



# Fraunhofer

IGB

FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR GRENZFLÄCHEN- UND BIOVERFAHRENSTECHNIK IGB

## KOMBINIERTE BIOTECHNOLOGISCHE UND CHEMISCHE VERFAHREN

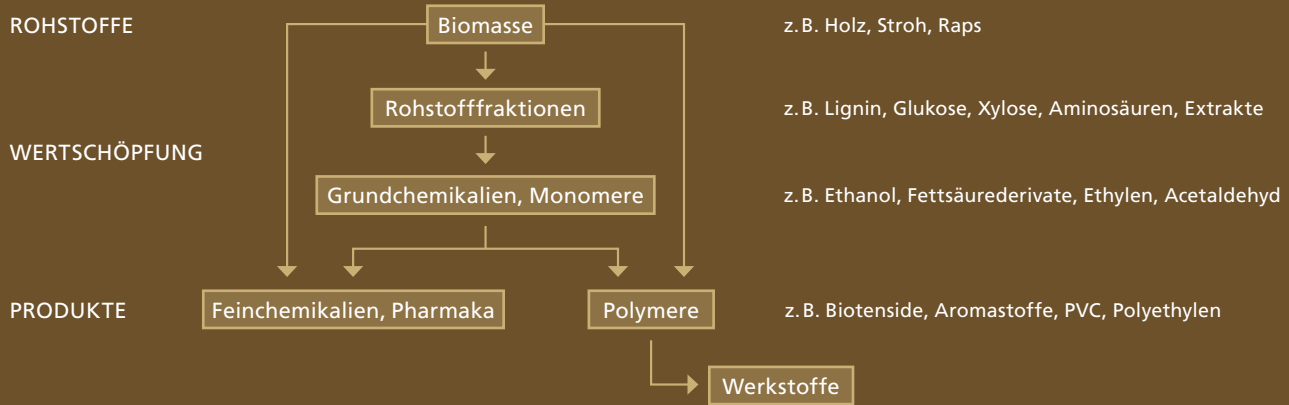


# KATALYTISCHE VERFAHREN FÜR EINE NACHHALTIGE ROHSTOFF- UND ENERGIEVERSORGUNG AUF DER BASIS NACHWACHSENDER ROHSTOFFE UND CO<sub>2</sub>

In Anbetracht der weltweit fortschreitenden Ressourcen-  
verknappung gewinnt die Verwendung nachwachsender, bio-  
gener und wiederaufbereiteter Rohstoffe bei der Entwicklung  
nachhaltiger Prozesse und Produkte in Industriebereichen wie  
Chemie und Energie zunehmend an Bedeutung. Die Energie-  
versorgung in Deutschland steht vor der großen Heraus-  
forderung, in den Bereichen Strom, Wärme, Mobilität und  
Industriegrundstoffe langfristig auf regenerative Energieträger  
umgebaut zu werden. Dieser Systemwechsel erfordert zum  
einen den Ausbau der Nutzung erneuerbarer Energieträger,  
zum anderen den beschleunigten Ausbau der Stromnetze und  
den Aufbau eines leistungsfähigen Energiespeicherverbunds,  
um insbesondere Fluktuationen bei den Energiequellen Sonne  
und Wind auszugleichen. Hierbei kommt vor allem der Ver-  
knüpfung von Energiewirtschaft und Produktionsprozessen  
eine zentrale Bedeutung zu.

Dabei spielen neue chemisch-katalytische Verfahren sowie die  
industrielle Biotechnologie eine Schlüsselrolle. Laut einer ge-  
meinsamen Studie der International Energy Agency (IEA), des  
internationalen Chemieverbandes (ICCA) und der DECHEMA  
würde der verstärkte Einsatz der Katalyse in der chemischen  
Industrie die Möglichkeit bieten, jährlich 13 Exajoule Energie  
bis zum Jahr 2050 einzusparen. Das würde in etwa der Menge  
an Primärenergie entsprechen, die Deutschland in einem Jahr  
benötigt. Zugleich könnte damit jährlich rund eine Gigatonne  
CO<sub>2</sub>-Äquivalente eingespart werden, die bei der Nutzung  
dieser Primärenergie frei wird.

Mit dem Straubinger Institutsteil Bio-, Elektro- und Chemoka-  
talyse BioCat des Fraunhofer IGB leistet die Fraunhofer-Gesell-  
schaft ihren Beitrag zu einem Rohstoff- und Energiewandel in  
der chemischen Industrie.



## BIO-, ELEKTRO- UND CHEMOKATALYSE BIOCAT, INSTITUTSTEIL STRAUBING

BioCat entwickelt katalytische Verfahren für eine nachhaltige Rohstoff- und Energieversorgung auf der Basis nachwachsender Rohstoffe und CO<sub>2</sub>. Dabei stehen die Entwicklung neuer Bio- und chemischer Katalysatoren und deren Anwendung in technischen und elektrochemischen Verfahren im Fokus der Arbeiten.

Ausgehend von Substraten wie Biomasse, CO<sub>2</sub> und organischen Reststoff- oder Abfallströmen wird das komplette Spektrum der Katalyse betrachtet – homogene und heterogene chemische Katalyse, enzymatische und Ganzzellkatalyse sowie Kombinationen daraus, um aus den genannten Substraten neue Produkte herzustellen. Diese Produkte bzw. die entsprechenden Verfahren werden zum einen Unternehmen zur Produktion von Bulk- und Feinchemikalien, beispielsweise von Monomeren für die Polymerproduktion, bereitgestellt. Zum anderen können sie zur Speicherung von regenerativer Energie in chemischen Energieträgern, beispielsweise in Form längerer Kohlenwasserstoffe, dienen. Dabei ist angestrebt, die jeweils bestmögliche Wertschöpfung vom Rohstoff zum biobasierten Endprodukt zu erreichen.

Die stoffliche Verwertung von derzeit hauptsächlich thermisch genutzten Reststoffen ist ein wichtiger Beitrag zur nachhaltigen Substitution petrochemischer Rohstoffe. Gleichzeitig werden dadurch Wege aufgezeigt, wie auf der Basis von bereits anfallenden nachwachsenden Rohstoffen der Forstwirtschaft unter Einbeziehung der Syntheseleistung der Natur qualitative und technologisch hochwertige und technisch interessante Produkte hergestellt werden können.

Hierzu greift der Institutsteil BioCat auf folgende Kompetenzen zurück:

- Chemische (homogene und heterogene) Katalyse
- Biokatalyse (Enzyme)
- Katalysatorscreening (Biokatalysatoren, chemische Katalysatoren)
- Organische Synthese
- Molekularbiologische und technische Optimierung von Enzymen und Enzymreaktionen
- Elektrochemie
- Analytik im Bereich Naturstoffe und chemische Reaktionen (z. B. hochauflösende NMR-Analytik, Hochdurchsatz-LC-MS und GC-MS)

Unsere Forschungsarbeiten gliedern sich in die folgenden vier Themenfelder:

- Chemische und Biokatalyse
- Stoffliche Nutzung von CO<sub>2</sub>, Biomasse, Rest- und Abfallstoffen
- Spezial- und Feinchemikalien, beispielsweise aliphatische und aromatische Monomerbausteine, Biotenside
- Chemische Energiespeicher







## PROJEKTBEISPIELE

### Bifunktionalisierung von Terpenen

Terpene stellen eine eigene Klasse von Naturstoffen dar, die als sekundäre Inhaltsstoffe von Pflanzen gebildet werden und beispielsweise Hauptbestandteil ätherischer Öle sind. Sie fallen als Reststoffe, z. B. in der Zellstoff- und Papierindustrie in Form von Terpentinöl (hauptsächlich Pinen und Caren) und bei der Verarbeitung von Zitrusfrüchten als Limonen an. Allein in der Zellstoffproduktion wird das Terpentinölaufkommen weltweit auf jährlich nahezu 330 000 Tonnen geschätzt.

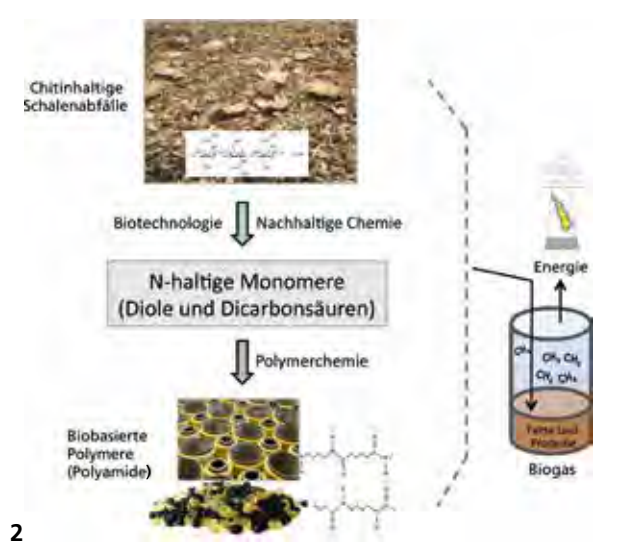
Primäres Ziel des Vorhabens ist es, aus Pinen, Caren und Limonen durch wenige chemische und/oder biotechnologische Modifikationen bi- bzw. multifunktionelle Moleküle (Diole, Diamine, Dicarbonsäuren, Terpen-Epoxide) herzustellen, die als neuartige Monomerbausteine die Grundlage für eigenständige biobasierte Polymere darstellen. Beispielsweise wurden verschiedene Terpene in Lactame umgesetzt und so die Basis für die Entwicklung einer neuen Gruppe biobasierter Polyamide gelegt. Durch die Erschließung forst- und landwirtschaftlicher Reststoffströme als Rohstoffquellen könnte der Marktanteil nachhaltig hergestellter, biobasierter Kunststoffe deutlich erhöht werden.

Der innovative Ansatz besteht nicht nur darin, pflanzliche Reststoffe als Substitut für Erdöl einzusetzen und neue biotechnologisch-chemische Umsetzungsverfahren zu entwickeln. Vielmehr sollen durch Nutzung der besonderen aliphatisch-zyklischen Struktur der Terpene Polymere mit neuen Eigenschaften gewonnen und umweltfreundlichere und toxikologisch unbedenklichere Kunststoffprodukte zur Verfügung gestellt werden.

- 1 *Aus nachwachsenden Rohstoffen wie Stroh werden mittels katalytischer Verfahren Polymere hergestellt.*
- 2 *Herkömmliche Gewinnung von Balsam aus Kiefern zur Destillation von Terpentinöl.*



1



2

### Krabbenschalen als Rohstoff für Chemikalien

In dem von der EU geförderten Projekt »ChiBio« entwickelte das Fraunhofer IGB unter Federführung des Straubinger Institutsteils BioCat gemeinsam mit einem internationalen Team neue Verfahren, um als Abfall anfallende Krabberschalen als Rohstoff für Chemikalien und neue Materialien zu erschließen. Das Projektkonsortium setzte dabei auf einen ganzheitlichen und umfassenden Ansatz: Nach Art einer Bi Raffinerie sollten für den Krabberschalenabfall verschiedene stoffliche und energetische Nutzungswege entwickelt und optimiert werden, um so den Reststoff möglichst effizient und vollständig zu verwerten.

Zunächst müssen die Reste des Krebsfleisches von den Schalen entfernt werden. Die Biomassereste, die aus Proteinen und Fetten bestehen, werden so abgetrennt, dass sie direkt vergoren und energetisch genutzt werden können. Das gereinigte Chitin kann dann mit Mikroorganismen oder Chitinasen, die bereits am IGB isoliert und charakterisiert wurden, in seine monomeren Bausteine, den stickstoffhaltigen Zucker Glukosamin, gespalten werden. Eine zentrale Aufgabe war es, Glukosamin zu Grundbausteinen mit mindestens zwei funktionellen Gruppen umzusetzen, damit diese zu neuen, biobasierten Polymeren verknüpft werden können. Hierzu wurden chemische Schritte mit biotechnologischen Verfahren kombiniert. Alle in der Prozesskette anfallenden biobasierten Nebenprodukte wurden gemeinsam mit den anfänglich abgetrennten Proteinen und Fetten zu Biogas als Energieträger vergoren.

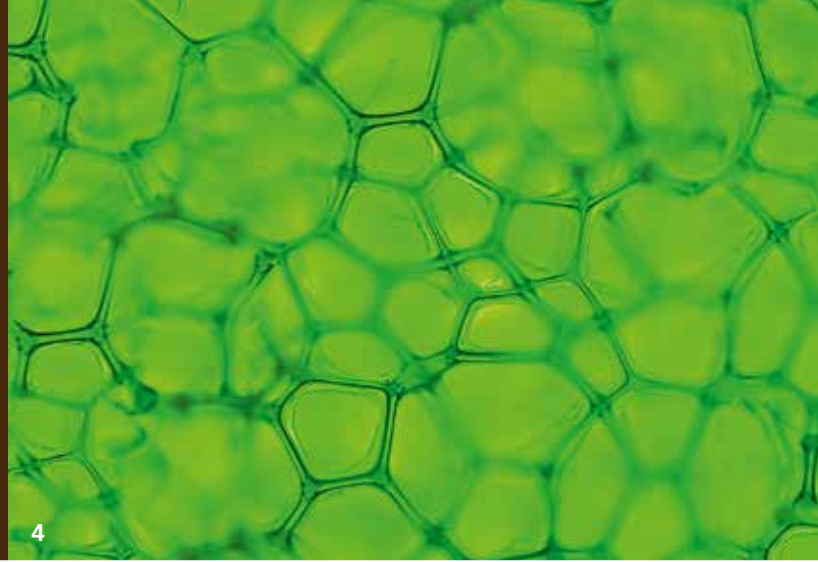
[www.chibiofp7.eu](http://www.chibiofp7.eu)

### Aromatische Synthesebausteine aus Lignin

Im Projekt »Lignoplast« bearbeiten fünf akademische und fünf industrielle Partner Verfahren, um Lignin als Rohstoffquelle für aromatische Synthesebausteine zu erschließen. Die gewünschten Aromaten werden durch hydrolytischen Abbau der makromolekularen Lignine gewonnen und anschließend chemisch und enzymatisch funktionalisiert, um Klebstoffe, Lacke, Polyurethane und Epoxide herzustellen. Die ligninbasierten Produkte werden in Musterwerkstoffen eingesetzt und im Anschluss anwendungstechnisch charakterisiert und mit konventionellen Systemen verglichen.

Bislang wird der Rohstoff Lignin nur in Nischenprodukten begrenzt stofflich genutzt, beispielsweise als Betonadditiv. Ein Großteil des Lignins, welches die größte natürliche Aromatenquelle und ca. 30 Prozent der Lignocellulose-Biomasse darstellt, wird energetisch genutzt. Der Einsatz von Ligninen zur Herstellung aromatischer Synthesebausteine trägt wesentlich zur nachhaltigen Substitution petrochemischer Rohstoffe bei. Gleichzeitig wird ein Weg aufgezeigt, wie auf der Basis nachwachsender Rohstoffe qualitativ und technologisch hochwertige Produkte hergestellt werden können. Durch die selektive Depolymerisierung des makromolekularen Lignins und einer gezielten Modifikation lässt sich ein breites Spektrum an »grünen« Produktklassen erschließen. Der Institutsteil BioCat entwickelt neue ligninbasierte Monomere für Biopolymere.





### Korallenenzyme zur Synthese terpenoider Pharmaka

Marine Ökosysteme beherbergen eine Reihe einzigartiger Organismen, wobei Korallen nicht nur aufgrund der weltweit bekannten Riffe von besonderem Interesse sind. Korallen sind in der Lage, einzigartige terpenoide Naturstoffe zu bilden, die im Bereich der Kosmetik, Chemie und Pharmazie nicht mehr wegzudenken sind. Bis jetzt werden diese Substanzen hauptsächlich durch chemische Synthesen oder durch die Ernte und Extraktion der synthetisierenden Organismen hergestellt. Um die Produktionsprozesse nachhaltig, ressourcen- und umweltschonend zu gestalten, arbeitet BioCat deshalb an der Entschlüsselung der natürlichen Biosynthese dieser Stoffe.

Dabei konnten bereits zentrale Enzyme identifiziert und für fermentative Produktionsprozesse zugänglich gemacht werden. Ziel ist es, nicht nur die fermentative Produktion der bekannten Substanzen zu ermöglichen, sondern durch gezieltes Eingreifen in die katalytischen Schritte neue Substanzen mit veränderten Eigenschaften zu generieren, um so neue naturbasierte Wirkstoffe für die medizinischen Herausforderungen von morgen generieren zu können.

### Terpene als Rohstoffquelle für neue Biotenside

Ziel des Projekts »BioSurf« ist der verstärkte Ersatz von petrochemisch produzierten Tensiden durch Biotenside, die auf Basis nachwachsender Rohstoffe hergestellt werden. Um nachhaltige Produktionsprinzipien zu gewährleisten, wird dabei die gesamte Wertschöpfungskette der Biotensidproduktion betrachtet. Zentrale Forschungsziele sind die Identifizierung neuer Biotenside bzw. neuer Enzyme und Mikroorganismen für neue und effizientere Biotensid-Produktionsverfahren, das Verständnis der zellregulatorischen Prozesse der Biotensidsynthese und konsequentes Metabolic Engineering zur Optimierung der Produktionsorganismen. BioCat hat im Rahmen dieses Projekts erfolgreich enzymatische Verfahren zur Herstellung neuer Biotenside auf Basis von Terpenen entwickelt. [www.biosurf.de](http://www.biosurf.de)

- 1 *Schalen von Krebstieren fallen in großen Mengen als Abfall an.*
- 2 *Prozesskette im Projekt »ChiBio«.*
- 3 *Korallen bilden einzigartige terpenoide Naturstoffe.*
- 4 *Biotenside sind gute Schaumbildner.*



Für das Gelingen der Energiewende, in deren Zuge die Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien in Deutschland kontinuierlich ausgebaut wird, sind neben einem Ausbau der Netze auch neue Technologien erforderlich, überschüssige Energie zu speichern. Energiespeichersysteme sorgen so für einen raschen Lastenausgleich und stellen elektrische Energie zu einem späteren Zeitpunkt wieder zur Verfügung. Neben Batteriespeichersystemen bieten chemische Energiespeicher eine sinnvolle Lösung.

### Centrum für Energiespeicherung

Die Verfügbarkeit erneuerbarer Energien wie Wind und Sonne ist natürlichen Schwankungen unterworfen, sodass mit der Stromerzeugung ein Unter- bzw. Überangebot an elektrischer Energie verbunden ist. Diese Schwankungen müssen bisher mit dem An- und Abfahren von Kraftwerken ausgeglichen werden oder – besser noch – zukünftig geeigneten Energiespeichern.

Mit dem »Centrum für Energiespeicherung«, gefördert durch das Bayerische Staatsministerium für Wirtschaft und Medien, Energie und Technologie, steht der bayerischen Industrie, den Kommunen und der Politik seit Mai 2012 ein kompetenter Ansprechpartner für Schlüsseltechnologien der chemischen und thermischen Energiespeicherung zur Seite. Das Centrum – mit den Standorten Sulzbach-Rosenberg (Fraunhofer UMSICHT) und Straubing (Institutsteil BioCat des Fraunhofer IGB) – erarbeitet systematisch mittel- bis langfristig die notwendigen Speichertechnologien.

Das Centrum für Energiespeicherung adressiert dabei folgende Themenfelder:

- Systemanalyse (UMSICHT)
- Chemische Energiespeicher – Katalyse und Prozesse (BioCat/IGB)
- Chemische Energiespeicher – Verfahren und technische Umsetzung (UMSICHT)
- Wärmespeicher (UMSICHT)

Im Fokus der Arbeitsgruppe »Chemische Energiespeicher – Katalyse und Prozesse« liegt die Entwicklung von Verfahren zur Herstellung flüssiger und fester chemischer Energieträger mithilfe elektrischer Energie. Zwar existieren bereits einige erfolgversprechende Möglichkeiten zur Herstellung geeigneter Energieträger wie die Power-to-Gas-Technologie. Jedoch gilt es, diese Verfahren für die Praxis derart anzupassen, dass aus ihnen zukunftsfähige, einfach skalierbare und dezentral zu betreibende Prozesse werden. Hierzu müssen die notwendigen Katalysatoren bzw. Biokatalysatoren erforscht und entwickelt werden, um die gewünschten Produkte dezentral und zeitlich flexibel erzeugen zu können.

Anfangs wurden hier vor allem drei Prozesse definiert, die in den kommenden Jahren untersucht und weiterentwickelt werden und unter »Power to Gasoline« zusammengefasst werden können:

- Chemisch-katalytische CO<sub>2</sub>-Fixierung und Umwandlung in Kohlenwasserstoffe
- Mikrobielle CO<sub>2</sub>-Fixierung und fermentative Herstellung von Kohlenwasserstoffen
- Elektro(bio)katalyse zur Minimierung des Energieaufwandes elektrochemischer Reaktionen

[www.centrum-energiespeicherung.de](http://www.centrum-energiespeicherung.de)





## FAKTEN

### Forschungsschwerpunkte

- Polyfunktionalisierung von Naturstoffen wie z. B. Terpenen aus Pflanzen und Reststoffen der Holzverarbeitung in Epoxide und Monomere für die Polymerindustrie
- Herstellung von Monomeren für leitfähige Polymere aus Lignin
- Kombination von chemischem und enzymatischem Abbau von Lignin
- Produktion von Schmiermitteln und biobasierten Tensiden aus pflanzlichen Ölen und Fettsäuren
- Herstellung von Spezial- und Feinchemikalien aus chitinhaltigen Fischereiabfällen
- Herstellung von mittel- bis langkettigen Kohlenwasserstoffen aus Methan und/oder CO<sub>2</sub>

### Leistungsangebot

- Screening von Bio- und Chemokatalysatoren
- Molekularbiologische und technische Optimierung von Enzymen und Enzymreaktionen
- Auftragssynthese von Feinchemikalien
- Entwicklung von Verfahren zur Reststoffverwertung
- Entwicklung von Verfahren zur Integration nachwachsender Rohstoffe in bereits bestehende Prozesse
- Durchführung von Studien im Bereich nachwachsender Rohstoffe
- Hochauflösende NMR-Analytik (400 MHz) in Lösung zur Molekülstrukturaufklärung, Reaktionsverfolgung, Tieftemperaturanalytik, Methodenentwicklung
- Elektroanalytische Methoden (z. B. Cyklovoltammetrie, Chronoamperometrie, elektrochemische Impedanzspektroskopie)

### Ausstattung und Infrastruktur

#### Analytik

- HPLC, U-HPLC mit DAD, FLD, MSD (Ionenfalle), ELSD
- GC-MS, GC-FID
- IR, UV-Spektrophotometer
- Mikrotiterplatten-Reader (Fluoreszenz, Absorption)
- 400-MHz-NMR-Spektrometer
- WDX-XRF-Spektrometer

#### Chemische und Bioreaktoren

- Parallel-Bioreaktoren (< 1 Liter)
- Verschiedene Bioreaktoren bis zu 40 Litern
- Parallel-Hochdruck-Chemiereaktoren (400 °C, 250 bar)
- Mikrowellen-Reaktor
- Reaktionsautoklav
- Kontinuierliches Parallel-Reaktorsystem

#### Sonstiges

- Roboter-Einheiten (Colony Picker, Pipettiereinheit, Inkubator, Zentrifuge etc.)
- Präparative Chromatographie, Crossflow
- Destillen
- Potentiostat

- 1 *Biologische Kraftstoffe.*
- 2 *Wind- und Solarkraft zur erneuerbaren Stromerzeugung.*
- 3 *Laborgebäude des Instituts-teils Straubing.*

# KONTAKT

**Fraunhofer-Institut für Grenzflächen- und  
Bioverfahrenstechnik IGB  
Bio-, Elektro- und Chemokatalyse BioCat,  
Institutsteil Straubing**

Schulgasse 11a  
94315 Straubing

Fax +49 9421 187-360  
[www.biocat.fraunhofer.de](http://www.biocat.fraunhofer.de)



**Prof. Dr. Volker Sieber**  
Leiter BioCat  
Telefon +49 9421 187-301  
[volker.sieber@igb.fraunhofer.de](mailto:volker.sieber@igb.fraunhofer.de)



**Dr. Harald Strittmatter**  
Laborleiter BioCat  
Telefon +49 9421 187-350  
[harald.strittmatter@igb.fraunhofer.de](mailto:harald.strittmatter@igb.fraunhofer.de)



**Dr. Michael Hofer**  
Design und Entwicklung von Biokatalysatoren  
Telefon +49 9421 187-354  
[michael.hofer@igb.fraunhofer.de](mailto:michael.hofer@igb.fraunhofer.de)



**Dr. Michael Richter**  
Chemisch-enzymatische Prozesse und  
Analytik  
Telefon +49 9421 187-353  
[michael.richter@igb.fraunhofer.de](mailto:michael.richter@igb.fraunhofer.de)



**Dr. Tobias Gärtner**  
Design und Entwicklung von chemischen  
Katalysatoren  
Telefon +49 9421 187-352  
[tobias.gaertner@igb.fraunhofer.de](mailto:tobias.gaertner@igb.fraunhofer.de)



Co  
28.01

Palladium  
46

Pd  
106.42

Gold  
79

Au  
196.97

Darmstadtium  
110

Ds  
[281.16]





## Fraunhofer-Institut

### für Grenzflächen- und Bioverfahrenstechnik IGB

Nobelstraße 12  
70569 Stuttgart

Telefon +49 711 970-4401

Fax +49 711 970-4200

info@igb.fraunhofer.de

www.igb.fraunhofer.de

## Fraunhofer IGB

Das Fraunhofer IGB entwickelt und optimiert Verfahren und Produkte für die Geschäftsfelder Gesundheit, Chemie und Prozessindustrie sowie Umwelt und Energie. Wir verbinden höchste wissenschaftliche Qualität mit professionellem Know-how in unseren Kompetenzfeldern – stets mit Blick auf Wirtschaftlichkeit und Nachhaltigkeit. Komplettlösungen vom Labor- bis zum Pilotmaßstab gehören dabei zu den Stärken des Instituts. Kunden profitieren auch vom interdisziplinären Austausch zwischen den fünf FuE-Abteilungen in Stuttgart und den Institutsteilen an den Standorten Leuna, Straubing und Würzburg. Das konstruktive Zusammenspiel der verschiedenen Disziplinen am Fraunhofer IGB eröffnet neue Ansätze in Bereichen wie Medizintechnik, Nanotechnologie, industrieller Biotechnologie oder Umwelttechnologie. Das Fraunhofer IGB ist eines von 67 Instituten und Forschungseinrichtungen der Fraunhofer-Gesellschaft, Europas führender Organisation für angewandte Forschung.

[www.igb.fraunhofer.de](http://www.igb.fraunhofer.de)

Bleiben Sie mit uns in Verbindung:

