

Dimensionierung von Belüftungssystemen

Zusammenhang zwischen energieeffizientem Sauerstoffeintrag und Durchmischung

7. IWAR Infotag , 2. November 2023, Darmstadt
Sauerstoffeintrag und Belüftungstechnik

Wilhelm P. Frey

AAB Frey

Abwassertechnische
Ausbildung und Beratung



INHALT

- ⇒ **Bemessung von Belüftungssystemen**
 - **Anzahl Belüfterelemente**
 - **Auswahl Gebläse**

- ⇒ **Anordnung der Belüfterelemente**
 - **Anordnung an der Beckensohle**
 - **Einfluss von der Beckengeometrie**

- ⇒ **Einsparungspotenzial bei der Mischenergie**



Bemessung von Druckbelüftungssystemen

- ⇒ Klärtechnische Berechnung (z. B. DWA A131)
 - Lastfälle definieren
 - Erforderliche Sauerstoffzufuhr (z. B. DWA M229-1)
 - Arbeitsbereich des Belüftungssystems beachten
- ⇒ Anzahl der Belüfterelemente
 - Iterative Berechnung
- ⇒ Erforderlicher Luftvolumenstrom
 - Gebläseauswahl (Vortrag Dr. Seibert-Erling)
 - Arbeitsbereich beachten



Festlegung der Anzahl der Belüfterelemente

- ⇒ Abschätzung aus erforderlichlichem **Luftvolumenstrom**
- ⇒ **Lastfallbetrachtungen**
 - Minimale Luftmenge (darunter **ungleichmäßiges Abgasen**, Verstopfungen)
 - Betriebsluftmenge (hohe **Wirtschaftlichkeit**)
 - Maximale Luftmenge (**Revisionsfall**)
- ⇒ **Investitionskosten – Betriebskosten**



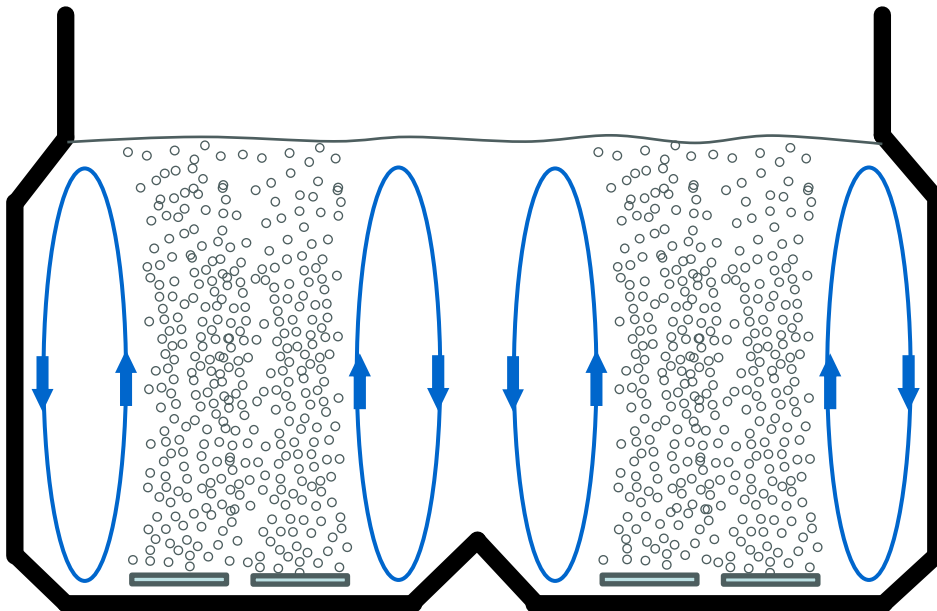
Anordnung der Belüfterelemente

- ⇒ **Vouten** an der Beckensohle und der Beckenoberfläche begünstigen Walzenströmungen
- ⇒ **Vermeidung von Kurzschlussströmungen**
- ⇒ Gleichmäßige Verteilung nicht zu große **Abstände**
- ⇒ **Zusätzlich bei Umlaufbecken:**
 - Belüfterfelder zusammenfassen um die Anzahl der **Randwalzen** zu verringern
 - Belüfterstränge in **Umlaufrichtung** ausrichten
 - Belüfter auch in die **Umlenkungen** legen



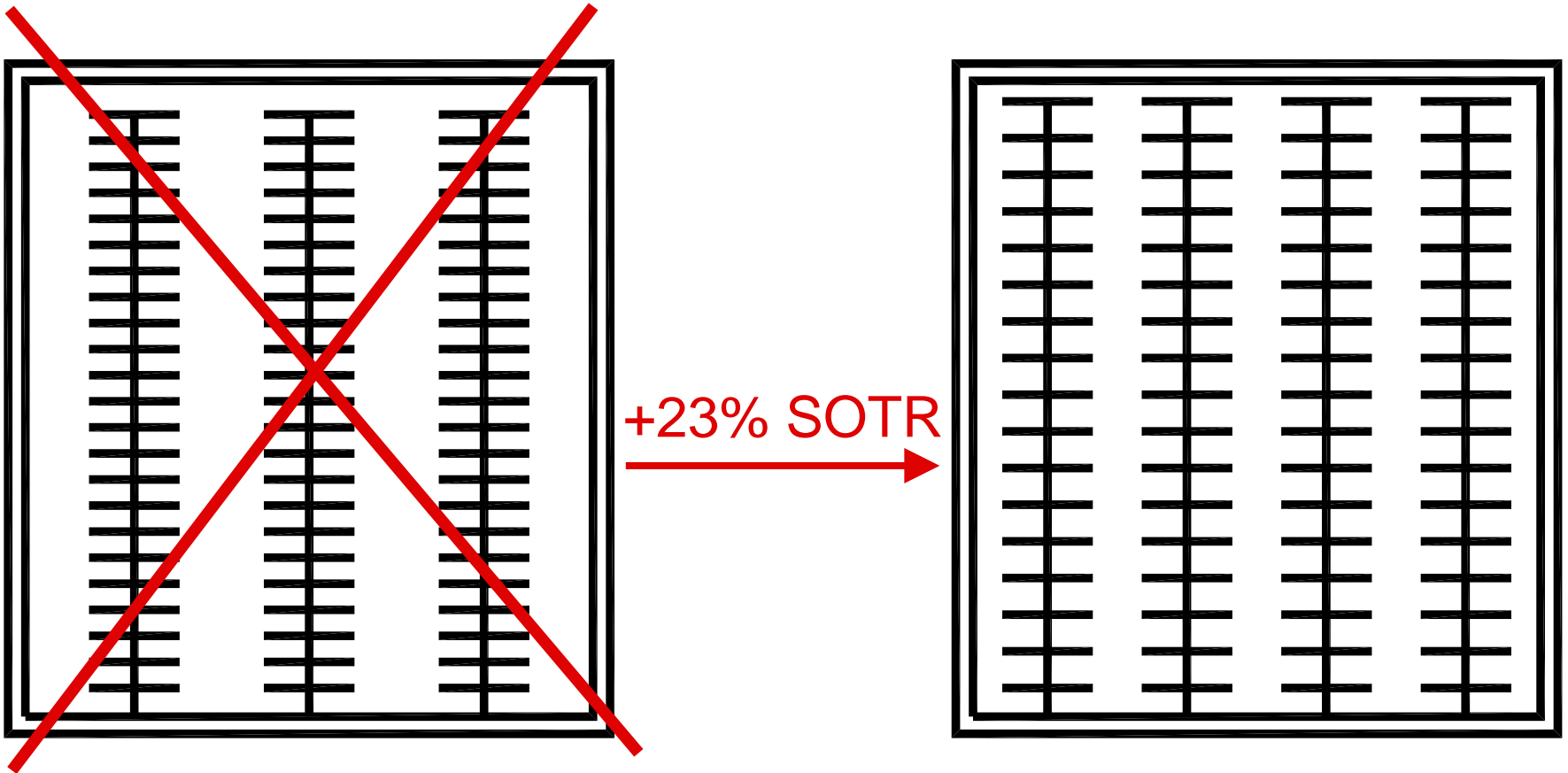
Strömung durch Vouten

⇒ Durch Abschrägungen wird die Ausbildung von Walzenströmungen unterstützt und die Aufenthaltszeit der Blasen in den Randzonen verkürzt. Die Folge ist eine verringerte Wirtschaftlichkeit.



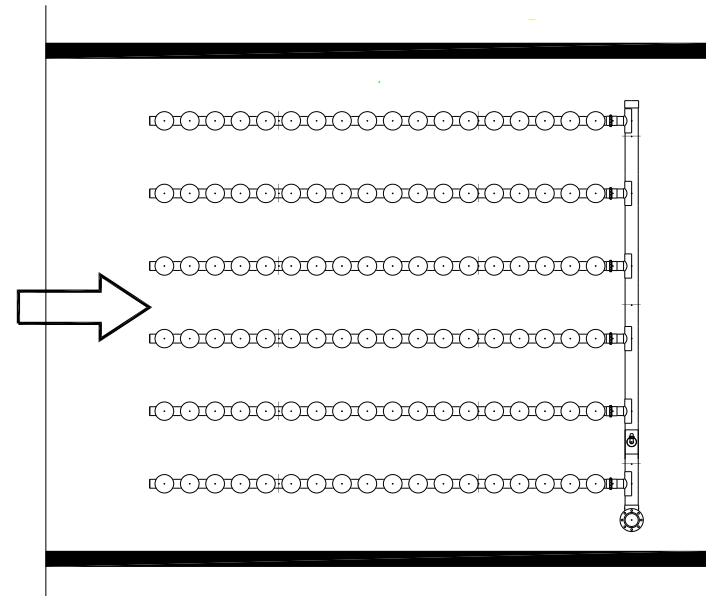
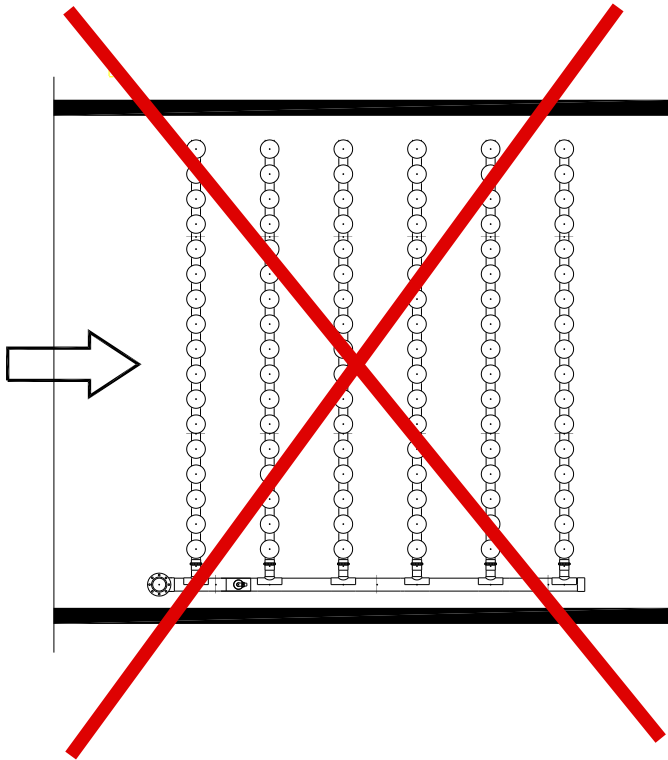
Anzahl der Verteilrohre

- Belüfteraufteilung an der Sohle (Mischbecken; $h_e=5,6$ m)

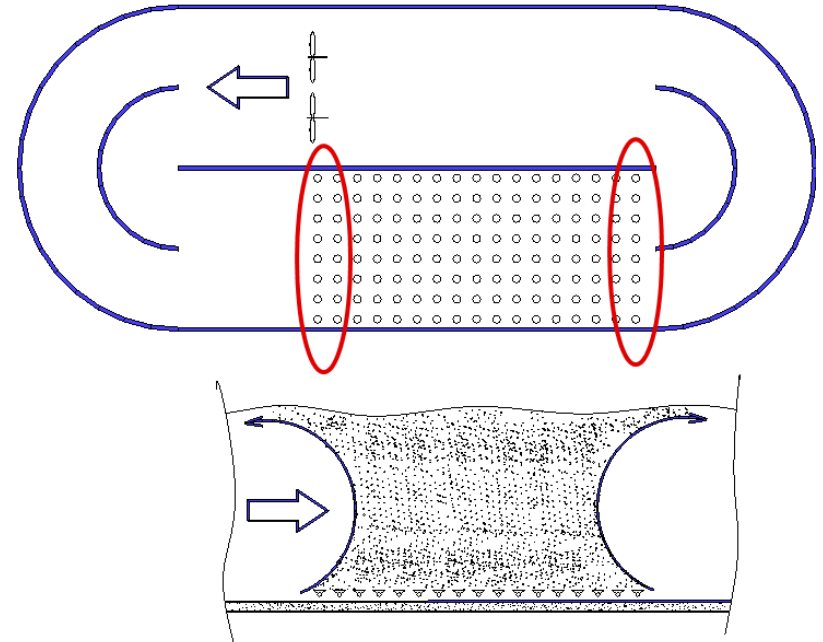
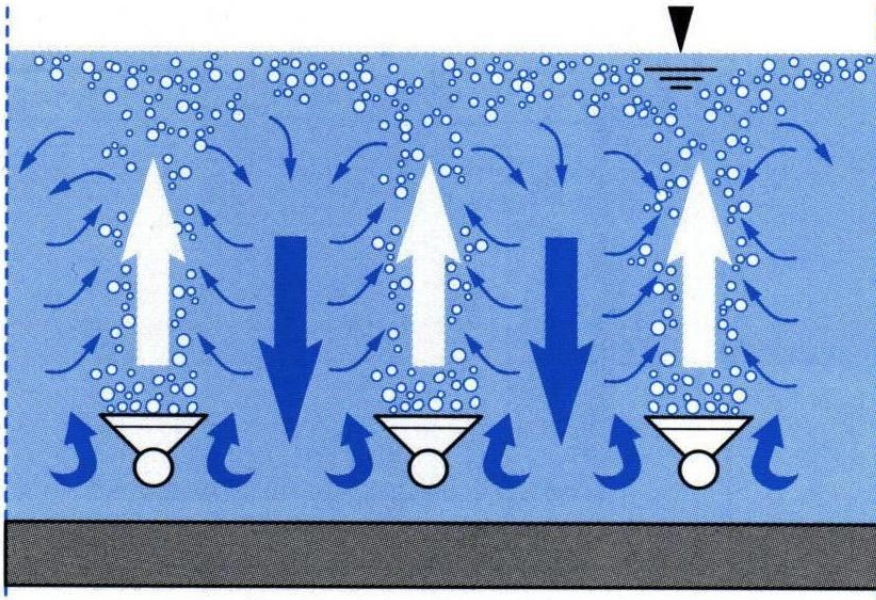


Ausrichtung der Verteilrohre

- Quer angeordnete Belüfter



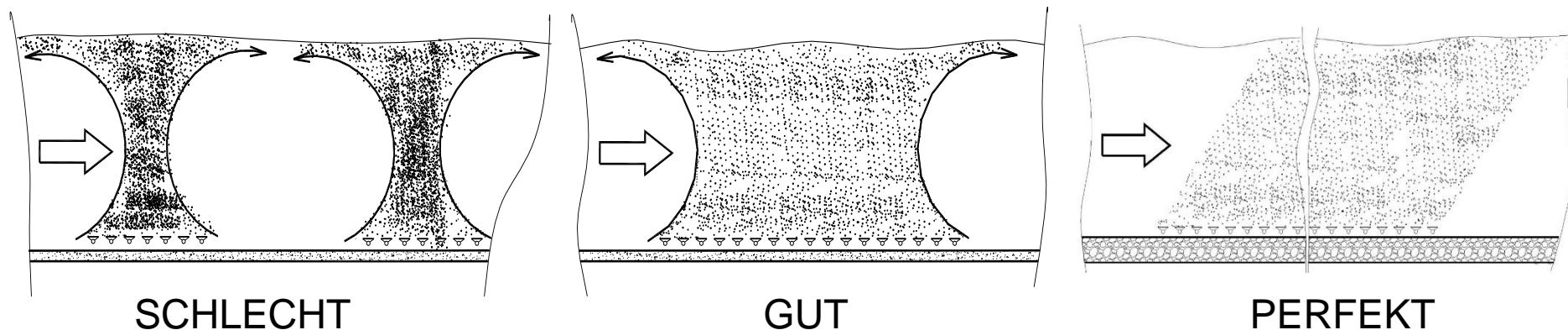
Strömungsverhältnisse



- Höhere Blasenauftiegs-geschwindigkeit durch Randwalzen
- Geringere Sauerstoffausnutzung
- Reduktion der Wirtschaftlichkeit um bis zu 30%!

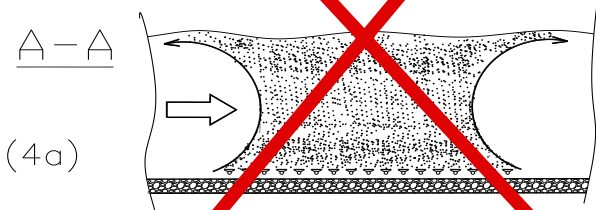
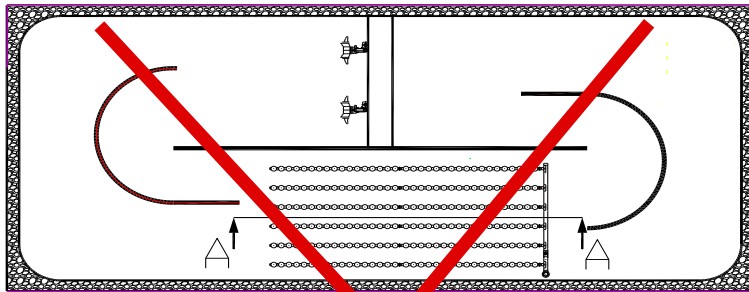
Anordnung der Belüfterelemente

- ⇒ Belüfterfelder zusammenlegen
 - Anzahl der Randwalzen verringern
 - Keine Bereiche mit verringerter Aufenthaltszeit
 - Gleichmäßiger Blasenanstieg
 - Höhere Sauerstoffausnutzung

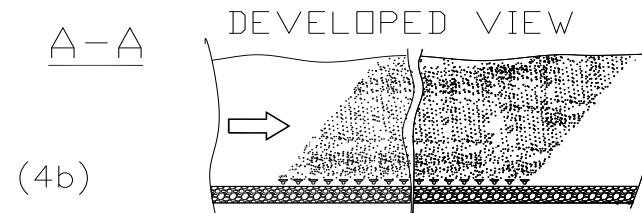
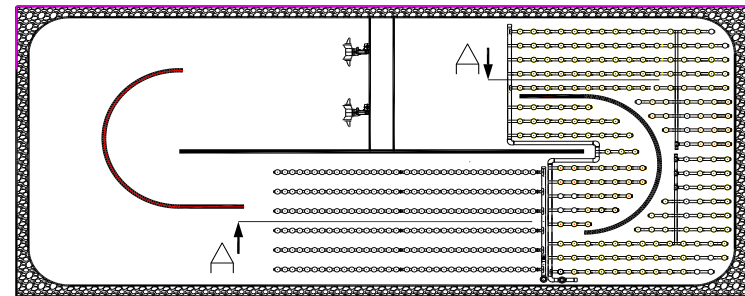


Belüfter in der Umlenkung

- **Extreme Störung der Randzonen**
 - Trotz großer Rührwerksleistung schlechte Werte



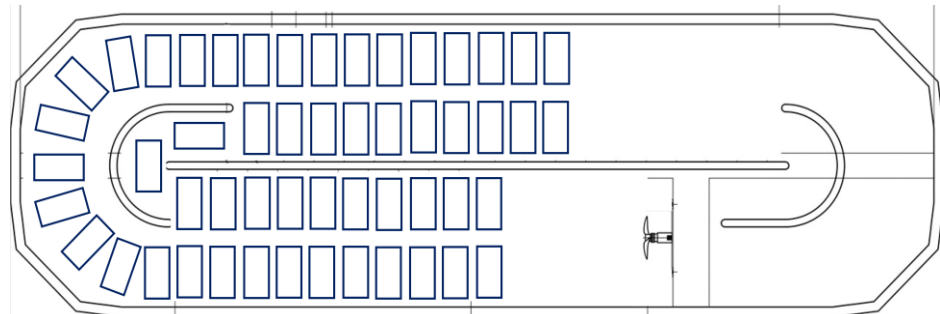
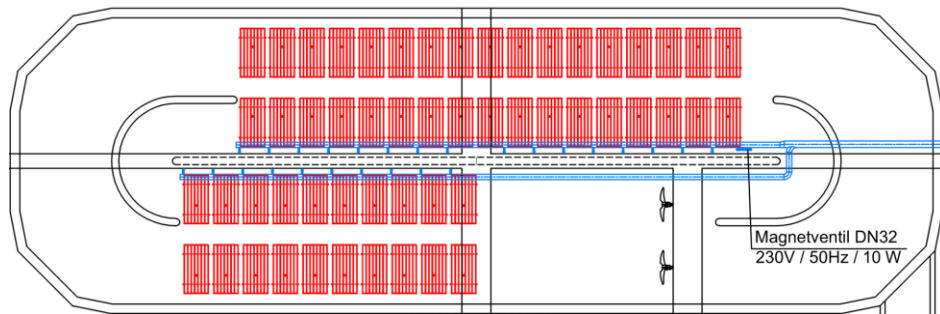
Original: SOTR = 78 kg/h



Umrüstung : SOTR = 118 kg/h

Belüfter in der Umlenkung

- ⇒ Belüfterelemente auch in der Umlenkung anordnen
- ⇒ Die Strömung wird gleichmäßig, der Strömungswiderstand reduziert
- ⇒ Die Sauerstoffzufuhr wird verbessert



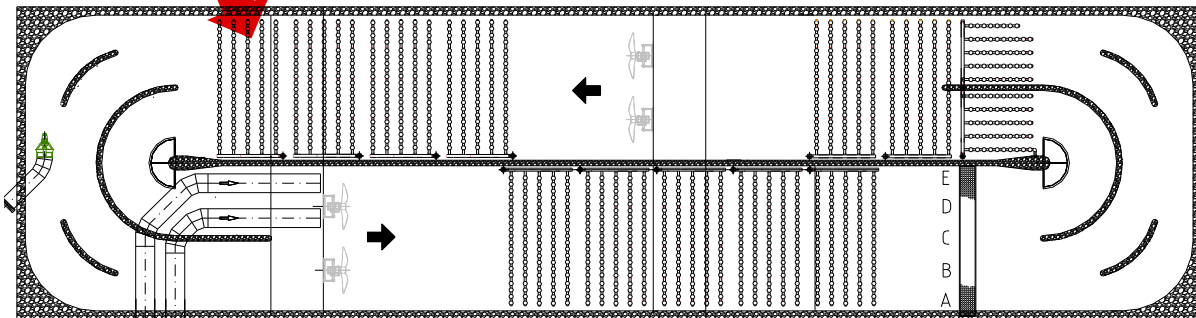
<http://www.aabfrey.com/medien/filme/>

Belüfter auch in der
Umlenkung!

www.aabfrey.com



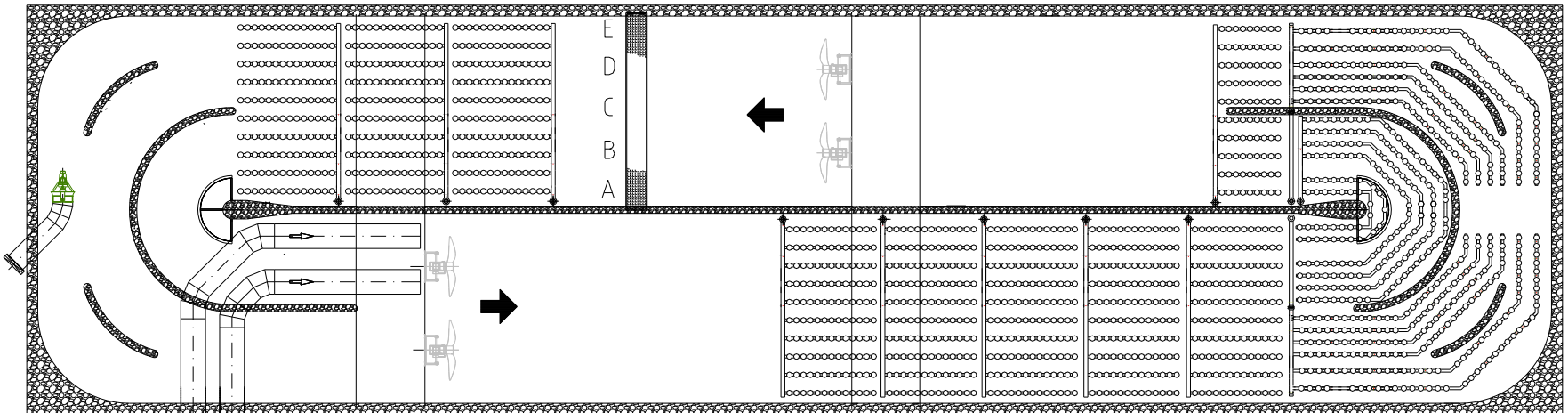
Beispiel: Belüfter in der Umlenkung



- ⇒ **Testbecken** (LxBxT: 64mx16mx5,2m)
- 1201 Belüfter (Sanitair 9")
 - Quer angeordnete Belüfter
 - 3 belüftete Sohlbereiche (6 Randwalzen)

Beispiel: Belüfter in der Umlenkung

- ⇒ **Optimiertes Becken** (LxBxT: 64mx16mx5,2m)
 - 1613 Belüfter (Sanitair 9“)
 - Belüfter in Strömungsrichtung ausgerichtet
 - 2 belüftete Sohlbereiche (4 Randwalzen)
 - **Belüfter in einer Umlenkung**



Optimierungspotential durch andere Belüfteranordnung

- **Sauerstoffzufuhr**

- Theoretische Verbesserung der Sauerstoffzufuhr (Herstellerangaben) bei einer Luftbeaufschlagung von 2,1 auf 1,5 m_N³/Stk/h → **3,0%**
- **Tatsächlich** gemessene Verbesserung der Sauerstoffzufuhr bei einer Luftbeaufschlagung von 2,1 auf 1,5 m_N³/Stk/h → **12,1%**
- Theoretische Verbesserung der Sauerstoffzufuhr (Herstellerangaben) bei einer Luftbeaufschlagung von 6,2 auf 4,6 m_N³/Stk/h → **4,6%**
- **Tatsächlich** gemessene Verbesserung der Sauerstoffzufuhr bei einer Luftbeaufschlagung von 6,2 auf 4,6 m_N³/Stk/h → **14,6%**

MISCHEINRICHTUNGEN

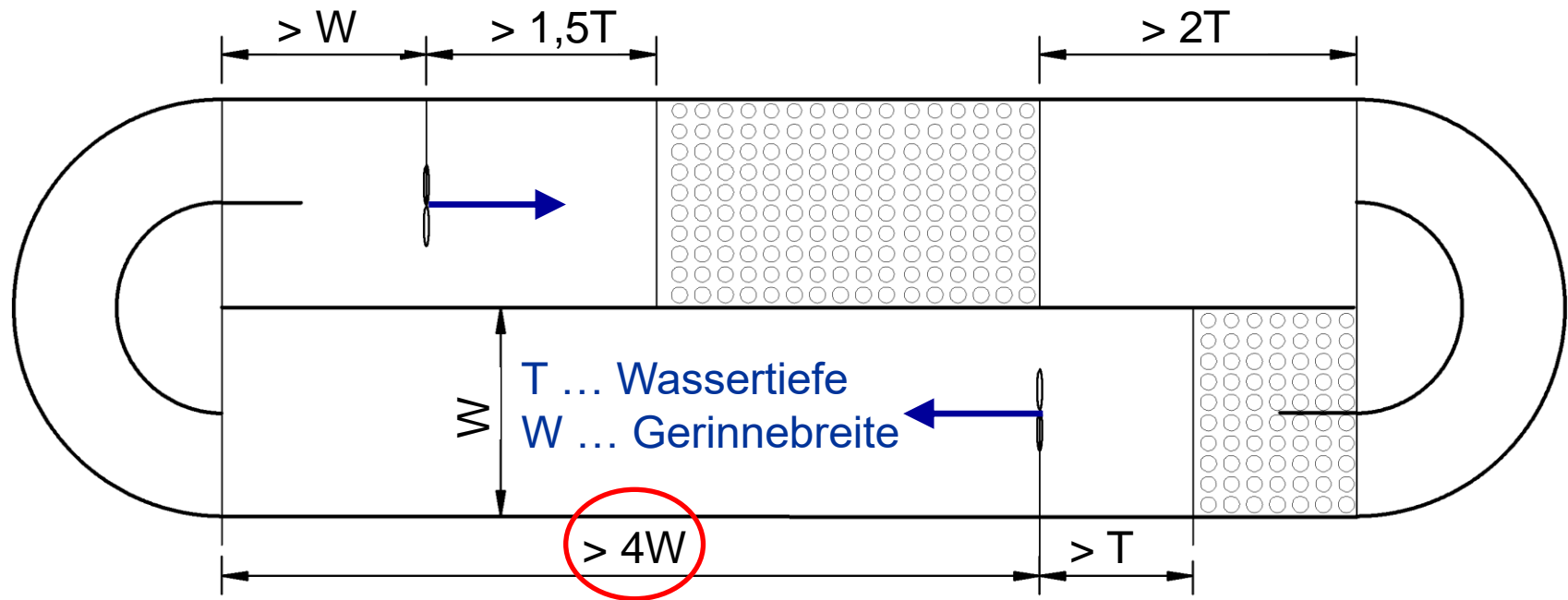
Rührwerke – Vergleich, Leistung, Auslegung

- ⇒ **DWA A131**
 - Verfahrenstechnische Hinweise
- ⇒ **DWA M229** (Teil 1 und Teil 2)
 - „Systeme zur Belüftung und Durchmischung von Belebungsanlagen“
- ⇒ **ISO 21630:2007**
 - Schubmessung, Leistungsmessung
- ⇒ **VDMA-Einheitsblatt 24656:2010**
 - Hinweise zur Auslegung und Überprüfung der Leistungsfähigkeit



Rührwerks- und Belüfteranordnung (Fa. Xylem)

Quelle: Uby, L.: Handbook of
Mixing for Wastewater and
Similar Applications (2012)



- ⇒ Auch von anderen Herstellern gibt es Empfehlungen für die Positionierung der Rührwerke und Belüfter.
- ⇒ Wenn die Abstände eingehalten werden verbleibt wenig Platz für die Belüfter → in der Praxis selten angewendet!

Energiebedarf von Rührwerken



⇒ Untersuchungen an Rührwerken
(K. Füreder, 2021)

<https://repositum.tuwien.at/bitstream/20.500.12708/18768/1/Fuereder%20Klemens%20-%202021%20-%20Energiebedarf%20von%20Rueh%20werken%20in%20Beleungsanlage.pdf>

→ Fragebogenaktion und Messungen an ausgeführten Anlagen. Energiekennzahlen und erreichbare Minimalwerte

- Energiebedarf für Anlagen kleiner 5.000 $EW_{120} \rightarrow 6,8$ [kWh/ EW_{120}/a]
- Energiebedarf für Anlagen größer 30.000 $EW_{120} \rightarrow 1,3$ [kWh/ EW_{120}/a]
- Bezogen auf das Beckenvolumen wurde für günstige Randbedingungen ein Energiebedarf von < 24 Wh/ m^3/d (< 1 W/ m^3) gefunden.

→ Voraussetzung: Keine Beeinträchtigung des Reinigungsprozesses UND eine Einsparung für Mischen und Sauerstoffzufuhr

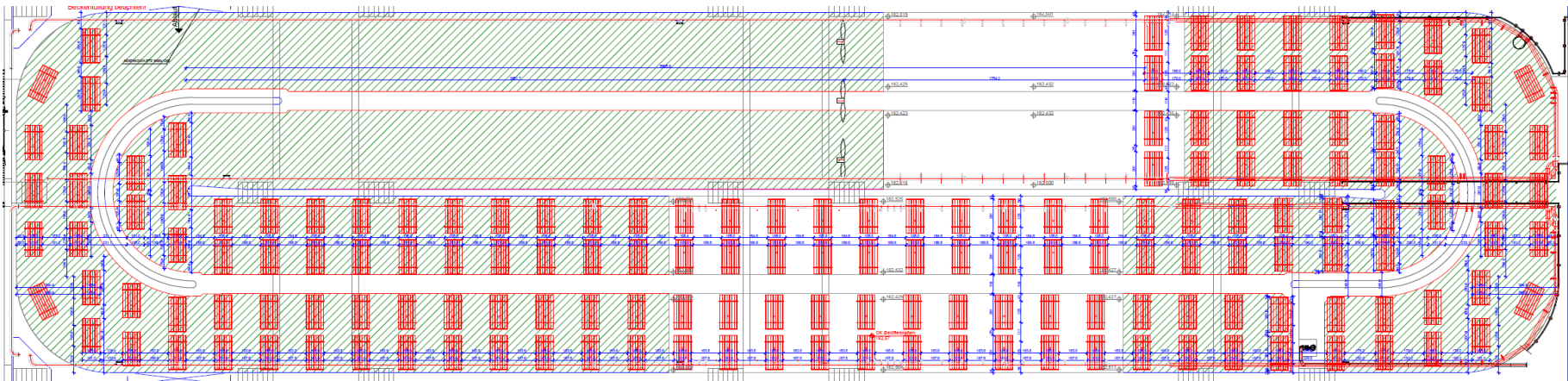
→ Weniger Rührwerke oft ausreichend

→ Umlaufströmung nicht erforderlich – Kurzschlussströmungen und Ablagerungen vermeiden



Reduktion der Rührwerksleistung

- ⇒ Umlaufbecken
Beckenvolumen ca. 14.500 m³
- ⇒ Luftvolumenstrom ca. 5.500 m³/h)
- ⇒ 3 Rührwerke je 4,5 kW
- ⇒ spez. Leistung kleiner 1 W/m³
- ⇒ Einsparung ca. 320 kWh/d

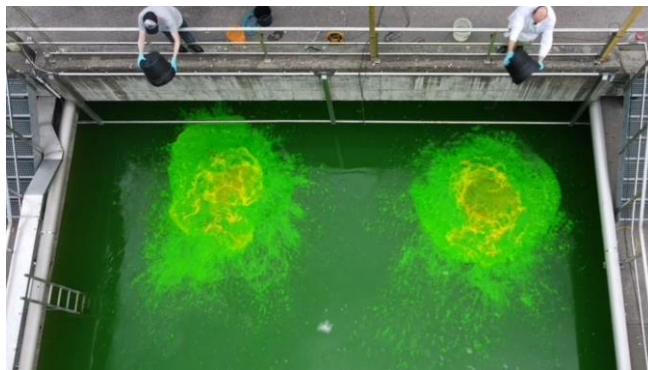
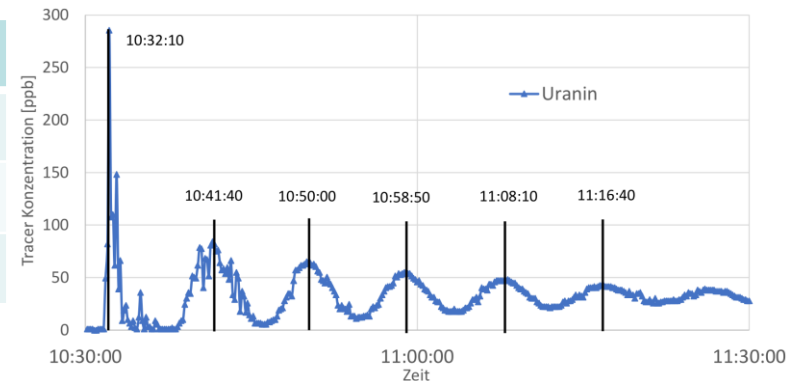


Reduktion der Rührwerksleistung

⇒ Nachweis der Strömungsgeschwindigkeit mittels Tracermessung



	Strömungsgeschwindigkeit	
	6 Rührwerke	3 Rührwerke
Ohne Luft	0,37 m/s	0,26 m/s
Mit Luft (5.500 m³/h)	0,32 m/s	0,23 m/s



Danke für die langjährige kollegiale und freundschaftliche Zusammenarbeit!



Sauerstoffzufuhrmessung
anno 19??