

Belüfter für Belebungsanlagen

17. Nachbarschaftstag der Sonder-Nachbarschaft Großkläranlagen 31. Mai und 1. Juni 2012

Wilhelm Frey

Abwassertechnische Ausbildung und Beratung
www.aabfrey.com

Klagenfurt, 31.5. und 1.6.2012

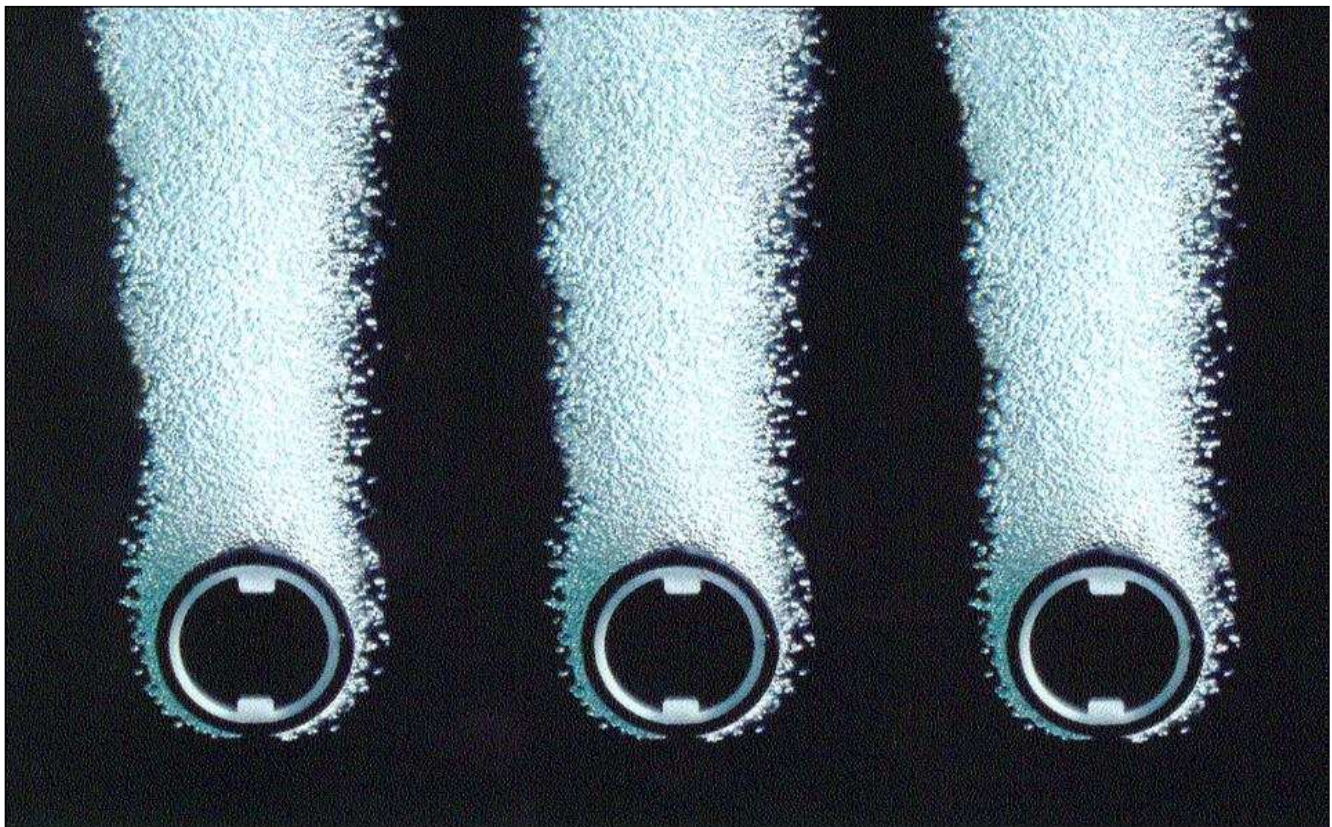
1/32

INHALT

- ⇒ Bauformen und Materialien
- ⇒ Neue Entwicklungen
 - Beschichtete Membranen
- ⇒ Einsatzbereiche, Gebrauchseigenschaften
- ⇒ Verstopfungen
- ⇒ Beläge
- ⇒ Materialuntersuchungen
- ⇒ Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

MATERIAL - BAUFORM

- ⇒ poröse Plastik
- ⇒ mineralisches Material
- ⇒ perforierte Membran
 - EPDM
(Ethylen-Propylen-Dien-Terpolymer)
 - Silikon
 - Polyurethan
- ⇒ Rohr-Belüfter
 - L=500-1000mm
Ø 60-80mm
- ⇒ Teller-Belüfter
 - Ø 150-500mm
- ⇒ Platten-Belüfter
 - B=100-1000mm
L=500-5000mm



ROHRBELÜFTER



TELLERBELÜFTER

Klagenfurt, 31.5. und 1.6.2012

5/32





Einsatzbereiche der Belüfter (1)

⇒ STARRPORÖSE BELÜFTERELEMENTE

- **Mineralische Körner** werden mit Kunstharz verklebt und in Form gepresst oder aus Rohlingen mechanisch herausgearbeitet. Sie erzeugen praktisch gleich große Blasen. Es werden hauptsächlich Rohrbelüfter (auch Filterkerzen genannt) verwendet.
- **Kunststoffgranulat** wird gesintert und in Form gepresst. Einige Hersteller bieten Scheiben für Tellerbelüfter an.
- **Grobe Körnung** ⇒ große Zwischenräume, große Blasen, geringere Verstopfungsanfälligkeit, geringe Wirtschaftlichkeit
- **Feine Körnung** ⇒ kleine Zwischenräume, kleine Blasen, hohe Verstopfungsanfälligkeit, hohe Wirtschaftlichkeit
- **Geringer Druckverlust**, weil die Poren (Zwischenräume) immer offen sind und nicht erst eine Membran gedehnt werden muss (typischer Wert 15 hPa).
- **Nicht geeignet für intermittierenden Betrieb**. Beim Abstellen der Luft sinkt der Druck im Belüfterelement auf den Wasserdruck ab und Schlamm kann in die Zwischenräume eindringen. Wird die Luft wieder angestellt wird nur ein Teil des Schlammes wieder verdrängt ⇒ Rasches Verstopfen der Belüfter!

Einsatzbereiche der Belüfter (2)

⇒ MEMBRANBELÜFTER

- **Polyurethan**, wird als gelblich/weiße dünne Folie (dünner 1 mm) verwendet. Man findet es häufig an **Plattenbelüftern**. Es ist sehr reißfest und gegen viele Chemikalien beständig. Mit feiner Nadelung können mit diesem Material sehr kleine Blasen (<1 mm) erzeugt werden. Der Druckverlust ist dann aber deutlich höher als bei anderen Systemen (typischer Wert 60 hPa).
- **Silikon**, wird erst seit wenigen Jahren verwendet. Es wird in unterschiedlichen Farben, weiß, grün, schwarz, usw. mit einer Materialstärke von 1-2 mm hergestellt. Ein großer Nachteil ⇒ geringe „Weiterreißfestigkeit“. Silikon wird häufig an **Schlauchbelüftern** verbaut, da hier die wenigsten Probleme mit Rissen auftreten. Silikon ist chemisch sehr beständig (auch gegen Mineralöl!) und wird daher oft in Industriekläranlagen oder Anlagen mit hohem Industrie- und Gewerbeanteil eingesetzt. Der Druckverlust ist liegt je nach Bauform und Luftbeaufschlagung bei 20-40 hPa.

Einsatzbereiche der Belüfter (3)

⇒ MEMBRANBELÜFTER

- **EPDM** (Ethylen-Propylen-Dien-Terpolymer), wird seit vielen Jahren für Teller und Schlauchbelüfter eingesetzt. Ein großer Vorteil von EPDM ist seine hohe mechanische Festigkeit und chemische Beständigkeit (nicht für Mineralöl geeignet!). EPDM ist kein „reiner“ Kunststoff, sondern besteht aus einigen „Zutaten“, je nach Rezeptur und Verarbeitung ergeben sich große Unterschiede in den Gebrauchseigenschaften. Das derzeit größte Problem ist das Herauslösen von Weichmachern und die dadurch eintretende „Alterung“. Es werden seit kurzem auch „weichmacherarme“ EPDM Membranen angeboten. Betriebserfahrungen liegen nur wenige vor. Der Druckverlust liegt je nach Bauform und Luftbeaufschlagung bei 20-40 hPa.
- **Perforierte Membranen** werden mit unterschiedlichsten Schlitzten und Nadelungen hergestellt. Je nach Größe der Öffnung, Art und Dicke des Materials ergeben sich sehr unterschiedliche Druckverluste.

Einsatzbereiche der Belüfter (4)

⇒ MEMBRANBELÜFTER

- **Geeignet für intermittierenden Betrieb.** Beim Abstellen der Luft zieht sich die Membran zusammen und die Poren werden verschlossen, so dass das Wasser nur sehr langsam eindringen kann.
- Große Plattenbelüfter haben Grundplatten aus mineralischem Material oder Edelstahl.
- Die Grundkörper von Tellern und Rohren sind in der Regel aus Kunststoff und haben eine **Drossel** und/oder eine **Rückschlagsicherung**. Die Drossel reduziert den Luftdurchsatz falls die Membran beschädigt wird. Die Rückschlagsicherung verhindert das Eindringen von Wasser.
- Auch Membranbelüfter können **verstopfen**.
- Inspektions- und **Wartungsarbeiten** sind einzuplanen!

Beschichtete Belüfterelemente

Für Anwendungen in kommunalem Abwasser werden seit ca. 5 Jahren EPDM Membranen mit **Teflon** (PTFE = **Polytetrafluoroethylene**) Beschichtung angeboten. Erste Erfahrungsberichte sind positiv.

- Keine bleibenden Verformungen
- Anhaftende Beläge sehr leicht zu entfernen
- Kein Druckanstieg



Quelle: SSI



Begleitende Untersuchungen

⇒ Druckmessungen

- Der **Druck** im Luftrohrleitungssystem ist bei der Inbetriebnahme der Anlage zu **messen** und zu notieren. Im Normalbetrieb ist der Druck zumindest im Abstand von 2-3 Monaten zu kontrollieren.
- Nur so können **Verstopfungen** der Belüfter erkannt werden.

⇒ Materialuntersuchungen

- Weichmacherverlust
- Versprödung

⇒ Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen

- Druckverlust
- Sauerstoffzufuhr

ANFANGSDRUCKMESSUNG





Druckmessungen



Verstopfung der Poren

⇒ Luftseitige Verstopfungen

- Minderwertige Luftfilter, defekte Luftfilter
- Korrosionsprodukte aus der Luftleitung

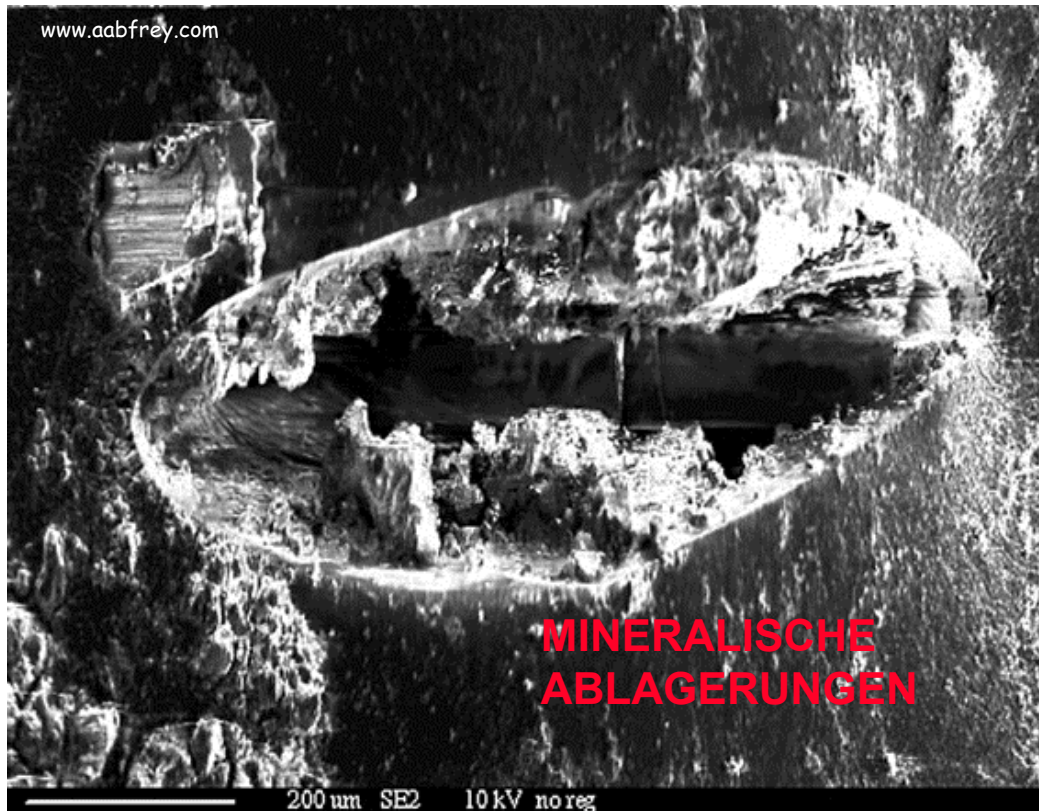
⇒ Wasserseitige Verstopfungen

- Ausfällungen in den Poren
- Biologischer Bewuchs
- Sedimente

⇒ Veränderungen des Materials (Alterung)

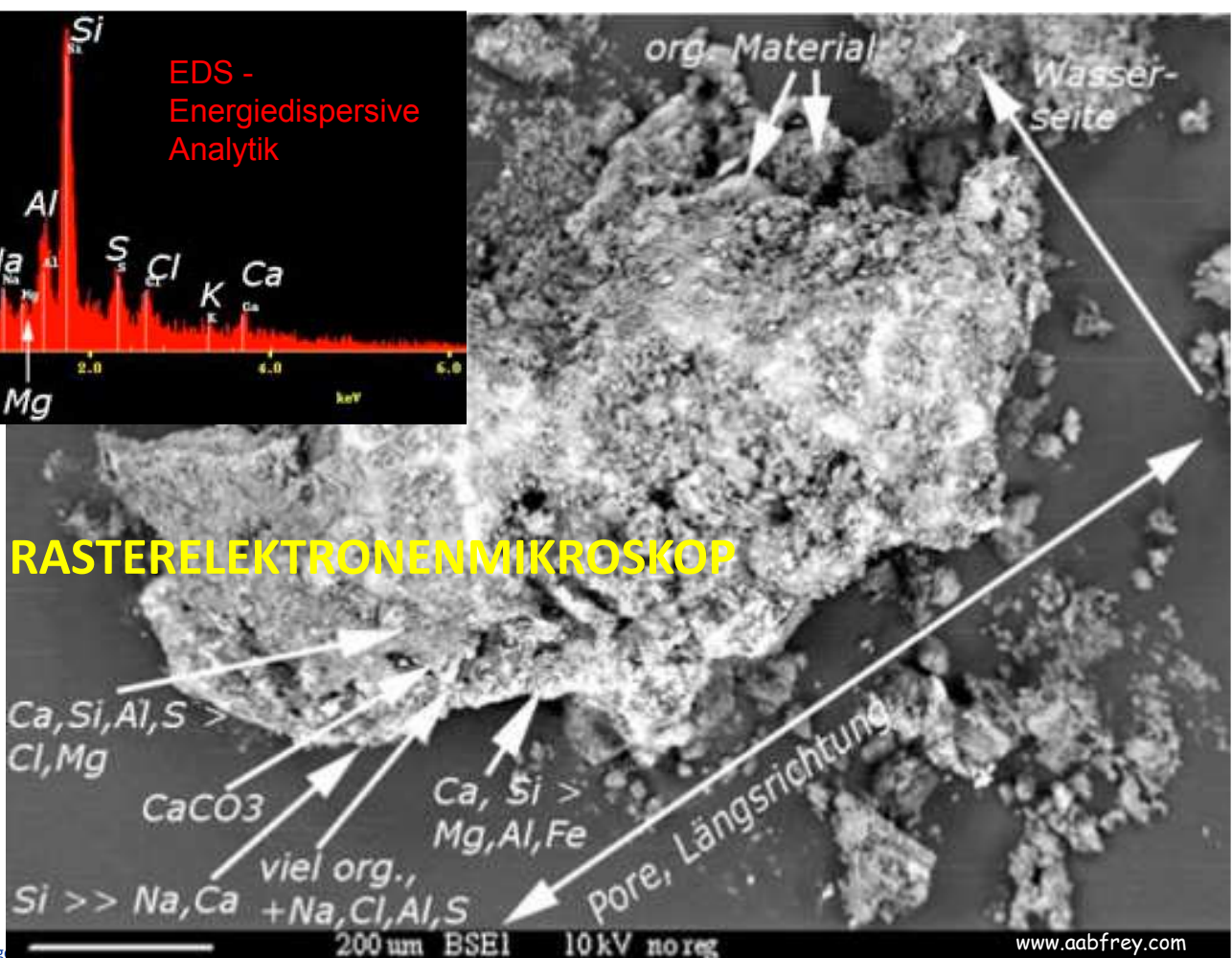
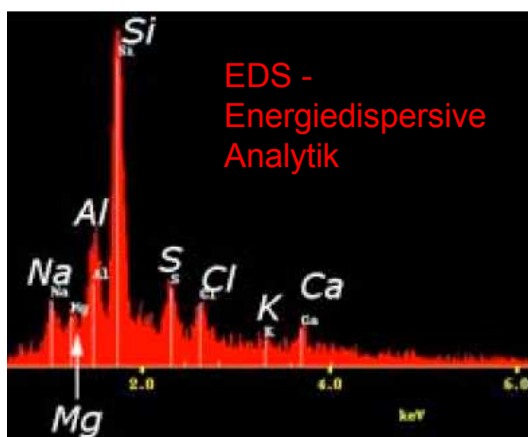
- Herauslösen von Weichmachern
- Mikrobiologischer Angriff von Füllstoffen

Verstopfung der Poren - Elektronenstrahlmikroskop



Klagenfurt, 31.5. und 1.6.2012

17/32



Klag

Löslichkeitsverhalten von Ablagerungen

⇒ Reaktion mit Säure



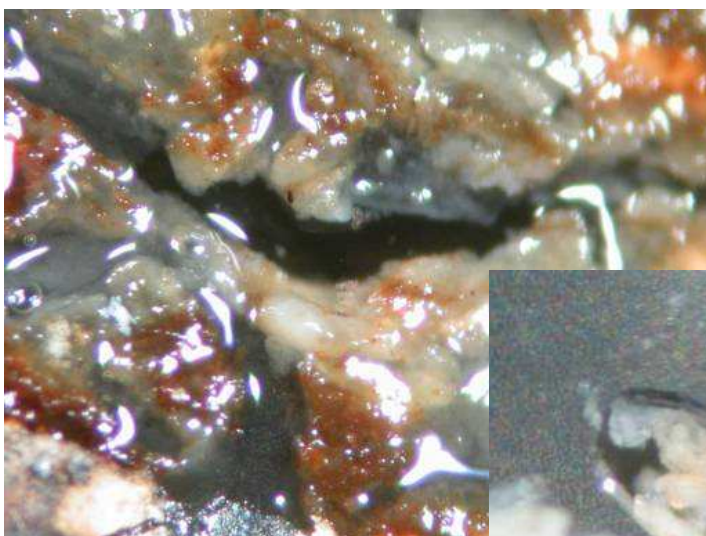
www.aabfrey.com

Klagenfurt, 31.5. und 1.6.2012

19/32

Löslichkeitsverhalten von Ablagerungen

⇒ Reaktion mit Lauge



www.aabfrey.com



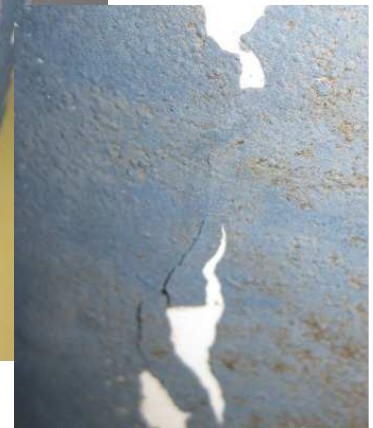
Klagenfurt, 31.5. und 1.6.2012

Beläge auf Belüfterelementen

- ⇒ Berliner Blau
 $\text{Fe}_7\text{N}_{18}\text{C}_{18}$
ca. 45 gew.% Fe
- ⇒ Gebildet aus
Eisensalzen und
Cyanid unter
reduzierenden
Bedingungen



www.aabfrey.com

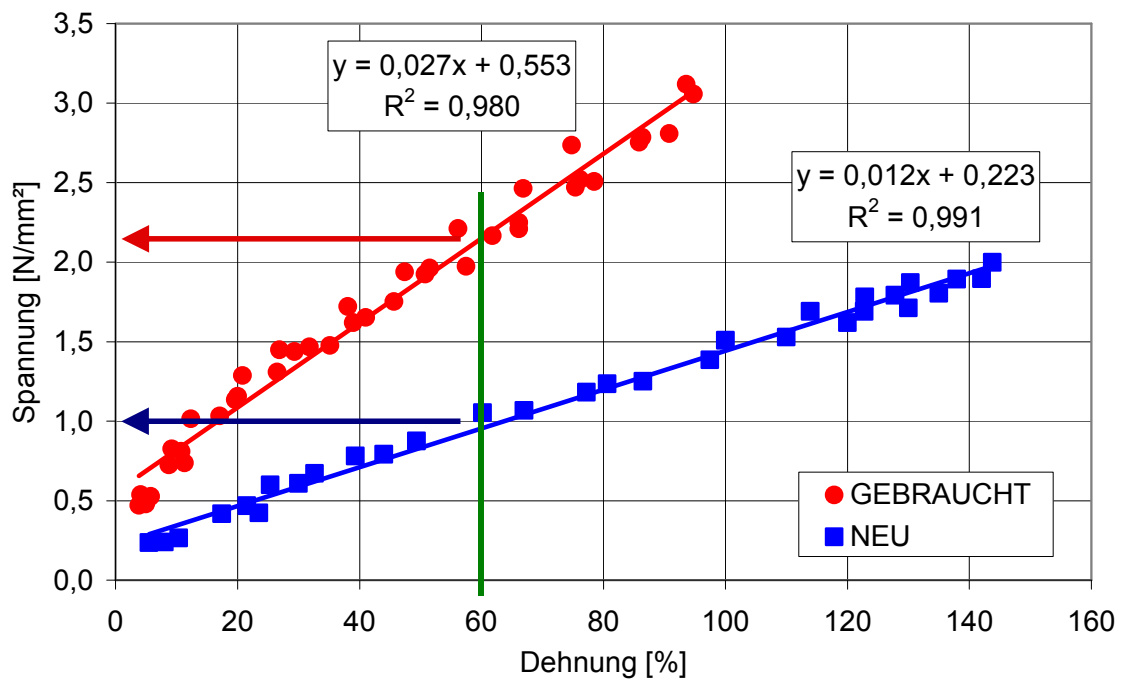


Klagenfurt, 31.5. und 1.6.2012

Materialeigenschaften - Werkstoffprüfung

- ➔ Volumen und Masse: Gibt Auskunft ob Stoffe eingelagert oder abgegeben werden.
- ➔ Härte: Bei weichen Kunststoffen wird die Eindringhärte als Shore A (DIN 53 505; Kegelstumpf) oder besser IRHD (DIN 53519; Kugel) gemessen.
- ➔ Zugfestigkeit: Ist die Zugspannung (Kraft pro Fläche) bei Höchstkraft. (DIN 53 455)
- ➔ Bruchdehnung: Ist die %-uelle Verlängerung des Probestreifens zum Zeitpunkt des Reißens. (DIN 53 455)
- ➔ Spannungs - Dehnungs - Diagramm: Zeigt den Zusammenhang zwischen Kraft pro Querschnittfläche (⇒ Spannung) und Verlängerung der Probe (⇒ Dehnung).

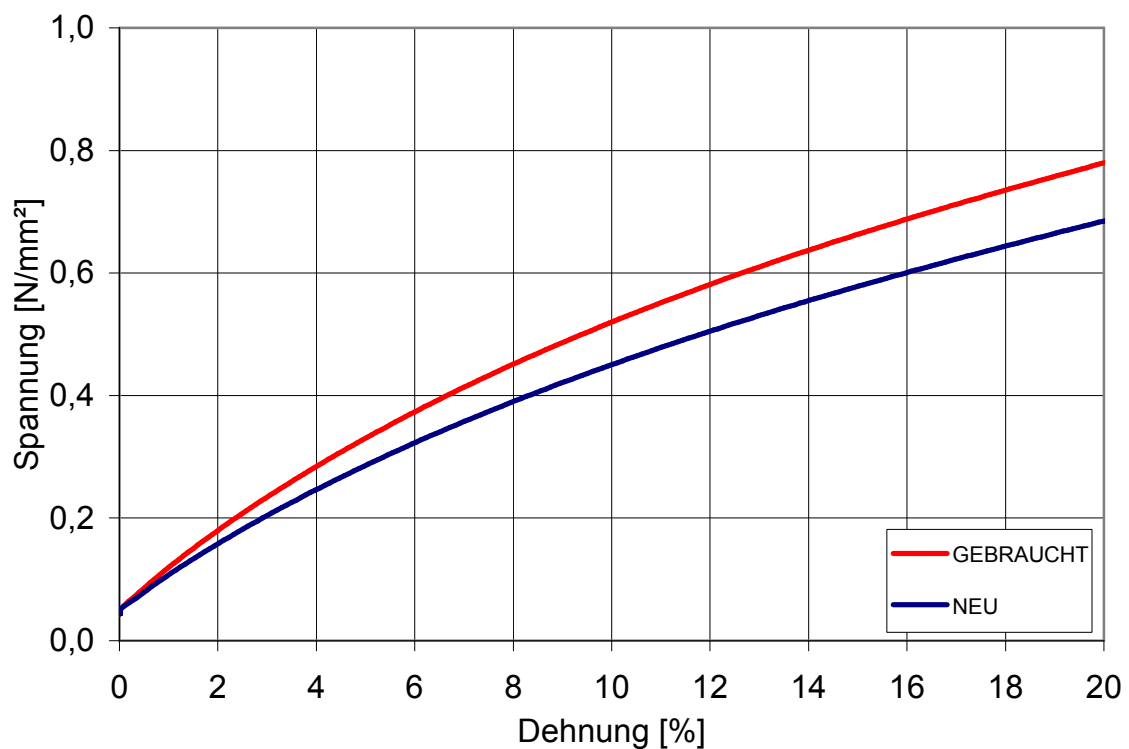
Veränderung der Materialeigenschaften Spannungs – Dehnungs - Diagramm



Klagenfurt, 31.5. und 1.6.2012

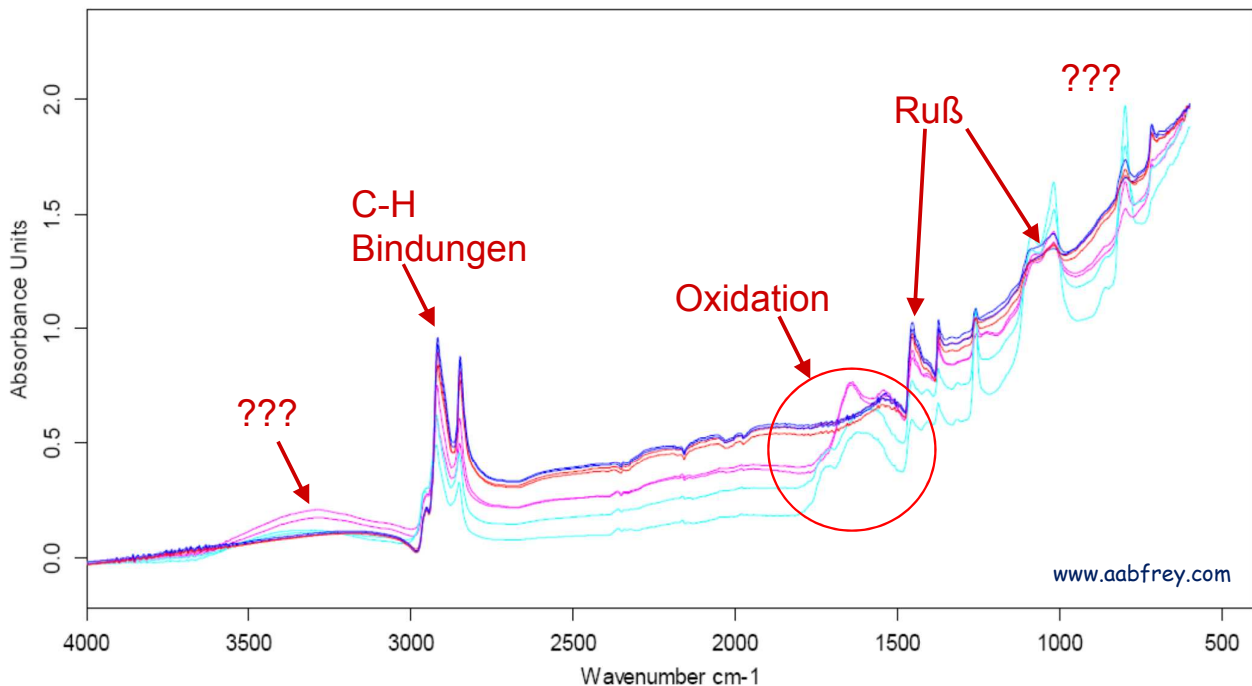
23/32

Veränderung der Materialeigenschaften Spannungs – Dehnungs - Diagramm



Klagenfurt, 31.5. und 1.6.2012

24/32



Veränderung der Wirtschaftlichkeit

- ⇒ Für den Betrieb ist die **Wirtschaftlichkeit** des Belüftungssystems im laufenden Betrieb (nach einigen Jahren) wichtig.
 - **Energieaufwand** (u.a. Druckverlust des Belüfters)
 - **Sauerstoffausnutzung**
- ⇒ Beide Größen werden durch **Materialveränderungen** und **Ablagerungen** beeinflusst.
 - Veränderung des **Abgasungsverhaltens** (Blasengrößenspektrum, Blasenablösung, Blasenablösefrequenz, ...)
- ⇒ Beurteilung nur mit Druckmessungen nicht ausreichend.
Zusammenfassende Betrachtung notwendig!

Veränderung der Wirtschaftlichkeit ENERGIEVERBRAUCH

- ⇒ Die Belüftungsenergie ist, bei gleichem Luftvolumenstrom und Zustandsgrößen der Luft, näherungsweise direkt **proportional** der **Drucksteigerung** im Gebläse.
- ⇒ BEISPIEL:
Differenzdruck-Belüfter-neu = 34 hPa
Differenzdruck-Belüfter-gebraucht = 93 hPa
Druckerhöhung (Einblastiefe plus Saugverluste) = 550 hPa

$$\text{Energieverbrauch} \cong \frac{550 + 93}{550 + 34} = 1,10$$

- ⇒ Der Energiebedarf ist ca.10% größer als mit neuen Belüftern.

Veränderung der Wirtschaftlichkeit SAUERSTOFFAUSNUTZUNG (1)

- ⇒ Aussagekräftige Werte sind durch Reinwassermessungen mit gebrauchten Belüftern zu ermitteln.
- Auf Anlagen aufwändig und teuer!
 - Abhilfe: Messungen in kleinerem Maßstab (Veränderung abschätzbar)
- ⇒ Untersuchungen von Krampe 2008 (zwei Großanlagen, unterschiedliche ungereinigte Belüfter) zeigen eine **Abminderung** der **Sauerstoffausnutzung bis 28%**

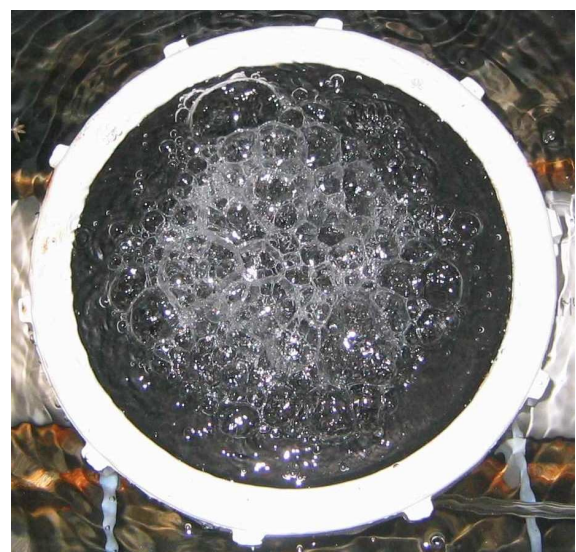
Veränderung der Wirtschaftlichkeit SAUERSTOFFAUSNUTZUNG (2)

- ⇒ Eigene Messungen an mehreren Anlagen (Beckenvolumen 12.000m³ bis 6m³) zeigen Abminderungen der **Sauerstoffausnutzung** von bis zu **-15 %** (mit ungereinigten Belüftern)
- ⇒ Es wurden auch vergleichende Messungen an **ungereinigten** und **gereinigten** Belüftern durchgeführt.
 - Wenn die Belüfter offensichtlich **gedehnt** waren, war die **Sauerstoffausnutzung niedriger** als mit ungereinigten Belüftern. Außerdem wurden an den gereinigten Belüftern teilweise niedrigere Druckverluste als an **neuen** Belüftern gemessen.

Klagenfurt, 31.5. und 1.6.2012

29/32

Abgasungsverhalten – Druckverlust Tellerbelüfter Ø ca. 180 mm, EPDM, 8 Jahre, 5m³/h



www.aabfrey.com

ungereinigt

$$\Delta p_{\text{Membran}} = 2,2 \cdot \Delta p_{\text{neu}}$$

gereinigt

$$\Delta p_{\text{Membran}} = 0,8 \cdot \Delta p_{\text{neu}}$$

Klagenfurt, 31.5. und 1.6.2012

30/32

Veränderung der Wirtschaftlichkeit

ZUSAMMENFASSUNG

- ⇒ Wenn Belüfter offensichtlich **bleibend verändert** sind (gedehnt, versprödet, etc.), ist auch nach einer Reinigung der Belüfter mit einer **Verschlechterung** der Wirtschaftlichkeit zu rechnen.
- ⇒ Wenn **keine Veränderung** des Material erkennbar ist, und der Druckverlust nicht erhöht ist, können auch nach einigen Betriebsjahren **hohe Sauerstoffertragswerte** erreicht werden.
 - Messungen in einem Umlaufbecken mit ca. 12.000m³ in Reinwasser an neuen, ungereinigten und gereinigten Belüftern aus PU im zeitlichen Abstand von 7 Jahren.
 - Sauerstoffertrag (neu) = 100 %
 - Sauerstoffertrag (**ungereinigt** nach 7 Jahren) = 74 %
 - Sauerstoffertrag (**gereinigt** nach 7 Jahren) = 97 %



Danke für Ihr Interesse!