

heute üblichen Vorgehensweise bei Bodenverdichtungen. Diese Technik setzt voraus, dass sich die Deponie nahe am Mischort befindet, um ein Abbinden des Zementes in unverdichtetem Zustand auszuschliessen. Da der Einbau witterungsabhängig ist, sind relativ grosse Lager für gewaschene Rückstände erforderlich.

#### Bewertung der verschiedenen Verfahren

Im heutigen Zeitpunkt zeichnen sich noch keine klaren Präferenzen ab. Bei den verschiedenen in Planung und Bau befindlichen Anlagen in der Schweiz sind alle vorgestellten Varianten von Verfestigung anzutreffen. Die Wahl erfolgt weitgehend aufgrund der lokalen Gegebenheiten.

#### Zusammenfassung

Die aus der Kehrichtverbrennung anfallenden Reststoffe Schlacke, Flugstaub sowie Rückstände aus der weitergehenden Rauchgasreinigungsanlage können mit halbtechnisch bewährten Verfahren aufgearbeitet werden, so dass sie in einer der TVA gerechten Form vorliegen und entsorgt werden können. Die dank zielgerichteter Unterstützung der öffentlichen Hand bereits abgeschlossenen und noch laufenden Pilotprojekte erlaubten es, in einer kürzeren Zeit ein neues Verfahren vom Konzept zur Ausführungsreife zu bringen und somit den Betreibern von Kehrichtverbrennungsanlagen die Möglichkeit zu geben, die Auflagen der neuen TVA schon kurzfristig mit einem geeigneten Verfahren zu erfüllen.

- [1] *Elektrowatt Ingenieurunternehmung AG*: Aufbereitung und Entsorgung von Reststoffen aus der Rauchgasreinigung von Kehrichtverbrennungsanlagen, Studie im Auftrag des Abfuhrwesens der Stadt Zürich, Zürich (März 1986).
- [2] Bundesamt für Umweltschutz: Behandlung und Verfestigung von Rückständen aus Kehrichtverbrennungsanlagen, Schriftenreihe Umweltschutz, Nr. 62, Bern (April 1987).
- [3] P. Baccini, P. H. Brunner, Behandlung und Endlagerung von Reststoffen aus Kehrichtverbrennungsanlagen; *Gas-Wasser-Abwasser* 1985, 65, p. 403/409.
- [4] H.P. Tobler, Konzept zur Reststoffentsorgung in der Schweiz; *VDI-Bericht* 1989, 753, p. 9/33.
- [5] U. Dietler, J. Wiedersheim, Aufarbeitung und Verfestigung von Rückständen der Rauchgasreinigung aus Kehrichtverbrennungsanlagen, 1988.
- [6] EDI: Entwurf der Technischen Verordnung Abfall (TVA).

*Chimia* 44 (1990) 201-202  
© Schweiz. Chemiker-Verband; ISSN 0009-4293

## Abfall, Materie am falschen Ort

(Titel oder Die Definition?)

Hans Keller\*

Wenn Sie am Frühstückstisch die Butter statt auf das Brot versehentlich auf den Ärmel gestrichen haben, dann ist aus guter Butter *Abfall* geworden, resp. Sie haben *Materie am falschen Ort*.

Wird das Kleidungsstück dann noch mit Chlorkohlenwasserstoffen chemisch gereinigt, entsteht einer der schlimmsten Sonderabfälle. Wir wissen heute noch nicht recht, was man mit den CKW-Schlämmen aus der Kleiderreinigung anfangen soll.

Eben, um das Axiom von Lavoisier 'Rien ne se crée; Rien ne se perd' kommt man auch in der Bewirtschaftung des Abfalls nicht herum.

Unmöglich, 'ihn' zum Verschwinden zu bringen, indem man 'ihn unter den Teppich' wischt oder irgendwo in die Drittwelt verschifft.

Man tut gut daran, sich diese Grundbegriffe immer wieder in Erinnerung zu rufen. Jedes Atom, jedes Molekül, das ir-

gendwo als Abfall auftritt, ist doch vorher irgendwo auf der Erde vorhanden gewesen.

Durch eine Veränderung, resp. durch eine Versetzung an einen andern Ort, ist es zum Abfall geworden.

Es muss uns gelingen, unseren *Abfall* entweder in eine *erdkrustenähnliche Form* zurückzuführen oder als *Rohmaterial für neue Produkte* zu verwenden. Materie, die sich am falschen Ort befindet, müssen wir wieder an den richtigen Ort bringen.

Mit anderen Worten, der menschliche Schaffungsgeist hat aus den Rohstoffen mittels Reaktionen und Transformationen Produkte synthetisiert. Werden diese Produkte *Abfall*, dann müssen wir 'entsynthetisieren' beziehungsweise 'recyclieren', d. h. einen geschlossenen Kreislauf herstellen.

Die Verfahren für diese Schritte in Richtung geschlossener Kreislauf müssen erarbeitet werden. Wir können uns nicht mehr erlauben, wertvolle Rohstoffe zu verarbeiten, ohne uns Gedanken darüber zu machen, was aus dem fabrizierten Gegenstand wird, wenn dieser als *Abfall* anfällt.

Es gibt signifikante Beispiele solcher Problemlösungen. Zum Beispiel, bis vor



*Hans Keller*: Geboren 1927, im Aargau aufgewachsen. Beruf: Chemiker, Dr. Ing. Studium: Zürich und Genf, Universität; Dissertation in analytischer Chemie. Berufliche Tätigkeit: Analysen- u. Betriebslaboratorien der metallurgischen Industrie. (Stahlformung, Giesserei, Oberflächenbehandlung, Halbleitertechnik). 25 Jahre als Angestellter in verschiedenen Industrien und dann weitere 9 Jahre als freischaffender Ingenieur der Material-Wissenschaft tätig. Neben Arbeiten in der Schweiz vielfach auch in Portugal, Ägypten, Iran und speziell in Indien beschäftigt. Seit 4 Jahren verantwortlicher Leiter der *Cridec SA* (Centre de Ramassage et d'Identification des Déchets Spéciaux - Sammelstelle für Sonderabfälle). Zur Zeit auch sehr damit beschäftigt, einen Nachfolger zu finden.

wenigen Jahrzehnten wurde in der metallurgischen Industrie behauptet, dass mit ausrangierten Autos absolut nichts anzufangen sei. Es wurde argumentiert, das Gemisch von Metallen und anderen Stoffen erlaube die Erfassung der einzelnen Rohstoffe nicht mehr. Und so hat man 'Autofriedhöfe' gefüllt, hektarenweise, und andere heute zum Teil fremd anmutende Problemlösungen angeboten. So wurden alte Autos im Meer versenkt mit der Begründung, die Fische hätten dann ein speziell gutes 'habitat'.

\* Korrespondenz: Dr. H. Keller  
Cridec SA  
CH-1013 Eclépens

heute üblichen Vorgehensweise bei Bodenverdichtungen. Diese Technik setzt voraus, dass sich die Deponie nahe am Mischort befindet, um ein Abbinden des Zementes in unverdichtetem Zustand auszuschließen. Da der Einbau witterungsabhängig ist, sind relativ grosse Lager für gewaschene Rückstände erforderlich.

#### Bewertung der verschiedenen Verfahren

Im heutigen Zeitpunkt zeichnen sich noch keine klaren Präferenzen ab. Bei den verschiedenen in Planung und Bau befindlichen Anlagen in der Schweiz sind alle vorgestellten Varianten von Verfestigung anzutreffen. Die Wahl erfolgt weitgehend aufgrund der lokalen Gegebenheiten.

#### Zusammenfassung

Die aus der Kehrichtverbrennung anfallenden Reststoffe Schlacke, Flugstaub sowie Rückstände aus der weitergehenden Rauchgasreinigungsanlage können mit halbtechnisch bewährten Verfahren aufgearbeitet werden, so dass sie in einer der TVA gerechten Form vorliegen und entsorgt werden können. Die dank zielgerichteter Unterstützung der öffentlichen Hand bereits abgeschlossenen und noch laufenden Pilotprojekte erlaubten es, in einer kurzen Zeit ein neues Verfahren vom Konzept zur Ausführungsreife zu bringen und somit den Betreibern von Kehrichtverbrennungsanlagen die Möglichkeit zu geben, die Auflagen der neuen TVA schon kurzfristig mit einem geeigneten Verfahren zu erfüllen.

- [1] *Elektrowatt Ingenieurunternehmung AG*: Aufbereitung und Entsorgung von Reststoffen aus der Rauchgasreinigung von Kehrichtverbrennungsanlagen, Studie im Auftrag des Abfuhrwesens der Stadt Zürich, Zürich (März 1986).
- [2] Bundesamt für Umweltschutz: Behandlung und Verfestigung von Rückständen aus Kehrichtverbrennungsanlagen, Schriftenreihe Umweltschutz, Nr. 62, Bern (April 1987).
- [3] P. Baccini, P. H. Brunner, Behandlung und Endlagerung von Reststoffen aus Kehrichtverbrennungsanlagen; *Gas-Wasser-Abwasser* 1985, 65, p. 403/409.
- [4] H.P. Tobler, Konzept zur Reststoffentsorgung in der Schweiz; *VDI-Bericht* 1989, 753, p. 9/33.
- [5] U. Dietler, J. Wiedersheim, Aufarbeitung und Verfestigung von Rückständen der Rauchgasreinigung aus Kehrichtverbrennungsanlagen, 1988.
- [6] EDI: Entwurf der Technischen Verordnung Abfall (TVA).

Chimia 44 (1990) 201-202  
© Schweiz. Chemiker-Verband; ISSN 0009-4293

## Abfall, Materie am falschen Ort

(Titel oder Die Definition?)

Hans Keller\*

Wenn Sie am Frühstückstisch die Butter statt auf das Brot versehentlich auf den Ärmel gestrichen haben, dann ist aus guter Butter *Abfall* geworden, resp. Sie haben *Materie am falschen Ort*.

Wird das Kleidungsstück dann noch mit Chlorkohlenwasserstoffen chemisch gereinigt, entsteht einer der schlimmsten Sonderabfälle. Wir wissen heute noch nicht recht, was man mit den CKW-Schlämmen aus der Kleiderreinigung anfangen soll.

Eben, um das Axiom von Lavoisier 'Rien ne se crée; Rien ne se perd' kommt man auch in der Bewirtschaftung des Abfalls nicht herum.

Unmöglich, 'ihn' zum Verschwinden zu bringen, indem man 'ihn unter den Teppich' wischt oder irgendwo in die Drittwelt verschifft.

Man tut gut daran, sich diese Grundbegriffe immer wieder in Erinnerung zu rufen. Jedes Atom, jedes Molekül, das ir-

gendwo als Abfall auftritt, ist doch vorher irgendwo auf der Erde vorhanden gewesen.

Durch eine Veränderung, resp. durch eine Versetzung an einen andern Ort, ist es zum Abfall geworden.

Es muss uns gelingen, unseren *Abfall* entweder in eine *erdkrustenähnliche Form* zurückzuführen oder als *Rohmaterial für neue Produkte* zu verwenden. Materie, die sich am falschen Ort befindet, müssen wir wieder an den richtigen Ort bringen.

Mit anderen Worten, der menschliche Schaffungsgeist hat aus den Rohstoffen mittels Reaktionen und Transformationen Produkte synthetisiert. Werden diese Produkte *Abfall*, dann müssen wir 'entsynthetisieren' beziehungsweise 'recyclieren', d. h. einen geschlossenen Kreislauf herstellen.

Die Verfahren für diese Schritte in Richtung geschlossener Kreislauf müssen erarbeitet werden. Wir können uns nicht mehr erlauben, wertvolle Rohstoffe zu verarbeiten, ohne uns Gedanken darüber zu machen, was aus dem fabrizierten Gegenstand wird, wenn dieser als *Abfall* anfällt.

Es gibt signifikante Beispiele solcher Problemlösungen. Zum Beispiel, bis vor



*Hans Keller*: Geboren 1927, im Aargau aufgewachsen. Beruf: Chemiker, Dr. Ing. Studium: Zürich und Genf, Universität; Dissertation in analytischer Chemie. Berufliche Tätigkeit: Analysen- u. Betriebslaboratorien der metallurgischen Industrie. (Stahlformung, Giesserei, Oberflächenbehandlung, Halbleitertechnik). 25 Jahre als Angestellter in verschiedenen Industrien und dann weitere 9 Jahre als freischaffender Ingenieur der Material-Wissenschaft tätig. Neben Arbeiten in der Schweiz vielfach auch in Portugal, Ägypten, Iran und speziell in Indien beschäftigt. Seit 4 Jahren verantwortlicher Leiter der *Cridec SA* (Centre de Ramassage et d'Identification des Déchets Spéciaux - Sammelstelle für Sonderabfälle). Zur Zeit auch sehr damit beschäftigt, einen Nachfolger zu finden.

wenigen Jahrzehnten wurde in der metallurgischen Industrie behauptet, dass mit ausrangierten Autos absolut nichts anzufangen sei. Es wurde argumentiert, das Gemisch von Metallen und anderen Stoffen erlaube die Erfassung der einzelnen Rohstoffe nicht mehr. Und so hat man 'Autofriedhöfe' gefüllt, hektarenweise, und andere heute zum Teil fremd anmutende Problemlösungen angeboten. So wurden alte Autos im Meer versenkt mit der Begründung, die Fische hätten dann ein speziell gutes 'habitat'.

\* Korrespondenz: Dr. H. Keller  
Cridec SA  
CH-1013 Eclépens

Wie wir jetzt wissen, ist es dann gelungen, Verfahren bzw. Einrichtungen zu schaffen, welche es erlauben, wenigstens die metallischen Komponenten mit gutem Erfolg zurückzugewinnen. Es wurde sogar ein lukratives Geschäft.

Ähnliche Probleme gibt es auch bei der Verarbeitung anderer Wirtschaftsgüter. Wir müssen in der Zukunft diese Stoffe so aussuchen, dass sie sich auf möglichst einfache Weise recyceln lassen. Es wird die Aufgabe der zukünftigen Forschung sein, die Auslese der verwendbaren Materialien in einer Wertanalyse so auszuwählen, dass

die technischen Eigenschaften und die Möglichkeit einer einfachen Reststoffentsorgung in die Evaluierung des Gebrauchswertes einfließen. Wir müssen die Materialien werkstoffgerechter verwenden.

Einfache Massnahmen können sehr erfolgreich sein.

Ein repräsentatives Beispiel dafür ist Polyethylen. Dieser thermoplastische Kunststoff lässt sich wirtschaftlich wieder in Granulat zurückführen und dadurch auf einfache Weise regenerieren.

Schwierigkeiten treten auf, wenn Polyethylen mit Fremdstoffen verunreinigt

wird. Unablösbare Papierklebeetiketten verunmöglichen eine erfolgreiche Regranulierung des Materials, weil die Schmelzfilter verstopft werden. Mit einer auf eine einfache Weise ablösbaren Etikette oder einer direkt auf dem Kunststoff aufgedruckten Beschriftung wäre das Problem gelöst.

Wertanalysen der Materialien im Hinblick auf die Wiederverwertung müssen in Zukunft wesentlich an Bedeutung gewinnen.

*Chimia 44 (1990) 202–213*  
© Schweiz. Chemiker-Verband; ISSN 0009-4293

## Control of Metal-Catalyzed Reactions by Organic Ligands: From Corrinoid and Porphinoid Metal Complexes to Tailor-Made Catalysts for Asymmetric Synthesis\*\*

Andreas Pfaltz\*

Dedicated to Prof. Albert Eschenmoser on the occasion of his 65th birthday

**Abstract.** Corrinoid and porphinoid metal complexes play a fundamental role in nature as catalysts for a variety of biochemical transformations. The properties of the metal ion in these complexes are strongly influenced by the macrocyclic ligand. In this way, the reactivity of the metal complex is adjusted to the specific requirements of enzymatic catalysis. This is illustrated in the first part of this article, which is centered on the structure and properties of coenzyme F430, a hydroporphinoid nickel complex involved in the methane-producing step of the energy metabolism of methanogenic bacteria. A different group of metal complexes, which exemplify the concept of ligand-based selectivity control, is discussed in the second part, summarizing our work on enantioselective catalysis. Inspired by the structure of corrinoid and hydroporphinoid compounds, we have developed a route to chiral  $C_2$ -symmetric semicorrins, a particular class of bidentate nitrogen ligands specifically designed for the stereocontrol of metal-catalyzed reactions. Semicorrins were found to induce remarkable enantioselectivities in the cobalt-catalyzed conjugate reduction of  $\alpha,\beta$ -unsaturated carboxylic esters and amides and in the copper-catalyzed cyclopropanation of olefins with diazo compounds.

### Introduction

The phenomenal development of organometallic chemistry over the last decades has had an enormous impact on organic synthesis. The organic chemist's

repertoire today contains an impressive, steadily growing selection of metal-mediated transformations [1]. By exploiting the diverse reactivity patterns of the various metals, the scope of organic synthesis has been considerably enhanced. New types of



*Andreas Pfaltz:* Born 1948 in Basel. Studied chemistry at the ETH in Zürich. 1973–1978 Doctoral thesis under the direction of Prof. Albert Eschenmoser ('Non-photochemical A→D ring closures to corrin complexes'). 1978–1979 Postdoctoral research at Columbia University, New York, with Prof. Gilbert Stork. Since 1980 'Assistent' then 'Oberassistent' at the Laboratory of Organic Chemistry of the ETH Zürich. 1987 Habilitation ('Transition metal complexes as catalysts in biochemistry and organic synthesis'). 1989 *Werner Prize of the Swiss Chemical Society.*

transformations have become possible which often proceed under mild conditions and with unusual selectivity.

However, long before chemists discovered the almost unlimited potential of metal-based reagents and catalysts, metal complexes played a major role in the catalysis of biochemical reactions. Many fundamental processes of life, such as photosynthesis, the respiratory chain, or nitrogen fixation, depend on metals [2][3a].

\* Correspondence: PD Dr. A. Pfaltz  
Laboratorium für Organische Chemie  
Eidgenössische Technische Hochschule Zürich  
ETH-Zentrum  
CH-8092 Zürich

\*\* Based on the Werner Prize Lecture 'Von Corrin- und Hydrocorphin-Metallkomplexen zu massgeschneiderten Katalysatoren für die asymmetrische Synthese', given at the fall meeting of the Swiss Chemical Society, October 20, 1989 in Bern.