

GRAUE ENERGIE UND FLÄCHENVERBRAUCH VON PV ANLAGEN UND ANDEREN ERNEUERBAREN/FOSSILEN ENERGIEQUELLEN

Manuela FRANZ¹, Michael NARODOSLAWSKY²

Inhalt

Seit dem Jahr 2010 hat sich die Gesamtnennleistung der global installierten Photovoltaikanlagen etwa verzehnfacht [1]. Auf EU-Ebene wurde im selben Zeitraum die vierfache Nennleistung neu installiert [2]. Ebenfalls in der EU haben sich die installierte Nennleistung von Windkraftanlagen und die produzierte elektrische Energie von Biogasanlagen im gleichen Zeitraum etwa verdoppelt [2]. Der Maßstab für die Nachhaltigkeit der Erzeugung elektrischer Energie ist derzeit fast ausschließlich mit der Reduktion von Treibhausgasemissionen verknüpft. Es zeigt sich jedoch, dass im Zuge der Technologieentwicklung im elektrotechnischen Bereich im Allgemeinen und insbesondere der Entwicklung nachhaltiger Energiesysteme, zukünftig eine Vielzahl an neuen ökologischen Herausforderungen entstehen [3]. Dies betrifft unter anderem, neben dem veränderten Bedarf sowohl an erneuerbaren Ressourcen als auch nicht erneuerbaren Ressourcen wie Lithium oder seltene Erden, neuartige Abfallströme und eine signifikante Zunahme des direkten Landverbrauchs.

Die Erzeugung elektrischer Energie auf Basis erneuerbarer Quellen ist direkt verbunden mit einer dauerhaften Flächenbesetzung während der Betriebsphase, welche der Gebrauchsphase in einer Ökobilanz entspricht. Dies ist unmittelbar ersichtlich am Beispiel von sogenannten Energiepflanzen, Freiflächen-Photovoltaikanlagen oder Speicherkraftwerken. Die Vervielfachung der installierten Leistung von erneuerbaren Energiesystemen während der letzten Dekade stellt nur einen Anfang des zu erwartenden zukünftigen Ausbaus dar. Durch die geplante Elektrifizierung der Mobilität, den zunehmenden Einsatz von Wärmepumpen und paralleler globaler Digitalisierung aller Lebens- und Industriebereiche wird sich der elektrische Energiebedarf in der EU bis 2050 um (niedrig) prognostizierte 25 % erhöhen. Gleichzeitig soll die fossile Energieerzeugung auf erneuerbare Energiequellen umgestellt werden, was eine Verdreifachung der erneuerbaren Energiequellen bedeutet [4]. Damit einhergehend wird proportional dazu auch der Flächenbedarf steigen, welcher in zunehmender und kritischer Konkurrenz mit der Herstellung von Nahrungs- und Futtermitteln, Industrierohstoffen und der Erhaltung von natürlichen Habitaten steht.

Ziel dieser Arbeit ist ein Vergleich der Umweltauswirkungen der wichtigsten fossilen und erneuerbaren Energiequellen per produzierter kWh für die Midpoint-Wirkungskategorien *Carbon Footprint* bzw. *Global warming potential* und *Agricultural land occupation* sowie den hochaggregierten *Sustainable Process Index SPI* [5].

Methodik

Die standardisierte Ökobilanzierung ist ein etabliertes und global angewandtes Werkzeug, um die Umweltauswirkungen anthropogener Aktivitäten zu quantifizieren und darzustellen. Die dazugehörigen Basisdaten für die Erstellung einer Sachbilanz werden u.a. von der ecoinvent-Datenbank zur Verfügung gestellt, welche für den elektrotechnischen Bereich und den Energiesektor umfassende Sachbilanzdaten enthält [6].

Im Sektor der Photovoltaikanlagen wird der Anteil der "Grauen Energie", d.h. der Herstellungenergie per produzierter kWh, in Abhängigkeit des Herstellungslandes verglichen und die Auswirkungen von unterschiedlichen Herstellungs- und Betriebsarten diskutiert. In einem folgenden Gesamtvergleich wird der *Carbon Footprint* dem *SPI* für alle wesentlichen erneuerbaren und fossilen Energiequellen per kWh für den EU-Durchschnitt sowie für Österreich gegenübergestellt und analysiert. Als Datengrundlage werden die Versionen Ecoinvent 2.2 und 3.4 verwendet.

¹ Technische Universität Wien, Institut für Sensor- und Aktuatorssysteme, Gußhausstraße 27-29/E366, 1040 Wien, Tel. +43-1-58801-36621, manuela.franz@tuwien.ac.at, <https://www.isas.tuwien.ac.at/>

² Technische Universität Graz, Institut für Prozess- und Partikeltechnik, Inffeldgasse 13/III, 8010 Graz, narodoslawsky@tugraz.at, <https://www.tugraz.at/institute/ippt/home/>

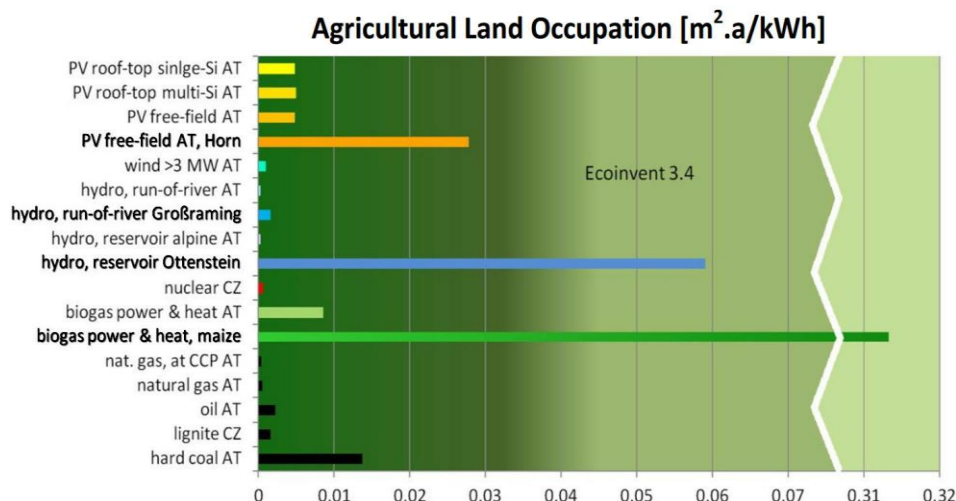
Für eine zukünftige Abschätzung des direkten Landverbrauchs erneuerbarer Energiequellen werden die Sachbilanzdaten der Wirkungskategorie *Agricultural land occupation* für alle Österreich zugeordneten Energiequellen kritisch analysiert und Neuberechnungen für Photovoltaikanlagen, Windkraftanlagen, Laufkraft- und Speicherkraftwerke sowie Biogasanlagen durchgeführt und verglichen. Datengrundlage hierfür ist Ecoinvent 3.4.

Ergebnisse

Der Vergleich des *Carbon Footprint* zeigt erwartungsgemäß, dass alle fossilen Energiequellen ein weitaus größeres CO₂-Äquivalent per kWh zeigen als erneuerbare Quellen. Allerdings gibt es erhebliche Unterschiede bei den absoluten Werten zwischen den Berechnungen auf Basis Ecoinvent 2.2 und 3.4 sowie zwischen den einzelnen Energiequellen im Europäischen Mittel und Österreich. Bei Ökobilanz-Vergleichsstudien mit historischen Daten muss deshalb sehr genau auf die jeweiligen Datengrundlagen geachtet werden, um falsche Schlussfolgerungen hinsichtlich vermeintlicher Emissionsveränderungen, die eventuell nur auf anderen Berechnungsmodellen basieren, zu vermeiden.

Die Ergebnisse der ganzheitlichen hochaggregierten Bewertungsmethode *SPI* zeigen, dass Braunkohle, gefolgt von Kernkraft und Steinkohle, einen deutlichen Umwelt-Hot-Spot im Gegensatz anderer fossiler Quellen aufweisen. Im Bereich erneuerbarer Energiequellen zeigen PV-Technologie und Biogasanlagen signifikant höhere Werte als Wind- und Wasserkraft.

Eine genaue Analyse der Sachbilanzdaten von Ecoinvent 3.4 zeigt, dass der direkte Landverbrauch in der Betriebsphase aller Kraftwerkstypen nicht berücksichtigt wird. Die ermittelten Ergebnisse beziehen



sich ausschließlich auf Rohstoffabbau, Anlagengerrichtung und energetischen Eigenverbrauch im Betrieb. Im Fall der Biogasanlage wird als Energierohstoff nur Bioabfall und Klärschlamm berücksichtigt. Der neu ermittelte Landverbrauch erneuerbarer Energiequellen zeigt die Dringlichkeit einer umfassenden Neubewertung auf.

Abbildung 1: Direkter Landverbrauch gemäß Ecoinvent 3.4 und Neuberechnungen des Flächenbedarfs (fett).

Referenzen

- [1] Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems, ISE with support of PSE GmbH (2019). "Photovoltaics Report," Freiburg, 14 November 2019. <https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/de/documents/publications/studies/Photovoltaics-Report.pdf> (24.11.2019).
- [2] EurObserver (2019). Photovoltaic Barometer 2011/2019, Wind Energy Barometer 2011/2019, Biogas Barometer 2012/2017. <https://www.eurobsv-er.org/> (24.11.2019).
- [3] Franz, Manuela (2019). Environmental Assessment of New Electrical and Electronic Appliances and Energy Supply Systems. Dissertation, TU Wien, 2019.
- [4] Mantzos, L.; Wiesenthal, T.; Neuwahl, F.; Rózsai, M. (2019). The POTEnCIA Central scenario: An EU energy outlook to 2050. EUR 29881 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2019, ISBN 978-92-76-12010-0, doi:10.2760/32835, JRC118353, S. 28.
- [5] Narodslawsky M.; Krotscheck C.; (1995). The sustainable process index (SPI): Evaluating processes according to environmental compatibility; J. of Hazardous Materials, 1995, 41 (2+3), 383-397. Siehe auch: <http://spionweb.tugraz.at/> (24.11.2019).
- [6] Ecoinvent (2019). <http://www.ecoinvent.org/> (24.11.2019).