

CONFERENCE REPORT

Chimia 59 (2005) 983–988
© Schweizerische Chemische Gesellschaft
ISSN 0009–4293

„Nachhaltige chemische Produktion“ Das 7. Freiburger Symposium 2005 im Rückspiegel

Kurt Käser*

“Sustainable Chemical Production” – A Review of the 7th Symposium of Fribourg 2005

Abstract: The Division Industrial Chemistry of the Swiss Chemical Society organizes periodically a two-day event for the post-graduate education of its members. This event is known as the *Freiburger Symposium*. This year it focussed on sustainable chemical production. The twelve talks covered the following aspects: ethical needs for sustainability standards, the required, attained, and yet to be attained sustainability goals in chemical industry. Diverse case studies showed the highly developed awareness about the sustainability issue within the chemical community.

Keywords: Freiburger Symposium · Production · Sustainability

Ziele der Veranstaltung

Der Vorstand der Division Industrielle Chemie (DIC) der Schweizerischen Chemischen Gesellschaft (SCG) veranstaltet als Organisationskomitee regelmässig alle zwei bis drei Jahre ein Symposium zu einem grundlegenden oder aktuellen Thema der produzierenden chemischen Industrie. Das Ziel dieser Symposien ist, den Mitgliedern der Division und andern interessierten Chemikerinnen und Chemikern der Verfahrensentwicklung und Produktion periodisch

eine Möglichkeit zur beruflichen Weiterbildung und zur gegenseitigen Begegnung zu offerieren.

Die meisten dieser schon realisierten Fachtagungen fanden in der Hochschule für Technik & Architektur Freiburg statt. Daher etablierte sich die Bezeichnung ‘Freiburger Symposien’, ein Begriff, der inzwischen den meisten Mitgliedern der Division, wie auch vielen Nichtmitgliedern wohlbekannt ist. Die Tradition der Freiburger Symposien kann inzwischen auf eine hübsche Liste gut gelungener Fachtagungen zurückblicken:

- 6. Freiburger Symposium 2003: ‘Sichere Prozessführung in der chemischen Industrie’
- 5. Freiburger Symposium 2000: ‘Chemische Produktion in Mehrzweckanlagen’
- 4. Freiburger Symposium 1998: ‘Industrielle Produktion mit hochreaktiven Stoffen’
- 3. Freiburger Symposium 1996: ‘Verantwortung und Haftpflicht des Produktionschemikers’
- 2. Freiburger Symposium 1992: ‘Total Quality Management’

- 1. Freiburger Symposium 1990: ‘Marketing – Forschung – Produktion’

Das diesjährige 7. Freiburger Symposium vom vergangenen 22. und 23. September war dem Thema ‘Nachhaltige Chemische Produktion’ gewidmet und verfolgte die folgenden spezifischen Ziele:

- Diskussion des aktuellen Verständnisses des Begriffs der Nachhaltigkeit und der Motivation zu nachhaltigem Handeln.
- Standpunktbestimmung der Nachhaltigkeit der industriellen chemischen Produktion in der Schweiz aus der Sicht der Behörden und der Industrie.
- Vorstellung von Kriterien zur Quantifizierung sowie von Strategien und Tools zur Verbesserung der Nachhaltigkeit.
- Konkretisierung der abstrakten Wünsche und Philosophien der Nachhaltigkeit anhand diverser Fallstudien.
- Vermittlung der Gelegenheit Berufskolleginnen und -kollegen kennen zu lernen, der Pflege alter Bekanntschaften und der Anregung zu Diskussion und Austausch von Gedanken und Erfahrung. Daher enthält das Symposiumsprogramm stets grosszügig bemessene Zeiten zur indivi-

*Korrespondenz: Prof. Dr. K. Käser
Hochschule für Technik & Architektur Freiburg
Boulevard du Péroles 81
CH-1705 Freiburg
Tel.: ++41 26 429 67 04
Fax: ++41 26 429 66 00
E-Mail: kurt.kaeser@eif.ch
www.eif.ch/chimie

duellen Begegnung bei Café und Croissants, beim gemeinsamen Mittagessen und während den Apéros.

Resultate

Mit der Verpflichtung von zwölf Referenten, jeder ein Spezialist seines Faches, konnte ein wohlausgewogenes und interessantes Vortragsprogramm angeboten werden, das den oben formulierten Zielen in breitem Rahmen Rechnung trug. Die Referenten sprachen nach freier Wahl in deutscher, französischer oder englischer Sprache zu einem aus 95 Personen gebildeten Auditorium. Die Fragen und Bemerkungen an die Referenten und die lebhaften Gespräche während den Pausen bezeugten, dass die Vorträge unter den Zuhörern auf grosses Interesse stiessen.

Die Manuskripte bzw. die Bildpräsentationen der Referenten sind seit November 2005 auf der Homepage der Division Industrielle Chemie (siehe <http://www.swiss-chem-soc.ch/DIC/home.html>) frei zugänglich. Im Folgenden werden hier ausschliesslich die von den Referenten eingereichten **Zusammenfassungen der Vorträge** publiziert. Zwecks Beantwortung von Fragen oder zur Deponierung von Anregungen oder Kritik mögen sich die Leser bitte direkt an die Damen und Herren Referenten wenden.

Umweltverträglichkeit und Nachhaltigkeit – Mindeststandards bei der Beurteilung neuer technischer Verfahren

Hans-Peter Schreiber

ETH Zürich, c/o Rennweg 25,
CH-4052 Basel

Ich werde dabei eine wichtige Unterscheidung treffen, und zwar zwischen Einwirkungen auf die Umwelt im Sinne der Verletzung wünschenswerter Ziele (wie z.B. die Vielfalt von Landschaftsbilder Schutz seltener Tiere *etc.*) und Einwirkungen im Sinne der Beeinträchtigung notwendiger Überlebensbedingungen wie die Trinkbarkeit des Wassers, der Erdatmosphäre *etc.* Bei den Ersteren geht es um die Frage, in was für einer Umwelt wir leben wollen, bei den Letzteren darum, in welcher Umwelt wir überhaupt noch leben können. Hier gibt es keine Kompromisse. Die Erhaltung einer Umwelt, in der wir als Menschen künftig auch noch leben können, ist ein moralisches Minimum, d.h. eine zwingende, durch die Natur selbst vorgegebene Norm. Nicht so bei den bloss wünschenswerten Zielen einer Umweltpolitik.

Umsetzung der Nachhaltigkeit in der industriellen Chemie – die Sicht des BUWAL

**Georg Karlaganis* und
Christoph Rentsch**

Bundesamt für Umwelt, Wald und
Landschaft (BUWAL), CH-3003 Bern

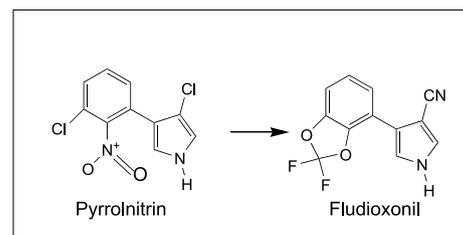
Nachhaltigkeit ist ein dynamischer Begriff und umfasst die Bereiche 'Gesellschaft', 'Wirtschaft' und 'Umwelt'. In diesem Rahmen sind chemische Produktionsprozesse auch aus der Sicht der Umwelt in einen Gesamtzusammenhang zu stellen: Was haben die Ausgangsprodukte für eine Vorgeschichte, wie läuft der Produktionsprozess ab, was geschieht mit den Endprodukten einschliesslich der Nebenprodukte und Abfälle? Kann eventuell der bestehende Syntheseweg durch einen neuen, besseren ersetzt werden? Die rechtlichen Rahmenbedingungen sind national durch Gesetze und Verordnungen gegeben, international durch regionale und globale Übereinkommen. Die Einhaltung dieser Rechtsnormen, die immer nur einzelne Bereiche betreffen (z.B. Umwelt, Gesundheit, Handel), führt aber nicht automatisch zu nachhaltigem Verhalten. Vielmehr gilt es, im Rahmen von Unternehmen bzw. von Verbänden die Rechtsnormen durch eine geeignete, übergreifende Nachhaltigkeitsstrategie zu ergänzen. Besondere Bedeutung haben solche Strategien zur Wahrnehmung der Eigenverantwortung bei der Entwicklung von neuen Technologien und Produkten (z.B. im Bereich Nanomaterialien). Auch internationale Organisationen wie die OECD oder die Folgekonferenzen des Weltgipfels von Johannesburg 2002 (World Summit on Sustainable Development WSSD) arbeiten an der Thematik. Im Weiteren laufen in vielen Ländern Programme, welche Ansätze Richtung Nachhaltige Chemie verfolgen, so z.B. in den USA das Green Chemistry Program der EPA.

Economic and Ecological Benefit due to the Permanent Product's Development

Florence Julia* and Marcel Senn

Syngenta CP Schweizerhalle AG,
CH-4133 Pratteln

A new molecule was synthesized by Ciba-Geigy in 1984, Fludioxonil, which was going to cause a big revolution in the agricultural industry. Fludioxonil belongs to the chemical class of phenylpyrrole that is unique in crop protection chemistry and is



Scheme. By replacing certain parts of the pyrrolnitrin molecule the biological activity and light stability was improved

based on the lead structure pyrrolnitrin, a natural antimycotic (Scheme).

Since its first introduction in 1993 in France, Fludioxonil has been a key active substance for Syngenta Crop Protection and is widely adopted as a standard seed treatment fungicide for all major crops around the globe. This is based on its broad-spectrum activity against many important seed- and soil-borne pathogens, its robust and unique mode of action, and its clean toxicological and environmental profile.

Fludioxonil's incredible success would not be possible without one key thing: the well-developed manufacturing process. It requires seven highly trained operators per shift, fourteen parallel running reactors and more than 1500 single unit operations.

Fludioxonil is a very complex and expensive molecule to synthesize. It even contains two unstable intermediates that have to be handled in a safe manner.

Now in its 13th year of production in Schweizerhalle, the Fludioxonil production team has continually faced the challenge of meeting increased demands and cost reductions. In response, the production teams optimized the production process dramatically in 1998.

Key points of the optimization focus were the yield, capacity, waste reduction, and consequently cost savings. Due to an interdisciplinary teamwork during the optimization of the process, the production capacity has increased more than 60% from its first year of production in 1992 to 2005 and in the same time the product's price was halved, despite the fact that the common production costs increased. Almost all of the so-called wastes from the production of Fludioxonil can actually be recycled back into the process, making it extremely efficient and ecologically optimized.

Comparing with the state of the art in 1992, 4240 t CO₂/year less are released into the environment today and 4.9 mio CHF are saved per year.

Die Nachhaltigkeit der chemischen Produktion in der Schweiz im Kontext des Responsible Care – ein Wunschtraum oder gelebte Realität?

Richard Gamma

SGCI Chemie Pharma Schweiz,
CH-8035 Zürich

RESPONSIBLE CARE ist eine freiwillige, weltweite Initiative der chemischen Industrie mit dem Ziel, die Leistungen in den Bereichen Sicherheit, Gesundheits- und Umweltschutz kontinuierlich zu verbessern und diesen Fortschritt auch aufzuzeigen. RC ist damit ein konkreter Beitrag der chemischen Industrie zur nachhaltigen Entwicklung. RC gibt es seit 1985; seit 1990 hat auch SGCI Chemie Pharma Schweiz ein nationales RC-Programm. Insgesamt setzen nationale Verbände in 52 Ländern die RC-Initiative um.

Produktintegrierter Umweltschutz (PI-US), RESPONSIBLE CARE, nachhaltige Produktion, Grüne Chemie – verschiedene Namen, aber das gleiche Ziel: ständige Verbesserungen – Entkopplung: trotz höherer Produktion weniger Ressourcen sowie weniger Emission und Abfälle. In einem ersten Teil soll das bisher in der Schweiz erreichte, die Wirklichkeit, dargestellt werden. Mit den jährlich erhobenen RC-Kenndaten und den Self Assessments der Firmen verfügt die SGCI über verlässliche Unterlagen (www.sgci.ch/Positionen/Kodizes/RC).

In einem zweiten Teil wird der sich seit einigen Jahren abzeichnende Wandel von RC dargestellt. Ohne die nachhaltige Produktion zu vernachlässigen, steht immer mehr das nachhaltige Produkt im Vordergrund: Global Product Stewardship (GPS). Kein Wunschtraum, aber doch noch nicht ganz die Wirklichkeit: Es hat noch genügend Spielraum für kontinuierliche Verbesserung.

Flugasche im Bergversatz – Vier Nachhaltigkeitsfliegen auf einen Schlag

Joachim Jochum

Hochschule Offenburg, University of Applied Sciences, D-77652 Offenburg

Die Mitverbrennung von Abfällen aus Industrie, Gewerbe und Haushalten in Grossfeuerungsanlagen ist seit einer Gesetzesanpassung im Jahre 2003 in Deutschland zur alltäglichen Praxis geworden. Infolge des erhöhten Eintrags an Schwermetallen in die Feuerung durch Ersatzbrennstoffe sind

die Verbrennungsrückstände, besonders die Flugaschen, ökologisch problematisch. An einer Beispielprozesskette bestehend aus Mitverbrennung von Klärschlämmen aus der kommunalen Abwasserbehandlung und Kunststoffabfällen in einer Grossfeuerungsanlage mit anschliessender Verwertung der Flugaschen zum Verfüllen von Hohlräumen im Bergbau wird an vier Stellen nachhaltiges Handeln aufgezeigt:

- Regional anfallende Abfallstoffe finden als Ersatzregelbrennstoffe in einer Feuerungsanlage mit einem Nutzungsgrad von ca. 88% eine sinnvolle Verwertung. Neben dem Aspekt der Ressourcenschonung werden wertvolle Verbrennungskapazitäten und Depo-nievolumen eingespart.
- Organische Schadstoffe werden in der Grossfeuerungsanlage thermisch zerstört, anorganische Schadstoffe in einer geringen Menge von Reststoffen aufkonzentriert. Diese können ohne weitere Behandlung einer Verwertungsmöglichkeit zugeführt werden.
- Die Verwendung der Flugstäube aus der Mitverbrennung als Versatzmaterial im Bergbau substituiert Bindemittel wie Zement, Kalk und Zuschlagstoffe wie Sand, Kies und Schotter und trägt damit zur Ressourcenschonung bei.
- Beim hydraulischen Abbinden der Flugasche im Bergwerk werden Schwermetallverbindungen in die Mörtelmatrix eingebunden und immobilisiert, eine erneute Freisetzung in die Biosphäre wird verhindert.

Die Kombination der Mitverbrennung mit der Verwertung der Flugaschen im Bergversatz ist für mehrere Wirtschaftspartner aus ökonomischer und ökologischer Sicht interessant.

Quantitative Models and Indicators for Assessing the Economic and Environmental Performance of Chemical Production Processes

Konrad Hungerbühler

Safety and Environmental Technology Group, ICB, ETH Hönggerberg,
CH-8093 Zürich

Due to legislation and increasing public awareness, environmental considerations, and chemical process safety are given more and more importance in chemical process design in addition to classical technical and economic assessments. Furthermore, the focus in environmental and safety protection shifted from end-of-pipe technologies and add-on safety technologies to improvements of the chemical processes and increased in-

herent safety. The realization of such improvements on one hand requires chemical or technical innovations (new molecules, new syntheses routes, new process designs) and on the other hand quantitative assessment methods are needed that deliver an objective comparison of process alternatives on appropriately defined system boundaries. In a proactive and integrated approach all parts of a chemical process are considered, from the reaction pathway over the separation techniques to the generation of energy and utilities. Particular emphasis has to be put on early stages of chemical process design because the decisions to be taken are so fundamental that later corrections are expensive in costs and effort. However, in early design stages only rather simple models can be applied and even for these required parameters are often missing or uncertain. Considerations on parameter and scenario uncertainty are an important issue at these stages.

Examples for quantitative indicators assessing the environmental impact and/or safety hazards of chemical processes are: Atom Efficiency, Mass Loss Indices (MLI), Environmental Indices (EI), a comprehensive EHS (Environment, Health, and Safety) assessment method, and Eco-Indicator 95, an evaluation method used in the Life Cycle Analysis (LCA) framework. In numerous case studies it has been demonstrated how these indicators identify and quantify weak points in different alternatives for the realization of a chemical process [1]. Of particular importance with respect of the environmental performance of a chemical process is the consumption of energy utilities per kg of chemical product. There is a need to develop modeling approaches [2] to obtain this information for chemical products that are produced in multiproduct multipurpose batch facilities with highly varying product portfolio.

Because generally different indicators are used for the different objectives (economy, safety, environmental impact) either a multiobjective approach such as Pareto plots or some kind of aggregation has to be applied in presenting the assessment results to the decision maker [3].

- [1] G. Koller, U. Fischer, K. Hungerbühler, *Ind. Eng. Chem. Res.* **2000**, *39*, 960.
- [2] P.S. Bieler, U. Fischer, K. Hungerbühler, *Ind. Eng. Chem. Res.* **2004**, *43*, 7785.
- [3] O. Jankowitsch, L. Cavin, U. Fischer, K. Hungerbühler, *Trans IChemE Part B* **2001**, *79*, 304.

Eco-Efficiency Indicators in Support of Sustainable Production

David Bayne

Ciba Speciality Chemicals AG,
CH-4002 Basel

The minimal use of non-renewable resources, the efficient use of energy and the impact on the environment are aspects of sustainable production enshrined in Ciba Specialty Chemical's Guiding Principles.

The classical reporting method is to publish the absolute values for resource usage and emission loads and relate these to sales and production output. Such figures are very sensitive to product mix and degree of in- or outsourcing of various stages of production or utilities generation. By relating environmental performance to the value added by an enterprise using the UNCTAD eco-efficiency indicators, a true measure of the eco-efficiency of a company can be given, as demonstrated in Ciba's Annual Report 2004.

These indicators establish both the global environmental impact of an enterprise and the relationship to financial performance, within the framework of annual business reporting. The indicators cover use of water and energy, emissions of CO₂ and ozone-depleting substances, and the generation of waste. To ensure compliance with UNCTAD methodology and therefore comparability with other companies, the results are validated externally.

The eco-efficiency indicators are particularly relevant to global enterprises like Ciba, with worldwide operations in over 60 production sites, and where often scarcity and cost of clean water and electricity plus high energy and waste treatment costs influence the location and competitiveness of product manufacture.

The standardised conversion of all utilities into consumption of primary energy and emission of CO₂ provides new perspectives for reducing the environmental impact of both internal and external generation and consumption of electricity and steam, and gives the enterprise credit for changing to utilities from sources with lower CO₂ emissions. Specific examples of these effects are given in the presentation.

Les liquides ioniques, une nouvelle classe de solvants, pour des réactions chimiques du futur

Ennio Vanoli^{a*}, Grégory Corminbœuf^a,
Jean-Nicolas Aebischer^a et
Roger Marti^b

^aHochschule für Technik & Architektur,

CH-1705 Freiburg

^bCarboGen AG, CH-1723 Marly

Introduction

Le terme 'liquides ioniques' est utilisé pour décrire des sels ioniques dont le point de fusion est inférieur à ~100 °C. Les liquides ioniques sont composés d'ions. La présence d'un cation organique interromp le réseau cristallin et abaisse le point de fusion. Actuellement, les liquides ioniques les plus intéressants ont un point de fusion proche ou en dessous de la température ambiante. En raison de leur structure saline, les liquides ioniques ne peuvent pas être évaporés (pas de pression de vapeur mesurable) et ainsi polluer l'atmosphère. Le produit final d'une réaction peut être isolé sans perte de catalyseur, puisque celui-ci reste dissout dans le liquide ionique. Pour ces raisons, les liquides ioniques sont considérés comme une alternative de choix à l'utilisation de solvants organiques courants. Différentes réactions dans les liquides ioniques ont déjà fait l'objet d'études comme par exemple la réaction de Heck, de Reformatsky, la réduction d'aldéhydes aromatiques et le couplage Trost-Tsujii.

Développement de liquides ioniques

Une étude préalable a démontré que la formation de liquides ioniques fluorés tel que l'hexafluorophosphate de 1-butyl-3-méthyl-imidazolium pouvait amener à la formation d'acide fluorhydrique et qu'il était ainsi préférable de rechercher d'autres anions 0.

Dans un premier temps, comme alternative aux anions fluorés, des liquides ioniques ayant des anions alcoolates issus de réactions d'échange d'anions entre le bromure de 1-butyl-3-méthyl-imidazolium (Fig.) et l'éthanoate de sodium ont été expérimentés. Malgré différents changements de conditions opératoires, les analyses par résonance magnétique nucléaire démontrent qu'il y a une déprotonation au niveau du cation. Cette déprotonation a lieu sur l'hydrogène H-C(2) (Fig.). La protection de cette position par un groupe méthyle (bromure de 1,2-diméthyl-3-butyl-imidazolium) conduit également à une déprotonation mais cette fois sur le grou-

pement méthyle avec la formation d'une double liaison.

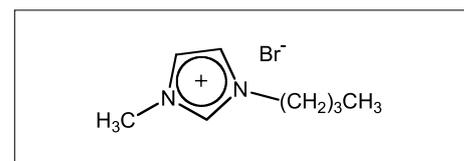


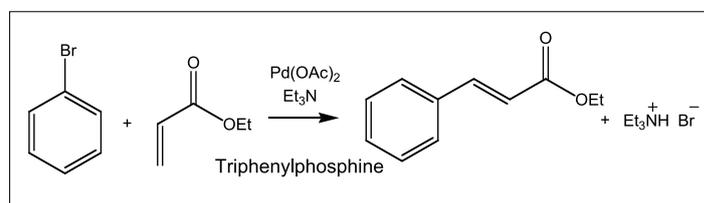
Fig. Bromure de 1-butyl-3-méthyl-imidazolium

Parallèlement à ces essais, des liquides ioniques ayant un cation de structure identique, mais avec un anion laurylsulfate ont été développés ainsi que le tosylate de 1-butyl-3-méthyl-imidazolium. Les séries laurylsulfates ont une température de décomposition supérieure à 300 °C et le tosylate de 1-butyl-3-méthyl-imidazolium une température de décomposition de 366 °C. Le tosylate de 1-butyl-3-méthyl-imidazolium est formé par réaction entre la 1-méthylimidazole et le tosylate de butyle.

Synthèse dans les liquides ioniques

Le choix de la réaction s'est porté sur la réaction de Heck qui permet des couplages C-C sélectifs. La synthèse du *trans*-éthylcinnamate par réaction de Heck (Schema) nécessite un catalyseur, l'acétate de palladium, relativement coûteux qui n'est pas réutilisable avec les méthodes de synthèses développées jusqu'à présent 0. L'intérêt de l'utilisation d'un liquide ionique en lieu et place d'un solvant réside dans le recyclage du catalyseur et l'absence de solvants traditionnels.

Afin de choisir le liquide ionique approprié, la réaction a été réalisée dans différents liquides ioniques dans des conditions opératoires identiques. La synthèse effectuée dans le tosylate de 1-butyl-3-méthyl-imidazolium a obtenu le meilleur rendement (~80%). C'est dans ce liquide ionique que la réaction de Heck a été optimisée. L'optimisation de la synthèse du *trans*-éthylcinnamate a permis de diminuer le temps de réaction de ~50 h à moins de 10 h et d'éliminer le sel formé (le bromure de tétraéthylammonium) lors de la réaction. Pas moins de onze synthèses, sans ajout de catalyseur, ont pu être réalisées avec un rendement moyen de 85% et un temps de réaction de 10 h.



Schema. Synthèse du *trans*-éthylcinnamate

Conclusion

La synthèse des liquides ioniques avec des anions alcoolates n'a pas pu être réalisée. Ces essais ont permis de constater que les cations imidazoliums ne sont pas inertes en milieu basique. Par contre, les liquides ioniques de types laurylsulfates ainsi que le tosylate de 1-butyl-3-méthyl-imidazolium sont facilement réalisables et plus écologiques que ceux, par exemple, à base d'hexafluorophosphate.

Les résultats obtenus avec la réaction de Heck prouvent que l'utilisation des liquides ioniques a des avantages. Notamment lorsqu'une réaction exige l'emploi d'un catalyseur relativement cher. Le temps de réaction de 10 h reste encore élevé et doit absolument être réduit avant de pouvoir effectuer le scale-up.

- [1] a) P. Wasserscheid, T. Welton, 'Ionic Liquids in Synthesis', Wiley-VCH Verlag, Weinheim, 2003; b) C.J. Bradaric, A. Downard, C. Kennedy, A.J. Robertson, Y. Zhou, *The Strem Chemiker* 2003, 20(1); c) 'Ionic Liquids: Industrial Applications to Green Chemistry', Ed. R.D. Rogers, K.R. Seddon, ACS, Washington, 2002.
- [2] Y. Cornuz, B. Dubray, 'Utilisation de liquides ioniques comme milieu réactionnel dans le but d'une application potentielle en chimie industrielle', Travail de semestre, EIA-FR, 2002.
- [3] C. Amatore, A. Jutand, *J. Organomet. Chem.* 1999, 576, 254.

Nachhaltigkeitsbeurteilung von Unternehmen durch die Bank Sarasin

Andreas Holzer

Sustainability Research, Bank Sarasin & Cie AG, CH-4002 Basel

Die Nachhaltigkeitsanalyse der Bank Sarasin behandelt gleichzeitig ökologische und soziale Fragestellungen. Eine Besonderheit ist die Differenzierung zwischen Umwelt- und Sozialrisiken der Branche und des Umgangs mit Nachhaltigkeitsaspekten auf Ebene der Unternehmen. Untersuchungsgegenstand für das Branchenrating sind sämtliche branchenrelevanten Umwelt- und Sozialrisiken im Produktlebenszyklus (z.B. Rohstoffverbrauch, Sicherheit am Arbeitsplatz, ethisch kontroverse Produkte). Die Einstufung der Nachhaltigkeit eines einzelnen Unternehmens erfolgt durch die Frage, wie ein Unternehmen mit den spezifischen Umwelt- und Sozialrisiken seiner Branche im Vergleich zu den wichtigsten Mitbewerbern umgeht ('Best-in-class-Ansatz'). Eingebettet in die Beurteilung der Umweltstrategie und des Umweltmanagement-Systems folgt die Bewertung des Unternehmens ge-

mäss dem Lebenszykluskonzept. Es werden alle Stufen des Produkt-Lebenszyklus (Vorproduktion, Produktion, Anwendung der Produkte und Dienstleistungen) untersucht. Grundlage sind die durch den World Business Council for Sustainable Development (WBCSD) propagierten zentralen Umweltziele: Reduktion der Energieintensität, der Materialintensität und der Toxizität; vermehrte Wiederverwendung und -verwertung, Erhöhung des Einsatzes erneuerbarer Ressourcen, der Dauerhaftigkeit der Produkte und des Serviceanteils. Bei der Betrachtung der Kriterien wird deutlich, dass es einen engen Zusammenhang zwischen Umweltnutzen und finanziellen Zielen gibt.

Die Sozialbewertung folgt dem Anspruchsgruppenkonzept, in dem die Beziehungen des Unternehmens zu seinen wesentlichen Anspruchsgruppen (Stakeholdern) wie Lieferanten, Kapitalgebern, der Öffentlichkeit, den Mitarbeitern, Kunden und Konkurrenten untersucht werden. Unternehmen mit hohem Konfliktpotential sind der Gefahr von grösseren Umbruchsituationen ausgesetzt, die die wirtschaftliche Situation des Unternehmens beeinflussen können. Es handelt sich um „schleichende“ Risiken, die mit rein 'finanzieller Brille' nur ungenügend wahrnehmbar sind.

Die Bank Sarasin & Cie AG ist seit 15 Jahren in dem Bereich des nachhaltigen Investments tätig. Sie bietet basierend auf diesem Ansatz eine grosse Bandbreite von Anlagelösungen für private und institutionelle Kunden an.

Abfallverwertung & Energiesparen – Nachhaltigkeitsfaktoren in der chemischen Industrie

Hans Amrhein

DSM Nutritional Products AG Sisseln, CH-4334 Sisseln

Einleitung

Die DSM Nutritional Products AG Sisseln produziert Vitamine und pharmazeutische Wirksubstanzen und ist eines der wichtigsten Produktionswerke des holländischen DSM Konzerns. Nachfolgend wird nur ein Beispiel zum Thema der Abfallentsorgung und des Energiesparens aus dem Referat vorgestellt.

Kombinierte Verbrennung von flüssigen Reststoffen und lösungsmittelhaltigen Prozessabgasen

Diese neue Verbrennungsanlage für die Verwertung von flüssigen Reststoffen war ein wichtiges Projekt für das Werk. Die Grenzwerte der Luftreinhalteverordnung (LRV) für CO und NOx wurden bei der

Altanlage häufig überschritten. Auch erfüllte die grösste Abluftreinigungsanlage des Werks die Grenzwerte ebenfalls nicht mehr. Die Gesetzeskonformität war somit als ein Ziel für die neue Anlage vorgegeben. Es sollten gleichzeitig der Einfluss auf die Umwelt nachhaltig verbessert und die Verbrennungskosten gesenkt werden.

Der neue Verbrennungskessel ist ein sogenannter Wasserrohrkessel mit vier Zügen. Über zwei Deckenbrenner werden Erdgas, flüssige Reststoffe und Prozessabgase aus der chemischen Produktion verbrannt und diese im Feuerraum während mindestens 2 sec einer Temperatur von wenigstens 1100 °C ausgesetzt. Die Entstickung wird durch die selektive nichtkatalytische Reduktion (SNCR) mittels Ammoniak in wässriger Lösung erreicht. Die Dosierung muss in einem genau definierten Temperaturfenster von 900–1100 °C erfolgen. Dazu wird ein Abwasserstrom (Ammoniak 8%) verwendet. Das Resultat darf sich sehen lassen. Es werden nach dem Kessel nun NOx-Konzentrationen deutlich unter 60 mg/Nm³ im Rauchgas gemessen. Möglichst viele flüssige Reststoffe werden nun in einer Mischanlage oder direkt in den Lagertanks gemischt und so der Chlor-, Bromid-, Schwefel-, Phosphor- und Wassergehalt der Mischung im vorgegebenen Konzentrationsfenster eingestellt. Durch die grösseren Mengen können nun auch kritischere Reststoffe sicher zusammengemischt werden. Die weiterhin inkompatiblen Reststoffe werden über eine neue Andockstation direkt verbrannt. Gleichzeitig werden halogenierte Prozessabgase (max. 400 m³/h) verschiedener Produktionsbetriebe sicher verbrannt. Die bereits erwähnte Abgasreinigungsanlage wurde stillgelegt und so 2800 t Dampf und 200,000 kWh Strom eingespart. Deren VOC-Emissionen und Betriebskosten entfallen. Mit dem neuen Kessel wird überhitzter Dampf produziert, welcher ins Netz eines externen Abnehmers oder ins interne Netz eingespeist wird. Während den Abstellphasen des Kessels 7 werden Backup-Kessel eingesetzt.

Durch die Verbrennung von flüssigen Reststoffen kann die CO₂-Bilanz um 25% entlastet werden. Der Projekterfolg zeigt sich auch durch die Reduktion von 70% der NOx-Fracht bezogen auf das Jahr 2002. Die LRV-Grenzwerte werden nun jederzeit eingehalten.

Zusammenfassung

Im DSM Konzern werden Massnahmen zur Steigerung der Nachhaltigkeit ökonomisch und ökologisch geprüft. Massnahmen zur Erreichung der Gesetzeskonformität geniessen Top-Priorität. Zur Verbesserung der Rentabilität von weiteren Massnahmen

werden einige zu einem einzigen Projekt zusammengefasst. Energieeinsparungen durch Ausserbetriebnahme von Altanlage, VOC- und CO₂-Reduktionen, wie auch Energiecontracting werden als Nutzen monetarisiert. Nebst technischen End of Pipe-Massnahmen besitzen auch Massnahmen an der Quelle und Massnahmen zur Verhaltensänderung der Mitarbeitenden hohe Priorität.

Cleaner Production of Fine Chemicals: How Can Catalysis Contribute?

Hans-Ulrich Blaser

Solvias AG, CH-4002 Basel

Traditionally, fine and specialty chemicals have been produced predominantly using non-catalytic organic synthesis. At least in the opinion of R. Sheldon, this is one important reason why besides the desired product, between 20 to 100 times as much waste is produced [1]. Of course many other factors such as the complexity of the molecules (and consequently, the number of synthetic steps), as well as the short development time for a (registered) technical synthesis and also the high requirements concerning purity of many fine chemicals are responsible for the unfavorable ecological situation.

Nevertheless, the application of catalytic methods in the fine and specialty chemicals industry has increased in recent years in part because both production costs and waste minimization are of growing importance even for high value pharma and especially agro chemicals. Catalysis can contribute on two levels to the cleaner production of fine chemicals. First, by providing improved production processes and second, by helping to remove or transform unwanted or even toxic by-products. Here, we will only address the first point: How the application of catalytic methods can lead to better, more environmentally friendly and often cheaper processes for the manufacture of fine chemicals. After a short characterization of the problems in fine chemical production, the tools will be described that are available to solve some of these problems with the help of catalysis illustrated by several examples from our laboratory [2][3].

- [1] R.A. Sheldon, *Chemistry and Industry* **1992**, 906.
 [2] H.U. Blaser, 'Enantioselective Catalysis in Fine Chemicals Production', *Chem. Commun.* **2003**, 293.
 [3] H.U. Blaser, M. Studer, 'The Role of Catalysis for the Clean Production of Fine Chemicals', *Appl. Catal. A: General* **1999**, 189, 191.

Ökonomie und Ökologie im Einklang – nachhaltige chemische Produktion am Beispiel des Lonza-Produktionsverbundes in Visp

Detlef Gerritzen

Lonza AG, CH-3930 Visp

Der Lonza-Produktionsverbund in Visp hat seinen Ursprung zu Beginn des letzten Jahrhunderts und wurde über viele Jahrzehnte bis zum heutigen Tage kontinuierlich bzgl. Ökonomie und Ökologie optimiert. Integrierte Produktionsstrukturen mit einem Acetylen/Ethylen-Cracker im Zentrum und ein Netzwerk von kontinuierlich-betriebenen Monoproduktanlagen sind heute die Basis für lohnende Wertschöpfungsketten mit geringem Ressourcenverbrauch bei geringer Umweltbelastung.

Schlüsselemente im Kontext nachhaltiger Produktion sind dabei

- 1) allgemeine Vorteile chemischer Verbundproduktion wie vereinfachte Logistik, 'scale economy' durch Nachfragebündelung, hohe Wertschöpfungstiefe, verminderte Rohstoffabhängigkeit, Kuppelproduktverwertung und Energieverbund
- 2) spezifische Architektur bzw. Makrostruktur des Lonza-Produktionsverbundes gegeben durch
 - Rohstoffbasis: Verwertung von Raffinerie-Anfallprodukten als Cracker-Feed
 - einzigartige Cracker-Technologie basierend auf einem modifizierten Montecatini-Verfahren mit Acetylen als Hauptwertprodukt
 - weitgehende chemische Nutzung sämtlicher Cracker-Produkte durch grossvolumige, langlebige Schlüsselprodukte mit hohem Marktwert ('Wertgeneratoren') und durch Produkte mit Commodity-Charakter zur wertschöpfenden Absorption von Zwischenproduktüberschüssen ('Kapazitätsfüller')
 - Flexibilität und Versorgungssicherheit durch flexible Zukaufs- und Verkaufsoptionen von Zwischenprodukten mit Commodity-Charakter
 - spezifische Synergie zwischen den Schlüsselprodukten Metaldehyd (einem wichtigen umweltverträglichen Molluskizid) und dem Vitamin Niacin
- 3) Favorisierung des 'produktionsintegrierten Umweltschutzes' gegenüber 'end-of-pipe'-Umweltschutzmassnahmen. Die Prinzipien des produktionsintegrierten Umweltschutzes (Vermeiden/Vermindern/Verwerten von Reststoffen und

Energierückgewinnung) werden an mehreren Beispielen aus dem Lonza-Produktionsverbund skizziert:

Ein Beispiel für die 'Verwertung von Reststoffen' ist die Herstellung von Kohlendioxid für die Getränkeindustrie aus dem im Cracker anfallenden CO₂. Durch eine Sequenz unterschiedlicher verfahrenstechnischer Operationen werden dabei aus einer technischen CO₂-Qualität mit einer Reinheit von 99.0% Spuren von Kohlenwasserstoffen, Schwefel-haltiger Verbindungen und Inertgase entfernt und ein hochreines, flüssiges Produkt mit 99,99% CO₂ in Lebensmittelqualität erhalten.

Das Produktionsverfahren für Niacin (Vitamin B3) demonstriert insbesondere die Prinzipien 'Vermeiden/Vermindern von Reststoffen'. Die Verwendung des Eduktes zur Neutralisation des sauren Rohproduktes verhindert unnötige Salzlast (durch eine andere Base als Neutralisationsmittel). Durch geeignetes Reaktordesign/optimierte Reaktionsbedingungen und Rückführung von Mutterlaugen aus verschiedenen Reinigungsstufen im Gegenstrom zum Produkt wird die Produktausbeute erhöht und der Anfall von Nebenprodukten (Reststoffen) und die Abwasserfracht vermindert. Die oxidative Aufarbeitung der bei der Reaktion entstehenden Nitrosen-Gase ermöglicht eine praktisch vollständige Rückgewinnung des Oxidationsmittels Salpetersäure und verhindert kritische Abluftemissionen.

Beim Produktionsverfahren von Methyl-Ethyl-Pyridin (MEP) konnte durch Rückführung eines Prozessstroms die kritische TOC/N-Abwasserfracht wesentlich vermindert und gleichzeitig der Rohstoffverbrauch für den Katalysator reduziert werden.

Im Produktionsprozess von Acetaldehyd aus Ethylen kommen schliesslich verschiedene Massnahmen der *Energierückgewinnung* zur Anwendung. Die frei werdende Reaktionswärme in Verbindung mit einer Brüdenkompression wird zu Erzeugung von Prozessdampf und Warmwasser (u.a. zur Speisung des kommunalen Fernwärmesystems) wertschöpfend genutzt. Kritische flüssige Betriebsabfälle werden in einer dezentralen Verbrennungsanlage entsorgt und dabei kalorisch (ebenfalls für die Produktion von hochwertigem Prozessdampf) verwertet.

Insgesamt werden im Lonza-Energieverbund ca. 80% der Dampfenergie aus Abfallenergie oder aus Abfällen gedeckt.

Die Grenzen des produktionsintegrierten Umweltschutzes und einer Korrespondenz von Ökonomie/Ökologie werden diskutiert.