

# Friedrich Asinger (1907–1999): ein Vermittler zwischen Grundlagen- und angewandter Forschung

Wilhelm Keim und Heribert Offermanns\*

## Stichwörter:

Asinger, Friedrich · Asinger-Reaktion · Chemiegeschichte · Heterocyclen · Penicillamin

Am 26. Juni 1907 wurde Friedrich Asinger geboren, dessen Arbeiten zur Direktsynthese von Schwefel- und Stickstoffheterocyclen durch „gemeinsame Einwirkung von Schwefel und Ammoniak auf Ketone“ bahnbrechend waren (Abbildung 1). Diese lösungs-



Abbildung 1. Friedrich Asinger (1907–1999). Aufnahme aus dem Jahr 1966.

mittelfreie Dreikomponenten-Dreiphasen-Eintopfreaktion bei Raumtemperatur ist nach W. A. Pryor<sup>[1]</sup> „die einzige bekannte Schwefeloxidation, die bei

25°C eine nennenswerte Geschwindigkeit hat.“ Die von Asinger zufällig gefundene Umwandlung, über die er erstmals 1956 auf dem Chemiker-Treffen in Salzburg berichtete,<sup>[2]</sup> wird heute als Asinger-Reaktion bezeichnet.<sup>[3]</sup> Sie machte über 20 neue heterocyclische Systeme zugänglich, mit denen eine Palette von Folgereaktionen durchgeführt wurde, die in gut 120 Publikationen und 60 Patenten beschrieben sind.

Internationale Anerkennung fand Friedrich Asinger aber nicht nur wegen seiner Heterocyclensynthesen, sondern auch in seiner Rolle als technisch-organischer Chemiker (bei den Leuna-Werken der IG-Farben) und als einer der Pioniere der Petrolchemie. Neben seinen bemerkenswerten industriechemischen Beiträgen zu Waschrohstoffen (Mersolate) und Weichmachern (Mersapone) fanden insbesondere seine grundlegenden Arbeiten zur Chlorierung, Sulfochlorierung, Sulfoxidation und Nitrierung von langkettigen Paraffinen sowie über Reaktionen langkettiger Monoolefine internationale Beachtung. Mit der Einführung der Mersolate war erstmals ein synthetischer Weg für die Waschmittelproduktion aufgezeigt, die während des Zweiten Weltkrieges 80 000 t/a erreichte.

Der Name Asingers wurde zum Synonym für Lehre und Forschung in der Petrolchemie, vor allem auch dank der von ihm verfassten Standardwerke (*Chemie und Technologie der Paraffinkohlenwasserstoffe*, *Chemie und Technologie der Monoolefine*, *Einführung in die Petrolchemie*, *Die Petrolchemische Industrie I und II*).<sup>[4]</sup> Ohne Übertreibung kann gesagt werden, dass Asinger wichtige Impulse für die Petrolchemie gab, ja den Übergang vom Chemieroh-

stoff Kohle hin zu Erdgas und Erdöl wesentlich mitgestaltete.

Mit Sorge verfolgte er aber auch den Raubbau der kostbaren Rohstoffe Erdöl und Erdgas zur Energieerzeugung, und er entwickelte sich zum Befürworter der Atomenergie und der Kohlechemie. Bereits in den 60er Jahren trat er für die Verwendung von Methanol als Energie- und Chemierohstoff der Zukunft ein. Schon in seinem 1986 erschienenen Buch *Methanol: Chemie- und Energierohstoff*<sup>[5]</sup> – also 20 Jahre vor dem derzeit viel diskutierten Buch *Beyond Oil and Gas* von G. A. Olah et al.<sup>[6]</sup> –, in dem Asinger Wege zur chemischen und energetischen Verwertung des Methanols aufzeigt, kann man nachlesen: „Stünde Wasserstoff billig zur Verfügung, könnte die[se] leicht zu gewinnende, reine, schwefelfreie Kohlensäure als Ausgangsstoff für die Methanol-Synthese dienen.“ Und: „Werden aber einmal die fossilen Rohstoffquellen noch knapper und teurer, oder gehen diese völlig zu Ende ... bleibt außer den Biomassen nur noch ... Kohlensäure als Rohstoffquelle für die Organisch-Chemische Industrie übrig!“

Geboren in Freiland (Niederösterreich) studierte Asinger Chemie an der Technischen Hochschule Wien und wurde 1932 mit einer Doktorarbeit „Über den Einfluss von Substituenten auf die Verseifungsgeschwindigkeit von Benzalchlorid“ promoviert. Angebote zu habilitieren oder ein Postdoktorat bei L. P. Hammett (1894–1987) an der Columbia University zu absolvieren, musste er aus wirtschaftlicher Not ausschlagen. Nach Anstellungen bei mittelständischen Unternehmen in Wien trat er 1937 als Forschungschemiker in die Leuna-Werke ein, zunächst als

[\*] Prof. Dr. W. Keim  
Institut für Technische und Makromolekulare Chemie, RWTH Aachen  
Worringerweg 1, 52074 Aachen  
(Deutschland)  
Prof. Dr. H. Offermanns  
Grünaustraße 2, 63457 Hanau  
(Deutschland)  
E-Mail: heppoff@gmx.de

Gruppenleiter, später wurde er dann Leiter der Forschungslaboratorien. Parallel zu seiner Industrietätigkeit habilitierte er an der Technischen Hochschule Graz (1943), und an dem von Karl Ziegler geleiteten Institut für Organische Chemie der Universität Halle-Wittenberg wurde er zum Honorardozenten ernannt. 1946 wurde er im Rahmen der Aktion Ossawakim, die eine Zwangsdeportation von Fachkräften und Wissenschaftlern aus der sowjetisch besetzten Zone vorsah, in die Sowjetunion verschleppt, wo er mit Forschungen zu Raketentreibstoffen betraut wurde.

In der Sowjetunion entstanden auch die Entwürfe für seine oben genannten Lehrbücher und Monographien über Paraffine, Monoolefine und zur Petrochemie.<sup>[7]</sup> Nach acht Jahren und neun Wintern – wie Asinger immer sagte – kehrte er 1954 aus der Sowjetunion in die DDR heim, nahm die Arbeit bei den Leuna-Werken wieder auf und wurde bald zum Professor für Organische Chemie an die Universität Halle-Wittenberg berufen. 1958 wurde er Ordinarius für Organische Chemie und Direktor des Instituts für Organische Chemie der Universität Dresden.

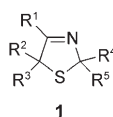
1959 erhielt Asinger einen Ruf an die RWTH Aachen als Ordinarius für Technische Chemie und Direktor des Instituts für Technische Chemie und Petrochemie. Er nahm den Ruf an und konnte als österreichischer Staatsbürger in die Bundesrepublik übersiedeln. Keiner seiner deutschen Mitarbeiter in der DDR durfte ihm folgen, er musste sich in Aachen also einen völlig neuen Mitarbeiterstab aufbauen. In Aachen wirkte er bis zu seiner Emeritierung im Jahre 1972 und blieb dem Institut bis zu seinem Tod 1999 eng verbunden. Über 150 Chemikerinnen und Chemiker promovierten als „Asinger-Schüler“, und mehr als jeder Zehnte davon hat die Hochschullaufbahn eingeschlagen.

Als Zeitzeuge er-, durch- und überlebte Friedrich Asinger mehr als neun Dekaden des vorigen Jahrtausends: die k.u.k.-Monarchie und deren Ende, die gescheiterte Erste Republik in Österreich und die Weimarer Republik, das Naziregime mit dem Anschluss Österreichs, den Zweiten Weltkrieg, das verheerende Ende mit der bedingungslosen Kapitulation, die Stalin-Ära in der Sow-

jetunion, den Kommunismus in der DDR und schließlich in der zweiten Hälfte seines Lebens – endlich – die Demokratie und die Freiheit der Bundesrepublik, die Wiedervereinigung und das Ende der DDR und der Sowjetunion. Es wird berichtet, dass Asinger als 26-jähriger der (verbotenen) NS-Partei in Wien beitrug, andererseits aber auch der den Christlich-Sozialen nahestehenden Vaterländischen Front (1934/35) angehörte.<sup>[8]</sup> Sicher ist, dass er während seiner Industrietätigkeit in Leuna Mitglied der NSDAP war, ohne offenbar besonders hervorzutreten.<sup>[9]</sup>

## 50 Jahre Asinger-Reaktion

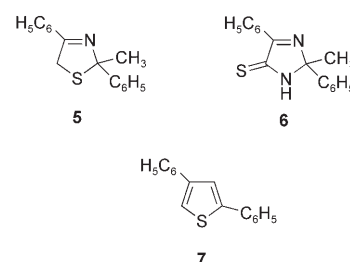
Bei Versuchen zur Herstellung von Raketentreibstoffen während seines Zwangsaufenthaltes in der Sowjetunion erhielt Asinger bei der gemeinsamen Einwirkung von elementarem Schwefel und gasförmigem Ammoniak auf Pentan-3-on oder Cyclohexanon bei Raumtemperatur jeweils einheitliche Produkte in fast quantitativer Ausbeute: eine Flüssigkeit vom Siedepunkt 96 °C (12 Torr) bzw. einen Feststoff vom Schmelzpunkt 81.5–82 °C. Nach seiner Rückkehr nach Halle konnte die Struktur der Produkte, die Asinger – in Phiole eingeschmolzen – aus der Sowjetunion mitgebracht hatte, rasch geklärt werden. Asinger hatte einen einfachen Zugang zum Ringsystem der 3-Thiazoline (**1**) durch eine „Dreikomponenten-Eintopfreaktion“ gefunden.



Bis dahin war lediglich eine Verbindung dieser Stoffklasse beschrieben worden,<sup>[10]</sup> das bei der Strukturaufklärung des indianischen Pfeilgiftes Uscharin vermutete Abbauprodukt Uscharidin. Die 3-Thiazoline verdanken ihre Entstehung einer Monothiolierung in  $\alpha$ -Stellung zur Ketogruppe mit anschließender  $\alpha$ -Aminoalkylierung und Ringschluss unter Wasserabspaltung. Später fanden Asinger und Mitarbeiter, dass auch Mehrfachthiolierungen möglich sind. So reagieren erstaunlicher-

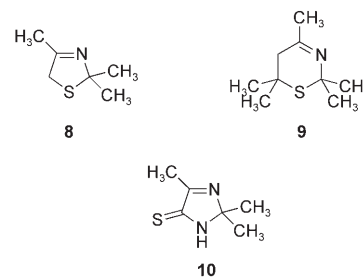
weise Ketone mit  $\alpha$ -ständigen  $\text{CH}_2$ -Gruppen bei  $-70^\circ\text{C}$  in Methanol bei Piperidinzusatz mit Ammoniak und Schwefel zu schwefelfreien substituierten Imidazolen, deren Bildung aus einer intermediären Dithiolierung resultiert. Dementsprechend bildet Pentan-3-on neben nur 5% des 3-Thiazolins **2** als Hauptprodukt das 5-Methyl-2,2,4-triethyl-2*H*-imidazol (**3**) in 60% Ausbeute sowie geringe Ausbeuten von 4-Amino-3,5-dimethylisothiazol (**4**) (Schema 1).

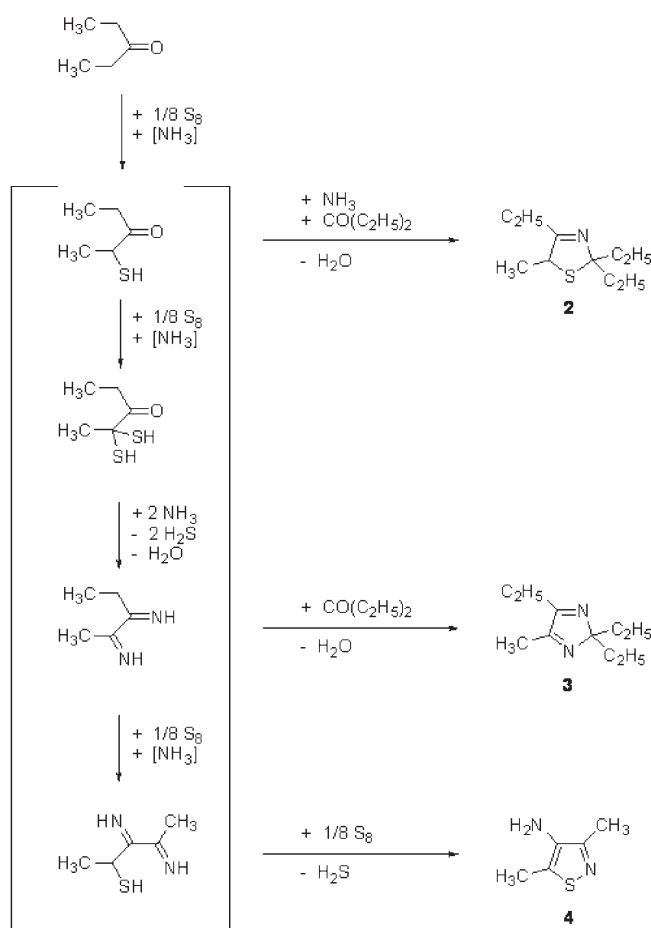
Eine Sonderstellung nehmen Ketone mit  $\alpha$ -Methylgruppe ein (Acetophenon, Aceton usw.). Unter den normalen Bedingungen der Asinger-Reaktion liefert Acetophenon neben dem 3-Thiazolin **5** in geringer Ausbeute eine gelbe



kristalline Verbindung, das 2-Methyl-2,4-diphenyl-3-imidazolin-5-thion (**6**). Unter optimierten Bedingungen können beide Verbindungen in guter bis sehr guter Ausbeute gewonnen werden, und auch das Thiophen **7** lässt sich, unter speziellen Bedingungen, in mäßiger Ausbeute erhalten.

Bereits 1842 hatte Zeise<sup>[11]</sup> Aceton mit Schwefel und Ammoniak zur Reaktion gebracht, ohne jedoch definierte Produkte isolieren zu können (Vortrag auf der Versammlung skandinavischer Naturforscher 1842). In ersten Versuchen (1957) lieferte die Asinger-Reaktion mit Aceton (Raumtemperatur; Lösungsmittelfrei) das erwartete 3-Thiazolin **8**, allerdings nur in 8% Ausbeute





Schema 1. Asinger-Reaktion von Pentan-3-on: Mono-, Di- und Trithiolierung.

neben 2,2,4,6,6-Pentamethyl-1,3-dihydrothiazin (**9**) (6%). Unter Bedingungen, bei denen aus Pentan-3-on das schwefelfreie Dithiolierungsprodukt mit 2*H*-Imidazolstruktur **3** entsteht, bildet Aceton in guter Ausbeute (> 70%) 2,2,4-Trimethyl-3-imidazolin-5-thion (**10**), das seine Entstehung einer Trithiolierung verdankt.

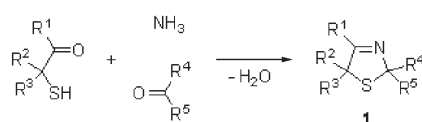
Viele Ketone mit  $\alpha$ -ständigen Methyl-, Methylen- oder Methingruppen können als Substrate in der Asinger-Reaktion eingesetzt werden. Verwendet man unsymmetrische Ketone mit mindestens je einem thiolierbaren H-Atom in beiden  $\alpha$ -Stellungen, entstehen strukturisomere 3-Thiazoline.

Die Direktsynthese der Thiazoline hat aber auch ihre Grenzen. Cyclopentanon reagiert sehr unübersichtlich, ebenso wie Aldehyde. Eine Ausnahme bildet Isobutyraldehyd, der mit Schwefel und Ammoniak glatt zu 2-Isopropyl-5,5-dimethyl-3-thiazolin, dem Ausgangsthiazolin für die Asinger-Synthese

des D-Penicillamins, in sehr guter Ausbeute reagiert.

Große Flexibilität im Hinblick auf die Wahl der Substituenten am Thiazolinring besitzt die ebenfalls von Asinger aufgefundene „Resynthese“, d.h. die Umsetzung von  $\alpha$ -Sulfanylketonen oder auch -aldehyden, die man aus  $\alpha$ -Halogen-carbonylverbindungen oder durch Hydrolyse von 3-Thiazolinen gewinnen kann, mit Ammoniak und einer Oxo-komponente (Schema 2).

Zwischen der Asinger-Reaktion und Ergebnissen anderer Arbeitsgruppen gibt es einige Querbeziehungen. Eine interessante Variante ist die Gewalt-



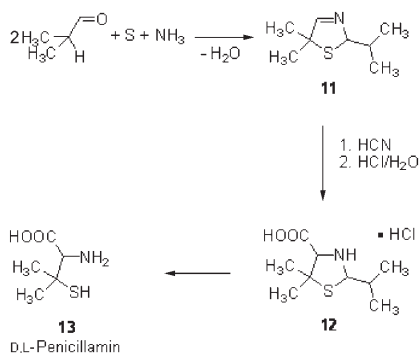
Schema 2. Zugang zu 3-Thiazolinen durch Resynthese.

Reaktion,<sup>[12]</sup> das ist die Umsetzung einer Carbonylverbindung mit  $\alpha$ -ständiger Methylengruppe mit elementarem Schwefel und einem  $\alpha$ -Cyanester zu den entsprechenden 2-Aminothiophenen.

Spezielle 3-Thiazoline und hieraus durch Umsetzung mit Acetanhydrid einfach zu erhaltende 4-Acyl-4-thiazoline wurden von R. B. Woodward und H. Vorbrüggen<sup>[13]</sup> als Bausteine für die Totalsynthese von Cephalosporin verwendet. Im Arbeitskreis von J. Martens wurden durch asymmetrische katalytische Hydrophosphonolierungen der prochiralen 3-Thiazoline (Azomethin-gruppe!) mit chiralen Lanthanoidverbindungen die entsprechenden Thiazolidin-4-phosphonsäuren gewonnen, die unter Konfigurationserhaltung zu den  $\alpha$ -Amino- $\beta$ -thiophosphonsäuren verseift werden können.<sup>[14]</sup> Der gleichen Arbeitsgruppe gelang auch die Synthese von 3-Thiazolinen mit Stereozentrum am C2-Atom sowie stereospezifische Folgereaktionen.<sup>[15]</sup> Eine bemerkenswerte Siebenkomponenten-Eintopfreaktion wurde durch Kombination der Asinger-Reaktion mit der Ugi-Reaktion aufgefunden.<sup>[16]</sup> Das durch Vierkomponenten-Reaktion aus  $\alpha$ -Bromacetaldehyd, NaSH, Ammoniak und einer weiteren Oxo-komponente gewonnene 3-Thiazolin reagiert mit Kohlendioxid, Methanol und Isocyanid zu den entsprechenden substituierten Thiazolidinen.

### Penicillamin-Synthese: das Asinger-Verfahren

Ein besonderer Höhepunkt der Asinger-Reaktion ist die Synthese des D-Penicillamins (Asinger-Verfahren; Schema 3).<sup>[17]</sup> Die Umsetzung von Isobutyraldehyd mit Schwefel und Ammoniak liefert das 3-Thiazolin **11** in hoher Ausbeute. Durch Addition von wasserfreier Blausäure an die Azomethin-gruppe und anschließende saure Verseifung erhält man die 2-Isopropyl-5,5-dimethylthiazolidin-4-carbonsäure (**12**), die zwei Stereozentren aufweist. Eine Wasserdampfhydrolyse liefert das D,L-Penicillamin (**13**), das mit Aceton zum so genannten „Acetonaddukt“, der 2,2,5,5-Tetramethylthiazolidin-4-carbonsäure (nur noch ein Asymmetriezentrum!) umgesetzt wird. Nach Formylier-



**Schema 3.** Asinger-Verfahren zur Herstellung von Penicillamin.

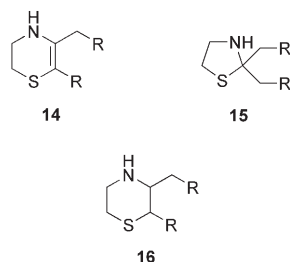
nung wird das Racemat mithilfe optisch aktiver Basen (L-Lysin, (–)-Norephedrin, (–)-Pseudonorephedrin) gespalten. Die Hydrolyse des D-Isomers liefert reines D-Penicillamin. Das „falsche“ Isomer wird racemisiert und recycelt.

Unter dem Namen Trolovol wurde das vollsynthetische D-Penicillamin von Bayer und der Degussa-Pharmasparte als Therapeutikum gegen rheumatoide Arthritis und Morbus Wilson sowie als Antidot gegen Schwermetallvergiftungen auf den Markt gebracht.

Das Asinger-Verfahren wird auch heute noch in technischem Maßstab eingesetzt.

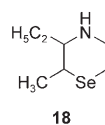
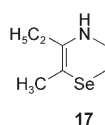
### Asinger-Reaktion mit Ethylenimin

Die Umsetzung spezieller Ketone wie Pentan-3-on mit elementarem Schwefel und Ethylenimin bei Raumtemperatur liefert 5,6-Dihydro-1,4-thiazine (**14**) in hohen Ausbeuten. Als Nebenprodukte entstehen 2,2-disubstituierte Thiazolidine **15**. Als Enamine können die Dihydrothiazine mit Ameisensäure zu den Thiomorpholin **16** hydriert werden. Auch eine Resynthese (Umsetzung von  $\alpha$ -Sulfanylcarbonyl-

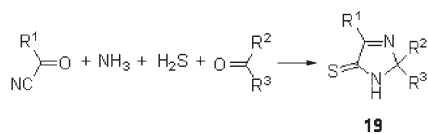


verbindungen mit Ethylenimin) ist möglich.

Während alle Versuche fehlschlugen, Selenanaloge der 3-Thiazoline oder Imidazolin-5-thione durch Umsetzung von elementarem Selen und gasförmigem Ammoniak herzustellen, war es überraschenderweise möglich, durch gemeinsame Einwirkung von elementarem Selen und Ethylenimin auf Pentan-3-on in ca. 50 % Ausbeute das entsprechende 5,6-Dihydro-1,4-selenazin **17** zu erhalten. Die Umsetzung mit Ameisensäure macht Selenomorpholine wie **18** zugänglich.



Asinger und Mitarbeiter waren auch die ersten, denen es gelang, un- und monosubstituierte  $\alpha$ -Oxothioamide aus Acylcyaniden und Schwefelwasserstoff bzw. speziellen  $\omega,\omega$ -Dichlormethylketonen (Acetophenon, Pinakolin), primären Aminen und Schwefel herzustellen, um substituierte Imidazoline oder Imidazole zu gewinnen.  $\alpha$ -Oxothioamide reagieren mit Ammoniak und Ketonen zu Imidazolin-5-thionen **19**. 3-Imidazolin-5-thione können auch in einer Vierkomponenten-Eintopfreaktion aus Acylcyaniden, Schwefelwasserstoff, Ammoniak und Ketonen hergestellt werden (Schema 4).

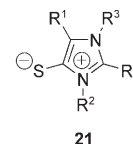
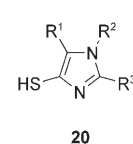


**Schema 4.** Vierkomponenten-Eintopfverfahren zur Synthese von substituierten 3-Imidazolin-5-thionen **19**.

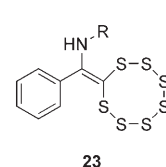
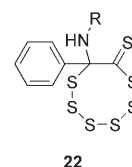
### Sonstige Reaktionen

Die Umsetzung von un- oder monosubstituierten  $\alpha$ -Oxothioamiden mit Schiff-Basen ergibt 4-Sulfanylimidazole (**20**) (stark exotherme Reaktion!) bzw. Imidazolium-4-thiolate (**21**).

Durch Umsetzung von Methylarylketonen wie Acetophenonen mit großen



Überschüssen sowohl an elementarem Schwefel als auch primären Aminen entstehen neuartige schwefelreiche Thiocane, denen Asinger anhand von Abbaureaktionen und spektroskopischer Daten die Struktur von 8-Alkylamino-8-phenyl-7-thioxo-1,2,3,4,5,6-hexathiocanen (**22**) zuordnete. H. Mat-



schiners<sup>[18]</sup> Arbeiten (Röntgenkristallstrukturanalysen) sprechen jedoch für die Struktur von 8-Alkylamino-8-phenylmethyliden-1,2,3,4,5,6,7-heptathiocanen (**23**).

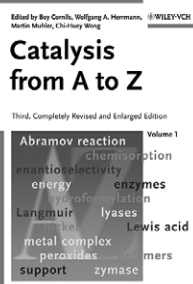
Eingegangen am 28. Februar 2007  
Online veröffentlicht am 12. Juni 2007

- [1] W. A. Pryor, *Mechanisms of Sulfur Reactions*, McGraw Hill, New York, **1962**.
- [2] F. Asinger, *Angew. Chem.* **1956**, 68, 377.
- [3] Übersichtartikel zur Asinger-Reaktion: F. Asinger, M. Thiel, *Angew. Chem.* **1958**, 70, 667–683; F. Asinger, H. Offermanns, *Angew. Chem.* **1967**, 79, 953–965; *Angew. Chem. Int. Ed.* **1967**, 6, 907–919; F. Asinger, W. Leuchtenberger, H. Offermanns, *Chem.-Ztg.* **1974**, 98, 610–615.
- [4] Sämtliche Bücher sind im Akademie-Verlag, Berlin, und teilweise auch in englischer Übersetzung bei Pergamon Press, Oxford, erschienen.
- [5] F. Asinger, *Methanol: Chemie- und Energierohstoff*, Springer, Heidelberg, **1986**.
- [6] G. A. Olah, A. Goepfert, G. K. S. Prakash, *Beyond Oil and Gas: The Methanol Economy*, Wiley-VCH, Weinheim, **2006**.
- [7] Die Literaturverweise enthielten zahlreiche Lücken, da Bibliotheksbesucher Seiten der auf hochwertigem Papier gedruckten *Chemical Abstracts* und des *Zentralblatts* herauszureißen pflegten



- und als Zigarettenpapier zweckentfremdeten.
- [8] H. Eberle, *Die Martin-Luther-Universität in der Zeit des Nationalsozialismus 1933–1945*, mdv, Halle, **2002**, S. 402–403.
- [9] U. Deichmann, *Flüchten, Mitmachen, Vergessen – Chemiker und Biochemiker in der NS-Zeit*, Wiley-VCH, Weinheim, **2001**, S. 446.
- [10] G. Hesse, H. W. Gampp, *Chem. Ber.* **1952**, 85, 933–936.
- [11] W. C. Zeise, *Ann. Chem. Pharm.* **1842**, 47, 24–37.
- [12] K. Gewalt, E. Schinke, H. Böttcher, *Chem. Ber.* **1966**, 99, 94–100.
- [13] H. Vorbrüggen, *Helv. Chim. Acta* **1991**, 74, 297–303.
- [14] H. Gröger, Y. Saida, H. Sasai, K. Yamaguchi, J. Martens, M. Shibasaki, *J. Am. Chem. Soc.* **1998**, 120, 3089–3103.
- [15] J. Martens, H.-H. Janknecht, *Sulfur Lett.* **1990**, 11, 263–270.
- [16] A. Dömling, I. Ugi, *Angew. Chem.* **2000**, 112, 3300–3344; *Angew. Chem. Int. Ed.* **2000**, 39, 3168–3210.
- [17] Übersichtsartikel zum Asinger-Verfahren: W. M. Weigert, H. Offermanns, P. Scherberich, *Angew. Chem.* **1975**, 87, 372–378; *Angew. Chem. Int. Ed.* **1975**, 14, 330–336.
- [18] H. Matschiner, *Z. Naturforsch. B* **1999**, 49, 1063–1066.

## Wiley-VCH BOOK SHOP

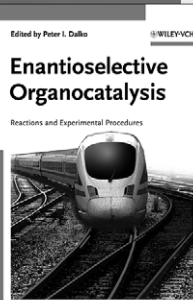


B. Cornils et al. (ed.)

### Catalysis from A to Z

Comprehensive, succinct and easy to use, this updated third edition contains 50% more content in three volumes. More than 200 top scientists worldwide have contributed over 8,000 entries with 3,300 cross references, on all aspects of bio-, heterogeneous and homogeneous catalysis.

approx. 1560 pp, cl, Prepublication price € 449.00  
valid until 28 April 2007 thereafter € 549.00  
ISBN: 978-3-527-31438-6



P. I. Dalko (ed.)

### Enantioselective Organocatalysis Reactions and Experimental Procedures

Leaders at the forefront of research provide an insight in this hot topic, focusing on the most important enantioselective reactions. Clearly structured, each entry begins with a concise introduction, followed by guidelines for newcomers, and tips and tricks.

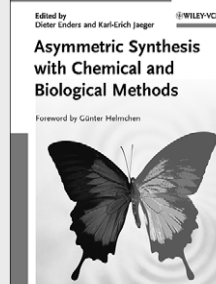
approx. 480 pp, cl, € 149.00  
ISBN: 978-3-527-31522-2

D. Enders / K.-E. Jaeger (eds.)

### Asymmetric Synthesis with Chemical and Biological Methods

Presenting the latest developments, this book provides a deep, interdisciplinary insight into stoichiometric and catalytic reactions in this ever-expanding field, focusing on the synthesis of natural and bioactive compounds and both chemical and biological methods of catalysis.

approx. 448 pp, cl, € 149.00  
ISBN: 978-3-527-31473-7

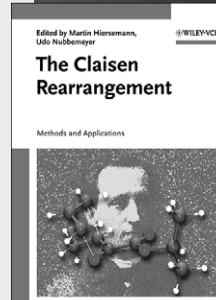


M. Hiersemann / U. Nubbemeyer (eds.)

### The Claisen Rearrangement Methods and Applications

The first comprehensive coverage of all facets of this elegant reaction type, helping every organic chemist to find the best solution for any Claisen rearrangement problem.

608 pp, cl, € 155.00  
ISBN: 978-3-527-30825-5



BICENTENNIAL  
1807  
WILEY  
2007  
BICENTENNIAL

You can order online via <http://www.wiley-vch.de>

Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA · POB 10 11 61 · D-69451 Weinheim, Germany  
Phone: 49 (0) 6201/606-400 · Fax: 49 (0) 6201/606-184 · E-Mail: [service@wiley-vch.de](mailto:service@wiley-vch.de)

WILEY-VCH

BS\_0701\_COC\_1c\_1-2h\_gu