

# Optimierung der Energiebilanz von Membranbioreaktoren

## Veranlassung, Zielsetzung und Vorgehensweise

Membranbioreaktoren (MBR) erreichen bei der Reinigung kommunaler Abwässer eine hervorragende Wasserqualität und einen weitgehenden Rückhalt von Bakterien und Viren. Im Vergleich zu konventionellen Kläranlagen weisen sie weitere Vorteile wie z.B. einen geringeren Platzbedarf auf.

Der Stromverbrauch ist jedoch vor allem durch die Belüftung der Membranen erhöht. Diese ist erforderlich, um bei der Filtration entstehende Deckschichten abzutragen. Die Energiebilanz wird zudem dadurch verschlechtert, dass MBR mit hohem Schlammalter als simultan aerob stabilisierende Anlagen bemessen und betrieben werden. Dies erhöht den Sauerstoffbedarf der Mikroorganismen, ferner wird kein Faulgas durch anaerobe Klärschlammstabilisierung und in der Folge kein Strom erzeugt.

Zur Erhöhung der Wirtschaftlichkeit von MBR wurden Maßnahmen zur Optimierung der Energiebilanz erarbeitet. Hierzu wurden Daten aus dem mehrjährigen Betrieb von sieben großtechnischen MBR genutzt. Darüber hinaus wurde eine Modellanlage für MBR erstellt, anhand der die Optimierungsansätze hinsichtlich ihrer energetischen Auswirkungen rechnerisch überprüft sowie neue Konzepte theoretisch untersucht wurden.

## Ergebnisse

### Stromverbrauch von MBR und Maßnahmen zur Stromersparung

Der mittlere Stromverbrauch der untersuchten MBR liegt je nach Randbedingungen zwischen 0,73 und 1,83 kWh/m<sup>3</sup> bzw. 49 und 208 kWh/(E-a).

Die Membranebläse zur Deckschichtkontrolle verursachen im Durchschnitt 53 % des Gesamtstromverbrauchs. Sie bieten verschiedene Ansatzpunkte zur Optimierung:

- Der Betrieb mit hohem konstantem Fluss ist vorteilhaft, da die Intensität der Membranbelüftung seitens der Hersteller vorgegeben wird und unabhängig vom Fluss ist. Bei hohem Fluss wird die Belüftung somit gut ausgenutzt.
- Die Belüftungsintensität [Nm<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup>·h)] ist zu überprüfen, um eine Überbelüftung zu vermeiden und sie gegebenenfalls an die Erfordernisse anzupassen.
- Als groblasige Belüftung sollte die Membranbelüftung nicht zum Sauerstoffeintrag aktiviert werden.
- Nach längeren Stillstandszeiten werden die Membranebläse eingesetzt, um anaerobe Zustände und ein Absetzen des Belebtschlammes zu vermeiden. Damit diese Zwangsbelüftung selten erforderlich wird, sollte die aktive Membrankammer oft gewechselt werden.
- Um Deckschichten effektiv abzutragen, wird die Filtration periodisch unterbrochen, es wird jedoch weiter belüftet. Die Filtrationszyklen sollten nicht vorzeitig abgebrochen werden, um einem ungünstigen Verhältnis zwischen belüfteten Filtrationspausen und gewonnenem Permeat entgegenzuwirken.

Auch bei anderen Aggregaten, wie den Permeat- und Rezirkulationspumpen, wurden im Rahmen der Arbeit Ansatzpunkte zur Optimierung identifiziert.

Der spezifische Stromverbrauch nimmt mit steigender hydraulischer Auslastung ab. Diese ist bei den untersuchten MBR mit im Mittel 14 % bis 45 % gering. Somit ist eine Betriebsführung, die die Menge des Zulaufs berücksichtigt und den Betrieb energieintensiver Aggregate hieran anpasst, energetisch sinnvoll.

In Bild 1 ist dargestellt, dass die Laufzeit der Membranebläse der KA Seelscheid unter anderem durch die vorgestellten Optimierungsmaßnahmen immer besser an die hydraulische Auslastung angepasst wurde. Seit Mai 2010 zeigt sich durch den linearen Zusammenhang eine energieoptimierte Betriebsweise.

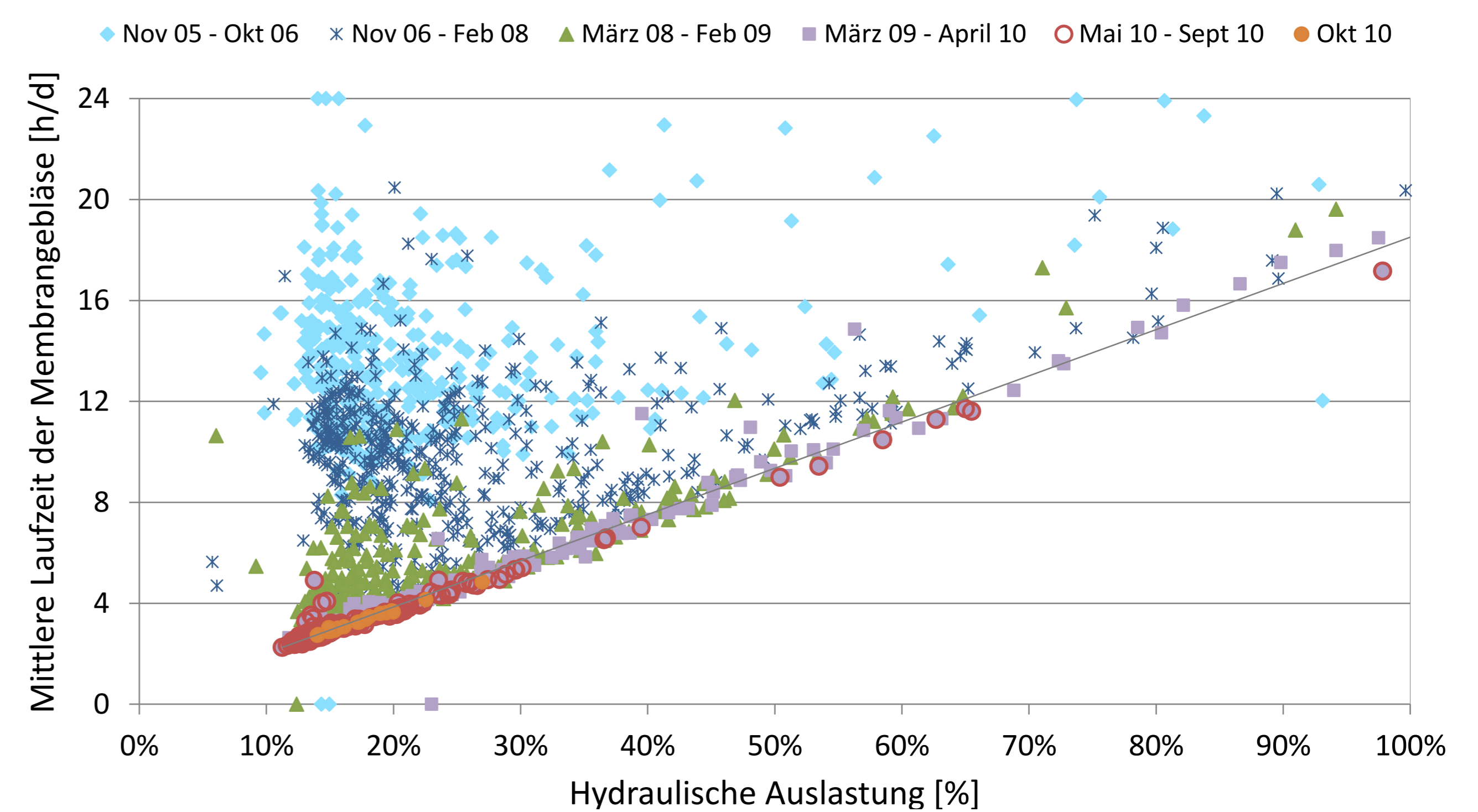


Bild 1: Mittlere Laufzeit der Membranebläse der KA Seelscheid in Abhängigkeit der hydraulischen Auslastung

### Untersuchungen zur Stromproduktion aus Faulgas

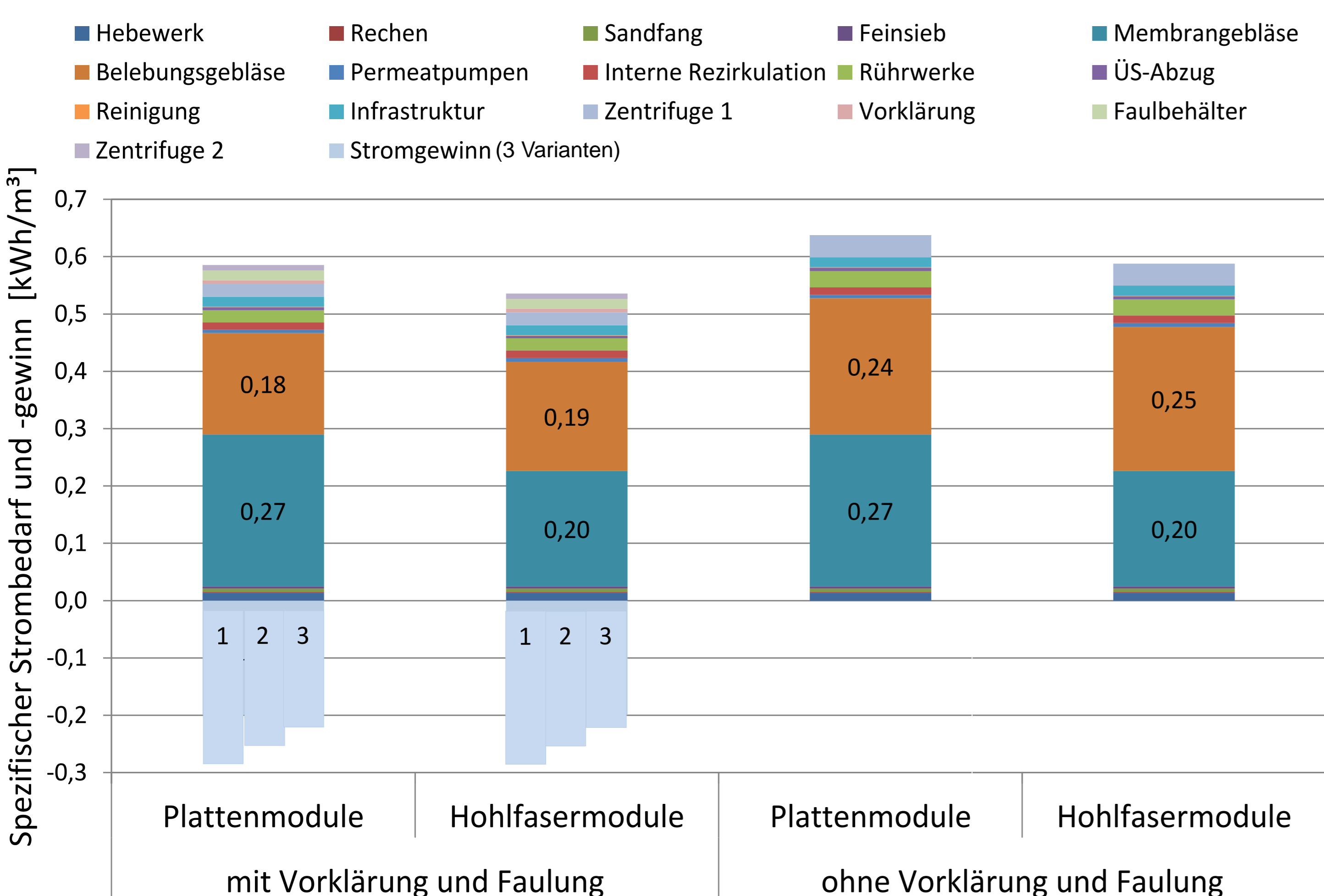


Bild 2: Energiebilanz der Modellanlage für 12.000 E bei Trockenwetter

Die Untersuchungen zur Stromproduktion fanden anhand der Modellanlage statt. Die Annahme einer simultan aeroben Stabilisierung blieb hierbei bestehen, da sich das Schlammalter im Hinblick auf das Foulingrisiko der Membranen nicht ohne Weiteres senken lässt.

Die der Berechnung zugrunde gelegten Parameter sind in Tabelle 1 aufgeführt. Bezüglich der Faulgasausbeute von Überschussschlamm aus MBR bestehen Unsicherheiten. Daher wurden drei Varianten untersucht.

Tabelle 1: Parameter des Schlammes

		Primärschlamm	Überschussschlamm
Schlammfall	[g oTR/(E·d)]	23	24
Glühverlust	[%]	67	61
Faulgasausbeute	[L/kg oTR <sub>zu</sub> ]	550	100 - 300

Bei einer Konfiguration mit Vorklärung und Faulung sind Einsparungen im externen Strombezug zwischen 0,25 kWh/m<sup>3</sup> (16 kWh/(E-a)) und 0,31 kWh/m<sup>3</sup> (20 kWh/(E-a)) entsprechend 39 % bis 53 % gegenüber der konventionellen Konfiguration eines MBR zu erzielen, wie in Bild 2 dargestellt ist.

## Fazit und Ausblick

Energetisches Optimierungspotential für MBR liegt vor allem bei den Membranebläsen. Zielführend ist die Anpassung energieintensiver Aggregate an die hydraulische Auslastung. Auf den Stromverbrauch und den stabilen Betrieb eines MBR wirkt sich eine Vorklärung positiv aus. Dies zeigen Erfahrungen mit zwei der untersuchten MBR und Berechnungen anhand der Modellanlage. Es wird aus energetischer Sicht empfohlen, zukünftig jeden größeren MBR mit Vorklärung und Faulung zu bauen und das Faulgas zur Stromproduktion zu nutzen. Die energetischen Kennzahlen von MBR liegen verfahrensbedingt höher als die optimierter konventioneller Kläranlagen. Vor dem Hintergrund zunehmender Langzeiterfahrungen werden sich die Kennzahlen jedoch weiter annähern.