

**RECYCLINGTECHNOLOGIEN FÜR ALTBATTERIEN
UND MASSNAHMEN ZUR ETABLIERUNG EINES
ALTBATTERIENVERWERTUNGSVERFAHRENS
IN ÖSTERREICH**

MONOGRAPHIEN

Band 16

MONOGRAPHIEN

Band 1:
TSCHERNOBYL UND DIE FOLGEN FÜR ÖSTERREICH. Vortläufiger Bericht.
F. Schönhofer, W. Ecker, H. Hojesky, W. Junger, K. Kienzl, H. Nowak, A. Riss, P. Vychytil, J. Zechner.
November 1986.

Band 2:
FLURBEREINIGUNG UND LANDSCHAFTSPFLEGE. Neue Wege in der Flurbereinigung – aufgezeigt am Beispiel der Gemeinde Schrick, Niederösterreich.
G. Liebel, K. Farasin, P. Mayrhofer, P. Schawerda.
Dezember 1986.

Band 3:
BIOTOPKARTIERUNG. Stand und Empfehlungen.
G. Liebel, K. Farasin, G. Schramayr, F. Schanda, B. Stöhr.
April 1987.

Band 4:
STUDIE ZUR ABWASSERREINIGUNG DER HALLEIN PAPIER AG.
I. Kossina, D. Streichfuß, H. Fleckseder, R. Dworsky, B. Velimirov, M. Peter, W. Struwe.
August 1987.

Band 5:
BACKGROUNDSTATION EXELBERG. Endbericht. Untersuchungszeitraum 1983–1986.
H. Puxbaum u. E. Ober.
September 1987.

Band 6:
LUFTBILDGESTÜTZTE ERFASSUNG VON ALTABLAGERUNGEN.
Ein Verfahren zur Dokumentation und Überwachung von Abbau- und Ablagerungsflächen am Beispiel des westlichen Marchfeldes.
M. Schamann, K. Zirm et al.
Dezember 1987.

Band 7:
BIOTOPFLÄCHENENTWICKLUNG SCHRICK.
K. Farasin u. G. Schramayr.
Februar 1988.

Band 8:
NATURWISSENSCHAFTLICHER PROBLEM- UND ZIELKATALOG ZUR ERSTELLUNG EINES ÖSTERREICHISCHEN BODENSCHUTZKONZEPTES.
R. Dworsky, J. Hackl, M. Häupl, E. Kasperowski, K. Kienzl, G. Liebel, H. Nowak, E. Seltenhammer-Malina.
Dezember 1988.

Band 9:
DIE IMMISSIONSSITUATION UM DAS ALUMINIUMWERK DER AMAG RANSHOFEN.
H. Hojesky, K. Radunsky, R. Baumann
November 1988.

Band 10:
BIOTOPERHEBUNG TRUPPENÜBUNGSPLATZ GROSSMITTEL. Dokumentation des Zustandes und Diskussion über Entwicklungsmöglichkeiten der naturräumlichen Ausstattung eines militärischen Sperrgebietes.
K. Farasin, G. Schramayr, F.M. Grünweis, M. Hauser, A. Kaltenbach, F. Tiedemann, P. Prokop.
Februar 1989.

Band 11:
KARTIERUNG AUSGEWÄHLTER KULTURLANDSCHAFTSTYPEN IN ÖSTERREICH.
M.H. Fink, F.M. Grünweis, T. Wrbka, J. Kräftner, A. Drexel, D. Hütner.
September 1989.

Band 12:
VORLÄUFIGER BIOTOPTYPEN-KATALOG ÖSTERREICHS.
W. Holzner.
Dezember 1989.

Band 13:
GRUNDWASSERUNTERSUCHUNGEN IM UNTEREN KAMPTAL.
J. Grath, H. Herlicska, S. Geist.
Juni 1989.

Band 14:
WALDZUSTANDSERHEBUNG BAD HOFGASTEIN.
J. Hackl, K. Zirm, M. Schamann, H. Mauser, M. Holzwieser, U. Bilek.
Juni 1989.

Band 15:
BODEN- UND VEGETATIONSUNTERSUCHUNGEN IM BEREICH DER SCHEITELSTRECKE DER TAUERN-AUTOBAHN.
E. Kasperowski, E. Frank, et al.
Juni 1989.

Band 16:
RECYCLINGTECHNOLOGIEN FÜR ALTBATTERIEN UND MASSNAHMEN ZUR ERRICHTUNG EINES ALTBATTERIENVERWERTUNGSVERFAHRENS IN ÖSTERREICH.
G. Goldschmid, J. Mayr, G. Vogel, M. Müllebrner.
November 1989

Band 17:
BELASTUNG VON FLIESSGEWÄSSERN DURCH DIE ZELLSTOFF- UND PAPIERINDUSTRIE IN ÖSTERREICH. Zusammenfassende Darstellung.
M. Danzer, W. Vogel, A. Chovanec.
Dezember 1989

Band 17a:
BELASTUNG VON FLIESSGEWÄSSERN DURCH DIE ZELLSTOFF- UND PAPIERINDUSTRIE IN ÖSTERREICH. Teil A: Technologie und Emissionen.
M. Danzer, A. Hruschka, H. Fleckseder.
Dezember 1989

Band 17b:
BELASTUNG VON FLIESSGEWÄSSERN DURCH DIE ZELLSTOFF- UND PAPIERINDUSTRIE IN ÖSTERREICH. Teil B: Ökologie und Immissionen.
W. Vogel, A. Chovanec.
Dezember 1989

RECYCLINGTECHNOLOGIEN FÜR ALTBATTERIEN UND MASSNAHMEN ZUR ETABLIERUNG EINES ALTBATTERIENVERWERTUNGS- VERFAHRENS IN ÖSTERREICH

Gerald GOLDSCHMID

Johann MAYR

Gerhard VOGEL

Institut für Technologie und Warenwirtschaftslehre
Wirtschaftsuniversität Wien

Michael MÜLLEBNER

Umweltbundesamt

Wien, November 1989

Texterstellung: Christine Pfeiffer, Birgit Führer, Irene Wysoudil

Übersetzung der Zusammenfassung: Suzanne Krenn

Editorische Betreuung: Johannes Mayer

Impressum:

Medieninhaber und Herausgeber: Umweltbundesamt, 1010 Wien, Biberstraße 11.
Druck: Riegelnik, 1080 Wien.

Titelbild: Gesammelte Altbatterien, Problemstoffsammelstelle Wien-Döbling.
Photo: Bernhard Gröger (Umweltbundesamt)

© Umweltbundesamt, Wien, November 1989

Alle Rechte vorbehalten

ISBN 3-85457-041-4

RECYCLINGTECHNOLOGIEN FÜR ALTBATTERIEN UND MASSNAHMEN ZUR ERRICHTUNG EINES ALTBATTERIEN-VERWERTUNGSSYSTEMS IN ÖSTERREICH (Zusammenfassung)

Seit geraumer Zeit wird in Fachkreisen und in der Öffentlichkeit intensiv über ein Teilproblem der Abfallwirtschaft, die umweltgerechte Entsorgung von Altbatterien, diskutiert. Dabei werden auch in diesem Problembereich jene abfallwirtschaftlichen Grundsätze berührt, die im Leitbild zur Abfallwirtschaft in Österreich verankert sind.

In Österreich werden laut Außenhandelsstatistik jährlich mindestens 76 Millionen Stück oder 2.600 Tonnen Batterien verkauft, das entspricht einem Pro-Kopf-Verbrauch von rund 10 Stück pro Jahr. Mit diesen Batterien gelangten im Jahre 1988 etwa 6 – 8,5 t Quecksilber, 38 t Cadmium, 79 t Nickel und 335 – 440 t Zink in Umlauf. Die Quecksilbermenge wird in den kommenden Jahren aufgrund der von den Herstellern durchgeführten Senkung des Quecksilbergehaltes in den Batterien insgesamt abnehmen, die Mengen aller anderen angeführten Metalle hingegen zumindest gleichbleiben.

Von den in Verkehr gebrachten Batterien werden etwa 20 % (rund 500 t) im Rahmen freiwilliger Problemstoffsammlungen erfaßt und vorwiegend zur Ablagerung in die DDR exportiert, der Rest wird gemeinsam mit dem Hausmüll verbrannt, deponiert oder kompostiert.

Die Verwertung von Altbatterien stellt aus folgenden Gründen eine umweltschonende Alternative zur bestehenden Situation dar:

1. Der Export gesammelter Altbatterien (in der DDR oder andere Länder zur Sonderabfallablagerung) wird längerfristig poli-

tisch nicht tragbar sein. In Österreich fehlen jedoch Deponien, in denen Altbatterien abgelagert werden könnten. Eine endgültige Ablagerung von Altbatterien würde nach den Gesichtspunkten des Leitbildes zur Abfallwirtschaft in Österreich zumindest eine Vorbehandlung erfordern. Angesichts der Knappheit geeigneter Deponiestandorte und den technischen, wirtschaftlichen und politischen Problemen bei der Errichtung von Deponien ist es nicht sinnvoll, diese Kapazitäten durch Altbatterien zu belasten, da Altbatterien grundsätzlich ein sammelbares und verwertbares Produkt darstellen.

2. Der Verwertung ist nach dem Leitbild zur Abfallwirtschaft Priorität vor der Ablagerung einzuräumen. Für die Aufarbeitung von Altbatterien gibt es unterschiedliche Technologien. Mit der in Österreich in Verkehr gesetzten Batterienmenge wäre jedes bekannte Aufbereitungsverfahren technisch realisierbar, wenn eine ausreichende Rücklaufquote erzielt werden könnte. Die Aufbereitung der Altbatterien könnte aber nicht selbstfinanzierend installiert werden.

3. Eine gemeinsame Entsorgung von Altbatterien mit dem Hausmüll, wie dies von den Herstellern gewünscht wird, sollte in Hinblick auf das Vorsichtsprinzip (ungenügender Kenntnisstand über die kausalen Auswirkungen von mit dem Hausmüll entsorgten Altbatterien) und dem Grundsatz der weitestgehenden Entfrachtung des Hausmülls von Schadstoffen in Zukunft nicht mehr erfolgen. Bei der Müllkompostierung – über 500.000 t Müll werden in Österreich derzeit kompostiert – kommt es

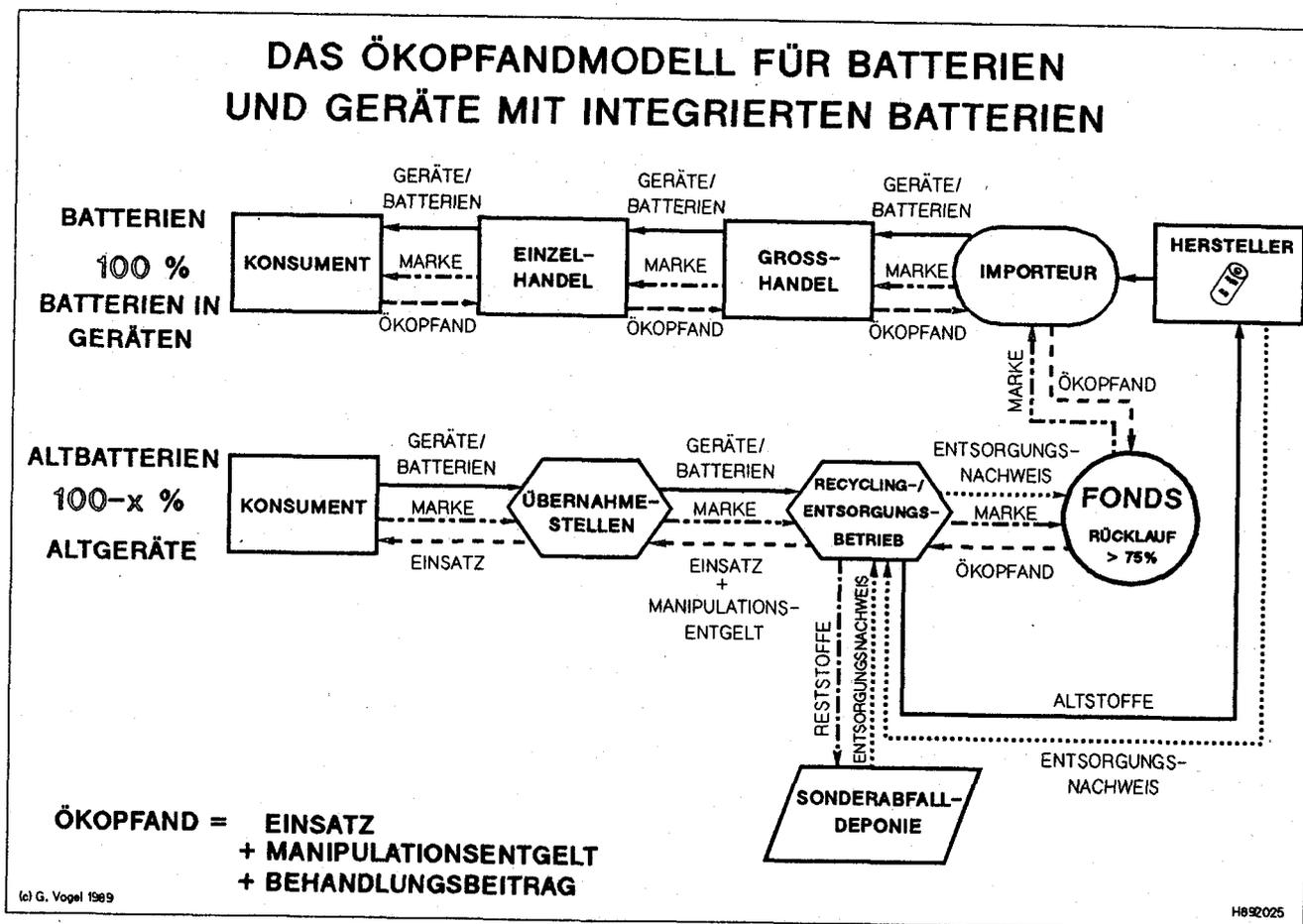
bei einer Abtrennung der Batterien aus dem Kompost zu einer wesentlichen Verbesserung der Kompostqualität (verminderte Schwermetallgehalte).

Ziel der nunmehr vorliegenden "Studie über Recyclingtechnologien und Maßnahmen zur Errichtung eines Altbatterie-Verwertungssystems in Österreich" war es, entsprechend den in den "Leitlinien zur Abfallwirtschaft" (Bundesministerium für Umwelt, Jugend u. Familie, Wien 1988) festgelegten Grundsätzen, die technischen Möglichkeiten für die Verwertung von Altbatterien zu analysieren und einen Vorschlag für Maßnahmen zur Errichtung einer Anlage zur Altbatterieverwertung in Österreich zu erarbeiten.

Für die Lösung des ökologisch-ökonomischen Problems wurde im Rahmen dieser Studie für Österreich ein Modell – das Ökopfundmodell für Batterien – entwickelt. Dieses System bietet:

1. ein Anreizsystem für den Konsumenten, die Altbatterien nicht mehr in den Müll zu werfen, sondern zu definierten Stellen zu bringen (den Einsatz),
2. den Übernahmestellen eine Abgeltung ihrer entstehenden Aufwendungen für die Rücknahme und Weiterleitung der Altbatterien (Manipulationsentgelt) und
3. die Sicherstellung der Kosten für die umweltgerechte Entsorgung (Behandlungsbeitrag).

Das Schema des Ökopfundmodells für Batterien läßt sich wie folgt darstellen:



RECYCLING TECHNOLOGIES AND MEASURES FOR THE INTRODUCTION OF A WASTE BATTERY UTILIZATION SCHEME IN AUSTRIA (Summary)

For some time, one of the problems of waste management, the environmentally sound treatment of waste batteries, has been discussed both publicly and among experts. Also in this complex of problems, principal issues of waste management are being dealt with, that mainly concern the consequent persual of waste management principles established in the Guidelines of Waste Management in Austria.

According to external trade statistics, at least 76 million batteries or 2 600 tons are sold per year in Austria, i.e. the per head consumption amounts to about 10 batteries per year. In 1988, about 6–8.5 t of mercury, 38 t of cadmium and 335 – 440 t of zinc went in circulation. The total mercury amount will decrease in the coming years, since battery producers have lowered the mercury content of batteries, the amount of all other metals, however, will remain at least stable.

About 20 % (500 t) of all batteries consumed are collected by voluntary hazardous waste collection and exported mainly to the GDR for hazardous waste landfilling, the rest ist being incinerated, landfilled or composted.

The utilization of waste batteries is an environmentally sound alternative to the present situation for the following reasons:

1. The export of collected waste batteries (to the GDR or other countries) for hazardous waste landfilling will cease to be possible in the long run for political reasons. However, landfills suitable for waste batteries do not exist in Austria. Final disposal of waste batteries would therefore

afford at least some kind of pre-treatment according to the Guidelines of Waste Management in Austria. In view of the scarcity of suitable landfill sites and of the technical, economic and political problems of landfill construction, it is not advised to abuse for these capacities for waste batteries, since waste batteries are principally a collectable and utilizable product.

2. According to the guidelines of Waste Management, utilization is to be given priority over disposal. There are a number of processing technologies for waste batteries available. The battery amount consumed in Austria would technically allow any known processing method, if the collection rate achieved was sufficiently high. Processing of waste batteries, however, could not be self-financing.

3. Collection of waste batteries together with household waste (according to the intention of producers) should not be done any more in view of the principle of caution (insufficient knowledge of the causal effects) and of the principle of elimination of pollutants from household waste to a very large extent. As to waste composting – about 500.000 t of waste are presently being treated that way in Austria – the elimination of batteries from compost raw material considerably improves the quality of compost (reduction of the heavy metal load).

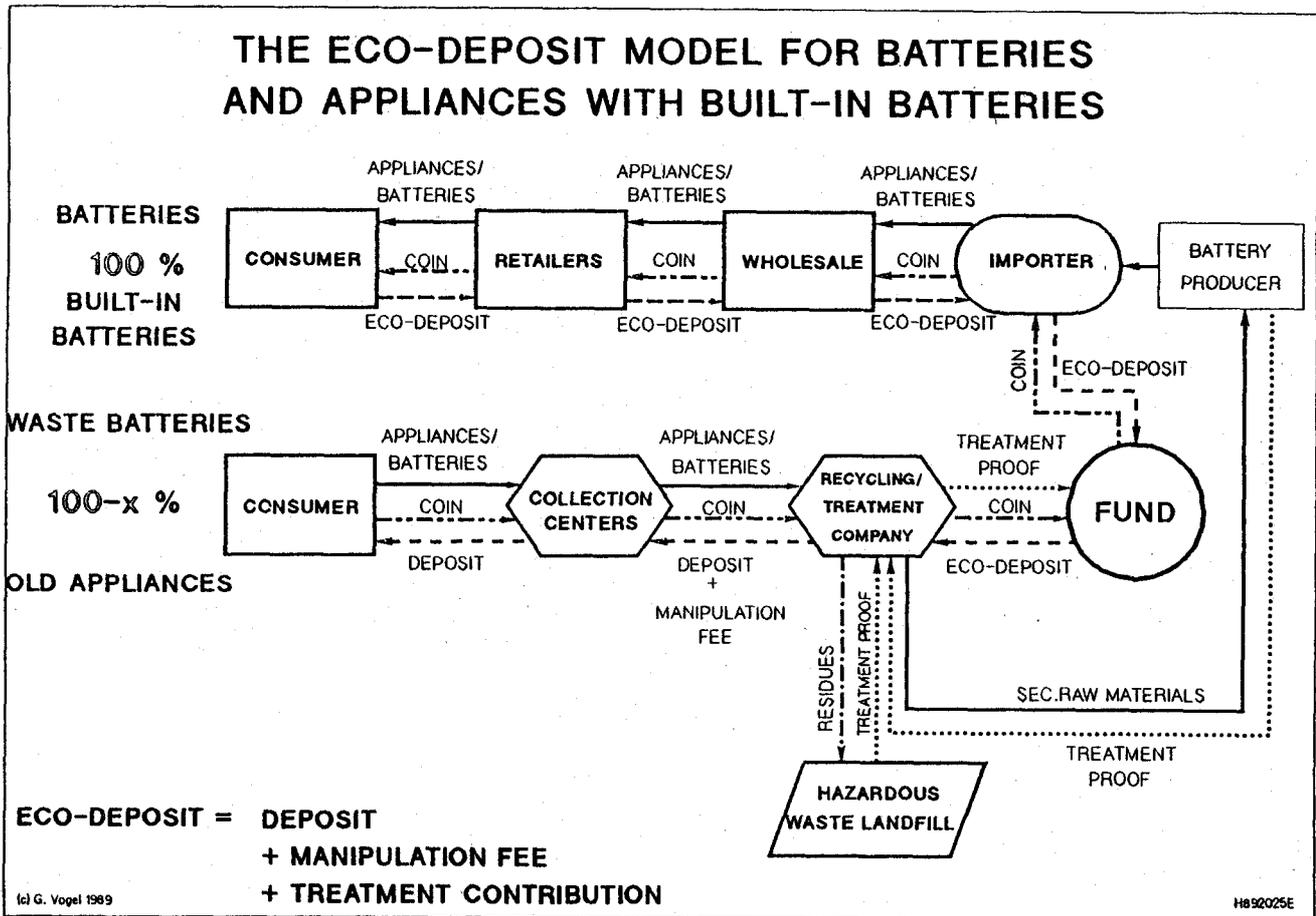
It was the aim of the present "Study on Recycling Technologies and Measures for the Introduction of a Waste Battery Utilization Scheme in Austria", to analyze the technical possibilities of waste battery utilization and to work out draft measures for the establishment of a waste battery utilization

plant in Austria, in accordance with the principles laid down in the Guidelines for Waste Management in Austria (Federal Ministry for Environment, Youth and Family, 1988).

In the course of this investigation a model, the eco-deposit model for batteries, was developed as a solution to the ecologic-economic problems. This scheme offers:

1. An incentive for the consumer, not to throw waste batteries carelessly away, but to take them back to defined centers (deposit),
2. The collection centers payment for the expenses of taking over and passing on the waste batteries (manipulation fee), and
3. The guarantee that the costs arising from environmentally sound treatment are covered (treatment contribution).

The eco-deposit model for batteries can be described by the following scheme:



Scheme of money and commodity streams in the eco-deposit model for waste batteries

INHALTSVERZEICHNIS

ZUR NOTWENDIGKEIT EINER VERWERTUNG VON ALTBATTERIEN IN ÖSTERREICH (M. Müllebner, Umweltbundesamt)

A	Allgemeines	i
B	Inhaltsstoffe von Gerätebatterien und Funktion der Batterieinhaltsstoffe	iii
C	Batteriemengen in Österreich und Schadstoffe	vii
D	Bisherige Maßnahmen zur Schadstoffentlastung von Batterien und zur Entlastung des Hausmülls von Schadstoffen aus Batterien	vii
E	Zukünftige Entwicklung	xi
F	Entsorgungsmöglichkeiten von Altbatterien und Umweltauswirkungen	xiii
F.1	Entsorgung der Altbatterien mit Hausmüll	xiv
F.2	Getrennte Entsorgung von Altbatterien	xix
G	Maßnahmen zur umweltverträglichen Entsorgung von Batterien ...	xxiii

RECYCLINGTECHNOLOGIEN FÜR ALTBATTERIEN UND MASSNAHMEN ZUR ERRICHTUNG EINES ALTBATTERIEN- VERWERTUNGSSYSTEMS IN ÖSTERREICH (G. Goldschmid, J. Mayr, G. Vogel; Studie im Auftrag des Umweltbundesamtes)

1	EINLEITUNG	2
1.1	Ziel der Untersuchung	2

2	BAUFORMEN UND CHEMISCHE SYSTEME VON BATTERIEN	3
2.1	Einteilungsmöglichkeiten für Batterien	3
2.2	Bauformen und Größen von Gerätebatterien	4
2.3	Innerer Aufbau von Gerätebatterien	6
3	KENNZEICHNUNG VON BATTERIEN	8
4	CHEMISCHE SYSTEME VON BATTERIEN	9
4.1	Kohle-Zink-Batterien (Leclanche-Batterien)	10
4.2	Alkali-Mangan-Batterien	11
4.3	Quecksilberoxid-Batterien	12
4.4	Silberoxid-Batterien	12
4.5	Zink-Luft-Batterien	13
4.6	Lithium-Batterien	14
4.6.1	Lithium-Mangandioxid-Batterien	14
4.6.2	Lithium-Thionylchlorid-Batterien	15
4.6.3	Lithium-Kupferoxid-Batterien	15
4.6.4	Lithium-Chromoxid-Batterien	15
4.6.5	Lithium-Eisensulfid-Batterien	15
4.6.6	Lithium-Carbon Monofluorid-Batterien	16
4.6.7	Lithium-Carbon-Batterien	16
4.6.8	Weitere Lithium-Batterien	16
4.7	Nickel-Cadmium-Akkumulatoren	18
4.8	Blei-Akkumulatoren	19
4.9	Weitere Primär- und Sekundärbatterien	20
4.9.1	Weitere Primärbatterien	20
4.9.2	Weitere Sekundärbatterien	20

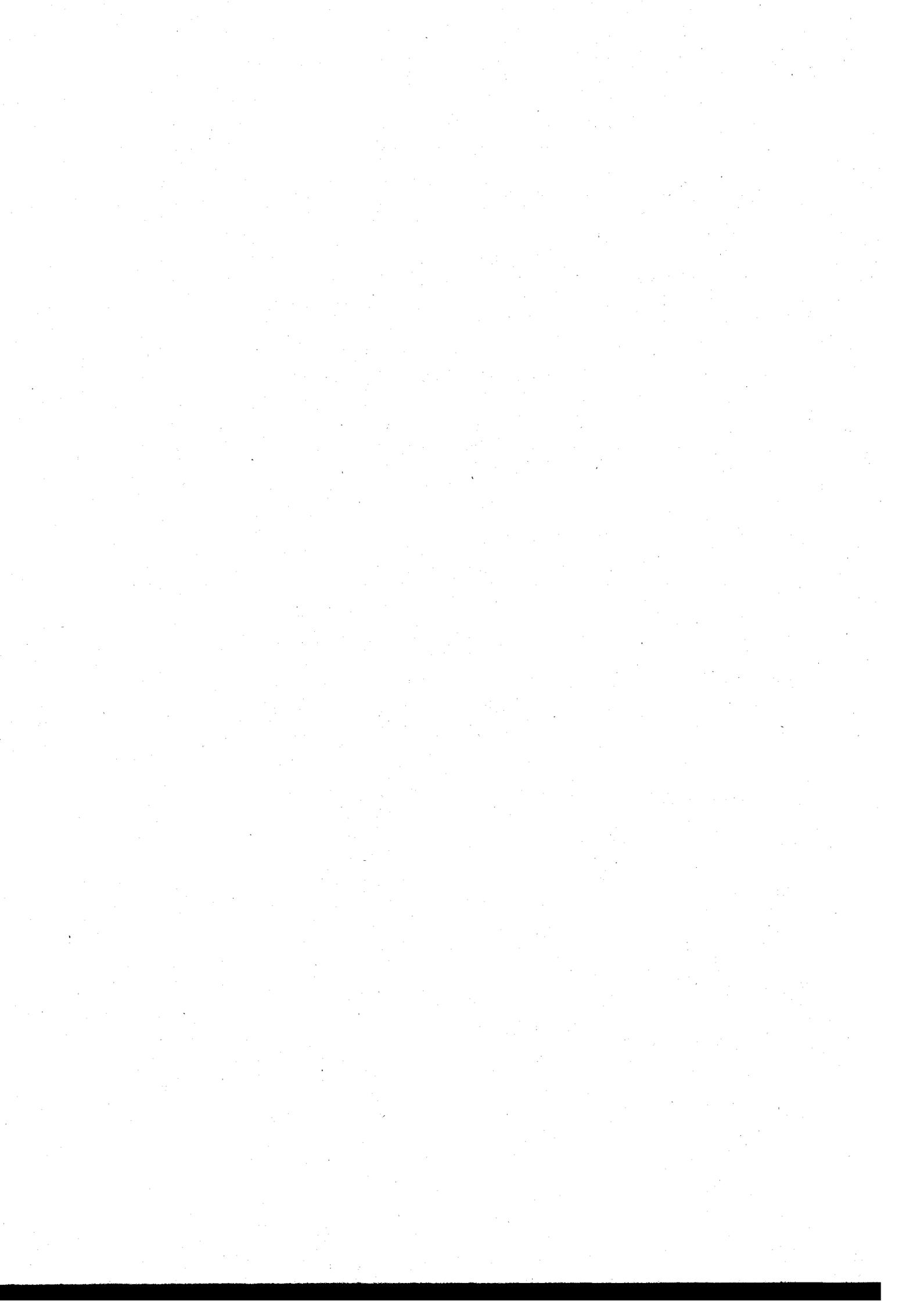
5	NEUE ENTWICKLUNGEN BEI GERÄTEBATTERIEN	21
5.1	Kohle-Zink- bzw. Alkali-Mangan-Batterien	21
5.2	Lithium-Batterien	22
5.3	Nickel-Hydrid-Batterien	23
5.4	Sonstige Entwicklungen	23
6	DER MARKT FÜR BATTERIEN IM INTERNATIONALEN VERGLEICH	24
6.1	Marktvolumen, Marktanteile und Entwicklungstendenzen im internationalen Vergleich	24
6.1.1	Österreich	25
6.1.2	Bundesrepublik Deutschland	29
6.1.3	Schweiz	30
6.1.4	Holland	31
6.1.5	Dänemark	32
6.1.6	Schweden	32
6.1.7	Japan	34
6.1.8	USA	35
6.2	Entwicklungstendenzen des internationalen Marktes – Zusammenfassung	35
7	INHALTSSTOFFE VON BATTERIEN UND SCHWERMETALLGEHALTE	37
8	GESETZESGRUNDLAGEN UND FREIWILLIGE VEREINBARUNGEN FÜR DIE ENTSORGUNG VON BATTERIEN IM INTERNATIONALEN VERGLEICH	43
8.1	Österreich	43
8.1.1	Gesetzliche Grundlagen	43
8.1.1.1	Derzeitige Rechtsgrundlage	43
8.1.1.2	Mögliche künftige Rechtsgrundlagen	48
8.1.1.3	Resümee	49
8.1.2	Freiwillige Vereinbarungen	49
8.1.2.1	Im Bereich des Bundes	49
8.1.2.2	Im Bereich der Bundeshauptstadt Wien	51

8.2	Bundesrepublik Deutschland	52
8.3	Schweiz	55
8.4	Holland	57
8.5	Dänemark	57
8.6	Schweden	58
8.7	Europäische Gemeinschaft	60
8.8	Japan	62
8.9	USA	62
9	SAMMELSYSTEME FÜR BATTERIEN IM INTERNATIONALEN VERGLEICH	63
9.1	Österreich	63
9.2	Bundesrepublik Deutschland	67
9.3	Schweiz	67
9.4	Holland	69
9.5	Dänemark	71
9.6	Schweden	73
9.7	Japan	77
9.8	Zusammenfassung der Ergebnisse der einzelnen Länder	78

10	AUFBEREITUNGSSYSTEME FÜR BATTERIEN IM INTERNATIONALEN VERGLEICH	79
10.1	Studien über Sortierung und Aufbereitungsverfahren von Batterien	79
10.1.1	Schweiz	79
10.1.2	Holland	80
10.1.2.1	TNO	80
10.1.3	Schweden	83
10.1.3.1	TEM	83
10.2	Aufbereitungsanlagen	85
10.2.1	Österreich	85
10.2.1.1	VÖEST-ALPINE AG	85
10.2.1.1.1	Allgemeines	85
10.2.1.1.2	Einsatzstoffe	85
10.2.1.1.3	Verfahrensbeschreibung	85
10.2.1.1.4	Output	89
10.2.1.1.5	Entwicklungsstand	90
10.2.1.1.6	Kosten	90
10.2.2	Bundesrepublik Deutschland	91
10.2.2.1	Elwenn & Frankenbach GmbH	91
10.2.2.1.1	Allgemeines	91
10.2.2.1.2	Einsatzstoffe	91
10.2.2.1.3	Verfahrensbeschreibung	91
10.2.2.1.4	Output	92
10.2.2.1.5	Entwicklungsstand	92
10.2.2.1.6	Kosten	92
10.2.3	Schweiz	92
10.2.3.1	ETH/AFIF/ORFA/EIC	92
10.2.3.1.1	Allgemeines	92
10.2.3.1.2	Einsatzstoffe	93
10.2.3.1.3	Verfahrensbeschreibung	93
10.2.3.1.4	Output	98
10.2.3.1.5	Entwicklungsstand	100
10.2.3.1.6	Prozeßkosten	100

10.2.3.2	DEHOCA/RECYTEC	100
10.2.3.2.1	Allgemeines	100
10.2.3.2.2	Einsatzstoffe	100
10.2.3.2.3	Verfahrensbeschreibung	100
10.2.3.2.4	Output	102
10.2.3.2.5	Entwicklungsstand	103
10.2.3.2.6	Kosten	103
10.2.4	Schweden	103
10.2.4.1	MRT-System AB	103
10.2.4.1.1	Allgemeines	103
10.2.4.1.2	Einsatzstoffe	104
10.2.4.1.3	Verfahrensbeschreibung	104
10.2.4.1.4	Output	106
10.2.4.1.5	Entwicklungsstand	107
10.2.4.1.6	Kosten	107
10.2.4.2	SAB-NIFE	107
10.2.4.2.1	Allgemeines	107
10.2.4.2.2	Einsatzstoffe	107
10.2.4.2.3	Verfahrensbeschreibung	108
10.2.4.2.4	Output	108
10.2.4.2.5	Entwicklungsstand	108
10.2.4.2.6	Kosten	109
10.2.5	Frankreich	109
10.2.5.1	SNAM	109
10.2.5.1.1	Allgemeines	109
10.2.5.1.2	Einsatzstoffe	109
10.2.5.1.3	Verfahrensbeschreibung	109
10.2.5.1.4	Output	110
10.2.5.1.5	Entwicklungsstand	111
10.2.5.1.6	Kosten	111
10.2.6	Japan	111
10.2.6.1	Clean Japan Center	111
10.2.6.1.1	Allgemeines	111
10.2.6.1.2	Einsatzstoffe	112
10.2.6.1.3	Verfahrensbeschreibung	112
10.2.6.1.4	Output	114
10.2.6.1.5	Entwicklungsstand	115
10.2.6.1.6	Kosten	115

10.2.6.2	Sumitomi Heavy Industries	115
10.2.6.2.1	Allgemeines	115
10.2.6.2.2	Einsatzstoffe	116
10.2.6.2.3	Verfahrensbeschreibung	116
10.2.6.2.4	Output	118
10.2.6.2.5	Entwicklungsstand	118
10.2.6.2.6	Kosten	118
10.3	Übersicht der Aufbereitungsanlagen für Batterien	119
11	BEURTEILUNG DER ERHOBENEN DATEN ALS BASIS FÜR DEN VORSCHLAG ZUR LÖSUNG DES BATTERIEPROBLEMS IN ÖSTERREICH	120
11.1	Wertung der Erfassungssysteme	120
11.2	Wertung der Aufbereitungsverfahren	122
11.3	Vorschlag zur Lösung des Batterieproblems in Österreich	123
11.3.1	Vorschlag für ein effizientes Rücknahmesystem – das Ökopfandmodell – für Batterien	123
11.3.2	Errichtung einer Recyclinganlage für Batterien	126
12	ZUSAMMENFASSUNG	126
	Literaturverzeichnis	129
	Tabellenverzeichnis	136
	Abbildungsverzeichnis	138
	Abkürzungsverzeichnis	139



A ALLGEMEINES

Seit geraumer Zeit wird in Fachkreisen und in der Öffentlichkeit intensiv über die Umweltauswirkungen von Altbatterien und die Möglichkeiten zu deren umweltgerechter Entsorgung diskutiert. Hierbei handelt es sich um ein Teilproblem der Abfallwirtschaft, das von den beteiligten Kreisen aus sehr unterschiedlichen Positionen beleuchtet wird; die Diskussion wird daher sehr kontrovers geführt.

Der Begriff Batterien umfaßt alle Energiewandler, die chemisch gebundene Energie reversibel oder irreversibel in elektrische Energie umwandeln und als Gerätebatterien, Starterbatterien in Kraftfahrzeugen, Traktionsbatterien in Elektrofahrzeugen und als stationäre Batterien, z.B. in Notstromaggregaten, angewendet werden.

Während die Aufarbeitung nicht mehr funktionstüchtiger Starterbatterien, Traktionsbatterien und stationärer Batterien (vor allem Bleiakkus) heute schon weitestgehend erfolgt (in Österreich durch die Bleiberger Bergwerksunion), ist die Art der Entsorgung von Gerätebatterien nach wie vor umstritten. *Nachfolgende Betrachtungen beziehen sich ausschließlich auf die Entsorgung von Gerätebatterien und deren Auswirkungen* (Informationsstand September 1989).

Mitte der 80er-Jahre konzentrierte sich die Batteriediskussion vor allem auf das in den Batterien enthaltene Quecksilber. Immer wieder wurde dabei die Forderung nach einer Aufarbeitung der Altbatterien gestellt, wobei die Entwicklung von Aufarbeitungsverfahren schwerpunktmäßig in Richtung Quecksilberrückgewinnung betrieben wurde; einige Verfahren dienten ausschließlich dazu.

Seitens der Batteriehersteller wurde einer Senkung des Quecksilbergehaltes in den Batterien der Vorzug gegenüber der Bereitstellung einer Entsorgungsstruktur in Verbindung mit einer Verwertungsmöglichkeit gegeben. Damit sollte es ermöglicht werden, Altbatterien auch weiterhin mit dem Hausmüll zu entsorgen.

Die Frage einer umweltgerechten Entsorgung gebrauchter Batterien berührt in hohem Maße grundsätzliche Fragen der Abfallwirtschaft. Der Wunsch der Batteriehersteller und -importeure, Altbatterien mit dem Hausmüll zu entsorgen, steht nicht im Einklang mit der von anderer Seite gestellten Forderung nach einer *weitestgehenden* Schadstoffentfrachtung der Abfälle. Die konsequente Verfolgung des Grundsatzes der Vermeidung problematischer Stoffe im Abfall und des Strebens nach weitestgehender stofflicher Verwertung von Abfällen führt zwangsläufig zu einer Trennung der Abfallströme und deren Verwertung, soweit dies technisch möglich und ökonomisch tragbar ist (Schließung der Stoffkreisläufe) und zu der Setzung begleitender Maßnahmen zur Sicherung der getrennten Erfassung und hoher Erfassungsquoten.

Ziel der nunmehr vorliegenden "Studie über Recyclingtechnologien und Maßnahmen zur Errichtung eines Altbatterienverwertungsverfahrens in Österreich" war es, entsprechend den in den "Leitlinien zur Abfallwirtschaft" (Bundesministerium für Umwelt, Jugend und Familie, Wien 1988) festgelegten Grundsätze die technischen Möglichkeiten für die Verwertung des grundsätzlich als verwertbar anzusehenden Produktes Batterie zu erörtern und einen Vorschlag für Maßnahmen zur Errichtung einer Altbatterienverwertung in Österreich zu erarbeiten.



B INHALTSSTOFFE VON GERÄTEBATTERIEN UND FUNKTION DER BATTERIEINHALTSSTOFFE

Von den zahlreichen elektrochemischen Systemen, die in Batterien zur Anwendung kommen können, finden derzeit die in der nebenstehenden Tabelle angeführten Systeme verbreitet Verwendung, wobei die beiden letztgenannten derzeit nur von untergeordneter Bedeutung sind.

Zink-Luftbatterien werden nur dort eingesetzt, wo kontinuierlich mobile elektrische Energie benötigt wird (z.B. Hörgeräte). Ihre Anwendungsmöglichkeiten sind beschränkt, da sie sich, einmal in Betrieb genommen, auch dann entladen, wenn keine Energie entnommen wird.

Die verschiedenen Systeme mit Lithium finden vor allem im militärischen Bereich und im Bereich der Elektronik Anwendung, ihre Menge ist allerdings noch gering. Derzeit ist das Bestreben zu erkennen, Lithiumzellen auf dem Fotosektor verstärkt einzusetzen.

Batterie- system	gebräuchliche Abkürzung	chemisches System
Zink-Kohle	ZK	Zink/Ammoniumchlorid/ Manganoxid oder Zink/ Zinkchlorid/Manganoxid
Alkali-Mangan	AM	Zink/Kalilauge/Manganoxid
Nickel- Cadmium	NC	Cadmium/Kalilauge/ Nickelhydroxid
Quecksilber- oxidzellen	HgO	Zink/Kalilauge/Quecksilber
Silberoxid- zellen	AgO	Silber(1)oxid/Kalilauge oder Natronlauge/Zink
Zink-Luft- batterien	ZnO ₂	Zink/Kalilauge/ Luftsauerstoff
Lithium- batterien	Li/X	Lithium/versch. Elektrolyte und Elektroden

Eine Übersicht der in den Batterien enthaltenen Inhaltsstoffe (halbquantitativ) ist auf der folgenden Seite wiedergegeben:

Batteriesystem		Inhaltsstoffe			
		Genest 1985	VKI ³⁾ 1988	TNO Sept. 1988	Dänemark Sept. 1988
Zink-Kohlebatterien:	Zink	17%	28% ⁴⁾		
	Manganoxid	29%			
	Zinkchlorid, bzw. Ammoniumchlorid od. Zinkchlorid	5%			
	Quecksilber	0.01%	0 - 0,01% ⁵⁾		0,068% ⁷⁾
	Blei	0.2-0.6% ¹⁾	0,013-0,113% ⁵⁾		
	Cadmium	0.08% ¹⁾	0,006-0,016% ⁵⁾		0,0005% ⁷⁾
	Alkali-Manganbatterien:	Zink	14%		ca. 20%
Manganoxid		22%		ca. 20%	
Kalilauge ²⁾		5%			
Quecksilber		0.8%	0,015-0,415% ⁶⁾	0,48%	0,46% ⁸⁾
Blei		0.05% ¹⁾	0,005-0,014% ⁶⁾		
Cadmium		0%	0 - 0,003% ⁶⁾		0,002% ⁸⁾
Quecksilberoxidzellen:	Zink	11%			
	Quecksilber	33%			
	Kalilauge ²⁾	9%			
Silberoxidzellen:	Zink	10%			
	Kalilauge ²⁾	11%			
	Quecksilber	1%			
	Silber	26 - 30%			
Zink-Luftbatterien	Zink	30%			
	Kalilauge ²⁾	?			
	Quecksilber	1%			
	Blei	?			
Nickel-Cadmiumakkumulatoren:	Cadmium	11%-15%		14,1%	9,56% ⁹⁾
	Nickel	20%-30%		29,5%	
	Kalilauge ²⁾	30%			
	Kobalt			0,36%	

1) bezogen auf Zink

2) angegeben als ca. 30%ige KOH

3) Analysen des Vereines für Konsumenteninformation (VKI) von Ende 1988 auf dem Markt befindlichen Babyzellen R14/LR14; die Analyseergebnisse wurden in Absolutgehalten ausgewiesen.

4) Analyse des VKI: UCAR Super life ZK, R6: Gesamtgewicht 16g, Gewicht des Zink-Behalters 4,5g

5) Berechnung des relativen Gehaltes in der Batterie nach folgendem Schlüssel: ZK, R14, alte Serie: durchschnittliches Stückgewicht 45g; ZK, R14, quecksilberfrei: durchschnittliches Stückgewicht 49g (ermittelt vom VKI)

6) Berechnung des relativen Gehaltes in der Batterie nach folgendem Schlüssel: AM, LR14: durchschnittliches Stückgewicht 65g (ermittelt vom VKI)

7) Helensens R20

8) Duracell LR6

9) Duracell NC R6

Den Rest auf 100 % der in dieser Übersicht angegebenen Zusammensetzungen von verschiedenen Batterietypen bilden – abhängig vom chemischen System der Batterie – Kohle, Papier, Kunststoffe, Stärke oder Methylzellulose, bzw. deren Abkömmlinge, Wasser und Metalle wie Stahl, Kupfer, Messing, Bronze, Neusilber oder Nickel (Gehäuseteile, Ableiter, Verdickungsmittel, Separatoren, usw.).

Die Metalle Silber, Nickel, Zink, Mangan und Cadmium erfüllen als Hauptkomponenten bei obigen Batteriesystemen die Funktion einer Elektrode, dasselbe gilt für das Quecksilber in den Quecksilberoxidzellen.

Alle chemischen Systeme, die eine Elektrode aus Zink besitzen, weisen gleichzeitig unterschiedlich hohe Gehalte an Quecksilber auf, insbesondere dann, wenn die Elektrode aus Zinkpulver besteht (AM-, HgO-, AgO- und Zn/O₂-Zellen). Das hängt damit zusammen, daß reines metallisches Zinkpulver in der Batterie im alkalischen Medium korrodieren und dabei Wasserstoffgas freisetzen würde. Die Batterie würde sich selbst entladen und es bestünde die Gefahr, daß die Zelle infolge des durch die Gasentwicklung entstehenden Überdruckes birst und das Elektrolyt austritt. Durch Amalgamierung des Zinks mit Quecksilber wird diesem Prozeß entgegengewirkt. Bei Zink-Kohlebatterien wird dem Zink außerdem Blei zugegeben, um die Zink-Elektrode tiefziehen und zu einem Becher formen zu können.

Beim Cadmium in den Zink-Kohlebatterien und Blei und Cadmium in Alkali-Manganbatterien dürfte es sich um Verunreinigungen des Zinks handeln. Im Zuge der Entwicklung von Batterien mit verringerten Quecksilbergehalten wird der Gehalt dieser Schwermetalle (durch Verwendung

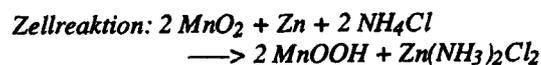
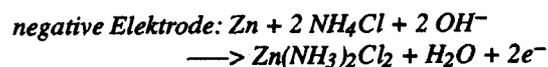
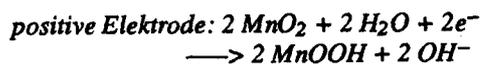
reineren Elektrodenmaterialies) zumindest bei einigen Herstellern ebenfalls sinken.

Bei den NC-Zellen wird der Nickelelektrode zudem Kobalt oder Lithium zur Verbesserung der elektrischen Eigenschaften zugesetzt.

Je nach Art des Elektrodenmaterialies und des zur Anwendung gelangenden Elektrolyten laufen während der Entladung verschiedene chemische Prozesse ab, die sich (vereinfacht) wie folgt darstellen lassen:

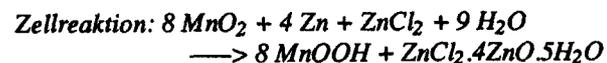
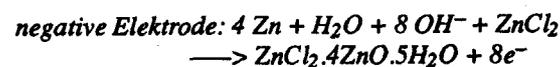
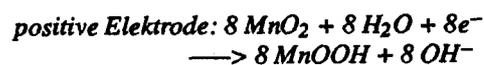
Zink-Kohlebatterien, System

Zink/Ammoniumchlorid/Manganoxid

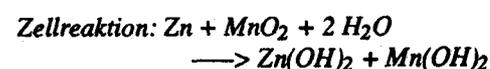
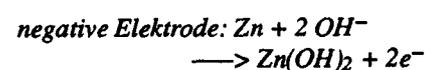
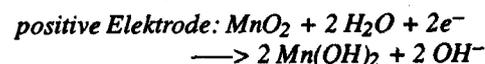


Zink-Kohlebatterien, System

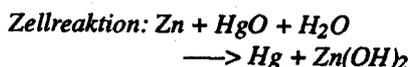
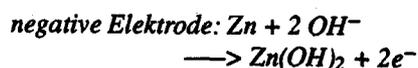
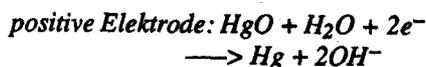
Zink/Zinkchlorid/Manganoxid

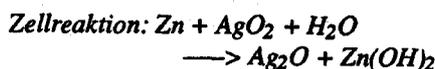
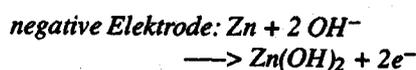
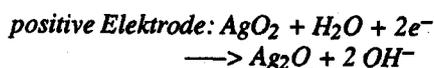


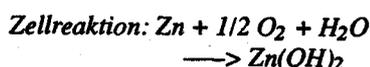
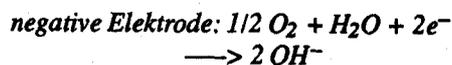
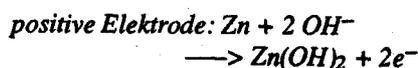
Alkali-Manganzellen

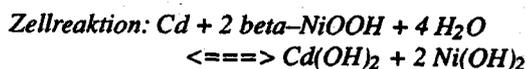
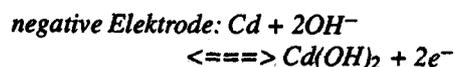


Quecksilberoxidzellen

*Silberoxidzellen*

*Zink-Luftbatterien*

*Nickel-Cadmiumakku*



Die positive Elektrode sind in der Regel Metalloxide, die zu niedrigeren Oxidationswerten oder zu Metallen reduziert werden, während die negativen Elektroden im geladenen Zustand als Metalle vorliegen und zu Oxiden bzw. Hydroxiden oxidiert werden.

Wie aus den Reaktionsgleichungen für die Zellreaktionen der einzelnen Batterietypen zu erkennen ist, ist bei alkalischen Batterien, d.s im wesentlichen Alkali-Manganzellen, Quecksilberoxidzellen, Silberoxidzellen, Nickel-Cadmiumakkumulatoren sowie Zink-Luftbatterien, das Elektrolyt nicht an der Reaktion beteiligt, es wird in der Batterie lediglich Wasser umgesetzt. Das bedeutet, daß bei diesen Batterien das Elektrolyt auch nach der Entladung der Batterie als Lauge vorliegt und nicht, wie beispielsweise bei den ZK-Batterien, zu einem Salz umgesetzt wurde.

Anzumerken wäre noch, daß die Umsetzung des in der Batterie enthaltenen Elektrodenmaterials während der Entladung nie vollständig abläuft. Das liegt einerseits daran, daß die theoretisch stöchiometrisch erforderlichen Mengenverhältnisse nicht eingehalten werden, bzw. werden können und andererseits daran, daß die Batterie bereits dann ausgetauscht werden muß, wenn das Gerät mehr Energie benötigt als die Batterie noch abgeben kann, wenngleich die Batterie auch dann noch Restkapazitäten besitzt.

C BATTERIEMENGEN IN ÖSTERREICH UND SCHADSTOFFE

Vogel/Mayr/Goldschmid errechneten ausgehend von den lt. Außenhandelsstatistik in Österreich verkauften Batteriemengen jene Schwermetallmengen, die 1988 mit Batterien in Umlauf gesetzt wurden (siehe nebenstehende Tabelle).

Diese Zahlen sind als grobe Schätzung zu verstehen, da bereits die Basisdaten in der Außenhandelsstatistik offensichtlich erhebliche Unschärfen in Hinblick auf die Zuordnung der Batterien zu den einzelnen Batteriesystemen aufweisen. Sie wurden jedoch so ermittelt, daß davon auszugehen ist, daß sie eher zu niedrig als zu hoch sind.

*Verkaufte Primärelemente
(ZK-, AM-, AgO-, HgO-,
Zn/O₂- und Li/X-Zellen)*

lt. Außenhandelsstatistik: 71.699 Stk. 2.326,6 t

*Verkaufte Sekundärelemente
(NC-Akkumulatoren)*

lt. Außenhandelsstatistik: 2.833 Stk. 267 t

*in Umlauf gebrachte
Schwermetallmengen:*

<i>Quecksilber:</i>	<i>rd.</i>	<i>6 - 8,5 t</i>
<i>Cadmium:</i>	<i>rd.</i>	<i>35 t</i>
<i>Zink:</i>	<i>rd.</i>	<i>335 - 440 t</i>
<i>Nickel:</i>	<i>rd.</i>	<i>79 t</i>

D BISHERIGE MASSNAHMEN ZUR SCHADSTOFFENTLASTUNG VON BATTERIEN UND ZUR ENTLASTUNG DES HAUSMÜLLS VON SCHADSTOFFEN AUS BATTERIEN

Das Bestreben, vor allem das Quecksilber in den Batterien zu reduzieren, führte zur Entwicklung einer neuen Batteriegeneration mit reduziertem Quecksilbergehalt.

Darüber hinaus wurde und wird versucht, die Quecksilberoxidzellen durch andere chemische Systeme zu ersetzen, z.B. durch Alkali-Mangan-, Silberoxid-, Zink-Luft- oder auch durch Lithiumzellen.

Diese Entwicklung wurde national und international gefordert und in verschiedenen Vorschriften umgesetzt. Ziel aller einschlägigen freiwilligen Vereinbarungen, Rechtsvorschriften und Richtlinien ist gleichermaßen eine weitestgehende Substitution von Batterien, die wegen ihres Quecksilberge-

haltes als schadstoffreich angesehen werden. Eine Reduktion oder Beschränkung der Mengen anderer Stoffe in den Batterien wurde mit Ausnahme der Schweiz nicht gefordert.

Die Tabelle auf der folgenden Seite stellt die wesentlichsten Inhalte der österreichischen freiwilligen "Vereinbarung über die Schadstoffminderung und Entsorgung von Altbatterien", der bundesdeutschen freiwilligen "Vereinbarung über die Entsorgung von Altbatterien", der Schweizer Stoffverordnung und des Vorschlages zu einer EG-Richtlinie, "Vorschlag für eine Richtlinie des Rates betreffend gefährliche Stoffe enthaltende Batterien und Akkumulatoren" einander gegenüber.

Inhalt	BRD Vereinbarung über die Entsorgung von Altbatterien	Österreich Vereinbarung über die Schadstoffminderung und Entsorgung von Altbatterien	Schweiz Stoffverordnung, Anhang 4.10, Art. 9, 11, 35, 61	EG Vorschlag für eine Richtlinie des Rates betreffend gefährliche Stoffe enthaltende Batterien und Akkumulatoren
Begrenzung des Schwermetallgehaltes	ZK: nein AM: 0,15 % Quecksilber bis Ende 1988 0,1 % Quecksilber bis 1990 (wird angestrebt) < 0,1 % Quecksilber bis 1993 (wird angestrebt)	wie BRD	ZK: Quecksilber max. 250 mg/kg Cadmium (= 0,025 %) AM: 0,2 % Quecksilber ab 1. Jänner 1988 0,1 % Quecksilber ab 1. Jänner 1990 Summe des Cadmium- und Quecksilbergehaltes > 250 mg/kg (= 0,025 %) = schadstoffreiche Batterie	Geltungsbereich der Richtlinie für alle Batterien, außer AM mit > 25 mg Quecksilber AM, mit Quecksilbergehalt > 0,3 % GEW ab 1.7.1989 > 0,15 % GEW ab 1.1.1991 > 0,1 % GEW ab 1.1.1993 Alle Batterien und Akkumulatoren, die nach dem 1.7.1989 > 0,025 % GEW Cadmium enthalten. Batterien und Akkumulatoren > 0,4 % GEW Blei enthalten.
Verbote	nein	wie BRD	Verkaufsverbot für Batterien, wenn obige Grenzwerte überschritten werden; Verkaufsverbot für bestimmte, mit schadstoffreichen Batterien ausgestattete Produkte.	Ab 1.1.1993 Verkaufsverbot von AM mit Hg > 0,3 % GEW.
Kennzeichnung	Kennzeichnung mit Recyclingsymbol ISO 7000, Reg.Nr. 1135, von - wartungsfreien verschlossenen Klein-Akkumulatoren - gasdichten NC-Akkumulatoren - Starterbatterien - quecksilberhaltige Primärknopfzellen - AM-Batterien mit > 0,1 % GEW Quecksilber; ohne Frist	wie BRD, in Verkehr bringen gekennzeichnete Batterien ab dem 2. Quartal 1989	Piktogramm nach Anhang 1, Z. 22, Stoffverordnung auf allen schadstoffreichen Batterien, Bezeichnung des chemischen Systems und Hinweis "nach Gebrauch der Verkaufsstelle zurückgeben"; bei Knopfzellen Piktogramm auf Verpackung.	Mitgliedsstaaten treffen erforderliche Maßnahmen; Kennzeichnung mit Recycling-Symbol ISO 7000, Reg.Nr. 1135, von allen unter die Richtlinie fallenden Batterien.
Rücknahme	Rücknahme <u>gekennzeichneter</u> Batterien in allen Geschäften, die Batterien verkaufen ab dem 2. Quartal 1989	Rücknahme <u>gekennzeichneter</u> Batterien in allen Geschäften, die <u>diese</u> Batterien verkaufen ab dem 1. Quartal 1989	<u>Rückgabepflicht</u> für <u>gekennzeichnete</u> Batterien, <u>Rücknahmepflicht</u> für <u>alle</u> Batterietypen für Hersteller und Händler, <u>die schadstoffreiche Batterien</u> und Gegenstände mit solchen Batterien <u>abgeben</u> .	keine gesonderten Bestimmungen
Pfandsystem	nicht vorgesehen	wie BRD	nicht vorgesehen	Einführung im Ermessen der Mitgliedsstaaten
Kontrolle	1 x jährlich Unterrichtung und Erfahrungsaustausch	1 x jährlich Erfahrungsaustausch	Meldepflicht jährlich bis 30. Juni der für den Inlandsverbrauch hergestellten und eingeführten Batterienmenge, aufgeschlüsselt nach ZK, AM, Li/X, Zn/O ₂ , HgO und AgO-Zellen, verschlossenen NC-Akkus und übrigen Batterien und unter Bekanntgabe der in diesen Batterien enthaltenen Menge an Cadmium und Quecksilber. Des weiteren Meldung über entsorgte Mengen, aufgeschlüsselt nach Knopfzellen, NC-Akkus und sonstigen Batterien (soweit möglich nach chemischen Systemen).	keine besonderen Bestimmungen
ZK Zink-Kohlebatterien			
AM Alkali-Manganbatterien			
NC Nickel-Cadmiumakkumulatoren			
Li/X Lithiumbatterien			
Zn/O ₂ Zink-Luftbatterien			
HgO Quecksilberoxidbatterien			
AgO Silberoxidbatterien			

Ein kurzer Vergleich der Vereinbarungen, Richtlinien und gesetzlichen Bestimmungen zur Schadstoffminderung von Batterien zeigt folgendes Bild:

Während in Österreich und in der Bundesrepublik Deutschland ein Quecksilbergehalt von 0,1% Gew. ab 1990 nur angestrebt wird, wurde er in der Schweiz per 1.1.1990 verbindlich vorgeschrieben. Technisch realisierbar ist heute bereits ein Quecksilbergehalt in AM-Zellen von 0,025% Gew.

In Österreich und in der Bundesrepublik Deutschland sind AM-Zellen mit einem Quecksilbergehalt $> 0,1\%$ Gew. kennzeichnungspflichtig; in der Schweiz werden Batterien mit einem Gehalt an Quecksilber und Cadmium $> 0,025\%$ Gew. als schadstoffreich angesehen und sind dementsprechend kennzeichnungspflichtig.

In Österreich und der Bundesrepublik Deutschland gibt es keine Verkehrsbeschränkungen. Im Entwurf zur EG-Richtlinie ist ein Vermarktungsverbot von AM-Zellen mit $> 0,3\%$ Gew. ab 1.1.1993 vorgesehen. In der Schweiz besteht ein Einfuhr- und Abgabeverbot für den Hersteller für ZK-Batterien mit einem Hg- und Cd-Gehalt > 250 mg/kg ($=0,025\%$), für AM-Zellen mit $> 0,2\%$ Gew. Cadmium und Quecksilber seit 1.1.1988 und $> 0,1\%$ Gew. seit 1. Jänner 1989.

In der Bundesrepublik Deutschland besteht eine Rücknahmepflicht gekennzeichneten Batterien für alle Geschäfte, die Batterien verkaufen, in Österreich nur für jene Geschäfte, die gekennzeichnete Batterien verkaufen. In der Schweiz müssen alle Batterietypen von Händlern zurückgenommen werden, die schadstoffreiche Batterien (d.h. mit einem Cd- und Hg-Gehalt $> 0,025\%$) verkaufen.

Zur Erfolgskontrolle sind in der Bundesrepublik Deutschland und in Österreich ein Erfahrungsaustausch 1x jährlich vorgesehen, in der Bundesrepublik Deutschland zudem eine Unterrichtung. In der Schweiz besteht hingegen eine jährliche *Meldepflicht* der Hersteller oder Importeure, wobei die für den Inlandsverbrauch hergestellte oder eingeführte Menge aufgeschlüsselt nach chemischen Systemen und unter Angabe des Quecksilber- und Cadmiumgehaltes bekanntgegeben werden muß. Des weiteren muß über die entsorgte Batteriemenge Meldung erstattet werden.

Mit Ausnahme der Verkehrsbeschränkungen gehen die Bestimmungen der Schweiz, der Bundesrepublik Deutschland und Österreichs über die Anforderungen der Entwurfes der EG-Richtlinie hinaus.

Dem Umweltbundesamt ist derzeit nicht genau bekannt, wie die Substitution von Quecksilber durch die Hersteller erreicht wurde, mit Ausnahme der *Wonder-Green Power* Zink-Kohlebatterie, in der das Quecksilber durch eine organische Fluorverbindung substituiert wurde. Eine korrosionsmindernde Wirkung wird in Alkali-Manganbatterien auch durch eine dünne, die Zinkpartikel umhüllende Oxidschicht erreicht, die auf verschiedene Weise hergestellt werden kann. Eine andere Möglichkeit ist die Verwendung möglichst reinen Zinks und Mangans in der Batterie.

Aus der Fachliteratur sind noch weitere Maßnahmen und Zusatzstoffe bekannt, die prinzipiell geeignet sind, die Zinkkorrosion zu verlangsamen:

- Legieren des Zinks mit Blei, Zinn, Thallium, Indium oder Antimon (alleine oder in Verbindung mit Quecksilber);
- Adsorption organischer Moleküle am Zink, z.B. aromatische Systeme mit $-SH-$

oder -OH-Gruppen; ebenfalls als Adsorptionsinhibitoren wirken Polymere der Methacrylsäure und quaternäre Ammoniumsalze.

Durch den Ersatz von Quecksilber als Korrosionsinhibitor sind die Quecksilbergehalte in verschiedenen heute am Markt befindlichen Batteriefabrikaten unterschiedlich hoch, die Spannweite kann bei Alkali-Manganzellen von etwa 1% bis zu 0,025% (Herstellerangaben) betragen.

Mit der Reduktion des Quecksilbergehaltes in den Batterien wurde bei einigen Herstellern eine grundsätzliche Neukonzeption des konstruktiven Aufbaues der Batterien vorgenommen. Das bedeutet, daß auf gleichem Raum mehr Elektrodenmaterial untergebracht werden konnte, was eine Steigerung der Kapazität der Batterien erbrachte. Dies bedingt allerdings, daß mit einer Abnahme des Quecksilbers eine Erhöhung des Zink-Gehaltes einhergeht.

Eine Substitution der Schwermetalle, die in der Batterie als Elektrode fungieren, kann nur durch einen Umstieg auf andere chemische Systeme erreicht werden, die Entwicklung geht dabei vor allem in Richtung Lithiumzellen.

Über die Maßnahmen zur Quecksilberreduktion hinaus versucht man, regional unterschiedlich organisiert, die Schadstoffe aus Batterien durch Problemstoffsammlungen aus dem Hausmüll fernzuhalten.

Gesammelte Altbatterien werden vorwiegend zur Ablagerung in die DDR exportiert. Knopfzellen werden auch in Geschäften zurückgenommen und von diesen zur Rückgewinnung des Silbers aus den Silberoxidzellen verkauft.

Durch Problemstoffsammlungen wurden im Jahre 1988 etwa 500 t Altbatterien erfaßt, was einer Sammelquote von etwa 20% entspricht.

E ZUKÜNFTIGE ENTWICKLUNG

Die derzeit praktizierte Entsorgung der Altbatterien mit dem Hausmüll beruht im wesentlichen auf einer Verdünnung der mit den Altbatterien eingetragenen Schadstoffe durch den Hausmüll und mit diesem entsorgte Abfälle. Solange der Schadstoffeintrag durch Altbatterien in den Hausmüll einen bestimmten, u.a. von der Art der Entsorgung des Mülls abhängigen, Schwellenwert nicht überschreitet, sind gravierende, kausal mit den Altbatterien in Zusammenhang stehende, zusätzliche Probleme nicht zu erwarten. Dieser verfahrens- und entsorgungsstrukturabhängige Schwellenwert ist jedoch nicht bekannt.

In Zukunft ist insgesamt mit einem weiteren Anstieg des Batterieverbrauches zu rechnen. Tendenziell wird bei den einzelnen Systemen lt. Vogel/Mayr/Goldschmid folgende Entwicklung erwartet:

- Anstieg des Anteiles der AM-Zellen auf Kosten der ZK-Batterien;
- Anstieg des Anteiles der NC-Akkus auf Kosten der Primärsysteme;
- Anstieg des Anteiles der AgO-, Zn/O₂- und Li/X-Systeme zu Lasten der HgO-Zellen.

Bezüglich der Schadstoffe aus Batterien wird das Quecksilber abnehmen.

Derzeit befinden sich sowohl Batterien der alten Generation mit erhöhten Quecksilbergehalten, wie auch solche mit reduziertem Quecksilbergehalt am Markt. In der "Vereinbarung über die Schadstoffminderung und Entsorgung von Altbatterien" haben sich die Hersteller von Batterien verpflichtet, AM-Batterien mit einem Quecksilbergehalt von > 0,1% Gewicht ab dem 2. Quartal 1989 nur mehr gekenn-

zeichnet "in Verkehr" zu bringen. Derzeit sind nur sehr wenige gekennzeichnete Gerätebatterien am Markt zu finden. Dafür gibt es folgende Gründe:

1. Als "in Verkehr bringen" wird nicht erst der Verkauf an den Letztverbraucher, sondern bereits der Import oder die (inländische) Produktion angesehen. Somit werden auch noch alte Lagerbestände nicht gekennzeichnete Batterien verkauft.

2. Die Hersteller haben sich verpflichtet, mit 1.1. 1989 den Hg-Gehalt in den AM-Batterien auf 0,15% Gew. zu reduzieren. Tatsächlich kann angenommen werden, daß der Hg-Gehalt vielfach bereits jetzt auf unter 0,1% gesenkt wurde, womit die Verpflichtung zur Kennzeichnung entfällt.

3. Den Großteil der Gerätebatterien machen AM-Zellen und ZK-Batterien aus, nur ein relativ geringer Teil sind NC-Akkus und Knopfzellen. Kennzeichnungspflichtig sind jedoch nur NC-Akkus, AM-Zellen mit > 0,1% Gew. Hg und quecksilberhaltige Primärknopfzellen.

4. In Österreich haben sich die Händler nur zur Rücknahme gekennzeichnete Batterien verpflichtet, wenn sie gekennzeichnete Batterien verkaufen. Es ist anzunehmen, daß die Händler ihr Sortiment nach Möglichkeit so abstimmen werden, daß sie nicht unter die Rücknahmeverpflichtung fallen und sich damit nicht mit Entsorgungsaufgaben belasten.

Bisher wurden schon, im wesentlichen vom Uhren- und Fotofachhandel, vielfach Knopfzellen wegen des Silbergehaltes der Silberoxidzellen freiwillig zurückgenommen. Die "Vereinbarung über die Schadstoffminderung und Entsorgung von Altbatterien" dürfte an dieser Situation de facto

nur insofern etwas ändern, als nunmehr auch NC-Akkus, vornehmlich durch den Elektrofachhandel, zurückgenommen werden. Eine Rückgabe von Altbatterien im Einzelhandel oder in Großmärkten, die Batterien verkaufen, dürfte auch in Zukunft nicht möglich sein, es sei denn, diese Geschäfte beteiligen sich außerhalb des Batterieabkommens freiwillig an Sammelaktionen.

Bei Zink muß erwartet werden, daß die relativen Gehalte in den Batterien (weiter) steigen werden. Absolut gesehen steht dieser Entwicklung ein Anstieg der Sekundärsysteme auf Kosten der Primärsysteme gegenüber. Ob die Steigerungsraten der Sekundärsysteme den Anstieg des Zinks kompensieren werden, kann heute noch nicht gesagt werden, erscheint jedoch unwahrscheinlich. Vielmehr ist zumindest mit einem leichten Anstieg der Batterien zurechenbaren Zinkmengen zu rechnen.

Steigen wird in den nächsten Jahren der Verbrauch an NC-Akkus und damit die in Umlauf befindlichen Nickel- und Cadmiummengen. Die höheren Verkaufs-

zahlen an Akkumulatoren schlagen sich aufgrund der längeren Lebensdauer dieser Energiespeicher erst mit einiger zeitlicher Verzögerung auf die Entsorgung nieder.

Zusammenfassend ist bezüglich der Schwermetalle Zink, Quecksilber und Cadmium folgende Entwicklung zu erwarten:

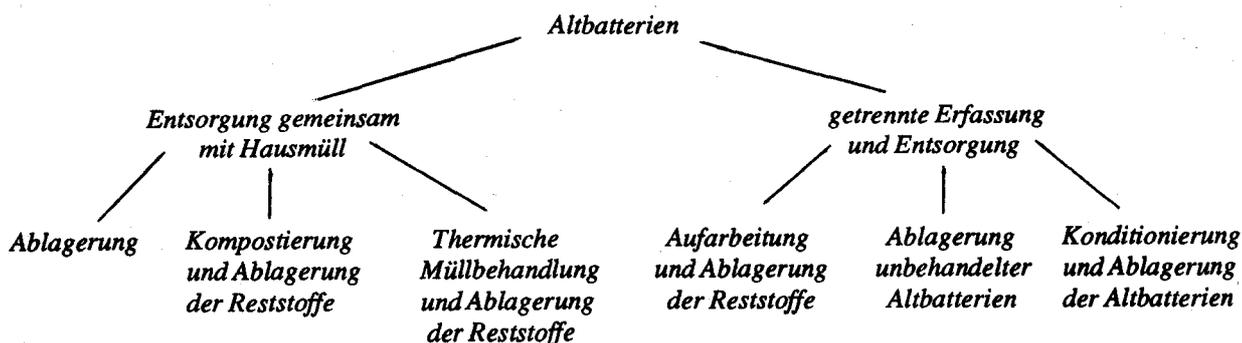
-
- *Zink: gleichbleibend bis steigend*
 - *Quecksilber: stark fallend*
 - *Cadmium: steigend bis stark steigend*
-

Zunehmend an Bedeutung gewinnen werden auch die Systeme mit Lithium. Diese Batterien sollten keinesfalls mit dem Hausmüll entsorgt werden. Lithium besitzt die Eigenschaft, mit Wasser überaus heftig zu reagieren. Werden die Gehäuse dieser Batterien, z.B. im Zuge der Ablagerung durch Korrosion oder bei der Kompostierung mechanisch zerstört, kann Wasser zu den nicht umgesetzten Lithiumresten zutreten. Besonders bei Hausmülldeponien (Deponiegas!) kann dies zu Bränden führen.

F **ENTSORGUNGSMÖGLICHKEITEN VON ALTBATTERIEN UND UMWELTAUSWIRKUNGEN**

Grundsätzlich stehen für die Entsorgung von Altbatterien die im nachfolgenden

Ablaufschema aufgezeigten Entsorgungswege frei:



Altbatterien sind, wenn sie im Hausmüll enthalten sind, Bestandteil des Hausmülls. Getrennt gesammelt sind sie, sofern sie bei den Bestimmungen des Sonderabfallgesetzes unterliegenden Tätigkeiten anfallen und nicht mit Hausmüll entsorgt werden können, Sonderabfall, der entsprechend den Bestimmungen des Sonderabfallgesetzes zu entsorgen ist.

Gemäß ÖNORM S 2101 (überwachungsbedürftige Sonderabfälle), die mit Verordnung (Verordnung des Bundesministers für Gesundheit und Umweltschutz vom 19. Jänner 1984 über die Bestimmung von gefährlichen Sonderabfällen) für verbindlich erklärt wurde, sind Nickel-Cadmiumakkumulatoren (Schlüsselnummer 35323, Klassifikation als toxisch und wassergefährdend), Quecksilberbatterien (Schlüsselnummer 35324, Klassifikation als toxisch und wassergefährdend) und Trockenbatterien, quecksilber- und silberhaltig (Schlüsselnummer 35325, Klassifikation als toxisch und wassergefährdend)

als überwachungsbedürftige und gefährliche Sonderabfälle eingestuft.

In der ÖNORM S 2100 (Sonderabfallkatalog) wird die Deponierung von Nickel-Cadmiumakkumulatoren (Schlüsselnummer 35323), Quecksilber- und Silberbatterien (Schlüsselnummer 35324) und Trockenzellen (Schlüsselnummer 35325) auf einer Sonderabfalldeponie als geeignete Behandlungsmethode angesehen.

Die Müllkompostierung ist gem. ÖNORM für alle genannten Schlüsselnummern ungeeignet, ebenso die Deponierung auf Hausmülldeponien.

Die Müll- und Sonderabfallverbrennung wurde in der ÖNORM S2100 nur für Nickel-Cadmiumakkumulatoren und Quecksilber- und Silberbatterien als ungeeignet eingestuft, Trockenbatterien waren nach der Norm für die Müll- und Sonderabfallverbrennung bedingt geeignet. Eine Behandlung in Müllverbrennungsanlagen wurde aber in diesem Zusammenhang für ausreichend erachtet.

Die Sammlung und Verwertung der Batterien ist unter "sonstige Behandlung" angeführt.

Im nunmehr vorliegenden Entwurf (Gründruck) der überarbeiteten ÖNORM S 2100 (nunmehr Abfallkatalog genannt) sind die Batterien unter den Schlüsselnummern 35323 (Nickel-Cadmiumakkumulatoren), 35324 (Quecksilberbatterien), 35335 (Zink-Kohlebatterien, gesammelt) und 35336 (Alkali-Manganbatterien, gesammelt) enthalten.

Als Behandlungsmethoden werden im Entwurf zur Überarbeitung der ÖNORM S 2100 die chemisch-physikalische Behandlung, die thermische Behandlung und die Ablagerung nach erfolgter Konditionierung als geeignet angesehen. Weiters wurden diese Schlüsselnummern der Eluatklasse IV gem. ÖNORM S 2072 (Gründruck) zugeordnet. Hausmüll würde zum Vergleich Eluatklasse IIIb entsprechen.

F.1 Entsorgung der Altbatterien mit Hausmüll

(a) Schadstoffbelastung des Hausmülls

Neben den sog. Problemstoffen (z.B. Farben, Lacke, Anstriche, Leuchtstoffröhren und Entladungslampen, Quecksilberthermometer, -barometer, -manometer, -schalter, UV-Lampen, Arzneimittel, Schädlingsbekämpfungsmittel, div. Haushaltschemikalien u.v.m.) werden unterschiedliche Mengen an Schadstoffen auch durch andere Abfallstoffe in den Hausmüll eingebracht. In Zusammenhang mit Altbatterien sind dabei Schwermetalle von besonderer Bedeutung. Untersuchungen

in der Bundesrepublik Deutschland ergaben etwa folgende Aufteilung für den Schwermetalleintrag in den Müll:

Quecksilber:	Metalle	49,76 %
	Zeitungs-, Schreib- und Packpapier	17,79 %
Cadmium:	Nichteisen-Metalle	70,49 %
	Gummi plus Leder	8,70 %
	Feinanteile	3,72 %
Blei:	Eisen-Metalle	84,04%
	Polyäthylen	4,09%
Zink:	Nichteisen-Metalle	53,97%
	Gummi plus Leder	12,08%
	Feinanteile	5,98%
	Karton, Pappe	5,78%
	Zeitungs-, Schreib- und Packpapier	5,22%

Zink findet sich entsprechend diesen Untersuchungen in einem weiten Spektrum von Bedarfsgegenständen (verzinkte Metallteile und Nichteisenmetalle); der Cadmiumeintrag wurde auch auf mit Cadmiumpigmenten eingefärbte Kunststoffe, Cadmiumstabilisatoren in Kunststoffen (v.a. PVC), galvanisierte Metalle und auf Legierungen zurückgeführt.

Für die Gesamtbelastung des Wiener Hausmülls mit Schwermetallen gibt die Simmering-Graz-Pauker AG (*) folgende Durchschnittswerte an:

Zink:	2000 g/t	Quecksilber:	2,5 g/t
Cadmium:	10 g/t	Nickel:	ca. 320 g/t

(*) H. Löffler: Immobilisierung von Verbrennungsrückständen, 8. Seminar Abfallwirtschaft an der TU Wien, Nov. 1988. - Der für Nickel angegebene Wert wurde hochgerechnet aus dem Wert für die Schlacke (0,3 g/kg) und der prozentuellen Aufteilung des Nickels auf die Schlacke und die sonst. Reststoffe aus der Müllverbrennung (Werte der MVA Bamberg).

Unterstellt man, daß die Verkaufsmengen und die Marktanteile sich in Zukunft nicht ändern werden, die Sammelquoten von Altbatterien gleich bleiben und ebenso die Quecksilbergrundbelastung des Mülls, lassen sich die Auswirkungen der Quecksilberreduktion für Wien wie folgt abschätzen:

<i>Quecksilbereintrag durch AM-Batterien in den Wiener Hausmüll (gerundete Werte)</i>				
	<i>absolut (in t)</i>	<i>in ppm</i>	<i>Grund- / belastung</i>	<i>Gesamt- (ppm)</i>
- 1988 (Quecksilbergehalt 0,48%)	1 t	1,5	1,0	2,5
- bei Reduktion auf 0,1%	0,2 t	0,3	1,0	1,3
- bei Reduktion auf 0,025%	0,05 t	0,08	1,0	1,08

Eine gegenteilige Entwicklung wird sich bei Cadmium einstellen. Derzeit sind die mit dem Hausmüll entsorgten NC-Akkumulatoren mengenmäßig noch so gering vertreten, daß die Gesamtbelastung des Wiener Hausmülls nach den von der Simmering-Graz-Pauker AG ermittelten Werten 10 g/t nicht übersteigt.

In den nächsten Jahren wird aber, wenn sich an den heutigen Verhältnissen bezüglich Verkaufsmengen, Sammelquoten, Müllmengen und Entsorgungsstruktur nichts ändert, die Grundbelastung des Wiener Hausmülls mit Cadmium aus NC-Akkus etwa den Wert der heute bestehenden Gesamtbelastung (10 ppm) annehmen. Nicht berücksichtigt sind in dieser Schätzung in Geräten eingebaute NC-Akkus, deren Mengen nicht bekannt sind.

(b) Verhalten von Altbatterien bei der Hausmülldeponierung

Dem Umweltbundesamt sind – mit Stand September 1989 – keine Arbeiten bekannt, die sich mit der Untersuchung und Beschreibung kausaler Zusammenhänge zwischen Altbatterien und Deponieverhalten befassen.

Unbestritten ist bei der Ablagerung von Batterien mit Hausmüll lediglich die Tatsache, daß die Stahlummantelungen unter den in Hausmülldeponien herrschenden Bedingungen (insbesondere in der Phase der sauren Gärung) innerhalb weniger Jahre korrodieren und damit die in der Batterie enthaltenen Stoffe freigelegt werden. Ob und in welchem Ausmaß in der Folge Batterieinhaltsstoffe das Sickerwasser und das Deponiegas beeinflussen und belasten, ist nicht bekannt.

Die Spannweite möglicher Schwermetallbelastungen von Müllsickerwässern ist sehr groß, wie dies in der Literatur angegebene Werte zeigen:

<i>Pb</i>	<i>20 – 1.000 µg/l</i>
<i>Zn</i>	<i>100 – 10.000 µg/l</i>
<i>Cd</i>	<i>1 – 100 µg/l</i>

Mit einem Austrag von Quecksilber in bedeutendem Umfang über das Sickerwasser von Hausmülldeponien wird aufgrund der chemischen Eigenschaften dieses Metalles normalerweise nicht gerechnet, dementsprechend wird dieses Schwermetall bei Sickerwasseranalysen meist nicht berücksichtigt.

Im Zusammenhang mit den auf Deponien ablaufenden und überaus komplexen biologischen, chemischen und physikalischen Vorgängen kann eine Mobilisierung

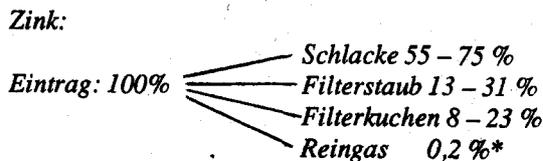
von Schwermetallen, bzw. Remobilisierung unlöslicher Metallverbindungen beim heutigen Kenntnisstand nicht ausgeschlossen werden.

Vom Quecksilber wird angenommen, daß es teilweise durch das bei den anaeroben Abbauprozessen entstehende Schwefelwasserstoffgas zu unlöslichem Sulfid umgesetzt wird. Es wird jedoch auch vermutet, daß metallisches Quecksilber mit dem Deponiegas entweicht. Ob Quecksilber durch bakterielle Methylierung in Organoquecksilberverbindungen übergeführt und in dieser Form ebenfalls mit dem Deponiegas ausgetragen wird, ist nach Kenntnis des Umweltbundesamtes bislang nicht untersucht worden.

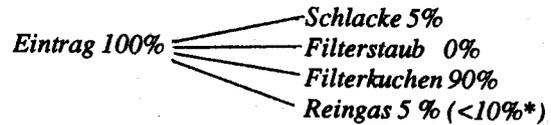
In Zusammenhang mit der Quecksilberreduktion werden Quecksilberemissionen aus Deponien in Zukunft primär auf andere Quellen zurückzuführen sein, sofern es sich nicht um bestehende Ablagerungen handelt, in die in der Vergangenheit Altbatterien mit dem Hausmüll eingebracht wurden und vorausgesetzt, daß alle vorgesehenen Maßnahmen zur Quecksilberreduktion in vollem Umfang greifen.

(c) Verhalten von Altbatterien bei der Müllverbrennung

Bei der Müllverbrennung verhalten sich mit dem Hausmüll eingetragenes Zink und Quecksilber wie folgt:



Quecksilber:



* Aus Messung des TÜV an der MVA Flötzersteig (1986) hochgerechnet; Annahmen: 6200m³ Rauchgas/t Müll; Schwermetallgehalt im Müll nach Angaben der SGP (in H. Löffler; Zitat p. 14)

Von der Gesamtbelastung des Wiener Hausmülls (in g/t= ppm) sind nachfolgende Mengen auf die in der Außenhandelsstatistik als solche ausgewiesenen ZK- und AM-Batterien zurückzuführen (*):

Zink: 95 g/t Quecksilber: 1,5 g/t

(*) Für obige Schätzung wurden folgende Annahmen getroffen:

- Homogenität des Mülls
- Alle im Jahre 1988 gekauften Batterien wurden in demselben Jahr verbraucht
- Zink- und Quecksilbermengen aus ZK- und AM-Zellen nach Vogel/Mayr/Goldschmid
- Kaufkraft für Wien: 25% (vgl. Vogel/Mayr/Goldschmid)
- Sammelquote nach Vogel/Mayr/Goldschmid für Wien 22%
- Hausmüll, Sperrmüll und hausmüllähnliche Abfälle aus Gewerbe und Industrie in Wien: rd. 650 000t
- Schwermetallemissionen im Reingas siehe oben

Im Jahre 1988 wurden in der Müllverbrennungsanlage Flötzersteig 115 000 t Müll (d.s. ca. 18 % der rund 650 000 t Wiener Hausmüll, Sperrmüll und hausmüllähnlichen Abfälle) verbrannt und damit grob geschätzt folgende Mengen an Schwermetallen emittiert:

Zink: rd. 460 kg Quecksilber: < 30 kg

Der Emissionsbeitrag aus den in der Außenhandelsstatistik als ZK- und AM-Zellen deklarierten Batterien lag dabei grob geschätzt bei folgenden Werten:

Zink: rd. 22 kg Quecksilber: rd. 20 kg

Annahmen:

- Homogenität des Mülls
- Alle im Jahre 1988 gekauften Batterien wurden in demselben Jahr verbraucht
- Zink- und Quecksilbermengen aus ZK- und AM-Zellen nach Vogel/Mayr/Goldschmid
- Kaufkraft für Wien: 25% (vgl. Vogel/Mayr/Goldschmid)
- Sammelquote nach Vogel/Mayr/Goldschmid für Wien 22%
- rd. 18% des Mülls wurden 1988 in Wien in der MVA Flötzersteig thermisch entsorgt
- Schwermetallemissionen im Reingas in % des Eintrages siehe oben

Obige Zahlen würden bedeuten, daß durch eine vollständige Elimination des Quecksilbereintrages aus den AM-Zellen in den Wiener Müll die Quecksilberemissionen aus der Müllverbrennungsanlage Flötzersteig theoretisch bis um ca. 60% reduziert werden könnten (ein annähernd linearer Zusammenhang zwischen Quecksilberkonzentration im Rauchgas und Abscheidegrad vorausgesetzt). Bei Zink wäre durch die Elimination der ZK- und AM-Batterien nur eine Entlastung um ca. 5% möglich (ebenfalls ein annähernd linearer Zusammenhang zwischen Zinkkonzentration im Rauchgas und Abscheidegrad vorausgesetzt).

Mit einer Senkung des Quecksilbergehaltes auf 0,025% und darunter wäre das bei der Müllverbrennung vorhandene Vermeidungspotential für Quecksilber in Zusammenhang mit Batterien weitestgehend ausgeschöpft.

Eine Abschätzung für Nickel und Cadmium in der gleichen Weise ist für 1988 nicht

möglich, da die Annahme, daß alle 1988 gekauften Nickel-Cadmiumakkus im selben Jahr verbraucht werden, unrealistisch wäre. Die Zahlen, welche Mengen an NC-Akkus 1988 zu entsorgen waren, sind jedoch nicht bekannt.

Bei der derzeitigen Gesamtbelastung des Wiener Mülls hätte die MVA Flötzersteig 1988 (hochgerechnet aus Meßdaten des TÜV von 1986) weniger als 10 kg Cadmium emittiert, was etwa einer Emission von Cadmium von 0,8% der von der Simmering-Graz-Pauker AG angegebenen Gesamtbelastung des Mülls entsprechen würde.

Durch die erwartete zusätzliche Belastung mit Cadmium aus den NC-Akkumulatoren könnte diese Menge im ungünstigsten Fall auf das Doppelte ansteigen (unter der Voraussetzung einer annähernd linearen Korrelation zwischen Cadmiumkonzentration im Rohgas und Abscheidegrad).

Zu bedenken ist, daß nicht mit dem Reingas emittierte, anorganische Schadstoffe in den Reststoffen aus der Müllverbrennung (Schlacke, Asche, sog. Filterkuchen) gebunden werden. Abhängig von ihrem Temperaturverhalten werden die Schadstoffe bevorzugt in die Schlacke eingebunden oder werden im Filterkuchen aufkonzentriert. Sie können das Löslichkeits- und damit das Deponieverhalten der Reststoffe wesentlich beeinflussen.

Aus der Schweiz ist bekannt, daß aufgrund der nunmehr verschärften Analyseverfahren für abzulagernde Stoffe (CO₂-Sättigung des Eluats) bei Reststoffen aus der Müllverbrennung Probleme mit der Freisetzbarkeit von Zink aufgetreten sind. Dies wurde auch auf den Eintrag von Zink durch im Hausmüll enthaltene Altbatterien zurückgeführt.

(d) Verhalten von Altbatterien bei der Müllkompostierung

Derzeit sind in Österreich 19 Kompostierungs- und Rotteanlagen in Betrieb, in denen im Jahre 1988 rd. 526 000 t Müll von ca. 2,3 Mio. Einwohnern verarbeitet wurden. Damit ist die Müllkompostierung ein wesentlicher Bestandteil der Entsorgungsstruktur in Österreich.

Die Kompostausbeute – in Abhängigkeit von der Müllzusammensetzung und von der Aufbereitung – liegt in einer Größenordnung von 10 bis 30%. Der Rotteverlust bezogen auf den Ausgangsmüll beträgt ca. 33% bis 50%.

Für die einzelnen Kompostwerke ergeben sich sehr unterschiedliche marktwirtschaftliche Voraussetzungen für die Absatzung des Kompostes. Nur ein geringer Teil der Anlagen kann auf einen geregelten, funktionierenden Absatz hinweisen. Der Grund für die Absatzschwierigkeiten liegt vor allem in sehr uneinheitlichen Qualitäten. Ein wesentliches Qualitätskriterium sind hierbei die Schwermetallgehalte der aus Müll gewonnenen Komposte.

Altbatterien tragen wesentlich zur Schwermetallbelastung der Müllkomposte bei. Wird der angelieferte Rohmüll in schnelllaufenden Mühlen zerkleinert, werden die in den Batterien enthaltenen Stoffe in Kompostrohmaterial fein verteilt.

Durch die Magnetabscheidung werden nur ferromagnetische Metalle erfaßt, Schwermetalle wie Zink, Blei und Cadmium verbleiben im Kompostrohmaterial, sofern sie nicht an ferromagnetischen Teilen anhaften. Während des Rotteprozesses werden diese Metalle aufgrund der bei der Kompostierung herrschenden Bedingungen im Kompost gelöst und fein verteilt. Weiters erfahren sie eine Anreicherung

durch die Umwandlung eines Teiles des Kompostrohstoffes in CO_2 (Rotteverlust).

Welche Auswirkungen eine konsequente Abtrennung der Batterien aus dem Müll vor der Kompostierung hat, sei am Beispiel des Müllkompostwerkes Aich-Assach in der Steiermark erörtert. Durch eine konsequente, freiwillige Sammlung über Geschäfte in den dem Kompostwerk angeschlossenen Gemeinden (rd. 20 000 Einwohner, inkl. Gästenächtigungen schätzungsweise ca. 30 000 Einwohner) konnten 1988 rund 4 t Altbatterien gesammelt werden. (Angaben der Betreiber des Kompostwerkes Aich-Assach). Das entspräche einer Menge von 0,2 kg (0,13 kg inklusive Gästenächtigungen) pro Einwohner. Österreichweit liegt das Sammelergebnis (7,7 Mio. Einwohner, 500 t) bei etwa 0,06 kg.

Weiters wurde die Hammermühle des Kompostwerkes stillgelegt, der Müll wird nunmehr handverlesen. Der Erfolg dieser mit viel Aufwand verbundenen Maßnahmen ist tendenziell eine deutliche Reduktion der Schwermetallgehalte von Zink, Blei und Cadmium im Müllkompost. Größenordnungsmäßig liegt die Reduktion der Schwermetallgehalte nach Auskunft der TU Wien in Bezug auf Zink und Cadmium etwa beim Faktor 2, bei Blei etwa um den Faktor 3.

Eine Schwermetallreduktion im Müllkompost kann auch durch aufwendige technische Maßnahmen erreicht werden, wie dies die ORFA-Versuchsanlage in Tübingen zeigt. Dort werden zusätzlich zur Magnetabscheidung die verschiedenen Siebfraktionen getrocknet und eine Dichtentrennung der einzelnen Siebfraktionen vorgenommen. Die Grenzen dieses Konzepts liegen allerdings im Abscheidegrad der Aufstromklassierer, der u.a. davon ab-

hängt, in welcher Form die Schwermetalle in den Müll eingetragen werden.

Insbesondere bei Zink und Cadmium dürfte die mechanische Schwermetallentfrachtung auf ihre technischen Grenzen stoßen. Jedenfalls waren die Ergebnisse der ORFA-Versuchsanlage in bezug auf diese beiden Schwermetalle nicht zufriedenstellend. Bei Cadmium wurde das auf den Eintrag durch Cadmiumstabilisatoren aus Kunststoffen zurückgeführt, beim Zink wird vermutet, daß das Zink in der eingebrachten Form sehr leicht korrodiert und dann in Form seiner Verbindungen dispers vorliegt und somit mit dem angewendeten Abscheideverfahren nicht mehr abtrennbar ist.

F.2 Getrennte Entsorgung von Altbatterien

(a) Ablagerung konditionierter Batterien und unbehandelter Batterien in Sonderabfalldeponien

Über das Verhalten von Batterien bei der Ablagerung in Sonderabfalldeponien verfügt das Umweltbundesamt über keine

Angaben (Informationsstand September 1989). Das liegt u.a. daran, daß Altbatterien nur zu einem geringen Teil in Sonderabfalldeponien abgelagert werden (außer in der Deponie Schönberg in der DDR) und aufgrund der geringen Menge mit anderen Abfallstoffen eingebaut werden.

„Konditionierte“ Altbatterien (Eingießen von Batterien in Beton) werden lediglich in geringem Ausmaß in Japan abgelagert.

(b) Aufarbeitung von Altbatterien

In zahlreichen Ländern werden Anstrengungen zur Entwicklung von Aufarbeitungstechnologien für Altbatterien unternommen. Grundsätzlich müssen jedoch, um Altbatterien aufarbeiten zu können, folgende Faktoren vorhanden, bzw. Bedingungen erfüllt sein:

1. Eine Technologie muß zur Verfügung stehen und anlagentechnisch realisierbar sein.

Nachfolgende Tabelle gibt eine Übersicht über die bekannten Altbatterierecyclingverfahren und deren wichtigste Daten (aus Vogel/Mayr/Goldschmid):

Anlage	Input	Output	Kapazität/Jahr (Status)	Kosten in öS
VÖEST ALPINE Österreich	sämtliche Primärbatterien	NE-Metalle MnOx, Schrott	1.000 t (geplant)	Entwicklung 80 Mio. Betrieb 20.000 / t
ELWENN & FRANKENBACH BRD	Knopfzellen Amalgam Leuchtstoffröhren	Hg, Schrott	150 kg Hg 3 Mio. Stück Leuchtstoffröhren (eingestellt)	Betrieb 21.000 / t

Anlage	Input	Output	Kapazität/Jahr (Status)	Kosten in öS
EIDGENÖSSISCHE TECHNISCHE HOCHSCHULE Schweiz	Primärbatterien ohne Knopfzellen	Hg, Zk, Cu MnOx, Schrott	500 t (geplant)	Errichtung 50 Mio. Betrieb 6.800 / t 0,34 je Stück
DECOHA / REHYTEC Schweiz	sämtliche Gerätebatterien	Metalle, Salze Sinteroxide	250-300 t (in Bau)	Betrieb 14.000 / t
MRT-System AB Schweden	Primärbatterien Amalgam	Hg, Schrott	50 t (eingestellt)	Errichtung 1,3 Mio. Betrieb 50-60.000 / t
SAB-NIFE Schweden	Ni-Cd-Batterien	Nickel, Cadmium	(in Betrieb)	Betrieb 12-26.000 / t
SNAM Frankreich	Ni-Cd-Batterien	Nickel, Cadmium	2.400 t (in Betrieb)	Keine Angaben
CLEAN JAPAN CENTER Japan	Primärbatterien ev. Amalgam u. Leuchtstoffröhren	Hg, Mn, Zk, Fe-Schrott	6.000 t Betrieb 6-8.000 t (aperiodischer Betrieb)	Errichtung 40 Mio.
SUMITOMO HEAVY INDUSTRIES Japan	Primärbatterien	Zn, Hg Fe-Mn-Legierung	100 kg/h (in Betrieb)	Errichtung u. Betrieb 6.100 / t (bei 2.000 t/a)

Die angewendeten Technologien und der Entwicklungsstand der einzelnen Verfahren ist unterschiedlich. Primär zielen die meisten Aufarbeitungsverfahren darauf ab, einzelne oder alle in den Batterien enthaltenen Metalle in möglichst reiner Form zu gewinnen, sodaß ein Einsatz in Metallhütten oder in Industriezweigen, die diese Metalle benötigen, möglich ist. Einige Verfahren sind nur für die Abscheidung von Quecksilber konzipiert.

Die bekannten Verfahren lassen in der Regel nur die Aufarbeitung bestimmter Batterietypen zu (Quecksilberhaltige Batterien, alle Arten von Primärzellen, NC-Akkus), was eventuell eine getrennte Erfassung oder eine nachträgliche Trennung verschiedener Batterietypen notwendig machen kann.

2. Es müssen ausreichende Mengen Altbatterien vorhanden oder beschaffbar sein, vor allem um die technisch oder techno-ökonomisch bedingte Mindestanlagengröße realisieren zu können.

Die von Vogel/Mayr/Goldschmid ermittelten Verkaufszahlen (ca. 2300 t Primärzellen und 270 t Sekundärzellen) lassen prinzipiell die Errichtung jeder in der vorliegenden Studie beschriebenen Altbatterieverwertungsanlage für Primärzellen in Österreich zu, vorausgesetzt, daß es durch entsprechende Maßnahmen auch gelingt, die erforderlichen Rücklaufquoten zu sichern. Die anlagentechnisch erforderliche Mindestmenge ist verfahrensabhängig und daher unterschiedlich.

Zur Sicherung der erforderlichen Mindestmengen wäre es auch denkbar, im Rahmen überstaatlicher Vereinbarungen Lösungen zu suchen (z.B. eine Verwertungsanlage für Österreich, Deutschland und die Schweiz). Dadurch könnte auch eine bessere Auslastung und damit eine verbesserte Wirtschaftlichkeit einer entsprechenden Anlage erreicht werden. Nachteil einer solchen Lösung wäre, daß dadurch keine autonome Entsorgungsstruktur für Altbatterien geschaffen wird und wie bisher eine Auslandsabhängigkeit vorhanden wäre (Export gesammelter Altbatterien in die DDR).

3. Rückfuhrlogistik mit hoher Rückfuhrquote, um eine ausreichende Auslastung der Anlage sicherzustellen.

Die Sammlung von Altbatterien erfolgt heute auf freiwilliger Basis, vornehmlich im Rahmen von Problemstoffsammlungen. Ein Ausbau der Sammellogistik für Altbatterien wäre nach Ansicht des Umweltbundesamtes am sinnvollsten über den Handel möglich (Rückgabe der Altbatterien beim Kauf von neuen Batterien). Das bedeutet allerdings auch eine Belastung des Handels mit Entsorgungsaufgaben und zusätzlichem organisatorischen Aufwand, der aber finanziell abgegolten werden könnte.

4. Möglichkeit des wirtschaftlichen Betriebes einer Anlage.

Bei der Altbatterieverwertung sind in die ökonomische Betrachtung Opportunitätskosten (z.B. Deponiekostenersparnis) mit einzubeziehen und die Reduktion des Umweltgefährdungspotentials zu bewerten.

Generell sollte versucht werden, die Errichtungs- und Betriebskosten primär

durch den Verkauf von Recyclingprodukten zu decken. Das bedeutet, daß einerseits die Recyclingprodukte mit einem wirtschaftlich vertretbaren Aufwand (Stoff-, Energie- und Personaleinsatz) gewinnbar sein sollen (Minimierung der Kosten), was wiederum eine ausreichende Konzentration der rückzugewinnenden Stoffe bedingt.

Andererseits sollen die Recyclingprodukte mit möglichst hohen Erlösen verkauft werden können (Maximierung der Erlöse). Dies erfordert, daß

- Produkte hergestellt werden, die am Markt nachgefragt werden, und daß
- die Recyclingprodukte qualitativ alternativen Produkten aus Primärrohstoffen annähernd entsprechen.

Bei einer Beurteilung der Wirtschaftlichkeit der Aufbereitungsverfahren aus betriebswirtschaftlicher Sicht kann keines der Aufbereitungsverfahren kostendeckend betrieben werden. Somit sind zusätzliche Maßnahmen zur Finanzierung (z.B. Förderungen, Entsorgungsbeitrag, usw.) erforderlich.

5. Die Aufarbeitung von Altbatterien darf im Vergleich zu anderen Möglichkeiten der Entsorgung keine höheren Umweltbelastungen hervorrufen.

Vor einer endgültigen Wertung der Aufbereitungsverfahren müßten diese noch einer eingehenden Analyse in Hinblick auf ihre Umweltauswirkungen unterzogen werden. Von zwei Aufbereitungsanlagen ist bekannt, daß sie aufgrund von Umweltproblemen stillgelegt wurden.

Aus abfallwirtschaftlicher Sicht muß die Altbatterienaufarbeitung folgenden Forderungen genügen:

- die Recyclingprodukte müssen verwertbar sein;
- die nicht verwertbaren Reststoffe müssen in einer Form anfallen, in der sie problemlos abgelagert werden können

(oder mit einem bekannten technischen Verfahren in eine solche Form übergeführt werden können).

Darüber hinaus müssen die Abwässer und die gasförmigen Emissionen sowohl einer emissionsseitigen, wie auch einer standortbezogenen, immissionsseitigen Analyse unterzogen werden.

G MASSNAHMEN ZUR UMWELTVERTRÄGLICHEN ENTSORGUNG VON BATTERIEN

Grundsätzlich werden durch abfallwirtschaftliche Maßnahmen folgende Ziele verfolgt:

- *Quantitative Abfallvermeidung* (= Reduktion der absoluten Abfallmengen);
- *Abfallverwertung*: die Rückgewinnung von Stoffen aus Abfällen, sowie die energetische Verwertung von Abfällen, die stofflich nicht verwertbar sind;
- *Qualitative Abfallvermeidung* (= Reduktion von problematischen Stoffen im Abfall);
- Überführung *nicht verwertbarer Abfälle* in eine die Umwelt möglichst wenig beeinflussende Form.

In Anbetracht des ungenügenden Kenntnisstandes über die Auswirkungen von mit dem Hausmüll entsorgten Batterien (Verhalten auf Hausmülldeponien, Probleme mit der Freisetzbarkeit von Schadstoffen aus Reststoffen der Müllverbrennung) sollte jedenfalls diese Entsorgungsvariante – dem Vorsichtsprinzip entsprechend – in Zukunft vermieden werden.

Wie die Erfahrungen des Kompostwerkes Aich-Assach zeigen, bewirkt eine getrennte Entsorgung von Altbatterien und Hausmüll kurzfristig eine wesentliche Verbesserung der Kompostqualität.

Eine Reduktion der Schadstoffmengen in den Batterien (Qualitative Abfallvermeidung) und eine vom Hausmüll getrennte Erfassung der Altbatterien wirken auf diesen schadstoffentlastend. Batterien sind

weilers ein Produkt, das gesammelt und verwertet werden kann, wobei die Aufarbeitung auch finanzierbar ist. Die gezielte, auf den Abfallstoff abgestimmte Behandlung (als solche ist auch die Verwertung von Altbatterien zu sehen) ermöglicht grundsätzlich auch eine bessere Abstimmung der technischen Umweltschutzeinrichtungen einer Behandlungsanlage.

Eine Aufarbeitung der Altbatterien wäre darüber hinaus aus ökologischen Überlegungen anzustreben, weil die Batterieinhaltsstoffe, wenn sie im wirtschaftlichen Nutzungskreislauf ordnungsgemäß als Stoff genutzt werden, potentiell geringere Umweltauswirkungen zeigen als beim Einbringen und Verteilen in der Ökosphäre.

Zur Minimierung von Umweltbelastungen durch Altbatterien und zu deren Verwertung sollten nach Ansicht des Umweltbundesamtes staatlicherseits zunächst Zielvorgaben festgelegt werden (z.B. Erfassungsquoten, Schadstoffgehalte, Verwertungsgebot). Die Verwirklichung dieser Ziele sollte durch die Unternehmen selbst unter Ausnutzung der Marktmechanismen angestrebt werden. Erst wenn in einer festgelegten Frist die Verwirklichung der angestrebten Ziele nicht möglich ist, sollten staatliche Vorschriften und Regelungen in Kraft treten.

Nach Ansicht des Umweltbundesamtes sind zur Minimierung von Umweltbelastungen durch Altbatterien und zur Sicherung einer umweltverträglichen Entsorgung von Altbatterien folgende Maßnahmen zu verwirklichen:

(1) Beschränkung des Gehalts verschiedener Schadstoffe in Batterien

Technisch ist heute ein Quecksilbergehalt von weniger als 0,025% Gew. in AM-Zellen und 0% (= nicht nachweisbar) bei ZK-Batterien realisierbar. ZK-Batterien mit 0% Quecksilber sind bereits auf dem Markt, AM-Zellen mit höchstens 0,025% Quecksilber werden im Frühjahr 1990 folgen.

Für die Schwermetalle Cadmium und Blei sind die niedrigsten dem Umweltbundesamt zu Redaktionsschluß bekannten Werte 0,0005% Cadmium und 0,013% Blei in ZK-Zellen bzw. 0% (= nicht nachweisbar) Cadmium und 0,005% Blei in AM-Zellen. Um das bestehende Vermeidungspotential optimal auszuschöpfen, sollten daher folgende Schadstoffhöchstgehalte angestrebt werden:

AM-Zellen: Quecksilber, < 0,025 % Masse
Cadmium und Blei in Summe: < 0,005 % Masse

ZK-Zellen: Quecksilber, Cadmium
und Blei in Summe: < 0,015 % Masse

Den Batterieherstellern wäre weiters vorzuschreiben, diese Grenzwerte zu unterschreiten, soweit es ihr technischer Entwicklungsstand zuläßt.

Obige Grenzwerte sollen für *alle* Batterien gelten, also auch solche, die in Geräten eingebaut an den Verbraucher abgegeben werden.

Die Verwendung von Quecksilberoxidzellen sollte generell unterbunden werden, ebenso das in Verkehrbringen von Produkten, die diese Batterien enthalten.

(2) Kennzeichnung aller Batterien

Um den Konsumenten auf das Erfordernis der getrennten Sammlung der Batterien mit dem Hausmüll zur Minimierung von Umweltbelastungen aufmerksam zu machen, sollten *alle* Batterien mit einem Recyclingsymbol oder einem Symbol zur Aufforderung, Batterien getrennt vom Hausmüll zu sammeln, gekennzeichnet werden. Das Symbol sollte von jeder Seite (ausgenommen Knopfzellen) der Batterie deutlich lesbar sein (gem. dem Vorschlag der EG-Richtlinie mind. 3% der Fläche, wenn jedoch kleiner als 5x5mm, dann in der Größe von 1x1cm auf der Verpackung). Zumindest auf der Verpackung sollte zudem ein deutlich lesbarer Hinweis "Nach Gebrauch an Sammelstelle oder Verkaufsstelle abgeben" angebracht werden.

Bei der Werbung für Batterien sollte deutlich sichtbar (Printmedien, Fernsehen) und hörbar (Fernsehen, Rundfunk) ein Hinweis auf die Wichtigkeit einer getrennten Entsorgung erfolgen, wie dies in ähnlicher Weise bereits bei Arzneimitteln und Zigaretten verwirklicht wurde.

(3) Information des Konsumenten beim Kauf von Produkten, die Batterien enthalten

Beim Verkauf von Produkten, die Akkumulatoren oder Batterien enthalten, sind die Konsumenten auf diesen Umstand und auf die Notwendigkeit einer getrennten Entsorgung der Batterien hinzuweisen. Dies könnte in Form eines Beipackzettels erfolgen, auf dem auch beschrieben sein sollte, wie der Akkumulator oder die Batterie aus dem Gerät entfernt werden kann.

Geräte, die Akkumulatoren enthalten (z.B. Elektrorasierer, Heimwerkergeräte, usw.),

sollten darüber hinaus konstruktiv so gestaltet werden, daß der Akku oder das Akkupaket vor der Entsorgung auch vom Laien einfach entfernt werden kann (Steckverbindungen). Wo es die Größe des Gerätes zuläßt, sollte auf dem Gerät selbst deutlich sichtbar eine Anleitung angebracht werden, wie der Akku zu entfernen ist (z.B. in Form einer Graphik).

(4) Rückgabeverpflichtung für den Konsumenten, Rücknahmeverpflichtung durch den Handel und Maßnahmen zur Sicherung hoher Rücklaufquoten

Realisierbar erscheinen heute durch entsprechende Maßnahmen Rücklaufquoten von mehr als 75%. Vogel/Mayr/Goldschmid schlagen ein Ökopfand auf in Österreich verkaufte und als solche gekennzeichnete Batterien vor. Das Pfand wird – bevor die Batterien in Verkehr gebracht werden – an einen Fonds gezahlt (Erwerb einer Lizenz) und von diesem nach Rückgabe der Altbatterien refundiert. Aus dem Differenzbetrag (in Verkehr gebrachte Batterien – Rücklauf) könnte die Öffentlichkeitsarbeit, Entsorgungslogistik, usw. finanziert werden.

Der Entsorgungsweg verläuft zum Distributionsweg entgegengesetzt: Das Pfand beinhaltet auch ein Manipulationsentgelt und einen Entsorgungsbeitrag, die dem Letztverbraucher nicht rückerstattet werden und zur Entschädigung des Handels oder anderer Rücknahmestellen für den entstandenen Aufwand dienen.

Bei diesem System wären höhere Rücklaufquoten als bei Systemen ohne Pfand zu erwarten und gleichzeitig die Finanzierung des Entsorgungssystems möglich.

Zudem sollte nach Ansicht des Umweltbundesamtes auch eine Rücknahmeverpflichtung (aber keine Pfandrückgabe) für Batterien bestehen, die nicht als in Österreich verkauft gekennzeichnet sind ("Import", z.B. durch Fremdenverkehr).

(5) Kontrolle der Maßnahmen

Das Umweltbundesamt ist der Ansicht, daß zur Kontrolle der (bestehenden) freiwilligen Vereinbarungen und allenfalls späterer verbindlicher Vorschriften in Hinblick auf deren Verwirklichung, vor allem aber zur Beurteilung ihrer Wirksamkeit, die Datengrundlage wesentlich verbessert werden muß. Derzeit bestehen hinsichtlich der Batterien erhebliche Unschärfen, die eine effiziente Kontrolle nahezu unmöglich machen:

1. Die bislang erhobenen Zahlen über Batteriemengen weichen erheblich voneinander ab, bei den Stückzahlen um nahezu 50%, bei den Mengen um etwa 25%.

2. Von objektiver Stelle zur Verfügung stehende Daten (Außenhandelsstatistik) sind bereits bei der Erfassung mit großen Unsicherheiten behaftet (der "Restposten" der Außenhandelsstatistik, die Zolltarifnr. 8506 19 00: "andere Primärelemente", beinhaltet rd. 1/5 der insgesamt in Österreich verbrauchten Primärzellen).

3. Durch die nunmehr seitens der Hersteller vollzogene Quecksilberreduktion und konstruktive Neugestaltung der Batterien sind die prozentuellen Gehalte verschiedener Inhaltstoffe teilweise stark unterschiedlich. Genaue Zahlen sind für Österreich aber nicht bekannt.

Die Gewinnung verlässlicher Daten wird in Zukunft nur durch die Heranziehung produktbezogener Verkaufsmengen in Verbindung mit der Zusammensetzung dieser

Produkte möglich sein. Entsprechende Daten sind der Batterieindustrie durch Verkaufsstatistiken bekannt, sind jedoch aus Konkurrenzgründen nicht zugänglich.

In der Schweiz wurde dieses Problem durch die Verwaltung der gemäß Stoffverordnung bekanntzugebenden Daten der Batteriehersteller und -importeure durch ein Treuhandbüro gelöst.

In Zusammenhang mit dem von Vogel/Mayr/Goldschmid ausgearbeiteten Vorschlag für eine Ökopfundregelung könnte die Vergabe einer Lizenz zur in Verkehrbringung von Batterien in Österreich auch an die Bekanntgabe der Zusammensetzung der Batterien gebunden werden.

(6) Öffentlichkeitsarbeit

Unbeschadet der bisher genannten Maßnahmen sollte seitens des Umweltressorts verstärktes Augenmerk auf die Öffentlichkeitsarbeit gelegt werden. Der Konsument sollte zum "kritischen Konsum" in Bezug auf qualitative und quantitative Abfallvermeidung angehalten werden. Weiters wäre Aufklärungsarbeit in Hinblick auf das Erfordernis der getrennten Entsorgung zur Minimierung von Umweltbelastungen zu leisten und der Konsument über umweltverträglichere Alternativen zu informieren.

Gerald Goldschmid

Johann Mayr

Gerhard Vogel

**Recyclingtechnologien für Altbatterien
und Maßnahmen zur Errichtung eines
Altbatterienverwertungsverfahrens
in Österreich**

**Studie im Auftrag
des Umweltbundesamtes**

1. EINLEITUNG

Der Wunsch des Konsumenten nach mehr mobilem Energiekonsum, der noch durch eine immer größere Anzahl neuerer Produkte von Seiten der Industrie verstärkt wird, führt zur Entwicklung neuer Batteriesysteme und ist mit einer starken Ausweitung des Gesamtbatterieverbrauches verbunden.

Diese Tendenz führt jedoch auch zu einer steigenden Belastung der Umwelt durch das kurzlebige Konsumgut Batterie.

Unter Batterien sollen hier sowohl die Primär- als auch die Sekundärbatterien (Akkus) verstanden werden.

1.1 ZIEL DER UNTERSUCHUNG

Das Ziel dieser Untersuchung ist der Entwurf von Vorschlägen für eine praktikable Lösung der Erfassung und Entsorgung von Altbatterien in Österreich. Dabei soll entsprechend den heute allgemein anerkannten Grundsätzen der Abfallwirtschaft, die sich in Österreich auch in den Richtlinien des Bundesministeriums für Umwelt, Jugend und Familie finden, auf die getrennte Erfassung, Sammlung und Verwertung eingegangen werden.

2. BAUFORMEN UND CHEMISCHE SYSTEME VON BATTERIEN

2.1 EINTEILUNGSMÖGLICHKEITEN FÜR BATTERIEN

In allen Batterien wird die elektrochemische Potentialdifferenz zwischen zwei Elementen oder deren Verbindungen zur Stromlieferung genutzt. Vermittelt wird die Reaktion durch einen meist wässrigen Elektrolyten. Ein Reaktionspartner kann auch gasförmig sein.

Aus der Häufigkeit der Nutzungszyklen - einmalig als Wegwerfbatterie, oder mehrmalig durch Wiederaufladung kann in

Primär- oder Trockenbatterien - das sind alle nicht wiederaufladbaren Batterien

und in

Sekundärbatterien oder Akkumulatoren - das sind alle wiederaufladbaren Batterien

unterschieden werden.

Batterien sind Energiewandler. In Primärzellen wird chemische Energie während der Entladung irreversibel in elektrische Energie umgewandelt. In Sekundärzellen verläuft der Energieumwandlungsprozeß reversibel.

Eine praxisnahe Einteilung der Batterien ergibt sich, unabhängig vom chemischem System aufgrund ihrer besonderen Anwendung:

Gerätebatterien	in Geräten aller Art: Alle Primär- und Sekundärsysteme.
Starterbatterien	in Kraftfahrzeugen: Fast ausschließlich Blei-Akkumulatoren.
Traktionsbatterien	für Elektrofahrzeuge: Ausschließlich Blei-Akkumulatoren.
Stationäre Batterien	z.B. in Notstromanlagen: Blei- oder auch Nickel-Cadmium-Akkumulatoren.

Die vorliegende Untersuchung befaßt sich ausschließlich mit Gerätebatterien.

2.2 BAUFORMEN UND GRÖSSEN VON GERÄTEBATTERIEN

Primär- und Sekundärbatterien werden in verschiedensten Bauformen hergestellt. Grundsätzlich kann nach dem äußeren Erscheinungsbild wie folgt unterschieden werden:

- Rundzellen (zylindrische Zellen)
- Knopfzellen
- Prismatische Zellen
- Sonderformen

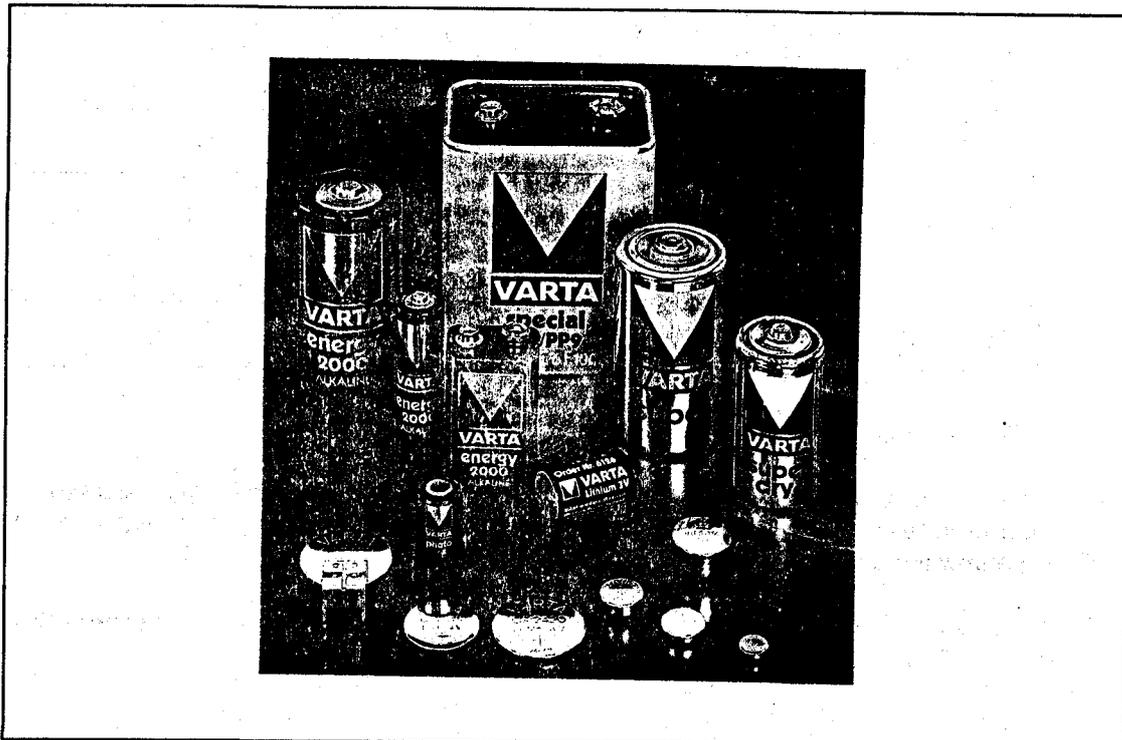


Abb. 1: Gerätebatterien in verschiedenen Bauformen und Größen

Quelle: Varta: Primärbatterien, Lieferprogramm und technische Daten

Die Batteriegrößen sind weitgehend nach IEC und DIN genormt.

Für Primärbatterien gilt folgende Norm:

DIN/IEC 86

Für Nickel-Cadmium-Akkumulatoren gelten folgende Normen:

DIN 40.751 - DIN 40.773

IEC 21

	Typenbezeichnung		Batterie-Systeme							Größe φ x h (mm)	
	handels- üblich	IEC	KZ	AM	NiCd	Pb	HgO	ZnO ₂	Ag ₂ O		
Rund- zellen	Mono	R 20	++	+	+	+					34,2 x 61,5
	Baby	R 14	++	++	+						26,2 x 50
	Mignon	R 6	++	++	++						14,5 x 50,5
	Lady	R 1		+	+	+					12 x 30
	Micro	R 03		+	++	+					10,5 x 44,5
Prisma	4 N 42							+			15 x 20
	9 Volt- Block	6 F 22	+	+	+						26,5 x 17,5 x 48,5
Knopf- zellen		MR 9						+			16 x 6,2
		MR 44						++			11,6 x 5,4
		BR 44							++		11,6 x 5,4
		LR 44								+	11,6 x 5,4
		KBL 26/10								+	25,1 x 8,8
		SR 41								+	7,9 x 3,6

+ Batterietyp wird auch in dieser Größe verkauft
++ Batterietyp wird bevorzugt in dieser Größe verkauft

KZ Kohle-Zink-Batterien
AM Alkali-Mangan-Batterien
NiCd Nickel-Cadmium-Akkumulatoren
Pb Kleine Blei-Akkumulatoren (WF bis 25 Ah, nur für Hobby, Spielzeug etc.)
HgO Quecksilberoxid-Knopfzellen
ZnO₂ Zinkoxid-Knopfzellen
Ag₂O Silberoxid-Knopfzellen

Tab. 1: Größenvergleich und Typenbezeichnung ausgewählter Gerätebatterien

Quelle: Genest, W.: Die Abfallproblematik von Altbatterien, in: Müll und Abfall Jg. (1985)6, S. 194

Die äußerlich gleich aussehenden Gehäuse enthalten jedoch unterschiedliche elektrochemische Systeme mit unterschiedlichem inneren Aufbau. Daher läßt sich aufgrund der äußeren Bauform eine Zuordnung einer Batterie zu einem Batteriesystem nicht vornehmen.

2.3 INNERER AUFBAU VON GERÄTEBATTERIEN

Generell können zwei Arten des inneren Aufbaues von Gerätebatterien unterschieden werden.

1. Batterien mit zylindrischem Aufbau (in Mantelform) - diese Zellen werden als Rund- oder zylindrische Zellen bezeichnet. Im Zentrum dieser Zellen liegt die positive Elektrode (Kohlestift). Um sie herum werden mantelförmig die weiteren Bestandteile angeordnet. Die 4,5 V Flachbatterie besteht aus drei nebeneinander angeordneten Rundzellen.

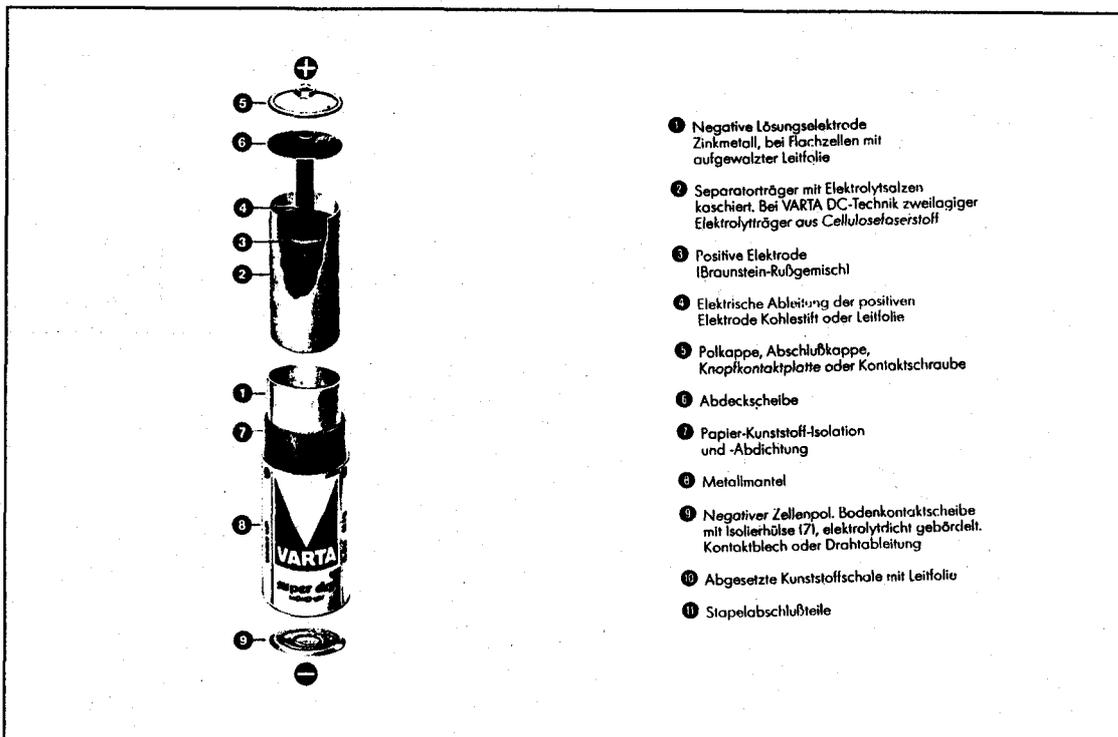


Abb. 2: Innerer Aufbau einer typischen Rundzellenbatterie

Quelle: Varta: Broschüre "Gerätebatterien, Haupt- und Sonderprogramm"

2. Batterien mit schichtweisem Aufbau werden als Knopfzellen oder Flachzellen bezeichnet. Hier liegen die Bestandteile in Schichten flach übereinander.

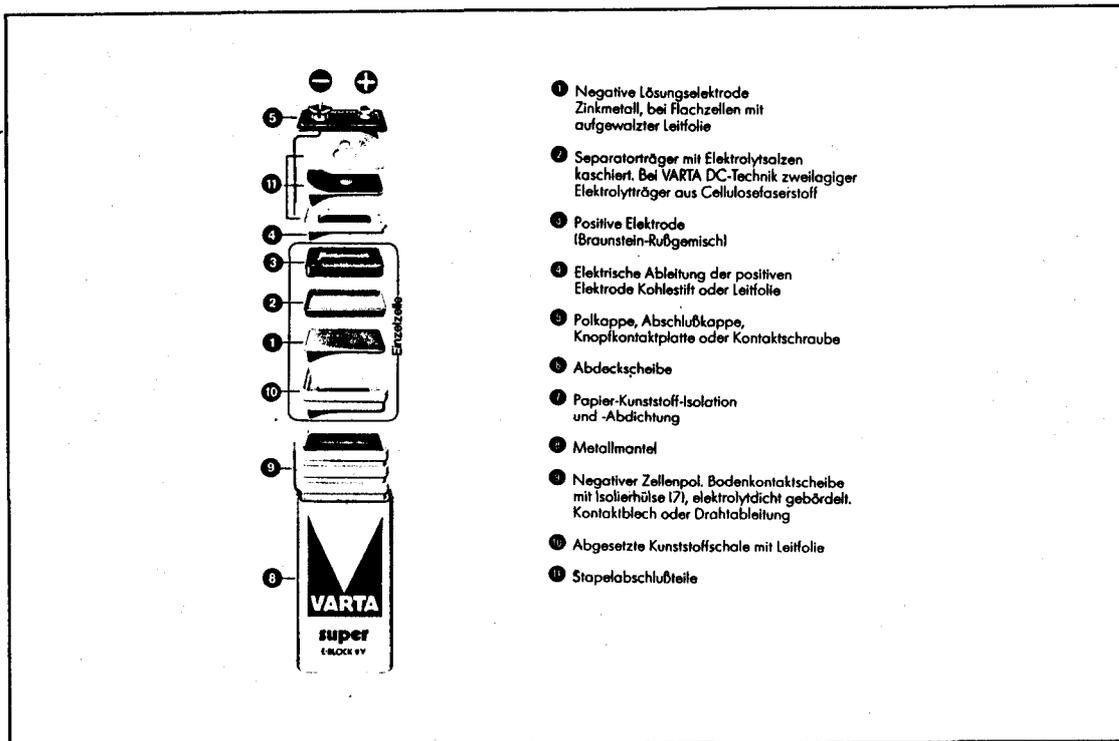


Abb. 3: Innerer Aufbau einer typischen Flachzellenbatterie

Quelle: Varta: Broschüre "Gerätebatterien, Haupt- und Sonderprogramm"

Prismatische Batterien, wie z.B. der 9 V Block (6 F 22 nach IEC) können sowohl aus einer Kombination von Flachzellen bestehen (z.B. VARTA Super E-Block 9 V), als auch aus einer Kombination von Rundzellen (z.B. VARTA super energy E-Block 9 V alkaline).

Alkali-Mangan-, Kohle-Zink- und Nickel-Cadmium-Batterien werden bevorzugt in Rundzellenform gebaut, Quecksilberoxid-, Silberoxid-, und Zink-Luft-Batterien werden vorwiegend als Knopfzellen gebaut. Lithium-Batterien werden sowohl als Rundzellen- als auch als Knopfzellen erzeugt.

3. KENNZEICHNUNG VON BATTERIEN

Gerätebatterien, insbesondere Rundzellen, werden von den Herstellern nur firmenbezogen gekennzeichnet. Es gibt keine einheitliche Farbgebung und keine einheitlichen Aufschriften. Angaben über das Erzeugungsdatum oder das Ablaufdatum fehlen meist vollständig.

Eine Identifizierung der einzelnen chemischen Systeme aufgrund der derzeitigen Batterienkennzeichnung ist zwar dem Fachmann unter Heranziehung der speziellen Firmenunterlagen meist möglich, aber für den Laien oft sehr schwierig.

Für Alkali-Mangan-Batterien hat sich die Bezeichnung 'Alkaline' und für gasdichte Nickel-Cadmium-Akkumulatoren die Bezeichnung 'NC' durchgesetzt.

Seit 1985 sind Quecksilberoxid-Knopfzellen mit einem eingepprägten Kreis um das Plus-Zeichen \oplus gekennzeichnet. In einigen Fällen finden sich Angaben über das Erzeugungsdatum oder das Ablaufdatum auf der Verpackung.

4. CHEMISCHE SYSTEME VON BATTERIEN

Die Tabelle 2 gibt eine Übersicht über Bauformen und Kenngrößen der beschriebenen Batterien.

System	Bauformen	Kapazitätsbereich (Ah)	Energiedichte (mWh/g)	Spannung/Zelle (in V)	Betriebstemperaturbereich (°C)
Braunsteinzellen (Leclanché)	K,R,F	0,06...300	50...80	1,5	-10...+55
Alkali-Mangan-Zellen	K,R,F	0,06...10	70...100	1,5	-10...+55
Quecksilberoxid-Zellen	K	0,04...0,35	90...120	1,35	-10...+65
Silber-I-Oxid-Zellen	K	0,015...0,25	70...100	1,55	-10...+65
Zink-Luft-Zellen	R,F K	50...180 0,18...0,3	300...380	1,45	-10...+50
Lithium-Zellen	K,R,F	0,05...30	150...500	1,5...3,6	-40...+70
Nickel-Cadmium-Zellen					
gasdicht	K,R,P	0,01...50	20...30	1,2	-20...+50
offen	P	5...1250	15...28	1,1	-20...+45
Blei-Zellen					
verschlossen	R,P	1...25	20...35	2,0	0...+55
offen (Starterbatterie)	P	2...210	25...31	2,0	-18...+55

Legende: K Knopfzelle
R Rundzelle
F Flachzelle
P Prismatische Zelle

Tab. 2: Merkmale von Batterien verschiedener Systeme

Quelle: Genest, W.: a.a.O., S. 196

Im folgenden werden die marktgängigsten Systeme für Gerätebatterien näher beschrieben.

Im folgenden werden die marktgängigsten Systeme für Gerätebatterien näher beschrieben.

4.1 KOHLE-ZINK-BATTERIEN (LECLANCHE-BATTERIEN)

System: Zink/Ammoniumchlorid/Mangandioxid
oder Zink/Zinkchlorid/Mangandioxid

Spannung: 1,5 V oder ein Vielfaches
Bauformen: Rund- oder Flachzellen auch als prismatischer Block

Das Standard-Verkaufsprogramm der Hersteller beinhaltet etwa 6 bis 7 Typen, die sich durch ihre Größe (Kapazität), Spannung oder spezielle Konstruktionsprinzipien unterscheiden.

Durch die Verwendung von Ammoniumchlorid bzw. Zinkchlorid als Elektrolyt werden zwei oder drei Güteklassen gebildet. Eine weitere Verbesserung stellt die Verwendung eines dünnen Papierseparators dar.

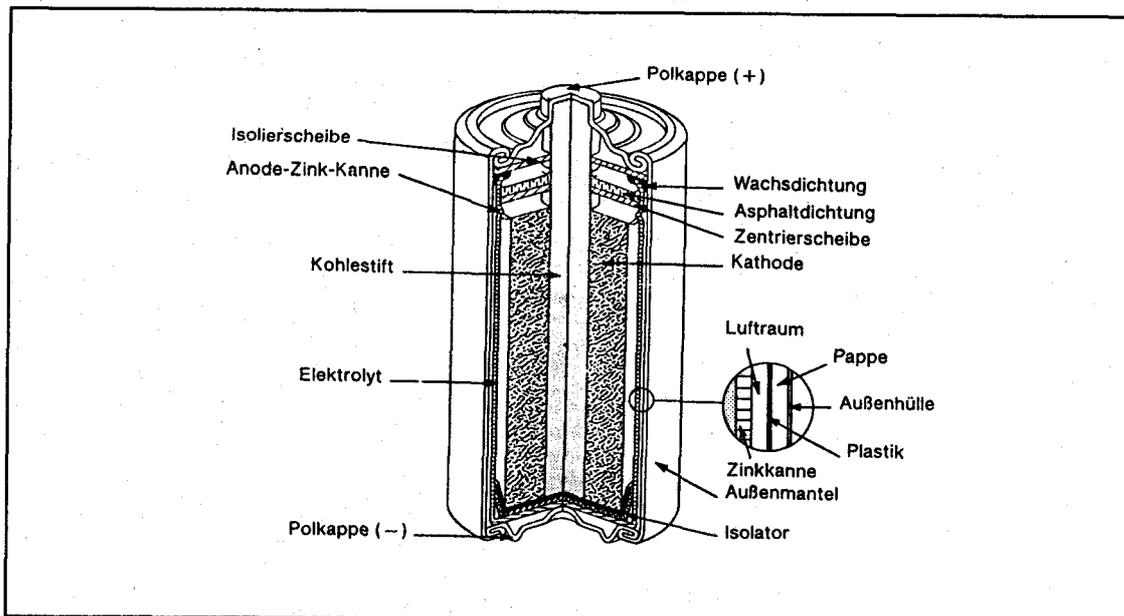


Abb. 4: Typischer Aufbau einer Kohle-Zink-Batterie

Quelle: Thielmann, W.: Die Batterie von A-Z, Ralston Energy Systems Deutschland GmbH (Hrsg.), 1987, S. 15

4.2 ALKALI-MANGAN-BATTERIEN

System: Zink/Kalilauge/Mangandioxid
Spannung: 1,5 V oder ein Vielfaches
Bauformen: Rund- oder Knopfzellen auch als prismatischer Block

Die gängigen Rundzellen in Alkali-Mangan-Technik haben dieselben Maße wie Kohle-Zink-Batterien. Sie sind kompatibel, haben aber erheblich bessere technische Eigenschaften. Sie sind im Hinblick auf ihre Lagerfähigkeit sowohl bei höheren Temperaturen als auch bei tiefen Temperaturen (unter -15°C) den Kohle-Zink-Batterien überlegen. Die Leistung ist - je nach Anwendung - um das zweifache bis achtfache höher als die von Kohle-Zink-Batterien.

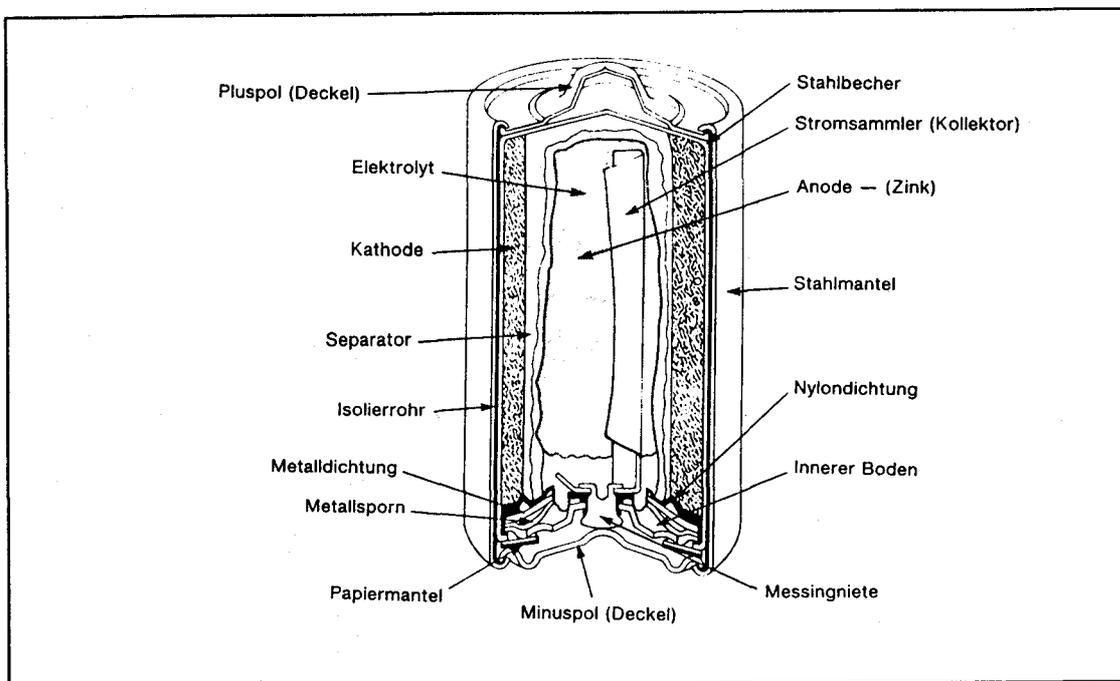


Abb. 5: Typischer Aufbau einer Alkali-Mangan-Batterie

Quelle: Thielmann, W.: a.a.O., S. 18

Kontinuierliche Weiterentwicklungen dieses Batteriesystems führten zu verbesserten Modellen mit etwa einem Drittel höherer Leistung als Alkali-Mangan-Batterien der ersten Generation. Diese Entwicklungen standen unter dem Aspekt der effizienteren Innenraumnutzung der Batterien sowie einer Modifizierung des aktiven Kathodenmaterials.

Seit Mitte 1988 sind bereits Alkali-Mangan-Batterien der dritten Generation auf dem Markt. Diese zeichnen sich durch einen bis zu 95 % reduzierten Quecksilbergehalt (0,025 Gewichtsprozent) und einer weiteren Leistungssteigerung aus.

4.3 QUECKSILBEROXID-BATTERIEN

System: Zink/Kalilauge/Quecksilberoxid
Spannung: 1,35 V oder ein Vielfaches
Baupformen: Knopfzellen, Kombination von Knopfzellen

Quecksilberoxid-Batterien werden als Knopfzellen ausgeführt. Die über 60 Bauarten unterscheiden sich durch ihre Abmessungen und durch ihre Kapazität. Quecksilberoxid-Batterien höherer Spannung bestehen aus gestapelten, von einer gemeinsamen Hülle umschlossenen Einzelzellen (Stabform).

4.4 SILBEROXID-BATTERIEN

System: Silber(1)-oxid/Kalilauge oder Natronlauge/Zink
Spannung: 1,55 V
Baupform: Knopfzellen

Silberoxid-Zellen werden in über 30 Typen als Knopfzellen hergestellt. Die Typenvielfalt ist auf spezielle Anwendungen in der Miniaturelektronik zurückzuführen.

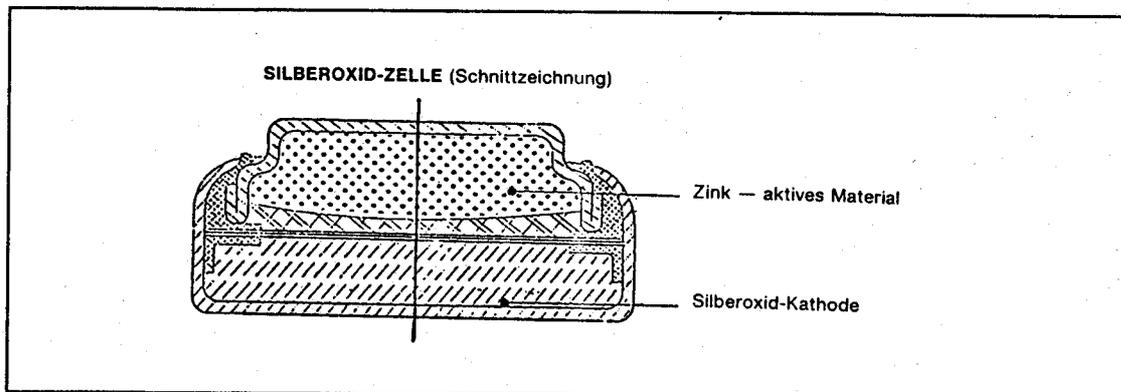


Abb. 6: Typischer Aufbau einer Silberoxid-Batterie

Quelle: Thielmann, W.: a.a.O., S. 23

4.5 ZINK-LUFT-BATTERIEN

System: Zink/Kalilauge/Luft-Sauerstoff
Spannung: 1,45 V oder ein Vielfaches
Bauformen: Knopfzellen, Kombination von Knopfzellen

Das Zink-Luft-System unterscheidet sich von den bisher beschriebenen dadurch, daß die positive Elektrode nicht aus einem Metalloxid besteht, sondern aus Aktivkohle, worin der Luftsauerstoff elektrochemisch wirksam wird. Durch den Wegfall von Quecksilber- oder Silberoxid ist mehr Raum in der Zelle für das aktive Material Zink. Dies bedeutet mehr Raum für mehr Energie. Die Belastbarkeit der Zelle ist größer als die anderer Zellen. Sie weist auch die höchste Energiedichte in mWh/cm^2 auf.

Die Zink-Luft-Batterie hat an der Plus-Seite ein oder zwei Löcher (je nach Größe der Zelle), um den nötigen Luft-Sauerstoff anzusaugen. Diese Löcher werden bei der Herstellung mit einer Schutzfolie abgedichtet. Erst unmittelbar vor dem Einsatz eines Gerätes wird diese Folie entfernt und damit die Zelle aktiviert. Danach entlädt sich die Zelle relativ schnell (3 Monate) selbst wenn kein Stromverbraucher angeschlossen ist. Sie wird daher bevorzugt für kontinuierliche Entladung, (z.B. in Hörgeräten) eingesetzt.

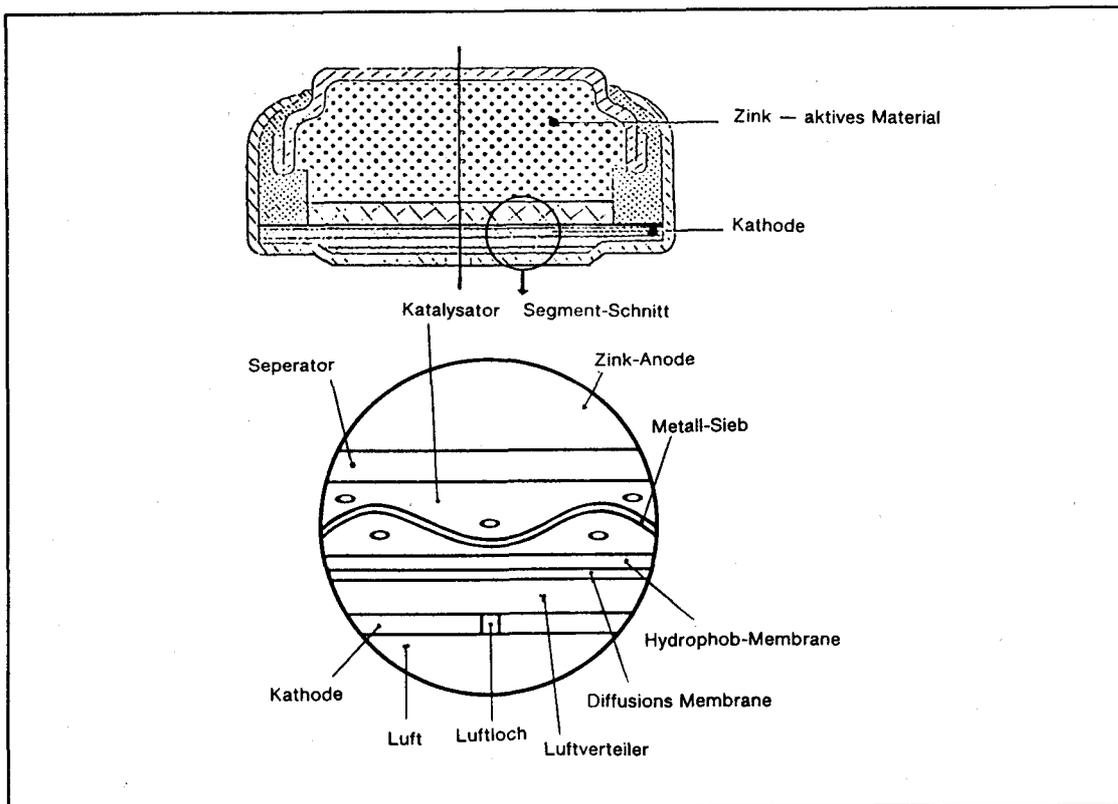


Abb. 7: Typischer Aufbau einer Zink-Luft-Batterie

Quelle: Thielmann, W.: a.a.O., S. 23

4.6 LITHIUM-BATTERIEN

Aus der Vielzahl der möglichen Systeme haben sich am Markt insbesondere die folgenden Systeme durchgesetzt.

4.61 LITHIUM-MANGANDIOXID-BATTERIEN

System: Lithium/Mangandioxid
Elektrolyt: Organische Lösung
Spannung: 3 V oder ein Vielfaches
Bauformen: Knopf- und Rundzellen, mit und ohne Löt-faden, Kombination von Knopf- und Rundzellen

Diese Batterien finden insbesondere in elektronischen Geräten, Telefonen, Fotogeräten und Taschenrechnern Verwendung.

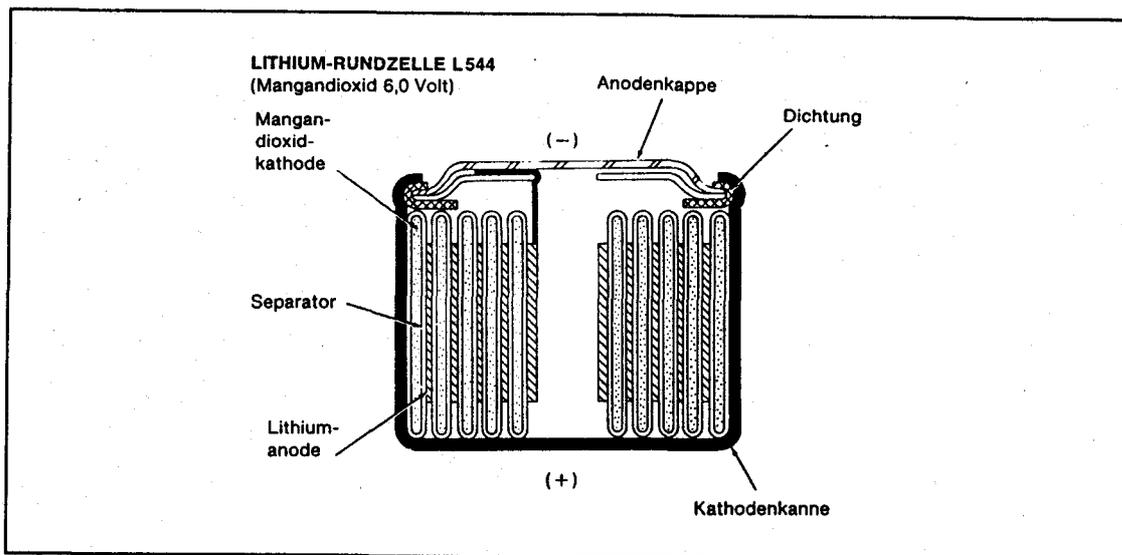


Abb. 8: Typischer Aufbau einer Lithium-Batterie

Quelle: Thielmann, W.: a.a.O., S. 25

4.62 LITHIUM-THIONYLCHLORID-BATTERIEN

System: Lithium/Thionylchlorid
Elektrolyt: Lithiumtetrachloroaluminat in Thionylchlorid
Spannung: 3,6 - 3,7 V
Bauformen: Knopf- und Rundzellen

Verwendung in CMOS-Speichern, Meßgeräten, Steuersystemen, Taschenhörgeräten.

4.63 LITHIUM-KUPFEROXID-BATTERIEN

System: Lithium/Kupferoxid
Elektrolyt: Vermutlich organische Lösungsmittel
Spannung: 1,5 V
Bauform: Knopfzelle

4.64 LITHIUM-CHROMOXID-BATTERIEN

System: Lithium/Chromoxid
Elektrolyt: Organisches, nicht ätzendes Lösungsmittel
Spannung: 3 V oder ein Vielfaches
Bauform: Rundzelle, Kombination von Rundzellen

Die sehr hohe Energiedichte, ein sehr gutes Temperaturverhalten und eine Lagerfähigkeit bis zu 10 Jahren prädestinieren dieses Lithiumsystem als Energiequelle für die Langzeitversorgung elektronischer Schaltkreise (memory back up).

4.65 LITHIUM-EISENSULFID-BATTERIEN

System: Lithium/Eisensulfid
Elektrolyt: keine Angaben
Spannung: 1,6 V
Bauform: Knopfzelle

Verwendung für Taschenrechner und elektronische Geräte.

4.66 LITHIUM-CARBON MONOFLUORID-BATTERIEN

System: Lithium/Carbon Monofluorid
Elektrolyt: Gamma-Eutyrolacton
Spannung: 3 V
Bauform: Rund- und Knopfzellen mit Lötfläche

Verwendung für Datenspeicher.

4.67 LITHIUM-CARBON-BATTERIEN

System: Lithium/Carbon
Elektrolyt: keine Angaben
Spannung: 3 V
Bauform: Knopfzelle mit Lötfläche

Es ist dies eine wiederaufladbare Batterie mit ca. 2000 Entladezyklen in 5 Jahren. Sie wird in Fernsteuer- und Anzeigesystemen und in Taschenrechnern, meist in Verbindung mit Solarzellen, verwendet.

4.68 WEITERE LITHIUM-BATTERIEN

Folgende weitere Lithiumsysteme sind in der Fachliteratur angeführt, haben jedoch nur geringe Marktbedeutung.

System	Spannung
Li - V_2O_5	3,4 V
Li - Ag_2CrO_4	3,4 V
Li - SO_2	2,9 V
Li - J_2	2,7 V
Li - PbJ_2	2,0 V
Li - Bi_2O_3	2,4 V
Li - $Bi_2Pb_2O_5$	1,7 V
Li - CuS	2,0 V
Li - MoO_3	2,9 V

Beim Umgang mit Lithium-Batterien ist Vorsicht angebracht. Dies geht z. B. aus den Sicherheitshinweisen der Hersteller wie folgt hervor: "Das Elektrolyt ist stark ätzend, deshalb nie eine Zelle gewaltsam öffnen.", oder "Bei falscher Behandlung besteht Entzündungs-, Explosions- oder schwere Verbrennungsgefahr, der Batterieinhalt darf nicht mit Wasser in Berührung kommen."

Nachfolgende Abbildung zeigt typische Entladekennlinien der bisher beschriebenen Batteriesysteme.

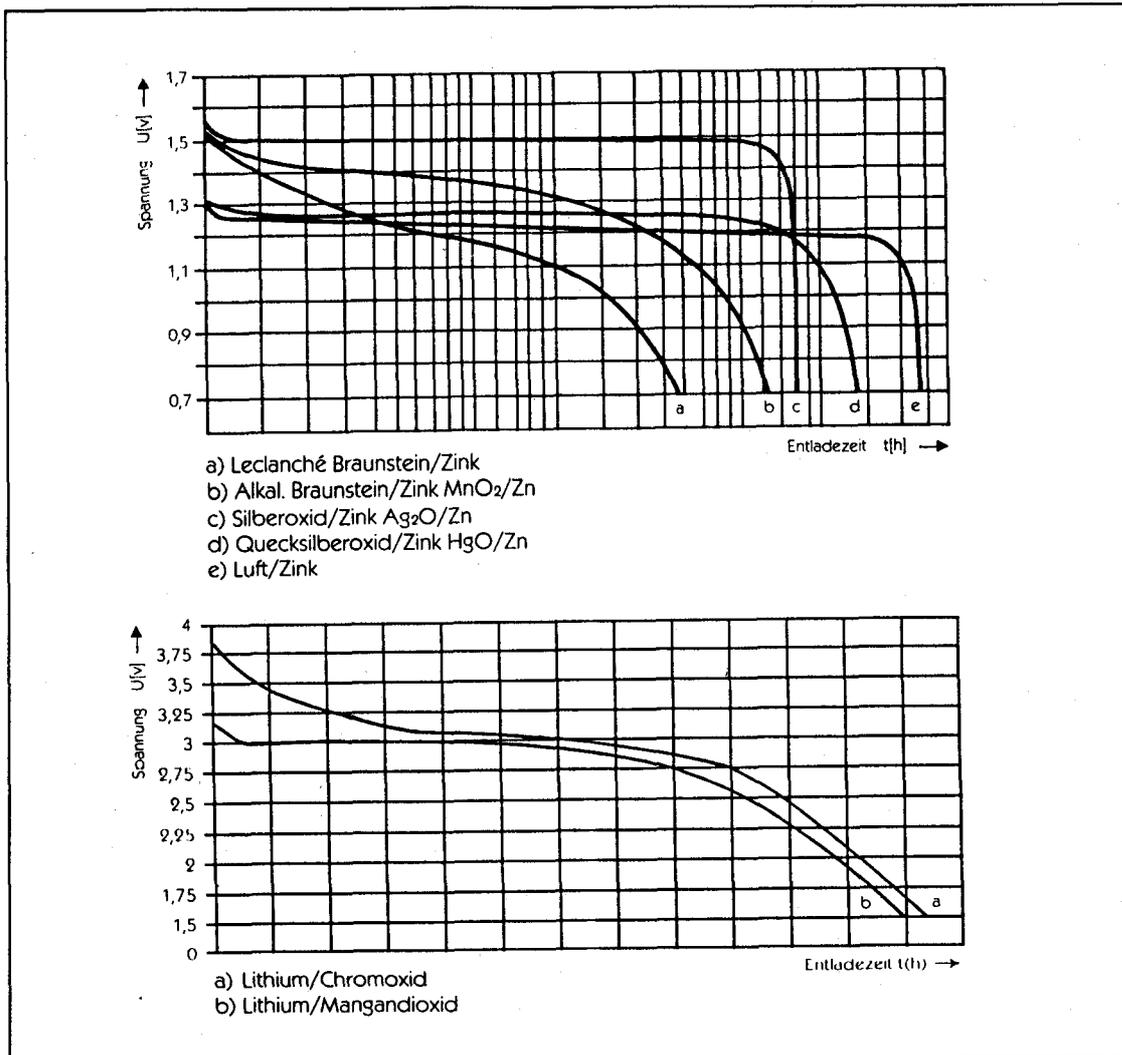


Abb. 9: Vergleich der Entladekennlinien verschiedener Primärsysteme

Quelle: Varta: Broschüre "Primärbatterien, Lieferprogramm und technische Daten"

4.7 NICKEL-CADMIUM-AKKUMULATOREN

System:	Cadmium/Kalilauge/Nickelhydroxid
Spannung:	1,2 V oder ein Vielfaches
Bauformen:	a) gasdicht: Knopf- und Rundzellen und als prismatischer Block.
	b) offen: Prismatische Zellen

Gasdichte und offene Nickel-Cadmium-Batterien unterscheiden sich nicht grundsätzlich. In den gasdichten Batterien wird durch eine geeignete Elektrodenauslegung erreicht, daß der bei Überladung entstehende Sauerstoff keinen Überdruck verursacht. Gasdichte Nickel-Cadmium-Batterien können damit als lageunabhängige Gerätebatterien gebaut werden. Die durchschnittliche Lebensdauer beträgt ca. 5 Jahre bei ca. 1000 Ladezyklen.

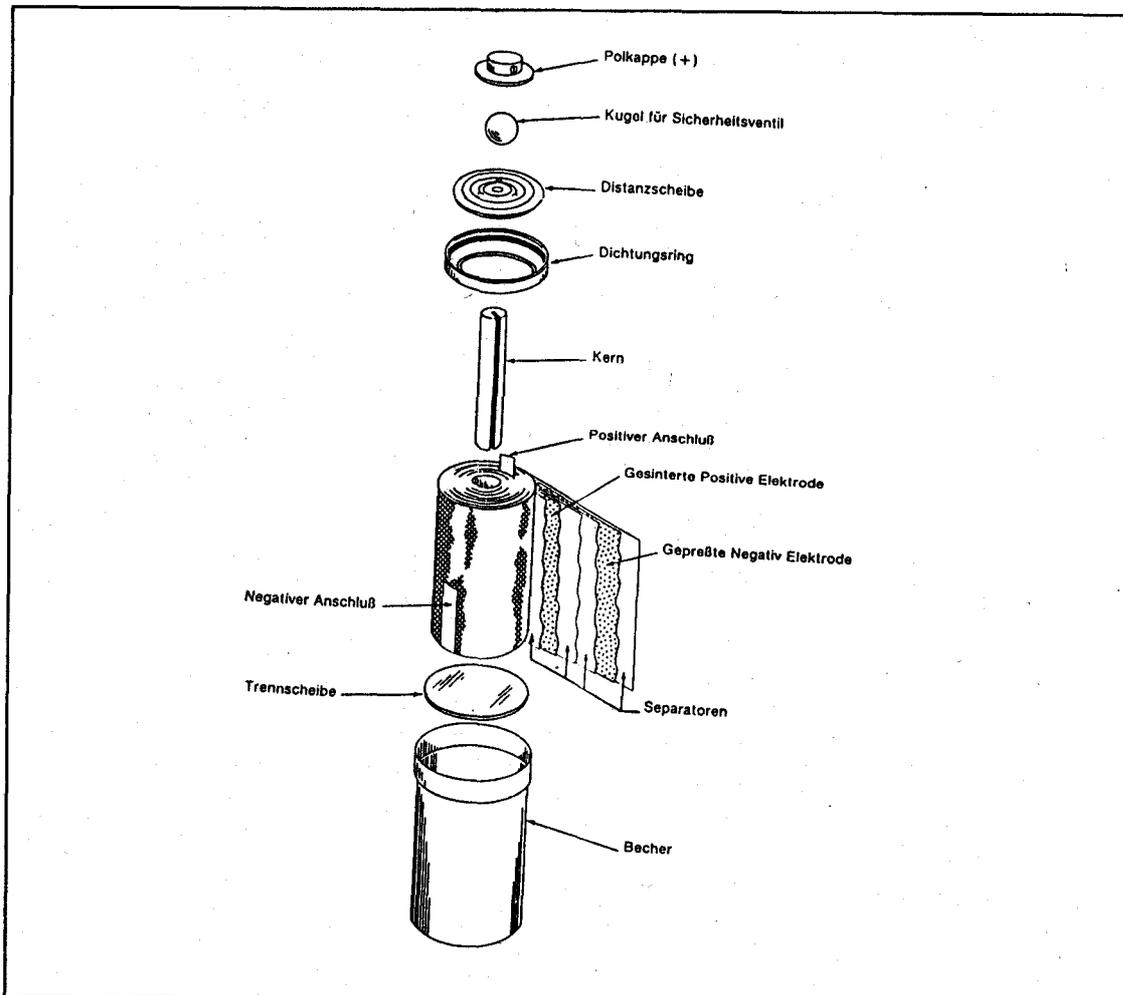
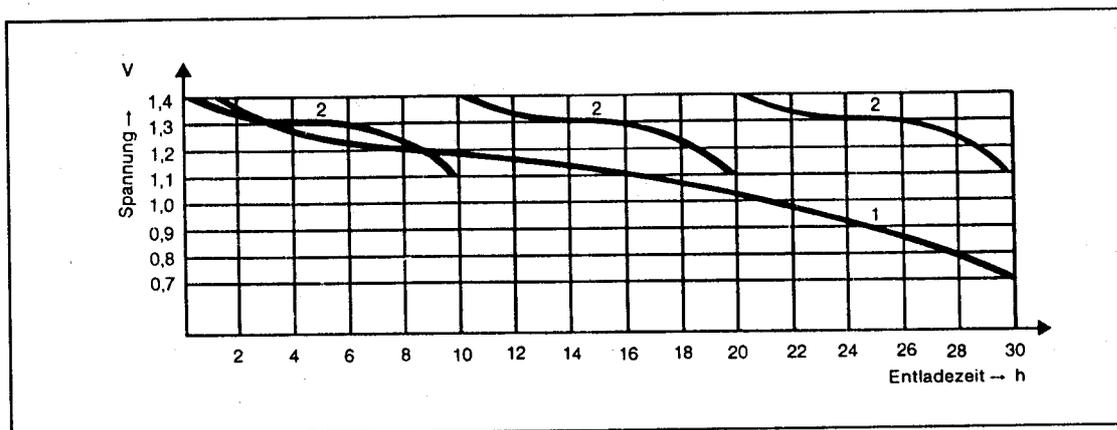


Abb. 10: Typischer Aufbau einer gasdichten Nickel-Cadmium-Batterie

Quelle: Thielmann, W.: a.a.O., S. 28

Nickel-Cadmium-Batterien der Größe Mignon, eine der am häufigsten verwendeten Größen, haben eine entnehmbare Kapazität von ca. 500 mAh bei einer Belastung von 50 mA. Eine gleich große Alkali-Mangan-Batterie hat eine entnehmbare Kapazität von ca. 1500 mAh. Die Nickel-Cadmium-Batterie muß daher dreimal aufgeladen werden, bis sie die gleiche Kapazität wie eine alkalische Mignonzelle abgeben kann. Bei einer Lebensdauer von rund 1000 Entladungen kann die Nickel-Cadmium-Batterie etwa 330 Alkali-Mangan-Mignonbatterien ersetzen.



Kurve 1 : Entladung der Alkali-Mangan-Batterie
 Kurve 2 : Entladung der Nickel-Cadmium-Batterie

Abb. 11: Vergleich der Entladekurven von Alkali-Mangan-Batterien und Nickel-Cadmium-Batterien

Quelle: Thielmann, W.: a.a.O., S. 30

Offene Nickel-Cadmium-Akkumulatoren besitzen ein Ventil zum Druckausgleich. Sie sind stets wesentlich größer als Gerätebatterien und werden als stationäre Stromquellen eingesetzt. Ihre Lebensdauer beträgt 10 Jahre und länger.

4.8 BLEI-AKKUMULATOREN

System: Blei/Schwefelsäure/Bleioxid
 Spannung: 2 V oder ein Vielfaches
 Bauformen: a) wartungsfrei, verschlossen: prismatische Zellen und Rundzellen
 b) offen: prismatische Zellen

Wartungsfreie Blei-Akkumulatoren haben durch die verschlossene Bauart eine geringe Selbstentladung, keinen Wasserverbrauch und können lageunabhängig als Gerätebatterien betrieben werden.

Ein typisches Beispiel der offenen Blei-Akkumulatoren sind Starterbatterien für Kraftfahrzeuge. Sie sind nach DIN auch in "geschlossener" Bauart lieferbar.

4.9 WEITERE PRIMÄR- UND SEKUNDÄRBATTERIEN

Folgende weitere Batteriesysteme werden am Markt angeboten. Aufgrund ihrer mengenmäßig untergeordneten Bedeutung werden sie hier der Vollständigkeit halber angeführt, jedoch nicht näher erklärt.

4.91 WEITERE PRIMÄRBATTERIEN

Magnesium-Braunstein-Batterien
Aluminium-Braunstein-Batterien
Aluminium-Luft-Batterien
Magnesium-Luft-Batterien
Lithium/Wasser-Luft-Batterien

4.92 WEITERE SEKUNDÄRBATTERIEN

Bleitetrafluorborat-Batterien
Nickeloxid-Eisen-Batterien
Nickeloxid-Zink-Batterien
Silberoxid-Zink-Batterien
Eisen-Luft-Batterien
Aluminium-Luft-Batterien
Nickeloxid-Wasserstoff-Batterien
Zink-Brom-Batterien
Zink-Chlor-Batterien
Redox-Batterien
Natrium-Schwefel-Batterien
Metallsulfid-Lithium-Batterien

5. NEUE ENTWICKLUNGEN BEI GERÄTEBATTERIEN

5.1 KOHLE-ZINK- BZW. ALKALI-MANGAN-BATTERIEN

Die Weiterentwicklungen der Gerätebatterien konzentrieren sich insbesondere auf die Reduktion des Quecksilbergehaltes in Alkali-Mangan-Batterien und die Herstellung quecksilberfreier Kohle-Zink-Batterien. Im Bereich der Lithium-Batterien wird an 1,5 V Rundzellen gearbeitet.

Die größten Batteriehersteller kündigten für 1989 folgende Produktneuheiten an:

Duracell:

Alkali-Mangan-Batterie mit stark reduziertem Quecksilbergehalt.

Quecksilberfreie Kohle-Zink-Batterie.

Philips:

Alkali-Mangan-Batterie mit stark reduziertem Quecksilbergehalt.

Quecksilberfreie Kohle-Zink-Batterie. Diese Batterie ist in einigen Ländern bereits auf dem Markt.

Varta:

Alkali-Mangan-Batterie mit stark reduziertem Quecksilbergehalt.

Quecksilberfreie Kohle-Zink-Batterie. Diese Batterie ist in einigen Ländern bereits auf dem Markt.

Panasonic:

Alkali-Mangan-Batterie mit stark reduziertem Quecksilbergehalt.

Quecksilberfreie Kohle-Zink-Batterie.

Ucar:

Alkali-Mangan-Batterie mit stark reduziertem Quecksilbergehalt. Diese Batterie gibt es bereits in einigen Ländern.

Quecksilberfreie Kohle-Zink-Batterie. Diese Batterie ist bereits auf dem Markt.

Die neuen quecksilberfreien Kohle-Zink-Batterien von Varta und Philips werden zu Beginn nur in den gängigsten Größen produziert. Ein weiterer Vorteil lt. Hersteller ist die bis zu 50 % höhere Energiedichte und bessere Lecksicherheit gegenüber den Vorgängermodellen.

Im Bereich der Alkali-Mangan-Batterien ist die Firma Ucar 1988 als erster Batteriehersteller mit Batterien der dritten Generation auf den Markt gekommen. Diese Batterien haben einen Quecksilbergehalt von 0,025 Gew.%. Erste Analysen bestätigen diesen Wert. Dies entspricht gegenüber dem Wert für 1987 einer Reduktion von etwa 90 % des Quecksilbergehaltes. Ein weiterer Vorteil dieser Batterie ist die lt. Ucar um bis zu 50 % höhere Energiedichte gegenüber dem Vorgängermodell. Diese Batterien werden vorläufig in den 5 Typen Mignon, Micro, Baby, Mono und als 9 V-Block erzeugt. Ende 1988 waren diese Batterien jedoch erst in wenigen Ländern auf dem Markt. Eine weitere Neuigkeit ist das auf der Verpackung der Batterien angebrachte Ablaufdatum.

5.2 LITHIUM-BATTERIEN

Die größten Batteriehersteller kündigten für 1989 folgende Produktneuheiten an:

Duracell:

Voraussichtlich auch eine 1,5 V Lithium-Batterie.

Kodak:

9 V-E-Block als Lithiumbatterie.

Ucar:

1,5 V-Lithium-Batterie Größe Mignon.

Lithium-Batterien werden vor allem für den militärischen Bereich entwickelt. Dabei geht es in erster Linie um die Lithiumsysteme Thionylchlorid und Schwefeldioxid.

Ein weitere Entwicklung sind wiederaufladbare Sekundärbatterien des chemischen Systems Lithium-Carbonmonofluorid.

Bisher lag das größte Problem bei Lithium-Batterien in der relativ hohen Spannung der Zellen, denn Lithiumrundzellen hatten bisher bei ähnlicher Abmessung die doppelte Spannung wie Kohle-Zink- oder Alkali-Mangan-Rundzellen.

1988 hat die Firma Ucar als erster Hersteller angekündigt, eine 1,5 V-Rundbatterie auf dem Markt zu bringen. Diese Batterie - in einer der gebräuchlichsten Konsumgrößen Mignon (R 6) - verwendet Lithium als Anodenmaterial und Eisendisulfid als Kathodenmaterial. Eisendisulfid ist einer der wenigen Stoffe, die zusammen mit Lithium eine Spannung von 1,5 V ergeben. Ein anderer Stoff wäre Kupfersulfid.

Als Vorteile dieser Batterie werden eine lange Lebensdauer und gute Lagereigenschaften genannt. Die Energiedichte dieser Batterie ist laut Ucar etwa doppelt so hoch wie die einer guten Alkali-Mangan-Batterie derselben Größe. Die Batterie soll auch keine Schwermetalle beinhalten. Voraussichtlich wird diese Batterie noch 1989 auf dem Markt erscheinen.

5.3 NICKEL-HYDRID-BATTERIEN

Angaben aus Schweden zufolge, arbeiten die Batteriehersteller Varta und Panasonic an Sekundärbatteriesystemen, in denen ein Hydrid das umweltbelastende Cadmium ersetzen soll. Welche Hydride angewendet werden, wird aus Konkurrenzgründen nicht bekanntgegeben.

Die neuen Nickel-Hydrid-Batterien sollen ab 1990 den Herstellern von Geräten mit fest eingebauten, aufladbaren Batterien angeboten werden und voraussichtlich ab 1991 auch als lose Sekundärzellen in den Handel kommen.

Bei Nickel-Cadmium-Akkumulatoren konnte in den letzten Jahren keine technische Weiterentwicklung in bezug auf eine Cadmiumreduktion festgestellt werden.

5.4 SONSTIGE ENTWICKLUNGEN

Laut Auskunft eines Sprechers des US-Department of Energy betreffen die neuesten Entwicklungen im Batteriesektor den Bereich der Kunststoffbatterien. Etwa 1990 sollen diese neuen Batterietypen auf dem Markt erscheinen. Durch die neu entwickelten Kunststoffgehäuse, die für Korrosion weniger anfällig sind als solche aus Metallen, soll ein Leckwerden der Batterien fast völlig ausgeschlossen werden.

Generell kann man feststellen, daß die Entwicklung in Europa in Richtung langlebiger Primärsysteme geht, während die Entwicklungen in Japan eher in den Bereich der Sekundärbatterien vorangetrieben werden.

6. DER MARKT FÜR BATTERIEN IM INTERNATIONALEN VERGLEICH

6.1 MARKTVOLUMEN, MARKTANTEILE UND ENTWICKLUNGSTENDENZEN IM INTERNATIONALEN VERGLEICH

Das Marktvolumen für Gerätebatterien im internationalen Vergleich zeigt nachfolgende Tabelle. Die Werte für die einzelnen Länder werden unter den entsprechenden Punkten näher erläutert.

Land 1987/1988	Einwohner in Mio.	Verkaufte Batterien p. a.		Verbrauch in Stück je EW u. Jahr
		in Mio.	in t	
Österreich	7,5	75	2.600	10,0
BRD	61,8	470	16.500	7,6
Holland	13,6	125	4.000	9,2
Schweiz	6,4	110	3.542	18,8
Dänemark	5,0	56	2.516	11,2
Schweden	8,2	90	5.600	11,0
USA	245,0	2.500		10,0
Japan	121,0	3.476		29,0

Tab. 3: Das Marktvolumen für Gerätebatterien im internationalen Vergleich für den Bezugszeitraum 1987/1988

Quelle: Zusammenstellung und Berechnung aus dem Datenmaterial der entsprechenden Länder

Wie aus obiger Tabelle ersichtlich ist, beträgt der Pro-Kopf-Verbrauch an Batterien in Europa etwa 8-18 Stück, in Japan ca. 29 Stück je Jahr und Einwohner.

Fachleute aus der BRD schätzen die 7,6 Batterien pro Einwohner und Jahr als eher niedrig ein. Japan als hochtechnisiertes Land weist den höchsten Verbrauch von Batterien auf.

Die Angaben beruhen vorwiegend auf Zahlen von 1987 und 1988 und sind eher zu niedrig als zu hoch angesetzt.

6.1.1 ÖSTERREICH

Der Inlandsverbrauch an Batterien läßt sich unter Zuhilfenahme der Daten der Außenhandelsstatistik ermitteln.

In der Außenhandelsstatistik werden für die Jahre 1985 bis 1987 unter der Zolltarifnummer 8506 folgende Mengen ausgewiesen:

Jahr		in t	in 1.000 S	S/kg
1985	Import	3.392	206.064	86,-
	Export	325	45.661	140,-
	Inlandsverbrauch	2.067		
1986	Import	2.522	217.556	86,-
	Export	496	60.717	122,-
	Inlandsverbrauch	2.026		
1987	Import	2.905	227.353	78,-
	Export	367	38.531	105,-
	Inlandsverbrauch	2.538		

Tab. 4: Import, Export und Inlandsverbrauch von Gerätebatterien, Primärelemente, 1985-1987

Quelle: ÖSTZ, eigene Berechnung

Der Inlandsverbrauch - errechnet aus der Außenhandelsstatistik des ÖSTZ - zeigt, erhebliche Differenzen zu den bisher in Österreich publizierten Werten (z.B. Lechner, P., Waldau, F., 1985, Aussendung der Bundeswirtschaftskammer an den ORF v. 28. Sept. 1988). Die bisher veröffentlichten Angaben gehen für den Verbrauch an Gerätebatterien im Zeitraum von 1984 bis 1986 von ca. 43-46 Mill. Stk. bzw. 1800-1850 t jährlich aus. Die verbrauchte Menge an Gerätebatterien liegt - laut Außenhandelsstatistik - im Jahre 1987 bereits bei 2.538 t Primärbatterien.

1988 erfolgte eine Umstellung des Zolltarifschemas, wobei die Zolltarifnummer 8506 (bisher Batterien) in Untergruppen aufgeteilt wurde.

SITC-Warenbezeichnung

778	E-Masch App Ger and
1	Batterien Akkus
11	Elektrische Primärelemente
12	Elektrische Akkumulatoren

Zolltarif-Nummer

8506 11 100	Alkali-Mangan-Batterien < 300 cm ³
8506 11 900	Andere Mangandioxid-Batterien < 300 cm ³
8506 12 000	Quecksilber-Batterien < 300 cm ³
8506 13 000	Silberoxid-Batterien < 300 cm ³
8506 19 000	Andere Batterien < 300 cm ³
8506 20 000	Batterien > 300 cm ³
8507 30 000	Nickel-Cadmium-Akkumulatoren

	Jänner bis Dezember 1988		
	in 1000 Stk.	in t	in 1000 s
Alkali/Mangan-Batterien			
Import	40.694	1.288	118.899
Export	3.491	230	25.581
Inlandsverbrauch	37.203	1.058	
And. Mangandioxid-Batt.			
Import	13.730	796	42.061
Export	1.054	72	9.014
Inlandsverbrauch	12.676	724	
Quecksilber-Batterien			
Import	2.619	13,8	4.254
Export	231	11,3	1.663
Inlandsverbrauch	2.388	2,5	
Silberoxid-Batterien			
Import	3.625	22,2	14.595
Export	75	5,1	539
Inlandsverbrauch	3.550	17,1	
And. Primärelemente			
Import	17.962	682	67.339
Export	2.080	157	17.903
Inlandsverbrauch	15.882	525	
Gesamt:			
Inlandsverbrauch	71.699	2.326,6	

Tab. 5: Import, Export und Inlandsverbrauch von Gerätebatterien, Primärelementen < 300 cm³, 1988

Quelle: ÖSTZ, eigene Berechnung

Österreichs Importe an Primärbatterien kamen 1988 - entsprechend ihrer Rangordnung - aus folgenden Ländern:

Für Zink-Kohle-Batterien und Alkali-Mangan-Batterien:

Belgien
Schweiz
BRD
Italien
Japan

Für Knopfzellen:

Hongkong
VR China

Durch die Einführung eines neuen Schlüssels in der Außenhandelsstatistik ab 1988 sind diese Werte mit den Vorjahreswerten jedoch nur mehr bedingt vergleichbar und Abweichungen möglich. Erst die Zahlen von 1989 werden mit denen von 1988 wieder direkt vergleichbar sein.

Zu diesen Werten für Primärbatterien kommen noch jene für Sekundärbatterien.

Für Nickel-Cadmium-Akkumulatoren gelten folgende Werte:

	Jänner bis Dezember 1988		
	in 1000 Stk.	in t	in 1000 s
Nickel/Cadmium			
Import	3.415	348	105.175
Export	532	81	21.105
Inlandsverbrauch	2.883	267	

Tab. 6: Import, Export und Inlandsverbrauch von Nickel-Cadmium-Batterien, Österreich, 1988

Quelle: ÖSTZ, eigene Berechnung

Etwa 2/3 der Nickel-Cadmium Batterien werden aus Japan importiert.

Aus obigen Zahlen ergibt sich für 1988 ein Gesamtverbrauch von Primär- und Sekundärgerätebatterien von ca.

75 Mio. Stück
bzw. 2.600 Tonnen

Die oben angeführten Werte beinhalten nur Batterien, die als solche offiziell nach Österreich importiert wurden. In diesen Mengen sind jedoch nicht enthalten:

in Taschenrechnern enthaltene Batterien,
in Uhren enthaltene Batterien,
in Spielzeug enthaltene Batterien,
in Musiktelegrammen enthaltene Batterien,
in Back-Up-Systemen enthaltene Batterien,
in diversen Geräten fix eingebaute Akkumulatoren,
am grauen Markt verkaufte Batterien,
als Retourware aus dem Ostblock und aus Italien deklarierte Batterien.

Die Gesamtanzahl dieser in Geräten eingebauten bzw. nicht entsprechend deklarierten Primär- und Sekundärbatterien wird von keiner Statistik erfaßt, die Schätzungen dafür bewegen sich zwischen 10 % - 30 % des offiziellen Inlandsverbrauches.

Schlägt man diese Anzahl von Batterien zu denen aus der offiziellen Außenhandelsstatistik dazu, dann hätte Österreich einen Gesamtmarkt zwischen 82 und 97 Mio. Batterien pro Jahr.

Damit wäre das Marktvolumen etwa doppelt so hoch wie aus den bisher veröffentlichten Daten (46,5 Mio lt. Bundeswirtschaftskammer vom 28. Sept. 1988) hervorgeht.

Beschreibung der Marktentwicklung nach Marktsegmenten für Gerätebatterien in Österreich:

Marktsegment Rundzellen

- Im Marktsegment Rundzellen und prismatische Batterien haben Alkali-Mangan-Batterien die Kohle-Zink-Batterien mengenmäßig bereits eingeholt und sind etwa zu gleichen Anteilen am Markt vertreten (vgl. Lechner/Waldau 1985).
- Ebenfalls steigend ist der Marktanteil der Nickel-Cadmium-Batterien.
- Das Verhältnis Primär- zu Sekundärbatterien wird sich langsam weiter zugunsten der Sekundärbatteriesysteme verschieben, sowohl was Einzelbatterien als auch Power-Packs betrifft.

Marktsegment Knopfzellen

- Das Segment Knopfzellen ist zwischen den beiden großen Bereichen "Uhren" und "Foto" aufzuteilen.
- Für Uhrenbatterien besteht ein starker Trend zu 1,5 V-Silberoxid-Knopfzellen, die einen Marktanteil von über 90 % haben. 1,5 V-Quecksilberoxid-Knopfzellen sind rückläufig, 3 V-Lithiumzellen sind stagnierend.

- Für Fotoapparatbatterien besteht ein eindeutiger Trend zu 3 V und 6 V Lithium-Batterien, während Quecksilberoxid-Batterien stark rückläufig sind.
- Im recht kleinen Bereich "Hörgeräte" werden vorwiegend Zink-Luft-Knopfzellen eingesetzt.
- Der Bereich Zink-Mangan-Knopfzellen ist unbedeutend.

6.1.2 BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

Der Fachverband Batterien veröffentlichte eine Übersicht über die Entwicklung des Batteriemarktes in der BRD seit 1984.

System	1984		1987		Tendenz (1990)
	Verkauf Mio. Stk.	in t	Verkauf Mio. Stk.	in t	
KZ	255	10.300	240	9.700	gleichbleibend
AM	125	4.350	155	5.400	st. steigend
HgO	-	-	13,5	41	rückläufig
Ag ₂ O	-	-	23,5	42	steigend
AMK	37	80	-	-	steigend
ZnO ₂	-	-	4,5	6,6	steigend
Li	-	-	2	4	steigend
NiCd	17	480	32,5	1.200	st. steigend
Pb	-	50	-	90	steigend
Summe	ca. 440	ca. 15.200	ca. 470	ca. 16.500	

Legende:

- KZ Kohle-Zink-Batterien
- AM Alkali-Mangan-Batterien
- HgO Quecksilberoxid-Knopfzellen
- Ag₂O Silberoxid-Knopfzellen
- AMK Alkali-Mangan-Knopfzellen
- ZnO₂ Zinkoxid-Knopfzellen
- Li Lithium-Knopfzellen
- NiCd Nickel-Cadmium-Akkumulatoren
- Pb Kleine Blei-Akkumulatoren (WF bis 25 Ah, nur für Hobby, Spielzeug etc.)

Tab. 7: Verkaufte Mengen und Markttendenzen der Batteriesysteme in der BRD, 1984, 1987

Quelle: Fachverband Batterien, März 1988

Wie aus der Tabelle ersichtlich ist, rechnet man in der BRD mit einem weiteren Ansteigen der Verkaufszahlen von Alkali-Mangan- und Nickel-Cadmium-Batterien bei gleichbleibendem oder nur schwach rückläufigem Verkauf der Kohle-Zink-Batterien. Bei den Knopfzellen erwartet man mit Ausnahme der Quecksilberoxid-Systeme, die eine rückläufige Tendenz aufweisen, ein höheres Verkaufsvolumen bei sämtlichen sonstigen Systemen.

Die Prognose für den Verkauf von Gerätebatterien für 1990 lautet:

505 Mio. Stück bzw.
17.700 Tonnen

6.1.3 SCHWEIZ

Der Gesamtmarkt für Batterien beträgt jährlich ca. 3.542 t bzw. 110 Mio. Stück und wächst lt. Aussage der Hersteller (1988) nicht mehr. Die Aufteilung auf die einzelnen Batteriesysteme zeigt nachfolgende Tabelle.

System	Verkauf 1987	
	in t	Tendenz
Kohle-Zink-Batterien	2000,0	rückläufig
Alkali-Mangan-Batterien	1400,0	steigend
Quecksilberoxid-Knopfzellen	10,0	rückläufig
Silberoxid-Knopfzellen	3,0	steigend
Zink-Luft-Knopfzellen	0,1	gleichbleibend
Lithium-Knopfzellen	4,0	gleichbleibend
Nickel-Cadmium-Akkumulatoren	125,0	leicht steigend
Summe	3542,1	

Tab. 8: Verkaufte Mengen und Markttendenzen der Batteriesysteme in der Schweiz, 1987

Quelle: Bundesamt für Umweltschutz, 1989

Bei den Knopfzellen ist der Anteil der Alkali-Mangan-Knopfzellen und der Silber-Oxid-Knopfzellen zu Lasten der Quecksilberoxid-Knopfzellen stark steigend.

Die Nickel-Cadmium-Akkumulatoren umfassen den militärischen, industriellen und kommerziellen Bereich.

Die Zahlen stammen von den Batterieherstellern und -importeuren, wurden in einem Treuhandbüro gesammelt und an das Bundesamt für Umweltschutz weitergegeben. Sie werden als sehr exakt angesehen.

Die einzelnen Batteriesysteme verteilen sich nach Gewichtsprozenten wie folgt:

Kohle-Zink	56,5 %
Alkali-Mangan	39,5 %
Knopfzellen	0,5 %
Nickel-Cadmium	3,5 %

6.1.4 HOLLAND

Der Gesamtmarkt für Batterien betrug 1987 ca. 125 Mio. Stück bzw. ca. 4.000 t und verteilt sich auf die einzelnen Batteriesysteme wie folgt:

Kohle-Zink	65 Mio. Stück
Alkali-Mangan	40 Mio. Stück
Knopfzellen	8 Mio. Stück
Nickel-Cadmium	12,5 Mio. Stück

Von den ca. 12,5 Mio. verkauften Nickel-Cadmium-Akkumulatoren im Jahr 1988 entfielen mindestens 5 Mio. auf den Konsumbereich und ca. 7,5 Mio Batterien auf den gewerblichen und öffentlichen Bereich.

Es wird erwartet, daß die Marktanteile der Nickel-Cadmium-Batterien und Alkali-Mangan-Batterien auf Kosten der Marktanteile der Kohle-Zink-Batterien steigen werden.

6.1.5 DÄNEMARK

System	Verkauf 1987		
	in Mio. Stk.	in t	Tendenz
KZ	34,0	1.895,0	rückläufig
AM	16,8	521,0	steigend
HgO	0,73		rückläufig
Ag ₂ O	1,10		steigend
AMK	0,35	10,6	steigend
ZnO ₂	0,032		steigend
Li	1,31		steigend
NiCd	1,37	89,4	steigend
Summe	ca. 56,0	ca. 2.516,0	

Legende:

KZ	Kohle-Zink-Batterien
AM	Alkali-Mangan-Batterien
HgO	Quecksilberoxid-Knopfzellen
Ag ₂ O	Silberoxid-Knopfzellen
AMK	Alkali-Mangan-Knopfzellen
ZnO ₂	Zinkoxid-Knopfzellen
Li	Lithium-Knopfzellen
NiCd	Nickel-Cadmium-Akkumulatoren

Tab. 9: Verkaufte Mengen und Markttendenzen der Batteriesysteme in Dänemark, 1987

Quelle: Batterieföreningen, 1988

Wie aus den Werten ersichtlich ist, ist der Anteil der Alkali-Mangan-Batterien am Gesamtvolumen noch sehr gering. Ein Grund dürfte das Angebot von sehr preiswerten Kohle-Zink-Batterien aus ostasiatischen Ländern am Markt sein. Insbesondere die neuen quecksilberarmen Alkali-Mangan-Batterien werden auf Grund der hohen Preise noch wenig verkauft.

6.1.6 SCHWEDEN

Laut einer Berechnung von SYSAV (Südschwedischer Abfallsammelverband) betrug der Gesamtmarkt für Batterien in Schweden 1987 ca. 5.600 t oder 90 Mio. Stück. Nachfolgende Tabelle gibt eine Übersicht über die Entwicklung des Batteriemarktes in Schweden.

System	Verkauf Gesamtjahr 1984 (1) in t	Import Gesamtjahr 1987 (2) in t	Import Jänner-Juni 1988 (2) in t	Tendenz
KZ	4.600,0			leicht fallend
AM	523,0	737,81	370,4	steigend
HgO	10,0	11,78	5,7	gleichbleibend
Ag ₂ O	2,5			gleichbleibend
ZnO ₂	0,68			steigend
Li	0,6			steigend
NiCd		40,0	32,9	stark steigend

Legende:

KZ	Kohle-Zink-Batterien
AM	Alkali-Mangan-Batterien
HgO	Quecksilberoxid-Knopfzellen
Ag ₂ O	Silberoxid-Knopfzellen
ZnO ₂	Zinkoxid-Knopfzellen
Li	Lithium-Knopfzellen
NiCd	Nickel-Cadmium-Akkumulatoren

Tab. 10: Verkaufte Mengen und Markttendenzen der Batteriesysteme in Schweden, 1984, 1987, 1988

Quelle: Pantssystem för batterier, Naturvårdsverket und TEM-Lunds Universität, Mai 1988 (1), persönliche Mitteilung von TEM-Lunds Universität (2)

Die Werte für 1987 und 1988 sind nur für abgabenpflichtige Batteriesysteme vorhanden und gelten als etwas unsicher. Insbesondere die Werte für Nickel-Cadmium-Batterien sind voraussichtlich um einiges höher.

Der Trend in Schweden geht zu einem Mehrverbrauch von Alkali-Mangan-Batterien auf Kosten von Kohle-Zink-Batterien.

Weiters besteht ein Trend zu immer mehr in Geräten fest eingebauten Nickel-Cadmium-Akkumulatoren, weil auf dem Markt immer mehr Konsumgüter mit aufladbaren Batterien, wie Staubsauger, Bügeleisen, Rasierapparate, Bohrmaschinen u.a. angeboten werden.

Im Bereich der Knopfzellen ist ein Mehrverbrauch an Zink-Luft- und Lithium-Batterien festzustellen, während der Verkauf von Quecksilber- und Silberoxid-Batterien relativ stabil ist.

6.1.7 JAPAN

Japan hat im Verhältnis zur Einwohnerzahl den weltgrößten Inlandsverbrauch an Gerätebatterien. Eine Übersicht über die für den Inlandsmarkt produzierten Batterien gibt nachfolgende Tabelle:

Jahr	Trockenbatterien in Mio. Stk.	Steigerung geg. Vorjahr
1986	3.260	-
1987	3.476	+ 6,6 %

Tab. 11: Produktion von Trockenbatterien (dry batteries) für den Inlandsmarkt - Japan, 1986/87

Quelle: Ministry of International Trade and Industry (MITI), 1988

Eine Übersicht über die für den Inlandsmarkt von der Fa. Sanyo produzierten Batterien gibt nachfolgende Tabelle:

Jahr	NiCd in Mio. Stk.	Steigerung geg. Vorjahr	T in Mio. Stk.	Steigerung geg. Vorjahr
1985	151	+ 15,2 %	216	+ 5,3 %
1986	174	+ 14,6 %	220	+ 2,0 %
1987	210	+ 21,1 %	236	+ 7,4 %

Legende: NiCd Nickel-Cadmium-Akkumulatoren
T Trockenbatterien (dry batteries)

Tab. 12: Batterieproduktion der Firma Sanyo für den Inlandsmarkt - Japan, 1985-1987

Quelle: Persönliche Mitteilung eines Sanyo Mitarbeiters, basierend auf Firmendaten, Dez. 1988

Wie aus der Tabelle ersichtlich ist, steigt der Anteil der Nickel-Cadmium-Batterien für den Inlandsmarkt wesentlich stärker als der Anteil der Primärsysteme. Diese Tatsache korrespondiert auch mit dem generellen Trend in Japan, der immer höhere Marktanteile für Nickel-Cadmium-Akkumulatoren voraussagt, sowie der Situation im Forschungs- und Entwicklungsbereich, die Sekundärbatteriesysteme bevorzugen. Aufgrund dieser Zahlen hat Japan einen Pro-Kopf-Verbrauch von ca. 29 Stück Batterien pro Jahr. Laut einer Untersuchung aus dem Jahr 1982 lag der Pro-Kopf-Verbrauch bereits 1981 bei ca. 20 Stück Batterien.

6.1.8 USA

Der Gesamtmarkt von ca. 2.500 Mio. Gerätebatterien (1987) wächst jährlich um ca. 8 %. Für die einzelnen Batteriesysteme wird folgender Trend vorausgesagt:

Alkali-Mangan-Batterien:	steigend, für 1990 ist ein Marktanteil von 75 % prognostiziert.
Quecksilberoxid-Knopfzellen:	Leicht fallend
Nickel-Cadmium-Batterien:	Leicht steigend
Silberoxid-Batterien:	Leicht steigend
Zink-Luft-Knopfzellen:	Mittel bis stark steigend
Lithium-Batterien:	Mittel bis stark steigend

6.2 ENTWICKLUNGSTENDENZEN DES INTERNATIONALEN MARKTES - ZUSAMMENFASSUNG

Die Entwicklung des internationalen Marktes für Gerätebatterien hängt einerseits von den neuen Entwicklungen der Batteriehersteller ab, siehe dazu Punkt 5, andererseits auch von den Preisentwicklungen der angebotenen Batteriesysteme.

Generell kann folgender Trend festgestellt werden:

Der Preisabstand für den Konsumenten von Alkali-Mangan-Batterien zu Kohle-Zink-Batterien nimmt laufend ab. Alkali-Mangan-Batterien werden dadurch für den Konsumenten immer interessanter. In Zukunft ist daher mit einem steigenden Marktanteil der Alkali-Mangan-Batterien zu Lasten von Kohle-Zink-Batterien zu rechnen.

Das Preisniveau von Nickel-Cadmium-Akkumulatoren als Gerätebatterien sinkt laufend. Gleichzeitig sinkt auch das Preisniveau der für die Wiederaufladung dieser Batterien benötigten Ladegeräte. Somit ist für dieses Batteriesystem mit steigenden Marktanteilen zu Lasten von Primärbatteriesystemen zu rechnen.

Die Verbrauchsentwicklung der Industrieländer tendiert allgemein zu langlebigeren Systemen, d.h. Alkali-Mangan- und Nickel-Cadmium-Systeme gewinnen immer höhere Marktanteile. Während in Europa und den USA langlebige Primärsysteme die höchsten Wachstumsraten aufweisen, zeigen in Japan die aufladbaren Batteriesysteme progressiv steigende Umsatzzuwächse.

Die 1989 neu auf den Markt angekündigten 1,5 V Lithium-Batterien in der Größe Mignon werden aufgrund ihrer voraussichtlich sehr hohen Kosten und des Vorhandenseins nur einer einzigen Größe vorläufig keinen bedeutenden Marktanteil erzielen.

Für Knopfzellen ist mit einem steigenden Marktanteil für Zink-Luft-Systeme und Lithium-Systeme zu Lasten von Zink-Silberoxid-Systemen und Zink-Quecksilberoxid-Systemen zu rechnen.

7. INHALTSSTOFFE VON BATTERIEN UND SCHWERMETALLGEHALTE

Eine Übersicht über die Inhaltsstoffe von Batterien aus dem Jahr 1984 zeigt nachfolgende Tabelle:

Batterie-system	Anzahl Mio.Stk.	Gewicht t	Schwermetalle in %				Schwermetalle in t			
			Zn	Hg	Pb	Cd	Zn	Hg	Pb	Cd
Kohle-Zink	30,0	1440,0	17,0	0,01	0,07	0,013	245,0	0,14	1,01	0,19
Alkali-Mangan	10,0	400,0	14,0	0,8	0,01	-	56,0	3,2	0,04	-
Ni/Cd	0,9	45,0	-	-	-	13,0	-	-	-	6,0
						±15,0				
Rund- und prism. Zellen	40,9	1885,0	-	-	-	-	301,0	3,34	1,05	6,19
Quecksilber-Oxid	0,5	1,33	11,0	25,0	-	-	0,15	0,4	-	-
				±30,0						
Silberoxid	1,9	5,04	10,0	0,5	-	-	0,5	0,05	-	-
				±1,0						
Zink/Luft	0,2	0,53	30,0	1,0	-	-	0,16	0,01	-	-
Lithium	0,2	0,53	14	1,0	-	-	-	-	-	-
Alkali/Mangan	0,2	0,53	14	1,0	-	-	0,07	0,01	-	-
Knopfzellen	3,0	7,96	-	-	-	-	0,88	0,47	-	-
Gesamt	43,9	1893,0	-	-	-	-	302,0	3,81	1,05	6,19

Tab. 13: In Österreich 1984 verkaufte Gerätebatterien und deren Schwermetallgehalte

Quelle: Lechner, P., Pawlick, R., Waldau, F.: Studie zur Entsorgung von Altbatterien in Österreich, TU-Wien, Institut für Wassergüte und Landschaftswasserbau, Abt. Abfallwirtschaft, o.Univ. Prof. W. Kemmerling (Hrsg.), Oktober 1986
 Lechner, P., Waldau, F.: Gutachtliche Stellungnahme zur Umweltbelastung durch Altbatterien, in: "Batterien: Sehr gefährlich und schwer zu entsorgen", in: wirtschaft und umwelt, 1985, S. 6-7

Demnach waren nach Angaben von Lechner/Waldau in den 1984 verkauften Batterien folgende Mengen an Schwermetallen enthalten:

302,0 t Zink
 6,2 t Cadmium
 3,8 t Quecksilber
 1,0 t Blei

Neueste Analysen über die zur Zeit relevanten Inhaltsstoffe von Batterien ergeben folgende Aufteilung in Gewichtsprozenten:

Nickel-Cadmium-Batterien		Alkali-Mangan-Batterien	
Nickel	29,50 %	Mangan	ca. 20,00 %
Cadmium	14,10 %	Zink	ca. 20,00 %
Eisen	31,20 %	Quecksilber	0,48 %
Kobalt	0,36 %		
Kupfer	0,07 %		

Diese Zahlen stammen vom Forschungsinstitut TNO (Nederlandse organisatie voor Toegepast Natuurwetenschappelijk Onderzoek) und sind das Analyseresultat von im September 1988 in Holland gesammelten Batterien, einer Mischung aus verschiedenen Größen und Fabrikaten.

Dänemark berichtet in einer Studie des Umweltministeriums vom September 1988 über den Quecksilber- und Cadmiumgehalt ausgewählter Batterietypen in Gewichtsprozenten:

	Hg		Cd	
Duracell Alkali-Mangan-Batterie LR6	0,4602	%	0,0002	%
Hellesens Kohle-Zink-Batterie R20	0,068	%	0,0005	%
Duracell Nickel-Cadmium-Batterie R6	< 0,0001	%	9,56	%

Die angegebenen Zahlen sind Durchschnittswerte mehrerer Analysen.

Oben zitierte Analyseresultate für 1988 verkaufte Batterien zeigen, daß die von der Industrie zugesagte Reduktion des Quecksilbergehaltes, speziell in den Alkali-Mangan-Batterien, sich vorläufig bei gesammelten Altbatterien in Holland noch nicht widerspiegelt. Eine wesentliche Quecksilberreduktion bei einem Gemisch aus gesammelten Alkali-Mangan-Batterien wird sich voraussichtlich - so keine Verkaufsverbote erlassen werden - erst in einigen Jahren zeigen.

Aus obigen Zahlen kann die Schwermetallfracht für Quecksilber, Cadmium, Nickel und Zink aus Batterien für Österreich 1988 (Verkaufszahlen gemäß Punkt 6.1.1) wie folgt berechnet werden:

Batteriesystem	Jahresverkauf 1988 in t	Quecksilbergehalt in	
		%	t
Alkali-Mangan-Batterien	1.058,0 bis 1.583,0**	0,48*	5,08 bis 7,60
HgO-Knopfzellen	2,5***	30,0****	0,75
AgO-Knopfzellen	17,1***	1,0****	0,171
			6,00 bis 8,52

- * Mangels neuer österreichischer Daten wurden bei der Berechnung die von TNO ermittelten Analyseresultate aus Holland verwendet.
- ** Im höheren Wert sind auch die "And. Primärelemente" gemäß Tab. 5 enthalten.
- *** Vergleicht man die Massen der Außenhandelsstatistik mit den "Stückanzahl x 2,65 g" gemäß Lechner/Pawlik/Waldau 1986 ergeben sich Differenzen.
- **** Werte nach Genest, 1984

Tab. 14: Quecksilbergehalt von Batterien, Österreich 1988

Batteriesystem	Jahresverkauf 1988 in t	Cadmiumgehalt in	
		%	t
Nickel-Cadmium	267,0	14,1*	37,64

- * Mangels neuer österreichischer Daten wurden bei der Berechnung die von TNO ermittelten Analyseresultate aus Holland verwendet.

Tab. 15: Cadmiumgehalt von Batterien, Österreich 1988

Batteriesystem	Jahresverkauf 1988 in t	Nickelgehalt	
		%	in t
Nickel-Cadmium	267,0	29,5*	78,76

* Mangels neuer österreichischer Daten wurden bei der Berechnung die von TNO ermittelten Analyseresultate aus Holland verwendet.

Tab. 16: Nickelgehalt von Batterien, Österreich 1988

Batteriesystem	Jahresverkauf 1988 in t	Zinkgehalt	
		%	in t
Kohle-Zink	724,0	17,0***	123,08
Alkali-Mangan	1.058,0 bis 1.583,0**	20,0*	211,6 bis 316,6
			334,68 bis 439,68

* Mangels neuer österreichischer Daten wurden bei der Berechnung die von TNO ermittelten Analyseresultate aus Holland verwendet.

** Im höheren Wert sind auch die "And. Primärelemente" gemäß Tab. 5 enthalten

*** Werte nach Genest, 1984

Tab. 17: Zinkgehalt von Batterien, Österreich 1988

Quelle: eigene Berechnung

Eine weitere Belastung der Umwelt kann durch die Batterieinhaltsstoffe Blei, diverse Elektrolyte u.a. gegeben sein.

Die angegebenen Werte liegen beträchtlich über den bisher in der Literatur für Österreich erwähnten Zahlen.

Einen Vergleich der Schwermetallbelastung aus Altbatterien zwischen 1984 und 1988 zeigen nachfolgende Tabellen:

QUECKSILBER			
System	1984 ¹ in t	1988 ² in t	Veränderung in t
Kohle-Zink	0,14	0,07 bis 0,12**	-0,07 bis -0,02
Alkali-Mangan	3,20	5,08 bis 7,60**	+1,88 bis 4,40
Quecksilber-Oxid	0,40	0,75	+0,35
Silberoxid	0,05	0,171	+0,121
Zink-Oxid	0,01	*	*
Lithium	-	-	-
Alkali-Mangan	0,01	*	*
Nickel-Cadmium	-	-	-
Gesamt	3,81	7,13 bis 9,70	+2,28 bis 4,85

1 Lechner/Waldau, 1985, Kemmerling, 1986

2 eigene Berechnungen

* aufgrund der geringen Menge kein wesentlicher Beitrag

** im höheren Wert sind auch "And. Primärelemente" gemäß Tab. 5 enthalten.

Tab. 18: Quecksilberbelastung aus Gerätebatterien, Österreich 1984, 1988

Quelle: Lechner, P., Pawlick, R., Waldau, F.: a.a.O., 1986 /Lechner, P., Waldau, F.: a.a.O., 1985 / eigene Berechnungen

Z I N K			
System	1984 ¹ in t	1988 ² in t	Veränderung in t
Kohle-Zink	245,00] 334,7 bis 439,7**	32,7 bis 137,7
Alkali-Mangan	56,00		
Quecksilber-Oxid	0,15] *	
Silberoxid	0,50		
Zink-Oxid	0,16		
Lithium	-		
Alkali-Mangan	0,07		
Nickel-Cadmium	-		
Gesamt	302,0	334,7 bis 439,7	32,7 bis 137,7

1 Lechner/Waldau, 1985, Kemmerling, 1986

2 eigene Berechnungen

* aufgrund der geringen Menge kein wesentlicher Beitrag

** im höheren Wert sind auch "And. Primärelemente" gemäß Tab. 5 enthalten

Tab. 19: Zinkbelastung aus Gerätebatterien, Österreich 1984, 1988

Quelle: Lechner, P., Pawlick, R., Waldau, F.: a.a.O., 1986
Lechner, P., Waldau, F.: a.a.O., 1985
eigene Berechnungen

N I C K E L			
System	1984 ¹ in t	1988 ² in t	Veränderung in t
Kohle-Zink	-	-	-
Alkali-Mangan	-	-	-
Quecksilber-Oxid	-	-	-
Silberoxid	-	-	-
Zink-Oxid	-	-	-
Lithium	-	-	-
Alkali-Mangan	-	-	-
Nickel-Cadmium	11	78,7	+67,7
Gesamt	11	78,7	+67,7

1 Lechner/Waldau, 1985, Kemmerling, 1986
2 eigene Berechnungen

Tab. 20: Nickelbelastung aus Gerätebatterien, Österreich 1984, 1988

Quelle: Lechner, P., Pawlick, R., Waldau, F.: a.a.O., 1986
Lechner, P., Waldau, F.: a.a.O., 1985
eigene Berechnungen

C A D M I U M			
System	1984 ¹ in t	1988 ² in t	Veränderung in t
Kohle-Zink	-	-	-
Alkali-Mangan	-	-	-
Quecksilber-Oxid	-	-	-
Silberoxid	-	-	-
Zink-Oxid	-	-	-
Lithium	-	-	-
Alkali-Mangan	-	-	-
Nickel-Cadmium	6,2	37,6	+31,4
Gesamt	6,2	37,6	+31,4

1 Lechner/Waldau, 1985, Kemmerling, 1986
2 eigene Berechnungen

Tab. 21: Cadmiumbelastung aus Gerätebatterien, Österreich 1984, 1988

Quelle: Lechner, P., Pawlick, R., Waldau, F.: a.a.O., 1986
Lechner, P., Waldau, F.: a.a.O., 1985
eigene Berechnungen

8. GESETZESGRUNDLAGEN UND FREIWILLIGE VEREINBARUNGEN FÜR DIE ENTSORGUNG VON BATTERIEN IM INTERNATIONALEN VERGLEICH

8.1 ÖSTERREICH

8.1.1 GESETZLICHE GRUNDLAGEN

8.1.1.1 DERZEITIGE RECHTSGRUNDLAGEN

Durch die Bundesverfassungsnovelle 1988 (BGBl. Nr. 685/1988) wurde hinsichtlich der Abfallwirtschaft bestimmt:

Bundessache in Gesetzgebung und Vollziehung ist die Abfallwirtschaft hinsichtlich gefährlicher Abfälle, hinsichtlich anderer Abfälle nur soweit ein Bedürfnis nach der Erlassung einheitlicher Vorschriften existiert.

Diese Aussage ist auch für Batterien wichtig.

Nach der derzeitigen Gesetzeslage unterliegt die Altbatterieentsorgung den bundesgesetzlichen Regelungen nur im Rahmen von Tätigkeiten, die das Sonderabfallgesetz betreffen.

Fallen Batterien in einem Unternehmen oder bei einem sonstigen Rechtsträger, der dem Sonderabfallgesetz unterliegt (Sonderabfallerzeuger), nach ihrem Gebrauch in Form von Altbatterien in einer Menge von über 200 kg/a an, unterliegen sie den Rechtsvorschriften nach dem

Sonderabfallgesetz (BG vom 2. März 1983 über die Erfassung und Beseitigung bestimmter Sonderabfälle) BGBl. 186/1983 in der Novelle vom 23. Juni 1988 BGBl. Nr. 376/1988 auch **SAG** genannt,

in Verbindung mit den entsprechenden Verordnungen vom 19. Jänner 1984 BGBl. Nr. 52/1984, - Verordnung über die Bestimmung von gefährlichen Sonderabfällen - in der die ÖNORM S 2101: Überwachungsbedürftige Sonderabfälle, für rechtsverbindlich erklärt, und die Sonderabfallnachweisverordnung vom 19. Jänner 1984 BGBl. Nr. 53/1984 mit der u.a. das Begleitscheinverfahren für gefährliche Sonderabfälle eingeführt wurde.

Danach unterliegen folgende Batterien als Sonderabfall einer Nachweispflicht durch Begleitscheine:

Schlüsselnummer 35 323
Schlüsselnummer 35 324
Schlüsselnummer 35 325

Nickel-Cadmium-Akkumulatoren
Quecksilber-Batterien
Trockenbatterien (quecksilber-
und silberhältig)

In allen drei Fällen wegen ihrer toxischen und wassergefährdenden Eigenschaften.

D. h., daß zum Beispiel mit der Übergabe der Batterien eines Unternehmens oder sonstigen Rechtsträgers (z.B. Gemeinden) an einen Sonderabfallsammler per Begleitscheinverfahren nachgewiesen werden muß, daß diese Altbatterien einer geordneten Sonderabfallbehandlung zugeführt wurden.

Für Trockenbatterien (Schlüsselnummer 35 325, Trockenbatterien) bestehen nur allgemeine Aufzeichnungspflichten.

Über die Vorstellung einer geordneten Behandlung für Altbatterien gibt der Sonderabfallkatalog ÖNORM S 2100 wie folgt Auskunft:

Für

Schlüsselnummer 35 323 Nickel-Cadmium-Akkumulatoren
Schlüsselnummer 35 324 Quecksilber-Batterien
als auch für mögliche Inhaltsstoffe aus Batterien wie:
Schlüsselnummer 51 302 Zinkhydroxid

werden die zulässigen Behandlungsmethoden wie folgt beurteilt:

Mülldeponie:	ungeeignet
Sonderabfalldeponie:	geeignet
Müllverbrennung:	ungeeignet
Sonderabfallverbrennung:	ungeeignet
Müllkompostierung:	ungeeignet

Darüber hinaus werden für die

Schlüsselnummer 35 325 Trockenbatterien (Trockenzellen),

die nicht der Begleitscheinpflicht unterliegt, die Behandlungsmethoden wie folgt qualifiziert:

Mülldeponie:	ungeeignet
Sonderabfalldeponie:	geeignet
Müllverbrennung:	bedingt geeignet
Sonderabfallverbrennung:	bedingt geeignet, aber nicht erforderlich
Müllkompostierung:	ungeeignet

Für alle Batterietypen gibt die ÖNORM S 2100 die Empfehlung, sie der sonstigen Behandlung in Form der Sammlung und Verwertung zuzuführen.

Für jenen Mengen an **Altbatterien**, die aus dem Konsumbereich stammen, gelten derzeit folgende landesgesetzliche Regelungen:

Batterien werden als Problemstoffe in folgenden Gesetzen genannt:

Kärnten

- Gesetz vom 13. Dezember 1988 über die Sammlung, Abfuhr, Verwertung und Beseitigung von Abfällen (Kärntner Abfallordnung 1988)

Niederösterreich

- Gesetz vom 11. September 1987 über die Abfallwirtschaft in Niederösterreich - Niederösterreichisches Abfallwirtschaftsgesetz (NÖ AWG)

Salzburg

- Salzburger Müllabfuhrgesetz 1974
- Gesetz, mit dem das Salzburger Müllabfuhrgesetz 1974 geändert wird, 1984
- Gesetz, mit dem das Salzburger Müllabfuhrgesetz 1974 geändert wird, 1986
- Gesetz, mit dem das Salzburger Müllabfuhrgesetz 1974 geändert wird, 1988

Steiermark

- Gesetz vom 24. November 1987 über die umweltgerechte und wirtschaftliche Vermeidung, Sammlung, Verwertung und Entsorgung von Müll (Steiermärkisches Müllwirtschaftsgesetz)

Vorarlberg

- Gesetz über die Abfuhr, die Vermeidung, die Verwertung und die Ablagerung von Abfällen (Abfallgesetz), 1988
- Verordnung der Landesregierung über die Abfuhr von Abfällen durch die Gemeinde (Abfallabfuhrverordnung), 1988

Im einzelnen führen die Gesetze in Hinblick auf Batterien als Problemstoffe folgendes aus:

Kärntner Abfallordnung 1988

§ 4 (4) *Als Problemmüll aus Haushalten gelten alle in einem Haushalt oder in einem land- oder forstwirtschaftlichen Betrieb üblicherweise anfallenden giftigen, chemisch aggressiven, zu bedenklichen ökologischen Auswirkungen führenden oder leicht entzündlichen Abfälle, die allein schon deswegen oder wegen ihrer Menge für eine gemeinsame Beseitigung mit Hausmüll nicht geeignet sind, wie Altöle, Haushaltsfette, Haushaltschemikalien (wie Badreiniger, WC-Reiniger, Fleckputzmittel), Druckgaspackungen (Spraydosen), Kosmetika, Arzneimittel, Desinfektionsmittel, Schädlingsbekämpfungsmittel, Farben, Lacke, Anstrichmittel, Löse- und Verdünnungsmittel, Abbeizchemikalien, Holzschutzmittel, Rostschutzmittel, Klebstoffe, Dichtungsmassen, Fotochemikalien, Batterien und Leuchtstoffröhren einschließlich der solchen Problemmüll enthaltenen oder mit ihm durchsetzten Verpackungen oder Stoffen. Als Problemmüll aus Haushalten gelten auch ferner die in Anstalten, Schulen, Gewerbe- und Industriebetrieben und an sonstigen Arbeitsstellen anfallenden Abfälle dieser Art und Menge.*

NÖ Abfallwirtschaftsgesetz 1987

§3 12. Problemstoffe aus Haushalten:

Sonderabfall aus Haushalten, der nicht gemeinsam mit Müll behandelt werden darf (giftige, chemisch aggressive, leicht entzündbare, ökologisch bedenkliche Stoffe, z.B. Abbeizmittel, Speisefette, Altöle, Bad- WC-Reiniger, B a t t e r i e n, Desinfektionsmittel, Dichtungsmassen, Dispersionsfarben, nicht vollständig entleerte Druckgaspackungen bzw. Spraydosen, Farben, Lacke, Fleckputzmittel, Fotochemikalien, Holzschutzmittel, Klebstoffe, Leuchtstofflampen, Lösungsmittel, Arzneimittel, Pflanzenschutz- und Schädlingsbekämpfungsmittel, Rostschutzmittel und Quecksilberthermometer).

14. Sonderabfall:

Abfall, dessen Behandlung gemeinsam mit Müll wegen seiner Beschaffenheit oder Menge nicht möglich ist (z.B. verdorbene Futtermittel aus Landwirtschaftsbetrieben, Bauschutt). Durch dieses Gesetz werden nur jene Stoffe erfaßt, die nicht den Bestimmungen des Sonderabfallgesetzes BGBl. Nr. 186/1983 unterliegen.

Salzburger Müllabfuhrgesetz 1974, Novelle 1986

§ 4 (5) Als Problemstoffe aus Haushalten im Sinne dieses Gesetzes gelten alle in Haushalten üblicherweise anfallenden giftigen, chemisch aggressiven, ökologisch bedenklichen oder leicht entzündlichen Abfälle, die wegen ihrer Art oder Menge nicht gemeinsam mit Hausmüll beseitigt werden dürfen, wie z.B. Abbeizmittel, Altöle, Bad/WC-Reiniger, B a t t e r i e n, Desinfektionsmittel, Dichtungsmassen, Dispersionsfarben, Druckgaspackungen (Spraydosen), Farben, Lacke, Fleckputzmittel, Fotochemikalien, Holzschutzmittel, Klebstoffe, Kosmetika, Leuchtstoffröhren, Lösungsmittel, Arzneimittel, Mottenschutzmittel, Pflanzenschutz- und Schädlingsbekämpfungsmittel, Rostschutzmittel und Thermometer. Hievon ausgenommen sind völlig geleerte Behältnisse solcher Problemstoffe.

Steiermärkisches Müllwirtschaftsgesetz 1988

§2 (5) Problemstoffe sind jene Stoffe, deren schadlose Entsorgung (Sammeln, Transport, Behandlung) gemeinsam mit Hausmüll wegen ihrer Beschaffenheit nicht oder erst nach spezieller Aufbereitung möglich ist und die nicht dem Sonderabfallgesetz des Bundes, BGBl. Nr. 186/1983, unterliegen. Die Landesregierung hat binnen eines Jahres nach Inkrafttreten dieses Gesetzes durch Verordnung diese Problemstoffe zu bezeichnen.

Vorarlberger Abfallgesetz 1988

§ 1 (2) Die Abfälle werden eingeteilt in...

c) Problemabfälle, die in Haushalten anfallen und giftig, chemisch aggressiv oder ökologisch bedenklich sind;...

Über den Umgang der Batterien als Problemstoff gibt es folgende Handlungsanleitungen in diesen Landesgesetzen:

Kärntner Abfallordnung 1988

§ 26 (1) Wenn eine den Grundsätzen des § 3 Abs. 2 und des § 25 entsprechende Beseitigung von Problemmüll aus Haushalten sichergestellt ist, sind die Gemeinden verpflichtet, unter Einhaltung derselben Grundsätze durch geeignete Personen im gesamten Gemeindegebiet für die Sammlung des Problemmülls aus Haushalten zu sorgen. Die Sammlung ist so oft durchzuführen, als es im Hinblick auf die Menge des durchschnittlich anfallenden Problemmülls aus Haushalten erforderlich ist.

(2) Der Bürgermeister hat für die Sammlung des Problemmülls aus Haushalten einen bestimmten Termin sowie die Einsammlungsorte festzulegen und auf geeignete Weise rechtzeitig bekanntzugeben.

(3) Problemmüll aus Haushalten ist während der in der Ankündigung nach Abs. 2 festgesetzten Übernahmzeit an den Einsammlungsorten an das Sammelpersonal zu übergeben.

§ 27 Die Verpflichtung des § 26 Abs. 3 gilt nicht, wenn Waren oder Warenreste, die zu Problemmüll aus Haushalten geworden sind, in einschlägigen Fachgeschäften oder in Apotheken zur Beseitigung übergeben und übernommen werden.

NÖ Abfallwirtschaftsgesetz 1987

§ 15 (1) Problemstoffe aus Haushalten hat die Gemeinde zumindest im Pflichtbereich mindestens zweimal jährlich zu sammeln oder durch befugte Sammler sammeln zu lassen.

(2) Die Gemeinde hat hierfür bestimmte Termine sowie die Einsammlungsorte festzusetzen und rechtzeitig öffentlich bekanntzumachen.

(3) Problemstoffe aus Haushalten dürfen, wenn für die Sammlung bestimmte Termine festgesetzt wurden, nur während der in der Ankündigung festgesetzten Übernahmzeit am Einsammlungsort übergeben werden.

(4) Es bleibt dem Grundstückseigentümer oder Verfügungsberechtigten unbenommen, außerhalb der Abfuhrtermine Problemstoffe aus Haushalten auf seine Kosten einem befugten Sammler zu übergeben.

Salzburger Müllabfuhrgesetz 1974, Novelle 1986

§ 9a (1) Die Sammlung der Problemstoffe aus Haushalten hat mindestens einmal jährlich, in Gemeinden mit mehr als 5000 Einwohnern mindestens zweimal jährlich zu erfolgen. Es sind dabei jedenfalls jene Stoffe zu übernehmen, die im § 4 Abs. 5 genannt sind.

(4) Die Landesregierung hat Konzepte für die Sammlung und Behandlung der Problemstoffe aus den Haushalten zu erstellen.

Steiermärkisches Müllwirtschaftsgesetz 1988

§ 8 (1) Problemstoffe sind bei Bedarf, mindestens jedoch einmal jährlich, durch die öffentliche Müllabfuhr zu sammeln und berechtigten Sonderabfallsammlern zu übergeben, sofern eigene Einrichtungen oder Einrichtungen des Müllwirtschaftsverbandes zur gefahrlosen Beseitigung nicht vorhanden sind oder die gefahrlose Beseitigung nicht anderwärts organisiert werden kann. Sie dürfen nicht in die Einrichtungen der Müllabfuhr (§ 10) und in Müllbehandlungsanlagen (§ 19) eingebracht werden.

Vorarlberger Abfallabfuhrverordnung 1988

§ 5 (1) In den Gemeinden sind mindestens zweimal jährlich Problemabfallsammlungen durchzuführen. In Gemeinden mit mehr als 5000 Einwohnern sind ständige Sammelstellen einzurichten, bei denen zumindest einmal wöchentlich Problemabfälle abgegeben werden können.

(2) Für die Abgabe von Altbatterien mit Ausnahme von Autobatterien haben die Gemeinden Sammelbehälter in ausreichender Zahl und an geeigneten Stellen aufzustellen.

Daraus resultiert, daß Batterien aus dem Konsumbereich primär zur Problemstoffsammlung gelangen sollten.

Jener Rechtsträger (z. B. Problemstoffsammler), der Batterien im Rahmen der Problemstoffsammlung sammelt, wird aufgrund der Definitionen des Sonderabfallgesetzes zum Sonderabfallerzeuger und muß in der Folge die Batterien einer entsprechenden Sonderabfallbehandlung zuführen und dieses entsprechend nachweisen.

8.1.1.2 MÖGLICHE KÜNFTIGE RECHTSGRUNDLAGEN

Im Zusammenhang mit der Altbatterienentsorgung sind auch die Aussagen des Entwurfes zum Abfallwirtschaftsgesetz des Bundes vom Juni 1989 von Interesse:

Im § 2 (7) werden die Problemstoffe wie folgt definiert:

Problemstoffe im Sinne dieses Gesetzes sind gefährliche Abfälle, die in privaten Haushalten oder bei Einrichtungen mit einem vergleichbaren Abfallaufkommen anfallen, wie z.B. Farben, Lacke, Leuchtstoffröhren, Arzneimittel, Pflanzenschutzmittel, Thermometer, **Batterien**. Diese Abfälle gelten solange als Problemstoffe, als sie sich in der Gewahrsam der genannten Haushalte und Einrichtungen befinden und sodann als gefährliche Abfälle.

Nach § 10 (1) kann der Bundesminister für Umwelt, Jugend und Familie nach Anhörung bestimmter Gremien anordnen, daß

gefährliche Abfälle, die nach den jeweiligen technischen und wirtschaftlichen Gegebenheiten auf unschädliche Weise verwertet werden können, auf eine bestimmte derartige Weise zu verwerten sind.

Gefährliche Abfälle sind nach § 12 (1) getrennt zu sammeln, zu lagern, zu befördern und zu behandeln.

Über diese Tätigkeiten besteht nach § 16 (1) Aufzeichnungspflicht.

8.1.1.1 RESÜMEE

Nach der derzeitigen Rechtslage müssen Batterien, sofern sie dem Geltungsbereich des Sonderabfallgesetzes unterliegen und in Form von

Schlüsselnummer 35 323	Nickel-Cadmium-Akkumulatoren
Schlüsselnummer 35 324	Quecksilber-Batterien
Schlüsselnummer 35 325	Trockenbatterien (quecksilber- und silberhältig)

vorliegen, als Sonderabfall entsorgt werden und der Entsorgungsweg mit Begleitscheinen nachgewiesen werden.

Ähnliches gilt sinngemäß für die getrennt gesammelten Altbatterien aus den Bundesländern Kärnten, Niederösterreich, Salzburg, Steiermark und Vorarlberg. Gemäß ÖNORM S 2100 könnten nur die nicht-quecksilberhältigen Trockenbatterien - bedingt geeignet - auch der Müllverbrennung oder der Sonderabfallverbrennung zugeführt werden.

Nach dem Entwurf zu einem Bundes-Abfallwirtschaftsgesetz sollen künftig alle Batterien als Problemstoffe getrennt erfaßt und einer Verwertung oder einer sonstigen Sonderabfallbehandlung zugeführt werden.

8.1.2 FREIWILLIGE VEREINBARUNGEN

8.1.2.1 IM BEREICH DES BUNDES

Am 13. 9. 1988 wurde zwischen der Bundeskammer der Gewerblichen Wirtschaft und dem Bundesministerium für Umwelt, Jugend und Familie eine freiwillige Vereinbarung über die Schadstoffvermeidung in Batterien und das Recycling von bestimmten Batteriesystemen abgeschlossen. Dabei verpflichten sich die in der Bundeswirtschaftskammer vertretenen Hersteller und Importeure von Batterien sowie der Einzelhandel freiwillig zu folgenden Maßnahmen:

- Entwicklung von schadstoffarmen Batteriesystemen durch die Hersteller.
- Eine Reduktion des Quecksilbergehaltes in Alkali-Mangan-Batterien auf 0,15 % bis Ende 1988, 0,1 % bis 1990 und weniger als 0,1 % bis 1993 wird angestrebt.
- Kennzeichnung folgender Batterien mit dem Recyclingsymbol ISO: 7000-Reg.No.1135 spätestens ab dem 2. Quartal 1989 durch den Hersteller bzw. den Handel auf der Batterie selbst oder auf deren Verpackung:

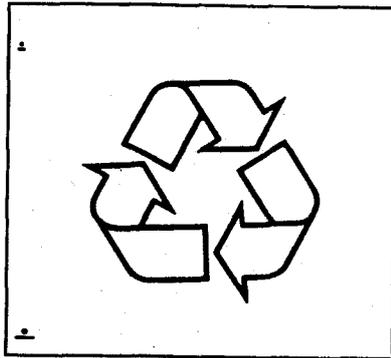


Abb. 12: Vorschlag für das Recyclingsymbol nach ISO: 7000-Reg.No. 1135

Wartungsfreie, verschlossene Kleinakkumulatoren,
Gasdichte Nickel-Cadmium-Akkumulatoren,
Starterbatterien,
Quecksilberhaltige Primärknopfzellen,
Alkali-Mangan-Batterien, soweit der Quecksilbergehalt 0,1 % des
Gesamtgewichtes erreicht bzw. überschreitet.

- Hersteller und/oder Einzelhandel bzw. deren Verbände tragen mit geeigneten Maßnahmen dazu bei, daß die Kennzeichnung der einzusammelnden Batterien und die Wege der Einsammlung bekannt sind.
- Rücknahme kennzeichnungspflichtiger Batterien ab dem 1. Quartal 1989 durch alle Einzelhandelsgeschäfte, in denen Neubatterien verkauft werden.
- Rücknahme der gekennzeichneten und gesammelten Altbatterien durch die Hersteller.
- Schaffung der Voraussetzungen für eine Wiederverwertung der in gekennzeichneten Altbatterien enthaltenen gefährlichen Stoffe durch die Hersteller. Dabei muß die Rückgewinnung technisch möglich und sinnvoll sein.
- Jährlicher Erfahrungsaustausch zur Erfolgskontrolle zwischen BMfUJF und Vertretern des Einzelhandels
- Laufzeit bis zum "Erlaß einer nationalen Vorschrift".

8.1.2.2 IM BEREICH DER BUNDESHAUPTSTADT WIEN

Zur umweltgerechten Entsorgung der in den Wiener Haushalten anfallenden Altbatterien wurde zwischen der Stadt Wien und der Wiener Handelskammer 1987 folgende Vereinbarung getroffen:

1. Mitgliedsfirmen der Wiener Handelskammer beteiligen sich an der Sammlung von Altbatterien aus dem Haushaltsbereich im Rahmen einer gemeinsamen Umweltschutzaktion.

Die teilnehmenden Unternehmen des Gewerbes, des Einzelhandels und des Großhandels werden durch ein Emblem als Altbatterien-Sammelstellen im Rahmen einer gemeinsamen Umweltschutzaktion der Stadt Wien und der Wiener Handelskammer gekennzeichnet.

2. Die derart gekennzeichneten Unternehmen verpflichten sich, die von der Bevölkerung abgegebenen Altbatterien für die Stadt Wien zu übernehmen und entweder über den an dieser Aktion teilnehmenden Großhandel oder direkt an die Altbatterien-Sammelstellen der Stadt Wien weiterzuleiten.

Die Teilnahme an dieser Umweltschutzaktion erfolgt freiwillig und wird durch eine entsprechende Erklärung des jeweiligen Unternehmens des Gewerbes, des Einzelhandels oder des Großhandels der Stadt Wien bekanntgegeben.

3. Die im Rahmen dieser gemeinsamen Altbatterien-Sammlung der Stadt Wien und der Wiener Handelskammer (Mitgliedsfirmen) von der Wiener Bevölkerung übernommenen Altbatterien werden als Bestandteil des Wiener Hausmülls angesehen.

Dadurch und aufgrund der bestehenden Rechtslage sind die Bestimmungen des Bundesgesetzes vom 2. März 1983 über die Erfassung und Beseitigung bestimmter Sonderabfälle (Sonderabfallgesetz) auf die einzelnen Sammler nicht anwendbar.

Bei Veränderungen der Rechtslage zum Sonderabfallgesetz muß diese Vereinbarung zwischen der Stadt Wien und der Wiener Handelskammer neu ausgehandelt werden.

4. Die Stadt Wien verpflichtet sich, die von der Wiener Bevölkerung bei den teilnehmenden Unternehmen abgegebenen Altbatterien an den städtischen Sammelstellen ohne Beschränkung hinsichtlich der Stückzahl und/oder des Gewichtes kostenlos entgegenzunehmen.

Die Stadt Wien verpflichtet sich weiters, die übernommenen Altbatterien einer umweltgerechten Entsorgung zuzuführen. Die Kosten für die Entsorgung trägt die Stadt Wien.

Darüber hinaus werden von der Stadt Wien Maßnahmen unterstützt, die zur ehebaldigen Errichtung einer österreichischen Altbatterien-Recyclinganlage führen.

5. Über die vorliegende Vereinbarung werden die Vertragspartner die Öffentlichkeit im Rahmen einer gemeinsamen Pressekonferenz informieren.

Intern werden die Vertragspartner Sorge tragen, die Vereinbarung über die entsprechenden Medien auch im eigenen Bereich zu veröffentlichen und ihren betroffenen Dienststellen oder Mitgliedsfirmen zur Kenntnis zu bringen.

8.2 BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

Um die Schwermetallbelastung der Umwelt aus Batterien zu begrenzen, kommen in erster Linie folgende bundesrechtliche Regelungen in Betracht:

- § 17 Chemikaliengesetz (ChemG) - Herstellungsverbot
Anforderungen an Erzeugnisse und Herstellungsverfahren
- § 35 Bundesimmissionsschutzgesetz (BImSchG) einschließlich Müllverbrennung und Recyclingverfahren
- § 14 Abfallbeseitigungsgesetz (AbfG)
Anforderungen an umweltbelastende Erzeugnisse und Abfälle in Verbindung mit § 1 a - Allgemeines Vermeidungs- und Verwertungsgebot

Von Bedeutung ist vor allem § 14 AbfG in der neuen, erweiterten Fassung vom 27. 8. 1986. Um das Ziel, die Vermeidung oder Verminderung schädlicher Stoffe in Abfällen oder deren umweltverträgliche Verwertung oder Entsorgung zu erreichen, ermöglicht das Gesetz den Erlaß von Rechtsverordnungen mit denen folgendes geregelt werden kann:

- Kennzeichnungspflicht,
- Pflicht zur getrennten Sammlung, Beförderung und Behandlung - Vermischungsverbot und Nachweispflicht
- Rücknahme- oder Pfandpflicht
- Bestimmte Erzeugnisse nur noch für bestimmte Zwecke oder überhaupt nicht mehr zuzulassen.

Wie und wann diese Punkte im Detail erreicht werden sollen, kann von der Bundesregierung - nach Anhörung der Beteiligten - entweder durch eine Rechtsverordnung bestimmt werden, oder wenn ein verbindlicher Konsens der Betroffenen zustande kommt (also der Hersteller/Importeure, des Handels, der Entsorgungspflichtigen und der Bundesregierung) durch eine freiwillige Vereinbarung.

Die Bundesregierung - vertreten durch den Bundesminister für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit - tendiert zunächst zu freiwilligen Vereinbarungen.

In einer Konzeption zur Umsetzung des § 14 AbfG vom November 1986 von BMU werden folgende Maßnahmen vorgeschlagen:

- Verringerung des Quecksilbergehaltes in Alkali-Mangan-Batterien entsprechend dem Stand der Technik
- Kennzeichnung zur Verbesserung der getrennten Erfassung bestimmter Batterietypen sowie eine Rücknahmeverpflichtung des Handels und/oder der Hersteller, wobei bereits dezitiert angeführt wird, daß, wenn durch diese Maßnahmen keine wesentlich höhere Rücklaufquote erzielt wird, ein Pflichtpfand erforderlich sei,
- Substitution der Quecksilberoxid-Batterien für den Einsatzbereich Hörgeräte durch andere, umweltfreundlichere Systeme.

Diese Maßnahmen sind in Stufen bis spätestens 1990 zu verwirklichen, da, wie in der BMU-Konzeption angeführt, Batterien etwa die Hälfte der Quecksilber-, ein Fünftel der Cadmium- und ein Zehntel der Bleibelastung des Hausmülls und des hausmüllähnlichen Gewerbemülls in der BRD verursachen.

Bis solche Rechtsvorschriften oder entsprechende Übereinkommen in Kraft treten, gelten die bisherigen Vorschriften und Regelungen.

Batteriegemische, wie sie bei Sammlungen anfallen, sind als Sonderabfälle eingestuft; es besteht allerdings keine Pflicht zur Sammlung, es sei denn, durch eine Selbstverpflichtung, wie sie z.B. für die Sammlung und Verwertung von Quecksilberoxid-Batterien durch den Abschluß einer freiwilligen Vereinbarung zwischen dem damaligen Innenministerium und den Herstellern/Importeuren eingegangen worden ist.

In bezug auf die oben erwähnten zu erlassenden Rechtsverordnungen zu § 14 AbfG werden folgende Standpunkte vertreten:

- **Kennzeichnung**

Die Batterieindustrie favorisiert ein Recycling-Pictogramm, das drei, zu einem Dreieck angeordnete Pfeile zeigt, als Kennzeichnung für alle Gerätebatterien.

Der Umweltminister dagegen verlangt eine Kennzeichnung, die den Verbraucher über die Art des Schadstoffes informiert und ihn auf die Rückgabe hinweist. Auch in der Werbung für Batterien sollte ein solcher Hinweis erscheinen.

- **Vermischungsverbot**

Sammelgut soll nicht mit anderem Abfall vermischt werden, sondern muß bis zur endgültigen Ablagerung oder Verwertung getrennt gehalten und behandelt werden. Es würde sonst nur die Konzentration von Schadstoffen erniedrigt werden, die Menge bliebe die gleiche, und die Verwertung würde erschwert oder verhindert werden.

- **Sammlung**

Der Handel, als natürliche Anlaufstelle des Verbrauchers ist bereit, alle Batterien zu sammeln, will aber keine Entsorgungskosten tragen. Die Hersteller wollen zwar gewisse Kosten tragen, aber nicht entsorgen. Die kommunalen und privaten Stadtreinigungsunternehmen sehen juristische und organisatorische Schwierigkeiten.

- **Pfandregelung**

Sammlungen werden immer nur einen Teil der verkauften Batterien erfassen. Ein Pfand- oder Abgabesystem würde vermutlich das Ergebnis verbessern, jedoch ist eine Pfandregelung für Batterien aus verschiedenen Gründen schwer durchzusetzen. Auf freiwilliger Grundlage wird indessen von manchen Gerätefirmen damit gearbeitet.

- **Anwendungsbeschränkungen, Anwendungsverbote**

Der Umweltminister und die Batteriehersteller sind sich einig, daß Quecksilberoxid-Batterien so wenig wie möglich verwendet und durch Zink-Luft-Batterien ersetzt werden sollen. Hier ergänzen sich die Regelungen, die der Gesetzgeber vorgesehen hat mit den Maßnahmen der Batterieindustrie.

Am 9. 9. 1988 hat der Fachverband Batterien im Zentralverband der Elektrotechnik und Elektronikindustrie eV. mit der Hauptgemeinschaft des Deutschen Einzelhandels eine freiwillige "Vereinbarung über die Entsorgung von Altbatterien" abgeschlossen.

Diese Vereinbarung ist inhaltlich fast ident mit der oben angeführten österreichischen freiwilligen Vereinbarung, war doch die deutsche Vereinbarung das Muster der österreichischen.

Die einzigen wesentlichen Abweichungen sind, daß die Rücknahme der gekennzeichneten Altbatterien erst ab dem 2. Quartal 1989 erfolgt, und daß es eine Übergangsphase bis Ende 1989 gibt, in der auch noch nicht gekennzeichnete Altbatterien zurückgenommen werden.

8.3 SCHWEIZ

Gesetzliche Grundlage für sämtliche Maßnahmen ist die Schweizer Stoffverordnung vom Juni 1986. Diese Verordnung untersagt die Einfuhr quecksilberhaltiger Produkte ab einem bestimmten Quecksilbergehalt. Für quecksilberhaltige Batterien gelten folgende Bestimmungen:

- Es wird zwischen schadstoffreichen und anderen Batterien unterschieden. Die Grenze liegt bei einem Gehalt an Quecksilber und Cadmium von zusammen 250 mg pro Kilogramm Batterien. Alkali-Mangan-Batterien dürfen nicht mehr Quecksilber enthalten, als dies nach dem Stand der Technik nötig ist, höchstens aber ab 1. 1. 1988 20 g/kg Zink und ab 1. 1. 1990 10 g/kg Zink
- Die Einfuhr von Wegwerfuhren, Sofortbildfilmen, Verpackungen und Telegrammen ist untersagt, wenn sie mit einer schadstoffreichen Batterie ausgestattet sind. Weiters kann die Einfuhr von Gegenständen mit schadstoffreichen Batterien verboten werden, wenn diese nach Gebrauch erfahrungsgemäß zusammen mit der Batterie in den Müll gelangen bzw. ein Austausch der Batterie nicht vorgesehen oder nur mit erheblichem Aufwand möglich ist. Auf Antrag können befristete Ausnahmen gewährt werden, wenn das Verbot für den Hersteller wirtschaftlich nicht tragbar ist, und der Hersteller durch die Erhebung eines Pfandes oder durch andere geeignete Maßnahmen dafür sorgt, daß die schadstoffreichen Batterien nicht in erheblichen Mengen in den Müll gelangen.
- Auf schadstoffreichen Batterien muß ein Pictogramm (siehe Abbildung) angebracht sein, zusätzlich die Bezeichnung des chemischen Systems der Batterie.
- Weiters in mindestens zwei Amtssprachen der Hinweis "nach Gebrauch der Verkaufsstelle zurückgeben", wobei die Batterie diesen Hinweis nur tragen muß, wenn sie speziell für den schweizerischen Markt beschriftet wird.
- Bei Batterien, die verpackt abgegeben werden, muß das Pictogramm auch auf der Verpackung angebracht sein, ausgenommen sind durchsichtige Umhüllungen, bei denen das Pictogramm auf der Batterie vollständig erkennbar und lesbar bleibt.
- Bei schadstoffreichen Batterien muß die Verpackung in jedem Fall den Hinweis "nach Gebrauch der Verkaufsstelle zurückgeben" tragen, ausgenommen sind durchsichtige Umhüllungen, wenn der Hinweis auf der Batterie angebracht ist. Dies ist insbesondere für Knopfzellen wichtig, da diese als Einzelzellen kein Pictogramm tragen müssen.

- Verkaufsstellen, in denen schadstoffreiche Batterien oder Gegenstände mit solchen Batterien verkauft werden, müssen im Verkaufslokal an gut sichtbarer Stelle deutlich darauf hinweisen, daß Batterien mit einem Pictogramm sowie Knopfbatterien nicht dem Müll übergeben werden dürfen und daß die Verkaufsstelle gebrauchte Batterien zurücknimmt.
- In der Werbung für schadstoffreiche Batterien und für Gegenstände mit solchen Batterien muß der Verbraucher deutlich lesbar oder hörbar zur Rückgabe der verbrauchten Batterien aufgefordert werden.
- Der Verbraucher hat eine Rückgabepflicht, d.h. er muß Batterien mit einem Pictogramm sowie Knopfbatterien in eine besondere Sammlung geben oder einer Verkaufsstelle bzw. Giftsammelstelle übergeben.
- Die Hersteller und Händler haben eine Rücknahmepflicht, d.h. sie müssen alle Arten von gebrauchten Batterien unentgeltlich zurücknehmen und sie nach den Vorschriften über gefährliche Abfälle entsorgen.
- Es besteht Meldepflicht für Hersteller- und Entsorgungs- oder Verwertungsbetriebe dahingehend, daß Hersteller dem Bundesamt die Menge der im Vorjahr für das Inland hergestellten oder eingeführten Batterien bekanntzugeben haben, und zwar aufgeschlüsselt nach den Batteriesystemen. Weiters ist die in den Batterien enthaltene Menge an Cadmium und Quecksilber bekanntzugeben. Verwerter haben sinngemäß die gleichen Angaben für schadstoffreiche Batterien, die sie verwerten oder ausführen, zu machen.

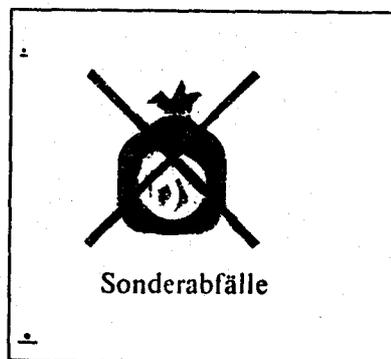


Abb. 13: Pictogramm der Schweizer Stoffverordnung

Quelle: Schweizer Stoffverordnung vom 1.10.1986, 814.013/S. 31

8.4 HOLLAND

Nach einer allgemeinen öffentlichen Diskussion über die negativen Umweltauswirkungen von Batterien verhandelte die holländische Regierung über vier Jahre mit Batterieproduzenten und -importeuren über die Reduktion der Schadstoffgehalte in Batterien und die Auswirkungen auf die Umwelt.

1986 wurde ein Gesprächsforum mit dem Namen "NEFIBAT" (Nederlandse Vereniging van Fabrikanten en Importeurs van Batterijen) geschaffen, dessen Mitglieder alle Mitglied der internationalen "EUROPILE" (The Association of European Primary Dry Battery Manufacturers) sind. Zwischen der Regierung und Nefibat wurde im September 1987 vereinbart, bis 1990 den Quecksilbergehalt der Alkali-Mangan-Batterien schrittweise gemäß den Europile-Richtlinien auf 0,15 Gewichtsprozent zu reduzieren.

Parallel dazu fördert und finanziert die Regierung Untersuchungen zur Entwicklung von Rücknahmesystemen und zur Verwertung von Altbatterien.

8.5 DÄNEMARK

Die dänische Regierung überlegt die Verabschiedung eines Gesetzes, das die Einführung eines Pfandes und einer Steuer für bestimmte Batterien vorsieht.

Der Vorschlag der Danish National Agency for Environmental Protection sieht wie folgt aus:

Auf folgende Batterien wird ein Pfand erhoben:

Nickel-Cadmium-Batterien	DKR 10,-	(öS 19,-)
Nickel-Cadmium-Power-Packs	DKR 50,-	(öS 95,-)

Auf folgende Batterien wird eine Steuer eingehoben:

Alkali-Mangan-Batterien über 0,025 % Hg	DKR 5,-	(öS 9,5)
Quecksilberoxid-Knopfzellen	DKR 10,-	(öS 19,-)
Produkte mit fest eingebauten Batterien	DKR 50,-	(öS 95,-)

Das Umweltministerium hat den Vorschlag an das Parlament weitergeleitet. Eine Entscheidung sollte bis Herbst 1989 getroffen werden.

Das Ziel ist die getrennte Sammlung der Batterien sowie eine Substitution herkömmlicher Batteriesysteme durch umweltfreundlichere Batteriesysteme. Die Steuer wird für die Sammlung, Sortierung und Entsorgung der Batterien verwendet.

Das Sammelsystem wird für die drei verschiedenen Batteriesysteme entworfen, außerdem ist eine getrennte Sammlung der unterschiedlichen Batteriesysteme vorgesehen. Eine Pfandgesellschaft, eine öffentliche Korporation im Non-Profit-Bereich, soll errichtet werden. Die gesammelten Batterien sollen, wenn möglich, aufgearbeitet werden, da Deponieren als nicht akzeptierbar angesehen wird.

Zwischenzeitlich haben sich die Hersteller/Importeure freiwillig bereit erklärt, auf dem Markt Batterien mit hohem Quecksilbergehalt durch Batterien mit möglichst geringem Quecksilbergehalt zu ersetzen.

8.6 SCHWEDEN

Das schwedische Naturvardsverket (Schwedischer Umweltschutzrat) schlug bereits 1983 die Einführung eines Pfandes auf Batterien vor, nachdem Untersuchungen ganz klar eine starke Umweltbelastung durch Schwermetalle aus Batterien erwiesen hatten.

Als ein erster Schritt und in bezug auf die Notwendigkeit für ein rasches Handeln wurde ein nur auf Information beruhendes Sammelsystem vorgeschlagen und als Regierungsvorlage 1984/1985:118 eingebracht.

Das Ziel dabei war, die Schwermetallfracht aus Batterien auf 75 % des Jahres 1983 in den folgenden vier Jahren d.h. die gesamte Quecksilberemission aus Batterien von 6 t/a 1983 auf 1,5 t/a 1987 zu reduzieren. Eine gleichartige Reduktion sollte für Cadmium erreicht werden. Während man nun an der praktischen Möglichkeit der Durchführung der Sammlung arbeitete, wurde die Frage eines Pfandsystems in den Hintergrund gerückt.

Nachdem sich bereits im September 1985 abzeichnete, daß die Batterieindustrie an der Erfüllung dieser Vorgabe nicht mehr arbeitete, schlug der schwedische Umweltschutzrat in einer Petition an die Regierung die Einführung eines freiwilligen Sammelsystems über ganz Schweden vor, das auf einer Umweltabgabe für Batterien basiert, aus der die Kosten für die Information und die Endbehandlung getragen werden sollten.

Die Petition führte zur Regierungsvorlage 1986/87:55 vom 31. 10. 1986, wobei sämtliche Oppositionsparteien auch Vorschläge für ein Pfandsystem einbrachten. Es wurde vom Parlament beschlossen, daß mit der Sammlung ohne weitere Verzögerung begonnen und die Frage eines Pfandsystems weiter untersucht werden sollte.

Im März 1987 wurde diese Verordnung dahingehend novelliert, daß für die als schadstoffreich angesehenen Alkali-Mangan-Batterien, Quecksilberoxid-Batterien und Nickel-Cadmium-Batterien, die nicht fix montiert oder nicht für fixe Montage vorgesehen sind, eine Abgabe zu entrichten sei. Sie beträgt ca. öS 46,- für Alkali-Mangan-Batterien und Quecksilberoxid-Batterien und ca. öS 26,- für Nickel-Cadmium-Batterien. Diese Abgabe ist durch den Hersteller oder Importeur zu entrichten und soll die Kosten der Verwertung und der Informationskampagne für die Sammlung decken.

Mit Beginn 1987 konnte das Sammelsystem starten, wobei die konkrete Organisation und Durchführung der Sammlung bei den Kommunen bzw. den von ihnen beauftragten Reinhalteverbänden oder ähnlichen Organisationen lagen.

Die Problematik besteht jedoch darin, daß die Umweltabgabe nur für schadstoffreiche Batterien eingehoben wird, aber alle Batterien gesammelt werden. Die Kosten für die Endbehandlung der Nickel-Cadmium- und Alkali-Mangan-Batterien sowie der Knopfzellen werden aus der Umweltabgabe finanziert, während die Kosten für die Sammlung der Kohle-Zink-Batterien und deren Verwertung nicht aus dieser Abgabe gedeckt werden. Den Kommunen erwachsen durch den hohen Anteil der Kohle-Zink-Batterien erhebliche Sortierungskosten, die durch die Umweltabgabe nicht finanziert werden.

Kohle-Zink-Batterien werden gemeinsam mit dem Hausmüll deponiert, während die schadstoffreichen Batterien zur Aufarbeitung zu MRT und SAB-NIFE nach Oskarshamn gebracht werden.

Im Juni 1987 beauftragte schließlich die Regierung den Schwedischen Umweltschutzrat, eine Studie über ein Pfandsystem für Batterien auszuarbeiten. Im Herbst 1987 wurde vom Umweltschutzrat das Institut TEM der Universität Lund beauftragt, diese Studie durchzuführen.

Der schwedische Umweltschutzrat stellte im Juni 1988 zu dieser Studie fest, daß primär eine Reduktion des Quecksilbergehaltes der Alkali-Mangan-Batterien anzustreben sei und schlägt vor, daß aufgrund bereits vorhandener Technologien die Verwendung von Alkali-Mangan-Batterien mit einem Quecksilbergehalt über einem gewissen Wert (der Bereich 0,015 % bis 0,025 % wird vorgeschlagen) verboten werden sollte. Sollte diese Lösung nicht möglich sein, ist man der Ansicht, daß ein Pfandsystem eingeführt werden soll.

Oben Angeführtes über Sammlung und Pfandsystem soll sinngemäß auch für Nickel-Cadmium-Batterien gelten, allerdings nur für solche, die lose verkauft werden. Der Schwedische Umweltschutzrat arbeitet zur Zeit an einem Vorschlag über die Regelung für fix in Geräte eingebaute Nickel-Cadmium-Batterien.

Schließlich schlägt der Schwedische Umweltschutzrat vor, den Beschluß, ob ein Pfandsystem für umweltgefährdende Batterien eingeführt werden soll, auf den 1. 7. 1989 zu verschieben um Gespräche mit der Industrie in bezug auf Obiges zu führen.

Daraufhin hat die Schwedische Regierung ein Gesetz verabschiedet, demnach ab 1. 7. 1989 alle umweltbelastenden Batterien, das sind Batterien mit einem Quecksilber- und Cadmiumgehalt von mehr als 0,025 % mit einem Recyclingsymbol versehen sein müssen (drei schwarze Pfeile im Dreieck gegen einen hellen Hintergrund) und ab 1. 1. 1990 der Import von Alkali-Mangan-Batterien mit einem Quecksilbergehalt über 0,025 % verboten ist. Das Importverbot gilt allerdings nur für die Größen R 20, R 14, R 6 und R 03.

8.7 EUROPÄISCHE GEMEINSCHAFT

Die EEC-Kommission für European Environmental Developments hat im Dezember 1987 folgenden Vorschlag für Richtlinien betreffend Batterien und Akkumulatoren mit gefährlichen Inhaltsstoffen erstellt:

Die Schlüsselforderung ist die Kennzeichnung von schadstoffhaltigen Batterien mit dem Recyclingsymbol Vorschlag ISO 1135 und ihre Separierung vom Hausmüll. Diese Separierung kann durch ein Pfandsystem oder durch getrennte Sammlung erfolgen. Folgende Batterien fallen unter diese Regelung:

- Quecksilber-Batterien; Knopfzellen sind nur auf der Packung zu kennzeichnen.
- Alkali-Mangan-Batterien mit einem Quecksilbergehalt von mehr als 0,3 % nach dem 1. 1. 1989 und 0,15 % nach dem 1. 1. 1991.

Das Ziel ist die Reduktion des Quecksilbergehaltes der Alkali-Mangan-Batterien auf 0,1 % bis zum 1. 1. 1993.

- Zink-Luft-Batterien mit Ausnahme von Knopfzellen
- Nickel-Cadmium-Batterien
- Blei-Akkumulatoren

In weiterer Folge hat die Commission of the European Communities am 1. 12. 1988 einen Vorschlag von Dänemark angenommen (Proposal for a council directive on batteries and accumulators containing dangerous substances), der für folgende Batteriesysteme gelten sollte.

Für alle Batterien und Akkumulatoren mit mehr als 25 mg Quecksilber pro Stück, mit Ausnahme von Alkali-Mangan-Batterien

Für Alkali-Mangan-Batterien mit mehr als 0,3 % Quecksilber, ab 1. 1. 1991 mehr als 0,15 % Quecksilber und ab 1. 1. 1993 mehr als 0,1 % Quecksilber (Gewichtsprozent)

Ab 1. 7. 1989 für Batterien und Akkumulatoren mit mehr als 0,025 % Cadmium (Gewichtsprozent)

Für Batterien und Akkumulatoren mit mehr als 0,4 % Blei

Der Vorschlag ruft alle Mitgliedstaaten auf, Maßnahmen zu setzen, um die Umwelt vor den Schäden aus Batterien und Akkumulatoren zu schützen.

Dabei sollten die Mitgliedstaaten selbst Programme entwickeln und durchführen, und diese Programme und Maßnahmen der Kommission mitteilen.

Insbesondere empfiehlt der Vorschlag den Mitgliedstaaten u.a. folgende Maßnahmen durchzuführen:

- Kennzeichnung der betroffenen Batterien und Akkumulatoren
- Organisation der Entsorgung
- Verbot für die Herstellung von Geräten mit Batterien oder Akkumulatoren, die nicht leicht entfernt werden können
- Entwicklung von Verwertungs- und Entsorgungsprogrammen wie folgt:
 - Förderung von Entsorgungsprogrammen mit höherer Recyclingrate
 - Maßnahmen sind für eine getrennten Sammlung von Altbatterien und Akkumulatoren vorzubereiten
 - Vorkehrungen sind für eine getrennte Entsorgung von Batterien und Akkumulatoren zu treffen
 - Verbot des Vertriebes von bestimmten Typen von Batterien nach einer Übergangsperiode

Zusätzlich verpflichtet der Vorschlag die Mitgliedstaaten, Verwertungsmethoden für Altbatterien und Akkumulatoren zu fördern, und diese getrennt zu entsorgen, um die Schwermetalle zurückzugewinnen.

Der Vertrieb von Batterien mit einem Quecksilbergehalt von mehr als 0,3 % sollte von den Mitgliedstaaten verboten werden.

In den Empfehlungen für zukünftige Maßnahmen wird insbesondere auch auf ein TEM-Projekt über das Sammeln, Sortieren und Verwerten von Altbatterien hingewiesen, das durch die Kommission mitfinanziert wird.

Im Frühjahr 1989 hat das *Environmental Committee of the European Parliament* folgende Änderung vorgeschlagen:

Die Mitgliedsstaaten sollen die Vermarktung von Alkali-Mangan-Batterien mit mehr als 0,025 Gewichtsprozent Quecksilber ab 1. 1. 1989 verbieten.

Die Commission of the European Communities hat diesem Änderungsvorschlag nicht zugestimmt und ihrerseits vorgeschlagen:

Die Mitgliedsstaaten sollten die Vermarktung von Alkali-Mangan-Batterien mit mehr als 0,10 % Gewichtsprozent Quecksilber ab 1. 1. 1989 verbieten, und zwar für die Größen LR 03, LR 6, LR 14 und LR 20.

Gemäß Artikel 12 wird dieser Schwermetallgehalt zu überprüfen und der technischen Entwicklung anzupassen sein.

Weiters wurden sowohl vom European Parliament als auch von der Commission of the European Communities beschlossen, den Geltungsbereich des "Propose for a council directive on batteries and accumulators containing dangerous substances" wie folgt abzuändern:

Für Alkali-Mangan-Batterien

- ab 1. 1. 1991 mit mehr als 0,1 Gewichtsprozent Quecksilber
- ab 1. 1. 1993 mit mehr als 0,025 Gewichtsprozent Quecksilber

8.8 JAPAN

In Japan bestehen keine gesetzlichen Verpflichtungen in bezug auf Sammlung und Verwertung von Batterien. Sämtliche durchgeführte Maßnahmen bezüglich Sammlung und Verwertung beruhen auf Freiwilligkeit.

8.9 USA

In den USA gibt es keine bundesweiten Richtlinien. Für die Bundesstaaten Minnesota und New York gibt es Vorschläge für ein Pfandsystem, das ab 1992 in Kraft treten soll. Der Gouverneur und auch Bürgermeister Koch unterstützen den Gesetzesvorschlag. Im Februar 1989 sollte im Kongreß ein Bericht über sämtliche Abfallstoffe behandelt werden, jedoch wurde dieser Zeitpunkt mittlerweile auf Herbst 1989 verschoben. Daraus könnten sich möglicherweise Richtlinien für bundesweite Gesetzesgrundlagen ergeben, die auch Batterien betreffen.

9. SAMMELSYSTEME FÜR BATTERIEN IM INTERNATIONALEN VERGLEICH

9.1 ÖSTERREICH

Bereits 1981 begann die Austria Recycling - damals noch Österreichische Produktionsförderungsgesellschaft - mit einer Altbatteriensammlung. Unterstützt wurde sie dabei von der VÖEST, die gerade ein Recycling-Verfahren für Knopfzellen entwickelte.

Die VÖEST erklärte sich zunächst bereit, alle Knopfzellen zu übernehmen, wobei Knopfzellen in der mittlerweile in Donawitz errichteten Anlage verwertet und die anderen Gerätebatterien vorerst zwischengelagert werden sollten. Anfangs sollten daher nur jene Händler in die Altbatteriensammlung einbezogen werden, bei denen mit einem relativ hohen Anteil an Knopfzellen zu rechnen war. Die Verwertung erschien auf Grund des Gehalts an Quecksilber und Silber als wirtschaftlich.

In einem zweiten Schritt plante man, eine umfassende Sammlung zu organisieren. Der Preisanstieg des Silbers auf dem Weltmarkt bewirkte eine verstärkte Sammlung von Knopfzellen. Ausländische Sammler besuchten den österreichischen Photo-, Uhren- und Elektrohandel und kauften - im Gegensatz zur VÖEST - Knopfzellen. 1984 betrug der Anteil der Knopfzellen an den gesammelten Altbatterien nur noch 5 %, sodaß sich die VÖEST außerstande sah, weiterhin auch die sonstigen Batterien entgegenzunehmen.

Im Zuge der Probleme mit der Realisierung des Grazer Abfallwirtschaftskonzeptes protestierten Bürger gegen die geplante VÖEST-Anlage (Verbrennungsanlage) und die Knopfzellenaufbereitung sowie die Batterienzwischenlagerstätte in Donawitz.

In der Hoffnung, bald eine entsprechende Entsorgungsmöglichkeit zu finden, begann die Austria Recycling ab 1985 die auf Grund ihrer Sammeltätigkeit anfallenden Altbatterien auf einem Firmengelände am Stadtrand von Wien zwischenzulagern.

1985 standen rund 5.000 Sammelbehälter (zu je ca. 3 l) vorwiegend bei Photo- und Uhrengeschäften zur Verfügung. Es wurden um die 340 Tonnen Altbatterien gesammelt, was einer Rücklaufquote von etwa 15 % entsprach. In Zukunft wollte die Austria Recycling die Altbatteriensammelstellen auf 7.600 erweitern.

An der Wiener Stadtgrenze lagerten mittlerweile rund 400 Tonnen Altbatterien, die auf eine endgültige Entsorgung warteten.

Ende November 1986 kam es auf Grund eines Artikels im Wirtschaftsmagazin "trend" (12/86) zum Einschreiten der Behörden. Die Altbatterien wurden auf Veranlassung der niederösterreichischen Umweltbehörden zur Endlagerung nach Schönberg in der DDR gebracht.

Die Austria Recycling schlitterte in finanzielle Schwierigkeiten und stellte daraufhin ihre Sammeltätigkeit ein.

Folgende Mengen an Altbatterien wurden von der Austria Recycling gesammelt:

Altbatteriensammelmenge ÖPG		
Jahr	Gewicht in t	Batterieart
1980	0,3	nur Knopfzellen
1982	2,5	nur Knopfzellen
1983	14,7	sämtliche Gerätebatterien
1984	45,5	sämtliche Gerätebatterien
1985	340,8	sämtliche Gerätebatterien
1986	75,0	sämtliche Gerätebatterien
Gesamt	478,8	

Tab. 22: Altbatteriensammel Mengen 1980-1986, Austria Recycling

Quelle: Austria Recycling, 1989

Insgesamt wurden in Österreich von 1982 bis 1986 548,4 Tonnen Altbatterien gesammelt. In diesem Wert sind auch von anderen Stellen als der Austria Recycling gesammelte Altbatterien enthalten:

Altbatteriensammelmenge 1982-1986	
Bundesland	t
Wien	189,5
Niederösterreich	87,9
Burgenland	9,7
Oberösterreich	8,5
Salzburg	98,4
Steiermark	59,4
Kärnten	39,3
Tirol	38,0
Vorarlberg	17,7
Gesamt	548,4

Tab. 23: Altbatteriensammel Mengen nach Bundesländern 1982-1986

Quelle: Austria Recycling, 1989

Mit dem Einstellen der Aktivitäten der Austria Recycling auf dem Gebiet der Batteriesammlung ist in allen österreichischen Bundesländern die Organisation auf die kommunalen und lokalen Problemstoffsammlungen übergegangen.

In Wien konnten ab 1985 an den Problemstoffsammelstellen der Gemeinde Wien Altbatterien von Konsumenten zurückgegeben werden.

Seit 1987 können auf Grund der Vereinbarung der Wiener Handelskammer mit der Stadt Wien Konsumenten ihre Batterien in den die Vereinbarung treffenden Geschäften kostenlos abgeben, die wiederum ihre zurückgenommenen Altbatterien bei einer der Sammelstellen der MA 48 abgeben. Die MA 48 besorgt und finanziert den Export in die DDR.

Derzeit werden die gesammelten Altbatterien in einem Straßenpflegedepot in der Grinzinger Straße im 19. Wiener Gemeindebezirk zwischengelagert. Wenn sich ca. 30 bis 40 Tonnen angesammelt haben, werden diese zur Endlagerung in die Deutsche Demokratische Republik transportiert.

Die Entsorgungskosten für eine Tonne Altbatterien (Rund- und prismatische Zellen) belaufen sich auf etwa 4000 Schilling.

Die Knopfzellen werden bis 1986 nach Frankfurt an Elwenn & Frankenbach verkauft.

Das Ergebnis der Altbatteriensammelaktion in Wien läßt sich in folgenden Zahlen zusammenfassen:

Altbatteriensammelungen Wien				
	1985	1986	1987	1988
Sammlung über Geschäfte	-	-	15 t	69 t
Sammlung über Problemstoffsammelstellen	1 t	16 t	10 t	75 t
Gesamt	1 t	16 t	25 t	144 t

Tab. 24: Altbatteriensammelungen 1985-1988, Wien

Quelle: Leistungsbericht MA 48 für 1988

An der Sammlung nehmen etwa 830 Geschäfte teil.

Auf die Bundeshauptstadt Wien entfallen etwa 21 % der Gesamtbevölkerung Österreichs und etwa 25 % der Kaufkraft Österreichs.

Ausgehend vom Jahresverkauf 1988 von ca. 2.600 t und der Kaufkraft von 25 % für Wien ergibt dies ein Marktvolumen von ca. 650 t verkauften Batterien.

Die Sammelquote 1988 liegt somit bei etwa 22 %.

Legt man die Zahlen von Lechner/Pawlick/Landau, 1986 zugrunde, die von einem Marktanteil am Verkaufsvolumen für Batterien in Wien von 39,7 % sprechen, entspräche die Rücklaufquote etwa 14 %.

Einen Überblick über die 1988 in Österreich in den einzelnen Bundesländern gesammelten Altbatterien gibt nachfolgende Tabelle:

Altbatteriensammlung 1988		
Bundesland	in Tonnen	Batterietyp
Wien	144	Altbatterien
Burgenland	25	Konsumbatterien
Kärnten	34	Trockenbatterien
Niederösterreich	70	Kleinbatterien
Oberösterreich	88	Altbatterien (?)
Salzburg	48	Kleinbatterien
Steiermark	36	Konsumbatterien
Tirol	22*	Konsumbatterien
Vorarlberg	40	Batterien (?)
Gesamt	507	

(?) vermutlich inkl. Starterbatterien
* Wert von 1987

Tab. 25: Altbatteriensi sammelmengen nach Bundesländern 1988

Quelle: Umfrage UBA, Zweigstelle Klagenfurt, Frühjahr 1989

Demnach beträgt die 1988 gesammelte Menge an Altbatterien (Gerätebatterien) 507 t. In diesem Wert sind jedoch vermutlich auch Starterbatterien (Oberösterreich und Vorarlberg) enthalten.

Bezogen auf den Gesamtmarkt von 2.600 t (ohne "grauen Markt") beträgt die Sammelquote 19,5 %. Unter der Annahme, daß in den 507 t etwa 50 t Starterbatterien enthalten sind, beträgt die Sammelquote an Gerätebatterien ca. 17 %.

9.2 BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

Bereits 1980 wurde eine Vereinbarung zwischen der Bundesregierung und den Batterieherstellern/-importeuren getroffen, Quecksilberoxid-Batterien zu sammeln und der Verwertung zuzuführen. Durch dieses Übereinkommen wurden in den Jahren 1980 bis 1985 ca. 40 % dieser Batterien erfaßt und ca. 10 t Quecksilber pro Jahr zurückgewonnen. Im Jahr 1986 waren es jedoch nur mehr 12 %, da in diesem Jahr auch die einzige Verwertungsfirma (Elwenn & Frankenbach, Frankfurt) den Betrieb einstellte.

Gleichzeitig wurden etwa ab 1980 Batteriesammelstellen in öffentlichen Gebäuden, Firmen, bei kommunalen Städtereinigungen und beim Handel zur Sammlung von Batterien aller Art eingerichtet. Die geschätzte Sammelquote beträgt ca. 10 bis 20 % der verkauften Batterien.

Aufgrund der 1986 erfolgten Verschärfung des Abfallrechtes (§ 14 Abfallgesetz) ist es zu einer neuerlichen, freiwilligen Vereinbarung zwischen der Bundesregierung und den Herstellern/Importeuren im Herbst 1988 gekommen (siehe Punkt 8.2 dieser Studie). Erfahrungen dazu liegen zur Zeit noch nicht vor.

Lokale Sammlungen werden in verschiedensten Bundesländern und Städten durchgeführt.

Beispielsweise werden in Berlin seit 1983 Altbatterien gesammelt. Das Sammelergebnis liegt zur Zeit bei ca. 200-210 Tonnen/Jahr. Die Kosten der Sammlung, die durch die Berliner Stadtreinigungsbetriebe durchgeführt wird, betragen ca. öS 7.000,- pro Tonne.

9.3 SCHWEIZ

Seit dem Inkrafttreten der Schweizer Stoffverordnung sind Konsumenten verpflichtet, sämtliche Knopfzellen sowie als schadstoffreich gekennzeichnete Batterien zurückzugeben. Eine Annahmepflicht für sämtliche Batterien, also auch für solche, die als nicht schadstoffreich eingestuft werden, besteht für jene Geschäfte, die schadstoffreiche Batterien und Knopfzellen verkaufen. Geschäfte, die ausschließlich als nicht schadstoffreich eingestufte Batterien verkaufen, haben keinerlei Rücknahmepflicht.

Die Sammelquote beträgt für Kohle-Zink-Batterien, Alkali-Mangan-Batterien und Nickel-Cadmium-Batterien ca. 20 %, für Knopfzellen ca. 80 %, insgesamt ca. 717 t. Über 95 % des Sammelgutes bestehen aus bloß 5 verschiedenen Typen. Es sind dies: Mignon R6, Baby R14, Mono R20 sowie die Flachbatterien Normal 3 R12 und der Energieblock 6R61. Die Batterien werden mangels Wirtschaftlichkeit und entsprechender Verfahren nicht aufbereitet und müssen daher auf einer Sonderabfalldeponie gelagert werden. Da die Schweiz seit der Schließung der Deponie Kölliken im Jahre 1985 über keine Sonderabfalldeponie verfügt, werden die Batterien zur Zeit auf Sonderabfalldeponien nach Frankreich und in die DDR exportiert. Die Kosten für diese Ablagerung betragen ca. öS 3000,-/t.

Über die Zusammensetzung der gesammelten Batterien geben die beiden nachfolgenden Abbildungen Auskunft.

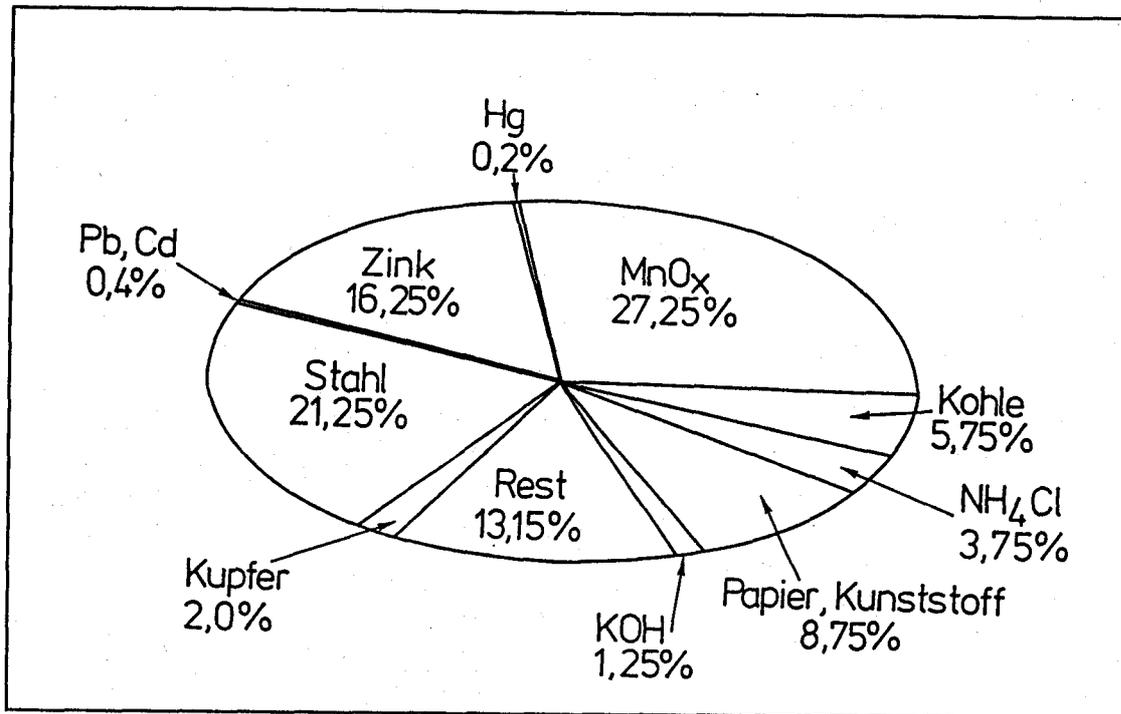


Abb. 14: Durchschnittliche stoffliche Zusammensetzung der gesammelten Batterien - Schweiz

Quelle: Bohac, P., Biber, R., Vital, A.: Aufbereitungsverfahren für verbrauchte Kleinbatterien, in: GFF Mitteilungen, 18. Jg., Juli 1987, S. 15

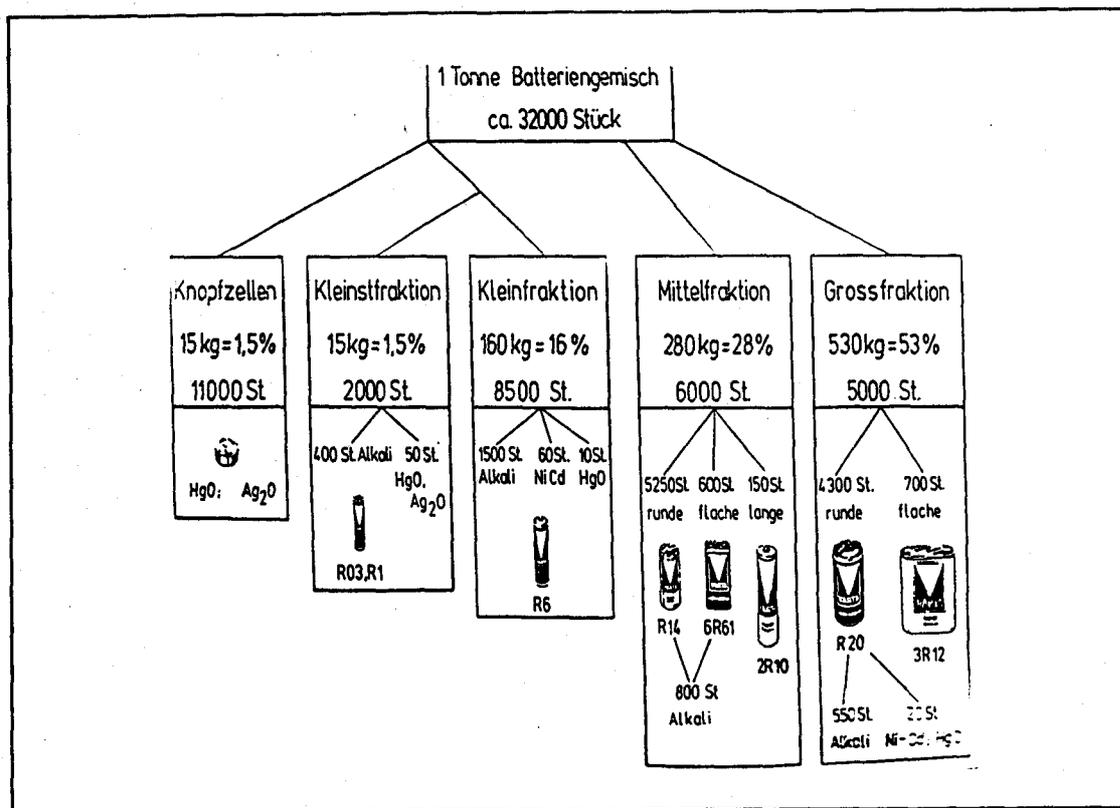


Abb. 15: Verteilung der Batteriesysteme im Sammelgut - Schweiz

Quelle: Bohac, P., Biber, R., Vital, A.: a.a.O., 1987, S. 16

9.4 HOLLAND

In Holland werden z.Zt. ca. 10 % der verkauften Gerätebatterien gesammelt, 40 % werden mit dem Hausmüll verbrannt, 50 % mit dem Hausmüll deponiert.

Das Ziel für das Jahr 2000 ist lt. einer gemeinsamen Studie verschiedener Ministerien (Verkehr, Umwelt, Wirtschaft, Landwirtschaft) die Erzielung einer Sammelquote von 100 %.

Die holländische Firma BATTREX startete im Mai 1984 eine Feldstudie mit dem Ziel herauszufinden, ob innerhalb eines Vertriebssystems für Batterien auch ein Sammel-system zu etablieren möglich sei. Diese Versuche wurden staatlicherseits unterstützt. Diese Unterstützung wurde mit der Auflage erteilt, die Daten über die Marktanteile der einzelnen Systeme zu veröffentlichen.

Battrex ist ein Batteriegroßhändler und damit Lieferant von Batterien an Wiederverkäufer (Einzelhandel) und Großverbraucher (wie Fabriken, Krankenhäuser usw.). Bei allen Kunden, das sind 250 Großverbraucher und 450 Wiederverkäufer, wurden insgesamt 800 Stück 30-Liter-Sammelbehälter aufgestellt. Wenn die neuen Batterien geliefert wurden, hat man gleichzeitig die Altbatterien zurückgenommen.

Diese Feldstudie wurde im September 1987 abgeschlossen und hat zu folgenden Erkenntnissen geführt.

- Die Kombination von Vertrieb und Entsorgung als Gesamtservice für den Verbraucher hat viele positive Reaktionen hervorgerufen, vorrangig von Großverbrauchern, sekundär von Konsumenten über den Einzelhandel.
- Die Sammelmenge in der Provinz 2, Mittelholland, lag für den Zeitraum von knapp zweieinhalb Jahren bei 68 t Altbatterien. Auf Jahresbasis sind das ca. 30 t. Bei einem geschätzten Batterieverbrauch von ca. 900 t pro Jahr in diesem Gebiet beträgt die Rücklaufquote etwa 3,3 %.

Sollte dieses System als offiziell anerkannt werden, rechnet man mit einem um ein Vielfaches höheren Sammelergebnis etwa in der Größenordnung von 300 t pro Jahr bzw. einer Rücklaufquote von 33 %.

Unter dieser Voraussetzung würden die geschätzten Kosten des Battrex-Systems öS 7,-/kg betragen und sich wie folgt aufteilen:

Öffentlichkeitsarbeit:	öS 0,50
Sammlung:	öS 1,10
Gemeinkosten:	öS 1,10
Lagerung:	öS 0,70
Verwertung:	öS 3,60

Während der Versuchsperiode und einer Sammelmenge von 30 t pro Jahr betragen die Gesamtkosten öS 26,5 je kg gesammelter Batterien.

- Vom technischen Standpunkt aus gesehen, hat das Battrex-Sammelsystem keine Probleme ergeben.
- Das Sammelergebnis bei den Großverbrauchern war wesentlich höher als über den Einzelhandel, weil die Öffentlichkeitsarbeit innerhalb der Großverbraucher den Verwender der Batterie wesentlich besser erreichte.

Generell kam man zu dem Ergebnis, daß man mit einem landesweiten Gesamtkonzept an die Batteriesammlung herangehen müßte. Weiters wurde eine Diskussion über ein Pfandsystem vorgeschlagen.

Neben dem Battrex-Sammelsystem sind noch andere Sammelsysteme für Batterien und geringe Mengen chemischer Abfälle aus Haushalten und der Industrie eingerichtet.

- So hat nahezu jede Kommune ein Depot, wo Batterien angenommen werden (Bring-System).

- In vielen Gemeinden nehmen Geschäfte kleine Mengen chemischer Abfälle der Produkte zurück, die sie verkaufen (z.B. Farben, Batterien).
- In manchen Orten werden geringe Mengen chemischer Abfälle gesammelt (von den Gemeinden oder privaten Organisationen unter der Verantwortlichkeit von Gemeinden).
- Die Sammelsysteme verwenden Container für Papier, Glas, Batterien sowie "Chemo-Cars" - das sind mobile Übernahmestellen.

Die Gemeinde Rotterdam hat ein spezielles Sammelsystem, das von non-profit Organisationen betrieben wird, eingerichtet. Pro kg abgelieferter Batterien - nur aus privaten Haushalten - werden ca. öS 3,- bezahlt.

Die in Holland gesammelten Batterien werden

soweit sie von Battrex gesammelt werden, temporär gelagert bis eine Verwertungsanlage errichtet wird, ansonsten entweder nach Deutschland exportiert (Untertageponie) oder nach Ost-Deutschland exportiert (und gemeinsam mit Chemieabfällen deponiert).

Im Dezember 1987 präsentierte Nefibat eine Studie über Nickel-Cadmium-Akkumulatoren mit dem Ergebnis, daß diese gesammelt werden sollten. Ein Pfandsystem wurde als nicht geeignet angesehen.

Im März 1988 wurde mit einem neuen Forschungsprogramm über Sammlung und Verwertung von Altbatterien begonnen, das gemeinsam von TNO, LETO-Recycling, der dänischen Regierung und weiteren Stellen durchgeführt und teilweise von der europäischen Gemeinschaft finanziert wird.

9.5 DÄNEMARK

Das Technological Institute of Copenhagen hat in Zusammenarbeit mit der TEM-University of Lund von November 1987 bis April 1988 auf der dänischen Insel Bornholm einen ursprünglich auf einem Pfandsystem aufgebauten Sammelversuch für Batterien geleitet.

Dieser Versuch ist ein Teil eines übergeordneten Forschungsprojektes, das sich mit der Handhabung gebrauchter Batterien befaßt und sowohl von der Commission of the European Communities (CEC), dem Nordic Council of Ministers und der Danish Agency for Environmental Protection, als auch von einigen schwedischen Organisationen, wie der Foundation Reforsk, dem Swedish National Board for Technical Development und der Stockholm City Waste Recycling Company unterstützt wird. Das Projekt wird durch die CEC mit einem Recyclingprojekt für Batterien koordiniert, das von TNO in Apeldorn, Niederlande, geleitet wird.

Die Insel Bornholm liegt im Osten des dänischen Festlandes. Sie hat 50.000 Einwohner, das entspricht ca. 1 % der dänischen Bevölkerung. Bornholm wurde wegen seiner abgeschlossenen Lage als Insel und den sich daraus ergebenden gut definierten geographischen Grenzen ausgewählt.

Es war beabsichtigt, ein umfassendes Experiment mit einem Pfandsystem für Batterien durchzuführen, wobei die Pfandsumme DKR 5,- (öS 9,-) pro Batterie betragen sollte. Dieser Plan bedurfte der Zustimmung und der freiwilligen Zusammenarbeit aller Batterieverkäufer. Die allgemeine lokale Bereitschaft an einem kompletten Pfandsystem-Experiment teilzunehmen wurde durch die zwei größten Handelsketten verhindert, die nach Rücksprache mit ihren Zentralen ablehnten, ein Pfand auf freiwilliger Basis einzuführen.

Das Sammelprogramm wurde daher in ein freiwilliges Sammelsystem abgewandelt. Der Schwerpunkt der Untersuchung, Sammelhilfen und notwendige organisatorische und administrative Abläufe für ein Pfandsystem zu finden und zu entwickeln, wurde beibehalten. Mit dem freiwilligen Sammelsystem konnte die Infrastruktur für ein Pfandsystem getestet werden.

Als das Projekt startete, beteiligte sich die Mehrheit der batterieverkaufenden Geschäfte an dem Programm, d.h. insgesamt 138 Geschäfte, darunter 88 % der Fotogeschäfte, 86 % der Radio-Elektrogeschäfte und 77 % der Gemischtwarengeschäfte.

Die Konsumenten wurden aufgefordert, die Batterien in vier Fraktionen zu sortieren: Alkali-Mangan-Batterien, wiederaufladbare Batterien, Knopfzellen und andere Batterien (vorwiegend Kohle-Zink-Batterien). Die Sammelbehälter waren in entsprechende, getrennte Fächer unterteilt.

Die Sortierung durch die Konsumenten schlug weitgehend fehl. So waren nach den ersten 3 Monaten z.B. 75 % der Alkali-Mangan-Batterien falsch eingeworfen. Dieses Ergebnis verbesserte sich im Lauf der Untersuchung. Über die gesamte Sammelperiode ergibt sich folgendes Resultat:

97 % der Kohle-Zink-Batterien
47 % der Alkali-Mangan-Batterien
76 % der Knopfzellen

wurden von den Konsumenten in die richtige Box geworfen.

In einer Umfrage schätzten sich nur 30 % der Konsumenten in der Lage, die einzelnen Batteriesysteme zu unterscheiden.

Eine Befragung der Geschäftsinhaber zeigte, daß 64 % eine Kennzeichnung der Batterien befürworten (4 % dagegen), 92 % halten ein Pfandsystem gegenüber einer freiwilligen Sammlung für effizienter, während 52 % meinen, es wäre eine gute Idee, ein Pfandsystem auf Batterien einzuführen.

Von den Konsumenten wollen 87 %, daß Batterien gesammelt werden (3 % dagegen), 86 % befürworten eine Kennzeichnung (5 % dagegen) und 49 % wollen ein Pfand (35 % dagegen).

Trotz der massiven Information, vermittelt durch die lokalen Zeitungen (wiederholte Titelseiten), das lokale Fernsehen und Radio, sowie Broschüren an jeden Haushalt, Aufkleber an Geschäften und Bussen (auf allen Bussen der Insel), Posters, Information auf allen Milchpaketen während einiger Monate, wurde das Sammelergebnis von den durchführenden Stellen als enttäuschend bezeichnet.

Die Rücklaufquote beträgt für

Kohle-Zink-Batterien	27 %
Alkali-Mangan-Batterien	21 %
Knopfzellen	79 %

Dies stimmt mit den schwedischen Erfahrungen aus der zweijährigen, landesweiten Batteriesammelaktion und mit einigen seit langem durchgeführten lokalen Sammlungen überein.

Die Zusammensetzung der gesammelten Batterien sieht wie folgt aus:

	Stück	Gewicht
Kohle-Zink-Batterien	60 %	81 %
Alkali-Mangan-Batterien	22 %	18 %
Knopfzellen	18 %	1 %

Insgesamt wurden in den 6 Monaten 70.000 Stück Batterien mit einem Gesamtgewicht von 3 t gesammelt. 57 % aller gesammelten Batterien wurden in Gemischtwarengeschäften (Supermarkets) zurückgegeben.

Eine sehr wichtige Beobachtung im Zusammenhang mit dem Modellversuch war der gute Zustand der in Geschäften gesammelten Batterien im Vergleich zu solchen, die in außen aufgestellten Behältern gesammelt werden und das Wegfallen von störenden und gefährlichen Gegenständen unter den in Geschäften gesammelten Batterien.

Die verwendeten Papierbehälter haben sich sehr gut bewährt. Verschmutzte Behälter konnten jederzeit ohne hohe Kosten ausgetauscht werden.

Folgende Sammelergebnisse und Kosten gelten für andere Landesteile:

Die Sammelquote für Kopenhagen beträgt ca. 20-25 %. Für das gesamte Land rechnet man mit einer Sammelquote von 70 - 90 % bei Knopfzellen und 10 - 15 % bei runden und prismatischen Zellen. Die Sammelkosten betragen zwischen DKR 1 (öS 1,90) und DKR 10 (öS 19,-) je Einwohner und Jahr.

9.6 SCHWEDEN

Am 1. 1. 1987 wurde mit der landesweiten Sammlung von sämtlichen Batterien begonnen. Das Sammelsystem ist freiwillig und basiert nur auf der Umweltabgabe für schadstoffreiche Batterien und einer landesweiten Informationskampagne als Steuerungsmittel. Die Kosten für Information und Endbehandlung werden aus der Umweltabgabe finanziert. Die Sammel- und Transportkosten werden von den lokalen Behörden getragen und über die Müllentsorgungsgebühren finanziert.

Die Sammlung erfolgt sowohl über im Freien aufgestellte Behälter als auch über Geschäfte. 80 % der gesammelten Batterien fallen in Geschäften an.

Das Resultat der Sammlung wird von den Behörden als wenig zufriedenstellend angesehen.

Das Sammelergebnis für das vierte Quartal 1987 zeigt z.B., daß durch die Sammlung etwa 58 % des Quecksilbers in Batterien erfaßt werden. Die Sammelquote für Alkali-Mangan-Batterien beträgt ca. 14 %, die für Quecksilberoxid-Batterien nahezu 100 %. Die hohe Rücklaufquote für Quecksilberoxid-Batterien läßt sich daraus erklären, daß dieser Batterietyp oft in Geschäften ausgetauscht wird und das möglicherweise schon gesammelte Batterien aus früheren Jahren abgegeben wurden. Es ist aber auch durchaus denkbar, daß die Statistik zu geringe Verkaufszahlen für Quecksilberoxid-Batterien ausweist.

Für 1988 rechnet man mit einer Rücklaufquote von 20 % für Alkali-Mangan-Batterien und 90 % für Quecksilberoxid-Batterien. Die daraus resultierende Quecksilberreduktion im Müll von 5,8 t um 2,1 t auf 3,7 t wurde als weitaus zu gering angesehen und man hoffte aufgrund der ab 1. 7. 1989 vorgeschriebenen Kennzeichnung umweltgefährdender Batterien eine Sammelquote von 40 % für Alkali-Mangan-Batterien zu erzielen.

Doch selbst dieses Resultat wäre in Bezug auf eine langfristige Quecksilberreduktion nicht zufriedenstellend, sodaß eine Lösung nur in der Einführung eines Pfandsystems oder im Verbot quecksilberhaltiger Batterien (siehe 8.6) gesehen wird.

Die im Mai 1988 präsentierte Studie über ein Pfandsystem kam zu folgenden Schlußsätzen:

- Eine Sammelquote, die auf kurze Sicht etwa 85 % und auf längere Sicht noch bedeutend mehr erreichen soll, kann nur durch ein relativ hohes Pfand in Verbindung mit einer für den Konsumenten bequemen Sammelorganisation sowie umfassender Information erzielt werden.
- Der Pfandbetrag soll für sämtliche pfandbelegte Batterietypen einheitlich sein.
- Wenn eine eindeutige Kennzeichnung nicht durchgeführt werden kann, müssen sämtliche am Markt befindlichen Batterien mit einem Pfand belegt werden, d.h. auch jene, die aus heutigem Gesichtspunkt nicht umweltgefährdend sind.
- Der Pfandbetrag muß so hoch festgesetzt werden, daß die Forderung einer hohen Sammelquote sicher erfüllt werden kann. Um einen Mißbrauch mit den Pfandbeträgen zu verhindern, sind zusätzliche Maßnahmen erforderlich (z.B. Kennzeichnung).
- Als Pfandbetrag wird ein Wert zwischen öS 4,- und öS 10,- pro Batterie vorgeschlagen. Zu Beginn sollte der Pfandbetrag auf öS 6,- festgelegt werden (öS 4,- wenn sämtliche Batterien mit einem Pfand belegt werden). Wird auf Grund dieses Betrages die angestrebte Rücklaufquote nicht erreicht, sollte das Pfand entsprechend angehoben werden.

Erfahrungen über ein Pfandsystem lieferte der Östhammar Modellversuch.

Östhammar ist eine kleine schwedische Stadt mit ungefähr 22.000 Einwohnern. Die Stadt sammelt bereits seit 1980 Batterien. 1985 stellte man fest, daß das Ergebnis der freiwilligen Sammlung nicht zufriedenstellend war. Daraufhin begann man im April/Mai 1985 ein Sammelsystem auf Basis eines Pfandes oder besser gesagt ein "Rückkaufsystem" für sämtliche Batterien einzuführen.

Die Kommune bezahlt einen Betrag von öS 0,50 für jede zurückgegebene Batterie. Die Finanzierung erfolgt durch die lokalen Behörden, jedoch erhalten die Geschäfte keinen Ersatz für die zusätzliche Arbeit. Die Vertreter der Stadt berichten über keine nennenswerten Probleme und der Arbeitsaufwand, verglichen mit dem freiwilligen Sammelsystem war nur geringfügig höher.

Das Sammelresultat zeigt nachfolgende Tabelle:

	HgO Knopfzellen	Alkali- Mangan	Nickel- Cadmium	Kohle-Zink- und andere
angenommene Verkaufsmenge (kg)	34 (*)	976	401(**)	13.714
Sammlung 1985 (kg) (in % der angenom- menen Verkaufsmenge)	68 200 %	430 44 %	28 6 %	2.492 18 %
Sammlung 1986 (kg) (in % der angenom- menen Verkaufsmenge)	91,3 268 %	1.775,6(***) 181 %	78,4 19 %	5.199 38 %
Sammlung 1987 (kg) (in % der angenom- menen Verkaufsmenge)	61,7 181 %	1.016 104 %	101 25 %	7.033 51 %
Sammlung 1988 (kg)(****) (in % der angenom- menen Verkaufsmenge)	59 231 %	792 108 %	41,8 14 %	5.000 49 %

(*) Wenn im Versuchsgebiet mehr als 100 % gesammelt wird, weist dies auf zu niedrige Verkaufszahlen hin

(**) Verkaufsmenge der Region und nicht nur von Östhammar

(***) Beinhaltet eine besondere Lieferung von 1000 kg

(****) Hochgerechnet auf Jänner bis Dezember 1988

Tab. 26: Sammelergebnisse - Östhammar, Schweden, 1985-1988

Quelle: The deposit system - swedish experiences concerning present and proposed systems, TEM-University of Lund, 1988

Ein Vergleich mit dem freiwilligen Sammelsystem zeigt eindeutig die wesentlich höhere Rücklaufquote bei diesem Modellversuch als bei der landesweit freiwilligen Sammelaktion, ungeachtet des relativ geringen Pfandes von öS 0,50 je Batterie.

9.7 JAPAN

Im Jänner 1984 baten das Ministerium of Health and Welfare (MHW) in Zusammenarbeit mit dem Ministry of International Trade and Industry (MITI) die Japan Association of Dry Battery Manufactures (JADBM) die notwendigen Maßnahmen und Schritte zur Vermeidung der Ablagerung von gebrauchten Batterien auf Deponien einzuleiten.

Daraufhin schlug JADBM sofort ein Programm vor, mit dem die Sammlung von Knopfzellen beim Einzelhandel und die Verringerung des Quecksilbergehaltes bei der Produktion von Alkali-Mangan-Batterien vorgesehen wurde.

Es wurden von der Industrie mehr als 100.000 Sammelbehälter an den Einzelhandel verteilt. Die Sammelquote von 14,8 % war nach einem Jahr sehr gering und hat sich im Jahr 1985 auf 27 % erhöht. Der geringe Rücklauf wurde mit fehlender wirtschaftlicher Attraktivität für den Verbraucher erklärt.

Alle gesammelten Knopfzellen werden zur Verwertungsanlage nach Hokkaido gebracht. Die Sammlung, der Transport und die Aufbereitung sind selbstfinanzierend, insbesondere auch aufgrund des Silbergehaltes eines Teiles der gesammelten Knopfzellen.

Gleichzeitig wurde von JADBM ein Programm vorgestellt, das eine schrittweise Verringerung des Quecksilbergehaltes in Alkali-Mangan-Batterien auf ein Sechstel der Werte von 1983 bis Oktober 1987 vorsah.

Nachdem über den Einzelhandel Knopfzellen gesammelt wurden, begannen auf Druck der Öffentlichkeit auch schrittweise Gemeinden mit einer freiwilligen Sammlung von Rundzellen und prismatischen Batterien.

Inzwischen beteiligen sich über 2300 von insgesamt 2355 Gemeinden an der Sammlung von gebrauchten Batterien. Die Bürger werden durch die Behörden gebeten, ihre Batterien in gekennzeichneten Kunststoffsäcken neben den normalen Haushaltsabfall zu stellen oder sie in Behälter der Stadtreinigung oder des Einzelhandels zu werfen. Es werden sowohl Kohle-Zink- als auch Alkali-Mangan-Batterien gesammelt.

Nach Schätzungen wurden 1985 etwa 5000 t Batterien gesammelt, dennoch war die Sammelquote nicht so hoch, wie man erwartet hatte. In einer Untersuchung von 27 Vorstädten Tokios stellte man fest, daß die durchschnittliche Sammelquote 19,2 % beträgt, jedoch örtliche Differenzen aufweist, die von 7,8 % bis 41,67 % reichen.

Da die Hersteller tatsächlich Maßnahmen zur Sammlung der Knopfzellen sowie der Quecksilberreduktion in den Alkali-Mangan-Batterien eingeleitet hatten, wurden keine gesetzlichen Schritte eingeleitet. Die Entscheidung über die getrennte Erfassung liegt somit bei den Gemeinden. Dem Ministerium fällt nur die Aufgabe der regionalen Koordination bei der Verteilung und Lagerung der gesammelten Batterien zu.

Aus einem Bericht des MHW vom März 1987 ergibt sich folgende Situation:

- Etwa 73 % der Gemeinden Japans haben sich bereit erklärt, Gerätebatterien zurückzunehmen. (Keine Knopfzellen).

- 9 Gewichtsprozent der prismatischen Zellen und Rundzellen wurden gesammelt.
- 75 % der Gemeinden, die Batterien sammeln, lagern diese, 23 % senden sie auf eigene Kosten zur Verwertungsanlage in Hokkaido und 2 % gießen die gesammelten Batterien in Beton ein.

Die Kosten der Entsorgung der prismatischen Zellen und Rundzellen betragen öS 7500,-/t in der Verwertungsanlage sowie öS 600,- bis öS 3000,- für den Transport dorthin. Diese Kosten werden von den Gemeinden getragen.

9.8 ZUSAMMENFASSUNG DER ERGEBNISSE DER EINZELNEN LÄNDER

Land	Erfassungsgrad		kg/EW	Kosten/kg in öS
	Gew. %	t		
Österreich ¹	17,0	457	0,06	4,- ⁸
BRD ²	-	-	-	-
Schweiz ³	20,2	717	0,11	3,- ⁹
Holland ⁴	10,0	400	0,03	26,5 ¹⁰
Dänemark ⁵	26,0	6	0,12	633,- ¹¹
Schweden ⁶	13,3	38	0,08	24,- ¹²
Japan ⁷	19,2	5.000	0,04	0,6-3,- ¹³

- 1 für 1988
- 2 keine gesamtdeutschen Zahlen verfügbar
- 3 für 1987
- 4 für 1987
- 5 Modellversuch Bornholm, Versuchsdauer 6 Monate, Zahlen hochgerechnet auf 1 Jahr
- 6 Einzugsgebiet Südschweden (460.000 EW)
- 7 Erfassungsgrad in % gilt für Tokyo, Erfassungsgrad in t gesamt Japan für 1985
- 8 Entsorgungskosten
- 9 Entsorgungskosten
- 10 Entsorgungskosten im Versuchsgebiet der Fa. Battrex bei 30 t/a.
- 11 Gesamtkosten des Modellversuchs
- 12 Sammelkosten im Einzugsgebiet Südschweden
- 13 Transport zur Verwertungsanlage nach Hokkaido

Tab. 27: Erfassungsgrad und Entsorgungskosten der Altbatteriensammlung im internationalen Vergleich

Quelle: eigene Berechnungen

Die Erfassungsgrade liegen bei freiwilligen Systemen generell unter 20 % bzw. bei ca. 30 g - 80 g je Einwohner und Jahr. Je strenger die gesetzlichen Vorschriften sind bzw. je intensiver die Informationskampagne zum Sammeln ist, desto höher ist die Sammelquote.

Die Kosten der Sammlung sind, soweit überhaupt vorhanden, aufgrund zu unterschiedlicher Parameter kaum miteinander vergleichbar.

10. AUFBEREITUNGSSYSTEME FÜR BATTERIEN IM INTERNATIONALEN VERGLEICH

Generell ist für die Verwertung von Batterien zu unterscheiden in Anlagen für die Aufbereitung von Nickel-Cadmium-Akkumulatoren und in Anlagen für quecksilberhaltige Batterien. Neueste Entwicklungen zeigen, daß es auch möglich ist, Aufbereitungsanlagen zu entwerfen, die für sämtliche Batteriesysteme geeignet sind (z.B. Recytec-Verfahren).

Zur Zeit der Erstellung dieses Berichtes ist in Europa keine Anlage zur Aufbereitung von quecksilberhaltigen Batterien in kontinuierlichem Betrieb. Auch die Aufbereitungsanlage in Japan ist aufgrund der geringen Sammelmenge nur bei Bedarf in Betrieb.

Für die Aufbereitung von Nickel-Cadmium-Akkumulatoren gibt es in Europa zwei Anlagen, eine in Schweden und eine in Frankreich. Beide Anlagen sind in Betrieb.

Derzeit wird in verschiedenen Ländern, insbesondere in Holland, Dänemark, Schweiz und Schweden an Studien über Sortierungs- und Aufbereitungsverfahren von Batterien gearbeitet. Diese Studiengruppen sind teilweise international besetzt und die Untersuchungen werden auch aus Mitteln der Europäischen Gemeinschaft finanziert.

10.1 STUDIEN ÜBER SORTIERUNG UND AUFBEREITUNGSVERFAHREN VON BATTERIEN

10.1.1 SCHWEIZ

Das Bundesamt für Umweltschutz finanziert derzeit die Entwicklung eines Behandlungsverfahrens für Altbatterien von einer Forschungsgemeinschaft AFIF (Federal Institute of Technology), Zürich/EIC S.A., Zürich/ORFA-Umwelttechnik AG, Zürich mit den Zielen

- Quecksilberabtrennung
- Rohmaterialgewinnung für den Einsatz möglichst weit vorne im industriellen Stofffluß (Hochofen)
- Reststoffe in endlagerfähigen Zustand aufzubereiten

Sobald dieses Aufbereitungsverfahren zur Verfügung steht, soll, wenn ein geeignetes Sammelergebnis nur mittels eines Pfandes erreicht werden kann, dieses eingeführt werden. Dabei sind folgende Schritte vorgesehen:

- Ausgereiftes Aufbereitungsverfahren (Technik)

- Vorgezogene Entsorgungsgebühr zur Finanzierung der Aufbereitung
- Intensive Öffentlichkeitsarbeit zur Sammlung aller Batterietypen - man vertritt die Auffassung, daß eine Unterscheidung der verschiedenen Typen für den Konsumenten nicht zumutbar sei, er wäre überfordert und deshalb nicht motivierbar.
- Diskussionsbasis: Pfand auf alle Batterien in der Höhe von öS 4,- je Stück.
Ausnahme: Nickel-Cadmium-Akkus öS 16,- und Power Packs öS 80,-.

Das Bundesamt für Umweltschutz Bern sucht und fördert die Lösung des Aufbereitungsproblems mit beschränkten finanziellen Mitteln und es bereitet eine notwendige Gesetzesänderung für die Einführung der vorgezogenen Entsorgungsgebühr vor.

10.1.2 HOLLAND

10.1.2.1 TNO

TNO und die Universität für Technologie Twente haben 1986 ein Forschungsprojekt über die Sortierung und Aufbereitung von Altbatterien durchgeführt. Das Ziel der Untersuchung war es, festzustellen, ob es möglich sei, Quecksilber, Zink und Mangan aus Altbatterien auf eine wirtschaftliche Weise rückzugewinnen.

Die wesentlichsten Resultate der Untersuchung waren:

- Eine Sortierung nach dem Batteriesystem durch eine Röntgenfluoreszenzanalyse erscheint durchführbar. Das Sortieren von 300 Batterien pro Minute erscheint möglich.
- Es ist möglich, die Batterien in einer Hammermühle zu zerkleinern. Der Energieverbrauch wird auf 75 kW/t Batterien geschätzt.
- Durch Sichten (2,5 mm Maschengröße) können die zerkleinerten Batterien in eine Feinfraktion aus Kohle, Zink, Quecksilber und Mangan und in eine Grobfraktion aus Metallteilen, Kupferstäben, Papier und Kunststoff getrennt werden.
- Das Quecksilber kann in Stickstoffatmosphäre aus der Feinfraktion bei 375° C in 15 Minuten bis auf einen Quecksilberrestgehalt von 200 mg/kg abgedampft werden. Dies gilt sowohl für Alkali-Mangan-Batterien als auch für ein Gemisch von Kohle-Zink- und Alkali-Mangan-Batterien in einem Verhältnis von 80:20.

- Das Quecksilber kann auch auf chemischem Weg aus der Feinfraktion durch Behandlung mit Salzsäure gefolgt von Natriumhypochlorit gewonnen werden, wenn sichergestellt ist, daß durch die Sichtung alle größeren Teile entfernt wurden. Durch diesen Vorgang wird sowohl das Quecksilber als auch das Zink aufgelöst. Durch anschließende Filterung werden Reste von Kohlenstoff und Mangandioxid entfernt.
- Durch elektrolytische Reduktion kann das Quecksilber aus der Lösung bis auf einen Restwert von unter 1 mg je Liter getrennt werden.
- Durch Ausfällen bei einem pH-Wert von 10 kann Zink aus der Lösung als Zinkhydroxid gewonnen werden. Der Restgehalt an Metallen von 1 mg je Liter kann durch weitere Reinigung auf 10 bis 100 µg pro Liter reduziert werden.

Das Ergebnis der Untersuchung führte aufgrund der geringeren Investitionskosten und der zu erwartenden besseren Effizienz der Quecksilberseparation zur Empfehlung eines chemischen Aufbereitungsverfahrens für Altbatterien.

Die Verwertungskosten betragen ungefähr öS 4,- je kg Batterien bei einer Kapazität von 5.000 Jahrestonnen. Diese Preisüberlegungen gehen von einer Abschreibungsdauer von 5 Jahren aus, einem Verkaufspreis des gewonnenen Quecksilbers und Zinks von 50 % des Neupreises, Absatz der Nichteisenfraktion aus dem Shredder ohne Kosten, sowie der Erlaubnis, das gefilterte Abwasser in das öffentliche Kanalnetz zu leiten.

Die holländischen Umweltbehörden und die Europäische Gemeinschaft unterstützen den Aufbau einer Verwertungsanlage.

Die Planung einer größeren Anlage erfolgt in Zusammenarbeit mit der Firma Leto Recycling BV, welche die Verwertungskosten jedoch auf öS 14,- je kg schätzt.

Probleme mit der Finanzierung des Projektes haben dazu geführt, daß die weiterführende Untersuchung erst Mitte 1988 als Gemeinschaftsprojekt von TNO, der Technischen Hochschule Twente, Leto Recycling BV und des Warren Spring Laboratory begonnen hat.

Die Untersuchung wird in mehreren Phasen durchgeführt:

Phase 1:

1. Sammeln von Datenmaterial, Verfahrensabläufe, etc.
2. Laborversuche für Recycling von Metallen (Ni, Cd, Mn, Hg, Zn)
3. Shreddern der Batterien und Aufschluß über die Metalle auf einer semi-technischen Basis
4. Beginn von Sortierversuchen

Phase 2:

1. Sortier- und Recyclingversuche auf einer semitechnischen Basis
2. Experimente über die Abtrennung von Batterien aus dem Müll
3. Marketing der Produkte
4. Vorläufiger Entwurf einer Verwertungsanlage und Wirtschaftlichkeitsberechnung

Nachfolgendes Flußdiagramm zeigt den vorgesehenen Verwertungsablauf:

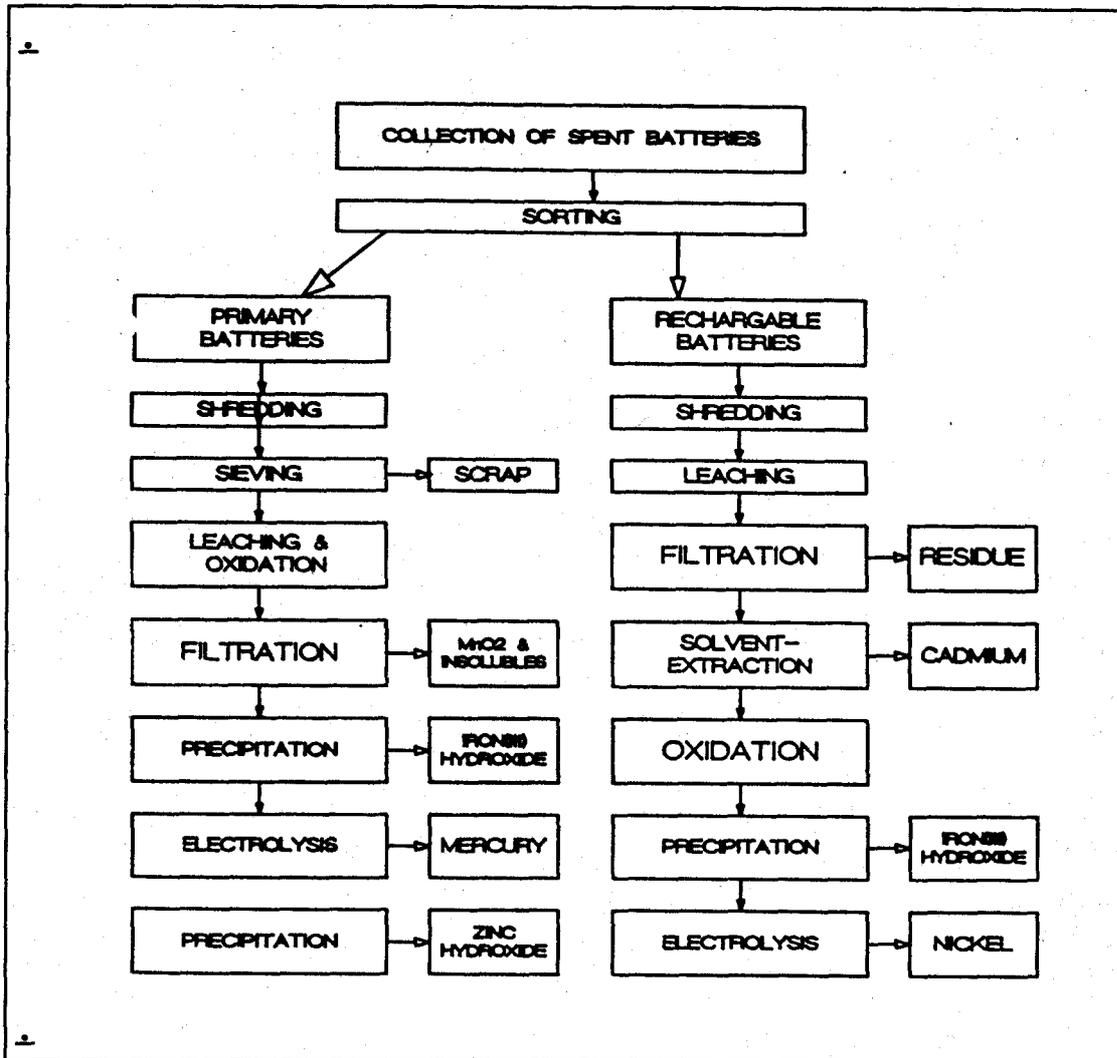


Abb. 16: Schema zum Verwertungsablauf für Altbatterien - TNO

Quelle: Van Deelen, C., TNO (Vortragsunterlagen)

Die Studie soll 1990 fertiggestellt sein und wird finanziell durch die Europäische Gemeinschaft unterstützt. Ein Zwischenbericht wird noch für 1989 erwartet.

10.1.3 SCHWEDEN

10.1.3.1 TEM

Das Forschungsinstitut TEM der Universität Lund führt zur Zeit in Zusammenarbeit mit dem Technological Institute, Denmark eine Studie über automatische Sortiermethoden von Batterien durch. Ausgangspunkt der Untersuchung ist die Tatsache, daß eine manuelle Sortierung mit hohen Kosten, einer geringen Effizienz und einer möglichen Schadstoffbelastung des Sortierpersonals verbunden ist.

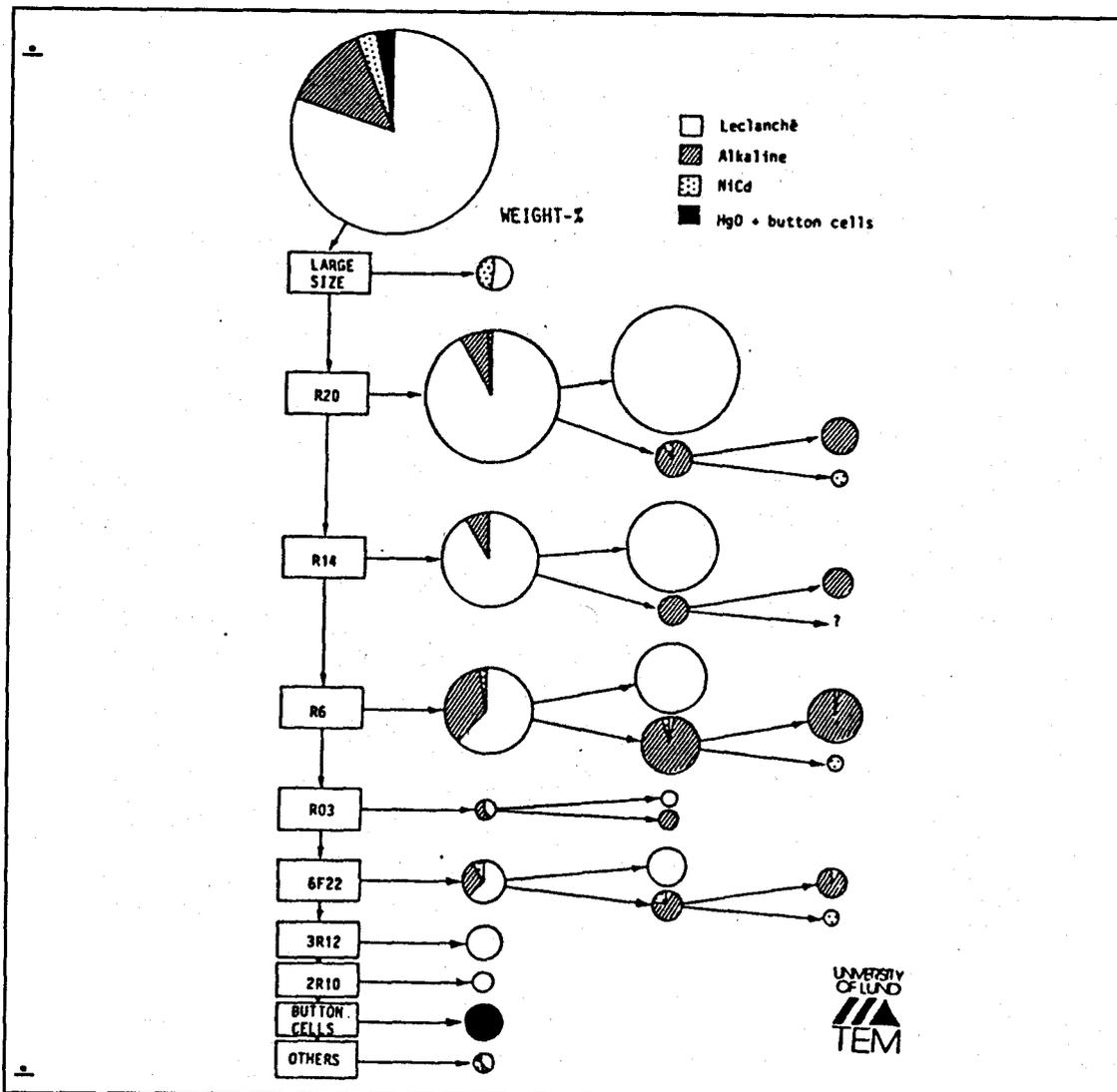
Folgende 5 Methoden werden zur Zeit untersucht:

- Flotation: Das Problem dabei ist, daß kleinere Batterien ungeachtet des Batteriesystems eine höhere Dichte aufweisen, was u.a. bedeutet, daß Alkali-Mangan-Batterien von Nickel-Cadmium-Batterien nicht zu trennen sind. Außerdem bewirkt die Flotationsflüssigkeit eine Verunreinigung der Batterien.
- Sortierung nach Größe und Gewicht: Es hat sich gezeigt, daß es durch dieses Verfahren möglich ist, Kohle-Zink-Batterien von Alkali-Mangan-Batterien und Nickel-Cadmium-Batterien zu trennen.
- Ultraschall: Diese Methode ist noch nicht optimiert, aber sie arbeitet trotzdem zufriedenstellend. Sie ist insbesondere zur Trennung von Alkali-Mangan-Batterien und Nickel-Cadmium-Batterien sehr gut geeignet.
- Induktion: Diese Methode arbeitet schnell, preiswert und außerdem berührungsfrei. Sie ist gleichermaßen imstande, Alkali-Mangan-Batterien von Nickel-Cadmium-Batterien zu trennen.
- Röntgenfluoreszenz: Dies ist eine teure und langsame Methode.

Weitere Methoden der Sortierung könnten in der Messung des Widerstandes oder der Sortierung über einen auf Batterien aufgebrauchten Strichcode sein.

Das Sortieren von Knopfzellen ist problematisch, doch wird auch hier an einer Methode gearbeitet, bei der mit Hilfe der Batteriegröße (Durchmesser und Höhe) es möglich sein soll, silberhältige Knopfzellen auszusortieren.

Nachfolgendes Flußdiagramm zeigt den Entwurf des Sortiermodells für Batterien:



? Das Fragezeichen wird in der Studie nicht erklärt, jedoch ist anzunehmen, daß unklar ist, ob es in Größe R 14 auch Nickel-Cadmium-Batterien gibt.

Abb. 17: Entwurf eines Sortiermodelles für Batterien - TEM

Quelle: Backman, M., Lindqvist, T., Christiansen, K., Hirsbak, S.: Possibilities for effective collection, sorting and recycling of spent batteries, Zusammenfassung aus Backman, M., Lindqvist, T., Erlandson, L., Sorterningsparametrar hos insamlade batterier, Sjöbo 1987

10.2 AUFBEREITUNGSANLAGEN

10.2.1 ÖSTERREICH

10.2.1.1 VÖEST-ALPINE AG

10.2.1.1.1 ALLGEMEINES

Die VÖEST-ALPINE AG liefert im Rahmen ihres umwelttechnischen Programmes Anlagen zur Entsorgung von industriellen und kommunalen Abfallstoffen und hat ein Verfahren zur Entsorgung von Knopfzellen bis zur Betriebsreife entwickelt und eine Pilotanlage errichtet und betrieben.

Zur Entsorgung von Rundzellen und prismatischen Blöcken wurde ebenfalls ein Verfahren entwickelt, jedoch wurde keine Pilotanlage errichtet, sondern Labor- und halbtechnische Versuche durchgeführt.

Eine gewerberechtliche Betriebsgenehmigung wurde von der Bezirkshauptmannschaft nie erteilt, sondern nur eine Versuchsbetriebsgenehmigung für max. 60 Tage pro Jahr im Einschichtbetrieb oder 20 Tage pro Jahr im Dreischichtbetrieb.

Die Zulieferung der Knopfzellen basiert auf einem noch heute gültigen Vertrag mit der ÖPG, heute Austria Recycling GmbH, bei der sich diese verpflichtete, jährlich 6.000 kg Knopfzellen zur Aufbereitung zu liefern.

10.2.1.1.2 EINSATZSTOFFE

Sämtliche Gerätebatterien mit Ausnahme von Nickel-Cadmium-Batterien.

10.2.1.1.3 VERFAHRENSBESCHREIBUNG

Das Konzept für eine Großanlage (1.000 Jahrestonnen) sieht keine getrennte Sammlung der Batterietypen vor und trennt sie in einem ersten Sortierungsschritt in der Anlage.

Das grundsätzliche Verfahrensschema ist in einem Blockschaubild und einem Flow-Sheet veranschaulicht.

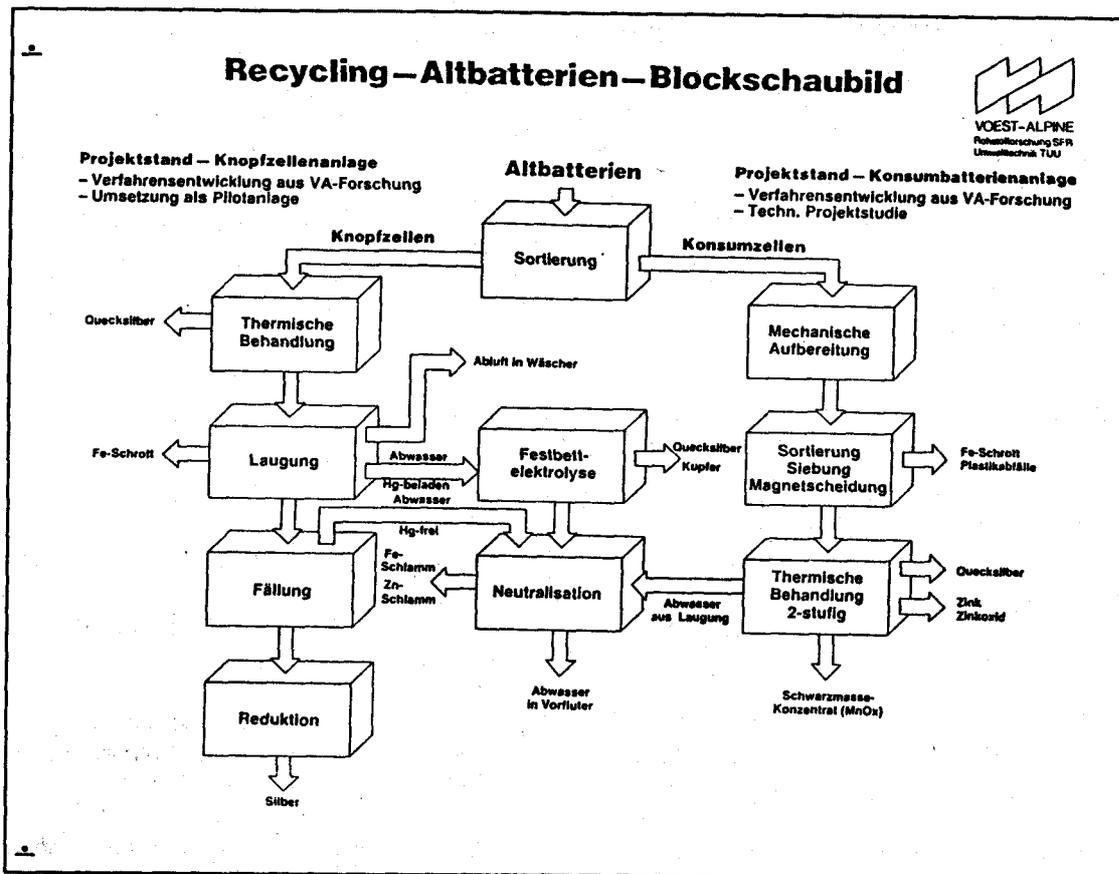


Abb. 18: Blockschaubild der VÖEST-Batterierecyclingsanlage

Quelle: VÖEST Alpine Umwelttechnik, Informationsmappe zum Thema Batterierecycling, Oktober 1987

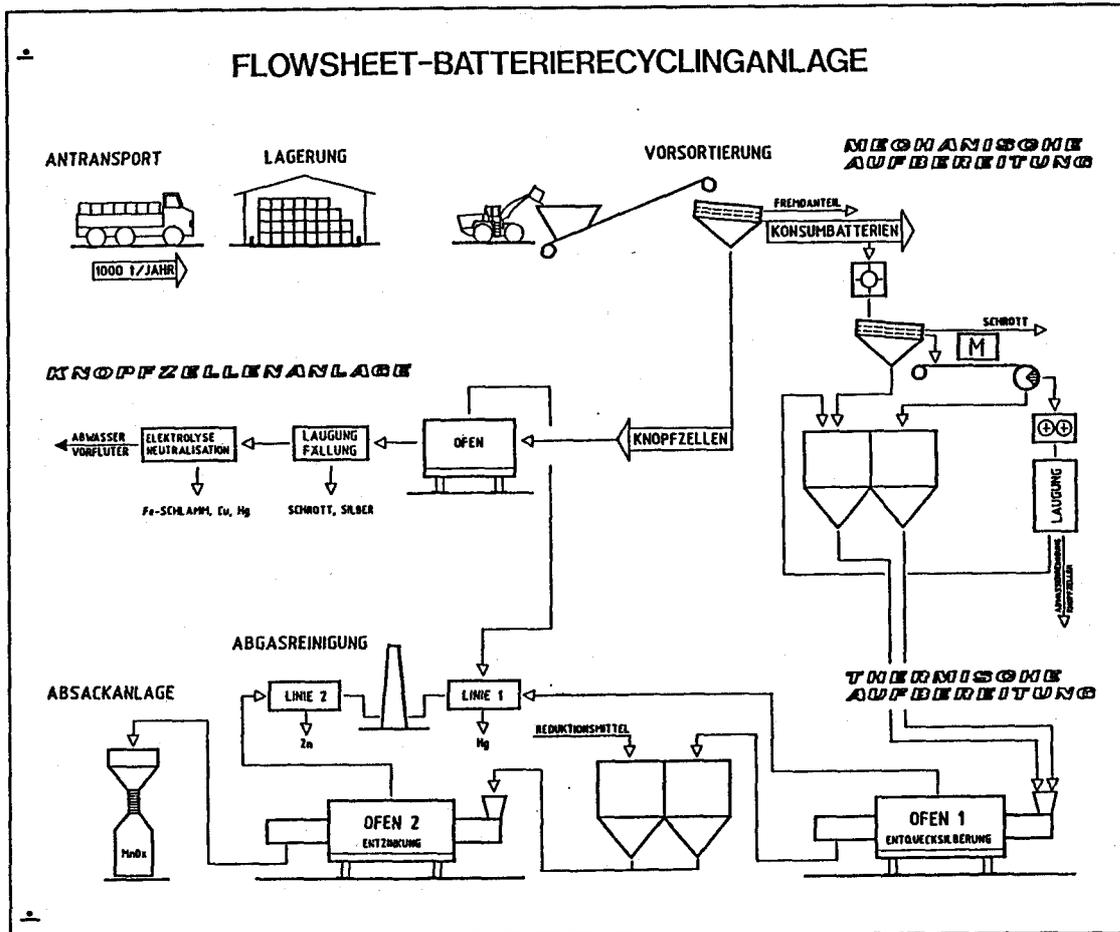


Abb. 19: Anlagen-Flow-Sheet der VÖEST-Batterierecyclingsanlage

Quelle: VÖEST Alpine Umwelttechnik, Informationsmappe zum Thema Batterierecycling, Oktober 1987

Knopfzellen

Die Knopfzellen werden einer thermischen Behandlung bei einer Temperatur von 650° C unterworfen, wobei Quecksilberverbindungen abgebaut, das Quecksilber dampfförmig ausgetrieben und durch Kondensation rückgewonnen wird.

Das so erhaltene Zwischenprodukt wird mittels Salpetersäure gelaugt, der unlösliche Anteil - Edelstahlhülsen - abgetrennt und die Laugungslösung mit Salzsäure versetzt. Dabei fällt Silberchlorid aus, welches mit metallischem Zink zu Silberpulver reduziert und abfiltriert wird. Nach der Trennung stellt dieses ein verkaufsfähiges Endprodukt dar.

Die bei den Aufarbeitungsprozessen anfallenden Abwässer werden durch eine Festbettelektrolyse von Hg-Spuren befreit, neutralisiert und gemäß den behördlichen Auflagen (Ö-Norm M 6203, Richtlinien für die Begrenzung von Abwasseremissionen/Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft) gemeinsam mit den Abwässern aus der Konsumzellenaufarbeitung entsorgt.

Die Luftverunreinigung durch Quecksilber aus dem Verwertungsprozeß beträgt etwa 50 % der behördlich genehmigten Werte von $0,1 \text{ mg/m}^3$.

Konsumzellen

Die aussortierten Konsumzellen werden in einer mechanischen Aufbereitungsstufe zerkleinert und anschließend einer Siebung und Magnetscheidung unterworfen. Dabei werden Fe-Schrott und nichtmagnetische Papier- und Plastikanteile entfernt. Die verbleibende Schwarzmasse (Manganoxide, Zinkflitter, Kohlenstoff) gelangt in eine thermische Behandlungsstufe, in welcher nacheinander Quecksilber und Zink als Metall bzw. Oxid über die Dampfphase abgetrennt werden. Zur Entfernung eventuell erhöhter Anteile an Kalium und Natrium kann die Rohschwarzmasse entweder vor oder nach der thermischen Behandlung einer Laugung unterzogen werden und die behandelte Schwarzmasse als Primärsatz für die Elektrolytbraunsteinherstellung herangezogen werden.

In dieser Auslegung der Anlage ist eine Aufbereitung von Nickel-Cadmium-Akkumulatoren nicht vorgesehen. Die Nachrüstung der Anlage mit einem Modul zur Nickel-Cadmium-Aufbereitung ist technisch möglich, jedoch sind darüber bisher keine technischen Unterlagen verfügbar.

10.2.1.1.4 OUTPUT

Die Massenflußbilanz als Verfahrensablaufschemata ist aus nachfolgender Abbildung ersichtlich:

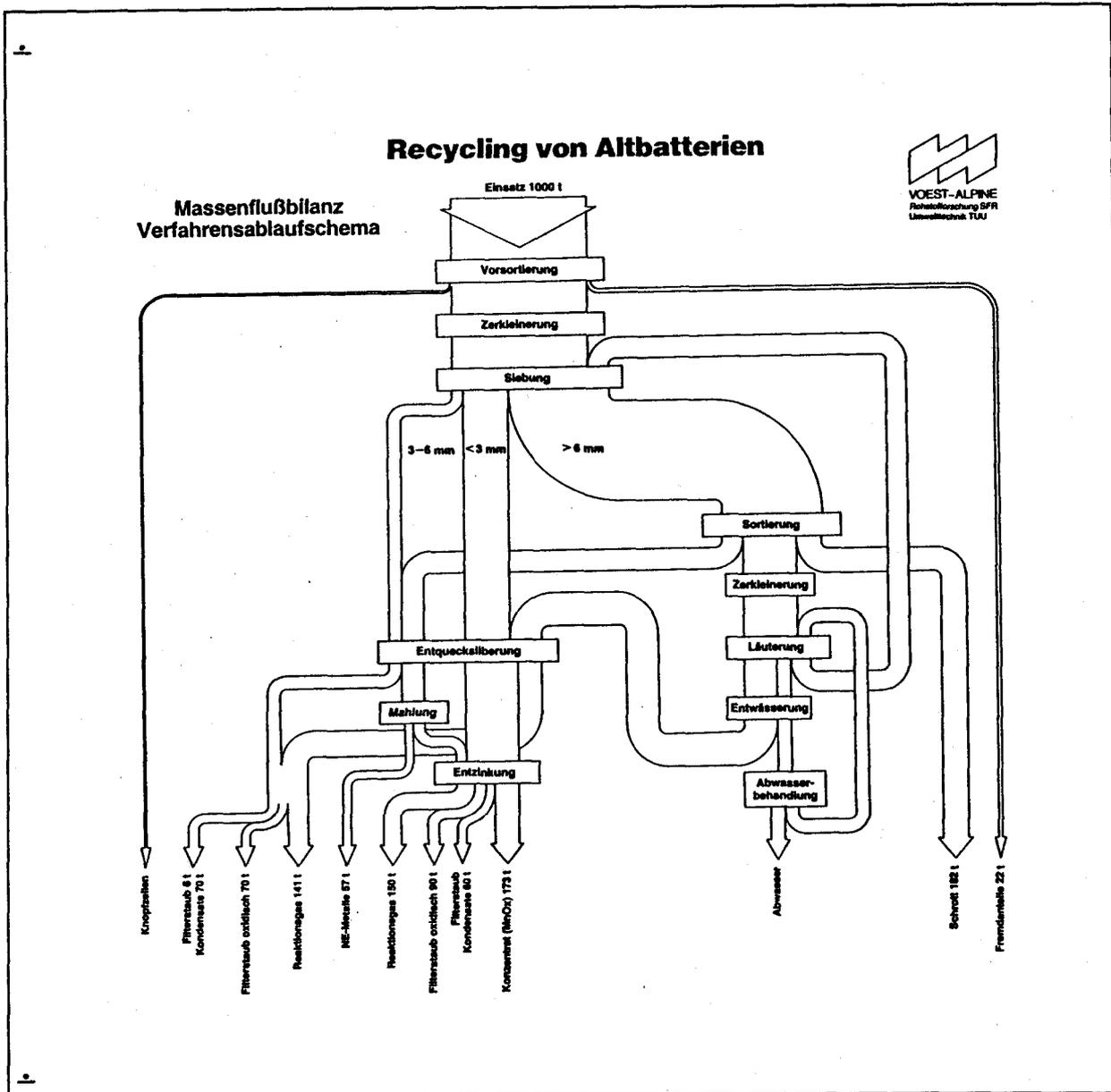


Abb. 20: Massenflußbild und Verfahrensschemablauf der VÖEST-Batterie-recyclinganlage

Quelle: VÖEST Alpine Umwelttechnik, Informationsmappe zum Thema Batterie-recycling, Oktober 1987

Die VÖEST hat während der gesamten Betriebsdauer der Anlage insgesamt 2.500 kg Knopfzellen aufbereitet, und dabei neben 300 kg Quecksilber auch 120 kg Silber rückgewonnen.

10.2.1.1.5 ENTWICKLUNGSSTAND

Der Betrieb der von der VÖEST gebauten Versuchsanlage zur Aufbereitung von Knopfzellen war von zwei Faktoren abhängig, einerseits von einer Betriebsgenehmigung, andererseits von der Zulieferung einer ausreichenden Anzahl von Knopfzellen.

Diese zugesagte Liefermenge wurde jedoch nie erreicht.

Aufgrund der niedrigen Auslastung war der Betrieb der Anlage so unrentabel, daß er schließlich eingestellt, die Anlage an die Fa. Rumpold verkauft und von dieser stillgelegt wurde.

Das vom Geschäftsbereich Umwelttechnik TUU auf der Basis der Labor- und Pilot-Versuchsergebnisse ausgearbeitete Entsorgungsprojekt bezog sich auf einen Österreichmodul von 1.000 t/a rücklaufender Altbatterien.

Weitere Anlagentypen für 2.500 bzw. 5.000 t/a werden zu Zeit für eine Vermarktung im Ausland projektiert.

10.2.1.1.6 KOSTEN

Der Break-Even-Point der Knopfzellenaufbereitungsanlage liegt bei einem Durchsatz von ca. 15 Jahrestonnen. Diese Mengen wären auch erreicht worden, hätte man die in der BRD nach der Schließung der Aufbereitungsanlage Elwenn & Frankenbach, Frankfurt lagernd 30 Tonnen aufbereiten können. Mangels einer entsprechenden Betriebsgenehmigung konnten solche Verträge nie geschlossen werden.

Das Verfahren zur Verwertung von Rundzellen und prismatischen Batterien kann im Detail kostenmäßig nicht erfaßt werden, da noch keine Pilotanlage existiert und nur Labor- bzw. halbtechnische Versuche durchgeführt wurden.

Die Kosten der Errichtung einer Anlage zur Aufbereitung von Gerätebatterien betragen auf einer Basis von 1.000 Jahrestonnen ca. 80 Mio öS.

Die Wirtschaftlichkeit der Anlage wäre bei einer Leistung von 2.000 t Batterien/Jahr aufgrund der neuen Zahlen gegeben, einer Menge, die bei einer freiwilligen Sammlung nicht, jedoch bei einem Pfandsystem zu erzielen ist.

Auf Preisbasis Oktober 1987 und einer Jahreskapazität von 2.000 t betragen die Aufbereitungskosten je t Altbatterien öS 20.000,-, insgesamt also etwa 40 Mio. öS.

Würden die 2.000 t Batterien (ca. 50 Mio. Stück) mit einem Entsorgungsbeitrag von öS 1,- je Batterie belegt, könnten damit sowohl die gesamten Verwertungskosten als auch größtenteils die Kosten für Sammlung und Transport abgedeckt werden.

10.2.2 BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

10.2.2.1 ELWENN & FRANKENBACH GMBH

10.2.2.1.1 ALLGEMEINES

Die Fa. Elwenn & Frankenbach befaßte sich seit dem Beginn der 70er-Jahre mit der Aufbereitung von quecksilberhaltigen Abfällen, insbesondere Leuchtstoffröhren, Zahnamalgam und quecksilberhaltigem Glas- und Metallabfall.

In weiterer Folge wurde zu Beginn der 80er Jahre auch eine Anlage zur Aufbereitung von Gerätebatterien entwickelt.

10.2.2.1.2 EINSATZSTOFFE

Quecksilberoxid- und Silberoxid-Knopfzellen

10.2.2.1.3 VERFAHRENSBESCHREIBUNG

- Die Quecksilberoxid- und Silberoxid-Knopfzellen werden aus dem Batteriemisch handlich aussortiert.
- Die Batterien werden in einer Hammermühle zerkleinert.
- Der Batterieschrott wird anschließend in einer indirekt beheizten Retorte unter Zugabe von Aktivkohle und Kalk destilliert. Diese Zusatzstoffe sind notwendig, um den thermischen Reduktionsprozeß bei der relativ geringen Temperatur von 800^o C durchführen zu können. Durch den chemischen Reduktionsprozeß mittels Aktivkohle kann der Quecksilberrestgehalt von 400 ppm auf 200 ppm reduziert werden.
- Das Röstgut bleibt bis zum vollständigen Erkalten im geschlossenen Ofen unter Vakuum. Dann wird der Ofen mittels einer Vakuumbaugung entleert.

Durch diverse Filtereinheiten wird der vorgeschriebene Grenzwert von 0,1 mg Hg/m³ in den Abgasen eingehalten.

Die Kapazität der Anlage beträgt 400 m³ bzw. 3 Mio. Stück Leuchtstoffröhren jährlich. Dies entspricht ungefähr 150 kg aufgearbeitetem Quecksilber.

10.2.2.1.4 OUTPUT

- Metallisches Quecksilber mit einer Reinheit von >99,99 %.
- Silberhaltiger Batterieschrott

10.2.2.1.5 ENTWICKLUNGSSTAND

Die Anlage zur Aufbereitung von quecksilberhaltigen Abfällen wie Leuchtstoffröhren und Batterien wurde Ende 1986 an die Firma Degussa verkauft. 1987 mußte der Betrieb von der Degussa eingestellt werden, weil der Anlage von den Behörden die Betriebsgenehmigung entzogen wurde.

10.2.2.1.6 KOSTEN

Die Kosten der Aufbereitung werden mit ca. öS 21,-/kg Einsatzmaterial angegeben (1983).

10.2.3 SCHWEIZ

10.2.3.1 ETH/AFIF/ORFA/EIC

10.2.3.1.1 ALLGEMEINES

Das Bundesamt für Umweltschutz hat im Frühjahr 1983 die Arbeitsgemeinschaft für industrielle Forschung (AFIF) an der Eidgenössischen Technischen Hochschule (ETH), Zürich mit der Ausarbeitung von Entsorgungs und Aufbereitungsmöglichkeiten für Gerätebatterien beauftragt.

10.2.3.1.2 EINSATZSTOFFE

Das Verfahren sieht eine gemeinsame Aufbereitung von Kohle-Zink- und Alkali-Mangan-Batterien vor.

10.2.3.1.3 VERFAHRENSBESCHREIBUNG

In der ersten Projektphase wurde ein Verfahren zur mechanischen Aufteilung des Sammelgutes in die verschiedenen Batteriegrößen entwickelt. Mittels Wägetechnik lassen sich die gleichgroßen Batterien anschließend in eine schwere Fraktion (Quecksilber- und Alkali-Mangan-Batterien), sowie eine leichtere Fraktion (Kohle-Zink-Batterien) aufteilen.

Aufgrund der technisch aufwendigen Einrichtungen und den daraus erwachsenden Kosten wurde jedoch später auf ein relativ aufwendiges Trennen der einzelnen Batterietypen verzichtet und in umfangreichen Laborversuchen nach Möglichkeiten zur gemeinsamen Aufbereitung des gesamten Sammelgutes gesucht. Die Verfahrensvereinfachung, sowie die Ersparnis einer Sortieranlage ermöglichen es, bei der gemeinsamen Aufbereitung von Kohle-Zink- und Alkali-Mangan-Batterien sowohl die Wirtschaftlichkeit, wie auch die Zuverlässigkeit des gesamten Recyclingprozesses zu erhöhen.

Das nun vorliegende Materialrückgewinnungsverfahren ohne Batteriesortierung wurde in Zusammenarbeit mit den Firmen ORFA-Umwelttechnik AG und EIC S.A. Zürich entwickelt und ist aus dem nachfolgenden Flußdiagramm ersichtlich:

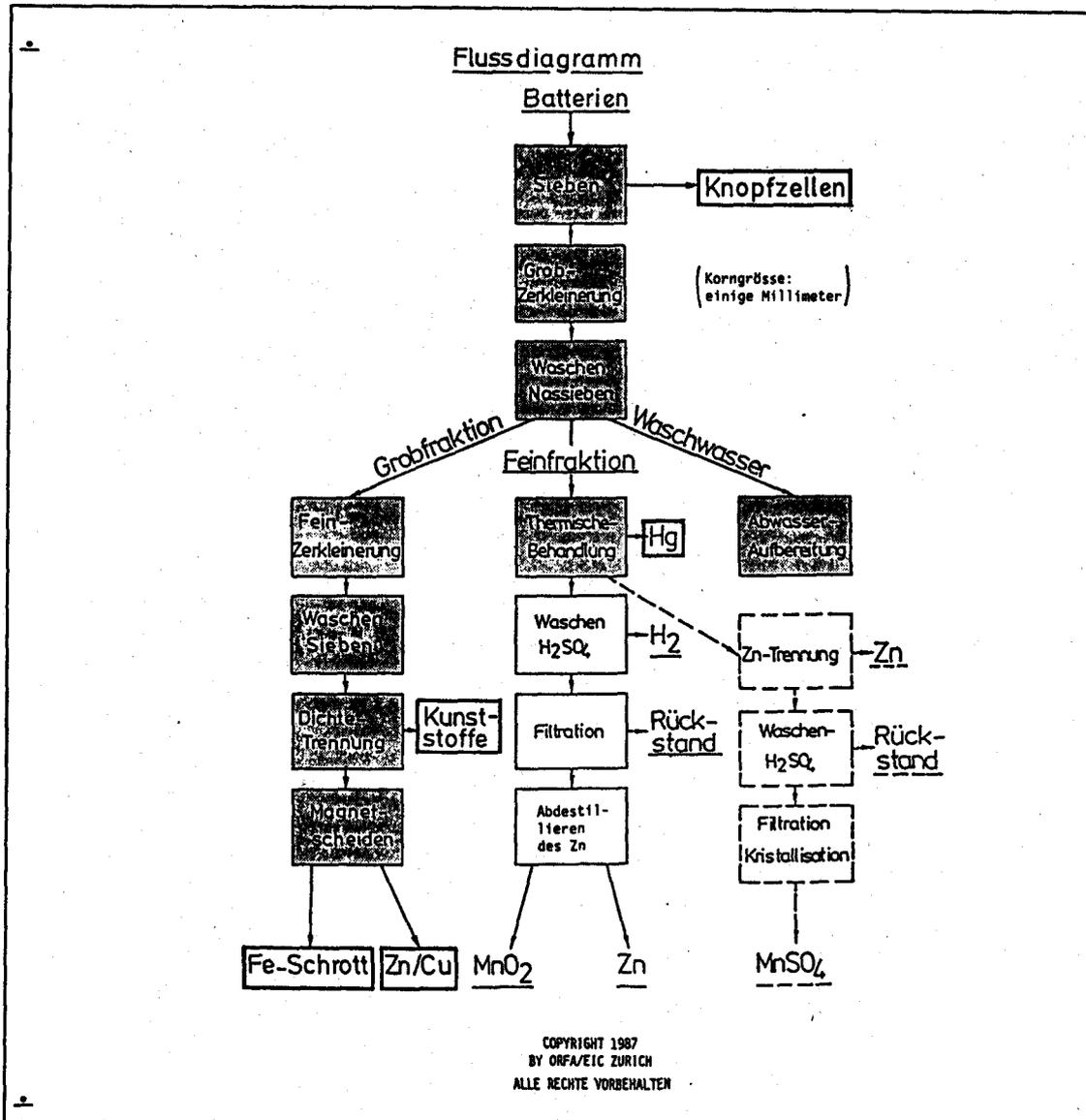


Abb. 21: Flußdiagramm des ETH-Aufbereitungsverfahrens für Kleinbatterien

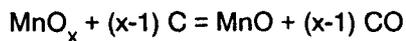
Quelle: Bohac, P., Biber, R., Vital, A.: a.a.O., S. 17

Die Grundidee bei der Aufbereitung von Alkali-Mangan-Batterien besteht im Auswaschen des Elektrolytes aus vorher zerkleinertem Batterieschrott und der Auftrennung des festen Materials in eine Grob- und eine Feinfraktion.

In einer zweistufigen Reißmühle mit relativ langsam gegeneinander rotierenden, gezähnten Schneidmesserwellen aus hochwertigem Stahl (Messerabstand 15 mm/5 mm) wird zunächst das unsortierte Batterie-Sammelgut mechanisch zerkleinert. Nach der Zerkleinerung wird der Batterieschrott mit etwa der dreifachen Menge an warmem Wasser, das im Kreislauf geführt wird, ausgewaschen und zugleich über ein 2 mm Sieb naßgesiebt. Dabei werden die groben Teile wie Stahlmäntel, Zinkbecher und Kontaktstifte, sowie das Papier und die Kunststoffstücke (Grobfraktion) von der pulverigen Füllmasse (Feinfraktion) getrennt. Die wasserlöslichen Inhaltsstoffe (NH_4OH , ZnCl_2 , KOH) gehen in die Waschlösung über, aus der beim Abkühlen eine Salzfraktion auskristallisiert. Nach der Ausfällung von Zinkionen werden die Neutralsalze mit dem Abwasser abgeleitet.

Die Grobfraktion mit einem Massenanteil von ca. 45 % der Gesamtmenge wird in einem Aufstromklassierer bzw. Hydrozyklon von leichten Papier- und Kunststoffteilen befreit. Dann werden die Metallstücke mit einem Magnetscheider in Eisenschrott und Nichteisenmetallen (Zn und Cu) zerlegt. Der Quecksilbergehalt der Eisenfraktion liegt in einem Bereich, der eine Aufarbeitung in schweizerischen Stahlwerken bedenkenlos ermöglicht; die amalgamierten Buntmetalle lassen sich thermisch vom Quecksilber befreien. Für die Kunststoff/Papierfraktion ist eine Beseitigung durch Verbrennen in Kehrichtverbrennungsanlagen mit Rauchgasreinigung vorgesehen.

Die aus Manganoxiden, Kohle- und Zinkpulver bestehende Feinfraktion (Massenanteil von ca. 40 % - 45 %), die auch den Hauptanteil des Quecksilbers enthält (ca. 0,3 %), wird einer thermischen Behandlung bei 700°C unterworfen. Dabei wird das metallische Quecksilber herausdestilliert. Gleichzeitig reduziert der vorhandene Kohlenstoff höherwertige Manganoxide zu MnO :



In Abb. 21 ist die Abhängigkeit des Hg-Restgehaltes von der Temperatur und Zeit der thermischen Behandlung aufgetragen; Abb. 22 zeigt den Reduktionsverlauf anhand der Abnahme der Gesamtmasse der Feinfraktion und des steigenden Mn^{2+} -Anteiles.

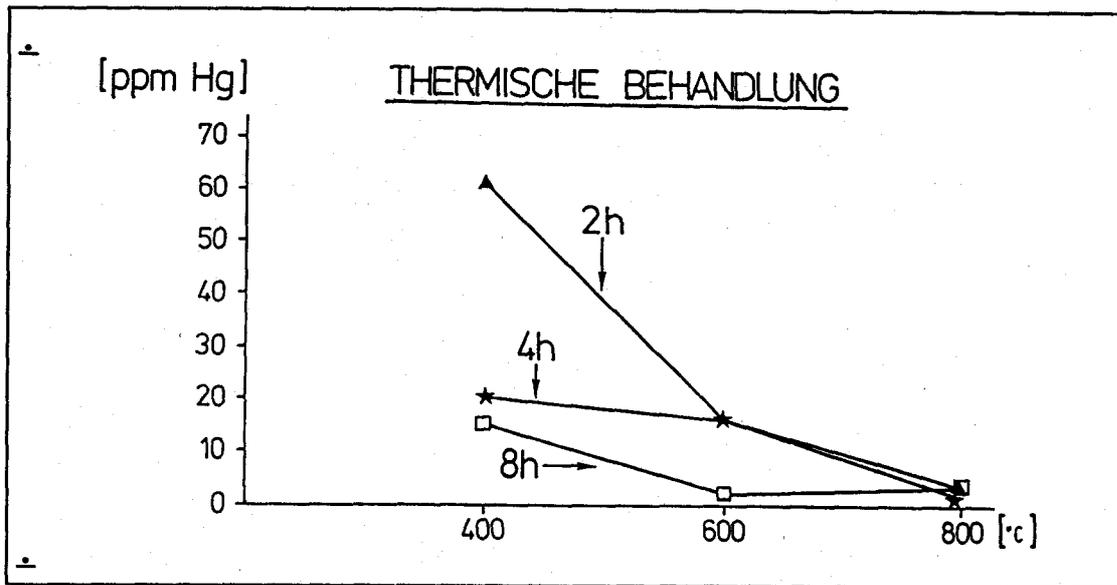


Abb. 22: Hg-Restgehalt bei thermischer Behandlung - ETH

Quelle: Bohac, P., Biber, R., Vital, A.: a.a.O., S. 18

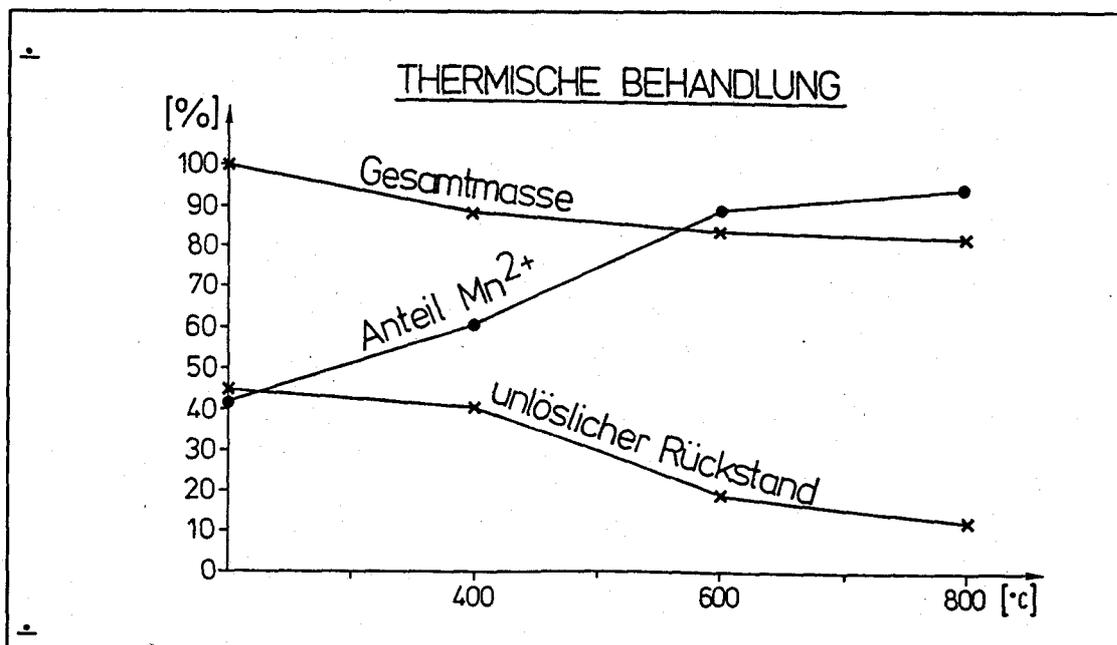


Abb. 23: Reduktion des Mangandioxids mit Kohle - ETH

Quelle: Bohac, P., Biber, R., Vital, A.: a.a.O., S. 18

Der feste Rückstand nach der thermischen Behandlung kann zur Trennung von Mangan und Zink mit verdünnter Schwefelsäure ausgewaschen werden. Die entstandene Sulfatlösung wird dann von Fremdmetallen (Fe, Cu) gereinigt und in Elektrolysezellen gepumpt, wo eine simultane elektrolytische Rückgewinnung von MnO_2 und Zn stattfindet. Das Mangandioxid wird bei diesem Prozeß als wertvolle, aktive Gamma-Form zurückgewonnen und kann erneut zur Batterieherstellung verwendet werden.

Eine Alternativlösung der Feinfraktionaufbereitung nach der thermischen Behandlung besteht in der Abtrennung von metallischem Zink und der Verarbeitung der Restfraktion zu Mangansulfat. Die verschiedenen Trennmöglichkeiten für Zink, wie Destillation oder Waelz-Prozeß, Dichtentrennung, Flotation und Wirbelstromscheiden, werden derzeit noch untersucht.

10.2.3.1.4 OUTPUT

Aus Abb. 23 und 24 sind der Gesamtmaterialfluß und der Hg-Schadstofffluß ersichtlich:

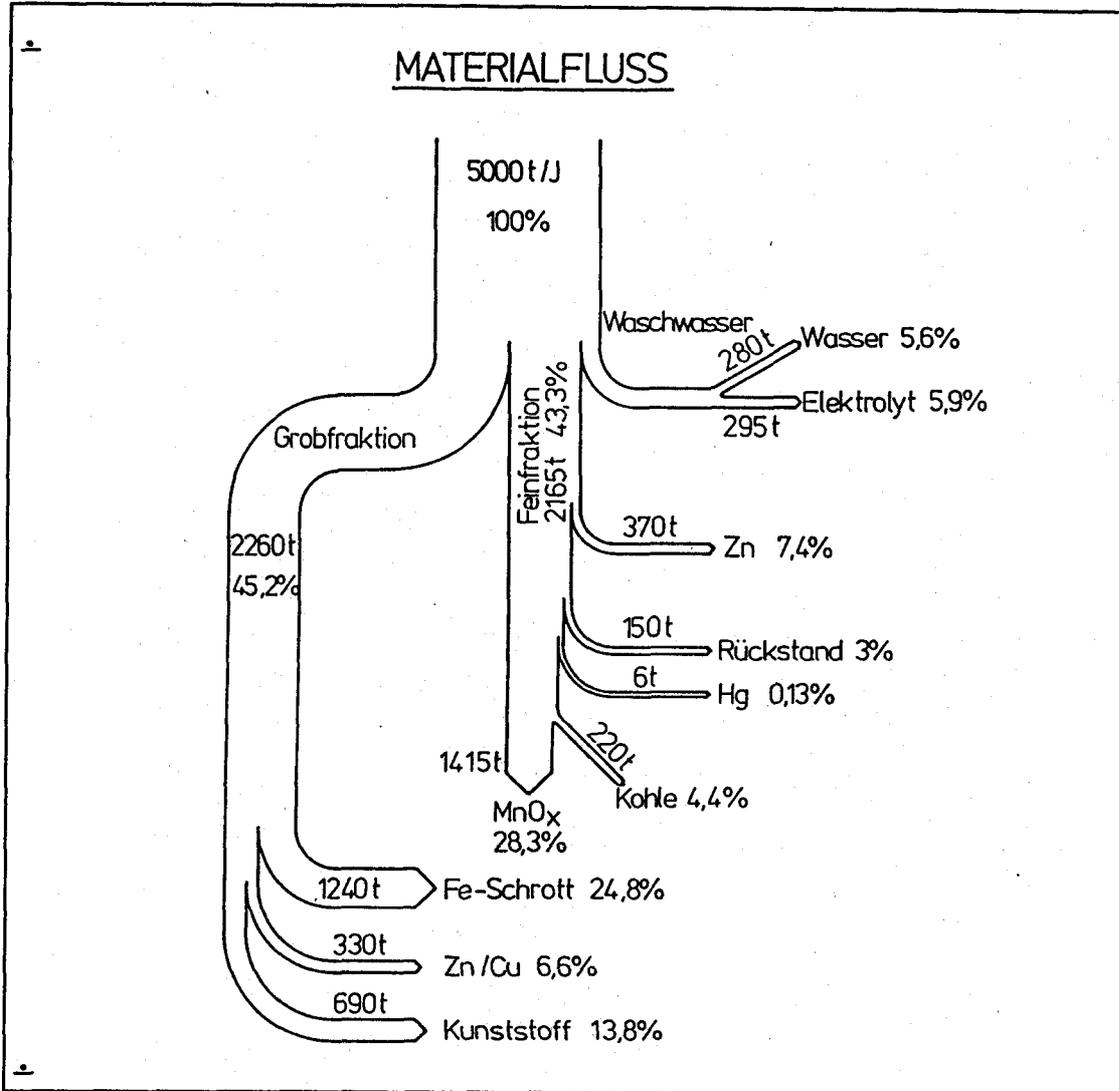


Abb. 24: Materialfluß der Batterieaufbereitung - ETH

Quelle: Bohac, P., Biber, R., Vital, A.: a.a.O., S. 1

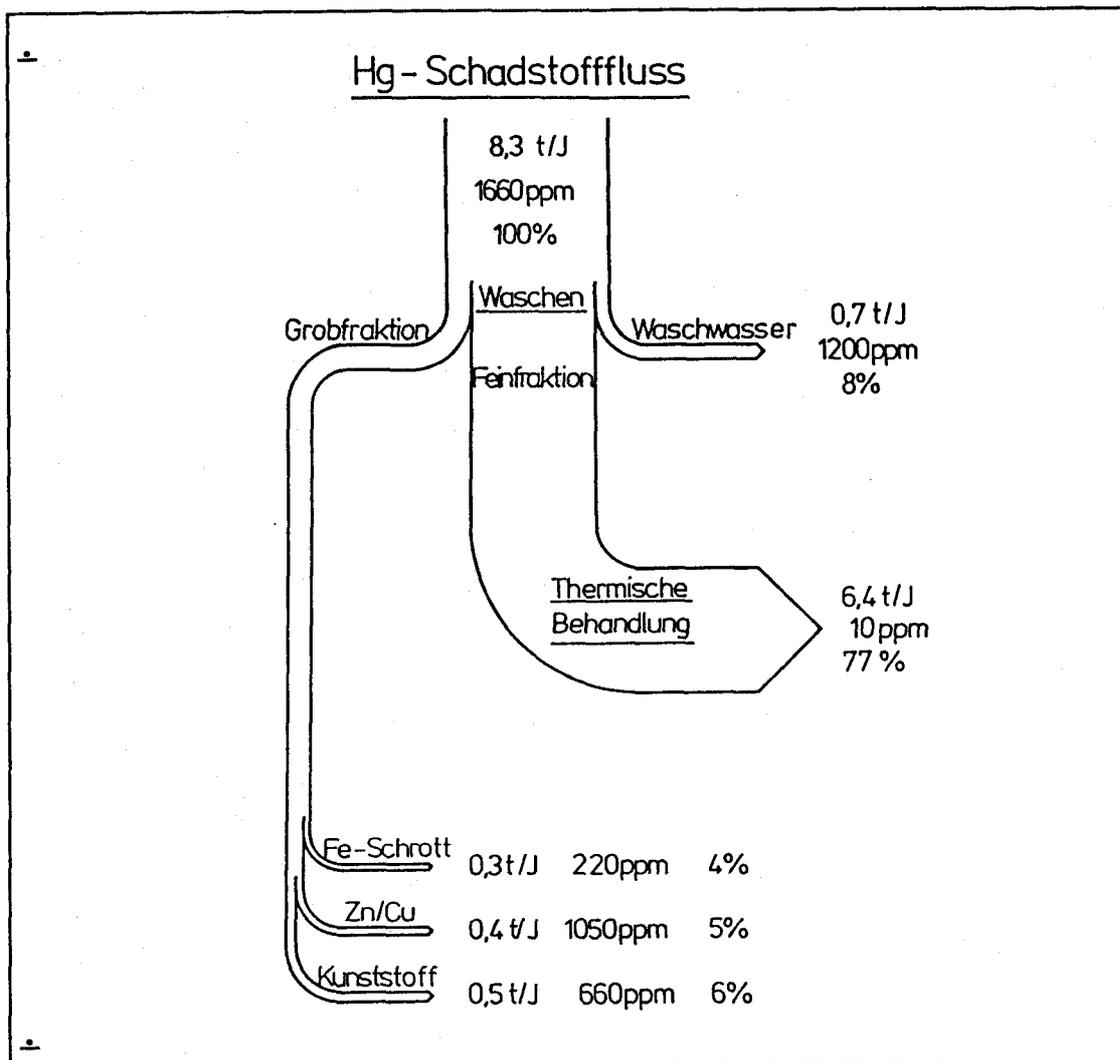


Abb. 25: Quecksilberschadstofffluß - ETH

Quelle: Bohac, P., Biber, R., Vital, A.: a.a.O., S. 18

Als verwertbare Produkte erhält man Manganverbindungen, metallisches Zink, Kupfer und Quecksilber; kostensenkend würde sich vor allem die Rückgewinnung des elektrochemisch aktiven Mangandioxids auswirken.

10.2.3.1.5 ENTWICKLUNGSSTAND

Es befindet sich zur Zeit eine Pilotanlage mit einem Durchsatz von ca. 1 Tonne Altbatterien pro Tag im Planungsstadium, an der das beschriebene Verfahren im industriellen Maßstab getestet werden soll. Diese Anlage wird durch das Bundesumweltamt Bern finanziell gefördert.

10.2.3.1.6 PROZESSKOSTEN

Die geschätzten Prozeßkosten betragen ca. öS 6.800,- pro Tonne Batterien oder umgerechnet ca. öS 0,34 pro Batterie.

10.2.3.2 DEHOCA/RECYTEC

10.2.3.2.1 ALLGEMEINES

Das beschriebene Verfahren wurde von den Firmen Deco-Hanulik (DECOHA), Zürich und Recytec, Morges entwickelt und in zwei Patentanmeldungen in der Schweiz registriert:

J. Hanulik, DECO-Hanulik/RECYTEC S. A.:
Verfahren zur Rezyklierung von Batterien, bestückten Printplatten und elektrischen Bauelementen.

J. Hanulik, DECO-Hanulik/RECYTEC S. A.:
Verfahren zur elektrochemischen Trennung von Metallmischungen und -legierungen.

10.2.3.2.2 EINSATZSTOFFE

Sämtliche Typen unsortierter Gerätebatterien.

10.2.3.2.3 VERFAHRENSBESCHREIBUNG

Dieses Verfahren ist eine Kombination zwischen einem thermischen und einem naß-chemischen Prozeß.

Unsortierte Batterien werden zuerst bei einer Temperatur von ca. 650° C drei Stunden unter Vakuum thermisch behandelt. Dabei entweichen u.a. Methan, Kohlenmonoxid und -dioxid und Quecksilber, das nach der Abkühlung aus dem Pyrolysegas rückgewonnen wird.

Im zweiten Behandlungsschritt werden mit heißem Leitungswasser wasserlösliche anorganische Salze und Mangandioxid ausgewaschen. Letzteres lagert sich ab und kann ebenfalls weiterverwendet werden.

In der naßchemischen Behandlungsstufe werden Metalle mit Tetrafluorborsäure aus den Batterieresten herausgelöst. In der letzten Stufe werden die Restmetalle elektrolytisch zurückgenommen. Zurück bleiben Graphit und unverwertbare Reste, zusammen etwa 5 % der Ausgangsmenge. Das gesamte Elektrolyt und die Chemikalien werden im geschlossenen Kreislauf gefahren.

Dieses Verfahren bietet gemäß Recytec folgende Vorteile:

- der Prozeß ist robust und unempfindlich gegen Verunreinigungen, sowie universal einsetzbar für sämtliche Batterietypen
- ein aufwendiges Trennen der beinahe 200 Batterieformen und Sorten entfällt
- ein mechanisches Zerhacken der Batterien ist nicht notwendig, weil die Trennarbeiten auf chemischen und metallurgischen Wegen erfolgen
- sämtliche notwendigen Chemikalien werden durch Regeneration in geschlossenen Kreisläufen wiederverwendet
- der Prozeß ist auf sämtliche bestehende, sowie die zur Zeit in Entwicklung befindliche Batteriesysteme anwendbar
- alle Komponenten der Batterien, bis auf die organischen Stoffe, werden rezykliert
- es werden keine wesentlichen Komponenten deponiert
- es findet keine Abfallvermehrung durch Verdünnung statt
- der Prozeß läuft auf sehr hohem Konzentrationsniveau ab, weshalb lediglich ein kleines Anlagevolumen mit niedrigen Kosten benötigt wird
- die bisherigen Berechnungen zeigen, daß unter Berücksichtigung der ersparten Entsorgungskosten sowie des Materialwertes der Batterien, der Prozeß finanziell selbsttragend ist.

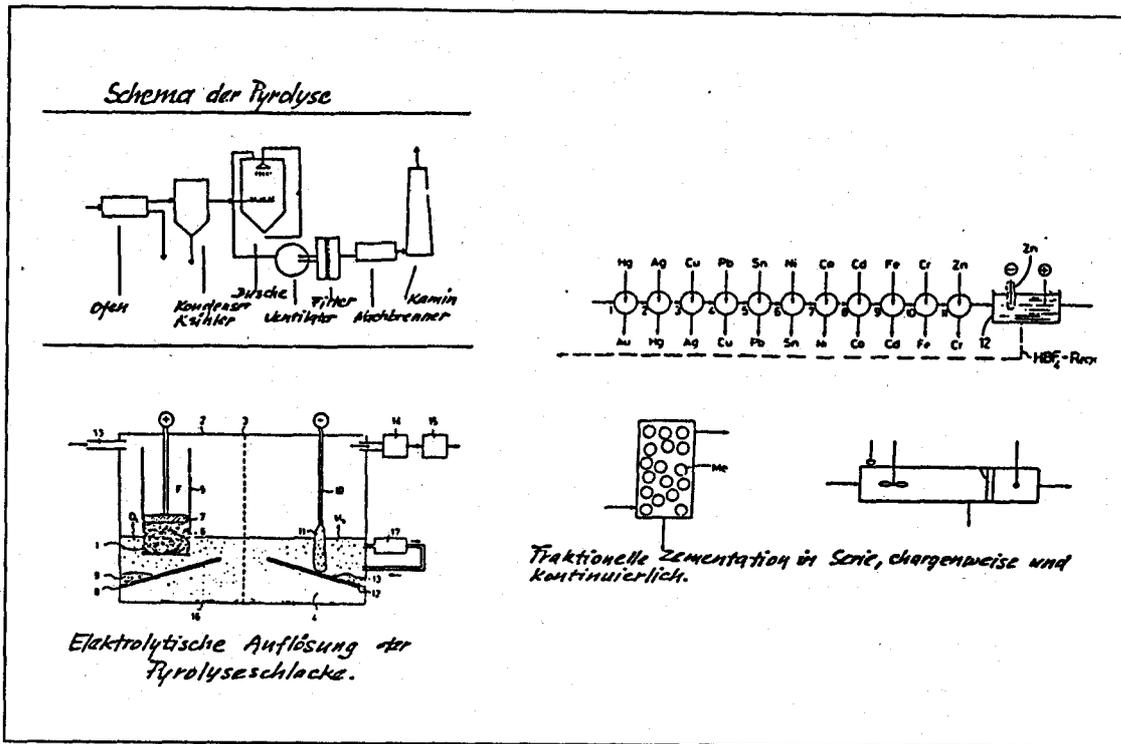


Abb. 26: Verfahrensschema der DECOHA/Recytec-Verwertungsanlage

Quelle: Arbeitsunterlage anlässlich der Tagung des Fachverbandes für Strahlenschutz, Basel, 4.-9. Oktober 1987

10.2.3.2.4 OUTPUT

Aus der Pyrolysestufe:

5 - 10 %	$\text{CH}_4, \text{CO}, \text{CO}_2$ und H_2
10 %	H_2O
0 - 40 %	Hg

Aus der Wäsche:

ca. 20 %	$\text{ZnCl}_2, \text{NaOH}, \text{KOH}, \text{NaCl}$
----------	-------------------------------------------------------

Aus der Elektrolyse:

ca. 20 %	Graphit, MnO_2 , Glas, Keramik, Sinteroxide
----------	------------------------------------------------------

Aus der fraktionellen Zementation:

ca. 40 %	reine Metalle
ca. 10 %	Salze (Al, Na, K, Li, Mg, ...)

10.2.3.2.5 ENTWICKLUNGSSTAND

Eine Pilotanlage mit einem Durchsatz von ca. 100 kg Batterien/Tag wurde in Aire la Ville errichtet. Diese Anlage wird von Recytec S. A., Morges betrieben.

1989 soll in Berlin nach diesem Verfahren die erste großtechnische Anlage Europas zur Aufbereitung von Trockenbatteriegemischen entstehen. Die Berliner Stadtreinigungsbetriebe gehen von einem jährlichen Aufkommen von 700 t verbrauchter Gerätebatterien in Berlin aus. Rund 200 t werden bereits getrennt erfaßt.

Die Aufbereitungsanlage wird für einen Jahresdurchsatz von 250 bis 300 t ausgelegt. Eine kurzfristige Leistungssteigerung durch Umstellung auf Zwei-Schichtbetrieb wäre möglich.

Die Anlage wird von der Firma Recytec errichtet und betrieben.

10.2.3.2.6 KOSTEN

Die Kosten der Aufbereitung der in Berlin geplanten Anlage betragen ca. öS 14.000,- je Tonne. Die Kosten der Sammlung durch die Berliner Stadtreinigungsbetriebe betragen ca. öS 7.000,- je Tonne.

10.2.4 SCHWEDEN

10.2.4.1 MRT-SYSTEM AB

10.2.4.1.1 ALLGEMEINES

MRT System AB ist eine zum LUMA-Konzern gehörende Handelsfirma. Die MRT (Mercury Recovery Technology) - Aufbereitungsanlage wurde in drei Generationen entwickelt.

Dieses Verfahren wurde ursprünglich für die Aufbereitung von quecksilberhaltigen Abfällen wie Leuchtstoffröhren, Thermometern u.a. entwickelt und erst später für die Aufbereitung von Gerätebatterien weiterentwickelt.

Die erste Generation ohne Nachverbrennung war nur zur Aufbereitung von Amalgam und Leuchtstoffröhren geeignet.

Die MRT 2-Anlage der zweiten Generation weist eine Reihe von technischen Verbesserungen auf, hat eine Kapazität von 50 t/Jahr und ist auch zur Aufbereitung von Batterien geeignet.

10.2.4.1.2 EINSATZSTOFFE

Das hier beschriebene Verfahren kann zwar fast alle Arten von Batterien verarbeiten, aber keine Nickel-Cadmium-Batterien, die daher aussortiert werden müssen. Eine weitere Vorbehandlung der Batterien vor der Destillation ist nicht notwendig.

Leuchtstoffröhren und Thermometer müssen vor der Destillation in einer Mühle oder einem Mahlwerk zerkleinert werden.

10.2.4.1.3 VERFAHRENSBESCHREIBUNG

Die Rückgewinnung wird in einer Trockendestillation unter Vakuum durchgeführt. Der Abfall wird in eine Trommel von 120 l Inhalt gefüllt. Dann wird die Trommel in die Destillationsanlage gestellt.

Die Verarbeitungsdauer beträgt etwa 20 Stunden, so daß die Kapazität der Destillationsanlage ungefähr 120 l/Tag beträgt.

Betriebsaufnahme

Wenn der Behälter mit dem quecksilberhaltigen Abfall auf den Verarbeitungstisch der Destillationsanlage gesetzt worden ist, senkt sich eine Vakuumhaube (1) über den Behälter. Diese Vakuumhaube steht frei auf dem Verarbeitungstisch.

Eine Pumpe (6) stellt dann das Vakuum im gesamten System her; relativ schnell wird ein Druck von ungefähr 100 mbar erreicht.

Im Computer (7) ist ein Verfahrensablauf programmiert, der dem zu verarbeitenden Abfall angepaßt ist. Der Computer steuert dann das ganze Verfahren automatisch.

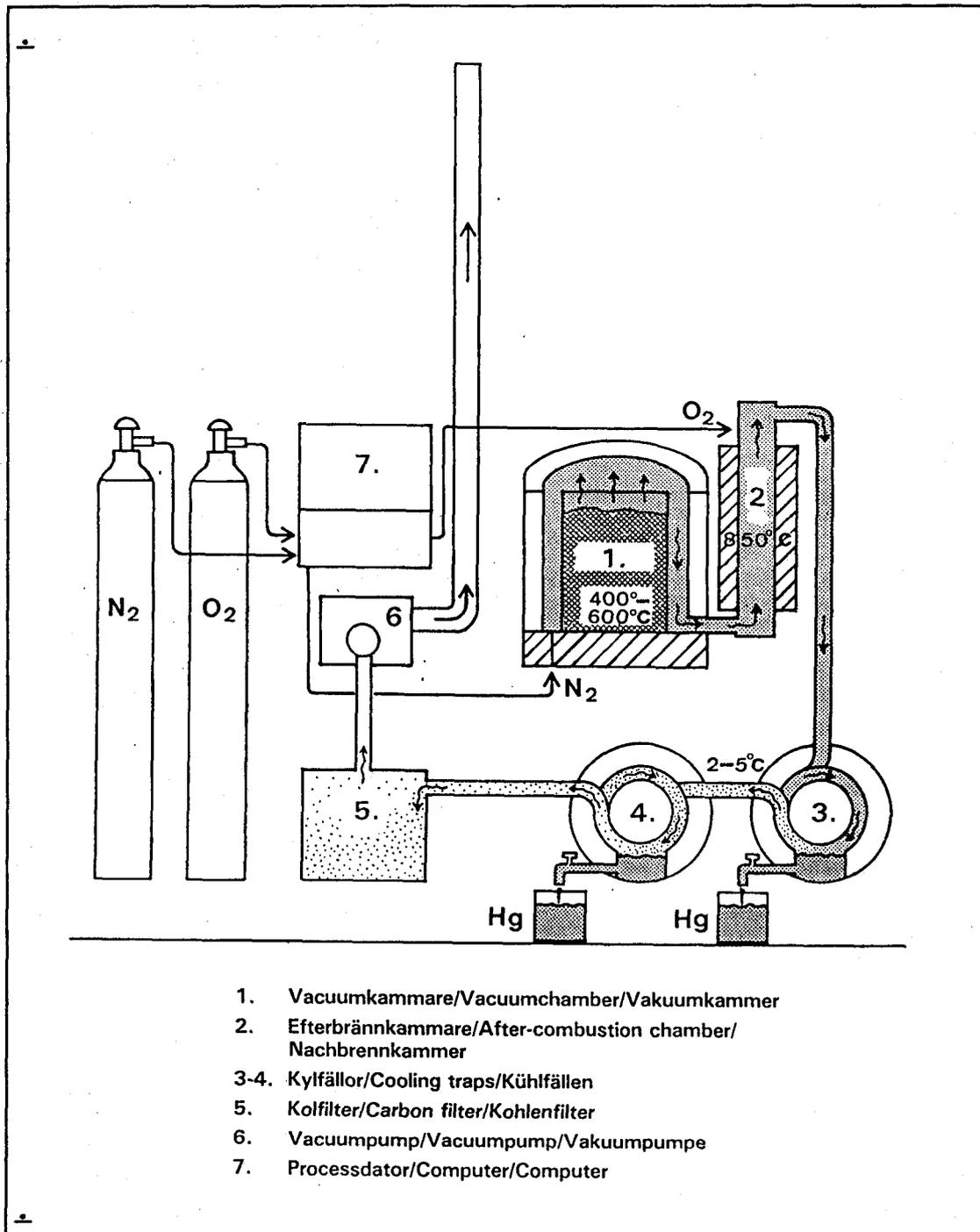


Abb. 27: Verfahrensschema der MRT-Quecksilber-Verwertungsanlage

Quelle: Kulander, H., Rückgewinnung von Quecksilber aus Leuchtstoffröhren und Lampen, in: Sprechsaal, Vol. 119 (1986)11, S. 1017

Das automatisierte Verfahren besteht im wesentlichen aus zwei Schritten: Eine Verbrennungsphase und eine Quecksilber-Verdampfungsphase.

Verbrennungsphase

Da Batterien auch organisches Material enthalten, muß dieses verbrannt werden.

Dies geschieht in einer Nachverbrennungskammer (2), in der die austretenden Gase elektrisch auf 850° C erhitzt wird.

In die Nachverbrennungskammer wird Sauerstoff geleitet. Dann wird aufgeheizt, wodurch organische Substanzen und ein Teil des Quecksilbers ausgetrieben werden. Wenn die Gase die Nachverbrennungskammer erreichen, verbrennt ihr organischer Anteil. Um eine ausreichende Verbrennung zu gewährleisten, die bei 95 % bis 99 % liegt, wird der Druck auf 500 mbar erhöht.

Mit steigenden Temperaturen in der Kammer wird der verdampfte organische Anteil im Abfall verbrannt. Gleichzeitig nimmt die Quecksilberkonzentration in den Dämpfen zu. Das Quecksilber wird mit dem Wasser aus dem Abfall und der Verbrennung in Kühlfallen (3-4) abgeschieden.

Wenn die Temperatur 450° C bis 500° C überschritten hat, sind nur noch wenige organische Substanzen in den Gasen enthalten. Die Sauerstoffzufuhr zur Kammer wird deshalb gedrosselt und die Temperatur auf 500° C gesenkt. Die Verbrennungsphase ist nun abgeschlossen.

Die Quecksilber-Verdampfungsphase

Bei einer Temperatur von 500° C ist bereits der größte Teil des Quecksilbers verdampft. Es dauert jedoch noch länger, um so viel Quecksilber zu entfernen, daß der Rückstand unbedenklich wird. Besonders viel Quecksilber wird verdampft, wenn der Druck pulsierend zwischen 100 mbar und 500 mbar verändert wird (im sogenannten Atemzyklus). Das Pulsieren wird durch Zuführung von Stickstoffgas in die Vakuumkammer (1) erreicht. Nach mindestens vier Stunden ist fast alles Quecksilber entwichen, das Verfahren wird mit der Abkühlphase von etwa 3 bis 5 Stunden beendet. Die Vakuumhaube und die Trommel mit dem Rückstand werden aus der Destillationsanlage entfernt.

Umweltverhalten

Die Emissionswerte der Anlage betragen für Luft ca. 0,02 mg Hg/m³, der Quecksilberrestgehalt im festen Abfall (Schlacke) beträgt 0,004 mg Hg/kg.

10.2.4.1.4 OUTPUT

Quecksilber, Schrott.

10.2.4.1.5 ENTWICKLUNGSSTAND

Die MRT 2-Anlage wurde an die schwedische Abfallverwertungsfirma SAKAB im November 1986 verkauft und schließlich von MRT im Frühjahr 1988 wieder zurückgekauft.

Im Februar 1988 wurde der Betrieb der Anlage in der Fa. SAKAB eingestellt, da Messungen einen überhöhten Quecksilbergehalt im Urin von zwei Personen angezeigt haben, die täglich mit der Anlage arbeiteten.

Außerdem wurde die Anlage in der derzeitigen Konzeption von SAKAB als nicht geeignet angesehen, quecksilberhältige Batterien in größeren Mengen aufzubereiten. Von den bis Februar 1988 gesammelten 119 t Batterien wurden insgesamt nur 19 t aufgearbeitet.

10.2.4.1.6 KOSTEN

Die MRT 2-Anlage mit einer Leistung von 50 Jahrestonnen kostet ca. öS 1,3 Mio.. Über die Betriebskosten liegen keine genauen Angaben vor, jedoch dürften die Behandlungskosten je kg Batterien inkl. der Kosten für die Sortierung etwa öS 50,- bis 60,-/kg betragen.

10.2.4.2 SAB-NIFE

10.2.4.2.1 ALLGEMEINES

SAB-NIFE ist primär ein Erzeuger von offenen Nickel-Cadmium-Akkumulatoren, die industriell vorwiegend als Notstromaggregate z.B. auf Flugplätzen oder in Krankenhäusern eingesetzt werden.

10.2.4.2.2 EINSATZSTOFFE

Die Anlage zur Nickel-Cadmium-Aufbereitung ist sowohl für große, offene Akkumulatoren, als auch für sämtliche Nickel-Cadmium-Gerätebatterien inkl. Knopfzellen geeignet.

Vorrangig werden jedoch offene Nickel-Cadmium-Akkumulatoren der eigenen Fertigung aufbereitet, die weltweit von den Tochtergesellschaften zurückgenommen und nach Schweden gesandt werden.

10.2.4.2.3 VERFAHRENSBESCHREIBUNG

Die großen, offenen Nickel-Cadmium-Akkumulatoren werden zuerst zersägt und auseinandergenommen. Dann werden die Cadmiumplatten in einer Destillationsanlage erhitzt, das Cadmium bei 764° C abgedampft und anschließend kondensiert.

Die Gerätebatterien werden im Prinzip auf die gleiche Weise behandelt, jedoch ist dem Destillationsvorgang eine Pyrolyse vorgeschaltet.

In dem zweistufigen Pyrolyseverfahren, das zwölf bis zwanzig Stunden dauert, werden zuerst die organischen chlorierten Verbindungen und die Kunststoffe verbrannt. Anschließend wird die Temperatur entsprechend erhöht, das Cadmium abgedampft und kondensiert.

Das bei der Produktion und Aufbereitung verwendete Wasser wird in einer betriebseigenen Kläranlage gereinigt.

Die gesamte Umweltbelastung aus der Produktion und der Aufbereitung wird mit 120 kg Nickel und 30 kg Cadmium jährlich angegeben.

Die behördlich festgelegten vorläufigen Grenzwerte der Luftverunreinigung betragen 420 kg Nickel und 590 kg Cadmium jährlich, jedoch hat SAB-NIFE selbst 50 kg Nickel bzw. 25 kg Cadmium beantragt, da diese Werte erzielt bzw. unterschritten werden können.

Die behördlich genehmigten Grenzwerte für die Wasserverunreinigung sind im Jahresmittel gerechnet 0,7 kg Nickel und 0,07 kg Cadmium pro Tag. Die tatsächlichen Verunreinigungen liegen bei 0,2 kg Nickel und 0,01 bis 0,02 kg Cadmium pro Tag.

10.2.4.2.4 OUTPUT

Das bei der Aufbereitung anfallende Cadmium wird zur Gänze in der eigenen Produktion wieder eingesetzt. Die gewonnenen Mengen an Nickel sowie Stahl werden an Stahlwerke verkauft.

10.2.4.2.5 ENTWICKLUNGSSTAND

Laut Angaben der Firma hat man seit Bestehen der Anlage zwar schon etwa 1.000 t offene Nickel-Cadmium-Akkumulatoren aufbereitet und dabei etwa 90 t Cadmium wiedergewonnen, mit geschlossenen Gerätebatterien hat man jedoch erst wenig Erfahrung. Insgesamt konnten bisher erst etwa 50 t schwedischer Sekundär-Batterien aufbereitet.

Die geringe Menge der aufbereiteten geschlossenen Nickel-Cadmium-Akkumulatoren läßt auf eine zu kleine Kapazität der Anlage oder auf Probleme bei der Aufbereitung schließen.

SAB-NIFE hat erst kürzlich - Anfang 1989 - einen Lizenzvertrag mit dem französischen Batteriehersteller SAFT über die Errichtung einer Aufbereitungsanlage in Frankreich - primär jedoch zur Aufbereitung offener Nickel-Cadmium-Akkumulatoren - abgeschlossen.

10.2.4.2.6 KOSTEN

Über die Kosten der Aufbereitung wollte man keine Angaben machen, laut Auskunft des Schwedischen Umweltschutzrates deckt jedoch der für Nickel-Cadmium-Gerätebatterien eingehobene Verwertungsbeitrag von öS 26,-/kg die Kosten der Informationskampagne, der Sortierung und des Transportes zu SAB-NIFE und der Aufbereitung. (Die Kosten der Sammlung werden von den Gemeinden getragen.) Anderen Angaben zufolge sollen die Aufbereitungskosten etwa öS 12,-/kg betragen.

10.2.5 FRANKREICH

10.2.5.1 SNAM

10.2.5.1.1 ALLGEMEINES

Die Firma SNAM (Société nouvelle d'affinage des métaux) in Lyon gehört zum F. W. Hempel Konzern, Düsseldorf.

10.2.5.1.2 EINSATZSTOFFE

Die Anlage der SNAM dient zur Aufbereitung des Cadmiums aus Produktionsabfällen aus der Produktion der Nickel-Cadmium-Batterien sowie aus gesammelten Nickel-Cadmium-Alt-Batterien.

10.2.5.1.3 VERFAHRENSBESCHREIBUNG

Die angewandte Technologie ist ein thermischer Prozeß in einem geschlossenem System, der die direkte Gewinnung von Cadmium und von Nickel- bzw. Eisenrückständen mit einem Cadmium-Restgehalt in der Größenordnung von 0,1 % ermöglicht.

Beschreibung der Anlage

Die Anlage besteht aus:

- einer Vorbereitungseinheit, d.h. Sortierung, Organisation und Vorbereitung der Brennerchargen,
- einer Pyrolyseeinheit, die mit einem Brenner für die Verbrennung von möglicherweise enthaltenen organischen Stoffen ausgestattet ist,
- einer Einheit für die Cadmiumdestillation,
- einer Sammeleinheit für das Cadmium, um es dann - je nach Marktbedarf - in Kugeln, Stangen oder Platten gießen zu können.

Umweltrelevanz der Anlage

Die Anlagen sind durch mehrere Umweltschutzsystem gesichert:

- für die Vorbereitungsanlage: ein automatisches Abscheidungsfilter (Leistung: 5000 m³/h),
- für die Pyrolyseeinheit: Nachbrennkammer mit 950°C (Durchgangszeit 2 Sekunden) plus Höchstleistungsfilter und Aktivkohle-Filterkissen um die organischen Rückstände zu erfassen (Leistung: 2.000 m³/h),
- für die Destillationseinheit: Installation von einer sehr effizienten Filterung, ausgestattet mit einem automatischen Abscheidungsfilter, (Oberfläche: 140 m²), sowie zwei Hochleistungsfilter, ein Höchstleistungsfilter und ein Aktivkohlefilterkissen (Leistung: 10.000 m³/h)

10.2.5.1.4 OUTPUT

- **Nickel:**
Es wird derzeit im Zustand von Nickeleisenrückständen über spezialisierte Altstoffhändler abgesetzt.
- **Ferro-Nickel-Legierung:**
Die erzielte Qualität des Produktes, das völlig frei von Cadmium-Rückständen ist, ermöglicht den direkten Verkauf der Legierung an Stahl-erzeuger.
- **Cadmium:**
Es wird entweder direkt an Produzenten von Nickel-Cadmium-Batterien oder auf dem Weltmarkt verkauft.

10.2.5.1.5 ENTWICKLUNGSSTAND

Die Kapazität der beiden Werke SNAM und SAVAM beträgt derzeit monatlich 200 t und soll per September 1989 auf 260 t gesteigert werden.

Die derzeitigen langfristigen Verträge entsprechen einer Auslastung von 80 %. Der Rest wird mit Spotaufträgen gefüllt.

10.2.5.1.6 KOSTEN

Über Errichtungs- und Betriebskosten der Anlage wurden keine Informationen gegeben.

10.2.6 JAPAN

10.2.6.1 CLEAN JAPAN CENTER

10.2.6.1.1 ALLGEMEINES

Das Clean Japan Center (CJC) wurde 1979 als eine vom Ministry of International Trade and Industry (MITI) anerkannte, gemeinnützige Stiftung gegründet. Es fördert Programme, die sich mit Recycling und Verwertung von Abfälle befassen.

Im Frühjahr 1984 vergab das MITI an das CJC den Auftrag, auf dem Gelände einer Abfallverbrennungsanlage eine Versuchsanlage zu errichten, mit der durch ein neues Verfahren gebrauchte Batterien aufbereitet werden sollen. Nicht nur Quecksilber, sondern auch andere Metalle insbesondere Zink und Mangan sollen hier wiedergewonnen werden.

Die beschriebene Anlage zur Quecksilberaufbereitung wurde 1985 von CJC in Zusammenarbeit mit Mitsui Metal Engineering Co. und Namura Kosan Co. in Itomuka, Hokkaido, als Demonstrationsanlage errichtet.

Die Anlage ist auf eine Kapazität von 20 t/Tag bei 24 Stunden/Tag oder 6.000 t/a quecksilberhaltiger Abfälle ausgelegt.

10.2.6.1.2 EINSATZSTOFFE

Quecksilberhaltige Abfälle wie gebrauchte Primärbatterien, Leuchtstoffröhren u.a.

10.2.6.1.3 VERFAHRENSBESCHREIBUNG

Verfahrensgrundlage

Das Verfahren, schematisch in untenstehender Abbildung dargestellt, basiert im wesentlichen auf folgenden drei Subsystemen:

1. Vorbehandlungssystem zur Aussortierung und Zerkleinerung der Batterien.
2. System zur thermischen Behandlung, bestehend aus Kalzinierung, Quecksilberkondensation sowie Gas- und Abwasserreinigung;
3. Nachbehandlung zur Zerkleinerung und Aufbereitung der Schlacken.

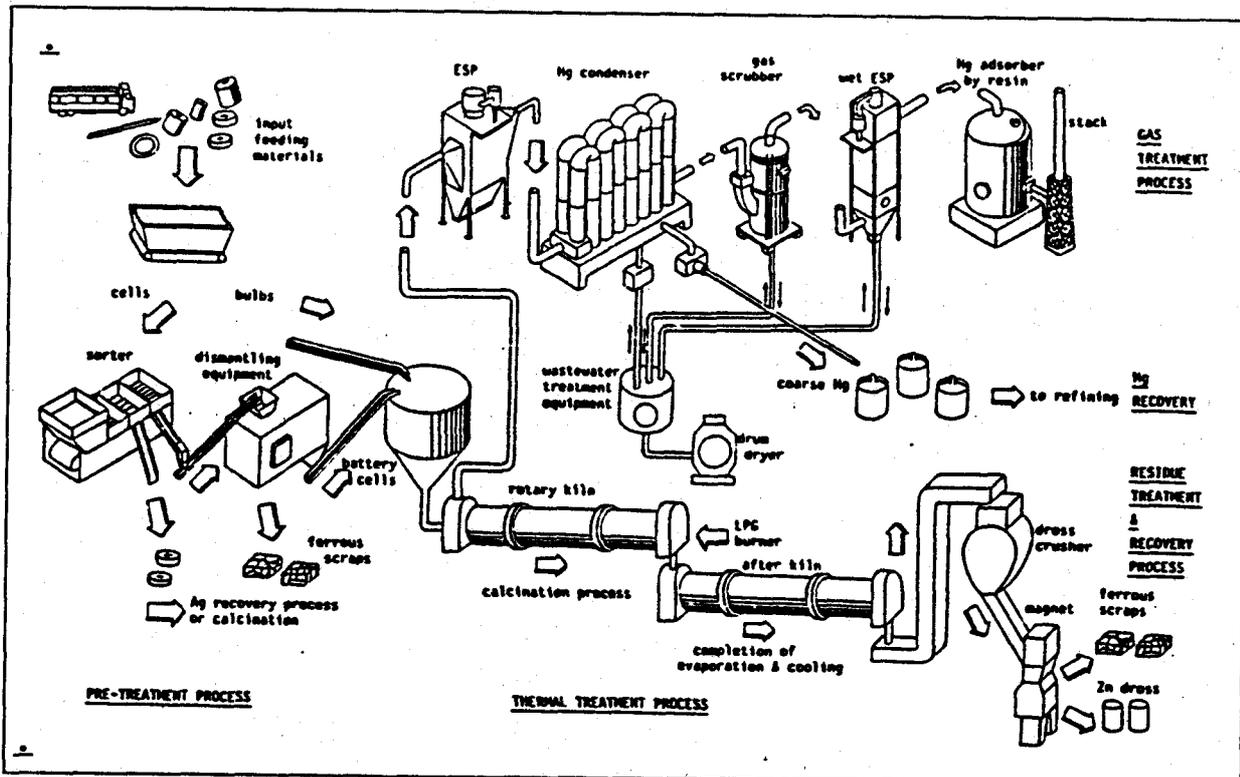


Abb. 28: Schema der CJC-Versuchsanlage zur Aufbereitung von quecksilberhaltigen Abfällen

Quelle: Gotoh, S., Hirajama, N., Yamjima, T.: Rückgewinnung von Quecksilber und anderen Metallen aus gebrauchten Batterien, in: Thomé-Kozmiensky, K. J. (Hrsg.): Behandlung von Sonderabfällen, Berlin 1987, S. 344

Verfahrenstechnologie

Das Verfahren besteht aus drei Subsystemen, bei denen jedes wiederum aus verschiedenen technischen Einheiten oder Verfahrensschritten besteht. Dabei sollen verschiedene quecksilberhaltige Abfälle entsprechend ihrer Eigenschaften, ihrer Form und Qualität verarbeitet werden, um so eine geeignete Aufbereitung zu gewährleisten, die Umweltschutzaspekten genügt.

Subsysteme zur Vorbehandlung

- **Sortierungsanlage**
Diese Einheit ist zur Sortierung verschiedener Trockenzellenbatterien nach Form, Größe und Gewicht entwickelt worden. Die Batterien werden zunächst mechanisch ihrer Form und Größe entsprechend nach fünf Kategorien sortiert: R 20, R 14, R 6, Knopfzellen und sonstige Batterien. Aus der Kategorie R 20, den zylinderförmigen Batterien, werden die Alkali-Mangan-Batterien später entsprechend ihrem unterschiedlichen Mangan Gehalt aussortiert. Die Anlage hat eine Kapazität von 20 t/Tag bei 8 Stunden/Tag.
- **Zerlegungseinheit**
Diese Anlage nimmt die aussortierten zylinderförmigen Batterien der Kategorien R-20 und R-14 auf und entfernt deren äußere Stahlumhüllung. Verarbeitungskapazität: 3600 Batterien je Stunde.

Subsystem zur thermischen Behandlung

- **Kalzinierungsdrehtrommel**
Der Drehofen, ein Kalzinierungssofen, verarbeitet die vorbehandelten quecksilberhaltigen Materialien und erhitzt sie mit einem LPG-Brenner auf Temperaturen zwischen 600° C und 800° C, um so das Quecksilber und andere flüchtige Materialien zu verdampfen und damit thermische Spaltungsreaktionen einsetzen. Die Gase und Dämpfe werden zur Kondensation in eine Gasbehandlungsanlage geleitet.
- **Sekundärdrehrohröfen**
Die verbleibenden Rückstände werden anschließend in den Sekundärdrehrohröfen geleitet, wo die endgültige Verdampfung und Abkühlung ohne Wärmezufuhr stattfindet. Kapazität: 20 t/Tag bei 24 Stunden/Tag.
- **Quecksilberkondensierung**
In der Anlage wird metallisches Quecksilber als Kondensat gewonnen. Die Gase und Dämpfe kommen aus dem Drehrohröfen in einen Staubabscheider oder einen E-Filter und erreichen dann die Kondensierungseinheit, in der sie auf Temperaturen unterhalb des Kondensationspunktes von Quecksilber abgekühlt werden. Diese Anlage ist auf eine Verarbeitung von 1800 Nm³/h 250° C heißer Gase ausgelegt.

- **Gasbehandlung**
Nach der Kondensierungseinheit wird das Gas in der Gasreinigung, bestehend aus einer Gaswäsche, einem nassen E-Filter und einer Harz-Adsorptionseinheit zur Entfernung von Quecksilber und anderer, in den Unterlagen nicht näher beschriebener, giftiger Substanzen, zugeführt. Dieses Verfahren verarbeitet 1.800 Nm³/h Abgas.
- **Abwasserbehandlung**
Aus den in der Kondensierungseinheit, der Gaswäsche, dem nassen E-Filter und der Entwässerung anfallenden Abwässern sowie dem überschüssigen zirkulierenden Wasser wird durch chemische Bindung das Quecksilber entfernt. Sodann wird das Abwasser verdampft, bis die Salze auskristallisieren. Dieses Verfahren ist ein geschlossenes System ohne weitere Wasserzufuhr. Die Verarbeitungskapazität beträgt 2 m³/Tag bei 24 Stunden/Tag.

Subsystem zur Nachbehandlung

- **Schlackenzerkleinerung**
Die Schlacke aus dem Sekundärdrehrohrofen wird zunächst abgekühlt und zerkleinert.
- **Magnetscheidung**
Sodann werden ihr durch einen Magnetscheider die Eisenmetalle entzogen. Der nicht eisenhaltige Anteil wird zunächst gewogen und dann als Zinkrohstoff verladen. Die Verarbeitungskapazität beträgt 20 t/Tag bei 8 Stunden/Tag.

10.2.6.1.4 OUTPUT

Endprodukte sind verwertbare Metalle sowie Rückstände einschließlich Schlacken, die entsorgt werden müssen. Die ursprünglich zur Rückgewinnung in der Versuchsanlage vorgesehenen Metalle sind Quecksilber, Eisen und Zink.

Menge und Qualität der Recycling-Produkte variieren in Abhängigkeit von den Eigenschaften der zugeführten Abfallstoffe. Unter der Voraussetzung, daß gebrauchte Trockenbatterien die einzigen zugeführten Materialien sind, werden die folgenden Werte erwartet:

1. Bei der Verarbeitung von 20 t/Tag werden folgende Metalle wiedergewonnen:

- Quecksilber	14 - 21 kg/Tag
- Zink und andere Schlacken	8 - 11 t/Tag
- Eisenschrott	3 - 4 t/Tag
2. Der Metallgehalt der Recycling-Produkte liegt bei folgenden Schätzwerten (Gewichtsanteile):

- Quecksilber	70 - 98 % Hg
- Zink und andere Schlacken	28 - 38 % Zn
- Eisenschrott	90 - 95 % Fe

Das in der beschriebenen Qualität gewonnene Quecksilber muß, soll es nach dem Recycling zum Verkauf angeboten werden, auf eine Reinheit von 99,99 % raffiniert werden.

Mangan und weitere Batterieinhaltsstoffe können in dieser Anlage nicht wiedergewonnen werden.

10.2.6.1.5 ENTWICKLUNGSSTAND

Da sich diese Anlage noch in der Versuchsphase befindet, können endgültige Resultate noch nicht vorgelegt werden.

1988 sollte über die Versuchsperiode 1985 bis 1987 ein Bericht vorgelegt werden, jedoch ist dies, soweit zu erfahren war, bis heute noch nicht erfolgt.

Neuesten Informationen zufolge ist die Anlage zur Zeit fast gänzlich stillgelegt, einerseits mangels ausreichender Zulieferung von Batterien, andererseits wegen Schwierigkeiten beim Verkauf der rezyklierten Produkte, insbesondere von Eisen und Zink.

Die technische und wirtschaftliche Durchführbarkeit der Wiedergewinnung von Quecksilber und Eisen aus gebrauchten Batterien und die Endlagerung der Reststoffe ist aufgrund der bisher vorliegenden Ergebnisse möglich. Bei der Wiedergewinnung von Zink in Form von Schlacke gibt es noch Unsicherheitsfaktoren.

10.2.6.1.6 KOSTEN

Die Errichtungskosten der Anlage betragen ca. öS 40 Mio. Der japanische Staat zahlt pro Tonne abgelieferter Batterien öS 7.500,- bis 8.000,-. Die Betriebskosten liegen bei ca. öS 10.000,- je kg aufbereitetem Quecksilber. Die Behandlungskosten der Batterien liegen bei etwa öS 6,- bis 8,- je kg.

10.2.6.2 SUMITOMO HEAVY INDUSTRIES

10.2.6.2.1 ALLGEMEINES

Sumitomo Heavy Industries ist eine im Maschinen-, Anlagen-, Schiffbau, Off-shore- und Umwelttechnik tätiges Unternehmen mit mehreren Betriebsstätten in Japan und Firmensitz in Tokyo.

10.2.6.2.2 EINSATZSTOFFE

Quecksilberhaltige Batterien.

10.2.6.2.3 VERFAHRENSBESCHREIBUNG

Batterien werden zunächst in tragbare, luftdichte Behälter verladen und auf den höchsten Punkt der Beschickung gebracht, von wo aus eine kontinuierliche Aufgabe erfolgt. Die thermische Behandlungsanlage besteht aus einer Oxidations-Pyrolyse-Einheit, einem Schmelzofen, einem Zinkkondensator, zwei Nachbrennkammern, einem Heißgasfilter und Rauchgaswäschern.

Das Brenngut wird durch ein Gleitventil in die Oxidationszone eingebracht, erhitzt und beim Austrag pyrolysiert. Der Hauptanteil des Quecksilbers im Brenngut wird durch Reduktions-Oxidationsprozesse zu Quecksilber umgesetzt. Der organische Anteil in den Batterien wird in Pyrolysegas umgesetzt.

Halogenierte Substanzen werden in dieser Zone ebenfalls teilweise zersetzt.

Die festen Reststoffe der Pyrolyse gehen weiter in den Schmelzofen, wo Eisen und Manganoxid zu Ferromangan geschmolzen und Zink als Zinkdampf ausgetragen wird. Bei diesem Prozess erfüllen gekoktes Material und Kohle-Elektroden von Batterien die Funktion des Reduktionsmittels. Wenn stöchiometrisch notwendig, wird Koks als Reduktionsmittel zugesetzt. Metalle, die im Schmelzofen verdampfen, das ist vor allem Zink, werden gemeinsam mit Kohlenmonoxyd und -dioxid in den Zinkkondensator geleitet.

Nach der Abscheidung des metallischen Zinks im Kondensator wird das restliche Kohlenmonoxyd und -dioxid durch eine Naßgaswäsche geleitet. Anschließend wird das Gas in einer Nachbrennkammer aufgeheizt und als Heizgas in die Oxidations-Pyrolyse-Einheit eingeblasen.

Gasförmige Stoffe, die die Oxidationszone verlassen, werden in einem zweiten Nachbrenner verbrannt, um eine vollständige Umwandlung und Verdampfung des Quecksilbers sicherzustellen. Das Gas wird über einen Heißgasfilter geleitet, wo Metalloxidstäube abgeschieden werden. Die Gase werden in einer Naßgaswäsche nochmals gereinigt und nach einer Erhitzung über einen Aktivkohlefilter an die Atmosphäre abgegeben. Feststoffe im Abwasser der Rauchgaswäsche nach der Nachbrennkammer werden herausgefiltert und wieder in die Oxidations-Pyrolyseeinheit aufgegeben. Obwohl der derart gewonnene Feststoff fast ausschließlich aus reinem Zinkoxyd besteht und vermarktbar ist, könnte er zum Schmelzofen zurückgeleitet werden und - wenn nötig - als metallisches Zink verwertet werden.

Die freigesetzten Abgase enthalten, am Schlotausgang gemessen, weniger als 0.012 mg/Nm³ Quecksilberdampf - ein Wert, der unter dem derzeit gültigem WHO-Grenzwert von 0,015 mg/Nm³ Quecksilberkonzentration in der Umwelt liegt.

Die Abwässer aus der Rauchgaswäsche und das Kondenswasser des Kühlers werden in die Wasseraufbereitungsanlage geleitet, wo metallisches Quecksilber gewonnen wird. Nach der Ausscheidung von Quecksilber werden andere umweltgefährdende Schwermetalle ausgefällt und durch den Ferrit-Bildungsprozeß oder andere konventionelle Wasseraufbereitungsmethoden rückgewonnen.

Nach diesen Verfahren ist die Quecksilberkonzentration im gereinigten Wasser so niedrig, daß sie weit unter dem von der JIS (Japan Industrial Standard) festgelegten Toleranzwert von 0,0005 mg/l liegt. Feste Reststoffe werden in die Verbrennungsanlage zurückgeleitet und der Behandlungsvorgang wiederholt.

Der eigentliche verbleibende Abfall besteht größtenteils aus Schlacke aus dem Schmelzofen, die, wurde, den Eluationstest in Übereinstimmung mit den Japanischen Umweltgesetzen bestanden hat.

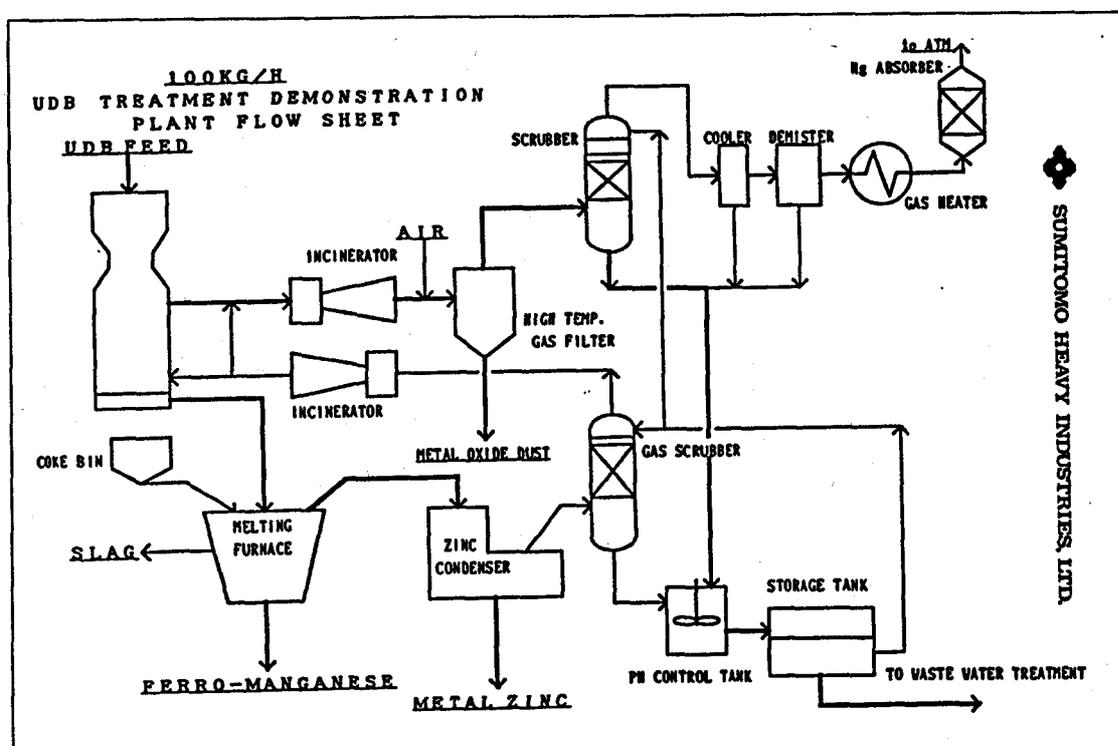


Abb. 29: Verfahrensschema der Sumitomo Heavy Industries-Aufbereitungsanlage

Quelle: Firmenbroschüre Sumitomo Heavy Industries, Ltd.: New Technology for Treatment of Used Dry Batteries, Revision 1, 3. Juni 1988, Japan

10.2.6.2.4 OUTPUT

- Metallisches Zink, 0,215 t/je Tonne Einsatzmaterial
- Quecksilber
- Eisen-Mangan-Legierung, 0,334 t/je Tonne Einsatzmaterial
- Schlacke

10.2.6.2.5 ENTWICKLUNGSSTAND

Eine Demonstrationsanlage mit einer Kapazität von 100 kg/h steht in Betrieb.

10.2.6.2.6 KOSTEN

Die gesamten Betriebskosten inklusive Abschreibungskosten (10 Jahre Abschreibungsdauer) betragen bei einer Anlage mit einer Kapazität von 2.000 Jahrestonnen (330 kg/h) ca. öS 6.100,-/t.

Durch den Verkauf des Zinks und der Eisen-Mangan-Legierung können diese Kosten teilweise abgedeckt werden. Bei einem steigenden Zink-Preis wäre auch ein Gewinn erzielbar.

10.3 ÜBERSICHT DER AUFBEREITUNGSANLAGEN FÜR BATTERIEN

Eine Gegenüberstellung oben beschriebener Aufbereitungsanlagen für Batterien zeigt nachfolgende Tabelle:

Anlage	Input	Output	Kapazität/Jahr Status	Kosten in öS
VOEST ALPINE Österreich	sämtliche Primärbatterien	NE-Metalle MnOx, Schrott	1.000 t geplant	Entwicklung 80 Mio. Betrieb 20.000/t
ELWENN & FRANKENBACH BRD	Knopfzellen Amalgam Leuchtstoffröhren	Hg, Schrott	150 kg Hg 3 Mio. Stück Leuchtstoff- röhren eingestellt	Betrieb 21.000/t
EIDGENÖSSISCHE TECHNISCHE HOCHSCHULE Schweiz	Primärbatterien ohne Knopfzellen	Hg, Zk, Cu MnOx, Schrott	500 t geplant	Errichtung 50 Mio. Betrieb 6.800/t bzw. 0,34 je Stück
DECOHA/RECYTEC Schweiz	sämtliche Gerätebatterien	Metalle, Salze Sinteroxide	250-300 t in Bau	Betrieb 14.000/t
MRT-SYSTEM AB Schweden	Primärbatterien Amalgam	Hg, Schrott	50 t eingestellt	Errichtung 1,3 Mio. Betrieb 50-60.000/t
SAB-NIFE Schweden	Ni-Cd-Batterien	Nickel, Cadmium	in Betrieb	Betrieb 12-26.000/t
SNAM Frankreich	Ni-Cd-Batterien	Nickel Cadmium	2.400 t in Betrieb	Keine Angaben
CLEAN JAPAN CENTER Japan	Primärbatterien ev. Amalgam u. Leuchtstoffröhren	Hg, Mn, Zk, Fe-Schrott	6.000 t Betrieb 6-8.000/t aperiodischer Betrieb	Errichtung 40 Mio.
SUMITOMO HEAVY INDUSTRIES Japan	Primärbatterien	Zn, Hg Fe-Mn-Legierung	100 kg/h in Betrieb	Errichtung u. Betrieb 6.100/t (bei 2.000 t/a)

Tab. 28: Aufbereitungsanlagen für Batterien - Zusammenfassung

Quelle: eigene Zusammenstellung

11. BEURTEILUNG DER ERHOBENEN DATEN ALS BASIS FÜR DEN VORSCHLAG ZUR LÖSUNG DES BATTERIEPROBLEMES IN ÖSTERREICH

11.1 WERTUNG DER ERFASSUNGSSYSTEME

Analysiert man sämtliche in bezug auf Sammlung durchgeführte Untersuchungen, so kann man feststellen, daß die Sammelresultate von freiwilligen Sammlungen für Rund- und prismatische Batterien bei einer Obergrenze von ca. 20 % stagnieren. Der mit einem enormen Informationsaufwand geführte Modellversuch auf der Insel Bornholm, Dänemark, zeigt mit einer Rücklaufquote von 21 % bei Alkali-Mangan-Batterien und 27 % für Kohle-Zink-Batterien die absoluten Grenzen eines freiwilligen Sammelsystems. Teilweise sind jedoch auch Sammelresultate von nur 3,3 % (Battrex, Holland), 9 % (Japan) und 14 - 20 % (Schweden) in der Literatur zu finden.

Die Sammelergebnisse für Knopfzellen sind wesentlich höher, 79 % in Bornholm, 80 % in der Schweiz und 90 % in Schweden. Berücksichtigt man jedoch, daß einerseits teilweise zu niedrige Verkaufsziffern angenommen wurden, andererseits in den ersten Monaten bzw. im ersten Jahr Rücklaufquoten von weit über 100 % (z.B. Bornholm 300 % nach 2 Monaten) erzielt wurden, was auf gehortete Bestände schließen läßt, werden diese hohen Sammelquoten sicher nicht langfristig erzielt werden können.

Die hohe Rücklaufquote läßt sich insbesondere auch dadurch erklären, daß Knopfzellen bisher primär in Geschäften ausgetauscht wurden (Uhrenfachhandel, Fotofachhandel), daß aber auch hier der Konsument mehr und mehr dazu übergehen wird, diese Batterien selbst zu tauschen.

Anders ist die Situation bei mit Pfandsystemen geführten Versuchen.

Der Östhammar Modellversuch, Schweden, zeigt ganz klar, daß selbst mit einem geringen Pfand von nur öS 0,50 je Batterie, eine erhöhte Rücklaufquote bewirkt wird.

Weitere in Schweden durchgeführte Studien ergaben ganz eindeutig eine hohe Korrelation zwischen Pfandbetrag und Rücklaufquoten. Der Pfandbetrag sollte so angesetzt werden, daß einerseits ein genügend hoher Anreiz zur Rückgabe besteht, andererseits aber durch ein zu hohes Pfand die Versuchung eines Betruges (z.B. durch Importe) nicht gefördert wird und ein aufwendiges und kostenintensives Administrationssystem vermieden wird.

Eine weitere wesentliche Frage im Zusammenhang mit der Sammlung von Altbatterien ist, ob sämtliche Batterien oder nur als schadstoffreich angesehene Batterien gesammelt werden sollten. Dazu seien noch einige Bemerkungen angebracht:

- Konsumenten sind größtenteils nicht in der Lage, die einzelnen Batteriesysteme voneinander zu unterscheiden. Dies trifft insbesondere für Knopfzellen zu, gilt aber auch für Rundzellen und prismatische Blöcke.
- Konsumenten wollen sich nicht die Mühe machen, ihre Batterien auf Hinweise zu untersuchen, ob es sich um eine schadstofffreie Batterie handelt. Dies gilt gleichermaßen für die Kennzeichnung mittels eines Recyclingsymbols.

Die Schweiz hat in ihrer Stoffverordnung diesen Umstand dahingehend berücksichtigt, daß von den rücknahmeverpflichteten Geschäften auch als nicht schadstoffreich eingestufte Batterien zurückgenommen werden müssen.

- Durchbricht man das Prinzip, daß alle Batterien Sonderabfall bilden, besteht die Gefahr einer Verunsicherung des Konsumenten, mit dem Resultat, daß eine größere Anzahl Schadstoffreicher Batterien in den Hausmüll gelangen.
- Jede Batterie ist ein Chemikalienbehälter. Auch wenn der Quecksilbergehalt der Batterien abnimmt, sollten alle Batterien auf Grund ihres restlichen Schwermetall- und Chemikaliengehaltes aufbereitet werden.
- Auch die Begrenztheit der Rohstoffe ist in diesem Zusammenhang ein Argument für eine Verwertung.
- Eine einwandfreie Trennung nach Batteriesystemen im Sammelgut ist auch bei einer Beschränkung der Sammlung auf schadstoffreiche Batterien nicht zu erwarten, wie die Erfahrungen des Modellversuches Bornholm bestätigen (Siehe Kapitel 9.5).
- Weder bei der Müllverbrennung noch bei der Müllkompostierung und -deponierung sollten Batterien im Müll vorhanden sein. Untersuchungen von Kemmerling, (1986), sowie Stevens und Wright, (1980), behandeln dieses Thema ausführlich und bestätigen diese Forderung.

Untersuchungen über Rauchgasemissionen von Müllverbrennungsanlagen weisen Schwermetalle, insbesondere Zink, Quecksilber und Cadmium als problematische Emissionen aus, deren Konzentrationen bis zu zwei Drittel auf die im Müll enthaltenen Altbatterien zurückgeführt werden (Studien von Fürmaier, (1983), Hutton und Simon, (1986)).

Das Hauptproblem, das mit Hausmüll gemeinsam entsorgte Altbatterien verursachen, ist die Unbrauchbarkeit des Müllkompostes durch zu hohe Schwermetallkonzentration.

Da über 30 % des anfallenden Hausmülls in Österreich in Kompostierungsanlagen zu Kompost aufbereitet werden und 1985 und 1986 durchgeführte Analysen österreichischer Müllkomposte gezeigt haben, daß oftmals die Grenzwerte für Schwermetalle überschritten wurden (z.B. wurde in 43 % der Fälle der Grenzwert für Zink von 1500 ppm überschritten), ist eine vom Hausmüll getrennte Sammlung angezeigt. Nach der strengeren Schweizer Stoffverordnung würde kein einziger der untersuchten Komposte den Gütekriterien entsprechen.

Aus allen diesen Aspekten kann für Österreich nur vorgeschlagen werden, eine effiziente Sammlung sämtlicher Batterien zu betreiben. Die Batterien sollten, solange keine Aufbereitungsanlage zur Verfügung steht, vorerst in Monodeponien gelagert werden.

Der Weg eines Importverbotes von Batterien mit einem Quecksilbergehalt über einem festgelegten Wert (vorgeschlagen wurde 0,015 % - 0,025 % Hg) löst das Problem nur teilweise für Alkali-Mangan-Batterien, ist jedoch vorläufig für Knopfzellen nicht anzuwenden und betrifft auch nicht die anteilig immer stärker vertretenen Nickel-Cadmium-Batterien.

Durch ein Importverbot könnte zwar die Umweltbelastung durch Quecksilber in Österreich verringert werden, dies löst jedoch nicht das Problem der Verwertung bzw. der Umweltbelastung durch eine Verlagerung auf andere Batteriesysteme mit anderen Schadstoffen.

11.2 WERTUNG DER AUFBEREITUNGSVERFAHREN

Wenn die Sonderabfalldponiekosten von öS 4.000,-/t in Schönberg DDR als ökonomisch und ökologisch relevant anerkannt werden, kann keines der beschriebenen Verwertungsverfahren für Batterien in seiner jetzigen Form betriebswirtschaftlich kostendeckend geführt werden, d.h. Anlagen können nur errichtet und betrieben werden, wenn für die Aufbereitung der übernommenen Batterien ein Entsorgungsbeitrag entrichtet wird.

Die Gründe sind vielfältig und liegen sowohl in der komplizierten Aufbereitungstechnik, in einem zu geringen Auslastungsgrad der Anlagen, als auch in den geringen zu erzielenden Preisen und gar der Unverkäuflichkeit einiger wiedergewonnener Rohstoffe.

Die Anlagenkapazitäten variieren stark und liegen zwischen 50 t (MRT-Anlage) und 6.000 t (CJC-Anlage) jährlich.

Die Errichtungskosten haben für die MRT-Anlage ca. öS 1,3 Mio. und für die CJC-Anlage ca. öS 40 Mio. betragen. Die VÖEST-Alpine AG berechnet für die Errichtung einer Verwertungsanlage mit einer Kapazität von 1000 Jahrestonnen Kosten von öS 80 Mio..

Die angegebenen Betriebskosten der Anlagen sind auf Grund folgender Punkte kaum miteinander vergleichbar:

- unterschiedliche Kapazitäten der Anlagen
- mit oder ohne Sortierungskosten
- mit oder ohne Einbeziehung von Einnahmen aus dem Verkauf oder Eigenverbrauch der rückgewonnenen Rohstoffe
- unterschiedliche Umweltschutzauflagen

Generell sind Großanlagen im Betrieb kostengünstiger, allerdings sind höhere Transportkosten für die angelieferten Batterien anzusetzen, wobei die Transportkosten derzeit eine eher untergeordnete Rolle spielen.

Kleinere Anlagen haben zwar verhältnismäßig höhere Errichtungs- und Betriebskosten, bringen aber den Vorteil eines verhältnismäßig geringen Umweltbelastungspotentials im Vergleich zu zentralen Großanlagen.

Sehr grob gerechnet dürften die Anlagekosten für eine zentrale Aufbereitungsanlage für Gerätebatterien bei öS 80 bis 100 Mio. liegen, die daraus resultierenden Betriebskosten zwischen öS 7,- bis 20,- je kg behandelter Batteriemasse.

11.3 VORSCHLAG ZUR LÖSUNG DES BATTERIEPROBLEMES IN ÖSTERREICH

11.3.1 VORSCHLAG FÜR EIN EFFIZIENTES RÜCKNAHMESYSTEM - DAS ÖKOPFANDMODELL - FÜR BATTERIEN

Nach den Leitlinien zur Abfallwirtschaft in Österreich sollte es künftig nur mehr zwei Arten von Stoffströmen in der Abfallwirtschaft geben: verwertbare und inerte. Batterien behindern in vielen Fällen die Verwertung anderer Stoffe (z.B. Müll als Kompost) oder erschweren die Müllverbrennung (Emissionsprobleme und Probleme mit der Verwertung der Aschen und Schlacken) und sind sicher nicht als inert zu bezeichnen.

Nach der derzeitigen Rechtslage sind sie von Betrieben und Rechtsträgern, die einen Anfall von mehr als 200 kg pro Jahr und aus dem Konsumbereich in den Bundesländern Kärnten, Niederösterreich, Salzburg, Steiermark und Vorarlberg vom Müll getrennt zu halten und einer umweltkonformen Behandlung zuzuführen.

Am geeignetsten dazu wäre die Errichtung einer eigenen Verwertungsanlage, da die Verbringung auf die ostdeutsche Sonderabfalldeponie langfristig, wenn überhaupt nur eine schlechte Lösung darstellt.

Alle Versuche bisher haben gezeigt, daß die Grenzen einer freiwilligen Zurückgabe der Konsumbatterien bei rund 30 % liegen. Die Lösung des Schwermetallproblem aus Batterien bei der Müllkompostierung z. B. würde aber eine Rücklaufquote von mindestens 70 % erfordern. Daher ist nach einem Modell zu suchen, das hohe Rücklaufquoten garantiert.

Die höchste Rücklaufquote erzielen derzeit wiederverwendbare Produkte (Flaschen) mit 90 - 96 %, dies auf Grund einer ökonomischen Motivation - dem Pfand. Dem geringwertigen Gut Flasche (bei 30 Umläufen mit etwa dem Wert von 5 g behaftet) wird durch das Flaschenpfand von 1,20 aber ein wesentlich höherer Wert verliehen. Würde man für die Flasche den aktuellen Wert ausbezahlt bekommen, würde die Rücklaufquote sicher nicht mehr als die 50 % betragen.

Das heißt, Pfänder stellen jenes Anreizsystem dar, das erforderlich ist, den Konsumenten zu Handlungen anzuregen, die auf Grund von ökologischen oder ökonomischen Bedingungen erforderlich sind.

Flaschen z. B. haben als wiederverwendbares Gut beim Abfüller auch nach der x-ten Verwendung noch einen positiven Wert. Sie sind nach dem Waschvorgang wieder für eine Abfüllung verwendbar.

Anders ist dies bei den Altbatterien. Sie stellen am Ort der Übergabe einen negativen Wert dar, da alle bekannten Recyclingverfahren oder auch die Verbringung auf Sonderabfalldeponien einen Behandlungsbeitrag erfordern.

Beide Fakten zusammengebracht erfordern ein für Batterien geeignetes Pfandsystem. Dieses System muß drei Facetten abdecken:

1. ein Anreizsystem für den Konsumenten bieten, die Altbatterien nicht in den Müll zu werfen, sondern zu definierten Stellen bringen ,
2. eine Abgeltung der entstehenden Aufwendungen für die Rücknahme und Weiterleitung der Altbatterien für die Übernahmestellen und
3. die Abdeckung der entstehenden Kosten für die Verwertung oder Verbringung auf eine Sonderabfalldeponie sicherstellen.

Diese Facetten sind in der Idee des Ökopfandmodelles berücksichtigt. Das Ökopfandmodell besteht aus:

- 1) dem Einsatz als Anreizsystem für den Konsumenten
- 2) der Abgeltung der Manipulationsaufwendungen für die Übernahme und Weiterleitung von Altbatterien (z.B. durch den Handel)
- 3) der Abgeltung der Aufwendungen für die umweltgerechte Entsorgung

Das Schema des Ökopfandmodells für Batterien läßt sich wie folgt darstellen:

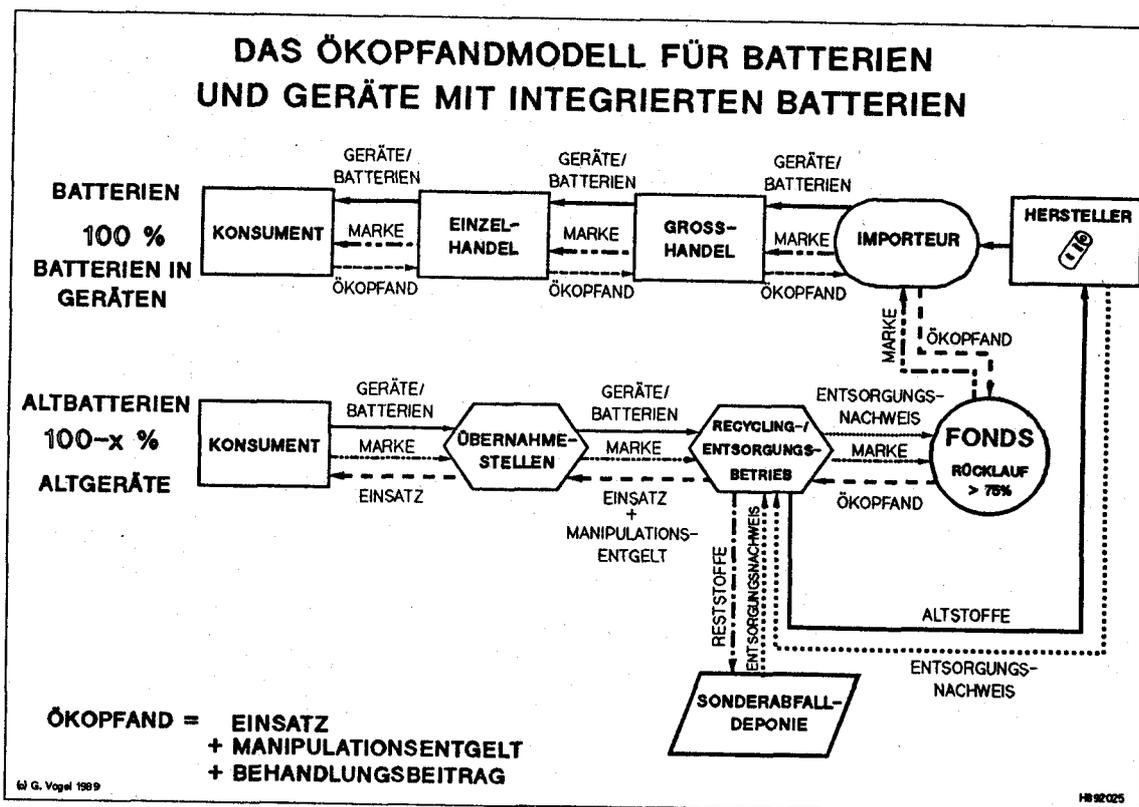


Abb. 30: Das Schema des Ökopfandmodells für Batterien

Im einzelnen finden folgende Tätigkeiten und Stoff- bzw. Geldflüsse statt:

Der Importeur bezahlt nach dem Import bei einem (möglichst durch die Batterieindustrie selbst verwalteten, aber durch die Öffentlichkeit kontrollierten) Fonds das Ökopfund für jede importierte Batterie ein.

Das Ökopfund kann an eine Ökopfundmünze gebunden werden. Der Importeur überreicht dem Großhandel Batterien und Ökopfundmünzen und verrechnet dem Großhändler den Batteriewert und das Ökopfund. Das gleiche erfolgt dem Einzelhändler und dem Konsumenten gegenüber.

Bringt nun der Konsument seine Batterien und die entsprechende Ökopfundmünze zu einer Übernahmestelle, das kann der Foto- oder der Elektrohandel, etc., aber auch eine z.B. von der Kommune eingerichtete Stelle sein, erhält er den Einsatz (einen Teil des Ökopfundes) zurück.

Die Übernahmestelle bringt die Altbatterien zusammen mit den Ökopfundmünzen zum Verwerter oder zu einem berechtigten Sonderabfallentsorger und erhält von diesem für die Ökopfundmünze den Manipulationsbetrag ausbezahlt.

Der Verwerter oder Sonderabfallbehandler sorgt gegen Nachweis (Begleitschein) für den Verwertungsschritt oder die Sonderabfallbehandlung und verrechnet gegen Vorlage des Entsorgungsnachweises und der entsprechenden Anzahl von Ökopfundmünzen mit dem Fonds.

Der Fonds kann nun aus der Wertdifferenz der verkauften und der rückgenommenen Ökopfundmünzen nicht nur seine Tätigkeit sondern nach ausländischen Erfahrungen (z. B. mit dem schwedischen Aludosenpfandmodell) auch die entsprechende Öffentlichkeitsarbeit und die Ausstattung aller an der Versorgungs- und Entsorgungskette Beteiligten, z.B. Zählmaschinen für Ökopfundmünzen, beschaffen, nicht zuletzt deshalb, weil vor allem in der Anfangsphase wesentlich weniger als 100 % der Konsumenten ihre Altbatterien dem System überantworten.

Das System trägt sich also selbst, sichert höhere Rücklaufquoten und die erforderliche Verdichtungsleistung, die für eine geordnete Behandlung (vor allem Verwertung) nötig ist.

Der Mehraufwand wird allen Beteiligten abgegolten. Der Konsument trägt verursachergerecht die Mehrkosten für diese effiziente umweltkonforme Entsorgung.

Das Ökopfundmodell für Batterien sollte auch für Geräte eingesetzt werden, in denen z. B. ein wiederaufladbarer Nickel - Cadmium Akku eingebaut ist.

Dabei wäre es von Vorteil und würde umweltkonform eine entsprechende Marktverschiebung bewirken, wenn der Einsatz im Rahmen des Ökopfundes für Geräte mit herausnehmbaren Batterien oder Akkumulatoren z. B. um den Faktor 5, für Geräte mit integrierten Batterien um Akkumulatoren um den Faktor 10 höher liegen würde als für konventionelle Trockenbatterien und Akkumulatoren. Eine solche Staffelung wäre z. B. auch nach dem Schwermetallgehalt in Batterien (vor allem Knopfzellen) möglich.

Über die Höhe des Einsatzes kann und soll auch die angestrebte Rücklaufquote "eingestellt" werden. Nach den schwedischen Erfahrungen ist dies fast auf einen Prozentpunkt hin genau möglich.

11.3.2 Errichtung einer Recyclinganlage für Batterien

Wenn nun die hohe Rücklaufquote durch das Ökopfundmodell gesichert ist, ist das ökonomische Risiko des Betriebes einer Recyclinganlage nur noch sehr klein, bzw. durch den im System eingebauten Entsorgungsbeitrag nahezu Null.

12. ZUSAMMENFASSUNG

- Gerätebatterien gleichen Aussehens enthalten oftmals unterschiedliche elektrochemische Systeme mit unterschiedlichem inneren Aufbau.
- Eine eindeutige Zuordnung auf Grund der Bauform zu einem Batteriesystem ist nicht möglich.
- Eine Identifizierung des Batteriesystems auf Grund der Kennzeichnung ist für Konsumenten zwar möglich, aber für den Laien oft schwierig, bei Knopfzellen nahezu unmöglich.
- Neue Entwicklungen der Batteriehersteller konzentrieren sich auf quecksilberfreie Kohle-Zink-Batterien, stark reduzierte Quecksilbergehalte bei Alkali-Mangan-Batterien und der Erreichung der Marktreife von Lithium-Batterien als 1,5 V Rundzellen sowie wiederaufladbarer Lithium-Systeme.
- Sämtliche in der Literatur angegebenen Verbrauchsziffern für Batterien - und dies gilt für alle untersuchten Länder - sind vermutlich eher zu niedrig angesetzt und umfassen in fast keinem Fall die in Geräten wie Uhren, Taschenrechnern, Elektro- und Elektronikprodukte bereits eingebauten und mit diesen Geräten importierten Batterien, größtenteils auch nicht Batterien für kommerzielle Anwendungen. Dies gilt insbesondere für Nickel-Cadmium-Batterien.
- Als Richtwert für den Batterieverbrauch kann in Europa ein Wert von ca. 8 bis 18 Batterien je Einwohner und Jahr ermittelt werden. Den weltweit höchsten Batterieverbrauch weist Japan mit ca. 29 Batterien je Einwohner und Jahr aus.
- In Österreich werden jährlich mindestens 76 Mio. Stück bzw. 2.600 t Batterien verkauft, wahrscheinlich jedoch über 80 Mio. Stück. Damit werden die bisherigen Zahlenangaben bei den Stückzahlen um fast 100 % überschritten.
- Die Marktanteile für Alkali-Mangan-Batterien und Nickel-Cadmium-Akkumulatoren steigen in Österreich wie im Ausland gleichermaßen stark zu Lasten von Kohle-Zink-Batterien an.
- Bei Knopfzellen werden Quecksilberoxid-Batterien langsam durch Lithium-, Silber- und Zink-Luft-Systeme ersetzt.

- Die Schwermetallfrachten der 1988 in Österreich verkauften Batterien belaufen sich auf rund:

Quecksilber	6-8,5	t
Cadmium	38	t
Nickel	79	t
Zink	335-440	t

- Zur Sammlung von Altbatterien gibt es in allen untersuchten Ländern gesetzliche oder freiwillige Vereinbarungen.
- Pfandsysteme sind in den meisten untersuchten Ländern in Diskussion, wobei die Einführung eines Pfandsystems für Batterien nach 1989 in Dänemark beschlossen werden soll.
- Ein Entsorgungsbeitrag auf Batterien wird in Schweden eingehoben.
- Importverbote für Batterien mit Schadstoffgehalten über einem festgelegten Wert stehen in Schweden, Dänemark und im Rahmen der EG zur Diskussion.
- In sämtlichen untersuchten Ländern werden Batterien gesammelt.

Die gesammelten Batterien werden mangels geeigneter Aufbereitungsanlagen in den untersuchten Ländern entweder im Inland deponiert oder zur Ablagerung auf Sonderabfalldeponien exportiert. In Schweden werden Nickel-Cadmium-Akkumulatoren aus der inländischen Sammlung bei SAB-NIFE, Oskarshamn, aufbereitet.

- Die Rücklaufquote bei freiwilligen Sammlungen beträgt je nach Land und Intensität der Informationskampagne zwischen 3,3 % und 25 % für Rundzellen und prismatische Batterien. Damit sind die Grenzen eines freiwilligen Sammelsystems definiert. Die Rücklaufquoten für Knopfzellen sind zur Zeit auf Grund zu gering angenommener Verkaufsmengen bzw. der Nichtberücksichtigung des Imports von Knopfzellen in Geräten wie Uhren, Rechnern usw., sowie gehorteter Bestände wesentlich höher, und werden mit 80 bis 90 %, teilweise sogar über 100 % angegeben. Es kann mit Sicherheit angenommen werden, daß die tatsächlichen Rücklaufquoten mittelfristig auf ca. 50 % und darunter fallen werden.
- Versuche mit Pfandsystemen weisen, je nach Höhe des Pfandbetrages, Rücklaufquoten von 60 bis 90 % auf. Auch geringe Pfandbeträge ergeben bereits wesentlich höhere Rücklaufquoten als freiwillige Systeme.
- In den untersuchten Ländern wird mehrheitlich die Ansicht vertreten, daß sämtliche Batterien gesammelt werden sollten.
- Zur Zeit ist in Europa keine großtechnische Anlage zur Aufbereitung von (quecksilberhaltigen) Batterien in Betrieb, selbst die japanische Aufbereitungsanlage nur gelegentlich.

- Für Nickel-Cadmium-Batterien arbeiten in Europa zwei Anlagen, bei SNAM in Frankreich und SAB-NIFE in Schweden. Diese Anlagen sind primär zur Aufbereitung von offenen Nickel-Cadmium-Akkumulatoren vorgesehen. Die Aufbereitung von geschlossenen Nickel-Cadmium-Akkumulatoren (Gerätebatterien) ist technisch aufwendiger und wird nur in geringem Maß durchgeführt.
- Für die Lösung des ökologisch - ökonomischen Altbatterieproblems wurde im Rahmen dieser Studie für Österreich ein Modell entwickelt - das Ökopandmodell für Batterien.

LITERATURVERZEICHNIS

- Backman, M., Erlandsson, L., Lindqvist, T.: Sorteringsparametrar hos insamlade batterier, TEM, Lunds Universitet, Sjöbo 1987
- Backman, M., Lidgren, K.: Increased recovery through deposit on heavy metal batteries, in: ISWA (Hrsg.): Waste Management & Research, 1983, S. 359-373
- Backman, M., Lindqvist, T.: Pansystem för batterier, Naturvårdsverket/TEM Lunds Universitet, Solna 1988
- Backman, M., Lindqvist, T.: The question of battery deposit systems in Sweden,
- Backman, M., Lindqvist, T., Christiansen, K., Hirsbak, S.: Possibilities for effective collection, sorting and recycling of spent batteries,
- Backman, M., Papegeorgiou, A.: Insamling av batterier - teknik, ekonomi och styrmedel, TEM Lunds Universitet, Sjöbo 1984
- Batteri Jakten, Nr. 4-88
- Battrex: Summary of the BATTREX-collecting study, Sjöbo 1988
- Berg, R. W., Christiansen, K., Olsen, L. S.: Oversigt over anlæg med oparbejdning af kvikksolvholdigt affald, Renere Teknologi Center, Taastrup 1988
- Berggren, A.B.: Alla batterier blir ofarliga, in: Ny Teknik, 1988, Nr. 44, S. 5
- Berggren, A.B.: Första litiumbatteriet helt utan kvicksilver, in: Ny Teknik, 1988, Nr. 42, S. 4
- Bergvall, G., Karlsson, R., Wallin, S.: Measurement of mercury vapor emissions from Swedish waste landfills, in: ISWA (Hrsg.): ISWA Proceedings,
- Bohac, P., Biber, R., Vital, A.: Aufbereitungsverfahren für verbrauchte Kleinbatterien, in: GFF Mitteilungen, XLIII (1987) Juli, S. 9-21
- Bundesminister für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit: Pressemitteilung: Batterieindustrie und Einzelhandel verpflichten sich zur umweltverträglichen Entsorgung von Altbatterien, 1988
- Bundesministerium für Umwelt, Jugend und Familie: Bundesgesetz vom über die Vermeidung von Abfällen, 1987
- Caspari, I.: Frigivelse av kvikksolv fra brukte sma-batterier, Senter for Industriforskning, Oslo 1988
- Dauer, U.: Die Giftzwerge, in: Natur, 9 (1987) S. 79-82
- Dlaska, H.: Mechanized recovery of lead from scrap batteries, in: Erzmetall, 33 (1980) 7/8, S. 362-366
- Europile: EC commission proposal for a council directive concerning batteries and accumulators containing dangerous substances
- Fa. Satorina: Batterie-Entsorgung durch die Firma Satorina Juli 1986, 1986
- Fachverband Batterien: Aufstellung: Verbleib von Cadmium aus Gerätebatterien in der BRD
- Fachverband Batterien: Aufstellung: Verbleib von Gerätebatterien in der BRD, 1988
- Fachverband Batterien: Aufstellung: Verbleib von Quecksilber aus Altbatterien in der BRD

- Fachverband Batterien: Aufstellung: Verbleib von wartungsfreien, verschlossenen Klein-Blei-Akkumulatoren für Consumer-Anwendung in der BRD
- Filius, A. J., Struijk, N.: Beschrijving van een inzamelproject gebruikte batterijen, Battrex, Delft 1987
- Filius, A. J.: Nikkel-Cadmium Batterijen, Recycling, Erasmus Universiteit, Erasmus Studie Centrum voor Milieukunde, Rotterdam 1988
- Frankenbach, P.: Rückgewinnung von Quecksilber aus Primärzellenschrott und anderen quecksilberhaltigen Rückständen, Frankfurt am Main, September 1984
- Fürmaier, B.: Ergebnisse von Emissionsmessungen von schwermetallhaltigen Stäuben an fünf Abfallverbrennungsanlagen, in: Müllverbrennung und Rauchgasreinigung, K.J. Thome-Kozmiensky (Hrsg.), E. Freitag Verlag, Berlin 1983
- Gemert van, W.J.Th., Kolster, B.H.: Onderzoek naar verwerking van gebruikte batterijen,
- Genest, W., Reimann, D. O.: Die Abfallproblematik von Altbatterien, Teil II: Zusammensetzung und Abfallrelevanz. Vorschläge zur Lösung dieses Abfallproblems, in: Müll und Abfall, 17 (1985) 7, S. 217-224
- Genest, W., Reimann, D.: Die Abfallproblematik von Altbatterien, in: Müll und Abfall 17, Nr. 6, 194, 1985 und Nr. 7, 217, 1985
- Genest, W.: Altbatterien in der BRD - Stand und Tendenz
- Genest, W.: Der Abfall Altbatterien, in: Thomé-Kozmiensky, Karl J. (Hrsg.): Behandlung von Sonderabfällen, EF-Verlag für Energie- und Umwelttechnik, Berlin 1987, S. 320-327
- Genest, W.: Die Abfallproblematik von Altbatterien. Teil I: Beschreibung, Anwendung und Mengenangaben, in: Müll und Abfall, (1985) 6, S. 194-199
- Genest, W.: Die Abfallproblematik von Altbatterien. Teil II: Zusammensetzung und Abfallrelevanz. Vorschläge zur Lösung dieses Abfallproblems, in: Müll und Abfall, (1985)7, S. 217-224
- Genest, W.: Entsorgung von Batterien, Entsorgungspraxis, 1, 122-126, 1984
- Genest, W.: persönliche Mitteilungen, 1987
- Genest, W.: Vortrag an der Techn. Akademie, Esslingen: Geltende und voraussichtliche Vorschriften und Maßnahmen zur Entsorgung von Gerätebatterien, Berlin 1987
- GFF Mitteilungen, 18. Jg., Juli 1987
- Gotoh, S.: Vermeidung und Recycling gebrauchter Trockenbatterien, in: Thomé-Kozmiensky, K.J. (Hrsg.), Behandlung von Sonderabfällen, EF-Verlag für Energie- und Umwelttechnik, Berlin 1987, S. 328-336
- Hanulik, J.: Neue wirtschaftliche Methode zur Wiederverwertung von Batterien, Zürich, 1987
- Hiller, F.: Die Batterie und die Umwelt, expert verlag, Sindelfingen 1987
- Hiller, F.: Die Stoffrückgewinnung aus elektrischen Batterien, in: Thomé-Kozmiensky, Karl J. (Hrsg.): Behandlung von Sonderabfällen, EF-Verlag für Energie- und Umwelttechnik GmbH, Berlin 1987, S. 351-358
- Hirayama, N., Gotoh, S., Yamjima, T.: Rückgewinnung von Quecksilber und anderen Metallen aus gebrauchten Batterien, in: Thomé-Kozmiensky, Karl J. (Hrsg.): Behandlung von Sonderabfällen, EF-Verlag für Energie- und Umwelttechnik GmbH, Berlin 1987, S. 337-344

- Hirsbak, S., et al.: Nyhedsbrev om miljøfarlige batterier, Renere Teknologi Center/Nordisk Ministerråd, Taastrup 1988
- Hutton, M., Simon, C.: The quantities of cadmium, lead, mercury and arsenic entering the U.K. environment from human activities, science total, environment, 57, 129-150, 1986
- Jordbruksutskott: Jordbruksutskottets betänkande 1986/87: 8 om åtgärder mot miljöfarliga batterier, Norstedts Tryckeri, Stockholm 1986
- Kato, S.: Brief an Eugene Salerni, Ministry of Health and Welfare, Tokyo 1987
- Kemmerling, W.: Studie zur Entsorgung von Altbatterien in Österreich, Inst. f. Wasserschutz und Landschaftswasserbau, Abt. Abfallwirtschaft, TU Wien, Wien 1986
- Keppelmüller: Antrag betreffend ein Bundesgesetz über die Erfassung und Verwertung von Trockenbatterien, Wien 1988
- Kiehne, H. A., Tessar, H.: Agreement concerning the management of used batteries, Bonn 1988
- Knecht C.: Batterien gehören nicht auf den Müll, in: Wirtschaft und Umwelt, S. 7
- Kordesch, K.: Batterien und Brennstoffzellen. Neuere Entwicklungen auf dem Gebiet der elektrochemischen Energiespeicherung und Energieumwandlung, in: Österreichische Chemie-Zeitschrift, 85 (1984) 10, S. 211-225
- Kulander, H.: Rückgewinnung von Quecksilber aus Batterien, Leuchtstoffröhren, Zahnamalgam und anderen Produkten, in: Behandlung von Sonderabfällen, Thomé-Kozmiensky, K.J. (Hrsg.), E. Freitag Verlag für Energie und Umwelttechnik, Berlin 1987, S. 359-364
- Kulander, H.: Rückgewinnung von Quecksilber aus Leuchtstoffröhren und Lampen, in: Sprechsaal, Vol. 119 (1986) 11
- Lechner, P., Waldau, F.: Gutachtliche Stellungnahme zur Umweltbelastung durch Altbatterien, in: "Batterien - sehr gefährlich und schwer zu entsorgen", in: wirtschaft und umwelt, 1985, S. 6-7
- Lechner, P., Pawlick, R., Waldau, F.: Studie zur Entsorgung von Altbatterien in Österreich, TU-Wien, Institut für Wassergüte und Landschaftswasserbau, Abteilung Abfallwirtschaft, o. Univ. Prof. W. Kemmerling (Hrsg.), Wien, Oktober 1986
- L'Hermite, P.: The European Community and the battery question, Brüssel 1988
- Lindqvist, T.: Deposit on batteries - some remarks, University of Lund, Lund
- Lindqvist, O.: Occurrence and turnover of mercury in the environment - a Swedish Research Project, Göteborg
- Lord, D.: Burnt out batteries, in: Environmental Action, (1988) S. 16-18
- Lord, D.: The inside story, in: Environmental Action, (1988) S. 19
- Lukschanderl, L.: Quecksilber - Zeitbombe im Müll, in: ibf - Report, (1983) 912, S. 1-4
- Mayr, J., Vogel, G.: Bericht vom Seminar über Pfandsysteme für Batterien in europäischen Ländern, vom 10.-11.3. 1988 in Sjöbo, Schweden, Wien 1988
- Mayr, J.: Bericht vom Seminar über Pfandsysteme für Batterien in europäischen Ländern, vom 10.-11.3. 1988 in Sjöbo, Schweden, Institut für Technologie und Warenwirtschaftslehre, Wien 1988

- Meijer, P. J.: Batteries in the Netherlands. Short paper for the seminar at the University of Lund at Sjöbo on 10-11 March 1988, Bilthoven
- Mettelet, C.: Recovery of "button" batteries, in: Naturopa, (1988) 58, S. 20 f.
- Miljøstyrelsens Analytisk - Kemiske Laboratorium: Aufstellung: Inholdet af Cd og Hg i batterier, Soborg 1988
- N.N.: Altbatterien in der Bundesrepublik Deutschland - Stand und Tendenz, 1988
- N.N.: Altbatterien-Sammlung - Eine gemeinsame Umweltschutzaktion der Stadt Wien und der Wiener Handelskammer, WHK, Wien
- N.N.: Arbeitsunterlagen anlässlich der Tagung des Fachverbandes für Strahlenschutz, Basel, 4.-9. Oktober 1987
- N.N.: Aufbereitungsverfahren für verbrauchte Kleinbatterien, in: Schweizer Ingenieur und Architekt, 1988/ 3, S. 51-54
- N.N.: Batteries in the Netherlands, Sjöbo 1988
- N.N.: Battery recycling - a position paper prepared by Europile, 1988
- N.N.: Die Grünen blasen zum Generalangriff, in: Neue Verpackung, (1985) 8, S.
- N.N.: Durchbruch bei Alkali-Batterien-Technologie: Langlebige Batterien jetzt umweltfreundlich, Ralston Battery Systems Ges.m.b.H., Wien 1988
- N.N.: Fast avfall och återvinning, Nordisk Ministerråd, Kopenhagen 1988
- N.N.: Hessisches Abfallgesetz, in: Hessischer Landtag (Hrsg.): Hessens neues Abfallrecht. Vermeiden. Vermindern. Verwerten. Beseitigen, Handbuch für Kommunen, Parlamente, Wirtschaft., Hessen 1985
- N.N.: Informationen zum Unternehmen, Ralston Energy Systems S.A., Genf 1988
- N.N.: Informationen zum Unternehmen. Ralston Energy Systems SA, Ralston Energy Systems S.A., Wien 1988
- N.N.: Kennzeichnungspflicht, in: TU Wien (Hrsg.): Altbatteriestudie, Wien, S. 108-111
- N.N.: Leistungsbericht MA 48 für 1988
- N.N.: Notitie inzake preventie en hergebruik van afvalstoffen, Ministerie van Volkshuisvesting, Ministerie van Economische Zaken, Ministerie van Landbouw en Visserij, Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Den Haag 1988
- N.N.: Presseinformation: Batterier utan kvicksilver - bättré än återvinning, Philips, Stockholm
- N.N.: Pressekonferenz in La Chaux-de-Fonds, Ralston Energy Systems S.A., La Chaux-de-Fonds 1988
- N.N.: Pressmeddelande: Batterier utan kvicksilver - bättré än återvinning, Philips, Stockholm 1988
- N.N.: Ratschläge für das Sortieren,
- N.N.: Schweizer Stoffverordnung vom 1. 10. 1986
- N.N.: Sonnenschein TADIRAN. Lithium Batterien. Produktübersicht,
- N.N.: Studie zur Entsorgung von Altbatterien in Österreich, Institut für Wassergüte und Landschaftswasserbau, Abt. Abfallwirtschaft, o.Univ.Prof. W. Kemmerling (Hrsg.), TU Wien, im Auftrag der ASVA und der Bundeskammer der gewerblichen Wirtschaft, Wien Oktober 1986

- N.N.: Sysav heute, Tätigkeitsbericht, Sept. 1985
- N.N.: The deposit system - Swedish experiences concerning present and proposed systems, TEM-University of Lund, 1988
- N.N.: VARTA - Gerätebatterien. Haupt- und Sonderprogramm., VARTA Batterie AG
- N.N.: VARTA - Primärbatterien, Lieferprogramm und technische Daten, VARTA Batterie AG Hannover
- N.N.: Varta. Gesamtprogramm. Gerätebatterien, Varta Batterie AG, Hannover
- N.N.: Vereinbarung über die Schadstoffminderung und Entsorgung von Altbatterien, BMfUJF, Wien 1988
- N.N.: Verzeichnis der Teilnehmer an der Altbatterie-Sammelaktion, Wien 1987
- N.N.: VOEST-ALPINE: Umwelttechnik, VOEST-ALPINE,
- N.N.: Zwischenbericht zur Literaturrecherche zum Thema Lithium Batterien, Wien 1987
- N.N.: Varta. Typenübersicht. Gerätebatterien, Varta Batterie AG, Hannover
- N.N.: Wie "grün" sind sie?, in: Konsument, (1989) 3, S. 6-10
- National Agency for Environmental Protection: Danish proposal for a deposit system for environmental hazardous batteries, S. 3
- Öberg, B.: Alla Batterier skall insamlas, Brief vom 2. 11. 1988 an das Schwedische Energieministerium, Tekniska Verken
- Österr. Batterie-Importeure: Unterlagen und Datenangaben zum Problemkreis Batterie-Entsorgung, Wien 1985
- Pietsch, H.: Entsorgung von Gerätebatterien, in: Erzmetall, Nr. 10, Jg. 40, 1987, S. 566-567
- Rijksinstituut voor volksgezondheid en milieuhygiene: Batteries in the Netherlands, Bilthoven 1988
- Riksdagen: Regeringens proposition 1986/87: 55 om åtgärder mot miljöfarliga batterier, Norstedts Tryckeri, Stockholm 1986
- Siga: Sammlung und Entsorgung von Batterien in der Schweiz. Situationspapier zum Seminar "Deposit system on heavy metal batteries", Sjöbo 1988
- Stevens, C., Wright, S.J.: Disposal of spent batteries, in: Chemistry and Industry, (1980) S. 526-529
- Sumitomo Heavy Industries, Ltd.: New technology for treatment of used dry batteries, revision 1, 3. Juni 1988, Japan
- Svensk författningssamling: Förordning om ändring i förordningen (1986: 1236) om miljöfarliga batterier, Stockholm 1987
- Svensk författningssamling: Förordning om miljöfarliga batterier, Norstedts Tryckeri, Stockholm 1986
- Swedish National Environmental Protection Board: Swedish code of statutes - Ordinance on batteries hazardous to the environment, 1986
- Taylor, K., Hurd, D. J., Rohan, B.: Recycling in the 1980's batteries not included, in: Resource Recycling, (1988) S. 26 ff.
- The Swedish Ministry of the Environment and Energy: Official Government Paper 1986/87:157 on Waste Management, etc., 1986/87

- Thielmann, W. R.: Die Batterie von A-Z, Ralston Energy Systems Deutschland GmbH (Hrsg.), 1987
- Thomé-Kozmiensky, K. J. (Hrsg.): Behandlung von Sonderabfällen, Technik, Wirtschaft, Umweltschutz, EF-Verlag für Energie- und Umwelttechnik, Berlin 1987
- Thorsson, H.: Atervinning miljöfraga, in: Sydsvenska Dagbladet Snällposten, 11 mars 1988, S. 8
- Thorsson, H.: Tre kronor i pant för batterier, in: Sydsvenska Dagbladet Snällposten, 11 mars 1988, S. 8
- van Gemert, W.J.Th., Hazewinkel, J.H.O., Meijler, P.J.: Behandlung von verbrauchten Batterien, in: Thomé-Kozmiensky, K.J. (Hrsg.), Behandlung von Sonderabfällen, EF-Verlag für Energie- und Umwelttechnik, Berlin 1987, S. 345-350
- van Gemert, W.J.Th., Kolster, B.H.: Onderzoek naar verwerking van gebruikte batterijen, Technische Hogeschool Twente, Apeldorn
- VOEST Alpine Umwelttechnik: Informationsmappe zum Thema Batterierecycling, Oktober 1987
- Vogel, G.: Kontaminationspotential von in Batterien enthaltenen Schwermetallen, Wien 1987
- Vogel, G.: Zwischenbericht zur Literaturrecherche zum Thema Lithium-Batterien, Wien, Juni 1987
- Wams, T.: Schandelijk Rapport Batterijen Industrie, in: MD, 1987

Persönliche Informationen

Appenzberg, M., Schwedischer Umweltschutzrat, Schweden

Christiansen, K., Technological Institute, Dänemark

Egli, Bundesamt für Umweltschutz Bern, Schweiz

Genest, W., Umweltbundesamt Berlin, BRD

Holm, M., Dänisches Umweltschutzamt, Dänemark

Lindhqvist, T., TEM, Lunds Universitet, Schweden

Lugscheider, VOEST Alpine, Österreich

Matsson, L.-E., SAB-NIFE, Schweden

Struijk, N., Battrex B.V., Holland

Teramachi, F., Sanyo, Japan

Tuschi, P., Forschungszentrum Seibersdorf, Österreich

Van Deelen, TNO, Holland

Wagner, P., UCAR, Österreich

TABELLENVERZEICHNIS

Tab. 1:	Größenvergleich und Typenbezeichnung ausgewählter Gerätebatterien	5
Tab. 2:	Merkmale von Batterien verschiedener Systeme	9
Tab. 3:	Das Marktvolumen für Gerätebatterien im internationalen Vergleich für den Bezugszeitraum 1987/1988	24
Tab. 4:	Import, Export und Inlandsverbrauch von Gerätebatterien, Primärelemente, 1985-1987	25
Tab. 5:	Import, Export und Inlandsverbrauch von Gerätebatterien, Primärelementen < 300 cm ³ , 1988	26
Tab. 6:	Import, Export und Inlandsverbrauch von Nickel-Cadmium-Batterien, Österreich, 1988	27
Tab. 7:	Verkaufte Mengen und Markttendenzen der Batteriesysteme in der BRD, 1984, 1987	29
Tab. 8:	Verkaufte Mengen und Markttendenzen der Batteriesysteme in der Schweiz, 1987	30
Tab. 9:	Verkaufte Mengen und Markttendenzen der Batteriesysteme in Dänemark, 1987	32
Tab. 10:	Verkaufte Mengen und Markttendenzen der Batteriesysteme in Schweden, 1984, 1987, 1988	33
Tab. 11:	Produktion von Trockenbatterien (dry batteries) für den Inlandsmarkt - Japan, 1986/87	34
Tab. 12:	Batterieproduktion der Firma Sanyo für den Inlandsmarkt - Japan, 1985-1987	34
Tab. 13:	In Österreich 1984 verkaufte Gerätebatterien und deren Schwermetallgehalte	37
Tab. 14:	Quecksilbergehalt von Batterien, Österreich 1988	39
Tab. 15:	Cadmiumgehalt von Batterien, Österreich 1988	39
Tab. 16:	Nickelgehalt von Batterien, Österreich 1988	40
Tab. 17:	Zinkgehalt von Batterien, Österreich 1988	40
Tab. 18:	Quecksilberbelastung aus Gerätebatterien, Österreich 1984, 1988	41
Tab. 19:	Zinkbelastung aus Gerätebatterien, Österreich 1984, 1988	42
Tab. 20:	Nickelbelastung aus Gerätebatterien, Österreich 1984, 1988	43
Tab. 21:	Cadmiumbelastung aus Gerätebatterien, Österreich 1984, 1988	44
Tab. 22:	Altbatteriensammelmengen 1980-1986, Austria Recycling	64
Tab. 23:	Altbatteriensammelmengen nach Bundesländern 1982-1986	64
Tab. 24:	Altbatteriensammelmengen 1985-1988, Wien	65
Tab. 25:	Altbatteriensammelmengen nach Bundesländern 1988	66

Tab. 26:	Sammelergebnisse - Östhammar, Schweden, 1985-1988	76
Tab. 27:	Erfassungsgrad und Entsorgungskosten der Altbatteriensammlung im internationalen Vergleich	78
Tab. 28:	Aufbereitungsanlagen für Batterien - Zusammenfassung	119

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abb. 1:	Gerätebatterien in verschiedenen Bauformen und Größen	4
Abb. 2:	Innerer Aufbau einer typischen Rundzellenbatterie	6
Abb. 3:	Innerer Aufbau einer typischen Flachzellenbatterie	7
Abb. 4:	Typischer Aufbau einer Kohle-Zink-Batterie	9
Abb. 5:	Typischer Aufbau einer Alkali-Mangan-Batterie	10
Abb. 6:	Typischer Aufbau einer Silberoxid-Batterie	11
Abb. 7:	Typischer Aufbau einer Zink-Luft-Batterie	12
Abb. 8:	Typischer Aufbau einer Lithium-Batterie	13
Abb. 9:	Vergleich der Entladekennlinien verschiedener Primärsysteme	16
Abb. 10:	Typischer Aufbau einer gasdichten Nickel-Cadmium-Batterie	17
Abb. 11:	Vergleich der Entladekurven von Alkali-Mangan-Batterien und Nickel-Cadmium-Batterien	18
Abb. 12:	Vorschlag für das Recyclingsymbol nach ISO: 7000-Reg.No. 1135	50
Abb. 13:	Pictogramm der Schweizer Stoffverordnung	56
Abb. 14:	Durchschnittliche stoffliche Zusammensetzung der gesammelten Batterien - Schweiz	68
Abb. 15:	Verteilung der Batteriesysteme im Sammelgut - Schweiz	69
Abb. 16:	Schema zum Verwertungsablauf für Altbatterien - TNO	82
Abb. 17:	Entwurf eines Sortiermodells für Batterien - TEM	84
Abb. 18:	Blockschaubild der VÖEST-Batterierecyclinganlage	86
Abb. 19:	Anlagen-Flow-Sheet der VÖEST-Batterierecyclinganlage	87
Abb. 20:	Massenflußbild und Verfahrensschemablauf der VÖEST-Batterierecyclinganlage	89
Abb. 21:	Flußdiagramm des ETH-Aufbereitungsverfahrens für Kleinbatterien	94
Abb. 22:	Hg-Restgehalt bei thermischer Behandlung - ETH	96
Abb. 23:	Reduktion des Mangandioxids mit Kohle - ETH	96
Abb. 24:	Materialfluß der Batterieaufbereitung - ETH	98
Abb. 25:	Quecksilberschadstofffluß - ETH	99
Abb. 26:	Verfahrensschema der DECOHA/Recytec-Verwertungsanlage	102
Abb. 27:	Verfahrensschema der MRT-Quecksilber-Verwertungsanlage	105
Abb. 28:	Schema der CJC-Versuchsanlage zur Aufbereitung von quecksilberhaltigen Abfällen	112
Abb. 29:	Verfahrensschema der Sumitomo Heavy Industries-Aufbereitungsanlage	117
Abb. 30:	Das Schema des Ökopandmodells für Batterien	124

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

AFIF/EICSA/ORFA	Federal Institute of Technology/ Forschungsgemeinschaft zur Entwicklung eines Altbatterieaufbereitungsverfahrens in der Schweiz
AREC	AUSTRIA RECYCLING
BG	Bundesgesetz
DIN/IEC	Deutsche Industrienorm (Elektrizität)
E-Masch App Ger and	Elektro-Maschinen, Apparate, Geräte, andere
LETO	Holländ. Recyclingfirma
mAh	Milliampèrestunden
mWh/cm ²	Milliwattstunden pro Quadratcentimeter
ÖPG	Österr. Produktionsförderungsgesellschaft
TEM	Forschungsinstitut der Universität Lund
TNO	Holländ., nationales Forschungsinstitut
TUU	VOEST (Geschäftsbereich Umwelttechnik)

