

# Akzeptanz neuer Energiewende-Technologien – Beispiel Power-to-X

Ansgar Taubitz und Jan Hildebrand

*Power-to-X (PtX) ist eine vielversprechende Option für die mittel- bis langfristige Einspeicherung von elektrischer Energie. Diesen Technologien wird für das Energiesystem, bei einem zunehmenden Ausbau der fluktuierenden regenerativen Leitenergieträger Wind und Sonneneinstrahlung als zentrale Flexibilitätsoption sowie zur Dekarbonisierung der Industrie – Bereitstellung von Wasserstoff und Kohlenwasserstoffen –, eine Schlüsselrolle zukommen. Wie die bisherigen Erfahrungen mit anderen Energieinfrastrukturen, z. B. Freileitungen oder Windkraftanlagen, zeigen, stellt eine breite gesellschaftliche Akzeptanz einen wesentlichen Erfolgsfaktor für die großflächige Diffusion und Transformation dar. Entsprechend ist die gesellschaftliche Einbettung auch bei der Planung von PtX-Strategien frühzeitig zu beachten.*

Die wesentliche Herausforderung für die Bewertung der Akzeptanz von P2X-Technologien besteht zum jetzigen Zeitpunkt in den zum Großteil noch relativ niedrigen Technologieentwicklungsstadien der verschiedenen Verfahren – bisher existieren wenig konkrete Erfahrungswerte in Bezug auf größere Anwendungen, welche von der Öffentlichkeit wahrgenommen werden. Dieser Umstand bietet gleichzeitig die Chance, relevante Kriterien für die gesellschaftliche Akzeptanz von P2X-Technologien proaktiv zu identifizieren, um diese frühzeitig in den Entwicklungsprozess einfließen lassen zu können und gleichzeitig Möglichkeiten für die Akteure zur partizipativen Mitgestaltung zu bieten.

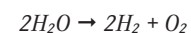
Der vorliegende Beitrag skizziert einen möglichen Ansatz für eine akzeptanzbezogene Bewertungsmethodik für neuartige Technologien (Institut für ZukunftsEnergie- und Stoffsysteme gGmbH (IZES) im Rahmen des Projektes *Kopernikus Power-to-X*) am PtX-Beispiel der Hochtemperatur-Co-Elektrolyse (HTCoEL) [1]. Im Folgenden wird zunächst kurz auf die HTCoEL sowie methodische Vorüberlegungen eingegangen, um anschließend die Ergebnisse in Bezug auf ausgewählte Akzeptanzfaktoren vorzustellen.

## Kontext der Hochtemperatur-Co-Elektrolyse

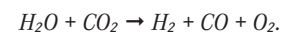
Im Gegensatz zu der Niedertemperaturelektrolyse, welche sich mit Polymer Elektrolyt Membran (PEM) und der Alkalischen Elektrolyse bereits in der technischen Anwendung etabliert haben, befindet sich die HTCoEL aktuell noch im Labormaßstab – Technology Readiness Level (TRL) von 3 bis 4, wobei 9 der höchste Wert ist und den kommerziellen Betrieb einer Anlage im industriellen Maßstab bedeutet. Es gab zwar seit dem HOT ELLY-Projekt (Mitte der 1970er bis Mitte der 1980er Jahren) von dem Unternehmen Dornier GmbH (Entwicklungsarbeiten der Elektrolysezellen) und der Lurgi GmbH (verantwortlich für die Verfahrenstechnik) erste Arbeiten zur Hochtemperatur Wasserdampfelektrolyse (im Folgenden nur noch HT-Elektrolyse) [2], allerdings sind diese Arbeiten aufgrund fehlender wirtschaftlicher Perspektiven eingestellt worden.

Erst Anfang der 2000er Jahre ist das Interesse an der HT-Elektrolyse in Folge der Entwicklung und Etablierung der Feststoffoxidbrennstoffzelle (SOFC) als Hochtemperaturzelle wieder gestiegen und sind die

Arbeiten erneut aufgenommen worden [3]. Hierbei kann der Prozess der SOFC auch umgekehrt als HT-Elektrolyse angewendet werden – eine reversible Betriebsweise ist aus heutiger Sicht ebenfalls möglich. Neben der bekannteren Wasserdampfelektrolyse mit der Summenformel



ist mit den SOC-Zellen auch die Co-Elektrolyse technisch umsetzbar, welche folgende Gesamtreaktion aufweist:



Bei etwa 650°C bis 800°C entstehen hierbei aus Wasserdampf und Kohlenstoffdioxid Synthesegas und Sauerstoff. Synthesegas ist ein essentielles Gas für die Industrie – beispielsweise für die Produktion von Ammoniak und Methanol, zwei der wichtigsten Grundstoffe für die chemische Industrie, und wird konventionell durch Dampfreformierung von Erdgas und Kohle gewonnen. Bei der HTCoEL entfällt als weiterer Vorteil die nachgelagerte aufwendige Gasreinigung nach dem Dampfreformierungsprozess (Schwefel- und Stickstoffkomponenten).

Die vielversprechende Technologie HTCoEL mit angestrebten Systemwirkungsgraden von ca. 80 % könnte dementsprechend zukünftig als ein wichtiger Baustein zur klimaneutralen und effizienten Synthesegasproduktion eingesetzt werden. Voraussetzung für die klimaneutrale Wirkung ist, dass das CO<sub>2</sub>, der Strom und die Wärme, aus erneuerbaren Energiequellen stammen [4].

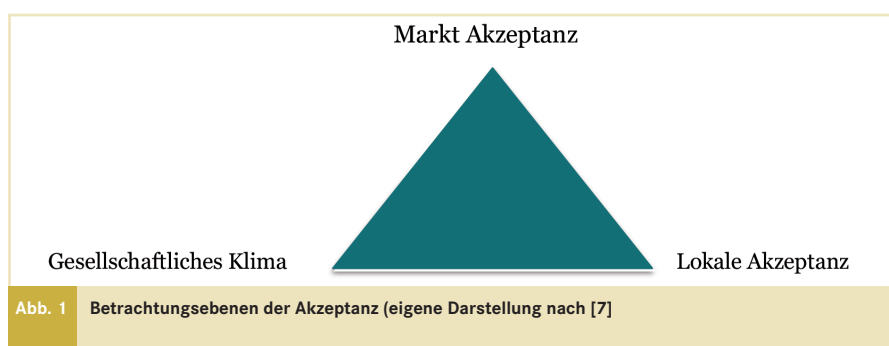


Abb. 1 Betrachtungsebenen der Akzeptanz (eigene Darstellung nach [7])

## Methodik – Akzeptanzkonzept und Akzeptanzfaktoren

Die öffentliche Akzeptanz ist insbesondere in den letzten Jahren zu einer relevanten Größe bei der Planung und Genehmigung von Energieinfrastrukturen (erneuerbare Energien und Stromnetze) sowie generell im öffentlichen Diskurs geworden, wobei das Definitionsspektrum von einer duldenen Haltung bis zur aktiven Unterstützung reicht [5]. Ein häufig angewandtes Konzept zur Verortung der Akzeptanz von erneuerbaren Energien ist das Modell von Wüstenhagen [6]. Aufgrund der Nähe zu den erneuerbaren Energien wird das Modell von Wüstenhagen, Wolsink und Bürer (2007) im Rahmen dieser Arbeit für die HTCoEL eingesetzt (siehe Abb. 1). Das Modell unterscheidet hierbei in folgende drei Akzeptanzebenen:

- Socio-political Acceptance (auch gesellschaftliches Klima);
- Community Acceptance (auch lokale Akzeptanz) und
- Market Acceptance (auch Investoren- und Konsumentenperspektive).

Hierbei ist vor allem die Ebene der lokalen Akzeptanz (Community Acceptance) für die HTCoEL noch kaum zu bewerten, da aufgrund des bereits in Abschnitt 2 genannten niedrigen Verbreitungsgrades der HTCoEL eine geringe Sichtbarkeit und keine unmittelbare existente Betroffenheit erkennbar ist. Auf der sozio-politischen Ebene sind erste Medienberichte über Potenziale von PtX-Technologien, Wasserstoffnutzung etc. zusätzlich zum Fachdiskurs von Wissenschaft und Markakteuren zu verzeichnen.

Eine breite Diffusion des Themas in die Gesellschaft hat bisher noch nicht stattgefunden, was die Herausforderung in Bezug auf die Abschätzung der Akzeptanz der HTCoEL zum jetzigen Zeitpunkt verdeutlicht. Folglich handelt es sich bei Akzeptanzbetrachtung der HTCoEL methodisch dementsprechend weniger um eine faktische Akzeptanzbetrachtung (bspw. anhand einer Anwohnerbefragung), sondern vielmehr um eine Abschätzung der konditionalen Akzeptanz bzw. Akzeptabilität zukünftiger Entwicklungen auf die drei genannten Akzeptanzebenen.

Als ein möglicher Weg zur prospektiven Akzeptanzabschätzung wurde im *Kopernikus Power-to-X-Projekt* eine Akzeptanzmatrix entwickelt, anhand derer akzeptanzrelevante Faktoren vorab eingeschätzt werden können (siehe Abb. 2). Diese frühzeitige Reflektion im Sinne einer proaktiven Akzeptanzanalyse bietet die Chance, mögliche Konfliktfelder zu antizipieren, die Mitgestaltung von gesellschaftlichen Akteuren zu ermöglichen und akzeptable Lösungen im Prozess der Technologieentwicklung zu erreichen.

Insgesamt beinhaltet die Akzeptanzmatrix sechs verschiedene Kategorien, welche für eine proaktive Akzeptanzbewertung als relevant eingestuft worden sind:

- Risikobewertung;
- Zuverlässigkeit/Robustheit der HTCoEL;
- Raumwirksamkeit: Landschaftsbild/Flächenverbrauch & Flächenkonkurrenzen;
- Verteilungsgerechtigkeit, Marktzugang, Akteursvielfalt;
- Umwelt- und Nachhaltigkeitsbetrachtung und
- Passung ins Energiesystem/Integrierbarkeit.

Die konkreten Akzeptanzentwicklungen werden von den jeweiligen Rahmenbedingungen bestimmt, z.B. der angenommenen Größenordnung des Ausbaus bzw. der Dimensionierung der zukünftigen installierten HTCoEL-Leistung sowie dem rechtlichen Rahmen, Förderregime etc. Die Sichtbarkeit bzw. Wahrnehmbarkeit der Technologie hängt maßgeblich vom Umfang der gesamt installierten Leistung, aber auch von der Größe der einzelnen Anlagen – sind

es dezentrale Anlagen oder größere Anlagen z.B. in einem bestehenden Industriecluster? – sowie der (zusätzlich) benötigten Infrastruktur ab. Als relevante Rahmenbedingungen müssen diese Faktoren sowohl in die methodische Akzeptanzanalyse als auch in die Interpretation der erhobenen Daten einbezogen werden.

## (Vorläufige) Akzeptanzeinschätzung der HTCoEL

Im Folgenden werden erste Ergebnisse der prospektiven Akzeptanzabschätzung für die HTCoEL vorgestellt, vor- und nachgelagerte Prozesse in dem HTCoEL-Pfad werden dabei noch nicht berücksichtigt (z. B. die Methanolsynthese). Ein Großteil der folgend dargestellten Einschätzungen hinsichtlich der Akzeptanzfaktoren stammt aus Interviews mit Experten aus Wissenschaft und Wirtschaft.

### Raumwirksamkeit: Landschaftsbild/Flächenverbrauch & Flächenkonkurrenzen

Kurz bis mittelfristig wird die HTCoEL das Landschaftsbild in Deutschland nicht verändern, da aktuelle HTCoEL-Anwendungen in Deutschland sich entweder noch in Laborgröße befinden (Elektrolysebetrieb) oder im Hauswärmebereich (insbesondere Brennstoffzellenbetrieb) eingesetzt werden. Erste Prototypanlagen und größere Anlagen werden mit großer Wahrscheinlichkeit an bestehenden Standorten, beispielsweise in Chemieparcs, aufgrund der bereits vorhandenen Infrastruktur integriert werden („low hanging fruits“). Folglich dürften an solchen Standorten nicht wirklich wahrnehmbar das Landschaftsbild beeinträchtigt werden oder

Kategorie/ Skala	Erläuterung	Subskalen	Bsp. Kriterien	Ausprägungsstufen (Werte: grün =3, gelb =2, rot =1)			Akzeptanz-ebene	Akteurs-Gruppe(n)
				Erhebliche Zweifel an Zuverlässigkeit	Zuverlässigkeit ist unter Umständen gefährdet	Hohe Zuverlässigkeit ist gegeben bzw. anzunehmen		
Zuverlässigkeit/ Robustheit	Bewertung der Verlässlichkeit, mit der die jeweilige PtX-Technologie (bzw. Anlage/n) ohne Ausfall betrieben werden kann und die Verfügbarkeit des Produktes gewährleistet ist.	Vorkette Betrieb Produkt	Evt. Technologiereife?, Sicherheit der Versorgung mit Roh-/ Ausgangsstoffen (Ressourcenabhängigkeit/ -sicherheit)?				Market Acceptance (plus Socio-political Acceptance)	Marktteilnehmer/ Industrie, Nutzer

Abb. 2 Schematischer Aufbau des Akzeptanzfaktors (Zuverlässigkeit) aus der Akzeptanzmatrix [1] und [8]

neue Raumwirkungen entstehen, da eine einzelne Anlage im Gesamtprofil eines Industriezentrums verschimmt.

Langfristig gesehen entstehen erste Auswirkungen auf das Landschaftsbild, wenn Anlagen im industriellen Maßstab auf der „grünen Wiese“ gebaut werden. Diese benötigen zudem weitere Infrastruktur beispielsweise für Dampf oder Elektrizität, was das Landschaftsbild weiter beeinflussen dürfte. Über den Flächenbedarf lässt sich aktuell noch keine klare Aussage treffen, da bisher erst zwei Anlagen in den USA gebaut worden sind. Für die kleinere der beiden HTCoEL-Anlagen (12 kW), welche in einem 20 Fuß Standardcontainer verbaut ist, ergibt sich eine Leistungsdichte von 0,88 kW/m<sup>2</sup>. Dieser Wert gibt jedoch keinen Aufschluss darüber, wie viel genau von dem Gesamtcontainervolumen genutzt worden ist. Zukünftig dürften Erfahrungen, Skalierungseffekte sowie modulare Bauweisen zu effizienteren und/oder platzsparenden HTCoEL-Systemen führen – bspw. durch Stapelung von Modulen.

Das Thema der Flächennutzungskonkurrenzen ist folglich nur sehr vage zu beantworten, da diese maßgeblich von veranschlagten Ausbaudimensionen der Elektrolyseleistung der Szenarien abhängig sind – es existiert eine große Bandbreite hinsichtlich der zukünftig benötigten Elektrolyseleistung in Deutschland. Allerdings steht der zukünftige Flächenbedarf möglicher im Außenbereich gebauten Elektrolyseanlagen in keinem Verhältnis zu den Bedarfen, welche z. B. durch Stromtrassen und den Ausbau erneuerbarer Energien entstehen, um die installierte Elektrolyseleistung entsprechend mit Strom zu versorgen und könnten ggf. eventuell sogar vernachlässigt werden.

### Zuverlässigkeit/Robustheit

Aktuell existieren noch keine Zuverlässigkeitskennzahlen (Ausfallraten, -dauer usw.) bezüglich der Zuverlässigkeit eines größeren HTCoEL-Systems oder HTCo-Elektrolyseurs, da sich die Technologie in Deutschland noch im Grundlagenstadium befindet – Technology Readiness Level von 3-4 – und auf keine Langzeiterfahrungs-werte zurückgegriffen werden kann. Unter anderem werden auch Langzeittests an einzelnen Zellen sowie Stacks durchge-

führt, welche – bis jetzt – bei einer konstanten Betriebsführung (d. h. ohne signifikante Leistungs- und Laständerungen) nur eine geringfügige Degradation der Zellen aufweisen konnten. Häufiges Hoch- und Runterfahren der Stacks hingegen führt zu einer schnelleren Degradation der Zellen. Insbesondere der Anfahrprozess ist hierbei als besonders kritisch zu bewerten. Bei ungleichmäßigem Anfahren/Hochfahren des Stacks (Kaltstart), d. h. die Temperatur ist vorne 50 -100 °C höher als hinten am Stack, kann es zu einer direkten Zerstörung des Stacks kommen.

Außerhalb Deutschlands sind in den USA bereits eine kleinere (12 kW und 3 bis 5 Nm/h) und eine größere Anlage (300 kW und 96 Nm/h), welche pures CO generieren, in Betrieb (TRL von 6-7). Die Stacks/Zellen sind hierbei die gleichen, welche für die Synthesegas- oder Wasserstoffproduktion zum Einsatz kommen. Bzgl. der Zuverlässigkeit sind auch hier keine Langzeitwerte vorhanden, allerdings zeigen verschiedene Alterungs- bzw. Lebensdauer-tests mit einer Dauer von über 2.000 h eine stabile Betriebsweise und geringe Degradation [9].

### Risikobewertung

Allgemein ist das Gesundheits- und Umweltrisiko als gering einzustufen, da CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O und H<sub>2</sub> als unbedenklich gelten. Lediglich Kohlenstoffmonoxid (CO), welches Bestandteil des als Produkt entstehenden Synthesegases ist, stellt bei einer Leckage ein Risiko dar und wird auch in der Bevölkerung kritisch betrachtet. Im Normalbetrieb wird das Synthesegas je nach Bedarf eingespeist, in direkten Folgeprozessen weiterverarbeitet oder direkt vor Ort abgefüllt (z. B. in Druckflaschen).

Hierbei ist die Wahrscheinlichkeit einer Leckage ähnlich wie bei kommerziellen Industrie- und Chemieanlagen einzustufen, da die HTCoEL-Anlage geschlossene Rohrkreisläufe aufweist. Tritt bei einer Leckage CO aus, so ist es für die Umwelt unbedenklich und lediglich bei Einatmung für den Menschen schädlich bzw. je nach Konzentration sogar lebensgefährlich; bei Augen- und Hautkontakt werden keine schädlichen Wirkungen erwartet. Außer-

dem ist CO ein extrem entzündbares Gas, welches auch Explosionsgefahr birgt – hier gilt es also, entsprechende Sicherheitsstandards zu gewährleisten.

### Umwelt- und Nachhaltigkeitsbetrachtung

Bis auf den eventuellen langfristigen Raumbedarf (s. Unterabschnitt „Raumwirksamkeit: Landschaftsbild/Flächenverbrauch & Flächenkonkurrenzen“) ist bei der reinen HTCoEL, bei Vernachlässigung von vor- und nachgelagerten Prozessen, kein weiterer Einfluss auf die Biodiversität oder den Lebensraum abzusehen. Die Edukte und Produkte stehen bzw. geraten nicht in direkten Kontakt mit der Umwelt, da es bei einem HTCoEL-System sich um ein geschlossenes System handelt. Bei einer Leckage sind der Wasserdampf und das CO<sub>2</sub> vordergründig für die Umwelt unbedenklich (s. o.).

Im Normalbetrieb können die elektrische Energie und der Wasserdampf indirekt Emissionen erzeugen, wenn diese z. B. durch die Verbrennung von fossilen Energieträgern bereitgestellt werden. Solange das CO<sub>2</sub> aus nachhaltigen Quellen bzw. Prozessen stammt werden ebenfalls indirekte Emissionen vermieden. Der Einfluss des Synthesegases bzw. von Kohlenstoffmonoxid auf die Umwelt ist bereits im Unterabschnitt „Risikobewertung“ dargestellt worden.

### Passung ins Energiesystem/Integrierbarkeit

Offenbar werden erste HTCoEL-Anlagen zukünftig primär in bestehende Standorte integriert. Zum einen werden auf diese Weise die Investitions- und Betriebskosten verringert, da anhand kurzer Transportwege das produzierte Synthesegas direkt in die nachgelagerten, am Standort ansässigen Prozesse (z. B. Methanolsynthese) verwendet werden kann. Zum anderen verfügen existierende Standorte über bestehende Infrastrukturen, welche genutzt bzw. mit überschaubarem Aufwand erweitert werden können – gemeint sind hier v. a. die benötigte Nutzwärme in Form von Wasserdampf, CO<sub>2</sub>, Wasser- und Elektrizitätsanschluss mit genügend großer Kapazität.

Laut der befragten Experten ist die Integrierbarkeit technisch, infrastrukturell sowie logistisch prinzipiell möglich. Lediglich die hohen Kosten der Technologie, welche sich auf die noch geringe Erfahrung und die Halbeinzelfertigung der Zellen/Stacks (Bauteile werden maschinell gefertigt, aber der Zusammenbau des Stacks wird händisch vorgenommen) zurückzuführen sind, stellen aktuell ein Hindernis für industrielle Akteure dar und wirken folglich hemmend auf die Entfaltung der HTC<sub>o</sub>EL.

## Fazit

Wie dargestellt, befindet sich die HTC<sub>o</sub>EL in einem frühen Entwicklungsstadium, in welchem lediglich ein geringfügiges öffentliches Bewusstsein existiert und die räumliche Wahrnehmung der Technologie nicht gegeben ist. Folglich sind die Bewertung und die Einordnung der Technologie hinsichtlich der Akzeptanz noch maßgeblich von Diskursen in Expertenkreisen geprägt.

Dabei eröffnet das frühe Entwicklungsstadium Gestaltungsspielräume und bietet dahingehend die Chance, proaktiv die gesellschaftlichen Belange in den Entwicklungsprozess einzubeziehen. Hierfür steigt gerade im Expertendiskurs die Bedeutung des interdisziplinären Dialogs und Austausches, um möglichst frühzeitig unterschiedliche Betrachtungen und Bewertungskategorien zu integrieren.

In Bezug auf die HTC<sub>o</sub>EL wird deutlich, dass der Flächenverbrauch und die daraus resultierende Wahrnehmung mittelfristig mit großer Wahrscheinlichkeit das Landschaftsbild beeinträchtigt. Langfristig hängt die Wahrnehmung v. a. von der tatsächlich realisierten Ausbaudimension und der Anwendung der Technologie ab, wobei der Flächenverbrauch der HTC<sub>o</sub>EL im Außenbereich in keinem Verhältnis zum indirekten Ausbaubedarf der erneuerbaren Energien steht, um die installierte Elektrolyseleistung mit Strom zu versorgen.

Die aktuell hohen Kosten der HTC<sub>o</sub>EL wirken sich hemmend auf die Ambitionen

von Wirtschaftsakteuren und somit auf die zügige Diffusion der Technologie aus. Positiv hingegen ist die Tatsache, dass eine Integration in bestehenden Anlagen möglich ist und die Technologie ein hohes Potenzial zur nachhaltigen und effizienten Synthesegaserzeugung mit hohem Reinheitsgrad beinhaltet.

Ein weiterer Aspekt, welcher eng mit der Umwelteinwirkung, Sicherheit und dem Vertrauen verknüpft ist, sind die eingesetzten Stoffe. Bis auf das Kohlenstoffmonoxid gelten alle Stoffe als unbedenklich.

Für die gesellschaftliche Einbettung ist neben der frühzeitigen Abschätzung der dargestellten technologiebezogenen Akzeptanzfaktoren auch die Partizipation gesellschaftlicher Akteure am Diffusionsprozess von Belang. Hier bedarf es neben begleitenden Kommunikations- und Dialogmöglichkeiten auch der konkreten Teilhabe, z.B. über regionale Wertschöpfungs- bzw. Bürgerenergiemodelle und integrierte regionale Energiekonzepte.

## Literatur

- [1] F. Ausfelder, F.; Dura, H.: „Optionen für ein nachhaltiges Energiesystem mit Power-to-X-Technologien – 2. Roadmap des Kopernikus-Projektes "Power-to-X". Flexible Nutzung erneuerbarer Ressourcen (P2X)“, DECHEMA Gesellschaft für Chemische Technik und Bio-technologie e.V., Frankfurt am Main, Aug. 2019.
- [2] Dönitz, W.: Hochtemperatur-Elektrolyse von Wasserdampf: HOT ELLY Phase II A“, Eggenstein-Leopoldshafen, 1984.
- [3] Trimis, D.; Anger, S.: „Potenzial der thermisch integrierten Hochtemperaturolektrolyse und Methanisierung für die Energiespeicherung durch PowertoGas (PtG)“, gwf-Gas Energie Vulkan-Verlag GmbH, Essen, Fachbericht 01/02 2014.
- [4] J. Töpfler, J.; Lehmann, J.: Wasserstoff und Brennstoffzelle – Technologien und Marktperspektiven, 2. Auflage. Springer Vieweg.
- [5] Schäfer, M.; Keppler, D.: „Modelle der technikorientierten Akzeptanzforschung“, Berlin, 2013.
- [6] Gebauer, C.; Hildebrand, J.: „Impulspapier ‚Akzeptanz von Power-to-X-Technologien‘“, BUND e.V. – Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland und IZES gGmbH – Institut für ZukunftsEnergie- und Stoffstromsysteme, Berlin, Juli 2017.
- [7] Wüstenhagen, R.; Wolsink, M.; Bürer, M. J.: „Social acceptance of renewable energy innovation: An introduction to the concept“. Feb-2007.

[8] Fraune, C.; Knodt, M.; Götz, S.; Langer, K.: Akzeptanz und politische Partizipation in der Energietransformation. Springer Fachmedien Wiesbaden, 2019.

[9] Küngas, R.; Blennov, P.; Heiredal-Clausen, T.; Holt Nörby, T.; Rass-Hansen, J.; Primdahl, S.: „Systematic Lifetime Testing of Stacks in CO<sub>2</sub> Electrolysis“. 2017.

*A. Taubitz, wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Abteilung zukünftige Energie- und Industriesysteme, Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie gGmbH, Wuppertal; J. Hildebrand, Leiter des Arbeitsfeldes Umweltpsychologie, Institut für Zukunftsenergie- und Stoffstromsysteme (IZES), Saarbrücken*

*Ansgar.Taubitz@WupperInst.org*