

Circular Economy für Wasserstofftechnologien nutzbar machen

- Auf dem Weg zur Dekarbonisierung spielen Wasserstofftechnologien in der Energieerzeugung eine wichtige Rolle.
 - Neues Impulspapier von DKE, VDI und DIN zeigt auf, dass Circular Economy für die Realisierung der nötigen Infrastruktur große Chancen bietet.
 - Kritische Rohstoffe wie Iridium oder Platin müssen im Produktkreislauf bleiben, um die Umwelt zu schonen und um Kosten sowie Verfügbarkeit planbar zu halten.
-

Dr. Tim Brückmann | Koordinator Umwelt und Nachhaltigkeit

DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik

Merianstraße 28, 63069 Offenbach

Tel.: +49 69 6308-364

E-Mail: tim.brueckmann@vde.com | www.dke.de

Dr. Florian Lessing | Business Development Manager und tech. wiss. Experte Wasserstofftechnologie

VDE Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik e. V.

Merianstraße 28, 63069 Offenbach

Tel.: +49 69 6308-5332

E-Mail: florian.lessing@vde.com | www.vde.com

Alexandra Engelt | Leiterin Strategische Themenentwicklung Circular Economy

DIN Deutsches Institut für Normung e. V.

Am DIN-Platz, Burggrafenstraße 6, 10787 Berlin

Tel.: +49 30 2601-2923

E-Mail: alexandra.engelt@din.de | www.din.de

Kevin Hares | Wissenschaftlicher Mitarbeiter VDI-GEU

VDI Verein Deutscher Ingenieure e.V.

VDI-Platz 1, 40468 Düsseldorf

Tel.: +49 211 6214-644

E-Mail: kevin.hares@vdi.de | www.vdi.de

Energiewende mit Wasserstoff ist nicht genug!

Hitzesommer, Stürme und Flutkatastrophen sind die offensichtlichen Boten des stattfindenden Klimawandels. Bei der UN-Klimakonferenz in Paris haben sich die teilnehmenden Staaten verpflichtet, die fortschreitende Erderwärmung auf 1,5 °C zu begrenzen. Dieses Ziel verfolgt auch der "European Green Deal", welcher eine klimaneutrale europäische Wirtschaft bis ins Jahr 2050 errichten möchte.

Ehrgeizige Klimaziele erfordern eine umfassende sektorübergreifende Dekarbonisierung – Wasserstofftechnologien sind hierfür ein zentraler Baustein (Metastudie Wasserstoff, Fraunhofer, 2021). In der Fortschreibung der nationalen Wasserstoffstrategie wird für das Jahr 2030 von einem Gesamtwasserstoffbedarf von 95 bis 130 TWh ausgegangen. Dieser Bedarf enthält auch Wasserstoffderivate wie Ammoniak, Methanol oder synthetische Kraftstoffe. Um den Bedarf zu decken, wird neben Importen auch von bis zu 10 GW Erzeugung in Deutschland ausgegangen (Fortschreibung Nationale Wasserstoffstrategie, 2023). In der deutschen Industrie werden momentan schon etwa 55 TWh Wasserstoff für stoffliche Anwendungen genutzt, wobei diese zum Großteil noch auf fossilen Energieträgern beruhen (Nationale Wasserstoffstrategie, 2020). Mit Wasserstoff kann in Zeiten überschüssiger regenerativer Energie Strom stofflich gespeichert und transportiert werden. Anwendung findet er in Treib- und Brennstoffen für mobile Anwendungen und in Heizsystemen. Darüber hinaus ist es mit grünem Wasserstoff möglich, viele Prozesse der chemischen Industrie und die energieaufwendige Herstellung von Dünger oder Stahl treibhausgasneutral zu gestalten (Jahn, M. et al. (2022)).

Was jedoch oftmals bei der Etablierung einer Wasserstoffwirtschaft außer Acht gelassen wird, sind die Umweltaspekte der benötigten Produkte selbst. Daher widmet sich diese Betrachtung dem technischen Kreislauf (Technosphäre) im Sinne des Aufbaus einer Wasserstoffinfrastruktur und zugehöriger Bauteile, in erster Linie von Brennstoffzellen und Elektrolyseuren, und nicht dem stofflichen/energetischen Kreislauf im Sinne der eigentlichen Wasserstoffproduktion (Ellen MacArthur Foundation). Ein Großteil der freigesetzten Treibhausgase während des gesamten Produktlebenszyklus entsteht bei der Herstellung bis zur Inbetriebnahme von Geräten und Bauteilen der Wasserstofftechnologie. Hier sind neben dem Energieaufwand im Herstellungsprozess auch die Transportemissionen von Produkten der Wasserstofftechnologie zu nennen. Hinzu kommt ein unmittelbarer Umwelteinfluss im Rahmen der Rohstoffgewinnung und -verarbeitung, insbesondere der der kritischen Materialien (CRM, en: critical raw materials), welcher schon heute für den Großteil des Artensterbens und der Wasserknappheit sowie für die Hälfte der weltweiten Treibhausgasemissionen verantwortlich ist (Hertwich, E. et al (2019)).

Die im Rahmen der Rohstoffgewinnung verursachten Emissionen und ökologischen Eingriffe zu Lasten der Umwelt sind zumeist eine unumgängliche Investition zu Gunsten der Energiewende von Wirtschaft und Gesellschaft. Diese wird jedoch konterkariert, wenn nicht gleich zu Beginn dieser Transformationen ein Verständnis über den Umgang der verbauten Rohstoffe nach deren Einsatzzeiten entwickelt wird. Wird bei der Herstellung neuer technischer Geräte im Bereich der Wasserstofftechnologien nicht auf die bereits im Wirtschaftskreislauf befindlichen Materialien zurückgegriffen, sind die gesteckten Klimaziele nicht einzuhalten. Wichtige Strategien sind hierbei vor allem ein zirkuläres Produktdesign (Design4Circularity), die Sicherung der

Recyclingfähigkeit der Materialien und die Bereitstellung der umweltrelevanten Informationen in der Wertschöpfung.

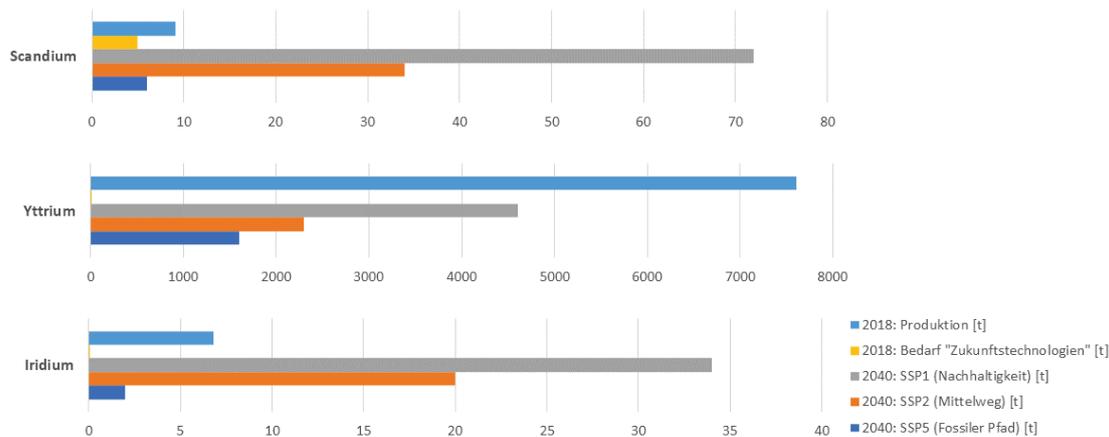


Abbildung 1 Produktion (2018) einer Auswahl kritischer Rohstoffe, die aktuell für verschiedene Anwendungen in den Wasserstofftechnologien benötigt werden und ihr Bedarf für verschiedene Zukunftstechnologien im Jahr 2018 im Vergleich zum prognostizierten Bedarf für 2040 unter Berücksichtigung verschiedener sozioökonomischer Szenarien (Marscheider-Weidemann et al., 2021).

Wie andere Felder der modernen Hochtechnologie auch, ist der Sektor Wasserstofftechnologien sehr rohstoffintensiv, wobei einige der verwendeten Materialien den kritischen Rohstoffen zuzurechnen sind. Abbildung 1 zeigt eine Auswahl von Rohstoffen, deren zukünftigen Bedarfe maßgeblich vom Einsatz der Wasserstofftechnologien wie Alkalischer Elektrolyse (AEL), Anionen-Austausch-Membran Elektrolyse (AEM), Protonen-Austausch-Membran Elektrolyse (PEM), Festoxid Elektrolyse (SOEC) oder Festoxid Brennstoffzelle (SOFC) abhängen. Als Referenzen sind die Produktion und der Bedarf im Jahr 2018 gewählt. Die Bedarfsprognosen für 2040 beziehen sich auf die "Shared Socioeconomic Pathways" (SSP) "Nachhaltig" (SSP1), "Mittelweg" (SSP2) und "Fossiler Pfad" (SSP5) (DERA Themenheft Mineralische Rohstoffe für die Wasserelektrolyse, 2022; Riahi et al. (2017)). Bei einigen Platingruppenelemente wie Iridium liegt die Weltproduktion bei nur wenigen Tonnen pro Jahr (Chatenet et al., 2022). Eine Notwendigkeit der Rückführung dieser wertvollen Elemente aus Produkten nach ihrem Lebensende in den Wirtschaftskreislauf ist daher offensichtlich. Auch Massenrohstoffe wie Stahl müssen aufgrund der energieintensiven Rohstoffgewinnung wiederverwendet werden. Ebenso gilt es, Kunststoffe aus Brennstoffzellen-, Elektrolysestack- und Systemkomponenten sowie Ionomere aus poly- und perfluorierten Kohlenwasserstoffen (PFAS) rückzugewinnen; hierdurch wird eine Akkumulierung in der Biosphäre verhindert sowie die zusätzliche Produktion potenziell schädlicher Substanzen eingegrenzt (altlasten spektrum 6/2022).

Neben den ökologischen Aspekten existieren auch dringliche wirtschaftliche und gesellschaftliche Notwendigkeiten: Nicht zuletzt der Angriffskrieg Russlands auf die Ukraine zeigt, wie abhängig die europäische und vor allem die deutsche Wirtschaft von Importen sind. Im Jahr 2019 erreichte der Rohstoffimport nach Deutschland 55% der Gesamtimportmenge – im Bereich

Seltenerdmetalle wie Yttrium liegt die Importabhängigkeit europaweit sogar bei 100 % (Eurostat, 2023), wobei neben dem Bergbau auch die Veredelung der Rohstoffe auf wenige Länder konzentriert ist, in vielen Fällen auf die Volksrepublik China (DERA Themenheft Mineralische Rohstoffe für die Wasserelektrolyse, 2022). Ein Rückgriff auf die im heimischen Kreislauf befindlichen Rohstoffe erzeugt somit auch eine stärkere Resilienz von Wirtschaft und Gesellschaft. Letztendlich gilt es auch, die Endlichkeit der Quellen natürlicher Ressourcen im Blick zu behalten.

Es bedarf somit einer ganzheitlichen Änderung von Wertschöpfungsprozessen, indem bereits bei der Entwicklung neuer Produkte der eingesetzte Materialstrom mitgedacht wird. Dieses Denken in ganzen Produktlebenszyklen – von der Rohstoffgewinnung, über die Produktion, die Nutzung bis hin zur Altproduktebehandlung – wird mit dem Begriff "Circular Economy" beschrieben.

Was versteht man unter Circular Economy?

Der Begriff "Circular Economy" wird oftmals mit "Kreislaufwirtschaft" übersetzt. Dieser Begriff wird im Deutschen jedoch meist mit der "stofflichen Verwertung" bzw. dem "Recycling" gleichgesetzt. Die Definition der Circular Economy geht jedoch weiter. Sie beinhaltet nicht nur die Behandlung der Rohstoffe nach Eintritt in den Abfallstatus, sondern den gesamten Lebenszyklus von Produkten und Komponenten. Sie zielt darauf ab, die Nutzungsphase der einzelnen Materialien zu verlängern (Müller, F. et al, 2020).

Im Bereich der Normung wurde bereits eine Definition der Circular Economy getroffen. In der DIN ISO 20400:2021 wird die Circular Economy beschrieben als "Wirtschaft, die bewusst erhaltend und regenerierend gestaltet ist und darauf abzielt, die Gebrauchstüchtigkeit und den Wert von Produkten, Komponenten und Werkstoffen stets zu maximieren, wobei zwischen technischen und biologischen Kreisläufen unterschieden wird".

Es unterscheiden sich jedoch einzelne Grundsätze und Begrifflichkeiten in Abhängigkeit von Anwendungsgebiet und Betrachtungsgrenzen. Hinzu kommt, dass sich das Themenfeld aktuell sehr dynamisch entwickelt und nahezu täglich neue Definitionen hinzukommen.

Zur Realisierung einer Circular Economy sollen sogenannte R-Strategien (en. Vorsilbe "Re-" für dt. "wieder") helfen, Rohstoffe, Materialien, Produkte und deren Komponenten möglichst lange im Wirtschaftskreislauf zu führen. In der nationalen Normung hat man sich im Rahmen der Arbeiten zur Normungsroadmap Circular Economy auf neun R-Strategien verständigt, welche Maßnahmen vor der Produktion, zur Nutzungsdauerverlängerung und nach der Nutzung beschreiben (siehe Abbildung 2).

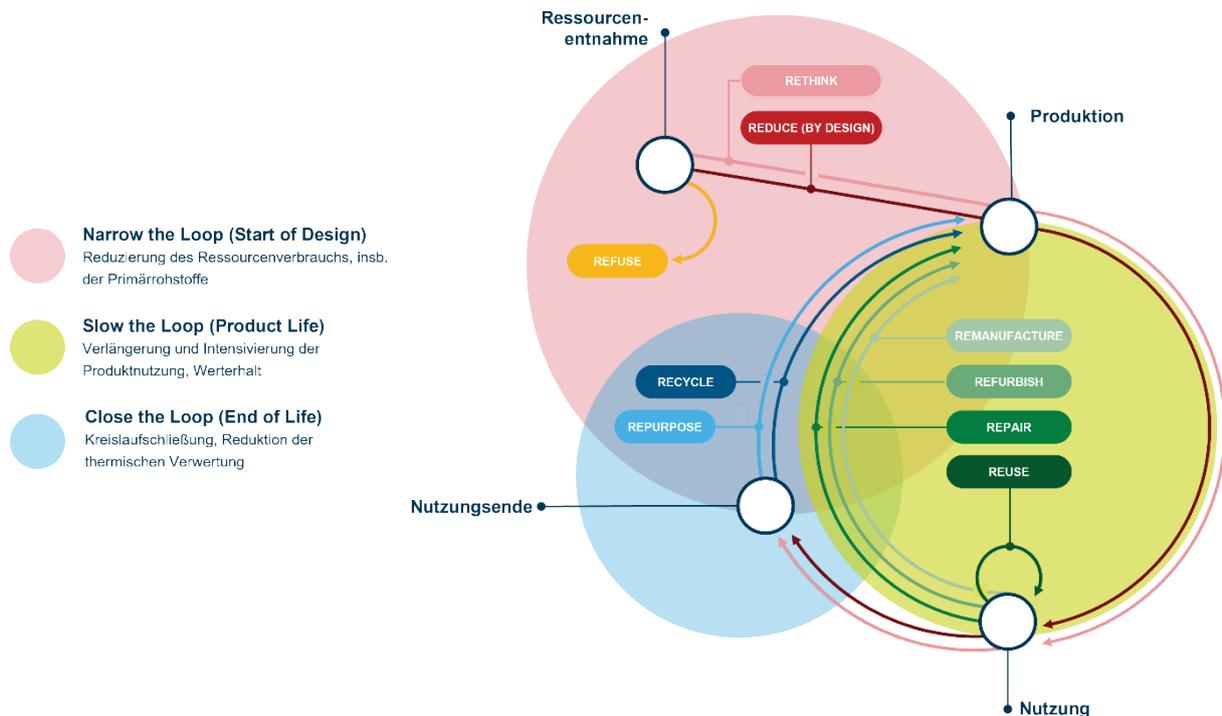


Abbildung 2 Veranschaulichung des Materialstroms innerhalb einer Circular Economy anhand von R-Strategien (DIN CIRCULAR THINKING in Standards, 2023).

Die einzelnen R-Strategien beschreiben die Produktentwicklung sowie die Behandlung von Produkten oder Komponenten, die keine Anwendung mehr finden, komplett oder in Teilen defekt sind oder deren ursprünglicher Zweck nicht mehr vorhanden ist. Die Unterschiede sind oftmals nur im Detail zu erkennen, sind jedoch für die Normung und Standardisierung, beziehungsweise die Nachbehandlung, wie beispielweise die qualitätsgesicherte Wiederaufbereitung oder das Recycling und mögliche Zertifizierung, von Bedeutung. Die Definitionen der einzelnen R-Strategien können Tabelle 1 entnommen werden.

Tabelle 1 Definitionen der neun R-Strategien aus der deutschen Normungsroadmap Circular Economy. In kursiv sind theoretische Beispiele angegeben, bezogen auf den Bereich Wasserstofftechnologien.

Vor Produktion (Narrow the Loop)	Nutzungsdauerverlängerung (Slow the Loop)	Nach Nutzungsende (Close the Loop)
<p>Refuse</p> <p>Verzicht auf ein Produkt oder Ersatz durch (digitales) Produkt oder Dienstleistung.</p> <p>Bsp.: Verzicht auf den Einsatz eines Produktes, wenn es nicht unbedingt notwendig ist.</p> <p>Quelle: DIN/DKE/VDI Normungsroadmap Circular Economy, 2023</p>	<p>Reuse</p> <p>Wiederverwendung eines Produktes für den Zweck, für den es konzipiert wurde.</p> <p>Bsp.: Einsatz einer gebrauchten Brennstoffzelle für den Kfz-Bereich für das Kfz desselben Typs.</p> <p>Quelle: DIN EN 17615:2022-12</p>	<p>Repurpose</p> <p>Verwendung eines überflüssigen Produkts oder seiner Teile in einem neuen Produkt (mit anderer Funktion).</p> <p>Bsp.: Einsatz einer gebrauchten Brennstoffzelle für den Kfz-Bereich als Hausspeicher.</p> <p>Quelle: DIN/DKE/VDI Normungsroadmap Circular Economy, 2023</p>
<p>Rethink</p> <p>Systemische Sicht einnehmen, Kreisläufe planen und designen (über Produktion hinaus).</p> <p>Bsp.: Ganzheitliche Betrachtung des gesamten Produktlebenszyklus (Cradle-to-Cradle)</p> <p>Quelle: DIN/DKE/VDI Normungsroadmap Circular Economy, 2023</p>	<p>Refurbish</p> <p>Altes Produkt wiederherstellen und es auf den neuesten Stand bringen.</p> <p>Bsp.: Überholung eines Elektrolyseurs (Kontakte erneuern, Dichtungen wechseln, ggf. Software-Update).</p> <p>Quelle: DIN/DKE/VDI Normungsroadmap Circular Economy, 2023</p>	<p>Recycle</p> <p>Rückgewinnung von Materialien aus Abfällen.</p> <p>Bsp.: Rückgewinnung der Rohstoffe und Materialien durch Abfallbehandlung von Wasserstofftechnologien.</p> <p>Quelle: Richtlinie 2008/98/EWG</p>
<p>Reduce (by Design)</p> <p>Design zur Implementierung einer Zirkularität des Produktes, Verzicht auf Rohstoffeinsatz.</p> <p>Bsp.: Verzicht von nicht notwendigem Rohstoffeinsatz bzw. dessen Substitution.</p> <p>Quelle: DIN/DKE/VDI Normungsroadmap Circular Economy, 2023</p>	<p>Repair</p> <p>Prozess, bei dem ein fehlerhaftes Produkt wieder in einen Zustand gebracht wird, in dem es seine bestimmungsgemäße Verwendung erfüllen kann.</p> <p>Bsp.: Austausch defekter Teile (bspw. Membrane, Elektroden)</p> <p>Quelle: DIN EN 45552:2020-05</p>	
	<p>Remanufacture</p> <p>Verwendung von Teilen eines ausrangierten Produkts in einem neuen Produkt (mit gleicher Funktion).</p> <p>Bsp.: Einsatz einer gebrauchten Brennstoffzelle für den Kfz-Bereich für ein Kfz anderen Typs.</p> <p>Quelle: DIN/DKE/VDI Normungsroadmap Circular Economy, 2023</p>	

Wie kann Normung und Standardisierung helfen, eine Circular Economy zu etablieren?

Bei der Transformation hin zu einer modernen Wasserstoff-Infrastruktur fällt der Normung und der Standardisierung, wie das VDI-Richtlinienwerk, zur Erreichung einer Circular Economy eine wesentliche Rolle zu. Normen und Standards

- schaffen ein einheitliches Verständnis der Thematik,
- helfen, technische Hürden abzubauen,
- wirken als Katalysator für Innovationen und den Wissenstransfer für Wirtschaft, Gesellschaft und Umwelt und
- bilden die Grundlage für eine sichere Nutzung und den nachhaltigen Übergang in eine wasserstofforientierte Zukunft.

Daneben spielen die allgemeinen Funktionen von Normen und Standards eine entscheidende Rolle, denn sie:

- bilden die Basis des allgemein anerkannten Stands der Technik und stellen diesen anwendungsorientiert für Unternehmen, Behörden und anderen Anwendenden zur Verfügung;
- machen Produkteigenschaften vergleichbar, ermöglichen gezielte Investitionen und bieten Planungssicherheit;
- stellen Grundanforderungen für Qualität und Sicherheit und deren Bemessungsgrundlagen bereit;
- sichern Kompatibilität von Produkten, Komponenten und Daten;
- unterstützen Fortschritt und den Erhalt vorhandener Strukturen.

Neben den oben genannten Punkten bereiten Normen und Standards die Möglichkeit, sich frühzeitig auf Innovationen vorzubereiten, um einen Wettbewerbsvorteil zu erzielen.

Harmonisierte Normen sowie einheitliche Prüfmethode und entsprechende Prüfpflichten sind zudem wesentliche Grundlagen für die Vergleichbarkeit und Sicherheit von Produkten und Dienstleistungen verschiedener Hersteller. Außerdem bieten sie Methoden zum Nachweis der Einhaltung von Gesetzesvorgaben (Konformität), was sie ebenfalls zu einem geeigneten Instrument beaufsichtigender Behörden macht.

Die existierende Expertise in den Normungsgremien kann einen Einstieg in eine Circular Economy erleichtern. Eine gezielte Anbindung an den bestehenden Kenntnisstand sowie die technischen Möglichkeiten wird somit ermöglicht und gleichzeitig der Aufbau von Doppelstrukturen verhindert.

Wie kann eine Circular Economy im Bereich Wasserstofftechnologien gelingen?

Um eine nachhaltige Nutzung von Rohstoffen zu gewährleisten, bedarf es eines kreislauforientierten Denkens in allen Sektoren der Wirtschaft und Gesellschaft. Gerade neu zu etablierende Technologien nehmen eine besondere Rolle ein, da die auszubauenden Strukturen von Anfang an unter Berücksichtigung von Aspekten der Circular Economy eingerichtet werden können. Dies gilt vor allem im Bereich der Wasserstofftechnologien, da besonders wertvolle Materialien verarbeitet werden und das Konzept der energetischen Unabhängigkeit um das einer tieferen rohstofflichen Unabhängigkeit erweitert werden kann.

Besonders die Technologien Brennstoffzelle und Elektrolyseure bieten wichtige Anknüpfungspunkte für die Circular Economy. Innerhalb dieser Technologien werden zum einen hochwertige Materialien wie Platingruppenelemente verwendet, deren Rückgewinnung von hoher Wichtigkeit ist und zum anderen bieten sie die Möglichkeit einer Nachnutzung, beziehungsweise Umnutzung von Einzelteilen oder gesamten Komponenten. Außerdem bieten Systeme wie die Brennstoffzelle die Möglichkeit zu einem modularen Design, was den Austausch und die Umnutzung einer Komponente sowie die Reparatur des gesamten Produktes erlaubt.

So sollte, beginnend beim Produktdesign, eine Betrachtung des gesamten Lebenszyklus stattfinden (Design4Circularity). Hierzu gehören unter anderem die Substitution und Minderung des Verbrauchs von kritischen oder zurzeit technisch und wirtschaftlich schwierig rückzugewinnenden Rohstoffen und Materialien bei der Herstellung (bspw. Verbundstoffe). Bei dem Design von Stacks sollten die Trennbarkeit und Modularität mit bedacht werden, um eine schnelle und wirtschaftliche Verwertbarkeit der verschiedenen Materialien zu erreichen. Die Möglichkeit der Reparatur, des Aus- und Umtauschs von einzelnen Komponenten und der Umnutzung können den Rohstoffverbrauch senken und den Anteil zurückgewonnener Rohstoffe erhöhen.

In diesem Zusammenhang hat sich eine niederländische Publikation bereits mit der Anwendung der R-Strategien für die Bereiche der AEL und PEM beschäftigt und Vorschläge für deren technische Umsetzung erarbeitet (Gavrilova, A., Wieclawska, S.M., 2021). Clean Hydrogen Partnership finanziert die Entwicklung neuer Recyclingverfahren für Brennstoffzellen mit dem Projekt BEST4Hy (Laufzeit 2021-2023). Ziel ist die Entwicklung von Verfahren für das Recycling kritischer Materialien (CRM) von 30 % in SOFC- und 95 % in PEM-Brennstoffzellen und End-of-Life-(EoL)-Strategien. Im Forschungs-Projekt BReCycle arbeiteten Forschungsinstitute und die Industrie zusammen, um ein nachhaltiges Verfahren zur Aufbereitung von Brennstoffzellen zu entwickeln. Dabei sollten hochwertige Materialfraktionen insbesondere aus der Elektrodeckbeschichtung generiert und die Polymerelektrolytmembran abgetrennt werden können. Die Ergebnisse sollen bei den beteiligten Industrie-Unternehmen umgesetzt werden. Im Sinne von "Reduce" sind die Hersteller von Brennstoffzellen und Elektrolyseuren schon aus ökonomischen Gründen bemüht, die Menge der verwendeten Katalysatoren zu verringern. Das österreichische Projekt "COMET P4.3 ReCYCLE" beschäftigt sich mit der Anwendung von Zirkularitätsprinzipien auf ausgewählte Elektrolysekomponenten. Es werden technologisch und ökonomisch beste Recyclingwege erforscht, Handlungsfelder für Forschung und Entwicklung identifiziert,

ausgewählte Recyclingtechnologien weiterentwickelt sowie Kriterien und Messverfahren für ein "second life" entwickelt. Ein weiteres Beispiel im Bereich Recycling von Elektrolyseuren ist das BMBF-Projekt ReNaRe. Dieses Projekt ist Teil der Technologieplattform H2Giga, deren Ziel die Entwicklung der Serienfertigung von Elektrolyseuren zur Wasserstoffherzeugung ist. Im ReNaRe-Konsortium arbeiten 13 Partner an der Entwicklung von Recycling- und Verwertungskonzepten zur Schließung der Stoffkreisläufe kritischer Rohstoffe nach der Nutzungsphase, insbesondere der hochwertigen Metalle, die für die Funktionalität großtechnischer Elektrolyseure der wasserstoffproduzierenden Alkali-, Polymermembran- und Hochtemperatur-Elektrolyseure erforderlich sind.

Über dies hinaus nehmen Normen und Standards für die Umsetzung der R-Strategien eine wichtige Rolle ein. Sie ermöglichen die Kompatibilität der einzelnen Produkte und Komponenten und stellen Methoden bereit, mit denen die Sicherheit und Funktionalität gebrauchter Teile geprüft werden können.

Um Doppelarbeiten oder gegensätzliche Normprojekte zu vermeiden, bedarf es vorab einer genauen Sondierung des vorhandenen Normenbestandes in den Bereichen der Wasserstofftechnologien und der Circular Economy. Im Rahmen der Erstellung der Normungsroadmap Circular Economy als auch der der Normungsroadmap Wasserstofftechnologie wurden zu Beginn der Arbeiten ausführliche Normenrecherchen durchgeführt. Deren Inhalte wurden im Rahmen dieser Publikation auf ihre Anwendbar- und Vereinbarkeit der Circular Economy im Bereich der Wasserstofftechnologien hin untersucht.

Normen und Standards der Circular Economy im Bereich Wasserstofftechnologien

Eine Recherche zu bestehenden technischen Regelwerken und Normen sowie vorhandener Regularien und Projekte konnte im Arbeitsbereich der Normungsroadmap Wasserstofftechnologien auf [DIN.ONE](#) eingesehen werden.

Die erhobenen Daten, beziehungsweise identifizierten Dokumente der Normenrecherche, orientieren sich an den Schlagworten der jeweiligen Arbeitsbereiche (AK 1 Erzeugung; AK 2 Infrastruktur; AK 3 Anwendung; AK 4 Qualitätsinfrastruktur; AK 5 Weiterbildung, Sicherheit, Zertifizierung). Dementsprechend sind die gelisteten Normen und Standards auch den jeweiligen Arbeitsbereichen zugeordnet und nicht global über die gesamte Thematik anzuwenden. Innerhalb der einzelnen Arbeitsbereiche werden neben den vorhandenen Normen und Standards noch betroffene Regularien aufgelistet, wobei allerdings kein Anspruch auf Vollständigkeit erhoben wird. Jeder Arbeitsbereich besitzt darüber hinaus noch ein Kapitel für vorgeschlagene Normungsbedarfe, welche innerhalb der weiteren Arbeiten zur Normungsroadmap Wasserstofftechnologien formuliert werden sollen.

Nach Sichtung der aufgelisteten Dokumente kann zusammengefasst werden, dass bisher wenige Normen und Standards eine Circular Economy thematisieren. Dennoch ist positiv hervorzuheben, dass Grundlagen des Umweltmanagements und des CO₂-Fußabdrucks berücksichtigt sind; ebenso finden Normen Erwähnung, welche R-Strategien berücksichtigen (Bsp.: IEC 62430 –

Rethink). Außerdem werden bei den regulatorischen Vorgaben einschlägige Umwelt-Richtlinien der EU als Grundlagen herangezogen, wie die Ökodesign- und Energieeffizienz-Richtlinie sowie eine Anpassung der REACH-Verordnung und RoHS-Richtlinie (Stichwort: PFAS-Verordnung).

Eine Auflistung der einschlägigen Normen, Standards und Richtlinien im Bereich der Circular Economy aus der Normenrecherche der Normungsroadmap Wasserstofftechnologien (Bearbeitungsstand: Juli 2023), kann **Anhang I** entnommen werden.

Da die Berücksichtigung einer nachhaltigen Produktgestaltung jedoch für das Feld der Wasserstofftechnologien eine wichtige Rolle spielen soll, ist ein weiterer Blick in die Normenrecherche der Normungsroadmap Circular Economy sowie in die identifizierten Normungsbedarfe empfohlen.

Normenrecherche im Rahmen der Normungsroadmap Circular Economy

Der Aufbau der Normungsroadmap Circular Economy orientiert sich an den im Circular Economy Action Plan der Europäischen Kommission formulierten Themenbereichen. Diese sind "Elektrotechnik & Informations- und Kommunikationstechnik (IKT)", "Batterien", "Verpackungen", "Kunststoffe", "Textilien" und "Bauwerke & Kommunen"; als inhaltlich übergreifendes Schwerpunktthema wurde zusätzlich "Digitalisierung, Geschäftsmodelle und Management" formuliert.

Der gesamte nationale, europäische und internationale Bestand an Normen und Standards wurde nach Schlagworten der Circular Economy durchsucht, sondiert und anschließend in die einzelnen Schwerpunktthemen aufgeteilt. Diese Dokumente bilden die Gesamtheit der bei der Erstellung der Normungsroadmap Circular Economy bereits vorhandenen Normen und Standards.

Basierend auf diesen Dokumenten wurde für jeden Sektor ein Status quo formuliert – eine Analyse des Ist-Zustands. Zusätzlich wurden Herausforderungen und Anforderungen in den jeweiligen Schwerpunktthemen mit den Akteurinnen und Akteuren der Normungsroadmap diskutiert. Aus den Herausforderungen heraus wurden konkrete Normungsbedarfe identifiziert, die dabei unterstützen können, eine Circular Economy zu etablieren.

Bei der innerhalb dieser Publikation durchgeführten Normenrecherche zu Wasserstofftechnologien lag die Konzentration auf den Sektoren "Digitalisierung, Geschäftsmodelle und Management", "Elektrotechnik & IKT" sowie "Kunststoffe", da diese Bereiche als eheste eine hinreichende Schnittmenge mit dem Wasserstoffsektor haben. Ebenso lag der Fokus bei den vorgeschlagenen Normungsbedarfen auf diesen drei Sektoren, da diese als eheste auf Wasserstofftechnologien zu übertragen sind.

Eine Auflistung der einschlägigen Normen und Standards für den Bereich der Wasserstofftechnologien aus der Normenrecherche der Normungsroadmap Circular Economy kann **Anhang II** entnommen werden. Eine Auflistung der vorgeschlagenen Normungsbedarfe ist im **Anhang III** dargestellt.

Normenrecherche Digitalisierung, Geschäftsmodelle und Management

Der Bereich "Digitalisierung, Geschäftsmodelle und Management" umfasst mit 538 Dokumenten die meisten Ergebnisse. Hiervon wurden 181 identifiziert, welche speziell auf den Wasserstoffsektor Anwendung finden können. Wie eingangs beschrieben, umfasst dieser Sektor den globalen Bereich zu Grundlagen einer Circular Economy.

So beinhaltet die Recherche unter anderem die Normen der ISO 14000 Reihe, welche ein entsprechendes Management vorschlagen und die gesamten Umwelteinflüsse betrachten und Methoden zu einer Quantifizierung geben (Bsp.: Ökobilanzen (ISO 14040 ff) und CO₂-Fußabdruck (ISO 14067))

Weiter sind allgemeine Normen, Standards und Technische Regeln aufgeführt, welche eine nachhaltige Produktgestaltung sowie Organisation ermöglichen sollen.

Normenrecherche Elektrotechnik & IKT

Insgesamt fallen von den 2101 der gesamten identifizierten Normen und Standards im Bereich Circular Economy 328 in den Sektor "Elektrotechnik & IKT", wobei 129 konkret mit dem Bereich Wasserstofftechnologien in Verbindung gebracht werden können.

Im Allgemeinen sind die Normen der EN 4555x-Reihe zu nennen, welche den Großteil der in der Normungsroadmap beschriebenen R-Strategien abdecken. Die Normen entstanden anhand des Normungsauftrages M/543 im Rahmen der Ökodesign-Richtlinie (2009/125/EG) und wurden im Gemeinschaftsgremium "CEN/CLC JTC10 „Material efficiency aspects for products in scope of Ecodesign legislation“" erarbeitet; die nationale Bearbeitung der Norm-Dokumente findet im DIN/DKE Gemeinschaftsgremium NA 172-00-20-01 GAK "Ökodesign, insbesondere Materialeffizienz von energieverbrauchsrelevanten Produkten" statt. Da es sich hier zumeist um horizontale Normen handelt, bedarf es, wie im Fall anderer Produkte der Elektrotechnik, einer Überführung in spezifische Produktnormen.

Ebenso ist die Normenreihe der EN 50625 zu nennen. Diese beschreibt die Sammlung, Logistik und Behandlung von Elektro- und Elektronikaltgeräten. Sie gibt allgemeine Anforderungen wieder, aber auch für den besonderen Anwendungsfall wie für PV-Anlagen oder Bildschirme. Darüber hinaus werden Spezifikationen für die Schadstoffentfrachtung dargestellt. Die Normen entstanden anhand des Normungsauftrages M/518 im Rahmen der WEEE-Richtlinie (2012/19/EU) und wurden im CLC TC111x "Environment" erarbeitet; die nationale Bearbeitung der Norm-Dokumente findet im DKE-Gremium DKE/K191 "Umweltschutz und Nachhaltigkeit bei Produkten in der Elektrotechnik, Elektronik, Informationstechnik" statt.

Daneben ist besonders auf die Norm IEC 62430 zu verweisen, welche sich mit einer umweltbewussten Produktgestaltung befasst. Weitere, nicht im Normenwerk enthaltene Anwendungsregeln (Bsp.: VDI-Richtlinien) werden ebenso aufgeführt sowie IEC-Guides zur Erstellung umweltbewusster Normen (Bsp.: IEC-Guide 109).

Normenrecherche Kunststoffe

Die Normenrecherche beinhaltet hauptsächlich Dokumente zum Recycling von Kunststoffen. Diese beschreiben den Einsatz von Kunststoffen, Kennzeichnung von Rezyklaten sowie das Design zum Recycling.

Zu nennen ist hier die Norm IEC 62474 Materialdeklaration sowie das daraus resultierende ISO/IEC Projekt 82474-1. Beide Dokumente bieten ein einheitliches Verfahren zur Darstellung und Weitergabe von materialspezifischen Daten. Dies ist nicht nur wichtig, um eine möglichst ganzheitliche stoffliche Verwertung zu gewährleisten, sondern auch um den verbleibenden Rohstoffwert von Produkten der Wasserstofftechnologie zu bemessen, sobald diese Abfall geworden sind.

Des Weiteren gibt es Dokumente zur Rückverfolgbarkeit bei der Kunststoffverwertung und zur Bewertung der Konformität des Rezyklatgehalts (EN 15343). Weitere Dokumente der EN 1534x-Reihe zu Charakterisierung und Prüfverfahren verschiedener Kunststoffrezyklate befinden sich aktuell in der Bearbeitung.

Relevante Normungsbedarfe aus der Normungsroadmap Circular Economy

Wie oben bereits beschrieben, konzentriert sich die Recherche der Normungsbedarfe der Normungsroadmap Circular Economy auf die drei Sektoren "Digitalisierung, Geschäftsmodelle und Management", auf "Elektrotechnik & IKT" sowie auf "Kunststoffe". Die für Wasserstofftechnologien interessantesten Bedarfe sind in diesem Kapitel kurz zusammengefasst; einen Verweis auf die im Text Bezug genommenen Bedarfe ist in Klammern dargestellt. Eine ausführliche Auflistung kann **Anhang III** entnommen werden.

Normungsbedarfe Digitalisierung, Geschäftsmodelle, Management

Wie schon bei der Normenrecherche geben auch die formulierten Bedarfe globale Hinweise, wie nachhaltige Produktion und Unternehmensstruktur gelingen können (1.18 und 1.19). Unter anderem wird die Erhebung von produktkategorienbezogenen Zirkularitätskriterien vorgeschlagen (1.1), aber auch Mechanismen zur Lebensdauerverlängerung, konkret: Qualitätssicherung, Konformitätsbewertung und -erklärung von wiederverwendeten Produkten (1.2). Dies soll die Zuverlässigkeit, Sicherheit und Funktionalität von gebrauchten Produkten gewährleisten und damit das Vertrauen von Verbraucherinnen und Verbrauchern und anderer Marktteilnehmenden steigern.

Ein großer Teil der aufgeführten Bedarfe behandelt das Querschnittsthema "Digitaler Produktpass", beziehungsweise die Art und Weise, wie Daten erhoben und weitergegeben werden sollen (u.a. 1.7).

Des Weiteren werden grundlegende Bedarfe formuliert, welche über den Scope von Wasserstofftechnologien hinausgehen. Hier sind unter anderem die einheitlichen Definitionen von Begriffen der Circular Economy zu nennen (1.25) sowie die Definition von Einheiten und Größen der Circular Economy (1.26).

Unabdingbare Normungsbedarfe zur Etablierung eines geschlossenen Rohstoffstromes sind die Bedarfe zur Erstellung einer lückenlosen Kommunikation zwischen den Wertschöpfungskreisläufen (1.28) und zum Aufbau einer Reverse-Logistik, ohne die das Einhalten der meisten R-Strategien nicht möglich ist (1.30). Darüber hinaus besteht auch im Bereich der Wasserstofftechnologie der Bedarf, durch Normung und Standardisierung, bereits während der Designphase, den gesamten (Produkt-)Lebenszyklus zu berücksichtigen (1.33).

Normungsbedarfe Elektrotechnik & IKT

Da eine der am meisten verbreiteten Anwendungen der in der Normungsroadmap behandelten Wasserstofftechnologien einen Einsatz in Verbindung zur Elektrotechnik haben, finden sich auch die meisten anwendbaren Normungsbedarfe aus dem Bereich Circular Economy im Sektor der "Elektrotechnik & IKT". Anzumerken ist jedoch, dass sich die in der Normungsroadmap Circular Economy gefundenen Bedarfe sowie der textliche Inhalt in erster Linie auf Produkte für den Endverbraucher beziehen. Dies ist bei vielen Anwendungen der Wasserstofftechnologie jedoch selten der Fall, wie bei Elektrolyseuren und Brennstoffzellen für den industriellen Einsatz. Allerdings gibt es auch hier Anwendungen im kleinen bis mittleren Bereich (KMU und Privathaushalte). Demnach können die im Folgenden aufgeführten Bedarfe ebenfalls in diesem Sektor Anwendung finden.

So bietet es sich im Bereich der Wasserstofftechnologien an, Indikatoren für die Vergleichbarkeit von R-Strategien zu entwickeln, um im Sinne des Kreislaufgedankens ein bestmögliches Produkt zu erhalten (2.1 und 2.4). Wie bereits im Kapitel zur Normenrecherche beschrieben, bietet die elektrotechnische Normung bereits Dokumente zur Einhaltung der meisten R-Strategien, welche zumeist jedoch horizontaler Natur sind. Eine Übertragung auf spezifische Produkte muss demnach noch in den einzelnen Sektoren erfolgen (2.3). Ebenfalls ist ein produktspezifischer Einsatz von Normen im Bereich Sammlung, Logistik und Behandlung von Altgeräten der Wasserstofftechnologie denkbar (2.39).

Weiter werden Normungsbedarfe in Verbindung mit dem "Digitalen Produktpass" vorgeschlagen. Wie eingangs erwähnt, bezieht sich das Kapitel in erster Linie auf Verbrauchsprodukte, jedoch ist der Einsatz eines Digitalen Produktpasses auch im industriellen Bereich von großer Bedeutung und wird helfen, die Digitalisierung und Automatisierung voranzutreiben und somit wertvolle Ressourcen in allen Bereichen zu sparen (2.13). Auch Bedarfe zum Inhalt des Produktpasses werden aufgezeigt, wie die Bereitstellung von Informationen über Inhaltsstoffe und Materialzusammensetzung (2.15 und 2.42).

Daneben wird ein wichtiger Punkt bezüglich der verlängerten Nutzungsdauer aufgenommen: Durch das Aufspielen von Updates können Produkte langlebiger werden. Hierzu ergeben sich Bedarfe bezüglich der Bemessungsgrundlagen von Produktveränderungen (2.14) und zur Implementierung einer Upgradeability während der Designphase (2.32).

Normungsbedarfe Kunststoffe

Die im Kapitel "Kunststoffe" aufgezeigten Bedarfe beinhalten in erster Linie die Behandlung von Kunststoffen und den daraus gewonnenen Rezyklaten. Sie nehmen keinen konkreten Bezug auf die Anwendung in Wasserstofftechnologien. Die Bedarfe können als Ergänzung von Bedarfen aus dem Bereich "Elektrotechnik & IKT" gesehen werden.

So wurden unter anderem mehrere Bewertungsbedarfe zur ökologischen Einordnung der Recyclingverfahren (5.2 und 5.3) sowie zur Wiederverwendung von Kunststoffen vorgeschlagen (5.8) sowie Normungsbedarfe zur Prüfung der Materialzusammensetzung (5.26 und 5.28). Diese Vorschläge sind allerdings losgelöst vom Einsatzgebiet der jeweiligen Kunststoffe. Hierzu müssten im Bereich der Wasserstofftechnologien einschlägige Normen und Standards verfasst werden, welche die Anforderungen an Kunststoffe, beziehungsweise an Rezyklate konkretisieren.

Es sind zudem weitere Verfahren des physikalischen und chemischen Recyclings in der CE-Roadmap vorgeschlagen worden, so v.a. zur qualitätsbezogenen Normung der Eingangsströme für chemische Recyclingverfahren (5.23 -5.25).

Wie auch in den vorangegangenen Kapiteln gibt es auch im Bereich "Kunststoffe" Normungsbedarfe in Verbindung mit dem Digitalen Produktpass (5.13).

Außerdem gibt es neben den Normungsbedarfen noch Hinweise und Empfehlungen an Politik und Gesellschaft, die Forschung im Bereich Rezyklate voranzutreiben und zu fördern (5.34).

Fazit

Um die Transformation hin zu einer nachhaltigen und klimaneutralen, aber zumindest treibhausgasneutralen Gesellschaft zu ermöglichen, ist die Etablierung von geschlossenen Stoffkreisläufen unabdingbar. Somit ist die Zusammenfassung von Normen und Standards der Circular Economy im Bereich der Wasserstofftechnologien wichtig zur Realisierung einer Kreislaufwirtschaft und der Sicherung von strategischen und kritischen Ressourcen. Ergänzt um einschlägige Normen und Standards aus der Normenrecherche der Normungsroadmap Circular Economy und den darin identifizierten Normungsbedarfen, bietet diese Publikation einen Überblick über bestehende und anzufertigende Dokumente. Vor allem für Expertinnen und Experten in den Arbeitskreisen Erzeugungsanlagen, Infrastruktur sowie Qualitätsinfrastruktur kann diese Übersicht ein hilfreiches Instrument sein.

Dabei ist aber auch wichtig zu erwähnen, dass sich der Gedanke einer Circular Economy nicht lediglich auf die Bereiche Elektrolyseure und Brennstoffzellen beschränken soll. Vielmehr sind auch angrenzende Sektoren wie beispielweise das Verteilungsnetz und die Speicherinfrastruktur ebenfalls mit in die Betrachtungen zu ziehen, da eine reale Kreislaufwirtschaft nur unter Einbezug aller Materialkreisläufe gelingen kann - es bedarf eines systemischen Ansatzes. Letztendlich muss bei allen Überlegungen die Sicherheit der Produkte und Verfahren im Vordergrund stehen. Ein zirkuläres Produktdesign darf nicht auf Kosten der Unversehrtheit von Mensch und Umwelt erfolgen.

Die Normenrecherchen beider Normungsroadmaps zeigen bereits viele Ansätze zum Erreichen einer Circular Economy im Wasserstoffsektor. Viele Normen verfolgen einen holistischen Ansatz, wie das allgemeine Umweltmanagement (ISO 14000-Reihe) oder die umweltbewusste Produktgestaltung (IEC 62430). Hier gilt es, produktspezifische Ansätze herauszuarbeiten und zu verfolgen. Gerade der Bereich der Elektrotechnik bietet schon eine Vielzahl von horizontalen Normen, auf welchen sich Produktnormen aufbauen lassen.

Besonders hervorzuheben ist auch, dass explizite Dokumente für den Bereich Wasserstofftechnologien in der Normenrecherche Circular Economy gelistet sind. Dies zeigt, dass in der Vergangenheit in diesem Sektor bereits Maßnahmen zur nachhaltigen Produktgestaltung und zum Recycling ergriffen wurden. Auf den daraus gewonnen Erkenntnissen kann nun aufgebaut werden. Auch bleibt es wichtig, die vorhandenen Normen und Standards einer steten Revision zu unterziehen.

Die in der Normungsroadmap Circular Economy aufgezeigten Normungsbedarfe liefern ferner die Möglichkeiten, die in der Normenrecherche identifizierten Lücken weitestgehend zu schließen. Die meisten Bedarfe sind sehr allgemein formuliert oder orientieren sich an den

Bedürfnissen von Massenprodukten für Endverbraucher. Allerdings bieten die Bedarfe eine gedankliche Skizze, welche größtenteils auf den Bereich Wasserstofftechnologien übertragbar ist.

Letztlich bedarf es bei der Aufstellung einer nachhaltigen Wasserstoffwirtschaft und -infrastruktur zum einen einer ganzheitlichen Betrachtung aller verbundenen Sektoren (Herstellung von sicheren Produkten, Erzeugung, Verteilung, Nutzung, Lebenszyklusende) und zum anderen einer Betrachtung des einzelnen Produkt- beziehungsweise Aufgabenbereiches. Natürlich dürfen angrenzende Sektoren, wie der Kunststoff-, aber auch der Baubereich in einer solchen Betrachtung nicht außen vor gelassen werden. Ebenso ist es wichtig, die Digitalisierung im Bereich der Wasserstofftechnologien konsequent mitzudenken. Das bedeutet nicht nur die Nutzung eines digitalen Produktpasses, sondern auch die Nutzung von Methoden und Daten, die dieser enthält. Dazu wird eine digitale Qualitätsinfrastruktur benötigt, die maschineninterpretierbare Kommunikationsstrukturen für Kalibrierzertifikate und Konformitätsbewertungen besitzt.

Um eine Circular Economy im Bereich der Wasserstofftechnologien zu ermöglichen, müssen deren Aspekte bereits in der Designphase für jeden Abschnitt des Lebenszyklus mitgedacht werden. Normen und Standards sollen hierbei helfen, wirtschaftliche Lösungen zu finden und gleichzeitig Sicherheit und Verlässlichkeit zu gewährleisten.

Koordinatoren

Dr. Tim Brückmann

DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik
Elektronik Informationstechnik

Dr. Florian Lessing

VDE Verband der Elektrotechnik Elektronik
Informationstechnik e.V.

Reviewer

Irem Alcioglu

DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik
Elektronik Informationstechnik

Autoren und -Autorinnen

Holger Alwast

Alwast Consulting

Dr. Wolfgang Dörner

Linde GmbH

Alexandra Engelt

DIN Deutsches Institut für Normung e. V.

Ignacio Garcia-Lorenzana

Hydrogen Motor Europe Technical Center

Dr. Michael Götz

EKPO Fuel Cell Technologies GmbH

Dr. Sven Grieger

Fraunhofer IWKS

Kevin Hares

VDI Verein Deutscher Ingenieure e. V.

Moritz Harich

DEKRA SE

Sarah Haßlacher

Universität München Campus Straubing für
Biotechnologie und Nachhaltigkeit

Dr. Beate Heisterkamp	BP Europa SE
Dr. Robert Hermann	TÜV SÜD Landesgesellschaft Österreich
Dennis Hoke	Maximator Hydrogen GmbH
Dr. Manfred Kircher	KADIB
M.Sc. Christoph Klaassen	
Axel Lemberg	K+S Aktiengesellschaft
Dr. Rüdiger Meyer	Phoenix Contact GmbH & Co. KG
Hubertus Rosenow	thyssenkrupp nucera AG & Co. KGaA
Dr. Annette Röttger	Physikalisch-Technische Bundesanstalt
Simon W. Schmeisser	
Volker Schmidt	Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR)
Prof. Dr.-Ing. Kay Schmidt-Rethmeier	Fachhochschule Kiel
Dott.ssa mag. Ing. Silvia Schmiedhofer	GKN Hydrogen
Dr. Jona Schuch	Fraunhofer IWKS
Ramona G. Simon	DECHEMA Gesellschaft für Chemische Technik und Biotechnologie e. V.
Dr. Sandro Szabo	Hessen Trade & Invest GmbH

Anna Trawnitschek

DIN Deutsches Institut für Normung e. V.

Prof. Dr.-Ing. Holger Watter

Hochschule Flensburg und DIN NSMT

Dr. Johannes Woth

Fraunhofer IWKS

Über DIN

Das Deutsche Institut für Normung e. V. (DIN) ist die unabhängige Plattform für Normung und Standardisierung in Deutschland und weltweit. Gemeinsam mit Wirtschaft, Wissenschaft, öffentlicher Hand und Zivilgesellschaft trägt DIN wesentlich dazu bei, Zukunftsfelder zu erschließen. Als Mitgestalter des digitalen und grünen Wandels leistet DIN einen wichtigen Beitrag bei der Lösung der aktuellen Herausforderungen und ermöglicht, dass sich neue Technologien, Produkte und Verfahren am Markt und in der Gesellschaft etablieren. Rund 36.500 Expertinnen und Experten aus Wirtschaft und Forschung, von Verbraucherseite und der öffentlichen Hand bringen ihr Fachwissen in den Normungsprozess ein, den DIN als privatwirtschaftlich organisierter Projektmanager steuert. Die Ergebnisse sind marktgerechte Normen und Standards, die den weltweiten Handel fördern und der Rationalisierung, der Qualitätssicherung, dem Schutz der Gesellschaft und Umwelt sowie der Sicherheit und Verständigung dienen. Weitere Informationen unter www.din.de

Über DKE

Die vom VDE getragene DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE (DKE) ist die Plattform für rund 9.000 Expert*innen aus Wirtschaft, Wissenschaft und Verwaltung zur Erarbeitung von Normen, Standards und Sicherheitsbestimmungen für die Elektrotechnik, Elektronik und Informationstechnik. Normen unterstützen den weltweiten Handel und dienen u. a. der Sicherheit, Interoperabilität und Funktionalität von Produkten und Anlagen. Als Kompetenzzentrum für elektrotechnische Normung vertritt die DKE die Interessen der deutschen Wirtschaft in europäischen (CENELEC, ETSI) und internationalen Normenorganisationen (IEC). Darüber hinaus erbringt die DKE umfangreiche Dienstleistungen rund um die Normung und das VDE Vorschriftenwerk. Mehr Informationen unter www.dke.de

Über VDI

Die Faszination für Technik treibt uns an: Seit mehr als 165 Jahren gibt der VDI – Verein Deutscher Ingenieure e.V. wichtige Impulse für neue Technologien und technische Lösungen und sorgt so für mehr Lebensqualität, eine bessere Umwelt und mehr Wohlstand. Mit rund 130.000 Mitgliedern ist der VDI der größte technisch-wissenschaftliche Verein Deutschlands. Wir sprechen für Ingenieurinnen und Ingenieure sowie für die Technik und gestalten so aktiv die Zukunft mit. Über 12.000 ehrenamtliche Fachleute bearbeiten jedes Jahr neueste Erkenntnisse zur Förderung unseres Technikstandorts. Als drittgrößter technischer Regelsetzer ist der VDI Partner für die deutsche Wirtschaft und Wissenschaft. Mehr Informationen unter www.vdi.de