

Das Design bestimmt die Ökobilanz:

Mobile Endgeräte im Umweltfokus

„Was man nicht messen kann, kann man nicht lenken.“ Diese alte Management-Weisheit des Ökonomen Peter F. Drucker gilt für die nachhaltige Produktgestaltung genauso. Die Ökobilanz ist das Mittel der Wahl, um über den kompletten Produktlebenszyklus die Umweltauswirkungen zu beziffern. Und dann durch Veränderungen am Produkt zu minimieren. So die Theorie. Die Ökobilanz ist ein kompliziertes Unterfangen, zumal im Bereich der Informations- und Kommunikationstechnik und ihrer komplexen Produkte. Apples 200 wichtigste Lieferanten fertigen alleine schon in 700 Fabriken Teile für den Technologiegiganten. Sämtliche Vorprozesse von der Mine bis schließlich zur Endmontage zu bilanzieren, ist ohne Vereinfachungen und die Verwendung von generischen Daten gar nicht möglich. Da aber – um ein weiteres strapaziertes Zitat zu bemühen – 80 % der Umweltauswirkungen eines Produkts angeblich im Design festgelegt werden, ist genau das der Zeitpunkt, um mit soliden Umweltdaten Hilfestellung zu geben. Spekulativ bleibt dann noch der spätere Umgang des Nutzers mit dem Produkt: Welche Fehler werden auftreten? Welche Reparaturen werden durchgeführt? Wann wechselt der Nutzer lieber zu einem besseren und schnelleren Gerät? Und was passiert dann mit dem alten? Das lässt sich mit Szenarien abbilden, führt aber unweigerlich zu neuen Unwägbarkeiten.

Umweltgerechte Produktgestaltung hat genau diesen Lebenszyklusgedanken im Blick, und eine Vielzahl von Ansatzpunkten sind möglich, um auf die Umweltbilanz positiv Einfluss zu nehmen. Das fängt bei der Schadstoffminimierung an, wird aber erst so richtig spannend, wenn nicht nur der unmittelbare Markteintritt, sondern die vielfältige Gerätenutzung adressiert werden. *Design for Repair*: Wie leicht soll es wem gemacht werden, welche Schäden zu reparieren? *Design for Reuse*: Wann findet der Übergang von der ersten zur zweiten Eigentümerin (oder Eigentümer) statt und welche Barrieren, wie Datenlöschung und Akzeptanz von Gebrauchtgeräten, sind dabei zu überwinden? *Design for Recycling*: Kommt das Gerät überhaupt beim regulären Recycling an und welche anderen Entsorgungsszenarien sind by *Design* zu berücksichtigen?

Öko-Design

Als Beispiel kann hier der Prototyp eines auf Umweltkriterien getrimmten Tablet-Computers der kleinen irischen Firma *MicroPro* dienen (Ospina et al. 2019): Ein Holzgehäuse als nachwachsender Rohstoff, das mit nur wenigen Schrauben montiert ist, so dass die Baugruppen für eine Reparatur gut zugänglich sind, eine entnehmbare Batterie, austauschbare Blenden für die äußeren Anschlüsse, sowie einige für ein Tablet ungewöhnliche Anschlüsse (serieller 9-pin-Port oder einen RJ45 Ethernet-Anschluss), die die Kompatibilität mit älteren IT-Landschaften ermöglichen, sind einige der Maßnahmen, um die Lebensdauer des Geräts zu verlängern. Auch ohne Ökobilanz sind aber die Auswirkungen im Vergleich zu einem iPad offensichtlich (Abbildung 1): Die Anschlüsse allein schon sorgen für ein dickeres Gerät, auch Reparierbarkeit, der austauschbare Akku und der Werkstoff Holz stehen einem schlanken Design entgegen – verbunden mit zusätzlichem Gewicht und einem zusätzlichen Materialaufwand. Und dann ist der Einfluss eines ambitionierten kleinen Unternehmens auf die am Markt erhältlichen Baugruppen sehr begrenzt, und für das Mainboard muss es verfügbare Designs verwenden, um sich nicht komplett zu verheben.

Diese Nachteile sind durch ein längeres Leben wieder aufzuholen, und da kann dann die Ökobilanz beim Erkenntnisgewinn helfen: Tatsächlich ausgetauschte Akkus und durchgeführte Reparaturen

können zu einer überdurchschnittlichen Lebensdauer führen – mit einer wesentlichen Abhängigkeit allerdings vom Betriebssystem, in diesem Falle Windows 10.



Abb. 1: Auf Nachhaltigkeit getrimmter mobiler Computer im Vergleich zum iPad (5. Generation) – Quelle Fraunhofer IZM

Modulare Geräte

Ein modularer Aufbau zielt in die gleiche Richtung: Wenn man sich die Ökobilanz der Herstellung eines Smartphones anschaut, dann fällt erstens auf, dass ein Handy gar nicht 120, 140 oder 160 Gramm wiegt, sondern eher so 30, 50 oder 80 kg – gemessen in Treibhausgasemissionen. Weitere Umweltfaktoren sind da noch gar nicht berücksichtigt. – Und zweitens, dass der ganz überwiegende Anteil der Umweltbelastungen den Elektronikbaugruppen, insbesondere den Halbleiterbauelementen und den Leiterplatten zuzurechnen ist. Demgegenüber fällt die Bilanz sowohl der Batterie als auch des Displays deutlich weniger negativ aus: Eine beispielhafte Berechnung der Treibhausgasemissionen bei Herstellung eines Smartphones zeigt, dass nur etwa 5 % dem Display und 12 % der Batterie zuzurechnen sind (Abbildung 2). Wesentliche, die Lebensdauer limitierende Faktoren sind aber defekte Displays aufgrund von Stürzen und früher oder später der Gesundheitszustand der Batterie. Warum sollen diese Teile mit vergleichsweise geringer Umweltlast bestimmen, wie lange Teile genutzt werden können, die mit einem wesentlich größeren Beitrag zum globalen Treibhauspotenzial gefertigt wurden? Aus ökologischer Sicht ist genau das eines der Argumente für modu-



lares Design: Potenzielle Schwachstellen einfach austauschbar machen.

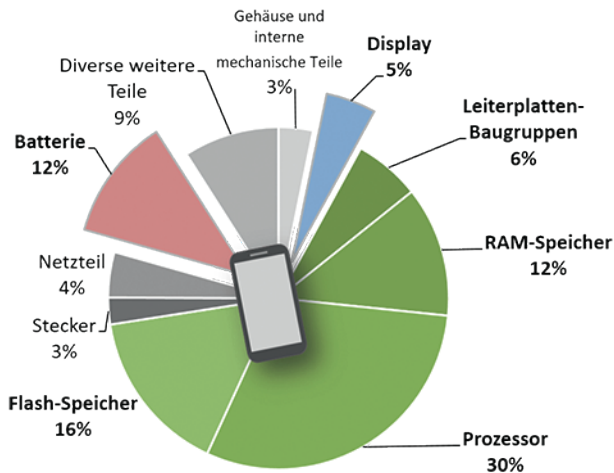


Abb. 2: Treibhausgasemissionen der Herstellung einzelner Smartphone-Baugruppen – Quelle Fraunhofer IZM

Der Design-Ansatz des Fairphone ist das prominenteste Beispiel dafür, den Nutzern die Möglichkeit zu eröffnen, selbst Reparaturen durchzuführen. Das Fairphone von 2015 zeichnete sich durch eine Reihe interner Module aus, die mit Pogo-Pins verbunden waren. Aus funktionalen Gründen sind diese robusten Stecker mit Gold beschichtet, nehmen zusätzliche Leiterplattenfläche ein, und die Module als solches sind einzeln gehäust. Auch hier führte die Ökobilanz zu der Erkenntnis, dass modular zunächst einmal schlechter ist als ein monolithischer Block: Je nachdem, welche Art von Umweltindikator man betrachtet, beträgt die zusätzliche Umweltlast durch Modularität 2,2 % bis 12,9 % des gesamten Herstellungsaufwands (Prose et al. 2016). Auch hier gilt wieder: Nur wenn dieses Design im realen Leben tatsächlich zu einer längeren Nutzung führt, nur dann schlägt die Umweltbilanz ins Positive um. Deutlich positiver wird die Bilanz, wenn man von einer Nutzungsdauer von fünf statt drei Jahren ausgeht – fairer Weise sind dann Reparaturen und wiederholter Akkutauch mit eingerechnet. Dennoch: Der hohe Anteil an Gold für die Kontaktflächen schlägt in der Ökobilanz deutlich negativ durch. Der Nachfolger Fairphone 3, der dann

2019 in den Markt kam, zeichnet sich durch einen etwas anderen Aufbau aus: Immer noch modular, aber weniger Pogo-Pins, mehr filigranere Steckkontakte. Die Distanzen zwischen Mainboard und peripheren Modulen sind zunehmend mit Flex-Verbindern überbrückt. Die Ökobilanz für das Fairphone 3 ist derzeit noch in Arbeit, scheint aber nach ersten Ergebnissen den positiven Trend zu bestätigen.

Bei näherer Überlegung überrascht das Ergebnis nicht, dass ein ökologischer Ansatz wie die Modularität zunächst zu einer schlechteren Umweltbilanz in der Herstellung führt: Ein monolithischer Aufbau muss viel weniger Rücksicht auf Schnittstellen nehmen, kann Aufbauten materialsparend miniaturisieren, und muss keinen Zugang für Jedermann und Jedefrau zu entnehmbaren Innereien anbieten.

Tatsächlich ist Modularität ja nicht neu: Bei Personal Computern war ein modularer, auf- und umrüstbarer Aufbau lange Zeit üblich. Bei Smartphones und ähnlichen mobilen Geräten besteht die Herausforderung in einer Miniaturisierung dieser Modularität, unter gleichzeitiger Berücksichtigung der Anforderungen eines mobilen Gebrauchs.

Spielarten der Modularität

Dabei kann Modularität sehr verschiedene Facetten haben: Auch die führenden Markennamen unter den Smartphones haben sich in den letzten Jahren hin zu deutlich mehr Modularität bewegt, nur ist diese nicht ohne weiteres dem Nutzer zugänglich: Modulares Design bedeutet ja für die allermeisten Produktentwickler nicht, den Nutzer im Blick zu haben, sondern eben den Designer – der dann Designblöcke weiterverwenden kann, der Einfachheit halber nur Schnittstellen zu anderen funktionalen Blöcken berücksichtigen muss und das Problem der Komponentenabkündigung auf einen Funktionsblock eingrenzt.

Und dann gibt es da noch andere, inspirierende Beispiele für Modularität: Ein finnisches Start-up hat schon vor Jahren das Konzept eines Smartphones vorgestellt, das aus der Hauptelektronik, dem Akku und dem Display (*Brain, Heart und Spine*) besteht, und diese drei Module sind über standardisierte Steckverbinder „aus drei mach eins“ miteinander kombinierbar¹.

Der Umweltvorteil: Austausch defekter Module, Anpassbarkeit der Module auf den individuellen Bedarf statt Überdimensionierung und ein Upgrade einzelner Module bei sich ändernden Bedürfnissen statt des Upgrades im Sinne der Telekommunikationsanbieter: „Nimm ein neues Gerät!“

Das andere Beispiel ist Shift aus Hessen, die an einem Gerät arbeiten, bei dem das Smartphone der Hauptcomputer ist, der sich mit einem

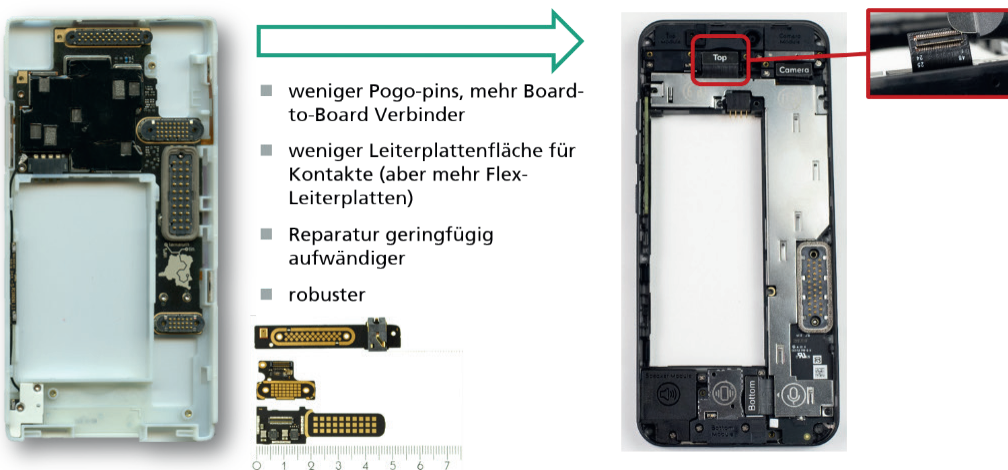


Abb. 3: Weiterentwicklung vom modularen Fairphone 2 zum modularen Fairphone 3 Quelle Fraunhofer IZM

Display zu einem Tablet wandeln lässt. Dieses wird mit einer Tastatur wiederum zu einem *Detachable* und rückt damit in die Nähe von Arbeitscomputern². Das Spannende an solchen Konzepten aus Umweltsicht ist die Nutzung der aufwändig hergestellten Elektronik für mehrere Geräte statt redundanter Ausstattung mit Prozessoren und Speicher.

Das unbekannte Wesen: Die Nutzerin oder der Nutzer

Nochmal zurück zum Beispiel des Tablets: Holz als ungewöhnlicher Werkstoff für Elektronikgeräte – mal abgesehen von alten Fernsehern und guten Boxen – ist in diesem Falle aber nicht nur als Material mit guter Umweltbilanz interessant, sondern auch, weil es bei kleinen Stückzahlen sinnvoll sein kann, auf bestehende CNC-Maschinen der Holzbearbeitung zugreifen zu können, statt teure Spritzgussformen zu verwenden. Zudem ist Holz ein attraktives Material, dem eine gewisse Wertschätzung entgegengebracht wird. In der Sprache der Produktgestaltung ist vom „Design for Attachment“ die Rede (Bakker et al. 2014). Nutzer entwickeln eine Bindung zu ihrem Gerät – die aus Sicht der Ökobilanz möglichst lange anhalten möge. Aber genau das ist die Schwierigkeit der Ökobilanz: Sie hat nur dann richtig Sinn, wenn sie schon das Design beeinflussen kann, lange vor dem Markteintritt. Damit kann logischerweise das Nutzerverhalten, die Aufgeschlossenheit für Reparaturen und wie lange Nutzer tatsächlich an ihrem Gerät hängen, noch nicht bekannt sein und nur mit Szenarien eingefangen werden. Diese mögen sich später als richtig oder falsch herausstellen, aber für das Ergebnis der Bilanz sind sie essenziell. Mit dem großen Problem: Die zusätzlichen Aufwände für beispielsweise ein modulares Design sind real, die Einsparungen durch eine längere Nutzung zunächst fiktiv.

Das Lebensende

Die Umweltdiskussion von Elektronikgeräten wird häufig an exorbitanten Elektronikschrotbergen festgemacht. Wahrlich, ein Problem. Die Ökobilanz zeigt aber auch, dass selbst ein Recycling nach dem Stand der Technik vor allem Werte vernichtet: Der Umweltaufwand, der einst in die Halbleiterherstellung oder die Leiterplattenfertigung investiert wurde, ist mit dem Recycling unweigerlich verloren. In der Ökobilanz gibt es für die Rückgewinnung von Materialien im Recycling Gutschriften, weil damit

Primärrohstoffe ersetzt werden können. Im Falle mobiler Endgeräte zeigt die Ökobilanz jedoch nur etwa 5 % Gutschrift bei den Treibhausgasemissionen und den meisten anderen Umweltindikatoren, die restlichen 95 % sind verloren. Zurückgewonnen werden können Kupfer aus den Leiterbahnen, Edelmetalle aus Beschichtungen, Zinn aus dem Lot, Cobalt aus dem Akku und eine Reihe weiterer Metalle, aber viele andere eben auch nicht: Tantal aus Kondensatoren, Indium aus leitfähigen Schichten im Display, Seltene Erden aus Lautsprechern, Wolfram aus dem Vibrationsalarm – derzeit ist alles weg, wenn nicht ein aufwändiger Demontage-Roboter darauf angesetzt wird³. Das spricht aus Sicht der Ökobilanz nicht gegen das Recycling, aber dafür, das Leben zuvor durch eine hohe Zuverlässigkeit der Geräte, gute Reparierbarkeit, eine Förderung der Wiederaufarbeitung und einen langen Software-Support möglichst in die Länge zu ziehen. Um damit die Herstellung von Neugeräten und damit aufwändiger Neuproduktion etwas zu bremsen. Nach einer Umfrage des *Bitkom* lagern in deutschen Schubladen noch etwa 200 Millionen nicht mehr genutzte Handys⁴. Führt man diese dem Recycling zu, so spart das überschlüssig 500.000 Tonnen CO₂ ein. Das ist doch was.

Referenzen

- Bakker C, den Hollander M, van Hinte E (2014): *Products That Last – Product Design for Circular Business Models*, TU Delft, ISBN: 9789461863867
- Ospina J, Maher P, Galligan A, Gallagher J, O'Donovan D, Kast G, Schischke K, Balabanis N (2019): *Lifetime extension by design and a fab lab level digital manufacturing strategy: tablet case study*, Proc. 3rd Product Lifetimes And The Environment PLATE conference, Berlin, Germany, September 2019
- Proske M, Clemm C, Richter N (2016): *Life Cycle Assessment of the Fairphone 2 – Final Report*, Fraunhofer IZM, Berlin, November 2016

Anmerkungen

- 1 <http://www.puzzlephone.com/>
- 2 <https://www.shiftphones.com/shiftmu/>
- 3 *Apples Roboter Daisy als derzeit umfassendster Ansatz für die Demontage von Gebrauchsgütern für ein Recycling einzelner Komponenten:* https://www.apple.com/environment/pdf/Apple_Environmental_Responsibility_Report_2019.pdf
- 4 <https://www.bitkom.org/Presse/Presseinformation/Deutsche-horten-fast-200-Millionen-Alt-Handys>



Karsten Schischke

Karsten Schischke leitet am *Fraunhofer Institut für Zuverlässigkeit und Mikrointegration* eine Arbeitsgruppe im Themenfeld Ökodesign und Materialien für eine Circular Economy. Er begutachtet die Produkt-Ökobilanzen von Apple, arbeitet mit einigen der in diesem Beitrag genannten kleinen Unternehmen an innovativen Produktkonzepten und hat ursprünglich mal Technischen Umweltschutz an der TU Berlin studiert.

