

## Biosprit

Auf den Feldern muss Silizium gedeihen

Pascal Zehmer, Klimaschutzmanager der Verbandsgemeinde Wöllstein, September 2021

Die EU sieht vor, den Anteil von Bio-Ethanol am Kraftstoffgemisch von aktuell 10 % (E10) auf 20 % (E20) anzuheben. Laut einem Report ist dafür eine zusätzliche Flächenbeanspruchung von 1 Million Hektar in der Europäischen Union notwendig [1]. Laut Daten des Umweltbundesamtes benötigt man pro Megawatt installierte Photovoltaik-Leistung auf der Freifläche 1,2 Hektar. Statt die Fläche für die Erhöhung des Bio-Ethanol Anteils zu verwenden, könnte man also stattdessen auch etwa 833 GW Solarleistung installieren, aus der sich rund 1000 TWh erneuerbare Energie pro Jahr erzeugen lassen würden. Zum Vergleich: Das entspricht etwa einem Drittel des jährlichen Gesamt-Primärenergiebedarfes der Bundesrepublik Deutschland.

Schauen wir uns die Biosprit Produktion in Deutschland an: 520.000 Hektar Raps werden in Deutschland im Jahr 2019 zur Biospriterzeugung angebaut [2]. Auf der gleichen Fläche könnten rund 500GW Freiflächen-Solarleistung installiert werden, was pro Jahr rund 500TWh Stromerzeugung entsprechen würde. Dadurch würden sich ca. 75% des Strombedarfs Deutschlands decken lassen und die CO<sub>2</sub>-Emissionen in Deutschland würden um 290 Millionen Tonnen sinken. Diese Maßnahme wäre außerdem 120-mal effektiver als die Einführung eines Tempolimits (was im Vergleich dazu nur 2,4 Millionen Tonnen pro Jahr einspart).

Vergleichen wir die Effizienz von Rapsöl mit der Effizienz von Photovoltaik: Pro Hektar liefert ein Rapsfeld 1200 Liter Biodiesel [3]. Nehmen wir an, ein Pkw benötigt 6 Liter Biodiesel auf 100 km Reichweite, dann bedeutet das: Der Pkw kommt mit dem Biodiesel von einem 1 Hektar großen Rapsfeld 20.000 km weit. Nun stellt sich die Frage, wie weit ein Elektroauto gekommen wäre, das mit dem Strom versorgt wird, den eine Freiflächenanlage in einem Jahr auf einem Hektar erzeugt. Auf einem Hektar können etwa 1000 MWh Strom erzeugt werden. Ein E-Auto verbraucht etwa 18 kWh auf 100 km. Dadurch würde der E-Pkw 5,55 Millionen Kilometer weit fahren. Dieser Vergleich macht deutlich: Das Elektroauto, angetrieben durch Solarstrom, ist 278-mal effizienter als der Verbrenner, der durch Biodiesel befeuert wird. Dieser Unterschied lässt sich durch zwei unterschiedliche Phänomene erklären: Zum einen ist der Wirkungsgrad von Solarzellen mit ca. 20 % deutlich höher als der Wirkungsgrad der Photosynthese. Bei Mais liegt der Wirkungsgrad bei etwa 0,5 %. Zusätzliche Verluste entstehen durch die Umwandlung von Biomasse zum Diesel, hierbei geht die Hälfte der Energie verloren. Zwischen Solarstrom und Biodiesel liegt also zunächst ein Wirkungsgrad-Unterschied von etwa Faktor 80. Aber auch bei der Verwertung des Energieträgers liegen Welten zwischen einem Dieselauto und einem Elektroauto. Das Dieselauto bringt nur 26 % der Energie, die im Kraftstoff gespeichert ist, auf die Straße (Tank-To-Wheel-Betrachtung). Das Elektroauto hingegen bringt nach Ladeverlusten, Speicherverlusten und Verlusten im Elektromotor immer noch 78 % der Energie auf die Straße (Tank-To-Wheel-Betrachtung). So ergibt sich für die Kombination von Freiflächen-Photovoltaik mit dem Elektroauto nach dieser Betrachtung ein Gesamtwirkungsgrad, der um den Faktor 240 höher ist als beim Rapsfeld in Kombination mit einem Dieselauto. [4] [5]

Zusätzlich zur verheerend niedrigen Effizienz geht die Produktion von Biosprit auch mit einem sehr großen Wasserfußabdruck einher. Der Rapsanbau in einem mitteleuropäischen Land wie den Niederlanden ist beispielsweise mit einem Wasserverbrauch von 67.000 Litern pro Gigajoule verbunden [6].

Auch im Hinblick auf den Wasserverbrauch schneidet die Photovoltaik sehr viel besser ab. Wasserintensiv ist bei der Herstellung von Solarmodulen vor allem die Herstellung des Rahmens aus Aluminium und des Silizium-Wafers: Nehmen wir grob an, dass ein Modul mit 400 Watt Leistung ein Gewicht von 21 kg hat, wobei 2,7 kg auf Aluminium entfallen. Zur Herstellung von Aluminium werden 5 m<sup>3</sup> Wasser pro Tonne benötigt [7]. Also 5 Liter pro kg Aluminium. Pro kWp installierte Leistung werden 6,75 kg Aluminium benötigt. Das Resultat der Annahmen wäre also ein Wasserverbrauch von knapp 34 Liter. Außerdem sind für die Herstellung eines 1 m<sup>2</sup> Wafers 65 Liter Wasser notwendig [8]. 1 kWp entsprechen 5 m<sup>2</sup> Solarmodulfläche. Das sind zusätzliche 325 Liter Wasser. Die Herstellung des

Moduls benötigt also bis hierhin 359 Liter Wasser. Nehmen wir weiterhin für alle weiteren Komponenten außer dem Gerüst und dem Halbleitermaterial weitere 141 Liter Wasser für die Herstellung an, dann kann grob von einem Wasserverbrauch von 0,5 m<sup>3</sup> / kWp ausgegangen werden. Das entspricht bei 1 MWh / kWp und Jahr und 20 Jahren Betrachtungszeitraum einem Wassereinsatz von 7 Liter / GJ. Die Photovoltaik benötigt also 9500-mal weniger Wasser.

Man hat also die Wahl: Man kann auf einem Feld entweder Raps zur Biodiesel-Produktion anbauen, oder man bewirtschaftet die gleiche Fläche mit Photovoltaik-Modulen, nutzt sie dadurch rund 250-mal effizienter und macht sich unabhängig von Dürreperioden und anderen äußeren Umweltfaktoren. Die Umstellung von Rapsanbau zu Freiflächen-PV geht außerdem nicht mit einem Biodiversitätsverlust einher, da es sich bei den Rapsfeldern ohnehin um Monokulturen handelt. Im Gegenteil, durch die Verwendung der PV-Module wird das Feld nicht mehr landwirtschaftlich bewirtschaftet, sodass in den Zwischenräumen zwischen den Solaranlagen die Natur erblühen und sich eine diverse Flora und Fauna ausbreiten kann. Berücksichtigt man all diese Faktoren, so ist die Umstellung von Biosprit auf Freiflächen-PV ein absolutes Muss. Es handelt sich um einen Transformationseffekt, der ökonomisch, ökologisch und energetisch äußerst sinnvoll ist und der aufgrund des notwendigen Wandels hin zu einer erneuerbaren Energiewirtschaft unabdingbar ist, um die sichere Energieversorgung der Bundesrepublik Deutschland sicherstellen zu können.

[1] E4Tech. (2019). E20 Supply and Demand Study - Final Report. [epure.org/wp-content/uploads/2020/11/191128-def-rep-e4tech-e20-supply-and-demand-study-final-report.pdf](https://epure.org/wp-content/uploads/2020/11/191128-def-rep-e4tech-e20-supply-and-demand-study-final-report.pdf)

[2] Ahrens, S. (2020). Anbaufläche von Energiepflanzen in Deutschland nach Art in den Jahren 2007 bis 2019. [de.statista.com/statistik/daten/studie/153072/umfrage/anbauflaeche-von-energiepflanzen-in-deutschland-nach-sorten-seit-2007/](https://de.statista.com/statistik/daten/studie/153072/umfrage/anbauflaeche-von-energiepflanzen-in-deutschland-nach-sorten-seit-2007/)

[3] Rauh, S., Heißenhuber, A. (2008). Nahrung vs. Energie – Analyse der Konkurrent-Beziehungen. In: Schriften der Gesellschaft für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften des Landbaus e.V.. Band 44, S. 409.

[4] Huang W-D, Zhang Y-HP (2011) Energy Efficiency Analysis: Biomass-to-Wheel Efficiency Related with Biofuels Production, Fuel Distribution, and Powertrain Systems. PLoS ONE 6(7): e22113. [doi.org/10.1371/journal.pone.0022113](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0022113)

[5] Michel, H. (2012). The Nonsense of Biofuels. *Angewandte Chemie International Edition*, 2516-2518. DOI: 10.1002/anie.201200218

[6] P.W. Gerbens-Leenes, A.Y. Hoekstra, Th. van der Meer, The water footprint of energy from biomass: A quantitative assessment and consequences of an increasing share of bio-energy in energy supply, *Ecological Economics*, Volume 68, Issue 4, 2009, Pages 1052-1060, ISSN 0921-8009. [doi.org/10.1016/j.ecolecon.2008.07.013](https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2008.07.013)

[7] Ökopol, Umweltbundesamt, Internationales Designzentrum Berlin. [ecodesignkit.de/grundlagen/a2-umweltbezogenes-material-und-prozesswissen/a22-metalle/umweltwirkungen/](https://ecodesignkit.de/grundlagen/a2-umweltbezogenes-material-und-prozesswissen/a22-metalle/umweltwirkungen/)

[8] Veolia Water Technologies Deutschland GmbH. [veoliawatertechnologies.de/photovoltaik-und-mikroelektronikindustrie](https://veoliawatertechnologies.de/photovoltaik-und-mikroelektronikindustrie)