

## Vortragstagung SSM / SAE (25. November 2021)

### Die Welt hat kein Energieproblem. Wir haben ein CO<sub>2</sub>-Problem.

*Übersicht über die Beiträge, Ueli Wolfensberger*

In Kurzform: Sonnenenergie, Windenergie, Wasserenergie, Geothermie, Biomasse – die Energie reicht allemal für die ganze Welt. Ohne CO<sub>2</sub>-Ausstoss. Wir sollten nur die Finger von jeglicher Art fossiler Energie lassen, dann können wir das CO<sub>2</sub>-Problem lösen. Nur, das ist leichter gesagt als getan. Und ohne grössere Energieausfälle wohl nicht bis 2050 zu schaffen. Und weltweit?

In der Schweiz beträgt der Endenergieverbrauch derzeit etwa 700'000 TJ, zwei Drittel davon sind fossilen Ursprungs oder importiert. Die CO<sub>2</sub>-Emissionen belaufen sich auf gut 45 Megatonnen (MT). Um das Ziel von Netto-null bis 2050 zu erreichen, sieht ein Szenario vor, dass fossile Energieträger verschwinden (für Industrie, Verkehr, Dienstleistungen und Haushalte) und zusätzlich mit NET (negative emission technologies) gut 10 MT kompensiert werden von Prozessen, die nicht CO<sub>2</sub>-frei möglich sind (Prozess-, Energieumwandlungs-, Landwirtschafts- und Verdampfungsemissionen). Produktionstechnologien und Netze für dieses Szenario sind bekannt, dafür muss man nicht auf neue Technik warten. Es fehlen jedoch industriell realisierbare Lösungen für NET, Speicher, Flexibilität und synthetische Treibstoffe.

Im Verkehrsbereich dominiert der Strassenverkehr: 71 Prozent der Personenkilometer und 62 Prozent der Tonnenkilometer werden auf der Strasse erbracht, mit einem Energieverbrauch von rund 250'000 TJ. Zum Vergleich: Der Endenergieverbrauch an Elektrizität betrug rund 200'000 TJ. Die Elektrifizierung des Strassenverkehrs mit BEV (Battery electric vehicle) beginnt «von unten», das heisst bei Fahrzeugen, die kurze Strecken fahren und relativ kurzzeitig in Betrieb sind, also vornehmlich PKW. Schwere und nutzungsintensive Anwendungen werden eher mit PtX-Technologie (Power-to-X) «indirekt» elektrifiziert. Im Fokus dafür stehen Wasserstoff, beziehungsweise eFuels.

Das Szenario für 2050 sieht vor, dass 56'000 TJ strombasierte Energieträger (PtX) nötig sind. 7'000 TJ davon werden in der Schweiz produziert, der Rest wird importiert. Der für die Produktion (Elektrolyse) benötigte Strom stammt selbstverständlich aus erneuerbaren Quellen, beispielsweise in der Schweiz aus Wasserkraft, in Island aus Geothermie, oder in der Wüste aus Solarparks. Am Beispiel des Imports von Wasserstoff aus Island (Nordur-Initiative) zeigt das Projekt IMPEGA die entsprechende Logistik, die Wirtschaftlichkeit und den ökologischen Mehrwert auf. Der Transport fällt ökologisch und ökonomisch kaum ins Gewicht.

Weltweit stiegen die Luftschadstoffe ab 1950 bis etwa 1980 stark an. Im Gegensatz zu anderen Emissionen, die dann massiv reduziert werden konnten, stiegen die CO<sub>2</sub>-Emissionen bis heute praktisch ungebremst weiter an, vor allem in China; aber auch in den westlichen Ländern war kaum eine Abnahme zu verzeichnen. Die hauptsächlichen Einflussfaktoren dafür sind das Wachstum von Bevölkerung, Wirtschaftstätigkeit (BIP) und Energieverbrauch. Bevölkerungs- und BIP-Reduktion ist nicht möglich, beziehungsweise unrealistisch. Das heisst, für eine schnelle Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen zur Erreichung des Ziels braucht es Innovationen zur Erhöhung der Energieeffizienz, zur Reduktion der fossilen Energieträger und zur Rückholung von CO<sub>2</sub> aus der Luft (NET). Elektrifizierung scheint eine Lösung zu sein, sowohl für die Mobilität als auch für die Wärmebereitstellung für Gebäude. Da deren Bedarf – insbesondere bei Wegfall zentraler Stromproduktion mit Bandenergie (Atomausstieg, Abschaltung der Kohlekraftwerke) – die mögliche Bereitstellung übertreffen dürfte, stehen wir höchstwahrscheinlich vor einer Strommangellage. Dies dürfte in absehbarer Zeit das grösste Risiko darstellen, grösser als die Influenza-Pandemie. Die Klimapolitik steht vor grossen Herausforderungen. Kriterien für wirkungsvolle Massnahmen sind Effektivität, Effizienz, Kostenwahrheit und Technologie-Neutralität.

Auch PtX muss und wird Teil der Lösung sein. Verbrennungsmotoren werden insbesondere im Offroad-Bereich vorherrschend bleiben. Aufgrund der spezifischen Lastprofile und speziellen Einsatzbedingungen der verschiedenen Off-Highway-Anwendungen (Bagger, Radlader, Planiertrappen, Krane, usw.) können die geeigneten Antriebstechnologien evaluiert werden. Neben BEV- und H<sub>2</sub>-Brennstoffzellen-Lösungen sind auch ICE (Internal Combustion Engine) mit eFuel oder Wasserstoff in Entwicklung. So sieht Liebherr den Wasserstoffmotor mit Direkteinspritzung, der aus dem konventionellen Dieselmotor entwickelt wird, als einen zukünftigen Antrieb für seine Maschinen im Offroad-Bereich.

Die eFuel Alliance hat sich zum Ziel gesetzt, die Herstellung synthetischer flüssiger Kraft- und Brennstoffe voranzutreiben. Mit Strom aus erneuerbaren Energien wird mittels Elektrolyse aus Wasser Wasserstoff gewonnen. Dieser wird mit CO<sub>2</sub> aus der Luft mittels Fischer-Tropsch-Synthese zu einem flüssigen Energieträger, eFuel, umgewandelt. Nach Aufbereitung in Raffinerien ist dieser als eBenzin, eDiesel, eHeizöl und eKerosin nutzbar. Für Benzin und Diesel wird mit einer steigenden Beimischung von eFuel von 4 Prozent im Jahr 2025 bis 100 Prozent im Jahr 2050 gerechnet. Mit stetig fallenden Produktionskosten werden jederzeit erschwinglichen Treibstoffkosten erwartet, letztlich etwa 2 €/Liter. Die Effizienz der Produktion hängt wesentlich vom Standort ab. Die dreimal höhere Sonneneinstrahlung in Nordafrika gegenüber Deutschland bewirkt, dass trotz des Transportweges ein Gesamtwirkungsgrad im Fahrzeug von 45 Prozent (statt 15%) erreicht werden kann, gut vergleichbar mit einem batterieelektrischen Auto. Derzeit fehlen noch die notwendigen politischen Rahmenbedingungen, um eine eFuels-Produktion im industriellen Maßstab zu ermöglichen. Kleine Anlagen (Spanien, Norwegen) sind in Betrieb, etwas grössere (Chile, Deutschland) sollen etwa 2025 folgen.

Weitere Informationen:

- [ssm-studies: Vortragstagungen SSM 2019 und 2021](#)
- [Gesamtenergiestatistik \(admin.ch\)](#)
- Erneuerbares Gas für die Schweiz und Island: [Home - NORDUR : NORDUR \(nordurpower.com\)](#)
- [Wirkungsvolle Klimapolitik - Avenir Suisse \(avenir-suisse.ch\)](#)
- [Nachhaltige Antriebskonzepte - Avenir Suisse \(avenir-suisse.ch\)](#)
- [eFuels - eFuel Alliance \(efuel-alliance.eu\)](#)