



– die BASF – wurde am 6. April 1865 von Friedrich Engelhorn in Mannheim gegründet und wird damit in diesem Jahr 150 Jahre alt. Das vorliegende Heft bietet anlässlich dieses besonderen Firmen-jubiläums eine Sammlung von Aufsätzen und Essays, die sich mit Beiträgen der Chemie zu den Themen Energie, Ernährung und städtisches Leben befassen. Woher wird die Energie in Zukunft kommen, die wir brauchen? Wie können genug Nahrung und sauberes Wasser für alle Menschen bereit gestellt werden? Wie werden die Städte der Zukunft aussehen?

Passend dazu sind auf dem Titelbild einige Highlights aus der breiten Produktpalette der BASF herausgestellt: Kathodenmaterialien für Lithium-Ionen-Batterien (oben), Membranen für sauberes Wasser (unten) sowie Xemium®, ein neuer fungizider Wirkstoff.

Dieses Heft begleitet drei BASF-Jubiläumssymposien in Ludwigshafen (9./10. März), Chicago (23./24. Juni) und Shanghai (10./11. November), bei denen Autoren dieses Heftes vortragen. Es wird eingeleitet von einem Essay von A. Kreimeyer et al. auf S. 3220 ff. über die Geschichte und aktuelle Position der Forschung der BASF, worauf ein Essay von G. M. Whitesides auf S. 3238 ff. folgt, in dem er zu einem Umdenken in der chemischen Forschung aufruft.

Alle zwanzig Essays und Aufsätze dieses Heftes demonstrieren die enorme Bedeutung chemischer Forschung – sie muss und wird zur Hebung des durchschnittlichen Lebensstandards einer wachsenden Weltbevölkerung beitragen.

Die Redaktion der *Angewandten Chemie* gratuliert der BASF zu ihrem Jubiläum.

## So erreichen Sie uns:

### Redaktion:

E-Mail: [angewandte@wiley-vch.de](mailto:angewandte@wiley-vch.de)  
Telefax: (+49) 62 01-606-331  
Telefon: (+49) 62 01-606-315

### Sonderdrucke, PDFs, Poster, Kalender:

Carmen Leitner  
E-Mail: [chem-reprints@wiley-vch.de](mailto:chem-reprints@wiley-vch.de)  
Telefax: (+49) 62 01-606-331  
Telefon: (+49) 62 01-606-327

### Rechte und Lizenzen:

Bettina Loycke  
E-Mail: [rights-and-licences@wiley-vch.de](mailto:rights-and-licences@wiley-vch.de)  
Telefax: (+49) 62 01-606-332  
Telefon: (+49) 62 01-606-280

### Online Open:

Margitta Schmitt, Carmen Leitner  
E-Mail: [angewandte@wiley-vch.de](mailto:angewandte@wiley-vch.de)  
Telefax: (+49) 62 01-606-331  
Telefon: (+49) 62 01-606-315

### Abonnements:

[www.wileycustomerhelp.com](http://www.wileycustomerhelp.com)  
Telefax: (+49) 62 01-606-184  
Telefon: 0800 1800536  
(innerhalb Deutschlands)  
+44(0) 1865476721  
(außerhalb Deutschlands)

### Anzeigen:

Marion Schulz  
E-Mail: [mschulz@wiley-vch.de](mailto:mschulz@wiley-vch.de)  
[jspiess@wiley-vch.de](mailto:jspiess@wiley-vch.de)  
Telefax: (+49) 62 01-606-550  
Telefon: (+49) 62 01-606-565

### Kurierdienste:

Boschstraße 12, 69469 Weinheim

### Postanschrift:

Postfach 101161, 69451 Weinheim

Die *Angewandte Chemie* ist eine Zeitschrift der Gesellschaft Deutscher Chemiker (GDCh), der größten chemiewissenschaftlichen Fachgesellschaft in Kontinental-europa. Informationen zu den vielfältigen Aktivitäten und Leistungen der GDCh, z. B. dem verbilligten Bezug der *Angewandten Chemie*, sowie den Antrag auf Mitgliedschaft finden Sie unter [www.gdch.de](http://www.gdch.de) oder können Sie bei der GDCh, Postfach 900440, D-60444 Frankfurt am Main, anfordern.



GESELLSCHAFT  
DEUTSCHER CHEMIKER

## Laden Sie die **Angewandte App**

Eine Zeitschrift der Gesellschaft Deutscher Chemiker



Erhältlich im  
**App Store**

**Stöbern und lesen Sie in der *Angewandten* mit neuer Leichtigkeit auf dem iPad oder iPhone**

- Bleiben Sie auf dem Laufenden mit den neuesten Early-View-Artikeln.
- Laden Sie jede Woche das neue Heft automatisch, sobald es erscheint.
- Lesen Sie neue oder gespeicherte Artikel jederzeit und überall.



## Editorial



„Ich lade Sie herzlich dazu ein, Ihre Kreativität auf unserer Jubiläumsplattform einzubringen“, dazu fordert Andreas Kreimeyer, Sprecher der Forschung im Vorstand der BASF, die Leser dieser Ausgabe der *Angewandten Chemie* in seinem Editorial auf. Dieses Heft bietet anlässlich des 150-jährigen Jubiläums der BASF eine Sammlung von Übersichtsartikeln, die sich mit den möglichen Beiträgen der Chemie zu den Themenbereichen Energie, Ernährung und städtisches Leben befassen.

A. Kreimeyer\* 3198–3200

150 Jahre BASF

## Service

Top-Beiträge der Schwesternzeitschriften der *Angewandten*

3210–3213

## Autoren-Profile



„Mein Lieblingskomponist ist Richard Wagner. Ich schätze die Orchestrierung in seinen Opern wirklich. Wenn ich mir ein Alter aussuchen könnte, hätte ich genau mein derzeitiges Alter. Ich habe immer das Gefühl, dass wir in der Gegenwart am besten arbeiten ...“  
Dies und mehr von und über James A. Dumesic finden Sie auf Seite 3214.

James A. Dumesic 3214–3215

## Nachrichten



V. Wood



H.-J. Freund



C. Copéret



K. J. J. Mayrhofer



F. Hollmann

Wissenschaftspreis Elektrochemie:  
V. Wood 3216

Michel-Boudart-Preis: H.-J. Freund 3216

Paul-H.-Emmett-Preis: C. Copéret 3216

DECHEMA-Preis: K. J. J. Mayrhofer  
und F. Hollmann 3216

## Essays

Am 6. April 1865 gründete Friedrich Engelhorn in Mannheim die Aktiengesellschaft „Badische Anilin- & Sodaefabrik“. Dieser Essay zum 150-jährigen Jubiläum der BASF richtet den Blick zurück auf herausragende BASF-Innovationen in der Vergangenheit und zeigt an ausgewählten Beispielen, wie die Chemie mit ihrem Innovationspotenzial zur Lösung der Herausforderungen von morgen beiträgt. Damals entwickelte chemisch-technische Kompetenzen spielen auch heute noch bei vielen Projekten der BASF eine wesentliche Rolle.



### BASF

A. Kreimeyer,\* P. Eckes, C. Fischer, H. Lauke, P. Schuhmacher – 3220–3237

„We Create Chemistry for a Sustainable Future“: Chemie schafft nachhaltige Lösungen für eine wachsende Weltbevölkerung

### Titelbild



## VERÄNDERUNG

Die Chemie befindet sich in einer Phase der Veränderung, weg von einer auf Moleküle und Reaktionen fokussierten Ära, hin zu einer, in der Manipulationen von Systemen und Reaktionen unverzichtbare Bestandteile der Regulation größerer Systeme sein werden. Dieser Essay verfolgt Wege aus der Vergangenheit in eine mögliche Zukunft.



Logos für Kunststoffe aus Biomasse



**Heutige Kunststoffe** werden größtenteils aus petrochemischen Produkten hergestellt, jedoch steigt die Nachfrage nach umweltfreundlichen Materialien. Die Verwendung von biobasierten, aus erneuerbaren Ressourcen erzeugten Kunststoffen sowie von biologisch abbaubaren Kunststoffen wird zu einer nachhaltigeren Gesellschaft führen und uns helfen, globale Umwelt- und Abfallprobleme zu lösen.

### Zukunft der Chemie

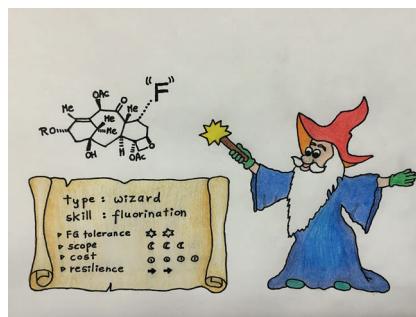
G. M. Whitesides\* – 3238–3253

Chemie neu erfinden

### Nachhaltige Chemie

T. Iwata\* – 3254–3260

Biologisch abbaubare und biobasierte Polymere: die Perspektiven umweltfreundlicher Kunststoffe



**Verzauberndes Fluor:** Dieser Essay schildert die jüngsten Erfolge bei Fluorierungen im späten Synthesestadium und identifiziert die noch zu nehmenden Hürden zur Etablierung solcher Methoden in der Synthese komplexer Organofluoride. Ansätze werden beschrieben, wie ein vermehrtes Verständnis der Bindungswechselwirkungen des Fluors zu einer neuen Klasse milder und vielseitiger Fluorierungsreagentien führen könnte.

### Fluorierung

C. N. Neumann, T. Ritter\* – 3261–3267

Fluorierung in späten Synthesestadien: extravagante Neuheit oder nützliches Hilfsmittel?

## Industrielle Chemie

G. Prieto, F. Schüth\* — **3268 – 3287**

Das Yin und Yang in der Entwicklung von katalytischen Prozessen:  
Katalyseforschung und Reaktionstechnik

## Ein synergetisches Zusammenspiel:

Die Katalyse ist ein wesentlicher Forschungsbereich in der BASF. Erfolgreiche industrielle Katalyse ist immer das Ergebnis einer Kombination von Katalysator- und Prozessentwicklung. Anhand der Schwefelsäureproduktion, der Ammoniaksynthese, der Methanolsynthese, des flüssigen katalytischen Crackens und der Direktesoxidierung von Propen wird das Zusammenspiel von Katalysatorchemie und Reaktionstechnik diskutiert.

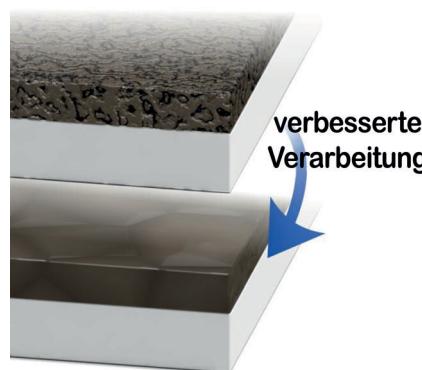


## Kurzaufsätze

### Photovoltaik

S. D. Stranks,\* P. K. Nayak, W. Zhang,  
T. Stergiopoulos,  
H. J. Snaith\* — **3288 – 3297**

Organisch-anorganische Perowskit-Dünnfilme für hocheffiziente Solarzellen

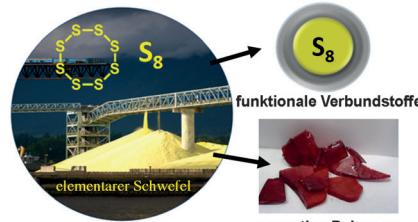


**Filmqualität:** Die größten Fortschritte bei Perowskit-Solarzellen wurden bislang durch eine verbesserte Qualität der Perowskitfilme erzielt. Dieser Kurzaufsatz stellt die verschiedenen Methoden der Perowskitfilmbildung vor und beschreibt den Einfluss von Lösungsmittel und Ausgangskomponenten. Die für die Funktion hocheffizienter Solarzellen entscheidenden Materialeigenschaften werden herausgearbeitet.

### Schwefelchemie

J. Lim, J. Pyun,\* K. Char\* — **3298 – 3308**

Neue Ansätze zur direkten Verwendung elementarem Schwefel in der Synthese und Verarbeitung moderner Werkstoffe

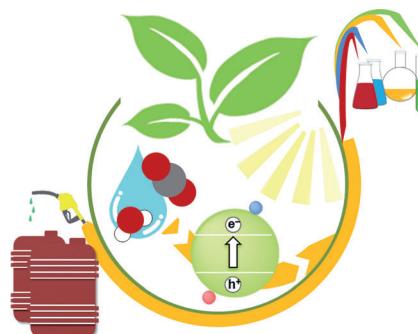


**Überschussverwertung:** Die steigende weltweite Produktion von überschüssigem elementarem Schwefel gefährdet die Umwelt und erfordert daher neue Ansätze für die Nutzung dieses Materials als Ausgangsmaterial für Werkstoffe und industrielle Anwendungen. Dieser Kurzaufsatz gibt einen Überblick über neuere physikalische Verarbeitungsmethoden und Syntheseverfahren für die direkte Verwendung von elementarem Schwefel.

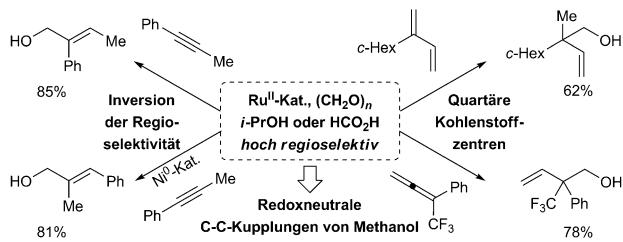
### Heterogene Katalyse

D. Kim, K. K. Sakimoto, D. Hong,  
P. Yang\* — **3309 – 3316**

Künstliche Photosynthese für die Produktion von nachhaltigen Kraftstoffen und chemischen Produkten



Die künstliche Photosynthese gilt als die wichtigste Methode zur nachhaltigen Energieerzeugung. Dieser Kurzaufsatz beschreibt den heutigen Stand sowie die noch bestehenden Herausforderungen für die Wasserspaltung und die elektrochemische CO2-Reduktion. Ein Überblick über die Entwicklungen in der katalytischen Umsetzung von H2 in komplexe Produkte verdeutlicht, welche Rolle die künstliche Photosynthese in einer „grünen“ Chemie spielt.



## Synthesemethoden

B. Sam, B. Breit,\*  
M. J. Krische\* **3317–3325**

Paraformaldehyd und Methanol als C<sub>1</sub>-Rohstoffe in metallkatalysierten C-C-Kupplungen π-ungesättigter Edukte

**Jenseits der klassischen Hydroformylierung:** Die rutheniumkatalysierte reduktive Kupplung von Paraformaldehyd mit Dienen, Alkinen und Allenen ermöglicht den Zugang zu hydrohydroxymethylierten Produkten, die so unter Hydroformylier-

ungsbedingungen nicht selektiv zugänglich sind. In speziellen Fällen, unter der Verwendung von Ni-Katalysatoren, kann die Regioselektivität dieser C-C-Kupplung umgedreht werden.

**Die reine und angewandte Chemie** ist eine Wissenschaft wie auch eine Industrie. Durch ihre Macht über die Ausdrucksformen der Materie offenbart sie aber auch künstlerische Kreativität. Die Chemie ist das Universum aller möglichen Entitäten und Transformationen molekularer Materie, von denen die in der Natur tatsächlich realisierten nur eine Welt unter all den Welten repräsentieren, die noch darauf warten, von der Hand des Chemikers kreiert zu werden.



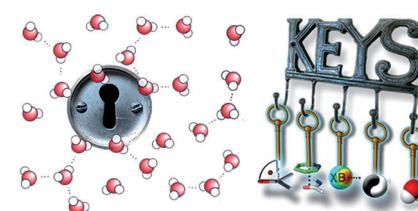
## Aufsätze

## Adaptive Chemie

J.-M. Lehn\* **3326–3340**

Perspektiven der Chemie – Aspekte adaptiver Chemie und adaptiver Materialien

**Beides ist erforderlich:** Chemische Modellsysteme und das Studium von biologischen Rezeptoren sind für das Verständnis molekularer Erkennungsprozesse nötig. Die Identifizierung und Quantifizierung nichtkovalenter Wechselwirkungen und die Aufklärung der Rolle des Wassers sind Schlüsselemente für das strukturbasierte Wirkstoffdesign. Fallstudien für Ligandendesign und -optimierung werden vorgestellt, bei denen schwache intermolekulare Wechselwirkungen zur Anwendung kommen.



## Ligandendesign

E. Persch, O. Dumele,  
F. Diederich\* **3341–3382**

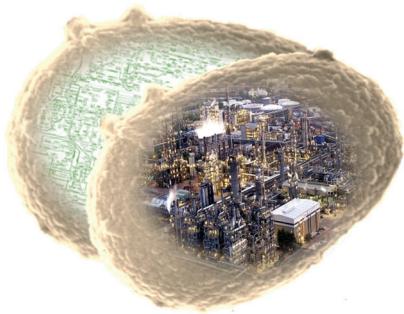
Molekulare Erkennung in chemischen und biologischen Systemen

Biotechnologie

J. Becker, C. Wittmann\* — 3383–3407

Biotechnologie von Morgen: metabolisch optimierte Zellen für die bio-basierte Produktion von Chemikalien und Treibstoffen, Materialien und Gesundheitsprodukten

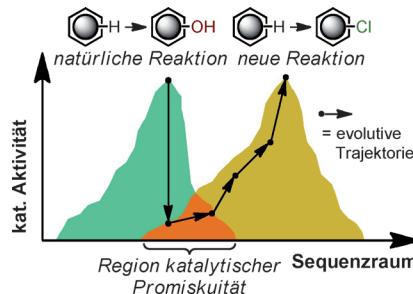
**Von der Zelle zur Zellfabrik:** Die moderne Biotechnologie kombiniert systembiologische Analysen mit gentechnischen Hilfsmitteln, um Mikroorganismen für die Produktion natürlicher Wertprodukte nutzbar zu machen. Die Abbildung veranschaulicht die Umwandlung einer zellulären Blackbox in eine industrielle Zellfabrik.



Biokatalyse

H. Renata, Z. J. Wang,  
F. H. Arnold\* — 3408–3426

Ausdehnung des Enzym-Universums:  
Zugang zu nicht-natürlichen Reaktionen  
durch mechanismusgeleitete, gerichtete  
Evolution



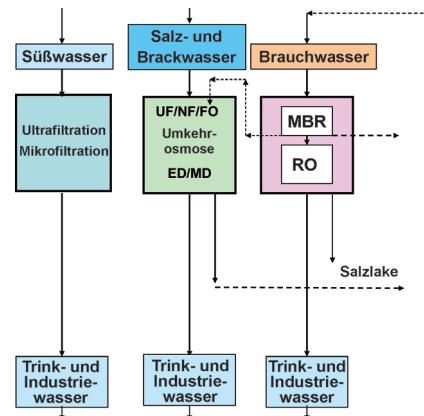
**Die Entwicklung von Enzymen**, die in der Natur unbekannte Reaktionen katalysieren, erweitert das Feld von Transformationen für die Biokatalyse. Diese Aufsatz beschreibt einen allgemeinen Weg, nach dem neue Enzymaktivitäten in der Natur entstehen, und zeigt an Beispielen, wie ein ähnlicher Ansatz zur Erzeugung von Enzymen für nicht-natürliche Reaktionen dienen kann.

Wasseraufbereitung

A. G. Fane,\* R. Wang,  
M. X. Hu — 3427–3447

Synthetische Membranen für die  
Wasseraufbereitung: aktueller Stand und  
Perspektiven

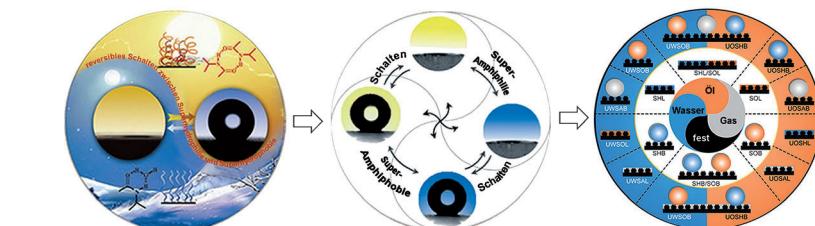
**Membrantechnologien** bieten die besten Möglichkeiten, um durch die Aufbereitung von Meer- oder Brauchwasser den Wasserbedarf eines zunehmend „durstigen“ Planeten zu stillen. Die wichtigsten Membrankonzepte werden vorgestellt und verglichen.



Superbenetzbarkeit

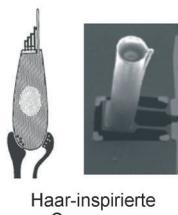
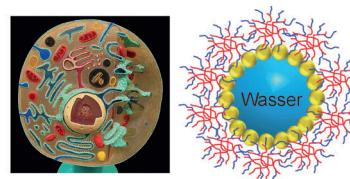
L. Wen, Y. Tian, L. Jiang\* — 3448–3462

Biologisch inspirierte Superbenetzbarkeit – von der Grundlagenforschung zur praktischen Anwendung



**Super Eigenschaften:** Heute lassen sich dreidimensionale, zweidimensionale und eindimensionale Materialoberflächen mit Superbenetzbarkeit herstellen. Durch Kombinieren verschiedener Superbenetz-

barkeitseigenschaften können neue funktionale Systeme mit Fest/Flüssig-Grenzflächen generiert und zur Lösung verschiedenster Probleme in Bauteile integriert werden.

Haar-inspirierte  
SensorenPflanzen-inspirierte selbstformende  
ObjekteZell-inspirierte interaktive  
Mikrokompartmente

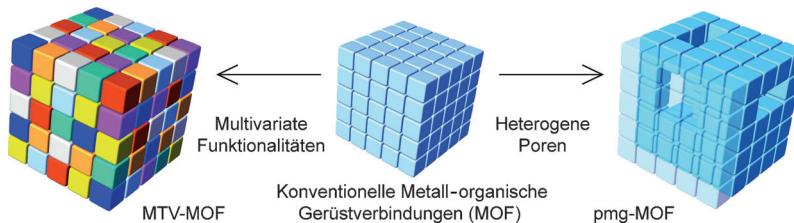
## Materialwissenschaft

A. R. Studart\* 3463–3479

Biologisch inspirierte dynamische  
Materialsysteme

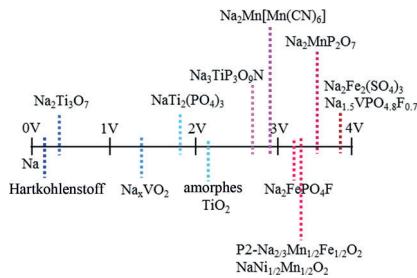
**Die interaktiven und adaptiven Eigenschaften** von hierarchischen biologischen Systemen können mit dynamischen Materialsystemen repliziert werden. Dieser Aufsatz veranschaulicht anhand ausgewählter Beispiele bioinspirierter haararti-

ger Sensoren, formändernder Komponenten und interaktiver Mikrokammern die vielschichtige Komplexität und die dynamischen Funktionalitäten, die mit Top-down-Methoden und Bottom-up-Assemblierung erreicht werden können.

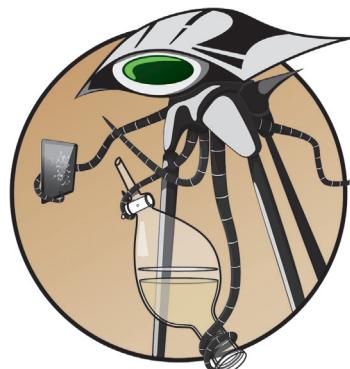


**Ordnung in der Vielfalt:** Die meisten Metall-organischen Gerüste (metal-organic frameworks; MOFs) sind geordnet und bestehen größtenteils aus einer geringen Anzahl von sich wiederholenden Bausteinen. Dieser Aufsatz beschäftigt

sich mit der Anwendung verschiedener Komponenten innerhalb der MOF-Primärstruktur und deren Poren, um Heterogenität ohne Verlust von Ordnung (Kristallinität) der MOF-Struktur herzustellen.



**„Unterhalb“ von Lithium:** Bedenken bezüglich der Kosten und Verfügbarkeit von Lithium haben zu Bemühungen um die Entwicklung preiswerter Natriumionenbatterien (NIBs) geführt. Im Zentrum stehen nichtwässrige Systeme, für die eine Vielzahl von Kathoden- und Anodenmaterialien eingesetzt werden kann. Abgesehen von den unerschöpflichen Ressourcen können NIBs spezifische elektrochemische Vorteile gegenüber den Li-Batterien bieten.



**Chemie im Wandel:** Neue Methoden und Maschinen verändern unsere Arbeitsweise im Forschungslabor. Mit ihnen lassen sich Ressourcenprobleme angehen, indem sie Chemikern zu einer ganzheitlichen Denkweise für ihre Tätigkeit verhelfen. Dieser Aufsatz behandelt Konzepte, Verfahren und Methoden mit weitreichenden Implikationen für die Chemie insgesamt.

## Heterogene MOFs

H. Furukawa,\* U. Müller,\*  
O. M. Yaghi\* 3480–3494„Heterogenität innerhalb von Ordnung“  
in Metall-organischen Gerüsten

## Natriumionenbatterien

D. Kundu, E. Talaie, V. Duffort,  
L. F. Nazar\* 3495–3513Natriumionenbatterien für die  
elektrochemische Energiespeicherung

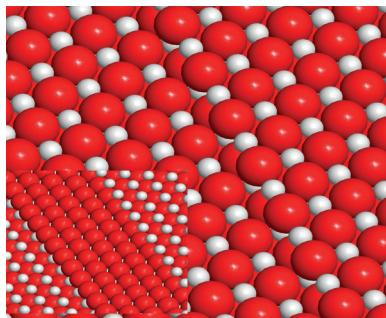
## Maschinen-unterstützte Chemie

S. V. Ley,\* D. E. Fitzpatrick, R. J. Ingham,  
R. M. Myers 3514–3530Organische Synthese: Vormarsch der  
Maschinen

## Heterogene Katalyse

R. Schlögl\* 3531–3589

Heterogene Katalysatoren – fundamental betrachtet



**Aufklärungsarbeit:** Das Verständnis von heterogenen Katalysatoren baut auf ein Standardmodell der Grenzflächenkatalyse auf, das aus der Oberflächenphysik und der Theorie entwickelt wurde. Dieses Modell hat erhebliche Lücken im Bezug auf die Übertragung von Wissen auf Hochleistungskatalysatoren, und Ansätze zur Überwindung dieser Lücken werden in diesem Aufsatz vorgeschlagen.



Hintergrundinformationen sind unter [www.angewandte.de](http://www.angewandte.de) erhältlich (siehe Beitrag).



Diesen Artikel begleitet eines der Titelbilder dieses Hefts (Front- und Rückseite, innen und außen).



Eine Videodatei ist als Hintergrundinformation unter [www.angewandte.de](http://www.angewandte.de) oder vom Korrespondenzautor erhältlich.



Die als Very Important Paper (VIP) gekennzeichneten Beiträge müssen von zwei Gutachtern unisono als „sehr wichtig“ eingestuft worden sein.



Dieser Artikel ist online frei verfügbar (Open Access).

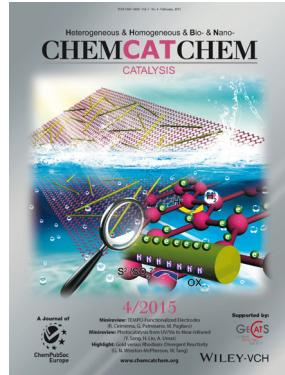


Hot Paper – von der Redaktion auf der Basis von Gutachten als von großer Bedeutung für ein besonders intensiv bearbeitetes Forschungsgebiet eingestuft.

## Weitere Informationen zu:



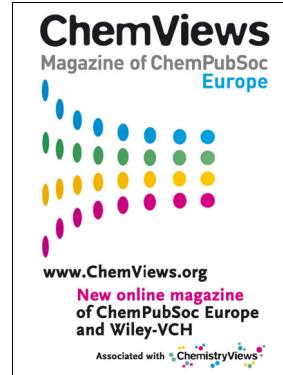
[www.chemasianj.org](http://www.chemasianj.org)



[www.chemcatchem.org](http://www.chemcatchem.org)



[www.chempluschem.org](http://www.chempluschem.org)



[www.chemviews.org](http://www.chemviews.org)