

#### Einführung

Die Stromerzeugung durch regenerative Energien, wie z.B. Sonnenstrahlung, Windkraft, stieg in den letzten 20 Jahren **kontinuierlich** an. Außerdem will die Bundesregierung bis **2020** mindestens **35% des Bruttostromverbrauchs** aus erneuerbaren Energiequellen erzeugen.

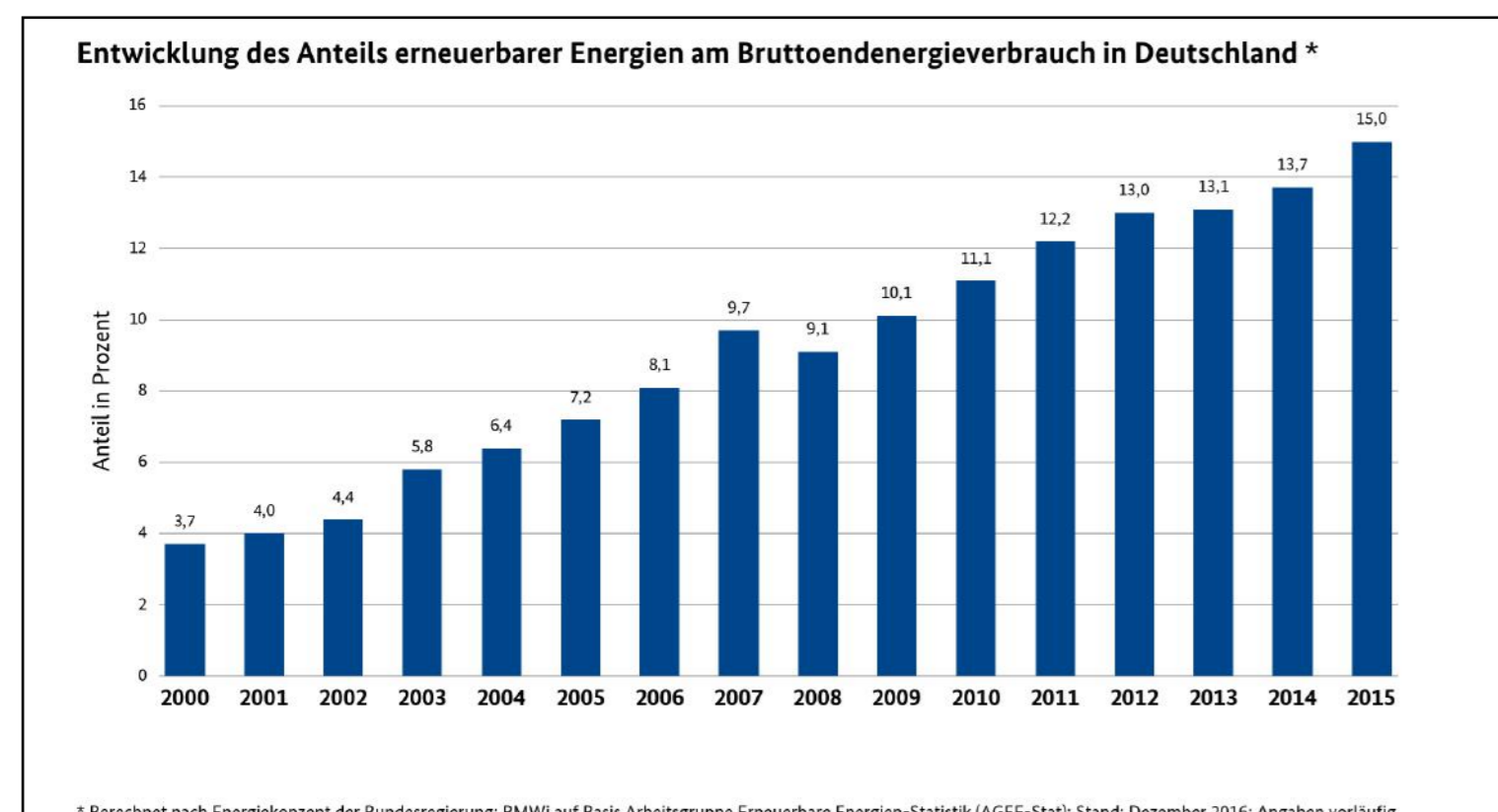


Abb 1: Entwicklung des Anteils erneuerbarer Energien am Bruttoendenergieverbrauchs in Deutschland<sup>[1]</sup>

Es tritt jedoch ein Problem auf, nämlich wird an bestimmten Tageszeiten **mehr Strom erzeugt** als verbraucht werden kann (hier am Beispiel von Solaranlagen)

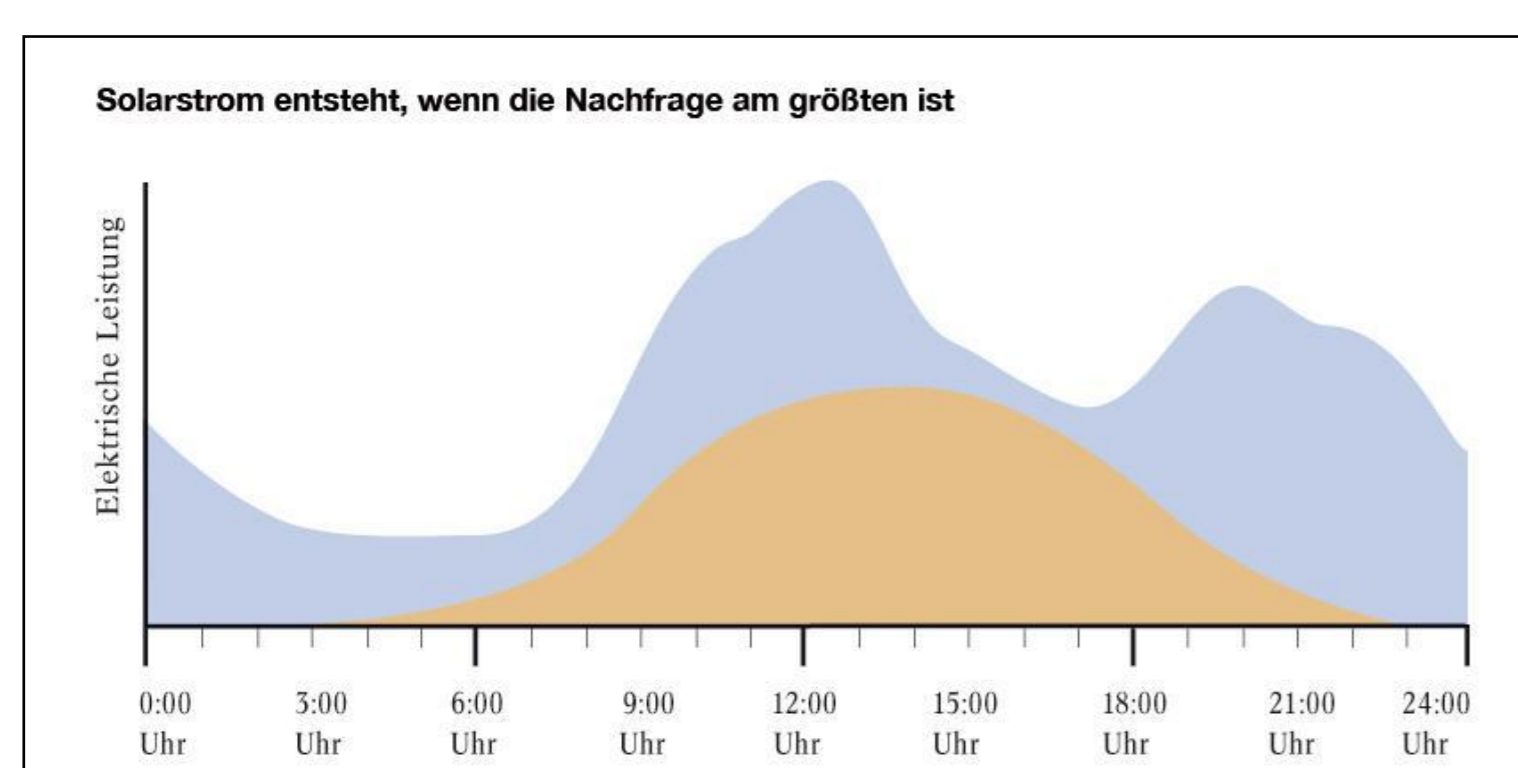


Abb 2: Blau: Stromverbrauch im Tagesverlauf, orange: Sonnenstromerzeugung an einem durchschnittlichen Sommertag in Deutschland<sup>[2]</sup>

Um eine **Überlastung** des Stromsystems zu vermeiden muss der Strom für kurze oder auch für lange Zeiträume **gespeichert** werden. Eine Lösung, um diese Schwankungen auszugleichen, ist **Power to Gas!**

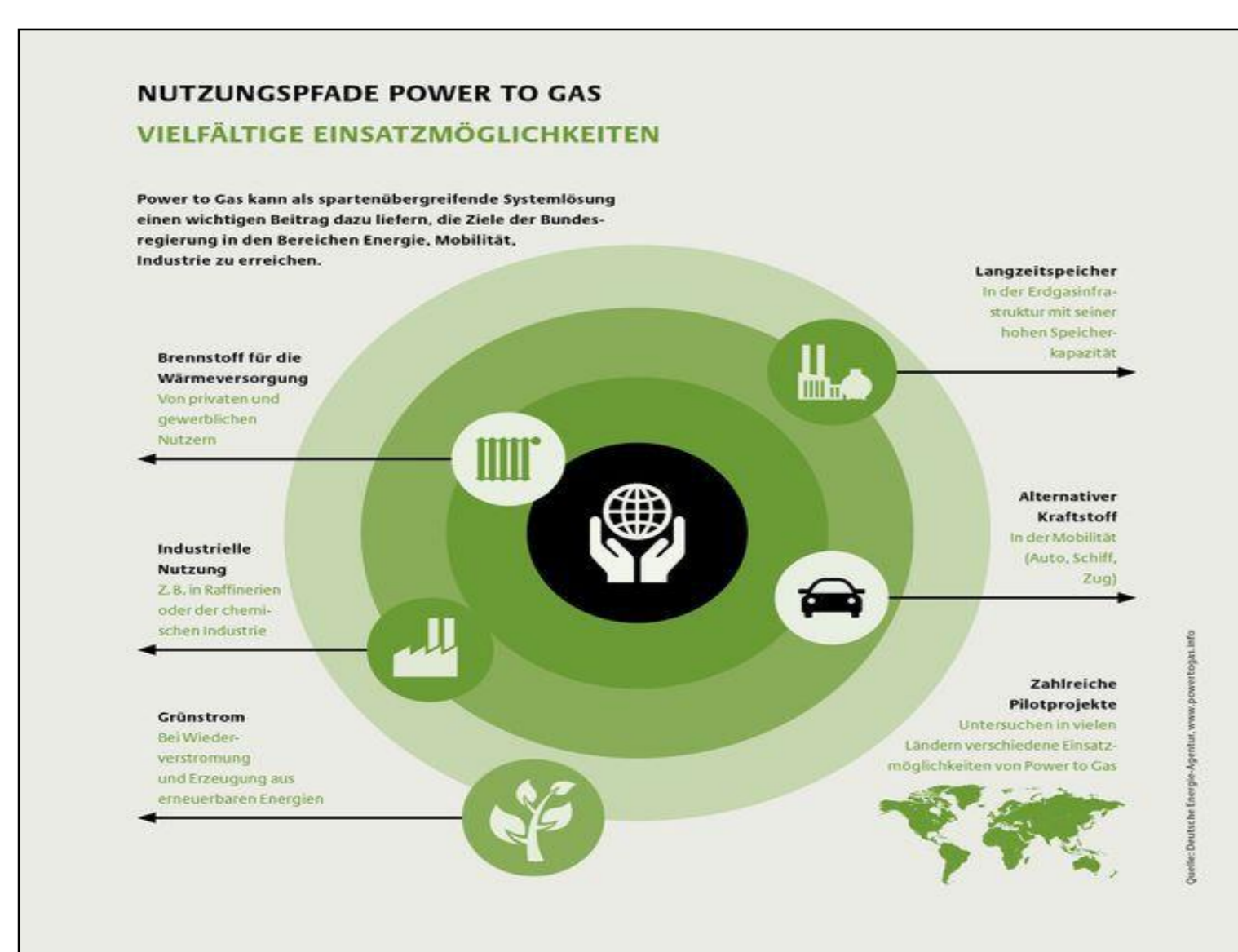


Abb 3: Nutzungspfade für Power to Gas<sup>[3]</sup>

Der umgewandelte Strom findet zahlreich Verwendungsmöglichkeiten, wie z.B. als alternativer **Kraftstoff**, **Wärmequelle**, **Strom bei Bedarf** oder es wird direkt in das **Gasnetz** eingespeist und ist so ein systemübergreifende Lösung.

#### Quellen:

[1] Bundesministerium für Wirtschaft und Energie Arbeitsgruppe erneuerbare Energien - Statistik  
 [2] Bundesverband Solarwirtschaft e.V. www.energie Diskussion solarwirtschaft.de  
 [3] Deutsche Energieagentur www.powertogas.info  
 [4] http://www.iwr.de/wasserstoff/wasserstoff-infos.html  
 [5] http://emcel.com/de/wp-content/uploads/2013/06/2012-11-15\_Manuskript\_Tagungsband\_AKIDA.pdf

#### Elektrolyse



Abb 4: Links: Hoffmanscher Zersetzungsgenerator  
Oben: Membran-Elektrolyseur

Diese beiden Elektrolyse-Apparaturen wurden experimentell untersucht

Zur Charakterisierung der Elektrolyseapparaturen wurde zuerst untersucht, wieviel Zeit vergeht, bis eine gewissen Menge an Wasserstoff entstanden ist. Eine Trendlinie durch die Messwerte gab uns die Wasserstoffrate in ml/s für verschiedene Spannungen.

Abbildung 5 links zeigt exemplarisch das Ergebnis für den Hoffmannschen Zersetzungsgenerator.

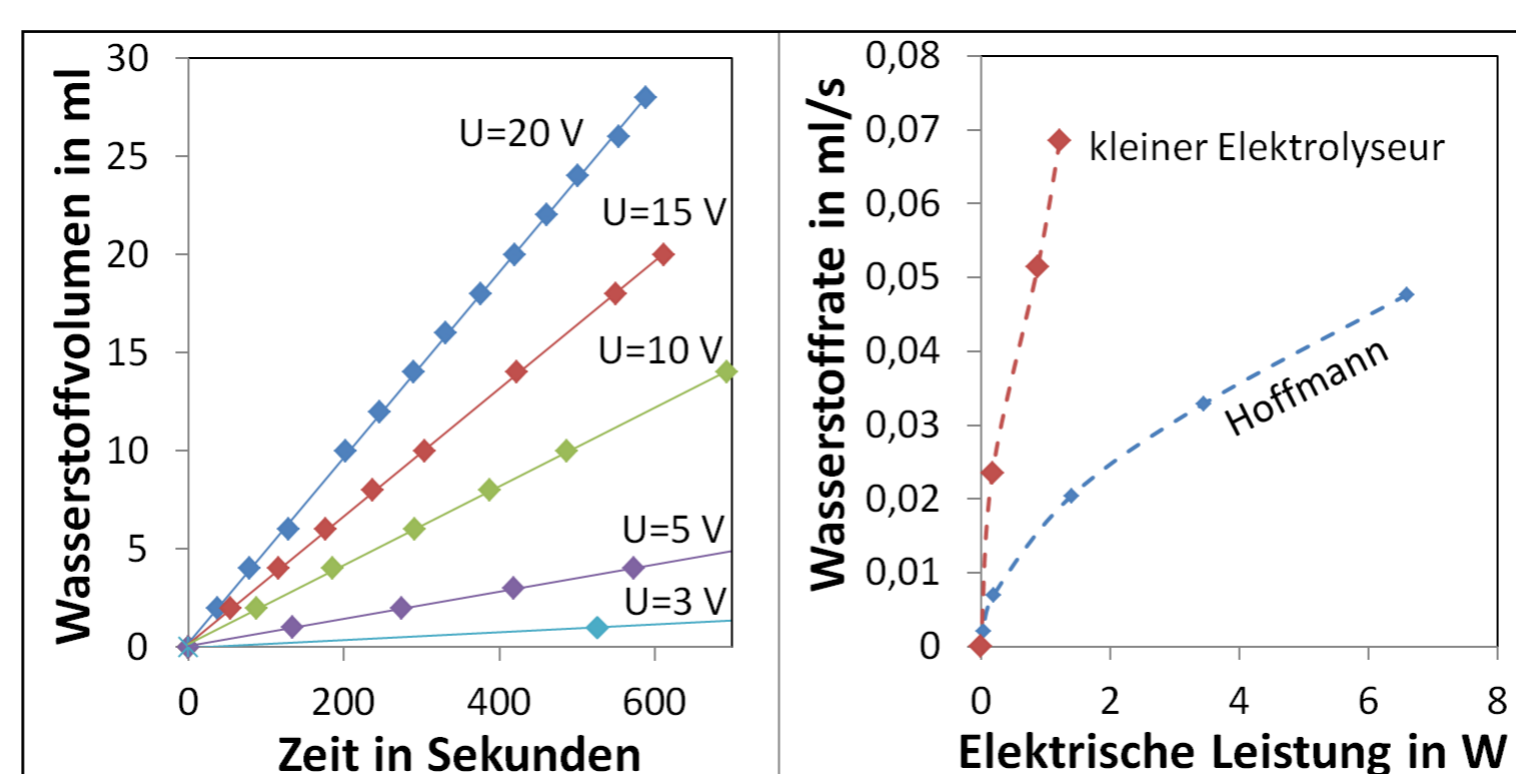


Abb 5: links: Produziertes Wasserstoffvolumen des Hoffmannschen Zersetzungsgenerators in ml nach einer gewissen Zeit für verschiedene Betriebsspannungen. Für 3V sind die Zeiten sehr lang, und wurden zur besseren Übersicht weggelassen. Die Steigung der Trendlinien gibt die Wasserstoffrate in ml/s. Rechts: die so gemessene, nicht lineare Wasserstoffrate abhängig von der elektrischen Eingangsleistung in W.

Die selbe Messung wurde auch für den zweiten Elektrolyseur durchgeführt. Abbildung 5rechts zeigt die Wasserstoffrate für beide Elektrolyseure im Vergleich. Dabei erkennt man deutlich, dass der modernere Elektrolyseur bei geringer elektrischer Leistung eine deutlich höhere Wasserstoffrate hat. Dabei kann man beobachten, dass die Wasserstoffrate nicht linear von der elektrischen Leistung abhängt.

#### Industrielle Wasserstoffherstellung:

Die in der Industrie am weitesten verbreiteten Methoden zur Wasserstoffgewinnung sind die **Reformationsmethode** und die **Wasser-Elektrolyse**. Methoden wie die Vergärung von **Biomasse** oder das **Kvæner-Verfahren** befinden sich noch in der Testphase.

Ein gebräuchliches Verfahren zur Wasserstoffgewinnung ist die **Elektrolyse**. Nach dem Zusetzen einer Flüssigkeit, für einen besseren Ionentransport, wird das Wasser unter Einfluss von **Strom** in Wasserstoff und Sauerstoff zerlegt. Die dabei verwendete elektrische Energie wird in **chemische Energie** umgewandelt und im Wasserstoff gespeichert. Durch das Verwenden einer **Brennstoffzelle** kann das umgekehrte Prinzip verwendet werden. Die chemische Energie im Wasserstoff wird in **elektrische Energie** zurück umgewandelt. <sup>[4]</sup>

#### Brennstoffzelle

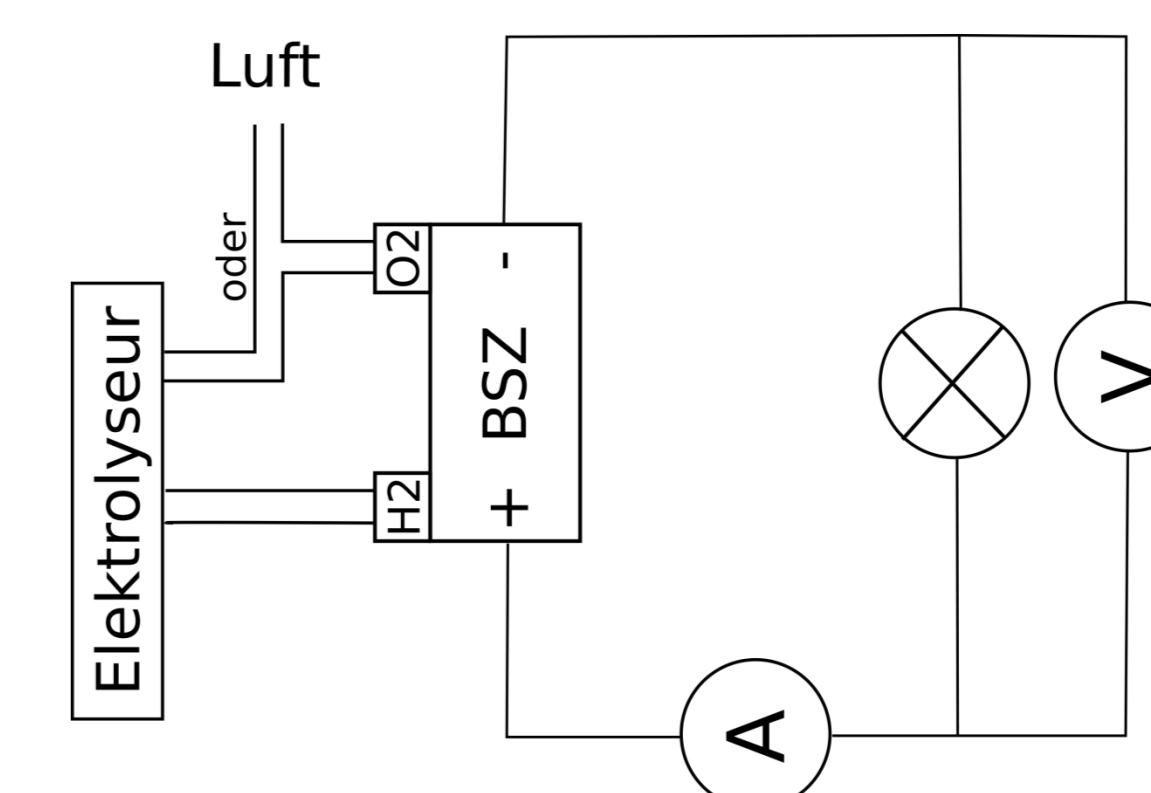


Abb 7: Aufbau zur Untersuchung der Brennstoffzellen. Als Verbraucher wurde ein Motor eingesetzt.

Mit dem in Abbildung 7 gezeigten Aufbau sollte die Leistung der Brennstoffzellen untersucht werden. Dazu wurde die Charakterisierung des vorherigen Versuchsteils benutzt, um die Wasserstoffrate einzustellen und anschließend die Ausgangsleistung zu messen.

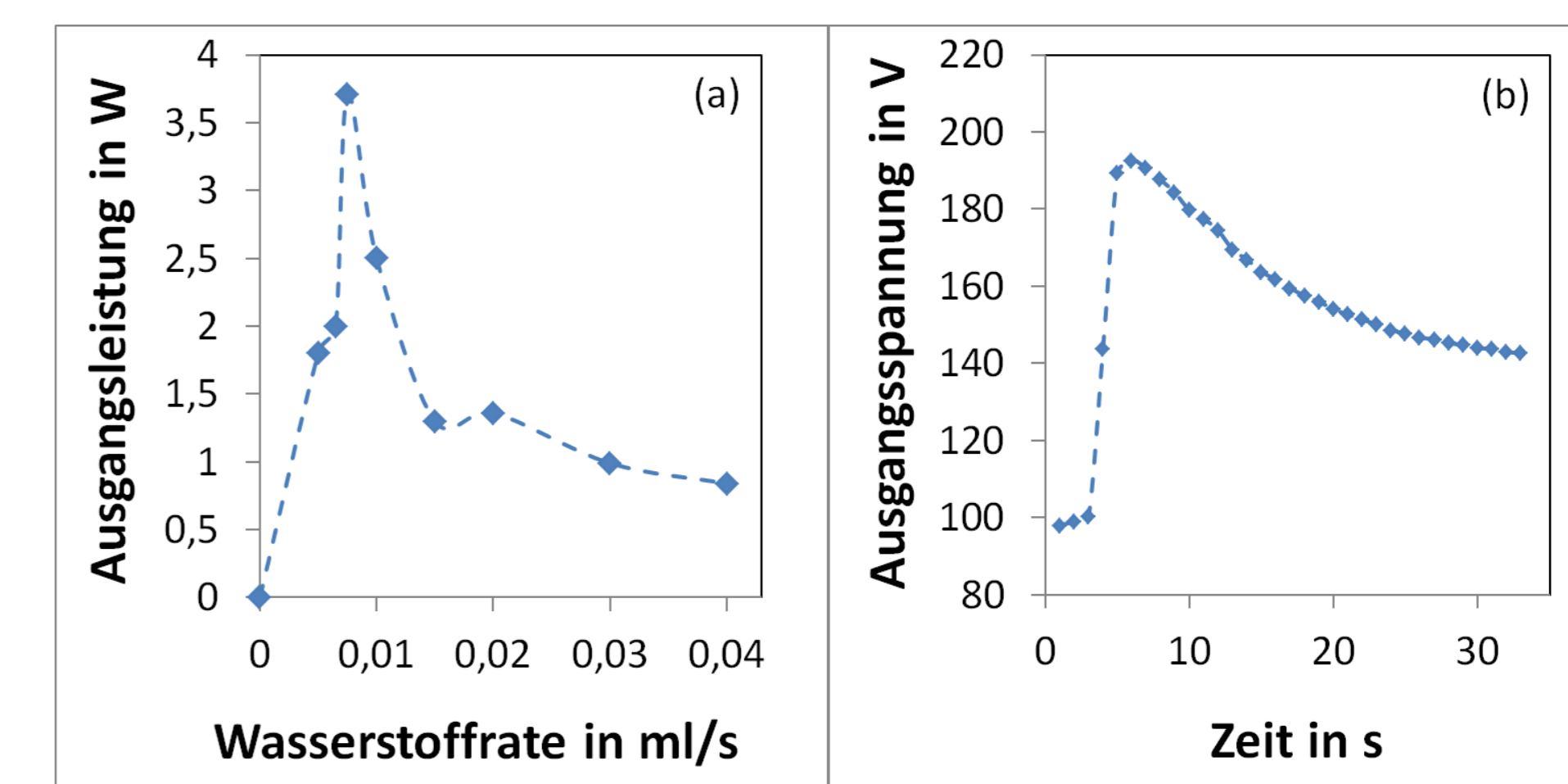


Abb 8: Ein unerwartetes Ergebnis: die Ausgangsleistung steigt nicht monoton mit der Wasserstoffrate oder mit der Zeit, die das System betrieben wird.

Dabei hat sich gezeigt, dass die Ausgangsleistung nicht mit der Wasserstoffrate steigt, sondern dass es ein Maximum bei einer mittleren Wasserstoffrate gibt, und bei höheren Wasserstoffraten stellt sich eine Sättigung bei einer niedrigeren Leistung ein. Dieser Effekt ist noch nicht verstanden, hängt aber mit einer Sättigung der Brennstoffzelle zusammen, wie man in Abbildung 8(b) sieht. Hier wurde die Brennstoffzelle mit einer maximalen Wasserstoffrate geflutet und die Ausgangsspannung im Laufe der Zeit beobachtet. Wieder wurde ein Maximum beobachtet, das höher ist als der Sättigungswert.

#### Brennstoffzellen in der Industrie:

Brennstoffzellen sind **elektrochemische Energiewandler**, die einen Brennstoff (üblicherweise Wasserstoff) in elektrische Energie umwandeln. Sie können in unterschiedlichen Bereichen verwendet werden; einerseits in der Automobilindustrie z.B. für das **BSZ-Auto** andererseits zur energetischen Verwertung von **Gichtgas**, für eine **unterbrechungsfreie Stromversorgung** oder für den Einsatz in **Minenlokomotiven**. Brennstoffzellen bieten auf dem Markt ein immenses **Potential**. Sie können in neuen Anwendungsbereichen verwendet werden, wo bisherige Technologien aufgrund ihres Sauerstoffbedarfs oder der **produzierten Abgase** nicht einsetzbar waren. **Probleme** der BSZ, wie die hohen Preise für die Komponenten und die erst kommende industrielle Herstellung von Wasserstoff, könnten durch größere Investitionen behoben werden.<sup>[5]</sup>