

Fachtagung der Arbeitsgruppe Algenbiotechnologie

Entwicklungen der Wissenschaft und Wirtschaft  
im Bereich Algenbiotechnologie:

## Sachsen-Anhalt – Zentrum der Algenbiotechnologie in der Metropolregion

Algeninhaltsstoffe – Kultivierung – Industrielle Nutzung



14. Mai 2019 | Hochschule Anhalt, Köthen

# TAGUNGSBAND

[www.hs-anhalt.de/algenbiotechnologie](http://www.hs-anhalt.de/algenbiotechnologie)

## Veranstaltungsort:

Hochschule Anhalt  
Technologiezentrum Köthen (TZK)  
Hubertus 1a  
06366 Köthen (Anhalt)

## Tagungsleitung:

Prof. Dr. Carola Griehl  
Hochschule Anhalt  
FB Angewandte Biowissenschaften  
und Prozesstechnik  
Leiterin Bereich Algenbiotechnologie  
Bernburger Str. 55  
063366 Köthen  
Tel.: 03496 672526; 0170 4406975  
[carola.griehl@hs-anhalt.de](mailto:carola.griehl@hs-anhalt.de)

## Tagungsorganisation:

Dr. Diana Reinecke-Levi  
Hochschule Anhalt  
FB Angewandte Biowissenschaften und  
Prozesstechnik  
Bereich Algenbiotechnologie  
Bernburger Str. 55  
063366 Köthen  
[diana.reinecke-levi.hs-anhalt.de](mailto:diana.reinecke-levi.hs-anhalt.de)

Jan-Henryk Richter-Listewnik  
Hochschule Anhalt  
Forschungs- und Technologietransferzentrum  
Hubertus 1a  
06366 Köthen  
Tel. 03496 675310  
[jan-henryk.richter-listewnik@hs-anhalt.de](mailto:jan-henryk.richter-listewnik@hs-anhalt.de)



- 9:30 Uhr **Registrierung**
- 10:00 Uhr **Begrüßung und Grußworte**  
*Prof. Dr. Carola Griehl, Hochschule Anhalt, Köthen;  
Staatssekretär Dr. Jürgen Ude, Ministerium für Wirtschaft, Wissenschaft  
und Digitalisierung LSA*
- 10:20 Uhr **Keynote-Vortrag: Mikroalgenbiotechnologie - Stand und  
Perspektiven**  
*Dr. Claudia Grewe, Salata AG, Ritschenhausen*
- Seite  
5

## FORUM I: STAND DER ENTWICKLUNGEN IN DER WISSENSCHAFT

*Moderation: Dr. Peter Ripplinger, Subitec GmbH Stuttgart*

- 10:50 Uhr **Algeninhaltsstoffe als Ausgangspunkt für neue Wirkstoff-  
Leitstrukturen zur Behandlung neurodegenerativer und  
entzündlicher Erkrankungen**  
*Dr. Claudia Tilliger, Prof. Dr. Hans-Ulrich Demuth, Prof. Dr. Carola Griehl,  
Hochschule Anhalt, Köthen; Fraunhofer IZI, Halle*
- Seite  
7
- 11:10 Uhr **Untersuchungen zur Gewinnung von Omega-3-Fettsäuren aus  
neuen Mikroalgenisolaten**  
*Anna-Lena Höger, Fabian Sandgruber, Dr. Christine Dawczynski, Prof.  
Dr. Stefan Lorkowski, Prof. Dr. Carola Griehl, Hochschule Anhalt, Köthen;  
Friedrich-Schiller-Universität Jena*
- Seite  
9

- 11:30 Uhr **Kaffeepause**  
Besichtigung der Ausstellung und Poster

- 12:00 Uhr **Natürliche Farbstoffe aus Mikroalgen – Mixotrophe Produktion  
von Phycobiliproteinen**  
*Christian Kleinert, Steffen Toepperwien, Gordon Brintzer,  
Dr. Ulrike Schmid-Staiger, Prof. Dr. Carola Griehl, Hochschule Anhalt,  
Köthen; Fraunhofer CBP, Leuna & IGB Stuttgart*
- Seite  
10

12:20 Uhr **Isolierung und Charakterisierung ausgewählter Carotinoide aus Mikroalgen**

Seite  
11

*Dr. Diana L. Reinecke-Levi, Dr. Claudia Grewe, Prof. Dr. Carola Griehl, Hochschule Anhalt, Köthen; Salata AG, Ritschenhausen*

12:40 Uhr **Kultivierung von oleogenen Mikroalgen zur Produktion von biobasierten Materialien**

Seite  
12

*Prof. Dr. Thomas Brück, Dr. Daniel Garbe, Technische Universität München*

13:00 Uhr **Mittagspause und Standortführungen**

*Prof. Dr. Carola Griehl, Jan-Henryk Richter-Listewnik, Hochschule Anhalt, Köthen*

14:30 Uhr **Mehrplatz – Experimentalsystem PhytoLux**

Seite  
13

*Matthias Leifheit, Dr. Uta Demus, Enrico Ehrhardt, Dr. Klaus Krüger, GMBU Halle*

14:50 Uhr **Integrierte Bioraffinerie – Ergebnisse und Erfahrungen aus der Freilandkultivierung**

Seite  
15

*Dr. Nils Wiczorek, Prof. Dr. Kerstin Kuchta, Technische Universität Hamburg*

15:10 Uhr **Skalierung phototropher Prozesse im Pilotmaßstab am Fraunhofer CBP**

Seite  
17

*Gordon Brintzer, Dr. Ulrike Schmid-Staiger, Fraunhofer CBP Leuna & IGB Stuttgart*

15:30 Uhr **Kaffeepause**  
Besichtigung der Ausstellung und Poster

## FORUM II: STAND DER ENTWICKLUNGEN IN DER WIRTSCHAFT

Moderation: Dr. Claudia Grewe, Salata AG, Ritschenhausen

- 16:00 Uhr **20 Jahre Algenfarm Klötze - Potenziale und Grenzen industrieller Mikroalgenproduktion**  
Seite 18  
*Jörg Ullmann, Roquette Klötze GmbH & Co. KG*
- 16:20 Uhr **Inspiziert durch die Natur - der GICON-PBR nach dem Tannenbaumprinzip**  
Seite 19  
*Dr. Jan Hoyer, Stefan Matthes, Dr. Martin Ecke, Dr. Fritz Cotta, Prof. Dr. Carola Griehl, Prof. Dr. Jochen Großmann, GICON GmbH, Bitterfeld-Wolfen & Dresden; Hochschule Anhalt, Köthen*
- 16:40 Uhr **Möglichkeiten und Grenzen in der Algen-Produktion im industriellen Großmaßstab**  
Seite 20  
*Gunnar Mühlstedt, MINT Engineering GmbH, Dresden*

17:00 Uhr **Kaffeepause**  
Besichtigung der Ausstellung und Poster

17:30 Uhr **Grußwort des Ministerpräsidenten des Landes Sachsen-Anhalt**  
*Dr. Reiner Haseloff per Videobotschaft*

17:50 Uhr **40-minütige Podiumsdiskussion „Rolle der Algenbiotechnologie als Zukunftstechnologie für eine biobasierte Wirtschaft“**  
Moderation: *Olaf Kreße, HOSS PR, Halle*

Teilnehmer:  
*Dr. Peter Ripplinger, Subitec, Vorsitzender des DECHEMA Beirates Algenbiotechnologie*  
*Dr. Claudia Grewe, Salata AG*  
*Prof. Dr. Thomas Friedl, Georg-August-Universität Göttingen*  
*Prof. Dr. Thomas Brück, Technische Universität München*

18:30 Uhr **Empfang des Präsidenten der Hochschule Anhalt,**  
*Prof. Dr. Jörg Bagdahn*

# Abstracts

## Mikroalgenbiotechnologie – Stand und Perspektiven

DR. CLAUDIA GREWE

Salata AG

An der Salzbrücke 14, 98617 Ritschenhausen, Germany

Mikroalgen gehören zu den ältesten und aus evolutionärer Sicht erfolgreichsten Lebensformen auf der Erde und sind gleichzeitig weltweit Trendprodukte der Biotechnologie, da ihre Rohstoffvielfalt – im Gegensatz zu anderen Mikroorganismen - noch zum großen Teil ungenutzt ist. Obwohl Mikroalgenprodukte in der industriellen Biotechnologie noch immer zu den Exoten zählen, steigen die ökonomische Relevanz und die Marktanteile der Mikroalgenprodukte ständig an. In den letzten beiden Dekaden spiegelte sich dieser Trend auch in einer stetig steigenden Zahl industrieller Mikroalgenbiomasseproduzenten wider, gepaart mit einer wachsenden Zahl an kommerziellen Photobioreaktor-Systemanbietern. Die Hauptapplikationsgebiete der Mikroalgenbiomasse liegen im Bereich der Nahrungsergänzungsmittel, der Lebensmittel, der Futtermittel und der Cosmeceuticals. Grundsätzlich kann Mikroalgenbiomasse industriell mittels photoautotropher, heterotropher oder mixotropher Prozesse produziert werden, entweder großtonnagig als Bulkware oder als Spezialprodukt. Die jährliche Produktionsmenge, die weltweit hauptsächlich autotroph für die verschiedenen Applikationen hergestellt wird, beläuft sich gegenwärtig auf ca. 30.000 t Trockenmasse.

In den vergangenen Jahren hat die Nutzung der traditionellen industriellen Produkte wie *Arthrospira* (Spirulina) und *Chlorella* für verschiedenste Lebensmittelanwendungen stark zugenommen, ebenso die für *Haematococcus* (als Nahrungsergänzungsmittel Astaxanthin). In diesem Bereich entwickeln sich vor allem Snacks und Drinks in der Kategorie Wellness und die „over the counter (OTC)“ Produkte. Im Kosmetiksektor sind v.a. Extrakte mit klinisch bestätigten Funktionalitäten von Interesse, wie z.B. „anti-aging“-Produkte und restrukturierende und konditionierende Hautpflegeprodukte. Hierfür wurden Gattungen wie *Coenochloris*, *Isochrysis* und *Phaeodactylum* für die Produktentwicklung eingesetzt, auch wenn die jeweiligen Marktvolumina noch verhältnismäßig gering sind. Im Futtermittelbereich sind die  $\omega$ -3 – Fettsäuren EPA und DHA von herausragender Bedeutung im Einsatz als Futtermittel für die industrielle Aquakultur, und, zu einem deutlich geringeren Anteil, für die Produktion von Zusatzfutter für Haustiere. Obwohl phototroph produzierte Mikroalgen eine gute und eher traditionelle Quelle für diese Produkte darstellen (z.B. *Nannochloropsis* für die „green water“ Technik), wird der stetig steigende Bedarf für die Aquakultur vor dem Hintergrund der weltweiten Überfischung der Meere zukünftig durch die Fermentation der „Alge“ *Schizochytrium* gedeckt werden.

Der Beitrag beleuchtet traditionelle Applikationen von Mikroalgenbiomasse und ihrer Produkte im Bereich der Lebens- und Futtermittel, der Nahrungsergänzung und der Kosmetik. Gleichzeitig werden neuere Produkte und mögliche Produktentwicklungen vorgestellt. Rechtliche Grundlagen und Einschränkungen in den einzelnen Applikationsgebieten werden ebenso betrachtet, wie Optimierungspotenziale der Photobioreaktortechnologie, da diese die Prozesseffizienz verbessern und auf diese Weise die Entwicklung neuer Produkte ermöglichen und die Algenbiotechnologie weltweit mittel- und langfristig stimulieren werden.

## Algeninhaltsstoffe als Ausgangspunkt für neue Wirkstoff-Leitstrukturen zur Behandlung neurodegenerativer und entzündlicher Erkrankungen

C. TILLIGER<sup>1</sup>, H.-U. DEMUTH<sup>2</sup>; C. GRIEHL<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Hochschule Anhalt, FB Angewandte Biowissenschaften und Prozesstechnik, Bereich  
Algenbiotechnologie; Köthen/Deutschland

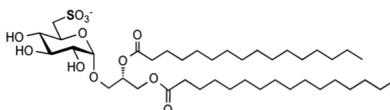
<sup>2</sup>Fraunhofer Institut für Zelltherapie und Immunologie (IZI), Außenstelle für Molekulare  
Wirkstoffbiochemie und Therapieentwicklung (MWT) Halle, Halle/Deutschland

Algen stellen aufgrund der enormen Vielfalt produzierter Verbindungen eine bedeutende Quelle potentiell verwertbarer Pharmawirkstoffe dar.

Aus der Zusammenarbeit der Hochschule Anhalt, dem Fraunhofer Institut für Zelltherapie und Immunologie sowie dem Leibniz-Institut für Biochemie gelang weltweit erstmalig die Isolierung und Charakterisierung biogener Glutaminylzyklase-Inhibitoren (QC/isoQC) aus kultivierten Mikroalgen [1, 2].

Es bestehen wissenschaftlich nachgewiesene pathophysiologische Zusammenhänge zwischen dem Enzym Glutaminylzyklase (QC, EC 2.3.2.5) und verschiedenen entzündlichen Krankheiten wie rheumatoide Arthritis, Osteoporose und neurodegenerativen Erkrankungen wie Morbus Alzheimer [3, 4].

Es gelang, die QC/isoQC inhibierenden Verbindungen aus Algen als Substanzklasse der Sulfolipide (SL) zu identifizieren:



**Abbildung: Struktur der Sulfolipide am Beispiel des di-Palmitoyl-Esters**

In einem *in vitro* Bioassay konnte eine QC-hemmende Wirkung der aufgereinigten Sulfolipidextrakte von 81% und 76% bei Konzentrationen von 0,25 mg/mL und 0,025 mg/mL nachgewiesen werden [5].

Sulfolipide sind Bestandteil der Thylakoidmembran und treten in Algen in höheren Gehalten als in Pflanzen auf. Aufgrund verschiedener, wissenschaftlich nachgewiesener biologischer Wirkungen, wie anti-inflammatorische, anti-virale, anti-Tumor-fördernde Eigenschaften, stellen die Sulfolipide eine interessante Substanzklasse für die Entwicklung von Pharmazeutika und Nutraceuticals dar [6].

Zur Ableitung von Wirkstoffleitstrukturen für die Therapieentwicklung neurodegenerativer und entzündlicher Erkrankungen gilt es in zukünftigen Forschungsarbeiten, die QC-hemmende Wirkung von Sulfolipidextrakten aus weiteren Algenspezies unter Optimierung der Kultivierungsbedingungen bis zu einem „proof of concept“ zu verifizieren. Für eine Korrelation der Struktur auf die QC-Hemmung wird das Substitutionsmuster der Sulfolipide mittels LC-MS zu analysiert und die Wirkung im *in vitro* Bioassay und im *in vivo* Tiermodell unter der Überprüfung der Anwendbarkeit auf weitere Targets wie bakterielle QC (bspw. relevant bei Parodontitis) ermittelt.

## Literatur:

- [1] Krause-Hielscher, S.; Griehl, C.; Demuth, H.U.; Wessjohann, L.; Arnold, N.: Sulfolipide zur Verwendung als QC-Inhibitoren. Patentschriften: DE 10 2015 011 780 A1; WO 2017/046256 A1; US 2018/0228825
- [2] Krause-Hielscher, S.; Demuth, H.U.; Wessjohann, L.; Arnold, N.; Griehl, C.: Microalgae as source for potential anti-Alzheimer's Disease directed compounds - Screening for Glutaminy Cyclase (QC) inhibiting metabolites. *IJPBS* 2015, 5 (4), 164-170.
- [3] Batliwalla, F.M.; Baechler, E.C.; Xiao, X.; Li, W.; Balasubramanian, S.; Khalili, H.; Damle, A.; Ortmann, W.; Perrone, A.; Kantor, B.; et al. Peripheral blood gene expression profiling in rheumatoid arthritis. *Genes Immun.* 2005, 6, 388–397.
- [4] Ezura, Y.; Kajita, M.; Ishida, R.; Yoshida, S.; Yoshida, H.; Suzuki, T.; Hosoi, T.; Inoue, S.; Shiraki, M.; Orimo, H.; et al. Association of multiple nucleotide variations in the pituitary glutaminy cyclase gene (QPCT) with low radial BMD in adult women. *J. Bone Miner. Res.* 2004, 19, 1296–1301.
- [5] Hielscher-Michael, S.; Griehl, C.; Buchholz, M.; Demuth, H.-U.; Arnold, N.; Wessjohann, L.A. Natural Products from Microalgae with Potential against Alzheimer's Disease: Sulfolipids Are Potent Glutaminy Cyclase Inhibitors. *Mar. Drugs* 2016, 14, 203.
- [6] Nakamura, Y.; Li-Beisson, Y.: *Lipids in Plant and Algae Development*, Springer 2016

## Untersuchungen zur Gewinnung von Omega-3-Fettsäuren aus neuen Mikroalgenisolaten

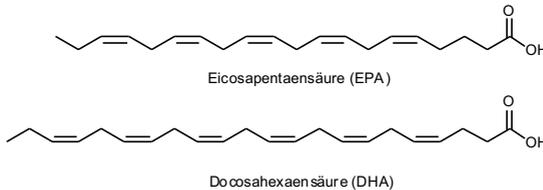
ANNA-LENA HÖGER<sup>1</sup>, FABIAN SANDGRUBER<sup>2,3</sup>, CHRISTINE DAWCZYNSKI<sup>2,3</sup>, STEFAN LORKOWSKI<sup>3</sup>, CAROLA GRIEHL<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Hochschule Anhalt, FB Angewandte Biowissenschaften und Prozesstechnik, Bereich Algenbiotechnologie, Bernburger Straße 55, 06366 Köthen;

<sup>2</sup>Friedrich-Schiller-Universität Jena, Institut für Ernährungswissenschaften, Nachwuchsgruppe Nutritional Concepts, Dornburger Straße 29, 07743 Jena;

<sup>3</sup>Kompetenzcluster für Ernährung und kardiovaskuläre Gesundheit (nutriCARD), Jena-Halle-Leipzig

Omega-3-Fettsäuren wie Eicosapentaensäure (EPA) und Docosahexaensäure (DHA) sind als Vorstufe der Eicosanoide und Docosanoide an zahlreichen Stoffwechselfunktionen beteiligt und stellen damit wichtige Nährstoffe für die menschliche Ernährung dar. Weltweit ist ein hoher Bedarf an Omega-3-Fettsäuren zu verzeichnen, der durch Gewinnung von Fischöl aus Seefischen nicht gedeckt werden kann. Mikroalgen sind eine natürliche und nachhaltige Alternative zur Erzeugung dieser Nährstoffe. Die Gewinnung von DHA und EPA aus Mikroalgen konzentriert sich bisher auf wenige Spezies, insb. *Cryptecodinium cohnii*, *Schizochytrium* sp. und *Nannochloropsis* sp. .



Im Verbundprojekt NovAL wurde u.a. die Fettsäurezusammensetzung von 14 beschriebenen Algenspezies und fünf Eigenisolaten analysiert, auf die im Rahmen des Vortrages genauer eingegangen werden soll. Viele der untersuchten Stämme enthielten einen hohen Anteil an mehrfach ungesättigten Fettsäuren (PUFAs), darunter EPA und DHA. Des Weiteren konnte in mehreren Algenspezies ein für die Gesundheit optimales Verhältnis von Omega-6- zu Omega-3-Fettsäuren zwischen 5,3:1 bis 1,8:1 nachgewiesen werden.

Die Ergebnisse zeigen, dass in der großen Vielfalt bisher kaum untersuchter Mikroalgen ein hohes Potenzial zur Anwendung im humanen Nahrungsmittelbereich steckt, welches im Verbundprojekt NovAL weiter untersucht und durch Prüfung neuer Zulassungen über die Novel-Food-Verordnung vorangetrieben werden soll.

## Natürliche Farbstoffe aus Mikroalgen – Mixotrophe Produktion von Phycobiliproteinen

CHRISTIAN KLEINERT<sup>1</sup>, STEFFEN TÖPPERWIEN<sup>1</sup>, GORDON BRINITZER<sup>2</sup>, ULRIKE-SCHMID-STAIGER<sup>3</sup>, CAROLA GRIEHL<sup>1</sup>

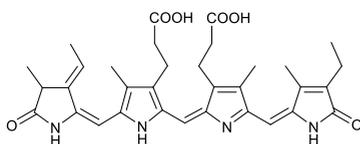
<sup>1</sup>Hochschule Anhalt, FB Angewandte Biowissenschaften und Prozesstechnik, Bereich Algenbiotechnologie, Bernburger Straße 55, 06366 Köthen;

<sup>2</sup>Fraunhofer Zentrum für Chemisch Biotechnologische Prozesse CBP, Am Haupttor Bau 1251, 06237 Leuna;

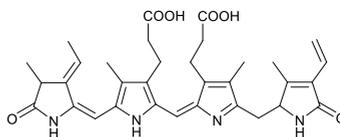
<sup>3</sup>Fraunhofer-Institut für Grenzflächen- und Bioverfahrenstechnik IGB, Nobelstr. 12, 70569 Stuttgart

Natürliche Farbstoffe gewinnen im Bereich der Lebens- und Futtermittelindustrie aufgrund der steigenden Konsumentenakzeptanz zunehmend an Bedeutung. Hierzu gehören Phycobiliproteine, die ausschließlich von Mikroalgen und Cyanobakterien produziert werden. Phycocyanin (blau) und Phycoerythrin (rot) weisen neben gesundheitsfördernden auch intensiv färbende Eigenschaften auf und finden zunehmend Anwendung in der Lebensmittel-, Kosmetik- und Pharmaindustrie.

Phycocyanin ist dabei der einzige natürliche blaue Farbstoff, welcher durch die FDA für den Lebensmittelmarkt zugelassen ist. Die Gewinnung von Phycocyanin im industriellen Maßstab beschränkt sich bisher auf das Cyanobakterium *Spirulina (Arthrospira)*.



Phycocyanobilin (chromophore Gruppe von Phycocyanin)



Phycoerythrobilin (chromophore Gruppe des Phycoerythrin)

Im Rahmen des Verbundprojektes EMIBEX wurden von 18 potentiellen Phycobilinproduzenten die Stämme *Arthrospira platensis*, *Leptolyngbya* sp., *Nostoc* sp., *Synechocystis* sp. und ein Eigenisolat ausgewählt und unter Zugabe der organischen Kohlenstoffquellen Glucose, Glycerin, Fructose und Acetat zur Erhöhung der Produktivität kultiviert.

Die Ergebnisse zeigen, dass neben *Spirulina* auch andere Cyanobakterien wie *Synechocystis* sp., *Leptolyngbya* sp. und *Nostoc* sp. für die Produktion von Phycobiliproteinen geeignet sind. Aufgrund der hohen Phycobilin-Produktivität unter Zugabe von Glucose (0,026 g L<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>) wurde der Stamm *Synechocystis* sp. für die modellgestützte Überführung in den Technikumsmaßstab ausgewählt.

## Isolierung und Charakterisierung ausgewählter Carotinoide aus Mikroalgen

D. REINECKE-LEVI<sup>1</sup>, C. GREWE<sup>2</sup> UND C. GRIEHL<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Hochschule Anhalt, FB Angewandte Biowissenschaften und Prozesstechnik, Bereich Algenbiotechnologie, Bernburger Straße 55, 06366 Köthen

<sup>2</sup>Salata AG, An der Salzbrücke 14, 98617 Ritschenhausen

Natürliche Carotinoide werden auf Grund Ihrer bioaktiven und färbenden Eigenschaften seit Jahrzehnten weltweit wirtschaftlich genutzt. Auf dem Carotinoid-weltmarkt (US\$ 1,2 Mrd., 2015) dominieren die algenbasierten Carotinoide  $\beta$ -Carotin und Astaxanthin [1]. Als Naturstoffe können Carotinoide eine hohe strukturelle Diversität aufweisen, sie kommen in komplexen Gemischen, verschiedenen Isomerenformen und/oder derivatisiert mit Zuckern oder Fettsäuren vor. Daher lag der Schwerpunkt bisheriger Forschungsarbeiten an der Hochschule Anhalt in der Etablierung geeigneter Extraktionsverfahren und Analysenmethoden zur qualitativen und quantitativen Charakterisierung von Carotinoiden und Carotinoid-Estern in Abhängigkeit von der Algenespezies und den Kultivierungsbedingungen.

Dieser Beitrag vergleicht die etablierten Verfahren zur Carotinoid-Gewinnung und geht auf eigene Untersuchungen zur Akkumulation, Analytik und Extraktion ausgewählter Carotinoide (Astaxanthin, Canthaxanthin, Lutein, Fucoxanthin) aus verschiedenen Mikroalgen ein. Im Fokus stehen die flüssigchromatographische Trennung in Kombination mit der massenspektrometrischen Detektion und ihre Nutzbarmachung in der Etablierung von Verfahren zur Gewinnung neuer Carotinoide. Des Weiteren werden Ergebnisse zur beschleunigten Lösemittelextraktion (ASE, accelerated solvent extraction) vorgestellt. In der Methodenoptimierung wurde eine Anpassung des Lösungsmittels, des Biomasse-zu-Lösemittel-Verhältnisses, der Extraktionstemperatur, sowie der Extraktionszeit vorgenommen. Die Kombination verschiedener Parameter und der resultierende Extraktionsdruck im subkritischen Bereich führt zu einer schnelleren Extraktion und Separation der Carotinoide von der Biomasse. Unsere maßgeschneiderten Extraktionsverfahren und etablierten Analysenmethoden ermöglichen uns verschiedenste Carotinoide zu identifizieren und optimierte Bioaffinerie-Strategien zu entwickeln und umzusetzen.

### Literatur:

marketreportsworld.com, Zugriff 08.04.2019 16:30 Uhr

## Kultivierung von oleogenen Mikroalgen zur Produktion von biobasierten Materialien

PROF. DR. THOMAS BRÜCK

*Werner Siemens-Lehrstuhl für Synthetische Biotechnologie, Department für Chemie und Direktor des TUM Algentechnikums, Technische Universität München (TUM), Lichtenberg Str. 4, 85748 Garching, Deutschland*

Die Kultivierung von halophilen, oleogenen Mikroalgen ermöglicht die direkte phototrophe Konversion von CO<sub>2</sub> in hochenergetische Öle (Triglyceride) ohne einen negativen Einfluss auf landwirtschaftliche Aktivitäten und Landnutzungswechsel. Die Algen basierte Generierung von oleogenen Massenprodukten wie Biokraftstoffen, Spezialchemikalien (z.B. Tenside) und Polymermaterialien kann unter ökonomischen Randbedingungen nur in offenen, technisch einfachen Photobioreaktoren durchgeführt werden. Unter diesen Kultivierungsbedingungen bietet die Nutzung von halophilen Algenstämmen, wie z.B. *Mikrochloropsis salina*, eine erhöhte Prozessstabilität, da terrestrische Kontaminanten (Bakterien, Pilze) nicht in hochsalinen Medien wachsen können. Weiterhin ist durch den alkalischen pH Wert (pH 8-9) des Kultivierungsmedium eine verbesserte CO<sub>2</sub> Konversion in Algenbiomasse möglich. Durch die geringe Sonnenstrahlung in Deutschland kann die Algenkultivierung in offen Photobioreaktoren nicht effizient unter ökonomischen Bedingungen durchgeführt werden. Das TUM Algentechnikum ermöglicht daher erstmalig die Klima zentrierte Optimierung (Temperatur, Luftfeuchtigkeit und Lichteinstrahlung) von Algenprozessen unter ökonomisch und ökologisch sinnvollen Umweltszenarien. Dies ermöglicht verkürzte Zeitlinie für eine Prozessoptimierung vom Labor in den industriellen Maßstab und beschleunigt damit den Markteintritt von neuen Algen basierten Produkten. Während sich bisherige Aktivitäten des Algentechnikums auf Algen basierte Flugkraftstoff Produktionsprozesse konzentrierten, diversifizieren sich diese Aktivitäten nun in Richtung von Algen basierter Hochleistungsmaterialien, wie Biopolymere (Thermo- und Duroplaste) und Carbonfasern. Ein zentraler Aspekt des aktuellen Vortrages befasst sich daher mit innovativen Prozesswegen zur Darstellung von CO<sub>2</sub> basierten Carbonfaserkompositen aus Algenbiomasse. Die hier aufgezeigten Prozesswege können signifikant zu einer klimarelevanten CO<sub>2</sub> Bindung und Entfernung (Carbon Capture and Removal-CCR) als auch der Renaturierung von außer Betrieb genommen Braunkohletagebauen beitragen.

## Mehrplatz – Experimentalsystem PhytoLux®

MATTHIAS LEIFHEIT, UTA DEMUS, ENRICO EHRHARDT, KLAUS KRÜGER

*Gesellschaft zur Förderung von Medizin-, Bio- und Umwelttechnologien e.V., Halle (S.)  
Erich-Neuß-Weg 5, 06120 Halle (S.), Kontakt: halle@gmbu.de, Tel. 0345 77796 41*

Das Potenzial von phototrophen Mikroorganismen eine Vielzahl wertvoller Sekundärmetaboliten zu bilden, eröffnet große wirtschaftliche Potenziale. Zu nennen sind z.B. Carotinoide, mehrfach ungesättigte Fettsäuren (PUFA), Vitamine, Proteine oder Biopolymere. Viele dieser Metaboliten werden aber nur unter bestimmten Umweltbedingungen bzw. Stressfaktoren gebildet. Als wesentliche Faktoren sind dabei die Beleuchtungsintensität, spektrale Lichtqualität, die Nährstoffsituation oder die Salinität in der Literatur beschrieben (Minhas, 2016).

Für die wirtschaftliche Nutzung müssen entsprechende Verfahrensführungen ermittelt werden, die den Bedürfnissen der Organismen entsprechen. Vielfach ist es so, dass sich die Parametersets für ein optimales Biomassewachstum und die Produktinduktion wesentlich unterscheiden und somit ein mehrstufiges Verfahren erfordern.

Um die passenden Kultivierungsbedingungen effektiv im Labor ermitteln zu können, hat die GMBU e. V. Halle im Rahmen eines ZIM Kooperations-Projektes in Zusammenarbeit mit qualifizierten Partnern aus den Bereichen Anlagenkonstruktion (Ventury GmbH), Metallbau (PROMED Computertechnik GmbH) und Optoelektronik (OUT e.V.) ein innovatives Kultivierungssystem für phototrophe Mikroorganismen entwickelt.

Mit dem Mehrplatz-Kultivierungssystem PhytoLux® lassen sich in insgesamt 16 unabhängig ansteuerbaren Beleuchtungskammern phototrophe Mikroorganismen im Litermaßstab kultivieren. Jede der hochverspiegelten Kammern kann eine Standard-Weithalslaborflasche aufnehmen und ist mit einer multispektralen LED-Beleuchtung, einer individuellen Temperierung und 2-Stoff-Begasung ausgestattet. Mit insgesamt 9 integrierten LED-Typen lässt sich das gesamte PAR-Spektrum sowie eine UV-A-Bestrahlung realisieren. Mit Hilfe der zugehörigen Steuerungssoftware lassen sich Photonenflussdichten teilweise mit mehr als  $1000 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  pro Lichtfarbe einstellen, wodurch der Anwender befähigt wird, individuell angepasste Beleuchtungsregime für die Zielorganismen zu realisieren sowie effektiven Lichtstress ausüben.



Mit dem System erreicht man damit eine hohe Versuchskapazität im Labor mit maximalen Freiheitsgraden für die experimentelle Praxis mit phototrophen Mikroorganismen. Die simultane Versuchsführung mit identischem Inokulum sorgt für eine gute Vergleichbarkeit und statistische Ergebnissicherheit.

Neben der Vorstellung des Systems werden im Beitrag Experimente mit den Mikroalgen *Porphyridium purpureum* sowie *Haematococcus pluvialis* beispielhaft vorgestellt.

---

<sup>1</sup>Minhas, A.K. et al.: A Review on the Assessment of Stress Conditions for Simultaneous Production of Microalgal Lipids and Carotenoids, *Frontiers in Microbiology*, vol. 7, article 546, 2016

## Integrierte Bioraffinerie – Ergebnisse und Erfahrungen aus der Freilandkultivierung

NILS WIECZOREK & KERSTIN KUCHTA

Technische Universität Hamburg, Umwelttechnik und Energiewirtschaft Harburger Schloßstraße 36

Das übergeordnete Ziel unserer Aktivitäten in den vergangenen Jahren war die Entwicklung und Optimierung eines Verfahrens für die „Kultivierung der Mikroalge *C. sorokiniana* zur Gewinnung von Naturwertstoffen im Rahmen eines Bioraffinerie-konzepts“. Für die Umsetzung wurden die anstehenden Tätigkeiten in die drei Themenschwerpunkte Kultivierung, Naturwertstoffe und Bioraffinerie gegliedert.

Das Ziel im ersten Schwerpunkt war es, die Kultivierung der Mikroalge *C. sorokiniana* hinsichtlich der Produktivität und Wachstumsrate zu optimieren. Hierzu wurden zunächst Versuche im Labormaßstab durchgeführt, um den Einfluss von Lichtintensität, Lichtverfügbarkeit, Temperatur und Kulturmedium sowie deren Wechselwirkung auf das Wachstum, die Produktivität und den physiologischen Zustand von *C. sorokiniana* zu untersuchen. Im Folgenden sollten die im Labor gewonnenen Erkenntnisse auf die Kultivierung im Freiland übertragen und Prozessparameter bei Bedarf angepasst und optimiert werden. Im Rahmen der Untersuchungen konnte gezeigt werden, dass Wachstumsrate sowie Photosyntheseeffizienz nicht durch die Lichtintensität an sich, sondern vielmehr durch die Lichtverfügbarkeit sowie Leistungsfähigkeit der Photoakklimatisation bestimmt werden. Nach Optimierung der Prozessparameter konnte in der Freilandkultivierung eine durchschnittliche Produktivität von  $0,4 \text{ g L}^{-1} \text{ d}^{-1}$  erzielt werden, was einem jährlichen Ertrag von  $2,4 \text{ kg m}^{-2}$  entspricht.

Im zweiten Schwerpunkt dieser Arbeit sollte der qualitative und quantitative Nachweis der in *C. sorokiniana* enthaltenen Naturwertstoffe erfolgen. In weiteren Untersuchungen sollte zudem ermittelt werden, ob die Zusammensetzung durch äußere Faktoren beeinflusst wird. Die Untersuchung der primären Zellbestandteile hat gezeigt, dass in der Mikroalge durchschnittlich  $430 \text{ g kg}^{-1}$  Proteine,  $350 \text{ g kg}^{-1}$  Saccharide,  $130 \text{ g kg}^{-1}$  Lipide und  $52 \text{ g kg}^{-1}$  Pigmente enthalten sind. Aus der Analyse der Fettsäuren kann die Schlussfolgerung gezogen werden, dass vorrangig die Vertreter Palmitinsäure, Ölsäure, Linolsäure und  $\alpha$ -Linolensäure in der Mikroalge *C. sorokiniana* enthalten sind. Die 3-fach ungesättigte Fettsäure liegt hierbei in höchster Konzentration vor. Mit den durchgeführten Untersuchungen der Chromophoranalytik konnten die Verbindungen Lutein, Neoxanthin, Zeaxanthin, Violaxanthin,  $\alpha$ -Carotin und  $\beta$ -Carotin in der Mikroalge *C. sorokiniana* nachgewiesen werden. Hierbei betrug die durchschnittliche Konzentration von Lutein etwa  $2,8 \text{ g kg}^{-1}$ . Das Spektrum sowie die Konzentration der einzelnen Verbindungen wurden im Verlauf der Kultivierung nicht durch äußere Faktoren beeinflusst.

Im dritten Schwerpunkt sollten die einzelnen Teilbereiche des Bioraffineriekonzepts untersucht und bewertet werden. Hierzu wurde im Rahmen der Up- und Downstream-Prozesse untersucht, welches Ernte- und Anreicherungsverfahren am effektivsten eingesetzt werden kann, ob die Rückführung und Wiederverwertung von Medien in der Freilandkultivierung möglich ist und ob Synergien zwischen anaerober Fermentation und Kultivierung genutzt werden können. Die Untersuchungen im Rahmen der Bioraffinerie haben gezeigt, dass es möglich ist, das eingesetzte Kulturmedium nach der Algenernte zu recyceln und somit den Bedarf an Nährstoffen und Wasser deutlich zu reduzieren. Zudem wurde die Kopplung von Kultivierung und anaerober Fermentation untersucht und nachgewiesen, dass Nährstoffe aus den Fermentationsrückständen separiert und erneut für die Kultivierung eingesetzt werden können, ebenso wie das im Biogas enthaltene CO<sub>2</sub>.

## Skalierung phototropher Prozesse im Pilotmaßstab am Fraunhofer CBP

G. BRINITZER<sup>1</sup>, U. SCHMID-STAIGER<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Fraunhofer Zentrum für Chemisch-Biotechnologische Prozesse CBP, Leuna,  
(gordon.brinitzer@cbp.fraunhofer.de)

<sup>2</sup>Fraunhofer Institut für Grenzflächen- und Bioverfahrenstechnik IGB, Stuttgart

Für die Herstellung hochwertiger Produkte aus Mikroalgenbiomasse ist ein wirtschaftlicher, robuster, stabiler und weitgehend autonomer Freiland-Prozess erforderlich. Das Fraunhofer CBP verfügt über eine Algenproduktionsanlage zur Herstellung von Algenbiomassen mit spezifischer Zusammensetzung. Die Gesamtkapazität der Anlage beträgt 11,7 Kubikmeter in 110 Flat Panel Airlift- Reaktoren mit einem Volumen von jeweils 6, 30 oder 180 Litern. Davon befinden sich 7,2 Kubikmeter in vier Linien mit je zehn 180-Liter-Reaktoren im Freien. Die Prozessautomatisierung ermöglicht durch entkoppelte Erntezyklen, die Zellkonzentrationen genau zu definieren und an die verfügbaren Lichtintensitäten anzupassen. Dies führt zu einer höheren Stabilität und Produktivität des Prozesses. Die Pilotanlage kann sowohl für die angewandte Forschung, als auch im Kundenauftrag eingesetzt werden, maßgeschneiderte Biomasse in der gewünschten Zusammen-setzung herzustellen und diese im technischen Maßstab aufzuarbeiten.

Dieser Vortrag gibt einen allgemeinen Überblick über die Erfahrungen und Ergebnisse der letzten 3 Jahre des Betriebs der Pilotanlage am Fraunhofer CBP. Es werden Scale-up Daten und die Charakterisierung der produzierten *Phaeodactylum tricornutum* Biomasse vorgestellt. Die Vorkultur wurde in hocheffizienten FPA-Reaktoren im Labormaßstab hergestellt und vom Fraunhofer IGB bereitgestellt. Eine durchschnittliche Produktivität von  $0,19 \text{ g}/(\text{L}\cdot\text{d})^{-1}$  im Freien über einen Zeitraum von über 100 Tagen und  $0,58 \text{ g}/(\text{L}\cdot\text{d})^{-1}$  max. Produktivität bei einer Biomasse-Endkonzentration  $>6 \text{ g/L}$  wurde erreicht. Die produzierte Biomasse enthielt bis zu 6% EPA und  $>2\%$  Fucoxanthin und ist gut geeignet für Lebens- und Futtermittel-anwendungen.

### **20 Jahre Algenfarm Klötze – Potenziale und Grenzen industrieller Mikroalgenproduktion**

JÖRG ULLMANN

*Roquette Klötze GmbH & Co. KG*

1999 wurde in Klötze in der Altmark der erste Glasröhren-Fotobioreaktor im industriellen Maßstab gebaut und ging im Jahr 2000 mit der Produktion von Chlorella in Betrieb. Heute verfügt die Algenfarm zusätzlich über Fermentations- und Open Pond-Kapazitäten und bietet ein gutes Dutzend verschiedene Mikroalgen für unterschiedliche Märkte an.

An ausgewählten Beispielen werden Potenziale und Grenzen der industriellen Mikroalgenproduktion aufgezeigt und aktuelle Projekte vorgestellt.

## Inspiziert durch die Natur – der GICON-PBR nach dem Tannenbaumprinzip

J.HOYER<sup>1</sup>, S. MATTHES<sup>1</sup>, M. ECKE<sup>1</sup>, F. COTTA<sup>1</sup>, C. GRIEHL<sup>2</sup>, J. GROSSMAN<sup>1</sup>

<sup>1</sup>GICON GmbH, Bitterfeld/Wolfen & Dresden

<sup>2</sup>Hochschule Anhalt, FB Angewandte Biowissenschaften und Prozesstechnik, Bereich Algenbiotechnologie, Bernburger Straße 55, 06366 Köthen

BIOSOLARZENTRUM Hochschule Anhalt

Die GICON Großmann Ingenieur Consult GmbH wurde 1994 als privates und unabhängiges Unternehmen gegründet. Seitdem hat sich GICON zu einer international anerkannten Firmengruppe entwickelt, in der Innovation und Technologieentwicklung stets eine große Rolle spielen. Aus einer Kooperation von GICON und der Hochschule Anhalt ist 2011 das mitteldeutsche Biosolarzentrum hervorgegangen. In enger Zusammenarbeit werden seither innovative Ideen umgesetzt um eine stetige Weiterentwicklung und Qualitätssteigerung der bestehenden Produkte und Verfahren auf dem Gebiet der Mikroalgenbiotechnologie voranzutreiben.

Eine stabile und ressourcenschonende Produktion von Mikroalgenbiomasse erfordert ein Kultivierungssystem mit einem hohen Maß an Effektivität und Steuerbarkeit. Eine Prozessführung im idealen Wachstumsbereich der Mikroalgen bedingt eine schonende Temperierung bei effektiver Versorgung mit Sonnenlicht. Der innovative GICON®-PBR nach dem Tannenbaumprinzip bündelt die Hauptanforderungen an Photobioreaktorsysteme für stabile Wachstumserträge. Das Kernstück ist das flexible tubuläre Schlauchsystem auf Silikonbasis mit Doppelkammersystem als Ergebnis einer Kooperation mit der Wacker Chemie AG. Die neuartige, geometrisch variable Konstruktion bewahrt die Algen vor extremen Temperaturschwankungen durch einen integrierten Temperierkreislauf. Dadurch ist eine passgenaue Temperierung der Kulturen für verschiedene Mikroalgenpezies realisierbar.

Die erfolgreiche Umsetzung und Testung der Plattformtechnologie am Biosolarzentrum konnte durch die neue Entwicklung eines skalierfähigen Industrie-moduls (Up-Numbering) weiter verbessert werden und bereitet den Weg für eine nach marktfähigen Parametern leistungsfähige Demonstrationsanlage. Dabei werden 8 Lichtkollektoren hydraulisch zusammengefasst, um einen energieeffizienten Betrieb gewährleisten zu können, ohne das bestehende innovative Konzept des geschlossenen Temperierkreislaufes sowie der inline-Reinigung zu vernachlässigen.

Neben der Produkt- und Verfahrensentwicklung arbeitet GICON zusammen mit der Hochschule Anhalt und anderen Partnern intensiv an der Entwicklung von Produkten auf Mikroalgenbasis, z.B. im Bereich der Lebensmittel- und Tierfuttermittelergänzung.

## Möglichkeiten und Grenzen in der Algen-Produktion im industriellen Großmaßstab

GUNNAR MÜHLSTÄDT

*Geschäftsführer MINT Engineering GmbH, Am Torfmoor 1b, 01109 Dresden  
Tel. (+49) 351 / 49767730, Mobil (+49) 171 / 970 580 9, gm@mint-engineering.de*

Es besteht ein gesellschaftlicher Konsens, dass nachhaltige Landwirtschaft als auch Aquakultur massiv ausgeweitet werden muss. In der nationalen Politikstrategie Bioökonomie der Bundesregierung sind Mikroalgen explizit als potentielle Möglichkeit einer nachhaltigen und effizienten stofflichen und energetischen Versorgung in den Bereichen der Futter- und Lebensmittelindustrie, der Pharmazie und Kosmetik sowie der Produktion von biobasierten Chemikalien und Biokraftstoffen ausgewiesen. Mikroalgenkulturen in geschlossenen Anlagen ermöglichen nicht nur hohe Erträge ohne Konkurrenz zu landwirtschaftlich nutzbaren Flächen, die Anlagen erlauben gleichzeitig die gezielte Erzeugung definierter Kulturen und ihrer Inhaltsstoffe für eine gleichbleibende Produktqualität, wie sie mit terrestrischen Pflanzen nur schwer zu realisieren sind.

Ist eine Übertragbarkeit von Labor- bzw. Technikumserfahrungen in den industriellen Maßstab überhaupt möglich? Inwiefern sind Produkte aus oder basierend auf substanzialen Inhaltsstoffen aus Mikroalgen heute bereits wettbewerbsfähig? Ist eine Systemdiskussion zielführend oder gibt es grundlegende Limitationen von Stoffströmen oder energetischen Umsetzungswegen, die im industriellen Maßstab beherrscht werden müssen? Wie weit bringen uns heute Onlinemonitoring, IIoT und Künstliche Intelligenz in der Algenkultivierung? Womit überzeugt die Algen-biotechnologie Investoren Kapital zu investieren? Diesen Fragestellungen widmet sich Gunnar Mühlstädt um in seinem Beitrag eine Brücke für den scheinbaren Alleskönner zu schlagen.

# Referentenliste

## **Brinitzer, Dipl.-Ing. Gordon**

Fraunhofer Zentrum für Chemisch-  
Biotechnologische Prozesse CBP  
Am Haupttor Bau 1251  
06237 Leuna  
03461 439122  
gordon.brinitzer@igb.fraunhofer.de

## **Brück, Prof. Dr. Thomas**

Technische Universität München, Department  
Chemie, Werner Siemens-Lehrstuhl für  
Synthetische Biotechnologie (WSSB)  
Lichtenbergstr. 4  
D-85748 Garching  
089 28913253  
brueck@tum.de

## **Cotta, Dr. Fritz**

GICON - Großmann Ingenieur Consult GmbH  
Greppiner Str. 6  
06766 Bitterfeld-Wolfen  
03494 667025-0  
f.cotta@gicon.de

## **Dawczynski, Dr. Christine**

Nachwuchsgruppe Nutritional Concepts,  
Institut für Ernährungswissenschaften,  
Friedrich-Schiller-Universität Jena  
Dornburger Straße 29  
07743 Jena  
03641 9-49656  
christine.dawczynski@uni-jena.de

## **Demus, Dr. Uta**

Gesellschaft zur Förderung von Medizin-, Bio-,  
und Umwelttechnologien e.V.  
Erich-Neuß-Weg 5  
06120 Halle (Saale)  
0345 7779641  
demus@gmbu.de

## **Demuth, Prof. Dr. Hans-Ulrich**

Fraunhofer-Institut für Zelltherapie und  
Immunologie, Molekulare Wirkstoffbiochemie  
und Therapieentwicklung MWT Biozentrum  
Weinbergweg 22  
06120 Halle  
0345 13142805  
hans-ulrich.demuth@izi.fraunhofer.de

## **Ecke, Dr. Martin**

GICON - Großmann Ingenieur Consult GmbH T  
Greppiner Str. 6  
06766 Bitterfeld-Wolfen  
03494 667025-0  
m.ecke@gicon.de

## **Ehrhardt, Enrico**

Gesellschaft zur Förderung von Medizin-, Bio-,  
und Umwelttechnologien e.V.  
Erich-Neuß-Weg 5  
06120 Halle (Saale)  
0345 7779641  
ehrhhardt@gmbu.de

## **Friedl, Prof. Dr. Thomas**

Universität Göttingen, Abt. EPSAG  
Nikolausberger Weg 18  
37073 Göttingen  
tfriedl@uni-goettingen.de

## **Grewe, Dr. Claudia**

Salata AG,  
An der Salzbrücke 14  
98617 Ritschenhausen  
0331 2300700  
CGrewe@salzbruecke.com

**Griehl, Prof. Dr. Carola**

Hochschule Anhalt  
FB Angewandte Biowissenschaften und  
Prozesstechnik  
Bereich Algenbiotechnologie  
Bernburger Straße 55  
06366 Köthen  
03496 672526  
carola.griehl@hs-anhalt.de

**Großmann, Prof. Dr. Jochen**

GICON - Großmann Ingenieur Consult GmbH  
Tiergartenstr. 48  
0351 47878-0  
01219 Dresden

**Höger, Anna-Lena**

Hochschule Anhalt,  
FB Angewandte Biowissenschaften und  
Prozesstechnik  
Bereich Algenbiotechnologie  
Bernburger Straße 55  
06366 Köthen  
03496 67-3551  
Anna-Lena.Hoeger@hs-anhalt.de

**Hoyer, Dr. Jan**

GICON - Großmann Ingenieur Consult GmbH  
Greppiner Str. 6  
06766 Bitterfeld-Wolfen  
03494 667025-0  
j.hoyer@gicon.de

**Kleinert, Christian**

Hochschule Anhalt,  
FB Angewandte Biowissenschaften und  
Prozesstechnik  
Bereich Algenbiotechnologie  
Bernburger Straße 55  
06366 Köthen  
03496 672559  
christian.kleinert@hs-anhalt.de

**Krüger, Dr.-Ing. Klaus**

Gesellschaft zur Förderung von Medizin-, Bio-  
und Umwelttechnologien e.V.  
Erich-Neuß-Weg 5  
06120 Halle (Saale)  
0345 7779641  
krueger@gmbu.de

**Kuchta, Prof. Dr.-Ing. Kerstin**

Technische Universität Hamburg  
Umwelttechnik und Energiewirtschaft  
Harburger Schloßstraße 36  
21079 Hamburg  
040 428782438  
kuchta@tuhh.de

**Leifheit, Dipl.-Ing. Matthias**

Gesellschaft zur Förderung von Medizin-, Bio-  
und Umwelttechnologien e.V.  
Erich-Neuß-Weg 5  
06120 Halle (Saale)  
0345 7779641  
leifm@gmbu.de

**Lorkowski, Prof. Dr. Stefan**

Nachwuchsgruppe Nutritional Concepts,  
Institut für Ernährungswissenschaften,  
Friedrich-Schiller-Universität Jena  
Dornburger Straße 29  
07743 Jena  
03641 9-49710  
stefan.lorkowski@uni-jena.de

**Matthes, Stefan**

Institut für Lebensmitteltechnik,  
Biotechnologie und Qualitätssicherung e.V.  
Hubertus 1a  
06366 Köthen  
stefan.matthes@hs-anhalt.de

**Mühlstädt, Gunnar**  
MINT Engineering GmbH  
Am Torfmoor 1  
01109 Dresden  
0171 970 580 9  
gm@mint-engineering.de

**Ripplinger, Dr. Peter**  
Subitec GmbH  
Julius-Hölder-Str. 36  
70597 Stuttgart  
0711 36540290  
P.Ripplinger@subitec.com

**Reinecke-Levi, Dr. Diana L.**  
Hochschule Anhalt  
FB Angewandte Biowissenschaften und  
Prozesstechnik,  
Bereich Algenbiotechnologie  
Bernburger Straße 55  
06366 Köthen  
03496 672552  
Diana.Reinecke-Levi@hs-anhalt.de

**Schmid-Staiger, Dr. Ulrike**  
Fraunhofer-Institut für Grenzflächen- und  
Bioverfahrenstechnik IGB  
Nobelstr. 12  
70569 Stuttgart  
0711 9704111  
ulrike.schmid-staiger@igb.fraunhofer.de

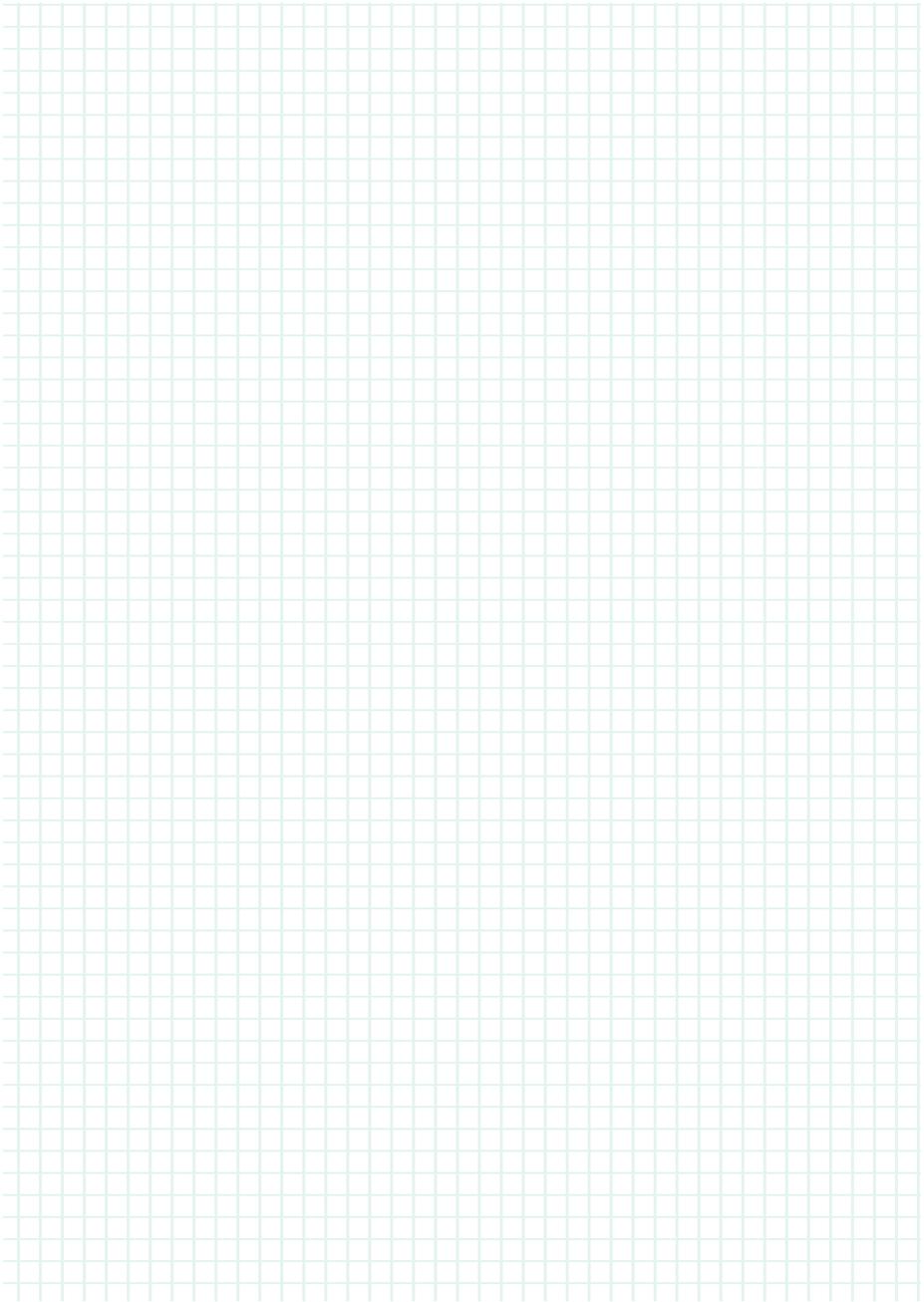
**Sandgruber, Fabian**  
Nachwuchsgruppe Nutritional Concepts,  
Institut für Ernährungswissenschaften,  
Friedrich-Schiller-Universität Jena  
Dornburger Straße 29  
07743 Jena  
03641-9-49651  
fabianalexander.sandgruber@uni-jena.de

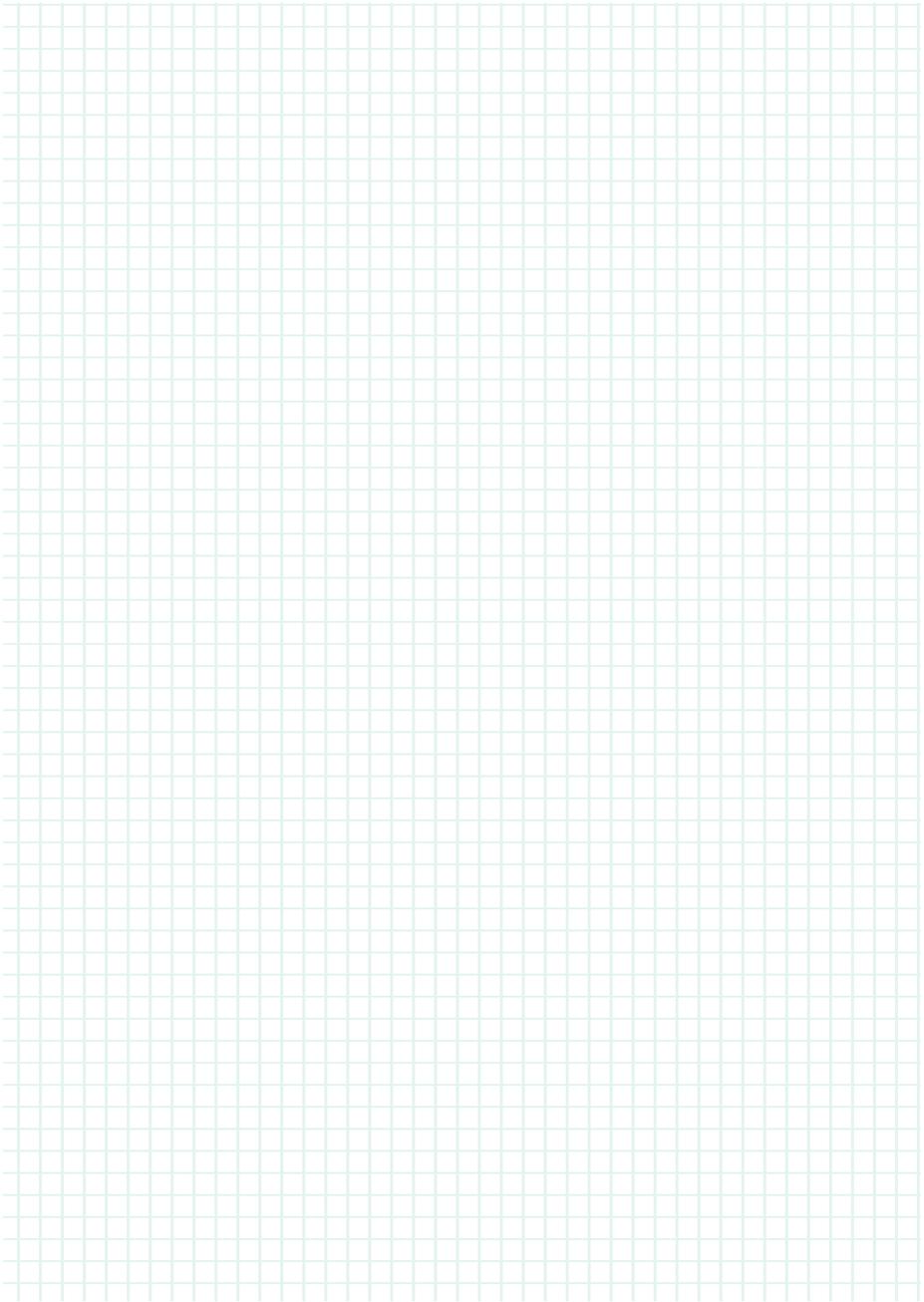
**Tilliger, Dr. Claudia**  
Hochschule Anhalt  
FB Angewandte Biowissenschaften und  
Prozesstechnik, Arbeitsgruppe Biochemie  
und Algenbiotechnologie  
Bernburger Straße 55  
06366 Köthen  
03496 672593  
Claudia.Tilliger@hs-anhalt.de

**Toepperwien, Steffen**  
Hochschule Anhalt  
FB Angewandte Biowissenschaften und  
Prozesstechnik  
Bereich Algenbiotechnologie  
Bernburger Straße 55  
06366 Köthen  
03496 672598  
Steffen.toepperwien@hs-anhalt.de

**Ullmann, Jörg**  
Roquette Klötze GmbH & Co. KG  
Lockstedter Chaussee 1  
38486 Klötze  
03909 47260  
info@algomed.de

**Wieczorek, Dr.-Ing. Nils**  
Technische Universität Hamburg,  
Umwelttechnik und Energiewirtschaft  
Harburger Schloßstraße 36  
21079 Hamburg  
040 428783577  
nils.wieczorek@tuhh.de





**Partner:**

