

„Wir erforschen technische Probleme nicht.  
Wir lösen sie!“ UMTEC



## UMTEC

### Institut für Umwelt- und Verfahrenstechnik

Das Institut für Umwelt- und Verfahrenstechnik UMTEC besteht aus vier Fachgruppen: Rohstoffe und Verfahrenstechnik, Abfall und Ressourceneffizienz, Wasser und Abwassertechnik sowie Geruch. Rund 20 Wissenschaftler und Ingenieure aus den Bereichen Maschinen- und Verfahrenstechnik, Umweltwissenschaften und Chemie betreuen Forschungs- und Entwicklungsprojekte.

In der Fachgruppe Wasser und Abwassertechnik entwickeln wir Lösungen für die Behandlung von verschmutztem Abwasser mit starkem Praxisbezug. Dafür untersuchen wir Prozesse, prüfen Verfahren und bilanzieren Stoffflüsse. Wir greifen auf eine langjährige Erfahrung aus unseren Projekten mit Industrieunternehmungen und Umweltämtern zurück.

Unsere acht Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter im Bereich Wasser sind Naturwissenschaftler und Ingenieure von der HSR Hochschule für Technik Rapperswil, der ETH Zürich oder anderen Hochschulen. Sie werden durch Zivildienstleistende, Praktikanten und Studierende unterstützt.

[www.umtec.ch](http://www.umtec.ch) / [www.hsr.ch](http://www.hsr.ch)

## Entwässerung von Mikroalgen

### Hintergrund

Die Entwässerung von Algen ist in verschiedenen Anwendungs- und Forschungsgebieten ein wichtiges Verfahren, beispielsweise in der Kosmetik- und der Nahrungsmittelindustrie zur Extraktion von wertvollen Inhaltsstoffen wie Carotinoiden, Vitaminen und Pigmenten. Auch für die energetische Nutzung der gesamten Algenbiomasse, insbesondere von Mikroalgen, ist die Entwässerung von zentraler Bedeutung.<sup>1</sup>

Algenbiomasse stellt eine zukunftsorientierte Alternative zu herkömmlichen Bioenergiequellen dar. Die herkömmlichen Biotreibstoffe der ersten und zweiten Generation nutzen Kulturpflanzen wie Raps, Soja, Zuckerrohr oder Mais. Der grosse Vorteil von Algen ist, dass diese weder mit Nahrungsmitteln noch mit fruchtbaren Ackerböden konkurrieren.<sup>1</sup>

Im SunCHem Projekt wird ein neues Verfahren zur Umwandlung von Algenbiomasse in Methan entwickelt.<sup>2</sup> Dabei stehen die Kultivierung und Entwässerung der Algen sowie die hydrothermale Vergasung der Biomasse für die Gewinnung von Energie im Fokus der Entwicklung. Die Technologieabklärung zur Entwässerung von Mikroalgen wird durch das UMTEC umgesetzt.

### Herausforderungen

Mikroalgen sind einfach aufgebaute, meist einzellige Organismen, die zwischen einem und mehreren hundert Mikrometern Grösse aufweisen und sich mehrheitlich autotroph ernähren («Selbsternährer»). Sie benötigen deshalb für das Wachstum meistens nur Kohlendioxid, Licht und die Nährstoffe Stickstoff und Phosphor. In natürlichen Gewässern kommen sie in geringen Konzentrationen vor. Für die kommerzielle Nutzung werden die Mikroalgen in offenen Ponds oder geschlossenen Photobioreaktoren gezüchtet und erreichen unter optimalen Bedingungen Algenkonzentrationen bis 0.5% Trockensubstanz (TS). Mindestens 20% TS sind für die anschliessende Methanisierung im SunCHem Prozess notwendig, um eine hohe energetische Ausbeute zu erzielen. Deshalb müssen die Mikroalgen aus einer gering konzentrierten Suspension bis zum 1000fachen aufkonzentriert werden.

Der Anreicherungsschritt benötigt in der grosstechnischen Anwendung viel Energie und ist sehr entscheidend für die Wirtschaftlichkeit vom gesamten SunCHem Prozess. Der Wirkungsgrad der Entwässerbarkeit hängt aber auch von der Art und dem Wachstumsstadium der Mikroalgen ab, da dadurch Grösse, Form, Dichte, Aussenladung sowie die Zusammensetzung und Konzentration der extrazellulären Substanzen bestimmt werden.<sup>3</sup> Aus diesem Grund lassen sich die Entwässerungsverfahren für überwiegend mineralische (unbelebte) Partikel, z.B. in Abwässern und Klärschlamm, nicht 1:1 auf Mikroalgen übertragen.



## Verfahrensentwicklung

Im Projekt wird ein Entwässerungsverfahren entwickelt, mit dem 20 bis 30% TS Algenbiomasse erreicht werden sollen und die Energiebilanz optimiert ist. In der technischen Klärung zur Entwässerung von Mikroalgen, z.B. *Chlorella sp.* und *Pseudokirchneriella subcapitata* (Abb. 1), sind dafür verschiedene Verfahren zu prüfen und die optimalen Betriebsparameter zu ermitteln. Dabei wird neben dem Entwässern (dewatering) auch der vorgeschaltete Schritt des sogenannten «Erntens» (harvesting) berücksichtigt. Ergänzend werden die Algenarten physikochemisch charakterisiert (Größenverteilung, Zeta-Potential usw.). Aus den Resultaten im Labor wird nachfolgend die bestmögliche Verfahrenskombination für eine Pilotanwendung im SunChem Prozess hergeleitet.

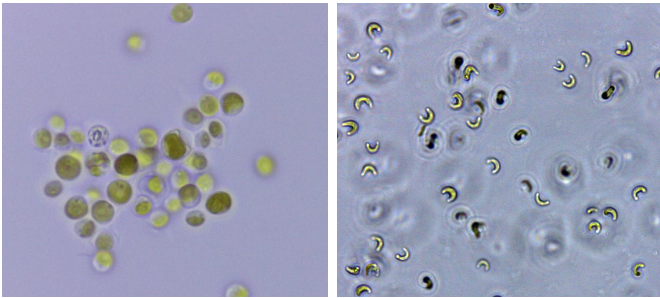


Abb. 1: Mikroalgen *Chlorella sp.* (links, 1000-fache Vergrößerung) und *Pseudokirchneriella subcapitata* (rechts, 400-fache Vergrößerung)

Nachfolgende Verfahren zur Anreicherung und Entwässerung von Algenbiomasse werden berücksichtigt (Abb. 2):

- **Flockung** Abklärung zur Eignung von Flockungsmitteln/-hilfsmitteln in Abhängigkeit von Art und Wachstumsstadium der Mikroalgen, pH-Wert, Dosierung und Kosten. Da Mikroalgen eine negativ geladene Oberfläche aufweisen, werden auch elektrolytische Verfahren sowie die Autoflocculation getestet. Mögliche Einflüsse auf den Prozess der Methanisierung von Biomasse im SunChem Prozess durch Eisen oder Aluminium aus Flockungsmitteln werden hierbei berücksichtigt.

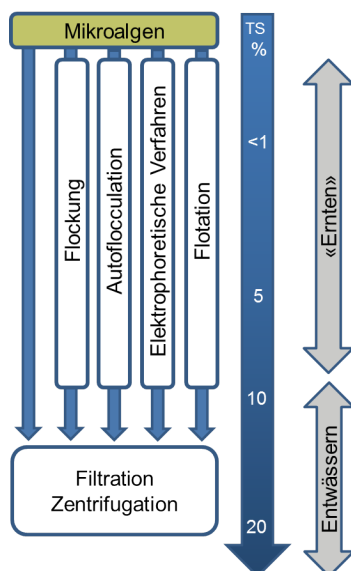


Abb. 2: Potentiell geeignete Verfahren zur Ernte (harvesting) und Entwässerung (dewatering) von Mikroalgen. Die Verfahren werden separat und in Kombination geprüft und weiterentwickelt.

- **Flotation** Die Mikroalgen sollen durch Flotation, bevorzugt Druckentspannungsflotation, direkt aus der ursprünglichen Algensuspension oder nach Zugabe eines Flockungsmittels abgetrennt werden.
- **Zentrifugation** Die Zentrifugation wird direkt mit der unbehandelten Algensuspension sowie nach der Flockung und/oder Flotation als nachgeschalteter Verfahrensschritt getestet. Mikroalgen lassen sich beispielsweise mit einer Tellerzentrifuge (Abb. 3) entwässern. Da die Zentrifugation ein Prozess mit hohem Energieverbrauch ist, soll dieser Schritt auf ein Minimum verkürzt werden.
- **Filtration** Aufgrund der «klebrigen» Eigenschaften von Mikroalgen ist die Flächenfiltration verfahrenstechnisch anspruchsvoll und vermutlich ungeeignet für sehr kleine Algen. Im Gegensatz zur Zentrifugation wird aber bei der Filtration weniger Energie verbraucht. Geprüft werden unterschiedliche Verfahren (z.B. Querstromfiltration, cross-flow).

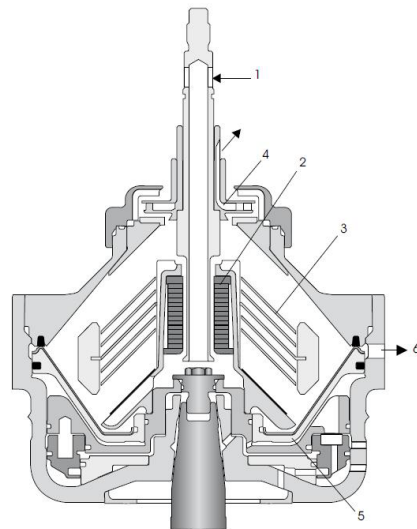


Abb. 3: Tellerzentrifuge (Alfa Laval), die zur Entwässerung von Algenbiomasse kontinuierlich betrieben werden kann: (1) Zulauf, (2) Verteiler, (3) Tellerseparatoren, (4) Ablauf wässrige Phase, (5) Behälterboden (6) Ablauf Algenbiomasse

## Projektpartner und Förderung

Im SunChem Projekt sind neben dem UMTEC von der Hochschule für Technik Rapperswil folgende Partner beteiligt:

- Paul-Scherrer Institut (PSI)
- EPFL
- EMPA

Die Förderung erfolgt durch das Competence Center for Energy and Mobility (CEEM) unter Beteiligung von Firmen (z.B. Swisselectric, Sulzer). Die Finanzierung seitens UMTEC wird von der HSR getragen.

<sup>1</sup> Chisti, Y., 2007. Biodiesel from microalgae. *Biotechnol. Adv.* 25 (3), 294-306.

<sup>2</sup> Haiduc, A.G., et al., 2009. SunChem: An integrated process for the hydrothermal production of methane from microalgae and CO<sub>2</sub> mitigation. *J. Appl. Phycol.* 21, 529-541.

<sup>3</sup> Henderson, R., et al. 2008. The impact of algal properties and pre-oxidation on solid liquid separation of algae. *Wat. Res.* 42, 1827-1845.

## Kontakt

Prof. Dr. Michael Burkhardt, Tel. 055 222 48 70

HSR Hochschule für Technik Rapperswil ■ Institut für Umwelt- und Verfahrenstechnik UMTEC ■ Oberseestrasse 10 ■ CH-8640 Rapperswil