

DIE KREISLAUFFÄHIGKEIT VON ENERGIESYSTEMEN – FALLBEISPIELE ZU STROM, WÄRME UND TRANSPORT

Gerfried JUNGMEIER¹ und Team der IEA EV Task 52²

Einleitung und Fragestellung

Klimaneutralität und Kreislauffähigkeit sind die zentralen Herausforderungen der Energiewirtschaft, um langfristig zukunftsfähig zu sein. Die Umweltauswirkungen von Energiedienstleistungen können nur mit der Methode der Lebenszyklusanalyse (LCA), die Produktion, Nutzung und Verwertung am Ende der Lebensdauer umfasst, ermittelt werden. Klimaneutralität und Kreislauffähigkeit müssen im Rahmen einer dynamischen LCA unter Berücksichtigung des Zeitpunkts der Treibhausgasemissionen, der Rohstoffgewinnung, der Wiederverwendung und des Recyclings ermittelt werden.

Die LCA-Methode zur Bewertung der Kreislauffähigkeit wurde in der IEA Task 52 "Electric Vehicles and Circularity" entwickelt und wird in diesem Beitrag beispielhaft auf Strom, Wärme und Transport angewandt, die mit unterschiedlichen Technologien bereitgestellt werden:

- Strom: Wind, Wasser und PV
- Wärme: Erdgas, Wärmepumpe, Hackgut und Pellets
- Transport mit PKW: Benzin VKM, großes und kleines E-Fahrzeug mit V2X-Dienstleistungen

Methodischer Ansatz

Nach einer Analyse von 22 nationalen Kreislaufstrategien wurde die Kreislauffähigkeit zur Bewertung mit der LCA definiert: *Eine Energiedienstleistung ist "100% kreislauffähig", wenn im gesamten Lebenszyklus – Produktion, Betrieb und Ende der Lebensdauer – die Gesamtmasse der verwendeten Materialien nur aus wiederverwendeten Komponenten, recycelten und erneuerbaren/biobasierten Materialien und erneuerbarer Primärenergie besteht, während kein Abfall und keine Treibhausgasemissionen anfallen. Das bedeutet, kein Primärmaterial (Metall und Mineralien), keine fossile Primärenergie (Öl, Gas und Kohle) und vollständiges Recycling oder Wiederverwendung von Materialien. Eine lange Lebensdauer und eine intensive Nutzung in Kombination mit hohen Material- und Energieeffizienzen sind zwingend erforderlich. Die 10 R-Prinzipien der Zirkularität werden konsequent angewendet, um die Zirkularität weiter zu verbessern - Ablehnen, Überdenken, Reduzieren, Wiederverwenden, Reparieren, Aufarbeiten, Wiederaufarbeiten, Wiederverwenden, Recyceln und Verwertung. Um die Zirkularität zwischen 0 % und 100 % zu bewerten, wird das Zirkularitätspotenzial mit der lebenszyklusbasierten zirkulären und nicht-zirkulären Masse der Zu- und Abflüsse des Systems berechnet.*

Die folgende Methode zur Bewertung der Kreislauffähigkeit wurde entwickelt und dann praktisch auf Technologien für Strom, Wärme und Transport angewandt. Unter Verwendung des von der Ellen MacArthur Foundation entwickelten Material Circularity Index (MCI), der den materialspezifischen Linear Flow Index ($LFI_{material}$) und den nutzungsspezifischen Utility Factor ($UF_{product}$) umfasst, werden die Kreislauffähigkeit – Circularity Potential (CPO) – und die Zirkularitätsindikatoren aus ISO 59020 folgend ermittelt:

- Ermittlung der zeitabhängigen Massenströmen des Energiesystems im Lebenszyklus inklusive des massebasierten Primärenergiebedarfs
- Identifizierung von zirkulären und nicht-zirkulären Massenströmen
- Ermittlung des Potentials der Kreislauffähigkeit als Verhältnis von zirkulären Massen zur Gesamtmasse
- Berechnung der zirkulären und nicht-zirkulären Gesamtmasse z.B. pro kWh Strom

¹ JOANNEUM RESEARCH, Leonhardstrasse 59, 8010 Graz, gerfried.jungmeier@joanneum.at

² Europe: European Commission (Guido Sacchetto, Saki Gerassis Davite, Anne Bouter, Beatriz Ildefono); Canada: National Research Council Canada (Miyuru Kannangara); France: CEA (Anh-Linh Bui Van); Germany: German Aerospace Center, Institute of Vehicle Concepts, vice Task manager (Stephan Schmid, Jonas Peschke, Jannatul Ferdouse), Fraunhofer (Charlotte Joachimsthaler, Jan-Philipp Jarmer, Tim Hettesheimer); Norway: Institute of Transport Economics, Transport Technology and Environment Group (Rebecca Thorne, Babak Ebrahimi); Spain: IREC (Victor Jose Ferreira, Anna Sanchez Ballesta); UK: Minviro (Costanza Tinari); USA: ARGONNE (Linda Gaines)

- Ermittlung der (un)kritischen sowie der (nicht) erneuerbaren Massen

Ergebnisse

Die Ergebnisse sind in den folgenden Abbildungen für Strom, Wärme und Transport dargestellt. Bei Strom wird auf kritische und nicht kritische Rohstoffe eingegangen, wobei auch die unterschiedliche Lebensdauer der drei Technologien berücksichtigt wird. Bei Wärme werden die Kreislauffähigkeit und die gesamten (nicht)zirkulären Massen pro kWh dargestellt. Für Transport mit PKW wird neben der Kreislauffähigkeit auch die Gesamtbewertung aller untersuchten Umweltauswirkungen dargestellt.

Zusammenfassend zeigt sich, dass die Kreislauffähigkeit nur mit der LCA bewertet werden kann, wobei Systeme mit erneuerbarer wesentlich kreislauffähiger sind als Systeme mit fossiler Energie. Neben der für Energiesysteme anwendbaren Definition und Ermittlung der Kreislauffähigkeit ergibt sich auch, dass Kreislauffähigkeit eine neue – bisher nicht erfasste - Umweltauswirkung in der LCA ist, die zukünftig verstärkt an Bedeutung gewinnen wird.³

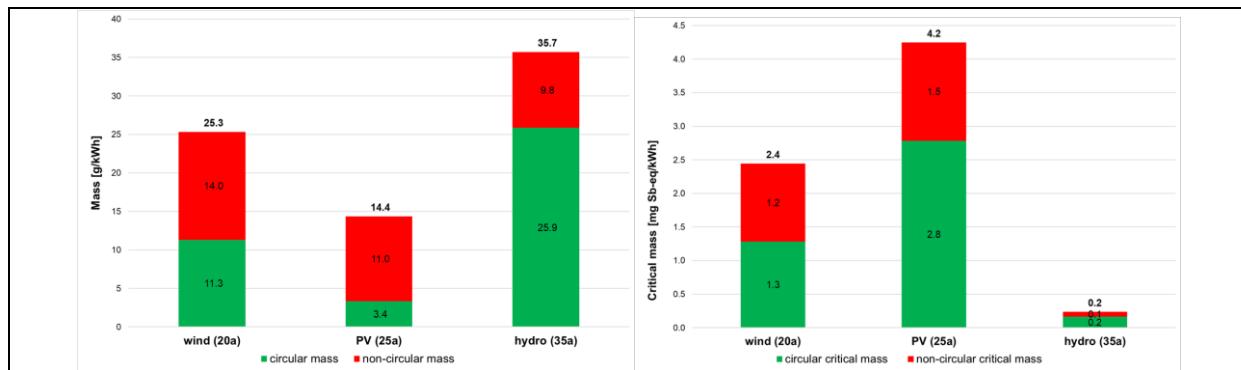


Abbildung 1: Kreislauffähigkeit von Strom mit unterschiedlichen Technologien und Lebensdauern

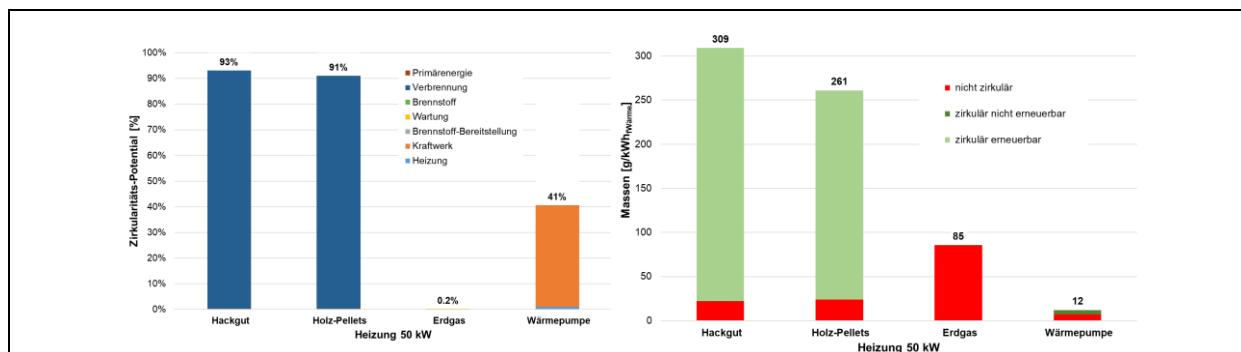


Abbildung 2: Kreislauffähigkeit von Wärme mit unterschiedlichen Technologien

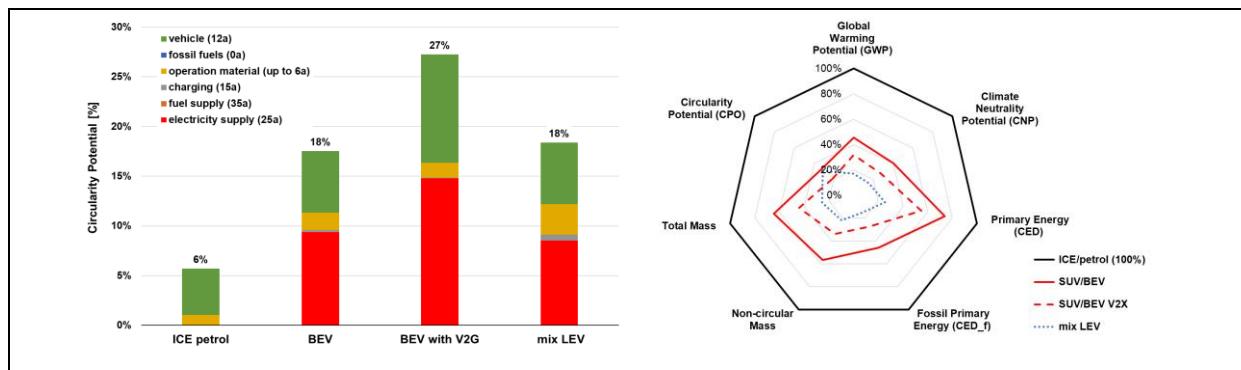


Abbildung 3: Gesamtbewertung (inkl. Kreislauffähigkeit) von Transport mit PKW

³ Diese Arbeiten werden im Rahmen der IEA-Technologie-Kooperation mit Finanzierung des BMIMI & FFG der Mitarbeit in IEA EV Task 52 durchgeführt.