

Rohstoffe & Rohstoffwirtschaft

Thema:

Umweltgeologisch relevante Aspekte
der Rohstoffwirtschaft



Ressourcen sind endlich

1972: Die Grenzen
des Wachstums

Club of Rome

*Bericht zur Lage der
Menschheit*

It's the year 2022...

People are still the same.
They'll do anything to
get what they need.

And they need
SOYLENT GREEN.

Episode 206

SOYLENT GREEN

Starring
CHARLTON HESTON
LEIGH TAYLOR-YOUNG
in
SOYLENT GREEN

Directed by
CHUCK CONNORS · **JOSEPH COTTEN**
BROCK PETERS · **PAULA KELLY**
EDWARD G. ROBINSON

Screenplay by **TANLEY B. GREENE**
Based upon the novel by **HAROLD HARRISON**
Produced by **WALTER SELZER** and **RUSSELL TRACHER**
Directed by **RODOLPH FUSCHER** · **ALFRED H. HANAUER**

MGM     



Rohstoffe - Einteilungen

organisch – anorganisch

erneuerbar – nicht erneuerbar

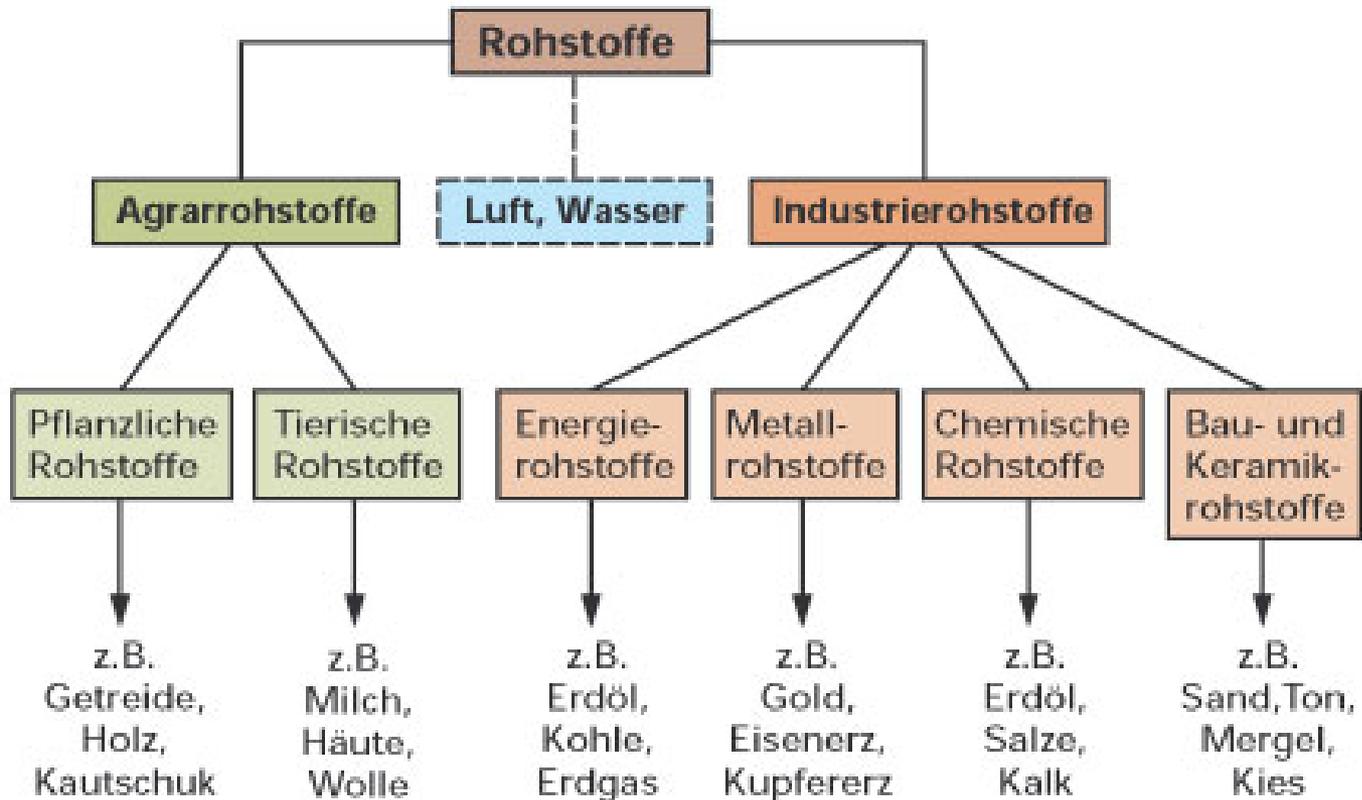
Agrarrohstoffe

Industrierohstoffe (Erze, Evaporite)

Energierohstoffe (Kohlenwasserstoffe)

Einteilung der Rohstoffe

Einteilung der Rohstoffe nach ihrem Verwendungszweck



Rohstoffe

Ungleichmäßige Verteilung (gilt auch für Wasser)

Gilt auch für andere Rohstoffe (z.B. Kohle)

Wieso?

Rohstoffe

Begriffe:

Ressource: *alle bekannten und vermuteten Vorkommen*

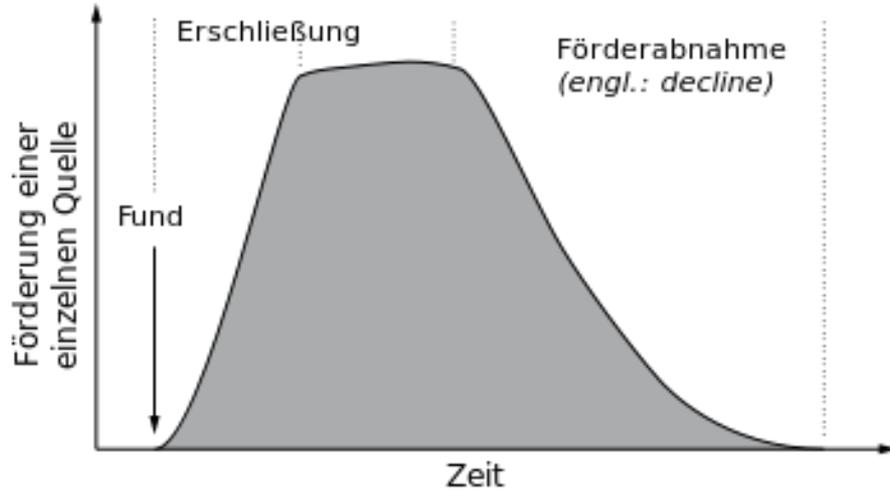
Reserve: *wirtschaftliche abbaubarer Anteil*

Statistische Reichweite: *Verfügbarkeitsdauer*

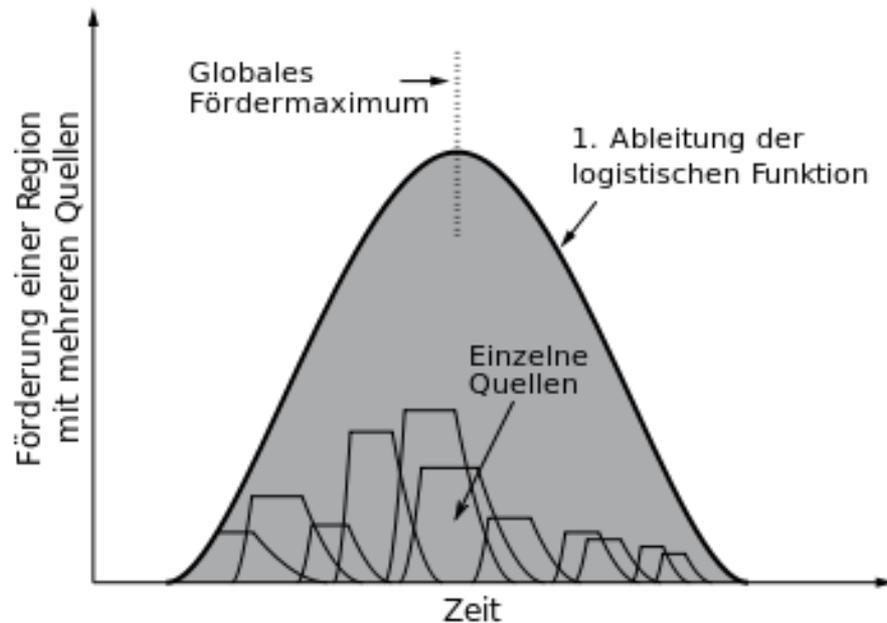
Dynamische Reichweite: *Lebensdauer unter Berücksichtigung der Verbrauchsentwicklung*

Ultimate Recoverable Resource: *maximal förderbare Menge*

Peak-Oil Konzept nach Hubbert

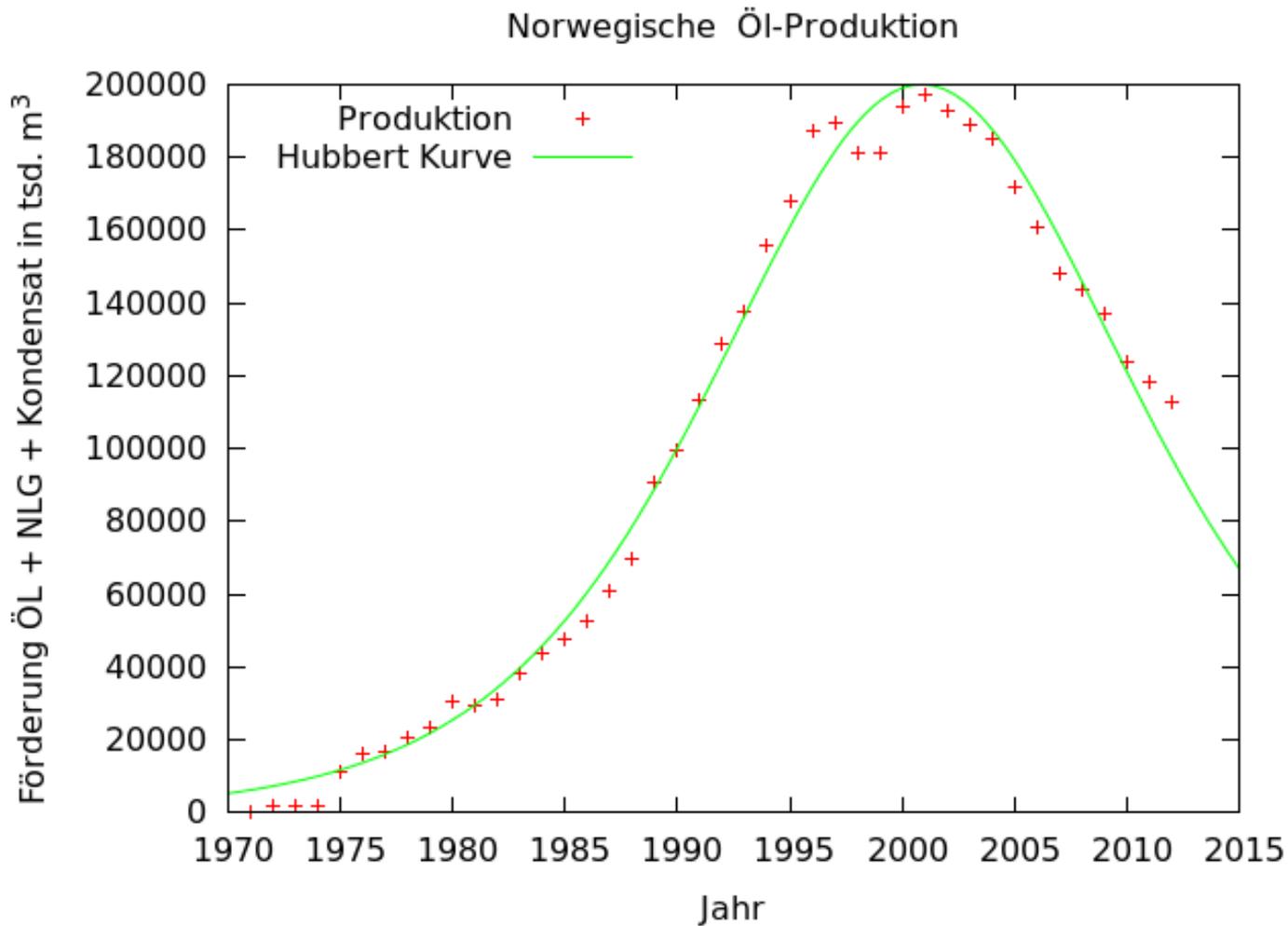


Die Förderung einer Ölquelle in mehreren Phasen.



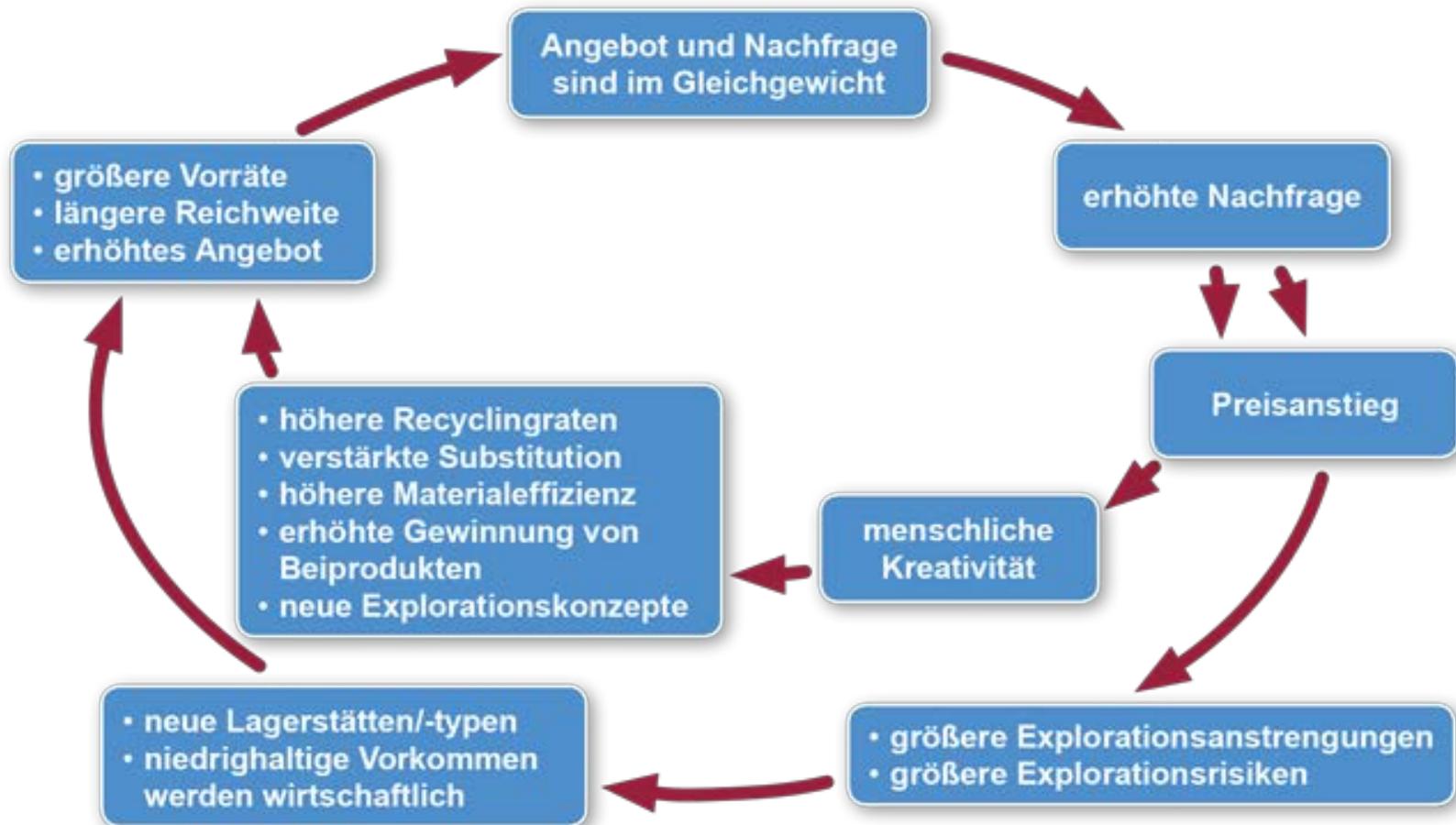
Gesamtförderung mehrerer Quellen kann durch die Hubbert-Kurve beschrieben werden.

Peak-Oil Konzept nach Hubbert



Kreislauf der Rohstoffversorgung

Regelkreis der Rohstoffversorgung



Abbauarten

Tagebau

Unter Tage (bergmännisch)

Förderbohrung

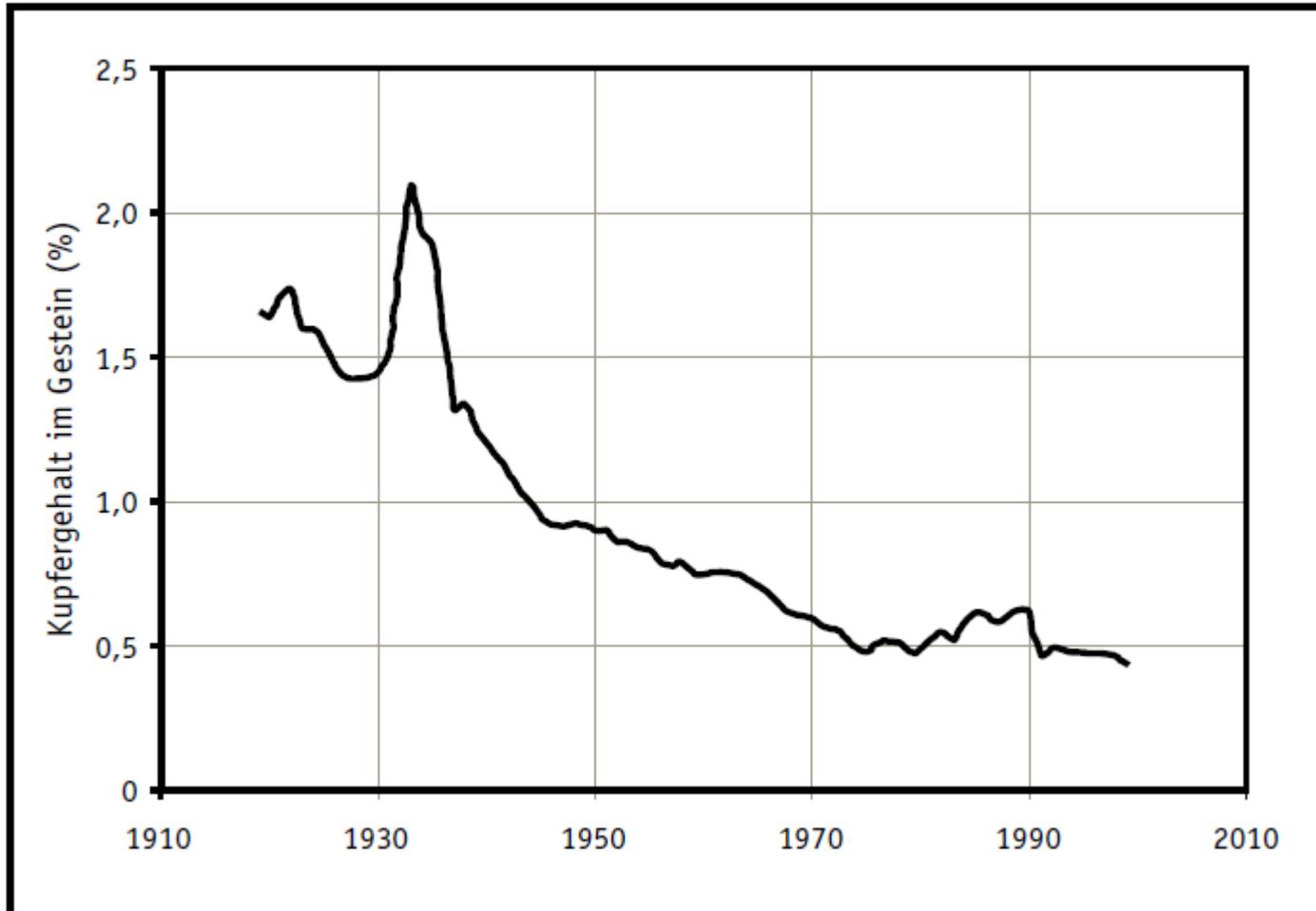
Auswirkungen des Rohstoffabbaus

Hohe Flächeninanspruchnahme/
Flächenverbrauch (<10 - >100 km²)

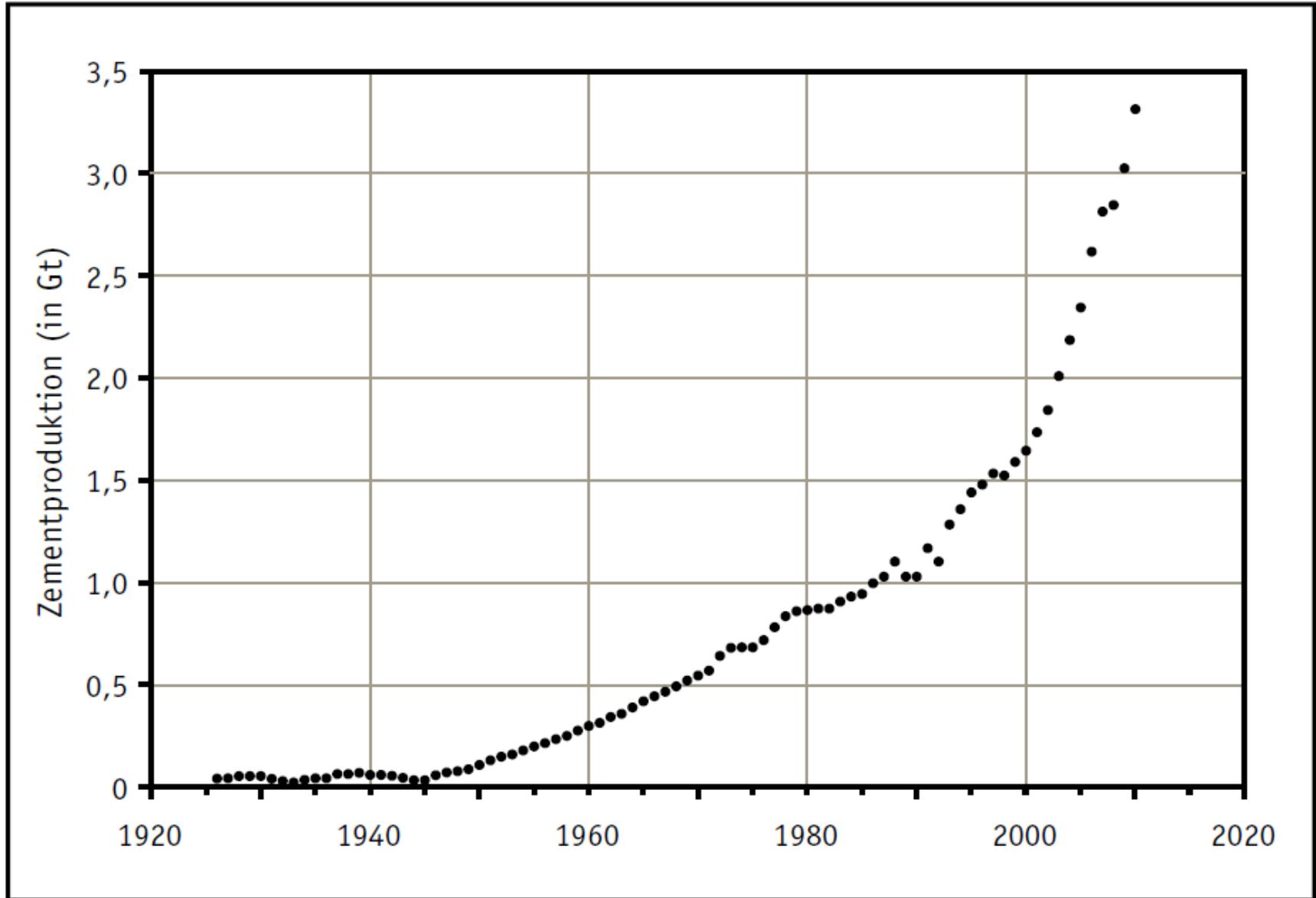
Umweltbelastung (AMD)

Beeinträchtigung von Grundwasser-
körpern

Entwicklung des Kupfergehalts während der letzten 100 Jahre



Globale Betonproduktion



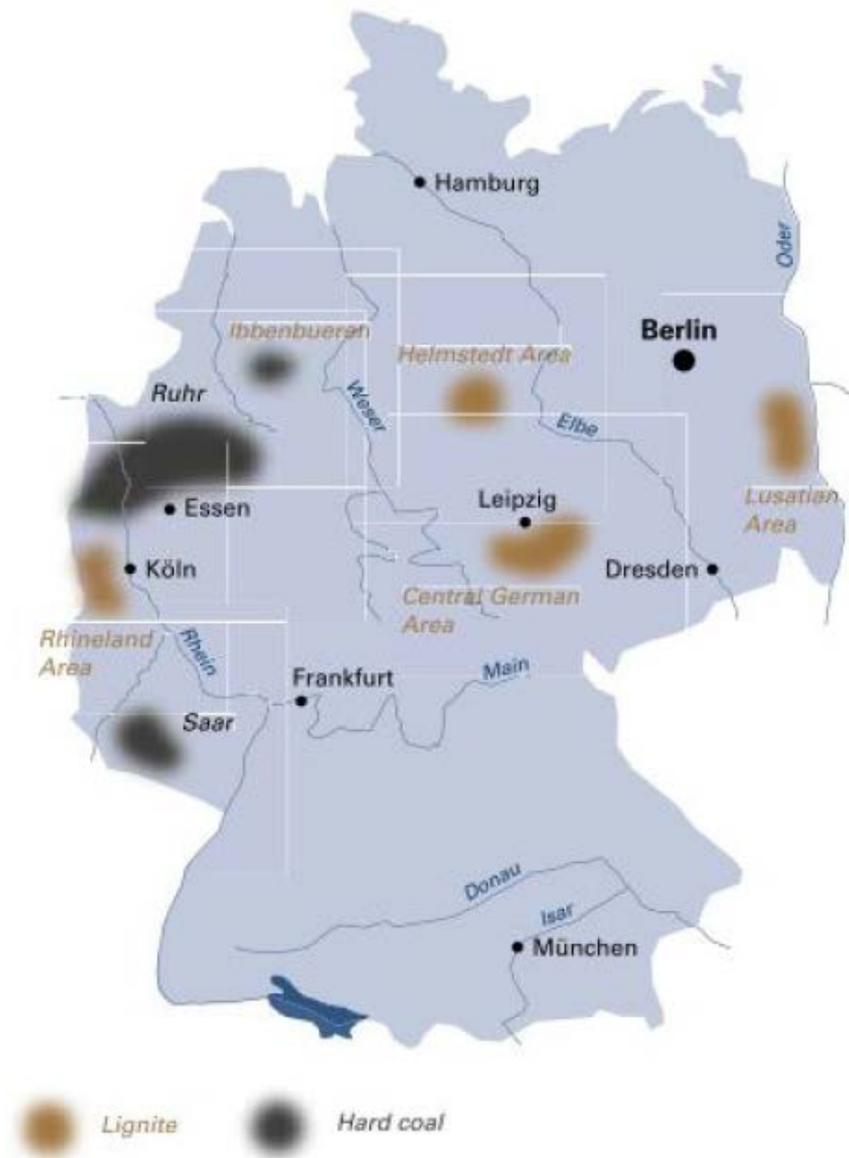
Der Steirische Erzberg



Die Diamantmine von Mir in Jakutien



Kohlevorkommen in Deutschland



Braunkohletagebau in Deutschland

Deutschland baut sich ab

M. Kriener: *Chronik einer Verwüstung*

DIE ZEIT 6. August 2015



Braunkohletagebau nahe Wezlow in Brandenburg

Braunkohle

Abraumförderbrücken in Braunkohlebergbau Jänschwalde





Braunkohleabbau

Beispiel Tagebau Garzweiler



westlich von Grevenbroich

Braunkohle in drei Flözen, zusammen c. 40 Meter mächtig

Zur Stromerzeugung in den nahe gelegenen Kraftwerken

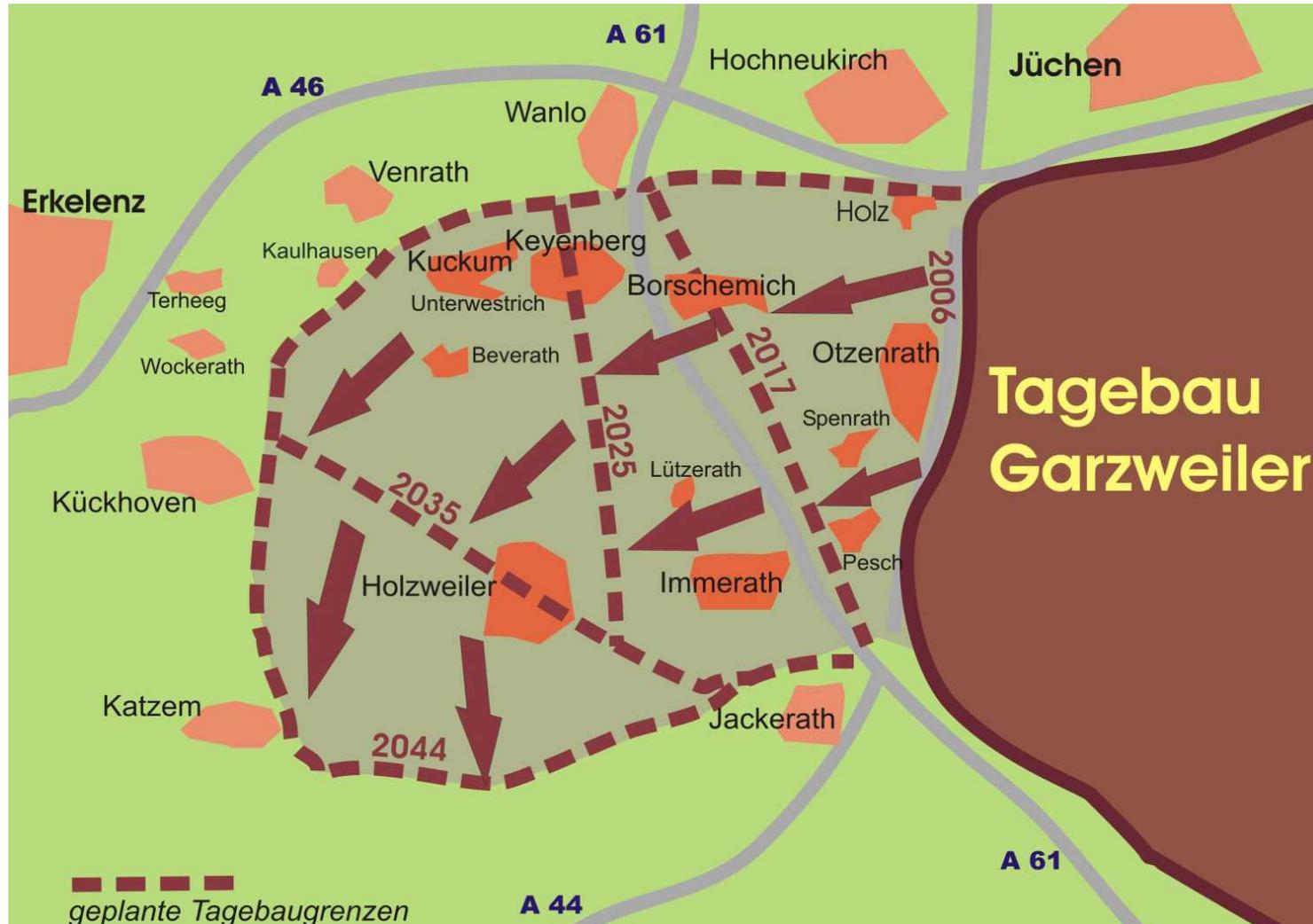
Abbau geplant bis 2045 (1,3 Milliarden Tonnen Braunkohle)

Mit dem Abraum (Löß, Kies, Sand) werden bereits ausgekohlte Bereiche des Tagebaus rekultiviert

Braunkohleabbau



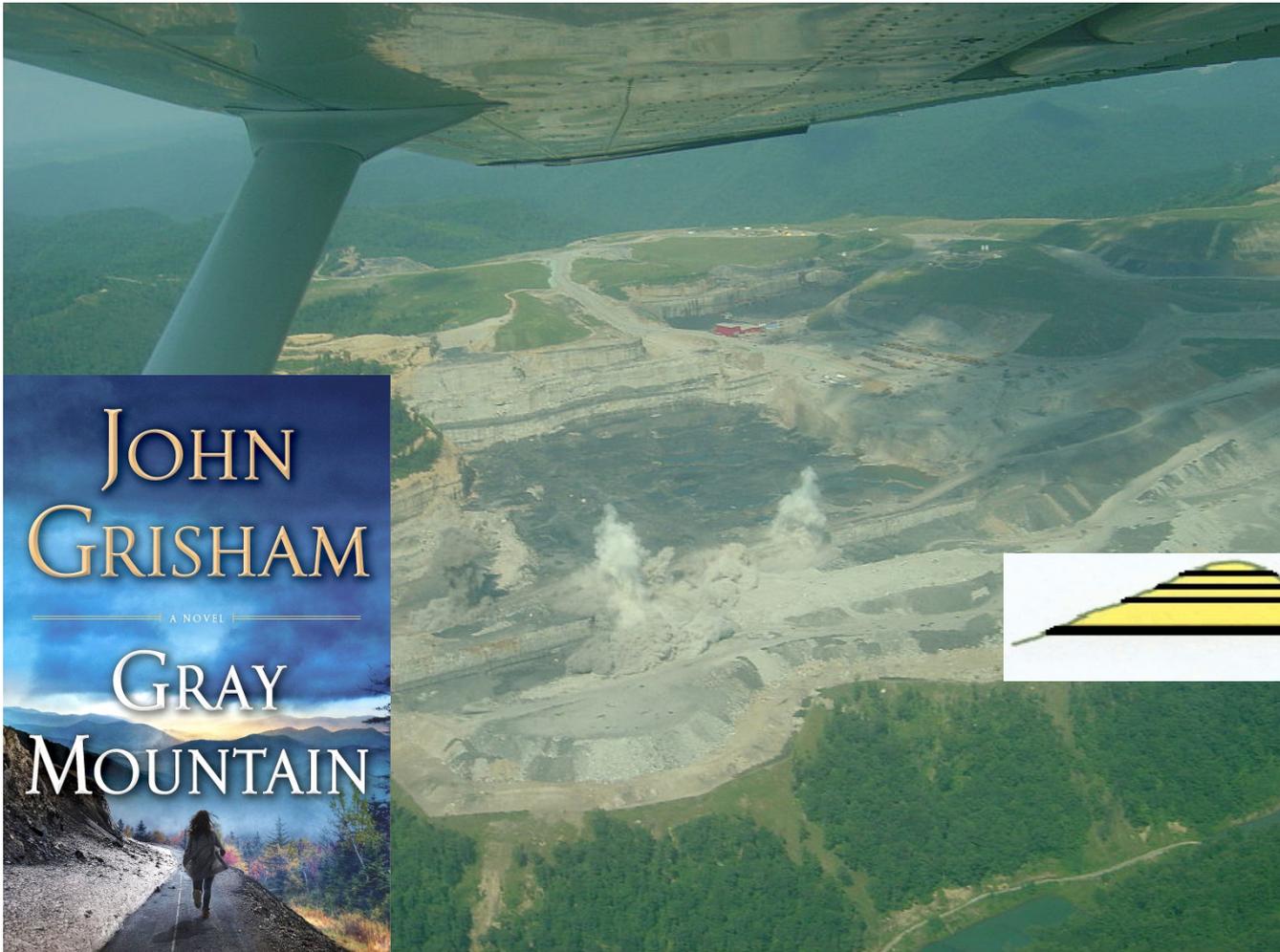
Betroffene Grubenranddörfer vom Tagebau Garzweiler II. A61 ab 2017 unterbrochen



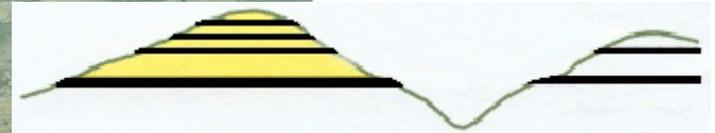
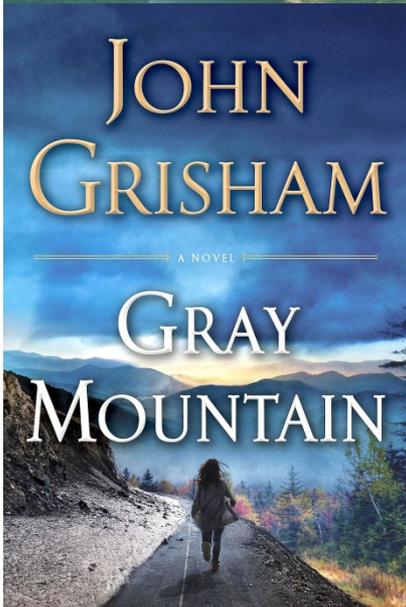
Steinkohleabbau USA

Mountaintop removal mining, Bergbau durch Gipfelabsprengung

verbreitetste Kohlegewinnungsart in den Appalachen
nach dem Kohleabbau bleibt ein künstliches Bergplateau zurück



von den 1970er
Jahren bis 2008
rund 500
Bergkuppen
abgetragen.



Pyritverwitterung

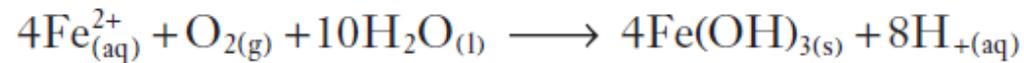
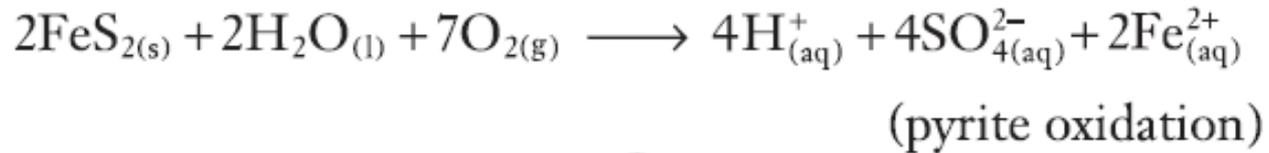
Ausfällung von Eisenhydroxiden



Ausbalanziert:



Acid mine drainage / saure Grubenwässer



(Fe(II))



(Fe(III))

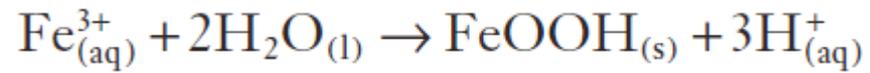
Rio Tinto



Bei pH 3.5 – 4.5 Oxidation von Eisen katalysiert durch Bakterien Metallogenicum, Thiobacillus thiooxidans)

Acid mine drainage / saure Grubenwässer

ab pH > 3-4:



Bunt- und Edelmetalle

Buntmetalle

Kupfer, Blei, Zink, Cadmium

Kommen in der Natur als Oxide oder Sulfide vor

Gewinnung (**Verhüttung**) der Metalle durch **Rösten** (Oxide) bzw. **Schmelzen** (Metalle) in **Hochöfen**

Dabei entstehen
Rauchgase (z.B. SO_2)



Eisenwerk um 1875 (Adolph Menzel)



Metallgewinnung



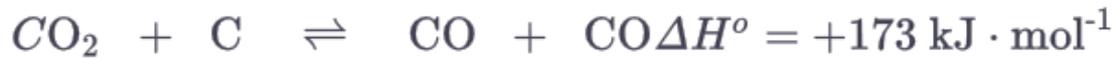
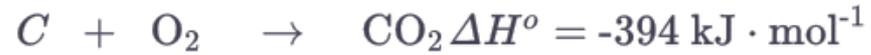
Roheisenerzeugung

Koks liefert beim
Hochofenprozeß die
benötigte Wärme

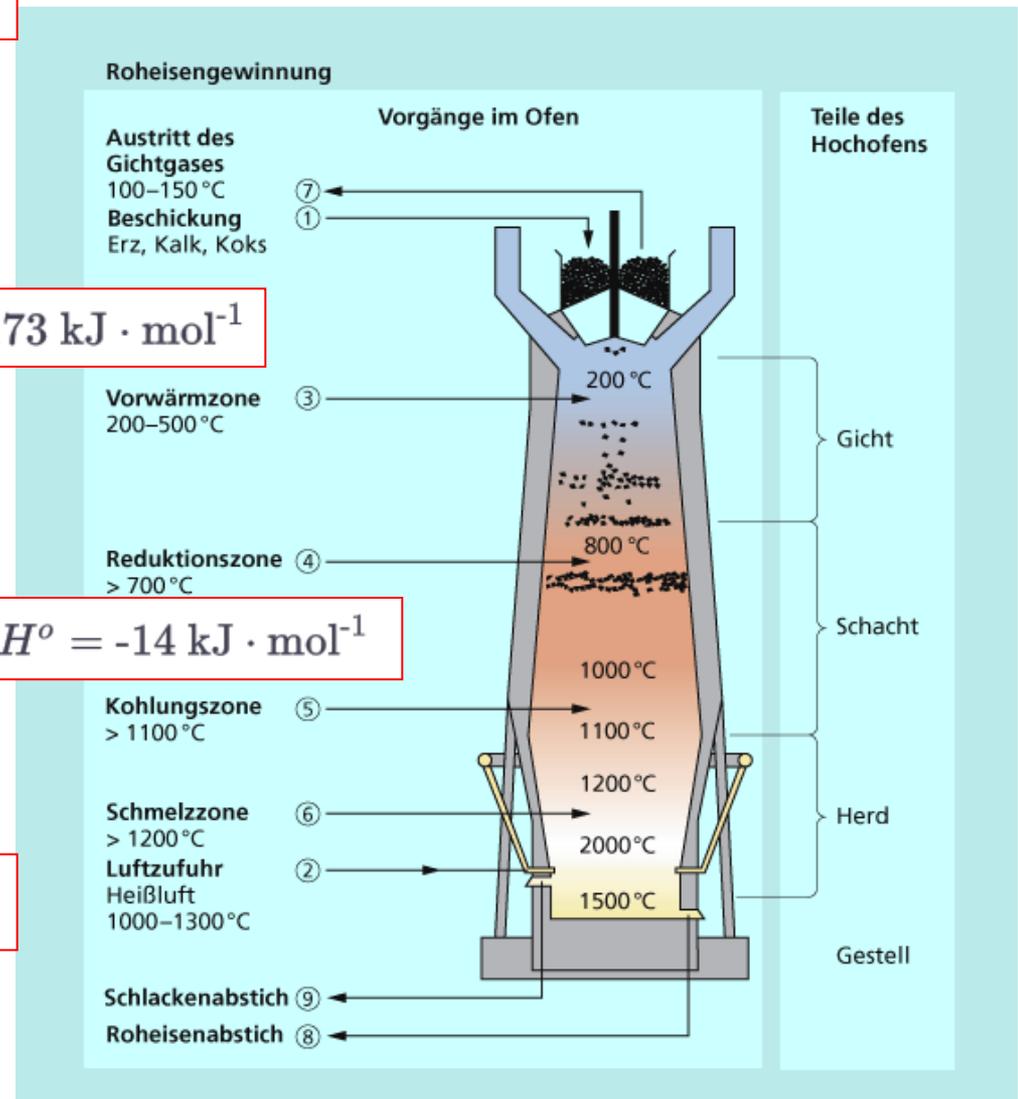
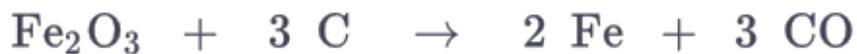
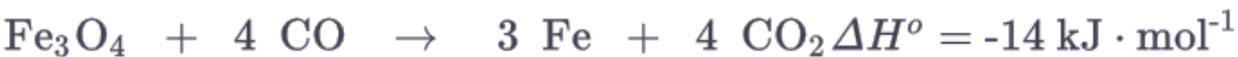
entzieht dem Eisenerz
(Eisenoxid) beim
Schmelzvorgang den
Sauerstoff

Kokerei Prosper in Bottrop

Roheisenherstellung - Abläufe im Hochofen



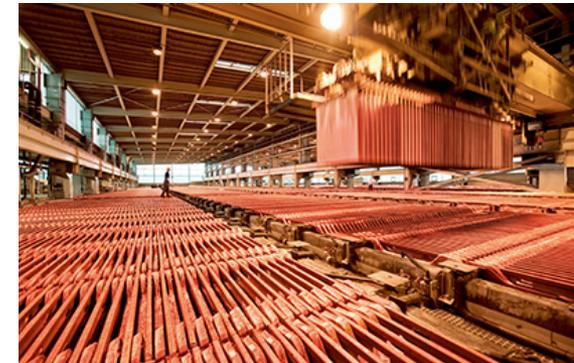
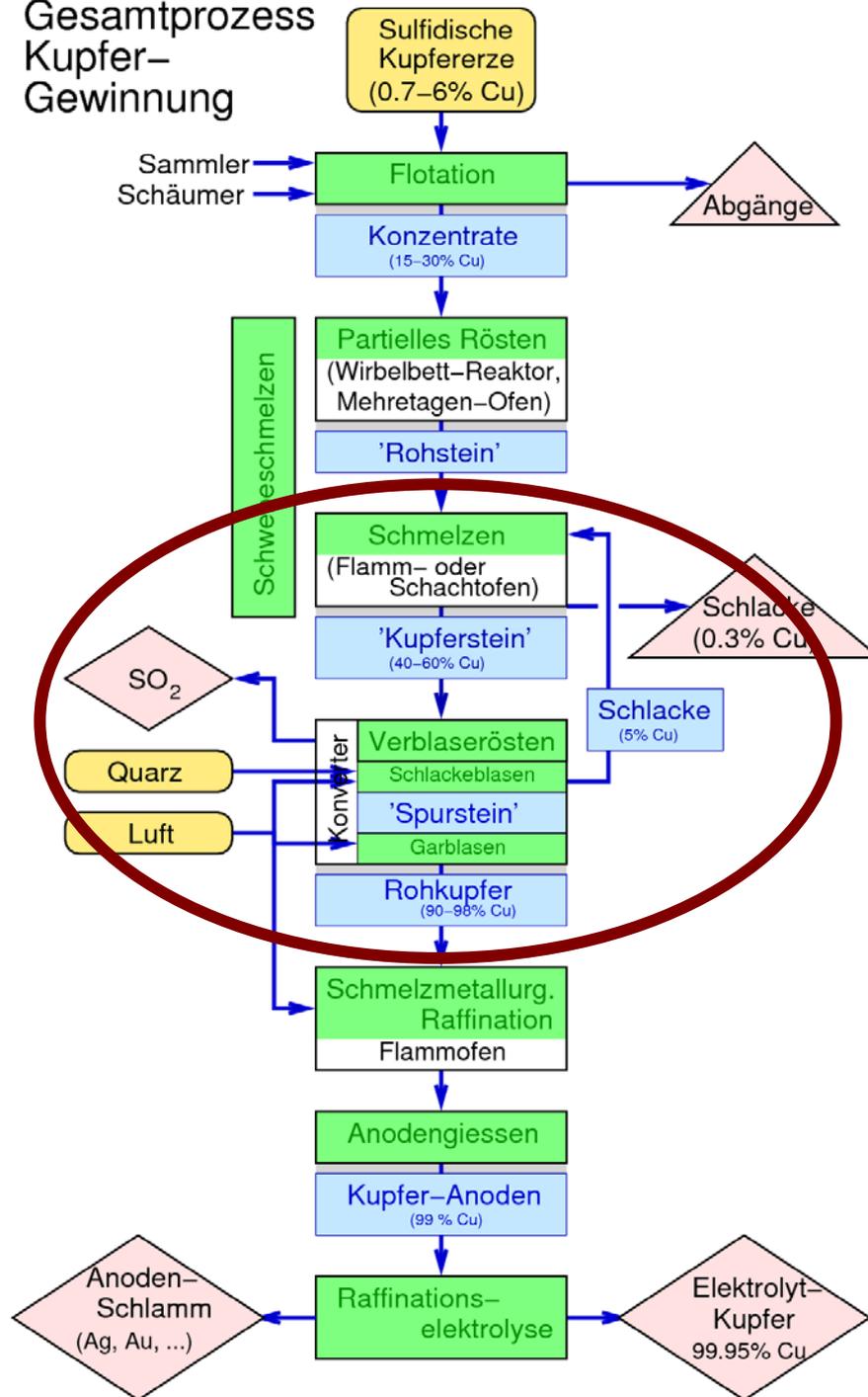
Boudouard-Gleichgewicht



Kupferbergbau

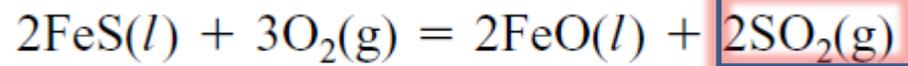
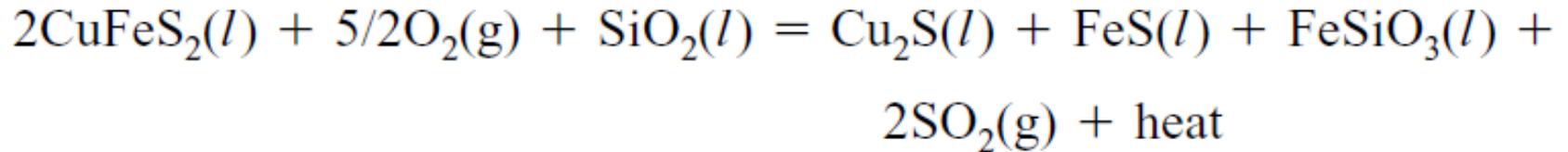


Gesamtprozess Kupfer- Gewinnung

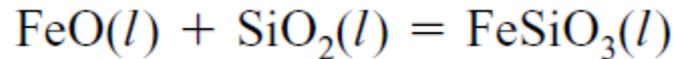


Kupfergewinning

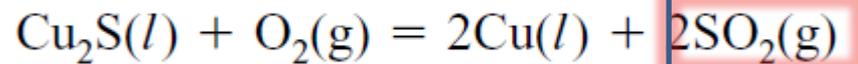
Im Schmelzofen wird aus *Kupferkies* (CuFeS_2) im Röstverfahren *Kupferstein* (Cu_2S mit variierenden Gehalten an FeS , Cu-Gehalt ca. 70 %) gewonnen



Eisenoxide werden durch kieselensäurehaltige Zuschlagstoffe (SiO_2) verschlackt:



Durch weitere Sauerstoffzufuhr werden Cu-Sulfide in Rohkupfer umgewandelt:



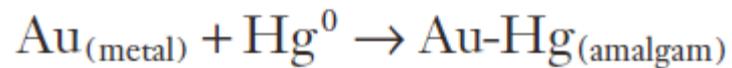
Goldabbau

Garimpos, Amazonasgebiet

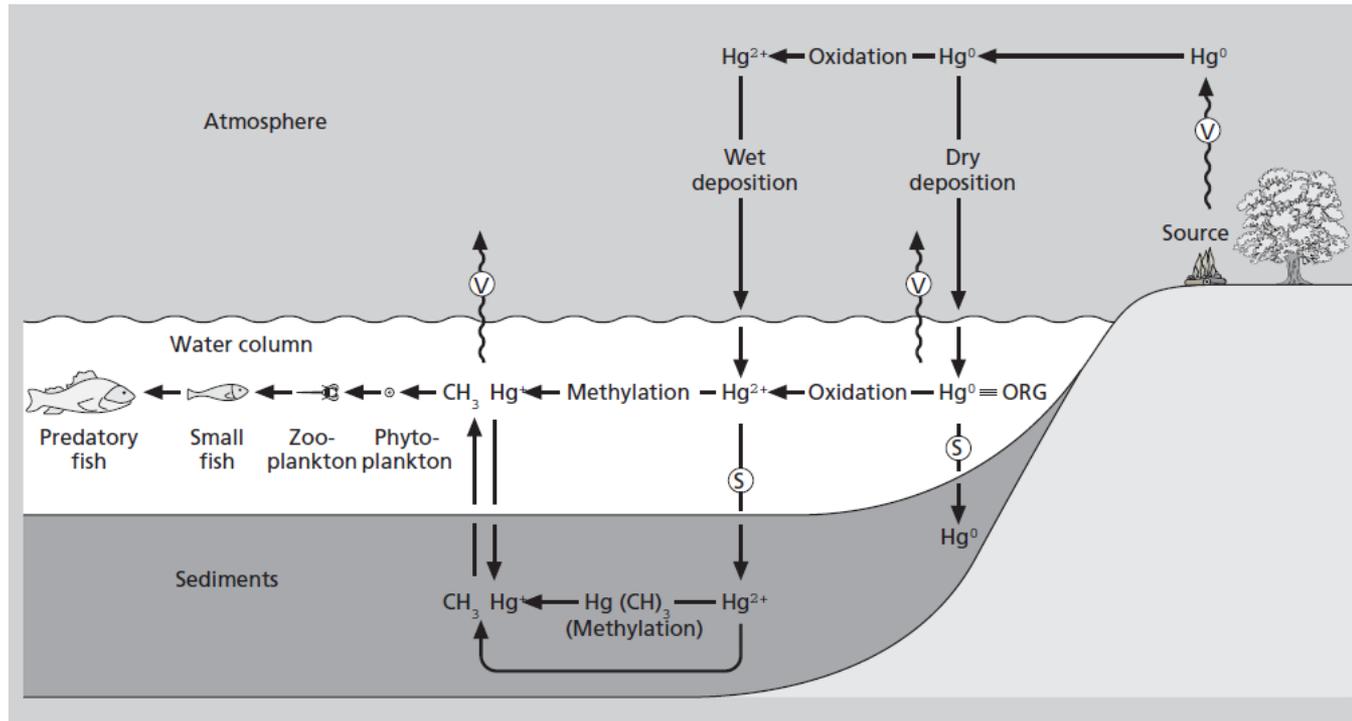
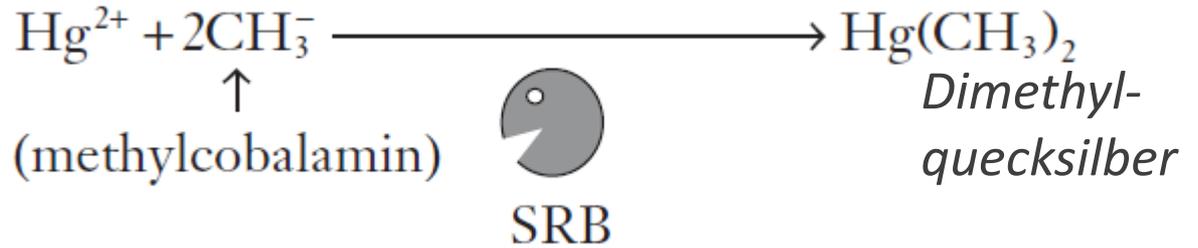
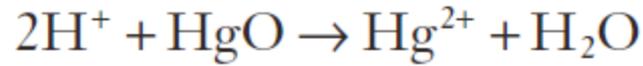
Einsatz von
Quecksilber zur
Bindung des Goldes



Amalgamverfahren:



Goldabbau



Goldabbau

Cyanidlaugung – **Merill-Crowe** Verfahren

1. Cyanidlaugung mittels Natriumcyanid (NaCN)
(Lösungsreaktion):



2. Zugabe von Zink in die goldhaltige Cyanitlösung
(Fällungsreaktion):



Evaporite

Salzlagerstätten in Deutschland



Aktive Stein- (blau) und Kalisalzbergwerke (rosa) in Deutschland.

Rahmenfarben der Symbole:
Hellblau: Abbau von Zechstein-Salz;
Pink: Abbau von Salz aus dem Muschelkalk

Abraumhalde Monte Kali bei Heringen



Evaporite

Die Rohsalzgewinnung durch die K+S KALI GmbH (K+S) im hessisch-thüringischen Kalirevier und die Verarbeitung zu Kalium- und Magnesiumprodukten erfolgt in den Werken „Neuhof-Ellers“ bei Fulda und „Werra“ an den Standorten Hattorf (Philippsthal), Unterbreizbach und Wintershall (Heringen).

Das in den Gruben unter Tage gewonnene Rohsalz kann die folgenden Salzminerale in unterschiedlicher Zusammensetzung enthalten.



Hartsalz

Sylvin (KCl),
Halit (NaCl)
Kieserit ($\text{MgSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$)



Sylvinit

Sylvin (KCl)
Halit (NaCl)



Carnallitit

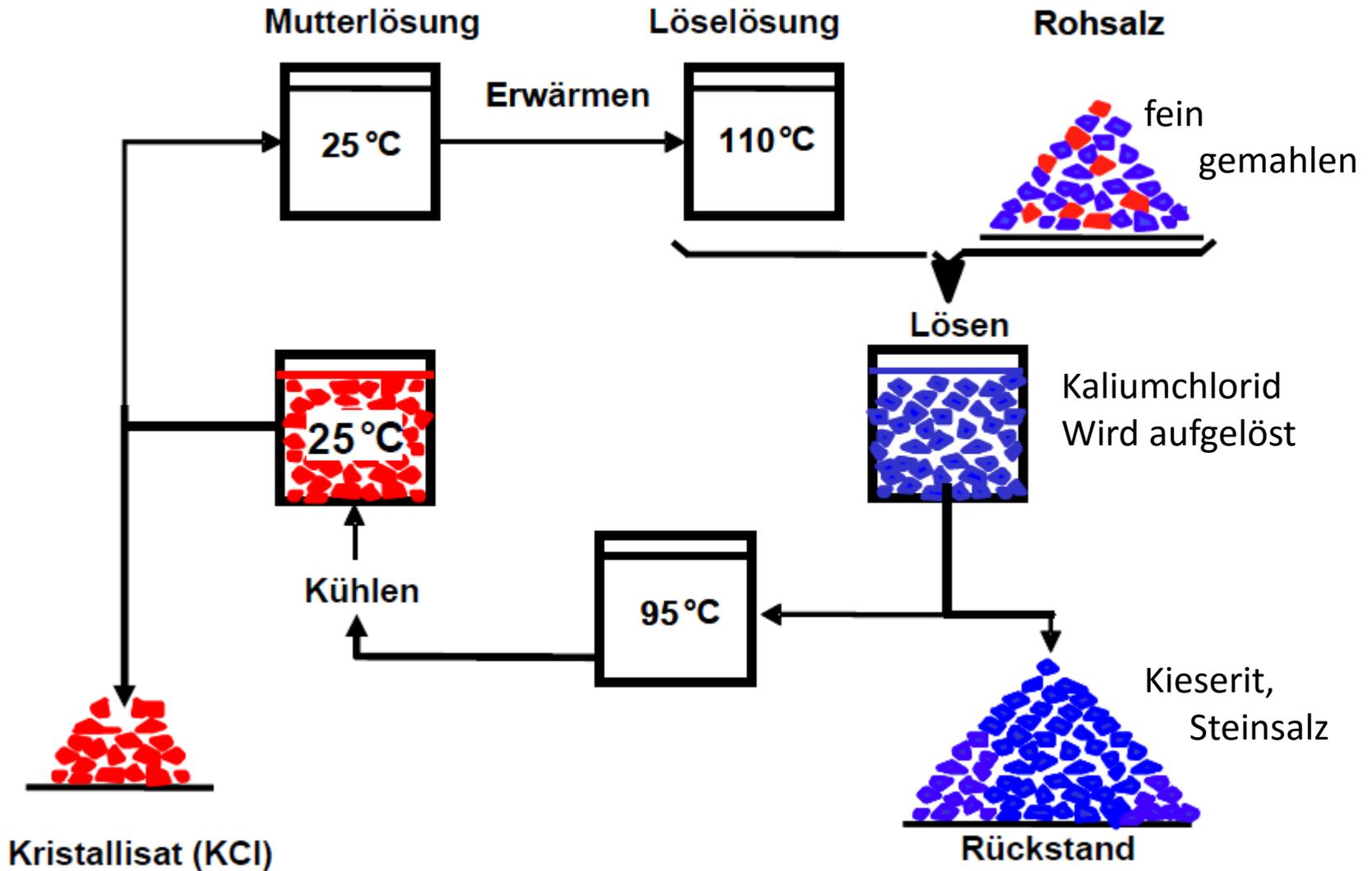
Carnallit
($\text{KCl} \cdot \text{MgCl}_2 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$)
Halit (NaCl)

Einleitung der Salzlaugen in die Werra und die Versenkung in den Plattendolomit

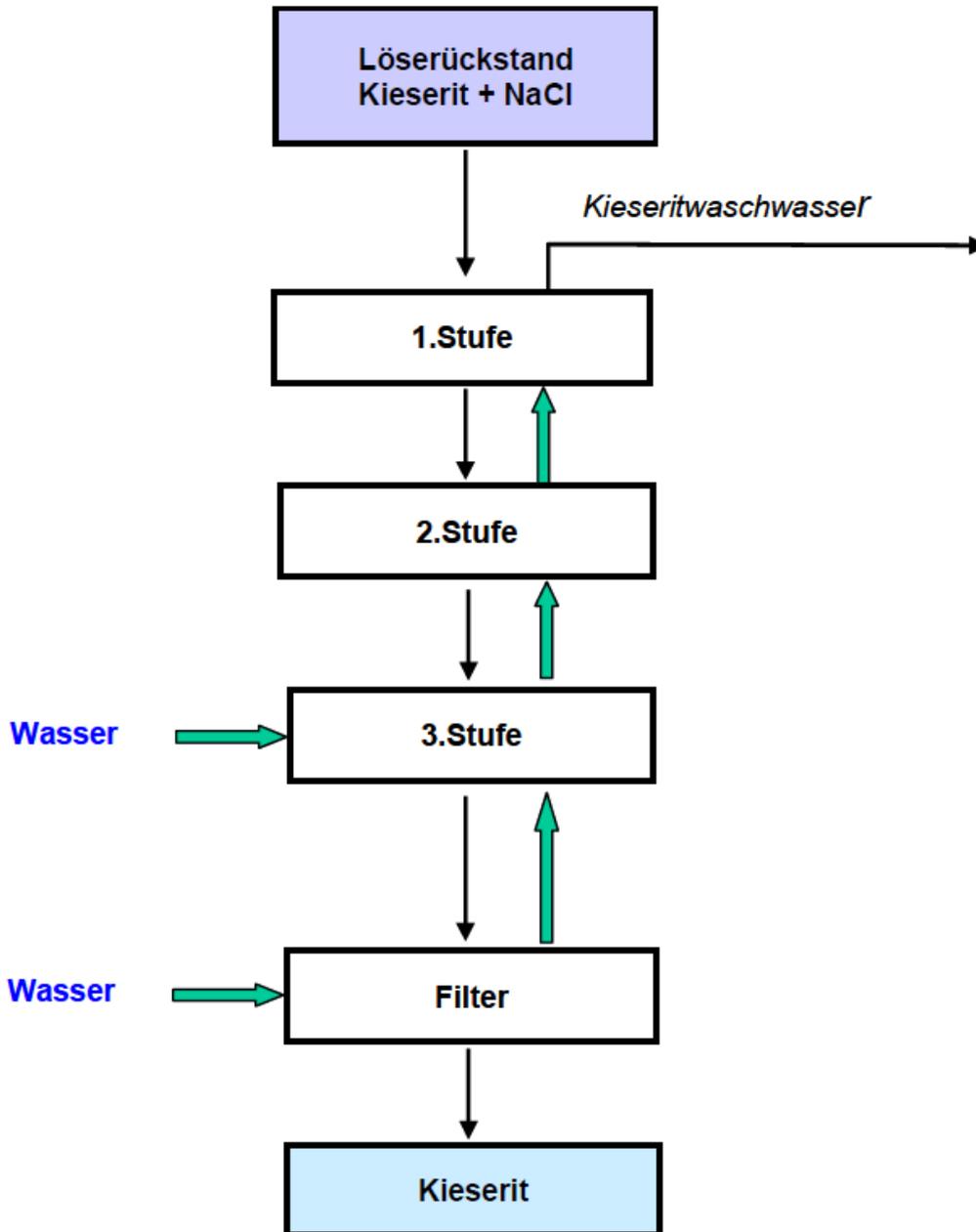
http://www.k-plus-s.com/de/pdf/2009/gesamtstrategie_091104.pdf

Evaporite

Heißlöseverfahren



Evaporite



Kieseritgewinnung
durch Waschverfahren

Durch dieses Verfahren fallen große Mengen an Salzabwasser an. Der Vorteil des Verfahrens liegt jedoch in der hohen Reinheit des so gewonnenen Kieserits

Grundwasserversalzung

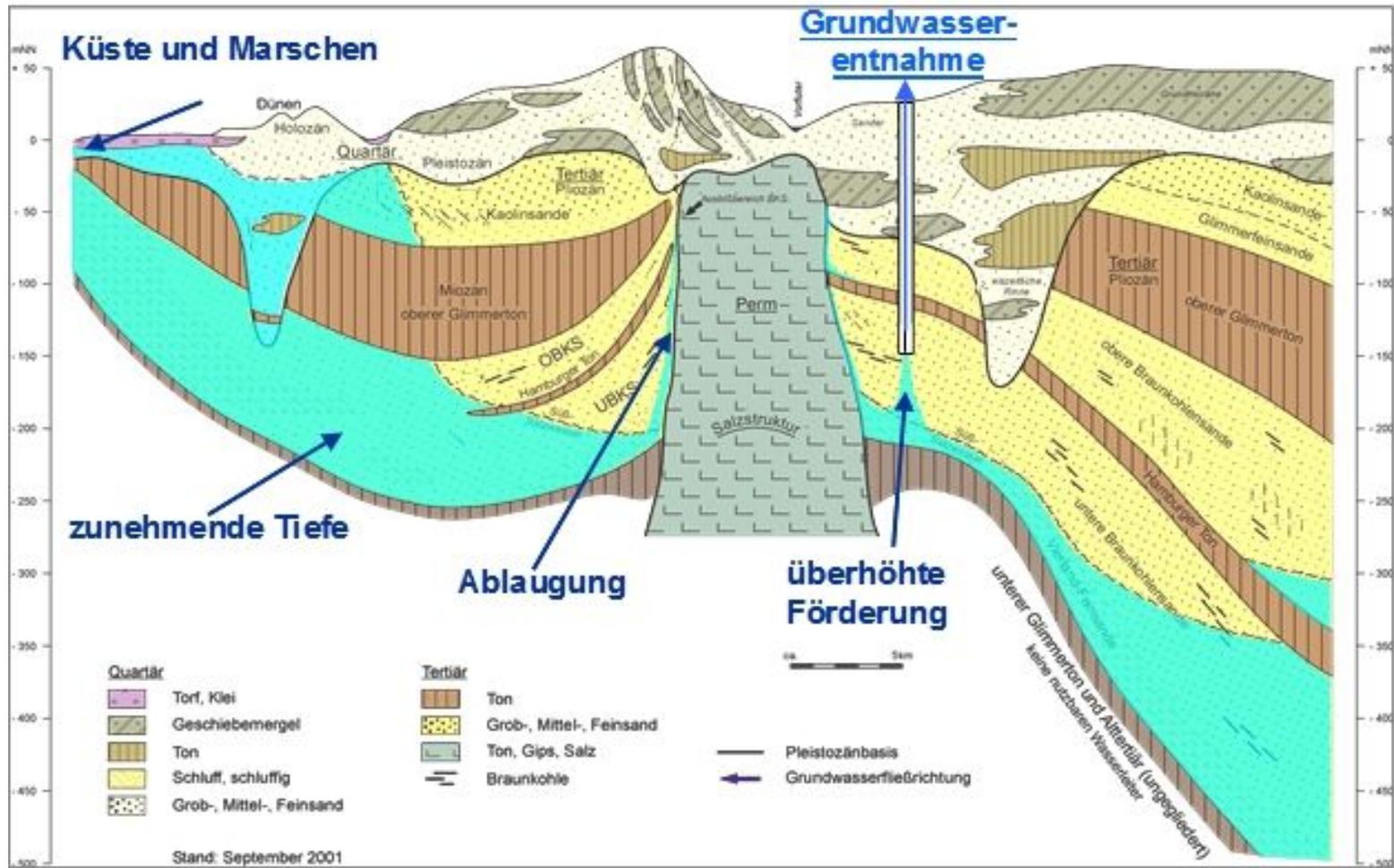
**Grundwasser unter Gerstungen als billige Entsorgungsdeponie für K+S
Abwässer?**



OSTHESSEN NEWS

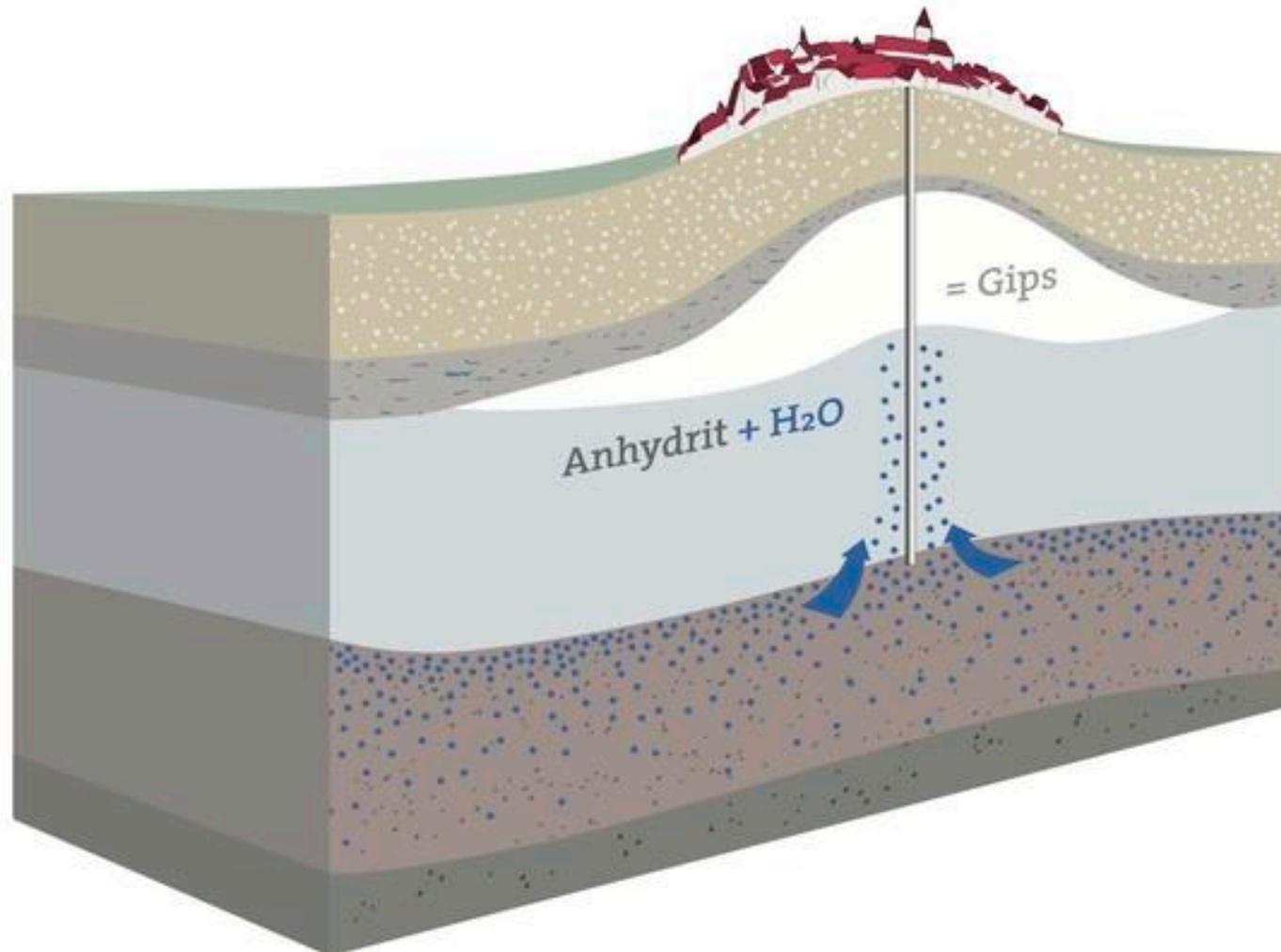
<http://osthessen-news.de/n11525577/statement-der-gemeinde-gerstungen-zur-grundwasser-versalzung.html>

Grundwasserversalzung



Geothermiebohrung Staufen 2007

Anhydrit + H₂O → Gips (Volumenzunahme von ca. 60%)



Geothermiebohrung Stufen 2007

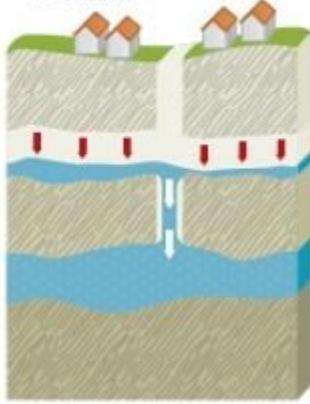
1 Die Grundwasserschichten vor der Geothermie-Bohrung (schematische Darstellung).

zwei bis zu 80 m tiefe Bohrungen

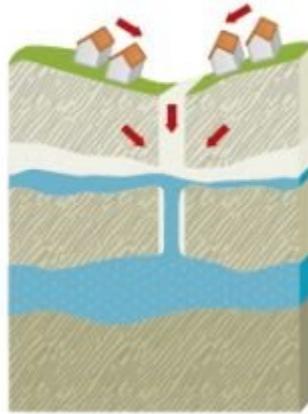


StZ-Grafik: nur

2 Durch die Bohrung wurden zwei Grundwasserschichten verbunden. Das Wasser läuft nun nach unten ab, und es entsteht ein Hohlraum.



3 Der Hohlraum führt zu einer Absenkung der Erde. Risse und Setzungen entstehen.



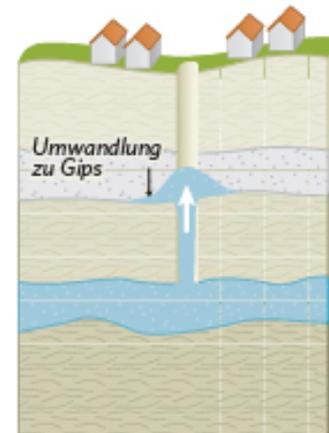
1 Die betreffenden Bodenschichten vor der Geothermie-Bohrung

zwei bis zu 80 m tiefe Bohrungen

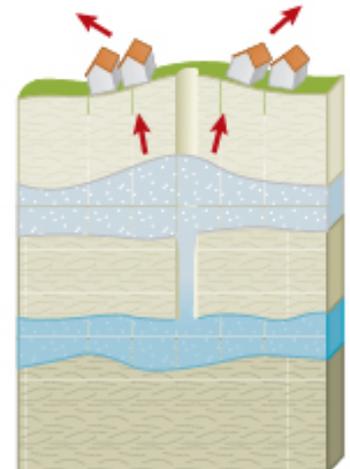


StZ-Grafik: di

2 Durch die Bohrung steigt das unter hohem Druck stehende Grundwasser zur Gipskeuperschicht auf und reagiert mit ihr zu Gips. Dabei nimmt das Volumen zu.



3 Das Aufquellen bewirkt ein Anheben des Bodens. Risse und Verwerfungen sind die Folge.



Anthropogen bedingte Grundwasserversalzung

Hinweise auf Versalzungserscheinungen:

zu hohe Grundwasserentnahme und fallende Grundwasserstände

steigende elektrische Leitfähigkeiten und Chloridkonzentrationen

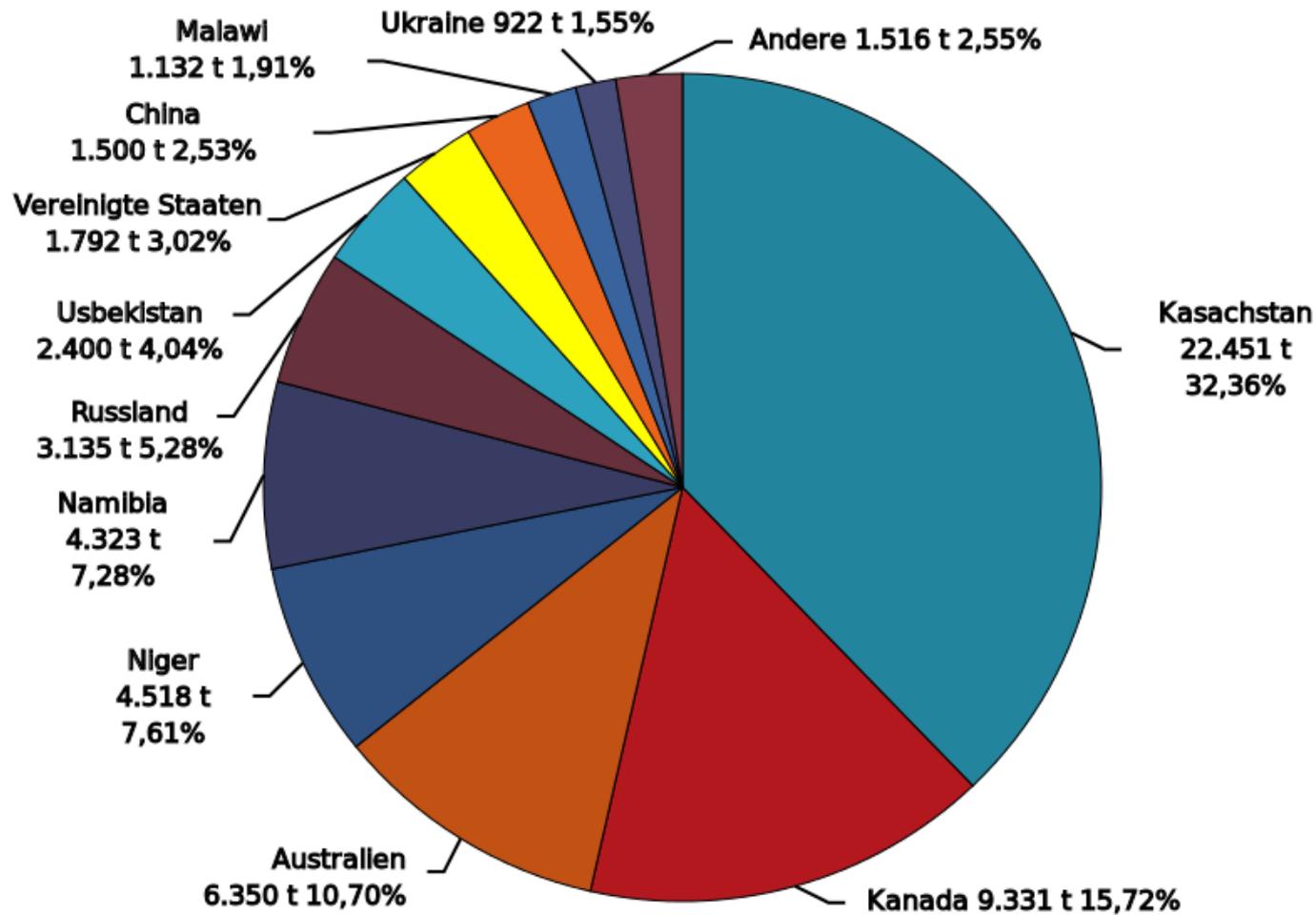
Um anthropogen bedingte Versalzungserscheinungen zu verhindern, müssen Grundwasserentnahmen ein Zulassungsverfahren durchlaufen, in dem überprüft wird, ob die beantragte Entnahmemenge im Einklang mit dem Naturhaushalt steht.

Uran

Radioaktivität zum Anfassen



Uran



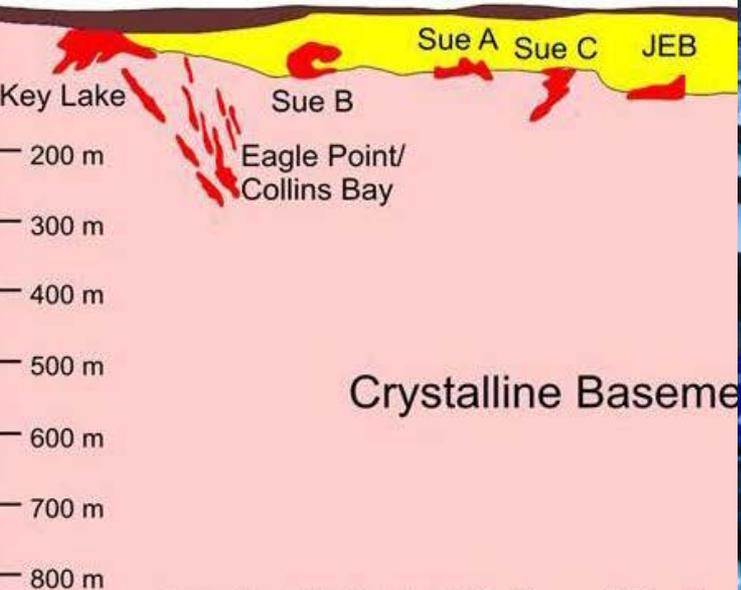
Weltweite Uranförderung 2013

Uran

McArthur-River-Mine, Saskatchewan: grösste Uran-Mine der Welt



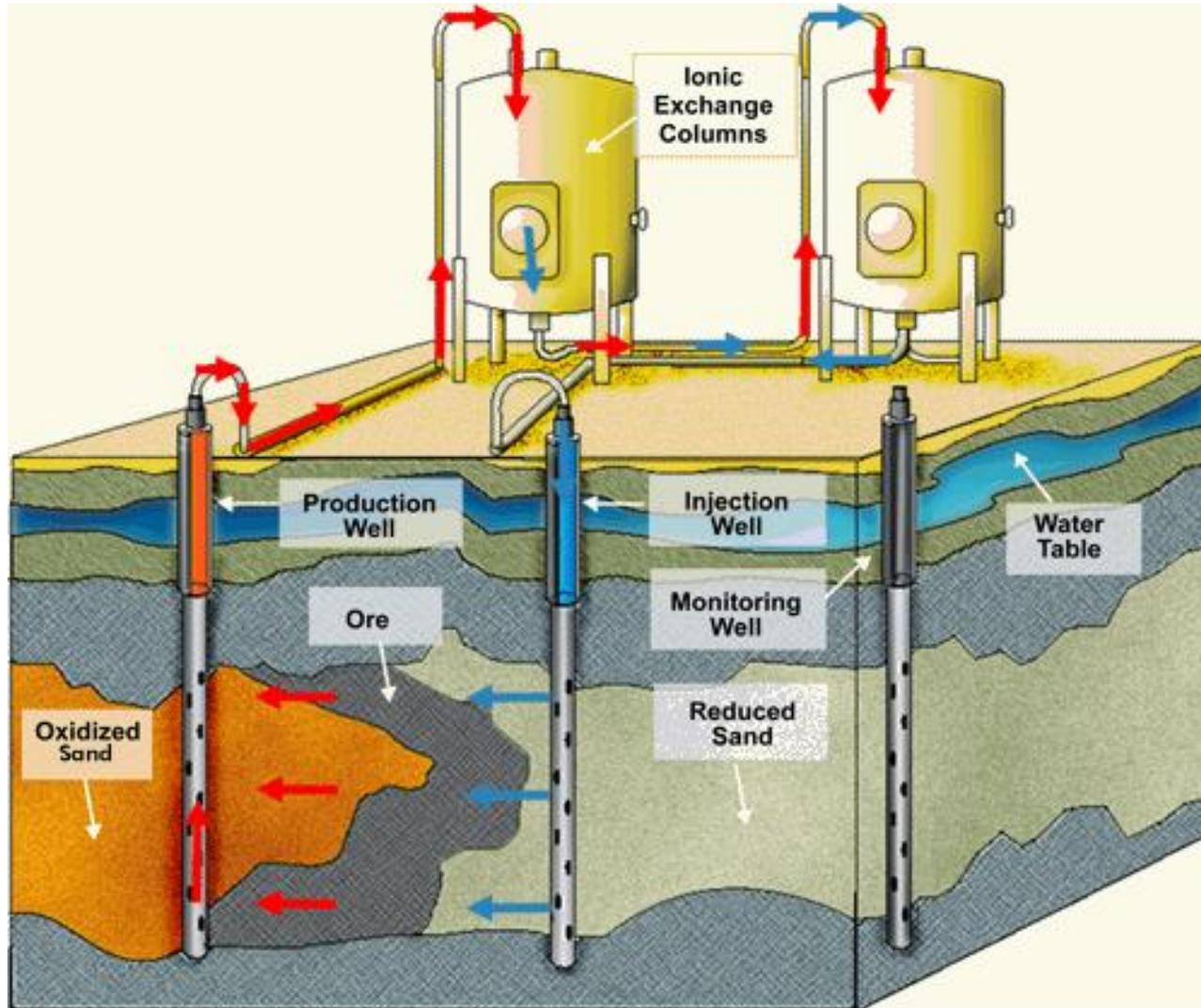
Athabasca Basin uranium deposits ve



Deposits not exactly to scale; modified from Roy 2010 Source: Hathor Mine

Uran

In-Situ-Leaching-Verfahren (ISL)



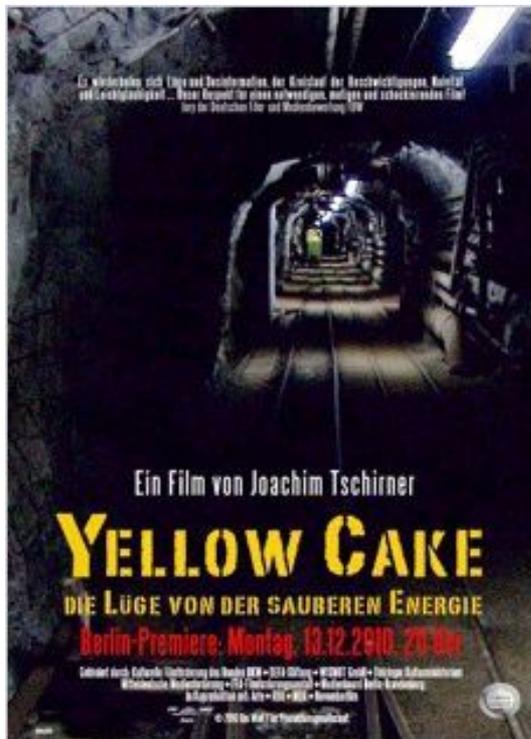
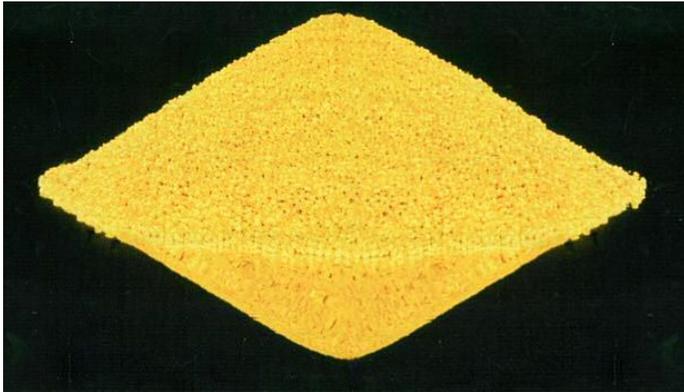
Uran

Tailing Ponds, Olympic Dam, Australien



Uran

Yellow cake



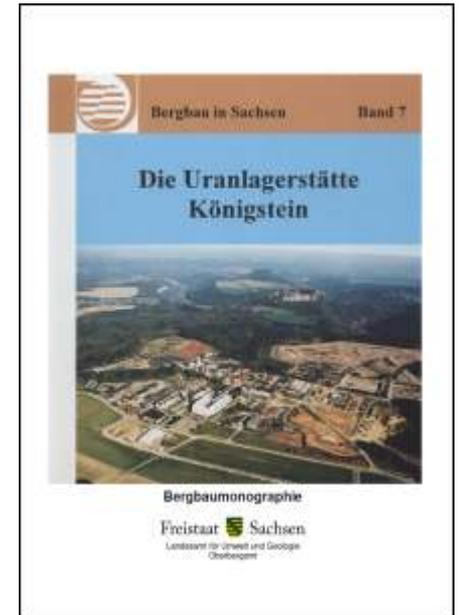
<https://www.youtube.com/watch?v=1AZnb2Rb0Fk>

Uran

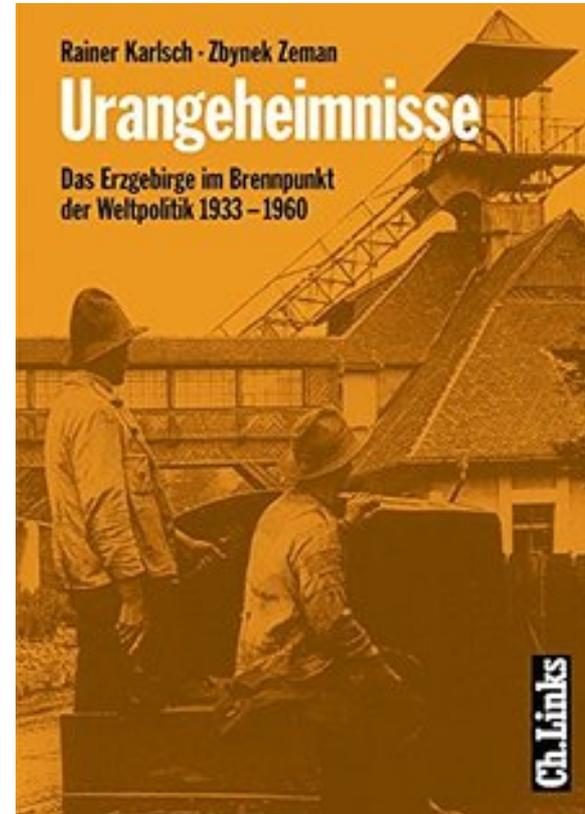
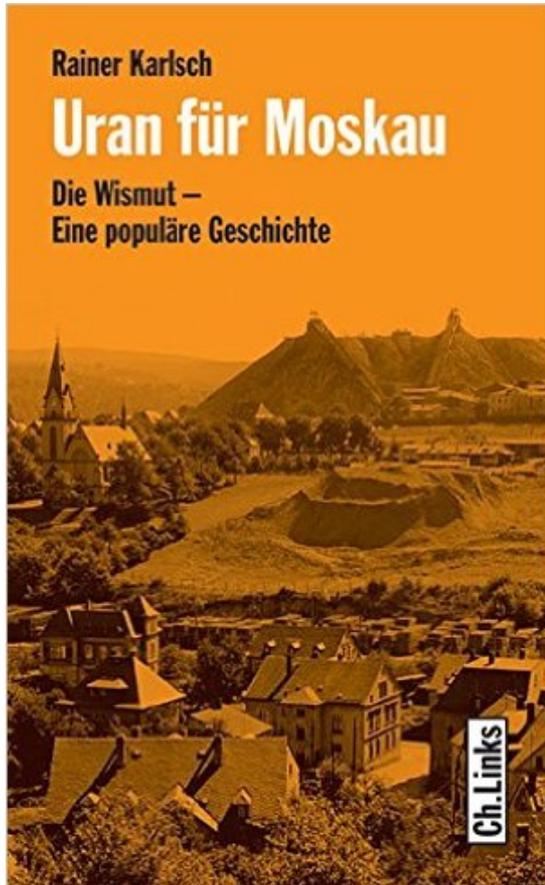
Sanierungsfall Uranmine Königstein, Wismut GmbH



Vorrat: 28000 t Uran
 $\emptyset = 0,06 \% U$



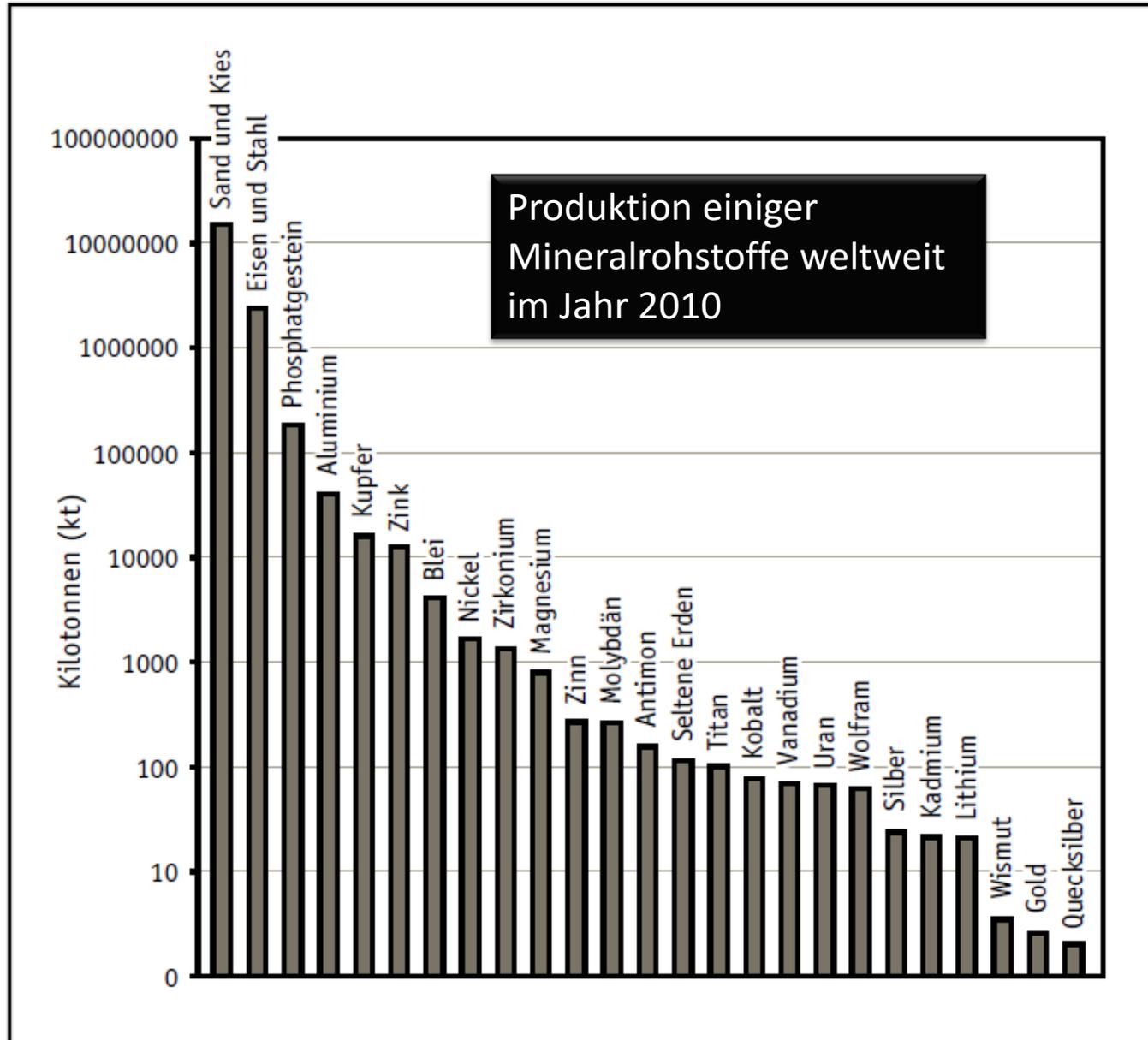
Uran



<https://www.youtube.com/watch?v=s-j5T8IVljl>

Wismut - Uran aus dem Erzgebirge

Phosphat



Nauru, Guano-Verladestation



Phosphat



Massenrohstoffe

Kies, Sand, Ton (Steine & Erden)

Kalk, Marmor

Granit, Gneis

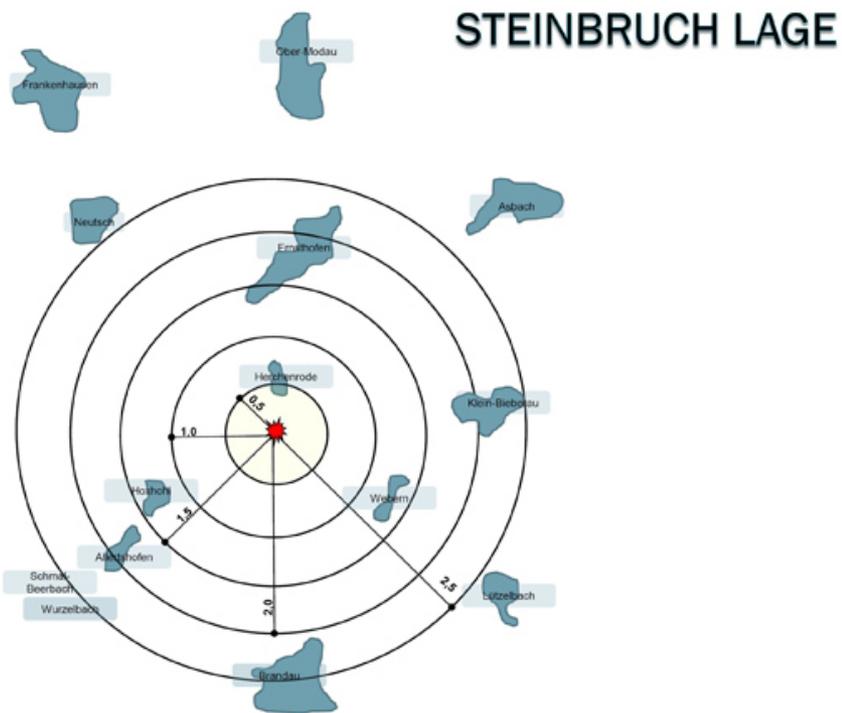
Sandstein, Schiefer

Steinbruch Herchenrode

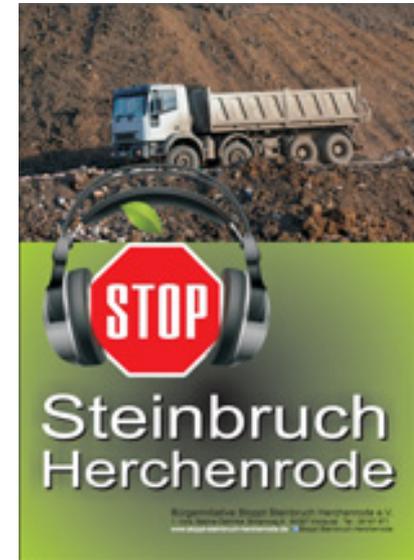
<http://steinbruch-herchenrode.de/>

<http://www.stoppt-steinbruch-herchenrode.de/>

In der Nähe des Dorfes Herchenrode, Modautal, Odenwald, sollte ein alter stillgelegter Steinbruch wieder in Betrieb genommen werden.



Die Darstellung zeigt nur die Nähe zum Steinbruch.
Die Belastungen an Lärm und Staub ist abhängig von der geographischen Lage





Echo

02.02.2016

Der [Steinbruch Herchenrode](#) wird wieder in seinen Dornröschenschlaf versinken.

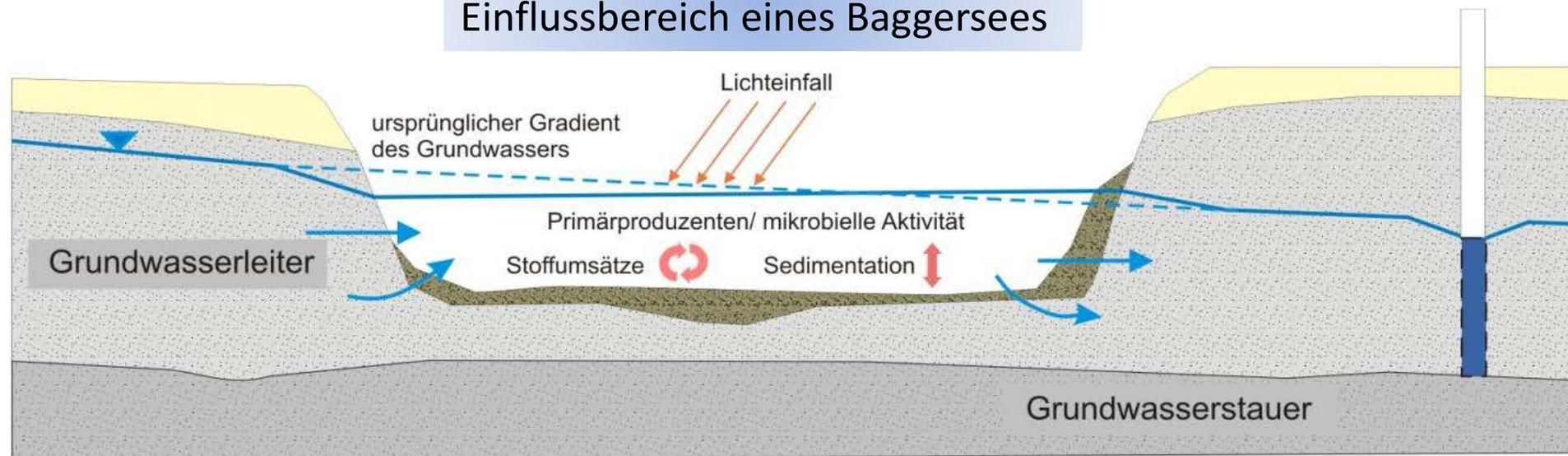
"Stoppt Steinbruch Herchenrode" ist nun Wirklichkeit.

Massenrohstoffe – Steine & Erden

Kiesgruben und Baggerseen



Grundwasserverhältnisse im Einflussbereich eines Baggersees



Energierohstoffe

Braunkohle, Steinkohle (29%*)

Erdöl (32%*), Erdgas (21%*)

Uran (4%*)

Erdwärme (erneuerbarer
Energieträger)

*Prozentualer Anteil an der Primärenergieversorgung

Kohle

Brennende Kohleflöze

Schlagwetterexplosionen

Kohlestaubexplosionen



Kohleflözbrände

Entstehen spontan durch Selbstentzündung

Auch nach der Umlagerung „brennende Halden“

Oberflächennahe Brände in ausstreichenden Flözen (Sauerstoff aus der Luft)

Brände in Bergwerken (Sauerstoff aus Bewetterung)

Kohleflözbrände

physikalische Adsorption von Sauerstoff findet bis zu einer Temperatur von etwa 50°C - liefert 42 kJ/mol

chemische Oxidation von Kohlenstoff zu CO oder CO₂ über Zwischenstadien. In der Summe liefern die Reaktionen



Spontane Kohleflözbrände

„Brennender Berg“ im saarländischen Dudweiler (1668 bis heute)



Selbstentzündung –

Auslöser/Faktoren:

Schüttungsgröße

Umgebungstemperatur

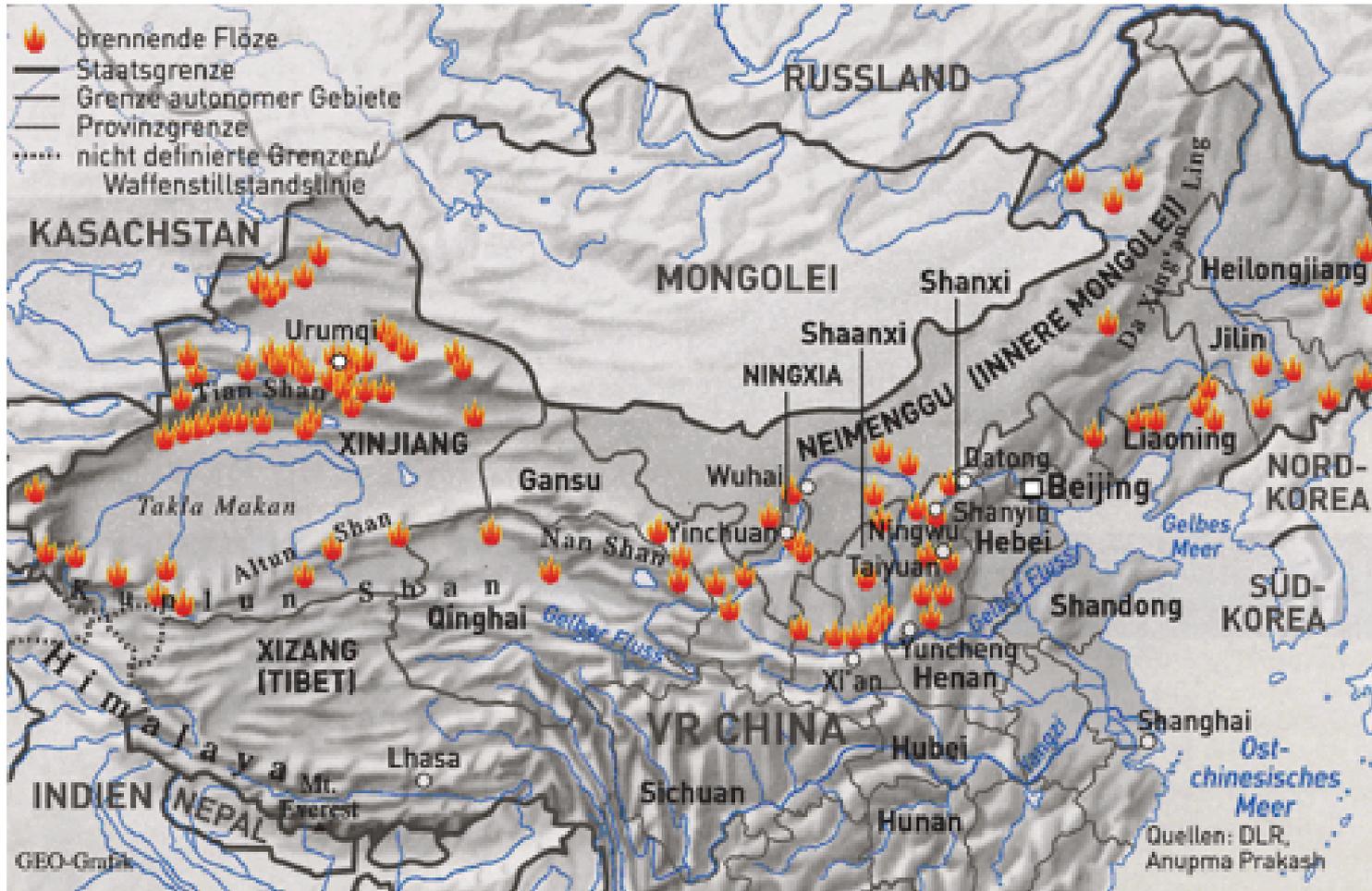
Luftzirkulation, Kohleart,

Partikelgröße



Kohleflözbrände in China

In China verbrennen jährlich ca. 20 Millionen Tonnen Kohle, ein vielfaches davon wird zudem durch die Brände für den Bergbau unbrauchbar.



**Sino-German
Coal Fire
Research
2003-2010**

Brennende Kohle, brennendes Gas und Vulkanismus



Tor zur Hölle (1971-heute), Turkmenistan

Die Vorstellung dass
brennender Kohleflöze
Ursache der
unterirdischen Wärme
und Vulkanismus seien
hielt sich über 250
Jahre (von Agricola bis
Abraham Gottlob
Werner)

Exxon Valdez, 1989

„Mutter aller Ölkatastrophen“



Deepwater Horizon, 2010

Explosion der Ölplattform nach „blowout“



Nicht konventionelle Kohlenwasserstofflagerstätten

Ölsand

Ölschiefer

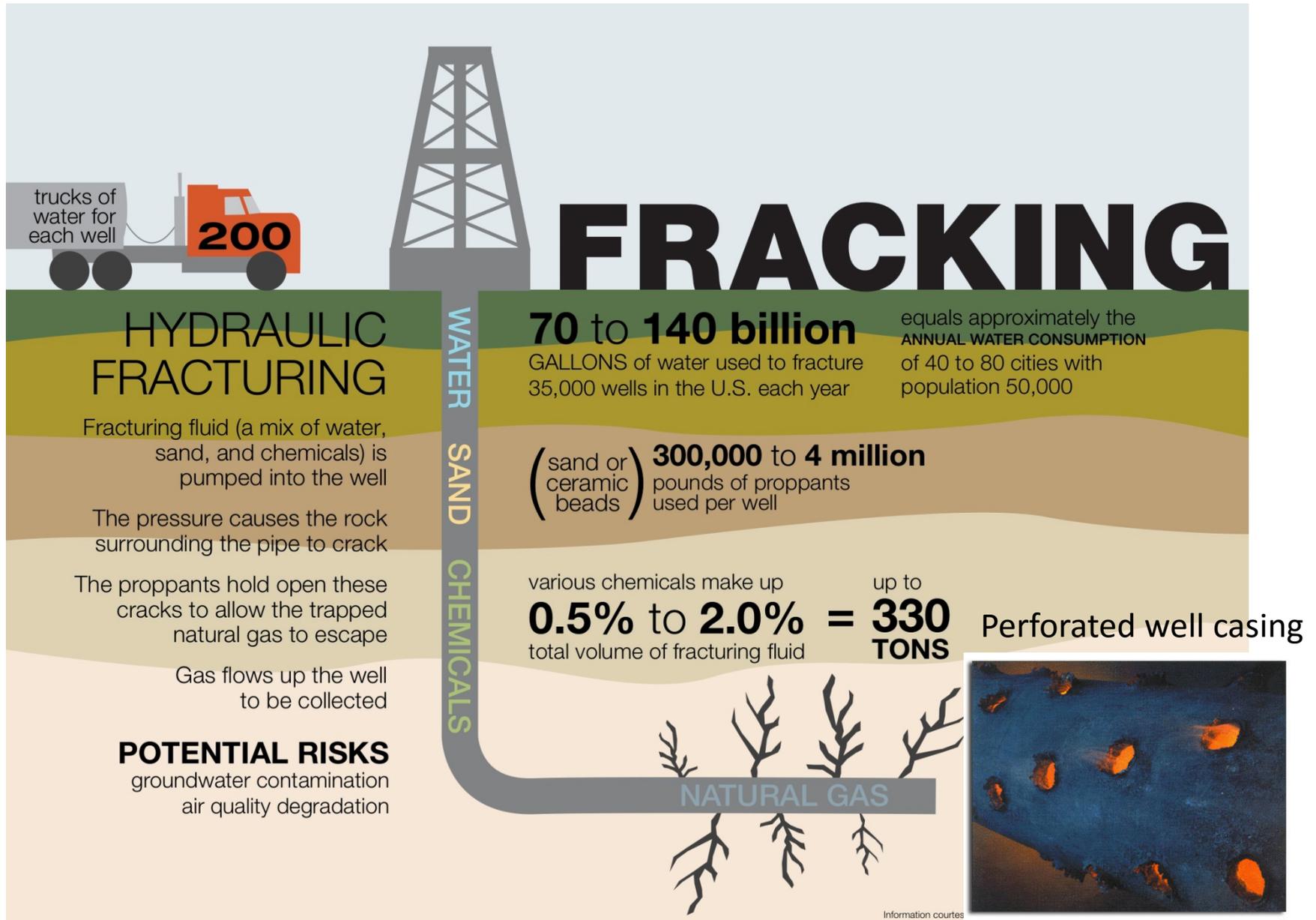
Flözgas

Gashydrate

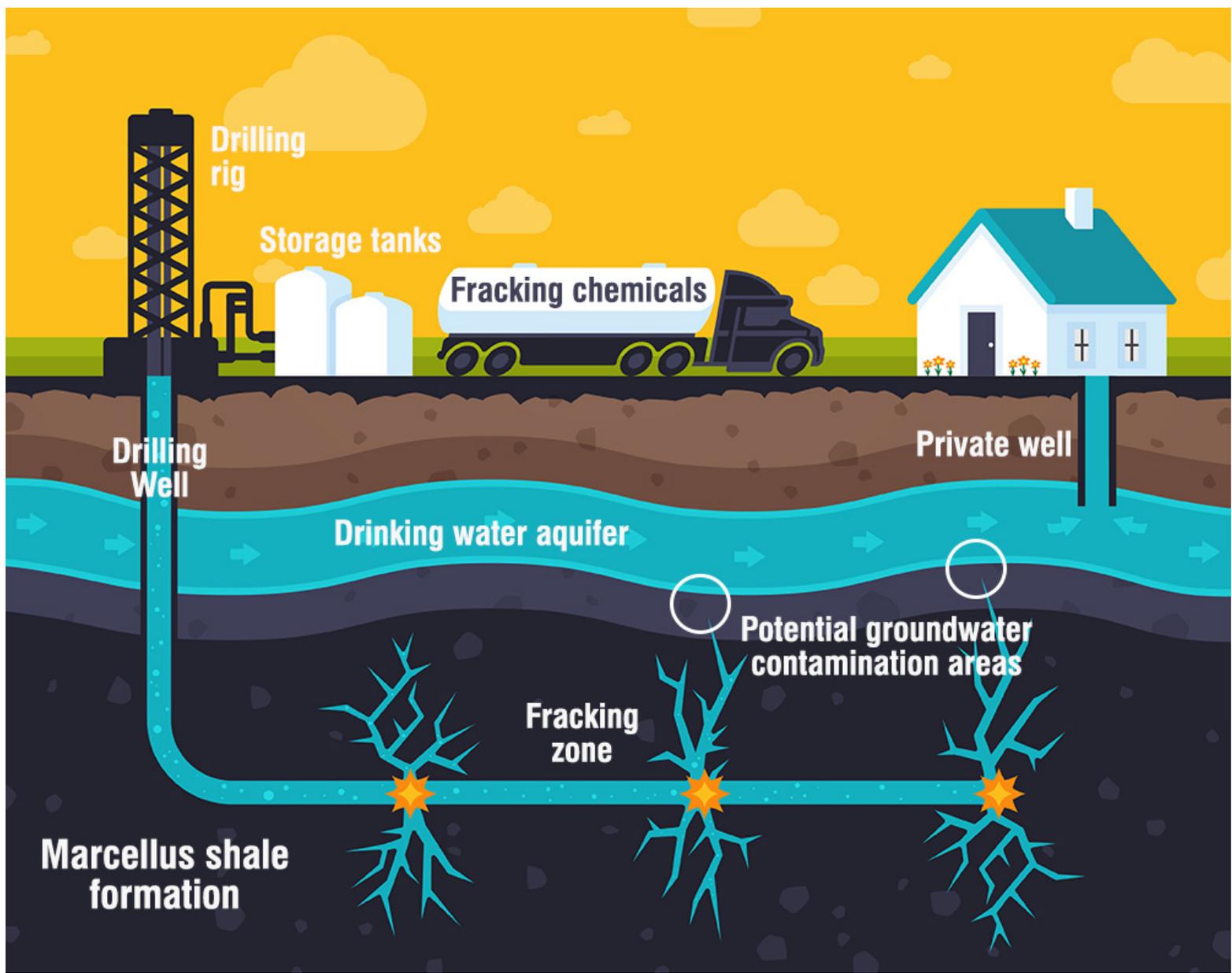
Tight Oil, Thight gas

Schiefergas

Fracking: Schiefergas und Tight oil



Frackingfluide: Gefahr der Grundwasserkontamination



Dokumentarfilme zu Fracking

A Film by Josh Fox

BEST DOCUMENTARY WINNER
ENVIRONMENTAL MEDIA ASSOCIATION

SPECIAL JURY PRIZE DOCUMENTARY WINNER
SUNDANCE FILM FESTIVAL

GASLAND — JOSH FOX
LENNON ONO GRANT FOR PEACE

ACADEMY AWARD NOMINEE
BEST FEATURE DOCUMENTARY



GASLAND

CAN YOU LIGHT YOUR WATER ON FIRE?

"Mesmerizing...warm-hearted...darkly humorous."
—Washington Post

"A brave and fearless film. Everyone should see it!"
—Michael Moore

"A masterpiece"
—Indiewire

2010

2013



FRACKNATION

A JOURNALIST'S SEARCH FOR THE FRACKING TRUTH

PRODUCED BY PHELIAM MCALEER, ANN MCELHINNEY, MACDOLENA SECHEDA
DIRECTED BY ANN MCELHINNEY, PHELIAM MCALEER
EDITED BY BEN HUDDELESTON, JOHN HAWKINS, BORIS ZELKIN, DEEJA MANCEY
EXECUTIVE PRODUCERS ANN MCELHINNEY, PHELIAM MCALEER, BARTON SIDLES, 3,305 KICKSTARTER BACKERS

PREMIERE **axstv** ON JAN 22, 9PM EST

Rohstoff Wasser

Wasser in der Umwelt

Niederschlagswasser

Oberflächengewässer

Bodenwasser

Grundwasser

Rohwasser = unbehandeltes Wasser

Schutzgut Wasser

Europäische Wasserrahmenrichtlinie (grenzübergreifend)

Guidelines for Drinking-water Quality (WHO 2008)

Wasserhaushaltsgesetz (Deutschland 2009)

Deutsche Trinkwasserverordnung (TrinkwV 2001)

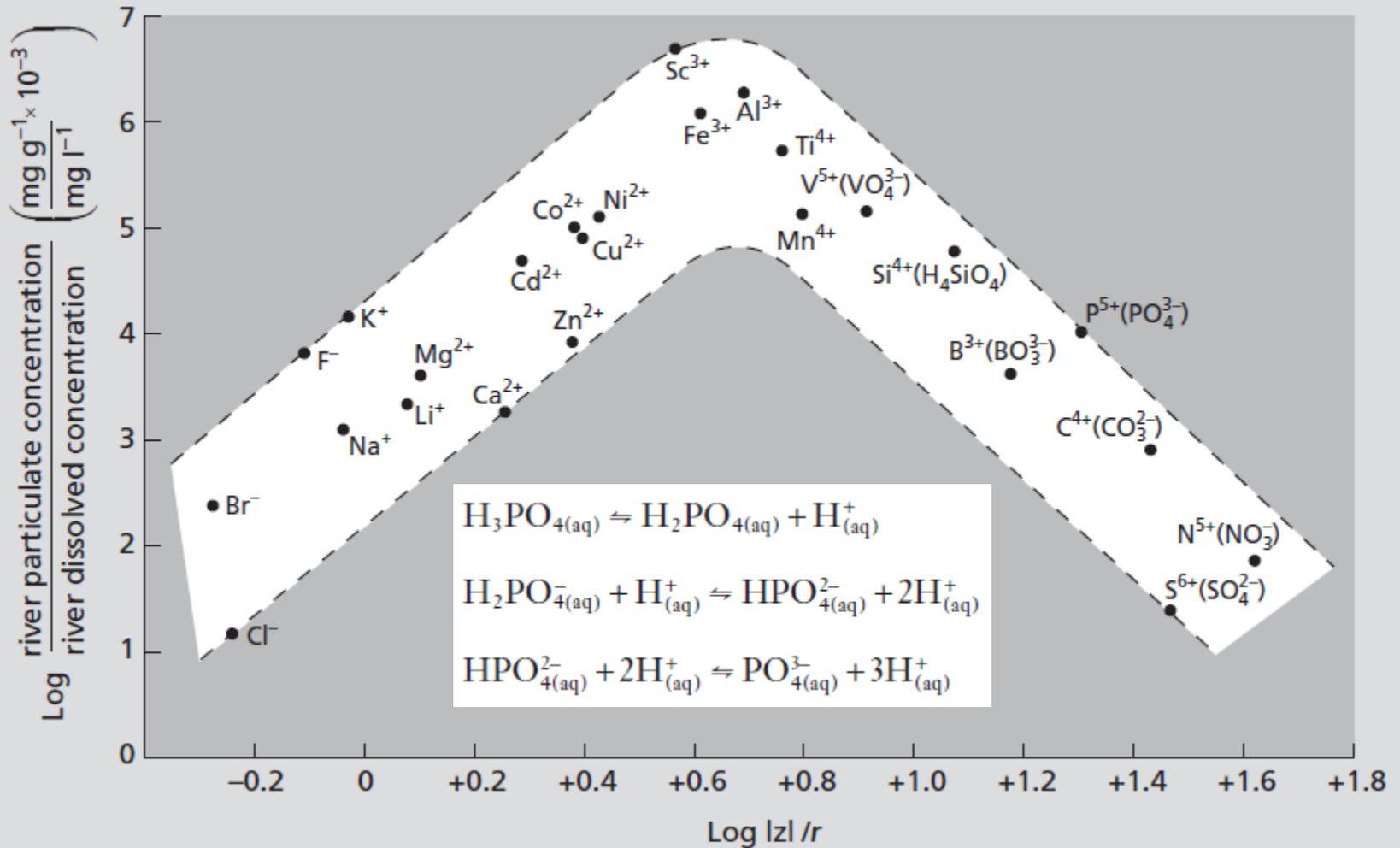


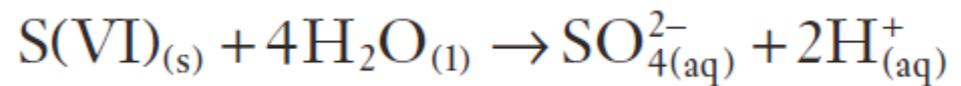
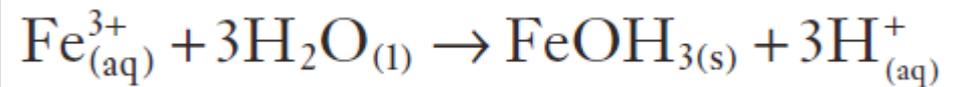
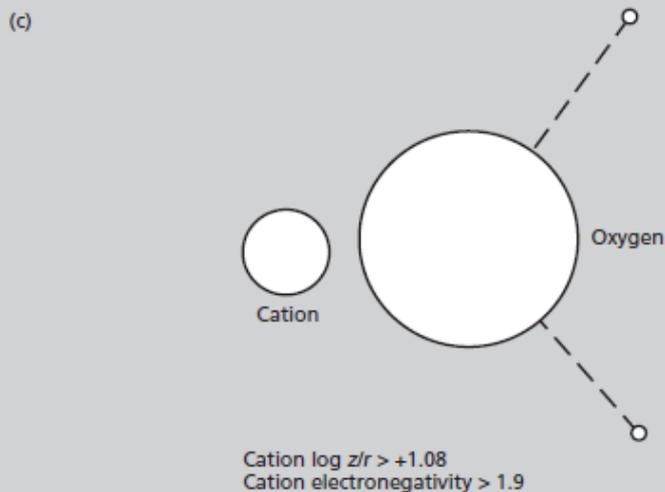
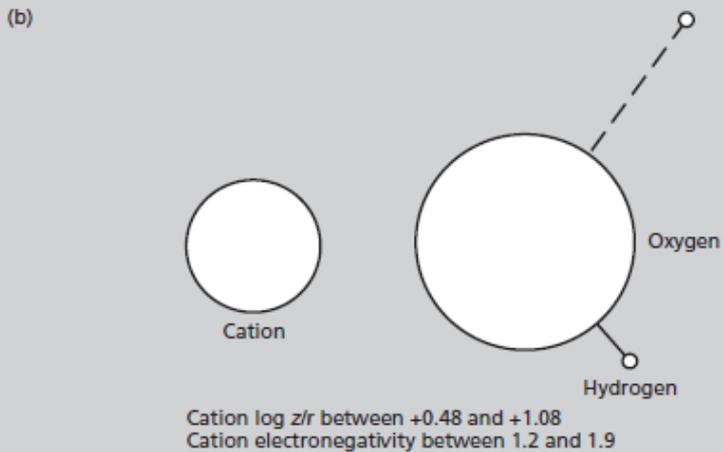
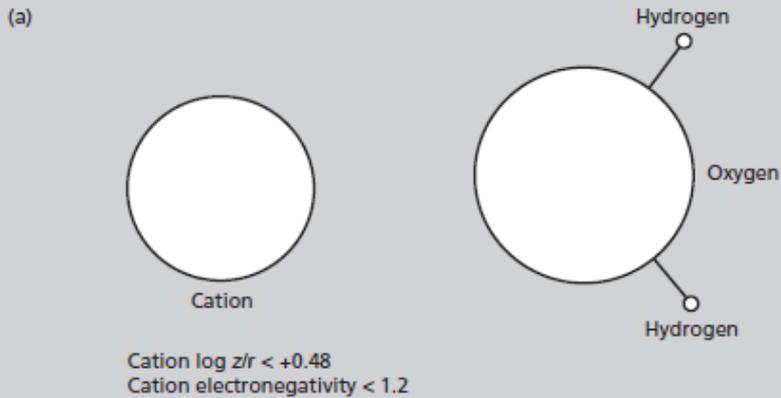
Süßwasser

Table 5.1 Comparison of the major cation composition of average upper continental crust (from Wedepohl 1995) and average riverwater (from Berner & Berner 1987); except aluminium and iron from Broecker and Peng (1982).

	Upper continental crust (mg kg ⁻¹)	Riverwater (mg kg ⁻¹)
Al	77.4	0.05
Fe	30.9	0.04
Ca	29.4	13.4
Na	25.7	5.2
K	28.6	1.3
Mg	13.5	3.4

Elementchemie Süßwasser





Oxyanion

Grundwasserchemie

Table 5.3 Chemical analyses of US groundwater from various rock types (mmol l^{-1}). Adapted from Todd (1980). This material is used by permission of John Wiley & Sons, Inc.

	Granite South Carolina	Metamorphic schist Georgia	Limestone Texas
Ca^{2+}	0.3	0.7	1.8
Mg^{2+}	0.2	0.2	0.4
Na^{+}	0.4	0.7	1.0
K^{+}	0.1	0.2	0.2
Cl^{-}	0.1	0.1	0.7
SO_4^{2-}	0.1	0.1	0.2
HCO_3^{-}	1.2	2.3	4.5
Al	0.004	0	—
Fe	0.003	0.002	0.001
SiO_2	0.6	0.35	0.18
$\text{Na}^{+}/(\text{Ca}^{2+} + \text{Na}^{+})$	0.57	0.50	0.36

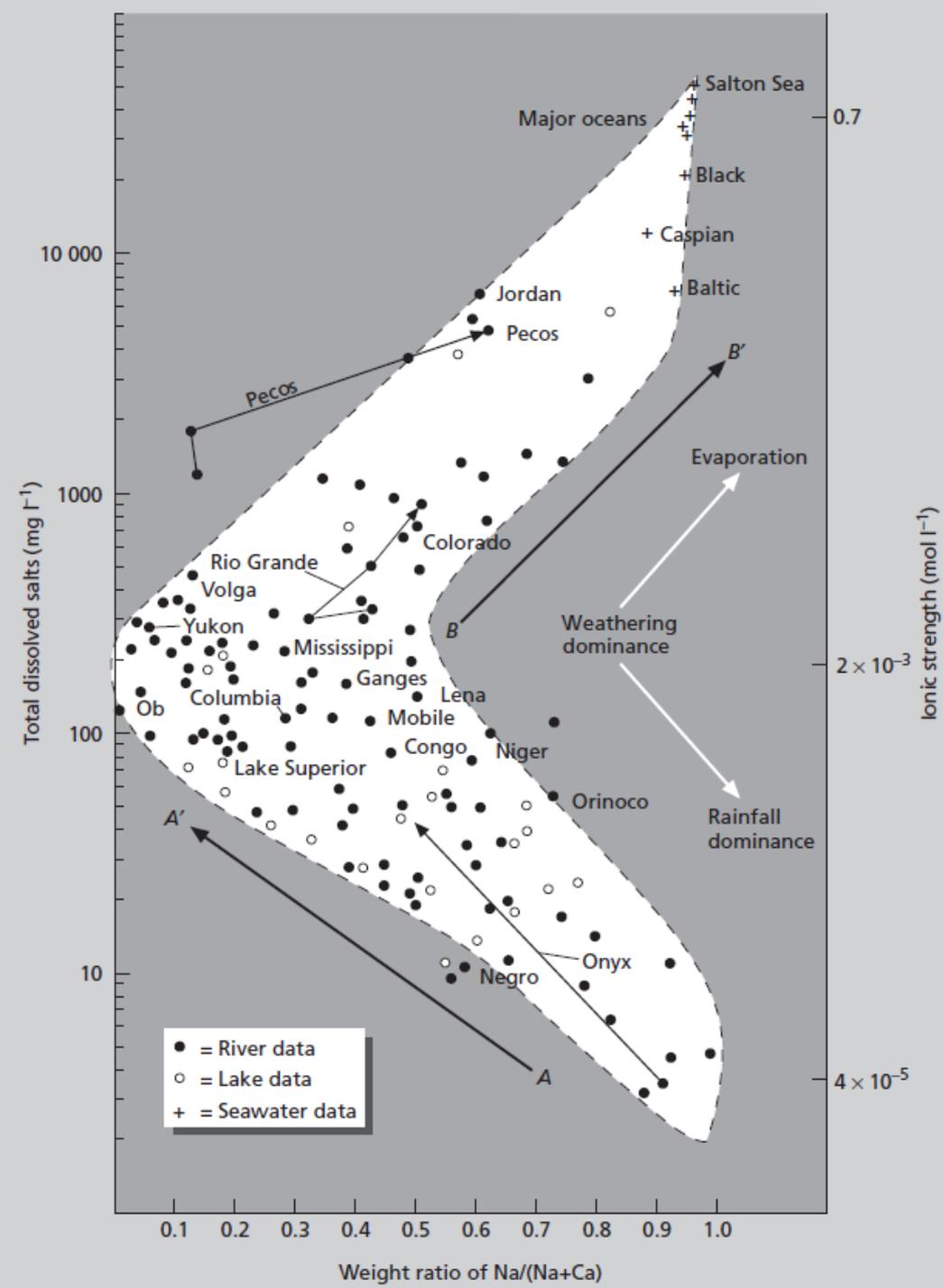
Wasserchemie und Verwitterungsregime

Table 5.2 Dissolved major ion composition (mmol l^{-1}) of some major rivers. Data from Meybeck (1979); except Rio Grande from Livingston (1963).

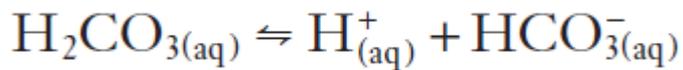
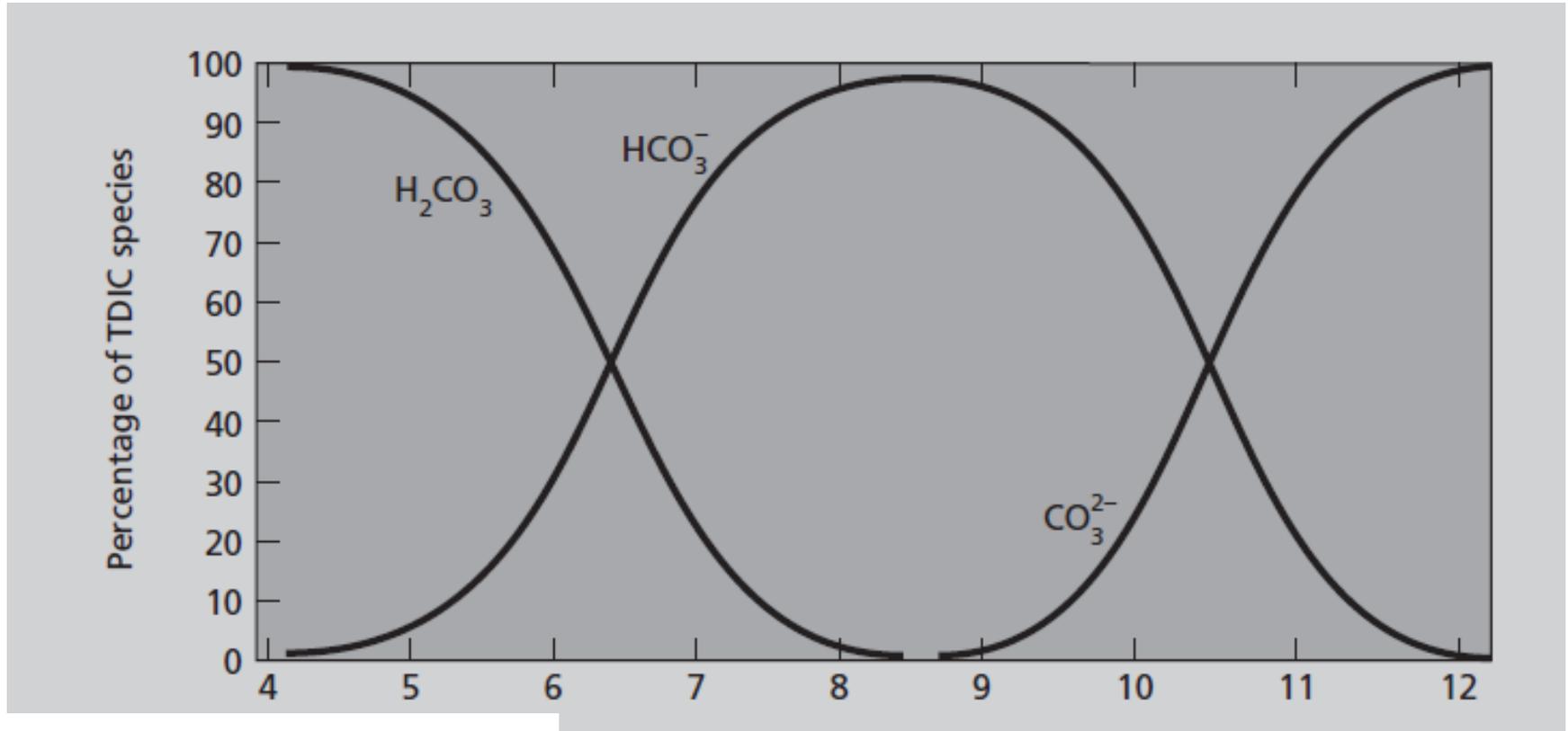
	Mackenzie (1)	Orinoco (2)	Ganges (3)	Rio Grande (4)
Ca^{2+}	0.82	0.08	0.61	2.72
Mg^{2+}	0.43	0.04	0.20	0.99
Na^+	0.30	0.06	0.21	5.10
K^+	0.02	0.02	0.08	0.17
Cl^-	0.25	0.08	0.09	4.82
SO_4^{2-}	0.38	0.03	0.09	2.48
HCO_3^-	1.82	0.18	1.72	3.00
SiO_2	0.05	0.19	0.21	0.50

Drainage basin characteristics: (1) northern arctic Canada; (2) tropical northern South America; (3) southern Himalayas; (4) arid southwestern North America.

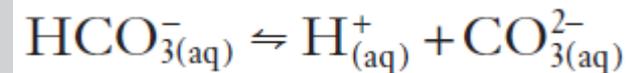
Lösungsfracht von Flüssen



Alkalinität



pH



$$K_1 = \frac{a\text{H}^+ \cdot a\text{HCO}_3^-}{a\text{H}_2\text{CO}_3} = 10^{-6.4}$$

$$K_2 = \frac{a\text{H}^+ \cdot a\text{CO}_3^{2-}}{a\text{HCO}_3^-} = 10^{-10.3}$$

für pH 8 (pH = $-\log_{10} a\text{H}^+$) gilt:

$$a\text{HCO}_3^- = \frac{10^{-8} \cdot a\text{CO}_3^{2-}}{10^{-10.3}} = \frac{1 \times 10^{-8} \cdot a\text{CO}_3^{2-}}{5 \times 10^{-11}} = 200 a\text{CO}_3^{2-}$$

Beeinflussung von Niederschlagswässern

Anthropogene Faktoren

Belastung der Niederschlagswässer durch Verkehr (Blei), Industrieanlagen (Zink, Blei, Kupfer, Cadmium, Arsen), anthropogene Feinstäube (1 μm)

Land- und Forstwirtschaft

Düngung \rightarrow Eutrophierung, Schädlingsbekämpfung

Bautätigkeiten

Abflussprobleme, Hochwasserereignisse, Versickerungsproblematik

Urbane Wärmeinseln

Erhöhte Grundwassertemperaturen

Straßensalzung

Erhöhung der Mineralisation; veränderte Böden "Straßenrandböden"

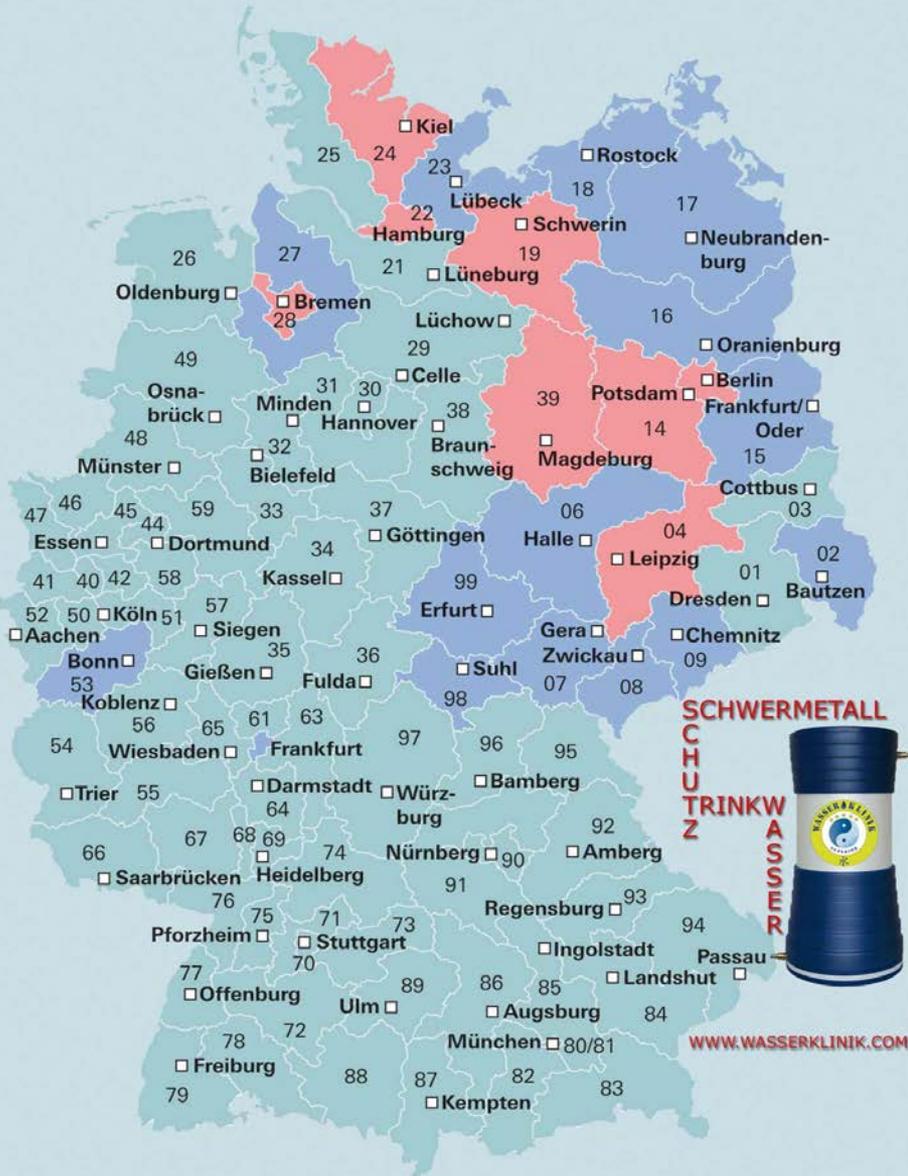
Schwermetalle im Trinkwasser

	Grenzwert
Blei	0,01 mg/L (ab 2013)
Kupfer	2 mg/L
Eisen*	0,2 mg/L (technische Vorgabe)
Zink	5 mg/L (Richtwert)
Cadmium	0,005 mg/L
Arsen	0,01 mg/L

*Zur Deckung des täglichen Bedarfs sind ca. 5-30 mg Eisen erforderlich, die mit der Nahrung oder dem Trinkwasser aufgenommen werden

Vor allem in unianisierten Ost- und Nord-Deutschlands leidet die Qualität des Trinkwassers noch häufig unter alten Bleirohren.

Blei im Trinkwasser

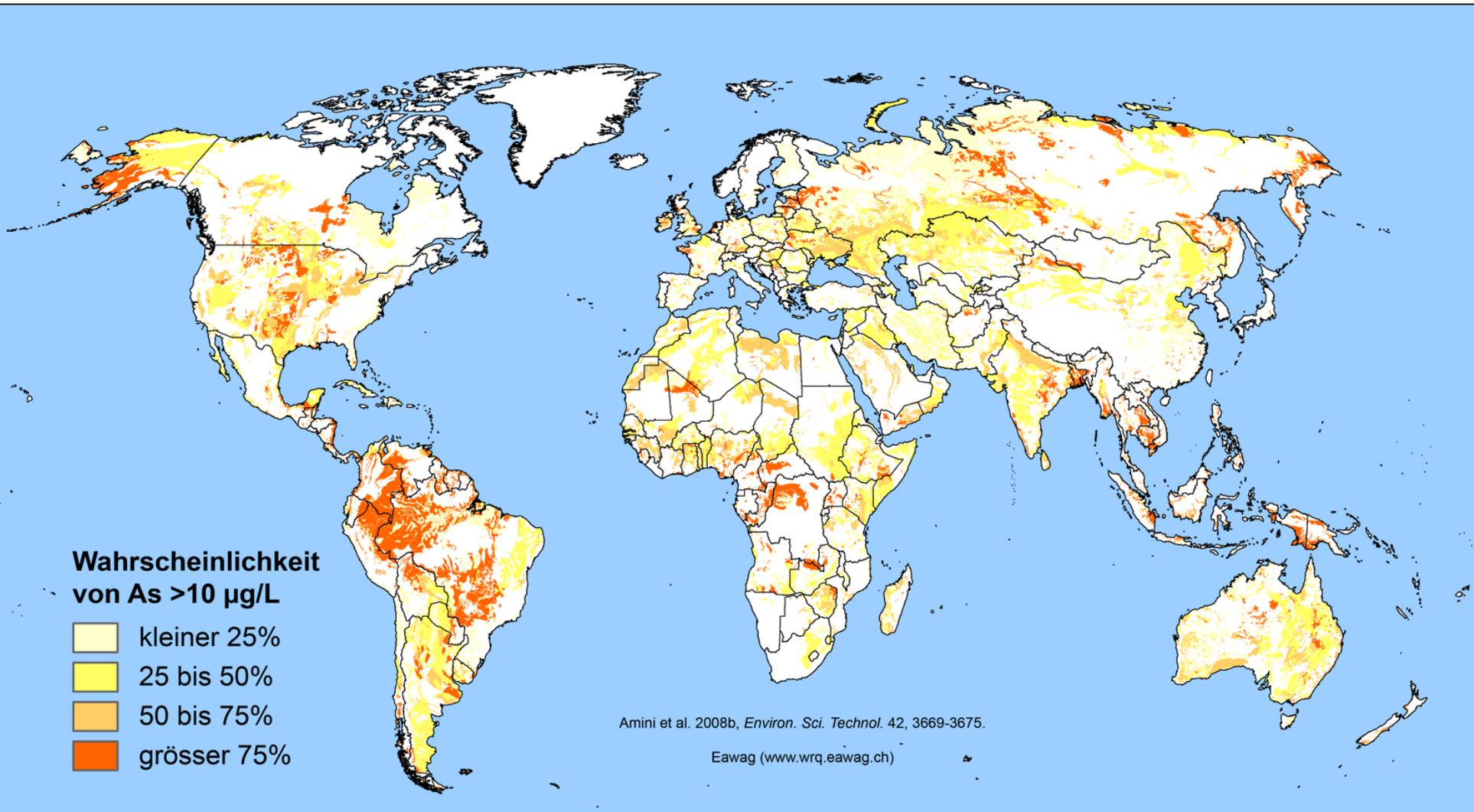


Risiko: Postleitregionen mit überdurchschnittlich häufig erhöhter Bleikonzentration in Trinkwasserproben (siehe „So sind wir vorgegangen“): Mehr als 5 Prozent unserer Proben enthielten mehr als 25 Mikrogramm Blei pro Liter.

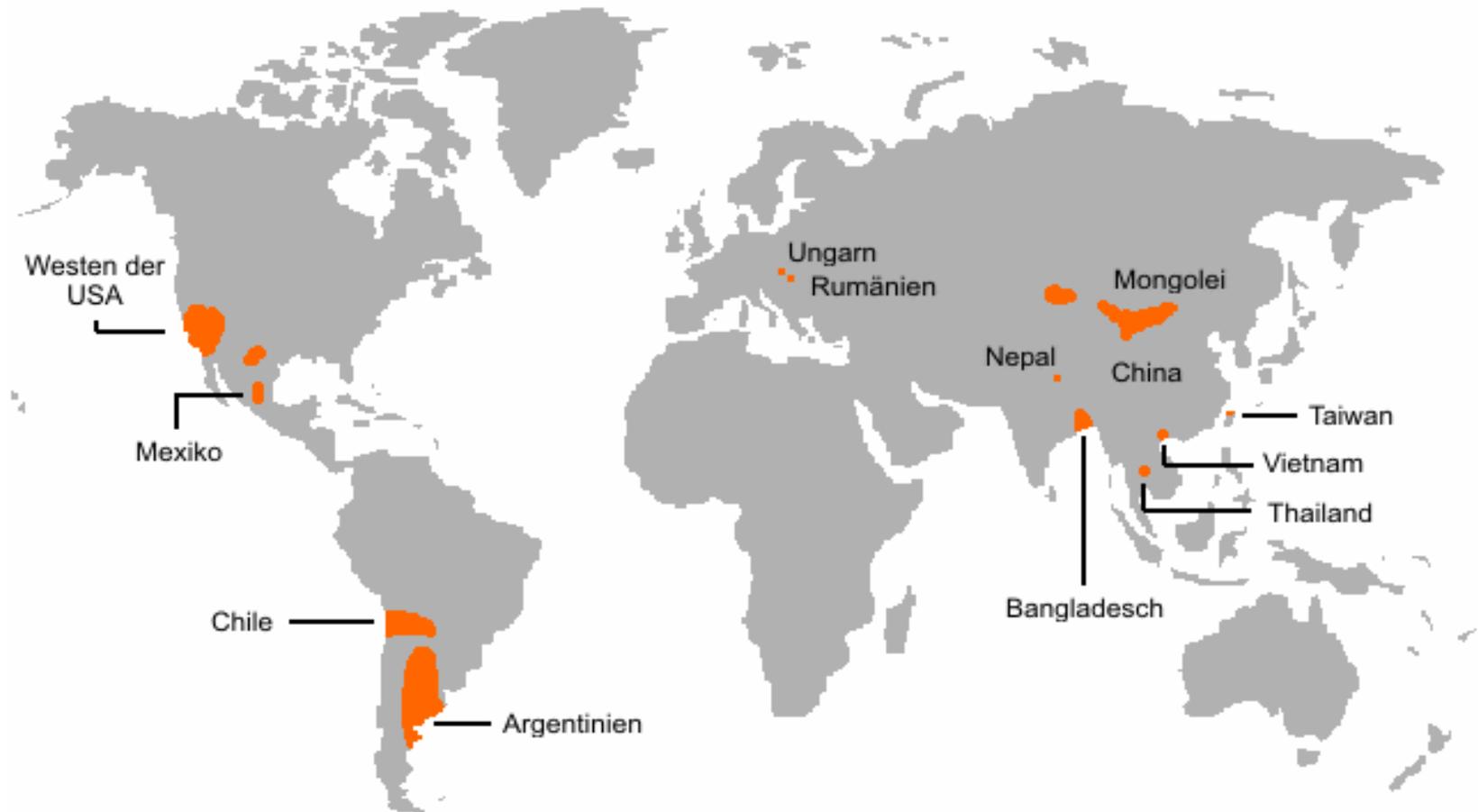
Deutliche Verbesserung: Postleitregionen, die bei früheren Auswertungen durch überdurchschnittliche Bleibelastungen aufgefallen waren, jetzt aber bei aktuelleren Analysen nur noch seltener oder sogar nie überhöhte Werte aufwiesen.

Geringes Risiko: Postleitregionen, in denen wir nie oder nur in Ausnahmefällen überhöhte Bleigehalte gemessen haben.

Arsen im Grundwasser



Arsen im Grundwasser



Beispiel Bangladesch

primäre Arsenquellen: Sedimente, As-führende Kohle, Sulfiderze aus Himalaya

Arsen im Grundwasser

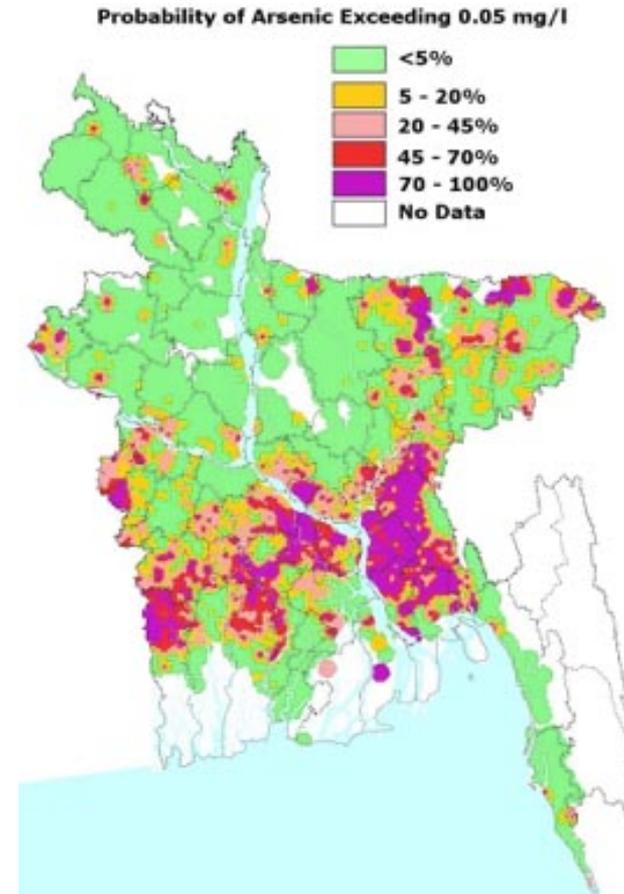
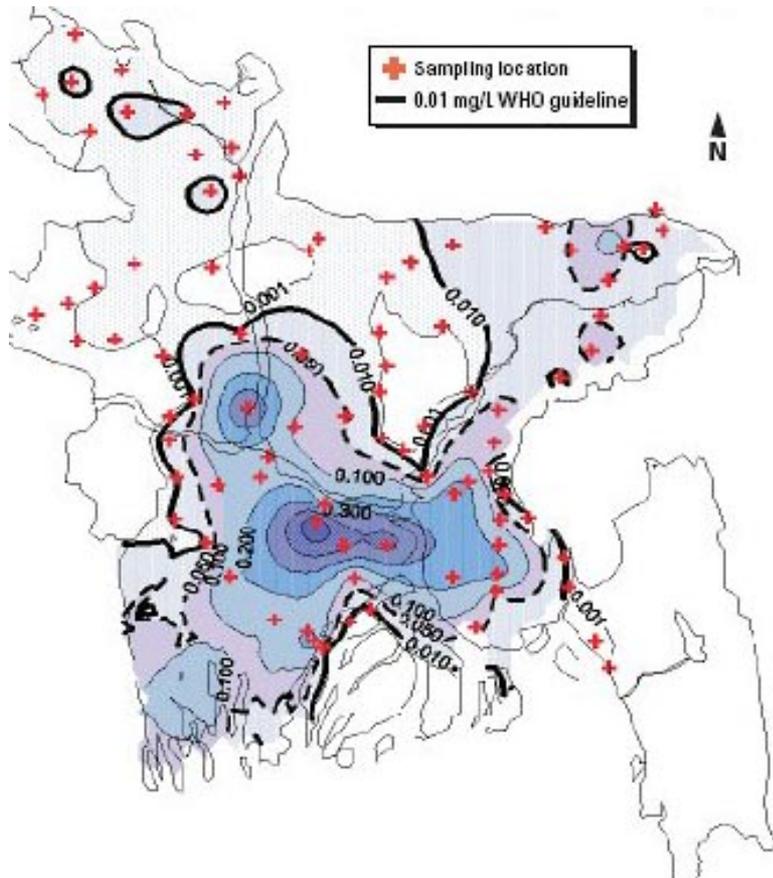
Oberflächenwasser mit
Krankheitserregern
kontaminiert

Bau von Röhrenbrunnen

Steigende Arsenbelastung



As im Grundwasser, Bangladesh



Röhrenbrunnen in Bangladesh
Ganges, Brahmaputra und Meghna Delta

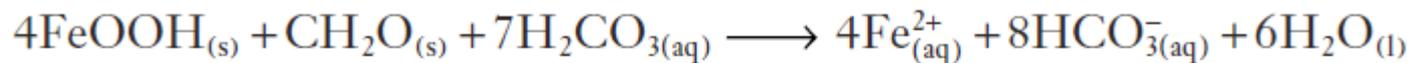
Freisetzung von As durch:

Änderungen in den Redox-Bedingungen

Übermäßige Grundwassernutzung (Bewässerung), senkt den Grundwasserspiegel ab und gestattet dem Luftsauerstoff, das im Ton befindliche Arsen freizusetzen.

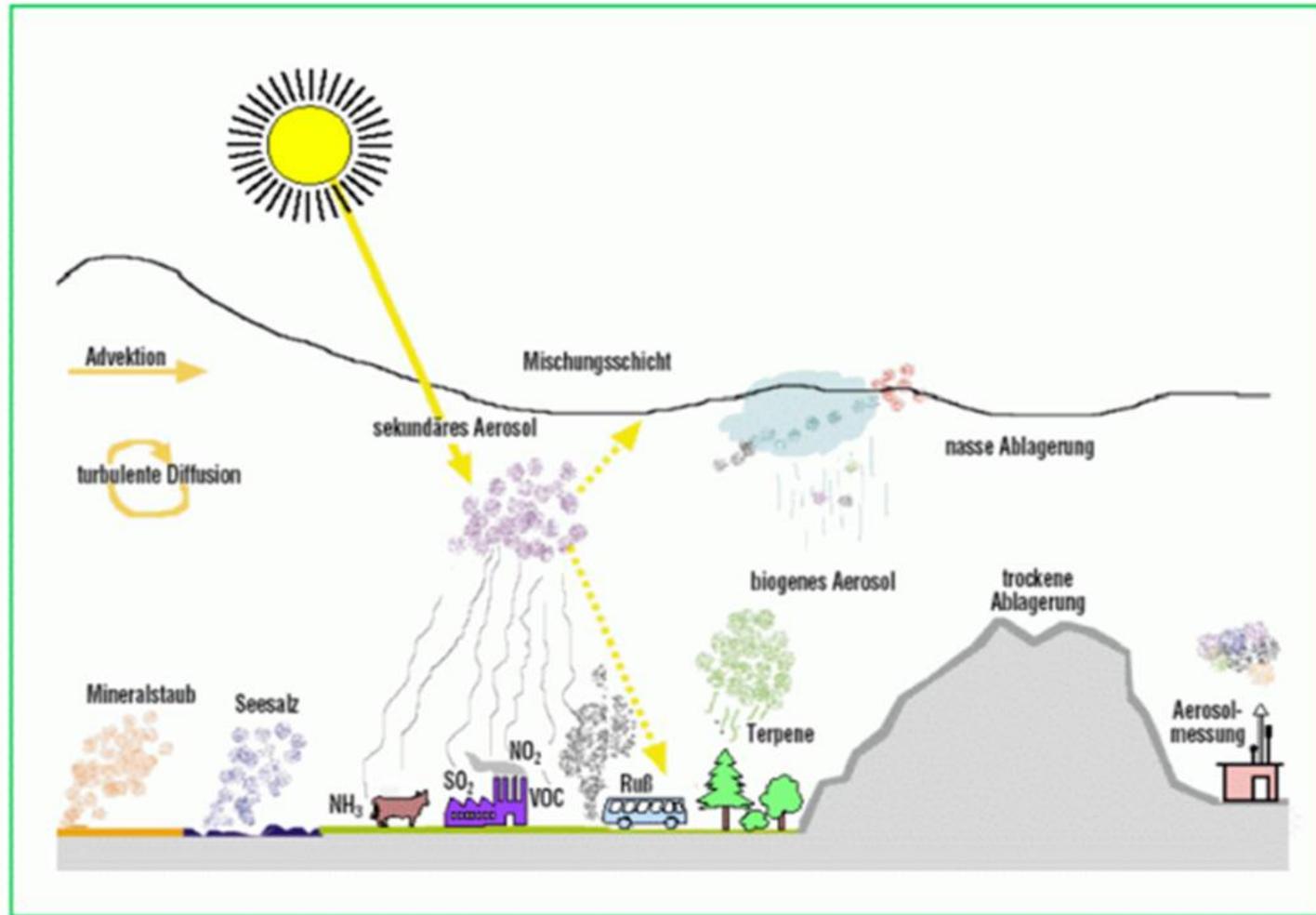
Starkes Redox-Gefälle zwischen belüftetem (Oxidationszone) und wassergesättigtem Sediment führt zur Bildung von Eisen(III)-oxidhydrat, das bis zu 800 ppm Arsenat enthalten kann

mikrobielle Reduktion As-führender Eisenoxide setzt As frei:



eqn. 5.26

Feinstäube / Aerosole



B. Vogel

Quelle: KIT

Feinstäube / Aerosole

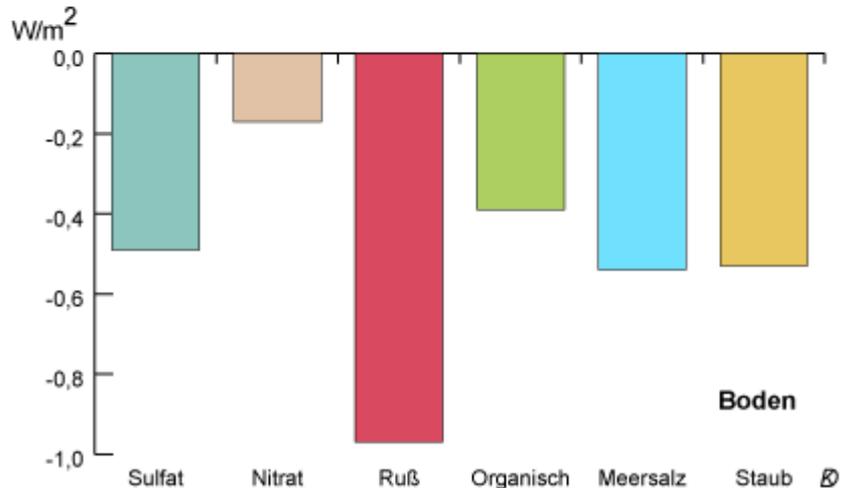
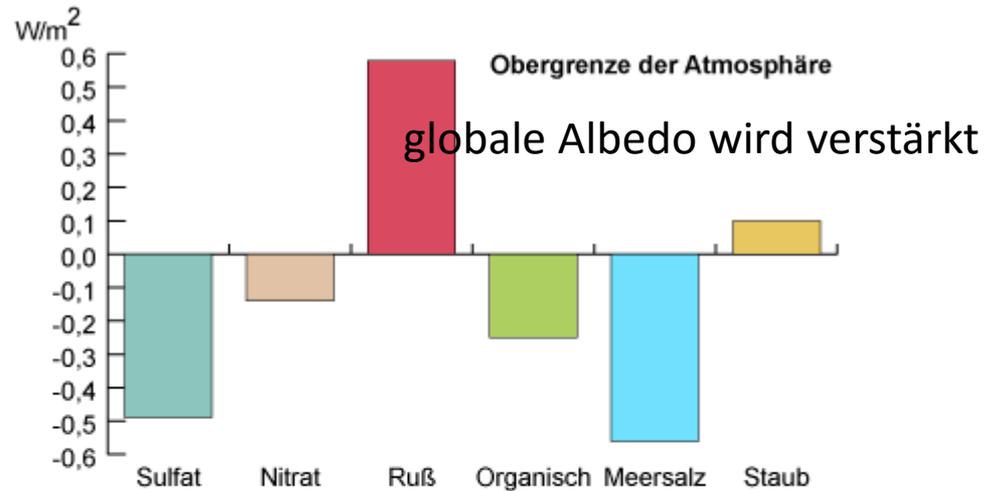
Mineralstaub

Bodenpartikel

Meersalz

Ruß (Waldbrände)

Globale direkte Strahlungswirkung durch Aerosole



Land- und Forstwirtschaft

Wesentliche Belastungsfaktoren des Grundwassers in Deutschland sind Nitrat und Pflanzenschutzmittel aus der Landwirtschaft



(Über)-
Düngung



Beispiel Phosphor:

im Wasser oder in Bodenlösung als Phosphat-Anionen

Überdüngung → Eutrophierung

entgegenwirken durch chemische P-Fällung, z.B.: $\text{Fe}^{3+} + \text{PO}_4^{3-} \rightarrow \text{FePO}_4$

Land- und Forstwirtschaft

Schädlingsbekämpfung



In Deutschland jährlich
30.000 Tonnen Pestizide
auf Äcker, Obstplantagen
und Weinberge



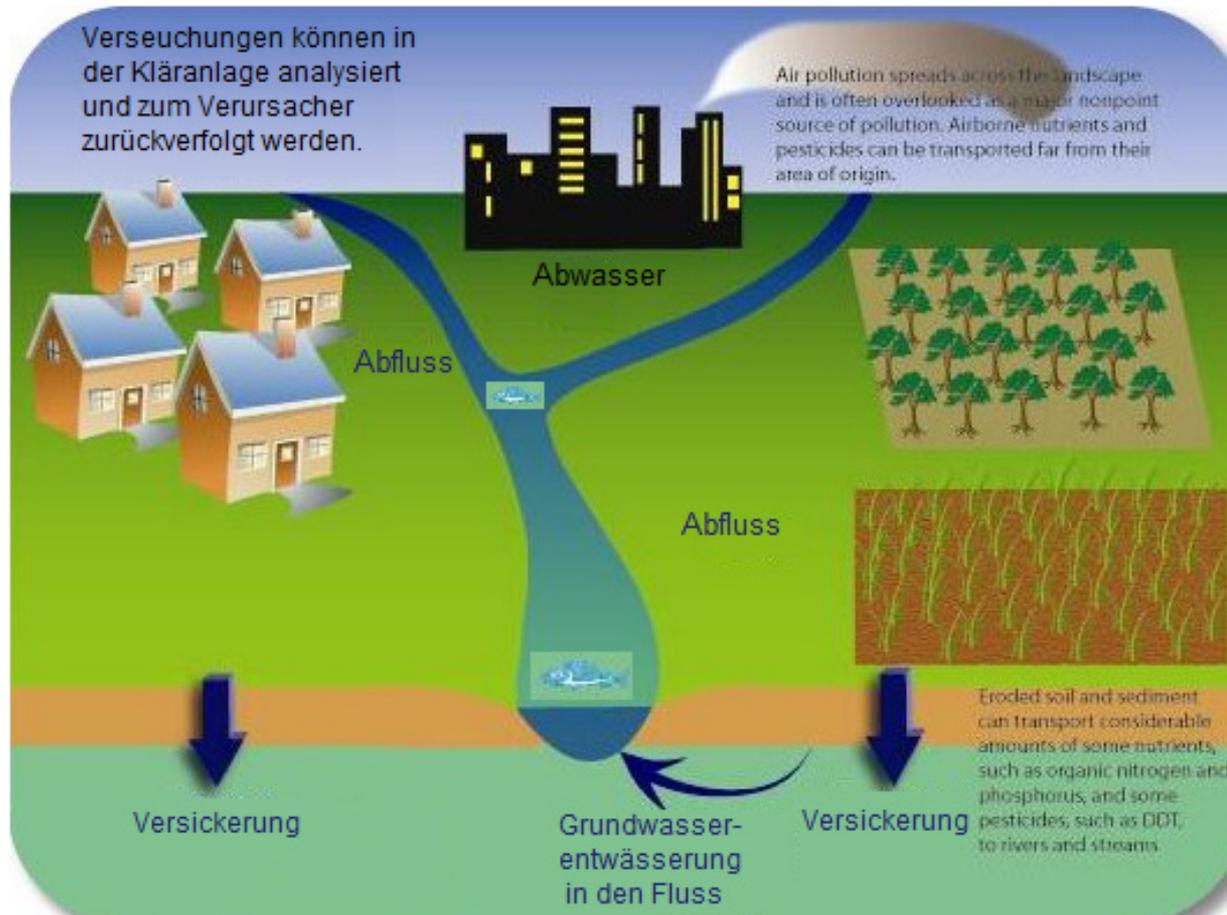
Pestizid-Screening: Tee

Pestizid-Screening in Tee

2-Phenylphenol 0.01 0.003 mg/kg	Chlorobenzilate 0.01 0.003 mg/kg	PCB 101 0.01 0.003 mg/kg
2,4-D 0.01 0.003 mg/kg	Chlorobenzuron 0.01 0.003 mg/kg	PCB 118 0.01 0.003 mg/kg
2,4-D, total	Chloroneb 0.02 0.006 mg/kg	PCB 138 0.01 0.003 mg/kg
2,4'-Formoxylidid 0.01 0.003 mg/kg	Chloropropylate 0.01 0.003 mg/kg	PCB 153 0.01 0.003 mg/kg
3-Hydroxycarbofuran 0.01 0.003 mg/kg	Chlorothalonil 0.01 0.003 mg/kg	PCB 180 0.01 0.003 mg/kg
3,4,5-Trimethacarb 0.01 0.003 mg/kg	Chlorpropham 0.01 0.003 mg/kg	PCB 28 0.01 0.003 mg/kg
4-CPA 0.01 0.003 mg/kg	Chlorpyrifos (-ethyl) 0.01 0.003 mg/kg	PCB 52 0.01 0.003 mg/kg
Abamectin (Sum)	Chlorpyrifos 0.01 0.003 mg/kg	Penconazole 0.01 0.003 mg/kg
Acephate 0.05 0.02 mg/kg	Chlorpyrifos-methyl 0.01 0.003 mg/kg	Pencycuron 0.01 0.003 mg/kg
Acetamiprid 0.01 0.003 mg/kg	Chlorpyrifos-methyl 0.01 0.003 mg/kg	Pendimethalin 0.01 0.003 mg/kg
Acetochlor 0.01 0.006 mg/kg	Chlorthal-d-methyl 0.01 0.003 mg/kg	Pentachloroaniline 0.02 0.006 mg/kg
Acibenzolar-s-methyl 0.01 0.003 mg/kg	Chlorthion 0.05 0.02 mg/kg	Pentachloroanisole 0.02 0.006 mg/kg
Acifluorfen 0.01 0.003 mg/kg	Chlozolinate 0.02 0.006 mg/kg	Pentachlorobenzene 0.01 0.003 mg/kg
Aclonifen 0.05 0.02 mg/kg	Chromafenozid 0.01 0.003 mg/kg	Permethrin 0.02 0.006 mg/kg
Acrinathrin 0.01 0.003 mg/kg	Clethodim 0.01 0.003 mg/kg	Phenacaston 0.05 0.02 mg/kg
Alachlor 0.05 0.02 mg/kg	Clofentezine 0.01 0.003 mg/kg	Phenothrin 0.02 0.006 mg/kg
Aldicarb (Sum)	Clomazone 0.01 0.003 mg/kg	Phenthoate 0.02 0.006 mg/kg
Aldicarb 0.05 0.02 mg/kg	Clothianidin 0.01 0.003 mg/kg	Phorate (Sum)
Aldicarb-sulfone 0.01 0.003 mg/kg	Crofosmate 0.02 0.006 mg/kg	Phorate 0.02 0.006 mg/kg
...

Pestizide im Grundwasser

Pestizide gelangen über den Wasserkreislauf ins Grundwasser

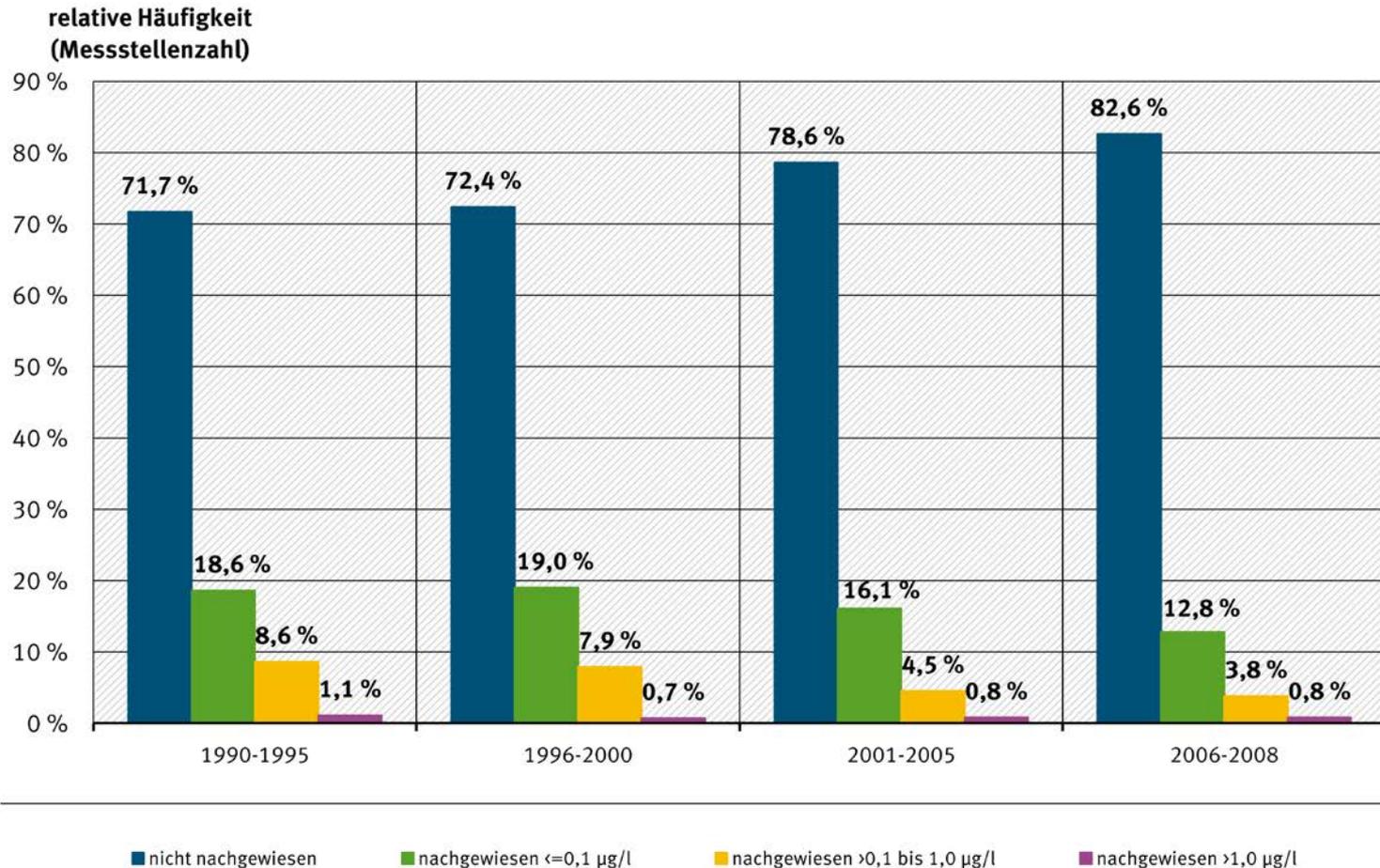


Die Luftverschmutzung verteilt sich über die gesamte Landschaft und bleibt oft unbeachtet. In der Luft können sich neue Schadstoffe bilden, und auch Pestizide können weit verfrachtet werden.

Verfrachtungen von Erde und Sedimenten können beträchtliche Nährstoffe enthalten wie organisches Nitrogen und phosphorische Nährstoffe, ebenso Pestizide wie DDT, und dies geht dann alles in die Bäche und Flüsse.

Pestizid-Sceening: Grundwasser, Deutschland

Häufigkeitsverteilungen der Pflanzenschutzmittel-Befunde in oberflächennah verfilterten Messstellen im Grundwasser Deutschlands*



* höchster Einzelsubstanz-Messwert der letzten Grundwasserprobe im Betrachtungsraum

Quelle: 3. PSM-Bericht der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA)

Quelle: Umweltbundesamt

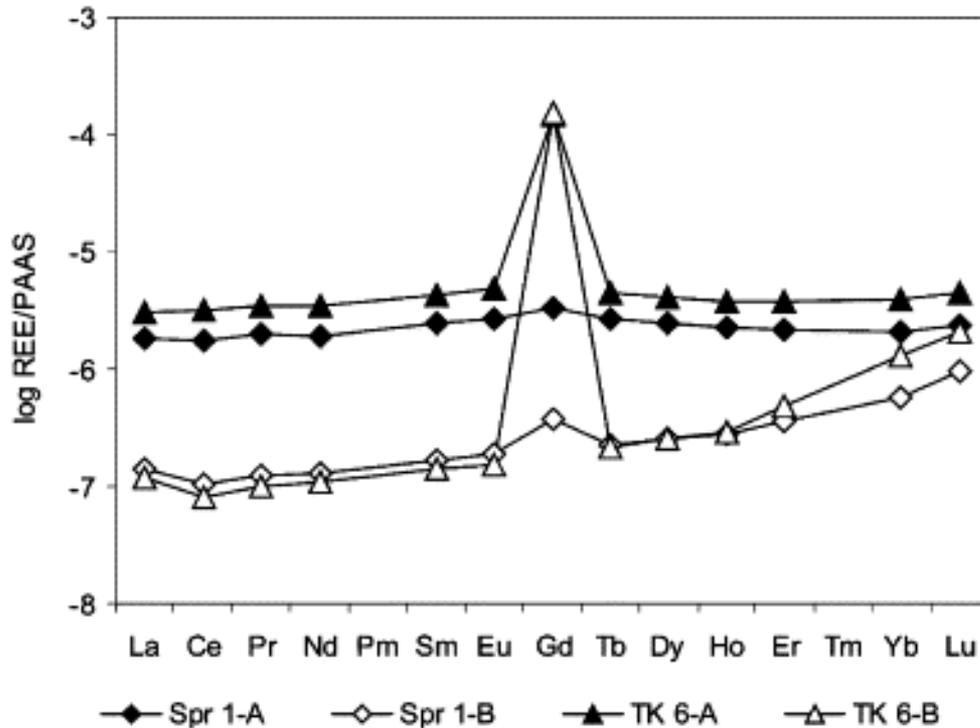
Urbane Einflüsse

Urbane Hydrogeologie

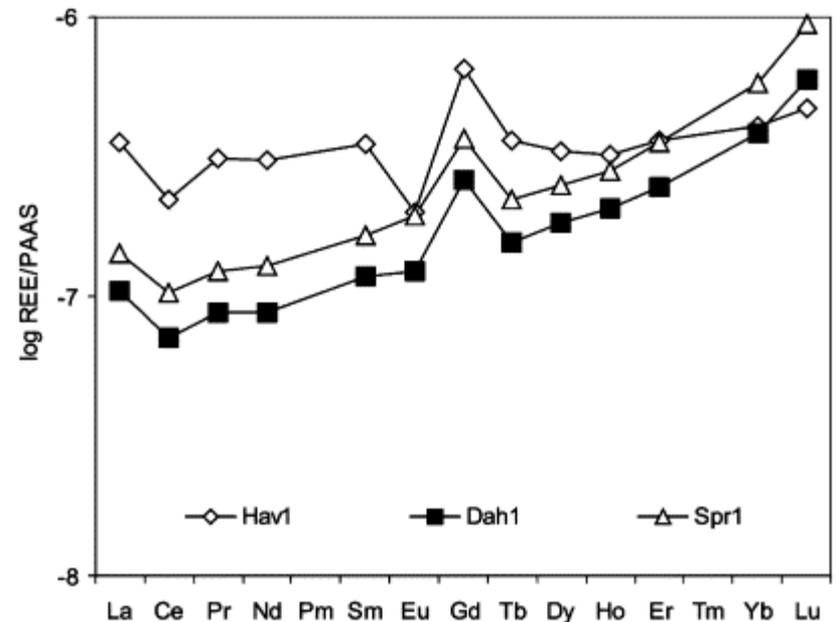
Indikatorsubstanzen

Beispiell Gadolinium

PAAS-normalised REE patterns of unfiltered water (A) and filtered water samples (B) from the river Spree (Spr 1) and Teltow canal (TK6)



PAAS-normalised REE patterns of water samples from the rivers Spree (Spr 1) Dahme (Dah 1) and Havel (Hav 1) before entering city area of Berlin



Quelle: Knappe et al. (2005)

Regenwasserbewirtschaftung

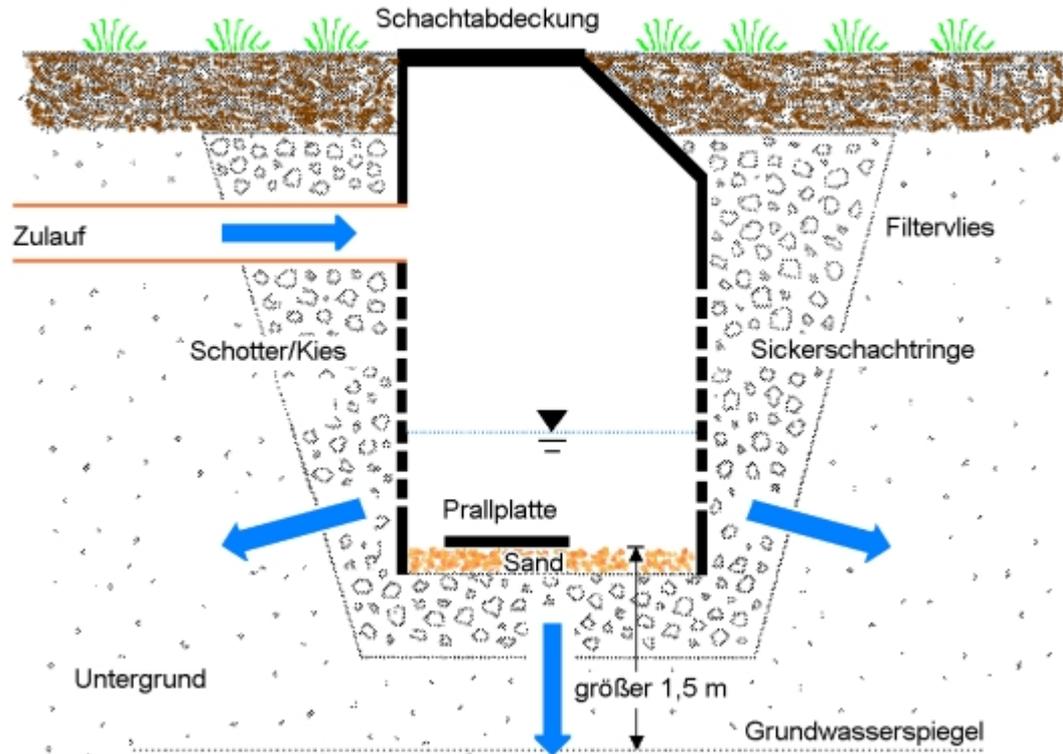
Versickerungsschächte

Ölabscheider (auf Parkflächen), Bodenfilter

Einsatz von Gründächern

Wasserdurchlässige Flächenbelege

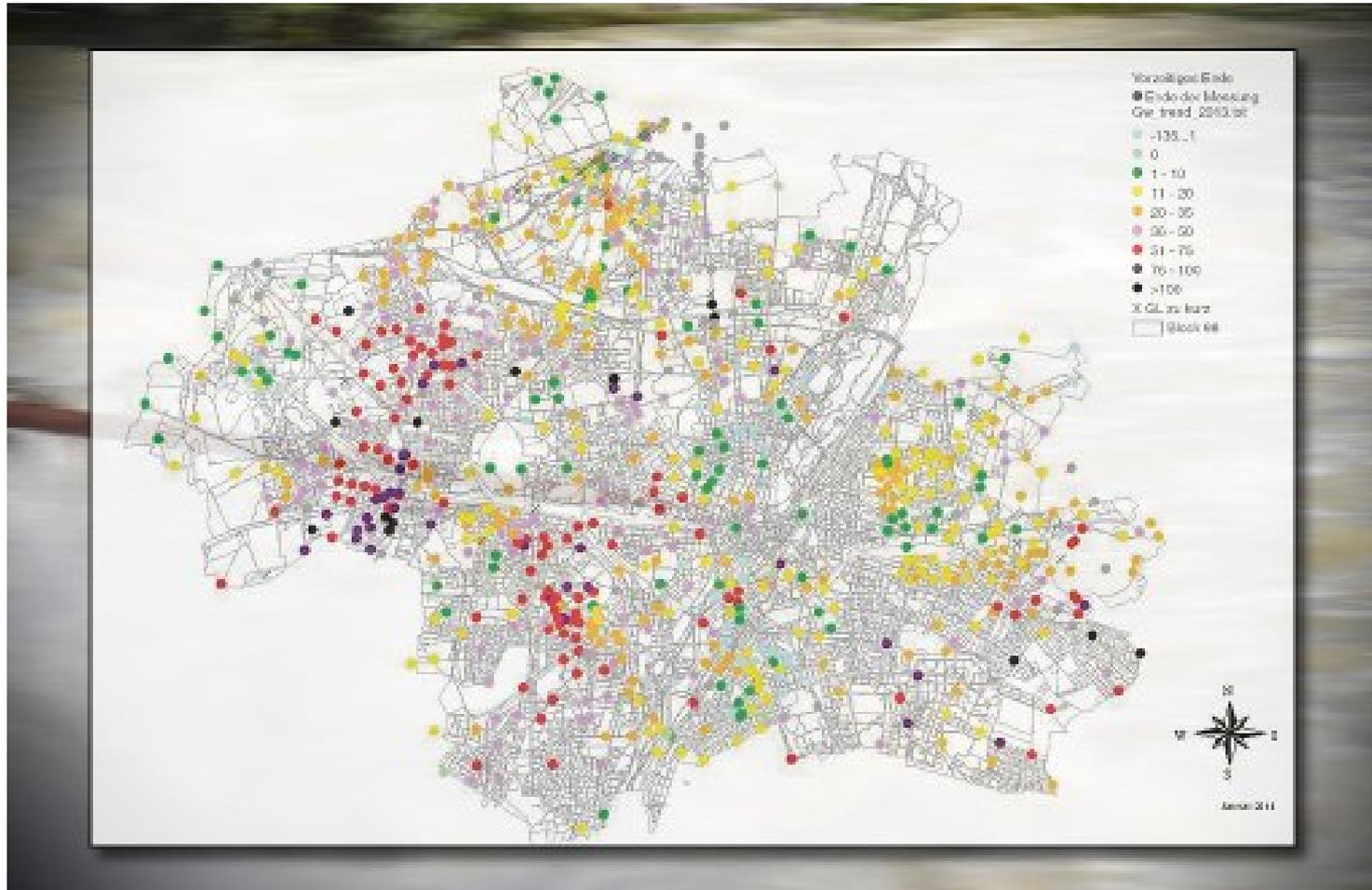
Versickerungsschacht



Punktuelle Versickerung von Niederschlagswässern kann zu lokalen Aufwölbungen des Grundwasserspiegels führen

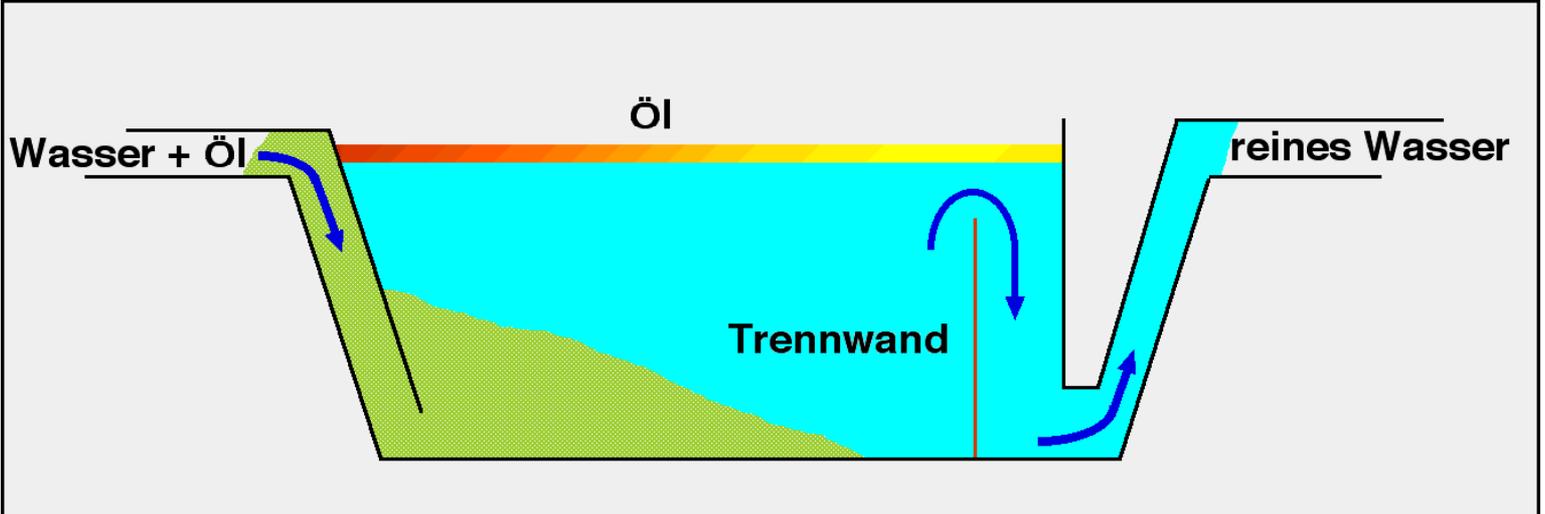
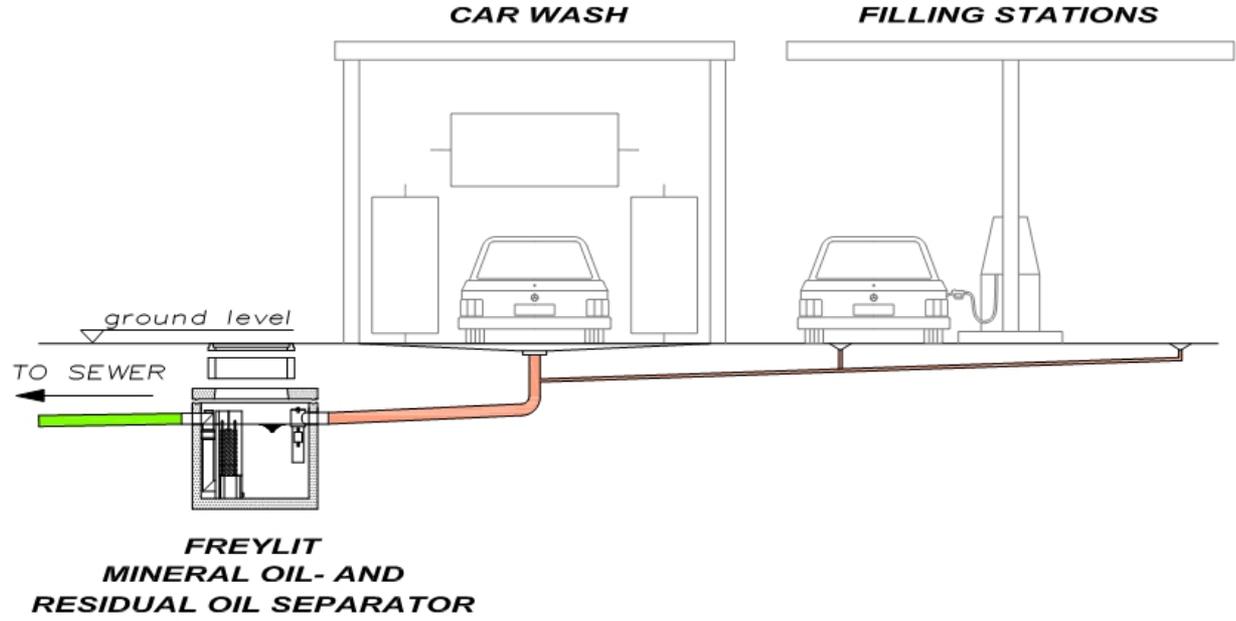
Grundwasseraufwölbungen (Beispiel München)

Ursachen: Bodenverdichtung, Klimaänderungen, punktuelle Versickerung von Niederschlagswässern



Grundwasser-Anstieg in München an den Messstellen seit 1980. An den roten Punkten stieg das Wasser mehr als 50 cm.

Ölabscheider



Umgang mit Regenwasser

Ziele:

Förderung der Verdunstung

Erhöhung der Versickerung

Verringerung des Oberflächenabflusses

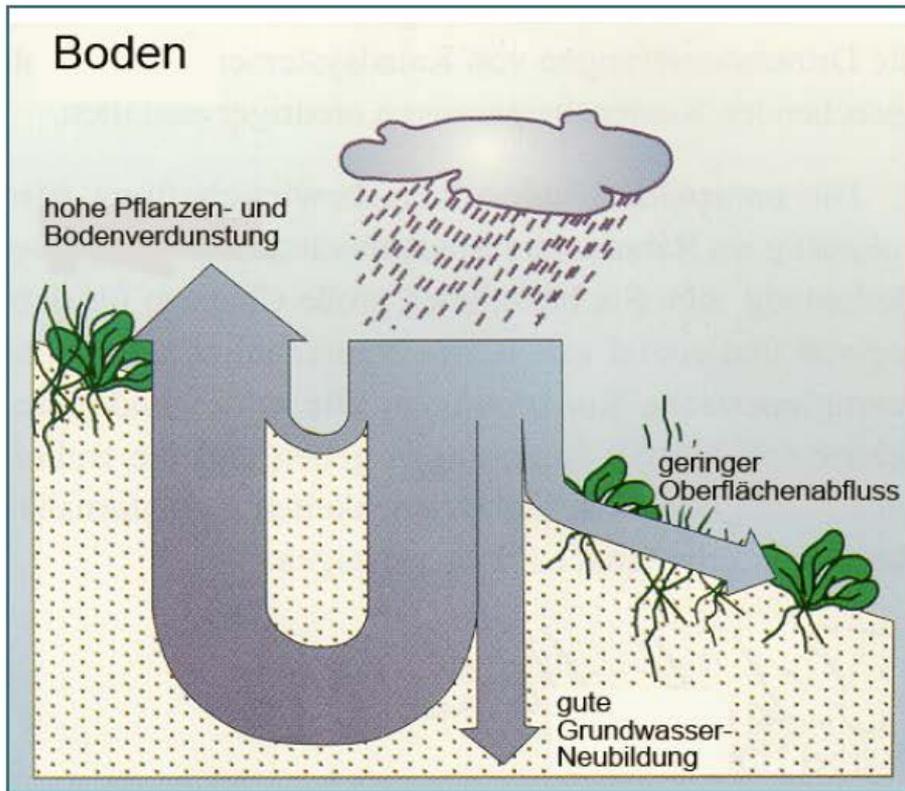


Abb. 1: Wege des Niederschlags auf natürlichem Untergrund

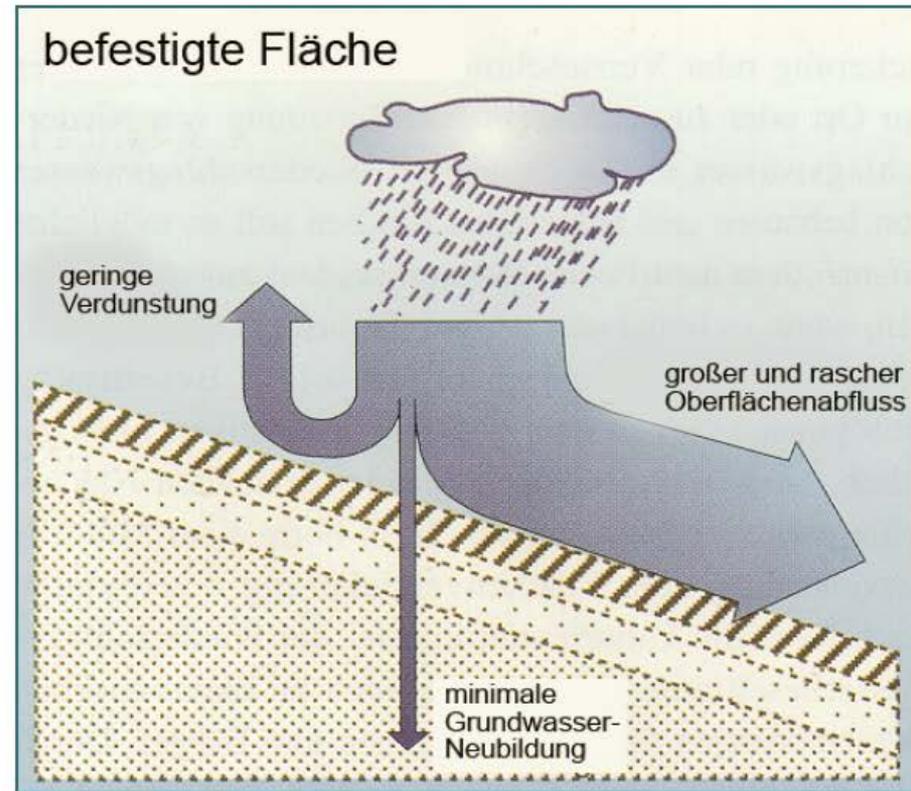
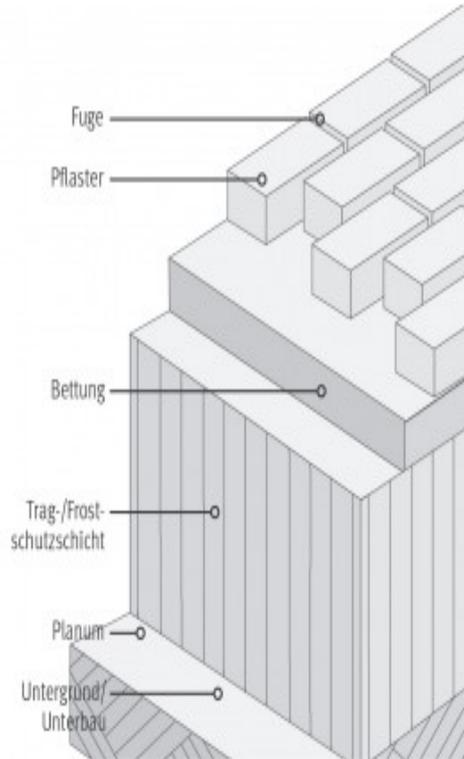


Abb. 2: Wege des Niederschlags auf befestigtem Untergrund

Wasserdurchlässige Flächenbelege

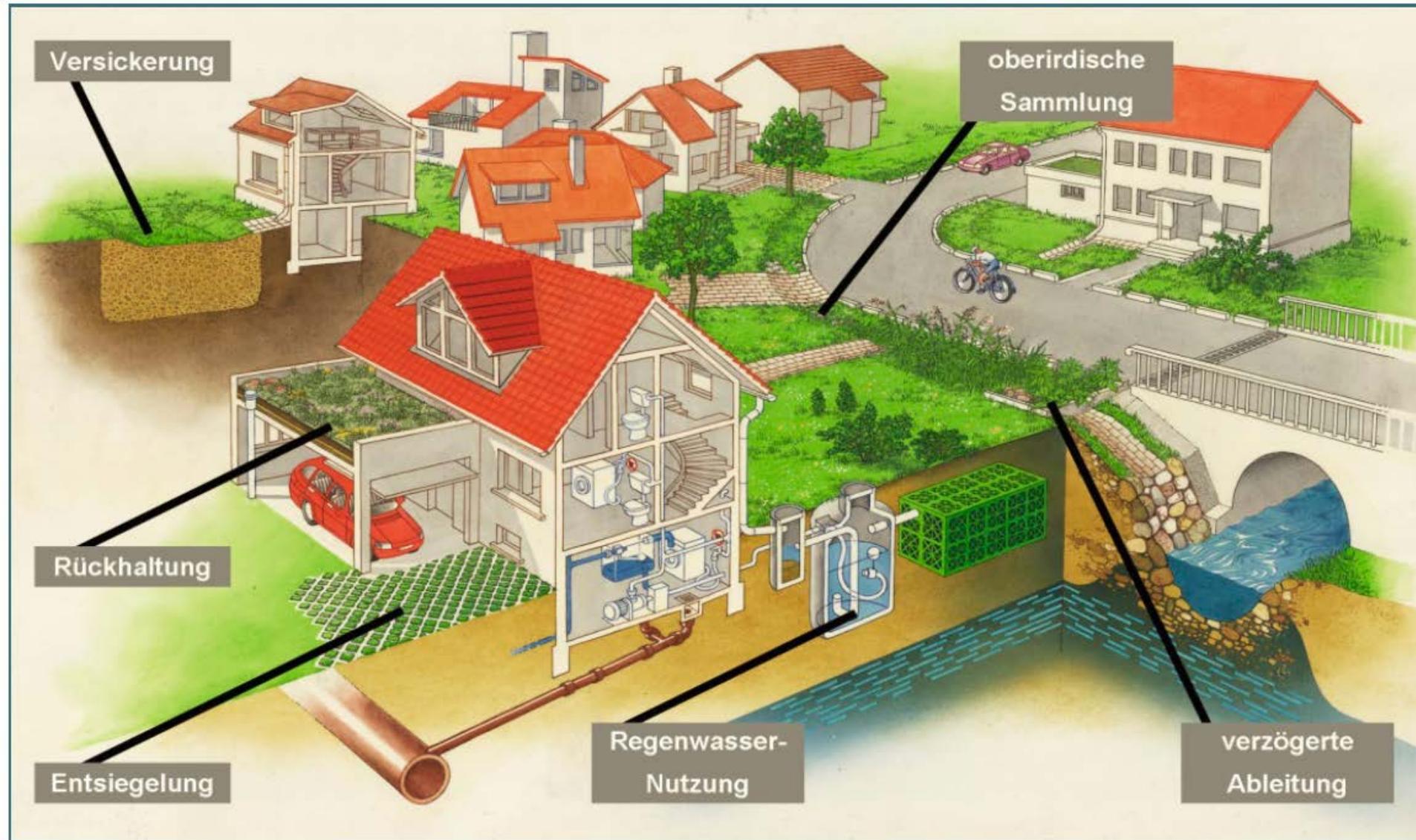


Entwicklung hin zu ökologischen
Flächenbelegen mit
Schadstoffrückhalt?

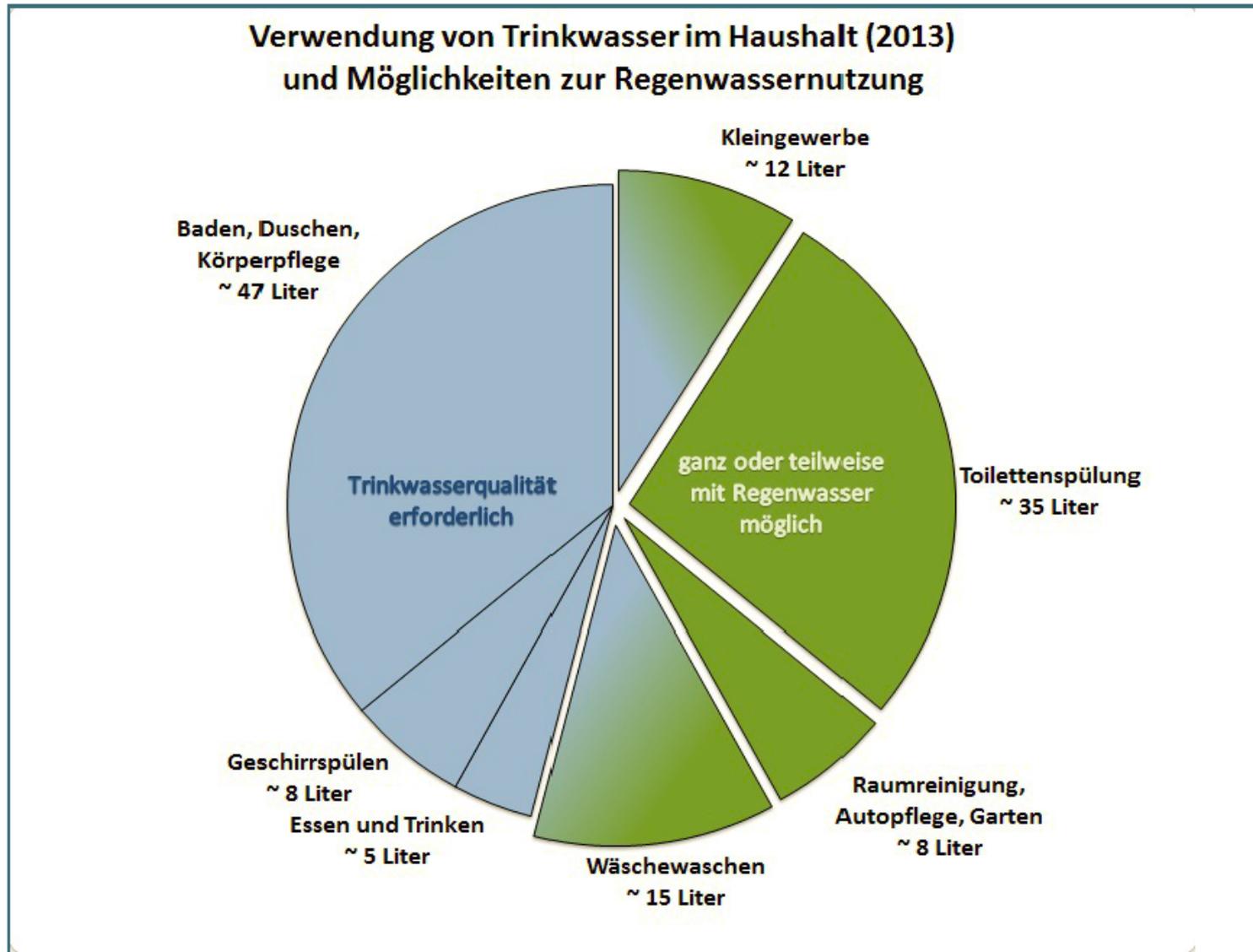
<http://www.ecosave-protect.de/>



Naturnahe Regenwasserbewirtschaftung



Regenwasserbewirtschaftung



Gründächer

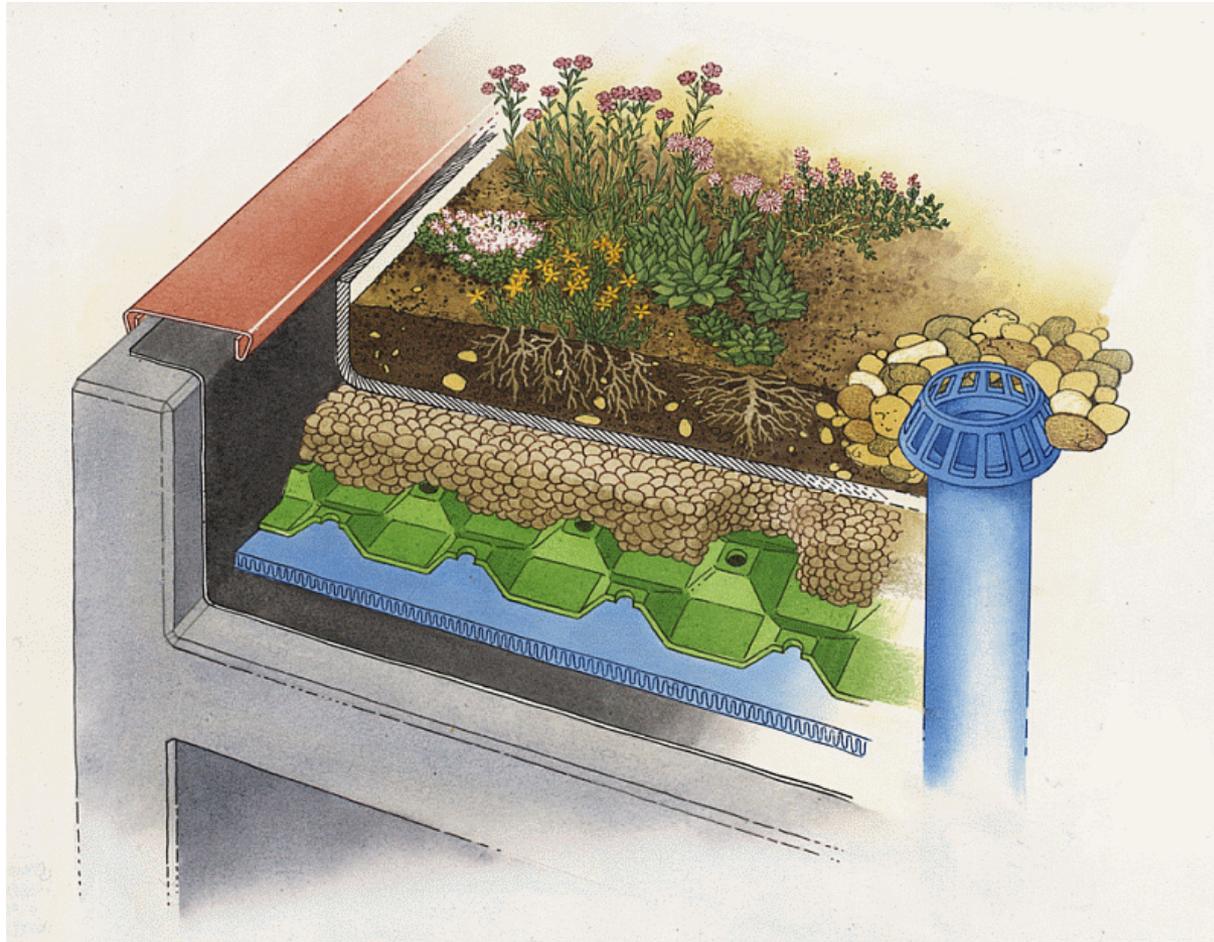
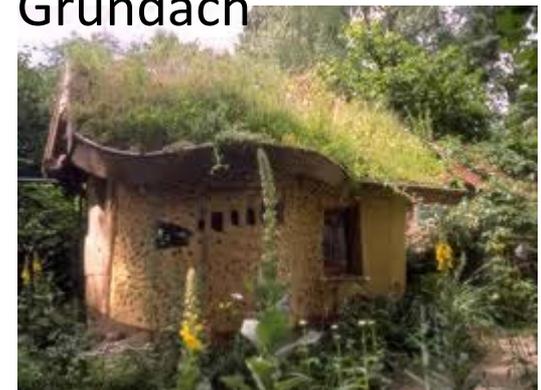
Sickerteich



Rasengitter



Gründach

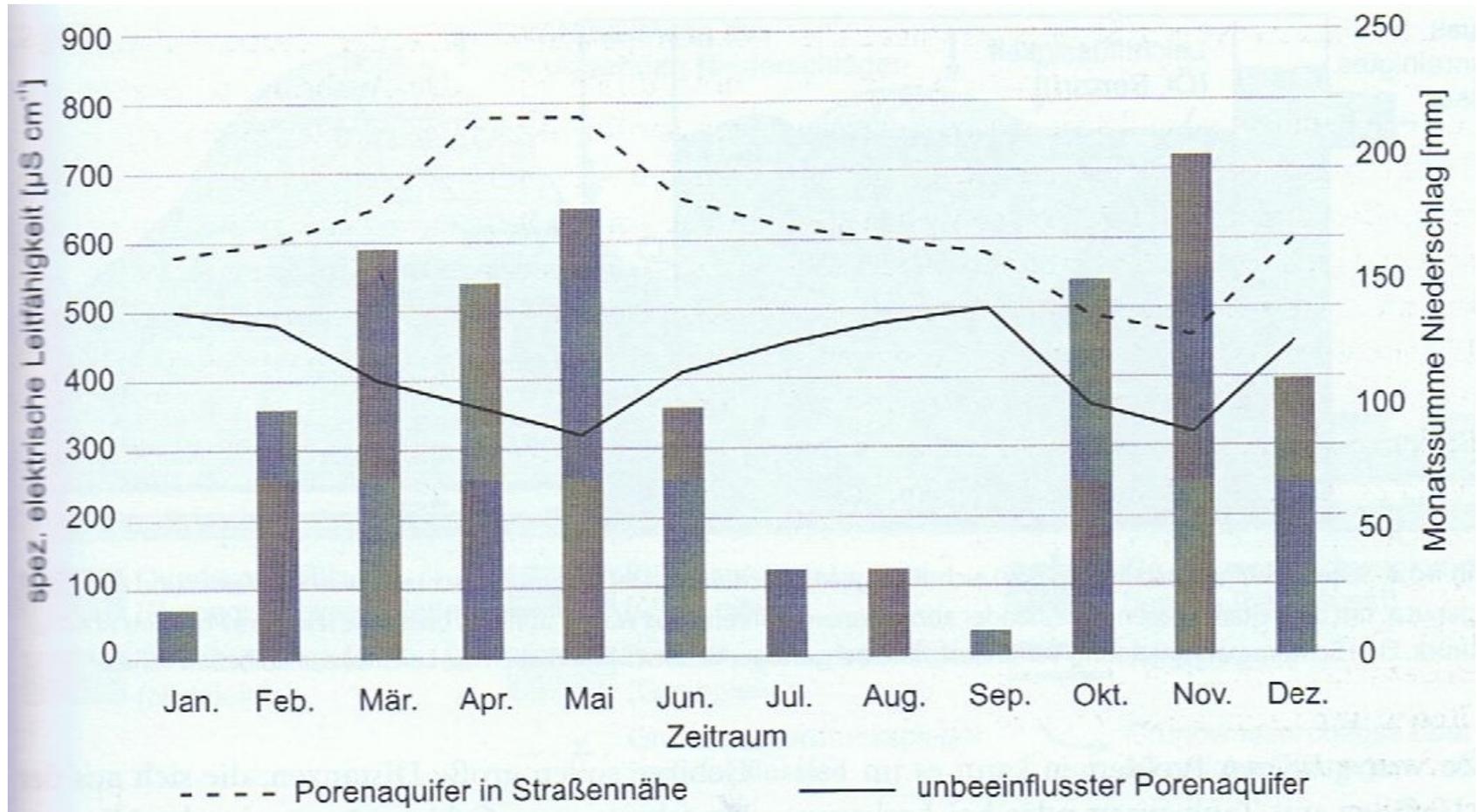


Bodenfilteranlage

Feiner Kies wirkt als Wasserfilter und kann Trübungen durch Schwebstoffe beseitigen (Süßwasseraquaristik)



Straßensalzung „Straßenrandböden“



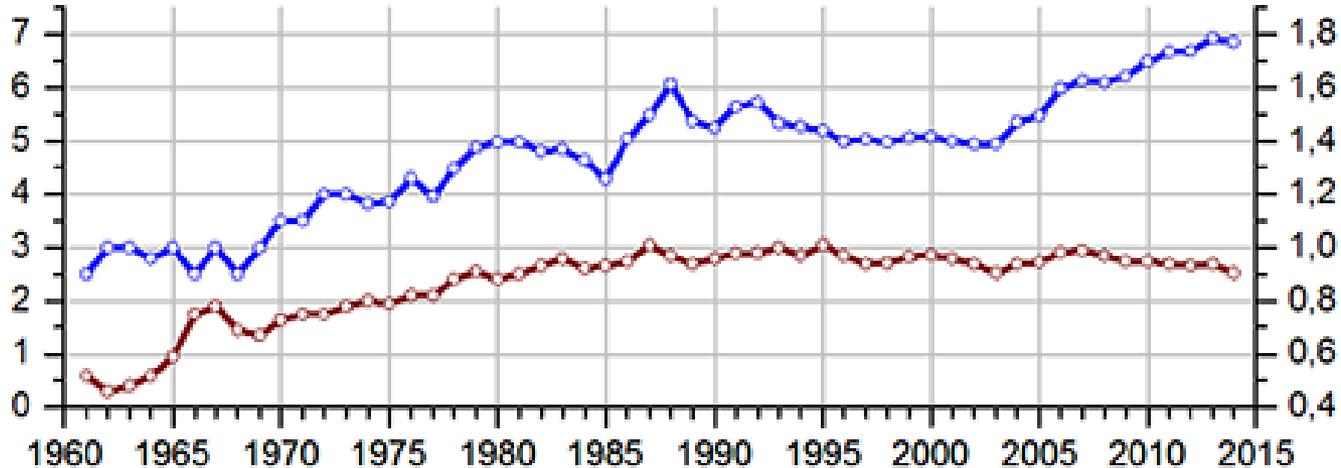
Straßensalzung – See werden salziger



Beispiele:
Bodensee (s. Grafik), Titisee

Chlorid [mg/L]

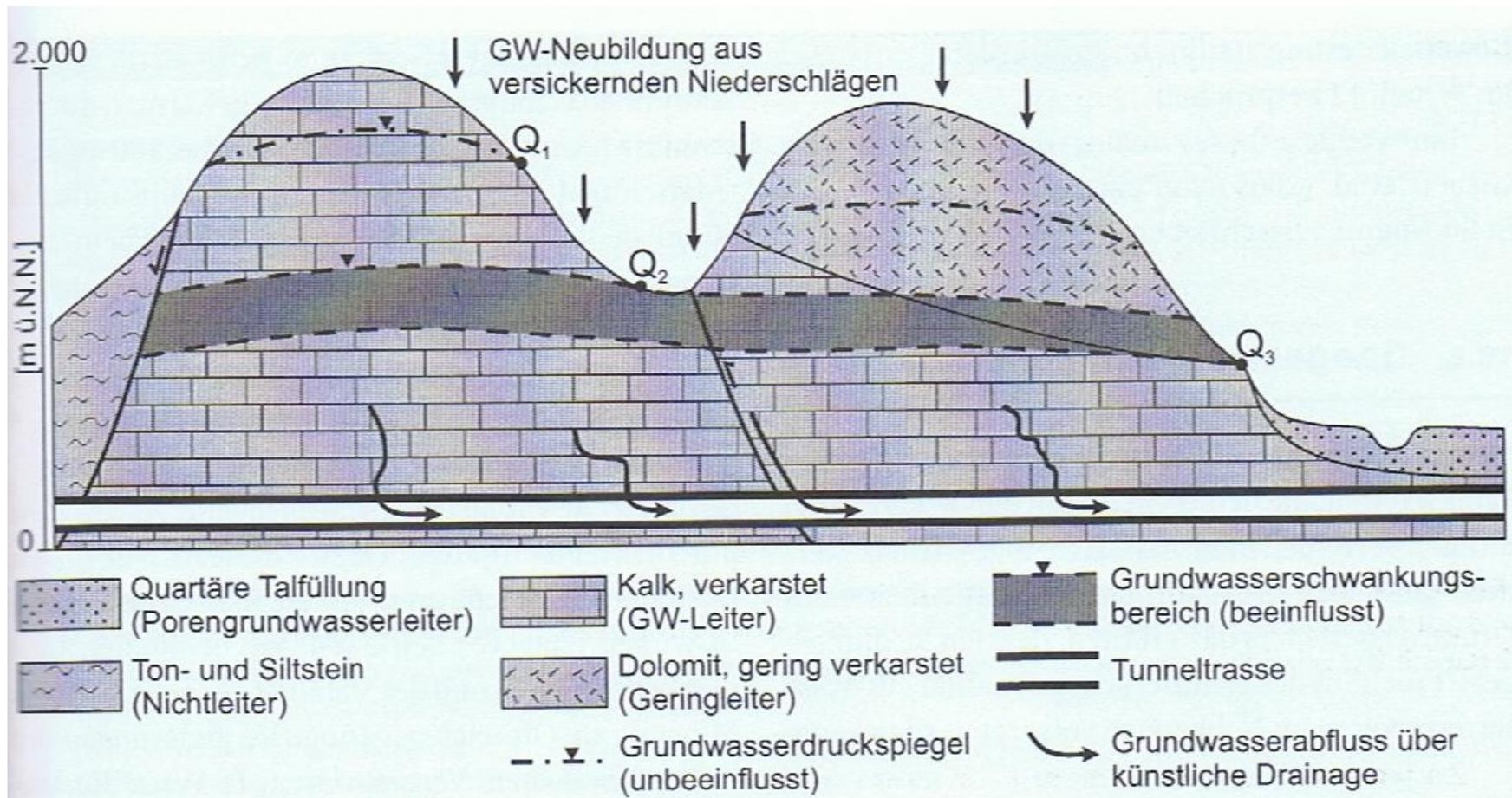
Stickstoff [mg/L]



- Chlorid, volumengewichtetes Jahresmittel
- Stickstoff aus $\text{NO}_3^- + \text{NO}_2^- + \text{NH}_4^+$, volumengewichtet. Bis 1973: Stickstoff nur aus NO_3^- , volumengewichtet

Tunnelbauwerke

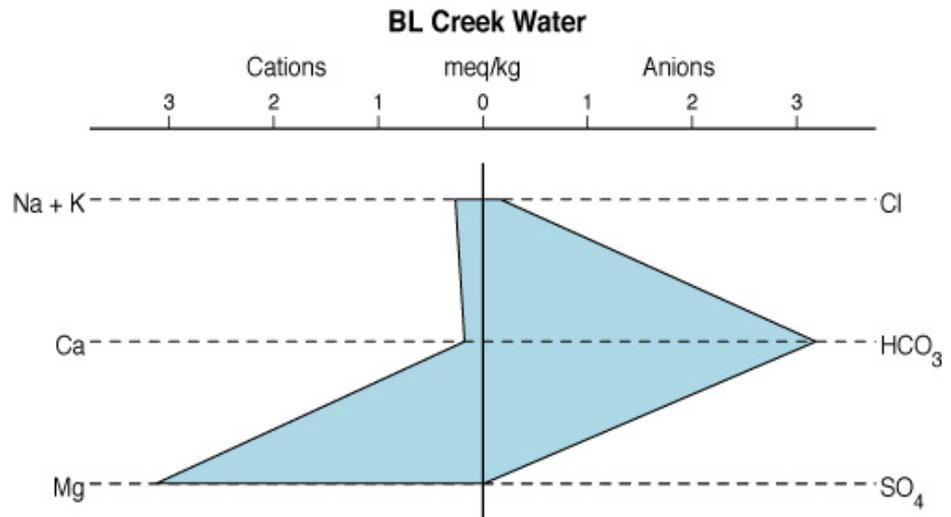
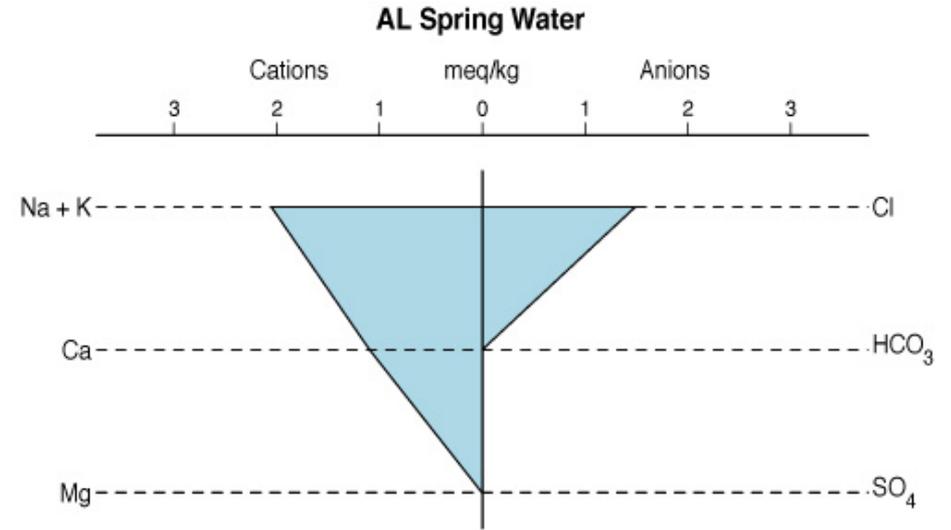
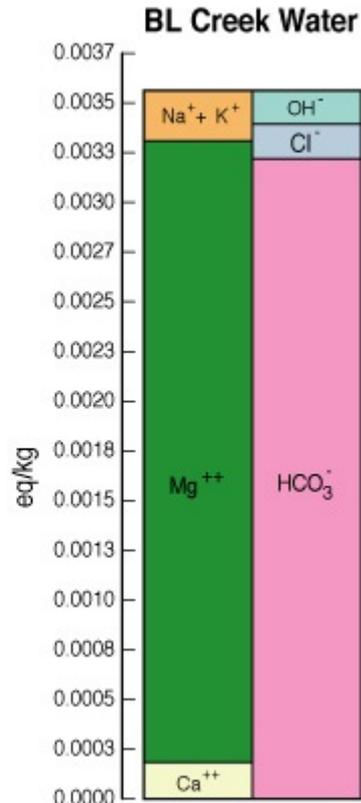
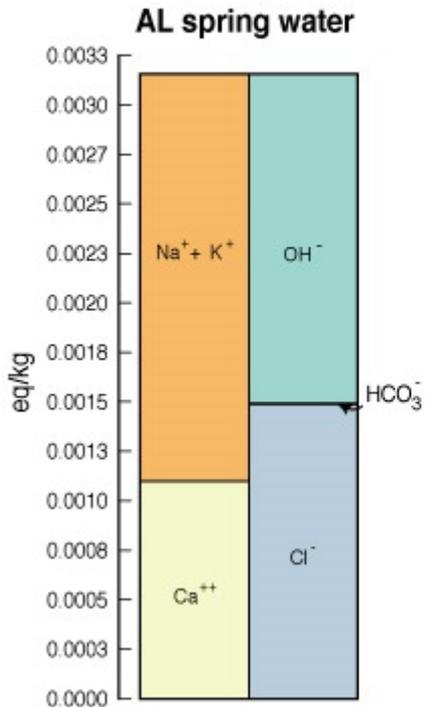
Eingriff in das Grundwassersystem Drainagewirkung



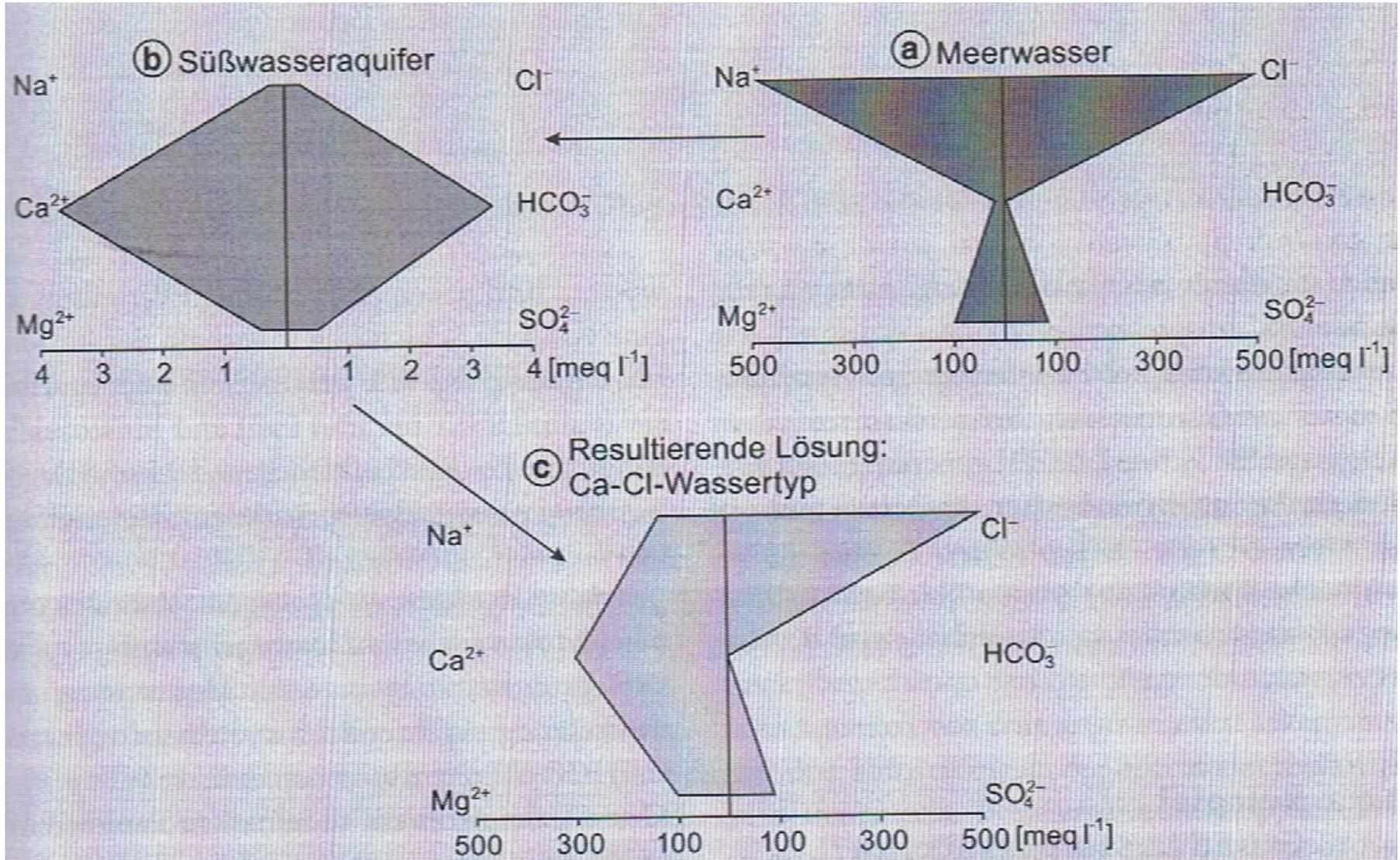
Stiff-Diagramme

Zur Unterscheidung von Wässern unterschiedlicher Quellen

Stiff (1951)



Küstenbereich - Grundwasserversalzung



Wasserversorgung in ariden Gebieten

Meerwasserentsalzung

Dubai: 500 000 m³ Trinkwasser pro Tag



Gas- und Dampfturbinenkraftwerk zwischen Abu Dhabi und Dubai

http://www.orwat-pmc.de/?Al_Taweelah

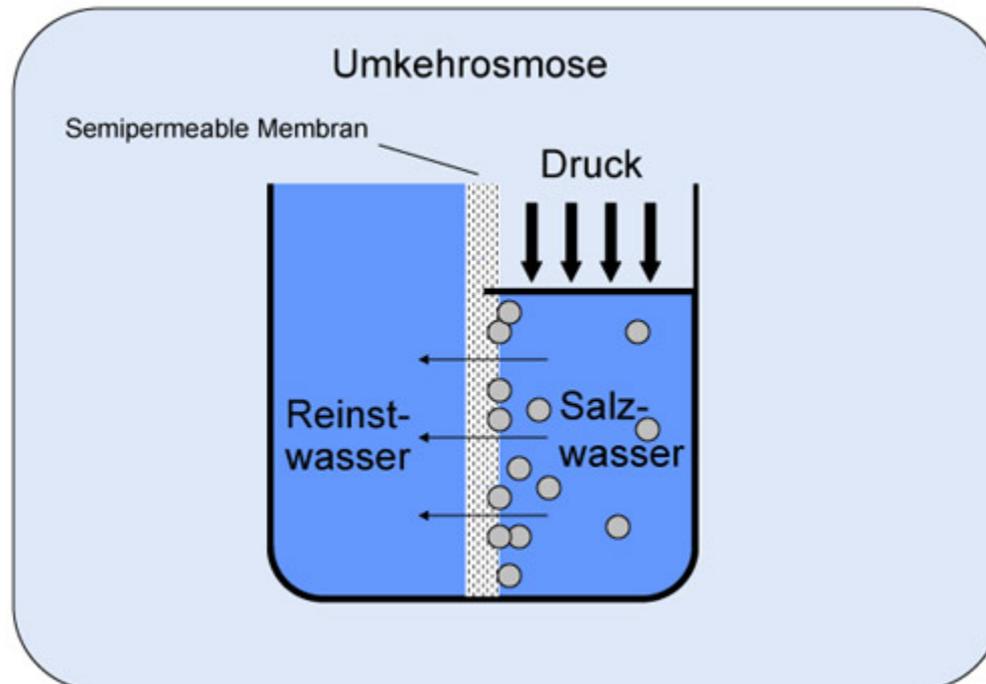
Wasserversorgung in ariden Gebieten

Meerwasserentsalzung

Verfahren:

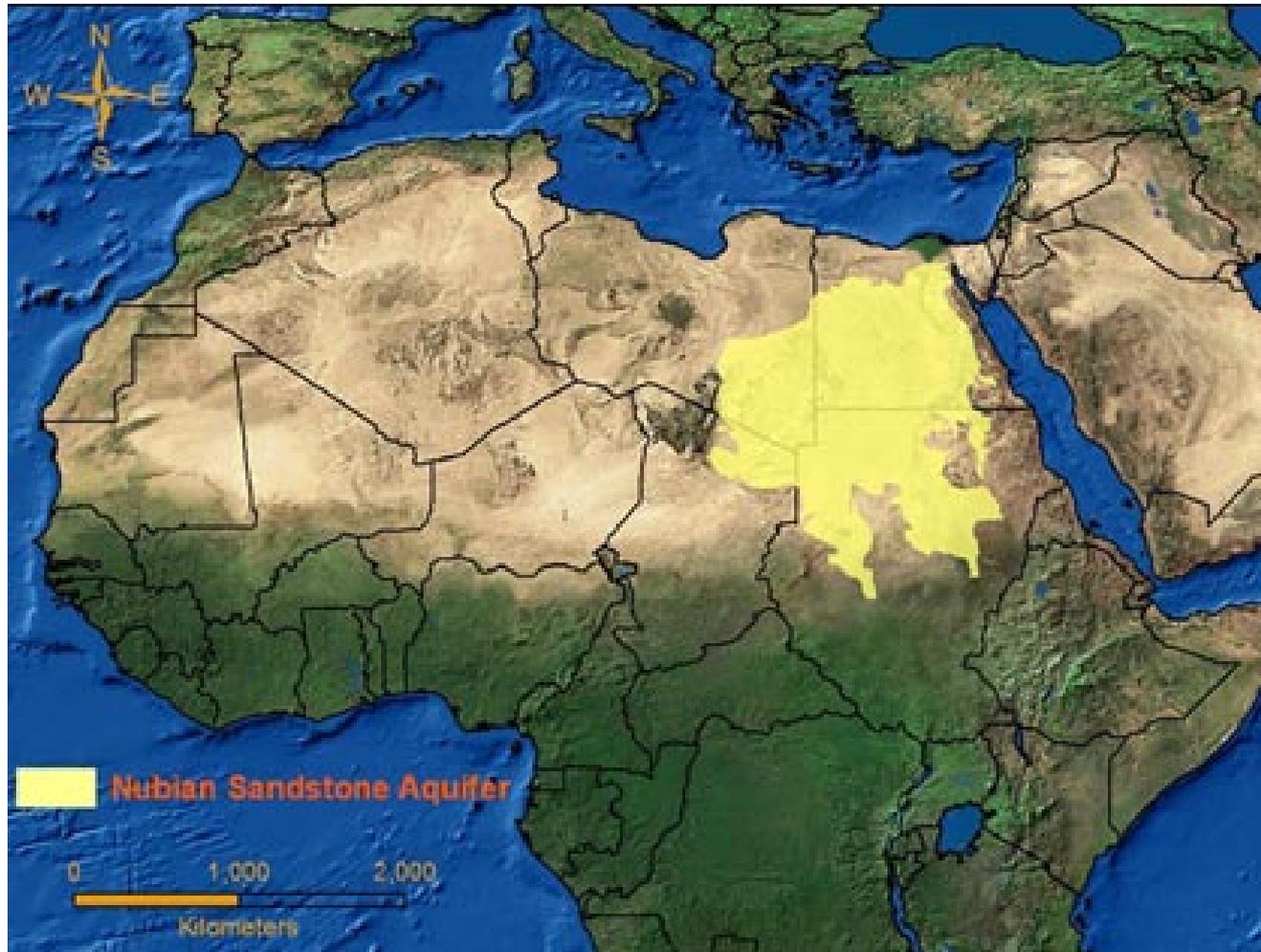
Entspannungsverdampfung (Dubai, vorherige Abb.)

Umkehrosmose (Bild)



Nutzung fossiler Grundwässer

„Great Man-made River“ Nubian Sandstone Aquifer
Trinkwasser für Tripoli, Benghazi, Sirte etc.



Nutzung fossiler Grundwässer

„Great Man-made River“



Nutzung fossiler Grundwässer

„Great Man Made River“



Stauseen zur Wasserversorgung

z.B. in Gebieten mit saisonalen Niederschlägen

