



# ZERO EMISSIONS

**INDUSTRIELLE SCHRITTE IN RICHTUNG  
ZERO EMISSIONS**

ÖSTERREICHISCHE FORSCHUNG  
FÜR ABFALL- UND EMISSIONSARME INDUSTRIEPROZESSE  
IM RAHMEN VON „FABRIK DER ZUKUNFT“



## T H E M A

# ZERO EMISSIONS FORSCHUNG IN ÖSTERREICH IM RAHMEN VON „FABRIK DER ZUKUNFT“

Mit dem Forschungs- und Technologieprogramm „Nachhaltig Wirtschaften“ hat das Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie (bmvit) bereits 1999 eine Initiative gestartet, die den Umstrukturierungsprozess in Richtung Nachhaltigkeit effektiv unterstützen soll. Im Rahmen von mehreren Programmlinien werden seither Forschungs- und Entwicklungsprojekte sowie Demonstrations- und Verbreitungsmaßnahmen unterstützt, die wichtige Innovationsimpulse für die österreichische Wirtschaft setzen.

Die Programmlinie „Fabrik der Zukunft“ hat das Ziel, richtungsweisende Pilotprojekte im Bereich nachhaltiger Technologieentwicklung zu forcieren. Modellbeispiele können innovative Produktionsprozesse oder zukunftsweisende Produkte und vorbildliche Betriebe sein. Die angestrebten Innovations sprünge finden in den Feldern „Technologien und Innovationen bei Produktionsprozessen“, „Nutzung nachwachsender Rohstoffe“ und „Produkte und Dienstleistungen“ statt. Die Programmlinie „Fabrik der Zukunft“ wird auf Empfehlung des Rates für Forschung und Technologie aus Sondermitteln der Technologieoffensive der Bundesregierung finanziert.

■ Einer der wichtigsten Eckpfeiler einer nachhaltigen Gesellschaft ist eine Industrie, die gänzlich ohne Emissionen und Abfälle auskommt. Dafür sind sogenannte „Null-Emissions-“ oder „Zero Emissions-Verfahren“ notwendig, die eine vollständige Kreislaufführung bzw. Weiternutzung aller nicht in das Produkt eingehenden Roh- und Hilfsstoffe sowie aller Betriebsmittel und auch der Energieflüsse ermöglichen. Das Ziel ist eine Produktion, bei der nur jene Stoffe, die schließlich in das fertige Produkt oder in Koppelprodukte gelangen, aus der Natur entnommen werden. Darüber hinaus ist es für eine nachhaltige Wirtschaftsweise erforderlich, den gesamten Produktlebensweg von der Rohstoffentnahme über die Nutzungsdauer bis zur Entsorgung zu betrachten. Und letztlich ist es notwendig in vielen Bereichen innovative Dienstleistungen zu entwickeln, die den Besitz von Produkten überflüssig machen.

Alle diese Aspekte werden oft im Begriff „Null-Emission“ oder „Zero Emission“ inkludiert. Es gibt derzeit noch keine endgültige Definition und keine allgemein anerkannte Methode zur Erreichung von Zero Emissions. Allerdings wurden zahlreiche Strategien entwickelt, die sich mit der Reduzierung oder Vermeidung von Abfällen und Emissionen in der industriellen Produktion beschäftigen. Es zeichnet sich ab, dass es keinen vorrangig gültigen Weg zur Erreichung der oben genannten Zielsetzungen gibt, sondern dass nur eine Kombination von technischen, organisatorischen und gesellschaftspoli-

tischen Maßnahmen und eine Verbindung der unterschiedlichen Ansätze zum Ziel führen wird. Internationale Forschungsaktivitäten, wie z.B. die ZERI Initiative der Universität der Vereinten Nationen UNU verfolgen einen ganzheitlichen Ansatz zur Erreichung des Null-Emissionsziels und initiieren Pilotprojekte, allerdings vorwiegend in Entwicklungsländern.

In Österreich werden im Rahmen der Programmlinie „Fabrik der Zukunft“ ebenfalls verschiedene Forschungsprojekte durchgeführt, die sich sowohl mit den Grundlagen des Zero Emission Ansatzes beschäftigen, als auch in enger Kooperation mit österreichischen Industriebetrieben Möglichkeiten und Wege der Umsetzung in die Praxis aufzeigen.

### PROJEKT 1

#### ZERIA I und II – Zero Emissions Research in Austria

RNS – Institut für Ressourcenschonende und Nachhaltige Systeme, TU Graz  
Projekt Autoren: ao.Univ.Prof.DI Dr. Hans Schnitzer, DI Gernot Gwehenberger, et.al., Graz 2000 und 2003

Im ersten Teil des Projekts ZERIA wurden sowohl die Grundlagen und Definitionen erarbeitet, als auch erste Möglichkeiten für die praktische Anwendung abfall-

und emissionsfreier Verfahren und Technologien untersucht. Dabei wurden auch bereits bestehende Ansätze und Strategien analysiert. ZERIA II baut auf den Ergebnissen auf und entwickelt eine Gesamtstrategie, in der verschiedene Methoden gezielt miteinander verbunden und den Bedürfnissen der österreichischen Industrie angepasst werden. Die gefundenen Strategien werden in Form eines Werkzeugsets für die Anwendung in der Praxis aufbereitet.

### PROJEKT 2

#### ZERMEG I und II – Zero Emission Retrofitting Method for Existing Galvanizing Plants

STENUM GmbH, Graz  
Projekt Autoren: Dr. Johannes Fresner, et.al., Graz 2003 und 2004

Im Rahmen der Projekte ZERMEG I und II wurde eine Methode entwickelt, mit der sich bestehende Galvanikanlagen systematisch optimieren lassen. Die Anlagen können so umgestellt bzw. umgebaut werden, dass sie sich unter möglichst weitgehender Reduktion des Chemikalieneinsatzes und mit Kreislaufschließung betreiben lassen. Die Maßnahmen wurden in Pilotanlagen in der Praxis getestet. Im zweiten Teil des Projekts werden die Methoden verfeinert und Strategien zur weiten Verbreitung der Ergebnisse erarbeitet.



## ZERIA: GRUNDLAGEN UND METHODEN FÜR ZERO EMISSIONS VERFAHREN

■ Moderne und innovative Verfahren, bei denen durch einen effizienten und sorgsamem Umgang mit Rohstoffen während der Produktion Emissionen und Abfälle vermindert werden, sind heute das Ideal industrieller Prozesse. Die Notwendigkeit von Null-Emissionsprozessen zeigt sich, wenn man die „wahren Kosten“ der in Produktionsprozessen anfallenden Emissionen und Abfälle betrachtet. Die produzierten Abfälle müssen zuvor als Rohstoffe eingekauft werden und verursachen in der Produktion anteilig alle anfallenden Kosten wie z.B. Personalkosten, Anlagenkosten und schließlich Entsorgungskosten. Hier wird das große Einsparungspotenzial deutlich, das durch die Vermeidung und Verwertung von Emissionen erzielt werden kann.

Im Rahmen der Projekte ZERIA I und II wurden Möglichkeiten der Umsetzung von emissions- und abfallfreien Produktionsverfahren in Österreich untersucht. Zu den bereits erprobten Methoden zählen Cleaner Production, die Nutzung nachwachsender Rohstoffe und Eco-design. Auch Ansätze wie Upzising (Umwandlung der im Produktionsprozess ungenutzten Rohstoffe in Produkte mit hoher Wertschöpfung) oder Integrierte Biogene Systeme (Nutzung biogener Abfälle und Emissionen zur Erzeugung von Dünger, Tierfutter etc.) gehen in Richtung Null-Emissionsprozesse. Die Strategie der Industriellen Ökologie orientiert die industrielle Produktion an natürlichen Ökosystemen und entwickelt Konzepte zur Schaffung von „Eco-Industrial-Parks“, wo der Abfall aus einer Produktion zum Einsatzstoff einer anderen wird.

Keine dieser an sich erfolgreichen Strategien ist aber allein in der Lage das Null-Emissionsziel zu erreichen. Allerdings verwenden alle die gleichen Werkzeuge (Analyse der wahren Kosten, Lebenszyklusanalysen, Stoffflussanalysen, Umweltmanagementsysteme) und stehen denselben Hindernissen gegenüber. Daher wurde im Rahmen des Projekts gezielt nach Möglichkeiten ge-

sucht, einzelne Ansätze zu verbinden und eine Gesamtstrategie zu erarbeiten.

Ausgangspunkt ist eine vollständige Stoff- und Energiebilanz sowie eine Schwachstellenanalyse des jeweils betrachteten industriellen Prozesses. Bei der Entwicklung von Umsetzungsmöglichkeiten für Null-Emissionsverfahren kann man die Emissionsströme in die einzelnen Medien gesondert betrachten. Im Rahmen des ZERIA-Projekts wird zwischen Emissionen in Luft und Wasser, energetischen Emissionen (Abwärme, Lärm) und festen Abfällen unterschieden. Gefährliche Abfälle und Verbundwerkstoffe werden davon nochmals getrennt behandelt. Um zu einer übergreifenden Strategie zu gelangen, werden die verschiedenen Vermeidungs- oder Nutzungsmethoden

und Medien in einer Matrix zusammengefasst und für die so entstehenden Paare (Emission in ein Medium, Methode) Lösungsmöglichkeiten in Richtung Null-Emissionen gesucht, wobei in der Folge unterschiedliche Methoden miteinander kombiniert werden. Nach dem Zero Emissions Konzept kann dabei ein Emissionsstrom prinzipiell auf zwei Arten eliminiert werden:

- durch die produktionsinterne Vermeidung (Produktionsumstellungen, neue Verfahren, Ersatz von Rohstoffen durch ungefährliche und nachwachsende Rohstoffe, etc.)
- durch eine interne oder externe Verwertung (eventuell nach einer geeigneten Aufbereitung)

Aus dieser Betrachtungsweise ergibt sich für jeden Emissionsstrom eine An-

### Fallstudien in österreichischen Industriebetrieben

#### 1 Marienhütte Ges.m.b.H.

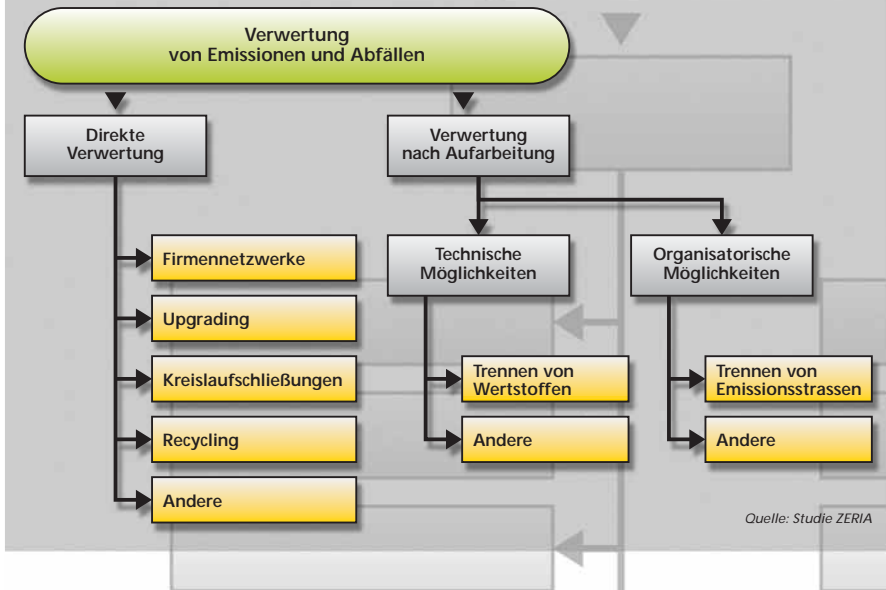
Die Marienhütte ist ein Stahl- und Walzwerk, in dem jährlich 300.000 Tonnen Stahl aus Schrott produziert werden. Der Betrieb hat bereits verschiedene Umweltprojekte durchgeführt und durch die eingesetzte Umweltschutztechnik in bezug auf die Stoffströme einen hohen Grad an Abfallvermeidung erreicht. Das große, bisher ungelöste Problem ist aber der hohe Energie- und Wasserverbrauch bei der Stahlschmelze. Der Betrieb hat bereits in der Vergangenheit Schritte unternommen, die eingesetzte Energie optimal zu nutzen. So erfolgt eine Einspeisung in das Grazer Fernwärmenetz und die Gebäude der Marienhütte und zwei angrenzende Betriebe werden ebenfalls mit Abwärme geheizt. Im Rahmen des ZERIA Projekts wurden weitere Lösungsvorschläge entwickelt, so z.B. die Abgase des Elektrolichtbogenofens in Verbindung mit einer Gastützfeuerungs zum Betrieb einer Dampfturbine zur Stromerzeugung



zu nutzen. Für eine Optimierung der Wasserkreisläufe konnten bisher noch keine zufriedenstellenden Lösungen gefunden werden, hier sind weitere Forschungs- und Entwicklungsarbeiten notwendig.

#### 2 SCA Laakirchen, Papiererzeugung

Ansatzpunkte für Null-Emissionsmethoden sind vor allem in der Verwertung von folgenden Reststoffen, die im Rahmen der Rohstoffaufbereitung anfallen, gegeben: Asche aus Biomasse, Faserreststoffe und Rinde. So könnte z.B. die Asche als Füllstoff in der Zementherstellung und als Dünger in der Forstwirtschaft weiterverwendet werden. Die Faserreststoffe wären



Rahmen des Projekts Entscheidungs-bäume für Prozesswasser und Energie vollständig ausgearbeitet. Basis für die Entwicklung dieses Systems waren die Erfahrungen und speziellen Anforderungen österreichischer Betriebe, die mittels einer Fragebogenaktion erhoben wurden. Dabei zeigte sich ein großes Interesse an emissions- und abfallfreien Verfahren. Prozesswasser und feste Abfälle wurden von den teilnehmenden Betrieben als größte Problemfelder genannt.

zahl möglicher Vorgangsweisen, um in Richtung Zero Emissions zu kommen. Diese „hierarchisch“ geordnete Sammlung von Methoden, Anwendungsrichtlinien, Erfahrungswerten und theoretischen Erkenntnissen wird in einem „Entscheidungsbaum“ dargestellt. Je nach der tatsächlichen Situation des

betrachteten Betriebes ergeben sich mit dieser Checkliste geeignete und weniger geeignete Kombinationen von Methoden. Mit Hilfe dieses Werkzeugs können Potenziale für die Umsetzung emissions- und abfallfreier Produktionsverfahren im einzelnen Betrieb ermittelt werden. Als Beispiele wurden im



ebenfalls in der Zementindustrie oder als ökologischer Baustoff einsetzbar und für Rinde wurde unter anderem die Kooperation mit Spanplatten- bzw. Dämmmaterialherstellern vorgeschlagen.

**3 AURO Naturfarben GmbH.**

Die Produktionsbereiche dieses Betriebs umfassen die Herstellung von Naturfarben, die Wasserdampfextraktion von ätherischem Zirbelkieferöl und die Lärchenharzraffination. Möglichkeiten für Optimierungen ergaben sich beim Prozess der Wasserdampfdestillation, für den zwei technisch verbesserte Varianten zur Kreislaufschließung und Reduktion des Heizölverbrauchs erarbeitet wurden. Finanziell problematisch ist für die Umsetzung beider Lösungen allerdings die geringe Betriebsdauer der Anlage. Eine Ausweitung der Produktion von ätherischen Ölen würde sich daher positiv auswirken. Im Produktionsbereich Harzraffination wurde der Einsatz von Solarenergie zum Erwärmen oder Vorwärmen der Harze angeregt.

**4 EYBL International AG**

Beim Hersteller von Automobiltextilien (Sitzbezüge, Verkleidungen, Autohimmel etc.) wurden im Rahmen der Fallstudie Potenziale zur Reduktion von festen Abfällen und Emissionen in Abluft und Abwasser aufgezeigt. So werden zur Zeit im Bereich der festen Reststoffe nur trockene Textilien zur weiteren Verwendung an andere Betriebe verkauft. Durch neue Behandlungsmethoden für die im Produktionsprozess anfallenden nassen Textilabfälle, könnten auch diese verwertet werden. Im Bereich Abluft/Energie wurde der Einsatz verschiedener neuer Technologien (wie eine Abluftreinigungsanlage für die dampfbeladenen Abgasströme inkl. Wärmerückgewinn-



nung oder eine autotherme Nachverbrennung etc.) vorgeschlagen. 90% des Abwassers können durch den Einbau einer Membrananlage eingespart werden, wodurch zusätzlich auch eine erhebliche Energieeinsparung zu erwarten wäre.

**5 Berglandmilch reg.Gen.m.b.H.**

Als Ansatzpunkte für den Weg zu Zero Emissions wurden hier drei Bereiche ausgewählt: die Standzeitverlängerung der Reinigungsanlage der bestehenden Cleaning-in-Place (CIP)-Anlage, die Untersuchung der Einsatzmöglichkeiten des abgetrennten Wassers aus einer Umkehr-Osmose Anlage im Prozess und alternative Behandlungswege für die im Prozess anfallende Molke. Alle drei Fragestellungen wurden untersucht und Lösungsmöglichkeiten erarbeitet.



## ZERMEG: METHODE ZUR OPTIMIERUNG BESTEHENDER GALVANIKEN FÜR EINEN MÖGLICHST ABWASSER- UND ABFALLFREIEN BETRIEB

■ Die galvanische Beschichtung von Metalloberflächen ist ein wichtiges Verfahren in der modernen Industrie, mit dem kostengünstig langlebige Oberflächen hergestellt werden, die die Lebensdauer von Bauteilen durch Korrosionsschutz erhöhen. So können Ressourcen geschont und die Umwelt entlastet werden. Gleichzeitig entstehen aber in den Galvanikbetrieben große Umweltbelastungen durch den hohen Wasserverbrauch und die eingesetzten Chemikalien. Diese gelangen teilweise ins Abwasser und müssen daraus aufwändig entfernt werden.

Im Rahmen des Projektes ZERMEG wurde eine Methode zur Optimierung bestehender Galvanikanlagen entwickelt. Mit den hier vorgeschlagenen Maßnahmen können die Prozesse so verändert werden, dass

- möglichst wenig Abwasser anfällt
- die Schadstoffkonzentration im Abwasser möglichst gering ist
- möglichst viele Badinhaltsstoffe im Betrieb zurückgewonnen werden
- die innerbetrieblich nicht vermeidbaren Abfälle als Nebenprodukte in anderen Branchen verwertet werden können

Der Ansatz besteht aus einem methodischen Vorgehensmodell, einem Rechenprogramm zur Identifikation der theoretisch idealen Wasser- und Chemikalienverbräuche (ZEPRA), Checklisten für Optionen und Datenbanken mit geeigneten Technologien zur Standzeitverlängerung von galvanischen Bädern und zur Kreislaufführung.

### Die betriebsinterne Analyse und Optimierung der Anlagen wird in folgenden Schritten durchgeführt:

- Ist-Analyse: Messen des Wasserverbrauchs und Chemikalieneinsatzes, Feststellen der Verschleppung von Chemikalien, Definition des Spülkriteriums
- Vergleichsberechnung: Berechnung des Wasserverbrauchs und Interpre-

tation der Abweichung, Berechnung der Chemikalienverbräuche

- Definition möglicher externer Verwertung und Entsorgung
- Definition von möglichen Rückführungen
- Bewertung von Optionen
- Optimierung der Abwasseranlage

Mit entsprechender Analytik wurden bereits verschiedene Beizen verfolgt, um Aussagen über die Korrelierbarkeit der theoretischen Beschreibungen mit der betrieblichen Praxis zu erhalten. Einen weiteren Schwerpunkt bilden neue Ansätze zur Badpflege und zur

### Galvanisieren

Unter Galvanisieren versteht man die metallische Beschichtung eines Werkstoffs durch elektrochemische Abscheidung. Zweck dieses Verfahrens ist die Veredlung von Oberflächen sowie der **Schutz vor Korrosion**. Voraussetzung für die Galvanisierung ist eine saubere Oberfläche des Werkstoffs. Deshalb müssen alle Verschmutzungen, Öle, Fette, Kühl- und Schleifmittel die dem Werkstück anhaften, in der chemischen Vorbehandlung entfernt werden. Das **Entfetten** ist die erste nass-chemische Stufe bei allen Behandlungen. Beim **Beizen** werden die letzten Spuren von Fett und Schmutz sowie die natürliche Oxidschicht entfernt. Sowohl die Vorbehandlung als auch das Galvanisieren erfolgt in einer Reihe von chemischen Bädern. Nach jedem Prozessbad werden die Werkstücke mit Wasser gespült, um **Verschleppungen** der Metall-, Salz- und Säurerückstände in das folgende Prozessbad zu verhindern.

Bereits in ZERMEG I wurde die Methodik im Rahmen von Pilotprojekten mit großem Erfolg angewendet. Es konnten zum Teil Reduktionen des spezifischen Wassereinsatzes von 80–95% und deutliche Reduktionen des spezifischen Chemikalieneinsatzes erreicht werden. Wichtigster Partner war dabei die Firma Eloxal Heuberger, mit deren Unterstützung das Projekt entwickelt und die Ergebnisse direkt in die Praxis umgesetzt werden konnten.

In ZERMEG II werden diese Aktivitäten fortgesetzt und vertieft. Es hat sich gezeigt, dass für ein vollständiges Zero Emissions Konzept konzentrierte Untersuchungen der Entfettungs- sowie der Beiz- und Ätzprozesse in oberflächenbehandelnden Betrieben notwendig sind. Der Arbeitsschwerpunkt in der zweiten Phase liegt daher in der Aufbereitung von Referenzdaten über diese Prozessschritte. Dazu wurden mit Hilfe von Literaturstudien die Einflussfaktoren auf Beiz- und Entfettungsqualitäten erarbeitet und für die Einbindung in die Berechnungsmodelle aufbereitet.

Standzeitverlängerung. Störende Verunreinigungen sollen so ausgeschleust werden, dass sie in anderen Branchen als Rohstoffe einsetzbar sind. Die Ergebnisse dieser Arbeiten werden wie im ersten Projektteil von Industriepartnern unmittelbar in die Praxis umgesetzt. Zur Zeit wird die Methode in fünf weiteren Galvanikbetrieben angewendet.

Durch die Einbindung neuer Projektpartner wird die Anzahl der Anwendungen der ZERMEG-Methode stark erhöht. Die Praxiserfahrungen werden in eine umfassende Datenbank eingespeist, die gemeinsam mit der Dokumentation der Fallstudien, dem Leitfaden und einem Rechenprogramm zur Selbstanalyse für interessierte Unternehmen auf einer eigenen Website ([www.zermeg.net](http://www.zermeg.net)) verfügbar ist.

## UMSETZUNG DER ZERMEG-METHODE IN ÖSTERREICHISCHEN BETRIEBEN



### 1 Eloxal Heuberger

Der Betrieb anodisiert Aluminiumoberflächen, d.h. die Oberfläche wird in eine Oxidschicht umgewandelt, die das Aluminium gegen Korrosion und Abrieb schützt. Das Spektrum der bearbeiteten Teile reicht von Profilen für Fassaden, Fenster und Solaranlagen bis zu diversen Kleinteilen für verschiedene Branchen. Durch den Einsatz der ZERMEG-Methode konnten Schwachstellen im Produktionsprozess aufgezeigt und Lösungen zur Optimierung einzelner Prozessabläufe entwickelt und umgesetzt werden. Die bisherigen Ergebnisse zeigen, dass der eingeschlagene Weg richtig ist. Der Wasserverbrauch konnte um 95% reduziert werden und der Verbrauch an Säure und Lauge wurde um 50 % gesenkt. Dies konnte durch folgende Maßnahmen erreicht werden:

- besseres Verständnis der Abläufe in den Bädern und der relevanten betrieblichen Abläufe

- treffendere Modellierung und Berechnung und damit Know-How Aufbau im Betrieb
- Optimierung der Entfettungseffekte
- Minimierung des Metallabtrags
- Optimierung und Verlängerung der Standzeiten
- Einsatz neuer Technologien zur Badpflege
- Identifizierung von neuen Verwertungswegen

### 2 Mosdorfer-Knill GmbH

Der Schwerpunkt der Arbeit in dieser Verzinkerei lag in der Ermittlung des idealen Säureverbrauches für das Beizen (Abätzen der Oberfläche mittels Säurebad) der Rohteile. Dieser Schritt ist notwendig, um vor dem Verzinken eine saubere Oberfläche der Metallteile zu erhalten. Als Resultat konnte bisher der flächenspezifische Säureverbrauch um ca. 50% reduziert werden. Zielsetzung ist es, durch noch genauer getrennte Säurewirtschaft eine vollständige Verwertung der Altsäuren zu erreichen.

### 3 Rotoform GMBH

Ein Produktionsbereich dieser Firma ist die Herstellung und Bearbeitung von Druckformen für das grafische Gewerbe. Für den Rotationstiefdruck werden Stahlwalzen gereinigt, vernickelt, verkupfert, plangefräst, graviert bzw. geätzt, verchromt und geschliffen. Durch technische Veränderungen bei

den im Produktionsablauf erforderlichen Spülvorgängen konnten deutliche Verbesserungen erzielt werden. Der Wasserverbrauch der Anlage wurde um 40% und der Säureaustrag um 30% reduziert. Im gleichen Zeitraum wurde die Produktion um 25% gesteigert.

## PROJEKTTRÄGER

Alle Projekte sind im Rahmen der Programmlinie „Fabrik der Zukunft“ entstanden.

### Zeria I und II –

**Zero Emissions Research in Austria**  
RNS – Institut für Ressourcenschonende und Nachhaltige Systeme, TU Graz  
Projektautoren: ao.Univ.Prof.DI Dr. Hans Schnitzer, DI Gernot Gwehenberger, et.al., Graz 2000 und 2003

### Zermeg I und II –

**Zero Emission Retrofitting Method for Existing Galvanizing Plants**  
STENUM GmbH, Graz  
Projektautoren: Dr. Johannes Fresner, et.al., Graz 2003 und 2004  
Kooperationspartner (u.a.): Heuberger Eloxal (Josef Mair, H. Oberlerchner), Mosdorfer-Knill GmbH (Franz Solka), Rotoform GmbH (Dr. Michael Hofer)

## INFORMATIONEN PUBLIKATIONEN

Die Endberichte zu den oben genannten Studien sind in der Schriftenreihe „Berichte aus Energie- und Umweltforschung“ (21/2000, 21/2003) des bmvit erschienen und erhältlich unter: [www.NachhaltigWirtschaften.at](http://www.NachhaltigWirtschaften.at)

### PROJEKTFABRIK

A-1190 Wien, Nedergasse 23/3  
versand@projektfabrik.at

### FORSCHUNGSFORUM im Internet:

[www.NachhaltigWirtschaften.at](http://www.NachhaltigWirtschaften.at)

in Deutsch und Englisch

Eine vollständige Liste der Schriftenreihe „*Berichte aus Energie- und Umweltforschung*“ des bmvit mit Bestellmöglichkeit findet sich auf der HOMEPAGE: [www.NachhaltigWirtschaften.at](http://www.NachhaltigWirtschaften.at)

## IMPRESSUM

FORSCHUNGSFORUM informiert über ausgewählte Projekte aus dem Bereich „Nachhaltig Wirtschaften“ des bmvit. Eigentümer, Herausgeber und Medieninhaber: Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie; Abteilung für Energie- und Umwelttechnologien; Leitung: Dipl.Ing. M. Paula; Renngasse 5, A-1010 Wien. Fotos und Grafiken: Eloxal Heuberger, Eybl International AG, Marienhütte Ges.m.b.H., Projektfabrik. Redaktion: Projektfabrik, A-1190 Wien, Nedergasse 23. Gestaltung: Grafik Design Wolfgang Bledl, [gdwb@council.net](mailto:gdwb@council.net). Herstellung: AV+Astoria Druckzentrum GmbH, A-1030 Wien, Faradaygasse 6.

- FORSCHUNGSFORUM erscheint vierteljährlich und kann kostenlos abonniert werden bei: Projektfabrik, A-1190 Wien, Nedergasse 23, [versand@projektfabrik.at](mailto:versand@projektfabrik.at)