

5 Umweltpolitisch initiiertes Stoffstrommanagement am Beispiel der Inhaltsstoffe von ITK-Geräten

*„Zugegeben, die Musik spielt weiterhin in Berlin.
Aber die Komponisten sitzen in Brüssel.“*

**Karl-Heinz Florenz, Vorsitzender des EP-Umweltausschusses
in der ZEIT 06/2005 vom 03.02.2005**

Wurde in Kap. 4 eingehend das Stoffstrommanagement von ITK-Produkten in Bezug auf deren Rückführung und Recycling als Altgeräte betrachtet, so soll an dieser Stelle der Fokus auf das Stoffstrommanagement von Inhaltsstoffen gelegt werden. Die Frage der Verwendung bestimmter chemischer Substanzen und Verbindungen steht zwar in einem direkten Zusammenhang mit der Entsorgung gebrauchter Geräte, bezeichnet dort jedoch vornehmlich Fragen potenzieller Umwelt- und Arbeitsschutzgefährdung im Zuge des eigentlichen Recyclings. Diese verfahrenstechnischen Aspekte sollen im vorliegenden Kapitel nicht vertieft werden, vielmehr wird auf zwei Schwerpunkte des Stoffstrommanagements von Inhaltsstoffen und Materialien eingegangen werden. Zum einen ist dieses gemäß der Titelsetzung der Gesamtstudie die Frage gesetzgeberischer Intention und Regelsetzung zu Inhaltsstoffen von ITK-Geräten. Zum anderen soll das Stoffstrommanagement von Inhaltsstoffen anhand zweier konkreter Beispiele zum Design for Environment erläutert werden, die ihrerseits in einen direkten Bezug zu den gesetzlichen Vorgaben gesetzt werden²²¹.

Der Einsatz bestimmter Inhaltstoffe in Geräten der Informations- und Kommunikationstechnik steht seit langer Zeit in der Diskussion. So sprechen Williams et al. (2002) davon, dass zur Herstellung eines Microchips von 2 g Gewicht insgesamt 1,3 kg an

²²¹ Während Design for Environment im vorangegangenen Kapitel vornehmlich als recyclinggerechte Konstruktion verstanden wurde (vgl. hierzu auch Behrendt et al. 1996), die dem Gedanken der Wiederverwendung Rechnung tragen kann, soll hier das Verständnis eines Produktes vorherrschen, bei dessen Entwicklung – soweit möglich – auf problematische und/oder gefährliche Inhaltsstoffe verzichtet wird. Zwischen Problemstoffen (diese müssen nicht zwangsläufig ein gesundheits- oder umweltschädigendes Potenzial aufweisen, können aber beispielsweise im Recyclingprozess zu Schwierigkeiten führen) und Schadstoffen (diese weisen in der Regel ein öko- oder humantoxisches Potenzial auf) soll im Weiteren nicht durchgängig unterschieden werden. Da sich diese Gruppen in vielen Fällen überschneiden können und sie in der Gesetzgebungspraxis meist unspezifisch als „gefährliche Inhaltsstoffe“ bezeichnet wurden, soll dieser Definition auch hier gefolgt werden. Sie deckt zudem den umweltpolitischen Ansatz der Studie ab, da auch die Europäische ROHS-Direktive von „hazardous substances“ spricht. Weiterführend vgl. u. a. Dillon 1997, Kärnä & Heiskanen 1998.

fossilen Brennstoffen und Chemikalien notwendig sind²²². Saied & Velasquez (2003) beschreiben, dass ein durchschnittlicher Computer aus 1.000 bis 1.500 Komponenten bzw. 2.000-3.000 unterschiedlichen Materialien besteht und verweisen in diesem Zusammenhang auf die äußerst komplexe Zusammensetzung der Gerätebestandteile²²³. Auch von Umweltverbänden wurden Computer und andere ITK-Produkte wiederholt als „Schadstoffcocktail“ bezeichnet²²⁴. Dieser eher Einzelprodukt-bezogenen Analyse sind die Angaben von Puckett & Smith gegenüberzusetzen „Cumulatively, about 500 million PCs reached the end of their service lives between 1994 and 2003. 500 million PCs contain approximately 2,872,000 t of plastics, 718,000 t of lead, 1,363 t of cadmium and 287 t of mercury.“²²⁵

Daher war die Initiierung politischer Maßnahmen in diesem Bereich spätestens seit den umweltpolitischen Rahmenprogrammen der EU lediglich eine Frage der Zeit. In diesem Kapitel soll entsprechend zunächst die Gesetzgebung der EU zu gefährlichen Inhaltsstoffen in elektrischen und elektronischen Geräten dargestellt und diskutiert werden (Kap. 5.1). Anschließend wird ein Beispiel für die umweltfreundliche Produktgestaltung von Computer-Monitoren im Zusammenhang mit Materialien und Inhaltsstoffen ausgeführt, das einen möglichen Lösungsansatz für die zuvor beschriebene Thematik bilden könnte²²⁶ (Kap. 5.2). So wird die Verwendung des organischen Werkstoffs Hanf als Gehäusebestandteil beschrieben und es werden dessen potenzielle Effekte für Ressourceneffizienz und Verwertung andiskutiert.

²²² Williams et al. (2002) „... that 1.3 kilograms of fossil fuels and chemicals are required to produce a two-gram memory chip.“ Vgl. hierzu auch Williams 2003 und Kuehr et al. 2003.

²²³ Saied & Velasquez 2003: „... a typical PC consists of 1,000 to 1,500 components and 2,000 to 3,000 different materials ...“, vgl. a. Malley et al. 1997. Zitiert sei in diesem Zusammenhang auch Armory B. Lovins: “The typewriter I am using right now contains aluminium probably from Jamaica or Surinam, iron from Sweden, magnesium from Tchecheslovakia, manganese from Gabon, chromium from Rhodesia (now Zimbabwe), vanadium from the Soviet Union, zinc from Peru, nickel from New Caledonia, copper from Chile, pewter from Malaysia, cobalt from Zaire, lead from Yugoslavia, molybdenum from Canada, arsenic from France, tantalum from Brazil, antimony from South Africa, silver from Mexico as well as traces of other metals from distant places on the earth. The lacquer can contain titanium from Norway; the plastic parts are made out of oil that comes from the Near East and has been cracked with catalysts containing rare earths from the USA; they contain chloride that has been extracted with mercury from Spain. The sand for the casted metal frame comes from a beach in Australia, the tool machines for manufacturing contained wolframite from China, the coal for the necessary energy came from Germany - and the finished product now uses too many Scandinavian spruces in form of paper.“ (Openpit Mining, 1973).

²²⁴ Vgl. Deutsche Umwelthilfe (www.duh.de/index.php?page_id=1266): „Die Herstellung von elektrischen Geräten ist ressourcen- und energieaufwändig. Ein durchschnittlicher Fernseher traditioneller Bauweise enthält nicht weniger als 4300 verschiedene Chemikalien, ein Drucker allein 34 verschiedene Kunststoffe. In Elektroschrott ... findet sich ein Schadstoffcocktail aus Schwermetallen wie Cadmium und Blei oder sogar Quecksilber, giftigen Chlor- oder Bromverbindungen.“

²²⁵ Puckett & Smith 2002

²²⁶ Computer-Monitore werden an dieser Stelle als Beispielprodukt herangezogen, da sie über ihre sehr hohen Absatzzahlen im Europäischen Markt sowie die spezifischen Stoffströme (Gewicht und Zusammensetzung) ein vergleichsweise hohes Optimierungspotenzial darstellen.

5.1 Europäische Gesetzgebung zu gefährlichen Stoffen in elektrischen und elektronischen Geräten

*"Die Vermählung von Ökonomie und Ökologie ist die Zukunftsrichtung
Dass ökologisches Development auch ökonomischen Gewinn verspricht"*

Peter Rühmkorf am 25.05.2005 in der ZEIT

5.1.1 Harmonisierung EU-weiter Vorgaben

Nachfolgend sollen wesentliche Inhalte und Hintergrundinformationen zur Europäischen Stoffverbots-Richtlinie beschrieben werden. Dabei gelten die in Kap. 4.2.1.1 getroffenen Aussagen zur Entstehungsgeschichte der WEEE-Richtlinie analog²²⁷. Die Stoffverbots-Richtlinie wurde in der deutschen Diskussion im allgemeinen als ROHS-Direktive bezeichnet, was – ebenfalls fußend auf der Verwendung der englischsprachigen Dokumente auf Brüsseler Ebene – ihre dortige Bezeichnung „Directive on the restriction ... of ... hazardous substances ... (ROHS)²²⁸“ widerspiegelt. Dieses Wording soll im weiteren Verlauf der vorliegenden Studie Anwendung finden.

Im Gegensatz zur „ihrer Schwester“, der Altgeräte-Richtlinie, basiert die ROHS-Direktive auf den so genannten Binnenmarkts-Artikel 95 des EG-Vertrags. Das bedeutet, dass die Mitgliedsstaaten bei ihrer Umsetzung in nationales Recht einen deutlich enger begrenzten Spielraum als bei der auf Art. 175 basierenden WEEE hatten²²⁹. Eine Angleichung der Rechtsvorschriften zum Geltungsbereich der ROHS-Richtlinie war aus Sicht der Unternehmen essentiell. Zwar wurde auch für die WEEE-Richtlinie eine weitgehende Harmonisierung gefordert, im Falle der Inhaltsstoffe von Geräten hätten unterschiedliche Vorgaben in den Nationalstaaten aber de facto zu erheblichen Verschiebungen und Einschränkungen des Wettbewerbs im Europäischen Binnenmarkt geführt²³⁰.

²²⁷ Gleiches gilt für die Abbildungen 4.3a-c.

²²⁸ Directive 2002/95/EC of the European Parliament and of the Council of 27 January 2003 on the restriction of the use of certain hazardous substances in electrical and electronic equipment.

²²⁹ Abzugrenzen ist eine Richtlinie auf Basis des Harmonisierungsartikels 95 von einer EU-Verordnung. Letztere ist auch für die Bürger in den einzelnen Mitgliedsstaaten direkt verbindlich, ihre Einhaltung kann im Zweifelsfall von diesen gegenüber dem eigenen Mitgliedsstaat eingeklagt werden. Die Richtlinie erlangt im Regelfall ihre Gültigkeit erst mit der Implementierung in das jeweilige Recht der Nationalstaaten.

²³⁰ Tews (2004) spricht im Zusammenhang mit der zunehmenden „Tendenz zur institutionalisierten Harmonisierung von Politiken der Mitgliedsstaaten“ von einer „politisch forcierten Entgrenzung nationaler wirtschaftlicher Räume“.

Diese wirtschaftlichen „Rahmenbedingungen“ hätten sich im direkten Bezug auf die Konstruktion von Geräten ergeben, wenn Einzelstaaten unterschiedliche Grenzwerte oder Fristen setzten. Zwar ist ein besonders niedriger Schadstoff- bzw. besonders hoher Vermeidungs-Level aus Sicht des Umweltschutzes zu befürworten²³¹, allerdings birgt er aus betrieblicher Sicht durchaus Probleme, auf die sich ein Unternehmen kaum kurzfristig einstellen kann. Für den Fall nationaler Einzellösungen wäre die grundlegende Absicht europäischer Gesetzgebung, die „Harmonisierung des Binnenmarktes“, konterkariert worden, da ein Unternehmen aus Kosten- und insbesondere Logistikgründen keine speziellen Konstruktionsänderungen für ihre Geräte hätten einführen können, nur um besondere Vorschriften eines kleinen (Teil-) Marktes innerhalb der EU zu erfüllen²³².

Gesetzt den Fall, ein kleineres EU-Mitglied wie beispielsweise Dänemark²³³ hätte in der nationalen Umsetzung der Stoffverbotsrichtlinie weitere Chemikalien „auf den Index gesetzt“, die Grenzwerte der Richtlinie um einen Faktor 10 verschärft oder die Übergangsfristen im Vergleich zu anderen EU-Staaten verkürzt, so hätten sich Unternehmen – insbesondere im Fall von KMU und Unternehmen mit kleinem Marktanteil – mit hoher Wahrscheinlichkeit (vorübergehend) aus dem betreffenden Markt zurückgezogen respektive aus wirtschaftlichen Erwägungen temporär zurückziehen müssen. Im Gegenzug ist indes die These Jänickes²³⁴ zu erwähnen: „Noch nie haben Nationalstaaten, nicht zuletzt kleine Industrieländer, einen so starken Einfluss auf die globale Entwicklung gehabt wie in der heutigen Umweltpolitik.“ Diese Aussage gewinnt insbesondere dann an Bedeutung für die Ausgestaltung transnationaler Regel- bzw. Grenzwertsetzung, wenn es einem kleinen Staat gelingt, Mitstreiter für seine Positionen zu gewinnen und die eigenen Forderungen in einer breiteren Allianz voranzutreiben. In diesem Falle kann durch den „Regulierungs-Wettbewerb“²³⁵ ein „raise-to-the-top“ eintreten, indem andere Staaten mitziehen, so dass Anbieter ihre Produkte zwangsläufig anpassen werden, um nicht die Märkte in den „treibenden Nationen“ zu verlieren.

Ein spezifisches Gerätedesign könnte – unabhängig von der benötigten zeitlichen Vorlaufphase – in kleinen Stückzahlen nur bei sehr hochwertigen Produkten rentabel

²³¹ Stoffverbote können hier als „Nullsetzung eines Grenzwertes“ verstanden werden.

²³² Vgl. Tobias & Mahr 2001 u. a.

²³³ Dänemark soll an dieser Stelle bewusst als Beispiel gewählt werden, da das Land in vielen belangen als Vorreiter im Bereich der Umweltpolitik genannt werden kann, so im Bereich der Windenergie oder bei Fragen des Green Procurement. Auch in empirischen Vergleichsstudien schnitt das Land gut ab (vgl. Jänicke et al. 1998). Nicht zuletzt zeigte die Ratspräsidentschaft Dänemarks in der Europäischen Union im zweiten Halbjahr 2002 zahlreiche Initiativen zur Lead-Funktion in der internationalen Umweltpolitik.

²³⁴ Jänicke 2006a.

²³⁵ Zur Regulierungspolitik vgl. grundlegend Jordana & Levi-Faur 2004, Scott 2004, Giliardi 2004 und Knill & Lenschow 2005 sowie u. a. Holzinger & Knill 2005 (die in Bezug auf Drezner 2001 allerdings auch auf die Schwierigkeit verweisen, zwischen „laissez-faire policies“ (bottom) und „strict standards or interventionist policies“ zu unterscheiden: „However, it is not always easy to identify what the top and the bottom is in environmental policy“.)

sein. In der Praxis der internationalen Distribution von ITK-Geräten wäre es zudem auch aus logistischer Sicht sehr schwierig bei der Produktion (beispielsweise in China) bereits exakt diejenigen Produkte gesondert zu kennzeichnen, zu verpacken und zu versenden, die für einen (kleinen) spezifischen Markt gedacht sind. Vielmehr werden in der Praxis die Geräte im Produktionsland in hohen Losgrößen hergestellt und verpackt und an ein regionales (Europa-weites) Distributionslager versandt. Die weitere Spezifizierung und Zuleitung in die einzelnen Staaten erfolgt dann – je nach Erfolg des Gerätes am Markt oder spezifischen Verkaufsaktionen – kundenspezifisch von diesem Zentrallager aus²³⁶.

Die Diskussion aller möglicherweise entstandenen Folgen einer nicht-harmonisierten ROHS-Gesetzgebung wie das Entstehen von Anbieter-Oligopolen, die Auswirkungen auf Öffentliche Nachfrager sowie den zu erwartenden „Privatimport“ durch private Endkonsumenten²³⁷ würde an dieser Stelle zu weit führen. Es soll aber der Verweis auf den Diffusionsansatz erfolgen, der im Zusammenhang mit nicht harmonisierten Märkten zu diskutieren wäre. Würden Anforderungen in einem großen Mitgliedsstaat verschärft, so verlören die Vorgaben eines kleinen Staates (Marktes) faktisch an Bedeutung, da dort angebotene Produkte sich de facto an den Vorgaben des größeren Nachbarn zu orientieren hätten. Auch würden Unternehmen sich bei der Konstruktion von Produkten stets an dem größeren, bedeutenderen Markt ausrichten, was dazu führt, dass die nationalen umweltpolitischen Innovationen kleinerer Staaten faktisch in die Bedeutungslosigkeit abgleiten. Die – zumindest früher – häufig zitierte „EU-weite Vorreiterrolle Deutschlands beim Umweltschutz“ stünde für den oben genannten Teilaspekt. Entgegenzuhalten wäre ein Beispiel wie die genannte Vorreiterrolle Dänemarks, das trotz einer kaum hinreichenden Marktmacht dennoch zum Trendsetter und Motor

²³⁶ Zahlreiche persönliche Gespräche des Verfassers mit den verantwortlichen Mitarbeitern der führenden ITK-Unternehmen bestätigen diese Praxis. Darüber hinaus ist bei denjenigen Unternehmen eine weitere Komplexitätszunahme zu verzeichnen, die über ein europäisches Lager verfügen und die Einzelgeschäfte in den EU-Staaten von so genannten „Maklergesellschaften“ durchgeführt werden, die ausschließlich an Distributoren verkaufen – die wiederum selbst an professionelle Drittkunden liefern.

²³⁷ Auch für die Nachfrager stünde nur eine eingeschränkte Auswahl an Waren zur Verfügung oder würde daher ggf. – mit allen negativen Auswirkungen auf lokale (Arbeits-)Märkte und Volkswirtschaft – privat aus einem Nachbarland beschafft werden. Beispiele für diese Art privaten grenzüberschreitenden Warenverkehrs sind für unterschiedliche Benzinpreise, Zigaretten-schmuggel und diverse Konsumgüter im Grenzeinzugsgebiet zahlreich belegt. Im Bereich der ITK-Industrie werden sie in den vergangenen Jahren häufig am Beispiel von Urheberrechtsabgaben auf Computer, Drucker und Multifunktionsgeräte diskutiert.

So sollten nach Forderung der Verwertungsgesellschaften Abgaben im zweistelligen Euro-Bereich auf diese Geräte erfolgen, da mit ihnen prinzipiell die Vervielfältigung urheberrechtlich relevanter Dokumente möglich wird. Da diese Regelungen indes spezifisch für die Bundesrepublik wären, stünde zu befürchten, dass die Privatkonsumenten im grenznahen Bereich die betreffenden Geräte künftig im Ausland kaufen würden, um die – an den Konsumenten weiterzugehenden – Urheberrechtsabgaben zu sparen.

Die Auswirkungen, die dieser „Privat-Import“ im größeren Stil auf die Dokumentation von Mengenströmen im Zuge der WEEE-Umsetzung hätten, können an dieser Stelle nicht diskutiert werden. Insbesondere bei einem relativ kleinen Land mit großer „Berührung“ zu günstigeren Nachbarländern (lange Grenzlinie mit leichter Ein-/Ausreise wie innerhalb der EU) dürften diese Stoffströme jedoch signifikant sein und die Regelungen der jeweiligen nationalen WEEE-Gesetze ggf. an wesentlichen Stellen aushebeln.

direkter Diffusion in andere Staaten werden kann, sofern es die Chancen supranationaler Kooperationen und Netzwerke zu nutzen versteht.

Wie eingangs erwähnt, wurde die ROHS-Richtlinie im politischen Prozess stets als die „ungeliebte“, kleine Schwester der WEEE-Direktive behandelt. So gab es vergleichsweise wenig politische Einflussnahme auf die Inhalte der ROHS, auch wurden die geplanten Regelungen kaum wissenschaftlich begleitet²³⁸. Selbst in den Industrieverbänden fanden die Regelungen zunächst relativ wenig Aufmerksamkeit, was zum einen auf die erdrückende Komplexität der WEEE-Inhalte zurückzuführen war. Diese nahm weit mehr Ressourcen in Anspruch als im Vorfeld zu erwarten war. Zum anderen ist die geringere Befassung mit der ROHS-Direktive dem oben ausgeführten Umstand geschuldet, dass diese auf Grundlage des Art. 95 des EG-Vertrags beruht und die Auswirkungen von daher von Beginn an überschaubar schienen.

5.1.2 ROHS-Direktive

An dieser Stelle reicht es aus, sich die Inhalte des deutschen Elektroggesetzes zu vergegenwärtigen, da dieses die Vorgaben der Europäischen Stoffverbots-Richtlinie – in genau elf Zeilen – eins zu eins übernommen hat²³⁹. Demnach ist es verboten, ab dem 01. 07. 2006 Elektro- und Elektronikgeräte in Verkehr zu bringen, die über 0,1 % (Gew.) an Blei, Quecksilber, sechswertigem Chrom, PBB (polybromiertem Biphenyl) oder PBDE (polybromiertem Diphenylether) je homogenem Werkstoff enthalten²⁴⁰. Für Cadmium gilt eine maximale Konzentrationsgrenze von 0,01 Gewichtsprozent²⁴¹. Ausgenommen von den Stoffverboten sind Geräte der Kategorien 8 und 9 (Medizinprodukte sowie Überwachungs- und Kontrollinstrumente).

²³⁸ Als Ausnahme sei hier Wilson 2006 genannt.

²³⁹ Vgl. § 5 Elektroggesetz (Stoffverbote):

„(1) Es ist verboten, neue Elektro- und Elektronikgeräte in Verkehr zu bringen, die mehr als 0,1 Gewichtsprozent Blei, Quecksilber, sechswertiges Chrom, polybromiertes Biphenyl (PBB) oder polybromierten Diphenylether (PBDE) je homogenem Werkstoff oder mehr als 0,01 Gewichtsprozent Cadmium je homogenem Werkstoff, enthalten. Satz 1 gilt nicht für Elektro- und Elektronikgeräte der Kategorien 8 und 9 und nicht für Elektro- und Elektronikgeräte, die vor dem 1. Juli 2006 erstmals in einem Mitgliedstaat der Europäischen Union in Verkehr gebracht werden.

(2) Absatz 1 gilt nicht für die im Anhang der Richtlinie 2002/95/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 27. Januar 2003 zur Beschränkung der Verwendung bestimmter gefährlicher Stoffe in Elektro- und Elektronikgeräten (ABl. EG Nr. L 37 S. 19) in der jeweils geltenden Fassung aufgeführten Verwendungszwecke.“

²⁴⁰ Auf die materialtechnische Definition „homogener Werkstoffe“ soll an dieser Stelle nicht eingegangen werden. In der Praxis wurde hier diskutiert, die kleinste untrennbare Einheit eines Bauteils zu verwenden.

²⁴¹ Die human- und ökotoxikologische Bewertung von Blei, Cadmium, sechswertigem Chrom, Quecksilber sowie PBBs und PBDEs ist hier nicht zielführend – verwiesen sei in diesem Zusammenhang auf grundlegende Werke zur Ökotoxikologie wie Holler et al. 1996 oder Fent 2003.

Ohne an dieser Stelle in Details der volkswirtschaftlich aus den ROHS-Vorgaben entstehenden Kosten²⁴², der toxikologischen Bewertung oder der Verfahrenstechnik gehen zu wollen, sollen einige Aspekte kurz angeführt werden, die bei der Bewertung der Verbote ins Blickfeld treten. So werden die Stoffverbote in den ersten Jahren nach Inkrafttreten der gesetzlichen Neuregelung kaum einen Einfluss auf die Behandlung und Verwertung von Altgeräten ausüben können, da zunächst fast ausschließlich solche Produkte zurückgegeben werden, in denen die genannten Stoffe noch enthalten sind²⁴³. Eine parallele Weiterentwicklung der Behandlungs- und Verwertungsmethoden an den Demontage- und Recyclingstandorten ist daher aus ökologischer Sicht unerlässlich²⁴⁴. Weitgehend ungeklärt ist heute noch die Frage der notwendigen Ersatzstoffe, insbesondere des Blei-Substituts im Lot²⁴⁵. Zwar liegen hierzu bereits wissenschaftliche Arbeiten vor, bezogen auf die großmaßstäbliche Nutzung für Produkte in weltweiten Massenmärkten erscheinen die Ersatzstoffe und -zubereitungen jedoch noch nicht in jeglicher Hinsicht und Komplexität ausreichend bewertet zu sein²⁴⁶.

Aktuell äußern sich zunehmend Experten, welche die Erreichung der eigentlichen Zielsetzung der ROHS-Gesetzgebung grundlegend in Frage stellen. Verschiedene Studien, so eine Untersuchung der University of Tennessee im Auftrag des US-EPA, haben hervorgebracht, dass die Bleilot-Substitute in vielen Fällen negativere ökologische Folgen als der herkömmliche Einsatz von Blei zeigen können. Auch wird eine dogmatische und nicht durch entsprechende wissenschaftliche Untersuchungen belegte Haltung der EU-Kommission bemängelt, die – aufbauend auf dem Wissensstand der neunziger Jahre – eine Entscheidung getroffen hatte, die zehn Jahre (und somit entscheidende technologische Entwicklungsschritte später) zu teilweise fragwürdigen Vorgaben führte²⁴⁷.

²⁴² Auch wenn die realen Kosten kaum jemals korrekt zu ermitteln sein werden, dürften die weltweiten Kosten der ROHS-Anpassung für die betroffenen Unternehmen nach einem Beitrag der Zeitschrift „Electronics Supply & Manufacturing“ vom 01.08.2006 bis zu 20 Mrd. US-\$ betragen.

²⁴³ Sekito & Tanaka (2000) berichten für Japan von Blei-Konzentrationen von über 2kg/t im Sperrmüll aus Haushalten, die zu etwa 90 % aus dem Bleiglas der Kathodenstrahlröhren von Fernsehern stammen.

²⁴⁴ Hier sind vornehmlich verfahrenstechnische und logistische Fragestellungen relevant, zu denen eine Vielzahl wissenschaftlicher Untersuchungen vorgelegt wurde, die über den Rahmen der vorliegenden Studie allerdings weit hinausgehen. Exemplarisch sei daher verwiesen auf Wolf 1992, Angerer et al. 1993, Töpfer 1993, Wagner & Stork 1993, Bönker et al. 1998, Hesselbach & von Westernhagen 1999, Kötter 1999, Pötter et al. 1999, Hähre 2000, Klatt 2003, Hesselbach et al. 2003, Spengler et al. 2003, Ploog 2004, Hornberger & Hieber 2004, Walther 2005 u. a.

²⁴⁵ Nicht weiter ausgeführt werden sollen auch ökotoxikologische Aspekte von Abbau, Verarbeitung, Nutzung und anschließender Verwertung von Substituten zu Blei-Loten. So etwa ist nach wie vor strittig, ob mit dem Anspruch eines komplexen Systemansatzes Silber-Lote aufgrund der Wismut-Thematik in einer komplexen life-cycle-Analysis vorteilhafter abschneiden würde als konventionelle Bleilote.

²⁴⁶ Vgl. u. a. Asencio & Madsen 2004, Geibig & Socolof 2004.

²⁴⁷ Vgl. Ab Stevels, zitiert bei Wilson 2006: „What they [the European Commission] have done is, on an emotional basis, decided on ROHS. In that sense, ROHS is missing an in-depth analysis.“ sowie John Burke, zitiert bei Wilson 2006: „The whole argument to remove lead is counterintuitive. The natural inclination is to say yes, lead came out of paint, out of gas, and it should come out of solder. But if you due diligence, you find out it's not a good idea.“

Aufbauend auf diesen Erkenntnissen sowie zahlreichen Einzelaussagen anerkannter Fachleute hat sich beispielsweise die „ROHS Pushback Initiative“ gegründet²⁴⁸, die versucht, sich dem „internationalen Siegeszug“ der ROHS-Vorgaben als quasi-Standards entgegenzusetzen²⁴⁹. Unterstützung finden die ROHS-Gegner insbesondere bei kleinen und mittelständischen Unternehmen der Zulieferbranche, da sich viele große Unternehmen, deren Markennamen auch privaten Endkunden bekannt sind, scheuen, in der Öffentlichkeit gegen die Stoffverbote vorzugehen. Grund hierfür ist eine mehr oder weniger berechtigte Angst, als Verweigerer von Umweltschutzvorschriften dazustehen.

Besonderheiten gelten zudem für Kunststoffe, insbesondere wenn diese bromierte Flammenschutzmittel enthalten. So sind Kunststoffe heute in der Regel nicht durchgehend nach Inhaltsstoffen gekennzeichnet²⁵⁰, so dass die Entsorgungsunternehmen bei der Behandlung als Vorsichtsmaßnahme von der Anwesenheit von Schadstoffen ausgehen (müssen)²⁵¹.

Die Stoffverbote der europäischen Richtlinie und aus dieser hervorgehend die Regelungen des § 5 Elektroggesetz verfolgen als Hauptanliegen, die Menge umwelt- und humantoxischer Stoffe zu verringern, die mit dem Abfall in die Umwelt gelangen könnten. Zu diskutieren ist in diesem Zusammenhang der (vermeintliche) Widerspruch, der sich daraus ergibt, dass Altgeräte künftig einerseits nur in geregelten Rücknahmesystemen fachgerecht entsorgt werden dürfen (vgl. Vorgaben der WEEE-Richtlinie) und die Schadstoffe von daher einem spezifischen Monitoring und abgesicherten Processing unterliegen werden. Andererseits allerdings sollen diese Regelungen – zumindest unterschwellig – dazu beitragen, Umweltsündern zu begegnen, welche die vorgegebenen Sammel- und Entsorgungswege nicht nutzen²⁵².

Die scheinbare Widersprüchlichkeit wird nach Meinung des Verfassers allerdings durch zwei entscheidende Tatsachen aufgelöst, die ihre Ursache in der Diffusion umweltpolitischer Innovationen haben. So ist eingangs ausführlich erläutert worden, dass Entwicklung und Produktion von ITK-Geräten aus betriebswirtschaftlicher Sicht nur für große Wirtschaftsräume – im Regelfall weltweit – sinnvoll sind²⁵³. Dieses führt dazu, dass hohe Umweltstandards in starken Märkten, die Europäische Union als Gesamtheit

²⁴⁸ Vgl. www.rohsusa.com.

²⁴⁹ Vgl. hierzu auch Kap. 6.

²⁵⁰ Vgl. auch DIN 19220.

²⁵¹ Zu Fragen der Verwertbarkeit von Kunststoffen u. a. aus Elektro- und Elektronikgeräten sei auf Rohr 1992, Sutter 1993, Brand et al. 1998 und PlasticsEurope 2004 verwiesen.

²⁵² Vgl. hierzu Bullinger et al. 2005.

²⁵³ Vgl. David Lear, Director Environmental Strategies and Sustainability, Hewlett-Packard, in The Economist Technology Quarterly 12.03.2005: „We cannot afford to run two production lines. We will be producing just one product for the world-wide market.“ Bestimmte ergonomische Features wie beispielsweise die regionale Anpassung von Computer-Tastaturen stehen dieser Aussage nicht entgegen, da sie in der Regel keinen Einfluss auf stoffliche Zusammensetzung, Ressourcen(mehr)verbrauch oder Energienutzung haben.

darf zweifelsohne als solcher bezeichnet werden, in der Folge häufig zur Diffusion dieser Anpassungen in andere Märkte beitragen (vgl. auch Kap 6.2). So darf die Gesetzgebung der EU zu den genannten Stoffverboten durchaus als ambitioniertes Ziel verstanden werden, weltweit zu einem Bann von PBBs und PBDEs beizutragen bzw. diesen zu initiieren. In Bezug auf den Titel der vorliegenden Studie kann dieses als ein sehr handfester und dauerhaft wirkungsvoller Beitrag der europäischen Umweltpolitik verstanden werden, einen Anstoß zur Nachhaltigkeit im Bereich der Elektro- und Elektronikindustrie zu geben.

Hinzu kommt als zweites die Beobachtung, dass in der Praxis nach wie vor eine nicht unerhebliche Menge an Geräten an den vorgesehenen Systemen vorbei „wild entsorgt“ werden dürfte. So lässt sich für EU-Staaten mit einem wenig ausgeprägten Umweltbewusstsein – zu denen beispielsweise einige südeuropäische Länder gezählt werden²⁵⁴ – vermuten, dass nach wie vor zahlreiche Altgeräte in der Landschaft und über die normalen Siedlungsabfälle entsorgt werden. Die angesprochenen Schad- und Gefahrstoffe finden sich in diesem Falle trotz der gesetzlichen Vorgaben häufig in der Natur wieder. Selbst für Staaten mit vergleichsweise hohem Bewusstsein der Bevölkerung für Fragen des Umwelt- und Naturschutzes wie in Skandinavien, den Benelux-Staaten oder Deutschland²⁵⁵ muss damit gerechnet werden, dass „mülltonnengängige“²⁵⁶ Kleingeräte ebenfalls häufig ordnungswidrig entsorgt werden, indem sie dem Hausmüll beigegeben werden.

5.1.3 Reach-Gesetzgebung

Erweiternd soll zur Darstellung gesetzlicher Regelungen im Bereich des Stoffstrommanagements von Inhaltsstoffen kurz die aktuell auf Ebene der Europäischen Union diskutierte „Reach-Gesetzgebung“ zur Stoff- und Chemikalienpolitik angesprochen werden²⁵⁷. Die bezeichnende Abkürzung „Reach“ steht dabei für

²⁵⁴ Vgl. European Commission (2005).

²⁵⁵ Vgl. für Deutschland auch Grettenberger 1995, Michelsen 2002, Grunenberg & Kuckartz 2003 und Engelfried & Fuchsloch 2004.

²⁵⁶ Der Begriff „mülltonnengängig“ war in der politischen Diskussion eingangs sehr häufig und zunächst wertfrei zur reinen Beschreibung der Produktgröße verwandt worden. Da allerdings zu beobachten war, dass die Begrifflichkeit bei einigen Stellen geradezu als Legitimation aufgefasst wurde, Kleingeräte auch über die Mülltonne zu entsorgen, wurde er im Laufe des Verfahrens mehr und mehr zu einem „umweltpolitischen Unwort“. In wie fern die eigentliche Tat aber verhindert werden kann, selbst wenn eine Bezeichnung wie „mülltonnengängig“ in der Kommunikation vermieden wird, wird erst durch empirische Stichproben im Siedlungsabfall festgestellt werden können.

Zum Wegwerf-Verhalten bei elektronischen Konsumprodukten s. Hora 2004.

²⁵⁷ Die hier anzusprechende Stoff- und Chemikalienpolitik der EU ist durch eine erhebliche Komplexität gekennzeichnet, die sich auf den verschiedenen Ebenen der politischen Diskussion zeigt und an dieser Stelle unmöglich ausgeführt werden kann. So haben bereits die ersten Entwürfe der EU-Kommission zu massiven Protesten der betroffenen Industrie geführt und einen

- Registration (Registrierung)
- Evaluation (Bewertung)
- Authorisation (Zulassung)
- Restriction (Beschränkung)²⁵⁸

Die Stoffpolitik Reach gilt als eines der umfangreichsten und zweifellos ambitioniertesten umweltpolitischen Vorhaben der Europäischen Union. Sie soll das seit Jahrzehnten gewachsene „Nicht-Wissen“²⁵⁹ im Bereich der Chemikaliensicherheit beenden und dazu beitragen, bekannte oder zu befürchtende Gefahrquellen von Chemikalien als Rohstoffe sowie in Zubereitungen und Erzeugnissen so früh wie möglich zu erkennen²⁶⁰. Der Leitgedanke hinter Reach ist es, den gesamten Lebensweg chemischer Substanzen erfassen und mittels einer geeigneten Dokumentation sicher gestalten zu können (vgl. Tab. 5.1). Die Kernaussage des Reach-Ansatzes beschreibt, dass jede Chemikalie/Verbindung einer „Unbedenklichkeits-Untersuchung“ im Hinblick

(offenen) Machtkampf unter Politikberatern und Lobbyisten auf Brüsseler Parkett wie auch auf Ebene einiger Nationalstaaten geführt.

Bezogen auf Deutschland hat in diesem Zusammenhang beispielsweise die Unternehmensberatung Arthur D. Little im Auftrag des Bundesverbands der Deutschen Industrie e. V. (BDI) eine umfangreiche Studie zu ökonomischen Risiken für die deutsche Wirtschaft erarbeitet. In drei Szenarien wurde dort der drohende Arbeitskreisplatzverlust skizziert, der in der deutschen Volkswirtschaft zu befürchten stünde, wenn die EU bestimmte Entwürfe zur Verpflichtung der Industrie nicht abschwäche (vgl. Studie „Wirtschaftliche Auswirkungen der EU-Stoffpolitik“ von 2002).

Auf der anderen Seite haben diverse Umwelt- und Verbraucherschutz-NGOs die vergleichsweise „harte Linie“ der damaligen Umwelt-Kommissarin Margot Wallström sehr unterstützt, mit der Reach-Gesetzgebung ein komplexes Regelwerk zu schaffen und dieses nicht durch mehrfache Lockerungen zu verwässern. In diesem Zusammenhang galt auch der Diffusionsgedanke, einer von der EU ausgehenden scharfen Chemikalienpolitik, die mittelfristig weltweit übernommen werden könnte, als wesentliche Intention (zu den Mechanismen internationaler Diffusion neuer Umweltstandards vgl. Kap. 6.2).

Neben rein ökonomischen Betrachtungen gestalten sich insbesondere organisatorische und handelsrechtliche Fragen sowie Umfang und Ressourcenbedarf der wissenschaftlichen Analyse und humantoxischen Bewertung von einigen Tausend unterschiedlichen Chemikalien als in der Praxis extrem schwierig. Eine erfolgreiche Umsetzung der Reach-Intentionen scheint daher nur mittel- bis langfristig realisierbar.

Zu weiteren Ausführungen über die Stoff- und Chemikalienpolitik sei an dieser Stelle u. a. verwiesen auf Jacob 1997, Scheringer et al. 1998, Nordbeck & Faust 2002; 2003, Lucas 2004, Bunke et al. 2004, Breyer 2005, Kern 2005, Tschochohei 2005, Nordbeck & Hansjürgens 2006 sowie die beiden Stellungnahmen des Sachverständigenrates für Umweltfragen von 2003 und 2005.

Zur Gesetzesfolgenabschätzung im Bereich der Chemikalienpolitik vgl. Schulte-Hostede 1993 sowie Kap. 6.6., zu Ansätzen und Chancen einer besseren „regulation by new governance hybrids“ am Beispiel der Europäischen Chemikalienpolitik vgl. Hey et al. 2006.

²⁵⁸ Im deutschen wird von der Verordnung des Europäischen Parlaments und des Rates zur Registrierung, Bewertung, Zulassung und Beschränkung chemischer Stoffe (REACH), zur Schaffung einer Europäischen Agentur für chemische Stoffe sowie zur Änderung der Richtlinie 1999/45/EG und der Verordnung (EG) über persistente organische Schadstoffe gesprochen.

²⁵⁹ Vgl. UBA 2005.

²⁶⁰ Eine Registrierung von Zubereitungen und Erzeugnissen wird durch die Reach-Gesetzgebung nicht vorgeschrieben – zur Begrifflichkeit vgl. Glossar.

5. Stoffstrommanagement von Inhaltsstoffen

auf wesentliche human- und umwelttoxikologische Parameter bedarf, bevor sie innerhalb der EU in Verkehr gebracht oder in die EU importiert werden darf²⁶¹.

Für jährliche Produktions-/Importmengen unter 1 t wird im Rahmen einer Registrierung ein technisches Dossier notwendig, das die grundlegenden Eigenschaften der Substanz nennt und Leitlinien zum ordnungsgemäßen Umgang beschreibt. Bei Mengen von mehr als 10 t pro Jahr wird zusätzlich ein so genannter Chemical Safety Report (Stoffsicherheitsbericht) notwendig, der Sicherheitsmaßnahmen sowie das Gefährdungspotenzial der Substanz darlegt. Ab 100 t jährlich in Verkehr gebrachter Menge greift die Bewertung eines Substanz-Dossiers durch die zuständigen Behörden und ist die Erarbeitung einer spezifischen Teststrategie notwendig (vgl. Tab. 5.2). Einer Zulassung bedürfen insbesondere Stoffe, von denen ernste Gefahren ausgehen oder die als „besonders besorgniserregend“ eingestuft werden²⁶².

Tab. 5.1: Aufgabenverteilung/Verantwortlichkeiten entsprechend Reach-System (Quelle: Internetseite der EU-Kommission)

	Industry	Agency	Member States authorities	European Commission
Registration	<ul style="list-style-type: none"> Collects /submits data. Assesses risks / identifies risk management measures Keeps registrations updated Proposes testing schemes 	<ul style="list-style-type: none"> Receives registration dossiers Checks them for completeness Maintains the database and provides information to the public 	<ul style="list-style-type: none"> Enforcement 	<ul style="list-style-type: none"> ---
Evaluation	<ul style="list-style-type: none"> Provides further information if required 	<ul style="list-style-type: none"> Co-ordinates the work of the Member State authorities, develops evaluation criteria, takes decisions on requesting more information from industry if all Member States agree 	<ul style="list-style-type: none"> Review individual dossiers Prepare rolling plans for substance evaluations and carry them out Prepare draft decisions on further information requirements 	<ul style="list-style-type: none"> Takes decision on requesting more information from industry if Member States don't all agree
Authorisation	<ul style="list-style-type: none"> Submits application dossier 	<ul style="list-style-type: none"> Publishes applications on its website Recommends priorities Committees draft opinions Supports Commission in decision-making 	<ul style="list-style-type: none"> Submit proposals for substances that are considered to pose serious and irreversible effects equivalent to CMRs, PBTs and vPvBs. 	<ul style="list-style-type: none"> Takes decisions on priority setting (step 1) and on granting authorisations (step 2)
Restriction	<ul style="list-style-type: none"> Provides socio-economic assessments 	<ul style="list-style-type: none"> Provides opinions and comments Publishes the Member State restriction proposals and its Committee's draft opinions on the Internet 	<ul style="list-style-type: none"> Submit proposals 	<ul style="list-style-type: none"> Takes decisions on restrictions of production, marketing and use

²⁶¹ Ausgenommen sind davon Kleinmengen von weniger als 1 Tonne, die jährlich in der EU hergestellt oder in den Geltungsbereich der Reach-Gesetzgebung importiert werden sowie Stoffe, deren Verwendung bereits anderweitig geregelt ist wie z. B. Pflanzenschutzmittel.

²⁶² Hierunter fallen vor allem die drei Gruppen:
 Karzinogene, mutagene und reproduktionstoxische Stoffe
 Persistente, bioakkumulierende und toxische Stoffe sowie
 Sehr persistente bzw. sehr bioakkumulative Substanzen.

Tab. 5.2: Unterschiede zwischen bisherigem und Reach-System (Quelle: Internetseite der EU-Kommission)

Present system	REACH
<ul style="list-style-type: none"> • There are gaps in our knowledge about many of the chemicals on the European market 	<ul style="list-style-type: none"> • REACH will close the knowledge gap by providing safety information about chemicals produced or imported in volumes higher than 1 tonne/year per manufacturer/importer
<ul style="list-style-type: none"> • The 'burden of proof' is on the authorities: they need to prove that the use of a chemical substance is unsafe before they may impose restrictions 	<ul style="list-style-type: none"> • The 'burden of proof' will be on industry. It has to be able to demonstrate that the chemical can be used safely, and how. All actors in the supply chain will be obliged to ensure the safety of the chemical substances they handle
<ul style="list-style-type: none"> • Notification requirements for 'new substances' start at a production level of 10 kg. Already at this level, one animal test is needed. At 1 tonne, a series of tests including other animal tests have to be undertaken 	<ul style="list-style-type: none"> • Registration will be required when production/import reaches 1 tonne . As far as possible, animal testing will be minimised
<ul style="list-style-type: none"> • It is relatively costly to introduce a new substance on the market. This encourages the continued use of "existing", untested chemicals and inhibits innovation 	<ul style="list-style-type: none"> • Innovation of safer substances will be encouraged under REACH through: more exemptions for research and development; lower registration costs for new substances; and the need to consider substitute substances for decisions on authorisation and restrictions
<ul style="list-style-type: none"> • Public authorities are obliged to perform comprehensive risk assessments that are slow and cumbersome 	<ul style="list-style-type: none"> • Industry will be responsible for assessing the safety of identified uses, prior to production and marketing. Authorities will be able to focus on issues of serious concern

Entsprechend den Prinzipien der Beweislastumkehr wird die Verantwortung für eine Sicherheitsüberprüfung der Chemikalien in diesem Fall von den nationalen Behörden auf die betroffenen Hersteller und Importeure übertragen²⁶³.

Die EU-Kommission hat für die Stoff- und Chemikalienpolitik bewusst das Instrument einer Europäischen Verordnung gewählt, die sich in direkter Form an die Mitgliedsstaaten wendet. Erreicht werden soll damit u. a., dass so genannte Altstoffe (Chemikalien, die vor September 1981 auf den Markt gekommen sind) nicht länger gegenüber neuen Chemikalien „bevorzugt“ werden – für letztere wären umfangreichere Regelungen notwendig, für die erstgenannten nicht. So erschwert die derzeitige Chemikalien-Gesetzgebung der Europäischen Union die Entwicklung neuer und sicherer Substanzen, da für Neustoffe strengere Maßstäbe angesetzt werden als für altbekannte, aber nur unzureichend getestete, Stoffe. So geht die EU davon aus, dass aufgrund der nahezu uneingeschränkten Vermarktbarkeit von Altstoffen in den vergangenen 20 Jahren lediglich 4.000 neue Stoffe auf den Markt gekommen sind, während die Menge der weltweit produzierten Chemikalien zwischen 1930 und 2000 von ca. 1. Mio. t jährlich auf etwa 500 Mio. t angewachsen ist.

²⁶³ Der Sachverständigenrat für Umweltfragen (SRU) urteilt: „Angesichts der großen Anzahl der auf dem Markt befindlichen Stoffe und der Vielfalt der Anwendungen gibt es praktisch keine Alternative zu einer regulierten Eigenverantwortung der Hersteller.“ (vgl. Sachverständigenrat für Umweltfragen 2003; 2005)

Die Einhaltung der gleichen Spielregeln (level playing field²⁶⁴) für Alt- und Neustoffe soll durch die Europäische Agentur für chemische Stoffe (Chemikalienagentur) im finnischen Helsinki überwacht werden, um die innovationsfeindliche Bevorzugung von Altstoffen künftig zu unterbinden.

Die Unternehmen der ITK-Industrie sind von diesen zu erwartenden Vorgaben in sehr unterschiedlichem Maße betroffen. Als „downstream-user“ nutzen sie vielfältigste Chemikalien in den unterschiedlichsten Kombinationen und Mengen. In besonderem Maße sind von den Regelungen Halbleiter- und Chip-Hersteller betroffen²⁶⁵, die bei der Wafer-Produktion²⁶⁶ unter höchsten Umweltauflagen Kleinstmengen spezieller chemischer Verbindungen nutzen. In diesem Kreis bestand die große Befürchtung, dass sich die (organisatorischen und finanziellen) Aufwendungen für die Reach-Evaluation der notwendigen Spezial-Chemikalien durch den jeweiligen Hersteller betriebswirtschaftlich nicht mehr rechnen könnten, so dass die Verpflichtungen oder zumindest die entstandenen Kosten auf die Chip-Produzenten hätten umgelegt werden müssen. Im Gegensatz zu den Belastungen für die Anwenderindustrien geht das Umweltbundesamt – in weitgehender Übereinstimmung mit der EU-Kommission – für die Chemieindustrie von etwa 4 Mrd. Euro direkten Kosten während einer Vorlaufzeit von mehr als 10 Jahren aus. Dieses würde zu einem Kostenanteil von ca. 0,06 % des Umsatzes der Chemieindustrie führen. In diesem Zusammenhang vertiefend auf die unzähligen Gutachten zu wirtschaftlichen Auswirkungen der Reach-Gesetzgebung einzugehen würde Rahmen und Zielsetzung der vorliegenden Studie sprengen²⁶⁷.

Aus gesamtgesellschaftlicher, wohlfahrtsbezogener Perspektive ist vor diesem Hintergrund allerdings zu diskutieren, mit welcher Gewichtung die – beide unstrittig mit hoher gesellschaftlicher Bedeutung verbundenen – Parameter Ökologie und Ökonomie gegeneinander abzuwägen sind. Aus Sicht der Wettbewerbsfähigkeit der europäischen Chemieindustrie sowie der Anwendungsindustrien wie z. B. der ITK-Wirtschaft wäre zu erörtern, ob die Reach-Gesetzgebung ebenso wie die ROHS-Richtlinie dazu beitragen kann, auf europäischer Ebene neue Maßstäbe zu setzen, die sich künftig vielleicht auf internationaler Ebene durchsetzen werden. Zwar lässt sich in vielen Bereichen eine Vereinbarkeit verschärfter Umweltvorschriften und wirtschaftlich erfolgreicher Innovationen beobachten²⁶⁸, doch scheinen für die Reach-Gesetzgebung der

²⁶⁴ Vgl. UBA 2005.

²⁶⁵ Die Chip-Hersteller Intel, AMD, Texas Instruments, Samsung Semiconductors, Motorola oder Infineon sollen hier stellvertretend für eine Vielzahl betroffener Unternehmen genannt werden.

²⁶⁶ Wafer bezeichnen wenige 100 µm dünne Siliziumscheiben (ggf. werden Materialien wie Siliziumcarbid, Gallium-Arsenid oder Indium-Phosphid verwendet), auf denen eine Vielzahl identischer elektronische Bauelemente, vor allem integrierte Schaltkreise durch verschiedene technische Verfahren hergestellt werden. Die bisher größten Wafer haben einen Durchmesser von 300mm.

²⁶⁷ Allein das Umweltbundesamt (2005) beschreibt die Zahl von 36 Gutachten von Industrie- und Umweltverbänden, Mitgliedsstaaten, der EU-Kommission sowie dem UBA selbst.

²⁶⁸ Vgl. hierzu auch Aussagen zur Korrelation zwischen hoher Wettbewerbsfähigkeit von Volkswirtschaften und ihrer Vorreiterrolle in der Gesetzgebung bei Jänicke et al. 1998 und Reiche 2005.

Europäischen Union zunächst praktische Erfahrungen erforderlich, um eine mögliche „win-win-Situation“ für Umwelt und Wirtschaft beschreiben zu können. Dass durch eine aufgeklärte Verwendung von Chemikalien künftig Umwelt und darüber mittelbar auch Personen profitieren werden, ist unbestreitbar²⁶⁹.

5.2 Design for Environment – Organische Werkstoffe als Lösungsansatz?

*„Wer nichts Neues ausprobiert,
landet immer an der gleichen Stelle“*

Jan Böklov, Erfinder des V-Stils im Skispringen

Abschließend zu diesem Kapitel soll ein Fallbeispiel zum Design for Environment dargestellt und diskutiert werden, das den Zugang zum Stoffstrommanagement von Inhaltsstoffen über den Weg organischer Werkstoffe aufzeigt. Die Chancen und Schwierigkeiten des Einsatzes organischer Werkstoffe in ITK-Geräten sollen hier am Beispiel des Werkstoffs Hanf als Kunststoffersatz beschrieben werden, wie er von einiger Zeit modellhaft vom taiwanesischen Monitor-Hersteller ADI geplant und zwischenzeitlich gebaut wurde.

5.2.1 Produkt

In Zusammenarbeit mit dem Institut für Konstruktionstechnik am Fachbereich Produktionstechnik der Universität Bremen wurde im Investitionssonderprogramm des Bremer Umweltsenators „Pronaro – Produkte aus nachwachsenden Rohstoffen“ ein Monitorgehäuse aus Hanf entwickelt. Ansatzpunkt war neben der Erforschung neuer Technologien nach Aussage des Unternehmens nicht zuletzt ein gestiegenes Umweltbewusstsein der Verbraucher im Bereich der öffentlichen Beschaffung. Diesem sollte u. a. durch die Verminderung des Einsatzes von Kunststoffen Rechnung getragen werden. Zur Frage der Kunststoffsubstitution wurde von ADI bereits seit Ende der neunziger Jahre intensiv geforscht. Wesentliche Voraussetzungen für einen neuen Werkstoff waren aus konstruktiv-technischer Sicht vor allem gute mechanische und gestalterische

²⁶⁹ Weiterführend vgl. u. a. Bunke et al. 2004, Cameron & Schneidewind 2003, Jacob & Volkery 2005, Lahl 2005, Lucas 2004, Schäfer 2005, Zum aktuellen Stand der Reach-Gesetzgebung sowie zu weiterführenden Informationen siehe www.eu.int/comm/environment/chemicals/reach.htm.

Verarbeitungseigenschaften, das heißt, der Werkstoff sollte spritzgussgeeignet sein. Zudem sollten geringe chemische Emissionen bei Temperaturbelastungen, Feuchtigkeitsunempfindlichkeit sowie eine biologische Abbaubarkeit gewährleistet werden. Aus wirtschaftlicher Sicht kamen zudem Anforderungen an eine konstante qualitative und quantitative Verfügbarkeit der Naturfasern sowie ein konkurrenzfähiger Materialpreis hinzu.

Das von ADI verwendete Material bestand aus Hanf und Cellulosediacetat, das als Matrixmaterial (Binder) für die Naturfasern fungierte. Die thermoplastische Verarbeitung war allerdings nur möglich, wenn dem Material Plastifikatoren beigefügt wurde, die – ebenso wie das Cellulosediacetat – ebenfalls aus pflanzlichen Ausgangsstoffen gewonnen werden konnten. Die Bausteine der Matrix bestanden ausschließlich aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff, so dass das Material vollständig biologisch abbaubar war oder rückstandsfrei verbrannt werden konnte. Zudem ergab sich eine Netto-Null-Emission an Kohlendioxid, da der während des biologischen Zersetzungsprozesses freiwerdende Betrag an CO₂ während der Wachstumsphase der Pflanzen zuvor aus der Atmosphäre aufgenommen wurde. Um Kundenwünschen gerecht werden zu können und insbesondere für die Arbeitsplatzausrüstung von Notebooknutzern komplette und einfarbige Bürosysteme anbieten zu können, wurden auch verschiedenfarbige Modellvarianten getestet.

Die Abbaubarkeit von Materialien orientierte sich allgemein an der DIN 54900, wonach ein Material „vollständig biologisch abbaubar“ ist, wenn mindestens 60% der jeweiligen Materialkomponenten oder 90% eines Materialmixes in einem Prüfzeitraum von 6 Monaten zu CO₂ und Biomasse umgesetzt werden. Da dieser Wert im vorgegebenen Zeitraum von dem verwendeten Hanfwerkstoff nicht erreicht war, wäre die genannte Formulierung nicht statthaft. Der Hersteller wies jedoch darauf hin, dass die vollständige biologische Umsetzung des Materials in einem Zeitraum von etwa 18 Monaten möglich sei²⁷⁰.

5.2.2 Chancen und Schwierigkeiten

Das genannte Fallbeispiel des Einsatzes einer innovativen Werkstofftechnik soll hier einer kritischen Würdigung unterzogen werden, die allgemein für den Einsatz organischer Werkstoffe gelten kann. Positiv ist zunächst zu vermerken, dass Unternehmen in gemeinsamen Forschungsprojekten mit Universitäten den serienmäßigen Einsatz nachwachsender Rohstoffe erforschen. Dieser erhält insbesondere vor dem Hintergrund der zunehmenden Absatzzahlen von Elektro- und Elektronikgeräten im Allgemeinen wie auch von Flachbildschirmen im speziellen eine wesentliche

²⁷⁰ Auf die Abhängigkeit der Zersetzung von den entsprechenden Milieubedingungen (Zusammensetzung der Mikrofauna, Mineral- und Sauerstoffversorgung, Feuchtigkeit etc.) und den Einsatz moderner Kompostierungstechnologien soll an dieser Stelle nicht weiter eingegangen werden.

Bedeutung²⁷¹. Allerdings entstehen im Zusammenhang mit dem in Kap. 4 ausführlich dargestellten Aufbau umfangreicher Entsorgungssysteme für Elektronik-Altgeräte auch Schwierigkeiten durch den Einsatz organischer Werkstoffe in diesen Produkten.

Zum einen gestaltet sich der Einsatz nachwachsender Rohstoffe vor dem Hintergrund der Normung – wie oben in Bezug auf die DIN 54900 erläutert – zum Teil recht schwierig. Zum anderen muss die Einführung organischer Werkstoffe in Bezug auf die Umsetzung der WEEE-Richtlinie betrachtet werden. Die Rücknahme und Verwertung sämtlicher Altgeräte ist ebenso wie die Nutzung nachwachsender Rohstoffe für sich genommen eine wünschenswerte und notwendige Maßnahme, um im Hinblick auf die technologische Weiterentwicklung eine größere Umweltverträglichkeit zu erreichen. Die Kombination dieser beiden Zielsetzungen führt im praktischen Recyclingprozess allerdings zu einigen Schwierigkeiten.

Da im regulären Rückführungs- und Verwertungsprozesses eine Aussortierung bestimmter Produkte die Ausnahme ist, können die zu recycelnden Kunststoffe durch den Anteil organischer Werkstoffe „verunreinigt“ werden. Während die Erfassung der verschiedenen Kunststoffarten mittlerweile weitgehend automatisiert möglich ist (vgl. Abb. 5.1), wäre eine Auslese der – bezogen auf die Gesamtmenge aller anfallenden Altgeräte – äußerst geringe Menge an Hanf-Werkstoff ggf. nur per Hand möglich.



Abb. 5.1: Automatische Infrarot-Erkennung unterschiedlicher Kunststoffsorten aus Elektronikaltgeräten (Aufnahme Fujitsu Siemens Computers, Paderborn)

²⁷¹ Vgl. den serienmäßigen Einsatz leichter Dämmmaterialien und Innenverkleidungen aus nachwachsenden Rohstoffen wie Sisal oder Hanf im Automobilbau.

Erschwert würde die sortenreine Trennung der organischen Werkstoffe zudem, wenn gefärbte und somit auf den ersten Blick nicht zu unterscheidende Produkttypen in den Markt gebracht werden. Hier könnte eine gesonderte Rückführung der Hanf-Bildschirme über Handel und Hersteller als mögliche Alternative gesehen werden, die zudem das Potenzial für ein verstärktes Umweltmarketing des Unternehmens gibt. Inwieweit diese Überlegungen in der Praxis umsetzbar wären, kann leider nicht abschließend betrachtet werden. Hier sind weitere Forschungsaktivitäten und Pilotprojekte für Sortierung und Recycling von organischen Werkstoffen notwendig²⁷².

²⁷² Abschließend wäre zu betonen, dass beim Einsatz organischer Werkstoffe komplexe Systembetrachtungen zu allen positiven und negativen ökologischen Auswirkungen zu betrachten und gegeneinander abzuwägen sind. Stichwortartig seien an dieser Stelle Flächenverbrauch, Gefahr von Hanf-Monokulturen, Pestizideinsatz sowie der Energieverbrauch in der Aufarbeitung des Materials genannt. Notwendig scheinen hier umfassende Öko-Bilanzen zu den alternativen Werkstoffen Kunststoff und Hanf (vgl. u. a. Behrendt et al. 1998).