wawikurs



Behandlung von Industrie- und Gewerbeabwasser 9. /10. Dezember 2020

Geruchsbelastungen aus industriellen Abwässern

Franz-Bernd Frechen, Kassel

Ehem. Obmann DWA FA KA 14 "Emissionen von Abwasseranlagen" Vice Chair, IWA Specialist Group "Odour and Volatile Emissions"













- Einführung:
 - Drei Vorbemerkungen
 - A leder weiß was
 - A Kann man Geruch überhaupt messen?
 - A Geruch = Schwefelwasserstoff (= Korrosion) ??
- Flüssigkeiten sind oft die originären Quelle von Gerüchen wie messen?
- Identifikation von Verursachern
 - Windrichtung
 - Chemisch-analytische Messung von Geruchsstoffen Strategien zur Vermeidung und Verminderung
 - Kanalisation Schachtfilter
 - Kanalisation Dosieren von Chemikalien
 - A Generelle Hinweise
- Kläranlagen Abdeckung und Ablufterfassung
- Abluftbehandlung





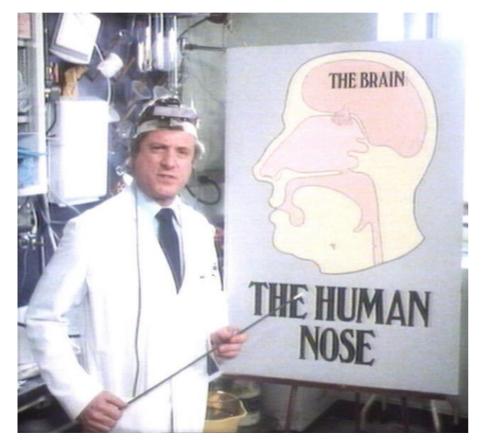








... wir haben es mit vielen Experten zu tun:



Wer war der Übeltäter

Der Kanal?



Die Kläranlage?







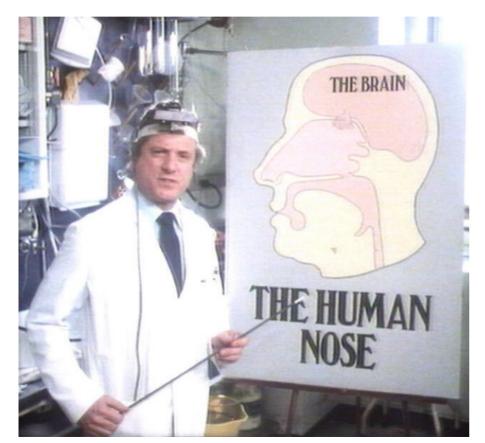








... wir haben es mit vielen Experten zu tun:



Leterbrief

"Neues zum Gestank"

Betr.: Neues zum Gestank, der Stadtdirektor informiert.

Im Besitz des 2. Bürgerbriefes und nach zusätzlicher Information im August Stadtspiegel vom 5. Sept. 1990 kann ich nur sagen: Hier irrt der Stadtdirektor, denn nach sorgfältiger Beobachtung habe ich festgestellt, daß bei der erwähnten Geruchsbelästigung nicht nur die Öffnungen im Faulturm hierfür verantwortlich sind. sondern auch einige Mitbürger, die in unverantwortlicher Weise ihre Toiletten-Fenster nicht sorgfältig verschlossen haben!"













Die Geruchsstoffkonzentration cod einer zu untersuchenden Gasprobe entspricht zahlenmäßig dem Verdünnungsverhältnis zwischen geruchsneutraler Luft und der zu untersuchenden Luft, welches notwendig ist, um die Geruchsschwelle zu erreichen.





50 % der Beurteilungen lauten "Geruch"

50 % der Beurteilungen lauten "kein Geruch"



Geruchsstoffkonzentration cod in Geruchseinheiten pro m³ Luft GE_F/m³

DIN EN 13725:2003 "Bestimmung der Geruchsstoffkonzentration durch Olfaktometrie"













Olfaktometer (hier: 4-Platz-Gerät)







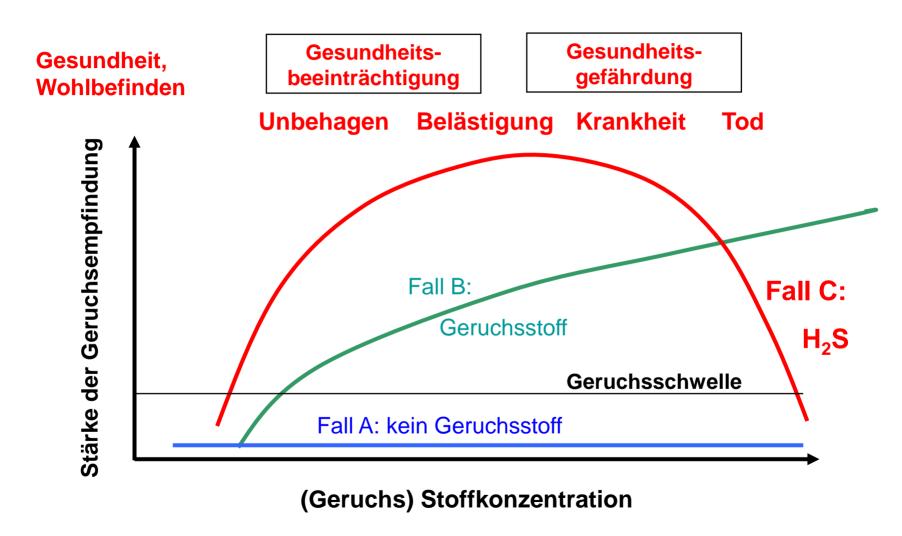








© Frechen















Ü H₂S ist ein in Abwassersystemen üblicher und bedeutender Geruchsstoff, der bei Faulvorgängen ohne Sauerstoff entsteht

 \ddot{U} H₂S ist sehr geruchsintensiv: 1 ppm H₂S \approx 1.000 GE_F/m³

Ü H₂S kann erhebliche Schäden anrichten







Ü Wenn H₂S vorhanden [Geruch vorhanden, aber:

Ü Wenn kein H₂S vorhanden, kann es dennoch stinken!















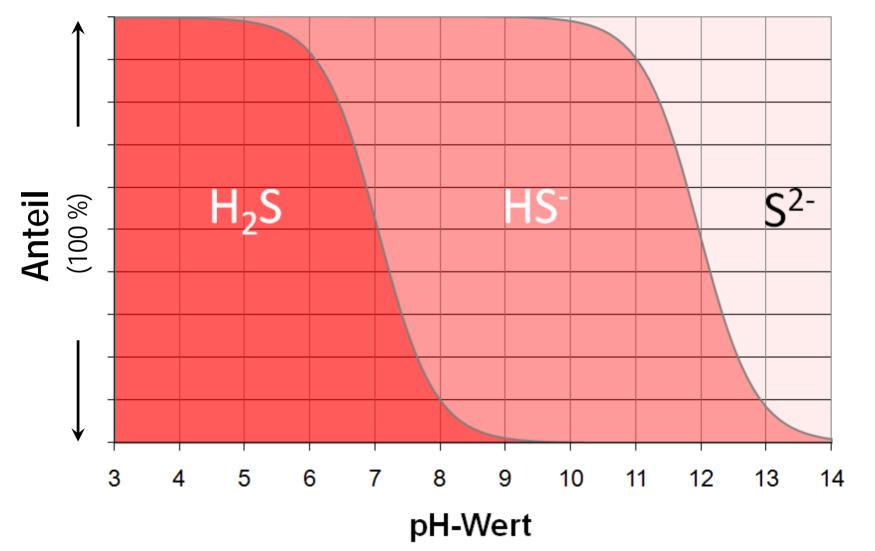








Exkurs: Sulfid im Abwasser





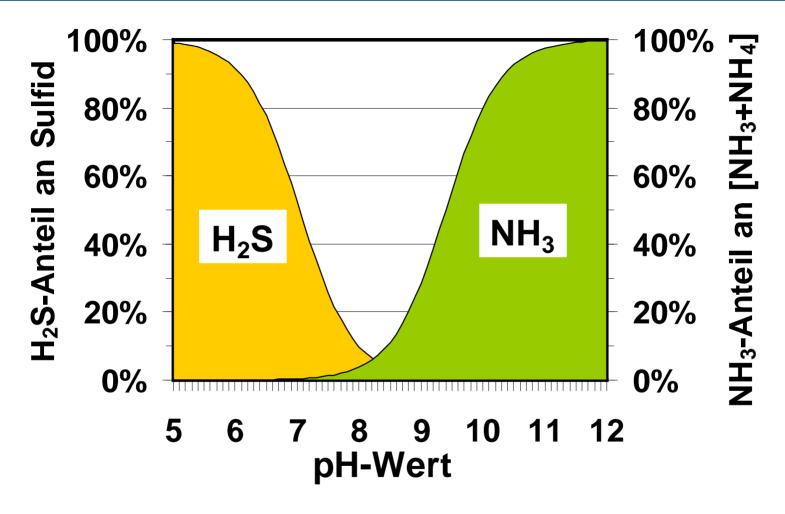












aus Frechen, F.-B.; Poppe, A. (2006): Geruchsentstehung und -verminderungsmaßnahmen in Kanalnetzen in: Aachener Schriften zur Stadtentwässerung, Band 9, "7. Kölner Kanalkolloquium 2006", S. 14/1 bis 14/19. Aachen 2006, ISBN 3-938 996-02-1, ISBN 978-3-938 996-02-7













Flüssigkeiten als Quelle von Gerüchen

Messung des Geruchemissionspotentiales nach VDI 3885/1

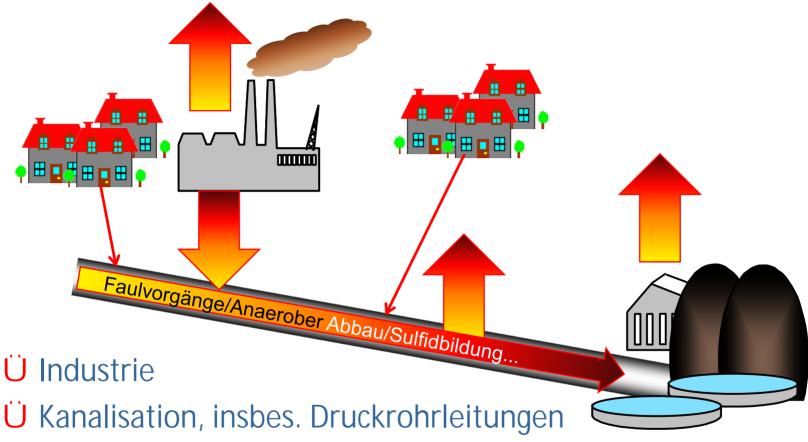












- Ü Abwasser- und Schlammbehandlung und -entsorgung
- Ü Hauptgeruchsstoff: Schwefelwasserstoff H₂S



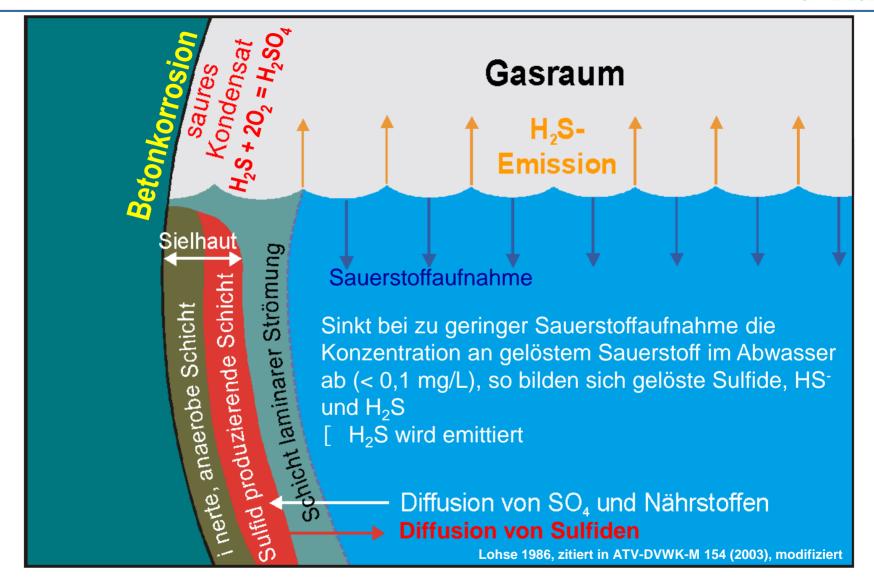














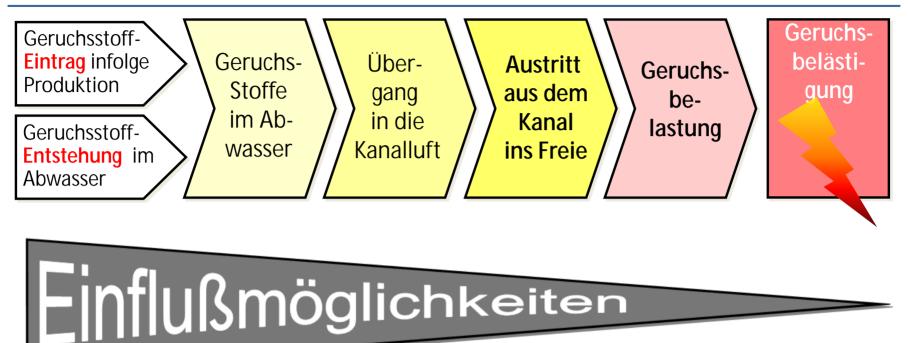












- Ü Je weiter links in der Prozesskette gemessen wird, desto größer sind die Einflußmöglichkeiten!
- Ü Konsequenz: im Abwasser messen (und nicht erst in der Kanalluft!)









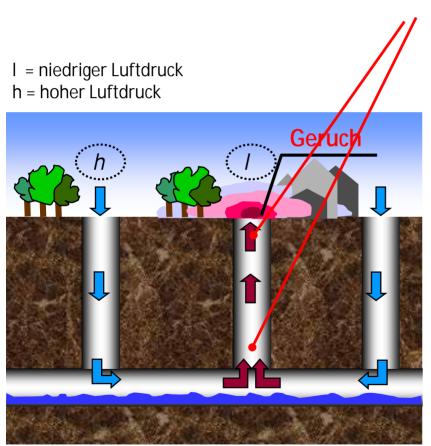


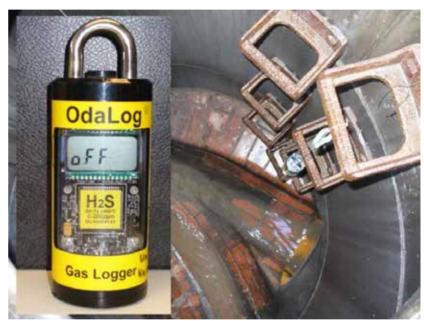


Noch ein Grund, im Abwasser zu messen:

Normaler Kanal mit natürlicher Lüftung über die Schächte ...

Irgendein Messgerät (z.B. H₂S_q)















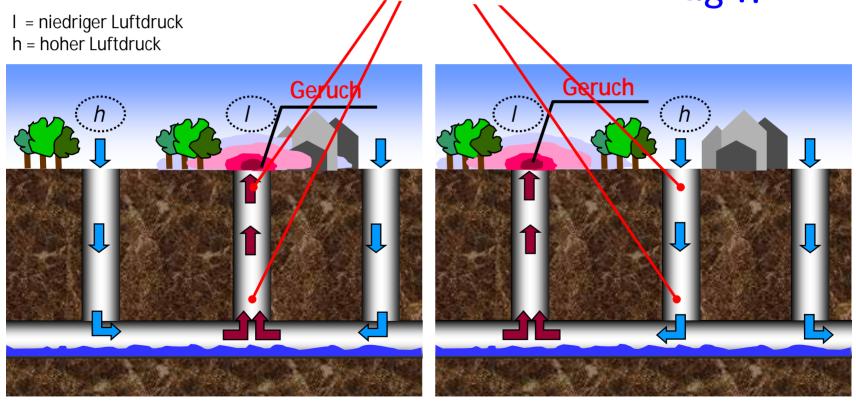


Noch ein Grund, im Abwasser zu messen:

Normaler Kanal mit natürlicher Lüftung über die Schächte ...

Irgendein Messgerät (z.B. H₂S_g)

Messung in der Flüssigkeit ist nötig!!





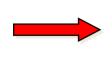












GeruchsEmissionsPotenzial in Geruchseinheiten pro m³ Flüssigkeit $GE_{E}/m^{3}_{Flüssigkeit}$

"Das GeruchsEmissionsPotenzial GEP einer Flüssigkeit ist die Gesamtmenge an in einer Flüssigkeit enthaltenen Geruchsstoffen, die unter standardisierten Bedingungen aus der Flüssigkeit ausgetrieben werden können."

Ü Charakterisierung von Flüssigkeiten z.B. benötigt

Ä zur Beurteilung der Geruchsrelevanz & Identifizierung des Problems

Ä zur Einleitbegrenzung von Geruchsstoffen

Ä zur Beurteilung der Wirksamkeit der Chemikalienzugabe

Ø VDI-Richtlinie 3885 Blatt 1 "GEP-Messung" diese Jahr im Weißdruck!

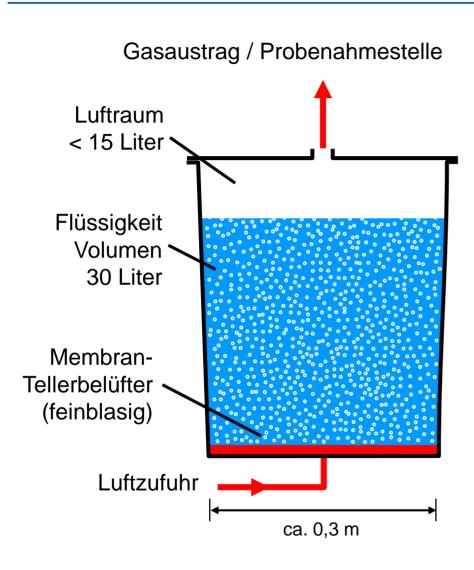








GEP-Messung: Geräte













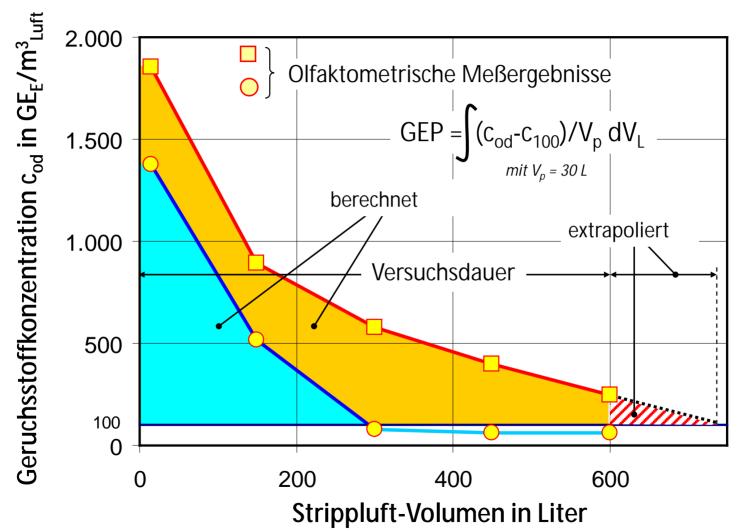








GEP-Messung: Auswertung







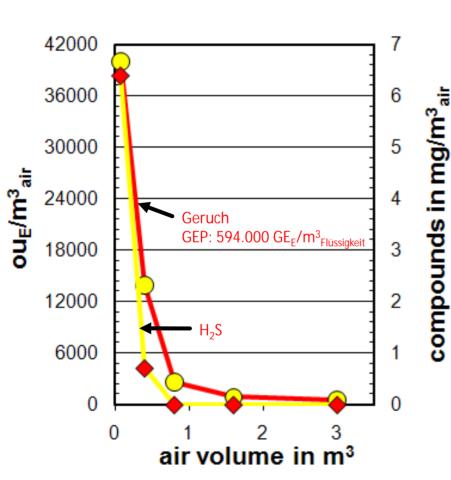




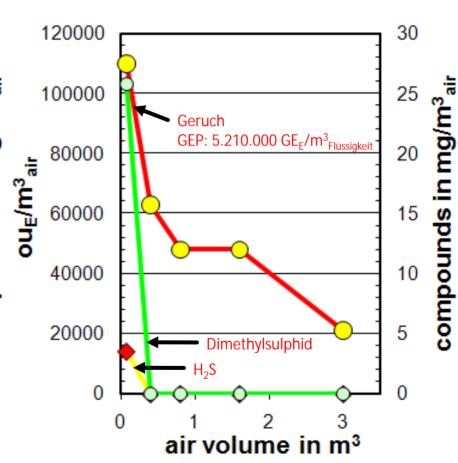




Kommunaler Sammelkanal



Fleischindustrie-Abwasser









Deutschland









Ü CEN/TC 264/WG 2 seit 12/1991:

A Standardisierung der sensorischen Geruchsmessung mit Hilfe von Testpersonen

Ä In 2003 europäische Norm: DIN EN 13725

A Seit 2012 Überarbeitung, Weißdruck in 2021 erwartet

U VDI-Richtlinie 3885/1 seit 10/2010:

A Messung des Geruchsstoffemissionspotenzials von Flüssigkeiten A VDI 3885/1 in 2016 verabschiedet, soll 2017 im Weißdruck erscheinen

Ü CEN/TC 264/WG 41 seit 10/2015: A Geruchsquantifizierung mit Sensorsystemen

U Aufwand (nur Sitzungen ohne Vorbereitungszeit) ca 8 Ad/a











1. Charakterisierung von Flüssigkeiten bezüglich ihrer Geruchsrelevanz

Ä Abwasser: $80.000 (5.000 - 600.000) \text{ GE}/\text{m}^3_{\text{Flüssigkeit}}$

 $30.000 (9.000 - 150.000) GE_E/m_{Flüssigkeit}^3$ Ä Frischer Überschußschlamm: 110.000 (5.000 – 400.000) A Filtrat stabilisierter Schlamm:

GE_E/m³Flüssiakeit

2.000.000 (bis 10.000.000) $GE_E/m_{Flüssigkeit}^3$ Ä Filtrat Rohschlamm:

Werte über 50.000 GE_E/m³_{Flüssigkeit} im Kanal gelten als kritisch – aber: STARK ABHÄNGIG von der Umfeldsituation!!

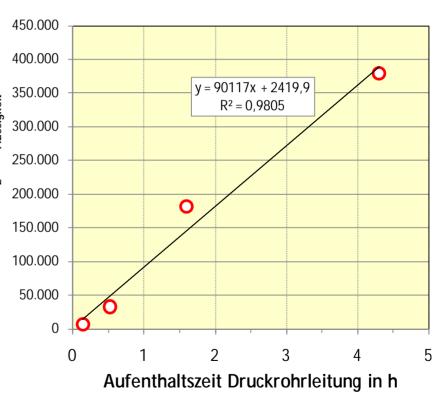








- Ü Da in Druckrohrleitungen kein freier Wasserspiegel existiert, über den eine Belüftung des Abwassers erfolgen könnte, ist das Milieu sehr schnell anaerob: Bildung von H₂S und anderen Geruchsstoffen!
- U Daher auch bei eigentlich "harmlosem" Abwasser sehr schnell starker Anstieg des GEP (bis zu mehreren Mio GE_F/m³)
- Ü Beispiel: unkritisches kommu- ₩ nales Abwasser nach unterschiedlich langer Aufenthaltszeit in einer Druckrohrleitung















- 1. Charakterisierung von Flüssigkeiten bezüglich ihrer Geruchsrelevanz
- 2. Charakterisierung von verschiedenen bisher gemessenen industriellen Abwässern (Grenzwertfestlegung + Überwachung nach VDI 3885/1 möglich)

Ä Brauerei:	bis 3.000.000 GE _E /m ³ _{Flüssigkeit}
Ä Chemische Industrie:	bis 12.000.000 GE _E /m ³ Elüssigkoit

- bis 12.000.000 GE_E/m³ Flüssigkeit bis 6.000.000 GE_E/m³Flüssigkeit A Papierindustrie:
- bis 15.000.000 GE_E/m³Flüssigkeit A Gerberei: bis 10.000.000 GE_F/m³_{Flüssiakeit} A Fleischindustrie:
- bis 40.000.000 GE_E/m³_{Flüssigkeit} A Hefeindustrie:

Fazit: industrielle Abwässer können drastisch starker mit Geruch belastet sein als kommunale Abwässer!!!













Identifikation von Verursachern

Windrichtung







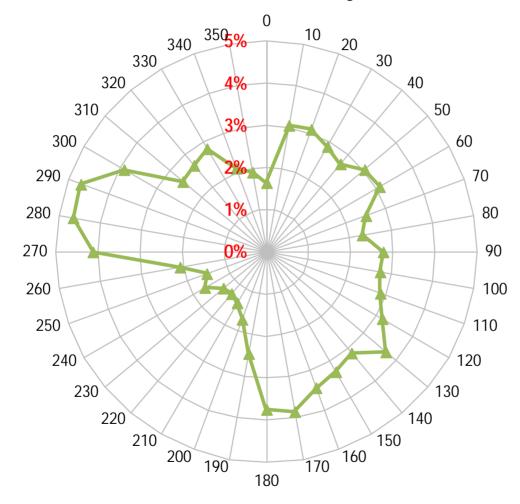






Identifikation – über Windrichtung

→ Alle Windrichtungen







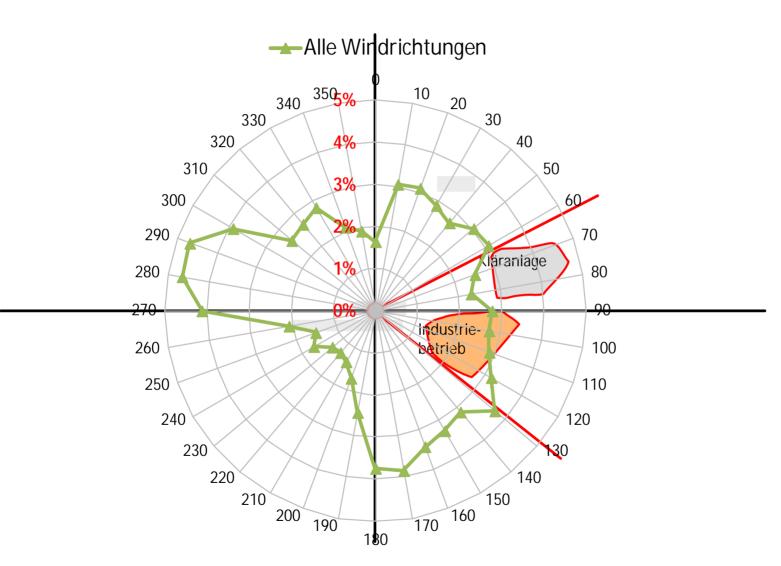








Identifikation – über Windrichtung





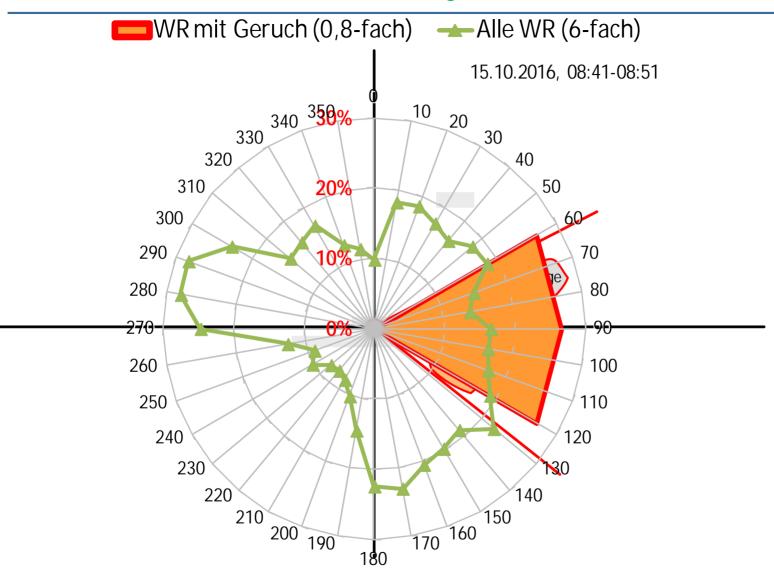
























Identifikation von Verursachern

Chemisch-analytische Messungen



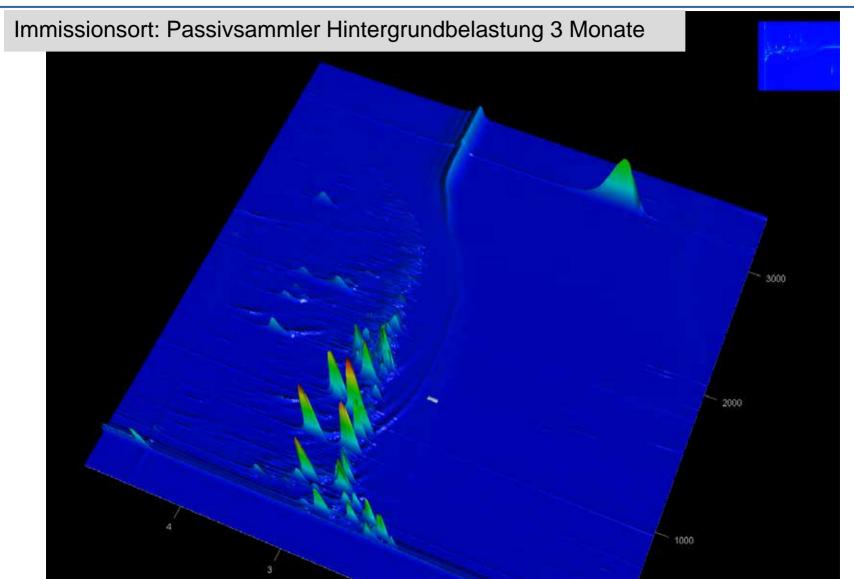








Identifikation über VOC-Bestimmung







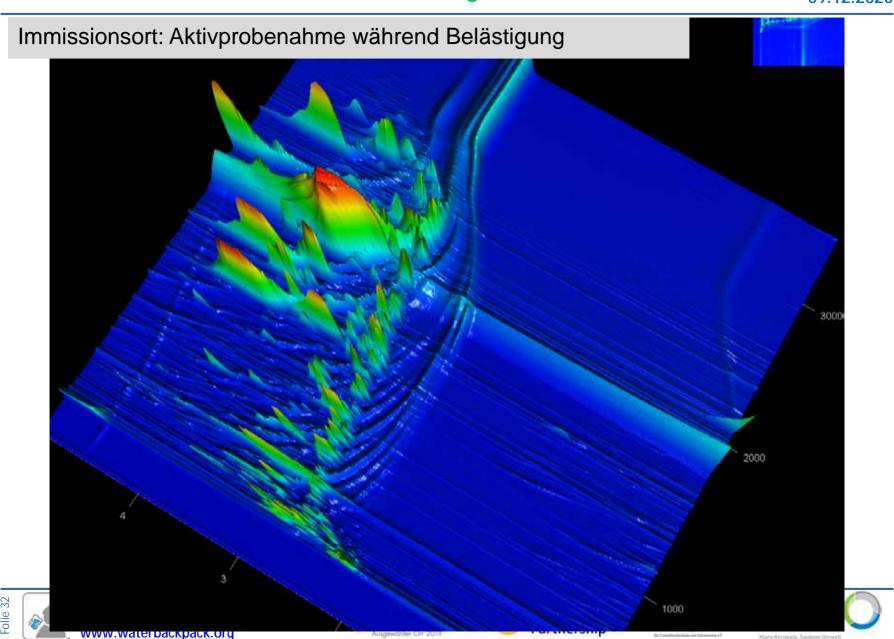






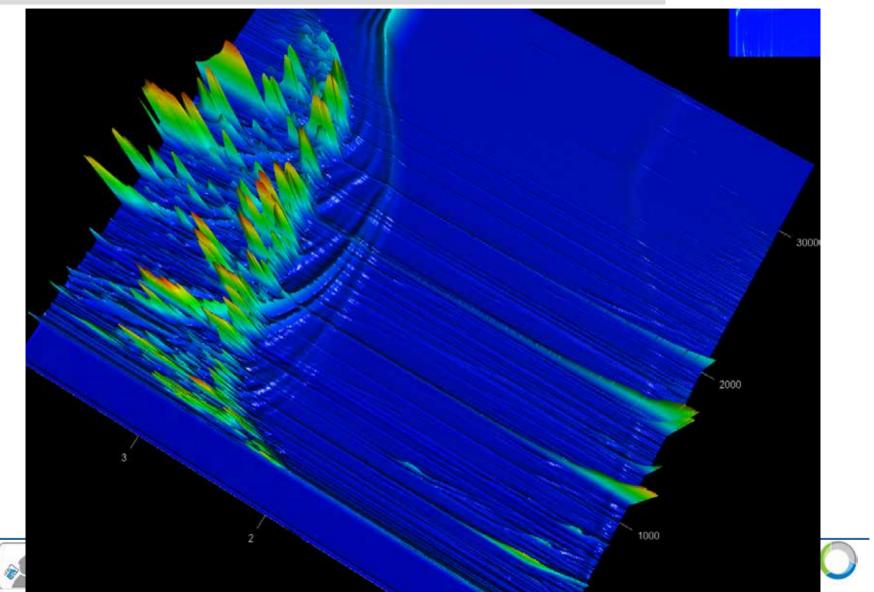


Identifikation über VOC-Bestimmung



Identifikation über VOC-Bestimmung

Möglicher Emissionsort: Aktivprobenahme an einer Quelle



Strategien zur Vermeidung und Verminderung

Kanalisation – Schachtfilter





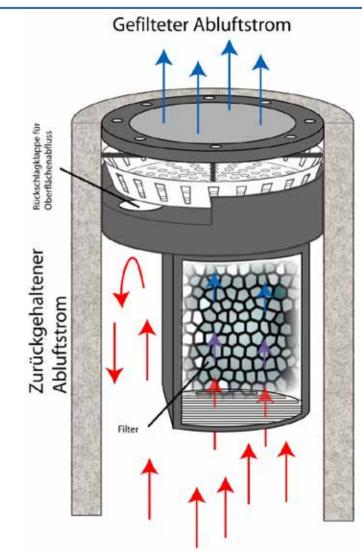








- Ü In den Schacht eingehängte Aktivkohle- oder Biofilter
- **Ü** Verschluss des Luftweges über
 - **Ä** Klappe Ä Wassertasse
 - **A** Schwimmer
- Ü Keine Zwangsdurchlüftung, basieren auf natürlicher Lüftung

















Kanalfilter: Kapselung oder Abluftbehandlung?





Näheres siehe IKT Warentest Kanalfilter und Präsentation Frechen vom 07.04.2016 auf <u>www.uni-kassel.de/fb14/siwawi</u> unter "Publikationen" - "Vorträge"











Kanalfilter: Kapselung oder Abluftbehandlung?









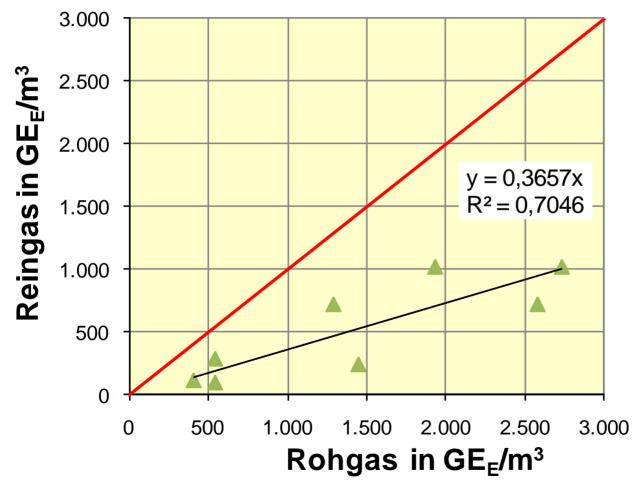






Schachtfilter: Geruchsmessungen Filterelement

Geruchsstoffkonzentrationen roh- und reingasseitig des Schachtbiofilters















Strategien zur Vermeidung und Verminderung

Kanalisation – Dosieren von Chemikalien













Ü Einleitung von Sulfid/Geruchsstoffen verhindern

Bildung von Sulfid/Geruchsstoffen verhindern:

A Bildung von Sulfid verhindern – Sauerstoffgehalt ausreichend hoch halten, Milieu in der Sielhaut nicht anaerob werden lassen: Dosieren von z.B. Nitratverbindungen (\rightarrow CaNO₃ etc.), O₂, Luft ...

Ä Bildung der Geruchsstoffe verhindern -> Anaerobe Zustände vermeiden, Sauerstoffgehalt ausreichend hoch halten: Dosieren von z.B. Nitratverbindungen (\rightarrow CaNO₃ etc.), O₂, Luft ...

Ü Hat sich bereits **Sulfid** gebildet:

Ausfällen, z.B. durch <u>Dosieren</u> von Eisensalzen, Eisenhydroxidschlamm

Ü Haben sich bereits **Geruchsstoffe** gebildet:

 \triangle Oxidieren, z.B. durch <u>Dosieren</u> von Wasserstoffperoxid H₂O₂ o.ä.

A Maskierung (?)













- Ü Bildung von Sulfid/Geruchsstoffen verhindern:
 - A Bildung von Sulfid verhindern Sauerstoffgehalt ausreichend hoch halten, Milieu in der Sielhaut nicht anaerob werden lassen: Dosieren von z.B. Nitratverbindungen (\rightarrow CaNO₃ etc.), O₂, Luft ...
 - Ä Bildung der Geruchsstoffe verhindern -> Anaerobe Zustände vermeiden, Sauerstoffgehalt ausreichend hoch halten: Dosieren von z.B. Nitratverbindungen (\rightarrow CaNO₃ etc.), O₂, Luft ...
- U Hat sich bereits **Sulfid** gebildet:
 - Ausfällen, z.B. durch <u>Dosieren</u> von Eisensalzen, Eisenhydroxidschlamm
- U Haben sich bereits **Geruchsstoffe** gebildet:
 - \ddot{A} Oxidieren, z.B. durch <u>Dosieren</u> von Wasserstoffperoxid H₂O₂ o.ä.
 - A Maskierung (?)













- Ü Bildung von Sulfid/Geruchsstoffen verhindern:
 - A Bildung von Sulfid verhindern Sauerstoffgehalt ausreichend hoch halten, iezin der Sielhaut nicht anaerob werden lassen: Dosieren von z.B. Nitratter indungen (\rightarrow CaNO₃ etc.), O₂, Luft ...
 - A Bildung der Geruchsstoffe verhindern -> Anaerobe Zustände vermeiden, Sauerstoffgehalt ausreichend hoch halten: Dosieren von z.B. Nitratverbindungen (\rightarrow CaNO₃ etc.), O₂, Luft ...
- U Hat sich bereits **Sulfid** gebildet:
 - Ausfällen, z.B. durch <u>Dosieren</u> von Eisensalzen, Eisenhydroxidschlamm
- U Haben sich bereits **Geruchsstoffe** gebildet:
 - \ddot{A} Oxidieren, z.B. durch <u>Dosieren</u> von Wasserstoffperoxid H₂O₂ o.ä.
 - A Maskierung (?)













- Ü Einleitung von Sulfid/Geruchsstoffen verhindern
- Ü Bildung von Sulfid/Geruchsstoffen verhindern:
 - A Bildung von Sulfid verhindern Sauerstoffgehalt ausreichend hoch halten, iez in der Sielhaut nicht anaerob werden lassen: Dosieren von z.B. Nitratter indungen (\rightarrow CaNO₃ etc.), O₂, Luft ...
 - A Bildung der Geruchsstoffe verhindern -> Anaerobe Zustände vermeiden, Sauerstoffgehalt ausreichend hoch halten: Dosieren von z.B. Nitratverbindungen (\rightarrow CaNO₃ etc.), O₂, Luft ...
- Ü Hat sich bereits **Sulfid** gebildet:
 - Ausfällen, Dosieren von Eisensalzen, Eisenhydroxidschlamm
- U Haben sich beefts Geruchsstoffe gebildet:
 - \triangle Oxidieren, z.B. durch <u>Dosieren</u> von Wasserstoffperoxid H₂O₂ o.ä.

Deutschland

A Maskierung (?)













- Ü Bildung von Sulfid/Geruchsstoffen verhindern:
 - A Bildung von Sulfid verhindern Sauerstoffgehalt ausreichend hoch halten, ea in der Sielhaut nicht anaerob werden lassen: Dosieren von z.B. rat er indungen (\rightarrow CaNO₃ etc.), O₂, Luft ...
 - A Bildung der Geruchsstoffe verhindern -> Anaerobe Zustände vermeiden, Sauerstoffgehalt ausreichend hoch halten: Dosieren von z.B. Nitratverbindungen (\rightarrow CaNO₃ etc.), O₂, Luft ...
- U Hat sich bereits Sulfid gebildet:
 - Murch <u>Dosieren</u> von Eisensalzen, Eisenhydroxidschlamm Ä Ausfällen,
- ts **Geruchsstoffe** gebildet:
 - A Oxidieren, z sh <u>Dosieren</u> von Wasserstoffperoxid H₂O₂ o.ä. Ä Maskierung















- Ü Bildung von Sulfid/Geruchsstoffen verhindern:
 - A Bildung von Sulfid verhindern Sauerstoffgehalt ausreichend hoch halten, ea in der Sielhaut nicht anaerob werden lassen: Dosieren von z.B. Nitratter indungen (\rightarrow CaNO₃ etc.), O₂, Luft ...
 - A Bildung der Geruchsstoffe verhindern -> Anaerobe Zustände vermeiden, Sauerstoffgehalt ausreichend hoch halten: <u>Dosieren</u> von z.B. Nitratverbindungen (\rightarrow CaNO₃ etc.), O₂, Luft ...
- U Hat sich bereits Sulfid gebildet:
 - ...B. Jurch <u>Dosieren</u> von Eisensalzen, Eisenhydroxidschlamm Ä Ausfällen,
- ts **Geruchsstoffe** gebildet:
 - h <u>Dosieren</u> von Wasserstoffperoxid H₂O₂ o.ä. A Oxidieren, z Ä Maskierung





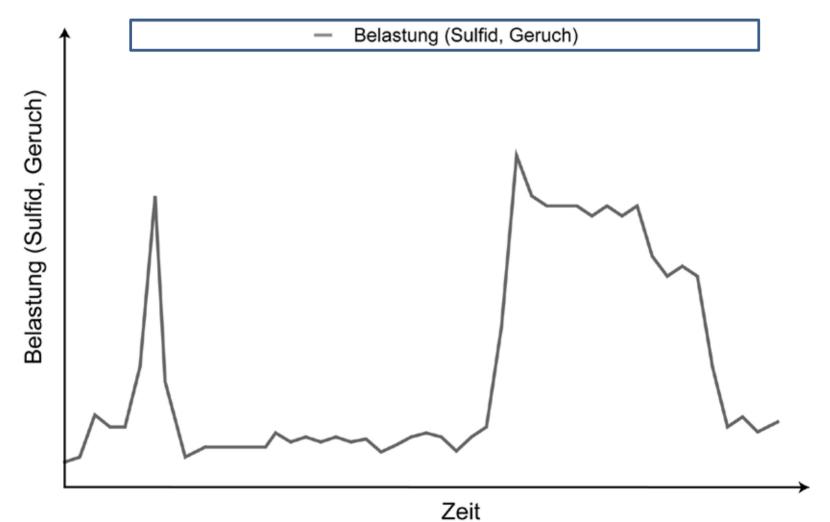








Verschiedene Dosieransätze (Schema)





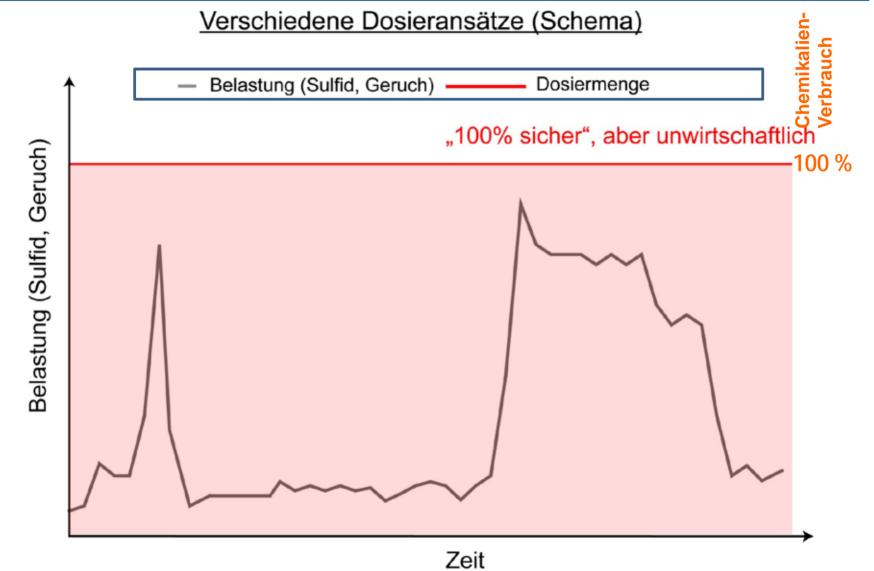














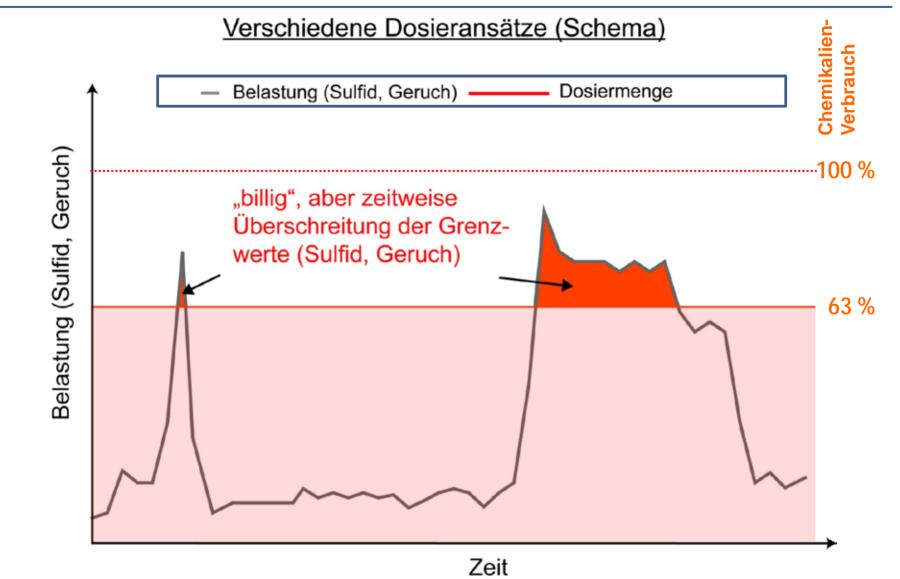














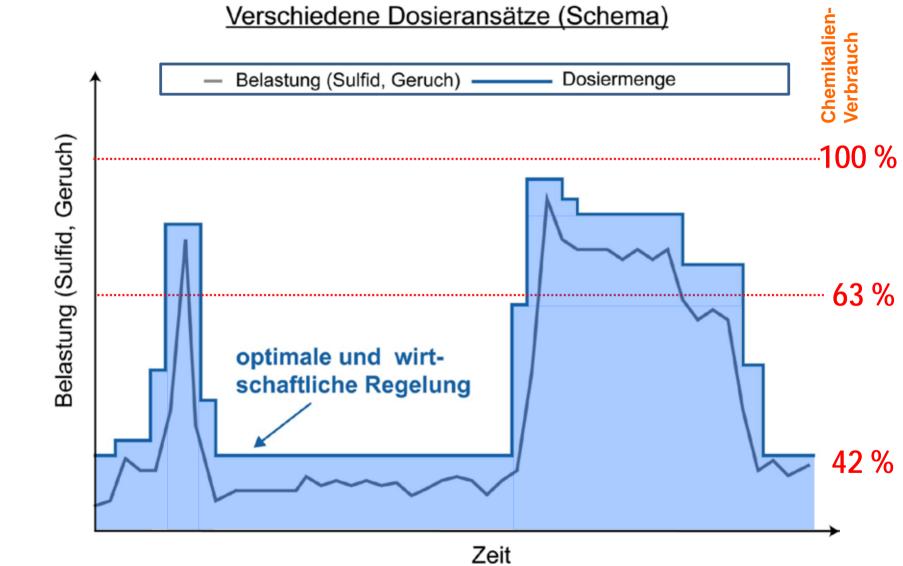






















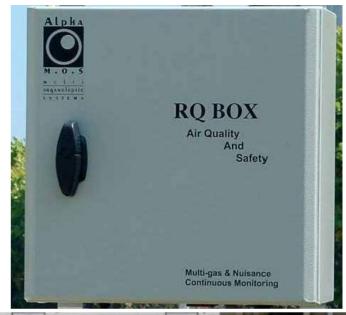


einige bisher untersuchte eNasen (Auswahl)





Zu <u>elektronischen Nasen</u> siehe bei untenstehender Internetadresse unter "Publikationen" – "Vorträge"









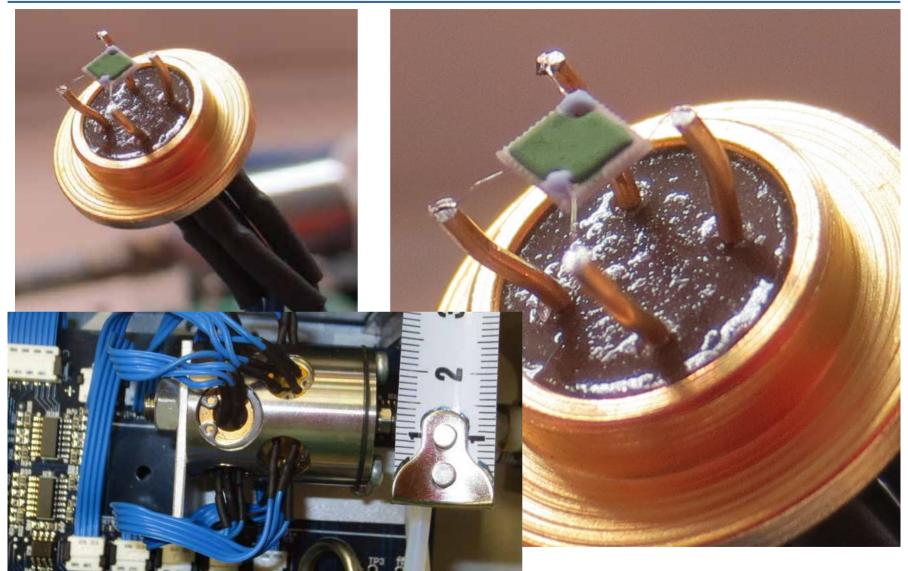








Sensor









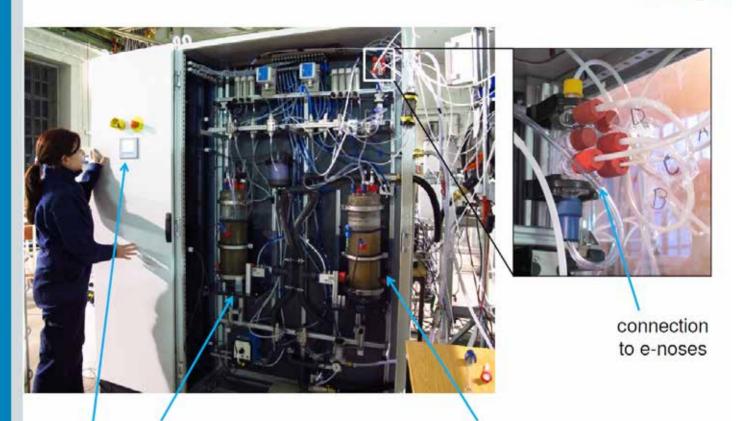






Forschung in Berlin, Hannover





reactor for sulphide measurement

reactor for OEC measurement

display for control

KOMPETENZZENTRUM Wasser Berlin











Erster SGM in Hannover







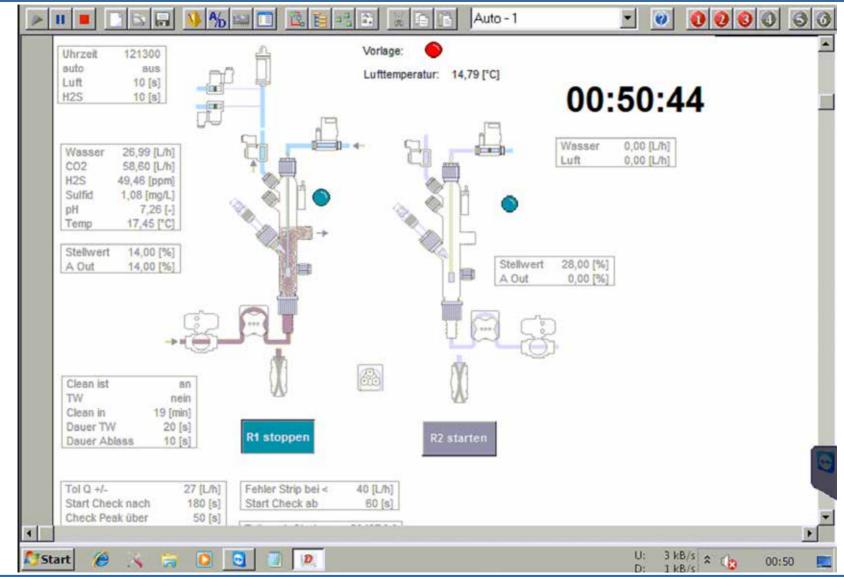








Erster SGM in Hannover





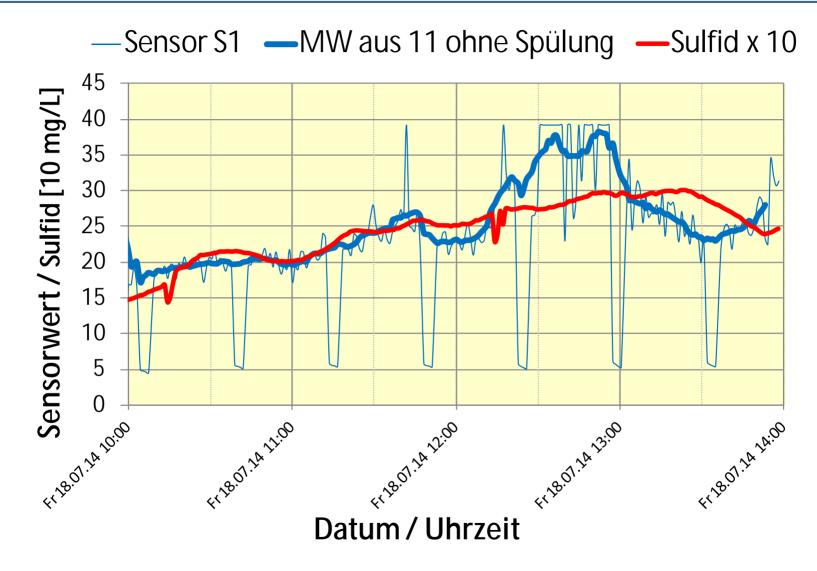
















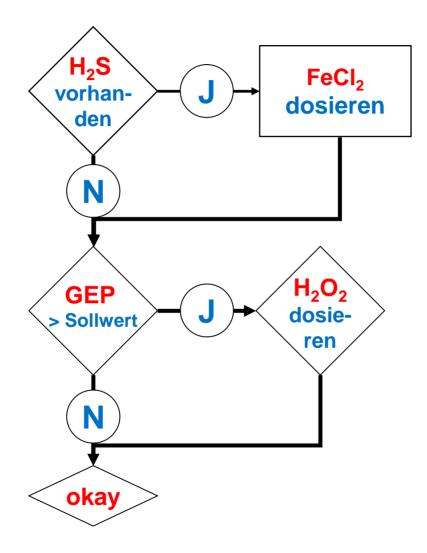








Was kann ein SGM entscheiden?





Deutschland

Land der Ideen

Ausgewählter Ort 2011



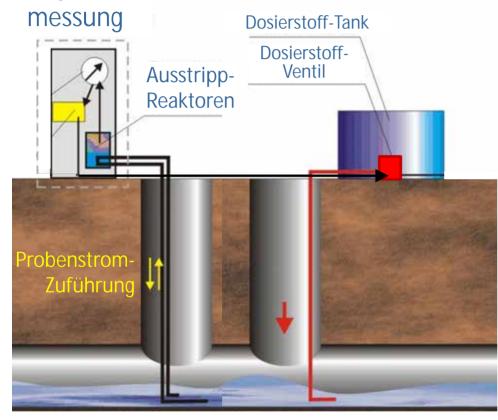




Von der Steuerung ...

SGM

Störgrößen-





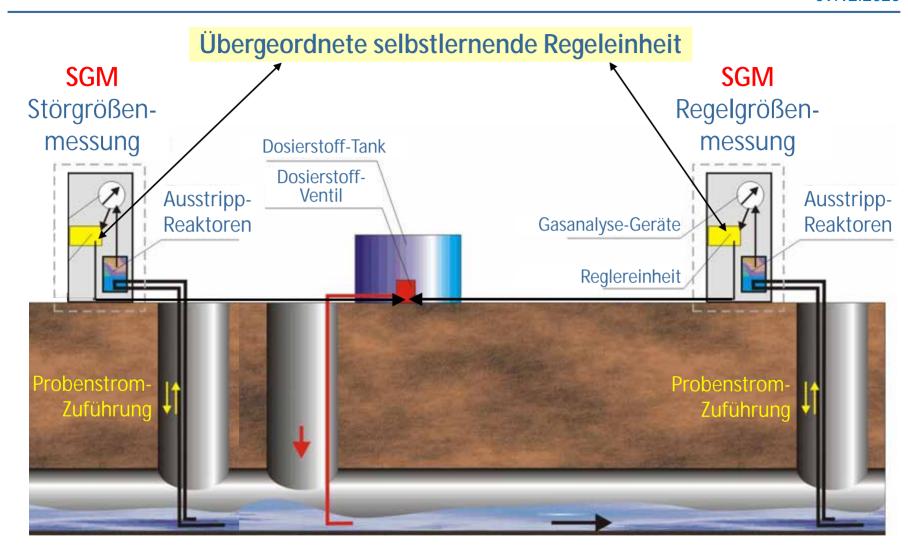








... zur Regelung















Strategien zur Vermeidung und Verminderung

Generelle Hinweise















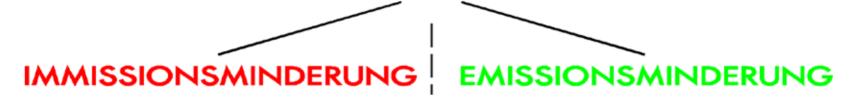














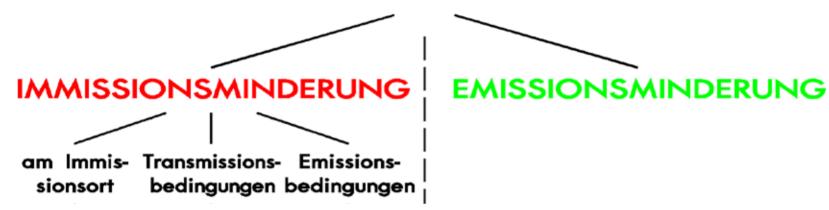














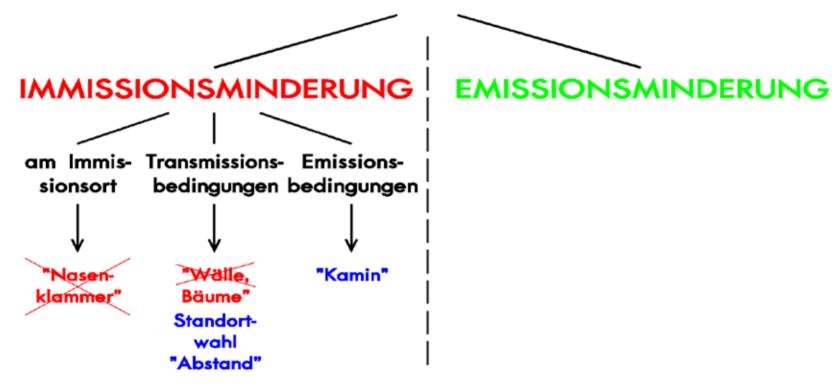


















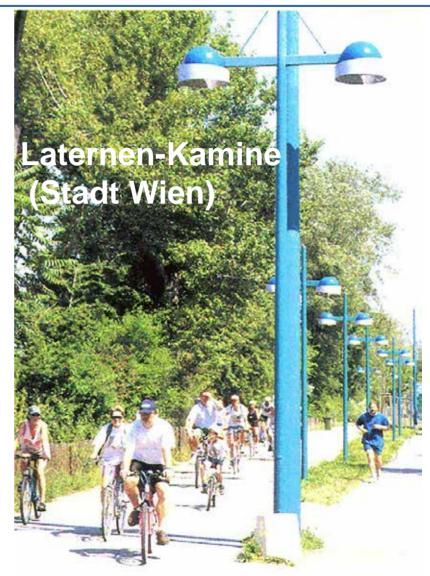






Abluftfortleitung







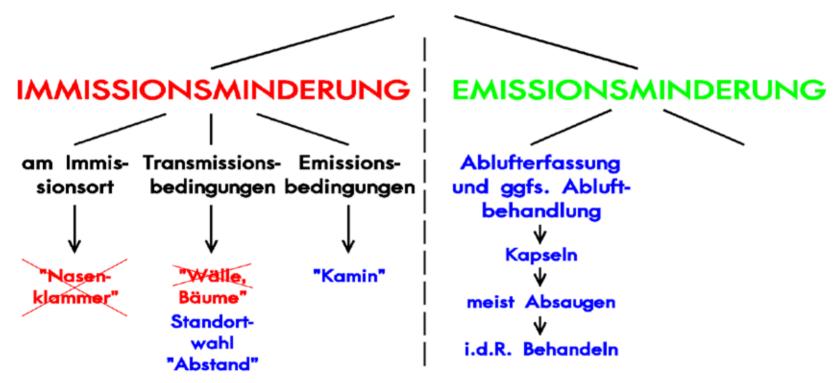
The WaterBackpack Company GmbH Prof. Dr.-Ing. F.-B. Frechen www.waterbackpack.org





















Kläranlagen – Abdeckung und **Ablufterfassung**











wwtp Barcelona - before covering





Deutschland

Land der Ideen

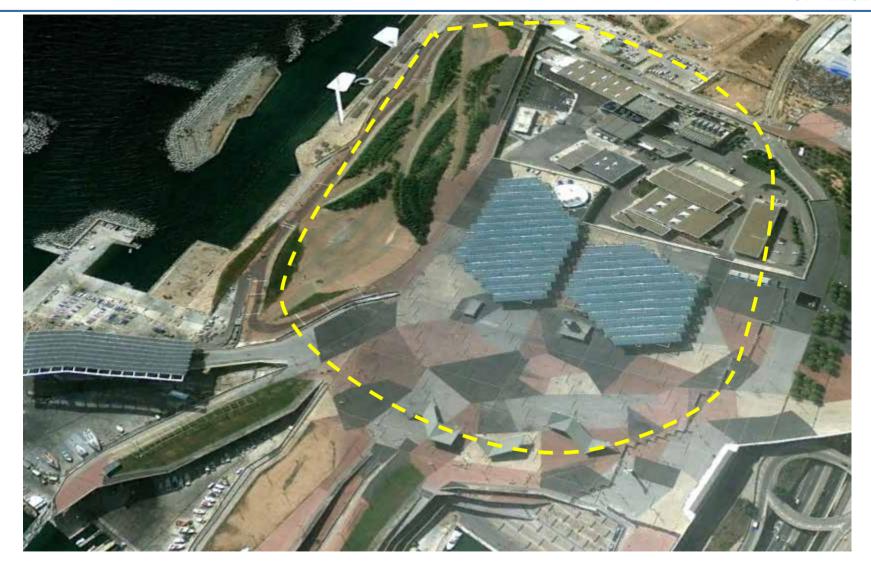
Ausgewählter Ort 2011







wwtp Barcelona – after covering







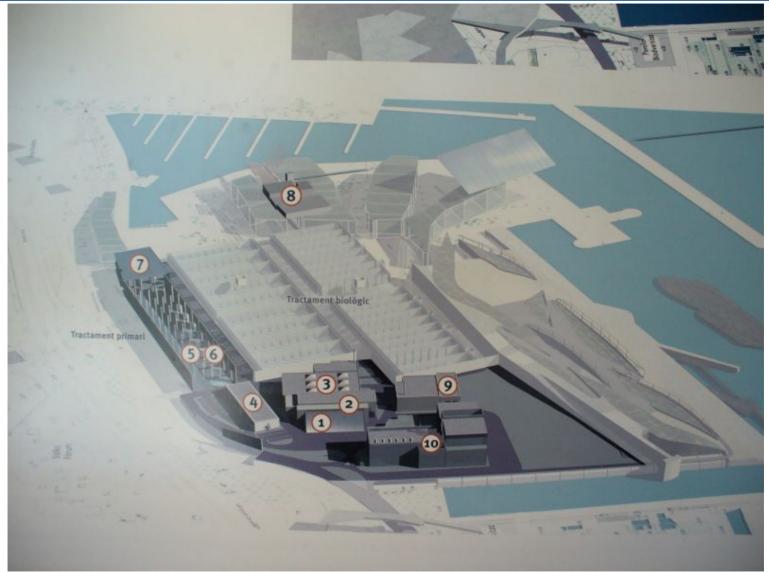








wwtp Barcelona – after covering





























wwtp Barcelona – primary sedimentation















wwtp Barcelona – primary sedimentation





























Ü Korrosionsschutz ergreifen (auch ein hoher Luftwechsel schützt nicht vor Korrosion)

- Ü Luftwechsel ausreichend groß wählen
 - Ä je nach Anwendung (begehbare/nicht begehbare Räume) 2-facher bis 20facher Luftwechsel pro Stunde
 - A Unterdruck auch bei Windsog sicherstellen
 - A bei belüfteten Anlagen mit ausreichender Reserve absaugen A Befüllgeschwindigkeit beachten
- **Ü** Ex-Schutz beachten
 - A Flektro und Mechanik
 - A Sicherheitskonzept
- U Mehrfachnutzung der Luft anstreben zur Minimierung der zu behandelnden Abluftmengen
- Absaugungs- und Abluftbehandlungsgesamtkonzept entwickeln

























Ablufterfassung















Ablufterfassung















Ablufterfassung – Korrosion















wwtp Barcelona - before covering





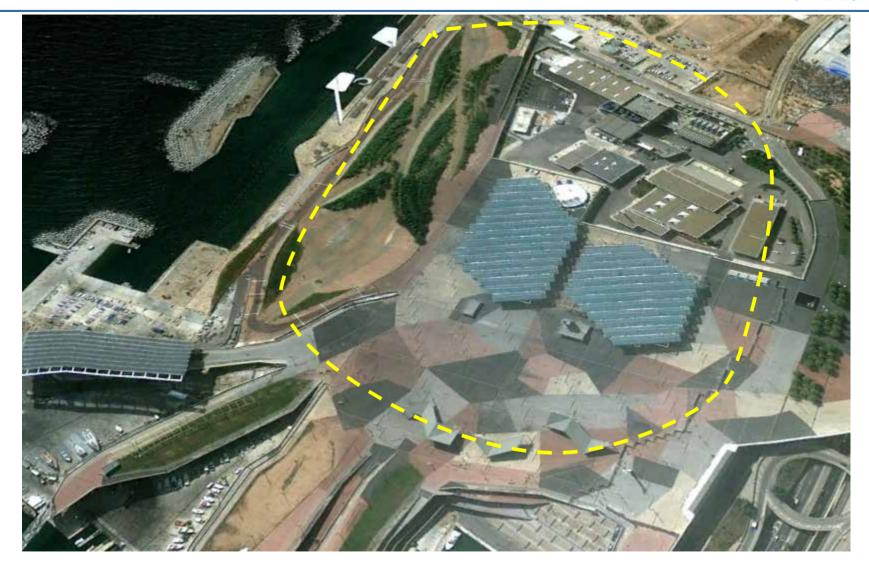








wwtp Barcelona – after covering







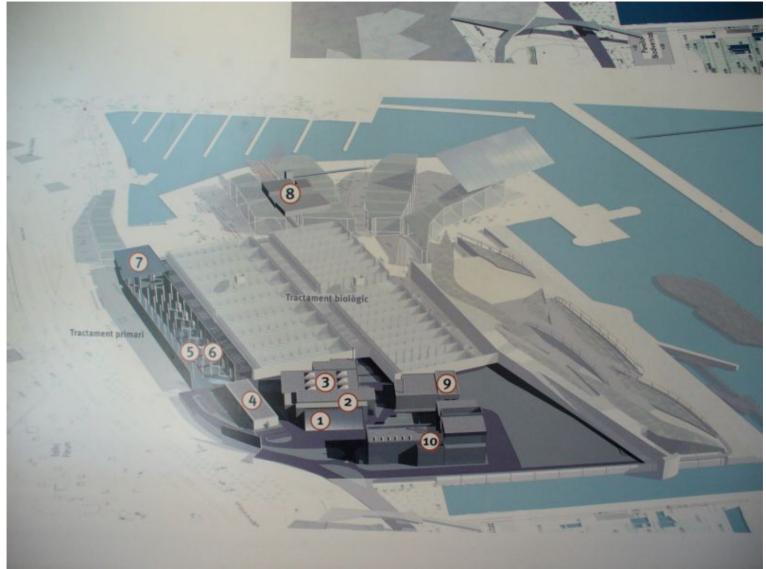








wwtp Barcelona – after covering















wwtp Barcelona – grit chamber















wwtp Barcelona – primary sedimentation

















wwtp Barcelona – primary sedimentation

















wwtp Barcelona – aeration basin







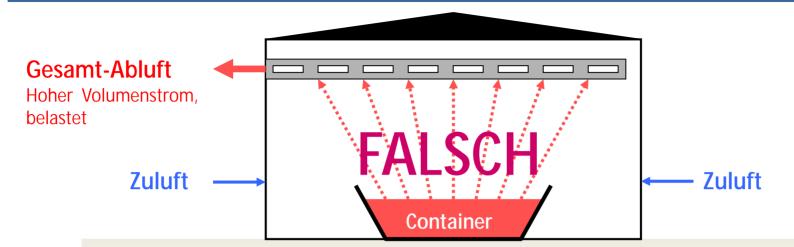








Ablufterfassung – Absaugkonzept





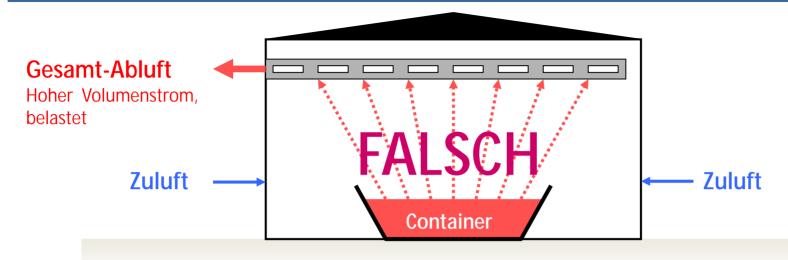


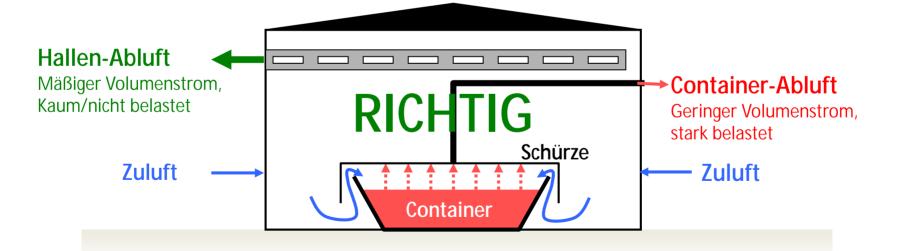
























Abluftbehandlung











Chemisch

Physikalisch

Biologisch













Ü Chemisch

- A Chemischer Luftwäscher
 - Anzahl Stufen: 1 bis 4
 - Art der Durchströmung: Gegenstrom, Kreuzstrom, Gleichstrom





















A Reaktion mit Sauerstoff

- U Luftinhaltsstoffe reagieren mit den in der Waschflüssigkeit der Luft zugeführten Chemikalien
- U Absorption durch Einlagerung, z.B. aromatische Verbindungen in Ölphasen (ähnlich Chemisorption, aber nicht auf Oberflächen begrenzt)
- U Absorption durch chemische Oxidation (VDI 2443)
 - \emptyset Ozonierung, H₂O₂
 - A Elektronenabgabe: Oxidationsmittel nimmt Elektronen auf, Elektronenabgabe = Oxidation, Elektronenaufnahme = Reduktion Alkalische und saure Wäsche











- Ü Für einige Schadgase sind saure oder alkalische Wäschen zur **Absorption** besonders geeignet
- Ü Alkalische Wäsche: A H₂S wird im alkalischen Milieu gut in Waschflüssigkeiten gelöst (als S²⁻), im neutralen sehr wenig (HS-) und im sauren kaum
- Ü Saure Wäsche: A NH₃ wird im sauren Milieu gut in Waschflüssigkeiten gelöst (als NH₄+), im neutralen und basischen kaum
- U Kommen sowohl H₂S als auch NH₃ in der zu behandelnden Luft vor, so können diese nicht in der gleichen Waschstufe behandelt werden.









- U Aromatische Verbindungen (Benzol, Toluol, ...) sind verhältnismäßig schwer wasserlöslich, weil Aromaten im Gegensatz zu Wasser unpolare Moleküle sind
- Um aromatische Verbindungen mit einem Wäscher zurückzuhalten, müssen unpolare Waschflüssigkeiten verwendet werden.
 - A Einsatz von nicht abbaubaren Silikonölen in biologischer Waschwasserbehandlung (Biowäscher)
 - A Einsatz von Cyclodextrinen











- U Kann verschiedene Aufgaben übernehmen
 - Ä Hält die aus einer vorgeschalteten Wäscherstufe ausgetragenen Chemikalien (Chlor, Säure, Lauge, ...) zurück
 - Ä Kann zur Oxidierung mittels H₂O₂ verwendet werden
 - Ä Kann als Befeuchter für einen nachgeschalteten Biofilter dienen
- U Kann als nachgeschaltete Stufe mit Chemikalien beschickt werden, falls in Spitzen der eigentliche Chemikalienwäscher nicht ausreicht











U Je größer die Bandbreite an vorliegenden Schadstoffen ist, desto größer ist die Anzahl der Stufen (sauer, alkalisch, Sauerstoff-Oxidation, neutral)

Ü Entsorgung der Waschflüssigkeit erforderlich

Ä Säure + Lauge = Wasser + Salz

U Mindestens zweistufig:

Ä saure Wäsche (z.B. NH₃-Elimination) und/oder alkalische Wäsche (z.B. H₂S-Elimination) und

À neutrale Wäsche

U Als Vorbehandlungsstufe für Biofilter günstig, um z.B. für Biofilter toxische Schadstoffe zu eliminieren













- Ü Die einzelnen Wäscherstufen werden parameterbezogen geregelt
 - \triangle Ozonierung/H₂O₂-Wäscher: die Ozon-/H₂O₂-zugabe wird über die Restozonkonzentration an Ozon im Reingas geregelt
 - A Saure/alkalische Wäsche: Dosierung von Säure/Lauge zum Halten eines bestimmten pH-Wertes im Wäscherumlaufwasser
- Eine Regelung bezüglich der Schadstoffe rohgasseitig erfolgt nicht.











Chemischer Wäscher























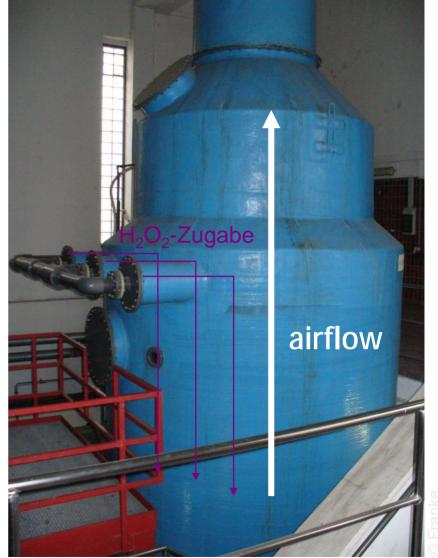






ozone scrubber (ozone in liquid)

















wwtp Bonn – chemical scrubber (3 stages)















wwtp Bonn – chemical scrubber (3 stages)















wwtp Bonn – chemical scrubber (3 stages)















wwtp Bonn – chemical scrubber



















two stage chemical scrubber







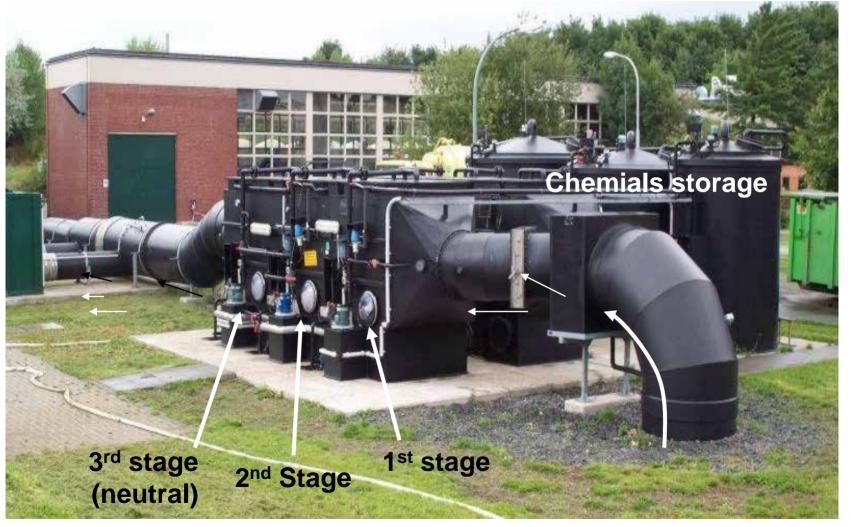








Chem. Wäscher – Dreistufiger Kreuzstromwäscher











Ü Chemical

- A air scrubbers
 - Ø steps: one to four steps
 - type: cross-air, Venturi, trickling filter type
- A incineration
 - Ø thermal (>800°C)
 - Ø catalytic (> 350°C, not common if composition of air is unknown/highly varying)











- U thermal incineration, temperature ca. 900°C
- U converts nearly all compounds into water and CO₂ and nitrogen, sulphur and halogenes – nearly perfect elimination
- usage of heat recovery for cost minimization
- U especially suited for burnable gases, otherwise or with high humidity usually not feasable due to economic reasons









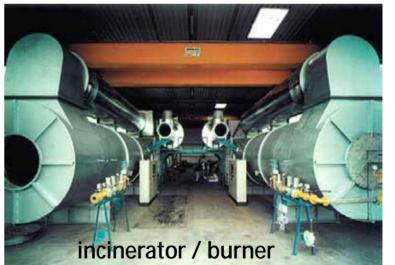


thermal incineration























- U catalytic waste gas treatment (catalytic oxidation) is wellknown from cars
- newest developments with catalysts allow for lower temperature
- **Ü** advantages A small and simple construction
- Ü disadvantages
 - A composition of waste air must be known A some compound hardly degradable with a catalyst

A lower temperature than with thermal incineration

A every catalyst can be poisoned

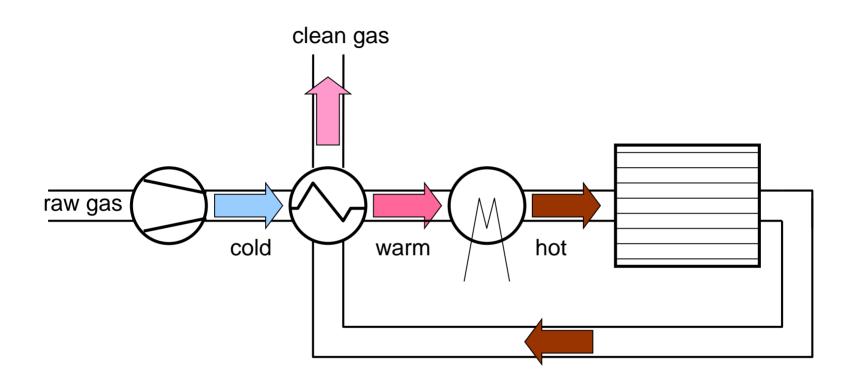












compressor/ fan

heat exchanger heating

catalyst













Ü Chemical

- A air scrubbers
 - Ø steps: one to four steps
 - Ø type: cross-air, Venturi, trickling filter type
- A incineration
 - Ø thermic (>800°C)
 - Ø catalytic (> 350°C, not common if composition of air is unknown/highly varying)
- A photoionization (UV oxidation) w/o or with ozonisation (dry ozonisation)











U photoionization (PI) is the removal of one or more electrons

from an atom or molecule by absorption of a photon of visible or

ultraviolet light. \ddot{U} radiation with UV light (λ =100 nm to 280 nm) causes the decomposition of the undesired compounds/odorants Ü depending on the UV wavelength, oxygen molecules (O₂) may be converted to **ozone** (O_3) :

 $\overset{\triangle}{\mathsf{A}}$ UV at wavelength λ =185 nm produces ozone Ø ozone is highly reactive and oxidizes compounds/odorants \tilde{A} UV at wavelength λ =254 nm does not produces ozone

U generation of ozone can be performed in a separate chamber or in the main air stream

Ü Note: Ozon allein ist recht träge -> braucht mind. 5 min Reaktionszeit/darum Kombi PI + O3!







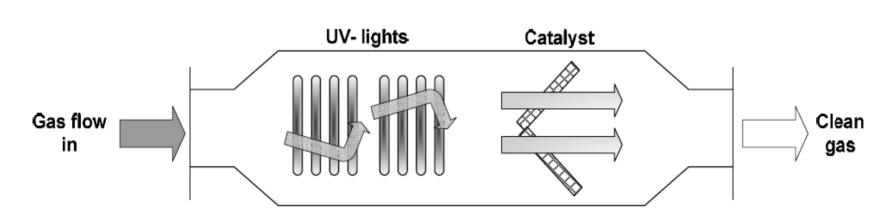
DWA wawikurs

09.12.2020



A this is usually done by a catalyst (activated carbon) or a second set of lamps with a different wavelength after the first photo oxidation phase A enhances efficiency

Photo/UV oxidation



[2] Best Available Techniques (BAT) Reference Document for Common Waste Water and Waste Gas Treatment/Management Systems in the Chemical Sector – Industrial Emissions Directive 2010/75/EU (Integrated Pollution Prevention and Control – IPPC). Draft 2. 20 July 2011















A either with ozone generation or

A ozone free

U photocatalysis is a PI installation with catalyst:

A either with ozone generation or

A ozone free

[2] Best Available Techniques (BAT) Reference Document for Common Waste Water and Waste Gas Treatment/Management Systems in the Chemical Sector – Industrial Emissions Directive 2010/75/EU (Integrated Pollution Prevention and Control – IPPC). Draft 2. 20 July 2011







Deutschland and der Ideen

Ausgewählter Ort 2011







	process	Reaction equation exemplified for the decomposition of methane
photolysis	ozone free	$CH_4 + 2O_2$ ® $C^* + 4H^* + 2O_2$ ® $CO_2 + 2H_2O$
	ozone forming	$CH_4 + 2O_2$ ® $CH_4 + O_3 + O^*$ ® $CO_2 + 2H_2O$
	ozone forming and (due to humidity) hydroxyl forming	$CH_4 + 2H_2O + 2O_2$ ® $CH_4 + 2H_2O + 4O*$ ® $CH_4 + 4OH* + 2O*$ ® $CO_2 + 4H_2O$
ysis	ozone free	$CH_4 + 2O_2 + TiO_2$ $^{/3}$ 254 nm $CH_4 + 2O_2 + TiO_2$ * * * * * * *
photocatalysis	ozone forming	$CH_4 + 2O_2$ ® $CH_4 + O_3 + O*$ ® $CO_2 + 2H_2O$
	ozone forming and (due to humidity) hydroxyl forming	$CH_4 + 2H_2O + 2O_2$ R $CH_4 + 2H_2O + 4O$ * R $CH_4 + 2H_2O + 4O$ * R $CH_4 + 4OH$ * + $2O$ * R $CO_2 + 4H_2O$













full scale PI test plant











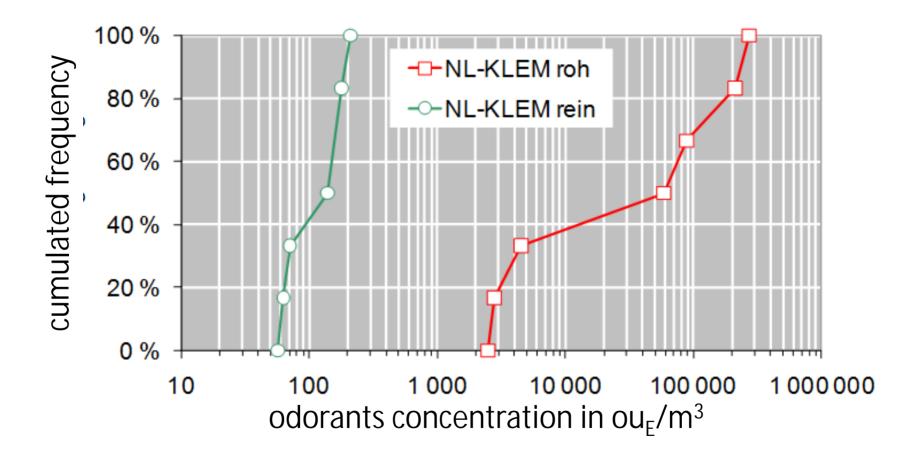








Ü efficiency of a PI treatment plant at a large wwtp















Ü Chemical

- A air scrubbers
 - Ø steps: one to four steps
 - Ø type: cross-air, Venturi, trickling filter type
- A incineration
 - Ø thermic (>800°C)
- Ø catalytic (> 350°C, not common if composition of air is unknown/highly varying)
- A photoionization (UV oxidation) w/o or with ozonisation (dry ozonisation)
- A cold plasma (also known as "non thermal Plasma NTP")







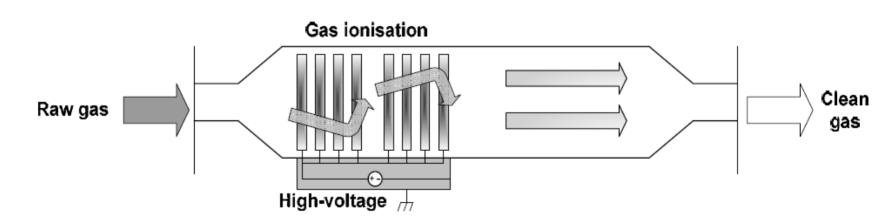






A no notable rise in temperature takes place

A The high-reacting components cause a decomposition and (partial) oxidation of the pollutants/odorants present in the incoming gas



[2] Best Available Techniques (BAT) Reference Document for Common Waste Water and Waste Gas Treatment/Management Systems in the Chemical Sector – Industrial Emissions Directive 2010/75/EU (Integrated Pollution Prevention and Control – IPPC). Draft 2. 20 July 2011













Ü Physikalisch

Ä Aktivkohlefilter













- Ü Feinkörnige Kohle (Kohlenstoff meist > 90 %)
- U Innere Oberfläche beträgt zwischen 500 m²/g und 2.000 m²/g Kohle (Angabe Wikipedia).
- Ü Die Poren sind untereinander verbunden. Porengrößenverteilung (Mikroporen (< 1 nm), Mesoporen (1 nm bis 25 nm) und Makroporen (> 25 nm)) bestimmt die Adsorptionseigenschaften
- Ü Dichte liegt im Bereich von 200 kg/m³ bis 600 kg/m³
- Ü Aktivierung von Kohle mittels Wasserdampf bei 850 °C bis 950 °C. Behandlung der Aktivkohle mit Chemikalien zur Verbesserung der Adsorption (Imprägnierung)











- **Ü** Adsorptionsprinzip (Anlagerung)
- U feuchtigkeitsempfindlich
- Entsorgung oder Regeneration der Aktivkohle erforderlich
- U Leistungssteigerung durch vorgeschaltete Ozonierung (UV-Bestrahlung: Oxidation größerer Moleküle, die Bruchstücke können besser adsorbieren)
- U Imprägnierte Aktivkohle für spezielle Aufgaben auf dem Markt erhältlich
- U Kontaktzeit 0,1 s bis 0,2 s (Angabe Donau Carbon für das Produkt Desorex)













The WaterBackpack Company GmbH Prof. Dr.-Ing. F.-B. Frechen www.waterbackpack.org

















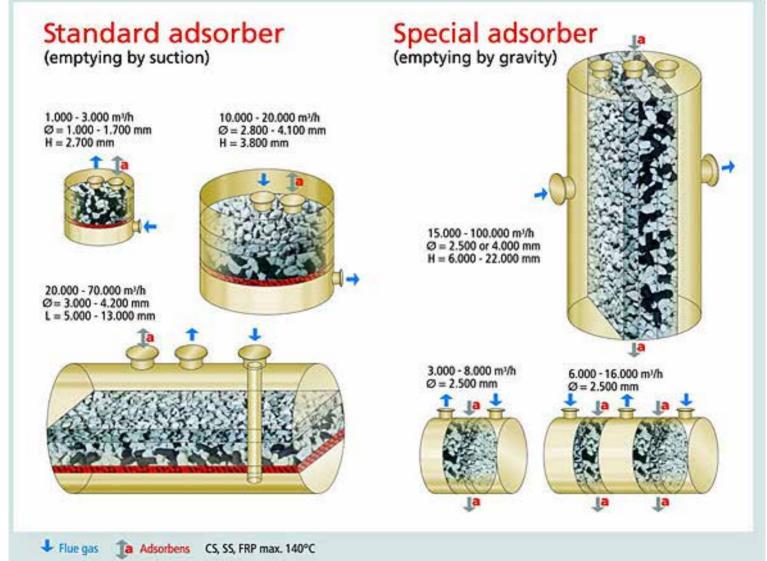






















activated carbon filter















Biologisch

- Schadstoffe werden durch Mikroorganismen abgebaut (verstoffwechselt)
- Ü Einblasen in ein Belebungsbecken als einfachste Maßnahme bei vorhandenem Belebungsbecken
- Ü Biowäscher in verschiedenen Bauformen und unterschiedlicher Anordnung des biologischen Reaktionsraumes: **A** Hauptstrom
 - A separater Behälter
- Ü Biofilter als verbreiteste Maßnahme auch gefördert durch die GIRL – mit verschiedenen Füllmaterialien; Vorreinigung beachten















A MO befinden sich im Flüssigkeitsfilm oder siedeln auf dem Filtersubstrat, Filter wird mit angefeuchtetem Luftstrom beaufschlagt

- Ü Biowäscher
 - A Konstruktion wie chemischer Wäscher, aber die Waschflüssigkeit ist i.d.R. nicht chemisch reaktiv. Behandlung im Belebungsbecken.
- Ü Biorieselbettfilter
 - A MO befinden sich auf einem Filter der mit Wasser besprüht und mit der Abluft belüftet wird (wie Tropfkörperanlage, aber Schadstoffe in der Luft und nicht im Wasser)













- **Ü** Bemessung
 - Ä VDI Richtlinie 3477 (2004)
- Ü Bauarten
 - A Containerfilter

Ä Flächenfilter

- Für kompakte Anlagen: Containerstapel
- **Ø** Für industrielle Anwendung: Containerkaskaden
- Ü Bemessungsgrößen
- Ä Filterflächenbelastung m³_{Luft}/(m²_{Filteroberfläche}*h) A Filterraumbelastung m³_{Luft}/(m³_{Filtervolumen}*h)
 - A Filterbelastung stoffspezifisch g/(m³_{Filtervolumen}*h)
 - \triangle Filterbelastung geruchsspezifischGE_F/(m³_{Filtervolumen}*h)
 - Ä Nicht alle diese Bemessungsgrößen finden sich in VDI 3477!





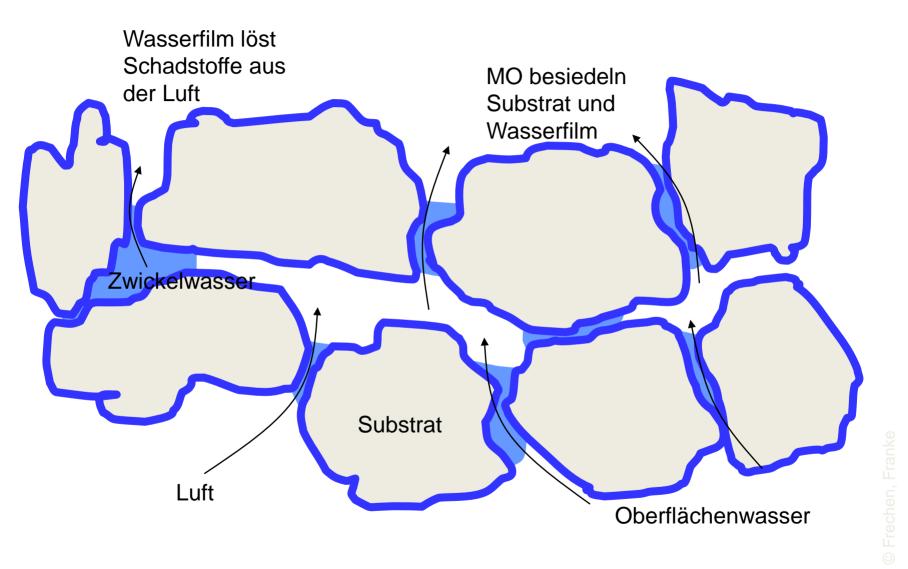








Biofilter: Biologischer Abbau



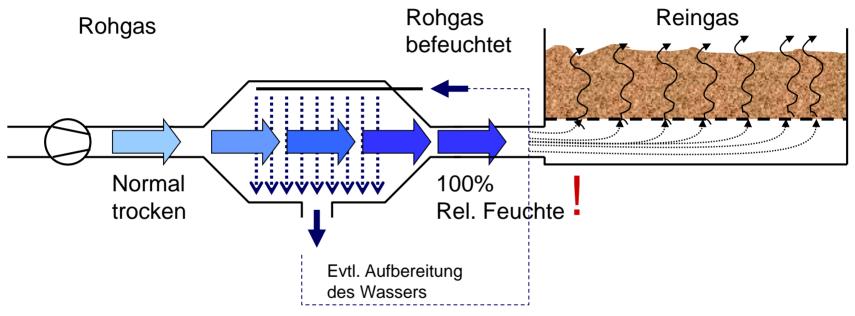












Verdichter/ Ventilator **Befeuchter** (sollte möglichst als Wäscher nutzbar sein)

Biofilter











- Ü Rindenmulch
 - Ä Hohe Oberfläche, kompaktiert stark
- Ü Holzhackschnitzel A Mittlere Oberfläche, kompaktiert wenig
- U Mineral-Holz-Mischung A Hohe Oberfläche, kompaktiert kaum, weniger abbaubare Masse an Substrat
- Ü Mineralsubstrat (Ton, Aktivkohle-Holz-Gemisch)
 - A Sehr hohe Oberfläche, kompaktiert sehr wenig, kaum abbaubares Substrat, Pufferung für toxische Stoffe











Offener Biofilter klein



Holzhackschnitzel



Mineralisches Substrat



The WaterBackpack Company GmbH Prof. Dr.-Ing. F.-B. Frechen www.waterbackpack.org









Offener Filter groß



















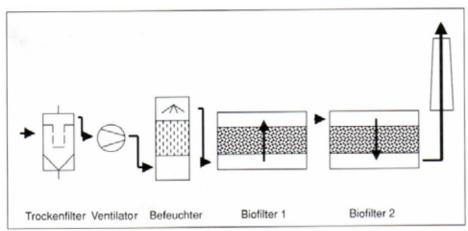












2: Fließschema der Gesamtanlage



3: Trockenfilter zur Staub und Feinstaerosolabscheidung, Volumenstrom 100 000 m³/h



1: Erstmals realisiert: Biofilteranlage für 100 000 m³/h mit acht Modulen übereinander auf weniger als 100 m² Standfläche













Eigenschaft		Flächenfilter	Containerf.
Schütthöhe	m	1 bis 2	1,2 bis 1,75
Luftverteilungskammer	m	0,5 bis 1,2	0,5 bis 1,2
Max. Flächenbelastung	m ³ /(m ² *h)	100 bis 150	80 bis 300
Max. Volumenbelastung	m ³ /(m ³ *h)	50 bis 100	100 bis 350
Luftfeuchte Rohgas	%	100	100
Temperatur Rohgas	°C	< 40°C Wenn höher, dann dauerhaft > 40°C	< 40°C Wenn höher, dann dauerhaft > 40 °C
c(H ₂ S,max), c(NH ₃ ,max)	mg/m3	5 bis 10	5 bis 10
Raumbelastung (aus ATV-M 204 (1996))	GE _E /(m ³ *h)	200.000 *	200.000 *

* veraltet; es sind auch deutlich höhere Belastungen möglich













- **Separierung** typischer Abluftströme und angepaßte Behandlung:
 - A große Volumenströme mit geringer Konzentration (Raumluft etc.)
 - A kleine Volumenströme mit hoher Konzentration
- Ü mehrstufige Verfahren

Ä vor allem: Wäscher mit Biofilter











Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!



Diese (und mehr) Vortragsfolien können Sie downloaden:

http://waterbackpack.org/download/2020_Odours.pdf











