



*Heinz STREBEL, Dr. rer. pol. Dipl. rer. pol. (techn.), o. Univ.-Prof. studierte Wirtschaftsingenieurwesen an der Universität (TH) Karlsruhe. Nach Tätigkeiten für RKW und VDI war er Universitätsprofessor für Industriebetriebslehre an der Freien Universität Berlin, danach an der Universität Oldenburg, seit 1990 ist er Vorstand des Instituts für Innovationsmanagement an der Karl-Franzens-Universität Graz, und hat dort auch die Einführung eines Studiums irregulare „Umwelt-systemwissenschaften“ für Betriebswirte veranlaßt, Publikation zahlreicher Beiträge zu den Gebieten Produktionswirtschaftslehre, Innovationsmanagement, Betriebswirtschaftliche Umweltökonomie.*

# Umweltgerechte Produktion

## Einführung und Überblick

### 1. Das Konzept

Umweltfreundliches Verhalten von Produzenten und Konsumenten wird bereits im Umweltprogramm der Bundesrepublik Deutschland von 1971 gefordert, ist bis heute Anspruch aller einschlägigen Publikationen und wird inzwischen – zumindest verbal – allgemein akzeptiert.

Will man die Idee „Umweltfreundliche Produktion“ aber in die Praxis umsetzen, so erweist sich das Konzept als außerordentlich vielschichtig, teilweise auch noch wenig operational und praktikabel. So stellt sich immer noch die Frage: was ist eigentlich umweltfreundliche oder umweltgerechte Produktion?

Viele Rückstände aus Produktion und Konsum sind unvermeidlich und gehen teilweise in die natürliche Umwelt. Auch bei fehlenden Entsorgungsmöglichkeiten ist Produktion und Konsum unmöglich. Ohne Umweltbelastung durch Ressourcenentnahme und Rückstandsabgabe gibt es also keine Produktion. Vollkommener Umweltschutz heißt danach Aufgabe der Produktion, also Ende der Menschheit. Dies aber ist auch nicht der Wunsch radikaler Umweltschützer.

Es gibt also keine umweltfreundliche Produktion. Die Frage kann also nur lauten: wie kann, wie soll Produktion gestaltet werden, damit sie die natürliche

Umwelt relativ wenig beansprucht? Eine solche Produktion könnte man durchaus mit der Formulierung „umweltgerechte“ Produktion belegen. Sie ist dadurch charakterisiert, daß sie die natürliche Umwelt in ihren Funktionen „Ressourcenlieferant“ und „Aufnahmedium für Rückstände“ vergleichsweise wenig beansprucht.

### 2. Produktgestalt als Determinante produktionspezifischer Umweltbelastung

Dominante Ursache produktspezifischer Umweltbelastung bei Entwicklung, Fertigung, Ge- und Verbrauch von Erzeugnissen und Entsorgung von Altprodukten ist die Produktgestalt als Ergebnis jeder produktgestalterischen Tätigkeit.[1]

Produktgestalt ist der Inbegriff aller Produkteigenschaften, also ein Synonym für Erzeugnisbeschaffenheit. Dabei ist die stoffliche Zusammensetzung des Produktes eine entscheidende Determinante für Umweltbelastung durch Produktion. Aber auch die Produktstruktur, der Produktaufbau sind wesentlich. Hier ist an folgende Vorstellungen zu denken: „Es sollen sich Produkte durchsetzen, deren Demontage und Wiederverwertung leicht ist, und die langlebig sind. Deshalb müssen Entsorgungsgesichtspunkte zum Be-

standteil des Planungsprozesses (für das Produkt, H.S.) werden“[2].

Produktgestaltung und damit kombinierte Verfahrensgestaltung bestimmen bei manchen Produkten nicht nur um 70% der späteren Produktionskosten, sondern auch weitgehend Arten und Mengen des Rückstands ausstoßes sowie dessen Verwertungsmöglichkeiten. Folgerichtig spricht § 7a Abs. 1 S. 3 des deutschen Wasserhaushaltsgesetzes von „Abwasser bestimmter Herkunft“ und meint damit den Zusammenhang zwischen Produktionsprozessen bzw. damit erstellten Produkten und typischer Abwasserbeschaffenheit. In diesem Kontext muß man auch bedenken, daß gerade bei chemisch- und biologisch-technologischen Produktionsprozessen die Rückstandsmenge oft erheblich über der Produktmenge liegt, also mit hohen Rückstandskoeffizienten zu rechnen ist. So entstehen bei Produktion von 1 t Titanoxid (TiO<sub>2</sub>) dem bekannten „Weißmacher“, 6 – 8 t Dünnsäure. Ein Extremfall ist wohl die Penicillinherstellung. Hier erhält man als Rückstände pro t Penicillin 150 t Abwasser und 20 t Pilzmasse.[3] Aber auch pro t Zellstoff entstehen allein 200 t Abwasser. Damit ist der folgende Wunsch nur konsequent: „Industrie und Handel werden zu einer neuen Produktverantwortung aufgefordert, damit umweltverträgliche Produkte entwickelt, produziert und Stoffkreisläufe geschlossen werden“.[4]

Will man das Konzept „Umweltgerechte Produktion“ operationalisieren, so muß man für die jeweiligen Produktionsalternativen zwei Sachverhalte eindeutig wissen, nämlich

1. Alle verwendeten stofflichen und energetischen Inputs nach Art und Menge. Dazu gehören neben den von jeher in der Kostenrechnung erfaßten Mengengerüsten für Stoffe und Energie auch bisher unbeachtete, als „wertlos“ eingeschätzte Inputs, wie z.B. der Luftsauerstoff für alle Verbrennungsvorgänge, wegen der bei höheren Temperaturen entstehenden Stickoxide besser noch die eingesetzte Atmosphärenluft. Hier ist die chemische Produktion mit ihren stöchiometrisch bestimmten Reaktionsgleichungen wegweisend. Jedoch müssen auch die verwendeten Katalysatoren erfaßt werden, die zwar nicht chemisch umgesetzt, aber möglicherweise verunreinigt und damit zu Rückstand werden.
2. Alle entstehenden stofflichen und energetischen Outputs. Hier denkt man mit Recht zunächst an die Rückstände, vor allem wenn sie nicht recycelt, sondern emittiert werden. Nicht vergessen darf man allerdings, daß auch Recycling ein Produktionsprozeß ist, der zu neuer Umweltbelastung führt, und nur die per Saldo eintretende Umweltentlastung spricht für das Recycling.

Beim Output entstehen als Produktziele allerdings auch synthetische Stoffe mit Schadstoffcharakter und Schwermetalle, von denen schon bei der Produktion kleine Mengen in die natürliche Umwelt entweichen. Aber auch beim Gebrauch des fertigen Produktes und schließlich bei der Entsorgung des Altproduktes können Umweltprobleme entstehen.

### 3. Bewertungsprobleme

Die Kenntnis des vollständigen Bildes aller Inputs und Outputs einer Produktionsalternative (z.B. eines Verfahrens, eines Zwischen- oder Endproduktes) ist allerdings nur notwendige, nicht aber auch schon hinreichende Bedingung eines Urteils über Umweltfreundlichkeit bzw. Umweltgerechtigkeit. Ein nicht nur subjektiv geprägtes, sondern belegbares Urteil erhält man erst, wenn man dafür ein allgemein verbindliches Wertesystem zur Verfügung hat.

Tatsächlich bestehen hier wieder zwei Probleme.[5]

1. Über die ökologischen Wirkungen der Produktion herrscht unvollkommene Information, d.h. weitgehendes Unwissen. Input und Output eines Produktionsverfahrens oder eines Produktes können zwar mit Hilfe chemischer Analysen, mit Stoff- und Energieflußrechnungen etc. qualitativ und quantitativ erfaßt werden. Mit dieser Übersicht ist jedoch nicht ohne weiteres vollständig geklärt, welche Inputs einer Umweltbelastung gleichkommen und welche Outputs Schadstoffe sind, Schadstoffe freisetzen oder das Entstehen von Schadstoffen begünstigen. Dabei ist wesentlich, daß die ökologischen Wirkungen vieler synthetischer Stoffe mehr oder weniger verborgen sind. So konstatiert noch das Umweltgutachten 1987: Die physikalischen und chemischen Eigenschaften von chlorierten Dioxinen (75, H. S.) und chlorierten Difuranen (135, H. S.) sind noch weitgehend unbekannt.[6]
2. Selbst bei vollkommener Information über die ökologischen Eigenschaften von Stoffen stößt man auf ein zweites bisher ungelöstes Problem. Man kann zwar zwei Produktionsalternativen hinsichtlich je einer Verbrauchsmenge eines ökologisch knappen Stoffes miteinander vergleichen oder aber hinsichtlich je einer Rückstandsart. Hier ist zweifellos jene Alternative umweltfreundlicher, die weniger verbraucht bzw. die weniger Rückstand hervorruft.

In der Praxis ist das Beurteilungsproblem aber regelmäßig sehr viel komplexer. Eine Alternative A1 spart z.B. bei einem Rohstoff gegenüber einer Alternative A2, verbraucht dafür aber mehr Energie. Eine Alternative A1 emittiert weniger von einem Schadstoff, erzeugt dagegen aber mehr von einem anderen Schadstoff. Gerade der letzte Fall stellt der öffentlichen Umweltpolitik immer wieder Fallen: Zwar hat man Bleitetraäthyl als Antiklopfmittel verboten, erlaubt dafür aber Benzol im Ottokraftstoff. Benzol ist damit zum allgegenwärtigen Umweltgift geworden.[7] Dieses Austreiben des Teufels mit dem Beelzebub ist aber auch in der betriebswirtschaftlichen Umweltpolitik verbreitet. Man denke nur an die Ersatzstoffe für traditionelle FCKWs.

Wie könnte man in der Praxis einem solchen Bewertungsproblem beikommen?

Da es um Probleme der Umweltbelastung und -entlastung geht, also um gesellschaftliche Fragen, braucht man dafür auch ein gesellschaftliches Wertesystem. Zuständig für den Entwurf eines solchen Wertesystems sind in der Demokratie politische Entscheidungsträger, also etwa Parlamente. So heißt es schon im Umweltprogramm 1971 der Bundesrepublik Deutschland: „Der Staat ... muß eindeutig zu erkennen geben, welches Maß an Umweltqualität ... erreicht werden soll“[8], und dieses Maß können Produzenten und Konsumenten nur anstreben, wenn man ihnen ein Wertesystem vorgibt, das dafür Signale setzt. Ein solches Wertesystem muß z. B. angeben, ob Cadmium giftiger ist als Quecksilber und „um wieviel“ das eine giftiger ist als das andere. Hat man solche Angaben, so lassen sich mengenmäßig bekannte Schadwirkungen bei Input und Output einer Produktion in Schadeinheiten umrechnen, und man kann auf der Grundlage eines gemeinsamen Nenners beurteilen, welche von zwei Vergleichsalternativen die umweltfreundlichere ist.

Der Mangel an solchen gesellschaftlichen Wertesystemen ist schon vor Jahren als wesentlicher Grund für Unsicherheiten und mangelnde Orientierung in der betriebswirtschaftlichen Umweltpolitik erkannt worden.[9] Dies überrascht nicht. Kennen Entscheidungsträger im Unternehmen, die durchaus Umweltbelange beachten wollen, kein solches Wertesystem, so können sie grundsätzlich nicht beurteilen, welche von zwei Alternativen die umweltfreundlichere bzw. die umweltschädlichere ist. Immerhin gibt es ein solches Wertesystem schon in Ausschnitten. So bestimmt die Anlage zu § 3 des deutschen Abwasserabgabengesetz welche unterschiedlichen Mengen bestimmter Schadstoffe (z. B. Cadmium oder Quecksilber) einer Schadeinheit entsprechen, und in diesem Fall werden sogar die Kosten der Umweltbelastung für den Verursacher angegeben.

Im übrigen verbergen sich solche gesellschaftlichen Wertesysteme hinter zulässigen Emissions- und Immissionskonzentrationen. Hierdurch werden allerdings nur Grenzen angegeben, die erlaubte, d.h. laut politischer Definition „umweltverträgliche“ von unerlaubten, d.h. laut politischer Definition „umweltschädlichen“ Bereichen ab-

grenzen. Innerhalb dieser Grenzen bleiben solche Wertsysteme undeutlich, und es fehlen den betroffenen Unternehmen oft die ökonomischen Anreize, auch im erlaubten Belastungsbereich auf mehr Umweltschutz hinzuarbeiten.

Das Konzept „umweltgerechte“ Produktion, enthält also immer noch mehr Fragen als Antworten. Dies wird noch deutlicher, wenn man den Rahmen eines Prozesses oder eines in einem bestimmten Unternehmen erstellten Produktes verläßt. Der sogenannte Lebenszyklus einer Produktart umfaßt ja nicht nur Forschung und Entwicklung und Produktion, sondern mit dem Absatz auch den späteren Ge- und Verbrauch des Produktes, ja schließlich auch seine Entsorgung als Alterzeugnis. Der Anspruch umweltfreundlicher Produktion darf auch die Nachstufen der eigenen Produktion nicht vernachlässigen. Konsequenterweise muß man auch an die Vorstufen denken. Die Vorerzeugnisse der eigenen Produktion werden wegen dieser Erzeugung erstellt, und auch die Vorstufen bis hin zur Urproduktion belasten die natürliche Umwelt. Bereits Anfang der 70er Jahre hat Leontief für viele Industriezweige nachgewiesen, daß die von der eigenen Produktion ausgelöste Erzeugung bestimmter Schadstoffarten in diesen Vorstufen oft ein mehrfaches der durch die eigene Produktion entstehenden Schadstoffmengen ausmacht.[10]

#### 4. Integrierter Umweltschutz als Versuch umweltgerechter Produktion

Der Wunsch nach Achten auf Vor- und Folgestufen der eigenen Produktion findet seinen programmatischen Ausdruck im Begriff des integrierten Umweltschutzes.[11] Danach kann die Umweltfreundlichkeit einer Produktart nur durch Totalanalyse unter Einschluß aller Vor- und Folgestufen – gewissermaßen von der Wiege bis zur Bahre – beurteilt werden (Cradle-to-grave-policy). Diese ist geprägt von einer durchgängigen Dominanz des Vorsorgeprinzips. Für die Beurteilung der Umweltfreundlichkeit eines bestimmten Produktes eines bestimmten Unternehmens heißt dies folgendes: Die Produktgestalt eines Erzeugnisses ist auch Ursache aller daraus folgenden Umweltbelastungen der Vor- und Folgestufen, und diese sind ebenfalls Grundlage des ökologischen Urteils über diese Produktgestalt.

Die Arbeit mit diesem Konzept verlangt eine Unmenge zusätzlicher Information und Dokumentation mit entsprechenden Kosten. Die Mühen, solche Informationen aus Vorstufen zu erhalten, stehen oft in keinem Verhältnis zum Ergebnis. Günther berichtet von einer Lieferantenbefragung eines mittelständischen Betriebes[13], die nur 15 % verwertbarer Resultate erbracht hat. Andererseits waren potente Kunden gegenüber den Lieferanten schon er-

folgreicher, wie z. B. die Firma Tengelmann[14] und andere Einzelhandelsunternehmen. Man muß auch bedenken, daß Druck vom Abnehmer die Lieferanten dazu zwingt, ihre Vorprodukte näher in Augenschein zu nehmen, und es gibt ökonomische Gründe dafür, daß sich diese Kette fortsetzt.

Um das Problem in seiner ganzen Tragweite zu erkennen, ist es nützlich, von dem bekannten Beschreibungsmodell des sogenannten „Produktlebenszyklus“ auszugehen, dieses aber um produktinduzierte Rückstandszyklen und Rückstandslebenszyklen zu ergänzen.[15]

Die Abgabe produktionsinduzierter Rückstände aus einer Erzeugnisart endet zwar, sobald deren Produktion abgeschlossen ist. Jedoch gehen Ge- und Verbrauch dieser Produktart weiter, und vor allem die Rückstandsproduktion aus der Entsorgung dauert noch geraume Zeit. Dabei muß man bedenken, daß aus einer Produktart regelmäßig mehrere Schadstoffarten hervorgehen. Der Lebenszyklus eines bestimmten Produktes muß deshalb im Interesse eines vollständigen Bildes durch mehrere produktinduzierte Rückstandszyklen ergänzt (überlagert) werden. Ein solcher Rückstandszyklus endet – in Analogie zum Modell des Produktlebenszyklus – erst dann, wenn die letzte Mengeneinheit dieser Rückstandsart aus Produktion, Nutzung und Entsorgung des verursachenden Produktes entsteht und freigesetzt wird. [16]

Ausschlaggebend für den Verlauf der produktspezifischen Rückstandszyklen bleibt aber die Produktgestaltung. Diese fixiert nämlich auch die Grenzen, in denen Produktverwender und -entsorger überhaupt umweltschonend handeln können. Insoweit werden die Einflußmöglichkeiten auf die Umweltqualität weitgehend durch Produktentwickler und Produzenten vorgegeben. Hierfür existieren durchaus positive Beispiele, wie den Übergang auf lösungsmittelfreie Farben und Lacke oder die Substitution von Cadmium und Asbest.

Wird eine Rückstandsart vollkommen recycelt oder durch Rückstandsbehandlung in unschädliche Substanzen umgewandelt, so endet damit auch die rückstandsspezifische Umweltbelastung. Andernfalls dauert sie fort, wobei für die Länge des Belastungszeitraumes auch das Umweltmedium bestimmend sein kann, in dem sich der Schadstoff befindet. So beträgt z.B. die Halbwertszeit für den u.a. durch Methanchlorierung gewonnenen Synthesegrundstoff Tetrachlormethan (CCl<sub>4</sub>) in

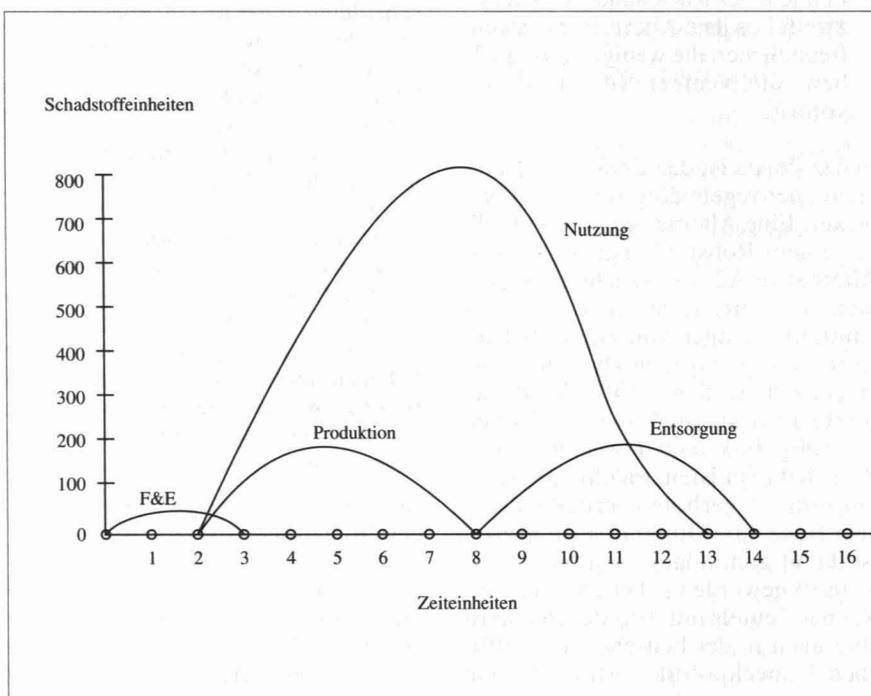


Abb. 1: Produktlebenszyklus und Rückstandszyklen

Luft 20 Jahre, in Wasser aber 7.000 Jahre.

Ausgangspunkt einer auch ökologisch orientierten Produktgestaltung ist – neben dem produktinduzierten Stoff- und Energieeinsatz – also die Kenntnis der Rückstandslebenszyklen, da alle betrieblichen Maßnahmen zur Rückstandsvermeidung und -minderung dort ansetzen müssen. So wird im Kontext mit dem Kreislaufgesetz gefordert: „Bereits bei der Herstellung und beim Vertrieb von Erzeugnissen müssen abfallpolitisch unerwünschte Entwicklungen verhindert, vermeidbare Rückstände vermieden werden“ [17]. Bei umfassender Sicht darf man aber auch die Vorstufen der eigenen Produktion nicht vergessen.

**Literatur:**

[1] STREBEL, H.: Produktgestaltung als umweltpolitisches Instrument der Unternehmung, DBW 3(1978), S. 73-82

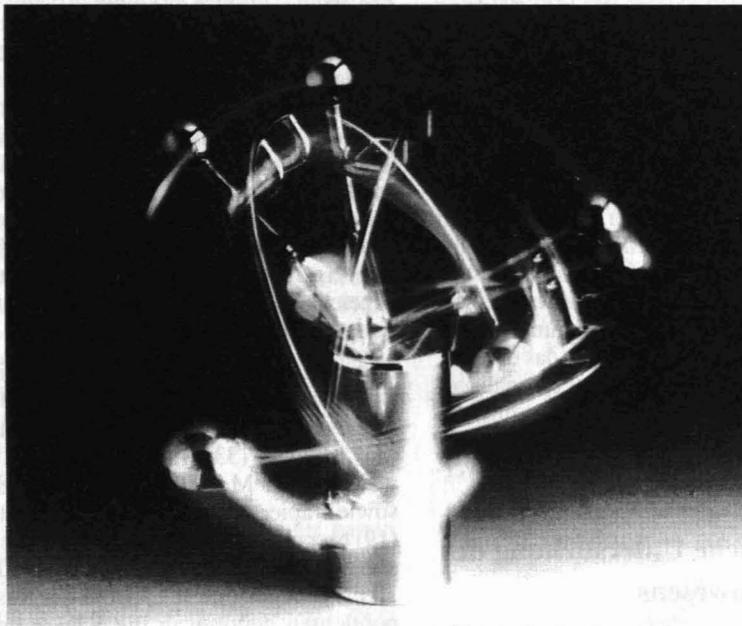
[2] KÖLLER, H.: Von der Abfallentsorgung zur Kreislaufwirtschaft (als Manuskript gedruckt), o.O., o.J. (1993), S. 15.  
 [3] AMECKE, H.-B.: Chemiewirtschaft im Überblick, Weinheim 1987, S. 310.  
 [4] KÖLLER, H.: Von der Abfallentsorgung zur Kreislaufwirtschaft (als Manuskript gedruckt), o.O., o.J. (1993), S. 15.  
 [5] STREBEL, H.: Umwelt und Betriebswirtschaft. Berlin 1980, S. 75ff.  
 [6] DER RAT VON SACHVERSTÄNDIGEN FÜR UMWELTFRAGEN: Umweltgutachten 1987, Mainz, Stuttgart 1987, S. 241ff.  
 [7] PÜTZ, M.: Handlungsbedarf bei Autoabgasen, Umwelt 20 (1990), S. 621ff.  
 [8] DER BUNDESMINISTER DES INNERN (Hrsg.): Abfallwirtschaftsprogramm '75 der Bundesregierung. Umweltbrief 13, Bonn 1976, S. 18.  
 [9] DER BUNDESMINISTER DES INNERN (Hrsg.): Aktionsprogramm Ökologie. Umweltbrief 29, Bonn 1984, S. 73.  
 [10] LEONTIEF, W., FORD, D.: The Pollution and the Economic Structure. Empirical Results of Input-Output-Computations, in: BRODY, A.; CARTER, A.P.: Input-Output-Techniques, Amsterdam,

London 1971, S. 9ff.

[11] STREBEL, H.: Integrierter Umweltschutz, in: KREIKEBAUM, H.: (Hrsg.) Integrierter Umweltschutz, 2. Aufl. 1991, S. 4ff.  
 [12] KREIKEBAUM, H.: Umweltgerechte Produktion, Wiesbaden 1992, S. 10ff.  
 [13] GÜNTHER, K.: Ein Ökologiekonzept wird praktiziert. Zeitschrift Führung + Organisation 58 (1989), S. 116ff.  
 [14] BREMME, H.C.: Praktiziertes Umweltmanagement im Handel, in: STEGER, U. (Hrsg.): Handbuch des Umweltmanagements, München 1992, S. 58ff.  
 [15] STREBEL, H.; HILDEBRANDT, Th.: Produktlebenszyklus und Rückstandszyklen, Zeitschrift Organisation + Führung 58 (1989), S. 101ff.  
 [16] STREBEL, H.; HILDEBRANDT, Th.: Produktlebenszyklus und Rückstandszyklen, Zeitschrift Organisation + Führung 58 (1989), S. 101ff.  
 [17] KÖLLER, H.: Von der Abfallentsorgung zur Kreislaufwirtschaft (als Manuskript gedruckt), o.O., o.J. (1993), S. 7.



## Ideen von Plansee bewegen die Technik



Ideen von Plansee stehen am Anfang vieler Produktentwicklungen für die verschiedensten Bereiche der Technik. Dabei bilden Metalle die Werkstoffbasis: Hochschmelzende- und Sondermetalle, Hartstoffe, Hartmetalle und Werkzeuge – gewonnen über modernste Verfahren der Pulvermetallurgie, veredelt durch besondere Umform- und Beschichtungstechnik. So entstehen Formteile mit extremen Anwendungseigenschaften. Plansee ist auf den Märkten der ganzen Welt aktiv. Mit leistungsfähigen Produktionsstätten.

Über 3.000 Plansee-Mitarbeiter fühlen sich dabei dem guten Klang verpflichtet, der weltweit von „Plansee“ ausgeht.

**PLANSEE**

Plansee Aktiengesellschaft  
 A-6600 Reutte / Tirol  
 Telefon (0 56 72) 70-0  
 Telex 55505 plan a