprogramm nach § 82 enthalten oder zu seiner Durchführung erforderlich sind,
 - b) geboten sind, damit das Wasser mit Rücksicht auf den Wasserhaushalt sparsam verwendet wird,
 - c) der Feststellung der Gewässereigenschaften vor der Benutzung oder der Beobachtung der Gewässerbenutzung und ihrer Auswirkungen dienen,
 - d) zum Ausgleich einer auf die Benutzung zurückzuführenden nachteiligen Veränderung der Gewässereigenschaften erforderlich sind,
3. die Bestellung verantwortlicher Betriebsbeauftragter vorschreiben, soweit nicht die Bestellung eines Gewässerschutzbeauftragten nach § 64 vorgeschrieben ist oder angeordnet werden kann,
4. dem Benutzer angemessene Beiträge zu den Kosten von Maßnahmen auferlegen, die eine Körperschaft des öffentlichen Rechts getroffen hat oder treffen wird, um eine mit der Benutzung verbundene Beeinträchtigung des Wohls der Allgemeinheit zu vermeiden oder auszugleichen.

- AbwAG

- WRRL, Präambel, Ziffer 11

Nachhaltigkeitsprinzip

Das Nachhaltigkeitsprinzip fordert, natürliche Ressourcen so zu nutzen und zu bewirtschaften, dass sie langfristig erhalten bleiben und auch zukünftigen Generationen uneingeschränkt zur Verfügung stehen.

Beispiele zur Umsetzung des Nachhaltigkeitsprinzips im Gewässerschutz:

- WRRL, Artikel 1

b) Förderung einer nachhaltigen Wassernutzung auf der Grundlage eines langfristigen Schutzes der vorhandenen Ressourcen,

e) Beitrag zur Minderung der Auswirkungen von Überschwemmungen und Dürren, womit beigetragen werden soll

— zu einer ausreichenden Versorgung mit Oberflächen- und Grundwasser guter Qualität, wie es für eine nachhaltige, ausgewogene und gerechte Wassernutzung erforderlich ist;

- WHG

§ 1 Zweck

Zweck dieses Gesetzes ist es, durch eine nachhaltige Gewässerbewirtschaftung die Gewässer als Bestandteil des Naturhaushalts, als Lebensgrundlage des Menschen, als Lebensraum für Tiere und Pflanzen sowie als nutzbares Gut zu schützen.

Emissionsprinzip

Nach dem Emissionsprinzip gelten gleiche Anforderungen für alle Emittenten, unabhängig davon, wie groß die Vorbelastung des von der Emission betroffenen Ökosystems ist. Pendant zum Emissionsprinzip ist das Immissionsprinzip.

Das Emissionsprinzip zielt darauf ab, die Gewässer jeweils so zu schützen, wie dies nach dem technischen Entwicklungsstand möglich ist. Mit dem Emissionsprinzip wird auch der Wettbewerbsgleichheit Rechnung getragen.

Beispiele zur Umsetzung des Emissionsprinzips im Gewässerschutz:

- WHG

§ 57 Einleiten von Abwasser in Gewässer

(1) Eine Erlaubnis für das Einleiten von Abwasser in Gewässer (Direkteinleitung) darf nur erteilt werden, wenn

1. die Menge und Schädlichkeit des Abwassers so gering gehalten wird, wie dies bei Einhaltung der jeweils in Betracht kommenden Verfahren nach dem Stand der Technik möglich ist,
2. die Einleitung mit den Anforderungen an die Gewässereigenschaften und sonstigen rechtlichen Anforderungen vereinbar ist und
3. Abwasseranlagen oder sonstige Einrichtungen errichtet und betrieben werden, die erforderlich sind, um die Einhaltung der Anforderungen nach den Nummern 1 und 2 sicherzustellen.

(2) Durch Rechtsverordnung nach § 23 Absatz 1 Nummer 3 können an das Einleiten von Abwasser in Gewässer Anforderungen festgelegt werden, die nach Absatz 1 Nummer 1 dem Stand der Technik entsprechen. Die Anforderungen können auch für den Ort des Anfalls des Abwassers oder vor seiner Vermischung festgelegt werden. Für vorhandene Einleitungen legt die Rechtsverordnung abweichende Anforderungen fest, soweit die danach

- AbwV einschließlich deren Anhänge

§ 1 Anwendungsbereich

(1) Diese Verordnung bestimmt die Anforderungen, die bei der Erteilung einer Erlaubnis für das Einleiten von Abwasser in Gewässer aus den in den Anhängen bestimmten Herkunftsbereichen mindestens festzusetzen sind.

Immissionsprinzip

Das sogenannte Immissionsprinzip bei der Ableitung von Grenzwerten ist das Pendant zum Emissionsprinzip. Beim Immissionsprinzip richtet sich die Höhe der zulässigen Emission des jeweiligen Verschmutzers danach, wie viel Belastung (z.B. Abwasserlast) das betroffene Ökosystem (z.B. Gewässer) noch aufnehmen kann, ohne dass das ökologische Gleichgewicht gestört oder vorhandene oder beabsichtigte Nutzungen beeinträchtigt werden.

Umsetzung des Immissionsprinzips im Gewässerschutz:

- Verschärfung der Anforderungen an die Beschaffenheit nach WHG § 13

§ 13 Inhalts- und Nebenbestimmungen der Erlaubnis und der Bewilligung

- (1) Inhalts- und Nebenbestimmungen sind auch nachträglich sowie auch zu dem Zweck zulässig, nachteilige Wirkungen für andere zu vermeiden oder auszugleichen.
- (2) Die zuständige Behörde kann durch Inhalts- und Nebenbestimmungen insbesondere
 1. Anforderungen an die Beschaffenheit einzubringender oder einzuleitender Stoffe stellen,
 2. Maßnahmen anordnen, die
 - a) in einem Maßnahmenprogramm nach § 82 enthalten oder zu seiner Durchführung erforderlich sind

z. B.
in Verbindung
mit WHG § 27

§ 27 Bewirtschaftungsziele für oberirdische Gewässer

- (1) Oberirdische Gewässer sind, soweit sie nicht nach § 28 als künstlich oder erheblich verändert eingestuft werden, so zu bewirtschaften, dass
 1. eine Verschlechterung ihres ökologischen und ihres chemischen Zustands vermieden wird und
 2. ein guter ökologischer und ein guter chemischer Zustand erhalten oder erreicht werden.
- (2) Oberirdische Gewässer, die nach § 28 als künstlich oder erheblich verändert eingestuft werden, sind so zu bewirtschaften, dass
 1. eine Verschlechterung ihres ökologischen Potenzials und ihres chemischen Zustands vermieden wird und
 2. ein gutes ökologisches Potenzial und ein guter chemischer Zustand erhalten oder erreicht werden.

Kooperationsprinzip

Eines der Grundprinzipien der Umweltpolitik in der Bundesrepublik Deutschland, wonach zur Erreichung akzeptabler Ergebnisse im Umweltbereich eine auf freiwilliger Basis beruhende Zusammenarbeit zwischen staatlichen Institutionen, den gesellschaftlichen Kräften, der Industrie und den Bürgern erforderlich ist. Dabei wird Selbstverpflichtungen der Vorzug vor gesetzlichen Regelungen gegeben.

Beispiele zur Umsetzung des Kooperationsprinzips im Gewässerschutz:

- WHG:
Beteiligung von „Stakeholdern“ (bis hin zu NGO's) an Entscheidungen

§ 23 Rechtsverordnungen zur Gewässerbewirtschaftung¹⁰⁾

(1) Die Bundesregierung wird ermächtigt, nach Anhörung der beteiligten Kreise durch Rechtsverordnung mit Zustimmung des Bundesrates, auch zur Umsetzung bindender Rechtsakte der Europäischen Gemeinschaften und zwischenstaatlicher Vereinbarungen, Vorschriften zum Schutz und zur Bewirtschaftung der Gewässer nach den Grundsätzen des § 6 und den Bewirtschaftungszielen nach Maßgabe der §§ 27 bis 31, 44 und 47 sowie zur näheren Bestimmung der sich aus diesem Gesetz ergebenden Pflichten zu erlassen, insbesondere nähere Regelungen über

1. Anforderungen an die Gewässereigenschaften,
2. die Ermittlung, Beschreibung, Festlegung und Einstufung sowie Darstellung des Zustands von Gewässern,
3. Anforderungen an die Benutzung von Gewässern, insbesondere an das Einbringen und Einleiten von Stoffen,
4. Anforderungen an die Erfüllung der Abwasserbeseitigungspflicht,
5. Anforderungen an die Errichtung, den Betrieb und die Benutzung von Abwasseranlagen und sonstigen in diesem Gesetz geregelten Anlagen,
6. den Schutz der Gewässer gegen nachteilige Veränderungen ihrer Eigenschaften durch den Umgang mit wassergefährdenden Stoffen,
7. die Festsetzung von Schutzgebieten sowie Anforderungen, Gebote und Verbote, die in den festgesetzten Gebieten zu beachten sind

- [WRRL](#), Präambel, Ziffer 46

Subsidiaritätsprinzip

Als Prinzip bei der Rechtssetzung in der Europäischen Union (EU) bedeutet Subsidiarität, dass die Europäische Gemeinschaft nur tätig werden soll, wenn ein Ziel besser auf Gemeinschaftsebene als auf Ebene der einzelnen Mitgliedstaaten erreicht werden kann (Art. 3 des Vertrages zur Gründung der Europäischen Gemeinschaft in der durch den Maastrichter Vertrag geänderten Fassung).

Beispiele zur Umsetzung des Subsidiaritätsprinzips im Gewässerschutz:

- WRRL, Präambel:

(13) Aufgrund der unterschiedlichen Gegebenheiten und des unterschiedlichen Bedarfs innerhalb der Gemeinschaft werden spezifische Lösungen benötigt. Bei der Planung und Durchführung von Maßnahmen zum Schutz und nachhaltigen Gebrauch von Wasser im Rahmen eines Einzugsgebiets muss diese Diversität berücksichtigt werden. Entscheidungen sollten auf einer Ebene getroffen werden, die einen möglichst direkten Kontakt zu der Örtlichkeit ermöglicht, in der Wasser genutzt oder durch bestimmte Tätigkeiten in Mitleidenschaft gezogen wird. Deshalb sollten von den Mitgliedstaaten erstellte Maßnahmenprogramme, die sich an den regionalen und lokalen Bedingungen orientieren, Vorrang genießen.

- WRRL, Präambel, Ziffer 18

Verhältnismäßigkeitsprinzip

Die Forderung nach der Verhältnismäßigkeit aller Maßnahmen ist ein Prinzip, wonach z. B. Auflagen in behördlichen Genehmigungen dem Schutzziel angemessen sein müssen und keine unzumutbaren Kosten verursachen dürfen. Auch die Fristen, die zur Erfüllung von Auflagen eingeräumt werden, müssen verhältnismäßig sein.

Beispiel zur Umsetzung des Verhältnismäßigkeitsprinzips im Gewässerschutz:

- WHG, § 13 Abs. 2, Ziffer 4:

§ 13

Inhalts- und Nebenbestimmungen der Erlaubnis und der Bewilligung

(1) Inhalts- und Nebenbestimmungen sind auch nachträglich sowie auch zu dem Zweck zulässig, nachteilige Wirkungen für andere zu vermeiden oder auszugleichen.

(2) Die zuständige Behörde kann durch Inhalts- und Nebenbestimmungen insbesondere

1. Anforderungen an die Beschaffenheit einzubringender oder einzuleitender Stoffe stellen,
2. Maßnahmen anordnen, die
 - a) in einem Maßnahmenprogramm nach § 82 enthalten oder zu seiner Durchführung erforderlich sind,
 - b) geboten sind, damit das Wasser mit Rücksicht auf den Wasserhaushalt sparsam verwendet wird,
 - c) der Feststellung der Gewässereigenschaften vor der Benutzung oder der Beobachtung der Gewässerbenutzung und ihrer Auswirkungen dienen,
 - d) zum Ausgleich einer auf die Benutzung zurückzuführenden nachteiligen Veränderung der Gewässereigenschaften erforderlich sind,
3. die Bestellung verantwortlicher Betriebsbeauftragter vorschreiben, soweit nicht die Bestellung eines Gewässerschutzbeauftragten nach § 64 vorgeschrieben ist oder angeordnet werden kann,
4. dem Benutzer angemessene Beiträge zu den Kosten von Maßnahmen auferlegen, die eine Körperschaft des öffentlichen Rechts getroffen hat oder treffen wird, um eine mit der Benutzung verbundene Beeinträchtigung des Wohls der Allgemeinheit zu vermeiden oder auszugleichen.

Gewässerschutz

Wichtige Regelungen zum
Gewässerschutz nach EU-, Bundes- und
Landesrecht und deren Anforderungen

**Anforderungen an den Gewässerschutz
nach WRRL und anderen EU-Regelungen**

WRRL

Allgemeine Ziele

Die Wasserrahmen-Richtlinie (WRRL) bezieht sich – im Gegensatz zur IVU-Richtlinie – im Wesentlichen nur auf das Umweltmedium Wasser.

Dabei wird ein ganzheitlicher Ansatz verfolgt, d. h. die Gewässer werden in ihrer Gesamtheit betrachtet.

Artikel 1

Ziel

Ziel dieser Richtlinie ist die Schaffung eines Ordnungsrahmens für den Schutz der Binnenoberflächengewässer, der Übergangsgewässer, der Küstengewässer und des Grundwassers zwecks

- a) Vermeidung einer weiteren Verschlechterung sowie Schutz und Verbesserung des Zustands der aquatischen Ökosysteme und der direkt von ihnen abhängenden Landökosysteme und Feuchtgebiete im Hinblick auf deren Wasserhaushalt,
- b) Förderung einer nachhaltigen Wassernutzung auf der Grundlage eines langfristigen Schutzes der vorhandenen Ressourcen,
- c) Anstrebens eines stärkeren Schutzes und einer Verbesserung der aquatischen Umwelt, unter anderem durch spezifische Maßnahmen zur schrittweisen Reduzierung von Einleitungen, Emissionen und Verlusten von prioritären Stoffen und durch die Beendigung oder schrittweise Einstellung von Einleitungen, Emissionen und Verlusten von prioritären gefährlichen Stoffen;
- d) Sicherstellung einer schrittweisen Reduzierung der Verschmutzung des Grundwassers und Verhinderung seiner weiteren Verschmutzung; und
- e) Beitrag zur Minderung der Auswirkungen von Überschwemmungen und Dürren, womit beigetragen werden soll
 - zu einer ausreichenden Versorgung mit Oberflächen- und Grundwasser guter Qualität, wie es für eine nachhaltige, ausgewogene und gerechte Wassernutzung erforderlich ist;
 - zu einer wesentlichen Reduzierung der Grundwasserverschmutzung;
 - zum Schutz der Hoheitsgewässer und der Meeresgewässer;
 - zur Verwirklichung der Ziele der einschlägigen internationalen Übereinkommen einschließlich derjenigen, die auf die Vermeidung und Beseitigung der Verschmutzung der Meeresumwelt abzielen, durch Gemeinschaftsmaßnahmen gemäß Artikel 16 Absatz 3 zur Beendigung oder schrittweisen Einstellung von Einleitungen, Emissionen oder Verlusten von prioritären gefährlichen Stoffen, und zwar mit dem Endziel, in der Meeresumwelt für natürlich anfallende Stoffe Konzentrationen in der Nähe der Hintergrundwerte und für anthropogene synthetische Stoffe Konzentrationen nahe Null zu erreichen.

WRRL

Umweltziele

Artikel 4

Umweltziele

(1) In Bezug auf die Umsetzung der in den Bewirtschaftungsplänen für die Einzugsgebiete festgelegten Maßnahmenprogramme gilt folgendes:

a) bei Oberflächengewässern:

- i) die Mitgliedstaaten führen, vorbehaltlich der Anwendung der Absätze 6 und 7 und unbeschadet des Absatzes 8, die notwendigen Maßnahmen durch, um eine Verschlechterung des Zustands aller Oberflächenwasserkörper zu verhindern;
- ii) die Mitgliedstaaten schützen, verbessern und sanieren alle Oberflächenwasserkörper, vorbehaltlich der Anwendung der Ziffer iii betreffend künstliche und erheblich veränderte Wasserkörper, mit dem Ziel, spätestens 15 Jahre nach Inkrafttreten dieser Richtlinie gemäß den Bestimmungen des Anhangs V, vorbehaltlich etwaiger Verlängerungen gemäß Absatz 4 sowie der Anwendung der Absätze 5, 6 und 7 und unbeschadet des Absatzes 8 einen guten Zustand der Oberflächengewässer zu erreichen;
- iii) die Mitgliedstaaten schützen und verbessern alle künstlichen und erheblich veränderten Wasserkörper mit dem Ziel, spätestens 15 Jahre nach Inkrafttreten dieser Richtlinie gemäß den Bestimmungen des Anhangs V, vorbehaltlich etwaiger Verlängerungen gemäß Absatz 4 sowie der Anwendung der Absätze 5, 6 und 7 und unbeschadet des Absatzes 8 ein gutes ökologisches Potential und einen guten chemischen Zustand der Oberflächengewässer zu erreichen;
- iv) die Mitgliedstaaten führen gemäß Artikel 16 Absätze 1 und 8 die notwendigen Maßnahmen durch mit dem Ziel, die Verschmutzung durch prioritäre Stoffe schrittweise zu reduzieren und die Einleitungen, Emissionen und Verluste prioritärer gefährlicher Stoffe zu beenden oder schrittweise einzustellen;

(hier nur auszugsweise für
Oberflächengewässer)

Bis zum Jahr 2015 sollen die
Oberflächengewässer in der
gesamten EU „einen guten Zustand
...erreichen“!

WRRL

Kombinierter Ansatz

Der kombinierte Ansatz der WRRL ist eine Herangehensweise, in der Emissions- und Immissionsprinzip zur Anwendung kommen.

Zunächst werden für alle Emittenten gleiche Anforderungen nach dem Emissionsprinzip gestellt (z. B. BVT).

Reicht das nicht aus, um die jeweiligen Qualitätsziele zu erfüllen, müssen weitergehende Anforderungen nach dem Immissionsprinzip gestellt werden.

Artikel 10

Kombinierter Ansatz für Punktquellen und diffuse Quellen

(1) Die Mitgliedstaaten sorgen dafür, dass alle in Absatz 2 genannten Einleitungen in Oberflächengewässer entsprechend dem in diesem Artikel festgelegten kombinierten Ansatz begrenzt werden.

(2) Die Mitgliedstaaten sorgen dafür, dass

- a) die Emissionsbegrenzung auf der Grundlage der besten verfügbaren Technologien oder
- b) die einschlägigen Emissionsgrenzwerte oder
- c) bei diffusen Auswirkungen die Begrenzungen, die gegebenenfalls die beste verfügbare Umweltpraxis einschließen, gemäß

— der Richtlinie 96/61/EG des Rates vom 24. September 1996 über die integrierte Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung⁽¹⁾,

— der Richtlinie 91/271/EWG des Rates vom 21. Mai 1991 über die Behandlung von kommunalem Abwasser⁽²⁾,

— der Richtlinie 91/676/EWG des Rates vom 12. Dezember 1991 zum Schutz der Gewässer vor Verunreinigung durch Nitrat aus landwirtschaftlichen Quellen⁽³⁾,

— den nach Artikel 16 der vorliegenden Richtlinie erlassenen Richtlinien,

— den in Anhang IX aufgeführten Richtlinien,

— den sonstigen einschlägigen Vorschriften des Gemeinschaftsrechts

spätestens zwölf Jahre nach Inkrafttreten dieser Richtlinie festgelegt und/oder durchgeführt werden, sofern in den betreffenden Rechtsvorschriften nicht etwas anderes vorgesehen ist.

(3) Sind aufgrund eines in dieser Richtlinie, in den in Anhang IX aufgeführten Richtlinien oder in anderen gemeinschaftlichen Rechtsvorschriften festgelegten Qualitätsziels oder Qualitätsstandards strengere Bedingungen als diejenigen erforderlich, die sich aus der Anwendung des Absatzes 2 ergäben, so werden dementsprechend strengere Emissionsbegrenzungen festgelegt.

Maßnahmenprogramm

(1) Jeder Mitgliedstaat sorgt dafür, dass für jede Flussgebietseinheit oder für den in sein Hoheitsgebiet fallenden Teil einer internationalen Flussgebietseinheit unter Berücksichtigung der Ergebnisse der Analysen gemäß Artikel 5 ein Maßnahmenprogramm festgelegt wird, um die Ziele gemäß Artikel 4 zu verwirklichen. Diese Maßnahmenprogramme können auf Maßnahmen verweisen, die sich auf Rechtsvorschriften stützen, welche auf nationaler Ebene erlassen wurden, und sich auf das gesamte Hoheitsgebiet eines Mitgliedstaats erstrecken. Die Mitgliedstaaten können gegebenenfalls Maßnahmen ergreifen, die für alle Flussgebietseinheiten und/oder für alle in ihrem Hoheitsgebiet liegenden Teile internationaler Flussgebietseinheiten gelten.

(2) Jedes Maßnahmenprogramm enthält die „grundlegenden“ Maßnahmen gemäß Absatz 3 und gegebenenfalls „ergänzende“ Maßnahmen.

(3) „Grundlegende Maßnahmen“ sind die zu erfüllenden Mindestanforderungen und beinhalten

- a) Maßnahmen zur Umsetzung gemeinschaftlicher Wasserschutzvorschriften einschließlich der Maßnahmen gemäß den Rechtsvorschriften nach Artikel 10 und Anhang VI Teil A;
- b) Maßnahmen, die als geeignet für die Ziele des Artikels 9 angesehen werden;
- c) Maßnahmen, die eine effiziente und nachhaltige Wassernutzung fördern, um nicht die Verwirklichung der in Artikel 4 genannten Ziele zu gefährden;
- d) Maßnahmen zur Erreichung der Anforderungen nach Artikel 7, einschließlich Maßnahmen zum Schutz der Wasserqualität, um den den bei der Gewinnung von Trinkwasser erforderlichen Umfang der Aufbereitung zu verringern;
- e) Begrenzungen der Entnahme von Oberflächensüßwasser und Grundwasser sowie der Aufstauung von Oberflächensüßwasser, einschließlich eines oder mehrerer Register der Wasserentnahmen

WRRL Maßnahmen- programm

(hier nur auszugsweise)

Um die in Artikel 4 formulierten Umweltziele zu erreichen, sind Maßnahmenprogramme und Bewirtschaftungspläne aufzustellen und regelmäßig (alle sechs Jahre) zu aktualisieren.

WRRL

Bewirtschaftungspläne

Um die in Artikel 4 formulierten Umweltziele zu erreichen, sind Maßnahmenprogramme und Bewirtschaftungspläne aufzustellen und regelmäßig (alle sechs Jahre) zu aktualisieren.

Artikel 13

Bewirtschaftungspläne für die Einzugsgebiete

- (1) Die Mitgliedstaaten sorgen dafür, dass für jede Flussgebietseinheit, die vollständig in ihrem Hoheitsgebiet liegt, ein Bewirtschaftungsplan für die Einzugsgebiete erstellt wird.
- (2) Liegt eine internationale Flussgebietseinheit vollständig im Gemeinschaftsgebiet, so sorgen die Mitgliedstaaten für eine Koordinierung im Hinblick auf die Erstellung eines einzigen internationalen Bewirtschaftungsplans für die Einzugsgebiete. Wird kein solcher internationaler Bewirtschaftungsplan für die Einzugsgebiete erstellt, so erstellen die Mitgliedstaaten im Hinblick auf das Erreichen der Ziele dieser Richtlinie Bewirtschaftungspläne zumindest für die in ihrem jeweiligen Hoheitsgebiet liegenden Teile der internationalen Flussgebietseinheit.
- (3) Erstreckt sich eine internationale Flussgebietseinheit über die Grenzen der Gemeinschaft hinaus, so bemühen sich die Mitgliedstaaten darum, dass ein einziger Bewirtschaftungsplan für die Einzugsgebiete erstellt wird; falls dies nicht möglich ist, muss der Plan zumindest den Teil der internationalen Flussgebietseinheit erfassen, der in ihrem jeweiligen Hoheitsgebiet liegt.
- (4) Der Bewirtschaftungsplan für die Einzugsgebiete enthält die in Anhang VII genannten Informationen.
- (5) Die Bewirtschaftungspläne für die Einzugsgebiete können durch detailliertere Programme und Bewirtschaftungspläne für Teilgebiete, Sektoren, Problembereiche oder Gewässertypen ergänzt werden, die sich mit besonderen Aspekten der Wasserwirtschaft befassen. Die Durchführung dieser Maßnahmen befreit die Mitgliedstaaten nicht von den übrigen Verpflichtungen im Rahmen dieser Richtlinie.
- (6) Die Bewirtschaftungspläne für die Einzugsgebiete werden spätestens neun Jahre nach Inkrafttreten dieser Richtlinie veröffentlicht.
- (7) Die Bewirtschaftungspläne für die Einzugsgebiete werden spätestens 15 Jahre nach Inkrafttreten dieser Richtlinie und danach alle sechs Jahre überprüft und aktualisiert.

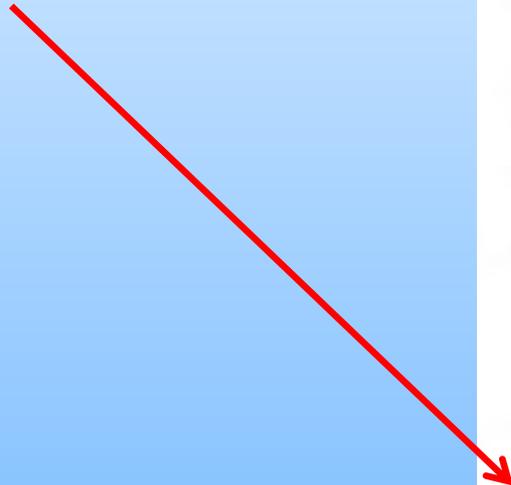
WRRL

Prioritäre Stoffe

- WRRL, Präambel, Ziffer 43



Forderung nach Nullemission für
prioritäre Stoffe



Artikel 4

Umweltziele

(1) In Bezug auf die Umsetzung der in den Bewirtschaftungsplänen für die Einzugsgebiete festgelegten Maßnahmenprogramme gilt folgendes:

a) bei Oberflächengewässern:

- i) die Mitgliedstaaten führen, vorbehaltlich der Anwendung der Absätze 6 und 7 und unbeschadet des Absatzes 8, die notwendigen Maßnahmen durch, um eine Verschlechterung des Zustands aller Oberflächenwasserkörper zu verhindern;
- ii) die Mitgliedstaaten schützen, verbessern und sanieren alle Oberflächenwasserkörper, vorbehaltlich der Anwendung der Ziffer iii betreffend künstliche und erheblich veränderte Wasserkörper, mit dem Ziel, spätestens 15 Jahre nach Inkrafttreten dieser Richtlinie gemäß den Bestimmungen des Anhangs V, vorbehaltlich etwaiger Verlängerungen gemäß Absatz 4 sowie der Anwendung der Absätze 5, 6 und 7 und unbeschadet des Absatzes 8 einen guten Zustand der Oberflächengewässer zu erreichen;
- iii) die Mitgliedstaaten schützen und verbessern alle künstlichen und erheblich veränderten Wasserkörper mit dem Ziel, spätestens 15 Jahre nach Inkrafttreten dieser Richtlinie gemäß den Bestimmungen des Anhangs V, vorbehaltlich etwaiger Verlängerungen gemäß Absatz 4 sowie der Anwendung der Absätze 5, 6 und 7 und unbeschadet des Absatzes 8 ein gutes ökologisches Potential und einen guten chemischen Zustand der Oberflächengewässer zu erreichen;
- iv) die Mitgliedstaaten führen gemäß Artikel 16 Absätze 1 und 8 die notwendigen Maßnahmen durch mit dem Ziel, die Verschmutzung durch prioritäre Stoffe schrittweise zu reduzieren und die Einleitungen, Emissionen und Verluste prioritärer gefährlicher Stoffe zu beenden oder schrittweise einzustellen;

Richtlinie über Industrieemissionen Ziele / Geltungsbereich

Die Richtlinie über Industrieemissionen (Nachfolgerin der Richtlinie über integrierte Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung - „IVU-Richtlinie“) bezieht sich auf alle Tätigkeiten, die Emissionen verursachen können. Dabei ist es unerheblich, ob diese Emissionen Luft, Wasser oder Boden betreffen, d. h., dass alle Umweltmedien adressiert werden.

Sie richtet sich in erster Linie an die **Industrie**, aber auch an die Behörden.

Artikel 1

Gegenstand

Diese Richtlinie regelt die integrierte Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung infolge industrieller Tätigkeiten. Sie sieht auch Vorschriften zur Vermeidung und, sofern dies nicht möglich ist, zur Verminderung von Emissionen in Luft, Wasser und Boden und zur Abfallvermeidung vor, um ein hohes Schutzniveau für die Umwelt insgesamt zu erreichen.

Artikel 2

Geltungsbereich

(1) Diese Richtlinie gilt für die in den Kapiteln II bis VI genannten industriellen Tätigkeiten, die eine Umweltverschmutzung verursachen.

KAPITEL II

VORSCHRIFTEN FÜR DIE IN ANHANG I AUFGEFÜHRTEN
TÄTIGKEITEN

KAPITEL III

SONDERVORSCHRIFTEN FÜR FEUERUNGSANLAGEN

KAPITEL IV

SONDERVORSCHRIFTEN FÜR
ABFALLVERBRENNUNGSANLAGEN UND
ABFALLMITVERBRENNUNGSANLAGEN

KAPITEL V

SONDERVORSCHRIFTEN FÜR ANLAGEN UND TÄTIGKEITEN,
BEI DENEN ORGANISCHE LÖSUNGSMITTEL EINGESETZT
WERDEN

KAPITEL VI

SONDERVORSCHRIFTEN FÜR TITANDIOXID
PRODUZIERENDE ANLAGEN

Richtlinie über Industrieemissionen Geltungsbereich

Auszug aus Anhang I der Richtlinie
über Industrieemissionen

Dort werden die industriellen
Aktivitäten im Einzelnen benannt, die
mit Kapitel II der Richtlinie geregelt
werden.

Teilweise sind auch Schwellenwerte
aufgeführt, unterhalb derer die
Richtlinie nicht greift.

1. **Energiewirtschaft**
 - 1.1. **Verbrennung von Brennstoffen in Anlagen mit einer Feuerungswärmeleistung von 50 MW oder mehr**
 - 1.2. **Raffinieren von Mineralöl und Gas.**

2. **Herstellung und Verarbeitung von Metallen**
 - 2.1. **Rösten oder Sintern von Metallerg einschließlich sulfidischer Erze.**
 - 2.2. **Herstellung von Roheisen oder Stahl (Primär- oder Sekundärschmelzung mit einer Schmelzzeit von mehr als 2,5 h pro Stunde.**

- 2.6. **Oberflächenbehandlung von Metallen oder Kunststoffen durch ein elektrolytisches oder chemisches Verfahren, wenn das Volumen der Wirkbäder 30 m³ übersteigt.**

3. **Mineralverarbeitende Industrie**
 - 3.1. **Herstellung von Zement, Kalk und Magnesiumoxid.**

4. **Chemische Industrie**

Im Sinne dieses Abschnitts ist die Herstellung im Sinne der Kategorien von Tätigkeiten des Abschnitts 4 die Herstellung der in den Nummern 4.1 bis 4.6 genannten Stoffe oder Stoffgruppen durch chemische oder biologische Umwandlung im industriellen Umfang.

- 4.1. **Herstellung von organischen Chemikalien wie**

- 4.2. **Herstellung von anorganischen Chemikalien wie**

- 4.3. **Herstellung von phosphor-, stickstoff- oder kaliumhaltigen Düngemitteln (Einnährstoff- oder Mehrnährstoffdünger).**

- 4.4. **Herstellung von Pflanzenschutzmitteln oder Bioziden.**

- 4.5. **Herstellung von Arzneimitteln einschließlich Zwischenerzeugnissen**

5. **Abfallbehandlung**

6. **Sonstige Tätigkeiten**

- 6.1. **Herstellung von folgenden Produkten in Industrieanlagen:**

a) **Zellstoff** aus Holz oder anderen Faserstoffen;

b) **Papier oder Pappe** mit einer Produktionskapazität von über 20 t pro Tag;

c) **eine oder mehrere der folgenden Arten von Platten auf Holzbasis** mit einer Produktionskapazität von über 600 m³ pro Tag: Grobspanplatten (OSB-Platten), Spanplatten oder Faserplatten.

- 6.2. **Vorbehandlung (Waschen, Bleichen, Mercerisieren) oder Färben von Textilfasern oder Textilien** mit einer Verarbeitungskapazität von über 10 t pro Tag

- 6.3. **Gerben von Häuten oder Fellen** mit einer Verarbeitungskapazität von mehr als 12 t Fertigerzeugnissen pro Tag.

- 6.4. a) **Betrieb von Schlachthäusern** mit einer Produktionskapazität von mehr als 50 t Schlachtkörper pro Tag.

Richtlinie über Industrieemissionen Betreiberpflichten

In Kapitel II, Artikel 11 werden die Grundpflichten benannt, die jeder Betreiber einer Industrieanlage im Geltungsbereich der Richtlinie über Industrieemissionen zu befolgen hat.

Wenn dies eingehalten wird, ist auch dem Gewässerschutz gedient.

Artikel 11

Allgemeine Prinzipien der Grundpflichten der Betreiber

Die Mitgliedstaaten treffen die erforderlichen Maßnahmen, damit die Anlage nach folgenden Prinzipien betrieben wird:

- a) Es werden alle geeigneten Vorsorgemaßnahmen gegen Umweltverschmutzungen getroffen;
- b) die besten verfügbaren Techniken werden angewandt;
- c) es werden keine erheblichen Umweltverschmutzungen verursacht;
- d) die Erzeugung von Abfällen wird gemäß der Richtlinie 2008/98/EG vermieden;
- e) falls Abfälle erzeugt werden, werden sie entsprechend der Prioritätenfolge und im Einklang mit der Richtlinie 2008/98/EG zur Wiederverwendung vorbereitet, recycelt, verwertet oder, falls dies aus technischen oder wirtschaftlichen Gründen nicht möglich ist, beseitigt, wobei Auswirkungen auf die Umwelt vermieden oder vermindert werden;
- f) Energie wird effizient verwendet;
- g) es werden die notwendigen Maßnahmen ergriffen, um Unfälle zu verhindern und deren Folgen zu begrenzen;
- h) bei einer endgültigen Stilllegung werden die erforderlichen Maßnahmen getroffen, um jegliche Gefahr einer Umweltverschmutzung zu vermeiden und den in Artikel 22 beschriebenen zufrieden stellenden Zustand des Betriebsgeländes wiederherzustellen.

Richtlinie über Industrieemissionen

1. Halogenorganische Verbindungen und Stoffe, die im wässrigen Milieu halogenorganische Verbindungen bilden
2. Phosphororganische Verbindungen
3. Zinnorganische Verbindungen
4. Stoffe und Gemische mit nachgewiesenermaßen in wässrigem Milieu oder über wässriges Milieu übertragbaren karzinogenen, mutagenen oder sich möglicherweise auf die Fortpflanzung auswirkenden Eigenschaften
5. Persistente Kohlenwasserstoffe sowie beständige und bioakkumulierbare organische Giftstoffe
6. Zyanide
7. Metalle und Metallverbindungen
8. Arsen und Arsenverbindungen
9. Biozide und Pflanzenschutzmittel
10. Schwebestoffe
11. Stoffe, die zur Eutrophierung beitragen (insbesondere Nitrate und Phosphate)
12. Stoffe, die sich ungünstig auf den Sauerstoffgehalt auswirken (und sich mittels Parametern wie BSB und CSB usw. messen lassen)
13. Stoffe, die in Anhang X der Richtlinie 2000/60/EG aufgeführt sind

In **Anhang II** der Richtlinie über Industrieemissionen sind die Schadstoffe aufgeführt, die Gewässer verunreinigen können.

Ziffer 13 ist ein Querverweis auf die Liste prioritärer Stoffe in der Wasserrahmen-Richtlinie der EU

Richtlinie über Industrieemissionen

1. Einsatz abfallarmer Technologie.
2. Einsatz weniger gefährlicher Stoffe.
3. Förderung der Rückgewinnung und Wiederverwertung der bei den einzelnen Verfahren erzeugten und verwendeten Stoffe und gegebenenfalls der Abfälle.
4. Vergleichbare Verfahren, Vorrichtungen und Betriebsmethoden, die mit Erfolg im industriellen Maßstab erprobt wurden.
5. Fortschritte in der Technologie und in den wissenschaftlichen Erkenntnissen.
6. Art, Auswirkungen und Menge der jeweiligen Emissionen.
7. Zeitpunkte der Inbetriebnahme der neuen oder der bestehenden Anlagen.
8. Für die Einführung einer besseren verfügbaren Technik erforderliche Zeit.
9. Verbrauch an Rohstoffen und Art der bei den einzelnen Verfahren verwendeten Rohstoffe (einschließlich Wasser) sowie Energieeffizienz.
10. Die Notwendigkeit, die Gesamtwirkung der Emissionen und die Gefahren für die Umwelt so weit wie möglich zu vermeiden oder zu verringern.
11. Die Notwendigkeit, Unfällen vorzubeugen und deren Folgen für die Umwelt zu verringern.
12. Von internationalen Organisationen veröffentlichte Informationen.

In **Anhang III** der Richtlinie sind die Kriterien aufgeführt, die bei Ermittlung der **besten verfügbaren Techniken** zu beachten sind.

Ziffer 12 meint die „BREF’s“

„Seveso“-Richtlinie der EU

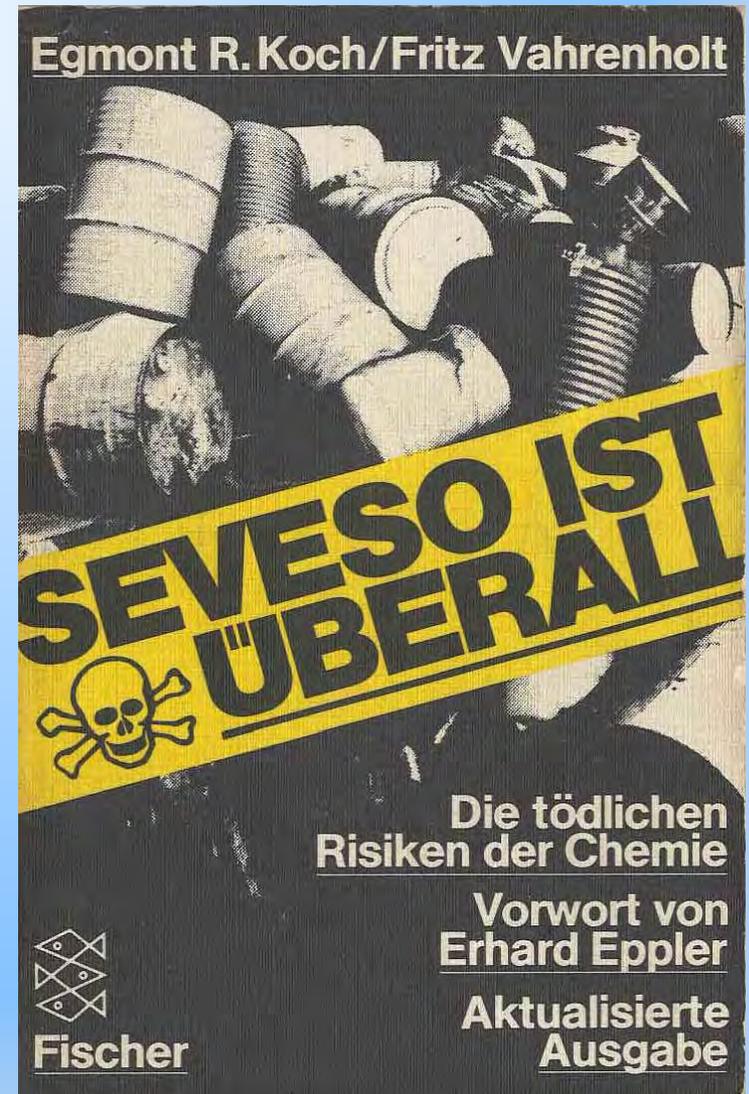


„Seveso“-Richtlinie der EU

Die erste Störfall-Richtlinie der EU (82/501/EWG) wurde 1982 unter dem Eindruck der Störfallereignisse der siebziger Jahre, insbesondere in Seveso erlassen.

Diese Richtlinie wurde erstmalig 1997 aktualisiert (Seveso-II-Richtlinie). Seit August 2012 ist die neue Seveso-III-Richtlinie 2012/18/EU zur Beherrschung von Gefahren schwerer Unfälle mit gefährlichen Stoffen in Kraft.

In Deutschland wurde die "Seveso-III-Richtlinie,, mit der Störfallverordnung (12. BImSchV) umgesetzt.



„Seveso“-Richtlinie der EU

Dass diese Regelungen im wahrsten Sinne des Wortes „brandaktuell“ sind, beweist z. B. die Explosion in der amerikanischen Firma West Fertilizer, Texas am 17. April 2013.

U. a.: 270 t Ammoniumnitrat explodiert, 15 Tote



Weitere wichtige EU-Richtlinien zum Thema

91/271/EWG: Kommunalabwasserrichtlinie

91/676/EWG: Nitratrichtlinie

98/83/EG: Trinkwasserrichtlinie

2006/11/EG: Gewässerschutzrichtlinie über die Ableitung gefährlicher Stoffe

2006/118/EG: Grundwasserrichtlinie

2006/7/EG: Badegewässerrichtlinie

2007/60/EG: Hochwasserschutzrichtlinie

2008/105/EG: Umweltqualitätsnormen im Bereich der Wasserpolitik
(Tochterrichtlinie der WRRL)

2008/56/EG: Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie (MSRL)

(Die Aufstellung erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit!)

Literaturverzeichnis

WRRL, 2000	Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften, L 327, 43. Jahrgang, 22. Dezember 2000, S. 1 http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32000L0060:DE:HTML
Richtlinie über Industrieemissionen	Richtlinie 2010/75/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 24. November 2010 über Industrieemissionen (integrierte Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung) - (Neufassung) Amtsblatt der Europäischen Union L 334/17 vom 17.12.2010
Seveso-III-Richtlinie	Richtlinie 2012/18/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 4. Juli 2012 zur Beherrschung der Gefahren schwerer Unfälle mit gefährlichen Stoffen, zur Änderung und anschließenden Aufhebung der Richtlinie 96/82/EG des Rates Amtsblatt der Europäischen Union L 197/1 vom 24.7.2012

Gewässerschutz

Wichtige Regelungen zum
Gewässerschutz nach EU-, Bundes- und
Landesrecht und deren Anforderungen

**Regelungen im Grundgesetz
für die Bundesrepublik Deutschland**

Umweltschutz als Verfassungsauftrag

Gemäß Grundgesetz (= Verfassung) Artikel 20a hat der deutsche Staat den Auftrag, die „natürlichen Lebensgrundlagen und die Tiere“ zu schützen:

Art 20a

Der Staat schützt auch in Verantwortung für die künftigen Generationen die natürlichen Lebensgrundlagen und die Tiere im Rahmen der verfassungsmäßigen Ordnung durch die Gesetzgebung und nach Maßgabe von Gesetz und Recht durch die vollziehende Gewalt und die Rechtsprechung.

Das heißt, dass Bund und Länder in Ausübung ihrer staatlichen Rechte und Pflichten immer auch dem Aspekt des Natur- und Umweltschutzes Rechnung tragen müssen!

Gesetzgebungskompetenz Bund vs. Länder

Gemäß Grundgesetz Artikel 72 & Artikel 74 gilt auf dem Gebiet des Wasserrechts in Deutschland zwischen Bund und Ländern eine sogenannte

konkurrierende Gesetzgebung

Art 72

(1) Im Bereich der konkurrierenden Gesetzgebung haben die Länder die Befugnis zur Gesetzgebung, solange und soweit der Bund von seiner Gesetzgebungszuständigkeit nicht durch Gesetz Gebrauch gemacht hat.

(3) Hat der Bund von seiner Gesetzgebungszuständigkeit Gebrauch gemacht, können die Länder durch Gesetz hiervon abweichende Regelungen treffen über:

1. das Jagdwesen (ohne das Recht der Jagdscheine);
2. den Naturschutz und die Landschaftspflege (ohne die allgemeinen Grundsätze des Naturschutzes, das Recht des Artenschutzes oder des Meeresnaturschutzes);
3. die Bodenverteilung;
4. die Raumordnung;
5. **den Wasserhaushalt (ohne stoff- oder anlagenbezogene Regelungen);**
6. die Hochschulzulassung und die Hochschulabschlüsse.

Gesetzgebungskompetenz Bund vs. Länder

Art 74

(1) Die konkurrierende Gesetzgebung erstreckt sich auf folgende Gebiete:

1. das bürgerliche Recht, das Strafrecht, die Gerichtsverfassung, das gerichtliche Verfahren (ohne das Recht des Untersuchungshaftvollzugs), die Rechtsanwaltschaft, das Notariat und die Rechtsberatung;
2. das Personenstandswesen;
3. das Vereinsrecht;
4. das Aufenthalts- und Niederlassungsrecht der Ausländer;

...

...

28. das Jagdwesen;
29. den Naturschutz und die Landschaftspflege;
30. die Bodenverteilung;
31. die Raumordnung;
32. den Wasserhaushalt;
33. die Hochschulzulassung und die Hochschulabschlüsse.

Das heißt, dass die Länder eigenständig über ihren Wasserhaushalt entscheiden und dabei auch Regelungen treffen dürfen, die von den Vorgaben im Bundesrecht abweichen. Bei stoff- und anlagenbezogenen Regelungen besitzt der Bund jedoch die ausschließliche Gesetzgebungskompetenz.

Gesetzgebungskompetenz Bund vs. Länder

„Abweichungsfeste“ stoffbezogene Regelungen des Bundes sind z. B.:

- Einstufung wassergefährdender Stoffe (VwVwS)
- Stoffliche Anforderungen an Abwassereinleitungen (AbwV)
- Stoffbezogene Einleitungsverbote

„Abweichungsfeste“ anlagenbezogene Regelungen des Bundes sind z. B.:

- Anforderungen bezüglich Errichtung, Betrieb und Stilllegung von Abwasserbehandlungsanlagen
- Anforderungen bezüglich Errichtung, Betrieb und Stilllegung von Rohrleitungen
- Anforderungen an Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen (Entwurf VAUwS)

Gewässerschutz

Wichtige Regelungen zum
Gewässerschutz nach EU-, Bundes- und
Landesrecht und deren Anforderungen

**Anforderungen an den Gewässerschutz
nach Regelungen des Bundes**

WHG - §§ 1 und 2

§ 1

Zweck

Zweck dieses Gesetzes ist es, durch eine nachhaltige Gewässerbewirtschaftung die Gewässer als Bestandteil des Naturhaushalts, als Lebensgrundlage des Menschen, als Lebensraum für Tiere und Pflanzen sowie als nutzbares Gut zu schützen.

§ 2

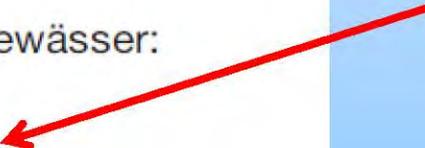
Anwendungsbereich

(1) Dieses Gesetz gilt für folgende Gewässer:

1. oberirdische Gewässer,
2. Küstengewässer,
3. Grundwasser.

Es gilt auch für Teile dieser Gewässer.

Gewässer nach WHG



WHG - § 6

Allgemeine Grundsätze der Bewirtschaftung unserer Gewässer



§ 6

Allgemeine Grundsätze der Gewässerbewirtschaftung

(1) Die Gewässer sind nachhaltig zu bewirtschaften, insbesondere mit dem Ziel,

1. ihre Funktions- und Leistungsfähigkeit als Bestandteil des Naturhaushalts und als Lebensraum für Tiere und Pflanzen zu erhalten und zu verbessern, insbesondere durch Schutz vor nachteiligen Veränderungen von Gewässereigenschaften,
2. Beeinträchtigungen auch im Hinblick auf den Wasserhaushalt der direkt von den Gewässern abhängenden Landökosysteme und Feuchtgebiete zu vermeiden und unvermeidbare, nicht nur geringfügige Beeinträchtigungen so weit wie möglich auszugleichen,
3. sie zum Wohl der Allgemeinheit und im Einklang mit ihm auch im Interesse Einzelner zu nutzen,
4. bestehende oder künftige Nutzungsmöglichkeiten insbesondere für die öffentliche Wasserversorgung zu erhalten oder zu schaffen,
5. möglichen Folgen des Klimawandels vorzubeugen,
6. an oberirdischen Gewässern so weit wie möglich natürliche und schadlose Abflussverhältnisse zu gewährleisten und insbesondere durch Rückhaltung des Wassers in der Fläche der Entstehung von nachteiligen Hochwasserfolgen vorzubeugen,
7. zum Schutz der Meeresumwelt beizutragen.

Die nachhaltige Gewässerbewirtschaftung hat ein hohes Schutzniveau für die Umwelt insgesamt zu gewährleisten; dabei sind mögliche Verlagerungen nachteiliger Auswirkungen von einem Schutzgut auf ein anderes sowie die Erfordernisse des Klimaschutzes zu berücksichtigen.

(2) Gewässer, die sich in einem natürlichen oder naturnahen Zustand befinden, sollen in diesem Zustand erhalten bleiben und nicht naturnah ausgebaute natürliche Gewässer sollen so weit wie möglich wieder in einen naturnahen Zustand zurückgeführt werden, wenn überwiegende Gründe des Wohls der Allgemeinheit dem nicht entgegenstehen.

WHG – § 7 & Anl. 2

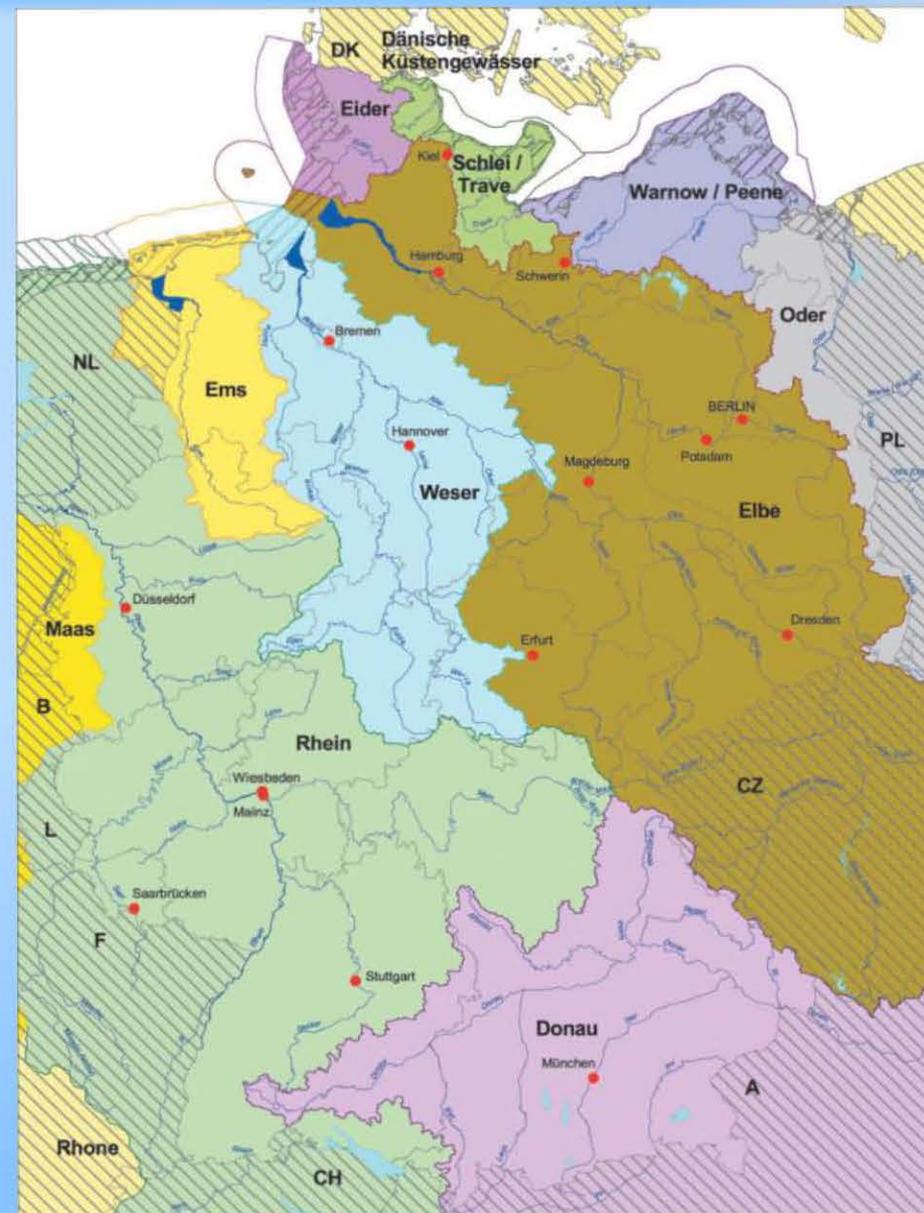
§ 7

Bewirtschaftung nach Flussgebietseinheiten

(1) Die Gewässer sind nach Flussgebietseinheiten zu bewirtschaften. Die Flussgebietseinheiten sind:

1. Donau,
2. Rhein,
3. Maas,
4. Ems,
5. Weser,
6. Elbe,
7. Eider,
8. Oder,
9. Schlei/Trave,
10. Warnow/Peene.

Die Flussgebietseinheiten sind in der Anlage 2 in Kartenform dargestellt.



Flussgebietseinheiten in der Bundesrepublik Deutschland
(Richtlinie 2000/60/EG - Wasserrahmenrichtlinie)

WHG - §§ 27 und 47

§ 27

Bewirtschaftungsziele für oberirdische Gewässer

(1) Oberirdische Gewässer sind, soweit sie nicht nach § 28 als künstlich oder erheblich verändert eingestuft werden, so zu bewirtschaften, dass

1. eine Verschlechterung ihres ökologischen und ihres chemischen Zustands vermieden wird und
2. ein guter ökologischer und ein guter chemischer Zustand erhalten oder erreicht werden.



OW-Ziel: Guter Zustand
(ökologisch und chemisch)

(2) Oberirdische Gewässer, die nach § 28 als künstlich oder erheblich verändert eingestuft werden, sind so zu bewirtschaften, dass

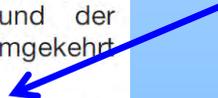
1. eine Verschlechterung ihres ökologischen Potenzials und ihres chemischen Zustands vermieden wird und
2. ein gutes ökologisches Potenzial und ein guter chemischer Zustand erhalten oder erreicht werden.

§ 47

Bewirtschaftungsziele für das Grundwasser

(1) Das Grundwasser ist so zu bewirtschaften, dass

1. eine Verschlechterung seines mengenmäßigen und seines chemischen Zustands vermieden wird;
2. alle signifikanten und anhaltenden Trends ansteigender Schadstoffkonzentrationen auf Grund der Auswirkungen menschlicher Tätigkeiten umgekehrt werden;
3. ein guter mengenmäßiger und ein guter chemischer Zustand erhalten oder erreicht werden; zu einem guten mengenmäßigen Zustand gehört insbesondere ein Gleichgewicht zwischen Grundwasserentnahme und Grundwasserneubildung.



GW-Ziel: Guter Zustand
(mengenmäßig und chemisch)

WHG - § 54

WHG

§ 54 Begriffsbestimmungen für die Abwasserbeseitigung

(1) Abwasser ist

1. das durch häuslichen, gewerblichen, landwirtschaftlichen oder sonstigen Gebrauch in seinen Eigenschaften veränderte Wasser und das bei Trockenwetter damit zusammen abfließende Wasser (Schmutzwasser) sowie
2. das von Niederschlägen aus dem Bereich von bebauten oder befestigten Flächen gesammelt abfließende Wasser (Niederschlagswasser).

Als Schmutzwasser gelten auch die aus Anlagen zum Behandeln, Lagern und Ablagern von Abfällen austretenden und gesammelten Flüssigkeiten.

(2) Abwasserbeseitigung umfasst das Sammeln, Fortleiten, Behandeln, Einleiten, Versickern, Verregnen und Verrieseln von Abwasser sowie das Entwässern von Klärschlamm in Zusammenhang mit der Abwasserbeseitigung. Zur Abwasserbeseitigung gehört auch die Beseitigung des in Kleinkläranlagen anfallenden Schlamms.

Begriffsbestimmungen für Abwasser und Abwasserbeseitigung

Abwasser ist Schmutzwasser + Niederschlagswasser

WHG - § 54

WHG

§ 54 Begriffsbestimmungen für die Abwasserbeseitigung

(3) BVT-Merkblatt ist ein Dokument, das auf Grund des Informationsaustausches nach Artikel 13 der Richtlinie 2010/75/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 24. November 2010 über Industrieemissionen (integrierte Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung) (Neufassung) (ABl. L 334 vom 17.12.2010, S. 17) für bestimmte Tätigkeiten erstellt wird und insbesondere die angewandten Techniken, die derzeitigen Emissions- und Verbrauchswerte sowie die Techniken beschreibt, die für die Festlegung der besten verfügbaren Techniken sowie der BVT-Schlussfolgerungen berücksichtigt wurden.

(4) BVT-Schlussfolgerungen sind ein nach Artikel 13 Absatz 5 der Richtlinie 2010/75/EU von der Europäischen Kommission erlassenes Dokument, das die Teile eines BVT-Merkblatts mit den Schlussfolgerungen in Bezug auf Folgendes enthält:

1. die besten verfügbaren Techniken, ihre Beschreibung und Informationen zur Bewertung ihrer Anwendbarkeit,
2. die mit den besten verfügbaren Techniken assoziierten Emissionswerte,
3. die zu den Nummern 1 und 2 gehörigen Überwachungsmaßnahmen,
4. die zu den Nummern 1 und 2 gehörigen Verbrauchswerte sowie
5. die gegebenenfalls einschlägigen Standortsanierungsmaßnahmen.

neu aufgenommen (in Umsetzung der Richtlinie über Industrieemissionen):
Begriffsbestimmungen für BVT-Merkblätter und -Schlussfolgerungen

WHG - § 57

gefordert wird **Stand der Technik**

WHG

§ 57 Einleiten von Abwasser in Gewässer

- (1) Eine Erlaubnis für das Einleiten von Abwasser in Gewässer (Direkteinleitung) darf nur erteilt werden, wenn
1. die Menge und Schädlichkeit des Abwassers so gering gehalten wird, wie dies bei Einhaltung der jeweils in Betracht kommenden Verfahren nach dem Stand der Technik möglich ist,
 2. die Einleitung mit den Anforderungen an die Gewässereigenschaften und sonstigen rechtlichen Anforderungen vereinbar ist und
 3. Abwasseranlagen oder sonstige Einrichtungen errichtet und betrieben werden, die erforderlich sind, um die Einhaltung der Anforderungen nach den Nummern 1 und 2 sicherzustellen.
- (2) Durch Rechtsverordnung nach § 23 Absatz 1 Nummer 3 können an das Einleiten von Abwasser in Gewässer Anforderungen festgelegt werden, die nach Absatz 1 Nummer 1 dem Stand der Technik entsprechen. Die Anforderungen können auch für den Ort des Anfalls des Abwassers oder vor seiner Vermischung festgelegt werden.

Ermächtigung des Bundes zum Erlass der Abwasserverordnung, nicht nur mit Anforderungen End of the Pipe, sondern auch für

- Ort des Anfalls des Abwassers und
- vor der Vermischung

WHG - § 57

WHG

§ 57 Einleiten von Abwasser in Gewässer

(3) Nach Veröffentlichung einer BVT-Schlussfolgerung ist bei der Festlegung von Anforderungen nach Absatz 2 Satz 1 unverzüglich zu gewährleisten, dass für Anlagen nach § 3 der Verordnung über genehmigungsbedürftige Anlagen und nach § 60 Absatz 3 Satz 1 Nummer 2 die Einleitungen unter normalen Betriebsbedingungen die in den BVT-Schlussfolgerungen genannten Emissionsbandbreiten nicht überschreiten. Wenn in besonderen Fällen wegen technischer Merkmale der betroffenen Anlagenart die Einhaltung der in Satz 1 genannten Emissionsbandbreiten unverhältnismäßig wäre, können in der Rechtsverordnung für die Anlagenart geeignete Emissionswerte festgelegt werden, die im Übrigen dem Stand der Technik entsprechen müssen. Bei der Festlegung der abweichenden Anforderungen nach Satz 2 ist zu gewährleisten, dass die in den Anhängen V bis VIII der Richtlinie 2010/75/EU festgelegten Emissionsgrenzwerte nicht überschritten werden, keine erheblichen nachteiligen Auswirkungen auf den Gewässerzustand hervorgerufen werden und zu einem hohen Schutzniveau für die Umwelt insgesamt beigetragen wird. Die Notwendigkeit abweichender Anforderungen ist zu begründen.

BVT-Schlussfolgerungen sind von nun an das Maß aller Dinge bei den Anforderungen an die Abwassereinleitung (auch das ist ein Ausfluss der RiLi über Industrieemissionen)

Allerdings geht der materielle Regelungsgehalt der bisher veröffentlichten BVT-Schlussfolgerungen nicht über die Mindestanforderungen in den Anhängen zur Abwasserverordnung hinaus.

WHG - § 57

Bisher veröffentlichte **BVT-Schlussfolgerungen** (Stand Oktober 2014):

Schlussfolgerungen zu den besten verfügbaren Techniken (BVT) gemäß der Richtlinie 2010/75/EU des Europäischen Parlaments und des Rates über Industrieemissionen in Bezug auf die **Glasherstellung**

Schlussfolgerungen zu den besten verfügbaren Techniken (BVT) gemäß der Richtlinie 2010/75/EU des Europäischen Parlaments und des Rates über Industrieemissionen in Bezug auf die **Eisen- und Stahlerzeugung**

Schlussfolgerungen zu den besten verfügbaren Techniken (BVT) gemäß der Richtlinie 2010/75/EU des Europäischen Parlaments und des Rates über Industrieemissionen in Bezug auf das **Gerben von Häuten und Fellen**

Schlussfolgerungen zu den besten verfügbaren Techniken (BVT) gemäß der Richtlinie 2010/75/EU des Europäischen Parlaments und des Rates über Industrieemissionen in Bezug auf die **Zement-, Kalk- und Magnesiumoxid-industrie**

Download der BVT-Schlussfolgerungen und Merkblätter von der Internetseite des Umweltbundesamts

<http://www.umweltbundesamt.de/themen/wirtschaft-konsum/beste-verfuegbare-techniken/sevilla-prozess/bvt-download-bereich>

WHG - § 58

WHG

§ 58 Einleiten von Abwasser in öffentliche Abwasseranlagen

(1) Das Einleiten von Abwasser in öffentliche Abwasseranlagen (Indirekteinleitung) bedarf der Genehmigung durch die zuständige Behörde, soweit an das Abwasser in der Abwasserverordnung in ihrer jeweils geltenden Fassung Anforderungen für den Ort des Anfalls des Abwassers oder vor seiner Vermischung festgelegt sind. Durch Rechtsverordnung nach § 23 Absatz 1 Nummer 5, 8 und 10 kann bestimmt werden,

1. unter welchen Voraussetzungen die Indirekteinleitung anstelle einer Genehmigung nach Satz 1 nur einer Anzeige bedarf,
2. dass die Einhaltung der Anforderungen nach Absatz 2 auch durch Sachverständige überwacht wird.

Weitergehende Rechtsvorschriften der Länder, die den Maßgaben des Satzes 2 entsprechen oder die über Satz 1 oder Satz 2 hinausgehende Genehmigungserfordernisse vorsehen, bleiben unberührt. Ebenfalls unberührt bleiben Rechtsvorschriften der Länder, nach denen die Genehmigung der zuständigen Behörde durch eine Genehmigung des Betreibers einer öffentlichen Abwasseranlage ersetzt wird.

(2) Eine Genehmigung für eine Indirekteinleitung darf nur erteilt werden, wenn

1. die nach der Abwasserverordnung in ihrer jeweils geltenden Fassung für die Einleitung maßgebenden Anforderungen einschließlich der allgemeinen Anforderungen eingehalten werden,
2. die Erfüllung der Anforderungen an die Direkteinleitung nicht gefährdet wird und
3. Abwasseranlagen oder sonstige Einrichtungen errichtet und betrieben werden, die erforderlich sind, um die Einhaltung der Anforderungen nach den Nummern 1 und 2 sicherzustellen.

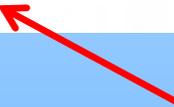
Indirekteinleitung genehmigungspflichtig, wenn Anforderungen für den Ort des Anfalls des Abwassers oder vor seiner Vermischung festgelegt sind!

WHG - Stand der Technik

WHG

1. Einsatz abfallarmer Technologie,
2. Einsatz weniger gefährlicher Stoffe,
3. Förderung der Rückgewinnung und Wiederverwertung der bei den einzelnen Verfahren erzeugten und verwendeten Stoffe und gegebenenfalls der Abfälle,
4. vergleichbare Verfahren, Vorrichtungen und Betriebsmethoden, die mit Erfolg im Betrieb erprobt wurden,
5. Fortschritte in der Technologie und in den wissenschaftlichen Erkenntnissen,
6. Art, Auswirkungen und Menge der jeweiligen Emissionen,
7. Zeitpunkte der Inbetriebnahme der neuen oder der bestehenden Anlagen,
8. die für die Einführung einer besseren verfügbaren Technik erforderliche Zeit,
9. Verbrauch an Rohstoffen und Art der bei den einzelnen Verfahren verwendeten Rohstoffe (einschließlich Wasser) sowie Energieeffizienz,
10. Notwendigkeit, die Gesamtwirkung der Emissionen und die Gefahren für den Menschen und die Umwelt so weit wie möglich zu vermeiden oder zu verringern,
11. Notwendigkeit, Unfällen vorzubeugen und deren Folgen für den Menschen und die Umwelt zu verringern,
12. Informationen, die von internationalen Organisationen veröffentlicht werden,
13. Informationen, die in BVT-Merkblättern enthalten sind.

Best Available Technique
Reference Documents
(„BREF's“)



Abwasserverordnung

AbwV

Abwasserbehandlung ist der beste Gewässerschutz!

§ 1 Anwendungsbereich

(1) Diese Verordnung bestimmt die **Mindestanforderungen** für das Einleiten von Abwasser in Gewässer aus den in den Anhängen bestimmten Herkunftsbereichen.

(2) Die allgemeinen Anforderungen dieser Verordnung und die in den Anhängen gekennzeichneten **Emissionsgrenzwerte** sind vom Einleiter einzuhalten, **soweit nicht weitergehende Anforderungen in der wasserrechtlichen Zulassung für das Einleiten von Abwasser festgelegt sind**. Die übrigen Anforderungen der

Emissions-
/Immissionsprinzip

§ 2 Begriffsbestimmungen

Im Sinne dieser Verordnung ist:

1. **Stichprobe** eine einmalige Probenahme aus einem Abwasserstrom;
2. **Mischprobe** eine Probe, die in einem bestimmten Zeitraum kontinuierlich entnommen wird, oder eine Probe aus mehreren Proben, die in einem bestimmten Zeitraum kontinuierlich oder diskontinuierlich entnommen und gemischt werden;
3. **qualifizierte Stichprobe** eine Mischprobe aus mindestens fünf Stichproben, die in einem Zeitraum von höchstens zwei Stunden im Abstand von nicht weniger als zwei Minuten entnommen und gemischt werden;
5. **Ort des Anfalls** der Ort, an dem Abwasser vor der Vermischung mit anderem Abwasser behandelt worden ist, sonst an dem es erstmalig gefasst wird;
6. **Vermischung** die Zusammenführung von Abwasserströmen unterschiedlicher Herkunft;

Welche Art von **Probenahme** stellt die „schärfste“ Anforderung dar?

§ 5 Bezugspunkt der Anforderungen

Die Anforderungen beziehen sich auf die **Stelle, an der das Abwasser in das Gewässer eingeleitet wird**, und, soweit in den Anhängen zu dieser Verordnung bestimmt, auch auf den **Ort des Anfalls** des Abwassers oder den **Ort vor seiner Vermischung**. Der Einleitungsstelle steht der Ablauf der Abwasseranlage, in der das Abwasser letztmalig behandelt wird, gleich. **Ort vor der Vermischung ist auch die Einleitungsstelle in eine öffentliche Abwasseranlage.**

Stellen, für die Anforderungen gelten:

1. Ort des Anfalls
2. Vor Vermischung
3. „End-of-the-Pipe“

Abwasserverordnung

AbwV

Diese gelten für alle Branchen und Herkunftsbereiche!

§ 3 Allgemeine Anforderungen

(1) Soweit in den Anhängen nichts anderes bestimmt ist, darf Abwasser in ein Gewässer nur eingeleitet werden, wenn die Schadstofffracht nach Prüfung der Verhältnisse im Einzelfall so gering gehalten wird, wie dies durch Einsatz wasser sparender Verfahren bei Wasch- und Reinigungsvorgängen, Indirektkühlung und den Einsatz von schadstoffarmen Betriebs- und Hilfsstoffen möglich ist.

(2) Die Anforderungen dieser Verordnung dürfen nicht durch Verfahren erreicht werden, bei denen Umweltbelastungen in andere Umweltmedien wie Luft oder Boden entgegen dem Stand der Technik verlagert werden.

(3) Als Konzentrationswerte festgelegte Anforderungen dürfen nicht entgegen dem Stand der Technik durch Verdünnung erreicht werden.

(4) Sind Anforderungen vor der Vermischung festgelegt, ist eine Vermischung zum Zwecke der gemeinsamen Behandlung zulässig, wenn insgesamt mindestens die gleiche Verminderung der Schadstofffracht je Parameter wie bei getrennter Einhaltung der jeweiligen Anforderungen erreicht wird.

(5) Sind Anforderungen für den Ort des Anfalls von Abwasser festgelegt, ist eine Vermischung erst zulässig, wenn diese Anforderungen eingehalten werden.

(6) Werden Abwasserströme, für die unterschiedliche Anforderungen gelten, gemeinsam eingeleitet, ist für jeden Parameter die jeweils maßgebende Anforderung durch Mischungsrechnung zu ermitteln und in der wasserrechtlichen Zulassung festzulegen. Sind in den anzuwendenden Anhängen Anforderungen an den Ort des Anfalls des Abwassers oder vor der Vermischung gestellt, bleiben Absätze 4 und 5 unberührt.

§ 6 Einhaltung der Anforderungen

(1) Ist ein nach dieser Verordnung einzuhaltender oder in der wasserrechtlichen Zulassung festgesetzter Wert nach dem Ergebnis einer Überprüfung im Rahmen der staatlichen Überwachung nicht eingehalten, gilt er dennoch als eingehalten, wenn die Ergebnisse dieser und der vier vorausgegangenen staatlichen Überprüfungen in vier Fällen den jeweils maßgebenden Wert nicht überschreiten und kein Ergebnis den Wert um mehr als 100 Prozent übersteigt. Überprüfungen, die länger als drei Jahre zurückliegen, bleiben unberücksichtigt.

Cross media effects!

Keine Verdünnung!

Anforderungen an Ort des Anfalls sind zuerst einzuhalten!

„Vier-aus-Fünf-Regelung“ – im Zusammenspiel mit AbwAG

Abwasserverordnung – Anhänge

In den derzeit 57 Anhängen zur AbwV sind die Mindestanforderungen an die Abwassereinleitung in verschiedenen Branchen bzw. Abwasserherkunftsbereichen geregelt.

Beispiele:

- Anhang 1 Häusliches und kommunales Abwasser
- Anhang 22 Chemische Industrie
- Anhang 31 Wasseraufbereitung, Kühlsysteme, Dampferzeugung
- Anhang 38 Textilherstellung, Textilveredlung
- Anhang 40 Metallbearbeitung, Metallverarbeitung
- Anhang 49 Mineralölhaltiges Abwasser
- Anhang 50 Zahnbehandlung

Gliederung der Anhänge einheitlich

- A Anwendungsbereich
- B Allgemeine Anforderungen
- C Anforderungen an das Abwasser für die Einleitungsstelle
- D Anforderungen an das Abwasser vor Vermischung
- E Anforderungen für den Ort des Anfalls
- F Anforderungen für vorhandene Einleitungen

Abwasserverordnung – Anhänge

Ölsaatenaufbereitung, Speisefett- und Speiseölraffination, Hinweise und Erläuterungen zu Anhang 4 der Abwasserverordnung

Vom 5. Januar 2007 (BAnz. Beilage Nr. 3a/2007)

Inhaltsverzeichnis

1	Anwendungsbereich
2	Abwasseranfall und Abwasserbehandlung
2.1	Herkunft, Menge und Beschaffenheit des Rohabwassers
2.1.1	Herstellungs- und Verarbeitungsverfahren
2.1.1.1	Ölsaatenaufbereitung
2.1.1.2	Raffination des rohen pflanzlichen Öls und tierischer Öle und Fette
2.1.1.3	Modifikation von rohen pflanzlichen und tierischen Ölen und Fetten
2.1.2	Abwasseranfall und Abwasserbeschaffenheit
2.1.2.1	Ölsaatenaufbereitung (Gewinnung des rohen pflanzlichen Öls)
2.1.2.2	Raffination roher pflanzlicher und tierischer Öle und Fette
2.2	Abwasservermeidungsverfahren und Abwasserbehandlungsverfahren
2.2.1	Maßnahmen zur Abwasservermeidung
2.2.2	Maßnahmen zur Abwasserbehandlung
2.2.2.1	Mechanische Abwasservorbehandlung
2.2.2.2	Biologische Abwasserbehandlung
2.3	Abfallvermeidung, -Verwertung und Abfallbeseitigung
3	Auswahl der Parameter, für die Anforderungen zu stellen sind

Die Anforderungen in den Anhängen werden in Arbeitsgruppen erarbeitet, die sich sowohl aus Vertretern der Wasserbehörden als auch der Industrie aus der jeweils zutreffenden Branche und der Forschung zusammensetzen (→ Kooperationsprinzip!).

Die Anforderungen werden in regelmäßigen Abständen überprüft und erforderlichenfalls angepasst.

Die ausführlichen Ergebnisse und Begründungen werden als **Hinweise und Erläuterungen zu...** veröffentlicht (sog. „Hintergrundpapiere“, siehe Beispiel links)

AbwV Abwasserverordnung – Anhang 1

Wichtigste Anforderungen an kommunale Kläranlagen (End-of-the-Pipe):

Proben nach Größenklassen der Abwasserbehandlungsanlagen	Chemischer Sauerstoffbedarf (CSB)	Biochemischer Sauerstoffbedarf in 5 Tagen (BSB5)	Ammoniumstickstoff (NH ₄ -N)	Stickstoff, gesamt, als Summe von Ammonium-, Nitrit- und Nitratstickstoff (Nges)	Phosphor gesamt (Pges)
	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
Qualifizierte Stichprobe oder 2-Stunden-Mischprobe					
Größenklasse 1 kleiner als 60 kg/d BSB5 (roh)	150	40	-	-	-
Größenklasse 2 60 bis 300 kg/d BSB5 (roh)	110	25	-	-	-
Größenklasse 3 größer als 300 bis 600 kg/d BSB5 (roh)	90	20	10	-	-
Größenklasse 4 größer als 600 bis 6.000 kg/d BSB5 (roh)	90	20	10	18	2
Größenklasse 5 größer als 6.000 kg/d BSB5 (roh)	75	15	10	13	1

Je größer eine Kläranlage, desto schärfer die Anforderungen!

Tagesfracht BSB ₅	Einwohnerwerte
60 kg BSB5/d	1.000 EW
300 kg BSB5/d	5.000 EW
600 kg BSB5/d	10.000 EW
6.000 kg BSB5/d	100.000 EW

Abwasserverordnung – Anhang 22

AbwV

Charakteristisch für die Anforderungen an die Abwassereinleitung aus Standorten der chemischen Industrie ist, dass die Allgemeinen Anforderungen im Vergleich zu den übrigen Branchen deutlich verschärft sind und dass deren Einhaltung in einem **Abwasserkataster** nachzuweisen ist, bevor eine Erlaubnis zur Abwassereinleitung erteilt werden kann.

B Allgemeine Anforderungen

Die Schadstofffracht ist so gering zu halten, wie dies nach Prüfung der Verhältnisse im Einzelfall durch folgende Maßnahmen möglich ist:

- Einsatz Wasser sparender Verfahren, wie Gegenstromwäsche,
- Mehrfachnutzung und Kreislaufführung, z.B. bei Wasch- und Reinigungsvorgängen,
- Indirektkühlung, z.B. anstelle des Einsatzes von Einspritzkondensatoren oder Einspritzkühlern zur Kühlung von Dampfphasen,
- Einsatz abwasserfreier Verfahren zur Vakuumherzeugung und bei der Abluftreinigung,
- Rückhaltung oder Rückgewinnung von Stoffen durch Aufbereitung von Mutterlaugen und durch optimierte Verfahren,
- Einsatz schadstoffarmer Roh- und Hilfsstoffe.

Der Nachweis für die Einhaltung der allgemeinen Anforderungen ist in einem Abwasserkataster zu erbringen.

Abwasserkataster nach Anhang 22

1. Übersicht über die einzelnen Betriebe des Einleiters (Bezeichnung, Produktion, Zuordnung zu Herkunftsbereichen).
2. Angaben zu belasteten Teilströmen (insbesondere aus den Synthesen), betriebsweise gegliedert und geordnet nach der Höhe der jeweiligen Schadstofffrachten CSB, AOX, Schwermetalle.
 - 2.1 Parameterbezogene Übersichten (CSB, N, P, AOX, flüchtige organische Halogene, Schwermetalle) soweit relevant.
 - 2.2 Angaben zu abwassererzeugenden Synthesen, Verfahren bzw. Anlagen
 - Darstellung der chemischen Reaktionen in Form von Umsetzungsgleichungen (Hauptreaktion) sowie wichtigste Nebenreaktionen,
 - Angaben zu den eingesetzten Stoffen,
 - Mengen der hergestellten Stoffe,
 - Kurzbeschreibung des Verfahrens (Verfahrensschritte, Anlagen und Ort des Entstehens von Abwasserströmen) unter Bezugnahme auf hierfür geeignete vereinfachte Verfahrensschemata, z. B. in Form von Blockfließbildern
 - 2.3 Übersicht zu den betrieblichen Abwasserbehandlungsanlagen.
3. Technische Umsetzungsmöglichkeiten der allgemeinen Anforderungen bei den einzelnen Synthesen oder Synthesegruppen.

Abwasserkataster nach Anhang 22

Beispiel:

Übersicht über die einzelnen Betriebe des Einleiters
(Bezeichnung, Produktion, Zuordnung zu Herkunftsbereichen)

Übersicht zu den Abwasseranfallstellen, den prozessnahen
Vorbehandlungsanlagen zu den Abwasserbehandlungsanlagen End-of-the
Pipe

Angaben zu belasteten Teilströmen (insbesondere aus den Synthesen),
betriebsweise gegliedert und geordnet nach der Höhe der jeweiligen
Schadstofffrachten CSB, AOX, Schwermetalle

- Sollfrachtberechnungen
- Nachweise zur Einhaltung der Sollfrachten

Abwasserverordnung – Anhang 22

AbwV

Weiterhin sind gestaffelte CSB-Frachten End-of-the-Pipe in Abhängigkeit von der Belastung der Abwasserströme am Ort des Anfalls (je höher belastet, desto schärfer die Anforderung) charakteristisch für die Anforderungen an die Abwassereinleitung aus Standorten der chemischen Industrie. Dabei sind aber Kompensationen innerhalb eines Standorts erlaubt.

d. h. erforderlicher
Reinigungsgrad $\geq 95\%$

d. h. erforderlicher
Reinigungsgrad = 90%

d. h. erforderlicher
Reinigungsgrad $\leq 90\%$

d. h. erforderlicher
Reinigungsgrad = 0%

C Anforderungen an das Abwasser für die Einleitungsstelle

(1) An das Abwasser werden für die Einleitungsstelle in das Gewässer folgende Anforderungen gestellt:

1. Chemischer Sauerstoffbedarf (CSB):

Für Abwasserströme, deren CSB-Konzentration am Entstehungsort des Abwassers beträgt:

- a) mehr als 50.000 mg/l, gilt eine CSB-Konzentration von 2.500 mg/l,
- b) mehr als 750 mg/l, gilt eine CSB-Konzentration, die einer Verminderung des CSB um 90 Prozent entspricht,
- c) 750 mg/l oder weniger, gilt eine CSB-Konzentration von 75 mg/l,
- d) weniger als 75 mg/l, gilt die tatsächliche CSB-Konzentration am Entstehungsort.

Die Anforderungen gelten auch als eingehalten, wenn unter Beachtung von Teil B eine CSB-Konzentration von 75 mg/l in der qualifizierten Stichprobe oder 2-Stunden-Mischprobe eingehalten wird.

$$\eta = \frac{C_Z - C_A}{C_Z}$$

η Reinigungsgrad in %

C_Z Konzentration im Zulauf zur Kläranlage

C_A Konzentration im Ablauf der Kläranlage

Abwasserverordnung – Anhang 22

Beispiel für ein Abwasserkataster

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Anlage	Teilstrom	Abwasser- volumen- strom	Konzen- tration	CSB- Rohfracht	Sollfracht- berück- sichtigung	Behandlungsmaßnahme	Anforderung lt. Anhang 22	CSB- Sollfracht
		[m³/2h]	[mg/l]	[kg/2h]				[kg/2h]
	Summe	333.96		565.10				63.97
Anlage 3101	Teilstrom 1101	57.20	4900.00	280.28	Ort des Anfalls		CSB-Sollfracht = CSB-Rohfracht x 0,1	28.03
Anlage 3101	Teilstrom 1129	1.80	50.00	0.09	Ort des Anfalls		CSB-Sollfracht = CSB-Rohfracht	0.09
Anlage 3101	Teilstrom 1130	1.00	50.00	0.05	Ort des Anfalls		CSB-Sollfracht = CSB-Rohfracht	0.05
Anlage 3101	Teilstrom 1673	2.80	350.00	0.98	Ort des Anfalls		CSB-Sollfracht = Volumenstrom x 75 mg/l	0.21
Anlage 3117	Teilstrom 1711	4.00	100.00	0.40	Ort des Anfalls		CSB-Sollfracht = Volumenstrom x 75 mg/l	0.30
Anlage 3120	Teilstrom 1713	12.00	600.00	7.20	Ort des Anfalls		CSB-Sollfracht = Volumenstrom x 75 mg/l	0.90
Anlage 3129	Teilstrom 1643	4.00	870.00	3.48	Ort des Anfalls		CSB-Sollfracht = CSB-Rohfracht x 0,1	0.35
Anlage 3130	Teilstrom 1656	14.00	20.00	0.28	Ort des Anfalls		CSB-Sollfracht = CSB-Rohfracht	
Anlage 3130	Teilstrom 1657	2.20	150.00	0.33	Ort des Anfalls		CSB-Sollfracht = Volumenstrom	
Anlage 3131	Teilstrom 1647	1.20	7480.00	8.98	Ort des Anfalls		CSB-Sollfracht = CSB-Rohfracht	
Anlage 3132	Teilstrom 1174	0.10	5600.00	0.55	Ort des Anfalls		CSB-Sollfracht = CSB-Rohfracht	
Anlage 3132	Teilstrom 1698	0.40	470.00	0.19	Ort des Anfalls		CSB-Sollfracht = Volumenstrom	
Anlage 3133	Teilstrom 1175	3.60	560.00	2.02	Ablauf Vorbeh.	Behandlungsanlage 1420	CSB-Sollfracht = Volumenstrom	
Anlage 3133	Teilstrom 1442	8.40	560.00	4.70	Ablauf Vorbeh.	Behandlungsanlage 1420	CSB-Sollfracht = Volumenstrom	
Anlage 3150	Teilstrom 1602	20.00	350.00	7.00	Ort des Anfalls		CSB-Sollfracht = Volumenstrom	
Anlage 3150	Teilstrom 1618	80.00	350.00	28.00	Ort des Anfalls		CSB-Sollfracht = Volumenstrom	

$$\eta = \frac{F_Z - F_A}{F_Z}$$

- η Reinigungsgrad in %
- F_Z Fracht im Zulauf zur Kläranlage
- F_A Fracht im Ablauf der Kläranlage

$$\eta = \frac{565,1 - 63,97}{565,1} = 88,7\%$$

Abwasserverordnung – Anhang 22

Beispiel für ein Abwasserkataster

Tiefgestaffelte
Behandlungsketten sind typisch
für Chemiestandorte

	A	B	C	D	E	F	G			
	Anlage	Teilstrom	Volumenstrom	CSB-Konzentration	CSB-Fracht am Anfallort					
1										
2			m ³ /h	mg/l	kg/2h					
3	Anlage 3101	Teilstrom 1101	28.6	4900	280.28	280.28	Behandlungsanlage 0601	210.21	210.21	Messstelle 1641
4	Anlage 3101	Teilstrom 1129	0.9	50	0.09	0.09	Messstelle 1639			
5	Anlage 3101	Teilstrom 1130	0.5	50	0.05	0.05	Messstelle 1642			
6	Anlage 3150	Teilstrom 1620	4	15000	120.00	120.00	Behandlungsanlage 0625	24.00	24.00	Behandlungsanlage 0626
7	Anlage 3150	Teilstrom 1619	10	1120	22.40	22.40	Messstelle 7908		50.40	Behandlungsanlage 0608
8	Anlage 3150	Teilstrom 1618	40	350	28.00					
9	Anlage 3150	Teilstrom 1622	20	350	14.00	14.00	Behandlungsanlage 0609	7.00	7.00	Stapeltank 1613
10	Anlage 3204	Teilstrom 1014	0.03125	4100	0.26	0.26	Behandlungsanlage 0629	0.01	0.01	Behandlungsanlage 0634
11	Anlage 3150	Teilstrom 1602	10	350	7.00	7.00	Stapeltank 1603		7.00	Messstelle 1606
12	Anlage 3150	Teilstrom 1624	7	1820	25.48	25.48	Behandlungsanlage 0627	12.74	12.74	Messstelle 1611
13	Anlage 3133	Teilstrom 1175	1.8	56000	201.60	672.00	Behandlungsanlage 1420	6.72	6.72	Messstelle 7714
14	Anlage 3133	Teilstrom 1442	4.2	56000	470.40					
15	Anlage 3132	Teilstrom 1174	0.049	5600	0.55	0.55	Behandlungsanlage 0637		0.55	Messstelle 7921
16	Anlage 3150	Teilstrom 1621	5	1000	10.00	10.00	Messstelle 1608			

bevor wir zur IZÜV kommen ...

... einige Bilder zum Thema „Biber“

(Probevorlesung Dr. Selle)

Verordnung zur Regelung des Verfahrens bei Zulassung und Überwachung industrieller Abwasserbehandlungsanlagen und Gewässerbenutzungen (Industriekläranlagen- Zulassungs- und Überwachungsverordnung - IZÜV)

Erlass der IZÜV ist eine Konsequenz aus der RiLi über Industrieemissionen), IZÜV regelt u. a.

- welche Unterlagen bei Beantragung einer Genehmigung oder Erlaubnis nach IZÜV vorzulegen sind,
 - wie die Öffentlichkeit im Genehmigungsverfahren nach IZÜV zu beteiligen ist,
 - innerhalb welcher Frist die Behörde über den Antrag entscheiden muss (i. d. R. 7 Monate),
 - welche Vorgaben in einer Genehmigung oder Erlaubnis nach IZÜV mindestens enthalten sein müssen,
 - welche Informationen nach Erteilung einer Genehmigung oder Erlaubnis nach IZÜV der Öffentlichkeit zugänglich zu machen sind und wie dies erfolgen soll (z. B. über das Internet),
 - wie die Genehmigung oder Erlaubnis überwacht wird
- und
- wie die Ergebnisse der Überwachung veröffentlicht werden.

„Gläsernes
Abflussrohr“

Abwasserabgabengesetz (AbwAG)

AbwAG

§ 1 Grundsatz

Für das Einleiten von Abwasser in ein Gewässer im Sinne von § 3 Nummer 1 bis 3 des Wasserhaushaltsgesetzes ist eine Abgabe zu entrichten (Abwasserabgabe). Sie wird durch die Länder erhoben.

§ 2 Begriffsbestimmungen

(1) Abwasser im Sinne dieses Gesetzes sind das durch häuslichen, gewerblichen, landwirtschaftlichen oder sonstigen Gebrauch in seinen Eigenschaften veränderte und das bei Trockenwetter damit zusammen abfließende Wasser (Schmutzwasser) sowie das von Niederschlägen aus dem Bereich von bebauten oder befestigten Flächen abfließende und gesammelte Wasser (Niederschlagswasser). Als Schmutzwasser gelten auch die aus Anlagen zum Behandeln, Lagern und Ablagern von Abfällen austretenden und gesammelten Flüssigkeiten.

(2) Einleiten im Sinne dieses Gesetzes ist das unmittelbare Verbringen des Abwassers in ein Gewässer; das Verbringen in den Untergrund gilt als Einleiten in ein Gewässer, ausgenommen hiervon ist das Verbringen im Rahmen landbaulicher Bodenbehandlung.

(3) Abwasserbehandlungsanlage im Sinne dieses Gesetzes ist eine Einrichtung, die dazu dient, die Schädlichkeit des Abwassers zu vermindern oder zu beseitigen; ihr steht eine Einrichtung gleich, die dazu dient, die Entstehung von Abwasser ganz oder teilweise zu verhindern.

Begriffsbestimmung
für Abwasser

Begriffsbestimmung
für Einleiten

Die Begriffsbestimmung für „Abwasserbehandlungsanlage“ ist im AbwAG deutlich weiter gefasst als sonst üblich!

Beispielsweise zählen nach dem AbwAG nicht nur Kläranlagen, sondern auch Anlagen zur Wertstoffrückgewinnung aus dem Abwasser ganz eindeutig zu den Abwasserbehandlungsanlagen (denn sie vermindern die Schädlichkeit des Abwassers) sowie z. B. auch abwasserfreie oder abwasserarme Verfahrensschritte bei der Herstellung bestimmter Produkte (denn sie vermindern die Entstehung von Abwasser).

Abwasserabgabengesetz (AbwAG)

AbwAG

§ 3 Bewertungsgrundlage

(1) Die Abwasserabgabe richtet sich nach der Schädlichkeit des Abwassers, die unter Zugrundelegung der oxidierbaren Stoffe, des Phosphors, des Stickstoffs, der organischen Halogenverbindungen, der Metalle Quecksilber, Cadmium, Chrom, Nickel, Blei, Kupfer und ihrer Verbindungen sowie der Giftigkeit des Abwassers gegenüber Fischeiern nach der Anlage zu diesem Gesetz in Schadeinheiten bestimmt wird. Eine Bewertung der

Nr.	Bewertete Schadstoffe und Schadstoffgruppen	Einer Schadeinheit entsprechen jeweils folgende volle Messeinheiten	Schwellenwerte nach Konzentration und Jahresmenge
1	Oxidierbare Stoffe in chemischem Sauerstoffbedarf (CSB)	50 Kilogramm Sauerstoff	20 Milligramm je Liter und 250 Kilogramm Jahresmenge
2	Phosphor	3 Kilogramm	0,1 Milligramm je Liter und 15 Kilogramm Jahresmenge
3	Stickstoff als Summe der Einzelbestimmungen aus Nitratstickstoff, Nitritstickstoff und Ammoniumstickstoff	25 Kilogramm	5 Milligramm je Liter und 125 Kilogramm Jahresmenge
4	Organische Halogenverbindungen als adsorbierbare organisch gebundene Halogene (AOX)	2 Kilogramm Halogen, berechnet als organisch gebundenes Chlor	100 Mikrogramm je Liter und 10 Kilogramm Jahresmenge
5	Metalle und ihre Verbindungen:		und
5.1	Quecksilber	20 Gramm	1 Mikrogramm 100 Gramm
5.2	Cadmium	100 Gramm	5 Mikrogramm 500 Gramm
		500 Gramm	50 Mikrogramm 2,5 Kilogramm
		500 Gramm	50 Mikrogramm 2,5 Kilogramm
		1.000 Gramm	100 Mikrogramm 5 Kilogramm
		Metall	je Liter Jahresmenge
		6.000 Kubikmeter Abwasser geteilt durch G(tief)EI	G(tief)EI = 2

Berechnungsbeispiel:

Jahresschmutzwassermenge: 1.000.000 m³

Überwachungswert CSB: 120 mg/l

CSB-Jahresfracht: $\frac{1.000.000 \text{ m}^3 \cdot 120 \text{ g/m}^3}{1.000 \text{ g/kg}} = 120.000 \text{ kg CSB/a}$

Schadeinheiten für CSB: $\frac{120.000 \text{ kg CSB}}{50 \text{ kg CSB/SE}} = 2.400 \text{ SE}$

Abwasserabgabengesetz (AbwAG)

AbwAG

Zweiter Abschnitt Ermittlung der Schädlichkeit

§ 4 Ermittlung auf Grund des Bescheides

(1) Die der Ermittlung der Zahl der Schadeinheiten zugrunde zu legende Schadstofffracht errechnet sich außer bei Niederschlagswasser (§ 7) und bei Kleineinleitungen (§ 8) nach den Festlegungen des die Abwassereinleitung zulassenden Bescheides. Der Bescheid hat hierzu mindestens für die in der Anlage zu

(3) Weist das aus einem Gewässer unmittelbar entnommene Wasser vor seinem Gebrauch bereits eine Schädlichkeit nach § 3 Abs. 1 (Vorbelastung) auf, so ist auf Antrag des Abgabepflichtigen die Vorbelastung für die in § 3 Abs. 1 genannten Schadstoffe und Schadstoffgruppen zu schätzen und ihm die geschätzte Vorbelastung nicht zuzurechnen. Bei der Schätzung ist von der Schadstoffkonzentration im Mittel mehrerer Jahre auszugehen. Die Länder können für Gewässer oder Teile von ihnen die mittlere Schadstoffkonzentration einheitlich festlegen.

(4) Die Einhaltung des Bescheides ist im Rahmen der Gewässerüberwachung nach den wasserrechtlichen Vorschriften durch staatliche oder staatlich anerkannte Stellen zu überwachen; der staatlichen Anerkennung stehen gleichwertige Anerkennungen oder Anerkennungen, aus denen hervorgeht, dass die betreffenden Anforderungen erfüllt sind, aus anderen Mitgliedstaaten der Europäischen Union oder anderen Vertragsstaaten des Abkommens über den Europäischen Wirtschaftsraum gleich. Ergibt die Überwachung, dass ein der Abgabenrechnung zugrunde zu legender Überwachungswert im Veranlagungszeitraum nicht eingehalten ist und auch nicht als eingehalten gilt, wird die Zahl der Schadeinheiten erhöht. Die Erhöhung richtet sich nach dem Hundertsatz, um den der höchste gemessene Einzelwert den Überwachungswert überschreitet.

maßgeblich für die Berechnung der Höhe der Abgabe ist die wasserrechtliche Erlaubnis

„Vorbelastung“ darf abgezogen werden

Hier greift die „4-aus-5-Regelung“

Zusammenwirken von Ordnungsrecht und fiskalischer Regelung

Abwasserabgabengesetz (AbwAG)

AbwAG

§ 9 Abgabepflicht, Abgabesatz

(1) Abgabepflichtig ist, wer Abwasser einleitet (Einleiter).

(4) Die Abgabepflicht entsteht bis zum 31. Dezember 1980 nicht. Der Abgabesatz beträgt für jede Schadeinheit

- ab 1. Januar 1981	12 DM,
- ab 1. Januar 1982	18 DM,
- ab 1. Januar 1983	24 DM,
- ab 1. Januar 1984	30 DM,
- ab 1. Januar 1985	36 DM,
- ab 1. Januar 1986	40 DM,
- ab 1. Januar 1991	50 DM,
- ab 1. Januar 1993	60 DM,
- ab 1. Januar 1997	70 DM,
- ab 1. Januar 2002	35,79 Euro

im Jahr.

Fortsetzung Berechnungsbeispiel:

Abwasserabgabe für CSB: $2.400 \text{ SE} * 35,79 \text{ €/SE} * 0,5 = \underline{42.948,00 \text{ €}}$
(50% Ermäßigung nach § 9 Abs. 5 AbwAG)

Zusammenwirken von
Ordnungsrecht und
fiskalischer Regelung

Werden die Mindest-
anforderungen gemäß AbwV
eingehalten, wird die
Abgabenlast um 50%
vermindert.

(5) Der Abgabesatz nach Absatz 4 ermäßigt sich außer bei Niederschlagswasser (§ 7) und bei Kleineinleitungen (§ 8) um 75 vom Hundert, vom Veranlagungsjahr 1999 an um die Hälfte für die Schadeinheiten, die nicht vermieden werden, obwohl

1. der Inhalt des Bescheides nach § 4 Absatz 1 oder die Erklärung nach § 6 Absatz 1 Satz 1 mindestens den in einer Rechtsverordnung nach § 7a des Wasserhaushaltsgesetzes in der am 28. Februar 2010 geltenden Fassung oder § 23 Absatz 1 Nummer 3 in Verbindung mit § 57 Absatz 2 des Wasserhaushaltsgesetzes festgelegten Anforderungen entspricht und
2. die in einer Rechtsverordnung nach Nummer 1 festgelegten Anforderungen im Veranlagungszeitraum eingehalten werden.

Satz 1 gilt entsprechend, wenn für die im Bescheid nach § 4 Absatz 1 festgesetzten oder die nach § 6 Absatz 1 Satz 1 in einer Rechtsverordnung nach Satz 1 Nummer 1 keine Anforderungen

nach § 4 Abs. 5 berechnet sich die Ermäßigung nach dem erklärten Wert, wenn der Erklärer die Voraussetzungen

Abwasserabgabengesetz (AbwAG)

AbwAG

§ 10 Ausnahmen von der Abgabepflicht

(1) Nicht abgabepflichtig ist das Einleiten von

1. Schmutzwasser, das vor Gebrauch einem Gewässer entnommen worden ist und über die bei der Entnahme vorhandene Schädlichkeit im Sinne dieses Gesetzes hinaus keine weitere Schädlichkeit im Sinne dieses Gesetzes aufweist,

(3) Werden Abwasserbehandlungsanlagen errichtet oder erweitert, deren Betrieb eine Minderung der Fracht einer der bewerteten Schadstoffe und Schadstoffgruppen in einem zu behandelnden Abwasserstrom um mindestens 20 vom Hundert sowie eine Minderung der Gesamtschadstofffracht beim Einleiten in das Gewässer erwarten lässt, so können die für die Errichtung oder Erweiterung der Anlage entstandenen Aufwendungen mit der für die in den drei Jahren vor der vorgesehenen Inbetriebnahme der Anlage insgesamt für diese Einleitung geschuldeten Abgabe verrechnet werden. Dies gilt nicht für den nach § 4 Abs. 4 erhöhten Teil der Abgabe. Ist die Abgabe bereits gezahlt, besteht ein entsprechendes Rückforderungsrecht. Dieses Anspruch ist nicht zu verjähren.

§ 13 Verwendung

(1) Das Aufkommen der Abwasserabgabe ist für Maßnahmen, die der Erhaltung oder Verbesserung der Gewässergüte dienen, zweckgebunden. Die Länder können bestimmen, dass der durch den Vollzug dieses Gesetzes und der ergänzenden landesrechtlichen Vorschriften entstehende Verwaltungsaufwand aus dem Aufkommen der Abwasserabgabe gedeckt wird.

(2) Maßnahmen nach Absatz 1 sind insbesondere:

1. der Bau von Abwasserbehandlungsanlagen,
2. der Bau von Regenrückhaltebecken und Anlagen zur Reinigung des Niederschlagswassers,
3. der Bau von Ring- und Auffangkanälen an Talsperren, See- und Meeresufern sowie von Hauptverbindingssammllern, die die Errichtung von Gemeinschaftskläranlagen ermöglichen,
4. der Bau von Anlagen zur Beseitigung des Klärschlammes,
5. Maßnahmen im und am Gewässer zur Beobachtung und Verbesserung der Gewässergüte wie Niedrigwasseraufhöhung oder Sauerstoffanreicherung sowie zur Gewässerunterhaltung,
6. Forschung und Entwicklung von Anlagen oder Verfahren zur Verbesserung der Gewässergüte,
7. Ausbildung und Fortbildung des Betriebspersonals für Abwasserbehandlungsanlagen und andere Anlagen zur Erhaltung und Verbesserung der Gewässergüte.

Möglichkeit der **Verrechnung der Abwasserabgabe** mit Investitionskosten für Anlagen, die die Schädlichkeit mindern

Zweckbindung des Einsatzes der Mittel aus der erhobenen Abwasserabgabe

Abwasserabgabengesetz (AbwAG)

Finanzielles Aufkommen aus der Abwasserabgabe (aus [GAWEL et al., 2011](#))

Jahr	Baden-Württemberg	Bayern	Berlin	Brandenburg	Bremen	Hamburg	Hessen	Mecklenburg-Vorpommern	Niedersachsen	Nordrhein-Westfalen	Rheinland-Pfalz	Saarland	Sachsen	Sachsen-Anhalt	Schleswig-Holstein	Thüringen	alte Bundesländer	neue Bundesländer	Deutschland
	in Mio. Euro (Euro : DM = 1 : 1,95583)																		
1994	17,79	59,94	14,52	3,76	4,92	13,45	54,93	12,56	37,20	143,06	45,29	21,88	23,50	21,67	28,87	33,68	427,34	109,70	537,04
1995	17,44	60,15	9,00	3,61	1,23	8,95	45,50	6,00	32,81	197,97	32,87	28,02	23,50	2,92	25,70	4,50	450,64	49,53	500,17
1996	13,34	64,65	10,94	2,91	0,48	4,09	38,24	18,54	30,75	83,95	52,06	30,93	6,36	11,24	19,33	10,63	337,84	60,62	398,46
1997	11,20	42,16	8,39	6,70	0,99	2,15	39,58	9,79	28,73	82,22	34,59	28,43	6,39	2,71	20,25	11,94	290,29	45,90	336,19
1998	4,91	54,13	4,98	6,49	2,60	3,09	38,55	7,55	27,70	98,42	28,60	20,50	11,50	30,63	19,17	9,11	297,68	70,27	367,95
1999	9,28	43,50	7,87	3,58	0,69	1,02	42,03	6,07	21,61	112,33	31,01	18,89	14,82	23,59	18,15	10,71	298,50	66,64	365,14
2000	8,89	62,08	9,98	0,66	3,56	1,91	32,10	11,55	38,95	112,36	26,63	19,02	9,09	11,01	24,18	9,56	329,68	51,85	381,53
2001	18,31	56,74	9,73	0,72	3,12	3,80	41,23	9,62	36,99	109,21	29,45	8,62	9,79	17,32	18,76	5,51	326,24	52,68	378,93
2002	15,10	60,83	9,57	2,71	3,61	3,84	31,26	7,13	31,16	158,30	36,20	12,64	11,64	10,21	14,90	5,03	367,84	46,29	414,13
2003	19,98	41,18	9,25	3,30	3,36	4,07	31,72	7,08	34,44	151,30	41,96	17,86	-0,06	10,76	19,50	6,06	365,37	36,38	401,76
2004	11,00	39,79	9,53	4,35	3,01	7,70	31,20	6,69	29,43	101,20	29,66	15,56	9,68	6,30	16,60	8,01	285,16	44,56	329,71
2005	8,50	24,52	9,63	7,38	3,25	7,20	31,20	7,45	36,36	136,30	28,34	12,13	2,09	5,39	14,80	4,95	302,59	36,89	339,48
2006	15,40	31,82	9,56	4,80	3,12	4,90	23,10	5,64	31,62	80,60	19,88	12,50	17,06	9,94	14,30	4,91	237,23	51,91	289,14
2007	5,30	34,93	13,47	5,03	2,80	1,10	15,80	7,99	32,71	86,60	23,67	8,35	9,20	4,39	11,30	6,70	222,56	46,77	269,33
2008	14,00	38,20	14,03	9,06	2,73	1,30	22,20	7,87	33,50	41,60	19,40	12,46	10,05	8,04	9,84	9,77	195,23	58,82	254,04

Gewässerschutz

Wichtige Regelungen zum
Gewässerschutz nach EU-, Bundes- und
Landesrecht und deren Anforderungen

**Anforderungen an den Gewässerschutz
nach Länderrecht**

Wasserrecht der Länder

Grundsätzlich gilt:

Der Vollzug des Wasserrechts erfolgt in den Ländern!

Alle Bundesländer haben dazu eigene wasserrechtliche Regelungen (Gesetze, Verordnungen, Verwaltungsvorschriften):

- Landeswassergesetz Berliner Wassergesetz
- Ausführungsgesetz zum Abwasserabgabengesetz Berliner AbwAG
- Gesetz über Wasser- und Bodenverbände
- Landesbauordnung
- Anlagenverordnung (Anlagen zum Umgang mit wassergef. Stoffen) Berliner VAwS
- Badegewässerverordnung Berliner Badegewässerverordnung
- Indirekteinleiterverordnung
- Eigenkontrollverordnung
- Verordnung über Qualitätsziele
- usw. usf.

Wasserrecht der Länder

Oberste Landesbehörden für den Vollzug des Wasserrechts:

Baden-Württemberg

[Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg](#)

Bayern

[Bayerisches Landesamt für Umwelt](#)

Berlin

[Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt](#)

Brandenburg

[Landesamt für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz](#)

Bremen

[Der Senator für Umwelt, Bau und Verkehr](#)

Hamburg

[Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt](#)

Hessen

[Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie](#)

Mecklenburg-Vorpommern

[Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie](#)

Niedersachsen

[Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz](#)

Nordrhein-Westfalen

[Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen](#)

Rheinland-Pfalz

[Landesamt für Umwelt, Wasserwirtschaft und Gewerbeaufsicht](#)

Saarland

[Landesamt für Umwelt- und Arbeitsschutz](#)

Sachsen

[Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie](#)

Sachsen-Anhalt

[Landesamt für Umweltschutz](#)

Schleswig-Holstein

[Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume Schleswig-Holstein](#)

Thüringen

[Thüringer Landesanstalt für Umwelt und Geologie](#)

Gewässerschutz

Wichtige Regelungen zum
Gewässerschutz nach EU-, Bundes- und
Landesrecht und deren Anforderungen

**Internationale Zusammenarbeit
im Gewässerschutz**

Internationale Zusammenarbeit

Kommissionen zur internationalen Zusammenarbeit bei grenzüberschreitenden Gewässern und Einzugsgebieten:

- Internationale Schutzkommission für den Rhein (IKSR)
- IKSE (...Elbe)
- IKSD (...Donau)
- IKSO (...Oder)
- Internationale Gewässerschutzkommission für den Bodensee (IGKB)

setzen sich paritätisch aus Vertretern der Anrainerstaaten zusammen

Internationale Zusammenarbeit

Beispiel: Internationaler Warn- und Alarmplan Elbe

Die Frage, ob und wenn ja welche Meldung bei Unfällen mit potenziellen Auswirkungen auf das Gewässerökosystem abzusetzen ist, wird nur noch von zwei Einflussfaktoren abhängig gemacht:

- Wassergefährdungsklasse(n) der freigesetzten Stoffe
und
- freigesetzte Stoffmenge.

Das Bewertungsmodell der IKSE bezieht sich auf den mittleren Abfluss (»MQ«) der Elbe am Pegel Dresden - d.h. auf eine Abflussmenge von 330 m³/s. Weicht der Volumenstrom an der Unfallstelle von diesem Wert ab, sind die Mengenschwellwerte der freigesetzten Stoffe proportional anzupassen.

Stoffe und Stoffgemische mit unbekannter Wassergefährdungsklasse werden aus Vorsorgegründen wie WGK-3-Stoffe behandelt.

Mit dem o.g. Bewertungssystem wird die eigentlich sehr komplizierte Materie auf den grundlegenden Zusammenhang zwischen Stofffracht und Volumenstrom zurückgeführt.

Literaturverzeichnis

ATV-DVWK-A 131, 2000	Anonymus ATV-DVWK-A 131 Bemessung von einstufigen Belebungsanlagen Abwassertechnische Vereinigung e.V. / Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft und Kulturbau e.V., Mai 2000
GAWEL et al., 2011	Gawel, E.; Köck, W.; Kern, K.; Möckel, S.; Fälsch, M.; Völkner, T.; Holländer, R. Weiterentwicklung von Abwasserabgabe und Wasserentnahmeentgelten zu einer umfassenden Wassernutzungsabgabe Endbericht Förderkennzeichen (UFOPLAN) 370926201 UBA-Texte 67/2011 http://www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-l/4189.pdf
HABERKERN et al., 2008	Haberkern, B.; Maier, W.; Schneider, U. Steigerung der Energieeffizienz auf kommunalen Kläranlagen Umweltbundesamt Texte Nr. 11/08, Dessau-Roßlau, März 2008 http://www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-l/3347.pdf
IKSE, 2006	Anonymus Internationaler Warn- und Alarmplan Elbe Internationale Kommission zum Schutz der Elbe (IKSE), Magdeburg, 2006

Gewässerschutz

Schutz der Gewässer vor wassergefährdenden Stoffen

Umgang mit wassergefährdenden Stoffen

Die Regelungen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen gehen u. a. zurück auf den **Sandoz-Unfall**, in dessen Folge eine erhebliche Verunreinigung des Rheins mit z. T. verheerenden Folgen eingetreten sind.

Infolge des Brandes einer Lagerhalle der **Firma Sandoz** bei Basel gelangten am **1. November 1986** mit dem Löschwasser ca. 20 - 30 t Insektizide (u. a. Disulfoton, Etrimphos und Endosulfan sowie organische Quecksilberverbindungen) in den Rhein und haben die Gewässerbeschaffenheit sowie vielfältige Nutzungen am Rhein stark beeinträchtigt (großflächiges Fischsterben, zeitweilige Stilllegung der Trinkwasserversorgung aus dem Rhein).

Die eingetragenen Schadstoffe wiesen eine hohe Giftigkeit auf; die meisten sind für Fische im Bereich von wenigen mg/l akut giftig und wirken auf niedrigere Wasserorganismen bereits bei einigen µg/l tödlich. Endosulfan tötet Fische schon im Bereich von sehr wenigen µg/l.

(nach DKRR, 1988)

Umgang mit wassergefährdenden Stoffen

Sandoz-Unfall,
1986



Umgang mit wassergefährdenden Stoffen



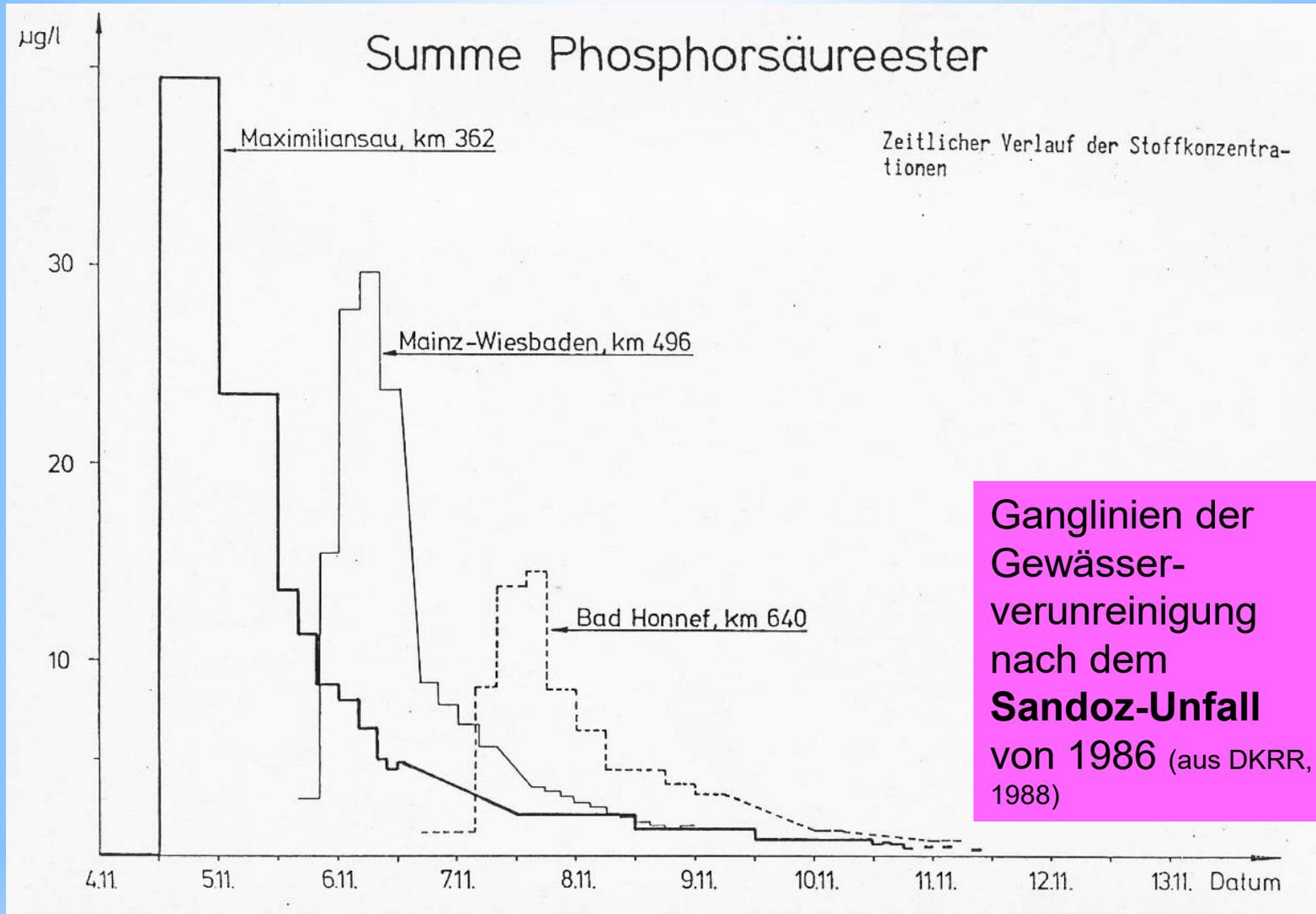
Fischsterben nach dem Sandoz-Unfall, 1986

Umgang mit wassergefährdenden Stoffen

Meßort	Rhein-Km	Datum (1986)	Uhrzeit	Disulfoton µg/l	Thimeton µg/l	Etrimphos µg/l	Propetamphos µg/l	Oxadixyl µg/l	Parathion-ethyl µg/l	ges. Quecksilber µg/l
Märkt	173,00	01.11.	15.15	600	500	50	100	80		12
Wyhl	244,35	02.11.	16.45	107	23	10	6	37	1	2,6
Gambshain	310,00	04.11.	00.00- 03.00	73	15	4	2	32	0,5	0,6
Maximiliansau	362,00	04.11.	12.00- 24.00	24,6	10,6	3,1	1,1	11,5	0,4	
Ludwigs- hafen	428,00	05.11.	10.33	30,3	14,4	3,1	1,0	12,3	0,4	0,4
Mainz	498,00	06.11.	09.00	18,3	8,3	2,6	3,4		0,4	
Koblenz	590,00	07.11.	04.00							0,2
Neuwied	609,00	07.11.	09.00- 10.00	11,8	3,9	1,3	0,6	6,9	0,3	
Bad Honnerf	640,00	07.11.	14.00- 18.00	8,9	3,5	1,1	1,0		0,1	
Düsseldorf	734,00	08.11.	08.15	5,7	2,2	0,7	0,6		<0,1	
Lobith	862,30	09.11.	09.00	5,3	2,0					0,22

Maximalwerte der Gewässer-
verunreinigung
nach dem
Sandoz-Unfall
(aus DKRR, 1988)

Umgang mit wassergefährdenden Stoffen



WHG - § 62

Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen (w. S.)

Anlagen zum
**Lagern, Abfüllen
oder Umschlagen**
von w. S.
(LAU-Anlagen)

Anlagen zum
**Herstellen, Behandeln
oder Verwenden**
von w. S.
(HBV-Anlagen)

Abschnitt 3 Umgang mit wassergefährdenden Stoffen

§ 62

Anforderungen an den Umgang mit wassergefährdenden Stoffen

(1) Anlagen zum Lagern, Abfüllen, Herstellen und Behandeln wassergefährdender Stoffe sowie Anlagen zum Verwenden wassergefährdender Stoffe im Bereich der gewerblichen Wirtschaft und im Bereich öffentlicher Einrichtungen müssen so beschaffen sein und so errichtet, unterhalten, betrieben und stillgelegt werden, dass eine nachteilige Veränderung der Eigenschaften von Gewässern nicht zu besorgen ist. Das Gleiche gilt für Rohrleitungsanlagen, die

Alle Anlagen zum Umgang mit w. S. ...

...müssen den a.a.R.d.T. entsprechen!

(2) Anlagen im Sinne des Absatzes 1 dürfen nur entsprechend den allgemein anerkannten Regeln der Technik beschaffen sein sowie errichtet, unterhalten, betrieben und stillgelegt werden.

WHG - §§ 62 und 63

Begriffsbestimmung wassergefährdende Stoffe

Ermächtigung zum Erlass einer Regelung zur **Einstufung** von w. S. und zu **Anforderungen** an die Beschaffenheit der Anlagen zum Umgang mit w.S. sowie zu Pflichten der Betreiber dieser Anlagen

LAU-Anlagen (von denen i. d. R. eine besonders hohe Gefährdung ausgeht) müssen - zusätzlich zu den Anforderungen gemäß § 62 - eine sog. behördliche **Eignungsfeststellung** haben!

(3) Wassergefährdende Stoffe im Sinne dieses Abschnitts sind feste, flüssige und gasförmige Stoffe, die geeignet sind, dauernd oder in einem nicht nur unerheblichen Ausmaß nachteilige Veränderungen der Wasserbeschaffenheit herbeizuführen.

(4) Durch Rechtsverordnung nach § 23 Absatz 1 Nummer 5 bis 11 können nähere Regelungen erlassen werden über

1. die Bestimmung der wassergefährdenden Stoffe und ihre Einstufung entsprechend ihrer Gefährlichkeit sowie über eine hierbei erforderliche Mitwirkung des Umweltbundesamtes und anderer Stellen,
2. Anforderungen an die Beschaffenheit von Anlagen nach Absatz 1,
3. Pflichten bei der Errichtung, der Unterhaltung, dem Betrieb, einschließlich des Befüllens und Entleerens durch Dritte, und der Stilllegung von Anlagen nach Absatz 1, insbesondere Anzeigepflichten sowie Pflichten zur Überwachung und zur Beauftragung von Sachverständigen und Fachbetrieben mit der Durchführung bestimmter Tätigkeiten,
4. Anforderungen an Sachverständige und Fachbetriebe, insbesondere im Hinblick auf Fachkunde, Zuverlässigkeit und gerätetechnische Ausstattung.

§ 63

Eignungsfeststellung

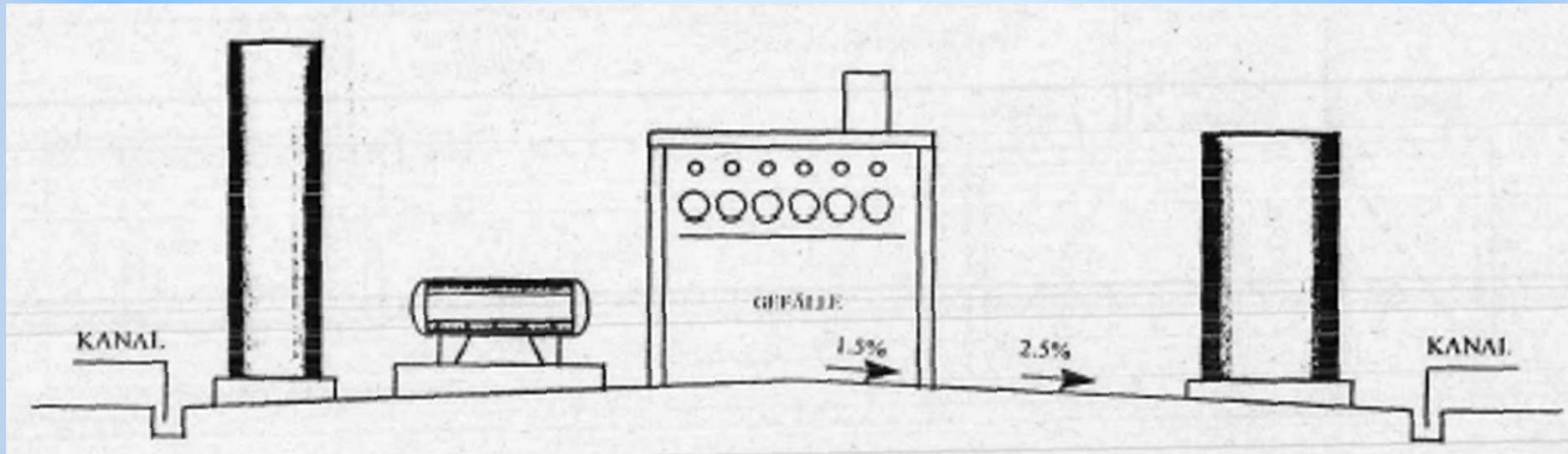
(1) Anlagen zum Lagern, Abfüllen oder Umschlagen wassergefährdender Stoffe dürfen nur errichtet und betrieben werden, wenn ihre Eignung von der zuständigen Behörde festgestellt worden ist. Eine Eignungsfeststellung kann auch für Anlagenteile oder technische Schutzvorkehrungen erteilt werden. Für die Errichtung von Anlagen, Anlagenteilen und technischen Schutzvorkehrungen nach den Sätzen 1 und 2 gilt § 58 Absatz 4 entsprechend.

Konzepte für sichere HBV-/LAU-Anlagen



Dow Chemical, Werk Stade

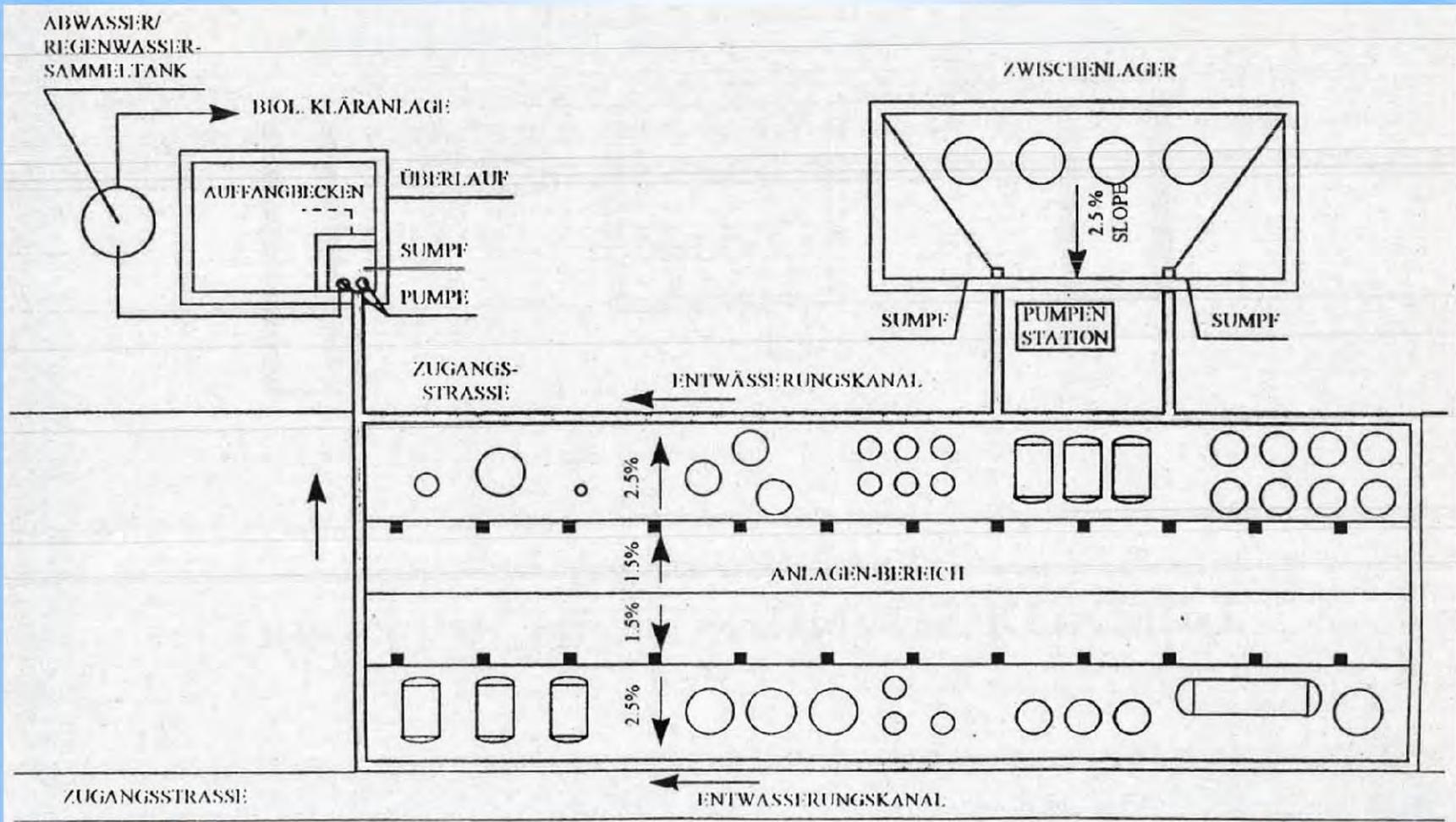
Konzepte für sichere HBV-/LAU-Anlagen



Dow Konzept der sog. Ditch-Systeme

(aus GAUCH, 1996)

Konzepte für sichere HBV-/LAU-Anlagen



Dow Konzept der sog. Ditch-Systeme

(aus GAUCH, 1996)

Konzepte für sichere HBV-/LAU-Anlagen



Dow Chemical, Werk Stade

VwVwS

Verwaltungsvorschrift wassergefährdende Stoffe - VwVwS

Vom 17. Mai 1999

Die VwVwS enthält in 4 Anhängen folgende Listen

Anhang 1 Nicht wassergefährdende Stoffe

Anhang 2 Wassergefährdende Stoffe (WGK 1 bis 3)

Anhang 3 Einstufungsverfahren für bisher nicht bewertete Stoffe auf der Basis von R-Sätzen des Gefahrstoffrechts

Anhang 4 Einstufungsverfahren für Zubereitungen und Gemische

„Die Verwaltungsvorschrift wassergefährdender Stoffe (VwVwS) verpflichtet die Betreiber von Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen, die von ihnen verwendeten Stoffe und Gemische in eine **Wassergefährdungsklasse (WGK)** einzustufen. Die Einstufungen der Stoffe sind bei der Dokumentations- und Auskunftsstelle wassergefährdende Stoffe im Umweltbundesamt (UBA) zu dokumentieren.“

Im UBA werden die „...Einstufungsdokumentationen der Betreiber erfasst, formal und auf Plausibilität überprüft und die resultierenden Einstufungen der Stoffe werden im Internet veröffentlicht.“ (aus UBA, 2013)

Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Wasserhaushaltsgesetz über die Einstufung wassergefährdender Stoffe in Wassergefährdungsklassen (Verwaltungsvorschrift wassergefährdende Stoffe - VwVwS)

Vom 17. Mai 1999

1 Anwendungsbereich

- 1.1 Diese Verwaltungsvorschrift bestimmt nach § 19g Abs. 5 Satz 2 WHG die Stoffe näher, die geeignet sind, nachhaltig die physikalische, chemische oder biologische Beschaffenheit des Wassers nachteilig zu verändern (wassergefährdende Stoffe), und stuft sie entsprechend ihrer Gefährlichkeit aufgrund der physikalischen, chemischen und biologischen Stoffeigenschaften in Wassergefährdungsklassen (WGK) ein.

Stoffe im Sinne dieser Verwaltungsvorschrift sind auch Stoffgruppen und Gemische.

Stoffgruppen sind zu Gruppen zusammengefasste Stoffe mit gemeinsamen Funktions-, Wirk- oder Strukturmerkmalen.

Gemische sind aus zwei oder mehreren Stoffen bestehende Gemenge, Mischungen und Zubereitungen sowie Lösungen in Wasser.

- 1.2 Als nicht wassergefährdend im Sinne des § 19g Abs. 5 WHG werden bestimmt:
- Stoffe, die in Anhang 1 aufgeführt sind,
 - Stoffe, die die in Anhang 3 Nr. 5 genannten Voraussetzungen erfüllen und nicht in Anhang 2 aufgeführt sind,
 - Gemische, die die Voraussetzungen der Nummer 2.2.2 erfüllen und nicht in Anhang 2 aufgeführt sind,
 - Lebensmittel im Sinne des Lebensmittel- und Bedarfsgegenständegesetzes, soweit sie nicht in Anhang 2 aufgeführt sind,
 - Futtermittel im Sinne des Futtermittelgesetzes, soweit sie nicht in Anhang 2 aufgeführt sind.

Ursprünglich gab es noch eine WGK 0, diese ist nun weggefallen, stattdessen Kategorie „nicht wassergefährdend“!

w. S. können sein:

- Stoffe (Einzelstoffe)
- Stoffgruppen
- Gemische

I. d. R. nicht wassergefährdend:

- Lebensmittel
- Futtermittel

Welche Eigenschaften werden bei der Einstufung, ob ein Stoff wassergefährdend ist oder nicht, herangezogen?

Risiken nach den R-Sätzen

- Gesundheitsschädlich / giftig / sehr giftig bei Berührung mit der Haut
- Gesundheitsschädlich / giftig / sehr giftig beim Verschlucken
- Giftig für Wasserorganismen
- Kann in Gewässern längerfristig schädliche Wirkungen haben
- Kanzerogenität (krebserzeugend)
- Mutagenität (erbgutschädigend)
- Teratogenität (ruft Fehlbildungen bei Embryos hervor)

Sonstige Gesichtspunkte

- Löslichkeit des Stoffs in Wasser
- Biologische Abbaubarkeit in Wasser
- Anreicherung in der Nahrungskette (Bioakkumulation)
- Akute Toxizität gegenüber Fischen
- Akute Toxizität gegenüber Wasserflöhen
- Wachstumshemmung bei Algen

Bestimmung und Einstufung wassergefährdender Stoffe auf der Grundlage von R-Sätzen

R-Satz	Punktzahl	Bemerkungen
R 21	1	wird nicht additiv zu R 22, R 20/22, R 25, R 23/25, R 28 oder R 26/28 zugeordnet
R 22	1	wird nicht additiv zu R 24, R 23/24, R 27 oder R 26/27 zugeordnet
R 24	3	wird nicht additiv zu R 25, R 23/25, R 28 oder R 26/28
R 50	6	
R 52	3	
R 53	3	
R 60	4	
R 61	4	wird nicht additiv zu R 60 zugeordnet
R 62	2	wird nicht additiv zu R 61 zugeordnet
R 63	2	wird nicht additiv zu R 60 und R 62 zugeordnet
R 65	1	wird nicht additiv zu R 21 und R 22 zugeordnet
R 15/29	2	
R 20/21	1	wird nicht additiv zu R 22, R 25 oder R 28 zugeordnet
R 20/22	1	wird nicht additiv zu R 24 oder R 27 zugeordnet
R 20/21/22	1	

Einstufung von Einzelstoffen erfolgt zunächst auf der Grundlage der R-Sätze der GefStoffV

Jedem R-Satz wurde eine bestimmte Punktzahl zugeordnet. Aus der jeweiligen Summe der Punkte des Stoffes wird die WGK abgeleitet.

Die R-Sätze als bisherige Grundlage zur Einstufung von w. S. werden in absehbarer Zeit durch „H-Zahlen“ (hazard) nach der europäischen CLP-Verordnung ersetzt.

Classification, Labelling and Packaging of substances and mixtures

Einstufung, Kennzeichnung und Verpackung von Stoffen und Gemischen

4 Einstufung in Wassergefährdungsklassen	
4.1	Jedem Stoff wird eine Gesamtzahl der Bewertungspunkte zugeordnet, die sich aus der Summe der nach Nummer 1 und 2 ermittelten Punkte ergibt.
4.2	Der nach Nummer 4.1 ermittelten Gesamtpunktzahl werden folgende Wassergefährdungsklassen zugeordnet:
0 bis 4 Punkte:	WGK 1,
5 bis 8 Punkte:	WGK 2,
9 und mehr Punkte:	WGK 3.

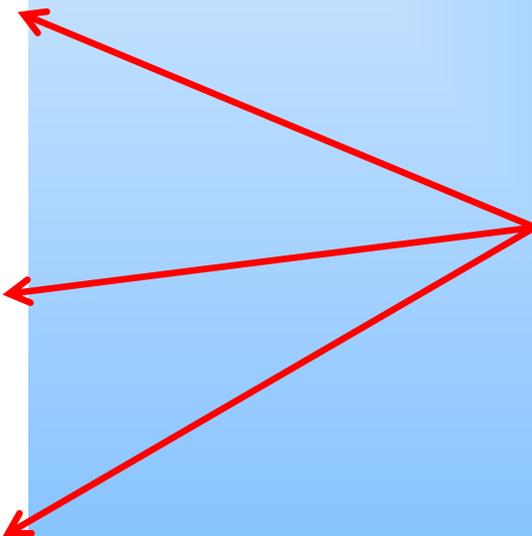
5 Nicht wassergefährdende Stoffe

Stoffe sind abweichend von Nummer 4.2 nicht wassergefährdend nach § 19g Abs, 5 Satz 2 WHG, wenn folgende Voraussetzungen erfüllt sind:

- a) Die Gesamtpunktzahl nach Nummer 4.1 ist 0.
- b) Der Stoff weist bei 20 Grad Celsius eine Wasserlöslichkeit von weniger als 100 mg/l oder weniger als 10 mg/l bei einem Stoff, der bei Normalbedingungen flüssig ist, auf.
- c) Es ist keine Prüfung bekannt, nach der die akute Toxizität an einer Fischart (96 h LC_{50}) oder einer Wasserflohart (48 h EC_{50}) oder die Hemmung des Algenwachstums (72 h IC_{50}) unterhalb der Löslichkeitsgrenze liegt. Prüfungen an zwei der vorgenannten Organismen sind durchgeführt worden.
- d) Ein bei Normalbedingungen flüssiger organischer Stoff ist biologisch leicht abbaubar.

Werden einem Stoff nach den R-Sätzen 0 Punkte zugeordnet, gilt er als **nicht wassergefährdend**.

Zusätzliche
Prüfkriterien



ÄnderungsVO zur VwVwS

Verwaltungsvorschrift wassergefährdende Stoffe gem. ÄnderungsVO vom 27.Juli 2005

„Anhang 1

Nicht wassergefährdende Stoffe gemäß Nummer 1.2a

Stoffbezeichnung	Kenn-Nr.
Acetylen	1182
Aluminiumoxid	1346
Argon	1348
Bariumcarbonat	781
Bariumsulfat	308
Bis(2-ethylhexyl)azelat	3772
Bitumen	326
Bromchlordifluormethan	1360
n-Butan, Anteil 1,3-Butadien <0,1 %	561
n-Buten-1	792
2-Buten	2071
Calciumcarbonat	317
Carbonylsulfid	1090

Auflistung von Stoffen, die nicht mehr als w. S. geführt werden

„Anhang 2

Wassergefährdende Stoffe, Stoffgruppen und Gemische gemäß Nummer 2.1.1

Stoffbezeichnung	Kenn-Nr.	WGK
Acemetacin	1082	3
Acephat	677	2
Acetaldehyd	1	1
Acetamid	2	1
1-Acetamino-7-hydroxynaphthalin	1823	1
Acetanhydrid	3	1
Acet-p-anisidin	1502	1
Acetessigsäureethylester	4	1
Acetessigsäuremethylester	5	1
Acetoacetanilid	1125	1
Aceton	6	1
Acetoncyanhydrin	7	3
Acetonitril	8	2
Acetophenon	735	1
N-(2-Acetoxyethyl)-1,2,3,4-tetrahydro-2,2,4-trimethylchinolin	1891	2
Acetylacetonperoxid ²⁶	1491	1

Auflistung der w. S. mit WGK

VwVwS

Umwelt Bundesamt Rigoletto Version 2.4 vom 30.9.2009

[Startseite](#) | [Impressum](#) | [Umweltbundesamt.de](#) | [Bund.de](#)

WGK-Suche [zurücksetzen](#)
Daten vom Mittwoch, 22. Oktober 2014

Stoffbezeichnung Weitere Namen bei der Suche einbeziehen

Option zur Suche enthält beginnt mit endet mit exakt

CAS-Nummer

Kenn-Nummer von

EG-Nummer

WGK

Kenn-Nummer bis

Status

Datum der Einstufung von (tt.mm.jjjj)

Datum der Einstufung bis (tt.mm.jjjj)

Sortierung nach der Stoffbezeichnung Sortierung nach der Kenn-Nummer

[Download der kompletten Daten](#) Download der Daten der WGK-Suche als ZIP-Datei

Rigoletto

Auskunft
per
Datenbank
von der
Kommission
Bewertung
wasserge-
fährdende
Stoffe
(KBwS)

Ob ein bestimmter Stoff in der VwVwS enthalten ist und demzufolge eine WGK hat oder nicht, kann über eine öffentlich und unentgeltlich zugängliche Datenbank des Umweltbundesamts recherchiert werden.

WasgefStAnIV

Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen

§ 1 Betreiberpflichten

(1) Der Betreiber einer Anlage nach § 62 Absatz 1 des Wasserhaushaltsgesetzes hat mit ihrem Einbau, ihrer Aufstellung, Instandhaltung, Instandsetzung oder Reinigung Fachbetriebe nach § 3 Absatz 2 zu beauftragen, wenn er selbst nicht die Voraussetzungen des § 3 Absatz 2 Satz 1 erfüllt oder keine öffentliche Einrichtung ist, die über eine dem § 3 Absatz 2 Satz 1 Nummer 2 gleichwertige Überwachung verfügt.

(2) Der Betreiber einer Anlage nach § 62 Absatz 1 des Wasserhaushaltsgesetzes hat ihre Dichtheit und die Funktionsfähigkeit der Sicherheitseinrichtungen ständig zu überwachen. Die zuständige Behörde kann im Einzelfall anordnen, dass der Betreiber einen Überwachungsvertrag mit einem Fachbetrieb nach § 3 Absatz 2 abschließt, wenn er selbst nicht die erforderliche Sachkunde besitzt oder nicht über sachkundiges Personal verfügt. Er hat darüber hinaus die Anlage durch zugelassene Sachverständige auf den ordnungsgemäßen Zustand überprüfen zu lassen, und zwar

1. vor Inbetriebnahme oder nach einer wesentlichen Änderung,
2. spätestens fünf Jahre nach der letzten Überprüfung; bei unterirdischer Lagerung in Wasserschutzgebieten nach § 51 Absatz 1 des Wasserhaushaltsgesetzes und in Heilquellenschutzgebieten nach § 53 Absatz 4 des Wasserhaushaltsgesetzes spätestens zweieinhalb Jahre nach der letzten Überprüfung,
3. vor der Wiederinbetriebnahme einer länger als ein Jahr stillgelegten Anlage,
4. wenn die Prüfung wegen der Besorgnis einer Wassergefährdung angeordnet wird,
5. wenn die Anlage stillgelegt wird.

Im Übrigen gelten die landesrechtlichen Vorschriften.

(3) Die zuständige Behörde kann dem Betreiber Maßnahmen zur Beobachtung der Gewässer und des Bodens auferlegen, soweit dies erforderlich ist für ein frühzeitiges Erkennen von Verunreinigungen, die von Anlagen nach § 62 Absatz 1 des Wasserhaushaltsgesetzes ausgehen können.

Diese Bundes-VO ist sehr kurz, weil derzeit die wichtigen Einzelheiten noch in den VAWS der Länder geregelt sind.

Der Entwurf einer neuen umfassenden Verordnung des Bundes liegt aber bereits vor.

WasgefStAnIV (Bund)

§ 2 Besondere Pflichten beim Befüllen und Entleeren

Wer eine Anlage zum Lagern wassergefährdender Stoffe befüllt oder entleert, hat diesen Vorgang zu überwachen und sich vor Beginn der Arbeiten vom ordnungsgemäßen Zustand der dafür erforderlichen Sicherheitseinrichtungen zu überzeugen. Die zulässigen Belastungsgrenzen der Anlagen und der Sicherheitseinrichtungen sind beim Befüllen oder Entleeren einzuhalten.

§ 3 Fachbetriebe

(1) Anlagen nach § 62 Absatz 1 des Wasserhaushaltsgesetzes dürfen nur von Fachbetrieben eingebaut, aufgestellt, instand gehalten, instand gesetzt und gereinigt werden; § 1 Absatz 1 bleibt unberührt. Landesrechtliche Vorschriften, wonach bestimmte Tätigkeiten nicht von Fachbetrieben ausgeführt werden müssen, bleiben unberührt.

(2) Ein Fachbetrieb im Sinne des Absatzes 1 Satz 1 ist, wer

1. über die Geräte und Ausrüstungsteile sowie über das sachkundige Personal verfügt, durch die die Einhaltung der Anforderungen nach § 62 Absatz 2 des Wasserhaushaltsgesetzes gewährleistet wird, und
2. berechtigt ist, Gütezeichen einer baurechtlich anerkannten Überwachungs- oder Gütegemeinschaft zu führen, oder einen Überwachungsvertrag mit einer technischen Überwachungsorganisation abgeschlossen hat, der eine mindestens zweijährliche Überprüfung einschließt.

Der Berechtigung nach Satz 1 Nummer 2 stehen gleichwertige Berechtigungen gleich, die in einem anderen Mitgliedstaat der Europäischen Union oder in einem anderen Vertragsstaat des Abkommens über den Europäischen Wirtschaftsraum erteilt worden sind. Ein Fachbetrieb darf seine Tätigkeit auf bestimmte Fachbereiche beschränken.

Fachbetriebspflicht

Krasses Negativbeispiel:

Anmischen von Spritzbrühe zur Schädlingsbekämpfung in einem Tankanhänger, der zuvor mit dem Konzentrat befüllt wurde und anschließend durch Einfüllen von Trinkwasser aus dem öffentlichen Netz auf die zur Ausbringung gewünschte Konzentration verdünnt werden sollte...

WasgefStAnIV (Bund)

Das grundsätzliche Problem hinter dem eben genannten Negativbeispiel beschreibt auch GUJER (GUJER, 2007):

Beispiel 7.4. Hausinstallationen, eine Anekdote

Die Dame im obersten Stock eines Dreifamilienhauses genoss öfter zwischen 22 und 24 Uhr ein Vollbad. Um die Geräuschentwicklung zu vermindern, legte sie zum Füllen die Duschebrause in die Wanne. Doch die Badegeräusche übertrugen sich in der altertümlichen Installation auf die beiden darunterliegenden Wohnungen und verärgerten die übrigen Bewohner.

Um der Frau eine Lektion zu erteilen, stellten diese eines Nachts, als sie wiederum ihr Bad füllte, kurzerhand den Haupthahn ab. Die Frau badete mit dem vorhandenen Wasser. Um die Mitbewohner nicht zu stören, liess sie die Wanne nicht auslaufen.

Dass mit dem Wasser etwas nicht in Ordnung war, merkten die Mitbewohner erst, als sie in ihrem Morgenkaffee einen merkwürdig seifigen Geschmack feststellten. Die Untersuchung ergab, dass sie nach ihrer nächtlichen Aktion vergessen hatten, den Haupthahn wieder zu öffnen. Für ihre Morgentoilette und den Kaffee hatten sie trotzdem genügend Wasser, denn dieses floss durch die im Bad liegende Duschebrause in das Hausnetz zurück.

Anonymus

Übersicht Anlagenverordnung w. S.

Die Bundesregierung bereitet den Erlass einer neuen Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen (AwSV) vor. Die AwSV wird bundesweit einheitliche Anforderungen an Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen festlegen und die bisher gültigen unterschiedlichen Anlagenverordnungen der einzelnen Bundesländer ablösen.

Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen (AwSV)

Derzeit gelten jedoch noch die Anlagenverordnungen der einzelnen Bundesländer, deren materieller Regelungsgehalt im Wesentlichen auf der Muster-VAwS der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) beruht.

Muster-Anlagenverordnung (Muster-VAwS) vom 8./9.11.1990 unter Einschluß der Fortschreibung gemäß Beschluß der 116. LAWA-Sitzung am 22./23. März 2001 in Güstrow

Muster-VAwS der LAWA

Die Muster-Anlagenverordnung (Muster-VAwS) der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) ist die Vorlage für die VAwS der einzelnen Bundesländer, deren VAwS in den maßgeblichen Punkten der Muster-VAwS entsprechen.

§ 3 Grundsatzanforderungen

Für alle dieser Verordnung unterliegenden Anlagen gelten folgende Anforderungen, soweit in den nachfolgenden Vorschriften nichts anderes bestimmt ist:

1. Anlagen müssen so beschaffen sein und betrieben werden, dass wassergefährdende Stoffe nicht austreten können. Sie müssen dicht, standsicher und gegen die zu erwartenden mechanischen, thermischen und chemischen Einflüsse hinreichend widerstandsfähig sein. Einwandige unterirdische Behälter sind unzulässig. Satz 3 gilt nicht für feste Stoffe⁴.
2. Undichtheiten aller Anlagenteile, die mit wassergefährdenden Stoffen in Berührung stehen, müssen schnell und zuverlässig erkennbar sein.
3. Austretende wassergefährdende Stoffe müssen schnell und zuverlässig erkannt, zurückgehalten sowie ordnungsgemäß und schadlos verwertet oder beseitigt werden⁵. Im Regelfall müssen die Anlagen mit einem dichten und beständigen Auffangraum ausgerüstet werden, sofern sie nicht doppelwandig und mit Leckanzeigergerät versehen sind.
4. Im Schadensfall anfallende Stoffe, die mit ausgetretenen wassergefährdenden Stoffen verunreinigt sein können, müssen zurückgehalten sowie ordnungsgemäß und schadlos verwertet oder beseitigt werden⁶.
5. Auffangräume dürfen grundsätzlich keine Abläufe haben.
6. Es ist grundsätzlich eine Betriebsanweisung mit Überwachungs-, Instandhaltungs- und Alarmplan aufzustellen und einzuhalten. Eine Betriebsanweisung ist nicht erforderlich bei

Muster-VAwS der LAWA

§ 6

Gefährdungspotenzial

- (1) Die Anforderungen an Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen, vor allem zur Anordnung, dem Aufbau, den Schutzvorkehrungen und zur Überwachung, sind nach ihrem Gefährdungspotenzial zu stufen.
- (2) Das Gefährdungspotenzial hängt insbesondere ab vom Volumen der Anlage und der Gefährlichkeit der in der Anlage vorhandenen wassergefährdenden Stoffe, sowie der hydrogeologischen Beschaffenheit und Schutzbedürftigkeit des Aufstellungsortes.
- (3) Das Volumen der Anlage und die Gefährlichkeit werden durch die in der folgenden Tabelle dargestellten Gefährdungsstufen berücksichtigt; bei gasförmigen Stoffen ist deren Masse anzusetzen. Für Anlagen mit Stoffen, deren Wassergefährdungsklasse (WGK) nicht sicher bestimmt ist, wird die Gefährdungsstufe nach WGK 3 ermittelt*.

Kernstück der VAwS sind die Regelungen bezüglich des Gefährdungspotenzials

Im Zweifelsfalle wird die höchste WGK (3) zugrunde gelegt.

Je höher die WGK und je größer die Menge an wassergefährdenden Stoffen, desto höher die Gefährdungsstufe!

Ermittlung der Gefährdungsstufen	Wassergefährdungsklasse (WGK)		
	1	2	3
Volumen in m ³ bzw. Masse in t			
≤ 0,1	Stufe A	Stufe A	Stufe A
> 0,1 ≤ 1	Stufe A	Stufe A	Stufe B
> 1 ≤ 10	Stufe A	Stufe B	Stufe C
> 10 ≤ 100	Stufe A	Stufe C	Stufe D
> 100 ≤ 1000	Stufe B	Stufe D	Stufe D
> 1000	Stufe C	Stufe D	Stufe D

Muster-VAwS der LAWA

Befestigung und Abdichtung von Bodenflächen³⁵

- F_0 = keine Anforderungen an Befestigung und Abdichtung der Fläche über die betrieblichen Anforderungen hinaus
 F_1 = stoffundurchlässige Fläche
 F_2 = wie F_1 , aber mit Nachweis

Rückhaltevermögen für austretende wassergefährdende Flüssigkeiten

- R_0 = kein Rückhaltevermögen über die betrieblichen Anforderungen hinaus
 R_1 = Rückhaltevermögen für das Volumen wassergefährdender Flüssigkeiten, das bis zum Wirksamwerden geeigneter Sicherheitsvorkehrungen auslaufen kann (z.B. Absperren des undichten Anlagenteils oder Abdichten des Lecks)
 R_2 = Rückhaltevermögen für das Volumen wassergefährdender Flüssigkeiten, das bei Betriebsstörungen freigesetzt werden kann, ohne dass Gegenmaßnahmen berücksichtigt werden.
 R_3 = Rückhaltevermögen ersetzt durch Doppelwandigkeit mit Leckanzeigergerät. Anlagenteile, bei denen Tropfmengen nicht auszuschließen sind, sind mit gesonderten Auffangtassen zu versehen oder in einem sonstigen Auffangraum anzuordnen³⁶.

Infrastrukturelle Maßnahmen organisatorischer oder technischer Art³⁷

- I_0 = keine besonderen Anforderungen an die Infrastruktur über die betrieblichen Anforderungen hinaus; eine besondere Betriebsanweisung nach § 3 Nr. 6 VAwS ist nicht erforderlich
 I_1 = Überwachung durch selbsttätige Störmeldeeinrichtungen in Verbindung mit ständig besetzter Betriebsstätte (z.B. Messwarte) oder Überwachung mittels regelmäßiger Kontrollgänge; Aufzeichnung der Abweichungen vom bestimmungsgemäßen Betrieb und Veranlassung notwendiger Maßnahmen
 I_2 = Alarm- und Maßnahmenplan, der wirksame Maßnahmen und Vorkehrungen zur Vermeidung von Gewässerschäden beschreibt und mit den in die Maßnahmen einbezogenen Stellen abgestimmt ist.

Anforderungsbausteine an oberirdische Anlagen:

Spezielle Vorkehrungen in bezug auf

- F (Fläche)
- R (Rückhaltung)
- I (Infrastruktur)

Muster-VAwS der LAWA

Allgemeine Anforderungen an oberirdische Anlagen zum Lagern, Herstellen, Behandeln und Verwenden wassergefährdender flüssiger Stoffe

Volumen in m ³	Wassergefährdungsklasse		
	1 ⁴³	2	3
≤ 0,1	F₀+R₀+I₀	F ₀ +R ₀ +I ₀	F ₀ +R ₀ +I ₀
> 0,1 ≤ 1	F₀+R₀+I₀	F₁+R₁+I₀/ F₁+R₀+I₁/ F₀+R₃+I₀	F₁+R₁+I₁/ F₂+R₂+I₀/ F₀+R₃+I₀
> 1 ≤ 10	F₁+R₁+I₀/ F₁+R₀+I₁/ F₀+R₃+I₀	F₁+R₁+I₁/ F₁+R₂+I₀/ F₀+R₃+I₀	F₁+R₁+ I₁+I₂/ F₂+R₂+I₁/ F₀+R₃+I₀
> 10 ≤ 100	F₁+R₁+I₁, F₁+R₂+I₀/ F₀+R₃+I₀	F₁+R₁+ I₁+I₂/ F₂+R₂+I₁/ F₀+R₃+I₀	F₂+R₂+I₁ +I₂/ F₀+R₃+ I₁+I₂
> 100	F₁+R₁+ I₁+I₂/ F₂+R₂+I₁/ F₀+R₃+I₀	F₂+R₂+I₁ +I₂/ F₀+R₃+ I₁+ I₂⁴³	F₂+R₂+I₂+I₂/ F₀+R₃+ I₁+I₂

Je höher die WGK und je größer die Menge an wassergefährdenden Stoffen, desto umfassender die Vorkehrungen, um den Austritt von wassergefährdenden Stoffen zu verhindern (analog zur Gefährdungsstufe)!

Muster-VAwS der LAWA

In Wasserschutzgebieten und in hochwassergefährdeten Gebieten oder Überschwemmungsgebieten werden in aller Regel schärfere Anforderungen gestellt.

Rechtlich wird das meist so umgesetzt, dass

entweder

- Aufstellung und Betrieb von Anlagen mit wassergefährdenden Stoffen überhaupt nicht zulässig ist

oder

- eine höhere Anforderung als gemäß Tabelle gilt.

Muster-VAwS der LAWA

Gleichwertige Anforderungen (Beispiel):

$> 1 \leq 10 \text{ m}^3$, WGK 1

$$F_1 + R_1 + I_0$$

Stoffundurchlässige Fläche

Rückhaltevermögen für das Volumen wassergefährdender Flüssigkeiten, das bis zum Wirksamwerden geeigneter Sicherheitsvorkehrungen auslaufen kann (z.B. Absperren des undichten Anlagenteils oder Abdichten des Lecks)

Keine besonderen Anforderungen an die Infrastruktur über die betrieblichen Anforderungen hinaus; eine besondere Betriebsanweisung nach § 3 Nr. 6 VAwS ist nicht erforderlich

$$= F_1 + R_0 + I_1$$

Stoffundurchlässige Fläche

kein Rückhaltevermögen über die betrieblichen Anforderungen hinaus

Überwachung durch selbsttätige Störmeldeeinrichtungen in Verbindung mit ständig besetzter Betriebsstätte (z.B. Messwarte) oder Überwachung mittels regelmäßiger Kontrollgänge; Aufzeichnung der Abweichungen vom bestimmungsgemäßen Betrieb und Veranlassung notwendiger Maßnahmen

$$= F_0 + R_3 + I_0$$

keine Anforderungen an Befestigung und Abdichtung der Fläche über die betrieblichen Anforderungen hinaus

Rückhaltevermögen ersetzt durch Doppelwandigkeit mit Leckanzeigergerät. Anlagenteile, bei denen Tropfmengen nicht auszuschließen sind, sind mit gesonderten Auffangtassen zu versehen oder in einem sonstigen Auffangraum anzuordnen

Keine besonderen Anforderungen an die Infrastruktur über die betrieblichen Anforderungen hinaus; eine besondere Betriebsanweisung nach § 3 Nr. 6 VAwS ist nicht erforderlich

Muster-VAwS der LAWA

Gleichwertige Anforderungen (Beispiel):

> 100 m³, WGK 3

$$F_2 + R_2 + I_1$$

Stoffundurchlässige Fläche mit Nachweis

Rückhaltevermögen für das Volumen wassergefährdender Flüssigkeiten, das bei Betriebsstörungen freigesetzt werden kann, ohne dass Gegenmaßnahmen berücksichtigt werden.

Überwachung durch selbsttätige Störmeldeeinrichtungen in Verbindung mit ständig besetzter Betriebsstätte (z.B. Messwarte) oder Überwachung mittels regelmäßiger Kontrollgänge; Aufzeichnung der Abweichungen vom bestimmungsgemäßen Betrieb und Veranlassung notwendiger Maßnahmen

$$= F_0 + R_3 + I_1 + I_2$$

keine Anforderungen an Befestigung und Abdichtung der Fläche über die betrieblichen Anforderungen hinaus

Rückhaltevermögen ersetzt durch Doppelwandigkeit mit Leckanzeigergerät. Anlagenteile, bei denen Tropfmengen nicht auszuschließen sind, sind mit gesonderten Auffangtassen zu versehen oder in einem sonstigen Auffangraum anzuordnen

Überwachung durch selbsttätige Störmeldeeinrichtungen in Verbindung mit ständig besetzter Betriebsstätte (z.B. Messwarte) oder Überwachung mittels regelmäßiger Kontrollgänge; Aufzeichnung der Abweichungen vom bestimmungsgemäßen Betrieb und Veranlassung notwendiger Maßnahmen

Alarm- und Maßnahmenplan, der wirksame Maßnahmen und Vorkehrungen zur Vermeidung von Gewässerschäden beschreibt und mit den in die Maßnahmen einbezogenen Stellen abgestimmt ist.

Muster-VAwS der LAWA

„...Rückhaltevermögen ersetzt durch Doppelwandigkeit mit Leckanzeigegerät“

Was heißt das???

Arbeitsblatt DWA-A 790

Technische Regel
wassergefährdender Stoffe (TRwS)
Bestehende einwandige
unterirdische Behälter aus
metallischen Werkstoffen

2 Begriffe

2.1 Definitionen

- (1) Unterirdische Behälter sind Behälter, die vollständig oder teilweise im Erdreich oder vollständig in Bauteilen, die unmittelbar mit dem Erdreich in Berührung stehen, eingebettet sind. Alle anderen Behälter gelten als oberirdisch.

Bemerkung: Der Begriff „Behälter“ wird im Folgenden synonym für „unterirdische Behälter“ verwendet.

- (2) Doppelwandige Behälter ohne selbsttätig anzeigendes Leckanzeigegerät sind im Sinne dieser Technischen Regel als einwandig anzusehen.
- (3) Flüssigkeitsundurchlässig bedeutet, dass die Dicht- und Tragfunktion der Bauausführungen während der Beanspruchungsdauer nicht verloren geht.
- (4) Leckageraum ist ein System, das so konstruiert ist, dass es das Eindringen von Leckagen aus einem primären System in die Umwelt verhindert und ein Erkennen der Leckage ermöglicht.

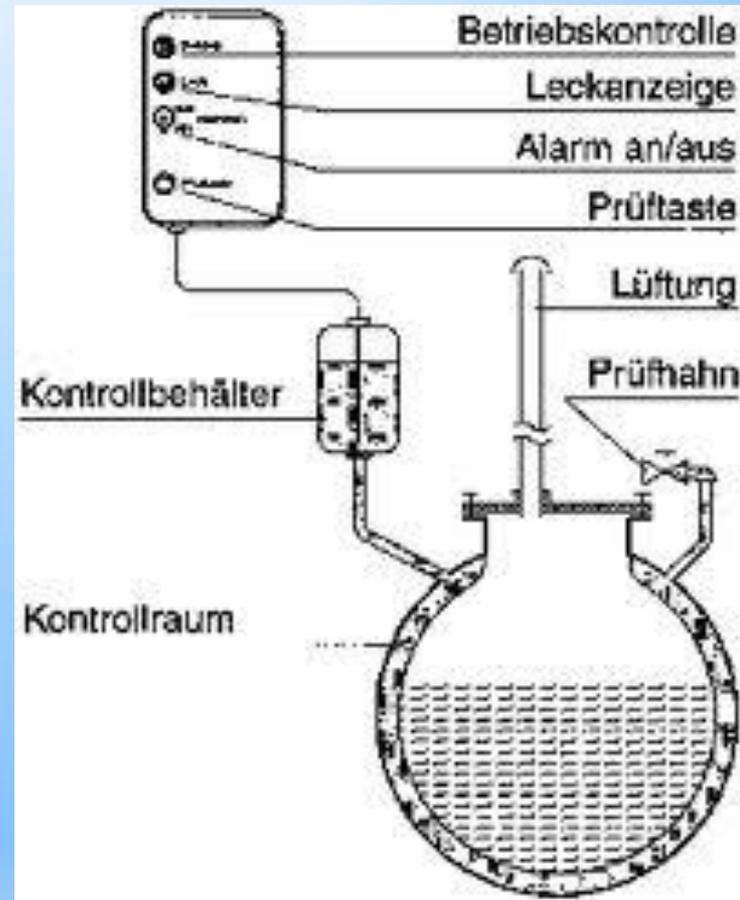
Ausführungsbeispiele

„...Rückhaltevermögen ersetzt durch Doppelwandigkeit mit Leckanzeigegerät“

Was heißt das???

Leckanzeige mit
Kontrollflüssigkeit

(für oberirdische
Behälter)



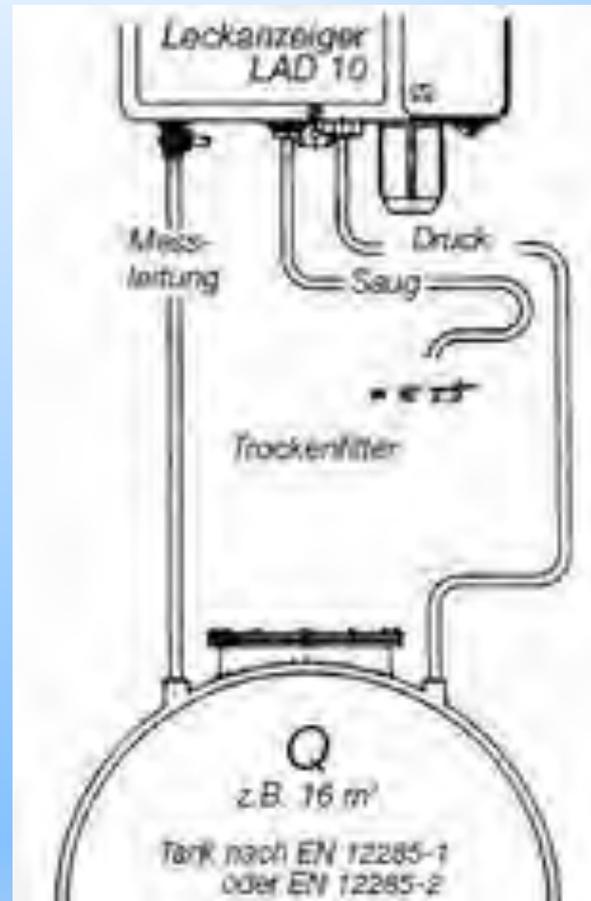
Ausführungsbeispiele

„...Rückhaltevermögen ersetzt durch Doppelwandigkeit mit Leckanzeigegerät“

Was heißt das???

Überdruck-Leckanzeige

(für oberirdische
Behälter)



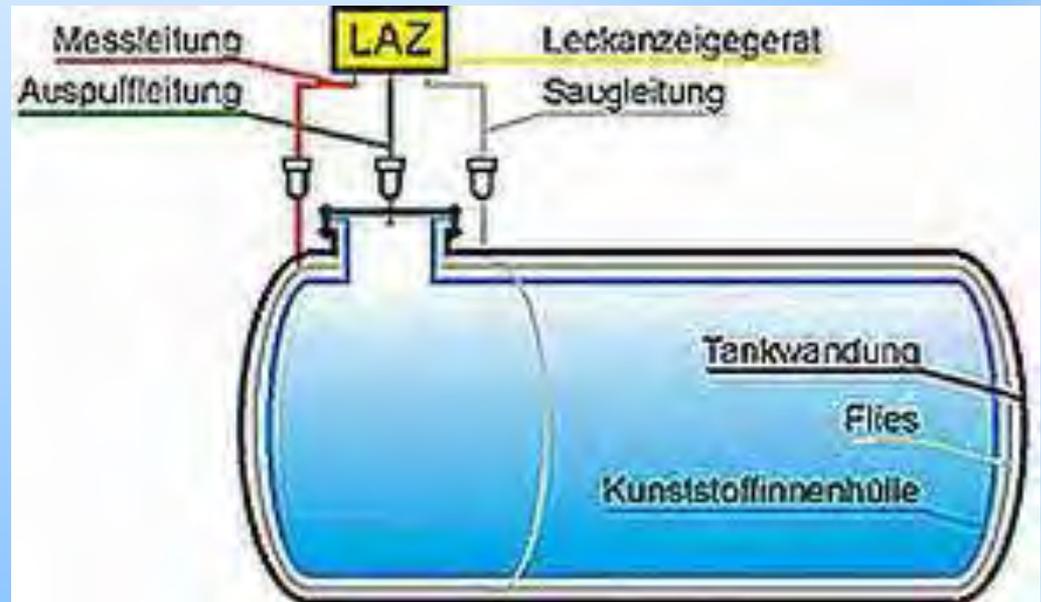
Ausführungsbeispiele

„...Rückhaltevermögen ersetzt durch Doppelwandigkeit mit Leckanzeigegerät“

Was heißt das???

Unterdruck-Leckanzeige

(für unterirdische
Behälter)

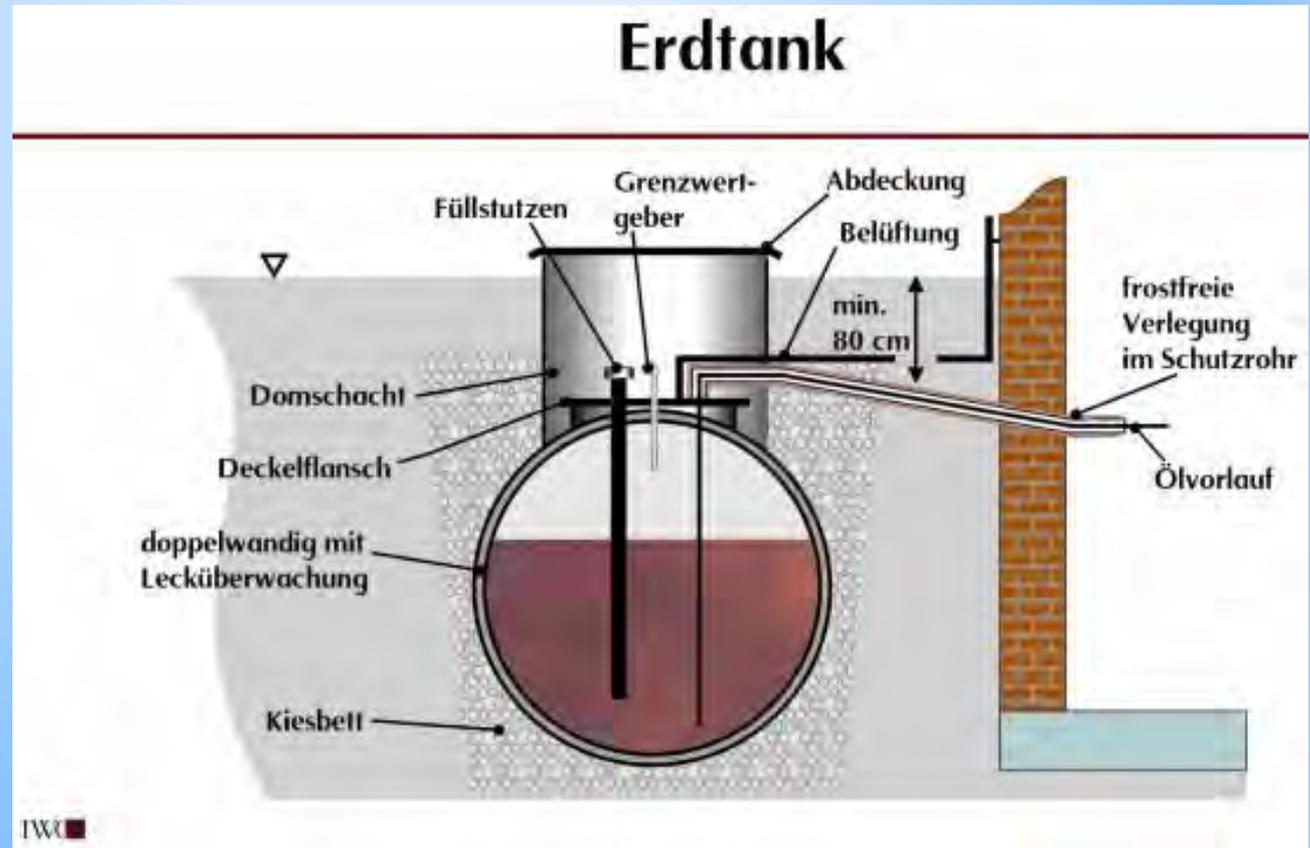


Ausführungsbeispiele

„...Rückhaltevermögen ersetzt durch Doppelwandigkeit mit Leckanzeigegerät“

Was heißt das???

Heizöl-Tank
(unterirdisch)



Muster-VAwS der LAWA

Anforderungen an Fass- und Gebindelager (identisch in AwsV)

Die Größe des erforderlichen Auffangraumes ist wie folgt zu staffeln:

Gesamtrauminhalt V_{ges} in m^3	Rauminhalt des Rückhaltevermögens
≤ 100	10 % von V_{ges} , wenigstens der Rauminhalt des größten Gefäßes
$> 100 \leq 1000$	3 % von V_{ges} , wenigstens jedoch 10 m^3
> 1000	2 % von V_{ges} , wenigstens jedoch 30 m^3

Diese Regelung gewährleistet, dass im Fall der Fälle die gesamte ausgetretene Menge an wassergefährdenden Stoffen zurückgehalten werden kann, auch im „worst case“!

Ausführungsbeispiel



Fass- und Gebindelager

LöRüRI

„Die Löschwasser-Rückhalte-Richtlinie („Richtlinie zur Bemessung von Löschwasser-Rückhalteanlagen beim Lagern wassergefährdender Stoffe“) ist eine Richtlinie zur Verhinderung von Verschmutzung oder Vergiftung von Gewässern in der Nähe baulicher Anlagen, in denen mit wassergefährdenden Stoffen umgegangen wird oder in denen im Brandfall solche Stoffe entstehen können.“ (aus [WIKIPEDIA, 2013](#))

In Umsetzung der LöRüRI'n wird im Brandfall während der Löscharbeiten das anfallende kontaminierte Löschwasser in entsprechenden Einrichtungen zur Rückhaltung aufgefangen. Diese Rückhalteeinrichtungen können ausreichend bemessene Auffangwannen oder auch Provisorien sein, soweit diese den Zweck erfüllen (z. B. angelegte Vertiefungen oder aufblasbare Bassins).
Das gespeicherte Löschwasser darf erst nach geeigneter Behandlung in das Kanalnetz oder in ein Gewässer abgeleitet werden.

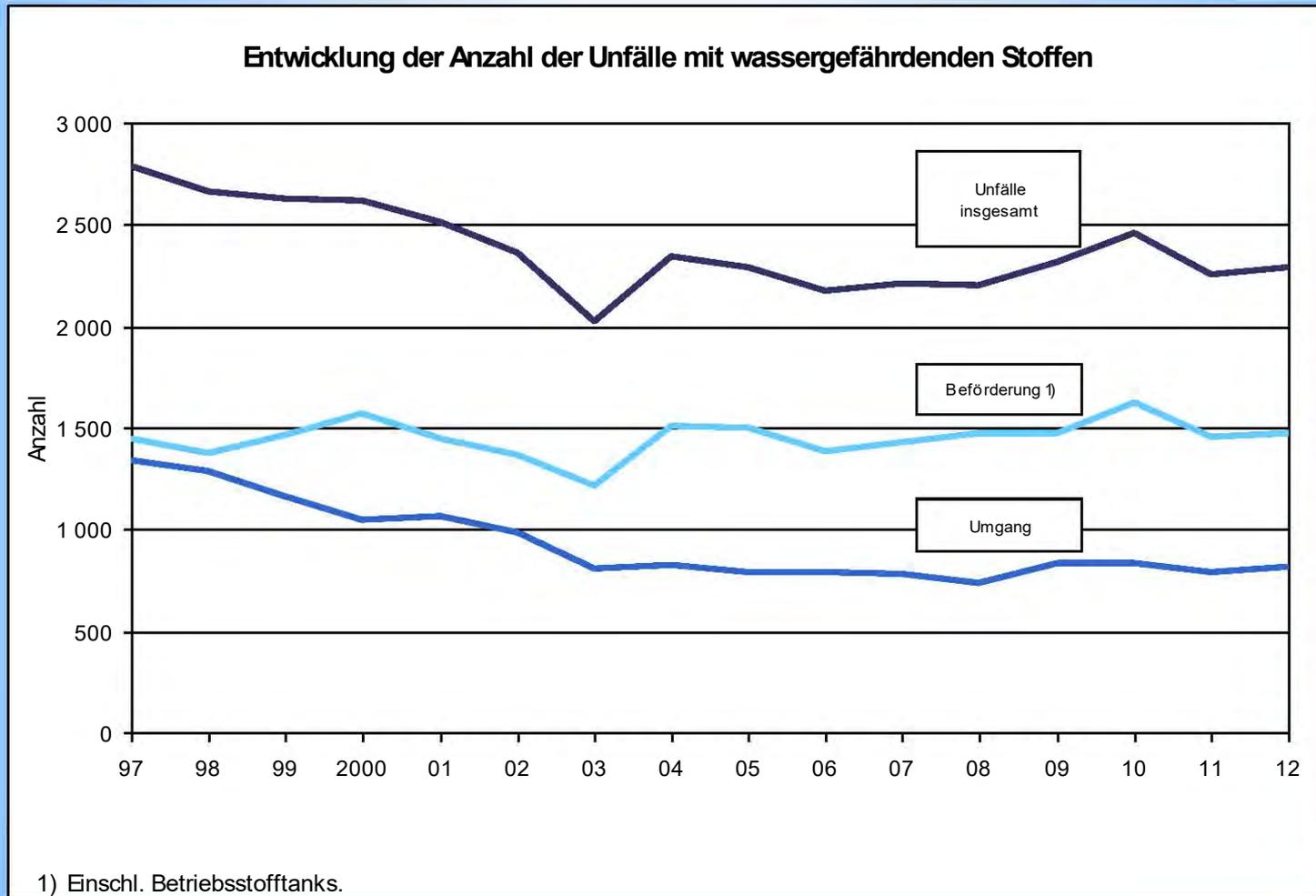
Die LöRüRI wurden in D auf Länderebene erlassen, d. h. es gibt eine LöRüRI Bayern, LöRüRI Berlin, LöRüRI NRW usw.
Letzter Auslöser der Gesetzesinitiative zur Einführung von LöRüRI'n war der Großbrand bei dem Schweizer Pharma-Riesen Sandoz im November 1986.

LöRüRI

Die Löschwasser-Rückhalte-Richtlinien der Länder werden obsolet, wenn die Bundesregelung in Kraft tritt (dort ist alles Erforderliche in § 20 des jetzigen Entwurfs geregelt)

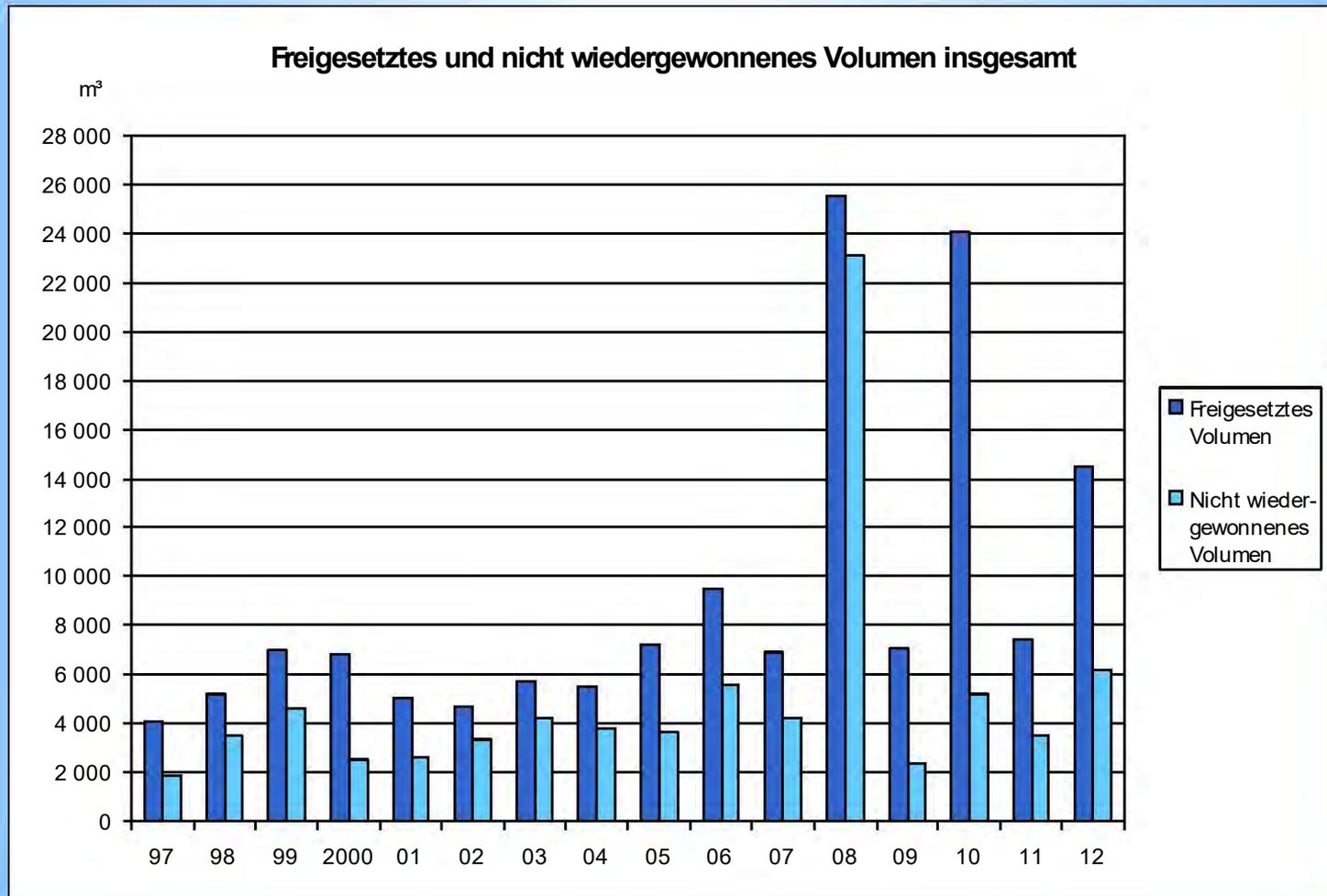
Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen (AwSV)

Unfälle mit wassergef. Stoffen



aus DESTATIS, 2013

Unfälle mit wassergef. Stoffen



aus DESTATIS, 2013

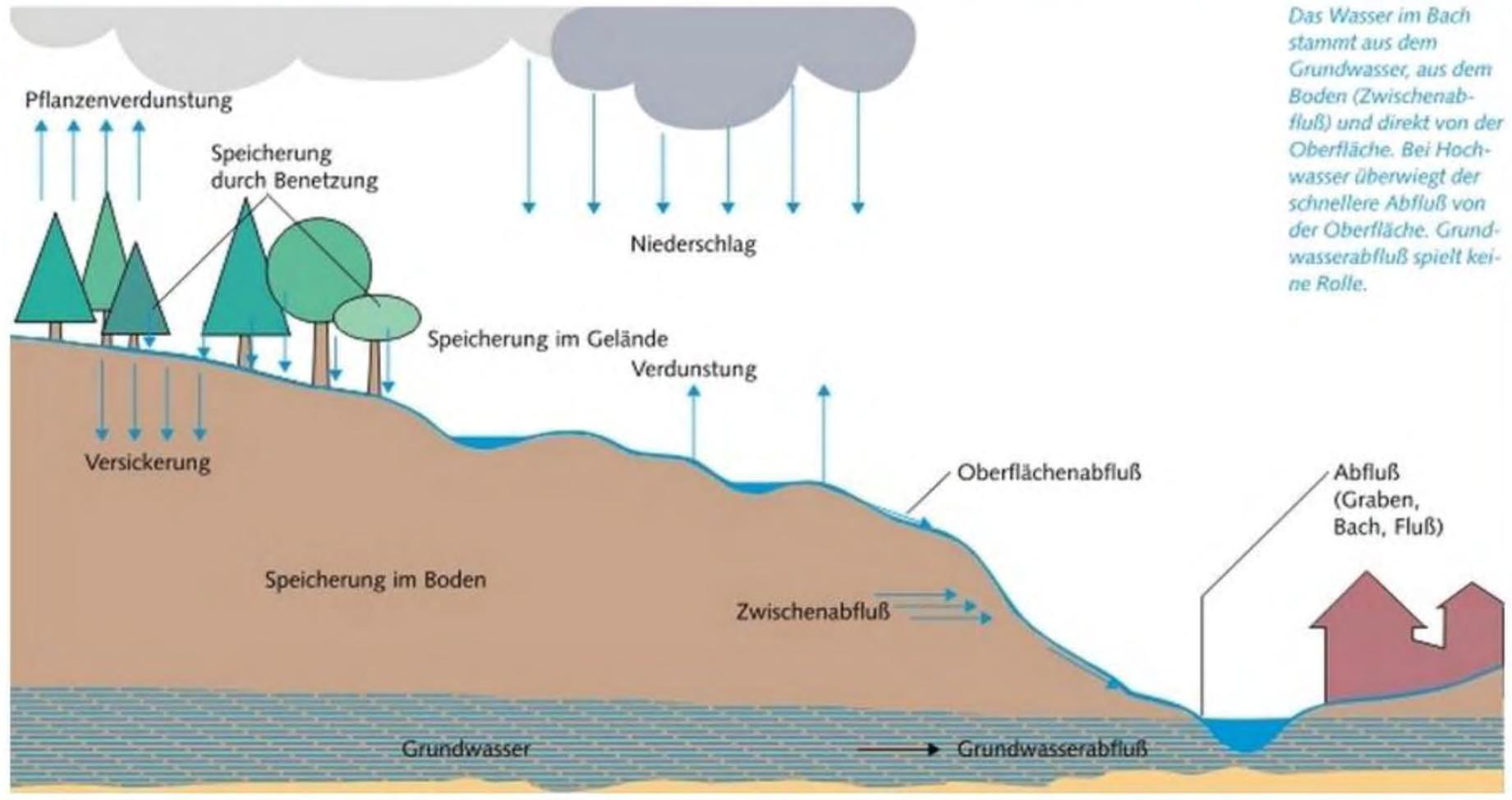
Literaturverzeichnis

DESTATIS, 2013	Statistisches Bundesamt Fachserie 19 Reihe 2.3 https://www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/UmweltstatistischeErhebung/n/Wasserwirtschaft/UnfallwassergefaehrdenderStoff.html?nn=62772
DKRR, 1988	Anonymus 2. Deutscher Bericht zum Sandoz-Unfall - Zustand des Rheins "1 Jahr danach" Deutsche Kommission zur Reinhaltung des Rheins, Juli 1988
GAUCH, 1996	Gauch, E. Der Gewässerschutz im Industrie-Anlagenbau Übersicht über Vorkehrungen und Maßnahmen bei Planung, Bau und Betrieb von Anlagen orientiert an den Erfahrungen aus der Praxis
GUJER, 2007	Gujer, W. Siedlungswasserwirtschaft Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2007
RIGOLETTO, 2013	Anonymus Internetseite des Umweltbundesamtes, Dessau Datenbank RIGOLETTO http://webrigoletto.uba.de/rigoletto/public/welcome.do
UBA, 2013	Anonymus Internetseite des Umweltbundesamtes, Dessau zu wassergefährdenden Stoffen http://www.umweltbundesamt.de/themen/chemikalien/wassergefaehrdende-stoffe
WIKIPEDIA, 2013	Anonymus WIKIPEDIA Internetseite zur Löschwasser-Rückhalte-Richtlinie http://de.wikipedia.org/wiki/Löschwasser-Rückhalte-Richtlinie

Gewässerschutz

Hochwasserschutz

Entstehung von Hochwasser



(aus http://www.lfu.bayern.de/wasser/hw_entstehung/index.htm)

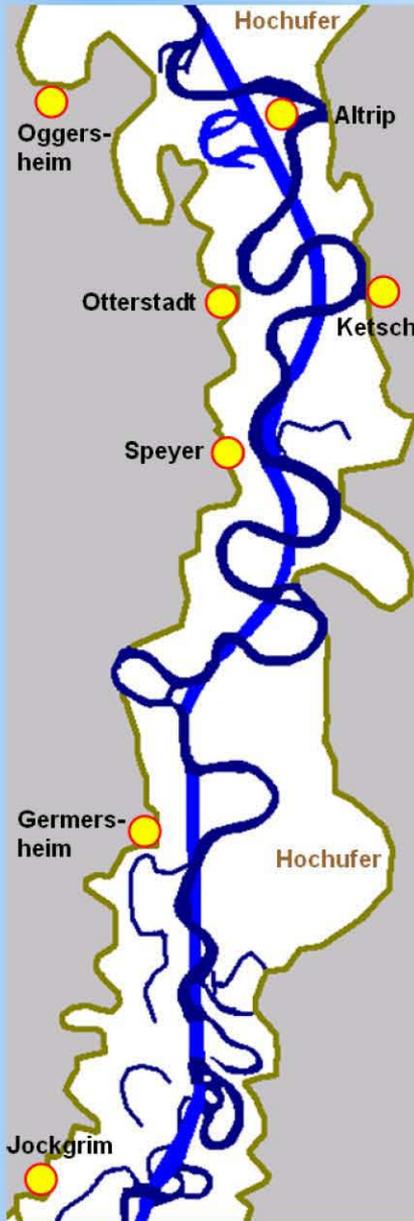
Hochwasserschutz

Von Anfang an war die Menschheit Hochwasserereignissen ausgesetzt, denn die Besiedlung erfolgte immer zuerst in der Nähe zum Wasser. In unseren Breiten treten Hochwasserereignisse vor allem im Frühjahr infolge der Schneeschmelze, aber auch in den übrigen Jahreszeiten nach länger anhaltenden Starkniederschlägen auf.

„Der Mensch hat auf vielfältige Weise in das Abflussgeschehen eingegriffen und das heutige Erscheinungsbild von Flüssen und Bächen massiv geprägt. Diese Maßnahmen hatten das Ziel nah am Fluss Standorte für Wirtschaftsansiedlungen und Wohnorte zu schaffen, die Schifffahrt zu erleichtern oder Siedlungen vor Hochwasser zu schützen. Häufig konnten so auch höhere Erträge in der Landwirtschaft durch Intensivierung erreicht werden. Dies führte über langjährige Prozesse zum Verlust der natürlichen Überschwemmungsgebiete. Die Landschaft veränderte sich entscheidend. Der jahreszeitliche Rhythmus des Abflussverhaltens der Gewässer wurde gestört. Hochwasser fließen heute schneller und mit erheblich steilerer Welle ab, da die Flüsse nur wenig verzweigt und stark begradigt sind. Außerdem transportieren Hochwasser heute ein größeres Wasservolumen pro Zeiteinheit.

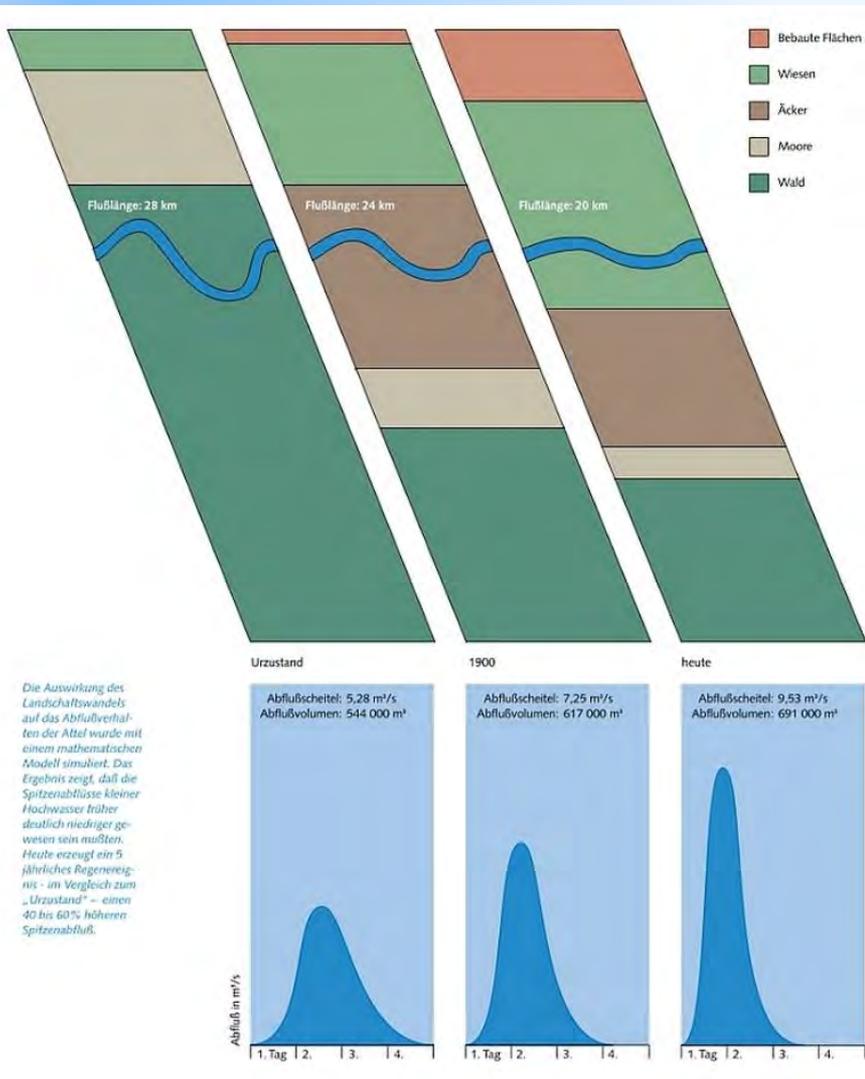
Parallel zu diesen Entwicklungen steigen die Werte, z.B. die Anzahl von Wohngebäuden, Industrie und Kulturstätten, in ehemaligen Auen und auf Überschwemmungsflächen an. Trifft ein Hochwasser auf eine Siedlung oder ein Industriegebiet, können sehr hohe Schäden entstehen.“ (aus UBA, 2014)

Hochwasserschutz



(aus WIKIPEDIA, Stichwort Rheinbegradigung)

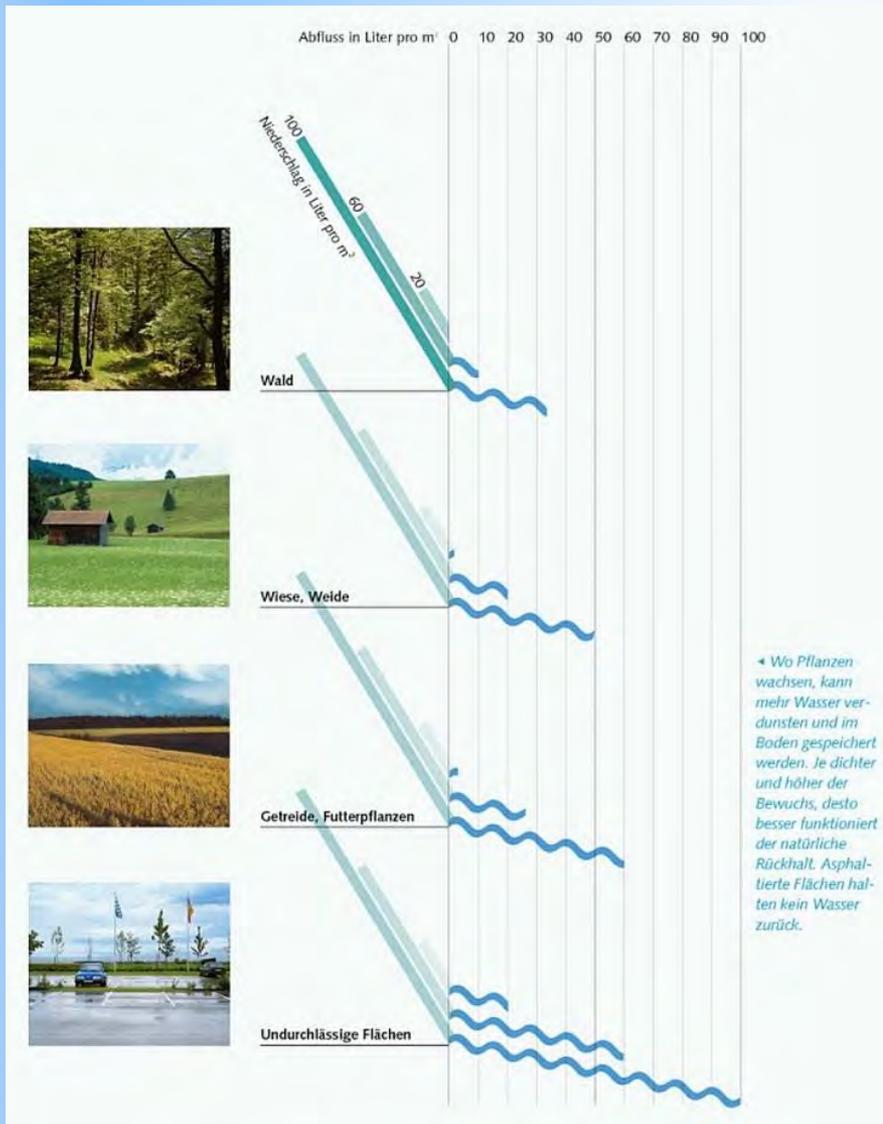
Entstehung von Hochwasser



Flusslaufverkürzung erzeugt einen höheren Spitzenabfluss

(aus http://www.lfu.bayern.de/wasser/hw_entstehung/index.htm)

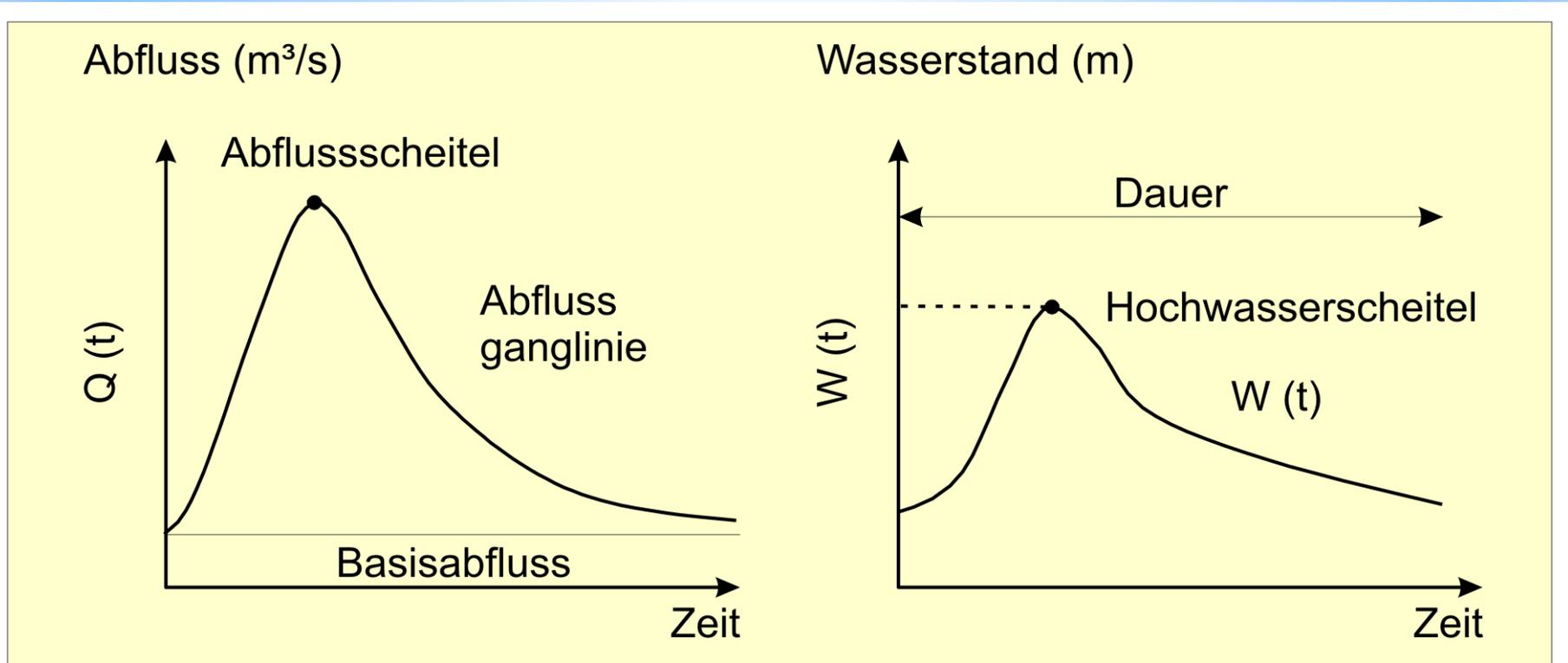
Entstehung von Hochwasser



Abflussbildung hängt ab von der Art des Bodens/Untergrunds und dem Bewuchs

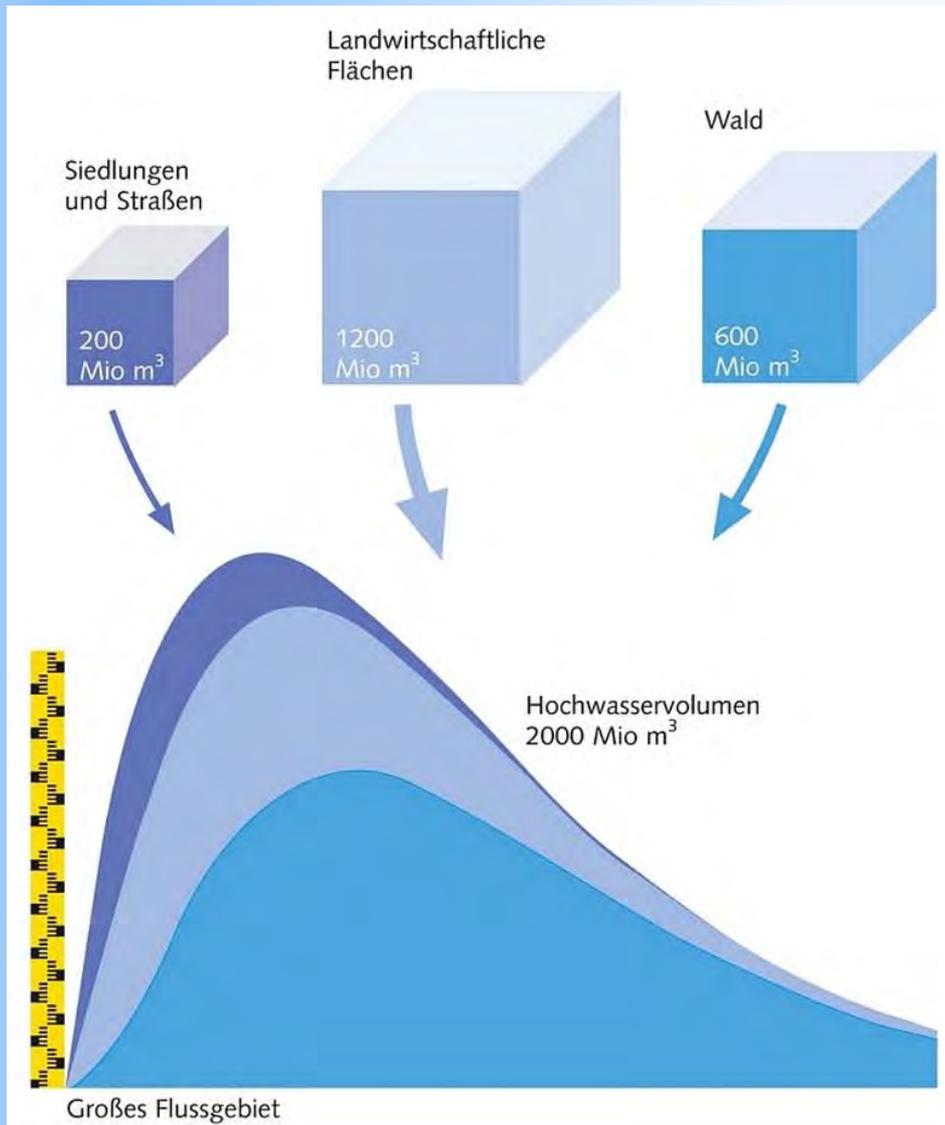
(aus http://www.lfu.bayern.de/wasser/hw_entstehung/index.htm)

Entstehung von Hochwasser



Abflussganglinie und Hochwasserscheitel

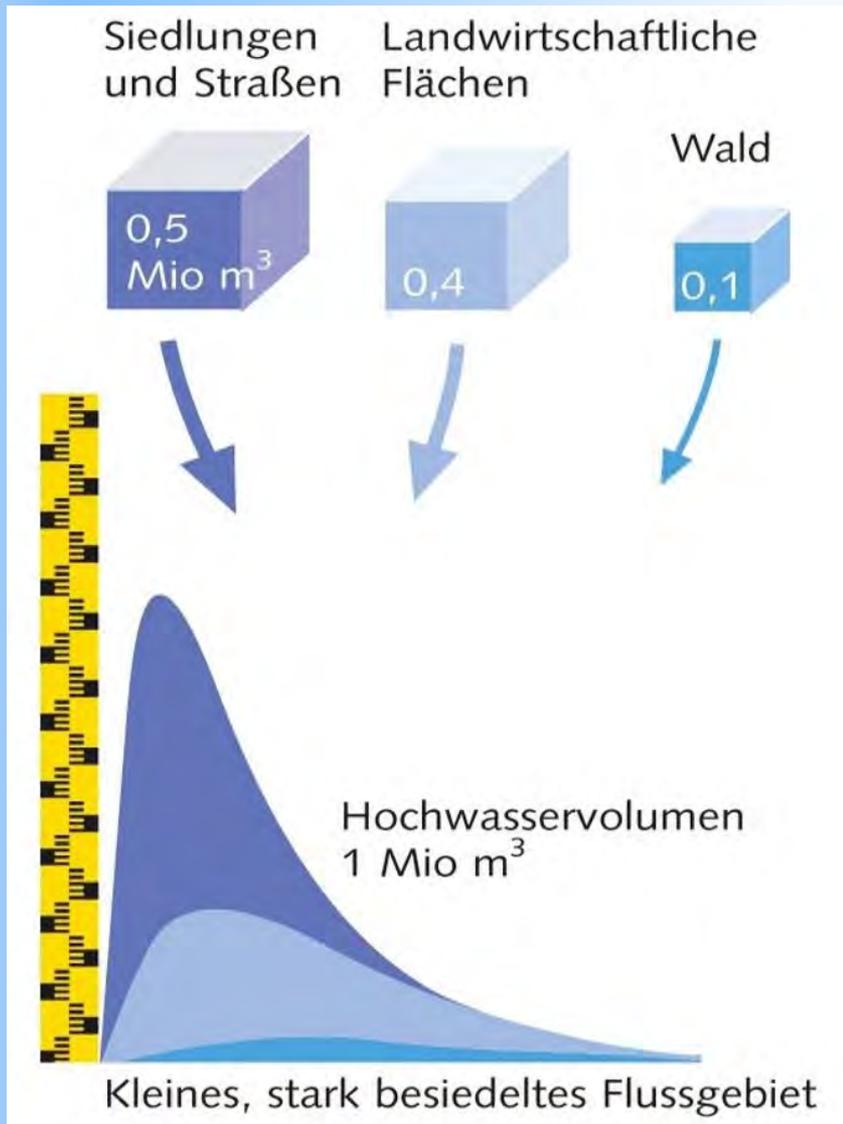
Entstehung von Hochwasser



Entstehung von Hochwasser
in großen Einzugsgebieten

aus http://www.lfu.bayern.de/wasser/hw_entstehung/index.htm

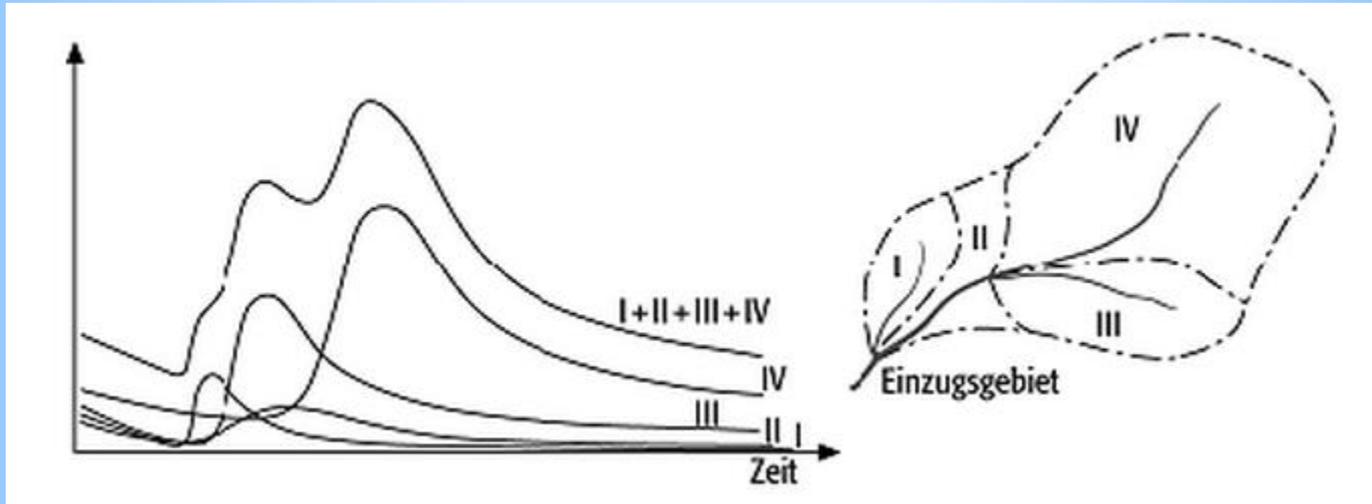
Entstehung von Hochwasser



Entstehung von Hochwasser
in kleinen Einzugsgebieten

(aus http://www.lfu.bayern.de/wasser/hw_entstehung/index.htm)

Entstehung von Hochwasser



Entstehung einer Durchflussganglinie aus Zuflüssen von Teilbereichen des Einzugsgebietes

(aus GeoDZ, 2013)

Hochwasserschutz

“Hochwasser sind natürliche Ereignisse. Die Entstehung von Hochwasser hängt von der Stärke des Niederschlags, den Eigenschaften des Einzugsgebietes und den Besonderheiten des Flusses ab.

Wir müssen uns darauf einstellen, dass es infolge des Klimawandels in Deutschland in Zukunft häufiger zu Hochwassern kommen kann.

Durch Eindeichungen und andere Flussausbaumaßnahmen sind natürliche Überschwemmungsgebiete weggefallen. Die Flussläufe sind verkürzt worden. Die Fließgeschwindigkeit der Flüsse hat dadurch zugenommen. Der Abfluss vieler Zuflüsse konzentriert sich schneller in einem Flussbett. Dadurch haben sich die Laufzeiten der Hochwasserwellen reduziert und es fließt in kürzerer Zeit mehr Wasser ab - die Gefahr der Schäden durch Hochwasser steigt...

Die Ausweisung von Überschwemmungsgebieten ist ein zentraler Bestandteil eines vorbeugenden Hochwasserschutzes. So können Retentionsflächen zur Ausbreitung von Überschwemmungen erhalten und die Schäden bei Hochwasser reduziert werden.“

(aus UBA, 2014)

Hochwasserschutz

“Gefährdete Flächen nicht zu bebauen, ist das wirksamste Mittel, um Schäden bei einem Hochwasser zu verhindern.

Mit der Regenwasserversickerung, der Entsiegelung von Flächen und einer standortangepassten Land- und Forstwirtschaft, lässt sich das Wasserspeichervermögen des Bodens verbessern und so Wasser in der Fläche zurückhalten. Das wirkt sich insbesondere in kleinen Einzugsgebieten und bei kleinen Hochwassern positiv, also vermindern, auf das Entstehen von Hochwasser aus.

Der technische Hochwasserschutz, vor allem der Deichbau, ist fester Bestandteil einer umfassenden Hochwasservorsorge. Aber man muss sich darüber im Klaren sein: Tritt ein Hochwasser ein, das die technischen Bauwerke überfordert, so können hohe Schäden entstehen. Dieses Restrisiko bleibt.

Die Kooperation im ganzen Flusseinzugsgebiet ist eine wichtige Voraussetzung für einen erfolgreichen vorsorgenden Hochwasserschutz.“

(aus UBA, 2014)

Entstehung von Hochwasser

Ursachen bzw. Auslöser für Hochwasser können sein ...

- Einzelnes Starkniederschlagsereignis
- Lang anhaltende Niederschlagsperiode
- Tauwetter und Schneeschmelze („Frühjahrshochwasser“)
- Eisgang (Bildung von Eisbarrieren, z. B. an Brücken)
- Anthropogen verursachte Ereignisse (z. B. Talsperrenentlastung)
- Grundwasseranstieg
- Rückstau aus der Kanalisation
- Sonstiges (z. B. Deich- oder Dammbbruch, Treibgut)

... und beliebige Kombinationen der oben genannten Ereignisse!

Hochwasserschutz-Richtlinie

Richtlinie 2007/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2007 über die Bewertung und das Management von Hochwasserrisiken

wurde erlassen in Auswertung der verheerenden Hochwässer an Elbe und Donau vom August 2002

Ziele der Hochwasserschutz-Richtlinie der EU:
Verbesserung des Hochwasserschutzes, u. a. durch

- Schaffen von Informationswerkzeugen für die Festlegung von Prioritäten sowie für Entscheidungen im Bereich des Hochwasserrisikomanagements aus denen die möglichen nachteiligen Folgen unterschiedlicher Hochwasserszenarien — einschließlich der Informationen über potenzielle Quellen der Umweltverschmutzung infolge von Hochwasser — hervorgehen (Termin: Dezember 2010)
- Aufstellung von Hochwassergefahrenkarten und Hochwasserrisikokarten
- Erarbeitung von Hochwasserrisikomanagementplänen

Hochwasserschutz - Alarmstufen

Land	Kleines Hochwasser	Mittleres Hochwasser	Großes Hochwasser	Sehr großes Hochwasser
Baden-Württemberg	> Hochwassermeldewert bzw. 2-jährl. Hochwasser	> 10-jährliches Hochwasser	> 20-jährliches Hochwasser	> 50-jährliches Hochwasser
Bayern	Meldestufe 1: Stellenweise kleinere Ausuferungen	Meldestufe 2: Land- und forstwirtschaftliche Flächen überflutet oder leichte Verkehrsbehinderungen auf Hauptverkehrs- und Gemeindestraßen.	Meldestufe 3: Einzelne bebaute Grundstücke oder Keller überflutet oder Sperrung überörtl. Verkehrsverbindungen oder vereinzelter Einsatz der Wasser- oder Dammwehr erforderlich.	Meldestufe 4: Bebaute Gebiete in größerem Umfang überflutet oder Einsatz der Wasser- oder Dammwehr in großem Umfang erforderlich.
Brandenburg	Alarmstufe 1: Beginn der Ausuferung der Gewässer	Alarmstufe 2: Überflutung von Grünland oder forstwirtschaftl. Flächen, Ausuferung bis an den Deichfuß.	Alarmstufe 3: Überflutung einzelner Grundstücke, Straßen oder Keller, Vernässung von Polderflächen durch Drängewasser, Deichwasserstände bis halbe Deichhöhe	Alarmstufe 4: Überflutung größerer Flächen einschließlich Straßen und Anlagen in bebauten Gebieten.
Bremen	Sturmflut-Meldestufe 1: Meldung Sturmflut (=1,50 m ü. MThw) Hochwasser-Meldestufe 1: Meldung Beginn des überregionalen Hochwasserdienst (NI)	Sturmflut-Meldestufe 2: Kontrolle Sturmflut (=2,00 m ü. MThw) Hochwasser-Meldestufe 2: Meldung Eintritt des Hochwassers in die Überschwemmungsgebiete	Sturmflut-Meldestufe 3: Bereitschaft / Warnung Schwere Sturmflut - (= 3,00 m ü. MThw) Überströmung der Sommerdeiche Hochwasser-Meldestufe 3: Kontrolle Überflutung größerer Flächen in den Überschwemmungsgebieten	Sturmflut-Meldestufe 4: Bereitschaft / Warnung Sehr schwere Sturmflut (= 3,50 m ü. MThw) Hochwasser-Meldestufe 4: Bereitschaft / Warnung Weser: Hochwasserabflusserinne Werdersee/Kleine Weser aktiv
Hamburg	Mittlere Warnstufe: Beginnende Ausuferungen an den Gewässern		Hohe Warnstufe: Größere Überschwemmungen auf landwirtschaftlich und forstlich genutzten Flächen, Überflutung bebauter Grundstücke	
Hessen	Meldestufe I: Meldebeginn überschritten, stellenweise kleine Ausuferungen.	Meldestufe II: Flächenhafte Überflutung ufernaher Grundstücke, leichte Verkehrsbehinderungen auf Gemeinde- und Hauptverkehrsstraßen, Gefährdung einzelner Gebäude, Überflutung von		Meldestufe III: bebaute Gebiete in größerem Umfang überflutet, Sperrung von überörtlichen Verkehrsverbindungen, Einsatz von Deich- und Wasserwehr erforderlich.

Festlegen der HW-Alarm-/Warn- oder Meldestufen ist Sache der Bundesländer, daher von Land zu Land einige Unterschiede

(Screenshot aus HW-Portal, 2014)

Hochwasserschutz - Alarmstufen

Alarmstufe	Richtwasserstand [cm]
1	180
2	220
3	300
4	380

Statistische Hauptwerte	Wasserstand W [cm]	Durchfluss Q [m ³ /s]
Mittlerer Niedrig - W / Q	29	1,78
Mittlerer W / Q	58	8,02
Mittlerer Hoch - W / Q	178	63,3

Beispiel zur Festlegung der Alarmstufen (Pegel Elsterberg, Weiße Elster/Sachsen)

Screenshot aus [Pegel Elsterberg](#)

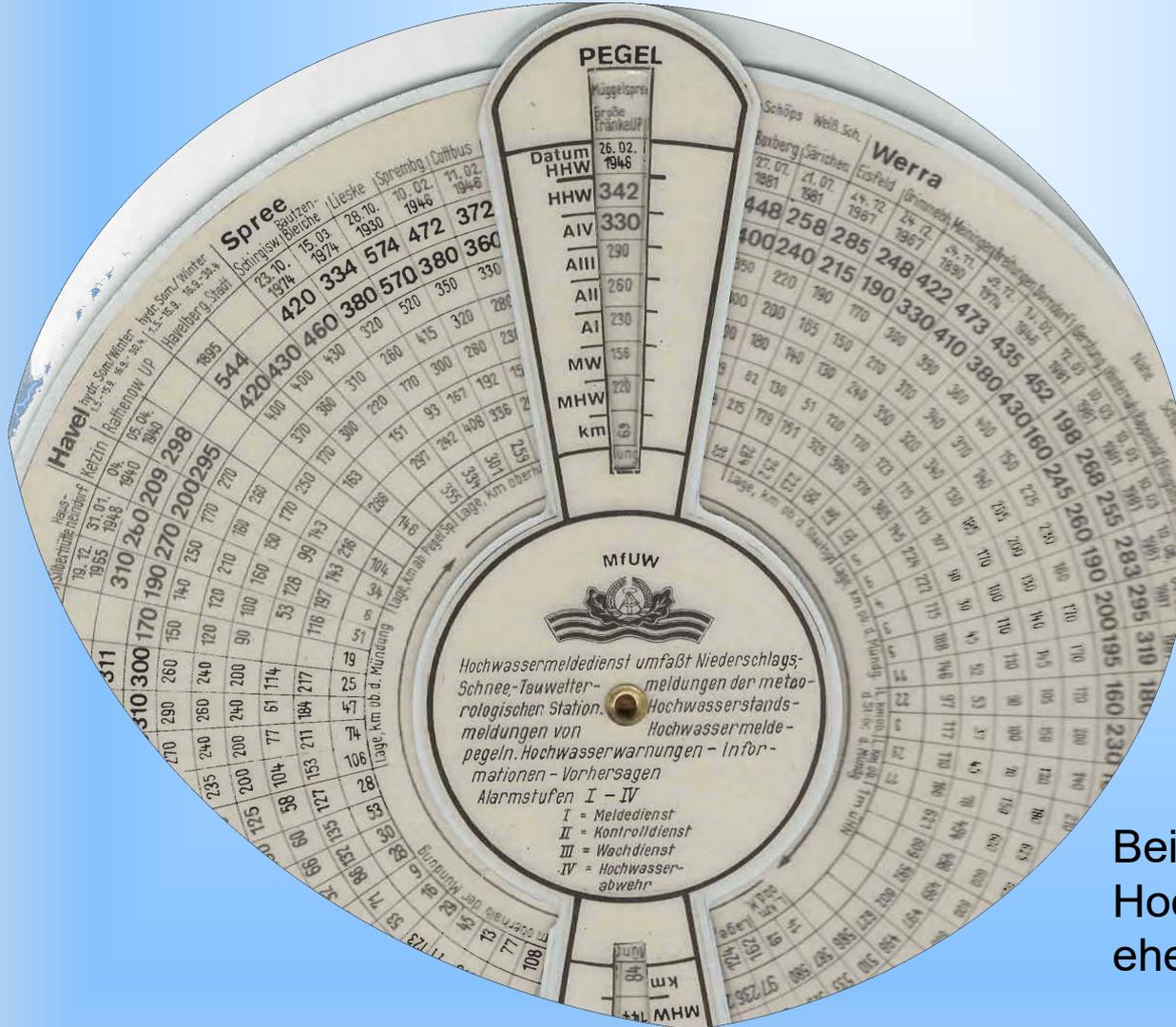
Alarmstufe 1: Hochwassermeldedienst

Alarmstufe 2: Kontrolldienst

Alarmstufe 3: Wachdienst

Alarmstufe 4: Katastrophenabwehr

Hochwasserschutz - Alarmstufen



Beispiel zur Information über Hochwasseralarmstufen in der ehemaligen DDR

Hochwasserschutz - Schutzziele

Wiederkehrintervalle als Maßstab für den Hochwasserschutz unterschiedlicher Schutzziele in Baden-Württemberg

(aus LfUBW, 2005)

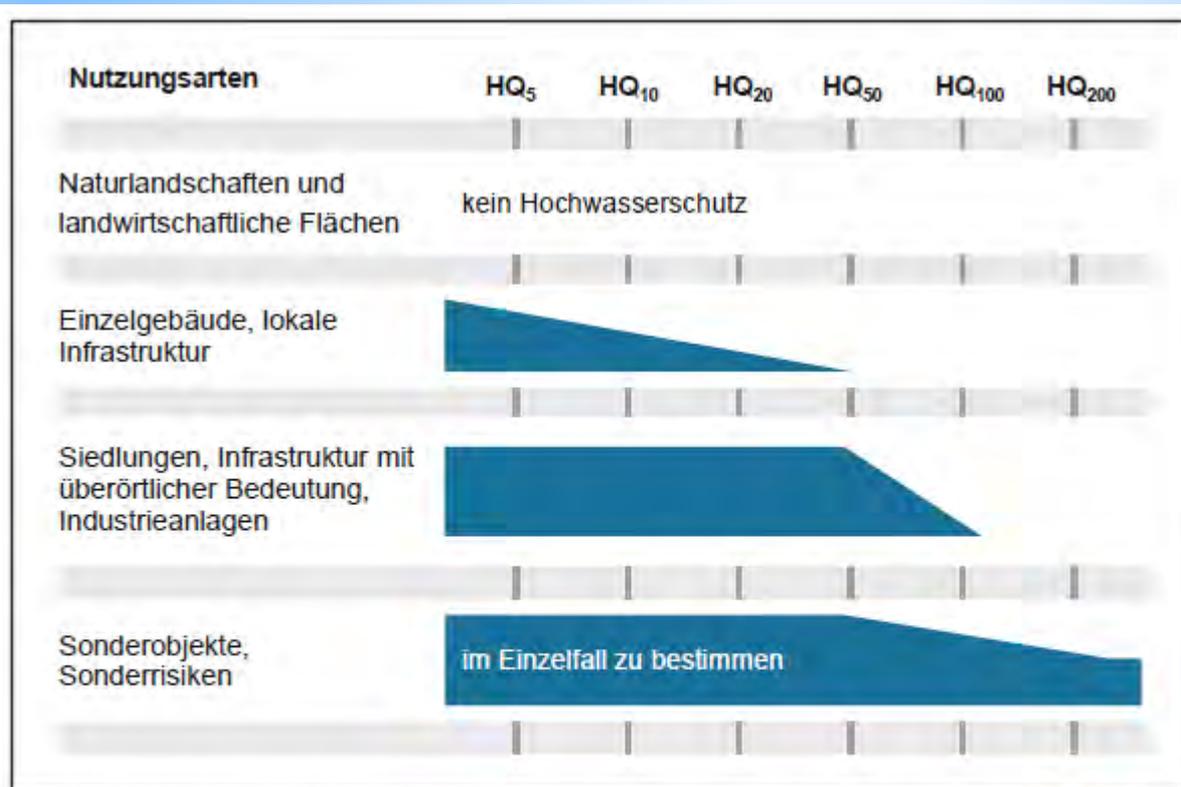


Abbildung 4: Anhaltswerte für die Wahl des Hochwasserschutzgrades (Wiederkehrzeit T_n) in Baden-Württemberg für bestehende Nutzungsarten

© LfU 2005 Festlegung Bemessungshochwasser | 11

Hochwasserschutz - Klimafolgen

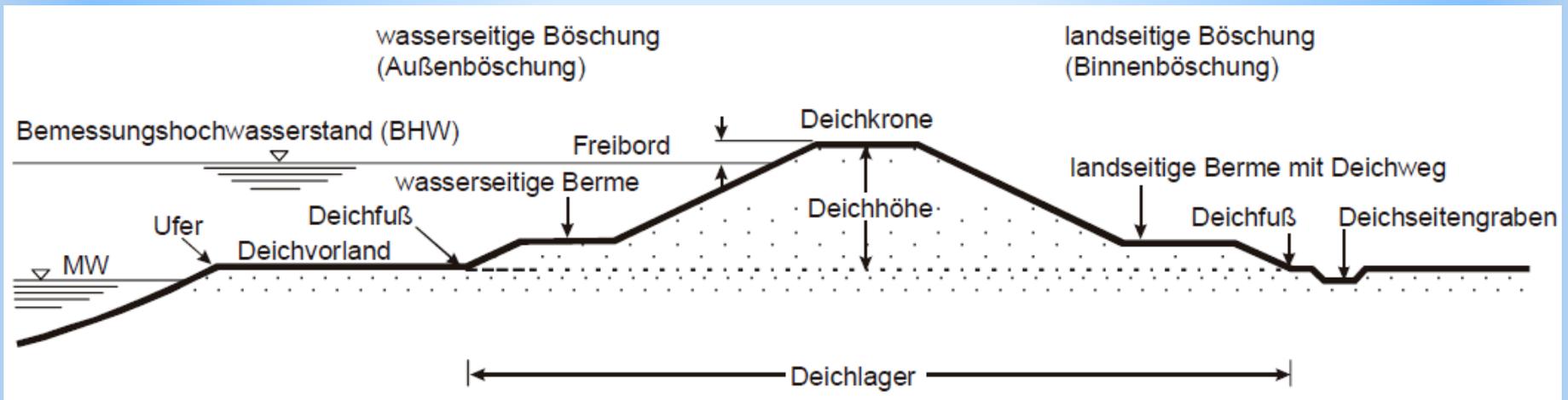
T [Jahre]	Klimaänderungsfaktoren $f_{T,K}$				
	1	2	3	4	5
2	1,25	1,50	1,75	1,50	1,75
5	1,24	1,45	1,65	1,45	1,67
10	1,23	1,40	1,55	1,43	1,60
20	1,21	1,33	1,42	1,40	1,50
50	1,18	1,23	1,25	1,31	1,35
100	1,15	1,15	1,15	1,25	1,25
200	1,12	1,08	1,07	1,18	1,15
500	1,06	1,03	1,00	1,08	1,05
1000	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Bemerkung: für Jährlichkeiten $T > 1000$ a ist der Faktor gleich 1,0

Faktoren zur Erhöhung des Bemessungshochwassers zwecks Berücksichtigung der Klimafolgen auf Hochwasserereignisse (in fünf verschiedenfarbig gekennzeichneten Regionen) in Baden-Württemberg

(aus LfUBW, 2005)

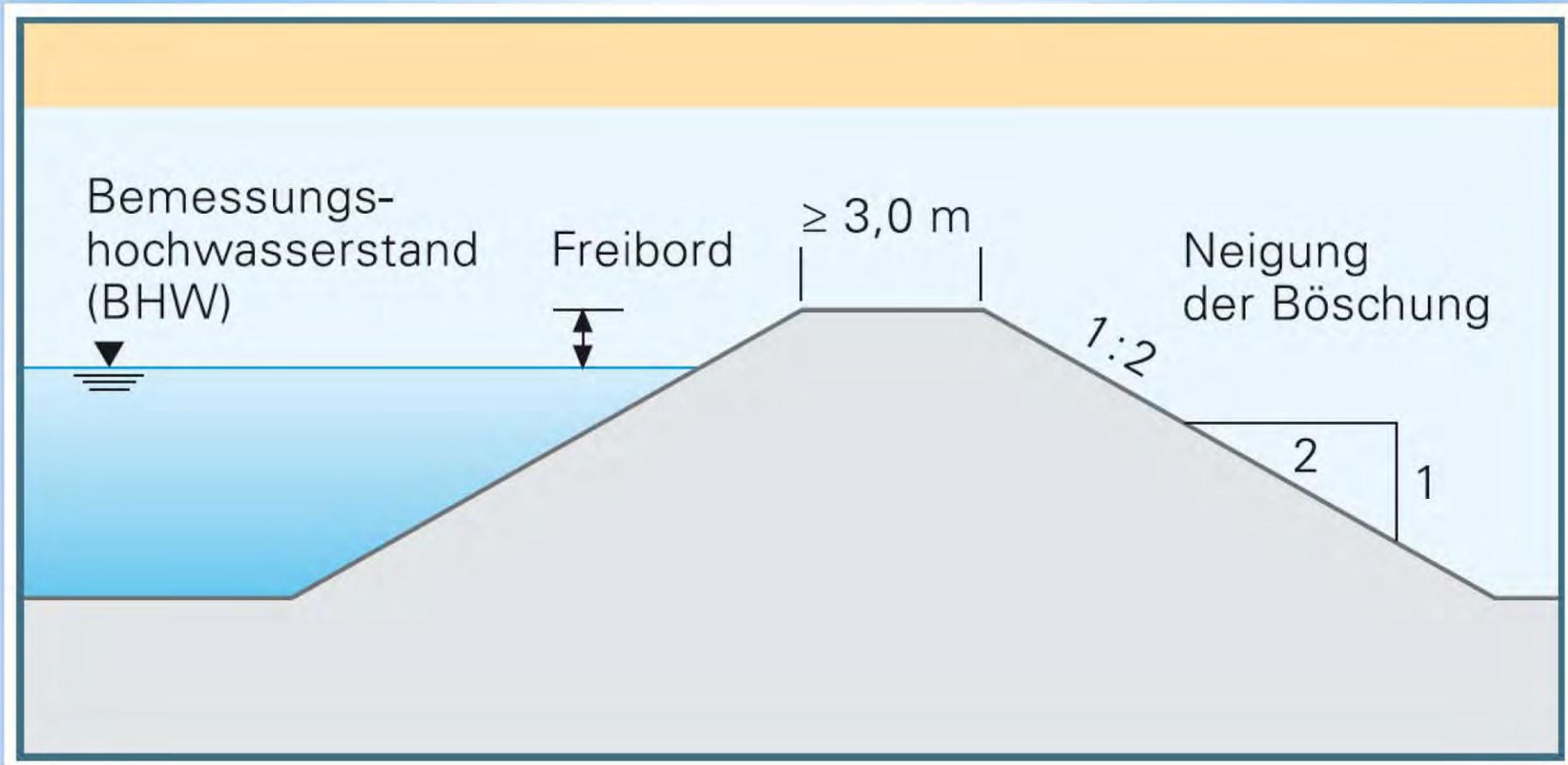
Hochwasserschutz - Deichverteidigung



Querschnitt durch einen Deich – Begriffe

(aus LfUBW, 2005)

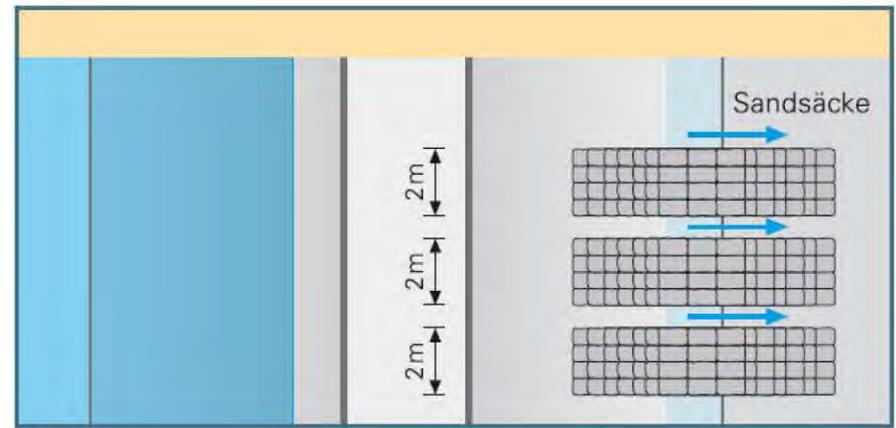
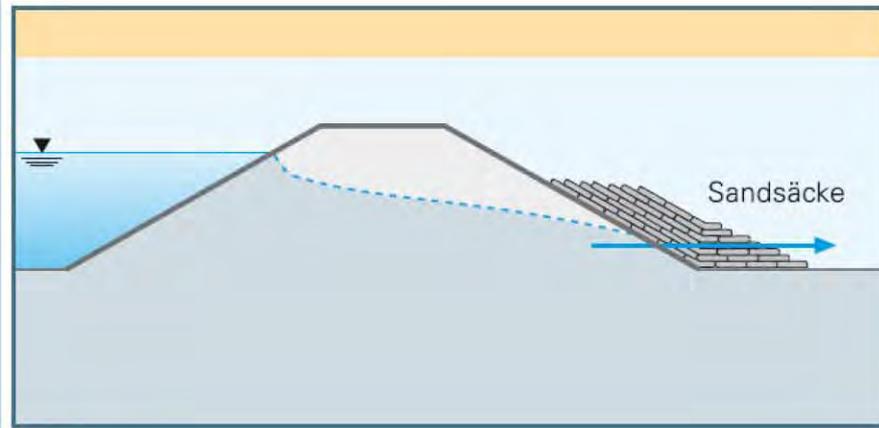
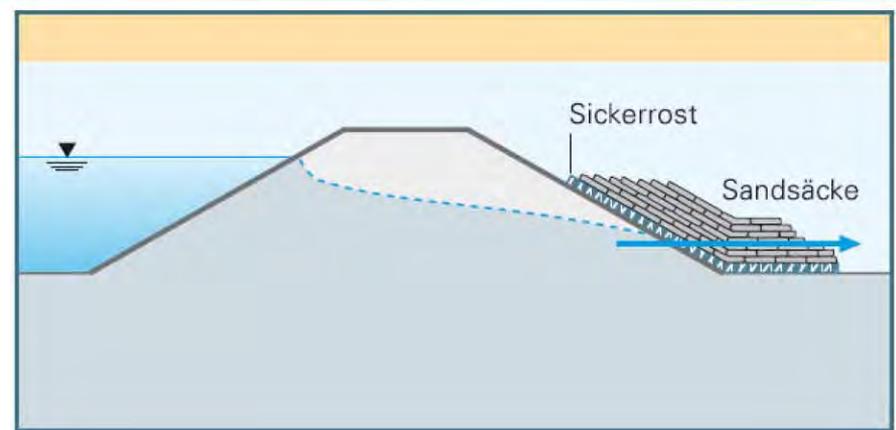
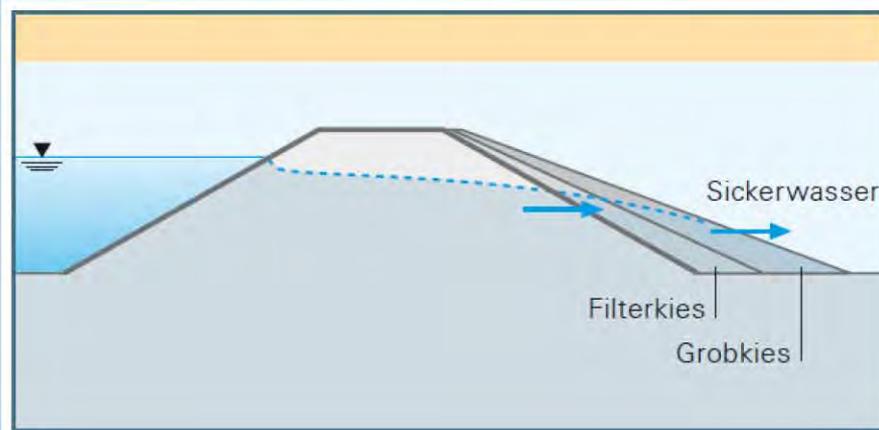
Hochwasserschutz - Deichverteidigung



Geometrie eines Deiches

(aus LfU Bayern, 2010)

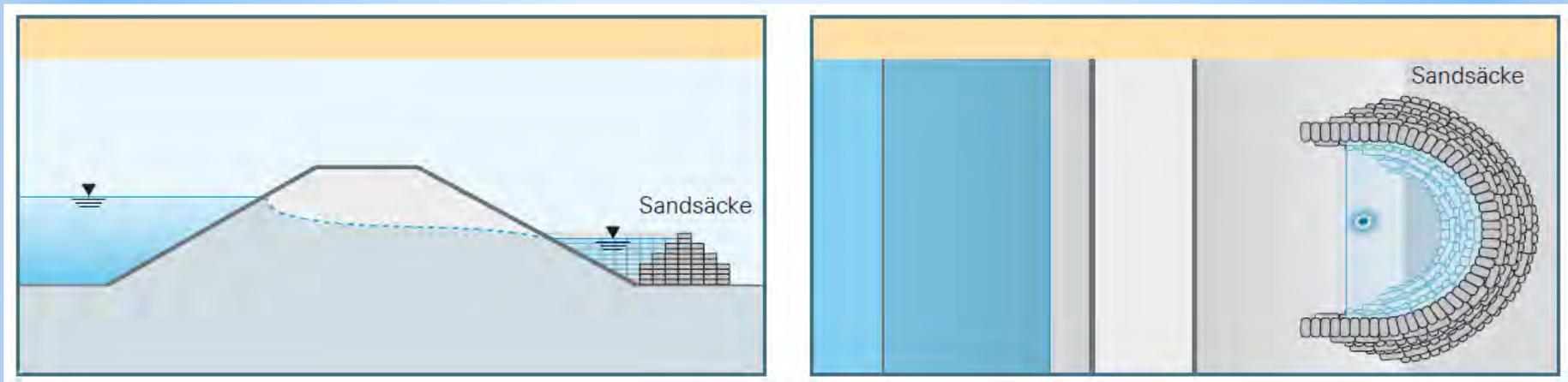
Hochwasserschutz - Deichverteidigung



Stützung des Deiches von der Landseite
mit Kiesschüttung / Sandsäcken / Sandsäcken mit Gitterrost

(aus LfU Bayern, 2010)

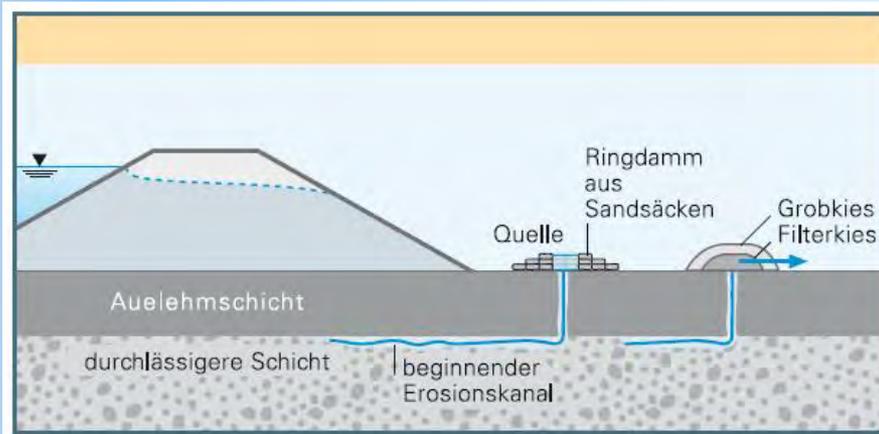
Hochwasserschutz - Deichverteidigung



Stützung des Deiches durch Anlegen eines Fangedamms

(aus LfU Bayern, 2010)

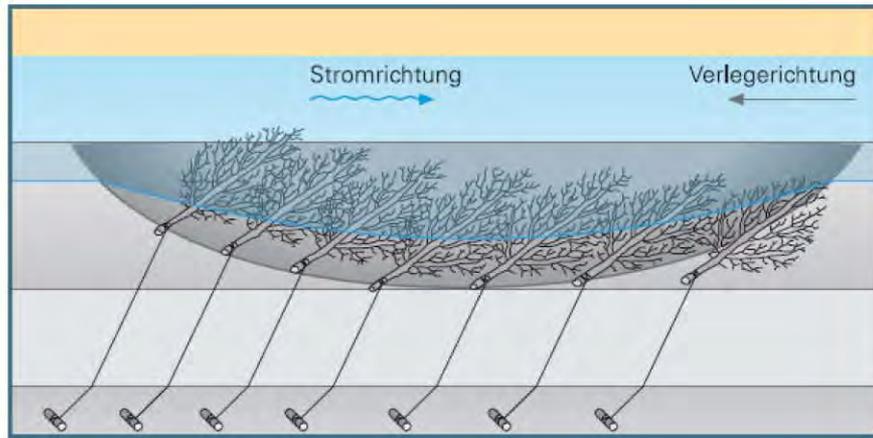
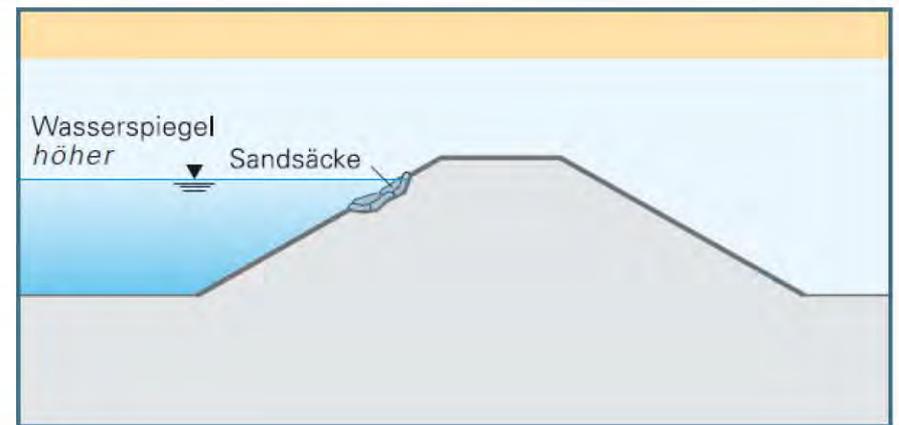
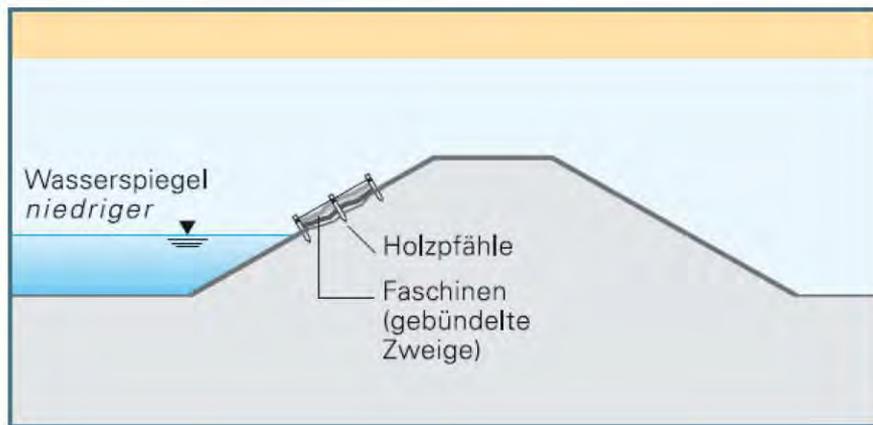
Hochwasserschutz - Deichverteidigung



Stützung des Deiches durch Anlegen eines Auflastfilters

(aus LfU Bayern, 2010)

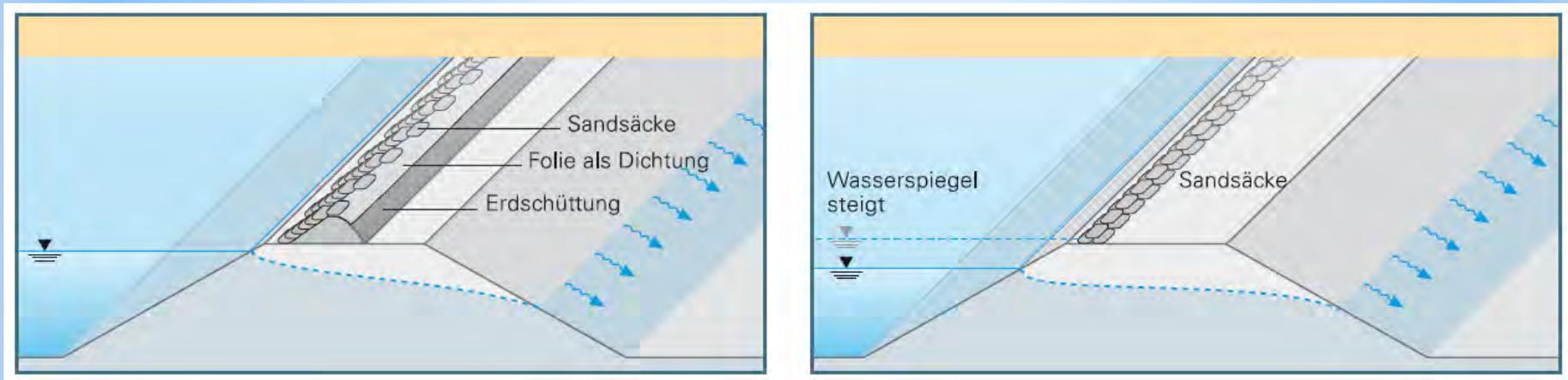
Hochwasserschutz - Deichverteidigung



Schutz der wasserseitigen Böschung des Deiches vor Erosion

(aus LfU Bayern, 2010)

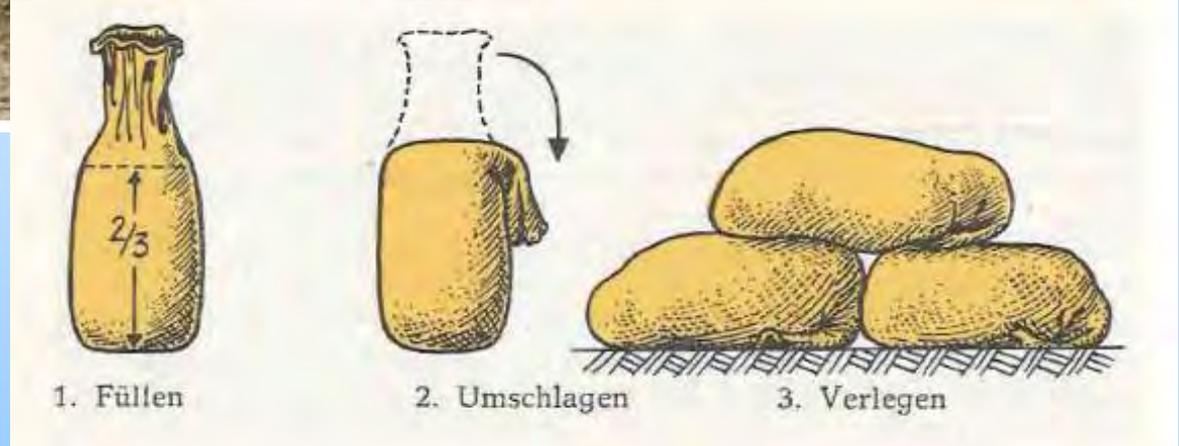
Hochwasserschutz - Deichverteidigung



Deicherhöhung mit Kiesschüttung bzw. mit Sandsäcken

(aus LfU Bayern, 2010)

Hochwasserschutz - Deichverteidigung



Prall gefüllte Sandsäcke lassen sich nicht zu einem schwer durchlässigen Fangedamm aufschichten.

Zu 2/3 gefüllte Sandsäcke sind anschiemgsam und leichter zu transportieren. Sie rollen nicht, liegen stabil und dichten besser ab.

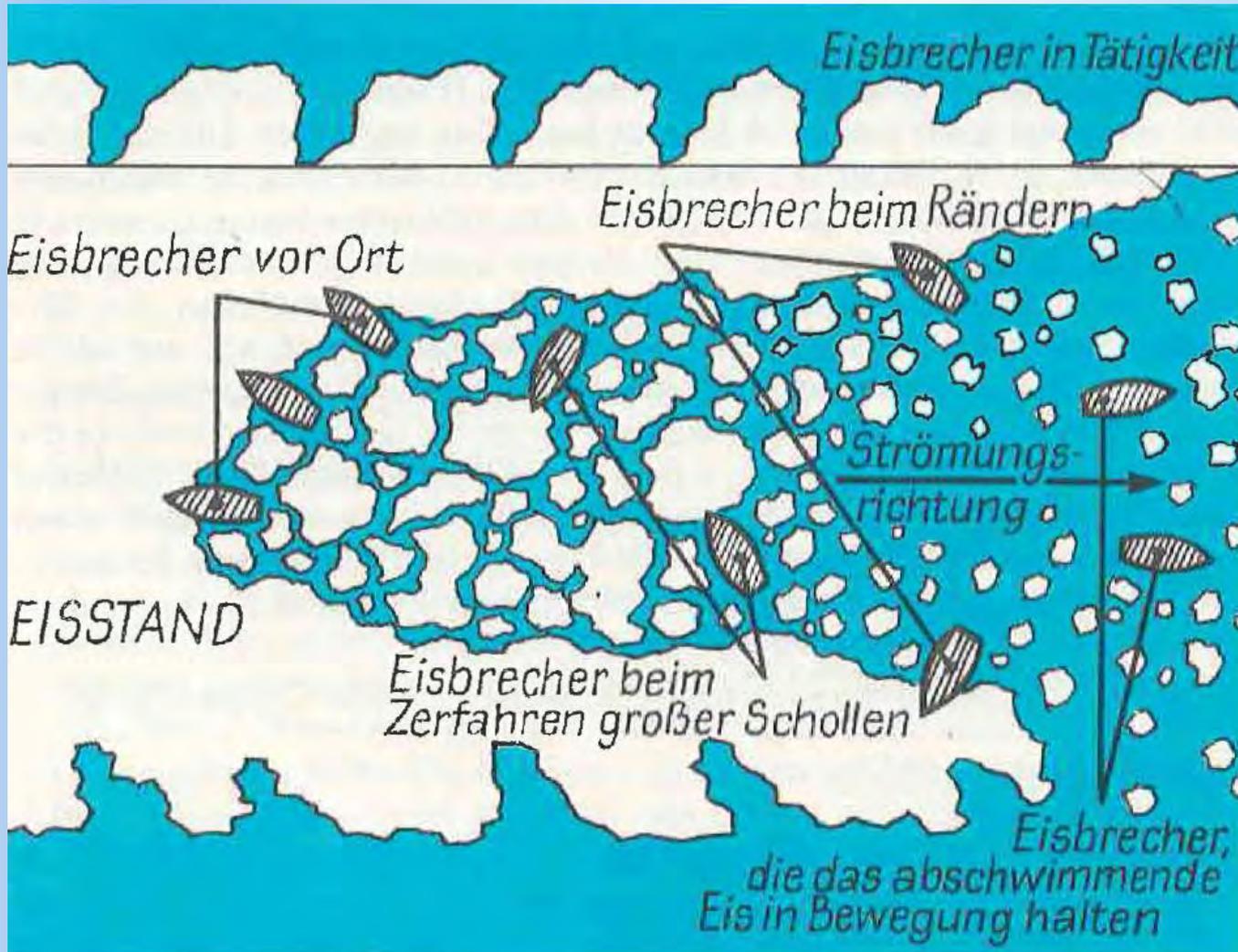
(aus LfU Bayern, 2010)

Hochwasserschutz - Deichverteidigung

Bedarf an Sandsäcken für einen 100 m langen Fangedamm		
10 cm Höhe		300 St
20 cm Höhe		900 St
		500 St
		600 St
30 cm Höhe		1800 St
		800 St
Massen und Gewichte		
alles ca. Werte da abhängig vom Füllungsgrad und der Größe der Sandsäcke Annahme Sandsackgröße: 40 x 70 cm; 2/3 gefüllt		
1 Sandsack gefüllt wiegt:	trocken ca. 15 kg nass ca. 20 kg	
60 gefüllte Sandsäcke	wiegen ca. 1 to	
1 Palette gefüllte Sandsäcke	ca. 50 Sandsäcke entsprechen 0,85 to	
Transport		
In einer Stunde bewegt ein Mann 80 Sandsäcke 10 m weit (inkl. Aufnehmen/Transportieren/Ablegen)		
Befüllen		
Eine deutliche Steigerung der Befüllleistung ist z.B. durch Einsatz von Radladern und Befüllanlagen möglich		
10 Arbeitskräfte befüllen:		
500 Sandsäcke/Std.	ohne Binden oder Rödeln der Öffnung	
200 Sandsäcke /Std.	mit Binden oder Rödeln der Öffnung	

(aus LfU Bayern, 2010)

Hochwasserschutz - Eisaufbruch



Grundsätzliche Vorgehensweise beim Eisaufbruch

Beseitigung von Abflusshindernissen – im Gegensatz zur beschaffenheitsmäßigen Sanierung von Fließgewässern – immer von der Mündung zur Quelle (entgegen der Fließrichtung)!

(aus MfUW, 1987)

Hochwasserschutz - Eisaufbruch



Eisbrecher „Hohensaaten“ vom WSA Eberswalde beim Eisaufbruch auf der Oder bei km 707 (2008)

Hochwasserschutz - Eisaufbruch

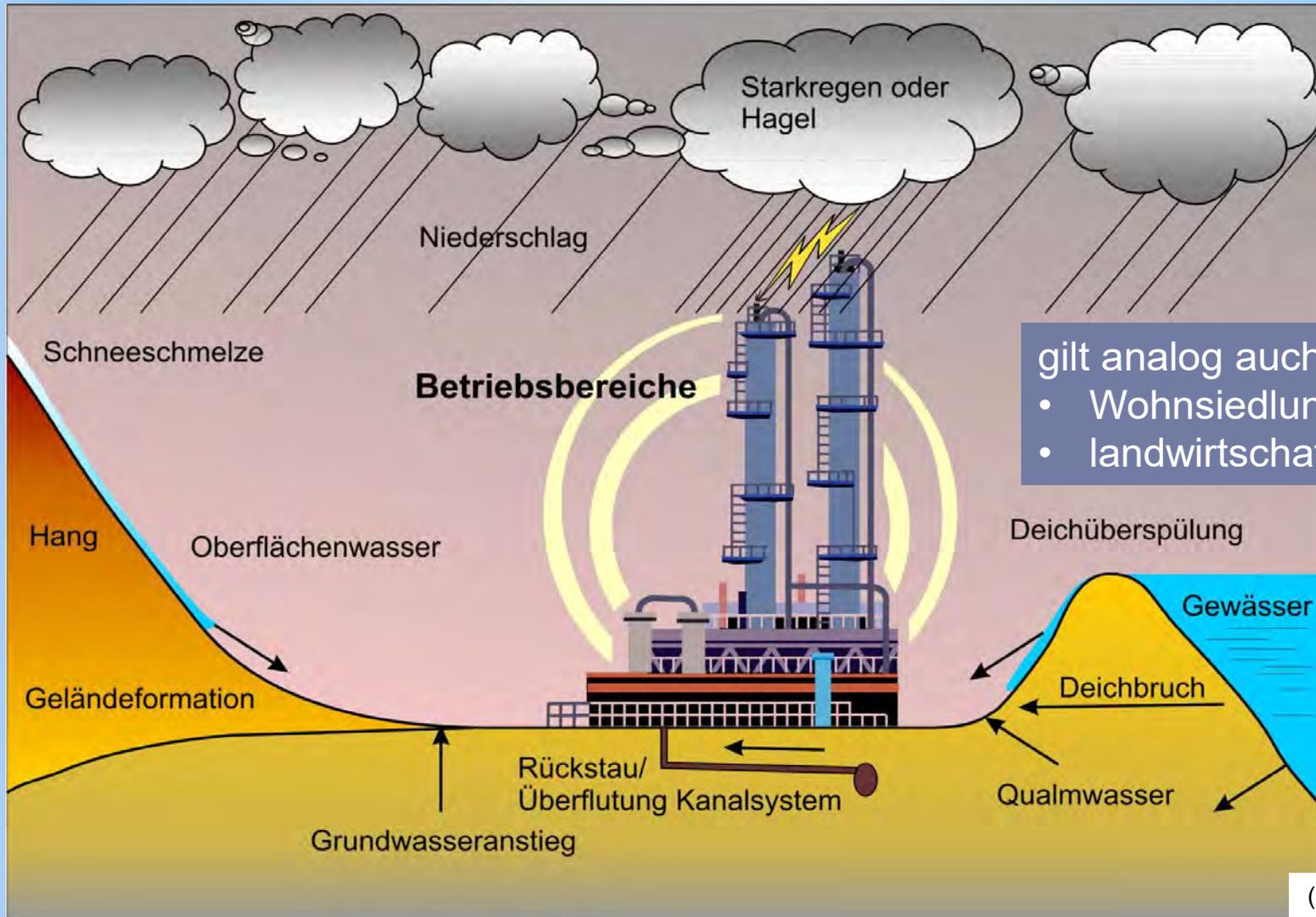


Eisbrecher „Seelöwe“ beim Eisaufbruch in der Berliner Innenstadt zum Schutz der Schleuse Mühlendamm

Gewässerschutz

Objektschutz in Industrie und Gewerbe

Objektschutz in Industrie und Gewerbe



gilt analog auch für

- Wohnsiedlungen
- landwirtschaftl. Betriebe

(aus TRAS 310, 2012)

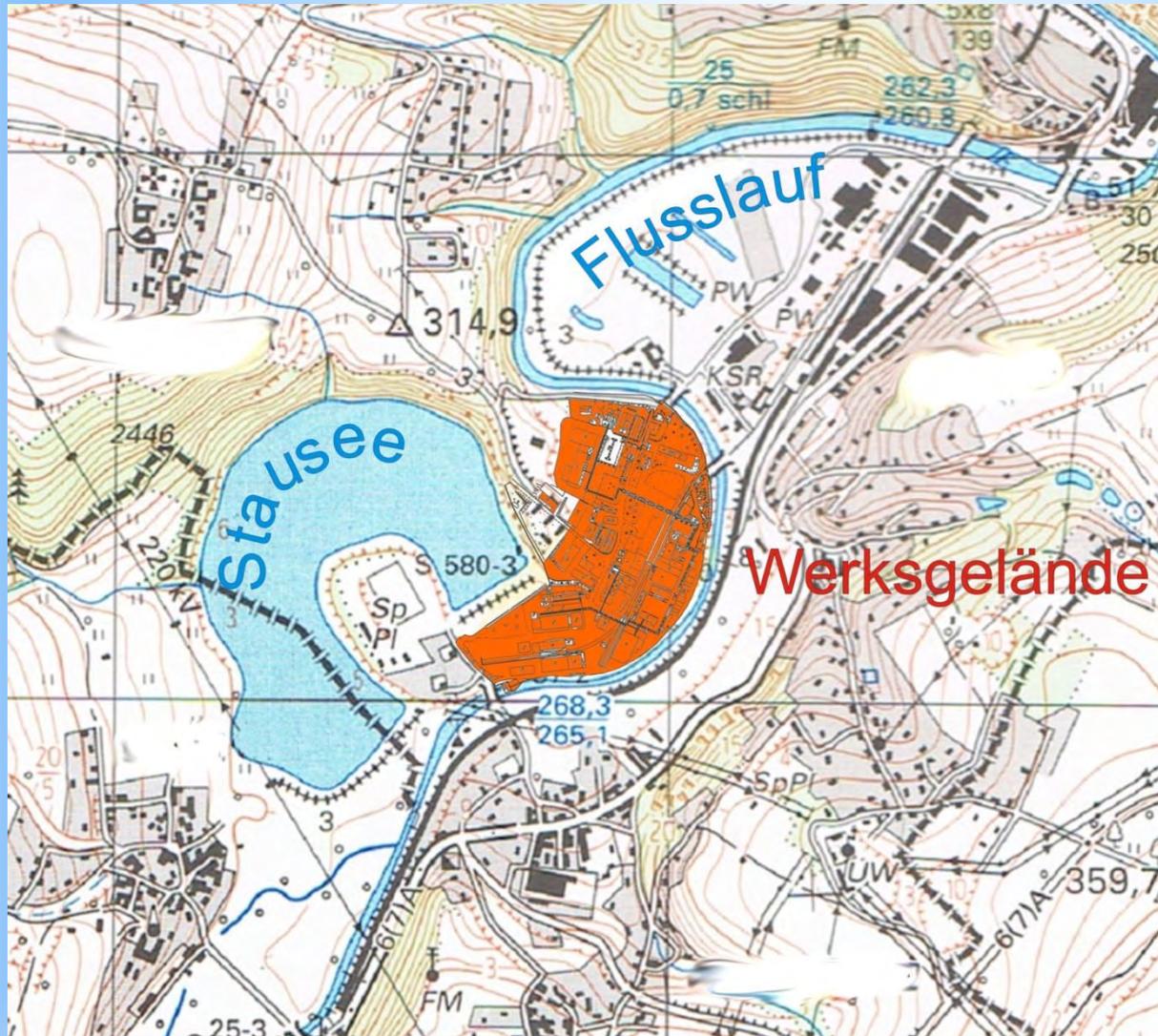
Objektschutz in Industrie und Gewerbe



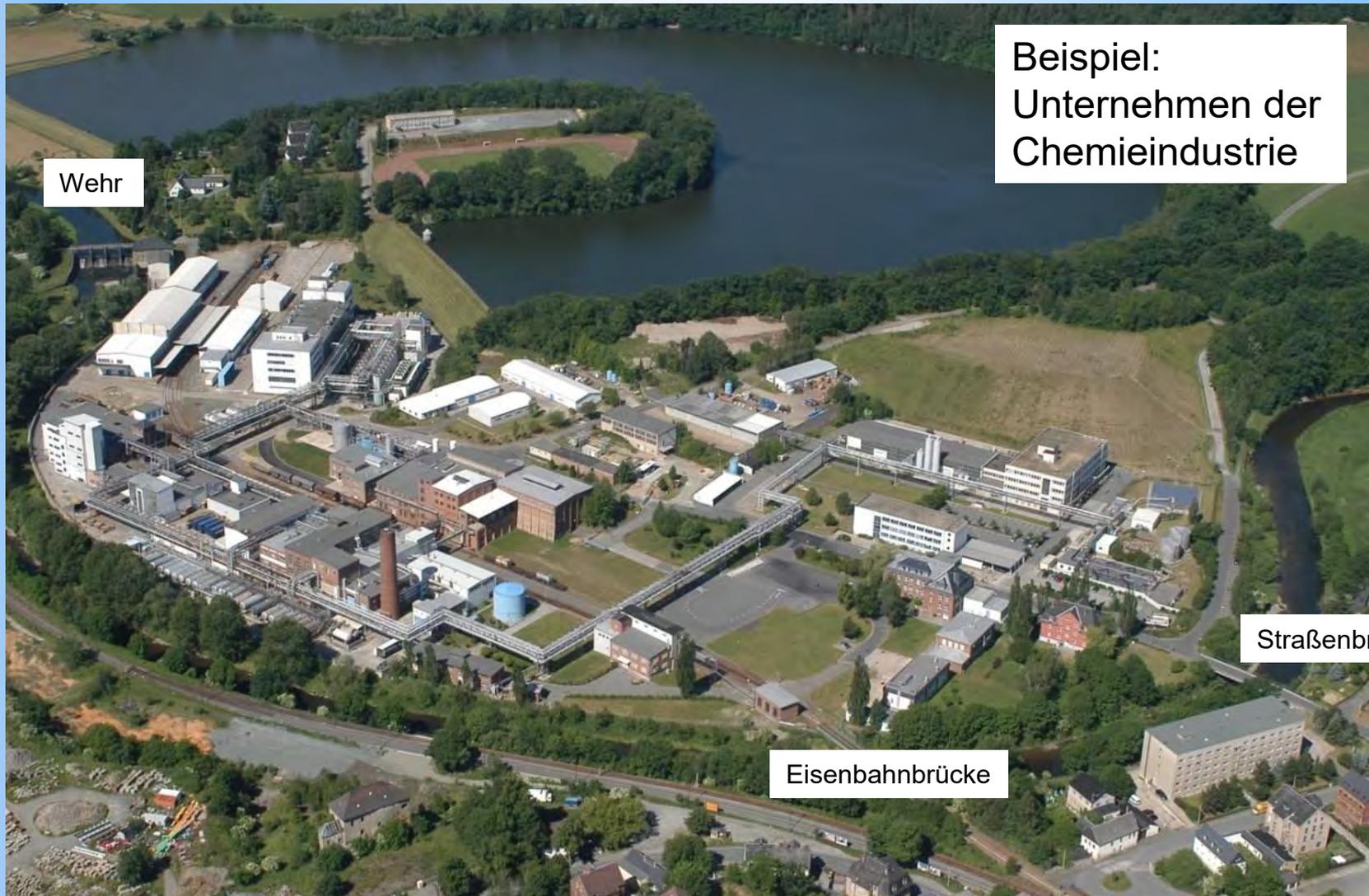
Maßnahmen zur Hochwasservorsorge in Industrie und Gewerbe

Objektschutz in Industrie und Gewerbe

Beispiel
eines Unternehmens
der Chemieindustrie



Objektschutz in Industrie und Gewerbe



Beispiel:
Unternehmen der
Chemieindustrie

Wehr

Straßenbrücke

Eisenbahnbrücke

Objektschutz in Industrie und Gewerbe



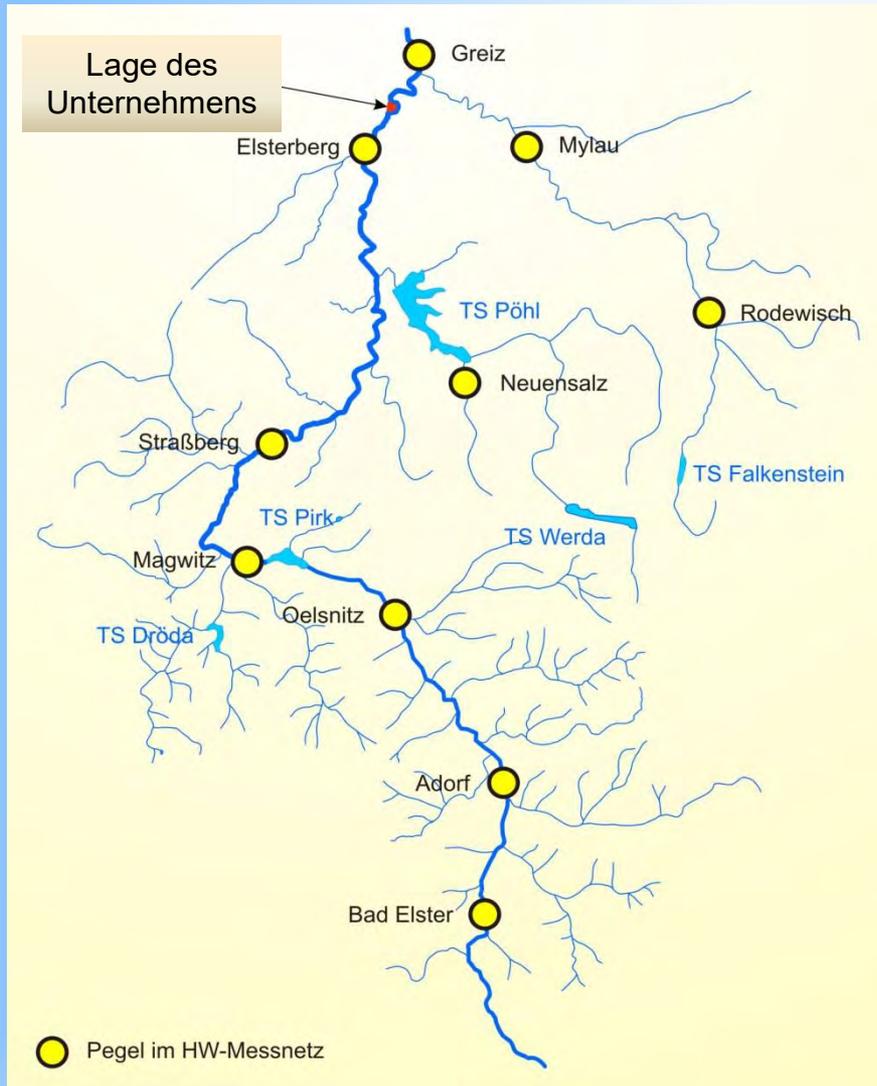
Hochwasser der Weißen Elster 1954
Überströmtes Wehr in Greiz-Dölau

Objektschutz in Industrie und Gewerbe



Feuerwehrleute mit Schlauchboot auf dem Werksgelände während des Hochwassers der Weißen Elster 1954

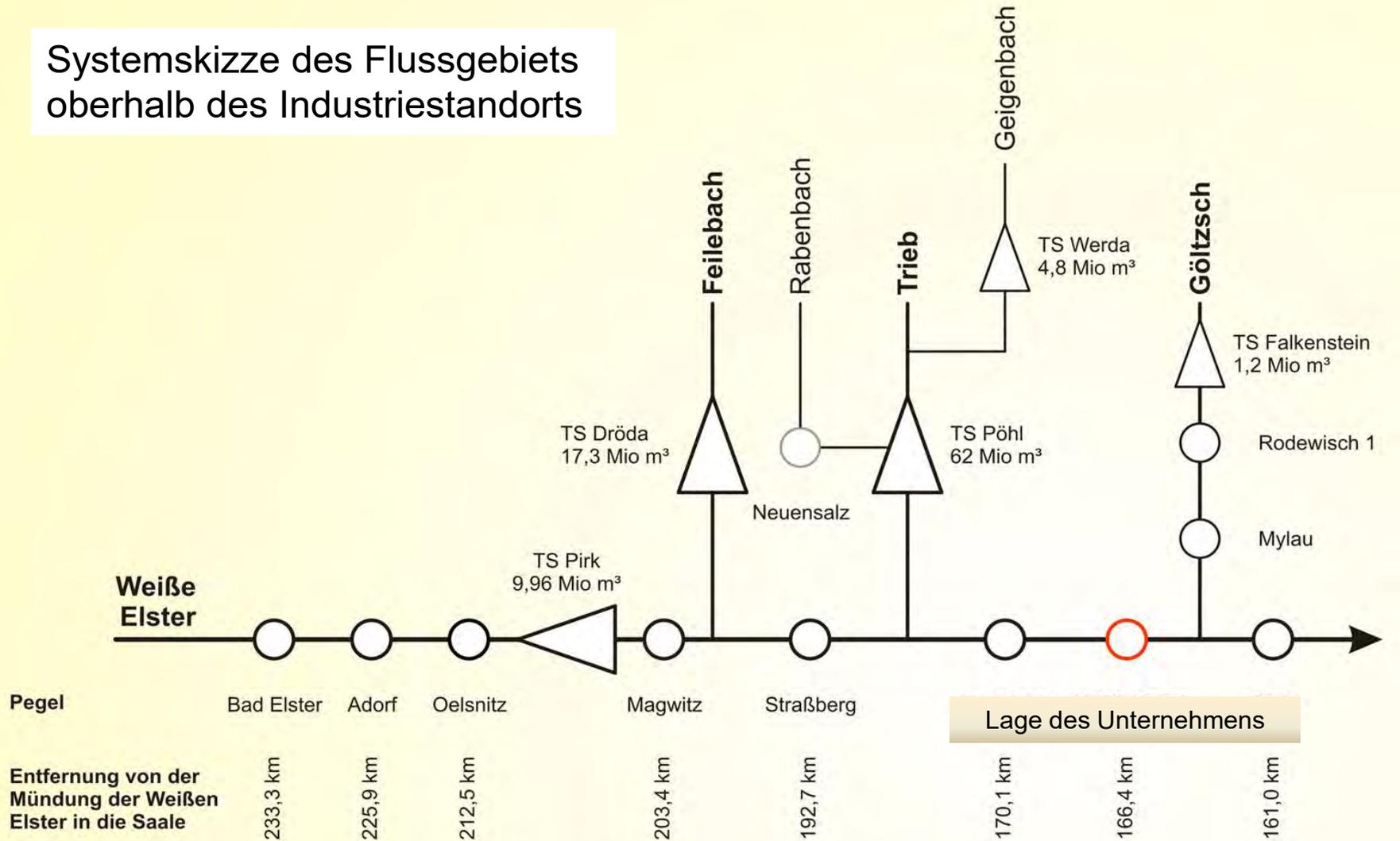
Objektschutz in Industrie und Gewerbe



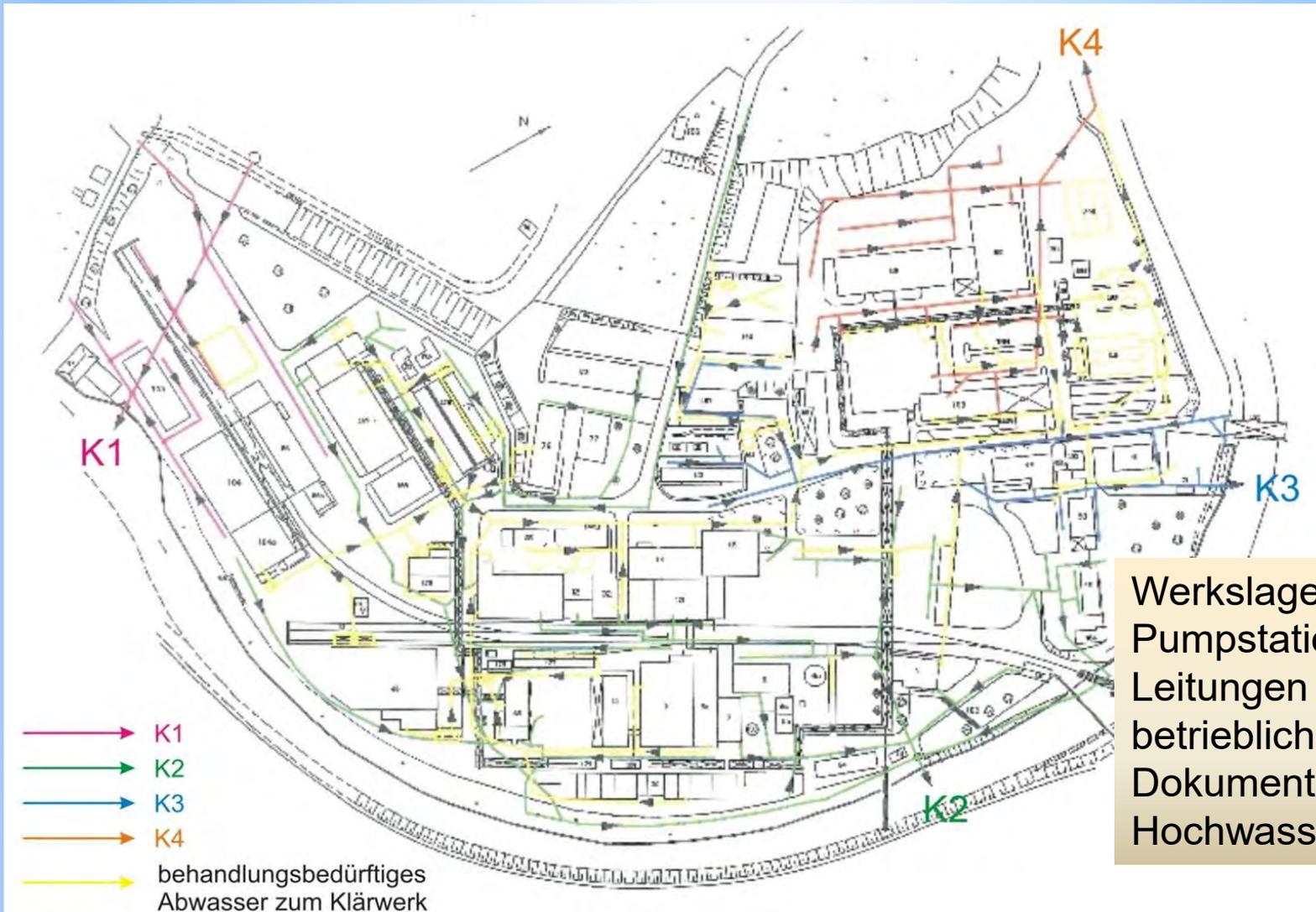
Hydrographische Karte des Flussgebiets der Weißen Elster oberhalb des Industriestandorts mit maßgeblichen Pegeln im Hochwassermessnetz und Talsperren zur Hochwasserrückhaltung

Objektschutz in Industrie und Gewerbe

Systemskizze des Flussgebiets oberhalb des Industriestandorts



Objektschutz in Industrie und Gewerbe



Werkslageplan mit Pumpstationen und Leitungen aus den betrieblichen Dokumenten zur Hochwasserabwehr

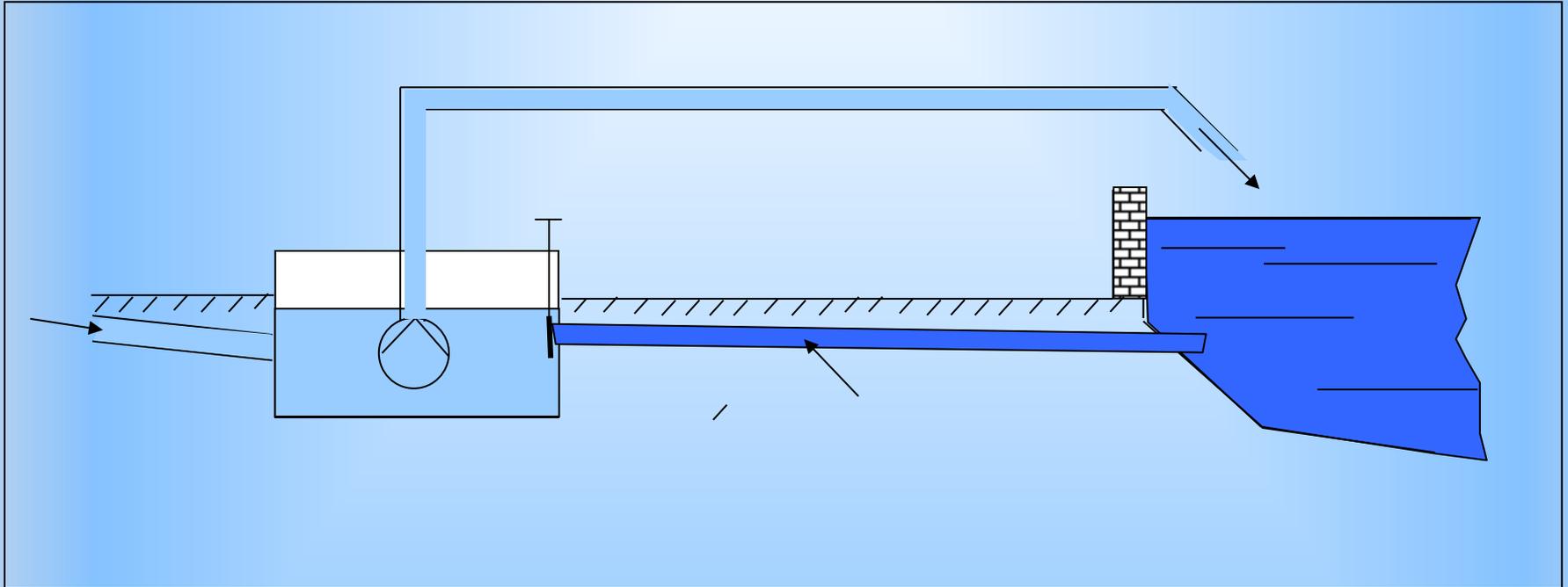
Objektschutz in Industrie und Gewerbe



Wehr

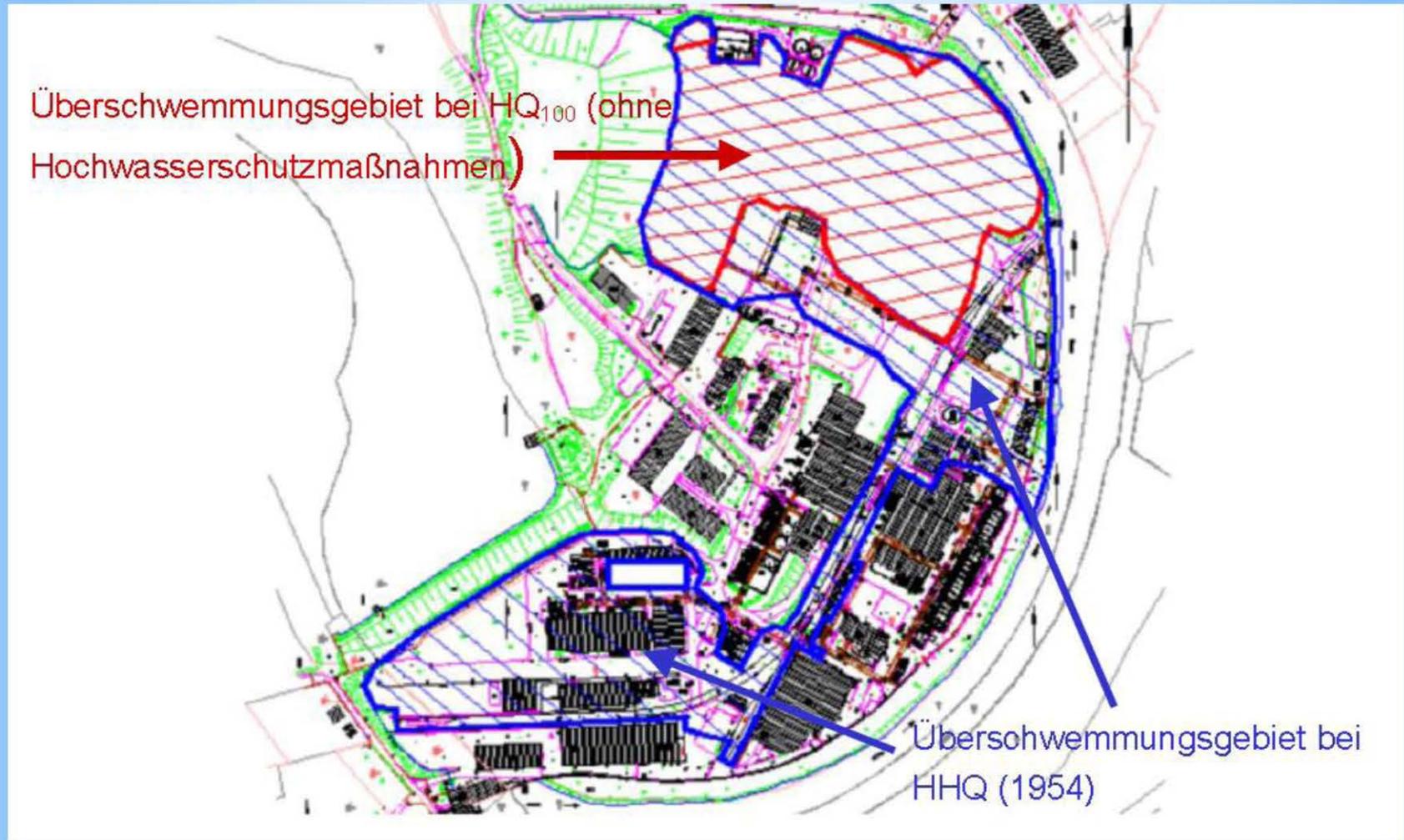
- Hochwasserschutzmauer
- mit Verschluss-einrichtungen für Werksentwässerung
 - und Anschlüssen für Feuerwehrschräume zum Freipumpen des Werksgeländes

Objektschutz in Industrie und Gewerbe



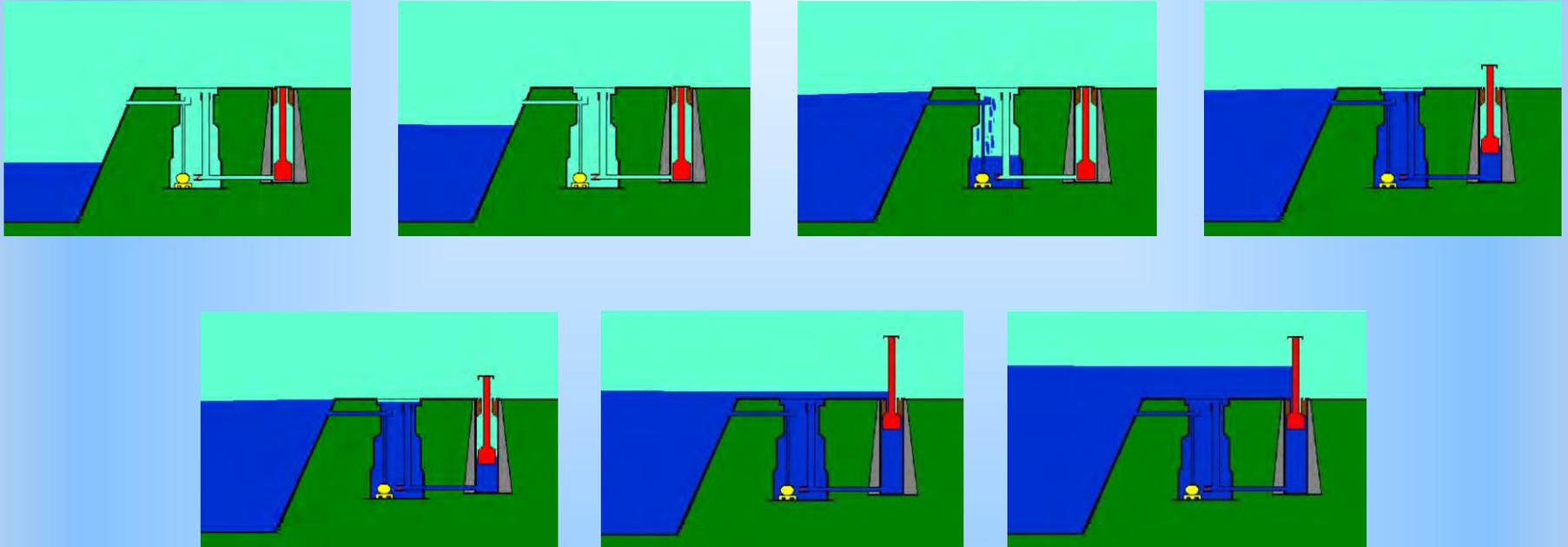
Skizze zur Umstellung der Werksentwässerung bei Hochwasser

Objektschutz in Industrie und Gewerbe



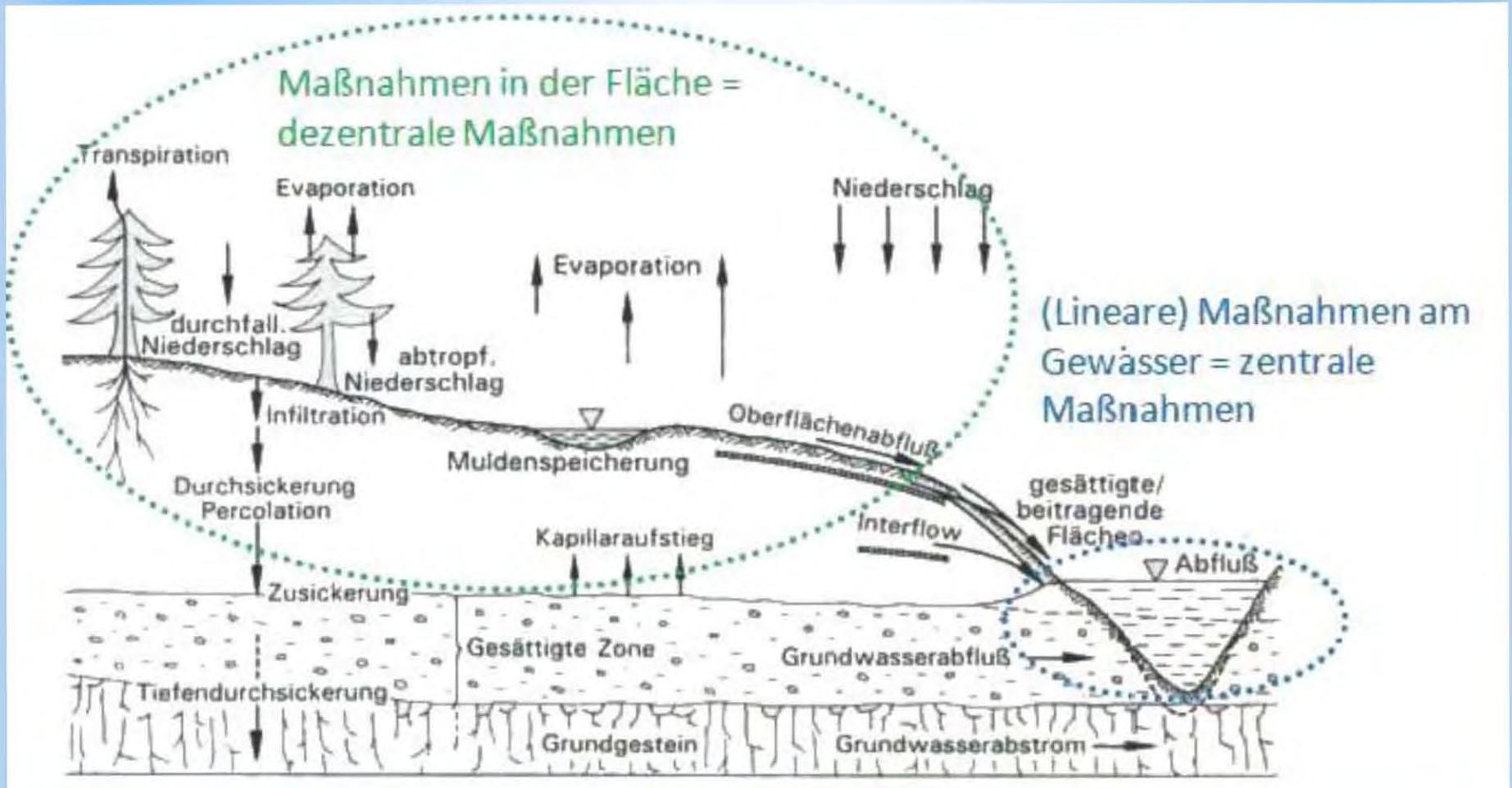
Überschwemmungsgebiete auf dem Werksgelände bei HQ₁₀₀ und HHQ

Objektschutz in Industrie und Gewerbe



Prinzip der auffahrbaren Wand

Nachhaltiger Hochwasserschutz



Maßnahmen für einen nachhaltigen Hochwasserschutz - Prinzipskizze

Nachhaltiger Hochwasserschutz

Folgende Maßnahmen bewirken eine nachhaltige Verringerung des Hochwasserrisikos und der Hochwasserschäden ...

- Flächenentsiegelung
- Dachbegrünung (Flachdächer)
- Versickerung von Niederschlagswasser
- Aufforstung
- Naturnaher Gewässerausbau (Wiederherstellung von Mäandern, Altarmen etc.)
- Schaffen von Retentionsflächen
- Beseitigung von Verrohrungen und Abflussbarrieren (Brückenprofile!)
- Verbreiterung der Abflussquerschnitte, Verlangsamung der Fließgeschwindigkeit (z. B. durch Rückverlegung von Deichen)
- Rückbau von Gebäuden und Anlagen in Überschwemmungsgebieten

... und beliebige Kombinationen dieser Maßnahmen!

Nachhaltiger Hochwasserschutz

Der Verringerung des Hochwasserrisikos und der Hochwasserschäden dienen insbesondere auch die Festlegung von **Überschwemmungsgebieten** und die Ausweisung von **Rückhalteflächen**:

§ 76 Überschwemmungsgebiete an oberirdischen Gewässern

(1) Überschwemmungsgebiete sind Gebiete zwischen oberirdischen Gewässern und Deichen oder Hochufern und sonstige Gebiete, die bei Hochwasser überschwemmt oder durchflossen oder die für Hochwasserentlastung oder Rückhaltung beansprucht werden. Dies gilt nicht für Gebiete, die überwiegend von den Gezeiten beeinflusst sind, soweit durch Landesrecht nichts anderes bestimmt ist.

(2) Die Landesregierung setzt durch Rechtsverordnung

1. innerhalb der Risikogebiete oder der nach § 73 Absatz 5 Satz 2 Nummer 1 zugeordneten Gebiete mindestens die Gebiete, in denen ein Hochwasserereignis statistisch einmal in 100 Jahren zu erwarten ist, und
2. die zur Hochwasserentlastung und Rückhaltung beanspruchten Gebiete

als Überschwemmungsgebiete fest. Gebiete nach Satz 1 Nummer 1 sind bis zum 22. Dezember 2013 festzusetzen. Die Festsetzungen sind an neue Erkenntnisse anzupassen. Die Landesregierung kann die Ermächtigung nach Satz 1 durch Rechtsverordnung auf andere Landesbehörden übertragen.

(3) Noch nicht nach Absatz 2 festgesetzte Überschwemmungsgebiete sind zu ermitteln, in Kartenform darzustellen und vorläufig zu sichern.

(4) Die Öffentlichkeit ist über die vorgesehene Festsetzung von Überschwemmungsgebieten zu informieren; ihr ist Gelegenheit zur Stellungnahme zu geben. Sie ist über die festgesetzten und vorläufig gesicherten Gebiete einschließlich der in ihnen geltenden Schutzbestimmungen sowie über die Maßnahmen zur Vermeidung von nachteiligen Hochwasserfolgen zu informieren.

§ 77 Rückhalteflächen

Überschwemmungsgebiete im Sinne des § 76 sind in ihrer Funktion als Rückhalteflächen zu erhalten. Soweit überwiegende Gründe des Wohls der Allgemeinheit dem entgegenstehen, sind rechtzeitig die notwendigen Ausgleichsmaßnahmen zu treffen. Frühere Überschwemmungsgebiete, die als Rückhalteflächen geeignet sind, sollen so weit wie möglich wiederhergestellt werden, wenn überwiegende Gründe des Wohls der Allgemeinheit dem nicht entgegenstehen.

aus WHG

Nachhaltiger Hochwasserschutz

Gem. § 78 WHG ist in **Überschwemmungsgebieten** untersagt:

- Ausweisung von neuen Baugebieten
- Errichtung oder Erweiterung baulicher Anlagen
- Errichtung von Mauern, Wällen oder ähnlichen Anlagen quer zur Fließrichtung des Wassers bei Überschwemmungen,
- Aufbringen und Ablagern von wassergefährdenden Stoffen auf dem Boden
- die nicht nur kurzfristige Ablagerung von Gegenständen, die den Wasserabfluss behindern können oder die fortgeschwemmt werden können,
- Erhöhen oder Vertiefen der Erdoberfläche,
- das Anlegen von Baum- und Strauchpflanzungen, soweit diese den Zielen des vorsorgenden Hochwasserschutzes entgegenstehen
- die Umwandlung von Grünland in Ackerland,
- die Umwandlung von Auwald in eine andere Nutzungsart.

N/A- und Hochwasser-Modellierung

The screenshot shows the USDA Natural Resources Conservation Service website. The header includes the USDA logo, the text "Natural Resources Conservation Service", and "United States Department of Agriculture". Navigation links include "About NRCS", "Careers", "National Centers", and "State Offices". A search bar is present on the right. Below the header are tabs for "Topics", "Programs", "Newsroom", and "Contact Us". A breadcrumb trail reads: "You are Here: Home / Water / Water Management / Hydrology & Hydraulics / WinTR-55 Watershed Hydrology". Social media icons for Facebook, Twitter, YouTube, and RSS are shown under "Stay Connected".

Water

- Snow Survey & Water Supply
- Water Management
 - Drainage
 - Irrigation
 - Hydrology & Hydraulics
 - Stream Restoration
- Water Quality
- Watersheds
- Wetlands

WinTR-55 Watershed Hydrology

The TR-55 computer model has been revised and completely rewritten. As a windows based program, the input and editing windows are a big improvement over the DOS version. The new WinTR-55 uses the WinTR-20 program as the driving engine for more accurate analysis of the hydrology of the small watershed system being studied. A final version (including programs, sample data, and documentation) is now complete. The NRCS WinTR-55 program can be downloaded from this page.

The WinTR55 development team has appreciated all the testing and comments we have received to date. If you encounter any problems, or have comments or enhancements on the version 1 program please contact the WinTR-55 development team via e-mail to the WinTR-55 Team.

Download WinTR-55 Get download help here.

WinTR-55, Version 1.00.10 (18.5 MB -last updated 2/7/2013) Windows 7 Version for 32 and 64 bit PCs

WinTR-55 Support Materials (These files require Microsoft Word or Adobe Acrobat.)

WinTR-55 des United States Department of Agriculture

<http://www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/detailfull/national/water/?cid=stelprdb1042901>

N/A- und Hochwasser-Modellierung

The image shows a screenshot of a web browser displaying the HEC-RAS website. The browser's address bar shows the URL www.hec.usace.army.mil/software/hec-ras/. The website header includes the Hydrologic Engineering Center logo and the text "US Army Corps of Engineers". A navigation menu contains links for "ABOUT", "NEWSLETTERS", "SOFTWARE", "PUBLICATIONS", "TRAINING", "VISITORS", "LINKS", and "CONTACT". A sidebar on the left lists various HEC-RAS resources such as "Features", "What's New", "Downloads", "Documentation", "Known Issues", "Bug Report", "Suggestions", "Demo", "Sponsors", "Collaborators", and "Support Policy". The main content area displays three overlapping windows from the HEC-RAS software. The top window is the "Cross Section" editor, showing a river cross-section with a bridge and a legend. The middle window is the "Profile Plot" window, displaying a graph of elevation versus distance. The bottom window is the "RAS Mapper" window, showing a topographic map with a legend and a "Results" panel.

HEC-RAS des U.S. Army Corps of Engineers

<http://www.hec.usace.army.mil/software/hec-ras/>

N/A- und Hochwasser-Modellierung

The screenshot shows the website for KalypsoHydrology. The main navigation bar includes links for HOME, NEWS, KONTAKT, IMPRESSUM, SITEMAP, and DOWNLOAD. The header features the Kalypso logo and a series of icons representing different hydrological processes. A search bar is located on the left side of the page. The main content area is titled 'KalypsoHydrology' and describes it as a module for precipitation-runoff simulation. It mentions that the model is based on the Kalypso-NA model developed by the Institute for Water Engineering at TU Hamburg-Harburg and BCE. The website also lists various sub-modules like KalypsoWSPM, Kalypso1D2D, KalypsoFlood, KalypsoRisk, KalypsoEvacuation, and KalypsoEvacuation. A sidebar on the right contains information about the graphical user interface, which was updated in 2012, and details about the 'Anlagen zur dezentralen Regenwasser-Bewirtschaftung' (DRWB) model, including its functions like station-based time series management and calculation of derived parameters.

Kalypso der Fa. Bjoernsen Ingenieure

<http://kalypso.bjoernsen.de/index.php?id=339&L=0>

Literaturverzeichnis

GeoDZ, 2013	GeoDZ, Stichwort Abflussprozess www.geodz.com/deu/d/Abflussprozess
HW-Portal, 2014	Länderübergreifendes Hochwasserportal http://www.hochwasserzentralen.de/info.htm
LfUBW, 2005	Festlegung des Bemessungshochwassers für Anlagen des technischen Hochwasserschutzes – Leitfaden Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, Juli 2005, 1. Auflage http://www.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/14024/
LfU Bayern, 2010	Wach, R.; Popp, M.; Kleber-Lerchbaumer, U. und Brotschol, S. Hinweise zur Deichverteidigung und Deichsicherung Bayerisches Landesamt für Umwelt, 2010 http://www.lfu.bayern.de/wasser/hw_ereignisse_bewaeltigung/deichverteidigung_sicherung/index.htm
MfUW, 1987	Hochwasserschutz in der DDR Ministerium für Umweltschutz und Wasserwirtschaft der ehemaligen DDR, Berlin, 1987
TRAS 310, 2012	Bekanntmachung einer sicherheitstechnischen Regel der Kommission für Anlagensicherheit TRAS 310 „Vorkehrungen und Maßnahmen wegen der Gefahrenquellen Niederschläge und Hochwasser“ vom 15. Dezember 2011 Bundesanzeiger 64. Jg., Nr. 32a vom 24.02.2012
UBA, 2014	Anonymus Internetseite des Umweltbundesamtes, Dessau zu Hochwasser http://www.umweltbundesamt.de/themen/wasser/hoch-niedrigwasser
WIKIPEDIA, 2014	http://de.wikipedia.org/wiki/Rheinbegradigung

Gewässerschutz

Anthropogene Einwirkungen auf Gewässer I

Schadstoffe aus Punktquellen und diffusen Einleitungen

Punktquellen / Diffuse Einleitungen

Punktförmige Einleitungen (Beispiele):

- Kläranlagen
- Mischwasserentlastungen
- Einleitungen infolge von Unfällen bei Transport oder Umschlag von wassergefährdenden Stoffen

Diffuse Einleitungen (Beispiele):

- Auswaschungen von landwirtschaftlichen Nutzflächen
- Atmosphärischer Stoffeintrag
- Austrittsverluste aus undichten Leitungen (Pipelines, Abwasserkanäle etc.)

Punktquellen / Diffuse Einleitungen

Obwohl sich die Nährstoffeliminierung in den deutschen Kläranlagen weiter verbessert hat, bleiben die o-Phosphat-Konzentrationen in den Flüssen zu hoch - Grund: diffuse Einleitungen, insbesondere aus der Landwirtschaft!

Diffuser Eintrag in die Spree:

P stammt im Einzugsgebiet der Unteren Spree zu 40...50%, N zu 80% aus diffusen Einträgen

Der Stofftransport vollzieht sich hier im Wesentlichen auf dem Weg über das Grundwasser!

Besonders hoch sind die P-Belastungen der landwirtschaftlich intensiv genutzten Flächen. Die darunterliegenden GW-Schichten sind davon auch betroffen. So wurden i.d.R.

P-Gehalte von 100-200 µg/l registriert

(zum Vergleich: unbelastetes GW: < 20 µg/l P)

nach GELBRECHT et al., 1996

Gelöster Sauerstoff

engl. Dissolved Oxygen (DO)

Die Anwesenheit von Sauerstoff ist von grundlegender Bedeutung für die Aufrechterhaltung aquatischen Lebens und die ästhetische Qualität der Gewässer.

Niedrige Konzentrationen an Gelöstsauerstoff kann Fische und aquatische Biota schädigen. Fische haben nur eine geringe Toleranz gegenüber niedrigen Sauerstoffkonzentrationen, wobei dies sehr stark variiert je nach Spezies, Wachstums-Zyklus (Jungfische/Altfische), Akklimatisierung, Zeit und Temperatur. Kaltwasserfische (z. B. Lachs und Forelle) erfordern deutlich höhere Konzentrationen an Gelöstsauerstoff als Warmwasserfische und -biota.

Für Forellen sollte die Sauerstoffkonzentration in der Regel $\geq 5 \text{ mg O}_2/\text{l}$ sein, weniger anspruchsvolle Fische wie Karpfen oder Welse können Sauerstoffgehalte von $2 \text{ mg O}_2/\text{l}$ überleben und vertragen auch wärmeres Wasser.

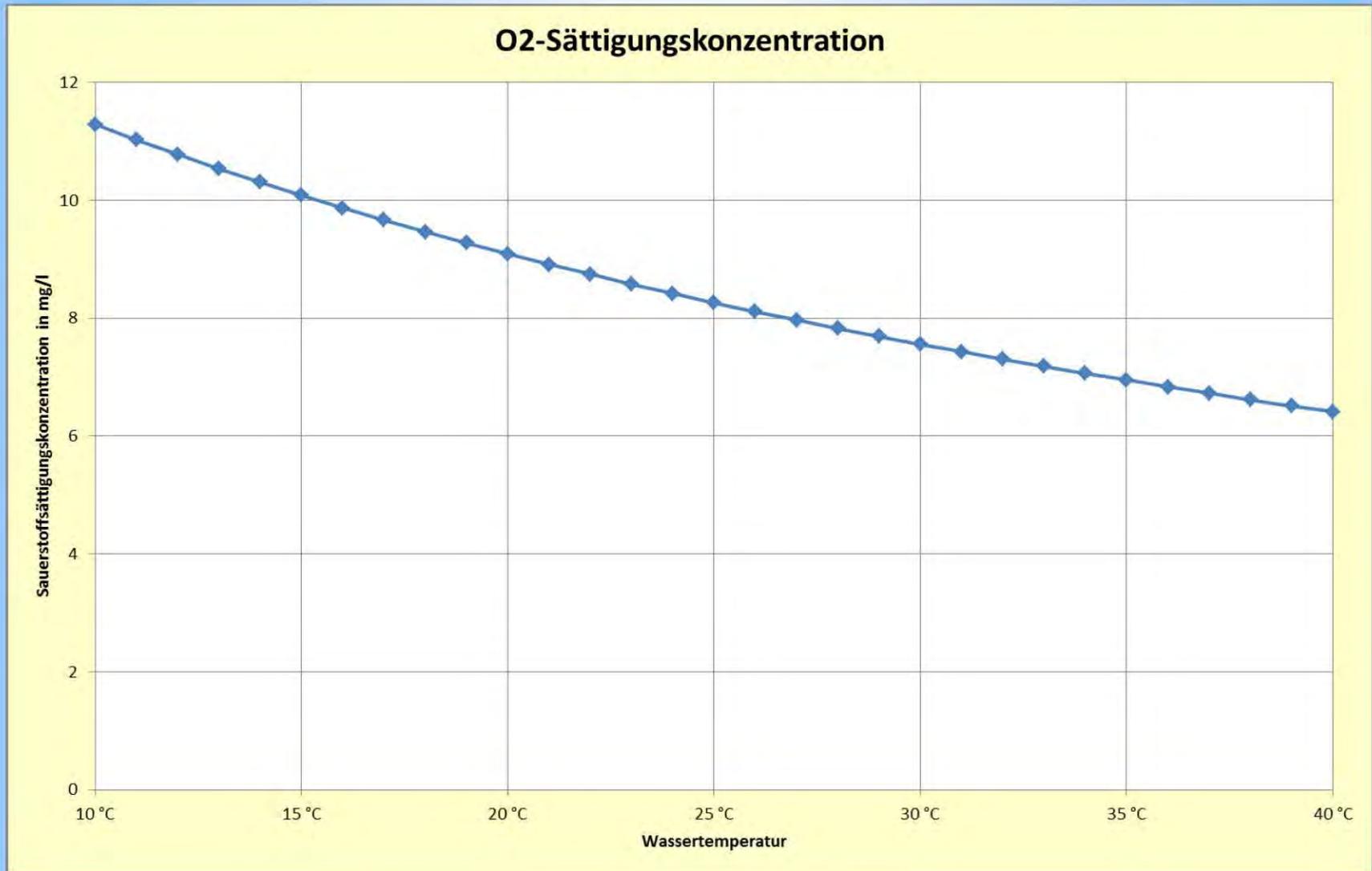
Abwasserwärme / Wassertemperatur

Fast alle Nutzungen von Wasser gehen damit einher, dass dem Wasser bei seiner Verwendung eine mehr oder weniger hohe Wärmemenge zugeführt wird. Die Ableitung von Kühlwasser zielt sogar ausschließlich darauf ab, dass man sich der überschüssigen Wärme durch Ableitung in ein Gewässer entledigt.

Für das aufnehmende Gewässer besteht das Problem darin, dass mit zunehmender Temperatur die physikalische Löslichkeit von Gasen im Wasser abnimmt und sich zwei negative Wirkungen addieren:

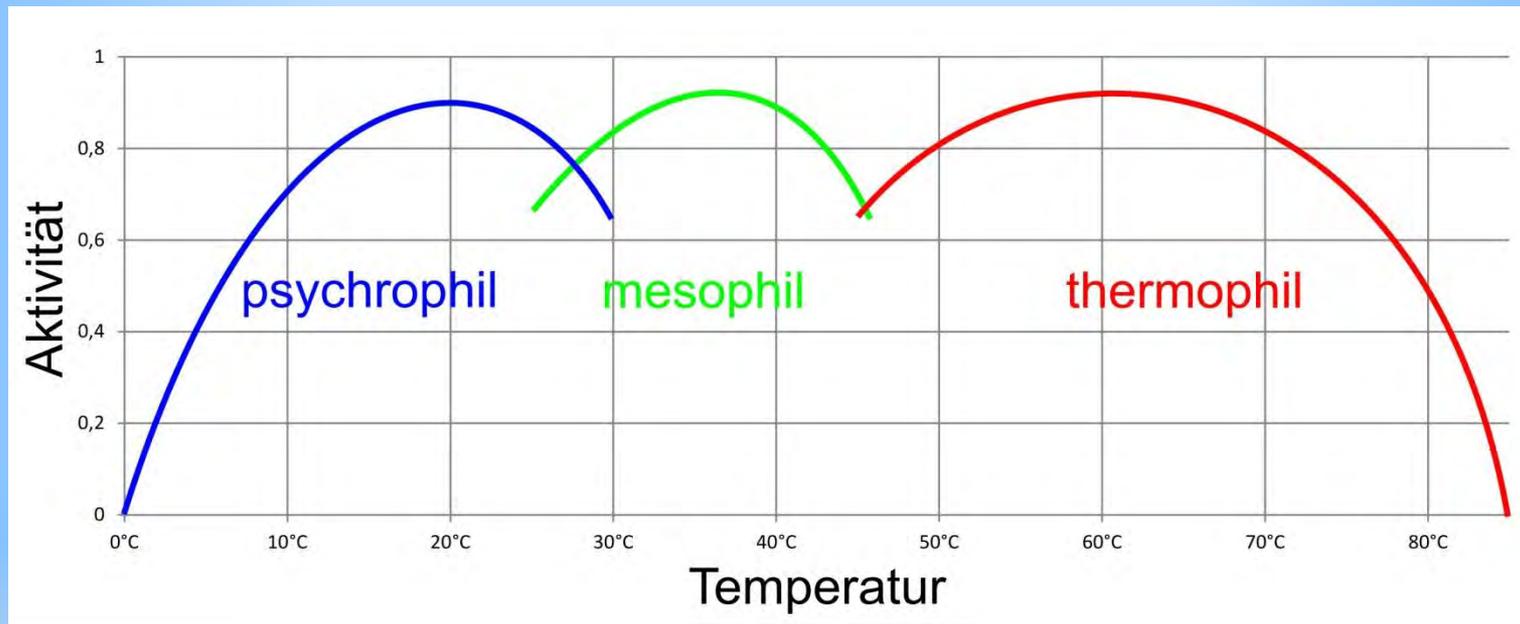
- Herabsetzen der Sättigungskonzentration für Sauerstoff und der Wiederbelüftungsrate
- Beschleunigung der Abbauprozesse und Zunahme der Löslichkeit mineralischer Stoffe (beides führt zu einem höheren Sauerstoffbedarf)

Abwasserwärme / Wassertemperatur



Abwasserwärme / Wassertemperatur

Erhöhte Temperaturen im Gewässer können Stress und Verhaltensänderungen bei Fischen und anderen Wasserorganismen verursachen. Warme Wassertemperaturen können die Zusammensetzung aquatischer Lebensgemeinschaften verändern, zu einer Verringerung der Wachstumsraten führen und das Krankheitsrisiko erhöhen (Kühlwassereinleitungen!). Die meisten Organismen haben bevorzugte Temperaturbereiche, innerhalb derer sie sich vermehren und effektiv konkurrieren können.



Sauerstoffzehrende Substanzen

... sind aufgeführt in Anhang VIII der WRRL: Nicht abschließendes Schadstoffverzeichnis. Im Wesentlichen handelt es sich um

- **organische Substrate**, die als Nährstoffe von den Mikroorganismen verstoffwechselt werden, wobei dem Wasserkörper Sauerstoff entzogen wird (Dissimilation). Diese Stoffe werden sowohl im CSB, TOC und im BSB erfasst.
- **Ammonium**: Bei der Nitrifikation von Ammonium im Fließgewässer würde ein hoher biologischer Sauerstoffverbrauch auftreten, da für die bakterielle Oxidation von 1 mg $\text{NH}_4\text{-N}$ etwa 4,33 mg Sauerstoff benötigt werden. Ammonium wird im $\text{NH}_4\text{-N}$, TKN, TIN, und TN erfasst.
- **Sulfide** und **Eisen(II)-Salze** (nur im CSB erfasst)

Sauerstoffzehrende Substanzen

Durch die fast vollständige Eliminierung des BSB_5 tragen die KA wesentlich dazu bei, dass Sauerstoffzehrung im Gewässer vermieden wird.

Sehr kritisch sind jedoch Mischwasserentlastungen aus den Kanalnetzen zu sehen:

Sie verursachen Sauerstoffzehrung infolge CSB- und $\text{NH}_4\text{-N}$ -Emissionen. CSB aus dem Kanalnetz ist in hohem Maße abbaubar und somit für das Gewässer schädlicher als der überwiegend refraktäre CSB im Ablauf von KA! Bereits im Nahbereich der Einleitungen erfolgt eine deutliche Verminderung des Sauerstoffgehaltes ($\Delta 3 \text{ mg/L}$) durch die Vermischung mit sauerstoffarmem Mischwasser.

(SEGELKE, 2002).

Biologische Abbaubarkeit

Ein wichtiger Maßstab zur Beurteilung eines Stoffes im Hinblick auf den Gewässerschutz ist dessen biologische (oder auch biochemische) Abbaubarkeit.

Beispiele

sehr leicht abbaubar: Essigsäure, Ethanol, Methanol

langsam abbaubar: emulg. Fett, Stärke

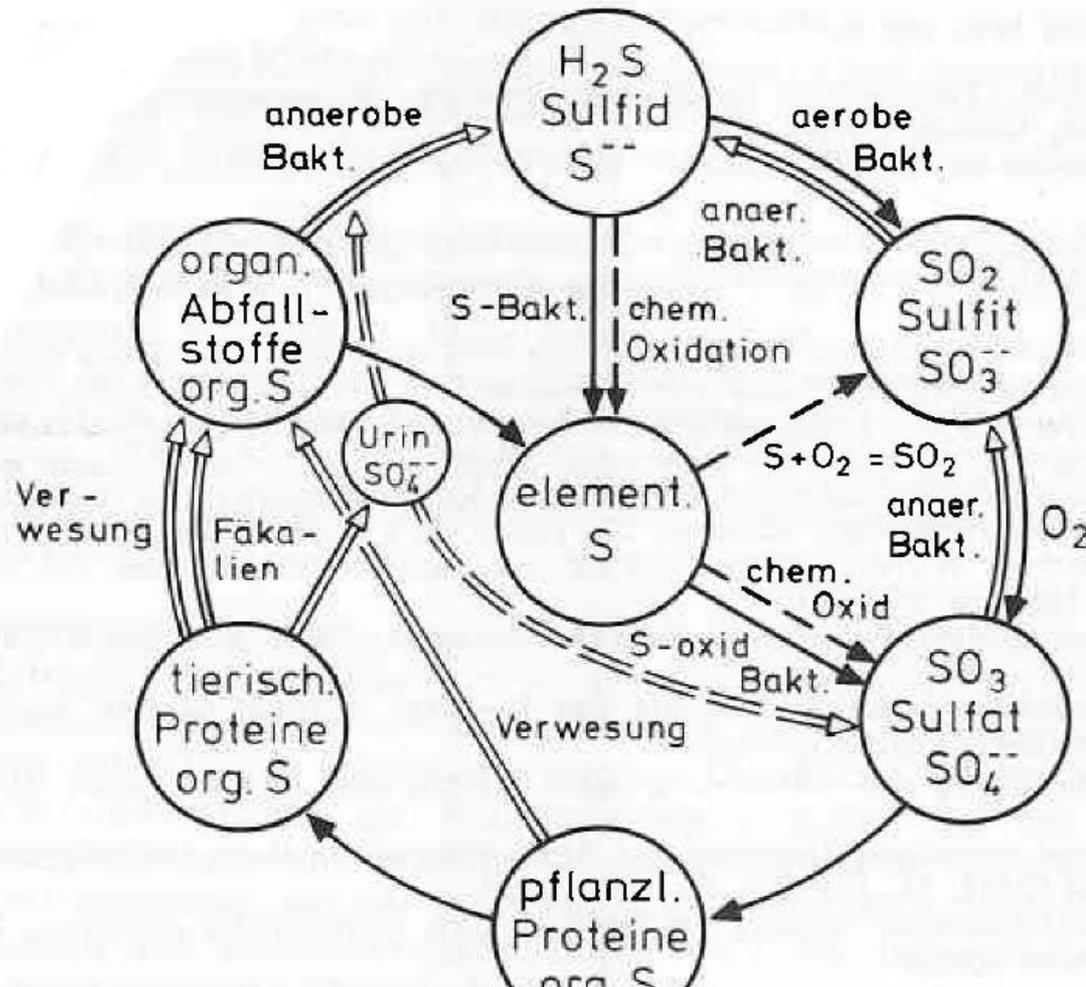
schwer abbaubar: Ethylendiamintetraessigsäure (EDTA),
Cellulose, Huminsäuren

unter Verwendung von KOPPE & STOZEK, 1990

Die gute Abbaubarkeit hat auch eine negative Seite: Gelangen leicht abbaubare Stoffe in größerer Menge in ein Gewässer, setzt sofort ein entsprechender Abbau ein, in dessen Folge eine hohe Sauerstoffzehrung zu verzeichnen ist. Dies ist bei schwer abbaubaren Stoffen nicht zu erwarten.

→ k_1

Sauerstoffzehrende Substanzen



Quellen der Sulfide:

Schwefelwasserstoff in Abwasserkanälen, Abwasser aus der Lederindustrie, dort eingesetzt z. B. als Enthaarungsmittel.

Sulfid wird hauptsächlich durch Reduktion von Sulfat gebildet (Desulfurikation) und zu einem kleineren Teil durch den aeroben oder anaeroben mikrobiellen Abbau organischer Schwefelverbindungen.

Qualitativer Stoffumsatz in geschlossenen Leitungen: Nach der Zehrung des Sauerstoffs wird der Sauerstoff des gelösten Nitrats von den Bakterien veratmet. Man nimmt an, dass danach die Reduzierung des Sulfats beginnt

Frage an die Bauingenieure: Welcher Baustoff wird von Schwefelverbindungen besonders geschädigt ?

Schwebstoffe (abfiltrierb./absetzb. Stoffe)

engl. Total Suspended Solids (TSS)

Schwebstoffe verursachen eine Trübung des Wassers. Dies wird in der Online-Überwachung genutzt, indem die Lichtdurchlässigkeit gemessen wird. Die Ergebnisse der Trübungsmessung korrespondieren sehr gut mit der Konzentration feinteiligen suspendierten Materials im Wasser.

Schwebstoffe können das Leben im Gewässer direkt beeinflussen, indem sie sensible Organismen schädigen oder sich auf den Laich- und Futterplätzen der Fische absetzen bzw. Schädigungen an den Kiemen oder Flossen der Fische hervorrufen (Beispiel: Verockerung der Spree).

Schwebstoffe im Gewässer reduzieren die Einstrahlung von Sonnenlicht und beeinträchtigen dadurch die Photosynthese. Schwebstoffe führen zu erhöhter mechanischer Abnutzung der Pumpen in Wasserversorgungs- und Verteilungssystemen. Toxische Verbindungen können sich an Schwebstoffen anlagern → werden über weite Entfernungen verfrachtet!

Hohe Schwebstoffkonzentrationen beeinträchtigen Erholungswert eines Gewässers.

Eutrophierende Stoffe (P, N)

Sowohl Phosphor als auch Stickstoff sind essentielle Nährstoffe für das Wachstum der Wasserpflanzen.

Die Nährstoffanreicherung in Oberflächengewässern kann übermäßiges Wachstum von Algen und Wasserpflanzen nach sich ziehen. Dies führt zu großen täglichen Schwankungen der Sauerstoffkonzentration, weil eine übermäßige Biomasseproduktion während des Tages durch übermäßigen Verbrauch von Sauerstoff gekennzeichnet ist. Dem folgt ein Absterben, wenn die Photosynthese aufgrund von Sauerstoffmangel eingestellt wird.

Auch das saisonale Absterben der Vegetation durch Frost kann einen großen Sauerstoffbedarf hervorrufen und Fische und Wasserorganismen ersticken. Übermäßige Biomasseproduktion schafft Hindernisse für Angeln und Bootfahren. Der Betrieb von Wasserversorgungsanlagen kann davon betroffen werden, wenn z. B. die Vegetation derart überhand nimmt, dass Blätter und Wurzeln die Entnahmeeinrichtungen und Motoren verstopfen.

Zum Stickstoff: Wo liegt das Problem bei Nitrat im Trinkwasser?

Welche Gefahren gehen von hohen Ammoniak-Konzentrationen im Wasser aus?

Eutrophierende Stoffe (P, N)

Phosphor ist wichtig für das Wachstum von Algen und anderen Wasserorganismen. Ist Phosphor in der aquatischen Umwelt im Überschuss vorhanden, führt das zu ernststen Problemen wie Algenblüten und Fischsterben.

Stickstoff ist ein komplexes Element, das in sieben Oxidationsstufen vorkommen kann.

Aus Sicht der Wasserqualität sind folgende stickstoffhaltigen Verbindungen von besonderem Interesse: organischer Stickstoff, Ammoniak/Ammonium, Nitrit, Nitrat und Stickstoffgas (siehe nebenstehende Tabelle).

Gesamtstickstoff Total Nitrogen (TN)					
Gesamter anorganischer Stickstoff Total Inorganic Nitrogen (TIN)			Gesamter organischer Stickstoff Total Organic Nitrogen (TON)		
			Gesamter Kjeldahl-Stickstoff Total Kjeldahl Nitrogen (TKN)		
gasförmiger Stickstoff	Nitrit	Nitrat	Ammonium	Gelöster organischer Stickstoff Dissolved Organic Nitrogen (DON)	Partikulärer organischer Stickstoff Particulate Organic Nitrogen (PON)
Leicht zugänglich (bioverfügbar) für Wasserpflanzen und andere -organismen				Bioverfügbar erst nach mikrobiellem Abbau	

Eutrophierende Stoffe (P, N)

Phosphor:

Die Haupt-Phosphatquelle stellt die Verwitterung der Gesteine dar. Die P-Zufuhr in die Gewässer ist somit insgesamt eher klein.

Weil P aber in den meisten Gewässern der limitierende Nährstoff ist, kommt P dennoch große Bedeutung beim Gewässerschutz zu.

Bis etwa Mitte der 80'er Jahre spielten die Wasch- und Reinigungsmittel noch eine große Rolle beim Phosphat-Eintrag. Nach Ersatz der Phosphate durch andere waschaktive Substanzen ist das heute kein Problem mehr. Der Anteil der Phosphateinträge durch Wasch- und Reinigungsmittel ging seit Mitte der 70er Jahre von 40 % auf nahezu Null herunter.

Phosphor ist ein essenzieller Pflanzennährstoff, der knapper wird und nicht durch andere Elemente ersetzt werden kann. Man schätzt, dass sich rund zehn Prozent des Phosphorbedarfs der deutschen Landwirtschaft aus Klärschlamm zurückgewinnen lassen (ca. 90% des P im KA-Zulauf „landen“ im Klärschlamm).

Eutrophierende Stoffe (P, N)

Phosphor:

Im Gegensatz zu C- und N-Verbindungen wird P als Phosphat im biogeochemischen Kreislauf nicht oxidiert bzw. reduziert, sondern kommt lediglich in vier verschiedenen Fraktionen vor:

- dem anorganischen gelösten Phosphat (kürzer- oder länger-kettige Phosphate),
- dem anorganischen schwer löslichen Phosphat (an Ca und Fe gebunden),
- dem organisch löslichen Phosphat (z. B. Zuckerphosphate aus dem Stoffwechsel)

und

- dem organisch partikulären Phosphat (in Organismen und Detritus).

(nach BUSCH, UHLMANN & WEISE, 1983)

Eutrophierende Stoffe (P, N)

Ammoniumstickstoff ($\text{NH}_4\text{-N}$):

- Im Sediment von Gewässern kommt Ammonium - im Gegensatz zum Nitrat - stets in sehr großen Mengen vor.
- Ammonium kann, je nach pH-Wert des Wassers, schon bei Konzentrationen weit unter 1 mg N pro Liter fischtoxisch sein.
- Bei der Nitrifikation von Ammonium im Fließgewässer würde ein hoher biologischer Sauerstoffverbrauch auftreten, da für die bakterielle Oxidation von 1 mg $\text{NH}_4\text{-N}$ etwa 4,33 mg Sauerstoff benötigt werden (→ Sauerstoffzehrung!).
- Bei der Ammonium-Oxidation entstünden größere Mengen an Nitrit, das bereits in geringen Mengen ebenfalls toxisch wirkt. Für die Regenbogenforelle (*Salmo gairdneri*) beträgt die LC_{50} je nach Fischgewicht etwa 0,2 mg $\text{NO}_2\text{-N}$ pro Liter.

(nach BESCH et al., 1992)

pH-Wert

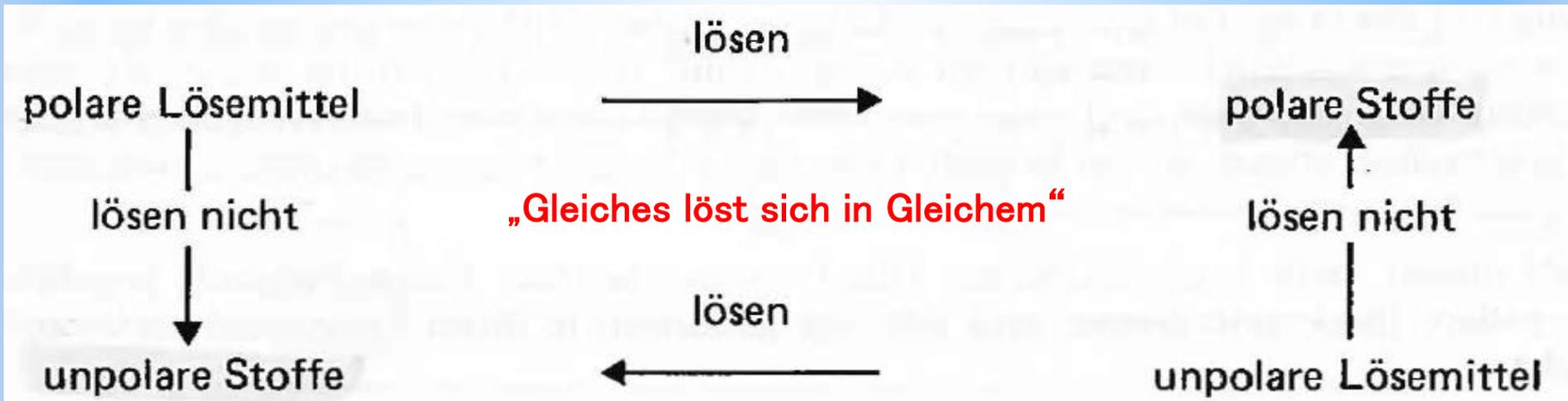
Der pH repräsentiert bekanntlich die Konzentration der Wasserstoffionen in Wasser und ist somit ein Maß für die Acidität des Wassers.

Wird das Wasser basischer, steigt der pH-Wert, wird das Wasser saurer, nimmt der pH-Wert ab.

Der pH-Wert beeinflusst die Reaktionen und Gleichgewichtsbeziehungen vieler Chemikalien. Viele biologische Systeme funktionieren nur in einem relativ engen pH-Bereich (in der Regel 6,5 bis 8,5). Fische und andere aquatische Arten bevorzugen einen pH-Wert in der Nähe von neutral (7), können aber einem pH-Wert im Bereich von etwa 6 bis 8,5 standhalten.

Ein niedriger pH-Wert im Wasser hemmt die enzymatische Aktivität in aquatischen Organismen. Ändert sich der pH-Wert, kann sich die Toxizität vieler Verbindungen verändern. Die Löslichkeit vieler Metalle sowie anderer Verbindungen wird vom pH-Wert beeinflusst, was zu einer erhöhten Toxizität im unteren pH-Bereich führt.

Polare und unpolare Substanzen



polar - hydrophil
d. h. gleichzeitig lipophob
(bleiben in der Wasserphase)

Beispiele für polare Stoffe:
Alkohole (z. B. Ethanol), Ketone
(z. B. Aceton), Nonyl- und
Octylphenol (endokrine Stoffe!),
viele Pharmaka, Tenside und
Pestizide

unpolar – hydrophob
d. h. gleichzeitig lipophil
(reichern sich im Klärschlamm an)

Beispiele für unpolare Stoffe:
Benzol, Toluol, Benzin,
Mineralöl, Diesel, PAK, PCB

n-Oktanol-Wasser-Verteilungskoeffizient

Der Übergang von der unpolaren in die polare Phase einer Flüssigkeit kann durch den **n-Oktanol-Wasser-Verteilungskoeffizienten** nachgebildet werden. Zum ersten Mal wurde 1900 in der pharmazeutischen Forschung mit diesem Koeffizienten gearbeitet und die Aufnahme von unpolaren Medikamenten in Organismen untersucht. Das wasserunlösliche organische Lösungsmittel n-Oktanol wurde als Ersatz für Organismen oder Organismenanteile eingesetzt, um die Akkumulation der Medikamente aus der Wasserphase zu studieren. Da für umweltrelevante Fragestellungen die Verteilung eines Stoffes im Wasser und in der organischen Phase (Matrizes wie Humus oder natürlich vorkommende organische Schwebstoffe, Sedimente etc.) gleichermaßen von hohem Interesse ist, wird der n-Oktanol-Wasser-Verteilungskoeffizient auch hier als Kriterium der Verteilung zwischen Wasser und einem organischen Medium verwendet. Weil der Oktanol-Wasser-Verteilungskoeffizient gleichzeitig als Ausdruck der Lipophilie (Fettlöslichkeit) eines chemischen Stoffes gewertet werden kann, eignet er sich auch zur Abschätzung der Bioakkumulation.

n-Oktanol-Wasser-Verteilungskoeffizient

$$K_{OW} = \frac{\text{In } n - \text{Oktanol gelöster Anteil der Substanz}}{\text{In Wassergelöster Anteil der Substanz}}$$

Substanz besser in n-Oktanol löslich

$K_{ow} > 1 \rightarrow \log K_{OW}$ positiv
(\rightarrow lipophiles Verhalten)

Substanz besser in Wasser löslich

$K_{ow} < 1 \rightarrow \log K_{OW}$ negativ
(\rightarrow hydrophiles Verhalten)

Wie groß ist $\log K_{OW}$, wenn sich eine Substanz 1.000-mal besser in n-Oktanol als in Wasser löst?

$$K_{OW} = \frac{1.000 \text{ Massenanteile der Substanz}}{1 \text{ Massenanteil der Substanz}} = 1.000 \rightarrow \log K_{OW} = 3$$

n-Oktanol-Wasser-Verteilungskoeffizient

Beurteilung der Bioakkumulation einer Substanz:

- $\log K_{OW} < 1$: Bioakkumulation ist nicht zu erwarten
- $1 < \log K_{OW} < 3$: kein nennenswertes Bioakkumulationspotential
- $\log K_{OW} > 3$: nennenswertes Bioakkumulationspotential

Das hat in der Abwasserbehandlung Konsequenzen hinsichtlich der möglichen Eliminierungswege: Während z.B. in Belebungsanlagen hydrophile Stoffe dem mikrobiologischen Abbau zugänglich sind, können hydrophobe Stoffe vorwiegend nur im Wege der Sorption an den Belebtschlamm gebunden werden (oder sind durch gezielte Vor- oder Nachbehandlung zu eliminieren).

Bioakkumulation / Biomagnifikation

Als **Bioakkumulation** bezeichnet man die Anreicherung von Schadstoffen in Organismen bzw. in deren Organen oder Geweben. Sie wird gemessen mit dem Biokonzentrationsfaktor (BCF), der proportional zum Oktanol-Wasser-Verteilungskoeffizient ist.

Abschätzen BCF:

$$BCF \approx (\log P_{OW} - 2,6) \cdot 300$$

Stoff	Dampfdruck (hPa)	Löslichkeit (mg/L Wasser)	log P _{ow}	BCF (Fisch)
Tetrachlorethen	19	150	2,60	0,5
1,2-Dichlorbenzol	0,8	49	3,39	210
Pentachlorphenol	$1,5 \cdot 10^{-4}$	14	5,01	475
Hexachlorbenzol	$1,5 \cdot 10^{-5}$	0,006	6,18	3740

Als **Biomagnifikation** bezeichnet man die Zunahme der Akkumulationen von niederen zu höheren Gliedern in einer Nahrungskette (z. B. Phytoplankton → Zooplankton → Friedfisch → Raubfisch),

nach KOPPE & STOZEK, 1990 und BESCH et al., 1992

Persistente Stoffe

Als **persistent** oder **refraktär** werden schwer abbaubare Stoffe bezeichnet. Unter den zahlreichen organischen Verbindungen, die in die Gewässer gelangen können, gelten die Substanzen als besonders gefährlich, die wegen ihrer geringen biologischen Abbaubarkeit persistieren, die sich in Organismen anreichern können (Bioakkumulation) und schließlich, die auf Organismen schädlich einwirken, d.h.:

Am gefährlichsten sind die Stoffe, die **gleichzeitig Persistenz**, **Bioakkumulation** und **Toxizität** aufweisen.

Beispiel

Polychlorierte Biphenyle (PCB's, Einsatz z. B. als Hydrauliköl, Trafoöl)

Toxizität

„Alle Dinge sind Gift, und nichts ist ohne Gift; allein die Dosis machts, dass ein Ding kein Gift sei.“

In aller Regel unterscheidet sich jedoch die toxische Wirkung eines Stoffes bei verschiedenen Lebewesen. Es ist bei weitem nicht so, dass der Mensch am empfindlichsten reagiert. Deshalb müssen alle schützenswerten Habitate und deren Lebewesen berücksichtigt werden, wenn darüber zu entscheiden ist, welche Stoffkonzentrationen einem Gewässer zugemutet werden können.



<http://de.wikipedia.org/wiki/Paracelsus>

Giftstoff	LD ₅₀ (Mensch) mg/kg	LC ₅₀ (Fisch) mg/l
Blausäure (HCN)	1	10 ⁻¹
2,3,7,8-Tetrachlordibenzodioxin	10 ⁻³	10 ⁻⁴
Botulinus-Toxin (Protein)	10 ⁻⁶	10 ⁻⁴

aus KOPPE & STOZEK, 1990

Henry-Konstante

Die Henry-Konstante beschreibt die Verteilung einer Komponente zwischen Luft und Wasser und ist definiert als der Quotient der Konzentration eines Stoffes in der Gas- und der wässrigen Phase im Gleichgewichtszustand.

Sie stellt ein Maß für die Flüchtigkeit des betreffenden Stoffes dar. Verbindungen mit hohen Dampfdrücken und hohen Aktivitätskoeffizienten in Wasser haben hohe Werte der Henry-Konstante, d. h. der Übergang von der Wasser- in die Luftphase wird bevorzugt.

Die Henry-Konstante ermöglicht auch eine Beurteilung der Strippung aus der wässrigen Phase: Je höher die Henry-Konstante, desto besser ist ein Stoff strippbar, z. B.

- Tetrachlorkohlenstoff Henry-Konstante 29,3 - gut strippbar,
- Phenol 0,0014 - nicht strippbar).

Henry-Konstante

Der umgekehrte Übergang, der sich z.B. als Auswaschung von Schadstoffen aus der Atmosphäre durch den Niederschlag darstellt, ist im Sinne des Gewässerschutzes ebenfalls wichtig.

Bei polaren Substanzen, die einen geringen Dampfdruck haben (z.B. Methylalkohol), findet kaum ein Übergang in die Luftphase statt.

Bei unpolaren, hydrophoben Verbindungen wie PAK und PCB ist der Phasenübergang, der in einer teilweisen Auswaschung dieser Stoffe aus der Atmosphäre resultiert, ein Prozess, der mehrere Einflussfaktoren aufweist (z.B. Vorkommen der Verbindungen, also partikulär gebunden oder "gelöst"). Analoges gilt bei der Absorption (Gaswäsche).

Einige Werte:

Molekulargewicht

Wasserlöslichkeit

Octanol-Wasser-Verteilungskoeffizient

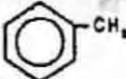
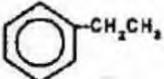
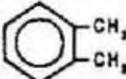
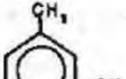
Dampfdruck

Henry-Konstante

Verbindung	Abkürzung	M[g]	S (S ⁺) ^{a)} [mg/L]	logK _{ow}	p ⁰ [kPa]	H [-]	
Chlorierte aliphatische Kohlenwasserstoffe							
Dichlormethan	DCM	84,9	19 500	1,15	59,7	0,11	
Trichlorethen	TCE	131,4	1 200	2,42	9,90	0,44	
Tetra(Per)chlorethen	PCE	165,8	150	2,88	2,55	1,13	
Dibromethan	EDB	187,9	1 700	–	0,273	0,012	
Aromatische Kohlenwasserstoffe							
Benzol	B	78,1	1 780	2,13	12,8	0,23	
Toluol	T	92,1	520	2,69	3,85	0,28	
o-Xylol	X	106,2	185	3,12	0,903	0,21	
Pentachlorphenol	PCP	266,4	14	5,01 ^{b)}	1,5 × 10 ^{-5b)}	(3,6 × 10 ^{-4c)}	
Polyzyklische Aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK)							
Naphthalin	Nap	128,2	31,5	(112)	3,36	0,0106	0,017
Fluoren	Fl	166,2	1,82	(13,8)	4,18	8,0 × 10 ⁻⁵	(2,9 × 10 ⁻³)
Phenanthren	Phen	178,2	1,12	(6,18)	4,57	1,6 × 10 ⁻⁵	(1,0 × 10 ⁻³)
Fluoranthren	Fla	202,3	0,237	(1,68)	5,22	1,3 × 10 ⁻⁶	(4,3 × 10 ⁻⁴)
Benzo(a)anthracen	BaA	228,3	0,0112	(0,25)	5,91	2,9 × 10 ⁻⁸	(2,3 × 10 ⁻⁴)
Benz(a)pyren	BaP	252,3	0,0015	(0,05)	6,50	7,3 × 10 ⁻¹⁰	(4,9 × 10 ⁻⁵)
Dimethylphthalate	DMP	194,2	4 250		1,53		
Di-n-butylphthalate	DBP	278,3	9,4		4,57		
Di-2-ethyl-hexylphthalat	DEHP	390,6	0,285	(0,04)	7,86	9,64	

aus SEILER, 2001

Monozyklische aromatische KW (BTEX)

chemicals	molecular structure	molecular wt	water solubility (g/L, 25 °C)	dipole polarity (Debye)	K_{ow}^a
benzene		78	1.77	0	132
toluene		92	0.53	0.37	537
ethylbenzene		106	0.16	0.59	891
<i>o</i> -xylene		106	0.17	0.64	1318
<i>m</i> -xylene		106	0.16	≈0	1585
<i>p</i> -xylene		106	0.18	0	1412

aus LO & YANG, 2001

Polyzyklische aromatische KW (PAK)

engl. *Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAH)*

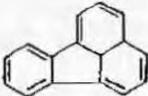
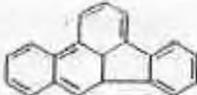
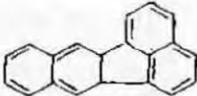
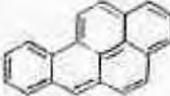
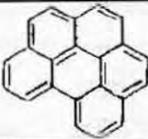
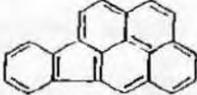
Bei der Pyrolyse von Holz, Kohle, Heizöl und Kraftstoff werden beträchtliche PAK-Mengen freigesetzt. Als Hauptemittenten sind daher kohle- und ölbetriebene Kraftwerksanlagen, Heizungsanlagen der Haushalte, Abfallverbrennungsanlagen und natürlich die Kraftfahrzeuge anzusprechen.

Mit dem fallenden Niederschlag gelangen diese Substanzen aus der Luft auf den Erdboden und somit auch ins Grund- und Oberflächenwasser (z. T. auch auf dem „Umweg“ über Kanalisation und Kläranlage).

Früher glaubte man, dass alle PAK wasserunlöslich seien. Im Zuge der Fortschritte der Analytik hat sich dies inzwischen als unzutreffend herausgestellt. Erwartungsgemäß nimmt die Wasserlöslichkeit mit der Anzahl der ringförmigen Verbindungen ab.

nach KOPPE & STOZEK, 1990

Polyzyklische aromatische KW (PAK)

Name (IUPAC)	Summenformel	Schematische Strukturformel	Ringzahl	Molmasse g/mol	Schmelzpunkt °C	Siedepunkt
Fluoranthen	$C_{16}H_{10}$		4	202,16	110	389
Benzo(b)fluoranthen	$C_{20}H_{12}$		5	252,32	167	—
Benzo(k)fluoranthen	$C_{20}H_{12}$		5	252,32	213	481
Benzo(a)pyren	$C_{20}H_{12}$		5	252,32	177	496
Benzo(ghi)perylen	$C_{22}H_{12}$		6	276,34	278	500
Indeno(1,2,3-cd)pyren	$C_{22}H_{12}$		6	276,34	—	—

aus KOPPE & STOZEK, 1990

Chlororganische Verbindungen (AOX)

Der AOX-Wert ist die Summe der Konzentrationen aller aus einer Wasserprobe an Aktivkohle adsorbierbaren organischen Halogen-Verbindungen der Elemente Chlor, Brom und Jod, ausgedrückt als mg/l Chlorid.

Eine Zuordnung dieses Summenparameters zu definierten Einzelsubstanzen ist meist nicht möglich. Da hydrophobe organische Halogenverbindungen gegenüber den hydrophilen organischen Halogenverbindungen bevorzugt adsorbiert werden, erfasst der Summenparameter AOX in erster Linie die halogenierten Kohlenwasserstoffe. Viele dieser Substanzen sind krebserzeugend (cancerogen) und schwer abbaubar.

Beispiele

- Trichlorethylen;
- Tetrachlorethylen;
- 1,1,1-Trichlorethan;
- Dichlormethan;
- Chloroform;
- Vinylchlorid;
- polychlorierte Biphenyle (PCB's);
- Pentachlorphenol (PCP)

AOX kann auch gebildet werden, wenn aktivchlorhaltige Reinigungsmittel (z. B. Natriumhypochlorit) mit organischen Stoffen in Kontakt kommen!

Chlororganische Verbindungen (AOX)

Eigenschaften
ausgewählter
CKW's

Summenformel Allgem. übliche Bezeichnung Wissenschaftl. Bezeichnung	Dichte bei 20°C $\times 10^3$	Kinematische Zähigkeit bei 20°C $\times 10^{-6}$	Dampfdruck bei 20°C	Wasserlöslich- keit bei 20°C	Oberflächen- spannung in Luft bei 25°C $\times 10^{-3}$	Octanol-Wasser- Verteilungs- koeffizient K_{ow} bei 20°C	Siedepunkt bei 1 bar
	kg/m ³	m ² /s	mbar	g/m ³	N/m	—	°C
C_2HCl_3 Trichlorethylen (TRI) Trichlorethen	1,5	0,40	77	1100	32	195	87
C_2Cl_4 Tetrachlorethylen (PER/TETRA) Tetrachlorethen	1,6	0,54	19	160	32	398*	121
$C_2H_3Cl_3$ 1,1,1-Trichlorethan (Methylchloroform) 1,1,1-Trichlorethan	1,3	0,65	133	1300*	26	309*	74
CH_2Cl_2 Methylenchlorid Dichlormethan	1,3	0,32	473	~20 000	28	17,8*	40

aus UMBW, 1990

Schwermetalle

Als Schwermetalle werden Metalle mit einem spezifischen Gewicht von über $5,0 \text{ g/cm}^3$ bezeichnet. Einige Schwermetalle sind in geringen Mengen lebensnotwendig (z.B. Eisen, Kupfer, Zink - sogenannte Spurenelemente). Viele Schwermetalle wirken giftig auf Mensch, Tier und Pflanze (z.B. Quecksilber, Cadmium).

Beispiele

- Blei,
- Cadmium,
- Chrom,
- Eisen,
- Kupfer,
- Mangan,
- Nickel,
- Quecksilber,
- Zinn,
- Zink

Die toxische Wirkung von Schwermetallverbindungen wurde international bekannt durch die Minamata- und Itai-Itai-Krankheit (chronische Quecksilber- bzw. Cadmium-Vergiftung).

International bekannt wurde auch die Grundwasserkontamination mit Chrom(VI) durch das US-Unternehmen Pacific Gas and Electric (in "Erin Brockovich", mit Julia Roberts verfilmt).

Schwermetalle

Itai-Itai-Krankheit

„... (wörtlich: „Aua-Aua-Krankheit“ wegen der auftretenden starken Schmerzen) ist eine chronische Vergiftung durch Cadmium, die im Jahre 1950 in der Präfektur Toyama, Japan auftrat. Die Cadmiumvergiftung verursachte neben starken Schmerzen auch Knochenerweichung und Nierenversagen und endete oft tödlich. Die Itai-Itai-Krankheit wurde durch Bergwerke hervorgerufen, in denen Silber, Blei, Kupfer und Zink gewonnen wurde. Dabei gelangten auch größere Mengen Cadmium in den Fluss Jinzū. Das Flusswasser wurde zur Bewässerung der Reisfelder und als Trink- und Waschwasser benutzt, ebenso wurde der Fluss stark befischt. Durch den cadmiumbelasteten Reis und Fisch sammelte sich allmählich Cadmium im Körper der Menschen an. Cadmium akkumuliert in der Niere und schädigt sie, so dass auch sonst filtrierte Proteine mit dem Harn ausgeschieden werden. So wird auch Calcium nicht in ausreichendem Maße rückresorbiert und ausgeschieden. Gleichzeitig bedingt Cadmium im Darm die verminderte Resorption des Calciums, das unabdingbar für den Knochenbau ist. Um diese Verluste zu kompensieren, wird nun vermehrt Calcium aus den Knochen mobilisiert, was zu spröden Knochen und damit zur Osteoporose führt...“

<http://de.wikipedia.org/wiki/Itai-Itai-Krankheit>

Schwermetalle

Minamata-Krankheit

„...ist eine chronische Vergiftung durch organische Quecksilber-Verbindungen (Quecksilbervergiftung), die erstmals Mitte der 1950er Jahre entlang der japanischen Yatsushiro-See in der Umgebung der Stadt Minamata auftrat. Symptome sind zunächst nur Müdigkeit, Kopf- und Gliederschmerzen, später Ataxie, Lähmungen, Psychosen, in schweren Fällen Koma. Die Krankheit endete dann nicht selten tödlich.

Minamata wurde dabei weltweit zum Begriff für Umweltschäden durch unkontrollierte Verklappung von Abfällen, als sich in dem Ort Mitte der 1950er Jahre Schädigungen am zentralen Nervensystem von Menschen und Tieren zeigten, die bald auf die Aufnahme von aus Lebensmitteln und Trinkwasser zurückgeführt werden konnten. Der Chemiekonzern Chisso, der am Ort eine Acetaldehyd-Anlage unterhielt, stritt zunächst jeden Zusammenhang ab, obwohl er in eigenen Versuchsreihen bereits festgestellt hatte, dass das Abwasser aus der Acetaldehyd-Produktion genau die beobachteten Symptome an Tieren hervorrief. Die Quecksilberverbindungen wurden als Katalysator zur Acetaldehyd-Herstellung verwendet...“

<http://de.wikipedia.org/wiki/Minamata-Krankheit>

Schwermetalle



Opfer der Itai-Itai-Krankheit



Opfer der Minamata-Krankheit

Schwer-, Halb- und Edelmetalle

Neben den Schwermetallen **Cadmium, Chrom, Kupfer, Blei, Quecksilber, Nickel** und **Zink** sind auch die Halbmetalle **Arsen** und **Selen** sowie das Edelmetall **Silber** gewässerökologisch bedeutsam.

Alle diese Stoffe sind persistent und reichern sich in der Nahrungskette an (hohes Bioakkumulationspotenzial).

Potenzielle Quellen aller dieser elementaren Schadstoffe sind Branchen wie Galvanik, Batterieherstellung, verarbeitendes Gewerbe, Bergbau, Verhüttung und Raffination.

Schwer-, Halb- und Edelmetalle

Hohe Konzentrationen von Cadmium werden außer mit Osteoporose auch mit Leber- und Nierenschäden in Verbindung gebracht. Letzteres gilt auch für Chrom.

Hohe Konzentrationen von Quecksilber können zu Störungen des zentralen Nervensystems und zu Nierenschäden führen (siehe Minamata).

Hohe Konzentrationen von Arsen rufen toxische Wirkungen an Haut- und Nervensystem hervor.

Blei kann zu Schäden des zentralen Nervensystems und der Niere führen, es ist hochgiftig für Säuglinge und schwangere Frauen.

Hohe Konzentrationen von Selen verursachen Magen-Darm-Erkrankungen und hohe Konzentrationen von Silber können zu Verfärbungen der Haut führen.

Salze

Die meisten Salze lösen sich molekular oder dissoziieren zu Ionen. Einige, im Gewässer wichtige, organische und anorganische Stoffe, wie Huminsäuren, Kieselsäure, Eisen-III-oxidhydrat, lösen sich kolloidal.

aus SCHWOERBEL, 1984

NaCl	35,9
Na ₂ CO ₃	21,6
Na ₂ SO ₄ · 10 H ₂ O	19,1
KCl	34,4
KNO ₃	31,5
NH ₄ NO ₃	188
MgCl ₂ · 6 H ₂ O	54,3
MgCO ₃	0,011
CaCl ₂ · 6 H ₂ O	74,5
Ca(HCO ₃) ₂	16,6
CaSO ₄ · H ₂ O	0,204
Ca(OH) ₂	0,118
CaCO ₃ (Calcit)	$1,4 \cdot 10^{-3}$
Ca ₃ (PO ₄) ₂	$4 \cdot 10^{-4}$
FeSO ₄ · 7 H ₂ O	26,6
FeCl ₃ · 6 H ₂ O	91,9
Fe(OH) ₃ amorph (pH 7)	$3,4 \cdot 10^{-6}$ (25°C)
MnCl ₂ · 4 H ₂ O	73,5
Mn(HCO ₃) ₂ in CO ₂ ges. H ₂ O	0,05
MnO(OH) ₂	$4,3 \cdot 10^{-5}$
Al ₂ (SO ₄) ₃ · 18 H ₂ O	36,3
Al ₂ O ₃ · 3 H ₂ O	$1,5 \cdot 10^{-4}$
SiO ₂ amorph	0,012

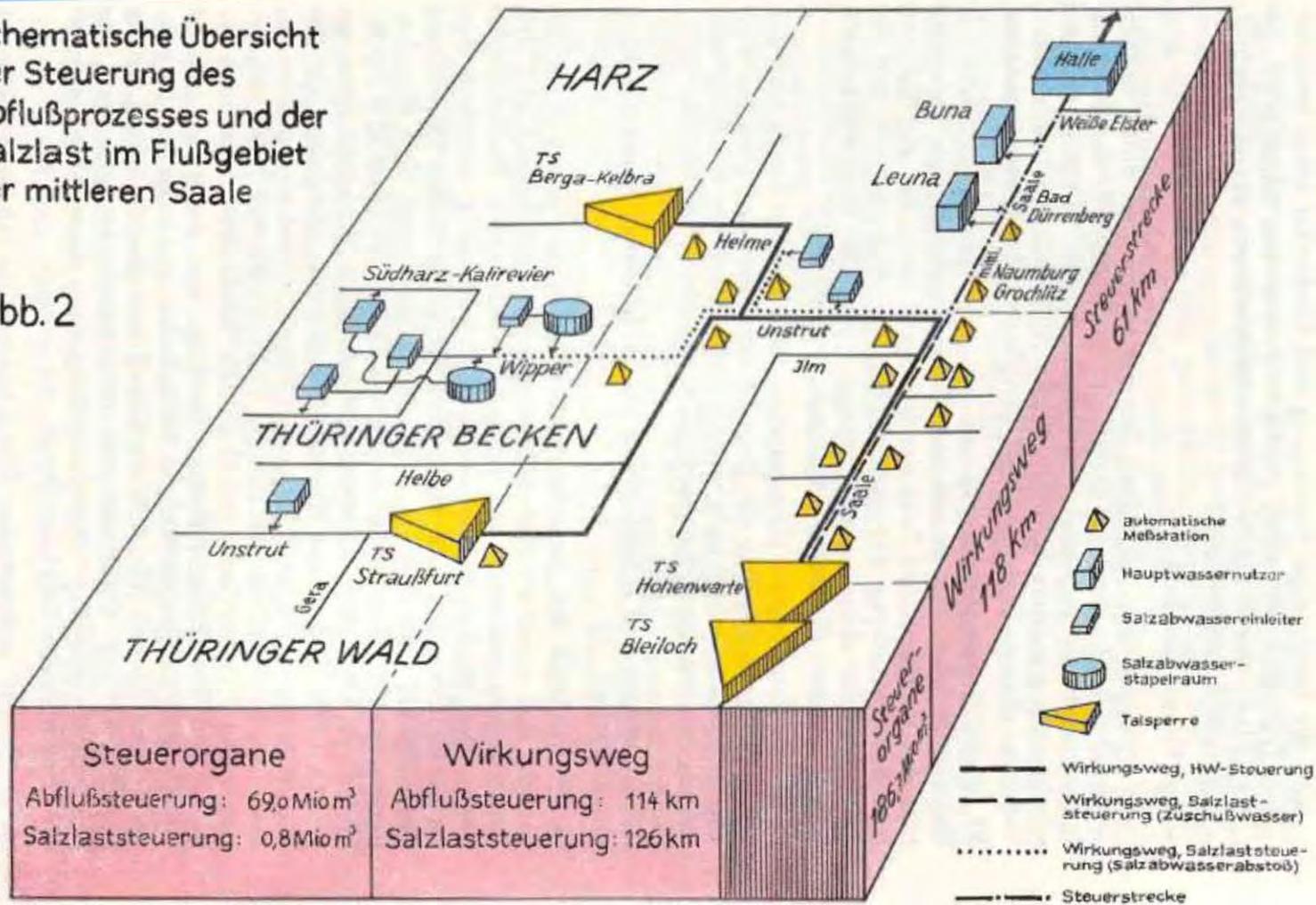
Löslichkeit einiger Salze im Wasser bei 20°C (in g/100 g Wasser)

Die Belastung der Binnengewässer in D mit Salzen stellt heute kein Problem mehr dar. Das war aber nicht immer so: Bis Mitte der 90'er Jahre waren Werra und Weser mit einem Chlorid-Gehalt von bis zu 25.000 mg/l praktisch biologisch tot. Grund: Einleitung von Salzabwässern aus den Kalibergwerken der ehemaligen DDR. Zum Vergleich: Meerwasser hat einen Salzgehalt von etwa 3,5%, das entspricht ca. 35.000 mg Salz/l

Rückblende: Salzlaststeuerung der Saale

Schematische Übersicht
der Steuerung des
Abflußprozesses und der
Salzlast im Flußgebiet
der mittleren Saale

Abb. 2



aus MfUW, 1978

Krankheitserreger / Pathogene Keime

Pathogene Bakterien, Protozoen und Viren sind normalerweise in menschlichen oder tierischen Abfällen anzutreffen. Sie können auf Menschen oder Tiere durch Trinkwasser, direkten Kontakt oder Verzehr von kontaminierten Speisen übertragen werden.

Bakterien:

Vibrio cholerae , Salmonellen und Shigellen (Auslöser der Shigellenruhr).

Pathogene Protozoen:

Giardia Lambia (Darmparasiten), Entamoeba histolytica (ansteckende Zysten, Amöbenruhr)

Viren:

Hepatitis

Krankheitserreger / Pathogene Keime

Der Nachweis von pathogenen Keimen als Routineuntersuchung ist kompliziert, weil diese normalerweise nur in einer kleinen Anzahl von Zellen anzutreffen sind. Daher erfolgt die Untersuchung auf coliforme Gruppen, die als Indikatoren von Krankheitserregern dienen. Coli-Bakterien und Streptokokken verhalten sich ähnlich wie Darmpathogene und wenn diese in einem Gewässer nachgewiesen werden können, ist davon auszugehen, dass Fäkalien eingeleitet wurden und ein Kontakt mit diesem Wasser oder gar dessen orale Aufnahme eine hohe gesundheitliche Gefährdung bedeutet.

Die Bekämpfung pathogener Keime erfolgt durch Desinfektion (Chlor, Ozon, UV).

Erschreckende Zahlen der WHO

According to the World Health Organization (WHO), about 2.4 billion people do not have access to basic sanitation facilities, and more than 1 billion people do not have access to safe drinking water. The organization points out that 86% of all urban wastewater in Latin America and the Caribbean, and 65% of all wastewater in Asia, is discharged, untreated, into rivers, lakes, and oceans. In India, for example, 1.1 million L of raw sewage is dumped into the Ganges River every minute. This fact is startling, WHO observes, considering that 1 g of feces in untreated water may contain 10 million viruses, 1 million bacteria, 1,000 parasite cysts, and 100 worm eggs.

2,4 Milliarden Menschen fehlen sanitäre Anlagen. Über 1 Milliarde Menschen hat keinen Zugang zu sauberem Trinkwasser. 86% des Kommunalabwassers in Lateinamerika und der Karibik sowie 65% aller Abwässer in Asien werden unbehandelt abgeleitet. In Indien werden 1,1 Millionen Liter/min unbehandelt in den Ganges entsorgt.

1 g Kot in unbehandeltem Abwasser kann 10 Millionen Viren, 1 Million Bakterien, 1.000 Parasitenzysten und 100 Wurmeier enthalten!

FREEMANTLE, 2004

Krankheitserreger / Pathogene Keime



Choleraepidemie in Hamburg, 1892 (ca. 8.500 Tote)

Dass Krankheiten ausbrechen, wenn Abwasser ins Trinkwasser gelangt, war 1892 hinlänglich bekannt.

Andere Städte hatten in Kanalisation und Trinkwasserfiltration investiert. In Hamburg stritt man darüber 20 Jahre und verwendete das Geld dann doch lieber für ein teures Rathaus – Folgen siehe oben...

Biozide und Pestizide

- Biozide: Wirkstoffe und Zubereitungen, die einen oder mehrere Wirkstoffe enthalten und dazu bestimmt sind, auf chemischem oder biologischem Wege Schadorganismen zu zerstören, abzuschrecken, unschädlich zu machen, Schädigungen durch sie zu verhindern oder sie in anderer Weise zu bekämpfen
- Pestizide: Produkte, die beim Anbau von Pflanzen verwendet werden (Pflanzenschutzmittel)

<http://de.wikipedia.org/wiki/Biozid>

Biozide und Pestizide

Biozide und Pestizide werden am häufigsten in der Landwirtschaft zur Bekämpfung von Unkräutern und Schadorganismen verwendet. Die Anwesenheit dieser Substanzen im Wasser ist gefährlich, weil sie i. d. R. giftig für Wasserorganismen sind.

Die meisten Biozide und Pestizide sind nachgewiesenermaßen Karzinogene oder es wird zumindest vermutet, dass sie ein krebserregendes Potenzial besitzen.

Biozide und Pestizide können die aquatische Fauna und Flora erheblich schädigen. Hinzu kommen Bedenken hinsichtlich der menschlichen Gesundheit (Badewasser, Kontaminationen der Trinkwasserversorgung, Fischerei).

Biozide und Pestizide

Beispiele

- Lindan,
- Hexachlorbenzol,
- DDT,
- Aldrin,
- Dieldrin,
- chlorierte Phenoxyessigsäuren,
- Carbamate,
- Atrazin,
- Simazin

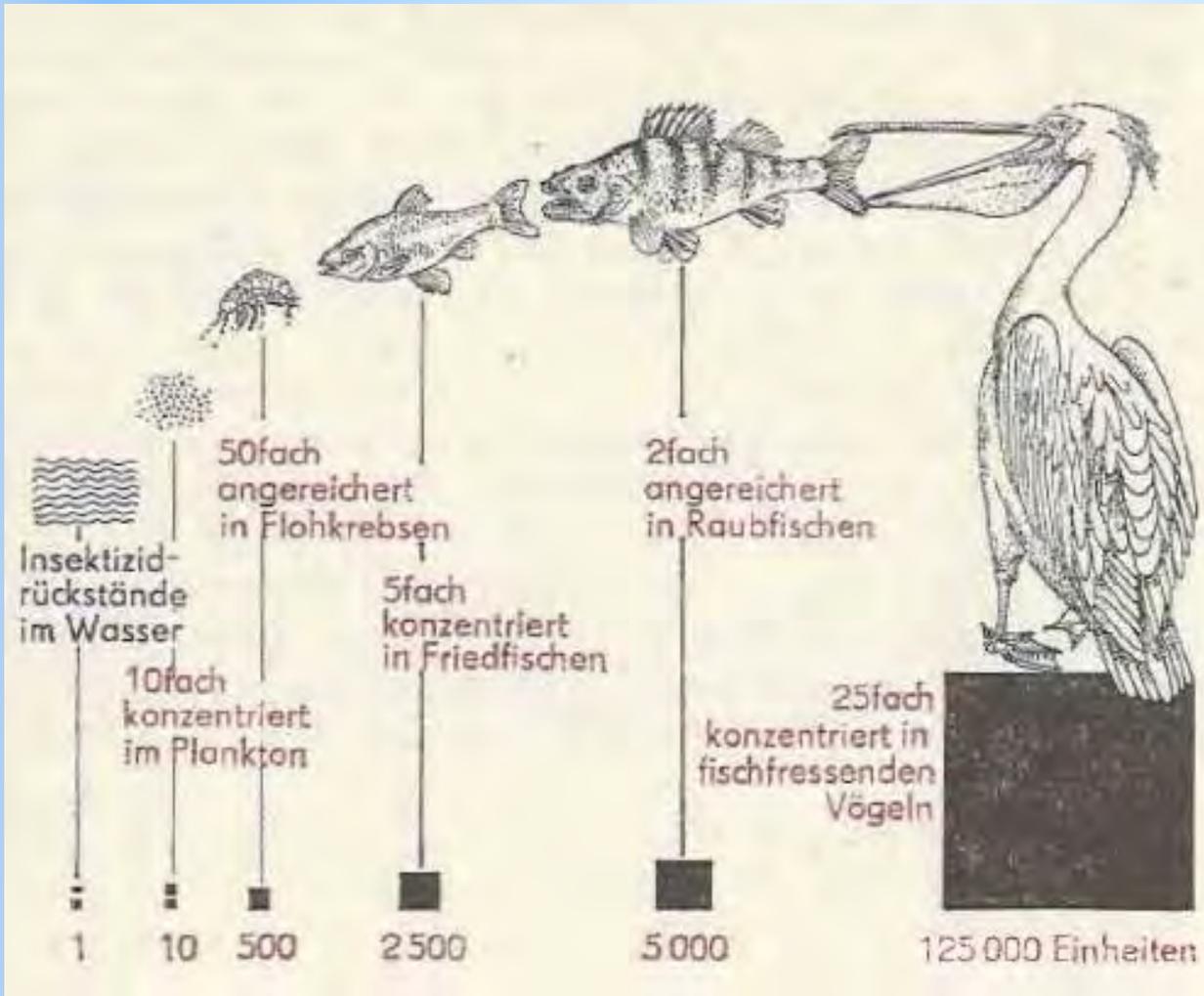
Im Vordergrund der Untersuchung der Gewässer steht die Konzentration einzelner Stoffe, die Betrachtung der Gesamt-Belastung mit Bioziden und Pestiziden ist weniger zielführend.

Biozid- und Pestizid-Verunreinigungen des Grundwassers werden i. d. R. durch Auslaugung des Bodens hervorgerufen.

Biozide und Pestizide

Anreicherung von DDT in der Nahrungskette

aus MARTINETZ & MÜLLER, 1988



Obwohl DDT seit vielen Jahren weltweit kaum noch eingesetzt wird, kann es aufgrund seiner hohen Persistenz immer noch in allen möglichen Lebewesen nachgewiesen werden, und das selbst an so entfernt gelegenen Stellen wie dem Südpol!

Biozide und Pestizide

Neues Problem: Massenhafter Anbau von Gentech-Soja (Hersteller Fa. Monsanto, U.S.A.), die tolerant ist gegen das Unkrautvernichtungsmittel **Glyphosat** (gleicher Hersteller). Um alle anderen Pflanzen („Unkraut“) klein zu halten, wird Glyphosat, häufig in Kombination mit Endosulfan, großflächig über den Feldern ausgebracht. Jetzt zeigt sich in Anbaugebieten von Gentech-Soja in Argentinien, dass Missbildungen bei Kindern, Krebserkrankungen und Fehlgeburten drastisch zunehmen.



<http://www.heise.de/tp/artikel/40/40198/1.html>

Biozide und Pestizide

Neues Problem: **Neonikotinoide** machen etwa 40% des milliardenschweren Insektizidmarkts aus. Jetzt wurden sie als bienengefährlich erkannt. Daraufhin wurden Ende 2013 drei Verbindungen aus dieser Gruppe von der EU verboten. Wahrscheinlich sind sie aber auch für den drastischen Rückgang der übrigen Insekten verantwortlich...

<http://www.heise.de/tp/artikel/42/42077/1.html>



Endokrine Stoffe

Als endokrine Modulatoren oder Umweltöstrogene werden Stoffe bezeichnet, die ähnlich wie Sexualhormone wirken und auf diese Weise das Hormonsystem (Endokrinium) bei Mensch oder Tier aus dem Gleichgewicht bringen können. Endokrin wirksame Substanzen werden in herkömmlichen Kläranlagen meist nur unzureichend abgebaut!

Beispiele

Alkylphenoethoxylate;

Phthalate;

DDT;

Endosulfan;

2,4,5 Trichlorphenol;

PCB's;

2,3,7,8 TCDD (Seveso-Gift);

Pentachlorphenol;

Hydrazin;

Bisphenol A;

Transplatin;

Benzoflumethiazide

Propanthelinebromide;

p-Nitrotoluen; Obidoxime chloride;

Triazin;

Blei;

organische Zinnverbindungen;

Quecksilber

Umweltchemikalien

In Duftstoffen, Körperpflege- und Waschmitteln (oft auch als Umweltchemikalien bezeichnet) sind zahlreiche Stoffe enthalten, die im Hinblick auf unsere Gewässer problematisch sind. Leider können wir aus Gründen der Hygiene nicht darauf verzichten...!

Beispiele

Tenside (waschaktive Substanzen);

Komplexbildner;

Zeolith A;

Percarbonat (Bleichmittel);

Perborat;

Phosphonate;

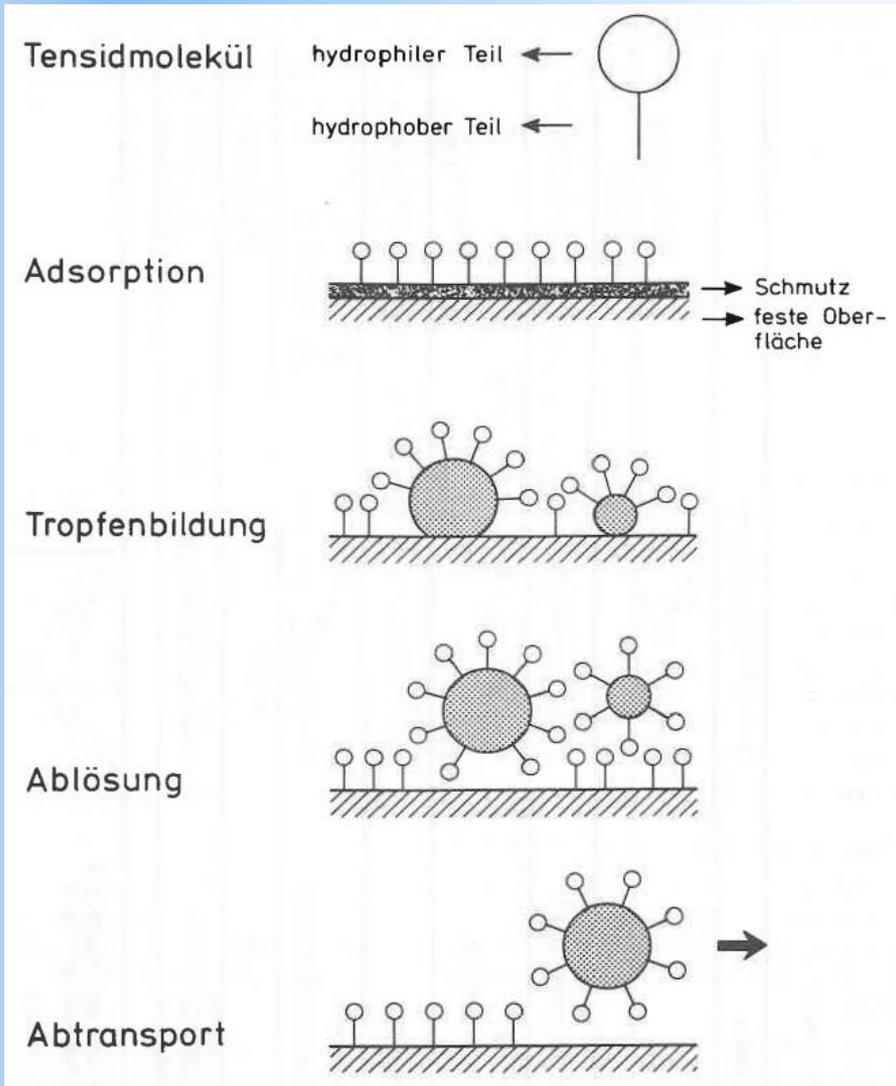
Polycarboxylate;

Enzyme;

Optische Aufheller;

Duftstoffe

Umweltchemikalien



Schematische Darstellung eines Tensidmoleküls mit Adsorption und Ablösungsvorgang des Schmutzes

aus [KOPPE & STOZEK, 1990](#)

Beispiele für Tenside:

- Alkylbenzolsulfonat (LAS)
- Alkansulfonat
- Alkensäulfonat
- Estersulfonate
- Fettalkoholsulfat bzw. Alkylsulfat
- Quartäre Ammoniumsalze, z.B. Tetraalkylammoniumchlorid
- Betain
- Alkylsulfobetain
- Fettalkoholpolyethylenglycolalkylether
- Fettalkoholpolyglycoether
- Fettsäurealkanolamid

Andere bedenkliche Chemikalien

Tausende von Chemikalien werden in der Industrie eingesetzt, wie z. B. Weichmacher, Lösungsmittel, Wachse, Alkylphthalate, chlorierte Benzole usw. usf. – darunter sind zahlreiche toxische Substanzen.

Einige sind direkt krebserregend für den Menschen, andere schädigen Fische, aquatische Organismen oder Pflanzen in der Freiwasserzone oder in der benthischen Sedimentschicht.

- **Perfluorierte Tenside** (PFT, engl. Fluorinated organic compounds, FOC's) sind organische oberflächenaktive Verbindungen, deren hochstabile Kohlenstoff-Fluor-Bindung der Hydrolyse, Photolyse und mikrobiologischem Abbau widersteht - FOC's sind deshalb persistent!
Einsatz z. B. als Löschmittel
- tert.-Butylmethylether (= Methyl tert-butyl ether, kurz **MTBE**)
Kraftstoffzusatz als Antiklopfmittel (als Ersatz für Blei)

Andere bedenkliche Chemikalien

- **Polychlorierte Biphenyle, Dibenzodioxine und Dibenzofurane** (PCB, PCDD, PCDF) Einige dieser Substanzen weisen eine außerordentlich hohe Toxizität gegenüber Tier und Mensch auf, vor allem das als Seveso-Gift bekannte 2,3,7,8-Tetrachlordibenzodioxin
- **Nanomaterialien** werden jetzt in immer größeren Mengen auf den Markt gebracht (z. B. „Nanosilber“ in Wasch-, Reinigungs- und Körperpflegemitteln, das eine antibakterielle Wirkung haben soll)

Problem:

Bisher sind viele dieser Stoffe noch längst nicht ausreichend untersucht, so dass auch hier ein böses Erwachen nicht ausgeschlossen ist.

Literaturverzeichnis

FREEMANTLE, 2004	Freemantle, M. Chemistry for Water C&EN Chemical & Engineering News, Volume 82, July 19, 2004, pp. 25-30
GELBRECHT et al., 1996	Gelbrecht, J. et al. Stoffeinträge in Oberflächengewässer und Stoffumsetzungsprozesse in Fließgewässern im Einzugsgebiet der Unteren Spree als Grundlage für Sanierungskonzepte Berichte des IGB, Heft 2, 1996 Institut für Gewässerökologie und Binnenfischerei im Forschungsverbund Berlin e.V.
KOPPE & STOZEK, 1990	Koppe, P.; Stozek, A. Kommunales Abwasser, 2. Auflage Vulkan-Verlag Essen, 1990
LO & YANG, 2001	Lo, I. M. C.; Yang, X. Laboratory Investigation of the Migration of Hydrocarbons in Organobentonite Environmental Science & Technology (ES&T), Vol. 35, No. 3 2001, pp. 620-624
MARTINETZ & MÜLLER, 1988	Martinetz, D.; Müller, R. K. Gifte in unserer Hand Urania-Verlag, Leipzig, Jena, Berlin, 1988
MfUW, 1978	Anonymus Vorhersage und Steuerung des Abflusses und der Salzlast im Flussgebiet der mittleren Saale Ministerium für Umweltschutz und Wasserwirtschaft der ehemaligen DDR, Berlin, 1978
SEGELKE, 2002	Seggelke, K. Integrierte Bewirtschaftung von Kanalnetz und Kläranlage zur Reduzierung der Gewässerbelastung Veröffentlichungen des Institutes für Siedlungswasserwirtschaft und Abfalltechnik der Universität Hannover, Heft 124, Hannover 2002
SEILER, 2001	Seiler, K.-P. Langzeitstrategien des Grund- und Trinkwasserschutzes Korrespondenz Abwasser 48. Jahrgang, Heft 7/2001, S. 973-976
UMBW, 1990	Leitfaden für die Beurteilung und Behandlung von Grundwasserverunreinigungen durch leichtflüchtige Chlorkohlenwasserstoffe Herausgeber: Ministerium für Umwelt Baden-Württemberg, Wasserwirtschaftsverwaltung, Heft 22 Februar 1990, (Neubearbeitung, Stand Dezember 1989)

Gewässerschutz

Anthropogene Einwirkungen auf Gewässer II

Einwirkungen und Schadstoffe aus der Landwirtschaft

Landwirtschaft

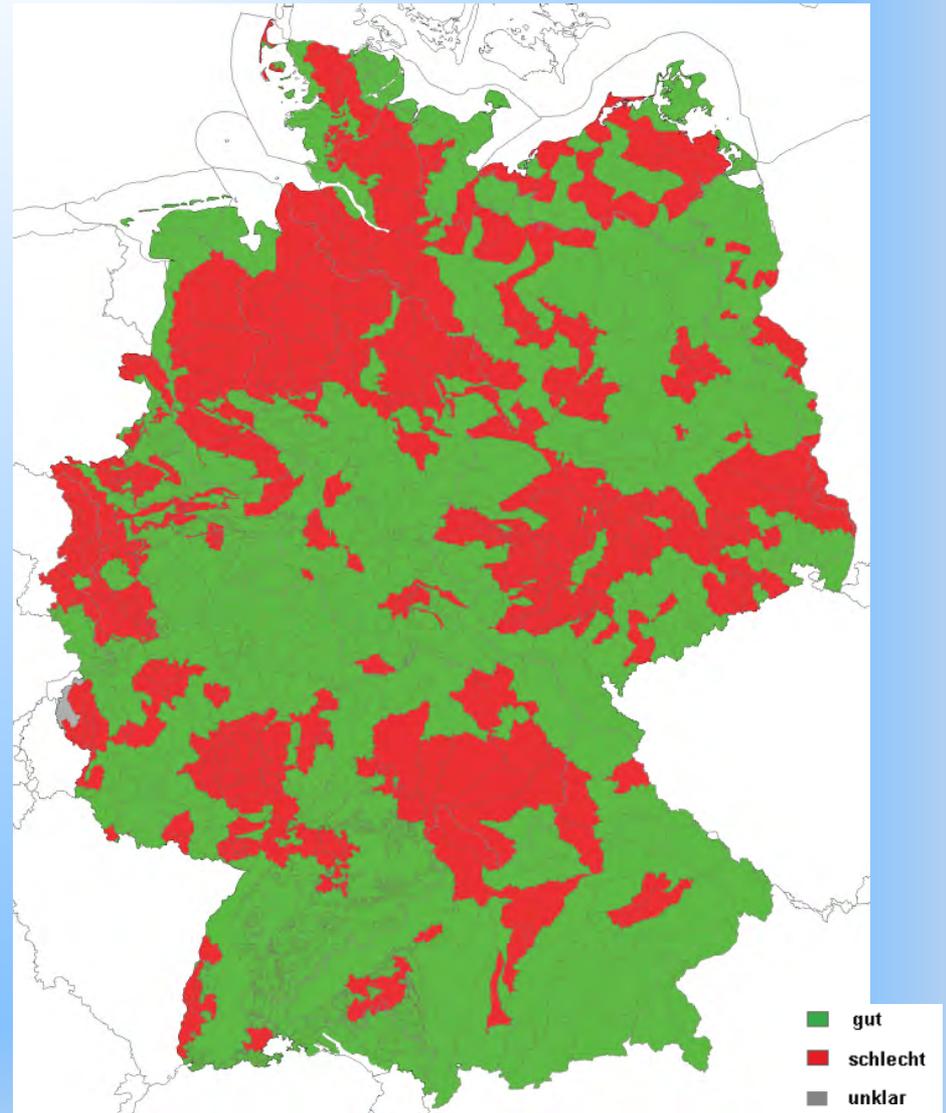
Wir erinnern uns:

37 % aller Grundwasserkörper sind in einem schlechten chemischen Zustand!

Hauptursache sind diffuse Belastungen aus der Landwirtschaft - durch Nitrat (27 % GWK überschreiten die Qualitätsnorm) und Pflanzenschutzmittel (4 % GWK überschreiten die Qualitätsnorm).

vgl. sU #02

Bei Phosphor ist der diffuse Austrag mengenmäßig geringer als bei N, die Auswirkungen sind aber oft dramatisch (→ Seen), weil dann die letzte „Eutrophierungsbremse“ gelöst ist!



Landwirtschaft

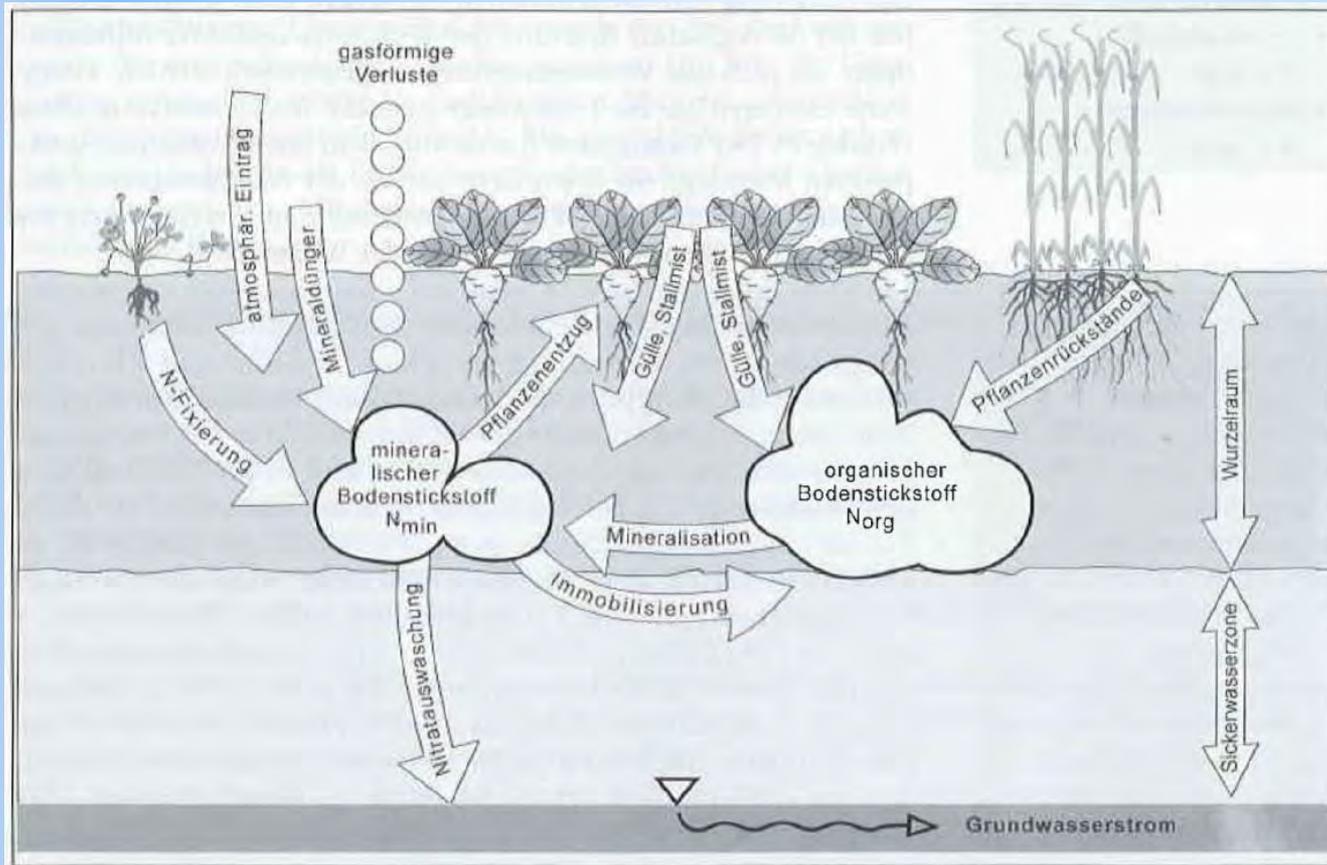
Stickstoff- und Phosphorverbindungen stellen die wichtigsten Nährstoffeinträge in Gewässer dar. Die Landwirtschaft trägt überwiegend zu diffusen Nährstoffeinträgen dieser Stoffe bei.

Ursache dieser Nährstoffeinträge ist die **geringe Nährstoffeffizienz** in der Landwirtschaft. Während bei Stickstoff eine Effizienz von 70-80% und bei Phosphor eine Effizienz von 80-90% als durchaus erreichbar eingeschätzt wird, liegt die Nährstoffeffizienz in der Realität oft deutlich darunter.

Was ist gemeint mit **Nährstoffeffizienz** in der Landwirtschaft???

$$\text{Nährstoffeffizienz} = \frac{\text{Nährstoffbindung in der Pflanze (Biomasse)}}{\text{Düngergaben (Kunst – und Naturdünger)}}$$

Landwirtschaft



„Nitrat gelangt überwiegend während der winterlichen Hauptsickerungsperiode ins Grundwasser. Daher sind die Nitratvorräte des Bodens vor dem Winter soweit wie möglich auszuschöpfen, um die Austräge zu minimieren...“

...Die Phosphorbelastung der Gewässer kann durch Erosionsschutz und angepasste P-Düngung effektiv verringert werden...“

FREDE & DABBERT, 1998

Landwirtschaft

Weiteres Problem: **Pflanzenschutzmitteleinträge**

Grenzwerte nach TrinkwV:

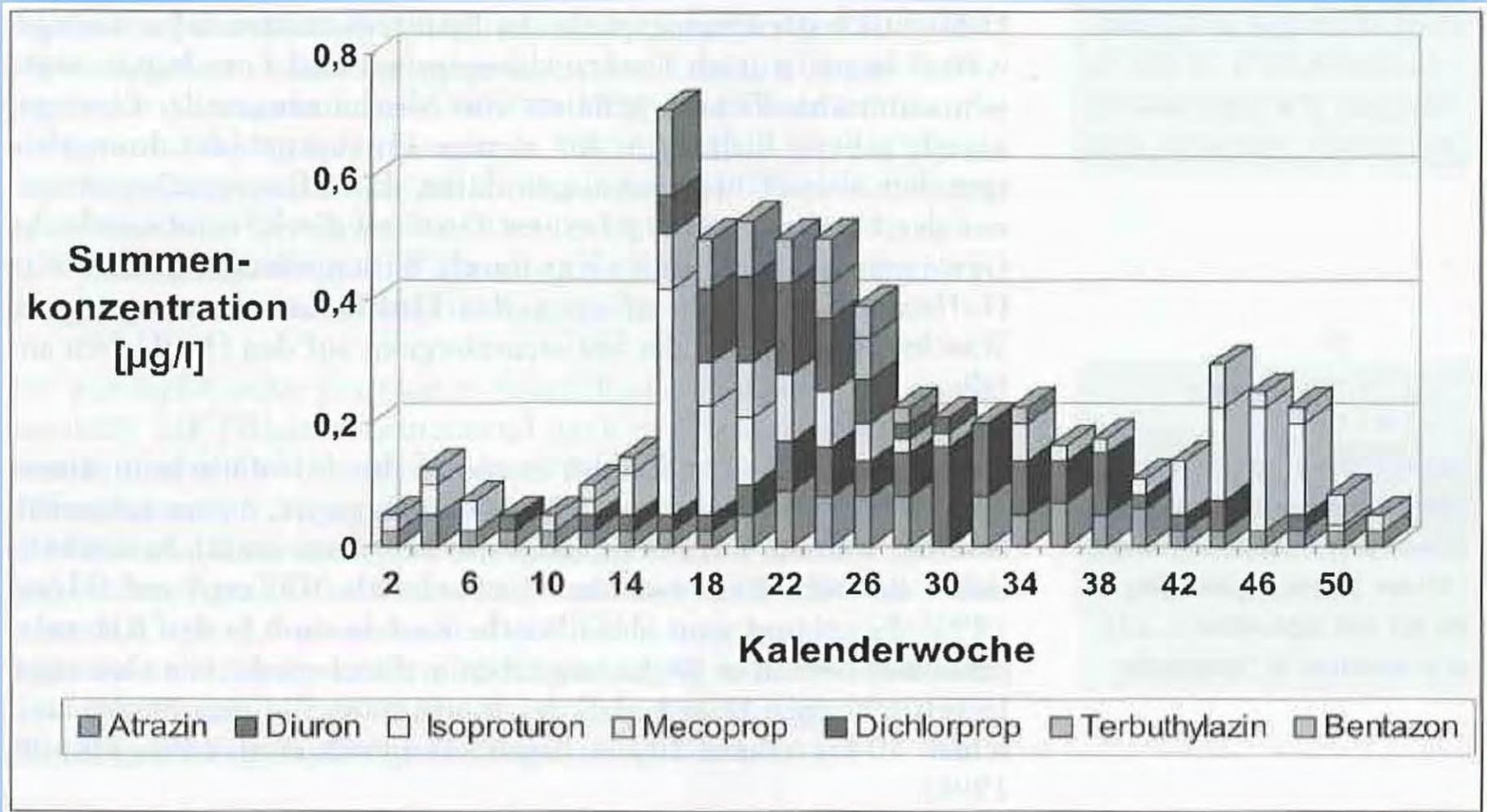
- Einzelwirkstoff: 0,1 µg/l
- Wirkstoffsumme: 0,5 µg/l

Eintragspfade und -ursachen von Pflanzenschutzmitteln in die Gewässer:

- **Versickerung:** Vertikale Verlagerung mit dem Sickerwasserstrom unter landwirtschaftlich genutzten Flächen.
- **Bodenerosion/Oberflächenabfluss:** Verlagerung in gelöster oder gebundener Form in oberirdische Gewässer.
- **Dränabfluss/Zwischenabfluss:** Verlagerung mit dem Sickerwasser bis zu Dränanlagen bzw. oberflächennahen Stauschichten und Eintrag in oberirdische Gewässer.
- **Abtrift:** Abtrift des Sprühnebels durch Wind; Verflüchtigung während der PSM-Anwendung und danach von der Boden- bzw. Blattoberfläche in die Atmosphäre; Belastung von Niederschlägen, die in oberirdische Gewässer gelangen.
- **Direkteinträge:** Einträge durch Überstreichen des Gewässerbettes mit dem Spritzbalken oder Flugzeug, Unfälle, Einträge von Hofflächen, Wegen usw.

FREDE & DABBERT, 1998

Landwirtschaft



Jahresgang der Pflanzenschutzmittelwirkstoffe im Main bei Niederrad 1994

aus [FREDE & DABBERT, 1998](#)

Gewässerschutz

Anthropogene Einwirkungen auf Gewässer II Einwirkungen und Schadstoffe aus Kommunen

Kommunen

		mineralisch	organisch	gesamt	BSB ₅					
<table border="1"> <tr><td>Absetzbare Schwebstoffe</td></tr> <tr><td>Nicht absetzbare Schwebstoffe</td></tr> <tr><td>Gelöste Stoffe</td></tr> </table>	Absetzbare Schwebstoffe	Nicht absetzbare Schwebstoffe	Gelöste Stoffe	} Abfiltrierbare Stoffe	50 g/m ³	150 g/m ³	200 g/m ³	100 g BSB ₅ /m ³	im VKB abgetrennt	} 200 g BSB ₅ /m ³
	Absetzbare Schwebstoffe									
	Nicht absetzbare Schwebstoffe									
	Gelöste Stoffe									
25 g/m ³	50 g/m ³	75 g/m ³	50 g BSB ₅ /m ³							
375 g/m ³	250 g/m ³	625 g/m ³	150 g BSB ₅ /m ³							
450 g/m ³	450 g/m ³	900 g/m ³	300 g BSB ₅ /m ³							

		mineralisch	organisch	gesamt	BSB ₅					
<table border="1"> <tr><td>Absetzbare Schwebstoffe</td></tr> <tr><td>Nicht absetzbare Schwebstoffe</td></tr> <tr><td>Gelöste Stoffe</td></tr> </table>	Absetzbare Schwebstoffe	Nicht absetzbare Schwebstoffe	Gelöste Stoffe	} Abfiltrierbare Stoffe	10 g/E * d	30 g/E * d	40 g/E * d	20 g/E * d	im VKB abgetrennt	} 40 g/E * d
	Absetzbare Schwebstoffe									
	Nicht absetzbare Schwebstoffe									
	Gelöste Stoffe									
5 g/E * d	10 g/E * d	15 g/E * d	10 g/E * d							
75 g/E * d	50 g/E * d	125 g/E * d	30 g/E * d							
90 g/E * d	90 g/E * d	180 g/E * d	60 g/E * d							

Zusammensetzung normal verschmutzten häuslichen Abwassers

nach [IMHOFF, 1972](#)

Kommunen

Parameter	Einwohner-spezifische Fracht	Literaturquelle
Abwasser-anfall (incl. Fremdwasser)	250 l/(E*d) bzw. 91 m ³ /(E*a)	HABERKERN et al., 2008
BSB ₅	60 g/(E*d)	ATV-DVWK-A 131
CSB	120 g/(E*d)	ATV-DVWK-A 131
TS	70 g/(E*d)	ATV-DVWK-A 131
TKN	11 g/(E*d)	ATV-DVWK-A 131
NH ₄ -N	8 g/(E*d)	HABERKERN et al., 2008
P	1,8 g/(E*d)	HABERKERN et al., 2008

Einwohnerwerte normal verschmutzten häuslichen Abwassers („Faustwerte“)

Kommunen

$$\text{Nährstoffverhältnis } N_{ges.} : BSB_5 = \frac{\frac{11 \text{ g } N_{ges}}{E * d}}{\frac{60 \text{ g } BSB_5}{E * d}} = 18\%$$

$$\text{Nährstoffverhältnis } P_{ges.} : BSB_5 = \frac{\frac{1,8 \text{ g } P_{ges.}}{E * d}}{\frac{60 \text{ g } BSB_5}{E * d}} = 3\%$$

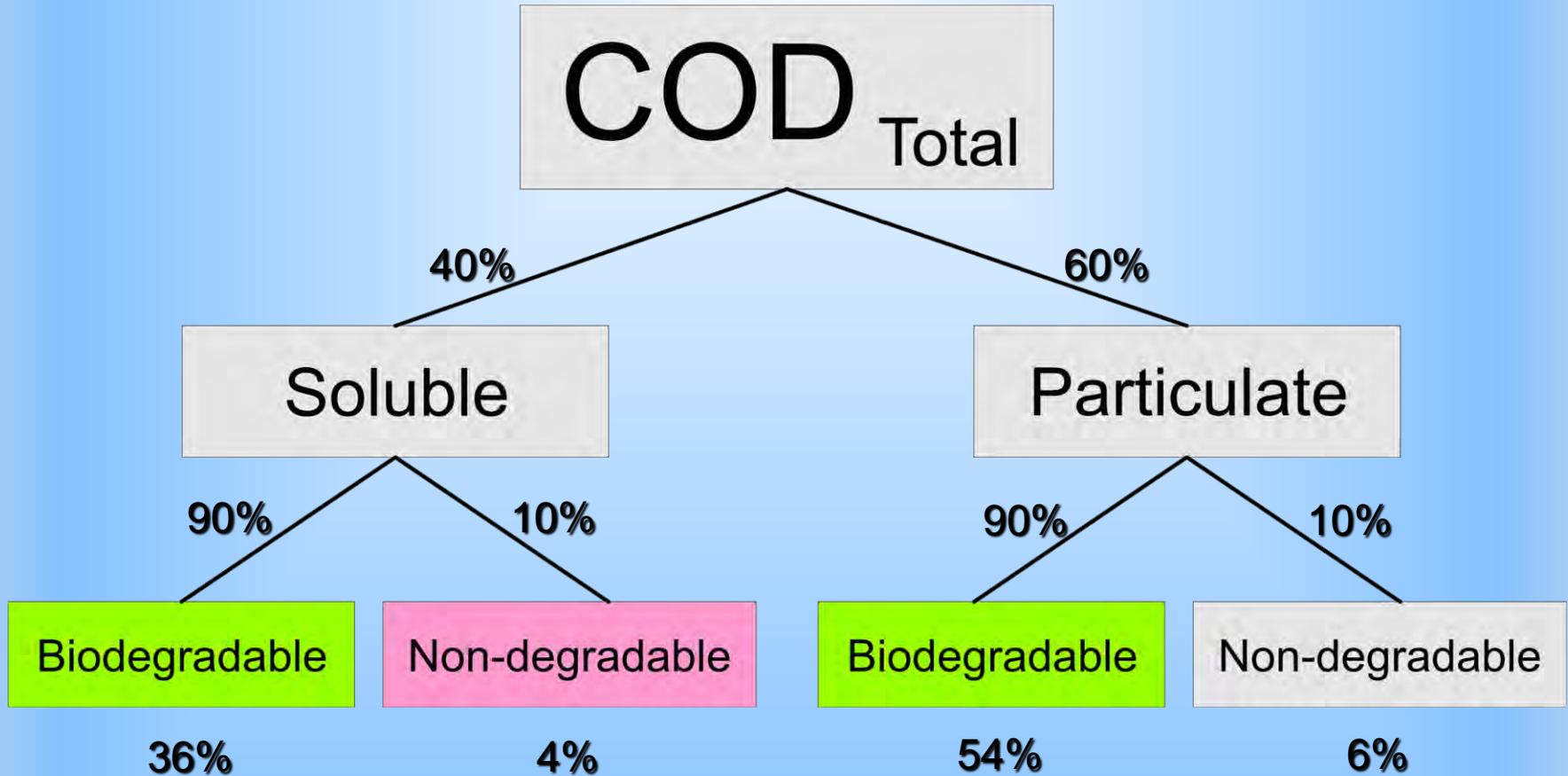
Belebtschlamm benötigt ein Verhältnis $BSB_5 : \text{TKN} : \text{P}$ von etwa **100 : 5 : 1**.

In normal verschmutztem häuslichem Abwasser liegt es aber, siehe oben, bei etwa

100 : 18 : 3.

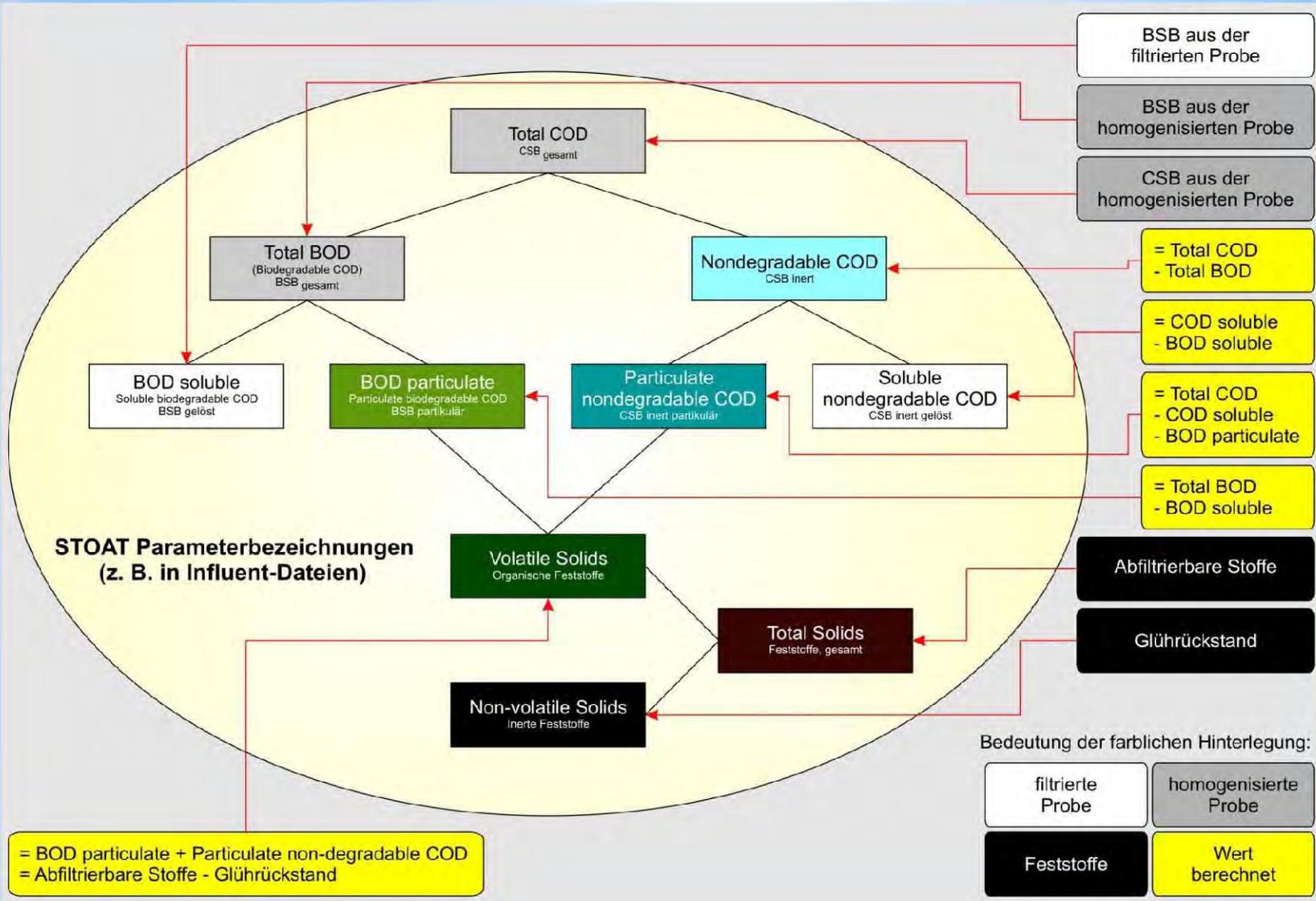
Ergo: Sanitärabwasser weist einen etwa dreifachen Stickstoff- und Phosphorüberschuss auf (deshalb Nitrifikation/Denitrifikation und Phosphatelimination bei der Behandlung häuslicher Abwässer erforderlich)!

Kommunen



Standardwerte Kommunalabwasser für die CSB-Fraktionierung bei der dynamischen Kläranlagensimulation

Kommunen

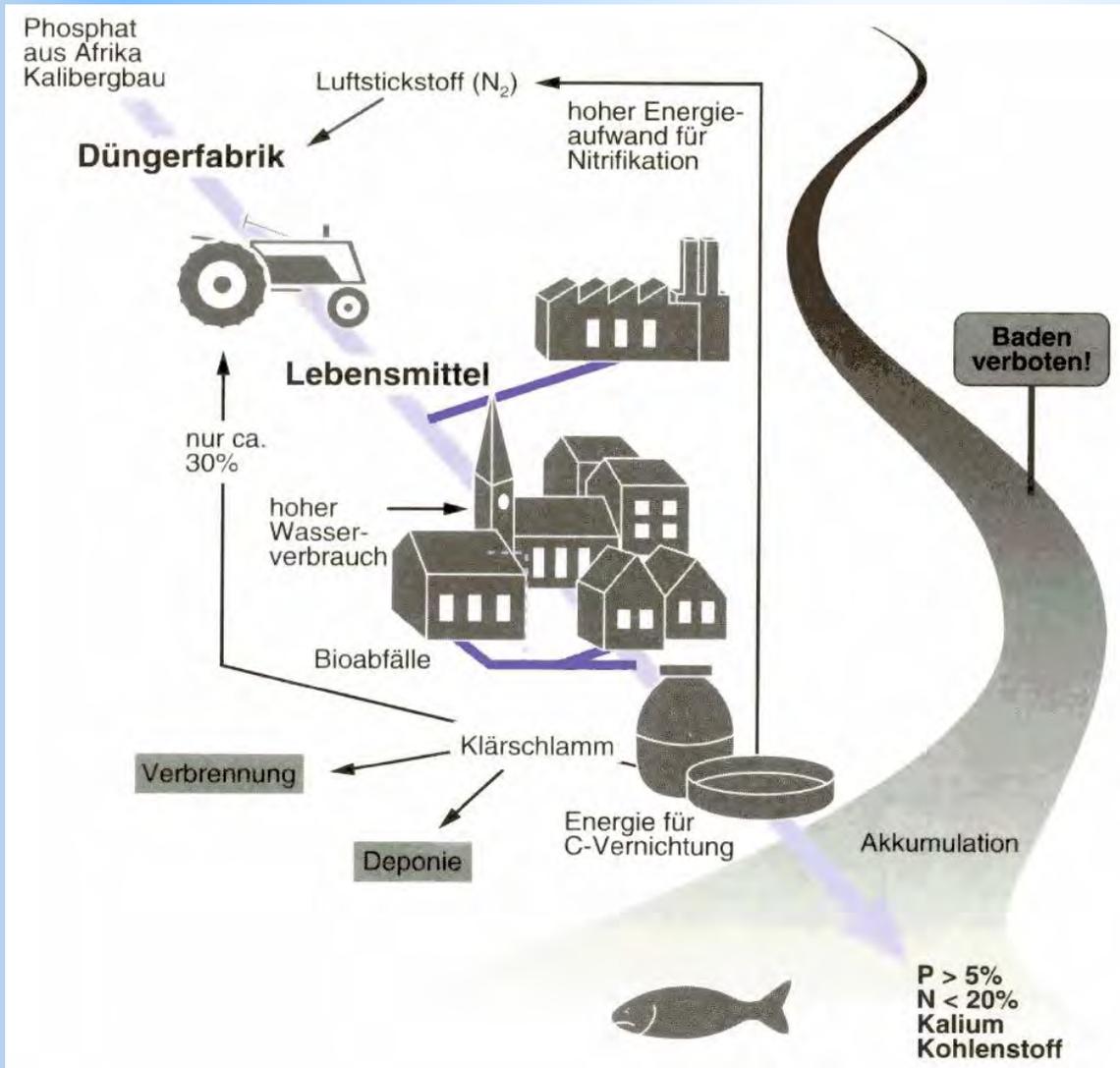


Messung bzw. Berechnung der CSB- und Feststoff-Anteile

für die dynamische Klär-anlagen-simulation

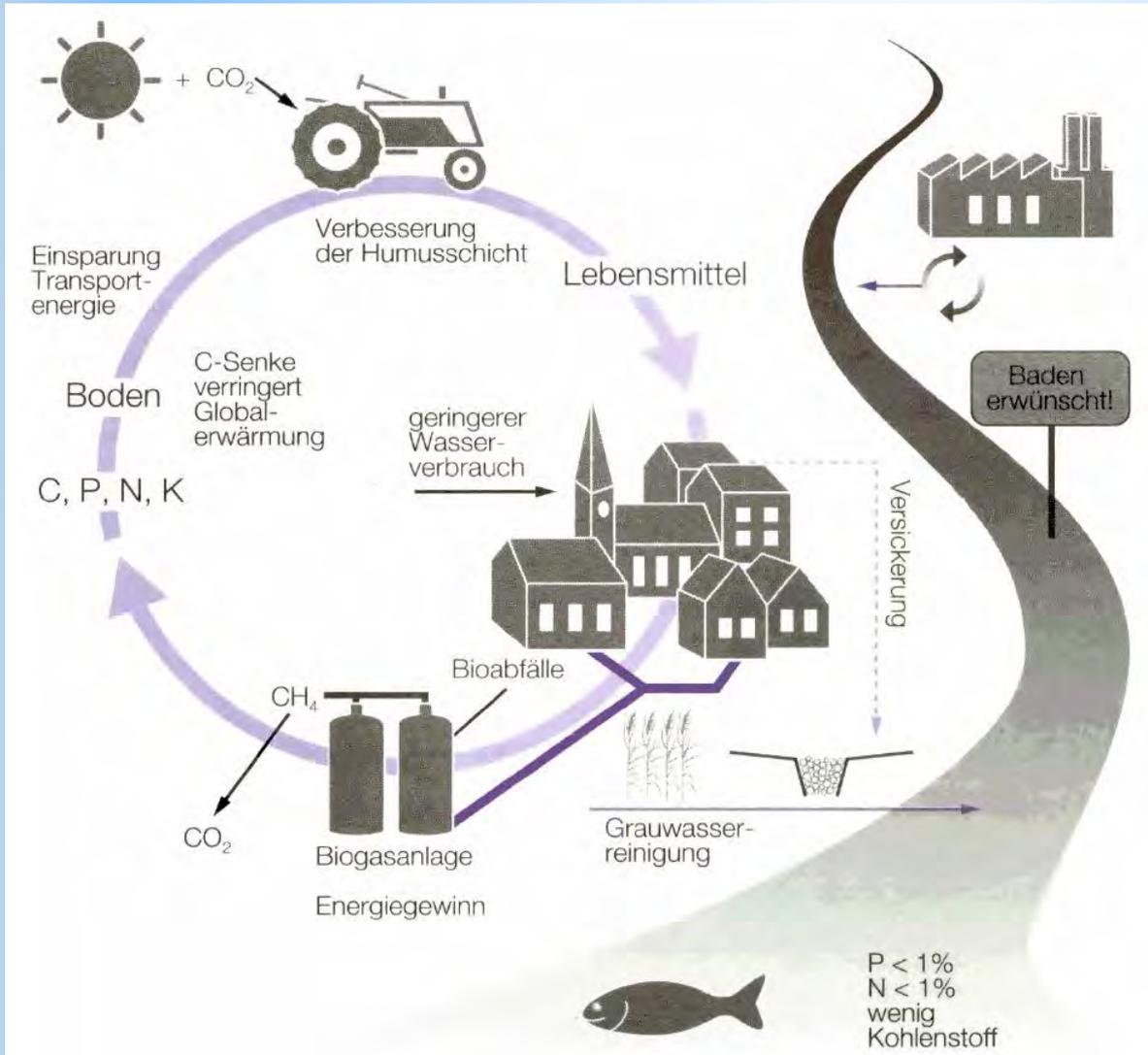
Kommunen

Etabliertes Abwassersystem
mit linearen Stoffströmen



aus [LANGE & OTTERPOHL, 2000](#)

Kommunen



Alternative Sanitärkonzepte mit geschlossenen Stoffkreisläufen

Schwarzwasser	Toilettenabwasser (Fäkalien und Urin mit Spülwasser)
Gelbwasser	Urin mit Spülwasser
Braunwasser	Fäkalien mit Spülwasser
Grauwasser	Abwasser aus Küche, Bad, Waschmaschine, etc. (ohne Fäkalien und Urin)

Getrennte Erfassung und Behandlung der Abwasserteilströme

aus [LANGE & OTTERPOHL, 2000](#)
und [PETERS, 2007](#)

Gewässerschutz

Anthropogene Einwirkungen auf Gewässer II

Einwirkungen und Schadstoffe aus Industrie und Gewerbe

Industrie und Gewerbe

Punktförmige Einleitungen (Beispiele):

- Einleitungen von Industriekläranlagen / Einleitungen von Kläranlagen in Industrie- oder Chemieparks
- Kühlwassereinleitungen
- Einleitungen infolge von Unfällen bei Transport oder Umschlag von wassergefährdenden Stoffen

Diffuse Einleitungen (Beispiele):

- Austrittsverluste aus undichten Leitungen (Pipelines, Abwasserkanäle etc.)

Lebensmittelindustrie

Milchverarbeitung

Biochemischer Sauerstoffbedarf in 5 Tagen (BSB ₅)	BSB ₅	mg/l
Chemischer Sauerstoffbedarf (CSB)	CSB	mg/l
Ammoniumstickstoff (NH ₄ N)	NH ₄ N	mg/l
Stickstoff, gesamt, als Summe von Ammonium, Nitrit und Nitratstickstoff (Nges)	TIN	mg/l
Phosphor gesamt (Pges)	P	mg/l

Ölsaatenaufbereitung, Speisefett und Speiseölraffination

Spezifische Abwassermenge	Q	m ³ /t
Biochemischer Sauerstoffbedarf in 5 Tagen (BSB ₅)	BSB ₆	g/t kg/t
Chemischer Sauerstoffbedarf (CSB)	CSB	g/t kg/t
Stickstoff, gesamt, als Summe von Ammonium, Nitrit und Nitratstickstoff (Nges)	TIN	mg/l
Phosphor gesamt (Pges)	P	g/t kg/t

Herstellung von Obst und Gemüseprodukten

Biochemischer Sauerstoffbedarf in 5 Tagen (BSB ₅)	BSB ₅	mg/l
Chemischer Sauerstoffbedarf (CSB)	CSB	mg/l
Ammoniumstickstoff (NH ₄ N)	NH ₄ N	mg/l
Stickstoff, gesamt, als Summe von Ammonium, Nitrit und Nitratstickstoff (Nges)	TIN	mg/l
Phosphor gesamt (Pges)	P	mg/l

Lebensmittelindustrie

Herstellung von Erfrischungsgetränken und Getränkeabfüllung

Biochemischer Sauerstoffbedarf in 5 Tagen (BSB ₅)	BSB ₅	mg/l
Chemischer Sauerstoffbedarf (CSB)	CSB	mg/l
Phosphor gesamt (Pges)	P	mg/l

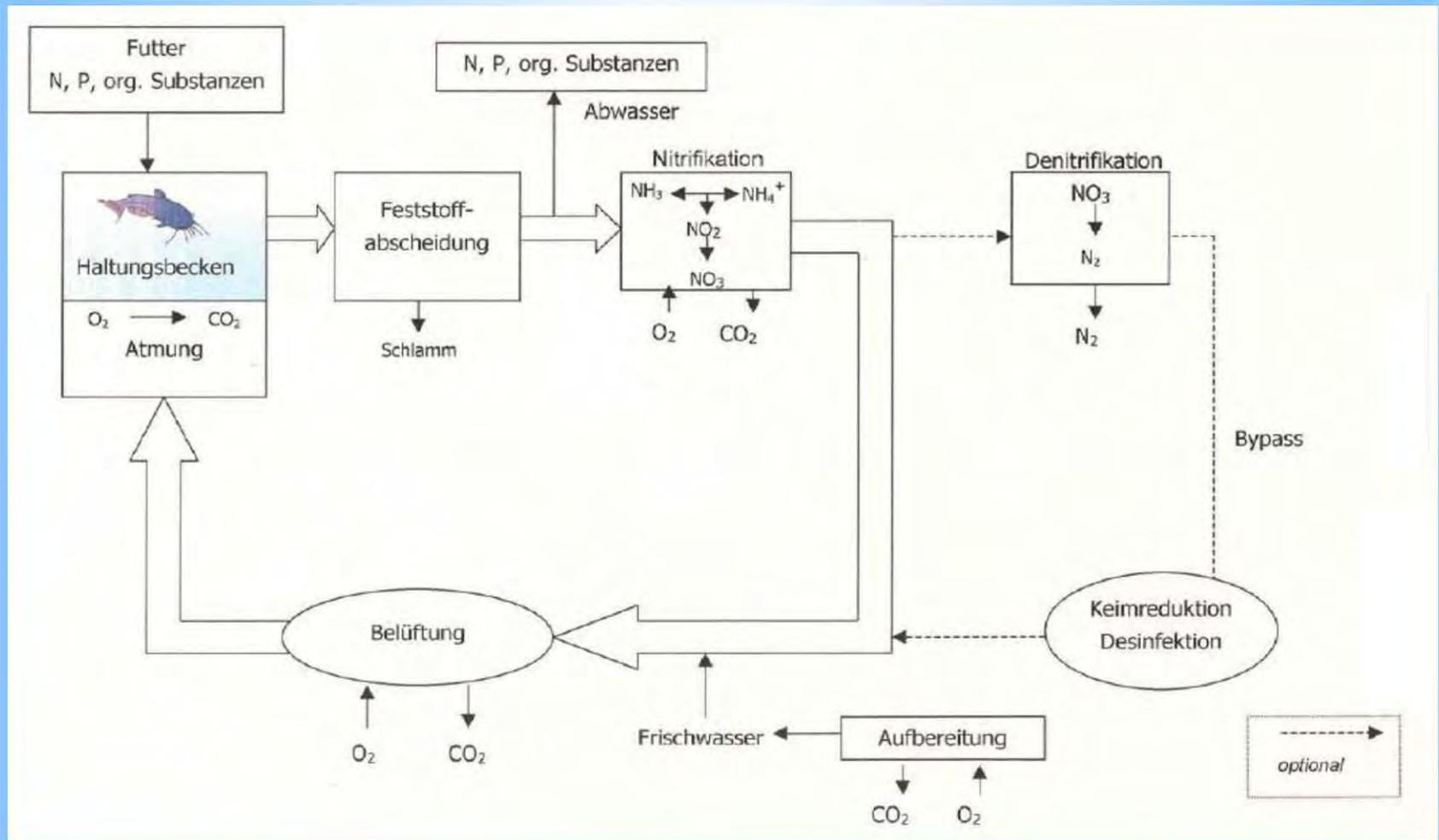
Fischverarbeitung

Biochemischer Sauerstoffbedarf in 5 Tagen (BSB ₅)	BSB ₅	mg/l
Chemischer Sauerstoffbedarf (CSB)	CSB	mg/l
Ammoniumstickstoff (NH ₄ N)	NH ₄ N	mg/l
Stickstoff, gesamt, als Summe von Ammonium, Nitrit und Nitratstickstoff (Nges)	TIN	mg/l
Phosphor gesamt (Pges)	P	mg/l

Kartoffelverarbeitung

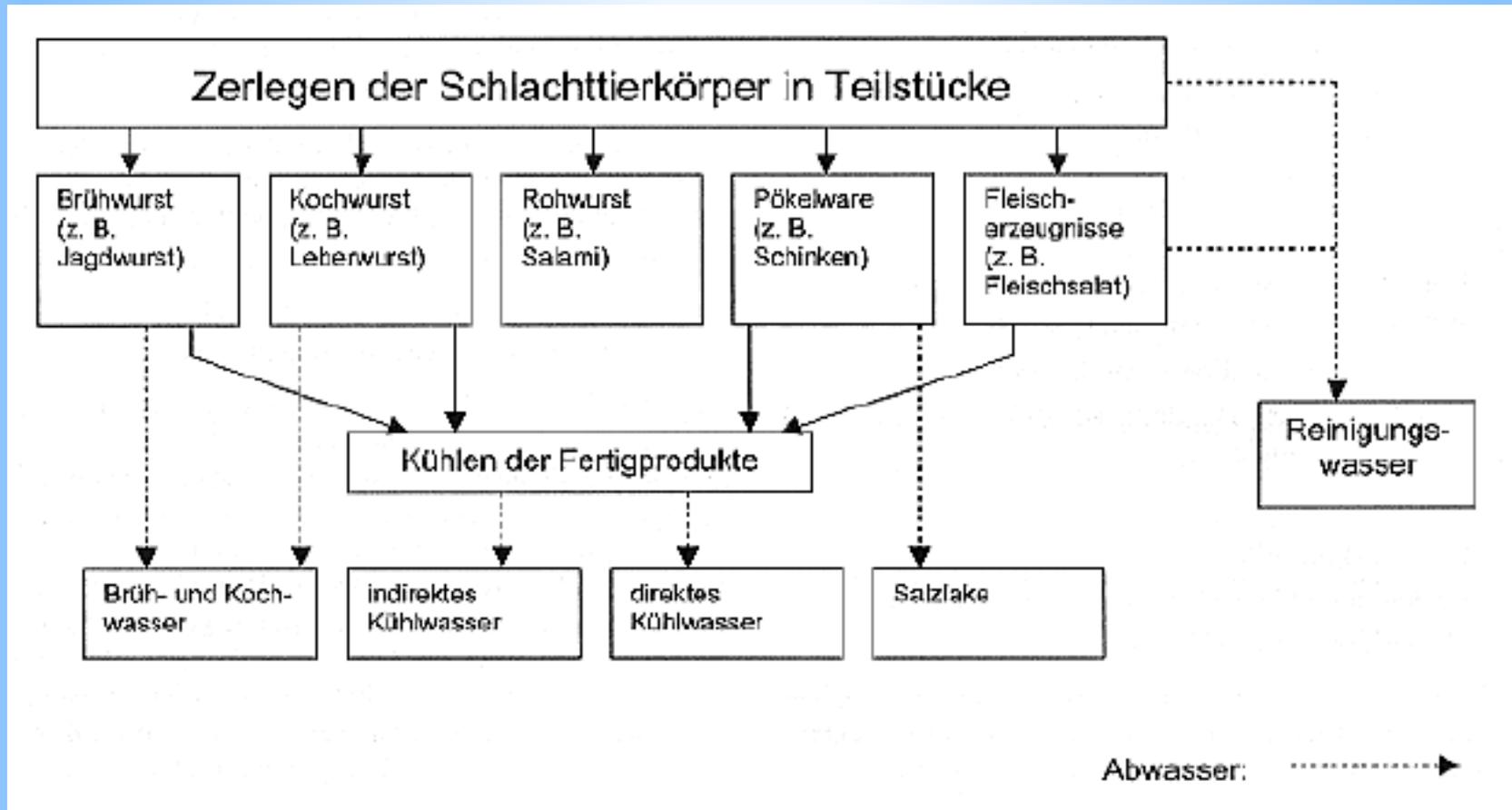
Biochemischer Sauerstoffbedarf in 5 Tagen (BSB ₅)	BSB ₅	mg/l
Chemischer Sauerstoffbedarf (CSB)	CSB	mg/l
Ammoniumstickstoff (NH ₄ N)	NH ₄ N	mg/l
Stickstoff, gesamt, als Summe von Ammonium, Nitrit und Nitratstickstoff (Nges)	TIN	mg/l
Phosphor gesamt (Pges)	P	mg/l

Lebensmittelindustrie



Wasserkreislauf in Fischhaltung und -aufzucht

Lebensmittelindustrie



Abwasseranfallstellen einer Fleischwarenfabrik

aus [Hintergrundpapier Anhang 10](#)

Lebensmittelindustrie

Fleischwirtschaft

(Schlachtereien,
Herstellung von Fleisch-
und Wurstwaren)

Biochemischer Sauerstoffbedarf in 5 Tagen (BSB ₅)	BSB ₅	mg/l
Chemischer Sauerstoffbedarf (CSB)	CSB	mg/l
Ammoniumstickstoff (NH ₄ N)	NH ₄ N	mg/l
Stickstoff, gesamt, als Summe von Ammonium, Nitrit und Nitratstickstoff (Nges)	TIN	mg/l
Phosphor gesamt (Pges)	P	mg/l

Brauereien

Biochemischer Sauerstoffbedarf in 5 Tagen (BSB ₅)	BSB ₅	mg/l
Chemischer Sauerstoffbedarf (CSB)	CSB	mg/l
Ammoniumstickstoff (NH ₄ N)	NH ₄ N	mg/l
Stickstoff, gesamt, als Summe von Ammonium, Nitrit und Nitratstickstoff (Nges)	TIN	mg/l
Phosphor gesamt (Pges)	P	mg/l

Herstellung von Alkohol
und alkoholischen
Getränken

(z. B. Schnaps)

Biochemischer Sauerstoffbedarf in 5 Tagen (BSB ₅)	BSB ₅	mg/l
Chemischer Sauerstoffbedarf (CSB)	CSB	mg/l
Ammoniumstickstoff (NH ₄ N)	NH ₄ N	mg/l
Stickstoff, gesamt, als Summe von Ammonium, Nitrit und Nitratstickstoff (Nges)	TIN	mg/l
Phosphor gesamt (Pges)	P	mg/l

Lebensmittelindustrie

Zuckerherstellung

(aus Zuckerrüben und
Zuckerrohr)

Biochemischer Sauerstoffbedarf in 5 Tagen (BSB ₅)	BSB ₅	mg/l
Chemischer Sauerstoffbedarf (CSB)	CSB	mg/l
Ammoniumstickstoff (NH ₄ N)	NH ₄ N	mg/l
Stickstoff, gesamt, als Summe von Ammonium, Nitrit und Nitratstickstoff (Nges)	TIN	mg/l
Phosphor gesamt (Pges)	P	mg/l

Mälzereien

(z. B. für Gerstenmalz)

Biochemischer Sauerstoffbedarf in 5 Tagen (BSB ₅)	BSB ₅	mg/l
Chemischer Sauerstoffbedarf (CSB)	CSB	mg/l

Herstellung von
Hautleim, Gelatine und
Knochenleim

Chemischer Sauerstoffbedarf (CSB)	CSB	mg/l
Ammoniumstickstoff (NH ₄ N)	NH ₄ N	mg/l
Stickstoff, gesamt, als Summe von Ammonium, Nitrit und Nitratstickstoff (Nges)	TIN	mg/l
Phosphor gesamt (Pges)	P	mg/l

Papier- und Zellstoffindustrie

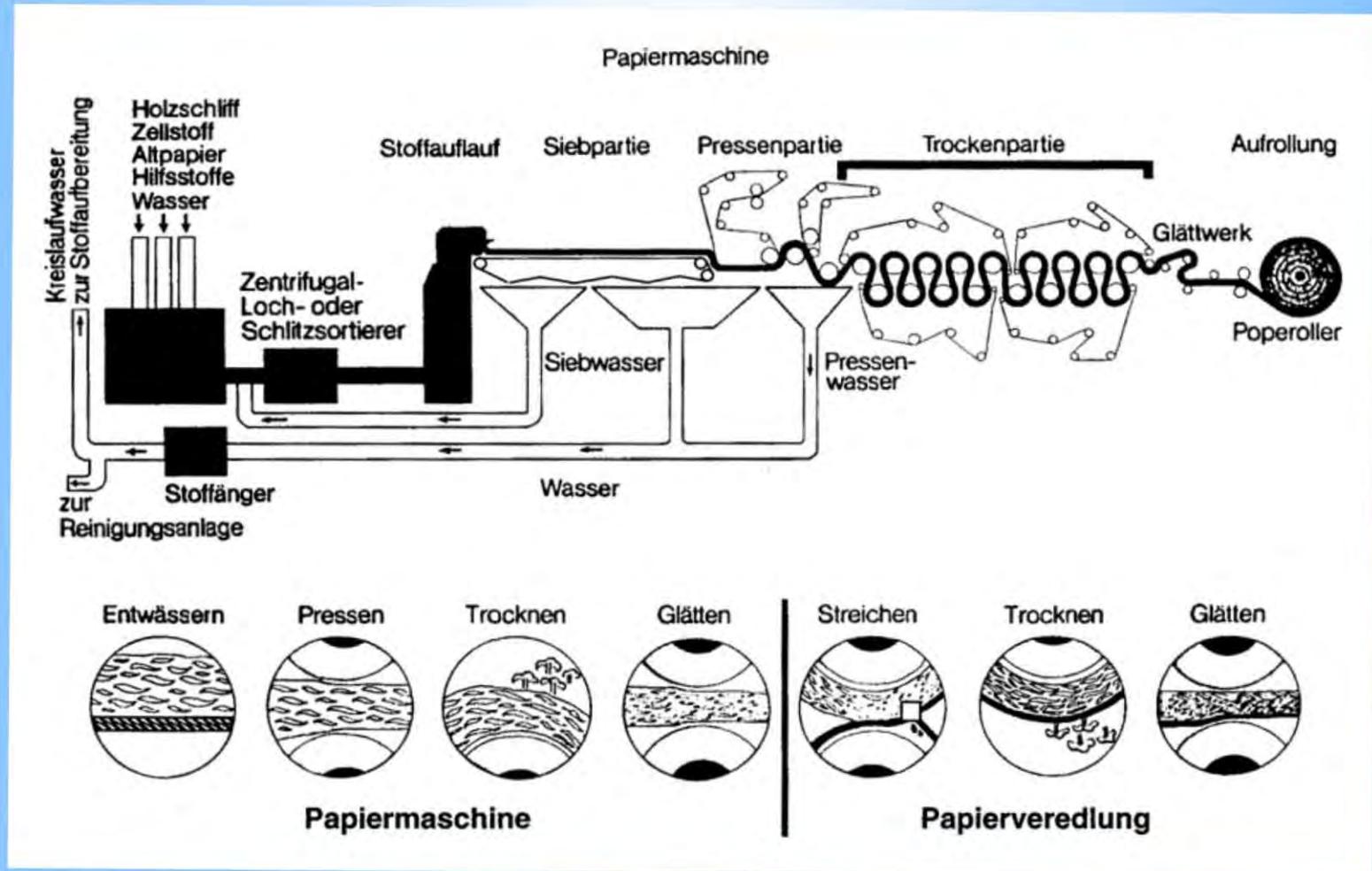
Herstellung von Papier und Pappe

Abfiltrierbare Stoffe	AFS	mg/l
Biochemischer Sauerstoffbedarf in 5 Tagen (BSB ₅)	BSB ₅	mg/l
Chemischer Sauerstoffbedarf (CSB)	CSB	g/t kg/t
Stickstoff, gesamt, als Summe von Ammonium, Nitrit und Nitratstickstoff (Nges)	TIN	mg/l
Phosphor gesamt (Pges)	P	mg/l
Adsorbierbare organisch gebundene Halogene (AOX)	AOX	g/t kg/t

Zellstofferzeugung

Biochemischer Sauerstoffbedarf in 5 Tagen (BSB ₅)	BSB ₅	mg/l
Chemischer Sauerstoffbedarf (CSB)	CSB	g/t kg/t
Stickstoff, gesamt, als Summe von Ammonium, Nitrit und Nitratstickstoff (Nges)	TIN	mg/l
Phosphor gesamt (Pges)	P	mg/l
Giftigkeit gegenüber Fischeiern (G _{Ei})	G _{Ei}	-
Adsorbierbare organisch gebundene Halogene (AOX)	AOX	g/t kg/t

Papier- und Zellstoffindustrie



Schema der Papierherstellung

aus [Hintergrundpapier Anhang 28](#)

Rückblende: Zellstoffindustrie der DDR

überlebt haben:

Zellstoffwerk	Produktionskapazität in kt/a	spezif. Abw.fracht in kg O ₂ /t ¹⁾	Faktor zu o. o. R. d. T. 2)
Trebsen	46,1	87,1	1,74
Mühlbach	5,5	103,3	2,07
Rosenthal	143,4	117,4	2,35
Crossen	17,5	221,5	4,43
Merseburg	29,0	511,2	10,22
Heidenau	23,4	612,8	12,26
Coswig	28,4	912,5	18,25
Pirna	63,3	1 094,9	21,90
Gröditz	64,5	1 101,3	22,03

Vergleich mit den Mindestanforderungen nach der 1990 geltenden Rahmen-AbwVwV

1990 ?

'92

'95

+ 12/83

'90

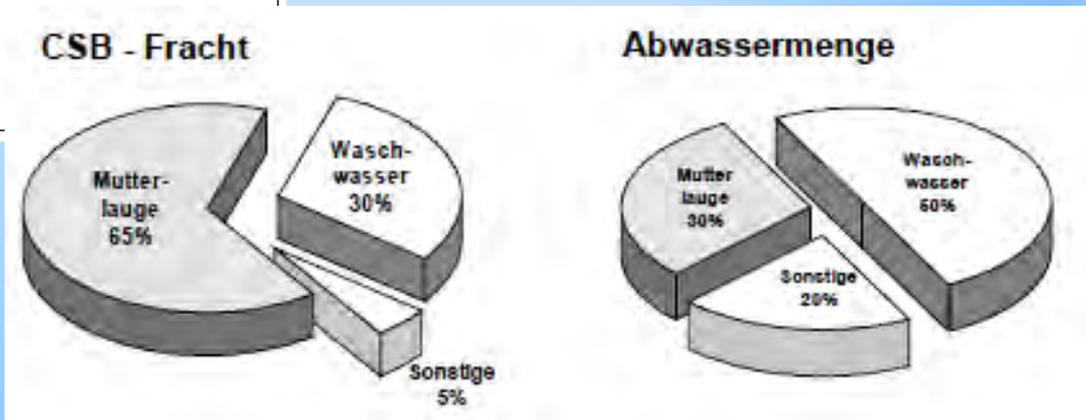
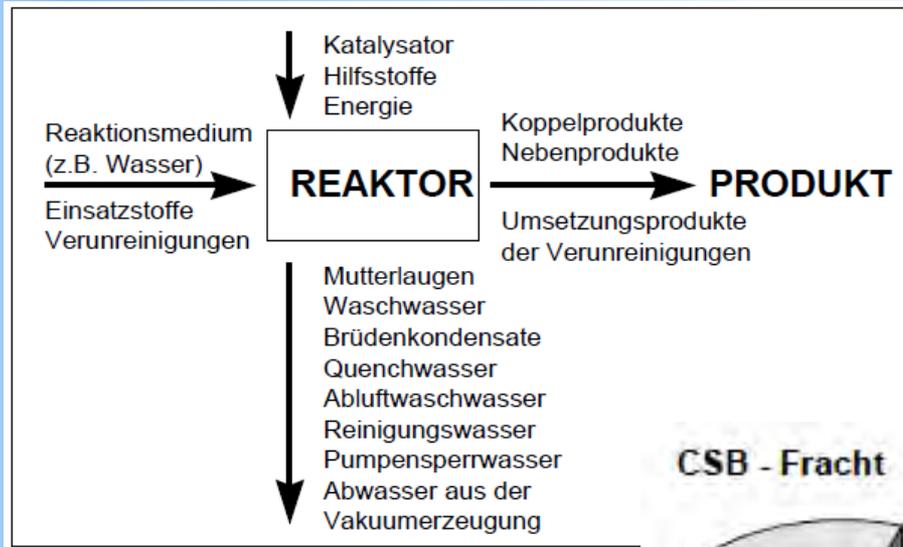
1990 ?

1991

stillgelegt

aus STERGER, 1996

Chemische Industrie



Abwasserströme im unmittelbaren Zusammenhang mit chemischen Synthesen

aus [Hintergrundpapier Anhang 22](#)

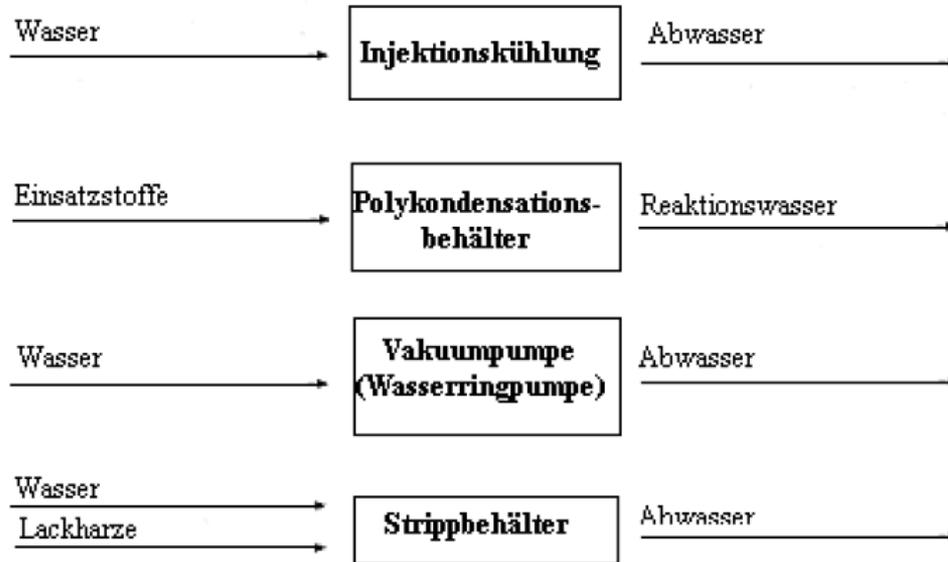
Chemische Industrie

Chemische Industrie
(Chemische Grundstoffindustrie, pharmazeutische Industrie)

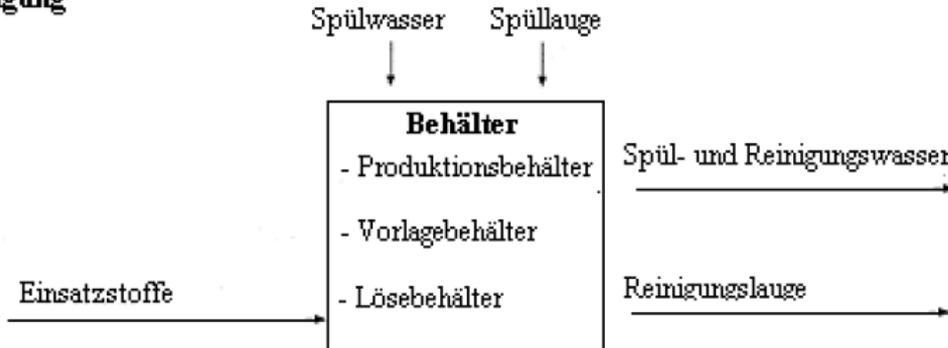
Chemischer Sauerstoffbedarf (CSB)	CSB	mg/l
Organisch gebundener Kohlenstoff, gesamt (TOC)	TOC	Vermind. in %
Stickstoff, gesamt, als Summe von Ammonium, Nitrit und Nitratstickstoff (Nges)	TIN	mg/l
Phosphor gesamt (Pges)	P	mg/l
Giftigkeit gegenüber Fischeiern (G_{Ei})	G_{Ei}	-
Giftigkeit gegenüber Daphnien (G_D)	G_D	-
Giftigkeit gegenüber Algen (G_A)	G_A	-
Giftigkeit gegenüber Leuchtbakterien (G_L)	G_L	-
Erbgutveränderndes Potential (umuTest)	G_M	-
Blei	Blei	mg/l
Quecksilber	Quecksilber	mg/l
Cadmium	Cadmium	mg/l
Chrom VI	Chrom VI	mg/l
Chrom, gesamt	Chrom, gesamt	mg/l
Kupfer	Kupfer	mg/l
Nickel	Nickel	mg/l
Zink	Zink	mg/l
Zinn	Zinn	mg/l
Adsorbierbare organisch gebundene Halogene (AOX)	AOX	mg/l
Adsorbierbare organisch gebundene Halogene (AOX)	AOX	g/t kg/t
Flüchtige organisch gebundene Halogene (FIOX)	FIOX	

Chemische Industrie

Produktion



Reinigung



Abwasserbezogenes Schema der Herstellung von Lackharzen

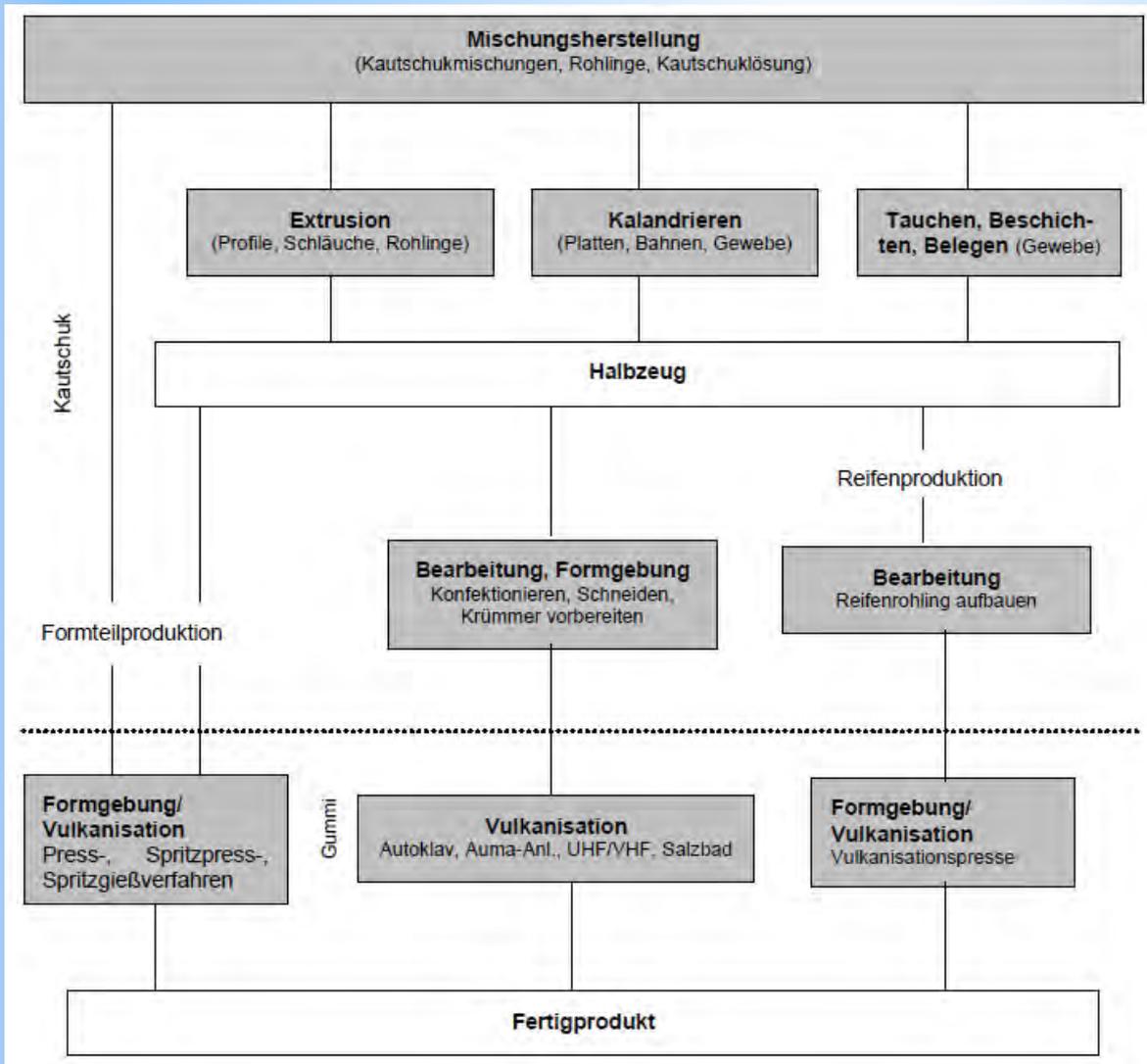
aus [Hintergrundpapier Anhang 9](#)

Chemische Industrie

Herstellung von
Beschichtungsstoffen und
Lackharzen

Biochemischer Sauerstoffbedarf in 5 Tagen (BSB ₅)	BSB ₅	mg/l
Chemischer Sauerstoffbedarf (CSB)	CSB	mg/l
Giftigkeit gegenüber Fischeiern (G _{Ei})	G _{Ei}	-
Barium	Barium	mg/l
Blei	Blei	mg/l
Cadmium	Cadmium	mg/l
Chrom, gesamt	Chrom, gesamt	mg/l
Cobalt	Cobalt	mg/l
Kupfer	Kupfer	mg/l
Nickel	Nickel	mg/l
Zink	Zink	mg/l
Zinn	Zinn	mg/l
Adsorbierbare organisch gebundene Halogene (AOX)	AOX	mg/l
Leichtflüchtige halogenierte Kohlenwasserstoffe (LHKW)	LHKW	mg/l

Chemische Industrie



Beispielhafte Arbeitsschritte bei der Verarbeitung von Festkautschuk

aus [Hintergrundpapier Anhang 32](#)

Chemische Industrie

Verarbeitung von
Kautschuk und Latizes,
Herstellung und
Verarbeitung von Gummi

Herstellung von
Kohlenwasserstoffen

(z. B. in Steamcrackern)

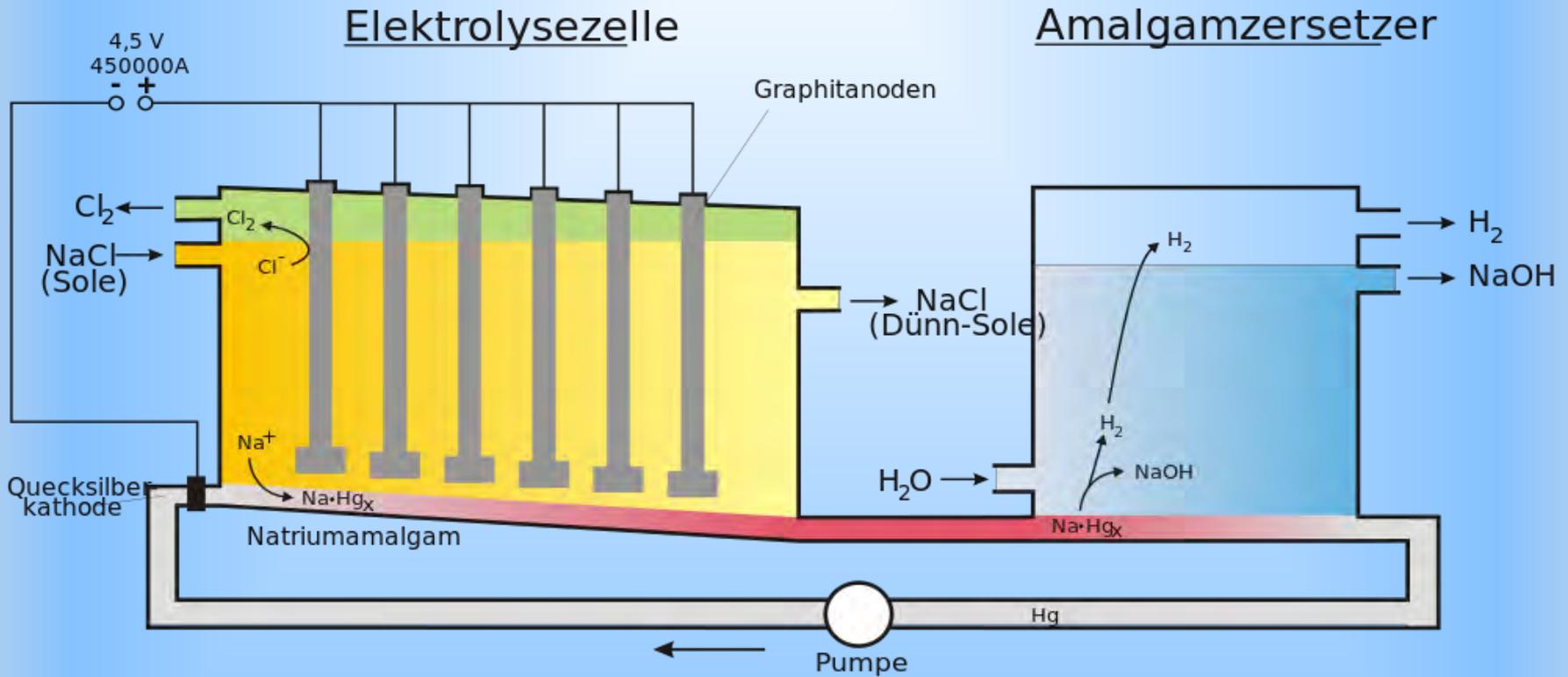
Biochemischer Sauerstoffbedarf in 5 Tagen (BSB ₅)	BSB ₅	mg/l
Chemischer Sauerstoffbedarf (CSB)	CSB	mg/l
Nitritstickstoff (NO ₂ N)	NO ₂ N	mg/l
Stickstoff, gesamt, als Summe von Ammonium, Nitrit und Nitratstickstoff (Nges)	TIN	mg/l
Phosphor gesamt (Pges)	P	mg/l
Giftigkeit gegenüber Fischeiern (G _{Ei})	G _{Ei}	-
Blei	Blei	mg/l
Zink	Zink	mg/l
Adsorbierbare organisch gebundene Halogene (AOX)	AOX	mg/l
Biochemischer Sauerstoffbedarf in 5 Tagen (BSB ₅)	BSB ₅	mg/l
Chemischer Sauerstoffbedarf (CSB)	CSB	mg/l
Stickstoff, gesamt, als Summe von Ammonium, Nitrit und Nitratstickstoff (Nges)	TIN	mg/l
Phosphor gesamt (Pges)	P	mg/l
Adsorbierbare organisch gebundene Halogene (AOX)	AOX	mg/l
Kohlenwasserstoffe, gesamt (KW)	KW	mg/l
Benzol und Derivate	BTEX	mg/l
Sulfid und MercaptanSchwefel	S	mg/l

Chemische Industrie

Herstellung
anorganischer Pigmente
(Grundstoffe für Farben)

Chemischer Sauerstoffbedarf (CSB)	CSB	mg/l
Chemischer Sauerstoffbedarf (CSB)	CSB	g/t kg/t
Ammoniumstickstoff (NH ₄ N)	NH ₄ N	mg/l
Giftigkeit gegenüber Fischeiern (G _{Ei})	G _{Ei}	-
Barium	Barium	mg/l
Blei	Blei	g/t kg/t
Cadmium	Cadmium	mg/l
Cadmium	Cadmium	g/t kg/t
Cobalt	Cobalt	mg/l
Eisen	Eisen	g/t kg/t
Kupfer	Kupfer	mg/l
Nickel	Nickel	mg/l
Zink	Zink	mg/l
Anilin	Anilin	g/t kg/t
Sulfat	Sulfat	g/t kg/t
Sulfit	Sulfit	mg/l
Sulfid, leicht freisetzbar	S ²⁻	mg/l

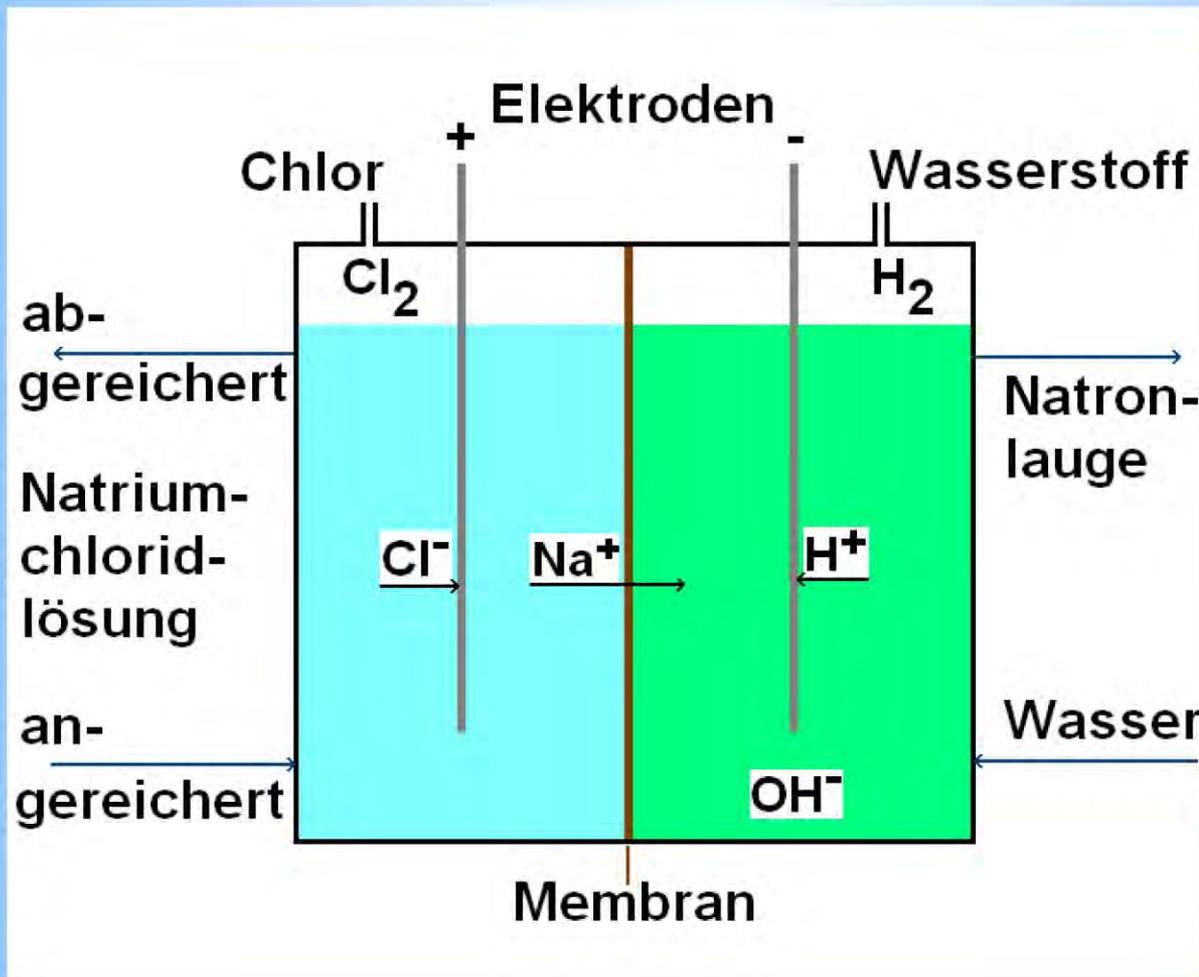
Chemische Industrie



Schema der Alkalichloridelektrolyse nach dem Amalgam-Verfahren

aus <http://de.wikipedia.org/wiki/Chloralkali-Elektrolyse>

Chemische Industrie



Schema der Alkalichloridelektrolyse nach dem Membran-Verfahren

aus <http://de.wikipedia.org/wiki/Chloralkali-Elektrolyse>

Chemische Industrie

Alkalichloridelektrolyse

Chemischer Sauerstoffbedarf (CSB)	CSB	mg/l
Giftigkeit gegenüber Fischeiern (G_{Ei})	G_{Ei}	-
Quecksilber	Quecksilber	mg/l
Quecksilber	Quecksilber	g/t kg/t
Adsorbierbare organisch gebundene Halogene (AOX)	AOX	mg/l
Sulfid, leicht freisetzbar	S^{2-}	mg/l

Chemische Industrie

Erdölverarbeitung
(Erdölraffinerien)

Biochemischer Sauerstoffbedarf in 5 Tagen (BSB ₅)	BSB ₅	mg/l
Chemischer Sauerstoffbedarf (CSB)	CSB	mg/l
Stickstoff, gesamt, als Summe von Ammonium, Nitrit und Nitratstickstoff (Nges)	TIN	mg/l
Phosphor gesamt (Pges)	P	mg/l
Adsorbierbare organisch gebundene Halogene (AOX)	AOX	mg/l
Kohlenwasserstoffe, gesamt (KW)	KW	mg/l
Cyanid, leicht freisetzbar	CN	mg/l
Sulfid und MercaptanSchwefel	S	mg/l
Phenolindex nach Destillation und Farbstoffextraktion	Phenolindex	mg/l

Landwirtschaft

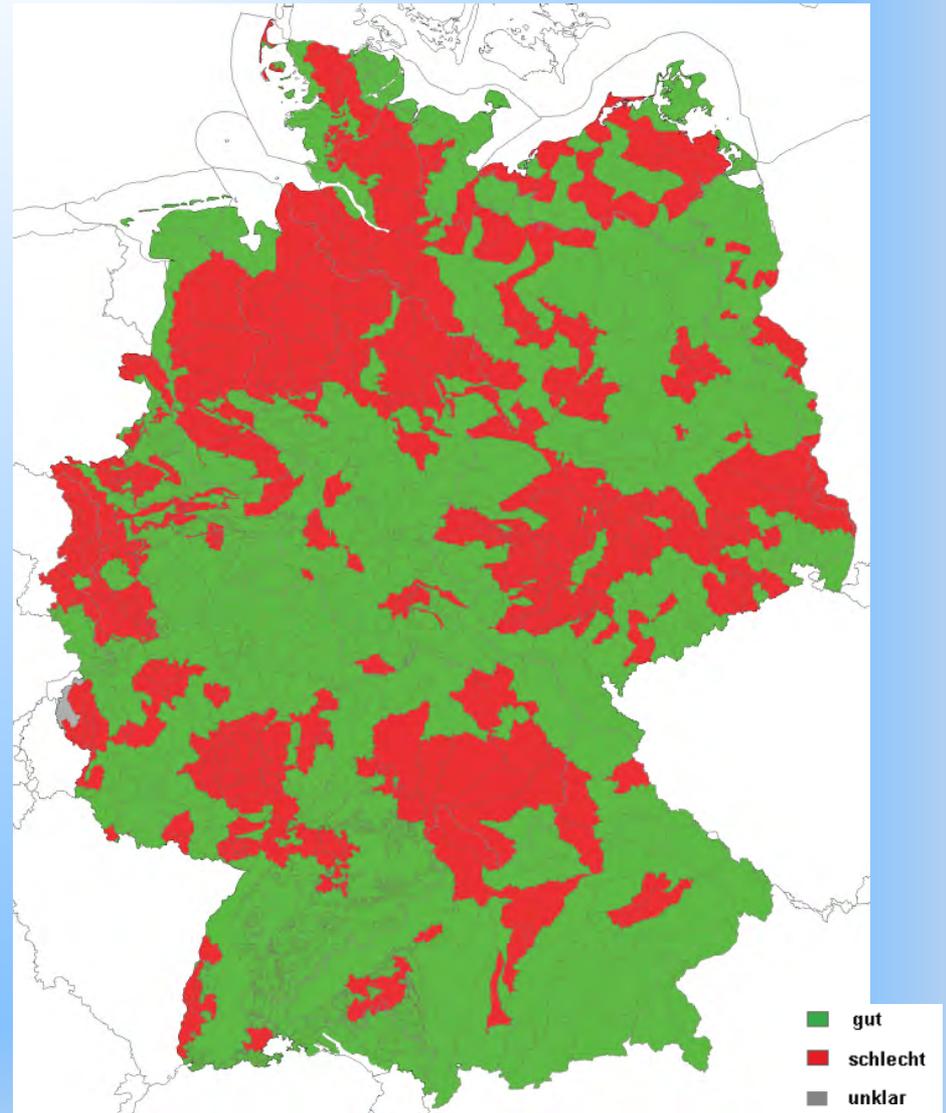
Wir erinnern uns:

37 % aller Grundwasserkörper sind in einem schlechten chemischen Zustand!

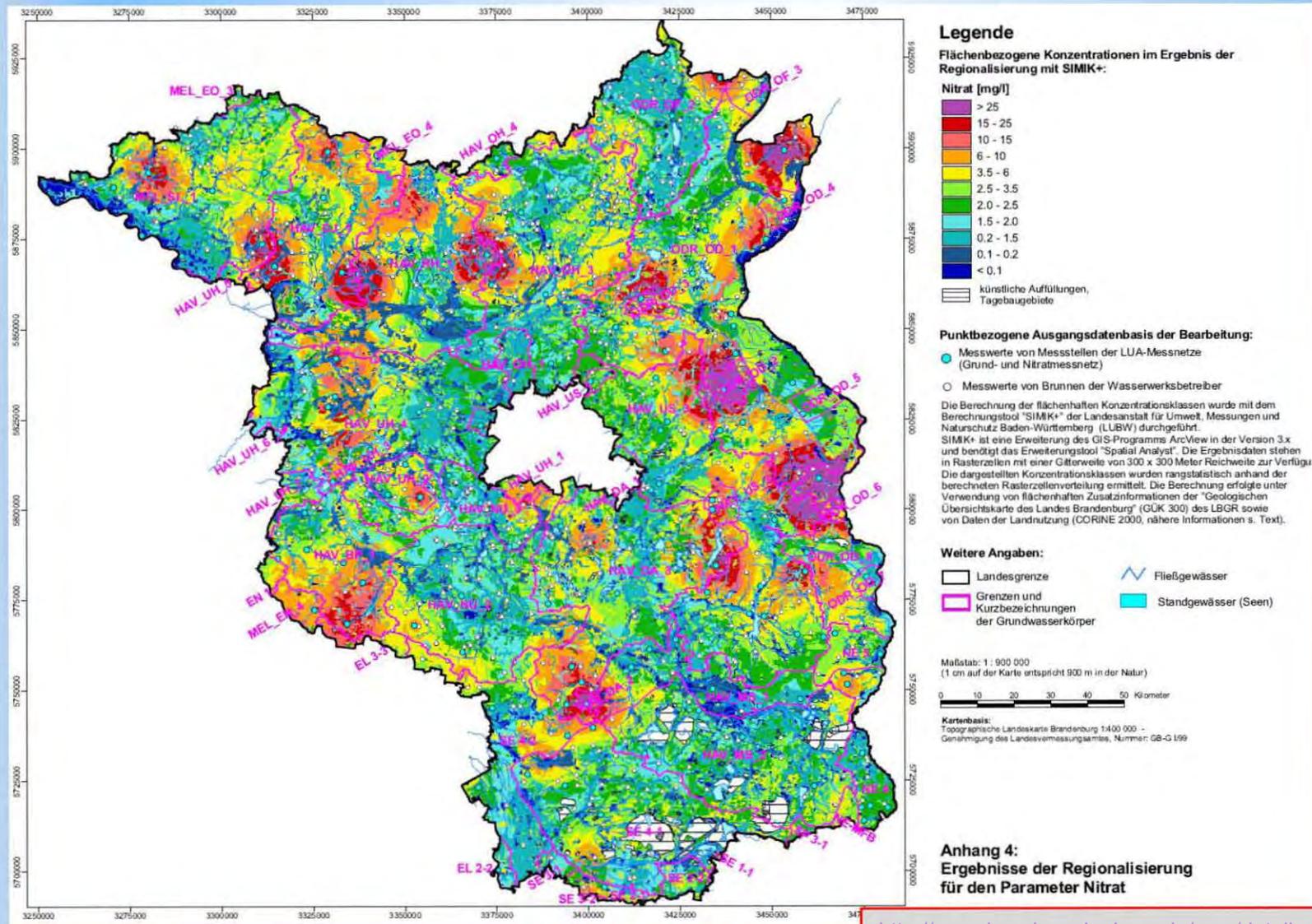
Hauptursache sind diffuse Belastungen aus der Landwirtschaft - durch Nitrat (27 % GWK überschreiten die Qualitätsnorm) und Pflanzenschutzmittel (4 % GWK überschreiten die Qualitätsnorm).

vgl. sU #02

Bei Phosphor ist der diffuse Austrag mengenmäßig geringer als bei N, die Auswirkungen sind aber oft dramatisch (→ Seen), weil dann die letzte „Eutrophierungsbremse“ gelöst ist!



Anfrage zu Nitrat im GW in B&B (Herr Almer)



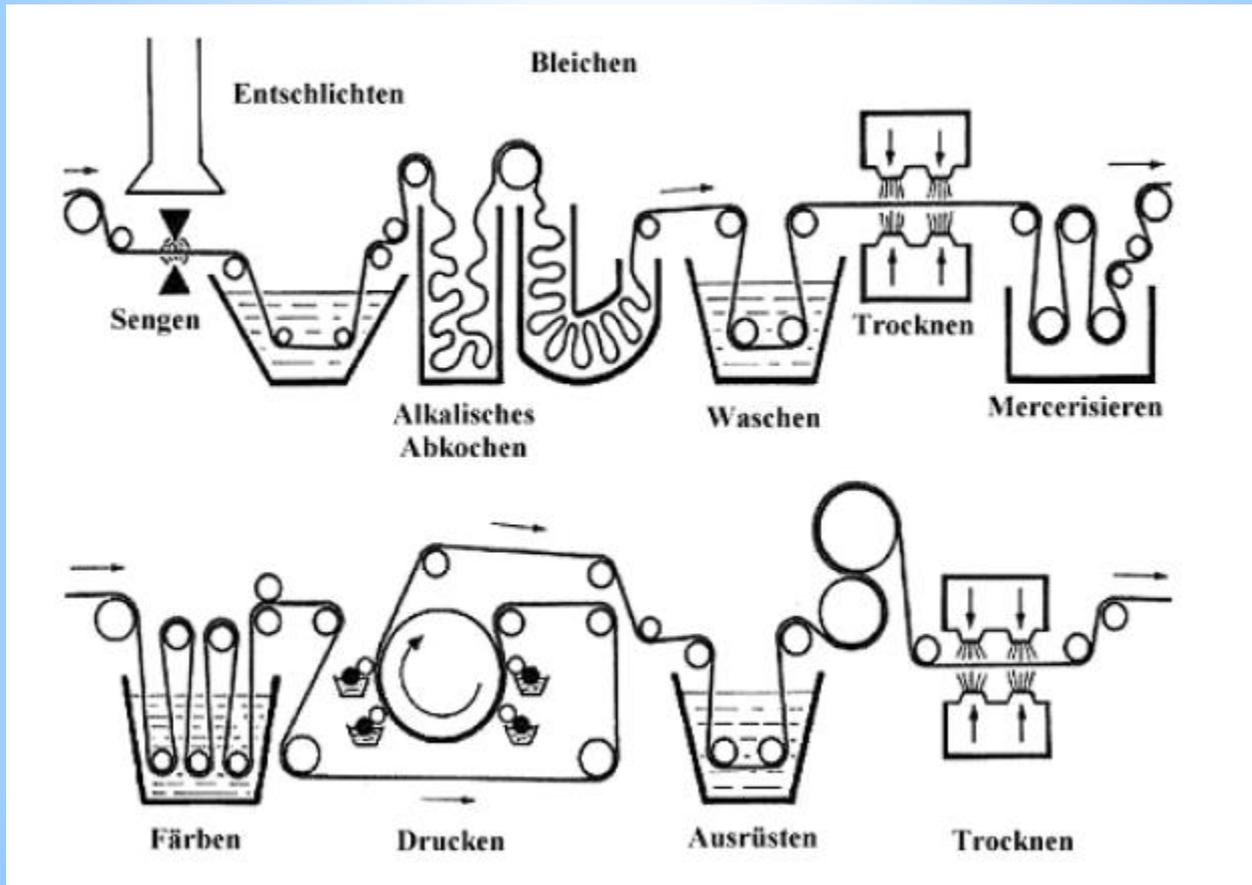
<http://www.lugv.brandenburg.de/cms/detail.php/bb1.c.305721.de>

Gewässerschutz

Anthropogene Einwirkungen auf Gewässer II

Einwirkungen und Schadstoffe aus Industrie und Gewerbe

Verarbeitende Industrie und Gewerbe



Typischer Prozessablauf bei der Veredlung von Baumwollgewebe

aus [Hintergrundpapier Anhang 38](#)

Verarbeitende Industrie und Gewerbe

Textilherstellung,
Textilveredlung

Biochemischer Sauerstoffbedarf in 5 Tagen (BSB ₅)	BSB ₅	mg/l
Chemischer Sauerstoffbedarf (CSB)	CSB	mg/l
Färbung: Spektraler Absorptionskoeffizient	SAK	m ⁻¹
Ammoniumstickstoff (NH ₄ N)	NH ₄ N	mg/l
Giftigkeit gegenüber Fischeiern (G _{Ei})	G _{Ei}	-
Arsen	Arsen	mg/l
Quecksilber	Quecksilber	mg/l
Chrom, gesamt	Chrom, gesamt	mg/l
Kupfer	Kupfer	mg/l
Nickel	Nickel	mg/l
Zink	Zink	mg/l
Zinn	Zinn	mg/l
Sulfit	Sulfit	mg/l
Sulfid, leicht freisetzbar	S ²⁻	mg/l
Freies Chlor	Freies Chlor	mg/l
EDTA	EDTA	

Verarbeitende Industrie und Gewerbe

Metallbearbeitung,
Metallverarbeitung

(z. B. Galvanikbetriebe)

Chemischer Sauerstoffbedarf (CSB)	CSB	mg/l
Ammoniumstickstoff (NH ₄ N)	NH ₄ N	mg/l
Nitritstickstoff (NO ₂ N)	NO ₂ N	mg/l
Phosphor gesamt (P _{ges})	P	mg/l
Giftigkeit gegenüber Fischeiern (G _{Ei})	G _{Ei}	-
Aluminium	Aluminium	mg/l
Arsen	Arsen	mg/l
Barium	Barium	mg/l
Blei	Blei	mg/l
Quecksilber	Quecksilber	mg/l
Quecksilber	Quecksilber	g/t
Cadmium	Cadmium	kg/t
Cadmium	Cadmium	mg/l
Cadmium	Cadmium	g/t
Chrom VI	Chrom VI	kg/t
Chrom, gesamt	Chrom, gesamt	mg/l
Cobalt	Cobalt	mg/l
Eisen	Eisen	mg/l
Kupfer	Kupfer	mg/l
Nickel	Nickel	mg/l
Selen	Selen	mg/l
Silber	Silber	mg/l
Zink	Zink	mg/l
Zinn	Zinn	mg/l
Adsorbierbare organisch gebundene Halogene (AOX)	AOX	mg/l
Leichtflüchtige halogenierte Kohlenwasserstoffe (LHKW)	LHKW	mg/l
Kohlenwasserstoffe, gesamt (KW)	KW	mg/l
Cyanid, leicht freisetzbar	CN	mg/l
Sulfid, leicht freisetzbar	S ²⁻	mg/l
Fluorid	F ²⁻	mg/l
Freies Chlor	Freies Chlor	mg/l
EDTA	EDTA	mg/l

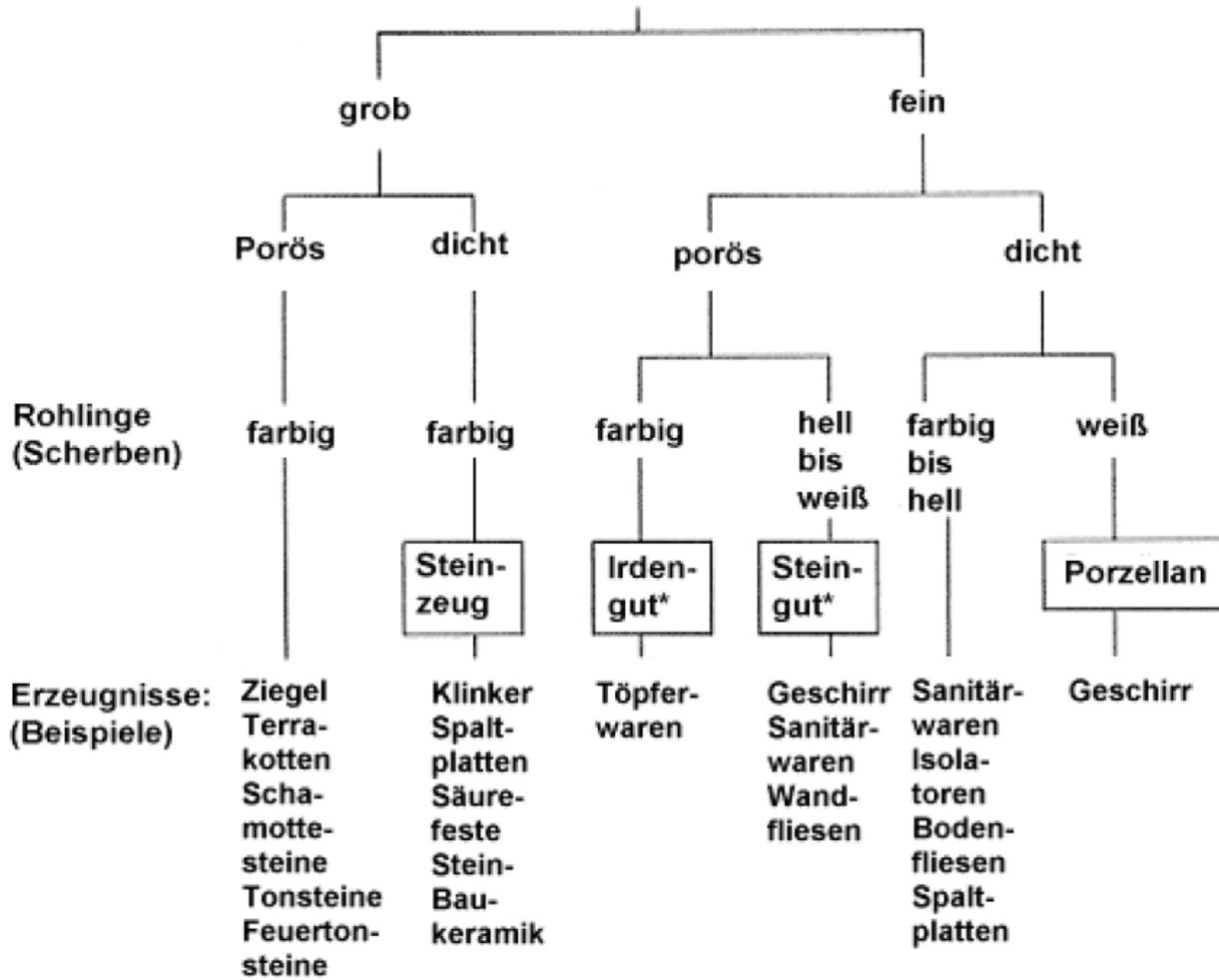
Verarbeitende Industrie und Gewerbe

Herstellung und
Verarbeitung von Glas
und künstlichen
Mineralfasern

Abfiltrierbare Stoffe	AFS	mg/l
Chemischer Sauerstoffbedarf (CSB)	CSB	mg/l
Antimon	Antimon	mg/l
Arsen	Arsen	mg/l
Barium	Barium	mg/l
Blei	Blei	mg/l
Cadmium	Cadmium	mg/l
Chrom, gesamt	Chrom, gesamt	mg/l
Kupfer	Kupfer	mg/l
Nickel	Nickel	mg/l
Silber	Silber	mg/l
Sulfat	Sulfat	mg/l
Fluorid	F ²⁻	mg/l

Verarbeitende Industrie und Gewerbe

Keramische Erzeugnisse



Keramische Erzeugnisse und ihre Unterscheidung nach Produktgruppen

aus [Hintergrundpapier Anhang 17](#)

Verarbeitende Industrie und Gewerbe

Holzfasерplatten

Biochemischer Sauerstoffbedarf in 5 Tagen (BSB ₅)	BSB ₆	g/t kg/t
Chemischer Sauerstoffbedarf (CSB)	CSB	g/t kg/t
Giftigkeit gegenüber Fischeiern (G _{Ei})	G _{Ei}	-
Adsorbierbare organisch gebundene Halogene (AOX)	AOX	mg/l
Phenolindex nach Destillation und Farbstoffextraktion	Phenolindex	g/t kg/t

Herstellung keramischer Erzeugnisse

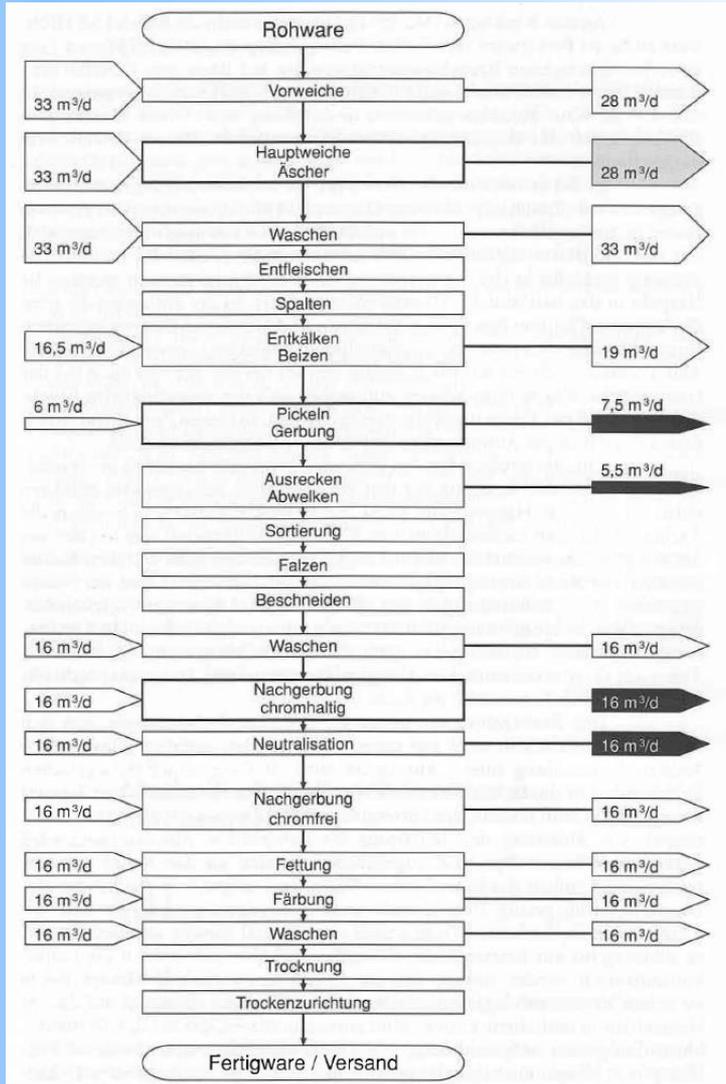
Abfiltrierbare Stoffe	AFS	mg/l
Chemischer Sauerstoffbedarf (CSB)	CSB	mg/l
Phosphor gesamt (P _{ges})	P	mg/l
Blei	Blei	mg/l
Cadmium	Cadmium	mg/l
Chrom, gesamt	Chrom, gesamt	mg/l
Cobalt	Cobalt	mg/l
Kupfer	Kupfer	mg/l
Nickel	Nickel	mg/l
Zink	Zink	mg/l
Adsorbierbare organisch gebundene Halogene (AOX)	AOX	mg/l

Verarbeitende Industrie und Gewerbe

Lederherstellung,
Pelzveredlung,
Lederfaserstoffherstellung

Biochemischer Sauerstoffbedarf in 5 Tagen (BSB ₅)	BSB ₅	mg/l
Chemischer Sauerstoffbedarf (CSB)	CSB	mg/l
Ammoniumstickstoff (NH ₄ N)	NH ₄ N	mg/l
Phosphor gesamt (P _{ges})	P	mg/l
Giftigkeit gegenüber Fischeiern (G _{Ei})	G _{Ei}	-
Chrom VI	Chrom VI	mg/l
Chrom, gesamt	Chrom, gesamt	mg/l
Adsorbierbare organisch gebundene Halogene (AOX)	AOX	mg/l
Leichtflüchtige halogenierte Kohlenwasserstoffe (LHKW)	LHKW	mg/l
Sulfid, leicht freisetzbar	S ²⁻	mg/l

Verarbeitende Industrie und Gewerbe



Lederherstellung, Pelzveredlung,
Lederfaserstoffherstellung

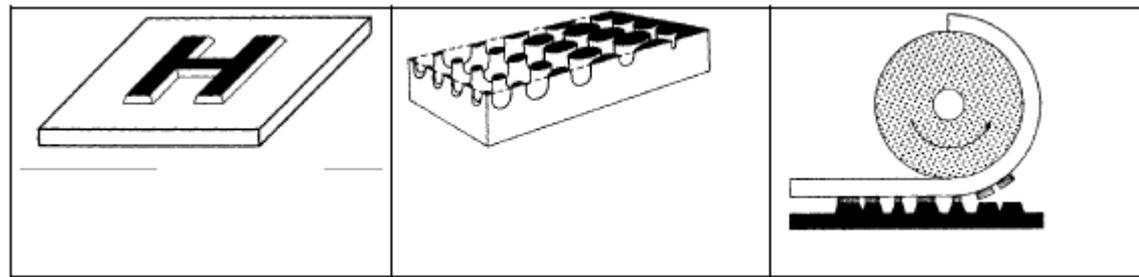
Wassereinsatz und Abwasseranfall
der verschiedenen Verfahrensstufen
in einer Chromledergerberei
(Beispiel)

aus [STERGER & LÜHR, 1996](#)

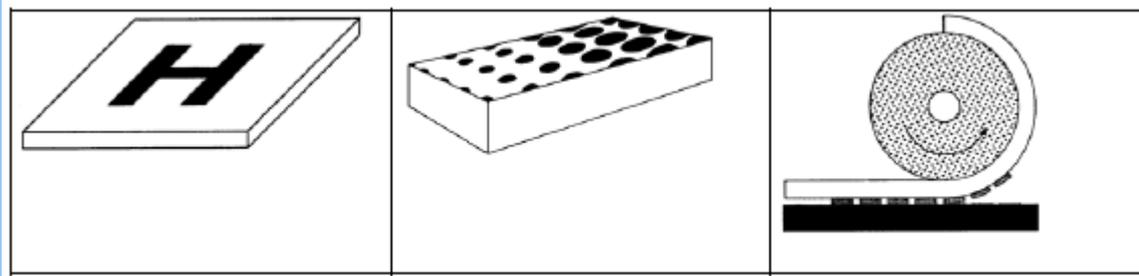
Schwerpunkt der Abwasserprobleme sind
die sog. Wasserwerkstatt und die Gerberei

Viele Lederfabriken in Deutschland haben
diese Produktionsschritte ins Ausland
verlagert oder sogar die Produktion völlig
aufgegeben!

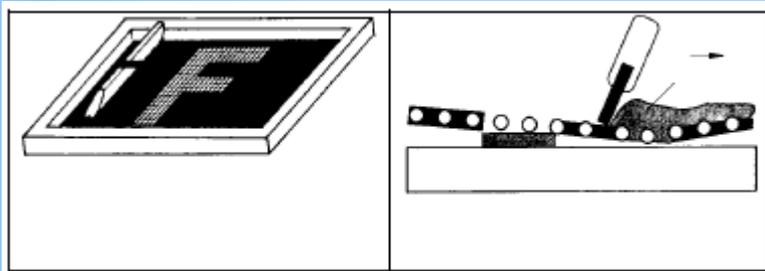
Verarbeitende Industrie und Gewerbe



Prinzip des Hochdrucks
(z. B. Buchdruck)



Prinzip des Flachdruckes
(z. B. Offsetdruck)



Prinzip des Durchdrucks
(z. B. Siebdruck)

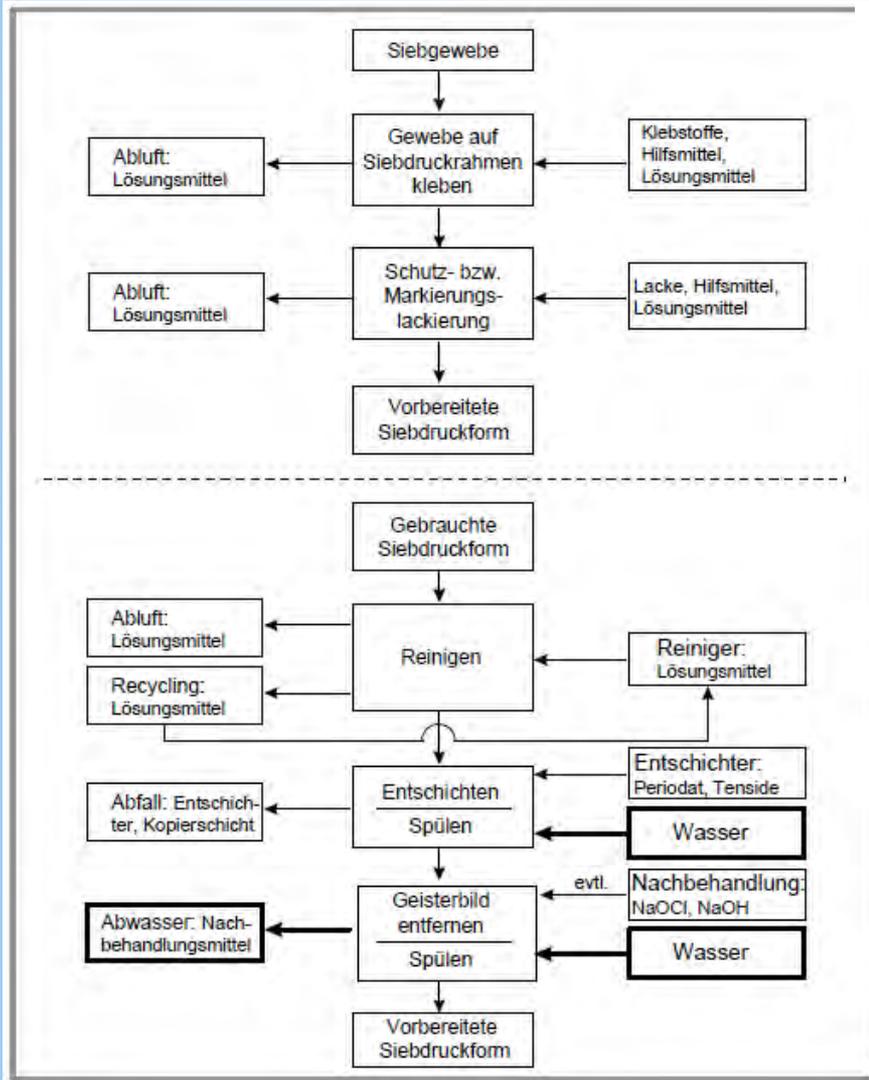
Prinzipien der verschiedenen Druckverfahren

aus [Hintergrundpapier Anhang 56](#)

Verarbeitende Industrie und Gewerbe

Verfahrensfließbild und Stoffflussdiagramm der Herstellung von Siebdruckformen

aus [Hintergrundpapier Anhang 56](#)



Verarbeitende Industrie und Gewerbe

Herstellung von
Druckformen,
Druckerzeugnissen und
grafischen Erzeugnissen

Biochemischer Sauerstoffbedarf in 5 Tagen (BSB ₅)	BSB ₅	mg/l
Chemischer Sauerstoffbedarf (CSB)	CSB	mg/l
Stickstoff, gesamt, als Summe von Ammonium, Nitrit und Nitratstickstoff (N _{ges})	TIN	mg/l
Phosphor gesamt (P _{ges})	P	mg/l
Giftigkeit gegenüber Fischeiern (G _{Ei})	G _{Ei}	-
Aluminium	Aluminium	mg/l
Blei	Blei	mg/l
Cadmium	Cadmium	mg/l
Chrom, gesamt	Chrom, gesamt	mg/l
Cobalt	Cobalt	mg/l
Eisen	Eisen	mg/l
Kupfer	Kupfer	mg/l
Nickel	Nickel	mg/l
Silber	Silber	mg/l
Zink	Zink	mg/l
Adsorbierbare organisch gebundene Halogene (AOX)	AOX	mg/l
Kohlenwasserstoffe, gesamt (KW)	KW	mg/l

Montanindustrie

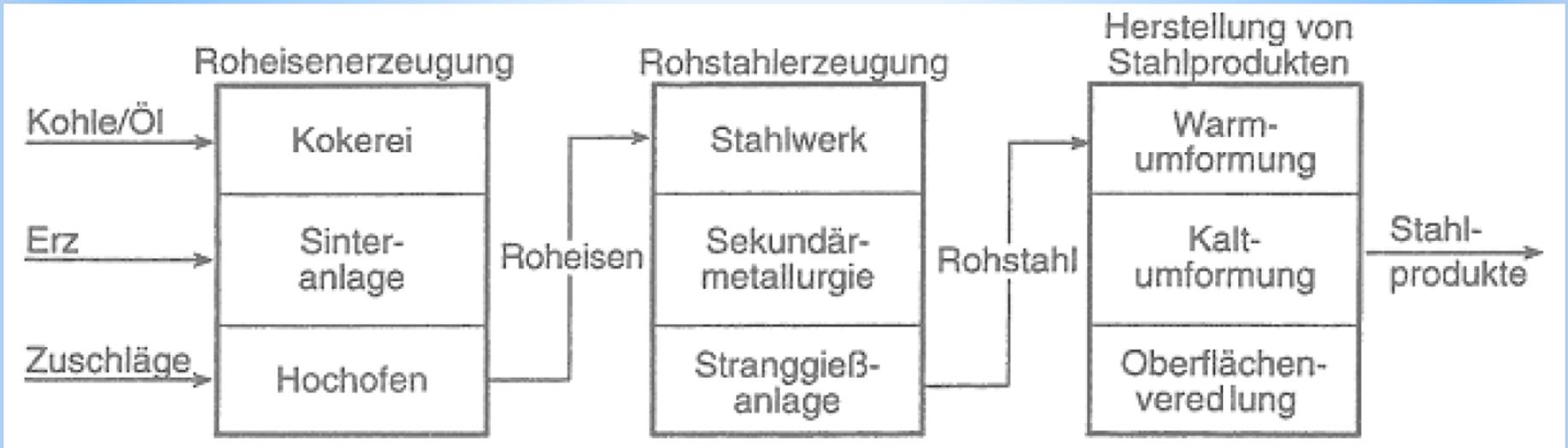
Braunkohle- Brikettfabrikation

Abfiltrierbare Stoffe	AFS	mg/l
Abfiltrierbare Stoffe	AFS	g/t kg/t
Chemischer Sauerstoffbedarf (CSB)	CSB	mg/l
Chemischer Sauerstoffbedarf (CSB)	CSB	g/t kg/t

Steinkohlenaufbereitung

Abfiltrierbare Stoffe	AFS	mg/l
Chemischer Sauerstoffbedarf (CSB)	CSB	mg/l

Montanindustrie

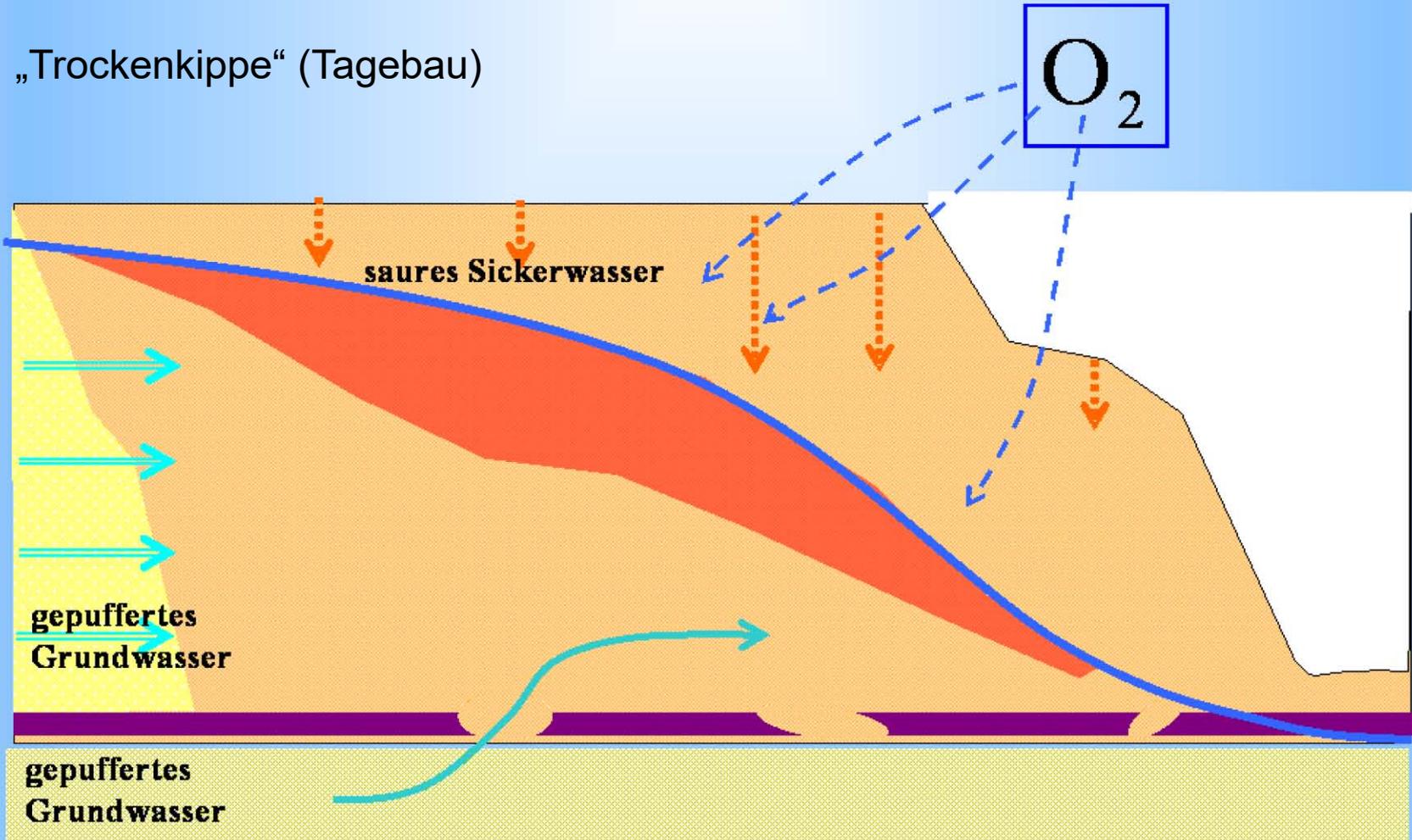


Verfahrensweg vom Erz zum Stahl

aus [Hintergrundpapier Anhang 29](#)

Montanindustrie

„Trockenkippe“ (Tagebau)

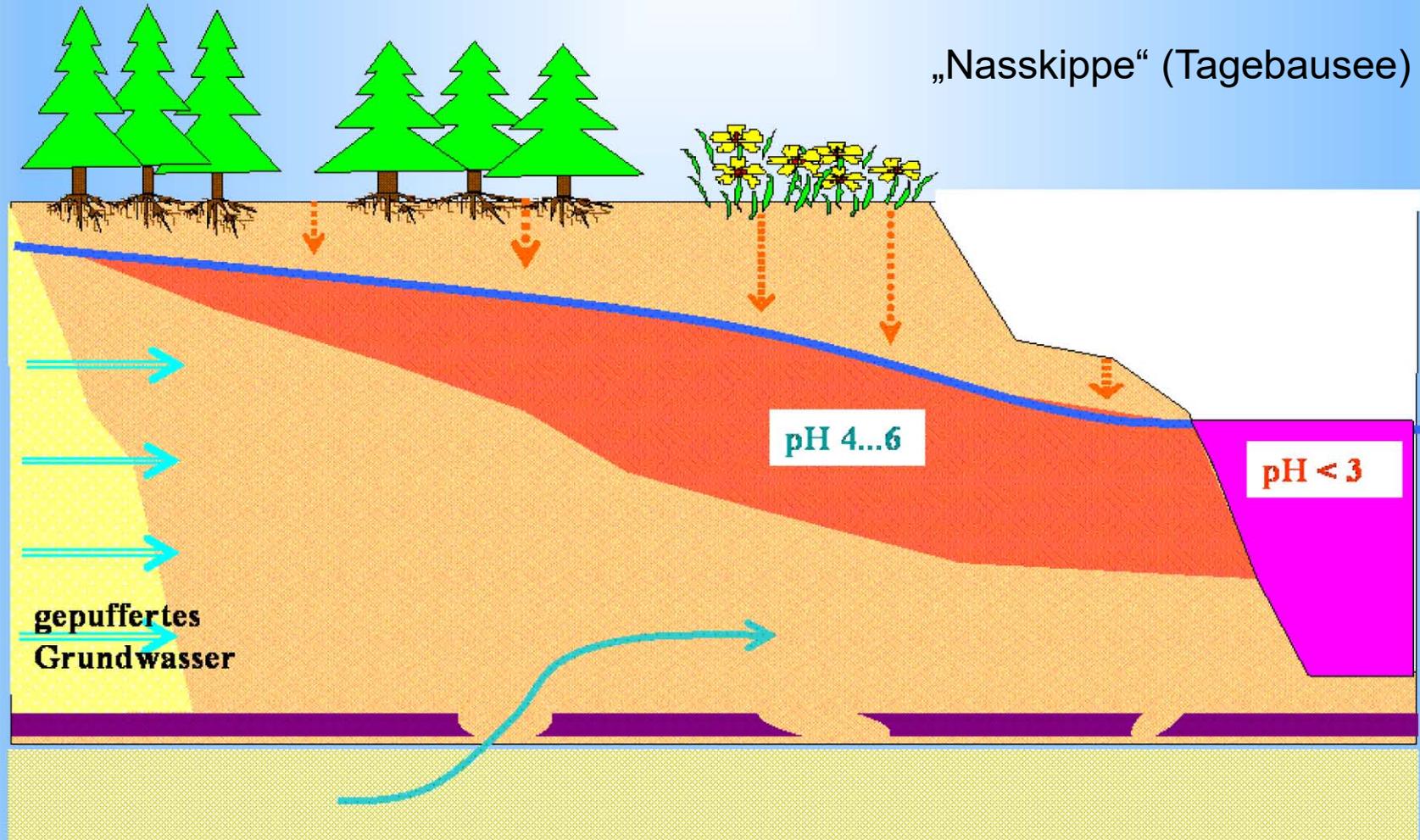


Entstehung des sauren Grubenwassers (engl. acid mine drainage - AMD)

aus http://de.wikipedia.org/wiki/Bergbaubedingte_Versauerung_von_Grund-_und_Oberfl%C3%A4chenwasser

Montanindustrie

„Nasskippe“ (Tagebausee)



Entstehung des sauren Grubenwassers (engl. Acid Mine Drainage - AMD)

aus [http://de.wikipedia.org/wiki/Bergbaubedingte_Versauerung_von_Grund- und Oberflachenwasser](http://de.wikipedia.org/wiki/Bergbaubedingte_Versauerung_von_Grund-_und_Oberfl%C3%A4chenwasser)

Montanindustrie

Eisen und Stahlerzeugung

(Roheisen / Rohstahl)

Chemischer Sauerstoffbedarf (CSB)	CSB	mg/l
Nitritstickstoff (NO ₂ N)	NO ₂ N	mg/l
Phosphor gesamt (Pges)	P	mg/l
Giftigkeit gegenüber Fischeiern (G _{Ei})	G _{Ei}	-
Blei	Blei	mg/l
Chrom VI	Chrom VI	mg/l
Chrom, gesamt	Chrom, gesamt	mg/l
Eisen	Eisen	mg/l
Kupfer	Kupfer	mg/l
Nickel	Nickel	mg/l
Zink	Zink	mg/l
Zinn	Zinn	mg/l
Adsorbierbare organisch gebundene Halogene (AOX)	AOX	mg/l
Fluorid	F ²⁻	mg/l

Montanindustrie

Eisen, Stahl und
Tempergießerei

(Eisen- und
Stahlerzeugnisse, die
nach dem Guss
getempert werden)

Chemischer Sauerstoffbedarf (CSB)	CSB	g/t kg/t
Giftigkeit gegenüber Fischeiern (G_{Ei})	G_{Ei}	-
Arsen	Arsen	g/t kg/t
Blei	Blei	g/t kg/t
Cadmium	Cadmium	g/t kg/t
Chrom, gesamt	Chrom, gesamt	g/t kg/t
Eisen	Eisen	g/t kg/t
Kupfer	Kupfer	g/t kg/t
Nickel	Nickel	g/t kg/t
Zink	Zink	g/t kg/t
Adsorbierbare organisch gebundene Halogene (AOX)	AOX	g/t kg/t
Kohlenwasserstoffe, gesamt (KW)	KW	g/t kg/t
Cyanid, leicht freisetzbar	CN	g/t kg/t
Phenolindex nach Destillation und Farbstoffextraktion	Phenolindex	g/t kg/t

Montanindustrie

Nichteisenmetallherstellung

(Buntmetalle, Halbedel- und Edelmetalle)

Chemischer Sauerstoffbedarf (CSB)	CSB	g/t kg/t
Giftigkeit gegenüber Fischeiern (G _{Ei})	G _{Ei}	-
Aluminium	Aluminium	g/t kg/t
Arsen	Arsen	mg/l
Arsen	Arsen	g/t kg/t
Blei	Blei	mg/l
Blei	Blei	g/t kg/t
Quecksilber	Quecksilber	mg/l
Quecksilber	Quecksilber	g/t kg/t
Cadmium	Cadmium	mg/l
Cadmium	Cadmium	g/t kg/t
Chrom, gesamt	Chrom, gesamt	mg/l
Chrom, gesamt	Chrom, gesamt	g/t kg/t
Cobalt	Cobalt	mg/l
Eisen	Eisen	g/t kg/t
Kupfer	Kupfer	mg/l
Kupfer	Kupfer	g/t kg/t
Nickel	Nickel	mg/l
Nickel	Nickel	g/t kg/t
Silber	Silber	mg/l
Thalium	Thalium	mg/l
Zink	Zink	mg/l
Zinn	Zinn	mg/l
Adsorbierbare organisch gebundene Halogene (AOX)	AOX	mg/l
Kohlenwasserstoffe, gesamt (KW)	KW	g/t kg/t
Sulfid, leicht freisetzbar	S ²⁻	mg/l
Fluorid	F ²⁻	g/t kg/t
Hexachlorbenzol (HCB)	HCB	mg/l

Montanindustrie

Steine und Erden

(Naturstein, Quarz, Sand und Kies; Beton und Betonerzeugnisse, Faserzement)

Abfiltrierbare Stoffe	AFS	mg/l
Chemischer Sauerstoffbedarf (CSB)	CSB	mg/l
Chrom VI	Chrom VI	mg/l
Chrom, gesamt	Chrom, gesamt	mg/l
Adsorbierbare organisch gebundene Halogene (AOX)	AOX	mg/l

Kohleverkokung

Biochemischer Sauerstoffbedarf in 5 Tagen (BSB ₅)	BSB ₆	g/t kg/t
Stickstoff, gesamt, als Summe von Ammonium, Nitrit und Nitratstickstoff (N _{ges})	TIN	g/t kg/t
Gesamter gebundener Stickstoff (TN _b)	TN _b	g/t kg/t
Phosphor gesamt (P _{ges})	P	mg/l
Giftigkeit gegenüber Fischeiern (G _{Ei})	G _{Ei}	-
Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK)	PAK	g/t kg/t
Benzol und Derivate	BTEX	g/t kg/t
Cyanid, leicht freisetzbar	CN	g/t kg/t
Sulfid, leicht freisetzbar	S ²⁻	g/t kg/t
Phenolindex nach Destillation und Farbstoffextraktion	Phenolindex	g/t kg/t

Kühlwasser

Wasseraufbereitung, Kühlsysteme,
Dampferzeugung

Abfiltrierbare Stoffe	AFS	mg/l
Chemischer Sauerstoffbedarf (CSB)	CSB	mg/l
Stickstoff, gesamt, als Summe von Ammonium, Nitrit und Nitratstickstoff (Nges)	TIN	mg/l
Phosphor gesamt (Pges)	P	mg/l
Giftigkeit gegenüber Leuchtbakterien (G _L)	G _L	-
Arsen	Arsen	mg/l
Blei	Blei	mg/l
Cadmium	Cadmium	mg/l
Chrom, gesamt	Chrom, gesamt	mg/l
Kupfer	Kupfer	mg/l
Nickel	Nickel	mg/l
Vanadium	Vanadium	mg/l
Zink	Zink	mg/l
Adsorbierbare organisch gebundene Halogene (AOX)	AOX	mg/l
Hydrazin	Hydrazin	mg/l
Freies Chlor	Freies Chlor	mg/l
Chlordioxid und andere Oxidantien (angegeben als Chlor)	Chlordioxid	mg/l

Kühlwasser - ein bisschen Statistik...

Abwassereinleitung nach Wirtschaftszweigen 2007

Wirtschaftsgliederung (WZ03) ¹⁾	Eingeleitetes Abwasser insgesamt	Unbehandeltes Abwasser			Behandeltes Abwasser	Ungenutztes Wasser
		Zusammen	darunter			
			Kühlwasser	produktions- spezifisches Abwasser		
Mio. m ³						
Bergbau, Gewinnung von Steinen und Erden	1.967,7	990,3	776,6	211,3	31,2	946,2
Verarbeitendes Gewerbe	5.559,9	4.573,2	3.892,4	439,4	889,4	97,3
Energie- und Wasserversorgung	19.098,4	18.873,3	18.527,0	28,5	145,8	79,3
Übrige Wirtschaftszweige	160,8	139,0	72,6	23,5	12,0	9,9
Insgesamt	26.786,8	24.575,8	23.268,7	702,7	1.078,4	1.132,6

¹⁾ Statistisches Bundesamt: Klassifikation der Wirtschaftszweige, Ausgabe 2003

Quelle: Statistisches Bundesamt, Erhebung der nichtöffentlichen Wasserversorgung und nichtöffentlichen Abwasserbeseitigung 2007, Wiesbaden 2009

Ergo:

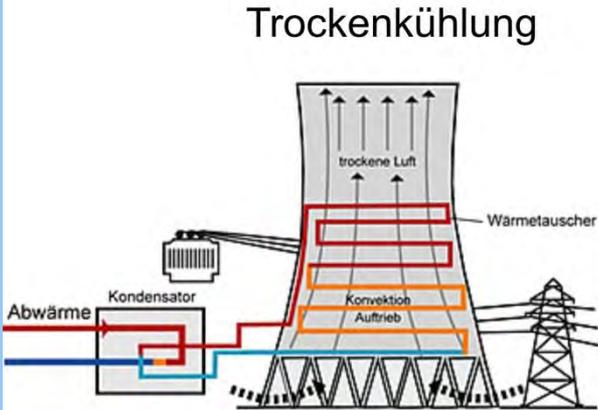
Ca. **87%** des insgesamt in die Gewässer eingeleiteten Abwassers ist Kühlwasser!

aus <http://www.umweltbundesamt.de/daten/wasserwirtschaft/nichtoeffentliche-abwasserbeseitigung>

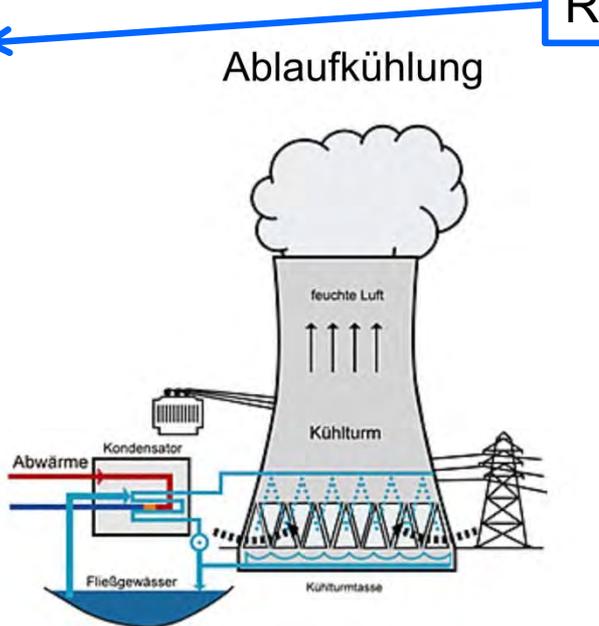
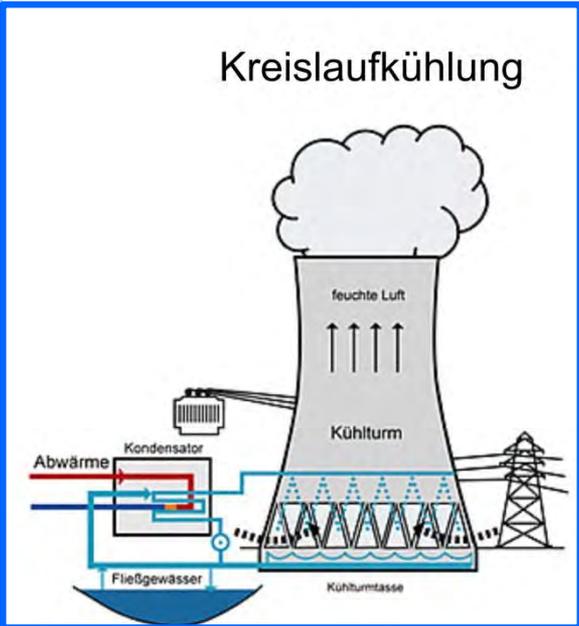
Kühlwasser

Gegenüberstellung
der wichtigsten
Kühlsysteme

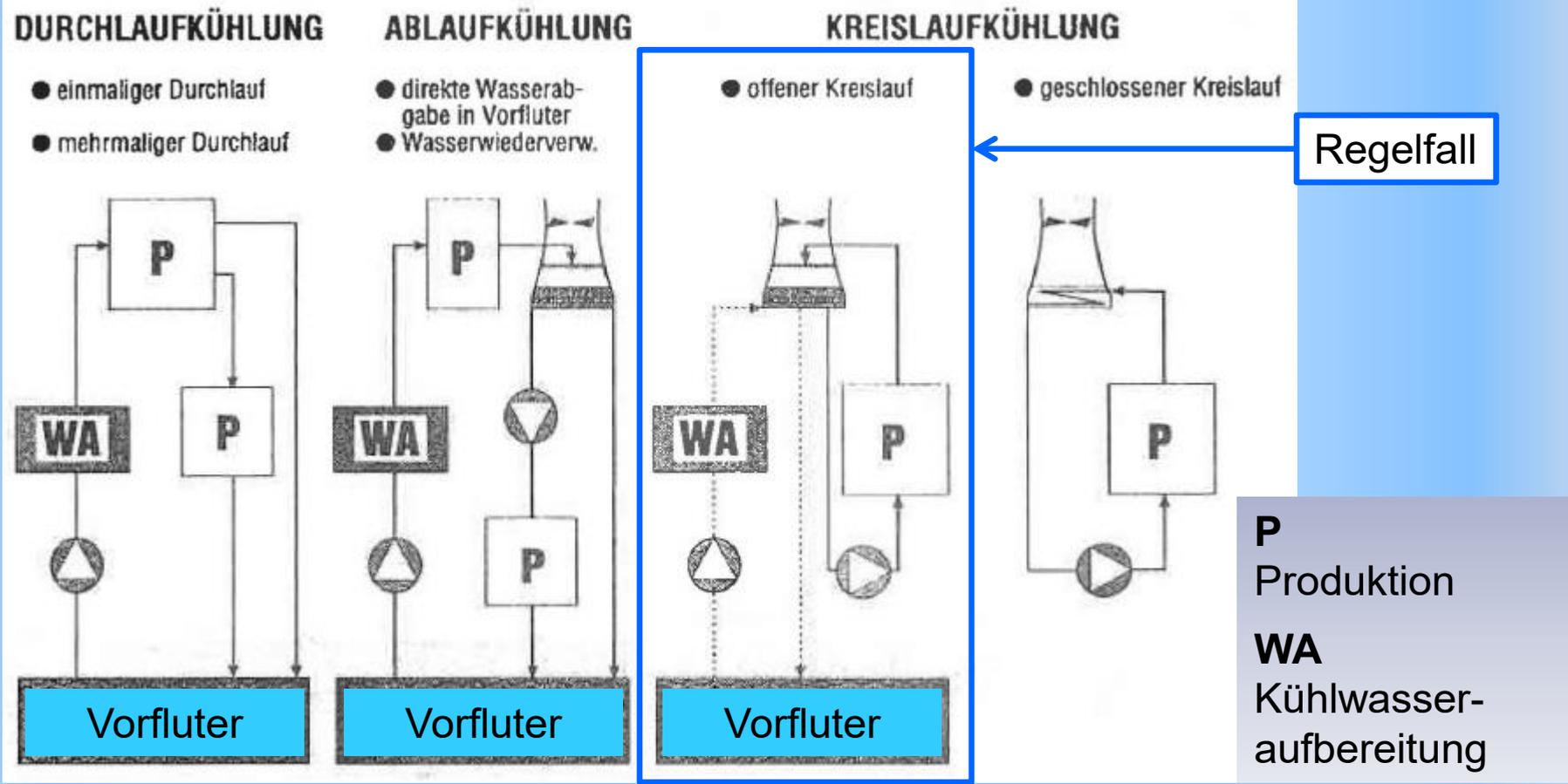
aus <http://www.bhkw-jetzt.de/oekologie/fluesse/>
(leicht geändert)



Regelfall



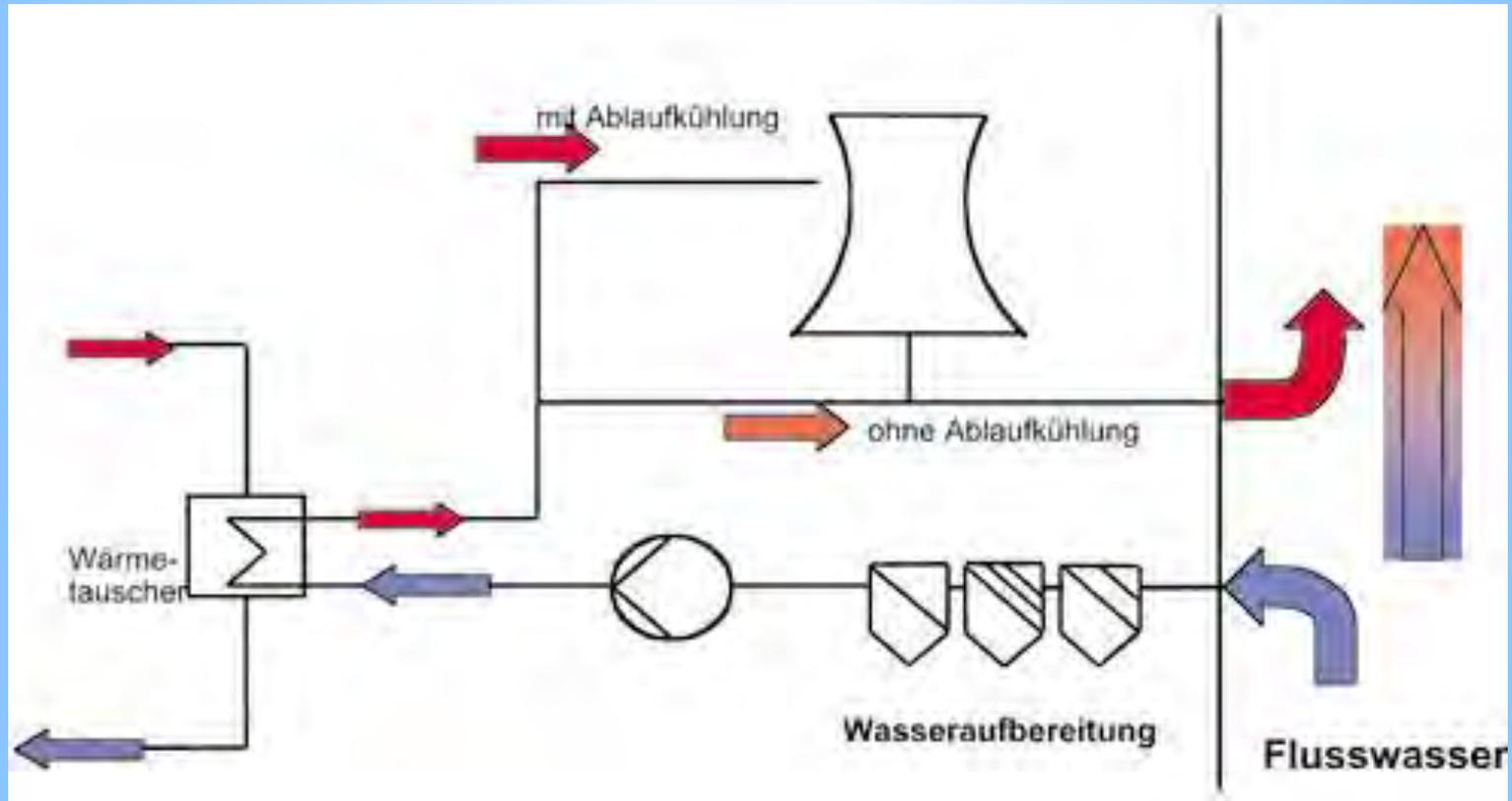
Kühlwasser



Gegenüberstellung der wichtigsten Kühlsysteme aus Sicht der Chemieindustrie

aus [HELLMUND et al., 1991](#)

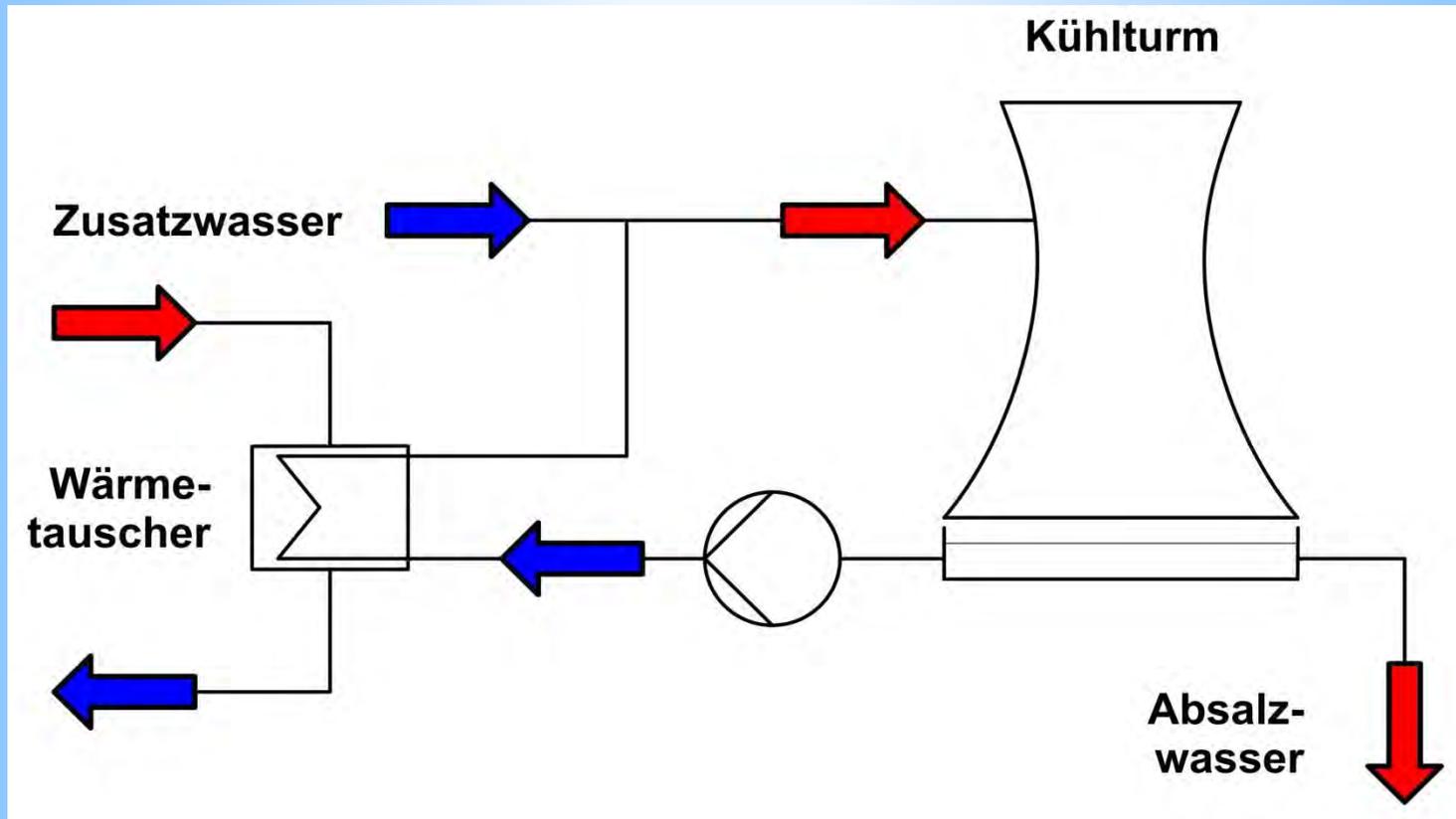
Kühlwasser



Durchlaufkühlung (mit oder ohne Ablaufkühlung)

aus <http://www.ikz.de/1996-2005/2004/12/0412030.php>

Kühlwasser



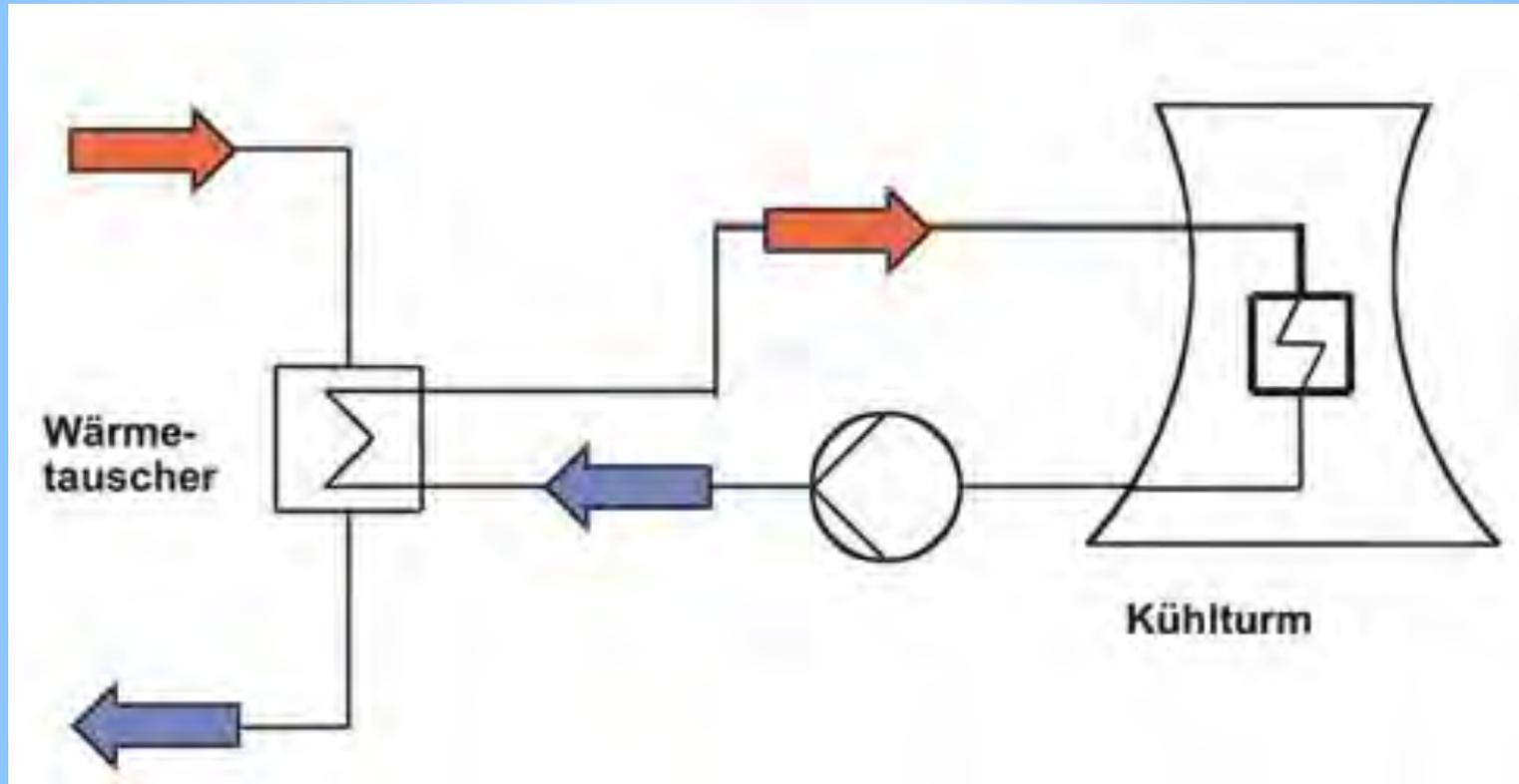
Kreislaufkühlung mit offenem Kühlkreislauf

(„offen“, weil im Kühlturm Dampf in die Atmosphäre entweicht)

Regelfall der anzutreffende Konfiguration betrieblicher Kühlwasserkreisläufe

neu gezeichnet unter Verwendung von <http://www.ikz.de/1996-2005/2004/12/0412030.php>

Kühlwasser



Kreislaufkühlung mit geschlossenem Kühlkreislauf

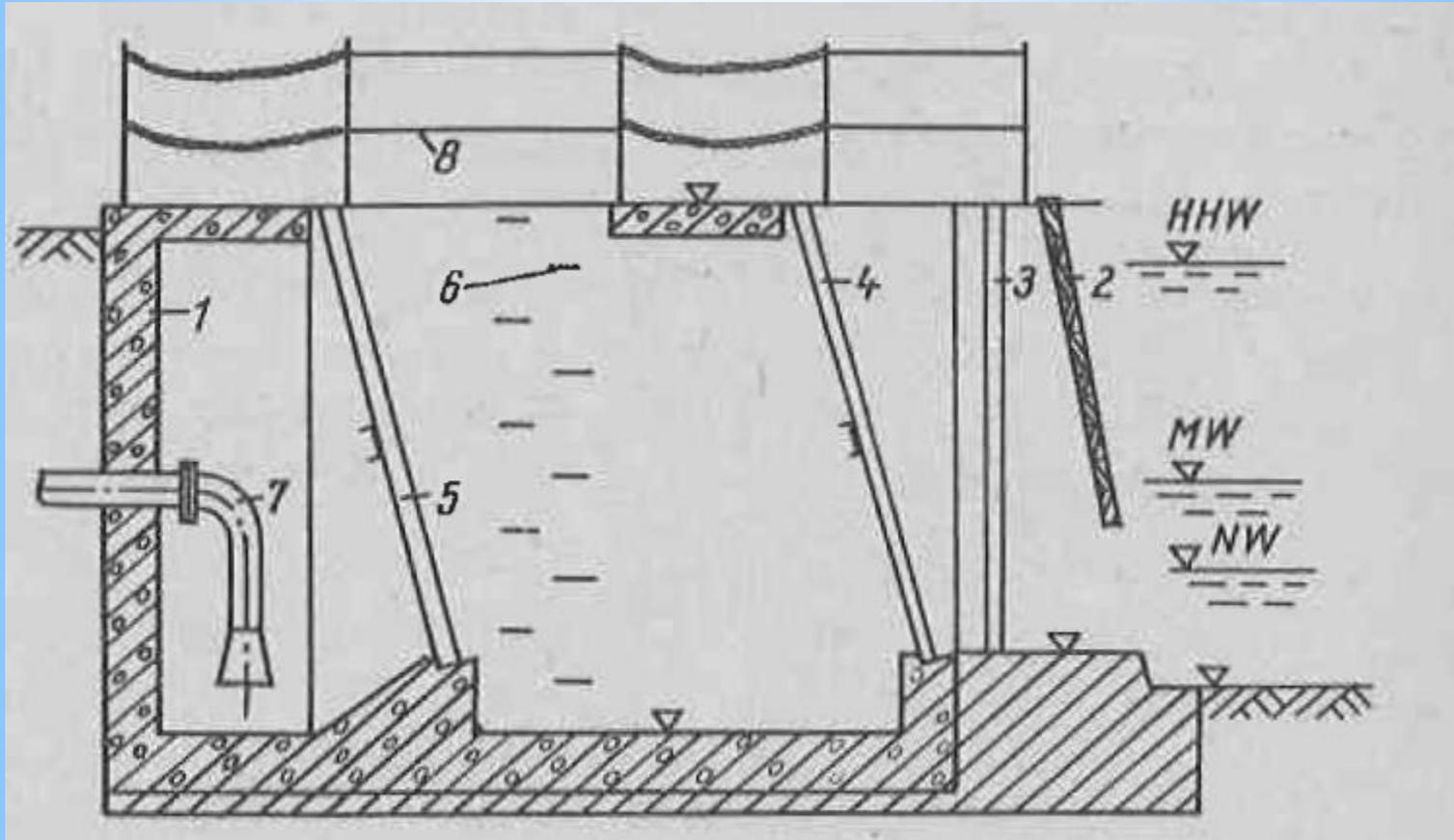
aus <http://www.ikz.de/1996-2005/2004/12/0412030.php>

Kühlwasser



Kraftwerk Lippendorf bei Leipzig

Wasserentnahme



Entnahmebauwerk für Flusswasser

aus [KITTNER, STARKE & WISSEL, 1975](#)

Wasserentnahme

Entnahmeturm für Talsperrenwasser
(TS Stollberg/Erzgeb.)

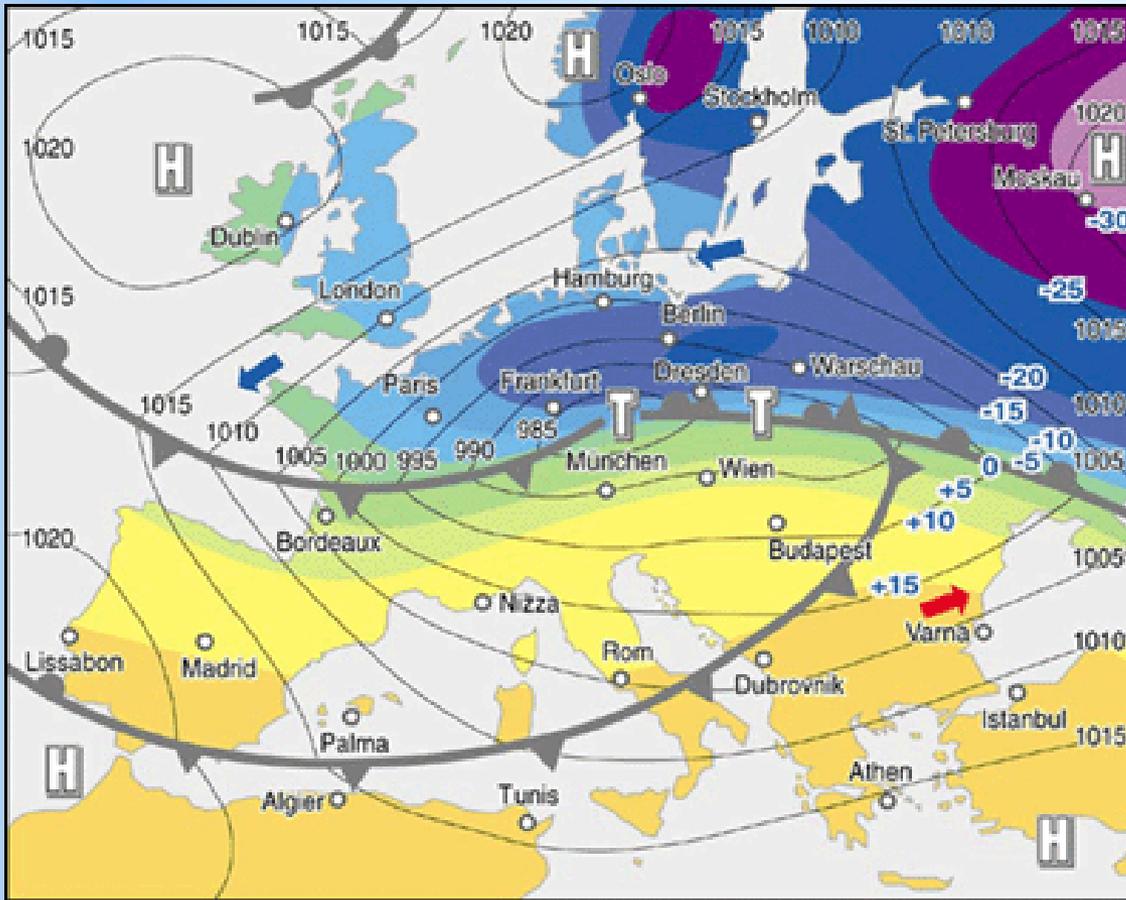


Rückblende: Katastrophenwinter 1978/79

Zum Jahreswechsel 1978/79 ereignete sich auf dem Gebiet der ehemaligen DDR und im Norden der Bundesrepublik ein Temperatursturz von $+10^{\circ}\text{C}$ auf weit unter -20°C , gepaart mit bis dahin ungekannten Schneemassen. Dieser Winter ist als Jahrhundert- oder Katastrophenwinter in die Geschichte eingegangen.



Rückblende: Katastrophenwinter 1978/79



Diese Wettersituation überfiel uns – zumindest in der ehemaligen DDR – ohne jegliche Vorwarnung.

Links:
Historische Bodenwetterkarte vom 31.12.1978

http://www.wetteronline.de/?pcid=pc_wotexte_special&gid=DL&pid=p_wotexte_feature&sid=Special§ion=Winter197879&day=01&month=06&year=2007&token=ws

Rückblende: Katastrophenwinter 1978/79

Mit den Schneeräumgeräten des normalen Winterdienstes war nichts zu machen – nur schweres Gerät aus den Beständen des Militärs konnte etwas bewegen...!



Rückblende: Katastrophenwinter 1978/79

Personen- und Güterzüge blieben im Schnee stecken. Dies wirkte sich nicht nur für die Reisenden, sondern auch für die Braunkohlentagebaue und Kraftwerke dramatisch aus: Die Kohlezüge und Bandanlagen froren regelrecht fest und die Energieversorgung drohte



zusammenzubrechen. Darüber wurde aber in Funk und Fernsehen der DDR kaum berichtet...

Winter 1978/79 – BKK Lauchhammer

In der DDR war Braunkohlenhochtemperaturkoks (BHT-Koks) elementarer Grundstoff, z. B. für die Roheisenerzeugung in Hochöfen (anstelle von Steinkohlenkoks). Wichtiger Produzent von BHT-Koks war das Braunkohlenkombinat Lauchhammer (Großkokerei Lauchhammer).

Rohbraunkohle enthält 50...60% Wasser! Deshalb entsteht neben Koks und Stadtgas als Zielprodukt bei der Verkokung von Braunkohle auch ein Gaskondensat. Dieses Gaskondensat enthält Phenole in hoher Konzentration. Phenole sind nicht nur hochgiftig für den Menschen, sondern auch für die aquatische Fauna und Flora. Diese Erfahrung gewann man bereits in den 30'er Jahren des letzten Jahrhunderts, als infolge der Einleitung von phenolhaltigen Abwässern aus den Kokereien im Ruhrgebiet die Fische aus der Ruhr und langen Strecken des Rheins verschwanden. In Abwasserbehandlungsanlagen hemmen Phenole bereits in niedriger Konzentration die Nitrifikation, in höheren Konzentrationen werden die Mikroorganismen soweit vergiftet, dass sie absterben.

Winter 1978/79 – BKK Lauchhammer

Lösung des Phenolproblems mit Hilfe des sog. Phenosolvanverfahrens:

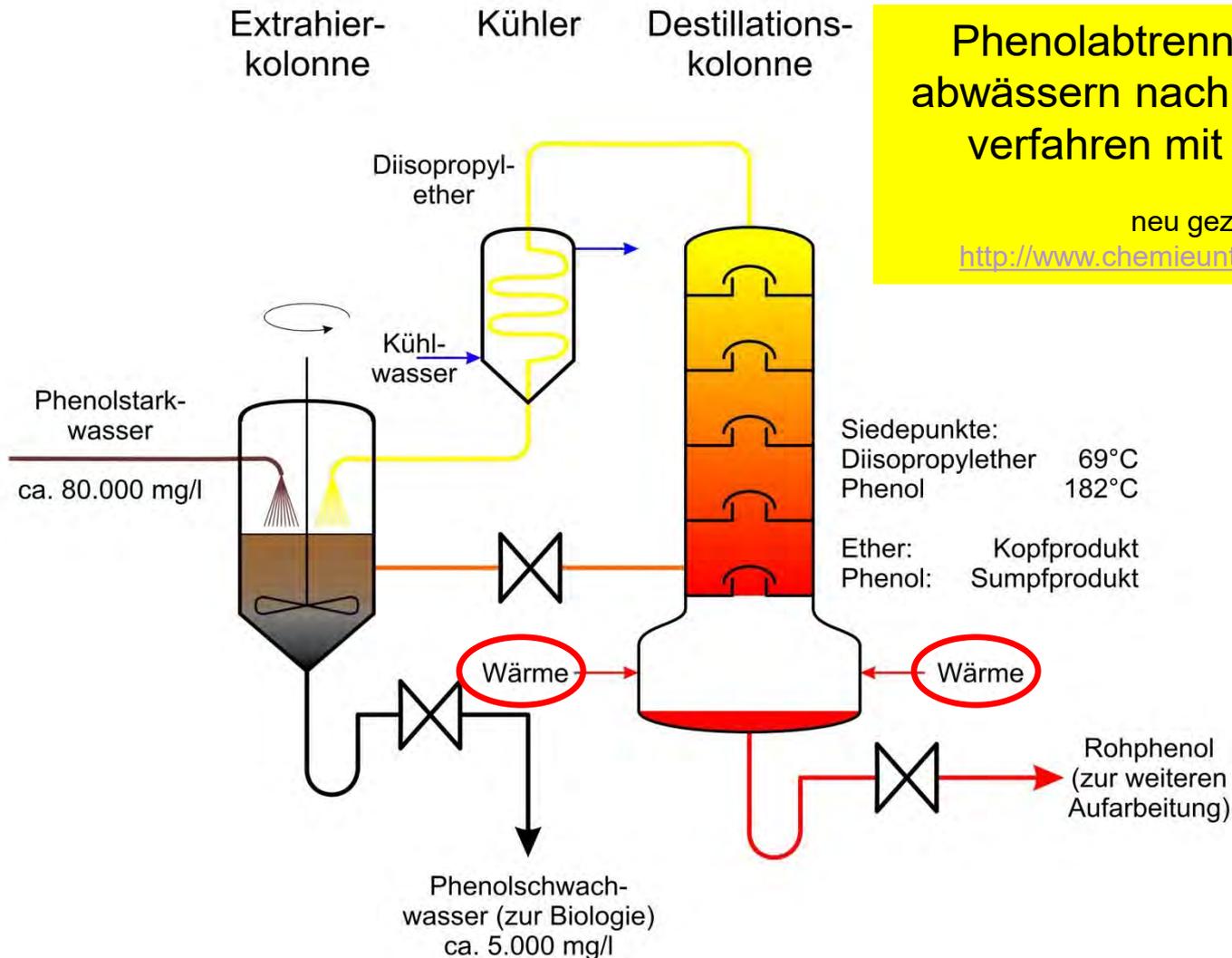
Verfahren zur Extraktion von Phenolen aus Abwässern mit Phenosolvan, einem Gemisch aliphatischer Ester, vor allem Butylazetat oder Diisopropylether. Es lassen sich 80 bis 99 % der Phenole entfernen und zurückgewinnen; der Phenolgehalt des Wassers sinkt von 3 bis 8 g/l auf 0,1 bis 0,2 g/l.

Das Verfahren besteht darin, dass zunächst das Phenol mittels Butylazetat oder Diisopropylether aus dem Gaskondensat extrahiert wird. Der Extrakt schwimmt auf, das entphenolte Wasser befindet sich am Boden des Misch- und Trennbehälters und wird von dort abgetrennt und zur weiteren Behandlung geleitet. Aufgrund der unterschiedlichen Siedepunkte von Extraktionsmittel und Phenol kann das Extrakt in einer Destillationskolonne wieder aufgespalten werden. Das Phenol wird aufgearbeitet und als Ausgangsstoff in anderen Prozessen eingesetzt oder als Nebenprodukt vermarktet, das Extraktionsmittel in den Prozess zurückgeführt.

Winter 1978/79 – BKK Lauchhammer

Phenolabtrennung aus Kokerei-abwässern nach dem Phenosolvan-verfahren mit Diisopropylether

neu gezeichnet unter Verwendung von http://www.chemieunterricht.de/dc2/iat/dc2it_19.htm



Extraktion:

1. Mischen Phenolstarkwasser mit DIPE
2. Rührer abstellen, Phasentrennung oben: DIPE mit Phenol
unten: Phenolschwachwasser
3. Abziehen des Phenol-/DIPE-Gemisches zur Destillationskolonne
4. Abziehen des Phenolschwachwassers

Winter 1978/79 – BKK Lauchhammer

Wegen der Unterbrechungen der Kohlezüge aus dem angeschlossenen Tagebau konnte nicht mehr genügend Energie für den Eigenbedarf des BKK erzeugt werden. Folglich mussten Energieabnehmer abgeschaltet werden. Die Abwasserbehandlung traf es natürlich zuerst, denn das war aus der Sicht der damaligen Direktoren problemlos zu verschmerzen. Also wurde die Destillationskolonne der Phenosolvananlage stillgelegt. Pro forma wurde per Fernschreiben an die damals zuständige Behörde in Dresden ein Antrag auf vorübergehende Anhebung des Grenzwerts für Phenol geschickt...



...weil uns nichts Gutes schwante, fuhr ich bei -25°C mit einem Kollegen nach Lauchhammer zu einer Vor-Ort-Kontrolle...

Entphenolungsanlage nach dem Phenosolvanverfahren

aus http://www.kokerei-august-thyssen.de/k_at_phenol/phenol.html

Winter 1978/79 – BKK Lauchhammer



aus
http://de.wikipedia.org/wiki/Biot%C3%BCrme_Lauchhammer

...dort sahen wir die Bescherung: Wegen der Stilllegung der Destillationskolonne gelang nun „Phenolstarkwasser“ auf die Tropfkörper. Folgen???

Winter 1978/79 – BKK Lauchhammer

- Die Biologie war natürlich tot, aus den Tropfkörpern trat das Phenolstarkwasser in unveränderter Konzentration aus, vermischt mit den schleimigen Resten des abgestorbenen biologischen Rasens
- Dieses Abwasser gelangte in den Vorfluter und damit letztlich in die Elbe
- Damit hochgradige Gefährdung der Fernwasserversorgung Elbaue-Ostharz, die entlang der Elbe im Raum Torgau weitläufige Uferfiltratfassungen betrieb

Wichtigste Maßnahmen:

1. Sofortiges Verbot der Abwassereinleitung
2. Warnung Fernwasserversorgung, daraufhin Außerbetriebnahme der Uferfiltratfassungen (→ wegen Gefahr der Bildung von Chlorphenolen)
3. Auflage an das Unternehmen, einen Maßnahmenplan zur Wiederinbetriebnahme der ordnungsgemäßen Abwasserreinigung und zur gefahrlosen Ableitung der gestapelten phenolhaltigen Abwässer zu erstellen
(→ Lokomotive zur Dampferzeugung für die Entphenolung / Ableitung der Abwässer nur bei hoher Wasserführung und in Abstimmung mit der Behörde)

Literaturverzeichnis

FREDE & DABBERT, 1998	Hans-Georg Frede und Stephan Dabbert (Hrsg.) Handbuch zum Gewässerschutz in der Landwirtschaft ecomed Verlagsgesellschaft AG & Co. KG, 1998
Hintergrundpapier, Anh. 9	Hinweise und Erläuterungen zu Anhang 9 Abwasserverordnung: - Herstellung von Beschichtungsstoffen und Lackharzen -
Hintergrundpapier, Anh. 10	Hinweise und Erläuterungen zu Anhang 10 Abwasserverordnung: - Fleischwirtschaft -
Hintergrundpapier, Anh. 17	Hinweise und Erläuterungen zu Anhang 17 Abwasserverordnung: - Herstellung keramischer Erzeugnisse -
Hintergrundpapier, Anh. 22	Hinweise und Erläuterungen zu Anhang 22 Abwasserverordnung: - Chemische Industrie -
Hintergrundpapier, Anh. 28	Hinweise und Erläuterungen zu Anhang 28 Abwasserverordnung: - Herstellung von Papier und Pappe -
Hintergrundpapier, Anh. 29	Hinweise und Erläuterungen zu Anhang 29 Abwasserverordnung: - Eisen- und Stahlerzeugung -
Hintergrundpapier, Anh. 32	Hinweise und Erläuterungen zu Anhang 32 Abwasserverordnung: - Verarbeitung von Kautschuk und Latizes, Herstellung und Verarbeitung von Gummi -
Hintergrundpapier, Anh. 38	Hinweise und Erläuterungen zu Anhang 38 Abwasserverordnung: - Textilherstellung, Textilveredlung -
Hintergrundpapier, Anh. 56	Hinweise und Erläuterungen zu Anhang 56 Abwasserverordnung: - Herstellung von Druckformen, Druckerzeugnissen und grafischen Erzeugnissen -
IMHOFF, 1972	Imhoff, K.; Imhoff, K. R. Taschenbuch der Stadtentwässerung R. Oldenbourg Verlag München, 1972
KITTNER, STARKE & WISSEL, 1975	Kittner, H.; Starke, W.; Wissel, D. Wasserversorgung, 3., überarbeitete Auflage VEB Verlag für Bauwesen, Berlin, 1975
LANGE & OTTERPOHL, 2000	Lange, J., Otterpohl, R. Abwasser: Handbuch zu einer zukunftsfähigen Wasserwirtschaft Donaueschingen-Pföhren, Mallbeton-Verlag, 2000, zitiert bei PETERS, 2007
PETERS, 2007	Peters, C. Potenziale von Regenwasserversickerung, Speicherung, Urinseparation und Pumpwerkssteuerung für den Gewässerschutz von der Fakultät III – Prozesswissenschaften der Technischen Universität Berlin zur Erlangung des akademischen Grades Doktor der Ingenieurwissenschaften – Dr.-Ing. genehmigte Dissertation, Berlin 2007
STERGER, 1996	Sterger, O. Gewässerschutz in der DDR, Stand 1989 Vortrag im Umweltbundesamt, Berlin
STERGER & LÜHR, 1996	Sterger, O.; Lühr, H.-P. Handbuch des Umweltschutzes und der Umweltschutztechnik (Hrsg.: Heinz Brauer) Band 4 Additiver Umweltschutz: Behandlung von Abwässern, Kapitel 1 Abwassermeidung, S. 1-65 Springer-Verlag Berlin Heidelberg 1996

Gewässerschutz

#09 Aktiver (vorsorgender)
Gewässerschutz in Industrie und Gewerbe
Produktionsintegrierter Umweltschutz und
Anwendung des Standes der Technik in
Industrie und Gewerbe (Direkteinleiter)

PIUS vs. End-Of-Pipe-Technik

Produktionsintegrierter Umweltschutz (PIUS) bedeutet, "...dass Produktionsverfahren und Produkte bereits bei der Konzeption so ausgelegt, optimiert und aufeinander abgestimmt werden, dass Abgase, Abwässer und Abfälle weitgehend gar nicht erst entstehen, sondern möglichst umfassend schon an der Quelle vermieden werden. Unvermeidbare Reststoffe müssen im Sinne einer Kreislaufschließung oder Vernetzung entweder direkt wieder in den Produktionsprozess zurückgeführt werden oder in anderen Prozessen als Roh- bzw. Hilfsstoffe wieder einsetzbar sein. Die Produkte selbst sollen aus umweltschonenden Stoffen hergestellt sein, sich durch umweltfreundliche Benutzbarkeit auszeichnen und am Ende der Produktlebenszeit in ihren Komponenten oder Ausgangsmaterialien weitgehend wiederverwertbar sein.,,

aus BMFT, 1994

In diesem Sinne können Maßnahmen End-of-the-Pipe (z. B. Abluft- oder Abwasserbehandlung) durch Maßnahmen des produktionsintegrierten Umweltschutzes zielgerichtet ergänzt oder sogar überflüssig gemacht werden.

PIUS vs. End-Of-Pipe-Technik



Bis Mitte der 70'er Jahre des 20. Jahrhunderts spielte der Umweltschutz zur Senkung der Emissionen aus dem Produktionsprozess noch keine Rolle – Idealbild und Symbol eines prosperierenden Unternehmens waren die rauchenden Schornsteine! Das änderte sich erst nach Erscheinen des Buchs „Der stumme Frühling“ von Rachel Carson im Jahre 1962...



PIUS vs. End-Of-Pipe-Technik

Trotzdem ist die Idee des produktionsintegrierten Umweltschutzes (PIUS) eigentlich nicht wirklich neu. Sie wurde bereits im Jahre 1848 von dem in London und Berlin tätigen August Wilhelm von Hofmann (1818 bis 1892), erster Präsident der von ihm mitbegründeten Deutschen Chemischen Gesellschaft, formuliert: **„In der idealen chemischen Fabrik... gibt es, streng genommen keine Abfälle, sondern nur Produkte (Haupt- und Nebenprodukte). Je besser in der realen Fabrik Abfälle verwertet werden, desto mehr nähert sich ... der Betrieb seinem Ideal, desto größer ist der Gewinn.“**

nach FABER et al, 1995

PIUS vs. End-Of-Pipe-Technik

Im Hinblick auf die Abwasserbehandlung versteht man unter produktionsintegriertem Umweltschutz, dass grundlegende Verfahrensumstellungen, die das Abwasser- und Abfallaufkommen vermindern oder verhindern und den nachsorgenden Umweltschutz überflüssig machen. Dies bedeutet die optimale Nutzung aller eingesetzten Stoffe durch neue oder modifizierte Synthesewege unter Ausschöpfung aller chemischen, physikalischen und verfahrenstechnischen Möglichkeiten. Ist eine vollständige prozessintegrierte Lösung nicht möglich, wird nach Möglichkeiten innerhalb des Produktionsverbunds gesucht (produktionsintegrierter Umweltschutz).

Prozessintegrierter Umweltschutz führt zu dezentralen Lösungen - Verantwortung für das umweltgerechte Handeln wird an den Ursprungsort der Emission zurückverlegt. Behandlung End-of-the-Pipe ist i. d. R. einfacher, denn es können "Anlagen von der Stange" verwendet werden, die allenfalls noch modulartig zusammensetzen sind. Die Entwicklung prozessintegrierter Maßnahmen hingegen ist nur mit hohem Aufwand möglich, innovative Verfahren brauchen eine gewisse Zeit zwischen der Idee und ihrer Realisierung.

PIUS vs. End-Of-Pipe-Technik

Output eines Unternehmens:

- verkaufsfähige Produkte
- stoffliche Emissionen (Abfall, Abluft, Abwasser)
- energetische Emissionen (Abwärme, Lärm)

Extrem gesagt, ist ein Verfahren mit 100%iger Nutzung der Einsatzstoffe abfall- und emissionsfrei und somit absolut umweltverträglich! Umweltschutz sollte somit schon aus Eigennutz betrieben werden (engl. *Pollution Prevention Pays!*)

In den U.S.A. hat sich – mit großer Unterstützung seitens der U.S. EPA – die sogenannte Grüne Chemie etabliert. Viele von deren Leitgedanken sind aber auch in anderen Industrie- und Gewerbebranchen anwendbar.

PIUS vs. End-Of-Pipe-Technik

Zwölf Prinzipien der „Grünen Chemie“

aus ANASTAS, 2011

1. **Prevention:** It is better to prevent waste than to treat or clean up waste after it has been created.
2. **Atom Economy:** Synthetic methods should be designed to maximize the incorporation of all materials used in the process into the final product.
3. **Less Hazardous Chemical Syntheses:** Wherever practicable, synthetic methods should be designed to use and generate substances that possess little or no toxicity to human health and the environment.
4. **Designing Safer Chemicals:** Chemical products should be designed to effect their desired function while minimizing their toxicity.
5. **Safer Solvents and Auxiliaries:** The use of auxiliary substances (e.g. solvents, separation agents, etc.) should be made unnecessary wherever possible and innocuous when used.
6. **Design for Energy Efficiency:** Energy requirements of chemical processes should be recognized for their environmental and economic impacts and should be minimized. If possible, synthetic methods should be conducted at ambient temperature and pressure.

PIUS vs. End-Of-Pipe-Technik

- 7. Use of Renewable Feedstocks:** A raw material or feedstock should be renewable rather than depleting whenever technically and economically practicable.
- 8. Reduce Derivatives:** Unnecessary derivatization (use of blocking groups, protection/deprotection, temporary modification of physical/chemical processes) should be minimized or avoided if possible, because such steps require additional reagents and can generate waste.
- 9. Catalysis:** Catalytic reagents (as selective as possible) are superior to stoichiometric reagents.
- 10. Design for Degradation:** Chemical products should be designed so that at the end of their function they break down into innocuous degradation products and do not persist in the environment.
- 11. Real-Time Analysis for Pollution Prevention:** Analytical methodologies need to be further developed to allow for real-time, in-process monitoring and control prior to the formation of hazardous substances.
- 12. Inherently Safer Chemistry for Accident Prevention:** Substances and the form of a substance used in a chemical process should be chosen to minimize the potential for chemical accidents, including releases, explosions, and fires.

BAT, BREFs, BATCs und REFs

Wir erinnern uns: Nach der EU-Richtlinie über Industrieemissionen in Verbindung mit § 57 WHG sind BVT-Schlussfolgerungen das Maß aller Dinge bei den Anforderungen an die Abwassereinleitung.

Deutsch	Englisch
Beste Verfügbare Technik (BVT)	<i>Best Available Techniques (BAT)</i>
BVT-Merkblätter	<i>Best Available Techniques reference documents (BREFs)</i>
BVT-Schlussfolgerungen	<i>BAT conclusions (BATCs)</i>
Allgemeine Merkblätter	<i>Reference documents (REFs)</i>
Integrierte Vermeidung und Verminderung von Umweltbelastungen (IVU)	<i>Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC)</i>
EU-Richtlinie über Industrieemissionen	<i>Industrial Emissions Directive (IED, 2010/75/EU)</i>

BREFs, BATCs und REFs Stand: 12/2014

Anwendungsbereich (gemäß Originaltext)	Kürzel	Anwendungsbereich (dt. Übersetzung durch UBA)	Querschnitts-dokument	BATC liegt vor
BREF Ceramic Manufacturing Industry	CER	Keramikindustrie		
BREF Common Waste Water and Waste Gas Treatment / Management Systems in the Chemical Sector	CWW	Abwasser- und Abgasbehandlung/ -management in der chemischen Industrie	X	
BREF Emissions from Storage	EFS	Lagerung gefährlicher Substanzen und staubender Güter	X	
BREF Energy Efficiency Techniques	ENE	Energieeffizienz	X	
BREF Ferrous Metals Processing Industry	FMP	Stahlverarbeitung		
BREF Food, Drink and Milk Industry	FDM	Nahrungsmittelindustrie		
BREF Industrial Cooling Systems	ICS	Industrielle Kühlsysteme	X	
BREF Intensive Rearing of Poultry and Pigs	IRPP	Intensivhaltung von Geflügel und Schweinen		
BREF & BATC Iron and Steel Production	IS	Eisen- und Stahlerzeugung		X
BREF Large Combustion Plants	LCP	Großfeuerungsanlagen		
BREF Large Volume Inorganic Chemicals - Ammonia, Acids and Fertilisers Industries)	LVIC-AAF	Herstellung anorganischer Grundchemikalien - Ammoniak, Säuren und Düngemittel		
BREF Large Volume Inorganic Chemicals - Solids and Others Industry	LVIC-S	Herstellung anorganischer Grundchemikalien - Feststoffe und Sonstige		
BREF Large Volume Organic Chemical Industry	LVOC	Organische Grundchemikalien		
BREF Management of Tailings and Waste-Rock in Mining Activities	MTWR	Management von Bergbauabfällen		
BREF & BATC Manufacture of Glass	GLS	Glasindustrie		X
BREF Manufacture of Organic Fine Chemicals	OFC	Organische Feinchemikalien		
BREF Non Ferrous Metals Industries	NFM	Nichteisenmetallindustrie		
BREF & BATC Production of Cement, Lime and Magnesium Oxide	CLM	Zement- und Kalkindustrie		X

BREFs, BATCs und REFs Stand: 12/2014

Anwendungsbereich (gemäß Originaltext)	Kürzel	Anwendungsbereich (dt. Übersetzung durch UBA)	Querschnittsdokument	BATC liegt vor
BREF Ceramic Manufacturing Industry	CER	Keramikindustrie		
BREF Common Waste Water and Waste Gas Treatment / Management Systems in the Chemical Sector	CWW	Abwasser- und Abgasbehandlung/ -management in der chemischen Industrie	X	
BREF Production of Chlor-alkali	CAK	Chloralkaliindustrie		X
BREF Production of Polymers	POL	Polymerherstellung		
BREF Pulp and Paper Industry	PP	Zellstoff- und Papierindustrie		X
BREF Production of Specialty Inorganic Chemicals	SIC	Herstellung anorganischer Spezialchemikalien		
BREF Refining of Mineral Oil and Gas	REF	Mineralöl- und Gasraffinerien		X
BREF Slaughterhouses and Animals By-products Industries	SA	Tierschlachthanlagen/Anlagen zur Verarbeitung von tierischen Nebenprodukten		
BREF Smitheries and Foundries Industry	SF	Gießereien		
BREF Surface Treatment of Metals and Plastics	STM	Oberflächenbehandlung von Metallen (Galvanik)		
BREF Surface Treatment Using Organic Solvents	STS	Oberflächenbehandlung unter Verwendung von organischen Lösemitteln		
BREF & BATC Tanning of Hides and Skins	TAN	Lederindustrie		X
BREF Textiles Industry	TXT	Textilindustrie		
BREF Waste Incineration	WI	Abfallverbrennungsanlagen		
BREF Waste Treatments Industries	WT	Abfallbehandlungsanlagen		
Wood-based Panels Production	WBP			
Wood and Wood Products Preservation with Chemicals	WPC			
REF Economics and Cross-Media Effects	ECM	Ökonomische und medienübergreifende Effekte	X	
REF Monitoring of emissions from IED-installations	ROM	Allgemeine Grundsätze der Überwachung (Monitoring)	X	

BREFs, BATCs und REFs - Download

Umweltbundesamt:

<http://www.umweltbundesamt.de/themen/wirtschaft-konsum/beste-verfuegbare-techniken/sevilla-prozess/bvt-download-bereich>

European IPPC Bureau (Sevilla):

<http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/>

BAT, BREFs, BATCs und REFs

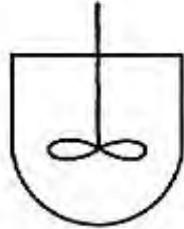
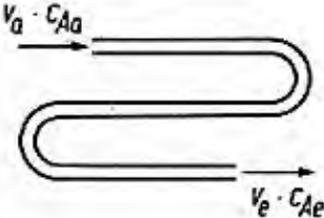
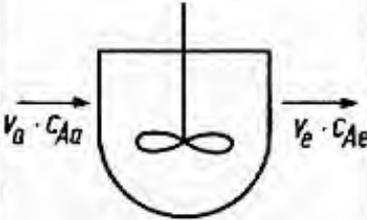
CER	Keramikindustrie
CWW	Abwasser- und Abgasbehandlung/ -management in der chemischen Industrie
EFS	Lagerung gefährlicher Substanzen und staubender Güter
ENE	Energieeffizienz
FMP	Stahlverarbeitung
FDM	Nahrungsmittelindustrie
ICS	Industrielle Kühlsysteme
IRPP	Intensivhaltung von Geflügel und Schweinen
IS	Eisen- und Stahlerzeugung
LCP	Großfeuerungsanlagen
LVIC-AAF	Herstellung anorganischer Grundchemikalien - Ammoniak, Säuren und Düngemittel
LVIC-S	Herstellung anorganischer Grundchemikalien - Feststoffe und Sonstige
LVOC	Organische Grundchemikalien
MTWR	Management von Bergbauabfällen
GLS	Glasindustrie
OFC	Organische Feinchemikalien
NFM	Nichteisenmetallindustrie
CLM	Zement- und Kalkindustrie

BAT, BREFs, BATCs und REFs

CAK	Chloralkaliindustrie
POL	Polymerherstellung
PP	Zellstoff- und Papierindustrie
SIC	Herstellung anorganischer Spezialchemikalien
REF	Mineralöl- und Gasraffinerien
SA	Tierschlachthanlagen/Anlagen zur Verarbeitung von tierischen Nebenprodukten
SF	Gießereien
STM	Oberflächenbehandlung von Metallen (Galvanik)
STS	Oberflächenbehandlung unter Verwendung von organischen Lösemitteln
TAN	Lederindustrie
TXT	Textilindustrie
WI	Abfallverbrennungsanlagen
WT	Abfallbehandlungsanlagen
ECM	Ökonomische und medienübergreifende Effekte
ROM	Allgemeine Grundsätze der Überwachung (Monitoring)

AOX jetzt in vielen BREFs als Maßstab und z. T. auch als konkrete Anforderung enthalten!

Abwasserbehandlungsverfahren

Type	
Batch	
Continuous	a) TFR 
	b) CSTR 

Grundtypen chemischer Reaktoren

http://www.ernst-bratz.de/react_tech/reacteng1.html

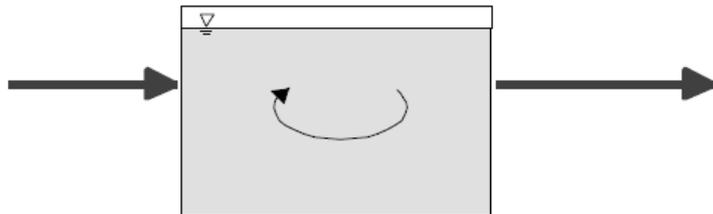
Chargenweise beschickter Reaktor
Batch reactor

Ideales Strömungsrohr
(Pfropfenströmung)
Plug-flow-reactor

Ideal durchmischter Rührreaktor
Continuously stirred Tank reactor

Abwasserbehandlungsverfahren

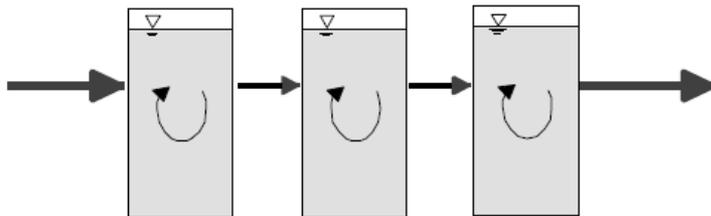
Ideal durchmischter Rührreaktor
Continuously stirred Tank reactor



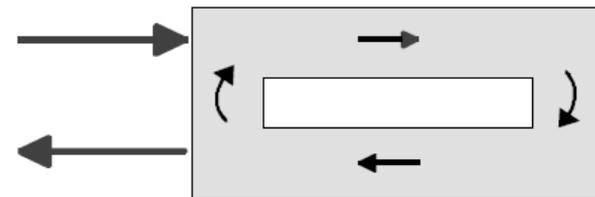
Ideales Strömungsrohr
(Pfropfenströmung)
Plug-flow-reactor



Mischbeckenkaskade



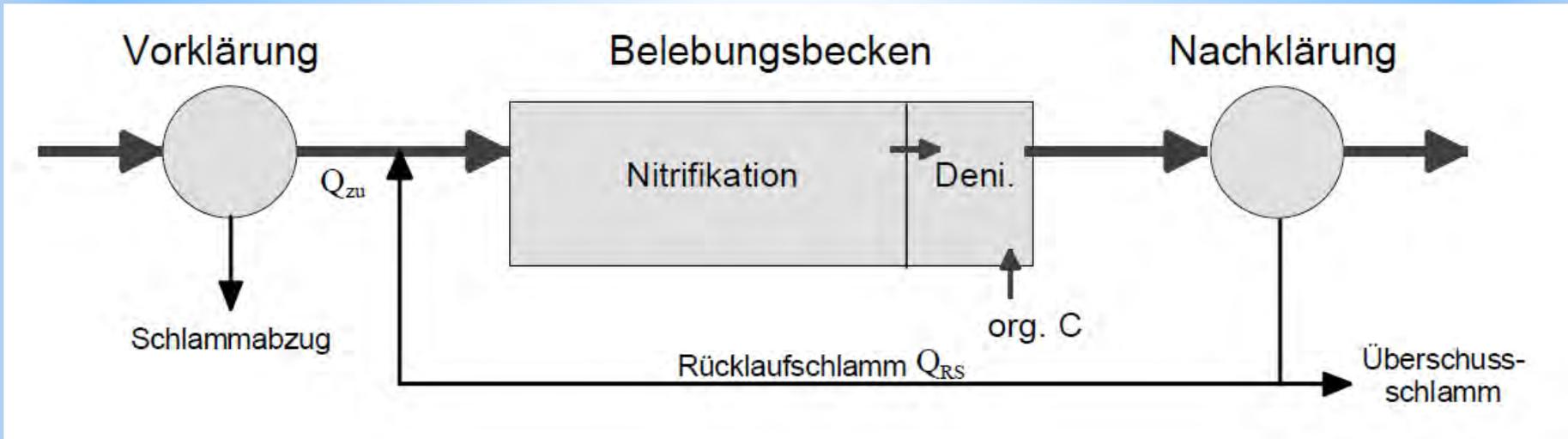
Umlaufbecken



Grundtypen der Beckenformen in kontinuierlich beschickten
Abwasserbehandlungsanlagen

Skizze aus KUBIN, 2004, geändert

Abwasserbehandlungsverfahren



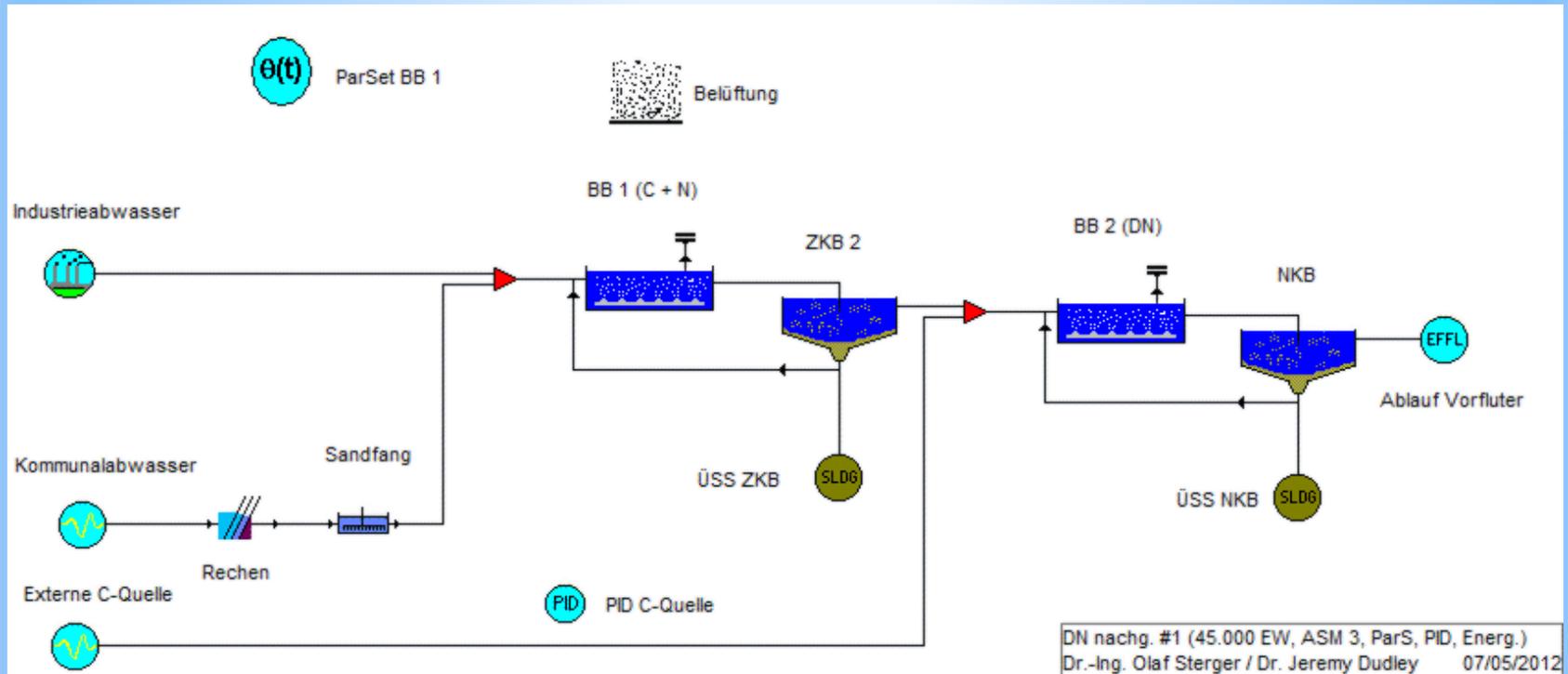
Nachgeschaltete Denitrifikation

Skizze aus KUBIN, 2004

Das Verfahren wird angewandt, wenn das Abwasser ein sehr geringes C/N-Verhältnis aufweist, so dass die Zugabe von externem Kohlenstoff unumgänglich ist. Das Denitrifikationsbecken ist dem Nitrifikationsbecken nachgeschaltet; sicherheitshalber folgt ein Nachbelüftungsbecken.

aus ATV-DVWK-A 131, 2000

Abwasserbehandlungsverfahren



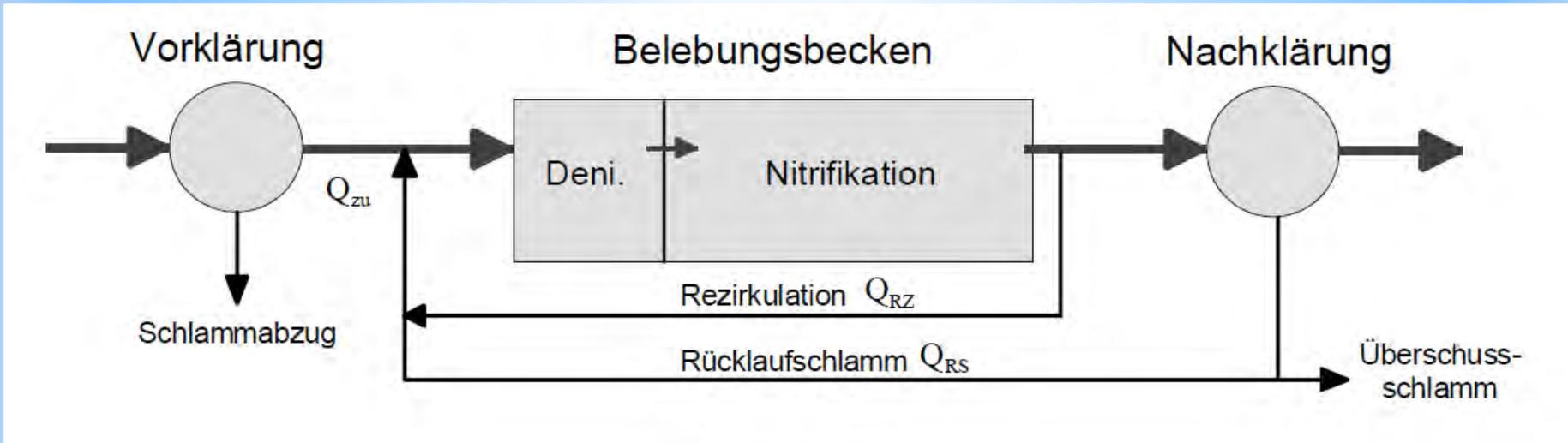
STOAT-Modell für nachgeschaltete Denitrifikation

Abwasserbehandlungsverfahren

STOAT Dateien Uebung #05_06.zip

enthält alle STOAT-Modelle aus sU #09 „bratfertig“!

Abwasserbehandlungsverfahren



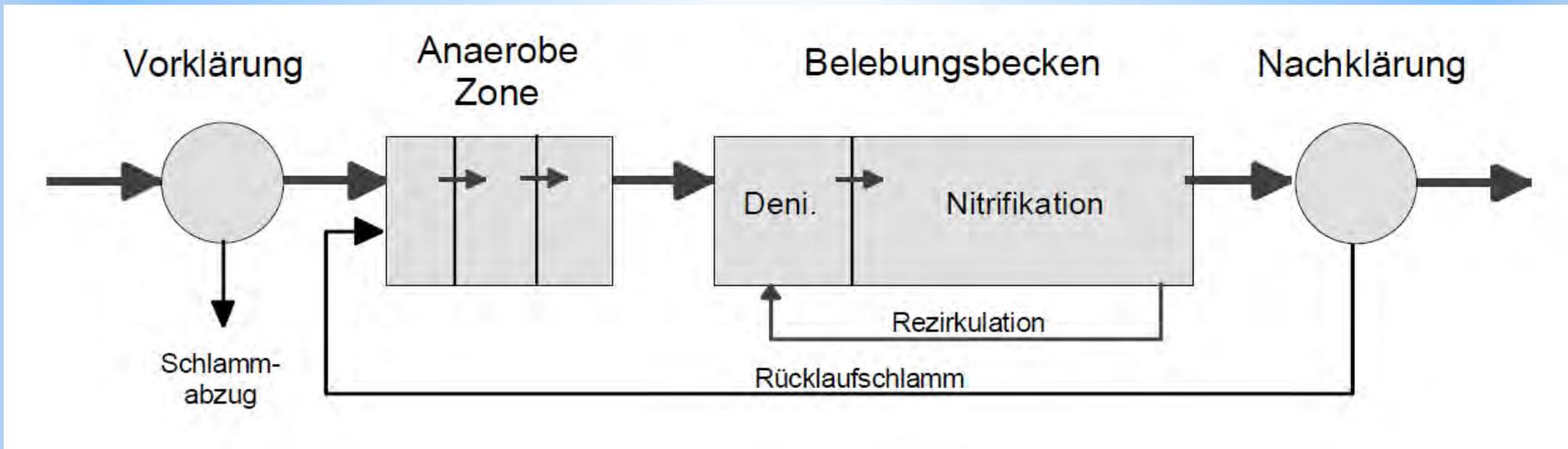
Vorgeschaltete Denitrifikation (häufigster KA-Typ)

Skizze aus KUBIN, 2004

Abwasser, Rücklaufschlamm und interne Rezirkulation werden im Denitrifikationsbecken vermischt. Sowohl Denitrifikationsbecken als auch Nitrifikationsbecken können als Kaskaden ausgebildet sein. Zur Erhöhung der betrieblichen Flexibilität können in Fließrichtung gesehen die letzten Teile des Denitrifikationsbeckens auch belüftbar sein. Die interne Rezirkulation ist auf das notwendige Maß zu beschränken, um die Beeinträchtigung der Denitrifikation durch hohe Frachten an gelöstem Sauerstoff zu minimieren.

aus ATV-DVWK-A 131, 2000

Abwasserbehandlungsverfahren

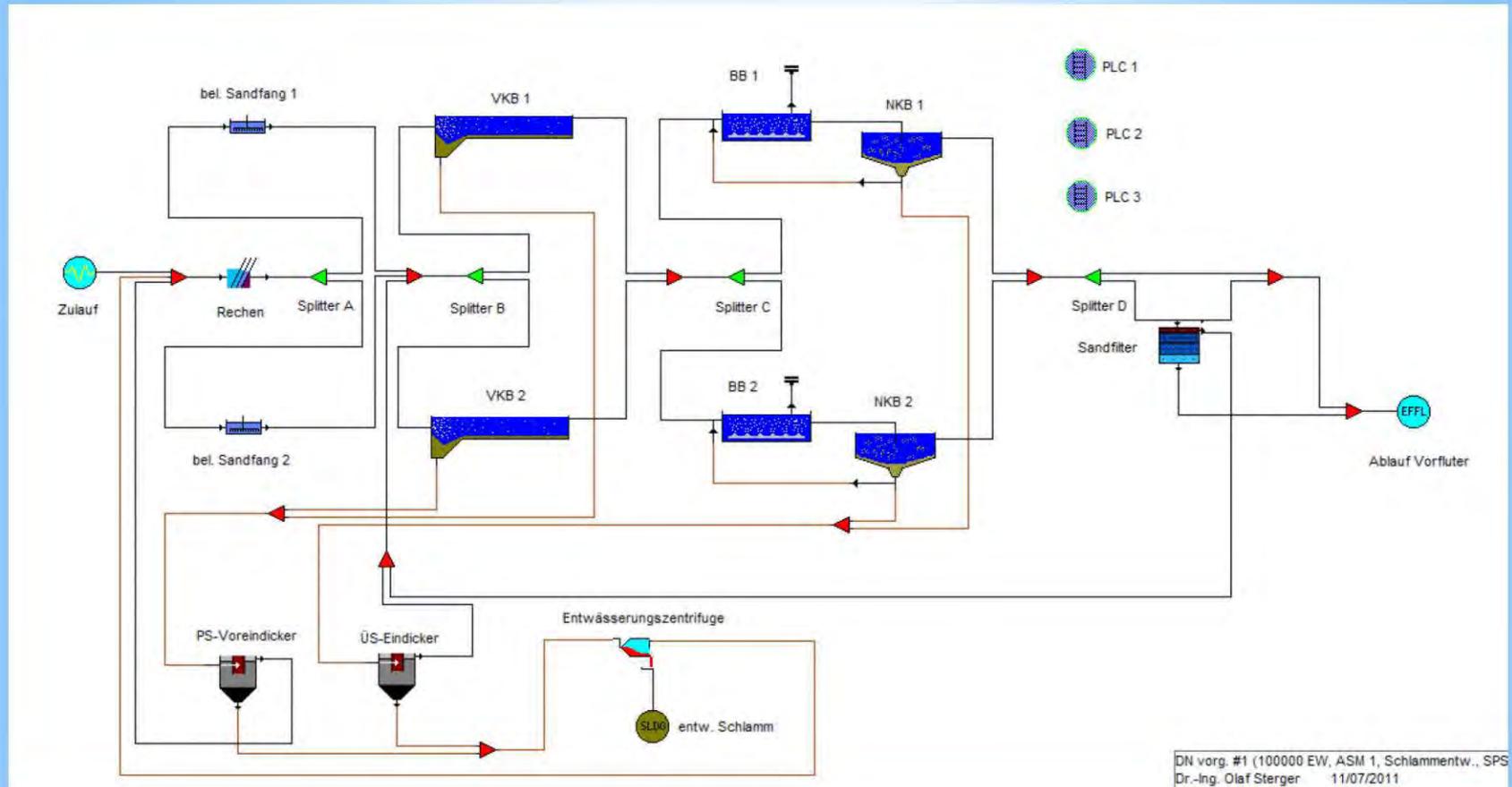


Vorgeschaltete Denitrifikation mit BioP

Weil in der anaeroben Zone kein Nitrat oder Nitrit für eine anoxische Atmung zur Verfügung stehen, greifen die Bakterien auf ihre Energiereserve (Polyphosphat) zurück, um mit dessen Hilfe leicht abbaubares Substrat mineralisieren zu können und es folgt eine Phosphatrücklösung. Bei einem Wechsel in ein aerobes oder anoxisches Milieu kommt es zu einer vermehrten Phosphataufnahme gekoppelt mit einer Mineralisation organischer Stoffe durch die Mikroorganismen, wobei die Aufnahmerate direkt von der Höhe der vorhergehenden Rücklösung abhängig ist.

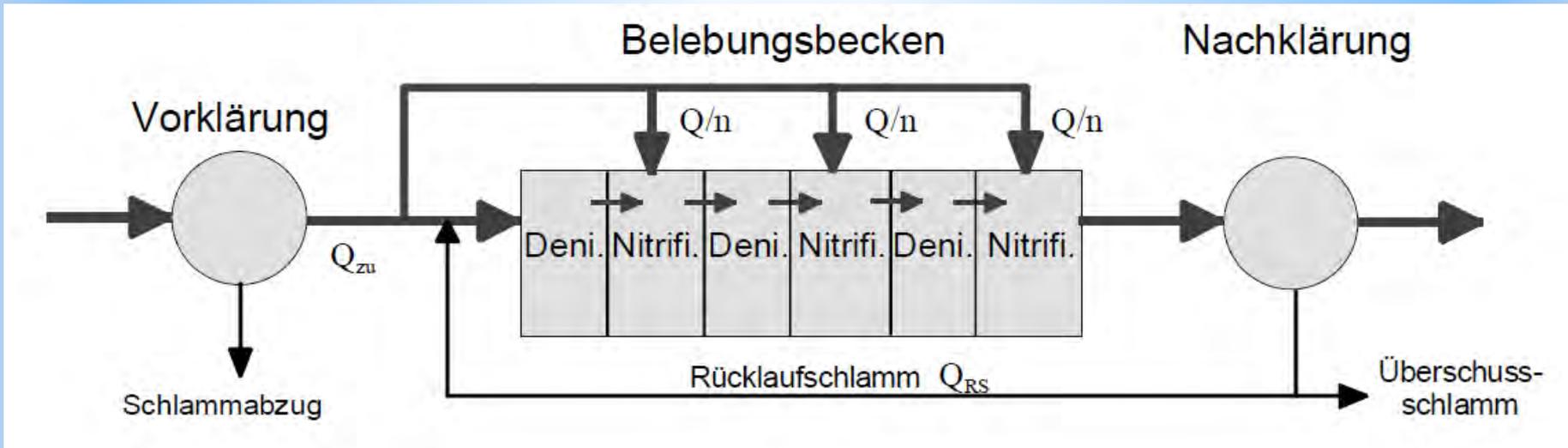
aus KUBIN, 2004

Abwasserbehandlungsverfahren



STOAT-Modell für vorgeschaltete Denitrifikation

Abwasserbehandlungsverfahren



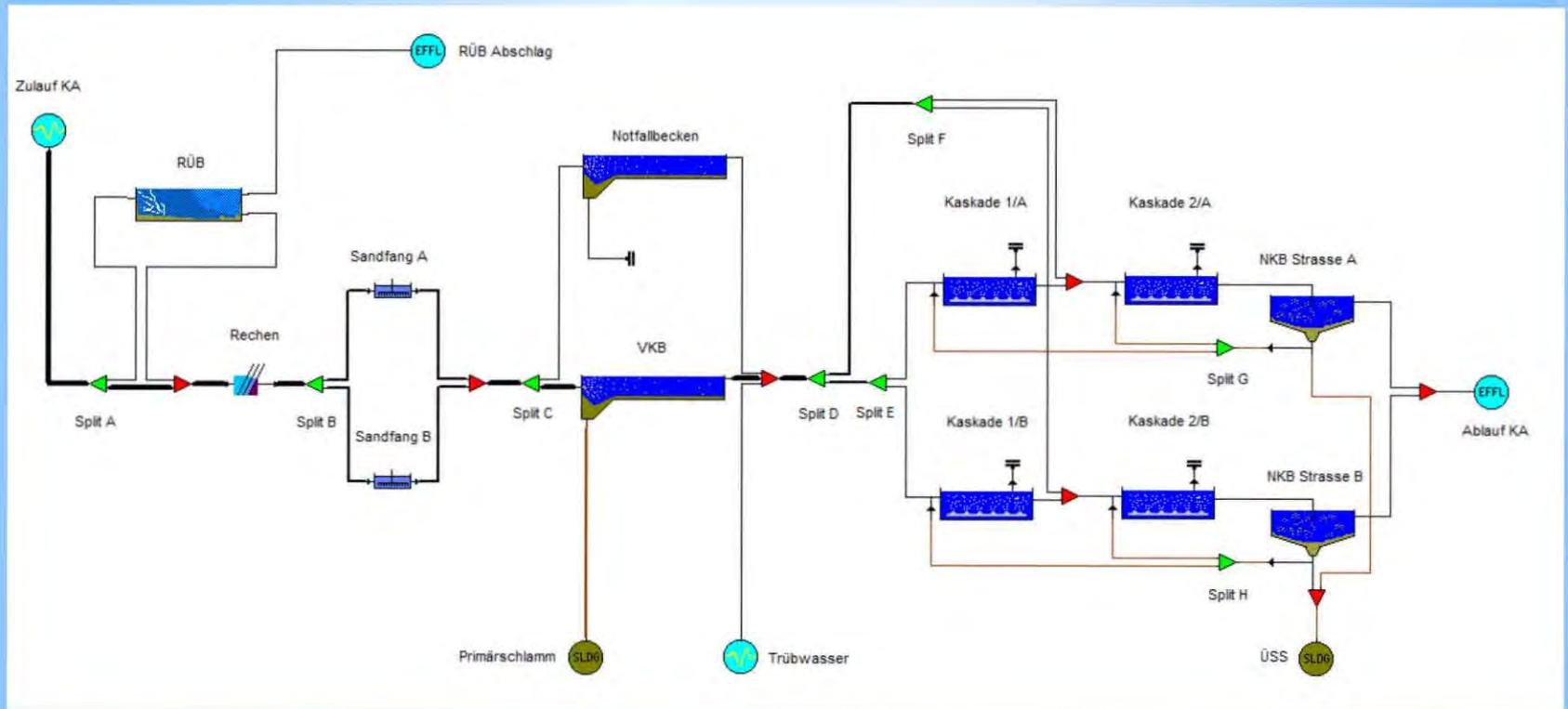
Kaskadendenitrifikation

Skizze aus KUBIN, 2004

Zwei oder mehr Belebungsbecken, jedes mit vorgeschalteter oder simultaner Denitrifikation, werden nacheinander durchflossen. Das Abwasser wird aufgeteilt und jeweils den Denitrifikationsbecken zugeführt. Hierdurch entfällt in der Regel die interne Rezirkulation... Das Verfahren ist hinsichtlich der Stickstoffelimination der vorgeschalteten Denitrifikation gleichwertig. Wegen der verteilten Abwasserzuführung ist der Schlamm Trockensubstanzgehalt im ersten Becken höher als im Ablauf zur Nachklärung.

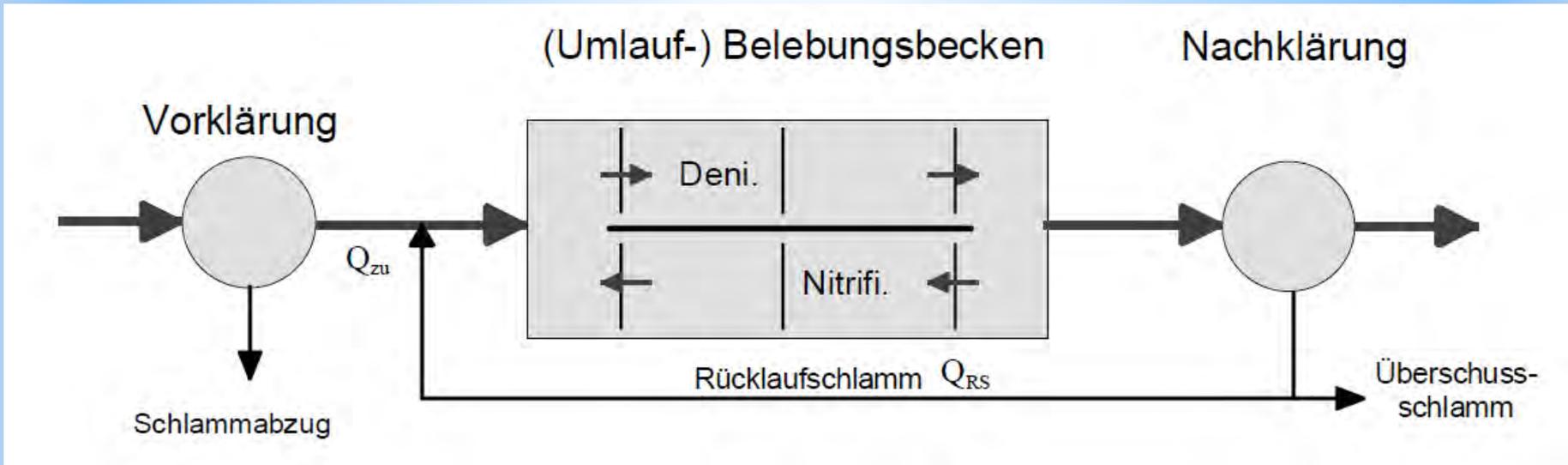
aus ATV-DVWK-A 131, 2000

Abwasserbehandlungsverfahren



STOAT-Modell für Kaskadendenitrifikation

Abwasserbehandlungsverfahren

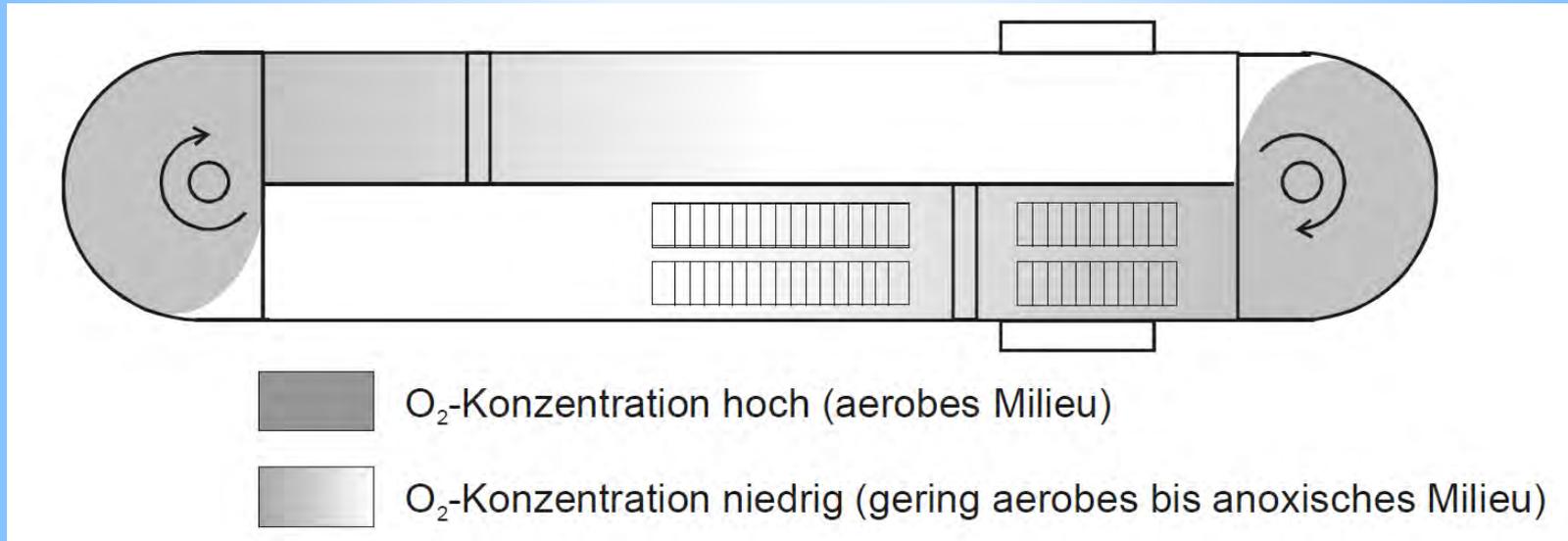


Simultane Denitrifikation

Skizze aus KUBIN, 2004

In Umlaufbecken steht für Nitrifikation und Denitrifikation nur ein Becken zur Verfügung. Die zeitliche oder räumliche Trennung der Verfahrensschritte kann deshalb nur durch eine entsprechende Regelung erzielt werden. In der Belüftungsphase wird das Ammonium zum Nitrat oxidiert. Die Ammoniumkonzentration nimmt ab und die Nitratkonzentration im gleichen Maß zu. Während der Belüftungspause wird dagegen das Nitrat zum atmosphärischen Stickstoff reduziert. Das Nitrat nimmt ab, aber nun baut sich das Ammonium entsprechend dem Zufluss auf.

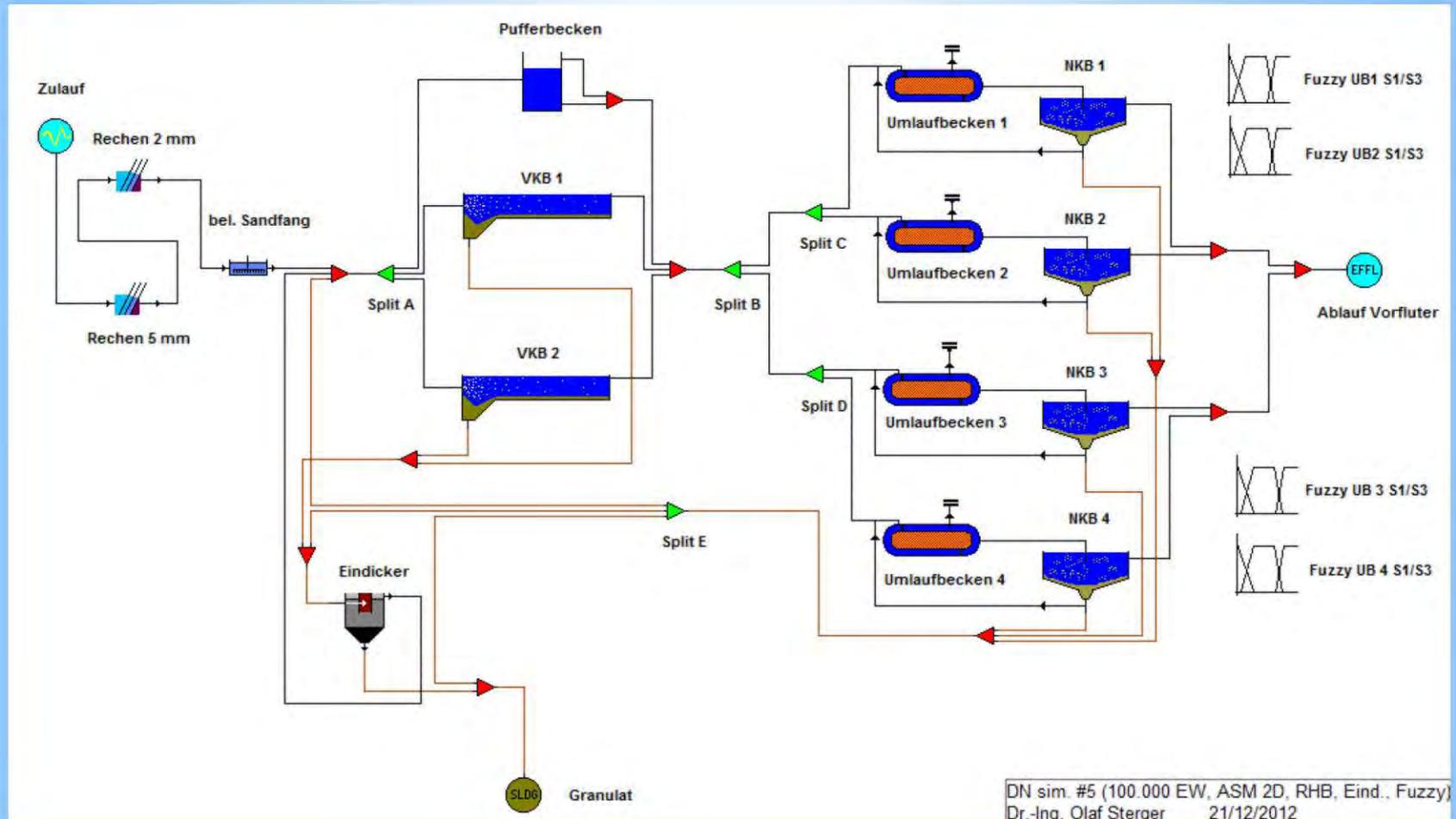
Abwasserbehandlungsverfahren



Simultane Denitrifikation

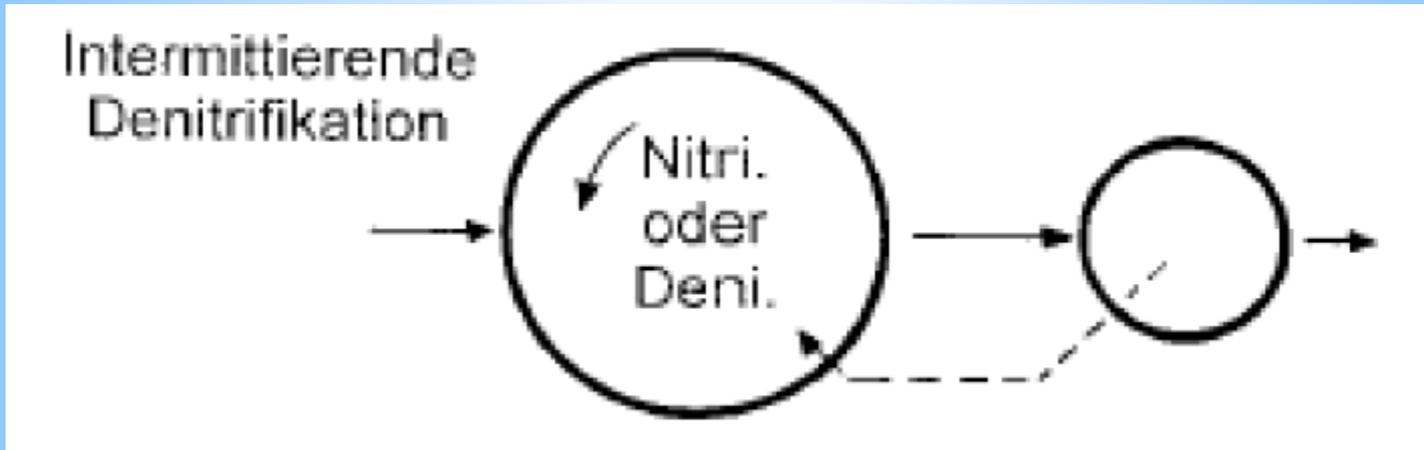
(alternative Darstellung für ein Umlaufbecken mit Belüftungskreisen)

Abwasserbehandlungsverfahren



STOAT-Modell für simultane Denitrifikation

Abwasserbehandlungsverfahren



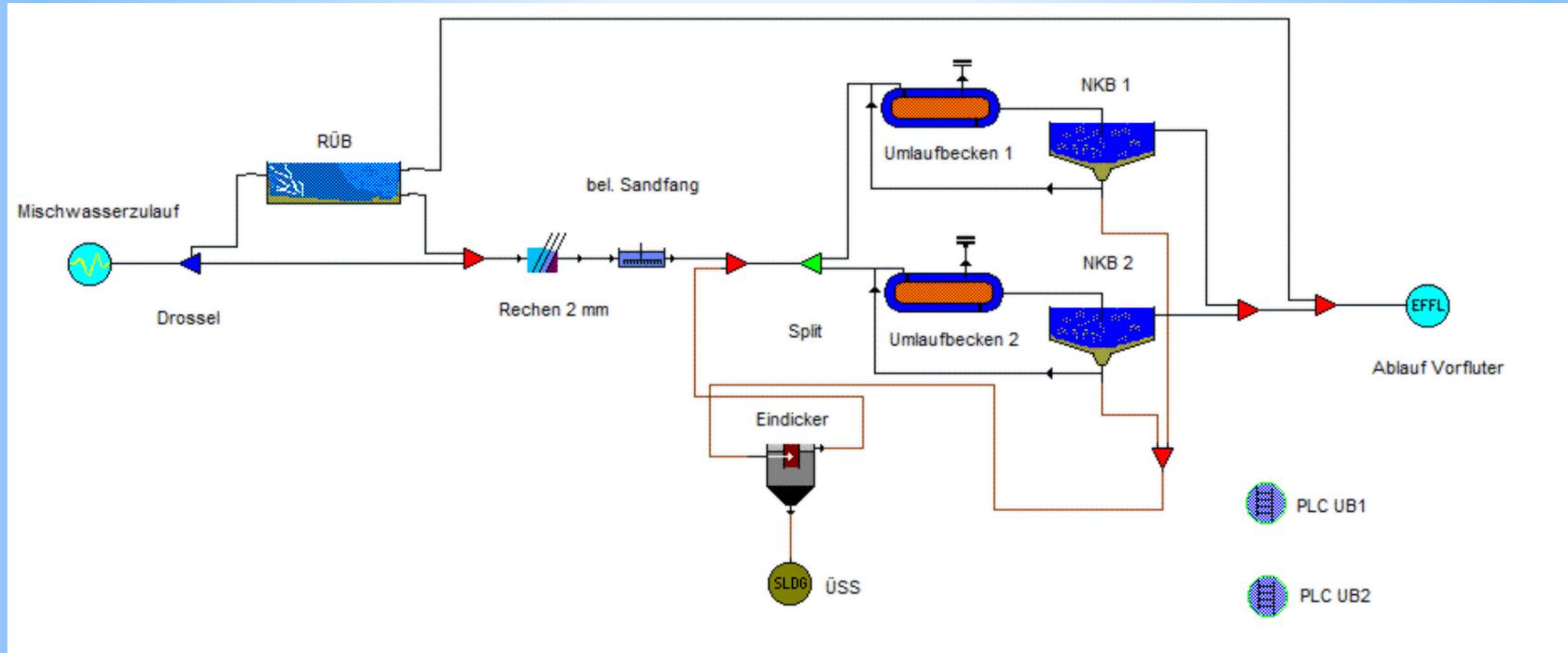
Intermittierende Denitrifikation

Skizze aus ATV-DVWK-A 131, 2000

In einem Becken wechseln zeitlich die Nitrifikations- und die Denitrifikationsphasen. Die Phasendauer kann mit einer Zeitschaltung vorgegeben oder durch eine Regelung z. B. nach dem Nitratgehalt, dem Ammoniumgehalt, dem Knick des Redoxpotenzials oder dem Sauerstoffverbrauch eingestellt werden. Hohe Sauerstoffgehalte am Ende der Nitrifikationsphasen beeinträchtigen die Denitrifikation. Die Becken für intermittierende Denitrifikation sind als totale Mischbecken zu betrachten.

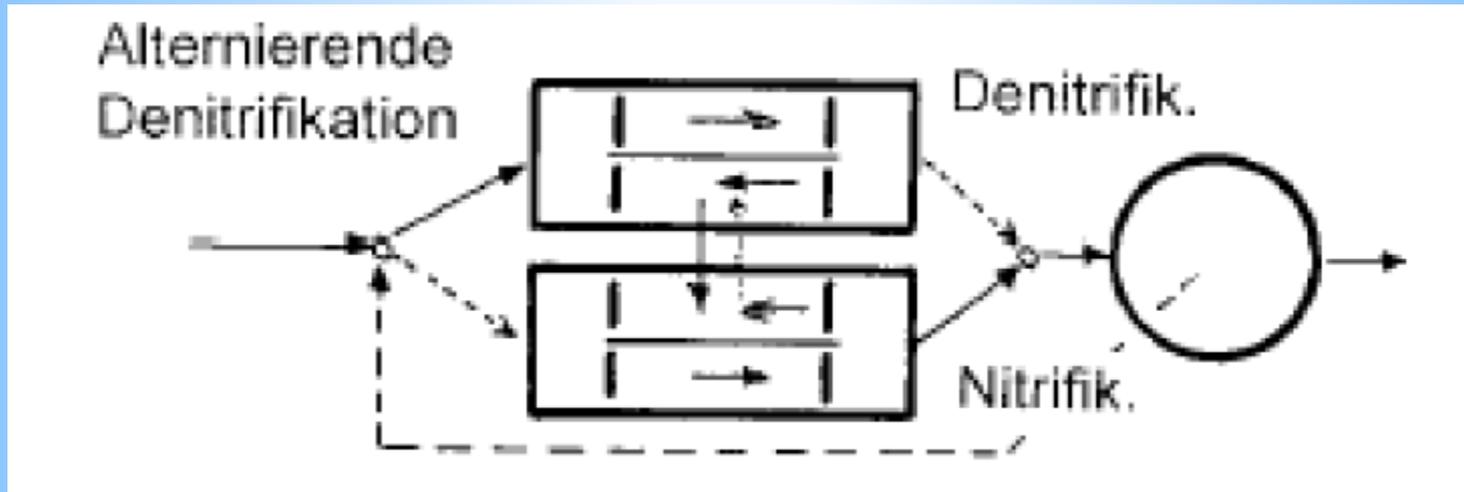
aus ATV-DVWK-A 131, 2000

Abwasserbehandlungsverfahren



STOAT-Modell für intermittierende Denitrifikation

Abwasserbehandlungsverfahren



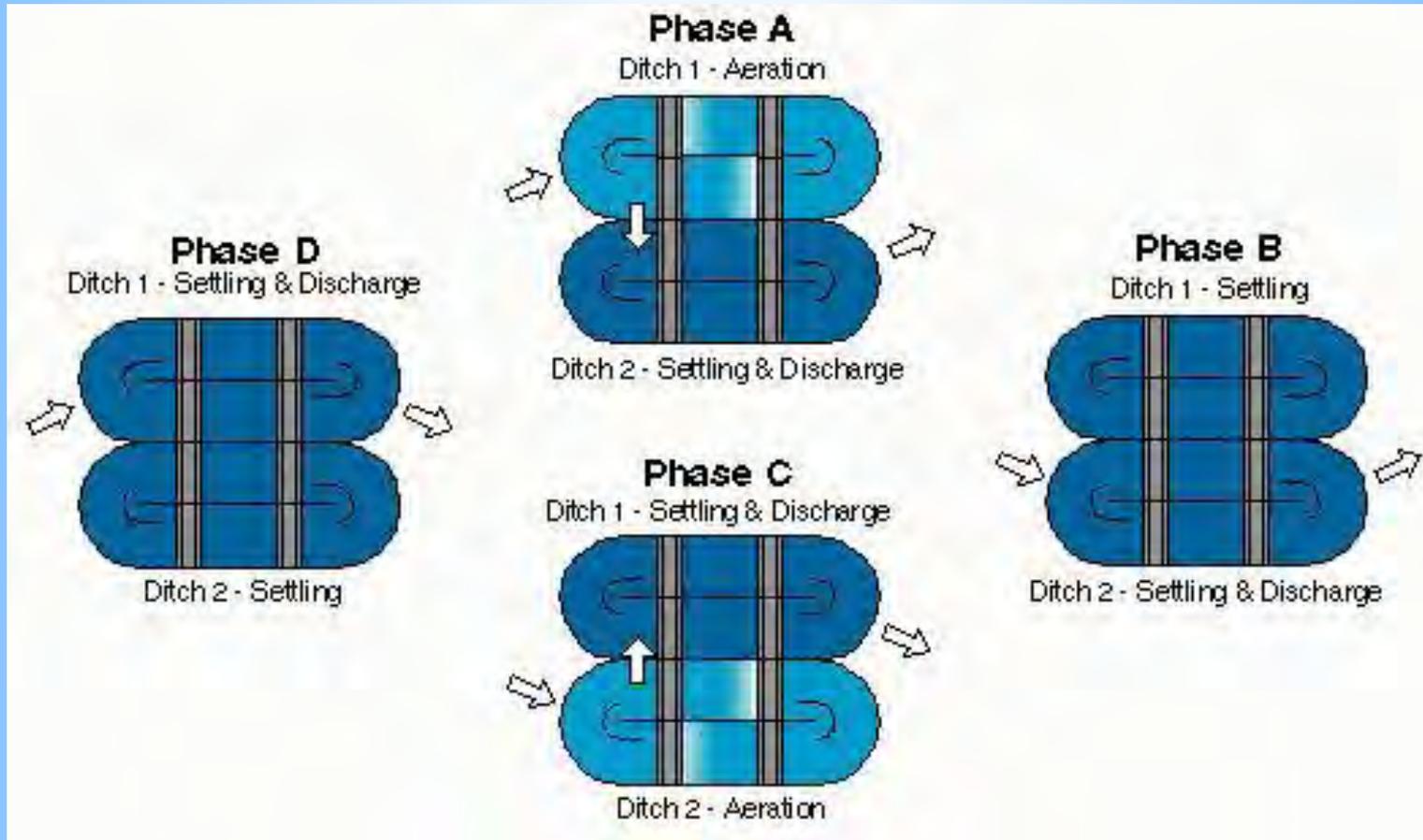
Alternierende Denitrifikation

Skizze aus ATV-DVWK-A 131, 2000

Zwei jeweils intermittierend belüftete Becken werden abwechselnd hintereinander beschickt, wobei Wasser von dem beschickten, unbelüfteten Becken in das andere, belüftete Becken und von dort zur Nachklärung fließt. Die Beschickungsdauer sowie die Dauer der Denitrifikations- und der Nitrifikationsphase werden in der Regel mit einer Zeitschaltung vorgegeben. Hohe Sauerstoffgehalte am Ende der Nitrifikationsphase beeinträchtigen die Denitrifikation. Das Mischungsverhalten liegt zwischen dem von totalen Mischbecken und Pfropfenströmung.

aus ATV-DVWK-A 131, 2000

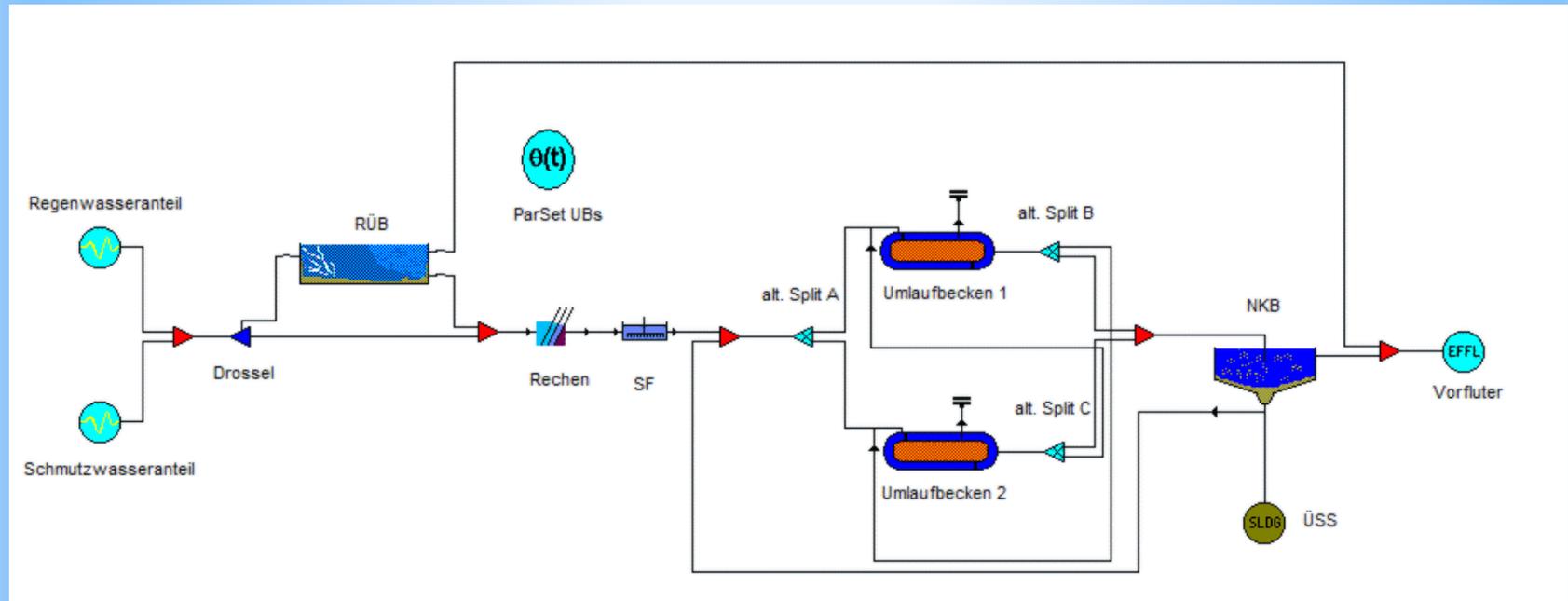
Abwasserbehandlungsverfahren



BioDeNitro-Prozess (alternierende Denitrifikation)

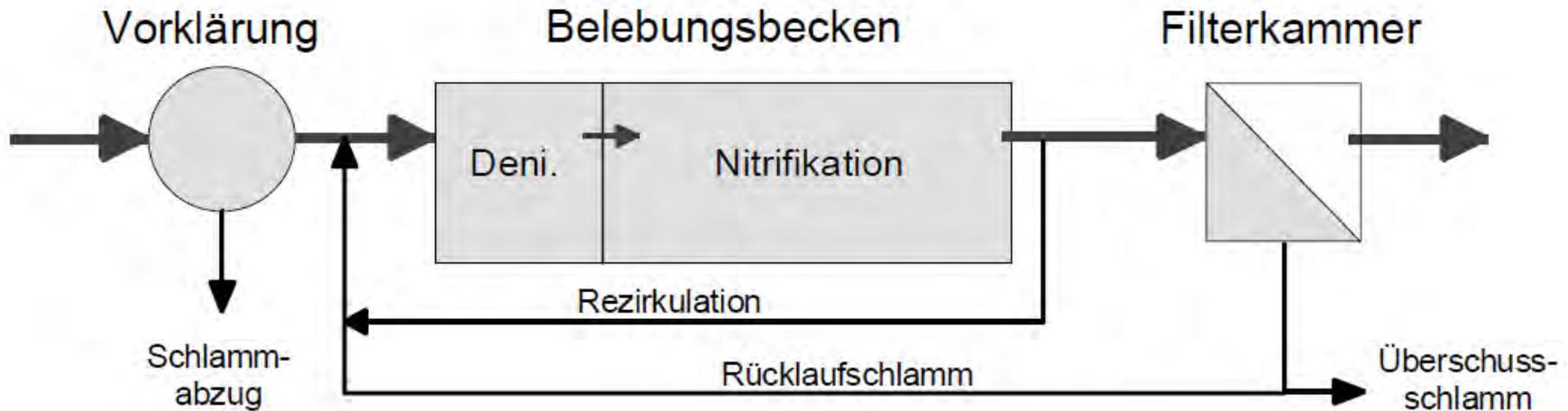
Skizze aus ATV-DVWK-A 131, 2000

Abwasserbehandlungsverfahren



STOAT-Modell für alternierende Denitrifikation

Abwasserbehandlungsverfahren



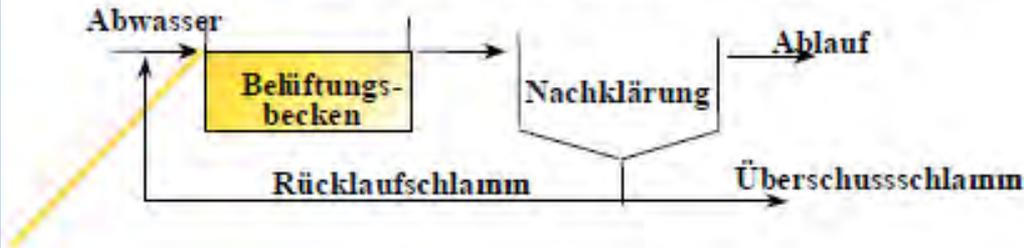
Biomembranreaktor (Membranbelebungsanlage)

Skizze aus KUBIN, 2004

Die Abtrennung des gereinigten Abwassers vom Belebtschlamm erfolgt mittels Membranfilter. Aufgrund dessen kann mit sehr hohen Trockensubstanzgehalten gefahren werden (bis über 20 kg/m^3). Dadurch erreichen sie eine sehr gute, völlig feststofffreie Ablaufqualität. Nachteilig ist, dass die hohe Viskosität des Belebtschlammgemisches den Sauerstoffeintritt und -übergang behindert. Gegenüber konventionellen Anlagen wird erheblich mehr Energie benötigt (bis 10-mal mehr).

Biomembranreaktor

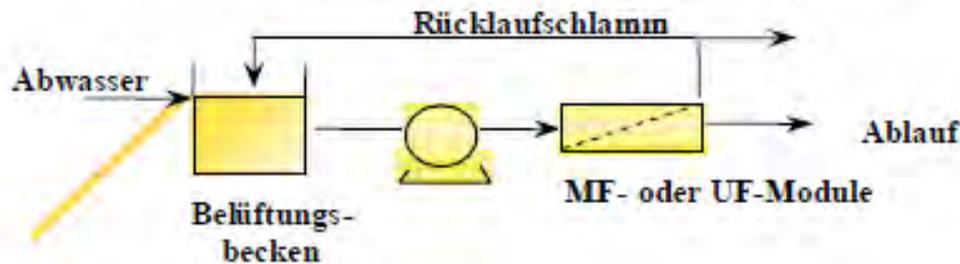
Konventionelles Belebungsverfahren



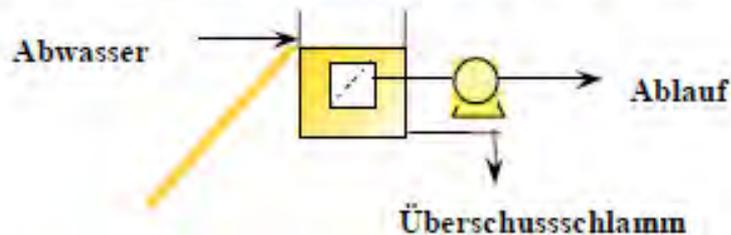
Gegenüberstellung der Verfahrensführung bei herkömmlichen Belebungsanlagen im Vergleich zu Biomembranreaktoren

UBA, 2003

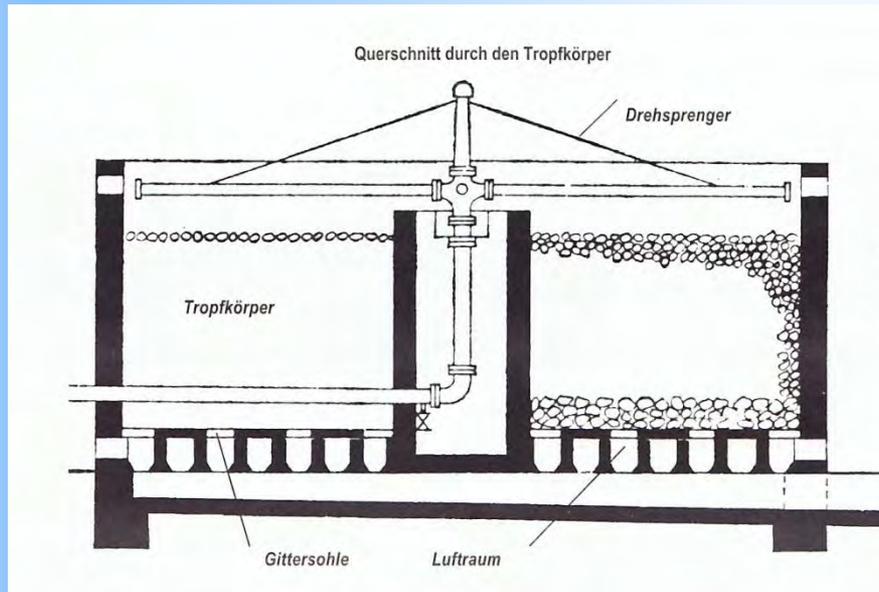
Biomembranreaktor: äußerer Kreislauf



Biomembranreaktor: getauchte Membran



Abwasserbehandlungsverfahren

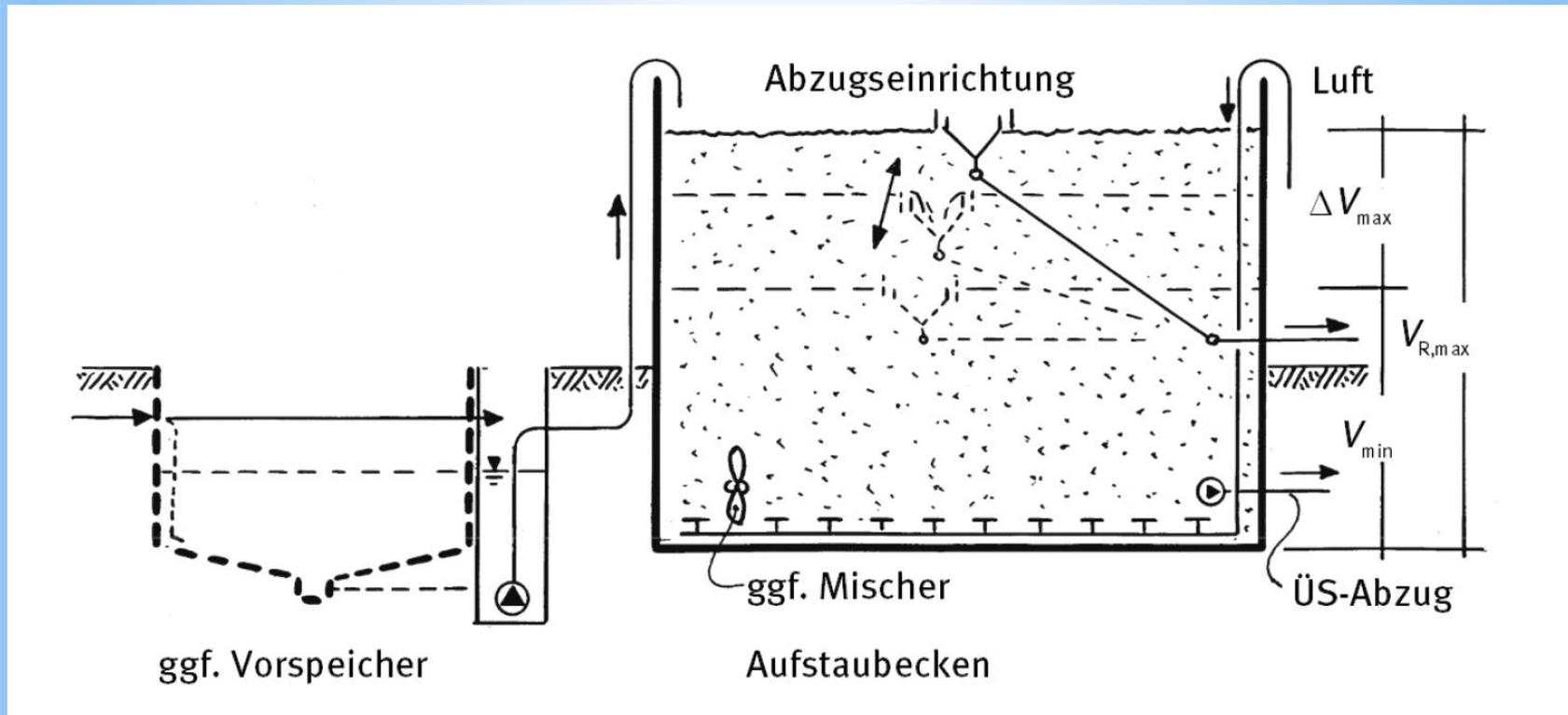


Tropfkörper

aus <http://zeichner-ingenieurbau.ch/abwassertechnik> und <http://brunsumwelttechnik.de/de/produkte3.php>

Der gereinigte Ablauf eines Tropfkörpers weist i. a. R. eine Gelöstsauerstoffkonzentration auf, die der Sättigungskonzentration nahe kommt. Für die Denitrifikation sind jedoch anoxische Verhältnisse erforderlich. Deshalb sind Tropfkörper heute eher die Ausnahme. In energetischer Hinsicht sind Tropfkörper dem Belebungsverfahren deutlich überlegen.

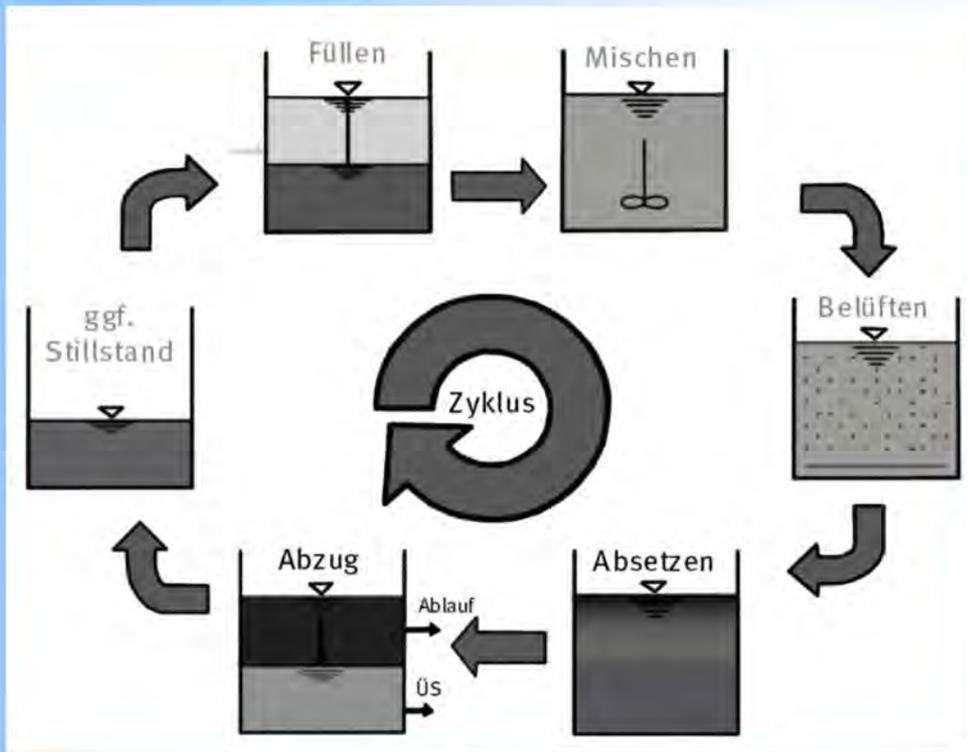
Abwasserbehandlungsverfahren



SBR-Anlage (Sequencing Batch Reactor)

aus DWA-M 210, 2009

Abwasserbehandlungsverfahren



SBR-Anlage

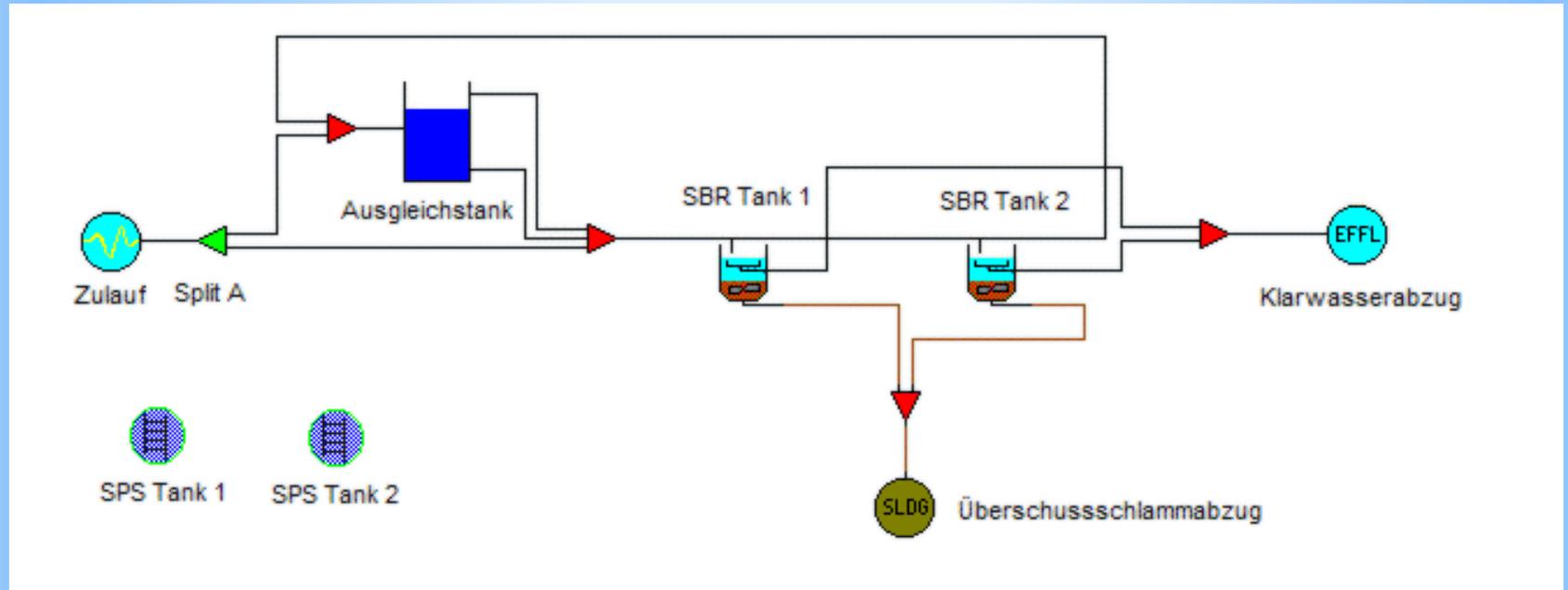
Beispiel für die Aufeinanderfolge von Prozessphasen während eines Zyklus

aus DWA-M 210, 2009

Belebungsanlagen mit Aufstaubetrieb sind in Bezug auf die stattfindenden biologischen Prozesse eine verfahrenstechnische Variante des Belebungsverfahrens.

Die in durchflossenen Belebungsanlagen in getrennten Reaktoren räumlich hintereinander stattfindenden Prozesse werden hier auf eine Zeitachse verschoben und finden gestaffelt in ein und demselben Reaktionsvolumen statt. Die Reaktion im Belebungsbecken in der Reihenfolge anaerob (BioP), anoxisch (DN), aerob (N) und Nachklärung erfolgt beim SBR-Verfahren somit zeitlich nacheinander.

Abwasserbehandlungsverfahren



STOAT-Modell einer SBR-Anlage

Beispiel GKW Bitterfeld-Wolfen

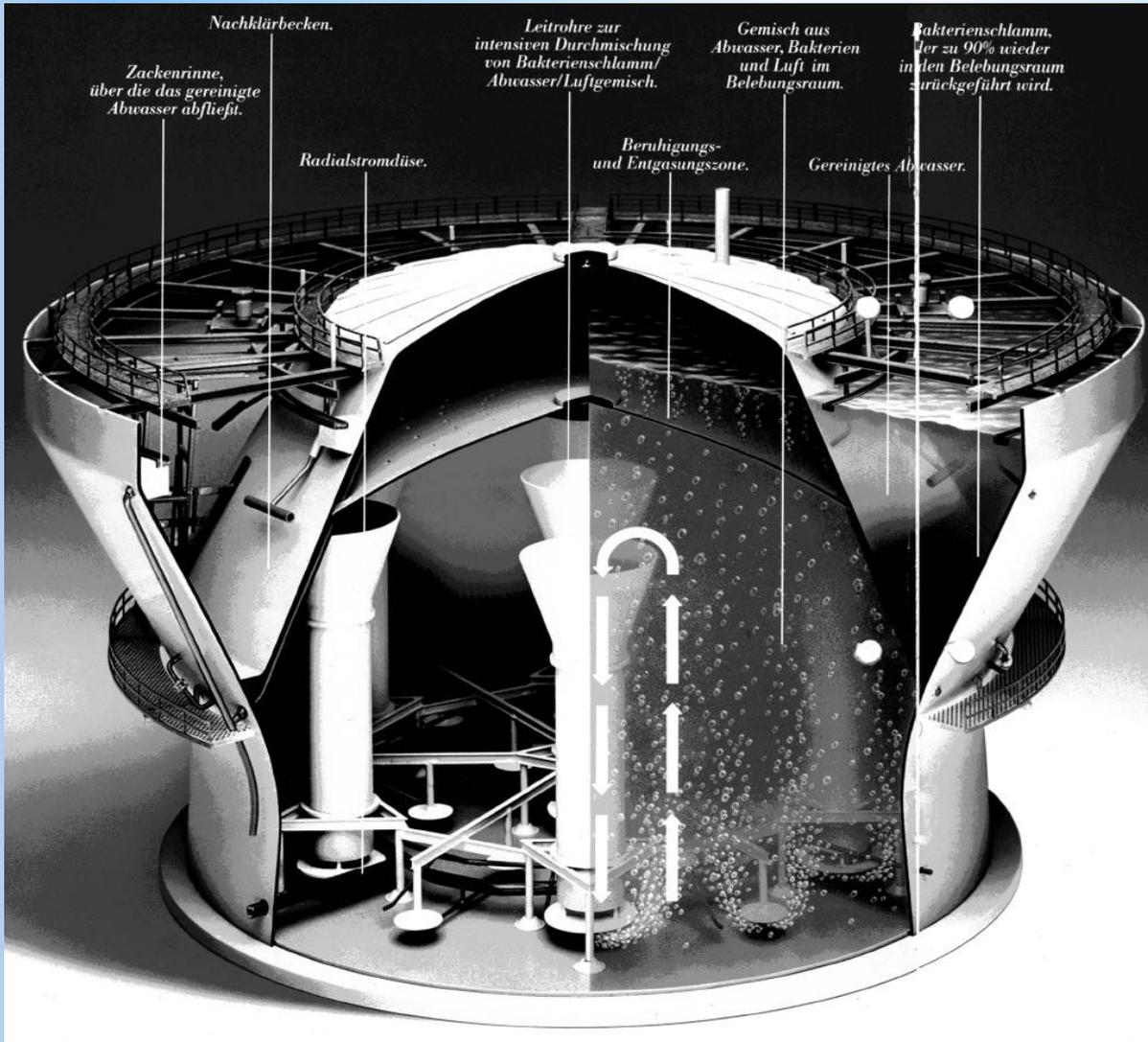


Das GKW behandelt die Abwässer des Chemieparks Bitterfeld und kommunale Abwässer der umliegenden Städte und Gemeinden (ca. 80.000 EW).

Modernste und größte Anlage in Sachsen-Anhalt, Kapazität bei Inbetriebnahme 1994: 422.000 EW, heute: 586.000 EW

4 BIOHOCH®-Reaktoren, intensive Vorbehandlung, neu: Anaerobanlage

Beispiel GKW Bitterfeld-Wolfen



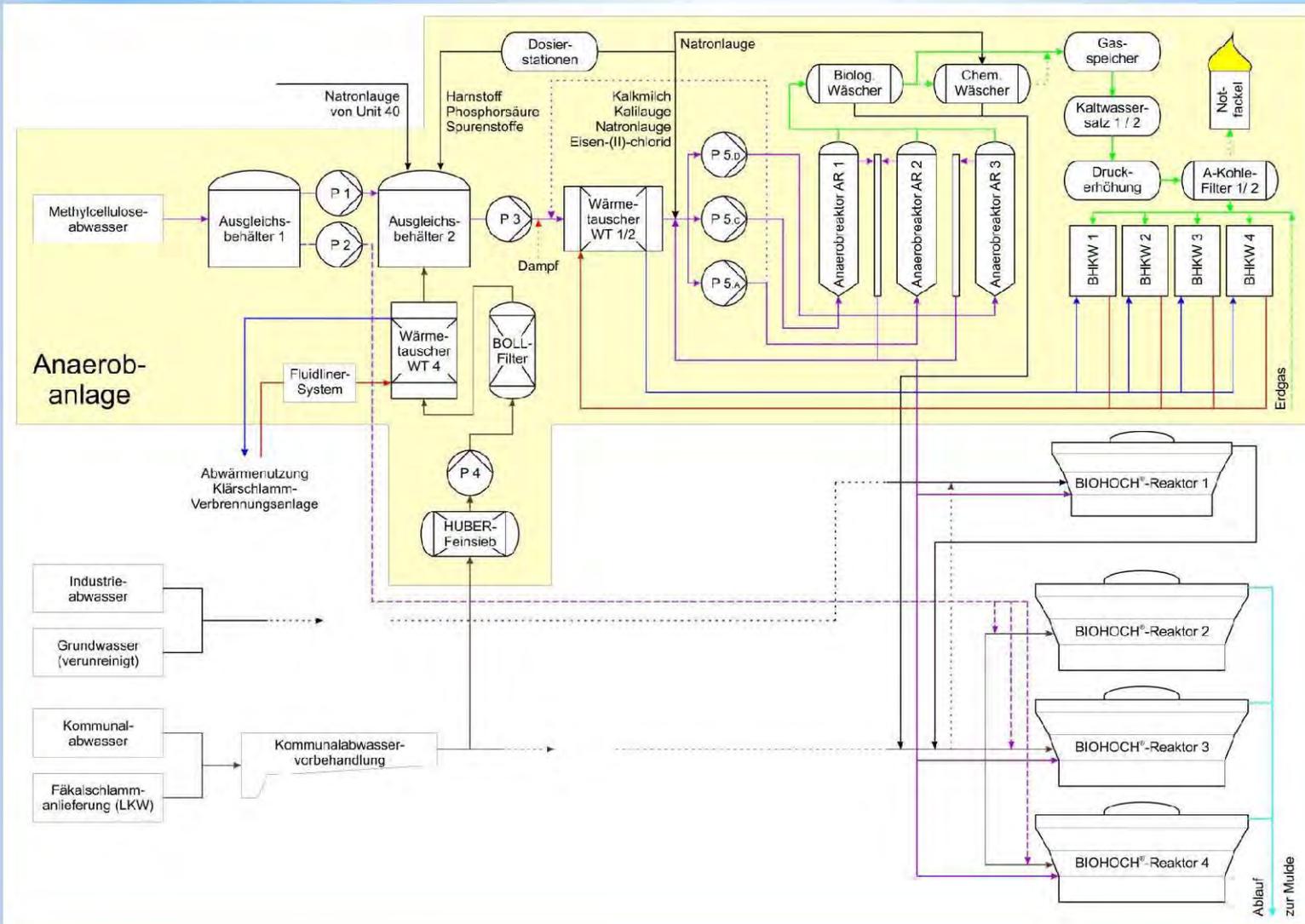
Querschnitt eines BIOHOCH®-Reaktors

Vorteile:

- hoher Sauerstofftrag (ca. 3 kg O₂/kWh)
- geringer Abgasanfall
- ständige intensive Vermischung des Belebtschlammes mit dem Substrat
- geringer Platzbedarf

nach HOECHST, 1985

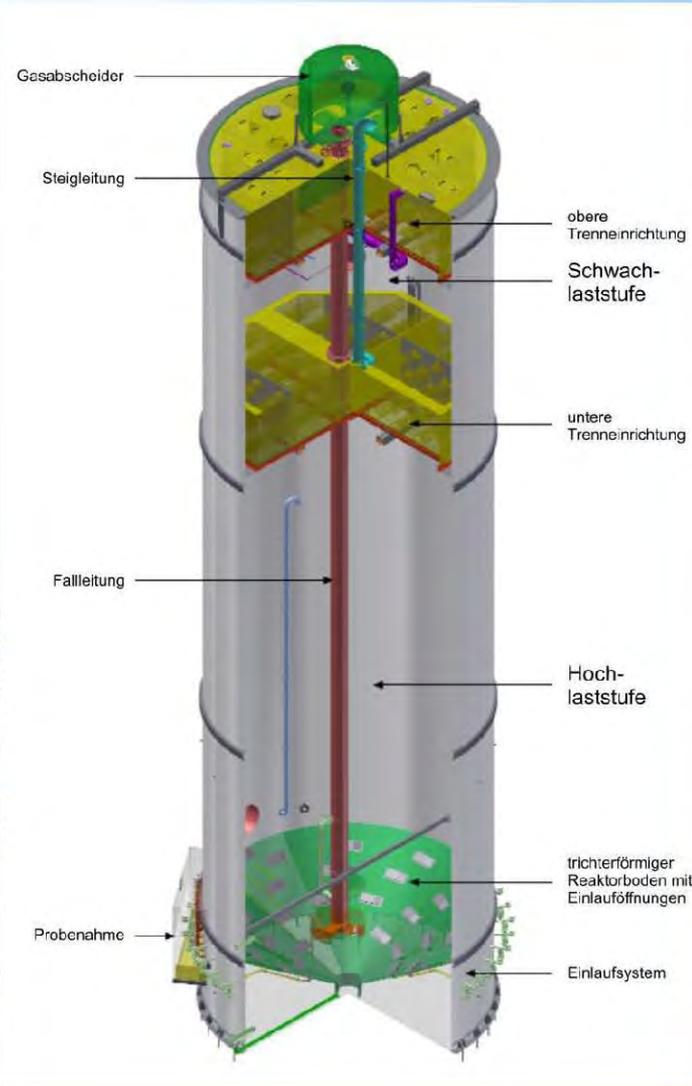
Beispiel GKW Bitterfeld-Wolfen



Neue Anaerob-anlage und deren Einbindung der in das Gesamt-konzept

aus STERGER & KOEPPKE, 2013

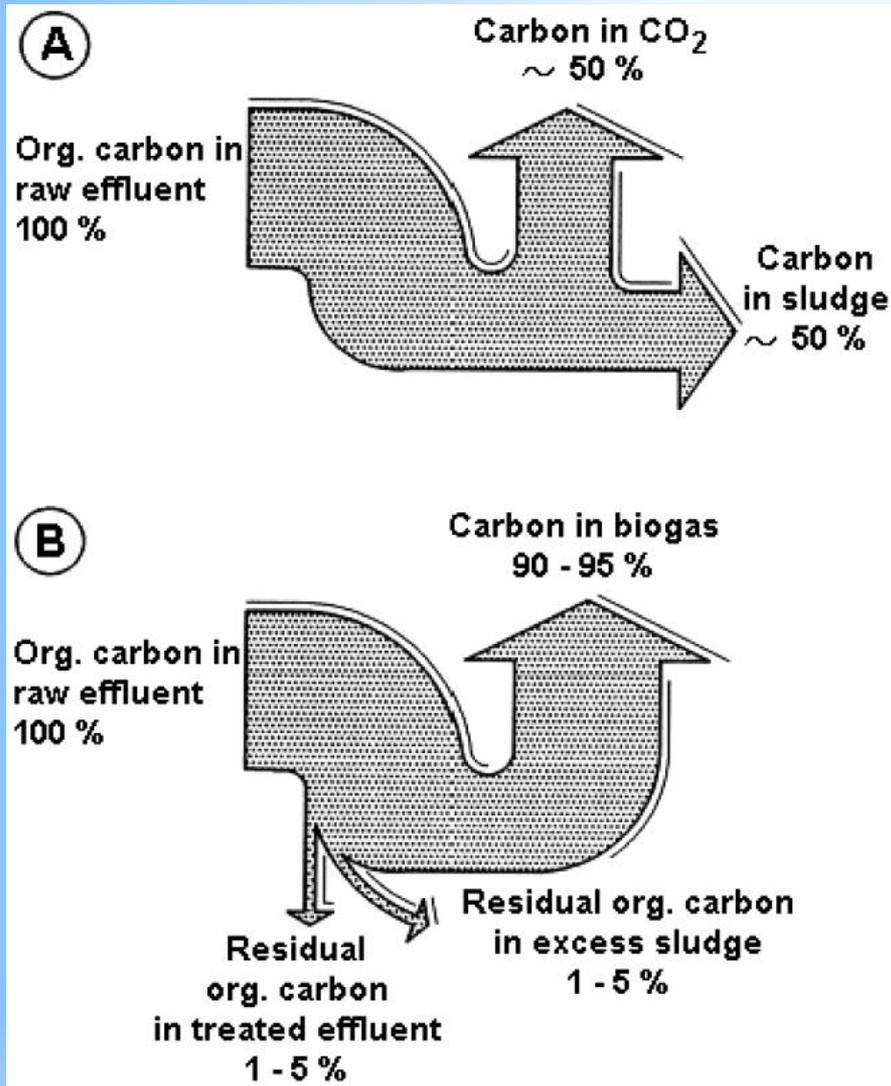
Beispiel GKW Bitterfeld-Wolfen



Anaerob-
reaktoren
Foto und
Funktions-
prinzip

aus STERGER &
KOEPPKE, 2013

Beispiel GKW Bitterfeld-Wolfen



Gegenüberstellung der Kohlenstoffbilanzen bei aerober (A) und anaerober (B) Abwasserbehandlung

UBA, 2003

Beispiel GKW Bitterfeld-Wolfen

„Der CSB kann als Energieparameter gedeutet werden, so dass der Energieerhaltungssatz angewendet werden kann. Über längere Zeiträume, in denen sich der Ablauf-CSB nur wenig geändert hat (keine Änderung des CSB im Anaerobreaktor) muss gelten:

$$\text{CSB-Abbau} = \text{CSB-Gas} + \text{CSB-ÜS}$$

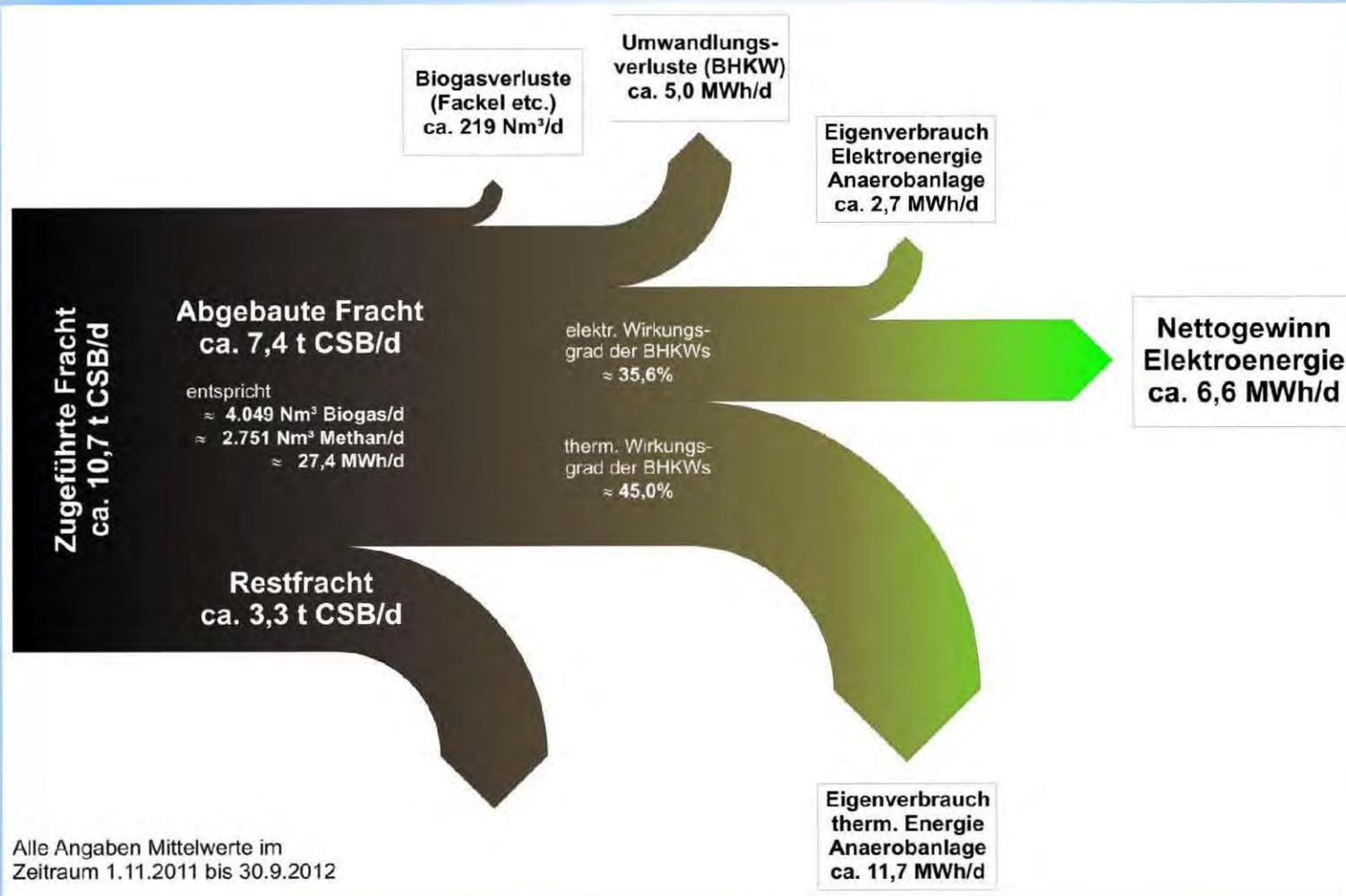
Der CSB im Biogas ist bei der Methanisierung (H_2 -Gehalt sehr gering) ausschließlich im Methan enthalten; CO_2 hat keinen CSB. Der CSB des Methans kann auf Grund der Oxidationsreaktion berechnet werden;



d. h. je Mol CH_4 (= 22,4 NI) sind 2 Mol Sauerstoff (= 64 g O_2) erforderlich. 1 g CSB entspricht daher $22,4 : 64 = 0,35$ NI CH_4 . Unter der Annahme, dass ca. 10 % des abgebauten CSB in Biomasse umgewandelt werden, entstehen aus 1 kg abgebautem CSB ca. 320 NI Methan.“

ATV-Fachausschuss 7.5, 1993

Beispiel GWK Bitterfeld-Wolfen



Sankey-Diagramm der Energie- und Stoffströme in der neuen Anaerobanlage des GWK Bitterfeld-Wolfen

aus STERGER & KOEPPKE, 2013

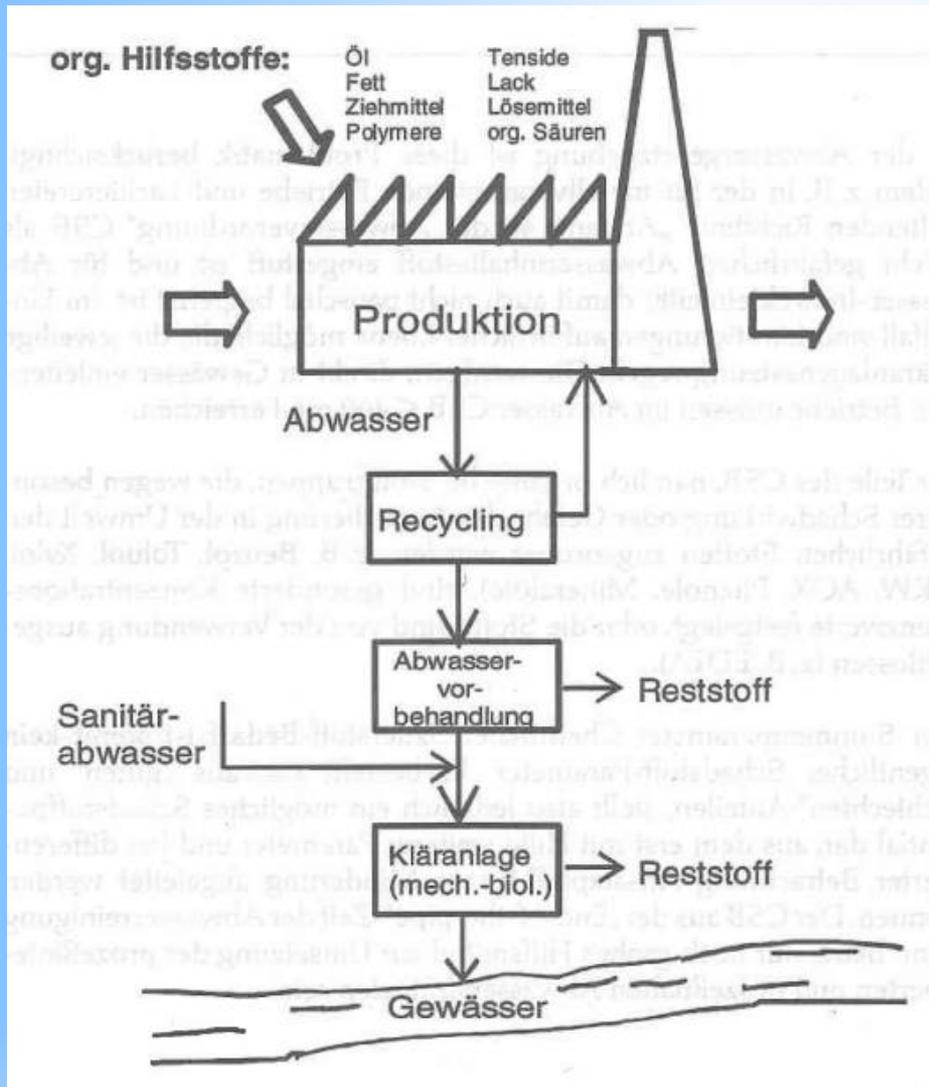
Literaturverzeichnis

ATV-DVWK-A 131, 2000	ATV-DVWK-A 131 Bemessung von einstufigen Belebungsanlagen Abwassertechnische Vereinigung e.V. / Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft und Kulturbau e.V., Mai 2000
ATV-Fachausschuss 7.5, 1993	Technologische Beurteilungskriterien zur anaeroben Abwasserbehandlung, Bericht des ATV-Fachausschusses 7.5 „Anaerobe Verfahren zur Behandlung von Industrieabwässern“ Korrespondenz Abwasser 40. Jahrgang, Nr. 2/1993 S. 217 ff.
ANASTAS, 2011	Anastas, P. T. Twenty Years of Green Chemistry C&EN Chemical & Engineering News, Volume 91, June 27, 2011 pp. 62-65
BMFT, 1994	Produktionsintegrierter Umweltschutz, Vermeidung von Umweltbelastungen aus der industriellen Produktion, Förderkonzept des Bundesministeriums für Forschung und Technologie Bundesministerium für Forschung und Technologie, Bonn, Januar 1994
DWA-M 210, 2009	DWA-M 210 Belebungsanlagen mit Aufstaubetrieb (SBR) DWA Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V., Hennef, Juli 2009
FABER et al, 1995	Faber, M.; Jöst, F.; Manstetten, R.; Müller-Fürstenberger, G. Wirtschaftlichkeit und Umweltschutz in der chemischen Industrie - eine Fallstudie Spektrum der Wissenschaft, September 1995, S. 112-114
HOECHST, 1985	Der @BIOHOCH-Reaktor - Stand der Technik zur biologischen Abwasserreinigung Hoechst AG Frankfurt (Main), 1985
KUBIN, 2004	Kubin, K. Einfluss unterschiedlicher Verfahrenskonzepte auf Substratabbau und Nährstoffverwertung in Membranbelebungsanlagen zur kommunalen Abwasserreinigung Dissertation an der Fakultät III – Prozesswissenschaften der Technischen Universität Berlin, 2004
STERGER & KOEPPKE, 2013	Sterger, O.; Köppke, K.-E. Abschlussbericht über die Errichtung einer Anlage zur anaeroben Behandlung hypersaliner Abwässer im Gemeinschaftsklärwerk Bitterfeld-Wolfen http://www.umweltinnovationsprogramm.de/sites/default/files/benutzer/36/dokumente/abschlussbericht_0.pdf
UBA, 2003	BVT-Merkblatt zu Abwasser- und Abgasbehandlung/-management in der chemischen Industrie Umweltbundesamt, Februar 2003

Gewässerschutz

#10 Aktiver (vorsorgender)
Gewässerschutz in Industrie und Gewerbe
Produktionsintegrierter Umweltschutz und
Anwendung des Standes der Technik in
Industrie und Gewerbe (Indirekteinleiter)

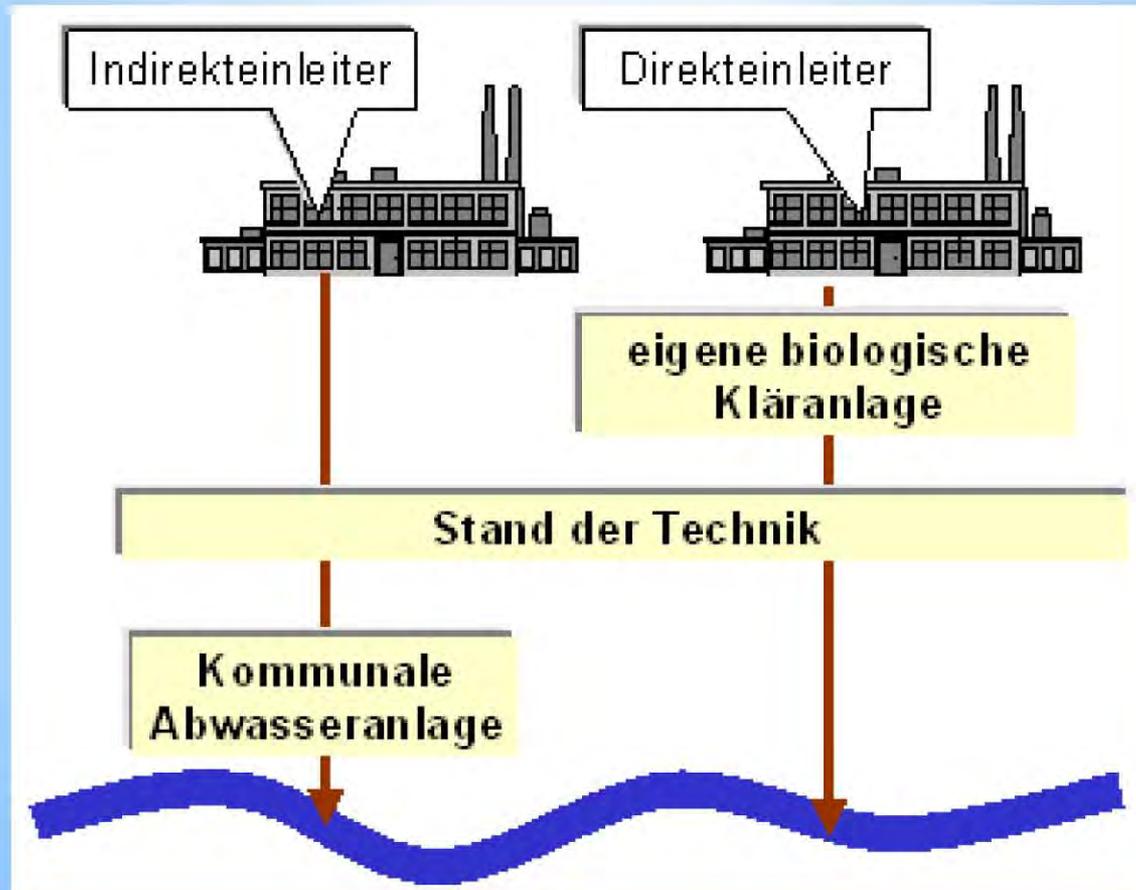
Direkt- vs. Indirekteinleitung



Entstehung und Behandlung von CSB bei industriell-gewerblicher Direkteinleitung

aus [GRÄF et al., 1999](#)

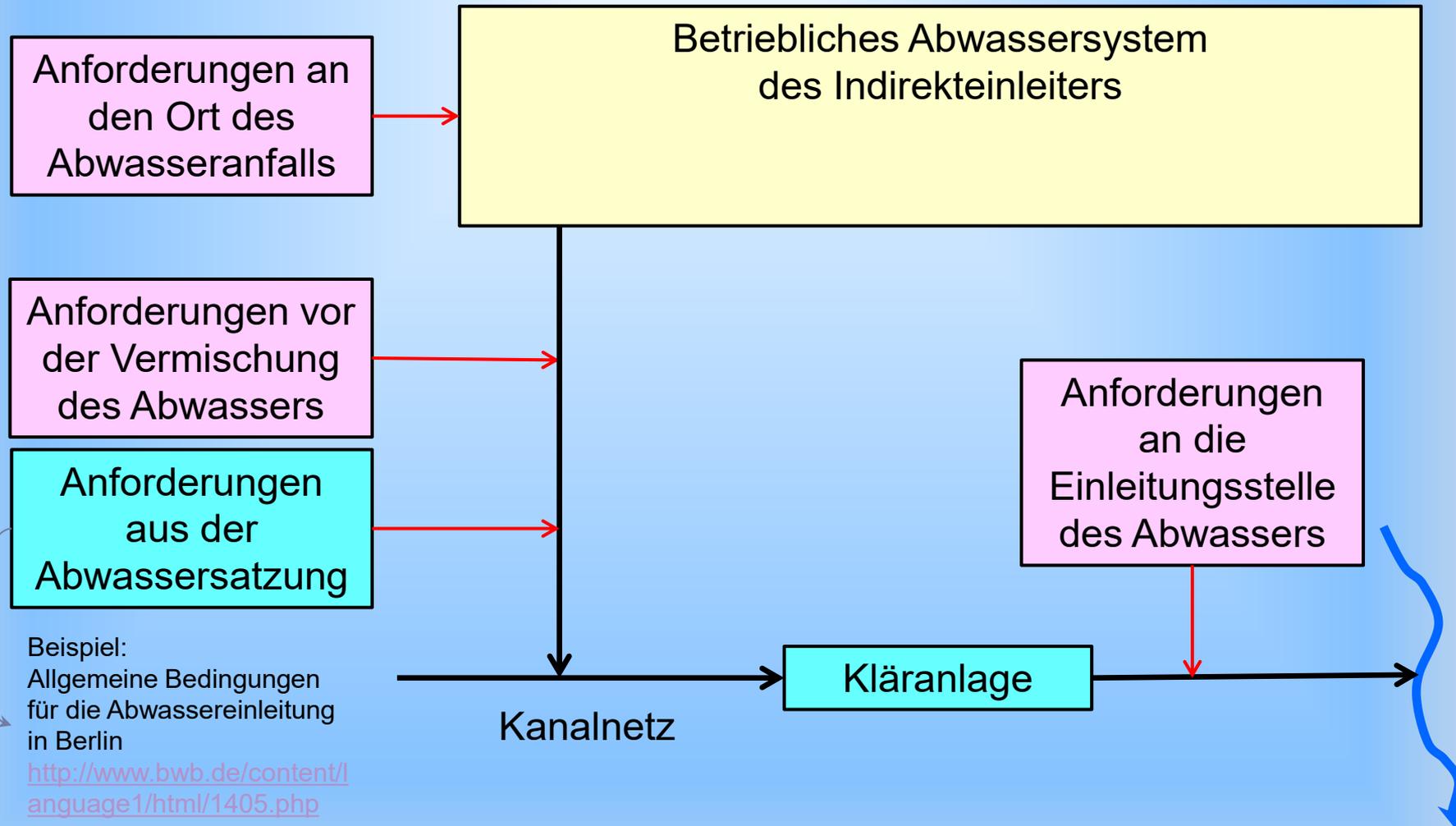
Direkt- vs. Indirekteinleitung



Unterschied zwischen Direkt- und Indirekteinleitung

http://www.muenster.de/stadt/umwelt/ind_gewerbeabwasser.html

Anforderungen bei Indirekteinleitung



Anforderungen bei Indirekteinleitung



Beschaffenheitskriterien und Einleitewerte werden oft nach

**Merkblatt DWA-M 115-2
Indirekteinleitung nicht
häuslichen Abwassers
Teil 2: Anforderungen**

festgelegt



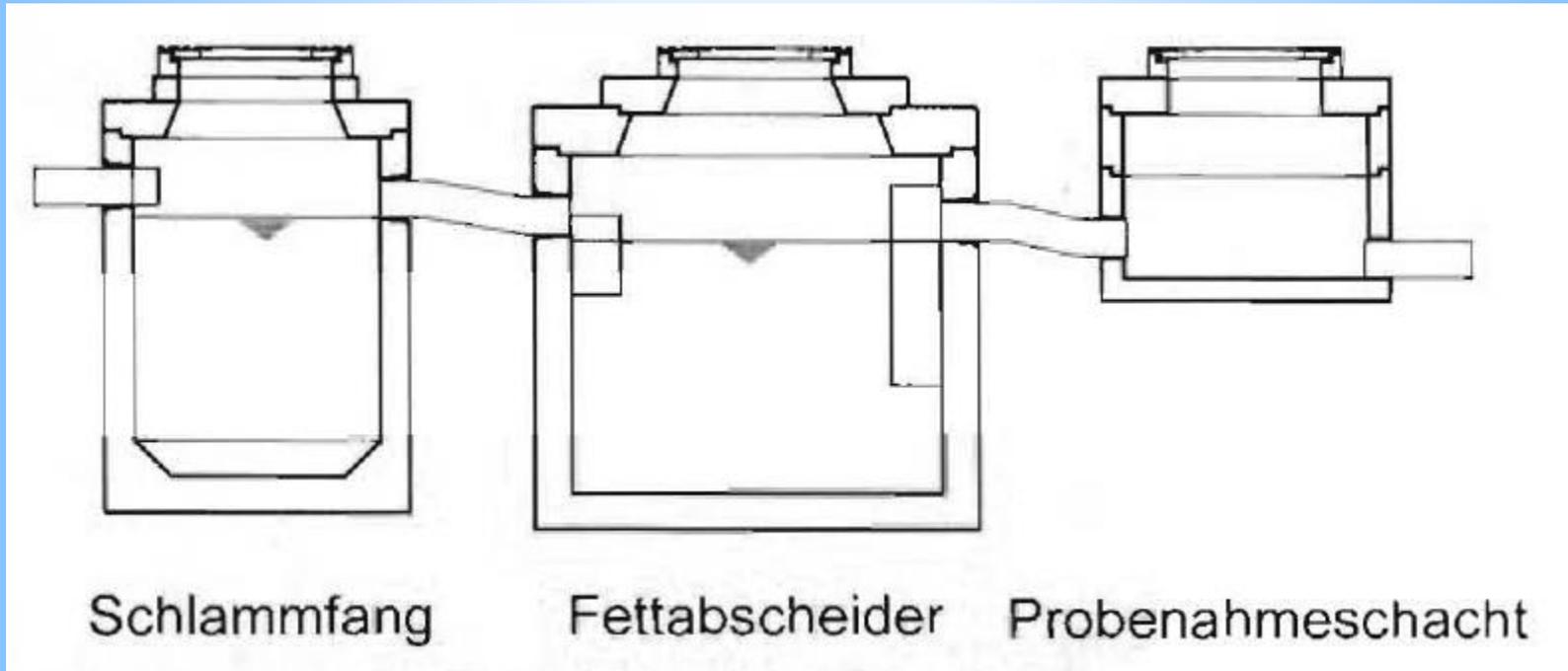
Indirekteinleitende Branchen

Branche	Problemstoffe	Vorbehandlungsmaßnahmen
Lebensmittelindustrie		
Milchverarbeitung, Brauereien, Herstellung von Alkohol und alkoholischen Getränken, Herstellung von Erfrischungsgetränken und Getränkeabfüllung	Sauerstoffzehrende Substanzen	Biologische Vorbehandlung (anaerob oder aerob)
Herstellung von Obst- und Gemüseprodukten, Kartoffelverarbeitung, Zuckerfabriken	Sauerstoffzehrende Substanzen, abfiltrierbare Stoffe	Absetzanlagen, ggf. biologische Vorbehandlung (anaerob oder aerob)
Fischverarbeitung, Fleischwirtschaft, Ölsaataufbereitung, Speisefett- und Speiseölraffination	Lipophile Stoffe	Fettabscheider, ggf. biologische Vorbehandlung (anaerob oder aerob)
Hotels und Gaststätten	Lipophile Stoffe	Fettabscheider
Deponien	Schwermetalle, PAK, MAK und andere toxische Stoffe	Biologische Vorbehandlung (aerob), Aktivkohlefiltration, Membranfiltration, Abwasserverdampfung

Indirekteinleitende Branchen

Branche	Problemstoffe	übliche Vorbehandlungsmaßnahmen
Textilherstellung, Textilveredlung	Sauerstoffzehrende Substanzen,	Neutralisation, Fällung/Flockung, ggf. Belüftung oder biologische Vorbehandlung (aerob)
Nichteisenmetallherstellung	Schwermetalle, abfiltrierbare Stoffe	Absetzanlagen, Rückgewinnung von Schwermetallen (Fällung/Flockung, Ionenaustauscher)
Metallbearbeitung, Metallverarbeitung	Schwermetalle, sauerstoffzehrende Substanzen (Cyanide)	Rückgewinnung von Schwermetallen (Fällung/Flockung, Ionenaustauscher), Cyanidentgiftung, Membranfiltration
Tankstellen, Autowäsche, Kfz-Reparatur	Mineralöle, abfiltrierbare Stoffe	Mineralölabscheider, Koaleszenzabscheider
Lederfabriken	Sauerstoffzehrende Substanzen (Sulfide), Chrom	Chromrückgewinnung (Fällung/Flockung), Neutralisation, ggf. Belüftung
Herstellung von Halbleiterbauelementen	Schwermetalle, Chemikalien	Rückgewinnung von Schwermetallen (Fällung/Flockung, Ionenaustauscher),
Wäschereien	Detergentien/Tenside, sauerstoffzehrende Substanzen	Absetzanlagen, Neutralisation, Fällung/Flockung, Flotation

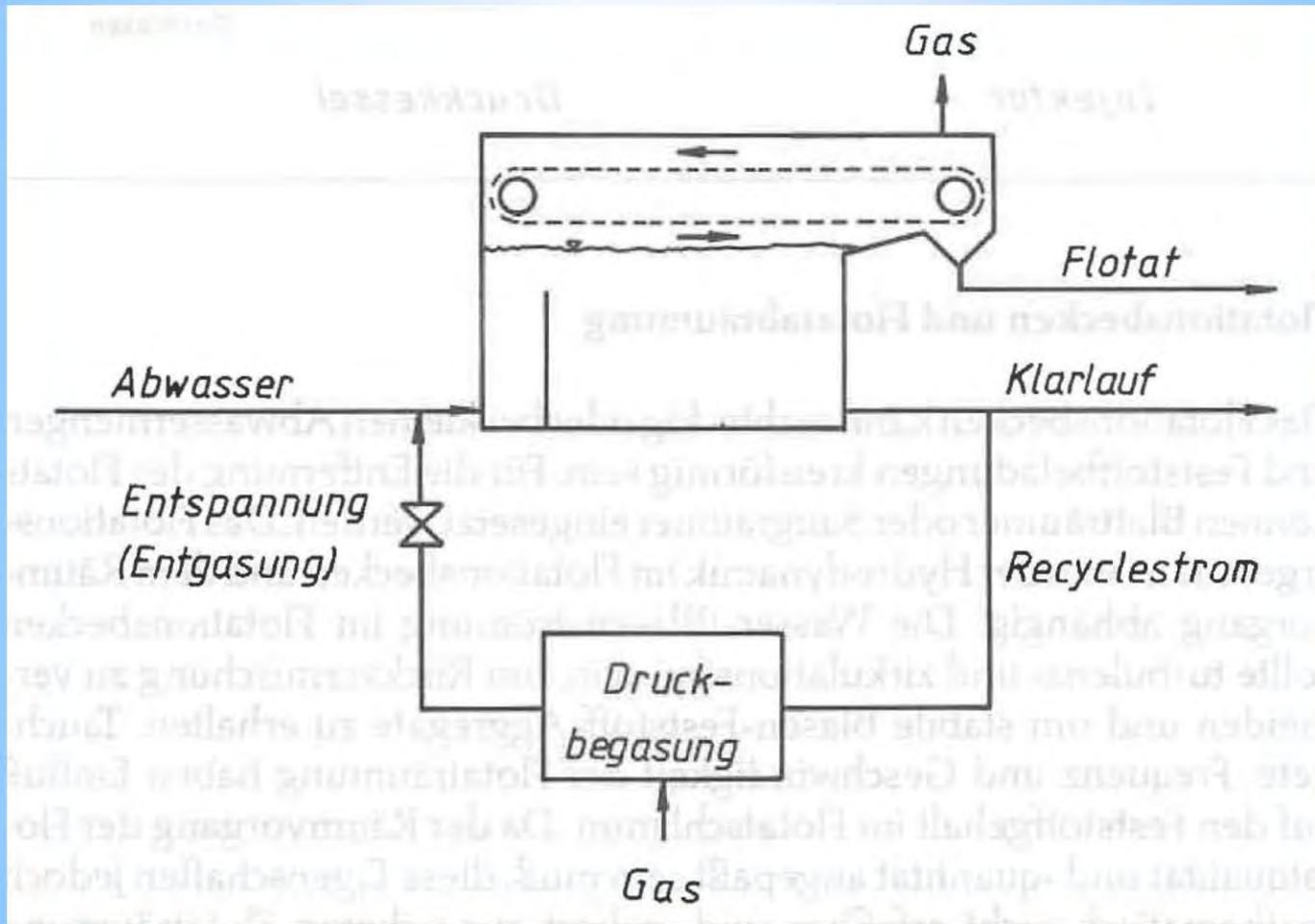
Vorbehandlung in der Lebensmittelindustrie



Querschnitt durch eine Abscheideranlage für Fette nach DIN 4040
(runde Bauweise, Ausführung in Stahlbeton, getrennte Anordnung von
Schlammfang und Fettsammelraum)

http://www.muenster.de/stadt/umwelt/ind_gewerbeabwasser.html

Vorbehandlung in der Lebensmittelindustrie



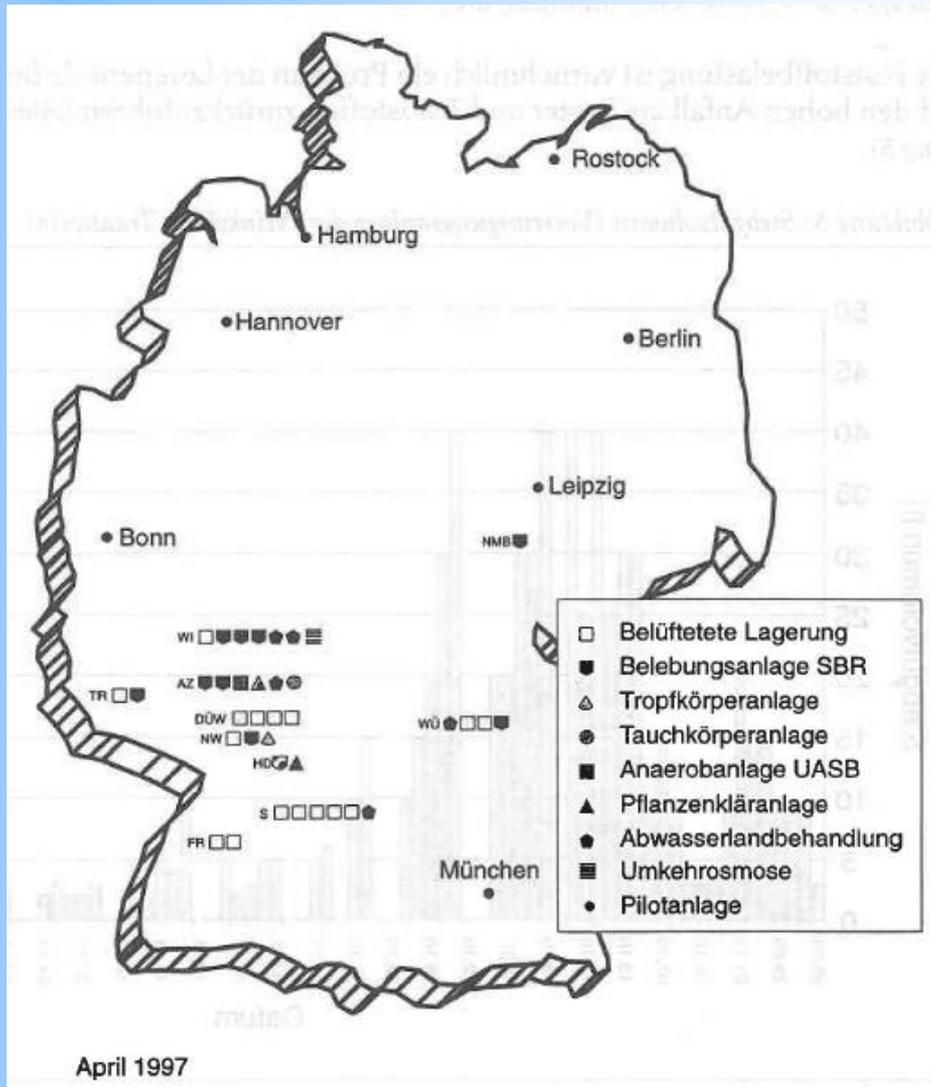
Prinzipschema der Druckentspannungsflotation

aus [GRÄF et al., 1999](#)

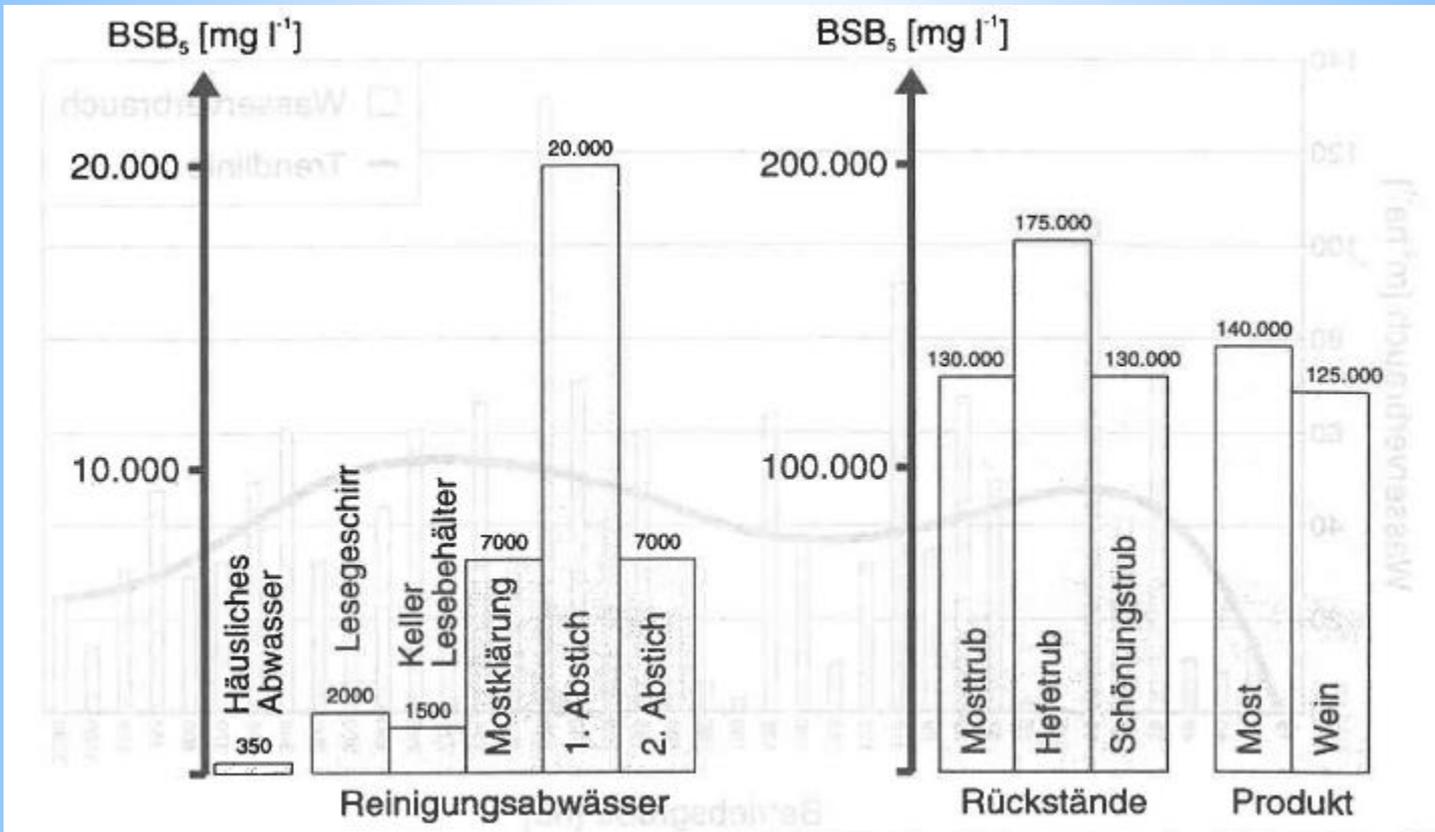
Vorbehandlung in der Lebensmittelindustrie

Überblick über bestehende
Abwasservorreinigungsanlagen im
Weinbau
(Stand 1997)

aus [GRÄF et al., 1999](#)



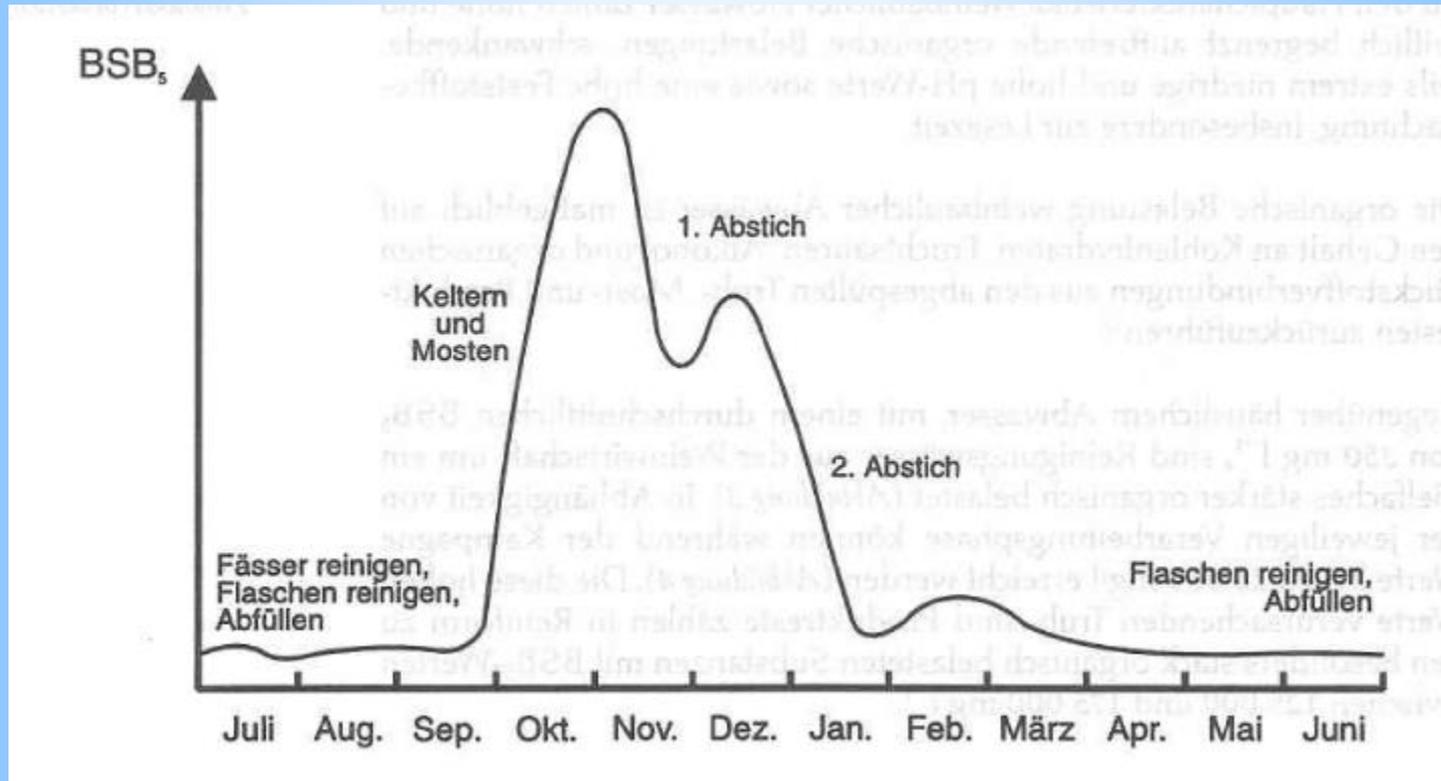
Vorbehandlung in der Lebensmittelindustrie



Organische Belastung von Abwässern, Rückständen und Produkten im Weinbau

aus [GRÄF et al., 1999](#)

Vorbehandlung in der Lebensmittelindustrie



Organische Belastung von Weinbauabwässern im Jahresverlauf

aus [GRÄF et al., 1999](#)

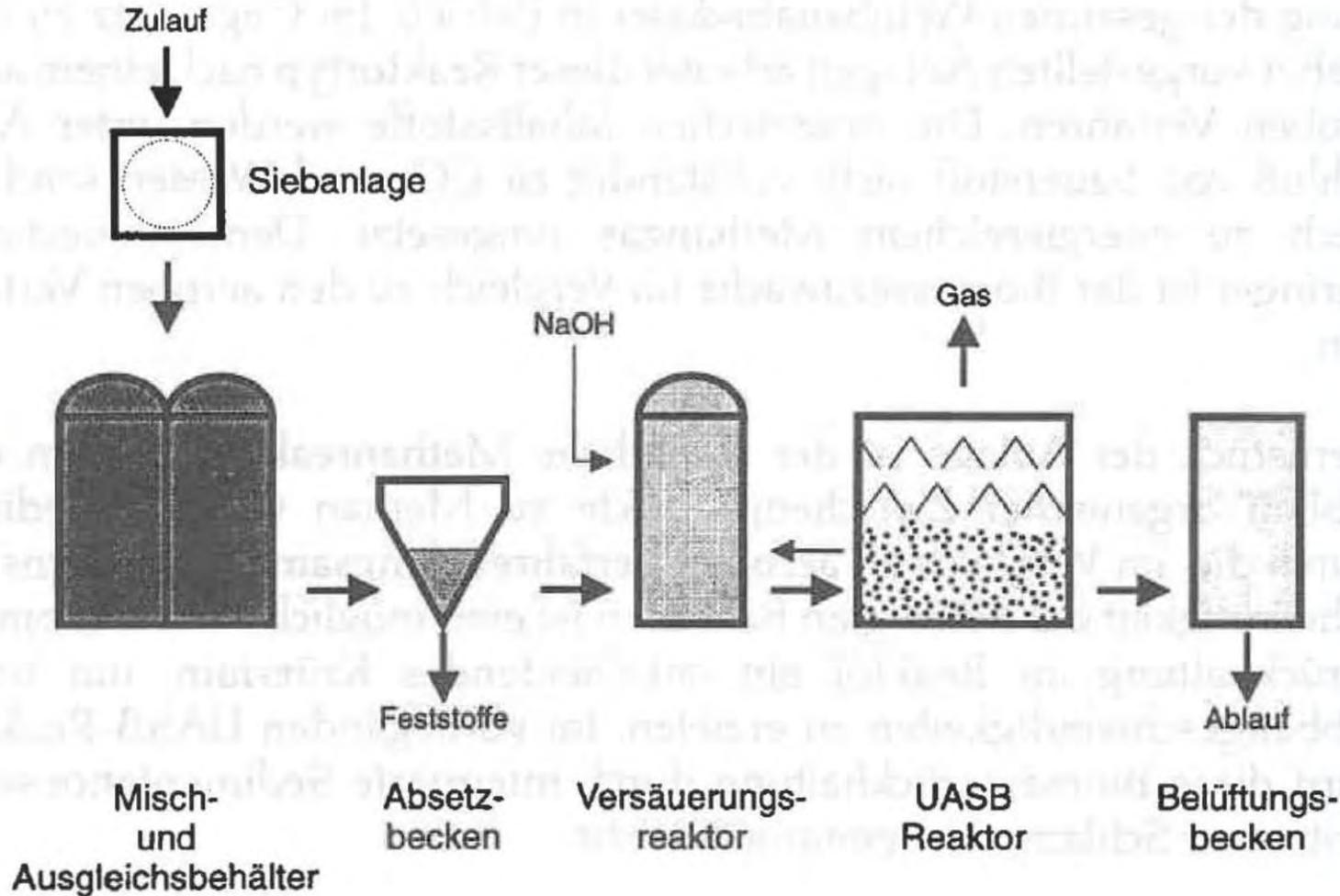
Vorbehandlung in der Lebensmittelindustrie



Abwasserquellen bei der Weinbereitung

aus [GRÄF et al., 1999](#)

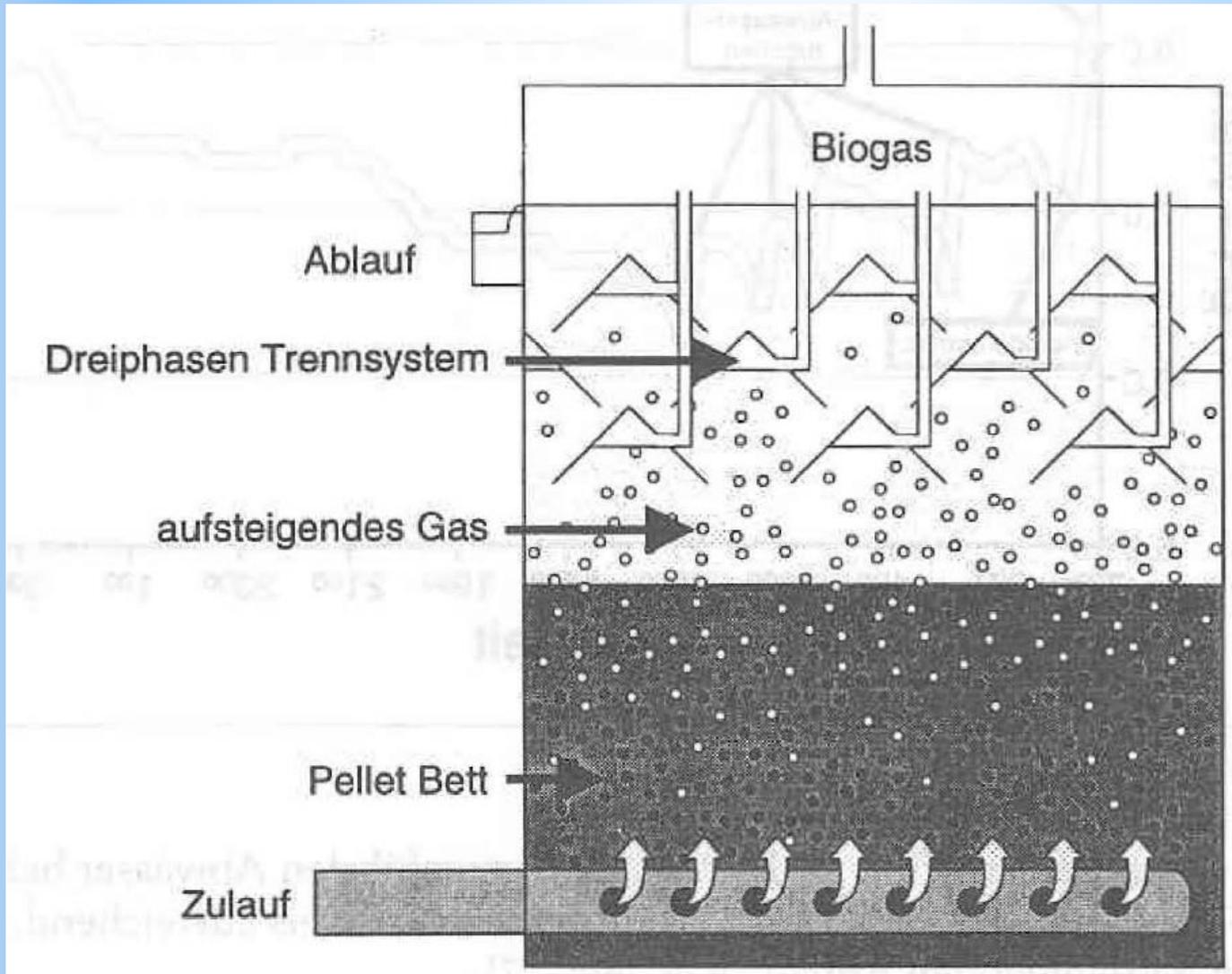
Vorbehandlung in der Lebensmittelindustrie



Fließschema der Vorbehandlungsanlage der Weinkellerei Trautwein in Lonsheim

aus [GRÄF et al., 1999](#)

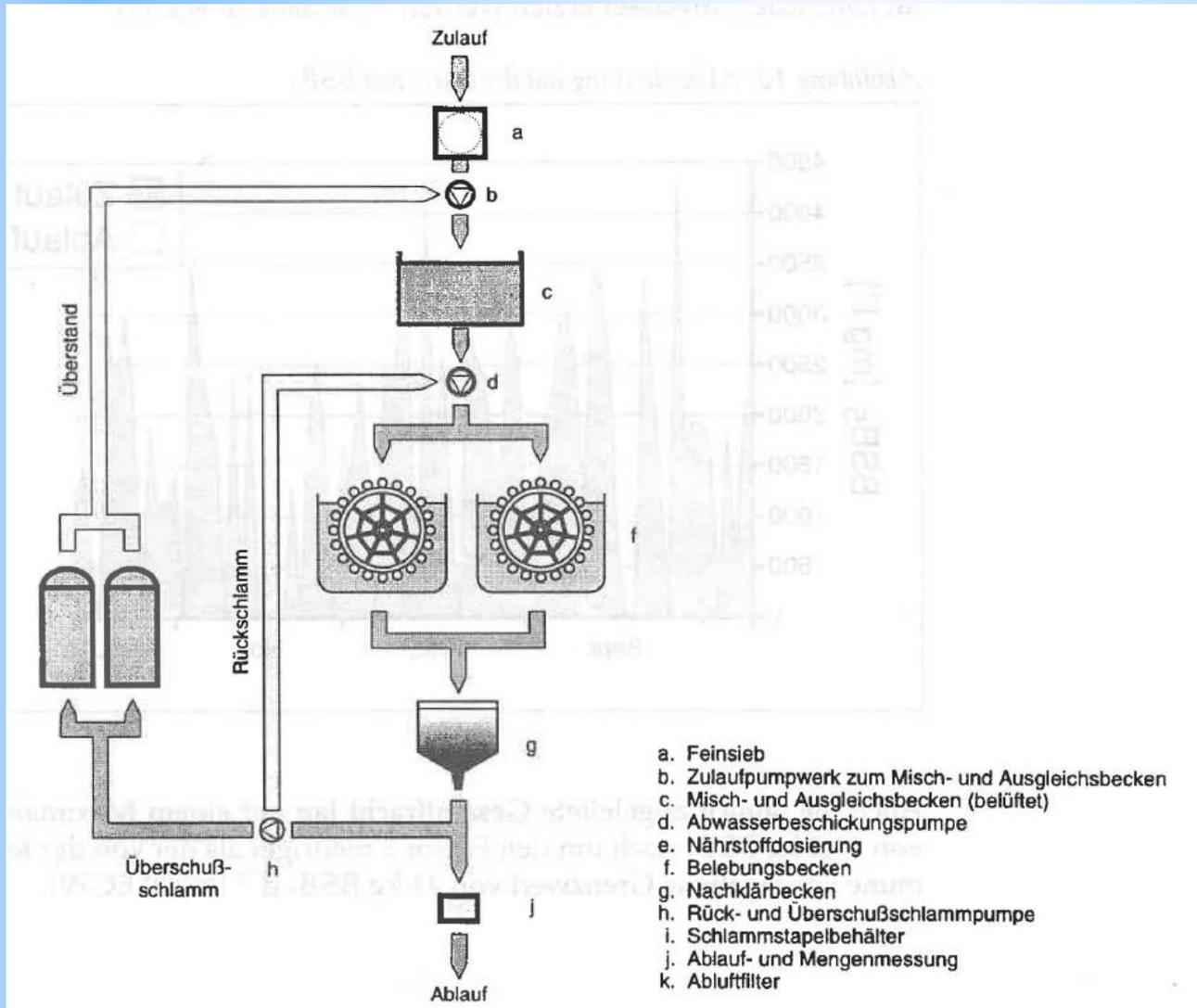
Vorbehandlung in der Lebensmittelindustrie



Reaktorkonzept
des Biopaq-
UASB-Reaktors
von Passavant

aus [GRÄF et al., 1999](#)

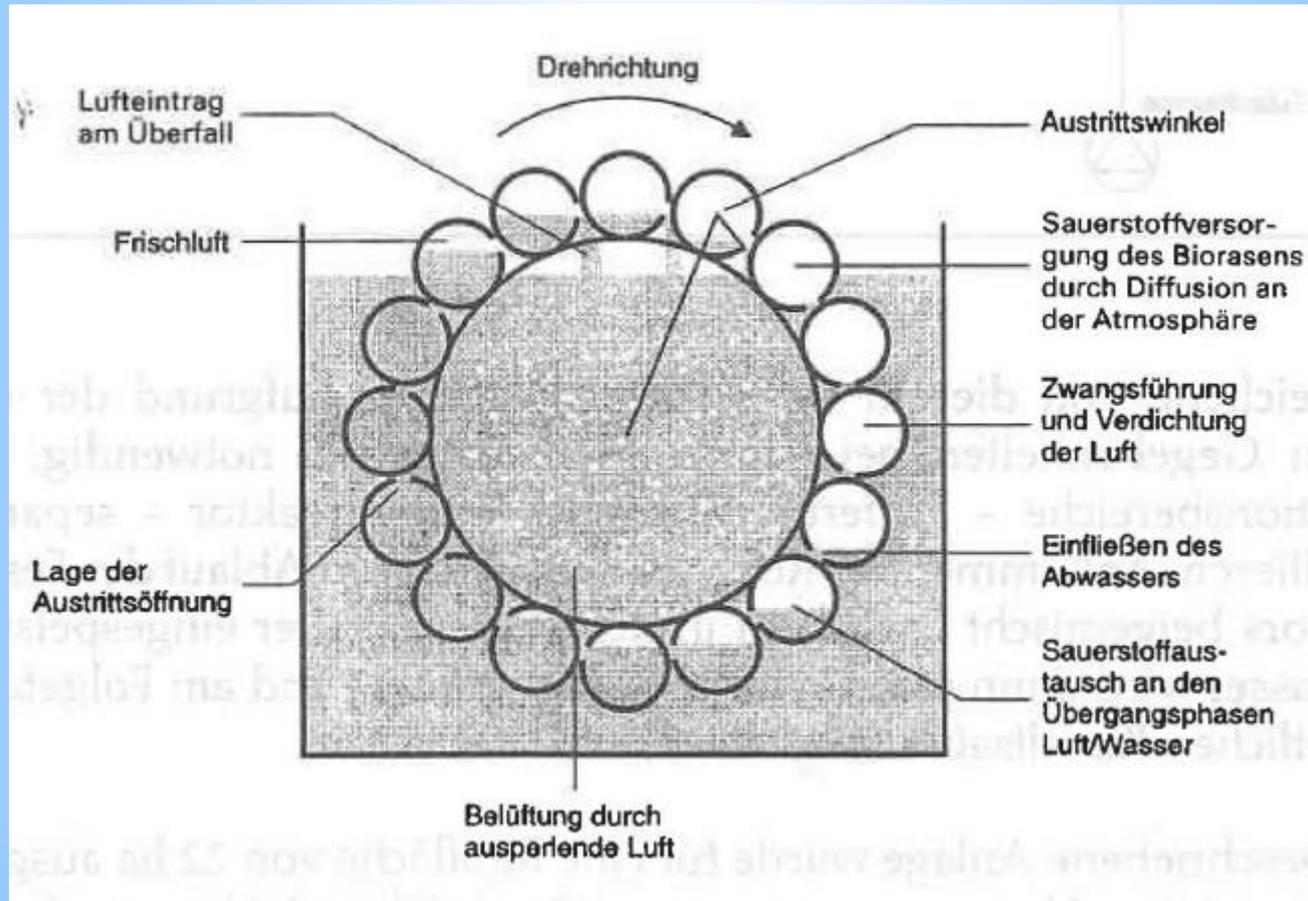
Vorbehandlung in der Lebensmittelindustrie



Fließschema der Abwasservorreinigungsanlage der Rheinessen Winzer e. G.

aus [GRÄF et al., 1999](#)

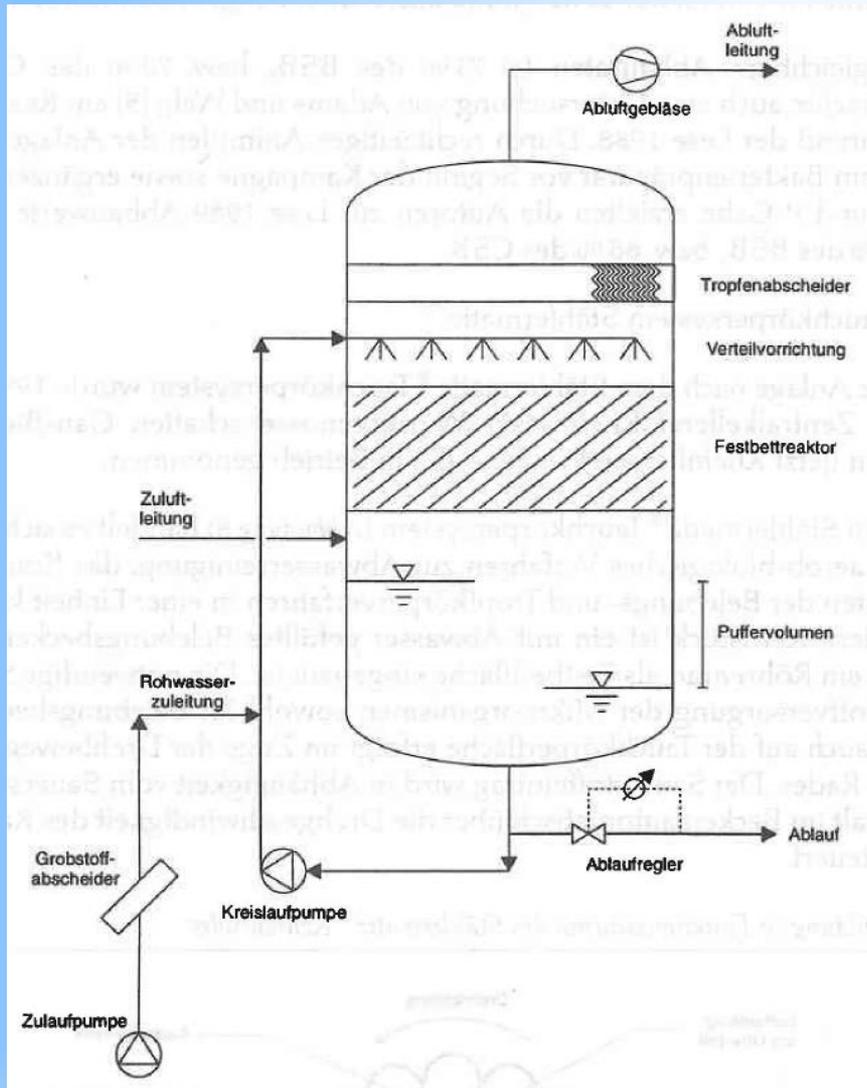
Vorbehandlung in der Lebensmittelindustrie



Funktionsschema des Stählermatic® Röhrenrades
(aerobe Vorbehandlung von Weinbauabwässer)

aus [GRÄF et al., 1999](#)

Vorbehandlung in der Lebensmittelindustrie

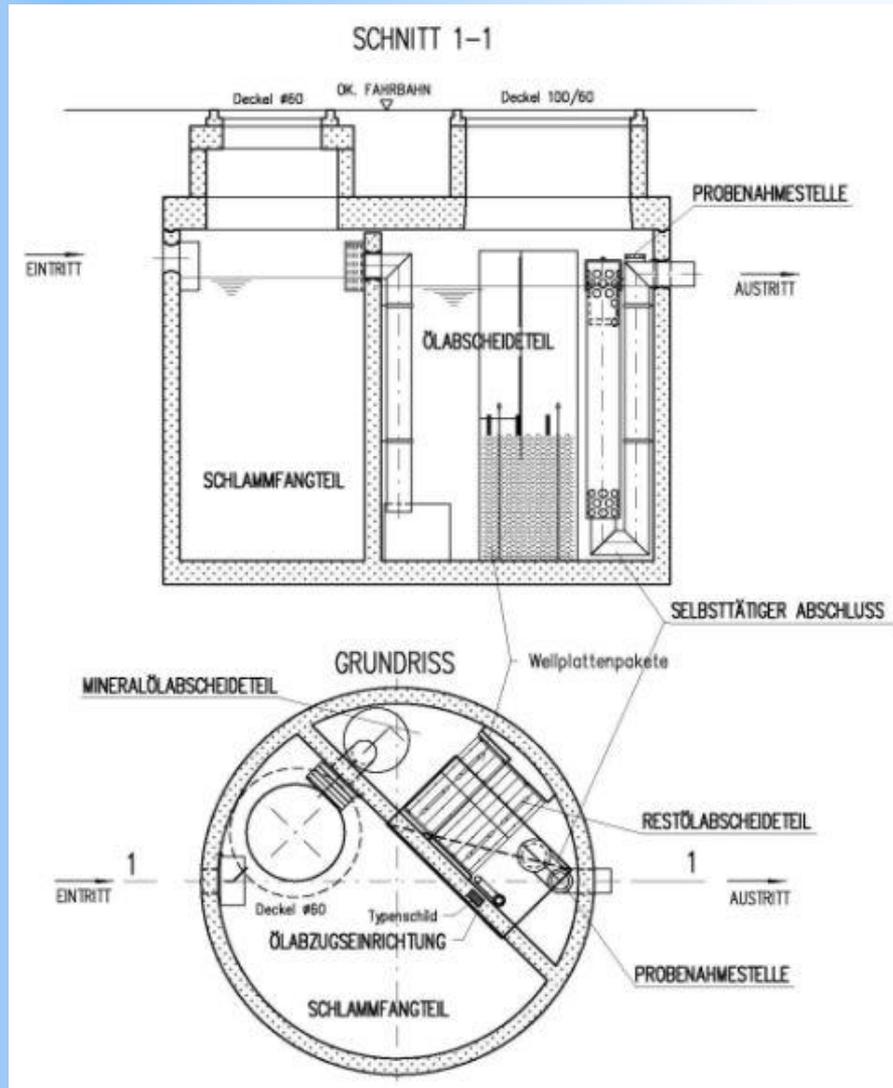


Produktionsintegrierter
Kompaktreaktor zur Vorbehandlung
von Weinbauabwässern
(Festbettbiologie analog Tropfkörper
bzw. Biofilter)

Die Anlage wurde für eine Rebfläche von 22 ha
ausgelegt.

aus [GRÄF et al., 1999](#)

Vorbehandlung für mineralölhalt. Abwasser



Abscheideranlage für Mineralöl, bestehend aus Schlammfang, Ölabscheider und Koaleszenzabscheider

aus www.freyliit.com

Nach dem Schlammfangteil strömt das Abwasser in den Ölabscheider des Abscheiders. Aufgrund der vorhandenen Eintrittsöffnung an der Stirnseite des Abscheiders wird der Öl-/Wasserstrom umgelenkt und es entsteht eine Strömung in Richtung Ölsammelschicht (Abscheideroberfläche), mit welcher große Öltröpfen sofort und rasch zu dieser nach oben geführt werden. Anschließend strömt das Wasser, in welchem sich noch kleine Öltröpfchen befinden, in den Restölabscheider des Abscheiders.

Die Restölabscheidung erfolgt mittels oliophiler Wellplatten aus Polypropylen, die in einem Abstand von 12 mm aufeinander gestapelt sind. Ein Tauchrohr im Austritt verhindert das Austreten von Öl aus der Ölsammelschicht in die Kanalisation.

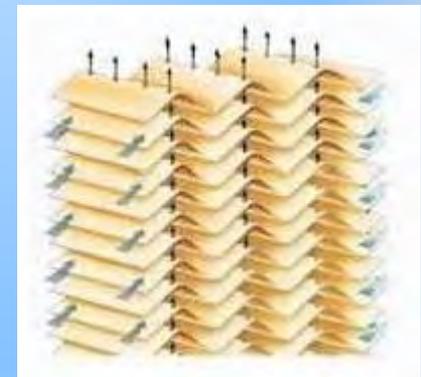
Vorbehandlung für mineralölhalt. Abwasser



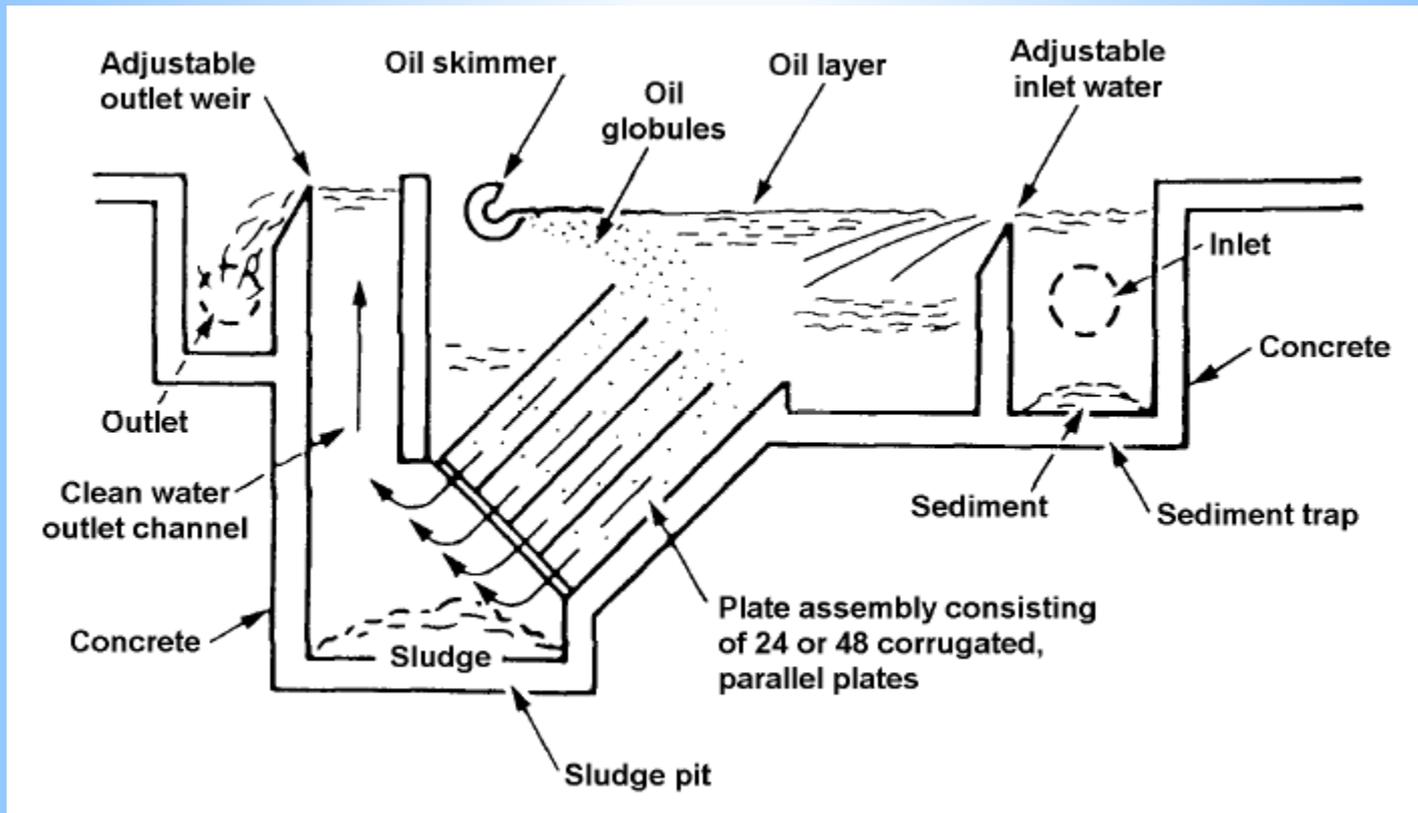
Funktionsprinzip
Koaleszenzabscheidung

Berührt ein Öltröpfchen eine Wellplatte, so bleibt er an ihr haften und wird somit aus dem Abwasser abgetrennt. Aufgrund seines geringeren spezifischen Gewichts im Vergleich zum Abwasser steigt er entlang der Wellplatte bis zum Wellenberg. Über Bohrungen in den Wellenspitzen gelangt das im Wellenberg gesammelte Öl zur Ölsammelschicht.

<http://www.freyliit.com/index.php?id=32>



Vorbehandlung für mineralölhalt. Abwasser



Wellplattenabscheider

Adjustable inlet water = Verstellbarer Wasserzulauf; Adjustable outlet weir = Verstellbarer Überlauf des Ablaufs; Cleanwater outlet channel = Klarwasserablaufgerinne; Concrete – Beton; Inlet – Zulauf; Oil skimmer = Ölskimmer; Oil globules = Öltröpfchen; Oil layer = Ölfilm; Outlet = Ablauf; Sediment = Sediment; Sediment trap = Sedimentfalle; Sludge = Schlamm; Sludge pit = Schlammgrube; Plate assembly consisting of 24 or 48 corrugated, parallel plates = Plattenaufbau, bestehend aus 24 oder 48 gewellten, parallel angeordneten Platten)

aus [CWW BREF, 2003](#)

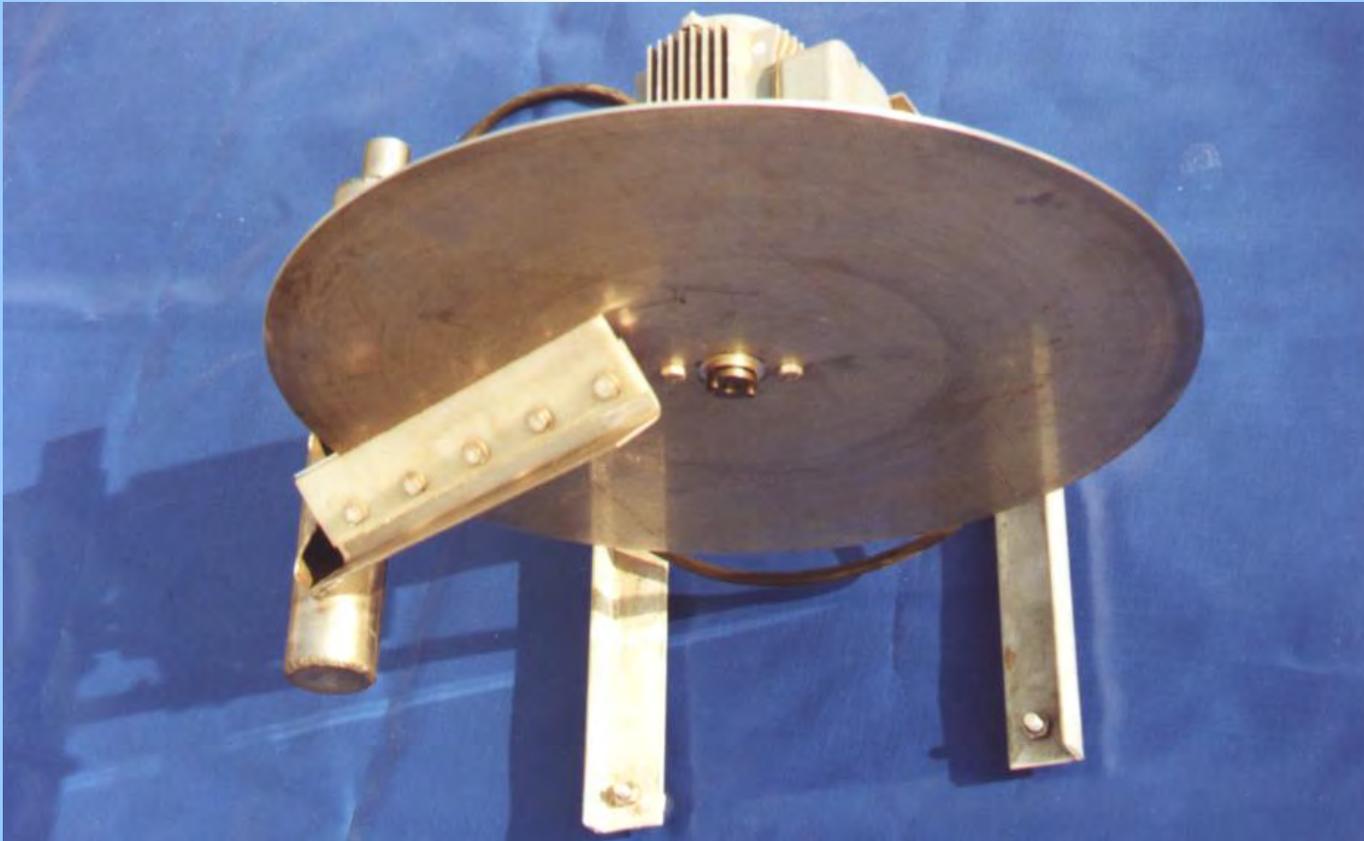
Vorbehandlung für mineralölhalt. Abwasser



Ölskimmer (Bandskimmer)

http://www.schlottig.de/Schlottig_Filter- und Dichtungstechnik/DE_Olskimmer.html

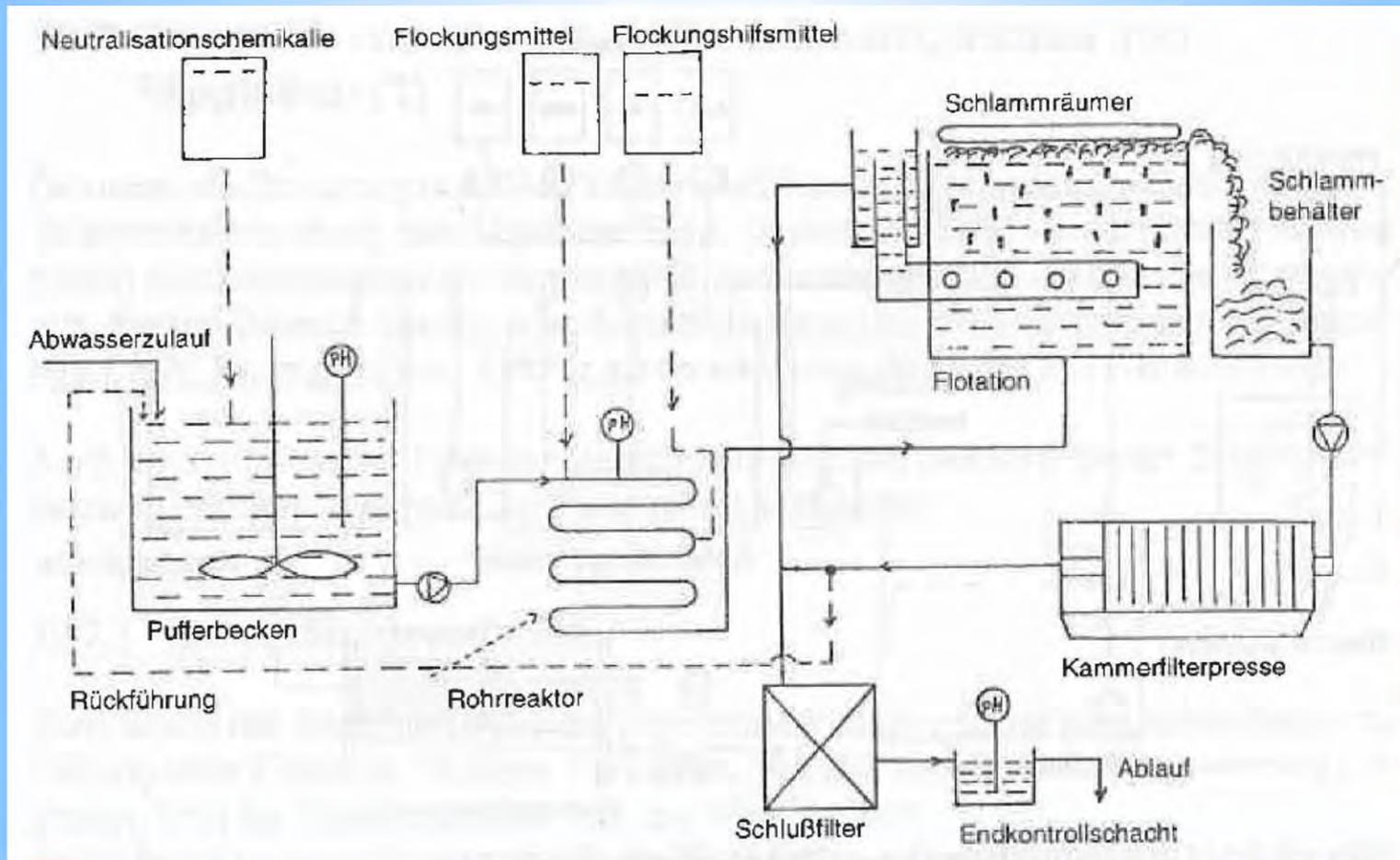
Vorbehandlung für mineralölhalt. Abwasser



Ölskimmer (Scheibenskimmer)

<http://www.hydrotechnik-luebeck.de/olskimmer#!prettyPhoto>

Vorbehandlung für Wäschereiabwasser



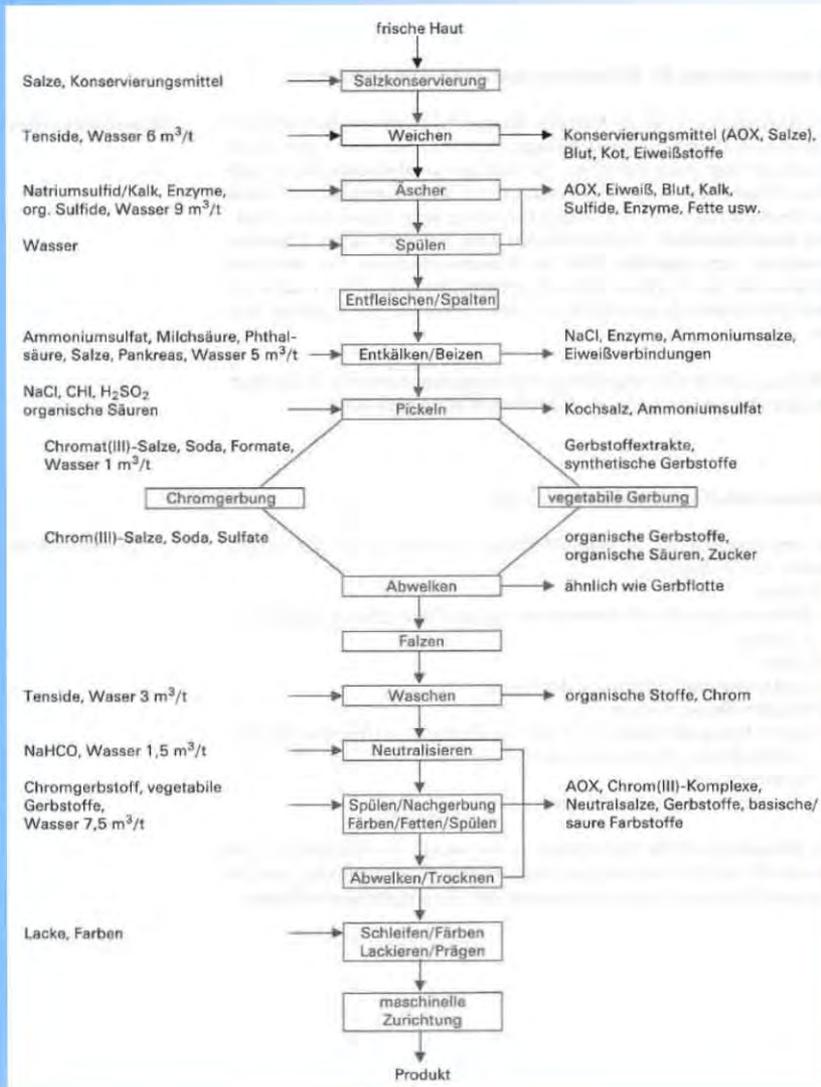
Abwasservorbehandlung einer Putztuchwäscherei

aus [ZIMPEL, 1997](#)

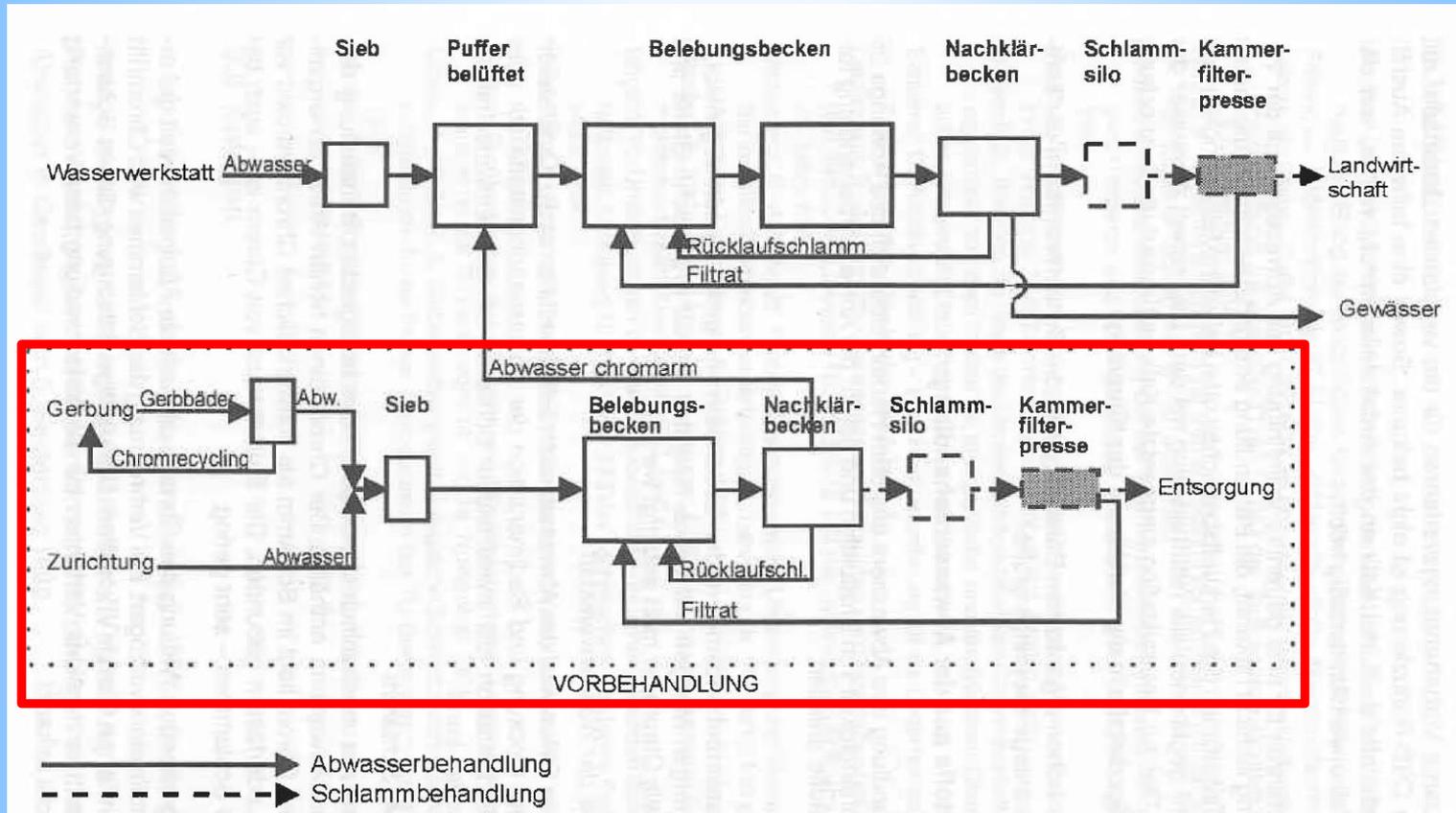
Lederabwasser

Verfahrensschema Chromgerbung

aus [GRÄF et al., 1999](#)



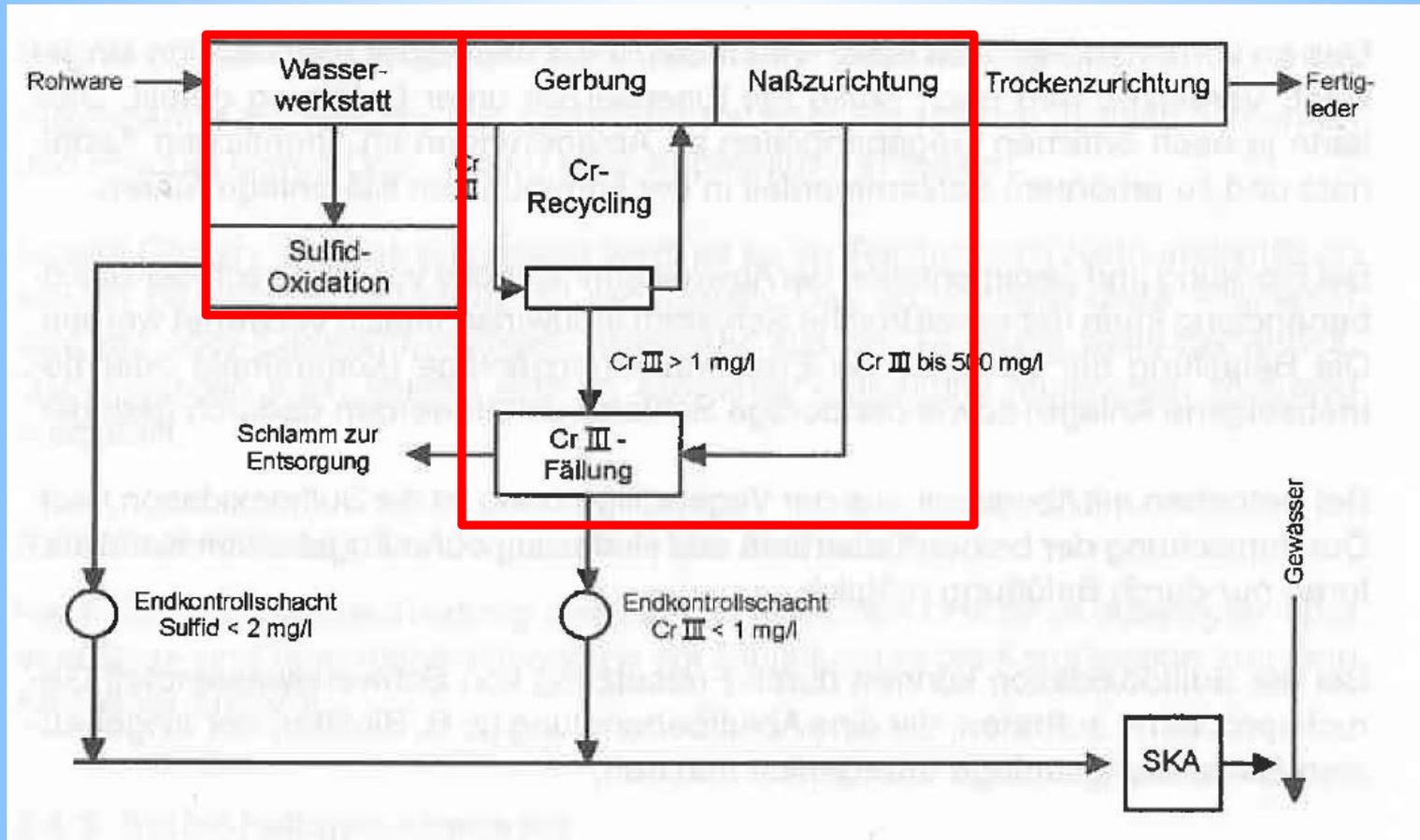
Vorbehandlung von Lederabwasser



Biologische Vorbehandlung des chromhaltigen Teilstroms aus Gerbung und Naßzurichtung, gemeinsame Weiterbehandlung mit dem sulfidhaltigen Abwasser aus der Wasserwerkstatt

aus [ZIMPEL, 1997](#)

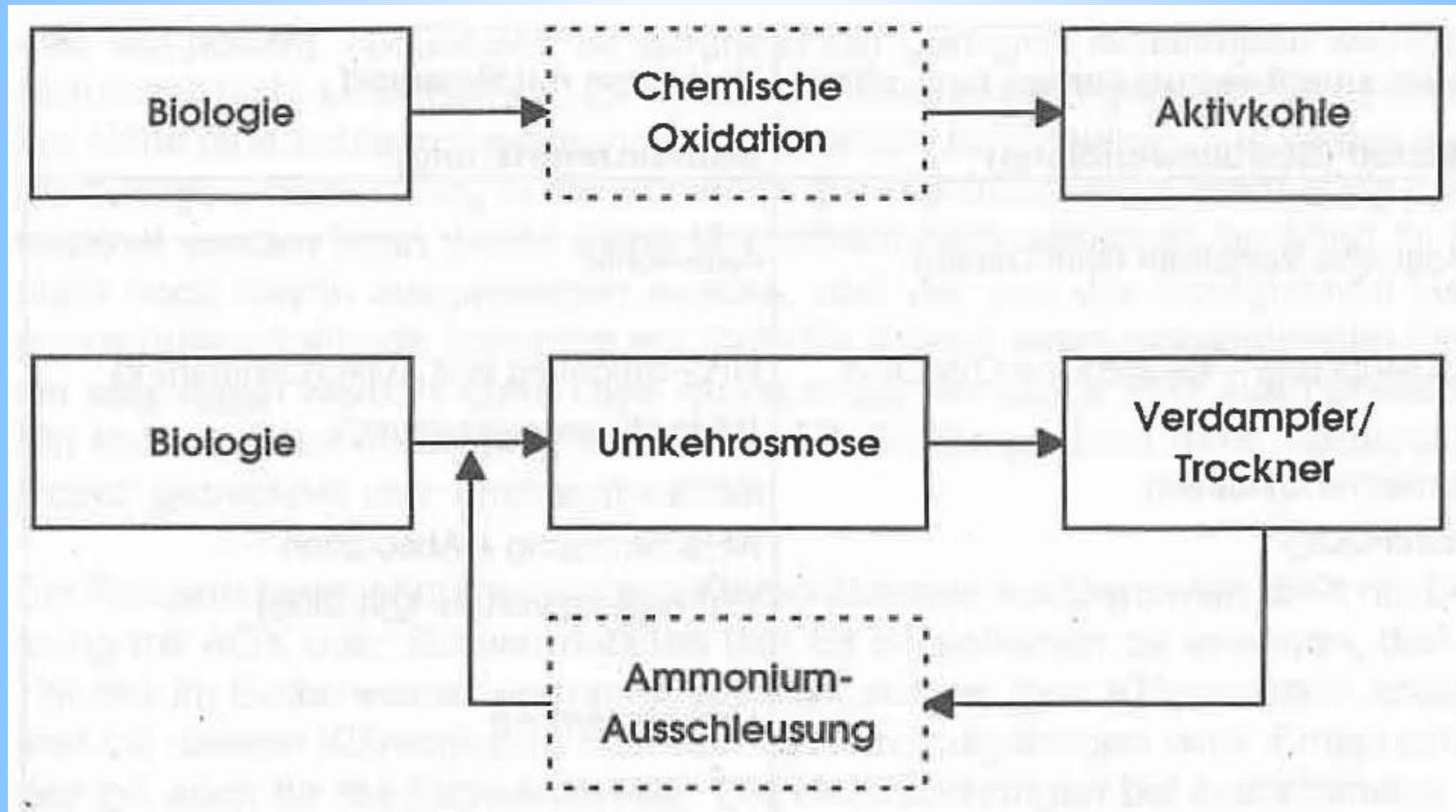
Vorbehandlung von Lederabwasser



Abwasservorbehandlung einer Lederfabrik (SKA – städtische Kläranlage)

aus [ZIMPEL, 1997](#)

Vorbehandlung von Deponiesickerwasser



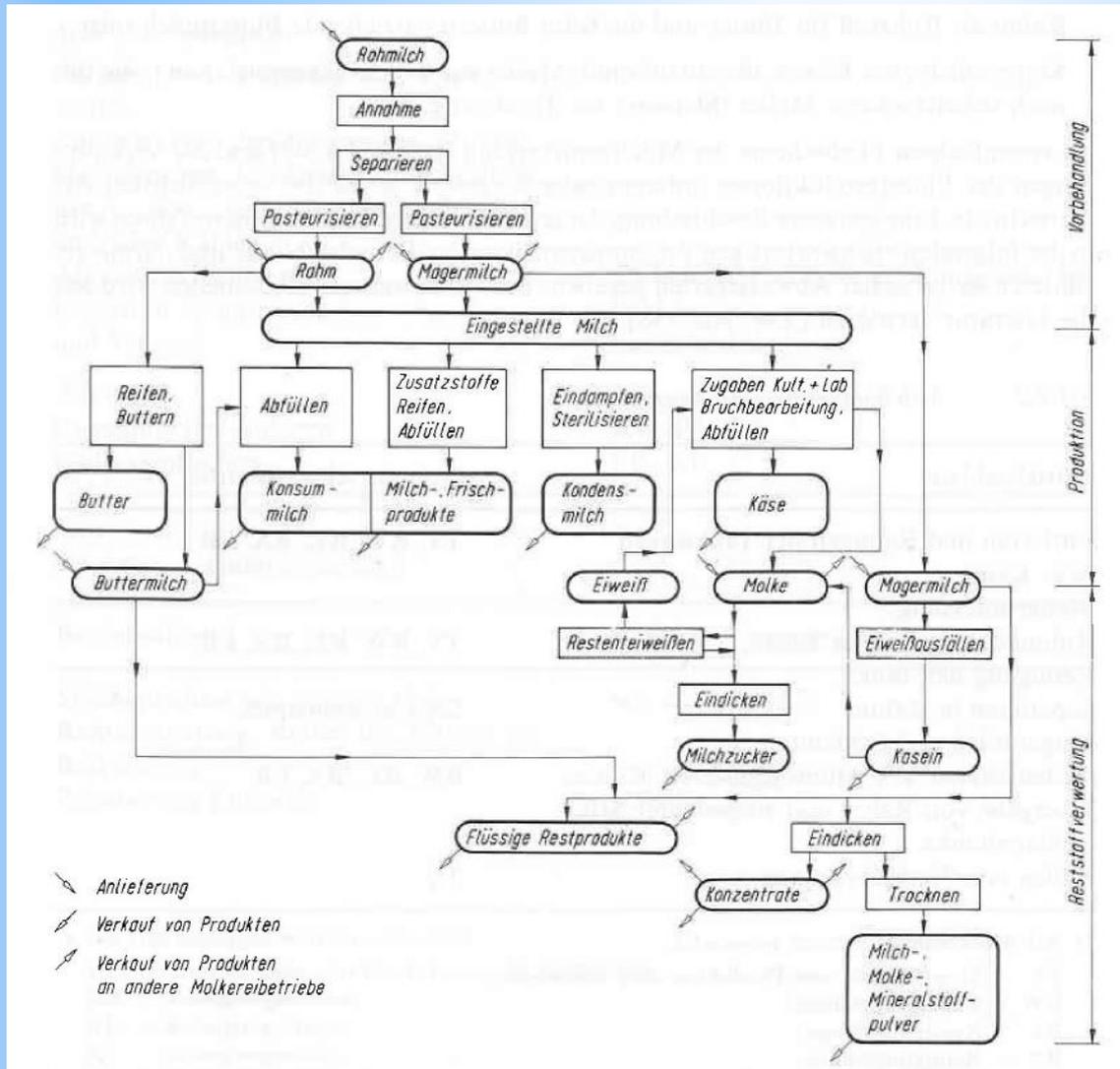
Abwasservorbehandlung von Deponiesickerwasser

aus [ZIMPEL, 1997](#)

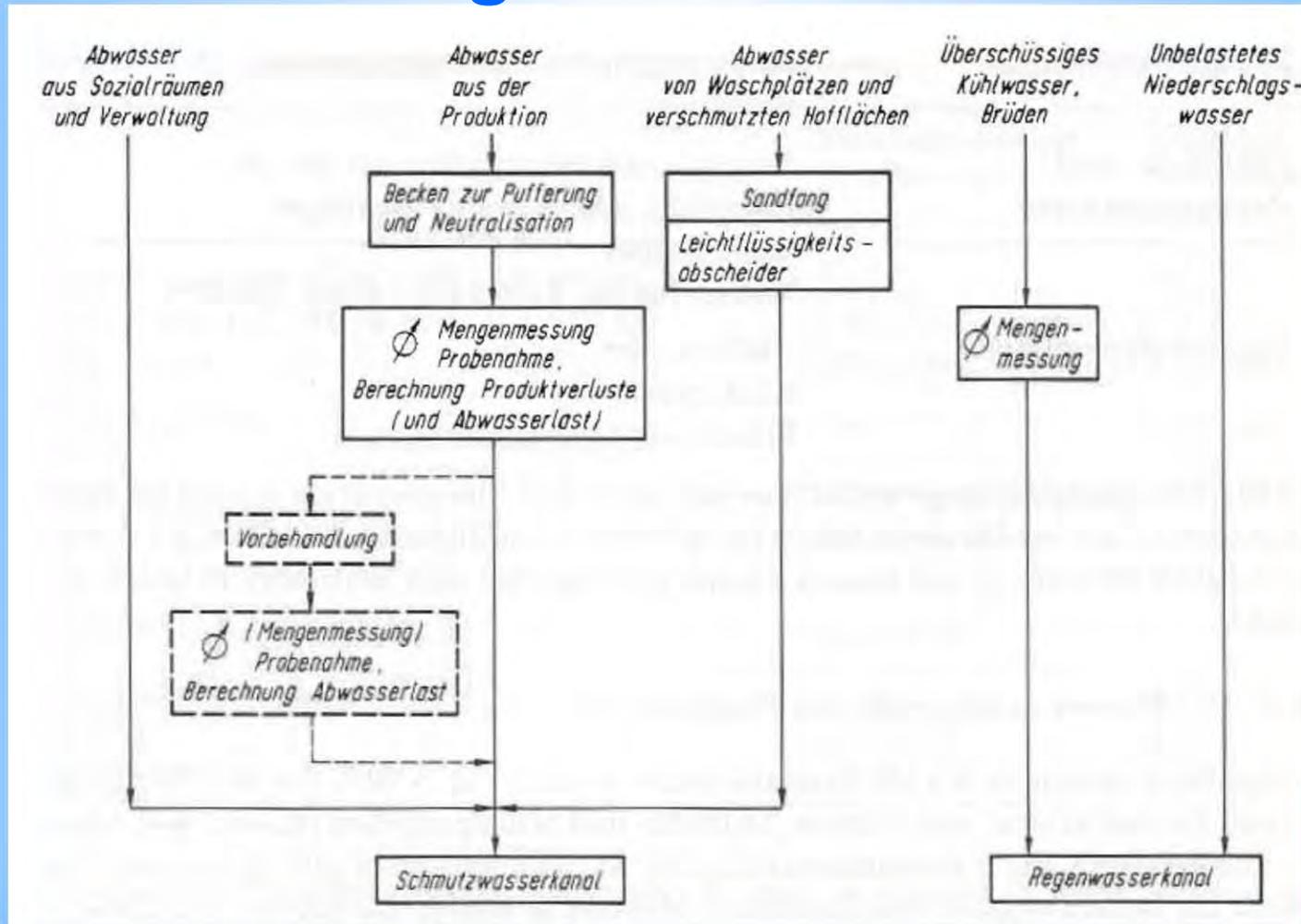
Molkereien

Vereinfachtes Fließschema einer Molkerei

aus [RÜFFER & ROSENWINKEL, 1985](#)



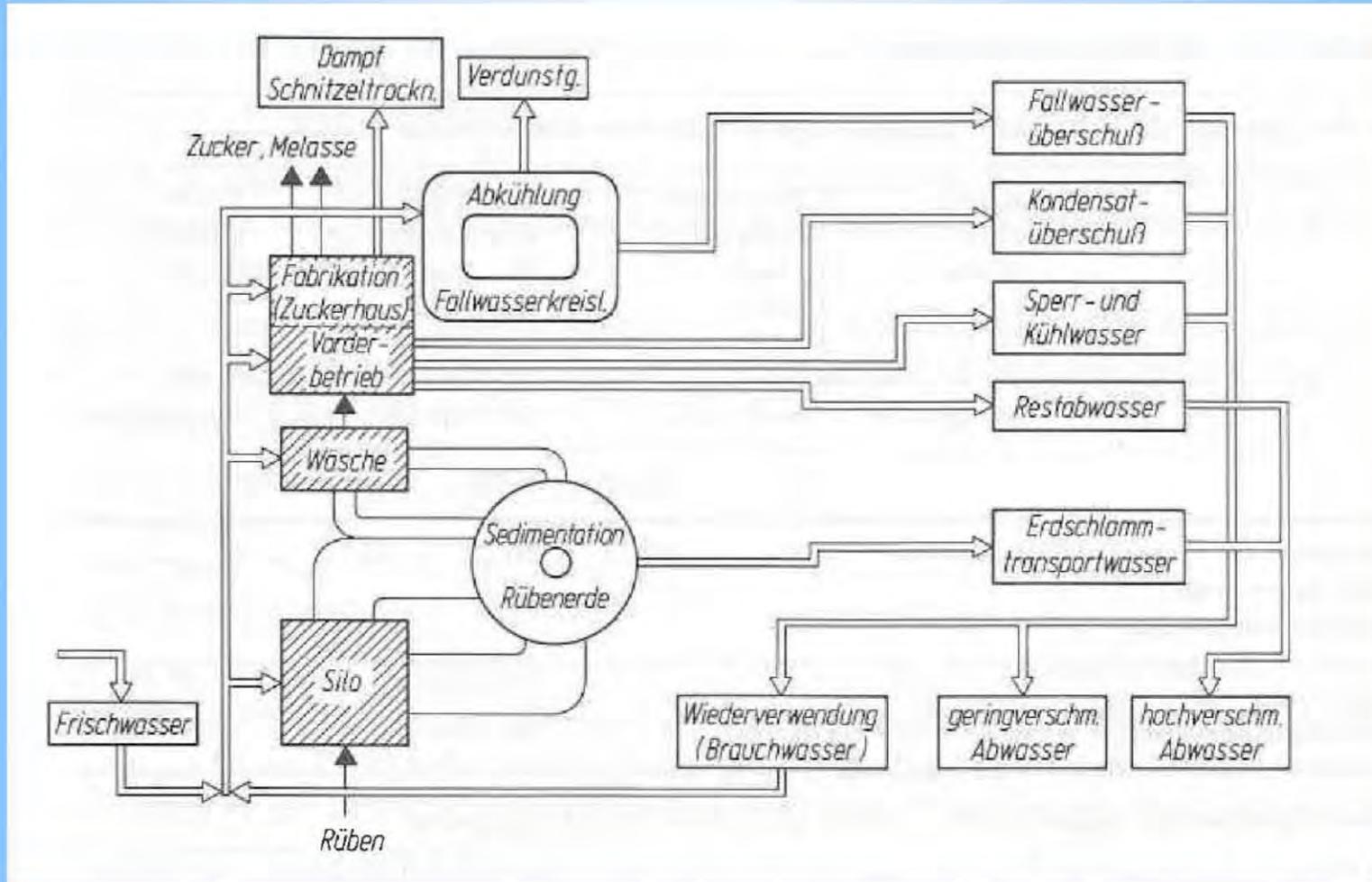
Vorbehandlung von Molkereiabwasser



Abwasserbeseitigung bei Molkereibetrieben mit Indirekteinleitung

aus [RÜFFER & ROSENWINKEL, 1985](#)

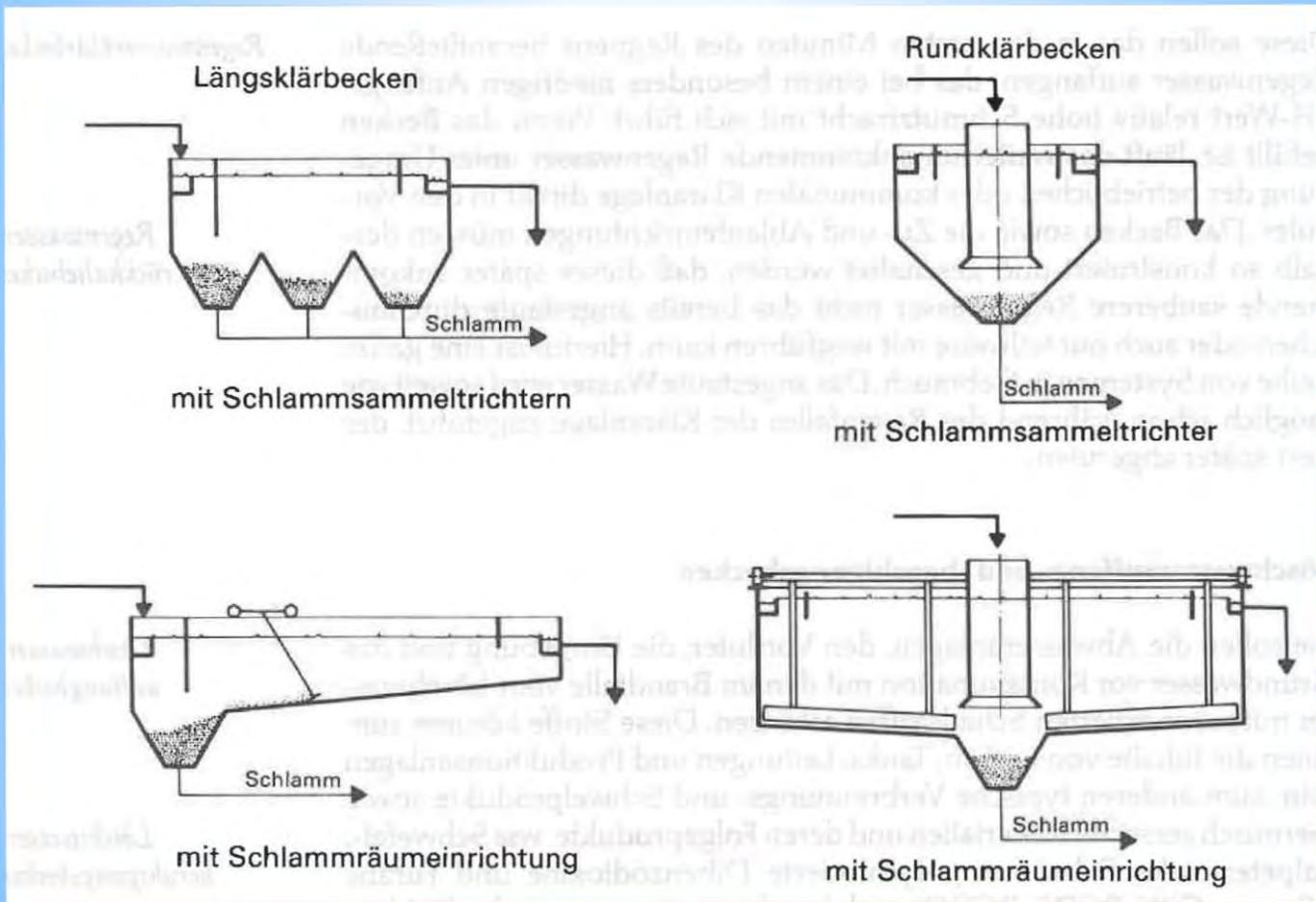
Rübenzuckerherstellung



Vereinfachtes Schema der Wasserwirtschaft einer Zuckerfabrik

aus [RÜFFER & ROSENWINKEL, 1985](#)

Vorbehandlung feststoffhalt. Abwässer



Arten von Absetzbecken

aus [GRÄF et al., 1999](#)

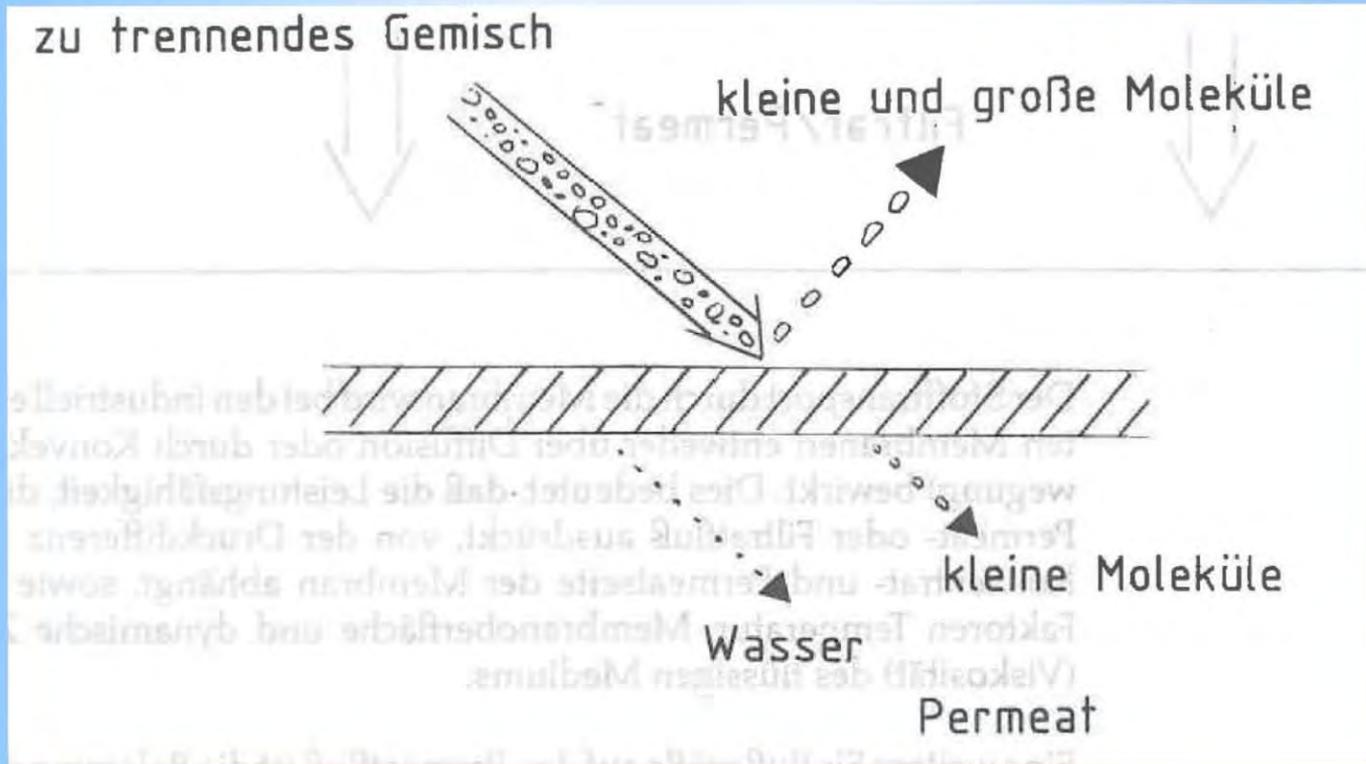
Membranverfahren

Verfahren	Mikrofiltration	Ultrafiltration	Nanofiltration	Umkehrosmose
Porengröße	0,1 μm – 10 μm	5 nm – 0,2 μm	1 nm – 40 nm (nichtporös)	< 1 nm (nichtporös)
Abtrennbare Stoffe	Partikel, Bakterien	Makromoleküle, Kolloidale Stoffe	Moleküle (200–2 000 g/mol)	Ionen, Moleküle
Druckdifferenz Δp (transmembran)	1 – 4 bar	2 – 10 bar	10 – 25 bar	\gg 20 bar (120 -200 bar)*

Charakterisierung von Membrantrennverfahren

aus [GRÄF et al., 1999](#)

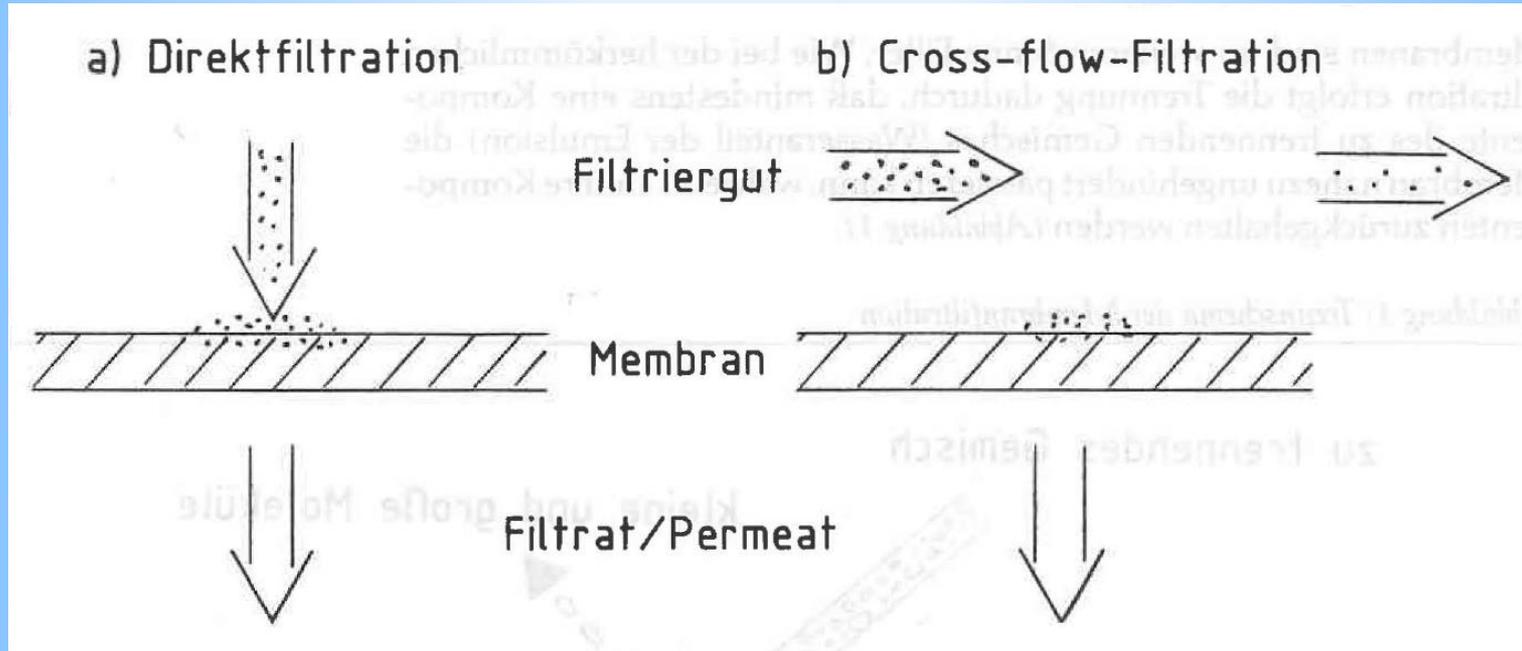
Membranverfahren



Prinzipschema der Membranfiltration

aus [GRÄF et al., 1999](#)

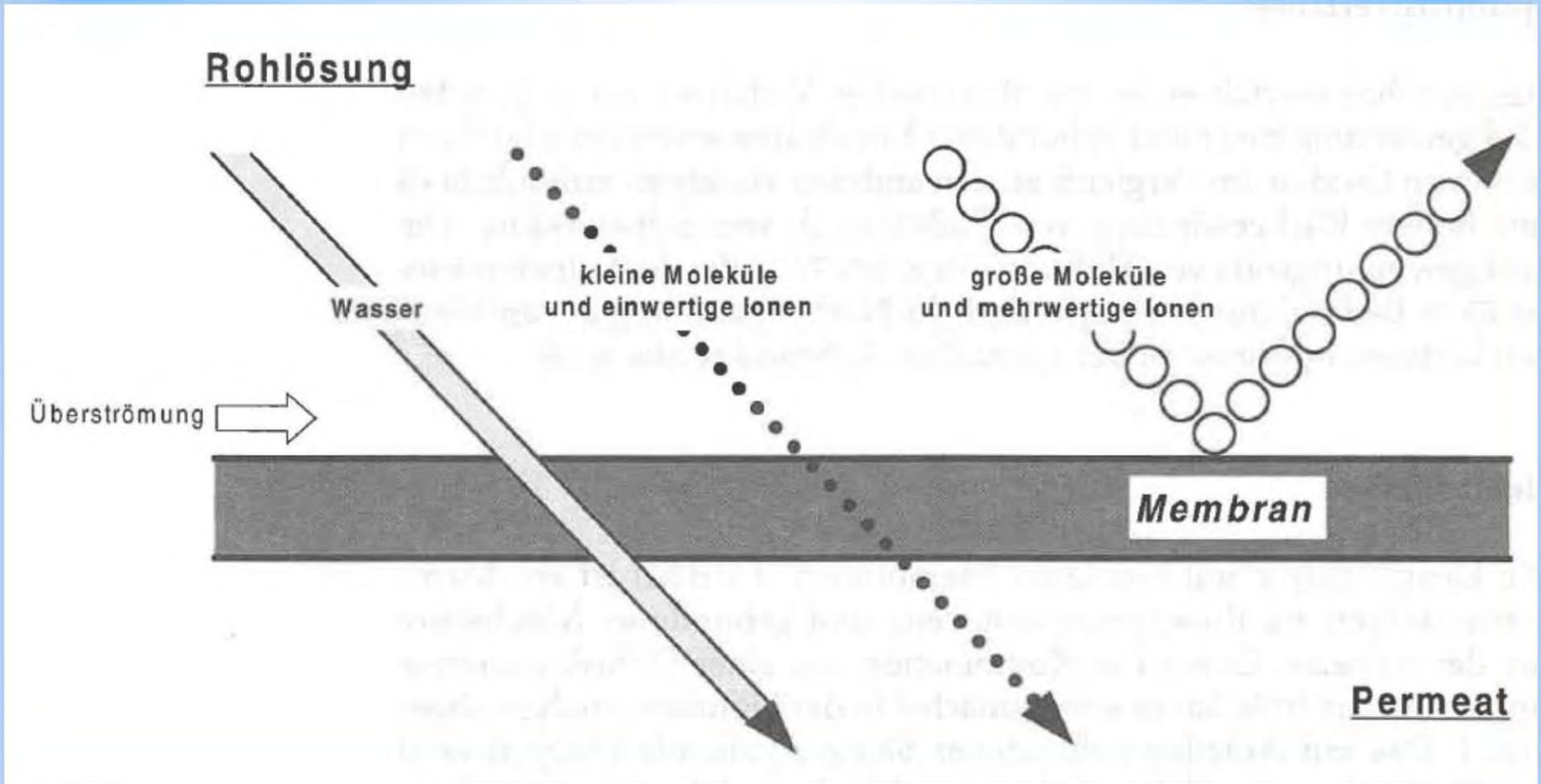
Membranverfahren



Direkt- und Querstromfiltration

aus [GRÄF et al., 1999](#)

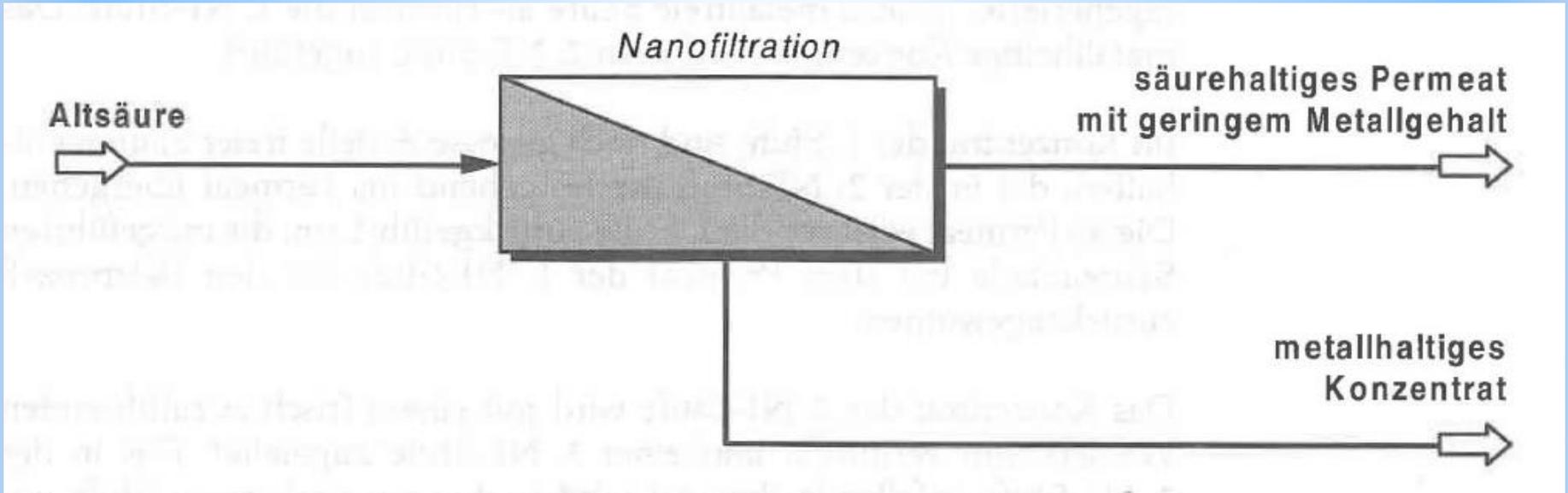
Membranverfahren



Prinzipschema der Nanofiltration

aus [GRÄF et al., 1999](#)

Recycling in der Metallbe- und verarbeitung



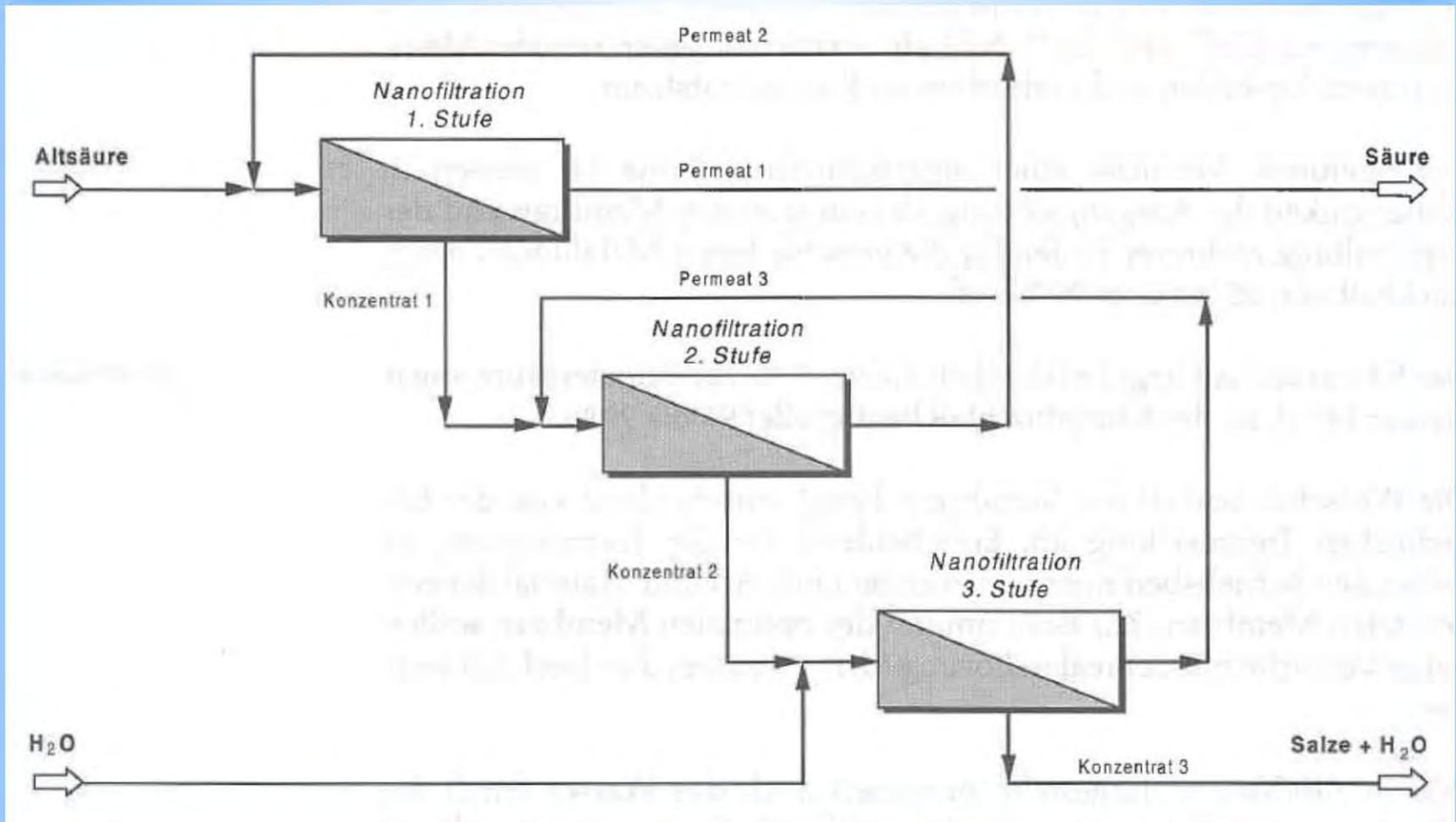
Grundfließbild Nanofiltration

aus [GRÄF et al., 1999](#)

„Betrachtet man beispielsweise als Mischsäure ein Gemisch aus HF und HNO_3 , so gelangen die einfach negativ geladenen Anionen F^- und NO_3^- über die Membran in den Permeatstrom. Die zwei- und mehrwertigen Kationen wie Cu^{2+} , Fe^{3+} , Cr^{3+} , Ni^{2+} etc. werden dagegen von der Membran zurückgehalten und verbleiben im Konzentratstrom.“

[GRÄF et al., 1999](#)

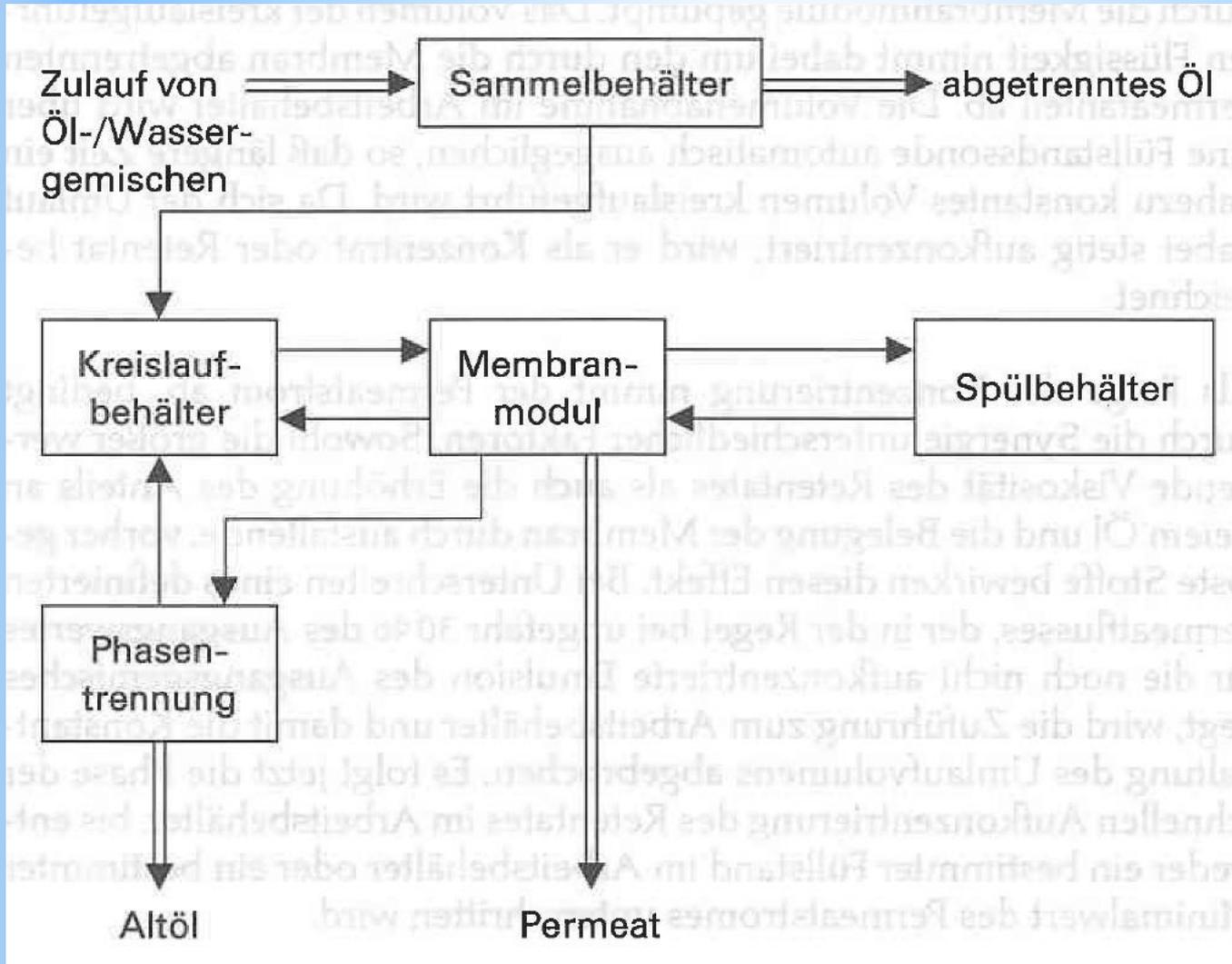
Recycling in der Metallbe- und verarbeitung



Grundfließbild dreistufige Nanofiltration als Gegenstromwäsche

aus [GRÄF et al., 1999](#)

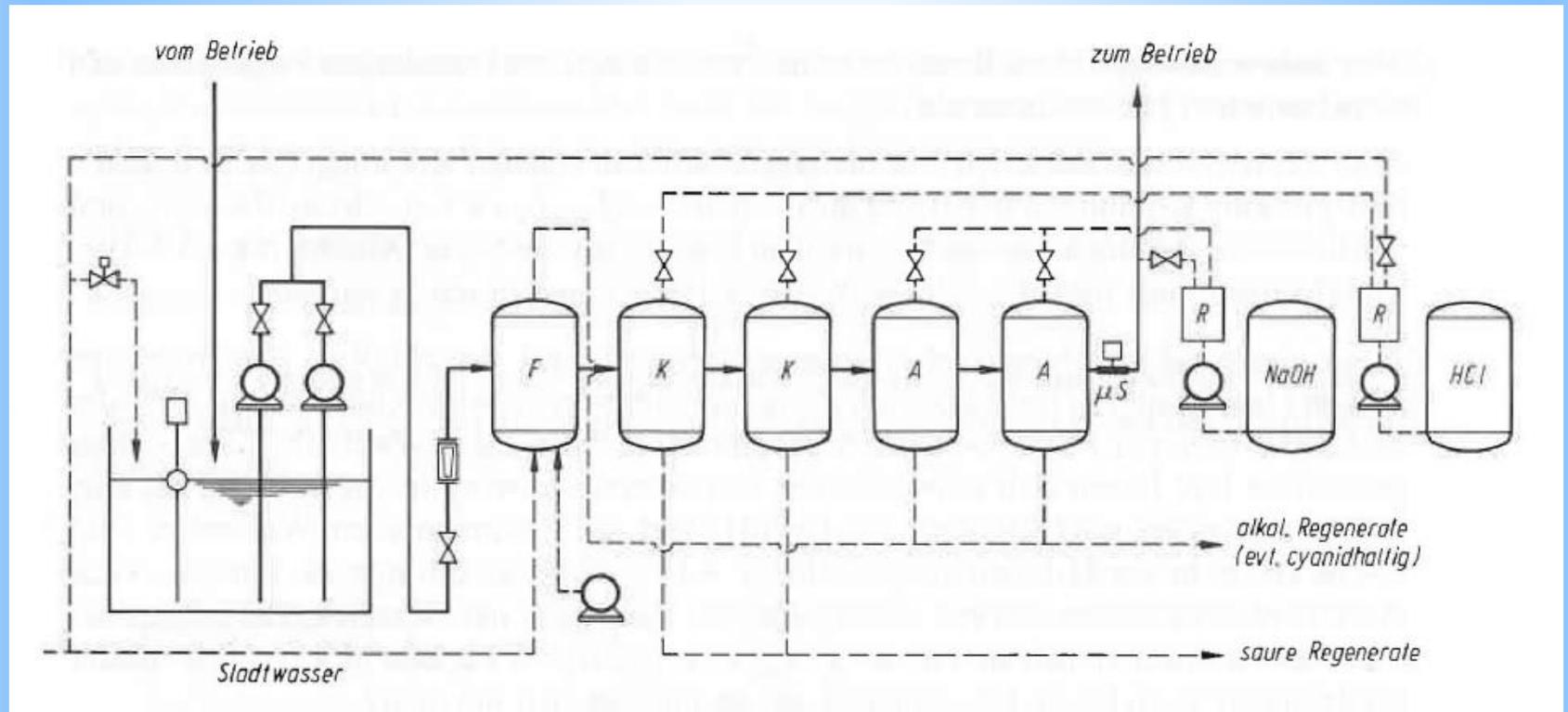
Recycling in der Metallbe- und verarbeitung



Schematische Darstellung des Ultrafiltrationsverfahrens zur Trennung von Öl-Wasser-Gemischen

aus [GRÄF et al., 1999](#)

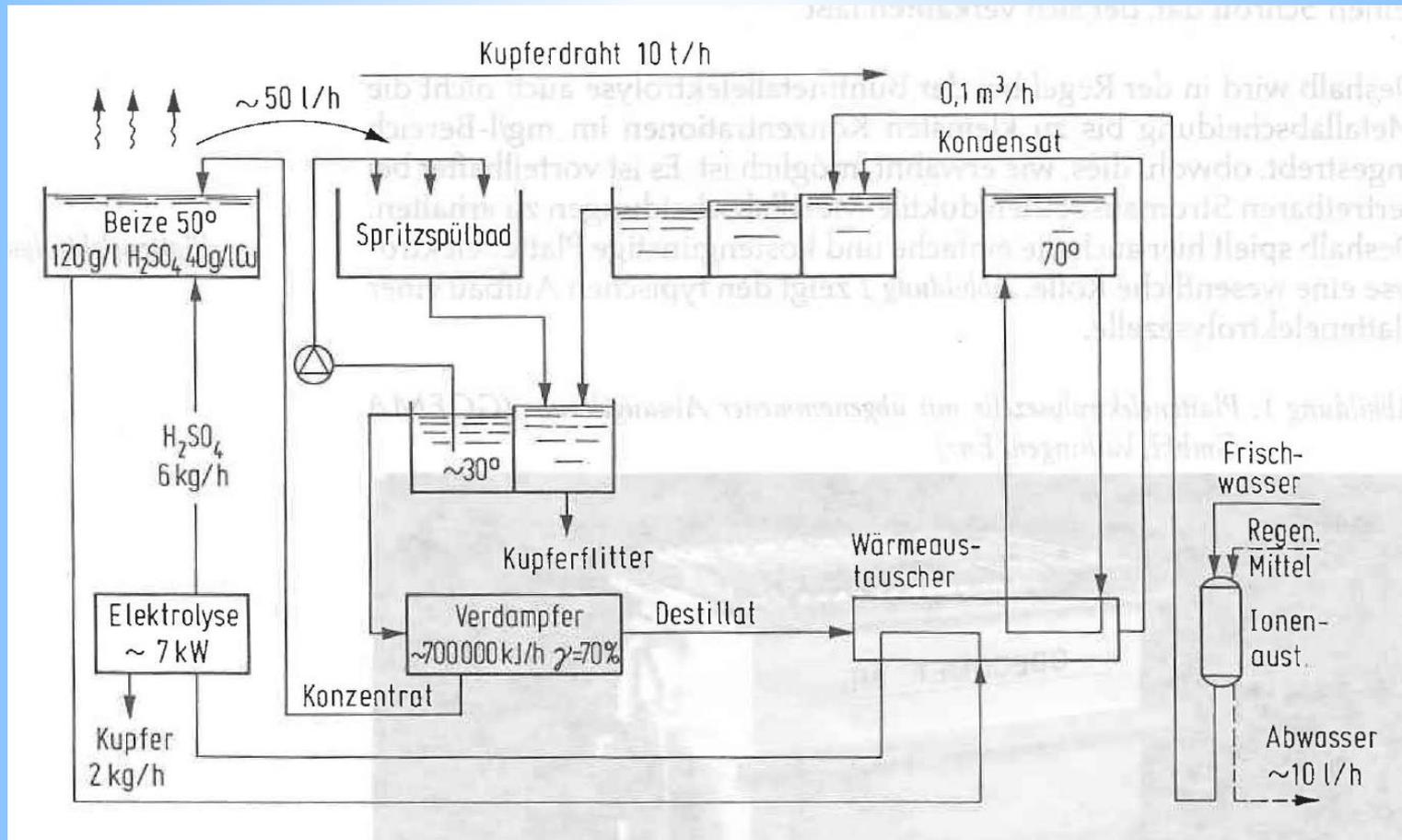
Recycling in der Metallbe- und verarbeitung



Schematische Darstellung einer Ionenaustausch-Kreislaufanlage
(F Kiesfilter; K Kationenaustauscher; A Anionenaustauscher;
 μS Leitfähigkeitsmeßgerät; R Regenerationseinrichtung)

aus [RÜFFER & ROSENWINKEL, 1985](#)

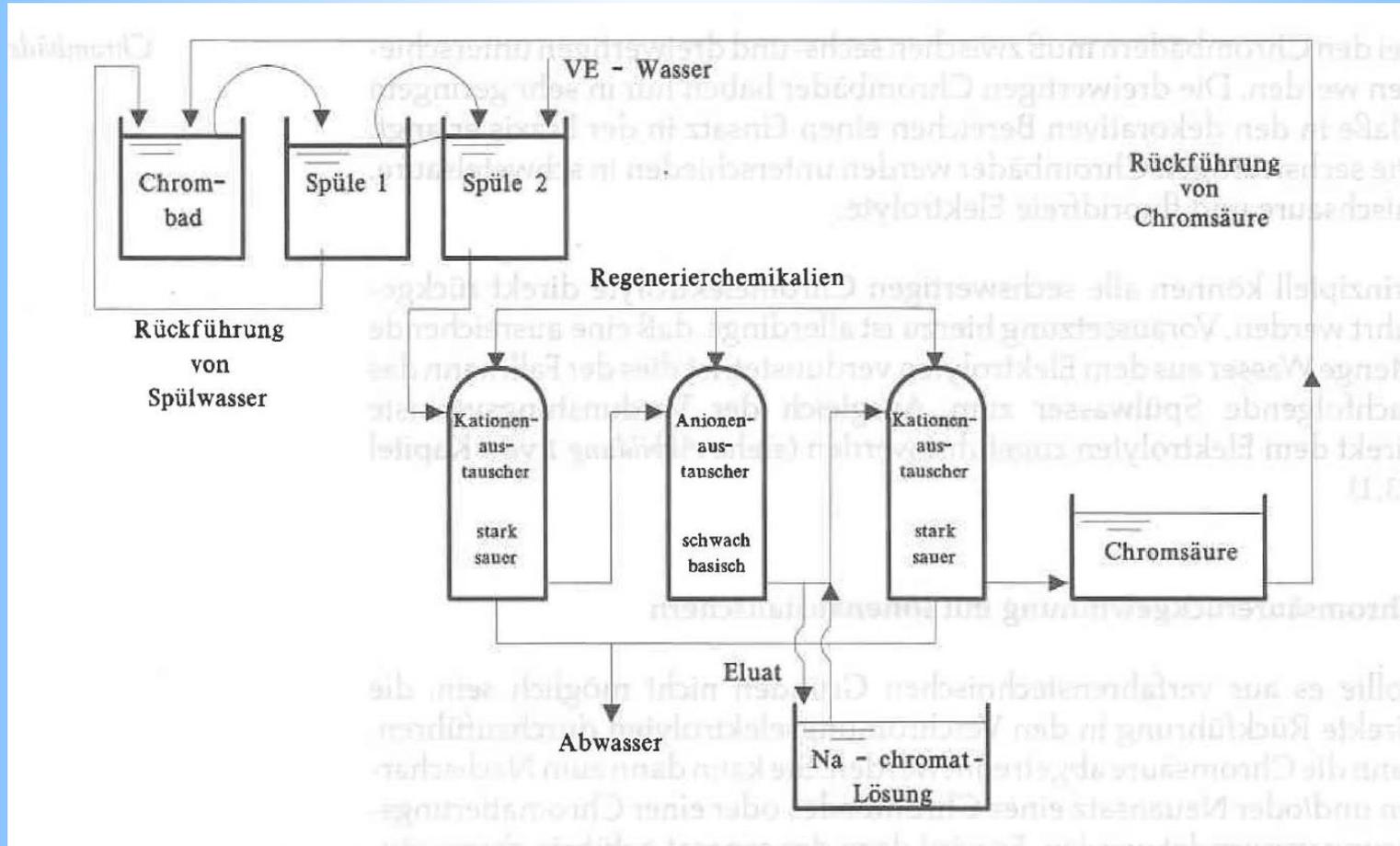
Recycling in der Metallbe- und verarbeitung



Rückgewinnung des Kupfers, der Schwefelsäure und des Spülwassers in einer Beisanlage für Kupferdrähte

aus [GRÄF et al., 1999](#)

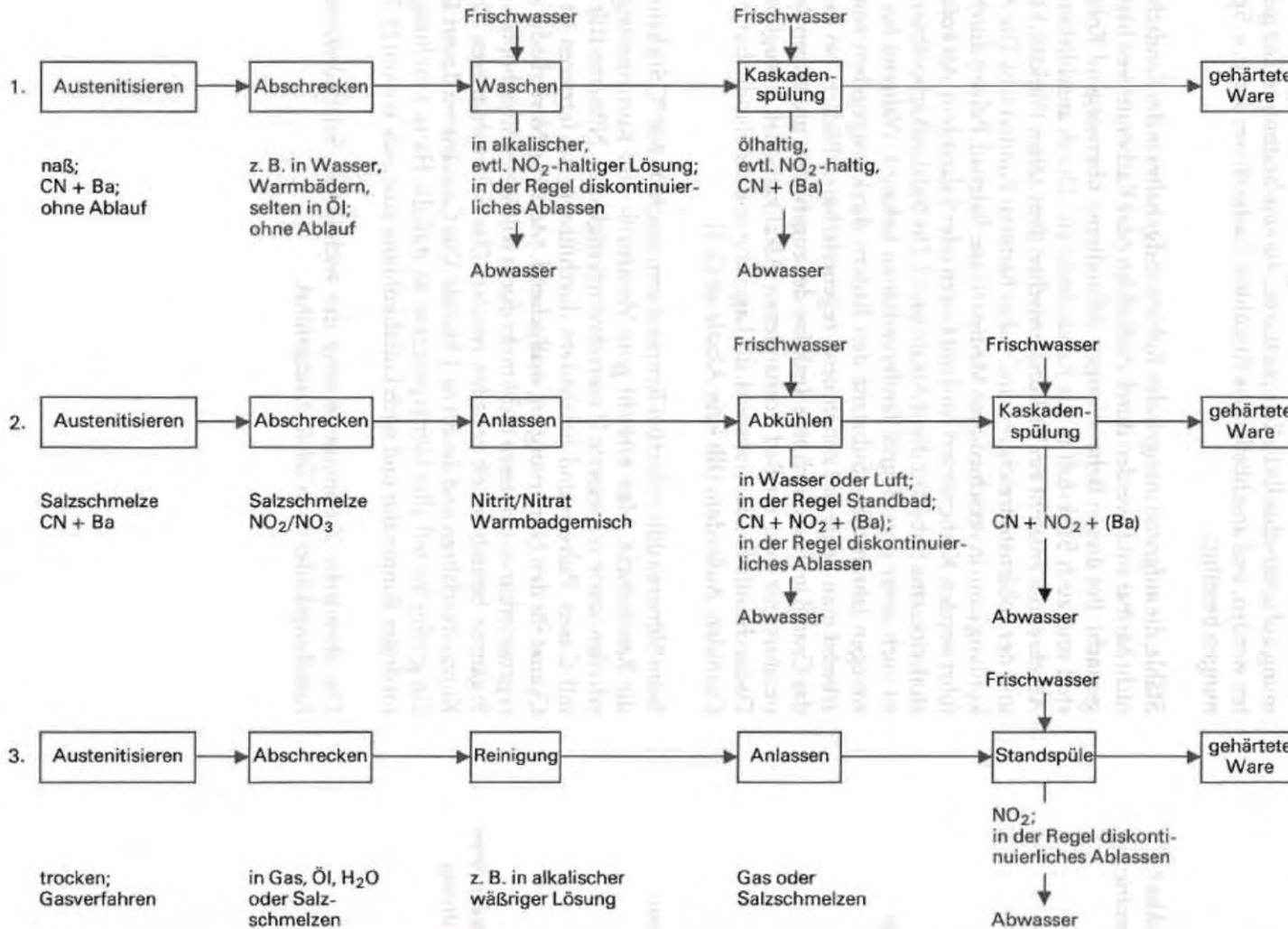
Recycling in der Metallbe- und verarbeitung



Regeneration und Rückführung von Chrombadspülen mittels Ionenaustauscher

aus [GRÄF et al., 1999](#)

Recycling in der Metallbe- und verarbeitung

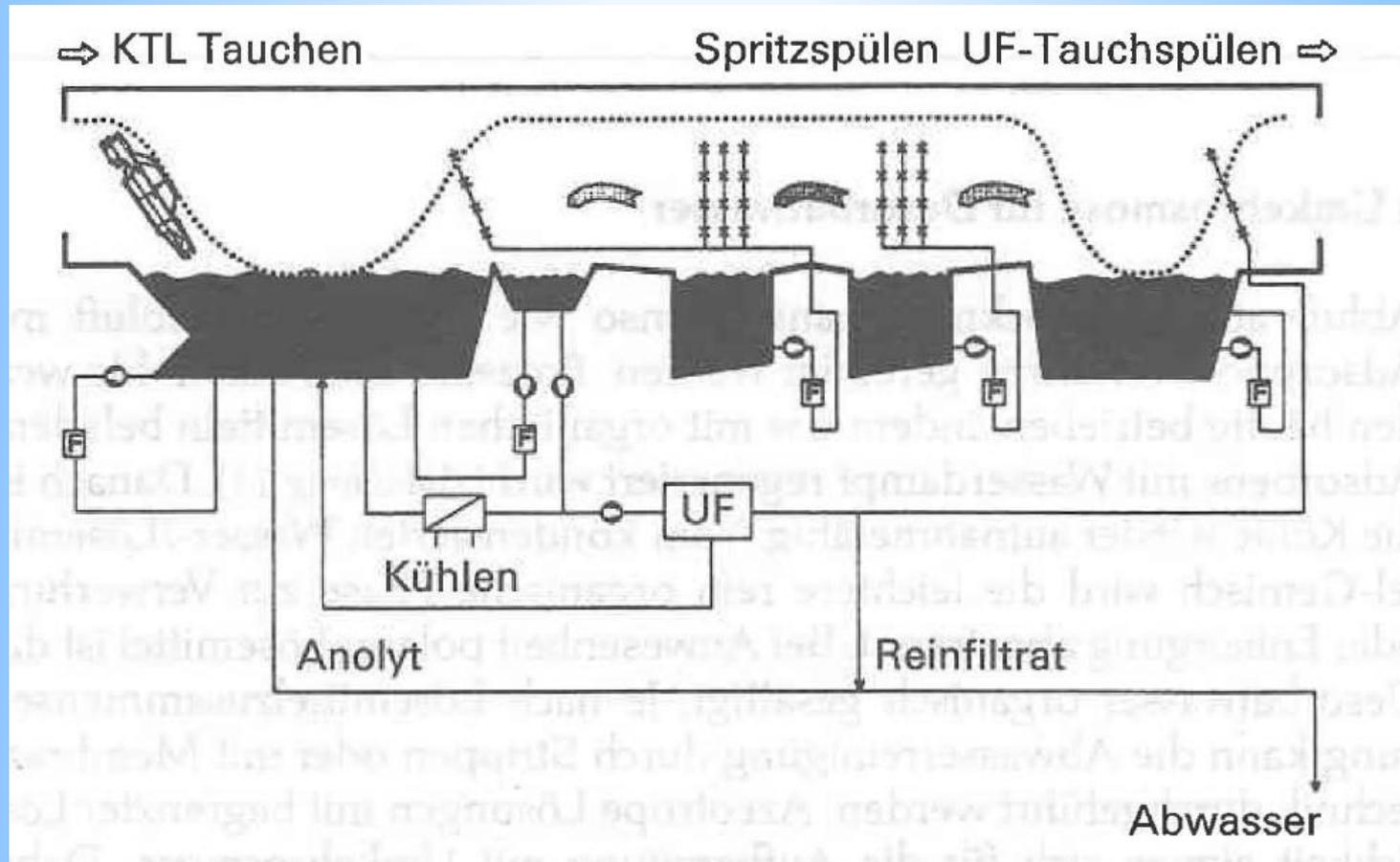


Gebräuchliche Härteverfahren mit Abwasseranfall

aus [GRÄF et al., 1999](#)

Durch das Aufheizen auf Härtetemperatur geht der Kohlenstoff im Stahlgefüge in Lösung. Es wird Austenit gebildet. Austenitisieren = Kohlenstoff lösen

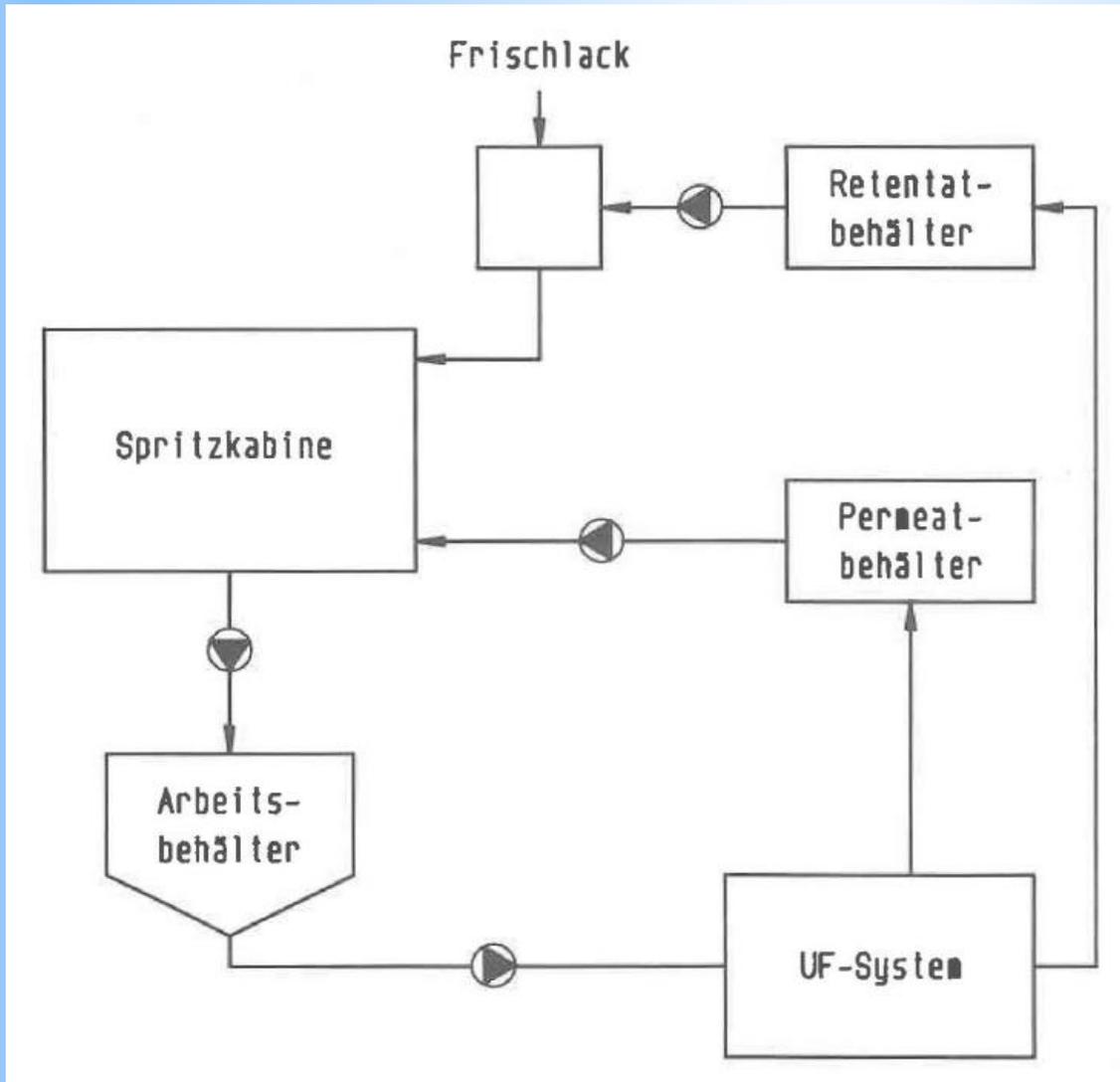
Recycling in der Metallbe- und verarbeitung



Anlage zur kathodischen Elektrotauchlackierung

aus [GRÄF et al., 1999](#)

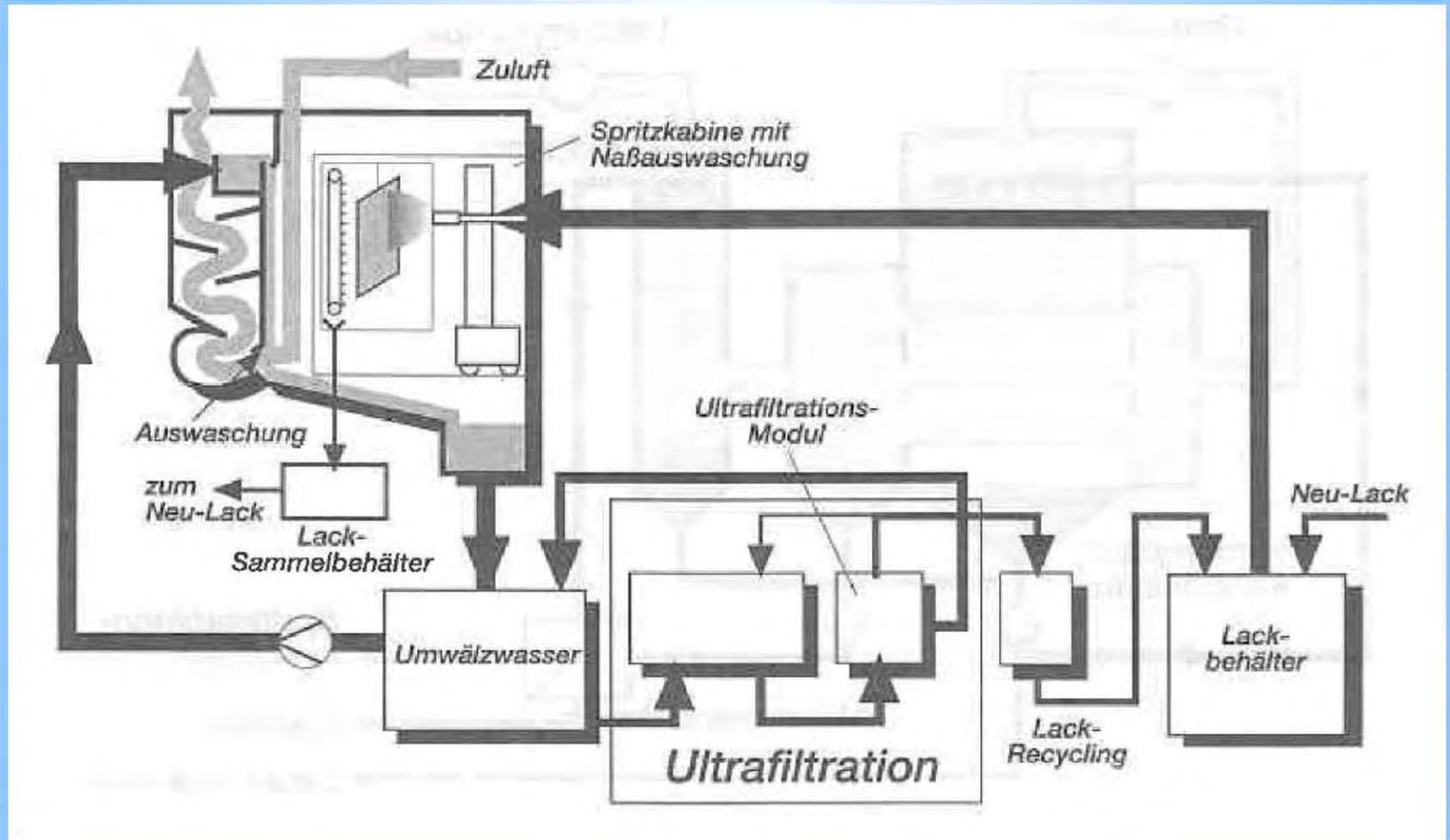
Recycling in der Metallbe- und verarbeitung



Verfahrensschema
Wasserlackrecycling mit
Ultrafiltration

aus [GRÄF et al., 1999](#)

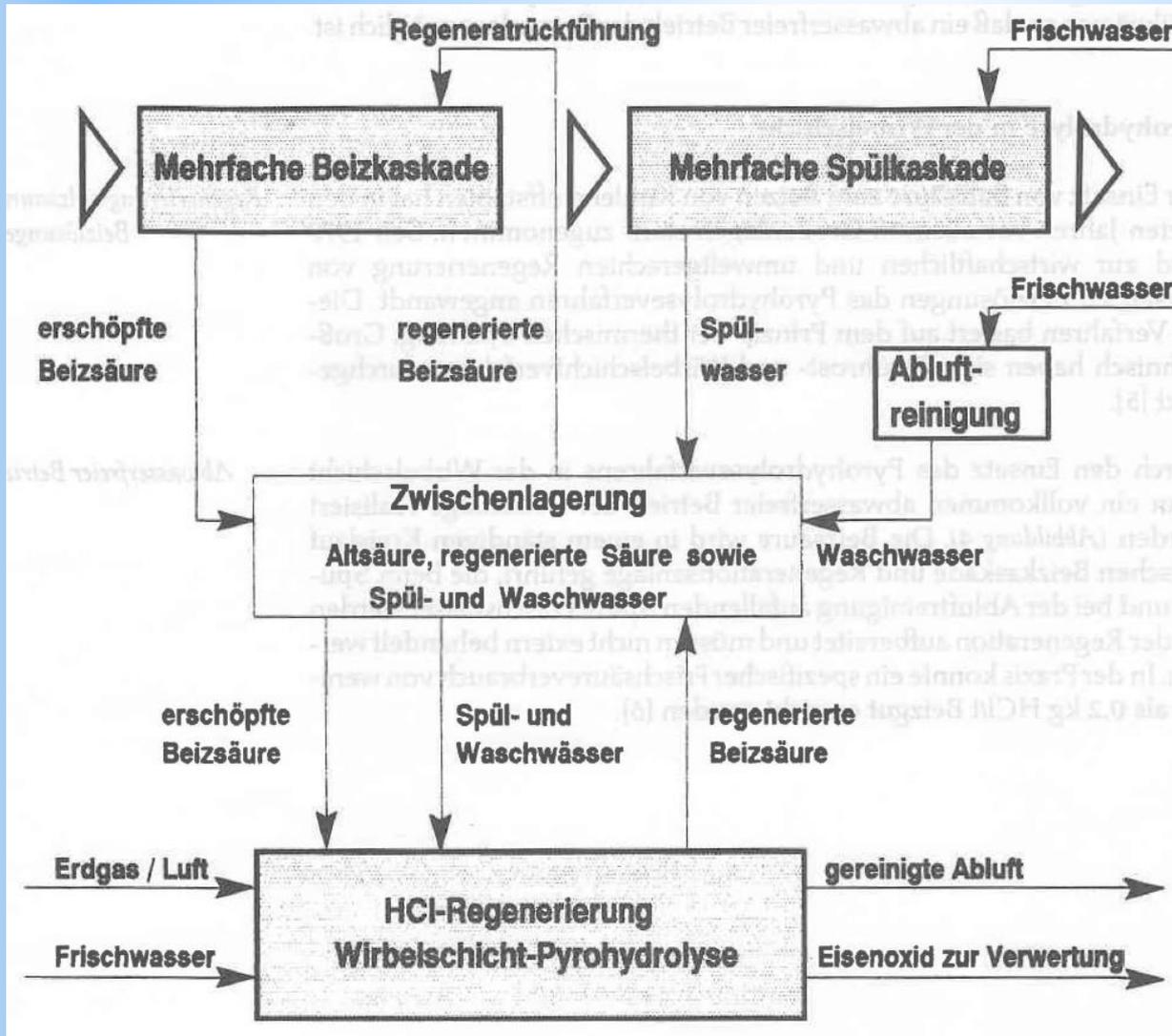
Recycling in der Metallbe- und verarbeitung



Wasserlackrecycling mit Ultrafiltration

aus [GRÄF et al., 1999](#)

Recycling in der Metallbe- und verarbeitung



Beispiel für produktions-integriertes Recycling beim Stahlbeizen mit Salzsäure, vollkommen abwasserfreier Betrieb der Beisanlage

aus [GRÄF et al., 1999](#)

Literaturverzeichnis

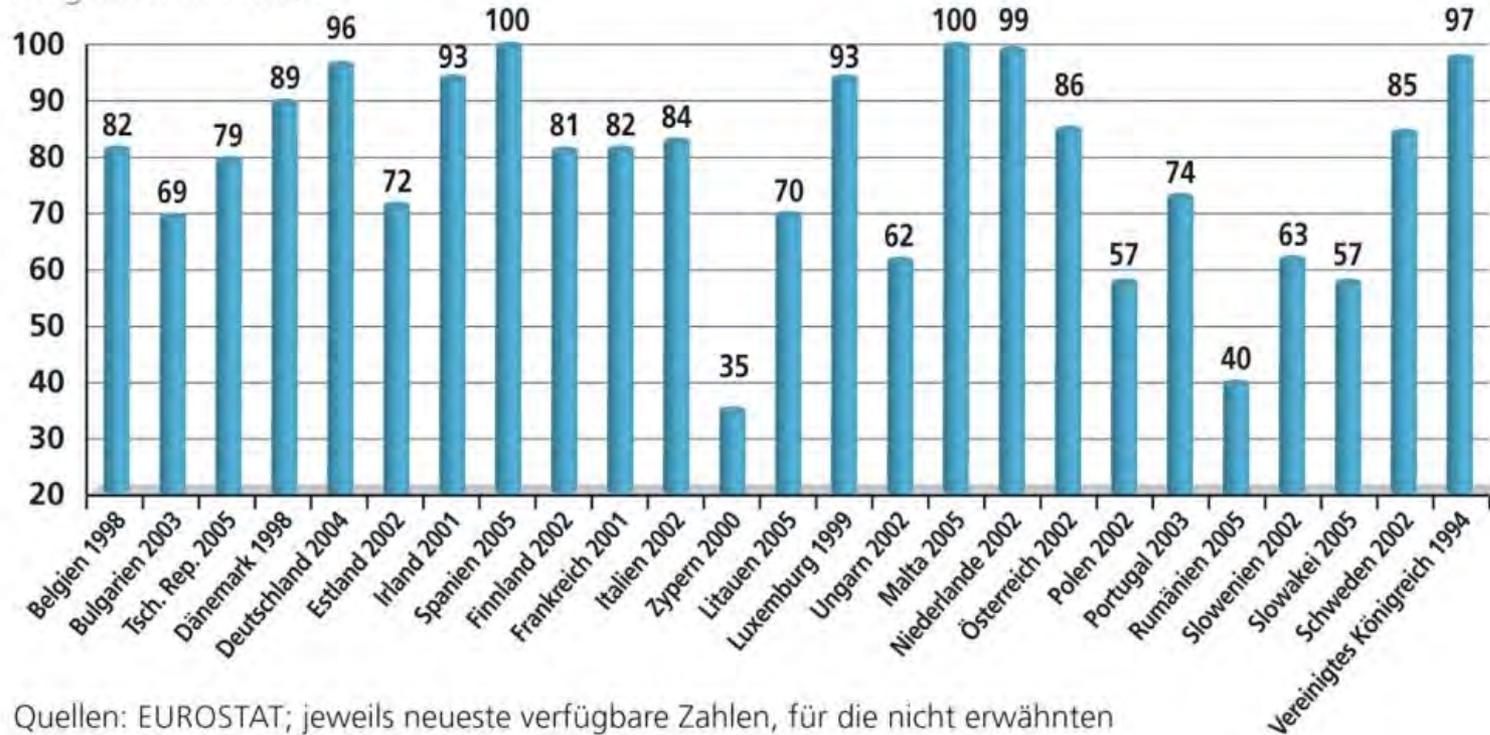
ATV, 1998	Entsorgung der Rückstände aus Abscheideranlagen für Fette, Arbeitsbericht der ATV-Arbeitsgruppe 3.11.6 "Rückstände aus Abscheideranlagen für Fette" im ATV-Fachauschuß 3.11 "Infrastrukturabfälle aus Abwasseranlagen und Straßenunterhaltung,, Korrespondenz Abwasser 45. Jahrgang, Nr. 5/1998 S. 971-988
CWW BREF, 2003	Integrated Pollution Prevention and Control Reference Document on Best Available Techniques in Common Waste Water and Waste Gas Treatment / Management Systems in the Chemical Sector, February 2003 (BVT-Merkblatt zu Abwasser- und Abgasbehandlung/-management in der chemischen Industrie)
DWA-M 115-2, 2005	Merkblatt DWA-M 115-2 Indirekteinleitung nicht häuslichen Abwassers, Teil 2: Anforderungen DWA Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V., Hennef, Juli 2005
GRÄF et al., 1999	Gräf, R.; Hartinger, L.; Lohmeyer, S.; Schwering, H.-U. (Hrsg.) Abwassertechnik in der Produktion WEKA Fachverlag für technische Führungskräfte, Augsburg 1999
RÜFFER & ROSENWINKEL, 1985	Rüffer, H.; Rosenwinkel, K.-H. Lehr- und Handbuch der Abwassertechnik, Band V: Organisch verschmutzte Abwässer der Lebensmittelindustrie Wilhelm Ernst & Sohn, Berlin, 1985
ZIMPEL, 1997	Zimpel, J. (Hrsg.) Industrielle und gewerbliche Abwassereinleitungen in öffentliche Abwasseranlagen expert verlag, Renningen-Malmsheim, 1997

Gewässerschutz

#11 Aktiver (vorsorgender) Gewässerschutz in den Kommunen und in der Landwirtschaft

Anschlussgrad an Kanalisation

Angaben in Prozent

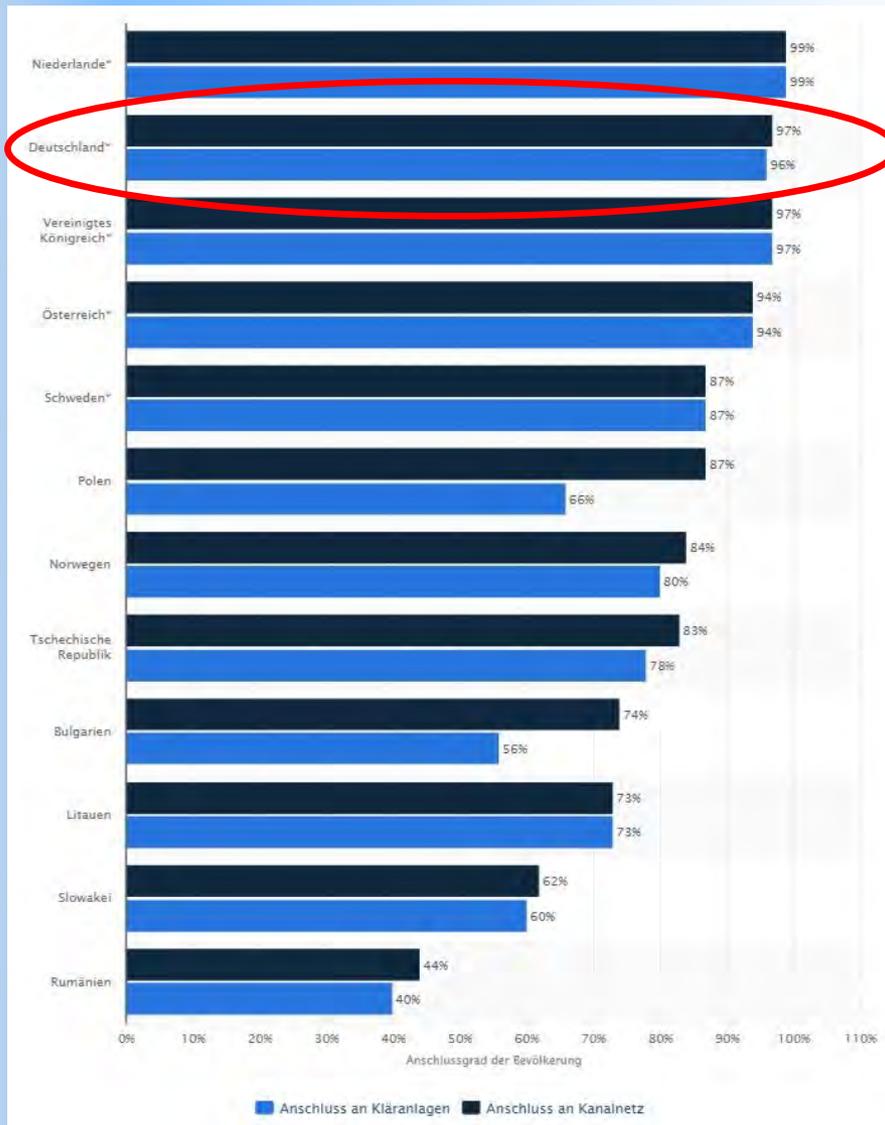


Quellen: EUROSTAT; jeweils neueste verfügbare Zahlen, für die nicht erwähnten EU-Länder sind keine Zahlen verfügbar; VEWA-Studie 2006 (Italien)

Anschlussgrad europäischer Länder an die öffentliche Kanalisation

aus http://www.wasser-macht-schule.com/fileadmin/con_bilder/guided_tour/abwasserableitung_Anschlussgrad_Abwasser_vergleich.jpg

Anschlussgrade Kanal/KA Deutschland



Anschlussgrad an die öffentliche Abwasserentsorgung ausgewählter europäischer Länder

aus

<http://de.statista.com/statistik/daten/studie/165429/umfrage/anschlussgrad-an-die-oeffentliche-abwasserentsorgung-in-europa-2007/>

Anschlussgrade Kanal/KA Deutschland

Anschlussgrad
an Kanalnetz
97 %

Anschlussgrad
an Kläranlagen
96 %

Zahl der Kläranlagen
9 632

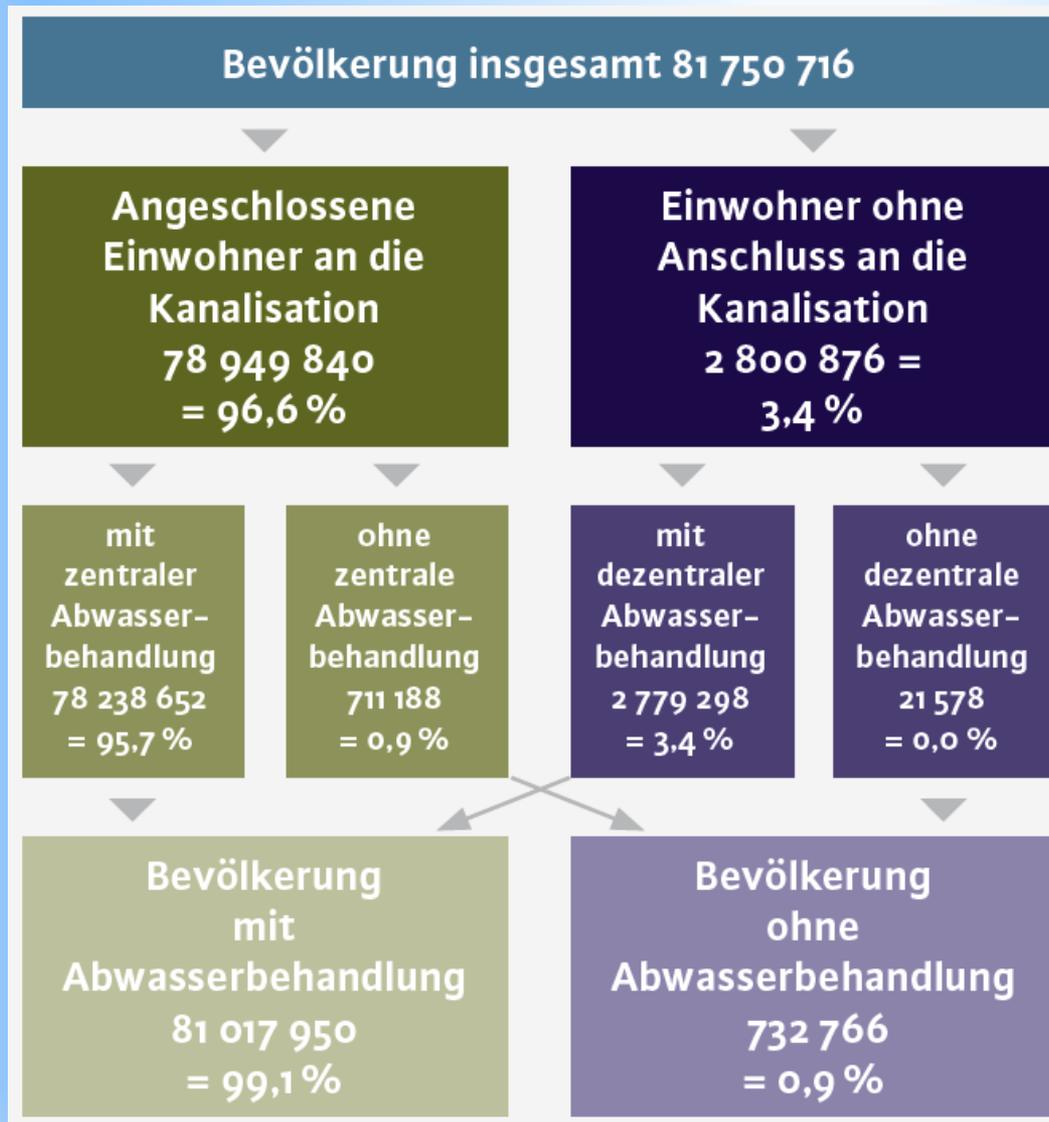
Kanalnetzlänge
rd. 562 000 km

Zahlen zur öffentlichen
Abwasserentsorgung
in Deutschland,
Stand 2010

aus DESTATIS & BDEW, 2014

Schmutzwassermenge	5,0 Mrd. m ³
Fremdwassermenge	2,3 Mrd. m ³
Niederschlagswassermenge	2,7 Mrd. m ³
Gesamtmenge	10,0 Mrd. m³

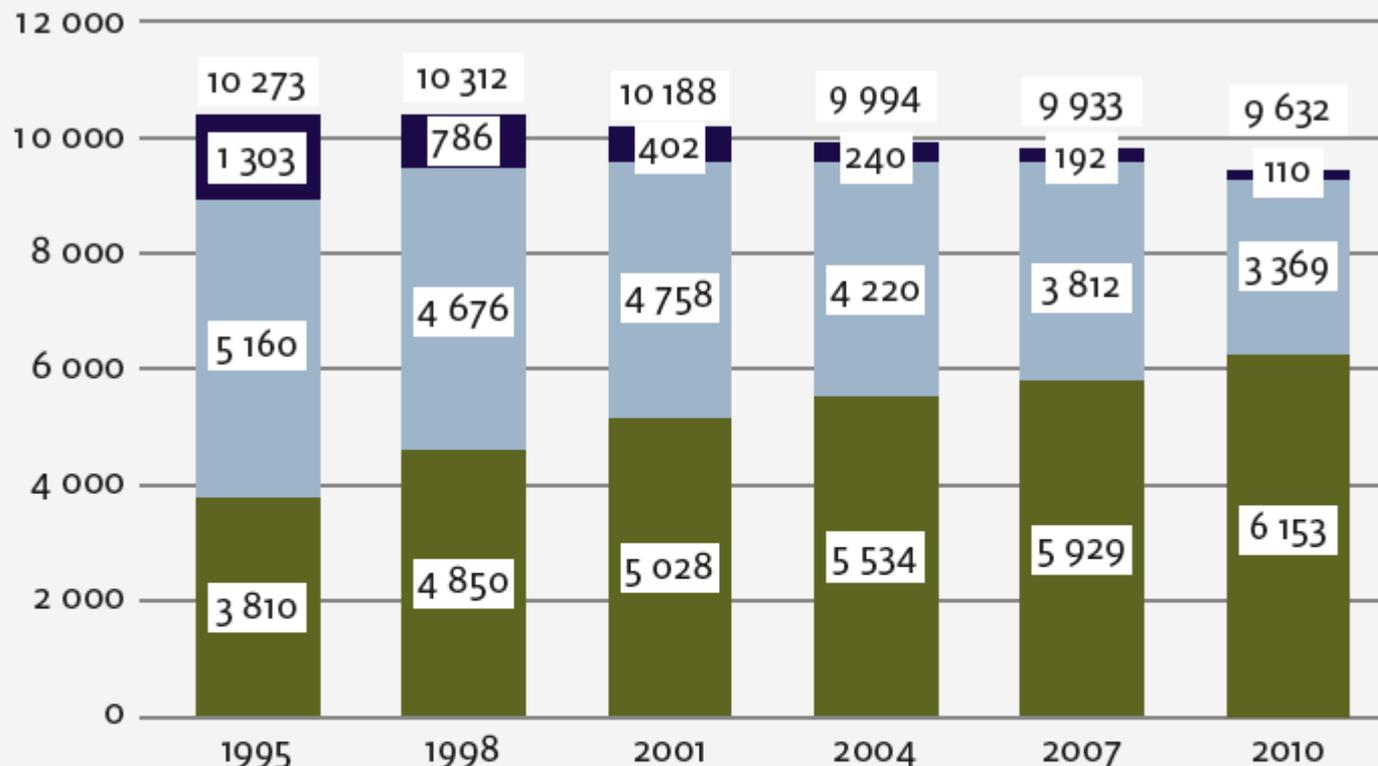
Anschlussgrade Kanal/KA Deutschland



Öffentliche
Abwasserentsorgung
in Deutschland
Anschlussgrade,
Stand 2010

aus DESTATIS & BDEW, 2014

Anschlussgrade Kanal/KA Deutschland



- Abwasserbehandlungsanlagen ohne biologische Reinigung
- Biologische Anlagen ohne dritte Reinigungsstufe
- Biologische Anlagen mit dritter Reinigungsstufe

Abwasserreinigung in Deutschland 1995 bis 2010 - Anzahl der Abwasserbehandlungsanlagen

aus DESTATIS & BDEW, 2014

Rückblende: Anschlussgrade ehem. DDR

57,7 % der Bürger an eine zentrale KA
angeschlossen (1988), ca. 60% der KA
mit biologischer Behandlung
42,3 % völlig unbehandelt bzw. in sog. "Faul-
gruben" unzureichend behandelt

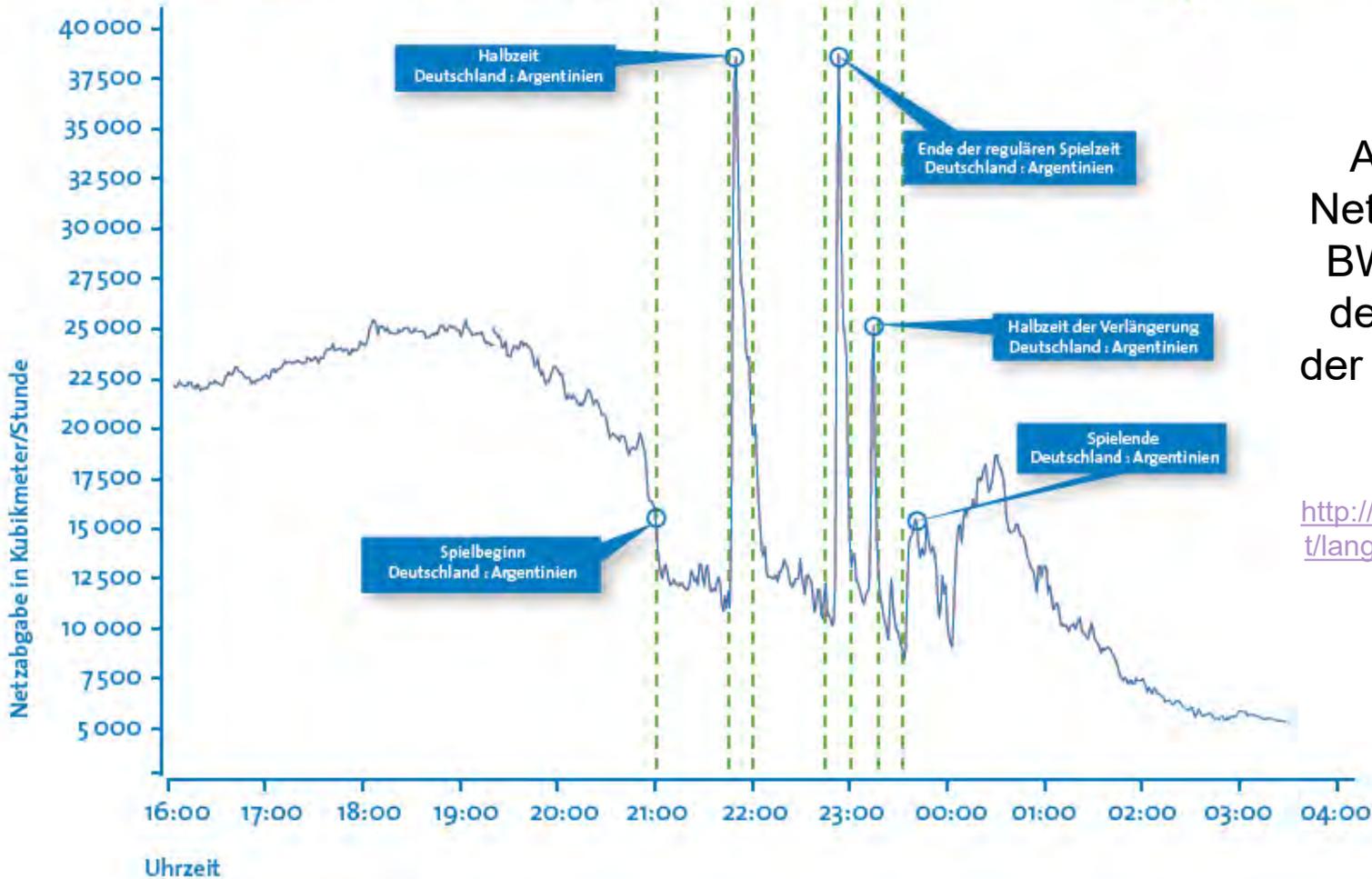
**Fehlbedarf an Abwasserbehandlungsanlagen
in der DDR:**

5900 Anlagen in der Größe bis 2 000 E
500 Anlagen in der Größe bis 10 000 E
40 Anlagen in der Größe bis 50 000 E

STERGER, 1990

Abwasseranfall

Netzabgabe für den 13. Juli 2014



Analyse der
Netzabgabe der
BWB während
des Endspiels
der Fussball-WM
2014

<http://www.bwb.de/content/language1/html/7338.php>

p

Rückstau / Überflutung von Kanalnetzen

Anforderungen an Kanalisationsnetze

Maßgebliche Regeln für die Bemessung neuer und die Sanierung vorhandener Kanalisationen sind DIN EN 752 und DWA -A 118. Danach bestehen zwischen Vorgehensweise und Berechnungsansätzen zur Sanierungsplanung für vorhandene und der Bemessung neuer Kanalnetze („auf der grünen Wiese“) keine Unterschiede.

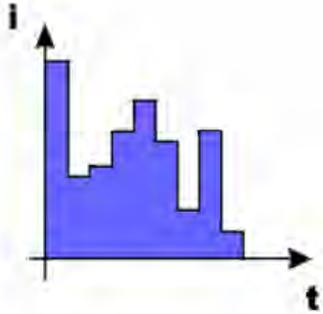
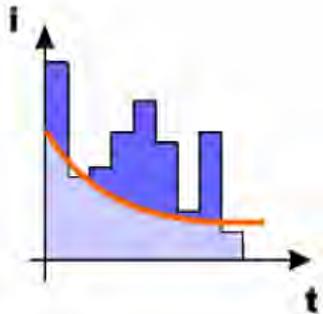
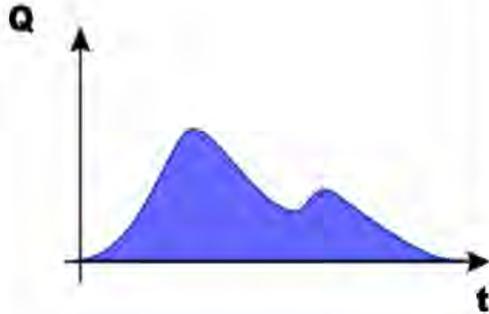
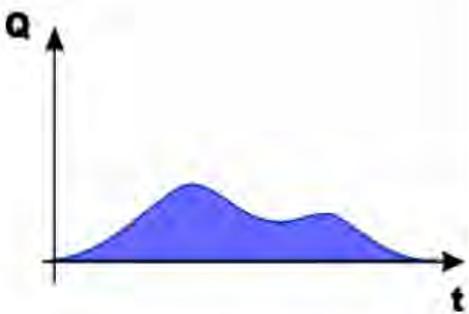
Je nachdem ob es sich um

- einen Einzelstrang (zwischen zwei Haltungen, ohne Zuflüsse),
- ein einfaches Netz (ohne Vermaschung) oder
- ein komplexes Netz handelt,

kommen für Bemessung und Nachweis unterschiedlich aufwendige Berechnungsverfahren zum Einsatz.

- Zeitbeiwertverfahren (tabellarische Berechnung)
- hydrodynamische Simulationsverfahren

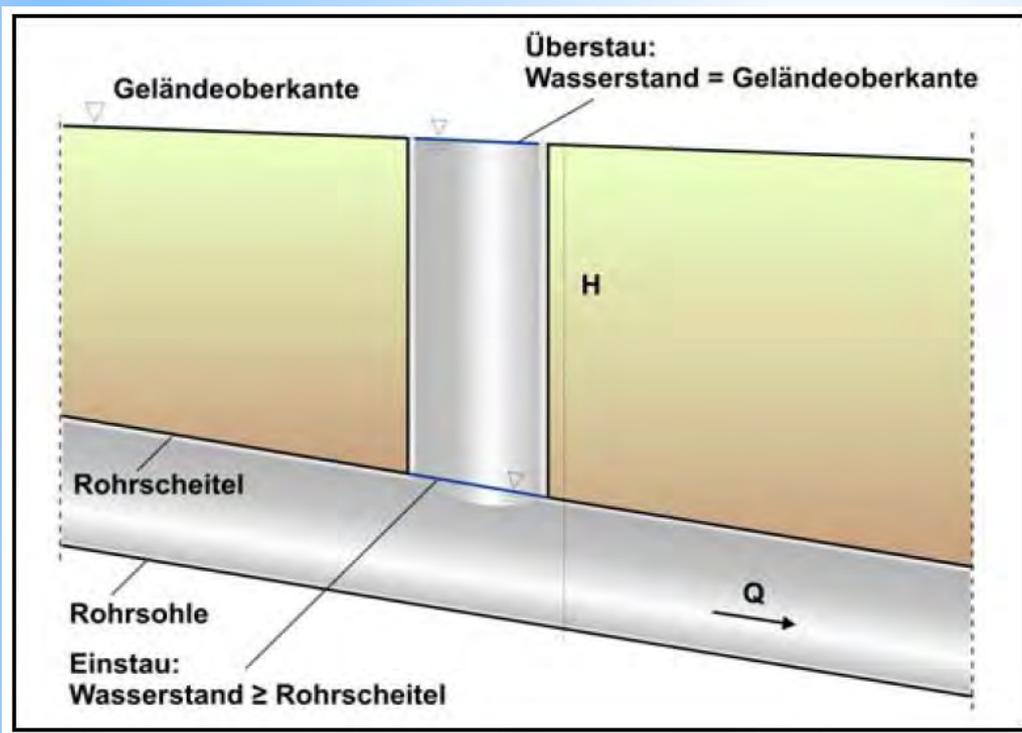
Rückstau / Überflutung von Kanalnetzen

BELASTUNGS- BILDUNG	ABFLUSS- BILDUNG	ABFLUSS- KONZENTRATION	ABFLUSS- TRANSFORMATION
 <p>A bar chart with the vertical axis labeled 'i' and the horizontal axis labeled 't'. The bars represent irregular precipitation events of varying heights and durations.</p>	 <p>A bar chart similar to the first one, but with a smooth orange curve overlaid that starts at the peak of the first bar and decays towards the right, representing a retention or infiltration curve. The area under the curve is shaded light blue.</p>	 <p>A graph with the vertical axis labeled 'Q' and the horizontal axis labeled 't'. It shows a single, broad, blue-filled peak representing surface runoff.</p>	 <p>A graph with the vertical axis labeled 'Q' and the horizontal axis labeled 't'. It shows a blue-filled curve with two distinct peaks, representing the transformation of runoff into channel flow.</p>
Gesamt-niederschlag	wirksamer Niederschlag	Oberflächen-abfluss	Kanal-abfluss

Skizze zur Vorgehensweise bei der hydrodynamischen Simulation von Kanalnetzen

aus ENGEL, 2007

Rückstau / Überflutung von Kanalnetzen



Skizze zu Begriffen im Zusammenhang mit Rückstau / Überflutung von Kanalnetzen

aus [ENGEL, 2007](#)

Begriffsbestimmungen:

Überlastung: Wasserstand $>$ Rohrscheitel, Abfluss unter Druck

Einstau: Wasserstand zwischen Rohrscheitel und GOK

Überstau: Wasserstand auf bzw. über GOK

Überflutung: auftretende Schäden bzw. Funktionsstörungen infolge Überstau

aus ENGEL, 2007

Rückstau / Überflutung von Kanalnetzen

Anforderungen an Bemessungsregen und Überflutungshäufigkeit

aus DWA-A 118

Häufigkeit der Bemessungsregen ¹⁾ (1-mal in „n“ Jahren)	Ort	Überflutungshäufigkeit (1-mal in „n“ Jahren)
1 in 1	Ländliche Gebiete	1 in 10
1 in 2	Wohngebiete	1 in 20
1 in 2	Stadtzentren, Industrie- und Gewerbegebiete: – mit Überflutungsprüfung, – ohne Überflutungsprüfung	1 in 30
1 in 5		–
1 in 10	Unterirdische Verkehrsanlagen, Unterführungen	1 in 50
¹⁾ Für Bemessungsregen dürfen keine Überlastungen auftreten.		

Rückstau / Überflutung von Kanalnetzen

Ort	Überstauhäufigkeiten bei Neuplanung bzw. nach Sanierung (1-mal in „n“ Jahren)
ländliche Gebiete	1 in 2
Wohngebiete	1 in 3
Stadtzentren, Industrie- und Gewerbegebiete	seltener als 1 in 5
Unterirdische Verkehrsanlagen, Unterführungen	seltener als 1 in 10 ¹⁾
¹⁾ Bei Unterführungen ist zu beachten, dass bei Überstau über Gelände i. d. R. unmittelbar eine Überflutung einhergeht, sofern nicht besondere örtliche Sicherungsmaßnahmen bestehen. Hier entsprechen sich Überstau- und Überflutungshäufigkeit mit dem in Tabelle 2 genannten Wert „1 in 50“!	

Empfohlene **Überstau**-häufigkeiten für den rechnerischen Nachweis bei Neuplanungen bzw. nach Sanierung (hier: Bezugsniveau Geländeoberkante)

aus DWA-A 118

Rückstau / Überflutung von Kanalnetzen

Die meisten der heute betriebenen Misch- oder Regenwasserkanalnetze wurden mit einfachen Mitteln bemessen, z.B. über den Nachweis, dass ein in der abflusswirksamen Fläche fallender „Bemessungsregen“ schadlos abgeführt werden kann. Dabei wurde insbesondere aus wirtschaftlichen Gründen in Kauf genommen, dass es in gewissen Abständen auch Regenereignisse geben wird, deren Intensität den „Bemessungsregen“ übertreffen.

1995 hat eine ATV-Arbeitsgruppe untersucht, welche Überflutungshäufigkeit bei bestehenden Kanalisationsnetzen gegeben ist. Erwartungsgemäß liegt diese deutlich unter den o.g. Anforderungen nach DIN EN 752 bzw. DWA -A 118!

Ländliche Gebiete	-
Wohngebiete	1 in 2
Stadtzentren, Industrie- und Gewerbegebiete	1 in 3
Unterführungen	1 in 5

Überflutungshäufigkeit bei bestehenden Kanalisationsnetzen,

nach ATV-Arbeitsgruppe 1.2.6, Korrespondenz
Abwasser, Nr. 9, 1995

Rückstau / Überflutung von Kanalnetzen

Bei der Entwurfsplanung wird empfohlen, die Kanalisation zuerst so auszulegen, „... dass bei einem angemessenen Bemessungsregen keine Überlastung auftritt. Danach sollte der Abfluss mit einem Simulationsmodell nachgerechnet werden, um die Einhaltung der Überflutungshäufigkeit zu überprüfen. Der Entwurf ist dort anzupassen, wo der erforderliche Überflutungsschutz nicht erreicht wird.“ (DIN EN 752-2)

„Das Entwässerungssystem ist auf den Schutz vor Überflutung und Überlastung bei Regenereignissen definierter Intensitäten und Häufigkeiten unter Berücksichtigung der Rückstaulinien auszulegen. Überlastungen der Entwässerungssysteme sind unerwünscht.“ (DIN EN 752-4)

Das heißt, dass von einer bestimmten Versagenswahrscheinlichkeit ausgegangen wird, seltenere - und damit stärkere - Regen führen zu einer Netzüberlastung.

(nach ENGEL, 2007)

Rückstau / Überflutung von Kanalnetzen

Die DWA-Arbeitsgruppe ES-2.5 "Anforderungen und Grundsätze der Entwässerungssicherheit" empfiehlt in ihrem jüngsten Arbeitsbericht ein Konzept, das auf drei verschiedenen Sicherheitsstufen beim Betrieb der öffentlichen Entwässerungsnetze beruht (DWA -AG ES-2.5, 2008):

Normalbetrieb

überstaufreier Betrieb, keinerlei Einschränkungen der Entwässerungssicherheit

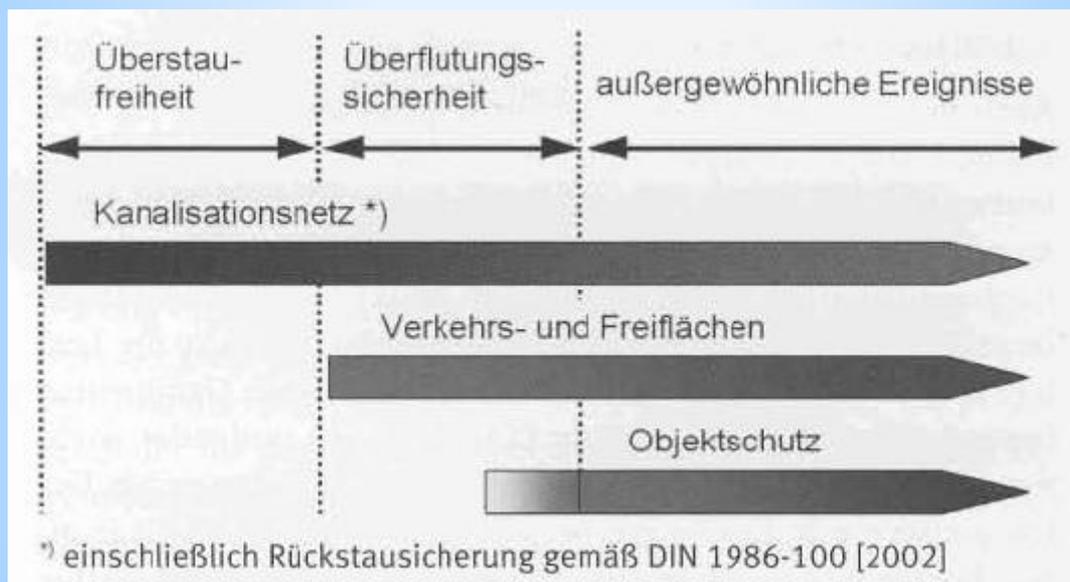
Betrieb mit Überstau, aber ohne Überflutung

Überflutungssicherheit wird unter Einbeziehung der Ableitungs- und Speicherkapazitäten von Verkehrs- und Freiflächen erreicht, soweit erforderlich ergänzt durch lokale Maßnahmen zum Objektschutz

Betrieb mit Überstau und örtlichen Überflutungen

bei außergewöhnlichen Ereignissen können Überflutungen nicht mehr ausgeschlossen werden, zur Schadensbegrenzung kommt vorrangig der gezielte Objektschutz im öffentlichen und privaten Bereich zur Anwendung

Rückstau / Überflutung von Kanalnetzen



Elemente des Überflutungsschutzes kommunaler Entwässerungssysteme in unterschiedlichen Belastungsbereichen (aus DWA AG ES-2.5, 2008)

Regenwasserbehandlung

Das Statistische Bundesamt weist dazu für 2007 folgende Zahlen aus:

239.000 km Mischwasserkanäle

114.000 km Regenwasserkanäle (in Trennsystemen)

24.000 Regenüberlaufbecken in Mischsystemen ($V = \text{etwa } 15 \text{ Mio. m}^3$)

18.500 Regenrückhaltebecken in Trennsystemen ($V = \text{etwa } 35 \text{ Mio. m}^3$)

3.200 Regenklärbecken in Trennsystemen ($V = \text{etwa } 2,7 \text{ Mio. m}^3$)

21.000 Regenüberläufe in Mischsystemen, ohne Becken

d. h. im internationalen Vergleich ein hoher Standard – aber trotzdem folgende ungelöste Probleme im Zusammenhang mit der Regenwasserbehandlung:

- 1. Gewässerverschmutzung durch Mischwasserüberläufe**
- 2. Gewässerverschmutzung durch Trennsysteme**
- 3. Hydraulische Überlastungen der Ableitungsnetze**
- 4. Negative Veränderung des natürlichen Wasserhaushalts in Siedlungsgebieten**

nach SIEKER, 2013

Regenwasserbehandlung

50% der Mischwasserabflüsse gelangen in Deutschland biologisch unbehandelt in die Gewässer.

Die durchschnittliche **Überlaufhäufigkeit** der Mischwasserüberlaufbecken liegt bei **50 pro Jahr**. Dabei dominieren die stofflich höher konzentrierten "kleinen" Überlaufereignisse.

Warum sind „kleine“ Überlaufereignisse höher belastet?

Auch Regenabflüsse in Trennsystemen gelten entsprechend ihren Herkunftsflächen zum großen Teil als behandlungsbedürftig. Mit Ausnahme besonders ausgewiesener Herkunftsflächen kann die Behandlung sowohl dezentral wie zentral ausgeführt werden.

Von „dezentraler Regenwasserbewirtschaftung“ spricht man, wenn die Behandlung mit Versickerung, dezentraler Speicherung und ggfls. gedrosseltem Abfluss kombiniert wird.

Aufgrund der Vorteile der dezentralen Lösungen zur Behandlung von Niederschlagsabflüssen in Trennsystemen sollte ihnen der Vorzug gegenüber zentralen Lösungen gegeben werden.

nach SIEKER, 2013

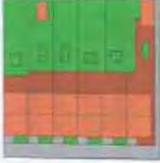
Regenwasserbehandlung

Durch die Kanalisationssysteme wird den bebauten Gebieten ein wesentlicher Teil des natürlichen Bodenwasserhaushalts entzogen mit entsprechend negativen Auswirkungen auf die innerörtliche Grundwasserneubildung und Vegetation.

Um die Wasserhaushaltsgleichung bebauter Gebiete an die ihres ehemals unbebauten Zustandes wieder anzunähern, sollte künftig jede sich bietende Gelegenheit wahrgenommen werden, einen Teil der bisher vollständig angeschlossenen Flächen auf das Prinzip der dezentralen Bewirtschaftung umzustellen!

nach SIEKER, 2013

Regenwasserbehandlung

Baustrukturtyp	Altbau, enge Bebauung	Altbau, weite Bebauung	Zeilenbebauung	Einzelhausbebauung, eng	Einzelhausbebauung, weit	Großwohnsiedlung
Grundrisskizze						
Typ nach Umweltinformationssystem	1: geschlossener Hinterhof 2: Hinterhof 5: Behutsame Sanierung	3: Schmuck- und Gartenhof 4: Sanierung durch Entkernung 6: Schuppenhof 7: Nachkriegsblockrand 10: Großhof	11: Zeilenbebauung 72: Zeile der 20er-Jahre	21: Dorftyp 22: Reihengartentyp	23: Gartentyp 24: parkartiger Gartentyp 25: Gärten 26: offene Siedlungsbebauung	8: ungeordneter Wiederaufbau 9: Großsiedlung, Hochhaus
Versiegelungsgrad (im Mittel), A_{vers}	81 %	55 %	60 %	29 %	25 %	50 %
Anteil der unversiegelten Fläche, A_{unv}	19 %	45 %	40 %	71 %	75 %	50 %
Anteil der unbebaut versiegelten Fläche	30 %	22 %	19 %	13 %	12 %	27 %
Bebauungsstruktur	(fast) geschlossene Blockrandbebauung mit Innenhöfen	Blockrandbebauung mit zusammenhängendem Innenraum	parallele Blockrandbebauung	Reihenhäuser, eng stehende Doppelhäuser; Dorfkerne	Einzel stehende Bebauung; Villen	Hochhauskomplexe, einzeln stehend
Freiflächenstruktur	Verwinkelte, enge Innenhöfe, Höfe hoch versiegelt wenig, vereinzelt Grün	begrünte Innenräume Parkplätze, Spielplatz	große, lang gestreckte Freiflächen mit Parkplätzen, Zierrasen und Spielplätzen	Blockinnenraum oftmals von Bebauung (Stichstraßen) durchsetzt; oft schmale Ziergärten	Allseitige Umschließung der Gebäude mit Grün; Gärten	Umschließung der Gebäude mit Grünflächen und Wohnstraßen
Möglichkeiten der Regenwasserbewirtschaftung + günstig - ungünstig	- geschlossene Bebauung, erschließungsseitig keine Versickerungsfläche, hofseitig einzelne Versickerungsfläche; kleinteilige Besitzstruktur	+hofseitige Versickerungsfläche; einheitl. Besitzstruktur; geringe Freiflächenutzung; - geschlossene Bebauung erschließungsseitig keine Versickerungsfläche	+ offene Bebauung; allseitige Versickerungsfläche; einheitliche Besitzstruktur; geringe Freiflächenutzung	+ Motivation durch Gebühr; - geschl. Bebauung; kleinteilige Besitzverhältnisse; intensive Freiflächenutzung	+ offene Bebauung; Versickerungsfläche allseitig; Motivation durch Gebühr - kleinteilige Besitzverhältnisse; intensive Freiflächenutzung	+ offene Bebauung; allseitige Versickerungsfläche einheitliche Besitzstruktur; geringe Freiflächenutzung - oftmals innenliegende Dachentwässerung
Einschätzung	Bedingt geeignet	geeignet	Sehr gut geeignet	geeignet	Sehr gut geeignet	Sehr gut geeignet
Geschätztes Abkopplungspotenzial	10 – 15 %	30 – 50 %	60 – 80 %	30 – 50 %	50 – 70 %	50 – 75 %

Flächenstruktur und Potenziale zur Abkopplung vom Kanalnetz

aus SIEKER, 2013

Regenwasserbehandlung

Die nachweislich vorhandenen Probleme bei der gegenwärtigen Regenwasserbewirtschaftung haben eine gemeinsame Ursache: Es wird zu viel Regenwasser aus dem Bereich der Siedlungs- und Verkehrsflächen abgeleitet.

Im Umkehrschluss lassen sich die bestehenden Probleme durch die Abkoppelung von Teilflächen und deren dezentrale Regenwasserbewirtschaftung mindern oder lösen.

Langfristig gesehen lässt sich dadurch bei den vorhandenen Mischsystemen ein Zustand erreichen, der es zulässt, nahezu die gesamten Mischwasserabflüsse über die Kläranlagen zu leiten. Damit wäre das Problem der Mischwasserüberläufe bestmöglich gelöst.

aus SIEKER, 2013

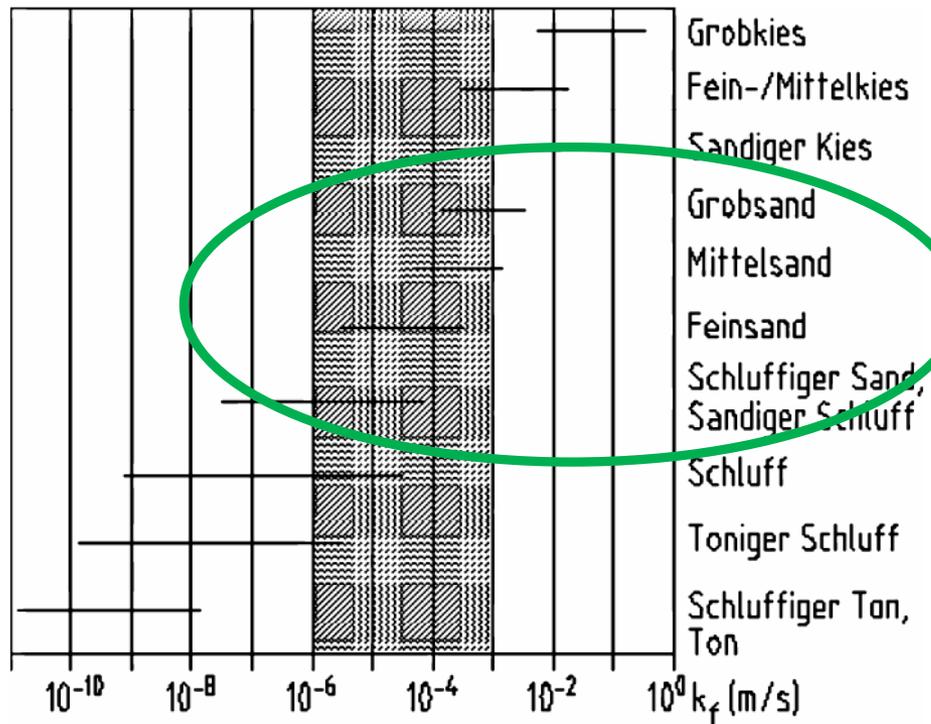
Regenwasserbehandlung

Versickerung der Niederschlagsabflüsse unter Berücksichtigung der abflussliefernden Flächen außerhalb von Wasserschutzgebieten

aus DWA-A 138

	Fläche	Gehalt an Belastungsstoffen	Qualitative Bewertung	oberirdische Versickerungsanlagen			unterirdische Versickerungsanlagen	
				$A_{u, A_s} \leq 5$ in der Regel breitflächige Versickerung	$5 < A_{u, A_s} \leq 15$ in der Regel dezentrale Flächen- und Muldenversickerung, Mulden-Rigolen-Elemente	$A_{u, A_s} > 15$ in der Regel zentrale Mulden- und Bodenversickerung	Rigolen und Rohr-Rigolenelemente	Versickerungsschicht
	1	2	3	4	5	6	7	8
1	Gründächer; Wiesen und Kulturland mit möglichem Regenabfluss in das Entwässerungssystem		unbedenklich	+	+	+	+	+
2	Dachflächen ohne Verwendung von unbeschichteten Metallen (Kupfer, Zink und Blei); Terrassenflächen in Wohn- und vergleichbaren Gewerbegebieten			+	+	+	+	(+)
3	Dachflächen mit üblichen Anteilen aus unbeschichteten Metallen (Kupfer, Zink und Blei)			+	+	+	(+)	(+)
4	Rad- und Gehwege in Wohngebieten; Rad- und Gehwege außerhalb des Spritz- und Sprühfahnenbereiches von Straßen; verkehrsberuhigte Bereiche		tolerierbar	+	+	(+)	(-)	(-)
5	Hofflächen und Pkw-Parkplätze ohne häufigen Fahrzeugwechsel sowie wenig befahrene Verkehrsflächen (bis DTV 300 Kfz) in Wohn- und vergleichbaren Gewerbegebieten			+	+	(+)	(-)	-
6	Straßen mit DTV 300 - 5000 Kfz, z. B. Anlieger-, Erschließungs-, Kreisstraßen			+	+	(+)	(-)	-
7	Start-, Lande- und Rollbahnen von Flugplätzen, Rollbahnen von Flughäfen ¹⁾			+	+	(+)	(-)	-
8	Dachflächen in Gewerbe- und Industriegebieten mit signifikanter Luftverschmutzung			+	+	(+)	(-)	-
9	Straßen mit DTV 5000 - 15000 Kfz, z. B. Hauptverkehrsstraßen, Start- und Landebahnen von Flughäfen ¹⁾			+	+	(+)	-	-
10	Pkw-Parkplätze mit häufigem Fahrzeugwechsel, z. B. von Einkaufszentren			+	(+)	(+)	-	-
11	Dachflächen mit unbeschichteten Eindeckungen aus Kupfer, Zink und Blei; Straßen und Plätze mit starker Verschmutzung, z. B. durch Landwirtschaft, Fuhrunternehmen, Reiterhöfe, Märkte			+	(+)	(+)	-	-
12	Straßen mit DTV über 15000 Kfz, z. B. Hauptverkehrsstraßen von überregionaler Bedeutung, Autobahnen			+	(+)	(+)	-	-
13	Hofflächen und Straßen in Gewerbe- und Industriegebieten mit signifikanter Luftverschmutzung			(-)	(-)	(-)	-	-
14	Sonderflächen, z. B. Lkw-Park- und Abstellflächen; Flugzeugpositionsfelder von Flughäfen		-	-	-	-	-	

Regenwasserbehandlung



Wasserdurchlässigkeitsbeiwerte von Lockergesteinen und entwässerungstechnisch relevanter Versickerungsbereich

aus DWA-A 138

Regenwasserbehandlung

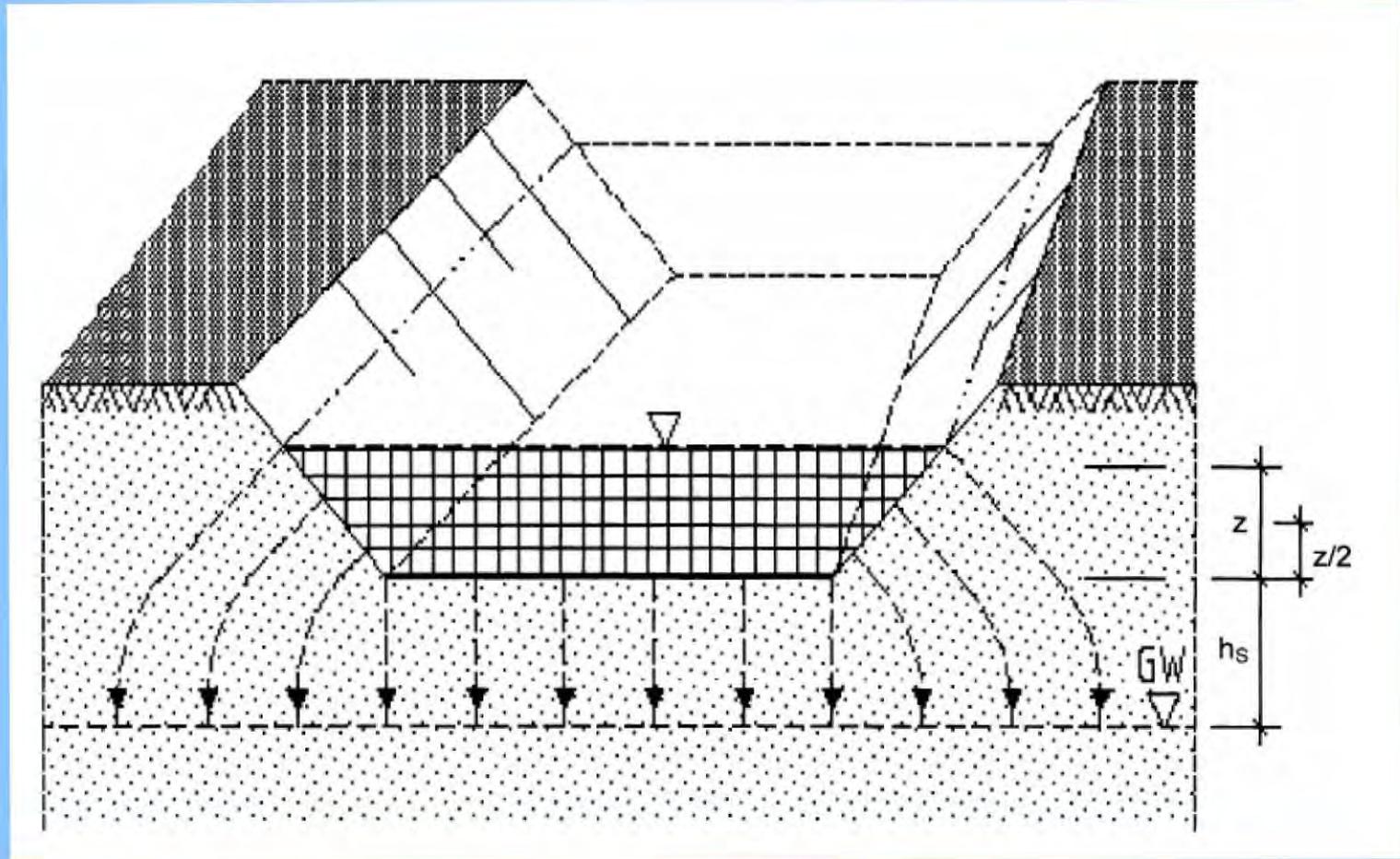
Flächentyp	Art der Befestigung	ψ_m
Schrägdach	Metall, Glas, Schiefer, Faserzement	0,9 – 1,0
	Ziegel, Dachpappe	0,8 – 1,0
Flachdach (Neigung bis 3° oder ca. 5 %)	Metall, Glas, Faserzement	0,9 – 1,0
	Dachpappe	0,9
	Kies	0,7
Gründach (Neigung bis 15° oder ca. 25 %)	humusiert < 10 cm Aufbau	0,5
	humusiert \geq 10 cm Aufbau	0,3
Straßen, Wege und Plätze (flach)	Asphalt, fugenloser Beton	0,9
	Pflaster mit dichten Fugen	0,75
	fester Kiesbelag	0,6
	Pflaster mit offenen Fugen	0,5
	lockerer Kiesbelag, Schotterrasen	0,3
	Verbundsteine mit Fugen, Sickersteine	0,25
	Rasengittersteine	0,15
Böschungen, Bankette und Gräben mit Regen- abfluss in das Entwässerungssys- tem	toniger Boden	0,5
	lehmiger Sandboden	0,4
	Kies- und Sandboden	0,3
Gärten, Wiesen und Kulturland mit möglichem Regenabfluss in das Entwässerungssystem	flaches Gelände	0,0 – 0,1
	steiles Gelände	0,1 – 0,3

Empfohlene mittlere Abflussbeiwerte ψ_m

aus DWA-A 138

Was sagt uns der Abflussbeiwert?

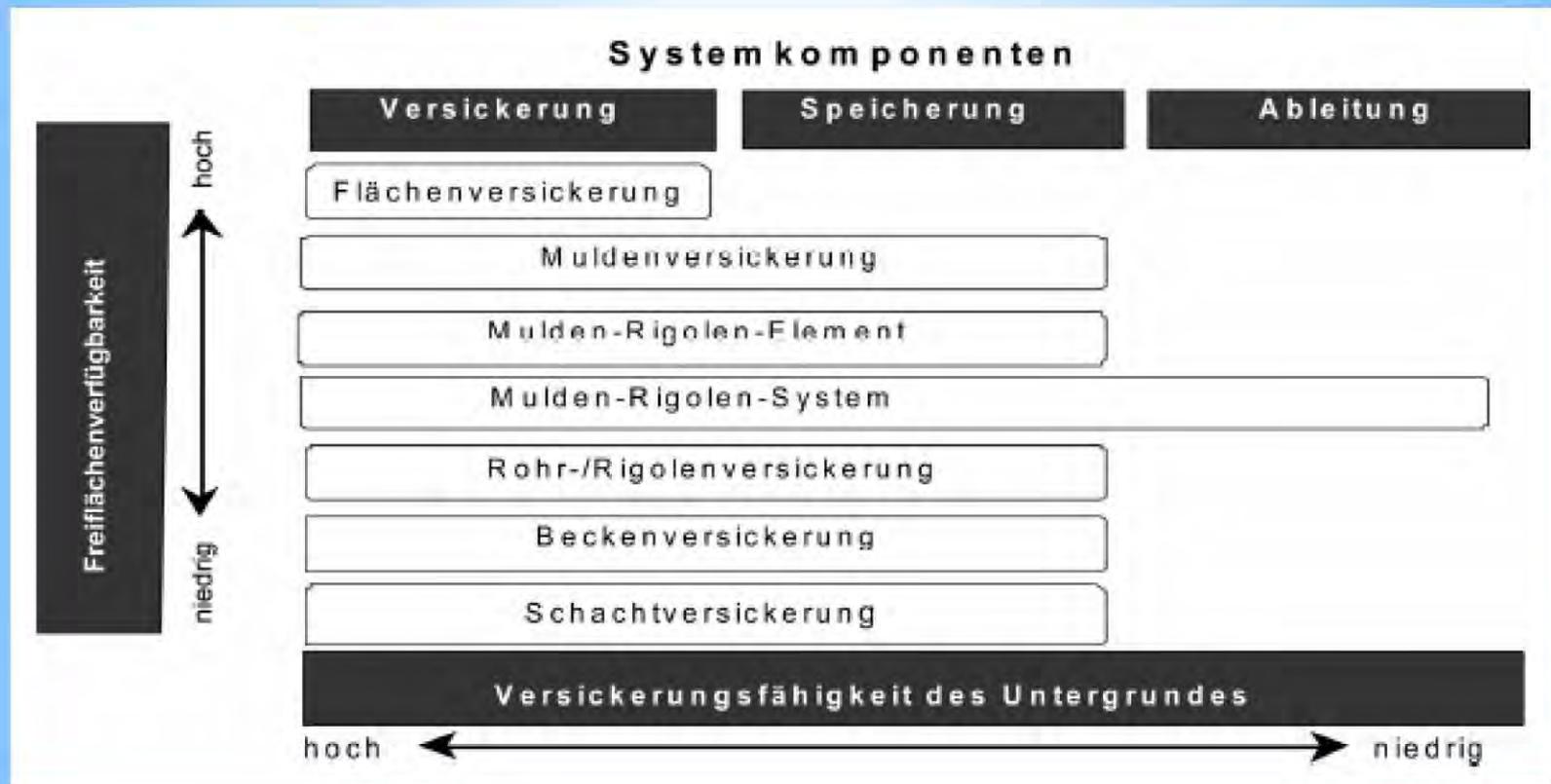
Regenwasserbehandlung



Darstellung des Sickerweges

aus DWA-A 138

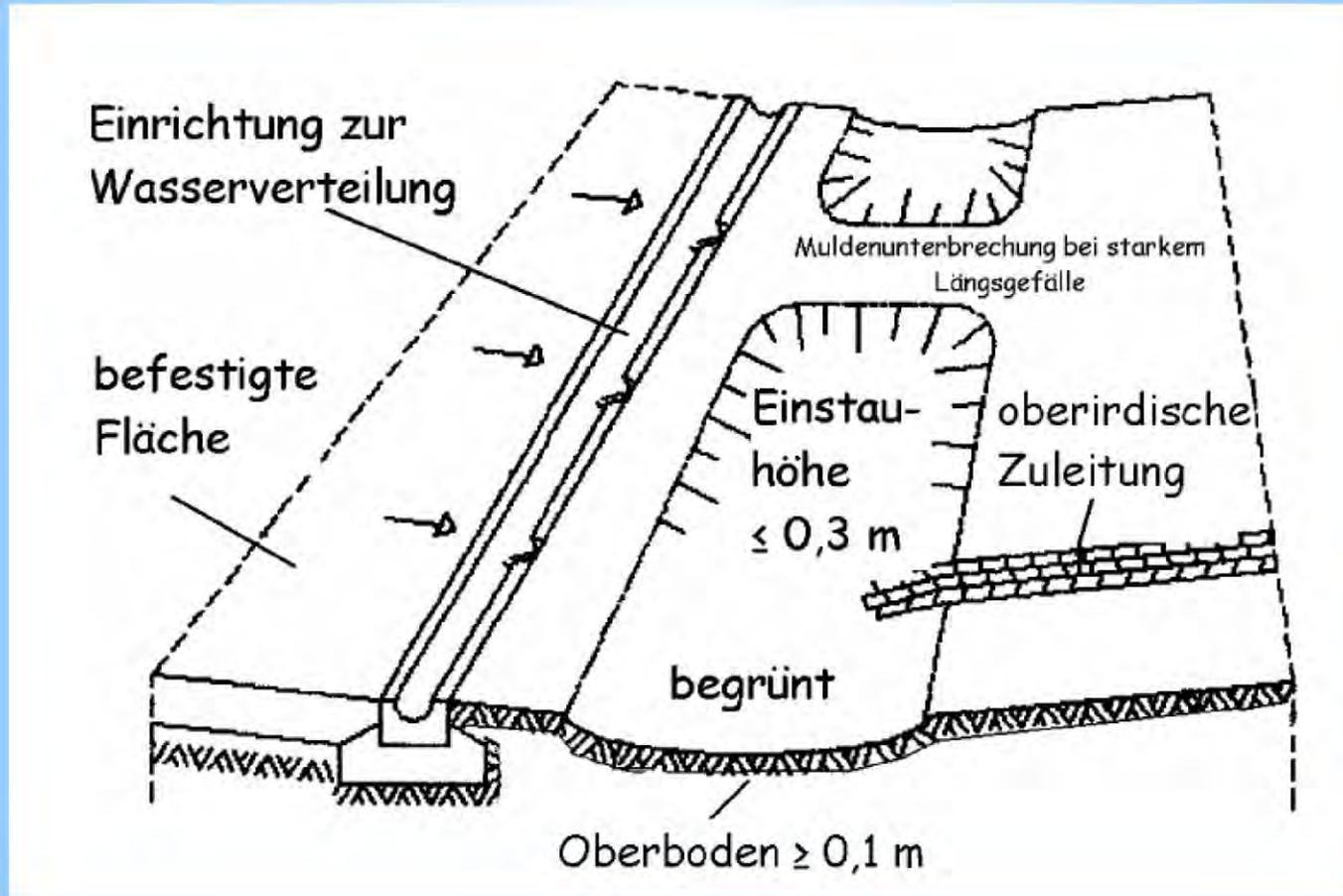
Regenwasserbehandlung



Einsatzmöglichkeiten von Versickerungsanlagen

aus DWA-A 138

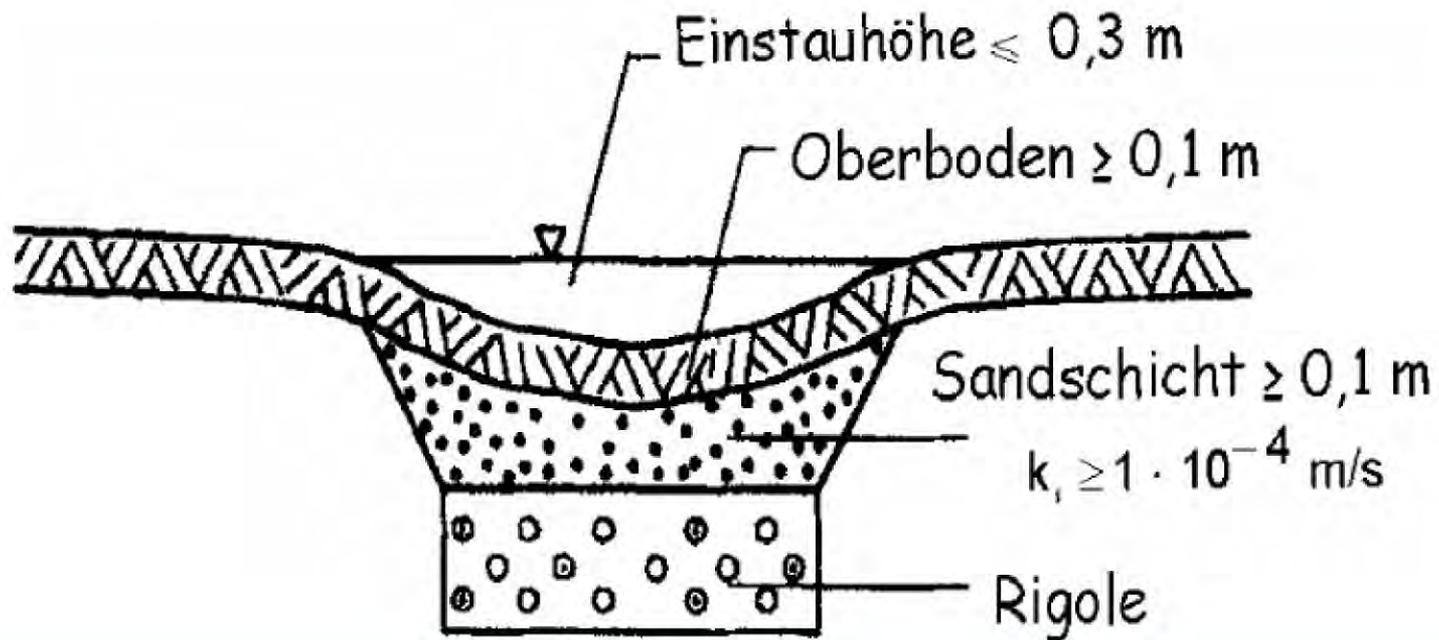
Regenwasserbehandlung



Versickerungsmulde

aus DWA-A 138

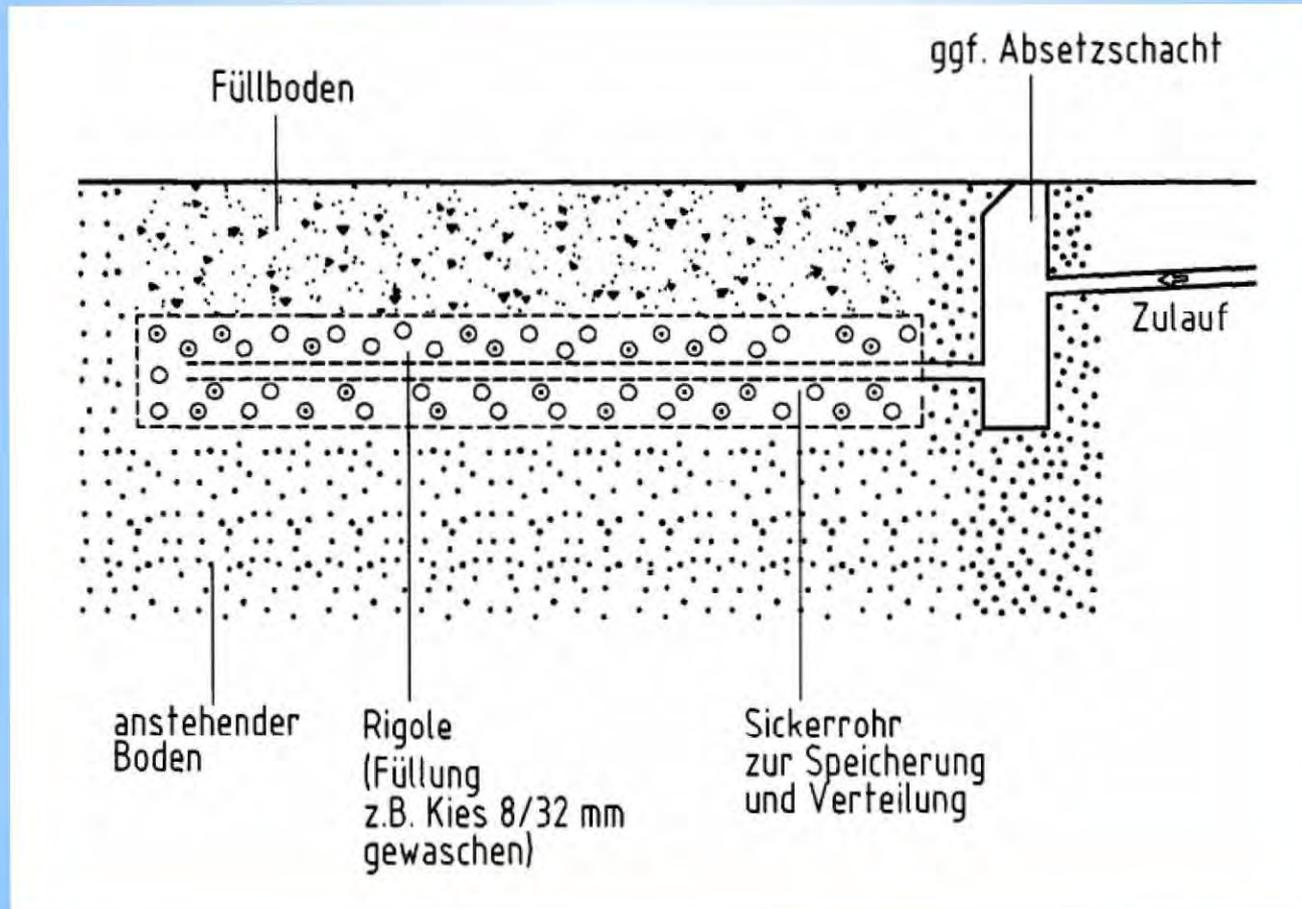
Regenwasserbehandlung



Querschnitt eines Mulden-Rigolen-Elements

aus DWA-A 138

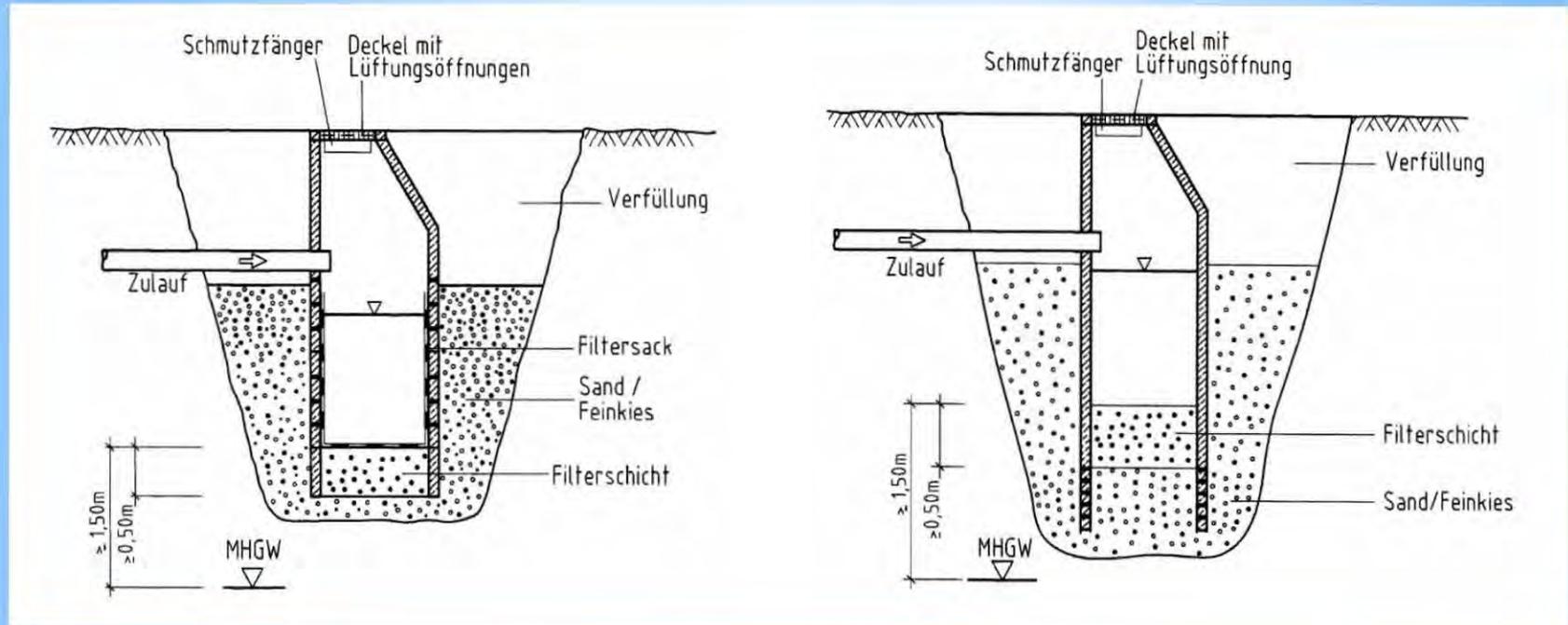
Regenwasserbehandlung



Rohr-Rigolenelement

aus DWA-A 138

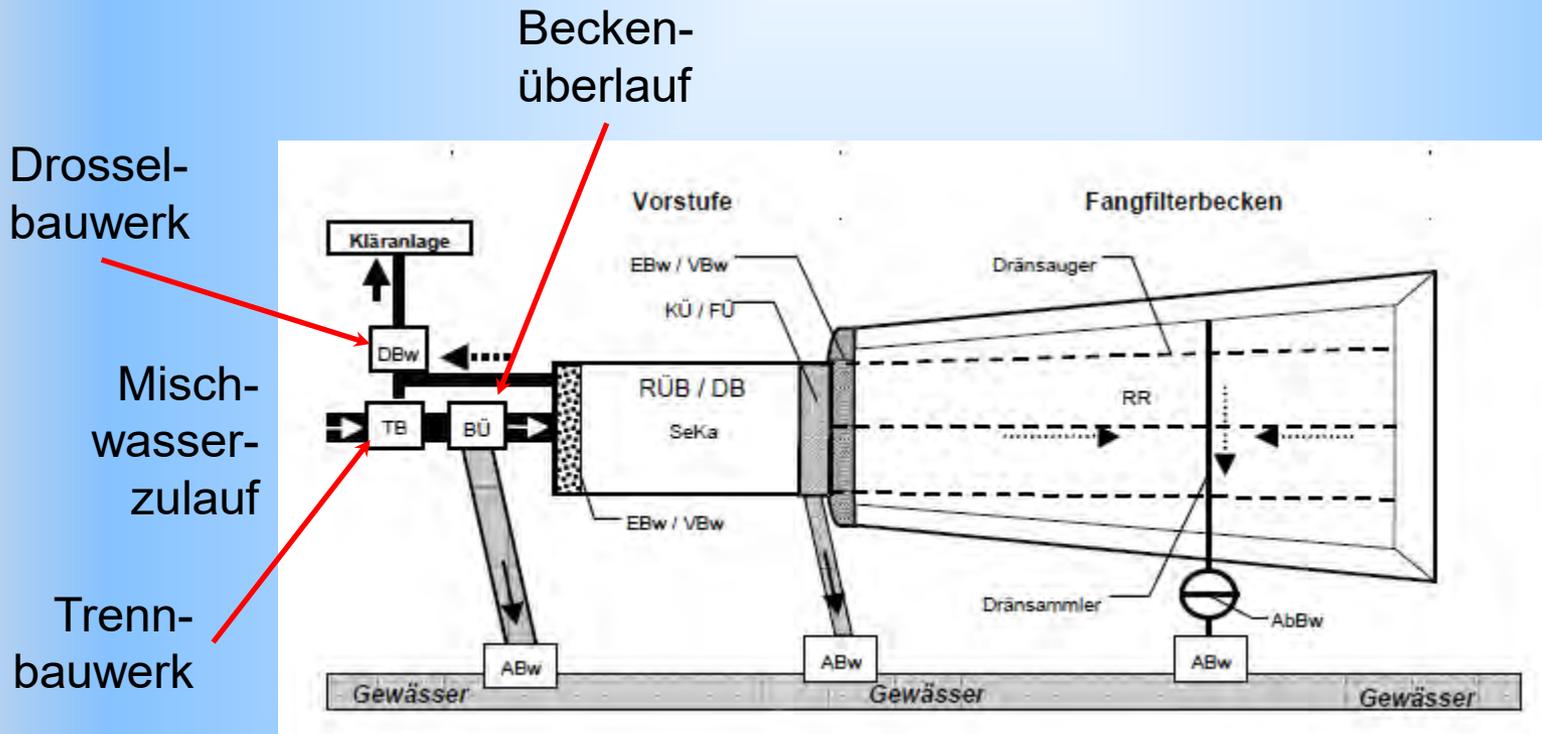
Regenwasserbehandlung



Ausführung von Versickerungsschächten

aus DWA-A 138

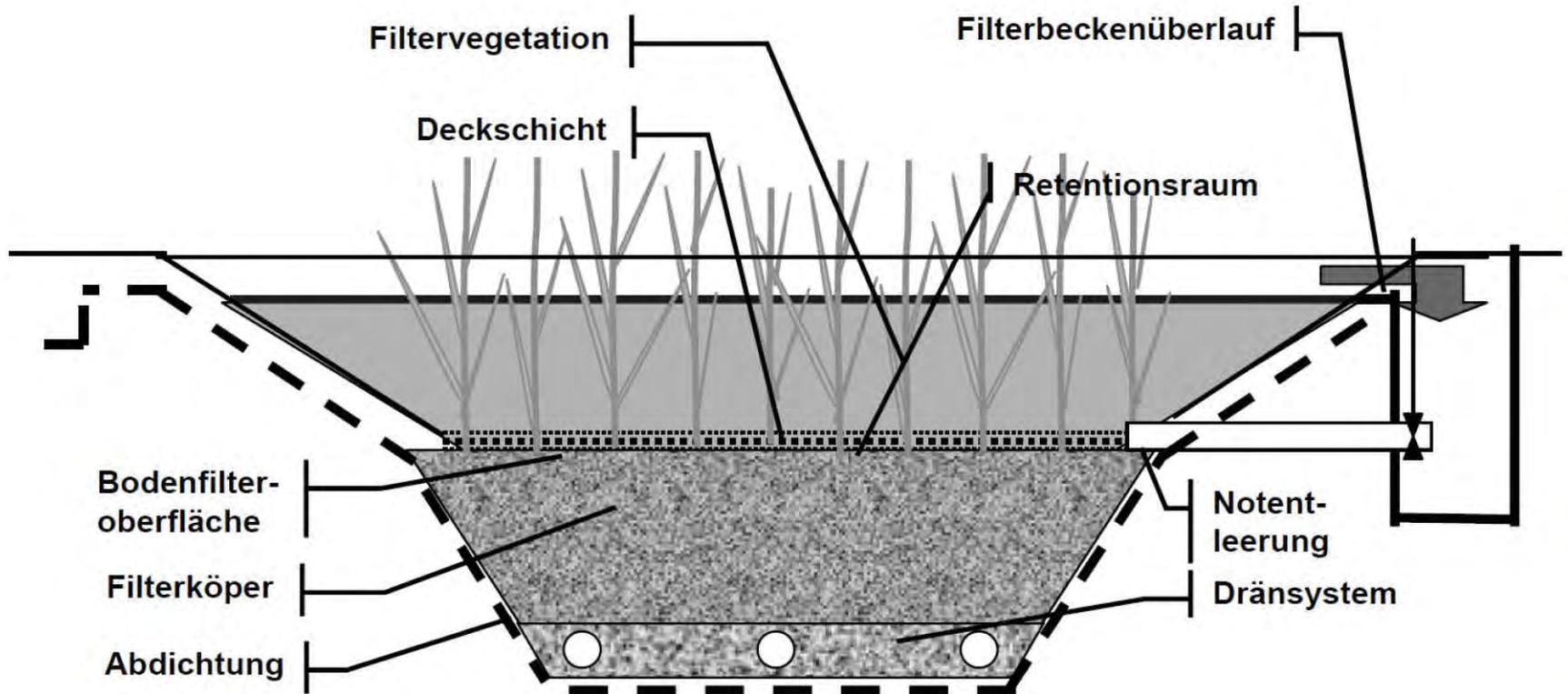
Regenwasserbehandlung



Retentionsbodenfilteranlage im Mischsystem, bestehend aus Durchlaufbecken im Nebenschluss und nachgeschaltetem Fangfilterbecken

aus DWA-A 262

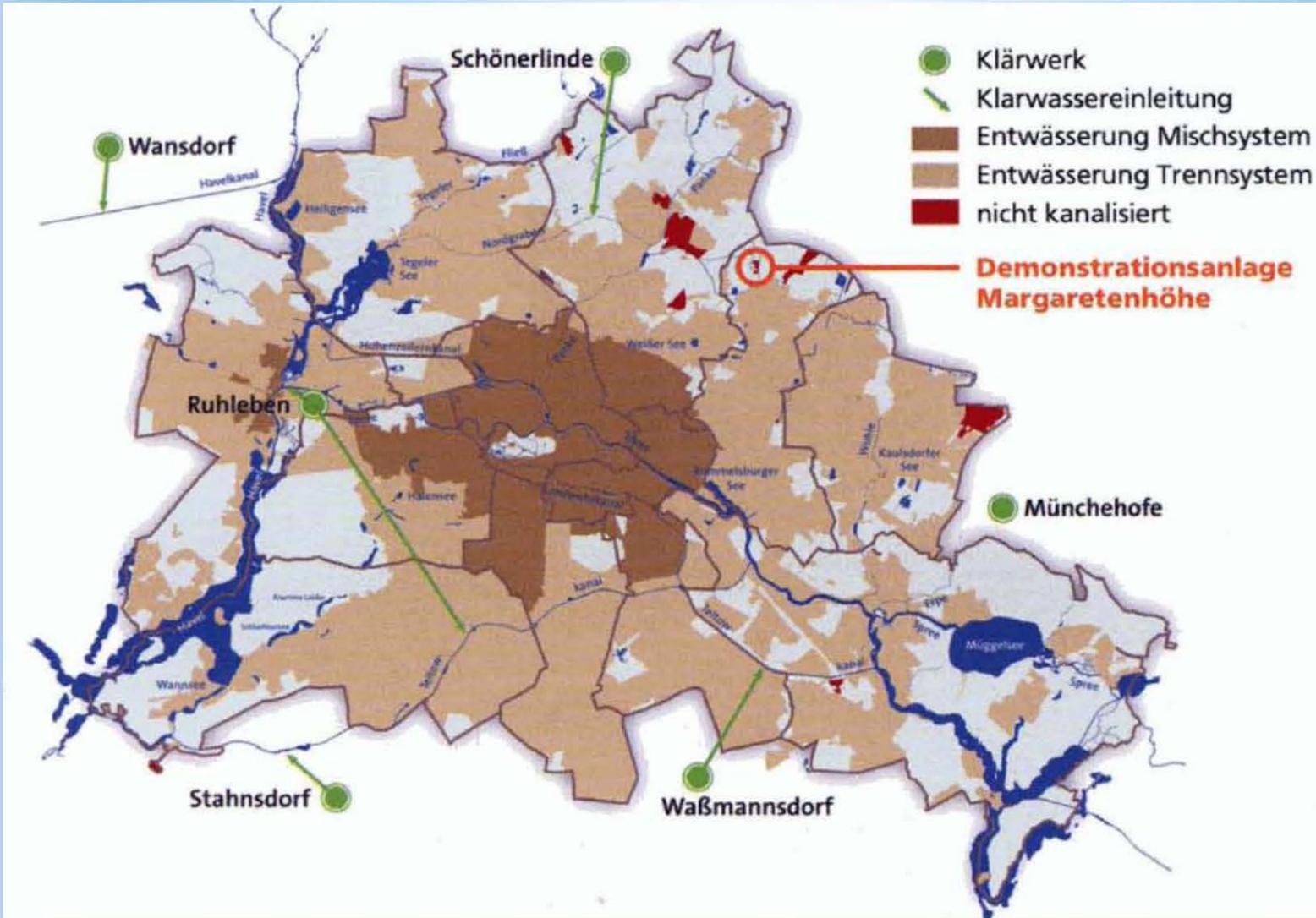
Regenwasserbehandlung



Schematischer Querschnitt durch ein Filterbecken

aus DWA-A 262

Misch- und Trennsysteme in Berlin



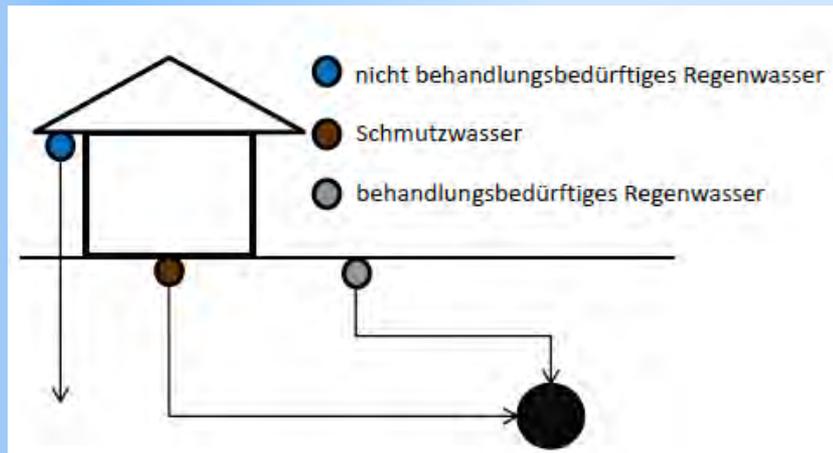
Misch- und Trennsysteme zur Entwässerung von Berlin

aus LÜDICKE et al., 2009

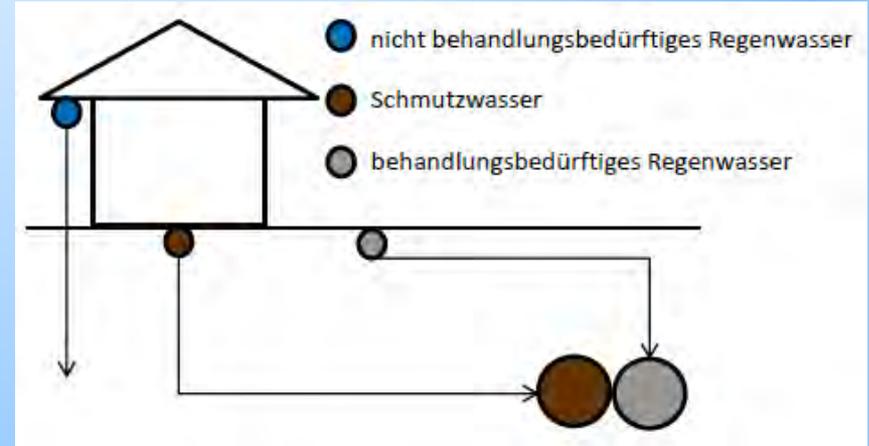
Begriffsbestimmung

Modifiziertes Mischsystem / modifiziertes Trennsystem
Skizzen, Vor- und Nachteile

Pudwel, Sven-Matti



Modifiziertes Mischsystem



Modifiziertes Trennsystem

Zentral oder dezentral?

System	Vorteile	Nachteile
Zentrale Abwasserbehandlung	<ul style="list-style-type: none"> • spezifische Betriebskosten gering (wegen Kostendegression mit zunehmender Kapazität) • wenige Anlagen, d. h. besser zu überwachen • hohe Kompetenz des Betreiberpersonals • hohe Dichte an Messtechnik für Eigenkontrolle (eigene Labore) • Wartungszustand der Anlagen gut 	<ul style="list-style-type: none"> • spezifische Investkosten hoch (Kanalsystem!) • Bauzeiten lang • Störung des regionalen Wasserhaushalts • hohe Auswirkungen bei Störung oder Ausfall einer Anlage
Dezentrale Abwasserbehandlung	<ul style="list-style-type: none"> • spezifische Investkosten gering • Bauzeiten kurz • nachhaltige Bilanzen der regionalen Wasserhaushalte • geringe, regional begrenzte Auswirkungen bei Störung oder Ausfall einer Anlage • Möglichkeit des Wasserrecyclings • Möglichkeit des Aufbaus regionaler Stoffkreisläufe 	<ul style="list-style-type: none"> • spezifische Betriebskosten hoch • viele kleine Anlagen, vollständige Überwachung kaum realisierbar • Betreiber i. d. R. ohne Vorkenntnisse • oft unzureichende Messtechnik • regelmäßige fachkundige Wartung der Anlagen nicht gewährleistet

Havarie Abwasserpumpwerk KA Charkow

Juni 1995: Havarie an der einzigen Kläranlage, welche die Abwässer der Millionenstadt Charkow/Ukraine reinigt.

„Nach starken Regenfällen Ende Juni hatte das 22 Jahre alte und längst erneuerungsbedürftige Klärwerk versagt, eine Pumpstation fiel aus.

Seitdem werden die Abwässer aus dem Kanalisationsnetz ungeklärt in die Flüsse Lopan und Udy geleitet, die durch Charkow fließen. Täglich ergießen sich 200.000 Kubikmeter graue Brühe in die Gewässer: Fäkalien, Seifenlauge, Waschmittel und Industriechemikalien treiben auf der Oberfläche. Die Flussbetten haben sich schwarz verfärbt. Die Wasserläufe sind wegen der Verschmutzung und wegen des Sauerstoffmangels längst umgekippt, tote Fische treiben auf der trüben Suppe...“

Ukraine

Flut des Ekels

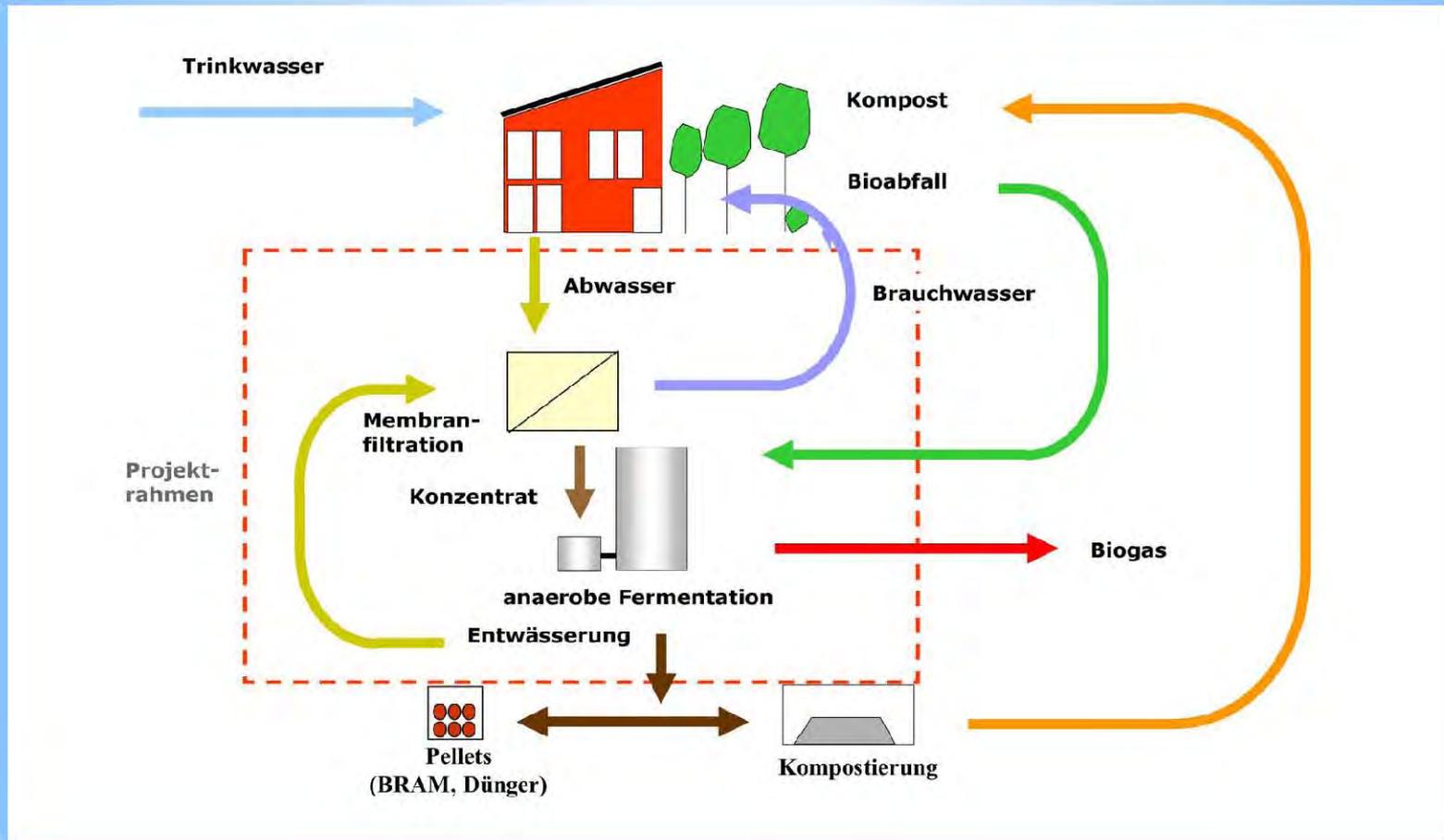
Eine Abwasserkatastrophe in der Millionenstadt Charkow hat Flüsse mit Fäkalien und Chemieabfällen verseucht. Jetzt droht die Cholera.



Charkower Bürger beim Wasserfassen: Leck in der Tiefe

aus Der Spiegel, Heft
29/1995, S. 121f

Zentral oder dezentral?



Idealisierte Skizze der Stoffströme bei vollständig dezentraler Abwasserbehandlung

aus www.tuhh.de

Problem: Demografische Entwicklung

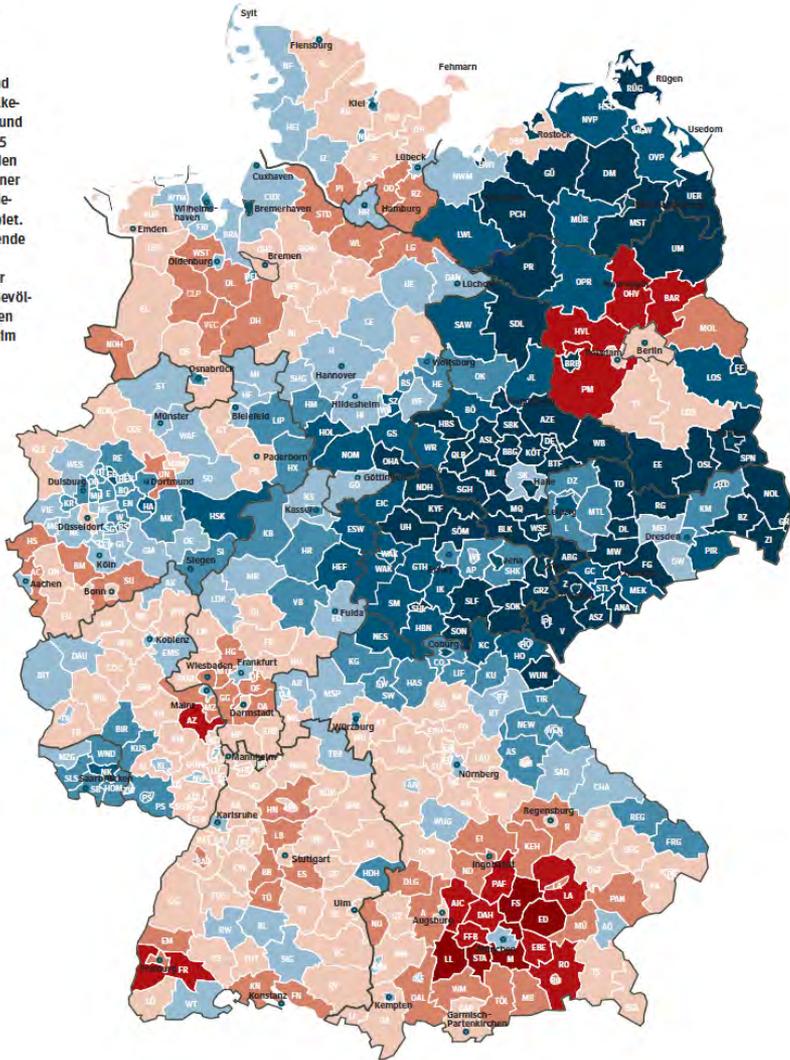
Wachstums- und Schwundregionen in Deutschland

Mehr als die Hälfte der deutschen Landkreise und kreisfreien Städte wird nach der aktuellen Bevölkerungsprognose des Bundesamtes für Bauwesen und Raumordnung schrumpfen und bis zum Jahr 2025 deutlich an Bevölkerung verlieren. Nicht nur in den ostdeutschen Regionen werden weniger Einwohner leben, sondern auch an den klassischen Industriestandorten wie dem Saarland oder dem Ruhrgebiet. Das Wegbrechen von ganzen Branchen und fehlende Perspektiven auf dem regionalen Arbeitsmarkt fördern dabei die Abwanderungsbereitschaft der Bevölkerung. Zu den Boomregionen mit einem Bevölkerungsgewinn von mehr als zehn Prozent werden nur wenige Kreise gehören: Sie liegen vor allem im Umland von Berlin und München.

Bevölkerungsentwicklung 2007 bis 2025 in Prozent



(Datengrundlage: Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR))



Demografische Entwicklung in Deutschland bis 2025

aus WEBER & KLINGHOLZ, 2009

Problem: Demografische Entwicklung

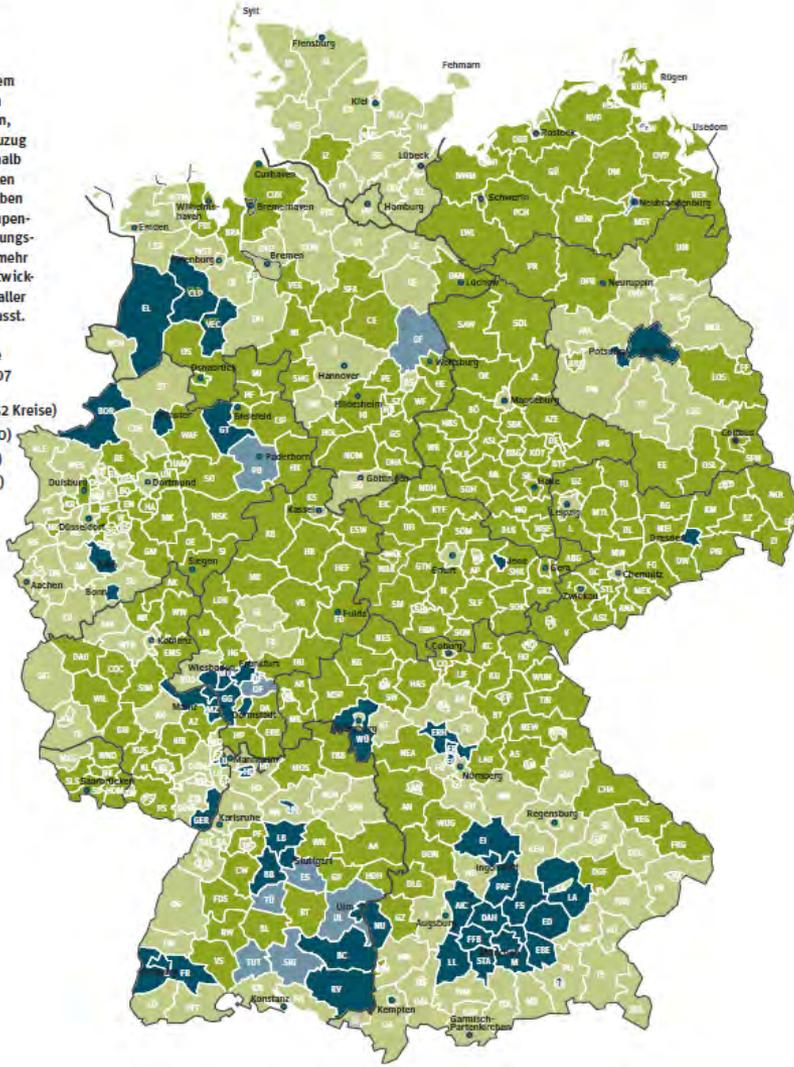
Über die Hälfte aller Kreise schrumpft bereits aus zwei Gründen

Obwohl die Einwohnerzahl in Deutschland seit dem Jahr 2003 zurückgeht, wächst die Bevölkerung in manchen Gebieten weiter stark. Die dunkelblauen, meist wirtschaftstarken Gebiete erleben einen Zuzug vor allem junger Menschen und verzeichnen deshalb auch mehr Geburten als Sterbefälle. Die hellgrünen Zonen profitieren zwar von der Zuwanderung, haben aber zu wenige Kinder, um die Sterbefälle zu kompensieren. Dunkelgrün bedeutet doppelten Bevölkerungsverlust: Weil die Menschen abwandern und weil mehr Menschen sterben als geboren werden. Diese Entwicklung hatte bereits 2007 weit mehr als die Hälfte aller deutschen Landkreise und kreisfreien Städte erfasst.

Bevölkerungsveränderung nach Ursachen für alle deutschen Landkreise und kreisfreien Städte 2007

- Geburtenüberschuss/Wanderungsgewinn (52 Kreise)
- Geburtenüberschuss/Wanderungsverlust (10)
- Sterbeüberschuss/Wanderungsverlust (228)
- Sterbeüberschuss/Wanderungsgewinn (149)

(Datengrundlage: Statistisches Bundesamt)



Demografische Entwicklung in Deutschland bis 2025

aus WEBER & KLINGHOLZ, 2009

Beispiele für dezentrale Kläranlagen

Dezentral angeordnete kleine Kläranlagen sind keine verkleinerte Kopie großer Kläranlagen, sondern es sind Anlagen, für die besondere Anforderungen an Bau, Bemessung und Betrieb gelten.

Besondere Randbedingungen der dezentralen Behandlung:

- räumliche Nähe zur Wohnbebauung
- sehr geringe Abwassermengen mit längeren Unterbrechungen im Zulauf
- einstufige Tropfkörperanlagen,
- Rotationstauchkörperanlagen,
- Anlagen mit getauchtem Festbett,
- Anlagen mit frei beweglichen Aufwuchsträgern (Schwebebettanlagen),
- Belebungsanlagen mit Aufstaubetrieb (SBR),
- Belebungsanlagen mit gemeinsamer biologischer Schlammstabilisierung,
- Teichkläranlagen,
- Bodenfilteranlagen (Pflanzenkläranlagen)
- Membranbelebungsanlagen
- Kombinationsanlagen (z. B. Pflanzenteichkläranlagen).

Anforderungen an dezentrale Kläranlagen

Die Mindestanforderungen an Kleinkläranlagen ergeben sich aus der Abwasserverordnung, Anhang 1 Häusliches und kommunales Abwasser. Kleinkläranlagen sind in aller Regel der Größenklasse 1 (kleiner als 60 kg BSB₅/d bzw. 1.000 EW) zuzuordnen.

Für Anlagen dieser Größenklasse gelten nur Anforderungen bezüglich CSB und BSB₅:

Chemischer Sauerstoffbedarf (CSB):	150 mg/l
Biochemischer Sauerstoffbedarf in 5 Tagen (BSB ₅):	40 mg/l

In den übrigen Parametern aus Anhang 1 (Ammoniumstickstoff, Stickstoff gesamt als Summe von Ammonium-, Nitrit- und Nitratstickstoff und Phosphor gesamt) sind für Anlagen der Größenklasse 1 keine Anforderungen genannt.

Anforderungen an dezentrale Kläranlagen

Seit 2005 wird die Leistungsfähigkeit von Kleinkläranlagen in Ablaufklassen eingeteilt. Es gibt folgende Klassen:

C Kohlenstoffabbau	Einhaltung Mindestanforderungen AbwV, Anhang 1
N Nitrifikation	bei sensiblen Boden- oder Gewässerverhältnissen
D Denitrifikation	bei hohen Anforderungen an den Reststickstoffgehalt
+P mit Phosphateliminierung	bei Anforderung vollständiger Nährstoffelimination
+H mit Hygienisierung	bei Einleitung in Badegewässer

nach <http://www.klaeranlagen-vergleich.de/schmutzwasser-reinigungsklassen.html>

Anforderungen an dezentrale Kläranlagen

	Belebungsanlagen	Festbettanlagen, überstaut, belüftet	Membranbelebungsanlagen	SBR-Anlagen	Scheibentauchkörper
Ablaufklasse	C	N evtl. auch D	+H	C	C

	Schwebe-/Wirbelbettanlagen	Tropfkörperkläranlagen	Pflanzenkläranlagen	Abwasserteiche	Untergrundverrieselung
Ablaufklasse	N evtl. auch D	C	D evtl. auch +P	C evtl. auch N	C evtl. auch N

Üblicherweise wird bei Kleinkläranlagen lediglich die Reinigungsstufe C, also Kohlenstoffabbau gefordert. Diese erfüllt die Mindestanforderungen nach AbwV, Anhang 1 für Anlagen der Größenklasse 1 von 150 mg CSB/l und 40 mg BSB₅/l. Nur in bestimmten Fällen, in denen besondere Maßnahmen zum Schutz der Gewässer erforderlich sind, werden seitens Wasserbehörden weitergehende Reinigungsanforderungen gestellt. Allerdings bleibt es jedem Anwender unbenommen, eine höhere Ablaufklasse zu wählen, als von der Behörde gefordert wird.

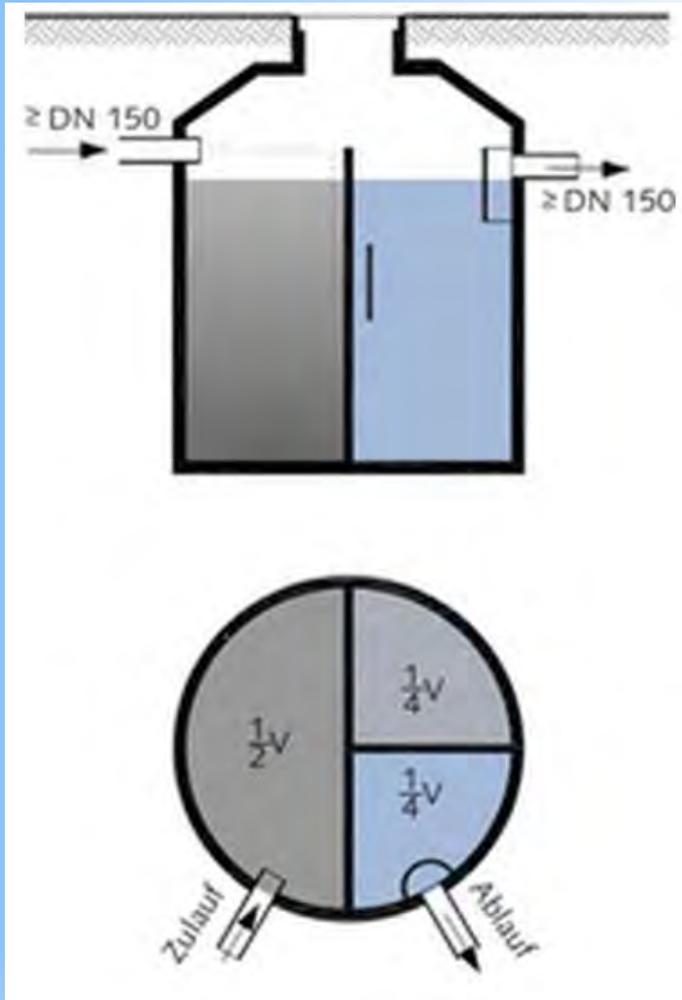
Beispiele für dezentrale Kläranlagen: Mehrkammerausfaulgruben (Vorbehandl.)

Vorbehandlung	KKA ≤ 6 E	KKA 7-10 E	KKA 11-50 E
Mehrkammerausfaulgruben nach DIN 4261 mit 1.500 l/E, mindestens 6 m ³	←————→		
Mehrkammergruben nach DIN 4261 mit 9 m ³ + 750 l/E über 6 E		←————→	
Mehrkammergruben nach DIN 4261 mit 12 m ³ + 500 l/E über 10 E			↔

Geeignete Vorbehandlungsmöglichkeiten für Kleinkläranlagen
ohne Fremdwasserzufluss

aus DWA-A 262

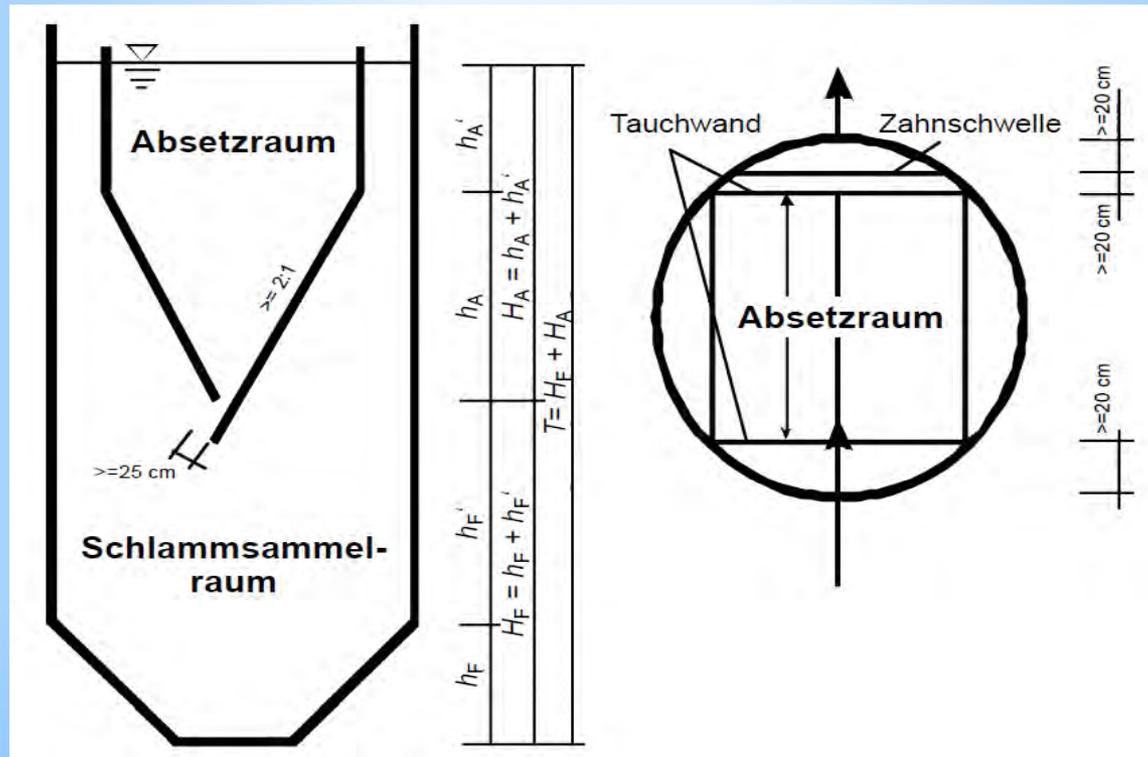
Beispiele für dezentrale Kläranlagen: Mehrkammerausfaulgruben (Vorbehandl.)



Dreikammerausfaulgrube
(zur mechanischen Vorbehandlung von
Kommunalabwasser vor Endreinigung in einer
biologischen Kleinkläranlage)

aus <http://ecobine.de/indexc.php?SESSID=&id=3.5.2&kurs=9&l=de>

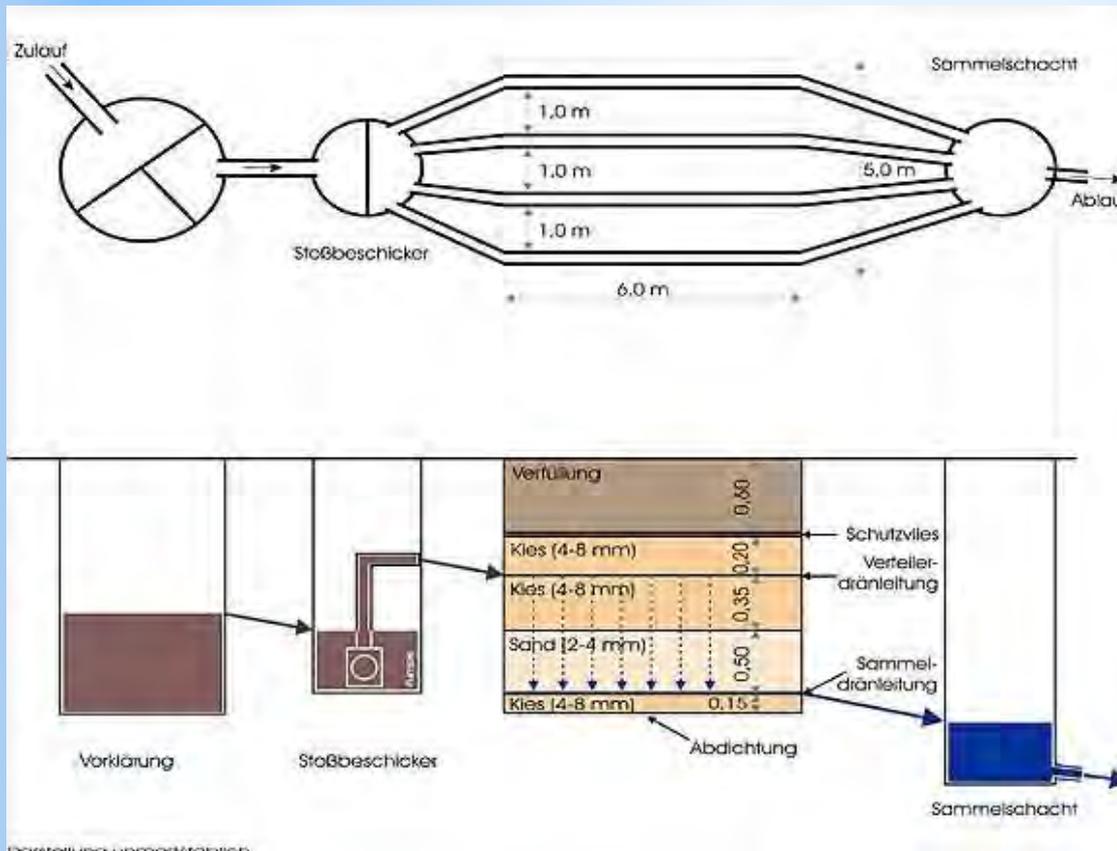
Beispiele für dezentrale Kläranlagen: Emscherbrunnen (Vorbehandl.)



Emscherbrunnen (zur mechanischen Vorbehandlung von Kommunalabwasser vor Endreinigung in einer biologischen Kleinkläranlage)

aus DWA-A 262

Beispiele für dezentrale Kläranlagen: Untergrundverrieselung

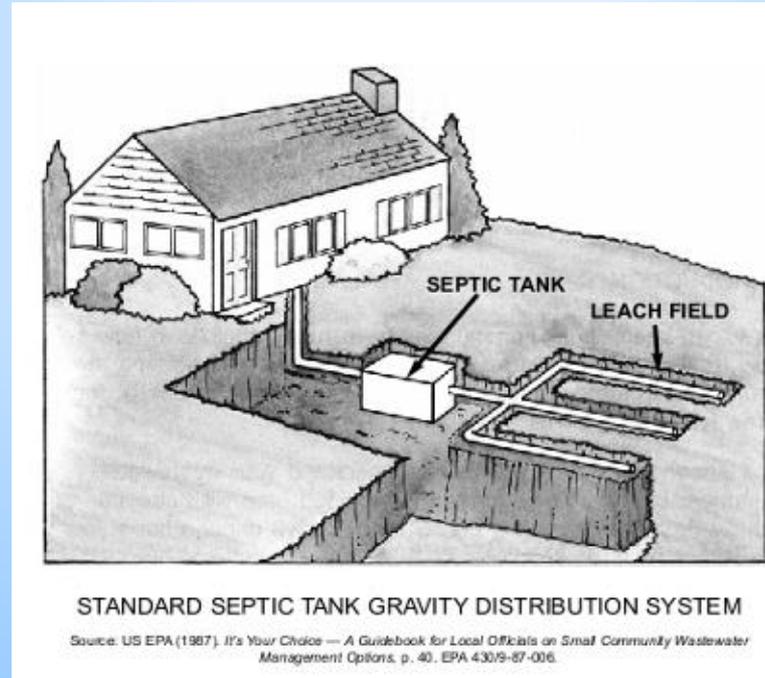


Dreikammerausfallgrube mit nachgeschalteter Untergrundverrieselung (Bodenfiltergraben)

Nachteil: Verrieselungsstränge wachsen zu infolge eindringender Wurzeln

aus <http://www.gku-mbh.de/serviceleistungen/demonstrations-und-prueffeld-fuer-kleinklaeranlagen/filtergraben.html>

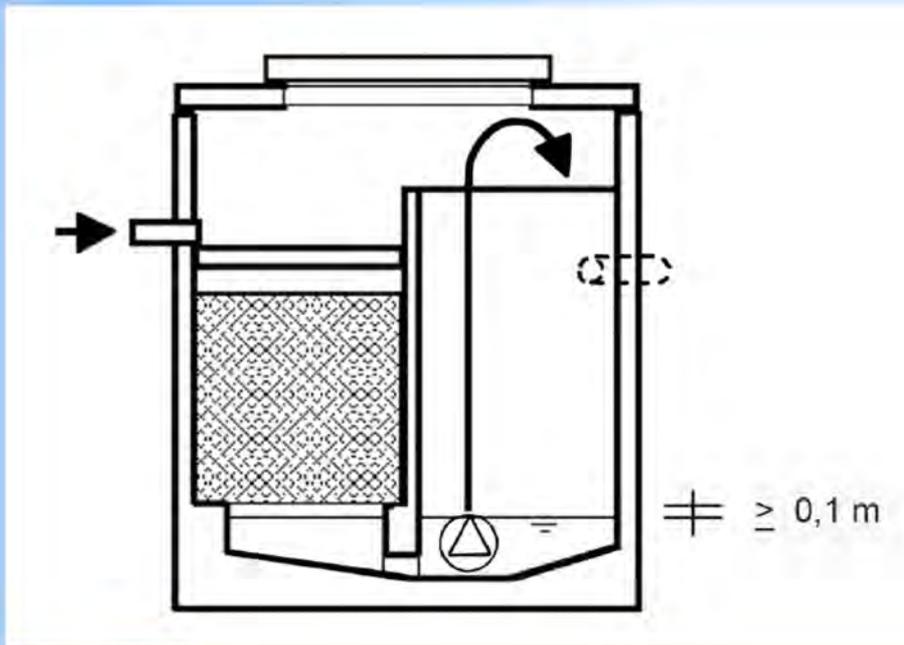
Beispiele für dezentrale Kläranlagen: Septic Tank & leach field



Anaerobe Vorbehandlung und Untergrundverrieselung

nach www.EPA.gov

Beispiele für dezentrale Kläranlagen: Tropfkörper

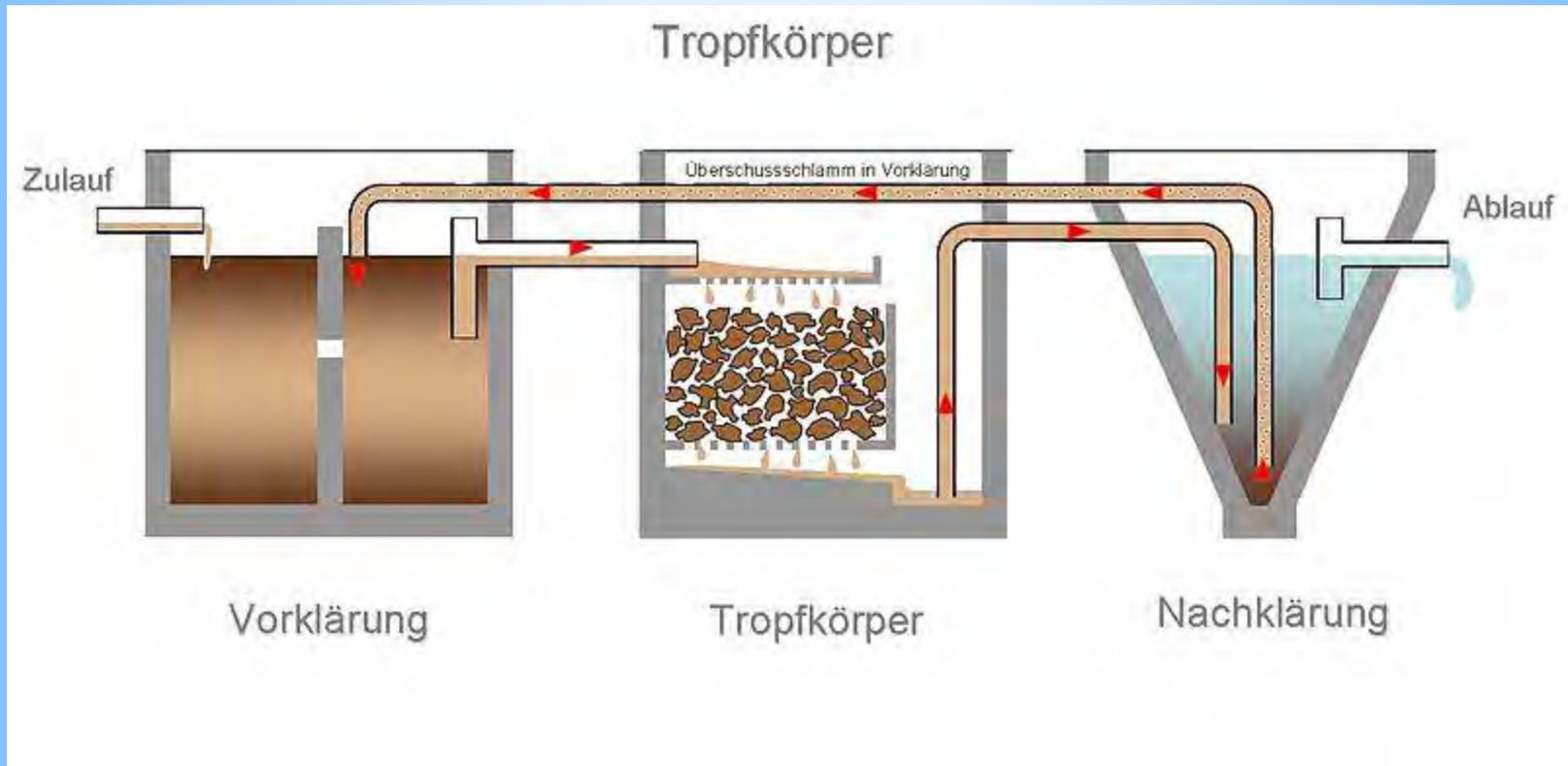


unterirdisch angeordneter Tropfkörper

Bemessung nach Raumbelastung:
 $\leq 0,15 \text{ kg BSB}_5 / (\text{m}^3 \cdot \text{d})$

aus DWA-M 221

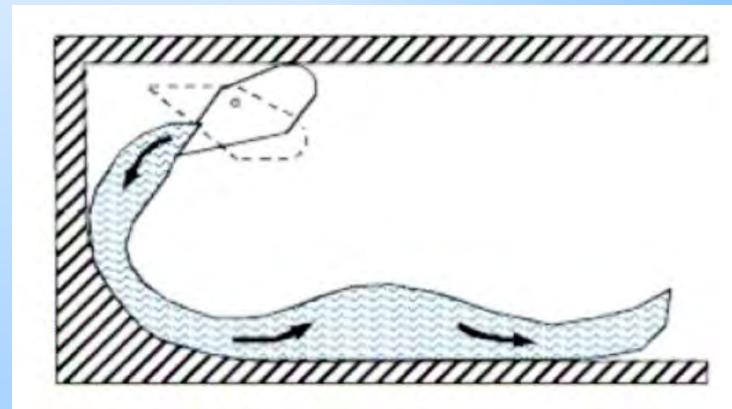
Beispiele für dezentrale Kläranlagen: Tropfkörper



Kleinkläranlage mit Tropfkörper

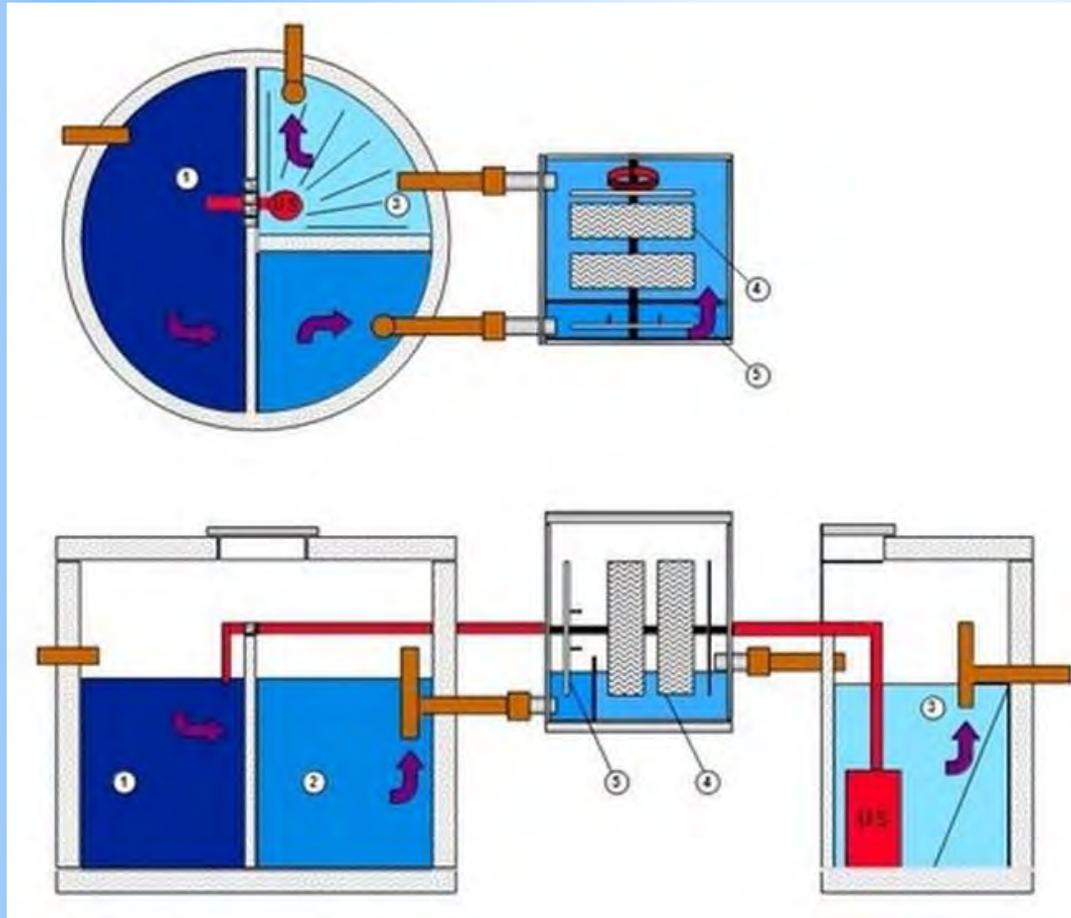
aus <http://de.wikipedia.org/wiki/Kleinkläranlage>

Beispiele für dezentrale Kläranlagen: Tropfkörper



Beispiele für einen Abwasserverteiler für Tropfkörper
und eine Schwallspüleinrichtung

Beispiele für dezentrale Kläranlagen: Rotationstauchkörperanlagen

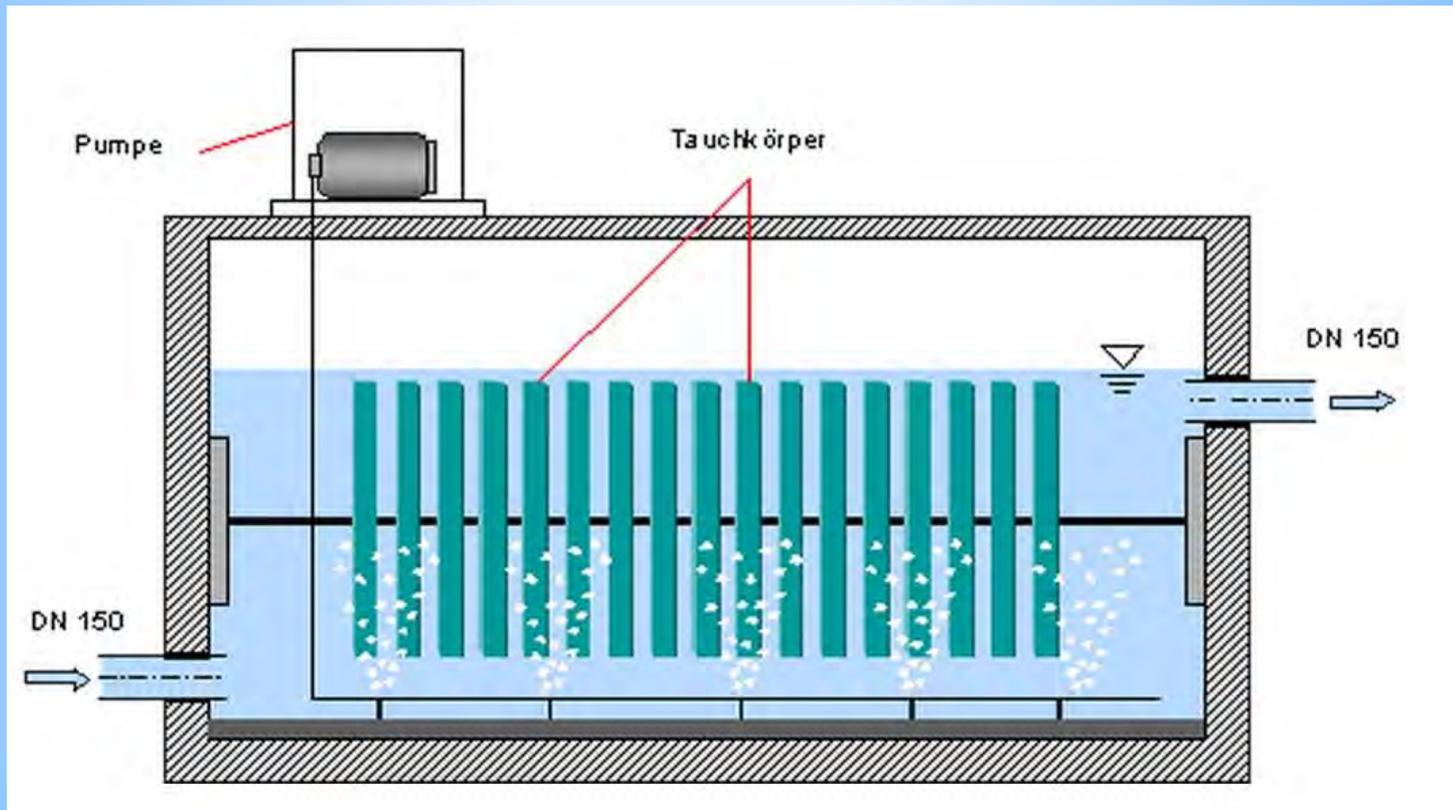


Dreikammerausfallgrube mit nachgeschaltetem Rotationstauchkörper, teilweise getaucht (System Biermann-Kläromat)



aus <http://www.ibb-umwelttechnik.de/produkte/biermann-kläromat/>

Beispiele für dezentrale Kläranlagen: Rotationstauchkörperanlagen

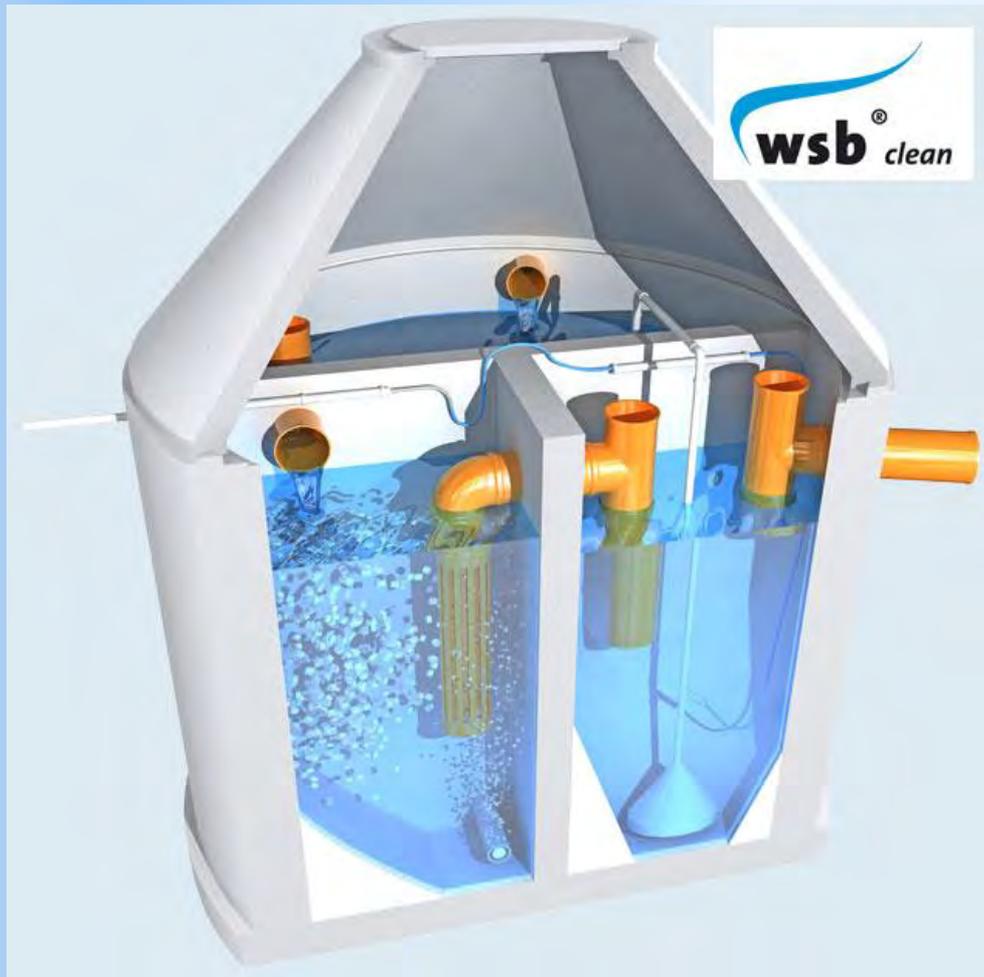


Rotationstauchkörper, vollständig getaucht

Begriffsbestimmungen

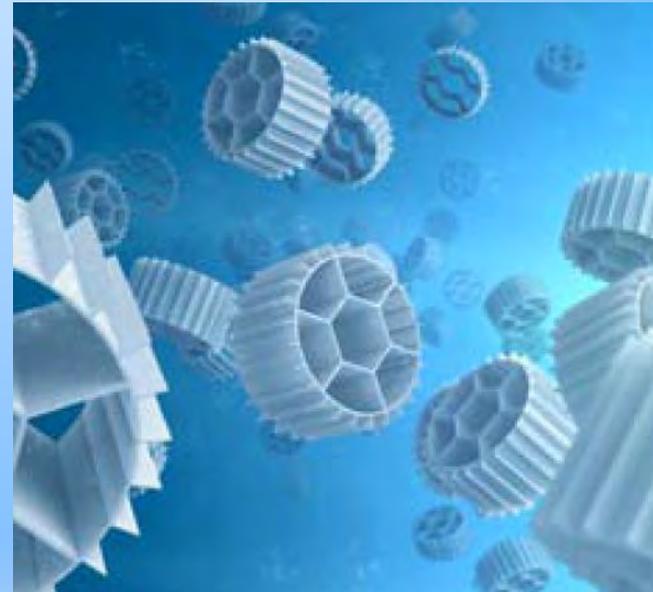
Verfahren	Beispiele	Biomasse
Belebtschlamm (in Form von suspendierter Biomasse)	Belebungsverfahren	suspendiert
Wirbelbett / Schwebebett	WSB clean, Fa. BERGMANN	sessil auf Aufwuchskörpern, die frei im Abwasser schweben oder in Schwebelage gehalten und/oder verwirbelt werden
Festbett	Tropfkörper, Rotationskörper	sessil

Beispiele für dezentrale Kläranlagen: Schwebebettanlagen

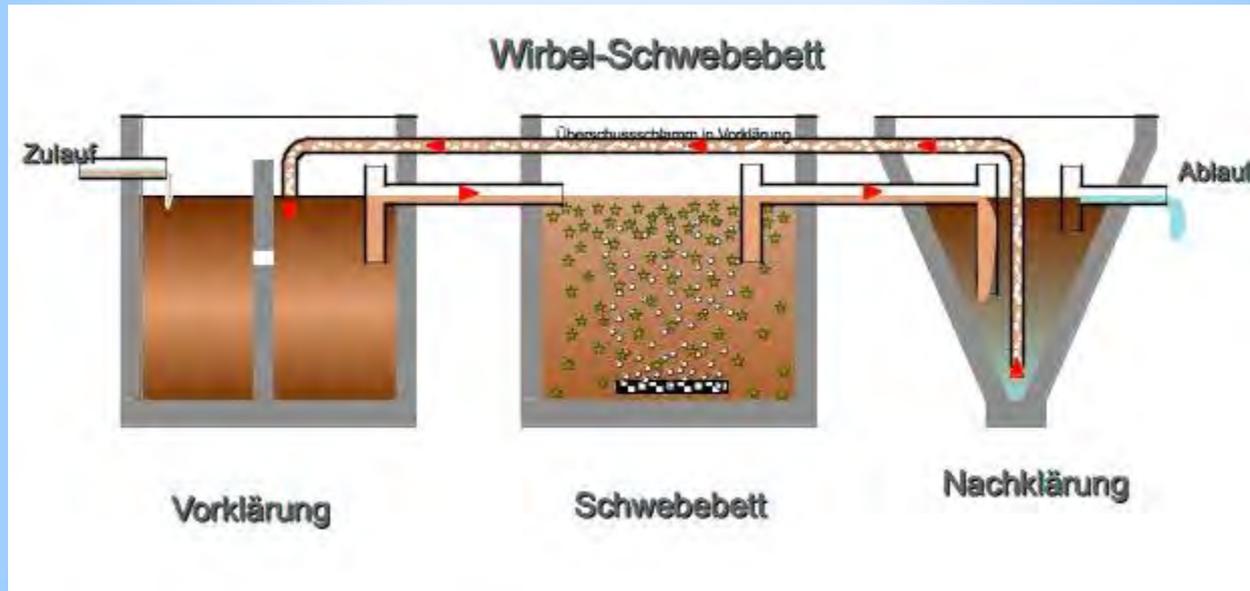


Wirbel-Schwebebett-
Biofilmverfahren-Kläranlage Typ
WSB clean, Fa. BERGMANN,
Penig

Trägermaterial „Kaldnes“



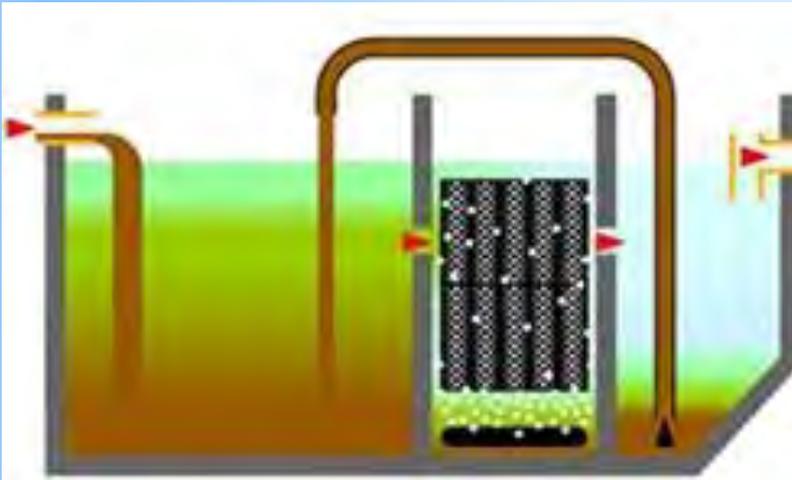
Beispiele für dezentrale Kläranlagen: Schwebebettanlagen



Wirbel-Schwebebett-Verfahren, Typ AQUAmax® der Fa. ATB

aus <http://www.kleinklaeranlagen-aquamax.de/fusszeile/kka-kaufen-und-betreiben/kleinklaeranlagen-wirbelbett.html>

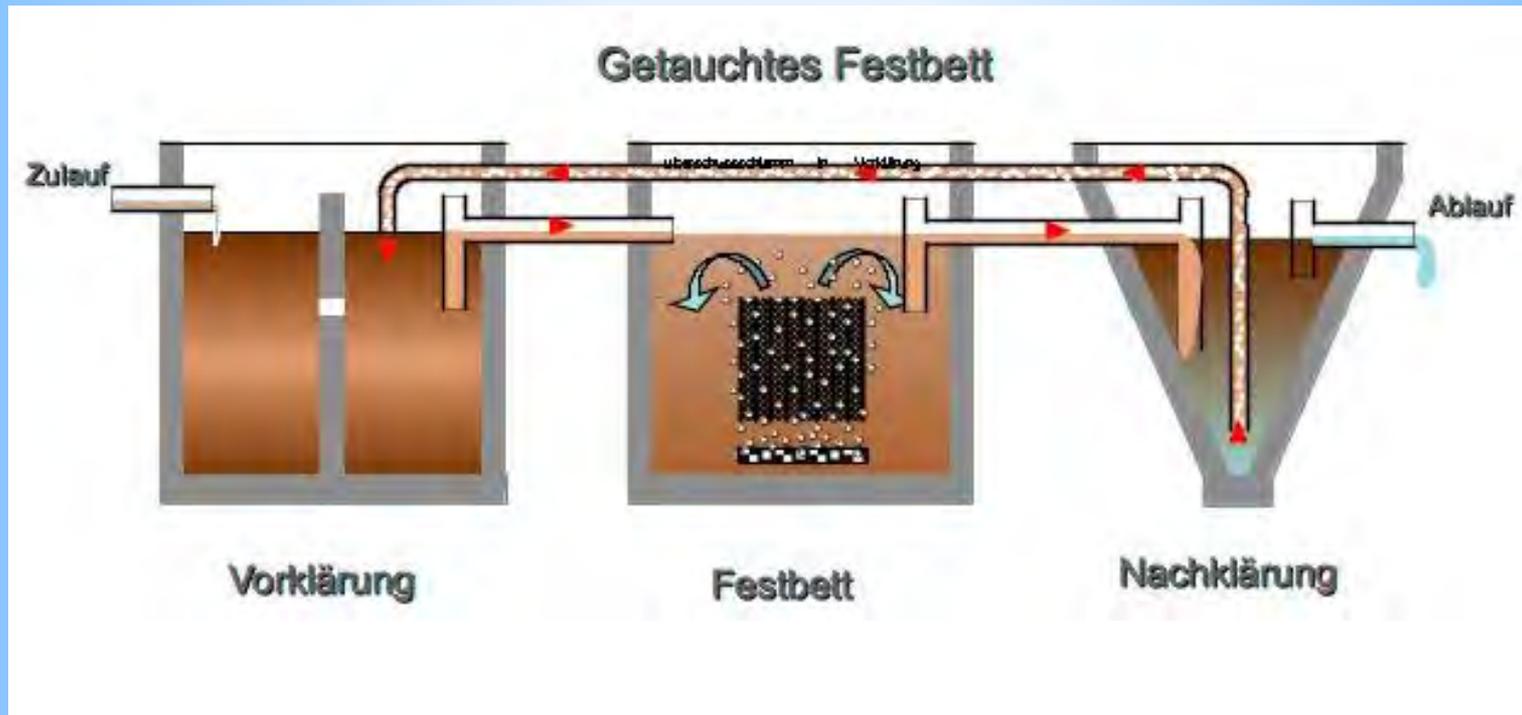
Beispiele für dezentrale Kläranlagen: Festbettanlagen



Festbettanlagen, Typ ClearFox®

aus <http://www.clearfox.info/de/abwasserreinigung/biologische-kleinklaeranlagen-hausklaeranlagen-klaeranlagen-festbett-funktion.php>

Beispiele für dezentrale Kläranlagen: Festbettanlagen



Festbettanlagen, Typ AQUAmax® der Fa. ATB

aus <http://www.kleinklaeranlagen-aquamax.de/fusszeile/kka-kaufen-und-betreiben/kleinklaeranlage-festbett.html>

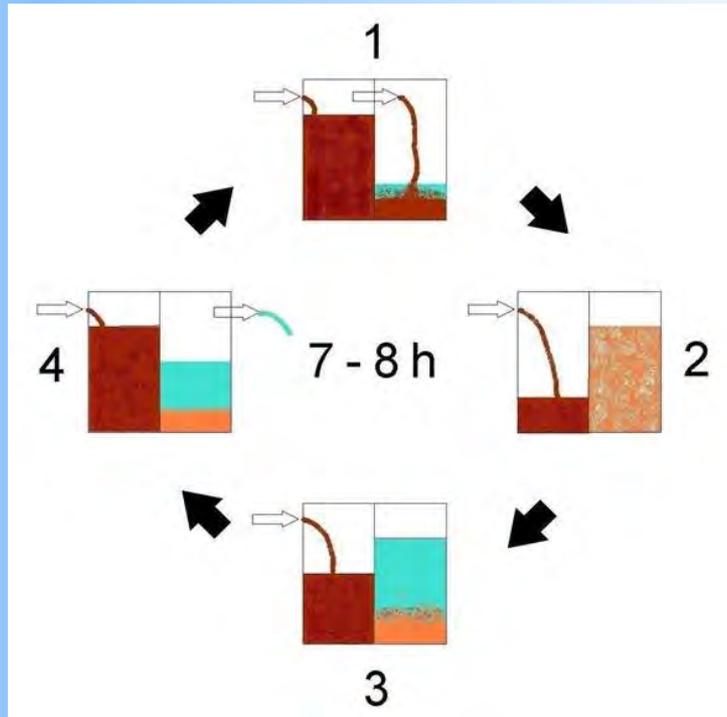
Beispiele für dezentrale Kläranlagen: SBR-Anlagen



SBR-Kleinkläranlage, Typ LKT-BIOair

aus http://www.lkt-luckau.de/de/produkte_service/kleinklaeranlagen-bis-50-einwohnerwerte/sbr_klaersysteme/lkt-bioair.html

Beispiele für dezentrale Kläranlagen: SBR-Anlagen

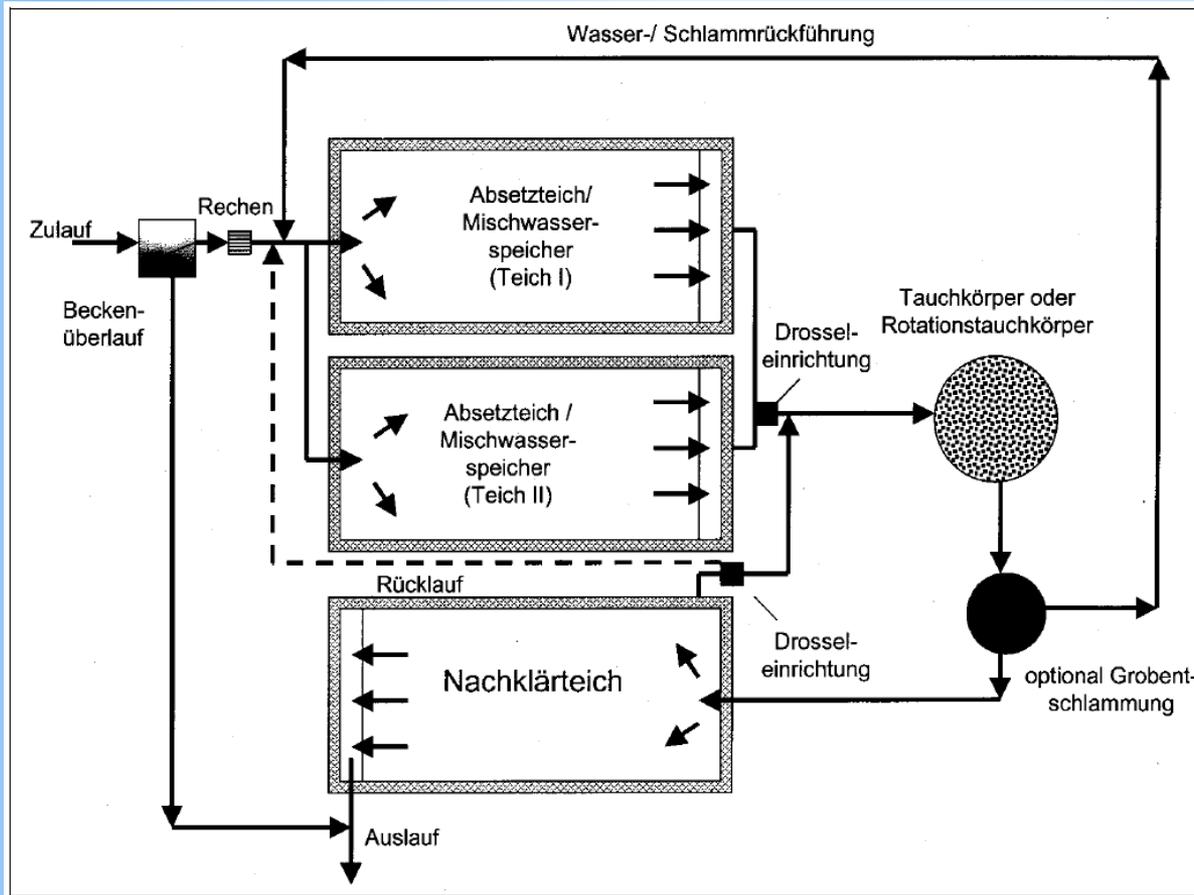


1. Beschickungsphase (Biologiereaktor)
2. Reinigungsphase
3. Absetzphase 60min.
4. Klarwasserabzugsphase

Aufeinanderfolge von Prozessphasen während eines Zyklus
der SBR-Anlage, Typ ClearFox®

aus <http://www.clearfox.info/de/abwasserreinigung/biologische-kleinklaeranlagen-hausklaeranlagen-klaeranlagen-sbr-funktion.php>

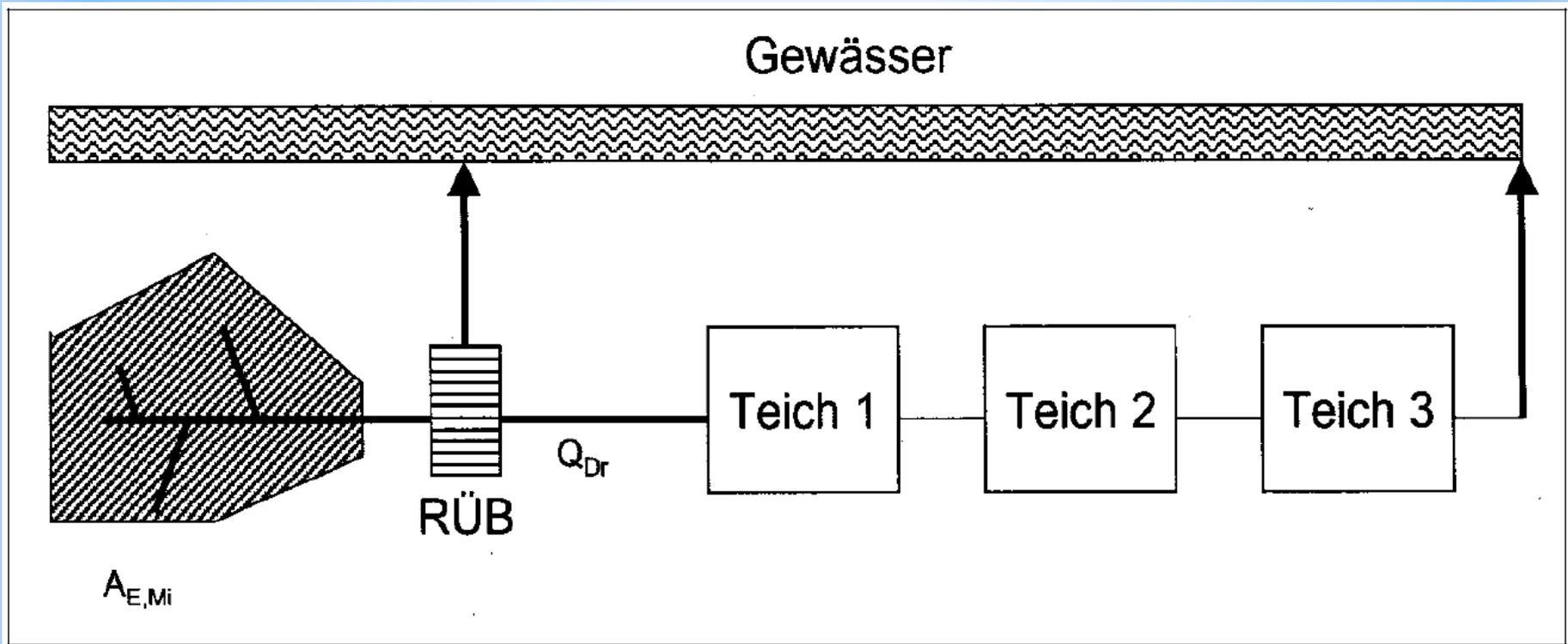
Beispiele für dezentrale Kläranlagen: Abwasserteichanlagen



Beispiel für Abwasserteiche in Kombination mit einem Tauch- oder Tropfkörper und integrierter Mischwasserbehandlung

aus DWA-A 201

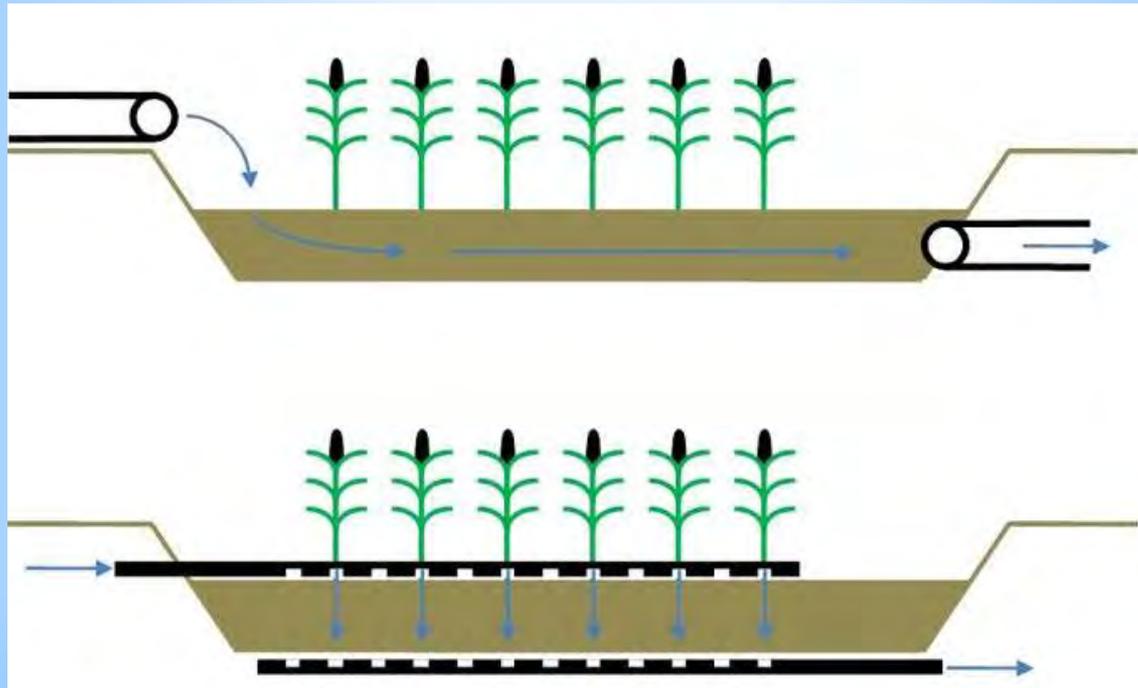
Beispiele für dezentrale Kläranlagen: Abwasserteichanlagen



Beispiel für Abwasserteiche mit Regenüberlaufbecken (RÜB)
Der Drosselablauf (Q_{Dr}) aus dem RÜB durchfließt sämtliche Teiche hintereinander.

aus DWA-A 201

Beispiele für dezentrale Kläranlagen: Bodenfilter



Horizontal und vertikal durchströmte Bodenfilter (Pflanzenkläranlage)

aus <http://de.wikipedia.org/wiki/Pflanzenkläranlage>

Beispiele für dezentrale Kläranlagen: Bodenfilter

Bepflanzte Bodenfilter (Bodenfilteranlagen / Pflanzenkläranlagen) werden grundsätzlich nur für den Kohlenstoffabbau ausgelegt, d. h. Nitrifikation ist zwar nicht unmöglich, findet aber nur in einem vernachlässigbaren Umfang statt.

„Für die Kohlenstoffelimination kann mit einem Eliminationsgrad für CSB von $\geq 85\%$ gerechnet werden.“

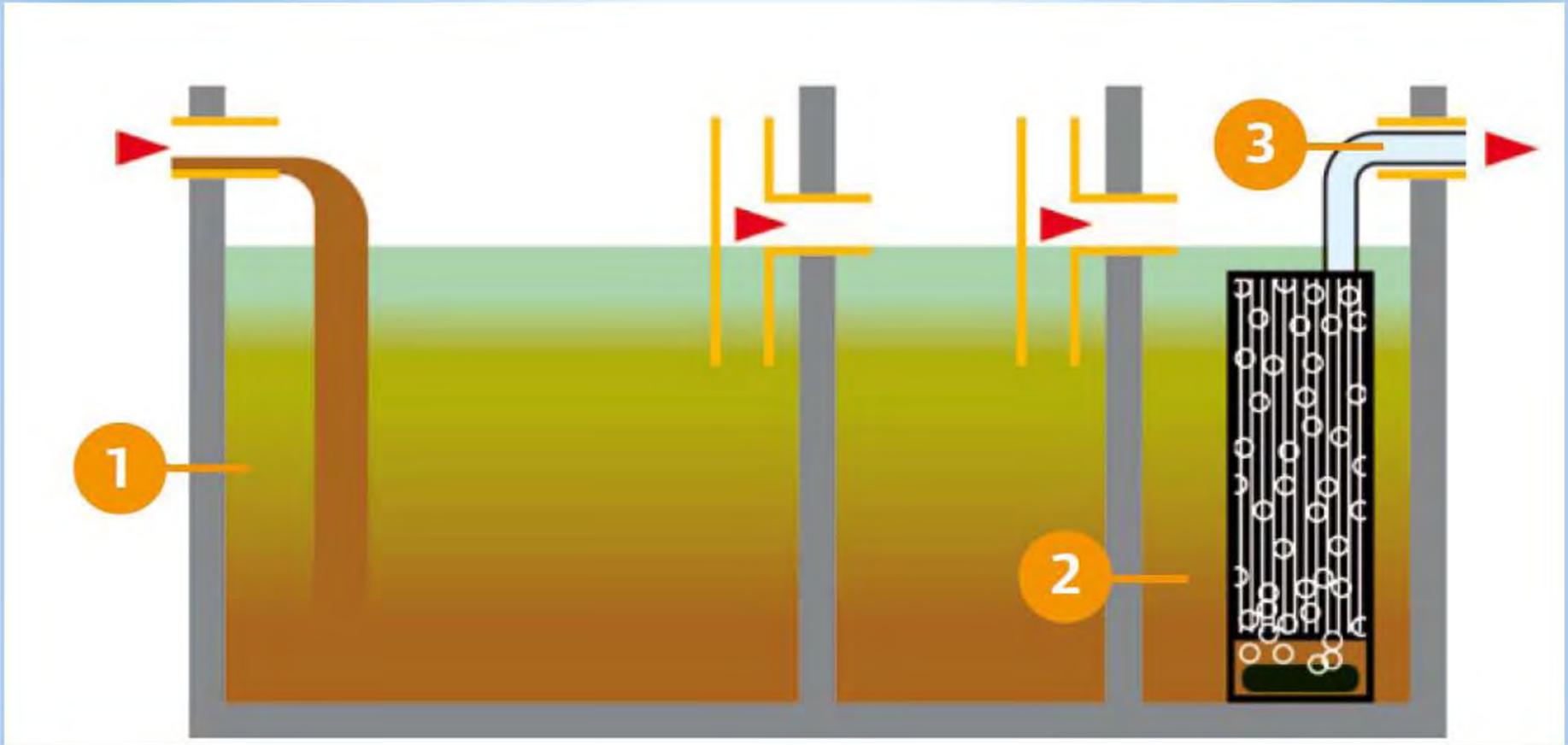
aus DWA-A 262

Gesamte Bodenfilteroberfläche A_F	$\geq 5 \text{ m}^2/\text{E}$
und Mindestoberfläche	$\geq 20 \text{ m}^2$
und CSB-Flächenbelastung	$\leq 16 \text{ g}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$
und hydraulische Flächenbelastung bei $Q_{T,d,aM}$	$\leq 40 \text{ mm}/\text{d}$
bzw.	$\leq 40 \text{ l}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$

Bemessungswerte für horizontal durchströmte bepflanzte Bodenfilter als
biologische Hauptstufe

aus DWA-A 262

Beispiele für dezentrale Kläranlagen: Membranbelebungsanlagen



Membranbelebungsanlage, Typ HUBER DeWaTec MembraneClearBox®

Beispiele für dezentrale Kläranlagen: Membranbelebungsanlagen



Membranbelebungsanlage,
Typ HUBER DeWaTec MembraneClearBox®

Hervorragende Ablaufwerte,
gemessen über 38 Wochen:*

- CSB: 23,7 mg/l
- BSB₅: 2,0 mg/l
- NH₄-N: 5,4 mg/l
- N_{ges,anorg.}: 24,2 mg/l
- AfS: 2,3 mg/l
- Faecal coliforme Keime
[≤ 100/100 ml]: 45,8

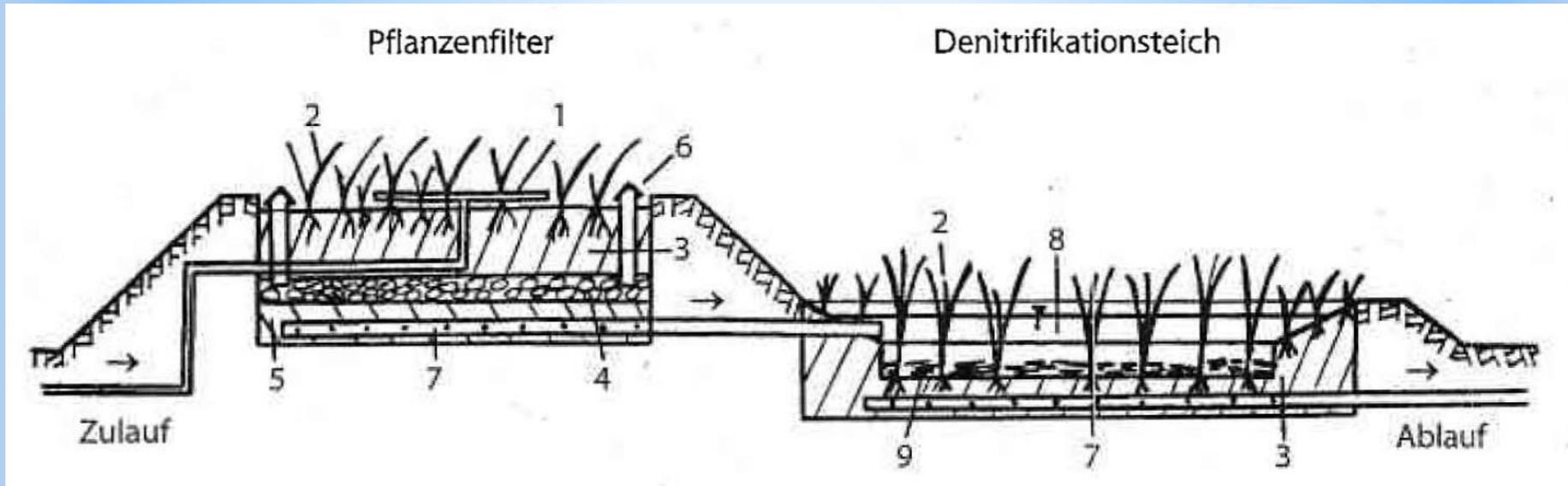
Nachteil (wie auch bei den
größtechnischen Membran-
belebungsanlagen):

sehr hoher Energiebedarf!

aus

http://www.huber.de/fileadmin/01_Produkte/06_Membranbelebung_MBR/03_HUBER_MembraneClearBox_Die_dezentrale_Loesung_bis_500_EW/Prospekte/Huber_Dewatec_MCB_de.pdf

Beispiele für dezentrale Kläranlagen: Pflanzenteichkläranlagen

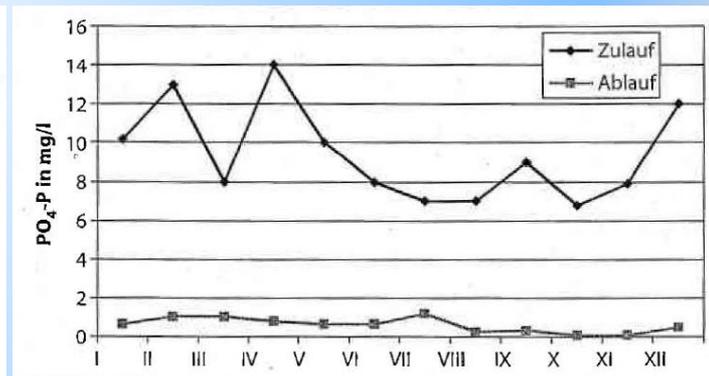
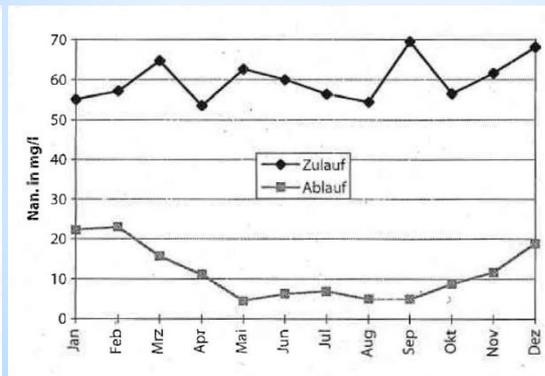
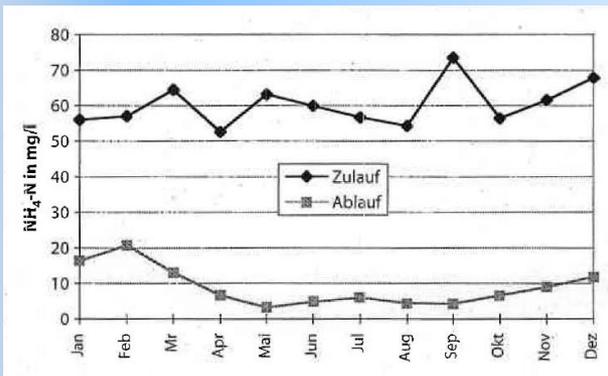


Schema einer Pflanzenteichkläranlage

1. Verteilungssystem, 2. Sumpfpflanzen, 3. Sandschicht, 4. Steinschicht, 5. Kiesschicht, 6. Belüftungsrohre, 7. Dränage, 8. Wasserkörperzone, 9. Pflanzenteile

aus HALICKI et al., 2003

Beispiele für dezentrale Kläranlagen: Pflanzenteichkläranlagen



Lange Zeit herrschte in der Wissenschaft und der Praxis die Meinung vor, dass nur zentrale und große Kläranlagen in der Lage sind, Abwasser weitgehend zu reinigen. Seit einigen Jahren wird immer deutlicher, dass auch kleine dezentrale Kläranlagen hohe Reinigungsleistungen gewährleisten können.

Die Ergebnisse und Erfahrungen mit Pflanzenteichkläranlagen in der Gemeinde Kamieniec in Polen beweisen, dass sowohl Nitrifikation als auch Denitrifikation und sogar eine Phosphateliminierung mit kleinen dezentralen Anlagen möglich sind (Anschlusswerte 4...30 E).

nach HALICKI et al., 2003

Kleinklärtechnologien im Vergleich

	Belebungsanlagen	Festbettanlagen, überstaut, belüftet	Membranbelebungsanlagen	SBR-Anlagen	Scheibentauchkörper	Schwebe-/Wirbelbettanlagen	Tropfkörperkläranlagen	Pflanzenkläranlagen
durchschnittliche Investitionskosten in EUR	6.500	6.400	7.600	5.100	6.500	5.300	6.900	7.100
Energieverbrauch lt. Hersteller in kWh / E * a	77 bis 260	44 bis 68	bis 180	100 bis 193	bis 80	32 bis 114	bis 70	bis 10
Energieverbrauch Praxis in kWh / E * a	170	90	151	116	109	98	54	9
Einhaltung Ablaufwerte (Wartung zweimal jährlich)	+	+	+	+	+	++	++	++
Wartungskosten p. a. in EUR	ca. 230	ca. 200	300	300	ca. 250	ca. 180	ca. 150	140
Platzbedarf in m ²	< 10	< 10	< 5	< 10	< 10	< 10	< 10	ca. 30
Instandhaltungskosten (Durchschnitt p. a. in EUR)	150	< 100	300	250	180	150	100	30
Bedienungsfreundlichkeit	genügend	gut	gut	genügend	gut	gut	gut	sehr gut
Behandlungssicherheit bei Unterlast und Frost	teilweise gesichert	gesichert	gesichert	teilweise gesichert	teilweise gesichert	gut	gut	sehr gut
Nachrüstätze für Einbau in Dreikammerausfallgruben	ja	nein	nein	ja	ja	ja	ja	ja
Gesamtbewertung	gut	gut	genügend	genügend	gut	sehr gut	gut	sehr gut

Testergebnisse von ZWA Kommunale Wasserver-/Abwasserentsorgung
 „Mittleres Erzgebirgsvorland“
 im Test: 8 Kleinklärtechnologien (2 sehr gut, 4 gut, 2 genügend)

aus http://www.aquatech-hamb.de/download/WSBclean_Prospekt.pdf

Zukünftige Herausforderungen der Betreiber kommunaler Abwasseranlagen

- Klimawandel (z. B. Starkniederschläge im Winter / Trockenwetter im Sommer)
- Bevölkerungsentwicklung (z. B. Rückgang der angeschlossenen Einwohner in bestimmten ländlichen Gebieten, Zunahme in einigen Großstädten wie Berlin)
- Höhere Anforderungen an die Reinigungsleistung (z. B. bessere Eliminierung von Arzneimittelwirkstoffen, Desinfektion der Klärwerksabläufe zwecks Einhaltung der Badewasserstandards usw.)
- Verbesserung der Energieeffizienz aller Anlagen (z. B. durch technologische Innovationen, effizientere Belüftungssysteme, Umstellung von Anlagen mit aerober Schlammstabilisierung auf Schlammfäulung mit Biogasgewinnung)
- Verminderung von Anzahl und Volumenstrom der Mischwasserentlastungen
- Verstärkter Einsatz intelligenter Steuerungs- und Regeltechnik einschließlich Online-Messtechnik
- Verstärkung der dezentralen Regenwasserbewirtschaftung
- Service für Betreiber dezentraler Abwasserbehandlungsanlagen

Gewässerschutz

Aktiver (vorsorgender) Gewässerschutz in der Landwirtschaft

Gewässerschutz durch Gute landwirtschaftliche Praxis

Grundsätzlich wird als „Gute landwirtschaftliche Praxis“ das von den Landwirten bei ihrer Landnutzung einzuhaltende ökologische und sicherheitstechnische Schutzniveau bezeichnet.

Die „Gute landwirtschaftliche Praxis“ beinhaltet den Integrierten Pflanzenbau (IPB) und den Integrierten Pflanzenschutz (IPS). Die wichtigsten Grundsätze der „Guten landwirtschaftlichen Praxis“ sind:

- Standortangepasste Bewirtschaftung
- Schutz von Biotopen
- Erhaltung und Vermehrung der zur Vernetzung von Biotopen erforderlichen Landschaftselemente (Erhaltung von Saumstrukturen wie Hecken und Feldraine und Trittsteinbiotopen)
- Ausgewogene Tierhaltung
- Schutz des Grünlandes
- Erhalt der natürlichen Ausstattung der Nutzfläche
- Schlagspezifische Dokumentation über den Einsatz von Dünge- und Pflanzenschutzmitteln

Gewässerschutz durch Gute landwirtschaftliche Praxis

Verringerung des Nährstoffabtrags (Erosion) durch veränderte Landnutzung

- Flur- und Schlageinteilung
- Anbauplanung und Fruchtfolgegestaltung
- Eingliederung von Zwischenfrüchten
- Reduzierung, Begrenzung und Regelung der organischen Düngung
- Reduzierung, Begrenzung und Regelung der mineralischen Düngung
- Schonende Bodenbearbeitung
- Reduzierung, Begrenzung und Regelung des Einsatzes von Pflanzenschutzmitteln
- Sparsamer Einsatz von Beregnungsanlagen
- Minimierung von Entwässerungen

Gewässerschutz in der Landwirtschaft



Stichwort Bodenerosion:

Charakteristika flächen- und linienhafter Bodenerosion

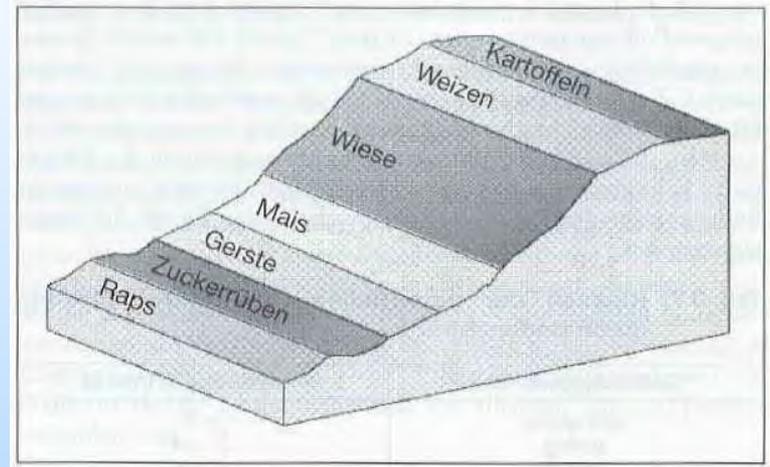
Kriterium	Flächenhafte Bodenerosion	Linienhafte Bodenerosion
Merkmale	<ul style="list-style-type: none"> • gleichmäßiger Oberflächenabfluß, über die gesamte Fläche verteilt • Verschlämmung der Bodenoberfläche • parallele Fließwege in den Fahr- bzw. Saatspuren; maximale Einschneidtiefe 10 cm, ansonsten linienhafte Bodenerosion • bevorzugte Umlagerung von Feinmaterial (Humus, Ton, Schluff und Feinstsand) 	<ul style="list-style-type: none"> • linienhafter Oberflächenabfluß, auf wenige Abflußbahnen konzentriert • vernetzte Abflußrinnen bis mehrere hundert Meter Länge; überwiegend in den Leitlinien für den Oberflächenabfluß (Hangmulden, Tiefenlinien, Ackerrandfurchen) • undifferenzierter Abtrag aller Bodenbestandteile
Abtragsbeitrag	<ul style="list-style-type: none"> • klein bis sehr groß 	<ul style="list-style-type: none"> • bezogen auf den gesamten Schlag klein bis groß, im Abtragsbereich jedoch sehr groß
Ablagerung	<ul style="list-style-type: none"> • auf dem betroffenen Schlag selbst, vor allem am Hangfuß, selten außerhalb des Schlags 	<ul style="list-style-type: none"> • am Hangfuß, jedoch auch häufig außerhalb des Schlags
Schäden	<ul style="list-style-type: none"> • Verlust der Bodenfruchtbarkeit • Auflaufschäden durch Verschlämmungen und Ablagerungen; unterschiedliche Abreifung durch höhere Standortheterogenität • Verlust von Agrochemikalien und dadurch Belastungen der Gewässer 	<ul style="list-style-type: none"> • Bewirtschaftungs- und Ernteerschwerisse • Schäden auf Nachbarschlägen, Wegen und sonstigen betroffenen Flächen durch Ablagerungen • Belastungen der Gewässer

aus FREDE & DABBERT, 1998

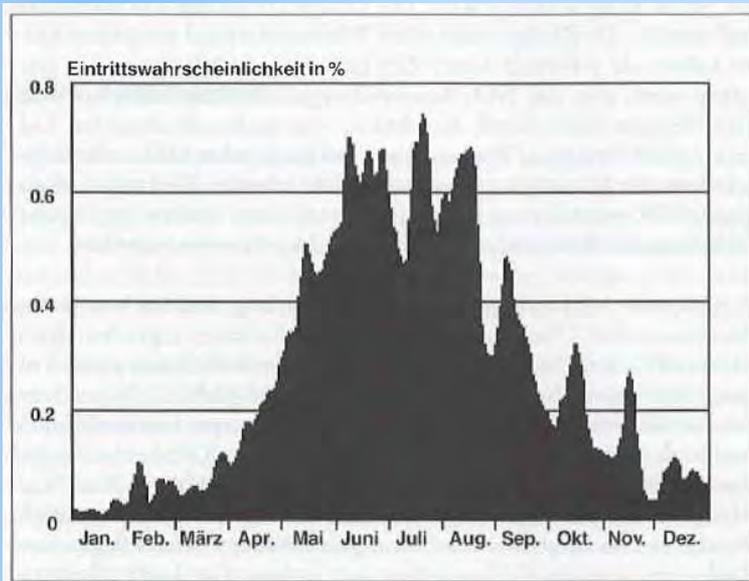
Gewässerschutz in der Landwirtschaft

Stichwort Bodenerosion:

Bodenerosion kann verringert werden durch Streifennutzung mit abwechselnd erosionsanfälligen und weniger -anfälligen Kulturen



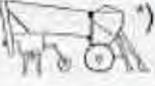
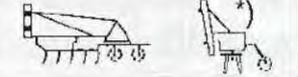
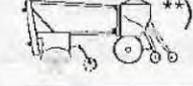
aus FREDE & DABBERT, 1998



Jahresverteilung der Eintrittswahrscheinlichkeit von erosiven Niederschlägen in % aller erosiven Niederschläge eines Jahres in Bayern

aus FREDE & DABBERT, 1998

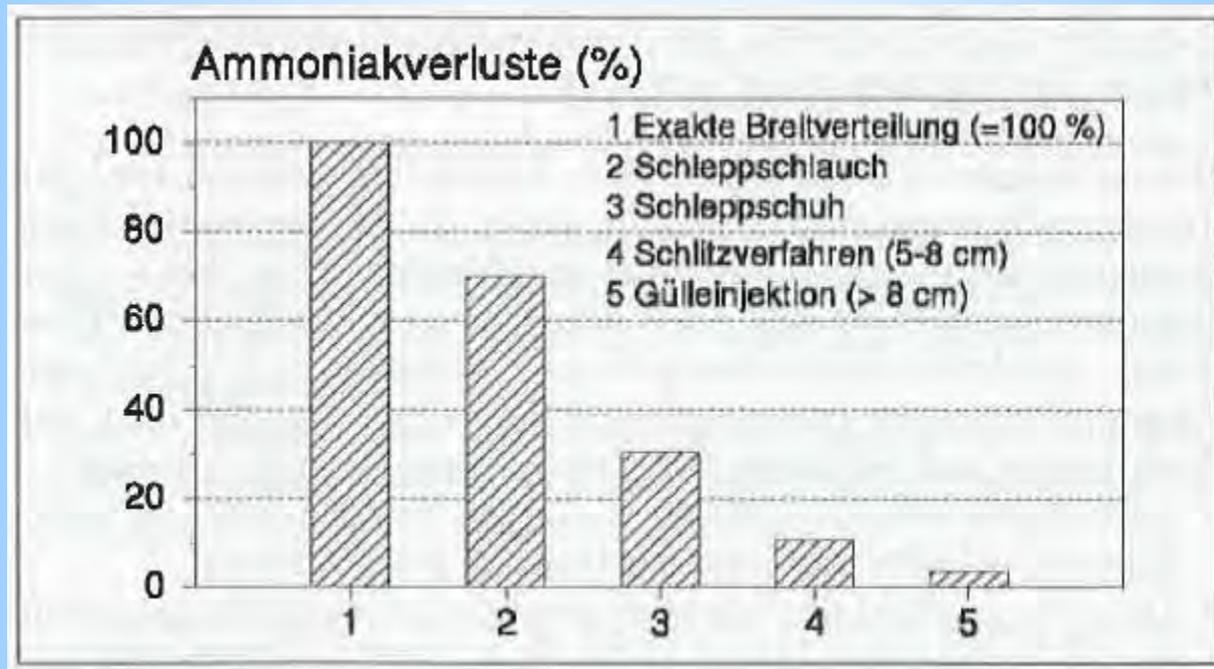
Gewässerschutz in der Landwirtschaft

Bodenbearbeitungs- system	Arbeitsabschnitte			Ablauf der Arbeitsgänge
	Grundboden- bearbeitung	Saatbettbereitung	Saat	
Konventionelle Bodenbearbeitung mit Pflug				getrennt
			 Bodenfräse oder Rotoregge	reduziert Saatbettbereitung u. Saat zusammengefaßt
				alle Arbeitsgänge zusammengefaßt
Konservierende Bodenbearbeitung ohne Pflug				getrennt
			 Bodenfräse oder Zw-Egge	reduziert Saatbettbereitung u. Saat zusammengefaßt
				alle Arbeitsgänge zusammengefaßt
ohne Grubber	—			ohne Grundbodenbearbeitung, Saatbettbereitung u. Saat zusammengefaßt
Ohne Bodenbearbeitung Direktsaat	—	—		Anlegen von Säschlitzen

Auch die Art der Bodenbearbeitung beeinflusst die Erosion!

aus FREDE & DABBERT, 1998

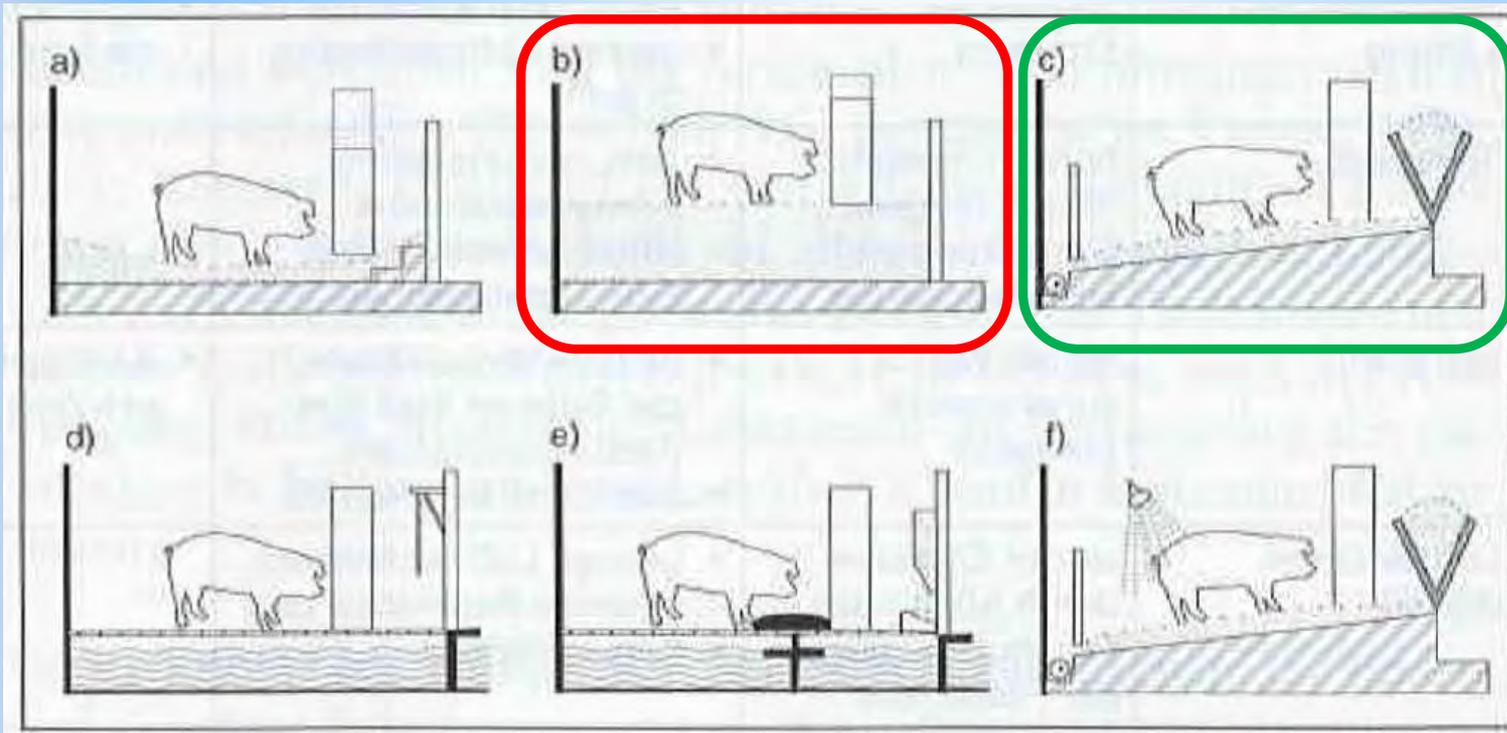
Gewässerschutz in der Landwirtschaft



Ammoniakverluste (in Prozent des Ammoniumgehaltes)
bei verschiedenen Techniken zur Gülleausbringung

aus FREDE & DABBERT, 1998

Gewässerschutz in der Landwirtschaft



Schematischer Überblick über verschiedene Haltungsverfahren von Mastschweinen

aus FREDE & DABBERT, 1998

Bei der Haltung von Mastschweinen schneidet das Komposthaltungsverfahren b) hinsichtlich der Emission klimarelevanter Gase am schlechtesten ab. Güllesysteme liegen in der Mitte, und Schrägmistverfahren c) schneiden hinsichtlich der Schadgasemissionen und der artgerechten Tierhaltung am besten ab.

Gewässerschutz in der Landwirtschaft

Inhaltsstoff	kg/m ³ Sickersaft
Gesamtstickstoff	1,0 - 2,0
NH ₃ -Stickstoff	0,1 - 0,4
Gesamtphosphor	0,5 - 1,5
Kalium	3,5 - 6,0
Chlorid	3,7 - 7,0

Inhaltsstoffe von Silosickersäften und deren Gehalte

aus FREDE & DABBERT, 1998

Gewässerschutz in der Landwirtschaft



Stickstoff- und Phosphorbilanz eines Mastschweins

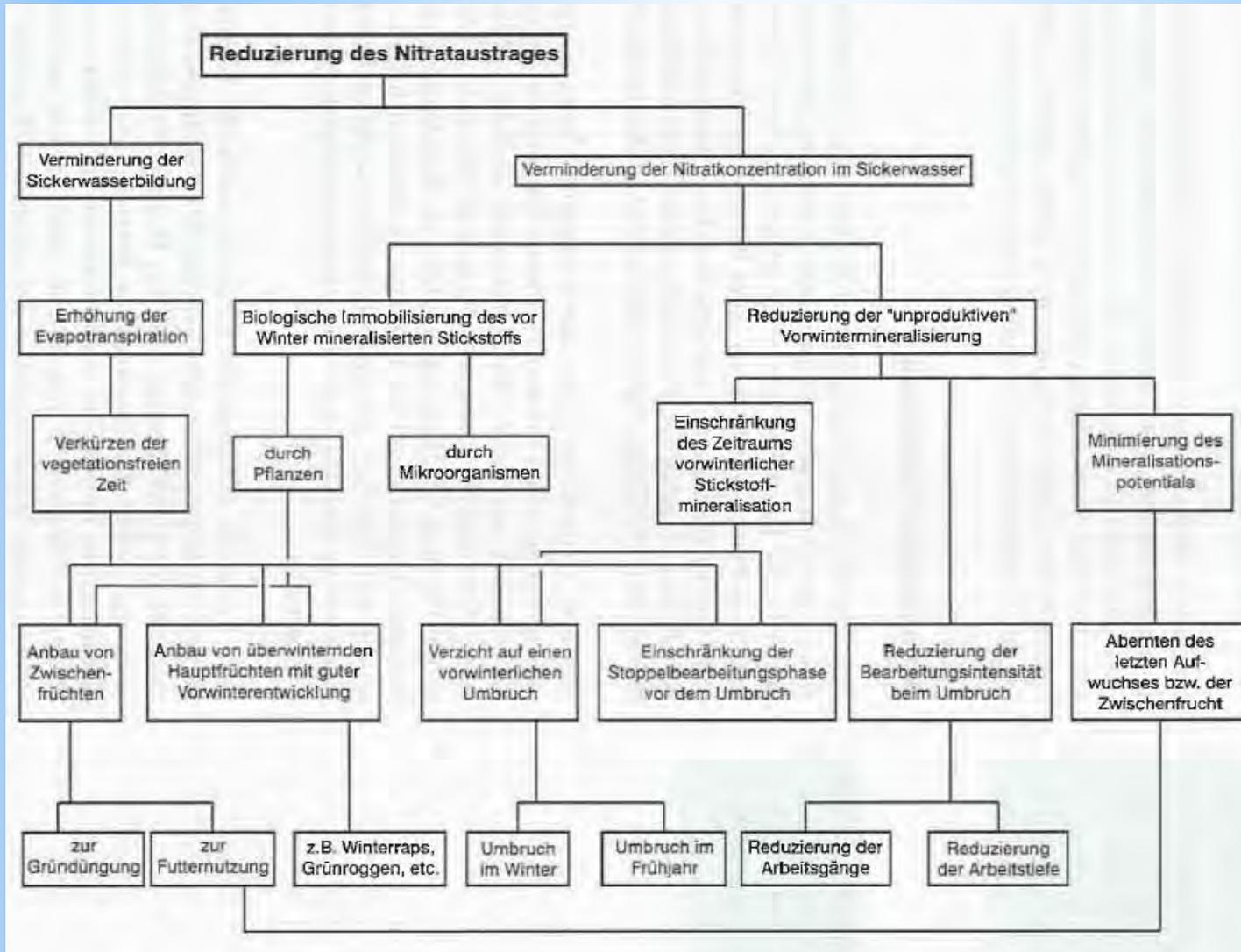
Anmerkungen:

A: Praxisverhältnisse (268 kg Futter mit 18,5 % Rohprotein und 0,65 % Phosphor).

B: nach Versorgungsempfehlungen in den einzelnen Mastabschnitten

aus FREDE & DABBERT, 1998

Gewässerschutz in der Landwirtschaft



Acker- und pflanzenbau-liche Möglichkeiten zur Minde- rung des Nitrat- austrags

aus FREDE & DABBERT, 1998

Gewässerschutz in der Landwirtschaft

Verfahrensvergleich für die Produktion von 300 dt Äpfeln im Integrierten und im ökologischen Obstbau

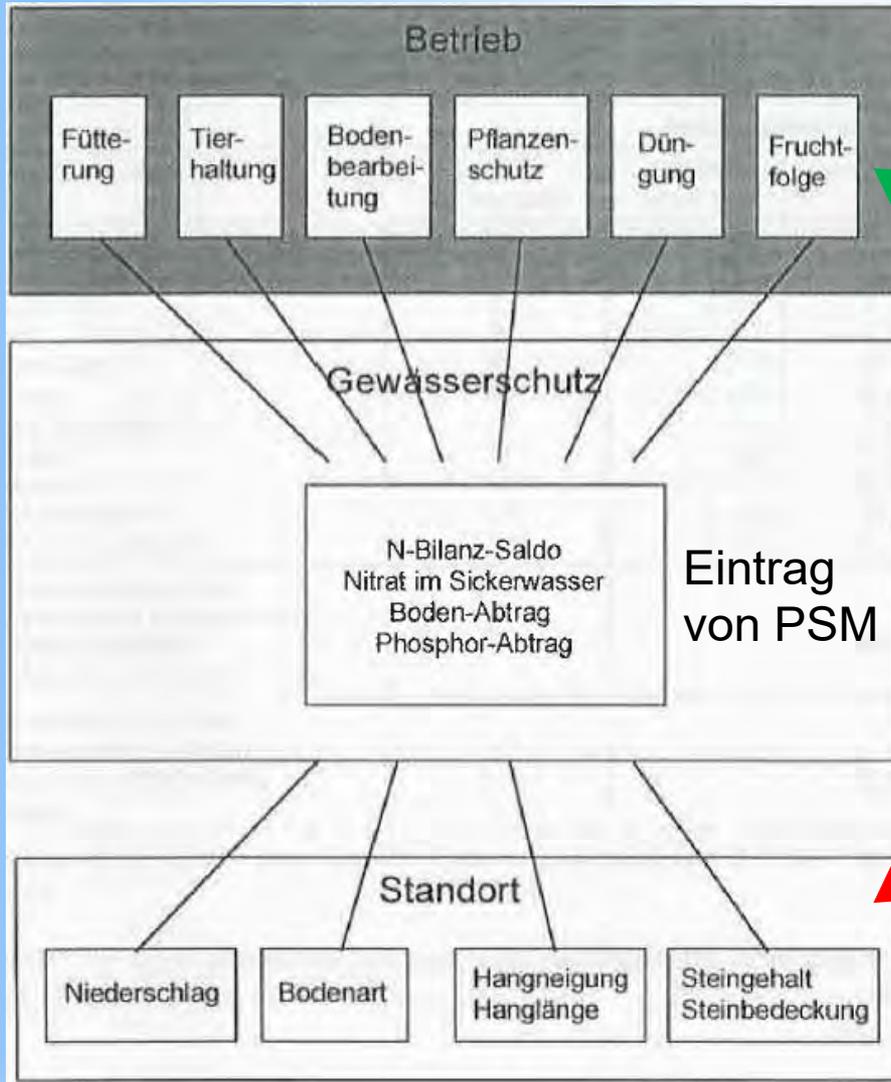
	Integrierte Produktion	ökologische Produktion mit größtmöglicher Gewässerschonung
Landbedarf	1,0 ha	2,0 ha
Hektarertrag	300 dt/ha	150 dt/ha
AKh-Bedarf	600 Akh	900 Akh
Artenvielfalt	hoch	sehr hoch
Aufwand an Stickstoffdünger	30 – 40 kg, mineralisch	20 – 30 kg, organisch
Pflanzenschutz-behandlungen		
- Läuse	2x	5x
- Schorf	6x	10x
- Mehltau	4x	3x
- Stärkungsmittel	–	5x
- Herbizide	1 – 2x	–
Äußere Produktqualität	gut	schlechter
Nährstoffverluste		
- Stickstoffverlagerung	gering	gering
- Stickstoff in die Luft	gering	gering
- Grundwasserschonung	hoch	hoch
Positive Wirkungen		
- Gesundheitswert	gut	gut – besser
- Sortiment/Vielfalt	groß	groß
- Zeitliche Verfügbarkeit	Juli – Mai	Juli – März
Negative Wirkungen		
- Nitrat in den Äpfeln	unbedeutend	unbedeutend
- Pflanzenschutzmittelrückstände	gering	geringer
Ökonomische Konsequenzen		
- Managementaufwand (Akh/ha)	Standard	höher
- Alternanzanfälligkeit	mittel – gering	hoch
- Lagerverluste	gering	höher
- Anforderungen an den Betriebsleiter	hoch	höher
- Sortierung der Äpfel	gleichmäßig	kleiner
- Risiko der Erzeugung	Standard	deutlich größer
- mittlerer Erlös	0,80 DM/kg	höher

Ökologische Landwirtschaft ist auch aus der Sicht des Gewässerschutzes die beste Lösung, hat aber leider auch einige Nachteile...

Alternanz =
Ertragsschwankung

aus FREDE & DABBERT, 1998

Gewässerschutz in der Landwirtschaft



**Handlungsmöglichkeiten
aus der Sicht des Bauern**

Diese Punkte sind vom Bauern beeinflussbar

Standortverhältnisse sind gegeben, d. h. vom Bauern nicht beeinflussbar

aus FREDE & DABBERT, 1998, leicht verändert

Literaturverzeichnis

DESTATIS & BDEW, 2014	Abwasserdaten Deutschland - Strukturdaten und Entgelte der Abwasserentsorgung Statistisches Bundesamt / BDEW Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e. V., August 2014 https://bdew.de/internet.nsf/res/24E1AC9E7D9A4044C1257D6C0053BC17/\$file/362_BDEW-Broschuere_Abwasserdaten_AUG_2014.pdf
DWA-A 118	Arbeitsblatt DWA-A 118 Hydraulische Bemessung und Nachweis von Entwässerungssystemen DWA Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V., Hennef, März 2006
DWA-A 201	Arbeitsblatt DWA-A 201 Grundsätze für Bemessung, Bau und Betrieb von Abwasserteichanlagen DWA Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V., Hennef, August 2005
DWA-A 262	Arbeitsblatt DWA-A 262 Grundsätze für Bemessung, Bau und Betrieb von Pflanzenkläranlagen mit bepflanzten Bodenfiltern zur biologischen Reinigung kommunalen Abwassers DWA Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V., Hennef, März 2006
DWA-M 178	Merkblatt DWA-M 178 Empfehlungen für Planung, Bau und Betrieb von Retentionsbodenfiltern zur weitergehenden Regenwasserbehandlung im Misch- und Trennsystem DWA Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V., Hennef, Oktober 2005
ENGEL, 2007	Engel, N. Überstau- und Überflutungssicherheit von Entwässerungssystemen Vortrag auf dem Seminar "Generalentwässerungsplanung" TAH, Würzburg, 12. - 13.06.2007
HALICKI et al., 2003	Halicki, W.; Jedrzejowska, S.; Warezak, T. Einsatz naturnaher Pflanzenteichkläranlagen im ländlichen Raum zur Verwirklichung einer nachhaltigen Wasserwirtschaft Teil I: Ausgangssituation Teil II: Reinigungsleistung der eingesetzten Pflanzenteichkläranlagen gwf Wasser Abwasser 144. Jahrgang (2003) Nr. 10, S. 666-669 gwf Wasser Abwasser 144. Jahrgang (2003) Nr. 11, S. 744-748
LÜDICKE et al., 2009	Carsten Lüdicke; Regina Gnirss; Johan Stüber; Boris Lesjean Kleinkläranlagen mit Membrantechnik wwt Wasserwirtschaft Wassertechnik Heft 9/2009, S. 43-46
SIEKER, 2013	Sieker, F. Regenwasserbewirtschaftung in Deutschland – Bestandsaufnahme und Ausblick gwf-Wasser I Abwasser Heft April 2013, S. 474-484
STERGER, 1996	Sterger, O. Gewässerschutz in der DDR, Stand 1989 Vortrag im Umweltbundesamt, Berlin
WEBER & KLINGHOLZ, 2009	Weber, A.; Klingholz, R. Demographischer Wandel. Ein Politikvorschlag unter besonderer Berücksichtigung der Neuen Länder. Berlin-Institut für Bevölkerung und Entwicklung, Berlin, 2009

Gewässerschutz

#12 Gewässersanierung I Rehabilitation stehender Gewässer

Seenrehabilitation – warum?

„Natürliche Verlandung, Kontamination mit Schadstoffen, insbesondere aber die anthropogene Eutrophierung können einen See degradieren, die Stabilität seines Ökosystems gefährden.“

aus [BUSCH, UHLMANN & WEISE, 1983](#)

„Bei den Gewässergütefragen stehender Gewässer spielt das Eutrophierungsproblem die größte Rolle. Gemeint ist dabei die Belastung mit Pflanzennährstoffen - insbesondere Phosphor- und Stickstoffverbindungen -, wobei dem Phosphor aus verschiedenen Gründen die Initialfunktion der Eutrophierung zukommt.“

aus [BESCH et al., 1992](#)

Seenrehabilitation – warum?

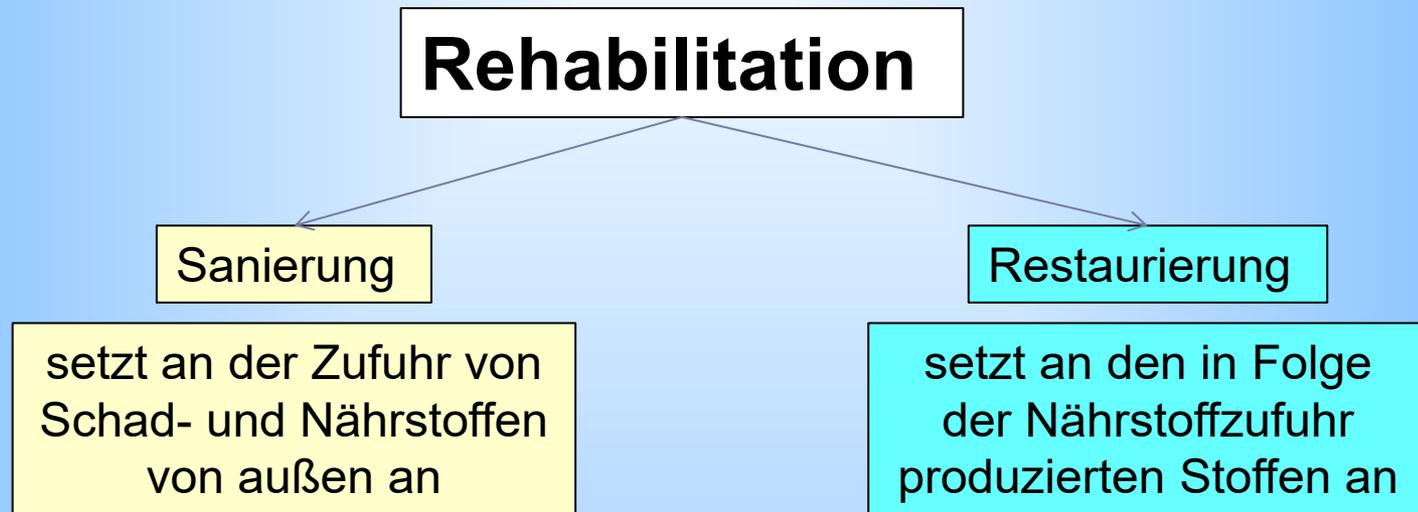
Primäre Belastung: unmittelbare Zufuhr von Schad- und Nährstoffen von außen, z. B. organische Stoffe in Abwassereinleitungen, bakterielle Verunreinigungen, die Zufuhr distinkter Schadstoffe, wie Kohlenwasserstoffe, Schwermetalle u. a.

Sekundäre Belastung: autochthon gebildete schädigende Stoffe, d. h. die in der Folge der Nährstoffzufuhr produzierten organischen Stoffe.

Jedwede umfassende Wiederherstellung von Seen muss im hydrologischen Einzugsgebiet ansetzen. *„Will man verstehen, was in einem See vorgeht, so wende man dem See den Rücken zu und mache sich ein Bild vom Einzugsgebiet.“*

aus [DOKULIL et. al., 2001](#)

Seenrehabilitation – was ist das?



Unter **Rehabilitation** hat man alle jene Maßnahmen und Methoden zu verstehen, die zu einer vollständigen oder zumindest weitgehenden Wiederherstellung des ursprünglichen Zustands des Gewässers führen. Diese Maßnahmen müssen die Art der Belastung berücksichtigen. Jene Methoden und Verfahren, die auf eine Minimierung bzw. Beseitigung primärer Quellen abzielen, werden unter dem Begriff **Sanierung** zusammengefasst. Techniken, die sekundäre Belastungen beseitigen oder verringern, werden als **Restaurierung** definiert.

aus [DOKULIL et. al., 2001](#)

Seensanierung vs. -restaurierung

Seenrestaurierung (= Seentherapie) ist der technische, chemische oder biologische Eingriff im See selber mit dem Ziel, den inneren Nährstoffkreislauf zu dämpfen und die Eutrophierungserscheinungen zu bekämpfen sowie letztendlich die Eutrophierung zu mindern. **Seesanieung** beinhaltet demgegenüber die Sanierung externer Nährstoffquellen, insbesondere die ordnungsgemäße Abwasserbeseitigung im See-Einzugsgebiet.

aus [BESCH et al., 1992](#)

Ökotechnische Eingriffe in den Stoffhaushalt eines Sees (= **Seenrestaurierung**) sollten erst dann vorgenommen werden, wenn alle Möglichkeiten des meist billigeren prophylaktischen Schutzes (= **Seesanieung**) ausgeschöpft sind. „Jedes Gewässer reagiert bei korrektiven Eingriffen in seine hydrographische, chemisch-physikalische und biotische Struktur spezifisch, und unbeabsichtigte Nebenwirkungen sind als Risikofaktoren vorher einzuschätzen bzw. möglichst zu vermeiden.“

aus [BUSCH, UHLMANN & WEISE, 1983](#)

Seenrehabilitation – warum?

oligotrophe - mesotrophe - eutrophe – polytrophe (hypertrophe) Seen

Extreme:

- **oligotroph**: nährstoffarme, im allgemeinen tiefe, pflanzen- und tierarme Seen

Übergang fließend

- **polytroph (hypertroph)**: nährstoffübersättigte Seen.



Ertragskurve für Biomasse
in Abhängigkeit vom
Nährstoffangebot

aus [BESCH et al., 1992](#)

Seenrehabilitation – warum?

Auswirkungen der Eutrophierung auf Seen und Talsperren

- a) Zunahme der Primärproduktion bzw. Algenbiomasse insgesamt.
- b) Verschiebung der Artenzusammensetzung, z. B. in Richtung auf wasserblütenbildende Blaualgen, kleine Planktonformen, die massenhaft auftreten und z. B. die Trinkwasseraufbereitung empfindlich stören.
- c) Zunahme der Keimzahlen.
- d) Intensivierung des Stoffumsatzes im Gewässer und damit rasche Veränderung der Wasserbeschaffenheit.
- e) Freisetzung organischer nieder- und hochmolekularer Verbindungen als Stoffwechsel- und Abbauprodukte des Planktons, die z. T. durch mikrobielle Umsetzungen in biologisch schwer abbaubare Formen überführt werden (Huminstoffe). Diese Substanzen stören, auch in sehr geringen Konzentrationen, empfindlich den Flockungsprozess der Trinkwasseraufbereitung. Außerdem reagieren verschiedene dieser Substanzen mit zugesetztem Chlor und schaffen damit als sogenannte »precursor« die Voraussetzung zur Bildung von Trihalogenmethanen (Chloroform).

aus [BESCH et al., 1992](#)

Seenrehabilitation – warum?

Auswirkungen der Eutrophierung auf Seen und Talsperren

- f) Verminderung der Sichttiefe und andere Beeinträchtigungen der ästhetischen Eigenschaften der Gewässer (Bade- und Erholungszwecke)
- g) Störungen des Sauerstoffhaushaltes, z. B. mit hohen Übersättigungen im Oberflächenwasser (Epilimnion), in dem sich die Hauptmasse der Algen aufhält sowie Sauerstoffdefiziten bis hin zu völligem Sauerstoffmangel im Tiefenwasser (Hypolimnion), da im Tiefenwasser der Abbau der produzierten Biomasse vor sich geht und in einem geschichteten See hier keine Sauerstoffnachlieferung erfolgt.
- h) Ausbildung eines reduzierend wirkenden Milieus am Gewässergrund, das zur Rücklösung von zweiwertigen Eisen- und Manganionen aus dem Sediment sowie zur Reduktion von Nitrat-Ionen zu Stickstoff, gegebenenfalls auch zu Ammonium-Ionen und von Sulfat-Ionen zu Sulfid-Ionen bzw. zu Schwefelwasserstoff führt. Erhöhte Konzentrationen dieser Ionen im Wasser erfordern bei der Wasseraufbereitung zusätzliche Aufbereitungsschritte, die mitunter einen erheblichen technischen Aufwand verlangen.

aus [BESCH et al., 1992](#)

Seenrehabilitation – warum?

Auswirkungen der Eutrophierung auf Seen und Talsperren

- i) Einengung des Lebensraumes für Wasserorganismen, insbesondere für Fische. Verödung bis Absterben der Bodentierwelt. Schädigung der Fischerei durch Veränderung des Fischbestandes zuungunsten der Edelfische, Vernichtung des Fischlaiches bei Tiefenwasserlaichern (z. B. Bodensee-Felchen).
- j) Rückgang des für die Lebensgemeinschaft im See äußerst wichtigen Röhrichts. Der Rückgang des Röhrichts erfolgt einmal über eine direkte Schädigung der Pflanzen durch hohe Phosphatkonzentrationen, zum anderen durch die aufschwimmenden Algenwatten, die sich an die Halme des Röhrichts hängen und Nährstoffe und Licht fortnehmen. Durch den Wellenschlag brechen die beschwerten Halme ab und ertrinken.
- k) Mit dem Rückgang des Röhrichts ist zumeist auch der Rückgang (Abwanderung) verschiedener Vogelarten verbunden.

aus [BESCH et al., 1992](#)

Seenrehabilitation – warum?



Rohrdommel

Seensanierung - Grundsätze

Nach der Abschätzung des natürlichen und anthropogen bedingten Nährstoffeintrags aus dem Einzugsgebiet und dessen modellhafter Beschreibung müssen zunächst die externen Belastungsquellen soweit als möglich verringert werden, wobei zweckmäßigerweise zwischen punktförmigen und diffusen Quellen unterschieden wird.

Schad- und Nährstoffinput aus punktförmigen Quellen wird am wirkungsvollsten abgestellt über sogenannte **Ringkanalisationen**, welche alle Abwässer seenaher Siedlungsgebiete und einen Großteil jener des Hinterlands erfassen und ableiten (Beispiel: Bodensee).

Überwiegen diffuse Quellen im Einzugsgebiet, so ist eine Verminderung der Belastungen sehr viel schwieriger durchzuführen. Als wichtigstes Instrument gilt hier die Verringerung des Nährstoffabtrags (Erosion) durch veränderte Landnutzung.

aus [DOKULIL et. al., 2001](#)

Seensanierung - Grundsätze

Weitere Möglichkeiten sind die Brachlegung von Kulturflächen, die Anlage von Schutz- und Pufferzonen sowie die Ausweisung von Naturschutzgebieten. In jedem Fall spielen die Strukturierung, die Flächennutzung und die Hangneigungen des Einzugsgebiets eine wesentliche Rolle.

In manchen Bereichen bietet sich die Behandlung des Zulaufs zum Gewässer an. So haben sich bei Trinkwassertalsperren in einigen Fällen sogenannte **Vorsperren** bewährt. Trotz des im Vergleich zur chemischen Fällung niedrigen Wirkungsgrads, lassen sich hier bei einer Verweilzeit von mindestens zwei Tagen P-Eliminationen von über 50% erreichen. Auch eine regelrechte **Phosphatfällung** im Zulauf (z. B. Tegeler See) bzw. dessen Wasseraufbereitung kommen in Frage. Für die Verhältnisse im Flachland wurden an mehreren Orten Algenabweiser, der Sestonrückhalt über Sohlschwellen und Verfahren mit Makrophyten mit wechselndem Erfolg erprobt.

Der geregelte Umgang mit jedweder Art von **Wasserschadstoffen** im Einzugsgebiet gilt als Grundvoraussetzung.

aus [DOKULIL et. al., 2001](#)

Seensanierung - Grundsätze

Maßnahmen der Seenrestaurierung stellen keine Alternative zu externen Seenreinhaltemaßnahmen dar. Es sollen im Normalfall vor einer Seentherapie alle Möglichkeiten der Verminderung externer Nährstoffbelastungen ausgeschöpft sein. Führen die Seesanimierungsmaßnahmen nicht in absehbarer Zeit zu einer Verbesserung der Wasserbeschaffenheit oder ist abzusehen, dass dieses Ziel nicht innerhalb weniger Jahre erreicht werden kann, sind Maßnahmen im See selber durchzuführen. Nur in Sonderfällen, z. B. beim Überwiegen diffuser, nicht sanierbarer Belastungsquellen, erscheint die Seentherapie auch ohne vorherige Seesanimierung sinnvoll.

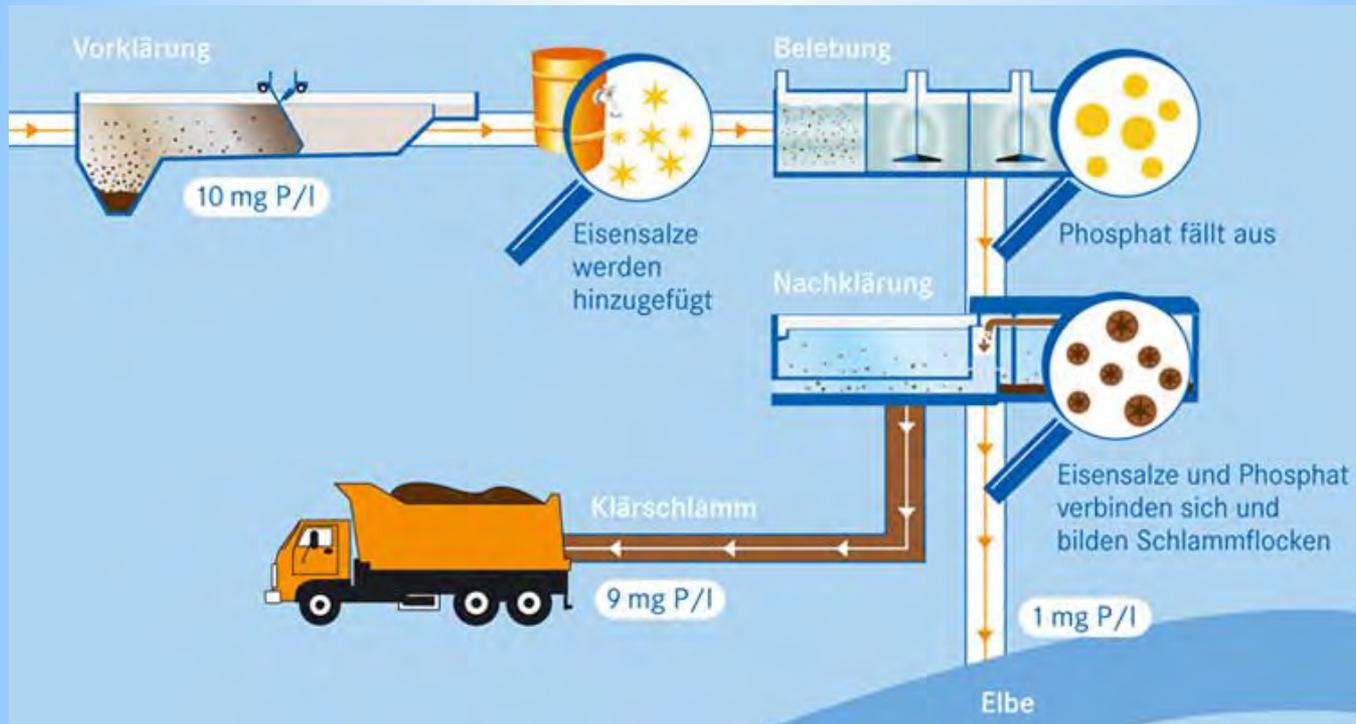
aus [BESCH et al., 1992](#)

Seensanierung - Ringleitungen

Die konsequenteste Fernhaltung aller Abwässer von einem See gewährleisten Ringleitungen, die das vorgeklärte Abwasser aufnehmen und einer Sammelkläranlage am Ausfluss des Sees zur weiteren Behandlung zuführen. Vorfluter ist nicht mehr der See, sondern sein Ausfluss. Auf diese Weise sind z. B. der Tegernsee, Zeller See (Österreich), Hallwiler See (Schweiz) und der Titisee im Schwarzwald weitgehend saniert worden. Es ist jedoch zu beachten, dass Ringleitungen nur die kanalisierten Abwässer, nicht die diffusen Einträge erfassen und dem Gewässer fernhalten können.

aus [SCHWOERBEL, 1984](#)

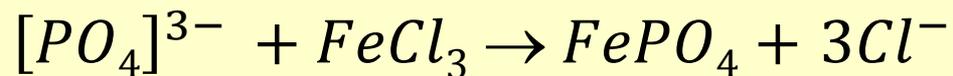
Seensanierung – Phosphatfällung/-ersatz



Schema der Phosphatfällung im Abwasser

aus

http://www.azv.sh/fileadmin/bilder/Unsere_Leistungen/Abwasserbehandlung/Chemische_Stufe/Grafik_chem.Abwasserreinigung_760_mit_Text_9pt.jpg



Phosphatersatzstoffe in Waschmitteln

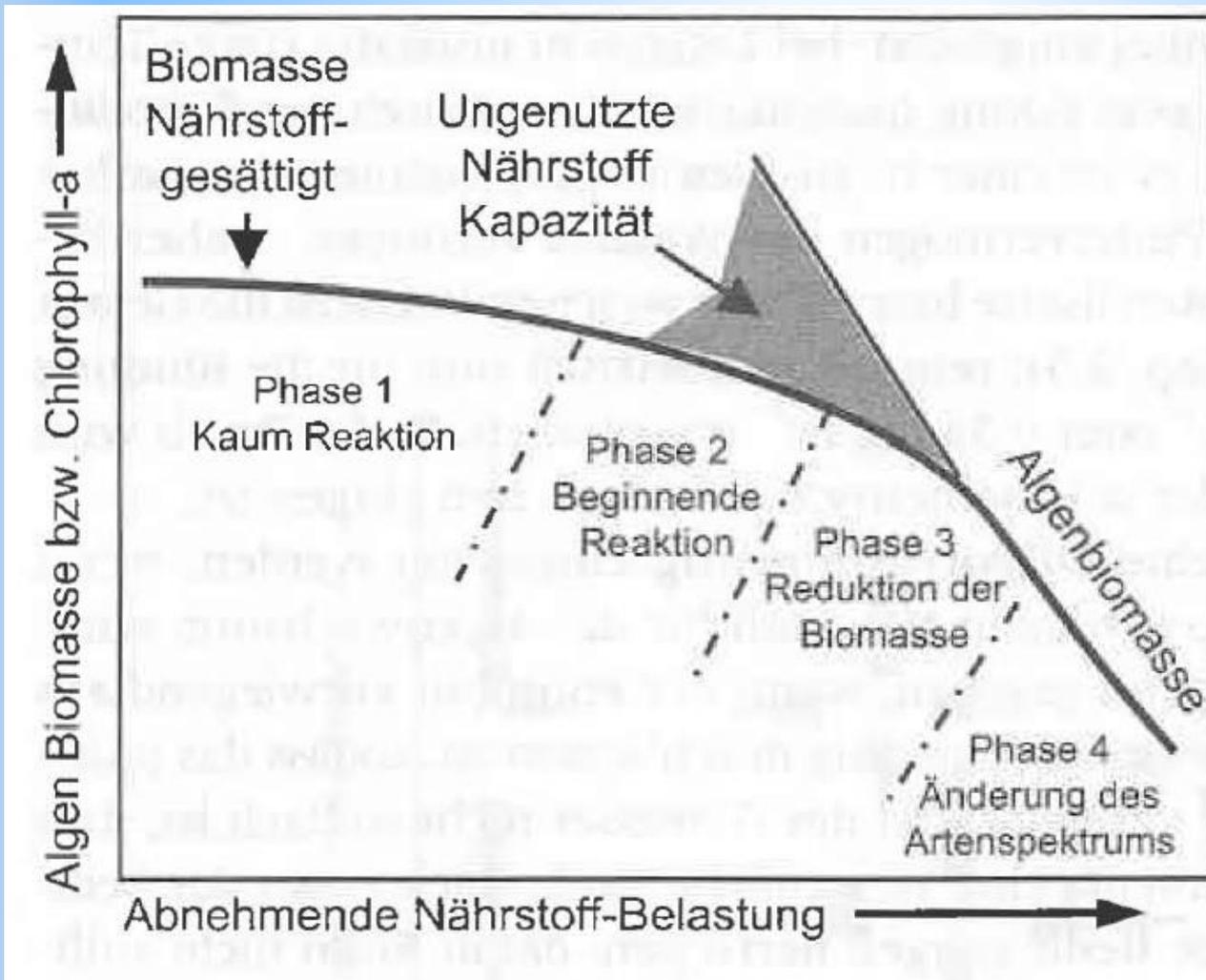
Seenrestaurierung - Grundsätze

Unter Restaurierung hat man alle qualitätsverbessernden Methoden zu verstehen, die direkt im Gewässer ansetzen (interne Maßnahmen). Sie werden entweder ergänzend im Zuge der Sanierung oder aber eigenständig durchgeführt. Die einzusetzende Technik richtet sich nach dem Gewässertyp und dem zu behandelnden Problem, es sind jedoch nicht alle Methoden gleichermaßen in allen Gewässern anwendbar.

Die Nachhaltigkeit der Restaurierung ist von erheblicher Bedeutung. Flache Gewässer erfordern im Allgemeinen eine andere Strategie als tiefe Gewässer. Grundsätzlich sollte immer zuerst saniert und dann erst restauriert werden, weil Rehabilitationsmaßnahmen ohne Einzugsgebietssanierung meist nicht zu einem nachhaltigen Erfolg führen.

aus [DOKULIL et. al., 2001](#)

Seenrestaurierung - Grundsätze



Reaktion des Gewässer Ökosystems auf Verminderung des Nährstoffeintrags. Solange noch ausreichend Nährstoffe im System sind, bleibt die Reaktion (Verminderung der Algenbiomasse) gering - das System ist gesättigt, Phase I. Erst bei weiterer Verminderung kommt es zu einer stärkeren Reaktion - Phase 2, die schließlich zu einer wesentlichen Verringerung der Algenbiomasse (Phase 3) und schließlich zu einer Verschiebung der Artenzusammensetzung führt (Phase 4).

aus [DOKULIL et. al., 2001](#)

Seenrestaurierung - Methoden

Nährstoff-Reduktion im Freiwasser:

- Nährstoffinaktivierung (Flokkulation und Sedimentation)
- Errichtung künstlicher Filterflächen (künstliche Feuchtgebiete)
- Verdünnung bzw. Spülung

Abbau von Sauerstoff-Defiziten im Tiefenwasser:

- Selektive Ableitung/Tiefenwasserableitung (Olszewsky-Rohr)
- Belüftung im Freiwasser – Luft/Pressluft/Umpumpen
- Zerstörung der Temperaturschichtung (Destratifikation)

Verhinderung von Nährstoff-Rücklösung aus dem Sediment:

- Sedimentkonditionierung
- Entschlammung (Absaugung oder Baggerung)
- Tiefenwasser/Sedimentbelüftung

aus [DOKULIL et. al., 2001](#)

Seenrestaurierung - Methoden

Kontrolle übermäßigen Algenwachstums (bloom control):

- Verdünnung bzw. Spülung
- Abschattung im Litoralbereich
- Künstliche Trübung des Gewässers
- Besatz mit pflanzenfressenden Fischen
- Behandlung mit Kupfersulfat
- Biomanipulation
- Mikrosiebung/Algenabschöpfung

Kontrolle übermäßigen Makrophyten-Wachstums:

- Wasserstandsregulierung
- Ernte (Abmähen und Entfernen)
- Besatz mit pflanzenfressenden Fischen
- Abschattung

aus [DOKULIL et. al., 2001](#)

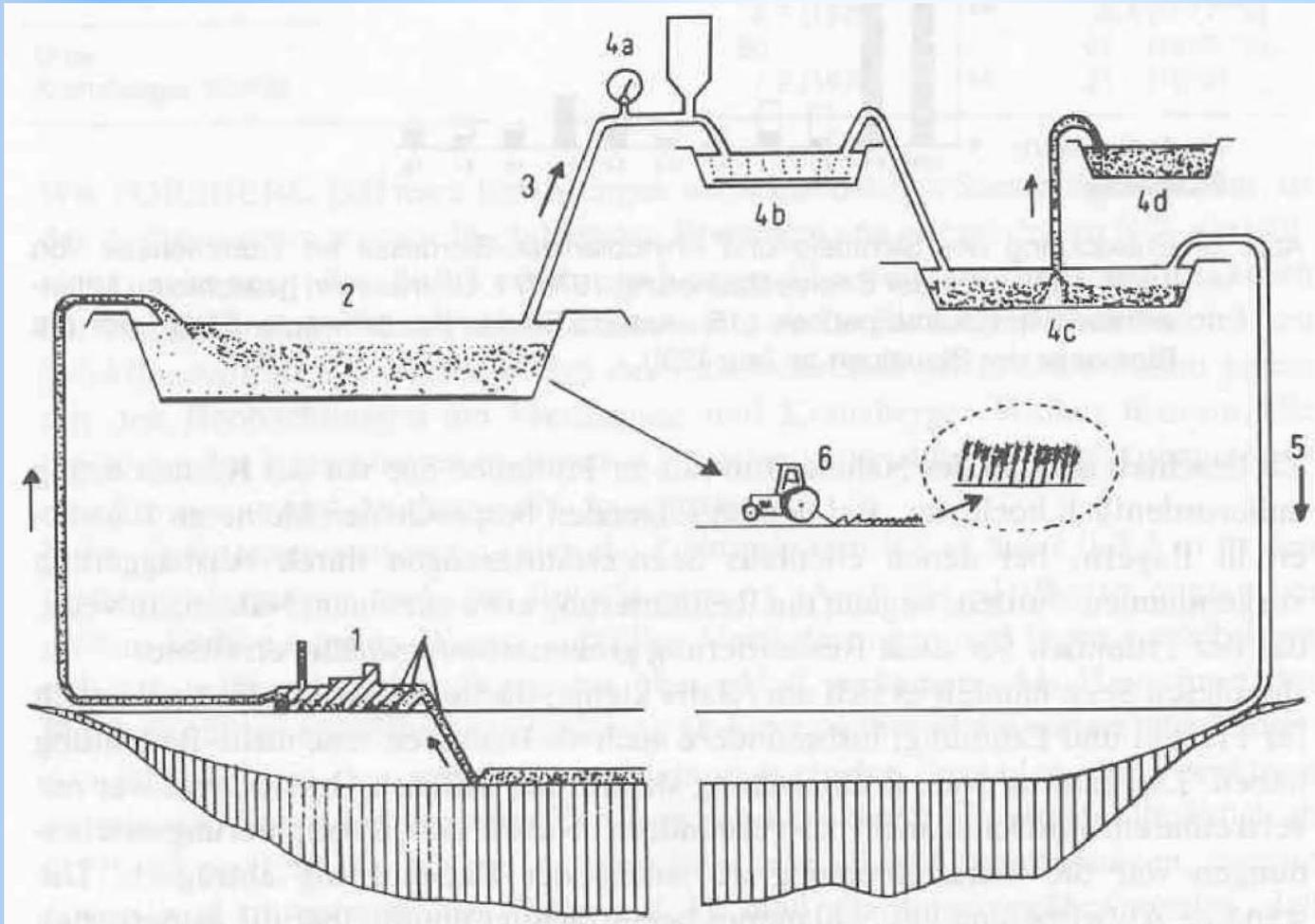
Entschlammung

In einem See wird ein gewisser Teil der externen Nährstoffzufuhr zurückgehalten und im Sediment angesammelt. Unter bestimmten Voraussetzungen kann dieses Nährstoffdepot zu einer internen Nährstoffbelastungsquelle mit entsprechenden Eutrophierungsfolgen werden. Das ist insbesondere dann der Fall, wenn der Sauerstoffgehalt im Hypolimnion bzw. im bodennahen Wasser etwa einen Wert von 2-3 mg/l unterschreitet. Dann gelangt Phosphor, aber auch Ammonium, Eisen und Mangan durch Remobilisierungsvorgänge aus dem Sediment ins freie Wasser. Dabei kann die flächenbezogene Nährstoffrücklösung unter Umständen die externe Nährstoffbelastung bei weitem übersteigen. Das führt z. B. dazu, dass externe Maßnahmen der Seenreinhaltung erfolglos bleiben.

Ausweg: Entschlammung, d. h. Beseitigung des Nährstoffdepots. Dabei werden die oberflächennahen, besonders nährstoffreichen Schichten des Sediments entfernt. Die Entschlammung kann mit Hilfe eines Saugbaggers erfolgen. Wenn es sich um einen ablassbaren See handelt, kann die Ausbaggerung auch direkt im See durchgeführt werden. Die Nassbaggerung erfordert das Anlegen von Spülfeldern in der Nähe des Sees, wobei das Transportwasser nach Absetzen in den See zurückgeleitet wird.

aus [BESCH et al., 1992](#)

Entschlammung

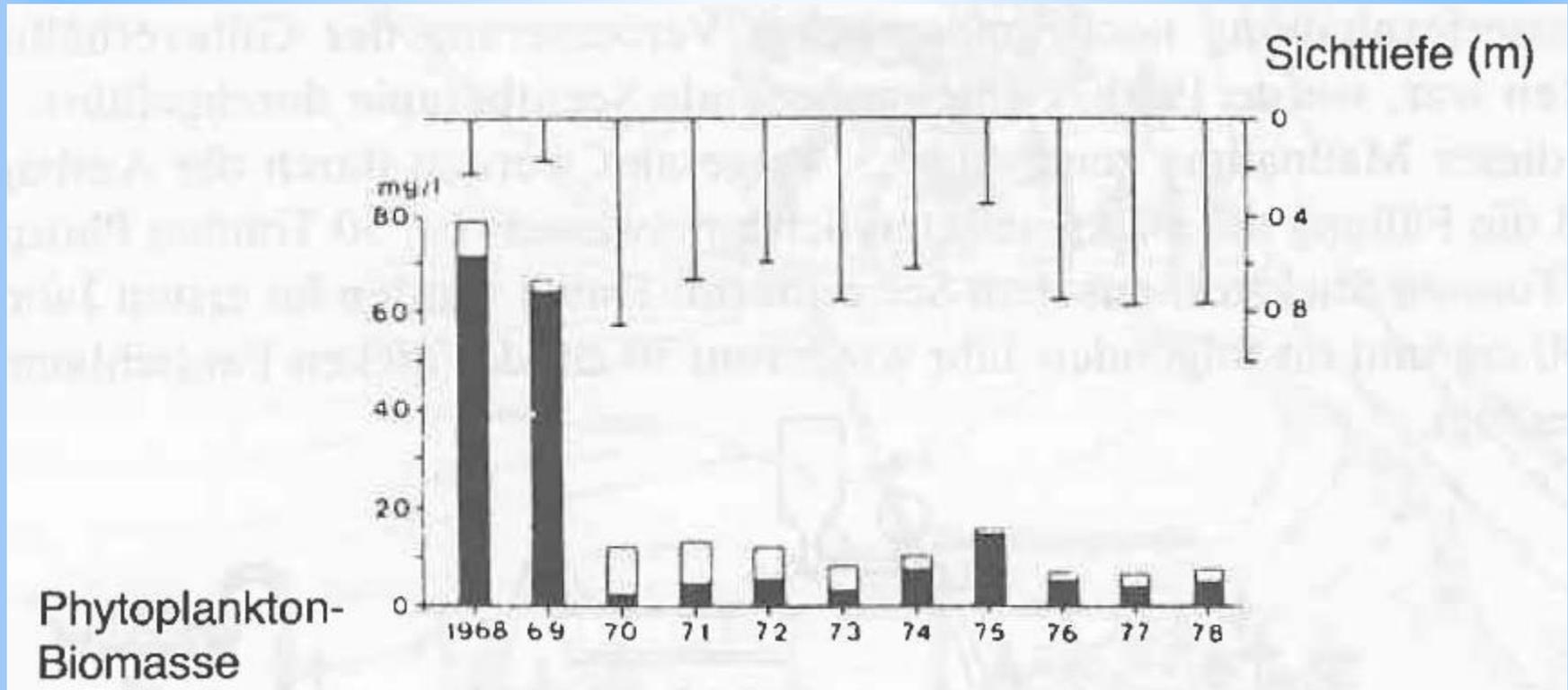


1. Saugbagger;
2. Absetzteich;
3. Schlammwasser;
4. Fällung mit Aluminiumsulfat (4a automatische Dosierung;
- 4b Belüftung;
- 4c Sedimentation;
- 4d Schlammteich);
5. gereinigter Abfluss;
6. getrockneter Schlamm zur Bodenverbesserung

Restaurierung des Trummensees, Schweden

aus [BESCH et al., 1992](#)

Entschlammung



Entwicklung der Sichttiefe und Phytoplankton-Biomasse im Trummensee von 1968-1978 nach der Seenrestaurierung 1970/71 . Biomasse in gewichteten Mittelwerten der Sommerperiode (15. Juni-15.Sept.); die schwarze Säule gibt die Biomasse der Blaualgen an

Entschlammung

Die Entschlammung ist die einzige Möglichkeit, auch jene Seen und Teiche wieder nutzbar zu machen, die bereits weitgehend verlandet sind. Die im Sediment enthaltenen Nährstoffe und sauerstoffzehrenden organischen Substanzen werden entfernt und die Seetiefe wird vergrößert.

Bei der Entschlammung liegen die Kosten nach den Erfahrungen an bayerischen Kleinseen zwischen 30.000 und 90.000 DM/ha Seefläche. Diese sehr hohen spezifischen Kosten machen es verständlich, dass dieses Therapieverfahren bisher nur an kleineren Seen durchgeführt wurde.

aus [BUSCH, UHLMANN & WEISE, 1983](#) und [BESCH et al., 1992](#)

Tiefenwasserableitung

Die **selektive Ableitung** nutzt das in geschichteten Gewässern während der Stagnationsperioden auftretende vertikale Konzentrationsgefälle mit geringen Nährstoffwerten im Epilimnion und Nährstoffakkumulation im Hypolimnion zur Verbesserung der Stoffbilanz.

In einem eutrophen See reichern sich im Laufe der Sommerstagnation im Hypolimnion Pflanzennährstoffe an, während sie im Epilimnion verarmen. Deshalb liegt der Gedanke nahe, zur Steigerung des Nährstoffaustrages nicht epilimnisches, sondern hypolimnisches Wasser über den Auslauf des Sees abzuleiten (Tiefenwasserableitung).

Im See werden die höchsten Nährstoffkonzentrationen an den tiefsten Stellen gegen Ende der Sommerstagnation gefunden. Der Sanierungseffekt ist also am größten, wenn das Wasser aus dem tiefsten Seebecken von August bis Oktober abgegeben wird. Durch das Ableiten von sauerstoffarmem Wasser werden gleichzeitig die Sauerstoffverhältnisse und damit das Phosphorbindungsvermögen der Sedimente verbessert.

aus [BUSCH, UHLMANN & WEISE, 1983](#) und [BESCH et al., 1992](#)

Tiefenwasserableitung

Durch die Tiefenwasserableitung soll erreicht werden:

- Entfernung eines Teils der ins Hypolimnion absinkenden organischen Substanz, für deren bakterielle Zersetzung dadurch kein Sauerstoff aus dem See verbraucht wird.
- Ableitung von sauerstoffarmen oder -freien sowie stickstoff- und phosphorreichen Tiefenwasser, das zudem reduzierte organische und anorganische Verbindungen enthält.
- Das Tiefenwasser wird durch sauerstoffreicheres und stickstoff- und phosphorärmeres Wasser aus höheren Schichten des Sees ersetzt. Hierdurch wird die unter anaeroben Bedingungen stattfindende Freisetzung von Nährstoffen aus den seeeigenen Sedimenten (interne Düngung) gemindert oder sogar unterdrückt. Aus dem Ökosystem See werden also verstärkt Nährstoffe exportiert. Zudem wird während der nächsten Vollzirkulation der Sauerstoffhaushalt weniger belastet, und der Nährstoffeintrag in die trophogene Zone verringert sich.

aus [BESCH et al., 1992](#)

Tiefenwasserableitung

- Verkleinerung des Hypolimnions, so dass die herbstliche Vollzirkulation jahreszeitlich früher einsetzt. Der Zeitraum bis zur Eisbedeckung des Sees verlängert sich hierdurch, so dass verstärkt reduzierend wirkende Verbindungen oder Substanzen oxidiert werden. Damit verbessert sich beim Sauerstoff die Ausgangssituation zu Beginn der Winterstagnation

„Als Verfahren der Seenrestaurierung besticht die Tiefenwasserableitung durch Einfachheit, ökologische Sicherheit und geringen Betriebsaufwand.“

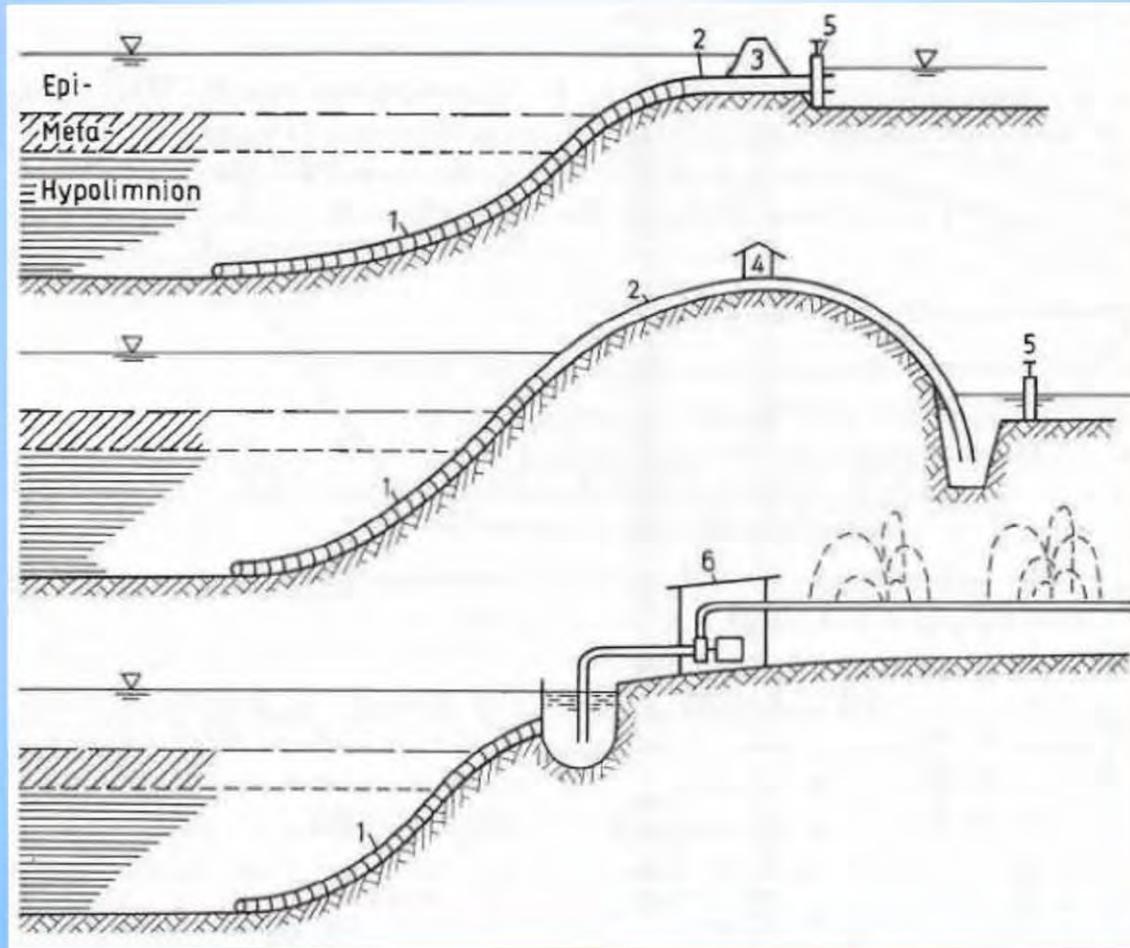
aus [BUSCH, UHLMANN & WEISE, 1983](#) und [BESCH et al., 1992](#)

Tiefenwasserableitung

Gefälledruckleitung
mit freiem Auslauf

Heberleitung

Auslauf in eine
Pumpenvorlage zur
künstlichen
Bewässerung



- 1 Plastrohr-
leitung
- 2 Stahlrohr-
leitung
- 3 Abschluss-
bauwerk
- 4 Heberkopf
- 5 Schieber
- 6 Beregnungs-
bauwerk

Verschiedene technische Ausführungsvarianten der Tiefenwasserableitung

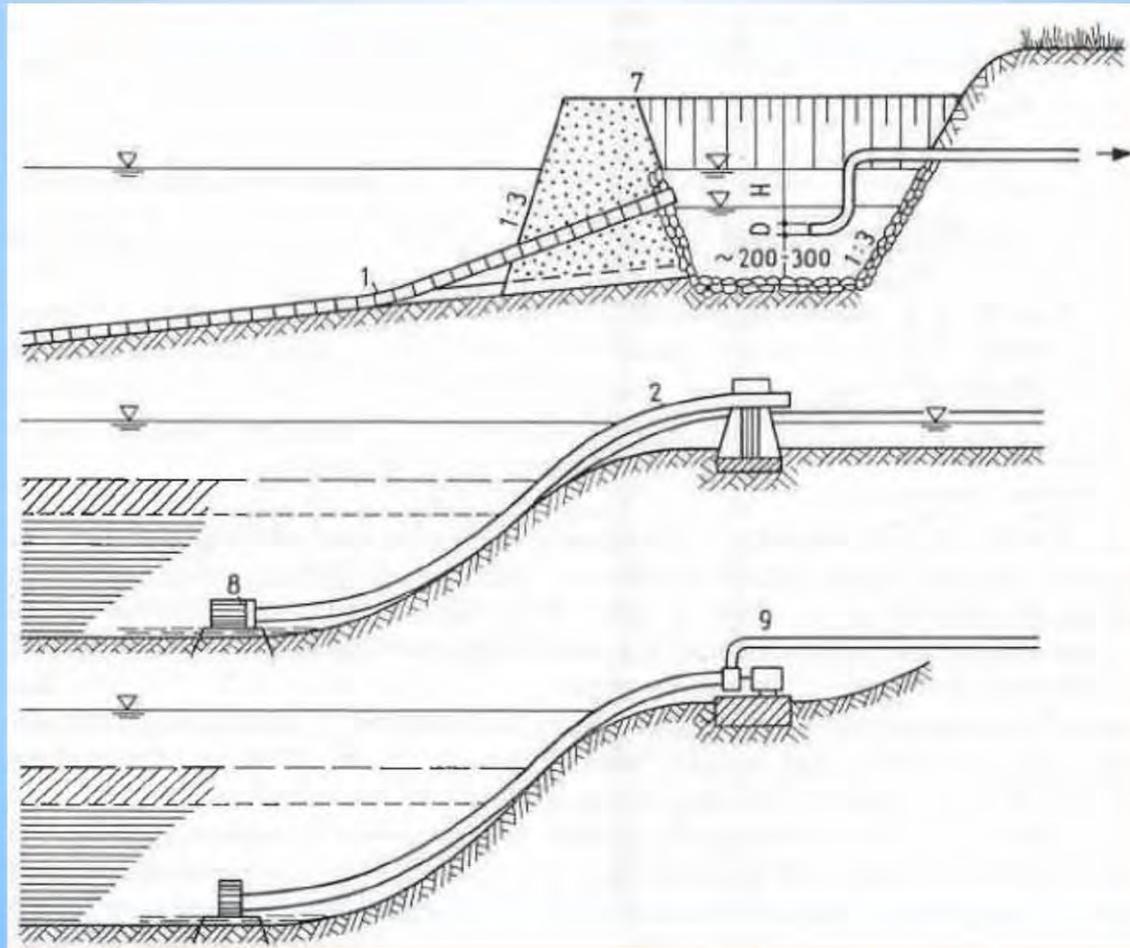
aus [BUSCH, UHLMANN & WEISE, 1983](#)

Tiefenwasserableitung

Auslauf in ein Erdbecken oder einen Spundwandkasten

Ableitung durch Unterwasserpumpe

Tiefenwasserförderung durch Saugpumpe

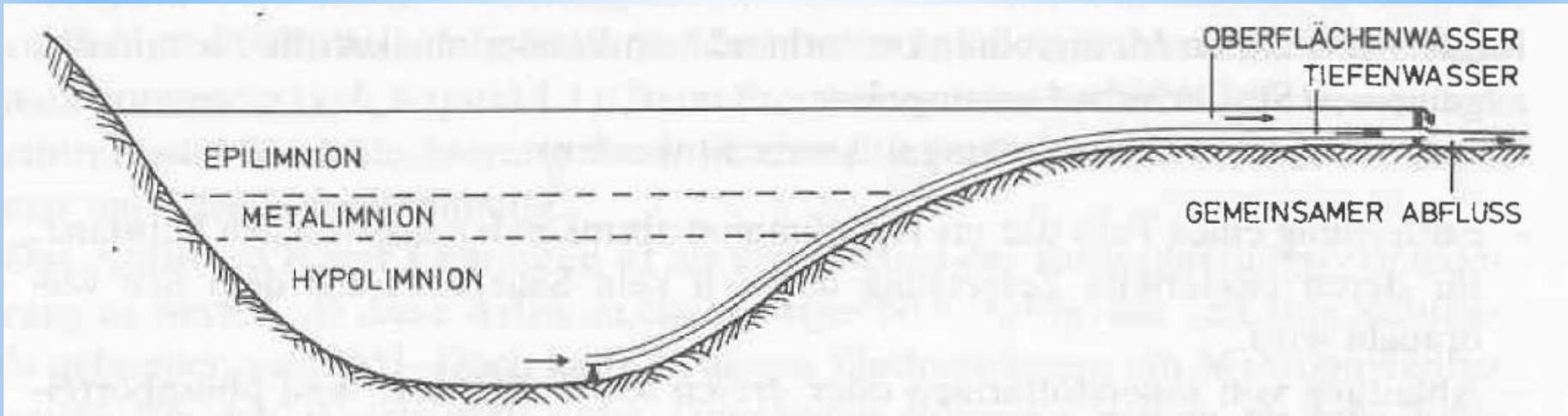


- 1 Plastrohrleitung
- 2 Stahlrohrleitung
- 3 Abschlussbauwerk
- 4 Heberkopf
- 5 Schieber
- 6 Beregnungsbauwerk
- 7 Ringdamm
- 8 Unterwasserpumpe
- 9 Saugpumpe

Verschiedene technische Ausführungsvarianten der Tiefenwasserableitung

aus [BUSCH, UHLMANN & WEISE, 1983](#)

Tiefenwasserableitung



Schematische Darstellung der Tiefenwasserableitung im Meerfelder Maar (Eifel), Beginn 1982

aus [BESCH et al., 1992](#)

Das Gemündener Maar in der Eifel weist keinen oberirdischen Abfluss auf. Um das im Gemündener Maar biogen entstandene Monimolimnion (Teil des Hypolimnions, der nicht von der Vollzirkulation erfasst wird) zu entfernen, wurde 1982 ein Rohr bis in die größte Tiefe verlegt. Durch eine selbstansaugende Pumpe wird das monimolimnische Wasser in einen für den Badeanstaltsbereich gebauten Abwassersammler eingeleitet. Von dort wird es zusammen mit den Abwässern zur nächst gelegenen Kläranlage befördert.

Tiefenwasserableitung

Beim Meerfelder Maar erwies es sich als vorteilhaft, die Menge des abfließenden Oberflächen- und Tiefenwassers regeln zu können. Tiefenwasser wird das ganze Jahr über abgeleitet. Im Frühjahr und Frühsommer mit Blaualgenblüten (1982 betrug die Sichttiefe wochenlang nur 10 cm!) wird verstärkt Oberflächenwasser abgelassen, um das Phytoplankton direkt aus dem See zu entfernen und den Sauerstoffvorrat im Hypolimnion zu schonen. Im Hochsommer, wenn das Wasser über dem Grunde des Sees nährstoffreicher wird als an der Seeoberfläche, wird der Oberflächenabfluss gedrosselt und vermehrt Tiefenwasser abgeleitet.

aus [BESCH et al., 1992](#)

Tiefenwasserableitung

Die Tiefenwasserableitung wurde bisher vor allem bei Seen mit längeren Aufenthaltszeiten durchgeführt, weil sich in solchen Seen bevorzugt meromiktische Situationen mit ungünstigen, therapiewürdigen Verhältnissen im Hypolimnion einstellen. Die Wirksamkeit der Tiefenwasserableitung ist aber dann besonders groß, wenn die Entnahmemenge im Verhältnis zum hypolimnischen Wasserkörper groß ist, d. h. wenn die Aufenthaltszeit des Wassers im See kurz ist. Die Tiefenwasserableitung verbietet sich automatisch dann, wenn das abgeleitete Tiefenwasser in ein eutrophierungsgefährdetes Gewässer eingeleitet werden muss.

Der Einsatz der Tiefenwasserableitung setzt voraus, dass der See eine Temperaturschichtung aufweist und es dementsprechend zu einer Anreicherung von Pflanzennährstoffen in der Tiefe des Gewässers kommt.

meromiktisch: Durchmischung findet nur in bestimmten, voneinander getrennten Zonen statt
Gegensatz dazu *holomiktisch*: vollständige Durchmischung des Wasserkörpers

aus [BESCH et al., 1992](#)

Tiefenwasserbelüftung

Die hypolimnische Belüftung (Tiefenwasser-Belüftung) versucht unter Aufrechterhaltung der sommerlichen thermischen Schichtung das Hypolimnion und die Sediment/Wasser-Kontaktzone mit Sauerstoff anzureichern. Damit sollen reduktive Verhältnisse, die zu Nährstofffreisetzungen und internen Düngungen führen, beseitigt werden.

Bei allen Systemen wird hypolimnisches Wasser nach dem Prinzip der Mammutpumpe in Richtung Oberfläche gehoben und über ein Fallrohr und seitliche Austrittsrohre in das Hypolimnion zurückgelassen. Während des Fallens reichert sich das Wasser mit Sauerstoff an.

Der Einsatz der Tiefenwasserbelüftung setzt voraus, dass der See eine Temperaturschichtung aufweist und es dementsprechend zu einer Anreicherung von Pflanzennährstoffen in der Tiefe des Gewässers kommt.

aus [BESCH et al., 1992](#)

Tiefenwasserbelüftung



1. Schwimmkörper
2. Steigrohr (Teleskop)
3. Entgasungskopf
4. Statischer Mischer
5. Ansaugöffnung
6. Abdeckgitter
7. Fallrohr
8. Sauerstoffeintrag
9. Tauchmotorpumpe mit Ejektor
10. Anblastanks

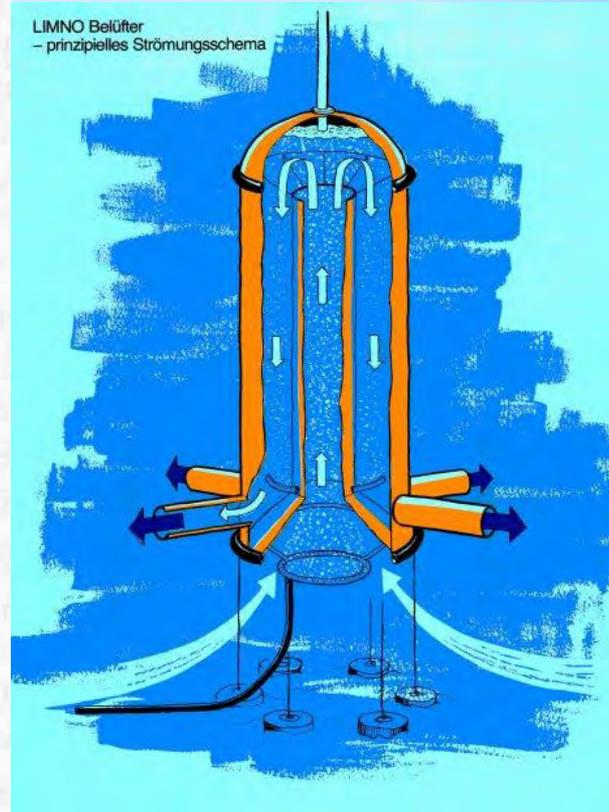
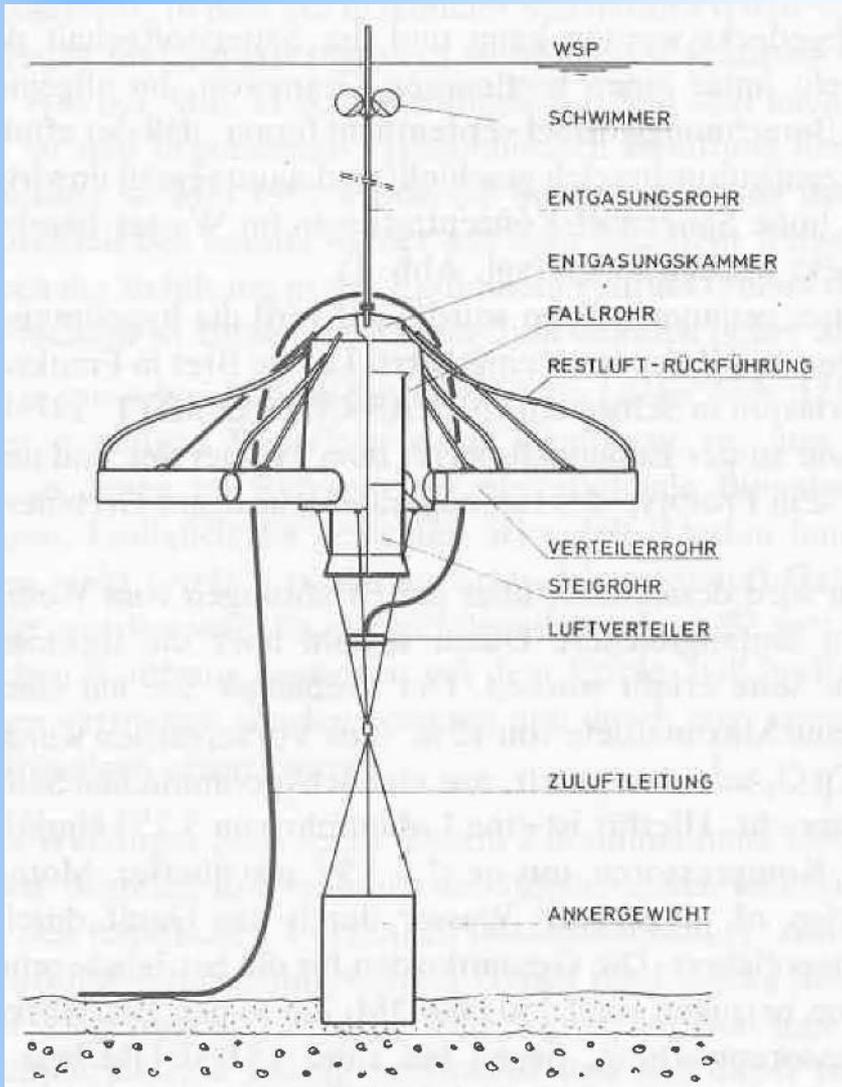
aus [BESCH et al., 1992](#)

<http://de.wikipedia.org/wiki/Tiefenwasserbelüftung>

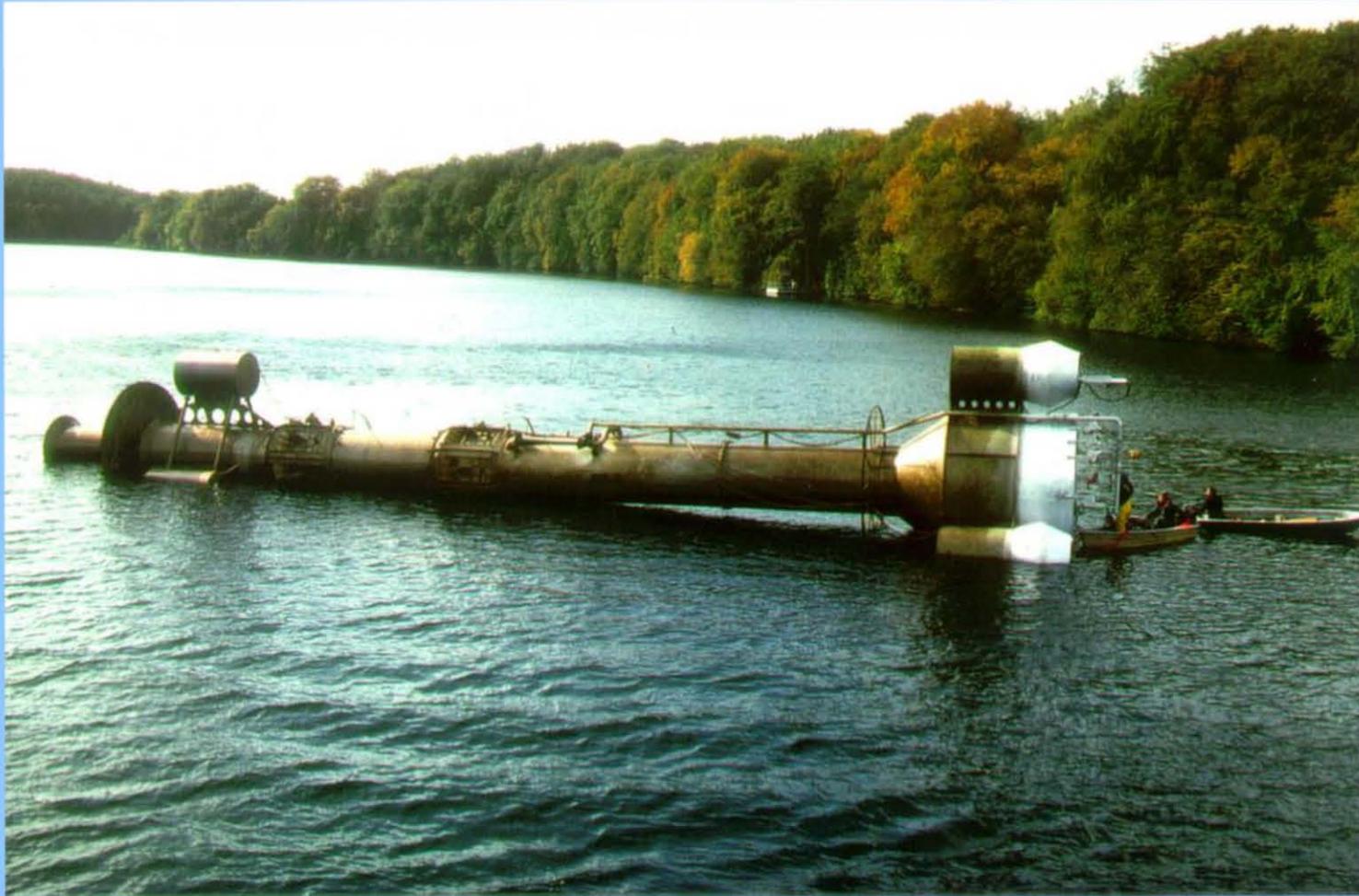
Tiefenwasserbelüftung

Schemaskizze des LIMNO-Gerätes von ATLAS Copco.

aus [BESCH et al., 1992](#)



Tiefenwasserbelüftung



Aus der Verankerung gelöste Tiefenwasserbelüftungsanlage

aus http://www.igb-berlin.de/large_scale_experiments_lake.html

Tiefenwasserbelüftung

Beispiel Talsperre Bleiloch (Saale)

Abwässer der Zellstoff- und Papierfabrik Blankenstein sowie ungenügend gereinigte kommunale Abwässer und Einträge der Landwirtschaft aus dem Einzugsgebiet der Talsperre Bleiloch mit ihren großen Mengen an sauerstoffzehrenden Stoffen trugen zu einer Überlastung der Talsperre bei. Dies führte Anfang bis Mitte der 70er Jahre zu Extremsituationen mit Entwicklung großer Mengen von H_2S , das sich durch einen üblen Gestank an der Wasseroberfläche der Talsperre bemerkbar machte. Eine Nutzung der TS zu Erholungszwecken war nicht mehr möglich. Selbst die Rundfahrten mit Schiffen mussten eingestellt werden.

Für die Oxidation von 1 t H_2S sind 1,88 t Sauerstoff bzw. 2,55 t NaNO_3 erforderlich.

Anstelle aber die Abwasserverhältnisse im Einzugsgebiet zu sanieren, entschied man sich in der ehemaligen DDR 1973 für eine Tiefenwasserbelüftung (TWBA System Schönbrunn).

Tiefenwasserbelüftung

„Die TWBA wurden aus glasfaserverstärkten, ungesättigten Polyesterharzen (GUP) gefertigt und enthielten im Kopfteil ein Stahlträgerkreuz zur Stabilisierung. Eine TWBA erreichte eine Länge von ca. 29 m und einen Durchmesser von ca. 5 m im Kopfteil. Die Einzelteile für die TWBA wurden bei Saalburg unweit der Talsperre Bleiloch in einer Traglufthalle hergestellt und endmontiert. Ihr Gesamtgewicht betrug ca. 20 t. Nach einer aufwändigen "Fahrt" zu Wasser, einer vierfachen Verankerung und der elektrischen Versorgung konnten die einzelnen TWBA an den Standorten Saalburg und vor der Mauer in Betrieb genommen werden. Über ein Teleskoprohr wurde das Tiefenwasser durch vier Hohlstrahldüsen mit Luft angereichert und in einem Mantelrohr in das obere Hypolimnion zurückgeleitet. Der Sauerstoffeintrag belief sich für eine TWBA auf ca. 1,2 Tonnen/Tag. Im Zeitraum vom Dezember 1975 bis 1979 wurden insgesamt 13 TWBA durch Mitarbeiter der damaligen Oberflussmeisterei Gera gebaut, die dann im Hauptwasserkörper dafür sorgten, dass es fortan nicht wieder zu solchen extremen Sauerstoffdefiziten in der Talsperre Bleiloch kam. Der Bau der TWBA stellte auf dem Gebiet der DDR eine große ingenieurtechnische Leistung dar.“

aus http://www.tlug-jena.de/content/frs/fach_03/pdf/twba_bleiloch_1975-1999.pdf

Tiefenwasserbelüftung

„Der Einsatz der TWBA war für zehn Jahre vorgesehen, musste jedoch aufgrund der anhaltenden ungünstigen Wasserbeschaffenheit immer wieder verlängert werden. Ein zunehmend hoher Wartungsaufwand war zur Erhaltung der Betriebsbereitschaft erforderlich. Mit der Wende ging durch betriebsinterne Sanierungsmaßnahmen die Abwasserbelastung der Zellstoff- und Papierfabrik Blankenstein schrittweise zurück. Eine Erhöhung des Anschlussgrades der Bevölkerung an kommunale Abwasserbehandlungsanlagen sowie eine verbesserte Behandlung bis hin zur 3. Reinigungsstufe und Denitrifikation der kommunalen Abwässer in den Kläranlagen Hof und Naila im fränkischen Teil des Einzugsgebietes der Talsperre Bleiloch wurden realisiert und führten somit zu einem Rückgang der Belastung der Talsperre Bleiloch. Ein künstlicher Sauerstoffeintrag war in der bisherigen Größenordnung nicht mehr erforderlich. Der Rückbau begann 1990 mit der Entsorgung der ersten TWBA. Es folgten fünf TWBA im Oktober 1993 und weitere drei TWBA im Frühjahr 1996. Mit der Bergungsaktion der letzten fünf TWBA von Oktober bis November 1999 wurde die Ära der Tiefenwasserbelüftung in der Talsperre Bleiloch beendet.“

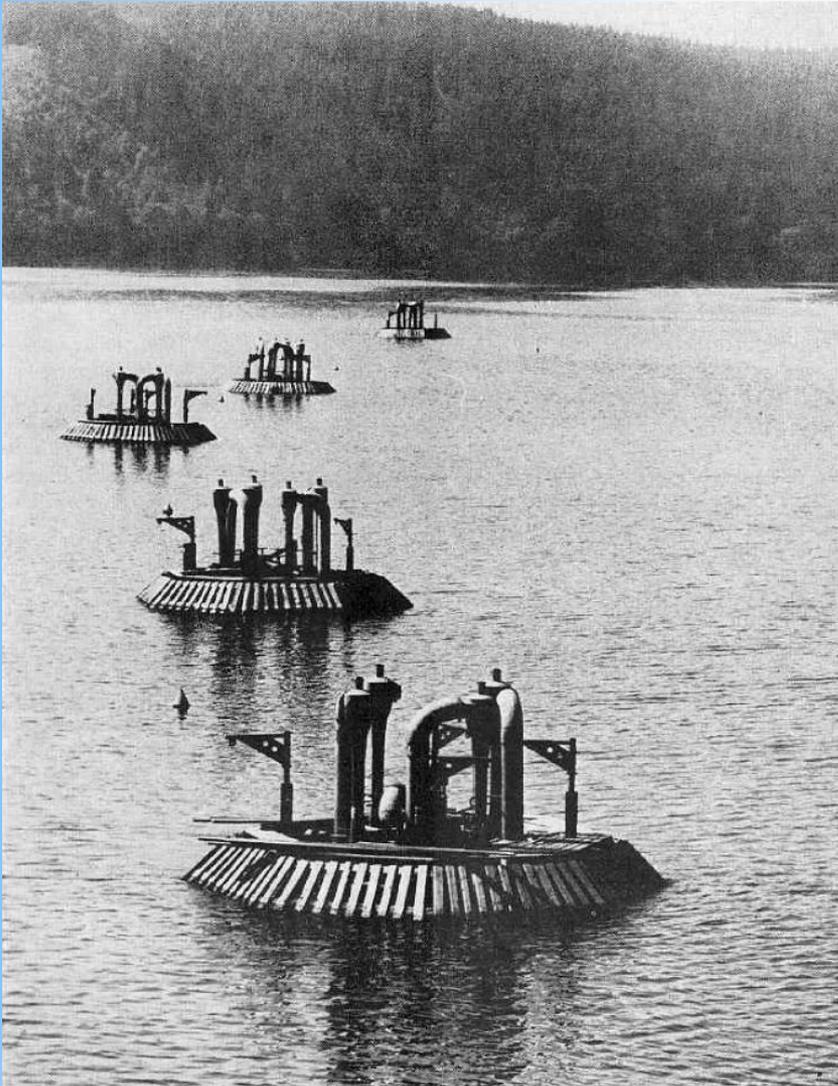
aus http://www.tlug-jena.de/content/frs/fach_03/pdf/twba_bleiloch_1975-1999.pdf

Tiefenwasserbelüftung

Das sauerstoffarme Wasser wird wenige Meter über dem Grund entnommen, an die Oberfläche gefördert und mittels Hohlstrahldüse mit Luft angereichert. Das Wasser-Luft-Gemisch wird im Blasenführungsrohr bis 10 m unter den Wasserspiegel geführt, um 180° umgelenkt und in das zentrale Steigrohr eingeführt. Durch die mitgeführte Luft bildet sich ein Mischluftheber (Mammut-pumpeneffekt), der zusätzlich Wasser aus der Tiefe an die Oberfläche fördert und auf der Aufstiegsstrecke mit Luft in Kontakt bringt. Schließlich wird das belüftete Wasser in einem Mantelrohr bis in den oberen Teil des Hypolimnions zurückgeführt und durch einen Prallteller zur horizontalen Ausbreitung gezwungen. Die Belüfter sind aus glasfaserverstärktem Polyesterharz gefertigt und deshalb leicht und korrosionsbeständig. Der spezifische Energiebedarf bei 50% Sättigung des unbelüfteten Wassers liegt bei 1,4 kWh/kg O₂. Die mit 4 Pumpen ausgestattete Baureihe Typ "Schönbrunn" hat einen Durchsatz von 9.200 m³/h.

aus [BUSCH, UHLMANN & WEISE, 1983](#)

Tiefenwasserbelüftung



Tiefenwasserbelüfter auf einer
abwasserbelasteten Talsperre

(vermutlich handelt es sich hierbei um eine
Aufnahme von der Talsperre Bleiloch)

aus [BUSCH, UHLMANN & WEISE, 1983](#)

Tiefenwasserbelüftung

Weitere Einsatzbeispiele:

Stationäre Tiefenwasserbelüftung Tegeler See (seit 1979).

Die hypolimnische Belüftung ist sowohl von den Installations- als auch von den Betriebskosten her das teuerste Verfahren. Sie bietet jedoch Vorteile gegenüber der Destratifikation:

- Die Temperaturschichtung bleibt erhalten, was für Trinkwassertalsperren und Badeseen von großer Bedeutung ist. Ein destratifizierter See mit einem großen hypolimnischen Wasserkörper wäre im Sommer deutlich kälter als ein temperaturschichteter See, was die Badenutzung einschränkt.
- In Seen mit hohen Gehalten an reduzierten Substanzen im Hypolimnion kann die hypolimnische Belüftung problemlos eingesetzt werden. Die Destratifikation hingegen muss sehr behutsam in Betrieb genommen werden, um Fischsterben durch Sauerstoffschwund infolge im Oberflächenwasser verteilter reduzierter Substanzen zu vermeiden.

aus [BESCH et al., 1992](#)

Biologische Entkrautung

Dichte Bestände von submersen und emersen Makrophyten, auch als Verkrautung bezeichnet, engen in Fließgewässern den Abflussquerschnitt ein und verstärken die Rauigkeit. Sie behindern dadurch Be- und Entwässerung. Im Litoral eutropher Seen, in Teichen und Flachlandspeichern beeinträchtigen Massentwicklungen den Wassersport und die Fischwirtschaft. Die Reste der abgestorbenen Pflanzen führen zur Verlandung.

Massentwicklungen unerwünschter Makrophyten können biologisch durch Einsatz von Amurkarpfen (*Otenopharyngodon idella*) entfernt (abgeweidet) werden. In Abhängigkeit von dem Verkrautungsgrad werden je Hektar Gewässerfläche 200 . . . 300 kg Fische mit einem Mindestgewicht von 250 g eingesetzt.

aus [BUSCH, UHLMANN & WEISE, 1983](#)

Biologische Entkrautung



„Graskarpfen“ im Britzer Garten

Foto: Sterger, Mai 2008

Mechanische Entkrautung

Eine Makrophytenentfernung als gezielte Seenrestaurierungsmaßnahme ist nur angebracht, wenn es sich um Massentwicklungen von submerser Wasserflora handelt, die die Nutzungsmöglichkeiten des Gewässers erheblich beeinträchtigen und bei denen die in Makrophyten gebundenen Nährstoffe einen erheblichen Anteil ausmachen. Demgemäß liegt der Anwendungsbereich vorwiegend in Flachseen bzw. im Litoral (Badegebiet etc.). Wesentlich ist die weitestgehende Herausnahme des Materials. Man muss nach der Makrophytenentfernung mit einer verstärkten Phytoplanktonentwicklung rechnen, die u. U. die optische Situation des Gewässers verschlechtert. Die Gefahr der Rekolonisation mit Makrophyten über vegetative Vermehrungsorgane scheint nicht so groß zu sein wie gelegentlich vermutet wird, da die Eintrübung zunächst einmal die Makrophyten hemmt. Im Hinblick auf den Natur- und Landschaftsschutz und die Fischerei sollte eine Makrophytenentfernung in schützenswerten Uferbereichen weitgehend unterbleiben.

aus [BESCH et al., 1992](#)

Mechanische Entkrautung

Entkrautungen sind nur in Flachseen oder flachen Seeteilen angebracht. Es sei darauf verwiesen, dass die Entlastung des inneren Nährstoffkreislaufes durch die Entkrautung sehr häufig überschätzt wird. Die Entkrautung stellt vielmehr eine Maßnahme dar, das betreffende Gewässer für gezielte Nutzungen (Baden, Fischerei) herzurichten.

aus [BESCH et al., 1992](#)

Mechanische Entkrautung



Mähboot an einem See in Kärnten

aus http://www.kis.ktn.gv.at/280437_DE-Restaurierung-Restaurierung_2010#maehboot

Mechanische Entkrautung



Krautschneideboot der Yachtwerft Berlin von 1969

aus

<http://www.motorbarkasse.de/YWB/Archiv/10%20sonstige%20Wasserfahrzeuge/1586%20Krautschneideboot/Krautschneideboot%20Bild%20a1.jpg>

Mikrosiebung/Algenabschöpfung



Algenabschöpfboote am Ossiacher See (Kärnten/Österreich)

aus http://www.kis.ktn.gv.at/280437_DE-Restaurierung-Restaurierung_2010#maehboot

Mikrosiebung/Algenabschöpfung

Die Mikrosiebung zur Entfernung von Plankton und damit Pflanzennährstoffen aus dem See hat sich bisher beim Einsatz auf dem See nicht bewährt. Anders verhält es sich bei fest installierten Anlagen wie beim Bodenseewasser.

aus [BESCH et al., 1992](#)

Sedimentabdeckung

Die bisherigen Versuche, den Makrophytenwuchs durch Sedimentabdeckungen zu unterdrücken - um Badegewässer zu schaffen oder zu erhalten oder um den Nährstofftransport durch die Pflanzen aus dem Sediment ins Freiwasser zu mindern - waren ohne dauerhaften Erfolg. Spätestens nach zwei Jahren hatten es die Makrophyten geschafft, die behandelten Flächen wieder zu besiedeln...

Die Sedimentabdeckung insbesondere tieferer Seebereiche zur Unterdrückung der internen Düngung setzt das Vorhandensein großer Mengen von Ton oder tonartigem Abdeckmaterial in geringer Entfernung vom See voraus. Nach Laboratoriumsversuchen werden mindestens 500 m³ Ton je ha Seefläche benötigt. Hinzu kommen die Kosten für die Ausbringung und gleichmäßige Verteilung des Abdeckmaterials.

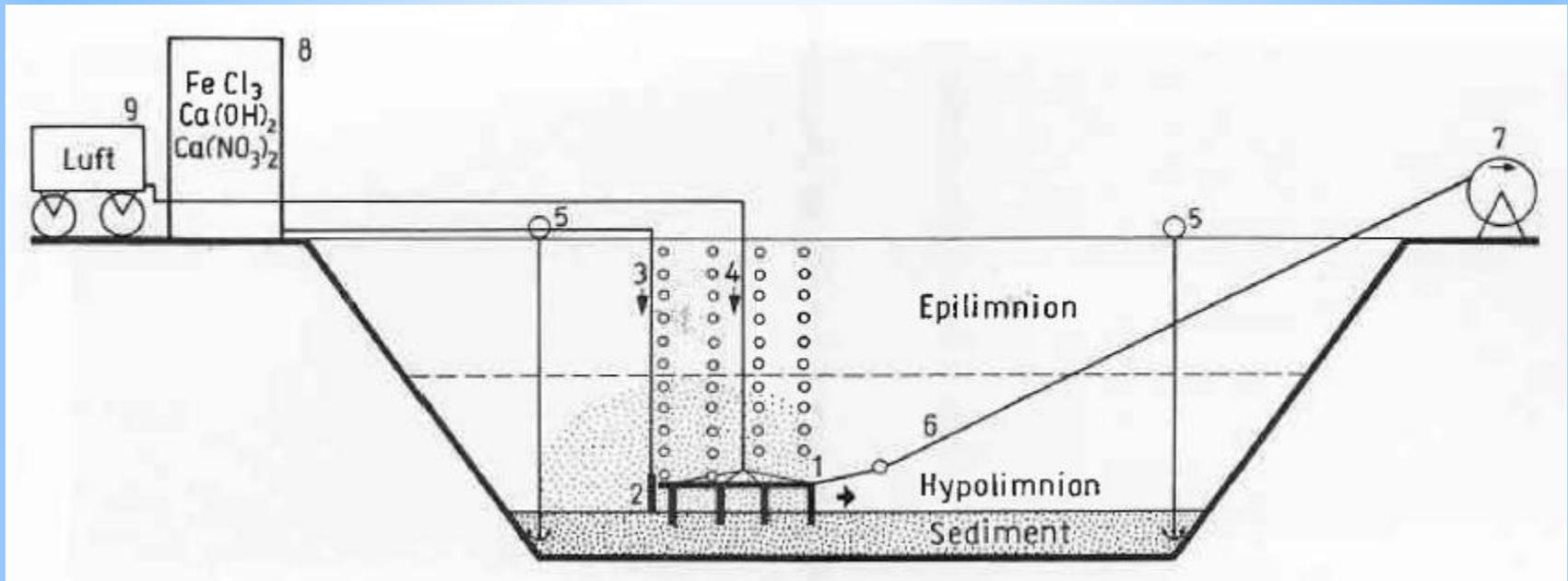
aus [BESCH et al. 1992](#)

Sedimentbehandlung

Die Verminderung der Stoffrückführung (besonders der Phosphorverbindungen) aus dem Sediment ins Wasser ist eine Form der Nährstoffausfällung, bei der die Sedimentoberfläche mit P-bindenden Kationen angereichert wird. Im Gegensatz zur Sedimentabdeckung konnte die kombinierte Oxidation der Sedimentoberfläche durch Nitrat und Behandlung mit P-bindenden Ca- und Fe-Kationen mit Erfolg erprobt werden (z. B. Lillesjön-See, Schweden).

aus [BUSCH, UHLMANN & WEISE, 1983](#)

Sedimentbehandlung



Schema der Technologie zur Sedimentbehandlung im Lillesjön-See, Schweden)

1 Sedimenttarke; 2 Injektordüsen für die Chemikalien; 3 Zuführungsleitung für Chemikalien; 4 Zuführungsleitung für die Luft; 5 Bojen; 6 Zugseil; 7 Seilwinde; 8 Mischbehälter mit Pumpe für die Chemikalien; 9 Kompressor

aus [BUSCH, UHLMANN & WEISE, 1983](#)

Selektive Zuleitung von Frischwasser

Der Stoffhaushalt lässt sich vielfach schon über das Durchflussregime beeinflussen. Bei verzweigten Seensystemen kann durch Änderungen des Im- und Exportes über Zu- und Abfluss die Stofffracht und damit die für die Bioproduktion im See ausschlaggebende Stoffkonzentration gesteuert werden. Bei wahlweiser Verlegung eines Sees in den Haupt- oder Nebenschluss können nährstoffarme Zuflüsse zur Verdünnung genutzt, nährstoffreiche dem See ferngehalten werden. Die Regulierung der Durchflüsse wird im Allgemeinen mit Hilfe von Wehren oder anderen Stauhaltungen erzielt.

aus [BUSCH, UHLMANN & WEISE, 1983](#)

Die Frischwasserzuleitung eignet sich besonders in Seen mit langen rechnerischen Aufenthaltszeiten des Wasserkörpers bzw. langen theoretischen Wassererneuerungszeiten. Sie lohnt sich aber nur dann, wenn das zugeführte Wasser einen deutlich geringeren Gehalt an Pflanzennährstoffen als das Seewasser aufweist.

aus [BESCH et al., 1992](#)

Herbizideinsatz

Der Herbizideinsatz sollte soweit wie möglich vermieden werden. Er ist kein Therapieverfahren, ohne Schaden für das Gewässer dauerhaft Algenblüten in Seen zu vermeiden.

aus [BESCH et al., 1992](#)

Beschattung

Die Beschattung von Makrophyten ist bisher nur in der Teichwirtschaft durchgeführt worden. Hier sind Ansätze zu sehen, Badebuchten auch größerer Seen von Makrophyten durch schwimmende Folien freizuhalten.

aus [BESCH et al., 1992](#)

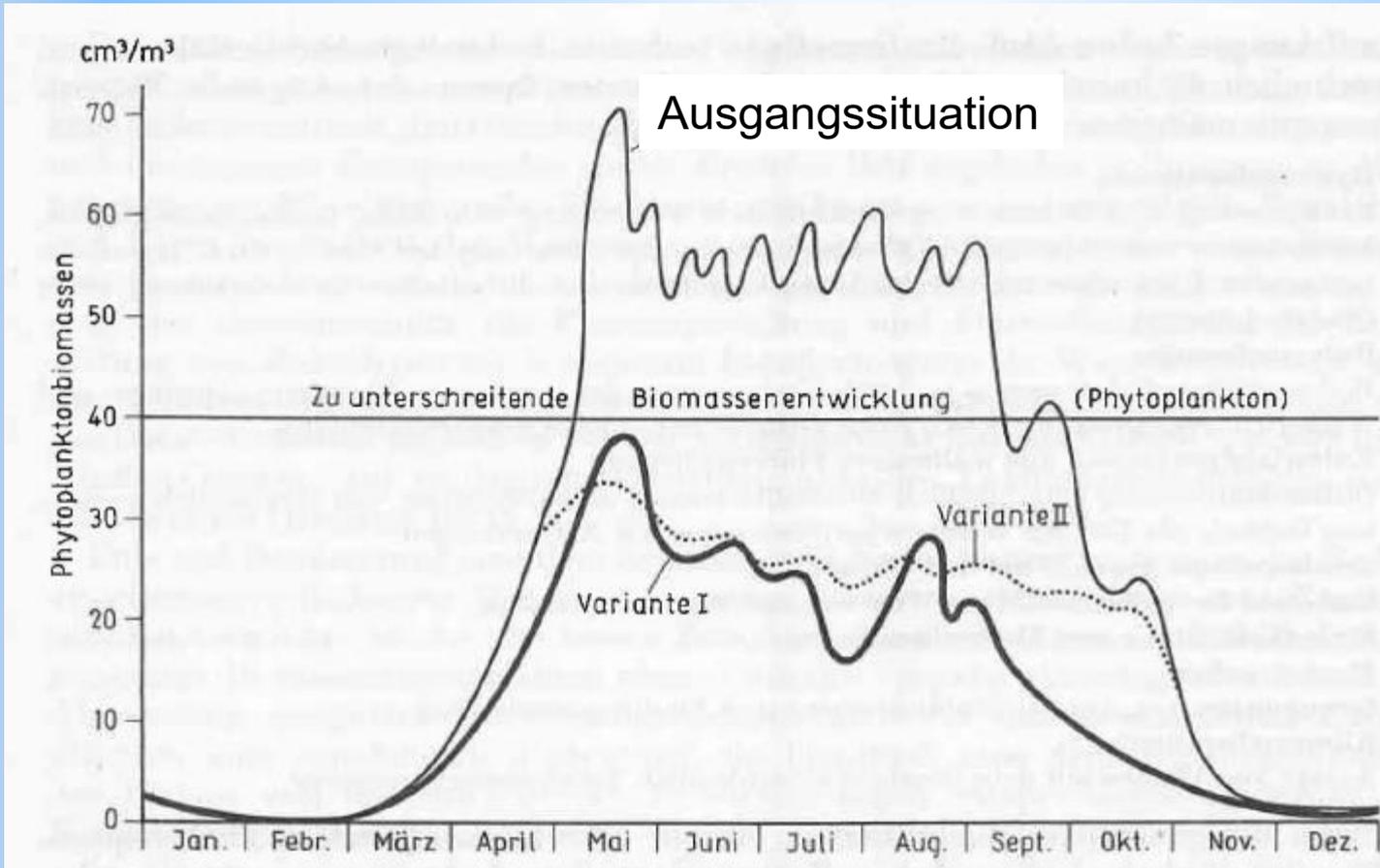
Biomanipulation

Die Biomanipulation durch Regulierungen im Fischbestand kann die Nahrungskette im See effektiver gestalten. Durch Abschöpfen ihrer Endglieder (Fische) werden inkorporierte Nährstoffe entfernt. Starker Raubfischbesatz hat wiederholt zum Klarwerden von Seen geführt. Die Raubfische dezimieren den Kleinfischbestand, so dass das nunmehr geschonte Zooplankton in der Lage ist, das pflanzliche Plankton wirksam zu reduzieren.

aus [BUSCH, UHLMANN & WEISE, 1983](#)

Die Biomanipulation wurde Anfang der 80er Jahre erstmals an der TS Bautzen im Einzugsgebiet der oberen Spree realisiert. Die Spree oberhalb der TS Bautzen wurde seinerzeit insbesondere durch nicht oder nur unzureichend behandelte Abwässer der Textilindustrie, der Obst- und Gemüseverarbeitung und einer Reihe von Städten und Gemeinden belastet. Die Talsperre diente der Betriebswasserversorgung (Kraftwerk Boxberg) und der Naherholung. Infolge der hohen Belastung des Zuflusses war das eingestaute Wasser polytroph, wobei sogar eine Hypertrophie drohte. Durch eine gezielte Erhöhung der Raubfischbestände (Biomanipulation) wurden die Kleinfische dezimiert, so dass das Zooplankton zunahm und das Phytoplankton von den Filtrierern (z. B. Daphnien) gefressen wurde. Die Sichttiefe verbesserte sich deutlich.

Biomanipulation



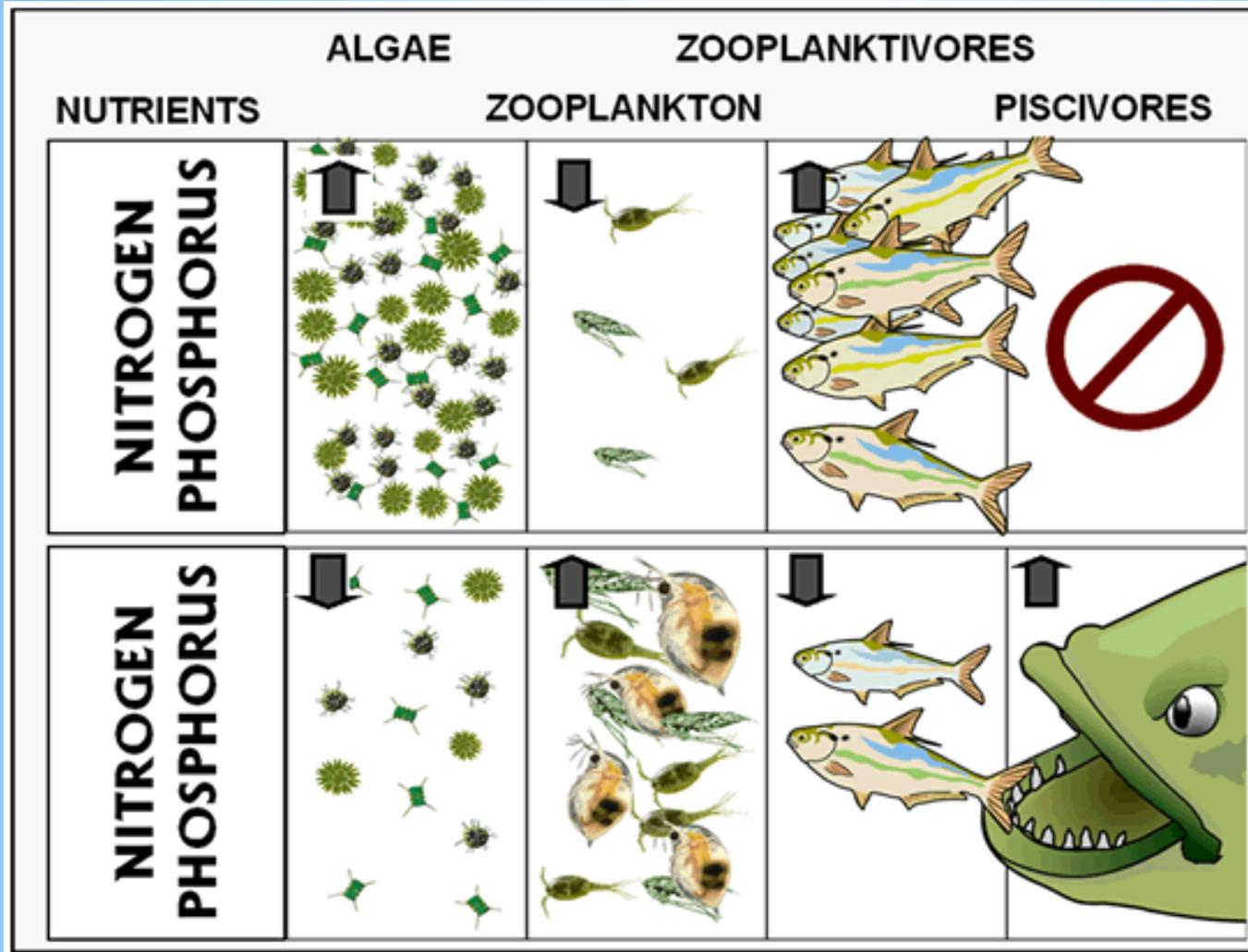
Variante I:
komplette abwasser-
technische Sanierung
des Zulaufs

Variante II:
Teilsanierung des
Zulaufs zuzüglich
Biomanipulation

Biomanipulation an der TS Bautzen

aus [BUSCH, UHLMANN & WEISE, 1983](#)

Biomanipulation



Schema zur Biomanipulation

aus
<http://www.lmvp.org/Waterline/fall2005/topdown.htm>

Biomanipulation

Biomanipulation an Trinkwassertalsperren im Überblick

Ziel

Förderung des Fraßdruckes auf das Phytoplankton durch das Zooplankton, Erhöhung der Wassertransparenz, Senkung der internen P-Belastung

Weg

“top down Steuerung” der Nahrungskette durch Aufbau eines gut strukturierten Raubfischbestandes, Erhöhung des Fraßdruckes auf zooplanktivore Friedfische

Möglichkeiten:

Raubfischbesatz:
breites Altersspektrum, standortgerechte Arten,
über mehrere Jahre

Entnahme:
Heraufsetzung von Mindestmaßen,
Schonzeiten,
Fangbegrenzung, selektives Befischen

Grenzen:

Untersuchungsumfang vor und während der Manipulation

Konsequenz von Talsperrenbetreiber, Fischreiberechtigtem und Behörden

Reaktion des Ökosystems Talsperre (Nieschen, Frühjahrsentwicklungen)

Schema zur Biomanipulation

aus <http://www.waterquality.de/hydrobio.hw/SIMG44.GIF>

Biologische Nährstoffelimination

Sie beruht überwiegend auf dem Prinzip der Inkorporation und natürlichen Sedimentation. Das künstliche Abpumpen von Schwimmschichten bei Blaualgenwasserblüten, die Separation des Sestons über Mikrosiebfilter und Zentrifugen sowie die Trocknung sind wegen des Energieaufwandes nicht über Pilotversuche hinausgekommen. Wenn Nitrat als Wasserschadstoff aus dem Gewässer entfernt werden soll, kann auch die Fähigkeit denitrifizierender Bakterien genutzt werden, unter anaeroben Bedingungen im Hypolimnion den Nitratsauerstoff zu veratmen und molekularen Stickstoff freizusetzen.

Im Großversuch hat sich sowohl die **autotrophe Nitraddissimilation** mit Hilfe einer Thiosulfatzugabe als auch die **heterotrophe Nitraddissimilation** mit Zugabe einer leicht abbaubaren Kohlenstoffquelle als praktikabel erwiesen.

aus [BUSCH, UHLMANN & WEISE, 1983](#)

Biologische Nährstoffelimination

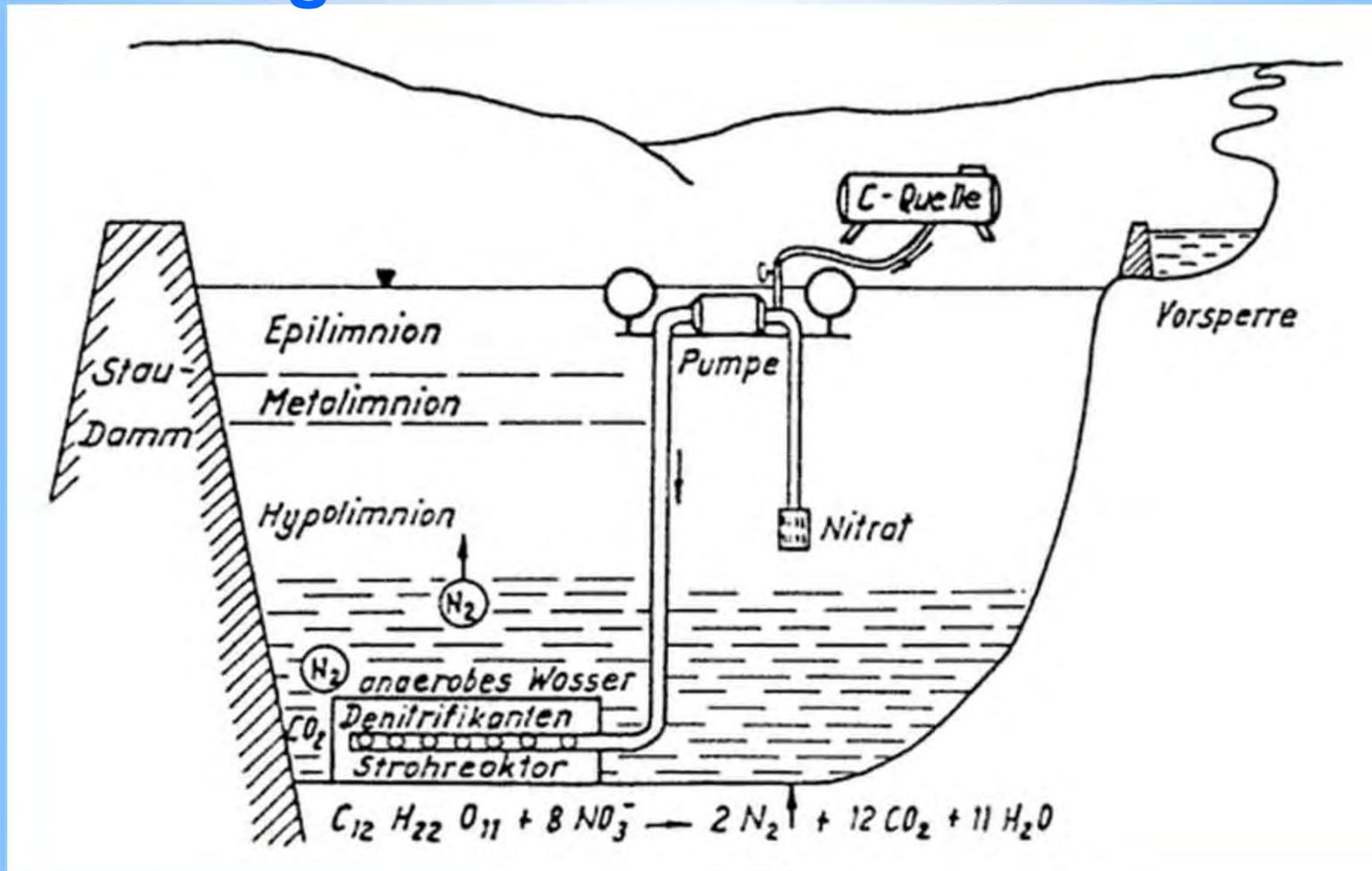
Die **heterotrophe Nitratedissimilation** wurde in den 80er Jahren in der Talsperre Zeulenroda (Weida) praktiziert. Hintergrund dafür war, dass in dieser Talsperre aufgrund hoher diffuser Einträge aus der Landwirtschaft eine Nitratkonzentration von 50 mg/l und mehr gemessen wurde und das Wasser aus der danach durchflossenen TS Weida zur Trinkwasseraufbereitung genutzt wurde (und auch heute noch wird - Wasserwerk Dörtendorf der Thüringer Fernwasserversorgung). Für die **heterotrophe Nitratedissimilation** wurden Tauchkörper aus Strohballen in das Hypolimnion abgesenkt.

„Als Aufwuchsfläche für denitrifizierende Bakterien und zugleich langsam abbaubare Kohlenstoffquelle wurde Rapsstroh gewählt. In einem mit Maschendraht umhüllten Stahlrohrkäfig mit den Maßen 20 x 60 x 1,50 m wurden dreilagig 13.000 Strohballen dicht gepackt. Auf der untersten Lage wurde ein Fischgräten-Drän-system eingelegt, durch das nitratreiches Wasser zusammen mit einem leicht abbaubaren Substrat verteilt wurde.“

aus [KLAPPER, 1997](#)

Dies führte tatsächlich dazu, dass eine Denitrifikation des nitrathaltigen Hypolimnions einsetzte (allerdings schon damals ein sehr umstrittenes Projekt)!

Biologische Nährstoffelimination



Heterotrophe Nitratdissimilation in der Talsperre Zeulenroda

aus [KLAPPER, 1997](#)

Nährstoffausfällung im Freiwasser

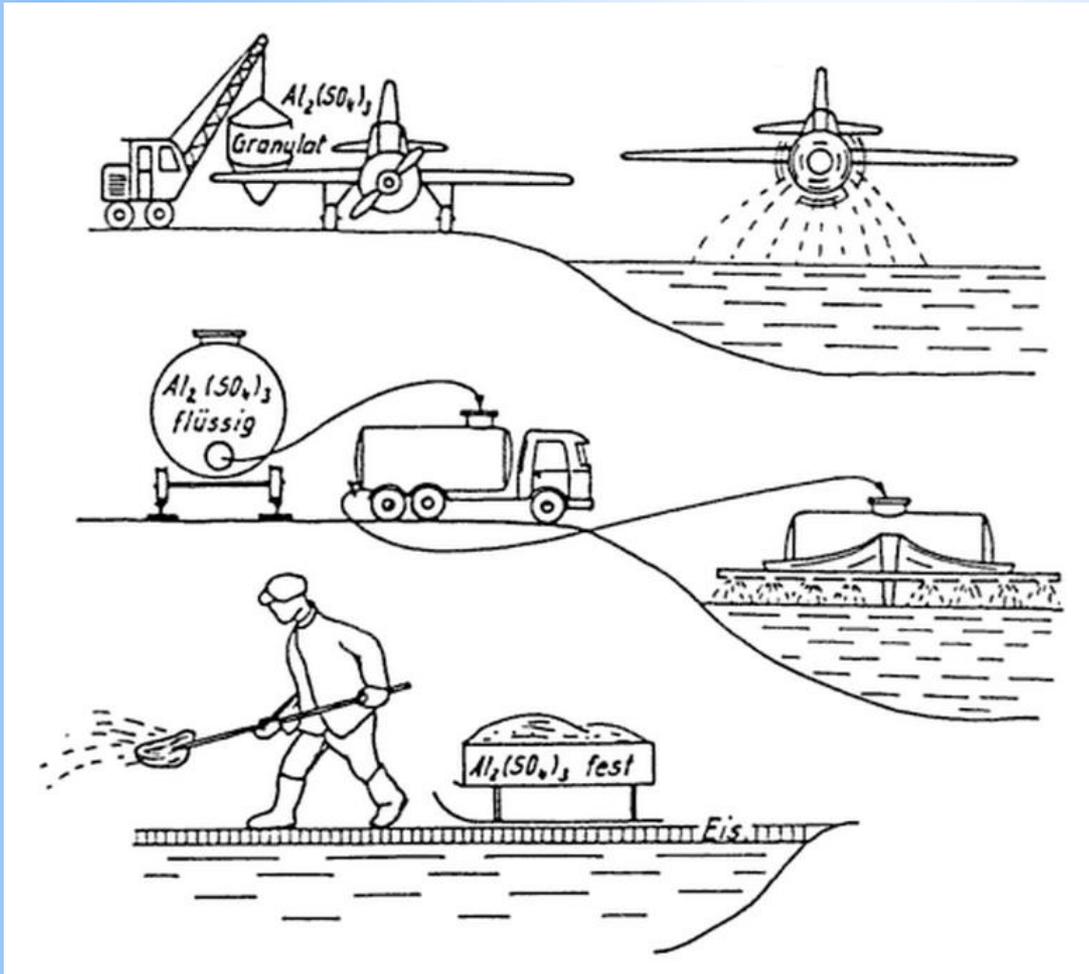
Die Nährstoffausfällung im freien Wasser kommt als Methode zur Oligotrophierung in Frage, wenn Phosphor Minimumfaktor der Planktonentwicklung ist, die Phosphate aus diffusen Quellen stammen und deshalb nicht am Anfallsort zurückgehalten werden können oder das Gewässer nur gering durchflossen ist.

Als wirtschaftlich erweist sich die Verwendung von $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ in wässriger Lösung. Da bevorzugt das Orthophosphat gefällt wird, kann die beste Wirkung im zeitigen Frühjahr erzielt werden, bevor die Algen die Phosphate aufgebraucht haben.

Die Fällungstherapie wurde vorzugsweise an kleinen bis mittelgroßen Seen durchgeführt: Fischkaltersee mit 3,3 ha, Medical Lake mit 63 ha. Die Tiefen lagen zwischen 5 und rund 15 m. Die Kosten sind nicht unbeträchtlich: Bei den beiden genannten Seen belief sich die Behandlung eines m^3 Wassers auf rund 0,10 DM.

aus [BUSCH, UHLMANN & WEISE, 1983](#) und [BESCH et al., 1992](#)

Nährstoffausfällung im Freiwasser



Jabeler See

Süßer See, Barleber See

Triensee, Mürtzsee

Verschiedene Techniken zur Ausbringung von Aluminiumsulfat

aus [KLAPPER, 1997](#)

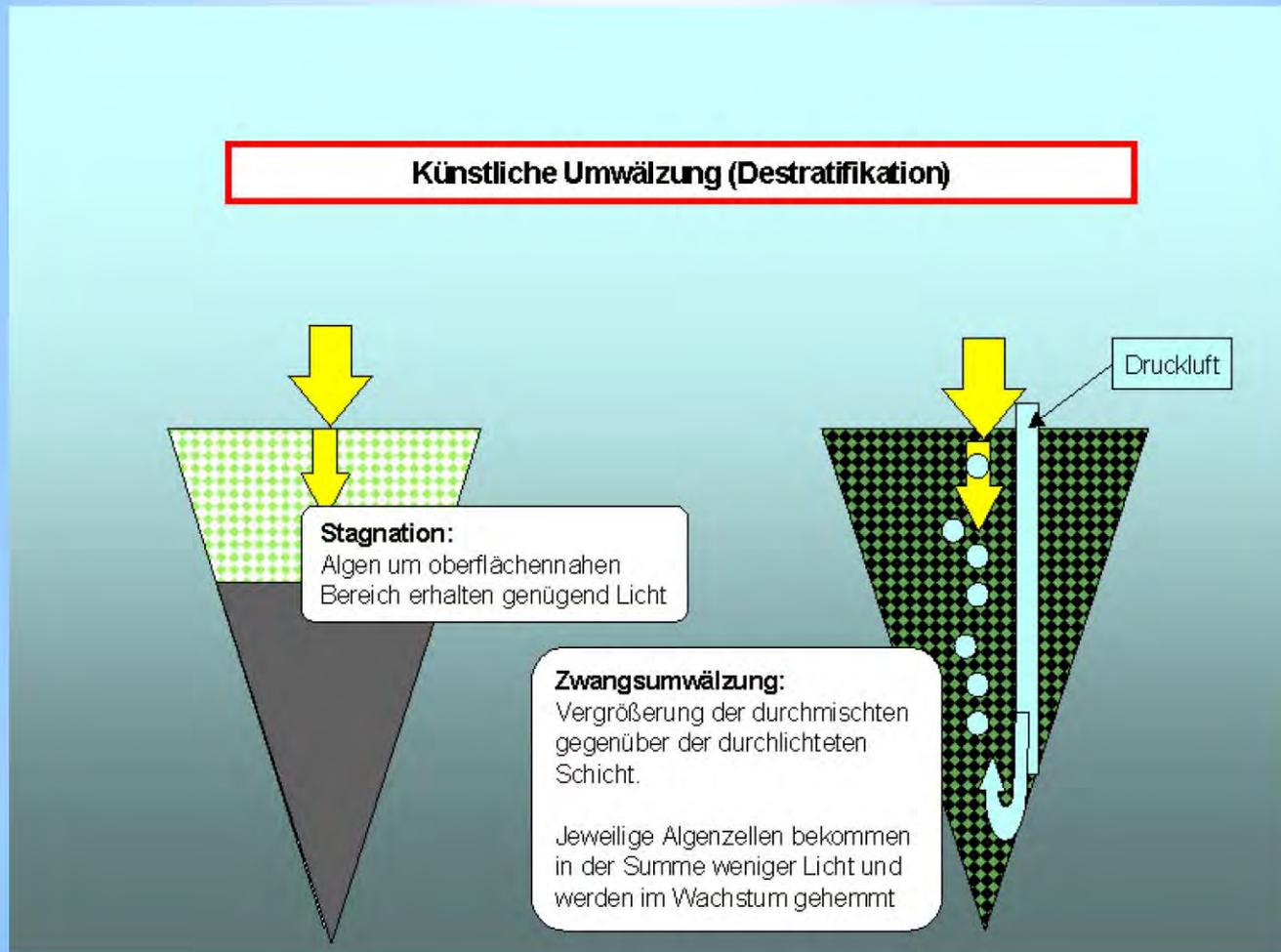
Zwangszirkulation/Destratifikation

Der Einsatz der Destratifikation oder der Zwangszirkulation potentiell meromiktischer Seen setzen voraus, dass der See eine Temperaturschichtung aufweist und es dementsprechend zu einer Anreicherung von Pflanzennährstoffen in der Tiefe des Gewässers kommt.

Die Zwangszirkulation potentiell meromiktischer Seen findet ihre Anwendung in nur gering belasteten Seen, die aufgrund ihrer Beckenmorphologie zur unvollständigen Durchmischung im Frühjahr und Herbst neigen.

aus [BESCH et al., 1992](#)

Zwangszirkulation/Destratifikation



Schema zur Wirkung der Zwangszirkulation

aus <http://www.waterquality.de/hydrobio.hw/SIMG42.GIF>

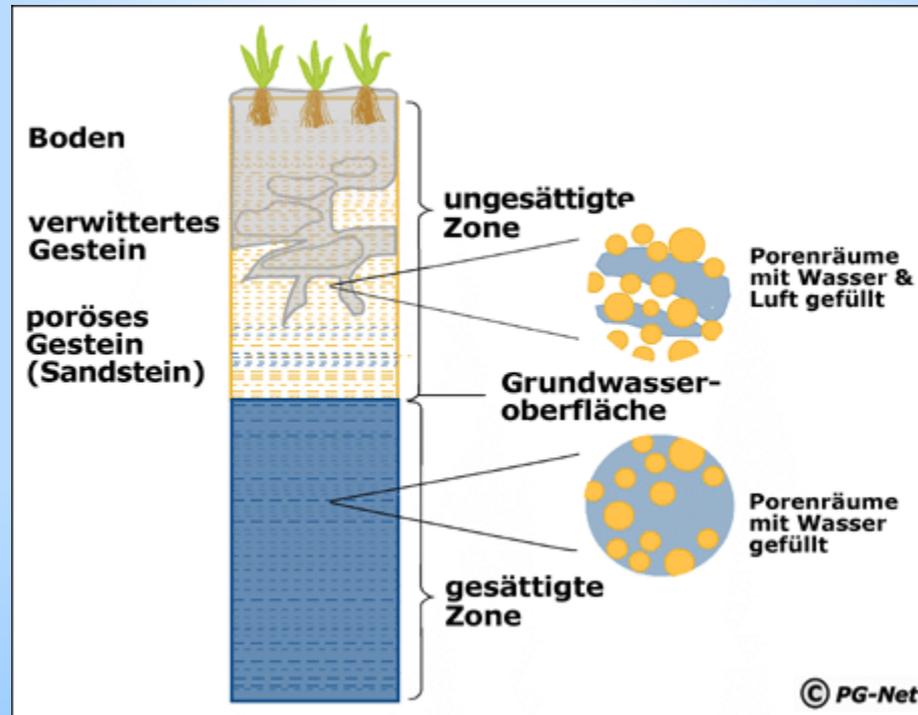
Literaturverzeichnis

BESCH et al., 1992	Besch, W.-K.; Hamm, A.; Lenhart, B.; Melzer, A.; Scharf, B.; Steinberg, C.: Limnologie für die Praxis - Grundlagen des Gewässerschutzes, 3. Auflage ecommed Fachverlag, Landsberg, 1992
BUSCH, UHLMANN & WEISE, 1983	Busch, K.-F.; Uhlmann, D.; Weise, G. Ingenieurökologie VEB Gustav Fischer Verlag Jena, 1983
DOKULIL et. al., 2001	Dokulil, M.; Hamm, A.; Kohl, J.-G. (Hrsg.): Ökologie und Schutz von Seen Facultas Verlags- und Buchhandels AG, Wien, 2001
KLAPPER, 1997	Klapper, H. Phosphatfällung im Gewässer In: Handbuch des Umweltschutzes und der Umweltschutztechnik, Band 5: Sanierender Umweltschutz, (Hrsg.: Heinz Brauer), S. 189 ff. Springer-Verlag Berlin Heidelberg 1997
SCHWOERBEL, 1984	Schwoerbel, J.: Einführung in die Limnologie VEB Gustav Fischer Verlag, Jena, 1984

Gewässerschutz

#13 Gewässersanierung II Grundwassersanierung

Ausgewählte Grundlagen und Begriffe



Gesättigte und ungesättigte Bodenzone

aus http://www.cms.fu-berlin.de/geo/fb/e-learning/pg-net/themenbereiche/bodengeographie/einfuehrung/bodenbestandteile/bodenwasser/bodenzonen_einteilung/

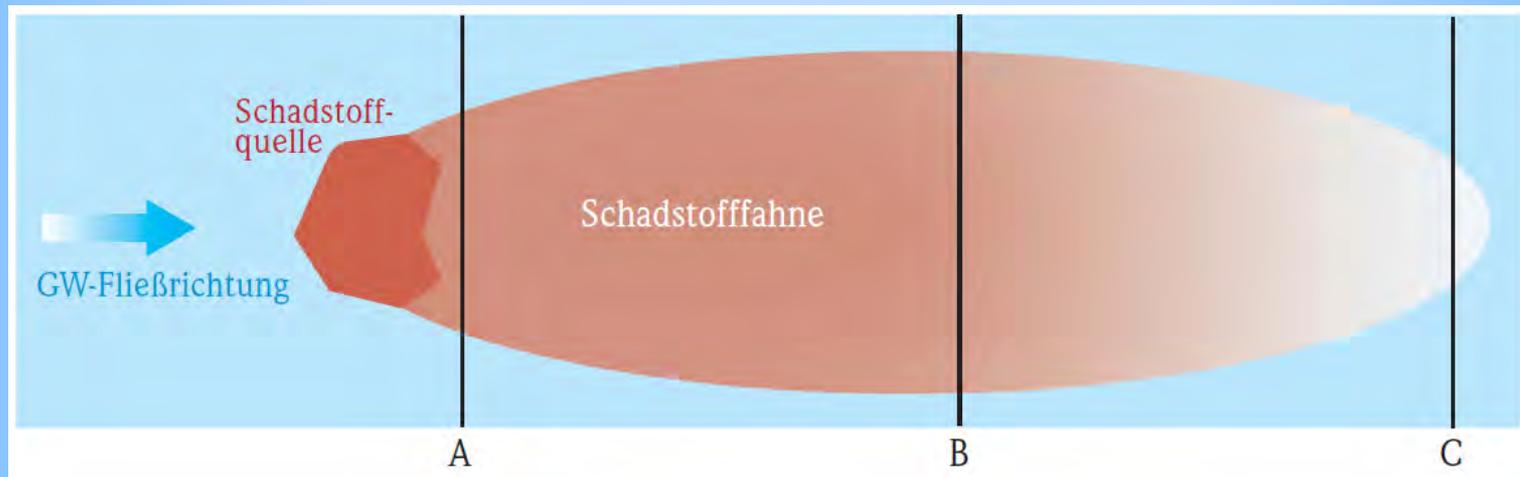
Ausgewählte Grundlagen und Begriffe

Grundsätzlich ist bei einer sanierungsbedürftigen Grundwasserverunreinigung zu differenzieren zwischen

- **Schadstoffquelle**

und

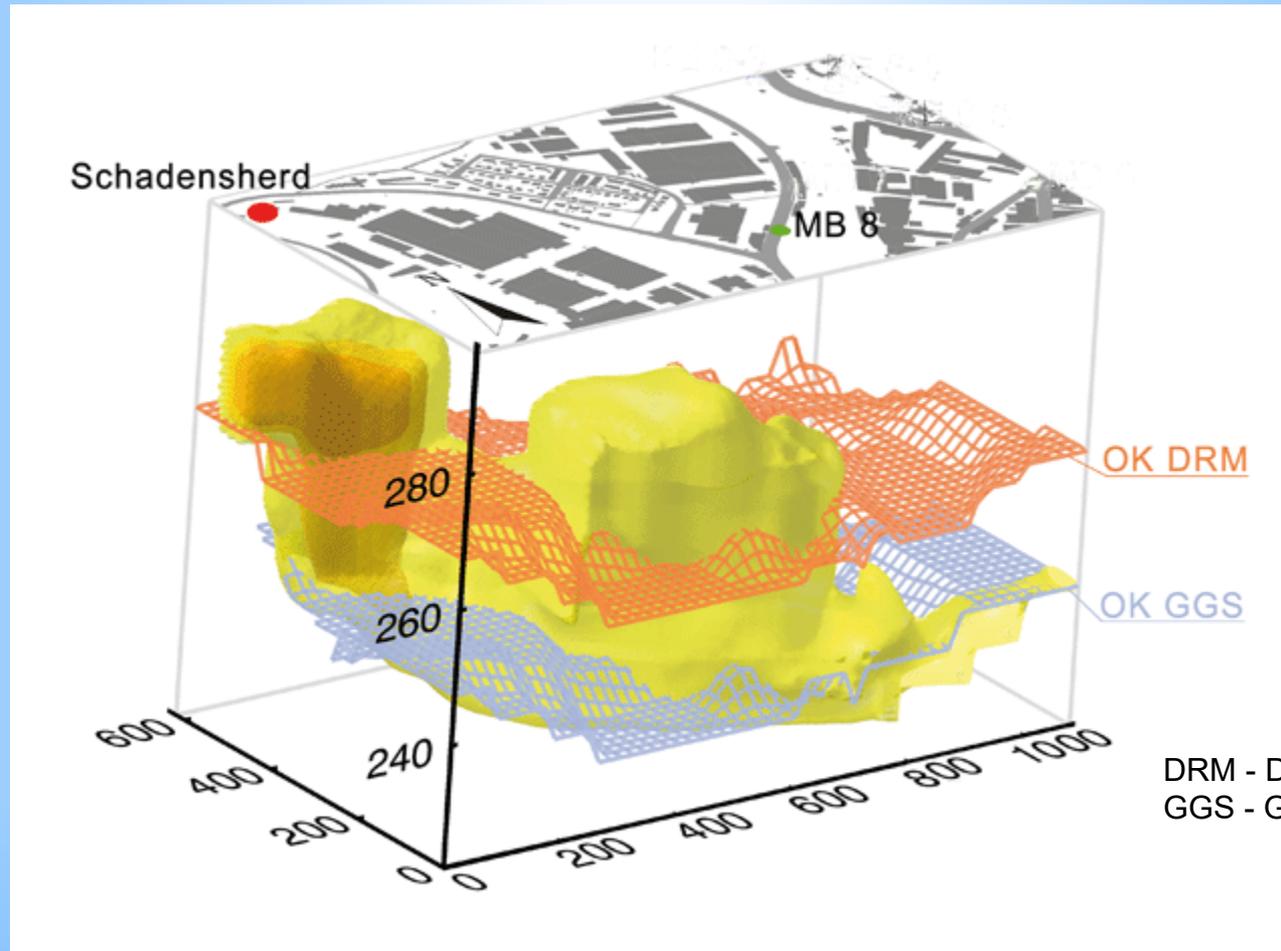
- **Schadstofffahne**



Schadstoffquelle und –fahne (Draufsicht)

aus HLUG, 2008

Ausgewählte Grundlagen und Begriffe



Schadstoffquelle und -fahne (Querschnitt, 3D)

aus <http://www.et-ertel.de/references/services/>

Ausgewählte Grundlagen und Begriffe

Schadstoffquelle:

Kontaminierte Bodenbereiche mit mobilen bzw. mobilisierbaren Schadstoffen, können in der ungesättigten oder gesättigten Zone liegen

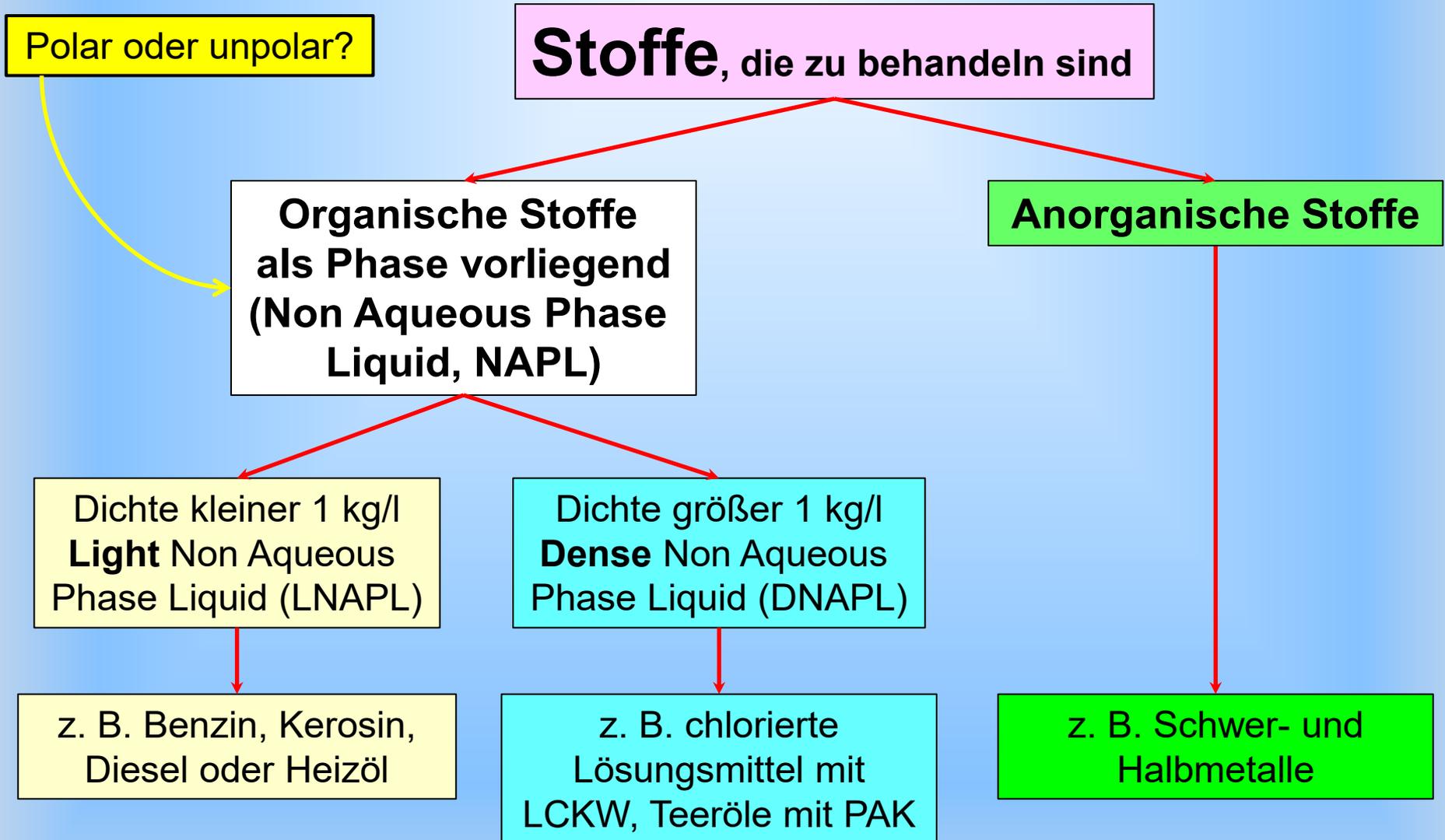
Freisetzung und Verlagerung der Schadstoffe:

- Auswaschen löslicher Schadstoffe durch Sicker- und Grundwasser
Wirkungspfad: Boden → Grundwasser
- Flüchtige Schadstoffe können in die Bodenluft und anschließend in die Atmosphäre und in das Grundwasser gelangen.
- Mobile flüssige Schadstoffphasen können im Untergrund versickern.

Bodenbereiche mit wasserunlöslichen Schadstoffen sind keine Schadstoffquelle, da keine Freisetzung in das Sicker- oder Grundwasser stattfindet (z. B. in Schlacke fest eingebundene Schwermetalle).

nach HLUG, 2008

Ausgewählte Grundlagen und Begriffe



Grundwassersanierung

Zur Sanierung kontaminierter Böden oder Grundwasserleiter wurden zahlreiche verschiedene Verfahren entwickelt und getestet. Bei weitem nicht alle konnten sich in der Praxis behaupten (unzureichende Effekte, zu hohe Kosten...)

Die Einteilung der Verfahren kann nach verschiedenen Gesichtspunkten erfolgen:

- **Isolation** und/oder **Behandlung** der Schadstoffquelle/-fahne
- Behandlung **In Situ** (Behandlung der Schadstoffe im Boden bzw. Grundwasser) oder **Ex Situ** (Entnahme der Schadstoffe und Transport zu einer Behandlungsanlage)
- Behandlung In Situ kann in der **ungesättigten** oder **gesättigten Bodenzone** erfolgen
- Behandlung Ex Situ kann **On Site** (Behandlungsanlage unmittelbar an der Schadstoffquelle/Schadstofffahne) oder **Off Site** (Behandlungsanlage weiter entfernt angeordnet) erfolgen

Grundwassersanierung

- Behandlung kann mit **chemischen, biologischen, physikalischen** oder **kombinierten Verfahren** erfolgen
- Biologische Behandlung kann **aerob** oder **anaerob** erfolgen

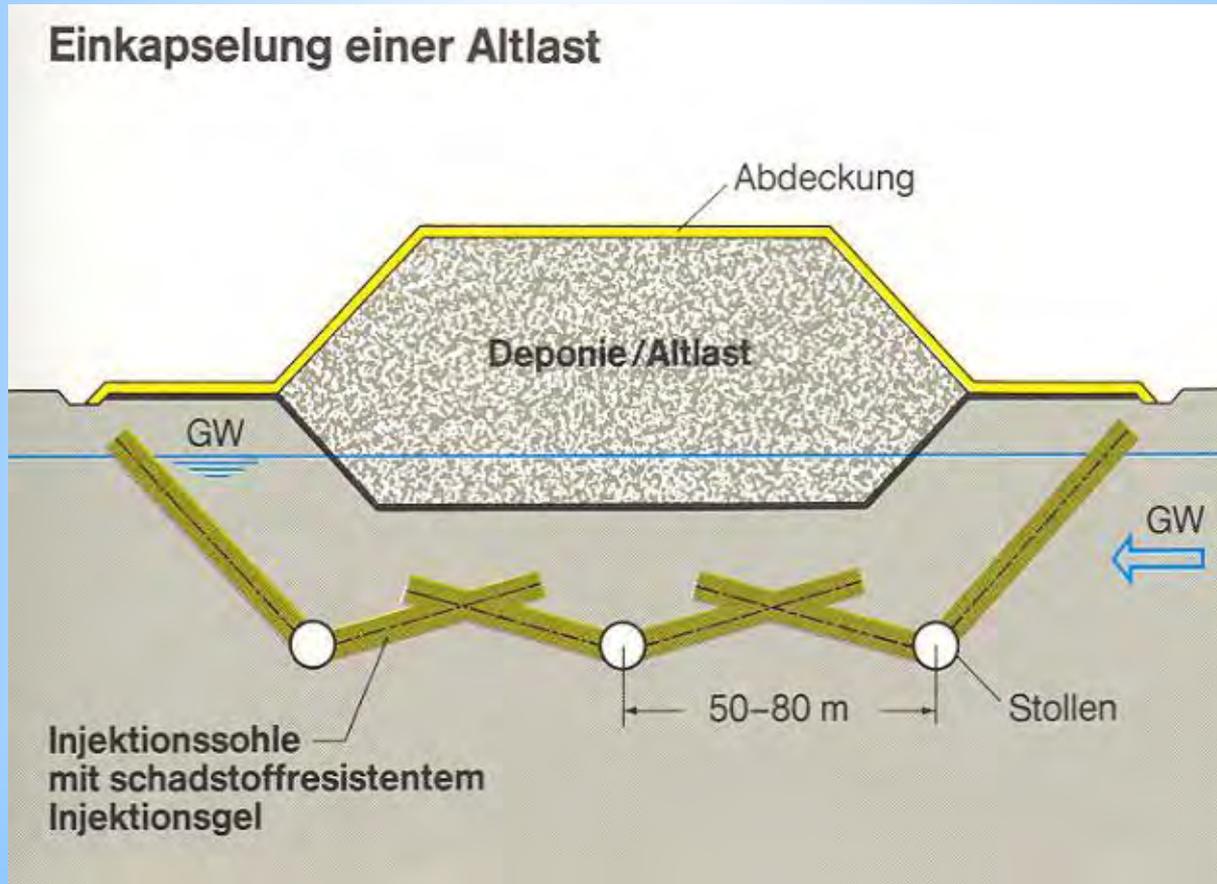
usw. usf.

Isolation der Schadstoffe

- **Vertikale** Abschirmung von Schadstoffquellen/-fahnen
 - Spundwände
 - Schmalwände
 - Schlitzwände
 - Gerammte Schlitzwand
 - Schlitzwand-Kombi-Dichtung
 - Injektionswand
- **Horizontale** Abschirmung von Schadstoffquellen/-fahnen
 - Wasserdichte Abdeckung der Oberfläche von Deponien, damit kein Niederschlag eindringen kann (Plastikfolien, Lehmboden, Bentonit usw.)
 - Abdichtung des Untergrunds einer Deponie oder einer Altlast

nach <http://www.sanierungsverfahren.de/sanverfahren/horizontal.html>

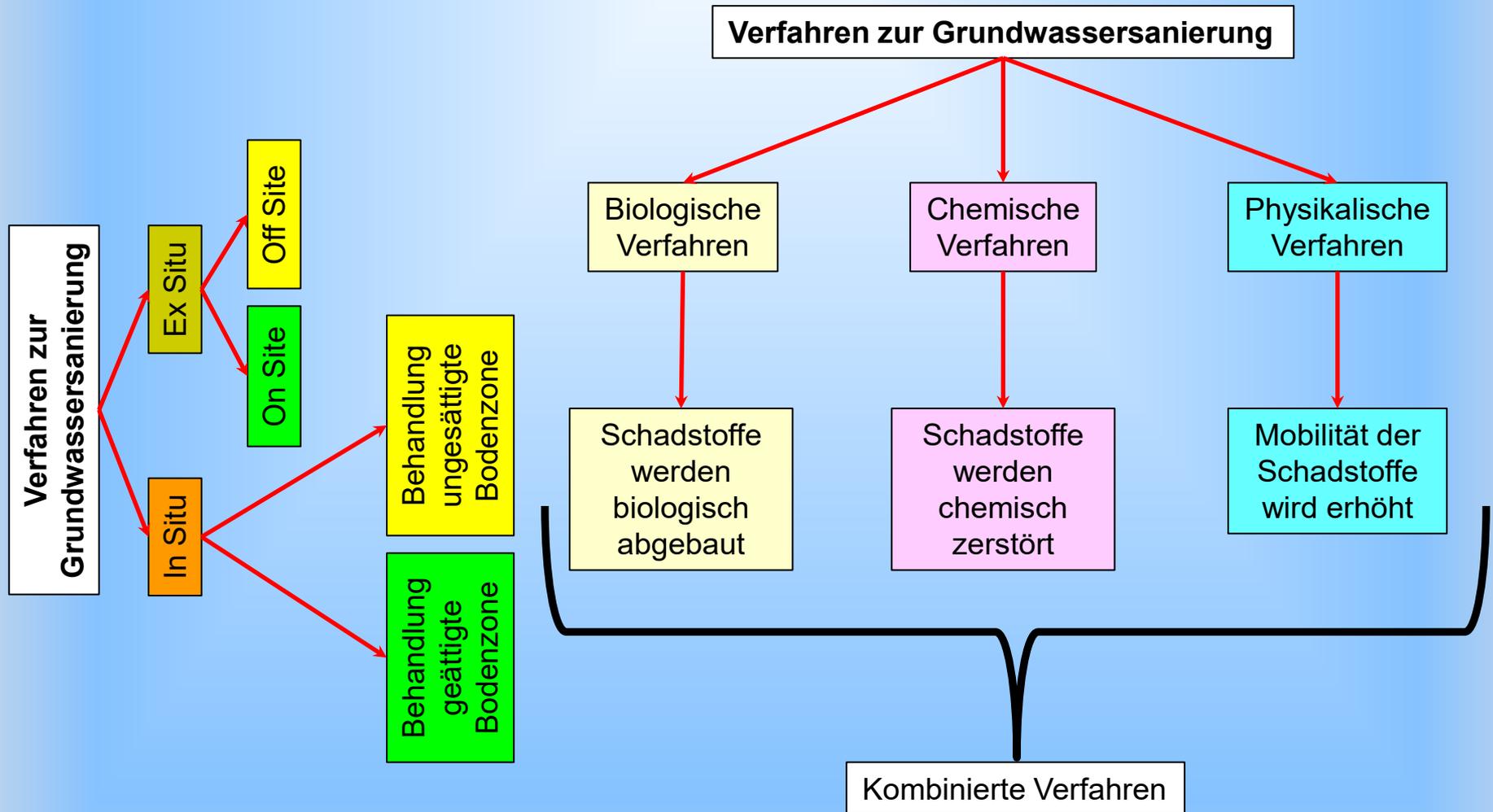
Isolation der Schadstoffe



Abdichtung der Oberfläche und des Untergrunds einer Deponie oder Altlast

nach <http://www.sanierungsverfahren.de/sanverfahren/horizontal.html>

Grundwassersanierung



Grundwassersanierung bei Altlasten

Die Beseitigung von Altlasten in Boden und Grundwasser ist eine wichtige Aufgabe und nach wie vor aktuell:

Die Nachhaltigkeitsstrategie des Bundes sieht vor, den **täglichen Landschaftsverbrauch (Flächenverbrauch) bis 2020 auf 30 ha** abzusenken.

nach http://www.bundesregierung.de/Webs/Breg/DE/Themen/Nachhaltigkeitsstrategie/_node.html

Sind Flächen stillgelegter Industrie- oder Gewerbebetriebe vorhanden, konterkariert das Errichten neuer Industriestandorte „auf der grünen Wiese“ das o. g. Ziel. Um den Flächenverbrauch zu senken, müssen vielmehr „alte“ Flächen, also Industriebrachen und Altlastenstandorte einer Nutzung zugeführt werden. Dies wird dadurch erleichtert, dass kontaminierte Flächen oft eine günstige Lage und eine gute Infrastruktur aufweisen. Allerdings muss meist eine Boden- und Grundwassersanierung erfolgen, bevor die Grundstücke genutzt werden können.

Grundwassersanierung bei Altlasten

Ein gutes Beispiel der Grundwassersanierung bei Altlasten sind die - zum Teil heute noch laufenden - Ökologischen Großprojekte BUNA und SOW Böhlen auf dem Gelände der heutigen

Dow Olefinverbund GmbH, Werke Schkopau und Böhlen

Zu DDR-Zeiten firmierten diese Industriestandorte unter

VEB Chemische Werke Buna ←
Braunkohlenkombinat VEB Otto Grotewohl Böhlen



Mit den o. g. Ökologischen Großprojekten werden Altlasten der Standorte aus DDR-Zeiten, aber auch aus der Zeit vor und während des 2. Weltkriegs (z. B. der damaligen Braunkohlen-Benzin AG in Böhlen - BRABAG) beseitigt.

Die Übernahme der alten DDR-Betriebe durch **Dow Chemical** (umsatzstärkster Chemiekonzern der U.S.A.) war nur möglich dank der Altlastenfreistellung der Standorte durch die Bundesregierung.

Altlastenfreistellung

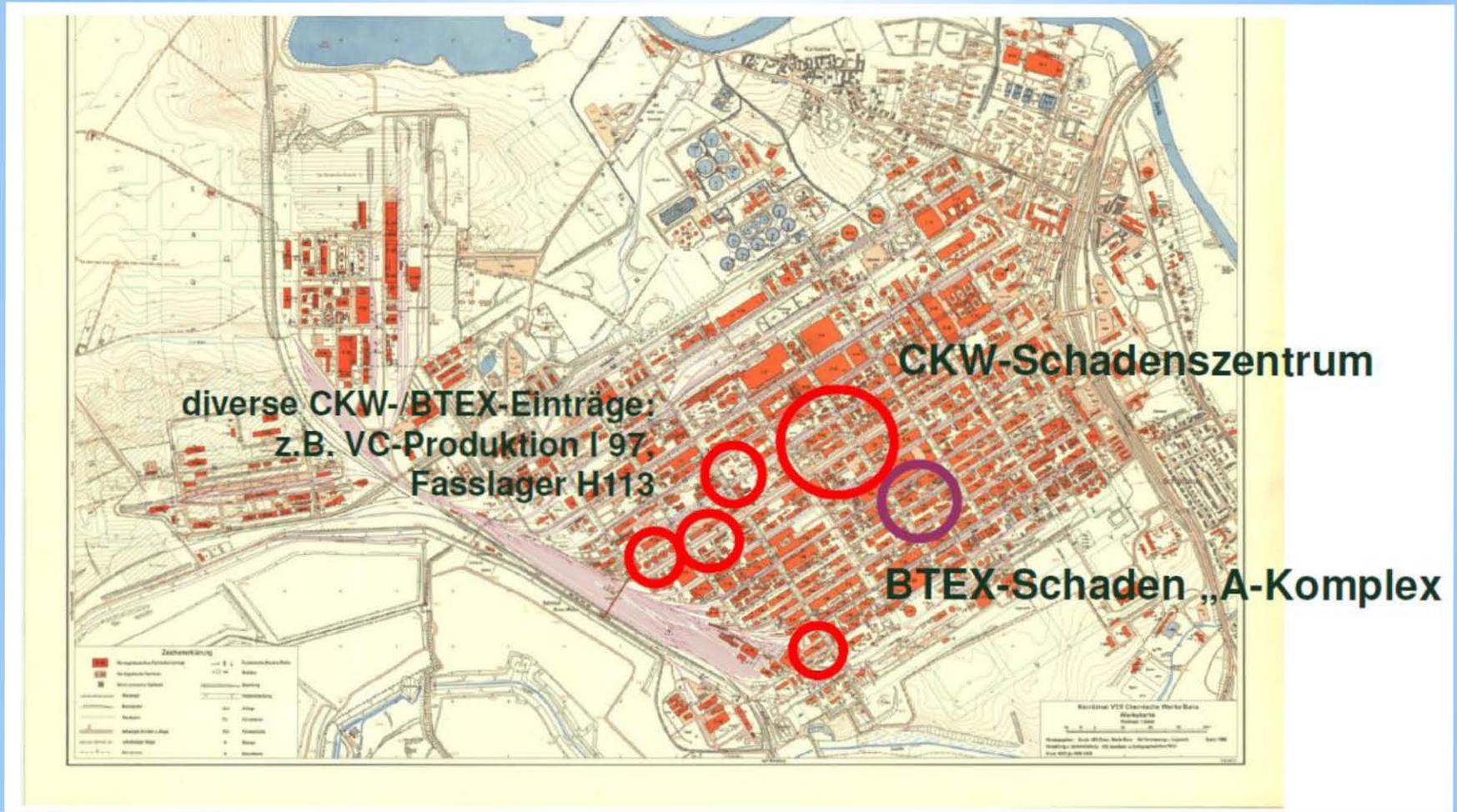
„Nach Art. 1 § 4 Abs. 3 des Umweltrahmengesetzes (vom 29. Juni 1990 GBl. I, S. 649 ff) bestand für Eigentümer, Besitzer oder Erwerber von Grundstücken bis zum Jahr 1992 die Möglichkeit, Kostenzuschüsse für die Altlastensanierung zu beantragen, soweit auf diesen Grundstücken gewerbliche Unternehmungen errichtet oder fortgeführt werden und dadurch Arbeitsplätze geschaffen oder zumindest längerfristig erhalten werden.

Mit der Freistellung sollte in den neuen Bundesländern eine rechtliche Möglichkeit bereitgestellt werden, die Privatisierung der bisher staatlichen Anlagen und Grundstücke zu erleichtern. Es sollen mögliche Investitionshindernisse beseitigt werden, die darin bestehen, dass ein potentieller Investor mit nicht vorhersehbaren, irgendwann in der Zukunft zu realisierenden Sanierungsanforderungen rechnen muss, wodurch seine Investitionsentscheidungen mit nicht kalkulierbaren Risiken behaftet ist. Damit verfolgt die Altlastenfreistellung in erster Linie den Zweck der Wirtschaftsförderung.

Die Sanierung von Altlastenstandorten dient nicht nur dem Schutz der Umwelt und dem Interesse der Wirtschaft, sie ist in den neuen Bundesländern auch wesentliche Voraussetzung für die Revitalisierung von Brachflächen. Dabei ist es wichtig, die Folgenutzung und Sanierung aufeinander abzustimmen...“

aus http://www.thueringen.de/th8/tmlfun/umwelt/bodenschutz_altlasten/altlasten/altlastenfreistellung/

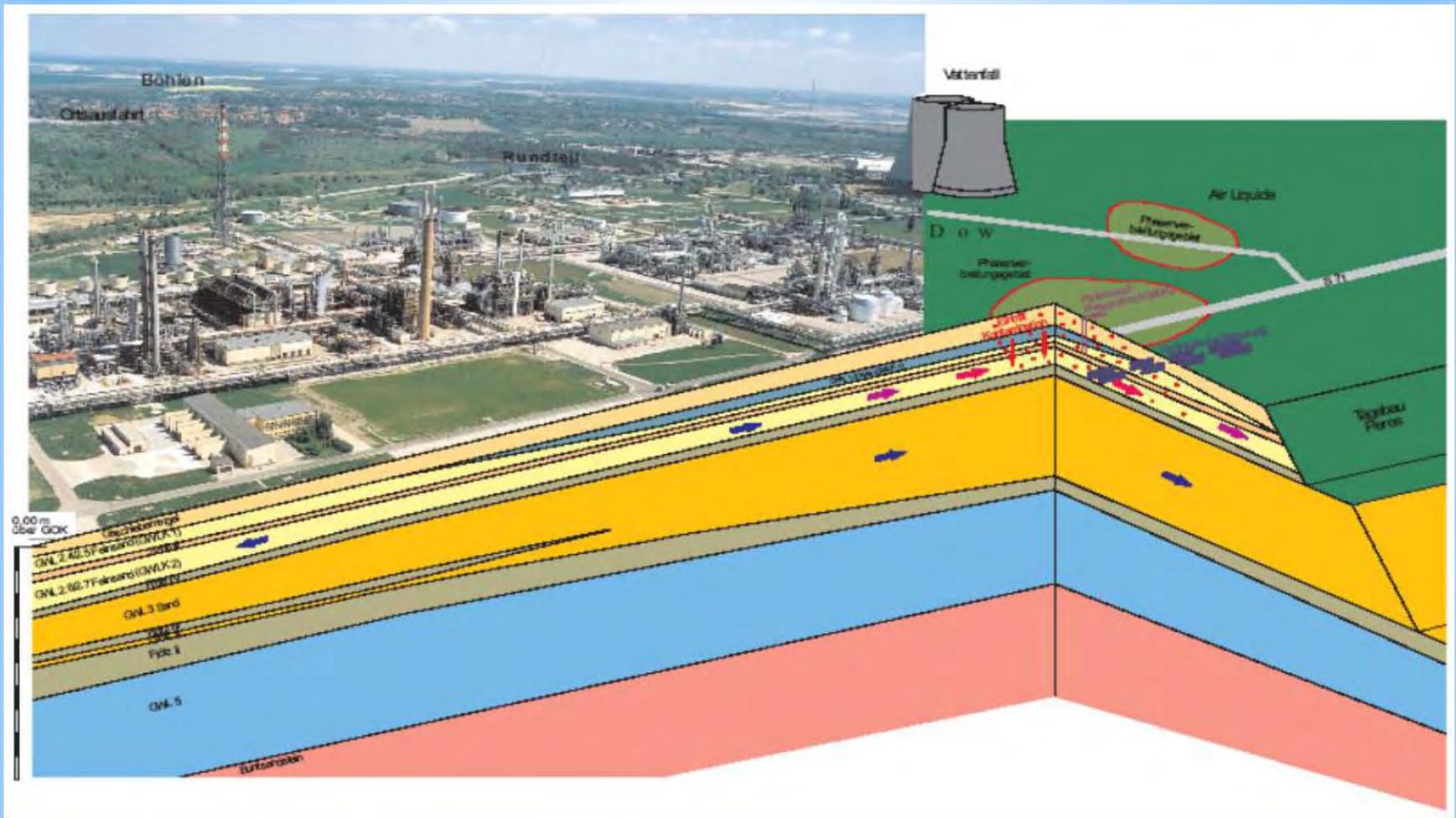
Grundwassersanierung bei Altlasten



Schadensquellen, beseitigt im Rahmen des Ökologischen Großprojekts BUNA

aus http://www.gwz-dresden.de/fileadmin/gwz/Downloads/Veranstaltungen/SALKO/Vortraege_2012/4-2_Richter.pdf

Grundwassersanierung bei Altlasten



Grundwasserleiter, saniert im Rahmen des Ökologischen Großprojekts SOW Böhlen

aus http://www.gwz-dresden.de/fileadmin/gwz/Downloads/Veranstaltungen/SALKO/Vortraege_2012/4-2_Richter.pdf

Grundwassersanierung bei Altlasten

d. h. Auskoffern

	ÖGP BUNA	ÖGP „Sow Böhlen“
Geologie / Teufenbereich	Festgestein ...100 m	Lockergestein ...20 m
Schadstoff noch vorhanden?	DNAPL/Sekundärquelle	LNAPL: 4.000 m ³
Quellbereich saniert? Wann?	Bodenaustausch 2005	kein Bodenaustausch
Grundwasserbelastung Quellbereich/Sicherung ab	...20 mg/l CKW (Rohw.) 2007	...90 mg/l BTEX (GWM) 2015
Grundwasserbelastung Abstrombereich/Sicherung ab	...70 mg/l CKW (RR1/2) 2002	...5 mg/l BTEX (GWM) 2013

Situation der Ökologischen Großprojekte BUNA und SOW Böhlen in 2012

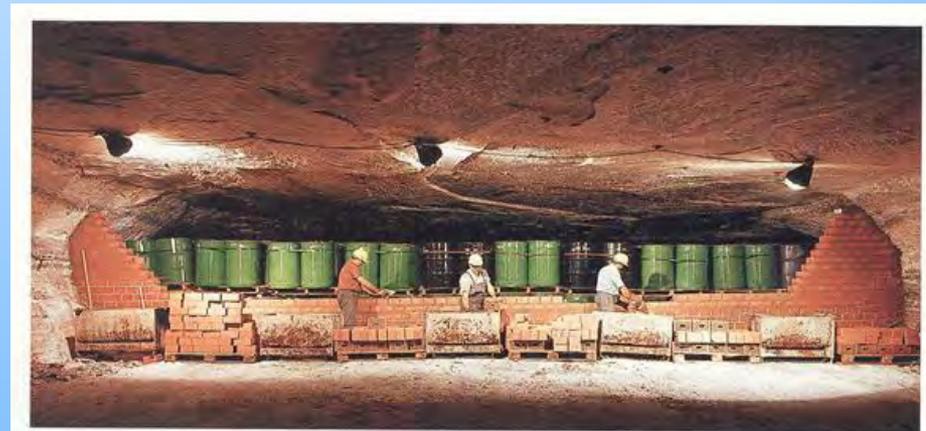
aus http://www.gwz-dresden.de/fileadmin/gwz/Downloads/Veranstaltungen/SALKO/Vortraege_2012/4-2_Richter.pdf

Ex-Situ-Verfahren

- Auskoffering



- Transport / Deponierung

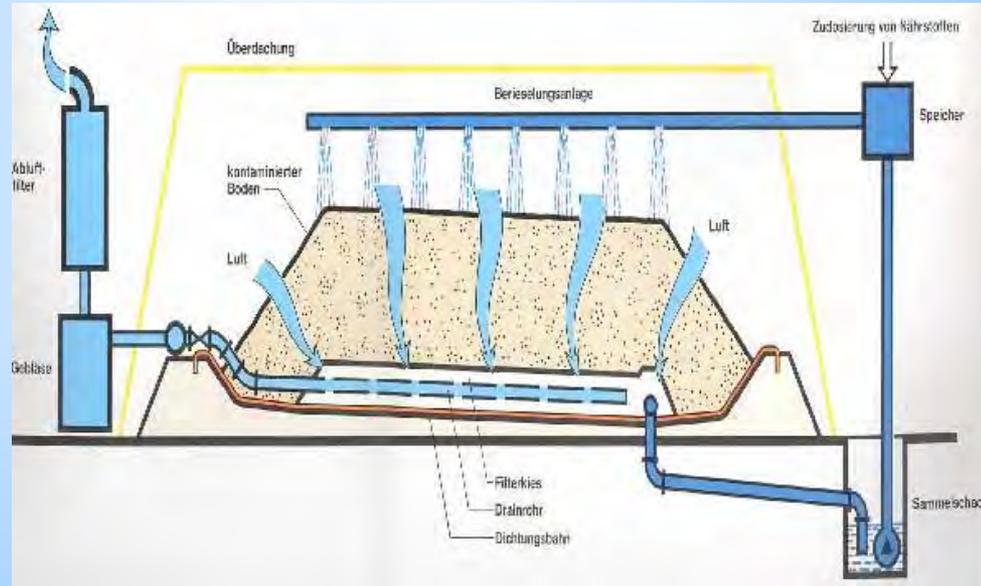


aus <http://www.sanierungsverfahren.de/sanverfahren/horizontal.html>

Ex-Situ-Verfahren

On Site / Off Site

- Bodenwäsche

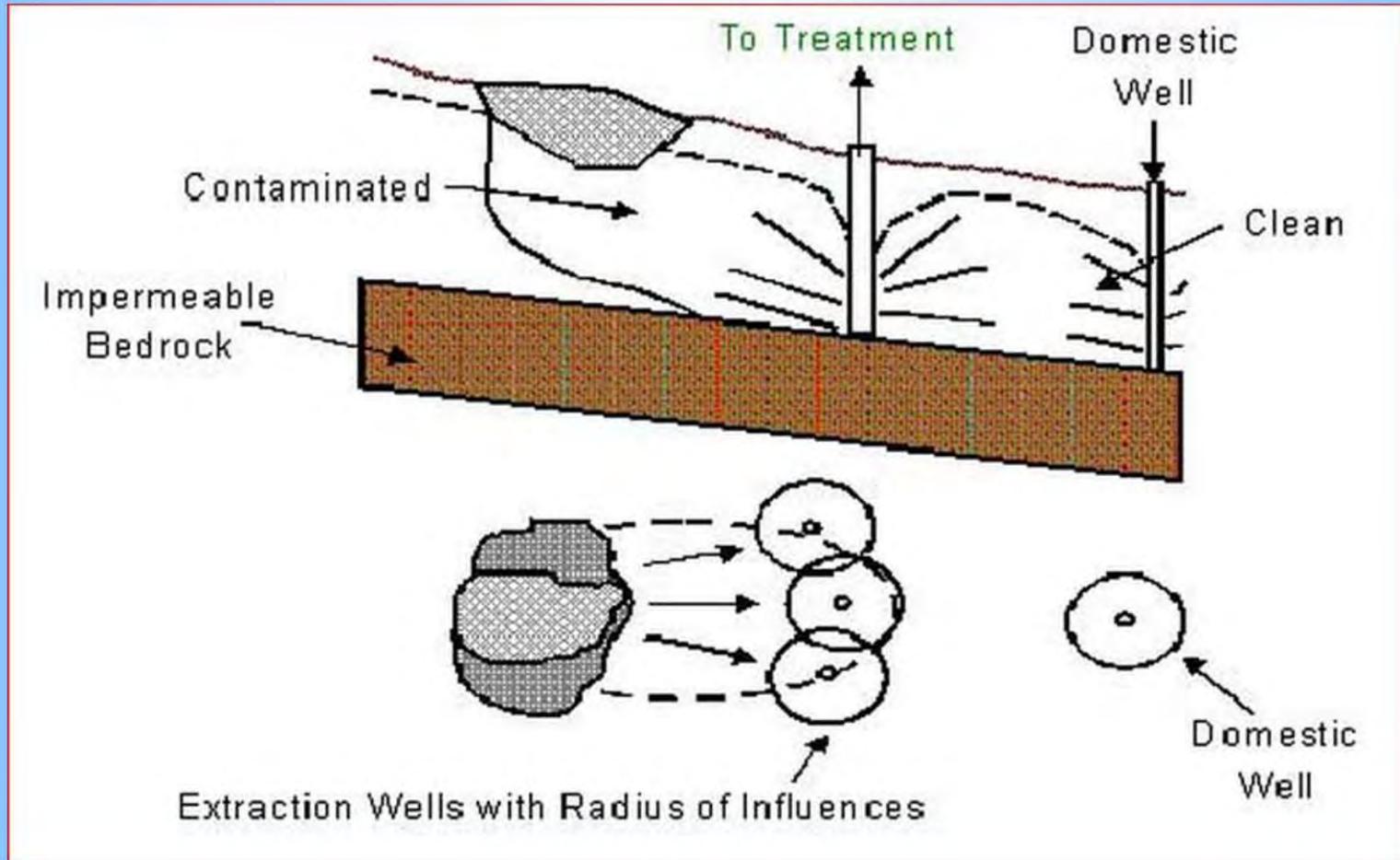


- Thermische Verfahren
- Dampfextraktion
- Biologische Verfahren
- Immobilisierung
- Chemische Extraktion
- Chemische Transformation

Mögliche Behandlungsverfahren für
Pump-and-Treat

nach <http://www.sanierungsverfahren.de/sanverfahren/horizontal.html>

Ex situ: Pump-and-Treat



Schematische Darstellung des Pump-and-Treat-Verfahrens

aus <http://www.sanierungsverfahren.de/sanverfahren/insitu1.html#Anchor-xPum-27205>

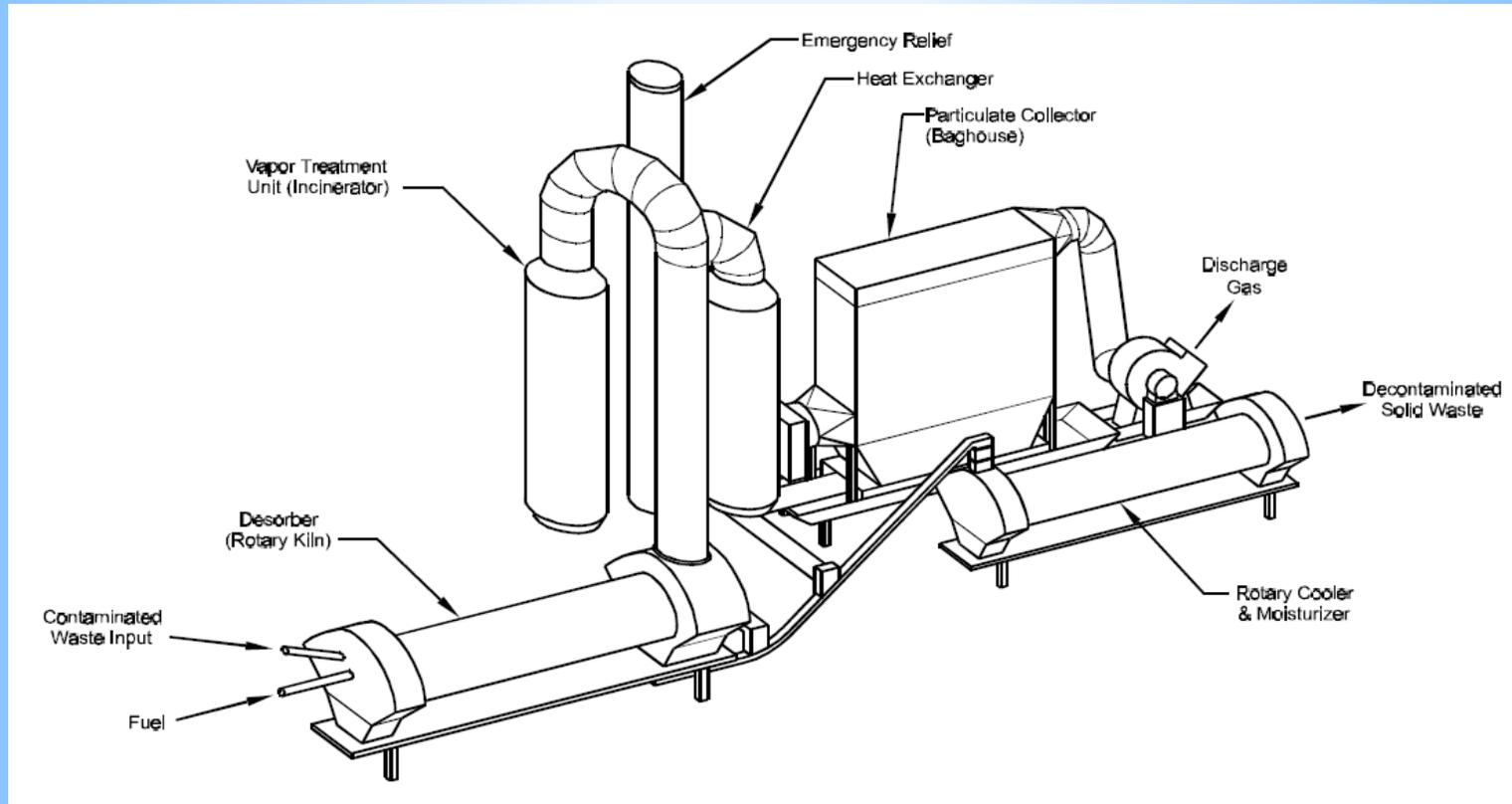
Ex situ: Pump-and-Treat

Das Grundprinzip der hydraulischen Verfahren beruht auf der Entnahme von Grundwasser aus Entnahmesystemen in Form von Brunnen oder Drainagen. Durch die Entnahme des Grundwassers bildet sich ein Absenktrichter aus, wodurch die natürliche Grundwasserfließrichtung in der unmittelbaren Umgebung des Brunnens geändert wird und das Grundwasser von allen Seiten dem Brunnen zufließt.

Die Wirkung der hydraulischen Verfahren besteht in dem Fördern von kontaminiertem Grundwasser, wodurch über mehr oder weniger lange Zeiträume eine Reinigung der gesättigten Bodenzone erfolgt. Damit wird gleichzeitig eine mit der natürlichen Fließrichtung des Grundwassers eingehende Schadstoffausbreitung unterbunden.

aus <http://www.sanierungsverfahren.de/sanverfahren/insitu1.html#Anchor-xPum-27205>

Ex situ: Thermodesorption



Schematische Darstellung der Nieder-Temperatur Thermodesorption zur Bodenbehandlung

aus [US EPA, 2004](#)

Ex situ: Thermodesorption

Nieder-Temperatur Thermodesorption ist eine Ex-situ- Sanierungstechnologie, die Wärme nutzt, um Erdölkohlenwasserstoffe aus ausgekofferten Böden zu abzutrennen.

Die verdampften Kohlenwasserstoffe werden in der Regel einer Abluftbehandlung zugeführt (z. B. einem Nachbrenner , katalytische Oxidationskammer , Kondensator oder Kohlenstoff-Adsorptionseinheit). Nachbrenner und Oxidationsmittel zerstören die organischen Bestandteile.

nach [US EPA, 2004](#)

Grundwassersanierung In situ

Aus wirtschaftlichen und ganz praktischen Erwägungen heraus mussten Maßstäbe entwickelt werden, die zur Beurteilung des Erfolgs einer Grundwassersanierung herangezogen werden können bzw. bei deren Erreichen die Behandlung eingestellt werden kann.

Soweit verfügbar wurden zum Vergleich die natürlichen Hintergrundbelastungen herangezogen. Wo das nicht möglich war – bei allen Schadstoffen, die in der Natur nicht vorkommen - wurde als Maßstab eine Schadstoffkonzentration bestimmt, die eine gefähderungsfreie Nutzung der Grundwasserressourcen ermöglicht.

Diese Schadstoffkonzentrationen sind die sogenannten

Geringfügigkeitsschwellenwerte

Geringfügigkeitsschwellenwerte

Anorganische Parameter	Geringfügigkeitsschwellenwert	Basiswerte der natürlichen Grundwasserbeschaffenheit
Antimon (Sb)	5 µg/l	0,4 µg/l
Arsen (As)	10 µg/l	2,6 µg/l
Barium (Ba)	340 µg/l	186 µg/l
Blei (Pb)	7 µg/l	3,9 µg/l
Bor (B)	740 µg/l	88,0 µg/l
Cadmium (Cd)	0,5 µg/l	0,3 µg/l
Chrom	7 µg/l	2,4 µg/l
Kobalt (Co)	8 µg/l	5,7 µg/l
Kupfer (Cu)	14 µg/l	10,1 µg/l
Molybdän (Mo)	35 µg/l	
Nickel (Ni)	14 µg/l	12,6 µg/l
Quecksilber (Hg)	0,2 µg/l	0,2 µg/l
Selen (Se)	7 µg/l	1,6 µg/l
Thallium (Tl)	0,8 µg/l	
Vanadium (V)	4 µg/l	
Zink (Zn)	58 µg/l	49,8 µg/l
Cyanid (CN-)	5 µg/l	
Fluorid (F-)	750 µg/l	270 µg/l

Geringfügigkeitsschwellenwerte für örtlich begrenzte Grundwasserverunreinigungen, **Anorganische Parameter** nach GWS-VwV

nach [LAWA, 2004](#) / [HessLfUG, 2008](#)

Geringfügigkeitsschwellenwerte

Organische Parameter	Geringfügigkeitsschwellenwert
Summe PAK	0,2 µg/l
Anthracen, Benzo[a]pyren, Dibenz[a,h]anthracen (GSW für jeweils einen dieser Stoffe)	0,01 µg/l
Benzo[b]fluoranthren, Benzo[k]-fluoranthren, Benzo[ghi]perylen, Fluoranthren, Indeno[123-cd]pyren (GSW für jeweils einen dieser Stoffe)	0,025 µg/l
Summe Naphthalin u. Methylnaphthaline	1 µg/l
Summe LHKW	20 µg/l
Summe Tri- und Tetrachlorethen	10 µg/l
1,2-Dichlorethan	2 µg/l
Chlorethen (Vinylchlorid)	0,5 µg/l
Summe PCB und Einzelstoffe	0,01 µg/l
Kohlenwasserstoffe	100 µg/l
Summe alkylierte Benzole	20 µg/l
Benzol	1 µg/l
MTBE	15 µg/l
Phenol	8 µg/l
Nonylphenol	0,3 µg/l
Summe Chlorphenole	1 µg/l
Hexachlorbenzol	0,01 µg/l
Summe Chlorbenzole	1,0 µg/l
Epichlorhydrin	0,1 µg/l

Geringfügigkeitsschwellenwerte
für örtlich begrenzte
Grundwasserverunreinigungen,
Organische Parameter
nach GWS-VwV

nach [LAWA, 2004](#) / [HessLfUG, 2008](#)

Geringfügigkeitsschwellenwerte

Pflanzenschutzmittel und Biozidprodukte (PSMBP)	Geringfügigkeitsschwellenwert
Summe PSMBP	0,5 µg/l
PSMBP Einzelstoff (GSW für jeweils einen dieser Stoffe)	0,1 µg/l
Aldrin, Azinphos-methyl, Dichlorvos, Dieldrin, Endosulfan, Etrimfos, Fenitrothion, Fenthion, Heptachlor, Heptachlor-epoxid, Parathion-ethyl (GSW für jeweils einen dieser Stoffe)	0,01 µg/l
Chlordan	0,003 µg/l
Disulfoton	0,004 µg/l
Diuron	0,05 µg/l
Hexazinon	0,07 µg/l
Malathion, Parathion-methyl (GSW für jeweils einen dieser Stoffe)	0,02 µg/l
Mevinphos	0,0002 µg/l
Pentachlorphenol	0,1 µg/l
Phoxim	0,008 µg/l
Triazophos, Trifluralin (GSW für jeweils einen dieser Stoffe)	0,03 µg/l
Tributylzinn	0,0001 µg/l
Trichlorphon	0,002 µg/l
Triphenylzinnverbindungen, Dibutylzinn-Verbindungen	0,01 µg/l

Geringfügigkeitsschwellenwerte für örtlich begrenzte Grundwasserverunreinigungen, **Pflanzenschutzmittel und Biozidprodukte** nach GWS-VwV

nach [LAWA, 2004](#) / [HessLfUG, 2008](#)

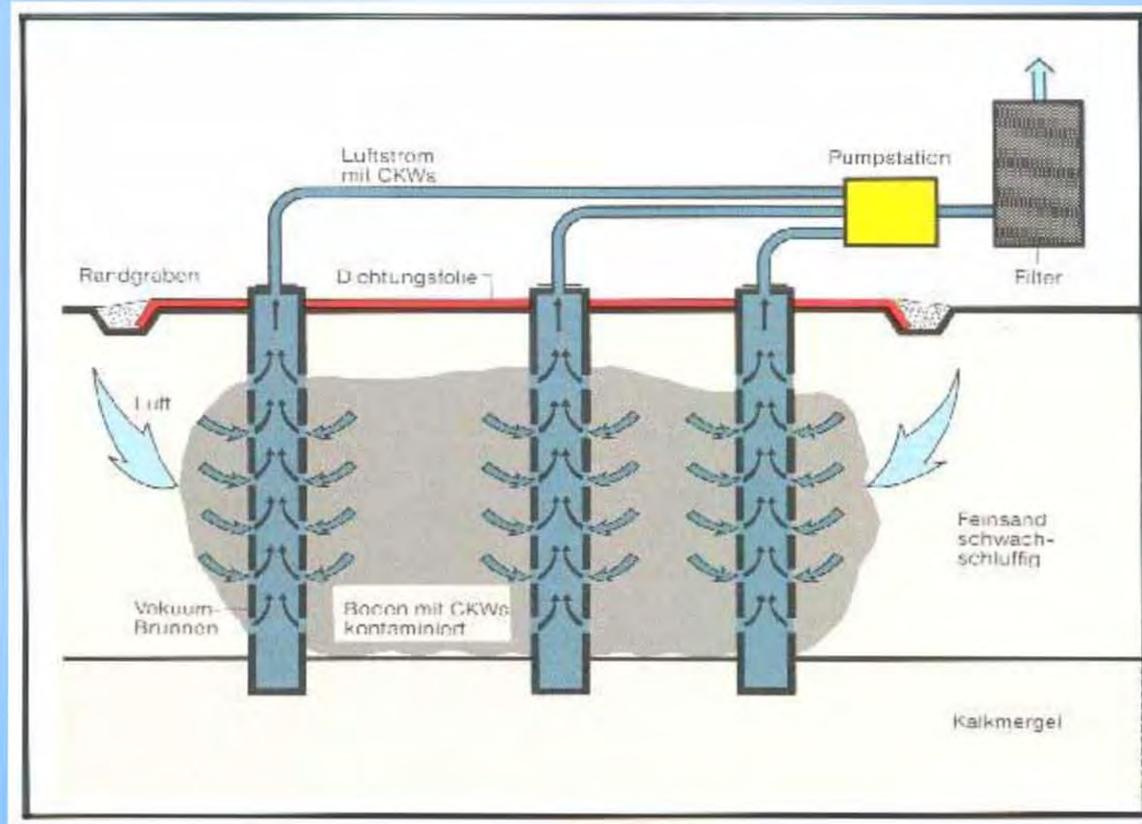
Geringfügigkeitsschwellenwerte

Sprengstofftypische Verbindungen	Geringfügigkeitsschwellenwert
Nitropenta (PETN)	10 µg/l
2-Nitrotoluol	1 µg/l
3-Nitrotoluol	10 µg/l
4-Nitrotoluol	3 µg/l
2-Amino-4,6-Dinitrotoluol	0,2 µg/l
4-Amino-2,6-Dinitrotoluol	0,2 µg/l
2,4-Dinitrotoluol	0,05 µg/l
2,6-Dinitrotoluol	0,05 µg/l
2,4,6-Trinitrotoluol	0,2 µg/l
Hexogen	1 µg/l
2,4,6-Trinitrophenol (Pikrinsäure)	0,2 µg/l
Nitrobenzol	0,7 µg/l
1,3,5-Trinitrobenzol	100 µg/l
1,3-Dinitrobenzol	0,3 µg/l
Hexanitrodiphenylamin (Hexyl)	2 µg/l
Tetryl	5 µg/l
Octogen	175 µg/l

Geringfügigkeitsschwellenwerte für örtlich begrenzte Grundwasserverunreinigungen, **Sprengstofftypische Verbindungen** nach GWS-VwV

nach [LAWA, 2004](#) / [HessLfUG, 2008](#)

In situ: Bodenluftabsaugung



Bodenluftabsaugung

aus <http://www.sanierungsverfahren.de/sanverfahren/insitu.html#Anchor-Bodenluftabsaugun-34519>

In situ: Bodenluftabsaugung

Beim Einsatz von Bodenluftabsaugungen werden dem Boden die leichtflüchtigen Schadstoffe durch Erzeugung eines Unterdruckes und Absaugung der Luft entzogen. Liegt der Schadstoff im Untergrund nicht nur in Gasphase sondern auch in flüssiger Phase vor, erfolgt durch das Absaugen eine Störung des Phasengleichgewichtes, die zur laufenden **Neubildung der Gasphase aus der gesättigten Zone** führt. Die belastete Bodenluft wird im Anschluss an die Absaugung behandelt. Dafür stehen insbesondere Verfahren der Adsorption (Aktivkohle), die katalytische Oxidation, die thermische Nachverbrennung sowie biologische Verfahren zur Verfügung.

Erforderlichenfalls kann die Bodenluftabsaugung auch **thermisch unterstützt** werden. Mittels fester Wärmequellen wird die ungesättigte Bodenmatrix auf Temperaturen von über 100°C erwärmt. Die Milieutemperatur im Untergrund nähert sich so dem Siedepunkt mittel- und schwerflüchtige Schadstoffe oder überschreitet ihn sogar. Die Flüchtigkeit der Schadstoffe erhöht sich beträchtlich. Ihre Fassung erfolgt über eine Bodenluftabsaugung, die Reinigung in konventionellen Stripanlagen.

aus <http://www.sanierungsverfahren.de/sanverfahren/insitu.html#Anchor-Bodenluftabsaugun-34519>

In situ: Bodenluftabsaugung

Auch eine **Dampf- bzw. Dampf-Luft-Injektion** zur thermischen Unterstützung einer Bodenluftabsaugung bewirkt die beschleunigte Überführung von flüssigen, leicht- bis mittelflüchtigen organischen Schadstoffen (in die Gasphase). Die Heißdampfinjektionen erfolgen in der ungesättigten Bodenzone. Die geförderte, mit Schadstoffen beladene Bodenluft wird in konventionellen Aufbereitungsanlagen (z.B. Stripanlage, katalytische Verbrennung) von den Schadstoffen gereinigt. Parallel ist in der Regel eine Grundwassersanierung erforderlich und kann eine Phasenabschöpfung erfolgen.

aus <http://www.sanierungsverfahren.de/sanverfahren/insitu.html#Anchor-Bodenluftabsaugun-34519>

Biologische Grundwassersanierung

C-Quelle + N-Quelle + O₂ + Mineralstoffe + Nährstoffe

→ Biomasse + CO₂ + H₂O + Nebenprodukte

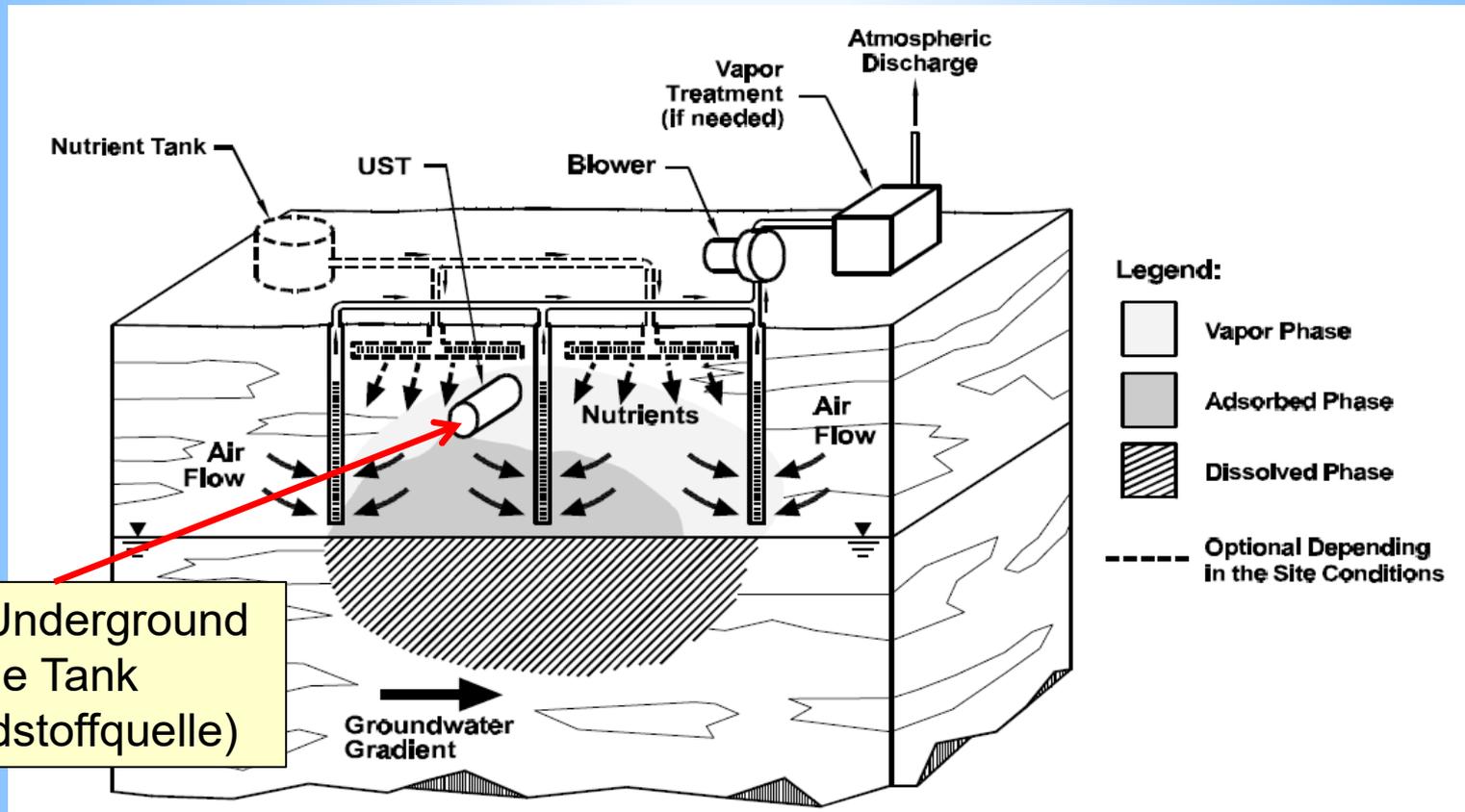
Für die Zusammensetzung der Biomasse wurden verschiedene Bruttoformeln veröffentlicht. Allgemein akzeptiert sind

Bruttoformel	resultierendes Nährstoffverhältnis
C ₅ H ₇ O ₂ N	C : N : P = 100 : 10 : 1
C ₆₀ H ₈₇ O ₃₂ N ₁₂ P	C : N : P = 100 : 1 : 0,5

Dieses Nährstoffverhältnis muss im Reaktor eingehalten werden, damit die Mikroorganismen die gewünschte Wachstumsgeschwindigkeit erreichen können. Ist das Verhältnis gestört, muss die optimale Nährstoffzusammensetzung durch Zufuhr von N (z. B. Ammonium oder Harnstoff) und/oder P (z. B. in Form von Phosphorsäure) zudosiert werden.

nach [DOKULIL et. al., 2001](#)

In situ: *Bioventing* (Bodenbelüftung)



Schematische Darstellung des Bioventing (Bodenbelüftung)

aus [US EPA, 2004](#)

In situ: *Bioventing* (Bodenentlüftung)

Kombiniertes Verfahren, das sowohl **biologische** als auch **physikalische** Behandlungseffekte nutzt.

Setzt an in der ungesättigten Bodenzone, durch Absaugen der Bodenluft wird die ungesättigte Bodenzone mit sauerstoffhaltiger Umgebungsluft versorgt, so dass die im Boden vorhandenen Mikroorganismen zum aeroben Abbau angeregt werden. Sofern erforderlich, kann eine Zugabe von Nährstoffen erfolgen.

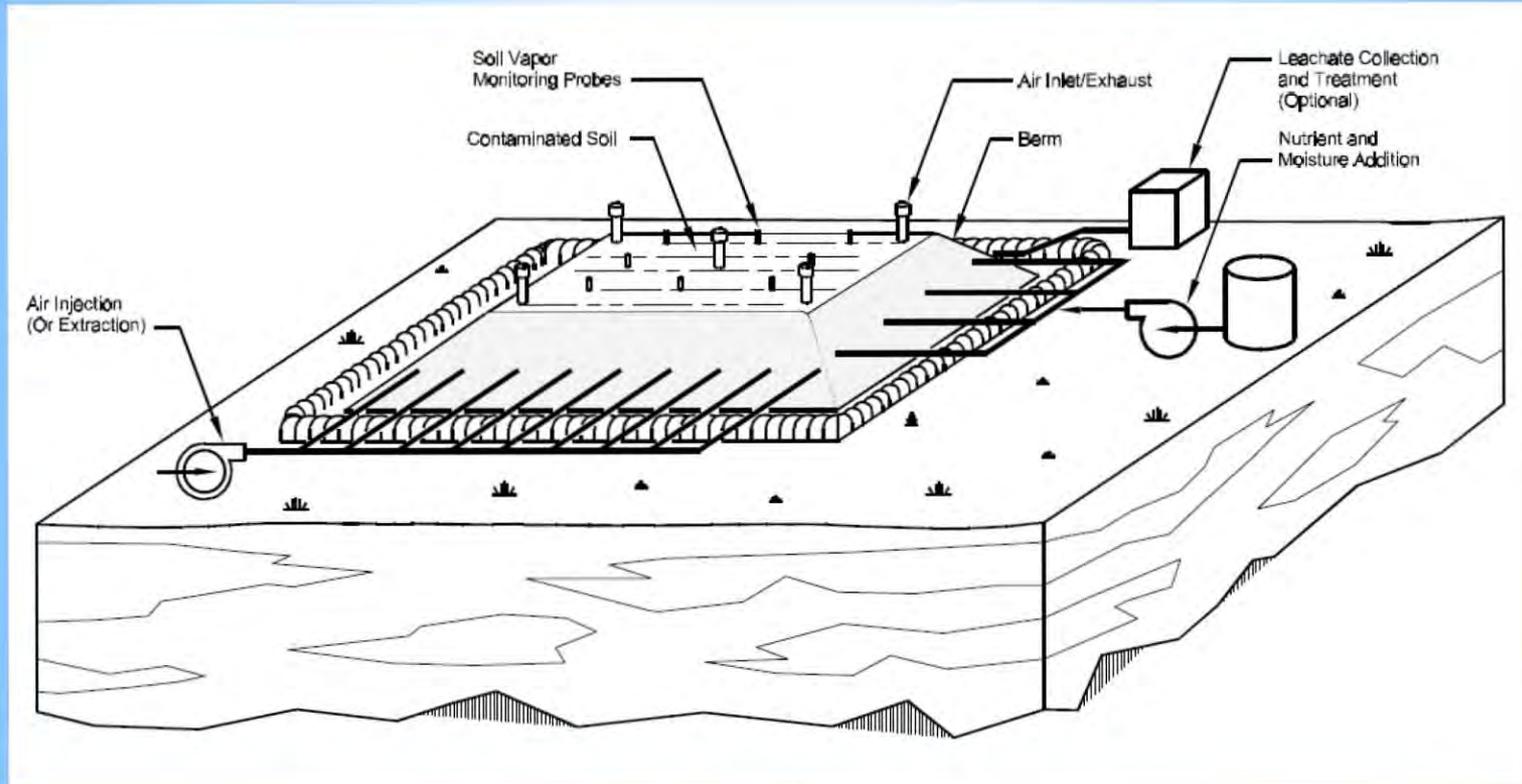
Schadstoffe mit hohen Werten der Henry-Konstante werden zwangsläufig **ausgestrippt** und müssen dann in einer Abluftbehandlung eliminiert werden.

nach [US EPA, 2004](#)

Die durch das Absaugen erzeugte Druckdifferenz verursacht ein Eintreten atmosphärischer Luft in den Untergrund und führt damit zu einer für den **aeroben Schadstoffabbau** notwendigen Versorgung mit Sauerstoff. Alternativ kann auch atmosphärische Luft injiziert werden. Die Zufuhr von **Nährsalzen** über eine Verrieselung von Salzlösungen oder eine Infiltration über horizontale Dränagen kann erforderlich werden. In manchen Fällen ist nur die Zuführung von Stickstoffsalzen erforderlich.

aus <http://www.sanierungsverfahren.de/sanverfahren/insitu.html#Anchor-Bodenluftabsaugung-34519>

In situ: *Biopiles* (Bodenbehandlung)



Schematische Darstellung der Bodenbehandlung in *Biopiles*

aus [US EPA, 2004](#)

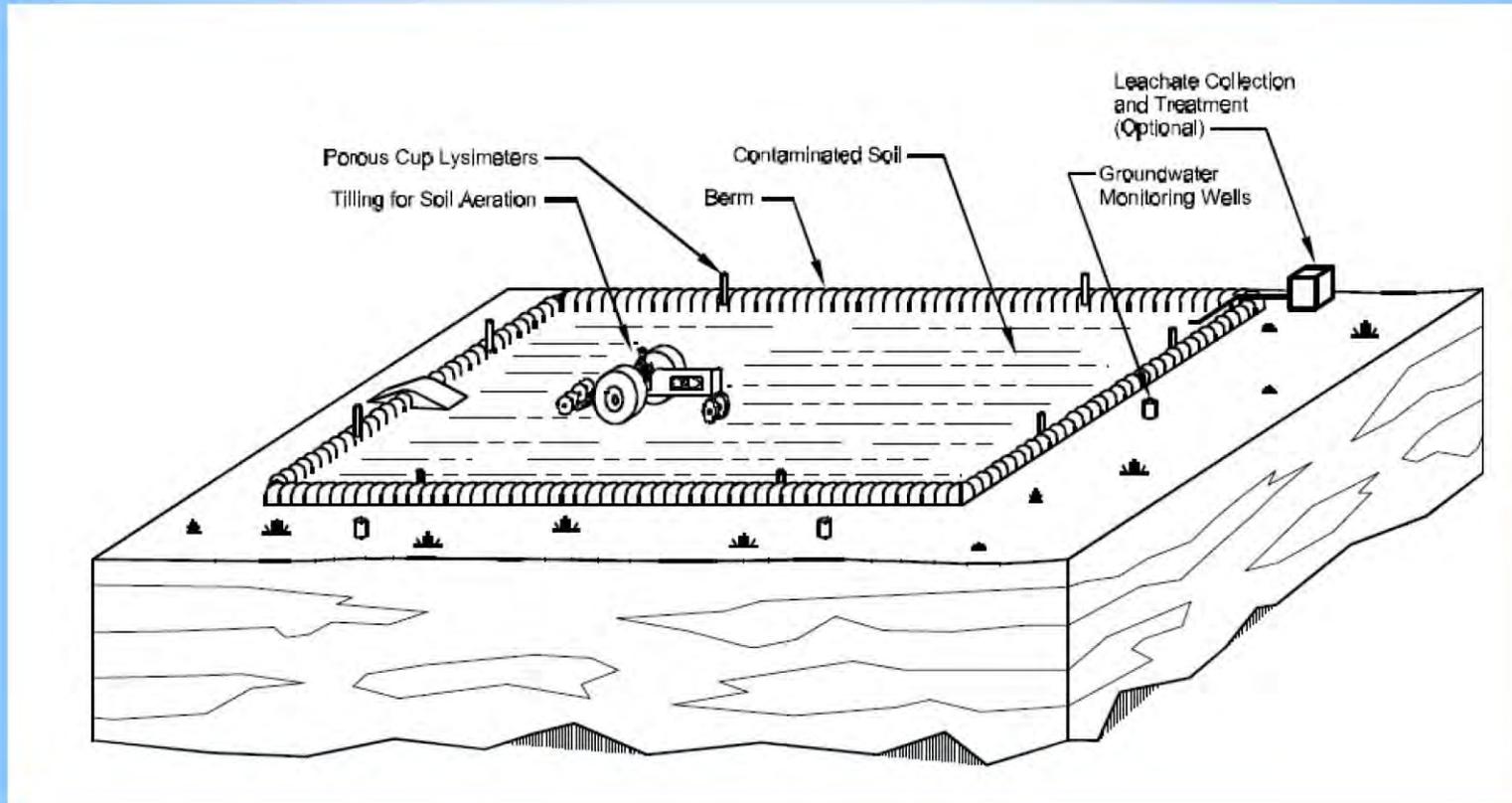
In situ: *Biopiles* (Bodenbehandlung)

Biopiles, auch *BioCells*, *Bioheaps*, *Biomounds* zur Bodenbehandlung werden verwendet, um Konzentrationen von Erdölbestandteilen in ausgehobenem Boden durch biologischen Abbau zu verringern.

Die aerobe mikrobielle Aktivität in den Böden wird angeregt und aufrechterhalten durch Belüftung, durch Zusatz von Mineralstoffen, Nährstoffen und Feuchtigkeit.

nach [US EPA, 2004](#)

In situ: *Landfarming* (Landbehandlung)



Schematische Darstellung des *Landfarming*

aus [US EPA, 2004](#)

In situ: *Landfarming* (Landbehandlung)

Landfarming ist eine oberirdische Sanierungstechnik zur Eliminierung von Mineralöl-Kontaminationen aus Böden mittels biologischer Prozesse.

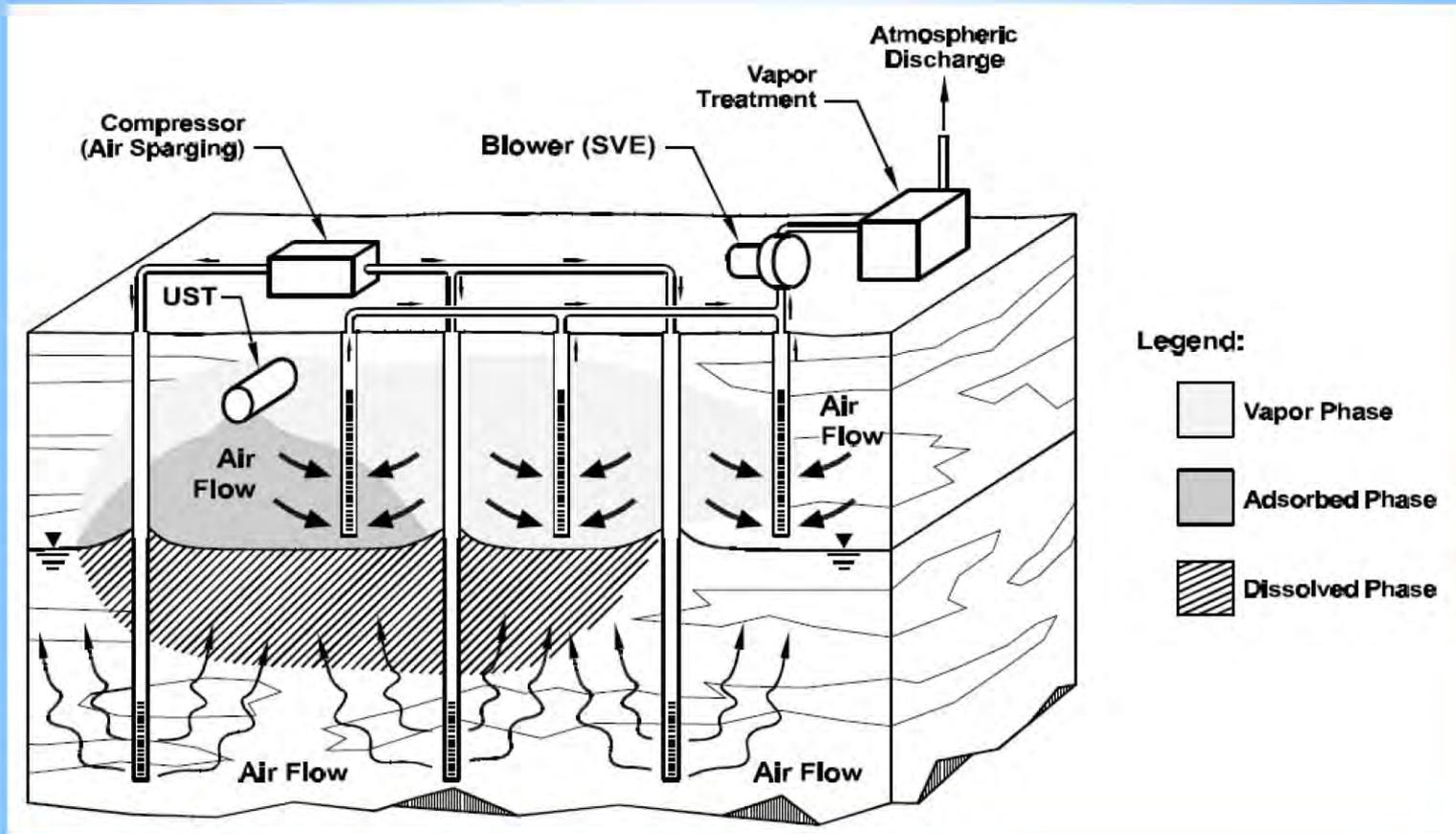
Kontaminierte Böden werden ausgekoffert und in einer dünnen Schicht auf der Bodenoberfläche ausgebracht. Die aerobe mikrobielle Aktivität in den Böden wird durch Entzug oder Zugabe von Mineralien, Nährstoffen und Feuchtigkeit angeregt.

Ist die kontaminierte Bodenschicht oberflächennah (d. h. < 3 m unter der Erdoberfläche), kann die Behandlung auch ohne Aushub der Böden gelingen. Wenn der kontaminierte Boden tiefer als 5 Meter liegt, muss ausgegraben werden.

Die grundsätzliche Herangehensweise erinnert etwas an Rieselfelder zur Abwasserbehandlung...

nach [US EPA, 2004](#)

In situ: *Air sparging* (Einblasen von Luft)



Schematische Darstellung des Einblasens von Luft (*Air sparging*)

aus [US EPA, 2004](#)

In situ: *Air sparging* (Einblasen von Luft)

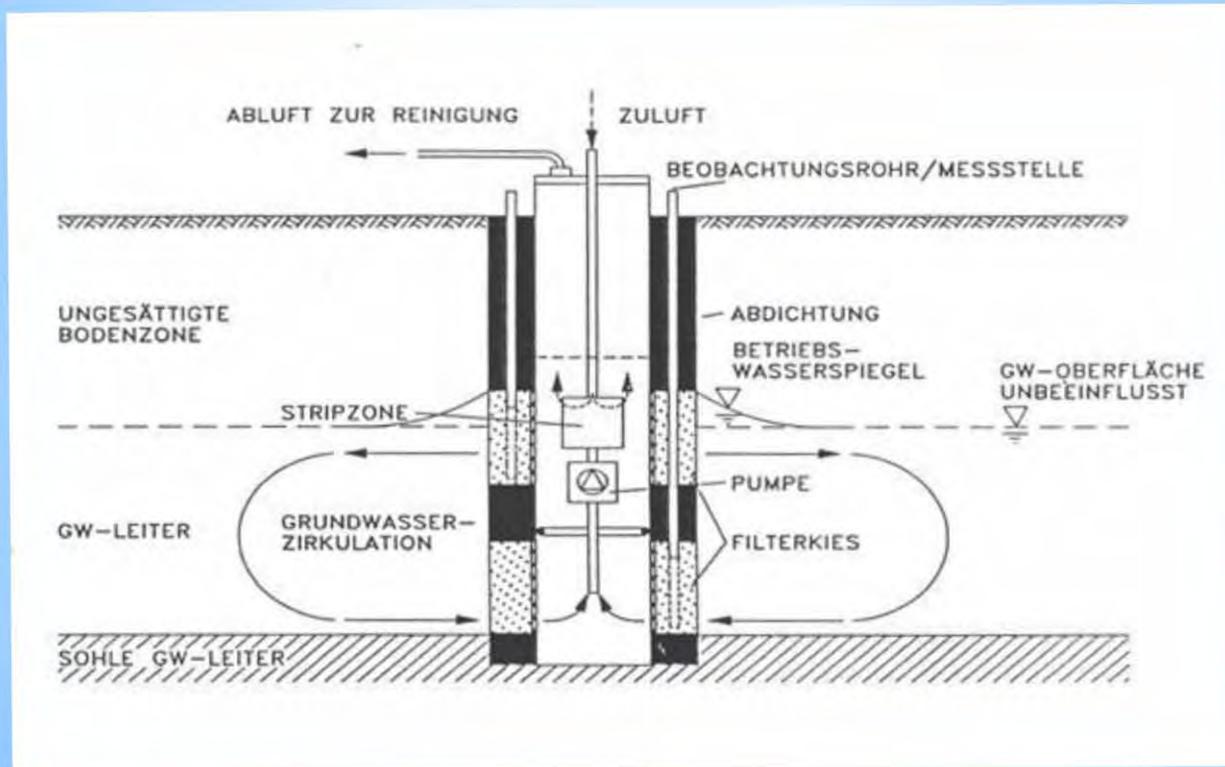
Einblasen von Luft (AS) ist eine in-situ-Sanierungstechnologie, mit der die Konzentration flüchtiger Erdölprodukte aus Böden und Grundwasser reduziert werden kann.

Diese Technik, die auch als "in situ Ausblasen" und "in situ Verflüchtigung" bezeichnet wird, umfasst die Injektion von schadstofffreier Luft in die unterirdische **gesättigte Zone**, so dass ein Phasentransfer von Kohlenwasserstoffen aus dem gelösten Zustand in die Dampfphase und eine Verfrachtung in die ungesättigte Bodenzone erfolgt.

Die ausgestrippten Mineralölverbindungen werden aus der ungesättigten Bodenzone abgesaugt und einer Abluftbehandlung unterzogen.

nach [US EPA, 2004](#)

Grundwasserzirkulationsbrunnen



Grundwasserzirkulationsbrunnen

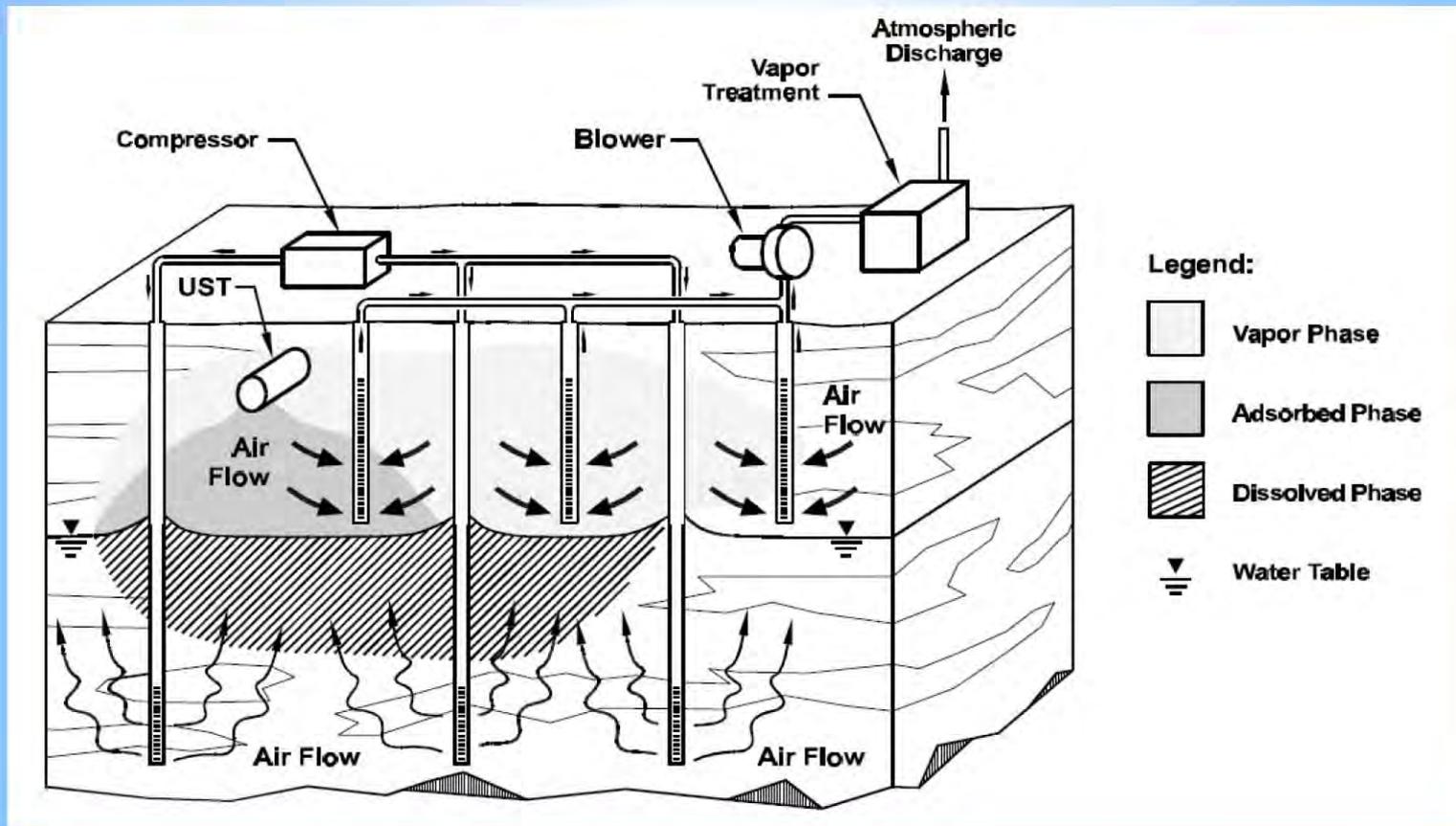
aus <http://www.sanierungsverfahren.de/sanverfahren/insitu1.html#Anchor-Unterdruc-24299>

Grundwasserzirkulationsbrunnen

Das Verfahren des Grundwasser-Zirkulations-Brunnens (GZB) stellt eine spezielle Anwendung der **in Situ-Strippung** dar, die innerhalb eines speziellen Brunnens über intensive Luftdurchmischung mit im Brunnen angesaugtem und wieder abgegebenem Grundwasser erfolgt. Durch den intensiven Luftdurchgang im Brunnen wird Wasser mit nach oben gerissen (Air- Lift-Effekt). Dies bewirkt eine Anhebung des Wassers innerhalb des Brunnens und damit einen Fließgradienten zum umgebenden Grundwasser hin. Somit tritt in der Regel im oberen Bereich Wasser aus dem Brunnen aus und im unteren Bereich fließt Wasser dem Brunnen zu. Bei dem Kontakt zwischen Luftblasen und Wasser findet außerdem eine intensive Ausgasung darin enthaltener leichtflüchtiger Bestandteile statt (in der Regel sind dies leichtflüchtige Chlor-Kohlenwasserstoffe). Die mit Schadstoffen angereicherte Luft wird über einen Filter (z.B. Aktivkohle-Filter) geleitet und abgereinigt.

aus <http://www.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/16835/grundwasserzirkulationsbrunnen.pdf?command=downloadContent&filename=grundwasserzirkulationsbrunnen.pdf>

In situ: *Biosparging*



Schematische Darstellung des *Biosparging*

aus [US EPA, 2004](#)

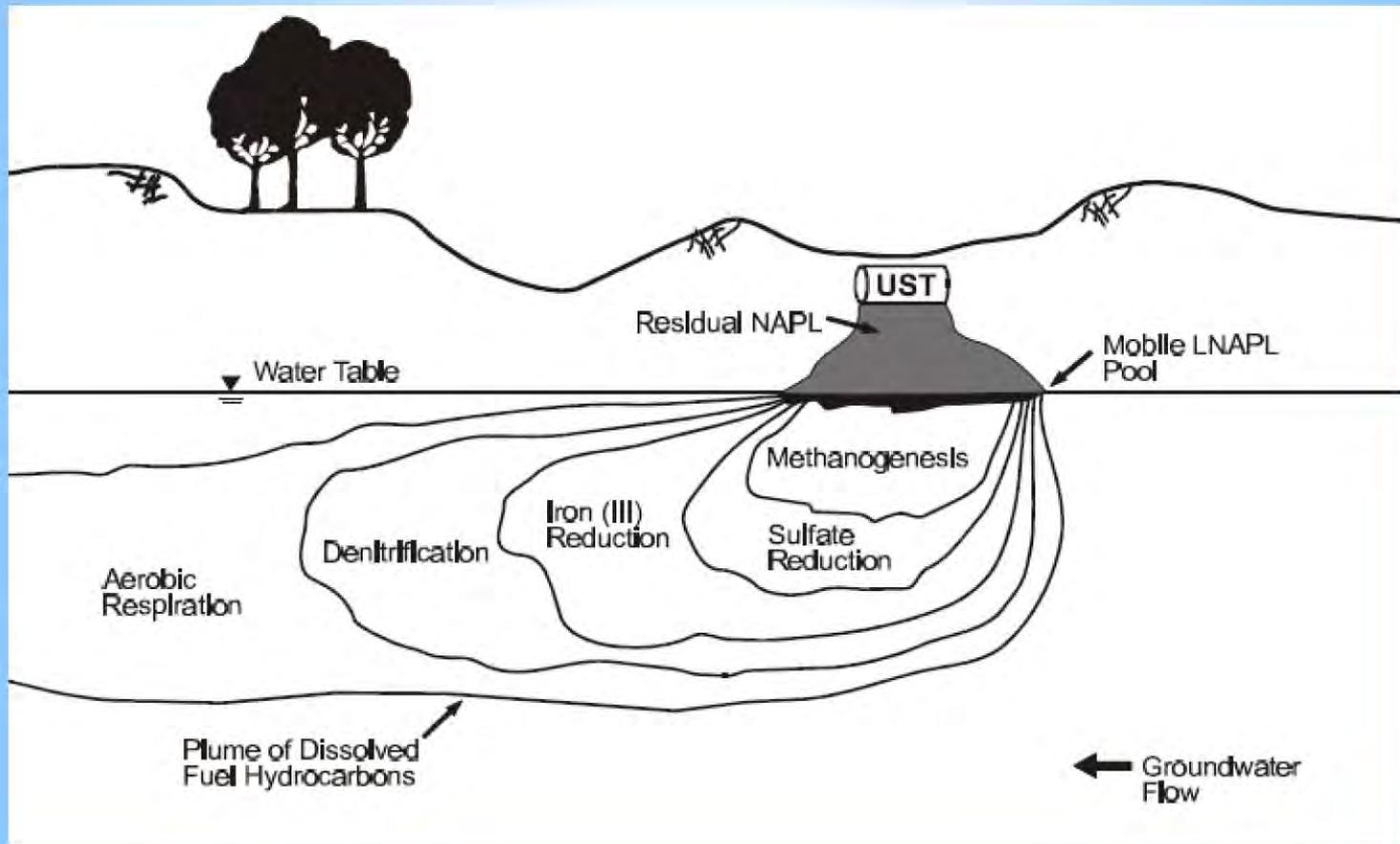
In situ: *Biosparging*

Biosparging ist eine in-situ-Sanierungstechnologie, die die im Grundwasser vorkommenden Mikroorganismen verwendet, um organische Bestandteile in der **gesättigten Zone** biologisch abzubauen. Beim *Biosparging* werden Luft (oder Sauerstoff) und Nährstoffe (wenn nötig) in die gesättigte Zone injiziert, um die biologische Aktivität der Mikroorganismen zu erhöhen. *Biosparging* kann verwendet werden, um mineralöhlhaltige Verunreinigungen, die im Grundwasser gelöst sind zu eliminieren.

Während beim Einblasen von Luft (*Airsparging*) mineralöhlhaltige Schadstoffe in erster Linie durch Verflüchtigung entfernt werden, wird beim *Biosparging* in erster Linie der biologische Abbau wirksam. In der Praxis wird natürlich immer auch ein gewisser Grad an Strippung zu beobachten sein, aber weil beim *Biosparging* die Intensität der Belüftung geringer als beim *Airsparging* ist, überwiegt der biologische Abbau.

nach [US EPA, 2004](#)

In situ: *Monitored Natural Attenuation*



Schematische Darstellung von Monitored Natural Attenuation

aus [US EPA, 2004](#)

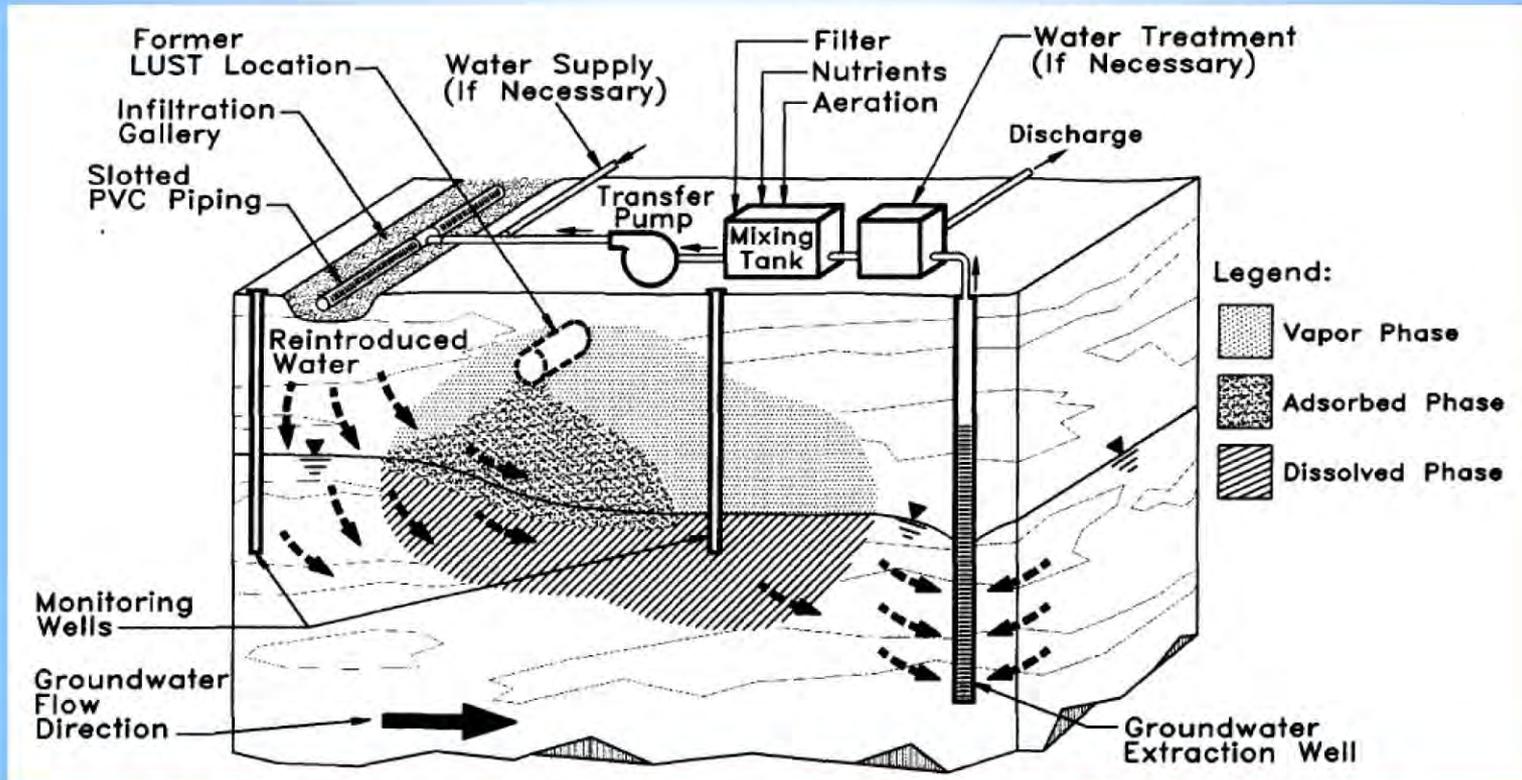
In situ: *Monitored Natural Attenuation*

Bei *Monitored Natural Attenuation* überlässt man den Abbau der Schadstoffe voll und ganz den **natürlich ablaufenden Prozessen**. Das dauert zwar deutlich länger, spart aber viel Geld.

Das Erreichen der Sanierungszielwerte wird durch entsprechende **Überwachung** der Abbau- und Rückhalteprozesse gesichert (deshalb Betonung auf „*Monitored*“).

nach [US EPA, 2004](#)

In-situ: Grundwasser-Bioremediation



Schematische Darstellung der Grundwasser-Bioremediation

aus [US EPA, 2004](#)

In-situ: Grundwasser-Bioremediation

Die In-situ-Grundwasser-Bioremediation ist eine Technologie, die Wachstum und Reproduktion der Mikroorganismen fördert, die im Grundwasser natürlich vorkommen. Damit wird der biologische Abbau von organischen Bestandteilen in der **gesättigten Zone** erreicht.

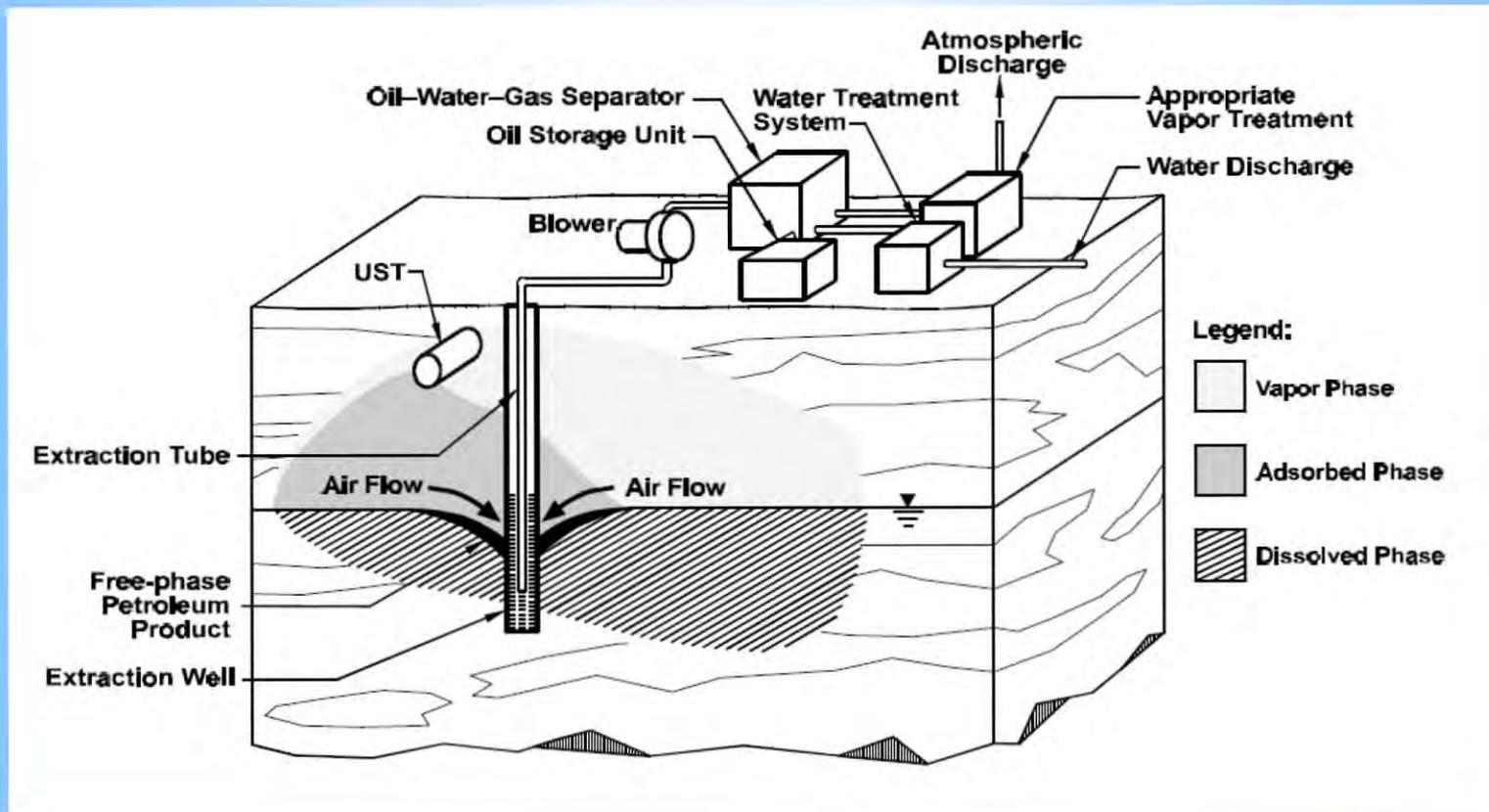
Bioremediation erfordert im Allgemeinen einen Mechanismus zur Anregung und Aufrechterhaltung der Aktivität dieser Mikroorganismen. Deshalb wird zum Abbau der kohlenstoffhaltigen Energiequelle (Verunreinigung) folgendes bereitgestellt:

- Elektronenakzeptor (Sauerstoff oder Nitrat);
- Nährstoffe (Stickstoff und/oder Phosphor).

Typischerweise wird bei der Bioremediation Grundwasser mit einem oder mehreren Brunnen abgesaugt und, falls erforderlich, behandelt um restliche gelöste Bestandteile zu entfernen. Elektronenakzeptor und Nährstoffe werden in das behandelte Grundwasser dosiert und in den Aquifer verfrachtet. In einer idealen Konfiguration würde ein **„closed-loop“-System** etabliert werden, das so lange in Betrieb bleibt, bis der Grundwasserschaden behoben ist.

nach [US EPA, 2004](#)

In situ: Zweiphasenextraktion



Schematische Darstellung der Zweiphasenextraktion

aus [US EPA, 2004](#)

In situ: Zweiphasenextraktion

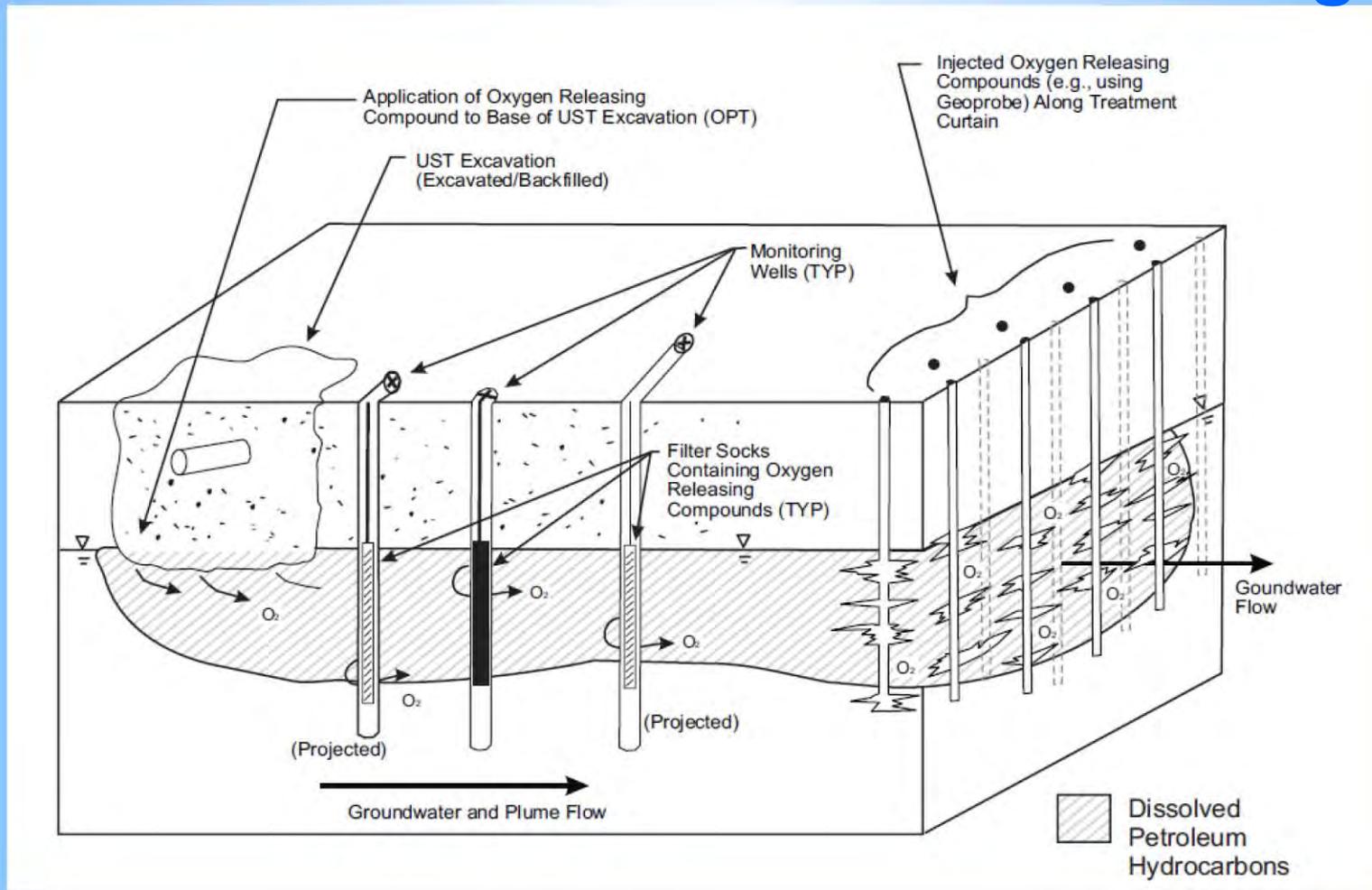
Zweiphasenextraktion, auch als Mehrphasen-Extraktion, Vakuum-verstärkte Extraktion oder *Bioslurping* bezeichnet, ist eine in-situ-Technik, um sowohl im Aquifer gelöste als auch auf dem Grundwasserleiter schwimmende Kohlenwasserstoffe aus dem Untergrund zu entfernen. Die extrahierten Flüssigkeiten werden mit Dampf behandelt und zur Entsorgung gesammelt oder - soweit zulässig - dem Untergrund wieder zugeführt.

Die Zweiphasenextraktion ist sehr effektiv, weil Mineralölkohlenwasserstoffe sowohl aus den **gesättigten** als auch aus den **ungesättigten Bodenzonen** entfernt werden.

Normalerweise zielt die Zweiphasenextraktion auf hohe Entnahmeraten. Es wird aber auch der biologische Abbau von Erdöl-Bestandteilen in der ungesättigten Zone durch die Erhöhung der Zufuhr von Sauerstoff - ähnlich wie beim *Bioventing* - angeregt.

nach [US EPA, 2004](#)

In situ: Verstärkte aerobe Sanierung



Verstärkte aerobe Sanierung mit Sauerstoff freisetzenden Verbindungen

aus [US EPA, 2004](#)

In situ: Verstärkte aerobe Sanierung

Die verstärkte aerobe Sanierung kann z. B. durch gezieltes Einbringen von **Substanzen, die Sauerstoff freisetzen**, eingeleitet werden. Die Abbauprozesse der im Grundwasser ohnehin vorhandenen Mikroorganismen werden damit beschleunigt. Diese Art der In situ-Sanierung hat sich in den USA u. a. bei Schäden infolge Freisetzung von Methyl-tertiär-butylether (MTBE) bewährt.

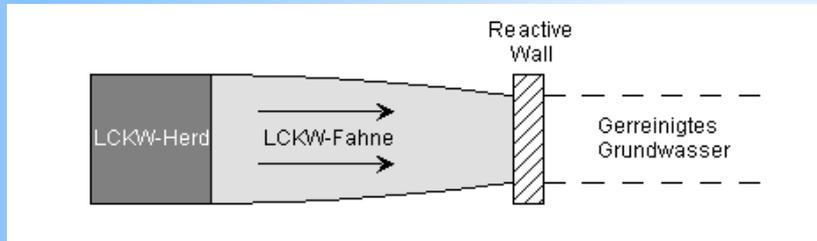
Das stöchiometrische Verhältnis zwischen Sauerstoff und Kohlenwasserstoff sollte 3 Mol O₂ je 1 Mol Kohlenwasserstoff sein.

Sauerstoff wird allgemein als der limitierende Faktor für das Wachstum der kohlenwasserstoffabbauenden Bakterien angesehen. Gerade in den mit Kohlenwasserstoffen belasteten Bereichen des Grundwassers wird aber der Sauerstoff schnell aufgezehrt. Durch Einbringen von Substanzen, die Sauerstoff freisetzen, kann die Geschwindigkeit des biologischen Abbaus von Erdölkohlenwasserstoffen gegenüber dem natürlich einsetzenden, nicht-stimulierten Abbau um mindestens eine, manchmal mehrere Zehnerpotenzen erhöht werden.

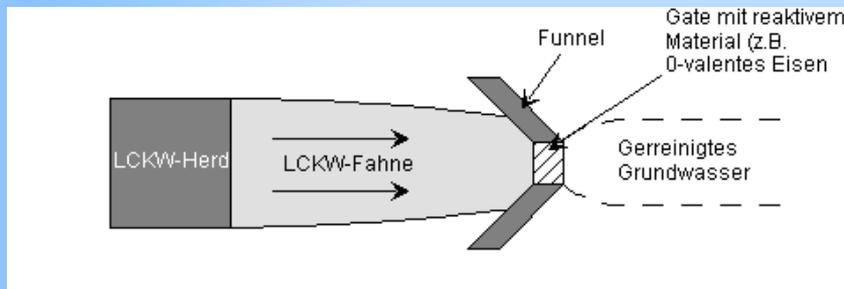
nach [US EPA, 2004](#)

In situ: Reaktive Systeme

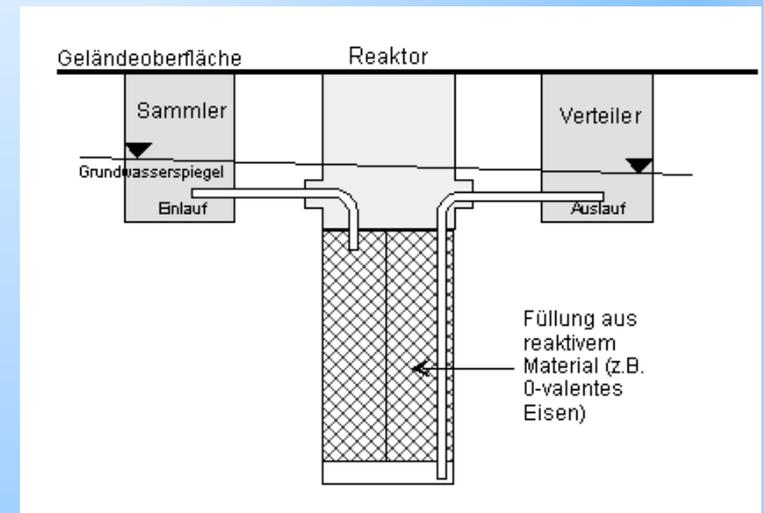
1)



2)



3)



1) Reactive Wall

Reaktive Systeme
2) Funnel and Gate

3) Funnel and Reactor

aus <http://www.sanierungsverfahren.de/sanverfahren/insitu5.html#Anchor-Reactiv-53754>

In situ: Chemische Oxidation

Organische Schadstoffe in der gesättigten und ungesättigten Bodenzone (z. B. Erdölverunreinigungen) können in-situ unter Verwendung von chemischen Oxidationsmitteln zerstört werden. Im Gegensatz zu anderen Sanierungstechnologien geht das vergleichsweise schnell.

Es existiert eine Vielzahl von chemischen Oxidationsmitteln und Verfahren, um diese oxidierende Materialien in Kontakt mit den Verunreinigungen im Untergrund zu bringen.

Soweit eine ausreichende Kontaktzeit gewährleistet ist, werden die Schadstoffe vollständig umgewandelt in Kohlendioxid und Wasser.

Wichtigste Oxidationsmittel:

- Wasserstoffperoxid (H_2O_2) / Fenton's Reagenz
- Kaliumpermanganat (KMnO_4)
- Ozon (O_3)

Als Fentons-Reagenz wird eine schwefelsaure Mischung aus einem Eisensalz, meist Eisen(II)-sulfat FeSO_4 , und Wasserstoffperoxid bezeichnet, die im Allgemeinen vorgelegt wird, bevor man das zu oxidierende Edukt zugibt. Mit dieser Mischung ist die Durchführung der Fenton-Reaktion möglich. Das Redoxpotential der in diesem Reagenz freigesetzten Hydroxylradikale liegt nur knapp unter den Werten für Fluor.

nach [US EPA, 2004](http://de.wikipedia.org/wiki/Fenton-Reaktion) / <http://de.wikipedia.org/wiki/Fenton-Reaktion>

In situ: Chemische Oxidation

Petroleum Hydrocarbon	Oxidation Reaction	Oxygen Requirement (g O ₂ per g Contaminant)
MTBE	$C_5H_{12}O + 7.5 O_2 \rightarrow 5CO_2 + 6H_2O$	2.7
Benzene	$C_6H_6 + 7.5 O_2 \rightarrow CO_2 + 3H_2O$	3.1
Toluene	$C_6H_5CH_3 + 9 O_2 \rightarrow 7CO_2 + 4H_2O$	3.1
Ethylbenzene	$C_2H_5C_6H_5 + 10.5 O_2 \rightarrow 8CO_2 + 5H_2O$	3.2
Xylenes	$C_6H_4(CH_3)_2 + 10.5 O_2 \rightarrow 8CO_2 + 5H_2O$	3.2
Cumene	$C_6H_5C_3H_7 + 12O_2 \rightarrow 9 CO_2 + 6H_2O$	3.2
Naphthalene	$C_{10}H_8 + 12O_2 \rightarrow 10CO_2 + 4H_2O$	3.0
Fluorene	$C_{13}H_{10} + 15.5O_2 \rightarrow 13CO_2 + 5H_2O$	3.0
Phenanthrene	$C_{14}H_{10} + 16.5O_2 \rightarrow 14CO_2 + 5H_2O$	3.0
Hexane	$C_6H_{14} + 9.5 O_2 \rightarrow 6CO_2 + 7H_2O$	3.5

Sauerstoffbedarf zur chemischen Oxidation ausgewählter Kohlenwasserstoffe

aus [US EPA, 2004](#)

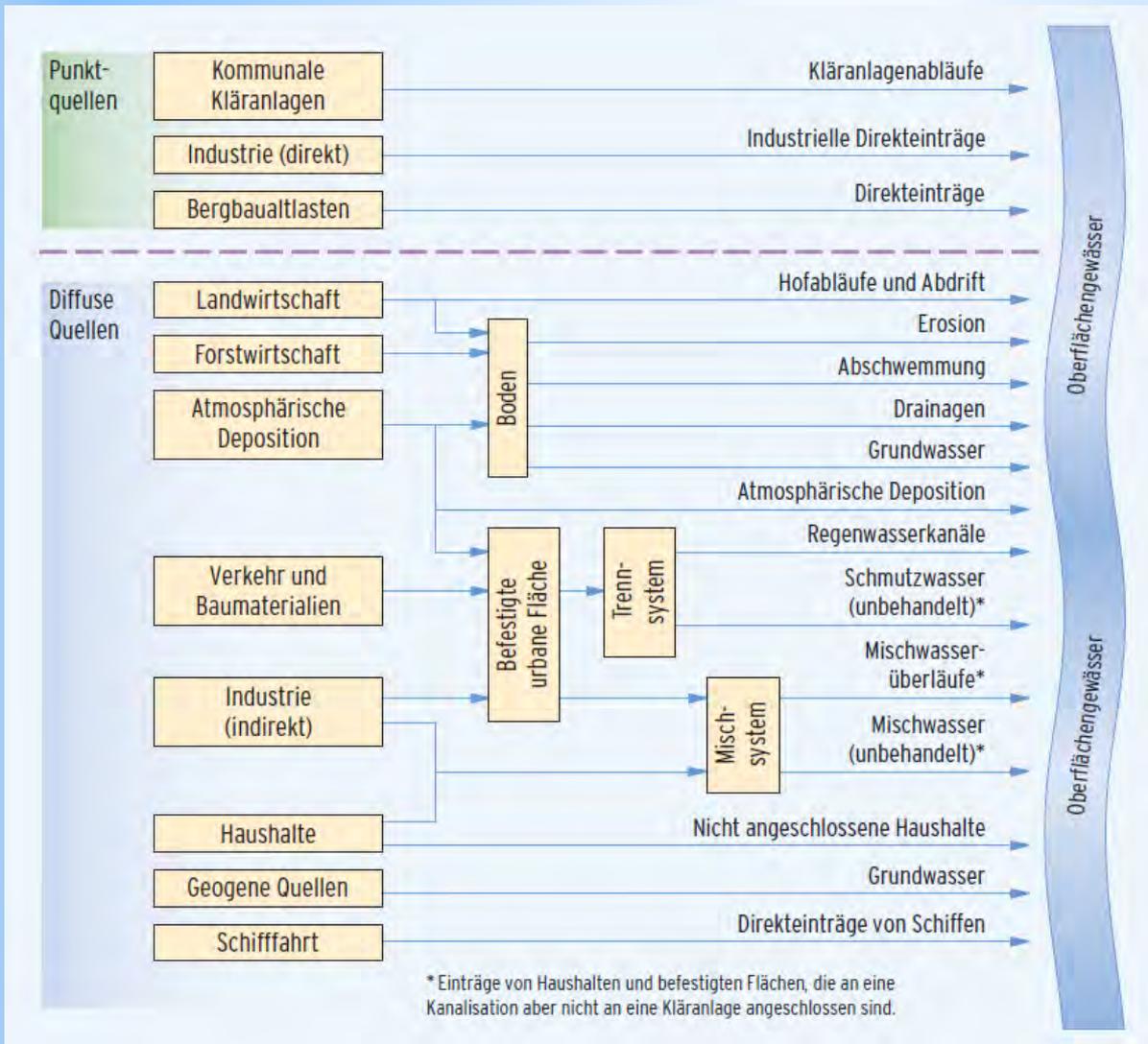
Literaturverzeichnis

SächsLfUG, 2007	Entscheidungshilfe Grundwassersanierung: Effizienz von Pump and Treat-Sanierungen Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie, Dresden, März 2007 http://www.umwelt.sachsen.de/umwelt/download/boden/32_EntscheidungshilfeGW-SanierungEndversion.pdf
BRACKE, 2004	Bracke, R. Skript Grundwassersanierung Fachhochschule Bochum, Institut für Wasser und Umwelt, Lehrgebiet und Forschungslabor für Angewandte Umwelttechnik http://www.hochschule-bochum.de/fileadmin/media/fb_b/Skripte/Bracke/skript_grundwasserreinigung.pdf
HessLfUG, 2008	Handbuch Altlasten, Band 3, Teil 7 Arbeitshilfe zur Sanierung von Grundwasserverunreinigungen Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie, Wiesbaden 2008 http://www.hlug.de/fileadmin/dokumente/altlasten/handbuch/Arbeitshilfesanieerunggruwarverunreinigungen_.pdf
LAWA, 2004	Ableitung von Geringfügigkeitsschwellenwerten für das Grundwasser Herausgegeben von der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) unter Vorsitz von Nordrhein-Westfalen, Düsseldorf, Dezember 2004
LORENZ et al., 2008	Dipl. Chem. D. Lorenz, Dipl. Geol. Dr. M. Gass, Dipl. Geol. Dr. D. Stupp Auswertung Internationaler Fachliteratur zu In-Situ-Anwendungen in der gesättigten Zone bei der Altlastenbearbeitung http://www.laenderfinanzierungsprogramm.de/cms/WaBoAb_prod/WaBoAb/Vorhaben/LABO/B_1.07/LFP_1_07_Literaturstudie.pdf
US EPA, 2004	How to Evaluate Alternative Cleanup Technologies for Underground Storage Tank Sites United States Environmental Protection Agency, Mai 2004 http://www.epa.gov/oust/pubs/tums.htm
WEINDL et al., 2005	Weindl, J.; Koch, M.; Tidden, F. Funnel-and-Gate-Technik zur Sanierung eines Gaswerksstandortes TerraTech 7-8/2005, S. 22-25

Gewässerschutz

#14 Gewässersanierung III Fließgewässersanierung

Beschaffenheit der Fließgewässer



Stoffliche Belastungen von Oberflächengewässern und ihre Unterteilung in punktuelle und diffuse Quellen sowie die Unterscheidung zwischen Verursacherbereichen (links) und Eintragswegen (rechts)

aus BMU, 2004

Fließgewässersanierung - Elbe

Die beschaffenheitsmäßige Sanierung eines Fließgewässers setzt umfangreiche Messungen, Abstimmungen, Planungen und Maßnahmen voraus, die das gesamte Einzugsgebiet von der Quelle bis zur Mündung erfassen.

Bei länderübergreifenden Flussgebieten wie z. B. Rhein, Elbe, Oder, Donau findet ein großer Teil dieser Arbeiten in den Internationalen Kommissionen zum Schutz des jeweiligen Gewässers statt. Für die Elbe ist dies z. B. die **Internationale Kommission zum Schutz der Elbe**. Der Vorsitz in dieser Kommission wird turnusmäßig gewechselt zwischen Deutschland und der Tschechischen Republik. Die Kommission unterhält ein eigenes Sekretariat mit Sitz in Magdeburg.

Die Elbe ist nach Donau, Weichsel und Rhein der viertgrößte Fluss in Mitteleuropa.

Ende der 1980er Jahre gehörte die Elbe zu den am stärksten belasteten Flüssen Europas. Die Ursache dafür war die Einleitung von ungenügend bzw. zum Teil überhaupt nicht gereinigtem kommunalem, industriellem und landwirtschaftlichem Abwasser.

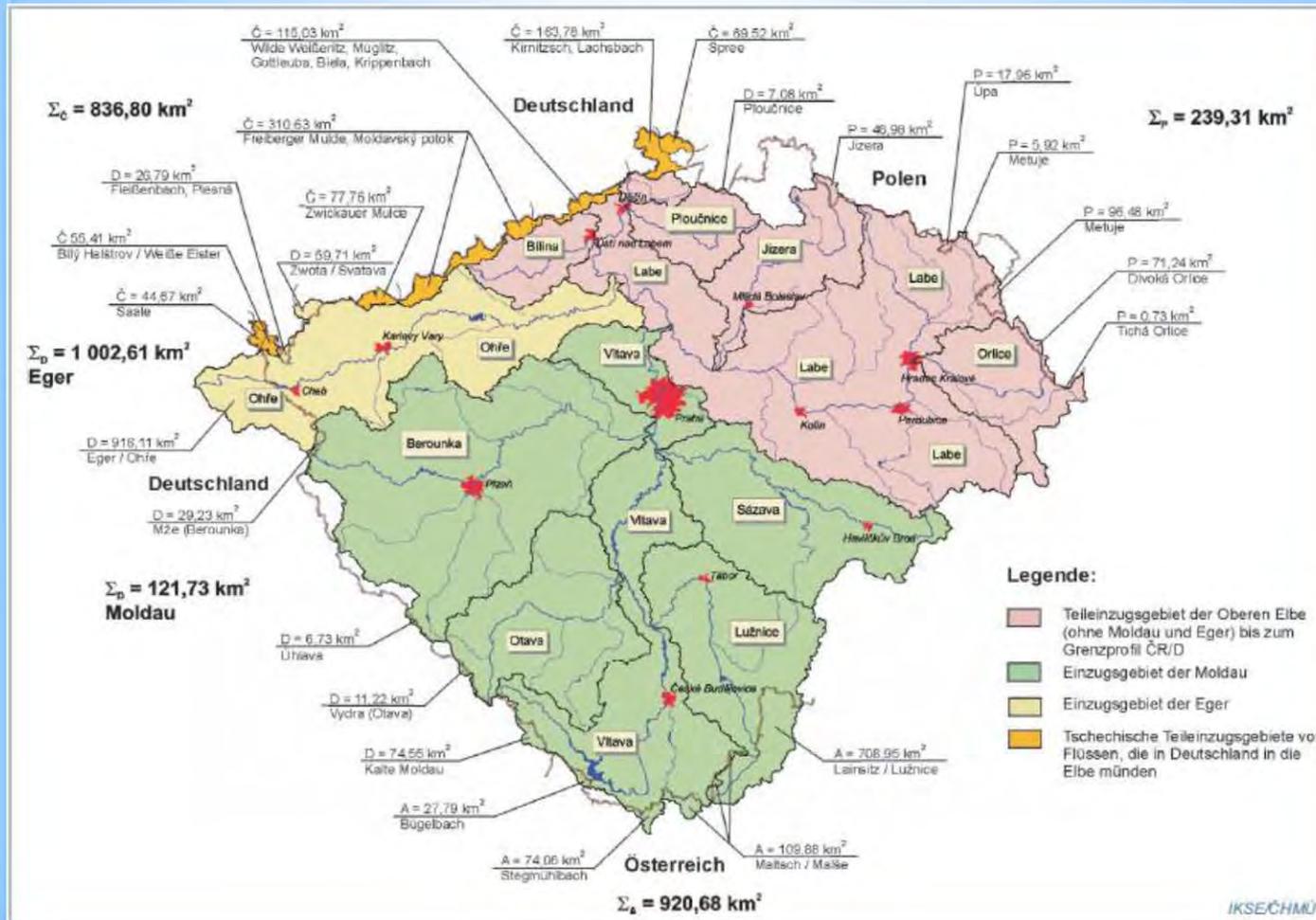
Fließgewässersanierung - Elbe



Einzugsgebiet der Elbe und ihrer Nebenflüsse Moldau, Eger, Mulde, Saale, Schwarze Elster und Havel

aus IKSE, 2005

Fließgewässersanierung - Elbe



Grenzüberschreitende Teileinzugsgebiete der Elbe

aus IKSE, 2005

Fließgewässersanierung - Elbe

Sofort nach der Wende wurde das Erste Aktionsprogramm (Sofortprogramm) zur Reduzierung der Schadstofffrachten in der Elbe und ihrem Einzugsgebiet auf den Weg gebracht. Dieses Sofortprogramm für den Zeitraum von 1992 bis 1995 konzentrierte sich auf die Lösung der dringendsten Probleme im Bereich der **punktuellen Einleitungen** im Einzugsgebiet der Elbe. Die Schwerpunkte bildeten insbesondere der Bau von kommunalen Kläranlagen sowie Maßnahmen zur Reduzierung von 15 für die Elbe besonders relevanten Stoffen (prioritäre Stoffe der IKSE wie z. B. Schwermetalle und organische Verbindungen) bei den industriellen Abwassereinleitungen.

Das sich daran anschließende Aktionsprogramm Elbe 1996 – 2010 war breiter gefasst. Neben einer weiteren Verbesserung der Situation an den Punktquellen (weitergehende Schadstoff- und Nährstoffeliminierung) zielte es auf diffuse Einleitungen aus der Landwirtschaft und aus Deponien. Weitere Ziele waren die Verbesserung der Biotopstrukturen, Schutz vor unfallbedingten Gewässerbelastungen (Stichwort wassergefährdende Stoffe) und Verbesserungen im Hochwasserschutz.

nach IKSE, 2011

Fließgewässersanierung - Elbe

Neubau/Ertüchtigung kommunaler Kläranlagen



Maßnahmen in der Industrie



Standorte der Maßnahmen des Sofortprogramms Elbe 1990-1995

aus IKSE, 1991

Fließgewässersanierung - Elbe

Durch die Umsetzung der Maßnahmen des Aktionsprogramms Elbe 1996 – 2010 sollte erreicht werden, dass

- das Uferfiltrat des Elbewassers mit einfachen Aufbereitungsverfahren zur Trinkwasserversorgung verwendet werden kann,
- die Qualität des Elbewassers die Berufsfischerei ermöglicht,
- das Elbewasser für die landwirtschaftliche Bewässerung genutzt werden kann,
- die Feinsedimente wieder landwirtschaftlich verwertet werden können,
- die aquatischen Lebensgemeinschaften möglichst einer naturnahen Artenvielfalt entsprechen,
- die Belastung der Nordsee nachhaltig verringert wird.

aus IKSE, 2011

Fließgewässersanierung - Elbe

		1989	2004	Senkung in %
Abfluss (MQ)	m ³ /s	520	511	
Schwermetalle				
Quecksilber	t/a	12	1,0	92
Blei	t/a	110	59	46
Cadmium	t/a	6,4	5,2	19
Zink	t/a	2 400	700	71
Chrom	t/a	190	26	86
Nickel	t/a	200	54	73
Arsen	t/a	52	45	13
Organische Stoffe				
Hexachlorbenzen	kg/a	150	19	87
Hexachlorbutadien	kg/a	96	<1	>99
Trichlormethan	kg/a	13 000	160	99
Trichlorethen	kg/a	7 300	<16	>99
Tetrachlorethen	kg/a	8 300	120	99
1,2,4-Trichlorbenzen	kg/a	570	<9,7	>98
Nährstoffe				
Gesamt-Stickstoff	t/a N	140 000	75 000	46
Gesamt-Phosphor	t/a P	9 100	3 100	66
Summenparameter				
AOX (Cl)	kg/a	1 600 000	350 000	78
BSB ₂₁	t/a O ₂	430 000	210 000	51
CSB	t/a O ₂	760 000	440 000	42

Wie ein Vergleich der Jahresfrachten der Schadstoffe in der Elbe an der Messstelle Schnackenburg zeigt, wurden die Ziele in vielen wichtigen Punkten erreicht
(allerdings bleibt immer noch reichlich Arbeit)

Ein Vergleich der Frachten ist nur bei Jahren mit annähernd gleichen mittleren Abflüssen möglich, deshalb Gegenüberstellung 1989 und 2004

aus <http://www.ikse-mkol.org/>

Fließgewässersanierung - Elbe

Die Lösung dieser Probleme wird sich voraussichtlich bis 2027 hinziehen!

Stoff / Messstelle		Elbe Obristvi	Moldau Zelčín	Eger Terezín	Elbe Děčín	Elbe Schmilka/Hřensko	Schwarze Elster	Mulde	Saale	Havel	Elbe Schnackenburg	Elbe Seemannshöft
		[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]
Schwermetalle und Arsen	Arsen	0	0	0	0	0	0	77	0	0	15	0
	Blei	2	44	0	28	0	0	62	33	0	61	12
	Cadmium	58	33	33	65	50	64	94	74	0	86	64
	Kupfer	17	13	40	44	0	0	17	25	0	55	40
	Quecksilber	38	0	0	58	44	14	71	87	0	84	67
	Zink	9	0	7	25	31	54	79	73	50	71	27
Organische Spurenstoffe	DDX (DDT und Metabolite)	96	94	86	>99	29	0	0	0	0	95	84
	Dioxine/Furane	—	—	—	—	0	0	97	41	0	94	71
	Haloether	0	0	0	99*	99	0	0	0	0	—	84
	Hexachlorbenzen	92	33	0	>99	98	0	85	22	0	98	87
	Hexachlorcyclohexan	0	0	0	0	0	33	99	0	—	88	60
	Organozinnverbindungen	—	—	—	—	0	0	98	98	67	—	99
	Pentachlorbenzen	0	0	0	0	73	0	0	50	0	77	44
	Polychlorierte Biphenyle	70	57	0	81	75	0	0	31	0	28	18
	Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe	89	89	82	92	78	0	0	80	0	67	87

Schadstoffe mit überregionaler Bedeutung und Reduzierungsbedarf in Prozent gegenüber 2006 bis zur vollständigen Einhaltung der Umweltqualitätsnormen

aus IKSE, 2011

Fließgewässersanierung - Elbe



Lachs (*Salmo salar*)

© Wendler, Nutzungsrecht Wassergüterstelle Elbe

Wie der Fang von zurückkehrenden Lachsen belegt (Abb. 4.4-1), verläuft die Wiederansiedlung des

Atlantischen Lachses erfolgreich.

Die ersten Lachse kehrten im Oktober 1998 zum Laichen in die sächsischen Elbenebenflüsse zurück. Dies ist durch die Verbesserung der Wasserqualität und der Durchgängigkeit der Elbe möglich geworden. Im April 1998 wurde am Wehr Geesthacht, dem einzigen Migrationshindernis im deutschen Elbeabschnitt, eine neue Fischaufstiegs- hilfe in Betrieb genommen. Die Fertigstellung der Fisch- treppe an der Staustufe Střekov bei Ústí nad Labem im Frühjahr 2002 verbesserte die Durchgängigkeit der Elbe weiter – im Dezember 2004 ist zum ersten Mal ein ge- schlechtsreifer Lachs in der Eger, die oberhalb der Stau- stufe Střekov in die Elbe mündet, gefangen worden. Ge- genwärtig ist die Elbe für Wanderfische auf einer Länge von 788 km bis zum Wehr Lovosice durchgängig.

Trotz der noch bevorstehenden Aufgaben besonders erfreulich: Der Lachs ist in der Elbe zurück!

Das war nur möglich, weil sowohl Beschaffenheit als auch Morpho- logie (insbesondere die Durch- gängigkeit) der Elbe grundlegend verbessert wurden!

Jetzt soll auch den Stören die Rückkehr zu den Laichgebieten in der Elbe ermöglicht werden.

aus IKSE, 2011

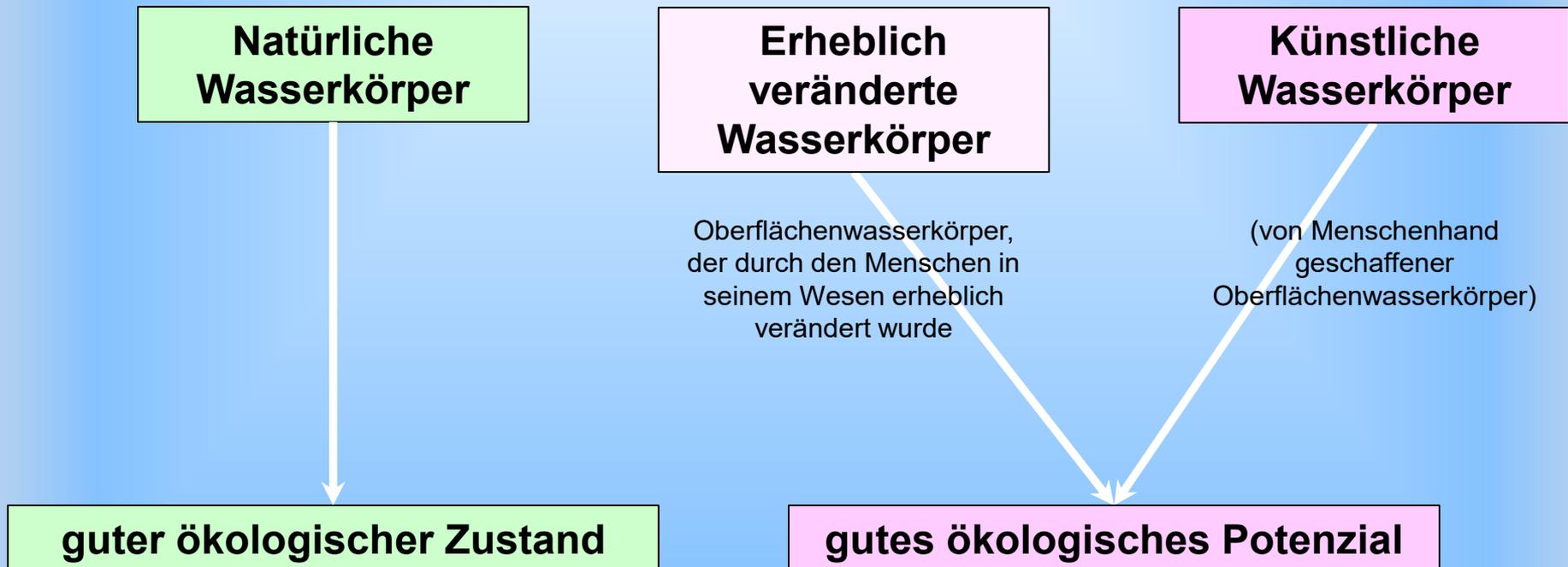
Hydromorphologie der Fließgewässer

Die WRRL fordert eine **typspezifische Gewässerentwicklung**. Die **naturräumlichen Verhältnisse**, welche die Einzugsgebiete der Bäche und Flüsse kennzeichnen, sind zu berücksichtigen, d. h. insbesondere **Geologie, Relief** und **Abflussverhalten**.

aus http://www.hlug.de/fileadmin/dokumente/wasser/fliessgewaesser/struktur/Praesentation_GEF.pdf

Hydromorphologie der Fließgewässer

Eines der wesentlichen Ziele der europäischen Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) besteht darin, dass für alle Oberflächengewässer in der Europäischen Union der „gute ökologische Zustand“ bzw. das „gute ökologische Potenzial“ erreicht wird.



Hydromorphologie der Fließgewässer

Für „**erheblich veränderte**“ und „**künstliche**“ **Gewässer**, die für Schifffahrt, Energiewirtschaft, Trinkwasserversorgung, Landwirtschaft oder Freizeitaktivitäten genutzt werden, sind nach WRRL Abstriche von den morphologischen Zielen möglich. Als Referenz gilt hier das „gute ökologische Potenzial“.

Ausweisung von Oberflächengewässern als künstlich oder erheblich verändert nur dann möglich, wenn die zum Erreichen eines guten ökologischen Zustands erforderlichen hydromorphologischen Änderungen signifikante negative Auswirkungen hätten auf

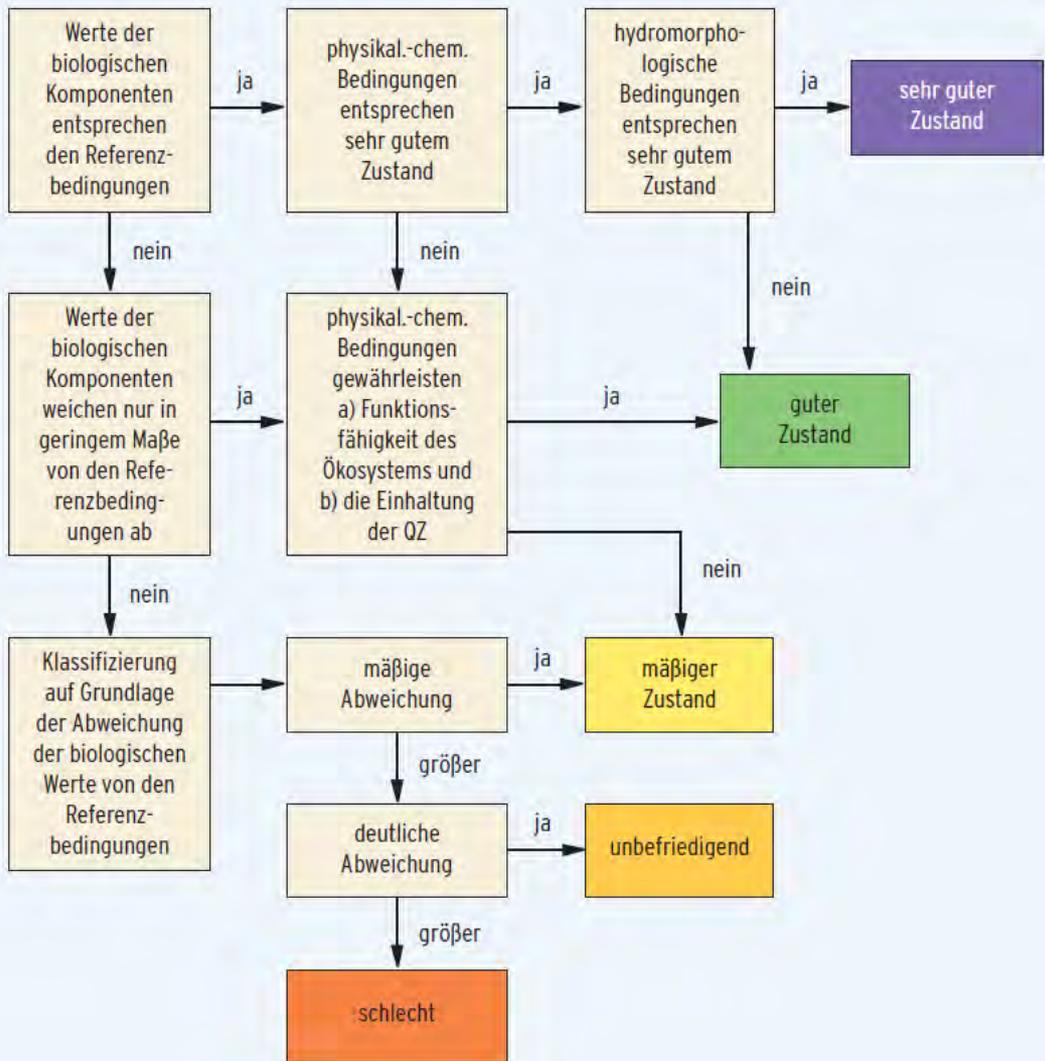
- die Umwelt im weiteren Sinne
- die Schifffahrt oder die Freizeitnutzung
- die Tätigkeiten, zu deren Zweck Wasser gespeichert wird (Trinkwasserversorgung, Stromerzeugung, Bewässerung)
- die Wasserregulierung, den Schutz vor Überflutungen, die Landentwässerung
- andere, ebenso wichtige nachhaltige Entwicklungstätigkeiten des Menschen (Urbanisierung)

nach BMU, 2004

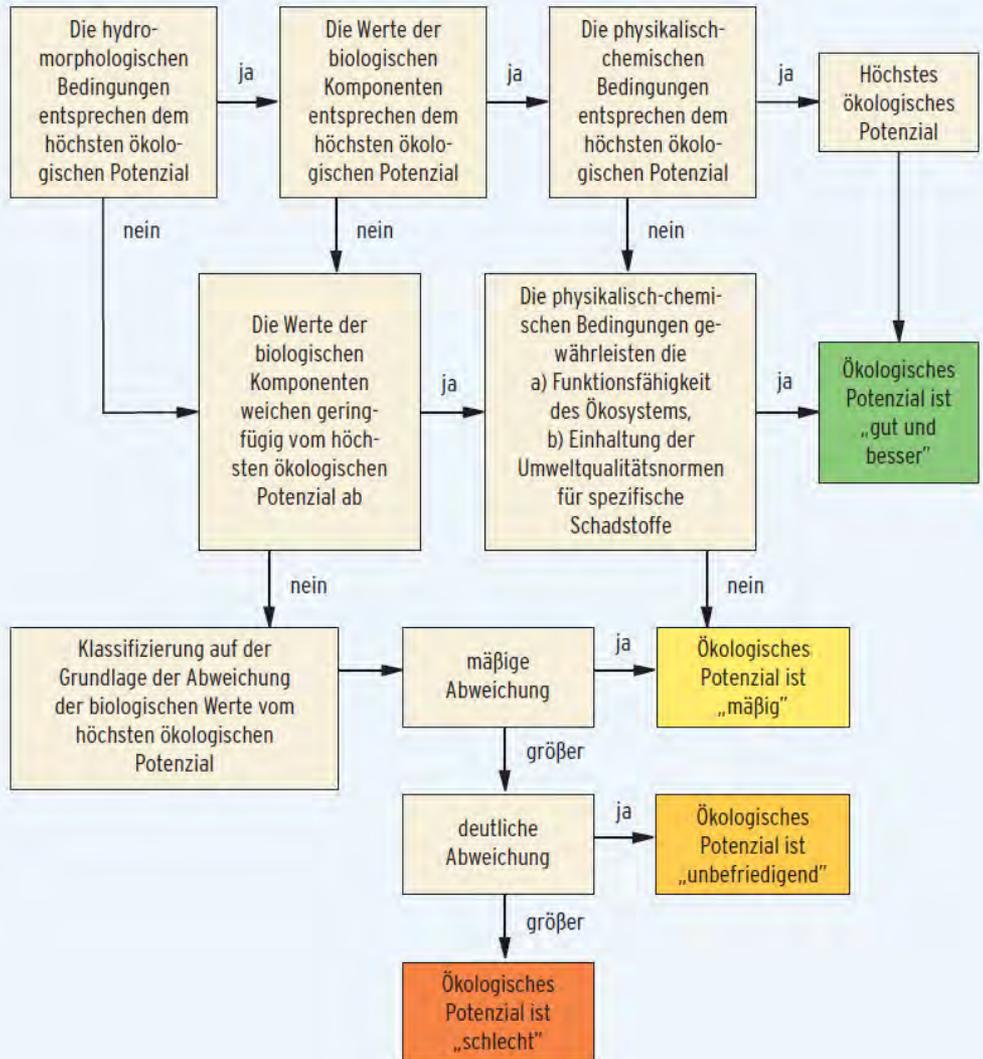
Hydromorphologie der Fließgewässer

Zusammenspiel biologischer, physikalisch-chemischer und hydromorphologischer Qualitätselemente bei der Klassifizierung des ökologischen Zustands **natürlicher Gewässer**

aus BMU, 2004



Hydromorphologie der Fließgewässer



Zusammenspiel der biologischen und der unterstützenden hydromorphologischen und physikalisch-chemischen Qualitätsmerkmale bei der Einstufung **künstlicher** und **erheblich veränderter** Gewässer in das ökologische Potenzial

aus BMU, 2004

Hydromorphologie der Fließgewässer

Typen der Alpen und des Alpenvorlands

- Typ 1 Fließgewässer der Alpen (a)
- Typ 2 Fließgewässer des Alpenvorlands (b)
- Typ 3 Fließgewässer der Jungmoräne des Alpenvorlands (c)
- Typ 4 Große Flüsse des Alpenvorlands

Typen des Mittelgebirges

- Typ 5 Grobmaterialreiche, silikatische Mittelgebirgsbäche
- Typ 5.1 Feinmaterialreiche, silikatische Mittelgebirgsbäche
- Typ 6 Feinmaterialreiche, karbonatische Mittelgebirgsbäche
- Typ 7 Grobmaterialreiche, karbonatische Mittelgebirgsbäche
- Typ 9 Silikatische, fein- bis grobmaterialreiche Mittelgebirgsflüsse
- Typ 9.1 Karbonatische, fein- bis grobmaterialreiche Mittelgebirgsflüsse
- Typ 9.2 Große Flüsse des Mittelgebirges
- Typ 10 Kiesgeprägte Ströme

Biozönotisch bedeutsame Fließgewässertypen Deutschlands

aus BMU, 2004 (siehe auch Anlage 1 der OGewV, 2011)

Hydromorphologie der Fließgewässer

Typen des Norddeutschen Tieflandes

- Typ 14 Sandgeprägte Tieflandbäche
- Typ 15 Sand- und lehmgeprägte Tieflandflüsse
- Typ 16 Kiesgeprägte Tieflandbäche
- Typ 17 Kiesgeprägte Tieflandflüsse
- Typ 18 Löss-Lehmgeprägte Tieflandbäche
- Typ 20 Sandgeprägte Ströme
- Typ 22 Marschengewässer (d)
- Typ 23 Rückstau- bzw. brackwasserbeeinflusste Ostseezuflüsse

Ökoregion unabhängige Typen

- Typ 11 Organisch geprägte Bäche
- Typ 12 Organisch geprägte Flüsse
- Typ 19 Kleine Niederungsfließgewässer in Fluss- und Stromtälern
- Typ 21 Seeausflussgeprägte Fließgewässer

Biozönotisch bedeutsame Fließgewässertypen Deutschlands

aus BMU, 2004 (siehe auch Anlage 1 der OGewV, 2011)

Hydromorphologie der Fließgewässer

Ökologisches Ziel ist ein weitgehend natürliches Gewässer. Solche Gewässer sind z. B. gekennzeichnet durch eine Besiedlung mit autochthonen Pflanzen- und Tierarten in qualitativ und quantitativ natürlicher Anzahl sowie eine stabile, dynamische Lebensgemeinschaft.

Morphologische Merkmale eines natürlichen Gewässers:

- eine unregelmäßige gewundene Linienführung ohne gerade Strecken,
- ein gewässertypisches Abflussregime mit Überschwemmungsflächen und extensiv genutzten Niederungsgebieten,
- ein Wechsel von beschatteten und belichteten Strecken,
- wechselnde Gewässerquerschnitte mit unterschiedlichen Breiten, Tiefen und Fließgeschwindigkeiten

sowie

- Steilufer, Kiesbänke und Verlandungszonen.

nach LANGE & LECHER 1993

Hydromorphologie der Fließgewässer

Bereich	Anforderungen
Siedlungen, Wirtschaft, Verkehr	unschädliche Abfuhr des Bemessungshochwassers, minimale Inanspruchnahme von Nutzflächen
Siedlungen	ausreichende Verdünnung für einzuleitendes Abwasser
Landwirtschaft	günstiger Flurabstand des Mittelwassers
Schifffahrt	Mindestwassertiefe (insbesondere bei NW), stabile Fahrwasserrinne
Freizeit/Erholung	abwechslungsreiches, natürliches Bild hinsichtlich Linienführung, Querprofilgestaltung und Bepflanzung; gute Wasserqualität



Diese Anforderungen haben dazu geführt, dass heute viele Fließgewässer vom Zustand eines natürlichen Gewässers weit entfernt sind.

nach LANGE & LECHER 1993

Hydromorphologie der Fließgewässer

Zu den tiefgreifenden Maßnahmen, die sich auf die Abflussverhältnisse fast aller größeren Gewässer auswirken, gehören Deichbau, Flussausbau und -begradigung, der Bau von Wehren, Staustufen und Talsperren, Wasserüberleitungen sowie Ent- und Bewässerung von Landwirtschaftsflächen.

Schon seit dem Mittelalter wurden sehr viele Flüsse zu Gunsten der beschleunigten Hochwasserabführung und der Entwässerung von Landwirtschaftsflächen ausgebaut und begradigt. Der damit verbundene Wegfall von Mäandern, Feucht- und Mooregebieten bewirkte nicht nur den Verlust von Hochwasserretentionsflächen, sondern verlängerte durch verminderte Wasserspeicherung im Boden die Niedrigwasserperioden in den Flüssen. Schifffahrtsinteressen haben diese Entwicklung maßgeblich gefördert. Zu den großen Vorhaben zählt der Bau von Kanälen und Staustufen.

Infolgedessen ist z. B. die Elbe gegenüber ihrer ursprünglichen Länge heute ca. 120 km kürzer. Die mit den Wasserlaufverkürzungen verbundene Vergrößerung des Gefälles hat neben höherer Fließgeschwindigkeit auch eine verstärkte Sohlenerosion ausgelöst. Die Sohlenerosion im Raum Torgau beträgt z. B. derzeit im Mittel ca. 1 bis 2 cm/a.

nach IKSE, 2005

Hydromorphologie der Fließgewässer

Elbe, Elbeumflutkanal und Pretziener Wehr

nach IKSE, 2005



Geöffnetes Pretziener Wehr beim Hochwasser im August 2002

nach IKSE, 2005

Hydromorphologie der Fließgewässer

Die **Flussaue**, auch nur **Au(e)** genannt, ist die vom wechselnden Hoch- und Niedrigwasser geprägte Niederung entlang eines Baches oder Flusses. Auen sind Uferlandschaften von Bächen bzw. Flüssen, deren Geländeformen und Lebensgemeinschaften vom Wechsel zwischen niedriger und hoher Wasserführung geprägt werden. Sie stehen als Teil der Flusslandschaft in permanentem Austausch mit dem Fluss selbst und seinem Einzugsgebiet.

Auen schaffen ständig neue Lebensräume für Pioniere unter den Pflanzen und Tieren. Das bewegte Wasser versorgt den überfluteten Boden selbst in der Vegetationsperiode ausreichend mit Sauerstoff. Die Oberflächenstrukturen und Lebensraumbedingungen werden vorrangig vom Fluss bestimmt. Durch den Wechsel von Überflutung und Trockenfallen sind Auen sehr dynamische Lebensräume mit unterschiedlichsten Standortbedingungen, die mosaikartig untereinander verzahnt sind. Auenökosysteme beherbergen eine große Vielfalt von Pflanzen und Tieren auf engstem Raum.

aus <http://de.wikipedia.org/wiki/Flussaue>

Hydromorphologie der Fließgewässer

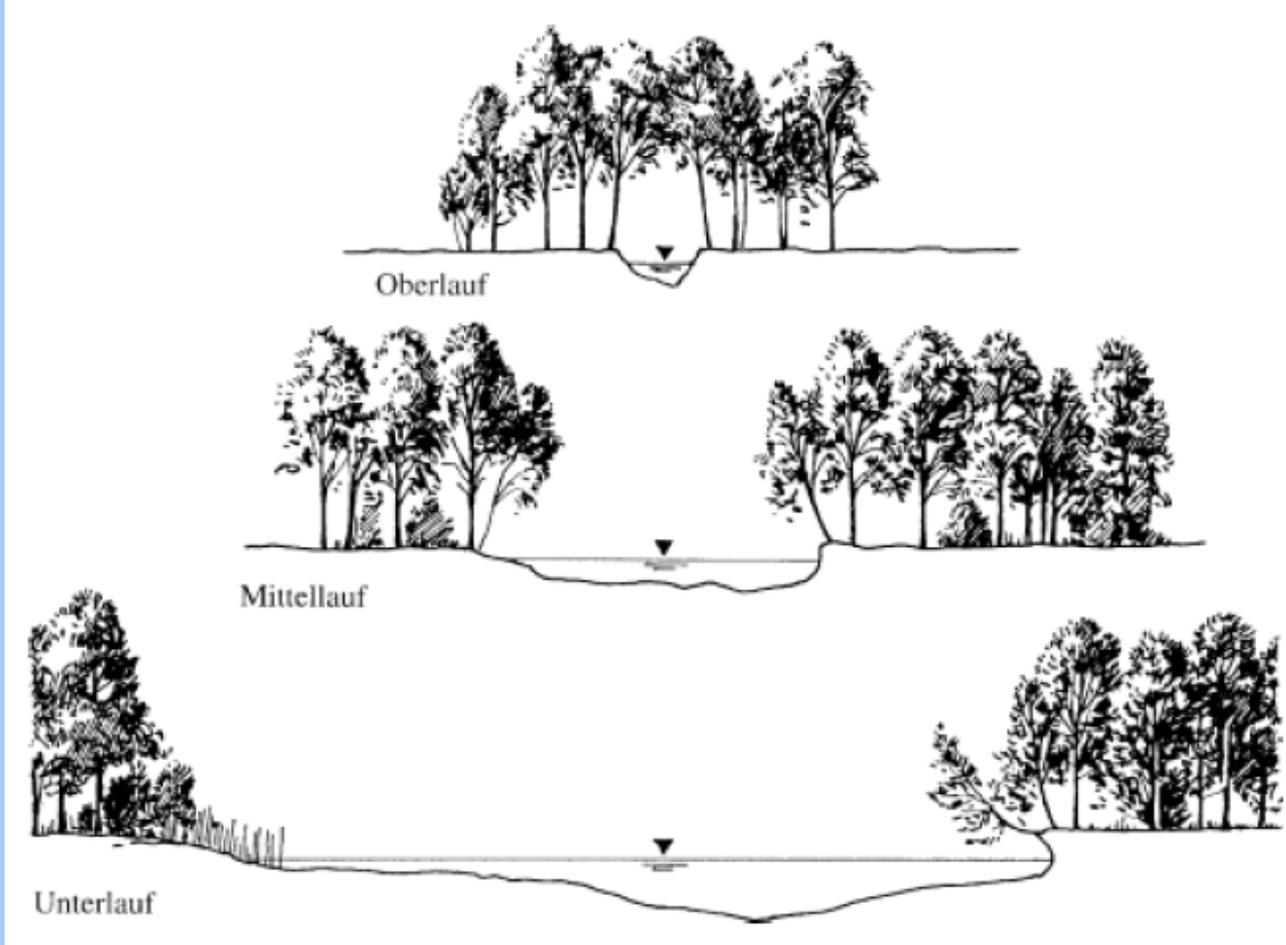


Flussauenlandschaft im Nationalpark Unteres Odertal

aus http://de.wikipedia.org/wiki/Flussaue#mediaviewer/File:Unteres_Odertal.jpg

Dr.-Ing. O. Sterger: Gewässerschutz – sU #14

Hydromorphologie der Fließgewässer



Veränderungen im Längsverlauf eines Fließgewässers

aus HENNEBERG, 2014

<http://www.geodienste.bfn.de/flussauen/>

Aue-typische Tierarten:
Biber, Otter, bestimmte
Vogelarten, Amphibien

Hydromorphologie der Fließgewässer

Standortfaktoren	Ursachen
Gang der Wasserstände	Änderung der Abflussverhältnisse, Wasserentnahme /-einleitung
Wassertiefe, Fließ- und Strömungsgeschwindigkeit	Änderung des Grundrisses sowie der Längs- und Querschnitte
Sohlen- und Ufersubstrat	Verwendung von ortsfremdem Material
Belichtungsverhältnisse	Änderung im Ufergehölz, Querschnittsänderung (z.B. bei größerer Wassertiefe durch Einengung oder Stau)
Durchgängigkeit	Anlage von künstlichen Hindernissen (Wehre, Schleusen, sonstige Staue, Sohlenstufen, Durchlässe)
Chemismus und Physik des Wassers sowie Biozönosen im und am Gewässer	vielfältiges sonstiges menschliches Handeln im Einzugsgebiet

Änderung von Standortfaktoren des Biotops bei Eingriffen im und am Gewässer

nach LANGE & LECHER 1993

Hydromorphologie der Fließgewässer

Prinzipien zur naturnahen Entwicklung und Gestaltung von Fließgewässern

Flächenbedarf:	Verzahnung der Fließgewässer mit ihrem Umfeld / ausreichend bemessene Ufergrundstücke
Vielfalt:	Erhaltung/Schaffung Strukturvielfalt im und am Gewässer
Gewässerdynamik:	Prägung der fließgewässertypischen Lebensräume durch Erosions- und Sedimentationsvorgänge sowie Häufigkeit, Dauer und Zeitpunkt der HW-Ereignisse / natürliche Dynamik
Einzellösungen:	Naturraumbezug vs. Kulturraumbezug
Durchgängigkeit:	Vernetzung der einzelnen Gewässerabschnitte untereinander und mit ihren Nebengewässern
Gezielte Erhaltung:	Erhaltung vorhandener geht vor Neuanlage von Biotopen
Bauweise:	Lebendbaumethoden vor "harten" Verbauungen
Gewässerpflege:	Beachten der natürlichen Entwicklung (Sukzession)

nach LANGE & LECHER 1993

Hydromorphologie der Fließgewässer

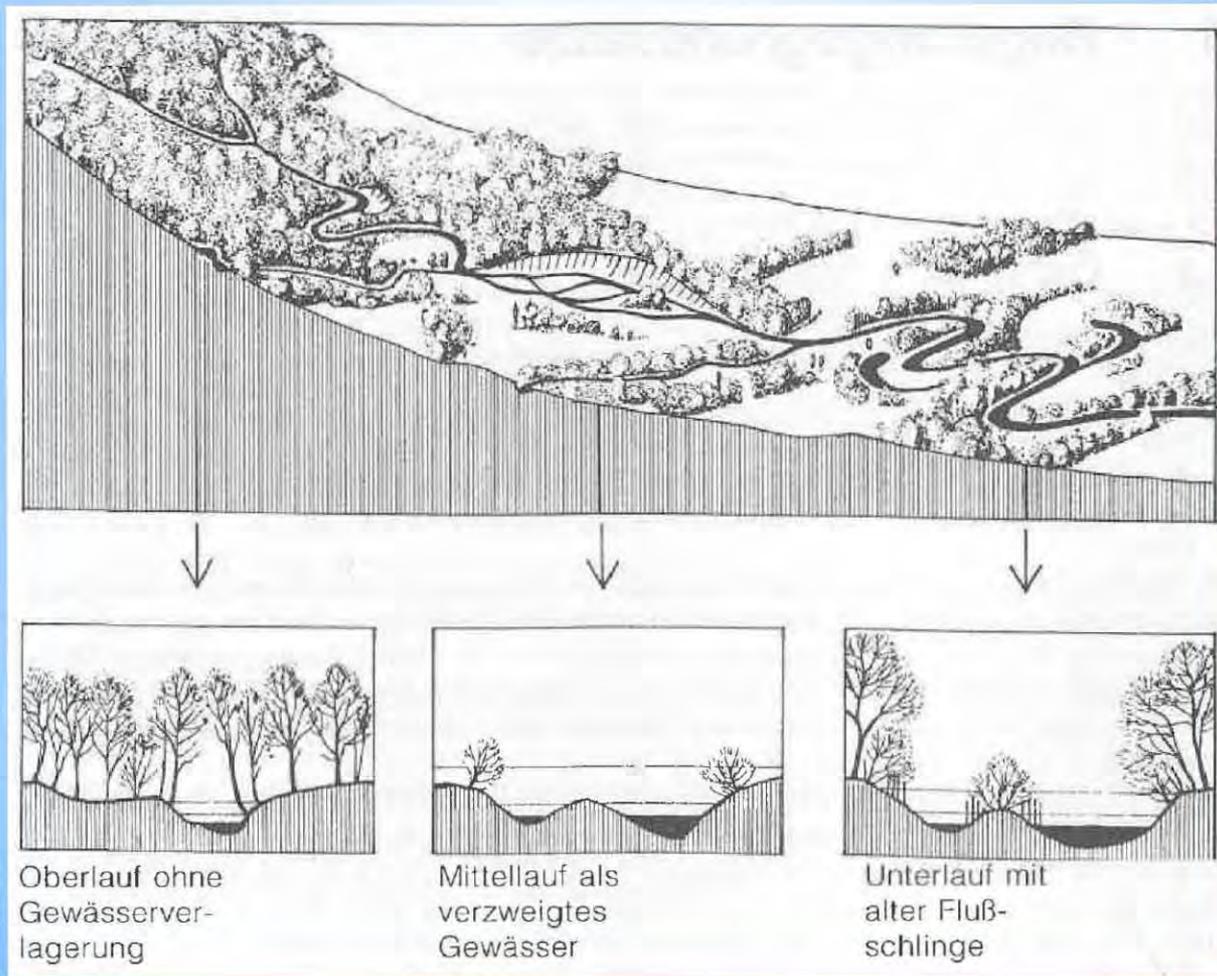
Ziel einer Gewässerregelung ist i. d. R. die Rückführung des Gewässers in einen möglichst naturnahen Zustand (Renaturierung, Revitalisierung, Rehabilitation, Rückbau, ökologische Aufwertung usw.)

Grundlage jeder Gewässer-Renaturierung ist die biologische Reinigung der einzuleitenden Abwässer und die Verbesserung bzw. Wiederherstellung des Selbstreinigungsvermögens des Gewässers.

Am stärksten beeinträchtigt wurde die Natürlichkeit der Gewässer in der Vergangenheit in Siedlungsgebieten. Entsprechend wichtig ist es daher, diese Wasserläufe wieder verstärkt in den Naturhaushalt einzugliedern. Die beengten Platzverhältnisse schränken hier den Freiraum für Renaturierungen entscheidend ein. Dennoch sind die vorhandenen Möglichkeiten zu nutzen, abgedeckte Wasserläufe wieder zu öffnen, Böschungen abzuflachen, biologische Bauweisen einzusetzen, Hochwasserschutzmauern und Deiche zurückzusetzen usw.

aus LANGE & LECHER 1993

Hydromorphologie der Fließgewässer



Natürliche Fließgewässerabschnitte

aus LANGE & LECHER 1993

Hydromorphologie der Fließgewässer

Zum natürlichen Gewässer gehören u. a.:

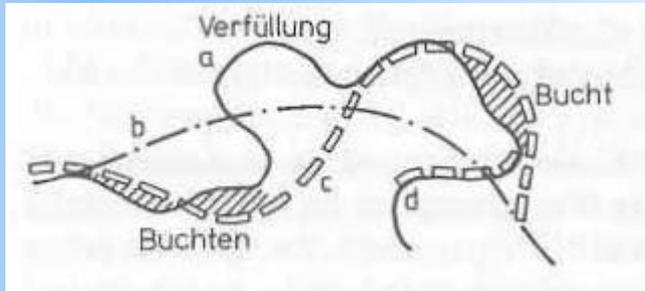
- eine unregelmäßige gewundene Linienführung ohne gerade Strecken,
- ein gewässertypisches Abflussregime mit Überschwemmungsflächen und extensiv genutzten Niederungsgebieten,
- ein Wechsel von beschatteten und belichteten Strecken,
- wechselnde Gewässerquerschnitte mit unterschiedlichen Breiten, Tiefen und Fließgeschwindigkeiten sowie
- Steilufer, Kiesbänke und Verlandungszonen.

aus LANGE & LECHER, 1993

- Aue-typische Tierarten, wie
..., bestimmte Vogelarten, Amphibien



Hydromorphologie der Fließgewässer



Entwurf einer naturnahen **Linienführung** (a ursprünglicher Gewässerlauf, b naturferne und c naturnahe Linienführung, d Erhalt der alten Trasse z. T. als Altwasser oder Altarm)

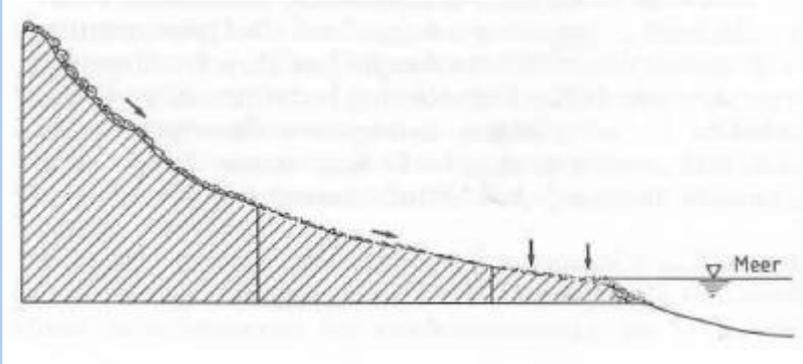
aus LANGE & LECHER 1993

Naturnahe Linienführung der Fließgewässer:

ökologischer Lebensraum des Hohlraumsystems in dem von Fließgewässern abgelagerten Lockergestein

- Tiefste Talpunkte beachten,
- vorhandene oder neu entstehende Altarme oder Altwässer erhalten
- wertvolle Uferabschnitte in das umzugestaltende Gewässer einbinden,
- bei einseitigem Ausbau wird die Wiederbesiedlung des ausgebauten Bereichs durch das einseitig erhalten gebliebene *hyporheische Interstitial* gefördert,
- leistungsschwache Abschnitte für den Mittelwasserabfluss erhalten und für die Abfuhr des Hochwassers gesonderte Flutmulden schaffen,
- beidseitig Uferstreifen ausweisen, in deren Grenzen sich das Gewässer entwickeln kann

Hydromorphologie der Fließgewässer



Gefälle eines Flusses vom Oberlauf zur Mündung

aus LANGE & LECHER 1993

Grundsätzlich gilt, dass das Gewässer einem Gefälle zustrebt, das unter den gegebenen Abflussbedingungen (Abflussregime, Querschnitt) gerade ausreicht, das angelieferte Geschiebe fortzubewegen. Dieses **Ausgleichs- oder Beharrungsgefälle** ist dadurch charakterisiert, dass sich im freien Spiel der Kräfte ein **dynamisches Gleichgewicht** zwischen den Schleppspannungen des fließenden Wassers und den Widerständen der beweglichen Sohle einstellt.

Hydromorphologie der Fließgewässer

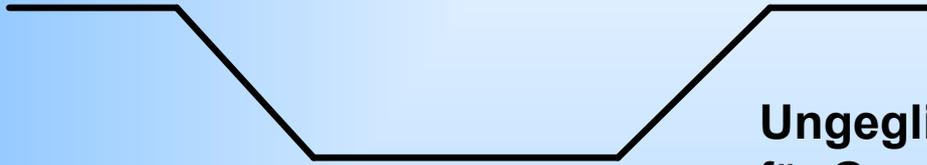
Das **Querprofil** einer bestimmten Gewässerstrecke soll:

- das transportierte Wasser, Geschiebe und Eis schadlos abführen,
- bei kleinen Abflüssen eine möglichst große und bei Hochwasserabflüssen eine möglichst kleine Wassertiefe aufweisen,
- eine Form und Abmessung haben, dass für alle Abflüsse die zulässigen Werte der Schleppspannung nicht überschritten werden,
- einen optimalen Grundwasserstand gewährleisten
- an Krümmungen im Bereich der Außenufer keine zu tiefen Kolke und an den Innenufern keine schädlichen Ablagerungen entstehen lassen,
- sich der Topographie anpassen und die örtlich vorhandenen Baustoffe sowie die hier üblichen Bauweisen berücksichtigen,
- ästhetischen Ansprüchen genügen, sich harmonisch in das Landschaftsbild einfügen und Lebensraum für ein möglichst vielfältiges Pflanzen- und Tierleben erhalten bzw. schaffen sowie
- unter Berücksichtigung der Unterhaltungskosten wirtschaftlich begründet sein

nach LANGE & LECHER 1993

Hydromorphologie der Fließgewässer

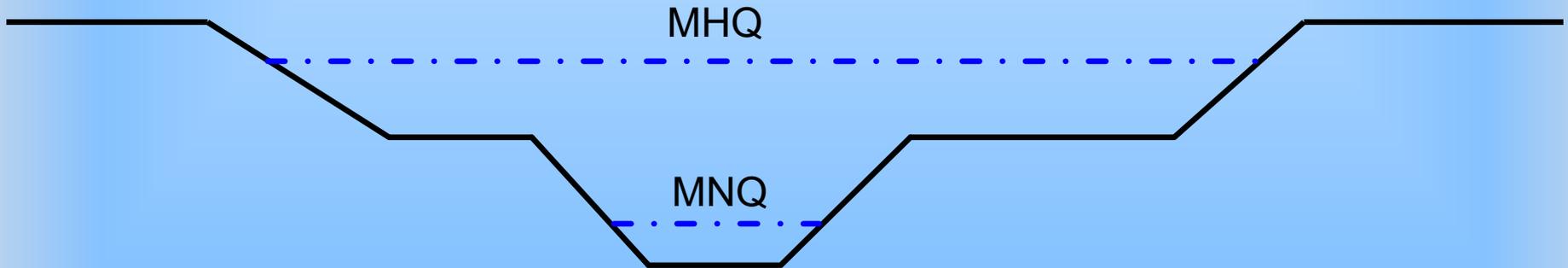
Querprofile:



Ungegliedertes Trapezprofil
für Gewässer mit geringen
Abflussunterschieden
(MHQ: MNQ etwa bis 20:1)

Doppeltrapezprofil
für Gewässer mit höheren
Abflussunterschieden

nach LANGE & LECHER 1993



Hydromorphologie der Fließgewässer

Wesentliche Voraussetzung naturnaher Lebensräume für die im und am Gewässer lebende Flora und Fauna ist eine dem Naturraum entsprechende **Vernetzung und Durchgängigkeit** der Gewässer, d. h. biologisch aktive Verbindung der einzelnen Gewässerabschnitte und des Flusses mit seinen Nebengewässern. Für die Bodenfauna ist die Existenz eines Lückensystems im Sohlen- und Uferbereich ausschlaggebend. Auch für die Fischfauna - insbesondere für Jung- und Kleinfische - bietet ein vielgestaltiges Lückensystem innerhalb der Gewässereinbauten optimale Aufstiegsmöglichkeiten.

Ein wichtiges Element für die Verbesserung der **Durchgängigkeit** der Gewässer sind Fischaufstiegshilfen. Hierbei geht die Zielrichtung weg von rein technischen Lösungen hin zu der Natur angepassten Bauweisen wie Fischrampe oder Umgehungsgerinne.

nach LANGE & LECHER 1993

Hydromorphologie der Fließgewässer



Naturnahe Fischtreppe

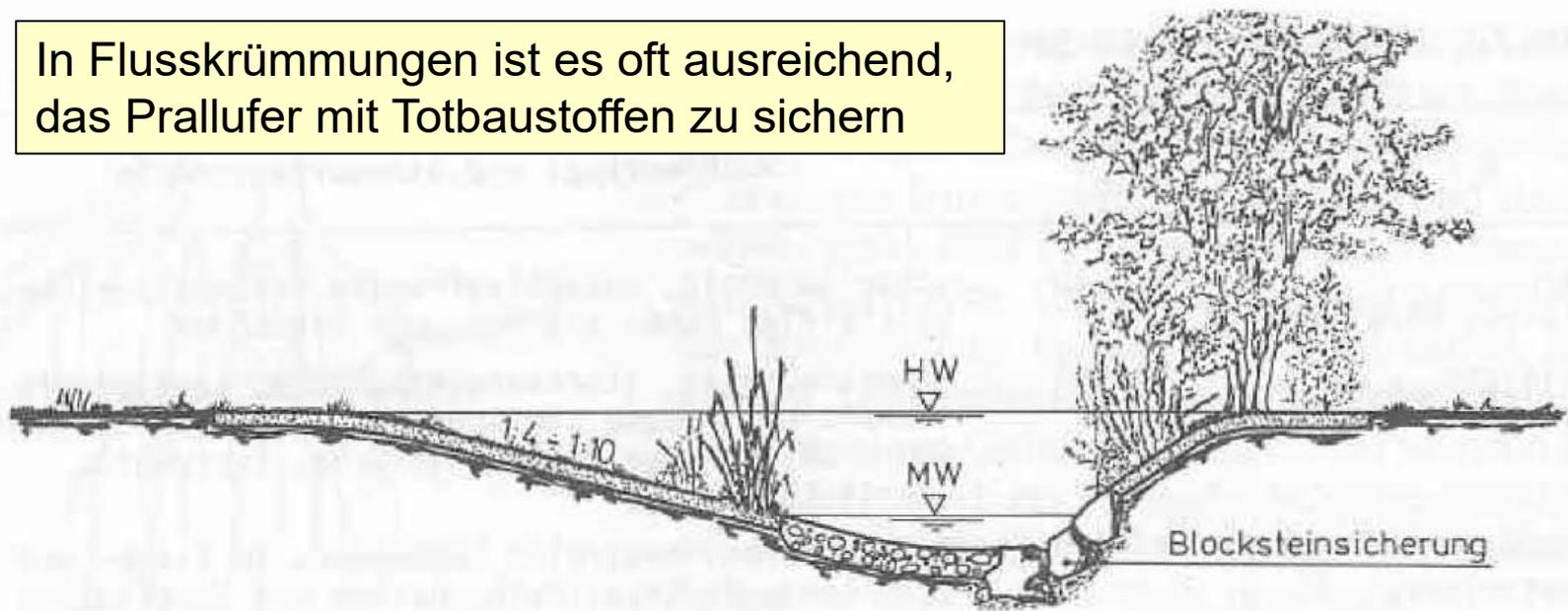
aus <http://www.ruhrverband.de/fluesse-seen/stauseen/harkortsee/>

Hydromorphologie der Fließgewässer

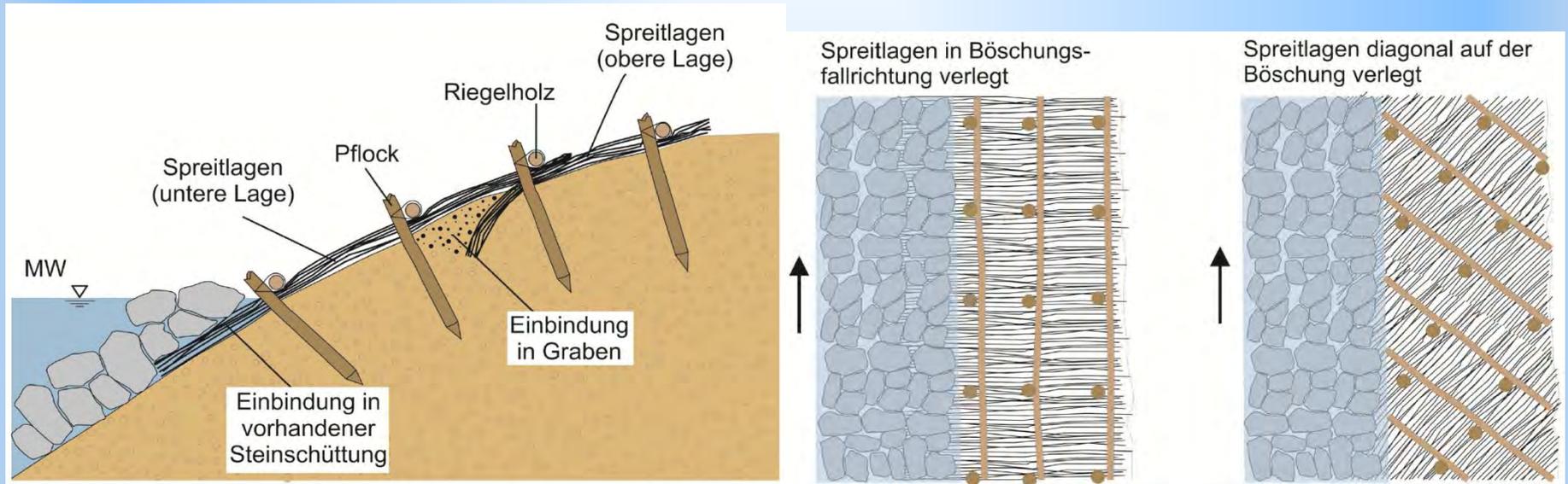
Die Sicherung der Gewässerprofile kann durch **tote** und/oder **lebende Baustoffe** erfolgen. Oft ist es zweckmäßig und notwendig, in einer kombinierten Bauweise die Vorteile beider Baustoffe zu vereinen. Insbesondere in schnell strömenden oder verschmutzten Gewässern ist eine Unterstützung der erosionshemmenden Lebendbauten durch tote Baustoffe zwingend notwendig.

nach LANGE & LECHER 1993

In Flusskrümmungen ist es oft ausreichend, das Prallufer mit Totbaustoffen zu sichern



Hydromorphologie der Fließgewässer



Eine bewährte Form der **Lebendbauweise** zur Böschungssicherung ist die **Spreitlage** (bodendeckende Lage aus austriebsfähigen elastischen Weidenästen, die etwa oberhalb des mittleren Wasserstandes auf der Uferböschung verlegt und mit Pflocken, Riegelhölzern und Drahtverspannungen flächig fest auf dem Boden verankert werden).

nach BfG, 2012

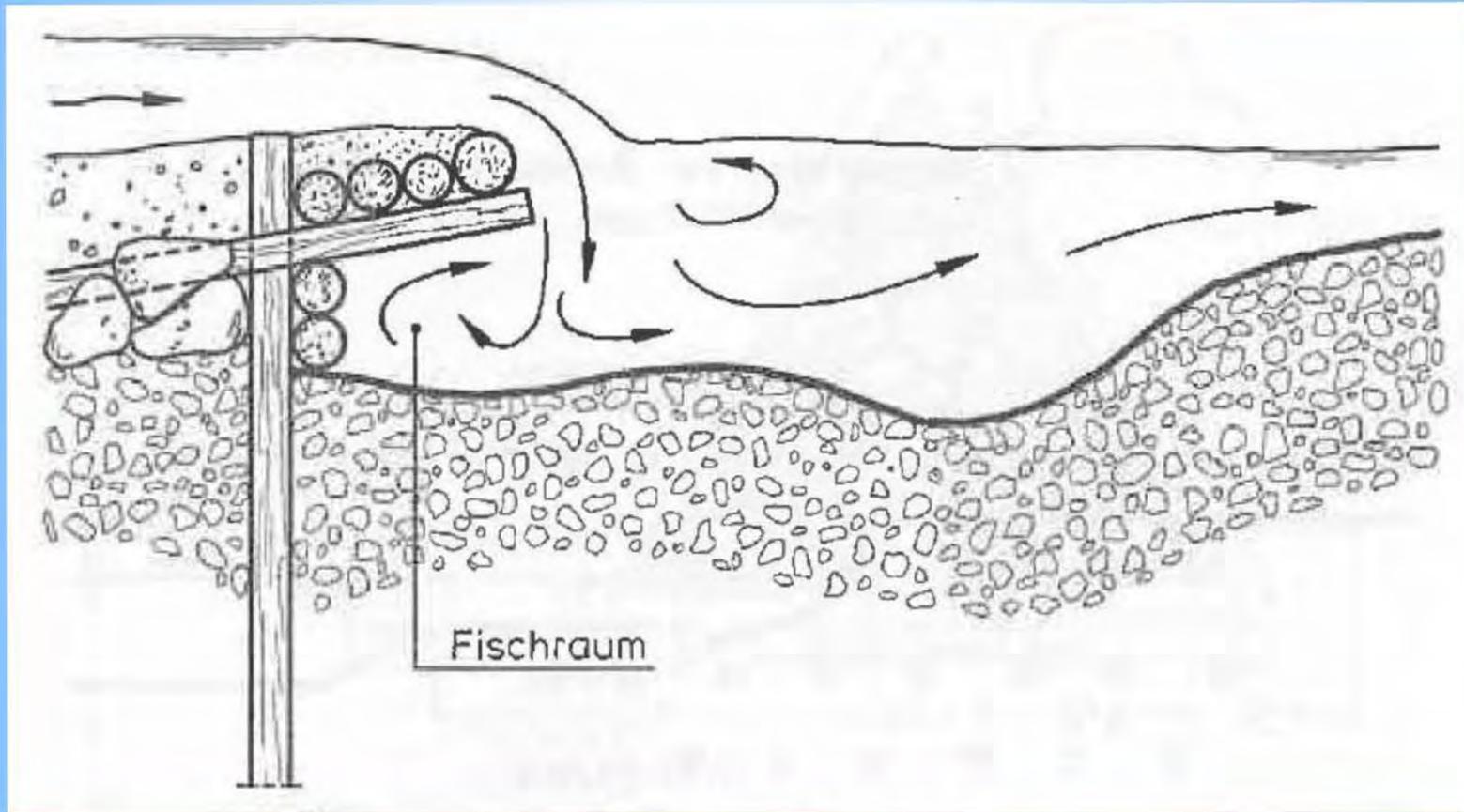
Hydromorphologie der Fließgewässer

Element	Wirkung auf das Habitat
Grundswellen	Im Oberwasser größere Wassertiefe und Verringerung der Fließgeschwindigkeit. Kolk unmittelbar unterhalb der Grundswellen
Buhnen	örtlich Zu- und Abnahme der Fließgeschwindigkeit und Wassertiefe. Kolk am Buhnenkopf. Wertvolles Substrat bei Buhnen aus Steinen oder Drahtschotterelementen
Einzelblöcke	Kolk unmittelbar hinter dem Block. Liefern wertvolles Substrat und in geringem Maß Unterstand
Abdeckungen	Verschaffen Beschattung und Unterstand

Unbeeinflusste Fließgewässer sind normalerweise durch eine große Standort- (Habitat-) Vielfalt mit Kolken, Riffeln, überhängender Vegetation, unterspülten Böschungen, Busch- bzw. Strauchlagen, Wurzelstöcken, ins Wasser gestürzten Bäumen, Steinblöcken usw. gekennzeichnet. Diese gehen durch Gewässerregulungen weitgehend verloren.

aus LANGE & LECHER 1993

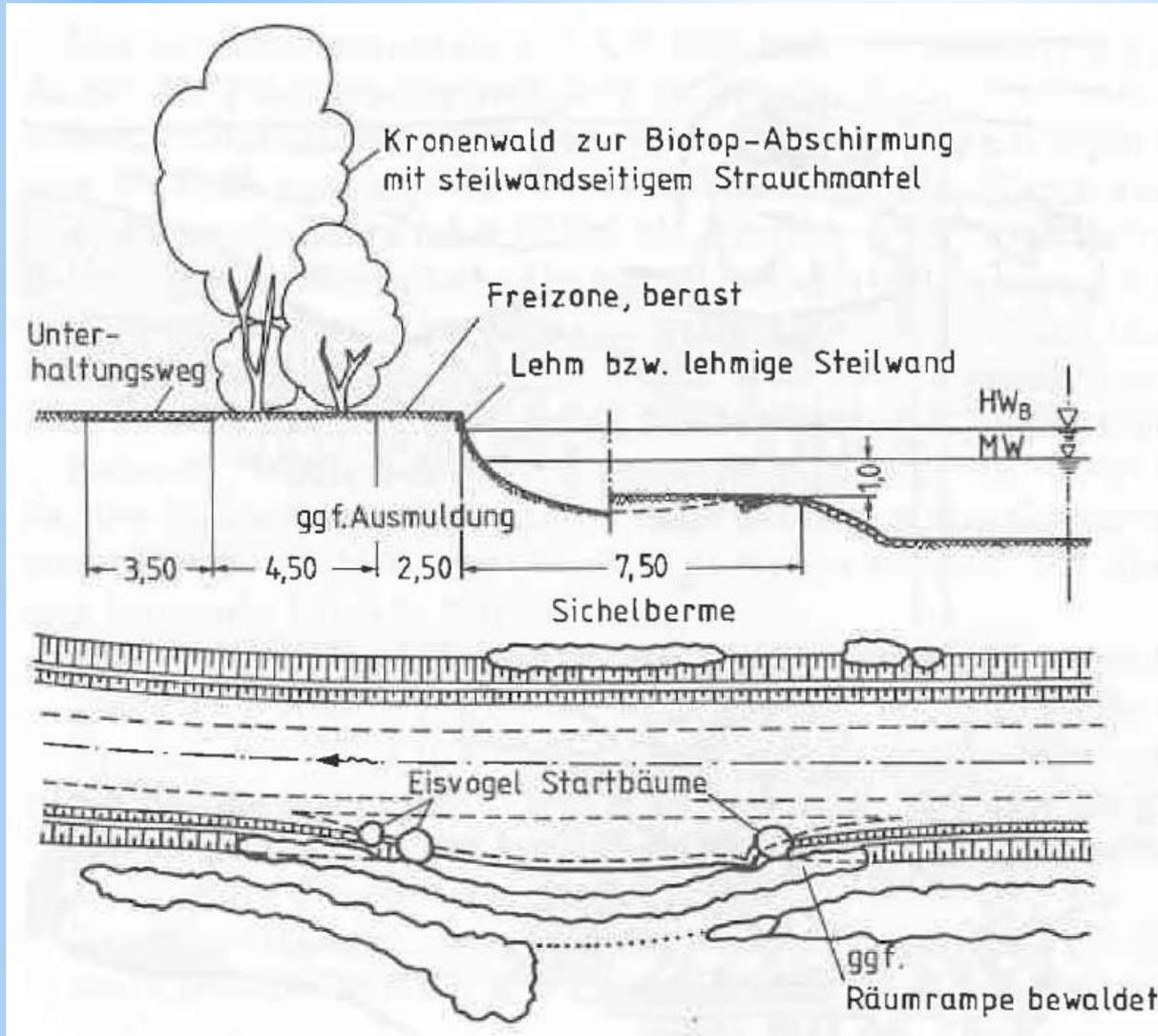
Hydromorphologie der Fließgewässer



Holzschwelle mit Auswirkungen auf Strömung und Sohlenverlauf

aus LANGE & LECHER 1993

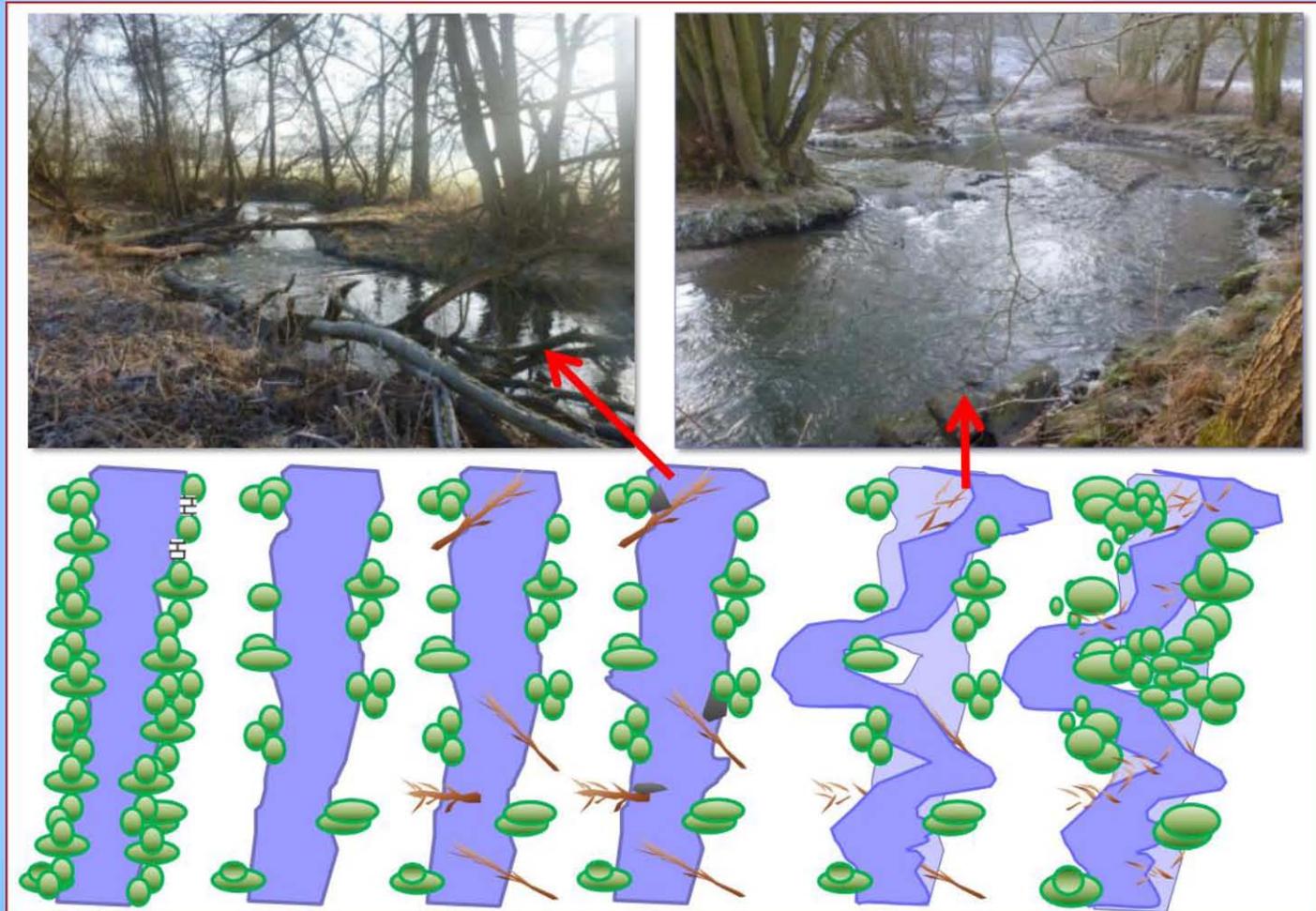
Hydromorphologie der Fließgewässer



Unterwasser-Sichelberme im Staubereich als ein Element zur Gestaltung eines Eisvogel-Biotops

aus LANGE & LECHER 1993

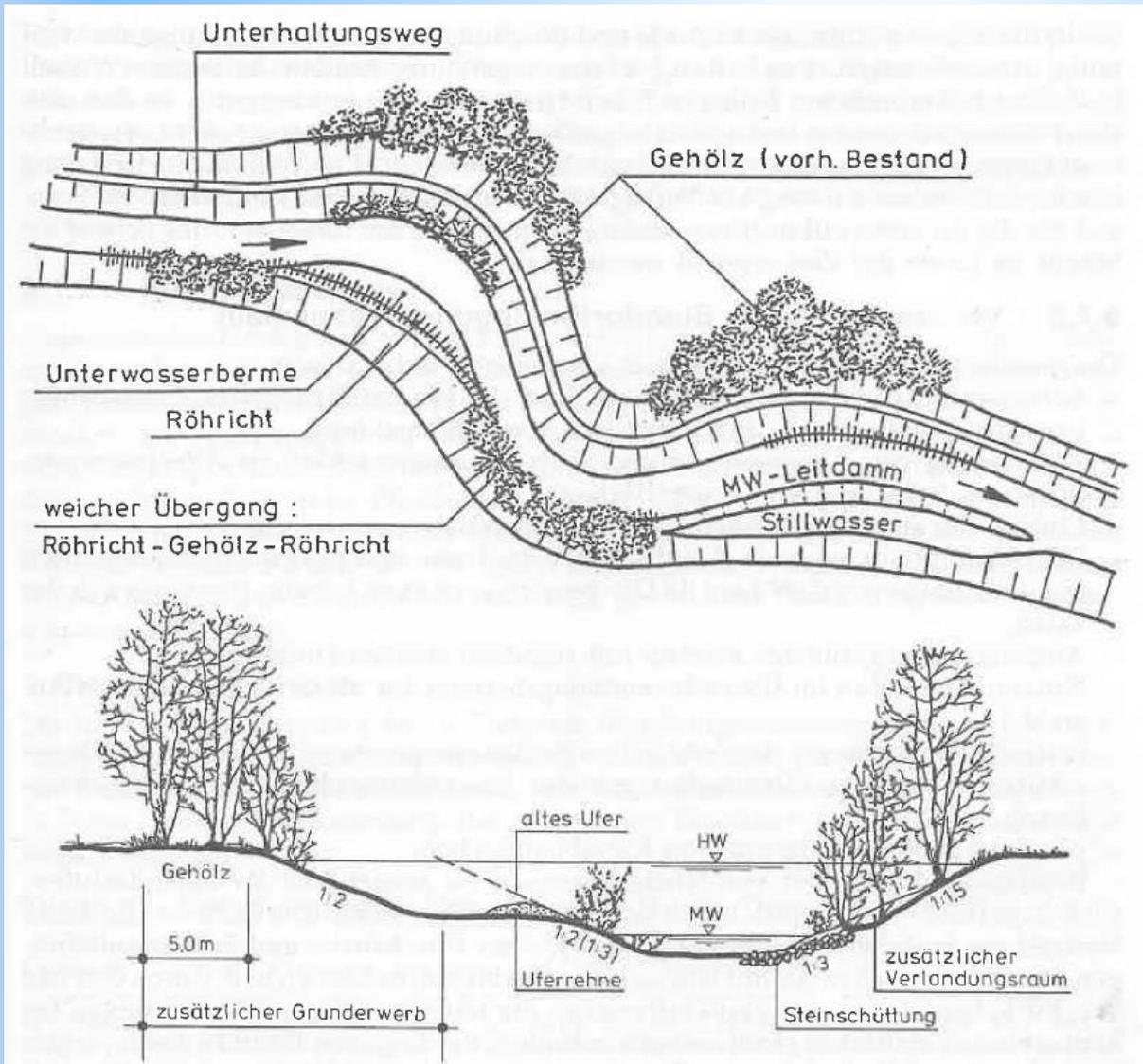
Hydromorphologie der Fließgewässer



Beispiel zur Umgestaltung eines Fließgewässers

aus http://www.hlug.de/fileadmin/dokumente/wasser/fliessgewaesser/struktur/Praesentation_GEF.pdf

Hydromorphologie der Fließgewässer



Beispiel zur Umgestaltung eines Fließgewässers

nach LANGE & LECHER 1993

Uferrehne: Uferaufhöhung an einem Fließgewässer durch Ablagerung von Feststoffen

Literaturverzeichnis

BMU, 2004	Die Wasserrahmenrichtlinie – Neues Fundament für den Gewässerschutz in Europa (Langfassung) Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, 2005 http://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/publikation/long/3044.pdf
BfG, 2012	Technisch-biologische Ufersicherungen an Binnenwasserstraßen - Weidenspreitlagen Kennblatt (Wissensstand: 12.11.2012)
HENNEBERG, 2014	Die Vegetationsfolge in Flussauen Mitteleuropas infolge abiotischer Strukturmerkmale Probevorlesung in der BEUTH-Hochschule am 08.07.2014
IKSE, 1991	Erstes Aktionsprogramm (Sofortprogramm) zur Reduzierung der Schadstofffrachten in der Elbe und ihrem Einzugsgebiet Internationale Kommission zum Schutz der Elbe, 1991 http://www.ikse-mkol.org/index.php?id=467&L=0
IKSE, 1995	Aktionsprogramm Elbe 1996 – 2010 Internationale Kommission zum Schutz der Elbe, Magdeburg, 1995 http://www.ikse-mkol.org/index.php?id=479&L=0
IKSE, 2005	Die Elbe und ihr Einzugsgebiet Ein geographisch-hydrologischer und wasserwirtschaftlicher Überblick Internationale Kommission zum Schutz der Elbe, Magdeburg, 2005 http://www.ikse-mkol.org/index.php?id=210&L=1%27
IKSE, 2010	Die Elbe ist wieder ein lebendiger Fluss - Abschlussbericht Aktionsprogramm Elbe 1996 – 2010 Internationale Kommission zum Schutz der Elbe, Magdeburg, 2010 http://www.ikse-mkol.org/fileadmin/download/AP-1996-2010%20Abschlussbericht/IKSE-AP-Abschlussbericht.pdf
LANGE & LECHER, 1993	Lange, G.; Lecher, K. (Hrsg.) Gewässerregelung - Gewässerpflege - Naturnaher Ausbau und Unterhaltung von Fließgewässern Verlag Paul Parey, Hamburg und Berlin, 1993
OGewV, 2011	Verordnung zum Schutz der Oberflächengewässer (Oberflächengewässerverordnung - OGewV) vom 20. Juli 2011 (BGBl. I S. 1429)

Gewässerschutz

Modelle zur mathematischen Simulation
der Fließvorgänge und des
Stofftransports als Hilfsmittel bei der
Planung von Sanierungsmaßnahmen

Fließgewässer: Streeter-Phelps-Gleichung

Das klassische Streeter-Phelps-Modell des Sauerstoffhaushaltes von Fließgewässern basiert auf der Tatsache, dass der Sauerstoff im Wasser der "fließenden Welle" durch den Abbau organischen Materials (gemessen als BSB) verbraucht und durch die atmosphärische Belüftung wieder ergänzt wird.

Der Abbau des BSB, der sinnvollerweise auch als Sauerstoff ausgedrückt wird, errechnet sich grundsätzlich wie folgt:

$$\frac{dL}{dt} = -k_1 \cdot L(t) \qquad L(t = 0) = L_0$$

1. Term der Streeter-Phelps-Gleichung: Abbau des BSB

unter Verwendung von **BUSCH, UHLMANN & WEISE, 1983** und **DROSTE, 1997**

Fließgewässer: Streeter-Phelps-Gleichung

$$\frac{dL}{dt} = -k_1 \cdot L(t) \quad L(t = 0) = L_0$$

wobei

1. Term der Streeter-Phelps-Gleichung: Abbau des BSB

$$\frac{dL}{dt}$$

Abbau des BSB

$$k_1$$

Abbaukoeffizient

(Geschwindigkeitskonstante für den BSB-Abbau, je größer k_1 , desto schneller wird das organische Substrat abgebaut)

$$L(t)$$

BSB-Konzentration zum Zeitpunkt t

unter Verwendung von **BUSCH, UHLMANN & WEISE, 1983** und **DROSTE, 1997**

Fließgewässer: Streeter-Phelps-Gleichung

Die Wiederbelüftung wird bestimmt vom HENRY-Gesetz und erfolgt somit proportional zur Differenz zwischen der Sättigungskonzentration (c_s) und der aktuellen Konzentration des Sauerstoffs $c(t)$:

$$\frac{dC}{dt} = k_2 \cdot (c_s - c(t)) \quad C(t = 0) = C_0$$

wobei $\frac{dC}{dt}$ Sauerstoffkonzentration

k_2 Wiederbelüftungskoeffizient
(Geschwindigkeitskonstante für die Wiederbelüftung, je größer k_2 , desto schneller wird das Sauerstoffdefizit wieder aufgefüllt)

c_s Sauerstoffsättigungskonzentration

$c(t)$ aktuelle Sauerstoffkonzentration zum Zeitpunkt t

2. Term der Streeter-Phelps-Gleichung: Wiederbelüftung

unter Verwendung von **BUSCH, UHLMANN & WEISE, 1983** und **DROSTE, 1997**

Fließgewässer: Streeter-Phelps-Gleichung

Damit lautet die komplette Streeter-Phelps-Gleichung (Differentialgleichung):

$$\frac{dC}{dt} = -k_1 \cdot L(t) + k_2 \cdot (c_s - c(t))$$

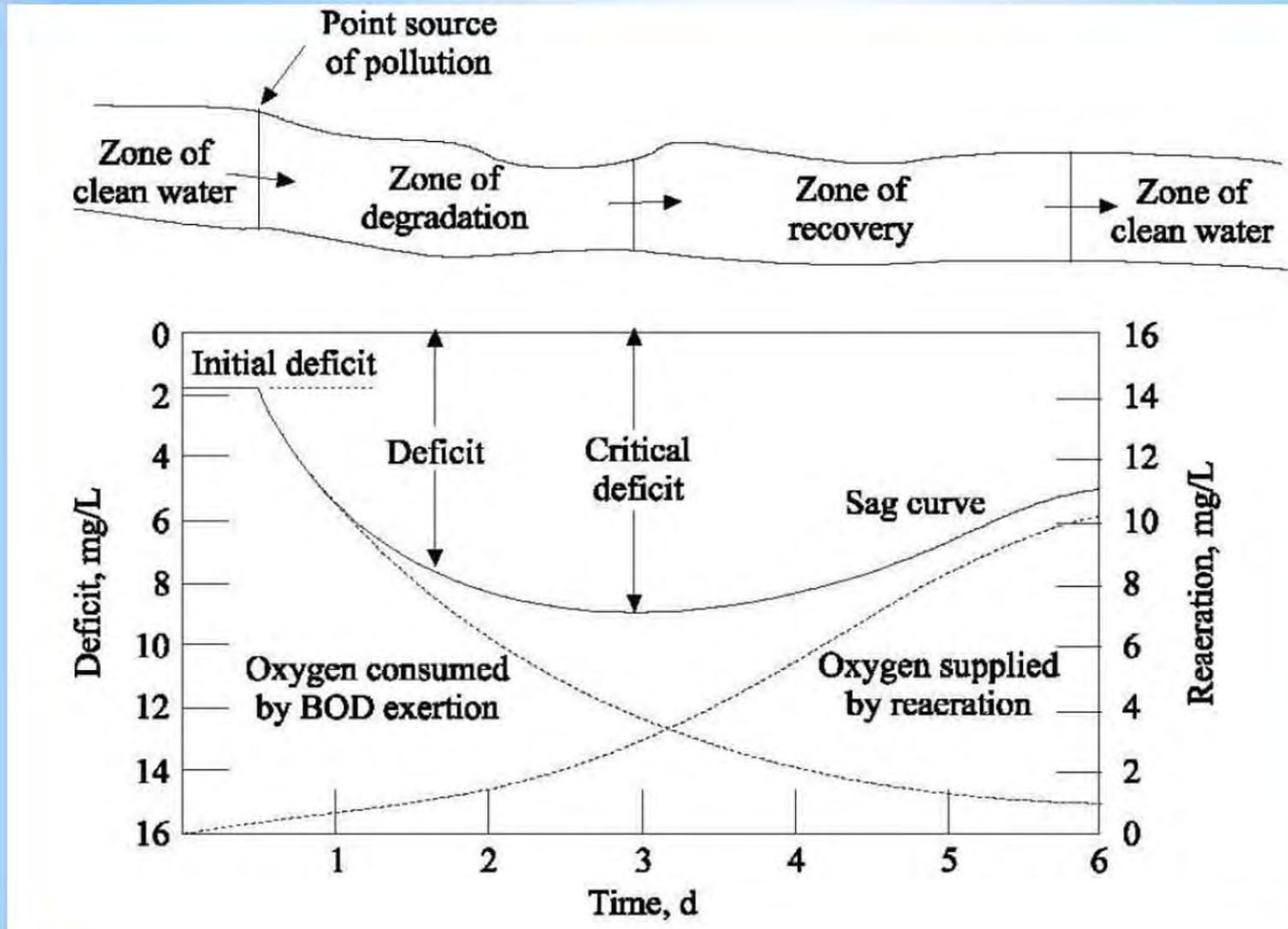
wobei

der Abbau des BSB wird ebenso wie die Wiederbelüftung in mg/l O₂ ausgedrückt

Der 1. Term der Streeter-Phelps-Gleichung ist Ausdruck für die Verminderung der Sauerstoffkonzentration infolge der Umsetzung des organischen Substrats (negatives Vorzeichen),
der 2. Term der Streeter-Phelps-Gleichung ist Ausdruck für die Erhöhung der Sauerstoffkonzentration infolge der einsetzenden Wiederbelüftung (positives Vorzeichen).

unter Verwendung von **BUSCH, UHLMANN & WEISE, 1983** und **DROSTE, 1997**

Fließgewässer: Streeter-Phelps-Gleichung



Grafik zur Erläuterung der Streeter-Phelps-Gleichung

aus DROSTE, 1997

Fließgewässer: Streeter-Phelps-Gleichung

Der Ansatz von STREETER & PHELPS beruht auf mehreren **Vereinfachungen**, die bestimmte **Einschränkungen** nach sich ziehen:

- Pfropfenströmung (plug flow), d. h. die Ausbreitungsgeschwindigkeit der fließenden Welle und der BSB-Fracht wird als identisch angenommen,
- vollständige transversale Durchmischung (lat. *transversus* „quer“), d. h. es wird unterstellt, dass die Konzentration im Querprofil des Flusses für alle betrachteten Parameter gleich ist – „*Abwasserfahnen*“ können nicht simuliert werden,
- stationärer Fließgleichgewichtszustand der beteiligten Gewässer (steady state), d. h. beispielsweise, dass auf der gesamten betrachteten Fließstrecke die Wassertemperatur konstant ist

und

- Sauerstoffzehrung infolge Nitrifikation von Ammonium im Abwasser wird vernachlässigt

nach DROSTE, 1997

Fließgewässer: Streeter-Phelps-Gleichung

Der Abbau des BSB in einer Probenahmeflasche ist identisch mit der Zehrung des Sauerstoffs, der beim Ansatz der Probe vorhanden war und vollzieht sich nach folgender Formel:

$$L(t) = L_0 \cdot e^{-k_1 \cdot (t - t_0)}$$

Da BSB durch biologische Vorgänge bedingt wird, nehmen L_0 und k_1 mit der Temperatur zu, so dass umgerechnet werden muss, soweit im aufnehmenden Gewässer und dem belasteten Zufluss unterschiedliche Temperaturen anzutreffen sind. Die Umrechnung kann nach folgenden Formeln erfolgen:

$$k_{1,T} = k_{1,20^\circ\text{C}} \cdot \theta^{T-20} \quad \text{wobei } 1,05 < \theta < 1,15 \text{ und } T \leq 38^\circ\text{C}$$

$$L_{0,T} = L_{0,20^\circ\text{C}} \cdot (1 + 0,02 \cdot (T - 20))$$

vgl. http://pc42.hydromech.uni-hannover.de/Skripte/suw_spec/Kap8.pdf

Fließgewässer: Streeter-Phelps-Gleichung

Nach einer Abwassereinleitung oder nach Zustrom eines belasteten Nebenflusses ergibt sich die BSB-Ausgangskonzentration L_0 und die resultierende Temperatur T_0 unterhalb der Einleitungsstelle aus einer Mischungsrechnung beider Teilströme:

$$L_0 = \frac{L_{Abw.} \cdot Q_{Abw.} + L_{\text{Oberhalb Einl.}} \cdot Q_{\text{Oberhalb Einl.}}}{Q_{Abw.} + Q_{\text{Oberhalb Einl.}}}$$

$$T_0 = \frac{T_{Abw.} \cdot Q_{Abw.} + T_{\text{Oberhalb Einl.}} \cdot Q_{\text{Oberhalb Einl.}}}{Q_{Abw.} + Q_{\text{Oberhalb Einl.}}}$$

Auch die Sauerstoffkonzentration C_0 unterhalb der Einleitungsstelle ergibt sich aus einer Mischungsrechnung beider Teilströme. Weil die Sauerstoffkonzentration im Abwasser i. d. R. Null ist ($C_{Abw.} = 0$) vereinfacht sich die Berechnung:

$$C_0 = \frac{C_{\text{Oberhalb Einl.}} \cdot Q_{\text{Oberhalb Einl.}}}{Q_{Abw.} + Q_{\text{Oberhalb Einl.}}}$$

vgl. <http://environmentalet.hypermart.net/env2101/sagcurve.htm>

Fließgewässer: Streeter-Phelps-Gleichung

Nach Integration, Umformung und Einsetzen der Ausgangsbedingungen ergibt sich folgende numerische Lösung für die Streeter-Phelps-Gleichung:

$$D = \frac{k_1 \cdot L_0}{k_2 - k_1} \cdot (e^{-k_1 \cdot t} - e^{-k_2 \cdot t}) + D_0 \cdot e^{-k_2 \cdot t}$$

wobei

D	Sauerstoffdefizit	e	Eulersche Zahl (2,718281828...)
k_1	Abbaukoeffizient	t	Fließzeit in d
L_0	Ausgangs-BSB-Konzentration	D_0	Ausgangs-Sauerstoffdefizit
k_2	Wiederbelüftungskoeffizient		

unter Verwendung von **BUSCH, UHLMANN & WEISE, 1983** und **DROSTE, 1997**

Fließgewässer: Streeter-Phelps-Gleichung

Ob ein Sauerstoffdefizit D als problematisch anzusehen ist oder nicht, wird in einem Papier der US EPA wie folgt erläutert:

<u>If Calculated Dissolved Oxygen Deficit is:</u>	<u>Probability of a D.O. Problem</u>
Less than 0.2	Improbable
0.2 to 2.0	Possible
2.0 to 10.0	Probable
greater than 10.0	Highly Probable

<http://nepis.epa.gov/Exe/ZyPDF.cgi?Dockey=P1007EVX.PDF>

Fließgewässer: Streeter-Phelps-Gleichung

Die jeweils resultierende Sauerstoffkonzentration ergibt sich aus der Differenz zwischen der Sauerstoffsättigungskonzentration und dem Sauerstoffdefizit:

$$c = c_S - D$$

wobei

- c Sauerstoffkonzentration
- c_S Sauerstoffsättigungskonzentration
- D Sauerstoffdefizit (errechnet mit Streeter-Phelps)

nach U.S. EPA, 2008

Fließgewässer: Streeter-Phelps-Gleichung

Die Sauerstoffsättigungskonzentration kann man aus Tabellen ablesen...

t °C	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
0	14.16	14.12	14.08	14.04	14.00	13.97	13.93	13.89	13.85	13.81
1	13.77	13.74	13.70	13.66	13.63	13.59	13.55	13.51	13.48	13.44
2	13.40	13.37	13.33	13.30	13.26	13.22	13.19	13.15	13.12	13.08
3	13.05	13.01	12.98	12.94	12.91	12.87	12.84	12.81	12.77	12.74
4	12.70	12.67	12.64	12.60	12.57	12.54	12.51	12.47	12.44	12.41
5	12.37	12.34	12.31	12.28	12.25	12.22	12.18	12.15	12.12	12.09
6	12.06	12.03	12.00	11.97	11.94	11.91	11.88	11.85	11.82	11.79
7	11.76	11.73	11.70	11.67	11.64	11.61	11.58	11.55	11.52	11.50
8	11.47	11.44	11.41	11.38	11.36	11.33	11.30	11.27	11.25	11.22
9	11.19	11.16	11.14	11.11	11.08	11.06	11.03	11.00	10.98	10.95
10	10.92	10.90	10.87	10.85	10.82	10.80	10.77	10.75	10.72	10.70
11	10.67	10.65	10.62	10.60	10.57	10.55	10.53	10.50	10.48	10.45
12	10.43	10.40	10.38	10.36	10.34	10.31	10.29	10.27	10.24	10.22
13	10.20	10.17	10.15	10.13	10.11	10.09	10.06	10.04	10.02	10.00
14	9.98	9.95	9.93	9.91	9.89	9.87	9.85	9.83	9.81	9.78
15	9.76	9.74	9.72	9.70	9.68	9.66	9.64	9.62	9.60	9.58
16	9.56	9.54	9.52	9.50	9.48	9.46	9.45	9.43	9.41	9.39
17	9.37	9.35	9.33	9.31	9.30	9.28	9.26	9.24	9.22	9.20
18	9.18	9.17	9.15	9.13	9.12	9.10	9.08	9.06	9.04	9.03
19	9.01	8.99	8.98	8.96	8.94	8.93	8.91	8.89	8.88	8.86
20	8.84	8.83	8.81	8.79	8.78	8.76	8.75	8.73	8.71	8.70
21	8.68	8.67	8.65	8.64	8.62	8.61	8.59	8.58	8.56	8.55
22	8.53	8.52	8.50	8.49	8.47	8.46	8.44	8.43	8.41	8.40
23	8.38	8.37	8.36	8.34	8.33	8.32	8.30	8.29	8.27	8.26
24	8.25	8.23	8.22	8.21	8.19	8.18	8.17	8.15	8.14	8.13
25	8.11	8.10	8.09	8.07	8.06	8.05	8.04	8.02	8.01	8.00
26	7.99	7.97	7.96	7.95	7.94	7.92	7.91	7.90	7.89	7.88
27	7.86	7.85	7.84	7.83	7.82	7.81	7.79	7.78	7.77	7.76
28	7.75	7.74	7.72	7.71	7.70	7.69	7.68	7.67	7.66	7.65
29	7.64	7.62	7.61	7.60	7.59	7.58	7.57	7.56	7.55	7.54
30	7.53	7.52	7.51	7.50	7.48	7.47	7.46	7.45	7.44	7.43
31	7.42	7.41	7.40	7.39	7.38	7.37	7.36	7.35	7.34	7.33
32	7.32	7.31	7.30	7.29	7.28	7.27	7.26	7.25	7.24	7.23
33	7.22	7.21	7.20	7.20	7.19	7.18	7.17	7.16	7.15	7.14
34	7.13	7.12	7.11	7.10	7.09	7.08	7.07	7.06	7.05	7.05
35	7.04	7.03	7.02	7.01	7.00	6.99	6.98	6.97	6.96	6.95
36	6.94	6.94	6.93	6.92	6.91	6.90	6.89	6.88	6.87	6.86
37	6.86	6.85	6.84	6.83	6.82	6.81	6.80	6.79	6.78	6.77
38	6.76	6.76	6.75	6.74	6.73	6.72	6.71	6.70	6.70	6.69
39	6.68	6.67	6.66	6.65	6.64	6.63	6.63	6.62	6.61	6.60
40	6.59	6.58	6.57	6.56	6.56	6.55	6.54	6.53	6.52	6.51

Fließgewässer: Streeter-Phelps-Gleichung

...oder nach folgender Formel berechnen:

$$c_S = e^{\left(-139,3441 + \frac{1,57570 * 10^5}{T} + \frac{6,64231 * 10^7}{T^2} + \frac{1,2438 * 10^{10}}{T^3} + \frac{8,62195 * 10^{11}}{T^4}\right)}$$

wobei

c_S Sauerstoffsättigungskonzentration bei Normaldruck (1 bar) und vernachlässigbar geringen Salzgehalten des Wassers

T Wassertemperatur in °K (= 273,15 + Temperatur in °C)

nach U.S. EPA, 2008

Die direkte Berechnung nach dieser Formel ist die Methode der Wahl, sobald die Wassertemperatur als unabhängige Variable in die Berechnung eingeht (z. B. wenn eine Szenarioanalyse durchgeführt werden soll)!

Fließgewässer: Streeter-Phelps-Gleichung

Der **Abbaukoeffizient** k_1 wird insbesondere beeinflusst von:

- biologischer Abbaubarkeit des organischen Substrats (je besser abbaubar, desto höher k_1)
- Wassertemperatur
- Turbulenz des Gewässers

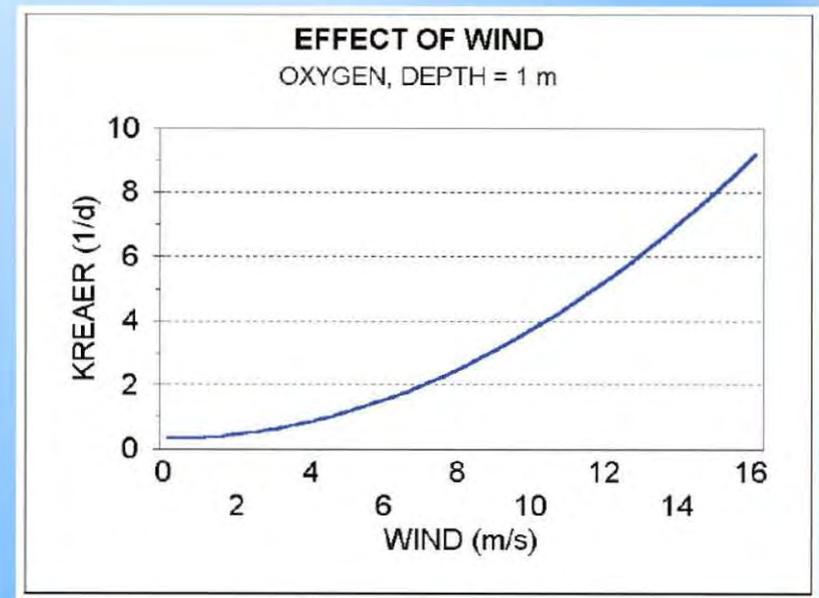
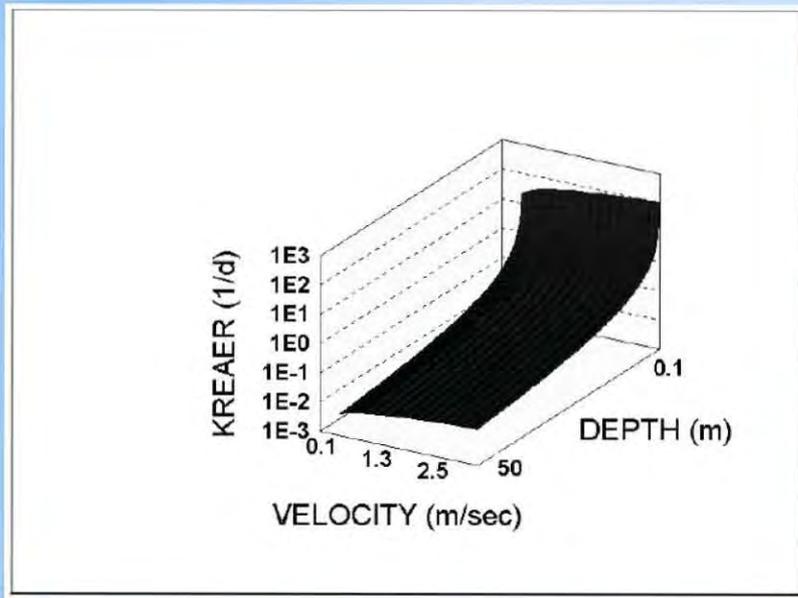
Der Abbaukoeffizient ist bei warmen, ständig gut durchmischten Gewässern höher als bei kühlen, gleichförmig fließenden Gewässern!



Fließgewässer: Streeter-Phelps-Gleichung

Der **Wiederbelüftungskoeffizient k_2** wird insbesondere beeinflusst von:

- Fließgeschwindigkeit (proportional zum Gefälle)
- Tiefe des Gewässers
- Windgeschwindigkeit
- Rauigkeit des Flussbetts



siehe <http://nepis.epa.gov/Simple.html>

Fließgewässer: Streeter-Phelps-Gleichung



Ergo:

Der Wiederbelüftungskoeffizient ist bei flachen, schnell fließenden Gebirgsbächen deutlich höher als bei tiefen, langsam fließenden Tieflandflüssen!

Es existieren auch Formeln zur Berechnung des Wiederbelüftungskoeffizienten:

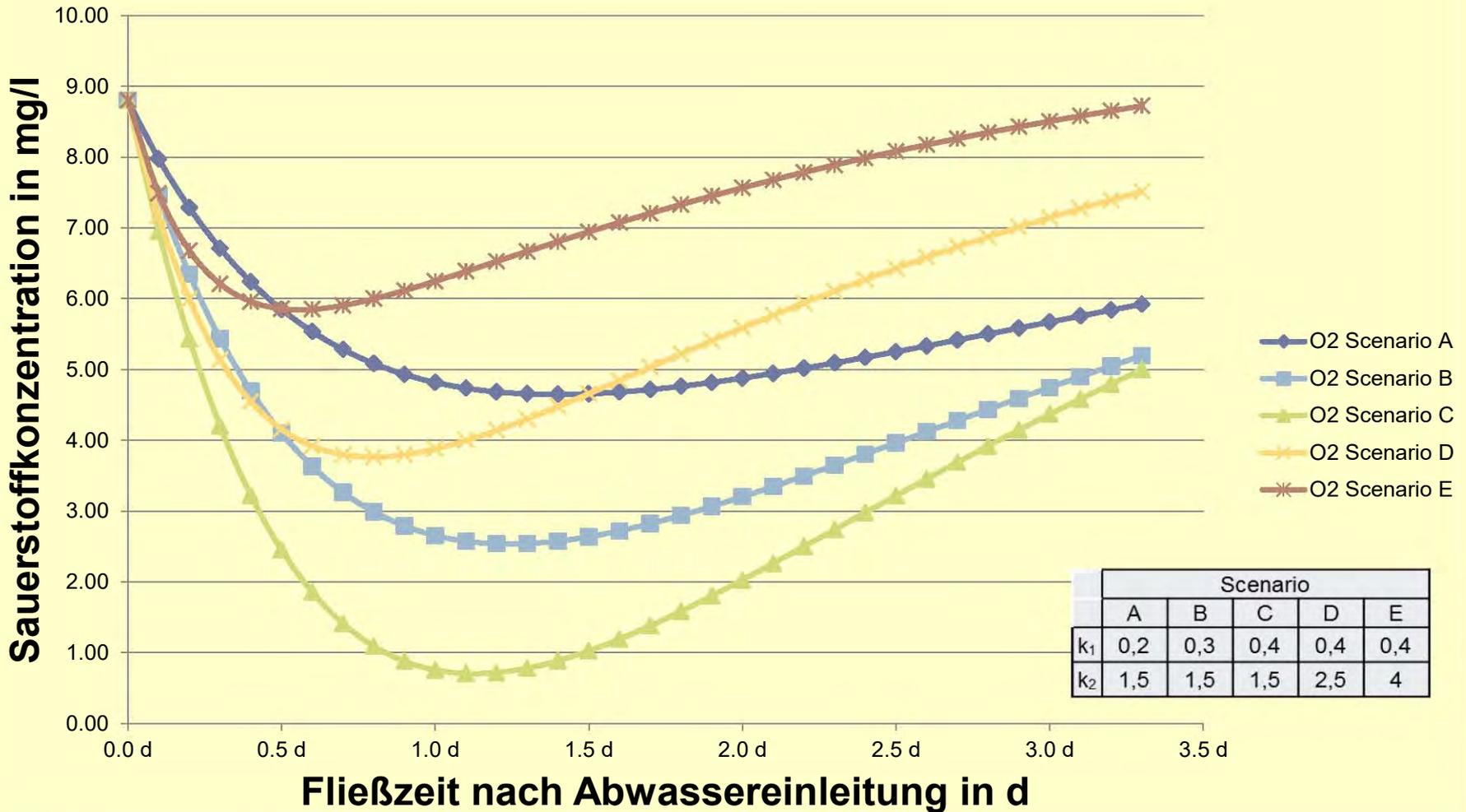
$$k_2 = 2,59 \cdot \left(\frac{v^{0,674}}{Y^{1,865}} \right)$$

wobei

v – Fließgeschwindigkeit
 Y – Wassertiefe

Fließgewässer: Streeter-Phelps-Gleichung

Scenarioanalyse mit Streeter-Phelps-Gleichung



Fließgewässer: Streeter-Phelps-Gleichung

Bei langsamem Abbau ($k_1 = \frac{0,2}{d}$) sinkt die Sauerstoffkonzentration nur langsam und um einen geringen Betrag ab (*Scenario A*).

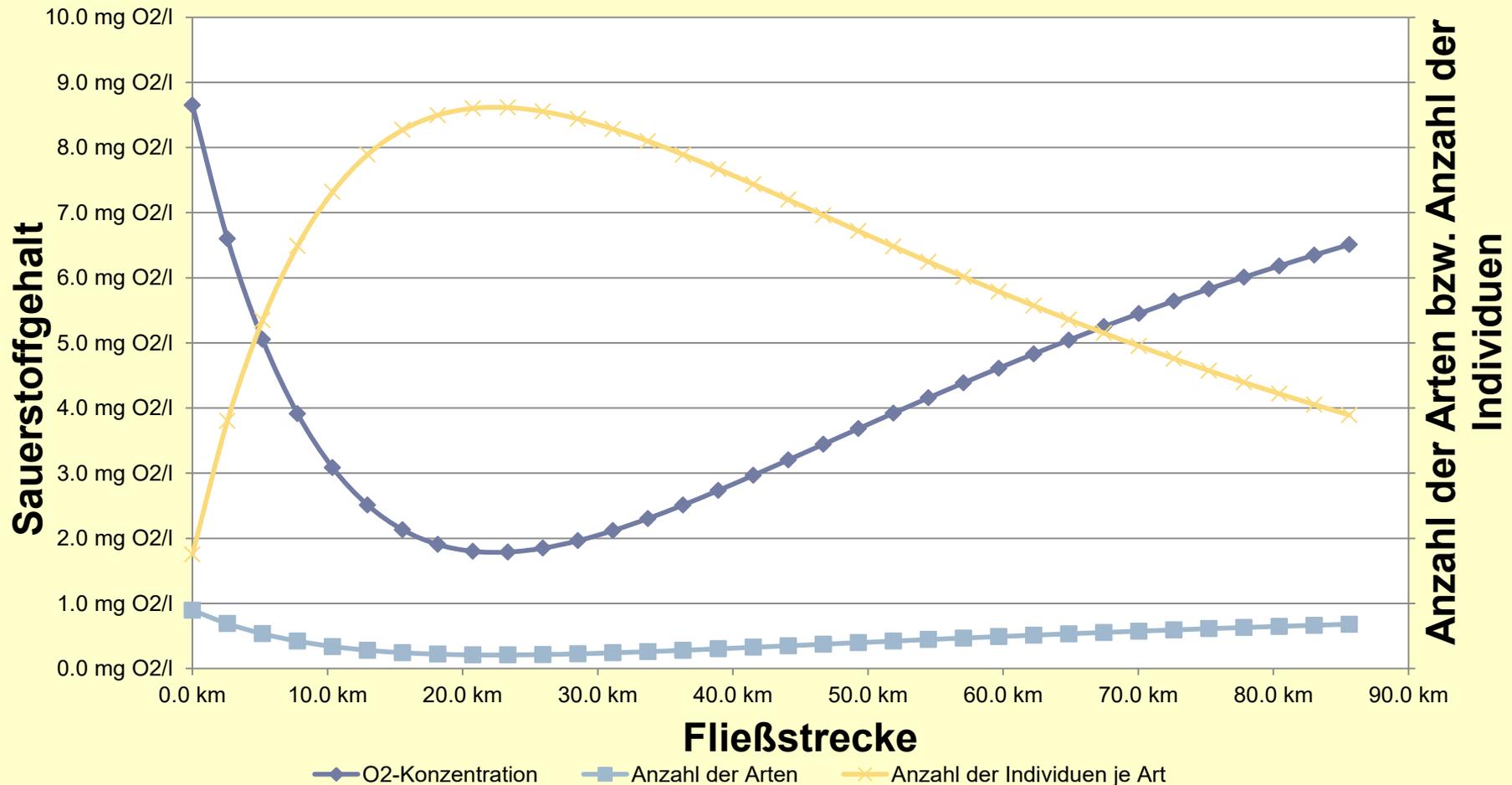
Ist das eingeleitete Abwasser besser abbaubar, erfolgt der Abbau schneller ($k_1 = \frac{0,3}{d}$). Ein schnellerer Abbau tritt auch ein bei einer höheren Wassertemperatur. Bei gleichem Wiederbelüftungskoeffizienten wie zuvor ($k_2 = \frac{1,5}{d}$) sinkt die Sauerstoffkonzentration deutlich schneller und erreicht nach etwa 1,2 d einen ökologisch bedenklichen Wert von 2,5 mg/l (*Scenario B*). Erfolgt der Abbau noch schneller ($k_1 = \frac{0,4}{d}$), so sinkt die Sauerstoffkonzentration nach etwa 1,1 d auf einen völlig unannehmbaren Wert von 0,7 mg/l (*Scenario C*).

Wie sich eine Verbesserung der Wiederbelüftung - etwa durch eine höhere Fließgeschwindigkeit oder künstliche Sauerstoffanreicherung (z. B. mittels Absturztreppe) - auswirken würde, kann durch Vergrößerung des Wiederbelüftungskoeffizienten ($k_2 = \frac{2,5}{d}$ bzw. $\frac{4,0}{d}$) untersucht werden (*Scenario D bzw. E*).

unter Verwendung von **BUSCH, UHLMANN & WEISE, 1983**

Fließgewässer: Streeter-Phelps-Gleichung

Verhalten eines intakten Fließgewässers nach
Abwassereinleitung an km 0,0



Fließgewässer: Streeter-Phelps-Gleichung

Mit Hilfe der Streeter-Phelps-Gleichung lässt sich auch direkt ermitteln, an welcher Stelle das Sauerstoffdefizit sein Maximum erreicht, also die Konzentration an gelöstem Sauerstoff auf den kritischsten Wert sinkt:

$$t_c = \left(\frac{1}{k_2 - k_1} \right) \cdot \ln \left\{ \frac{k_2}{k_1} \left[1 - \frac{(k_2 - k_1) \cdot D_0}{k_1 \cdot L_0} \right] \right\}$$

wobei

t_c Fließzeit bis zum Erreichen des kritischen Sauerstoffdefizits in d

D_0 Ausgangs-Sauerstoffdefizit

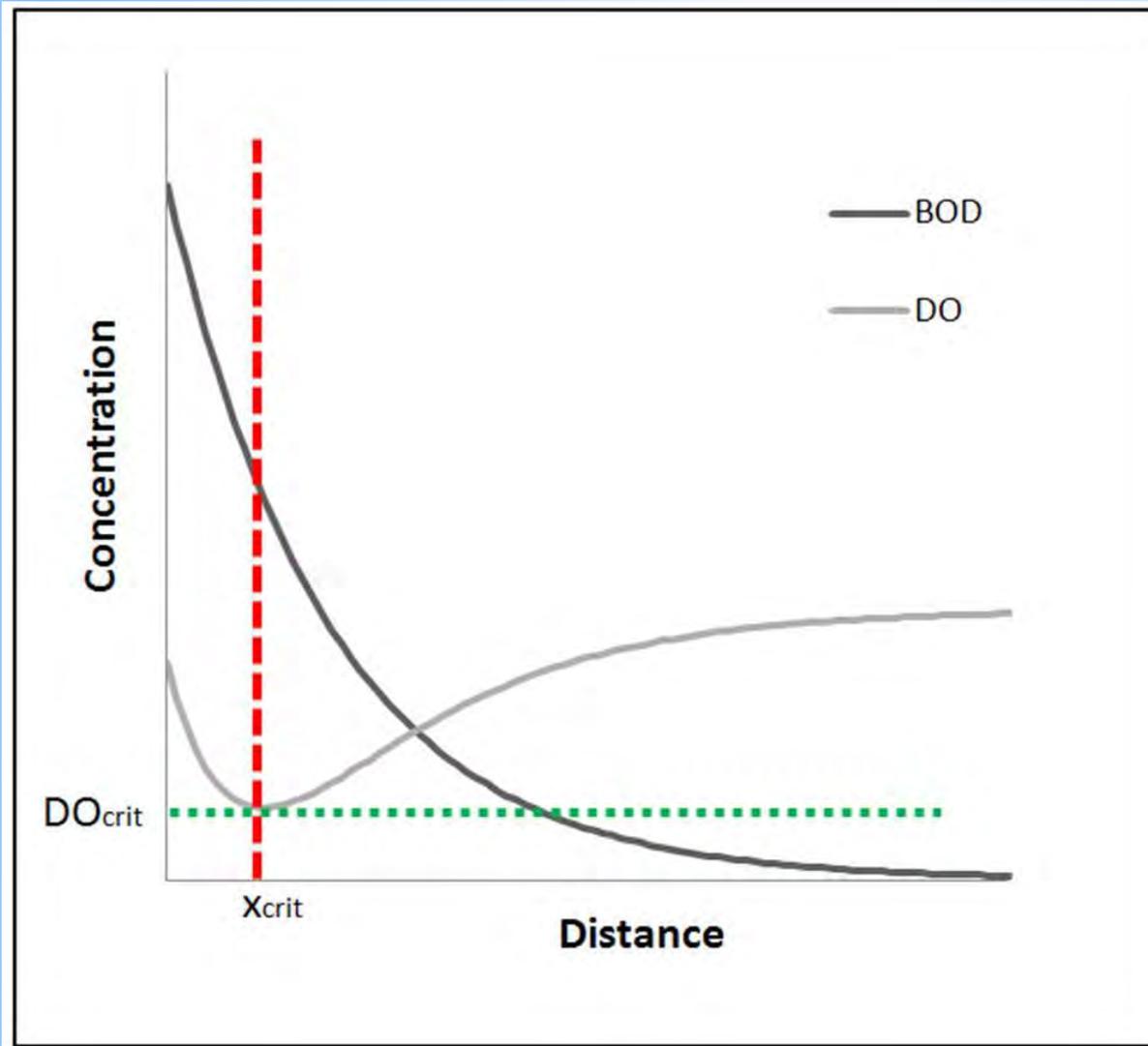
L_0 Ausgangs-BSB-Konzentration

k_1 Abbaukoeffizient

k_2 Wiederbelüftungskoeffizient

unter Verwendung von DROSTE, 1997

Fließgewässer: Streeter-Phelps-Gleichung



Skizze zur kritischen Konzentration an gelöstem Sauerstoff

Fließgewässer: Streeter-Phelps-Gleichung

Nach Einsetzen der kritischen Fließzeit und entsprechender Umstellung der Streeter-Phelps-Gleichung lässt sich auch das kritische (= maximale) Sauerstoffdefizit errechnen:

$$D_c = \frac{k_1 \cdot L_0}{k_2 - k_1} \cdot (e^{-k_1 \cdot t_c} - e^{-k_2 \cdot t_c}) + D_0 \cdot e^{-k_2 \cdot t_c}$$

wobei

- D_c kritisches Sauerstoffdefizits in mg/l
- t_c Fließzeit bis zum Erreichen des kritischen Sauerstoffdefizits in d
- D_0 Ausgangs-Sauerstoffdefizit
- L_0 Ausgangs-BSB-Konzentration
- k_1 Abbaukoeffizient
- k_2 Wiederbelüftungskoeffizient

unter Verwendung von DROSTE, 1997

Streeter-Phelps-Gleichung - Aufgabe

Aufgrund einer massiven Betriebsstörung muss vorübergehend der Notumlauf einer Kläranlage geöffnet und ungereinigtes Abwasser von 50.000 Einwohnern in den Vorfluter abgeleitet werden.

Über den Zulauf zur Kläranlage liegen folgende Informationen vor:

Abwasseranfall:	200 l/E * d
BSB ₅ :	60 g/E * d
Abwassertemperatur:	20°C
Sauerstoffdefizit:	100%

Über die Situation im Vorfluter oberhalb der Einleitungsstelle liegen folgende Informationen vor:

Durchfluss:	1,5 m ³ /s
Fließgeschwindigkeit:	0,3 m/s
mittlere Wassertiefe:	0,75 m
Wassertemperatur:	12°C
BSB ₅ :	1 mg/l,
Sauerstoffdefizit:	0%

Streeter-Phelps-Gleichung - Aufgabe

Berechnen Sie mit Hilfe der Streeter-Phelps-Gleichung aller 5 km Fließweg die sich einstellende Sauerstoffkonzentration auf einer Fließstrecke von insgesamt 100 km unter der Voraussetzung, dass

$$\text{Abbaukoeffizient } k_1 = \frac{0,4}{d} !$$

Berechnen Sie weiterhin die kritische Fließzeit t_C und die kritische Fließstrecke s_C , an der das höchste Sauerstoffdefizit eintritt!

Wie hoch sind das Sauerstoffdefizit D_C und die Sauerstoffkonzentration c_C an der kritischen Stelle?

Fließgewässer: QUAL2K

EPA United States Environmental Protection Agency

Advanced Search **A-Z Index**

LEARN THE ISSUES SCIENCE & TECHNOLOGY LAWS & REGULATIONS ABOUT EPA

Ecosystems Research, Athens GA [Contact Us](#) [Share](#)

River and Stream Water Quality Model (QUAL2K)

QUAL2K (or Q2K) is a river and stream water quality model that is intended to represent a modernized version of the QUAL2E (or Q2E) model (Brown and Barnwell 1987). Q2K is similar to Q2E in the following respects:

One dimensional. The channel is well-mixed vertically and laterally.

- Steady state hydraulics. Non-uniform, steady flow is simulated.
- Diurnal heat budget. The heat budget and temperature are simulated as a function of meteorology on a diurnal time scale.
- Diurnal water-quality kinetics. All water quality variables are simulated on a diurnal time scale.
- Heat and mass inputs. Point and non-point loads and abstractions are simulated.

The QUAL2K framework includes the following new elements:

Software Environment and Interface. Q2K is implemented within the Microsoft Windows environment. It is programmed in the Windows macro language: Visual Basic for Applications (VBA). Excel is used as the graphical user interface.

- Model segmentation. Q2E segments the system into river reaches comprised of equally spaced elements. In contrast, Q2K uses unequally-spaced reaches. In addition, multiple loadings and abstractions can be input to any reach.
- Carbonaceous BOD speciation. Q2K uses two forms of carbonaceous BOD to represent organic carbon. These forms are a slowly oxidizing form (slow CBOD) and a rapidly oxidizing form (fast CBOD). In addition, non-living particulate organic matter (detritus) is simulated. This detrital material is composed of particulate carbon, nitrogen and phosphorus in a fixed stoichiometry.
- Anoxia. Q2K accommodates anoxia by reducing oxidation reactions to zero at low oxygen levels. In addition, denitrification is modeled as a first-order reaction that becomes pronounced at low oxygen concentrations.
- Sediment-water interactions. Sediment-water fluxes of dissolved oxygen and nutrients are simulated internally rather than being prescribed. That is, oxygen (SOD) and nutrient fluxes are simulated as a function of settling particulate organic matter, reactions within the sediments, and the concentrations of soluble forms in the overlying waters.
- Bottom algae. The model explicitly simulates attached bottom algae.
- Light extinction. Light extinction is calculated as a function of algae, detritus and inorganic solids.
- pH. Both alkalinity and total inorganic carbon are simulated. The river's pH is then simulated based on these two quantities.
- Pathogens. A generic pathogen is simulated. Pathogen removal is determined as a function of temperature, light, and settling.

WWQTCS Info

- WWQTCS Home
- Technical Support
- Tools
 - Watershed Models
 - Basins
 - LSPC
 - WAMView
 - SWMM
 - WARMF
 - Water Quality Models
 - WASP
 - QUAL2K
 - Aquatox
 - EPD-RIV1
 - Hydrodynamic Models
 - EFDC
 - EPD-RIV1
 - Database
- Training

Modell der U.S. EPA zur Simulation der Beschaffenheit von Fließgewässern QUAL2K (kostenloser Download)

Basis: Streeter-Phelps

[U.S. EPA, 2013](#)

Fließgewässer: CORMIX



United States Environmental Protection Agency

LEARN THE ISSUES SCIENCE & TECHNOLOGY LAWS & REGULATIONS ABOUT EPA

Advanced Search

A-Z Index

SEARCH

Water: Water Quality Models

Contact Us Share

You are here: [Water](#) » [Science & Technology](#) » [Applications & Databases](#) » [Water Quality Models](#) » [Cornell Mixing Zone Expert System \(CORMIX\)](#)

Cornell Mixing Zone Expert System (CORMIX)

CORMIX is a water quality modeling and decision support system designed for environmental impact assessment mixing zones resulting from wastewater discharge from point sources. The system emphasizes the role of bo interaction to predict plume geometry and dilution in relation to regulatory mixing zone requirements. As an system, CORMIX is a user-friendly application which guides the water quality analysts in simulating a site-sp discharge configuration. To facilitate its use, ample instructions are provided, suggestions for improving dilu characteristics are included, and warning messages are displayed when undesirable or uncommon flow condi occur.

CORMIX contains three major subsystems:

- **CORMIX1**, is used to predict and analyze environmental impacts of submerged single port discharges to rivers, and estuaries.
- **CORMIX2**, may be used to predict plume characteristics of submerged multipoint discharges.
- **CORMIX3**, is used to analyze positively and neutrally buoyant surface discharges to lakes, rivers, and estuaries with a high degree of accuracy.

[Users manual for CORMIX \(PDF\)](#) (164 pp, 2.3MB, [About PDF](#)): A hydrodynamic mixing zone model and decision support system for pollutant discharges into surface waters.

More on mixing zones: [Compilation of EPA Mixing Zone Documents](#).

The CORMIX home page [EXIT Disclaimer](#) contains updated information about software releases and model applications.

Expertensystem der U.S. EPA zur Vorhersage von Größe und Auswirkung von Abwasserfahnen nach punktförmigen Einleitungen (kostenloser Download)

[U.S. EPA, 2013](#)

Fließ- und Standgewässer: AQUATOX

EPA United States Environmental Protection Agency

Advanced Search **A-Z Index**

LEARN THE ISSUES SCIENCE & TECHNOLOGY LAWS & REGULATIONS ABOUT EPA

Air **<**

Chemicals and Toxics

Climate Change

Emergencies

Green Living

Health and Safety

Land and Cleanup

Pesticides

Waste

Water

Performance

Science & Technology

Analytical Methods & Laboratories

Applications & Databases

Climate Change & Water

Contaminants of Emerging Concern

Drinking Water Monitoring & Assessment

Research & Risk Assessment

Surface Water Standards & Guidance

Wastewater Technology

Water Infrastructure

What You Can Do

You are here: Water » Science & Technology » Applications & Databases » Water Quality Models » AQUATOX - Linking water quality and aquatic life

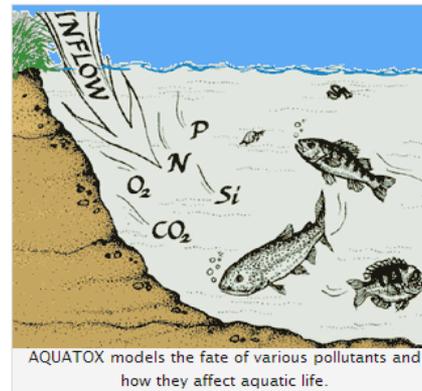
AQUATOX – Linking water quality and aquatic life

AQUATOX is a simulation model for aquatic systems. AQUATOX predicts the fate of various pollutants, such as nutrients and organic chemicals, and their effects on the ecosystem, including fish, invertebrates, and aquatic plants. This model is a valuable tool for ecologists, biologists, water quality modelers, and anyone involved in performing ecological risk assessments for aquatic ecosystems. Although incorporating constructs from classic ecosystem and chemodynamic models, AQUATOX was developed from the beginning as an applied model for use by environmental analysts.

Release 3.1 of AQUATOX is now available. Release 3.1 contains several enhancements over previous releases that improve the model's interface and utility. For example, the sediment diagenesis model has a "steady-state" mode that increases model speed dramatically. Other categories of refinements include floating-plants refinements, bioaccumulation and toxicity modeling improvements, and improved sensitivity and uncertainty analyses.

AQUATOX Release 2 underwent an external peer review in late 2003. Release 3 underwent external peer review in late 2008.

- What's new in Release 3.1.7
- Basic Information
- What does AQUATOX do?
 - Potential applications to water management
 - Unique features and operations
- Training – classes and downloadable presentation materials
- AQUATOX Email Listserv
- Publications About or Referencing AQUATOX
- EPA Supporting Documentation
- Download the model
- Data sources



AQUATOX models the fate of various pollutants and how they affect aquatic life.

Modell der U.S. EPA zur Vorhersage des Verbleibs von Schadstoffen in aquatischen Ökosystemen (kostenloser Download)

[U.S. EPA, 2013](#)

Standgewässer: WASP

EPA United States Environmental Protection Agency

Advanced Search **A-Z Index**

LEARN THE ISSUES SCIENCE & TECHNOLOGY LAWS & REGULATIONS ABOUT EPA

Ecosystems Research, Athens GA [Contact Us](#) [Share](#)

Water Quality Analysis Simulation Program (WASP)

The Water Quality Analysis Simulation Program. (WASP7), an enhancement of the original WASP (Di Toro et al., 1983; Connolly and Winfield, 1984; Ambrose, R.B. et al., 1988). This model helps users interpret and predict water quality responses to natural phenomena and manmade pollution for various pollution management decisions. WASP is a dynamic compartment-modeling program for aquatic systems, including both the water column and the underlying benthos. WASP allows the user to investigate 1, 2, and 3 dimensional systems, and a variety of pollutant types. The state variables for the given modules are given in the table below. The time varying processes of advection, dispersion, point and diffuse mass loading and boundary exchange are represented in the model. WASP also can be linked with hydrodynamic and sediment transport models that can provide flows, depths velocities, temperature, salinity and sediment fluxes.

WASP has been used to examine eutrophication of Tampa Bay, FL; phosphorus loading to Lake Okeechobee, FL; eutrophication of the Neuse River Estuary, NC; eutrophication Coosa River and Reservoirs, AL; PCB pollution of the Great Lakes, eutrophication of the Potomac Estuary, kepone pollution of the James River Estuary, volatile organic pollution of the Delaware Estuary, and heavy metal pollution of the Deep River, North Carolina, mercury in the Savannah River, GA.

WASP Preprocessor

The data preprocessor allows for the rapid development of input datasets. The ability to bring data into the model is as simple as cut and paste or queried from a database. The preprocessor provides detailed descriptions of all model parameters and kinetic constants. When linking WASP with hydrodynamic models it is as simple as pointing to the hydrodynamic linkage file.

- Import time series from WRDB, Spreadsheet, Text Files
- Automatically import hydrodynamic model interface information
- Multi-session capable
- Run time diagnosis

WWQTCS

- [WWQTCS Home](#)
- [Technical Support](#)
- [Tools](#)
 - [Watershed Mo](#)
 - [Basins](#)
 - [LSPC](#)
 - [WAMView](#)
 - [SWMM](#)
 - [WARMF](#)
 - [Water Quality I](#)
 - [WASP](#)
 - [QUAL2K](#)
 - [Aquatox](#)
 - [EPD-RIV1](#)
 - [Hydrodynamic](#)
 - [EFDC](#)
 - [EPD-RIV1](#)
 - [Database](#)
- [Training](#)

Simulationsprogramm der U.S. EPA zur Vorhersage der Eutrophizierung von Standgewässern (kostenloser Download)

[U.S. EPA, 2013](#)

Gewässerschutz

Einführung in die dynamische
Kläranlagensimulation mit dem
Programmsystem STOAT

Statisch versus dynamisch

Statischer (stationärer) Ansatz:

Bei der statischen Berechnung spielt die Zeit keine Rolle. Es wird nur ein repräsentativer Systemzustand betrachtet.

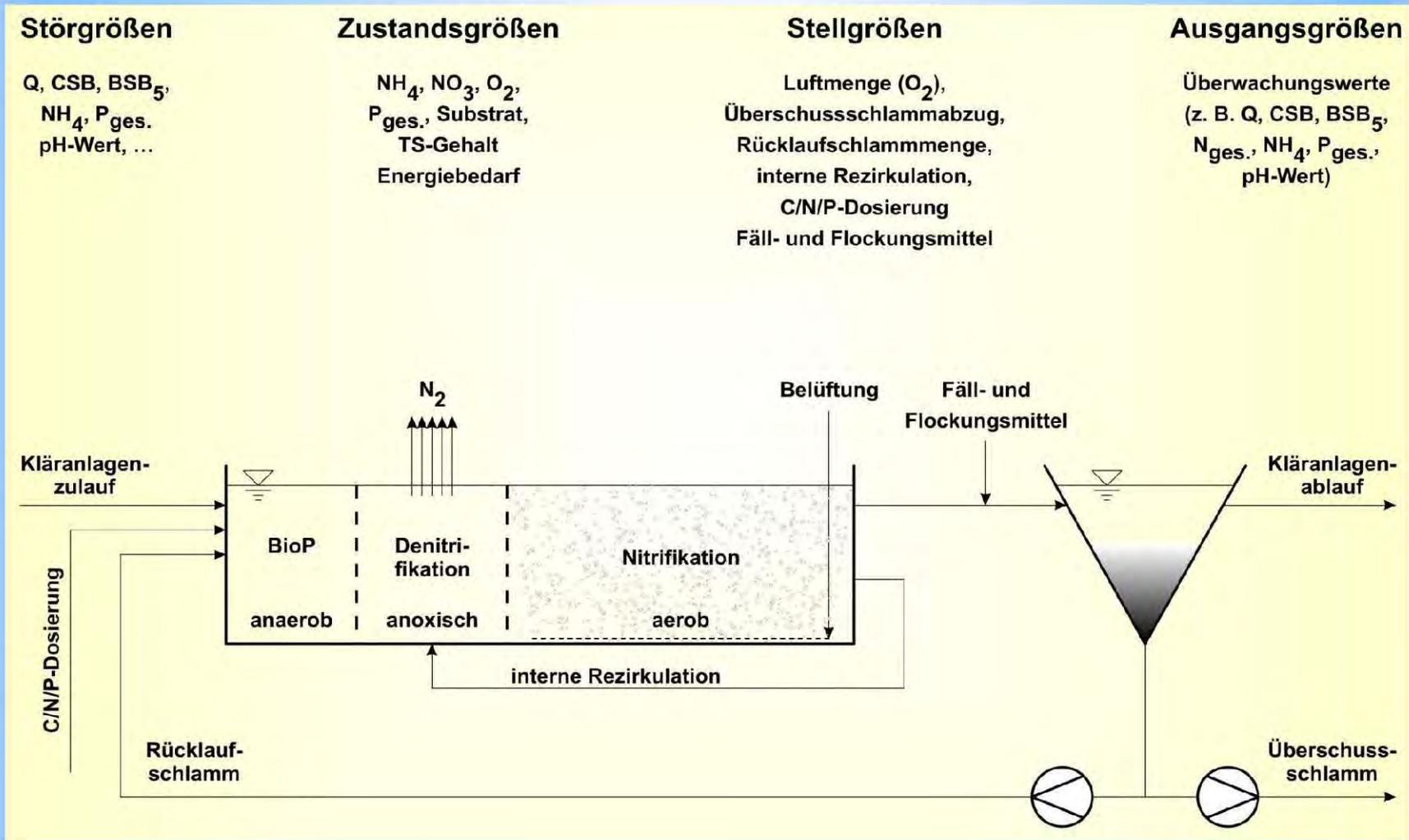
- So beruhen z. B. Berechnungen mit der **Streeter-Phelps-Gleichung** auf stationären Verhältnissen (konstante Volumenströme, konstante BSB- und O₂-Konzentrationen, konstante Wassertemperatur).
- Auch die Bemessung von Kläranlagen nach **DWA-A 131** erfolgt nach „...*der an 85 % der Trockenwettertage im Zulauf zur Kläranlage unterschrittenen BSB₅-Fracht zuzüglich einer eingeplanten Kapazitätsreserve...*“ und somit statisch.

Dynamische Simulation:

Bei der dynamischen Simulation werden sämtliche Systemzustände betrachtet, die im Verlauf der untersuchten Zeitspanne auftreten. Somit werden auch sämtliche Belastungsspitzen und andere Extremzustände berücksichtigt (z. B. kritische Lastwechselsituationen).

- Bei der **Kläranlagensimulation** werden die wichtigsten Transport- und Umwandlungsprozesse entlang der Fließwege von Abwasser und Klärschlamm abgebildet und Frachten und Konzentrationen aller maßgeblichen Stoffparameter (z.B. CSB, BSB, NH₄-N, org. N, NO_x-N, P) im gesamten Verfahrensablauf berechnet.

Dynamische Kläranlagensimulation



Skizze der „Stellschrauben“ beim Betrieb einer Kläranlage

Dynam. Kläranlagensimulation: STOAT

STOAT *Sewage Treatment Operation and Analysis over Time*

entwickelt von Water Research centre plc, Swindon/Großbritannien

<http://www.wrcplc.co.uk/>

weltweit bewährt, seit 2010 **Freeware**

Zum kostenlosen Download von STOAT gelangen Sie nach Registrierung unter

<http://www.wrcplc.co.uk/freeware/STOAT/downloadform.aspx>

Dann erhalten Sie von WRc einen Freischaltcode zum Download der Software per E-Mail zugesandt.

STOAT Leistungsmerkmale

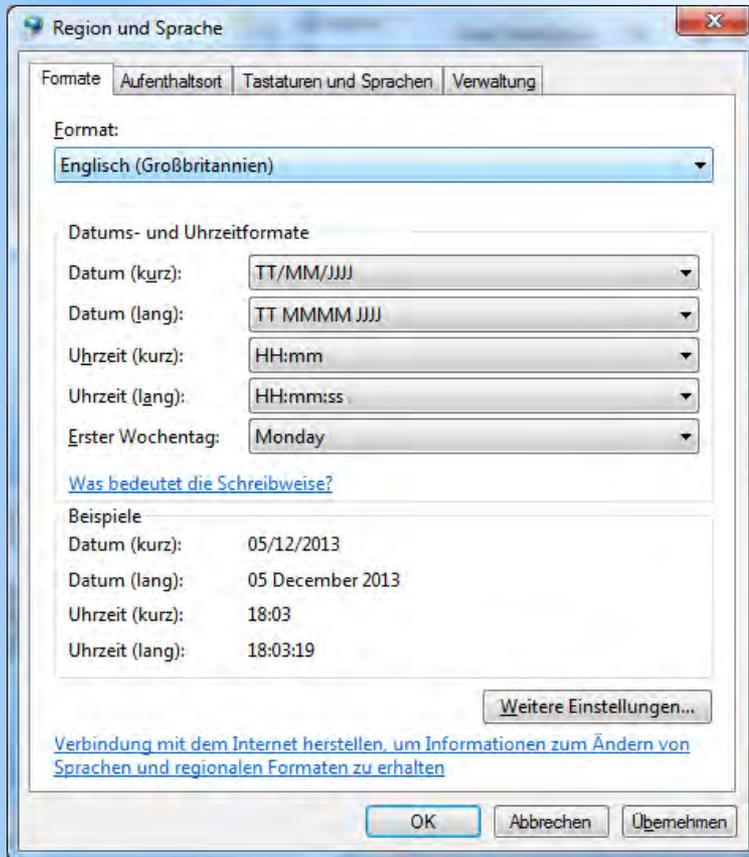
Alle marktgängigen Abwasserbehandlungsverfahren wie z. B.

- Vorgeschaltete Denitrifikation
- Kaskadendenitrifikation
- Simultane Denitrifikation
- Alternierende Denitrifikation
- Intermittierende Denitrifikation
- Nachgeschaltete Denitrifikation
- SBR-Anlage (Sequencing Batch Reactor)
- Tropfkörper
- Biofilter

können abgebildet werden. Zuzüglich

- vor- oder nachgelagerte Prozesse (z. B. Regenüberlaufbecken, Ausgleichsbecken, Abwasserfiltration/-desinfektion, Schlammbehandlung)
- Steuerung und Regelung (PID-Regler, PLC und Fuzzy-Logic-Controller).

Erste Schritte

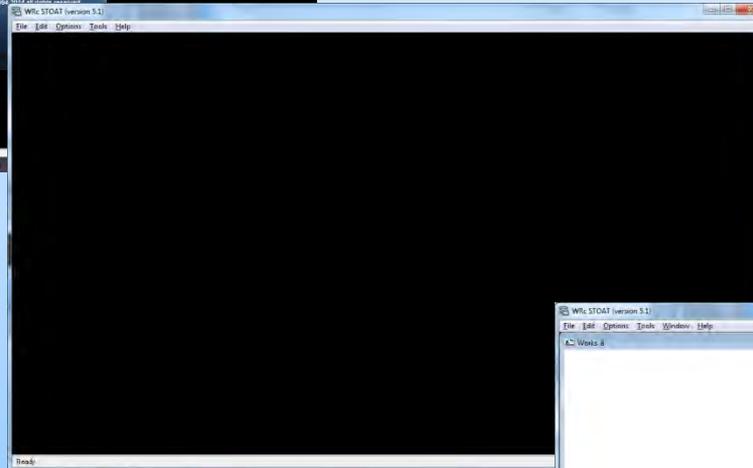


STOAT läuft nur ordnungsgemäß, wenn der im Englischen übliche **Punkt als Dezimaltrennzeichen** verwendet wird. Bevor STOAT gestartet wird, sollte also sichergestellt sein, dass als Regional-einstellung des Betriebssystems „Englisch (Großbritannien)“ gewählt wurde.

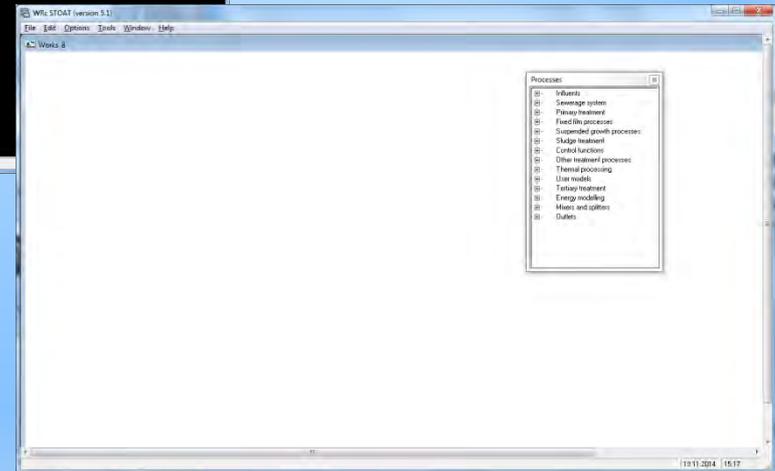
→ Systemsteuerung → Region und Sprache → Formate → Englisch (Großbritannien)

Erste Schritte

Logo während des
Hochfahrens von STOAT...



... dann ist aber erst
einmal der Bildschirm
leer...

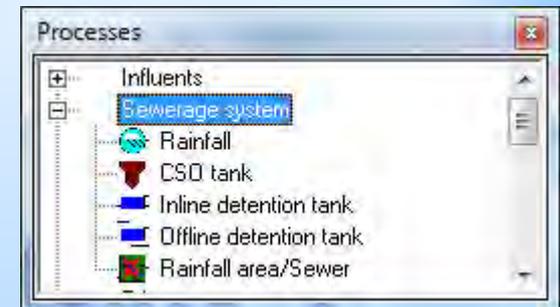
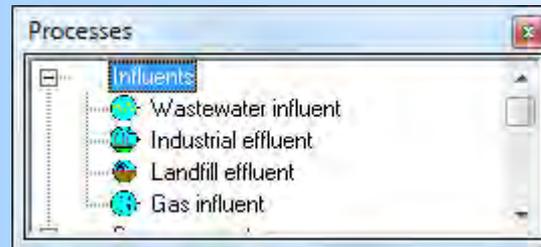


→ File → New works
öffnet „Zeichenbrett“ zum Anlegen eines
neuen Modells

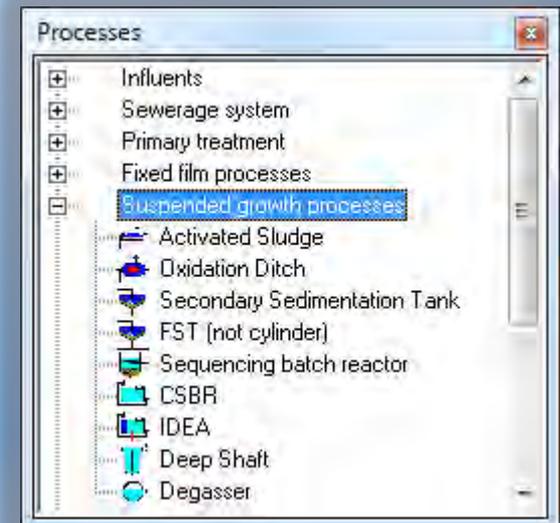
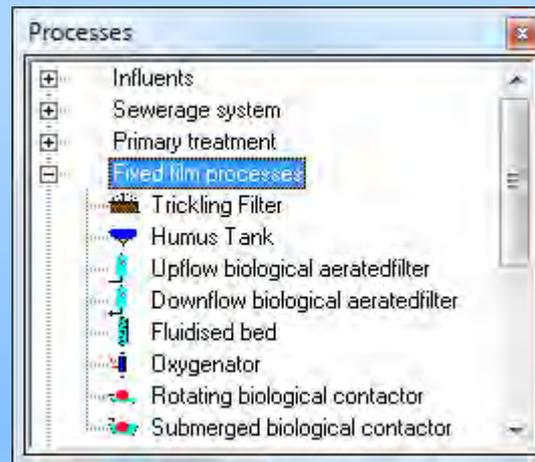
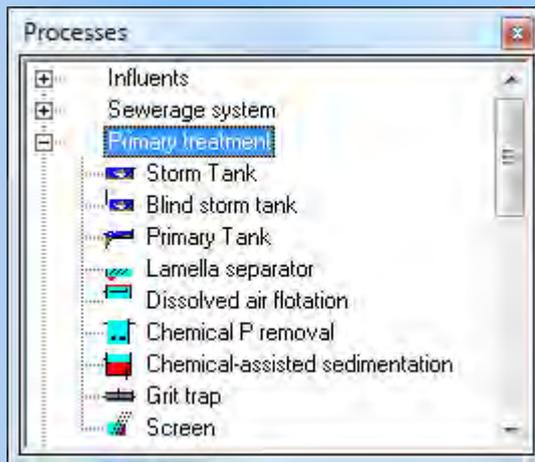
Übersicht:

STOAT Bits („Bausteine“)

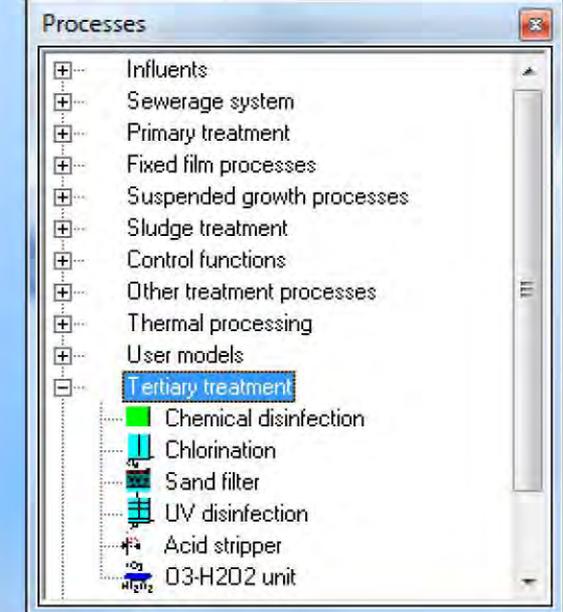
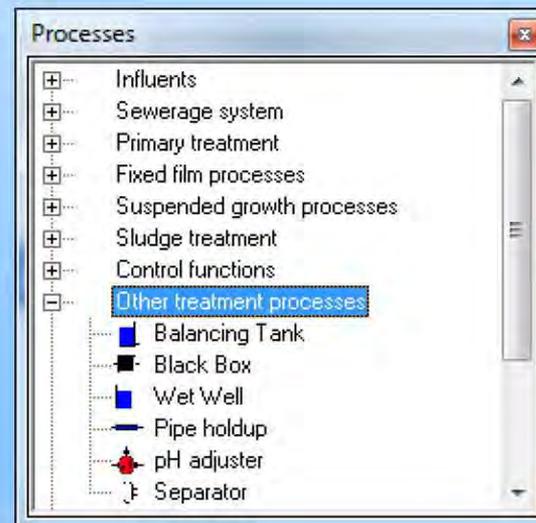
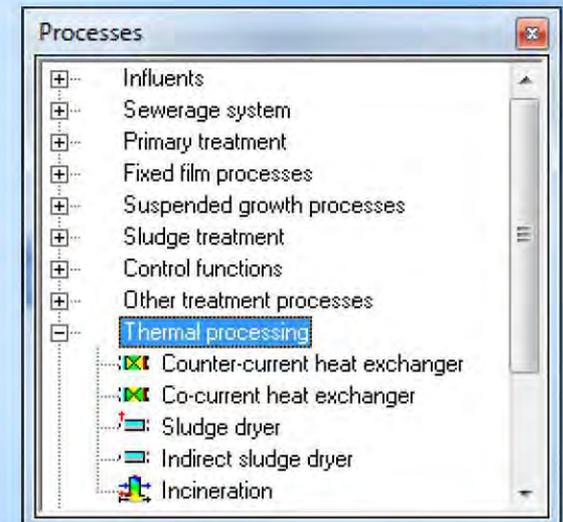
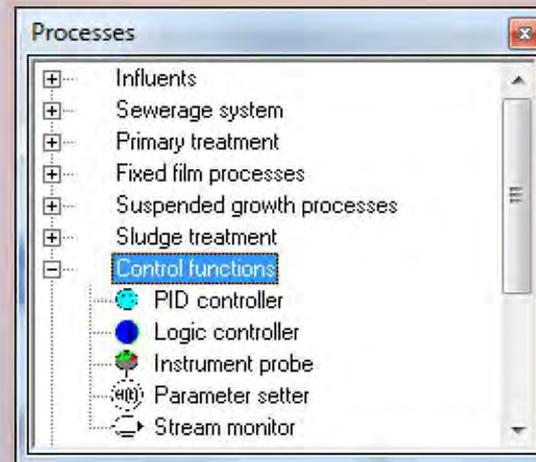
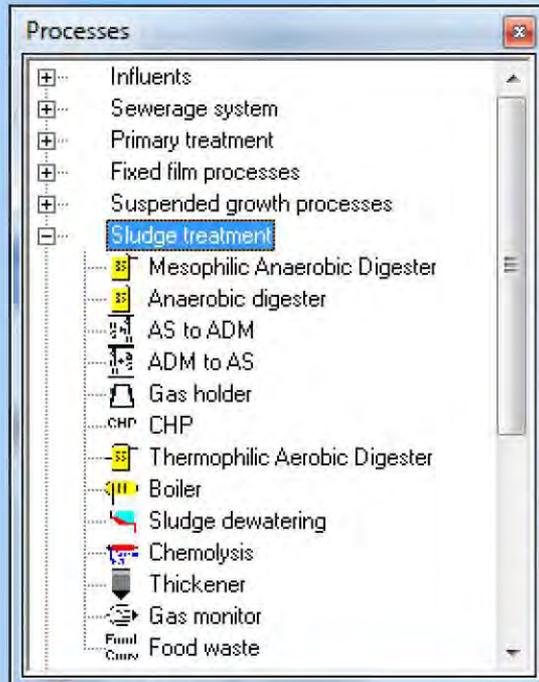
→ Window → Processes toolbox



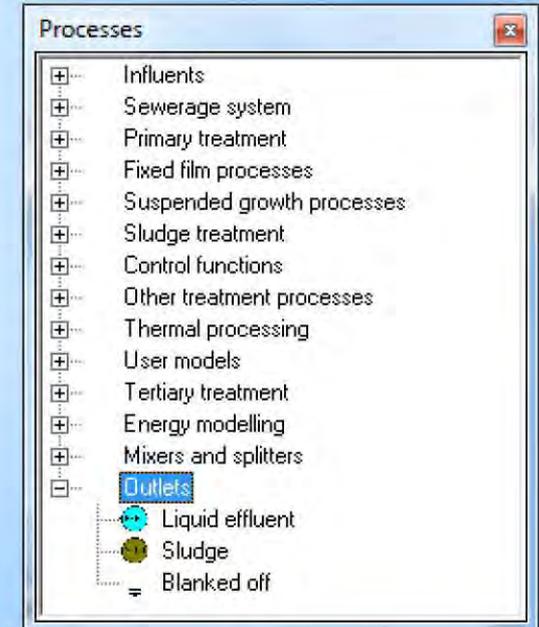
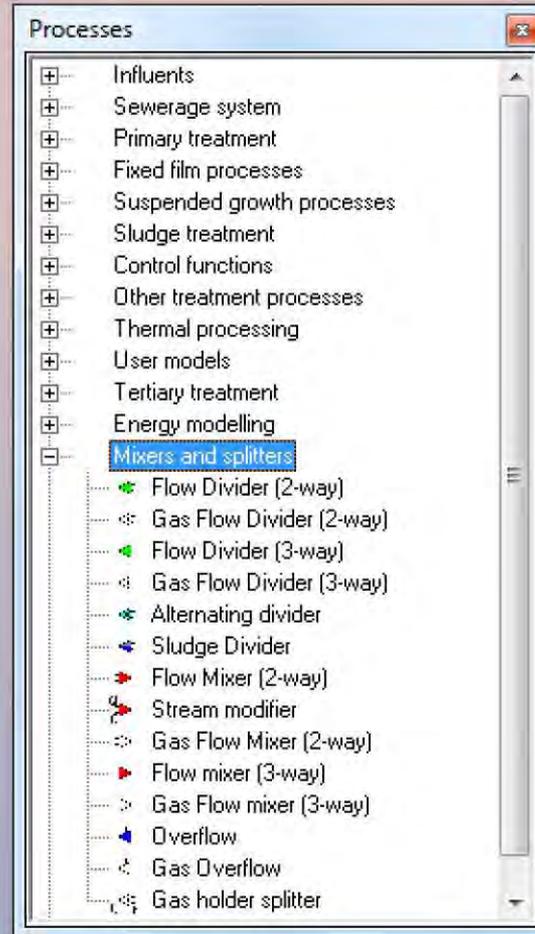
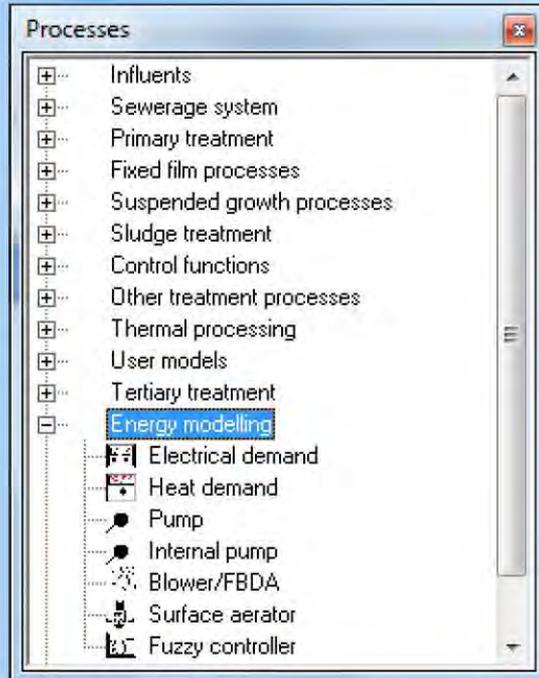
Öffnen der Verzeichnisse



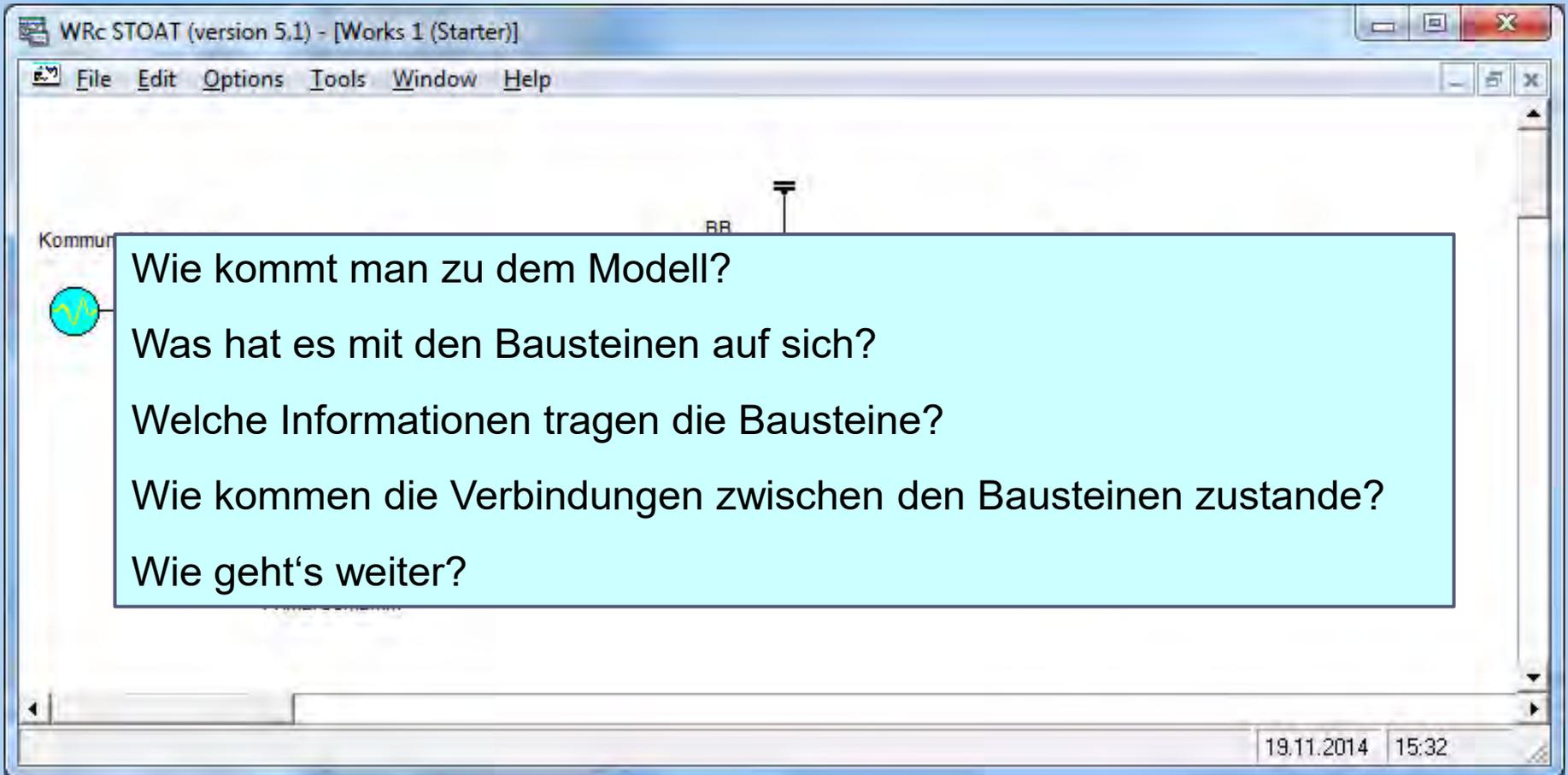
STOAT Bits („Bausteine“)



STOAT Bits („Bausteine“)



1. Blick hinter die Kulissen... ... eines ganz primitiven Modells



Activated Sludge Models

		ASAL	ASM#1	ASM#2D	ASM#3	AOX	Industrial
Prozesse	Kohlenstoffabbau	X	X	X	X	X	X
	Nitrifikation	X	X	X	X	X	X
	Denitrifikation	X	X	X	X	X	X
	Biologische Phosphatelimination	-	-	X	-	-	-
	Phosphatfällung/-flockung	-	-	X	-	-	-
	AOX-Eliminierung	-	-	-	-	X	X
	Inhibierende Wirkungen von Einzelstoffen	-	-	-	-	-	X
Akteure	Heterotrophe	X	X	X	X	X	X
	Autotrophe	X	X	X	X	X	X
	Phosphor akkumulierende Organismen	-	-	X	-	-	-
Influent-Dateien, Typ		*.BOD	*.COD *.AOX *.INF *.IND	*.INF *.IND	*.COD *.AOX *.INF *.IND	*.AOX *.IND	*.IND *.AOX
Influent-Dateien, Anzahl Parameter		8	20	47	20	34	67
Parameter zur Modellkalibrierung		4	26	79	46	26	121
Rechenzeit		gering	normal	hoch	sehr hoch	normal	sehr hoch
Aufwand zum Erstellen der Inputdateien		gering	normal	hoch	hoch	hoch	hoch
Aufwand bei der Kalibrierung		minimal	normal	sehr hoch	hoch	hoch	sehr hoch

STOAT Arbeitsebenen

Report-Ebene

Einsichtnahme in die Ergebnisse eines Rechnerlaufs
(keinerlei Änderungen, weder am Run noch am Modell möglich!)

Jeder Baustein und Teilstrom kann untersucht werden

Run-Ebene (Run = Rechnerlauf)

Abbildung der Betriebsweise einer Anlage
(Menge und Beschaffenheit des Abwasserzulaufs und ggf. der dosierten Chemikalien, Belüftung, Rücklaufschlammförderung, Überschussschlammmentnahme, interne Rezirkulation usw.)

Modell kann nicht mehr geändert werden!

File → New run / Open run → Runname

Je Modell sind bis zu 256 Runs möglich

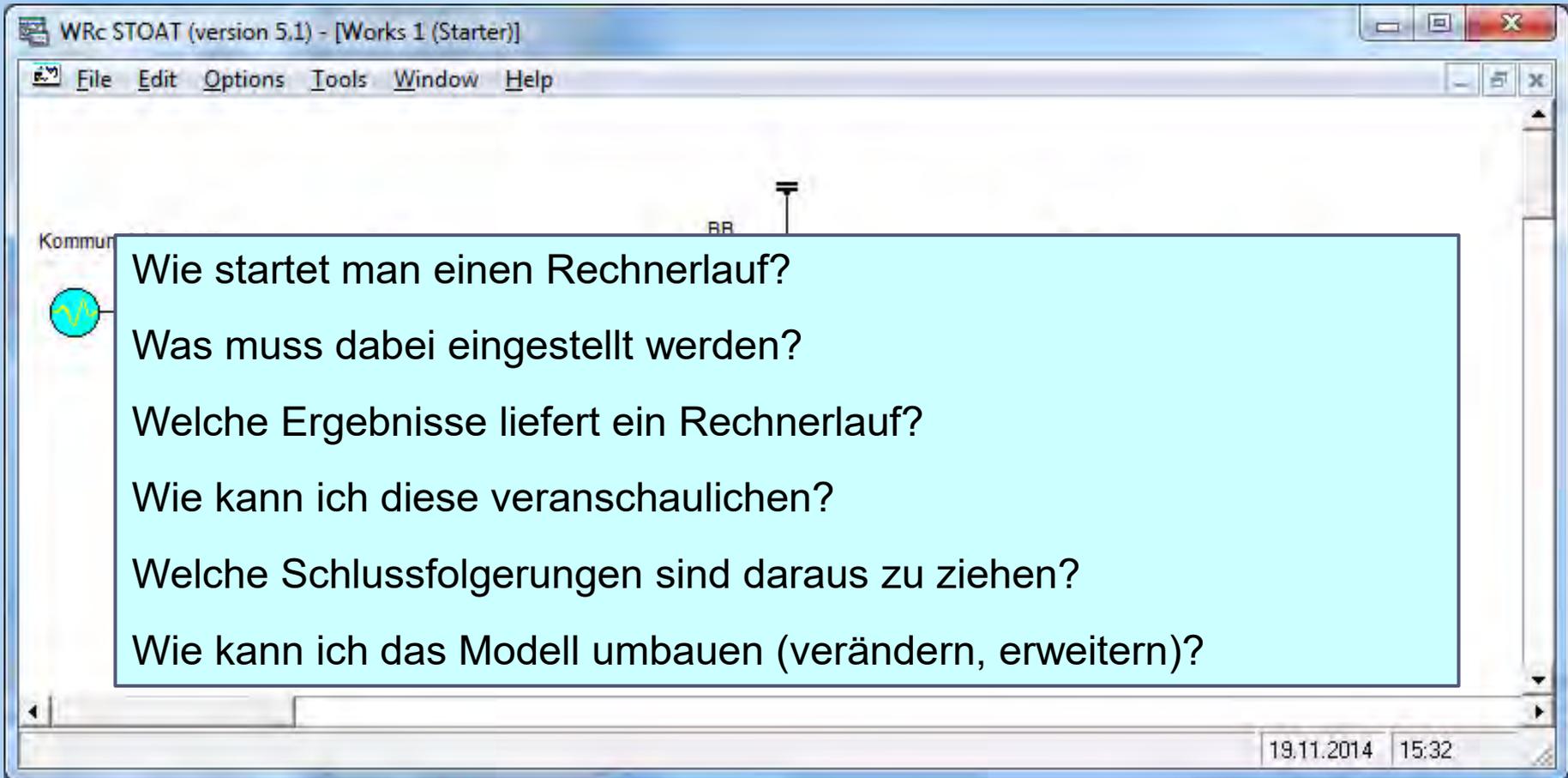
Works-Ebene (Works = Modell)

Abbildung des vorhandenen oder geplanten Designs einer Anlage (Fließweg des Abwassers, Anzahl und Volumina der Reaktoren, anzuwendende mathematische Modelle usw.)

File → New works / Open works → Worksname)

Je Modell sind bis zu 4.096 STOAT-“Bausteine“ möglich

2. Blick hinter die Kulissen... ... eines ganz primitiven Modells



The screenshot shows the WRc STOAT (version 5.1) - [Works 1 (Starter)] application window. The menu bar includes File, Edit, Options, Tools, Window, and Help. A light blue text box is overlaid on the main workspace, containing a list of questions. The status bar at the bottom right displays the date 19.11.2014 and the time 15:32.

Kommun

- Wie startet man einen Rechnerlauf?
- Was muss dabei eingestellt werden?
- Welche Ergebnisse liefert ein Rechnerlauf?
- Wie kann ich diese veranschaulichen?
- Welche Schlussfolgerungen sind daraus zu ziehen?
- Wie kann ich das Modell umbauen (verändern, erweitern)?

19.11.2014 15:32

«Build»-Menü zum Umbau eines Modells

1. Öffnen des Modells, das die Grundlage für das neue Modell bilden soll (z.B. Works #3)
2. Anlegen eines «*New run*» - um die gewünschten Einstellungen zu übernehmen z.B. als «*Start of old run (repeat run)*» mit jenem run, der als Ausgangspunkt für die Arbeit mit dem Folgemodell dienen soll (z. B. jener Rechnerlauf, der bisher die beste Simulationsgüte aufwies)
3. «*Build*» aktivieren (siehe Abb. 1)
4. Basis-Modell entsprechend dem gewünschten Design verändern
5. «*Save works As*» (neuer Name für das geänderte Modell, z.B. Works #4)
6. STOAT bietet an, den Rechnerlauf unter dem neuen Modell sofort zu sichern: «*Save run as New run*» („Run 1“)
7. «*Build*» deaktivieren

Diese Schritte sind exakt zu befolgen, anderenfalls droht Datenverlust!

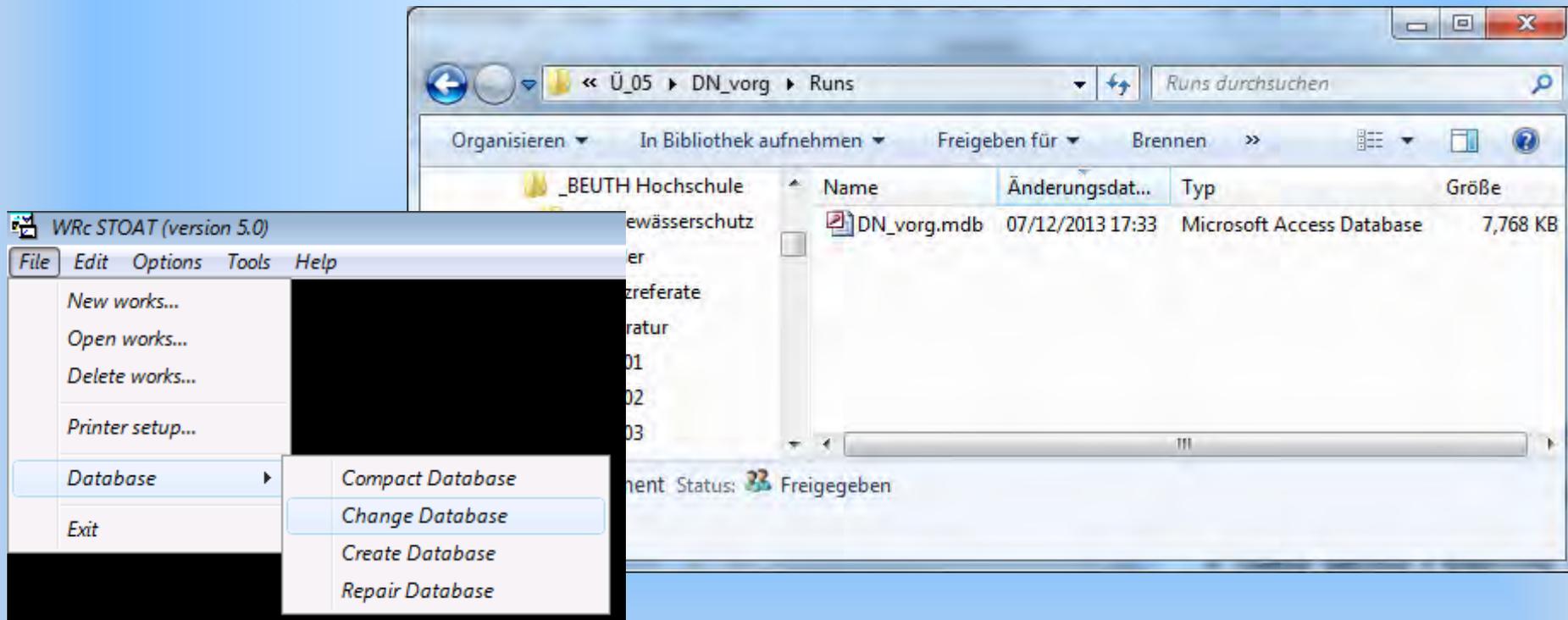
Öffnen vorgefertigter Modelle/Rechnerläufe

Nach erfolgreichem Start von STOAT Verbindung mit der Datenbank herstellen

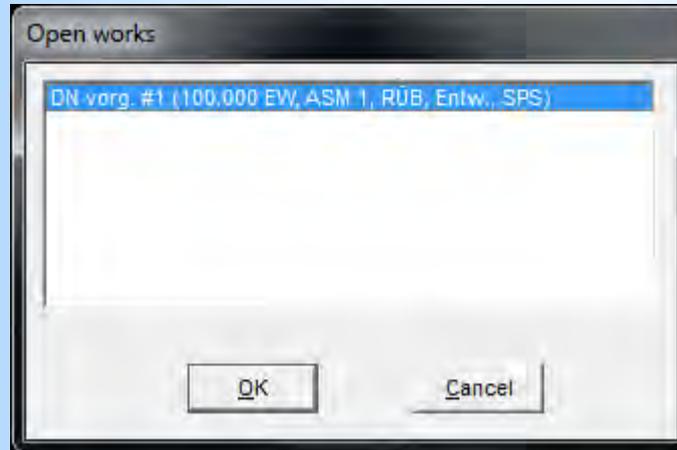
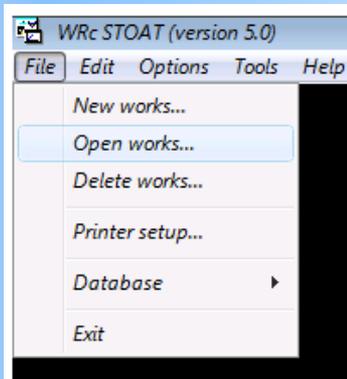
Pfad und Name der Datenbank:

.../Pfadname/Datenbankname.MDB (hier: Datenbankname = DN_vorg)

Dies geschieht über **File** → **Database** → **Change Database**, darauf öffnet sich ein Fenster mit Explorer.

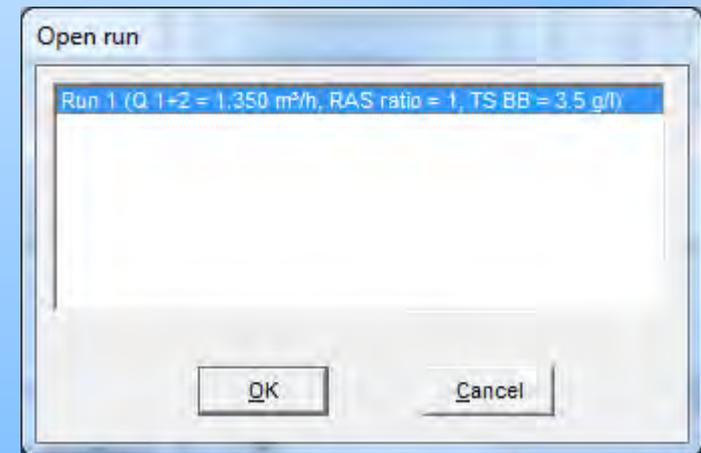
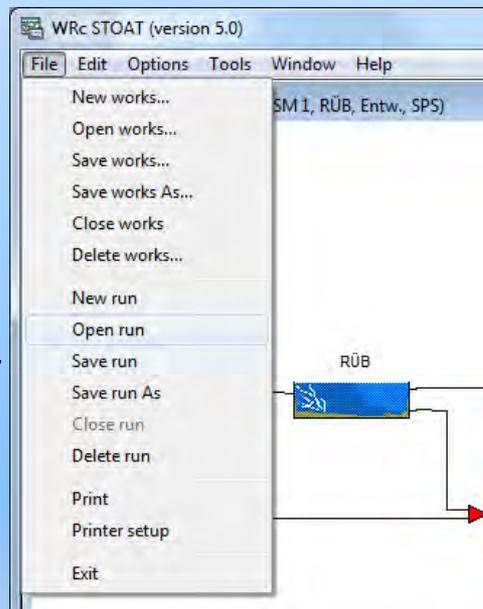


Öffnen vorgefertigter Modelle/Rechnerläufe

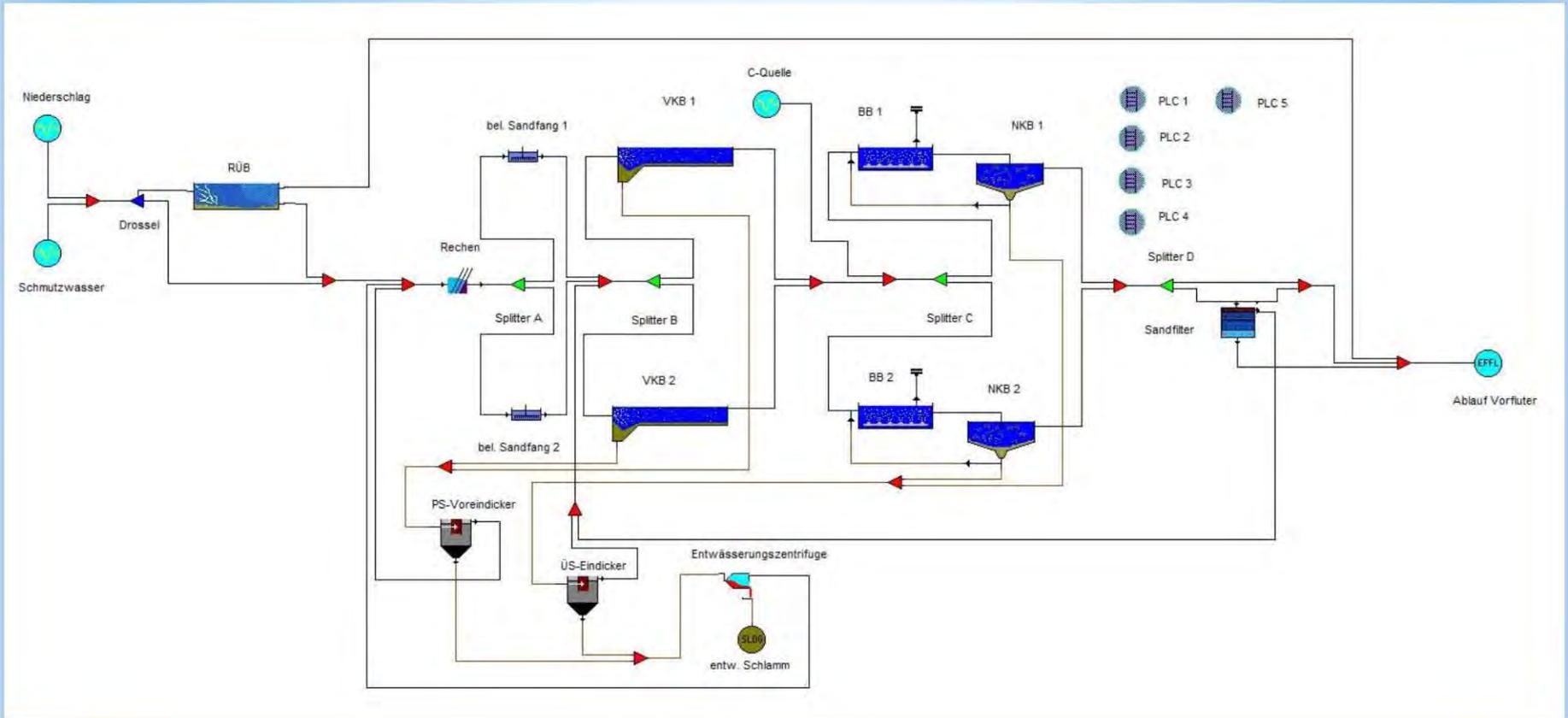


Danach kann man mit **Open works...** ein Modell auswählen (*File* → *Open works* → *DN vorg.*)

Sobald ein Modell geöffnet ist, steht das Menu für Rechnerläufe zur Verfügung. Man kann also jetzt mit **Open run** einen Rechnerlauf öffnen (*File* → *Open run* → *Run 1*):



„Bratfertiges“ Modell einer Kläranlage



Kläranlage mit vorgeschalteter Denitrifikation (zweistraßig) für 100.000 EW
Modell #1

Modellbeschreibung vorg. DN 100.000 EW

Kläranlage mit vorgeschalteter Denitrifikation (zweistufig) für 100.000 EW
Modell #1 (ASM 1, Drossel & RÜB, Rechen, belüfteter Sandfang, VKB, 4-stufige Belebung, NKB, Sandfilter, Schlammindicker und Entwässerungszentrifuge).

Als Modell für die NKBs wurde "*Generic*" gewählt. Die Rücklaufschlammförderung ist für beide NKBs auf "*ratio*" eingestellt (*Input-Data* → *Name and dimensions* → *RAS flow = rate*), d. h. dass das Rücklaufschlammverhältnis im Rechnerlauf in Abhängigkeit vom Zulauf zum Belebungsbecken zu spezifizieren ist (in operation data der NKBs). Die Überschussschlammmentnahme erfolgt in Abhängigkeit vom Feststoffgehalt in Stufe 4 des jeweiligen Belebungsbeckens. Deshalb ist „*Variable rate over fixed time*“ eingestellt (*Input-Data* → *Name and dimensions* → *Wastage method*). Der Sollwert des Feststoffgehalts wird in den für jeden Rechnerlauf spezifisch wählbaren Operation data der NKBs festgelegt.

Das Modell ist so aufgebaut, dass auch die Dosierung einer C-Quelle zur Unterstützung der Denitrifikation simuliert werden kann.

Modellbeschreibung vorg. DN 100.000 EW

Verwendung der PLCs:

- PLC 1 & 2: Regelung des Sollwerts der Gelöstsauerstoffkonzentration in Stufe 2 der Belebung nach der Ammoniumkonzentration und der Nitratkonzentration im Ablauf der Belebung
- PLC 3: Zulaufregelung zum Sandfilter über den Splitter D (so eingestellt, dass Sandfilter ab 20 mg/l Suspended Solids beaufschlagt wird / diese Konzentration wird aber nicht erreicht, deshalb wird der gesamte Ablauf aus den NKB über den Bypass am Sandfilter vorbei geführt).
- PLC 4 & 5: Regelung des Sollwerts der Gelöstsauerstoffkonzentration in Stufe 3 der Belebung nach der Ammoniumkonzentration und der Nitratkonzentration im Ablauf der Belebung

Die unterschiedlichen Teilströme sind im Modell farbig wie folgt gekennzeichnet:

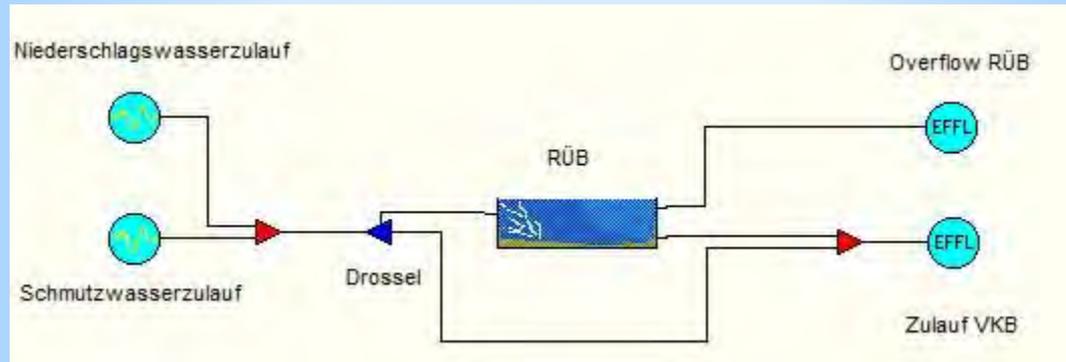
schwarz - Abwasser

braun – Klärschlamm

Speicherprogrammierbare Steuerung (SPS) – engl. Programmable Logic Controller (PLC)

Detailstudie Overflow & Storm tank

Zur modellmäßigen Abbildung von Mischwasserentlastung und Regenüberlaufbecken im Zulauf eines Klärwerks eignet sich eine Kombination aus **Overflow** und **Storm tank**. Die folgende Abbildung zeigt ein Beispiel für einen derartigen Modell-aufbau.



Im oben dargestellten Modell wird der in der Praxis auftretende Mischwasserzufluss erst im Mixer vor der Drossel aus den beiden Bestandteilen Niederschlagswasser und Schmutzwasser zusammengesetzt. Das hat den Vorteil, dass das Modellverhalten mit unterschiedlichen Zuflussdateien für Niederschlag und/oder Schmutzwasser getrennt getestet werden kann.

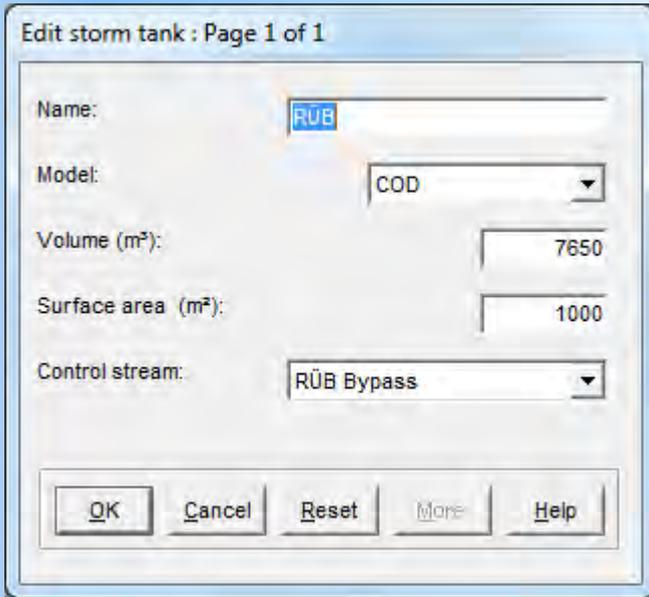
Detailstudie Overflow & Storm tank

Als Baustein für die Abflussdrossel dient ein **Overflow**. Dessen **Outlet stream** speist den Bypass um das RÜB, sein **Overflow** ist mit dem Zulauf des RÜB verbunden. Die Steuerung des **Overflows** kann i.d.R. mit Bordmitteln, d.h. den **Operation data** bewältigt werden.

		Initial	Change 1	Change 2	Change 3	Change 4	Change 5	Change 6	Change 7	
1	Change at time [h]:	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	Overflow [m³/h]:	1152.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Die Einstellung der **Operation data** im Beispiel oben bedeutet, dass alles ankommende Abwasser bis zu einem Mischwasserzulauf von 1.152 m³/h in den **Outlet stream** geführt wird. Der darüber hinausgehende Anteil des Mischwasserzulaufs wird in den Overflow und damit in das RÜB geleitet. Der STOAT-Baustein **Storm tank** als Repräsentant für ein RÜB verfügt standardmäßig bereits über eine einfache Steuerung, die auf der Run-Ebene über **Operation data** einzustellen ist. Davor muss jedoch auf der Works-Ebene der **Control stream** ausgewählt worden sein.

Detailstudie Overflow & Storm tank



Edit storm tank : Page 1 of 1

Name: RÜB

Model: COD

Volume (m³): 7650

Surface area (m²): 1000

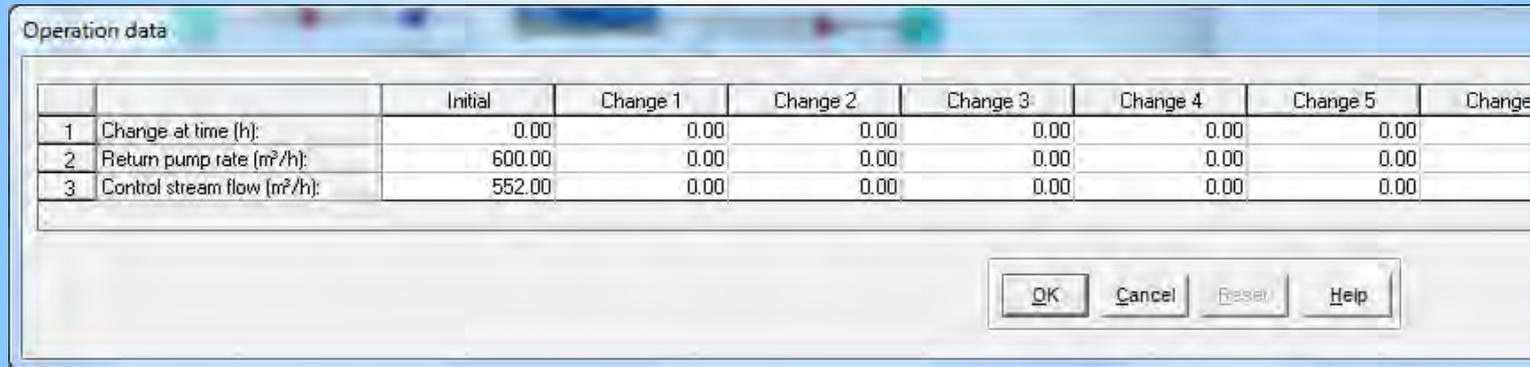
Control stream: RÜB Bypass

OK Cancel Reset More Help

Im Beispiel wurde der Bypass um das RÜB als **Control stream** gewählt. Dieser Teilstrom führt vom **Overflow** am RÜB vorbei zum Mixer vor „Zulauf VKB“. Nun kann ein Rechnerlauf gestartet werden, wobei die Steuerung des **Storm tank** genauer zu definieren ist.

Die Einstellung der **Operation data** im Beispiel oben bedeutet, dass alles ankommende Abwasser bis zu einem Mischwasserzulauf von 1.152 m³/h in den **Outlet stream** geführt wird. Der darüber hinausgehende Anteil des Mischwasserzulaufs wird in den Overflow und damit in das RÜB geleitet. Der STOAT-Baustein **Storm tank** als Repräsentant für ein RÜB verfügt standardmäßig bereits über eine einfache Steuerung, die auf der Run-Ebene über **Operation data** einzustellen ist. Davor muss jedoch auf der Works-Ebene der **Control stream** ausgewählt worden sein.

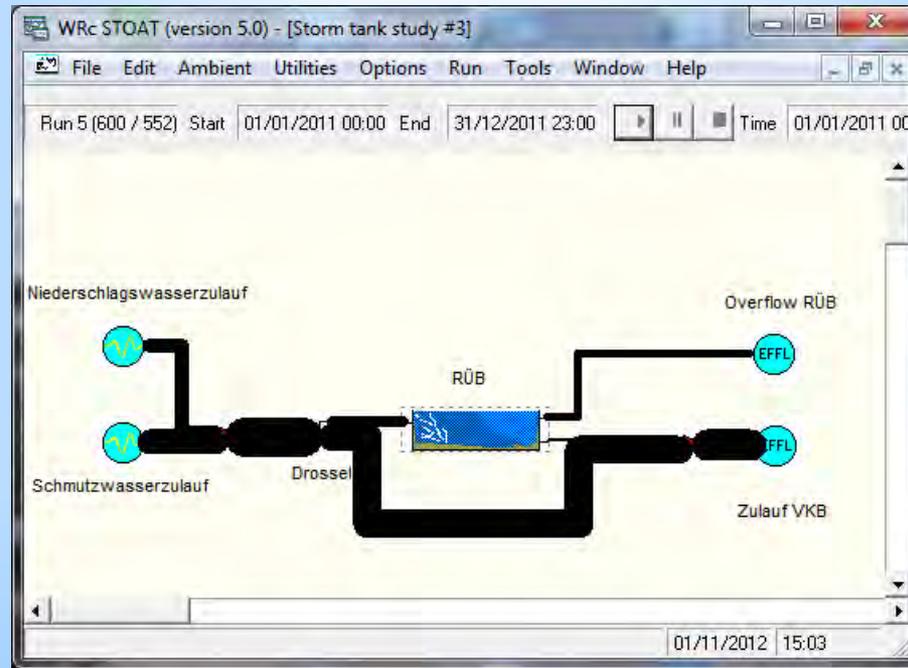
Detailstudie Overflow & Storm tank



		Initial	Change 1	Change 2	Change 3	Change 4	Change 5	Change
1	Change at time (h):	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	Return pump rate (m³/h):	600.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3	Control stream flow (m³/h):	552.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Die Einstellung im obigen Beispiel bewirkt folgendes: Solange der Abwasservolumenstrom im **Control stream** unter 552 m³/h liegt, wird das RÜB über den normalen Ablauf (hier in den Zulauf zum VKB) entleert. Die Förderleistung der Entleerung beträgt 600 m³/h. Die Summe beider Werte ergibt 1.152 m³/h – der gleiche Wert, der auch an der Drossel eingestellt wurde, denn es handelt sich dabei um den maximalen Mischwasserzufluss Q_m gemäß ATV-128, 1992. Damit ist das kleine Beispiel schon komplett. Das nachfolgende Sankey-Diagramm der Abwasservolumenströme bestätigt das erwartete Modellverhalten.

Detailstudie Overflow & Storm tank



Ziel muss es sein, den Overflow des RÜB zu minimieren, denn dieser Ablauf geht ohne weitere Behandlung in das aufnehmende Gewässer. Um das zu erreichen, können mit dem hier dargestellten Modell Rechnerläufe mit unterschiedlichen Einstellungen durchgeführt und deren Ergebnisse gegenübergestellt werden.

STOAT Anwendungsgebiete

Mit STOAT können folgende Aufgaben gelöst oder zumindest maßgeblich unterstützt werden:

- Vorausberechnung der zu erwartenden Ablaufqualität End-Of-The-Pipe unter Berücksichtigung wechselnder Befunde im Zulauf des Klärwerks
- Berücksichtigung von Abbauhemmungen für organisches Substrat oder Störungen der Nitrifikation durch einzelne Substanzen
- „De-Bottlenecking“
- Untersuchungen zur Verfahrensweise bei Störungen oder Havarien (z.B. ob und wenn ja in welcher Menge hochbelastete Abwässer in das Klärwerk übernommen werden können)
- Minimierung der Betriebskosten bei sicherer Einhaltung der vorgegebenen Überwachungswerte

STOAT Leistungsmerkmale

- Untersuchungen zur Optimierung der Anlagen (z.B. Steuerstrategien im Zusammenhang mit Stapeltanks, Vorbehandlungsanlagen oder zur Energieeinsparung)
- Untersuchungen zur Verfahrensweise/Betriebsweise der Anlage, wenn bestimmte Anlagenteile vorübergehend außer Betrieb genommen werden müssen (z.B. für planmäßige Revisionen oder Instandsetzungsarbeiten)
- Untersuchungen zur Erweiterung der Kläranlage oder Änderungen von Verfahrensstufen
- Verbesserung der Energieeffizienz und der Verfahrenssicherheit der Anlage

Literaturverzeichnis

BESCH et al., 1992	Besch, W.-K.; Hamm, A.; Lenhart, B.; Melzer, A.; Scharf, B.; Steinberg, C.: Limnologie für die Praxis - Grundlagen des Gewässerschutzes, 3. Auflage ecommed Fachverlag, Landsberg, 1992
BUSCH, UHLMANN & WEISE, 1983	Busch, K.-F.; Uhlmann, D.; Weise, G. Ingenieurökologie VEB Gustav Fischer Verlag Jena, 1983
DROSTE, 1997	Droste, R. L.: Theory and Practice of Water and Wastewater Treatment John Wiley & Sons, Inc., New York, 1997
SCHWOERBEL, 1984	Schwoerbel, J.: Einführung in die Limnologie VEB Gustav Fischer Verlag, Jena, 1984
U.S. EPA, 2000	Watershed Analysis and Management (WAM) Guide for Tribes http://nepis.epa.gov/Simple.html
U.S. EPA, 2006	United States Environmental Protection Agency BMP Modeling Concepts and Simulation http://nepis.epa.gov/Simple.html
U.S. EPA, 2008	United States Environmental Protection Agency QUAL2K: A Modeling Framework for Simulating River and Stream Water Quality (Version 2.11) http://nepis.epa.gov/Simple.html
U.S. EPA, 2009	United States Environmental Protection Agency AQUATOX (Release 3), Technical Documentation http://nepis.epa.gov/Simple.html
U.S. EPA, 2013	United States Environmental Protection Agency Internetseite zu Water Quality Models http://water.epa.gov/scitech/datait/models/index.cfm