

# HEXEN - KESSEL



AUSGABE WINTERSEMESTER

2008 / 2009

MAGAZIN FÜR STUDIERENDE DES FACHES CHEMIE

AN DER UNIVERSITÄT STUTTGART

## Impressum

### Herausgeber:

Fachschaft Chemie  
der Universität Stuttgart  
Pfaffenwaldring 55  
70569 Stuttgart

### Redaktion:

Christian Lieder  
Harald Henning

### Mitarbeiter:

Harald Henning  
Christian Lieder  
Florian Schörg

### Fotos:

Christian Lieder

### Layout:

Harald Henning  
Sebastian Loscher  
Christian Lieder

### Auflage:

200 Exemplare zur Auslage an der Uni  
Stuttgart

Für den Inhalt der namentlich gekennzeichneten Artikel ist der Verfasser / die Verfasserin selbst verantwortlich; sie spiegeln nicht immer die Meinung der gesamten Redaktion oder Fachschaft wieder.

## Inhalt

Fakultätsrat - Wahlergebnisse	3
AK-Vorstellung Organik Richert	4
AK-Vorstellung Anorganik Kaim	6
Organometallchemie	8
Praktikum präparative Organ. Chemie	10
Chemische Reaktionstechnik	11
Termine	12
Chemie-Nobelpreis	14
Studiengebühren	15
100 Jahre Patent Haber-Bosch-Verfahren	16
Haber-Bosch-Verfahren	20
Gießbarer Tetranitratester	22
Humor	23
Fachschaftsservice	24

# Ergebnisse der Wahlen zum Senat und Fakultätsrat

## Senat

Wahlberechtigte:	16.213
Gültige Stimmzettel:	2.304
Wähler:	2.377 (14,7%)
Ungültige Stimmzettel:	73
Gültige Stimmen:	6.187

Gewählt wurden:

1.	Donn, Philipp; Fakultät 5 (Informatik, Elektrotechnik)	1189 Stimmen
2.	Bunk, Tobias; Fakultät 2 (Bau- und Umwelting.)	1056 Stimmen
3.	Huttenlau, Verena; Fakultät 9 (Philosoph.-Histor.)	1007 Stimmen

## Fakultätsrat

Wahlberechtigte:	857
Gültige Stimmzettel:	193
Wähler:	194 (22,6 %)
Ungültige Stimmzettel:	1
Gültige Stimmen:	827

Gewählt wurden:

1.	Kurz, Silke	WeWi	146 Stimmen
2.	Herberholz, Timo	WeWi	133 Stimmen
3.	Hörth, Regina	WeWi	132 Stimmen
4.	Löw, Sebastian	Dipl. Chem.	82 Stimmen
5.	Dominicus, Jörg	Dipl.Chem.	68 Stimmen
6.	Henning, Harald	Dipl.Chem.	67 Stimmen
7.	Paretzki, Alexa	Dipl. Chem.	65 Stimmen

## Organische Chemie

### Arbeitskreis Prof. C. Richert

Im Mittelpunkt der Forschung des Arbeitskreises Richert steht die Synthese von biomedizinisch aktiven Verbindungen. Viele der gegenwärtigen Arbeiten befassen sich mit Nucleinsäuren. Es werden Derivate dieser wichtigen Klasse an Naturstoffen hergestellt, die eine verbesserte molekulare Erkennung von Zielstrukturen ermöglichen, neue Reaktivitäten besitzen oder eine neuartige Struktur ausbilden können. Neben der Lösung der synthetischen Aufgabe soll auch das Wissen über die Funktion der Moleküle vermittelt werden, um die Mitarbeiter auf die moderne pharmazeutische und diagnostische Industrie vorzubereiten. Ausgewählte Projekte werden im Folgenden kurz vorgestellt.

#### Oligonucleotide für DNA-Chips

Durch die Einbringung von synthetischen Liganden in die Struktur von Oligodeoxynucleotiden lässt sich die molekulare Erkennung von Gegensträngen verbessern. Die Liganden verstärken kanonische Basenpaarungen und verbrücken Komplexe, die sonst zu instabil wären. Sie können im Rahmen der Synthese an das Kohlenstoffatom, das

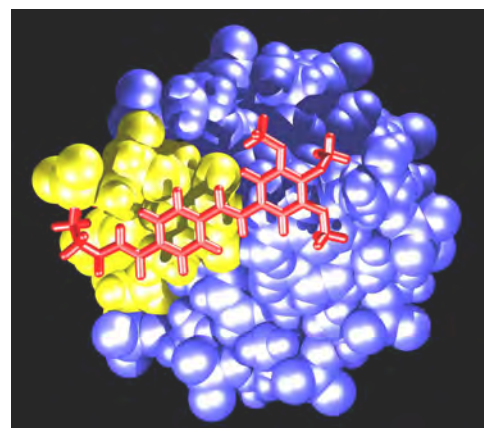


Abbildung 2: hochaufgelöste Struktur

auch die glykosidische Bindung trägt, angebracht werden (wie dies in Abbildung 1 für einen Pyrenylrest gezeigt ist) oder an einer anderen Position platziert werden.

Die spannende Frage ist nun, welche Struktur die gewünschten Bindungseigenschaften bewirkt. Wie bei der Suche nach einem neuen Medikament ist nicht leicht vorauszusagen, wie Entropie und Enthalpie, einschließlich Solvation zusammenspielen. Ein Entwurf am Computer kann eine perfekte Passform voraussagen, aber erst das Experiment kann zeigen ob nicht doch konkurrierende Wechselwirkungen dominieren. Deshalb werden bei der Suche nach neuen funktionalen Molekülen auch die kombinatorische Chemie und die NMR-gestützte Strukturaufklärung eingesetzt.

Letztere hat z.B. die hochaufgelöste Struktur ergeben, die in Abbildung 2 zu sehen ist.

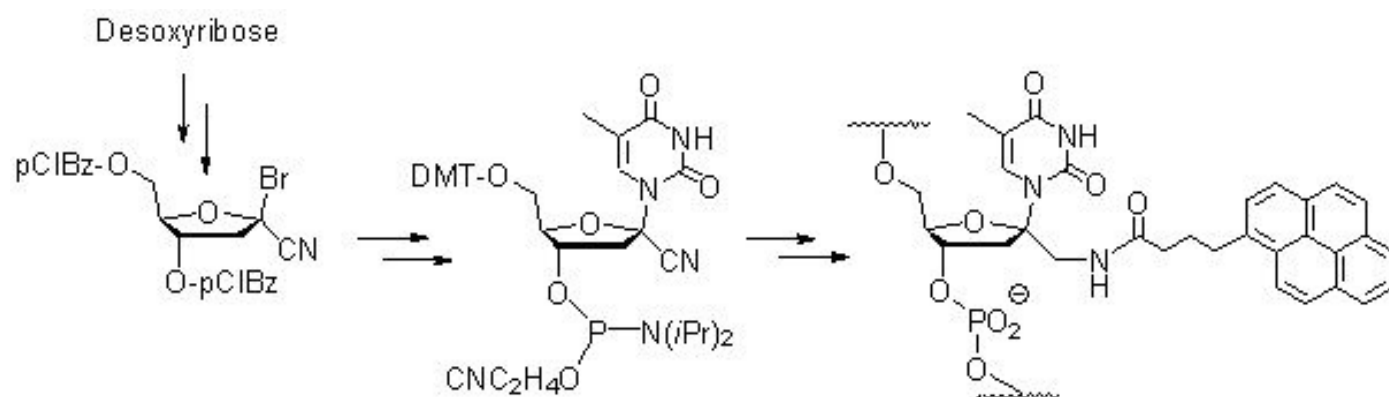
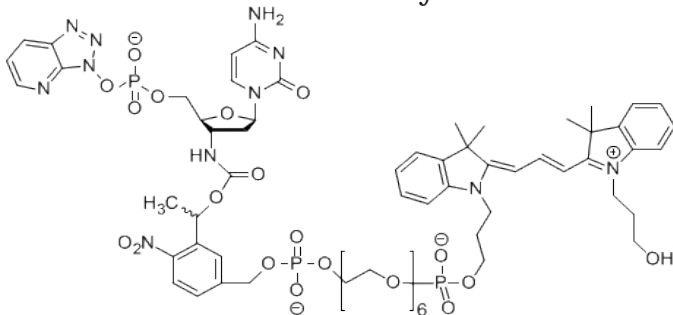


Abbildung 1: Anbringen eines Pyrenylrestes



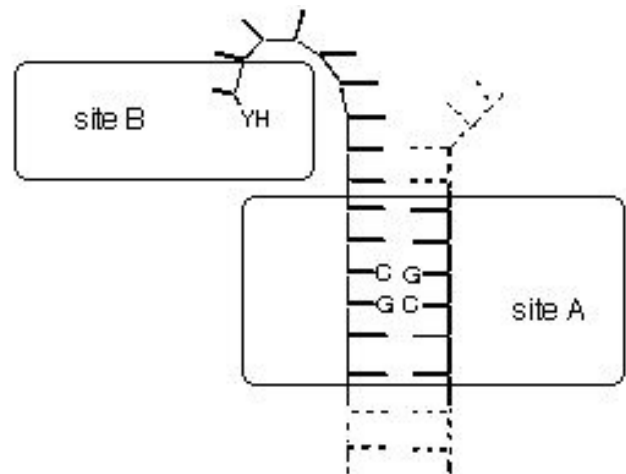
Nucleotide für enzymfreie Sequenzierung  
 In diesem Projekt geht es um die Frage, ob man durch einfache chemische Reaktionen, in Abwesenheit von Enzymen, genetische Information auslesen kann und ggf. erste Schritte der chemischen Evolution nachstellen kann. In diesem Zusammenhang werden Moleküle wie das unten gezeigte fluoreszierende Nucleotid synthetisiert.



Dieses Nucleotid hat mehrere funktionale Untereinheiten. Die Kernbase ist für die Paarung mit dem abzulesenden Strang verantwortlich. Das Azabenzotriazolid ist die Abgangsgruppe bei der Phosphorylierung der „Primer“ genannten Sequenzsonde. Der Nitroaromat ermöglicht eine photochemische Abspaltung des gesamten unteren Molekülteils. Diese Abspaltung wird induziert, sobald die Identität der Kernbase aufgrund der Fluoreszenz des Cyaninfarbstoffes bei langer Wellenlänge bestimmt wurde. Andere aktivierten Nucleotide, die im AK Richert entwickelt wurden, bilden spontan Komplementärstränge zu RNA-Templaten.

#### Immunstimulierende DNA und RNA

Vor einigen Jahren wurde bekannt, dass DNA und RNA beim Menschen eine Immunantwort auslösen können, die von Rezeptoren des angeborenen Immunsystems verursacht wird. Dies war eine handfeste Überraschung, da beides „universelle“ Strukturen sind, die auch in jeder Zelle des Patienten vorkommen.



Durch synthetisch eingebrachte chemische Modifikationen konnte festgestellt werden, dass für die Erkennung durch das Immunsystem mehrere Strukturmerkmale notwendig sind, die in der obenstehenden Abbildung hervorgehoben sind. Das häufige Vorkommen solcher Strukturmerkmale in bakterieller DNA, zusammen mit dem Aufnahmemodus solcher exogener DNA erklärt nun, wie die Unterscheidung zwischen fremder und körpereigener DNA oder RNA möglich wird. Die Erkenntnisse sind auch für die Entwicklung neuer Pharmazeutika gegen Infektionen, Allergien und Krebs von Bedeutung.

#### Nanostrukturierung

In einem weiteren Projekt beschäftigt sich der Arbeitskreis Richert mit DNA-vermittelter Nanostrukturierung. Dabei wird die programmierbare molekulare Erkennung zwischen Nucleinsäuren mit den Eigenschaften von strukturgebenden Kohlenwasserstoffkernen oder anorganischen Clustern kombiniert um zu neuen ein-, zwei- oder dreidimensionalen Strukturen zu kommen, die gemeinsam mit Physikern und Biologen untersucht werden. Dazu gehören auch Strukturen auf Oberflächen.

Quelle: <http://chip.chemie.uni-stuttgart.de/>

## Anorganische Chemie

### Arbeitskreis Prof. Dr. W. Kaim

fortgesetzt von letzter Ausgabe

Arbeitsgebiet:

Elektronenübertragung und Katalyse durch Übergangsmetallkomplexe

Sowohl im biochemischen als auch im technischen Bereich sind Übergangsmetalle oft wesentlich für die Katalyse von energieliefernden und stoffumsetzenden Redoxprozessen. Die Grundlagen dieser heute noch wenig verstandenen Vorgänge auf molekularer Ebene werden unter mehreren Aspekten untersucht.

Hierzu gehören thermisch oder optisch induzierte intramolekulare Elektronenübertragungsprozesse (Charge-Transfer) zwischen organischen Liganden und Metallzentren in Koordinationsverbindungen.

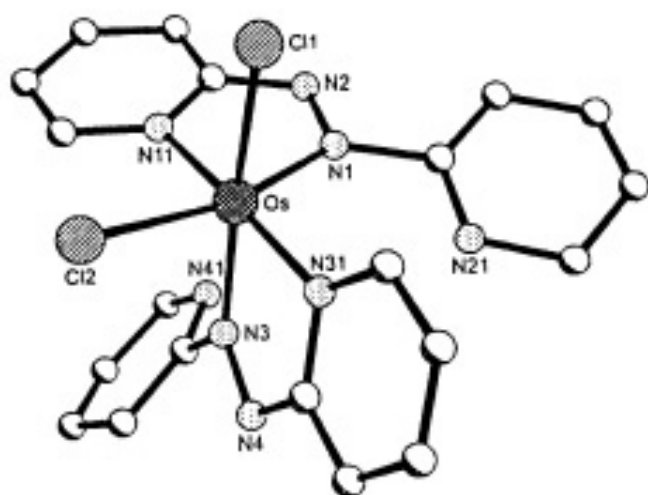


Abbildung 1: Molekülstruktur von  $ctc\text{-}(abpy)_2OsCl_2$   
 „Complexes with 2,2'-azobispyridine and related S-frame bridging ligands containing the azo function“  
 (W. Kaim, Coord. Chem. Rev. 219-221 (2001) 463-488)

Weitere Aspekte sind Metall-Metall-Kommunikation in gemischtvalenten Mehrkernkomplexen sowie der Magnetismus, die elektrostatische Wechselwirkung und magnetische Resonanzphänomene in möglichst strukturell eindeutig charakterisierten Komplexen.

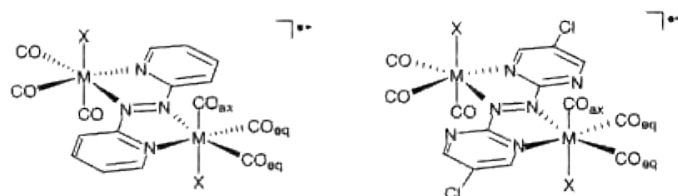


Abbildung 2: Strukturen stabiler Radikale und ihrer Komplexe

Gestützt auf Modellrechnungen werden interessierende aktive Zustände von Molekülen im Hinblick auf ihre Reaktivität untersucht.

Ein Beispiel für diese Vorgehensweise ist die Entwicklung von Katalysatoren für Hydridtransferreaktionen, etwa zur Bildung von  $H_2$  aus Wasser. Komplexverbindungen der Übergangsmetalle Rhodium oder Iridium mit speziellen Liganden helfen, die Aktivierungsenergie herabzusetzen, die reaktiven Zwischenprodukte zu stabilisieren und so den Aufwand an elektrischer Energie zu minimieren, ohne unerwünschte Prozesse zuzulassen.

Molekulare Katalysatoren und Sensibilisatoren (zur Nutzung von Lichtenergie) lassen sich durch computergestütztes Design von Komplexliganden in ihrer Funktion optimieren; der eindeutig definierte Aufbau von Metallkomplexen sowie die Verbindung aus vielseitiger Ligandstruktur und der Palette möglicher Metallzentren aus dem Periodensystem machen derartige Systeme besonders attraktiv für molekulare Funktionen.

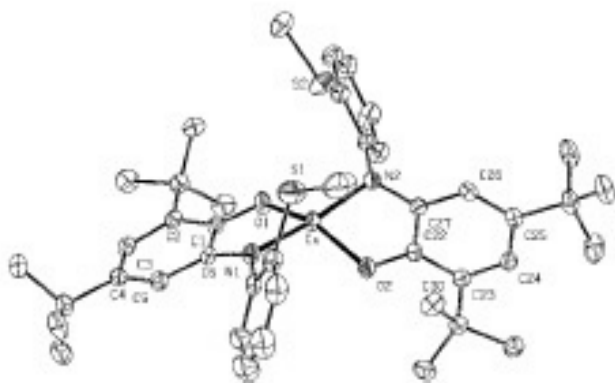


Abbildung 3: „Dreispinsystem mit neuer Wendung: ein Bis(semichinonato)kupfer-Komplex mit nichtplanarer Konfiguration am Kupfer(II)-Zentrum“

S. Ye, B. Sarkar, F. Lissner, Th. Schleid, J. van Slageren, J. Fiedler und W. Kaim, *Angew. Chem.* 117 (2005) 2140-2143; *Angew. Chem. Int. Ed.* 44 (2005) 2103-2106.

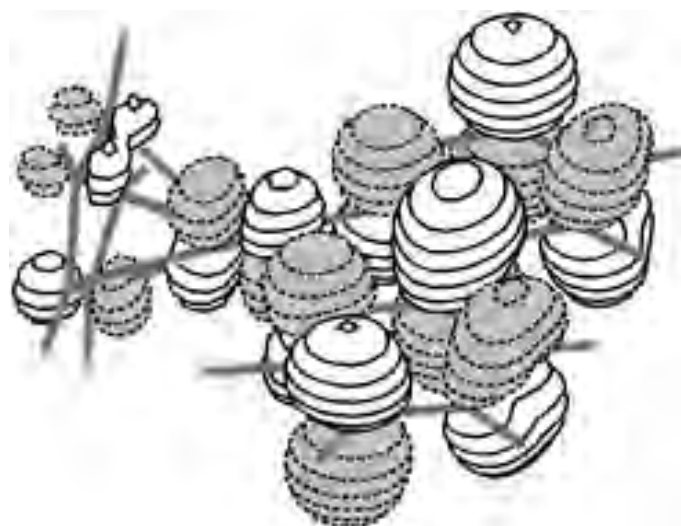


Abbildung 5: „Reduced and excited states of the intermediates ( $\alpha$ -diimine)( $C_5R_5$ )Rh in hydride transfer catalysis schemes: EPR and resonance Raman spectroscopy, and comparative DFT calculations of Co, Rh and Ir analogues“

M. Sieger, W. Kaim, D.J. Stufkens, T.L. Snoeck, H. Stoll und S. Zalis, *Dalton. Trans.* 2004, 3815-3821.

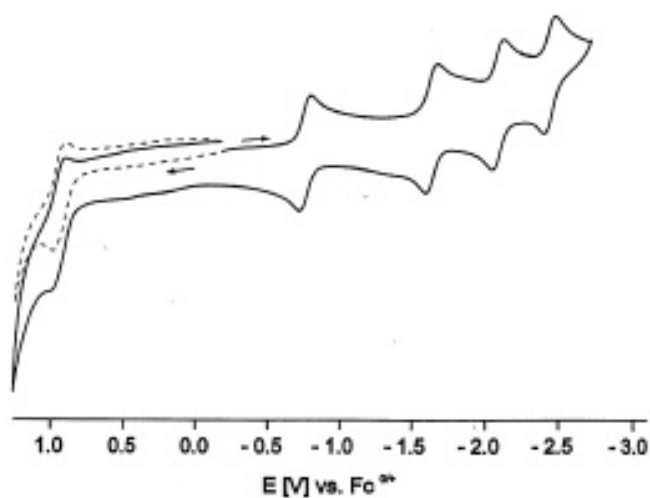


Abbildung 4: „Rhenium(I) coordinated lumazine and pterin derivatives: Structure and spectroelectrochemistry of reversibly reducible (6-ATML)Re(CO)<sub>3</sub>Cl (6-ATML) = 6-acetyl-1,3,7-trimethylumazine)“

S.B. Jimenez-Pulido, M. Sieger, A. Knoedler, O. Heilmann, M. Wanner, B. Schwederski, J. Fiedler, M.N. Moreno-Carretero und W. Kaim, *Inorg. Chim. Acta* 325 (2001) 65-72.

Quelle: <http://www.iac.uni-stuttgart.de/Arbeitskreise/AkKaim/index.html>

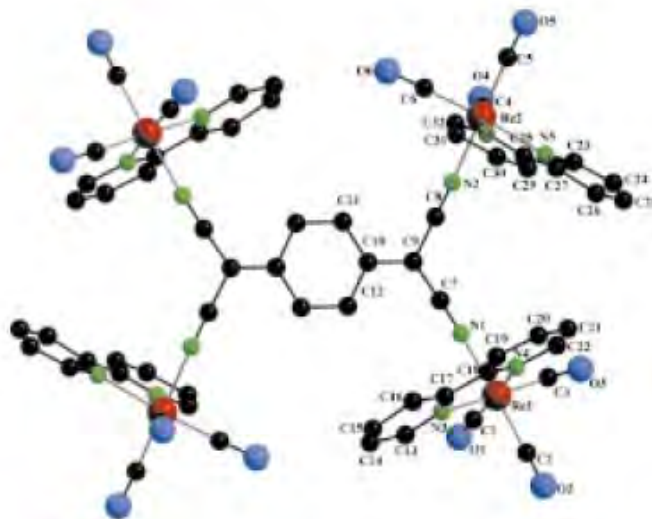


Abbildung 6: „Proof of Innocence for the Quintessential Non-Innocent Ligand TCNQ in its Tetranuclear Complex with Four [fac-Re(CO)<sub>3</sub>(bpy)]<sup>+</sup> Groups – Unusually Different Reactivity of the TCNX Ligands (TCNX = TCNE, TCNQ, TCNB)“

H. Hartmann, W. Kaim, M. Wanner, A. Klein, S. Frantz, C. Duboc-Toia, J. Fiedler und S. Zalis, *Inorg. Chem.* 42 (2003) 7018-7025.

**Christoph Elschenbroich****Oganometallchemie**

6. überarbeitete Auflage 2008

Mit diesem Buch hält man ein Lehrbuch in den Händen, welches versucht, den immer umfangreicher werdenden Wissensstand der Organometallchemie zu vermitteln.

Es bietet sowohl Einführung als auch Vertiefung in diesem wichtigen Gebiet von Forschung und Industrie. Die nunmehr 6. Auflage dieses Buches wurde im Vergleich zum Vorgänger allerdings nur geringfügig erweitert und im Wesentlichen nur in Bezug auf Druckfehler und Querverweise korrigiert.

Dieses Buch richtet sich vornehmlich an Studierende im Haupt- oder Promotionsstudium und ist als Begleitliteratur zu einer Vorlesung bestens geeignet. Allerdings muss ebenfalls klargestellt werden, dass in diesem Werk kein Anspruch auf Vollständigkeit erhoben wird und man deshalb manch vertiefende Information zum Stoff einer Vorlesung vergeblich sucht.

Dieses Buch ist kein Nachschlagewerk im Stil eines Lexikons, sondern soll zum Verständnis des Stoffs und der Kenntnis der wesentlichen Prinzipien der Organometallchemie beitragen. Es wird an wichtigen Beispielen und gut strukturiert erläutert, wie die Reaktionen dieses Gebiets funktionieren.

Jedoch lassen sich die Grundprinzipien der Katalysezyklen nur aus den Beschreibungen der Einzelschritte und den Beispielen (Namenreaktionen) ableiten. Dies fällt zwar nicht schwer, führt aber dazu, dass ein Stu-

dierender ohne Vorkenntnisse auf diesem Gebiet hier den „roten Faden“ sucht und sich im „Wald“ der Beispiele und Abwandlungen verliert. Somit vermittelt dieses Buch einerseits Grundkenntnisse, andererseits ist es aber dabei nicht konsequent genug.

Wer allerdings schon über ein paar Grundkenntnisse auf diesem Gebiet verfügt, ist mit diesem Buch sehr gut beraten. Es bietet trotz allem einen sehr guten Einstieg und vielfältige Vertiefungsmöglichkeiten. Die Bezüge zu der aktuellen Forschung und wichtigen industriellen Verfahren sowie die schön geknüpften Bezüge zur Bioorganometallchemie verdeutlichen gut die Bedeutung und den Praxisbezug dieses Fachgebiets.

Durch die „Exkurse“ werden sowohl dem Einsteiger als auch dem Fortgeschrittenen Grundlagen und spezielleres Wissen vermittelt und, ohne sich in weniger wichtigen Details zu verlieren, auf den Punkt gebracht.

Der Aufbau des Buches erfolgt durch die Einteilung nach Gruppen des Periodensystems und nur bedingt nach Reaktionen. Die ausführliche und sehr detaillierte Abhandlung der einzelnen Verbindungen, Strukturen und Eigenschaften sowie eine starke Hervorhebung der Rolle der Metalle verleiht diesem Buch leicht anorganische Allüren.

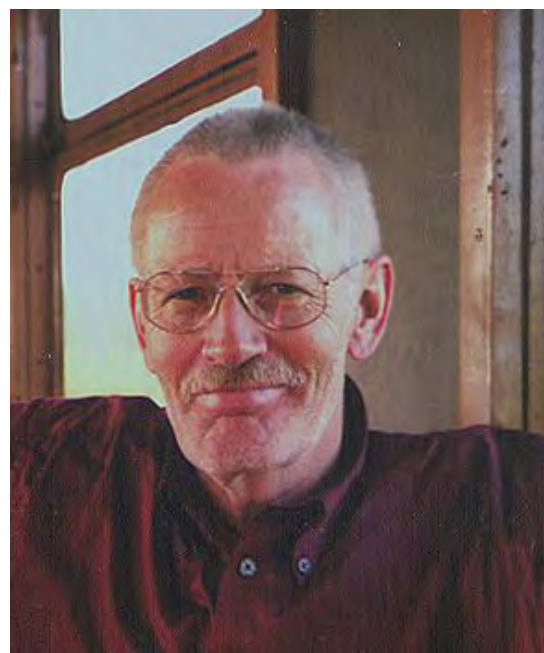
Bedingt zum Nachschlagen, aber vor allem als Lehrbuch ist dieses Buch hervorragend geeignet und jedem, der sich für Organometallchemie interessiert und das Thema verstehen will, sehr zu empfehlen.

Erhältlich ist es für den angemessenen Preis von 75,90 Euro, eine lohnenswerte Investition.

Thomas Scherer







---

#### Über den Autor:

Prof. Dr. Christoph Elschenbroich, Promotion 1966 unter E. O. Fischer, zwei Jahre Post-doc 1967-68 am Weizmann Institut (Israel). In den Jahren 1971-75 Forschung an der Uni Basel auf dem Gebiet der ESR-Spektroskopie an Organometallischen Verbindungen. Habilitation im Jahre 1975 und gleichzeitig damit den Ruf zur Universität Marburg als Professor für Anorganische Chemie. Gastprofessuren an der Universität Zürich (1981), dem Brookhaven National Laboratory (1986) und der Ecole Nationale Supérieure de Chimie de Paris (1994). Emeritiert im Jahre 2004.

Mitherausgeber der Chem. Soc. Rev. 1988  
Literaturpreis des Fonds der chemischen Industrie zusammen mit A. Salzer

**R. Brückner, S. Braukmüller, H.-D. Beckhaus, J. Dirksen, D. Goepfel, M. Oestreich**

## Praktikum Präparative Organische Chemie

Organisch-Chemisches Grundpraktikum

Das Buch ist ein praktikumsbegleitendes Buch für das organisch-chemische Grundpraktikum eines Chemikers. Es ist nach einzelnen Praktikumswochen in steigendem Anspruch geordnet. Am Anfang findet man ein graphisches Inhaltsverzeichnis, in dem alle Grund- und Folgereaktionen aufgeführt sind, was erheblich zur Übersichtlichkeit des Buches beiträgt.

Es enthält Vorlagen zu Betriebsanweisungen, dem Laborjournal und Protokollen, die jedem Studenten das Denken abnehmen. Den selben Effekt haben ausführlichste Beschreibungen von Arbeitstechniken, Erklärung aller Gerätschaften und Techniken der Aufarbeitung.

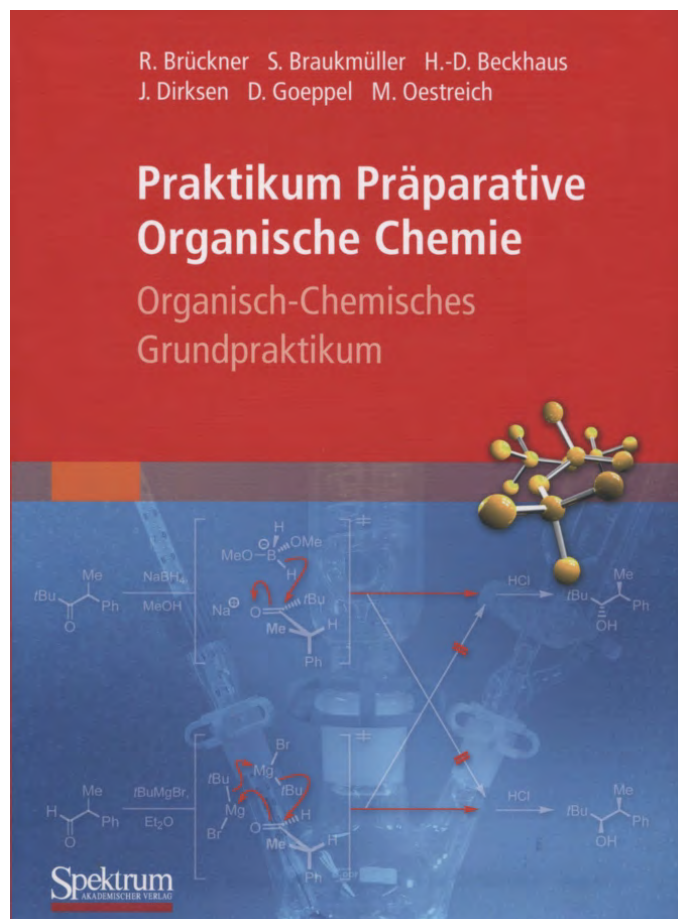
Die allgemeinen Versuchsvorschriften mit nachfolgenden Beispielen (mit Quellenangabe der Veröffentlichungen) zu den jeweiligen Reaktionen enthalten komplett berechnete Ansätze und genau skizzierte Versuchsaufbauten, was abermals dazu führt, daß den Studenten sämtliche Denkarbeit abgenommen wird. Daher ist dieses Buch eher für Studierende im Nebenfach Chemie geeignet als für den reinen Chemiker, auch wenn es für Nebenfächler zu umfangreich ist.

Hilfreich sind die im Anhang aufgeführten Sicherheitsdaten der verwendeten Chemi-

kalien, jedoch sucht man eine komplette Liste der R- und S-Sätze vergebens.

Sich dieses Buch für 35 Euro zu kaufen, macht tatsächlich nur als Assistent im Grundpraktikum Sinn, da man eine gute Quelle für Präparate hat.

Jörg Förster



Über den Hauptautor:

Prof. Dr. Reinhard Brückner arbeitet seit 1998 am Institut für Organische Chemie und Biochemie der Universität Freiburg. Zuvor war er Professor für Organische Chemie an den Universitäten Würzburg und Göttingen, Gastprofessor an der University of Wisconsin in Madison, der Universidade de Santiago de Compostela, der Indiana University Bloomington und der Tokyo University (Center of Excellence Program).

**Lothar Papula**

## **Mathematik für Ingenieure und Naturwissenschaftler (Band 3)**

5. Auflage

Dieser Band umfaßt die Themengebiete Vektoranalysis, Wahrscheinlichkeitsrechnung, Mathematische Statistik, Fehler- und Ausgleichsrechnung. Die vier genannten Themengebiete sind jeweils in sinnvolle Abschnitte unterteilt, wobei der letzte Abschnitt Übungsaufgaben zu den jeweiligen Kapiteln enthält, welche analog der Abschnitte des Kapitel geordnet sind. Im Anhang findet man neben diversen Tabellen zur Wahrscheinlichkeitsrechnung und Statistik auch die Lösungen zu allen Übungsaufgaben

Als Einführung in das Buch selbst findet man zunächst eine kurze Inhaltsübersicht der Bände 1 und 2. Thematisch knüpfen die Inhalte aus Band 3 an dessen Vorgänger an. Die einzelnen Themengebiete sind übersichtlich gegliedert, alle genannten Formeln werden schrittweise hergeleitet, teils mehr teils weniger ausführlich, sie sind aber durch anschauliche Skizzen und/oder Beispiele erläutert. Wichtige Zwischenergebnisse, Definitionen und Rechenregeln sind deutlich hervorgehoben und enthalten wiederum Anmerkungen zur Erläuterung.

Mit dem vorhergehend vermitteltem Wissen sind die Übungsaufgaben gut lösbar.

Fazit: Auch wenn das Buch nur 33 Euro kostet, ist der Preis für die Anwendung als Chemiestudent zu hoch. Dies liegt hauptsächlich daran, daß die Themengebiete für

die meisten Chemiker keine Anwendung finden (Bände 1 und 2 sind dabei eher zu empfehlen).

Für Studenten der Physik und der Ingenieurwissenschaften ist eine Anschaffung durchaus lohnenswert.

Harald Henning



Über den Autor:

Prof. Dr. Lothar Papula studierte in Frankfurt/Main Mathe und Physik. Seit 1977 war er als Dozent an der Fachhochschule Frankfurt am Main tätig, 1979 Berufung als Professor für Mathematik an der Fachhochschule Wiesbaden. Bekanntheit erreichte Papula als Buchautor mathematischer Lehrbücher für Ingenieure. 2004 erhielt Papula den vom Mathematikum im Gießen verliehenen Mathematikum-Preis. Seine sechs Bände der Reihe Mathematik für Ingenieure und Naturwissenschaftler erreichten im April 2008 eine Auflage von einer Million.

<b>11.11.2008</b>	16.00 Uhr	8.109	<b>Prof. Leticia Gonzalez</b> Titel des Vortages wird noch bekanntgegeben
Kolloquium Theoretische Chemie			
<b>18.11.2008</b>	14.00 Uhr	8.109	<b>Prof. Dr. Maurizio Casari</b> Theoretical Modelling: A Powerful Tool to get Information on Inorganic Systems
Physikalisch-Chemisches Kolloquium			
<b>20.11.2008</b>	17.15 Uhr	V 55.02	<b>Prof. Dr. A. K. Cheetham</b> Vortragsthema bitte den aktuellen Aushängen entnehmen
GDCh-Vortrag			
<b>26.11.2008</b>	16.00 Uhr	8.109	<b>Dr. Robert Berger</b> Vibronic structure methods for large molecules: Franck-Condon factors and beyond
Kolloquium Theoretische Chemie			
<b>04.12.2008</b>	17.15 Uhr	V 55.02	<b>Prof. Dr. Lill</b> Vortragsthema bitte den aktuellen Aushängen entnehmen
GDCh-Vortrag			
<b>09.12.2008</b>	16.00 Uhr	8.109	<b>Sandra Heislbetz</b> Titel des Vortages wird noch bekanntgegeben
Kolloquium Theoretische Chemie			
<b>11.12.2008</b>	17.15 Uhr	V 55.02	<b>Prof. Dr. Dr. Clemens Richert</b> Antrittsvorlesung
GDCh-Vortrag			
<b>16.12.2008</b>	17.00 Uhr	V 55.21	<b>Prof. Mitsuo Kira</b> A Helmeted Dialkylsilylene and Its Application to the Synthesis of Unique Unsaturated Silicon Compounds
Anorganisch-Chemisches Kolloquium			
<b>18.12.2008</b>	17.15 Uhr	V 55.02	<b>Dr. rer. nat. habil. Yvonne Traa</b> Antrittsvorlesung
GDCh-Vortrag			
<b>15.01.2009</b>			<b>Beginn der Rückmeldefrist</b>
<b>20.01.2009</b>	16.00 Uhr	8.109	<b>Johannes Kaestner</b> Titel des Vortrags wird noch bekanntgegeben
Kolloquium Theoretische Chemie			

<b>20.01.2009</b>	17.00 Uhr	V 55.21	<b>Dr. Sonja Herres-Pawlis</b>
Anorganisch-Chemisches Kolloquium			Sauerstoffaktivierung und -transfer mit Kupfer-Guanidin-Komplexen: von der Ligandenhydroxylierung zur C-H-Aktivierung externer Substrate
<b>03.02.2009</b>	17.00 Uhr	V 55.21	<b>Prof. Dr. Frank Breher</b>
Anorganisch-Chemisches Kolloquium			Janus-Liganden und ihre Koordinationschemie
<b>10.02.2009</b>	16.00 Uhr	8.109	<b>Chr. Koepl, G. Knizia, S. Kodagenahalli</b>
Kolloquium Theoretische Chemie			Titel des Vortrags wird noch bekanntgegeben
<b>14.02.2009</b>	<b>Ende der Vorlesungszeit</b>		
<b>15.02.2009</b>	<b>Ende der Rückmeldefrist</b>		
<b>20.04.2009</b>	<b>Beginn der Vorlesungszeit SS 2009</b>		
<b>02.-05.07.2009</b>	<b>Vorlesungsfreie Tage</b>		
<b>25.07.2009</b>	<b>Ende der Vorlesungszeit SS 2009</b>		

Veranstaltungen der Universität: <http://www.uni-stuttgart.de/aktuelles/veranstaltung/>

**Weitere Kolloquientermine bitte auch den aktuellen Aushängen entnehmen**

## Ruthenium in der Zange

### Selektiv und bei milden Bedingungen: Primäre Amine aus Alkohol und Ammoniak dank Ruthenium-Katalysator

Amine werden für die Herstellung von Pharmazeutika, Feinchemikalien, Agrochemikalien, Kunststoffen, Farbstoffen, Pigmenten und Additiven benötigt. Die größte Bedeutung haben primäre Amine. Sie selektiv herzustellen ist allerdings noch immer eine Herausforderung. David Milstein und Chidambaram Gunanathan vom Weizmann Institute of Science (Israel) haben jetzt einen neuen Katalysator entwickelt, der eine direkte Herstellung primärer Amine aus Alkohol und Ammoniak bei milden Bedingungen erlaubt. Wie sie in der „Angewandten Chemie“ berichten, handelt es sich dabei um einen Komplex, bei dem das zentrale Rutheniumion von einem Liganden wie von einer Zange umklammert wird.

Die Herstellung primärer Amine ist so schwierig, weil diese Produkte sehr reaktiv sind, so dass sekundäre und tertiäre Amine als unerwünschte Nebenprodukte auftreten. Die meisten großtechnischen Verfahren basieren auf der Reaktion von Alkoholen mit Ammoniak und benötigen sehr hohe Temperaturen und Drücke. Dabei entsteht ein Gemisch von Aminen, Alkanen und Alkenen als Nebenprodukte. Eine selektive katalytische Synthese primärer Amine aus Alkoholen und Ammoniak unter milden

Bedingungen, ohne Abfallprodukte, wäre ökologisch und ökonomisch wünschenswert.

Die israelischen Wissenschaftler haben nun einen Katalysator entwickelt, der diese Wünsche erfüllt: einen neuartigen, auch an Luft stabilen Ruthenium-Komplex. Mit zwei Phosphor-haltigen „Greifarmen“ umfasst ein organischer Ligand das Rutheniumion von zwei Seiten und nimmt es regelrecht in die Zange. Eine dritte Bindestelle am Metallion bildet ein Stickstoffatom des zentralen aromatischen Ringsystems des Liganden.

Mit diesem Zangenkomplex gelingt die selektive Synthese primärer Amine aus Alkohol und Ammoniak unter milden Bedingungen. Die Reaktion läuft in Toluol ab. Größere Mengen toxischer Verbindungen sind nicht notwendig und es fallen keine schädlichen Abfallprodukte an. Erstaunlicherweise reagieren nicht mit Wasser mischbare Alkohole auch sehr gut ohne Lösungsmittel in Anwesenheit von Wasser.

Die einfache, allgemein anwendbare Reaktion liefert primäre Amine in guten Ausbeuten und könnte daher auch für den großtechnischen Maßstab eine interessante Alternative eröffnen. Bei der Synthese komplexer Natur- und Wirkstoffe könnten benötigte Aminofunktionen mithilfe dieses Reaktionsschrittes direkt über die entsprechenden Alkohole aufgebaut werden.

Quelle: <http://www.organische-chemie.ch/chemie/2008okt/ruthenium.shtm>



## Verwendung der Studiengebühren

Aus den zentralen Mitteln wurde beantragt und bewilligt:

Aufstockung der SciFinder-Lizenz von 1 Nutzer auf das PhD package 3 in 2008 und 2009	26.000 Euro
Neuaufbau eines integrierten chemischen Grundpraktikums (GP) für die BA-Studiengänge der Fakultät und für den Lehrexport	174.000 Euro
Summe:	200.000 Euro

Der Fakultät Chemie wurden für das Sommersemester 2008 der Betrag von 269.773 Euro zugewiesen. Von diesem Betrag wurden folgende Anträge bewilligt:

Zusätzliche Kurse im AC-Praktikum für UWST und Verfahrenstechniker; Hilfskraftmittel (IAC)	33.000 Euro
Beschaffung von Demo-Versuchen und Hilfsmittel zur Visualisierung für Lehramtskandidaten (IAC, IOC, IPC)	10.000 Euro
Visualisierung der Röntgenbeugung Fortgeschrittenenpraktikum AC (IAC)	28.000 Euro
Hilfskraftmittel, AC Grundpraktikum für Chemiker, Lebensmittelchemiker und Lehramtskandidaten (IAC)	14.000 Euro
Hochauflösende Livebild Kamera für Experimentalvorlesungen (IAC)	3.787 Euro
Hochauflösende Livebild Kamera für Experimentalvorlesungen (IOC)	3.787 Euro
Hilfskraftmittel, PC-Praktika (insgesamt 25.000 Euro) (IPC)	21.000 Euro
Tisch-ESR für das PC II Praktikum bzw. PC II Modul im Bachelor-Studiengang (IPC)	47.000 Euro
Gaschromatographen für Praktikum Techn. Chemie nach dem Vordiplom -Wiedervorlage- (ITC)	28.092 Euro
Hilfskraftmittel, Praktikum Techn. Biochemie I (insgesamt 12.580 Euro) (ITB)	2.580 Euro
Glove-Box für AC-Praktikum Fortgeschrittene (IAC)	34.000 Euro
Zusätzliche Kurse im AC-Praktikum für UWST und Verfahrenstechniker; Verbrauchsmaterial (IAC)	14.000 Euro
Summe:	239.246 Euro

## Brot und Kriege aus der Luft

Quelle: <http://www.faz.net>

14. Oktober 2008 Eine ähnliche Schlagzeile hat man lange nicht mehr gelesen: „Deutsche Chemiker besiegen den Hunger in der Welt.“ Ganz hat sie auch nie gestimmt. Aber beinahe. „Es tröpfelt!“ soll der begeisterte Kommentar gelautet haben, als aus einer Versuchsapparatur des Chemikers Fritz Haber am Nachmittag des 2. Juli 1909 in Anwesenheit des Mechanikermeisters Julius Kranz und des Assistenten Alwin Mittasch flüssiges Ammoniak trat. Selbst wenn es nur ein kleiner Tropfen war - die Folgen hat die Menschheit zu spüren bekommen.



Ammoniak, chemisch  $\text{NH}_3$ , ist ein stechend riechendes Gas, das sich in Salpetersäure und Ammoniumnitrat umwandeln lässt - beides explosive Substanzen, die zur Herstellung von Sprengstoffen dienen. Aber eben auch zur Herstellung von Kunstdünger. Das nach Fritz Haber und dem BASF-Chemiker Carl Bosch benannte Haber-Bosch-Verfahren hat

auf dem Umweg über den Acker tatsächlich Milliarden von Menschen ernährt. Und es hat gleichzeitig den Einsatz ungeheurer Munitionsmengen möglich gemacht. Mehr als hundert Megatonnen Stickstoffdünger werden heute jährlich produziert; die Hälfte der Weltbevölkerung könnte ohne das Haber-Bosch-Verfahren nicht überleben, schreibt das Fachmagazin Nature Geoscience in seiner jüngsten Ausgabe.

### Ein unglücklicher Patriot

Wer war dieser Mann „zwischen Sprengstoff und Kunstdünger“? Kurz vor seinem Tod hat er sich selbst beschrieben: „Ich war mehr als ein großer Heerführer, mehr als ein Industriekapitän. Meine Arbeit war wesentlich für die wirtschaftliche und militärische Expansion Deutschlands. Alle Türen standen mir offen.“ Er übertrieb kaum, aber am Ende hat er alles verloren, seine Gesundheit, sein Vermögen, seine Familie und seine Ehre.

Fritz Haber wird am 9. Dezember 1868 in Breslau als Sohn des jüdischen Farben- und Chemikalienhändlers Siegfried Haber und seiner Frau Paula geboren. Deutschland befindet sich im Aufbruch ins Industriezeitalter, die Reichsgründung steht unmittelbar bevor. Fritz Haber besucht ein humanistisches Gymnasium, Latein, Griechisch und gerade noch Mathematik stehen im Vordergrund, Biologie im Sinne Darwins ist verpönt, Chemie überhaupt nicht vorgesehen.

Dabei ist die Chemie längst zur Schlüsselwissenschaft geworden. Seit der englische Nationalökonom Thomas Malthus vorausgesagt hat, dass die Lebensmittelproduktion nicht mit dem Wachstum der Menschheit



Schritt halten kann, haben Forscher wie Justus von Liebig sich bemüht, die Erträge der Landwirtschaft durch künstliche Düngung zu steigern. Kalisalze kommen zum Einsatz, aus dem Thomasmehl der Stahlwerke lässt sich Phosphor gewinnen, nur an Stickstoff herrscht weiterhin Mangel. Zwar besteht die irdische Atmosphäre zu drei Vierteln aus Stickstoff, doch in dieser elementaren Form können ihn Pflanzen nicht verwerten. Nur bestimmte Bodenbakterien können ihn umwandeln, die Chemiker bissen sich an dieser Aufgabe seit mehr als hundert Jahren die Zähne aus.

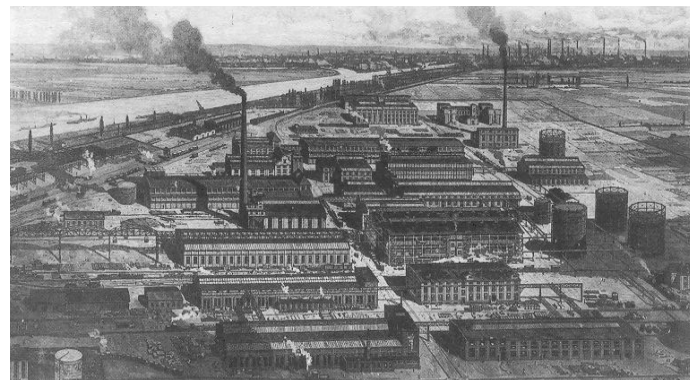
Die einzige Quelle für Stickstoffdünger waren zu dieser Zeit die Salpeterorkommen im Grenzgebiet von Chile, Peru und Bolivien in der Atacama-Wüste. 155 Fabriken produzieren jährlich zwei Millionen Tonnen, ein Drittel davon gehen nach Deutschland. Doch die Vorräte sind begrenzt: Der englische Chemiker Sir William Crookes prophezeit, dass sie bis 1930 erschöpft sein werden.

### Angezogen von der Thermodynamik

Fritz Haber entscheidet sich gegen den Willen seines Vaters zum Chemiestudium. 1891 promoviert er in Berlin mit mäßiger Abschlussnote und entdeckt seine Vorliebe für das neue Fachgebiet der Thermodynamik. Nach deren Gesetzen lässt sich die Abhängigkeit chemischer Reaktionen von Temperatur und Druck beschreiben; erstmals sind damit Voraussagen über die exakte Ausbeute möglich. Wilhelm Ostwald, Jacob van't Hoff, Svante Arrhenius und Walther Nernst sind die Protagonisten der neuen Richtung, alle werden, wie auch Haber und Bosch, später mit Nobelpreisen ausgezeichnet.

Fritz Haber will sich in Karlsruhe habilitieren und gerät in die üblichen akademischen Intrigen und Machtkämpfe. Jede Nacht studiert er bis zwei Uhr die neuesten Forschungsergebnisse, „bis ich's kapiert hatte“. Er ist ehrgeizig und reizbar, Nervenleiden machen ihm bis zu seinem Tod zu schaffen, häufig ist er „wirklich grässlich herunter“. 1901 heiratet er die Chemikerin Clara Immerwahr. Sie geht in dieser Ehe zugrunde; als ihr Mann während des Ersten Weltkriegs in der Flandernschlacht 1915 bei Ypern den ersten deutschen Giftgasangriff leitet und für seine Verdienste geehrt wird, erschießt sie sich mit seiner Dienstwaffe.

Aber 1906 ist Haber erst einmal Ordinarius und dafür mit 37 Jahren noch jung. Drei Möglichkeiten existieren zu diesem Zeitpunkt, den elementaren Stickstoff aus der Luft zu fixieren: mit Hilfe eines Lichtbogens, wobei ähnlich wie in natürlichen Gewittern Stickoxide entstehen; dafür werden allerdings gewaltige Mengen elektrischer Energie benötigt. Indirekt ließe sich Stickstoffdünger auch aus Calciumcarbid in Form von Kalkstickstoff gewinnen; das Verfahren gilt technisch als aussichtsreich, aber sehr kostenintensiv.



Die Ammoniakfabrik der BASF in Oppau. (Gemälde von Otto Bellhagen, 1914)

## Zusammenarbeit mit der BASF

Der eleganteste Weg wäre zweifellos die Darstellung von Ammoniak aus seinen Elementen Stickstoff und Wasserstoff, nach der einfachen Formel  $N_2 + 3 H_2 \rightleftharpoons 2 NH_3$ . Dabei handelt es sich um eine Gleichgewichtsreaktion: Bei hohem Druck und niedrigen Temperaturen liegt es auf der Seite des Ammoniaks, aber die Reaktion erfolgt nur sehr langsam und träge. Schneller läuft sie bei hohen Temperaturen ab, aber dabei zerfällt Ammoniak wieder in seine Bestandteile. Es ist ein chemischer Teufelskreis, von dem die Fachwelt glaubt, ihn zu beschreiten sei „auch in Zukunft absolut aussichtslos“. Als sich Fritz Haber 1907 auf einer Tagung der Bunsen-Gesellschaft mit ersten Berechnungen zu Wort meldet, wird er von seinem Konkurrenten Walther Nernst abgekanzelt; er möge doch „eine Methode anwenden, die wirklich präzise Werte geben muss“.



Da hat allerdings schon Fritz Habers Zusammenarbeit mit der Badischen Anilin- und Sodafabrik in Ludwigshafen begonnen. Die BASF hat bereits ein Patent des berühmten

Chemikers Wilhelm Ostwald aufgekauft. Sie lässt dessen Angaben durch den jungen Carl Bosch überprüfen, und der Laborbericht belegt, dass die kleinen Mengen Ammoniak, die dabei entstehen, nicht aus der Luft, sondern aus dem verwendeten Eisenkatalysator stammen. Das Patent wird zurückgezogen, obwohl es schon die Zusammenhänge zwischen Temperatur, Druck, Katalysator sowie ein technisches Kreislaufverfahren beschreibt, wie es auch Fritz Haber im Sinn hat. Wilhelm Ostwald hält sich bis zuletzt für den „geistigen Vater dieser Industrie“, dessen „verlassenen Kindleins“ sich nur andere angenommen hätten. Auch Nernst behauptet, dass die Idee eigentlich von ihm stamme.

## Viele vage Patente

Patentstreitigkeiten werden das Haber-Bosch-Verfahren bis in die zwanziger Jahre hinein begleiten. Ostwald beantragt, die Erfindung für nichtig zu erklären, scheitert damit aber vor Gericht, weil sich Nernst plötzlich überraschend auf die Seite von Haber stellt. Im Hintergrund wird zäh um Beteiligungen gefeilscht. Nach dem Ersten Weltkrieg reklamieren die Siegermächte die Patente für sich, müssen aber feststellen, dass sie aus keiner einzigen Offenlegungsschrift wirklich schlau werden.

Das immer wieder zitierte „Zirkulationspatent“ DE235421 beispielsweise, das rückwirkend zum 13. Oktober 1908 erteilt wurde, umfasst nur zwei Seiten und beschränkt sich auf allgemeine Angaben über das Prinzip, den Prozess kontinuierlich mittels Wärmeaustausch zu führen. Ein zweites „Hochdruckpatent“ (DE238450) ist ähnlich

KAISERLICHES



PATENTAMT.

## PATENTSCHRIFT

— № 235421 —

KLASSE 12 *h*. GRUPPE 3.

AUSGEBEN DEN 8. JUNI 1911.

BADISCHE ANILIN- &amp; SODA-FABRIK IN LUDWIGSHAFEN A. RH.

Verfahren zur synthetischen Darstellung von Ammoniak aus den Elementen.

Patentiert im Deutschen Reiche vom 13. Oktober 1908 ab.

Es ist durch wissenschaftliche Untersuchungen festgestellt, daß man Ammoniak aus den Elementen erhalten kann, wenn man ein Gemenge von Stickstoff und Wasserstoff, und zwar am zweckmäßigsten ein solches aus 1 Raumteil Stickstoff und 3 Raumteilen Wasserstoff, bei höherer Temperatur über Katalysatoren leitet. Indessen tritt hierbei nur ein

gen steigern lassen, macht diese Synthese noch nicht praktisch verwertbar, da auch hier die Ausbeuten immer noch relativ klein bleiben, und ebenso liefert auch in diesem Falle das kontinuierliche Arbeiten kein technisch befriedigendes Ergebnis, weil der Aufwand an mechanischer Energie und Wärme, der geleistet werden muß, um die Gasmasse nach erfolgter

vage gehalten. Aus den Datenbanken der Patentämter lässt sich der ganze Vorgang heute kaum noch rekonstruieren, eine Anfrage im Firmenarchiv der BASF fördert immerhin weitere 37 Patente zutage, mit denen die Ansprüche damals abgesichert wurden. Denn die wirtschaftliche und militärische Bedeutung des Haber-Bosch-Verfahrens war allen Beteiligten von Anfang an klar.

### Waffen für den Gaskrieg

Der Weltkrieg hat kaum begonnen, da gibt Carl Bosch der Obersten Heeresleitung in Berlin sein „Salpetersversprechen“, mit dem er eine Produktion in großem Maßstab in Aussicht stellt. Fritz Haber entwickelt unter-

dessen Chlorgaswaffen und wird nach der deutschen Niederlage zum Kriegsverbrecher erklärt. Er richtet ein „schwimmendes Laboratorium“ ein, mit dem er hofft, aus Meerwasser Gold zu gewinnen, und scheitert. Er leistet wesentliche Vorarbeiten zur Herstellung des Schädlingsbekämpfungsgases Zyklon B - ohne zu ahnen, dass es später in den Gaskammern gegen sein eigenes Volk eingesetzt werden wird. Aufgrund einer Denunziation wird Haber 1933 gezwungen, sein Institut zu verlassen.

Schwer krank irrt er noch ein Jahr lang durch Europa. Am Abend des 29. Januar 1934 stirbt er in Basel an einem Herzschlag. Sein letzter Brief endet mit den Worten: „Ich habe zu lange gelebt.“

## Das Haber-Bosch-Verfahren

Das Haber-Bosch-Verfahren ist ein Verfahren zur synthetischen Herstellung von Ammoniak aus den Elementen Stickstoff und Wasserstoff. Es ist benannt nach dessen Entwicklern, den deutschen Chemikern Fritz Haber (1868–1934) und Carl Bosch (1874–1940).

Aufgrund des hohen Energiebedarfs der Reaktionen zur Abtrennung des zur Ammoniaksynthese nötigen reinen Wasserstoffs entfallen etwa 1,4 % des Weltenergieverbrauchs auf das Haber-Bosch-Verfahren und es werden damit insgesamt 100 Millionen Tonnen Ammoniak jährlich erzeugt.

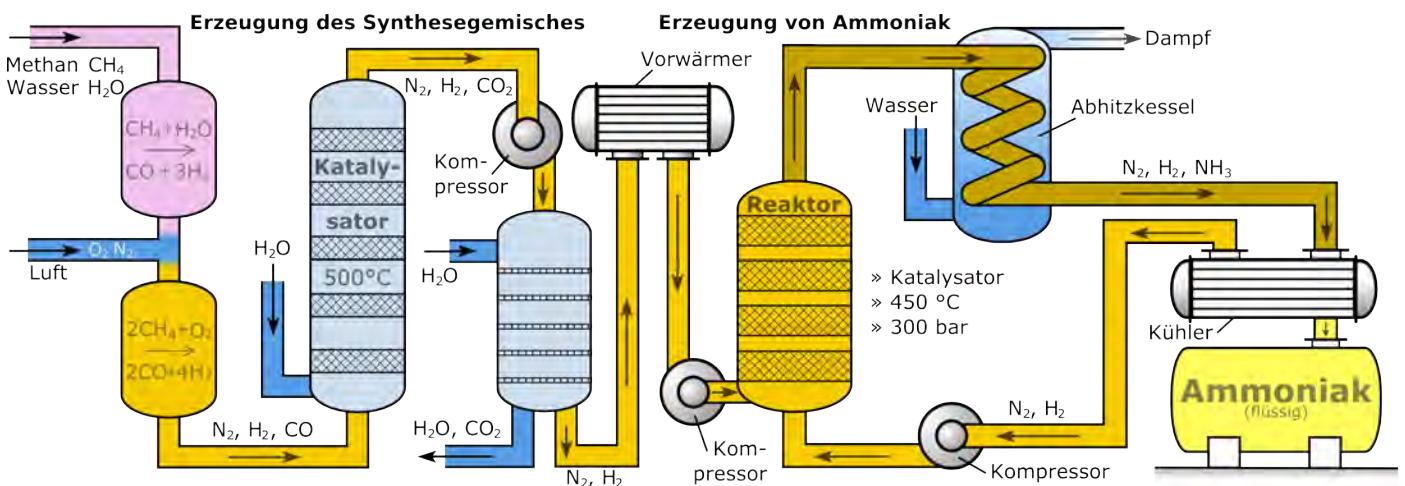
Beim Haber-Bosch-Verfahren wird ein Gasgemisch aus Wasserstoff und Stickstoff an einem Eisenoxid-Mischkatalysator aus Eisen(II/III)-Oxid  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  und  $\text{SiO}_2$  bei etwa 300 bar Druck und  $450^\circ\text{C}$  zur Reaktion gebracht. Aus dem  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  entsteht im Reaktor durch Reduktion mit  $\text{H}_2$  der eigentliche Katalysator  $\alpha\text{-Fe}$ .

## Synthesebedingungen

Die optimalen bzw. ökonomischsten Reaktionsparameter wurden bestimmt auf:

- \* Druck: 200 bar bis 300 bar
- \* Temperatur:  $450^\circ\text{C}$
- \* Mengenverhältnis  $\text{N}_2 : \text{H}_2 = 1 : 3$
- \* Verwendung von  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  als Katalysator und  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  und  $\text{SiO}_2$  als Promotoren zur Reaktionsbeschleunigung

Die Reaktion hat aufgrund der Dreifachbindung des Stickstoffmoleküls trotz Katalysator noch eine hohe Aktivierungsenergie. Diese wird durch die hohe Temperatur aufgebracht. Die Reaktion selbst ist jedoch exotherm (Bildung von  $2 \text{NH}_3$ :  $\Delta H^0 = -92,5 \text{ kJ/mol}$ ); die hohe Temperatur wirkt also der Synthese von Ammoniak entgegen und verringert deshalb die Ausbeute. Das Prinzip von Le Chatelier wird jedoch genutzt, indem man das Ammoniak laufend aus dem Reaktionsprozess entfernt und durch Frischgas ergänzt und zudem den Druck hoch hält. Der Volumenanteil  $\text{NH}_3$  im Gasgemisch beträgt rund 17,6 %.



In großen Anlagen wird das Haber-Bosch-Verfahren in der Industrie verwendet, um preiswert Ammoniak zu gewinnen. Das Schema zeigt den Aufbau einer solchen Anlage und ist von links nach rechts zu lesen:

Der für die Reaktion nötige Wasserstoff wird heute meist durch die partielle Oxidation von Erdgas erschlossen, der Stickstoff wird wie schon im ursprünglichen Verfahren direkt aus der Luft entnommen. Der störende Sauerstoff wurde früher durch Reduktion mit Wasserstoff zu Wasser umgebildet und dann abgeschieden, heute wird er jedoch bei der Fraktionierung der flüssigen Luft abgetrennt.

Moderne Ammoniakanlagen erzeugen bereits mehr als 3.000 Tonnen pro Tag in einer Produktionslinie.

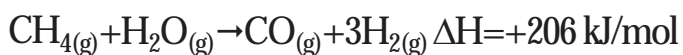
### Technische Herstellung von Ammoniak

Ammoniak entsteht in einer Gleichgewichtsreaktion aus den Elementen Wasserstoff und Stickstoff. Hierzu werden benötigt:

- \* N<sub>2</sub> aus der Luft
- \* H<sub>2</sub> aus Methan und Wasserdampf

#### 1. Schritt: Spaltgaserzeugung

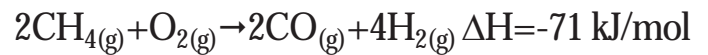
In einem ersten Schritt wird Wasserstoff vom Kohlenstoff getrennt. Dazu lässt man Methan mit Wasserdampf, mit Hilfe eines Katalysators (Nickeloxid-Aluminiumoxid-Katalysator), zu Kohlenstoffmonoxid und Wasserstoff reagieren (Primärreformer).



#### 2. Schritt: Sekundärreformer

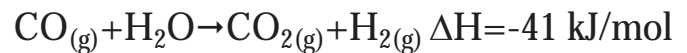
Da die obige Reaktion das Methangas nur unvollkommen umsetzt, lässt man in einem zweiten Schritt das restliche Methangas mit Sauerstoff zu Kohlenstoffmonoxid und

Wasserstoff reagieren (Sekundärreformer). Der Sekundärreformer wird hierzu mit Luft beschickt, wobei der für die spätere Ammoniaksynthese erforderliche Stickstoff automatisch in das Gasgemisch kommt.



3. Schritt: Konvertieren (Oxidieren) des Kohlenmonoxids zu Kohlendioxid

In einem letzten Schritt muss das Kohlenstoffmonoxid zu Kohlenstoffdioxid oxidieren (Konvertierung):



Kohlenstoffmonoxid und Kohlenstoffdioxid bilden mit Ammoniak Feststoffe (Carbamat), die in kurzer Zeit Rohrleitungen und Apparate verstopfen würden.

4. Schritt: Absorption von Kohlendioxid (Gaswäsche)

Im Gegensatz zu Kohlenstoffmonoxid kann Kohlenstoffdioxid durch eine Gaswäsche leicht aus dem Gasgemisch entfernt werden. Kohlenstoffdioxid wird durch Waschen mit Triethanolamin aus dem Gemisch entfernt.

5. Schritt: Umsetzung des Synthesegases zu Ammoniakgas

Im letzten, entscheidenden Schritt wird das so erzeugte Wasserstoff-Stickstoff-Gemisch bei Hochdruck und etwa 450°C katalytisch zu Ammoniakgas umgesetzt (siehe oben, Artikelanfang).

Quelle:

<http://de.wikipedia.org/wiki/Haber-Bosch-Verfahren>

## Schmelzgießbarer Nitratester mit hoher Sprengkraft

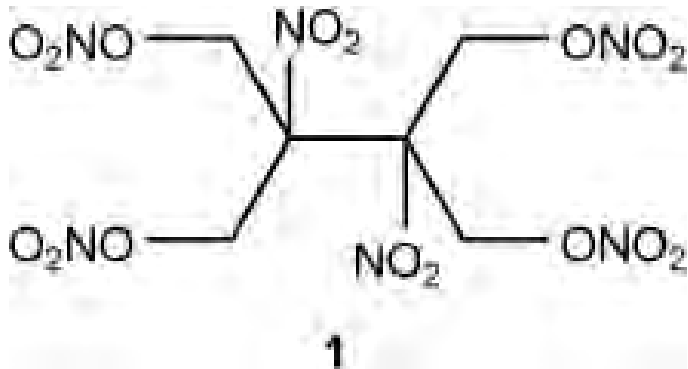


Abbildung 1: Struktur des neuen Explosivstoffes

Seit der Entdeckung von Nitroglycerin 1846 ist die Verbindungsklasse der Nitratester als Explosivstoff bekannt. Inzwischen sind außer dem Nitroglycerin noch eine Menge anderer Nitratester als Spreng- und Treibstoff in Gebrauch. Ein Team um David E. Chavez vom Los Alamos National Laboratory (USA) hat nun einen neuartigen Tetranitratester entwickelt. Wie das Team in der Angewandten Chemie berichtet, zeigt die Verbindung ein interessantes Eigenschaftsprofil: Bei Raumtemperatur fest, hat eine sehr hohe Sprengkraft und lässt sich durch Schmelzguss in die gewünschte Form bringen.

Nitratester sind organische Salpetersäureverbindungen, in denen eine enorme Sprengkraft stecken kann. Ihr flüssiger Aggregatzustand erschwert ihre Handhabung allerdings erheblich. Durch Zumischen verschiedener anderer Bestandteile entwickelte Alfred Nobel mit dem Dynamit einen deutlich sichereren und besser zu handhabenden Sprengstoff auf Nitroglycerinbasis.

Der einzige feste Nitratester, der als Explosivstoff genutzt wird, war bisher Nitropenta. Aufgrund seines recht hohen Schmelzpunkts von etwa 140°C muss Nitropenta in die benötigte Form gepresst werden.

Chavez und seine Kollegen stellen dem Nitropenta nun einen weiteren festen Nitratester an die Seite. Dank seines Schmelzpunkts von nur etwa 85°C, weit unterhalb seiner Zersetzungstemperatur von 141°C, lässt sich dieser schmelzen und in Formen gießen: ein wesentlich einfacheres Verfahren zur Herstellung von Sprengstoffkomponenten.

Die neue Verbindung enthält vier Nitratester-Gruppen (-ONO<sub>2</sub>) und zwei Nitrat-Gruppen (-NO<sub>2</sub>), die an insgesamt sechs Kohlenstoffatome gebunden sind. Die Kris-



Abbildung 2: Kristalle des Tetranitratester



talle zeigen die höchste Dichte, die bisher für Nitratester bekannt ist. Computerrechnungen sagen für den neuen Tetranitratester eine Sprengkraft vorher, die etwa genauso stark ist wie bei Oktogen (HMX) – derzeit einer der leistungsfähigsten Sprengstoffe. Die Empfindlichkeit gegenüber Stoß, Reibung und Funken entspricht etwa der von Nitropenta.

„Dank seines erstaunlichen Eigenschaftsprofils eröffnet der neue Nitratester die einzigartige Möglichkeit zur Herstellung gießbarer Sprengstoff-Komponenten,“ sagt Chavez. „Außerdem könnte er als sehr energiereicher Weichmacher für andere Sprengstoffe und als oxidierender Bestandteil genutzt werden.“

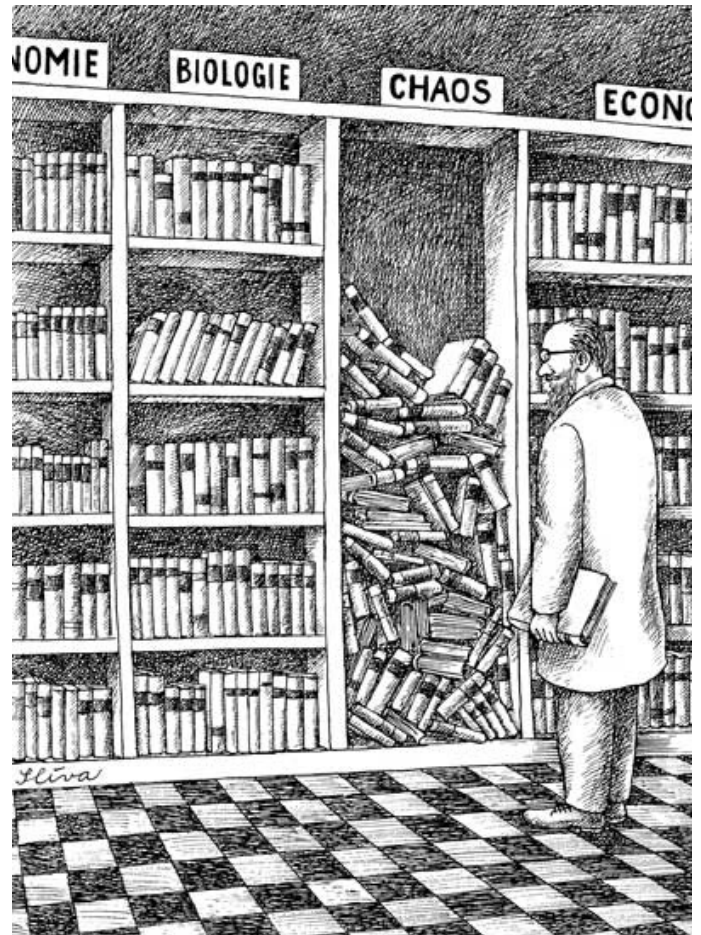
Ihren Syntheseweg wollen die Forscher zudem für die Entwicklung weiterer Explosivstoffe nutzen.

## HUMOR

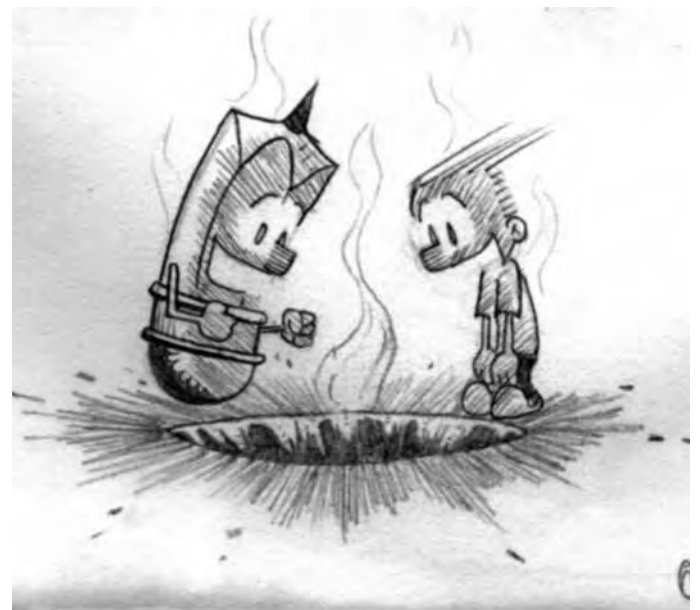


“HONESTLY, ERWIN. CAN'T YOU JUST FLIP A COIN?”

Was ist paradox?  
Wenn ein Chemiker mit Hochdruck an der  
Vakumpumpe arbeitet



Gesetz der selektiven Schwerkraft: Ein Gegenstand fällt immer so, daß er den größten Schaden anrichtet.



## Was gibt es bei uns?

Wer Fragen zum Studium hat, oder einfach nur mal einen Tip von einem höheren Semester haben möchte, ist bei uns immer an der richtigen Adresse. Außerdem bieten wir noch folgende Services an:

### Prüfungsprotokolle und

#### Klausuren

Zu fast jeder Prüfung könnt Ihr Euch bei uns Protokolle als Kopiervorlage ausleihen. Damit unsere Sammlung immer aktuell bleibt, sind wir natürlich darauf angewiesen, daß auch Ihr Prüfungsprotokolle schreibt; daher unsere Pfandregelung: Wer ein Protokoll zum ersten Mal ausleiht, zahlt 5 Euro Pfand; wer uns ein Protokoll von seiner Prüfung schreibt, bekommt seine 5 Euro zurück.

Bitte tut Euren Kommilitonen den Gefallen und behaltet die Klausuren und Protokolle so kurz wie möglich, schließlich will jeder mal welche ausleihen.

Eines müssen wir an dieser Stelle übrigens nochmals klarstellen:

Wir haben keine Kochzettel oder Vorlagen von Praktikumsprotokollen!

Feste Öffnungszeiten haben wir nicht, aber eigentlich ist bei uns immer jemand zu erreichen, kommt einfach rein ohne anzuklopfen.

### Laborbedarf und Skripte

Ein paar nützliche Dinge haben wir zum Selbstkostenpreis im Angebot:

#### Laborbedarf:

Spatel klein (Mikrolöffel)	2,00
Spatel groß (Mikroschaufel)	1,50
Handschuhe	3,00
Laborkittel	18,00
Schutzbrille mit Rahmen	10,50
Schutzbrille ohne Rahmen	5,00
10 Reagenzgläser	1,00
Molekülbaukasten	15,00

#### Skripte:

PC I	3,00
PC IV	1,00
Analytik I	2,00

**Sponsored by:**

**S' Kopierlädle**  
in der Mensa an der Uni S-Vaihingen