

Die energieangebotsgesteuerte intelligente Kreislaufwirtschaft

Energie, Material und Informationsgesellschaft zusammen denken

Lorenz M. Hilty, Institut für Informatik, Universität Zürich

1. Einleitung

Eine technisch hoch entwickelte Gesellschaft wird im Jahr 2030 ihre Energie hauptsächlich aus erneuerbaren Quellen beziehen, sie wird Materialien weitgehend in Kreisläufen nutzen und sie wird über noch effizientere Techniken zur Informationsverarbeitung verfügen als heute. Allein in der Energieeffizienz der IT ist von 2014 bis 2030 eine Verbesserung um einen Faktor 100 zu erwarten. Demzufolge werden Privathaushalte über Automatisierungsmöglichkeiten verfügen, die heute noch nicht wirtschaftlich realisierbar sind.

Diese drei zentralen Trends werden in der Politik und auch in der breiten Öffentlichkeit selten in ihrem Zusammenhang gesehen. Es bestehen aber die folgenden Wechselwirkungen:

1. Energie aus erneuerbaren Quellen steht nicht zu beliebigen Zeiten an beliebigen Orten zur Verfügung. Ihre Speicherung und ihr Transport sind an materialintensive Technologien gebunden. Bei der Effizienz für die Speicherung und den Transport von Energie sind keine revolutionären Fortschritte absehbar.
2. Flukturierende und dezentrale Energiequellen schaffen Koordinationsprobleme, die nur mit IT zu lösen sind. Diese Herausforderung wird unter dem Stichwort "Smart Grid" diskutiert, aber neue Szenarien der Energienutzung werden in diese Diskussion kaum einbezogen (mit Ausnahme der Elektromobilität und dem Demand Side Management beim Heizen und Kühlen).
3. Die meisten Materialien für Konsumgüter werden unter Einsatz nicht-erneuerbarer Energie hergestellt, enthalten also "graue Energie". Das Ziel eines Übergangs zu erneuerbaren Energiequellen würde ohne die weitgehende Schliessung von Materialkreisläufen also in einem substanziellen Punkt verfehlt.

Selbst eine Volkswirtschaft, die ganz ohne Abbau und Import nicht-erneuerbarer Energieträger auskäme, würde über Materialien und Produkte noch graue Energie importieren.

4. Der Weg in eine Kreislaufwirtschaft wird zusätzliche Energienachfrage erzeugen. Recycling ist das Herstellen von Ordnung, und dies ist nach dem zweiten Hauptsatz der Thermodynamik nur möglich, wenn dabei gleichzeitig nutzbare Energie in nicht mehr nutzbare Energie (Abwärme) umgewandelt wird.

5. Recycling ist technisch betrachtet ein Problem der Informationsverarbeitung und Automatisierung. Durch die Fortschritte in der IT lässt sich die Effizienz von Recyclingprozessen, abgesehen vom thermodynamisch unvermeidbaren Energiebedarf (Punkt 4), entscheidend verbessern. Bereits heute sind viele Recyclingroboter und bildverarbeitungs-gestützte Sortieranlagen in Betrieb.

Betrachtet man diese Wechselwirkungen zwischen Energie, Material und Informationsverarbeitung, so drängt sich die Vision einer "energieangebots-gesteuerten intelligenten Kreislaufwirtschaft" auf. Diese ist durch folgende drei Punkte gekennzeichnet:

- Elektrische Energie aus erneuerbaren Quellen wird in Zeiten des Überangebots für intelligente Recyclingsysteme genutzt. Statt des (nur begrenzt erfolgreichen) Versuchs, Energie bis zum Zeitpunkt ihrer beabsichtigten Nutzung zu speichern, investiert man die Energie also in den Aufbau materieller Ordnung. Durch das Recycling an Ort und Stelle wird zukünftiger Energieverbrauch vermieden, der für die Primärproduktion der entsprechenden Materialien oder für ein späteres Recycling nötig wäre.
- Damit der Transportaufwand für Material und Energie minimal bleibt, wäre eine solche Kreislaufwirtschaft weitgehend dezentral organisiert. Wo immer Energie und nicht mehr genutztes Material gleichzeitig vorhanden sind, wird Ordnung auf Vorrat geschaffen.
- Die dafür erforderlichen intelligenten Systeme, z.B. in Form spezialisierter Roboter, haben geringe Investitions- und Betriebskosten aufgrund der

Fortschritte in der IT und aufgrund der Massenproduktion dieser Systeme, die bei entsprechender Nachfrage rasch eintreten würde.

Das größte Potenzial der Informationsgesellschaft für eine nachhaltige Entwicklung liegt nicht in Randphänomenen wie der teilweisen Ablösung von Print- durch elektronische Medien oder der Verbesserung der Ressourceneffizienz in herkömmlichen Produktions- und Logistikprozessen. Es liegt in der bezahlbaren Schaffung der Intelligenz, die für eine dezentral organisierte, durch erneuerbare Energiequellen getriebene Kreislaufwirtschaft notwendig ist. Dies wäre ein tiefgreifender Strukturwandel, der die Gesellschaft einer nachhaltigen Entwicklung tatsächlich näher bringen könnte.

2. Schritte zur Umsetzung

Der Schlüssel zur Umsetzung dieser Vision sind die Privathaushalte. Viele Privathaushalte sind durch die Möglichkeit, elektrische Energie ins Netz einzuspeisen, von reinen Konsumenten von Elektrizität zu "Prosumern" geworden. Eine analoge Entwicklung gilt es nun schrittweise für verschiedene Gruppen von Materialien zu vollziehen. Es mag für viele Leser nach Science Fiction klingen, wenn ich behaupte, dass man in 10-20 Jahren einen Plastiksörtlerautomaten oder einen Demontageroboter zuhause betreiben könnte. Jedoch sind heute 3D-Drucker für den Privatgebrauch erschwinglich, was man vor wenigen Jahren auch nicht für möglich gehalten hätte. Es fehlen aber noch Geräte zur Wiedergewinnung von Teilen und Materialien aus ausgedienten Produkten. Dies kann auch auf Ebene eines Wohnblocks oder Stadtteils geschehen, wenn es sich für den einzelnen Haushalt nicht lohnen sollte.

Entscheidend sind zwei Mechanismen, die die Umsetzung dieser Vision antreiben. Erstens muss die tatsächliche Schwankung von Strompreisen (bis hin zu negativen Preisen an Spotmarkt, wenn zuviel Solarenergie produziert wird) in Form dynamischer Tarifmodelle an die Endkunden weitergegeben werden. Dies

Hilty, L.M.: Die energieangebotsgesteuerte intelligente Kreislaufwirtschaft. Energie, Material und Informationsgesellschaft zusammen denken. In: Stiftung Zukunftsrat (Hrsg.): Haushalten und Wirtschaften II. Leitdeen für eine zukunftsfähige Wirtschafts- und Geldordnung. Edition Rüegger, Glarus/Chur 2015, 273-277

ist ein politisches Projekt, das erst die Marktkräfte und damit die notwendige Innovation entfesseln würde. Neben Speichertechnologien würden – was in unserer Vision das Entscheidende ist – intelligente Systeme zur Herstellung materieller Ordnung daraus hervorgehen, die wir uns heute vielleicht noch gar nicht vorstellen können.

Zweitens aber wird der Haushalt, der in diese Technik investiert und dadurch zum “Materialprosumer” wird, seine Nachfrage nach Konsumgütern ändern. Er wird ganz einfach Produkte bevorzugen, die er mit den Geräten, in die er investiert hat, auch gewinnbringend materiall verwerten kann – also recyclinggerechte Produkte, wobei sich aber dieses Kriterium aber mit der verfügbaren Technik laufend ändert. Es entsteht also zum ersten Mal ein wirksamer Nachfragedruck in Richtung leicht zerlegbarer Produkte mit geringer Materialvielfalt, also möglichst sortenreinen Materialien. Warum ist diese Entwicklung plausibel? Bereits heute kauft ein Konsument, der in einen Geschirrspüler investiert hat, kein Geschirr mehr, das er darin nicht reinigen kann. Wer eine Waschmaschine besitzt, wird nur noch ausnahmsweise ein Kleidungsstück kaufen, das er von Hand waschen muss. Entsprechend ist der Marktanteil der mit Haushaltgeräten inkompatiblen Produkte geschrumpft. Ganz analog ist zu erwarten, dass jemand, der einen Recyclingautomaten oder ein kleines Team von Recyclingrobotern zuhause betreibt, kaum mehr etwas kaufen wird, das er damit nicht verarbeiten kann. Besonders dann, wenn das Ergebnis des Recyclings gleich als Input für den privaten 3D-Drucker oder andere Produktionsprozesse inder näheren Umgebung dient. Es könnte also zum Normalfall werden, so zu konsumieren, dass möglichst alle Abfälle in den eigenen vier Wänden – oder auch im Wohnblock, im Quartier – zu einem neuen nutzbaren Produkt (Material oder Endprodukt) verarbeitet werden. Und zwar mit viel technischer Intelligenz und mit billiger Energie, immer dann, wenn diese gerade zur Verfügung steht. Es würde ein sozio-technischer Metabolismus auf einem hohen Niveau von Materialeffizienz entstehen,

Hilty, L.M.: Die energieangebotsgesteuerte intelligente Kreislaufwirtschaft. Energie, Material und Informationsgesellschaft zusammen denken. In: Stiftung Zukunftsrat (Hrsg.): Haushalten und Wirtschaften II. Leitdeen für eine zukunftsfähige Wirtschafts- und Geldordnung. Edition Rüegger, Glarus/Chur 2015, 273-277

Die benötigte Technik ist nicht so weit entfernt wie es scheinen mag, denn entsprechend programmierte Industrieroboter – um ein Beispiel zu nennen – werden bereits heute rentabel zur Sortierung von Bauabfällen eingesetzt. Das downscaling solcher Technologien bis zum Hausgebrauch, ihre Perfektionierung und Massenproduktion so wie Einhaltung von Sicherheitsvorschriften sind natürlich noch ein weiter Weg, aber diesen Weg haben andere komplexe Technikanwendungen (z.B. 2D- und 3D-Drucker, Staubsaugerroboter, neuerdings Drohnen) bereits hinter sich.

Wesentlich für die Umsetzung sind also zwei Marktmechanismen, welche die entsprechenden Anreize schaffen. Erstens dynamische Stromtarife, welche die tatsächlichen Verhältnisse widerspiegeln und den Markt für die Geräte schaffen, die billige Energie zum intelligenten Recycling nutzen; zweitens die Marktmacht der Endkonsumenten, die neu in der Lage sind, die Wertvernichtung erkennen, die in schwer reversiblen Verbindungen verschiedener Teile und Materialien liegt. Erst durch diesen Nachfragedruck würde die Industrieproduktion in einen Modus höherer Werterhaltung von Materialien übergehen, also in einen Modus der möglichst weitgehenden Vermeidung von Irreversibilitäten. Genau diese Transition ist ein notwendiger Baustein einer nachhaltigen Entwicklung.

Literatur

Dompke, M.; von Geibler, J. ; Göhring, W. ; Herget, M.; Hilty, L. M.; Isenmann, R. ; Kuhndt, M.; Naumann, S.; Quack, D.; Seifert, E.: Memorandum Nachhaltige Informationsgesellschaft. Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart 2004, ISBN: 3-8167-6446-0, <http://publica.fhg.de/eprints/N-20549.pdf>

Hilty, L.M.; Aebischer, B. (eds.): ICT Innovations for Sustainability. Springer Series Advances in Intelligent Systems and Computing 310. Springer International Publishing 2015, ISBN: 978-3-319-09227-0 (Print) 978-3-319-09228-7 (Online) DOI: 10.1007/978-3-319-09228-7, <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-09228-7>

Hilty, L. M.; Aebischer, B.; Andersson, G.; Lohmann, W. (eds.): ICT for Sustainability: Proceedings of the First International Conference on Information and Communication Technologies for Sustainability. E-Collection ETH Institutional Repository, 2013, DOI: 10.3929/ethz-a-007337628 <http://dx.doi.org/10.3929/ethz-a-007337628>

Hilty, L.M.: Die energieangebotsgesteuerte intelligente Kreislaufwirtschaft. Energie, Material und Informationsgesellschaft zusammen denken. In: Stiftung Zukunftsrat (Hrsg.): Haushalten und Wirtschaften II. Leitdeen für eine zukunftsfähige Wirtschafts- und Geldordnung. Edition Rüegger, Glarus/Chur 2015, 273-277

Hilty, L. M.: Nachhaltige Informationsgesellschaft – Einfluss moderner Informations- und Kommunikationstechnologien. In: Isenmann, R.; Hauff von, M. (Hrsg.): Industrial Ecology: Mit Ökologie zukunftsorientiert wirtschaften. Elsevier, Heidelberg u.a. 2007, 189-205 http://publicationslist.org/data/lorenz.hilty/ref-37/2007_Hilty_Nachhaltige_Informationsgesellschaft_AAM.pdf

Hilty, L.M.: Computing Efficiency, Sufficiency, and Self-sufficiency: A Model for Sustainability? In: LIMITS'15, June 15-16, 2015, Irvine, California, USA <http://www.limits2015.org/papers/limits2015-hilty.pdf>