

KanalReinigungsCongress – KRC 2018

18.-19. April 2018 in Gelsenkirchen

Modernes Geruchs- und Korrosionsmanagement

Franz-Bernd Frechen, Universität Kassel

Deutschland
Land der Ideen

Ausgewählter Ort 2011
und Bundessieger
„Gesellschaft“

Ü Kanalreinigung 6.000 v.Chr. bis 1960



Sonderdruck aus GWF „Das Gas- und Wasserfach“, 101. Jahrgang (1960), Heft 18 (Wasser — Abwasser), Seite 451/452

Kanalreinigung durch Hochdruck-Strahlwasser

Von Bernard FRECHEN, Duisburg

Die Technik der Reinigung von Abwasserkanälen bedient sich auch heute noch durchweg der von altersher überlieferten Verfahren, die von den Kanalarbeitern oft schwere und schmutzigste Arbeit erfordern. Als nennenswerte Fortschritte der letzten Jahrzehnte können lediglich der Einsatz von Motorwinden und vor allem von Schlamm- und Saugfahrzeugen angesehen werden. Das „klassische“ und noch stets vorherrschende Verfahren zur Säuberung des Kanalnetzes ist die Reinigung durch Windenzug. Hierbei führt ein Kanalarbeiter von der Sohle eines Schachtes aus zunächst Stäbe oder an Schwimmern befestigte Leinen in den Kanal ein, zieht dann ein Seil von Schacht zu Schacht durch und befestigt daran Bürsten oder Schaber. Diese werden dann durch eine Winde von Hand, oder in einem neuzeitlichen Kanalbetrieb durch motorische Kraft, hin und her bewegt und befördern so den Schmutz aus der Kanalhaltung zum Schacht. Von dort wird er in Eimern oder durch Schlamm- und Saugwagen aus dem Kanalnetz entfernt.

Ein eleganteres Verfahren ist die Reinigung durch Wasserspülung. Hierbei werden entweder die zum Kanal hin abgesperrten Schächte mit Wasser gefüllt, und nach dem

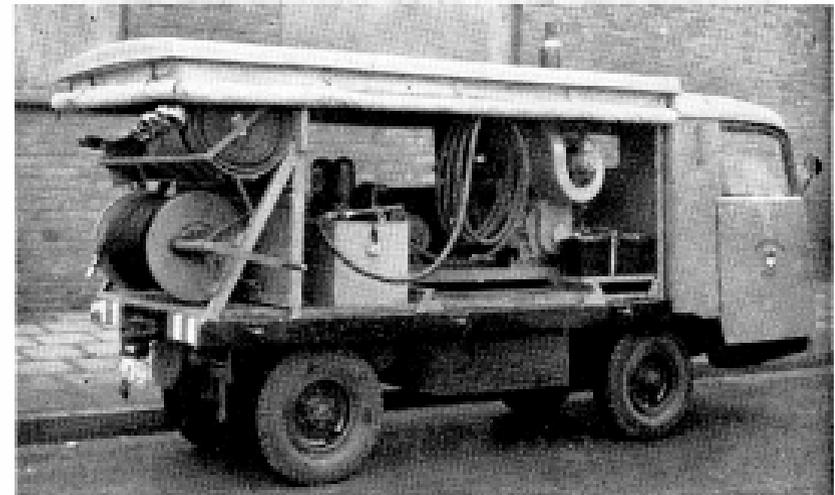


Bild 1. Elektrowagen mit der Ausrüstung für HD-Strahlwasser-Kanalreinigung.

Ein Gerät, das eine gewisse Ähnlichkeit mit der beschriebenen Anordnung aufweist — die sog. „Spülratte“ — war bereits seit längerem bekannt. Da hier aber großkalibrige Schläuche und nur der übliche Versorgungsdruck der öffentlichen Was-

Ü Vorab:

Ä Jeder weiß was

Ä Kann man Geruch überhaupt messen?

Ä Geruch = Schwefelwasserstoff (= Korrosion)

Ü Flüssigkeiten sind die originären Quelle von Gerüchen

Ü Strategien zur Vermeidung und Verminderung von Geruch aus dem und Korrosion im Kanal

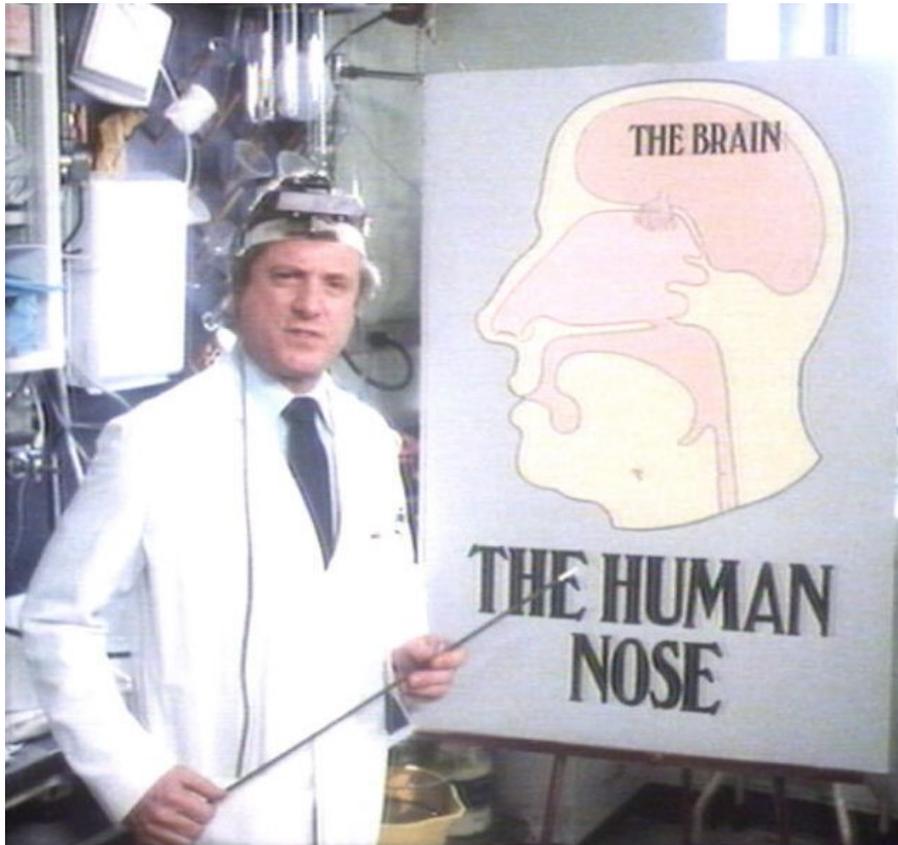
Ü Dossierregelung – möglich ?

Ü Identifikation der Verursacher

Ü Beispiele



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



Wer war der Übeltäter

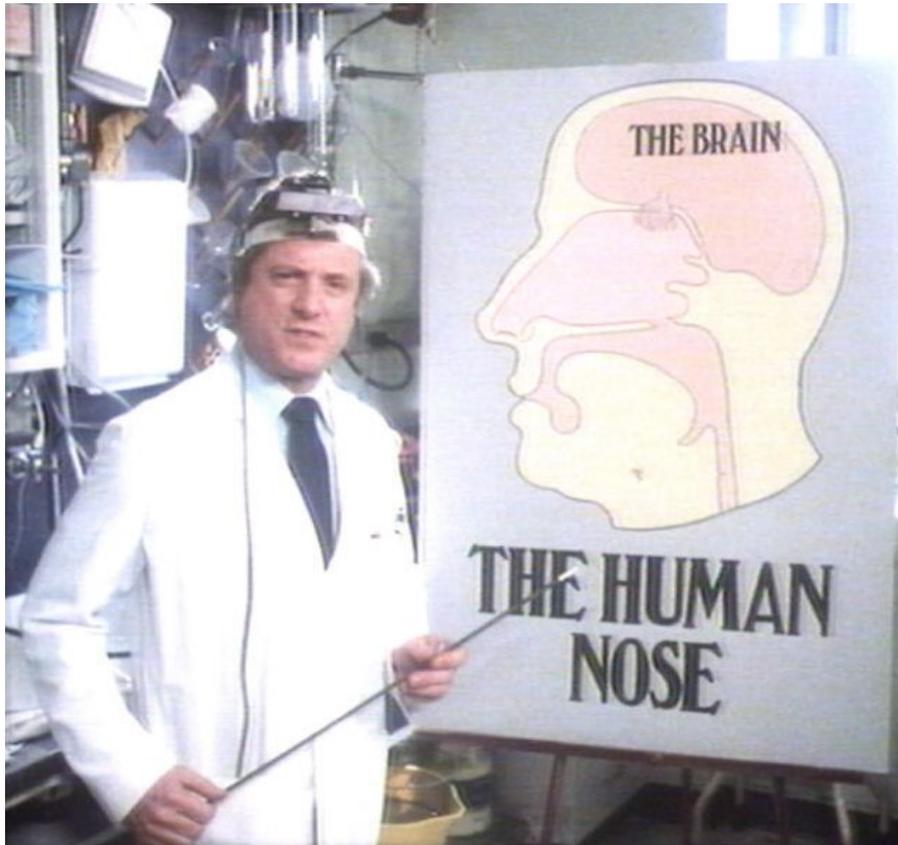
Der Kanal?



Die Kläranlage?



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



Leserbrief

„Neues zum Gestank“

Betr.: Neues zum Gestank, der
Stadtdirektor informiert.

Im Besitz des 2. Bürgerbriefes
und nach zusätzlicher Informa-
tion im ~~Stadtspiegel~~ Stadtspiegel
vom 5. Sept. 1990 kann ich nur
sagen: Hier irrt der Stadtdirek-
tor, denn nach sorgfältiger
Beobachtung habe ich festge-
stellt, 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 ha-
ben!“

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

Geruchsschwelle

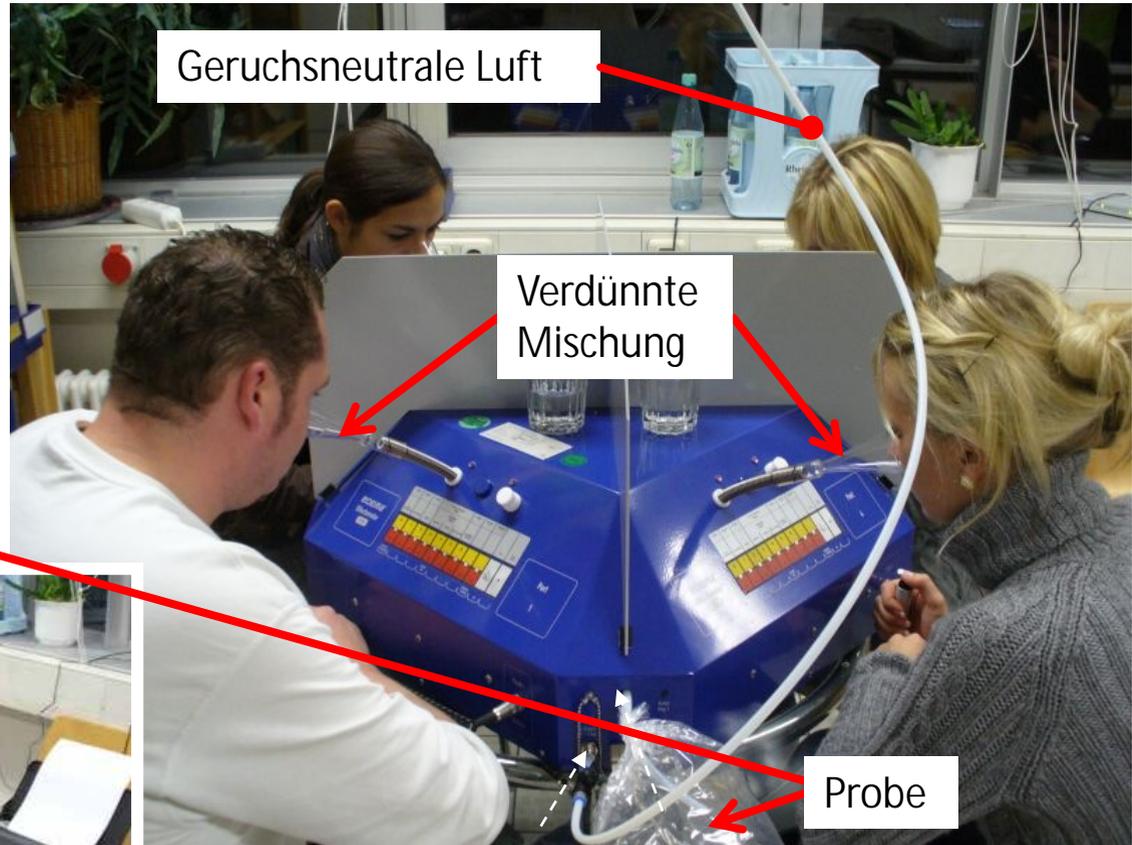
50 % der Beurteilungen
lauten „**Geruch**“

50 % der Beurteilungen
lauten „**kein Geruch**“



Geruchsstoffkonzentration c_{od}
in Geruchseinheiten pro m^3 Luft **GE_E/m^3**

DIN EN 13725:2003 „Bestimmung der Geruchsstoffkonzentration durch **Olfaktometrie**“



PC und Protokolldrucker

© Frechen

© Frechen/Franke



- Ü H_2S ist ein in Abwassersystemen üblicher und bedeutender Geruchsstoff, der bei Faulvorgängen ohne Sauerstoff entsteht
- Ü H_2S ist sehr geruchsintensiv: $1 \text{ ppm } H_2S \approx 2.000 \text{ GE}_E/m^3$
- Ü H_2S kann erhebliche Schäden anrichten



- Ü Wenn H_2S vorhanden [Geruch vorhanden, aber:
- Ü Wenn **kein** H_2S vorhanden, **kann es dennoch stinken!**



Es reicht also **nicht** aus, nur H₂S zu messen !



Einflußmöglichkeiten

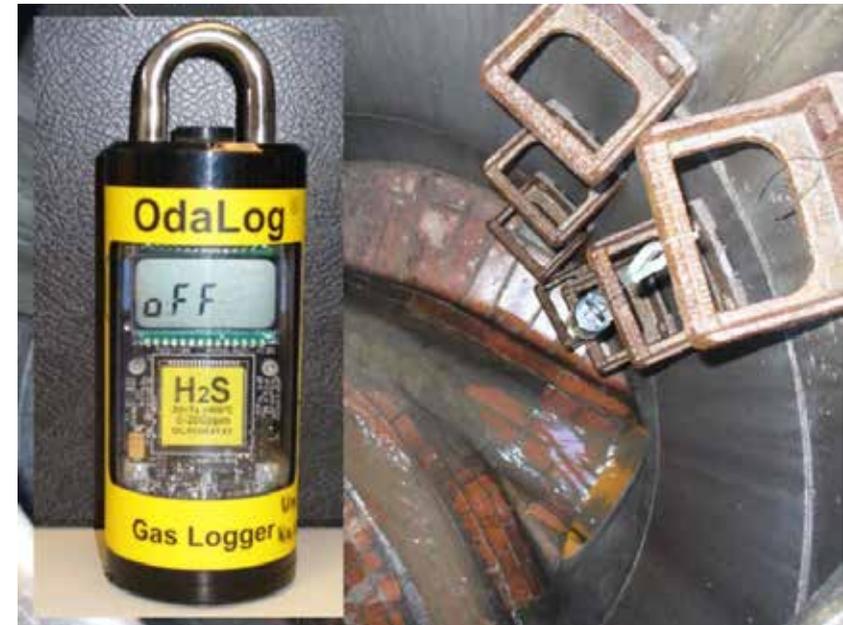
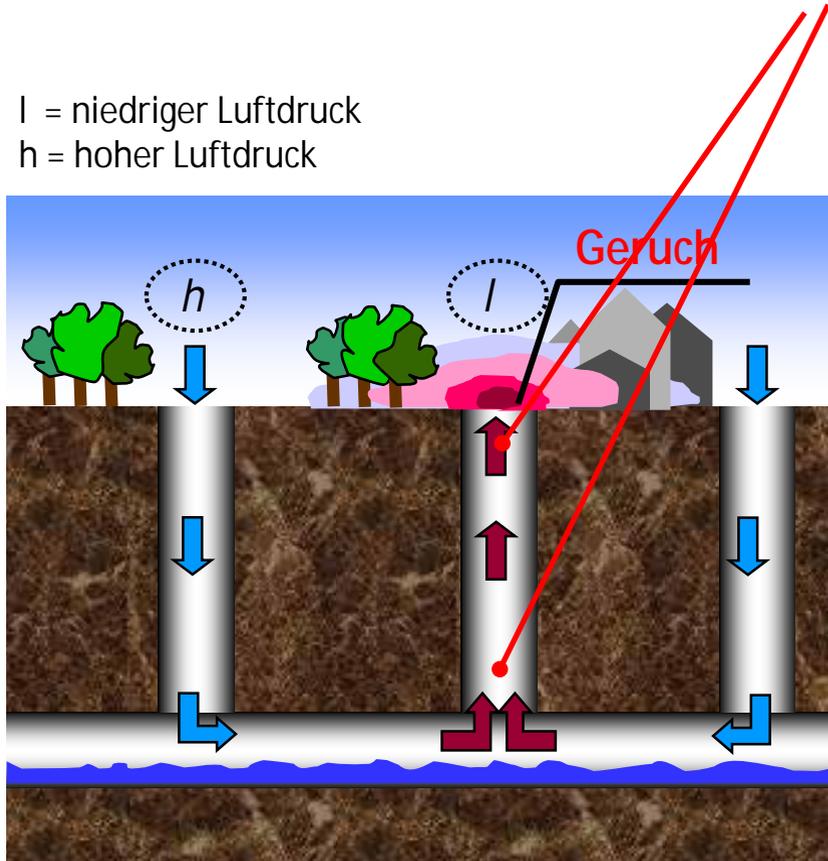
- Ü Je weiter links in der Prozesskette gemessen wird, desto größer sind die Einflußmöglichkeiten!
- Ü Konsequenz: **im Abwasser messen** (und nicht erst in der Kanalluft!) – und zwar **Sulfid** und **Geruch** !



Normaler Kanal mit natürlicher Lüftung über die Schächte ...

Irgendein Messgerät (z.B. H_2S_g)

l = niedriger Luftdruck
 h = hoher Luftdruck

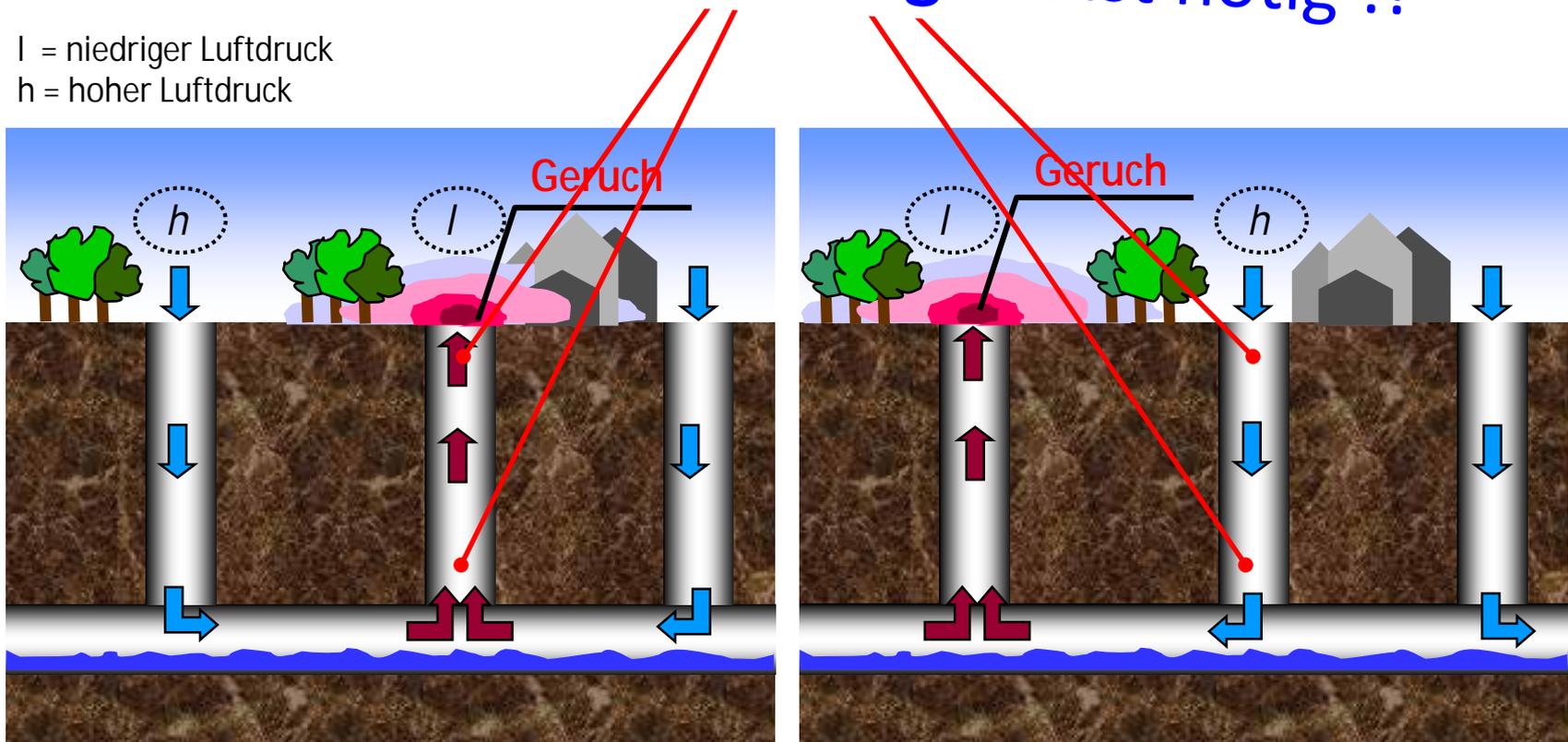


Normaler Kanal mit natürlicher Lüftung über die Schächte ...

Irgendein Messgerät (z.B. H_2S_g)

Messung in der Flüssigkeit ist nötig !!

l = niedriger Luftdruck
h = hoher Luftdruck





GeruchsEmissionsPotenzial in Geruchseinheiten pro m³ Flüssigkeit $GE_E/m^3_{\text{Flüssigkeit}}$

“Das **GeruchsEmissionsPotenzial GEP** einer Flüssigkeit ist die Gesamtmenge an in einer Flüssigkeit enthaltenen Geruchsstoffen, die unter standardisierten Bedingungen aus der Flüssigkeit ausgetrieben werden können.“
(gemessen wird in der ausgestrippten Luft !)

- 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“, Juni 2017**



Gasaustrag / Probenahmestelle

Luftraum
< 15 Liter

Flüssigkeit
Volumen
30 Liter

Membran-
Tellerbelüfter
(feinblasig)

Luftzufuhr

ca. 0,3 m



© Frechen

Ü CEN/TC 264/WG 2 seit 12/1991:

Ä Standardisierung der sensorischen Geruchsmessung mit Hilfe von Testpersonen

Ä In 2003 europäische Norm: **DIN EN 13725**

Ä Seit 2012 Überarbeitung (läuft)

Ü VDI-Richtlinie 3885/1 seit 05/2010:

Ä Messung des Geruchsstoffemissionspotenzials von Flüssigkeiten

Ä **VDI 3885/1** in 2016 verabschiedet, 2017 im Weißdruck erschienen

Ü CEN/TC 264/WG 41 seit 10/2015:

Ä Geruchsquantifizierung mit Sensorsystemen

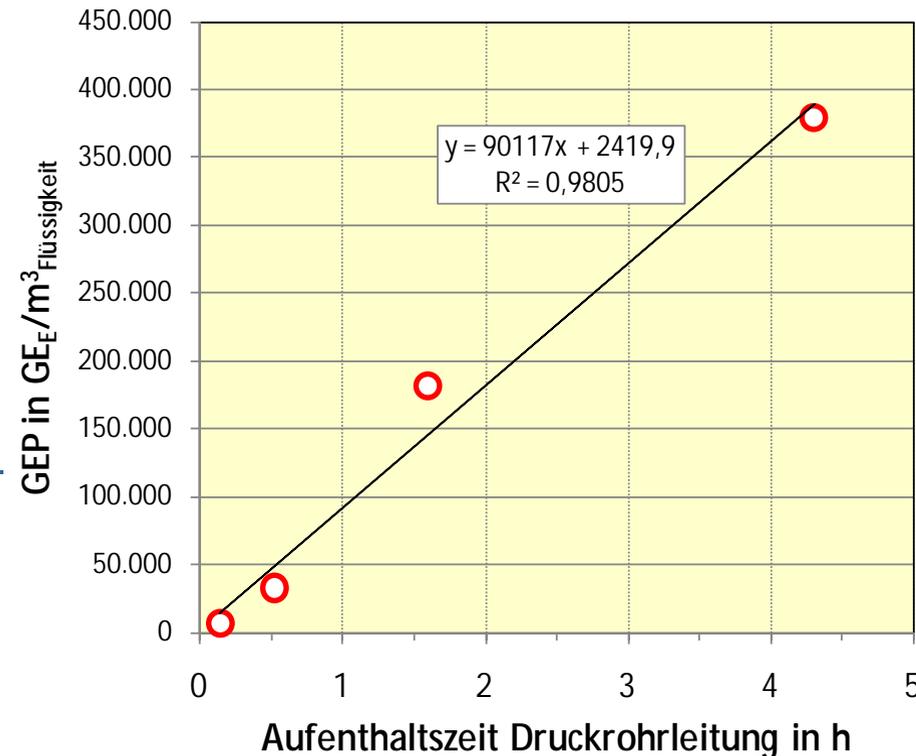
Ü Aufwand (nur Sitzungen ohne Vorbereitungszeit) ca 8 Ad/a

1. Charakterisierung von Flüssigkeiten bezüglich ihrer Geruchsrelevanz

- Ä Abwasser: 80.000 (5.000 – 600.000) $\text{GE}_E/\text{m}^3_{\text{Flüssigkeit}}$
- Ä Frischer Überschußschlamm: 30.000 (9.000 – 150.000) $\text{GE}_E/\text{m}^3_{\text{Flüssigkeit}}$
- Ä Filtrat stabilisierter Schlamm: 110.000 (5.000 – 400.000) $\text{GE}_E/\text{m}^3_{\text{Flüssigkeit}}$
- Ä Filtrat Rohschlamm: 2.000.000 (bis 10.000.000) $\text{GE}_E/\text{m}^3_{\text{Flüssigkeit}}$

**Werte über 50.000 $\text{GE}_E/\text{m}^3_{\text{Flüssigkeit}}$ 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 H_2S und anderen Geruchsstoffen!
- Ü Daher auch bei eigentlich „harmlosem“ Abwasser sehr schnell starker Anstieg des GEP (bis zu mehreren Mio GE_E/m^3)
- Ü Beispiel: unkritisches kommunales 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 (bald) 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 Flüssigkeit
Ä Papierindustrie:	bis 6.000.000 GE _E /m ³ Flüssigkeit
Ä Gerberei:	bis 15.000.000 GE _E /m ³ Flüssigkeit
Ä Fleischindustrie:	bis 10.000.000 GE _E /m ³ Flüssigkeit
Ä Hefeindustrie:	bis 40.000.000 GE _E /m ³ Flüssigkeit

Ü **Einleitung** von Sulfid/Geruchsstoffen **verhindern**

Ü **Bildung** von Sulfid/Geruchsstoffen **verhindern**:

Ä Bildung von **Sulfid** verhindern – **Sauerstoffgehalt** ausreichend hoch halten, Milieu in der **Sielhaut** nicht anaerob werden lassen: Dosieren von z.B. Nitratverbindungen (→ CaNO_3 etc.), O_2 , Luft ...

Ä Bildung der **Geruchsstoffe** verhindern -> Anaerobe Zustände vermeiden, **Sauerstoffgehalt** ausreichend hoch halten: Dosieren von z.B. Nitratverbindungen (→ CaNO_3 etc.), O_2 , Luft ...

Ü Hat sich bereits **Sulfid** gebildet:

Ä **Ausfällen**, z.B. durch Dosieren von Eisensalzen, Eisenhydroxidschlamm

Ü Haben sich bereits **Geruchsstoffe** gebildet:

Ä **Oxidieren**, z.B. durch Dosieren von Wasserstoffperoxid H_2O_2 o.ä.

Ä **Maskierung** (?)

Ü Einleitung von Sulfid/Geruchsstoffen verhindern

Ü Bildung von Sulfid/Geruchsstoffen verhindern:

Ä Bildung von **Sulfid** verhindern – Sauerstoffgehalt ausreichend hoch halten, Milieu in der **Sielhaut** nicht anaerob werden lassen: Dosieren von z.B. Nitratverbindungen (\rightarrow CaNO_3 etc.), O_2 , Luft ...

Ä Bildung der **Geruchsstoffe** verhindern -> Anaerobe Zustände vermeiden, Sauerstoffgehalt ausreichend hoch halten: Dosieren von z.B. Nitratverbindungen (\rightarrow CaNO_3 etc.), O_2 , Luft ...

Ü Hat sich bereits **Sulfid** gebildet:

Ä **Ausfällen**, z.B. durch Dosieren von Eisensalzen, Eisenhydroxidschlamm

Ü Haben sich bereits **Geruchsstoffe** gebildet:

Ä **Oxidieren**, z.B. durch Dosieren von Wasserstoffperoxid H_2O_2 o.ä.

Ä **Maskierung** (?)

Ü Einleitung von Sulfid/Geruchsstoffen verhindern

Ü Bildung von Sulfid/Geruchsstoffen verhindern:

Ä Bildung von **Sulfid** verhindern – **Sauerstoffgehalt** ausreichend hoch halten, Mitleit in der **Sielhaut** nicht anaerob werden lassen: Dosieren von z.B. Nitratverbindungen (→ CaNO_3 etc.), O_2 , Luft ...

1

Ä Bildung der **Geruchsstoffe** verhindern -> Anaerobe Zustände vermeiden, **Sauerstoffgehalt** ausreichend hoch halten: Dosieren von z.B. Nitratverbindungen (→ CaNO_3 etc.), O_2 , Luft ...

Ü Hat sich bereits **Sulfid** gebildet:

Ä **Ausfällen**, z.B. durch Dosieren von Eisensalzen, Eisenhydroxidschlamm

Ü Haben sich bereits **Geruchsstoffe** gebildet:

Ä **Oxidieren**, z.B. durch Dosieren von Wasserstoffperoxid H_2O_2 o.ä.

Ä **Maskierung** (?)

Ü Einleitung von Sulfid/Geruchsstoffen verhindern

Ü Bildung von Sulfid/Geruchsstoffen verhindern:

1 **Ä** Bildung von **Sulfid** verhindern – **Sauerstoffgehalt** ausreichend hoch halten, Mitleit in der **Sielhaut** nicht anaerob werden lassen: Dosieren von z.B. Nitratverbindungen (\rightarrow CaNO_3 etc.), O_2 , Luft ...

Ä Bildung der **Geruchsstoffe** verhindern -> Anaerobe Zustände vermeiden, **Sauerstoffgehalt** ausreichend hoch halten: Dosieren von z.B. Nitratverbindungen (\rightarrow CaNO_3 etc.), O_2 , Luft ...

Ü Hat sich bereits **Sulfid** gebildet:

2 **Ä** **Ausfällen**, z.B. durch Dosieren von Eisensalzen, Eisenhydroxidschlamm

Ü Haben sich bereits **Geruchsstoffe** gebildet:

Ä **Oxidieren**, z.B. durch Dosieren von Wasserstoffperoxid H_2O_2 o.ä.

Ä **Maskierung** (?)

Ü Einleitung von Sulfid/Geruchsstoffen verhindern

Ü Bildung von Sulfid/Geruchsstoffen verhindern:

1 **Ä** Bildung von **Sulfid** verhindern – **Sauerstoffgehalt** ausreichend hoch halten, Milieu in der **Sielhaut** nicht anaerob werden lassen: Dosieren von z.B. Nitratverbindungen (\rightarrow CaNO_3 etc.), O_2 , Luft ...

Ä Bildung der **Geruchsstoffe** verhindern -> Anaerobe Zustände vermeiden, **Sauerstoffgehalt** ausreichend hoch halten: Dosieren von z.B. Nitratverbindungen (\rightarrow CaNO_3 etc.), O_2 , Luft ...

Ü Hat sich bereits **Sulfid** gebildet:

2 **Ä** **Ausfällen**, z.B. durch Dosieren von Eisensalzen, Eisenhydroxidschlamm

Ü Haben sich bereits **Geruchsstoffe** gebildet:

3 **Ä** **Oxidieren**, z.B. durch Dosieren von Wasserstoffperoxid H_2O_2 o.ä.

Ä **Maskierung** (?)

Ü Einleitung von Sulfid/Geruchsstoffen verhindern

Ü Bildung von Sulfid/Geruchsstoffen verhindern:

1 **Ä** Bildung von **Sulfid** verhindern – **Sauerstoffgehalt** ausreichend hoch halten, Milieu in der **Sielhaut** nicht anaerob werden lassen: Dosieren von z.B. Nitratverbindungen (\rightarrow CaNO_3 etc.), O_2 , Luft ...

Ä Bildung der **Geruchsstoffe** verhindern -> Anaerobe Zustände vermeiden, **Sauerstoffgehalt** ausreichend hoch halten: Dosieren von z.B. Nitratverbindungen (\rightarrow CaNO_3 etc.), O_2 , Luft ...

Ü Hat sich bereits **Sulfid** gebildet:

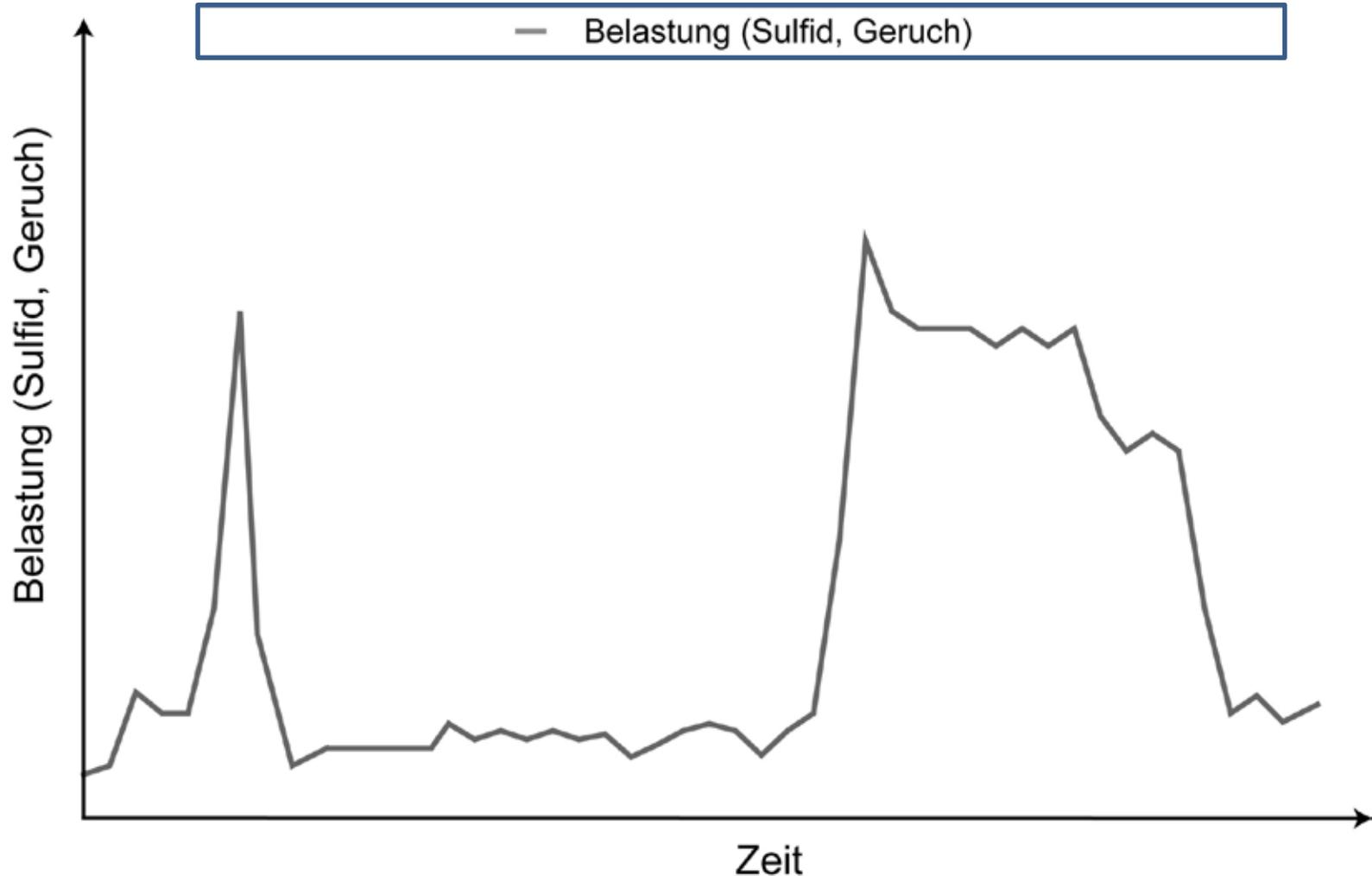
2 **Ä** **Ausfällen**, z.B. durch Dosieren von Eisensalzen, Eisenhydroxidschlamm

Ü Haben sich bereits **Geruchsstoffe** gebildet:

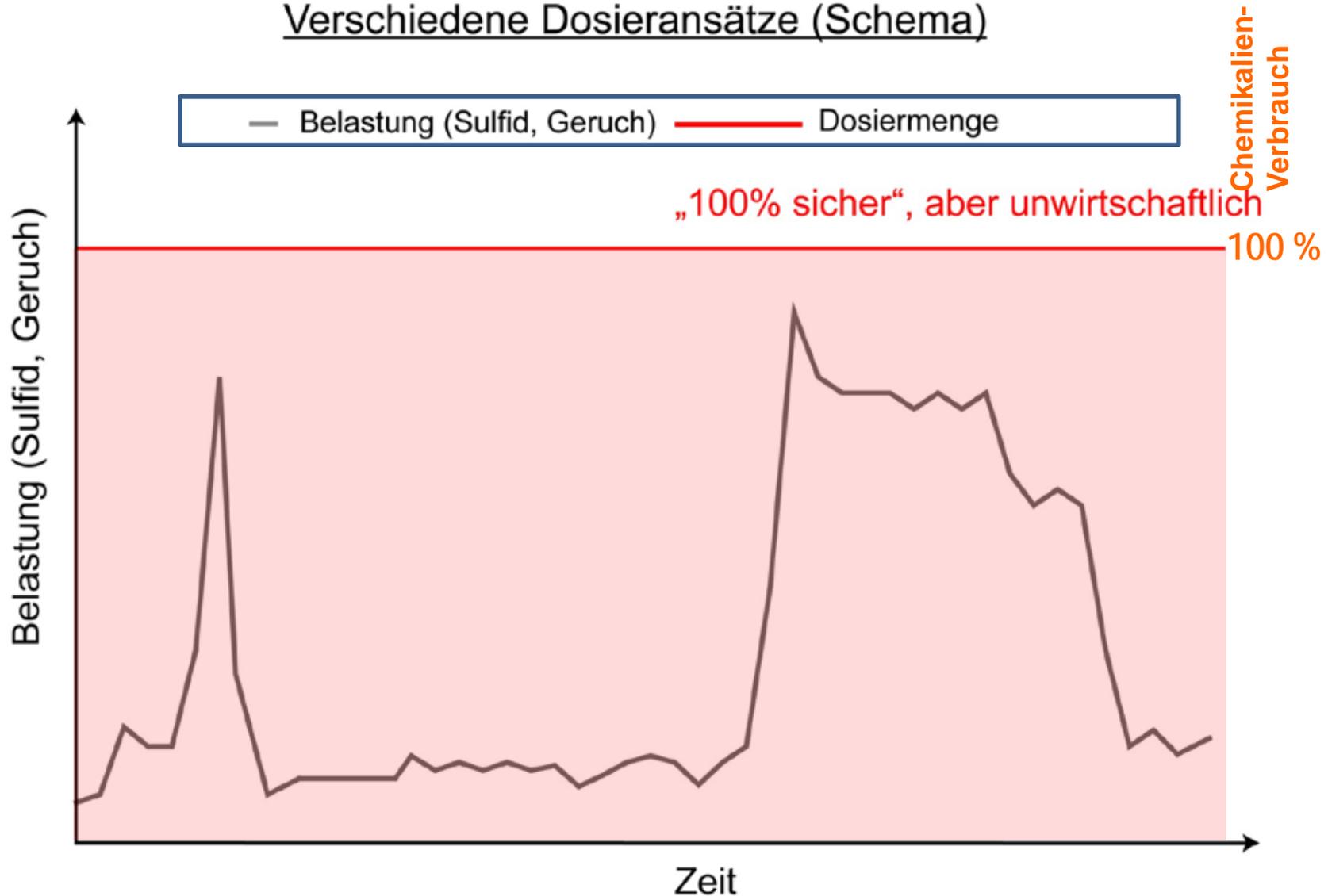
3 **Ä** **Oxidieren**, z.B. durch Dosieren von Wasserstoffperoxid H_2O_2 o.ä.

Ä **Maskierung** (?)

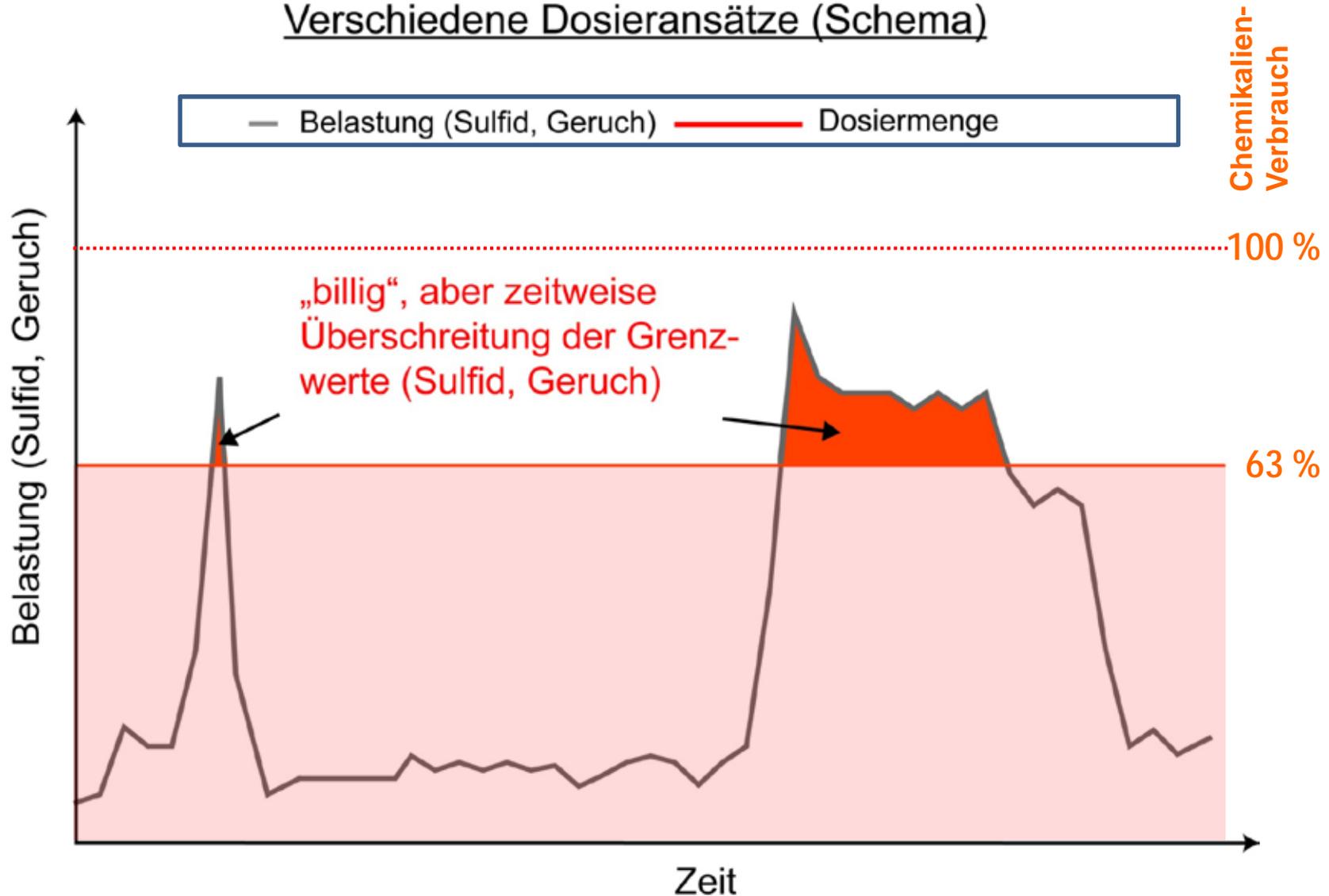
Verschiedene Dosieransätze (Schema)



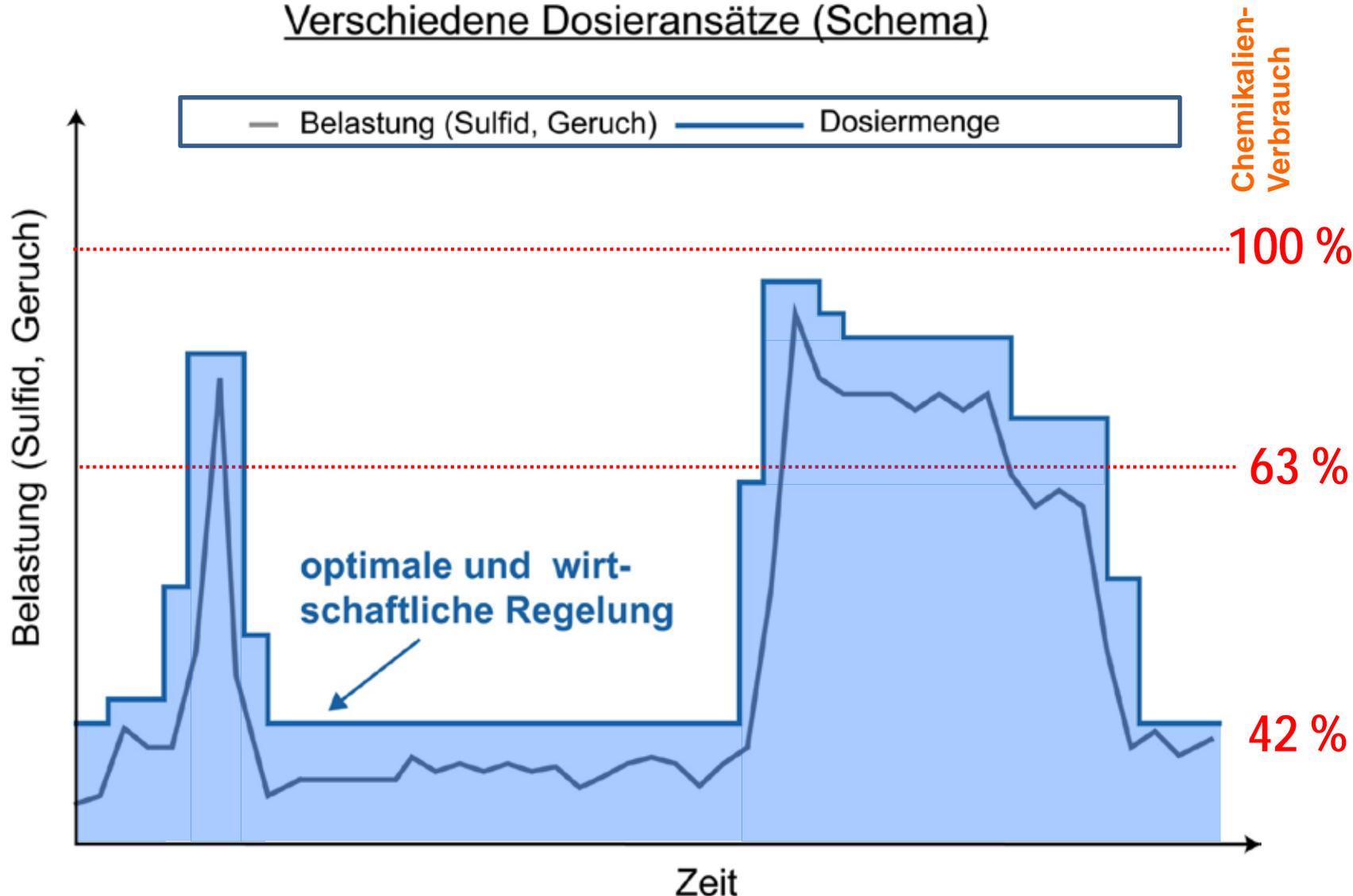
Verschiedene Dosieransätze (Schema)

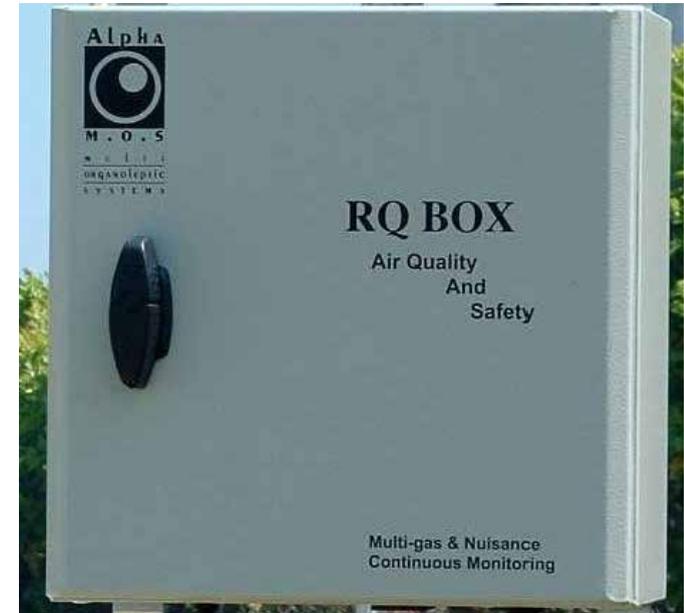
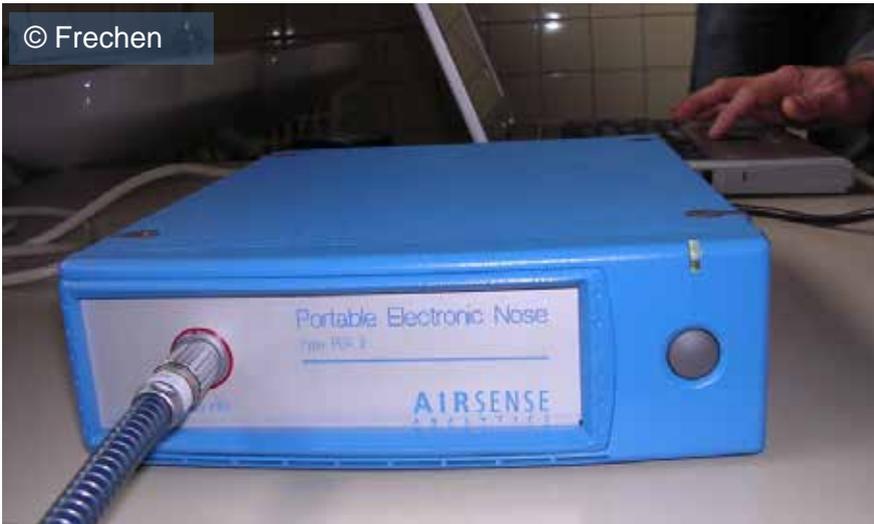


Verschiedene Dosieransätze (Schema)



Verschiedene Dosieransätze (Schema)

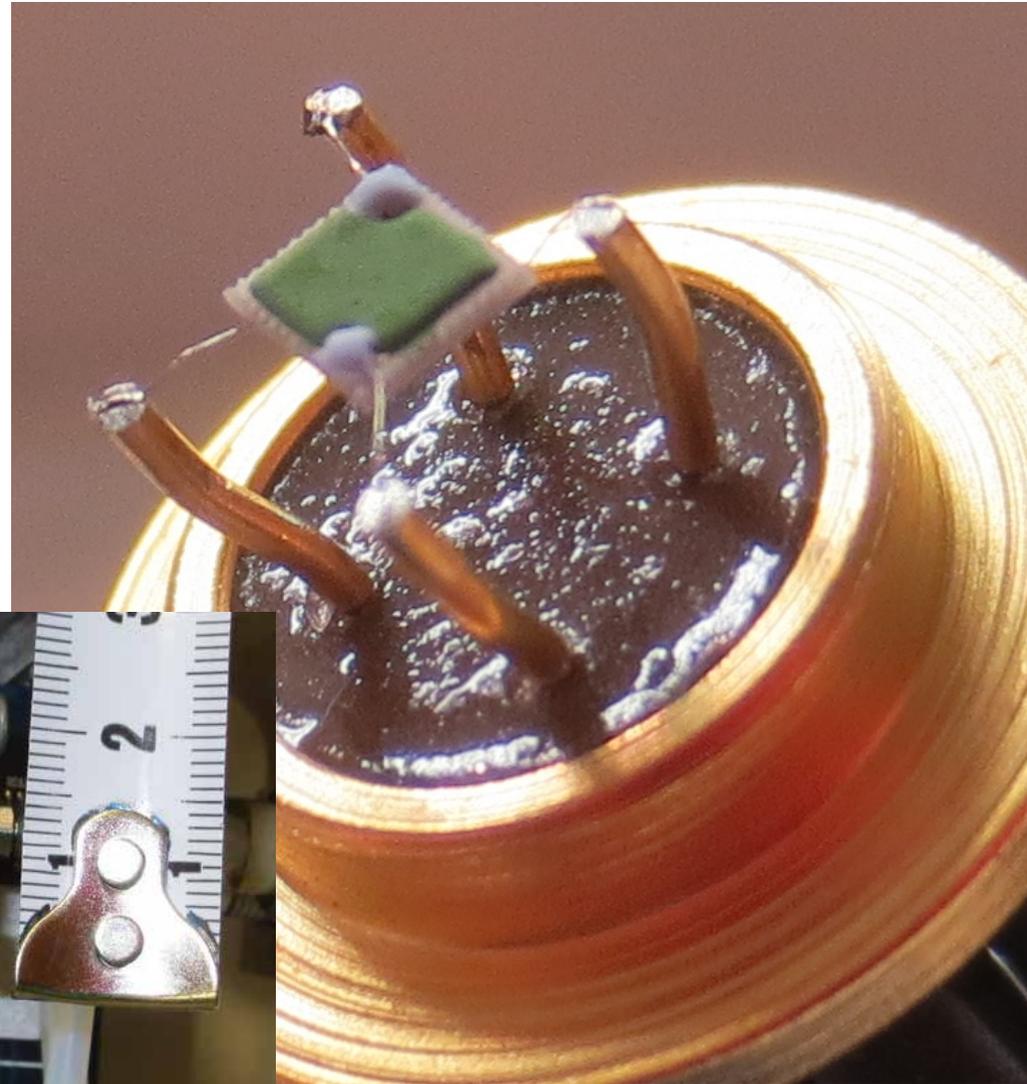
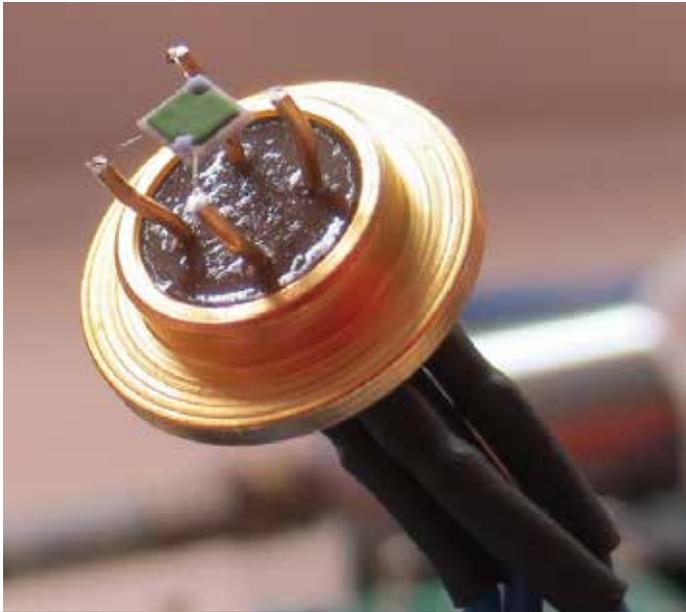


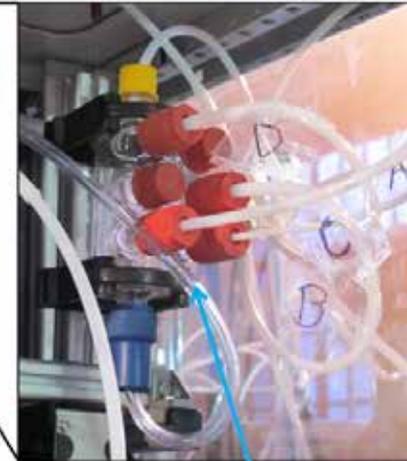


z.B. Projekte Köln, Wien, Berlin u.a.

Zu elektronischen Nasen siehe bei untenstehender Internetadresse unter „**Publikationen**“ – „**Vorträge**“







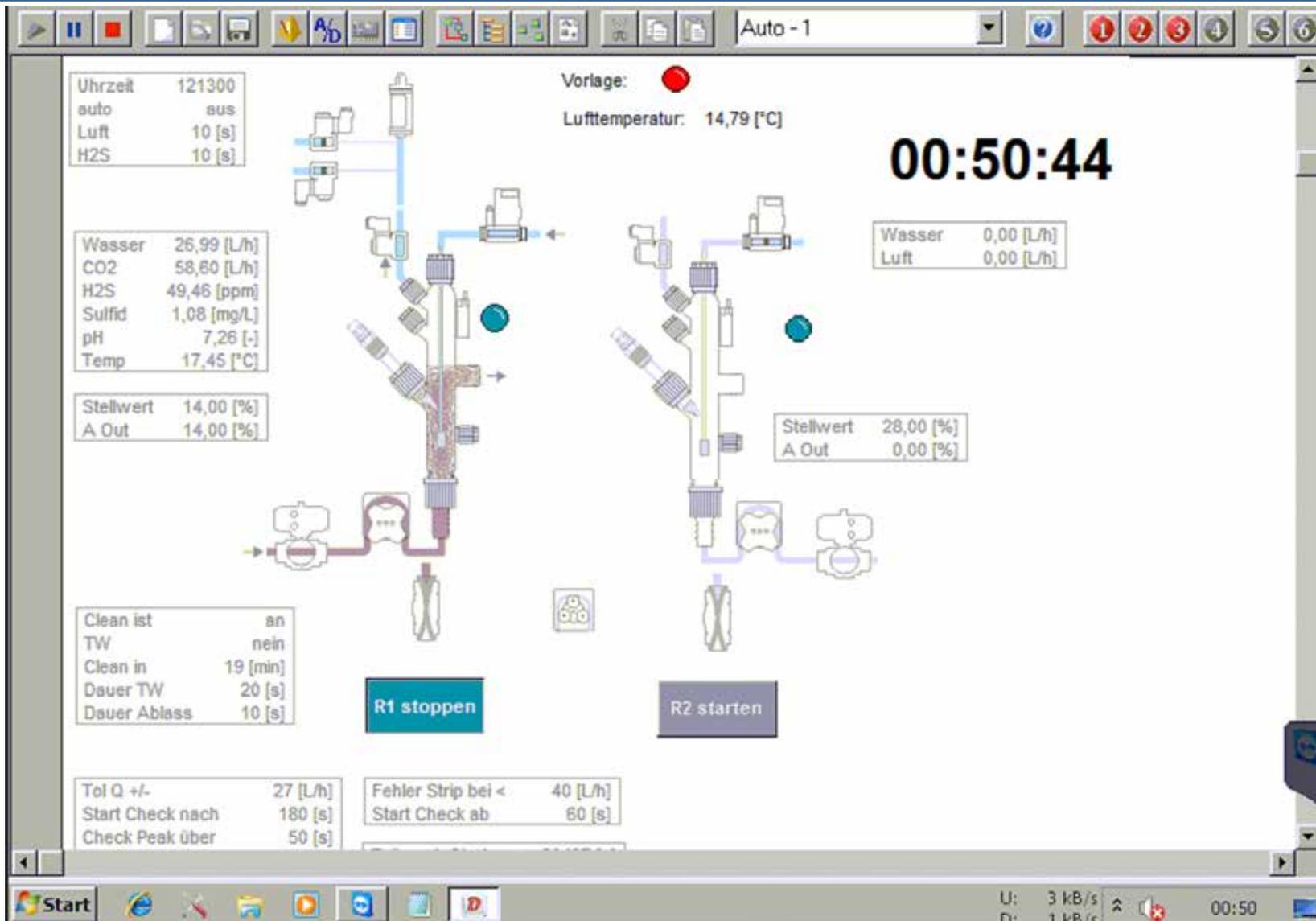
connection
to e-noses

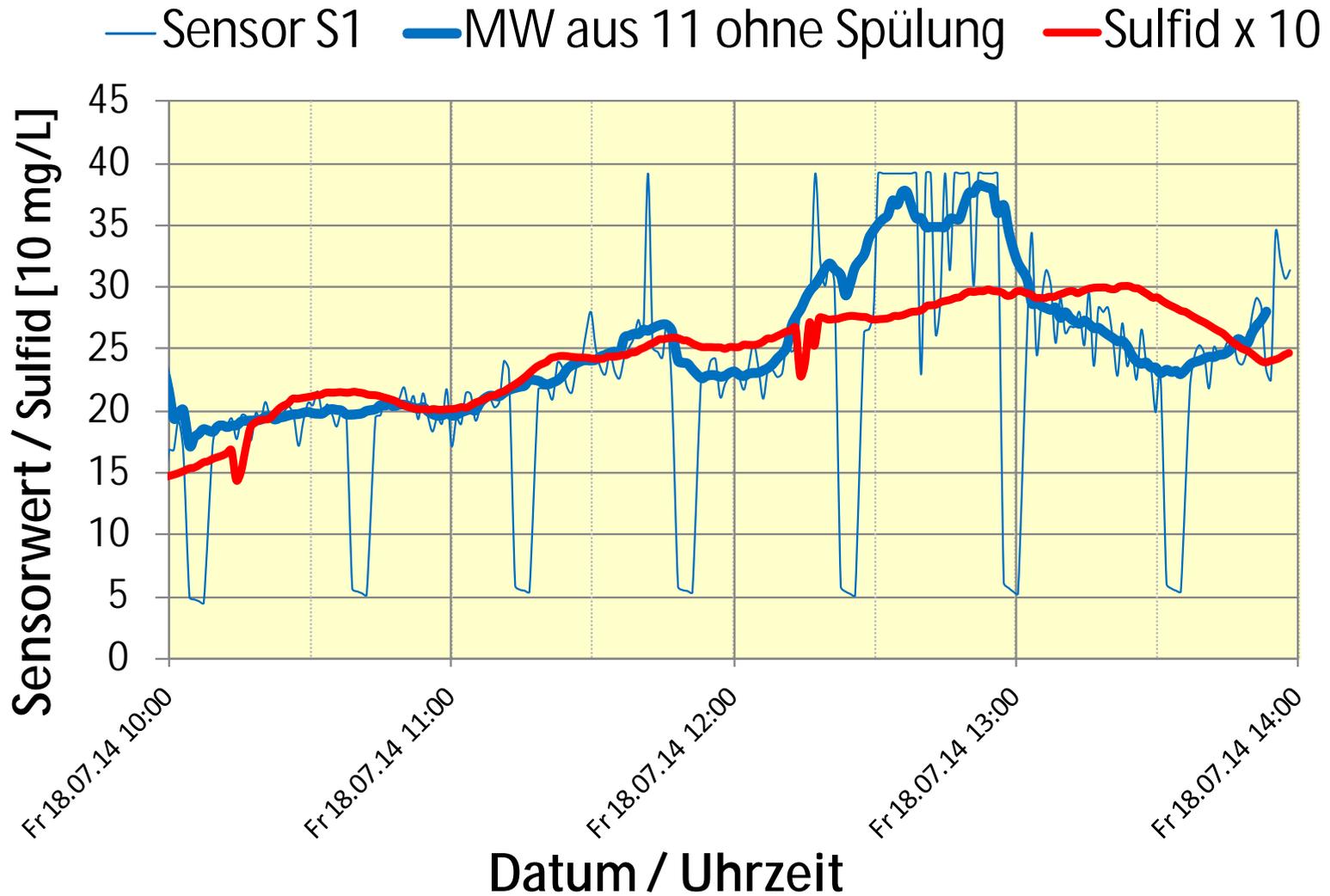
reactor for sulphide measurement

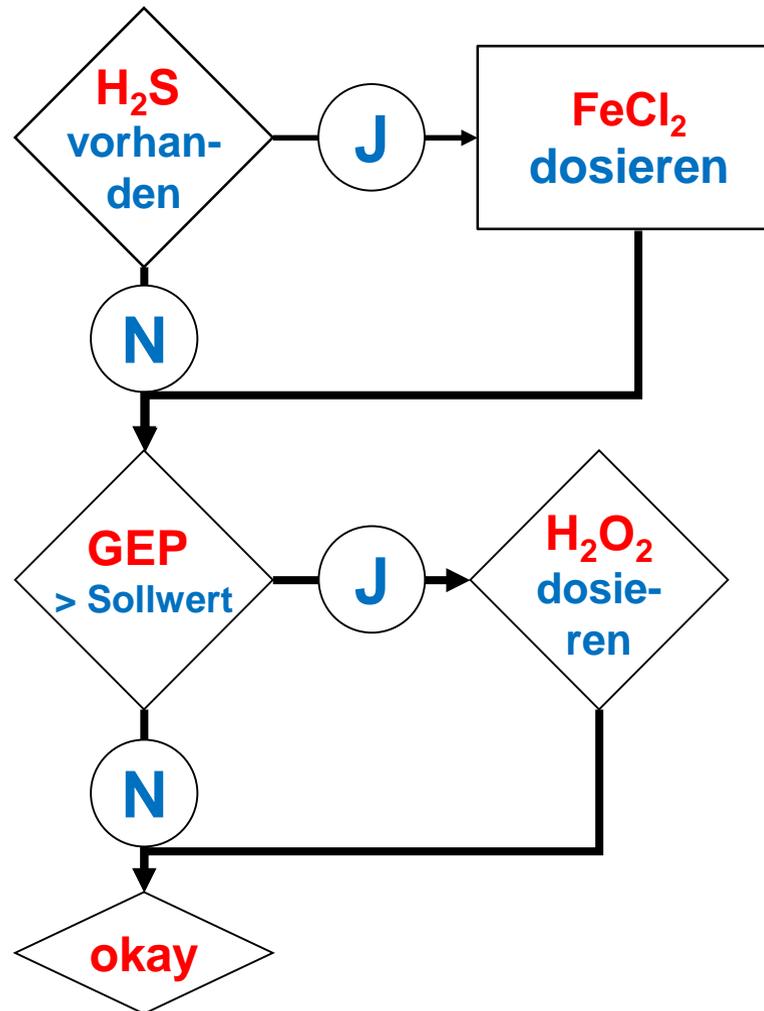
reactor for OEC measurement

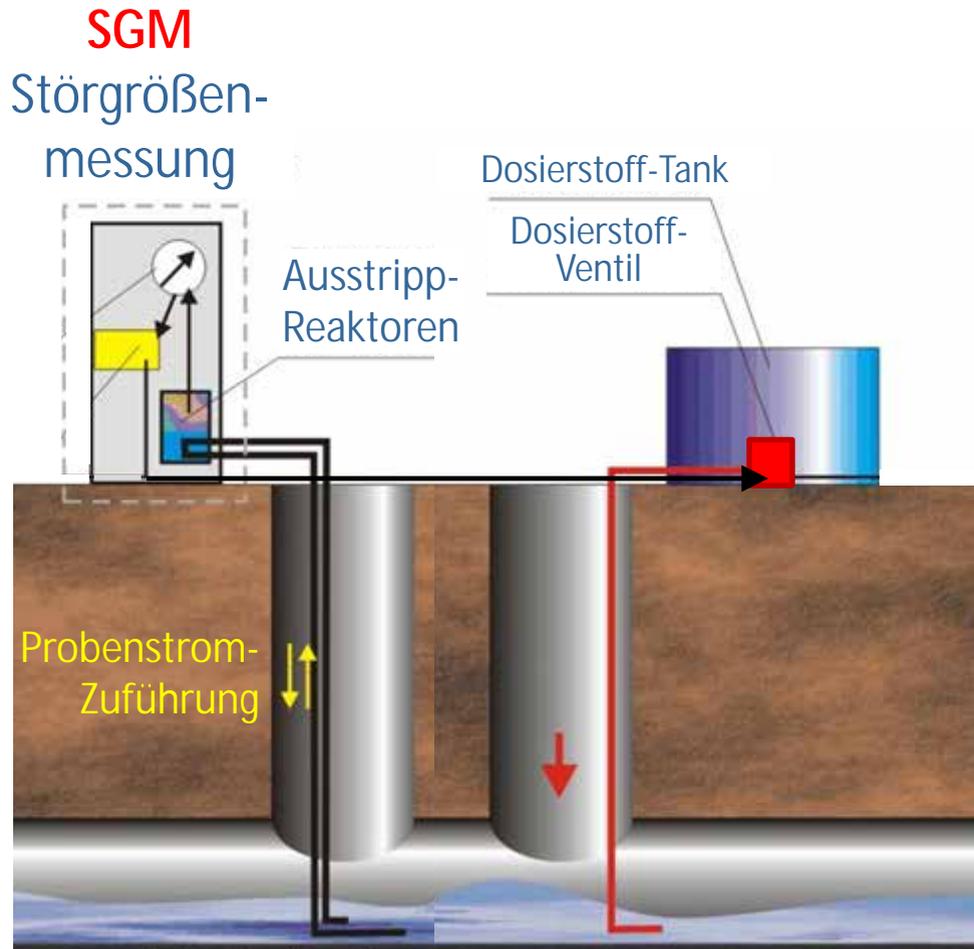
display for control



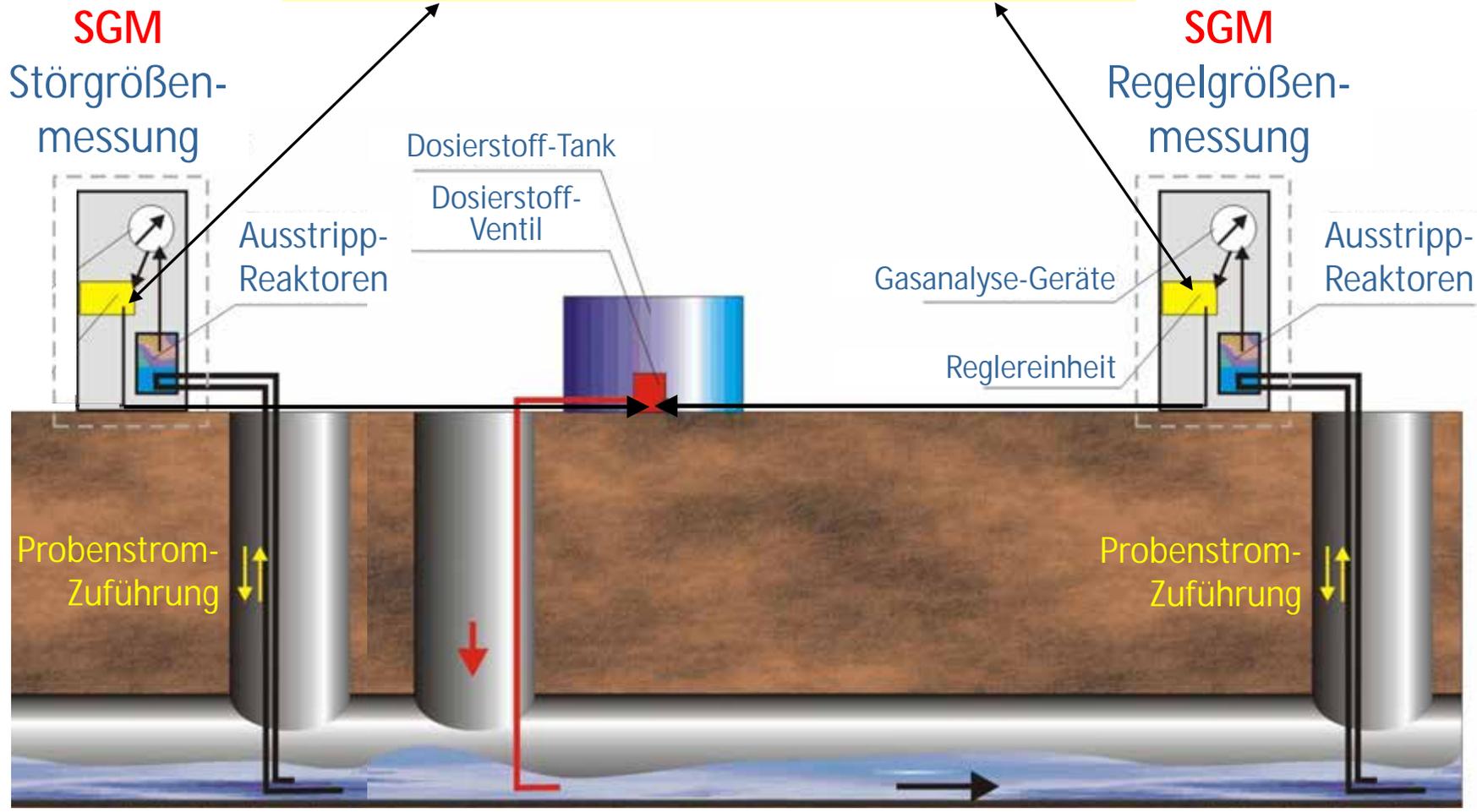


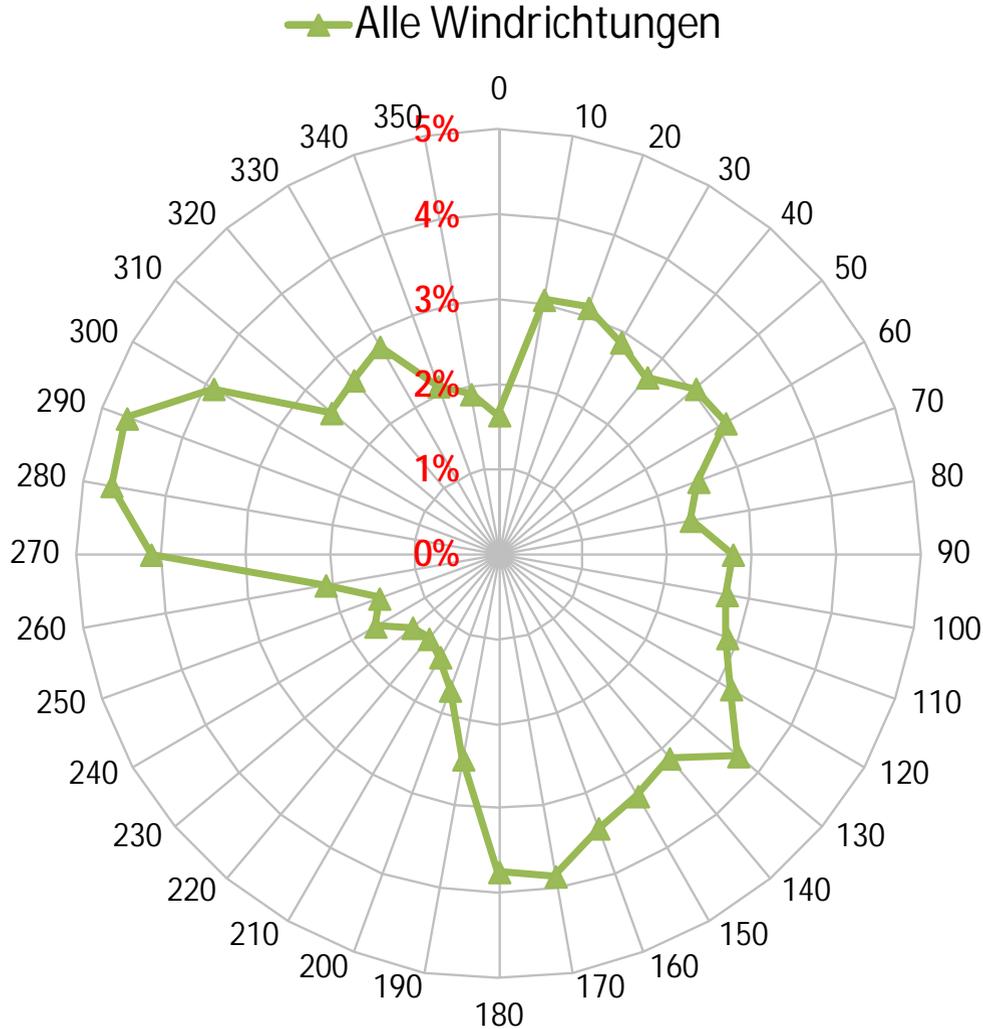


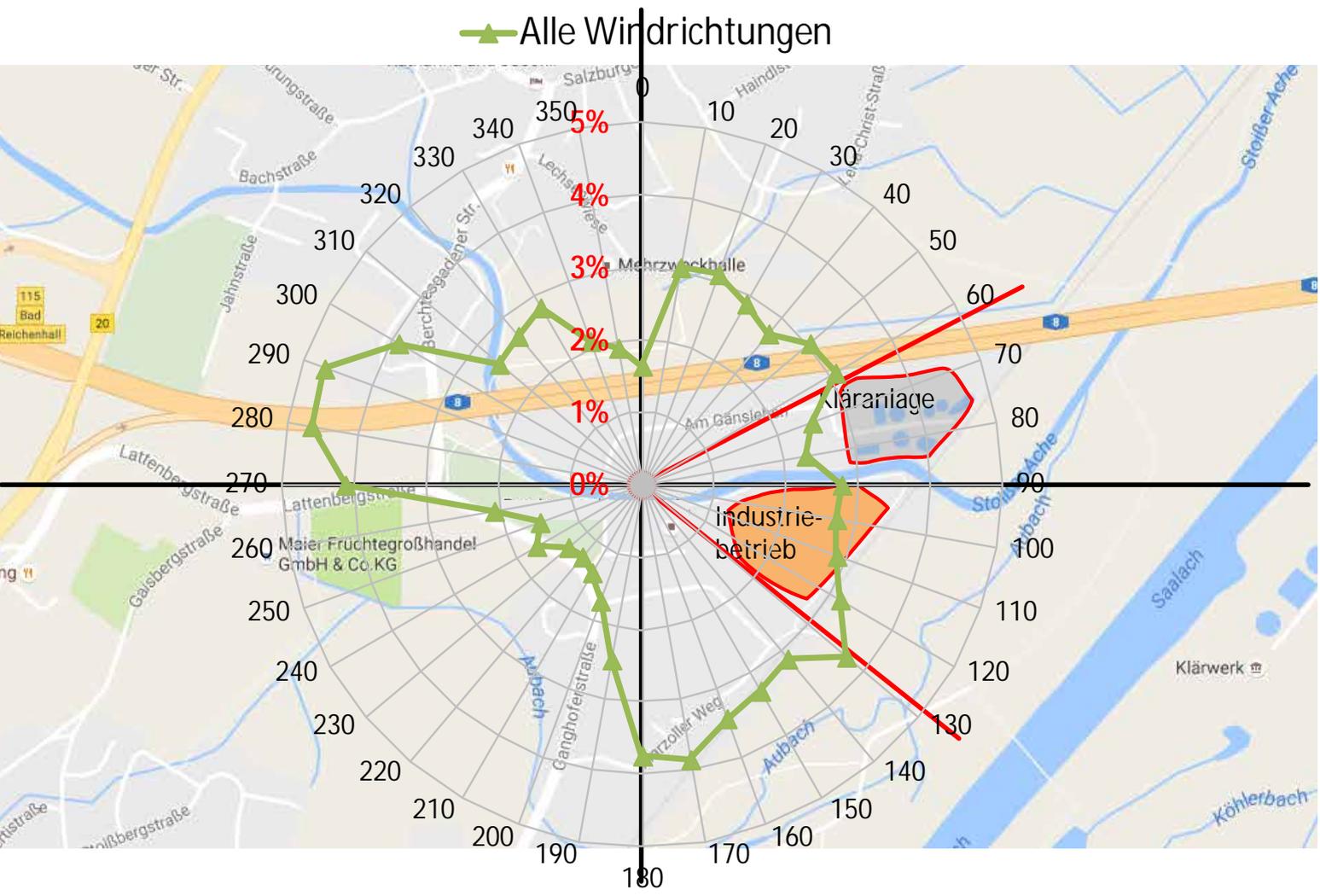




Übergeordnete selbstlernende Regeleinheit



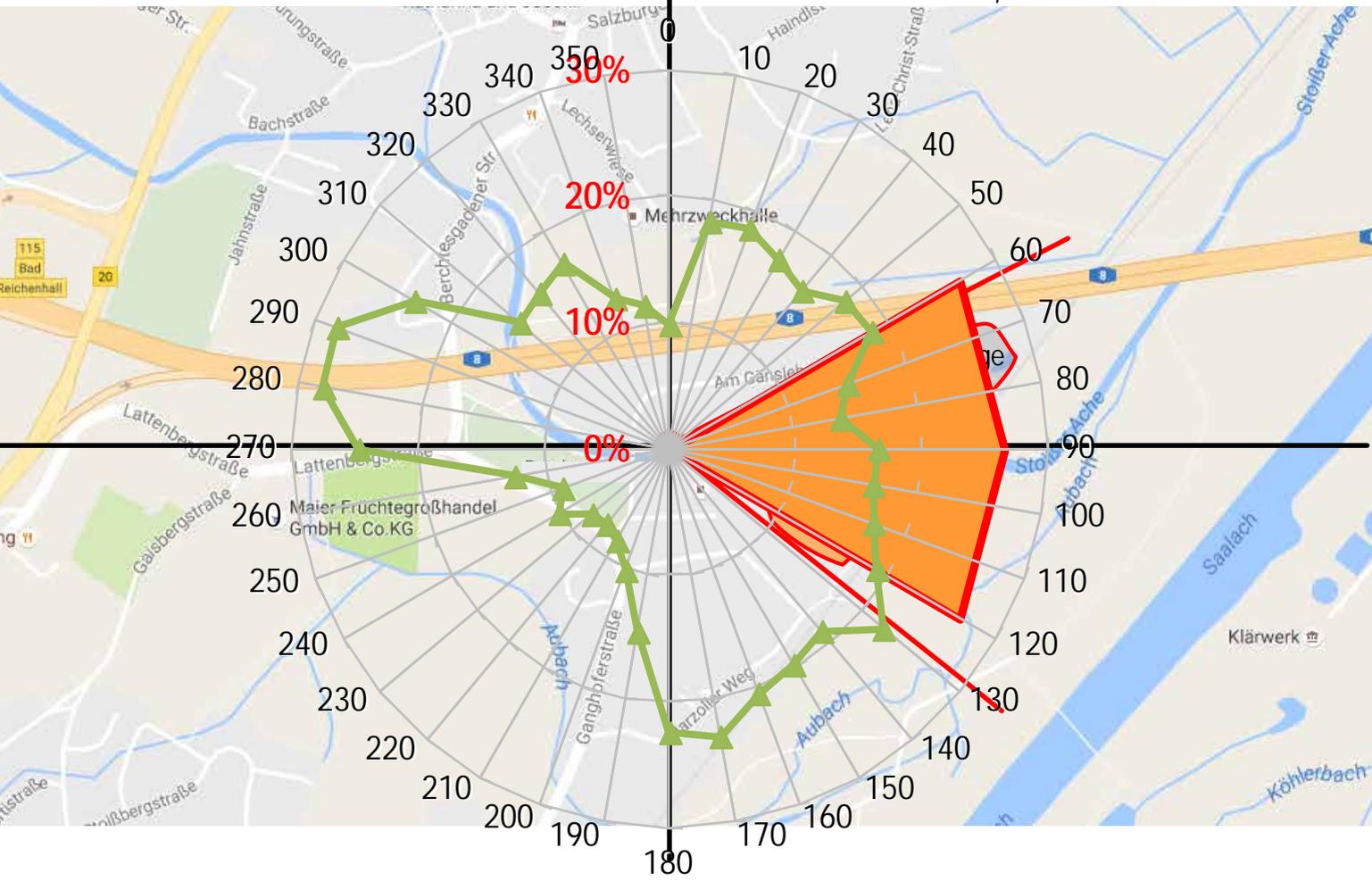




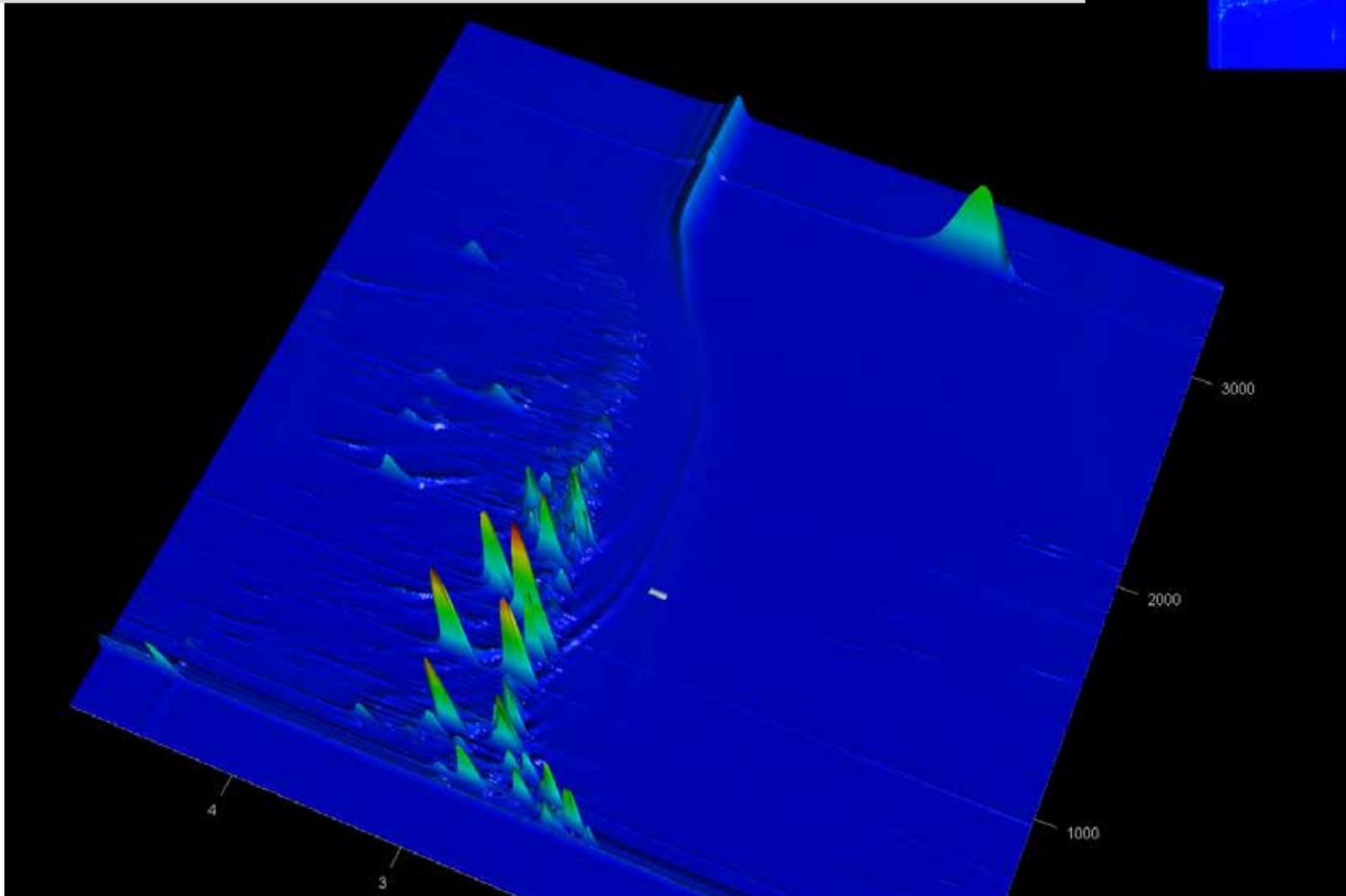
Identifikation – über Windrichtung

 WR mit Geruch (0,8-fach)  Alle WR (6-fach)

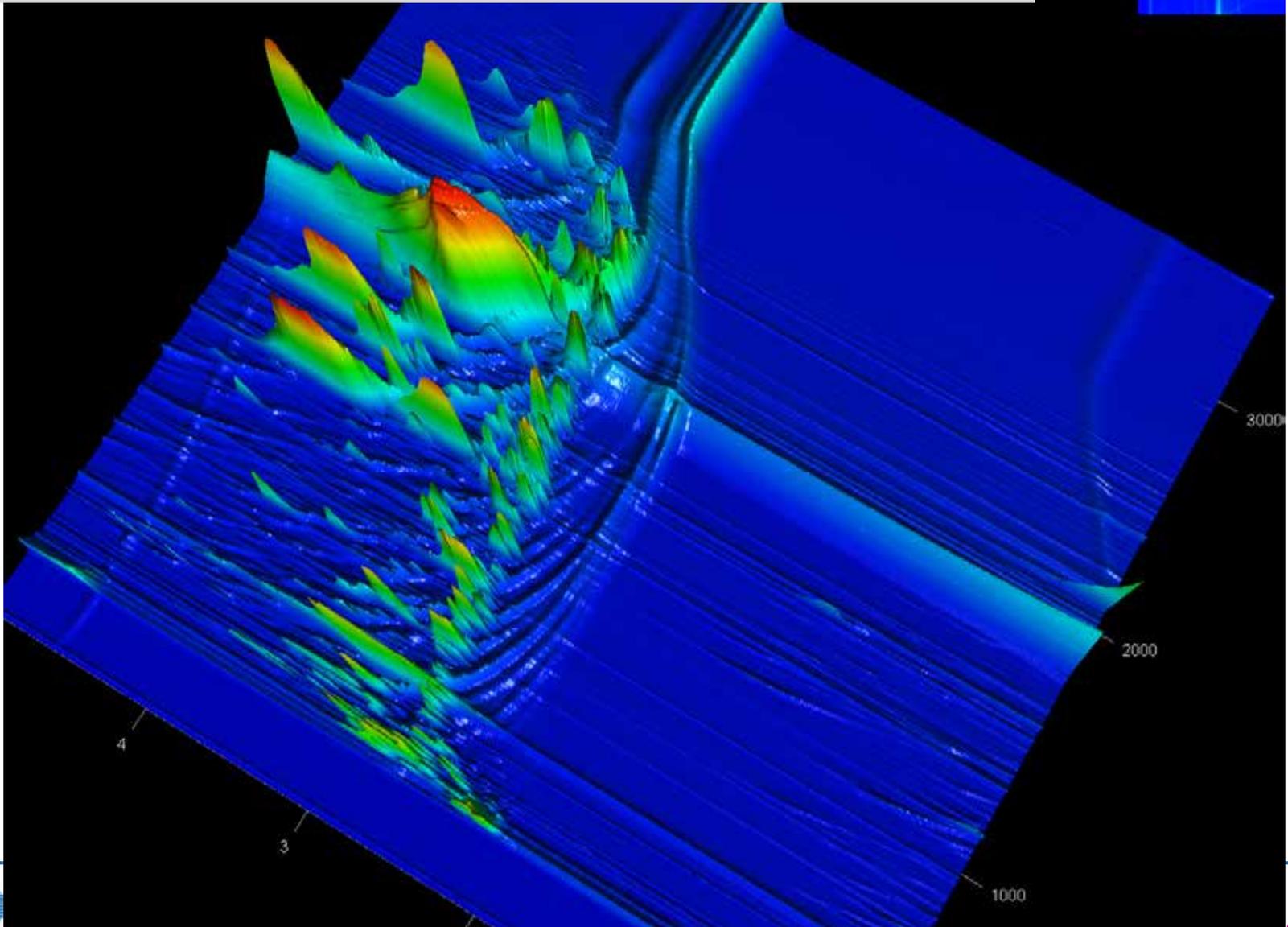
15.10.2016, 08:41-08:51



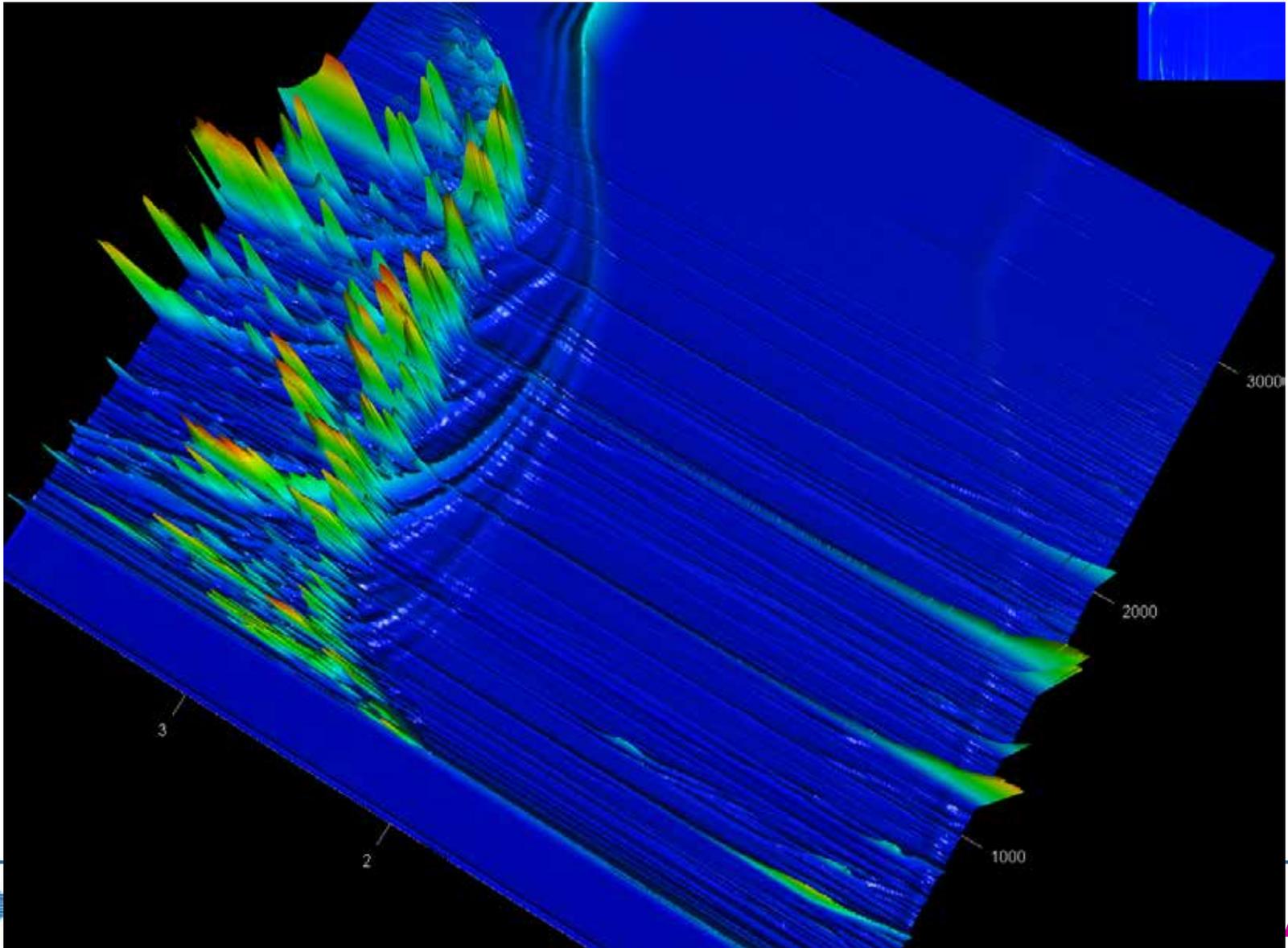
Immissionsort: Passivsammler Hintergrundbelastung 3 Monate



Immissionsort: Aktivprobenahme während Belästigung



Möglicher Emissionsort: Aktivprobenahme an einer Quelle



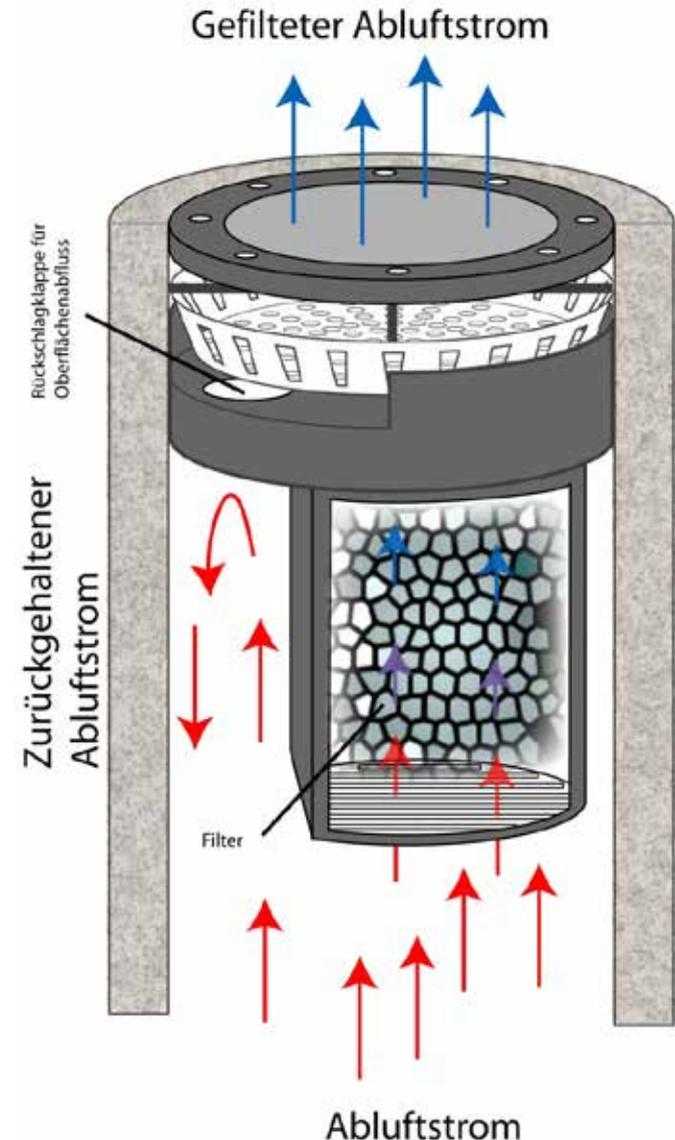
Ü In den Schacht eingehängte Filter

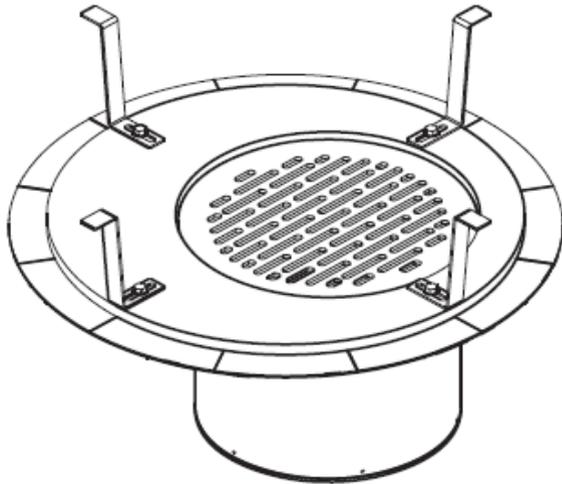
- Ä Aktivkohlefilter
- Ä Biofilter mit verschiedenen Füllungen (Kokosmatte, Mulch etc.)

Ü Verschluss des Wasserweges über

- Ä Klappe (Feder, Gewicht)
- Ä Wassertasse
- Ä Schwimmer

Ü Keine Zwangsdurchlüftung, basieren auf natürlicher Lüftung





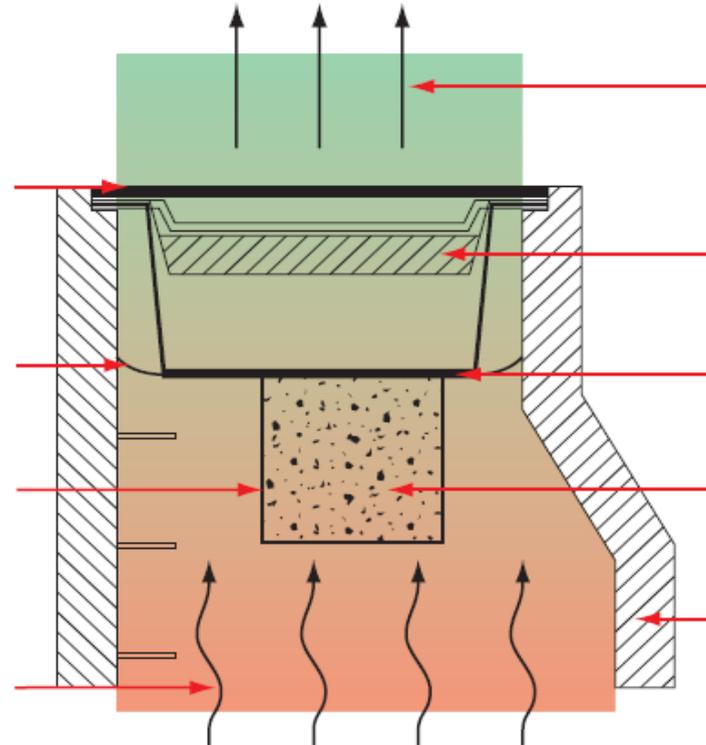
Aufbau:

Schacht-
abdeckung

umlaufende
Dichtung

einhängbare
Filterpatrone

geruchs- und
schadstoff-
belastete Luft



geruchsneutrale
und schadstoff-
entlastete Luft

Laubfang

Filter-
Grundplatte

Filter-
Granulat

Betonschicht
nach DIN 4034



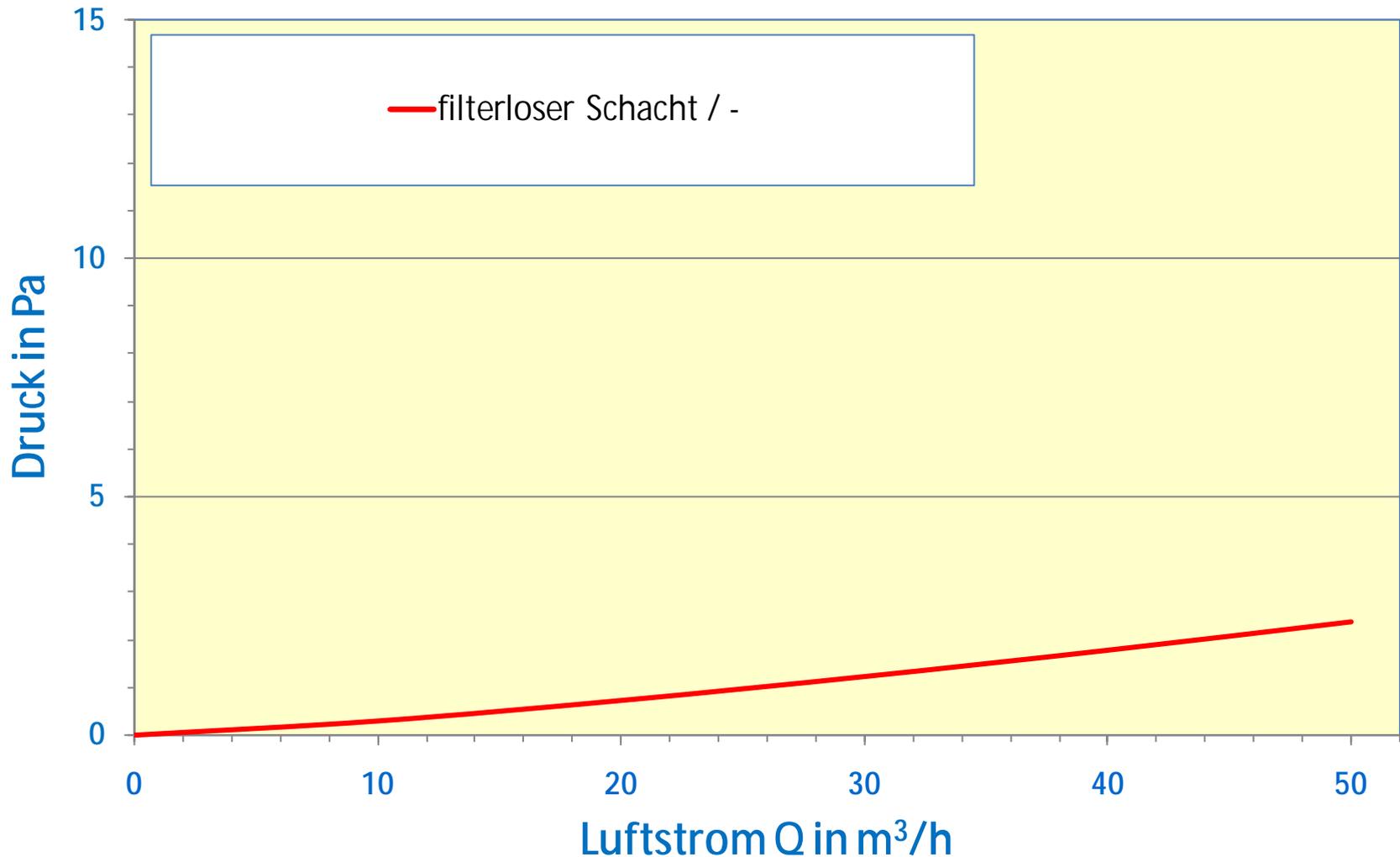


- Ü Filter schließt dicht am Schacht ab:
 - Ä Luft strömt nur durch den **Filter**
 - Ä Luftstrom wird durch Filterwiderstand **behindert**
- Ü Filter schließt nicht dicht am Schacht ab:
 - Ä Luft strömt nur durch **Undichtigkeiten** am Filter vorbei
 - Ä Luft strömt durch **Undichtigkeiten** und durch den **Filter**
- Ü Ist kein Kanalfilter vorhanden, so strömt die Luft durch Schmutzfänger & Löcher im Deckel

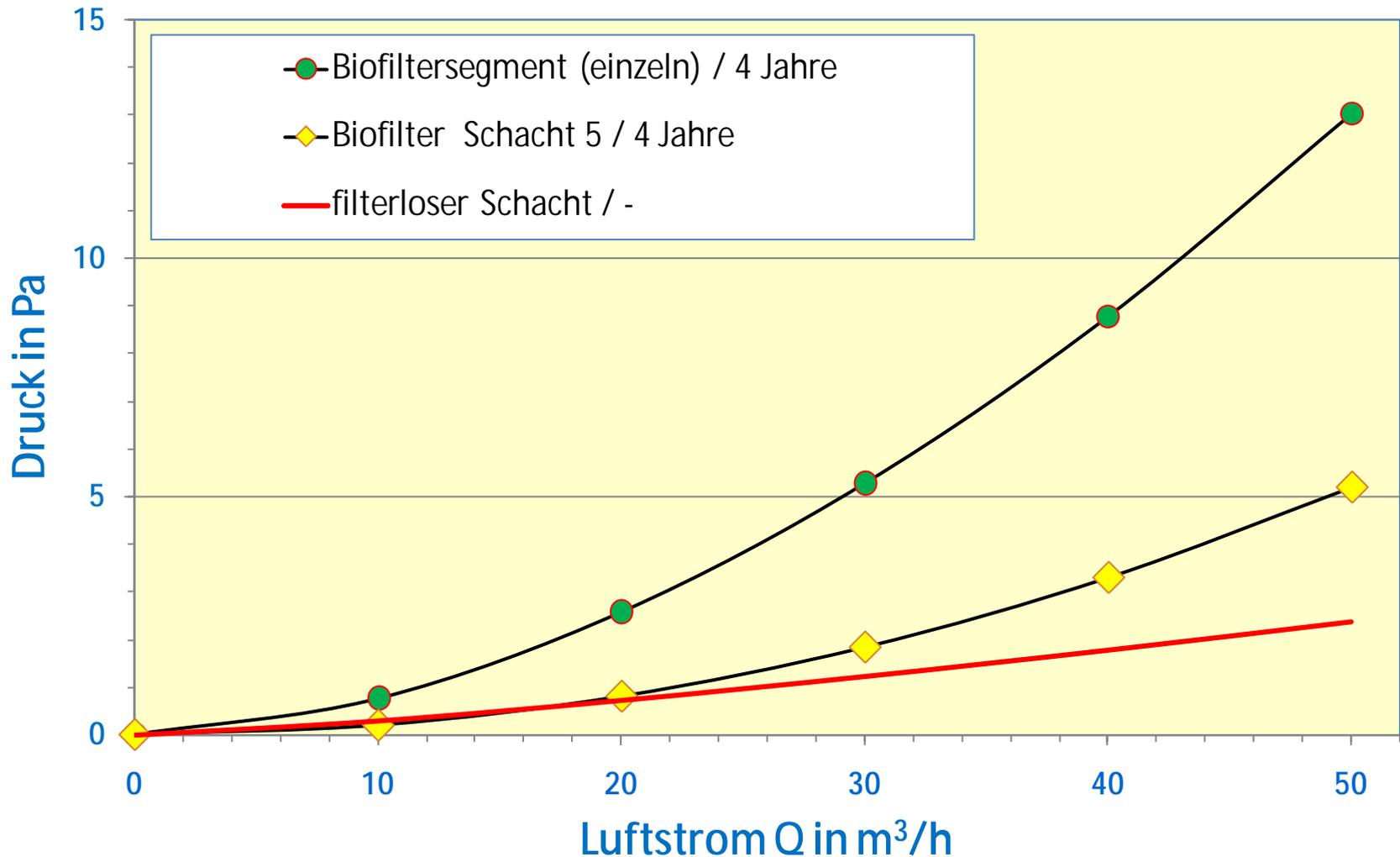
- Ü Feststellung nur möglich durch Messung der Druckkennlinie
 - Ä des eingebauten Filters (Gesamtsystem)
 - Ä des Filters einzeln, also nur Filter allein
 - Ä **Benchmark**: Schacht ohne Filter



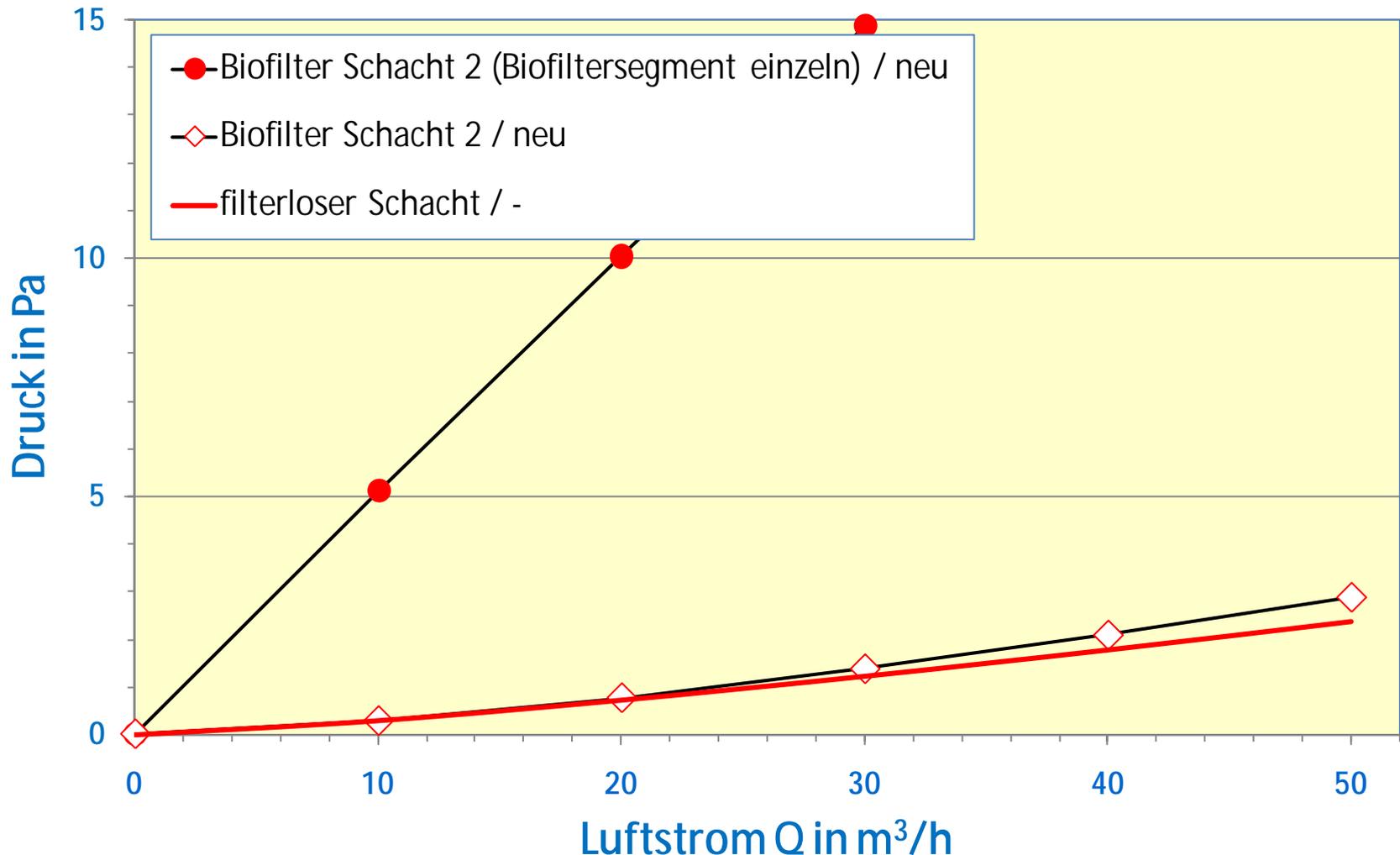
Druckkennlinien



Druckkennlinien

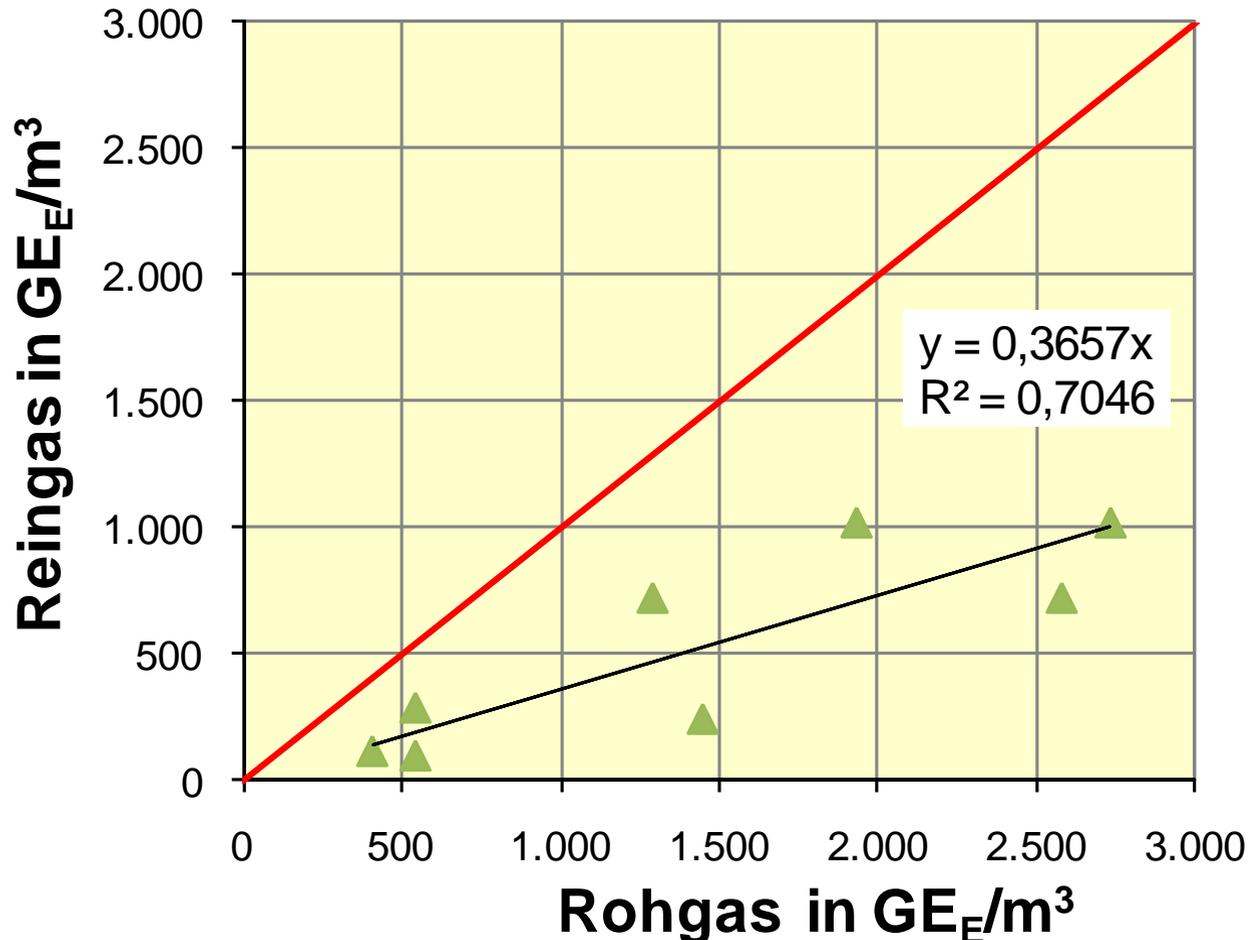


Druckkennlinien



Ü Luftvolumenstrom	1,90 m ³ /h
Ü Anströmfläche Filter	ca. 0,15 m ²
Ü Volumen Filtermaterial	ca. 60 Liter
Ü Bez. Anströmgeschwindigkeit q_A	12,4 m ³ /(m ² • h)
Ü Druckdifferenz p	~ 0 hPa

Geruchsstoffkonzentrationen roh- und reingasseitig des Schachtbiofilters

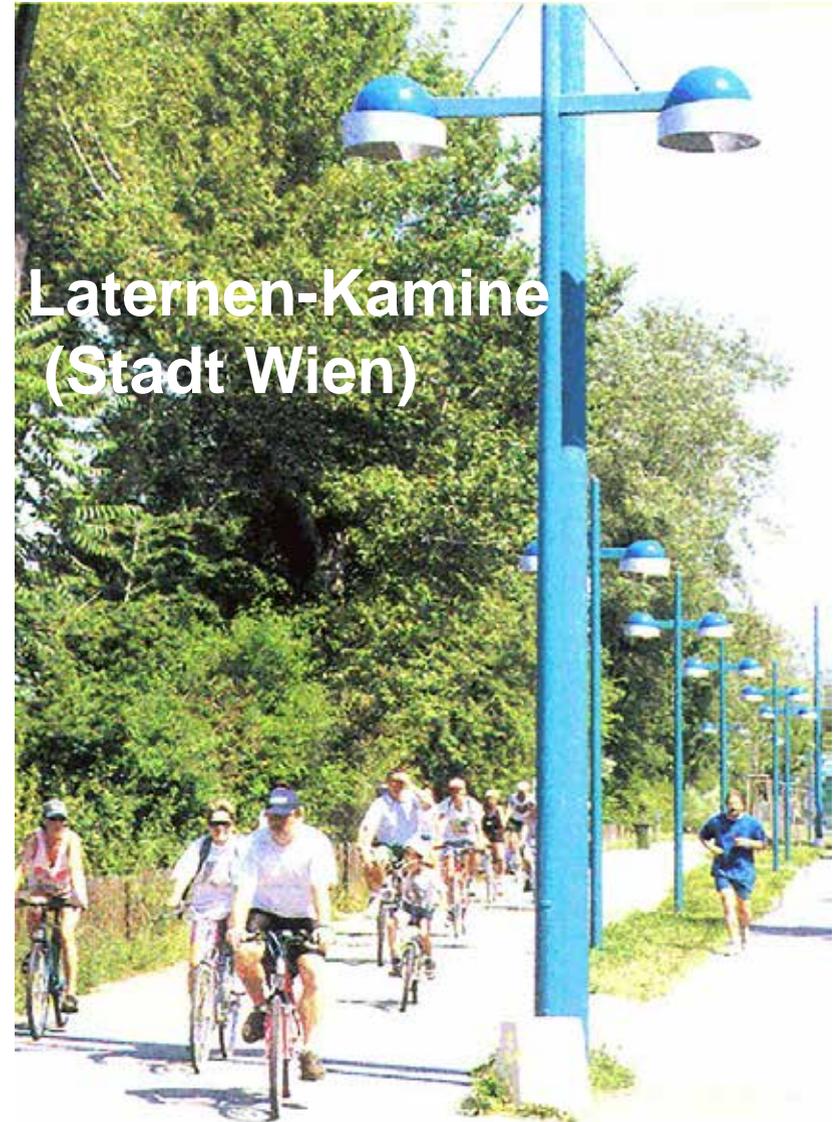


- Ü Der **Volumenstrom** je Kanaldeckel bei natürlicher Lüftung ist messtechnisch (mit etwas Aufwand) erfassbar. **Erste Abschätzung:** bis 20 m³/h (weiter Messungen nötig ...)
- Ü Die natürliche Lüftung unterliegt **starken Schwankungen**
- Ü Die **wahren Luftwege** beim eingebauten Schachtfilter sind praktisch nicht messbar. Nur indirekte Erfassung möglich
- Ü **Geruchsabbau** bisher gemessen um 60% (schwankend!)
- Ü In der Praxis dürften sich alle Situationen finden:
 - Ä Schachtfilter mit hohem Widerstand, gute Dichtung: **Verstopfen** des Schachtes
 - Ä Schachtfilter mit hohem Widerstand, schlechte Dichtung: **Geruchsemission**
 - Ä Schachtfilter mit geringem Widerstand: (teilweise) **Wirksamkeit**
 - Ä ... und beliebige Zwischenformen

Hundertwasser-Kamin



Laternen-Kamine
(Stadt Wien)



Ü Emissionen

- Ä Bundes-Immissionsschutzgesetz 1974 / 2002
- Ä TA Luft 1974 / 1986 / 2002 mit der Forderung:
Emissionskonzentration $< 500 \text{ GE}_E/\text{m}^3$

Ü Immissionen

- Ä Raffinerie-Richtlinie 1970
- Ä Durchführungserlaß zur TA Luft 1986
- Ä Abstandserlaß für die Bauleitplanung in NRW 1998
- Ä **Geruchsimmissions-Richtlinie GIRL** aus 1998, zuletzt vom LAI beraten in 2009, mit der Forderung:
Anteil der Jahresstunden mit Geruch $< 15\% / 10\%$
- Ä GIRL wird in die TA Luft integriert

Gerichte/Forschung/Ämter:

StUA Düsseldorf
FH Köln
FIW Forschungsinst. f. Wasser-
und Abfallwirtschaft an der RWTH
Aachen
IKT, Gelsenkirchen
Kompetenzzentrum Wasser Berlin
AG Aachen
AG Neumünster
Arklow, Wicklow County/Irland
LG Aachen
LG Potsdam
OLG FFM

Ing.-Büros:

Ing.-Büro Beckert, Grafrath
Ing.-Büro Born+Ermel
Ing.-Büro Braintech
Ing.-Büro BURGEAP, Paris
Ing.-Büro Dippold + Gerold
Ing.-Büro IB Hossfeld
Ing.-Büro iMA, Kunz
Ing.-Büro Multiservice Engenharia,
Brasilien
Ing.-Büro ÖBB-Consult
Ing.-Büro odournet
Ing.-Büro Steinle
Ing.-Büro T.R. Engineering S.A.,
Luxembourg
Ing.-Büro we consult, Düsseldorf

Industrie:

Arzignano/Italien
BETREM
Dürener Deponiegesellschaft
egw Biokompostanlage Gescher
Enel, Bogota/Kolumbien
ENVITAL
ETO
Fa. Mannert
Klärschlamm-trocknung
Ford Autowerke, Saarlouis
KESSLER+LUCH GmbH
KOFU, Wesel
OTV Wassertechnik
Papierfabrik Tillmann
RAG Umwelt Kommunal GmbH
RWE UI
SANDOZ AG, Basel
SEVAR, Entsorgungsanlagen
Stora Kabel
Trienekens GmbH
Tuchfabrik Becker
U.T.G. Gesellschaft für
Umwelttechnik
W.U.R.M., Viersen

Kommunen:

Gemeinde Altenberge
Gemeinde Bad Zwesten
Gemeinde Breuna
Gemeinde Erdmannsdorf

Kommunen:

Gemeinde Grafrath
Gemeinde Hilter a.TW
Gemeinde Lindlar
Gemeinde Piding
Kreis Neuwied
Stadt Bad Wildungen
Stadt Bad Zwesten
Stadt Berlin, Berliner
Wasserbetriebe
Stadt Bielefeld
Stadt Bremen
Stadt Brühl
Stadt Crailsheim
Stadt Datteln
Stadt Delmenhorst
Stadt Duisburg
Stadt Düsseldorf
Stadt Elsdorf
Stadt Frankfurt
Stadt Fritzlar
Stadt Gudensberg
Stadt Hamburg, Hamburgwasser
Stadt Hannover
Stadt Hennef, Abwasserwerke
Stadt Kaarst
Stadt Karlsruhe
Stadt Kiel
Stadt Köln
Stadt Krefeld
Stadt Neuss

Kommunen:

Stadt Osnabrück
Stadt Paderborn
Stadt Rheda-Wiedenbrück
Stadt Soest
Stadt Verden
Stadt Viersen
Stadt Wien
Stadt Würselen

Verbände:

Abwasserverband Saar
AV Mittlere Dill
AV Niestetal
AZV "Obere Amper"
Bergisch-Rheinischen
Wasserverband
Emschergenossenschaft
Erftverband
Lippeverband
Niersverband
Ruhrverband
WAG Wassergewinnungs- und
Aufbereitungsgesellschaft
Wasserverband Eifel-Rur
Wasserverband
Ithbörde/Weserbergland
Wupperverband



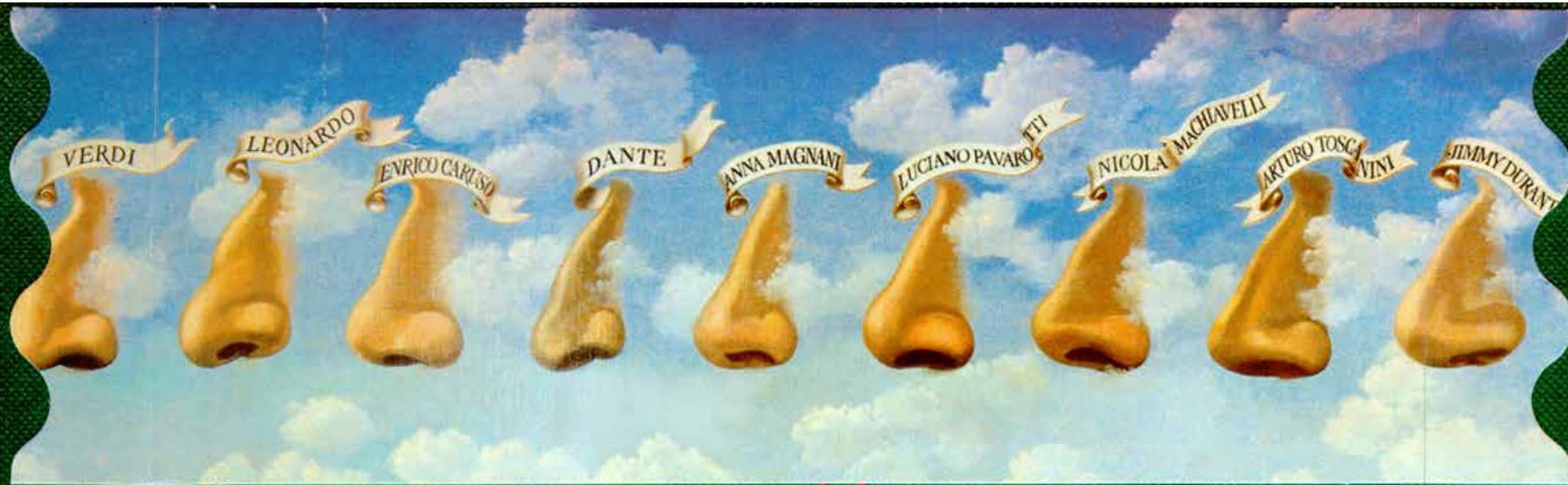


© Frey



Dank an
Jan Romaker, Stefan M. Giebel, Kassel
Alexander Behrens, Hannover
und

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!



Diese (und mehr) Vortragsfolien können Sie downloaden:
www.waterbackpack.org