

**Zeitschrift:** Plan : Zeitschrift für Planen, Energie, Kommunalwesen und Umwelttechnik = revue suisse d'urbanisme

**Herausgeber:** Schweizerische Vereinigung für Landesplanung

**Band:** 35 (1978)

**Heft:** 3

**Artikel:** Recycling in der Industrie

**Autor:** Vogel, Hermann E.

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-782499>

#### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

#### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

#### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 13.02.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

Zum ersten Welt-Recycling-Kongress in Basel

# Recycling in der Industrie

Von Dr. Hermann E. Vogel, Zürich

**An der Schweizerischen Mustermesse in Basel findet vom 6. bis 8. März 1978 der «Erste Welt-Recycling-Kongress» statt. Ziel dieses Kongresses ist die Übermittlung technischer Information über die verschiedenen Arten rationeller Wiedergewinnung und nutzbringender Wiederverwendung industrieller und städtischer Abfallstoffe in der Industrie und der Öffentlichkeit.**

Als fördernde Organisationen treten in Erscheinung: Bureau international de la récupération, United States Bureau of Mines, European Federation of Chemical Engineering, The Royal Society, The Institution of Chemical Engineers, The Institution of Production Engineers, The Society of Chemical Industry, «Conservation and Recycling», Illinois Institute of Technology Research Institute. Der Kongress ist kombiniert mit einer internationalen Ausstellung von Maschinen und Verfahren zur Rückgewinnung und zum Wiederverbrauch von industriellen und städtischen Abfallstoffen.

Nachfolgend sollen die Bestrebungen aufgezeigt werden, die in verschiedenen Industriezweigen auf dem Recyclingsektor zum Teil schon zu erfreulichen praktischen Verwirklichungen geführt haben.

## Chemische Industrie

Die chemische Industrie ist bestrebt, umweltfreundliche Verfahren anzuwenden, bei denen Emissionen im weitesten Sinn, die zur Umweltbelastung führen können, durch Veränderung des ursprünglichen Prozesses verringert oder, falls es sich um stoffliche Emissionen handelt, an irgendeiner Stelle der Produktion zurückgeführt werden. Um Technologien umweltfreundlicher zu machen, können verschiedene Wege beschritten werden, die sowohl am Prozess selbst, an seinen Rohstoffen oder, im Falle des Recycling, an seinen Rückständen ansetzen können. Generell bietet sich das Recycling als umweltfreundliche Alternative an, wenn das Auftreten von Nebenstoffen in Form von Abfallstoffen nicht durch

Abänderung des Prozesses zu vermeiden ist.

Die Firma Ciba-Geigy AG beispielsweise ist auf den Gebieten der Farbstoffe, Pharmazeutica, Landwirtschaftschemikalien, Kunststoffe und Additive, Photchemikalien und Haushaltungsprodukte tätig.

Für die Fabrikation von Chemikalien werden in den meisten Fällen Lösungsmittel und Hilfschemikalien verwendet, also Stoffe, die an der Reaktion selbst nicht beteiligt sind und die vom gebildeten Endprodukt nach erfolgter Reaktion wieder abgetrennt werden müssen. Die Wiederverwendung der Lösungsmittel wird in jedem Fall angestrebt und wurde praktisch schon seit langer Zeit überall dort ausgeführt, wo die Lösungsmittel ohne besondere Schwierigkeiten zurückgewonnen werden konnten. Wo Wasser als Lösungsmittel verwendet wurde, übergab man in der Vergangenheit die gelösten Abfallprodukte mit dem Abwasser dem Vorfluter ohne Rückgewinnung. Nach der Inbetriebnahme integrierter mechanisch-biologischer Kläranlagen müssen die Reinigungskosten des Abwassers berücksichtigt werden. Da diese Kosten zum Wasserpreis addiert werden müssen, erscheint die Verwendung von Lösungsmitteln inklusive deren Rückgewinnung anstelle von Wasser oft wirtschaftlicher.

Bedeutende andere Abfälle stammen von den Nebenprodukten, die bei chemischen Reaktionen selbst entstehen. Wohl hat man im Laufe der Jahre durch Arbeitsprozessverbesserungen speziell bei Grossprodukten erreicht, dass der Anteil der Nebenprodukte sich verminderte, aber viele Nebenprodukte können weder in ihrer bestehenden Form noch als Ausgangsprodukte für andere Erzeugnisse in der chemischen Industrie Verwendung finden. Eine Recyclisierung kommt für diese Produkte nicht in Frage, da die Rückführung in wieder gebrauchsfähige Chemikalien oft nur in kleinen Ausbeuten und nur mit einem grossen Aufwand an Energie möglich ist.

Eine dritte Kategorie von Abfallstoffen

entstehen aus Hilfschemikalien, die als Katalysatoren oder Neutralisationsmittel Verwendung finden. Bei der Herstellung von Farbstoff-Zwischenprodukten zum Beispiel werden grosse Mengen Schwefelsäure verwendet, deren Überschüsse neutralisiert werden müssen, bevor sie den Vorflutern übergeben werden. Bis heute konnte nur eine teilweise befriedigende Technologie für eine Verwendung bzw. für einen Wiederverbrauch gefunden werden.

Organische Lösungsmittel, in denen nichtgewünschte Neben- oder Abfallprodukte gelöst sind, werden durch Destillation zurückgewonnen und sind wieder einsetzbar. Destillationsrückstände, die brennbar sind, werden verbrannt und zur Erzeugung von Wärme bzw. Dampf verwendet. Die aus der Verbrennung anfallenden Rückstände, Schlacken und Aschen, können keine Verwendung mehr finden und müssen deshalb an geeigneten Orten geordnet deponiert werden. Nebenprodukte aus den Fabrikationen können mit sinnvollen Methoden in wiederverwendbare Chemikalien übergeführt werden, oder sie müssen durch geeignete biologische oder chemische Methoden in unschädliche Produkte verwandelt werden. Für die anorganischen Säuren und Salze müssen neue Technologien entwickelt werden, die eine Wiederverwendung gestatten. Die Reinigung bzw. die Aufkonzentrierung muss daher am Ort ihrer Entstehung durchgeführt werden.

Es ist indessen das Ziel der chemischen Industrie, eine neue Technologie zu entwickeln, die möglichst wenig Neben- und Abfallprodukte liefert und bei der nicht in Reaktion getretene Stoffe möglichst vollständig zurückgewonnen und wieder eingesetzt werden können. Dazu dienen kontinuierliche Prozesse, die unveränderte Ausgangsmaterialien automatisch wieder in die Reaktionskessel zurückführen oder die Lösungsmittel im Kreislauf führen. Lösungsmittelgemische sind möglichst zu vermeiden.

Chemische Nebenprodukte bestehen zum Teil aus schwer trennbaren Gemis-

schen, die keine sinnvolle Weiterverwertung gestatten. Bei Destillationen entstehen harz- oder teerartige Substanzgemische, die nur noch verbrannt oder deponiert werden können. Die bei der Verbrennung gewonnene Energie kann wiederverwertet werden, sollte aber in den betreffenden Produktionsstätten oder in ihrer Umgebung Verwendung finden.

## Aluminiumindustrie

Aluminiumschrott und -abfälle können durch metallurgische Verfahren der Wiederverwendung zugeführt werden. Dank sorgfältiger Sortierung und gründlicher Aufbereitung gelingt es in speziellen Öfen, genormte Gusslegierungen herzustellen. Bei entsprechender Schmelzbehandlung erhält man wiederum ein hochwertiges Produkt, das mit Ausnahme eines leicht erhöhten Eisengehaltes dem ursprünglichen Aluminium ebenbürtig ist. Durch Recycling können in der westlichen Welt rund 2,7 Mio. t Umschmelzaluminium erzeugt werden, was 20 % der Gesamtaufzählerzeugung entspricht.

Die Industrie unterscheidet zwischen sogenannten Abfällen, insbesondere Blechen und Profilen, Spänen und Krätsen, und anderseits Schrott. Während die Abfälle grundsätzlich neu sind, somit von einem Fabrikationsvorgang stammen, kommt der Schrott meistens aus Haushaltungen, aus dem Abbruch von Gebäuden, Anlagen, Maschinen, Apparaten oder Autos. Diese Schrotte sind mit Farben und Kunststoff beschichtet und ölig. Sie bestehen aus den verschiedensten Legierungen und enthalten neben Aluminium Kupfer, Zink, Silizium, Blei.

Ziel jeder Rückgewinnung ist es, eine der Norm entsprechende Aluminiumgusslegierung mit den Hauptkomponenten Aluminium, Silizium, Kupfer, Zink, Magnesium und Eisen zu erzeugen. Dies bedingt, dass die Abfälle meistens, die Schrotte immer sortiert werden müssen. Ein Kenner muss den Schrott identifizieren. Dazu stehen ihm diverse Hilfsmittel, wie spektralanalytische Kontrollen, zur Verfügung.

Die Aufbereitungswege sind je nach Schrottart verschieden. Späne können kurz oder lang, nass oder trocken, ja oft mit einem Ölgehalt bis zu 30 % anfallen. Sie müssen identifiziert, gebrochen, getrocknet und ölfrei gemacht werden. Heute hat man sich in den Umschmelzwerken meistens für eine Verbrennung oder Verdampfung des Öls entschieden.

Die Schnitzel liegen in den verschiedensten Formen vor. Normalerweise

sind es Bleche, Profile, Büchsen, Pfannen, Apparateile, Folien und Flaschendeckel. Die Sortierung solcher Abfälle ist nicht schwer, solange der Gebrauchsgegenstand identifiziert werden kann. Sortierer können aufgrund ihrer langjährigen Erfahrungen die einzelnen Legierungen erkennen und trennen. In den letzten Jahren ist es in Frankreich gelungen, diese relativ aufwendige Sortier- und Aufbereitungsarbeit zu mechanisieren. Mit Hilfe von sogenannten Schweresinktrennanlagen lassen sich Magnesium oder Schwermetalle ohne weiteres abtrennen. Es gelingt sogar, magnesiumhaltige Aluminiumlegierungen von nur siliziumhaltigen oder kupferhaltigen von kupferfreien Legierungen zu trennen. Der Schrott läuft zuerst über eine Shredderanlage und wird in kleine Stücke zerschlagen. Nach einer magnetischen Trennung beginnt die Schweresinktrennanlage zu arbeiten. Mittels Spezialverfahren werden drei Fraktionen ausgeschieden, eine leichte Fraktion mit Magnesium und magnesiumhaltigen Aluminiumlegierungen, eine mittlere Fraktion mit kupferhaltigen Aluminiumlegierungen, und eine schwere Fraktion, die vor allem aus Schwermetallen oder rostfreien Stählen besteht. Dieser klassierte Schrott muss noch gewaschen und getrocknet werden.

Krätsen sind oxidhaltige Rückstände aus den Giessereien. Der Metallgehalt variiert zwischen 30 und 80 %. Zur Aufbereitung verwendet man Kugel- oder Prallmühlen. Im ersten Fall werden durch Stahlkugeln die Krätsenstücke zerschlagen und gereinigt, so dass Staub und Schmutz abgesiebt werden können, im zweiten Fall nutzt man die Verformbarkeit des Metalles aus, indem durch einen Rotor mit hoher Geschwindigkeit die Krätsen an eine Prallwand geschleudert werden, wobei die spröden, nichtmetallischen Verunreinigungen vom kompakten Metall absplittern.

Vor Jahren hat die auf dem Gebiet des Aluminium-Recycling spezialisierte schweizerische Firma «Metallwerke Refonda AG» auf dem Sektor der Prallmühlen ein Verfahren entwickelt, aus dem heute eine dreistufige, hochmechanisierte Anlage entstanden ist. Das hier aufbereitete Aluminium hat einen Metallgehalt von 70 bis 90 %. Pro Stunde können hier 4 bis 8 Tonnen Rohkrätsen verarbeitet werden.

Eisenhaltiger Aluminiumschrott kann im sogenannten Abschmelzofen in Aluminium und Eisen getrennt werden. Das zu trennende Material wird ge-

wöhnlich auf eine schiefe Ebene gelegt. Mit einem Brenner wird das Aluminium verflüssigt, während das Eisen liegenbleibt. Periodisch werden die Stahlrückstände mit Krucken aus dem Ofen entfernt. Bei neueren Ausführungen wird der eisenhaltige, vorgewärmte Schrott in ein flüssiges Aluminiumbad getaucht, wobei sich das Aluminium relativ schnell auflöst, während das Eisen als Bodensatz liegenbleibt. Das Ziel all dieser Aufbereitungsverfahren besteht darin, ein chemisch und physikalisch bekanntes Rohmaterial für die Schmelzöfen zu erhalten.

Für das *Einschmelzen von Schrott* galten früher als ideale Öfen die Trommelöfen. Drehtrommelöfen werden mit einem Salzbad betrieben, wobei man meistens Gemische von Natriumchlorid, Kaliumchlorid und Flussspat mit einem Schmelzpunkt von 650 bis 700 °C verwendet. Diese Salze werden zuerst geschmolzen, damit der eingefüllte Schrott darin gelöst werden kann. Das Salzgemisch löst die am Metall haftenden Oxide und nimmt sie in sich auf.

Bekannt sind Trommelöfen mit einem Inhalt von 1000 bis 15 000 kg Aluminium, zusätzlich 300 bis 500 kg Salz pro Tonne metallischer Einfüllmenge.

Der grosse Nachteil der Trommelöfen ist die notwendige Salzwirtschaft. Bei Temperaturen von über 900 °C ist nicht zu vermeiden, dass in zunehmendem Masse Salz verdampft. Dieses Salz muss, um eine stark rauchende Abgasfahne zu vermeiden, in einer Entstaubungsanlage niedergeschlagen werden. Die dadurch anfallende salzhaltige Schlacke sollte aber nicht ohne weiteres deponiert werden, da die Salze durch den Regen ausgewaschen werden. Vielerorts ist man zur Einsicht gelangt, dass diese Salze aufbereitet und wiedergewonnen werden müssen. Die dabei entstehenden Kosten sind allerdings sehr hoch.

Der Tiegelinduktionsofen besteht aus einem feuerfesten Tiegel, in dem durch elektrische Energie induktiv Metall geschmolzen werden kann. Er hat den grossen Vorteil, die Umwelt praktisch nicht zu belasten, mit Ausnahme des namhaften Elektrizitätsverbrauchs. Bei einer elektrischen Leistung von 2100 kW ist ein 8-Tonnen-Ofen in der Lage, bis zu 4 t Aluminium pro Stunde zu schmelzen. Verarbeitet werden können einerseits saubere, getrocknete und blanke Späne, anderseits Blechabfälle, möglichst frei von Schmutz, Öl, Plastic und ohne jegliche Hohlräume. Weitere Arbeitsprozesse bei der Rückgewinnung von Aluminium aus Schrott

und Abfällen sind das Legieren, Reinigen und Behandeln der Schmelze sowie das Giessen.

Vor nicht allzu langer Zeit war jedes Umschmelzwerk bekannt als ein Umweltverschmutzer. Eine riesige Rauchfahne war eine Selbstverständlichkeit. In der Zwischenzeit ist die Menschheit im Hinblick auf die Gefährdung der Umwelt sensibilisiert worden, die Behörden anerkennen das Schutzbedürfnis des einzelnen und sind bedacht, recht strenge Richtlinien aufzustellen. Leider hat man erst in den letzten Jahren Mittel und Wege gefunden, auch auf diesem technischen Sektor Verbesserungen einzuführen. In Europa und den USA sieht sich jedes Umschmelzwerk mit dem Umweltschutz konfrontiert.

Mit der Beseitigung von Öl, Plastic und Papier aus den eingehenden Aluminiumabfällen, mit der Abscheidung der bei der Aufarbeitung entstehenden Stäube und Rauchgase, mit der Rückgewinnung der verdampfenden Salze waren und sind die Recycling-Unternehmen bestrebt, das Umweltschutz-Plansoll zu erfüllen.

### Recycling von textilen Abfällen

Bisher hat die Rückgewinnung von textilen Abfällen noch nicht die ihr gebührende Beachtung gefunden. Sicherlich sind zum Beispiel in den USA die Textilien nur mit 1,4 % am Hausmüll beteiligt. Die Diskrepanz zwischen dem Pro-Kopf-Verbrauch an Textilfasern – für die USA 25 kg/Jahr – und der Menge textiler Abfälle im Hausmüll – für die USA 7,5 kg/Jahr – ist durch Kleidersammlungen für wohltätige Zwecke und durch den Aufkauf von Lumpen durch Sortier- und Reissbetriebe zu erklären. Von den Reissbetrieben wird die Reisswolle wieder in die Textilbetriebe zurückgeführt.

Die Weltproduktion an Synthesefasern betrug 1972 etwa 6,577 Mio. t, was etwa 28 % der gesamten Faserproduktion entspricht. Dieser Anteil wird sich bis 1985 auf 47 % erhöhen. Hingegen lässt sich die Erzeugung von Naturfasern nur sehr unwesentlich steigern. Daher wird die zunehmende Nachfrage nach

Textilfasern fast ausschliesslich durch Synthesefasern gedeckt werden müssen.

Der steigende Verbrauch an Chemiefasern ist eine Folge des Bevölkerungszuwachses, der Erhöhung des Lebensstandards und eine Ausweitung der Anwendungsbereiche für Chemiefasern. Eine Expertenbefragung ergab, dass beispielsweise Wegwerkleidung sowie Synthetleder für Bekleidung und Heimtextilien künftig stärkere Verbreitung finden werden. Es ist daher in Zukunft mit stark steigenden Textilabfällen zu rechnen.

Ausgangspunkt für die Erzeugung von Synthesefasern sind petrochemische Rohstoffe. Bei der gegenwärtigen Unsicherheit über die zukünftige Entwicklung der Petrochemie ist es schwer, einigermassen gesicherte Voraussagen zu treffen. Zieht man jedoch die für die nähere Zukunft geschätzten Zuwachsraten sowohl für Synthesefasern als auch für ihre Rohstoffe heran, so ergibt sich, dass der Verbrauch an Synthesefasern stärker zunehmen wird. Somit wird textiles Recycling zu einer Notwendigkeit.

Man hat sich daher zu fragen, welche Möglichkeiten des Recycling für die Synthesefaser gegeben sind.

Die erste betriebswirtschaftliche Möglichkeit ist das Recycling der in einer Synthesefaseranlage anfallenden Abfälle wie Spinnkuchen, Gewölle und fehlerhafte Spulen. Für diese Problemstellung wurden wirtschaftliche Verfahren, insbesondere für die Polyamid- und Polyesterherstellung, entwickelt. Die Aufarbeitungskosten zur Erzeugung eines Granulats guter Qualität aus festen Polyesterabfällen betragen unter Berücksichtigung der Kosten für Energien, Personal, Hilfsstoffe, Wartung und Abschreibung 1976 in der BRD etwa –30 bis –80 DM/kg. Der Preis, den Hersteller für Polyestergranulat verlangen, lag bei 3.80 DM/kg, so dass das Rückgewinnungsverfahren äusserst wirtschaftlich ist.

Die Resten der Textilindustrie und die Textilabfälle im Hausmüll fallen im Gegensatz dazu als Mischungen von Baumwolle, Wolle, Seide, Zellulosefasern, Polyamiden, Polyacrylnitril, Poly-

ester an. Bedingt durch die unterschiedlichen chemischen und physikalischen Eigenschaften der einzelnen Faserarten stellt die Rückgewinnung ein komplexes Problem dar. Will man auf die separate Rückgewinnung der verschiedenen Fasern verzichten, so ergeben sich zwei Möglichkeiten:

- Entweder könnten die Abfälle willkürlicher Zusammensetzung geschnitten, mit Wasser oder Perchlorylen gewaschen, getrocknet und eventuell unter Beimischung von Zusatzstoffen zu Füllstoff oder Isoliermaterial verarbeitet werden. Aus dem Abfall würde ein qualitativ minderwertiges Material für einen begrenzten Markt entstehen.
- Die andere Möglichkeit wäre, die textilen Abfälle, vielleicht zusammen mit Kunststoffen, einer Pyrolyse zu unterziehen. Infolge technischer Schwierigkeiten scheidet diese Methode heute noch aus. Hingegen ist die Trennung eines Gemisches textiler Abfälle mit Hilfe von Lösemitteln und unter Einsatz einer Extraktionsapparatur mit verschiedenen Trennstufen möglich. Das vorgeschlagene Verfahren würde vorsehen, dass man Abfälle reisst, Feststoffe abtrennt, zum Beispiel Eisen unter magnetischer Einwirkung, und das Produkt wäscht und trocknet. Dieses Fasergemisch wird den hintereinandergeschalteten Trennstufen zugeführt. Jede Stufe enthält eine Löse- bzw. Extraktionsapparatur, eine Filtration zur Abtrennung der ungelösten Feststoffe, eine Verdampfungs- oder Fällungsapparatur zur Rückgewinnung der gelösten Faser, eine Lösemittelrückgewinnungsanlage und eine Trocknung für die festen Abfälle.

Es wird somit eine komplexe, investitionsintensive Anlage benötigt. Um Recycling in dieser Art wirtschaftlich zu gestalten, müssen relativ hochwertige regenerierte Fasern angestrebt werden.

Die angeführten Beispiele industriellen Recyclings stellen nur eine winzige Auswahl aus einer Fülle von Möglichkeiten dar, die es zum Nutzen der Allgemeinheit zu verwirklichen gilt.