

# Konzepte und Tools für Circular Ecosystems

## VORSPRUCH:

*Circular Ecosystems* streben an, einen Verbund von kooperierenden Unternehmen mit dem Ziel der zirkulären Wertschöpfung zu etablieren. Sie sollen die Zusammenarbeit einer Vielzahl von rechtlich unabhängigen Unternehmen und Akteuren ermöglichen. Um effektive *Circular Ecosystems* aufzubauen, braucht es Konzepte, Daten und digitale Technologien. Damit wird uns in diesem Essay beschäftigen.

Die Basisarbeit besteht darin, angemessene Konzepte zu entwickeln und digitale Technologien zu nutzen, die in der Lage sind, die Umweltauswirkungen von Produkten zu identifizieren, zu strukturieren, darzustellen und auszuwerten. Dabei tauchen etwa folgende Fragen auf:

Wie lässt sich der Produktlebenszyklus mit Hilfe grafischer Modellierung darstellen und berechnen. Welche Methoden der Produkt-Ökobilanzierung - Life-Cycle-Assesment (LCA) - sind vorhanden? Welche überbetrieblich nutzbaren Datenbanken liefern verlässliche Umweltdaten, auf die zugegriffen werden kann, um Umweltwirkungen und Nachhaltigkeitsinformationen analysieren zu können? Wie lassen sich besonders schädliche Umweltfolgen von Produkten identifizieren, berechnen und grafisch überzeugend darstellen? Für Unternehmen steht immer auch die Frage im Vordergrund, wie sich Ressourcen und Kosten einsparen lassen bzw. was die Umsetzung umweltadäquater Maßnahmen kostet?

### *1. Produkt- und Betriebsbilanzen aus ökologischer Perspektive – Darstellung, Berechnung und Optimierung*

Die traditionelle Betriebswirtschaftslehre bemüht sich seit langer Zeit, *Wertschöpfungsprozesse* und *Güter* in Unternehmen zu identifizieren, darzustellen, zu berechnen und zu optimieren.

Sie sah ihre Aufgabe bislang nicht darin, die dabei entstehenden *Schadschöpfungsketten* und *Übel* zu berücksichtigen.

Diese Perspektive lässt sich in vereinfachter Weise am Beispiel der Erstellung eines *Spaghetti-Gerichtes* zeigen.

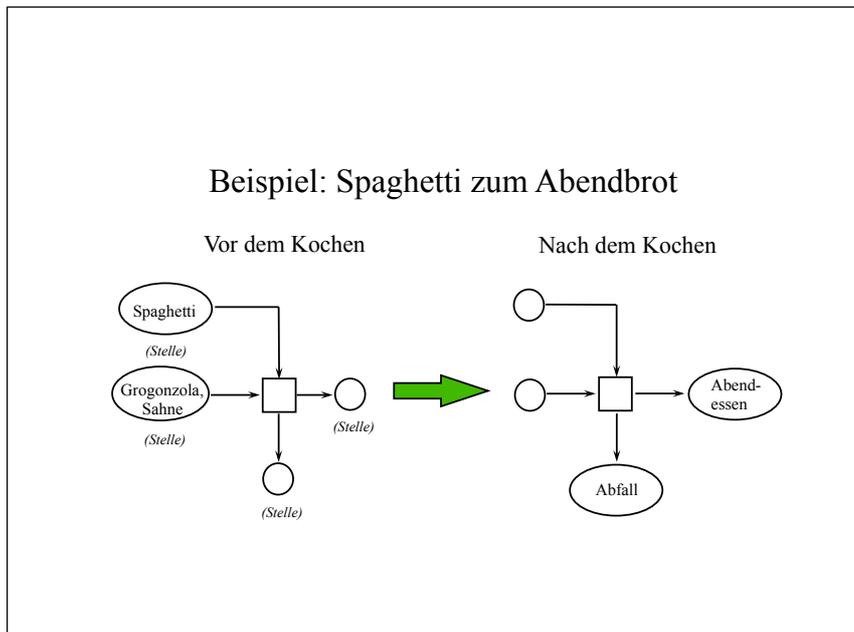


Abb. 1 Grafische Darstellung des Produktes „Spaghetti-Erstellung zum Abendbrot“ (Möller/ Rolf, 1994)

Die grafische Darstellung nutzt als methodische Basis die in der Informatik entwickelten Petri-Netze. Es ist ein Modell zur formalen Beschreibung und Analyse komplexer, parallelablaufender Systeme auf grafischer Ebene, die auch Berechnungen einschließt. Das Beispiel des Spaghetti-Gerichtes, leicht zu übertragen auf Produkte und Prozesse in Unternehmen, zeigt in einfacher Form die wichtigsten Energie- und Materialströme und ihre Transformationen innerhalb eines Produktes. Die Elemente der Petri-Netze zeigt Abb. 2.

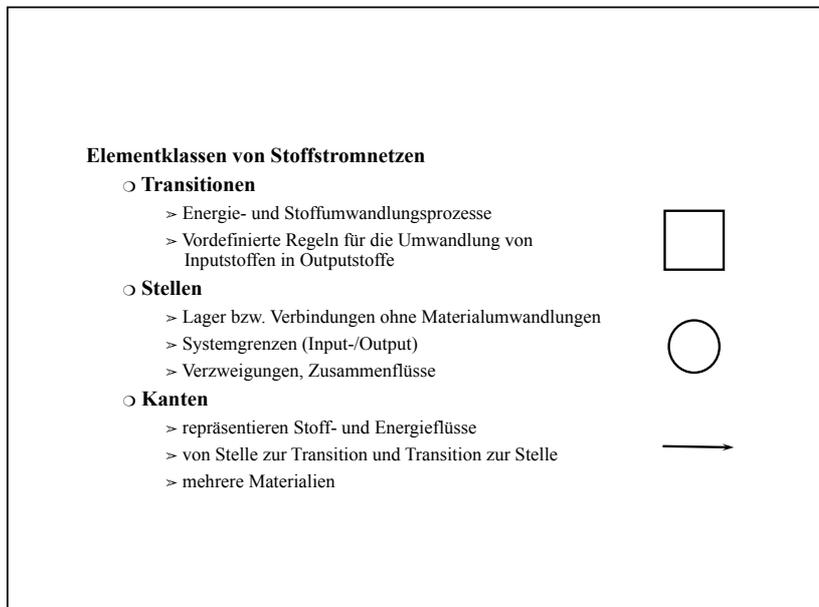


Abb. 2 Elemente der Petri-Netze

Die methodische Darstellungsform mit sog. Stoffstromnetzen ist mittlerweile verbreitet. Sie erlaubt sowohl *Produktbilanzen* wie die zusammenhängenden Produktionsströme eines ganzen Betriebes darzustellen (*Betriebsbilanz*, siehe Abb.3). Bei der Produktbilanz/LCA werden vom betrachteten Produkt die einzelnen eingegangenen Güter und Übel „up-stream“ identifiziert. Bei der Betriebsbilanz geht die Betrachtung von Werktor zu Werktor „down-stream“ vor. Die Methode wurde unter dem Begriff *Stoffstromnetze* an der Universität Hamburg, Fachbereich Informatik entwickelt (A. Möller/A. Rolf, 1995).

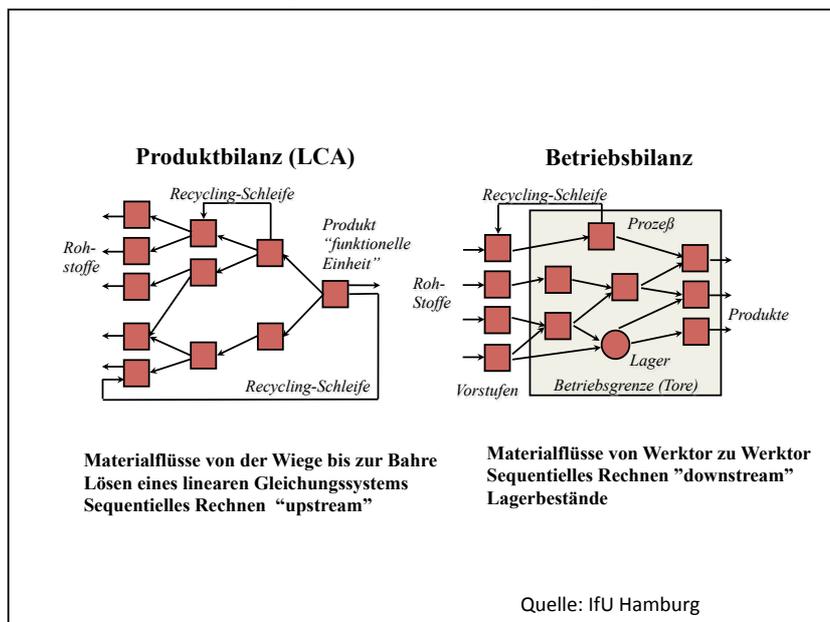


Abb. 3 Die unterschiedliche Vorgehensweise bei der Erstellung von Produkt- und Betriebsbilanzen

Produktbilanzen (LCA) wie Betriebsbilanzen lassen sich mit

der Software *Umberto* erstellen. Die Ströme und ihre Vernetzung können graphisch dargestellt (Abb. 4) werden, gleichzeitig werden die eingehenden Materialien und Energien (Input) berechnet und dem Output in Form von Emissionen und gefertigten Produkten gegenübergestellt (Abb. 5).

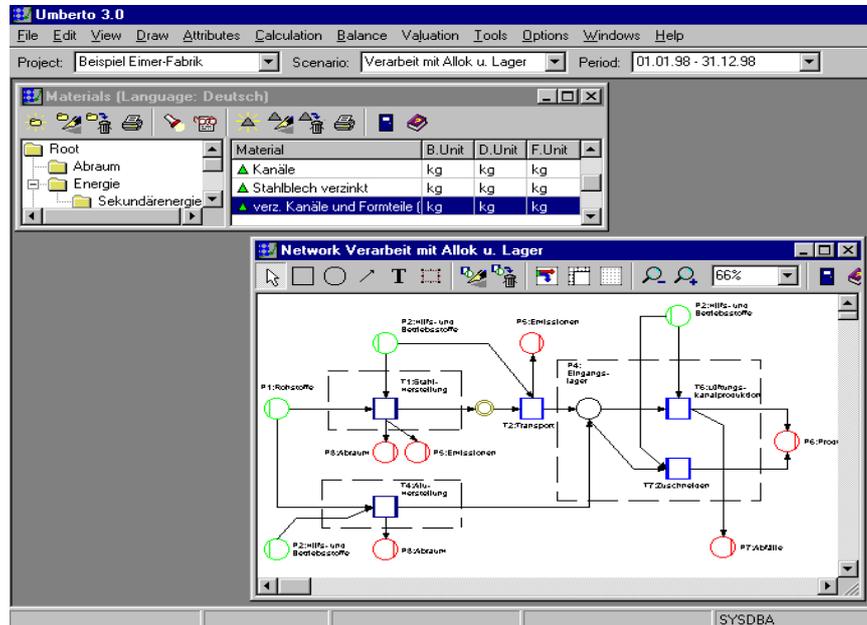


Abb. 4 Softwareunterstützung der Stoffstromnetze mit der Software Umberto (IFU)

The screenshot shows the Umberto Balance Sheet window. The window is divided into two main sections: Input and Output. The Input section lists energy and material inputs, while the Output section lists emissions and products. The table below summarizes the data shown in the screenshot.

Input:			Output:		
Item	Quantity	Unit	Item	Quantity	Unit
Energie			Emissionen		
▲ Erdgas	10974.36	m3	Luftschadstoffe		
▲ Erdöl	8.19	t	▲ Kohlendioxid	323.09	kg
Sekundärenergie			▲ Kohlenmonoxid	0.80	kg
▲ Diesel	122.31	Liter	▲ Schwefeldioxid	0.31	kg
▲ Elektrischer Strom	13702.78	kWh	▲ Stickoxide	4.09	kg
			Produkte		
			▲ Eimer-Deckel	10000.00	Stück
			▲ Eimer-Korpus	10000.00	Stück
			▲ Gießkanne	5000.00	Stück
			▲ PE-Reste	0.10	t
Sum	Quantity	Unit	Sum	Quantity	Unit
kJ		4.933E7 kJ	kg		8928.28 kg
kg		16851.76 kg			

Abb. 5 Softwareunterstützung der Stoffstromnetze mit der Software Umberto IFU

Die Software *Umberto* wird genutzt, um relevante Daten aus dem Lieferantennetzwerk und aus der internen Produktion sowie Daten aus der Nutzungsphase und dem Recycling und der Wiederverwendung zu sammeln und zu kombinieren. So erhalten Unternehmen einen Überblick über mögliche Umweltrisiken und Eingriffsmöglichkeiten.

Bei der Vielzahl der eingehenden Daten ist es hilfreich, schnell und zuverlässig, die unerwünschten Bads/Übel (rot), die es zu minimieren gilt, sowie Goods/Güter (grün) und neutrale Flows (gelb) auf einen Blick identifizieren zu können. Goods, und Flows sind Inputs und gehen als Rohmaterial ein. Bads verlassen als Emissionen und Recyclingmaterial die Analyse. Neutrals sind By-Faktoren und gehen als By-Produkte raus. Die Software wird unter dem Namen *Sankey-Diagramme* angeboten.

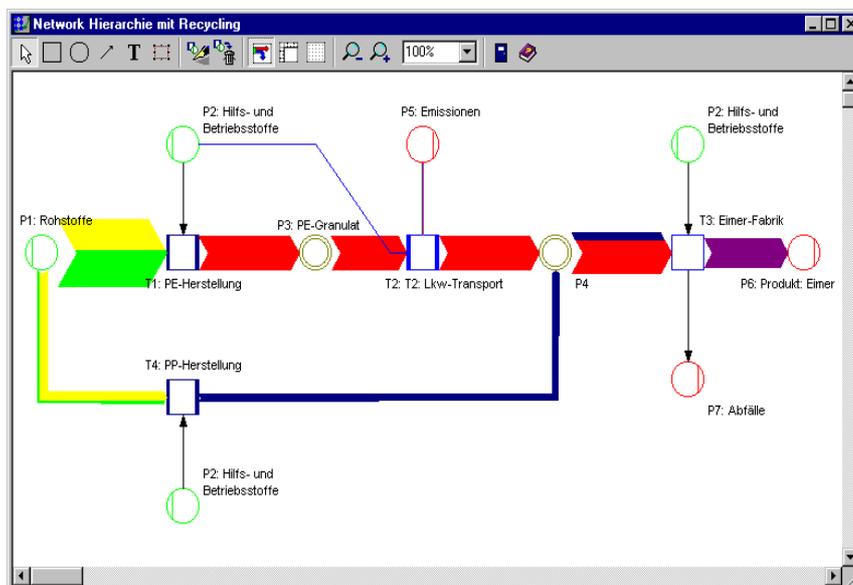


Abb. 6 Darstellung in Sankey-Diagrammen (IFU)

## 2. Konzepte zur Realisierung von Circular Ecosystems

### Produktdatenplattform Ecoinvent.

Eine Voraussetzung für die Entwicklung von Circular Ecosystems ist der Zugriff auf überbetrieblich nutzbare Datenbanken, die verlässliche Umweltdaten liefern, um Umweltwirkungen und Nachhaltigkeitsinformationen von Produkten analysieren zu können. Exemplarisch erwähnen wir im Folgenden die Produktdatenplattform *Ecoinvent*, die von einem gemeinnützigen Verein mit Sitz in Zürich, der von den Trägerinstitutionen Agroscope, Empa, ETH Lausanne, ETH Zürich und vom Paul-Scherrer-Institut gegründet wurde. Sie ist die weltweit führende Ökoinventar-Datenbank, die für Ökobilanzierungsprojekte, Öko-Design oder Produkt-

Umweltinformationen genutzt wird (Ecoinvent|TUM University Library).

Sie hat über 2500 Nutzer und Nutzerinnen in über 40 Ländern. Sie enthält über 13.300 Datensätze. Die Ecoinvent-Daten werden in Ökobilanzen, Umweltproduktdeklarationen, in CO<sub>2</sub>-Bilanzen, in der Integrierten Produktpolitik, im Life Cycle Management, im Umweltdesign, in der Umweltzertifizierung und anderen Anwendungen genutzt. Sie enthält Daten zu Energie (Strom, Öl, Kohle, Erdgas, Biomasse, Biotreibstoffe, Bioenergie, Wasserkraft, Atomenergie, Photovoltaik, Windkraft, Biogas), Materialien (Chemikalien, Metalle, Mineralische Rohstoffe, Kunststoffe, Papier, Biomasse, Biomaterialien), Abfallentsorgung (Kehrichtverbrennung, Deponie, Abwasserreinigung), Transporte (Straße, Schiene, Luft, Wasser), landwirtschaftliche Produkte und Prozesse, Elektronik, Metallverarbeitung und Gebäudelüftung (ESU-Services). Ecoinvent ist eine wichtige Datenbank, um schnelle und zuverlässige Daten für die Berechnung von Produkt- und Betriebsbilanzen sowie zur Realisierung von Circular Ecosystems durchführen zu können.

### *Digitale Produktpässe*

Das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz beschreibt den digitalen Produktpass wie folgt: „Der digitale Produktpass ist ein Datensatz, der die Komponenten, Materialien und chemische Substanzen oder auch Informationen zu Reparierbarkeit, Ersatzteilen oder fachgerechter Entsorgung für ein Produkt zusammenfasst. Die Daten stammen aus allen Phasen des Produktlebenszyklus und können in allen Phasen für verschiedene Zwecke genutzt werden (Design, Herstellung, Nutzung, Entsorgung)“ (BMUV 2023).

Digitale Produktpässe basieren auf Produktbilanzen/LCA. Sie erweitern LCAs um zusätzliche Informationen und fügen verschiedene Nutzungszwecke hinzu.

„Digitale Produktpässe basieren auf Produktbilanzen/LCA. Sie erweitern LCAs digital um zusätzliche Informationen und fügen verschiedene Nutzungszwecke hinzu.

Die Strukturierung umweltrelevanter Daten in einem standardisierten, vergleichbaren Format ermöglicht allen Akteuren in der Wertschöpfungs- und Lieferkette, gemeinsam auf eine Kreislaufwirtschaft hinarbeiten. Der digitale Produktpass ist zugleich eine wichtige Grundlage für verlässliche Konsumenteninformation und nachhaltige Konsumententscheidungen im stationären wie auch im Online-Handel“ (BMUV 2023).

### *Der ökologische Fußabdruck*

„Der ökologische Fußabdruck (englisch *ecological footprint*) bezeichnet die biologisch produktive Fläche auf der Erde, die notwendig ist, um den Lebensstil und Lebensstandard eines Menschen (unter den heutigen Produktionsbedingungen) dauerhaft zu ermöglichen. Damit ist der ökologische Fußabdruck ein Indikator für Nachhaltigkeit. Das schließt Flächen ein, die zur Produktion von Kleidung und Nahrung oder zur Bereitstellung von Energie benötigt werden, aber z. B. auch zur Entsorgung von Müll oder zum Binden des durch menschliche Aktivitäten freigesetzten Kohlenstoffdioxids. Der Fußabdruck kann dann mit der Biokapazität der Welt oder der Region verglichen werden, also der verfügbaren biologisch produktiven Fläche“ (Wikipedia: Ökologischer Fußabdruck).

„Wir Menschen leben auf zu großem Fuß. 1,75 Erden bräuchte die Weltbevölkerung, um ihren aktuellen Lebensstil aufrecht zu erhalten. Der Earth Overshoot Day (Erdüberlastungstag) macht uns dabei deutlich, wann die ökologischen Ressourcen eines Jahres aufgebraucht sind. Der Tag wird vom Global Footprint Network berechnet, indem der globale ökologische Fußabdruck in das Verhältnis zur gesamten globalen Biokapazität gesetzt wird. 2022 war der Earth Overshoot Day bereits am 28. Juli erreicht.

Lebensmittelproduktion, Viehzucht, die Herstellung von Konsumgütern, Energiegewinnung, Transport und Reisen - nahezu alles, was wir tun, verbraucht Ressourcen. Dazu zählt auch die Entsorgung von Abfällen und die Aufnahme von Kohlenstoff-Emissionen, die wir ausstoßen. Der ökologische Fußabdruck wird ermittelt, indem unser tatsächlicher Verbrauch von Ressourcen und Fläche in Verhältnis zur Biokapazität der Erde gesetzt wird“ (Quelle: Welthungerhilfe).

Im Idealfall sollte jeder Mensch nicht mehr Ressourcen verbrauchen, als die, die ihm zur Verfügung stehen. In der Realität sieht das leider anders aus. In Deutschland stehen jedem Menschen 1,6 gha zur Verfügung, der Verbrauch liegt derzeit aber bei 4,9 gha. Würden alle Menschen so leben wie wir, bräuchten wir sogar drei Erden (Quelle: footprintnetwork).

Wenig bekannt ist, dass der ökologischen Fußabdruck vom Ölmulti *British Petroleum (BP)* gebracht wurde, der schon frühzeitig eine Greenwashing-Kampagne ins Leben rief und sich eine vorübergehen auch in *Beyond Petrol (BP)* umbenannte. Auf der Internetseite konnte sich jeder seinen persönlichen Fußabdruck ausrechnen lassen. So wurde der ökologische Fußabdruck populär. Der Ökonom Achim Wambach sieht den ökologischen Fußabdruck kritisch: „Damit nehmen wir aber den

Druck von Politik und Unternehmen und laden die Verantwortung beim Einzelnen ab. ... Häufig ist der Einzelne damit völlig überfordert“ (Wambach 2023).

### *Schlussbemerkung*

Auch wenn das Konzept *Circular Ecosystems* ein wesentlicher Baustein zu einer nachhaltigen Entwicklung ist, greift ein isolierter Fokus darauf zu kurz. Eine kritische Orientierung ist sinnvoll, wenn die gleichzeitige Berücksichtigung und Eindämmung von Rebound-Effekten durch Systemdenken, Degrowth und Ressourceneffizienz mitgedacht wird.

### Literatur:

- **Kreislaufwirtschaft**  
[de.wikipedia.org/wiki/Kreislaufwirtschaft](https://de.wikipedia.org/wiki/Kreislaufwirtschaft)
- Dominik Piétron, Philipp Staab, Florian Hofmann 2023:  
***Daten für die Circular Economy - Wie zirkuläre Daten-Governance nachhaltiges Wirtschaften ermöglicht***  
<https://library.fes.de/pdf-files/a-p-b/19831-20221219.pdf>
- Möller/Rolf 1995  
***Methodische Ansätze zur Erstellung von Stoffstromanalysen unter besonderer Berücksichtigung von Petri-Netzen***
- bmu  
Bundesministerium Umwelt, Naturschutz, Nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz  
<https://www.bmu.de/faq/was-ist-ein-digitaler-produktpass>
- ESU-Services  
<https://esu-services.ch/de/daten/ecoinvent/>
- Wambach, Achim:  
***Der Klimadeckel.***  
In: DIE ZEIT, Interview mit Kolja Rudzio und Marc Widmann 2023
- Wikipedia:  
***Ökologischer Fußabdruck***  
<https://www.fussabdruck.de>
- footprintnetwork :  
***It's official: Footprints for monitoring biodiversity health***

footprintnetwork.org

- Welthungerhilfe  
<https://www.welthungerhilfe.de/lebensmittelverschwendung/was-ist-der-oekologische-fussabdruck>
- ecoinvent  
**LCI-Datenbank in Umberto LCA+**  
<https://www.ifu.com/de/umberto/ecoinvent-datenbank/>

### Fragen:

1. Weshalb geht der Begriff Circular Ecosystems über das Verständnis von Kreislaufwirtschaft und Circular Economy hinaus?
2. Wie lässt sich der Lebenszyklus eines Produktes aus ökologischer Perspektive (LCA) grafisch darstellen und berechnen?
3. Zu welchem Zweck werden Sankey-Diagramme und Produktdatenplattformen genutzt?

### Fundstücke:

- Circular Economy Forum Austria  
**Österreichische Unternehmen auf dem Weg in eine moderne Kreislaufwirtschaft**  
[www.circulareconomyforum.at](http://www.circulareconomyforum.at)
- Ecoinvent | TUM University Library  
<https://www.ub.tum.de/en/datenbanken/details/100443>
- Wuppertal-Institut  
<https://wupperinst.org/a/wi/a/s/ad/7858>
- Wikipedia:  
**Ökologischer Fußabdruck**  
[https://de.wikipedia.org/wiki/%C3%96kologischer\\_Fu%C3%9Fabdruck](https://de.wikipedia.org/wiki/%C3%96kologischer_Fu%C3%9Fabdruck)
- Andreas Möller, Mario Schmidt, Arno Rolf  
**Ökobilanzen und Kostenrechnung von Produkten**  
[http://enviroinfo.isep.at/UI%2098/PDF%20-%20UI-98/165-178%20z2M%F6ller\\_schmidt\\_Rolf.pdf](http://enviroinfo.isep.at/UI%2098/PDF%20-%20UI-98/165-178%20z2M%F6ller_schmidt_Rolf.pdf)

- Arno Rolf & Andreas Möller  
***Sustainable Development: Gestaltungsaufgabe für die Informatik***  
Informatik-Spektrum volume 19, pages 206–213 (1996)
- Heise online:  
***Kreislaufwirtschaft: Neue Strategien für die zirkuläre Wirtschaft***  
<https://www.heise.de/hintergrund/Kreislaufwirtschaft-Neue-Strategien-fuer-die-zirkulaere-Wirtschaft-6510749.html>
- Gabi-Sphera:  
***Kreislaufwirtschaft – Circular Economy***  
<https://gabi.sphera.com/deutsch/loesungen/kreislaufwirtschaft/>
- Rat für Nachhaltige Entwicklung:  
***Ressourcenschonung und Kreislaufwirtschaft***  
<https://www.nachhaltigkeitsrat.de/nachhaltige-entwicklung/ressourcenschonung-und-kreislaufwirtschaft/>
- Umweltbundesamt:  
***Abfall- und Kreislaufwirtschaft***  
<https://www.umweltbundesamt.de/daten/ressourcen-abfall/abfall-kreislaufwirtschaft>
- NABU:  
***Kreislaufwirtschaft NABU***  
<https://www.nabu.de/umwelt-und-ressourcen/abfall-und-recycling/kreislaufwirtschaft/index.html>
- Hans Böckler Stiftung (2022)  
***Chemie – Ein langer Weg in die Kreislaufwirtschaft***  
Langfristig möchte die chemische Industrie die Digitalisierung dazu nutzen, Produkte wiederzuverwerten und Rohstoffe nachhaltig zu nutzen. Stellenausschreibungen zeigen die neuen Anforderungen an die Branche.  
<https://boeckler.de/atlas-der-arbeit>  
<https://bit.ly/3rn2MTp>

### ***Fundstücke:***

DF 2019: Terra X:

***Erklärvideos zu Klimafaktoren und Klimawandel zur freien Nutzung,***

<https://www.zdf.de/dokumentation/terra-x/terra-x-creative->

commons-cc-100.html (10.2.2019).

fairantwortung

**Haben Solaranlagen überhaupt einen Klimaeffekt? (2022)**

<https://fairantwortung.org/klima-muss-sich-lohnen/>

Mario Schmidt/ Arno Rolf/ Andreas Möller (2016):

**Ökobilanzen und Kostenrechnung von Produkten**

[https://www.researchgate.net/publication/252066149\\_Okobilanzen\\_und\\_Kostenrechnung\\_von\\_Produkten](https://www.researchgate.net/publication/252066149_Okobilanzen_und_Kostenrechnung_von_Produkten)

Schneidewind, Uwe:

**Interview Suffizienzpolitik**

In: TATup, 2022, 31/2:70-73

<http://doi.org/10.14512/tatup.31.2.70>

Tilman Santarius

**Infos zum Projekt "Green Consumption Assistant"**

<https://green-consumption-assistant.de/>

Tilman Santarius

**Studie Wie Daten-Governance für eine Kreislaufwirtschaft gestaltet werden kann**

<https://digitalization-for-sustainability.com/publications/>

The New Institute

The New Hanse

**How can cities use data to become more democratic and sustainable?**

<https://thenew.institute/en/what/the-new-hanse>

The New Institute

**Socio-Economic Transformation**

**What is an economy that serves social well-being within planetary boundaries?**

<https://thenew.institute/en/what/economic-transformation>