

Crossflow-Belüftung zur Deckschichtkontrolle im Membranbelebungsverfahren

Daniela Tacke

Dissertation am Institut für Siedlungswasserwirtschaft der RWTH Aachen (Prof. Dr.-Ing. J. Pinnekamp), Veröffentlichung: Februar 2011, GWA Band 224

Motivation und Zielsetzung

Steigende Anforderungen an den Gewässerschutz und somit an die Güte des Kläranlagenablaufs erfordern das Überdenken konventioneller Abwasserreinigungsmethoden. Durch den sicheren Rückhalt von Feststoffen und die damit verbundene zuverlässige Reinigungsleistung bietet der Einsatz des Membranbelebungsverfahrens in der biologischen Abwasserreinigung einen Vorteil gegenüber konventionellen Verfahren. Problematisch sind aber die hohen Investitions- und Betriebskosten und speziell die hohen Energiekosten für die Crossflow-Belüftung der Membranmodule.

Energieverbrauch in der Membranbelebungsstufe	[kWh/m ³]
Permeatabzug + Rezirkulation aus separaten Kammern + zusätzliche Sauerstoffversorgung	0,16-0,20
Crossflow-Belüftung	0,20-0,75

verschiedene Quellen (2003-2005)

Zielsetzung der Dissertation war die Erweiterung der Erkenntnisse zur Membranmoduldurchströmung und Deckschichtkontrolle, um Betriebs- und Energiekosten senken zu können.

Herangehensweise

In verschiedenen Versuchsanlagen wurden Membranmoduldurchströmung und Deckschichtkontrolle an labormaßstäblichen und großtechnischen Plattenmembranmodulen untersucht.

Durch den Einsatz spezieller Messtechnik (Akustik-Dopplerverfahren (ADV)) konnte die Luftverteilung der Crossflow-Belüftung und die daraus resultierende Strömung erfasst und graphisch visualisiert werden.

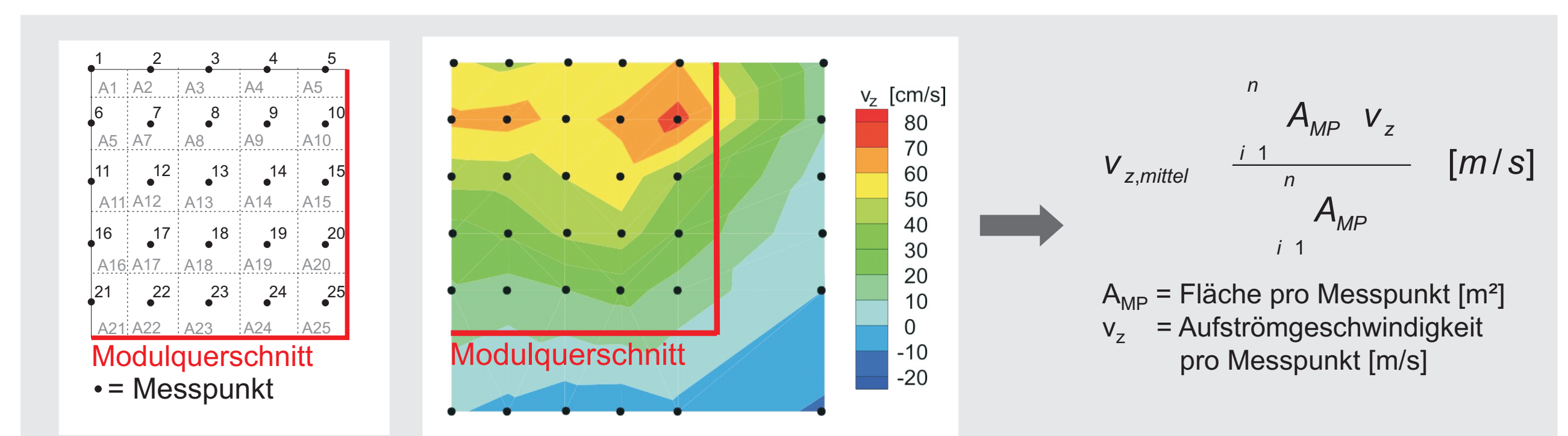


Bild 1: Prinzip der Ermittlung der Moduldurchströmung in einer Ebene

Ergebnisse

Einfluss der Belüftungsintensität SAD_m [m³/(m²·h)] auf Strömung und Luftverteilung in Modul und Reaktor (SAD_m = Specific Aeration Demand, bezogen auf $A_{Membran}$)

Die Moduldurchströmung ist ungleichmäßig und stark von Art und Intensität des Lufteintrags abhängig.

Die Zunahme der Geschwindigkeit folgt der Steigerung von SAD_m nicht voll proportional.

Ergebnis für untersuchte Anlagen: $v_{z,max}$ ~0,6-0,9 m/s, $v_{z,mittel}$ ~0,4 m/s

Die Zirkulationsströmung verringert sich durch den geringeren Dichteunterschied zwischen Auf- und Abströmbereich, einen Luftaufstau bei hohen SAD_m sowie einen größeren Membranplattenabstand.

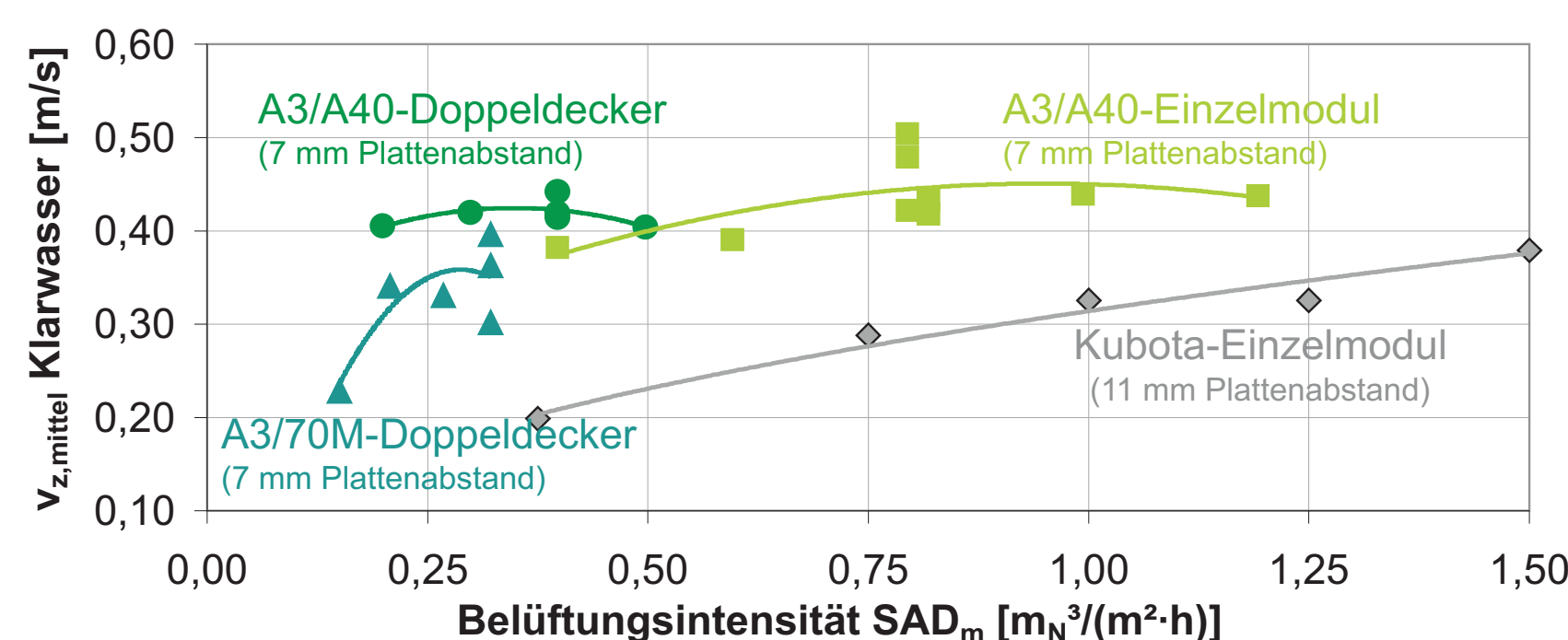


Bild 2: Mittlere Strömungsgeschwindigkeiten oberhalb verschiedener Modultypen

Einfluss des zu filtrierenden Mediums (Feed) auf die Modulbelüftung

Eine höhere Viskosität führt besonders in Bereichen mit starker Durchströmung zu reduzierten Geschwindigkeiten und damit zu einer Vergleichmäßigung des gesamten Strömungsprofils.

Gegenüber Klarwasser ergibt sich für die maximalen und mittleren Geschwindigkeiten in belebtem Schlamm folgende Reduktion:

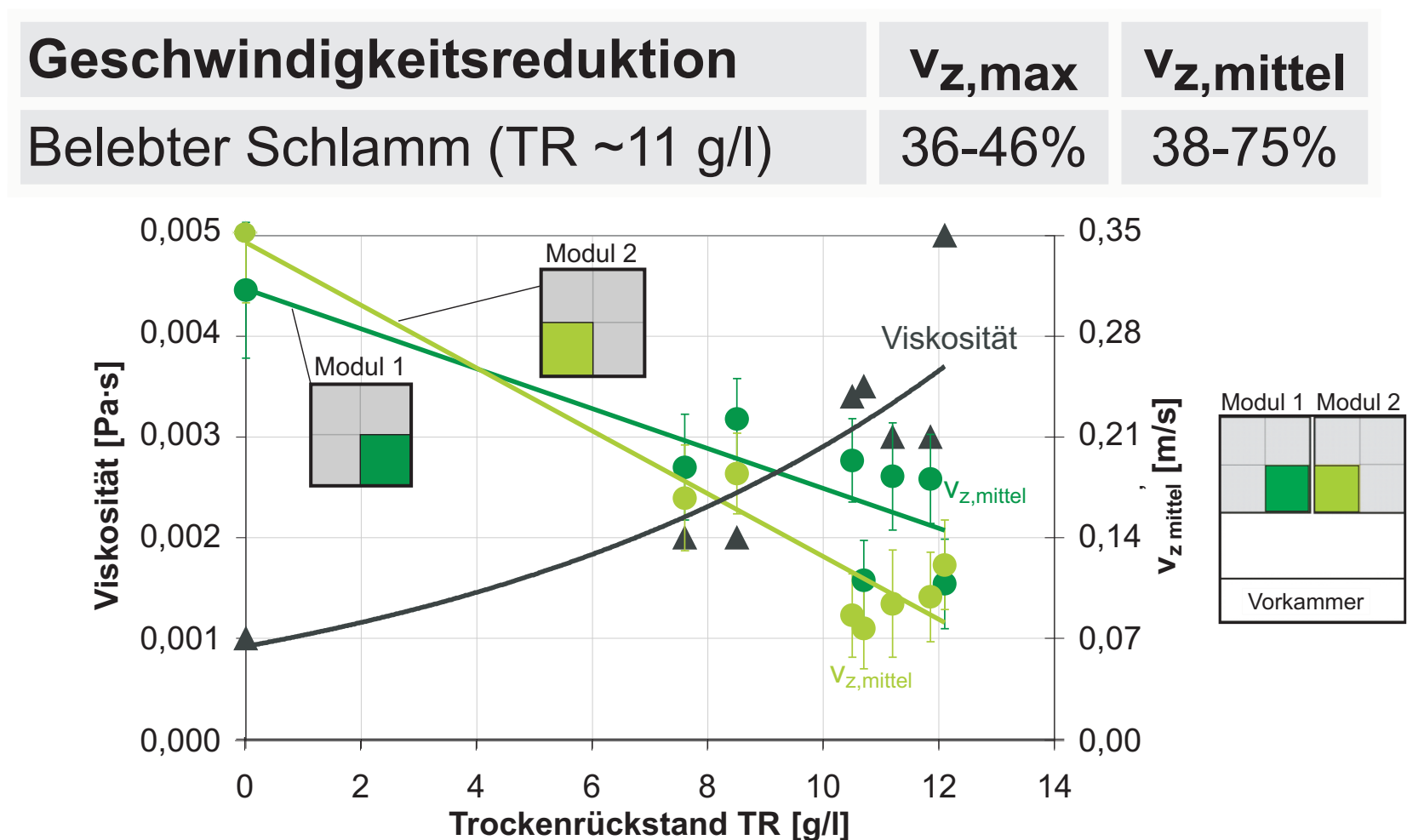


Bild 4: Einfluss der Viskosität von belebtem Schlamm auf die Durchströmung eines Moduls

Zusammenspiel von Modulbelüftung und Modul- und Reaktorgeometrie

Für die **Modulbelüftungseinrichtung** empfiehlt sich ein großer Abstand der Belüftungseinheit von der Modulunterkante, ein flächiger, gleichmäßiger Lufteintrag ohne Behinderung der Zirkulationsströmung.

Bei der **Modulgeometrie** kann durch Verdoppelung der Modulhöhe eine Reduktion des Energieverbrauches um mindestens 25% erzielt werden.

In der **Reaktorgeometrie** sollte für den Auf- und Abströmbereich ein Querschnittsflächenverhältnis von Abström- zu Aufströmfläche (A_d/A_r) größer gleich 2 gewählt werden, um eine gute Zirkulationsströmung zu ermöglichen.

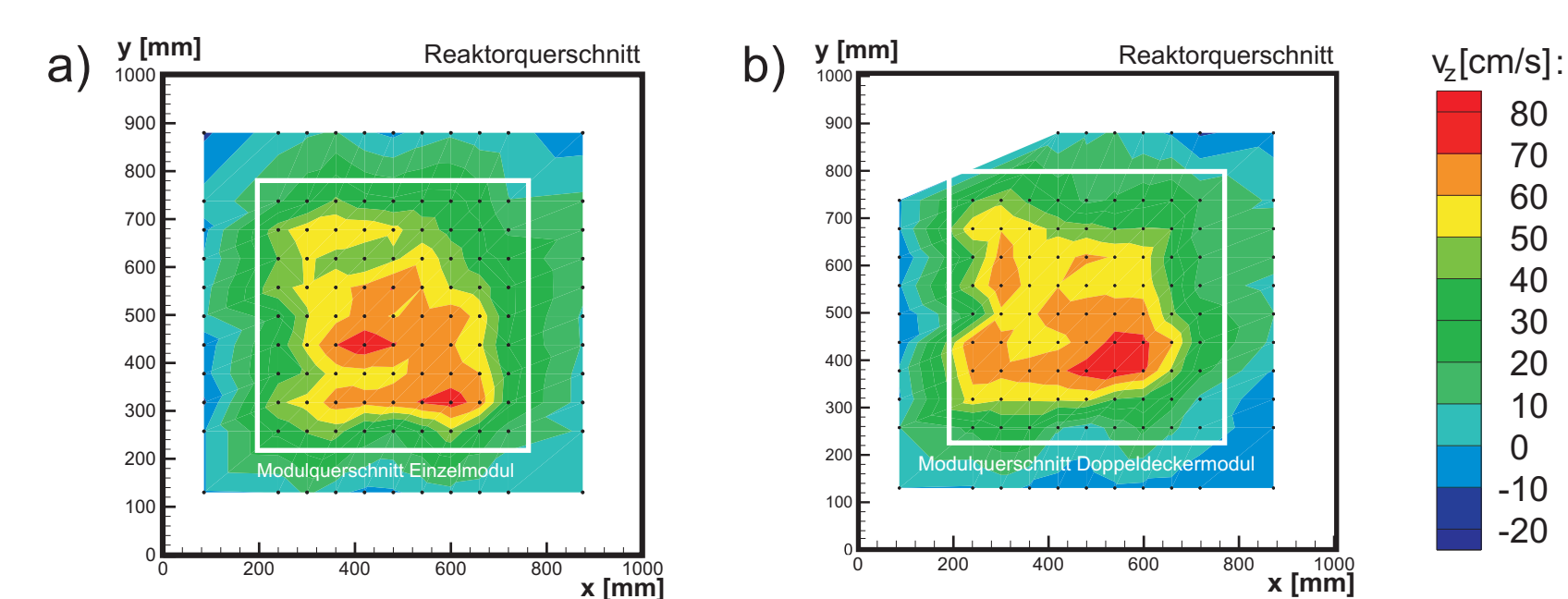


Bild 3: Geschwindigkeitsverteilung a) oberhalb eines Moduls ($SAD_m = 0,8 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$), b) oberhalb eines Doppeldeckermoduls ($SAD_m = 0,4 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$)

Crossflow-Belüftung und Deckschichtkontrolle

Neben dem präventiven Schutz vor Leistungsabfall führt eine hohe Belüftungsintensität tendenziell zur Regeneration von Modulen.

Deutet sich eine schlechtere Entwässerbarkeit des belebten Schlammes an, sollte die Belüftungsintensität angehoben werden.

Ein höherer Lufteintrag sorgt für einen längerfristigen Betriebserhalt der Module.

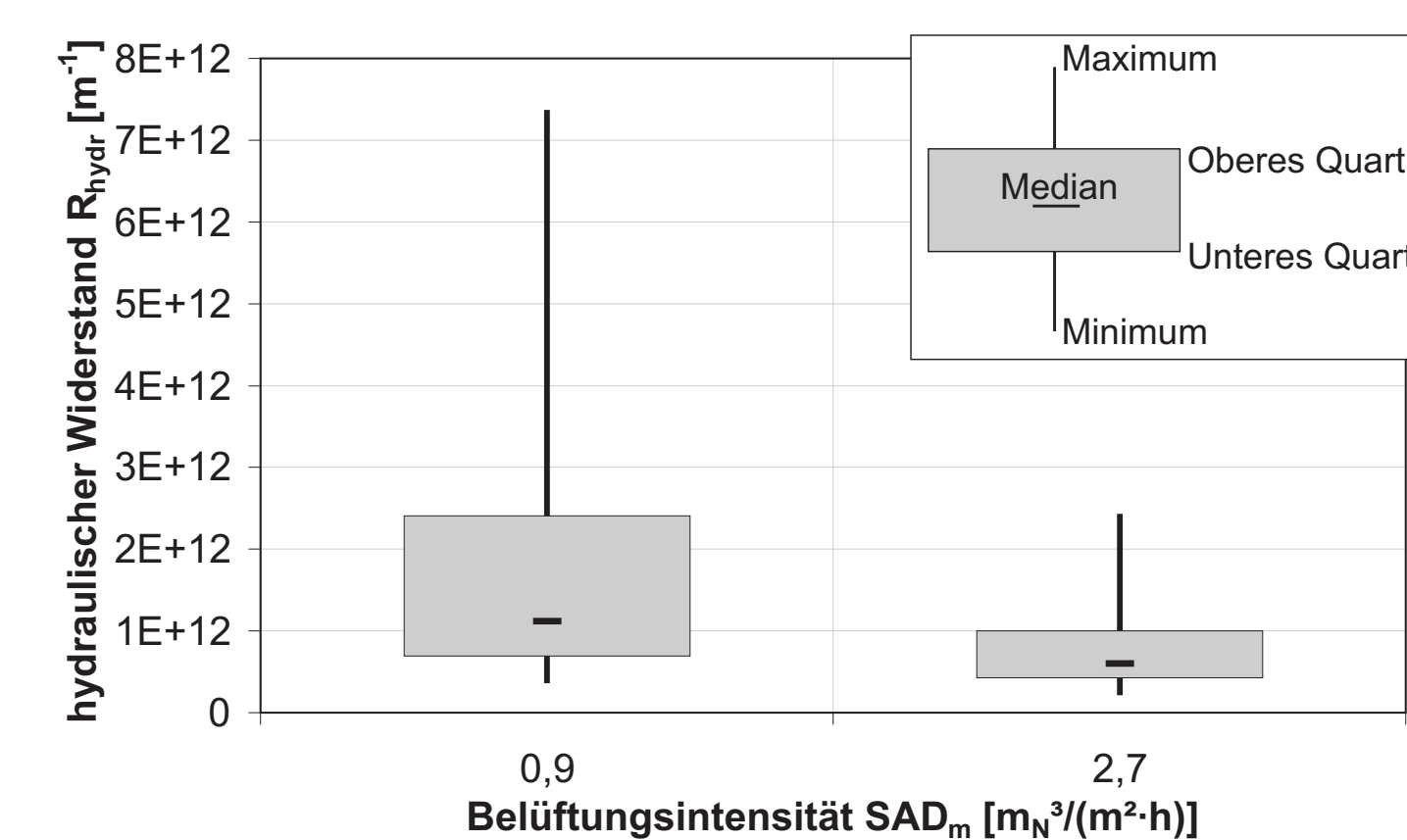


Bild 5: Leistungsbereiche der Membranmodule über den Versuchszeitraum

Einsparpotentiale

Hinweise für einen wirtschaftlichen Betrieb:

Die Crossflow-Belüftung sollte **bodennah und flächendeckend** erfolgen. Die Belüftungsintensität SAD_m muss **systemangepasst** erfolgen. „Viel hilft viel“ trifft nicht zu: eine Steigerung von SAD_m führt nur zu einer unterproportionalen Geschwindigkeitssteigerung und einer zunehmend ungleichmäßigen Moduldurchströmung.

Ein Verhältnis von Ab- zu Aufströmfläche A_d/A_r von **größer gleich 2** sollte eingehalten werden, da besonders Abströmbereiche außerhalb des Moduls wichtig für die Moduldurchströmung sind.

Eine **Modulerrhöhung** führt zur Energieeinsparung, da die eingebrachte Luftmenge trotz höherer Eintauchtiefe effektiver genutzt werden kann.

Fazit und Ausblick

Die Stellschrauben für die Energieeinsparung bei der Crossflow-Belüftung sind zahlreich. Um den komplexen Vorgang der Crossflow-Belüftung energieoptimal zu gestalten, bedarf es daher noch vielfältiger Untersuchungen.

Die in dieser Arbeit vorgestellten Ergebnisse erweitern die experimentelle Datenbasis für die Entwicklung und Evaluation numerischer Simulationswerkzeuge, um die Eigenschaften der Crossflow-Belüftung von Membranen zukünftig realitätsnah abbilden bzw. voraussagen zu können. So kann der zeitliche und finanziellen Aufwand für physikalische Untersuchungen reduziert und zumindest teilweise durch eine rechnergestützte Optimierung von Modulsystemen ersetzt werden.