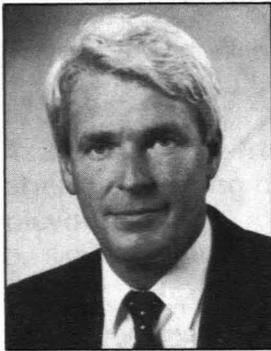


Die betriebswirtschaftliche Bedeutung des Entropiegesetzes vor dem Hintergrund knapper Ressourcen



Wolfgang MEINIG, Dipl.-Ing., Dipl.-Wirtschafts-Ing., Dr. rer. pol., habil., Privatdozent, Jahrgang 1941, Maschinenbaustudium an der Technischen Universität Braunschweig, Studium der Wirtschaftswissenschaften an der Universität Göttingen, mehrjährige Tätigkeit als Leiter eines Berufsbildungszentrums, seit 1974 Lehr- und Forschungstätigkeit an der Universität Göttingen, Arbeitsschwerpunkte Produktgüter- und Investitionsgüter-Marketing.

1. Der Entropiebegriff in den Wirtschaftswissenschaften — Die Frage seines Bedeutungsinhalts

Der aus dem Bereich der Naturwissenschaften stammende **Entropiebegriff** hat schon vor Jahren durch einige recht bekanntgewordene Beiträge zum Problembereich Umwelt- und Ressourcenökonomie Eingang in die wirtschaftswissenschaftliche Literatur gefunden (vgl. Georgescu-Roegen, Boulding, Stumm/Davis). — Besondere Aufmerksamkeit haben einige mit der Entropie verbundene Aussagen ausgelöst, welche darauf hinauslaufen, die Umwelt- und Ressourcenkrise sei in Wahrheit eine Entropiekrise (vgl. Barton, 1979, S. 14) und das Ende unserer zivilisatorischen Entwicklung sei auf die Gültigkeit des Entropiegesetzes — des zweiten Hauptsatzes der Thermodynamik — zurückzuführen (vgl. Stumm/Davis, 1974, S. 40). In zunehmendem Maße wird auch in einem Teil der betriebswirtschaftlichen Literatur auf das Entropiegesetz, im weiteren Sinne also auf thermodynamische Zusammenhänge Bezug genommen. Dies gilt einerseits für Abhandlungen, die sich mit dem Thema **»Umwelt und Betriebswirtschaft«** auseinandersetzen (vgl. hierzu beispielhaft: Strebel, 1980, S. 27 ff, 102, 141 f.), andererseits aber auch für die Beiträge zur **Abfallwirtschaft** und zum Thema Rohstoffrückgewinnung, dem sog. **Recycling** (Vgl. hierzu beispielhaft: Keller, 1977; Schultheiß, 1978, S. 59 ff.; Görg, 1981, S. 155 ff.). Die Auseinandersetzung mit diesem The-

menkomplex wirft vor allem folgende Fragen auf:

- 1) Was verbirgt sich hinter dem Entropiegesetz, was ist Entropie, welche Tatsachen werden mit diesem Begriff belegt, sind dies neue oder längst bekannte Tatsachen?
- 2) Führt die Beschäftigung mit der Entropie zu einem verwertbaren Wissenszuwachs und damit zu einer Qualitätsverbesserung konkreter betriebswirtschaftlicher Entscheidungsfindung?

Um diese Fragen **wenigstens im Ansatz** beantworten zu können, muß zunächst auf einige elementare thermodynamische Zusammenhänge eingegangen werden.

2. Die Entropie als Ausdruck von Zustandsveränderungen — thermodynamische Grundlagen

Die Meßgröße Entropie mit der wenig anschaulichen Dimension Energie/Temperatur kennzeichnet **Zustandsänderungen irreversibel ablaufender Prozesse** (zu den thermodynamischen Grundlagen vgl. u.a. Faber/Niemes/Stephan, 1983, S. 71 ff.). Irreversible Prozesse — und dazu zählen sämtliche ökonomischen Prozesse — sind nicht ohne äußere Zufuhr von Energie denkbar. Entropie erfaßt nicht etwa Quantitäten von Materie und Energie, sondern ihre **qualitativen Zustände im Sinne ihrer Verfügbarkeit bzw. Ordnung**. Dieser Sachverhalt läßt sich anhand der unterschiedlichen Aussagen der beiden Hauptsätze der Thermodynamik verdeutlichen:

— Nach dem **ersten Hauptsatz** der Thermodynamik gehen Stoffe ebenso wie Energien in geschlossenen Systemen nicht verloren,

— nach dem **zweiten Hauptsatz** der Thermodynamik, dem sog. Entropiegesetz, verschlechtert sich jedoch bei jedem irreversibel verlaufenden Prozeß durch Vermischung bzw. Verteilung die Verfügbarkeit von Materie. Jeder Energieumwandlungsprozeß führt unausweichlich zu einem (unwiederbringlichen) Verlust an Arbeitsfähigkeit, das ein betrachtetes Energiequantum zu leisten imstande ist.

Vereinfacht ausgedrückt läßt sich also festhalten:

- Es entsteht Energie, bzw. der Zustand der Verfügbarkeit verschlechtert sich,
- wenn Stoffe miteinander vermischt werden (es entsteht Mischentropie),
 - wenn Stoffe verteilt, zerstreut werden (es entsteht Verteilungsentropie),
 - wenn Energien in andere Energieformen umgewandelt werden (es entsteht Entropie der Energieumwandlung).

Der zuerst genannte Fall der Mischentropie-Entstehung läßt sich exemplarisch mit Hilfe eines Diffusionsprozesses zweier unterschiedlicher Gase erklären, wobei der irreversibel verlaufende Prozeß zu einer gleichmäßigen Vermischung der beiden Stoffe und somit zu einem neuen Gleichgewichtszustand führt. Die Materie ist erhalten geblieben (1. HS.), die Verfügbarkeit, der Ordnungszustand hat sich verschlechtert, es ist Mischentropie entstanden.

Auch das Prinzip der **Verteilungsentropie-Entstehung** ließe sich anhand eines einfachen geschlossenen thermodynamischen Systems erklären: Zwischen einem gasgefüllten und einem evakuierten Behälter wird die Verbindung hergestellt; das Gas expandiert ohne äußere Einwirkung bis zum Eintritt eines neuen Gleichgewichtszustandes.

3. Ursachenbereiche der Entropie im Herstellungs- und Verwendungsprozeß

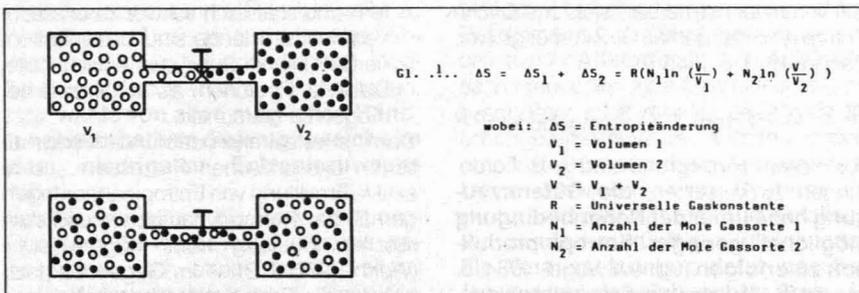


Abb 1: Diffusionsprozeß (kein Energieaustausch mit der Umgebung)



und die Frage der Entropiemessung

Auch bei Prozessen, welche auf die Leistungserstellung und Leistungsverwertung von Gütern ausgerichtet sind, erfahren Stoffe und Energien **zwangsläufige Veränderungen, die den Grad ihrer weiteren Verfügbarkeit, z. B. für produktive Zwecke herabsetzen**. Diese verminderte Verfügbarkeit äußert sich zum einen im **Vermischthein** mit anderen Stoffen; Mischungsprozesse treten — wie noch im einzelnen zu zeigen sein wird — vor allem bei der Gütererzeugung und in der Schlußphase des Konsums auf, die mit der Deponierung der Rückstände endet. Zum anderen werden Stoffe **verteilt**; dies geschieht sowohl bei der Gütererzeugung als auch bei der Distribution, sowie bei der Aufgabe der Rückstände.

Es entsteht also ebenso wie in den thermodynamischen Systemen Energie.

Die qualitative Nachzeichnung eines typischen Verlaufs der Mischentropie eines Stoffes, der die Phasen der Produktion, Konsumation und der anschließenden Rückgewinnung durchläuft, verdeutlicht die Ursachenbereiche der Mischentropieentstehung (vgl. Abb. 2).

Zur Erfassung der Entropieveränderungen, die ein bestimmter Stoff beim Durchlaufen der einzelnen Phasen erfährt, diene die Maßeinheit »relative Mischentropie«: Jede Mischentropie ist bezogen auf die Entropie des in reiner Form vorliegenden Rohmaterials; demzufolge ist die relative Mischentropie des Rohmaterials in seiner höchsten Konzentration + 1. Entropiezunahme bedeutet Entfernung vom Ursprung weg, den »fiktiven Änderungsraten« der Entropie entsprechen die Abstände zwischen gedachten konzentrischen Kreisen um den Ursprung. Die Entropie nimmt auf dem Wege der Erzeugung von Produktkomponenten zu. In der Phase der Distribution tritt i. d. R. keine, in der Phase der geplanten konsumtiven Nutzung meist nur eine schwache Abnahme der stofflichen Konzentration ein (z. B. durch Abnutzung, Verschmutzung, Oxidation); letzteres bedeutet eine schwache Entropiezunahme (es gibt aber auch Fälle, bei denen die Konzentration eines Stoffes beim Gebrauch durch Abnutzung eines anderen verbundenen Stoffes steigt. Dies gilt z. B. für das Drahtgewebe eines Stahlgürtelreifens; denn das Reifengummi geht z. T. dispersiv verloren [vgl. Werth, 1977, S. 29]. — Einen sehr hohen Entropiezuwachs erfährt der betrachtete Stoff nach Beendigung des Gebrauchs, nämlich durch die Vermischung mit anderen Rückständen.

Bei der nicht trennenden Sammlung der Abfälle bleibt die Konzentration und damit auch die Entropie konstant, beim Sortieren nimmt die Entropie erheblich ab, so daß im anschließenden Aufbereitungsprozeß der Sekundärstoff hergestellt werden kann. Im günstigsten Fall erreicht der Sekundärstoff die Konzentration des ursprünglichen Roh-

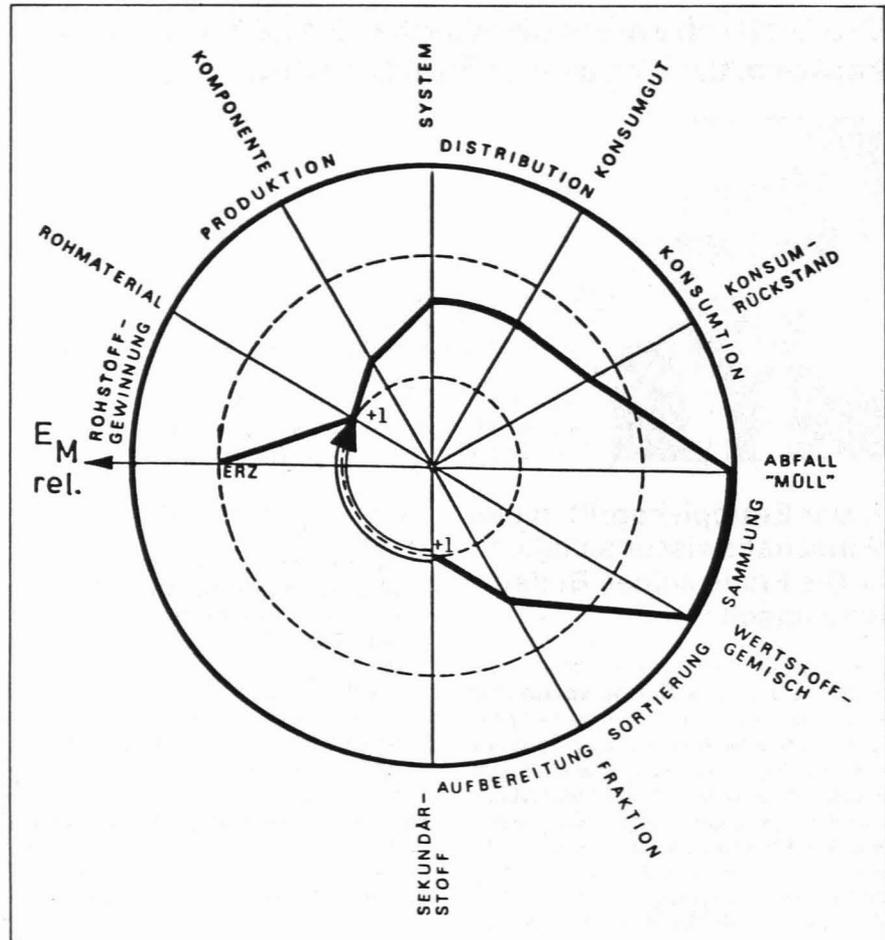


Abb 2: Verlauf der relativen Mischentropie (qualitativ) eines Stoffes im Produktions-, Konsums- und Rückgewinnungsprozeß

materials und damit eine relative Entropie von + 1.

Eine analoge Darstellungsmöglichkeit besteht für den Verlauf der relativen **Verteilungsentropie**; die Hauptanstiegsphasen liegen hier bei der Verteilung des Rohmaterials, bei der Güterdistribution und bei der nicht organisierten, planlosen Abgabe der Rückstände an die Umwelt.

Abschließend ist auf einen äußerst wichtigen Tatbestand hinzuweisen: **Einmal geschaffene Energie läßt sich nicht vernichten**, sie kann lediglich auf ein anderes System übertragen werden. Der Versuch, einmal geschaffene Irreversibilität (im oben definierten Sinn) wieder rückgängig zu machen, führt unabwendbar zur Schaffung neuer und höherer Irreversibilität in einem anderen System. Dieser Übertragungsprozeß verursacht seinerseits stets zusätzliche Entropie, so daß gemäß Gl. 2 immer gilt (vgl. Barton, 1979, S. 242):

$$\text{Gl. 2 } \Delta S_{\text{System}} + \Delta S_{\text{Umgebung}} > 0$$

Vor diesem Hintergrund sind z. B. Forderungen zu verstehen, **die Gütererzeugung habe unter der Nebenbedingung möglichst geringer Entropieproduktion zu erfolgen** (vgl. u.a. Vogel, 1984, S. 14 und S. 17). Inwieweit dieses Handlungsziel mit dem Wirtschaftlichkeitsziel der Güte-

erzeugung vereinbar ist, wird weiter unten zu untersuchen sein.

Zur Meßbarkeit der Entropie

Die Frage der Meßbarkeit sei hier — in fast unzulässiger Kürze — wie folgt beantwortet:

1. Im Gegensatz zu den einfachen Systemen der Thermodynamik handelt es sich in der Güterwelt um makroskopische, äußerst komplexe Systeme, an denen viele Stoffe in recht unterschiedlicher Zuordnung beteiligt sind. Sowohl die Systemgrenzen als auch die Gleichgewichtszustände sind meistens nicht eindeutig definiert; so finden z. B. fortgesetzt chemische Reaktionen zwischen den Stoffen statt (z. B. Oxidation unter dem Einfluß von Luft usw., vgl. hierzu z. B. Baehr, 1973, S. 9 ff.).
2. Auch die Verteilungszustände von Gütern sind statistisch schwer zu erfassen; Verteilungszustände sind bestenfalls innerhalb kleiner Subsysteme (Haushalte, Stadtteile, Regionen) als annähernd homogen zu betrachten.

Damit ist festzuhalten, daß für die hier diskutierten ökonomischen Prozesse »... eine exakte Ermittlung von Entropieänderungen gemäß der thermodynamischen und statistischen Deutung nicht möglich ist...« (Werth, 1977, S. 21 — Im Gegensatz dazu bereitet die Entropieberechnung bei den technischen Prozessen der Energieum-



wandlung keine besonderen Schwierigkeiten); vielmehr liegen die konkreten Möglichkeiten zur Quantifizierung auf der Ebene eines ordinalen Meßniveaus im Sinne einer komparativen Abstufbarkeit (Ob ordinales Messen noch strengen Sinne als »Quantifizierung« bezeichnet werden darf, ist in der Literatur umstritten [vgl. hierzu u. a. die Diskussion bei Seil, 1967, S. 95 ff]).

4. Zur betriebswirtschaftlichen Bedeutung der Entropievorstellung

Die Beschäftigung mit Entropien bedeutet eine ganz spezifische Art der Abstrahierung; dabei gehen Detailzusammenhänge verloren, die in bestimmten Bereichen der betriebswirtschaftlichen Forschung gerade zum Erkenntnisobjekt erhoben werden. — So ist z. B. bei Entropiebetrachtungen nur pauschalisierend von »Mischung« die Rede, dahinter verbergen sich aber in der Realität insbesondere qualitative Fragen der Faktorkombination und Fragen geplanter Produktqualitäten. Entropiebetrachtungen stellen eine Möglichkeit dar, die Ursachenbereiche einer bestimmten Schadensart darzustellen. Die in unterschiedlichen betrieblichen Teilbereichen durch unterschiedliche Mitteleinsätze bewirkten Zustandsänderungen werden — wenn auch unvollkommen — in einer Meßeinheit erfaßt.

Damit wird zumindest eine, auch für die Bearbeitung betriebswirtschaftlicher Probleme nützliche **Kreislaufvorstellung** gefördert, die eine im betriebswirtschaftlichen Denken vorherrschende Problemsicht modifiziert. Es dominiert **nicht mehr uneingeschränkt** das Ziel, die **Ordnung der Stoffe** schrittweise in eine **Ordnung der konsumtiven Bedarfe** zu überführen; vielmehr werden die **Konsequenzen dieses Ordnungswandels unter dem Aspekt einer Wiederherstellung der ursprünglichen stofflichen Ordnung** betrachtet.

Vor dem Hintergrund der vom Zusammenbruch bedrohten Kreisläufe der Natur ist es notwendig, über die negativen Folgen des Wirtschaftens und die Schaffung künstlicher Kreisläufe intensiv nachzudenken, z. B. über die Möglichkeit, auf dem Wege des **Recycling** Stoffe wieder in ihren ursprünglichen Zustand zu versetzen, anstatt die Umwelt mit der Ablagerung von Stoffgemischen aller Art zu belasten.

Als Ergebnis solcher Überlegungen ist das oben bereits erwähnte Handlungsziel zu betrachten: »Erzeuge und vertreibe Produkte unter der Nebenbedingung möglichst wenig Irreversibles dabei zu schaffen, bzw. **wähle von allen möglichen Handlungsalternativen diejenige, welche zu dem niedrigsten Entropiezuwachs führt.**«

Es stellt sich jedoch die Frage nach dem Realitätsgehalt dieses Handlungsziels, insbesondere nach seiner Vereinbarkeit mit dem Wirtschaftlichkeitskalkül (Das Wirtschaftlichkeitskalkül betrifft die möglichst

günstige Gestaltung des Verhältnisses zwischen Betriebsertrag und Gesamtkosten. Nach Gutenberg handelt es sich dabei um einen »systemindifferenten Tatbestand« [vgl. Bloech/Lücke, 1982, S. 65 ff]). — Im Interesse einer mehr **anschaulichen Erörterung** dieser Frage sei der Blick auf die **real existierenden Rückgewinnungskreisläufe** gelenkt.

Beim sog. »**sog. Recycling**« kann das genannte Handlungsziel offensichtlich im Einklang mit dem Wirtschaftlichkeitskalkül stehen.

Darunter fallen

- alle praktizierten Verfahren der unternehmensinternen Rückführung von Produktionsabfall und Ausschuß,
- ferner die Verfahren, welche auf dem Wege der Überholung und Aufarbeitung gebrauchter Güter deren Mehrfachnutzung ermöglichen (vgl. Meyer, 1983a, S. 10 ff; derselbe, 1983b, S. 306).

Die meisten Unternehmungen werden jedoch nicht in der Lage sein, selbst **direkt** für die Rückführung der eigenen Produktionsrückstände und der von ihnen erzeugten Güter — nach ihrem Ge- bzw. Verbrauch — zu sorgen. Hier verbleibt nur die Möglichkeit einer Beteiligung am großen Kreislauf des **Altstoff-Recycling**.

An diesem Kreislauf sind zahlreiche, wirtschaftlich und rechtlich selbständige Organe beteiligt; diese übernehmen **im Interesse eigener Gewinnerzielung** Funktionen, die hauptsächlich auf die Wiederherstellung des ursprünglichen stofflichen Zustandes ausgerichtet sind. — Damit stellt sich aus der Sicht der Herstellerunternehmungen die Frage nach dem ökonomischen Sinn einer Verfolgung des hier diskutierten Handlungsziels.

Ein gewichtiges Argument für eine positive Beantwortung liefert z. B. der »Entwurf zur vierten Änderung des Abfallbeseitigungsgesetzes« vom März 1984 (Siehe: Der Bundesminister des Innern, Az. U II 5 — 530102/23 B): Er enthält zahlreiche neue Vorschriften, die insgesamt auf die **Vermeidung, Rückführung** und das **Getrennthalten** von Rückständen und Abfällen abzielen; dabei wird der Begründungszusammenhang hergestellt, indem die Tatbestände des »Mischens« und »Verteilens« hervorgehoben werden.

Aus diesem Gesetzentwurf lassen sich u. E. die Leitlinien einer zukünftig weiter verschärften Gesetzgebung ableiten; diese wird durch eine Reihe zusätzlicher Ge- und Verbote neue **Rahmenbedingungen** für betriebswirtschaftliches Handeln setzen. Das gemeinsame Ziel ist darin zu sehen, daß sowohl **Altstoffe** als auch Abfallstoffe nach Merkmalen ihrer Beschaffenheit, insbesondere nach Merkmalen ihrer Mischungsverhältnisse mit anderen Stoffen, präzise definiert und klassifiziert werden. — Mit der Entwicklung eines **Systems** eindeutig definierter **Altstoff- und Abfallsorten können zukünftig zugleich auch die Voraussetzungen dafür geschaffen werden, daß sich »echte« Preise** für die im Güterherstellungsprozeß geschaffene

Irreversibilitäten herausbilden. Dies gilt einerseits für ge- bzw. verbrauchte Güter, denen im Hinblick auf ihre Altstoffkonsistenz von den Organen des Altstoffrecycling ein positiver oder negativer Wert beigemessen wird. Andererseits gilt dies für Abfallstoffe, deren Deponierung jeweils unterschiedlichen Aufwand verursacht.

Diese Ausführungen lassen den unmittelbaren Schluß zu, daß bei unveränderter Verhaltensweise der Hersteller und Produktkäufer mittel- und langfristig mit höheren Kostenbelastungen zu rechnen ist. — Ein Weg, dieser Entwicklung auszuweichen, besteht in einer frühzeitig eingeleiteten einzelbetrieblichen **Internalisierung des Ziels bestmöglicher Entropievermeidung**.

Wie am Beispiel der Mischentropieentstehung ausführlicher und am Beispiel der Verteilungsentropieentstehung nur andeutungsweise gezeigt wurde, ist kein betrieblicher Teilbereich von diesen Überlegungen freizustellen. Die Entropiefolgen sind in allen Phasen zu bedenken, in denen ein Produkt Gestalt annimmt und in denen es Veränderungen erfährt.

Die Entscheidung über das Fertigungsverfahren beinhaltet z. B. wichtige Konsequenzen für erreichbare Produktqualitäten und die Art und Menge des Kuppelprodukts Ausschuß. (Allein die Bestimmung der Reihenfolge einzelner Fertigungsschritte kann darüber entscheiden, welcher Aufwand für die Rückgewinnung der in der Zweckleistung [Produkt] und dem Ausschuß enthaltenen Stoffe notwendig ist.)

Die Art der **Distribution** von Gütern steht in unmittelbarer Beziehung zum Aufwand, der für das »Wiedereinsammeln« der ge- oder verbrauchten Güter geleistet werden muß. Unter dem Aspekt der Rückgewinnbarkeit von Stoffen kann die Entscheidung für ein Vertriebssystem — und hier die spezielle Entscheidung über die Art der physischen Distribution — nur im Zusammenhang mit der Entscheidung für ein eigenes oder fremdes Rückgewinnungssystem gefällt werden.

Für die Phase der **Konsumtion** stehen dem Marketing eine Reihe »begleitender« Mitteleinsätze zur Verfügung, um das Käuferverhalten im Zusammenhang mit dem Ge- und Verbrauch und der Deponierung zu beeinflussen, so daß Abfälle dem Rückgewinnungsprozeß in effizienter Weise zugeführt werden können.

Die vermutlich größte Bedeutung — im Sinne einer Weichenstellung — kommt jedoch dem **Produktplanungs- und Produktentwicklungsprozeß** zu. — Die wichtigsten Maßnahmen, die

- nicht nur der Herstellung einer Ge- oder Verbrauchsordnung,
- sondern gleichzeitig der Wiederherstellung der Ordnung einer erneuten produktiven Verwendung dienen, seien im folgenden näher erläutert:
- Produktplanung/Produktentwicklung** — Konstruktion
- technische Produktgestaltung
- akquisitorische Produktgestaltung



Produktion

- Wahl des Fertigungsverfahrens, d. h.
 - Fixierung des technischen Prinzips
 - Wahl der Produktionsmittel
 - Bestimmung der Einsatzart und des Belastungsgrads der Betriebsmittel, usw. (Damit sind zugleich die drei wichtigsten »Ebenen der Abstraktion« genannt, innerhalb derer Entscheidungen für die Wahl des Fertigungsverfahrens gefällt werden (vgl. Bloech/Lücke, 1982, S. 15).

Distribution

- Wahl des Vertriebssystems
- Wahl des Rückgewinnungssystems

Konsumtion

- Wahl »begleitender« Mitteleinsätze des Marketing zur Einflußnahme auf das Käuferverhalten im Gebrauch, Verbrauch und bei der Deponierung

5. Entropievermeidung als Aufgabe der Produktplanung und -entwicklung

Das Ziel einer späteren Rückgewinnung der im Produkt enthaltenen Werkstoffe grundsätzliches Umdenken bei der Produktplanung und -entwicklung:

- Die **Werkstoffwahl** berührt einige für die Rohstoffrückgewinnung bedeutsame Entscheidungstatbestände, wie z. B.
 - Beschränkung der Zahl verwendeter Werkstoffarten,
 - Vermeidung von Störstoffen wie
 - Verwendung von Werkstoffen unterschiedlicher Legierungsfamilien unter dem Gesichtspunkt der Altstoffgruppen-Einsatzzeichnung (s. Abb. 3).
 Die metallurgische Verträglichkeit im Sinne von Altstoffgruppen zeigt zugleich den direkten Weg, wie man ggf. Produkte nach ihrem Gebrauch als Ganzes, ohne besondere Manipulation dem Rückgewinnungsprozeß zuführen kann. In den meisten Fällen wird es jedoch aus Gründen, die den oben genannten Anforderungsbereichen zuzuordnen sind, unvermeidbar sein, »unverträgliche« Werkstoffe zu verwenden. — Im Hinblick auf die Werkstoffwahl kommt es nun darauf an, wichtige sonstige Eigenschaften zu beachten, so daß unter wirtschaftlich vertretbaren Bedingungen eine Trennung unverträglicher Stoffe ermöglicht wird; zu diesen zählen z. B. magnetische, optische, akustische Eigenschaften, das spezifische Gewicht, ferner Eigenschaften wie Verformbarkeit (Duktilität) und Sprödigkeit. Die Ausnutzung solcher Kenntnisse zur Förderung der Rückgewinnbarkeit setzt jedoch beim Produktplaner Kenntnisse über Recyclingtechnologien voraus.
- Die Unvollkommenheiten der Werkstoffwahl (Störstoffe) machen **Vorkehrungen** für die **Trennung** der Materialien notwendig. Zu diesen Vorkehrungen zählen, daß die Entscheidung über die Art der Verbindung einzelner Elemente unter der Nebenbedingung der inversen

auf die Altstoffgruppen-Einsatzzeichnung zu überprüfende		Altstoffgruppen				
Legierungsfamilien	Werkstoffe der Legierungsfamilien nach DIN 1725	AlMgSi 0,5	AlMgSi	AlZnMg	AlCuMgPb	G-AlSi
Reinaluminium						
AlMn	AlMn	/	○	○	●	/
AlMg	AlRMg 0,5					/
	AlRMg 1					/
	Al 99,9 Mg 0,5					/
	Al 99,9 Mg 1					/
	Al 99,85 Mg 0,5					/
	Al 99,85 Mg 1					/
	AlMg 1	○		●		/
	AlMg 1,5	○		●		/
	AlMg 1,8	○		●		/
	AlMg 2,5	/	●		○	/
	AlMg 3	○	○	●	○	/
	AlMg 4,5	○	○	○	○	/
	AlMg 5	/	○	○	○	/
AlMnMg	AlMn 0,5 Mg 0,5	/	○	○		/
	AlMnMg 0,5	/	○	○	●	/
	AlMn 1 Mg 1	/	○	○	●	/
AlMgMn	AlMg 2 Mn 0,3	○	○	●		/
	AlMg 2 Mn 0,8	/		○		/
	AlMg 2,7 Mn	/	○	○	●	/
	AlMg 4 Mn	/	○	○	○	/
	AlMg 4,5 Mn	/	○	○	○	/
AlMgSi 0,5	AlMgSi 0,5			●		/

Werkstoff (oder Legierungsfamilie) ist in Altstoffgruppe:

<p>■ unbeschränkt einsetzbar OF ≤ 1</p> <p>■ unbeschränkt einsetzbar unter Berücksichtigung der Mg-Entfernung OF ≤ 1 (Ausnahme: Mg-OF ≤ 2)</p>	<p>● fast unbeschränkt einsetzbar OF ≤ 1,3 (Ausnahme: Mg-OF ≤ 2,6)</p> <p>○ beschränkt einsetzbar OF ≤ 3 (Ausnahme: Mg-OF ≤ 6)</p> <p>○ sehr beschränkt einsetzbar OF ≤ 4 (Ausnahme: Mg-OF ≤ 8)</p> <p>/ nur in kleinsten Mengen einsetzbar OF > 4 (Ausnahme: Mg-OF > 8)</p>
--	--

Abb. 3: Werkstoff-Verträglichkeits-Matrix für Aluminium (Auszug) — (Meyer, 1983, b, S. 308)

Operation, nämlich der Trennung, gefällt wird. Grundsätzlich sind zwei Arten der Materialtrennung bei Produkten zu unterscheiden, nämlich

- beschädigungsfreie und
- beschädigungsbehaftete Trennung (vgl. Weege, 1981, S. 115; Meyer, 1983a, S. 39 f. und S. 63 f.).

Unter dem Gesichtspunkt der Werkstoffverlust- und Energieeinsatzminimierung sind Verbindungen vorzuziehen, die sich zerstörungsfrei lösen lassen (vgl. Weege, 1981, S. 115). Demzufolge sind z. B. sog. Schnappverbindungen den Verbindungsarten wie Nieten, Falzen, Schruppfen, Schweißen, Kleben usw. vorzuziehen

(vgl. Meyer, 1983a, S. 40); dadurch wird der Demontageaufwand niedrig gehalten. Sind die zuletzt genannten Verbindungsarten nicht zu vermeiden, sind z. B. an geeigneten Stellen Sollbruchstellen vorzusehen (vgl. Meyer, 1983a, S. 35).

c) Als geeignete **Gestaltungsziele** sind anzuführen (vgl. Meyer, 1983a, S. 40, S. 47 f., S. 64 f.):

- Leichte Zugänglichkeit der Verbindungsstellen (Verlagerung in den Außenbereich des Produkts)
- Vereinheitlichung der Demontageoperationen
- Reduzierung der Demontageoperationen



- Vereinheitlichung der Bewegungsrichtung
- Kennzeichnung der Baugruppen mit untereinander verträglichen Werkstoffen

Aus dem Gesagten ist unmittelbar abzuleiten, daß durch einen gezielten Abbau von Irreversibilitäten einer Degradierung von Rückständen zu Abfall entgegengewirkt werden kann; dadurch können nicht nur i. d. R. **Kosten der Abfallbeseitigung** vermieden, sondern auf ggf. **Erlöschancen** wahrgenommen werden, wenn den Rückständen oder gebrauchten Gütern ein positiver Wert beigemessen werden kann.

6. Erlös- und Kostenentwicklungen und ihre Akzeptanz vor dem Hintergrund alternativer Handlungsmotive

Der Planungs- und Entwicklungsaufwand, der zur Förderung bzw. Sicherstellung der Rückgewinnbarkeit eingesetzter Rohstoffe im Einzelfall geleistet werden muß, weist ebenso große Unterschiede auf, wie die Güter selbst. — Generalisierende Aussagen zu den Kosten- und Erlöswirkungen sind nicht möglich, genaue Aussagen setzen einzelbetriebliche Analysen voraus.

Als Zielgröße kann hierbei die Deckungsbeitrags-Änderung infolge von Dispositionen, die im Interesse der Stoffrückgewinnung stehen, dienen.

Im Falle negativer Wirkungen auf den Deckungsbeitrag können im Bereich oberster Unternehmerziele verankerte langfristige ökonomische und/oder außerökonomische Nebenziele dazu führen, daß dennoch Maßnahmen zur Förderung der Stoffrückgewinnung ergriffen werden; zu diesen Zielen zählen z. B.:

Erreichung eines positiven Unternehmens-Images (Herausstellen der sozialen Verantwortung im Rahmen der »Public Relations« und »Corporate Communication«, usw.)

Langfristige Sicherung der eigenen

Rohstoffbasis (qualitativ, quantitativ, preislich)

Prospektive Konfliktvermeidung mit dem »Gesetzgeber«

7. Zusammenfassung

Entropie erfaßt eine ganz bestimmte Art der Beanspruchung knapper Ressourcen; sie kennzeichnet eine Schadensart, die dadurch eintritt, daß Stoffe und Energien in Zustände verminderter Verfügbarkeit versetzt werden. — Den Verursachern dieser Zustandsveränderungen erwachsen daraus, besonders unter zunehmend verschärften Knappheitsbedingungen, erhebliche Kostenbelastungen. — Vor diesem Hintergrund muß die Thematik auch in einzelbetrieblicher Sicht als aktuell eingestuft werden.

Das Handlungsziel der Entropievermeidung resultiert quasi zwangsläufig aus einer frühzeitigen einzelbetrieblichen Internalisierung jener Rahmenbedingungen, innerhalb derer jede zukünftige wirtschaftliche Betätigung stattfinden wird. — Dieses Ziel kann jedoch nicht zum Primärziel betriebswirtschaftlichen Planens und Handelns erhoben werden; vielmehr kommt ihm im unternehmerischen Zielsystem die Bedeutung eines Nebenziels zu, dessen angemessene Berücksichtigung die Wirtschaftlichkeit der Gütererzeugung keineswegs in Frage stellen muß.

Literatur:

- BAEHR, H. D. (1973): Thermodynamik, 3. neubearb. Aufl., Berlin-Heidelberg-New York 1973
- BARTON, A. F. M., (1979): Ressource Recovery and Recycling, New York-Chichester-Brisbane-Toronto 1979
- BLOECH, J., LÜCKE, W., (1982): Produktionswirtschaft, Stuttgart-New York 1982
- BOULDING, K. E., (1966): The Economics of the Coming Space Ship Earth, in: Jarrett, H. (Ed.), Environmental Quality in a Growing Economy, Baltimore 1966, S. 3 — 14
- BOULDING, K. E., (1971): Economic of Pollution, New York, New York University Press 1971
- DER BUNDESMINISTER DES INNERN, (1984): Entwurf eines vierten Gesetzes zur Änderung des Abfallbeseitigungsgesetzes, Stand 1. 3. 1984, Az.: U II 5 — 530 102/23 B

FABER, M., NIEMES, H., STEPHAN, G., (1983): Entropie, Umweltschutz und Rohstoffverbrauch, Berlin-Heidelberg-Tokio 1983

GEORGESCU-ROEGEN, N., (1976a): Energy and Economic Myths, Institutional and Analytical Economic Essays, New York-Toronto-Oxford-Sydney-Frankfurt-Paris 1976

GEORGESCU-ROEGEN, N., (1976b): The Entropy Law and the Economic Process, Harvard University Press, 3. Aufl., Cambridge, Mass. 1976

GÖRG, M., (1981): Recycling als umweltpolitisches Instrument der Unternehmung. Eine theoretische und empirische Analyse, Berlin 1981

KELLER, E., (Hrsg.), 1977: Abfallwirtschaft und Recycling. Probleme und Praxis, Essen 1977

MEYER, H., (1983a): Recyclingorientierte Produktgestaltung, Düsseldorf 1983

MEYER, H., (1983b): Recyclingorientierte Produktgestaltung, in: Umwelt: o. Jg. (1983), H. 4, S. 306—309

SCHULTHEISS, B., (1978): Umweltschutz- und Rohstoffprobleme in der Unternehmensplanung. Kostensenkung durch betriebliche Wiederverwendungskreisläufe, Berlin 1978

SEIL, H.-J., (1967): Die Quantifizierung betriebswirtschaftlicher Sachverhalte. Der Quantifizierungsbegriff, die Quantifizierungsmöglichkeiten sowie ihre Auswirkungen in betriebswirtschaftlicher Sicht, Berlin 1967

STREBEL, H., (1980): Umwelt und Betriebswirtschaft. Die natürliche Umwelt als Gegenstand der Unternehmenspolitik, Berlin-Bielefeld-München 1980

STUMM, W., DAVIS, J., (1974): Kann Recycling die Umweltbeeinträchtigungen vermindern? in: Recycling: Lösung der Umweltkrise? Brennpunkte Nr. 2, hrsg. v. Gottlieb-Duttweiler-Institut, Zürich 1974, S. 29—40

VOGEL, G., (1984): Der Beitrag der Ressourcenökonomie zur Minimierung der Entropieproduktion der irreversiblen Wirtschaftsprozesse im offenen System Erde. — Schriftenreihe des Instituts für Technologie und Warenwirtschaftslehre der Wirtschaftsuniversität Wien, hrsg. v. J. Hölzl, 3. Aufl., Wien 1984

WEEGE, R.-D., (1981): Recyclinggerechtes Konstruieren, Düsseldorf 1981

WERTH, P., (1977): Entscheidungskriterien für das Recycling von Abfallstoffen unter dem Gesichtspunkt des Energieeinsatzes: Beispiel Altreifenbeseitigung, Dissertation Berlin 1977



Ein Weltprodukt aus Österreich

Weltweit über 100 Patente

Nur das MAGNETIC-CODE-SYSTEM bietet 299 Quadrillionen Variationsmöglichkeiten für Schließanlagen und garantiert auch bei weltweiter Anwendung für höchste Sicherheit. Jedes Schloß und jeder Schlüssel ist einmalig.

Ausgezeichnet mit dem Innovationspreis der Wiener Industrie für Wissenschaft und Technik HANS-LAUDA-PREIS 1984.



Die Nummer 1

für Zylinderschließanlagen in Österreich.

