

# ERNEUERBARER WASSERSTOFF ÜBERS STROMNETZ: SIMULATION ZUKÜNFTIGER NACHHALTIGKEITSKRITERIEN IN EUROPA

Bernhard THALER<sup>1</sup>, Michael WOHLTHAN<sup>1</sup>, Gerhard PIRKER<sup>1</sup>

## Einleitung

Die EU hat kürzlich in einem delegierten Rechtsakt Nachhaltigkeitskriterien für erneuerbare Kraftstoffe nicht-biogenen Ursprungs festgelegt [1]. Die Herstellung solcher Kraftstoffe basiert auf der Umwandlung von elektrischer Energie in Wasserstoff (H<sub>2</sub>) mittels Elektrolyse. Aufgrund diverser Umwandlungsverluste besteht jedoch bei der Verwendung nicht-erneuerbaren Stroms das Risiko, effektiv keine CO<sub>2</sub>-Emissionen gegenüber H<sub>2</sub> aus fossilen Energien zu reduzieren. Die Nachhaltigkeitskriterien sollen sicherstellen, dass ausschließlich erneuerbarer Strom verwendet wird. Außerdem soll die Zusätzlichkeit („Additionality“) dieser Energie garantiert werden, damit erneuerbare Kraftstoffe mit neuen, komplementären Erzeugungsanlagen versorgt werden.

Bezieht eine Elektrolyse-Anlage ausschließlich Strom aus einer direkten Leitung von erneuerbaren Energiequellen ist die Erfüllung der Kriterien unkritisch. Bei Strombezug über das öffentliche Stromnetz ist die Erfüllung komplexer, da Energieerzeugung und Verbrauch örtlich über limitierende Stromleitungen und Preiszonen getrennt sein können. Der delegierte Rechtsakt sieht für diesen Fall mehrere Möglichkeiten vor, wann Strom-basierte Kraftstoffe als erneuerbar gelten können:

1. Der Elektrolyseur steht in einer Gebotszone mit einem Anteil erneuerbarer Energien über 90%, gemessen am Bruttostromverbrauch exklusive Pumpspeicherverbrauch.
2. Die Elektrolyseanlage steht in einer Gebotszone mit einer Emissionsintensität geringer als 18 gCO<sub>2</sub><sub>equ</sub>/MJ, ein Power Purchase Agreement (PPA) besteht für den Bezug der erneuerbaren Energie, sowie die Kriterien der zeitlichen und örtlichen Korrelation sind erfüllt (siehe Punkt 4). Die Berechnung der Emissionsintensität erfolgt nach einem weiteren delegierten Rechtsakt [2] und wird als Verhältnis aller Emissionen aus der Bruttostromerzeugung zur gesamten Nettostromerzeugung definiert. Emissionen aus Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen werden mit virtuellen Emissionen entsprechend reiner Wärmeenergieerzeugungsanlagen reduziert.
3. Es wird nachweislich Strom aus ansonsten abgeregelten erneuerbaren Energien verwendet.
4. Die Kriterien der Zusätzlichkeit, zeitlichen Korrelation und geografischen Korrelation sind erfüllt. Zusätzlichkeit bedeutet das Bestehen eines PPA mit Erzeugungsanlagen die nicht gefördert und nicht älter als 36 Monate sind. Zeitliche Korrelation fordert die bilanzielle Übereinstimmung von produzierter erneuerbarer Energie und Bezug des Elektrolyseurs, bis 2029 auf monatlicher und ab 2030 auf stündlicher Basis. Geografische Korrelation fordert die Installation der erneuerbaren Erzeugungsanlagen und des Elektrolyseurs in derselben Gebotszone.

In dieser Publikation wird die Erfüllung der Nachhaltigkeitskriterien für die Länder Europas analysiert und diskutiert. Ein Fokus liegt dabei auf möglichen Szenarien zur Erfüllung der Kriterien 1 und 2, inklusive einer Analyse der gegenwärtigen Emissionsintensitäten und erneuerbaren Anteile.

## Methodik

Die derzeit erreichten Emissionsintensitäten werden für das Jahr 2021 nach der EU-Methodik anhand offizieller Energiebilanzen von Eurostat (nrg\_bal\_c) berechnet. Simulationsszenarien werden mit dem Energiesystem-Modell „ENERSim macrogrid“ berechnet. Das Modell bildet alle Länder der EU, Norwegen, Schweiz und Großbritannien, sowie entsprechende Grenz-Übertragungskapazitäten ab. Die Simulation basiert auf einer Quadratischen Optimierung und optimiert die Betriebsstrategie Länder-aggregierter Erzeugungskapazitäten mit bis zu stündlicher Auflösung. Datenbasis des Modells sind Daten von Eurostat, ENTSO-E, sowie PECD für Zeitreihen- und Wetterdaten. Anlagen mit Kraft-Wärme-

---

<sup>1</sup> LEC GmbH - Large Engines Competence Center Graz, Inffeldgasse 19, 8010 Graz,  
Contact: [bernhard.thaler@lec.tugraz.at](mailto:bernhard.thaler@lec.tugraz.at)

Kopplung werden mit Must-Run Energiemengen entsprechender Fernwärmebedarfsprofile modelliert. Die Erzeugung von Strom aus im Modell nicht berücksichtigten Sondergasen wird mit Korrekturfaktoren berücksichtigt. Ausbauziele erneuerbarer Energien werden aus dem TYNDP Szenario „National Trends“, sowie, falls verfügbar, Länder-spezifisch aktuelleren Daten entnommen.

## Ergebnisse

Abbildung 1 zeigt die Anteile erneuerbarer Energien und Emissionsintensitäten für das Jahr 2021 für die Eurostat-Daten und die Ergebnisse der Energiesystem-Modellierung. Die Übereinstimmung zwischen Simulation und Eurostat dient als Validierung des Modells. Es zeigt sich, dass bezüglich des Kriteriums 1 des erneuerbaren Anteils bis jetzt nur Norwegen einen Anteil über 90% erreicht. Bezüglich Emissionsintensität erreichen außerdem Schweden, sowie knapp die Schweiz und Frankreich das Kriterium, aufgrund der niedrigen Emissionsbilanzierung dort eingesetzter Atomkraft.

Für die Zukunftsszenarien, die in der Langfassung breiter diskutiert werden, zeigt sich, dass die Kriterien zur nachhaltigen Erzeugung von Wasserstoff auch in Zukunft nur von wenigen Ländern erfüllt werden. Ausbaupläne erneuerbarer Energien stehen einem gleichzeitig steigenden Strombedarf aufgrund von Elektrifizierung gegenüber. Somit bleiben in vielen Regionen die Additionality-Kriterien die einzige Möglichkeit nach EU-Definition, erneuerbare Kraftstoffe über das Stromnetz zu erzeugen.

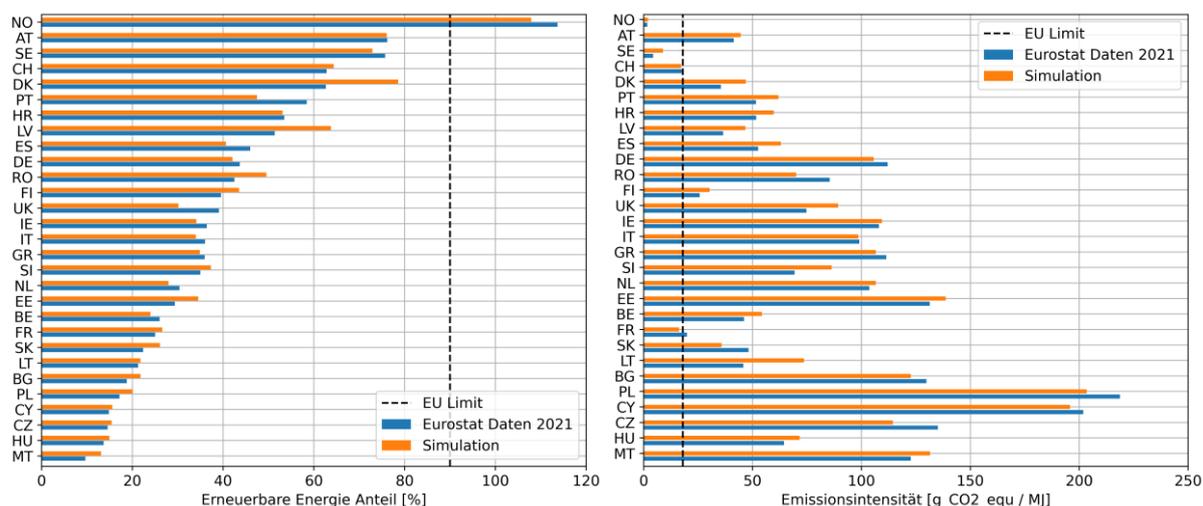


Abbildung 1: Erneuerbare Energie Anteile (links) und Emissionsintensitäten (rechts) europäischer Länder für das Jahr 2021, berechnet über offizielle Eurostat-Daten sowie als Simulationsergebnis des Energiesystem-Modells.

## Förderung

Die AutorInnen möchten sich für die finanzielle Unterstützung des „COMET-Modul LEC HybTec“ durch das „COMET - Competence Centers for Excellent Technologies“ Programm des BMK und des BMAW sowie des Landes Steiermark bedanken. Das COMET Programm wird durch die FFG abgewickelt.

## Referenzen

- [1] European Commission, „Commission delegated Regulation (EU) of 10.02.2023 supplementing Directive (EU) 2018/2021 of the European Parliament and of the Council,“ 10 02 2023. [Online]. Available: [https://energy.ec.europa.eu/system/files/2023-02/C\\_2023-1087\\_1\\_EN\\_ACT\\_part1\\_v8.pdf](https://energy.ec.europa.eu/system/files/2023-02/C_2023-1087_1_EN_ACT_part1_v8.pdf). [Zugriff am 20.11.2023].
- [2] European Commission, „Annex to the Commission delegated Regulation (EU) supplementing Directive (EU) 2018/2001 of the European Parliament and of the Council,“ 10 02 2023. [Online]. Available: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32023R1185>. [Zugriff am 20.11.2023].