



DKE



VDA



**NORMUNGSROADMAP
WASSERSTOFFTECHNOLOGIEN**

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

NORMUNGSROADMAP WASSERSTOFFTECHNOLOGIEN 2024

HERAUSGEBER



DIN e. V.

Am DIN-Platz
Burggrafenstraße 6
10787 Berlin
Tel.: +49 30 2601-0
E-Mail: presse@din.de
Internet: www.din.de



**DKE Deutsche Kommission
Elektrotechnik Elektronik
Informationstechnik**

Merianstraße 28
63069 Offenbach am Main
Tel.: +49 69 6308-0
E-Mail: dke@vde.com
Internet: www.dke.de



**Deutscher Verein des Gas- und
Wasserfaches e. V. (DVGW)**

Josef-Wirmer-Straße 1–3
53123 Bonn
Internet: www.dvgw.de/



**Verein für die Normung
und Weiterentwicklung des
Bahnwesens e. V. (NWB)**

Projektbüro DIN-FSF
Rolandstraße 4
34131 Kassel
Tel.: +49 561 997918-15
Internet: www.fsf.din.de



**Verband der Automobil-
industrie e. V. (VDA)**

Behrenstraße 35
10117 Berlin
Internet: www.vda.de/de



**Verein Deutscher
Ingenieure e. V. (VDI)**

VDI-Platz 1
40468 Düsseldorf
Tel.: +49 211 6214-0
E-Mail: vdi@vdi.de
Internet: www.vdi.de



**Verband Deutscher Maschinen-
und Anlagenbau e. V. (VDMA)**

Lyoner Straße 18
60528 Frankfurt am Main
Tel.: +49 69 6603-0
E-Mail: info@vdma.org
Internet: www.vdma.org

Stand: 2024

Die Bildnachweise befinden sich auf [Seite 240](#).

VORWORT



Christoph Winterhalter
(DIN)



Michael Teigeler
(DKE)



Prof. Dr. Gerald Linke
(DVGW)



Marko Kurt Schreiber
(NWB)



Hildegard Müller
(VDA)



Dieter Westerkamp
(VDI)



Hartmut Rauen
(VDMA)

Sehr geehrte Leserinnen und Leser,

die Energiewende ist ein entscheidender Schritt in Richtung einer nachhaltigen und klimafreundlichen Energieversorgung. Dabei spielt Wasserstoff eine bedeutende Rolle als Energieträger der Zukunft und vielversprechende Option, um die Abhängigkeit von fossilen Brennstoffen zu verringern und die Emissionen von Treibhausgasen zu reduzieren. Um den Markthochlauf von Wasserstoff erfolgreich zu realisieren, bedarf es eines verlässlichen und kongruenten technischen Regelwerks. Normen und Dokumente der technischen Regelsetzung schaffen ein einheitliches Verständnis über Fachbereichsgrenzen hinweg und ermöglichen die Skalierung der Wasserstofftechnologien. Sie sind wegweisende Leitplanken für Technologien, Infrastrukturen und Qualitätsstandards und schaffen Vertrauen für Technologien „Made in Germany“.

Die Veröffentlichung der Normungsroadmap Wasserstofftechnologien, die Sie hier in den Händen halten, präsentiert den Status quo der Bestands- und Bedarfsanalyse an Normen und

Dokumenten der technischen Regelsetzung im Bereich der Wasserstofftechnologien. Die Ergebnisse dienen als abgestimmter Fahrplan und einheitliche Standardisierungsstrategie für die nationale Wasserstoffwirtschaft. Sie sind als Werkzeuge zu verstehen, um die deutschen Interessen auf dem europäischen und internationalen Parkett erfolgreich einzubringen.

Um die detaillierte Bandbreite der gesamten Wasserstoffwertungskette abzudecken, wird die vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) geförderte Normungsroadmap von den national zuständigen Organisationen für die Regelsetzung und anerkannten Normungsorganisationen gemeinschaftlich organisiert. Dadurch wird eine Plattform geboten, die es den Stakeholdern der Wasserstoffwirtschaft ermöglicht, sich umfassend zum Thema Normung und technische Regelsetzung auszutauschen, gezielt ihre Bedürfnisse einzubringen und Projekte zur Erweiterung des technischen Regelwerks voranzubringen.

Folgendermaßen ordnen die beteiligten Projektpartner die Bedeutung der Normungsrroadmap Wasserstofftechnologien ein:

Christoph Winterhalter (DIN): „Wasserstoff ist ein ganz zentraler Baustein für nachhaltige, sichere und bezahlbare Energieversorgung. Für uns als Normungsorganisation ist es wichtig, dass es uns gelungen ist, bei der Erarbeitung der Normungsrroadmap Wasserstofftechnologien alle beteiligten und interessierten Kreise zusammenzubringen, um einen anerkannten Fahrplan zu erstellen, verbunden mit einem starken Commitment zur gemeinsamen Umsetzung.“

Michael Teigeler (DKE): „Wasserstoff hat ganz klar das Potenzial, viele Wertschöpfungsketten und auch Handelsbeziehungen international nachhaltig zu verändern. Über Sicherheitsstandards müssen wir dafür sorgen, dass die Technologie in der Gesellschaft schneller und natürlich auch positiv aufgenommen wird.“

Prof. Dr. Gerald Linke (DVGW): „Das Thema Wasserstoff betrifft alle Industriezweige, ob Beton, Stahl, Glas oder Mobilität, aber natürlich auch die Energiewirtschaft selber. Wir brauchen deshalb diesen synergetischen Prozess und das Know-how aus allen Branchen, das wir hier in die Normungsrroadmap einbringen.“

Marko Kurt Schreiber (NWB): „Im Schienenverkehr sind alternative Antriebskonzepte ein wesentlicher Beitrag für den Klimaschutz, insbesondere für den Einsatz auf nicht elektrifizierten Strecken. Um Planungssicherheit für die Entwicklung, die Zulassung und den Betrieb des wichtigen Energieträgers Wasserstoff zu erhalten, sind Standards ein essenzieller Erfolgsfaktor für die Hersteller, Zulassungsbehörden und Betreiber. Die Normungsrroadmap Wasserstofftechnologien bildet eine ideale Plattform, um das Expertenwissen zu bündeln und die Zukunft nachhaltig zu gestalten.“

Hildegard Müller (VDA): „Die Normungsrroadmap Wasserstofftechnologien kann als Vorbild für andere Länder dienen, um gemeinsam Normen und Standards zu entwickeln. Es besteht darüber hinaus auch die Hoffnung, dass technische Regelwerke, die in diesem Projekt angestoßen werden, in Europa oder sogar weltweit übernommen werden.“

Dieter Westerkamp (VDI): „Hierfür sind eine Vielzahl von Partnern, d. h. Hersteller, Infrastrukturanbieter, Endnutzer und auch die Gesellschaft einzubinden. Durch die Mitwirkung kann man die Inhalte der Standards gemeinsam mit anderen festlegen und somit den Hochlauf der Wasserstoffwirtschaft gestalten.“

Hartmut Rauen (VDMA): „Im Maschinenbau sind wir mit unseren Technologien im Gravitationszentrum der Wasserstoffwirtschaft positioniert, wir repräsentieren Hersteller von Maschinen und Anlagen zur Wasserstofferzeugung, Umwandlung und Nutzung, z. B. in den Produktwelten Elektrolyseur, Brennstoffzelle, H₂-ready-Gasturbinen oder mobile Arbeitsmaschinen als Nutzer von E-Fuels – ebenso wie die Hersteller der Produktionsmittel für z. B. den Brennstoffzellenstack.“

Wir bedanken uns herzlich bei allen, die an dieser Fassung der Normungsrroadmap Wasserstofftechnologien mitgewirkt haben. Unser Dank gilt insbesondere den über 600 Autorinnen und Autoren und Mitarbeitenden, die diese Normungsrroadmap kollaborativ und im Konsens erarbeiten und damit dieses Gesamtprojekt erst ermöglichen.

Den Leserinnen und Lesern wünschen wir eine interessante Lektüre und freuen uns über aktive Unterstützung bei der Umsetzung der Normungsrroadmap, denn die Roadmap markiert nicht den Abschluss, sondern vielmehr den Auftakt zur Umsetzung der Handlungsempfehlungen in den Gremien der technischen Regelsetzung bei allen beteiligten Partnern.

Wir sind überzeugt davon, dass durch Normung und technische Regelsetzung die Rahmenbedingungen für einen erfolgreichen Wasserstoffmarkthochlauf geschaffen werden. Gehen wir es zusammen an!

Ihr/e



Christoph Winterhalter



Michael Teigeler



Prof. Dr. Gerald Linke



Marko Kurt Schreiber



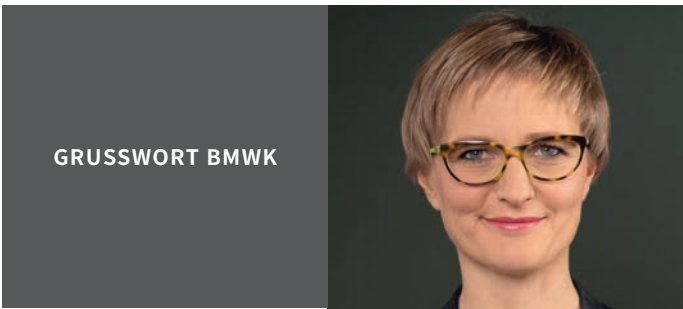
Hildegard Müller



Dieter Westerkamp



Hartmut Rauen



Dr. Franziska Brantner

Parlamentarische Staatssekretärin beim Bundesminister für Wirtschaft und Klimaschutz

Liebe Leserinnen und Leser,

weiterhin braucht es intelligente und innovative Ansätze, damit die Energiewende erfolgreich umgesetzt werden kann. Wasserstoff als Energieträger der Zukunft bietet eine vielversprechende Lösung, um einen Beitrag zur Nachhaltigkeit zu leisten und dem Klimawandel entgegenzuwirken.

Deutschlands Ziel ist es, bis 2045 Klimaneutralität in allen Sektoren zu erreichen. Besonderer Fokus liegt hierbei zunächst auf der Dekarbonisierung des Energiesektors. Im Jahr 2030 soll mindestens 80 % des Stroms aus erneuerbaren Energien stammen. Klimaneutraler Strom bildet die Grundlage, um Wärmeversorgung und Mobilität klimaneutral gestalten zu können. Insbesondere in schwer zu elektrifizierenden Bereichen kann dafür Wasserstoff zum Einsatz kommen. Um die Zeiten auszugleichen, in denen keine Wind- oder Solarenergie zur Verfügung steht, werden Wasserstoffkraftwerke zudem eine essentielle Rolle zur Versorgungssicherheit übernehmen.

Die Bedeutung des Themas Wasserstoff unterstreicht auch die Nationale Wasserstoffstrategie. Mit ihr will die Bundesregierung den Einsatz klimafreundlicher Wasserstofftechnologien vorantreiben, um einen wichtigen Beitrag zur Treibhausgasneutralität zu erreichen. Zudem hat die Europäische Kommission im Juli 2020 im Rahmen der Umsetzung des European Green Deals die EU-Wasserstoffstrategie vorgestellt. Auch sie zielt darauf ab, die Wasserstoffherzeugung zu dekarbonisieren und fossile Brennstoffe zu ersetzen.

Neben dem Potenzial als Energieträger sind gleichzeitig sicherheitstechnische Aspekte nicht zu vernachlässigen. Hierfür sind Rahmenbedingungen und Leitplanken erforderlich, die die Etablierung von Wasserstofftechnologien auf dem Markt unterstützen und fördern.

Vor diesem Hintergrund ist die kontinuierliche Weiterentwicklung der technischen Normen und Standards auf nationaler, europäischer und internationaler Ebene von enormer Wichtigkeit. Diese wird auch in der Nationalen Wasserstoffstrategie adressiert, z. B. im Hinblick auf die Entwicklung von Qualitäts- und Nachhaltigkeitsstandards, sowie der internationalen Harmonisierung von Standards bezüglich Mobilitätsanwendungen für Wasserstoff- und Brennstoffzellensysteme.

Durch frühzeitige Normung und Standardisierung kann sich die deutsche Wirtschaft darüber hinaus in diesem Kontext europäisch und international platzieren, indem sie schon während der Entwicklung neuer Produkte und Prozesse wesentliche Messmethoden und Anforderungen definiert. Durch die vorliegende Normungsroadmap Wasserstofftechnologien wird vor diesem Hintergrund eine nationale Vorgehensweise abgestimmt.

Wir müssen aber auch die strategische Rolle Deutschlands in der internationalen Normung stärken. Das Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz hat deshalb das Deutsche Strategieforum für Standardisierung einberufen, das als Gremium führender Personen aus Unternehmen, Verbänden, Wissenschaft, Normungsorganisationen und Verwaltung die Bundesregierung seit Anfang 2023 in strategischen Fragen der Normung wie auch der Gewinnung von dringend benötigten Expertinnen und Experten berät. Beim zentralen Thema Wasserstoff lautet die Empfehlung für einen erfolgreichen Markthochlauf klar, dass sich Akteure aus Normung und Regulierung stärker koordinieren müssen, um unsere Ressourcen und Aktivitäten strategisch bündeln und auf die internationale Normung ausrichten zu können.

Die Normungsroadmap Wasserstofftechnologien ist ein wichtiger Schritt für die Zukunftsfähigkeit unserer nachhaltigen Wirtschaft und unseres Klimaschutzes. Sie trägt dazu bei, dass Normen und Standards für Wasserstofftechnologien einheitlich und verlässlich sind. Das ist eine wichtige Voraussetzung dafür, dass Unternehmen und Forschungseinrichtungen in diesem Bereich erfolgreich planen und arbeiten können. Wir sind überzeugt, dass die Umsetzung der identifizierten Handlungsempfehlungen dazu beitragen wird, die Potenziale von Wasserstofftechnologien bestmöglich zu nutzen und gleichzeitig die Risiken zu minimieren.

Ich danke allen mitwirkenden Expertinnen und Experten und allen Beteiligten bei DIN, DKE, DVGW, NWB, VDA, VDI und VDMA für die hervorragende Arbeit. Neben bereits eingeleiteten Umsetzungsprojekten gilt es nun auch die identifizierten Handlungsbedarfe zu realisieren. Hier sind alle an der Normung beteiligten Stakeholder gefragt. Bringen Sie sich weiter ein und ergreifen Sie die Chance, die Spielregeln für Wasserstofftechnologien erfolgreich mitzugestalten.

Ihre Franziska Brantner



Dr. Franziska Brantner

Parlamentarische Staatssekretärin beim Bundesminister
für Wirtschaft und Klimaschutz

STEUERUNGSKREIS

Die Mitglieder des Steuerungskreises setzten sich zusammen aus führenden Persönlichkeiten aus Politik, Wirtschaft, Wissenschaft und der Zivilgesellschaft. Der Steuerungskreis steuert die inhaltliche und strategische Ausrichtung der Normungsroadmap Wasserstofftechnologien, setzt Impulse für die Gremien der Roadmap und empfiehlt priorisierte Projekte der technischen Regelsetzung zur Förderung.

Leiterin
des Steuerungskreises

stellvert. Leiter
des Steuerungskreises



Dr. Kirsten Westphal
Bundesverband der Energie
und Wasserwirtschaft (BDEW)



Hubertus Rosenow
thyssenkrupp nucera AG &
Co. KGaA



Claus Brandt
Deutsches Maritime
Zentrum e.V. (DMZ)



Dr. Stefanie Brockmann
Stahlinstitut VDEh



Jorgo Chatzimarkakis
Hydrogen Europe



Dr. Stephan Finke
Deutsche Akkreditierungs-
stelle GmbH (DAkKS)



Dr. Jürgen Gröner
Westenergie AG



Dr. Konrad Iffarth
VAZ, vertreten durch
Enertrag



Dr. Eva Maria Kasperek
Bundesm. f. Wohnen,
Stadtentwicklung und
Bauwesen (BMWSB)



Dr. Joachim Kloock
Bundesministerium für
Bildung und Forschung
(BMBF)



Holger Lösch
Verband der deutschen
Industrie e.V. (BDI)



Birte Lübbert
Bosch Home Comfort Group



Dr. Yashar Musayev
Siemens Energy Global
GmbH & Co. KG



N.N.
Bundesministerium für
Digitales und Verkehr (BMDV)



Sascha Müller-Kraenner
Deutscher Naturschutzring
(DNR), vertreten durch DUH



Heinrich Nachtsheim
Verband der chemischen
Industrie e. V. (VCI)



Michael Noll
Open Grid Europe GmbH
(OGE)



Prof. Dr. Ulrich Panne
Bundesanstalt für
Materialprüfung (BAM)



Prof. Dr. Andreas Peschel
Helmholtz-Gesellschaft



Boris Quase
Airbus Operations GmbH



Dr. Annette Röttger
Physikalisch-Technische
Bundesanstalt (PTB)



Kevin Schalk
Fraunhofer-Gesellschaft



Dr. Manfred Schuckert
Daimler Truck AG



Axel Schuppe
Verband der Bahnindustrie in
Deutschland e. V. (VDB)



Dr. Werner Sielschott
IndustrieGaseVerband e. V.
(IGV)



Christina Tenkhoff
Bundesministerium für
Umwelt, Naturschutz,
nukleare Sicherheit und
Verbraucherschutz (BMUV)



Cornelius Veith
Bundesministerium für
Wirtschaft und Klimaschutz
(BMWK)

Die Sherpa des
Steuerungskreises finden
sich auf [Seite 233](#).

ZUSAMMENFASSUNG

Im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz wurden Anfang 2023 unter Leitung der Projektpartner DIN, DKE, DVGW, NWB, VDA, VDI und VDMA die Arbeiten an der Normungsroadmap Wasserstofftechnologien (NRM H2) begonnen.

Ziel des Verbundprojekts ist es, einen strategischen Fahrplan für eine schnelle und gezielte Erweiterung und Anpassung des technischen Regelwerks im Bereich der Wasserstofftechnologien auszuarbeiten und die aufgezeigten Lücken effizient zu schließen. Dies erfolgt im engen Schulterschluss der nationalen Organisationen für Normung und technische Regelsetzung sowie in gemeinschaftlicher Zusammenarbeit mit einem Netzwerk an Expertinnen und Experten aus Wirtschaft, Politik, Wissenschaft und der Zivilgesellschaft.

Das Projekt kommt damit der Expertenempfehlung des Forschungsnetzwerks Wasserstoff zur „Erstellung einer Normungsroadmap zur Beschreibung eines Handlungsrahmens, der die deutsche Wirtschaft und Wissenschaft im internationalen Wettbewerb stärkt und innovationsfreundliche Rahmenbedingungen für die Technologie der Zukunft schafft (Bestands- und Bedarfsanalyse)“ [1] nach. Zudem wird die Forderung nach einheitlichen Standards zur Unterstützung des Markthochlaufs durch die Fortschreibung der Nationalen Wasserstoffstrategie aufgegriffen.

Die Erarbeitung erfolgt in 39 Arbeitsgruppen mit einer Beteiligung von mehr als 600 Expertinnen und Experten. Die Clustierung erfolgte auf Basis von fünf großen Themenfeldern, die die gesamte Wertschöpfungskette abdecken:

- Erzeugung
- Infrastruktur
- Anwendung
- Qualitätsinfrastruktur
- Weiterbildung, Zertifizierung und Sicherheit

Als wichtiger Meilenstein wurde der Status quo der Normung und Standardisierung ermittelt, welcher im öffentlichen und kostenlos zugänglichen [Verzeichnis der Normen und technischen Regelwerke für Wasserstofftechnologien](#) mit über 850 Einträgen dargestellt ist. Darauf aufbauend wurden Bedarfe identifiziert, Handlungsempfehlungen abgeleitet und konkrete Projekte für die Normung und technische Regelsetzung empfohlen.

Insgesamt konnten rund 180 Bedarfe und Handlungsempfehlungen für die technische Regelsetzung identifiziert werden. Eine Vielzahl dieser zielt auf die Anpassung und Weiterentwicklung des europäischen und internationalen technischen Regelwerks ab.

Die schnelle und effiziente Umsetzung dieser Empfehlungen ist ein wichtiger Faktor und wird gezielt durch eine finanzielle Förderung der hochpriorisierten Projekte unterstützt. Insgesamt wird aktuell die Erarbeitung von mehr als 20 Projekten der Normung und technischen Regelsetzung auf nationaler, europäischer und internationaler Ebene u. a. in den Bereichen Erzeugung, Transport, Speicherung, Infrastruktur, Industrie und Mobilität durch das Verbundprojekt unterstützt.

Diese erste Veröffentlichung der NRM H2 stellt einen Überblick über die bisherigen Aktivitäten und Ergebnisse des Verbundvorhabens dar. Dazu wird in Abschnitt 1 die Rolle von Wasserstoff als Energieträger im Rahmen der Energiewende und insbesondere für Deutschland eingeordnet. Es wird erläutert, wie die technische Regelsetzung den geplanten Markthoch-

lauf der Zukunftstechnologie ermöglichen und unterstützen kann und in Abschnitt 2 ein Überblick über die Normungslandschaft und das Akteursumfeld gegeben, in dem sich die Normungsroadmap bewegt. Abschnitt 3.1 stellt den Unterschied zwischen der Normungsroadmap und der Normungsarbeit dar. Anschließend werden in Abschnitt 3.2 die Ziele und Aufgaben und in Abschnitt 3.3 das Vorgehen und die genutzte Methodik des Projekts erläutert.

Das Hauptaugenmerk dieser Veröffentlichung liegt auf den bisher erarbeiteten Ergebnissen (Abschnitt 4). Unterteilt nach

den jeweiligen Handlungsfeldern wird dargestellt, welches technische Regelwerk bereits für Wasserstoff angewendet werden kann, welche Herausforderungen bei den verschiedenen Themen aktuell bestehen und gelöst werden müssen, bis die notwendigen technischen Regeln in Gänze vorliegen, und welche Schritte das Projekt bereits eingeleitet hat, um diesen Weg zu beschreiten.

Abschließend wird der Status quo eingeordnet und ein Ausblick auf die weiteren Arbeiten des Projekts bis Ende 2025 (Abschnitt 5) gegeben.

Vorwort	1	4.2	Infrastruktur	49
Grußwort BMWK	4	4.2.1	Rohrleitungen	49
Steuerungskreis	6	4.2.2	Transportleitungen	54
Zusammenfassung	8	4.2.3	Anlagentechnik	57
1 Einleitung	13	4.2.4	Verteilnetze	62
2 Normung und technische Regelsetzung im Bereich Wasserstoff	17	4.2.5	Stationäre und ortsbewegliche Druckbehälter	66
2.1 Normungslandschaft	18	4.2.6	Untertage-Gasspeicher	70
2.1.1 Allgemeines über Normung und technische Regelsetzung	18	4.2.7	Verflüssigung	74
2.1.2 Aktuell relevante Normungsgremien für Wasserstofftechnologien	19	4.3	Anwendungen	77
2.2 Akteursumfeld	20	4.3.1	Brennstoffzelle	77
3 Zielsetzung und methodisches Vorgehen	23	4.3.2	Kraftwerke, Turbinen, KWK-Anlagen	80
3.1 Normungsroadmap vs. Normungsarbeit	24	4.3.3	(Petro)chem. Industrie	82
3.2 Ziele und Inhalte der Normungsroadmap Wasserstofftechnologien	24	4.3.4	PtX	83
3.3 Methodisches Vorgehen	27	4.3.5	Thermoprozessanlagen	86
3.3.1 Projektstruktur und Projektkonsortium	27	4.3.6	Reduktionsprozesse	88
3.3.2 Projektphasen	29	4.3.7	Häusliche Anwendungen	89
4 Ergebnisse der Gremien	33	4.3.8	Controls	93
4.1 Erzeugung	35	4.3.9	Gewerbliche Anwendungen	96
4.1.1 Elektrolyse	35	4.3.10	Befüllungsanlagen	100
4.1.2 Andere Erzeugungsarten	38	4.3.11	Straßenverkehrsfahrzeuge	103
4.1.3 Gesamtsystemintegration	40	4.3.12	Schienenfahrzeuge	105
4.1.4 Wasserstoffbeschaffenheit	43	4.3.13	Schiffsverkehr	108
4.1.5 Nachweisführung und Nachhaltigkeitsaspekte für Wasserstoff	46	4.3.14	Luftfahrt	112
		4.3.15	Sonderfahrzeuge/Spezialfahrzeuge	114
		4.4	Qualitätsinfrastruktur	116
		4.4.1	Gasanalyse	116
		4.4.2	Wasserstoffmesstechnik und Abrechnungsverfahren	118
		4.4.3	Metallische Werkstoffe	121
		4.4.4	Komposite und Kunststoffe	127
		4.4.5	Bauteile Infrastruktur	130
		4.4.6	Bauteile für Anwendungen und Technologien	138
		4.5	Weiterbildung, Sicherheit und Zertifizierung	143
		4.5.1	Sicherheitstechnische Grundsätze	143
		4.5.2	Cybersicherheit	147
		4.5.3	Explosionsschutz	149
		4.5.4	Sicherheits- und Integritätsmanagement	152
		4.5.5	Produktzertifizierung	154
		4.5.6	Weiterbildung	156

5	Ausblick	159
6	Literaturverzeichnis	161
7	Umsetzungsprojekte	187
8	Glossar	191
9	Übersicht der in den Abbildungen genannten Gremien der technischen Regelsetzung	195
10	Abkürzungsverzeichnis	207
11	Autorinnen-, Autoren- und Mitarbeitendenverzeichnis	217
12	Abbildungs- und Tabellenverzeichnis	237



1

Einleitung

Der Klimawandel ist eines der drängendsten und komplexesten Probleme unserer Zeit. Mit dem Anstieg der globalen Durchschnittstemperatur gehen weitreichende Veränderungen einher, die sich auf Ökosysteme, Wirtschaft, Gesellschaft und die Lebensqualität der Menschen auswirken.

2023 war das wärmste Jahr seit Beginn der Wetteraufzeichnungen [2], gleichzeitig erreichte die Emission von Treibhausgasen durch die Verbrennung fossiler Energieträger einen Höchstwert [3], [4]. Die Häufung von Extremwetterereignissen wie Dürre, Hitzewellen oder Starkregen sowie der weltweite Anstieg des Meeresspiegels und der erhebliche Verlust der Artenvielfalt zeigen deutlich spürbar die weitreichenden Auswirkungen des anthropogenen Klimawandels.

Um das Ausmaß des Klimawandels zu begrenzen und die Erderwärmung auf unter 1,5 °C [5] zu halten, spielt die Energiewende eine entscheidende Rolle. Diese Wende betrifft nicht

nur den Energiesektor und die damit einhergehende Abkehr von fossilen Energieträgern und den Ausbau erneuerbarer Energien wie Sonnen-, Wind- und Wasserkraft. Auch die Defossilisierung der Sektoren Industrie, Verkehr und Wärme ist unabdinglich zur Erreichung der globalen Klimaziele. Als Energieträger sowie -speicher und Element der Sektorenkopplung gilt Wasserstoff als zentraler Baustein für diese angestrebte Transformation, insbesondere in den schwer elektrifizierbaren Sektoren Gebäude, (Schwerlast-)Verkehr und Industrie [6]. Darüber hinaus bildet umweltfreundlich hergestellter Wasserstoff eine Grundlage für die synthetische Herstellung von Ammoniak, Methan und Methanol und findet damit über die Elektrifizierung hinaus breite Einsatzfelder.

Eine Übersicht des Weltenergieerats [7] zeigt anschaulich, dass weltweit eine Vielzahl von Ländern nationale Wasserstoffstrategien verfolgen bzw. aktuell entwickeln. Diese Übersicht ist in **Abbildung 1** dargestellt.

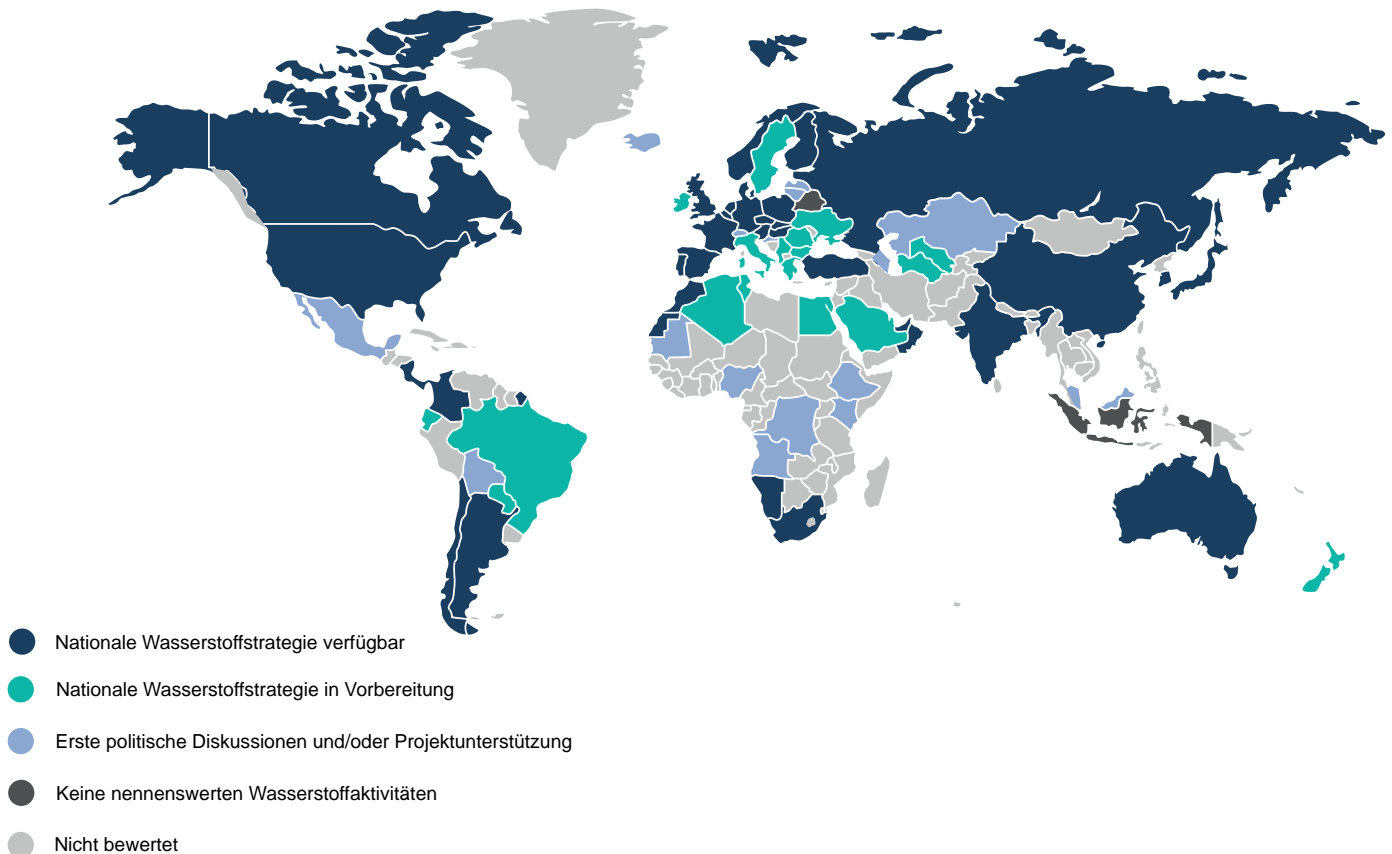


Abbildung 1: Übersicht nationaler Wasserstoffstrategien weltweit

(Quelle: eigene Darstellung in Anlehnung an [7])

So wurde 2020 als Teil des European Green Deals [8] und dem Fit for 55 Package [9] zur Erreichung der Klimaneutralität bis 2050 die Europäische Wasserstoffstrategie [10] beschlossen. Die von der Bundesregierung verabschiedete Nationale Wasserstoffstrategie (NWS), die 2023 in einer Fortsetzung bestätigt und weitergeführt wurde [6], hat das Ziel, den Markthochlauf von Wasserstofftechnologien zu beschleunigen und hierfür die Entwicklung eines Heimatmarktes in Deutschland zu etablieren.

Normung und technische Regelsetzung bilden zusammen mit den rechtlichen Rahmenbedingungen das Grundgerüst für die erfolgreiche Umsetzung dieser Wasserstoffstrategien und somit auch für einen nachhaltigen Markthochlauf der Wasserstofftechnologien. Sie definieren Anforderungen an Produkte, Dienstleistungen oder Verfahren und fördern somit die Rationalisierung und Qualitätssicherung in Wirtschaft, Technik, Wissenschaft und Verwaltung. Durch technische Regelsetzung wird ein einheitliches Verständnis über Fachbereichsgrenzen hinweg geschaffen, um technische Barrieren abzubauen und für mehr Sicherheit am Markt zu sorgen.

So werden beispielsweise durch die Einhaltung von Normen und technischen Regeln der sichere Umgang mit Wasserstoff sichergestellt, verlässliche und reproduzierbare Messmethoden definiert und Materialien festgelegt, die für den Gebrauch von Wasserstoff geeignet sind. Ebenso definieren Normen und technische Regeln einheitliche Schnittstellen, um das Zusammenspiel von Marktakteurinnen und Marktakteuren zu ermöglichen und eine gemeinschaftliche Wirtschaftsbasis zu schaffen.

„Kohärente rechtliche Voraussetzungen auf nationaler, europäischer und möglichst auch internationaler Ebene unterstützen den Markthochlauf [von Wasserstoff]. Dies umfasst insbesondere [...] einheitliche Standards und Zertifizierungssysteme [...]“. Mit diesen Worten betont die Bundesregierung in der Fortschreibung der NWS die Notwendigkeit der Normung und technischen Regelsetzung im Bereich Wasserstofftechnologien [6].

Auch im Bericht der European Clean Hydrogen Alliance (ECH2A) von Oktober 2021 wird die Bedeutung einheitlicher Normen und technischer Regeln betont und das Fehlen dieser als eine der entscheidenden Hürden für die Einführung von Wasserstofftechnologien und -anwendungen genannt [11].

Normen und technische Regeln ermöglichen also eine Basis, um übergreifend über Sektoren, Grenzen und Marktteilnehmende hinweg ein einheitliches Verständnis und Spielregeln zu schaffen, damit die zukünftige Wasserstoffwirtschaft nahtlos ineinandergreifen kann. So kann eine kohärente Wertschöpfungskette aufgebaut werden, die den höchsten Anforderungen an Sicherheit, Wirtschaftlichkeit, Effizienz und Klimaschutz gerecht werden kann.

2

Normung und technische Regelsetzung im Bereich Wasserstoff



Zur Normung und technischen Regelsetzung im Bereich Wasserstofftechnologien existieren bereits verschiedene Gremien auf nationaler, europäischer und internationaler Ebene. Auch für bestehende Normen und technische Regeln, die nicht explizit im Bereich Wasserstoff erarbeitet wurden, aber sich auf den Bereich Wasserstofftechnologien übertragen lassen, bestehen Gremien auf allen drei Ebenen. Darüber hinaus bestehen Projekte und Initiativen weiterer Mitwirkenden sowie Interessengruppen, die zur Konsensbildung und zum Interessenaustausch bezüglich Wasserstofftechnologien beitragen. Aufbauend auf diesen Aktivitäten dienen die Ziele und Inhalte der Normungsroadmap Wasserstofftechnologien (NRM H2) als Leitfaden für die Normung und technische Regelsetzung.

2.1 Normungslandschaft

Durch die Vielzahl an vorhandenen Gremien der Normung und technischen Regelsetzung im Bereich Wasserstofftechnologien ist bereits ein breites Grundgerüst an Normen und technischen Regeln vorhanden. Die grundsätzliche Struktur und Organisation der Normungsgremien sind in Abschnitt 2.1.1 dargestellt. Auf die relevanten Gremien sowie Normen und technischen Regeln für Wasserstofftechnologien wird in Abschnitt 2.1.2 eingegangen.

2.1.1 Allgemeines über Normung und technische Regelsetzung

Technische Regelwerke werden in verschiedenen Organisationen auf nationaler, europäischer und internationaler Ebene in Selbstverwaltung von den interessierten Kreisen erarbeitet. Am Anfang steht stets ein Bedarf von interessierten Kreisen. Normen und technische Regeln spielen ebenfalls eine wichtige Rolle als Instrumente zur Unterstützung und Umsetzung gesetzlicher Regelungen und Vorgaben. Im Sinne der vollkonsensbasierten Normung sind ISO (International Organization for Standardization), IEC (International Electrotechnical Commission) und ITU (International Telecommunication Union) die maßgeblichen (Normungs-)Organisationen auf internationaler Ebene. Die entsprechenden Normungsorganisationen auf europäischer Ebene sind CEN (European Committee for

Standardization) sowie CENELEC (European Committee for Electrotechnical Standardization) und ETSI (European Telecommunications Standards Institute). Mitglieder bei ISO, IEC, ITU, CEN, CENELEC und ETSI sind die jeweils nationalen Normungsorganisationen (siehe [Abbildung 2](#)). Für Deutschland sind dies DIN und DKE. Die nationalen Normungsorganisationen entsenden Vertretungen in die europäischen oder internationalen Normungsgremien, die dort die Interessen der einzelnen Länder zu einem Thema vertreten.

National gibt es neben DIN und DKE weitere anerkannte regelsetzende Institutionen, die auf Basis ihrer Expertise und im Sinne der Selbstverwaltung der Industrie den Auftrag haben, technische Regeln für ihre Branche zu erstellen. Bestärkt wird dieser Auftrag oftmals durch den Gesetzgeber, der diese Institutionen direkt in Gesetzen zitiert. So ist der DVGW die gesetzlich anerkannte regelsetzende Institution für Gas und Wasserstoff im Sinne des Energiewirtschaftsgesetzes (EnWG), ebenso wie der VDE in diesem Gesetz für die technische Regelsetzung im Bereich Strom zuständig ist.

Normen und technische Regeln sind das Ergebnis nationaler, europäischer oder internationaler Festlegungen von Expertinnen und Experten des jeweiligen Gebiets. Sie werden von technischen Gremien nach festgelegten Grundsätzen, Verfahrens- und Gestaltungsregeln erarbeitet. An der Ausschussarbeit können sich alle interessierten Kreise beteiligen, beispielsweise herstellende Unternehmen, Verbrauchende, Handel, Hochschulen, Forschungsinstitute, Behörden, Prüfinstitute, Verbände etc.

Normen werden im Konsens erarbeitet. Das bedeutet, die mitarbeitenden Expertinnen und Experten verständigen sich unter Berücksichtigung des Standes der Technik auf gemeinsame Inhalte, welche die Interessen der Beteiligten berücksichtigen. Europäische und internationale Normen sorgen weltweit für ein gemeinsames Verständnis unter den Marktakteurinnen und Marktakteuren und unterstützen so den Abbau von Handelshemmnissen. Europäische Normen müssen hierbei immer in nationale Normen übernommen werden. Eventuell vorhandene nationale Normen, die dem Inhalt der Europäischen Norm widersprechen, müssen zurückgezogen werden und haben damit keine Gültigkeit mehr. Mittlerweile gibt es außerdem eine Vielzahl an europäischen Direktiven, die durch europäische und nationale Normung

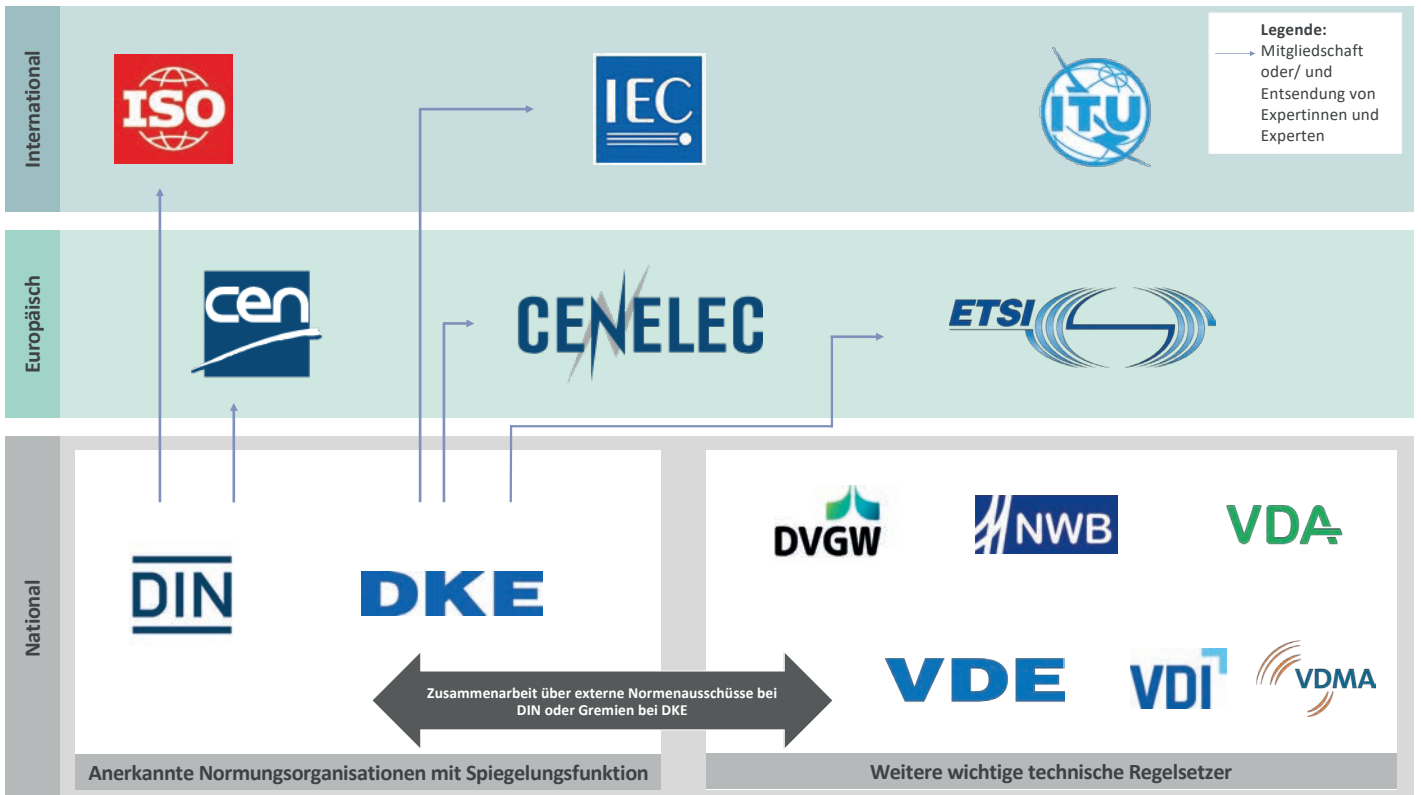


Abbildung 2: Übersicht Normungsorganisationen und Institutionen der technischen Regelsetzung (Quelle: eigene Darstellung)

(harmonisierte Normen) gestützt und umgesetzt werden sollen. Dies ist ein wesentlicher Baustein zur Sicherstellung des freien Warenverkehrs und zum Funktionieren des europäischen Binnenmarktes. Internationale Normen hingegen müssen nicht in die nationale Normung überführt werden.

Die Anwendung von Normen und technischen Regeln ist grundsätzlich freiwillig. Sie können jedoch durch Referenzieren in einem Gesetz oder in einem Vertrag verbindlichen Charakter erhalten. Werden Arbeiten auf Grundlage einer Norm oder einer technischen Regel umgesetzt, kann sich im Zweifelsfall darauf berufen werden. Sie stellen daher einen Sicherheitsfaktor für jene dar, die sie anwenden.

Im Rahmen der NRM H2 werden Normungsdokumente der nationalen Normungsorganisationen, der europäischen Normungsorganisationen (CEN/CENELEC/ETSI) und der internationalen (Normungs-)Organisationen (ISO/IEC/ITU) betrachtet sowie eine Vielzahl weiterer technischer Regelwerke. Zu diesen technischen Regeln zählen unter anderem die Arbeits- und Merkblätter des DVGW, Technische Reports

(TR), Technische Spezifikationen (TS), Fachberichte, VDE-Anwendungsregeln (VDE-AR), VDI-Richtlinien etc. Weitere betrachtete Dokumente mit regelsetzendem Charakter sind u. a. Spezifikationen wie Vornormen, Konsortialstandards, Fachempfehlungen, DIN SPEC, VDE SPEC, VDI-Expertenempfehlung oder VDMA-Einheitsblätter. Als Norm werden Dokumente der anerkannten nationalen Normungsorganisationen wie DIN oder DKE in Deutschland oder beispielsweise ANSI (American National Standards Institute) in den USA sowie der oben genannten europäischen und internationalen Normungsorganisationen bezeichnet.

2.1.2 Aktuell relevante Normungsgremien für Wasserstofftechnologien

Entlang der gesamten Wertschöpfungskette sind verschiedene Normen und technische Regeln mit Relevanz für Wasserstofftechnologien bereits etabliert. Auf nationaler Ebene ist in Deutschland eine breite Palette von Aspekten der Wasser-



stofftechnologie abgedeckt. In über 100 nationalen Gremien werden Normen und technische Regeln – von Sicherheitsstandards für den Umgang mit Wasserstoff, über verschiedene Infrastrukturthemen wie Transport und Armaturen, bis hin zur Charakterisierung von Wasserstoff als Kraftstoff und zur Nutzung in Anwendung – erarbeitet.

Auf europäischer Ebene werden Normen im Zusammenhang mit Wasserstoff als Energiequelle und -träger innerhalb der CEN- und CENELEC-Gremien erarbeitet, um Interoperabilität und Sicherheit in der gesamten EU sicherzustellen. Diese Normen betreffen beispielsweise die Speicherung, den Transport und die Nutzung von Wasserstoff in verschiedenen Anwendungen. Alle CEN/CENELEC-Gremien werden auf nationaler Ebene durch Spiegelgremien gespiegelt. In diesen nationalen Spiegelgremien werden die Inhalte in nationale Normen überführt.

International zielen verschiedene ISO-Normen für Wasserstoff darauf ab, weltweit einheitliche Standards für Wasserstofftechnologien zu etablieren, um eine reibungslose Integration und Kooperation zwischen Ländern zu ermöglichen. Hierzu bestehen bereits eine Vielzahl an Gremien, welche auch auf nationaler Ebene gespiegelt werden. Das ISO/TC 197 Hydrogen technologies, welches derzeit durch die kanadische Normungsorganisation Standards Council of Canada (SSC) geführt wird, befasst sich aktuell als einziges internationales Gremium ausschließlich mit Wasserstofftechnologien. Dies umfasst „Normung auf dem Gebiet der Systeme und Geräte für die Erzeugung, die Speicherung, den Transport, die Messung und die Verwendung von Wasserstoff“ [12]. Daneben wird Wasserstoff als eines von vielen Themen in den verschiedenen ISO-Gremien bearbeitet. IEC und ITU sind international ebenfalls bei technischer Regelsetzung im Wasserstoffbereich aktiv. Die dortigen Arbeiten werden in der Hauptsache durch DKE und VDE national gespiegelt.

Im Rahmen der Arbeiten der NRM H2 wurde eine umfangreiche Bestandsanalyse der Normen und technischen Regeln durchgeführt. Das Ergebnis ist ein **Verzeichnis der Normen und technischen Regelwerke für Wasserstofftechnologien** [13]. Hierin wurden über 850 Dokumente, die in knapp 270 Gremien auf nationaler, europäischer und internationaler Ebene erarbeitet wurden, gelistet. So sind im Bereich der Wasserstoffherzeugung bereits über 60 Dokumente verfügbar.

In den Themengebieten Infrastruktur, Anwendung und Qualitätsinfrastruktur existieren bereits über 700 Dokumente.



2.2 Akteursumfeld

Die Bedeutung von Normen, Standards sowie einem einheitlichen technischen Regelwerk für einen erfolgreichen Markthochlauf der Wasserstofftechnologien wird in nationalen, europäischen und internationalen Strategien und Veröffentlichungen hervorgehoben. Im Folgenden werden die maßgeblichen Aktivitäten beleuchtet, wobei durch das sich schnell entwickelnde Umfeld kein Anspruch auf Vollständigkeit erhoben wird.

In der Nationalen Wasserstoffstrategie der Bundesregierung [14] und ihrer Fortschreibung [6] wird der Bedarf an wissenschaftlich anerkannten und regulatorisch verankerten Messmethoden und Bewertungskriterien sowie international akzeptierten Normen und technischen Regeln formuliert. Auch die internationale Harmonisierung von Normen und technischen Regeln bezüglich Mobilitätsanwendungen für Wasserstoff- und Brennstoffzellensysteme, wie beispielsweise Betankungsstandards, Wasserstoffqualität, Eichung und Zulassung von Schiffen, wird als konkrete Maßnahme benannt. So soll im Rahmen des Innovations- und Technologiezentrums Wasserstoff [15] explizit eine Test-, Prüf- und Entwicklungsumgebung entstehen, die auch zur Erarbeitung von Normen und technischen Regeln beiträgt. Die Wichtigkeit von einheitlichen, international akzeptierten Nachhaltigkeitsstandards und Zertifizierungssystemen wird betont, ohne die kein nachhaltiger Markthochlauf von Wasserstoff möglich ist.

In der Europäischen Wasserstoffstrategie [16] wird hervorgehoben, dass die Führungsposition der EU in internationalen Foren für Normen und technische Regeln, Vorschriften und



Definitionen im Wasserstoffbereich gestärkt werden soll. Dieser Anspruch wird auch durch die im Februar 2022 veröffentlichte EU-Strategie für Normung [17] verdeutlicht. Die Strategie zielt darauf ab, europäische Normung wieder zu einem Element eines resilienten, grünen und digitalen EU-Binnenmarkts zu machen und die Rolle des europäischen Normungssystems in der Welt zu stärken. Normen, die den Aufbau der Wertschöpfungskette für sauberen Wasserstoff (engl. clean hydrogen [17]) unterstützen, werden in der EU-Strategie für Normung ausdrücklich als Standardisierungs-Dringlichkeiten (eng. standardization urgencies) hervorgehoben. Diese Normungsvorhaben sollen durch Normungsaufträge (eng. standardization requests) der Kommission vorrangig und schnell umgesetzt werden.

Eine Maßnahme der EU-Strategie für Normung war die Gründung des High-Level Forum on European Standardisation [18] im Januar 2023. Der Workstream Clean Hydrogen des Forums empfiehlt die Beschleunigung und Priorisierung der Normenerarbeitung für Wasserstofftechnologien und die europäische Beteiligung an internationalen Normungsprojekten. Anlässlich der Gründung des Europäischen Forums wurde im Februar 2023 das Deutsche Strategieforum für Standardisierung [19] durch das innerhalb der Bundesregierung für die Normungspolitik federführende Wirtschaftsministerium konstituiert. Das nationale Strategieforum für Standardisierung soll nicht nur die Arbeiten des europäischen Gremiums spiegeln, sondern darüber hinaus gezielt auch die Rolle und Beteiligung deutscher Expertinnen und Experten in der europäischen und internationalen Normung stärken und ausbauen. Für den Überblick der Aktivitäten zu Wasserstoff in der Normung und technischen Regelsetzung bezieht sich das Strategieforum dabei auf die Ergebnisse der NRM H2.

Als Folge des 2021 veröffentlichten Berichts der European Clean Hydrogen Alliance [11], [20], in dem fehlende Normen als eine der entscheidenden Hürden für die Einführung von Wasserstofftechnologien und -anwendungen genannt werden, wurde die European Clean Hydrogen Alliance Working Group on Standardisation (ECH2A WG) gegründet. Innerhalb von einem Jahr erarbeiteten die Mitglieder der Working Group die Roadmap on Hydrogen Standardisation, welche im März 2023 veröffentlicht wurde [17]. Die Roadmap beleuchtet Normungsprioritäten für Produktion, Infrastruktur, industrielle Anwendungen, Mobilität, Sektorkopplung im Energiebereich,

Gebäude und Querschnittsthemen. Diese Erkenntnisse sind in die Erarbeitung der NRM H2 eingeflossen.

Auf internationaler Ebene beschäftigen sich eine Reihe von Initiativen und Vorhaben mit der Unterstützung von pränormativen Forschungsvorhaben, der Förderung der Beteiligung von Expertinnen und Experten für die Normungsarbeit und der Schließung von Normungslücken. Beispielhaft sind zu nennen International Partnership for a Hydrogen Economy (IPHE) [21], Hydrogen Council [22], International Renewable Energy Agency (IRENA) [23] und United Nations industrial development organization (UNIDO) [24].

Auf internationaler politischer Ebene wird die Bedeutung der Erarbeitung und gegenseitige Anerkennung internationaler Standards und Zertifizierungsschema für den erfolgreichen Wasserstoffmarkthochlauf hervorgehoben. Dies wird beispielsweise in der im Frühjahr 2023 veröffentlichten Communiqué der G7-Minister für Klima, Energie und Umwelt betont [25]. Im Rahmen der COP 28 wurde im Dezember 2023 die gemeinsame Absichtserklärung zur gegenseitigen Anerkennung von Zertifizierungsschemata für erneuerbaren und kohlenstoffarmen Wasserstoff und Wasserstoffderivate vorgestellt, die bislang von 36 Nationen unterzeichnet wurde [26]. Durch sie wird eine wichtige Grundlage gelegt für den grenzüberschreitenden Handel mit erneuerbarem und kohlenstoffarmem Wasserstoff.

Neben den zuvor genannten politischen Initiativen und Mitwirkenden sind Forschungsprojekte ein weiterer wichtiger Baustein für die Entwicklung von Normen und technischer Regelsetzung. Es existieren sowohl national, europäisch als auch international eine Vielzahl von Initiativen und Forschungsprojekten, deren Ergebnisse den Stand der Technik für Wasserstofftechnologien maßgeblich vorantreiben. International ist das IEA Hydrogen Technology Collaboration Programme (Hydrogen TCP) hervorzuheben [27]. Das Forschungs- und Entwicklungsprogramm hat seit seiner Gründung im Jahr 1977 rund vierzig Tasks zu spezifischen Wasserstoffthemenbereichen durchgeführt, wobei die Aspekte pränormative Forschung und Normenentwicklung mit betrachtet werden.

Für die Finanzierung von Forschungsprojekten auf europäischer Ebene spielt die Clean Hydrogen Partnership eine wichtige Rolle. Über die Clean Hydrogen Partnership werden



aktuell mehrere Projekte zur pränormativen Forschung in den Bereichen Sicherheit, Tankstellen, Wasserstoff-Erdgas-Blendings, Wasserstoffanwendungen für die Schifffahrt und Wasserstoffqualität gefördert [28]. Daneben werden über die Partnerschaft für Metrology (Partnership of Metrology [29]) zahlreiche Projekte finanziert, die es über die Europäischen Metrologienetzwerke (EMN) ermöglichen, gezielt die zukünftigen Bedarfe an Metrologie zu bedienen. Eine Schlüsselrolle nimmt bzgl. Wasserstoff das EMN Energy Gases unter EURAMET e.V. ein [30].

National sind die Wasserstoff-Leitprojekte [31] des Bundesministeriums für Bildung und Forschung und die Transferforschung Trans4Real der Reallabore [32] des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz sowie das Innovationsforschungsprogramm des DVGW [33] zu nennen. Im Rahmen von Trans4Real wurde Anfang 2023 eine Veröffentlichung zur Standardsetzung im Bereich Wasserstoff aus rechtlicher und technischer Sicht herausgebracht [34]. Das Innovationsprogramm des DVGW setzt seinen Schwerpunkt auf die Transformation der leitungsgebundenen Energieversorgung hin zu klimaneutralen Gasen – mit dem Hauptaugenmerk auf Wasserstoff – und liefert Erkenntnisse für die Erarbeitung der entsprechenden technischen Regeln. Auch das Forschungsnetzwerk Wasserstoff, das nationale Netzwerk für Expertinnen und Experten aus der Forschung und der Praxis, berücksichtigt Normen und technische Regeln im Rahmen des Clusters Sicherheit, Akzeptanz und nachhaltige Markteinführung [35].

Diese Übersicht gibt einen Einblick in die Vielfalt an Initiativen, Strategien und Mitwirkenden, die auf die Gestaltung von Normen und technischen Regeln einspielen. Dementsprechend ist die Berücksichtigung dieser Stakeholder-Landschaft und die aktive Vernetzung zu relevanten Aktivitäten eines der Kernziele der NRM H2.



3

Zielsetzung und methodisches Vorgehen

Die Normungsroadmap greift die Forderungen nach abgestimmten Normen und technischen Regeln auf und unterstützt die Mitwirkenden der zukünftigen Wasserstoffwirtschaft bei der Erstellung eines einheitlichen technischen Regelwerks. Sie identifiziert die Erfordernisse im Bereich der Normung und technischen Regelsetzung und spricht Empfehlungen für diese aus. Neben der nationalen Positionierung ermöglicht sie Deutschland, sich abgestimmt auf europäischer und internationaler Ebene am Aufbau einer Wasserstoffwirtschaft zu beteiligen.

3.1 Normungsroadmap vs. Normungsarbeit

Eine Normungsroadmap ist ein Instrument zur vorgelagerten, strukturellen und systematischen Ermittlung von Bedarfen an die Normung und technische Regelsetzung. Ziel einer Normungsroadmap ist es, einen abgestimmten Fahrplan zu notwendigen Handlungsempfehlungen der Normung und technischen Regelsetzung sowie für pränormative Forschung zu entwerfen unter Einbindung aller relevanten Interessengruppen. Nach der Erarbeitung der Handlungsempfehlungen durch die Expertinnen und Experten einer Normungsroadmap werden diese an die Gremien der technischen Regelsetzung übergeben, um dort die Inhalte auszuarbeiten. Idealerweise sind die Gremien der technischen Regelsetzung mit Vertretergruppen an einer Normungsroadmap beteiligt, um frühstmöglich den Kontakt herzustellen und das Know-how aus der Normungsroadmap in die Gremien der technischen Regelsetzung zu übertragen, und umgekehrt.

Die klassische Normungsarbeit hingegen befasst sich mit der Erarbeitung der Inhalte der technischen Regelwerke. Das allgemeine Vorgehen dazu ist in Abschnitt [2.1.1](#) erläutert.

3.2 Ziele und Inhalte der Normungsroadmap Wasserstofftechnologien

Das Ziel des Projekts ist, die Voraussetzungen für eine vollständige Qualitätsinfrastruktur zu schaffen. Basierend auf einem Überblick über den Status quo der Normung und technischen Regelsetzung im Bereich Wasserstofftechnologien werden Anforderungen und Herausforderungen für die gesamte Wertschöpfungskette identifiziert und daraus ableitend konkrete Bedarfe für die Erweiterung bestehender und die Erarbeitung neuer Normen und technischer Regeln formuliert. So wird eine abgestimmte nationale Vorgehensweise festgelegt. Auf Basis dieser Empfehlungen sollen konkrete Normungsprojekte und Projekte der technischen Regelsetzung angestoßen werden, die in den Gremien der technischen Regelsetzung erarbeitet werden. Durch die strategische Förderung der Normung und technischen Regelsetzung von Wasserstofftechnologien werden die Lücken in der bestehenden Normungslandschaft geschlossen und die Weichen für die weitläufige Etablierung gestellt. [Abbildung 3](#) verdeutlicht die Ziele der NRM H2.



Die Roadmap dient auch als Plattform für die Vernetzung der wichtigsten Interessengruppen der Wasserstoffwirtschaft und Koordinierung der nationalen Normung und technischen Regelsetzung. Hierbei werden relevante Initiativen, Projekte und die technische Regelsetzung im Wasserstoffbereich angesprochen und verknüpft.

Die Erfassung des Status quo umfasst die in Abschnitt [2.1.2](#) beschriebene Normenrecherche und ist als [Verzeichnis der Normen und technischen Regelwerke für Wasserstofftechnologien \[13\]](#) im Internet zu finden. Die Ausarbeitung eines strategischen Fahrplans für die Normung und technische Regelsetzung sowie die gezielte Unterstützung von Normungs-



Die Ziele der Normungsroadmap Wasserstofftechnologien sind, ...

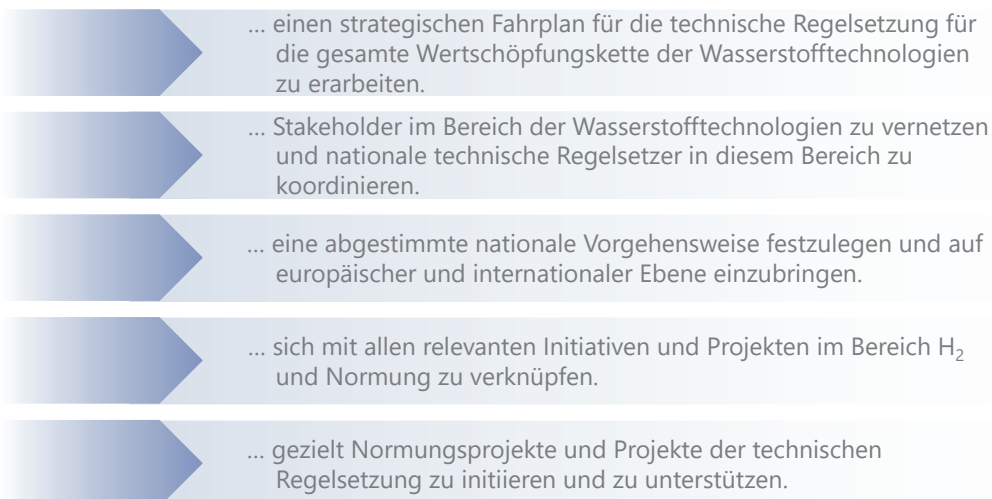


Abbildung 3: Ziele der NRM H2

(Quelle: eigene Darstellung)

projekten und Projekten der technischen Regelsetzung beruht auf den in Abschnitt 4 erarbeiteten Handlungsempfehlungen der unterschiedlichen Arbeitsgruppen (AG). Die Handlungsempfehlungen werden an die entsprechenden Gremien der technischen Regelsetzung weitergegeben, in denen anschließend die Norm bzw. technische Regel zum entsprechenden Thema entwickelt wird. Durch die deutsche Interessenvertretung bei [CEN/CENELEC/ETSI](#) und [ISO/IEC/ITU](#) gelangen die Themen auf europäische und internationale Ebene. Dadurch wird die Mitbestimmung einer einheitlichen nationalen, europäischen und internationalen Vorgehensweise ermöglicht. Durch die frei zugängliche und kostenlose Mitarbeit an der NRM H2 wird eine Plattform für alle interessierten Kreise geschaffen, auf welcher sich die verschiedenen Unternehmen, Organisationen oder Initiativen austauschen und ein übergreifendes Netzwerk bilden können. Um möglichst schnell den Markthochlauf zu beschleunigen und die Lücken in der Normung und technischen Regelsetzung zu schließen, ist die NRM H2 zudem bestrebt, einzelne, besonders dringende und wichtige Umsetzungsprojekte finanziell zu unterstützen. Ein Umsetzungsprojekt ist ein Vorhaben, das auf einer Handlungsempfehlung basiert und durch die Gremien der Normungsroadmap inklusive des Steuerungskreises zur Finanzierung empfohlen ist. Zudem wird dieses Vorhaben durch eine frei-

gegebene Finanzierung durch das BMWK unterstützt und durch ein zuständiges Gremium der technischen Regelsetzung initiiert bzw. umgesetzt, siehe Abschnitt 3.3.2.

Die Vernetzung der wichtigsten Interessenverbände wird durch die Zusammenarbeit von Personen mit entsprechender Fachexpertise aus unterschiedlichen Bereichen und Unternehmen in den AGs der NRM H2 unterstützt. Rund 600 Expertinnen und Experten haben ihr fundiertes Wissen in die NRM H2 eingebracht. Die vielfältigen Hintergründe und Erfahrungen ermöglichen es, einen ganzheitlichen Ansatz bei der Entwicklung von Normen und technischen Regeln zu verfolgen. Durch den regen Austausch und die konstruktive Zusammenarbeit zu den jeweiligen Thematiken werden die Bedarfe für Wasserstofftechnologien kollaborativ erarbeitet. Diese Bedarfe bilden die Grundlage für einen sicheren und effizienten Einsatz von Wasserstofftechnologien. [Abbildung 4](#) zeigt anschaulich das breite Spektrum an Anwendungsfeldern, aus denen die Expertinnen und Experten der NRM H2 stammen. Mit knapp 60 % stellen Beteiligte aus der Wirtschaft den größten Teil der involvierten Interessengruppen dar. Ebenfalls sind Expertinnen und Experten aus Forschung (10 %), von Universitäten und Hochschulen sowie aus Verbänden, Vereinen oder der öffentlichen Hand beteiligt. Besonders erwähnenswert ist, dass sich

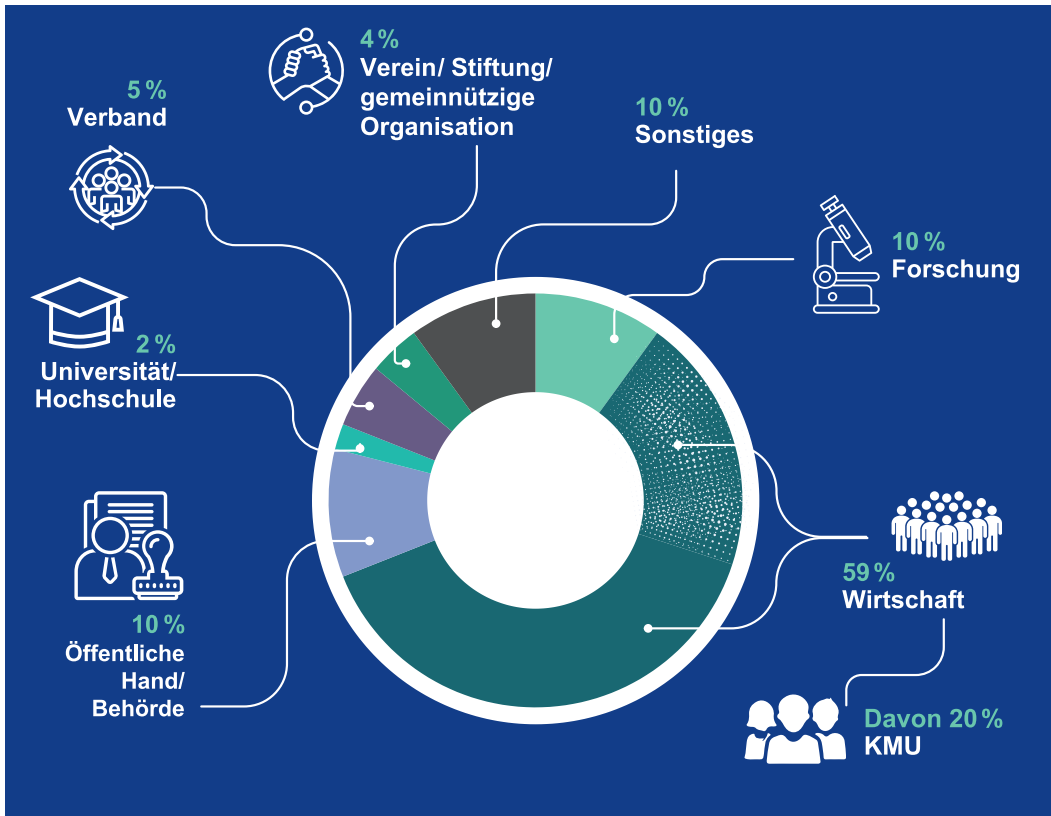


Abbildung 4: Interessengruppen-Beteiligung nach Arbeitgeber¹ (Quelle: eigene Darstellung)

neben den 66 %, die bereits Erfahrung mit Normungsarbeit haben, auch 34 % Expertinnen und Experten ohne Normungserfahrung an der NRM H2 beteiligen (siehe [Abbildung 5](#)). Die Beteiligung von neuen Expertinnen und Experten bereichert die Normung und technische Regelsetzung durch weiteres Know-how und neue Ansätze. Dies spiegelt das Interesse der Organisationen, die bisher noch nicht an der technischen Regelsetzung beteiligt waren, an Normen und technische Regeln wider. Es ermöglicht, Normen und technische Regeln mit allen relevanten Stakeholdern zukünftig zu erarbeiten.

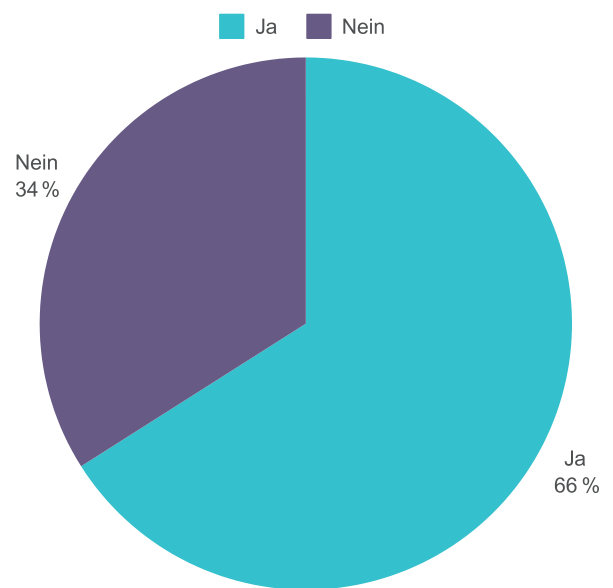


Abbildung 5: Normungserfahrung der beteiligten Expertinnen und Experten² (Quelle: eigene Darstellung)

¹ Auswertung einer Umfrage, an der 167 Personen teilgenommen haben

² Vgl. Fußnote 1



3.3 Methodisches Vorgehen

Dieser Abschnitt erklärt das methodische Vorgehen im Projekt. Es wird darauf eingegangen, wie das Projekt aufgebaut ist und wie bei der Ermittlung des Bestands an Normen und weiteren Dokumenten der technischen Regelsetzung vorgegangen wird. Außerdem wird auf die Durchführung der Umsetzungsprojekte und die Ermittlung des Bedarfs für die technische Regelsetzung eingegangen.

3.3.1 Projektstruktur und Projektkonsortium

Alle Projektbeteiligten besitzen spezielle Expertise im Bereich technischer Regelsetzung von Wasserstofftechnologien. Mit **DIN** ist die durch einen Vertrag mit der Bundesregierung anerkannte deutsche Normungsorganisation vertreten, die die deutschen Interessen auch in der europäischen und internationalen Normung vertritt. Über die gesamte Wertschöpfungskette hinweg werden in DIN-Normungsgremien Normen und Standards zu Wasserstofftechnologien erarbeitet, insbesondere in den Bereichen Messtechnik, Speicherung, Mobilität, Werkstoffe und Sicherheitsaspekte. Neben DIN ist **DKE** die zweite anerkannte Normungsorganisation in Deutschland. Sie ist für den Bereich der Elektrotechnik, Elektronik und Informationstechnik zuständig und vertritt die deutschen Interessen auf europäischer und internationaler Ebene. Daher ergänzt sie das Projekt um Fragestellungen rund um die An- und Einbindung der Wasserstofftechnologien in das elektrische Energieversorgungssystem. Für die Netzzugangsregeln ist das Forum Netztechnik/Netzbetrieb im VDE (VDE FNN) zuständig. **DVGW** ist der führende Branchenverband und das Kompetenznetzwerk für alle Fragen zur Versorgung mit Gas, Wasserstoff und Trinkwasser sowie im EnWG [36] benannt und anerkannt für die technische Regelsetzung in diesen Bereichen. Dementsprechend nehmen klimaneutrale Gase und insbesondere der Zukunftsenergieträger Wasserstoff in der Arbeit des DVGW einen besonderen Stellenwert ein. Ebenso ist er der Träger des DIN-Normenausschusses Gastechnik, der unter anderem die internationalen Aktivitäten des ISO/TC 197 Wasserstofftechnologien von deutscher Seite gestaltet. **NWB** ist der Träger des DIN-Normenausschusses Fahrweg und Schienenfahrzeuge (FSF). **VDA** ist der Träger des DIN-Normenausschusses Automobiltechnik (NAAutomobil). **VDI** ist der drittgrößte

technische Regelsetzer in Deutschland und veröffentlicht VDI-Richtlinien und Empfehlungen der VDI-Expertinnen und Experten. Das Thema Wasserstoff wird beim VDI insbesondere in dem Bereich Sektorenkopplung mit Power-to-X-Technologien (PtX) betrachtet. **VDMA** ist die größte Netzwerkorganisation des Maschinenbaus in Deutschland und Europa und der Träger des DIN-Normenausschusses Maschinenbau (NAM), der Deutschland mit insgesamt 27 Fachbereichen in der europäischen (**CEN**) und internationalen Normung (**ISO**) vertritt.

Somit setzt sich das Konsortium aus den relevanten nationalen Organisationen der technischen Regelsetzung zusammen, die im Zusammenschluss die nationale Plattform für Normung und technische Regelsetzung bieten, in der sich alle Expertinnen und Experten der Wasserstoffwirtschaft abstimmen und ihr Wissen synergetisch bündeln können.

Im Rahmen der Erarbeitung der NRM H2 durch DIN, DKE, DVGW, NWB, VDA, VDI und VDMA wurden fünf Themenfelder definiert, die die gesamte Wertschöpfungskette von Wasserstoff umfassen. Sie orientieren sich an den sechs Handlungsfeldern, die die nationale Wasserstoffstrategie (NWS) identifiziert hat. Die fünf Themenfelder sind **Erzeugung, Infrastruktur, Anwendungen, Qualitätsinfrastruktur** und die Themen **Weiterbildung, Sicherheit und Zertifizierung**. Diese Themenfelder stellen die obere Ebene der NRM H2 dar und werden in Form von Arbeitskreisen (AK) umgesetzt. Sie setzen sich aus Vertretungen der nachgeordneten Unterarbeitskreise (UAK) zusammen und sorgen für die Vernetzung der Unterarbeitskreise untereinander sowie die Abstimmung der Arbeitskreise miteinander.

Die thematischen UAKs sorgen für eine zielgerichtete Lenkung der Ergebnisse. Sie setzen sich aus Vertretungen der nachgeordneten Arbeitsgruppen (AG) zusammen und koordinieren diese untereinander. Zudem fassen sie die Arbeitsergebnisse der AGs zusammen und bewerten diese. In diesen themenspezifischen AGs erfolgt die fachliche Erarbeitung der NRM H2 unter Einbeziehung von Expertinnen und Experten aus allen interessierten Kreisen. Insgesamt wurden zwölf UAKs und 39 AGs zu verschiedenen Themen gebildet (siehe **Abbildung 6**). AKs, UAKs und AGs werden von einer Person aus dem Projektkonsortium organisatorisch betreut und fast alle fachlich durch eine Expertin oder einen Experten, die per Abstimmung gewählt wurden, geleitet.

Die AG CCU/CCS (Carbon Capture Utilisation/ Carbon Capture Storage) wurde im Verlauf des Projektes auf ruhend gesetzt. Die NWS nahm Bezug auf CCU-/CCS-Verfahren zur Unterstützung des Markthochlaufs für Wasserstofftechnologien. Diese Relevanz der Thematik wurde für die initiale Strukturierung der NRM H2 berücksichtigt. Während der Erarbeitung der Inhalte gewann die Verbindung zwischen CCU-/CCS-Verfahren zu Wasserstoff vermehrt an Priorität. Vor diesem Hintergrund wurden Verfahren mit Wasserstoffbezug aus dem Bereich Carbon Utilisation in die **AG PtX** und aus dem Bereich Carbon Capture in die **AG Andere Erzeugungsarten** überführt. Das Thema Carbon Storage wird nicht weiter in der NRM H2 behandelt.

Abbildung 6 stellt die Gremien der NRM H2 (AK, UAK, AG) in ihrer jeweiligen Zuordnung dar.

Die AKs fassen die einzelnen Themen der zugehörigen AGs und UAKs zusammen und führen eine Clusterung entlang der Wertschöpfungskette zu einem Gesamtergebnis herbei.

Zusätzlich wurde ein Steuerungskreis aus führenden Vertretungen der Politik und den betroffenen Kreisen aus Wirtschaft, Wissenschaft und Zivilgesellschaft zusammengestellt. Der Steuerungskreis lenkt die inhaltliche und strategische Ausrichtung der NRM H2, setzt Impulse für die Arbeit der AKs, UAKs und AGs, spricht Handlungsempfehlungen aus und

AK ERZEUGUNG	AK INFRASTRUKTUR	AK ANWENDUNG	AK QUALITÄTS-INFRASTRUKTUR	AK WEITERBILDUNG, SICHERHEIT, ZERTIFIZIERUNG
UAK ERZEUGUNGSANLAGEN AG Elektrolyse AG Andere Erzeugungsarten AG Gesamtsystemintegration	UAK TRANSPORT- UND VERTEILNETZE AG Rohrleitungen AG Transportleitungen AG Anlagentechnik AG Verteilnetze	UAK STROMVERSORUNG UND REVERSIBLE BRENNSTOFFZELLE AG Brennstoffzelle AG Kraftwerke, Turbinen, KWK-Anlagen	UAK MESSTECHNIK AG Gasanalyse AG Wasserstoffmesstechnik und Abrechnungsverfahren	UAK SICHERHEIT AG Sicherheitstechnische Grundsätze AG Cybersicherheit AG Explosionsschutz AG Sicherheits- und Integritätsmanagement AG Produktzertifizierung AG Weiterbildung
UAK WASSERSTOFFEIGENSCHAFTEN AG Wasserstoffbeschaffenheit AG Nachweisführung und Nachhaltigkeitsaspekte für Wasserstoff	UAK SPEICHERUNG AG Stationäre und ortsbewegliche Druckbehälter AG CCU/CCS * AG Untertage-Gasspeicher AG Verflüssigung	UAK INDUSTRIE AG (Petro)chem. Industrie AG PtX AG Thermoprosessanlagen AG Reduktionsprozesse	UAK WERKSTOFFE UND MATERIALIEN AG Metallische Werkstoffe AG Komposite und Kunststoffe	
		UAK WÄRME AG Häusliche Anwendungen AG Controls AG Gewerbliche Anwendungen	UAK BAUTEILE AG Bauteile Infrastruktur AG Bauteile für Anwendung und Technologien	
		UAK MOBILITÄT AG Befüllungsanlagen AG Straßenverkehrsfahrzeuge AG Schienenfahrzeuge AG Schiffsverkehr AG Luftfahrt AG Sonderfahrzeuge/Spezialfahrzeuge		

Abbildung 6: Darstellung der Gremien der NRM H2³

(Quelle: eigene Darstellung)

3 Anmerkung zum Bild:

*) Die AG CCU/CCS wurde ruhend gesetzt.
 Themen bzgl. Carbon Utilisation wurden in die AG 3.2.2 PtX aufgenommen.
 Themen bzgl. Carbon Capture wurden in die AG 1.1.2 Andere Erzeugungsarten aufgenommen.
 Themen bzgl. Carbon Storage wurden aus dem Scope der Normungsroadmap entfernt.



empfiehlt priorisierte Normungsprojekte und Projekte der technischen Regelsetzung zur Förderung an das BMWK⁴.

Mit der Auftaktveranstaltung im März 2023 haben die Arbeiten am Projekt offiziell begonnen. Seither fanden vier bis fünf AG-Sitzungen statt, abhängig vom inhaltlichen Stand der AG. Jede Sitzung hatte hierbei einen anderen thematischen Schwerpunkt. Während sich die erste AG-Sitzung mit der Bestandsaufnahme beschäftigte, wurden auf der zweiten AG-Sitzung bereits Bedarfe der technischen Regelsetzung entwickelt. Diese wurden anschließend zu konkreten Handlungsempfehlungen weiterentwickelt. Dank der Beteiligung der Expertinnen und Experten auch außerhalb der Sitzungen konnten die in Abschnitt 4 zusammengetragenen Ergebnisse erarbeitet werden. Die UAKs und AKs haben sich in dieser Zeit jeweils zweimal getroffen. Der Steuerungskreis tagt zweimal jährlich als Abschluss der Sitzungsrunden.

3.3.2 Projektphasen

Die inhaltliche Erarbeitung lässt sich grob in drei Phasen einteilen, wobei diese Phasen parallel laufen können.

Diese drei Phasen sind:

1. Identifizierung des Bestands an Normen und technischen Regelwerken;
2. Identifizierung von neuen Bedarfen der technischen Regelsetzung sowie pränormativer Forschung und Konkretisierung zu Handlungsempfehlungen;
3. Umsetzung der Handlungsempfehlungen (Initiierung von Umsetzungsprojekten).

Diese Schritte sowie der zeitliche Ablauf sind in [Abbildung 7](#) dargestellt. Die Abbildung soll zudem verdeutlichen, wie der Übergang der einzelnen Phasen funktioniert.

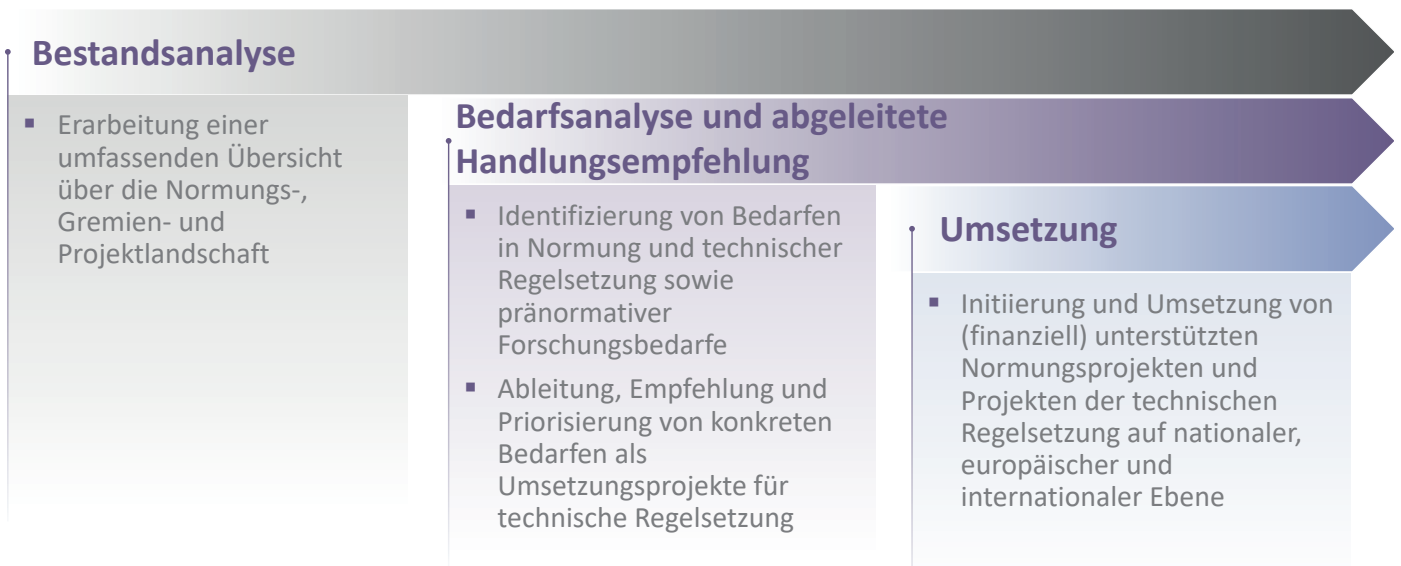


Abbildung 7: Projektphasen der NRM H2

(Quelle: eigene Darstellung)

⁴ Die Erarbeitung der Normungsroadmap durch DIN, DKE, DVGW, NWB, VDA, VDI und VDMA wird im Rahmen des Fördervorhabens Normungsroadmap Wasserstoff durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz gefördert (Förderkennzeichen 03EI3081A-G).

3.3.2.1 Bestandsanalyse

Zur Identifizierung der Bedarfe für Normen und technische Regeln im Bereich Wasserstofftechnologien wurde im ersten Schritt eine ganzheitliche Analyse über bereits veröffentlichte Normen und technische Regeln durchgeführt. Hierzu wurden die aktuellen veröffentlichten relevanten Normen und technischen Regeln aus den Datenbanken der jeweiligen Institutionen der technischen Regelsetzung konsolidiert. Diese Sammlung wurde in Zusammenarbeit mit allen Expertinnen und Experten der NRM H2 zu einem ersten Zwischenstand zusammengeführt und weiter ausgebaut. Auf den jeweiligen AG-Sitzungen wurden hierzu die Einschätzungen und weitere Vorschläge von Expertinnen und Experten zu den gelisteten Dokumenten diskutiert und angepasst. Hierbei wurden nicht nur Dokumente diskutiert und aufgenommen, die speziell das AG-Thema betreffen, sondern darüber hinaus auch Normen und technische Regeln aus anderen Bereichen, die den Scope der AGs berühren und bei der Ausformulierung von Bedarfen unterstützen können. Für einige AGs konnte die Bestandsanalyse aufgrund der Komplexität und der thematischen Verknüpfungen zu anderen AGs noch nicht vollständig abgeschlossen werden.

Somit bildet die Bestandsanalyse den aktuell identifizierten Stand der Normungslandschaft in Bezug auf Wasserstofftechnologien ab. Diese Übersicht ist im öffentlich zugänglichen [Verzeichnis der Normen und technischen Regelwerke für Wasserstofftechnologien \[13\]](#) veröffentlicht und kann über die Internetseite oder den folgenden QR-Code gesichtet werden. Im Laufe des Projekts wird der Bestand fortlaufend ergänzt und aktualisiert.



Die Bestandsaufnahme bildet den Grundbaustein für die anschließende Bedarfsanalyse. Durch die Ermittlung aktueller Veröffentlichungen können gezielt Lücken für die Normung und technische Regelsetzung identifiziert werden. Diese offenen Fragestellungen werden im nächsten Schritt bei der Erarbeitung von Bedarfsvorschlägen aufgegriffen.

3.3.2.2 Erarbeitung der Bedarfe und Konkretisierung zu Handlungsempfehlungen

Aufbauend auf der Bestandsaufnahme und dem [Verzeichnis der Normen und technischen Regelwerke für Wasserstofftechnologien \[13\]](#) erfolgt eine Beratung über Bedarfe an die Normung und technische Regelsetzung oder notwendige pränormative Forschung innerhalb der Gremiensitzungen. Für die erste Sammlung an Ideen und Vorschlägen wurden unterschiedliche methodische Ansätze je nach Zusammensetzung in den AGs vorgenommen, z. B. Brainwriting, digitale Whiteboards oder Impulsvorträge. Hierbei wurden zunächst jegliche Ansätze für Ideen und Vorschläge gesammelt.

In weiteren AG-Sitzungen erfolgt die Ausformulierung zu konkreten Bedarfen, idealerweise im engen Austausch mit den zuständigen Gremien der technischen Regelsetzung. Ebenfalls erfolgt eine Priorisierung nach inhaltlicher und zeitlicher Relevanz. Die Ergebnisse aus den AG-Sitzungen werden anschließend in den UAK- und AK-Sitzungen besprochen und bewertet. Wenn ein Bedarf durch alle Gremien der Roadmap inklusive des Steuerungskreises bestätigt und empfohlen wurde, wird er als offizielle Handlungsempfehlung der NRM H2 ausgesprochen. So wird schrittweise aus einem diffusen Bedarf eine konkrete Handlungsempfehlung für die technische Regelsetzung entwickelt.

3.3.2.3 Umsetzung

Ein wesentliches Ziel der NRM H2 ist es, erarbeitete Handlungsempfehlungen zur Umsetzung als Normungsprojekt oder Projekt zur Erstellung einer Norm bzw. eines technischen Regelwerks an die Gremien der technischen Regelsetzung zu übergeben. Für eine effiziente und schnelle Umsetzung gibt es hierbei die Möglichkeit der finanziellen Unterstützung.



Förderungswürdig sind Projekte auf nationaler, europäischer oder internationaler Ebene. Es ist sowohl die Erarbeitung neuer als auch die Anpassung bereits existierender Normen, Standards oder Dokumente der technischen Regelsetzung möglich. Die Unterstützung umfasst auch eine Aufwandsentschädigung für Expertinnen und Experten für die Übernahme der Projektleitung oder Mitarbeit an dem Projekt.

Damit ein Normungsprojekt oder Projekt der technischen Regelsetzung als Umsetzungsprojekt finanziell unterstützt wird, muss es auf einer durch die Roadmap ausgesprochenen Handlungsempfehlung basieren, durch die Gremien der NRM H2 inklusive Steuerungskreis zur Finanzierung empfohlen werden und die Finanzierung muss durch das BMWK freigegeben werden.

Auch alle nicht geförderten Projekte werden an die Gremien der technischen Regelsetzung übergeben, die diese dann nach Rücksprache im Gremium in ihr Erarbeitungsprogramm des Ausschusses aufnehmen sollten. Der Prozess findet parallel zur weiteren Bedarfserarbeitung in der NRM H2 statt. Alle bisher zur Finanzierung empfohlenen Umsetzungsprojekte sind in den entsprechenden Abschnitten der AGs in Abschnitt 4 und in Abschnitt 7 zu finden.

4

Ergebnisse der Gremien

Im Rahmen der NRM H2 wurde mit den Gründungssitzungen der 39 Arbeitsgruppen im Frühjahr 2023 die Erarbeitung des strategischen Fahrplans für die technische Regelsetzung für Wasserstofftechnologien gestartet. Die Ergebnisse der Ausarbeitungen sind in diesem Kapitel dargestellt und stellen den Stand des Projekts bis März 2024 dar.

Für jede Arbeitsgruppe wird je nach Stand der Ausarbeitungen der Status Quo beschrieben und auf die Anforderungen und Herausforderungen in dem jeweiligen Themenbereich eingegangen. Darüber hinaus werden die Bedarfe zur Schließung der Lücken im technischen Regelwerk erläutert und die geförderten Umsetzungsprojekte benannt.

Auf Basis der Bestandsaufnahme ist das öffentlich zugängliche [Verzeichnis der Normen und technischen Regelwerke für Wasserstofftechnologien \[13\]](#) umgesetzt worden. Das Verzeichnis enthält mehr als 850 Einträge zu nationalen, europäischen und internationalen Normen und technischen Regelwerken.

Der Reifegrad des Bestands verhält sich sehr unterschiedlich, so ist beispielsweise das Regelwerk für leitungsgebundene Infrastrukturen bereits nahezu vollständig, wohingegen in den Bereichen Luft- und Schiffsverkehr, alternative Wasserstoff-erzeugungsarten oder im Bereich der Derivate eine Vielzahl von Lücken identifiziert wurden, die es zu schließen gilt.

Im Rahmen der Bedarfsanalyse wurden rund 180 Bedarfe für die technische Regelsetzung identifiziert. Für die Mehrheit der Themenbereiche konnten konkrete Handlungsempfehlungen abgeleitet werden und in vielen Fällen war es möglich, die Umsetzung zu konkretisieren, d. h. die Ebene der Erarbeitung (nationales, europäisches oder internationales Projekt) festzulegen und das zuständige Gremium zu identifizieren und einzubinden.

Für eine schnelle und gezielte Umsetzung hochpriorisierter Bedarfe wurden im Rahmen von zwei Förderrunden Vorschläge für zu fördernde Umsetzungsprojekte bewertet und zur Finanzierung empfohlen. Im Sommer 2023 wurden die Vorschläge für die ersten Umsetzungsprojekte in den Bereichen Wasserstofftransport, Speicherung, Bauteile und Schienenverkehr bewertet. Es wurden neun Umsetzungsprojekte durch das BMWK mit einer Förderung unterstützt. Der Fokus dieser ersten Initiierungsrunde lag auf den wichtigen und dringenden Projekten der technischen Regelsetzung, die auf nationaler, europäischer und internationaler Ebene vorangetrieben werden und so weit entwickelt waren, dass sie bereits ab Sommer 2023 initiiert werden konnten. Bei der zweiten Initiierungsrunde im Herbst 2023 wurden 14 Umsetzungsprojekte unterstützt. Hierbei handelt es sich um neue Projekte auf nationaler und europäischer Ebene in den Bereichen Wasserstoffeigenschaften, Erzeugung, Industrie, Qualitätsinfrastruktur und Wärme. Alle bisher zur Förderung unterstützten Projekte finden sich als Übersicht in Abschnitt 7. Im Verlauf des Projekts wird es drei weitere Initiierungsrunden für Umsetzungsprojekte geben.



4.1 Erzeugung

Der AK Wasserstoffherzeugung bildet ein koordinierendes Dach für die Bereiche Erzeugungsanlagen und Wasserstoffeigenschaften.

Unter den Erzeugungsanlagen zeigen Elektrolyseure einen hohen technologischen Fortschritt. Eine Herausforderung stellt die internationale Harmonisierung der geltenden Standards dar. Bei der Betrachtung anderer Erzeugungsarten gilt es, in einem ersten Schritt zu evaluieren, ob bereits Normungsrelevanz besteht.

Aktiv diskutiert wird das Thema Wasserstoffbeschaffenheit. Hier gilt es, eine Balance zwischen den unterschiedlichen Anforderungen von Anwendungen, Gasinfrastruktur und Bereitstellung von Wasserstoff zu finden. Daran angelehnt arbeitet die [AG Nachweisführung und Nachhaltigkeitsaspekte für Wasserstoff](#) an dem Bedarf eines einheitlichen Kriterienkatalogs.

Ein Schlüsselement für den Markthochlauf Wasserstoff ist das netzdienliche Zusammenwirken von Strom-, Wärme- und Gasinfrastruktur, was in der [AG Gesamtsystemintegration](#) analysiert wird.

4.1.1 Elektrolyse

Die AG Elektrolyse befasst sich mit der Erzeugung von Wasserstoff durch Wasserelektrolyse und allen damit einhergehenden Aspekten. Darunter fallen u. a. die folgenden Elektrolysearten: die alkalische Wasserelektrolyse, die alkalische Membranelektrolyse, die Polymerelektrolyt-Wasserelektrolyse sowie die Hochtemperatur-Wasserelektrolyse. Es wird der Elektrolyseprozess von der Leistungswandlung bis zum transportfähigen Produkt einschließlich der Hilfssysteme berücksichtigt.

Elektrolyse

4.1.1.1 Bestandsanalyse

Im Rahmen der Bestandsanalyse wurden zunächst Recherchen durchgeführt, um einen Überblick über bestehende Normen und technischen Regeln sowie Regularien und Projekte zu erhalten. Insgesamt konnten 57 Bestandsnormen identifiziert werden, die den Kernprozess Wasserelektrolyse betreffen. Nicht betrachtet werden Normen und technische Regeln ohne konkreten Bezug zur Wasserstoffbereitstellung oder solche, die in den Scope von anderen AGs der NRM H2 fallen (z. B. [AG Explosionsschutz](#) oder [AG Sicherheitstechnische Grundsätze](#)). Die in den Bestand aufgenommenen Normen und technischen Regeln teilen sich in neun nationale, 19 Europäische und zehn internationale Normen auf.

Neben den Normen und technischen Regeln wurden auch thematisch verknüpfte Regularien, Richtlinien, Gesetzesvorhaben und Projekte berücksichtigt. Insgesamt konnten elf Einträge dieser Art erfasst werden.

Um eine umfassende Informationsquelle zu bieten, wird auf das veröffentlichte [Verzeichnis der Normen und technischen Regelwerke Wasserstofftechnologien \[13\]](#) verwiesen. [Abbildung 8](#) stellt die identifizierten Gremien der technischen Regelsetzung dar, die für die Erarbeitung der technischen Regelwerke im Bereich Elektrolyse wichtig sind. Eine Übersicht zu den Abkürzungen der Gremien kann in [Abschnitt 9](#) eingesehen werden.

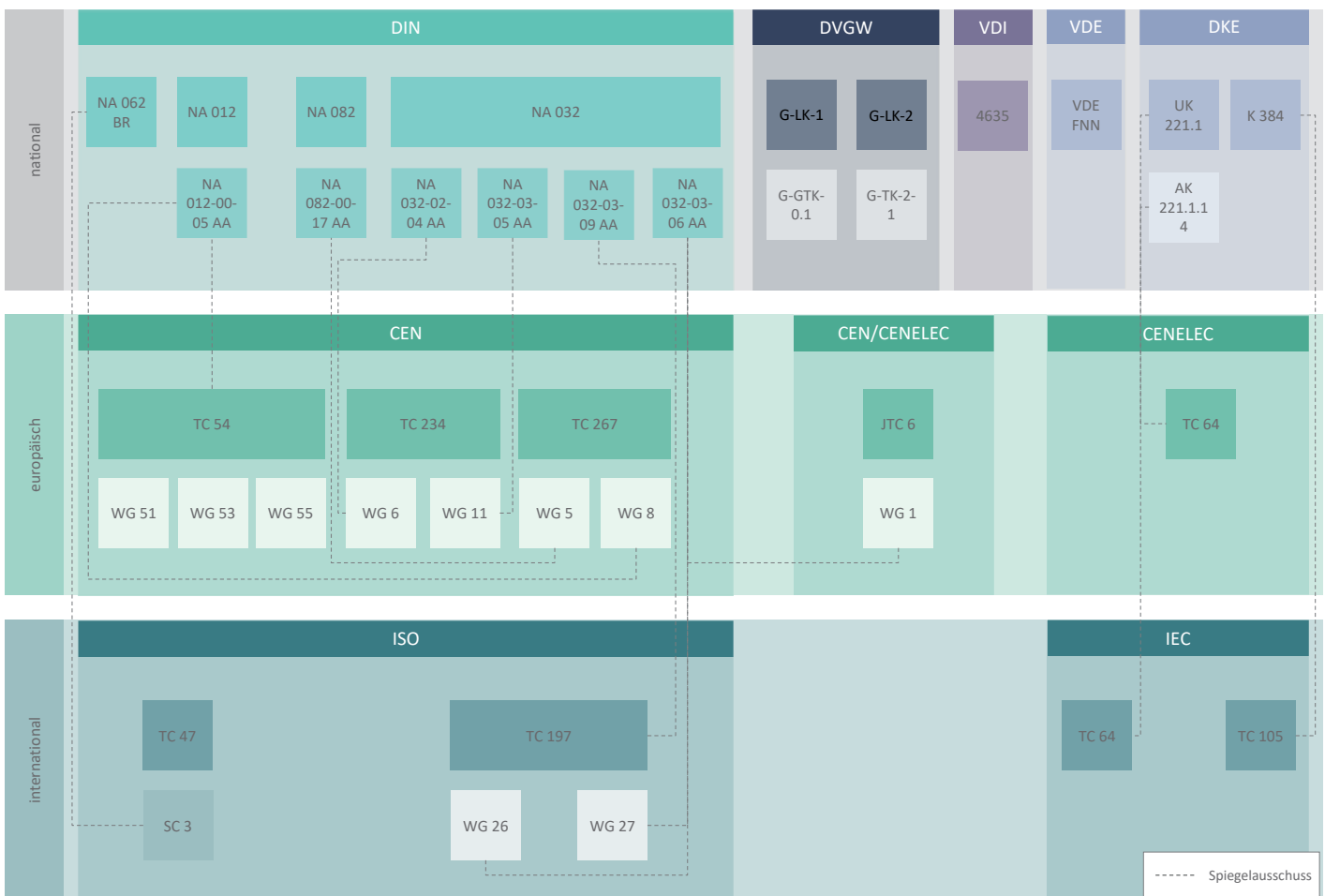


Abbildung 8: Übersicht relevanter Gremien der technischen Regelsetzung im Bereich Elektrolyse (Stand 03-2024)

(Quelle: eigene Darstellung)



4.1.1.2 Anforderungen und Herausforderungen

Neben den Bedarfen, die bereits als Umsetzungsprojekte identifiziert wurden, sieht die AG die folgenden Herausforderungen:

Bislang existiert kein einheitliches Vorgehen zur Bestimmung des Wirkungsgrades von Elektrolyseuren. Zudem sind die spezifischen Anforderungen an „offshore“- installierte Elektrolyseure bisher nicht genormt. Eine aktuelle Herausforderung besteht in der mangelnden Harmonisierung der internationalen Märkte. Dies spiegelt sich besonders bei der Zulassungsrelevanz von Europäischen Normen und technischen Regeln für internationale Projekte wider. Umgekehrt sind z. B. die US-amerikanischen Normen für Europa teilweise nicht anwendbar. Dies führt zu Unsicherheiten und Inkompatibilitäten im Zulassungs- und Planungsprozess. Hier bedarf es konkreter nationaler, europäischer und internationaler Maßnahmen, auch im Rahmen der NRM H2, um weltweit anerkannte Normen und technische Regeln zu etablieren. Für die internationale Norm ISO 22734:2019-09 [37] bedarf es einer raschen nationalen Akkreditierung durch die DAkkS.

Die Wasserqualität stellt eine weitere Herausforderung dar, da Normen für die Wasserqualität hinsichtlich der Anforderungen der Elektrolyse nicht vorhanden sind. Ferner fehlt eine Standardisierung bezüglich der Betriebsmodi von Elektrolyseuren. Dies ist u. a. im Hinblick auf einheitliche Abnahme- und Bewertungskriterien problematisch. Die identifizierten Normungsbedarfe für den Ex-Schutz wurden an die [AG Explosionsschutz](#) zur weiteren Bearbeitung übergeben. Im Hinblick auf das Nebenprodukt Sauerstoff werden verschiedene Herausforderungen gesehen. Sowohl Sicherheits- als auch Wirtschaftlichkeitsaspekte wären in Zukunft zu berücksichtigen. Hierzu wird noch Forschungsbedarf gesehen.

Die AG stand vor der Herausforderung, einzuschätzen, welche Technologien und Anwendungen sich in den kommenden Jahren durchsetzen werden und vor welchen Herausforderungen auf diesen Gebieten aktive Unternehmen in Bezug auf die Anwendung von Normen und technischen Regeln stehen.

4.1.1.3 Bedarfsanalyse

BEDARF 4.1.1-01:

Elektrische Schutzmaßnahmen in Wasserelektrolyseuren

INHALT: Schutzmaßnahmen; Anschluss; elektrischer Schlag

ERLÄUTERUNG: Die speziellen Anforderungen zum Schutz gegen elektrischen Schlag von Elektrolyseuren sind in der Normenreihe DIN VDE 0100 [38] aktuell nicht vollständig abgedeckt. Das zu erstellende Dokument DIN VDE 0100-7XX [39] beinhaltet die besonderen Anforderungen an Stromkreise zur Versorgung von Wasserelektrolyseuren mit elektrischer Energie. Die zu beschreibenden Konzepte dienen einerseits dazu, Personen vor den Gefahren des elektrischen Stromes zu schützen, andererseits sollen diese den Anlagenschutz sicherstellen.

UMSETZUNG: Nationales Projekt im Gremium DKE/UK 221.1 mit DKE/AK 221.1.14. VDE ist zuständig für die nationale Regelung. Nach der Fertigstellung soll das Dokument in die internationale Normung im IEC/TC 64 einfließen.

BEDARF 4.1.1-02:

Effizienz und Stabilität von Oberflächenbeschichtungen bzw. Vollmaterialien

INHALT: Stabilitätsprüfung; Effizienzprüfung; Elektrolysestack; Degradation

ERLÄUTERUNG: Beschreibung eines einheitlichen Prüfverfahrens für Stabilitäts- und Effizienzprüfung von Elektrolysestacks und der verwendeten Materialien. Aktuell werden oft nur Angaben der herstellenden Firmen nach eigenen Prüfverfahren zur Verfügung gestellt, die je nach Verfahren nicht vergleichbar sind. Bestehende Testverfahren sollen um Materialanalytik ergänzt werden.

UMSETZUNG: Idealerweise auf internationaler Ebene, gegebenenfalls auch erst auf nationaler Ebene und anschließende internationale Einbringung.

Andere Erzeugungsarten

BEDARF 4.1.1-03:

Leitfaden für die Planung, Ausführung und Abnahme von Elektrolyseuren zur Herstellung von Wasserstoff

INHALT: Elektrolyseure; Planung; Ausführung; Abnahme

ERLÄUTERUNG: Impulsgebend ist die VDI-Richtlinie 3985 [40], die den Projektverlauf bei Blockheizkraftwerken (BHKW) mit Verbrennungsmotoren oder Gasturbinen beschreibt. In Bezug auf Elektrolyseure müsste dieses Projekt für verschiedene Anwendungsfälle (Stromerzeugung und Wasserstoffabnahme) durchgeführt werden, bspw. netzgekoppelt, netz-unabhängig per Wind- oder Solarenergie, H₂-Erzeugung für Tankstellen, kontinuierliche Abnahme, Gasnetzeinspeisungen etc. Eine Hilfestellung zur Realisierung kann den Prozess für Interessengruppen vereinfachen und beschleunigen.

UMSETZUNG: Nationales Projekt.

4.1.1.4 Umsetzungsprojekte

Der Bedarf VDE 0100-7XX Elektrische Schutzmaßnahmen in Wasserelektrolyseuren wurde von dem Gremium der technischen Regelsetzung in die NRM H2 eingebracht und die finanzielle Unterstützung wurde bewilligt. Es soll zunächst ein nationales Dokument geschrieben werden, das anschließend international eingebracht wird. Ein Call for Experts ist gestartet und die Bearbeitung wird begonnen.

4.1.2 Andere Erzeugungsarten

Die AG Andere Erzeugungsarten befasst sich mit den Verfahren und Anlagen zur Erzeugung (inkl. Aufbereitung) von Wasserstoff mit anwendungsbezogener Nutzungsqualität, die nicht über Wasserelektrolyse gewonnen werden. Zu den Zielen dieser AG zählt es, einen Verfahrnskatalog aufzustellen und auf dessen Basis Bedarfe für die technische Regelsetzung zu identifizieren und entsprechende Projekte anzustoßen.

4.1.2.1 Bestandsanalyse

Bei der Bestandserhebung hat sich herausgestellt, dass es zielführend ist, zunächst eine Sammlung diverser Verfahren zur Wasserstofferzeugung außerhalb elektrolytischer Prozesse zusammenzustellen (Verfahrnskatalog). Diese Verfahren wurden in folgende Gruppen entsprechend dem Energieeinsatz zur Wasserstofferzeugung kategorisiert:

1. Strahlungsenergie – Photosynthetische Prozesse;
2. Chemische Energie – Brennstoff/Substrat – Vergasung, biologische Fermentation;
3. Wärmeenergie (Hochtemperatur, unabhängig von der Primärenergie) – thermochemische Prozesse.

Angesichts des hohen erwarteten Potenzials und Innovationsdrucks im Bereich der Wasserstofftechnologie gestaltete sich die Aufgabenstellung der AG Andere Erzeugungsarten naturgemäß umfassend. Es stellte sich heraus, dass der technische Reifegrad dieser Vorschläge sehr unterschiedlich war. Mithilfe eines in der AG Andere Erzeugungsarten erarbeiteten Bündels an Kriterien (Entscheidungsbaum, siehe 4.1.2.2 und Abbildung 9) werden die Verfahren in einem nächsten Schritt hinsichtlich eines möglichen Standardisierungsbedarfs untersucht.

4.1.2.2 Anforderungen und Herausforderungen

Aufgrund der unterschiedlichen technologischen Reife der identifizierten Prozesse erwies es sich als sinnvoll, ein Modell zur Beurteilung der Standardisierungsfähigkeit zu entwickeln. Basierend auf dem Verfahrnskatalog und diesem Modell kann in der weiteren Erarbeitung der NRM H2 eine klar strukturierte Bedarfsanalyse an die technische Regelsetzung entlang gemeinsam entwickelter Kriterien durchgeführt werden.

Als Modell zur Beurteilung der Standardisierungsfähigkeit wurde ein Entscheidungsbaum erarbeitet (Abbildung 9). Im Fokus des Entscheidungsbaums stehen drei zentrale Kriterien, die es für eine weiterführende Bedarfsanalyse zu prüfen gilt:

- a. Relevanz für die AG;
- b. Klimaneutralität;
- c. Technology Readiness Level (TRL) (s. DIN EN 16603-11 [41]).

Andere Erzeugungsarten

In Bezug auf die Normungsbedarfe wurde in dieser AG vereinbart, dass eine Standardisierung von Technologien ab einem TRL 8 [42] sinnvoll ist. TRL 8 bedeutet, dass „ein qualifiziertes System mit Nachweis der Funktionstüchtigkeit im Einsatzbereich“ [...] existiert, und bedingt weiter, dass der Stand der Technik (siehe Bundes-Immissionsschutzgesetz [43]) eingehalten ist. Da Wasserstofftechnologie ein dynamischer, sich schnell entwickelnder Bereich ist, sollen auch innovative Verfahren berücksichtigt werden, die aktuell noch keinen TRL 8 aufweisen. Dafür beinhaltet der Entscheidungsbaum einen zweiten Zweig „Zukunftsrelevanz“. Die hier aufgeführten Kriterien dienen als Grundlage, um einen Normungsbedarf für Technologien zu unterstützen, bei denen zum aktuellen Zeitpunkt höchstens der Einsatz von Prototypen bekannt ist (max. TRL 7). Insbesondere sollte eine technische Machbarkeit auf Basis von unabhängigen Quellen erkennbar sein.

Der Entscheidungsbaum wurde in Bezug auf das Verfahren „Feststoffpyrolyse“ erprobt. Es wird eine Relevanz für die AG gesehen. Die Klimaneutralität des Verfahrens wurde diskutiert mit dem Ergebnis, dass die Feststoffpyrolyse prinzipiell klimaneutral gestaltet werden kann. In Deutschland ist keine Anlage bekannt, die ein TRL > 7 aufweist, daher wurde der Block „Zukunftsrelevanz“ durchlaufen. Unter dem Punkt der grundsätzlichen Machbarkeit wurde einstimmig festgestellt, dass eine Erzeugung von Wasserstoff aus Pyrolyse theoretisch überlegt werden kann, aber technisch nicht umgesetzt wird. Daher wurde zum aktuellen Zeitpunkt kein Standardisierungsbedarf für diese Technologie gesehen.

Der Entscheidungsbaum, der kontinuierlich aktualisiert und weiterentwickelt wird, macht die Entscheidungen der Arbeitsgruppe transparent und zeigt den laufenden Prozess der Überprüfung und Anpassung deutlich auf.

Entscheidungsbaum

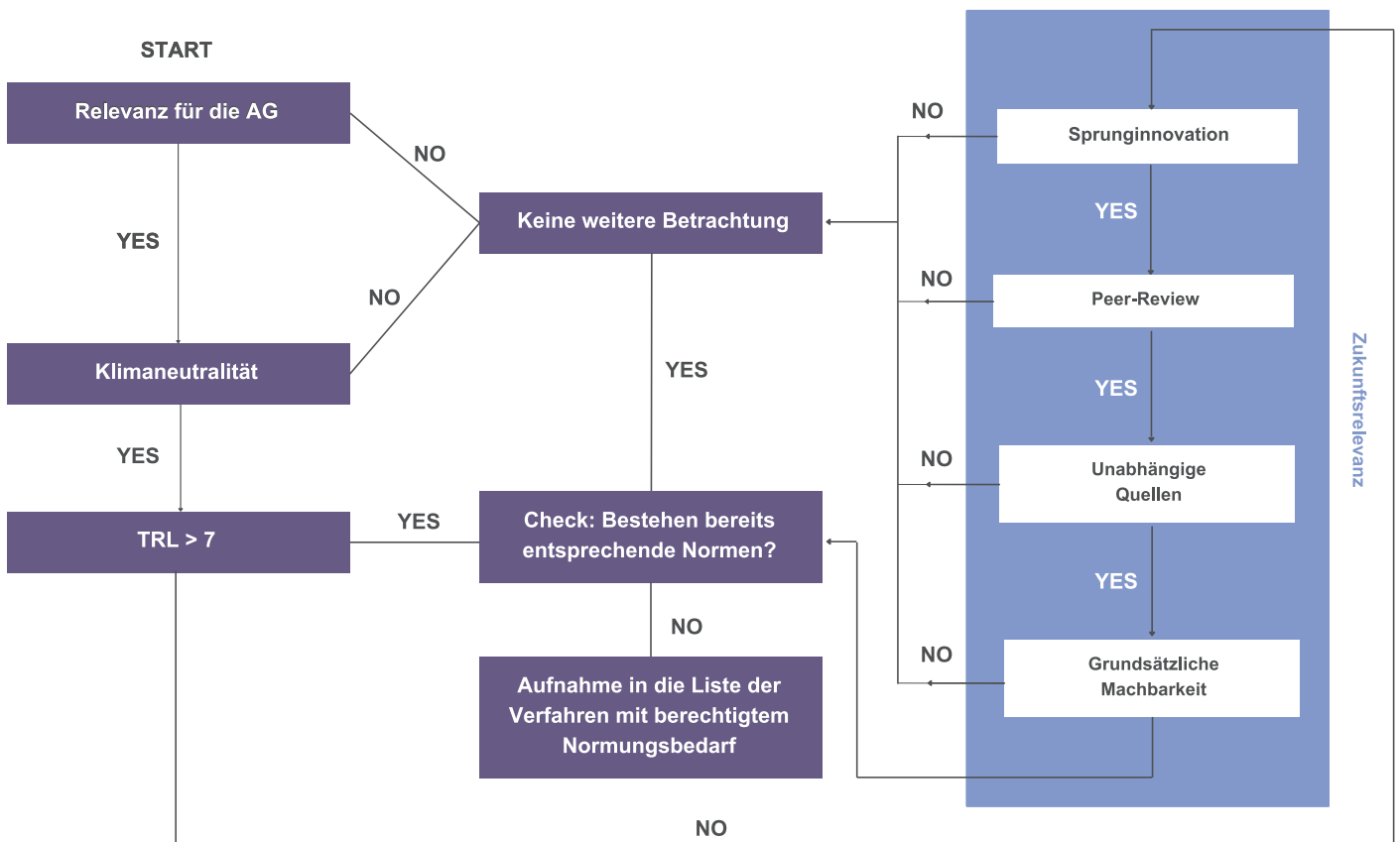


Abbildung 9: Entscheidungsbaum für Standardisierungsbedarfe

(Quelle: NRM H2 AG Andere Erzeugungsarten)

Gesamtsystemintegration

Abbildung 9 stellt die identifizierten Gremien der technischen Regelsetzung dar, die für die Erarbeitung der technischen Regelwerke im Bereich Andere Erzeugungsarten wichtig sind. Eine Übersicht zu den Abkürzungen der Gremien kann in Abschnitt 9 eingesehen werden.

4.1.2.3 Bedarfsanalyse

Die AG befindet sich aktuell noch in der Ausarbeitung konkreter Bedarfe. Die oben genannten Anforderungen und Herausforderungen erschweren die Identifizierung der Bedarfe. Die konkretisierten Bedarfe werden in der zweiten Fassung der NRM H2 Ende 2025 veröffentlicht.

4.1.2.4 Umsetzungsprojekte

Bisher wurden von der AG noch keine Umsetzungsprojekte zur finanziellen Förderung durch das BMWK vorgeschlagen.

4.1.3 Gesamtsystemintegration

Das wirtschaftlich effiziente sowie das netzdienliche Zusammenwirken von Strom-, Wärme- und Gasinfrastruktur wird im künftigen Energiesystem ein Schlüsselement der Sektorkopplung sein. Die Speicherfähigkeit von klimafreundlich hergestelltem Wasserstoff in der Gasinfrastruktur und die Möglichkeit, diese Energie durch Gasturbinen oder Brennstoffzellen bedarfsgerecht in das Elektrizitätssystem zurückzuführen, stellt die Basis für ein funktionierendes Energiegesamtsystem dar. Klimafreundlich hergestellter Wasserstoff ermöglicht es, die CO₂-Emissionen vor allem in Industrie, Wärme und Verkehr dort deutlich zu verringern, wo Energieeffizienz und die direkte Nutzung von Strom aus erneuerbaren Energien nicht ausreichen. Die richtige Kombination aller fünf Sektoren wird perspektivisch einen volkswirtschaftlichen Mehrwert generieren.

4.1.3.1 Bestandsanalyse

Elektrolyseanlagen generieren als größere elektrische Energienutzer eine zusätzliche Nachfrage für elektrische Energie. Für

den Anschluss von Anlagen bestehen entsprechende Normen und Vorgaben (z. B. Technische Anschlussregeln, Grid Codes, DIN EN 50549-1 [44], DIN EN 50549-2 [45]), die den elektrischen Anschluss, die Energiemessung und auch die Steuerbarkeit bzw. die Kommunikation der Anlagen mit dem Netz (z. B. Normenreihe DIN EN IEC 61850 [46]) und ggf. den Energiemarkt definieren. Hinsichtlich der Nutzung von Wasserstoff kann auf bestehende Anforderungen im DVGW-Regelwerk verwiesen werden. Eine Rückverstromung kann über Brennstoffzellen oder Gaskraftwerke realisiert werden, die Wasserstoff oder Derivate als Energieträger nutzen. Die hierfür existierenden technischen Regelwerke umfassen hauptsächlich nationale und Europäische Normen und technische Regeln.

Abbildung 10 stellt die identifizierten Gremien der technischen Regelsetzung dar, die für die Erarbeitung der technischen Regelwerke im Bereich Gesamtsystemintegration wichtig sind. Eine Übersicht zu den Abkürzungen der Gremien kann in Abschnitt 9 eingesehen werden.

4.1.3.2 Anforderungen und Herausforderungen

Um die Systemstabilität des elektrischen Verbundnetzes sicherzustellen, müssen bestimmte technische und regulatorische Anforderungen erfüllt werden (sog. Grid Codes). Diese umfassen Mindestanforderungen an das technische Vermögen der Anlagen, wie z. B. die Fähigkeit von Elektrolyseuren, bei Netzstörungen innerhalb gewisser Spannungsgrenzen am Netz zu bleiben. Für das deutsche Übertragungsnetz wurden spezifische Anforderungen an Elektrolyseure [47] von den Übertragungsnetzbetreibern definiert, die in die Revision der VDE-AR-N 4130 [48] einfließen werden. Anforderungen an Elektrolyseure werden auch in der neuen Version des europäischen Netzkodizes NC DC (Network Code Demand Connection) festgelegt.

Das Konzept des Smart Grid Architecture Models (SGAM) verfolgt das Ziel, Lücken (sog. Gaps) in der Standardisierung intelligenter Stromnetze aufzudecken und dient zur Entwicklung von Smart-Grid-Systemarchitekturen, wie in **Abbildung 11** dargestellt. Der wesentliche Schwerpunkt des SGAM liegt auf der funktionalen Interoperabilität im intelligenten Stromnetz. Bedingt durch die zunehmenden Wechselwirkungen zwischen Strom-, Gas- und Wärmenetzen ist eine SGAM-Erweiterung

Gesamtsystemintegration

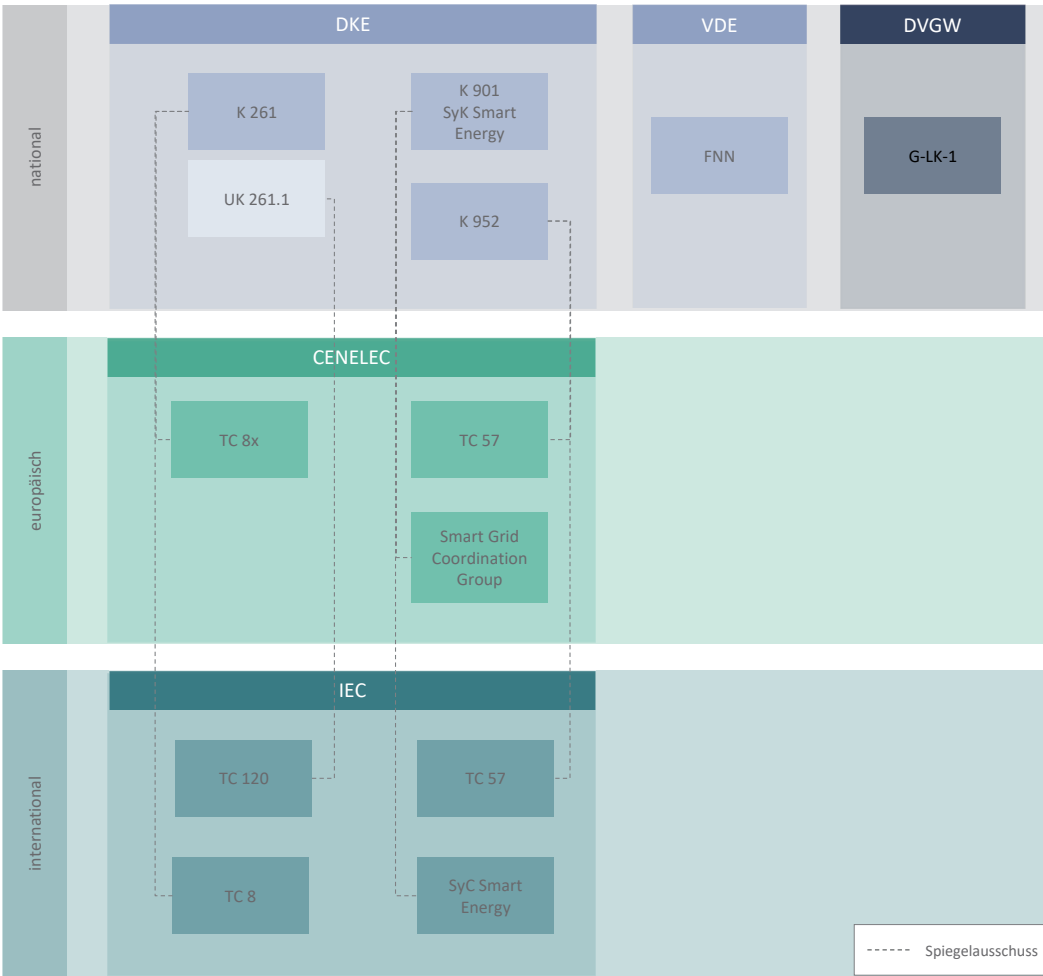


Abbildung 10: Übersicht relevanter Gremien der technischen Regelsetzung im Bereich Gesamtsystemintegration (Stand 03-2024) (Quelle: eigene Darstellung)

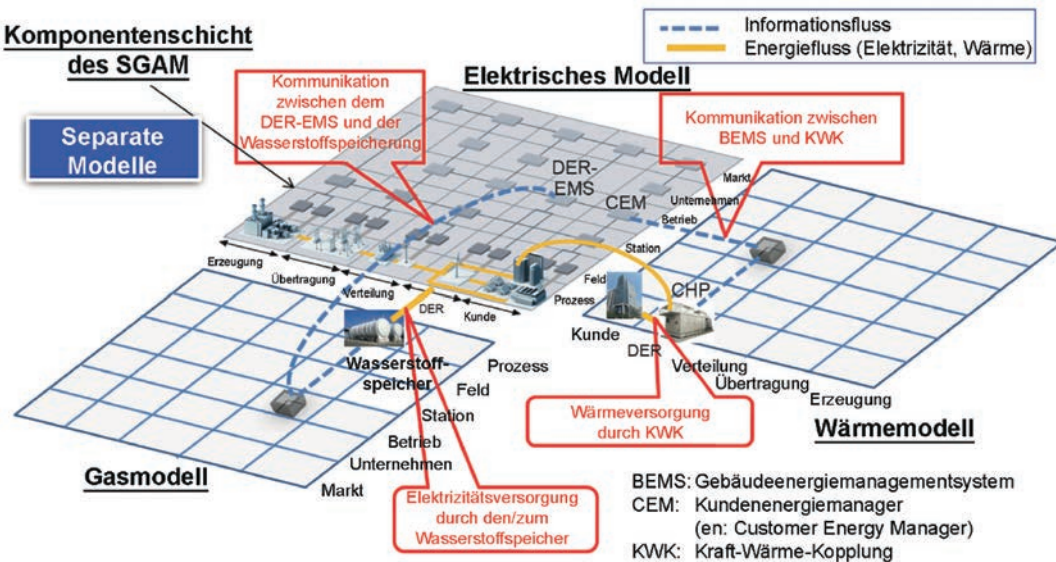


Abbildung 11: Interaktionsmodell der erweiterten SGAM-Komponentenschicht am Beispiel Wasserstoffspeicher nach IEC/TS 63200 (Quelle: [49], DKE)

tätsbewertung. Aktuelle Projekte wie Energy Data-X, QI Digital [51], oder Manufacturing-X sind interessante Anknüpfungspunkte.

Energiesystemmodelle und -simulationen unter Beachtung von Abhängigkeiten, Randbedingungen und Systemgrenzen der einzelnen Sektoren dienen der Integration der Sektoren. Aus elektrischer Sicht sind Themen wie Netzdienlichkeit, Energiemärkte, Flexibilität, Anschlussbedingungen, Installation, Systemstabilität, Systemdienstleistungen etc. wesentlich. Vergleichbare Systemaspekte müssen für alle Sektoren und Infrastrukturen bekannt sein. Diese ganzheitlichen Energiesystemmodelle dienen als Basis für Optimierung, Planung, Priorisierung, Handlungsempfehlungen, Strategien etc. zur Gesamtenergiesystemoptimierung [52].

4.1.3.4 Umsetzungsprojekte

Bisher wurden von der AG noch keine Umsetzungsprojekte zur finanziellen Förderung durch das BMWK vorgeschlagen.

4.1.4 Wasserstoffbeschaffenheit

Die AG Wasserstoffbeschaffenheit befasst sich mit den chemisch-physikalischen Eigenschaften (stoffliche oder brenn-technische) von Wasserstoff und dessen gasförmigen und festen Begleitstoffen. Ebenso betrachtet wird die Reinheit und damit verbundene Eingruppierung von Wasserstoff für die verschiedenen Anwendungen (energietragende Institution, Kraftstoff und Rohstoff). Für die verschiedenen Anwendungen findet eine Berücksichtigung der unterschiedlichen Bedarfe der gesamten Wertschöpfungskette statt. Die gesamte Wertschöpfungskette meint in diesem Zusammenhang Produktion, Transport, Speicherung, Verteilung, Endanwendung und Qualitätssicherung. Die AG legt den Fokus auf Wasserstoff als Hauptbestandteil im Gegensatz zu Wasserstoff als Beimischung (siehe [53], [54], [55], [56]).

4.1.4.1 Bestandsanalyse

Wasserstoffbeschaffenheit ist auf nationaler, europäischer und internationaler Ebene in der technischen Regelsetzung gut inkludiert. Die technischen Regelwerke werden durch aktive Gremienarbeit kontinuierlich verbessert und weiterentwickelt. Viele vor Kurzem abgeschlossene und aktuell laufende Forschungsprojekte unterstützen dabei.

Ein aktuell laufendes Projekt ist das vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) geförderte Leitprojekt TransHyDE [31]. Ziel des Projekts ist es, Technologien für den Transport und die Speicherung von Wasserstoff zu entwickeln und auf dieser Basis Handlungsempfehlungen für die nationale Wasserstoffinfrastruktur auszusprechen. Die Wasserstoffbeschaffenheit wird hier im Kontext der Umstellung von Erdgastransportnetzen auf Wasserstoff beleuchtet. Es werden Probenahme- und Analyseverfahren entwickelt, um kundenspezifische Gasbeschaffenheitsanforderungen sicherzustellen.

Ein kürzlich abgeschlossenes umfangreiches Forschungsvorhaben des DVGW ist die Roadmap Gas 2050 [57]. Eine daraus resultierende wichtige Erkenntnis ist, dass durch Wasserstoffbeimischungen die im DVGW-Arbeitsblatt G 260 [53] festgelegten Grenzen der relativen Dichte am ehesten unterschritten werden. Die gewonnenen Erkenntnisse fließen in die aktuelle Überarbeitung des DVGW-Arbeitsblatts G 260 [53] mit ein. Projekte zu Analyse und Probenahme [58], [59], [60], aber auch anwendungsbezogen zu Wasserstofftankstellen oder Brennstoffzellen [61], [62], [63] liefern hilfreiche Erkenntnisse für den Bereich Wasserstoffbeschaffenheit.

Insgesamt wurden durch die AG Wasserstoffbeschaffenheit 13 veröffentlichte Normen und technische Regelwerke identifiziert, die die Wasserstoffbeschaffenheit betreffen. Weitere technische Regelwerke sind noch in der Erarbeitung und liegen als Entwurf oder Arbeitsdokument vor. Im Zuge der Bestandsaufnahme wurde eine Unterscheidung zwischen den Normen, die die AG direkt betreffen, und solchen, die nur tangierend für die AG relevant sind, vorgenommen. Dabei haben sich zwischen fünf und zehn Regelwerke herauskristallisiert, die die AG direkt betreffen [13].

Die technische Regelsetzung konkretisiert politische Rahmenbedingungen auf nationaler und europäischer Ebene.

Wasserstoffbeschaffenheit

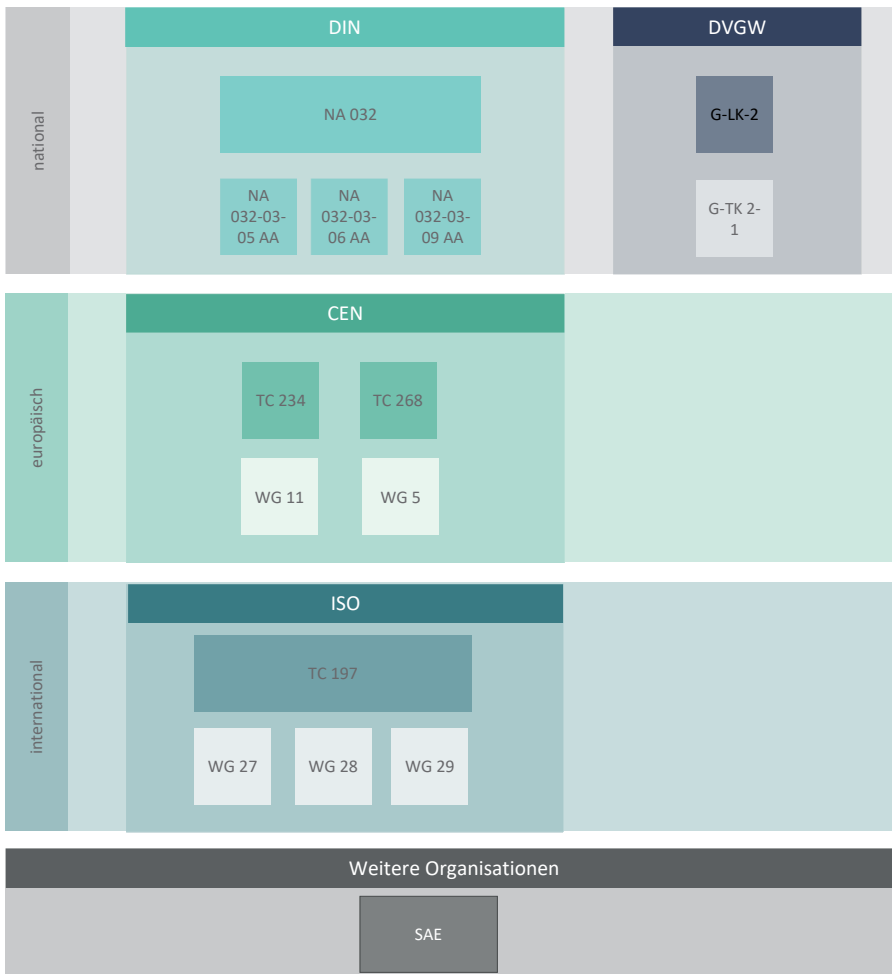


Abbildung 13: Übersicht relevanter Gremien der technischen Regelsetzung im Bereich Wasserstoffbeschaffenheit (Stand 03-2024) (Quelle: eigene Darstellung)

Abbildung 13 stellt die identifizierten Gremien der technischen Regelsetzung dar, die für die Erarbeitung der technischen Regelwerke im Bereich Wasserstoffbeschaffenheit wichtig sind. Eine Übersicht zu den Abkürzungen der Gremien kann in Abschnitt 9 eingesehen werden.

4.1.4.2 Anforderungen und Herausforderungen

Eine Herausforderung in der Bedarfsanalyse stellen diese offenen Fragen dar:

- Wasserstoff wird aus unterschiedlichen Quellen (Erzeugung vor Ort, Import, Speicher) mit unterschiedlicher Beschaffenheit zur Verfügung stehen. Welche Quellen werden in welchem Maße welche Beschaffenheit bereitstellen?
- Potenzielle Anwendungen haben sehr unterschiedliche Anforderungen an die Beschaffenheit. Was sind die

Mindestanforderungen an die einzuspeisende Wasserstoffbeschaffenheit?

- Je nach Beschaffenheitsanforderungen sind kostenintensive Aufbereitungsprozesse erforderlich. Was ist technologieoffen und gesetzeskonform gesamtwirtschaftlich machbar?
- Wie könnte ein einheitlicher europäischer Qualitätsstandard aussehen?

Die identifizierten offenen Fragen überschneiden sich mit den in einer Studie [64] identifizierten Wissenslücken.

Seitens der AG wird folgender Forschungsbedarf gesehen: Es werden Regelungen vermisst, welche Beschaffenheit bei Einspeisung ins Netz und welche erst bei Ausspeisung ermöglicht werden sollte. Wird Wasserstoff entsprechend der aktuell in Revision befindlichen ISO 14687 Grade A (98 mol-% H₂) [54] betrachtet, bleiben max. 2 mol-% Begleitstoffe und -gase.



Forschungsbedarf wird darin gesehen, die möglichen Begleitstoffe hinsichtlich Anwendungskompatibilität zu bewerten, zu definieren, zu beschreiben und mittels geeigneter Analytik für ein Streitverfahren, z. B. nach DIN EN ISO 4259-2 [65], präzise bestimmen zu können, siehe hierzu auch Abschnitt 4.4.1, insbesondere Bedarf 4.4.1-01, und ISO 21087 [66]. Zusätzlich stellt sich die Frage nach dem Kosten-Nutzen-Aufwand der jeweiligen Marktteilnehmenden, jeweils verschiedene Stoffe vor Einspeisung oder nach Ausspeisung aus dem Gas zu entfernen. Hier geht es sowohl um die Art der Abscheidung als auch um den damit verbundenen Aufwand wie die Gasanalyse.

Für einige Anwendungen (z. B. Brennstoffzellentechnologie) ist eine hohe Reinheit des Wasserstoffs notwendig. Auf der anderen Seite gibt es Anwendungen, die mit einer geringeren Reinheit auskommen (z. B. Verbrennungsmotoren). Bisherige Assets, wie Speicher oder Transportnetze, haben Limitierungen, welche Reinheit sichergestellt werden kann [64], [67]. Sicherheits- und Immissionsaspekte begrenzen die Wahl der Wasserstoffspeichertechnologien und der Standorte. Gleiches gilt für die Aufstellung und Genehmigung von Gastrennanlagen. Außerdem beeinflussen hohe Reinheitsgrenzen auch die Entwicklung verschiedener Wasserstofferzeugungsverfahren. Es stellt sich die Frage, welche Aufreinigungskosten von wem zu tragen oder zu vergüten sind. Darüber hinaus besteht Bedarf nach Sicherheit bei der Umsetzung einer der technischen Regelsetzung entsprechenden Reinheit. Sicherheit können z. B. ein Umsetzungsplan als Kooperationsvereinbarung (KoV) nach Energiewirtschaftsgesetz EnWG [36] und Gasnetz-zugangsverordnung GasNZV [68] für eine finanziell tragbare Umrüstung der bestehenden Gas-Infrastruktur und finanzielle Förderungen zum Ersatz inkompatibler Bestandsanlagen der bestehenden Erdgas-Infrastruktur schaffen.

Eine Herausforderung ist es also, eine einheitliche Beschaffenheit zu finden. Für eine erfolgreiche Dekarbonisierung müssen sowohl die Kostenteilung als auch die technische Perspektive und die Lebenszyklusanalyse gemeinsam betrachtet werden. Hierfür wird u. a. eine politische Lösung benötigt.

4.1.4.3 Bedarfsanalyse

BEDARF 4.1.4-01:

Mögliche Eintragungsquellen von Katalysatorgiften und anderen Begleitstoffen

INHALT: Informative Angaben; kritische Begleitstoffe

ERLÄUTERUNG: Für zukünftige katalytische Anwendungen sind Begleitstoffe relevant, die im DVGW-Arbeitsblatt G 260 [53] aktuell nicht berücksichtigt werden. Katalysatorgifte können bereits in geringen Spuren zur Schädigung des Geräts führen. Geräteseitig werden entsprechende Aufreinigungsverfahren eingesetzt, deren technische Auslegung durch informative Angaben, insbesondere, inwieweit mit welchen Substanzen zu rechnen ist, vereinfacht werden könnten. Es gilt zu berücksichtigen, dass der Gasnetzbetrieb eine Qualität bereitstellen sollte, die einen größten gemeinsamen Nenner für die Anwendungen darstellt.

UMSETZUNG: Der Bedarf fließt in die aktuelle Überarbeitung des DVGW-Arbeitsblatts G 260 [53] ein. Der Bedarf ist im DVGW-Arbeitsblatt G 260 [53] teilweise adressiert. In der Überarbeitung der ISO 14687 [54] werden bereits Teilaspekte berücksichtigt. Eine mögliche Platzierung wird in der DIN EN 17124 [55] gesehen.

BEDARF 4.1.4-02:

Einheitliche Mengenangaben im DVGW-Arbeitsblatt G 260 [53]

INHALT: Vereinheitlichung; Mengenangaben

ERLÄUTERUNG: Im DVGW-Arbeitsblatt G 260 [53] wird für die zweite Gasfamilie für Angaben von Grenzwerten mol-% oder mg/m³ verwendet. Für die fünfte Gasfamilie, Gruppe D, werden Grenzwerte in µmol/m³ angegeben (entsprechend DIN EN 17124 [55]). Einheitlich gewählte Mengeneinheiten im DVGW-Arbeitsblatt G 260 [53] würden die Lesbarkeit und die Vergleichbarkeit mit internationalen Normen erhöhen.

Nachweisführung und Nachhaltigkeitsaspekte für Wasserstoff

Weitere Mengenangaben im internationalen Kontext sind ppm oder Gewichts-ppm. Der Brennwert wird in deutschen Regelwerken in kWh statt in MJ angegeben. Aktuell gibt es entsprechende Umrechnungsangaben.

UMSETZUNG: Der Bedarf fließt in die aktuelle Überarbeitung des DVGW-Arbeitsblatts G 260 [53] mit ein.

BEDARF 4.1.4-03:

Anpassung der DIN EN 17124 [55] entsprechend möglichen Änderungen der ISO/DIS 14687 [69]

INHALT: Gasbeschaffenheitskategorie

ERLÄUTERUNG: Auf internationaler Ebene wird die Einführung einer neuen Gasbeschaffenheitskategorie, Grade F, in der ISO/DIS 14687 [69] diskutiert. Die ISO/DIS 14687 [69] beschreibt die Beschaffenheit von Wasserstoff als Kraftstoff für verschiedene Anwendungen. Grade F mit ≥ 98 mol-% Wasserstoff definiert eine Kraftstoffqualität zum Einsatz in modernen Null-Emission-Straßenfahrzeugen ohne zentrale Abgasreinigung wie in Industrieanlagen. Es wird perspektivisch der Bedarf gesehen, diese Änderung in das europäische Regelwerk, die DIN EN 17124 [55], zu übernehmen. Die DIN EN 17124 [55] legt die Qualitätseigenschaften von Wasserstoff für die Nutzung in PEM-Brennstoffzellenfahrzeugen fest. Sie beschreibt die für Straßenfahrzeuge gesetzlich erforderliche Wasserstoffqualität an öffentlichen Tankstellen nach der 10. BImSchV [56].

UMSETZUNG: Die Umsetzung kann erst starten, wenn die Überarbeitung der ISO/DIS 14687 [69] abgeschlossen ist. Die Diskussion, Grade F auf europäische Ebene zu übernehmen, ist bereits angestoßen. Dabei ist wichtig, dass eine Übernahme in die 10. BImSchV [56] ermöglicht wird. Falls eine Übernahme in DIN EN 17124 [55] nicht erfolgt, wird eine Umsetzung in einem neuen Projekt gesehen.

4.1.4.4 Umsetzungsprojekte

Bisher wurden von der AG noch keine Umsetzungsprojekte zur finanziellen Förderung durch das BMWK vorgeschlagen.

4.1.5 Nachweisführung und Nachhaltigkeitsaspekte für Wasserstoff

Die AG Nachweisführung und Nachhaltigkeitsaspekte erarbeitet ein Konzept zur klaren Differenzierung von Wasserstoff und dessen Derivaten zur energetischen und stofflichen Nutzung in Abhängigkeit der Herkunft der bereitgestellten Energie. Im Fokus der Nachhaltigkeitsaspekte (ökologisch, ökonomisch, sozial) stehen die Produktion, der Transport und die Speicherung von Wasserstoff und dessen Derivaten. Die AG hat den Bedarf an einem Konzept zur Bewertung von Nachhaltigkeitskriterien von Wasserstoff und Wasserstoffderivaten ermittelt.

4.1.5.1 Bestandsanalyse

Die technische Regelsetzung für den Transport und die Anwendung von Gasen z. B. als Energieträger ist umfassend. Neben den technischen Anforderungen an die Bauweise von Leitungen, Bauteilen und Anlagen werden sicherheits- und umwelttechnische Anforderungen für den Bau, die Überwachung und Instandsetzung beschrieben. Ein Großteil des Regelwerks wurde auf Basis des Praxiswissens insbesondere für die Nutzung von Methan entwickelt. Daraus wurden auf Basis vergleichender Forschungsergebnisse Vorgaben für die Anwendung um Wasserstoff erweitert.

Für den Transport und Handel mit Gasen (inkl. Wasserstoff) gibt es bereits etablierte Nachweissysteme, wie die Massenbilanzierung, Herkunftsnachweise und weitere Zertifikate. Durch die Unionsdatenbank der EU soll künftig sichergestellt werden, dass es zu keiner Doppelvermarktung oder Doppelanrechnung kommt. Kriterien für erneuerbaren Wasserstoff und dessen Derivate (RFNBO [70]) sind durch die RED II [71] und zugehörige delegierte Rechtsverordnungen auf europäischer und durch die 37. BImSchV [72] auf deutscher Ebene festgelegt. Die entsprechenden Zertifizierungssysteme nach delegierter Rechtsverordnung für Wasserstoff für die Anrechenbarkeit nach RED II [71] und ein nationales Massenbilanzsystem werden im Laufe des Jahres 2024 fertiggestellt.

Als besonders richtungsweisend werden die Regelwerke eingestuft, die eine Bewertung von Umweltauswirkungen und deren systematische Erfassung beschreiben. Auch auf interna-



Nachweisführung und Nachhaltigkeitsaspekte für Wasserstoff

tionaler Ebene liegen dazu bereits Merkblätter, Verordnungen und EU-Richtlinien vor. Im Rahmen von Klassifizierungssystemen für Investitionsvorhaben zur Umsetzung, beispielsweise der EU-Taxonomieverordnung [73], bzw. zur Bewertung gemäß den UN-Nachhaltigkeitszielen [74], ist aber nur selten ein konkreter Bezug in den Regelwerken zu erkennen, denn das Hauptaugenmerk liegt auf einer Beschreibung der angewandten Technologien.

Eine umfassende gegenüberstellende Bewertungsgrundlage aller Produktionsmethoden von Wasserstoff, seiner Ausgangsmaterialien und seiner Derivate und die Bewertung der relevanten Umweltauswirkungen, die über eine Emission hinausgehen, ist nicht zu finden.

4.1.5.2 Anforderungen und Herausforderungen

Prozesse zur Erzeugung von Wasserstoff und dessen Derivaten als auch dazugehörige Zertifizierungssysteme zur Nachhaltigkeit sind vielfältig. Bestehende Wasserstoff-Produktionspfade können mit den existierenden Systemen nicht umfänglich vergleichend bewertet werden. Vorhandene Nachhaltigkeitsbewertungen unterscheiden sich in Anzahl, Gewichtung und Definition einzelner Aspekte, was durch das Anwendungsgebiet und die Zweckbindung des jeweiligen Systems bedingt wird. Unterschieden werden kann in regulatorische Vorgaben und weitere Labels, die zu differierenden Qualitätsanforderungen führen. Dieses Problem wird bisher nur teilweise durch die Normung gelöst. Eine rückverfolgbare Einhaltung der Kriterien entlang der gesamten Lieferkette, um Vertrauen in die entsprechenden Normen und die darauf aufbauenden Zertifizierungssysteme verschiedener Märkte sicherzustellen, ist somit bisher nicht gegeben. Erschwert wird die Anwendung noch durch den regulatorischen Rahmen, der einerseits Teilaspekte bzw. bestimmte Technologien besonders detailliert beschreibt oder strikte Vorgaben macht, andererseits andere Aspekte kaum oder gar nicht benennt und somit auch nicht vorgibt.

Vor diesem Hintergrund ist es wichtig, ein Minimum einheitlich relevanter und konkreter Nachhaltigkeitskriterien zu haben, die Transparenz, Rückverfolgbarkeit und somit Vergleichbarkeit der verschiedenen Technologien auch international schaffen. Dabei sollten die diversen politischen, geografischen und sozio-ökonomischen Gegebenheiten

verschiedener Länder bei der Festlegung der Nachhaltigkeitskriterien vor dem Hintergrund eines globalen Marktes für Wasserstoff bei der Produktion im Inland als auch für Importe aus dem Ausland Berücksichtigung finden. Die dynamische Entwicklung in diesem Bereich und der starke Markthochlauf erfordern eine schnelle und vor allem zielgerichtete Lösung für dieses Problem.

Das Ziel einer ganzheitlichen Betrachtung von Nachhaltigkeitsaspekten ist wünschenswert und sollte angestrebt werden, könnte jedoch dem Ziel der Beschleunigung des Wasserstoff-Markthochlaufs entgegenstehen. Die Zusammenführung der beiden Ziele ist anspruchsvoll. Grund sind die oben genannten diversen politischen, geografischen und sozio-ökonomischen Gegebenheiten in den Wasserstoff-Exportländern, welche i. d. R. stark von Standards der Europäischen Union abweichen. Der Ansatz der Normung von Nachhaltigkeitsaspekten in Bezug auf Wasserstoff und seine Derivate hat daher sicherzustellen, dass deren Handel und Marktentwicklung nicht behindert, sondern durch Vergleichbarkeit und Transparenz befördert werden.

4.1.5.3 Bedarfsanalyse

BEDARF 4.1.5-01:

Nachhaltigkeitskriterien von Wasserstoff und Wasserstoffderivaten als Energieträger

INHALT: Nachhaltigkeitsaspekte; Kriterien

ERLÄUTERUNG: Grundsätze, Kriterien und Indikatoren für die Nachhaltigkeit der Erzeugung, des Transports und der Speicherung von Wasserstoff und seinen Derivaten sind erforderlich, um die Bewertung der umweltbezogenen, sozialen und wirtschaftlichen Aspekte der Nachhaltigkeit zu erleichtern. Die Kriterien sollen auf alle Erzeugungsarten von Wasserstoff und seinen Derivaten anwendbar sein und unabhängig von der genutzten Technologie der Erzeugung, geografischen Lage, Speicherung oder endgültigen Nutzung gelten. In diesem Projekt sollen keine Schwellen- oder Grenzwerte festgelegt werden. Ebenso wird keine Bewertung der Kriterien erfolgen. Die Nachhaltigkeitsaspekte der Endanwendungen sind in diesem Projekt nicht Teil des Scopes.

Nachweisführung und Nachhaltigkeitsaspekte für Wasserstoff

UMSETZUNG: Im Rahmen eines nationalen Projekts soll ein Konzept für Nachhaltigkeitskriterien erarbeitet werden.

4.1.5.4 Umsetzungsprojekte

Der Bedarf 4.1.5-01 wurde als Umsetzungsprojekt mit dem Titel Nachhaltigkeitskriterien für Wasserstoff und Wasserstoffderivate bei DIN initiiert und wird als ein nationales Projekt im NA 172-00-10-01 GAK Gemeinschaftsarbeitskreis NAGUS/ NAGas: Nachhaltigkeitskriterien für Wasserstoff und Wasserstoffderivaten umgesetzt.



4.2 Infrastruktur

Der AK Infrastruktur ist zuständig für die Normen und technischen Regelwerke auf dem Gebiet der zur Versorgung mit Wasserstoff benötigten Infrastruktur. Dazu gehören neben leitungsgebundenen Infrastrukturen auch die mit der Infrastruktur verbundenen Speicheranlagen (oberirdisch und unterirdisch) sowie Anlagen zur Verflüssigung von Wasserstoff. Der AK Infrastruktur teilt sich in zwei Unterarbeitskreise, Transport und Verteilnetze und Speicherung auf.

Zunächst wurde eine Bestandsanalyse hinsichtlich vorhandener Normen und technischer Regelwerke der Wasserstoff-Regelsetzung durchgeführt. Hier wurde identifiziert, dass es bereits mehr als 390 Regelwerke und Normen gibt, welche Regelsetzungen zu Wasserstoff als Medium enthalten [13].

Im nächsten Schritt wurde geschaut, welche Bedarfe sich für den Hochlauf einer Wasserstoffwirtschaft ergeben und im Abgleich mit der Bestandsanalyse noch regeltechnisch erar-

beitet werden müssen. Hierbei wurden konkrete Bedarfe von 68 technischen Regelwerken identifiziert. Während im Bereich der leitungsgebundenen Infrastruktur eine nahezu komplette Regelsetzung für den Wasserstoffhochlauf vorhanden ist, muss für den Bereich der Speicherung noch eine umfangreiche Normung und technische Regelsetzung erfolgen.

4.2.1 Rohrleitungen

Die AG Rohrleitungen ist zuständig für die Ermittlung der Normungsbedarfe auf dem Gebiet der industriellen Rohrleitungen zur Werksversorgung sowie dem Gebiet der Flansche und ihren Verbindungen wie auch Prozessleitungen. Dies umfasst unter anderem Anforderungen für oberirdische oder in Kanälen verlegte oder erdgedeckte Rohrleitungen aus metallischen und nichtmetallischen Werkstoffen für Wasserstoff

Rohrleitungen

und Wasserstoffgemische bei unterschiedlichen Druck- und Temperaturstufen. Mit dem Ziel, sichere Betriebsbedingungen zu erreichen, sind hierbei insbesondere Anforderungen für industrielle Rohrleitungssysteme und deren Halterungen aus metallischen Werkstoffen einschließlich Sicherheitseinrichtungen von Bedeutung (z. B. Normenreihe DIN EN 13480 [75]). Dabei unterscheiden sich die industriellen Rohrleitungssysteme von Fernleitungen. Letztere betreffen Rohrfernleitungen ([AG Transportleitungen](#)) außerhalb der industriellen Werke, bspw. Raffinerien, und sind nicht Bestandteil der Themengebiete der AG Rohrleitungen. Verteilnetze werden in der [AG Verteilnetze](#) behandelt.

4.2.1.1 Bestandsanalyse

Im Zuge der NRM H2 wurden die bestehenden Normen auf die Eignung zur Verwendung und zum Bau und Betrieb in Verbindung mit Wasserstofftechnologien überprüft. Es wurde festgestellt, dass die bis dato zur Verfügung stehenden Normen für Rohrleitungen und Halbzeuge prinzipiell auch für Wasserstofftechnologien geeignet sein können. Es bedarf aber einer detaillierten Überprüfung. Besonders im Bereich der Prüfung von Halbzeugen und deren Verarbeitung zu Rohrleitungen muss noch Normungsarbeit geleistet werden. Momentan ist bei vielen Projekten eine Einzelprüfung notwendig. Auch die Neuverfassung von Normen und technischen Regeln ist nötig. Halbzeug-Normen sind nicht für die Verwendung im Bereich spezieller Medien zu verfassen, stattdessen soll die Überprüfung für den Einsatz in Wasserstofftechnologien erfolgen. International stehen schon einige wasserstofftaugliche Normen oder Normen speziell für Wasserstoff zur Verfügung, jedoch sind hier Prüfungen und Ergänzungen für die europäische und nationale Verwendung notwendig.

Ein besonderer Fokus gilt der Instandhaltung und dem Betrieb. Hier kann teilweise auf internationales Regelwerk zurückgegriffen und die europäischen und nationalen Besonderheiten können ergänzt werden. Es wurde auch hier ein nationaler Bedarf an zusätzlichen Normen und technischen Regeln identifiziert [13]. Auf politischer Ebene wurden auch zusätzliche Forschungsprojekte initiiert.

[Abbildung 14](#) stellt die identifizierten Gremien der technischen Regelsetzung dar, die für die Erarbeitung der technischen

Regelwerke im Bereich Rohrleitungen wichtig sind. Eine Übersicht zu den Abkürzungen der Gremien kann in [Abschnitt 9](#) eingesehen werden.

4.2.1.2 Anforderungen und Herausforderungen

Für alle Druckgeräte (Behälter, Rohrleitungen, Ausrüstungsteile) und Baugruppen über 0,5 bar gilt für das Inverkehrbringen und für die CE-Kennzeichnung die Druckgeräterichtlinie [76]; die Ausnahmeregelung für Fernleitungen ist zu beachten. Bei Energieanlagen gilt zusätzlich das Energiewirtschaftsgesetz [36]. Herausforderungen stellen hierbei die Differenzierung, wann welche Regelwerke zum Einsatz kommen, und die Synergie einer europäischen Wettbewerbsstrategie nach EN-Regelwerken dar. Anforderungen für Rohrleitungen zur Durchleitung von Wasserstoff resultieren aus äußeren und inneren variierenden Faktoren. Europäische Normen bieten den Vorteil einer europäisch harmonisierten Wasserstoff-Strategie. Mit der Normenreihe DIN EN 13480 [75] steht ein Regelwerk zur Verfügung, welches den vollständigen Herstellungsprozess abdeckt und Werkstoff- und Fertigungsnormen einbezieht.

Darüber hinaus bestehen folgende Herausforderungen:

1. Differenzierung nach Anwendung (Betriebstemperatur, Druck und möglicher Schädigungsmechanismus) oder nach Werkstofftyp (ASME B31.12 [77]).
2. Methoden zur Qualifizierung von Rohrstählen
 - a. Welche Prüfungen müssen von Rohrherstellenden durchgeführt werden (gilt auch für alle Anbauteile)?
 - b. Auswirkungen auf die technischen Lieferbedingungen wie Normenreihe DIN EN 10216 [78], Normenreihe DIN EN 10217 [79] etc.
3. Methoden zu Qualifizierung von werkstoffverändernden oder ergänzenden Prozessen. Es können ergänzende Prüfungen erforderlich sein, die in den einschlägigen Qualifizierungsnormen ergänzt werden müssen.
4. Zähigkeitsanforderungen
 - a. Zur Vermeidung von Sprödbruch, basierend auf Bruchmechanik und spezifischen Grenzen für Imperfektionen.
 - b. Unter Berücksichtigung der Beeinflussung der Duktilübergangstemperatur durch Wasserstoff.

Rohrleitungen

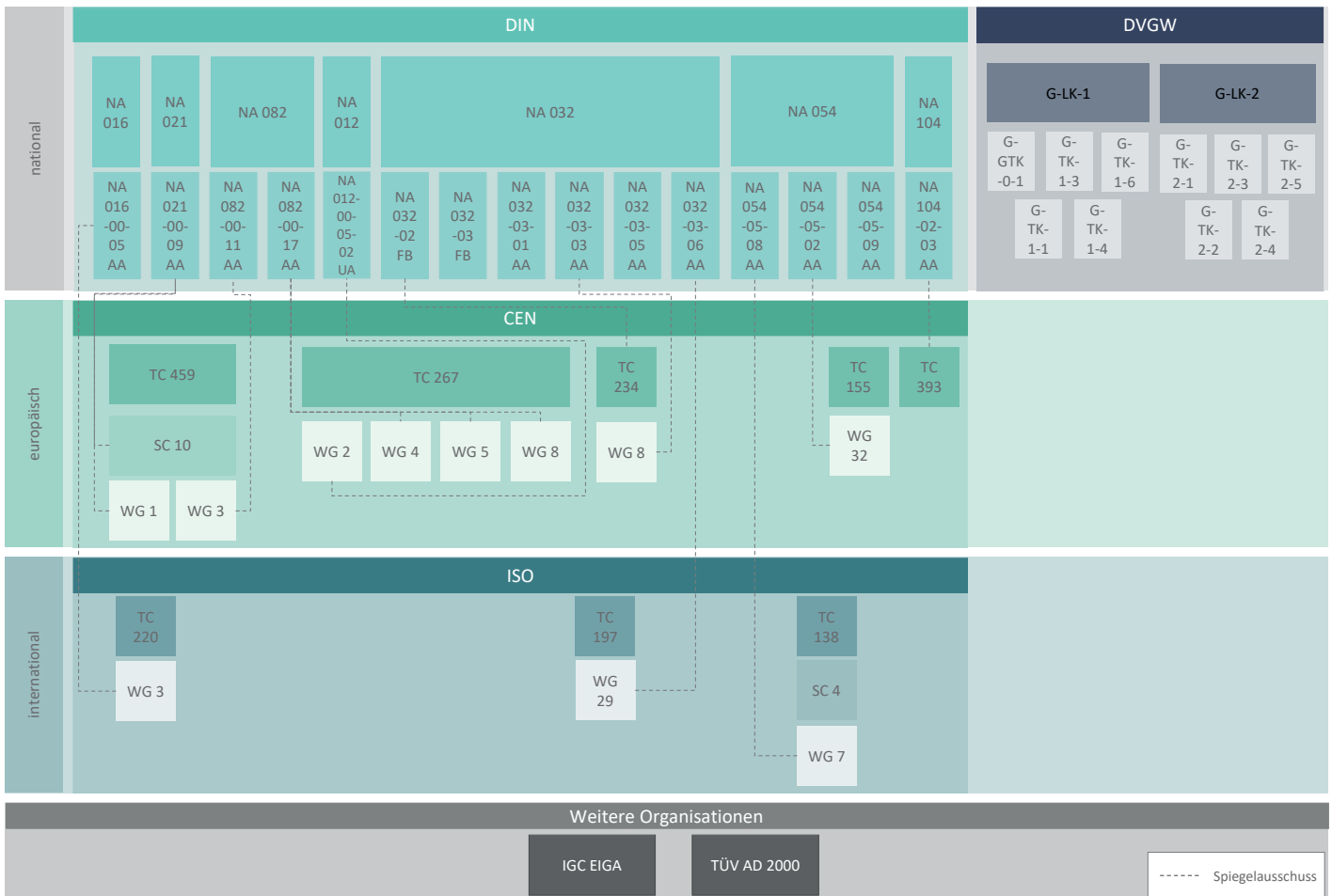


Abbildung 14: Übersicht relevanter Gremien der technischen Regelsetzung im Bereich Rohrleitungen (Stand 03-2024)
(Quelle: eigene Darstellung)

- Schweißzusatzwerkstoffe/-güter sind zusätzliche Werkstoffe, die bisher artgleich bzgl. der mechanischen und korrosiven Eigenschaften beurteilt und eingesetzt werden. Dies muss geprüft und ggf. modifiziert werden.
- Umwidmung von vorhandenen Leitungen: Welche Strategie im Sinne der o. g. Punkte muss verfolgt werden?
- Wie können Reparaturen nachqualifiziert werden?

Welche Anforderungen müssen Unternehmen erfüllen, um wasserstofftaugliche Produkte oder Leistungen anzubieten? Aufbauend auf Erfahrungen der Prozessindustrie wurde eine erste Initiative auf europäischer Ebene gestartet. Es zeichnet sich ab, dass insbesondere die Punkte 2, 3, 4 und 5 zusätzlicher pränormativer Forschung bedürfen. Die Umsetzungsgeschwindigkeit ist von der finanziellen Unterstützung abhängig.

4.2.1.3 Bedarfsanalyse

BEDARF 4.2.1-01:
DIN EN 13480-11, Metallische industrielle Rohrleitungen – Teil 11: Zusatzanforderungen an Rohrleitungen für Wasserstoffanwendung [80]

INHALT: Industrielle Rohrleitungen; Wasserstoffversprödung; Betriebsarten

ERLÄUTERUNG: Anforderungen an neue metallische industrielle Rohrleitungen für Wasserstoffanwendung ergänzend zu DIN EN 13480-1 [81] bis DIN EN 13480-8 [82].

Rohrleitungen

Unterscheidung vier grundsätzlicher Betriebsarten mit spezifischen Schädigungsmechanismen durch Wasserstoff:

1. Betrieb bei kryogenen Temperaturen;
2. Versprödung/ Degradation in wasserstoffhaltiger Umgebung oder wasserstoffinduzierte/-unterstützte Rissbildung;
3. Hochtemperaturwasserstoffangriff;
4. Betrieb mit zyklischer Beanspruchung.

UMSETZUNG: Hohe Priorität. Europäisches Projekt in CEN/TC 267. DIN ist zuständig für die nationale Regelung. Zuständiges Gremium ist der DIN-Arbeitskreis NA 082-00-17-01 AK EN 13480-11.

BEDARF 4.2.1-02:

DVGW-Arbeitsblatt G 614-1, Freiverlegte Gasleitungen auf Werksgelände hinter der Übergabestelle, Teil 1: Planung, Errichtung, Prüfung und Inbetriebnahme [83] und DVGW-Arbeitsblatt G 614-2, Freiverlegte Gasleitungen auf Werksgelände hinter der Übergabestelle, Teil 2: Betrieb und Instandhaltung [84]

INHALT: Freiverlegte Rohrleitungen; Planung; Instandhaltung

ERLÄUTERUNG: Planung bis Inbetriebnahme von freiverlegten Gasleitungen auf dem Werksgelände hinter der Übergabestelle bis zur letzten Absperrereinrichtung vor der Gasverwendungseinrichtung, in denen Gase der zweiten Gasfamilie fortgeleitet werden, sowie deren Betrieb und Instandhaltung. Es werden Anforderungen als Ergänzung zu den geltenden technischen Regeln (z. B. DVGW-Arbeitsblatt G 462 [85]) festgelegt. Die Anforderungen sollen für Wasserstoff erweitert werden. Dabei muss die Abgrenzung zur Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV) [86] und Druckgeräterichtlinie (DGRL) [76] sichergestellt sein.

UMSETZUNG: Mittlere Priorität. Interne Überarbeitung bei DVGW geplant. DVGW ist zuständig für die nationale Regelung. Zuständiges Gremium ist das DVGW-Gremium G-TK-2-3 Gasinstallation.

BEDARF 4.2.1-03:

Normenreihe DIN EN 10216, Nahtlose Stahlrohre für Druckbeanspruchungen – Technische Lieferbedingungen [78]

INHALT: Lieferbedingungen; unlegierte/ legierte Stähle

ERLÄUTERUNG: Die Werkstoffauswahl erfolgt nach den Teilen der Normenreihe DIN EN 10216 [78]. Es wird nicht festgelegt, für welche Medien die Stahlrohre geeignet sind. Es werden Qualitätsanforderungen wie Oberflächen- und innere Beschaffenheit und ggf. weitere notwendige Qualitätsanforderungen oder zusätzliche Einschränkungen festgelegt. Aktuell wird für weitere Normenreihen (u. a. DIN EN 13480 [75] und DIN EN 13445 [87]) geprüft, ob Änderungsbedarf besteht, anschließend erfolgt die Beurteilung der Anpassungen der Normenreihe DIN EN 10216 [78].

UMSETZUNG: Hohe Priorität. DIN ist zuständig für die nationale Regelung. Zuständiges Gremium ist der DIN-Unterausschuss NA 021-00-09-01 UA Rohre aus allgemeinen Baustählen oder Feinkornbaustählen.

BEDARF 4.2.1-04:

Normenreihe DIN EN 10217, Geschweißte Stahlrohre für Druckbeanspruchungen – Technische Lieferbedingungen [79]

INHALT: Stahlrohre; Qualitätsanforderungen; Ungänzen

ERLÄUTERUNG: Es wird nicht festgelegt für welche Medien die Stahlrohre geeignet sind. Es werden Qualitätsanforderungen wie Oberflächen- und innere Beschaffenheit und ggf. weitere notwendige Qualitätsanforderungen oder zusätzliche Einschränkungen festgelegt. Aktuell wird für weitere Normenreihen (u. a. DIN EN 13480 [75] und DIN EN 13445 [87]) geprüft, ob Änderungsbedarf besteht, anschließend erfolgt die Beurteilung der Anpassungen der Normenreihe DIN EN 10217 [79]. Es müssen zusätzlich die Einflüsse auf die Längsnaht geprüft werden.

UMSETZUNG: Hohe Priorität. Europäisches Projekt. DIN ist zuständig für die nationale Regelung. Zuständiges Gremium ist der DIN-Unterausschuss NA 021-00-09-01 UA



Rohre aus allgemeinen Baustählen oder Feinkornbaustählen. Sollte im Rahmen einer regulären Revision umgesetzt werden.

BEDARF 4.2.1-05:

DIN EN 10217-7, Geschweißte Stahlrohre für Druckbeanspruchungen – Technische Lieferbedingungen Teil 7: Rohre aus nichtrostenden Stählen [88]

INHALT: Stahlrohre; Tieftemperaturen; Schweißzusatzwerkstoff

ERLÄUTERUNG: Option Tieftemperatur sollte ergänzt werden, sodass Regelungen für geeignete Schweißzusatzwerkstoffe für diesen Einsatzzweck zur Verfügung stehen, der dies abdeckt (flüssiger Wasserstoff).

UMSETZUNG: Hohe Priorität. Europäisches Projekt. DIN ist zuständig für die nationale Regelsetzung. Zuständiges Gremium ist der DIN-Unterausschuss NA 021-00-09-01 UA Rohre aus allgemeinen Baustählen oder Feinkornbaustählen.

BEDARF 4.2.1-06:

Kryogene Schnittstelle / Verbindungselement

INHALT: Kryogene Schnittstellen; Johnston-Kupplung

ERLÄUTERUNG: Kryogene Schnittstellen / Verbindungselemente wie sogenannte Johnston-Kupplungen sind in ihren äußeren Dimensionen nicht standardisiert. Dies muss rechtzeitig vor der umfangreichen Nutzung von flüssigem Wasserstoff standardisiert werden, ggf. als neues Normungsprojekt bzw. als Ergänzung in EN 13371 [89]. Diese standardisiert die Testanforderung der Johnston-Kupplungen, nicht jedoch die Form.

UMSETZUNG: Mittlere Priorität. DIN ist zuständig für die nationale Regelsetzung.

BEDARF 4.2.1-07:

DIN EN 10253-2, Formstücke zum Einschweißen – Teil 2: Unlegierte und legierte ferritische Stähle mit besonderen Prüfanforderungen [90] und DIN EN 10253-4, Austenitische und austenitisch-ferritische (Duplex) nichtrostende Stähle mit besonderen Prüfanforderungen [91]

INHALT: Formstücke; zusätzliche Qualitätsanforderungen

ERLÄUTERUNG: Es wird nicht festgelegt, für welche Medien die Stahlrohre geeignet sind. Es werden Qualitätsanforderungen wie Oberflächen- und innere Beschaffenheit und ggf. weitere notwendige Qualitätsanforderungen oder zusätzliche Einschränkungen festgelegt. Aktuell wird für weitere Normenreihen (u. a. DIN EN 13480 [75] und DIN EN 13445 [87]) geprüft, ob Änderungsbedarf besteht. Innere Spannungen benötigen besondere Beachtung. Hohes Gefahrenpotenzial besteht bei Interaktionen wie z. B. Schweißen.

UMSETZUNG: Hohe Priorität. Europäisches Projekt. DIN ist zuständig für die nationale Regelsetzung. Zuständiges Gremium ist der DIN-Arbeitsausschuss NA 082-00-11 AA Einschweißittings.

BEDARF 4.2.1-08:

Riefen im Fertigbauteil (Flansch) durch das Innendrehen / Fertigung ohne Überdrehen sowie der Fertigungs Oberfläche (Normenreihe DIN EN 1092 [92])

INHALT: Flansch; Riefen; Risse

ERLÄUTERUNG: Ungänzen dienen als Eintrittsstellen für Wasserstoff und werden als Risse betrachtet. Die Bewertung, auch in Bezug auf die Lebensdauer, kann mithilfe bruchmechanischer Methoden ermittelt werden (z. B. BS 7910 [93]).

Im Regelfall wird die Riefentiefe durch die Oberflächenrautiefe begrenzt. Die Riefenlänge hängt ab von dem Durchmesser des Bauteils, der Schulterlänge sowie der Steigung durch Vorschub. Es gibt zwei Problemstellungen im Zusammenhang mit Riefen: zum einen die Länge der Helix, also die spiralförmige Ausdehnung der Riefen, und zum anderen eine undefinierte Oberfläche, die eine Riefentiefe und Riefenlänge aufweist, die größer sind als die maximal zulässigen Rissabmessungen.

Transportleitungen

UMSETZUNG: Hohe Priorität. Europäisches Projekt. DIN ist zuständig für die nationale Regelsetzung. Zuständiges Gremium ist der DIN-Arbeitsausschuss NA 082-00-16 AA Flansche und ihre Verbindungen.

4.2.1.4 Umsetzungsprojekte

DIN EN 13480-11, Metallische industrielle Rohrleitungen – Teil 11: Zusatzanforderungen an Rohrleitungen für Wasserstoffanwendung [80]:

Der DIN-Arbeitsausschuss NA 082-00-17 AA Industrielle Rohrleitungen und Rohrfernleitungen hat auf europäischer Ebene zur Initiierung des neuen Teils der Normenreihe EN 13480 [75] beigetragen. Das Projekt ist derzeit als PWI (seit 2021-08-04) registriert. Eine Mitarbeit an dem Projekt ist im DIN-Arbeitskreis NA 082-00-17-01 AK EN 13480-11 möglich. Das Thema Wasserstoff wird in enger Zusammenarbeit mit dem FNCA bearbeitet.

4.2.2 Transportleitungen

Die AG Transportleitungen ist zuständig für Wasserstofftransportleitungen bei Drücken zwischen 16 bar und 100 bar zur Versorgung der Öffentlichkeit mit Wasserstoff und Wasserstoffgemischen nach dem Energiewirtschaftsgesetz [36].

Zu den Aufgaben gehört die Überprüfung von bestehenden technischen Regelwerken für den Wasserstofftransport und die Identifikation neuer Bedarfe der technischen Regelung. Hierfür ist die Erarbeitung der dazugehörigen Rahmenbedingungen sowie der Produkthanforderungen für Rohre und Rohrleitungsteile für den Wasserstofftransport erforderlich. Verteilnetze (AG Verteilnetze) und industrielle Rohrleitungssysteme (AG Rohrleitungen) sind nicht Bestandteil dieser AG.

4.2.2.1 Bestandsanalyse

Die Normung und technische Regelsetzung für die AG Transportleitungen ist zum größten Teil abgeschlossen. Es wird angenommen, dass bei gleicher Betriebsweise wie beim Trans-

port von Erdgas eine Wasserstoffeignung insbesondere bei den Werkstoffen gegeben ist. Das gesamte technische Regelwerk besteht, abgesehen von den Forschungsprogrammen (DVGW-Innovationsprogramm Wasserstoff [33]), ausschließlich aus bereits erfolgten Überarbeitungen von Normen und technischen Regeln. Durch die Voruntersuchungen und technischen Diskussionen der Expertinnen und Experten aus den Gremien des NAGas bei DIN und von technischen Komitees (TK) des DVGW konnten die entsprechenden Regelwerke sofort identifiziert und aufgegriffen werden. Offene Bedarfe waren zum Teil bereits bekannt und in Bearbeitung durch die technischen Gremien. Diese werden in den kommenden Monaten und Jahren strukturiert Schritt für Schritt in den Bestand übergehen.

Zum Ende des Jahres 2023 gehörten ungefähr 20 Regelwerke aus dieser Arbeitsgruppe dem Bestand des bereits veröffentlichten *Verzeichnisses der Normen und technischen Regelwerke für Wasserstofftechnologien* [13] an. Die Hälfte davon sind bereits publizierte DVGW-Regelwerke, welche das Label H₂-ready tragen, sowie drei nationale DIN-Normen. Die restlichen Dokumente sind Europäische bzw. internationale Normen und technische Regeln. Relevante politische Regularien sind das Energiewirtschaftsgesetz (EnWG) [36] und die Gashochdruckleitungsverordnung [68].

Abbildung 15 stellt die identifizierten Gremien der technischen Regelsetzung dar, die für die Erarbeitung der technischen Regelwerke im Bereich Transportleitungen wichtig sind. Eine Übersicht zu den Abkürzungen der Gremien kann in Abschnitt 9 eingesehen werden.

4.2.2.2 Anforderungen und Herausforderungen

Um die Integration von Wasserstoff in das Regelwerk fortzuführen, muss die Überarbeitung diverser DVGW-Arbeits- und Merkblätter fortgeführt werden. Des Weiteren sind zusätzliche und neue DVGW-Arbeits- und Merkblätter zu erstellen. Dazu wird es erforderlich sein, bereits identifizierte Forschungsthemen durchzuführen. Erforderlichenfalls müssen weitere, neue Forschungsthemen ermittelt werden.

Für den sicheren Wasserstofftransport ist es unabdinglich, alle bisherigen Wissenslücken mittels Forschungsprojekten zu schließen und zeitnah in die Regelwerke einzuarbeiten.

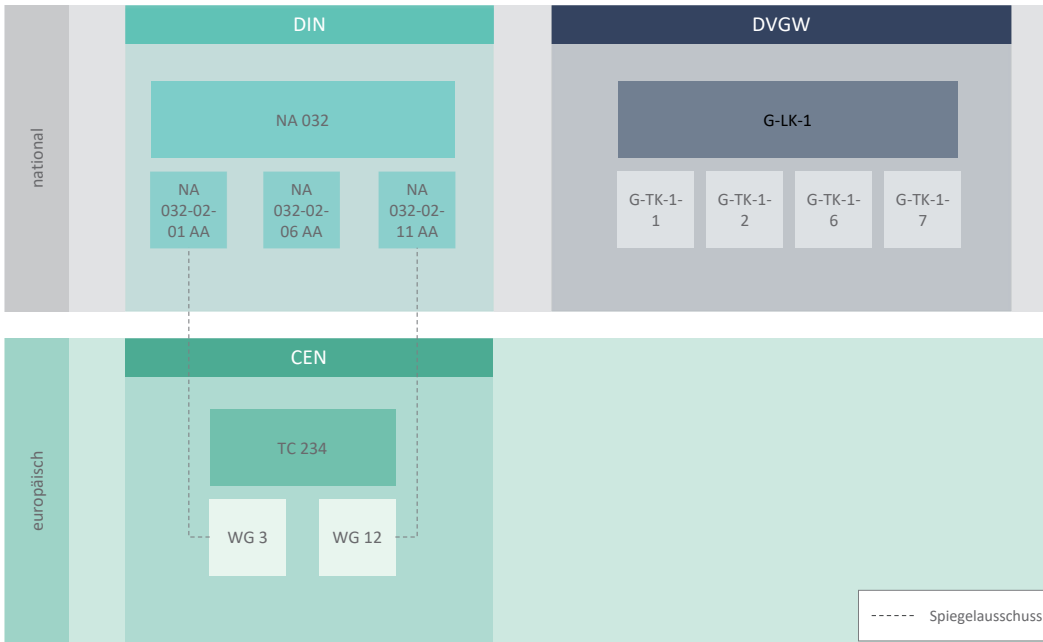


Abbildung 15: Übersicht relevanter Gremien der technischen Regelsetzung im Bereich Transportleitungen (Stand 03-2024) (Quelle: eigene Darstellung)

Aktuell sind als besondere Herausforderungen folgende Schwerpunkte definiert worden:

- Schweißen an in Betrieb befindlichen Wasserstoffleitungen;
- Betrieb von Wasserstoffleitungen;
- Schulung der Mitarbeitenden im Umgang mit dem Medium Wasserstoff.

Der Umgang mit Erdgas ist bekannt; mit Wasserstoff müssen Betriebsprozesse angepasst werden (bedingt durch stoffliche Eigenschaften von Wasserstoff). Hierzu sind bereits folgende Schwerpunkte identifiziert:

- Gasspüren, Messen;
- Inbetriebnahme, Außerbetriebnahme;
- Spülen;
- Molchen.

Angepasst werden müssen auch die EX-Zonen an gastechnischen Anlagen, da die Ausbreitung von Wasserstoff anders als bei Methan ist. Außerdem muss die Definition der technischen Dichtheit bezüglich Wasserstoffs überprüft werden.

4.2.2.3 Bedarfsanalyse

BEDARF 4.2.2-01:

DVGW-Arbeitsblatt G 452-1, Anbohren und Absperren von Gasleitungen aus Stahlrohren [94]

INHALT: Planung; Vorbereitung; Durchführung; Anbohrarbeiten; Absperrarbeiten; Gasleitungen; zweite Gasfamilie

ERLÄUTERUNG: Es müssen verschiedene Anpassungen hinsichtlich eines möglichen Einsatzes von Wasserstoff oder Wasserstoff-Erdgas-Gemischen vorgenommen werden. Dazu zählen folgende Punkte:

- Aufnahme DVGW-Merkblatt G 221 [95] als ebenfalls geltendes Regelwerk;
- Erweiterung des Regelwerks auf fünfte Gasfamilie nach DVGW-Arbeitsblatt G 260 [53];
- Überprüfung des Regelwerks in Bezug auf die Besonderheiten des Einsatzes von Wasserstoff und Wasserstoff-Erdgas-Gemischen;
- Überprüfen des Regelwerks in Bezug auf den Wasserstoff-einsatz bezüglich technischer Rahmenbedingungen sowie der generellen Materialeignung in Bezug auf Wasserstoff (als Zusatz- oder Austauschgas).

Transportleitungen

UMSETZUNG: Die Umsetzung soll ab 2025 im DVGW-Gremium G-TK-1-1 Gastransportleitungen erfolgen.

BEDARF 4.2.2-02:

DVGW VP 642, Faserverstärkte PE-Rohre (RTP) und zugehörige Verbinder für Gasleitungen mit Betriebsdrücken über 16 bar [96] und DVGW VP 643, Flexible, gewebeverstärkte Kunststoff-Inliner und zugehörige Verbinder für Gasleitungen mit Betriebsdrücken über 16 bar [97]

INHALT: Prüfgrundlagen; faserverstärkte Rohre; Rohrsystem; Inliner-System; flexible und gewebeverstärkte Kunststoff-Inliner

ERLÄUTERUNG: Es müssen verschiedene Anpassungen bzgl. eines möglichen Einsatzes von Wasserstoff oder Wasserstoff-Erdgas-Gemischen vorgenommen werden. Dazu zählen folgende Punkte:

- Erweiterung der Prüfgrundlagen auf fünfte Gasfamilie nach DVGW-Arbeitsblatt G 260 [53];
- Überprüfung der Prüfgrundlagen in Bezug auf die Besonderheiten des Einsatzes von Wasserstoff und Wasserstoff-Erdgas-Gemischen;
- Überprüfen der Prüfgrundlagen in Bezug auf den Wasserstoffeinsatz bezüglich technischer Rahmenbedingungen sowie der generellen Materialeignung in Bezug auf Wasserstoff (als Zusatz- oder Austauschgas).

UMSETZUNG: Die Umsetzung soll ab 2025 im DVGW-Gremium G-TK-1-1 Gastransportleitungen erfolgen.

BEDARF 4.2.2-03:

DIN EN 1594, Gasinfrastruktur – Rohrleitungen für einen maximal zulässigen Betriebsdruck über 16 bar – Funktionale Anforderungen [98]

INHALT: Leitungssysteme; Gasleitungsnetz; Bau und Betrieb; Umweltschutz

ERLÄUTERUNG: Es müssen verschiedene Anpassungen bzgl. eines möglichen Einsatzes von Wasserstoff oder Wasserstoff-Erdgas-Gemischen vorgenommen werden. Dazu zählen folgende Punkte:

- Erweiterung der Norm auf die fünfte Gasfamilie nach DVGW-Arbeitsblatt G 260 [53];
- Ergänzungen in Bezug auf verfügbare Technologien um den Einsatz von Wasserstoff;
- Ergänzungen von Vorkehrungen bei Betriebsvorgängen (Abblasen, Abfackeln usw.);
- Betrachtung von Rissausbreitung bei Rohrleitungen in Bezug auf den Transport von Wasserstoff.

UMSETZUNG: Die Umsetzung erfolgt ab 2024 im CEN/TC 234/WG 3.

BEDARF 4.2.2-04:

DIN EN 12327, Gasinfrastruktur – Druckprüfung, In- und Außerbetriebnahme – Funktionale Anforderungen [99]

INHALT: Druckprüfung; In- und Außerbetriebnahme; Gasinfrastruktur

ERLÄUTERUNG: Es müssen verschiedene Anpassungen bzgl. eines möglichen Einsatzes von Wasserstoff oder Wasserstoff-Erdgas-Gemischen vorgenommen werden. Dazu zählen folgende Punkte:

- Erweiterung der Norm auf die fünfte Gasfamilie nach DVGW-Arbeitsblatt G 260 [53];
- Ergänzungen in Bezug auf verfügbare Technologien um den Einsatz von Wasserstoff;
- Ergänzungen von Vorkehrungen bei Betriebsvorgängen (Abblasen, Abfackeln, Spülen, Inbetriebnahmen usw.);
- Überprüfung in Bezug auf die Zulässigkeit der Druckprüfverfahren und deren Anwendung für wasserstoffbetriebene Infrastruktur.

UMSETZUNG: Die Umsetzung soll ab 2025 im CEN/TC 234/WG 2 erfolgen.

BEDARF 4.2.2-05:

DVGW-Arbeitsblatt G 463, Gashochdruckleitungen aus Stahlrohren für einen Auslegungsdruck von mehr als 16 bar; Planung und Errichtung [100]

INHALT: Gashochdruckleitungen; Energieanlagen; betriebliche Gasverwendung

ERLÄUTERUNG: Es müssen verschiedene Anpassungen bzgl. eines möglichen Einsatzes von Wasserstoff oder Wasserstoff-Erdgas-Gemischen vorgenommen werden. Dazu zählen folgende Punkte:

- Überarbeitung hinsichtlich neuer Forschungsergebnisse aus den Projekten des DVGW-Innovationsprogramms Wasserstoff [33];
- Abgleich mit der in Überarbeitung befindlichen DIN 30690-1 [101] bezüglich der Bauteile unter Wasserstoffeinfluss.

UMSETZUNG: Die Umsetzung soll ab 2024 im DVGW-Gremium G-TK-1-1 Gastransportleitungen erfolgen.

BEDARF 4.2.2-06:

DVGW-Merkblatt G 409, Umstellung von Gashochdruckleitungen aus Stahlrohren für einen Auslegungsdruck von mehr als 16 bar für den Transport von Wasserstoff [102]

INHALT: Auslegungsdruck; Gastransport

ERLÄUTERUNG: Es müssen verschiedene Anpassungen bzgl. eines möglichen Einsatzes von Wasserstoff oder Wasserstoff-Erdgas-Gemischen vorgenommen werden. Dazu zählen folgende Punkte:

- Abgleich und Anpassung an die Inhalte der aktuellen DVGW-Merkblätter: DVGW-Merkblatt G 464 [103], DVGW-Merkblatt G 463 [100], DVGW-Merkblatt G 405 [104] und DVGW-Arbeitsblatt G 260 [53];
- Festlegung, ab welchem Wasserstoff-Partialdruck das DVGW-Merkblatt G 409 [102] anzuwenden ist;
- Überarbeitung hinsichtlich neuer Forschungsergebnisse aus den Projekten des DVGW-Innovationsprogramms Wasserstoff [33].

UMSETZUNG: Die Umsetzung soll ab 2024 im DVGW-Gremium G-TK-1-1 Gastransportleitungen erfolgen.

4.2.2.4 Umsetzungsprojekte

Bisher wurden von der AG noch keine Umsetzungsprojekte zur finanziellen Förderung durch das BMWK vorgeschlagen.

4.2.3 Anlagentechnik

Der Aufgabenbereich der AG Anlagentechnik erstreckt sich über sämtliche Anlagen, die für den Betrieb der Gasnetze benötigt werden. Wesentlicher Gegenstand sind:

- Funktionale Anforderungen an Planung, Errichtung, Betrieb und Instandhaltung dieser Anlagen;
- Anforderungen an Bauteile in Wasserstoffanlagen.

Zusätzlich, soweit in der Normung möglich:

- Qualifikationsanforderungen an Unternehmen für Planung, Herstellung und Betrieb von Wasserstoffanlagen;
- Qualifikationsanforderungen an Personen für die Prüfung und den Betrieb von Wasserstoffanlagen – Sachverständige und Sachkundige.

4.2.3.1 Bestandsanalyse

Die Normung und technische Regelsetzung für die AG Anlagentechnik ist zum größten Teil abgeschlossen. Hier besteht die Annahme, dass bei gleicher Betriebsweise der Anlagentechnik von Erdgas und vorheriger Bestandsaufnahme der Anlagen eine Wasserstoffeignung gegeben ist. Das gesamte technische Regelwerk besteht, abgesehen von den Forschungsprogrammen (DVGW-Innovationsprogramm Wasserstoff [33]), ausschließlich aus bereits erfolgten Überarbeitungen von technischen Regelwerken. Durch die Voruntersuchungen und technischen Diskussionen der Expertinnen und Experten aus den Gremien des NAGas bei DIN und von TKs des DVGW konnten die entsprechenden Regelwerke sofort identifiziert und aufgegriffen werden. Offene Bedarfe waren zum Teil bereits bekannt und in Bearbeitung durch

Anlagentechnik

die technischen Gremien. Diese werden in den kommenden Monaten und Jahren strukturiert Schritt für Schritt in den Bestand übergehen.

Zum Ende des Jahres 2023 gehörten 53 Normen und technische Regeln sowie DVGW-Informationen aus dieser Arbeitsgruppe dem Bestand des bereits veröffentlichten **Verzeichnisses der Normen und technischen Regelwerke für Wasserstofftechnologien** [13] an. Die Hälfte davon sind bereits publizierte DVGW-Regelwerke, welche das Label H₂-ready tragen, sowie eine DIN-EN-Norm. Die übrigen Regelwerke sind in der Überarbeitung bzw. stehen zur Überarbeitung an. In dem bereits im September 2023 veröffentlichten Verzeichnis sind die Normen und technischen Regeln detailliert aufgelistet [13]. Relevante Regularien für Deutschland sind das Energiewirtschaftsgesetz (EnWG) [36] und die Gashochdruckleitungsverordnung (GasHDrLtgV) [68].

Abbildung 16 stellt die identifizierten Gremien der technischen Regelsetzung dar, die für die Erarbeitung der technischen Regelwerke im Bereich Anlagentechnik wichtig sind. Eine Übersicht zu den Abkürzungen der Gremien kann in Abschnitt 9 eingesehen werden.

4.2.3.2 Anforderungen und Herausforderungen

Das aktuelle Regelwerk für den Bau und Betrieb von Gasanlagen ist für den Einsatz von Wasserstoff grundsätzlich anwendbar. Der Stand der Anpassung und Überarbeitung in den Gremien des DVGW und bei DIN entspricht den Anforderungen der Branche. Identifizierter Forschungsbedarf wurde bisher adressiert und befindet sich in Bearbeitung. Nicht ausreichend geregelt sind die Anforderungen an die Dichtheitsprüfung von Komponenten für Wasserstoffanlagen sowie Strömungsgeschwindigkeiten in Geräten und Systemen. Im Hinblick auf die Dichtheitsprüfung besteht Klärungsbedarf hinsichtlich der Wahl des Prüfmediums und der zulässigen Leckraten.

In Bezug auf die Strömungsgeschwindigkeiten sind weitere Detaillierungen bei der Anwendung in höheren Druckbereichen erforderlich. In den derzeitigen Forschungsprojekten werden vorwiegend theoretische Ansätze betrachtet. Theoretische Betrachtung und praktische Anwendbarkeit müssen nun in Übereinstimmung gebracht werden. Weiterhin existieren derzeit keine einheitlichen Vorgaben, nach welchen Kriterien die Eignung von Bauteilen für den Einsatz unter Wasserstoffbedingungen zu prüfen und zu bescheinigen ist. Hier besteht insofern Handlungsbedarf, als eine Vergleichbarkeit der der-

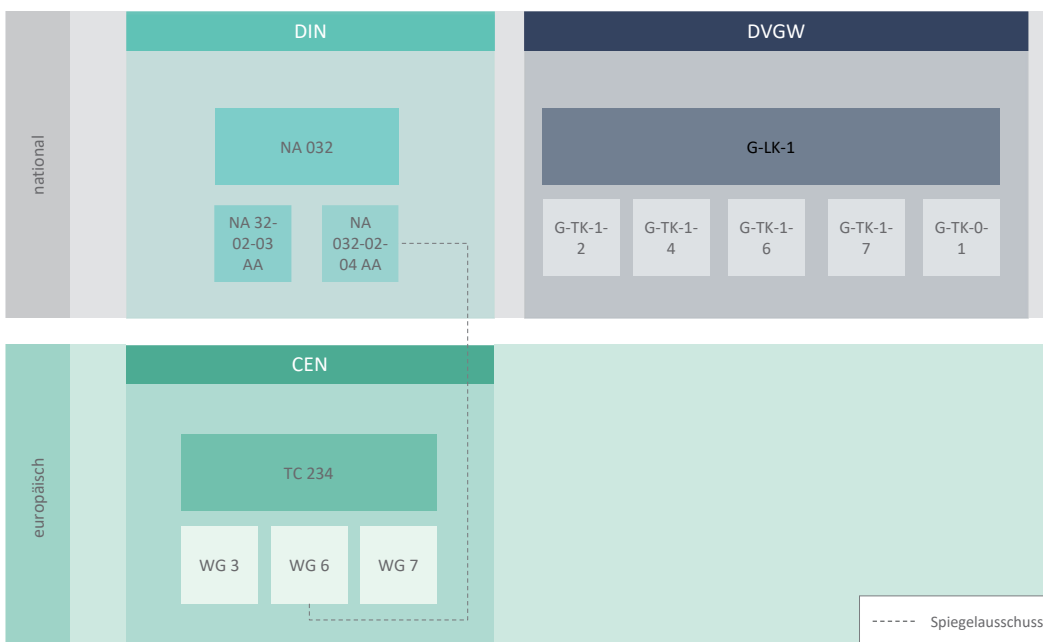


Abbildung 16: Übersicht relevanter Gremien der technischen Regelsetzung im Bereich Anlagentechnik (Stand 03-2024) (Quelle: eigene Darstellung)

zeit ausgeübten Praxis nicht gegeben ist. Dem gegenüber ist es aufgrund fehlender Rahmenbedingungen für die Prüfung von Bauteilen teilweise unmöglich, eine vergleichbare Bestätigung des herstellenden Unternehmens zur Eignung und Verwendung in Wasserstoffanlagen zu erhalten. Diese Sachverhalte führen bei Unternehmen und bei Sachverständigen oft zu Unsicherheiten hinsichtlich der Anwendung des Standes der Technik und der Gewährleistung einer umfassenden Sicherheit. Ebenso sind in diesem Zusammenhang wirtschaftliche Aspekte zu nennen, die sich z. B. aus unnötigen Überdimensionierungen ergeben können.

4.2.3.3 Bedarfsanalyse

BEDARF 4.2.3-01:

DVGW-Arbeitsblatt G 213, Anlagen zur Herstellung von Brenngasgemischen [105]

INHALT: Planung; Fernleitungsnetze; Verteilnetze

ERLÄUTERUNG: Mit der bevorstehenden Integration von Wasserstoff als wesentliche Komponente wasserstoffhaltiger Gase der öffentlichen Gasversorgung ist eine grundsätzliche Überarbeitung des Arbeitsblatts notwendig.

UMSETZUNG: Die Umsetzung soll ab 2025 im DVGW-Gremium G-TK-1-4 Anlagentechnik erfolgen.

BEDARF 4.2.3-02:

DVGW-Merkblatt G 442, Explosionsgefährdete Bereiche an Ausblaseöffnungen von Leitungen zur Atmosphäre an Gasanlagen [106]

INHALT: Leitungen; Atmosphäre

ERLÄUTERUNG: Es müssen verschiedene Anpassungen bzgl. eines möglichen Einsatzes von Wasserstoff oder Wasserstoff-Erdgas-Gemischen vorgenommen werden. Dazu zählen folgende Punkte:

- Im derzeit gültigen DVGW-Merkblatt wird ein Verfahren zur Bestimmung der Ausdehnung der Ex-Bereiche vorgestellt;

- die Neubewertung bzw. Aktualisierung des Verfahrens erfolgt derzeit im Rahmen eines Forschungsvorhabens;
- die dabei entstehenden Erkenntnisse sollen als Handlungsanweisung in das Regelwerk zurückfließen.

UMSETZUNG: Die Umsetzung soll ab 2024 im DVGW-Gremium G-LK-1 Gasversorgung erfolgen.

BEDARF 4.2.3-03:

DVGW-Arbeitsblatt G 492, Gas-Messanlagen für einen Betriebsdruck bis einschließlich 100 bar [107]

INHALT: Stilllegung; Entsorgung; Gas-Messanlagen; Gastransportsysteme; Verteilungssysteme

ERLÄUTERUNG: Es müssen verschiedene Anpassungen bzgl. eines möglichen Einsatzes von Wasserstoff oder Wasserstoff-Erdgas-Gemischen vorgenommen werden. Dazu zählen folgende Punkte:

- Verweis auf DVGW-Merkblatt G 221 [95];
- Sicherheitskonzept der Messanlagen ist mit den Sicherheitskonzepten der angeschlossenen Leitungen und Anlagen abzustimmen;
- bei der Erstellung des Messkonzepts sind die Gasbestandteile und -begleitstoffe für den gesamten Zeitraum der Gültigkeit des Messkonzepts zu berücksichtigen;
- Berücksichtigung von möglichen Biogas- oder Wasserstoffeinspeisungen.

UMSETZUNG: Die Umsetzung erfolgt seit 2023 im DVGW-Gremium G-TK-1-5 Gasmessung und Abrechnung.

BEDARF 4.2.3-04:

DVGW-Arbeitsblatt G 493-2, Qualifikationskriterien für Unternehmen zur Instandhaltung von Gasanlagen [108]

INHALT: personelle/sachliche Anforderungen; Wasserstoff-Einspeiseanlagen; Biogas-Ein-/Rückspeiseanlagen

Anlagentechnik

ERLÄUTERUNG: Es müssen verschiedene Anpassungen bzgl. eines möglichen Einsatzes von Wasserstoff oder Wasserstoff-Erdgas-Gemischen vorgenommen werden. Dazu zählen folgende Punkte:

- Aufnahme der Qualifikationsanforderungen an Fachkräfte zur Prüfung elektrischer Anlagen;
- Aufnahme der Qualifikationsanforderungen an Fachkräfte zur Prüfung der Eignung von Geräten und Schutzsystemen in Ex-Bereichen;
- Aufnahme der Qualifikationsanforderungen an Fachkräfte für Blitzschutzsysteme in Ex-Bereichen.

UMSETZUNG: Die Umsetzung soll ab 2026 im DVGW-Gremium G-TK-1-4 Anlagentechnik erfolgen.

BEDARF 4.2.3-05:

DVGW-Merkblatt G 494, Schallschutzmaßnahmen an Geräten und Anlagen zur Gasdruckregelung und Gasmessung [109]

INHALT: primäre/sekundäre Schallschutzmaßnahmen; Gasmessanlagen; Gas-Druckregelanlagen

ERLÄUTERUNG: Mit der bevorstehenden Integration von Wasserstoff als wesentliche Komponente wasserstoffhaltiger Gase der öffentlichen Gasversorgung ist eine grundsätzliche Überarbeitung des Arbeitsblatts notwendig.

UMSETZUNG: Die Umsetzung soll ab 2025 im DVGW-Gremium G-TK-1-4 Anlagentechnik erfolgen.

BEDARF 4.2.3-06:

DVGW-Arbeitsblatt G 497, Verdichterstationen [110]

INHALT: Verdichterstationen; Betriebsdruck; Gasversorgung

ERLÄUTERUNG: Es müssen verschiedene Anpassungen bzgl. eines möglichen Einsatzes von Wasserstoff oder Wasserstoff-Erdgas-Gemischen vorgenommen werden. Dazu zählen folgende Punkte:

- Anwendungsbereich ist klar zu definieren (Abgrenzung DVGW-Arbeitsblatt G 497 [110] zu DVGW-Arbeitsblatt G 265-1 [111]);

- Aufnahme DVGW-Merkblatt G 404 [112] und DVGW-Merkblatt G 442 [106] zur Vermeidung von Wasserstoffemissionen;
- Aufnahme der DVGW-Information Gas Nr. 29 [113] bezüglich Begrifflichkeiten von Wasserstoffanwendungen.

UMSETZUNG: Die Umsetzung soll ab 2024 im DVGW-Gremium G-TK-1-2 Verdichteranlagen erfolgen.

BEDARF 4.2.3-07:

DVGW-Information Gas Nr. 17, Blitzschutz an Gas-Druckregel- und Messanlagen – Leitfaden zur Umsetzung der Anforderungen der DIN EN 62305 [114]

INHALT: Hinweis; Blitzschutz

ERLÄUTERUNG: Es müssen verschiedene Anpassungen bzgl. eines möglichen Einsatzes von Wasserstoff oder Wasserstoff-Erdgas-Gemischen vorgenommen werden. Dazu zählen folgende Punkte:

- die Prüfgrundlagen der DIN 30691 sind in die DVGW-Information Gas Nr. 17 [114] zu übernehmen;
- die Anforderungen hinsichtlich der Explosionsgruppe in Bezug auf Wasserstoff sind aufzunehmen;
- Erweiterung des Anwendungsbereichs für Anlagen zur Wasserstoffversorgung;
- Überarbeitung der Blitzschutzkonzepte.

UMSETZUNG: Die Umsetzung erfolgt seit 2023 im DVGW-Gremium G-TK-1-4 Anlagentechnik erfolgen.

BEDARF 4.2.3-08:

DIN 33822, Gas-Druckregelgeräte und Sicherheitseinrichtungen der Gasinstallation für Eingangsdrücke bis 5 bar [115]

INHALT: Gas-Druckregelgeräte; Sicherheitsabsperreinrichtung; thermische Absicherung; Gasmangelsicherung; Gasströmungswächter

ERLÄUTERUNG: Diese Norm gilt für Gas-Druckregelgeräte, die mit Gasen nach DVGW-Arbeitsblatt G 260 [53] betrieben werden. Es müssen verschiedene Anpassungen bzgl. eines

möglichen Einsatzes von Wasserstoff oder Wasserstoff-Erdgas-Gemischen vorgenommen werden. Dazu zählt die Anpassung der Norm in Bezug auf den Einsatz der Geräte unter Wasserstoffbedingungen, insbesondere Werkstoffe und Dichtheitsprüfung.

UMSETZUNG: Die Umsetzung soll ab 2025 im DVGW-Gremium G-TK-1-4 Anlagentechnik und im DIN-Arbeitsausschuss NA 032-02-04 AA Anlagentechnik erfolgen.

BEDARF 4.2.3-09:

DIN EN 12279, Gasversorgungssysteme – Gasdruckregelrichtungen in Anschlussleitungen – Funktionale Anforderungen [116]

INHALT: Gas-Druckregelrichtungen; Anschlussleitungen in Gasversorgungssystemen

ERLÄUTERUNG: Es müssen verschiedene Anpassungen bzgl. eines möglichen Einsatzes von Wasserstoff oder Wasserstoff-Erdgas-Gemischen vorgenommen werden. Dazu zählt die Anpassung der Norm in Bezug auf den Einsatz und die Installation der Geräte unter Wasserstoffbedingungen.

UMSETZUNG: Die Umsetzung soll ab 2025 im DIN-Arbeitsausschuss NA 032-02-04 AA Anlagentechnik und im CEN/TC 234 erfolgen.

BEDARF 4.2.3-10:

DIN EN 334, Gas-Druckregelgeräte für Eingangsdrücke bis 10 MPa (100 bar) [117]

INHALT: Gas-Druckregelgeräte; Eingangsdrücke; Betriebstemperaturbereich

ERLÄUTERUNG: Es müssen verschiedene Anpassungen bzgl. eines möglichen Einsatzes von Wasserstoff oder Wasserstoff-Erdgas-Gemischen vorgenommen werden. Dazu zählt die Anpassung der Norm in Bezug auf den Einsatz der Geräte unter Wasserstoffbedingungen, insbesondere Werkstoffe und Dichtheitsprüfung.

UMSETZUNG: Die Umsetzung soll ab 2025 im DIN-Arbeitsausschuss NA 032-02-04 AA Anlagentechnik und im CEN/TC 235 Gas-Druckregelgeräte und zugehörige Sicherheitseinrichtungen für den Gastransport und die Gasverteilung erfolgen.

BEDARF 4.2.3-11:

DIN 30691, Dichtungen – Prüfnorm für Blitzstromtragfähigkeit

INHALT: Prüfnorm; elektrisch/ blitzstromtragfähige Dichtungen

ERLÄUTERUNG: Es müssen verschiedene Anpassungen bzgl. eines möglichen Einsatzes von Wasserstoff oder Wasserstoff-Erdgas-Gemischen vorgenommen werden. Dazu zählen folgende Punkte:

- Festlegung von Prüfbedingungen für Dichtungen, die in DIN 30690-1 [101] enthalten sind;
- Festlegung des Prüfaufbaus mit Bezug auf DVGW-Information Gas Nr. 19 [118];
- Prüfablaufschaema einschl. Dichtheitsprüfung entsprechend DIN EN 12327 [99].

UMSETZUNG: Die Umsetzung soll ab 2024 im DVGW-Gremium G-TK-1-4 Anlagentechnik und im DIN-Arbeitsausschuss NA 032-02-04 AA Anlagentechnik erfolgen.

Die festgestellten Bedarfe in Bezug auf Wasserstoff in der Anlagentechnik wurden priorisiert und Normungsprojekte und Projekte der technischen Regelsetzung für folgende Regelwerke wurden initiiert:

- DVGW-Arbeitsblatt G 497, Verdichterstationen (im Gastransport) [110]
- DVGW-Merkblatt G 442, Explosionsgefährdete Bereiche an Ausblaseöffnungen von Leitungen zur Atmosphäre an Gasanlagen [106]
- DVGW-Arbeitsblatt G 454, Maßnahmen zur Vervollständigung der technischen Abnahmedokumentation von Gas-Druckregel- und Messanlagen [119]

Verteilnetze

4.2.3.4 Umsetzungsprojekte

Bisher wurden von der AG noch keine Umsetzungsprojekte zur finanziellen Förderung durch das BMWK vorgeschlagen.

4.2.4 Verteilnetze

Die AG Verteilnetze befasst sich aktiv mit dem Thema Wasserstoff in der Gasverteilung (MOP \leq 16 bar). Es werden offene Fragen über die Wasserstofftauglichkeit von Materialien, Komponenten, Bauteilen sowie Fragen zum späteren Betrieb (Inbetriebnahme, Rohrnetzüberprüfung, Instandsetzung etc.) mit Gasen der zweiten Gasfamilie (Wasserstoffbeimischung) oder fünften Gasfamilie nach dem DVGW-Arbeitsblatt G 260 [53] geklärt. Ein wesentlicher Aspekt ist hierbei, die Anwendbarkeit der dazugehörigen technischen Regelwerke und Normen sicherzustellen. Soweit möglich werden hierbei Pilotprojekt-ergebnisse bereits berücksichtigt. Der Arbeitsschwerpunkt liegt folgerichtig in der Identifikation von Anforderungen an das Regelwerk, um aufbauend auf diesen Erkenntnissen Empfehlungen zur integrierten Netzentwicklungsplanung von Gas und Wasserstoff, der netztechnischen Errichtung oder Umstellung sowie den erweiterten Dokumentationspflichten zu geben.

4.2.4.1 Bestandsanalyse

Entsprechend dem Energiewirtschaftsgesetz § 49 Absatz 1 [36] wird für Assets, die zur Erzeugung, Fortleitung und Abgabe von Erdgas und Wasserstoff dienen, die Einhaltung der allgemeinen Regeln der Technik vermutet, wenn das DVGW-Regelwerk eingehalten wird. Insgesamt liegen für den Bereich des Verteilnetzes und viele der damit verbundenen Aktivitäten (z. B. Planung und Bau, Betrieb, Rohrnetzüberprüfung, Dokumentation, Instandsetzung) bereits viele technische Regeln vor, welche bezogen auf den Wasserstoffeinsatz adaptierbar sind. Darüber hinaus wurden ergänzende Dokumente veröffentlicht, um offene Fragestellungen wie beispielsweise die Umstellung von Erdgasnetzen auf wasserstoffreiche Gase bzw. reinen Wasserstoff zu schließen. Zum Zeitpunkt Dezember 2023 hat die AG Verteilnetze 25 veröffentlichte relevante Normen und Regelwerkdokumente identifiziert. Hierbei handelt es sich unter anderem um drei Europäische Normen, zwei

DIN-Normen sowie 20 unterschiedliche DVGW-Dokumente wie beispielsweise Arbeitsblätter, Merkblätter und Gas-Informationen. Da sich der Wissens- und Erkenntnisstand in Bezug auf die Anwendung von Wasserstoff in der Gasverteilnetzinfrastruktur in der jüngeren Vergangenheit jedoch signifikant weiterentwickelt hat, wurden nicht nur für noch zu überarbeitende, sondern auch für bereits als H₂-ready deklarierte Dokumente Normungs- bzw. Handlungsbedarfe analysiert, welche in den nachfolgenden Abschnitten näher beschrieben werden. Eine Zusammenstellung der identifizierten relevanten Regelwerkdokumente der AG gibt das [Verzeichnis der Normen und technischen Regelwerke für Wasserstofftechnologien](#) [13].

[Abbildung 17](#) stellt die identifizierten Gremien der technischen Regelsetzung dar, die für die Erarbeitung der technischen Regelwerke im Bereich Verteilnetze wichtig sind. Eine Übersicht zu den Abkürzungen der Gremien kann in [Abschnitt 9](#) eingesehen werden.

4.2.4.2 Anforderungen und Herausforderungen

Um Wasserstoff in der Gasverteilung nutzbar zu machen, konnten von der AG Verteilnetze die folgenden wesentlichen Lücken zwischen dem derzeitigen Zustand und den angestrebten Standards identifiziert werden:

1. **Netzdokumentation:** Es fehlen einheitliche Vorgaben zur Dokumentation von Wasserstoff-Leitungen und -Anlagen in den Planwerken der Versorgungsunternehmen. Dies erstreckt sich über verschiedene Bereiche wie Vermessung, GIS- und ERP-Systeme, Netzauskünfte etc. und ist entscheidend für den sicheren Betrieb einer Wasserstoffinfrastruktur (z. B. DVGW-Arbeitsblatt GW 120 [120]). Besonders in Niederdrucknetzen (bis 1 bar) entsprechen die Dokumentationen häufig nicht den Anforderungen für die Wasserstoffumstellung, hauptsächlich aufgrund des fortgeschrittenen Alters der Netze und begrenzter Datenerfassung in der Vergangenheit. Das Sammeln entscheidender Informationen erfordert aufwendige Tiefbauarbeiten und Laboruntersuchungen. Um dies ökonomisch zu gestalten, benötigen netzbetreibende Unternehmen klare Rahmenbedingungen für ein Datenerhebungskonzept, das den Aufwand reduziert (DVGW-Merkblatt G 407 [121], DVGW-Merkblatt G 408 [122]).

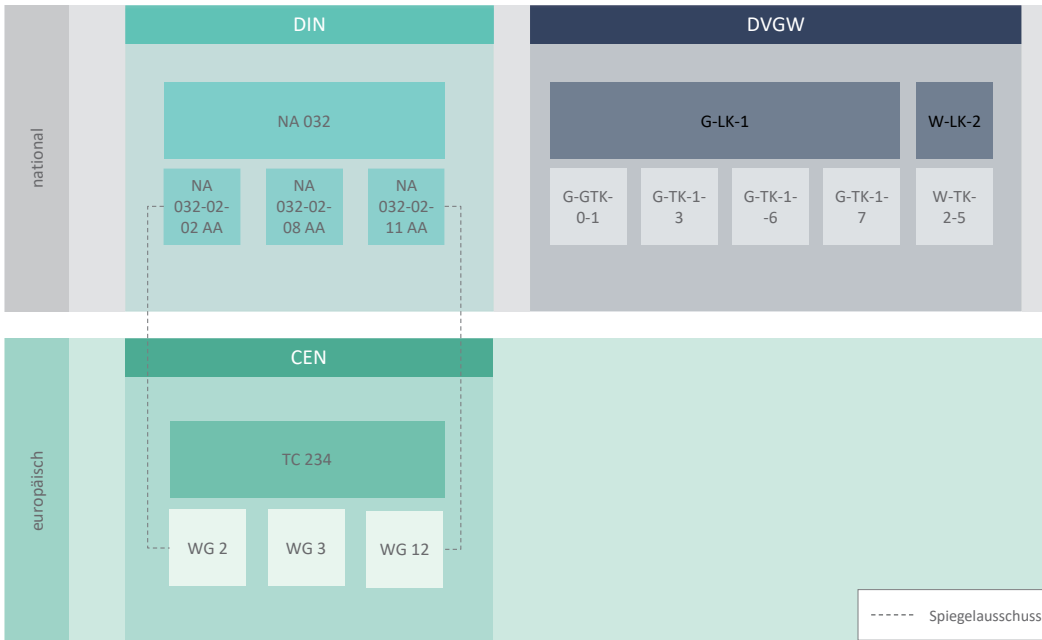


Abbildung 17: Übersicht relevanter Gremien der technischen Regelsetzung im Bereich Verteilnetze (Stand 03-2024) (Quelle: eigene Darstellung)

- Rohrnetzüberprüfung:** Die regelmäßige Überprüfung der Gasrohrnetze gehört zu den zentralen Betriebsaufgaben und gewährleistet die Sicherheit der angeschlossenen Kunden und der Allgemeinheit. Das für Verteilnetze bis 16 bar wesentliche Arbeitsblatt DVGW-Arbeitsblatt G 465-1 [123] berücksichtigt derzeit nur methanreiche Gase der zweiten bzw. dritten Gasfamilie und muss zügig um die Anforderungen für die wasserstoffreichen Gase der fünften Gasfamilie erweitert werden. Dabei muss auch der Leitfaden DVGW-Merkblatt G 221 [95] Beachtung finden und anhängige Arbeits- und Merkblätter (DVGW-Arbeitsblatt G 465-2 [124], G 465-3 [125] und G 465-4 [126]), welche bspw. Gefährdungspotenzial und Gerätetechnik beinhalten, müssen ebenso an die Anforderungen des Wasserstoffs angepasst werden.
- Einsatz von Sachverständigen:** Klare Einsatzbereiche und (Zusatz-)Qualifikationsanforderungen für Sachkundige und Sachverständige sind erforderlich, um im Umgang mit Wasserstofftechnologien handlungsfähig zu sein. Angesichts des Fachkräftemangels sind eine starke Ausweitung des Einsatzes von Sachverständigen oder eine strikte Trennung zwischen Expertinnen und Experten für Erdgas und Wasserstoff nicht realistisch.

Die von der AG konkret identifizierten Bedarfe zeigen, dass insbesondere geeignete Dokumentations- und Datenerhebungs-

verfahren sowie die Anpassung der Überprüfungsrichtlinien notwendig sind, um Wasserstoff sicher und wirtschaftlich in die Gasverteilung zu integrieren. Die Qualifikation von Fachkräften muss mit diesen Herausforderungen Schritt halten.

4.2.4.3 Bedarfsanalyse

BEDARF 4.2.4-01:

DVGW-Arbeitsblatt GW 303-1, Berechnung von Gas- und Wasserrohrnetzen – Teil 1: Hydraulische Grundlagen, Netzmodellierung und Berechnung [127]

INHALT: Rohrnetzrechnung; Druck-/Strömungsverhältnisse

ERLÄUTERUNG: Es müssen verschiedene Anpassungen bzgl. eines möglichen Einsatzes von Wasserstoff oder Wasserstoff-Erdgas-Gemischen vorgenommen werden. Dazu zählen folgende Punkte:

- Aufnahme des DVGW-Merkblatts G 221 [95] als ebenfalls geltendes Regelwerk;
- Überprüfung des Regelwerks in Bezug auf die Besonderheiten des Einsatzes von Wasserstoff und Wasserstoff-Erdgas-Gemischen, z. B. durchflussabhängiger Druckabfall (Reduzierung der Dichte = f (Wasserstoffanteil);

Verteilnetze

- wesentlich höhere Strömungsgeschwindigkeit beim Betrieb mit Wasserstoff – bei gleichem Energietransport ($c = f(\text{H}_2\text{-Anteil, Druck})$);
- Betriebsfall- und Planungsrechnungen sind zu erweitern um den Zusatz Wasserstoff (als Zusatzgas oder als Austauschgas).

UMSETZUNG: Die Umsetzung soll ab 2025 im DVGW-Gremium W-TK-2-4 Wassertransport und -verteilung begonnen werden.

BEDARF 4.2.4-02:

DVGW-Arbeitsblatt GW 368, Längskraftschlüssige Muffenverbindungen für Rohre, Formstücke und Armaturen aus duktilem Gusseisen oder Stahl [128]

INHALT: Herstellung; Einbau; Muffenverbindungsstücke; Guss-/Stahlrohrleitungssysteme

ERLÄUTERUNG: Es müssen verschiedene Anpassungen bzgl. eines möglichen Einsatzes von Wasserstoff oder Wasserstoff-Erdgas-Gemischen vorgenommen werden. Dazu zählen folgende Punkte:

- Aufnahme des DVGW-Merkblatts G 221 [95] als ebenfalls geltendes Regelwerk;
- Prüfung der Einsatzmöglichkeit/Tauglichkeit von Muffenverbindungen beim Medium Wasserstoff oder H_2 -Gemischen;
- Prüfung der Zulässigkeit einer Umstellung der Gasnetze von Erdgas auf reinen Wasserstoff oder H_2 als Zusatzgase.

UMSETZUNG: Die Umsetzung soll ab 2025 im DVGW-Gremium W-TK-2-3 Bauteile Wasserversorgungssysteme begonnen werden.

BEDARF 4.2.4-03:

DVGW-Arbeitsblätter: G 452-1 [94], G 452-2 [129] und G 452-3 [130], Anbohren und Absperren

INHALT: Anbohren; Absperren; Gasleitungen

ERLÄUTERUNG: Es müssen verschiedene Anpassungen bzgl. eines möglichen Einsatzes von Wasserstoff oder Wasser-

stoff-Erdgas-Gemischen vorgenommen werden. Dazu zählen folgende Punkte:

- Aufnahme des DVGW-Merkblatts G 221 [95] als ebenfalls geltendes Regelwerk;
- Erweiterung des Regelwerks auf die fünfte Gasfamilie nach DVGW-Arbeitsblatt G 260 [53];
- Überprüfung des Regelwerks in Bezug auf die Besonderheiten des Einsatzes von Wasserstoff und Wasserstoff-Erdgas-Gemischen;
- Überprüfen des Regelwerks in Bezug auf den H_2 -Einsatz bezüglich technischer Rahmenbedingungen sowie der generellen Materialeignung in Bezug auf H_2 (als Zusatz- oder Austauschgas).

UMSETZUNG: Die Umsetzung soll ab 2025 für das DVGW-Arbeitsblatt G 452-1 [94] im G-TK 1-1 Gastransport sowie für das DVGW-Arbeitsblatt G 452-2 [129] und DVGW-Arbeitsblatt G 452-3 [130] im DVGW-Gremium G-TK-1-3 Gasverteilung erfolgen.

BEDARF 4.2.4-04:

DVGW-Arbeitsblatt G 459-1, Gas-Netzanschlüsse für maximale Betriebsdrücke bis einschließlich 5 bar [131]

INHALT: Errichtung; Netzanschlüsse; Versorgung; Letztverbraucher

ERLÄUTERUNG: Es müssen verschiedene Anpassungen bzgl. eines möglichen Einsatzes von Wasserstoff oder Wasserstoff-Erdgas-Gemischen vorgenommen werden. Dazu zählen folgende Punkte:

- Aufnahme des DVGW-Merkblatts G 221 [95] als ebenfalls geltendes Regelwerk;
- Eignung der Bauteile (z. B. Rohre, Absperrarmaturen, Isolierstücke) ist in Bezug auf die H_2 -Eignung zu prüfen;
- Gasströmungswächter; die Eignung und die DIN 30652-2 [132] sind in Bezug auf den Wasserstoffeinsatz zu prüfen und zu bewerten;
- Eignung von Gewindeverbindungen ist in Bezug auf den H_2 -Einsatz (Zusatz- oder Austauschgas) neu zu bewerten;
- Flanschverbindungen – Eignung der angegebenen DIN-Normen ist zu prüfen.



UMSETZUNG: Die Umsetzung soll ab 2025 im DVGW-Gremium G-TK-1-3 Gasverteilung erfolgen.

BEDARF 4.2.4-05:

DVGW-Arbeitsblatt G 465-1 [123], G 465-3 [125] und DVGW-Merkblatt G 465-4 [126]

INHALT: Überprüfung; Leckstellen; Gerätetechnik

ERLÄUTERUNG: Es müssen verschiedene Anpassungen bzgl. eines möglichen Einsatzes von Wasserstoff oder Wasserstoff-Erdgas-Gemischen vorgenommen werden. Dazu zählen folgende Punkte:

- Aufnahme des DVGW-Merkblatts G 221 [95] als ebenfalls geltendes Regelwerk;
- für DVGW-Arbeitsblatt G 465-1 [123] Anpassen in Bezug auf Wasserstoff, z. B. Kap. 1 erweitern um die fünfte Gasfamilie (derzeit nur Gase der zweiten/dritten Gasfamilie);
- für DVGW-Merkblatt G 465-3 [125] Anpassen in Bezug auf Wasserstoff, z. B. Befundprüfung im Erdreich; Bakterientätigkeit im Boden – wenn so gegeben! – sowie Überprüfung der Anhänge A, B;
- für DVGW-Merkblatt G 465-4 [126] Anpassung des Anwendungsbereichs, z. B. ohne DVGW-Arbeitsblatt G 262⁵ [133]; Kap. 4 – Überprüfung der Anforderungen z. B. in Bezug auf Ex-Schutz und Messgerätetechnik.

UMSETZUNG: Die Umsetzung soll ab 2025 im DVGW-Gremium G-TK-1-3 Gasverteilung erfolgen.

BEDARF 4.2.4-06:

DVGW-Arbeitsblatt G 466-2, Gasrohrnetze aus duktilen Gussrohren mit einem Betriebsdruck von mehr als 4 bar bis 16 bar – Instandhaltung [134] und G 466-3, Gasrohrnetze aus PVC – Instandhaltung [135]

INHALT: Instandhaltung; Gasrohrnetz; Gussrohr; PVC-Rohr

ERLÄUTERUNG: Es müssen verschiedene Anpassungen bzgl. eines möglichen Einsatzes von Wasserstoff oder Wasserstoff-Erdgas-Gemischen vorgenommen werden. Dazu zählen folgende Punkte:

- Aufnahme des DVGW-Merkblatts G 221 [95] als ebenfalls geltendes Regelwerk;
- für DVGW-Arbeitsblatt G 466-2 [134] Anpassen in Bezug auf Wasserstoff, z. B. Kap. 1 erweitern um die fünfte Gasfamilie sowie generelle Überprüfung auf H₂-Tauglichkeit (Zusatz- oder Austauschgas), insbesondere auf den Einsatz von Muffenverbindungen – vgl. DVGW-Arbeitsblatt GW 368 [128];
- für DVGW-Arbeitsblatt G 466-3 [135] ist die Eignung von Klebemuffen (Klebertechnik) zu prüfen in Bezug auf H₂-Tauglichkeit (Zusatz- oder Austauschgas).

UMSETZUNG: Die Umsetzung soll ab 2026 im DVGW-Gremium G-TK-1-3 Gasverteilung erfolgen.

BEDARF 4.2.4-07:

DVGW-Arbeitsblatt G 472, Gasleitungen aus Kunststoffrohren bis 16 bar Betriebsdruck, Errichtung [136]

INHALT: Errichtung; Leitungen; Kunststoffrohr

ERLÄUTERUNG: Es müssen verschiedene Anpassungen bzgl. eines möglichen Einsatzes von Wasserstoff oder Wasserstoff-Erdgas-Gemischen vorgenommen werden. Dazu zählen folgende Punkte:

- Aufnahme des DVGW-Merkblatts G 221 [95] als mitgeltendes Regelwerk;
- die Prüfung auf Eignung der Rohrleitungskomponenten hinsichtlich Wasserstoffes (H₂-readiness) sollte aufgenommen werden;
- die Einsetzeignung der mechanischen Verbinder sollte geprüft werden;
- Druckprüfverfahren – wird geregelt durch DVGW-Arbeitsblatt G 469 [137]. Änderungen müssten ggf. berücksichtigt werden.

UMSETZUNG: Die Umsetzung soll ab 2025 im DVGW-Gremium G-TK-1-3 Gasverteilung erfolgen.

5 2021 ersetzt durch DVGW-Arbeitsblatt G 260 [53]

Stationäre und ortsbewegliche Druckbehälter

BEDARF 4.2.4-08:

DVGW-Arbeitsblatt G 469, Druckprüfverfahren
Gastransport/Gasverteilung [137]

INHALT: Druckprüfungen; Leitungen; Anlagen

ERLÄUTERUNG: Es müssen verschiedene Anpassungen bzgl. eines möglichen Einsatzes von Wasserstoff oder Wasserstoff-Erdgas-Gemischen vorgenommen werden. Dazu zählen folgende Punkte:

- Aufnahme des DVGW-Merkblatts G 221 [95] als ebenfalls geltendes Regelwerk;
- Überprüfung in Bezug auf die Zulässigkeit der Druckprüfverfahren in Bezug auf (a) Druckprüfungen mit Luft (möglich bei H₂-Netzen) und (b) reinen Wasserstoff sowie H₂-Gemische (Zusatzgas), z. B. Druckprüfungen mit Betriebsgas.

UMSETZUNG: Die Umsetzung soll ab 2025 im DVGW-Gremium G-TK-1-3 Gasverteilung erfolgen.

BEDARF 4.2.4-09:

DVGW-Arbeitsblatt GW 120, Netzdokumentation in
Versorgungsunternehmen [120]

INHALT: Einmessen; Leitungen; Einbauteile; Gas-/Wasser-
verteilung; Rohrfernleitung; Netzdokumentation

ERLÄUTERUNG: Es muss festgelegt werden, wie H₂-Leitungen in Planwerken dargestellt werden. Insbesondere muss ein Abgleich mit den Regelwerken zur Dokumentation von Leitungen (DVGW-Merkblatt GW 115 [138]; DVGW-Merkblatt GW 116 [139]; DVGW-Merkblatt GW 117 [140]; DVGW-Arbeitsblatt GW 118 [141]; DVGW-Arbeitsblatt GW 120 [120]; DVGW-Merkblatt GW 121 [142]; DVGW-Merkblatt GW 122 [143]; DVGW-Merkblatt GW 126 [144]; DVGW-Merkblatt GW 128 [145]; DVGW-Merkblatt GW 130 [146]) erfolgen, bei denen H₂ noch nicht berücksichtigt wurde.

UMSETZUNG: Die Umsetzung soll ab 2025 im DVGW-Gremium W-TK-2-5 Netzdokumentation begonnen werden.

Die festgestellten Bedarfe in Bezug auf Wasserstoff in Verteilnetzen wurden priorisiert und Normungsprojekte und Projekte der technischen Regelsetzung für nachfolgende Regelwerke wurden initiiert bzw. beantragt.

In Bezug auf die Umstellung von Erdgas-Bestandsnetzen auf Wasserstoffbetrieb gemäß den Regelwerken DVGW-Merkblatt G 407 [121] / DVGW-Merkblatt G 408 [122] / DVGW-Arbeitsblatt G 453 [147] / DVGW-Arbeitsblatt G 454 [119] benötigen Verteilnetzbetreibende klare Rahmenbedingungen für den Umgang mit unvollständigen Dokumentationen. Neben allgemein anwendbaren, ökonomisch vertretbaren Datenerhebungskonzepten, die im geförderten Projekt H₂-Switch100 der Gasnetz Hamburg [148] erarbeitet werden, müssen auch weitere Möglichkeiten wie Gefährdungsbeurteilungen oder betriebliche Erprobungen geprüft werden.

Weitere Normungsprojekte und Projekte der technischen Regelsetzung in den zuständigen Gremien wurden für die DVGW-Regelwerke DVGW-Arbeitsblatt G 459-1 [131] / DVGW-Arbeitsblatt G 465-1 [123] / DVGW-Merkblatt G 465-4 [126] / DVGW-Arbeitsblatt G 466-2 [134] / DVGW-Arbeitsblatt G 466-3 [135] / DVGW-Arbeitsblatt G 469 [137] / DVGW-Arbeitsblatt GW 120 [120] angestoßen.

Der Bedarf für ein Normungsprojekt zur Überarbeitung der DVGW-Arbeitsblatt G 441 [149] wurde der zuständigen [AG Bauteile Infrastruktur](#) übermittelt.

4.2.4.4 Umsetzungsprojekte

Bisher wurden von der AG noch keine Umsetzungsprojekte zur finanziellen Förderung durch das BMWK vorgeschlagen.

4.2.5 Stationäre und ortsbewegliche Druckbehälter

Die AG Stationäre und ortsbewegliche Druckbehälter ermittelt die Normungsbedarfe für stationäre und ortsbewegliche Druckbehälter/Druckgefäße mit oder ohne Feststoffspeicher und deren Ausrüstung im Hinblick auf Auslegung, Bau, Prüfung und Betrieb/Verwendung für die Lagerung und den Transport

Stationäre und ortsbewegliche Druckbehälter

von Wasserstoff. Dies umfasst den gesamten Druckbereich vom Hochdruck bis zur Speicherung von Wasserstoff nahe dem atmosphärischen Druck.

4.2.5.1 Bestandsanalyse

Im Bereich stationäre und ortsbewegliche Druckbehälter ist bereits eine große Anzahl an technischer Regelsetzung bekannt. Es wurden ungefähr 80 Regelwerke identifiziert, welche überwiegend auf europäischer (CEN) und internationaler (ISO) Ebene erarbeitet und als nationale Norm (DIN EN, DIN EN ISO oder DIN ISO) übernommen wurden. Unter den veröffentlichten Normen finden sich außerdem technische Berichte (TR), Spezifikationen (TS), Regeln und Merkblätter.

Für detaillierte Informationen zum Bestand siehe [Verzeichnis der Normen und technischen Regelwerke für Wasserstofftechnologien \[13\]](#). Die Zusammenstellung der aktuellen Bestände ist tendenziell mit wenig Unsicherheiten zu betrachten, da viele der Normen und technischen Regeln durch Rechtsvorschriften wie z. B. das Übereinkommen über die internationale Beförderung gefährlicher Güter auf der Straße (ADR) [150] und die Ordnung für die internationale Eisenbahnbeförderung gefährlicher Güter (RID) [151] vorgegeben werden.

Abbildung 18 stellt die identifizierten Gremien der technischen Regelsetzung dar, die für die Erarbeitung der technischen Regelwerke im Bereich Stationäre und ortsbewegliche Druckbehälter wichtig sind. Eine Übersicht zu den Abkürzungen der Gremien kann in Abschnitt 9 eingesehen werden.

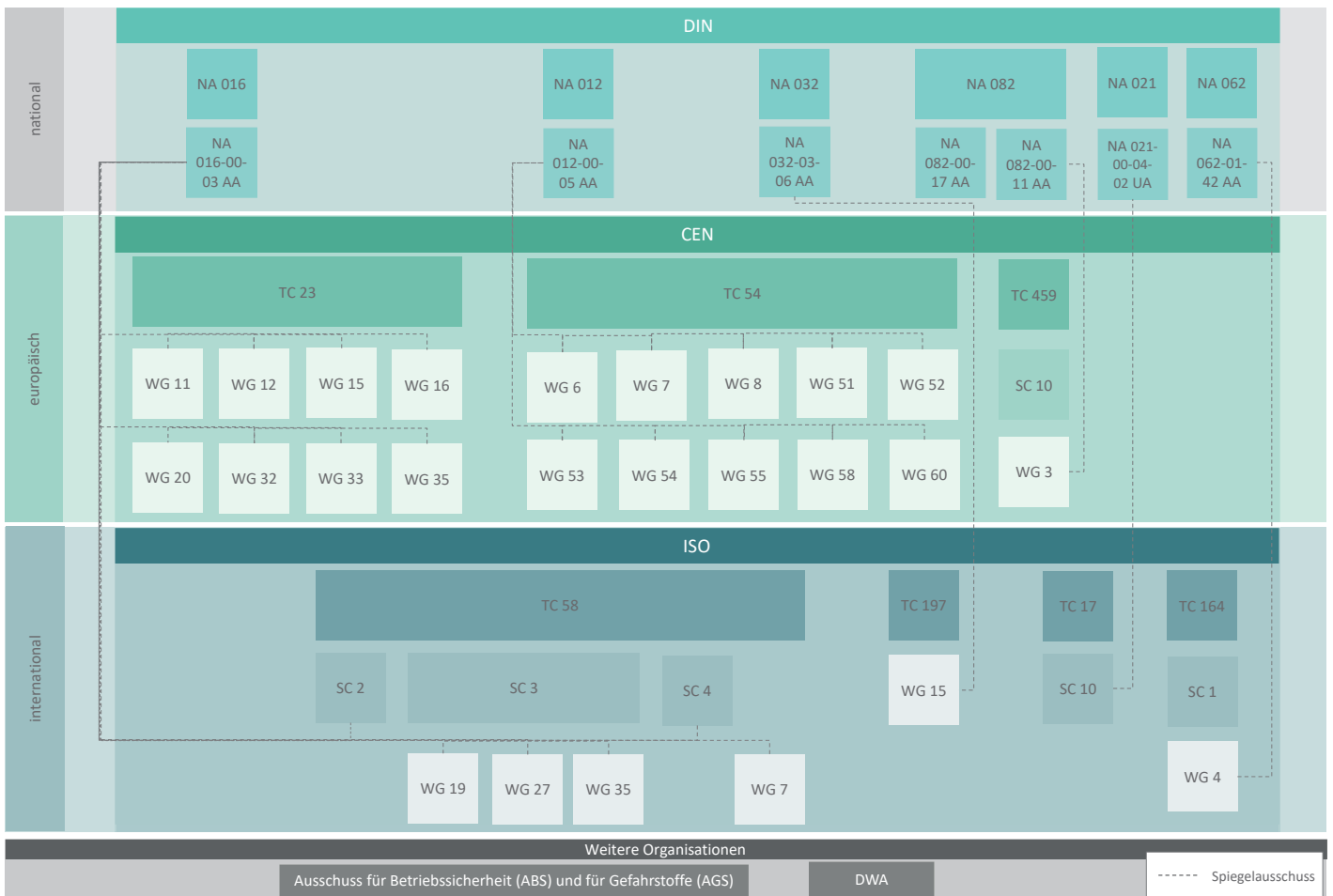


Abbildung 18: Übersicht relevanter Gremien der technischen Regelsetzung im Bereich Stationäre und ortsbewegliche Druckbehälter (Stand 03-2024) (Quelle: eigene Darstellung)

Stationäre und ortsbewegliche Druckbehälter

4.2.5.2 Anforderungen und Herausforderungen

Die im Bereich der Druckbehälter erkannten Lücken in der Normung sind zum einen dadurch gekennzeichnet, dass es einen großen, historisch gewachsenen Bestand an Normen und technischen Regeln gibt, der zum Teil an die neuen Anforderungen eines Massenmarktes angepasst werden muss. Auf der anderen Seite führt die zunehmende wirtschaftliche Bedeutung von Wasserstoff zu neuen Technologien, die genormt werden wollen, um einen Marktzugang zu bekommen. Mit Blick auf die Wasserstoffwirtschaft kommen außerdem neue Sicherheitsansätze hinzu, die einem Massenmarkt besser gewachsen sind als die bisherigen Betrachtungen. Damit gibt es drei Hauptgründe, die es erforderlich machen, die erkannten Bedarfe anzugehen und die zugehörigen Lücken zu schließen: Sicherheit, Wirtschaftlichkeit und Technologieoffenheit. Ein Ignorieren der bereits erkannten und ggf. noch hinzukommenden Bedarfe würde eine geringere Attraktivität von Wasserstoff mit Einschränkungen für die Energiewende bedeuten und könnte gerade im Bereich der Druckbehälter zu erheblichen Einbußen in der Akzeptanz von Wasserstoff führen.

In der Forschung und Forschungsförderung steht oft die Produktentwicklung und das Ermöglichen einer Funktionalität im Vordergrund. Die Normung im Bereich der Speicherung ist aber meist untrennbar mit Sicherheitsfragen und Fragen der Zulassung oder Genehmigung verbunden. Diese Aspekte und die Modernisierung zugehöriger Prüfverfahren werden nicht immer als unterstützendes Instrument, sondern oft als Hürde verstanden. Im Ergebnis drohen nun die Sicherheitswerkzeuge wie z. B. Prüfverfahren im Markthochlauf zum Engpass zu werden. Um den Auswirkungen von begrenzten Ressourcen und unnötig aufwendigen Verfahren zu begegnen, muss die Innovation dieser Werkzeuge als Wegbereiter verstanden werden. Die Sicherheitsforschung muss trotz ihrer zwar nur mittelbaren, aber dennoch enormen wirtschaftlichen Bedeutung entsprechend wertgeschätzt, hochgefahren und gefördert werden.

4.2.5.3 Bedarfsanalyse

BEDARF 4.2.5-01:

EN 13385:2002, Ortsbewegliche Gasflaschen – Batterie-Fahrzeuge für beständige und verflüssigte Gase (außer Acetylen) – Prüfung zum Zeitpunkt des Füllens [152]

INHALT: Prüfungen; Vollmetallbehälter (Typ 1); Verbundbehälter (Typ 2, 3 & 4)

ERLÄUTERUNG: Der sichere Umgang von Batterie-Fahrzeugen oder Gascontainern mit mehreren Elementen (MEGCs) beim Betrieb der Einheiten ist sicherzustellen. Im Rahmen der Revision sind neue Transportkonzepte und Behältertypen sowie die besonderen Anforderungen für die Prüfung von MEGCs und Verbundbehältern der verschiedenen Typen mit und ohne metallischen Liner zu berücksichtigen. Hinzu kommen die Aufnahmen einiger neuer Referenzen und die Überprüfung der existierenden Prüfungen vor und während der Befüllung.

UMSETZUNG: Die Revision der Norm erfolgt auf europäischer Ebene in der CEN/TC 23/WG 35. Die nationale Spiegelarbeit erfolgt im DIN-Normenausschuss Druckgasanlagen (NDG) und dort im NA 016-00-03 AA Druckgasflaschen und Ausrüstung.

BEDARF 4.2.5-02:

EN 13807:2017, Ortsbewegliche Gasflaschen – Batterie-Fahrzeuge und Gascontainer mit mehreren Elementen (MEGCs) – Auslegung, Herstellung, Kennzeichnung und Prüfung [153]

INHALT: Auslegung; Herstellung; Kennzeichnung; Prüfung; Batterie-Fahrzeuge; MEGCs

ERLÄUTERUNG: Im Rahmen der Revision sind eine Reihe von zusätzlichen Anforderungen, wie z. B. die Stabilität der Verrohrung aufgrund der Vibration beim Transport oder die Befestigungsanforderungen von Verbundbehältern, genauer zu beschreiben. Ein wesentlicher Punkt ist auch die Aufnahme von Kugelhähnen nach EN ISO 23826 [154] in den Anwendungsbereich der Norm. Darüber hinaus sollen sämtliche Referenzen auf ihre Aktualität überprüft werden.



Stationäre und ortsbewegliche Druckbehälter

UMSETZUNG: Die Revision der Norm erfolgt auf europäischer Ebene in der CEN/TC 23/WG 35. Die nationale Spiegelarbeit erfolgt im DIN-Normenausschuss Druckgasanlagen (NDG) und dort im DIN-Arbeitsausschuss NA 016-00-03 AA Druckgasflaschen und Ausrüstung.

BEDARF 4.2.5-03:

EN 13445-15, Unbefeuerte Druckbehälter – Teil 15: Spezifische Anforderungen für Wasserstoffanwendungen

INHALT: Anforderungen für Werkstoffe; Konstruktions-/Beanspruchungsfälle

ERLÄUTERUNG: Transparente Regelungen speziell für Wasserstoffapparate können den Aufbau und Betrieb einer sicheren und effizienten Infrastruktur erleichtern. Hierfür liefert die EN 13445 [87] bereits die normative Grundlage, da die Normenreihe in der Industrie weitverbreitet ist. Daher soll ein neuer Teil der EN 13445 erarbeitet werden, welcher die konkreten Anforderungen bzgl. Wasserstoffanwendungen spezifiziert.

UMSETZUNG: Die Erarbeitung der Norm erfolgt auf europäischer Ebene im CEN/TC 54 und auf nationaler Ebene im DIN-Normenausschuss Chemischer Apparatebau (FNCA) und dort im DIN-Arbeitsausschuss NA 012-00-05 AA Unbefeuerte Druckbehälter.

BEDARF 4.2.5-04:

Probabilistische Bewertung der Wirkung deterministischer Mindestanforderung in Normen

INHALT: Probabilistische Bewertung; Normen-Mindestanforderungen

ERLÄUTERUNG: Erarbeitung eines Werkzeugs zur probabilistischen Bewertung von Mindestanforderungen (z. B. Mindestberstfestigkeit von Druckbehältern). Die technische Regel soll Normungsgremien zur Analyse von Mindestanforderungen zur Verfügung stehen, wodurch mangelnde Erfahrung mit neuen Produkten ersetzt werden kann und eine sicherere Baumusterzulassung ermöglicht werden soll. Das Verfahren soll allgemeingültig und leicht anwendbar beschrieben werden und

durch beispielhafte Anwendung auf Praktikabilität überprüft und optimiert werden.

UMSETZUNG: Die Erarbeitung der Norm erfolgt auf nationaler Ebene im DIN-Normenausschuss Druckgasanlagen (NDG) und dort im DIN-Arbeitsausschuss NA 016-00-03 AA Druckgasflaschen und Ausrüstung.

BEDARF 4.2.5-05:

Standardisierung und Normung von Membran-Konstantdruckspeichern

INHALT: Membran-Konstantdruckspeicher

ERLÄUTERUNG: Membran-Konstantdruckspeicher für Anlagen zur Erzeugung von Wasserstoff sind Membran-Gasspeicher mit variablen Volumen und konstantem Druck, welche nicht primär zur Gasspeicherung, sondern als Steuer- und Regelement dienen. Dieser Einsatzzweck ist im Wesentlichen durch sehr hohe Füllstandänderungsraten im Sekundenbereich gekennzeichnet. Der konstante Druck liegt zwischen 5 hPa und 500 hPa über Atmosphärendruck.

UMSETZUNG: Die Erarbeitung der Norm soll auf nationaler Ebene im DIN-Normenausschuss Tankanlagen (NATank) und dort im DIN-Arbeitsausschuss NA 104-01-05 AA Oberirdische Flachboden-Tankbauwerke erfolgen.

BEDARF 4.2.5-06:

Standardisierung und Normung von stationären und ortsbeweglichen Wasserstoff-Sorptionspeichern (Absorption, Adsorption)

INHALT: stationäre/ortsbewegliche Wasserstoff-Sorptionspeicher; Absorption; Adsorption

ERLÄUTERUNG: Wasserstoff-Sorptionspeicher sind Druckbehälter mit Füllungen aus Sorptionsmaterialien und anderen Einbauten, beispielsweise Wärmetauscher- oder Filterelementen, die je nach Art des H₂-Sorptionsprozesses bei Temperaturen zwischen -196 °C und +350 °C sowie Drücken zwischen 1 bar und 200 bar betrieben werden können. Auslegung, Fertigungsweise, Betriebsweise, Überwachung,

Untertage-Gasspeicher

Sicherheitseinrichtungen und Zulassungstests derartiger Sorptionsspeicher sollen sowohl für die ortsfeste als auch ortsbewegliche Anwendung standardisiert werden (Mindestanforderungen).

UMSETZUNG: Die Erarbeitung der Norm soll auf nationaler Ebene im DIN-Normenausschuss Tankanlagen (NATank) und dort im DIN-Arbeitsausschuss NA 104-01-05 AA Oberirdische Flachboden-Tankbauwerke erfolgen.

BEDARF 4.2.5-07:

Methodik für die Sicherheitsbewertung von stationären oberirdischen und oberflächennah verbauten, unbefeuerten Druckbehältern mit oder ohne feste Trägermaterialien für die Speicherung von Wasserstoff und Wasserstoff-Derivaten

INHALT: Sicherheitsermittlung und -bewertung; Prüfmethoden

ERLÄUTERUNG: Die Regelsetzung für Wasserstoffspeicher betrachtet die Folgen im Versagensfall verschiedener Speichertechnologien nicht in der erforderlichen Tiefe, was zu einer Verzerrung des Wettbewerbs der Systeme führt. Ziel ist daher, eine Norm zu erarbeiten, welche die Folgen im Versagensfall z. B. bei Trägermaterialien wie Metallhydriden, LOHC und H₂-Derivaten methodisch ermittelt, bewertet und Prüfmethoden für den Nachweis des sicheren Betriebs aufzeigt.

UMSETZUNG: Die Erarbeitung der Norm soll auf nationaler Ebene im DIN-Normenausschuss Chemischer Apparatebau (FNCA) und dort im DIN-Arbeitsausschuss NA 012-00-05 AA Unbefeuerte Druckbehälter erfolgen. Weiterhin wird eine Vereinheitlichung auf CEN- und/oder ISO-Ebene angestrebt.

4.2.5.4 Umsetzungsprojekte

Für folgende drei Projekte wurde die finanzielle Unterstützung bewilligt und die Überarbeitung angestoßen:

- EN 13385:2002, Ortsbewegliche Gasflaschen – Batterie-Fahrzeuge für beständige und verflüssigte Gase (außer Acetylen) – Prüfung zum Zeitpunkt des Füllens
- EN 13807:2017, Ortsbewegliche Gasflaschen – Batterie-Fahrzeuge und Gascontainer mit mehreren Elementen

(MEGCs) – Auslegung, Herstellung, Kennzeichnung und Prüfung

- EN 13445-15, Unbefeuerte Druckbehälter – Teil 15: Spezifische Anforderungen für Wasserstoffanwendungen

4.2.6 Untertage-Gasspeicher

Diese AG ist zuständig für die Ermittlung der Normungsbedarfe für Untertage-Gasspeicher (UGS) hinsichtlich Planung, Bau, Prüfung und Inbetriebnahme sowie Betrieb für die Speicherung von Wasserstoff (Salzkavernen- und Porenspeichern). Der Zuständigkeitsbereich der AG umfasst den Untertage- und den Obertage-Anlagenbereich der UGS. Die speicherspezifischen Aspekte zu Obertage-Anlagen sind in Hinblick auf die Überschneidung mit den anderen AGs in diese einzubringen. UGS sind ein systemrelevanter Bestandteil in der Infrastruktur für die Umsetzung der Wasserstoffstrategie. Sie sind notwendig, um eine kontinuierliche Versorgung sicherzustellen.

4.2.6.1 Bestandsanalyse

Im Bereich der UGS wurden 102 Regelwerke identifiziert, welche als mittelbar bzw. unmittelbar relevant eingeordnet wurden. 31 von diesen Dokumenten wurden als unmittelbar relevant für die Normung der UGS eingeordnet. Momentan existieren noch keine Normen zu Wasserstofftechnologien, spezifisch für UGS. Zuträglich für die technische Regelsetzung in dem Bereich der UGS, bezogen auf den Wasserstoffeinsatz, ist, dass Regelwerke schon für den Erdgassektor größtenteils bestehen und darauf aufgebaut werden kann. Die Zusammensetzung dieser Regelwerke ist vielseitig. Es existieren europäische (EN) und internationale (ISO) Dokumente, welche auch als nationale Norm (DIN EN bzw. DIN ISO) übernommen wurden. Zusätzlich zu den veröffentlichten Normen existieren außerdem technische Berichte (TR), Spezifikationen (SPEC), Recommended Practices (RP) des American Petroleum Institute (API) sowie Leitfäden und Merkblätter des Bundesverbands Erdgas, Erdöl und Geoenergie (BVEG). Die Anlehnung an das DVGW-Regelwerk ist nur in den durch das Regelwerk definierten Druckbereichen zulässig, da die Auswirkung von Wasserstoff auf das Material druckabhängig ist. Für detaillierte

Untertage-Gasspeicher

Informationen zum Bestand siehe [Verzeichnis der Normen und technischen Regelwerke für Wasserstofftechnologien \[13\]](#). Die Zusammenstellung der aktuellen Bestände ist als nahezu vollständig zu betrachten [\[13\]](#).

Abbildung 19 stellt die identifizierten Gremien der technischen Regelsetzung dar, die für die Erarbeitung der technischen Regelwerke im Bereich Untertage-Gasspeicher wichtig sind. Eine Übersicht zu den Abkürzungen der Gremien kann in [Abschnitt 9](#) eingesehen werden.

4.2.6.2 Anforderungen und Herausforderungen

Im Bereich der Untertage-Gasspeicher existieren viele Normen für den Bereich der Erdgasspeicherung. Das umfangreiche

Regelwerk in dem Bereich, welche aus dem großen, historisch gewachsenen Bestand an Normen und technischen Regeln (Richtlinien, Merkblätter, Verordnungen etc.) besteht, muss um die neuen Anforderungen der Wasserstoffanwendung erweitert werden. Gerade die Normenreihe DIN EN 1918 [\[155\]](#), die API-Blätter [\[156\]](#), die ASME-Standards [\[157\]](#) und die BVEG-Leitfäden [\[158\]](#) dienen als Grundlage für die Auslegung und Ausführung von UGS. National und europäisch sind Möglichkeiten der Mitgestaltung neuer Normen und die Überarbeitung der bestehenden Regelwerke gegeben. Derzeit decken API-Blätter sowie ASME-Standards, die häufige Anwendung im Untertagebau finden, technische Aspekte ab, welche die Spezifika von Wasserstoff noch nicht berücksichtigen und in Europa nicht rechtsgültig sind. Diese Lücke mithilfe in Europa rechtskräftiger Regelwerke zu schließen, ist mittelfristig notwendig.

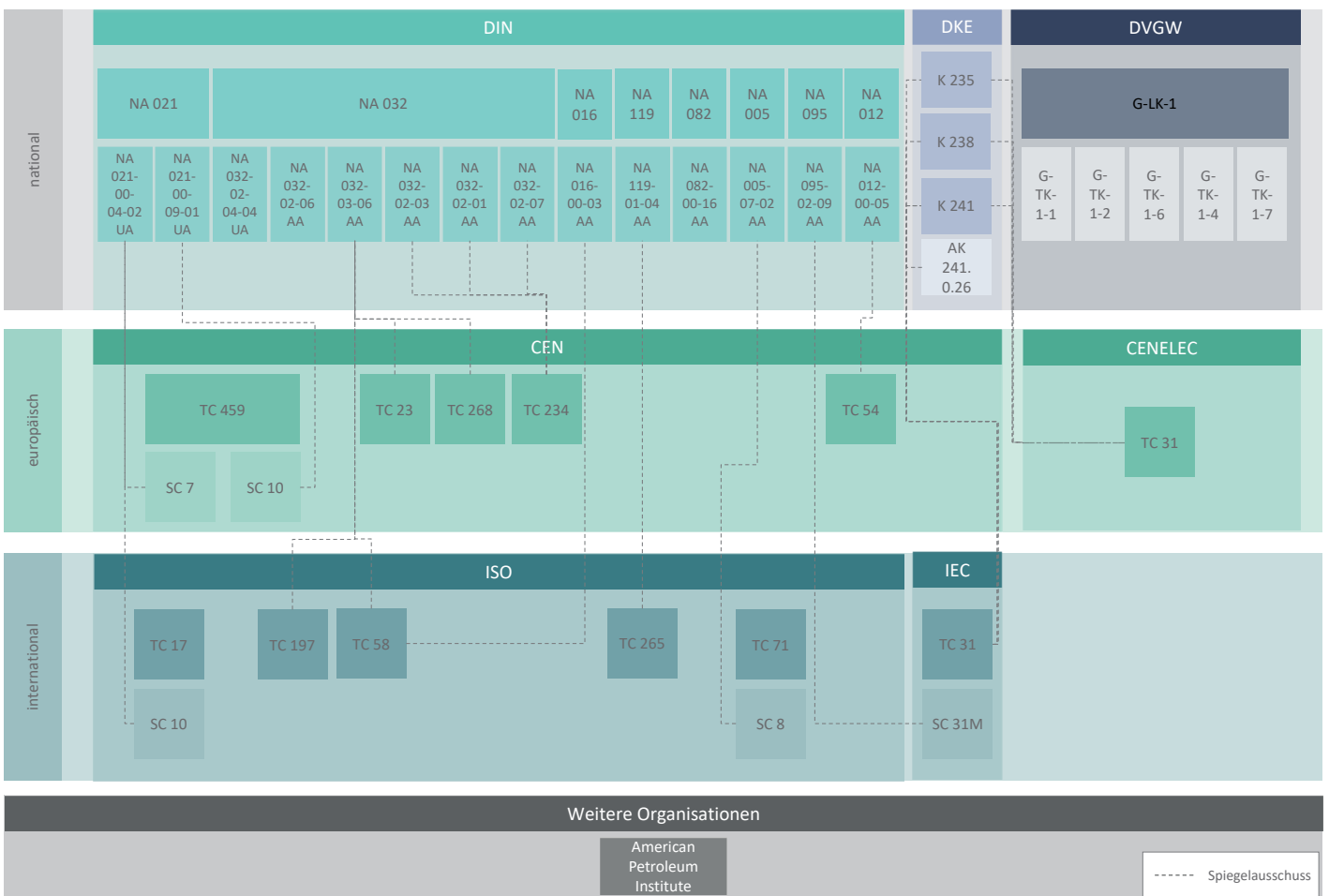


Abbildung 19: Übersicht relevanter Gremien der technischen Regelsetzung im Bereich Untertage-Gasspeicher (Stand 03-2024) (Quelle: eigene Darstellung)

Untertage-Gasspeicher

Darüber hinaus bieten Europäische Normen und technische Regeln den Vorteil, alle Mitgliedsländer in die H₂-Strategie einzubinden und gleichzeitig kontinentübergreifend für eine bessere Wahrnehmung und Akzeptanz zu sorgen, letztlich also, Wettbewerb und Sicherheit gleichzeitig im Blick zu haben. Der kommerzielle Betrieb von Wasserstoffspeicherung in UGS in Deutschland ist bereits ab 2026 geplant. Die Hauptgründe, die es erforderlich machen, die erkannten Bedarfe zu überarbeiten und die zugehörigen Lücken zu schließen, sind vor allem Sicherheit, Betriebsgenehmigungen und Interoperabilität der Systeme sowie ein schneller Hochlauf.

Zunächst wurde eine Übersicht erstellt, in welchen Bereichen in der Thematik der UGS noch offene Bedarfe existieren und welche spezifischen Anforderungen in Untertage-Gasspeichern vorkommen können und in anderen Bereichen berücksichtigt werden müssen. Folgende Besonderheiten wurden identifiziert:

1. In den Nassgas-Bereichen der Speicheranlagen liegt „unbehandelter“ Wasserstoff vor, der nicht der Reinheit nach DVGW-Arbeitsblatt G 260 [53] entspricht. U. a. kann freies Wasser und Feuchtigkeit auftreten. Ersteres kann hochsalin sein. Auch erhöhte Anteile von CO₂ und H₂S sind möglich.
2. Zyklische thermische und mechanische Belastungen mit hohen Amplituden sind mehrmals im Jahr an wasserstoffführenden Bauteilen durch Ein- und Ausspeichern zu erwarten.
3. Der Druckbereich liegt bei bis zu 300 bar und damit über der oft üblichen Begrenzung auf 100 bar.
4. Die Temperaturen des ein- und ausgespeicherten Gases können fluktuieren, in Verdichteranlagen bis zu ca. 180 °C.

In der Normungsarbeit sind die Rahmenbedingungen für die verschiedenen Lebensphasen eines H₂-UGS noch weiter zu spezifizieren und zu definieren. Diese Besonderheiten wurden an die anderen betreffenden AGs der NRM H2 weitergeleitet, um dort auf die entsprechenden Lücken hinzuweisen und eine Interoperabilität der relevanten Bauteile sicherzustellen.

Der pränormative Forschungsbedarf besteht vor allem in Qualifikationsmethodiken für Bauteile und Materialien, welche in ein Regelwerk überführt werden sollten, auf denen Lieferbedingungsnormen für die zu verwendenden Bauteile zukünftig basieren müssen. Zudem besteht eine weitere

Herausforderung darin, dass gewisse Themen wie z. B. Gasdruckregelmessanlagen keine reinen Speicherthemen sind und kollaborativ (für unterschiedliche Anwendungen und ihre Randbedingungen) gelöst werden müssen.

Die Qualifikationsmethoden für die Umwidmung von bestehenden UGS und anderer Kavernenspeicher müssen in den angepassten Regelwerken ebenfalls berücksichtigt werden.

4.2.6.3 Bedarfsanalyse

BEDARF 4.2.6-01:

Dichtheits- und Integritätstests der Untertage-Anlage für Gasspeicherung

INHALT: standardisierte Testverfahren; Testkriterien; Nachweis; Dichtheit; Integrität; Untertageanlagen

ERLÄUTERUNG: Untertagebohrungen werden auf ihre Dichtheit und Integrität geprüft. Dazu wird ein geeignetes Fluid eingesetzt. Für Wasserstoffspeicherbohrungen werden bei Dichtheitstests bisher verschiedene Verfahren und Medien (Stickstoff/Wasserstoff bzw. kombiniert) angewendet. Diese sollten vereinheitlicht werden.

UMSETZUNG: Zunächst ist der BVEG-Leitfaden Bohrungsintegrität anzupassen, anschließend soll eine neue EN (in der CEN/TC 234/WG 4) entstehen.

BEDARF 4.2.6-02:

Normenreihe DIN EN 1918, Gasinfrastruktur – Untertage-speicherung von Gas Funktionale Empfehlungen für die Speicherung [155]

INHALT: UGS; Porenspeicher; Kavernen; OTA; Erweiterung in Bezug auf Wasserstoff

ERLÄUTERUNG: Die Normenreihe DIN EN 1918 [155] von 2016 beschreibt Funktionale Empfehlungen für Obertageanlagen und vier unterschiedliche Kategorien von Untertagespeichern:
 → Teil 1: Speicherung in Aquiferen;
 → Teil 2: Speicherung in Öl- und Gasfeldern;



Untertage-Gasspeicher

- Teil 3: Speicherung in gesalzenen Salzkavernen;
- Teil 4: Speicherung in Felskavernen;
- Teil 5: für Obertageanlagen.

Die fünf ähnlich strukturierten Dokumente umfassen funktionale Empfehlungen für Planung, Errichtung, Prüfung, Inbetriebnahme, Betrieb, Instandhaltung und Stilllegung.

UMSETZUNG: Die Überarbeitung und Erweiterung u. a. zum Thema Wasserstoff wurde in der CEN/TC 234/WG 4 unter Mitarbeit des DIN-Normenausschusses NA 032-02-07 AA Untertagespeicher bereits gestartet.

BEDARF 4.2.6-03:

Zemente und Materialien für die Zementation von Tiefbohrungen unter Einfluss von Wasserstoff

INHALT: Zemente; Materialien; Testmethoden zur Qualifizierung

ERLÄUTERUNG: Es soll eine Übersicht über den Stand der Technik bei Zementen und Materialien zur Verwendung in Bohrungen mit Wasserstoffeinfluss entstehen. Diese Beschreibung bevorzugter Materialien sowie anzuwendender Testmethoden zur Qualifizierung von Zementen und geeigneter alternativer Materialien im Rahmen eines technischen Reports soll dabei unterstützen, relevante Normen zu aktualisieren.

UMSETZUNG: Umsetzung als pränormativer Forschungsbedarf und Project Initiation Proposal (PIP) im Rahmen der IOGP Standards Solution [159] mit Ziel einer ISO TR, um Allgemeingültigkeit zu erhalten. Zusätzlich soll ein DGMK-Forschungsprojekt diesbezüglich (sowie ein neuer BVEG-Leitfaden) initiiert werden.

BEDARF 4.2.6-04:

Bohrloch-Ausrüstungen – Untertage-Sicherheitsventil-Ausrüstungen – Lieferbedingungen

INHALT: Wasserstoffanwendungen; Herstellernormen; Qualifikationsmethodik

ERLÄUTERUNG: Die Normen bzw. Prüfnachweise sind im Hinblick auf die Besonderheiten von Wasserstoff zu überarbeiten. Das betrifft im Wesentlichen Aspekte, die die sichere Funktion beeinflussen könnten, wie das Leckage-Verhalten, thermodynamisches Verhalten, Diffusion, Löslichkeit, Korrosionsverhalten und Versprödung. Neben Wasserstoff (nach DVGW-Arbeitsblatt G 260 [53]) sind die Begleitstoffe im Hochdruckbereich der Untertagespeicherung zu berücksichtigen.

UMSETZUNG: Nachweise durch herstellende Unternehmen; Ergänzung der entsprechenden Normen um Materialien und Eignung für Wasserstoff. Dies kann ein Project Initiation Proposal (PIP) im Rahmen der IOGP Standards Solution [159] beinhalten oder eine Überarbeitung der ISO 10417:2004 [160] bzw. ISO 10432:2004 [161] bedeuten.

BEDARF 4.2.6-05:

Bohrloch-Ausrüstung – Packer und Bridge Plugs

INHALT: Packer und Bridge Plugs; Herstellernormen; Wasserstoffanwendungen; Qualifikationsmethodik

ERLÄUTERUNG: Die Normen bzw. Prüfnachweise sind im Hinblick auf die Besonderheiten von Wasserstoff zu überarbeiten. Das betrifft im Wesentlichen Aspekte, die die sichere Funktion beeinflussen könnten, wie das Leckage-Verhalten, thermodynamisches Verhalten, Diffusion, Löslichkeit, Korrosionsverhalten und Versprödung. Neben Wasserstoff (nach DVGW-Arbeitsblatt G 260 [53]) sind die Begleitstoffe im Hochdruckbereich der Untertagespeicherung zu berücksichtigen. Vorausgehend hierfür ist eine Qualifikationsmethodik bzw. zukünftig Qualifikationsnorm für Packer und Bridge Plugs (ggf. Elastomere).

UMSETZUNG: Nachweise durch herstellende Unternehmen; Ergänzung der entsprechenden Normen um Materialien und Eignung für Wasserstoff. Dies kann ein Project Initiation Proposal (PIP) im Rahmen der IOGP Standards Solution [159] beinhalten oder eine Überarbeitung der ISO 14310:2008 [162] bedeuten.

Verflüssigung

BEDARF 4.2.6-06:

Bohrloch-Ausrüstung – Abhängestücke und Landennippel

INHALT: Abhängestücke; Landennippel; Herstellernormen; Wasserstoffanwendungen; Qualifikationsmethodik

ERLÄUTERUNG: Die Normen bzw. Prüfnachweise sind im Hinblick auf die Besonderheiten von Wasserstoff zu überarbeiten. Das betrifft im Wesentlichen Aspekte, die die sichere Funktion beeinflussen könnten, wie das Leckage-Verhalten, thermodynamisches Verhalten, Diffusion, Löslichkeit, Korrosionsverhalten und Versprödung. Neben Wasserstoff (nach DVGW-Arbeitsblatt G 260 [53]) sind die Begleitstoffe im Hochdruckbereich der Untertagespeicherung zu berücksichtigen. Vorausgehend hierfür ist eine Qualifikationsmethodik bzw. zukünftig Qualifikationsnorm für Abhängestücke und Landennippel (ggf. Elastomere).

UMSETZUNG: Nachweise durch herstellende Unternehmen; Ergänzung der entsprechenden Normen um Materialien und Eignung für Wasserstoff. Dies kann ein Project Initiation Proposal (PIP) im Rahmen der IOGP Standards Solution [159] beinhalten oder eine Überarbeitung der ISO 16070:2005 [163] bedeuten.

4.2.6.4 Umsetzungsprojekte

Bisher wurden von der AG noch keine Umsetzungsprojekte zur finanziellen Förderung durch das BMWK vorgeschlagen.

4.2.7 Verflüssigung

Die AG Verflüssigung beschäftigt sich mit technischen Regeln, die flüssigen Wasserstoff in Form von tiefkaltem H_2 (LH_2) und Wasserstoffträger (z. B. Ammoniak, Methanol, LOHC) behandeln. Dabei werden unter anderem Themen wie Definitionen, Prozesse zur Verflüssigung, Stoffzusammensetzungen, Stoffeigenschaften und Personalqualifikation für den Umgang mit flüssigem Wasserstoff in den vorgenannten Formen betrachtet. Ergänzend werden Anforderungen an die jeweiligen Transport- und Speichermedien behandelt. Der Kreis von Expertin-

nen und Experten ist aufgrund der Spezialisierung der Themen wie LH_2 oder LOHC überschaubar, was sich in der Erarbeitung der Bestands- und Bedarfsanalyse widerspiegelt.

4.2.7.1 Bestandsanalyse

Es gibt eine große Anzahl von Normen, technischen Regeln und Produktnormen, welche für tiefkalten Wasserstoff (LH_2), Wasserstoffderivate (NH_3 , Methanol) und Wasserstoffträger (LOHC) anwendbar sind. Viele der Normen und technischen Regeln sind ausschließlich internationalen Ursprungs und somit außerhalb des direkten Einflussbereichs deutscher und europäischer Regelsetzungsgremien. Zum ermittelten Bestand gehören Stand 12/2023 ca. 113 Dokumente. Davon sind 64 Dokumente rein internationale Normen, technische Regeln und Produktnormen, 21 Dokumente Europäische/internationale Normen und technische Regeln sowie 23 nationale/Europäische Normen und technische Regeln. Es wurden weiterhin fünf Standards (TRGS/TRB) identifiziert. Eine entsprechende detaillierte Auflistung kann dem bereits veröffentlichten [Verzeichnis der Normen und technischen Regeln für Wasserstofftechnologien](#) [13] entnommen werden. Relevante politische Regularien sind die Druckgeräterichtlinie 2014/68/EU (PED) [76], das Wasserhaushaltsgesetz (WHG § 62) [164] und die Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen (AwSV) [165].

4.2.7.2 Anforderungen und Herausforderungen

Wie bereits in der Einleitung erwähnt, ist in dieser AG nur ein sehr überschaubarer Kreis an Expertinnen und Experten tätig. Deshalb gibt es bis zum jetzigen Zeitpunkt auch noch keine AG-Leitung. Die Anzahl der im Gremium tätigen Expertinnen bzw. Experten schwankt zwischen drei und vier Personen. Davon sind drei Expertinnen bzw. Experten ausschließlich für das Thema tiefkalter Wasserstoff (LH_2) und eine Expertin bzw. Experte für das Thema LOHC verantwortlich. Die Themen Ammoniak und Methanol sind fachlich nicht in diesem Gremium besetzt.

Dabei zeichnet sich in der Wasserstoffwirtschaft ab, dass Ammoniak als Wasserstoffderivat sowohl in der deutschen [14] als auch europäischen Wasserstoffstrategie [166] eine



große Rolle bei Wasserstoffimporten einnehmen wird. Auch LOHC wird sowohl in der deutschen [14] als auch europäischen Wasserstoffstrategie [166] als wichtige Speicher- und Transporttechnologie gesehen. Daher ist es aus Sicht des Gremiums dringend geboten, Normung und Regelsetzung auf dem Gebiet der Derivate (Ammoniak) und Wasserstoffträger (LOHC) zu forcieren. Sowohl im Bereich der tiefkalten Verflüssigung (LH_2), als auch im Bereich der Rückumwandlung von Ammoniak in H_2 (Cracking) und Ein-/Auspeicherung von H_2 in/aus LOHC (Hydrierung/Dehydrierung) werden entsprechende Anlagen fast ausschließlich über Produktnormen einzelner Herstellenden geplant, errichtet und betrieben. Aufgrund der zunehmenden Relevanz insbesondere der Wasserstoffderivate und Wasserstoffträger sollte eine einheitliche und öffentlich zugängliche Standardisierung angestrebt werden.

4.2.7.3 Bedarfsanalyse

BEDARF 4.2.7-01:

Norm zur einheitlichen Definition der „Kalten Schnittstelle“

INHALT: kryogene Schnittstellen; flüssiger Wasserstoff

ERLÄUTERUNG: Kryogene Schnittstellen (z. B. die sogenannte Johnston-Kupplung) für flüssigen Wasserstoff sind von der Geometrie nicht eindeutig definiert. Für einen Hochlauf der Technologie ist es zwingend notwendig, die Rohrschnittstellen eindeutig zu definieren, damit diese zueinander kompatibel sind. Dies muss rechtzeitig vor der umfangreichen Nutzung von flüssigem Wasserstoff, auch mit Hinblick auf die Festigkeitsnachweise, standardisiert werden. Dabei können folgende bestehende Normen und technischen Regeln als Grundlage dienen.

- Industriestandard CGA V-6 Standard Cryogenic Liquid Transfer Connections [167]
- Norm DIN EN 13371, Kryo-Behälter – Kupplungen für den tiefkalten Betrieb (Norm zur Standardisierung der Johnston-Kupplung) [89]
- Norm ISO 13984, Flüssigwasserstoff – Schnittstelle für die Betankung von Landfahrzeugen [168]

UMSETZUNG: Die Umsetzung soll ab 2025 begonnen werden. Ein entsprechendes regelsetzendes Gremium ist noch zu suchen oder zu gründen.

BEDARF 4.2.7-02:

Norm zur Qualitätsbewertung von kryogen verflüssigtem Wasserstoff

INHALT: Para-Gehalt; verflüssigte Wasserstoffe

ERLÄUTERUNG: Ein Qualitätsmerkmal für die langfristige Speicherung von kryogen verflüssigtem Wasserstoff (LH_2) ist der Para-Gehalt. Dabei ist die Qualität des LH_2 umso höher, je höher der Gehalt von Para-Wasserstoff ist. Das Ortho/Para-Gleichgewicht des Wasserstoffs ist temperaturabhängig. Bei Raumtemperatur (293 K) beträgt die Gleichgewichtszusammensetzung (Ortho/Para) 75/25 %. Bei 20 K (verflüssigter Wasserstoff) liegt ein Para-Gehalt von 99,8 % Para- H_2 vor. Ortho- und Para-Wasserstoff sind energetisch unterschiedliche Zustände. Bei der Umwandlung von Ortho- zu Para-Wasserstoff wird Energie in Form von Wärme frei. Wenn der Para-Wasserstoffgehalt im flüssigen Zustand (z. B. Lagerung in einem Tank) zu gering ist, würde dies aufgrund der entstehenden Wärme bei der Ortho/Para-Umwandlung zu einer zusätzlichen Verdampfung von Wasserstoff führen. Daher ist der Para-Gehalt von verflüssigtem Wasserstoff ein Qualitätsmerkmal, welches in einer Norm zu definieren ist.

UMSETZUNG: Die Umsetzung soll ab 2026 begonnen werden. Ein entsprechendes regelsetzendes Gremium ist noch zu suchen oder zu gründen.

BEDARF 4.2.7-03:

Anforderungen an Dichtungswerkstoffe in kryogenen Anwendungen

INHALT: Dichtungen; Dichtungswerkstoffe; kryogene Anwendungen

ERLÄUTERUNG: Die Anforderungen an Dichtungswerkstoffe und Dichtungen sollen mit der Ermittlung von wissenschaftlichen Grundlagen für Wasserstoffanwendungen von

Verflüssigung

Elastomeren, Polymeren, Kunststoffen und weiterer Dichtungsmaterialien beschrieben werden. Die dazu notwendige Forschung ist zu initiieren.

UMSETZUNG: Die Umsetzung soll ab 2024 begonnen werden. Ein entsprechendes regelsetzendes Gremium ist noch zu suchen oder zu gründen.

BEDARF 4.2.7-04:

Dokument zur Festlegung von Randbedingungen für Filter und Absorber bei Wasserstoff-Verflüssigung

INHALT: Filter; Absorber; Regeneration; Wasserstoffverflüssigung; Reinheit; Wasserstoff-Verflüssigung

ERLÄUTERUNG: In Abhängigkeit der Reinheit des H₂ müssen Filter und Absorber bei der Verflüssigung vorgesehen werden, um z. B. Luftbestandteile, welche bei der Verflüssigung ausfrieren und Leitungen verblocken würden, zu entfernen. Hierbei ist bei der Dimensionierung der Filter und Absorber darauf zu achten, dass kein zündfähiges Gemisch (Sauerstoffanreicherung) entsteht. Die dazu erforderlichen Mindestanforderungen sind zu definieren.

UMSETZUNG: Die Umsetzung sollte ab 2026 begonnen werden. Ein entsprechendes regelsetzendes Gremium ist noch zu suchen oder zu gründen.

BEDARF 4.2.7-05:

Messung des Para-Gehalts von kryogen verflüssigtem Wasserstoff

INHALT: Messprozess; LH₂

ERLÄUTERUNG: Auswahl eines geeigneten Messprozesses, welcher folgende Anforderungen erfüllt, um vergleichbare Messergebnisse zu ermöglichen:

- Probeentnahme aus der Flüssigphase;
- zeitnahe Messung vor Ort;
- Sicherstellung, dass zwischen Probenentnahme und Messung keine Ortho/Para-Umwandlung stattfindet;
- Sicherstellung einer ausreichenden Messgenauigkeit.

UMSETZUNG: Die Umsetzung soll ab 2026 begonnen werden. Ein entsprechendes regelsetzendes Gremium ist noch zu suchen oder zu gründen.

4.2.7.4 Umsetzungsprojekte

Bisher wurden von der AG noch keine Umsetzungsprojekte zur finanziellen Förderung durch das BMWK vorgeschlagen.



4.3 Anwendungen

Der Arbeitskreis beschäftigt sich mit der industriellen und häuslichen Anwendung von Wasserstoff. Dies schließt Anlagen zur Wandlung von Molekularenergie ggf. über den Umweg der kinetischen Energie in primär elektrische Energie und ggf. sekundär in thermische Energie über Kraft-Wärme-Kopplungen ein – dazu gehören (reversible) Brennstoffzellen und Wärmekraftmaschinen wie z. B. Turbinen und Verbrennungsmotoren. Die Anwendung umfasst einerseits Mobilitätsanwendungen auf Straße, Schiene, dem Wasser und in der Luft sowie Spezialfahrzeuge, einschließlich den jeweiligen Betankungsanlagen. Des Weiteren umfasst sie die Verwendung und Verarbeitung von Wasserstoff in der verfahrenstechnischen Produktion, einschließlich der (petro)chemischen Industrie, Power-to-X-Anlagen, Thermoprozessanlagen und die Verwendung für Reduktionsprozesse wie z. B. in der Stahlindustrie. Ebenfalls betrachtet wird die Energie-/Wärmeversorgung im häuslichen und gewerblichen Bereich sowie die dazu notwendige Regelungstechnik.

4.3.1 Brennstoffzelle

Das Arbeitsspektrum der AG Brennstoffzelle umfasst alle Arten von Brennstoffzellen-Technologien und deren Anwendungsmöglichkeiten, d. h. Brennstoffzellen-Energiesysteme zur Bereitstellung von elektrischer und zusätzlich thermischer Leistung (Kraft-Wärme-Kopplung), wie z. B. stationäre Brennstoffzellen-Heizgeräte, Brennstoffzellen-basierte Notstrom- und Netzersatzanlagen, portable Brennstoffzellen-Energiesysteme als Hilfsaggregate und reversible Brennstoffzellen-Energiesysteme zur elektrischen Lastverschiebung. Der Tätigkeitsschwerpunkt der AG Brennstoffzelle liegt auf dem bestehenden Normenportfolio zum Thema Brennstoffzelle, insbesondere um zu ermitteln, inwiefern dieses weiterentwickelt werden muss, um die Integration dieser Technologie in die bestehende Infrastruktur zu verbessern bzw. auf das Gesamtsystem abzustimmen – siehe auch [Abbildung 20](#) für die typische Systemgrenze von Brennstoffzellen-Energiesystemen.

Brennstoffzelle

Brennstoffzellen-Energiesystem

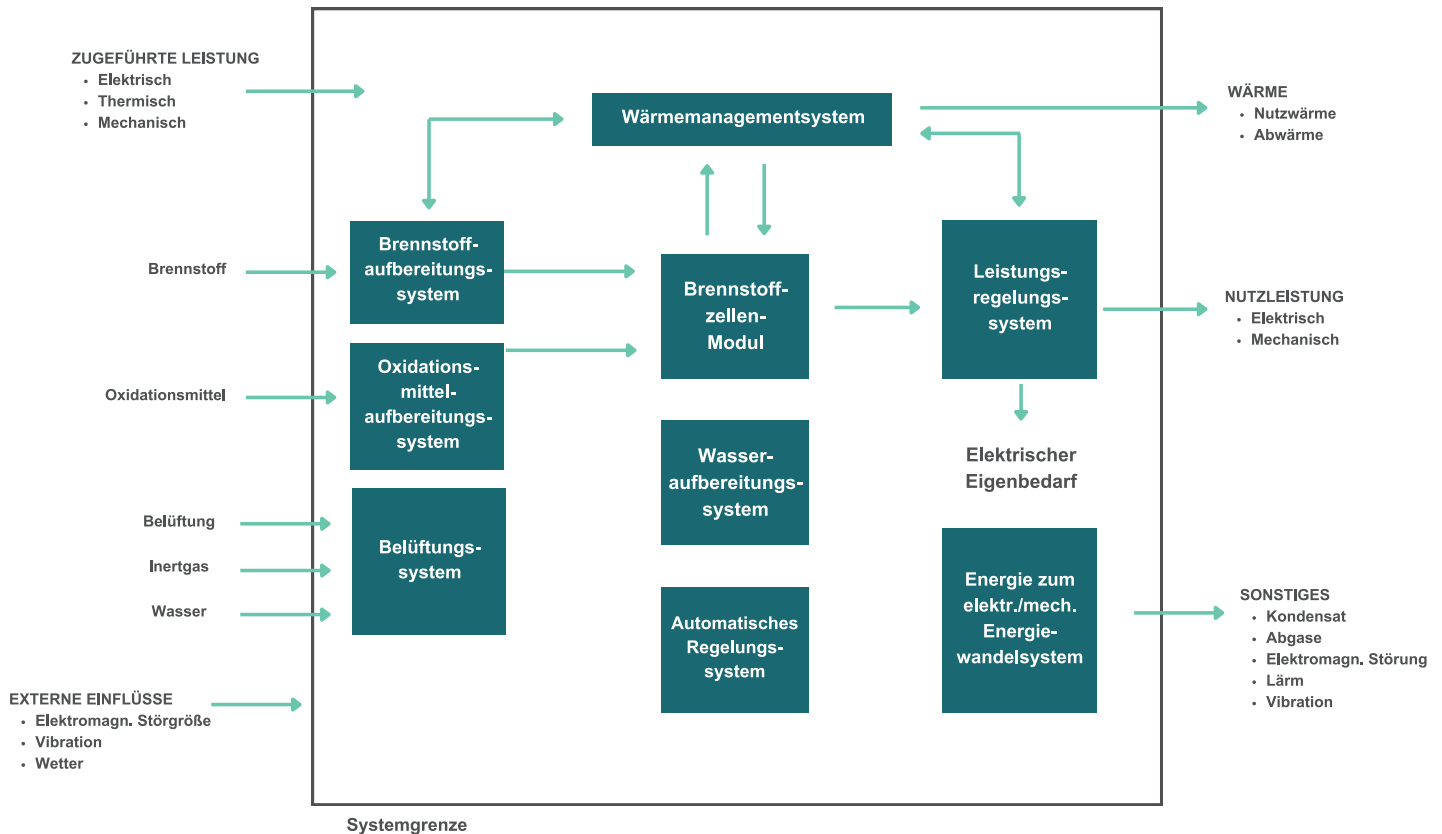


Abbildung 20: Brennstoffzellen-Systemgrenzen

(Quelle: DKE)

Hinweis: Brennstoffzellen-Anwendungen im Bereich Mobilität werden in den AGs im Bereich Mobilität behandelt, d. h. in [AG Befüllungsanlagen](#), [AG Straßenverkehrsfahrzeuge](#), [AG Schienenfahrzeuge](#), [AG Schiffsverkehr](#), [AG Luftfahrt](#), [AG Sonderfahrzeuge/Spezialfahrzeuge](#).

4.3.1.1 Bestandsanalyse

Mit rund 30 publizierten Normdokumenten ist das Thema Brennstoffzellen-Energiesysteme normativ bereits gut erfasst [13]. Neben Brennstoffzellen-Modulen werden vor allem die Themenschwerpunkte stationäre Brennstoffzellen, Brennstoffzellen für Antriebs- und Hilfsstromversorgung, portable Brennstoffzellen, Mikrobrennstoffzellen und reversible Brennstoffzellen sowie Testmethoden und Terminologie abgedeckt. Das Portfolio umfasst Normen zur allgemeinen und anwendungsspezifischen Sicherheit sowie zu Installation und ergän-

zend Leistungstestmethoden. Der Bestand wird regelmäßig überprüft und überarbeitet, sodass viele Normen bereits in einer revidierten zweiten Ausgabe verfügbar sind und mitunter eine dritte Ausgabe bereits in Arbeit ist. Die Verfügbarkeit des Bestands ist größtenteils gegeben. Von einzelnen Ausnahmen abgesehen sind alle Publikationen als deutsche Sprachfassung bzw. DIN-Norm verfügbar und dabei inhaltlich identisch mit der jeweiligen internationalen EN- bzw. IEC-Norm. Einzelne Normen unterstützen als harmonisierte Normen direkt die Gesetzgebung bzw. werden dahingehend entwickelt, die Gesetzgebung zu unterstützen, darunter beispielsweise die Niederspannungs- und Gasgeräte-richtlinie.

Abbildung 21 stellt die identifizierten Gremien der technischen Regelsetzung dar, die für die Erarbeitung der technischen Regelwerke im Bereich Brennstoffzelle wichtig sind. Eine Übersicht zu den Abkürzungen der Gremien kann in Abschnitt 9 eingesehen werden.

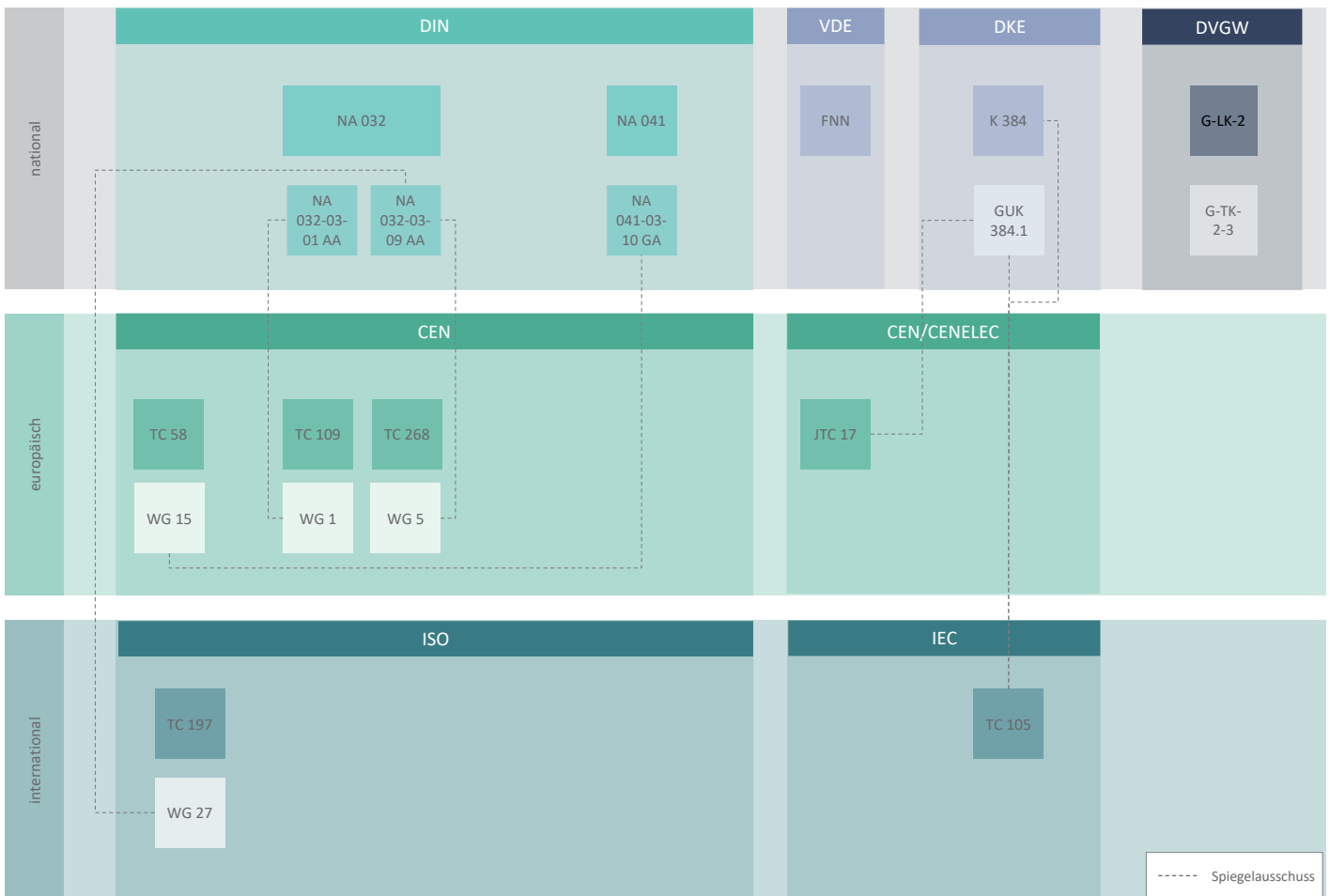


Abbildung 21: Übersicht relevanter Gremien der technischen Regelsetzung im Bereich Brennstoffzelle (Stand 03-2024)
(Quelle: eigene Darstellung)

4.3.1.2 Anforderungen/Herausforderungen

Die Leistungsdichte von Brennstoffzellen-Stapeln bzw. -Modulen, d. h. die elektrische Leistung im Verhältnis zum Eigengewicht, ist für die Entwicklung von Brennstoffzellen-basierter Straßen- und Luftfahrzeuge eine bedeutende Größe. Ein einheitliches Verfahren bzw. gemeinsames Verständnis, wie die Bestimmung der Leistungsdichte zu erfolgen hat, z. B. welche Komponenten einbezogen werden müssen, gibt es bislang jedoch nicht. Der Vergleich von Brennstoffzellen-Modulen verschiedener herstellender Unternehmen wird dadurch erschwert. Diese Lücke wurde auf internationaler Ebene bereits erkannt und die Arbeiten an einem entsprechenden Standard aufgenommen [169].

Brennstoffzellen-Energiesysteme kommen in letzter Zeit vermehrt auch im Mobilitäts- und Arbeitsmaschinen-Sektor zur Anwendung bzw. werden in diesen Sektoren erprobt, darunter z. B. Züge, Schiffe und Flugzeuge sowie Drohnen, Bagger, Flurförderzeuge und Bergbaumaschinen (vgl. [170]). Ein horizontaler Sicherheitsstandard mit allgemeingültigen Anforderungen an die Sicherheit von Brennstoffzellen-Energiesystemen und -Modulen wird als notwendig erachtet, um einer Zersplitterung des Normenwerks vorzubeugen und eine Dopplung von Inhalten zu vermeiden. Der allgemeine Sicherheitsstandard soll als Grundlage dienen, um darauf aufbauend vertikale Standards zu erstellen, welche die speziellen Anforderungen an die Sicherheit für bestimmte Anwendungen von Brennstoffzellen-Energiesystemen konkretisieren.

Kraftwerke, Turbinen, KWK-Anlagen

Zur Charakterisierung von Brennstoffzellen-Modulen durch Betriebstests (z. B. Froststart, Lebensdauertests und beschleunigte Alterungstests) und der darin verbauten Komponenten existieren teils nationale Normen – beispielsweise chinesischen Normen – jedoch bislang noch keine Normen, welche europäische bzw. deutsche Anforderungen reflektieren. Um diese Lücke zu schließen, könnten die bestehenden nationalen Normen untersucht und an die eigenen Bedürfnisse angepasst werden.

4.3.1.3 Bedarfsanalyse

BEDARF 4.3.1-01:
Brennstoffzellen-Technologien – Allgemeine Sicherheitsanforderungen

INHALT: horizontaler Sicherheitsstandard; Sicherheit; Brennstoffzellen

ERLÄUTERUNG: Neben stationären Anwendungen werden Brennstoffzellen inzwischen auch serienmäßig in Personenzügen, Pkws und Arbeitsmaschinen eingesetzt. Weitere Bereiche wie Minenfahrzeuge, Flugzeuge, Schiffe und sogar E-Bikes sind in Erprobung. Der geplante horizontale Sicherheitsstandard soll als Grundlage dienen, um darauf aufbauend anwendungsspezifische (vertikale) Sicherheitsanforderungen für Brennstoffzellen zu definieren, wodurch einer Zersplitterung des Normenwerks vorgebeugt und die Dopplung von Inhalten vermieden wird.

UMSETZUNG: International in IEC/TC 105/WG 105 unter deutscher Projektleitung. Nationales Spiegelgremium ist das DKE Gremium DKE/K 384 Brennstoffzellen.

4.3.1.4 Umsetzungsprojekte

Bisher wurden von der AG noch keine Umsetzungsprojekte zur finanziellen Förderung durch das BMWK vorgeschlagen.

4.3.2 Kraftwerke, Turbinen, KWK-Anlagen

Im Fokus der AG Kraftwerke, Turbinen, KWK-Anlagen stehen thermische Kraftanlagen oder Teilanlagen inkl. Turbinen und KWK-Anlagen (Kraftanlagen). Dies beinhaltet alle Haupt- und Nebensysteme, die für die Funktionalität und Sicherheit der Produktion notwendig sind, und deren Elemente inkl. Baumaterialien (u. a. Kessel, Brenner, Druckbehälter, Rohrleitungen, Armaturen, Sicherheitsarmaturen, Apparate, Maschinen, Paketanlagen und Sondermaschinen (inkl. Motoren als KWK-Anlagen)) innerhalb der von Technologieträgern oder Betreibenden festgelegten Anlagengrenze, die gleichzeitig die Schnittstelle zu anderen Bauwerken, Anlagen, Installationen und zur Infrastruktur ist. Unter Berücksichtigung der geltenden Richtlinien, Verordnungen und harmonisierten Normen werden alle Phasen, von der ersten Studie über Planung, Beschaffung, Fertigung und Ausführung des Anlagenbaus inkl. Inbetriebnahme bis zu Betrieb, Instandhaltung und Abbau ausführlich betrachtet. Das gilt sowohl für den Neubau als auch für die Modernisierung von Maschinen und Anlagen.

Die Arbeitsgruppe hat thermische Kraftanlagen oder Teilanlagen inkl. Turbinen und KWK-Anlagen (Kraftwärmekopplungsanlagen) sowie Heizwerke mit mehr als 1 MW Feuerungsleistung betrachtet. Über die Anlagengrenze hinaus entstehen Schnittstellen zu anderen Bauwerken, Anlagen, Installationen und zur Infrastruktur, die nicht Bestandteil des vorliegend beschriebenen Betrachtungsumfangs sind, aber eine enge Abstimmung mit den Beratungen in anderen Arbeitsgruppen oder Arbeitskreisen erfordern. Unter Berücksichtigung der europäischen Gemeinschaftsrichtlinien zur Beschaffenheit von Produkten wie Gasverbrauchseinrichtungen – GAR [171], DGRL [76] und MRL [172] bzw. der neuen Maschinenverordnung (MVO) [173] und den nationalen Anforderungen an den Betrieb wie TA-Luft [174], BImSchV [175] wurde der Anlagenlebenszyklus einschließlich der Modernisierung von existierenden Anlagen betrachtet.

4.3.2.1 Bestandsanalyse

Die Bestandsanalyse soll dazu dienen, die im Betrachtungsumfang relevante Normen und technischen Regeln zu identifizieren, die für eine möglichst reibungslose Transition, Genehmigung und damit Nutzung der Wasserstofftechno-



Kraftwerke, Turbinen, KWK-Anlagen

logie bereits existieren oder überarbeitet werden müssen. Im Jahr 2023 wurden die vorhandenen Kopfnormen zur Wasserstoffbeschaffenheit, Sicherheits- und Regeleinrichtungen zur Nutzung von Wasserstoff als Brenngas sowie Normen für periphere Komponenten zusammengetragen, die bei einer Verbrennung von Wasserstoff beeinflusst werden. Dies beinhaltet auch Dokumente, die Anforderungen z. B. für Emissionen formulieren, sowie weltweit anerkannte Dokumente, die als Leitlinien für die Lagerung, Handhabung und Distribution dienen können und einen Beitrag zur ausstehenden Definition der H₂-Fähigkeit im Zusammenhang mit z. B. der Kraftwerksstrategie 2026 [176] liefern können. Erste Normen für Komponenten werden auf den Einsatz von Wasserstoff bereits erkennbar adaptiert, der entsprechende Arbeitsstand wurde erfasst. Weiterhin wurden im Rahmen der Bedarfsanalyse auch Normen identifiziert, die nach eingehender Beratung aus dem anfänglichen Umfang entfallen können, da diese keiner Anpassung in Bezug auf Wasserstoff bedürfen [13].

4.3.2.2 Anforderungen und Herausforderungen

Die Bedarfsanalyse für die Kraftanlagen wurde systematisch im Rahmen von vier Sitzungen im Jahr 2023 zur Detaillierung der Anforderungen und zur Identifizierung erster konkreter Umsetzungsprojekte durchgeführt. Die Qualität des Wasserstoffs und der Beimischungen für Anlagen mit Verbrennungsmotoren und Brennern wurde für eine künftige interdisziplinäre Abstimmung innerhalb der Roadmap erfasst, um die Regelung und damit die Leistungsstabilisierung der Großanlagen zu ermöglichen. Idealerweise sollten die gasversorgenden Unternehmen den Endverbrauchenden ein präzises Echtzeitsignal über den Wasserstoffgehalt und den Brennwert der endgültigen Beimischung liefern. Sollte dies nicht möglich sein, ist die Qualität in vordefinierten Grenzen für Wasserstoff sowie Verunreinigungen zu halten und qualitätsadaptive Regelungen vor der Übergabestelle zu gewährleisten. Nach Bestätigung des netzbetreibenden Unternehmens aus der **AG Verteilnetze** gibt es derzeit keinen Bedarf, die bisher für die Standardisierung von einheitlichen Netz- und Versorgungsdrücke etablierten Druckstufen beim Einsatz von Wasserstoff zu ändern. Dies wird bei der Bedarfsanalyse entsprechend berücksichtigt. Normen zu den Sicherheits-, Regel- und Steuerungseinrichtungen für Gasbrenner und Gasbrennstoffgeräte sowie weiteren Ausrüstungsteilen wurden in das Arbeits-

programm für 2024 aufgenommen. Hierzu wurde beschlossen, dass diese Normen als Umsetzungsprojekte durch die Roadmap angestoßen oder diese Inhalte in neue bzw. bereits gestartete Normungsverfahren integriert werden sollen. Die AG befindet sich im engen Austausch mit den relevanten Normenausschüssen und verfolgt die Normungsaktivitäten. Die entsprechenden Bedarfe werden eng mit den zuständigen Normenausschüssen, insbesondere DIN-Normenausschuss Gas-technik (NAGas), DIN-Normenausschuss Maschinenbau (NAM) und DIN-Normenausschuss Rohrleitungen und Dampfkesselanlagen (NARD), abgestimmt. Bereits jetzt ist erkennbar, dass bei Änderungen der Sicherheitsanforderungen aus den europäischen Binnenmarktrichtlinien (insbesondere Verordnung zu GAR [171] und Richtlinie über Druckgeräte – DGRL [76]) für harmonisierte Normen stringenter Prozesse und größere Arbeitskapazitäten in den zuständigen EU-Kommissionen und europäischen Normungsorganisationen vorgehalten werden müssen, um die ambitionierten Zeitpläne einhalten zu können.

4.3.2.3 Bedarfsanalyse

BEDARF 4.3.2-01:

EN 12953-7, Großwasserraumkessel – Teil 7: Anforderungen an Feuerungsanlagen für flüssige und gasförmige Brennstoffe für den Kessel [177] und EN 12952-8, Wasserrohrkessel und Anlagenkomponenten – Teil 8: Anforderungen an Feuerungsanlagen für flüssige und gasförmige Brennstoffe für den Kessel [178]

ERLÄUTERUNGEN: Dampf- und Heißwassererzeuger mit einer Feuerungswärmeleistung von mehr als 1 MW sollen zukünftig einen wesentlichen Beitrag zur Klimaneutralität liefern und/oder die Transition zu erneuerbaren Energiequellen unterstützen. Damit lassen sich die Treibhausgasemissionen senken, die mit mehr als 30 % nur aus der Energiewirtschaft stammen und zusammen mit dem Sektor Gebäude etwa 50 % aller Emissionen in Deutschland ausmachen [179]. Um dieses Potenzial nutzbar zu machen, ist die gezielte Anpassung von zwei harmonisierten Normen hinsichtlich der Anforderungen an Feuerungsanlagen der Normreihen für Wasserrohr- (EN 12952-8 [178]) und Großwasserraumkessel (EN 12953-7 [177]) geplant. Das Einarbeiten der Spezifika bei der Nutzung

(Petro)chem. Industrie

von Wasserstoff hinsichtlich der sicherheitstechnischen Anforderung bei der Versorgung und Betrieb der Feuerung sowie Beurteilung der wärmetechnischen Auslegung kann auch für die „erneuerbaren“, aber nicht klimaneutralen Sektoren wie Biomasse, Abfallwirtschaft, Wärmerückgewinnung sowie einigen Prozessen der nicht trennbaren Energietechnik im Industriesektor von Bedeutung sein. Wie von der Arbeitsgruppe zusammen mit dem DIN-Normenausschuss Rohrleitungen und Dampfkesselanlagen (NARD) festgestellt wurde, bietet dies eine Alternative zum Erdgas.

UMSETZUNG(EN): Die Normen werden im Gremium CEN/TC 269 Shell and water-tube boilers erarbeitet. Das nat. Spiegelgremium, DIN-Arbeitsausschuss NA 082-00-21 AA Wasserrohrkessel des DIN-Normenausschusses Rohrleitungen und Dampfkesselanlagen (NARD) hält hierbei im CEN/TC 269 und in der CEN/TC 269/WG 1 Water-tube boilers (Normenreihe EN 12952 [180]) das Sekretariat. Für CEN/TC 269/WG 2 Shell boilers (Normenreihe EN 12953 [181]) wird Deutschland durch das nat. Spiegelgremium DIN-Arbeitsausschuss NA 082-00-18 AA Dampfkesselanlagen vertreten.

4.3.2.4 Umsetzungsprojekte

Bisher wurden von der AG noch keine Umsetzungsprojekte zur finanziellen Förderung durch das BMWK vorgeschlagen.

4.3.3 (Petro)chem. Industrie

Im Fokus der AG (Petro)chem. Industrie stehen (petro)chemische Anlagen oder Teilanlagen. Dies beinhaltet alle Haupt- und Nebensysteme, die für die Funktionalität und Sicherheit der Produktion notwendig sind, und deren Elemente inkl. Baumaterialien (u. a. Druckbehälter, Rohrleitungen, Armaturen, Sicherheitsarmaturen sowie Öfen, Kessel, Apparate, Kolonnen, Maschinen, Paketanlagen und Sondermaschinen) innerhalb der von Technologieträgern oder Betreibenden festgelegten Anlagengrenze, die gleichzeitig die Schnittstelle zu anderen Bauwerken, Anlagen, Installationen und zur Infrastruktur ist. Unter Berücksichtigung der geltenden Richtlinien, Verordnungen und harmonisierten Normen werden alle Phasen, von der ersten Studie über Planung, Beschaffung,

Fertigung und Ausführung des Anlagenbaus inkl. Inbetriebnahme bis zu Betrieb, Instandhaltung und Abbau ausführlich betrachtet. Das gilt sowohl für den Neubau als auch für die Modernisierung von Maschinen und Anlagen.

Die Industrie steht mit etwa 20 % aller Treibhausgasemissionen Deutschlands auf dem dritten Platz, ist mit der Energiewirtschaft technisch stark gekoppelt und in der Summe für mehr als die Hälfte der Emissionen verantwortlich [179]. Die Arbeitsgruppe war 2023 mit der Bestimmung der Anforderungen an Haupt- und Nebensysteme der (petro)chemischen Industrie beschäftigt. Dabei wurden insbesondere die Aspekte Werkstoffe, Design und Herstellung sowie deren sicherer Betrieb innerhalb der von Technologieträgern oder Betreibenden festgelegten Anlagengrenze betrachtet.

4.3.3.1 Bestandsanalyse

Im Rahmen der Bestandsaufnahme wurden durch die Expertinnen und Experten die für den Bereich (petro)chemische Industrie geltenden Regelwerke und Normen zusammengetragen. Da in diesem Gebiet Wasserstoff und wasserstoffhaltige Medien als Haupt- oder Nebenprodukte und damit verbundene Schädigungsmechanismen bekannt sind, konnte hier gezielt die Grundlage für die Bedarfsanalyse gelegt werden. Jedoch ist der Regelwerk- und Normungsumfang breit gefächert, was die Bedarfsanalyse immer noch umfangreich macht, sodass diese bis zum geplanten Ende des Projekts im Jahr 2025 sicherlich noch nicht final abgeschlossen werden kann.

Die Industrie ist gut aufgestellt und genormt, bestehende Wertschöpfungsketten sind zuverlässig, die Systeme hinsichtlich Herstellung und Betrieb i. d. R. zulassungsfähig und die davon betroffenen Personen gut ausgebildet.

Im ersten Schritt wurden die Normen und Regelwerke zur Herstellung und z. T. zum sicheren Betrieb von Systemen und deren Komponenten zur Versorgung des gasförmigen und verflüssigten Wasserstoffs zusammengetragen. Zudem wurde die Überschneidung für andere Bereiche miteinbezogen bzw. berücksichtigt. Dies ist für die weitere Bedarfsanalyse zur Anpassung oder Erweiterung der Normen in den dafür relevanten Normenausschüssen ein wichtiger Baustein.

Mit der bereits identifizierten Richtlinie zur Förderung von klimaneutralen Produktionsverfahren in der Industrie durch Klimaschutzverträge [182] leisten sie einen wichtigen Beitrag zum Schritt in Richtung Klimaneutralität.

4.3.3.2 Anforderungen und Herausforderungen

Die Arbeitsgruppe hatte sich mit den Details der Besonderheiten der unterschiedlichen Technologien sowie der erweiterten Wasserstoffanwendung, auch aus eigener Erzeugung, auseinandergesetzt. Im Vordergrund steht, möglichst bestehende Normen und Regelwerke zugrunde zu legen und die in Bezug auf Wasserstoff dafür notwendigen Anpassungen für Systeme, Elemente und Baumaterialien, Prozessmedien und Sicherheitsanforderungen herauszustellen. Dies kann dann in den jeweiligen technischen Komitees als Projekte erfolgen. Weiterhin sind allgemeine und einzelne Normen für Druckanlagen und Druckgeräte in Bezug zur europäischen Druckgeräterichtlinie (DGRL) [183], z. B. Druckbehälter, Lagertanks, industrielle Rohrleitungen, Armaturen inkl. Sicherheitsarmaturen sowie ganze Baugruppen auch für flüssig tiefkalte Anwendungen sowie Halbzeuge zu deren Herstellung wie Bleche, Bänder, Rohre, Schmiedestücke und deren Verarbeitung aufgenommen.

4.3.3.3 Bedarfsanalyse

Nach weiterer Überprüfung durch die jeweiligen Arbeitsgruppen in den zuständigen Normungsgremien können die o. g. analysierten Normen dann ergänzt und mit den (EU-) Richtlinien harmonisiert werden. Selbst wenn bereits diese Normen und technischen Regeln zum Thema Wasserstoff Anwendung finden, können ggf. noch genauere spezifische Anforderungen definiert und damit die Sicherheit weiter verbessert werden. Die AG hat hierzu Impulse für die Erarbeitung von Anpassungen und Ergänzungen in den Normenreihen, z. B. für unbefeuerte Druckbehälter (Normenreihe EN 13445 [87]), industrielle Rohrleitungen (Normenreihe EN 13480 [75]), in Bezug auf Wasserstoff über die NRM H2 gegeben. Die konkretisierten Bedarfe werden in der zweiten Fassung der NRM H2 Ende 2025 veröffentlicht.

4.3.3.4 Umsetzungsprojekte

Bisher wurden von der AG noch keine Umsetzungsprojekte zur finanziellen Förderung durch das BMWK vorgeschlagen.

4.3.4 PtX

Die AG Power-to-X befasst sich mit der Standardisierung von Power-to-X-Anlagen. Power-to-X (PtX) bezeichnet die Wandlung von elektrischer Energie in einen Energieträger (gasförmig oder flüssig) oder in ein Produkt (Rohstoff, Grundstoff). PtX ist ein Sammelbegriff für Technologien, die Strom in andere Energieformen speichern oder zu Produkten umwandeln [184]. Diese Technologien führen u. a. zur Erzeugung von Wasserstoff und dann zur weiteren chemischen Umwandlung zu Folgeprodukten, auch unter der Nutzung von CO₂. PtX bietet die Möglichkeit, u. a. chemische Grundstoffe, Kraftstoffe oder Wärme nachhaltig herzustellen (siehe [Tabelle 1](#)). Um dieses Potenzial auszuschöpfen, ist die Standardisierung der PtX-Technologien notwendig. Dies kann zu einer besseren Integration von PtX im Gesamtsystem, zu einer höheren Akzeptanz und einer Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit beitragen.

4.3.4.1 Bestandsanalyse

PtX-Anlagen produzieren gasförmige, flüssige oder feste Chemiegrundstoffe und nutzen dabei oft aus der chemischen Industrie bereits bekannte und etablierte Produktionsverfahren [184]. Daher können PtX-Anlagen auch bereits mit dem bestehenden Regelwerk recht umfassend ausgelegt werden. Es wurden hierzu insgesamt 33 technische Regeln in den Bestand aufgenommen.

Die Wasserstofferzeugung mittels Elektrolyse ist für viele der PtX-Umwandlungspfade der erste Schritt und hat in dieser Roadmap eine eigene Arbeitsgruppe ([AG Elektrolyse](#)). Die Aufgabe von PtX-Technologien ist die Integration von Elektrolyse hin zu einer weitergehenden Nutzungsform von Wasserstoff. Dazu werden Kohlenstoffquellen wie CO₂, Kunststoffe oder Biomasse genutzt. Deshalb tangiert die AG PtX auch weitere Regelwerke, z. B. zur Bereitstellung dieser Kohlenstoffquelle, wie bei CCU [184]. So wird die Wasserstofferzeugung

PtX

zusammen mit einer CO₂-Bereitstellung zu einem Gesamtsystem verknüpft; hierzu werden in der AG PtX künftige Regelbedarfe abgeleitet.

Power-to-Gas-Prozesse können auch Wasserstoff als Endprodukt herstellen. Daher ist die direkte Anwendung von Wasserstoff mit elf Regelwerken die am meisten vertretene Technologieform. Andere Power-to-Gas-Anlagen sind bereits mit vier der 33 Regelwerke vertreten und fünf weitere beschreiben die Schnittstelle zum Erdgas. Damit ist die Erzeugung von Methan die am zweitstärksten vertretene Power-to-X-Technologie [13].

Die übrigen Technologien, wie Power-to-Ammonia oder Power-to-Methanol, sind direkte und höherwertige Vered-

lungsstufen, die über Wasserstoff aus Elektrolyseprozessen, aber auch über andere Wasserstofferzeugungsformen, für die es ebenfalls eine AG in der NRM H2 gibt (AG Andere Erzeugungsarten), als Zwischenstufe erzielt werden. Für diese Prozessstufen sind auch die hier genannten allgemeinen Regelwerke zu den Sicherheitsaspekten für Wasserstoff zu beachten.

Im Bestand sind aktuell 19 nationale, fünf europäische und acht internationale Dokumente aufgeführt [13]. **Abbildung 22** stellt die identifizierten Gremien der technischen Regelsetzung dar, die für die Erarbeitung der technischen Regelwerke im Bereich PtX wichtig sind. Eine Übersicht zu den Abkürzungen der Gremien kann in Abschnitt 9 eingesehen werden.

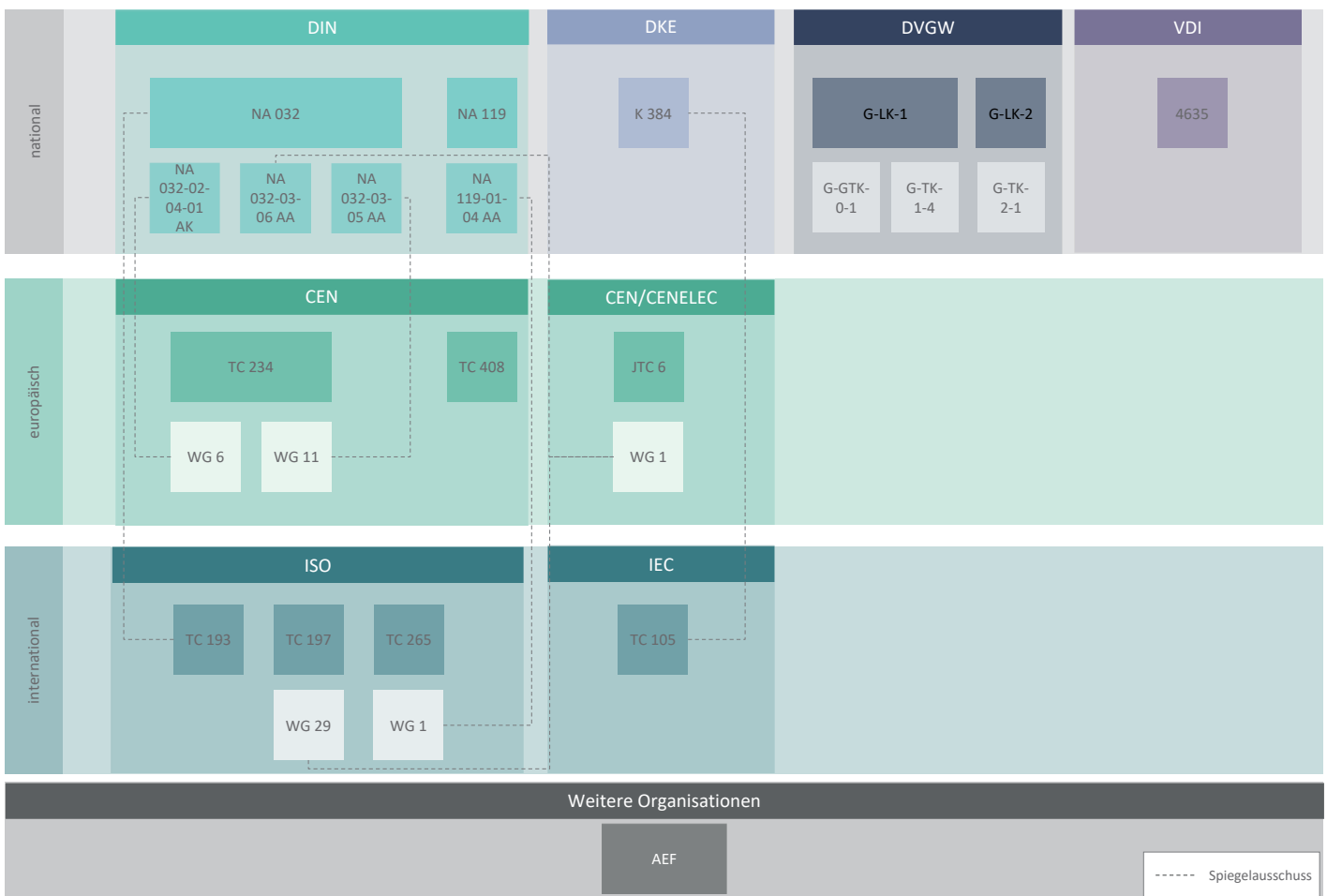


Abbildung 22: Übersicht relevanter Gremien der technischen Regelsetzung im Bereich PtX (Stand 03-2024)

(Quelle: eigene Darstellung)



4.3.4.2 Anforderungen und Herausforderungen

PtX-Technologien und deren Produkte stellen einen wesentlichen Baustein für die Transformation des Chemiesektors sowie für weitere Anwendungen im Bereich der Luft- oder Schifffahrt (Power-to-Liquids) dar. Der hierfür nötige Bedarf an CO₂ kann auch aus Carbon-Capture-Prozessen abgedeckt werden. Ihr Beitrag zum kurz- bis langfristigen Wasserstoffhochlauf sowie zur Produkttransformation ist enorm (siehe [Tabelle 1](#)).

Forschungsbedarf wird in der Flexibilisierung von kontinuierlichen Produktionsanlagen für Wasserstofffolgeprodukte unter Einbindung von erneuerbaren Stromquellen gesehen.

4.3.4.3 Bedarfsanalyse

BEDARF 4.3.4-01:

VDI 4635 Blatt 1, Power to X – Übergeordnete Aspekte [186]

INHALT: PtX; Sektorenkopplung; Wasserstoffanwendung

ERLÄUTERUNG: Die Richtlinienreihe VDI 4635 Power-to-X ist als „Baukastensystem“ mit mehreren Teilen vorgesehen [186]. Das übergeordnete Blatt Power-to-X soll Begriffe definieren, die für alle Blätter gelten, aber auch allgemeine Fragestellungen wie z. B. Genehmigungsverfahren beleuchten und den übergeordneten Kontext liefern. Darunter befinden sich die PtX-Prozesse, unterteilt in Power-to-Gas, Power-to-Heat und Power-to-Liquids. Es werden Aspekte der Planung, Auslegung, Inbetriebnahme, Betrieb, Genehmigungs- und Sicherheits-

Tabelle 1: Power-to-X-Produkte und Szenarien für deren Hochlauf [185]

PRODUKT	PROZESSKETTE	ANNAHME TECHNOLOGIEHOCHLAUF		
		2030	2040	2045
Ammoniak	Wasserstoff aus Elektrolyse, Stickstoff aus Luftzerlegung; Haber-Bosch-Verfahren	15 %	50 %	100 %
Harnstoff	Ammoniak und CO ₂ aus geeigneten Quellen; klassische Harnstoffsynthese	15 %	50 %	100 %
Methanol	Wasserstoff aus Elektrolyse, CO ₂ aus geeigneten Quellen, Methanol aus H ₂ /CO ₂ -Gemisch	15 %	50 %	100 %
Ethylen, Propylen, Butylen und Isomere, Aromaten (BTX)	Wasserstoff aus Elektrolyse, CO ₂ aus geeigneten Quellen, Fischer-Tropsch-Synthese zu syn. Naphtha, Weiterverarbeitung im E-Cracker	15 %	50 %	100 %
Chlor	Chlor-Alkali-Elektrolyse von NaCl	Netzstrom		
Grundstoffe und Spezialchemie	Strombasierte Wärmeversorgung bis 500 °C und für Utilities; Wasserstoff als Brennstoff für Wärme > 500 °C	15 %	50 %	100 %

Thermoprozessanlagen

fragen sowie systemische Aspekte adressiert. Um den Einstieg in die Power-to-X-Normung zu erleichtern und um hierfür eine gesteigerte Effizienz zu erreichen, sind die abgestimmten und einheitlichen Begriffe im Bereich Power-to-X essenziell, welche in dieser Richtlinie definiert werden sollen.

UMSETZUNG: Das genehmigte Projekt befindet sich in der Initiierungsphase, die Laufzeit soll 36 Monate betragen.

BEDARF 4.3.4-02:

VDI 4635 Blatt 2.2, Power-to-X – Power-to-Liquids

INHALT: PtX; Sektorenkopplung; Methanol; flüssige Kohlenwasserstoffe; Ammoniak

ERLÄUTERUNG: Power-to-Liquids dient zur Bewertung und dem Vergleich von Power-to-Liquid-Technologien im Zusammenspiel mit allen erforderlichen Eduktgasen. Diese werden ab einem Technology Readiness Level (TRL) > 7 betrachtet und dienen der Umwandlung elektrischer Energie in flüssige Speichermedien. Power-to-Liquid-Technologien werden beschrieben, wobei diese hinsichtlich Planung, Errichtung, Inbetriebnahme und Betrieb verglichen werden. Außerdem werden Standortbedingungen und Prozessparameter, die zum Betrieb notwendig sind, beschrieben, standardisiert und diskutiert. Es soll insbesondere eine Hilfestellung zum Vergleich der verschiedenen Technologien gegeben werden. Auf der letzten Ebene werden einige Einzelprozesse im Detail beschrieben.

UMSETZUNG: Das genehmigte Projekt befindet sich in der Initiierungsphase, die Laufzeit soll 36 Monate betragen.

4.3.4.4 Umsetzungsprojekte

Beide in der Bedarfsanalyse aufgeführten Projekte (VDI 4635 Power to X; Blatt 1 – Übergeordnete Aspekte und VDI 4635 Blatt 2.2, Power to X – Power to Liquids) sind für eine Umsetzung genehmigt. Mit dem Vorhaben VDI 4635 Blatt 2.2, Power to X – Power to Liquids ist im April 2024 begonnen worden.

4.3.5 Thermoprozessanlagen

Im Fokus der AG Thermoprozessanlagen stehen Thermoprozessanlagen oder Teilanlagen. Dies beinhaltet alle Haupt- und Nebensysteme, die für die Funktionalität und Sicherheit der Produktion notwendig sind, und deren Elemente inkl. Baumaterialien (u. a. Öfen, Rohrleitungen, Kessel, Apparate, Maschinen, Paketanlagen und Sondermaschinen) innerhalb der von Technologieträgern oder Betreibenden festgelegten Anlagengrenze, die gleichzeitig die Schnittstelle zu anderen Bauwerken, Anlagen, Installationen und zur Infrastruktur ist. Unter Berücksichtigung der geltenden Richtlinien, Verordnungen und harmonisierten Normen werden alle Phasen von der ersten Studie über Planung, Beschaffung, Fertigung und Ausführung des Anlagenbaus inkl. Inbetriebnahme bis zu Betrieb, Instandhaltung und Abbau ausführlich betrachtet. Das gilt sowohl für den Neubau als auch für die Modernisierung von Maschinen und Anlagen.

Ein Teil dieser Roadmap sind die Thermoprozessanlagen [187], in denen zukünftig u. a. Wasserstoff als Energieträger zur thermischen Behandlung von Stoffen in verfahrenstechnischen Prozessen der industriellen Produktion verwendet wird, um CO₂-Emissionen zu reduzieren. Sie sind thematisch im [AK Anwendungen](#) eingeordnet und gehören zum Thema Industrie. Die Arbeitsgruppe hat im Jahr 2023 die Kopfnormen, Produktnormen und andere für diese Industriebranche wichtige Aspekte betrachtet.

4.3.5.1 Bestandsanalyse

Industrielle Thermoprozessanlagen haben Normenreihen auf europäischer (EN 746-1 [188], EN 746-2⁶ [189] und EN 746-3 [190]) und internationaler Ebene (Normenreihe ISO 13577 [191]). Diese sind mit der Anmerkung aufgenommen worden, dass es zukünftig eine international und europäisch einheitliche Normenreihe geben soll (EN ISO). Darüber hinaus wurden Normen identifiziert, die folgende Aspekte beschreiben [13]:

→ die grundsätzliche Sicherheit von Wasserstoffsystemen mit den Regeleinrichtungen der Verbrennungstechnik;

⁶ Wurde zurückgezogen und durch EN ISO 13577-2 [191] ersetzt



- die Arbeitssicherheit, Schutzmaßnahmen für Gefahrenstoffe, die sich nach der Verbrennung von Wasserstoff bilden können;
- explosionsgefährdete Bereiche der Gasanlagen, Erdgasanlagen für die Analogie, Gasbeschaffenheit;
- Rohrmaterialien für die Installationen.

Die für diesen Anwendungsbereich wichtigen (EU-)Regularien sind die Gasgeräteverordnung (GAR) [171], die Druckgeräterichtlinie (DGRL) [183] und die Maschinengeräterichtlinie (MRL) [172] bzw. die neue Maschinenverordnung (MVO) [173].

4.3.5.2 Anforderungen und Herausforderungen

Die Eignung der Gebläsebrenner und Gerätenormen für Wasserstoff und wasserstoffhaltige Brenngase zur Bestimmung der Werte vor und nach der Verbrennung hat die AG als wichtig für die künftige Abstimmung mit den anderen zuständigen AGs innerhalb der Roadmap gesehen. Als Teil dieser Aktivitäten soll die vorhandene Messtechnik, die für die Verbrennungsprozesse erforderlich ist, auch von der AG überprüft werden.

Das zuständige Gremium für die Norm ISO 13577-2 [192] hat die Diskussion der notwendigen Anpassung in Bezug auf Wasserstoff auf das Jahr 2024 vertagt – diese wurden von der AG als sehr relevant eingeschätzt. Somit ist dies Teil des Arbeitsprogramms dieser AG für das Jahr 2024.

4.3.5.3 Bedarfsanalyse

BEDARF 4.3.5-01:

EN 1539, Trockner und Öfen, in denen brennbare Stoffe freigesetzt werden – Sicherheitsanforderungen [193]

ERLÄUTERUNG: Die Norm EN 1539 wird in Bezug auf Wasserstoffanwendung ab (Mitte) 2024 gesichtet hinsichtlich:

- Spülen von mit Wasserstoffbrennern beheizten Anlagen;
- Konzentrationsmessung in von Wasserstoffbrennern beheizten Anlagen;

- Aktualisierung der normativen Verweise (ISO 13577 [191] anstatt EN 746 [188], [189], [190])

und wird in den nächsten zwei Jahren an die (neue) EU-Maschinenverordnung [173] angepasst.

UMSETZUNG: Die Norm wird im Gremium CEN/TC 271/WG 4 Surface treatment equipment – Safety/Dryers, ovens and evaporating equipment erarbeitet, wo das nat. Spiegelgremium DIN-Arbeitskreis NA 060-09-44-01 AK Lacktrockner des DIN-Normenausschusses Maschinenbau (NAM) das Sekretariat hält.

BEDARF 4.3.5-02:

EN 12753, Thermische und katalytische Reinigungssysteme für Abluft aus Anlagen zur Oberflächenbehandlung – Sicherheitsanforderungen [194]

ERLÄUTERUNG: Die Norm EN 12753 wird in Bezug auf Wasserstoffanwendung ab (Mitte) 2024 gesichtet hinsichtlich:

- Spülen von mit Wasserstoffbrennern beheizten Anlagen;
- Konzentrationsmessung in von Wasserstoffbrennern beheizten Anlagen;
- Wechselwirkungen zwischen dem H₂-Betriebsgas und dem zu reinigenden Prozessgas;
- Aktualisierung der normativen Verweise (ISO 13577 [191] anstatt EN 746 [188], [189], [190])

und wird in den nächsten zwei Jahren an die (neue) EU-Maschinenverordnung [173] angepasst.

Vom zuständigen Normungsgremium ist die Anpassung dieser Norm im Vergleich mit EN 1539 [193] als noch wichtiger festgestellt worden.

UMSETZUNG: Die Norm wird im Gremium CEN/TC 271/WG 4 Surface treatment equipment – Safety/Dryers, ovens and evaporating equipment erarbeitet, wo das nat. Spiegelgremium DIN-Arbeitskreis NA 060-09-44-01 AK Lacktrockner des DIN-Normenausschusses Maschinenbau (NAM) das Sekretariat hält.

Reduktionsprozesse

4.3.5.4 Umsetzungsprojekte

Bisher wurden von der AG noch keine Umsetzungsprojekte zur finanziellen Förderung durch das BMWK vorgeschlagen.

4.3.6 Reduktionsprozesse

Im Fokus der AG Reduktionsprozesse stehen Reduktionsprozesse. Dies beinhaltet alle Haupt- und Nebensysteme, die für Funktionalität und Sicherheit der Produktion notwendig sind, und deren Elemente inkl. Baumaterialien (u. a. Öfen, Rohrleitungen, Kessel, Apparaten, Maschinen, Paketanlagen und Sondermaschinen) innerhalb der von Technologieträgern oder Betreibenden festgelegten Anlagengrenze, die gleichzeitig die Schnittstelle zu anderen Bauwerken, Anlagen, Installationen und zur Infrastruktur ist. Unter Berücksichtigung der geltenden Richtlinien, Verordnungen und harmonisierten Normen werden alle Phasen, von der ersten Studie über Planung, Beschaffung, Fertigung und Ausführung des Anlagenbaus inkl. Inbetriebnahme bis zu Betrieb, Instandhaltung und Abbau ausführlich betrachtet. Das gilt sowohl für den Neubau als auch für die Modernisierung von Maschinen und Anlagen.

Für die europäische und nationale Stahlindustrie ist die alternative Direktreduktion mit Wasserstoff u. a. durch mehrere Beschlüsse der EU-Kommission zur Förderung der Umsetzung dieser klimafreundlichen Anlagen im Milliardenwert in den zwei letzten Jahren strategisch sehr relevant.

4.3.6.1 Bestandsanalyse

Die Stahlproduktion liegt am Anfang der Wertschöpfungskette und auch am Ende des gesamten Wasserstoffmarktes, wenn die spezifischen Anforderungen an Materialien bei den Stahlerzeugenden landen. Die AG Reduktionsprozesse hat sich zuerst mit den vorhandenen, verbesserten und neuen Technologien inkl. der Nachbereitungs-, Nebensysteme und Verfügbarkeit der Normen in diesem Bereich befasst. Signifikante Umrüstungen der Produktionsanlagen zeigen, dass die bestehenden Normen geeignet sind, laufende Baumaßnahmen durchzuführen. Dennoch können sich über den Bottom-

up-Ansatz künftig Lücken zeigen. Vorhandene Normen für z. B. Stahlkonverter und Sicherheitseinrichtungen der Brennstoffgeräte sind von Bedeutung für Modernisierungsprozesse bzw. in Übergangsphasen von Koks und Erdgas Richtung Wasserstoff sowie für Materialeigenschaften und Schweißseignung in Verbindung mit Wasserstoff als Medium.

4.3.6.2 Anforderungen und Herausforderungen

Die Wirtschaftlichkeit der Bereitstellung der notwendigen Stähle für den Wasserstoffmarkthochlauf im Zusammenhang mit der Implementierung von (neuen) Direktreduktionsprozessen ist gegeben, sodass einige Mitarbeitende dieser Arbeitsgruppe Bedarfe aus der Technologieträgersicht abgeleitet haben, die im nächsten Turnus der Sitzungen besprochen werden. Ob die Energiewirtschaft eine Quelle des Brenngases aus dem Hochofen verliert oder andere zu definierende Arten und Formen zur Verfügung gestellt bekommt, lässt sich, wie für andere AGs aus dem Themenbereich Industrie dieser Roadmap, d. h. [AG \(Petro\)chem. Industrie](#), [AG PtX](#), [AG Thermoprozessanlagen](#), nicht einfach und schnell lösen. Es wird aber davon ausgegangen, dass kleine Anpassungen dieser Industrienormen zu massiven positiven Einflüssen hinsichtlich der geplanten Transformation von der Hochofenroute zu alternativen Herstellungsprozessen (2018 bis 2023 von 100 % zu 50 % und von 2030 bis 2045 von 50 % zu 0 %) führen könnten [195].

4.3.6.3 Bedarfsanalyse

Es wird gemeinsam mit Marktführenden die Sensibilisierung der metallurgischen Industrie angestoßen. Passende Projekte bzw. Handlungsempfehlungen sollen im weiteren Projektverlauf vorgeschlagen werden. Die konkretisierten Bedarfe werden in der zweiten Fassung der NRM H2 Ende 2025 veröffentlicht.

4.3.6.4 Umsetzungsprojekte

Bisher wurden von der AG noch keine Umsetzungsprojekte zur finanziellen Förderung durch das BMWK vorgeschlagen.

4.3.7 Häusliche Anwendungen

Die AG Häusliche Anwendungen befasst sich mit dem Bestand und Bedarf an technischen Regelwerken für die Erzeugung, Verteilung und Nutzung von Wasserstoff im häuslichen Bereich. Es werden Produktnormen für die Gasgeräte zum Heizen, Kochen, zur Trinkwassererwärmung und Anwendungsregeln für die Installation, den Betrieb und die Instandhaltung der Gasleitungsanlagen und zum Aufstellen von Gasgeräten sowie die jeweiligen Anforderungen dafür betrachtet. Berücksichtigt werden die entsprechenden Bauteilnormen und Qualifikationsanforderungen an Fachkräfte und Sachverständige.

4.3.7.1 Bestandsanalyse

Ein großer Vorteil der technischen Regelsetzung in diesem Bereich ist, dass diese bereits weitestgehend aus der konventionellen „Gaswelt“ bekannt und ableitbar ist. Auch deshalb, da das Energiewirtschaftsgesetz in § 113 ff. [196] die diesbezüglichen Regelwerke des DVGW als allgemein anerkannte Regeln der Technik für die Wasserstoffverteilung ansieht. Ein hervorragendes Beispiel innerhalb der AG stellt das DVGW-Arbeitsblatt G 600 [197] dar. Dies wurde durch das DVGW-Merkblatt G 655 [198] in einer ersten Stufe unter Berücksichtigung aller entsprechenden Anforderungen wie Sicherheits-, Aufstell-, Installations- und Prüfbedingungen nun auch für Wasserstoff weiterentwickelt.

Das gesamte Regelwerkportfolio der AG besteht, abgesehen von spezifisch für Wasserstoff erarbeiteten Zertifizierungsprogrammen (ZPs) für Bauteile und Gasgeräte, ausschließlich aus Überarbeitungen und Weiterentwicklungen bestehender Normen und technischer Regeln. Daher konnten die entsprechenden Dokumente zügig identifiziert und eine klare Struktur in der AG etablieren werden. Offene Bedarfe konnten schnell identifiziert und ein Zeitplan sowie eine Priorisierung für eine strukturierte Überarbeitung in den kommenden Monaten und Jahren vorgeschlagen werden.

Mittlerweile gehören 31 technische Regelwerke, welche H₂-ready sind, dem Bestand des bereits veröffentlichten **Verzeichnisses der Normen und technischen Regelwerke für Wasserstofftechnologien** an [13]. Die Hälfte davon sind

publizierte Europäische bzw. internationale Normen. Des Weiteren sind vier DVGW-Regelwerke und drei ZPs bereits H₂-ready. Bei den restlichen Veröffentlichungen handelt es sich um nationale Normen. Analog zu den technischen Standards müssen auch die schon existierenden behördliche Regularien, wie z. B. das Bundesimmissionsschutzgesetz [43], die Landesbauordnungen und das Gebäudeenergiegesetz [199], eingehalten werden. Die Anzahl der zu berücksichtigenden Gesetze und Vorschriften beläuft sich auf insgesamt 16 Dokumente.

Abbildung 23 stellt die identifizierten Gremien der technischen Regelsetzung dar, die für die Erarbeitung der technischen Regelwerke im Bereich Häusliche Anwendung wichtig sind. Eine Übersicht zu den Abkürzungen der Gremien kann in Abschnitt 9 eingesehen werden.

4.3.7.2 Anforderungen und Herausforderungen

Es wurden ca. 41 Regelwerkbedarfe ausfindig gemacht, welche bezüglich H₂-readiness noch zu überarbeiten sind. Lücken bestehen in den Bereichen der Produktnormung von Heizkesseln, Trinkwassererwärmern, gasbefeuchten Warmluft-erzeugern, den gasbefeuchten Motor-Wärmepumpen und in einigen Installations- und Anwendungsregelwerken. Dringende Bedarfe konnten bereits über die Ergänzung der Technischen Regel für Gasinstallationen (DVGW-Arbeitsblatt G 600 [197]) und über die Anpassung der nationalen Gasbeschaffensregelungen (DVGW-Arbeitsblatt G 260 [53]) abgedeckt werden. Solange für die Gasgeräte noch keine H₂-ready-fähige Normung existiert, können die ZPs ZP 3100.100 [200] bzw. ZP 3100.20 [201] (Ergänzungsprüfungen für Brennwertkessel für gasförmige Brennstoffe für 100 Vol.-% bzw. 20 Vol.-% H₂) herangezogen werden.

Die Bestimmung von Beständen und Bedarfen bereitete kaum Komplikationen, in der Praxis stellte sich die Anpassung der technischen Regelwerke aber als sehr komplex heraus. Daher wurden mehrere Forschungsprojekte wie Beeinflussung von Bauteilen der Gasinstallation durch Wasserstoffanteile im Erdgas, Wasserstoff in der Gasinfrastruktur/Gasanwendung, THyGA [202], Roadmap Gas 2050 [57] oder EclHypse [203] ins Leben gerufen, um die H₂-Einspeisung und -Umstellung der Gasinstallation und Gasgeräte zu ermöglichen.

Häusliche Anwendungen

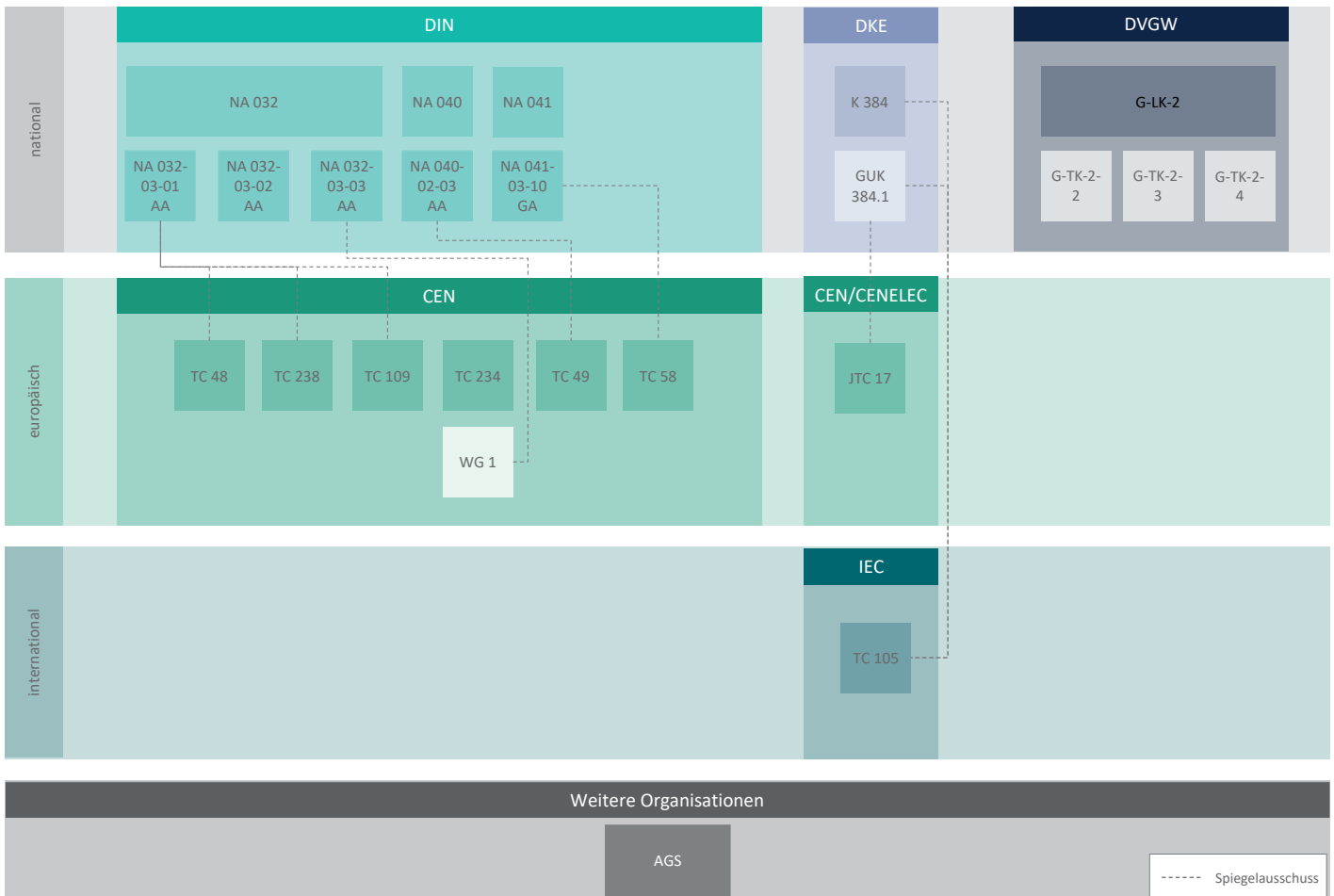


Abbildung 23: Übersicht relevanter Gremien der technischen Regelsetzung im Bereich Häusliche Anwendungen (Stand 03-2024) (Quelle: eigene Darstellung)

Eine weitere Anforderung war, dass der Geltungsbereich an die Struktur des Gesamtprojekts kontinuierlich adaptiert wurde. Anfangs wurden auch Normen und Regelwerke für die private Wasserstoffherzeugung und -speicherung sowie für Materialien betrachtet. Schnell zeigte sich, dass diese Normen und technischen Regeln in den Arbeitsgruppen [AG Stationäre und ortsbewegliche Druckbehälter](#), [AG Brennstoffzelle](#) und [AG Metallische Werkstoffe](#) präziser adressiert und bearbeitet werden konnten. Darüber hinaus entstand ein permanenter Austausch mit der AG Bauteile für Anwendungen und Technologien. Die AG-übergreifende Zusammenarbeit, z. B. zur detaillierten Klassifizierung von technischen Regelwerken oder zur Beantwortung von Querschnittsthemen, wurde sehr effektiv über das umfangreiche Projekt Netzwerk abgedeckt.

4.3.7.3 Bedarfsanalyse

Von 25 Normen und technischen Regeln konnten neun Dokumente als zu priorisierende Überarbeitungsprojekte hinsichtlich Wasserstofftauglichkeit definiert werden. Eine erste Umsetzung erfolgt bereits mit der Fortschreibung des DVGW-Merkblatts G 655 [198] im DVGW-Gremium TK-2-3 Gasinstallation. Hierbei werden die aktuellen Erkenntnisse der in dem 2023 abgeschlossenen Forschungsvorhaben zum sicheren Betrieb von Gasinstallationen und Gasgeräten mit Erdgas-Wasserstoffgemischen und Wasserstoff in das Regelwerk aufgenommen.



Häusliche Anwendungen

BEDARF 4.3.7-01:

DVGW-Arbeitsblatt G 110, Ortsfeste Gaswarneinrichtungen [204]

INHALT: ortsfeste Gaswarneinrichtungen; Anlagen

ERLÄUTERUNG: Es müssen Aktualisierungen und Ergänzungen des Einsatzbereiches von ortsfesten Gaswarnanlagen auf Wasserstoffanlagen, in welchen momentan keine Odorierung vorhanden oder nicht möglich ist, eingearbeitet werden. Z. B. ist dieses in Anlagen der Eigenerzeugung und Nutzung oder aus prozesstechnischen Gründen der Fall [196].

UMSETZUNG: Ab Ende 2023 soll der Bedarf im DVGW-Gremium TK-2-3 Gasinstallation realisiert werden.

BEDARF 4.3.7-02:

DIN EN 15502-1, Heizkessel für gasförmige Brennstoffe – Teil 1: Allgemeine Anforderungen und Prüfungen [205]

INHALT: Zentralheizkessel; Anforderungen; Prüfbedingungen

ERLÄUTERUNG: Hierbei müssen, wie sich schon aus dem Titel der Norm ableiten lässt, die Heizkessel allgemein auf die Bedingungen von Wasserstoff definiert und angepasst werden.

UMSETZUNG: Ab 2024 erfolgt die Umsetzung durch den DIN-Arbeitsausschuss NA 032-03-01 AA Häusliche, gewerbliche und industrielle Gasanwendung bzw. auf europäischer Ebene im CEN/TS 15502-3-3.

BEDARF 4.3.7-03:

DIN EN 16905-2, Gasbefeuerte endothermische Motor-Wärmepumpe – Teil 2: Sicherheit [206]

INHALT: Klimaanlage; Wärmepumpen; Verdichter

ERLÄUTERUNG: Die Sicherheitsaspekte müssen unbedingt auf die Wasserstoffanwendungen aktualisiert und ergänzt werden.

UMSETZUNG: Ab 2024 soll der Bedarf im DIN-Arbeitsausschuss NA 032-03-01 AA Häusliche, gewerbliche und industrielle Gasanwendung bzw. europäisch im CEN/TC 299 realisiert werden.

BEDARF 4.3.7-04:

DIN EN 303-1, Heizkessel – Teil 1: Heizkessel mit Gebläsebrennern – Begriffe, Allgemeine Anforderungen, Prüfung und Kennzeichnung [207]

INHALT: Heizkessel; Zentralheizungen; Gebläsebrenner

ERLÄUTERUNG: Momentan bezieht sich diese Norm noch nicht auf die fünfte Gasfamilie und muss daher allgemein und redaktionell überarbeitet werden. Übergangsweise gilt ein Zertifizierungsprogramm zur Freigabe der Gebläsebrenner.

UMSETZUNG: Ab 2025 soll der Bedarf im DIN-Arbeitsausschuss NA 041-01-62 AA Zentralheizungskessel, bzw. europäisch im CEN/TC 57 realisiert werden.

BEDARF 4.3.7-05:

DIN EN 676, Gebläsebrenner für gasförmige Brennstoffe [208]

INHALT: Gasgebläsebrenner – Konstruktion; Betrieb; Prüfbedingungen

ERLÄUTERUNG: Momentan bezieht sich diese Europäischen Normen noch nicht auf die fünfte Gasfamilie und müsste daher allgemein und redaktionell überarbeitet werden. Übergangsweise gilt ein Zertifizierungsprogramm zur Freigabe der Gebläsebrenner.

UMSETZUNG: Ab 2025 erfolgt die Umsetzung im DIN-Arbeitsausschuss NA 041-01-63 AA Gebläsebrenner für gasförmige und flüssige Brennstoffe bzw. europäisch im CEN/TC 47 bzw. CEN/TC 131.

Häusliche Anwendungen

BEDARF 4.3.7-06:

DVGW-Merkblatt G 635, Gasgeräte für den Anschluss an ein Luft-Abgas-System für Überdruckbetrieb [209]

INHALT: Gasgeräte; Anforderungen; Luft-Abgas-System

ERLÄUTERUNG: Der Anschluss von Gasgeräten der Art C(10)/C(10)_x an das mehrfach belegte Luft-Abgas-System erfordert eine feuerungstechnische Abstimmung der Einzelfeuerung an das spezifische Luft-Abgas-System. Ein Feuerstättenaustausch oder der Anschluss einer Gasfeuerstätte mit einer anderen Leistung oder Hersteller in einem weiteren Geschoss erfordert eine feuerungstechnische Bemessung. Dieses Merkblatt dient einer standardisierten Vorgehensweise für optimierte Belegungszahlen und einem anwendungsfreundlichen Handling für die Planung sowie auch für den Austausch- und Reparaturfall.

UMSETZUNG: Ab 2025 wird die Umsetzung im DVGW-Gremium TK-2-2 Häusliche, gewerbliche und industrielle Gasanwendungen realisiert.

BEDARF 4.3.7-07:

DVGW-Arbeitsblatt G 600, Technische Regel für Gasinstallationen [197]

INHALT: Gasinstallation – Planung; Erstellung; Änderung; Instandhaltung; Betrieb

ERLÄUTERUNG: Bisher wird das Thema Beimischung von Wasserstoff in Gasinstallationen ergänzend zur TRGI mit dem DVGW-Merkblatt G 655 [198] bzw. dessen aktuelle Überarbeitung abgedeckt. Weiterhin stehen noch einige Festlegungen aus, wie z. B. der Gasgerätekatégorien für Wasserstoff über die DIN EN 437 [210] als auch die europäische Gasgerätenormung. Zukünftig sind die entsprechenden Regelungen aus dem DVGW-Merkblatt G 655 [198] sowie u. a. den vorgenannten DIN EN Normen in die Installationsvorgaben der TRGI und damit dem Status eines DVGW-Arbeitsblatts zu überführen.

UMSETZUNG: Ab frühestens 2026 wird der Bedarf im DVGW-Gremium TK-2-3 Gasinstallation umgesetzt.

BEDARF 4.3.7-08:

DVGW-Arbeitsblatt G 1020, Qualitätssicherung für Planung, Erstellung, Änderung, Instandhaltung und Betrieb von Gasinstallationen [211]

INHALT: Gasinstallation – Planung; Erstellung; Änderung; Instandhaltung; Betrieb

ERLÄUTERUNG: Die Notwendigkeit ergibt sich aus dem aktuellen Rechtsrahmen zu Wasserstoffnetzen und dessen Anwendungen. Qualifikationsanforderungen werden hiermit an ausführende Unternehmen gestellt und eine Aktualisierung der Regelwerkverweise wird vollzogen. Des Weiteren werden die Wasserstoff-Regelungen mit aufgenommen und ergänzt [212].

UMSETZUNG: Ab 2024 erfolgt die Umsetzung im DVGW-Gremium TK-2-3 Gasinstallation.

4.3.7.4 Umsetzungsprojekte

Im Frühjahr 2023 wurde die finanzielle Unterstützung zur Überarbeitung des DVGW-Merkblatts G 655 [198] bewilligt. Als Begründung der nötigen Finanzierung und Priorisierung ergab sich, dass dieses Dokument die Umstellung von industriellen Leitungen der leitungsgebundenen Versorgung (DVGW-Reihe Arbeitsblatt G 614 [213]) und häusliche Leitungen und Anwendungen (DVGW-Arbeitsblatt G 600 [197]) bezüglich H₂ übergangsweise ergänzt und somit die Handlungsfähigkeit sicherstellt. Es liegen hierzu umfangreiche Forschungsergebnisse zur Eignung von Materialien und Werkstoffen sowie Installations- und Prüfanforderungen für H₂ vor, die in die Fortschreibung des DVGW-Merkblatts G 655 [198] einfließen.

Im Herbst 2023 kam das DVGW-Arbeitsblatt G 110 [204] dazu. Durch diese finanzielle Förderung wird es der technischen Regelsetzung erleichtert, mit den nötigen Ressourcen zeitlich priorisiert die wichtigsten Regelwerkänderungen bezüglich der H₂-Transformation anzugehen. Die Bedarfserläuterungen sind bereits jeweils im Abschnitt 4.3.7.3 genannt.

4.3.8 Controls

Die AG Controls ist zuständig für die Ermittlung der Normungsbedarfe bzgl. Sicherheits-, Konstruktions- und Funktionsanforderungen sowie Prüfungen für Regel- und Steuergeräte von durch den Einsatz von Wasserstoff wärmeerzeugenden Geräten und Anlagen. Dies umfasst im Wesentlichen die folgenden Regel- und Steuergeräte, einschließlich deren Anwendungen:

- Automatische Absperrventile für Gasbrenner und Gasgeräte sowie der Gasversorgung;
- Automatische Abblaseventile;
- Druckregler für Gasbrenner und Gasgeräte;
- Thermoelektrische Zündsicherungen;
- Pneumatische Gas-Luft-Verbundregler für Gasbrenner und Gasgeräte;
- Handbetätigte Einstellgeräte für Gasgeräte;
- Mechanische Temperaturregler für Gasgeräte;
- Mehrfachstellgeräte für Gasgeräte;
- Brennstoff-Luft-Verbundregler, elektronische Ausführung;
- Druckwächter;
- Elektrische Anzündeinrichtungen;
- Feuerungsautomaten;
- Sensoren zur Detektion von gasförmigen Verbrennungsprodukten;
- Temperaturregeleinrichtungen und Temperaturbegrenzer;
- Ventilüberwachungssysteme für automatische Absperrventile.

4.3.8.1 Bestandsanalyse

Die AG konnte bei ihrer Bestandsanalyse auf Arbeiten in europäischen Gremien, im Besonderen auf die Arbeiten in der CEN/TC 58/WG 15 Beratergruppe 1 Wasserstoff, zurückgreifen. CEN/TC 58/WG 15 hat mit CEN/TR 17924 [214] ein Dokument erarbeitet, das Hinweise gibt zu wasserstoffspezifischen Sicherheits-, Auslegungs-, Konstruktions- und Leistungsanforderungen sowie für die Prüfung von Sicherheits-, Regel- oder Steuereinrichtungen (im Folgenden als Regel- und Steuergeräte bezeichnet) für Brenner und Geräte, die wasserstoffhaltige Gase verbrennen. Darüber hinaus wird in dem TR der zu erwartende Überarbeitungsbedarf der bestehenden CEN/TC 58-Controls-Normen sowie der Bedarf an möglichen

weiteren neuen Normungsaufgaben aufgezeigt. Die AG hat in der Bestandsanalyse 41 Regelwerke identifiziert, davon sind 34 europäische Dokumente, sechs internationale Normen und ein DVGW-Merkblatt sowie eine ZP-Prüfgrundlage [13].

Abbildung 24 stellt die identifizierten Gremien der technischen Regelsetzung dar, die für die Erarbeitung der technischen Regelwerke im Bereich Controls wichtig sind. Eine Übersicht zu den Abkürzungen der Gremien kann in Abschnitt 9 eingesehen werden.

4.3.8.2 Anforderungen und Herausforderungen

Die AG stellte fest, dass in Bezug auf die Controls das bestehende Regelwerk nur um Wasserstoff bzw. Wasserstoffgemische ergänzt werden muss. Dies wird im Rahmen der Überarbeitungen der Regelwerke durch die zuständigen Gremien erfolgen. Die Erarbeitung neuer Dokumente ist, Stand jetzt, nicht erforderlich. Querschnittsthemen sind zu verfolgen und etwaige Erkenntnisse oder Auswirkungen zu berücksichtigen.

4.3.8.3 Bedarfsanalyse

BEDARF 4.3.8-01:

Berücksichtigung von Wasserstoff in den Normen von CEN/TC 58

INHALT: Sicherheitseinrichtung; Regeleinrichtung; Brenner; Brennstoffgeräte; gasförmig; flüssig

ERLÄUTERUNG: Für die Berücksichtigung von Wasserstoff in den Normen des CEN/TC 58 wurde die CEN/TR 17924 [214] erarbeitet. Durch Untersuchungen im Rahmen der Erarbeitung des TRs wurde festgestellt, dass es keinen dringenden Bedarf für eine Überarbeitung bei den Bestandsnormen gibt und eine Berücksichtigung im Zuge der anstehenden Überarbeitungen auf Basis des CEN/TR 17924 [214] ausreichend ist.

UMSETZUNG: Die Überarbeitung erfolgt in den WGs des CEN/TC 58. Die nationale Spiegelarbeit erfolgt im DIN-Gemeinschaftsausschuss NA 041-03-10 GA Gemeinschafts-

Controls

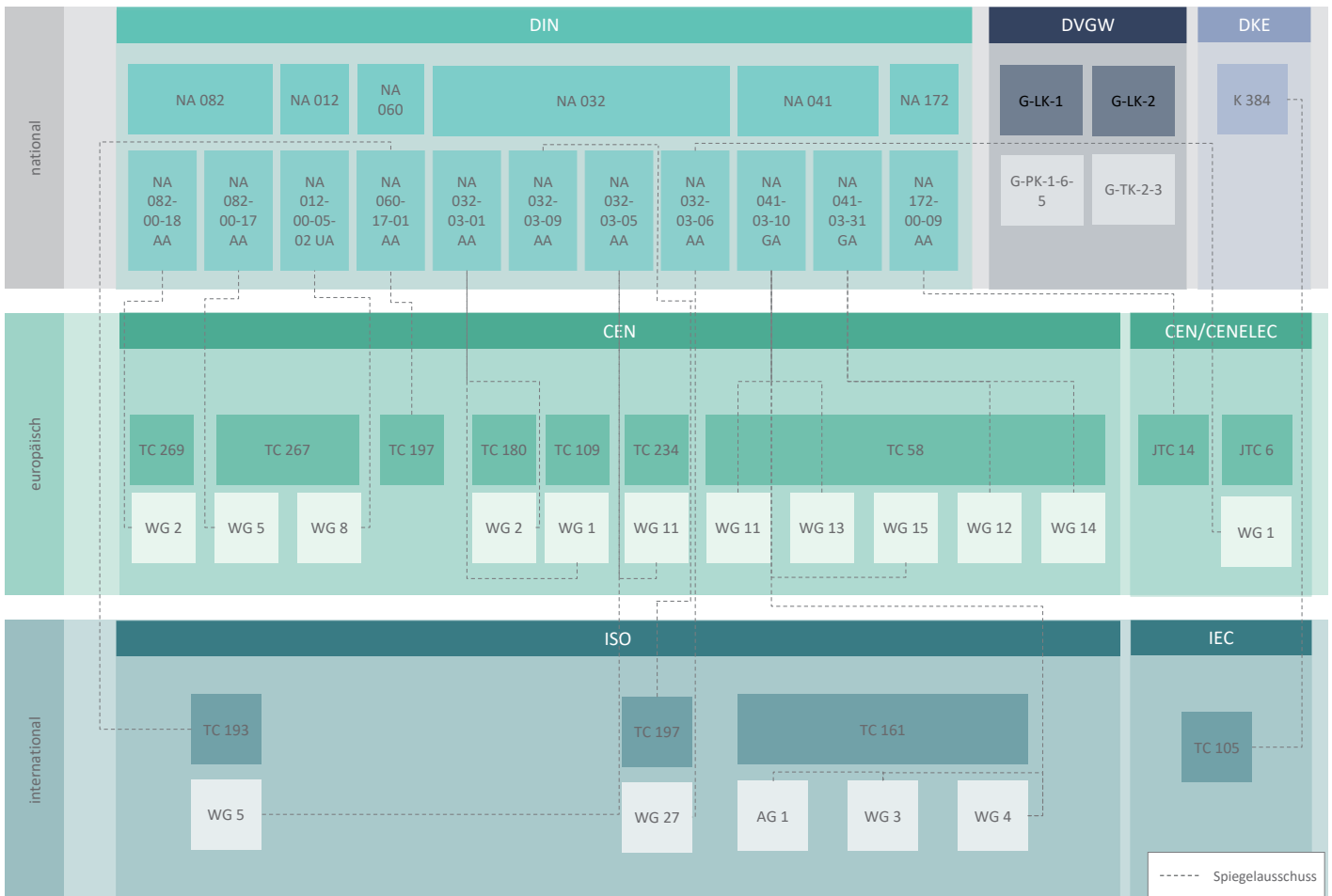


Abbildung 24: Übersicht relevanter Gremien der technischen Regelsetzung im Bereich Controls (Stand 03-2024)
(Quelle: eigene Darstellung)

arbeitsausschuss NHRS/NAA/NAGas: Sicherheits- und Regel-
einrichtungen für wärmeerzeugende Geräte und Anlagen
sowie für die Gasversorgung bzw. NA 041-03-31 GA Gemein-
schaftsarbeitsausschuss NHRS/DKE: Elektrische Sicherheits-
und Regeleinrichtungen für wärmeerzeugende Geräte und
Anlagen.

BEDARF 4.3.8-02:
Berücksichtigung von Wasserstoff in den Normen
von ISO/TC 161

INHALT: Sicherheitseinrichtung, Regeleinrichtung, Steuerein-
richtung; Gasbrenner; Gasgeräte

ERLÄUTERUNG: Auf Basis von Untersuchungen in Europa
wurde festgestellt, dass es keinen dringenden Bedarf für
eine Überarbeitung bei den Bestandsnormen gibt und eine
Berücksichtigung im Zuge der anstehenden Überarbeitungen
ausreichend ist.

UMSETZUNG: Die Überarbeitung erfolgt in den WGs des
ISO/TC 161. Die nationale Spiegelarbeit erfolgt im DIN-
Gemeinschaftsausschuss NA 041-03-10 GA Gemein-
schaftsarbeitsausschuss NHRS/NAA/NAGas: Sicherheits- und Regel-
einrichtungen für wärmeerzeugende Geräte und Anlagen
sowie für die Gasversorgung bzw. NA 041-03-31 GA Gemein-
schaftsarbeitsausschuss NHRS/DKE: Elektrische Sicherheits-
und Regeleinrichtungen für wärmeerzeugende Geräte und
Anlagen.

**BEDARF 4.3.8-03:**

Berücksichtigung von Wasserstoff in DIN EN 331, Handbetätigte Kugelhähne und Kegelhähne mit geschlossenem Boden für die Gas-Hausinstallation [215]

INHALT: Kugelhähne; Kegelhähne; Gas-Hausinstallation

ERLÄUTERUNG: Die Nutzung von Wasserstoff oder Wasserstoffbeimischungen ist bei der nächsten Überarbeitung der Norm zu berücksichtigen.

UMSETZUNG: Die Überarbeitung erfolgt in der CEN/TC 236/WG 1. Die nationale Spiegelarbeit erfolgt im DIN-Arbeitsausschuss NA 032-02-06 AA Gasarmaturen.

BEDARF 4.3.8-04:

Berücksichtigung von Wasserstoff in DIN EN 334, Gas-Druckregelgeräte für Eingangsdrücke bis 10 MPa (100 bar) [216]

INHALT: Gas-Druckregelgeräte

ERLÄUTERUNG: Die Nutzung von Wasserstoff oder Wasserstoffbeimischungen ist bei der nächsten Überarbeitung der Norm zu berücksichtigen.

UMSETZUNG: Die Überarbeitung erfolgt in der CEN/TC 235/WG 1. Die nationale Spiegelarbeit erfolgt im DIN-Arbeitskreis NA 032-02-04-02 AK Spiegelausschuss CEN/TC 235/WG 1.

BEDARF 4.3.8-05:

Berücksichtigung von Wasserstoff in DIN EN 14382, Gas-Sicherheitsabsperreinrichtungen für Eingangsdrücke bis 10 MPa (100 bar) [217]

INHALT: Gassicherheitsabsperreinrichtungen

ERLÄUTERUNG: Die Nutzung von Wasserstoff oder Wasserstoffbeimischungen ist bei der nächsten Überarbeitung der Norm zu berücksichtigen.

UMSETZUNG: Die Überarbeitung erfolgt in der CEN/TC 235/WG 1. Die nationale Spiegelarbeit erfolgt im DIN-Arbeitskreis NA 032-02-04-02 AK Spiegelausschuss CEN/TC 235/WG 1.

BEDARF 4.3.8-06:

Berücksichtigung von Wasserstoff in DIN 33821, Sicherheitsabblaseventile für Gasversorgungsanlagen mit Betriebsdrücken bis 100 bar [218]

INHALT: Sicherheitsabblaseventile; Gasversorgungsanlage

ERLÄUTERUNG: Die Nutzung von Wasserstoff oder Wasserstoffbeimischungen ist bei der nächsten Überarbeitung der Norm zu berücksichtigen.

UMSETZUNG: Die Überarbeitung erfolgt im DIN-Arbeitsausschuss NA 032-02-06 AA Gasarmaturen.

BEDARF 4.3.8-07:

Berücksichtigung von Wasserstoff in DIN EN IEC 60730-1, Automatische elektrische Regel- und Steuergeräte [219] und DIN EN IEC 60730-2-5 [220]

INHALT: Automatische elektrische Regel- und Steuergeräte

ERLÄUTERUNG: Die Nutzung von Wasserstoff oder Wasserstoffbeimischungen ist für die Normen im Rahmen der nächsten Überarbeitungen zu berücksichtigen.

UMSETZUNG: Die Überarbeitung erfolgt im IEC/TC 72. Die nationale Spiegelarbeit erfolgt im DKE Gremium DKE/K 515 Regel- und Steuergeräte.

4.3.8.4 Umsetzungsprojekte

Bisher wurden von der AG noch keine Umsetzungsprojekte zur finanziellen Förderung durch das BMWK vorgeschlagen.

Gewerbliche Anwendungen

4.3.9 Gewerbliche Anwendungen

Die AG Gewerbliche Anwendung befasst sich mit der Nutzung wasserstoffbetriebener Anlagen und Bauteile im gewerblichen Sektor zu Heizzwecken oder zur Wärmebehandlung. Darunter fallen: Fleischerei-, Räucherei-, Gastronomie-, Trocknungs- und Wäschereianlagen, Geräte zur Klimatisierung, beispielsweise Heizstrahler und Gasgebläsebrenner sowie Laborbrenner. Da auch im gewerblichen Kontext die Brennstoffversorgung über ein Verteilnetz erfolgt, gibt es Überschneidungen zur häuslichen Gasanwendung.

4.3.9.1 Bestandsanalyse

Sehr förderlich für die Normung und technische Regelsetzung in der gewerblichen Anwendung bezogen auf den Wasserstoff-einsatz ist, dass diese schon aus dem Erdgassektor größtenteils bekannt und daraufhin übertragbar ist. Im Allgemeinen müssen alle jeweils beschriebenen Anforderungen wie Sicherheits-, Aufstell-, Installations- und Prüfbedingungen nun auch für Wasserstoff eingehalten werden. Auch neue technische Hintergründe und Eigenschaften von Wasserstoff mit Einfluss auf die Regelsetzung wurden durch die AG berücksichtigt und mit aufgenommen. Das komplette Regelwerkportfolio setzt sich, abgesehen von den spezifisch für Wasserstoff erarbeiteten Zertifizierungsprogrammen, ausschließlich aus Überarbeitungen und Weiterentwicklungen bestehender Regelwerke und Normen in Richtung Wasserstoff zusammen. Daher konnten die entsprechenden Dokumente zügig identifiziert und eine klare Struktur in diesem Gremium etabliert werden. Offene Bedarfe konnten schnell erkannt werden und werden in den kommenden Monaten und Jahren strukturiert Schritt für Schritt angepasst.

14 Regelwerke aus dieser Arbeitsgruppe zählen zum Bestand des bereits veröffentlichten [Verzeichnisses der Normen und technischen Regelwerke für Wasserstofftechnologien](#). Vier Dokumente davon sind bereits H₂-ready DVGW-Regelwerke. Des Weiteren stehen drei Zertifizierungsprogramme und sieben internationale bzw. Europäische Normen für den Wasserstoffeinsatz bereit [13]. Analog zu den technischen Regelwerken müssen auch die schon existierenden gesetzlichen Regularien und Verordnungen wie z. B. die EU-Gasgeräteverordnung [221], die Druck- [76] und Maschinenrichtlinie [73],

das Immissionsschutzgesetz [43] sowie die Bauordnung und die Arbeitsschutzbestimmungen und Berufsgenossenschaftlichen Regelungen eingehalten werden. Insgesamt wurden acht gesetzliche Vorschriften für den gewerblichen Bereich identifiziert.

[Abbildung 25](#) stellt die identifizierten Gremien der technischen Regelsetzung dar, die für die Erarbeitung der technischen Regelwerke im Bereich Gewerbliche Anwendungen wichtig sind. Eine Übersicht zu den Abkürzungen der Gremien kann in [Abschnitt 9](#) eingesehen werden.

4.3.9.2 Anforderungen und Herausforderungen

Es existieren 27 Regelwerkbedarfe, welche bezüglich H₂-readiness noch zu überarbeiten sind. Lücken bestehen in der Produktnormung der allgemein-gewerblich verwendeten Gasgeräte, bei den Gebläsebrennern sowie den Hell- bzw. Dunkelstrahlern und im Sektor der Warmlufterzeugern mit erzwungener Konvektion. Auch im Bereich der Zertifizierung von Dunkelstrahleranlagen besteht noch Aktualisierungsbedarf. Dringende Bedarfe konnten bereits über die Ergänzung der Technischen Regel für Gasinstallation (TRGI) [222] durch den Leitfaden zur H₂-readiness für Gasanwendung [198] und über die Anpassung der nationalen Gasbeschaffungsregelungen [223] abgedeckt werden. Für die Gebläsebrenner und Armaturen existiert noch kein wasserstofffähiges Regelwerk, deswegen sind für diese Bereiche die Zertifizierungsprogramme ZP 3502.20 (Ergänzungsprüfungen für Heizkessel für gasförmige Brennstoffe für einen Wasserstoffgehalt bis zu 20 Vol.-%) [224] bzw. ZP 4110 (Ergänzungsprüfungen für Armaturen für gasförmige Brennstoffe für einen Wasserstoffgehalt bis zu 100 Vol.-%) [225] heranzuziehen.

Die Bestimmung von Beständen und Bedarfen bereitete regelwerksseitig kaum Komplikationen, in der Praxis stellte sich die Wasserstoffanpassung aber als technisch komplex heraus. Aus diesem Grund wurden Forschungsprojekte wie THyGA [202], H₂ und Armaturen [226], EclHypse [203] oder HydEKuS [227] beauftragt, welche die Umstellung der bestehenden Geräte und Anlagen bezüglich Wasserstofftauglichkeit ermöglichen. Eine weitere Herausforderung für die AG Gewerbliche Anwendung war, dass der Geltungsbereich an die Gesamtstruktur der NRM H2 kontinuierlich adaptiert wurde. Es zeigte

Gewerbliche Anwendungen

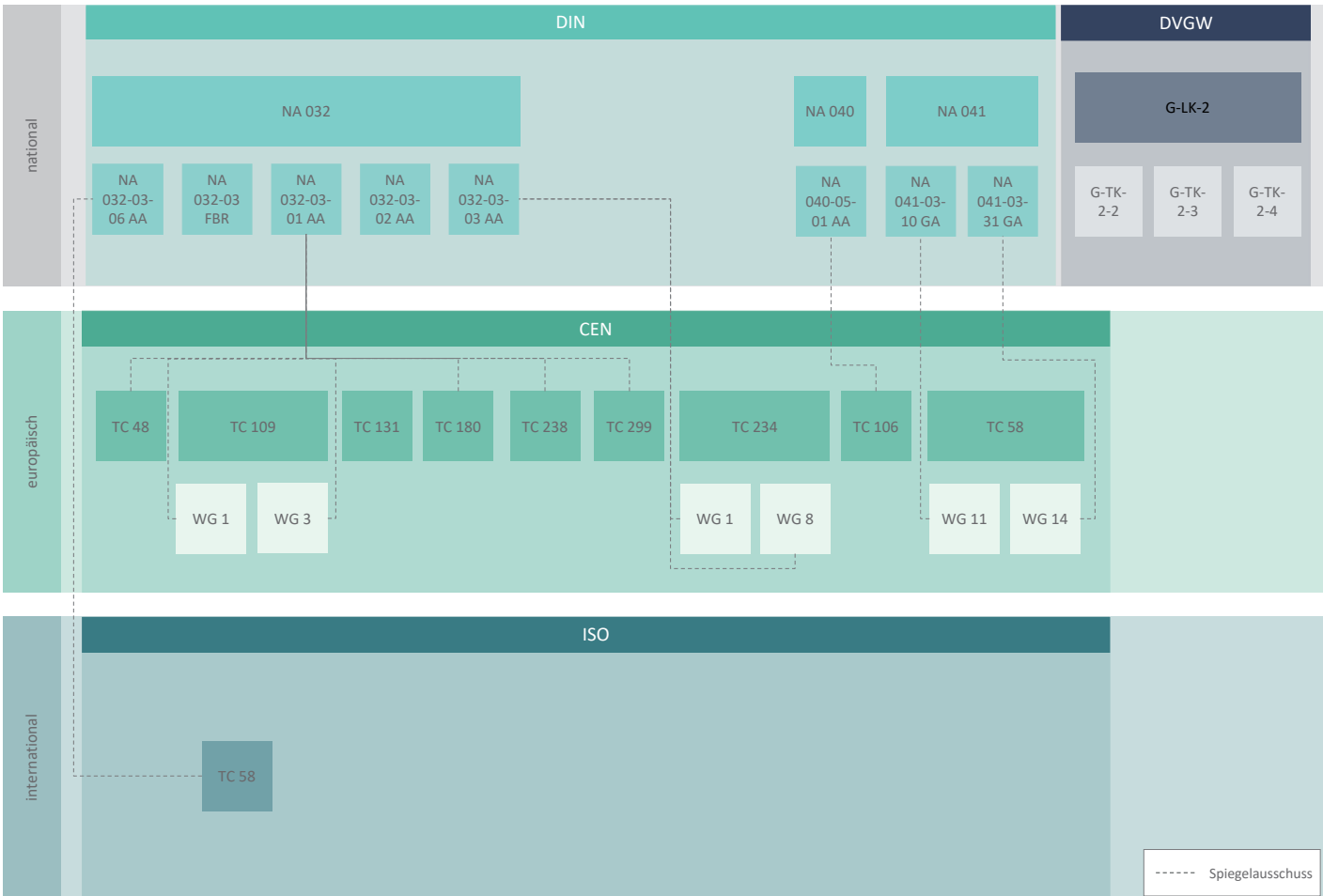


Abbildung 25: Übersicht relevanter Gremien der technischen Regelsetzung im Bereich Gewerbliche Anwendungen (Stand 03-2024) (Quelle: eigene Darstellung)

sich, dass einige spezifische Regelwerkbedarfe in den separaten Arbeitsgruppen **AG Controls** und **AG Häusliche Anwendungen** präziser adressiert und bearbeitet werden können. Die generelle AG-übergreifende Zusammenarbeit wurde sehr effektiv und zuverlässig über das umfangreiche arbeitsgruppenübergreifende Projekt Netzwerk abgedeckt.

4.3.9.3 Bedarfsanalyse

BEDARF 4.3.9-01:
 DIN EN 416, Gasbefeuerte Dunkelstrahler und Dunkelstrahlersysteme für gewerbliche und industrielle Anwendungen – Sicherheit und Energieeffizienz [228]

INHALT: Gasbefeuerte Röhrenstrahlungsheizgeräte; Anforderungen; Prüfverfahren

ERLÄUTERUNG: Die Anforderungen und Prüfverfahren für Konstruktion, Sicherheit und Energieeffizienz müssen definiert werden. Die Versorgung gewerblich und industriell genutzter Hallengebäude wird nicht nur für die Raumklimatisierung, sondern vor allem für viele Fertigungsprozesse in

Gewerbliche Anwendungen

Arbeitsstätten von hoher Bedeutung sein. Die entsprechende Überarbeitung hinsichtlich Wasserstoff und die Harmonisierung der genannten Normen stellt einen zentralen Baustein für die Transformation der Energielandschaft dar [229].

UMSETZUNG: Ab 2024 im DIN-Arbeitskreis NA 032-03-01-04 AK Dezentrale Gasheizung, welches das nationale Spiegelgremium zu CEN/TC 180/WG 1 ist.

BEDARF 4.3.9-02:

DIN EN 419, Gasbefeuerte Hellstrahlerheizgeräte für gewerbliche und industrielle Anwendungen – Sicherheit und Energieeffizienz [230]

INHALT: Gasbefeuerte Hellstrahlungsgeräte; Anforderungen; Prüfverfahren

ERLÄUTERUNG: Anforderungen und Prüfverfahren für Konstruktion, Sicherheit und Energieeffizienz für diese Geräte müssen schnellstmöglich definiert werden. Die Versorgung von Hallengebäuden mit einem klimaneutralen Gas wird zukünftig für die Raumklimatisierung und für viele Fertigungsprozesse in Arbeitsstätten von hoher Bedeutung sein. Die Überarbeitung hinsichtlich Wasserstoff und die Harmonisierung der Norm stellt einen zentralen Baustein für die Transformation der Energielandschaft dar [229].

UMSETZUNG: Ab 2024 im DIN-Arbeitskreis NA 032-03-01-04 AK Dezentrale Gasheizung, welches das nationale Spiegelgremium zu CEN/TC 180/WG 1 ist.

BEDARF 4.3.9-03:

DIN EN 17082, Häusliche und nicht-häusliche gasbefeuerte Warmlufterzeuger mit erzwungener Konvektion zur Raumbeheizung, deren Nennwärmebelastung 300 kW nicht übersteigt [231]

INHALT: Gasbefeuerte Warmlufterzeuger; Anforderungen; Sicherheit; Effizienz

ERLÄUTERUNG: Anforderungen und Prüfverfahren für Konstruktion, Sicherheit und Energieeffizienz dieser Geräte müssen schnellstmöglich definiert werden. Diese Systeme

sind bei der energetischen Sanierung von Hallengebäuden häufig die einzige Möglichkeit für eine energieeffiziente Beheizung [232].

UMSETZUNG: Ab 2024 im DIN-Arbeitskreis NA 032-03-01-04 AK Dezentrale Gasheizung, welches das nationale Spiegelgremium zu CEN/TC 180/WG 2 ist.

BEDARF 4.3.9-04:

ZP 3411.100 Prüfungen für Dunkelstrahler für gasförmige Brennstoffe mit einem Wasserstoffgehalt von 100 Vol.-%

INHALT: Qualifikation; Gasgeräte; Zertifizierungsgrundlage; Prüfgrundlage

ERLÄUTERUNG: Diese Zertifizierungs- und Prüfgrundlage bezieht sich auf Neugeräte und beschreibt erforderliche Prüfungen, um Gasgeräte für 100 Vol.-% Wasserstoff zu qualifizieren. Dieses Dokument findet so lange Anwendung, bis es eine einheitliche europäische Regelung gibt.

UMSETZUNG: Diese ZP muss von der DVGW Cert GmbH ab 2024 angegangen werden.

BEDARF 4.3.9-05:

DIN EN 676, Gebläsebrenner für gasförmige Brennstoffe [208]

INHALT: Gasgebläsebrenner; Anforderungen; Konstruktion; Prüfverfahren

ERLÄUTERUNG: Die Terminologie und die allgemeinen Anforderungen an die Konstruktion und den Betrieb von Gasgebläsebrennern und an die Ausrüstung mit Steuerungs- und Sicherheitseinrichtungen sowie das Prüfverfahren für diese Brenner müssen hinsichtlich H₂ neu definiert werden.

UMSETZUNG: Ab 2024 im DIN-Arbeitsausschuss NA 041-01-63 AA Gebläsebrenner für gasförmige und flüssige Brennstoffe, welches das nationale Spiegelgremium zu CEN/TC 47 und CEN/TC 131 ist.



Gewerbliche Anwendungen

BEDARF 4.3.9-06:

DIN EN 17175, Gasbefeuerte Dunkelstrahler-Wärmebänder und kontinuierliche Mehr-Brenner-Dunkelstrahlersysteme für gewerbliche und industrielle Anwendungen – Sicherheit und Energieeffizienz [233]

INHALT: Nicht-häuslich; gasbefeuert; Strahlungstreifen; Dauerstrahlungsröhrenheizungssystem

ERLÄUTERUNG: Es sind die Anforderungen und Prüfverfahren für Konstruktion, Sicherheit und Energieeffizienz zu definieren. Auf der Basis von Infrarotstrahlung wirkende Wärmeerzeuger stellen die einzige Möglichkeit einer energieeffizienten Beheizung in dessen Einsatzgebieten dar. Damit werden diese Systeme bei der energetischen Sanierung von Hallengebäuden häufig die einzige Möglichkeit für eine energieeffiziente Beheizung und für viele Fertigungsprozesse von hoher Bedeutung sein [232].

UMSETZUNG: Ab 2024 im DIN-Arbeitskreis NA 032-03-01-04 AK Dezentrale Gasheizung, welches das nationale Spiegelgremium zu CEN/TC 180 ist.

BEDARF 4.3.9-07:

DIN 3372-1, Gasgeräte – Heizstrahler mit Brennern ohne Gebläse: ortsfeste Strahler für Freianlagen und ortsveränderliche für Raum- und Freiflächennutzung – Teil 1: Anforderungen und Prüfungen [234]

INHALT: Ortsfest; Heizstrahler; Brenner ohne Gebläse; Gas-Infrarotstrahler

ERLÄUTERUNG: Redaktionelle Anpassungen auf den nötigen Wasserstoffbetrieb mit erhöhter Dringlichkeit sind unverzichtbar. Die Sicherheitsaspekte müssen aktualisiert und ergänzt werden. Gleiches gilt für den Teil der Prüfbedingungen. Auch bei diesen Geräten ist der Einsatz in der Industrie bzw. im Gewerbe von hoher Bedeutung.

UMSETZUNG: Ab 2024 im DIN-Arbeitsausschuss NA 032-03-01 AA Häusliche, gewerbliche und industrielle Gasanwendung.

BEDARF 4.3.9-08:

DIN 3372-2, Gasgeräte – Heizstrahler mit Brennern ohne Gebläse: ortsfeste Strahler für Freianlagen und ortsveränderliche für Raum- und Freiflächennutzung – Teil 2: Konformitätsbewertung [235]

INHALT: Heizstrahler; Brenner ohne Gebläse; ortsfeste Strahler

ERLÄUTERUNG: Allgemeine redaktionelle Anpassungen auf den nötigen Wasserstoffbetrieb mit erhöhter Dringlichkeit sind unverzichtbar. Die Sicherheitsaspekte müssen noch auf die Wasserstoffanwendungen aktualisiert und ergänzt werden. Gleiches gilt formal für den Teil der Prüfbedingungen. Auch bei diesen Geräten ist der Einsatz in der Industrie bzw. im Gewerbe von hoher Bedeutung.

UMSETZUNG: Ab 2025 im DIN-Arbeitsausschuss NA 032-03-01 AA Häusliche, gewerbliche und industrielle Gasanwendung.

BEDARF 4.3.9-09:

DIN 3372-4, Gasverbrauchseinrichtungen; Heizstrahler mit Brennern ohne Gebläse, ortsveränderliche Heizstrahler für Raum- und Freiflächenheizung [236]

INHALT: Heizstrahler; Brenner ohne Gebläse; ortsveränderliche Strahler

ERLÄUTERUNG: Allgemeine redaktionelle Anpassungen auf den nötigen Wasserstoffbetrieb mit erhöhter Dringlichkeit sind unverzichtbar. Die Sicherheitsaspekte müssen nämlich noch auf die Wasserstoffanwendungen aktualisiert und ergänzt werden. Gleiches gilt formal für den Teil der Prüfbedingungen. Auch bei diesen Geräten ist der Einsatz in der Industrie bzw. im Gewerbe von hoher Bedeutung.

UMSETZUNG: Ab 2024 im DIN-Arbeitsausschuss NA 032-03-01 AA Häusliche, gewerbliche und industrielle Gasanwendung.

Befüllungsanlagen

4.3.9.4 Umsetzungsprojekte

Zur zweiten Antragsrunde im Herbst 2023 wurden die Europäischen Normen DIN EN 416 [228], DIN EN 419 [230] und DIN EN 17082 [231] zur finanziellen Unterstützung bewilligt.

Die Bedarfserläuterungen sind bereits jeweils im Abschnitt 4.3.9.3 **Bedarfsanalyse** Bedarfsanalyse genannt. Durch die finanzielle Förderung wird es der technischen Regelung erleichtert, mit den nötigen Ressourcen zeitlich priorisiert die wichtigsten Regelwerkänderungen bezüglich der Wasserstofftransformation anzugehen.

4.3.10 Befüllungsanlagen

Die AG Befüllungsanlagen ist zuständig für die Ermittlung der Normungsbedarfe hinsichtlich der (sicherheitstechnischen) Anforderungen an Bau und/oder Arbeitsweise von Befüllungsanlagen, geeigneten Anschlussvorrichtungen (Schnittstellen), Überfüllsicherungen und Betankungsprotokollen für den Einsatz mit Wasserstoff, z. B. gasförmig, flüssig und tiefkalt komprimiert. Die zukünftige Mobilität mit Wasserstoff als Energieträger erfordert die Normung eines Befüllsystems, bestehend aus H₂-Quelle, der Fördereinrichtung, der Anschlussleitung und der Schnittstelle zum befüllenden Tank.

4.3.10.1 Bestandsanalyse

Eine umfassende Auflistung aller recherchierten Wasserstoffregelwerke findet sich im **Verzeichnis der Normen und technischen Regelwerke für Wasserstofftechnologien** [13]. Für den Bereich Befüllungsanlagen sind davon bisher ca. 60 Normen als relevant erachtet worden. Je nach Zustand des abzufüllenden Wasserstoffs ist der vorhandene Stand der technischen Regelung unterschiedlich stark ausgeprägt, wobei die rahmengebenden nationalen und internationalen Systemstandards zumeist für alle Zustände gleichermaßen gelten.

Medienübergreifende (System-)Standards:

Neben den allgemein gültigen internationalen Direktiven (wie z. B. ATEX [237], OIML R139 [238], PED [76] oder TPED [239], AFIR [240]) sind die meisten vorhandenen technischen Regeln

bisher in den USA bzw. auf ISO-Ebene erarbeitet worden. Für das Befüllsystem sind zumindest die grundlegenden Rahmenbedingungen zu Bau und Betrieb auch in nationalen TRBS-Regelwerken (z. B. TRBS 3151 [241], TRBS 3146 [242]) beschrieben und verfügbar.

Gasförmig unter Hochdruck komprimierter Wasserstoff: Historisch bedingt beziehen sich ca. 80 % der vorhandenen Normen auf diese Anwendungen. Für die Abgabereinrichtung (eng.: dispenser) als wichtigster Teil und Bedienschnittstelle des Befüllsystems steht eine ISONorm kurz vor der Veröffentlichung. Die Einzelteile wie Füllkupplungen, Schläuche und Armaturen werden, sofern sie schon genormt sind, auch zumeist in ISONormen beschrieben. Bei allen vorhandenen ISONormen handelt es sich oftmals um Entwürfe oder kürzlich erschienene Publikationen, welche häufig noch in Überarbeitung sind.

Tiefkalter Wasserstoff (flüssig oder gasförmig):

Nur ca. 20 % der vorhandenen Normen beschreiben tiefkalte Anwendungen und beziehen sich vornehmlich auf Einzelteile wie Armaturen, Schlauchleitungen, Pumpen und Ventile. Diese Normen sind fast alle bereits als DIN EN ISO national übernommen.

Abbildung 26 stellt die identifizierten Gremien der technischen Regelung dar, die für die Erarbeitung der technischen Regelwerke im Bereich Befüllungsanlagen wichtig sind. Eine Übersicht zu den Abkürzungen der Gremien kann in Abschnitt 9 eingesehen werden.

4.3.10.2 Anforderungen und Herausforderungen

Eine besondere Herausforderung sind die Schnittstellen zwischen Befüllsystem und zu befüllendem Tank, welche in der Normung zur interdisziplinären Lösung als Querschnittsthemen angegangen werden.

Schnittstellen sind z. T. weder hinreichend spezifiziert noch umfassend erprobt, sondern werden in der Industrie häufig als individuelle Lösungen eingesetzt. Zur Überführung in die Normung und technische Regelung müssen diese Erfahrungen ausgewertet und Funktionsprinzipien festgelegt werden. Wichtig ist die Verwechslungssicherheit der Druck-

Befüllungsanlagen

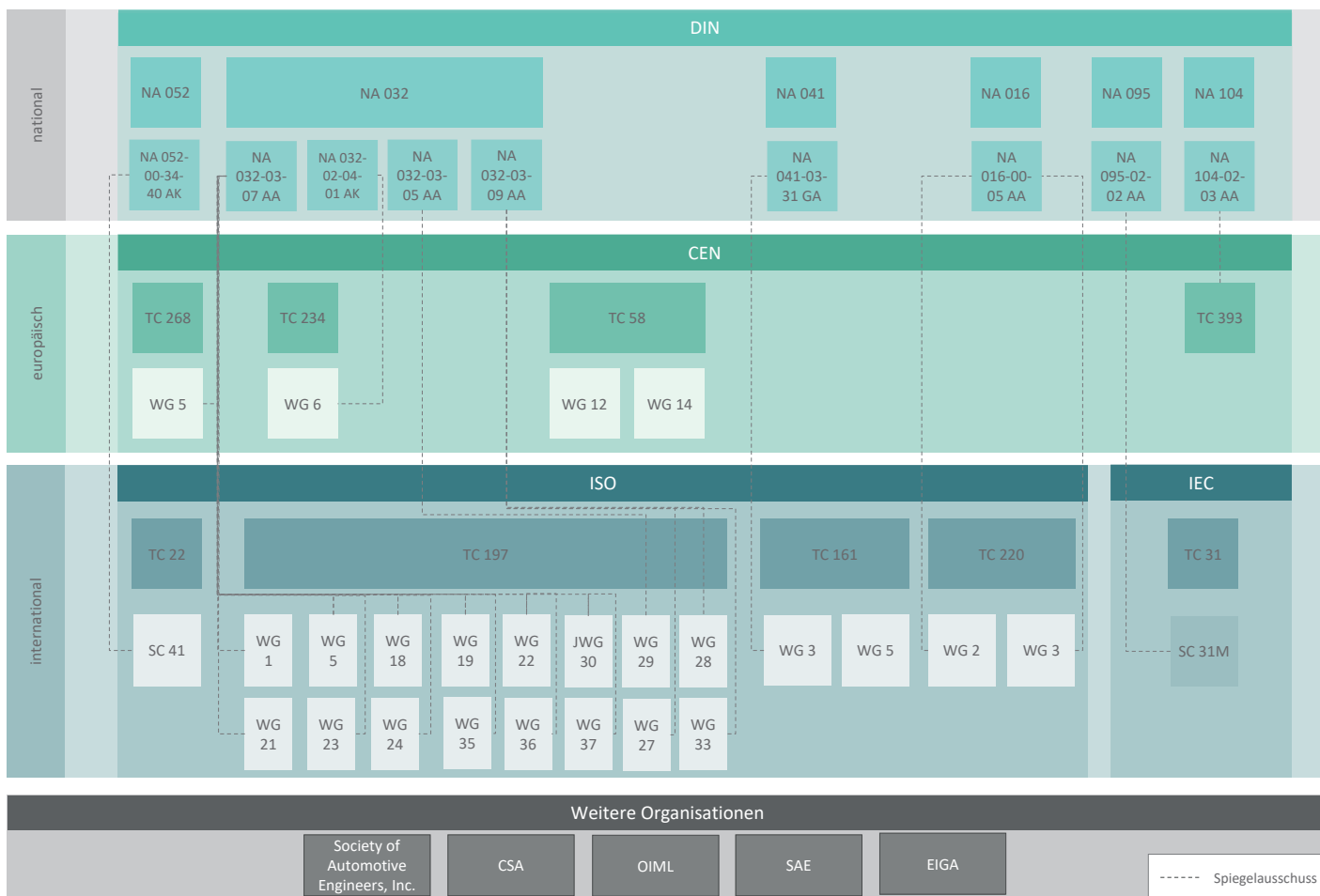


Abbildung 26: Übersicht relevanter Gremien der technischen Regelsetzung im Bereich Befüllungsanlagen (Stand 03-2024) (Quelle: eigene Darstellung)

stufen und Zustände des Wasserstoffs sowie, die Abgrenzung zu anderen Medien sicherzustellen. Außerdem ist der Bedarf nach kurzen Befüllzeiten durch entsprechende Querschnitte zu berücksichtigen. Ferner gibt es Phänomene, die eine Kommunikation zwischen Befüllsystem und Fahrzeug über den Tankzustand notwendig machen (sog. Betankungsprotokoll). Bei verflüssigtem H₂ sind dies u. a. thermische Spannungen beim Kaltfahren.

Ziel muss es sein, die Schnittstellen zu kategorisieren (nach Druck, Temperatur, Durchfluss, Füllen/Entleeren etc.) und mit den zugehörigen Betankungsprotokollen anwendungsübergreifend gesetzlich vorzuschreiben. Alle Tanks für den Einsatz unter gleichen Medium-Bedingungen sollen idealerweise gleiche Schnittstellen verwenden, unabhängig davon, ob sie z. B. Teil eines Fahrzeugs, eines Transporttanks oder einer Pro-

duktionsanlage sind. Diese universelle Nutzung vereinfacht den Aufbau der notwendigen Logistik, während ein zu eng gefasster Anwendungsbereich zu einer großen Schnittstellenanzahl führt und die Wasserstoffnutzung hemmt. Notwendige Schnittstellen sollen daher möglichst international genormt werden.

Zum sicheren Betrieb des Befüllsystems fehlen in vielen Bereichen noch allgemeine Verfahrensanweisungen wie z. B. zum Entleeren von Wasserstofftanks. Außerdem ist der Explosionsschutz bei bisherigen Normen nicht immer ausreichend berücksichtigt, z. B. bei der Einteilung der Explosionsschutz-Zonen nach DIN EN IEC 60079-0 [243] oder bei der Überlappung der Gefährdungsbereiche an Tankstellen bei MPD-Zapfsäulen.

Es bedarf noch eines enormen Aufwands, um alle nötigen Befüllsystemnormen für eine sichere H₂-Mobilität zu entwickeln.

Befüllungsanlagen

4.3.10.3 Bedarfsanalyse

BEDARF 4.3.10-01:

Gasförmige Wasserstoffanschlussvorrichtungen für die Betankung von Landfahrzeugen

INHALT: Betankungsschnittstelle; H₂; geringere Reinheit

ERLÄUTERUNG: Im Gegensatz zu Brennstoffzellenfahrzeugen haben Verbrennungsmotoren geringere Ansprüche an die Reinheit des Kraftstoffs. Der hierfür spezifizierte Grad F weist gemäß dem Anhang der ISO/DIS 14687:2024-01 [69] eine Wasserstoffreinheit von 98 % statt 99,97 % auf. Ziel ist es, durch eine neue Schnittstelle für diese Kraftstoffqualität (ähnlich der DIN EN ISO 17268-1 [244] für Brennstoffzellen-elektrofahrzeuge) mögliche Fehlbetankungen zu vermeiden.

UMSETZUNG: Der Bedarf wird bereits im internationalen Gremium ISO/TC 197/WG 5 in der Normenreihe EN ISO 17268 [245] umgesetzt.

BEDARF 4.3.10-02:

Europäische Tankstellennorm

INHALT: Europäische Produktnorm; Wasserstofftankstellen

ERLÄUTERUNG: Europäische Produktnorm für Wasserstoff-tankstellen (evtl. auch Kompaktanlagen), in denen die Anforderungen und Normenverweise für das Sammelsurium an Einzelkomponenten zusammengeführt wird, da die EN 17127 [246] nur die Grundlagen behandelt. Auf ISO-Ebene regelt die Normenreihe ISO 19880 [247] diesen Sachverhalt.

UMSETZUNG: Aktuell befindet sich dieser Bedarf noch nicht in der Umsetzung, da die Zuständigkeit zwischen den verantwortlichen Gremien (CEN/TC 393 und CEN/TC 268) in Klärung ist.

BEDARF 4.3.10-03:

Wasserstofffüllanlagen und ihren Komponenten zur Befüllung ortsbeweglicher Druckgeräte

INHALT: Wasserstofffüllanlagen; ortsbewegliche Druckgeräte

ERLÄUTERUNG: Bedarf einer europäischen Produktnorm für Wasserstofffüllanlagen zur Befüllung ortsbeweglicher Druckgeräte, in der die Anforderungen und das Zusammenspiel von Einzelkomponenten (z. B. Verdichter, Armaturen, Schlauchleitungen, Füllkupplungen) zusammengeführt werden.

UMSETZUNG: Klärung, ob für öffentliche Tankstellen und andere Abgabeeinrichtungen gleiche Anforderungen gelten und wer europäisch für die Umsetzung, in Anlehnung an die Normenreihe ISO 19880 [247], verantwortlich ist (CEN/TC 393 bzw. CEN/TC 268).

BEDARF 4.3.10-04:

Ausbläser an Gasanlagen für Wasserstoff

INHALT: Ex-Zonen; Anforderungen; H₂-Ausbläser

ERLÄUTERUNG: Analog zum DVGW-Merkblatt G 442 [106] sollen die Explosionsschutz-Anforderungen für Ausbläser an H₂-Gasanlagen [241] spezifiziert werden.

UMSETZUNG: Vor Umsetzung ist zu prüfen, inwieweit diese Funktion durch bestehende Normen (z. B. EN IEC 60079-10-1 [248] und TRBS 3151(Kapitel 4.1.10.3) [241]) abgedeckt wird / werden kann.

BEDARF 4.3.10-05:

Vorgehensweise zum Befüllen eines Tanks mit flüssigem Wasserstoff

INHALT: Befüllung; Tank; flüssiger H₂

ERLÄUTERUNG: Normungsbedarf zum Vorgehen beim Befüllen eines Tanks mit flüssigem H₂. Schrittketten zur Befüllung eines Tanks mit flüssigem H₂:

1. Stuserfassung des Istzustands nach Vorgaben des herstellenden Unternehmens;
2. Festlegung Betriebsmodi / Befüllungsvorbereitung je nach Tankzustand;
3. Vorbereitung und Durchführung der gewählten Betriebsmodi (Befüllung).



Straßenverkehrsfahrzeuge

Die Schrittketten sind unter Hinzuziehung von Brand- und Explosionsschutzexpertinnen und -experten zu detaillieren bzw. zu ergänzen/standardisieren.

UMSETZUNG: Umsetzung erfolgt im DIN-Arbeitsausschuss NA 032-03-07 AA Gasversorgung für erdgasbetriebene Fahrzeuge und im ISO/TC 197/WG 35 als ISO 13984 [249] ab 2024. Anschließend ist zu prüfen, ob der Bedarf dort vollständig abgedeckt wurde.

BEDARF 4.3.10-06:

Standardisierung von kryogenen Kupplungen als Schnittstelle von Befüllanlagen zur Anwendung

INHALT: Geometrie; Performance; kryogene Kupplungen

ERLÄUTERUNG: Zur kryostaten Befüllung mit flüssigem H₂ ist eine lösbare, standardisierte Verbindung (Kupplung) nötig. Diese wird in der DIN EN 13371 [89] nur allgemein beschrieben. Die Anwendungen sind zu unterscheiden (z. B. Lkw/Schiff/Flugzeug/Zug), da unterschiedliche Massenströme vorherrschen. Es gilt, u. a. Maßangaben, Ausrichtung der Kupplung und Sicherheitsmaßnahmen zu standardisieren.

UMSETZUNG: Die Umsetzung erfolgt im DIN-Arbeitsausschuss NA 032-03-07 AA Gasversorgung für erdgasbetriebene Fahrzeuge und im ISO/TC 197/WG 35 als ISO 13984 [249] ab 2024. Bedarf wird für CCH₂ im ISO/TC 197/WG 36 als ISO 17268-3 [250] realisiert. Anschließend ist zu prüfen, ob der Bedarf vollständig abgedeckt wurde.

BEDARF 4.3.10-07:

Schnittstelle und Protokoll zur Betankung schwerer Nutzfahrzeuge mit gasförmigem Wasserstoff

INHALT: High-flow; Betankungsschnittstelle; Nutzfahrzeuge

ERLÄUTERUNG: Bedarf an einem technischen Regelwerk, welches die Schnittstelle und Prozedur zur Betankung schwerer Nutzfahrzeuge mit gasförmigem Wasserstoff bei hohen Volumenströmen (> 120 g/s) spezifiziert und dabei Fehlbetankungen vorbeugt.

UMSETZUNG: Die Umsetzung der Schnittstelle erfolgt im DIN-Arbeitsausschuss NA 032-03-07 AA Gasversorgung für erdgasbetriebene Fahrzeuge und im ISO/TC 197/WG 5 als ISO 17268-2 [251]. Zum Protokoll gibt es Aktivitäten im ISO/TC 197/WG 24 als ISO 19885-3 [252] bzw. in der amerikanischen Norm SAE J 2601-5 [253].

4.3.10.4 Umsetzungsprojekte

Bisher wurden von der AG noch keine Umsetzungsprojekte zur finanziellen Förderung durch das BMWK vorgeschlagen. Es gilt, die Vielzahl der Themen zu sortieren und je nach Einschätzung der beteiligten Arbeitsgruppen zu priorisieren. Dies gestaltet sich insbesondere für die o. g. Schnittstellen schwierig.

4.3.11 Straßenverkehrsfahrzeuge

Der Aufgabenbereich der AG Straßenverkehrsfahrzeuge umfasst die Erarbeitung der NRM H2 im Bereich der Straßenfahrzeuge. Dazu zählen sowohl Personen- als auch Lastkraftwagen auf öffentlichen Straßen, nicht eingeschlossen sind Sonder- und Spezialfahrzeuge. Dabei werden alle Einsatzzwecke von Wasserstoff als Energieträger für den Antrieb betrachtet und entsprechende Anforderungen an bestimmte Bauteile für die Nutzung berücksichtigt. Ausgenommen sind Festlegungen für Tanks und Behälter, die dem Transport von Wasserstoff dienen. Die Schnittstellen zu den entsprechenden Arbeitsgruppen sind von besonderer Bedeutung.

4.3.11.1 Bestandsanalyse

Im Bereich Straßenverkehrsfahrzeuge ist bereits eine große Anzahl an Normen und technischen Regeln bekannt. Es wurden 87 Regelwerke identifiziert, welche überwiegend auf internationaler (ISO) und europäischer (CEN) Ebene erarbeitet und teilweise als nationale Norm (DIN EN bzw. DIN ISO) übernommen wurden. Unter den veröffentlichten Normen finden sich außerdem technische Berichte (TR), Spezifikationen (TS), Regeln und Merkblätter. Für detaillierte Informationen zum Bestand kann das [Verzeichnis der Normen und technischen Regelwerke für Wasserstofftechnologien \[13\]](#) eingesehen werden.

Straßenverkehrsfahrzeuge

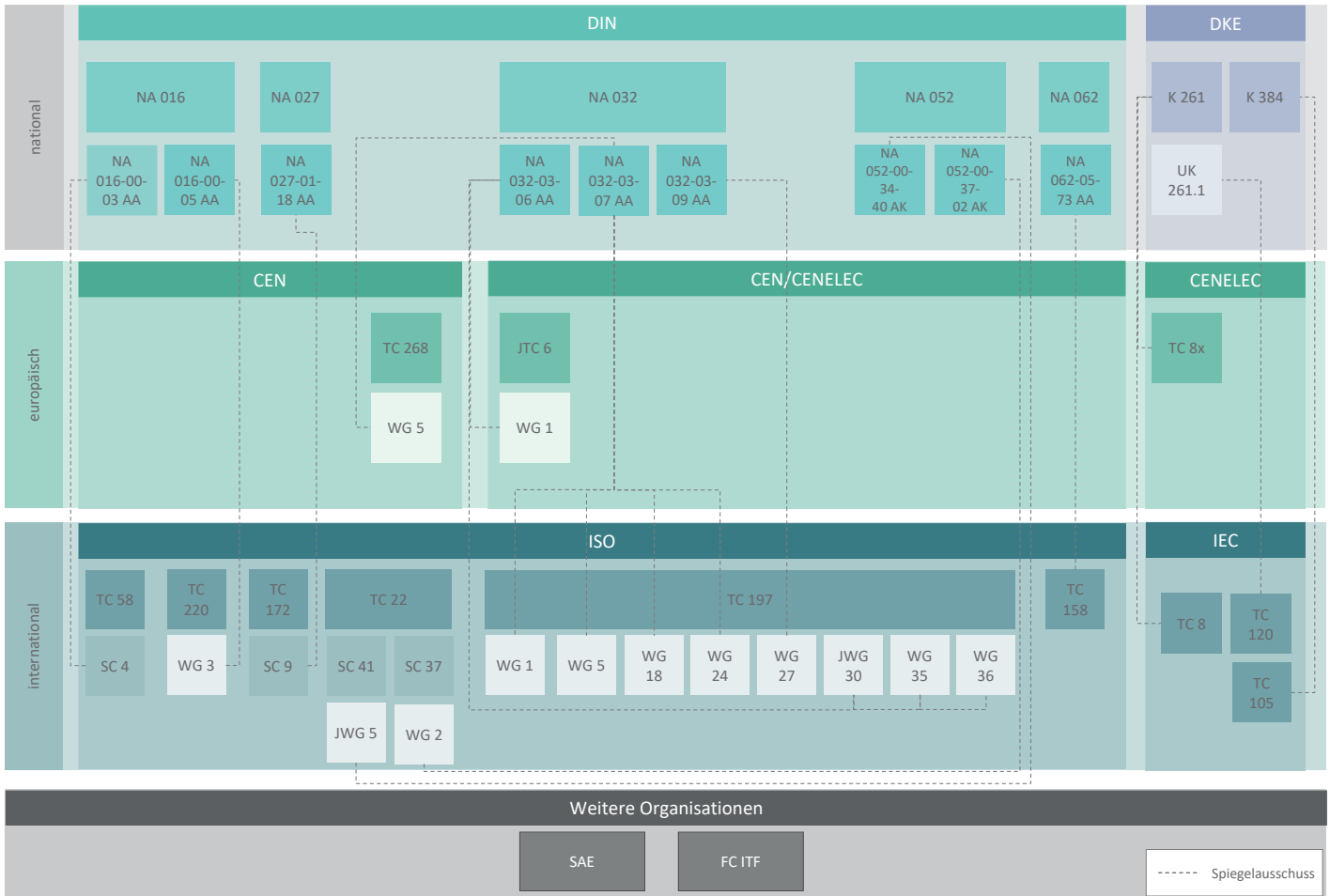


Abbildung 27: Übersicht relevanter Gremien der technischen Regelsetzung im Bereich Straßenverkehrsfahrzeuge (Stand 03-2024) (Quelle: eigene Darstellung)

Abbildung 27 stellt die identifizierten Gremien der technischen Regelsetzung dar, die für die Erarbeitung der technischen Regelwerke im Bereich Straßenverkehrsfahrzeuge wichtig sind. Eine Übersicht zu den Abkürzungen der Gremien kann in Abschnitt 9 eingesehen werden.

4.3.11.2 Anforderungen und Herausforderungen

Die wenigen noch vorhandenen Lücken in der Normung und technischen Regelsetzung für Straßenverkehrsfahrzeuge sind durch zwei wesentliche Faktoren geprägt. Zum einen erweitern sich aufgrund der technologischen Fortschritte die erforderlichen technischen Regeln, um den Anforderungen des sich entwickelnden Massenmarkts gerecht zu werden. Zum anderen verlangt die wachsende wirtschaftliche Bedeu-

tung von Wasserstoff nach neuen technischen Regeln, um die Marktkompatibilität zu erleichtern. Diese Notwendigkeit wird zusätzlich durch aufkommende Sicherheitsaspekte in der Wasserstoffwirtschaft verstärkt. In Anbetracht der sich entwickelnden Wasserstoffwirtschaft sind vier Hauptgründe zu erkennen, die eine gezielte Auseinandersetzung mit den erkannten Bedürfnissen und die Schließung entsprechender Lücken erforderlich machen: Sicherheit, Wirtschaftlichkeit, Technologieoffenheit und Zuverlässigkeit. Ein Ignorieren dieser identifizierten und möglicherweise zukünftig auftretenden Anforderungen hätte zur Folge, dass Wasserstoff als Antriebstechnologie im Straßenverkehrsbereich an Attraktivität verliert. Dies könnte wiederum die Fortschritte in Richtung Mobilitätswende beeinträchtigen und insbesondere zu erheblichen Einbußen in der Akzeptanz von Wasserstoff als Antriebstechnologie führen. Daher ist eine proaktive Aus-

einandersetzung mit diesen Herausforderungen unerlässlich, um die Integration von Wasserstoff als zukunftsweisende Antriebsart zu fördern.

4.3.11.3 Bedarfsanalyse

BEDARF 4.3.11-01:
Schnittstelle und Prozedur für die Entleerung eines Wasserstoffbehälters an einer Tankstelle

INHALT: Entleerung; Wasserstoffbehälter; Schnittstelle; Protokoll; Randbedingung

ERLÄUTERUNG: Bedarf einer technischen Regel, die die Entleerung eines Wasserstoffbehälters an einer Tankstelle ermöglicht (inklusive Schnittstelle, Protokoll und Randbedingungen), um das Ablassen in die Umgebung zu vermeiden, wenn für Reparaturen oder während der Entwicklung ein Behälter entleert werden muss.

UMSETZUNG: Die Erarbeitung der technischen Regel soll auf internationaler Ebene im ISO-Normenausschuss TC 197 Hydrogen technologies in den Arbeitsgruppen WG 5 Schnittstelle und WG 24 Protokoll und Randbedingungen erfolgen. Der Vorschlag für dieses Projekt (New Work Item Proposal – NWIP) muss über das zuständige Spiegelgremium bei DIN ins ISO/TC 197 eingebracht werden.

BEDARF 4.3.11-02:
Leitungsanschlüsse für gasförmigen Wasserstoff sollten hinsichtlich Geometrie standardisiert werden.

INHALT: Leitungsanschlüsse; geometrisch

ERLÄUTERUNG: Bedarf an standardisierten Schnittstellen zwischen den Leitungen und den Komponenten (z. B. Betankungsstutzen, Druckregler, Brennstoffzellenstack, Brennstoffzelle, Tankventil), die einen Austausch und eine Modularisierung ermöglichen, wie die Norm SAE J2044 [254] im Bereich der Kraftstoffleitungen. Bisher sind lediglich die Prüfung und die Funktion standardisiert. Im Moment beschreiben die Normen (ISO/DIS 19887 [255], CSA/ANSI HGV 3.1 [256]) nur die

funktionalen Anforderungen und die Prüfung dieser Anforderungen.

UMSETZUNG: Die Erarbeitung des Standards soll auf internationaler Ebene im ISO-Normenausschuss TC 197 – TC 22/SC 41 JWG 30 erfolgen. Der Vorschlag für dieses Projekt New Work Item Proposal – NWIP muss über das zuständige Spiegelgremium bei DIN ins ISO/TC 197 eingebracht werden.

BEDARF 4.3.11-03:
Sicherheitsbezogene Anforderungen und Prüfungen von Brennstoffzellenmodulen für Straßenfahrzeuge

INHALT: Sicherheit; Brennstoffzellenmodule; Straßenfahrzeuge

ERLÄUTERUNG: In der IEC 62282-2-100 [257] werden die sicherheitsbezogenen Anforderungen und Prüfungen von Brennstoffzellenmodulen definiert. Allerdings sind im Anwendungsbereich Straßenfahrzeuge ausgenommen und es gibt im europäischen Raum keine alternative Norm für den Anwendungsbereich.

UMSETZUNG: Entweder müsste der Anwendungsbereich der IEC 62282-2-100 [257] erweitert oder eine neue Norm erarbeitet werden.

4.3.11.4 Umsetzungsprojekte

Bisher wurden von der AG noch keine Umsetzungsprojekte zur finanziellen Förderung durch das BMWK vorgeschlagen.

4.3.12 Schienenfahrzeuge

Der Schienenverkehr wird eine tragende Rolle bei der Erreichung der Klimaziele spielen. Der Bund plant, bis 2030 den Schienenpersonenverkehr zu verdoppeln und den Marktanteil des Schienengüterverkehrs auf 25 % zu erhöhen [258]. Alternative Antriebe sind ein wesentlicher Baustein, insbesondere im Bereich von nicht elektrifizierten Strecken, um diese Ziele zu erreichen. Zusätzlich kann der Wasserstofftransport auf der

Schienenfahrzeuge

Schiene dazu beitragen, eine flächendeckende Versorgung sicherzustellen. Die AG Schienenfahrzeuge hat die Aufgabe, alle Normungsbedarfe, -bestände für die Systeme der Vollbahnen und der städtischen Schienenbahnen (Netz, Rollmaterial, Betrieb) in Bezug auf Wasserstoffanwendungen zu ermitteln.

4.3.12.1 Bestandsanalyse

Der Stand der Technik bei Schienenfahrzeugen mit alternativen Antrieben hat sich in den vergangenen fünf bis sechs Jahren rasant entwickelt. Der Bestand an Normen und technischen Regeln zu Wasserstofftechnologien speziell für Schienenfahrzeuge ist noch sehr klein. Im elektrotechnischen Bereich gibt es erste technische Regelwerke (< 10), die i. d. R. international oder europäisch initiiert wurden. Darüber hinaus befindet sich die Normungsarbeit noch in den Anfängen. Häufig wird auf Bestände an Normen und technischen Regeln anderer Sektoren, insbesondere auf das Kraftfahrzeugwesen, zurückgegriffen, da es sich um eine Schnittstellentechnologie handelt [13]. Dabei bestehen bereits umfangreiche Synergien, welche sich aus der mobilen Anwendung ergeben. Bahn-spezifische Anforderungen müssen durch den Sektor spezifisch betrachtet werden und stellen die Grundlage für die Normungsbedarfe dar.

4.3.12.2 Anforderungen und Herausforderungen

Diverse herstellende und betreibende Unternehmen für Fahrzeuge und Füllanlagen sowie Unternehmen für Instandhaltung stehen aktuell vor der Herausforderung, mit unzureichenden normativen Grundlagen zu arbeiten. Neuentwicklungen erfolgen größtenteils auf der Grundlage von Risikoabschätzungen, was Entwicklungen aufwendig, teuer und riskant macht. Außerdem ergeben sich durch diese Planungsunsicherheiten Verzögerungen in der Bereitstellung. Die dringenden Normungsvorhaben der AG Schienenfahrzeuge sollen Planungssicherheit schaffen und Projektrisiken begrenzen, um langfristig die Wasserstofftechnologie für den Bahnsektor attraktiver zu machen. Darüber hinaus wurde eine Vielzahl von internationalen Aktivitäten identifiziert. Eine deutsche Beteiligung ist hier von großer Bedeutung, um die nationale Wettbewerbsfähigkeit zu sichern.

Derzeit werden bereits 18 Vorschläge zu Normungsbedarfen in der AG Schienenfahrzeuge diskutiert und die Liste an Themen wächst weiter. Häufig weisen die Themen Schnittstellen zu anderen Arbeitsgruppen auf, wie beispielsweise Brandschutz, Festigkeit und Wasserstoffemissionen. Zwölf der Vorschläge müssen weiter konkretisiert werden, um eine Umsetzung bewerten zu können. Sechs der Vorschläge haben bereits einmal die Gremien der NRM H2 durchlaufen und wurden dem Steuerungskreis präsentiert. Inhaltlich wurden alle Vorhaben zur Umsetzung empfohlen. Zusätzlich sollen nach Einschätzung des Steuerungskreises drei der Projekte zur Finanzierung durch das BMWK freigegeben werden.

4.3.12.3 Bedarfsanalyse

BEDARF 4.3.12-01:

VDE/EN/IEC 63341-4 Bahnanwendungen – Fahrzeuge – Antriebe mit Brennstoffzellen-Energiesystemen – Teil 4: Betankungsprotokoll für wasserstoffangetriebene Schienenfahrzeuge mit Druckgasspeicher

INHALT: Betankung; IT-Security; Fehler; Protokoll; Diagramm; Nachweis

ERLÄUTERUNG: Der Betankungsvorgang von Schienenfahrzeugen kann mit und ohne Kommunikation erfolgen. Falls eine Kommunikation vorhanden ist, dient sie auch zur Übertragung sicherheitsgerichteter Signale zwischen Tankstelle und Fahrzeug. Voraussetzung für den Vorgang ist dann, dass das Fahrzeug seine Kennung an die Tankstelle überträgt und seine Bereitschaft übermittelt. Darüber hinaus wird der Vorgang überwacht und relevante Parameter werden übertragen. Das Dokument soll Anforderungen an das Kommunikationsprotokoll, die Gefahrenabwehr und die Zulassung entsprechender Systeme definieren.

UMSETZUNG: Im ersten Schritt soll das Projekt als VDE-Vornorm im DKE/UK 351.1 erstellt werden, um einen nationalen Konsens zu finden. Anschließend soll es in die internationale Normung eingebracht und als Teil 4 der Normenreihe IEC 63341 [259] übernommen werden.



BEDARF 4.3.12-02:

DIN EN ISO 17268-4 Gasförmiger Wasserstoff – Anschlussvorrichtungen für die Betankung von Schienenfahrzeugen

INHALT: Anschluss; Kupplung; Durchfluss; Prüfkriterium; Schnittstelle

ERLÄUTERUNG: Anforderungen an Anschlussvorrichtungen für die Betankung mit Wasserstoff sind in der Normenreihe DIN EN ISO 17268 [260] festgelegt. Das neue Dokument soll speziell für Schienenfahrzeuge eine Kupplung mit sehr hohem Durchfluss spezifizieren, welche in der Praxis bereits zum Einsatz kommt. Darüber hinaus sollen in Bezug auf DIN EN ISO 17268 [260] abweichende Anforderungen und Prüfkriterien für die Verwendung im Schienenverkehr identifiziert werden. Auch die Schnittstelle zwischen Fahrzeug und Betankungseinrichtung sowie der Schutz vor unbefugtem Zugriff sollen betrachtet werden.

UMSETZUNG: Eine Diskussion auf europäischer und internationaler Ebene hat den Vorschlag eingebracht, DIN EN ISO 17268 [260] um einen Teil speziell für Schienenfahrzeuge zu erweitern. Eine deutsche Beteiligung im ISO-Gremium soll sichergestellt und das Projekt im DIN-Gemeinschaftsausschuss NA 087-00-21 GA Gemeinschaftsausschuss FSF/NAGas: Wasserstofftechnologien für Schienenfahrzeuge gespiegelt werden.

BEDARF 4.3.12-03:

ISO 19881-2 Gasförmiger Wasserstoff – Kraftstofftanks für Landfahrzeuge – Teil 2: Schienenfahrzeuge

INHALT: Kraftstofftanks; Druckgasbehälter; Lebensdauer; Instandhaltung

ERLÄUTERUNG: Anforderungen an Wasserstoff-Druckgasbehälter für Landfahrzeuge sind in ISO 19881 [261] festgelegt. Künftig sollen dort auch Inhalte der ECE R134 [262] aufgenommen werden. Da beide Dokumente auf die Anforderungen aus dem Kraftfahrzeugwesen ausgelegt sind, soll zusätzlich ein neues Dokument erarbeitet werden, das abweichende Anforderungen sowie Besonderheiten für Auslegung, Lebensdauer, Instandhaltung und Beherrschung potenzieller Schadens-

ereignisse speziell für große, festinstallierte Behälter von Schienenfahrzeugen festlegt.

UMSETZUNG: Eine Diskussion auf internationaler Ebene hat den Vorschlag eingebracht, ISO 19881 [261] um einen Teil speziell für Schienenfahrzeuge zu erweitern. Eine deutsche Beteiligung im ISO-Gremium soll sichergestellt und das Projekt im DIN-Gemeinschaftsausschuss NA 087-00-21 GA Gemeinschaftsausschuss FSF/NAGas: Wasserstofftechnologien für Schienenfahrzeuge gespiegelt werden.

BEDARF 4.3.12-04:

ISO 19887-2 Gasförmiger Wasserstoff – Kraftstoffsystemkomponenten für wasserstoffbetriebene Fahrzeuge – Teil 2: Schienenfahrzeuge

INHALT: Kraftstoffsystem; Komponenten; Lebensdauer; Instandhaltung

ERLÄUTERUNG: ISO/DIS 19887 [255] befindet sich in der Entstehung und legt Anforderungen an gasführende Kraftstoffsystemkomponenten für den Betrieb von Landfahrzeugen mit Wasserstoff fest. Bahnspezifische Anforderungskriterien sind dabei noch nicht berücksichtigt. Es soll ein neues Dokument erarbeitet werden, das abweichende Anforderungen, Besonderheiten für Auslegung, Lebensdauer, Instandhaltung und Beherrschung potenzieller Schadensereignisse sowie etwaige elektrische Anforderungen hinsichtlich EMV, Isolationsfestigkeit und Erdung speziell für Bahnanwendungen festlegt.

UMSETZUNG: Eine Diskussion auf internationaler Ebene hat den Vorschlag eingebracht, ISO/DIS 19887 [255] um einen Teil speziell für Schienenfahrzeuge zu erweitern. Eine deutsche Beteiligung im ISO-Gremium soll sichergestellt und das Projekt im DIN-Gemeinschaftsausschuss NA 087-00-21 GA Gemeinschaftsausschuss FSF/NAGas: Wasserstofftechnologien für Schienenfahrzeuge gespiegelt werden.

Schiffsverkehr

BEDARF 4.3.12-05:

DIN-Norm Bahnanwendungen – Akzeptanzkriterien bei Dichtheitsprüfungen an festinstallierten Wasserstoffsystemen von Schienenfahrzeugen – Prüfanforderungen und Akzeptanzkriterien

INHALT: Dichtheitsprüfung; Akzeptanzkriterien; Prüfmethoden

ERLÄUTERUNG: In der Praxis vorhandene Methoden zur Dichtheitsprüfung führen aufgrund unspezifischer Prüfkriterien zu unverhältnismäßigen Korrekturmaßnahmen. Das neue Dokument soll praktikable Akzeptanzkriterien für die Inbetriebnahme und Prüfung von festinstallierten Wasserstoffsystemen von anerkannten Dichtheitsprüfmethoden ableiten. Dazu sollen die Freisetzungsmengen an Verbindungsstellen und Oberflächen sowie die unterschiedliche visuelle und gemessene Ausprägung der Freisetzung untersucht und generische Akzeptanzkriterien sowie Prüfregeln festgelegt werden.

UMSETZUNG: Das Projekt erfordert parallel weitere Forschungstätigkeit. Aus den Ergebnissen sollen Kriterien und Methoden abgeleitet werden, die in einer DIN-Norm zusammengefasst werden. Das Projekt soll im DIN-Gemeinschaftsausschuss NA 087-00-21 GA Gemeinschaftsausschuss FSF/NAGas: Wasserstofftechnologien für Schienenfahrzeuge bearbeitet werden.

BEDARF 4.3.12-06:

DIN-Norm Bahnanwendungen – Alternative Nachweismethoden für thermische Druckentlastungsvorrichtungen von Wasserstoffspeichersystemen bei Schienenfahrzeugen

INHALT: Druckentlastungsvorrichtung; TPRD; Nachweismethoden

ERLÄUTERUNG: Gasdruckbehälter müssen mit Druckentlastungsventilen (kurz TPRDs) ausgestattet sein, um diese im Brandfall vor dem Bersten zu schützen. Bestehende Nachweismethoden sind an der Spurweite von Pkws orientiert. Die bestehenden Methoden sind aufgrund besonders langer Behälter auf den Bahnsektor nicht unmittelbar anwendbar und führen zu einer Vielzahl von TRPDs. Das neue Dokument soll eine bahnspezifische Nachweismethode für thermische

Druckentlastungsvorrichtungen von Wasserstoffspeichersystemen festlegen.

UMSETZUNG: Das Projekt erfordert zunächst weitere Forschungstätigkeit. Aus den Ergebnissen sollen Methoden abgeleitet werden, die in einer DIN-Norm zusammengefasst werden. Das Projekt soll im DIN-Gemeinschaftsausschuss NA 087-00-21 GA Gemeinschaftsausschuss FSF/NAGas: Wasserstofftechnologien für Schienenfahrzeuge bearbeitet werden. Später soll das Dokument in eine Europäische Norm überführt werden.

4.3.12.4 Umsetzungsprojekte

Um unter anderem die geplanten und zur Finanzierung bewilligten Umsetzungsprojekte aus der NRM H2 zu spiegeln:

- DIN EN ISO 17268-4 Gasförmiger Wasserstoff – Anschlussvorrichtungen für die Betankung von Schienenfahrzeugen
- ISO 19887-2 Gasförmiger Wasserstoff – Kraftstoffsystemkomponenten für wasserstoffbetriebene Fahrzeuge – Teil 2: Schienenfahrzeuge

und ggf. weitere zukünftige Projekte zum Thema Wasserstofftechnologien für Schienenfahrzeuge zu bearbeiten, wurde der DIN-Gemeinschaftsausschuss NA 087-00-21 GA Gemeinschaftsausschuss FSF/NAGas, Wasserstofftechnologien für Schienenfahrzeuge unter der Federführung des DIN-Normenausschusses Fahrweg und Schienenfahrzeuge (FSF) mit dem DIN-Normenausschuss Gastech (NAGas) gegründet. Elektrotechnische Themen werden im DKE Gremium DKE/UK 351.1 Fahrzeuge bearbeitet. Dazu zählt das Umsetzungsprojekt aus Bedarf VDE/EN/IEC 63341-4 Bahnanwendungen – Fahrzeuge – Antriebe mit Brennstoffzellen-Energiesystemen – Teil 4: Betankungsprotokoll für wasserstoffangetriebene Schienenfahrzeuge mit Druckgasspeicher.

4.3.13 Schiffsverkehr

Der Aufgabenbereich der AG Schiffsverkehr umfasst die Erarbeitung der NRM H2 im Bereich der Schiffs- und Meerestechnik. Dazu zählen alle mit der Schiffs- und Meerestechnik verbundenen Anwendungsgebiete für Wasserstoff inkl. dessen

Transport per Schiff, dem Einsatz zum Antrieb sowie die Bepfischung. Hierfür sind insbesondere die Schnittstellen zu den entsprechenden Arbeitsgruppen von besonderer Bedeutung. Dies sind insbesondere die Arbeitsgruppen [AG Stationäre und ortsbewegliche Druckbehälter](#) und [AG Befüllungsanlagen](#).

4.3.13.1 Bestandsanalyse

In der Bestandsaufnahme wurden 30 Dokumente von der AG Schiffsverkehr aufgelistet. Diese teilen sich einerseits in DIN-, EN- und ISO-Normen und andererseits in schiffsbezogene Regelwerke der Binnen- und Seeschifffahrt auf [13]. Erstere adressieren vorrangig spezielle land- und seeseitige Anwendungen unter Nennung einer allgemeingültigen Norm zu Sicherheitsanforderungen (ISO/TR 15916 [263]). Bei der Binnenschifffahrt ist der Europäische Ausschuss für die Ausarbeitung von Standards im Bereich der Binnenschifffahrt (CESNI) [264] für das Regelwerk zuständig. Hier werden die technischen Vorschriften (ES-TRIN, Europäischer Standard der technischen Vorschriften für Binnenschiffe [265]) erarbeitet. Das Regelwerk für die Seeschifffahrt wird bei der International Maritime Organization (IMO) [266] erarbeitet und verabschiedet.

In beiden Organisationen werden bestehende Codes um die Erweiterung von Wasserstoff (gasförmig, flüssig) und seiner Derivate zur Nutzung als Kraftstoff geprüft, ergänzt und weiterentwickelt. Hierzu werden u. a. Gap-Analysen zum fossil gebundenen Kraftstoff aufgegriffen. Bis zur endgültigen Fassung der Regelwerke werden Interims-Leitlinien veröffentlicht. Die Stauung von Wasserstoff und seiner Derivate als Ladung wird von internationalen Übereinkommen (SOLAS [267]) und Codes der IMO (IBC- [268], IGC- [269] und IMDG-Codes [270]) hinsichtlich technischer Handhabbarkeit und Sicherheitsanforderungen abgedeckt. Dabei steht der Sicherheitsaspekt im Vordergrund. Die Verwendung von alternativen Kraftstoffen in der Seeschifffahrt wird im IGF-Code [271] geregelt. Sowohl bei den Übereinkommen und Codes, klassifikationsspezifischen technischen Vorschriften, Arbeitsdokumenten, Leitfäden als auch Übergangsdokumenten wird auf bestehende ISO-Normen referenziert.

Abbildung 28 stellt die identifizierten Gremien der technischen Regelsetzung dar, die für die Erarbeitung der technischen

Regelwerke im Bereich Schiffsverkehr wichtig sind. Eine Übersicht zu den Abkürzungen der Gremien kann in Abschnitt 9 eingesehen werden.

4.3.13.2 Anforderungen und Herausforderungen

Die Entwicklung von wasserstoffbezogenen Normen und Richtlinien für den Schifffahrtsbereich orientiert sich an fossilen gasförmigen oder flüssigen Energieträgern (z. B. CNG, LNG), z. B. durch Gap-Analysen. Aufgrund von wasserstofftypischen physikalischen Eigenschaften und unterschiedlichen Lagerbedingungen (z. B. Druck, Temperatur) ergeben sich jeweils stoffspezifische Verhaltensmerkmale. Das zeigt sich z. B. bei Freisetzungsszenarien von gasförmigem Wasserstoff über und unter Deck im Falle eines geregelten Ablassens oder einer Havarie/Kollision. Anhand von Risikoanalysen, beispielsweise unterstützt durch die Verwendung von Simulationssoftware, können Gefahrenzonen definiert und bauliche Sicherheitsmaßnahmen abgeleitet werden. Durch einheitliche Normen und technische Regeln wird es Prüfinstituten ermöglicht, einheitlich zu zertifizieren. Deswegen bedarf es der Entwicklung von Normen und technischen Regeln. Die Erkenntnisse aus der Entwicklung von Normen und technischen Regeln für Wasserstoff können für die Erarbeitung von Normen und technischen Regeln für Wasserstoffderivate oder andere wasserstoffbindende Medien genutzt werden. Zusammenfassend ergibt sich ein Bedarf zur Entwicklung von Normen und technischen Regeln für alternative Kraftstoffe beispielsweise auf Grundlage von Risikoanalysen.

4.3.13.3 Bedarfsanalyse

Folgende Themen wurden im Rahmen der Bedarfsanalyse identifiziert und sollen während der weiteren Ausarbeitung konkretisiert werden:

BEDARF 4.3.13-01:
Speichertyp spezifische Normung für maritime Wasserstoffspeicher

INHALT: Speicher; gasförmig; flüssig; Trägermaterialien; Gefahrenzonen

Schiffsverkehr

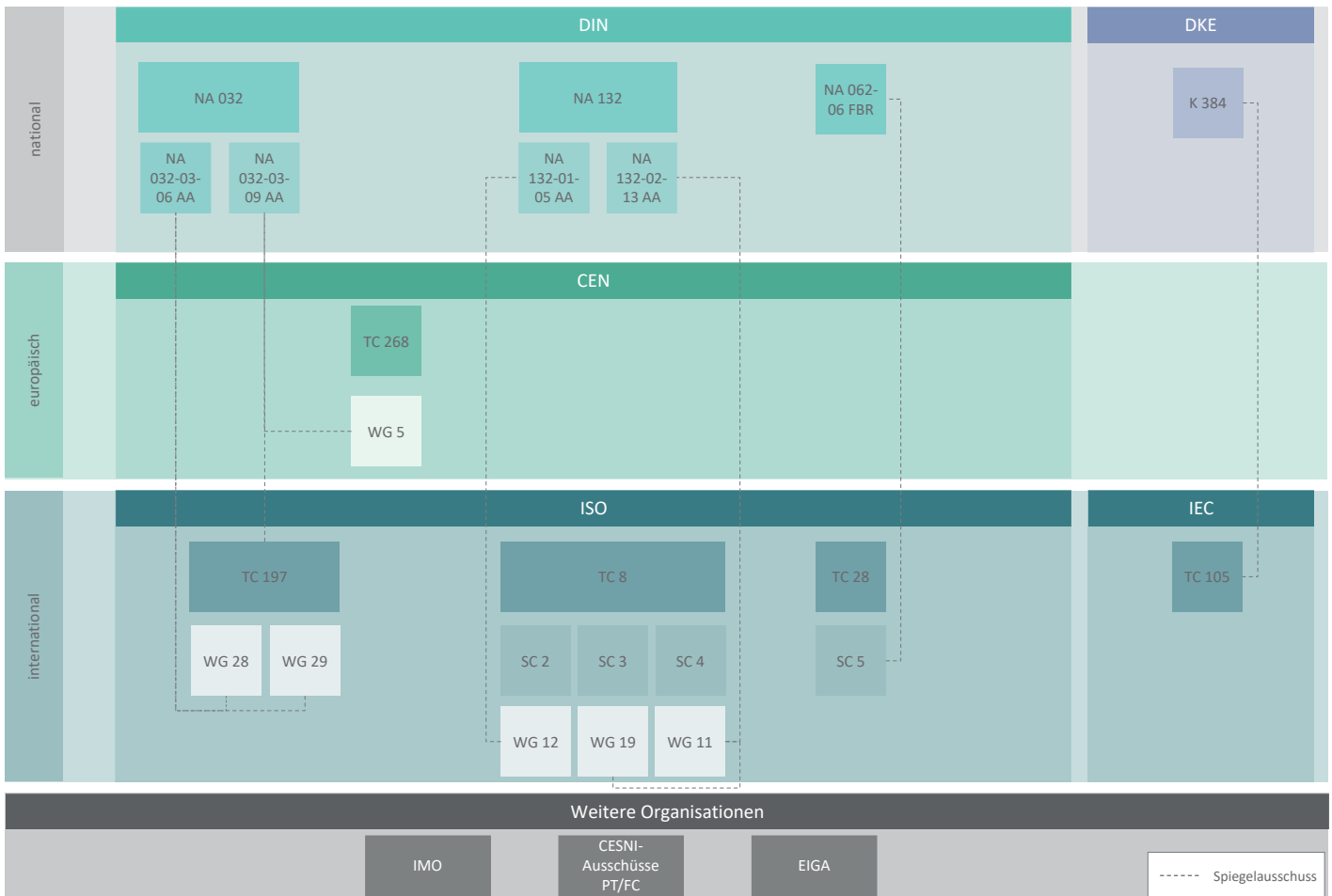


Abbildung 28: Übersicht relevanter Gremien der technischen Regelung im Bereich Schiffsverkehr (Stand 03-2024) (Quelle: eigene Darstellung)

ERLÄUTERUNG: Viele der derzeit geltenden wasserstoffrelevanten Normen und Richtlinien wurden ursprünglich für CNG und LNG entwickelt. Daher bleiben oftmals spezielle Eigenschaften von Wasserstoff (z. B. anderes Ausbreitungs- und Flammverhalten als CNG und LNG) unbeachtet. Die gasförmige oder flüssige Wasserstoffspeicherung oder in flüssigen oder festen Wasserstoffträgermaterialien weisen völlig unterschiedliche Freisetzungsarten für Wasserstoff auf. Dies führt z. B. zu unrealistischen Gefahrenzonen um Gaseinlässe und -austritte. In Forschungsprojekten sollten realitätsnahe Gefahrenszenarien identifiziert und entsprechende Normen für Speichersysteme abgeleitet werden.

UMSETZUNG: Es müssen simulativ und experimentell realistische Ausbreitungsszenarien für Wasserstoff über und unter Deck untersucht und entsprechende Regeln und Normen entwickelt werden.

BEDARF 4.3.13-02:
Kupplungen für das Bunkern mit Wasserstoff

INHALT: Kupplung; Massenstrom; Kraftstoffsystem

ERLÄUTERUNG: Eine Norm für die Kupplungen zum Bunkern mit Wasserstoff (flüssig, gasförmig, Derivate) in Anlehnung an existierende Normen wie z. B. ISO 13984 [168], DIN EN 13371 [89] und DIN EN ISO 21593 [272] wird benötigt. Jedoch muss dabei ein besonderer Fokus auf die Herausforderungen des

maritimen Einsatzes, wie z. B. hohe Durchflussraten, Schiffsbewegung und salzhaltige Atmosphäre, gelegt werden. Für die Befüllung von Kryostaten mit flüssigem Wasserstoff wird eine lösbare Verbindung benötigt. Kupplungen für den tiefkalten Betrieb werden zwar in der EN 13371 [89] beschrieben, aber diese Beschreibung ist sehr allgemein. Für den Hochlauf der Wasserstoffwirtschaft wäre es mehr als wünschenswert, wenn die Anschlüsse genormt bzw. standardisiert werden. Hierbei ist zwischen den verschiedenen Anwendungen bzw. zu füllenden Systemen (Lkw/Schiff/Flugzeug/Zug) zu unterscheiden, da hier unterschiedliche Massenströme für die Befüllung sinnvoll sind.

UMSETZUNG: Eine Umsetzung wird aufgrund der Internationalität der Schifffahrt idealerweise auf internationaler Ebene (ISO), mindestens auf europäischer Ebene (EN), empfohlen.

BEDARF 4.3.13-03:
Transportsicherung von mobilen Speicherbehältnissen

INHALT: MEGC; Flaschenbündel; Mobiles Kraftstoffbehältnis

ERLÄUTERUNG: Austauschbare Speicherbehältnisse von wasserstoffbasierten Kraftstoffen erfordern bordseitige bauliche Maßnahmen zur sicheren Lagerung, zu deren Transport und Logistik. Austauschbare mobile Kraftstoffbehältnisse, wie z. B. normierte Flaschenbündel und Multiple Element Gas Container (MEGC) für komprimierten gasförmigen Wasserstoff, erfordern eine sichere Integration in die Schiffsstruktur, z. B. bei Schiffsbewegungen. Somit soll durch bauliche und strukturelle Maßnahmen eine sichere Kraftstoffversorgung sichergestellt werden.

UMSETZUNG: Eine Umsetzung wird aufgrund der Internationalität der Schifffahrt idealerweise auf internationaler Ebene (ISO), mindestens auf europäischer Ebene (EN), empfohlen. Zudem wird die Ausarbeitung eines einheitlichen Behälter-austauschsystems ähnlich dem Pfandsystem, z. B. für zivile LPG-Flaschen, als praktische Lösung angeraten.

BEDARF 4.3.13-04:
Harmonisierung der Notationen für Fuel-Readiness

INHALT: Harmonisierung; Fuel-Readiness

ERLÄUTERUNG: Prüfinstitute, wie z. B. Klassifikationsgesellschaften im maritimen Bereich, bescheinigen für Neu- und Bestandsschiffe eine Fuel-Ready Notation [273]. Die Bescheinigung der Fuel-Readiness für alternative Kraftstoffe hängt vom firmenspezifischen Regelwerk ab. Eine Harmonisierung der Bewertungsgrundlagen für verschiedene Arten von Wasserstoff-Speicherung und -Nutzung ist anzustreben.

UMSETZUNG: Eine Umsetzung wird aufgrund der Internationalität der Schifffahrt idealerweise auf internationaler Ebene (ISO), mindestens auf europäischer Ebene (EN), empfohlen.

BEDARF 4.3.13-05:
Spezifikation von Kraftstoffqualität inkl. Beimischungen

INHALT: Kraftstoffqualität

ERLÄUTERUNG: Es ergibt sich eine Notwendigkeit von Spezifikationen, wie bei den fossilen Kraftstoffen, für alternative Kraftstoffe inkl. Beimischungen. Es muss möglich sein, dass ortsunabhängig Kraftstoffe mit einer Mindestqualität gebunkert werden können und somit ein reibungsloser Einsatz bei der bordseitigen Energiewandlung ermöglicht wird. Die Veröffentlichung der in Überarbeitung befindlichen ISO/FDIS 8217:2024-02 [274] ist hierzu zu überprüfen.

UMSETZUNG: Es werden ISO-Normen für alternative Kraftstoffe entwickelt. Kraftstoff herstellende Unternehmen verantworten die anforderungsgerechte Produktion. Zuständige Behörden und Zertifizierungsstellen sind für die Qualitätsüberwachung zuständig.

4.3.13.4 Umsetzungsprojekte

Bisher wurden von der AG noch keine Umsetzungsprojekte zur finanziellen Förderung durch das BMWK vorgeschlagen.

Luftfahrt

4.3.14 Luftfahrt

Die AG Luftfahrt ist zuständig für die Ermittlung der Normungsbedarfe im Bereich Luftfahrt. Im Fokus steht hier die fliegende, systemseitige Struktur innerhalb des Flugzeugs, d. h. es werden insbesondere der Umgang und die Anwendung von Wasserstoff innerhalb des Flugzeugs behandelt, entlang der Kette: Befüllstutzen, Hinführung zum Tank, Speicherung im Tank, Verteilung zu den Verbrauchern, Umwandlung im Verbraucher, Rückführung, Ausstoß, Reststoffe sowie die Entnahme aus dem Tank (defueling). Hierbei wird Wasserstoff in gasförmiger und flüssiger Form betrachtet.

4.3.14.1 Bestandsanalyse

Der Umfang der luftfahrtspezifischen Regelung ist derzeit noch sehr begrenzt. Derzeit gibt es neun Dokumente (Europäische Normen, internationale Normen, Merkblätter) [13].

Abbildung 29 stellt die identifizierten Gremien der technischen Regelung dar, die für die Erarbeitung der technischen Regelwerke im Bereich Luftfahrt wichtig sind. Eine Übersicht zu den Abkürzungen der Gremien kann in Abschnitt 9 eingesehen werden.

4.3.14.2 Anforderungen und Herausforderungen

Da derzeit kaum Normen und technische Regeln existieren, besteht in mehreren Bereichen Normungsbedarf wie z. B. bei der Betankung, den Testverfahren und der Sauberkeit. Oftmals gibt es Normen für den Betrieb bzw. die Anwendung von Kerosin, jedoch fehlt das Äquivalent dazu im Wasserstoffbereich. Die Verwendung von Wasserstoff in der Luftfahrt ist etwas Neues. Um das Vertrauen der Menschen in die neue Technologie zu stärken, ist es wichtig, aufzuzeigen, dass ähnliche Grundlagen wie für Benzin oder Kerosin geschaffen worden sind und damit eine entsprechende Sicherheit gewährleistet ist. Z. B. ist eine Vereinheitlichung der Befüllstutzen nötig, da die Anbringung eines Adapters am Flugzeug mit großen Schwierigkeiten verbunden sein kann. Klare Tankprotokolle wiederum sorgen für die nötige Sicherheit während des Betankungsvorgangs (Vorfeld und Fluggäste). Einheitliche Testverfahren vereinfachen den Vergleich und garantieren

die Qualität der Ergebnisse. Aktuell ist es noch zu früh für konkrete breitflächige Normung bzw. technische Regelung. Deshalb sollten einige Bereiche zunächst von der technischen Regelung ausgenommen werden. Diese Bereiche sind Flüssigwasserstofftanks (hoch individuell, werden wahrscheinlich von den OEMs entwickelt), Rohrleitungen, Ventile, Sensoren etc.

4.3.14.3 Bedarfsanalyse

Derzeit konnten noch keine konkreten Umsetzungsprojekte formuliert werden. Folgende Themen wurden im Rahmen der Bedarfsanalyse identifiziert und sollen während der weiteren Ausarbeitung konkretisiert werden:

BEDARF 4.3.14-01: Befüllstutzen (gasförmig und flüssig)

INHALT: Spezifikation Anschlüsse Tankstutzen; Flugzeug

ERLÄUTERUNG: Wie unter 4.3.14.2 erklärt sind einheitliche Befüllstutzen notwendig, um an allen Flughäfen der Welt die Betankung zu garantieren [260].

UMSETZUNG: Eine Umsetzung wird aufgrund der Internationalität der Luftfahrt idealerweise auf internationaler Ebene (ISO), mindestens auf europäischer Ebene (EN), empfohlen.

BEDARF 4.3.14-02: Systemverhalten/Tankprotokoll

INHALT: Be-/Enttankungsvorgang; Sicherheitsmaßnahmen; fuel safety zones

ERLÄUTERUNG: Aktuell wird die luftfahrtrechtliche Grundlage für den Tankprozess über die ED Decision 2014/012/R der EU geregelt (EASA – European Union Aviation Safety Agency), es gibt aktuell aber noch keine Regelung für Wasserstoff [275]. Auch die IATA (International Air Transport Association) hat „Guidance Material“ zu Tankprotokollen. Hier findet sich bislang ebenfalls nichts zum Thema Wasserstoff [276]. Das gleiche Bild zeigt sich bei der JIG (Joint Inspection Group),

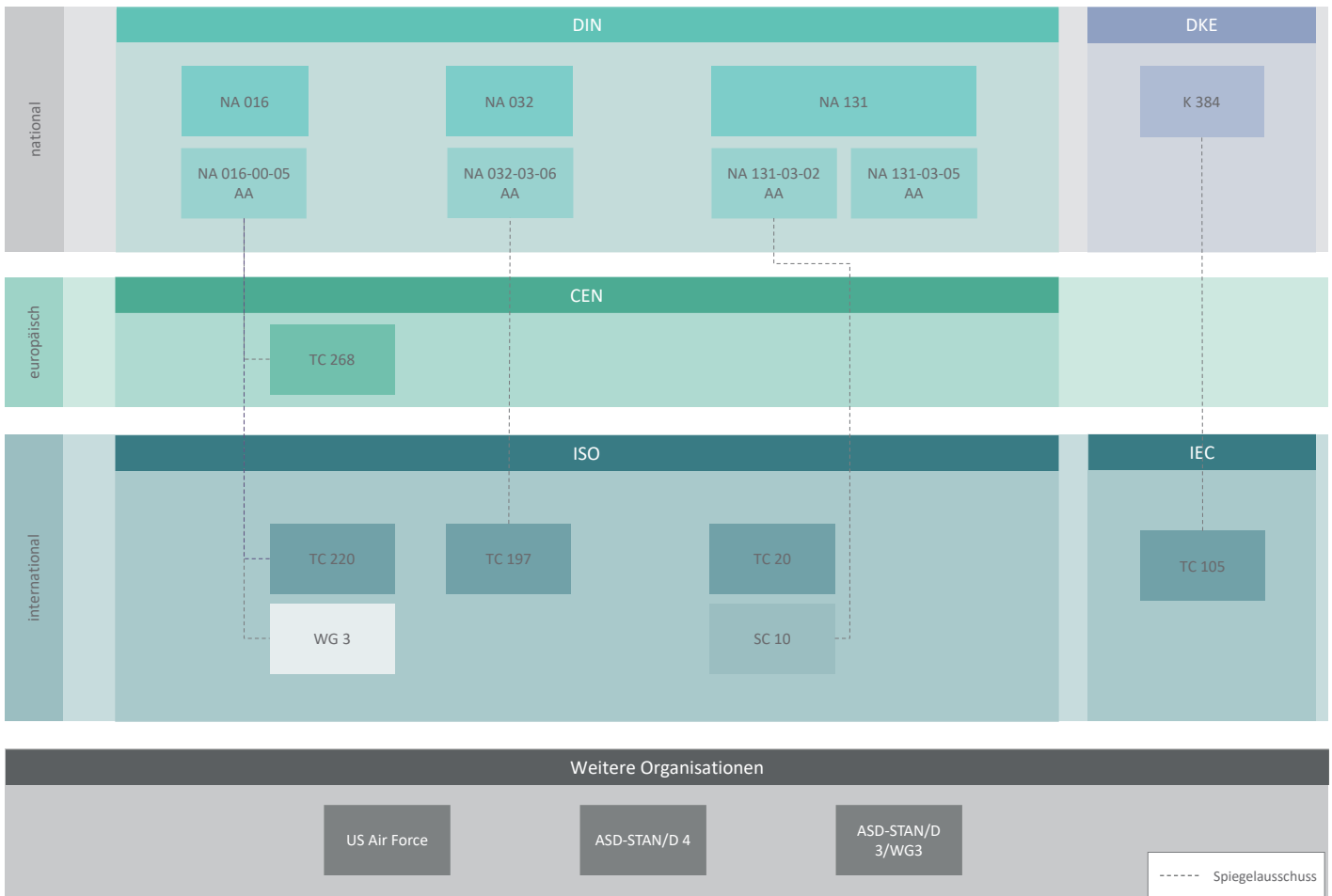


Abbildung 29: Übersicht relevanter Gremien der technischen Regelung im Bereich Luftfahrt (Stand 03-2024)
(Quelle: eigene Darstellung)

welche die Audits vor Ort an Flughäfen durchführt [277]. Für die Automobilindustrie existieren bereits Normen in diesem Bereich: ISO 19880-1 [278] und ISO/DIS 19885-1 [279].

UMSETZUNG: Es muss Kontakt zum ADV (Arbeitsgemeinschaft Deutscher Verkehrsflughäfen) [280] hergestellt werden. Grundsätzlich ist die Umsetzung auch in Form einer Sammlung relevanter Normen vorstellbar (wie z. B. das AD 2000-Regelwerk) [281]. Als Grundlage für die neue technische Regel müssen die sehr wichtigen Dokumente SAE ARP 4754 B [282] und SAE ARP 4761 A [283] dienen. Existierende Explosionschutznormen sollten ebenfalls beachtet werden.

BEDARF 4.3.14-03:
Dichtigkeitsprüfung/Permeabilitätsbestimmung

INHALT: Dichtigkeitsprüfung; Bauteile; Materialsysteme

ERLÄUTERUNG: Einheitliche Verfahren zur Dichtigkeitsprüfung ermöglichen einen quantitativen und qualitativen Vergleich von Bauteilen.

UMSETZUNG: Eine Umsetzung wird aufgrund der Internationalität der Luftfahrt idealerweise auf internationaler Ebene (ISO), mindestens auf europäischer Ebene (EN), empfohlen.

Sonderfahrzeuge/Spezialfahrzeuge

BEDARF 4.3.14-04: Brandschutz- und Blitzschutztest

INHALT: Umweltbedingungen; Prüfverfahren; Bordausrüstung; Feuerbeständigkeit in brandgefährdeten Zonen

ERLÄUTERUNG: Spezifizierung der Testbedingungen für alle Komponenten, Geräte und Strukturen, die in sogenannten „Feuerzonen“ verbaut sind [284], [285].

UMSETZUNG: Diskussion mit OEMs und Test-Laboren, die bereits derartige Tests durchführen.

BEDARF 4.3.14-05: Sauberkeit von Leitungen (innen und außen)

INHALT: Sauberkeit; Leitungen; Reinigungsprozess

ERLÄUTERUNG: Es ist nötig, standardisierte Reinheitsklassen für die Leitungen im Betrieb mit Wasserstoff (gasförmig und flüssig) zu definieren. Für die Standardisierung relevant sind ebenfalls die Sauberheitsklassen von Sauerstoff, ein einheitlicher Prozess für die Reinigung wäre sinnvoll [54].

UMSETZUNG: Eine Umsetzung wird aufgrund der Internationalität der Luftfahrt idealerweise auf internationaler Ebene (ISO), mindestens auf europäischer Ebene (EN), empfohlen.

Querschnittsthemen:

Es gibt mit dem [AK Erzeugung](#) Überschneidungen bzgl. dem in der ISO 14687 [54] erwähnten Reinheitsgrad von Wasserstoff. Grad D sollte nicht nur für Schienenfahrzeuge gelten, da dieser ebenfalls in der Luftfahrt für Brennstoffzellen interessant ist. Außerdem existiert mit der [AG Sonderfahrzeuge/Spezialfahrzeuge](#) Abstimmungsbedarf bzgl. der Festlegung einer technischen Regel für gewisse Massenströme von Kupplungen während der Betankung von Flugzeugen, am besten auf europäischer Ebene.

4.3.14.4 Umsetzungsprojekte

Bisher wurden von der AG noch keine Umsetzungsprojekte zur finanziellen Förderung durch das BMWK vorgeschlagen.

4.3.15 Sonderfahrzeuge/Spezialfahrzeuge

Wasserstoff soll künftig nicht nur in den üblichen Transportmitteln eingesetzt werden, sondern auch in Sonder- und Spezialfahrzeugen wie Minenfahrzeugen und Flurförderzeugen. Typischerweise unterliegen diese Fahrzeuge aufgrund ihres Einsatzgebietes, wie z. B. dem Einsatz in Flughäfen, in Lagern, Tagebauen, unter Tage, beim Tunnelbau, weiteren Baustellen sowie im Agrarbereich, gesonderten Rahmenbedingungen. Die AG Sonder- und Spezialfahrzeuge widmet sich der Fragestellung, wie der Einsatz von Wasserstoff in Sonder- und Spezialfahrzeugen durch Normen und technische Regeln sicher und zuverlässig gestaltet werden kann und welche Änderungen am bestehenden Portfolio des technischen Regelwerks dafür notwendig ist. Hierzu können die verschiedenen Technologien (Elektroantrieb mit Brennstoffzelle, Verbrennungsmotor) und Rahmenbedingungen beschrieben sowie Normen und technische Regeln danach ausgerichtet werden. Darunter sollen auch Tankschnittstellen betrachtet werden, die über den reinen Betankungsanschluss hinausgehen, z. B. Datenkommunikation (funkend oder kabelgebunden), Wasserableitung. Diese Normungspotenziale sollen erfasst und dokumentiert werden.

4.3.15.1 Bestandsanalyse

Im Rahmen der Bestandsanalyse wurden für die AG Sonder- und Spezialfahrzeuge 124 Normen bzw. technische Regeln gesichtet und als relevant für das Thema eingestuft. Hierbei handelt es sich ausschließlich um europäische oder internationale Dokumente. Nationale Normen bzw. technische Regelwerke wurden nicht identifiziert. Hauptsächlich relevant sind für das Thema Sonder- und Spezialfahrzeuge Normen, technische Spezifikationen und technische Regeln. Bei ca. 65 % der identifizierten Normen und technischen Regeln handelt es sich um DIN EN ISO, DIN EN IEC oder ISO-Normen. Knapp 25 % der Normen und technischen Regeln befinden sich aktuell in der Entwurfsphase. Die identifizierten Einträge können im [Verzeichnis der Normen und technischen Regelwerke für Wasserstofftechnologien](#) [13] eingesehen werden.



4.3.15.2 Anforderungen und Herausforderungen

Die Identifikation von Bedarfen stellt eine zentrale Herausforderung dar, die bisher nicht vollständig gelöst wurde. Diese Schwierigkeit ist auf verschiedene Faktoren zurückzuführen, darunter die fehlende Klarheit politischer Vorgaben sowie die Unsicherheit und Komplexität des Marktes. Besonders relevant ist hierbei das Interesse des Marktes an Wasserstofflösungen, das ebenfalls Einfluss auf die Identifizierung und Priorisierung von Bedarfen hat.

4.3.15.3 Bedarfsanalyse

Die AG befindet sich aktuell noch in der Ausarbeitung konkreter Bedarfe. Die oben genannten Anforderungen und Herausforderungen erschweren die Identifizierung der Bedarfe. Die konkretisierten Bedarfe werden in der zweiten Fassung der

NRM H2 Ende 2025 veröffentlicht. Es wurde jedoch darüber diskutiert, eine europäische technische Regel zum Thema Massenströme von Wasserstoff für Kupplungen bei der Betankung von Flugzeugen festzulegen. Diese technische Regel ist notwendig, da es beim Verbinden der Kupplung zwischen Flugzeug und Betankungsanlage immer einen Totvolumenstrom gibt, durch den es zu kleineren Explosionen oder auch Vereisungen kommen kann. Außerdem wurde darüber diskutiert, den Zulassungsprozess von Straßenfahrzeugen gem. Regelung UN ECE R-134 [262] für die Klassen N und M mit denen von Sonder- und Spezialfahrzeugen in Einklang zu bringen.

4.3.15.4 Umsetzungsprojekte

Bisher wurden von der AG noch keine Umsetzungsprojekte zur finanziellen Förderung durch das BMWK vorgeschlagen.



4.4 Qualitätsinfrastruktur

Der Arbeitskreis Qualitätsinfrastruktur befasst sich mit den Aspekten zur Analyse, Messtechnik, Sicherheit, Lebensdauer und Zuverlässigkeit und damit im Schwerpunkt mit Grundlagennormen, die von anderen Arbeitskreisen referenziert werden können. Diese umfassen den Bereich der Gasanalyse und den Bereich der Wasserstoffzähler sowie anderer Messtechnik. Ebenfalls eingeschlossen sind Prüfverfahren zur Ermittlung von Kennwerten unter Einfluss von Wasserstoff und Medien im Umfeld von Wasserstofftechnologien sowie die Auswahl der Werkstoffe und die Auslegung der Bauteile für den Einsatz in Kontakt mit Wasserstoff. Die Detektion von Wasserstoffleckagen wird ebenfalls behandelt.

4.4.1 Gasanalyse

Die AG Gasanalyse befasst sich mit Fragestellungen zur chemischen Zusammensetzung und daraus abgeleiteten physikalischen Größen für wasserstoffhaltige Gasgemische, Rein- und Reinstwasserstoff entlang des analytischen Prozesses. Dazu zählen insbesondere Methodenauswahl, Probenahme, Messgerätequalifizierung und Analysetechnik, Herstellung und Anwendung von Kalibriergasen, Mess- und Auswertestrategie, Umrechnung und Dokumentation sowie qualitätssichernde Maßnahmen.

4.4.1.1 Bestandsanalyse

Zunächst wurden rund 80 Normen bzw. technische Regeln identifiziert, von denen nach kritischer Durchsicht durch die AG rund 50 Normen bzw. technische Regeln im Zusammenhang mit der Analyse von Wasserstoff ermittelt wurden. Damit bestehen bereits umfangreiche Normen und technische Regeln

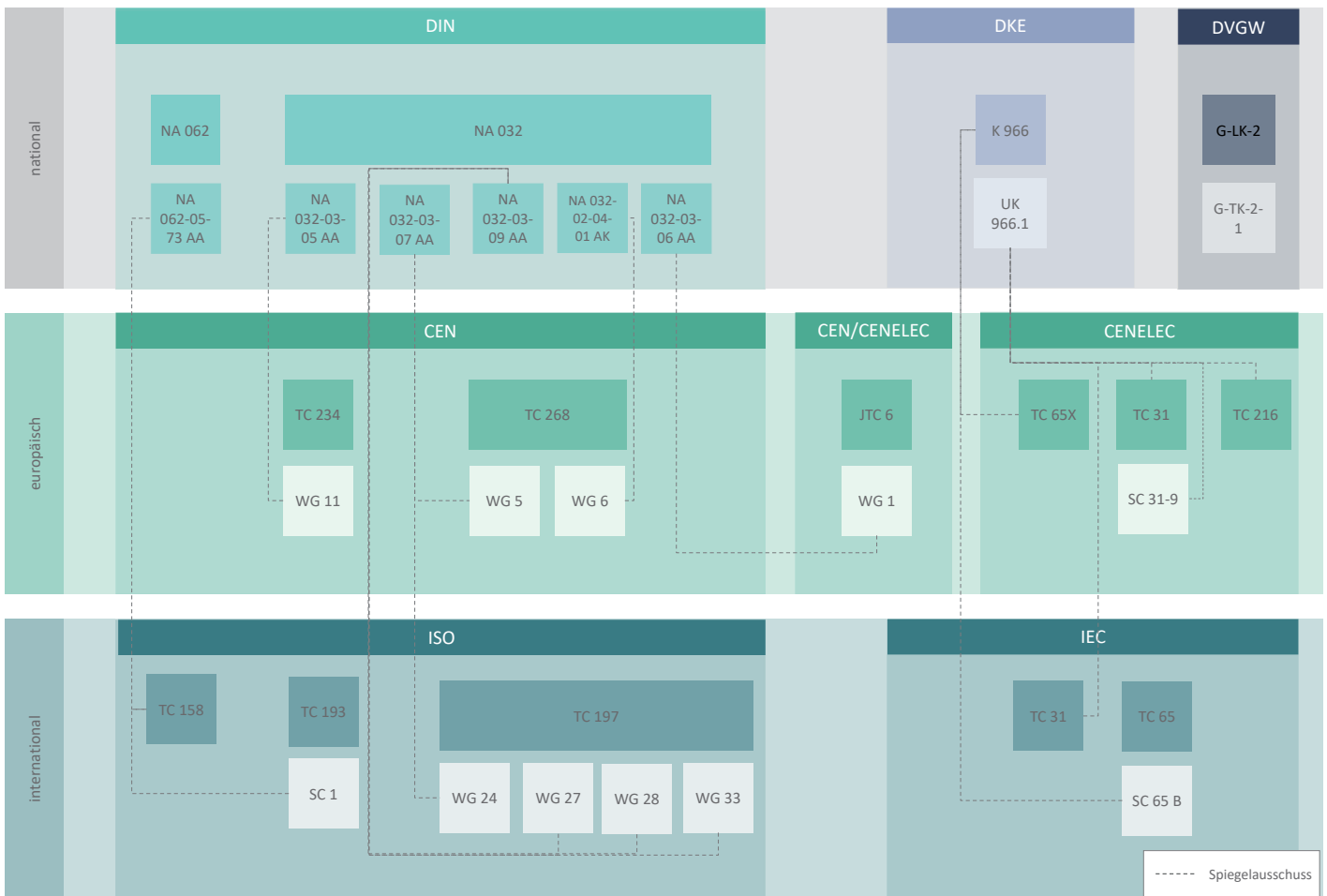


Abbildung 30: Übersicht relevanter Gremien der technischen Regelsetzung im Bereich Gasanalyse (Stand 03-2024)
(Quelle: eigene Darstellung)

zur Analytik von Rein-, Reinstwasserstoff und wasserstoffhaltigen Gemischen, die z. T. auf lang bekannten und bewährten Normen für die Reinstgase- und Gasgemischanalytik beruhen. Es sind insbesondere in den letzten zehn Jahren Normen für die Analytik im Zusammenhang mit der Brennstoffzellenanwendung bei Straßenfahrzeugen dazugekommen. Den größten Teil der Normen und technischen Regeln umfassen DIN, DIN EN, DIN EN ISO oder ISO-Normen sowie ASTM-Normen und DVGW-Regelwerke. Darüber hinaus sind technische Richtlinien der PTB-Bestandteil der technischen Regelwerke [13].

Abbildung 30 stellt die identifizierten Gremien der technischen Regelsetzung dar, die für die Erarbeitung der technischen Regelwerke im Bereich Gasanalyse wichtig sind. Eine Übersicht zu den Abkürzungen der Gremien kann in Abschnitt 9 eingesehen werden.

4.4.1.2 Anforderungen und Herausforderungen

Viele Normen und technische Regeln im Bereich der Gasanalytik sind generischer Natur und müssen nicht angepasst oder nur geringfügig erweitert werden. Lücken gibt es für Normen, die speziell auf die Analyse von Wasserstoff abzielen. So existieren mitunter zwar Spezifikationsnormen für die Anwendung insbesondere von sehr reinem Wasserstoff. Für diese Spezifikationsnormen sind kaum entsprechende Verfahrensnormen für die Laboranalytik, geschweige denn für die Online-Analytik verfügbar. Zur Erarbeitung dieser Verfahrensnormen sind Ergebnisse aus Forschungsprojekten notwendig. Gelingt es nicht, diese Lücke der fehlenden Verfahrensnormen zu schließen, können die definierten Spezifikationen messtechnisch nicht sauber nachgewiesen werden, was den Markthochlauf der Wasserstofftechnologie verlangsamt oder gar

Wasserstoffmesstechnik und Abrechnungsverfahren

verhindert. Die entsprechende pränormative Forschung kann aufgrund der Breite und des Aufwands in den Normungsgremien kaum geleistet werden. Außerdem fehlen Verfahrensnormen speziell im Bereich Kalibrierung für Messgeräte zur Wasserstoffanalyse sowie Regelungen und Verfahrensnormen für Prüflabore im Eichwesen. Zusätzlich besteht die große Herausforderung darin, labor-, praxis- und feldtaugliche Messanforderungen zu spezifizieren sowie die Wirtschaftlichkeit der zu verwendenden Gasanalytik sicherzustellen. Für den erfolgreichen Markthochlauf der Wasserstofftechnologie werden wirtschaftlich skalierbare Systeme benötigt.

4.4.1.3 Bedarfsanalyse

BEDARF 4.4.1-01:

Erweiterung in Anlehnung an ISO 21087:2019-06, Gasanalyse – Analytische Methoden für Wasserstoff als Kraftstoff – Protonenaustauschmembran (PEM)-Brennstoffzellenanwendung für Straßenfahrzeuge [66]

INHALT: Vorgehensweise; Spurenanalytik; Methoden; Referenzen; Laboranalytik

ERLÄUTERUNG: Neben der langsamen und aufwendigen Laboranalytik wird reaktionsschnelle und einfache Online-Analytik benötigt. Mehr noch als die Laboranalytik ist die Online-Analytik für Reinstwasserstoff Gegenstand der pränormativen Forschung.

UMSETZUNG: Es ist sinnvoll, die Ergebnisse der pränormativen Forschung bis Ende 2025 abzuwarten, wie sie u. a. im BMVI-Projekt (Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur) RingWaBe entwickelt werden [286]. Danach ist über die Erweiterung der ISO 21087 oder eines separaten Dokuments zu diskutieren. Die Bearbeitung der ISO 21087 erfolgt im ISO/TC 158 Analysis of gases, das nationale Spiegelgremium ist der DIN-Arbeitsausschuss NA 062-05-73 AA Gasanalyse und Gasbeschaffenheit.

4.4.1.4 Umsetzungsprojekte

Bisher wurden von der AG noch keine Umsetzungsprojekte zur finanziellen Förderung durch das BMWK vorgeschlagen.

4.4.2 Wasserstoffmesstechnik und Abrechnungsverfahren

Die AG Wasserstoffmesstechnik und Abrechnungsverfahren befasst sich mit der Wasserstofftauglichkeit von verschiedenen Typen eingesetzter Gaszähler, diversen Methoden für das Messverfahren und der Umrechnung bei der Eichung und Kalibrierung der Messgeräte für den Haushalts- sowie Gewerbe- und Industriebereich. Des Weiteren werden Teilgeräte (z. B. Mengenumwerter) und Zusatzeinrichtungen für wasserstoffhaltige Gase bis 100 % Wasserstoff betrachtet. Auch die Abrechnungsverfahren müssen an die neuen Gegebenheiten der Wasserstofftransformation angepasst werden.

4.4.2.1 Bestandsanalyse

Insgesamt sind 18 Regelwerke als Bestand des bereits veröffentlichten [Verzeichnisses der Normen und technischen Regelwerke für Wasserstofftechnologien \[13\]](#) identifiziert worden. Davon haben 13 Regelwerke den Status veröffentlicht. Die übrigen Dokumente befinden sich in Überarbeitung und liegen entweder als Entwurf oder (vorläufiges) Arbeitsdokument vor. Die Anforderungen an die Messung und das Verfahren zur Energieermittlung und Abrechnung von Gasen (bzw. Wasserstoff) an allen Ein- und Auspeisepunkten sind im großen Teil H₂-ready. Einige Regelwerke zu Themen wie z. B. die Abrechnung von reinem Wasserstoff in Wasserstoffnetzen werden in naher Zukunft veröffentlicht. Die H₂-readiness der Messtechnik und Abrechnung ist ein Dauerprojekt. Es gibt viele verschiedene Forschungsprojekte, die diese Thematik umfassen, sodass die Ergebnisse ins DVGW-Regelwerk sowie in nationale, Europäischen und internationale Normen aufgenommen werden können [287], [288], [289], [290].

Für die Produktnormen der Zähler sind die ersten Überarbeitungen hinsichtlich Wasserstoff in Planung oder haben bereits begonnen. Die Überarbeitung einer Produktnorm mit höchster

Wasserstoffmesstechnik und Abrechnungsverfahren

Technologie-Sensitivität wird diesbezüglich als eine Art „Pilotnorm“ betrachtet. Dementsprechend werden die Ergebnisse im Anschluss in die anderen Produktnormen aufgenommen. Aufgrund der fehlenden Regelsetzung gibt es derzeit auf dem Markt fast keine Volumenmessgeräte mit einer Baumusterprüfbescheinigung für die Messung von reinem Wasserstoff. Die H₂-readiness wird zum gegenwärtigen Zeitpunkt im Wesentlichen über Erklärungen der Herstellenden erreicht. Allerdings gibt es eine DVGW-Information, die den aktuell besten Stand der Technik für die Wasserstoffmessung für verschiedene Messgerätetypen beschreibt [291]. Analog zu den technischen Regelwerken müssen auch die gesetzlichen Vorschriften, wie das Mess- und Eichgesetz, die Mess- und Eichverordnung und die europäische Messgeräte-Richtlinie, eingehalten werden. Dazu bestehen derzeit verschiedene technische Richtlinien der PTB und verschiedene Prüfanweisungen, die in Bezug auf Wasserstoff überarbeitet wurden oder werden.

Abbildung 31 stellt die identifizierten Gremien der technischen Regelsetzung dar, die für die Erarbeitung der technischen Regelwerke im Bereich Wasserstoffmesstechnik und Abrechnungsverfahren wichtig sind. Eine Übersicht zu den Abkürzungen der Gremien kann in Abschnitt 9 eingesehen werden.

4.4.2.2 Anforderungen und Herausforderungen

Die Integration von Wasserstoff in das Gasnetz stellt eine Herausforderung dar, die umfassende Anpassungen bestehender Normen und technischer Regeln erfordert. Die Anpassungen reichen von den beteiligten Messgeräten und Zusatzeinrichtungen über grundlegende Sicherheitsaspekte bis hin zu spezifischen Abrechnungsverfahren. Im Bereich der Sicherheit ist insbesondere die Berücksichtigung von Korrosionsrisiken nach DIN EN 1776 [292] essenziell, um die Integrität der Gasinfrastruktur bei variierenden Wasserstoffkonzentrationen sicherzustellen. Eine gezielte Anpassung der Materialien und Komponenten an die physikalischen und chemischen Eigenschaften von Wasserstoff ist dabei entscheidend für deren Langlebigkeit und Zuverlässigkeit.

In der Messtechnik liegt ein Schwerpunkt auf der Präzision. Spezifikationen und Richtlinien wie PTB-A 7.4 [293], PTB-TR G 9 [294], PTB-TR 29 [295] sowie die Measurement Instrument Directive (MID) [296] und die harmonisierten Standards aus CEN/TC 237 konzentrieren sich auf Zulassung, Inverkehrbringen, Installation und Betrieb von Mengenumwertern und Gaszählern. Eine sorgfältige Anpassung und Validierung

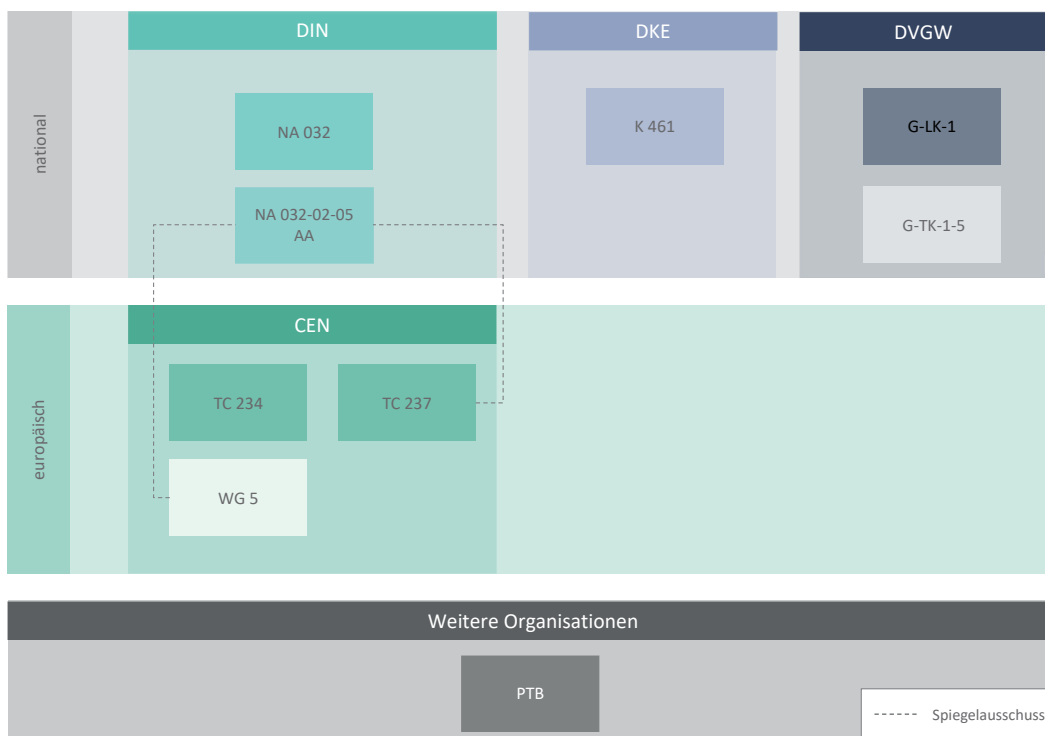


Abbildung 31: Übersicht relevanter Gremien der technischen Regelsetzung im Bereich Wasserstoffmesstechnik und Abrechnungsverfahren (Stand 03-2024) (Quelle: eigene Darstellung)

Wasserstoffmesstechnik und Abrechnungsverfahren

dieser Messgeräte für den Einsatz in wasserstoffhaltigen Umgebungen ist zwingend, um eine genaue Verbrauchsmessung zu garantieren. Dies stellt sicher, dass die Messgenauigkeit auch bei schwankenden Gaszusammensetzungen erhalten bleibt. Um eine korrekte Abrechnung sicherzustellen, auch wenn nicht alle Messwerte zur Verfügung stehen, bietet das DVGW-Arbeitsblatt G 685 [297] notwendige Richtlinien für eine zuverlässige Energieermittlung. Im Fokus steht die Bestimmung der K-Zahl und des Abrechnungsbrennwerts. Sie tragen somit entscheidend zur Akzeptanz und Effizienz der Wasserstoffintegration bei. Diese normativen Anpassungen sind unerlässlich für eine sichere, präzise und effiziente Integration von Wasserstoff ins Gasnetz und leisten somit einen wichtigen Beitrag zur Energiewende.

4.4.2.3 Bedarfsanalyse

Die Anpassung der Gasinfrastruktur für Wasserstoff hinsichtlich Messtechnik und Abrechnungsverfahren umfasst 11 Bedarfe. Von diesen wurden sieben Bedarfe bereits konkretisiert, so dass entsprechende Handlungsempfehlungen ausgesprochen werden konnten. Es wurden fünf Bedarfe im Bedarf 4.4.2-01 zusammengefasst, die alle die Überprüfung und Anpassung der Measurement Instrument Directive (MID) [296] und harmonisierter Standards für verschiedene Zählertypen betreffen. Notwendig sind ferner die Überprüfung der Zusatzfunktionen von Haushaltsgazählern und die Anpassung von Umwertern. Hier wurden zwei Bedarfe im Bedarf 4.4.2-02 zusammengefasst.

BEDARF 4.4.2-01:

Gaszähler (DIN EN 1359, Gaszähler – Balgengaszähler [298], DIN EN 12480, Gaszähler – Drehkolbengaszähler [299], DIN EN 12261, Gaszähler – Turbinenradgaszähler [300], DIN EN 14236, Ultraschall-Haushaltsgaszähler [301], DIN EN 17526, Gaszähler – Thermische Massendurchflussgaszähler [302])

INHALT: thermischer Massendurchflussgaszähler; Balgengaszähler; Drehkolbengaszähler; Turbinenradgaszähler; Ultraschall-Haushaltsgaszähler

ERLÄUTERUNG: Die verschiedenen Zählertypen, die in Deutschland und Europa sowohl in Haushalten als auch in der

Industrie Verwendung finden, müssen für die Umrüstung des Gasnetzes auf Wasserstoff ggf. besondere Standards erfüllen. Dies gilt es zu prüfen und in die technische Regelsetzung aufzunehmen. Auf europäischer Ebene wurde die Norm für thermische Massendurchflussgaszähler als Pilotnorm identifiziert und mit der Überarbeitung begonnen. Die Ergebnisse sollen in die anderen Produktnormen aufgenommen werden. Die AG schlägt vor, die DIN EN 1359 [298] als Pilotnorm für mechanische Messgeräte zu definieren.

UMSETZUNG: Die Überarbeitung erfolgt im Gremium CEN/TC 237. Die nationale Spiegelarbeit erfolgt im DIN-Arbeitsausschuss NA 032-02-05 AA Gasmessung.

BEDARF 4.4.2-02:

Normenreihe DIN EN 12405, Gaszähler – Umwerter [303], DIN EN 16314, Gaszähler – Zusatzfunktionen [304]

INHALT: Gaszähler-Umwerter; Gaszähler-Zusatzfunktionen

ERLÄUTERUNG: Entsprechend der Überarbeitung der Gaszähler müssen ebenfalls die technischen Regeln für Umwerter und Zusatzfunktionen an Wasserstoff angepasst werden.

UMSETZUNG: Die Überarbeitung erfolgt im Gremium CEN/TC 237. Die nationale Spiegelarbeit erfolgt im DIN-Arbeitsausschuss NA 032-02-05 AA Gasmessung.

4.4.2.4 Umsetzungsprojekte

Die finanzielle Unterstützung zur Überarbeitung von DIN EN 1359, Gaszähler – Balgengaszähler [298] wurde bewilligt:

Diese Europäische Norm legt die Anforderungen und Prüfungen für den Bau, den Betrieb, die Sicherheit und die Herstellung von Balgengazählern der Genauigkeitsklasse 1,5 mit koaxialen Einstutzen- oder Zweistutzenanschlüssen zur Volumenmessung von Brenngasen der ersten, zweiten und dritten Familie nach EN 437:2003+A1:2009 [210] bei maximalen Betriebsdrücken bis 0,5 bar und einem maximalen Durchfluss bis 160 m³/h fest. Aufgrund der großen Bedeutung von Balgengazählern für die deutschen und europäischen

Haushalte, Gewerbe und Industrie ist eine Anpassung an Wasserstoff notwendig. Die AG schlägt vor, die DIN EN 1359 [305] als Pilotnorm für mechanische Messgeräte zu definieren. In Deutschland gibt es neue Ergebnisse zur Wasserstofftauglichkeit neuer Balgengaszähler, die in diese Norm eingebracht werden sollen. Auf der Grundlage der Ergebnisse des Forschungsprojekts wurden die ersten Baumusterprüfbescheinigungen für Balgengaszähler für Wasserstoff erteilt.

4.4.3 Metallische Werkstoffe

Die AG Metallische Werkstoffe befasst sich mit Prüfverfahren zur Ermittlung von Werkstoffkennwerten unter Einfluss von gasförmigem und flüssigem Wasserstoff⁷ an metallischen Werkstoffen. Durch Wasserstoffeinwirkung verursachte Korrosionsphänomene und Leckagen werden ebenso berücksichtigt wie Beschichtungen, die der Diffusion von Wasserstoff entgegenwirken. Der Themenschwerpunkt liegt auf der produktspezifischen mechanischen Werkstoffcharakterisierung. Dazu zählen unter anderem die Messung von Wasserstoffgehalt im Metall, die Definition von Prüfmedien und Prüfverfahren zur Ermittlung von mechanischen Werkstoffkennwerten wie z. B. der Zugversuch. Produktspezifische Bedarfe werden in den [AKs Erzeugung](#), [Infrastruktur](#) und [Anwendungen](#) erarbeitet.

4.4.3.1 Bestandsanalyse

Im Rahmen der NRM H2 wurde festgestellt, dass viele zur Verfügung stehenden Normen nicht im Hinblick auf die Prüfung von wasserstoffbeladenem Metall oder in Wasserstoffatmosphäre erarbeitet wurden und daher angepasst werden müssten [13]. Besonders im Bereich der Messung des Wasserstoffgehalts und der Definition der Prüfmedien muss noch Normungsarbeit geleistet werden. Daher besteht nicht nur Bedarf daran, bestehende Normen und technische Regeln zu überarbeiten, sondern auch identifizierte Lücken durch neue Projekte zu schließen. International wird z. B. an einer Norm für wasserstoffgefüllte Hohlzugproben gearbeitet, an der sich

deutsche Expertinnen und Experten aktiv beteiligen. Für konkrete Beispiele wird auf die erarbeiteten Bedarfe verwiesen.

4.4.3.2 Anforderungen und Herausforderungen

Es werden Normen und technische Regeln benötigt, die die Vergleichbarkeit von Messergebnissen sicherstellen. Dazu müssen Prüfverfahren definiert werden, wobei Prüfverfahren für bestimmte Bauteile und Prüfverfahren für verschiedene Werkstoffe unterschieden werden müssen. Aktuell gibt es in der Normung und technischen Regelsetzung viele Prüfnormen, in denen die Anforderungen für Wasserstoff noch nicht spezifiziert sind. In den USA und Kanada sind Normen mit Bezug zur Wasserstoffversprödung (ASME B31.12 [77] und CSA CHMC 1-2014 [306]) etabliert. In Europa existieren keine vergleichbaren Regelwerke. Viele Expertinnen und Experten der AG Metallische Werkstoffe sehen die Permeationseigenschaften von Metallen mit und ohne Beschichtung als essenziell wichtig für die Bauteilauslegung und den Designprozess, um eine(n) sichere(n) Verwendung und Betrieb zu gewährleisten. Betrachtet wird die Permeation aus der Gasphase und nicht aus der elektrolytischen Beladung. Es wurde vorgeschlagen, eine Norm zu Messung der Permeabilität für Kunststoffe und Metalle zu erarbeiten. Diese Norm soll geeignet sein, um Barrierschichten zu prüfen. Um eine Norm zu verfassen, muss im Vorfeld das benötigte Prüfverfahren durch Ringversuche validiert werden.

Eine Herausforderung ist, Bedarfe zu erarbeiten, die mehrere AGs betreffen. So wurde in dieser AG der Bedarf zur Standardisierung kleiner Erzeugnisformen wie Rohre mit geringer Wandstärke gesehen. Der DVGW betrachtet nur große Transportleitungen/Ferngasleitungen im Bereich > 16 bar. Dünne Rohre mit kleinen Durchmessern (Präzisionsrohre) sind auch für mobile Anwendungen von Interesse. Die vorgeschlagene Norm ermöglicht es, kostengünstig qualitativ hochwertige Rohre zu produzieren. Für das weitere Vorgehen wurde die [AG Rohrleitungen](#) informiert.

[Abbildung 32](#) stellt die identifizierten Gremien der technischen Regelsetzung dar, die für die Erarbeitung der technischen Regelwerke im Bereich Metallische Werkstoffe wichtig sind. Eine Übersicht zu den Abkürzungen der Gremien kann in [Abschnitt 9](#) eingesehen werden.

⁷ Die Definition der Umgebungsluft (Zusammensetzung der Wasserstoffatmosphäre) wird in Regelwerken festgelegt.

Metallische Werkstoffe

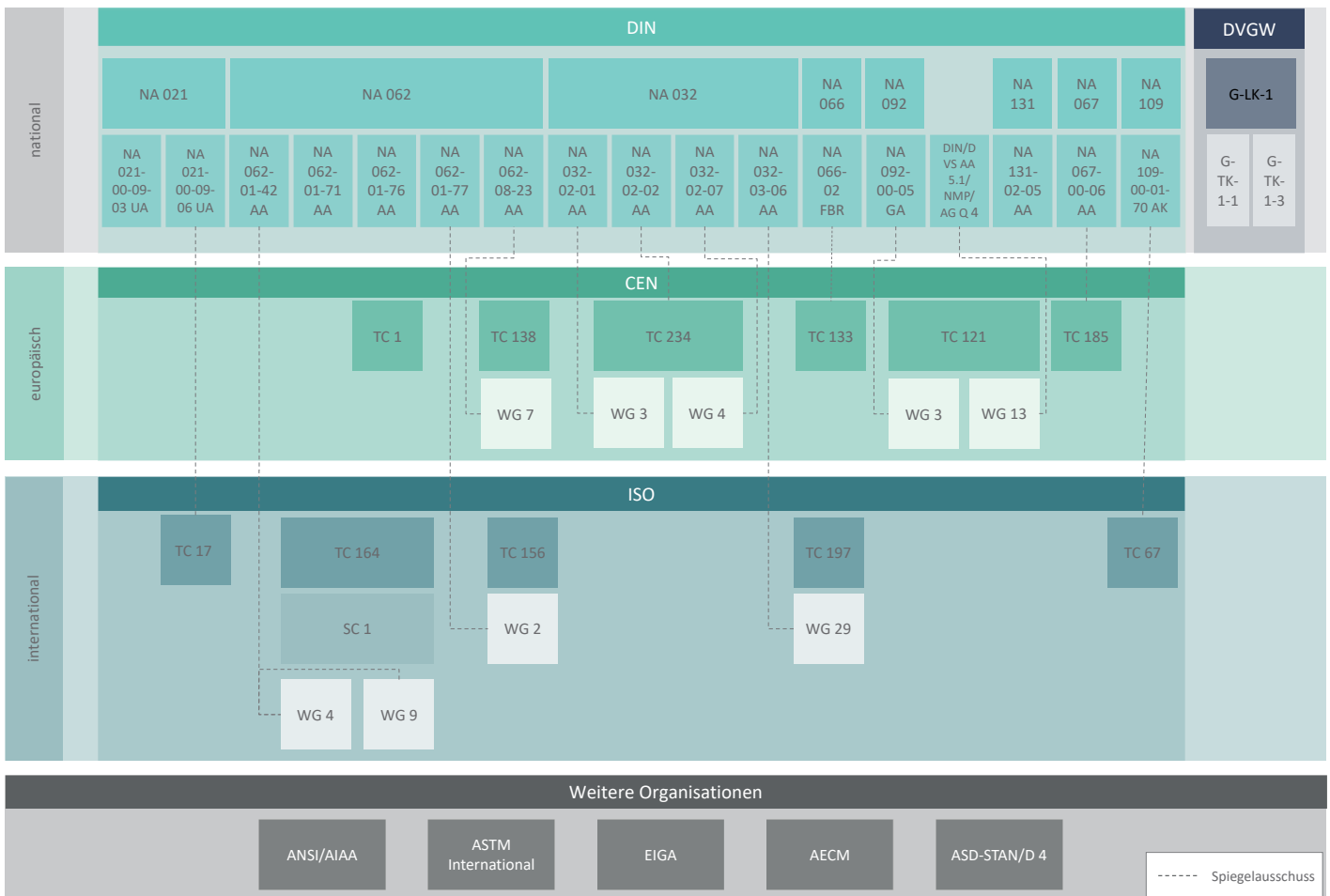


Abbildung 32: Übersicht relevanter Gremien der technischen Regelung im Bereich metallische Werkstoffe (Stand 03-2024) (Quelle: eigene Darstellung)

4.4.3.3 Bedarfsanalyse

BEDARF 4.4.3-01:
Zugversuch (langsamer Zugversuche, SSRT-Prüfungen) unter Druckwasserstoff

INHALT: Zugversuch; SSRT-Prüfungen

ERLÄUTERUNG: Aktuell gibt es kein gültiges Regelwerk für Zugversuche unter Druckwasserstoff in Deutschland. Daher werden momentan häufig die amerikanischen Normen ASTM G129 [307] und ASTM G142 [308] herangezogen. Ein Regelwerk für Zugversuche unter Druckwasserstoff ist damit eine Grundlage für die Wasserstoffwirtschaft. Das Regelwerk

kann aufbauend auf vorliegenden Regelwerken zum Zugversuch an Luft, s. ISO 6892 [309], erstellt werden. Es fehlen vor allem Vorgaben zur Testatmosphäre, zu einer möglicherweise erforderlichen Vorbelastung und der Versuchsgeschwindigkeit. Dazu gehört auch ein Parameter zur Berechnung der relativen Wasserstoffschädigung zur besseren Vergleichbarkeit.

UMSETZUNG: Initiierung eines ISO-Normprojekts im DIN-Arbeitsausschuss NA 062-01-42 AA Zug- und Duktilitätsprüfung für Metalle und auf internationaler Ebene in einer Working Group des SC 1 Uniaxial testing im ISO/TC 164 Mechanical testing of metals.

BEDARF 4.4.3-02:

Risswachstumsversuch unter Druckwasserstoffatmosphäre

INHALT: Risswachstumsversuch; da/dN unter Druckwasserstoff

ERLÄUTERUNG: Für die Wasserstoffwirtschaft spielt die Bewertung des Risswachstums in der sicheren Auslegung von zyklisch belasteten technischen Strukturen eine zentrale Rolle. Hierzu sind Normen und technische Regeln, die Randbedingungen für Risswachstumsversuche unter Druckwasserstoff definieren, essenziell. Bisherige Normen und technische Regeln für Risswachstumsversuche (ASTM E647 [310] und ISO 12108 [311]) beinhalten diese weder für Druckwasserstoff noch unter korrosiver Atmosphäre, sodass derzeit keine unabhängig reproduzierbaren Werkstoffeigenschaften für Risswachstum auf Basis deutscher oder europäischer Normen zu ermitteln sind.

UMSETZUNG: Initiierung eines ISO-Normprojekts im DIN-Arbeitsausschuss NA 062-01-45 AA Ermüdungsprüfung und auf internationaler Ebene in einer Working Group des SC 4 Fatigue, fracture and toughness testing im ISO/TC 164 Mechanical testing of metals.

BEDARF 4.4.3-03:

Quasistatische Bruchzähigkeit und J-Integral

INHALT: quasistatische Bruchzähigkeit (KIC, KIH); J-Integral

ERLÄUTERUNG: Es gibt kein deutsches oder europäisches Regelwerk für die Messung der quasistatischen Bruchzähigkeit oder des J-Integrals unter Einfluss von Druckwasserstoff. Damit können für die Auslegung und den sicheren Betrieb von technischen Strukturen keine vergleichbaren und belastbaren Werkstoffkennwerte ermittelt werden. Es bietet sich an, neue Regelwerke zu schreiben oder bestehende Regelwerke wie ISO 12135 [312], ASTM E399 [313] und ASTM E1820 [314] um Bedingungen der Gasumgebung zu ergänzen. Dazu gehört auch insbesondere ein Parameter zur Berechnung der relativen Wasserstoffschädigung als vereinfachende Größe zur besseren Vergleichbarkeit von Werkstoffen.

UMSETZUNG: Initiierung eines ISO-Normprojekts im DIN-Arbeitsausschuss NA 062-01-46 AA Bruchmechanik und auf internationaler Ebene in einer Working Group des SC 4 Fatigue, fracture and toughness testing im ISO/TC 164 Mechanical testing of metals.

BEDARF 4.4.3-04:

Kerbschlagversuch

INHALT: Kerbschlagversuch

ERLÄUTERUNG: Kerbschlagversuche unter Druckwasserstoffatmosphäre sind nicht sinnvoll durchzuführen. Weiterhin steht die begründete Vermutung im Raum, dass der Versuch zu schnell ist, um durch in-situ-Beladung eine Wasserstoffversprödung im Versuchsergebnis zu sehen. Daher sollte von einem Standard für Kerbschlagversuche unter korrosiver Druckgasatmosphäre aktuell abgesehen werden.

UMSETZUNG: Initiierung eines ISO-Normprojekts im DIN-Arbeitsausschuss NA 062-01-44 AA Schlagzähigkeitsprüfung für Metalle und auf internationaler Ebene in einer Working Group des SC 4 Fatigue, fracture and toughness testing im ISO/TC 164 Mechanical testing of metals.

BEDARF 4.4.3-05:

Ermüdungs-/Wöhlerversuch

INHALT: Ermüdungsversuch; Wöhlerversuch; dehnungsgeregelt; kraftgeregelt

ERLÄUTERUNG: Es gibt kein deutsches oder europäisches Regelwerk für die Messung des Ermüdungsverhaltens unter Einfluss von Druckwasserstoff. Benötigt wird eine Norm zur Durchführung von kraft- oder dehnungsgeregelten Ermüdungsversuchen unter Druckwasserstoff. Dabei sind Vorgaben zur Gasqualität, der Probengeometrie und deren Fertigungsqualität sowie zur Versuchsgeschwindigkeit (Expositionszeit, Dehnrate bzw. Versuchsfrequenz) zu machen, da diese Parameter die zyklischen Werkstoffeigenschaften beeinflussen. Insbesondere kann eine Versuchsdurchführung im LCF-Bereich eine Vorbelastung der Proben in Druckgasatmosphäre notwendig

Metallische Werkstoffe

machen, was näher spezifiziert werden muss. Es kann dabei auf bestehende Normen für dehnungsgeregelte Ermüdungsversuche (ISO 12106 [315]) und kraftgeregelte Ermüdungsversuche (DIN 50100 [316]) zurückgegriffen werden, indem diese für den Einfluss von Druckwasserstoff erweitert werden.

UMSETZUNG: Initiierung eines ISO-Normprojekts im DIN-Arbeitsausschuss NA 062-01-45 AA Ermüdungsprüfung und auf internationaler Ebene in einer Working Group des SC 4 Fatigue, fracture and toughness testing im ISO/TC 164 Mechanical testing of metals.

BEDARF 4.4.3-06:

Innendruckversuche (Zug- und Ermüdungsversuch)

INHALT: Zugversuch und Ermüdungsversuch; Hohlprobe; Ermüdungsversuch

ERLÄUTERUNG: Für die Hohlprobentechnik für Zugversuche wird derzeit die ISO 7039 erarbeitet [317]. Eine Normung für Hohlprobenversuche mit Ermüdungsbelastung ist aufbauend auf dem aktuellen Stand von Wissenschaft und Technik nicht sinnvoll, da zu viele Fragen des Einflusses der Innenoberfläche auf die Ermüdungslebensdauer unbeantwortet sind. Das Vorhaben sollte daher zurückgestellt werden, bis weitere F-&E-Ergebnisse vorliegen. Weiterhin soll eine Vorgabe zur Berechnung der relativen Wasserstoffschädigung (Eigenschaft unter korrosiver Atmosphäre / Eigenschaft unter Referenzbedingungen) festgelegt werden.

UMSETZUNG: Es werden Ergebnisse aus der Forschung und Entwicklung abgewartet. Anschließend kann die Initiierung eines ISO-Normprojekts im DIN-Arbeitsausschuss NA 062-01-42 AA Zug- und Duktilitätsprüfung für Metalle und auf internationaler Ebene in einer Working Group des SC 1 Uniaxial testing im ISO/TC 164 Mechanical testing of metals erfolgen.

BEDARF 4.4.3-07:

Wasserstoffverträglichkeitsprüfungen von kleinen, dünnen Rohren

INHALT: Kleine Rohre; dünne Rohre

ERLÄUTERUNG: Es soll ein normiertes Prüfverfahren für die Wasserstoffverträglichkeit von kleinen/dünnen Rohren (Außendurchmesser < 150 mm, Wanddicke < 12 mm) erarbeitet werden. Die Erfahrungen über den Wasserstoffeinfluss, insbesondere bei Anwendungen unter hohem Innendruck (> 200 bar) und zyklischen Belastungen, sind limitiert. Daher ist eine Prüfung auf Wasserstoffverträglichkeit unerlässlich. Einige technische Regeln (bspw. ISO 11114-4 [318], CHMC 1 [306]) bieten Materialverträglichkeitsprüfungen, welche einen sicheren Einsatz unter Druckwasserstoff belegen sollen. Dabei wird auf gängige Prüfkörper zurückgegriffen. Diese Probengeometrien sind jedoch bei kleinen und/oder dünnwandigen Rohren nicht umsetzbar. Aus diesem Grund ist eine Probenentnahme aus dem finalen Bauteil nur eingeschränkt möglich. Prüfungen an alternativen Materialien sind häufig nicht repräsentativ.

UMSETZUNG: Es soll eine Norm im ISO/TC 164 Mechanical testing of metals initiiert werden. Der zuständige nationale Ausschuss ist der DIN-Arbeitsausschuss NA 062-01-53 AA Mechanisch-technologische Prüfung an metallischen Rohren.

BEDARF 4.4.3-08:

Messung von Wasserstoffgehalt im Metall (Wasserstoffanalytik)

INHALT: Wasserstoffgehalt in Metall

ERLÄUTERUNG: Das Risiko für die Wasserstoffversprödung nimmt mit steigendem Wasserstoffgehalt zu. Daher ist die exakte Bestimmung des Wasserstoffgehalts in Metallen wesentlich. Derzeit gibt es Normen zur Messung des Wasserstoffgehalts in Lichtbogenschweißgütern (z. B. DIN EN ISO 3690 [319]), jedoch keine für Metallproben im Allgemeinen. Für die Messung des Wasserstoffgehalts in Metall gibt es verschiedene Messmethoden, die jeweils Vor- und Nachteile haben. Über ihre Verwendung besteht wenig Einigkeit. Aus diesem Grund besteht Bedarf an einer Standardisierung der Messmethoden, z. B. Probenvorbereitung und Kalibriermethoden sowie Interpretation der Ergebnisse und Nomenklatur.

UMSETZUNG: Kontaktaufnahme mit dem DIN-Gemeinschaftsarbeitsausschuss NA 092-00-05 GA Gemeinschaftsarbeitsausschuss NAS/NMP: Zerstörende Prüfung von Schweißver-

bindungen (DVS AG Q 4/Q 4.1), da die DIN EN ISO 3690 [319] als Grundlage für den Bedarf dienen könnte.

BEDARF 4.4.3-09:

Messung eines Diffusionskoeffizienten von gasförmigem Wasserstoff oder wasserstoffhaltigen Gasen

INHALT: Permeabilität; Diffusionskoeffizienten

ERLÄUTERUNG: In der Wasserstoffwirtschaft ist das Wissen über die Wasserstoffdiffusion essenziell für den sicheren Betrieb technischer Anlagen. Bereits existierende Normen berücksichtigen bisher nur das Verhalten in wässrigen Medien. Die Wirkung von Barrierschichten oder Verbundwerkstoffen auf das Diffusionsverhalten in gasförmiger Wasserstoffumgebung ist sehr wichtig, da diese vermehrt eingesetzt werden. Die angestrebte Norm soll somit die Bewertung verschiedener Materialklassen ermöglichen.

UMSETZUNG: Kontaktaufnahme mit dem DIN-Arbeitsausschuss NA 062-01-77 AA Korrosionsprüfverfahren, da die DIN EN ISO 17081 als Grundlage für den Bedarf dienen könnte [320].

BEDARF 4.4.3-10:

Prüfmedien für die Qualifizierung von Werkstoffen, Bauteilen und Produkten unter korrosiver Atmosphäre

INHALT: Prüfmedien; Ammoniak; LOHC; Methan

ERLÄUTERUNG: Die gängigen Regelwerke für die Werkstoffcharakterisierung bzw. Werkstoffqualifizierung enthalten keine Vorgaben für korrosive Prüfmedien. Die Prüfmedienzusammensetzung hat jedoch einen erheblichen Effekt auf die gemessenen Werkstoffeigenschaften. Für Druckwasserstoff ist bekannt, dass Verunreinigungen von Sauerstoff im ppm-Bereich zu einer erheblichen Reduktion der Wasserstoffschädigung führen können. Das Ziel der Norm ist daher, die Vorgaben für konservative Umgebungsbedingungen für die stärkste Werkstoffschädigung zu definieren. Dabei sollen wichtige Medien für die Wasserstoffwirtschaft festgelegt werden, d. h. Ammoniak, LOHC (Liquid Organic Hydrogen Carrier), Methan. Es ist sinnvoll, die Umgebungsatmosphären

einmalig zu definieren, da sie sonst für jede Versuchsart, z. B. Zugversuche, Ermüdungsversuche und Druckversuche an Rohren, neu definiert und in der Norm beschrieben werden müssen. Es besteht sonst die Gefahr, dass alle Normen unterschiedliche Vorgaben haben.

UMSETZUNG: Es sind keine relevanten Normungsgremien bekannt. Arbeitsausschüsse müssen ggf. parallel initiiert werden.

BEDARF 4.4.3-11:

Prüfung der Anfälligkeit von metallischen Werkstoffen auf Schwächung durch Reaktionsprodukte des Wasserstoffs

INHALT: Anfälligkeit; metallische Werkstoffe

ERLÄUTERUNG: Erarbeitung von Prüfverfahren samt Bewertungsmethode/-maßstab, ob und bei welcher Konzentration von (gebundenen) Elementen, die mit Wasserstoff Reaktionsprodukte bilden, es im Metall zur Schädigung durch H₂ kommen kann. Die verspröde Wirkung von diffusiblem Wasserstoff ist bei verschiedenen Werkstoffgruppen (wie z. B. hochfesten Stählen) ausgiebig erforscht worden und die existierenden Prüfzenarien konzentrieren sich auf den Schädigungsmechanismus des IHE (Internal Hydrogen Embrittlement), bei dem aufgenommenem Wasserstoff das Risswachstum ermöglicht und beschleunigt. Gleichzeitig existiert mit den Schädigungsmechanismen HRE (Hydrogen Reaction Embrittlement) bzw. HTHA (High Temperature Hydrogen Attack) eine Form des Angriffs durch Wasserstoff, in dem die Matrix des Metalls durch die Reaktion des Wasserstoffs mit Ausscheidungen (z. B. Oxiden/Karbid) geschwächt wird. Diese Reaktionen bedürfen zusätzlich zum Wasserstoffangebot i. d. R. erhöhter Temperaturen und besonderer Voraussetzungen (z. B. Sauerstoffgehalte > 10 ppm in Reinkupfer oder < 4 % Cr in C-haltigen Stählen). Gleichwohl ist die Prüfung der allgemeinen Anfälligkeit von metallischen Legierungen für diese Schädigungsmechanismen bisher nicht beschrieben.

UMSETZUNG: Zu diesem Bedarf wird Kontakt mit dem DIN-Arbeitsausschuss NA 062-01-46 AA Bruchmechanik aufgenommen.

Metallische Werkstoffe

BEDARF 4.4.3-12:

Druckprüfung an dünnen Schichten (Brennstoffzelle/
Elektrolysezelle)

INHALT: Dünne Schichten; dünne Bleche

ERLÄUTERUNG: Für metallische Komponenten/dünne Bleche in Wasserstoff-Brennstoffzellen/Elektrolyseuren gibt es keine internationale Norm für die mechanische Prüfung, insbesondere für die Druckprüfung dieser Art von dünnen (μm -Bereich) Komponenten/Blechen, die z. B. höhere Anforderungen an Parallelität und Temperaturbeständigkeit stellen.

UMSETZUNG: Auf der kommenden Sitzung des DIN-Arbeitsausschusses NA 062-01-42 AA Zug- und Duktilitätsprüfung für Metalle wird die Möglichkeit diskutiert, auf ISO-Ebene im SC 1 Uniaxial testing im ISO/TC 164 Mechanical testing of metals eine Norm zu erarbeiten.

BEDARF 4.4.3-13:

Anforderungen an die WPS für druckwasserstoffbelastete
Metalle und deren Legierungen

INHALT: WPS; Schweißen; Zähigkeit

ERLÄUTERUNG: Viele sicherheitsrelevante Bauteile für die Wasserstoffwirtschaft werden durch Schweißen gefügt. Anforderungen für Schweißnähte werden mittels Welding Procedure Specification (WPS) in der DIN EN ISO 15614-1 [321] formuliert und mittels WPQR (Welding Procedure Qualifikation Record) geprüft. Da Druckwasserstoff bei Schweißnähten besonders deutliche Verschlechterungen der mechanischen Eigenschaften hervorruft, müssen insbesondere die Duktilitäts- und Zähigkeitsanforderungen angepasst werden.

UMSETZUNG: Die Zähigkeitsbestimmung von Schweißnähten erfolgt in DIN EN ISO 15614-1 [321] standardmäßig über den Kerbschlagbiegeversuch (DIN EN 148-1 [322]), welcher für die Prüfung unter H_2 ungeeignet ist. Als Alternative sollte der Bruchmechanikversuch unter Druckwasserstoff in Anlehnung an ASTM E1681 [323], ASTM E1820 [314] oder ISO 12135 [312] zur Qualifizierung der Zähigkeit von geschweißten Werkstoffen eingeführt werden. Hierzu wird Kontakt mit dem DIN-Arbeitsausschuss NA 062-01-46 AA Bruchmechanik aufgenommen.

BEDARF 4.4.3-14:

SSRT-Prüfungen mit alternativen Beladungsmöglichkeiten

INHALT: SSRT-Prüfungen; alternative Beladungsmöglichkeiten (ohne Druckwasserstoff)

ERLÄUTERUNG: Die technischen Richtlinien der NACE (Statistische Systematik der Wirtschaftszweige) [324] sind ein erfolgreiches Beispiel, wie mithilfe alternativer Beladungsmethoden metallische Werkstoffe für den Einsatz unter Wasserstoffatmosphäre qualifiziert werden können. Alternative Beladungsmethoden wie elektrochemische Beladung oder Vorbeladung haben gegenüber der Prüfung unter Druckwasserstoff den Vorteil, zu skalieren und einer breiten Öffentlichkeit zugänglich gemacht zu werden. Dadurch können Werkstoffe bereits vorab auf ihre Eignung und Wasserstoffbeständigkeit untersucht und klassifiziert werden. Die Umsetzung einer DIN-Norm für alternative Beladungs- und Testmöglichkeiten könnte in Anlehnung an die SSRT-Prüfung nach DIN EN ISO 7539-7 [325] erfolgen. Diese wird immer häufiger zur Bewertung der Wasserstoffversprödungssensitivität von Stählen, insbesondere höchstfesten Mehrphasenstählen, eingesetzt. Dabei nehmen Prüfparameter großen Einfluss auf das Prüfergebnis. Um eine grundlegende Vergleichbarkeit und Belastbarkeit der Prüfergebnisse sowohl untereinander als auch zu Prüfungen unter Druckwasserstoff sicherzustellen, ist zu prüfen, ob eine Konkretisierung der genannten Prüfparameter im Rahmen der bestehenden Norm vorzunehmen ist.

UMSETZUNG: Dieser Bedarf konnte im DIN-Arbeitsausschuss NA 062-01-77 AA Korrosionsprüfverfahren platziert werden. Derzeit wird daran gearbeitet, den Kreis der Expertinnen und Experten zu diesem Thema im Ausschuss zu erhöhen. Anschließend wird die Möglichkeit diskutiert, die DIN EN ISO 7539-7 [325] zu überarbeiten.

4.4.3.4 Umsetzungsprojekte

Bisher wurden von der AG noch keine Umsetzungsprojekte zur finanziellen Förderung durch das BMWK vorgeschlagen.

4.4.4 Komposite und Kunststoffe

Die AG Komposite und Kunststoffe befasst sich mit Prüfverfahren zur Ermittlung von Werkstoffkennwerten unter Einfluss von gasförmigem und flüssigem Wasserstoff und weiteren Medien im Umfeld von Wasserstofftechnologien an Kompositen und Kunststoffen. Diese werden in vielen Wasserstoffanwendungen eingesetzt. Wasserstoff kann die Werkstoffbeständigkeit beeinflussen und permeiert durch eine Vielzahl von Kunststoffen. Um die Funktion und Integrität der Komponenten für jeden Anwendungsbereich zu erhalten, werden Prüfverfahren benötigt.

4.4.4.1 Bestandsanalyse

Es ist bereits ein gewisser Bestand an Normung und technischer Regelsetzung vorhanden, der auf der einen Seite zwar Bezugspunkte zu Kompositen und Kunststoffen in Wasserstoffanwendungen hat, jedoch größtenteils andere Medien bzw. Komponentenprüfungen im Fokus hat. Materialcharakteristika werden in den vorhandenen Normen eher nach der Exposition in gasförmigem Wasserstoff beschrieben. Der Bestand an Normen und technischen Regeln ist beispielsweise in Normendatenbanken recherchier- und abrufbar [13]. Bei den meisten Dokumenten handelt es sich um Europäische oder internationale Normen. Auf internationaler, europäischer und nationaler Ebene besteht Nachholbedarf an Normen zur Werkstoffbeständigkeit von Kompositen und Kunststoffen unter Wasserstoffeinfluss, insbesondere im flüssigen, aber auch gasförmigen Aggregatzustand. Als Vorlage können bestehende Normen dienen, die erweitert und angepasst und in Folge weltweit übernommen werden können.

Abbildung 33 stellt die identifizierten Gremien der technischen Regelsetzung dar, die für die Erarbeitung der technischen Regelwerke im Bereich Komposite und Kunststoffe wichtig sind. Eine Übersicht zu den Abkürzungen der Gremien kann in Abschnitt 9 eingesehen werden.

4.4.4.2 Anforderungen und Herausforderungen

Die Wasserstoffstrategie der Bundesregierung [14] sieht die breitere Anwendung von Wasserstoff als Energieträger vor.

Aus diesem Grund muss der sichere Einsatz von Wasserstoff in einem breiteren Anwendungsfeld und -umfang ermöglicht werden. Dies hat zur Folge, dass eine größere Vielfalt von Kunststoffen und Kompositen in Kontakt mit Wasserstoff kommen wird. Darüber hinaus stellen Kunststoffe und Komposite eine Alternative zu metallischen Werkstoffen dar. Für beide Aspekte müssen die Werkstoffe nach normativen Vorgaben auf ihre Eignung geprüft werden. Die Herausforderung zur Feststellung des Werkstoffverhaltens von Kunststoffen und Kompositen ist die Abhängigkeit von vielen Parametern der Atmosphäre, in der sich die Werkstoffe befinden. Diese sind beispielsweise der Aggregatzustand des Wasserstoffs und die Umgebungsatmosphäre (Druck, Temperatur und Zusammensetzung, die durch andere Gase oder Flüssigkeiten entsteht) [326], [327]. Derzeit ist insbesondere das Werkstoffverhalten von Kunststoffen und Kompositen bei Exposition mit flüssigem Wasserstoff nicht genormt. Des Weiteren ist die Messtechnik für in-situ-Messungen in flüssigem und gasförmigem Wasserstoff zum Teil nicht vorhanden oder genormt. Auf internationaler Ebene sollten Kooperationen zur Entwicklung bzw. Weiterentwicklung von Dokumenten zur technischen Regelsetzung angestrebt werden.

4.4.4.3 Bedarfsanalyse

BEDARF 4.4.4-01:
Dichtebestimmung unter H₂-Atmosphäre in situ

INHALT: Prüfung; Volumenmessung; Dichtebestimmung

ERLÄUTERUNG: Für die Dichtebestimmung ex situ können auch etwaige Prüfvorschriften aus CSA/ANSI CHMC 2 [328] angewendet werden. Ein neues Verfahren zur Bestimmung der Dichteänderung in situ (z. B. mit optischen Verfahren bzw. mit Lasertechnik) sollte in einer Norm beschrieben werden. Insbesondere Elastomere verändern unter Wasserstoffeinfluss reversibel ihre Dichte, weshalb die Normung einer Dichtebestimmung in situ erforderlich ist.

UMSETZUNG: Initiierung eines ISO-Normprojekts im DIN-Arbeitsausschuss NA 054-01-03 AA Physikalische, rheologische und analytische Prüfungen und ISO/TC 45/SC 2 Testing and analysis.

Komposite und Kunststoffe

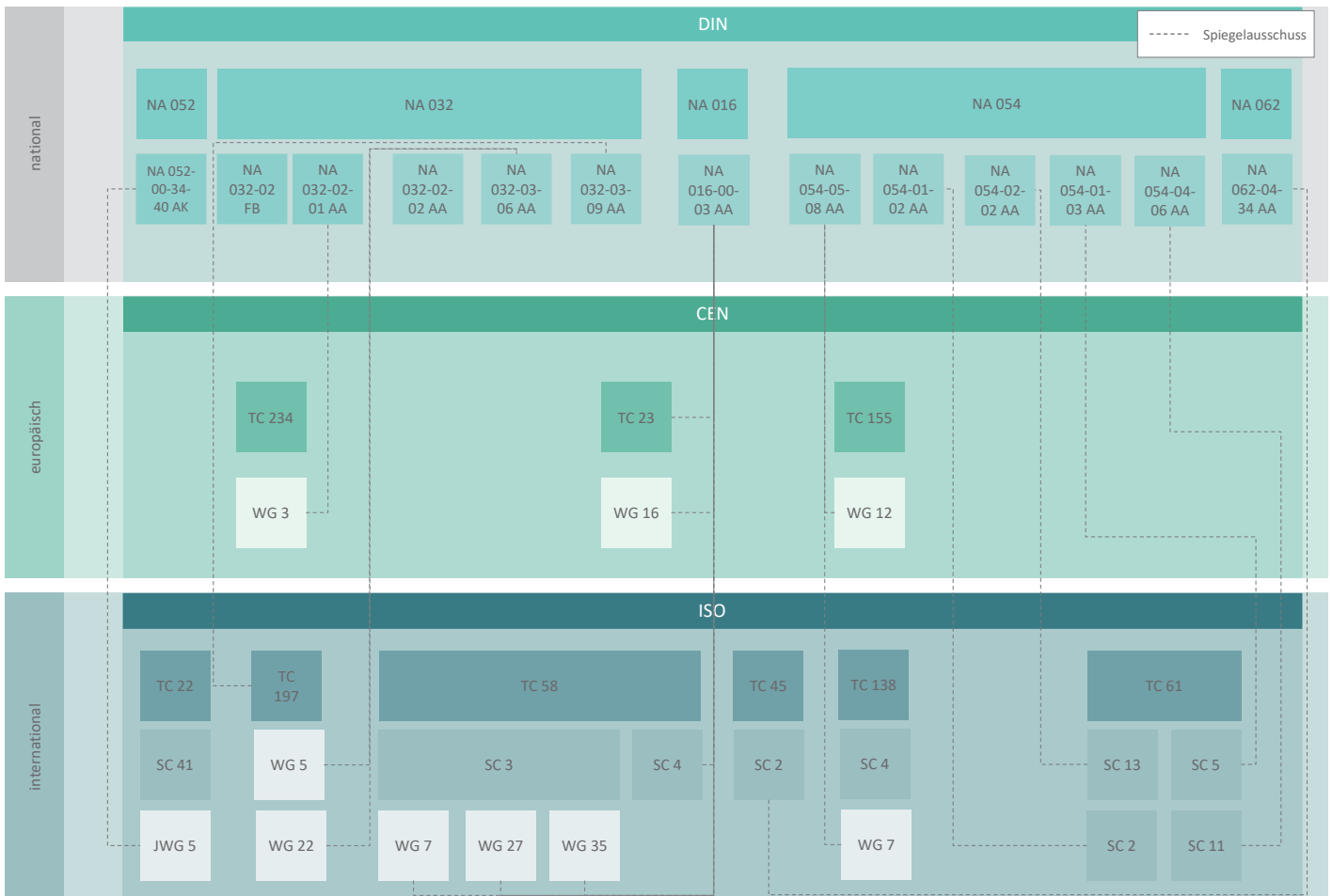


Abbildung 33: Übersicht relevanter Gremien der technischen Regelsetzung im Bereich Komposite und Kunststoffe (Stand 03-2024) (Quelle: eigene Darstellung)

BEDARF 4.4.4-02:
Zugversuch unter H₂-Atmosphäre in situ

INHALT: Prüfung; Zugversuch

ERLÄUTERUNG: Zugversuche müssen unter H₂-Atmosphäre in situ durchgeführt werden. Hierzu müsste ein Prüfverfahren entwickelt und eine entsprechende Norm erstellt werden, in der der Zugversuch beispielsweise in einem wasserstoffgeeigneten Autoklav durchgeführt wird. Die Prüfumgebung sollte nicht nur mit verschiedenen Drücken beaufschlagt werden können, sondern auch temperierbar sein.

UMSETZUNG: Initiierung eines ISO-Normprojekts im DIN-Arbeitsausschuss NA 054-01-02 AA Mechanische Eigenschaften und Probekörperherstellung und ISO/TC 61/SC 2 Mechanical

behavior (ggf. Integration in Normenreihe DIN EN ISO 527 [329]) und im DIN-Arbeitsausschuss NA 062-04-34 AA Prüfung der physikalischen Eigenschaften von Kautschuk und Elastomeren und ISO/TC 45/SC 2 Testing and analysis (ggf. Integration in Norm ISO 37 [330]).

BEDARF 4.4.4-03:
Biegeversuch unter H₂-Atmosphäre in situ

INHALT: Prüfung; Biegeversuch

ERLÄUTERUNG: Biegeversuche müssen unter H₂-Atmosphäre in situ durchgeführt werden. Hierzu müsste ein Prüfverfahren entwickelt und eine entsprechende Norm erstellt werden, in der der Biegeversuch beispielsweise in einem wasserstoff-

geeigneten Autoklav durchgeführt wird. Die Prüfumgebung sollte nicht nur mit verschiedenen Drücken beaufschlagt werden können, sondern auch temperierbar sein.

UMSETZUNG: Initiierung eines ISO-Normprojekts im DIN-Arbeitsausschuss NA 054-01-02 AA Mechanische Eigenschaften und Probekörperherstellung und ISO/TC 61/SC 2 Mechanical behavior (ggf. Integration in Norm ISO 178 [331]) und im DIN-Arbeitsausschuss NA 054-02-02 AA Verstärkte Kunststoffe und härtbare Harze und ISO/TC 61/SC 13 Composites and reinforcement fibres (ggf. Integration in Norm ISO 14125 [332]).

BEDARF 4.4.4-04:

Kerbschlagbiegeversuch nach Charpy unter H₂-Atmosphäre in situ

INHALT: Prüfung; Kerbschlagbiegeversuch nach Charpy

ERLÄUTERUNG: Kerbschlagbiegeversuche nach Charpy müssen unter H₂-Atmosphäre in situ durchgeführt werden. Hierzu müsste ein Prüfverfahren entwickelt und eine entsprechende Norm erstellt werden, in der der Kerbschlagbiegeversuch nach Charpy beispielsweise in einem wasserstoffgeeigneten Autoklav durchgeführt wird. Die Prüfumgebung sollte nicht nur mit verschiedenen Drücken beaufschlagt werden können, sondern auch temperierbar sein.

UMSETZUNG: Initiierung eines ISO-Normprojekts im DIN-Arbeitsausschuss NA 054-01-02 AA Mechanische Eigenschaften und Probekörperherstellung und ISO/TC 61/SC 2 Mechanical behavior (ggf. Integration in Normenreihe ISO 179 [333] und ISO 8256 [334]).

BEDARF 4.4.4-05:

Permeabilität von H₂

INHALT: Prüfung; Permeabilität

ERLÄUTERUNG: In CSA/ANSI CHMC 2 [328], welche sich mit der Thematik von Wasserstoffpermeation im Bereich von Kunststoffen und Elastomeren beschäftigt, sind der Versuchsaufbau und die Messbedingungen ausreichend beschrieben.

UMSETZUNG: CSA/ANSI CHMC 2 als Basis für ISO-Normprojekt im DIN-Arbeitsausschuss NA 054-04-04 AA Kunststoff-Folien und kunststoffbeschichtete Flächengebilde (Kunstleder); allgemeine Eigenschaften und ISO/TC 61/SC 11 Products (ggf. Integration in ISO 15105-1 [335]); ggf. Überarbeitung von DIN 53536 [336] im DIN-Arbeitsausschuss NA 062-04-34 AA Prüfung der physikalischen Eigenschaften von Kautschuk und Elastomeren und DIN 53380 [337] im DIN-Arbeitsausschuss NA 054-04-04 AA Kunststoff-Folien und kunststoffbeschichtete Flächengebilde (Kunstleder); allgemeine Eigenschaften.

BEDARF 4.4.4-06:

Tribologie unter H₂-Atmosphäre in situ

INHALT: Prüfung; Tribologie

ERLÄUTERUNG: Die tribologischen Eigenschaften müssen unter H₂-Atmosphäre in situ durchgeführt werden. Hierzu müsste ein Prüfverfahren entwickelt und eine entsprechende Norm erstellt werden. Auch die Prüfanordnung und -geometrie spielt eine wichtige und materialabhängige Rolle und muss entsprechend berücksichtigt werden.

UMSETZUNG: Initiierung eines ISO-Normprojekts im DIN-Arbeitsausschuss NA 062-04-34 AA Prüfung der physikalischen Eigenschaften von Kautschuk und Elastomeren und ISO/TC 45/SC 2 Testing and analysis (ggf. Integration in ISO 15113 [338]).

BEDARF 4.4.4-07:

Ausgasungen unter H₂-Einfluss

INHALT: Prüfung; Ausgasung

ERLÄUTERUNG: Durch die Auslagerung von Kunststoffen und Kompositen in Wasserstoffumgebung bei verschiedenen Parametern (Temperatur, Druck etc.) können Stoffe sowohl in situ als auch ex situ desorbieren bzw. ausgasen. Hierzu muss ein Prüfverfahren entwickelt und eine entsprechende Norm erstellt werden.

UMSETZUNG: CSA/ANSI CHMC 2 [328] als Basis für ISO-Normprojekt im DIN-Arbeitsausschuss NA 032-03-09 AA Kraftstoff-

Bauteile Infrastruktur

beschaffenheit und ISO/TC 197 Hydrogen technologies (ggf. Integration in ISO 14687 [54]).

BEDARF 4.4.4-08: Auswaschung

INHALT: Prüfung; Auswaschung

ERLÄUTERUNG: Auswaschungen von Werkstoffen unter Wasserstoffeinfluss (u. a. additive und Reaktionsrückstände aus der Polymerisation) können zu Verschmutzungen oder Funktionseinschränkungen führen. Bei den ausgewaschenen Werkstoffen kann es zu Veränderungen der mechanischen Eigenschaften kommen, die zum Schadensfall führen können. Dies beinhaltet auch Produkte, die durch die Anwendung von Wasserstoff entstehen (bspw. Prozesswasser).

UMSETZUNG: Es konnte bisher noch kein Gremium für die Umsetzung identifiziert werden. Der Bedarf soll international und national umgesetzt werden.

BEDARF 4.4.4-09: Prüfverfahren für Kunststoffe und Komposite in Flüssigwasserstoff

INHALT: Prüfung; Flüssigwasserstoff

ERLÄUTERUNG: Es müssen Prüfverfahren für Kunststoffe und Komposite in Flüssigwasserstoff entwickelt und entsprechende Normen erstellt werden.

UMSETZUNG: Initiierung von Normprojekten im DIN-Normenausschuss Materialprüfung (NMP) und/oder DIN-Normenausschuss Kunststoffe (FNK) sowie in Gremien des ISO/TC 61 Plastics mit Bezug zu Thermoplasten (nat. Spiegelgremium NA 054-01-02 AA Mechanische Eigenschaften und Probekörperherstellung), Elastomeren (nat. Spiegelgremium NA 062-04-34 AA Prüfung der physikalischen Eigenschaften von Kautschuk und Elastomeren) und Kompositen (nat. Spiegelgremium NA 054-02-02 AA Verstärkte Kunststoffe und härtbare Harze).

BEDARF 4.4.4-10: Blistering

INHALT: Prüfung; Blasenbildung; Rissbildung

ERLÄUTERUNG: Zur Beschreibung des Materialverhaltens nach Druckentlastung (EN: rapid gas decompression) wird ein genormtes Prüfverfahren für Komposite und Kunststoffe (insbesondere Elastomere) benötigt. Die Prüfumgebung sollte nicht nur mit verschiedenen Drücken beaufschlagt werden können, sondern auch temperierbar sein.

UMSETZUNG: In Anlehnung an den Norsok Testing Standard M710 [339] und/oder CSA/ANSI CHMC 2 [328], könnte eine neue Prüfnorm erarbeitet werden. Initiierung von Normprojekten im DIN-Normenausschuss Materialprüfung (NMP) und/oder DIN-Normenausschuss Kunststoffe (FNK) sowie ISO/TC 61 Plastics.

4.4.4.4 Umsetzungsprojekte

Bisher wurden von der AG noch keine Umsetzungsprojekte zur finanziellen Förderung durch das BMWK vorgeschlagen.

4.4.5 Bauteile Infrastruktur

Die AG Bauteile Infrastruktur befasst sich mit der Fragestellung zur Wasserstofftauglichkeit von Bauteilen der leitungsgebundenen Gasinfrastruktur. Dazu gehören Armaturen für den Wasserstofftransport, die Wasserstoffverteilung und die Wasserstoffinstallation. Weiterhin werden Bauteile in der Wasserstoffversorgung und in Gasanlagen betrachtet.

4.4.5.1 Bestandsanalyse

Es gibt eine große Anzahl von Normen und technischen Regeln, die aktuell für Erdgas anwendbar sind, aber für den Betrieb mit Wasserstoff überarbeitet bzw. angepasst werden müssen. Zu vielen Normen und technischen Regeln gibt es bereits vorläufige Arbeitsdokumente, welche zeitnah als Entwurf veröffentlicht werden sollen. Es existieren in der jetzigen

Bestandsanalyse ca. 18 Dokumente. Davon sind zwei Dokumente im Arbeits- bzw. Entwurfsstadium. Es sind vier nationale Normen bzw. technische Regeln gelistet und ca. 14 europäische bzw. internationale Dokumente. Eine entsprechende detaillierte Auflistung kann dem bereits veröffentlichten [Verzeichnis der Normen und technischen Regelwerke für Wasserstofftechnologien \[13\]](#) entnommen werden. Relevante politische Regularien sind die Druckgeräte-Richtlinie 2014/68/EU (PED) [76], das Energiewirtschaftsgesetz (EnWG) [36] und die Gashochdruckleitungsverordnung [340].

Abbildung 34 stellt die identifizierten Gremien der technischen Regelsetzung dar, die für die Erarbeitung der technischen Regelwerke im Bereich Bauteile Infrastruktur wichtig sind. Eine Übersicht zu den Abkürzungen der Gremien kann in Abschnitt 9 eingesehen werden.

4.4.5.2 Anforderungen und Herausforderungen

Aktuell wurden 24 allgemeine Bedarfe für die Normung und technische Regelsetzung ermittelt. Diese werden bereits für einen künftigen Betrieb mit Wasserstoff überarbeitet bzw. befinden sich im Stadium der Handlungsempfehlung durch den Steuerungskreis. Technische Lücken bestehen bei der Bewertung von Bestandsarmaturen, Anbohrarmaturen, Blasen-setzgeräten, Absperrblasen, Isolierstücken und Bauteilen von Gasanlagen. Die Bewertung dieser Bauteile hinsichtlich des Betriebs mit Wasserstoff ist essenziell für die Umstellung bestehender Erdgasnetze auf Wasserstoff bzw. für den Neubau von Wasserstoffnetzen. Sollten entsprechende Bewertungen der Bauteile aufgrund fehlender bzw. unvollständiger Normen und technischer Regeln nicht möglich sein, führt dies unter Umständen zum Austausch von Bauteilen in bestehenden

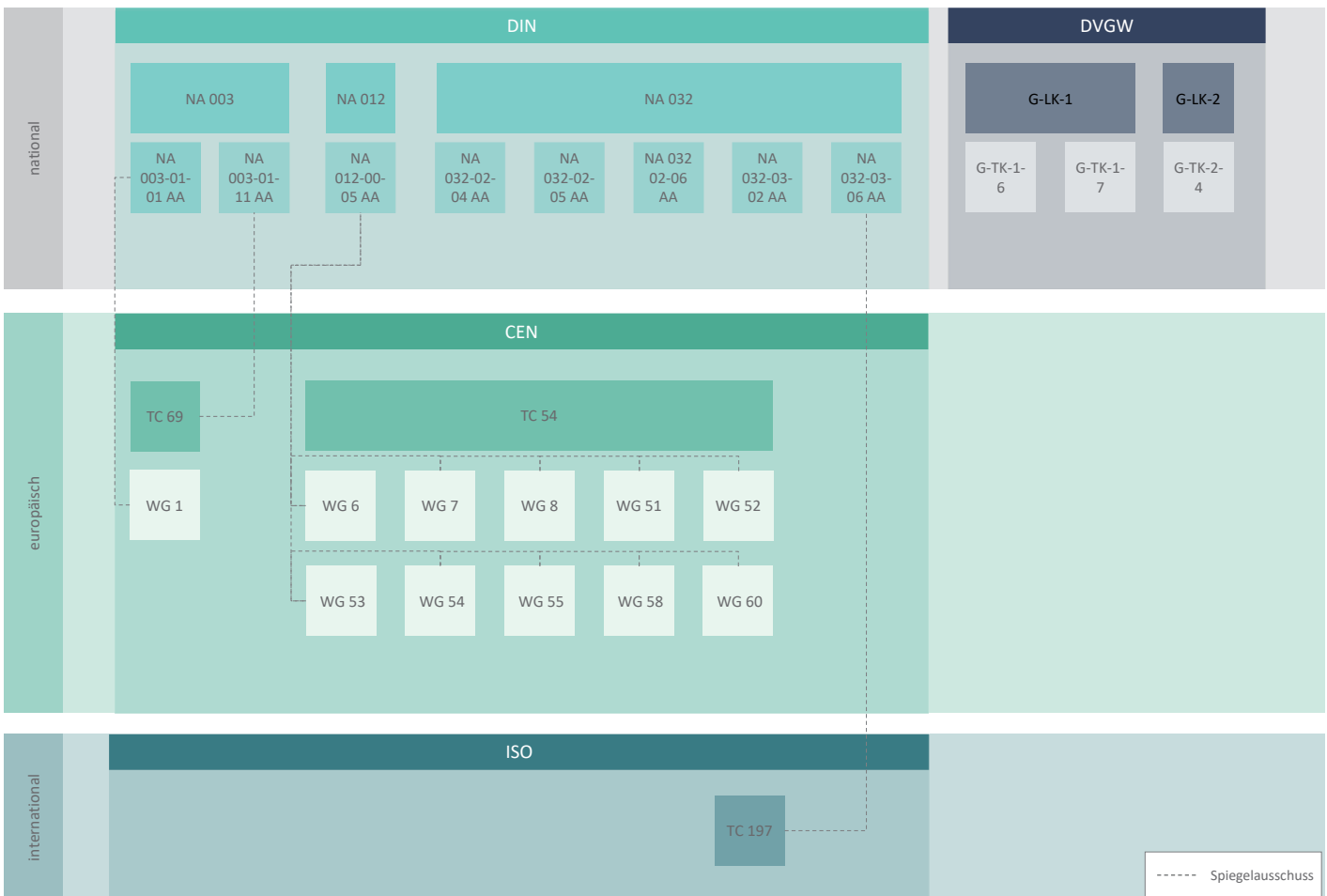


Abbildung 34: Übersicht relevanter Gremien der technischen Regelsetzung im Bereich Bauteile Infrastruktur (Stand 03-2024) (Quelle: eigene Darstellung)

Bauteile Infrastruktur

Netzen, was einen höheren finanziellen Aufwand bedeuten würde. Ein dringender, grundlegender Bedarf, wie die Bewertung von Bestandsarmaturen, konnte bereits dank Förderung von Umsetzungsprojekten für die technische Regelsetzung im Rahmen der NRM H2 zeitnah umgesetzt werden.

Weiterer dringender Handlungsbedarf besteht in der Ertüchtigung allgemeiner Auslegungsrichtlinien zur Bauteilfestigkeit zur Berücksichtigung des Wasserstoffeinflusses. Eine ideale Ausgangsbasis stellen die bei vielen Unternehmen bereits fest etablierten FKM-Richtlinien dar. Diese umfassen den allgemeinen rechnerischen Festigkeitsnachweis [341], eine Nachweisführung unter expliziter Nutzung nichtlinearen Werkstoffverformungsverhaltens [342], ein bruchmechanisches Konzept [343] sowie eine Richtlinie für Federbauteile [344]. Die Richtlinien bieten insbesondere auch kleineren und mittleren Unternehmen (KMU) die Möglichkeit, ihre Komponenten ohne zusätzliche Werkstoff- oder Bauteiltests einfach und kostengünstig auszulegen. Der Gültigkeitsbereich der Richtlinien schließt in aktueller Form allerdings den Einsatz unter Wasserstoffatmosphäre gänzlich aus.

4.4.5.3 Bedarfsanalyse

BEDARF 4.4.5-01:

DVGW-Merkblatt G 405, Umstellung von Bestandsarmaturen auf Wasserstoff [104]

INHALT: Bestandsarmaturen; Stahl, Gasinfrastruktur; > 16 bar; Transport

ERLÄUTERUNG: Dieses DVGW-Merkblatt gilt für die Umstellung von Bestandsarmaturen aus Stahl in der Gasinfrastruktur mit einem Auslegungsdruck > 16 bar auf den Transport von Wasserstoff der fünften Gasfamilie des DVGW-Arbeitsblatts G 260 [53]. Es müssen verschiedene Anpassungen hinsichtlich eines möglichen Einsatzes von Wasserstoff oder Wasserstoff-Erdgas-Gemischen vorgenommen werden. Die Eignung von Bestandsarmaturen für den Einsatz mit Wasserstoff soll im angegebenen Geltungsbereich beschrieben werden und damit Hinweise für die Betreibenden hinsichtlich der Umstellung der Infrastruktur geben. Gleichzeitig sollen mit der Anwendung dieses Merkblatts Erfahrungen bei der Um-

stellung von Bestandsarmaturen gesammelt werden und Eingang bei der nächsten Überarbeitung dieses Merkblatts finden. Das Merkblatt ist eine Erstausgabe.

UMSETZUNG: Die Umsetzung erfolgt bereits im DVGW G-TK-1-6 Gasarmaturen und wird 2024 abgeschlossen sein.

BEDARF 4.4.5-02:

DVGW-Arbeitsblatt G 441, Armaturen für maximal zulässige Betriebsdrücke bis 100 bar in der Gasversorgung; Anwendungsbeispiele, Betrieb und Instandhaltung [149]

INHALT: Anwendungsbeispiele; Betrieb; Instandhaltung; Armaturen; Transportleitungen; Verteilungsleitungen; Anschlussleitungen

ERLÄUTERUNG: Der Geltungsbereich umfasst die öffentliche Gasversorgung mit Leitungen, welche nach folgenden DVGW-Arbeitsblättern G 462 [85], G 463 [100], G 465-1 [123], G 466-1 [345], G 472 [136] errichtet wurden und die mit Gasen der zweiten Gasfamilie nach dem DVGW-Arbeitsblatt G 260 [53] und mit Drücken ≤ 100 bar betrieben werden. Dieses DVGW-Arbeitsblatt bedarf einer dringenden Überarbeitung hinsichtlich Gasen der fünften Gasfamilie nach DVGW-Arbeitsblatt G 260 [53]. Weiterhin hat sich gezeigt, dass speziell im Hinblick auf die zur Veröffentlichung stehende EU-Methanverordnung [346] (welche auch für Wasserstoff gelten wird) eine Trennung von Kugelhähnen (mit Double Block and Bleed) und Schiebern erfolgen muss.

UMSETZUNG: Die Umsetzung soll ab 2024 im DVGW G-TK-1-6 Gasarmaturen erfolgen.

BEDARF 4.4.5-03:

DVGW-Prüfgrundlage G 5620-1, Blasensetzgeräte für max. Betriebsdrücke bis 1 bar für die Gasverteilung [347], DVGW-Prüfgrundlage G 5620-2, Blasensetzgeräte für maximale Betriebsdrücke bis 5 bar für die Gasverteilung [348] und DVGW-Prüfgrundlagen G 5621 (alle Teile), Absperrblasen für Blasensetzgeräte bis 1 bar (Teil 3 bis 5 bar) [349]

INHALT: Anforderungen; Prüfung; Blasensetzgeräte; Absperrblasen

ERLÄUTERUNG: Diese Prüfgrundlagen gelten für Anforderungen und Prüfungen für Blasensetzgeräte, die bestimmt sind für das Sperren von Gasleitungen aus Stahl und Polyethylen mit vorübergehender Absperrereinrichtung. Sie werden mit Gasen nach den DVGW-Arbeitsblättern G 260 [53] (jedoch nicht mit Flüssiggas in der Flüssigphase) und G 262⁸ [133] betrieben. Der Sperrdruck ist vom Innendurchmesser des zu sperrenden Rohres abhängig und beträgt max. 1 bar (in DVGW-Prüfgrundlage G 5620-2 [348] sind es max. 5 bar).

Diese Prüfgrundlagen gelten für Anforderungen und Prüfungen für Absperrblasen nach Typ A und B, die bestimmt sind für das vorübergehende Sperren von Gasleitungen aus Stahl und Polyethylen und dem durchmesserabhängigen Sperrdruck bis maximal 1 bar (in DVGW-Prüfgrundlagen G 5621-3 [350] sind es 5 bar). Diese werden in Blasensetzgeräten nach der DVGW-Prüfgrundlage G 5620-1 [347] zum Sperren von in Betrieb befindlichen Gasleitungen eingesetzt, welche mit Gasen nach dem DVGW-Arbeitsblatt G 260 [53] (jedoch nicht mit Flüssiggas in der Flüssigphase) und G 262 [133] betrieben werden.

Es müssen verschiedene Anpassungen hinsichtlich eines möglichen Einsatzes von Wasserstoff oder Wasserstoff-Erdgas-Gemischen vorgenommen werden. Dazu zählen zwei Punkte. Zum einen muss das Prüfprogramm hinsichtlich des Betriebs der Blasensetzgeräte und Absperrblasen mit reinem Wasserstoff überarbeitet werden. Zum anderen muss für Blasensetzgeräte und Absperrblasen eine sichere Eignung für den Betrieb mit Wasserstoff nachgewiesen werden.

UMSETZUNG: Die Umsetzung soll ab 2025 im DVGW G-TK-1-6 Gasarmaturen erfolgen.

BEDARF 4.4.5-04:

DIN EN 14141, Armaturen für den Transport von Erdgas in Fernleitungen – Anforderungen an die Gebrauchstauglichkeit und deren Prüfung [351]

INHALT: Armaturen (Kegelhähne, Kugelhähne, Schieber und Rückschlagklappen); Onshore-Fernleitungen; Transport; Erdgas

ERLÄUTERUNG: Diese Norm umfasst alle Armaturen, die Bestandteil der Fernleitung sind. Es müssen verschiedene Anpassungen hinsichtlich eines möglichen Einsatzes von Wasserstoff oder Wasserstoff-Erdgas-Gemischen vorgenommen werden. Dazu zählt die Überarbeitung der Norm hinsichtlich des Einsatzes von reinem Wasserstoff.

UMSETZUNG: Die Umsetzung soll ab Mitte 2024 im DIN-Arbeitsausschuss NA 003-01-09 AA Armaturen für die Erdölindustrie und im CEN/TC 69 Industriearmaturen erfolgen.

BEDARF 4.4.5-05:

Normenreihe DIN EN 12266, Industriearmaturen – Prüfung von Armaturen aus Metall [352]

INHALT: Anforderungen; Prüfung; Prüfverfahren; Annahmekriterien; fertigungsbegleitende Prüfung; Industriearmaturen; metallische Werkstoffe

ERLÄUTERUNG: Es müssen verschiedene Anpassungen hinsichtlich eines möglichen Einsatzes von Wasserstoff oder Wasserstoff-Erdgas-Gemischen vorgenommen werden. Dazu zählt die Überarbeitung der Norm hinsichtlich des Einsatzes von reinem Wasserstoff.

UMSETZUNG: Die Umsetzung soll ab 2025 im DIN-Arbeitsausschuss NA 003-01-01 AA Grundnormen und im CEN/TC 69 Industriearmaturen erfolgen.

BEDARF 4.4.5-06:

DIN EN 334, Gas-Druckregelgeräte für Eingangsdrücke bis 10 MPa (100 bar) [117]

INHALT: Anforderungen; Konstruktion; Funktion; Prüfung; Kennzeichnung; Bemessung; Dokumentation; Gas-Druckregelgeräte

ERLÄUTERUNG: Der Anwendungsbereich der Norm gilt für:
 → Eingangsdrücke bis 100 bar und Nennweiten bis DN 400;
 → einen Betriebstemperaturbereich von -20 °C bis +60 °C;

soweit sie mit Brenngasen der ersten und zweiten Gasfamilie nach DIN EN 437 [210] in den Druckregelanlagen nach

8 2021 ersetzt durch G 260 [53]

Bauteile Infrastruktur

DIN EN 12186 [353] oder DIN EN 12279 [116] in Gastransport- und Gasverteilnetzen sowie in gewerblichen und industriellen Anlagen betrieben werden.

Es müssen verschiedene Anpassungen hinsichtlich eines möglichen Einsatzes von Wasserstoff oder Wasserstoff-Erdgas-Gemischen vorgenommen werden. Dazu zählt die Überarbeitung der Norm hinsichtlich des Einsatzes von reinem Wasserstoff.

UMSETZUNG: Die Umsetzung soll ab 2025 im DIN-Arbeitsausschuss NA 032-02-04 AA Anlagentechnik und im CEN/TC 235 Gas-Druckregelgeräte und zugehörige Sicherheitseinrichtungen für den Gastransport und die Gasverteilung erfolgen.

BEDARF 4.4.5-07:

DIN EN 331, Handbetätigte Kugelhähne und Kegelhähne mit geschlossenem Boden für die Gas-Hausinstallation [215]

INHALT: Eigenschaften/Kenngrößen; Bau; Funktion; Sicherheit; Kugelhähne; Kegelhähne; geschlossener Boden

ERLÄUTERUNG: Die Nennweiten (DN) der Armaturen nach dieser Europäischen Norm sind: 6, 8, 10, 12, 15, 20, 25, 32, 40, 50, 65, 80, 100.

Es müssen verschiedene Anpassungen hinsichtlich eines möglichen Einsatzes von Wasserstoff oder Wasserstoff-Erdgas-Gemischen vorgenommen werden. Dazu zählen die Überarbeitung der Norm hinsichtlich des Einsatzes von reinem Wasserstoff sowie die Harmonisierung mit der Druckgeräte-richtlinie 2014/68/EU (PED) [76].

UMSETZUNG: Die Umsetzung soll ab 2026 im DIN-Arbeitsausschuss NA 032-02-06 AA Gasarmaturen und im CEN/TC 236 Handbetätigte Absperrarmaturen und besondere Kombinationen von Armaturen mit anderen Produkten für nicht industrielle Gasinstallationen erfolgen.

BEDARF 4.4.5-08:

EN 13774, Armaturen für Gasverteilungssysteme mit zulässigen Betriebsdrücken kleiner oder gleich 16 bar. Anforderungen an die Gebrauchstauglichkeit [354]

INHALT: Absperrarmaturen; Metall

ERLÄUTERUNG: Der Anwendungsbereich der Norm gilt für Armaturen, die in Gasverteilungssystemen mit einem höchsten Betriebsdruck von bis zu 16 bar verwendet werden und die mit Brenngasen der ersten, zweiten und dritten Familie nach DIN EN 437 [210] betrieben werden. Es müssen verschiedene Anpassungen hinsichtlich eines möglichen Einsatzes von Wasserstoff oder Wasserstoff-Erdgas-Gemischen vorgenommen werden. Dazu zählen die Überarbeitung der Norm hinsichtlich des Einsatzes von reinem Wasserstoff sowie die Harmonisierung mit der Druckgeräte-richtlinie 2014/68/EU (PED) [76].

UMSETZUNG: Die Umsetzung soll ab 2025 im DIN-Arbeitsausschuss NA 003-01-08 AA Armaturen für Gastransport und Gasverteilung und im CEN/TC 69 Industriearmaturen erfolgen.

BEDARF 4.4.5-09:

DIN 3537-1, Gasabsperrarmaturen bis 5 bar für die Gas-Hausinstallation; Anforderungen und Prüfungen Teil 1: Anforderungen und Prüfungen [355] und DIN 3434, Armaturen für Gasinstallationen – Anschluss-Kugelhähne in Durchgangsform mit Verschraubung – Tüllen mit kegelförmigem Anschluss [356] und DIN 3435, Armaturen für Gasinstallationen – Anschluss-Kugelhähne in Eckform mit Verschraubung – Tüllen mit kegelförmigem Anschluss [357] und DIN 3436, Armaturen für Gasinstallationen – Tüllen mit Kegeldichtung und Dichtringen [358]

INHALT: Armaturen; Gasinstallationen

ERLÄUTERUNG: In diesen Normen werden insbesondere Formen, Maße und Bezeichnungen geregelt. Diese Armaturen werden ausschließlich mit Gasen nach DVGW-Arbeitsblatt G 260 [53] betrieben. Dies gilt nicht für Flüssiggas. Es müssen verschiedene Anpassungen hinsichtlich eines möglichen Einsatzes von Wasserstoff oder Wasserstoff-Erdgas-Gemischen vorgenommen werden. Dazu zählen die Überarbeitung der

Norm hinsichtlich des Einsatzes von reinem Wasserstoff sowie die Harmonisierung mit Druckgeräterichtlinie 2014/68/EU (PED) [76].

UMSETZUNG: Die Umsetzung soll ab 2025/2026 im DIN-Arbeitsausschuss NA 032-02-06 AA Gasarmaturen erfolgen.

BEDARF 4.4.5-10:

Normenreihe DIN 3389, Einbaufertiges Isolierstück [359]

INHALT: Anforderungen; Prüfungen; Isolierkupplungen

ERLÄUTERUNG: Sie gelten auch für Isolierkupplungen, als integraler Bestandteil einer Armatur, die für den Einsatz in Gasleitungen und -anlagen, Netzanschlussleitungen und Gasinstallationen geeignet sind. Es müssen verschiedene Anpassungen hinsichtlich eines möglichen Einsatzes von Wasserstoff oder Wasserstoff-Erdgas-Gemischen vorgenommen werden. Dazu zählt, dass Gasnetze zukünftig auch für den Transport von Wasserstoff in variablen Anteilen geeignet sein sollen. Dafür muss eine Überarbeitung dieser Norm erfolgen.

UMSETZUNG: Die Umsetzung soll ab 2026 im DIN-Arbeitsausschuss NA 032-02-06 AA Gasarmaturen erfolgen.

BEDARF 4.4.5-11:

Normenreihe DIN 3588, Gas Anbohrarmaturen [360]

INHALT: Anforderungen; Prüfungen; Anbohrarmaturen

ERLÄUTERUNG: Diese Normen gelten für in PE-Rohrnetzen eingesetzte Anbohrarmaturen mit Betriebsabspernung und Anbohrarmaturen aus metallenen Werkstoffen für anzubohrende Leitungen aus Guss oder Stahl mit oder ohne eingebaute Betriebsabspernung sowie eventuelle Hilfsabsperreinrichtung. Es müssen verschiedene Anpassungen hinsichtlich eines möglichen Einsatzes von Wasserstoff oder Wasserstoff-Erdgas-Gemischen vorgenommen werden. Dazu zählt, dass Gasnetze zukünftig auch für den Transport von Wasserstoff in variablen Anteilen geeignet sein sollen. Dafür muss eine Überarbeitung dieser Norm erfolgen.

UMSETZUNG: Die Umsetzung soll ab 2025 im DIN-Arbeitsausschuss NA 032-02-06 AA Gasarmaturen erfolgen.

BEDARF 4.4.5-12:

DIN EN 12516-2, Industriearmaturen – Gehäusefestigkeit – Teil 2: Berechnungsverfahren für drucktragende Gehäuse von Armaturen aus Stahl [361]

INHALT: Verfahren zur Berechnung; Festigkeit; drucktragende Gehäuse; Innendruck

ERLÄUTERUNG: Die Normenreihe DIN EN 12516 [362] ist Mittel zur Erfüllung der grundlegenden Anforderungen der Druckgeräterichtlinie 2014/68/EU (PED) [76] hinsichtlich Konstruktion, Auslegung auf Belastbarkeit, Korrosion, Werkstoffe und Kennzeichnung. Da diese Teile noch keinen Wasserstoffbezug haben, muss eine Überarbeitung hinsichtlich des Einsatzes von Wasserstoff oder Wasserstoff-Erdgas-Gemischen vorgenommen werden.

UMSETZUNG: Die Umsetzung soll ab 2025 im DIN-Arbeitsausschuss NA 003-01-01 AA Grundnormen und im CEN/TC 69 Industriearmaturen erfolgen.

BEDARF 4.4.5-13:

DIN EN 1349, Stellgeräte für die Prozessregelung [363]

INHALT: Stellgeräte; industrielle Prozesse

ERLÄUTERUNG: Sie legt Anforderungen für Konstruktion und Leistung einschließlich Werkstoff, Druck-/Temperaturwerte, Abmessungen, Prüfung und Kennzeichnung fest. Die DIN EN 1349 ist eine Produktnorm [363], welche mit der Druckgeräterichtlinie 2014/68/EU (PED) [76] harmonisiert ist, aber noch keinen Wasserstoffbezug hat. Daher muss eine Überarbeitung hinsichtlich des Einsatzes von Wasserstoff oder Wasserstoff-Erdgas-Gemischen vorgenommen werden.

UMSETZUNG: Die Umsetzung soll ab 2025 im DIN-Arbeitsausschuss NA 003-01-11 AA Armaturen und Sonderarmaturen für die Prozessindustrie, den Gastransport und die Gasverteilung sowie die Erdölindustrie und im CEN/TC 69 Industriearmaturen erfolgen.

Bauteile Infrastruktur

BEDARF 4.4.5-14:

DIN EN 13709, Industriearmaturen – Absperrventile und absperrbare Rückschlagventile aus Stahl [364]

INHALT: Anforderungen; Absperrventile; absperrbare Rückschlagventile; Stahl

ERLÄUTERUNG: Diese Ventile sind geschmiedet, gegossen oder geschweißt, haben Durchgangs-, Eck- oder Schrägausführung und Flansch-, Anschweiß-, Schweißmuffen- oder Gewindeenden. Die DIN EN 13709 ist eine Produktnorm [364], welche mit der Druckgeräterichtlinie 2014/68/EU (PED) [76] harmonisiert ist, aber noch keinen Wasserstoffbezug hat. Daher muss eine Überarbeitung hinsichtlich des Einsatzes von Wasserstoff oder Wasserstoff-Erdgas-Gemischen vorgenommen werden.

UMSETZUNG: Die Umsetzung soll ab 2025 im DIN-Arbeitsausschuss NA 003-01-03 AA Ventile und im CEN/TC 69 Industriearmaturen erfolgen.

BEDARF 4.4.5-15:

DIN EN 16668, Industriearmaturen – Anforderungen und Prüfungen für Metallarmaturen als drucktragende Ausrüstungsteile [365]

INHALT: Metallarmaturen; Dachnorm; Anforderungen; Auslegung; Herstellung; Prüfung; Werkstoffe; Dokumentation

ERLÄUTERUNG: Dieses Dokument gilt für Metallarmaturen als drucktragende Ausrüstungsteile für Anwendungen in der Industrie mit einem maximal zulässigen Druck (PS) größer als 0,5 bar nach der Europäischen Richtlinie über Druckgeräte und legt Mindestanforderungen fest, die für die Gestaltung (Auslegung), Herstellung, Prüfung, Werkstoffe und Dokumentation gelten. Die DIN EN 16668 [365] ist eine Dachnorm für Industriearmaturen aus Metall zur Erfüllung der grundlegenden Sicherheitsanforderungen, welche mit der Druckgeräterichtlinie 2014/68/EU (PED) [76] harmonisiert ist, aber noch keinen Wasserstoffbezug hat. Daher muss eine Überarbeitung hinsichtlich des Einsatzes von Wasserstoff oder Wasserstoff-Erdgas-Gemischen vorgenommen werden.

UMSETZUNG: Die Umsetzung soll ab 2025 im DIN-Arbeitsausschuss NA 003-01-01 AA Grundnormen und im CEN/TC 69 Industriearmaturen erfolgen.

BEDARF 4.4.5-16:

DIN EN 13397, Industriearmaturen – Membranarmaturen aus Metall [366]

INHALT: Anforderungen; Membranarmaturen; metallische Gehäusewerkstoffe

ERLÄUTERUNG: Die DIN EN 13397 ist eine Produktnorm [366], welche mit der Druckgeräterichtlinie 2014/68/EU (PED) [76] harmonisiert ist, aber noch keinen Wasserstoffbezug hat. Daher muss eine Überarbeitung hinsichtlich des Einsatzes von Wasserstoff oder Wasserstoff-Erdgas-Gemischen vorgenommen werden.

UMSETZUNG: Die Umsetzung soll ab 2025 im DIN-Arbeitsausschuss NA 003-01-16 AA Industriearmaturen für die Wasserversorgung, Membranarmaturen, Rückflussverhinderer, Hydranten sowie Schieber, Ventile, Klappen und Hähne und im CEN/TC 69 Industriearmaturen erfolgen.

BEDARF 4.4.5-17:

DIN SPEC 3456, Industriearmaturen – Leitfaden zu Anforderungen an metallische Armaturen für Wasserstoffanwendungen im Rahmen der europäischen Normung [367]

INHALT: Anforderungen; Industriearmaturen

ERLÄUTERUNG: Dieses Dokument enthält Informationen über Bestimmungen für metallische Industriearmaturen für Wasserstoffanwendungen und legt zusätzliche Anforderungen an die Werkstoffauswahl, Konstruktion, Herstellung und Prüfung fest. Die neu zu erstellende DIN SPEC 3456 ist eine Norm für Wasserstoffanwendungen.

UMSETZUNG: Die Umsetzung soll ab 2024 im DIN-Arbeitskreis NA 003-01-11-02 AK Wasserstoff – Armaturen und Netzwerke erfolgen.

BEDARF 4.4.5-18:

DIN 30690-1, Bauteile in Anlagen der Gasversorgung – Teil 1: Anforderungen an Bauteile in Gasversorgungsanlagen [101]

INHALT: Anforderungen; Bauteile

ERLÄUTERUNG: Dabei handelt es sich um Bauteile in Anlagen zur leitungsgebundenen Versorgung der Allgemeinheit mit Gas (Gasversorgungsanlagen). Diese Norm gilt nicht für Gasinstallationen im Geltungsbereich des DVGW-Arbeitsblatts G 600 [197]. Es müssen verschiedene Anpassungen hinsichtlich eines möglichen Einsatzes von Wasserstoff oder Wasserstoff-Erdgas-Gemischen vorgenommen werden. Dazu zählt, dass Gasnetze zukünftig auch für den Transport von Wasserstoff in variablen Anteilen geeignet sein sollten. Dafür muss eine Überarbeitung dieser Norm erfolgen.

UMSETZUNG: Die Umsetzung soll ab 2024 im DIN-Arbeitsausschuss NA 032-02-04 AA Anlagentechnik erfolgen.

BEDARF 4.4.5-19:

DIN 33821, Sicherheitsabblaseventile für Gasversorgungsanlagen mit Betriebsdrücken bis 100 bar [218]

INHALT: Anforderungen; Prüfung; Sicherheitsabblaseventile

ERLÄUTERUNG: Diese Norm gilt für Anforderungen und Prüfungen von Sicherheitsabblaseventilen und Abblaseventilen, welche als SBV bezeichnet, in Gasversorgungsanlagen mit Betriebsdrücken bis 100 bar für Gas, nach DVGW-Arbeitsblatt G 260 [53], vorkommen. Gasnetze sollten zukünftig auch für den Transport von Wasserstoff in variablen Anteilen geeignet sein. Es müssen verschiedene Anpassungen hinsichtlich eines möglichen Einsatzes von Wasserstoff oder Wasserstoff-Erdgas-Gemischen vorgenommen werden. Dazu zählen die Überarbeitung der Norm hinsichtlich des Einsatzes von reinem Wasserstoff und Wasserstoffgemischen sowie die Harmonisierung mit der Druckgeräterichtlinie 2014/68/EU (PED) [76].

UMSETZUNG: Die Umsetzung soll ab 2024 im DIN-Arbeitsausschuss NA 032-02-04 AA Anlagentechnik erfolgen.

BEDARF 4.4.5-20:

DIN EN 14382, Gas-Sicherheitsabsperreinrichtungen für Eingangsdrücke bis 10 MPa (100 bar) [217]

INHALT: Anforderungen; Gas-Sicherheitsabsperreinrichtungen

ERLÄUTERUNG: Dieses Dokument legt Anforderungen an Konstruktion, Funktion, Prüfung, Kennzeichnung und Bemessung sowie die Dokumentation von Gas-Sicherheitsabsperreinrichtungen fest, für Eingangsdrücke bis 100 bar und Nenndurchmesser bis DN 400. Es müssen verschiedene Anpassungen hinsichtlich eines möglichen Einsatzes von Wasserstoff oder Wasserstoff-Erdgas-Gemischen vorgenommen werden. Dazu zählt, dass Gasnetze zukünftig auch für den Transport von Wasserstoff in variablen Anteilen geeignet sein sollen. Dafür muss eine Überarbeitung dieser Norm erfolgen. Zudem gilt diese Norm bisher nicht für Gase der fünften Gasfamilie. Eine diesbezügliche Überarbeitung ist daher dringend notwendig.

UMSETZUNG: Die Umsetzung soll ab 2025 im DIN-Arbeitsausschuss NA 032-02-04 AA Anlagentechnik und im CEN/TC 235 Gas-Druckregelgeräte und zugehörige Sicherheitseinrichtungen für den Gastransport und die Gasverteilung erfolgen.

4.4.5.4 Umsetzungsprojekte

Im Frühjahr 2023 wurde das Umsetzungsprojekt zur Neuerstellung des DVGW-Merkblatts G 405 [104] beantragt und die finanzielle Unterstützung zur Umsetzung bewilligt. Die Dringlichkeit der Umsetzung war begründet darin, dass Armaturen ein signifikanter Faktor für die Umstellung bestehender Erdgasnetze auf Wasserstoff sind. Mit der Veröffentlichung dieses Merkblatts im April 2024 wird damit ein wichtiger Meilenstein dieses Umsetzungsprojekts gesetzt.

Im Herbst 2023 erfolgte der Antrag für die grundlegende Überarbeitung des DVGW-Arbeitsblatts G 441 [149]. Dieser Antrag wurde bewilligt, sodass im Frühjahr 2024 mit der Überarbeitung durch den Projektkreis Gas-PK-1-6-1 G 441 beim DVGW begonnen werden kann. Dieses DVGW-Arbeitsblatt bedarf einer dringenden Überarbeitung hinsichtlich Gase der fünften Gasfamilie nach DVGW-Arbeitsblatt G 260 [53], welche in der zurzeit gültigen Fassung nicht enthalten sind. Weiterhin hat

Bauteile für Anwendungen und Technologien

sich gezeigt, dass speziell im Hinblick auf die zur Veröffentlichung stehende EU-Methanverordnung (welche auch für Wasserstoff gelten wird) eine Trennung von Kugelhähnen (mit Double Block and Bleed) und Schiebern erfolgen muss [346]. Mit einem Abschluss der Überarbeitung dieses Arbeitsblatts ist frühestens im Jahr 2025 zu rechnen. Zusätzlich wurde die DIN SPEC 3456 bewilligt und angestoßen.

4.4.6 Bauteile für Anwendungen und Technologien

In der AG Bauteile für Anwendungen und Technologien werden Normen und technische Regeln von Bauteilen und Komponenten der Gasversorgung und -anwendung betrachtet. Dazu zählen u. a. Rohre aus metallischen und nicht-metallischen Werkstoffen sowie zugehörige Verbindungssysteme und Sicherheitseinrichtungen wie Gasströmungswächter und -steckdosen, Schläuche für diverse Anwendungen, Filter, Elastomere, Flachdichtungswerkstoffe, Schmierstoffe und Dichtmittel (z. B. anaerobe Kleber, PTFE-Dichtbänder oder -fäden).

4.4.6.1 Bestandsanalyse

Ein großer Vorteil der Normung und technischen Regelsetzung der AG Bauteile für Anwendungen und Technologien bezogen auf den Wasserstoffeinsatz ist, dass diese bereits weitestgehend aus der konventionellen Gaswelt bekannt und daraufhin ableitbar ist. Insbesondere auch deshalb, da das Energiewirtschaftsgesetz im § 113c ff. das diesbezügliche Regelwerk des DVGW als allgemein anerkannte Regeln der Technik für die Wasserstoffverteilung ansieht [196]. Auch neue Aspekte von Wasserstoff wurden berücksichtigt und mit aufgenommen. Das gesamte Standardisierungsportfolio besteht, abgesehen von den spezifisch für Wasserstoff erarbeiteten Zertifizierungsprogrammen für Bauteile und Gasgeräte, ausschließlich aus Überarbeitungen und Weiterentwicklungen von Normen und technischen Regeln. Durch die Voruntersuchungen und technischen Diskussionen der Expertinnen und Experten aus dem DIN-Arbeitsausschuss NA 032-03-02 AA Bauteile und Hilfsstoffe – Gas (DVGW-Gremium G-TK-2-4) konnten die entsprechenden Regelwerke direkt identifiziert und aufgegriffen werden.

Offene Bedarfe konnten schnell identifiziert werden und werden in den kommenden Monaten und Jahren strukturiert angepasst. Zum Ende des Jahres 2023 umfasste der Bestand dieser Arbeitsgruppe ca. 40 Regelwerke. Ein Viertel davon sind bereits publizierte H₂-ready-fähige Dokumente des DVGW-Regelwerks sowie neun nationale DIN-Normen. Hinzu kommen 14 Europäische bzw. internationale Normen oder technische Regeln, drei Zertifizierungsprogramme und drei amerikanische ANSI- bzw. ASME-Standards. Komplettiert wird diese Sammlung durch ein Regelwerk unter Mitwirkung des VdTÜV. Analog zu den technischen Standards müssen die schon existierenden gesetzliche Regularien und Vorschriften wie beispielsweise die Gasgeräteverordnung, die Druckgeräte-richtlinie und das Produktsicherheitsgesetz eingehalten werden. Alle bestehenden Normen und technischen Regelwerke können im [Verzeichnis der Normen und technischen Regelwerke für Wasserstofftechnologien](#) eingesehen werden [13].

[Abbildung 35](#) stellt die identifizierten Gremien der technischen Regelsetzung dar, die für die Erarbeitung der technischen Regelwerke im Bereich Bauteile für Anwendungen und Technologien wichtig sind. Eine Übersicht zu den Abkürzungen der Gremien kann in [Abschnitt 9](#) eingesehen werden.

4.4.6.2 Anforderungen und Herausforderungen

Es wurden 44 allgemeine Bedarfe an die Normung und technische Regelsetzung lokalisiert, von denen acht Bedarfe konkretisiert wurden. Lücken bestehen in den Bereichen der Produktnormung von Dichtungen bzw. Dichtmitteln und Membranen, Schmierstoffen, Gasströmungswächtern, Gasfiltern sowie bei den Armaturen. Dringende Bedarfe konnten bereits über die Ergänzung zur Technischen Regel der Gasinstallation (DVGW-TRGI) [222], durch den Leitfaden zur H₂-readiness für Gasanwendung [198] und über die Anpassung des DVGW-Arbeitsblatts G 260 [53] sowie durch die adaptierte Norm DIN EN 437 [210] abgedeckt werden. Solange für die Armaturen, Elastomerwerkstoffe für Dichtungen, Membranen sowie für Kunststoffrohre (Mehrschichtverbundrohre) noch kein H₂-ready-fähiges Regelwerk existiert, gelten die erarbeiteten Zertifizierungsprogramme ZP-4110 (Ergänzungsprüfungen für Armaturen für gasförmige Brennstoffe bis zu 100 Vol.-% H₂) [225] und ZP-5101 (Verträglichkeit und Permeationseigenschaften von Elastomerwerkstoffen für

Bauteile für Anwendungen und Technologien

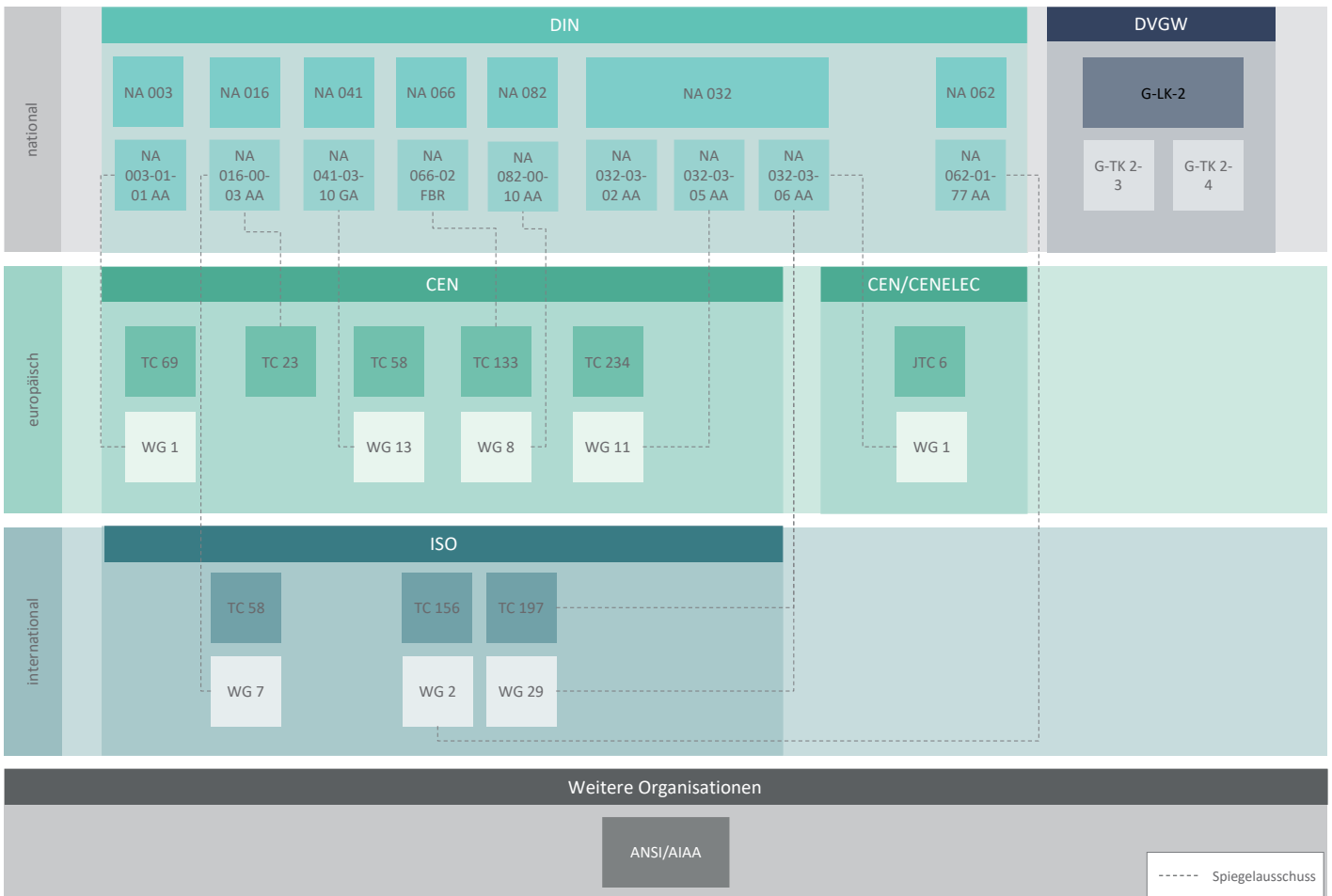


Abbildung 35: Übersicht relevanter Gremien der technischen Regelung im Bereich Bauteile für Anwendungen und Technologien (Stand 03-2024) (Quelle: eigene Darstellung)

Dichtungen u. Membranen in Gasgeräten u. -anlagen bis zu 100 Vol.-% H₂) [368].

Zwar bereitete die Ableitung von Beständen und Bedarfen regelwerksseitig kaum Schwierigkeiten, in der Praxis stellte sich die H₂-Transformation aber als große technische Herausforderung dar. Aus diesem Grund wurden Forschungsprojekte wie HydEKuS (G 202208) [227], H₂-Umstell (G 202312) [369], ECLHYPSE (G 202138) [203], F&E für H₂ (G 202021) [370] oder Roadmap Gas 2050 (G 201824) [57] ins Leben gerufen, durch die die Wasserstoffumstellung getestet wurde.

Zu Beginn wurden auch Regelwerke für die häusliche Wasserstoffherzeugung bzw. -speicherung und Materialien betrachtet. Schnell zeigte sich, dass diese Bedarfe in den Arbeitsgruppen [AG Häusliche Anwendungen](#), [AG Metallische Werkstoffe](#),

[AG Komposite und Kunststoffe](#) sowie [AG Rohrleitungen](#) präziser bearbeitet werden können. Die AG-übergreifende Zusammenarbeit zur detaillierten Klassifizierung von Regelwerken oder Querschnittsthemen wurde sehr zuverlässig über das Netzwerk der NRM H₂ abgedeckt.

4.4.6.3 Bedarfsanalyse

BEDARF 4.4.6-01:
DIN EN 549:2023-07, Elastomer-Werkstoffe für Dichtungen und Membranen in Gasgeräten und Gasanlagen [371]

INHALT: Dichtungen; Membranen; Werkstoffanforderungen

Bauteile für Anwendungen und Technologien

ERLÄUTERUNG: Die konkrete Bedarfserläuterung ergibt sich dadurch, dass Elastomere in nahezu allen Anwendungen sektorenübergreifend eingesetzt werden und daher aus technischer Sicht eine Schlüsselfunktion einnehmen. Mittlerweile liegen umfangreiche Forschungsergebnisse zur Eignung von Materialien und Werkstoffen sowie Prüfanforderungen von Elastomeren für den Wasserstoffeinsatz vor, die in die Fortschreibung dieser Norm einfließen sollen [372].

UMSETZUNG: Dieses Projekt soll ab 2024 im DIN-Gremium NA 032-03-02 AA Bauteile und Hilfsstoffe – Gas bzw. auf europäischer Ebene im CEN/TC 208 angegangen werden.

BEDARF 4.4.6-02:

DIN 30652-1:2021-06, Gasströmungswächter – Teil 1: Gasströmungswächter für die Gasinstallation [373] und DIN 30652-3:2021-06, Gasströmungswächter – Teil 3: Konformitätsbewertung von Gasströmungswächtern für die Gasinstallation [374]

INHALT: Gasströmungswächter; Gasinstallation

ERLÄUTERUNG: Diese Norm stellt eine sehr hohe Bedeutung aller Bedarfe in der AG Bauteile für Anwendungen und Technologien dar und bringt den Wasserstoffhochlauf im Bereich der Bauteile substanziell voran. Gasströmungswächter werden als wesentlicher Teil aller Gasinstallationssysteme benötigt und nehmen aus technischer Sicht eine Schlüsselfunktion ein. Mittlerweile liegen umfangreiche Forschungsergebnisse zur technischen Eignung der Gasströmungswächter für die Gasinstallation vor, welche in die Fortschreibung dieser Norm einfließen müssen. Die Forschungsergebnisse des DVGW-Projekts Roadmap Gas 2050 [57], [375] bilden die Basis für diese Überarbeitung.

UMSETZUNG: Dieses Projekt soll ab 2024 im DIN-Arbeitsausschuss NA 032-03-02 AA Bauteile und Hilfsstoffe – Gas gestartet werden.

BEDARF 4.4.6-03:

DIN 30652-2:2022-09, Gasströmungswächter – Teil 2: Gasströmungswächter für Netzanschlussleitungen [132] und DIN 30652-4:2022-09, Gasströmungswächter – Teil 4: Konformitätsbewertung von Gasströmungswächtern für Netzanschlussleitungen [376]

INHALT: Gasströmungswächter; Netzanschlussleitungen

ERLÄUTERUNG: Diese Norm stellt eine sehr hohe Bedeutung aller Bedarfe in der AG Bauteile für Anwendungen und Technologien dar und bringt den Wasserstoffhochlauf im Bereich der Bauteile substanziell voran. Gasströmungswächter werden als wesentlicher Teil der Gasverteilung benötigt und nehmen aus technischer Sicht eine Schlüsselfunktion ein. Mittlerweile liegen umfangreiche Forschungsergebnisse vor, welche in die Fortschreibung dieser Norm einfließen müssen. Die Forschungsergebnisse des DVGW Projekts Roadmap Gas 2050 [57] und des bereits bewilligten Projekts H₂-Umstell [369] bilden die Basis für diese Überarbeitung.

UMSETZUNG: Erfolgt parallel zum Teil 1 und Teil 3 und soll ab 2024 im NA 032-03-02 AA Bauteile und Hilfsstoffe – Gas gestartet werden.

BEDARF 4.4.6-04:

DIN 3535-6:2019-04, Dichtungen für die Gasversorgung – Teil 6: Flachdichtungswerkstoffe auf Basis von Fasern, Graphit oder Polytetrafluorethylen (PTFE) für Gasarmaturen, Gasgeräte und Gasleitungen [377]

INHALT: Flachdichtungen (Fasern, Graphit, PTFE); Gasarmaturen; Gasgeräte; Gasleitungen

ERLÄUTERUNG: Zu dieser Norm laufen momentan noch Untersuchungen über mögliche Einflüsse von Wasserstoff auf in Bauteilen eingesetzte Dichtungen. Diese müssen final ausgewertet und die jeweiligen Einflüsse auf Wasserstoff in der Norm durch entsprechende Maßnahmen berücksichtigt werden. Die Dichtmittel nehmen, ähnlich wie die Strömungswächter, eine in allen Anwendungen sektorenübergreifende technische Schlüsselfunktion ein. Außerdem bezieht sich diese Norm noch nicht auf die fünfte Gasfamilie und müsste daher allgemein und redaktionell überarbeitet werden.

Bauteile für Anwendungen und Technologien

UMSETZUNG: Wird ab 2025 im DIN-Arbeitsausschuss NA 032-03-02 AA Bauteile und Hilfsstoffe – Gas bzw. im CEN/TC 208 in Angriff genommen, bis dahin greift die zugehörige ZP.

BEDARF 4.4.6-05:

DIN EN 377:1999-04, Schmierstoffe für die Anwendung in Geräten und zugehörigen Stell-Geräten für Brenngase außer denjenigen, die für die Anwendung in industriellen Prozessen vorgesehen sind [378]

INHALT: Anforderungen; Prüfung; Schmierstoffe; Gasgeräte

ERLÄUTERUNG: Hierbei handelt es sich um noch laufende Untersuchungen über mögliche Einflüsse von Wasserstoff auf in Bauteilen eingesetzte Schmierstoffe. Abzusehen ist, dass diese Norm unbedingt auf die Wasserstoffanwendungen angepasst werden muss.

UMSETZUNG: Wird ab 2025 im DIN-Arbeitsausschuss NA 032-03-02 AA Bauteile und Hilfsstoffe – Gas bzw. im CEN/TC 208 in Angriff genommen.

BEDARF 4.4.6-06:

Normenreihe DIN EN 751, Dichtmittel für metallene Gewindeverbindungen in Kontakt mit Gasen der 1., 2. und 3. Familie und Heißwasser [379]

INHALT: Dichtmittel; metallene Gewindeverbindungen

ERLÄUTERUNG: Ebenfalls laufen dazu noch Untersuchungen über mögliche Einflüsse von Wasserstoff auf in Bauteilen eingesetzte Dichtmittel. Diese müssen final ausgewertet und die jeweiligen Einflüsse auf Wasserstoff in der Norm durch entsprechende Maßnahmen berücksichtigt werden. Die Dichtmittel nehmen ähnlich wie die Strömungswächter eine in allen Anwendungen sektorenübergreifende technische Schlüsselfunktion ein.

UMSETZUNG: Dieses Projekt wird im Jahr 2026 im DIN-Arbeitsausschuss NA 032-03-02 AA Bauteile und Hilfsstoffe – Gas bzw. im CEN/TC 208 angegangen.

BEDARF 4.4.6-07:

DIN 3386:2012-10, Gasfilter für einen Betriebsdruck bis einschließlich 5 bar – Anforderungen und Prüfungen [380]

INHALT: Gasfilter; Nennweite von einschließlich DN 250

ERLÄUTERUNG: Momentan bezieht sich diese Norm noch nicht auf die fünfte Gasfamilie und müsste daher allgemein und redaktionell überarbeitet werden. Ebenfalls laufen dazu noch Untersuchungen über mögliche Einflüsse von Wasserstoff auf in Bauteilen eingesetzte Gasfilter. Diese müssen final ausgewertet und die jeweiligen Einflüsse auf Wasserstoff in der Norm durch entsprechende Maßnahmen berücksichtigt werden. Die Filter nehmen ähnlich wie die Dichtungen und Strömungswächter eine in allen Anwendungen sektorenübergreifende technische Schlüsselfunktion ein.

UMSETZUNG: Ab Jahr 2024 im DIN-Arbeitsausschuss NA 032-03-02 AA Bauteile und Hilfsstoffe – Gas bzw. europäisch im CEN/TC 208 vollzogen.

BEDARF 4.4.6-08:

DIN EN 682:2006-10, Elastomer-Dichtungen – Werkstoff-Anforderungen für Dichtungen in Versorgungsleitungen und Bauteilen für Gas und flüssige Kohlenwasserstoffe [381]

INHALT: Elastomer-Werkstoffe; Dichtungen; Versorgungsleitungen; Bauteile

ERLÄUTERUNG: Diese Norm erfordert dringend für Wasserstoff noch festzulegende Spezifikationen an die Elastomer-Werkstoffe, welche bei Dichtungen für Versorgungsleitungen bzw. für Bauteile verwendet werden.

UMSETZUNG: Ist im DIN-Arbeitsausschuss NA 045-02-09 AA Bauteile und Hilfsstoffe – Gas bzw. europäisch im CEN/TC 208 platziert und soll ab 2028 starten.

Bauteile für Anwendungen und Technologien

4.4.6.4 Umsetzungsprojekte

Im Herbst 2023 wurde die finanzielle Unterstützung zur Überarbeitung der DIN EN 549:2023-07 [371] und die Förderung der Regelwerksanpassung der Normreihe DIN 30652 [373], [132], [374], [376] bewilligt. Die Bedarfserläuterungen sind bereits jeweils in 4.4.6.3 genannt. Durch die finanzielle Förderung wird es der technischen Regelsetzung erleichtert, mit den nötigen Ressourcen zeitlich priorisiert die wichtigsten Regelwerksänderung bezüglich der Wasserstofftransformation anzugehen.



4.5 Weiterbildung, Sicherheit und Zertifizierung

Wasserstoff wird in vielen Bereichen der Wirtschaft als Rohstoff und Energieträger eine wichtige Schlüsselrolle einnehmen. Dabei wird er auch in Bereichen eingesetzt, wo bisher wenig Erfahrungen mit diesem hochenergetischen Stoff existieren.

Vor dem Hintergrund dieser Entwicklung ist es von höchster Priorität, die Sicherheitsaspekte zu gewährleisten. Ein umfassendes Sicherheitsverständnis ist unerlässlich, angefangen bei grundlegenden Sicherheitsstandards über effektives Sicherheitsmanagement und Explosionsschutz bis hin zu Weiterbildungen und der Zertifizierung von Produkten für den Wasserstoffeinsatz.

Besonders im Kontext der Sektorenkopplung obliegt es den Betreibenden und Herstellenden, die jeweiligen Rechte und

Pflichten wahrzunehmen und die Integrität dieser Systeme auch vor Cyber-Bedrohungen zu schützen.

4.5.1 Sicherheitstechnische Grundsätze

In der AG Sicherheitstechnische Grundsätze werden sicherheitstechnische Aspekte behandelt, die fachübergreifend für Wasserstofftechnologien relevant sind. Dabei werden Grundsätze und allgemeine Prinzipien zur sicheren Gestaltung und Verwendung von Produkten und Anlagen sowie allgemeine Anforderungen hinsichtlich der funktionalen Sicherheit betrachtet. So entstehen einerseits eine Basis für Herstellende, Betreibende und Verarbeitende, nach der diese arbeiten und

Sicherheitstechnische Grundsätze

handeln können, und andererseits die Grundlagen, auf der fachspezifische Normen und technische Regeln entwickelt werden können.

4.5.1.1 Bestandsanalyse

Es existiert eine große Anzahl relevanter Regeln; hauptsächlich aus den Bereichen Petrochemie, Kerntechnik und Chemieindustrie. Diese beinhalten Wasserstoff jedoch immer nur als Teilaspekt und können nur beschränkt auf andere Anwendungsfelder übertragen werden. Auf internationaler Ebene erarbeitete Standards decken den notwendigen sicherheitstechnischen Rahmen nicht vollständig ab, beispielsweise wenn diese auf außereuropäische nationale Standards verweisen, die nicht allgemein gültig oder zugänglich sind und nicht im Einklang mit europäischen Richtlinien stehen. Harmonisierte Normen und technische Regeln bewirken üblicherweise, dass Anforderungen an die herstellenden Unternehmen die Richtlinien automatisch erfüllen und so im europäischen Kontext vereinheitlicht sind. Im Kontrast dazu variieren die Anforderungen an Betreibende und Genehmigungsverfahren stark, weswegen diese nicht allgemeingültig anwendbar sind. Zudem existieren vielfältige, nicht immer aufeinander abgestimmte, teilweise konkurrierende oder parallel laufende nationale und internationale Regelwerke sowie Industrie-regelwerke. Dies ist zumeist auch der heterogenen Aufteilung der anwendenden Personen und Interessenkreise geschuldet.

Die über 80 Dokumente der Normung und technischen Regelsetzung, die im [Verzeichnis der Normen und technischen Regelwerke für Wasserstofftechnologien](#) aufgelistet sind, sind prinzipiell verfügbar. Der Zusammenhang dieser Dokumente ist jedoch erst nach detailliertem Studium ersichtlich. Allgemeingültige sicherheitstechnische Regeln für Wasserstoffanwendungen sind aus diesen nur beschränkt abzuleiten [\[13\]](#). Zusätzlich wurden aus dem gesetzlichen Rahmen 17 Dokumente identifiziert⁹, welche Ziele, aber nicht die technische Umsetzung, vorgeben. Außerdem wurden von der AG neun laufende und abgeschlossene Forschungsprojekte mit

Schwerpunkt Sicherheitstechnische Grundsätze identifiziert, deren Ergebnisse noch in das Anwendungswissen übertragen werden müssen [\[382\]](#), [\[383\]](#), [\[384\]](#), [\[385\]](#), [\[386\]](#), [\[387\]](#), [\[388\]](#), [\[389\]](#), [\[390\]](#). Die hohe Dynamik des Markthochlaufs und der technischen Innovationen zu Wasserstofftechnologien lassen eine weitere Anzahl relevanter Forschungsprojekte erwarten, die noch nicht erfasst sind. Hier ist eine schnelle Integration neuer Erkenntnisse in bereits bestehende Normen und technische Regeln wünschenswert.

Beispiele für Anwendungen mit fehlenden Normen und technischen Regeln sind nicht-atmosphärische Bedingungen und Flüssigwasserstoff, welche nicht im klassischen Explosionsschutz abgedeckt werden (siehe [AG Explosionsschutz](#)).

[Abbildung 36](#) stellt die identifizierten Gremien der technischen Regelsetzung dar, die für die Erarbeitung der technischen Regelwerke im Bereich Sicherheitstechnische Grundsätze wichtig sind. Eine Übersicht zu den Abkürzungen der Gremien kann in [Abschnitt 9](#) eingesehen werden.

4.5.1.2 Anforderungen und Herausforderungen

Wasserstoff ist als Gefahrstoff klassifiziert und birgt hohe Risiken für Menschen und Einrichtungen durch Feuer oder Explosionen bei unkontrolliertem Entweichen oder unerwarteten Betriebszuständen. Die chemischen und physikalischen Parameter sind gut charakterisiert [\[391\]](#), unterscheiden sich aber ganz erheblich von Kohlenwasserstoff-Gasen, sowohl im Normalbetrieb als auch im Fehlerfall. In der Chemieindustrie werden großtechnische Wasserstoffanlagen seit Jahrzehnten betrieben [\[392\]](#), [\[393\]](#). Es gibt somit einen sehr guten Entwicklungsstand der Normen und technischen Regeln und einen hohen sicherheitstechnischen Erfahrungsstand [\[394\]](#), wodurch ein sicherer Betrieb von Wasserstoffanlagen zu erwarten ist.

Die Transformation hin zu einer Wasserstoffwirtschaft bringt jedoch viele Veränderungen mit sich, die sich insbesondere manifestieren in:

- Anwendungen in neuen Branchen und als Speichertechnologie;
- neuartigen Anlagenkonzepten;
- großtechnischem Maßstab;
- neuen Materialien und Komponenten;

⁹ Siehe [\[418\]](#), [\[419\]](#), [\[420\]](#), [\[43\]](#), [\[413\]](#), [\[403\]](#), [\[76\]](#), [\[421\]](#), [\[422\]](#), [\[423\]](#), [\[424\]](#), [\[425\]](#), [\[173\]](#), [\[426\]](#), [\[427\]](#), [\[428\]](#), [\[68\]](#)

Sicherheitstechnische Grundsätze

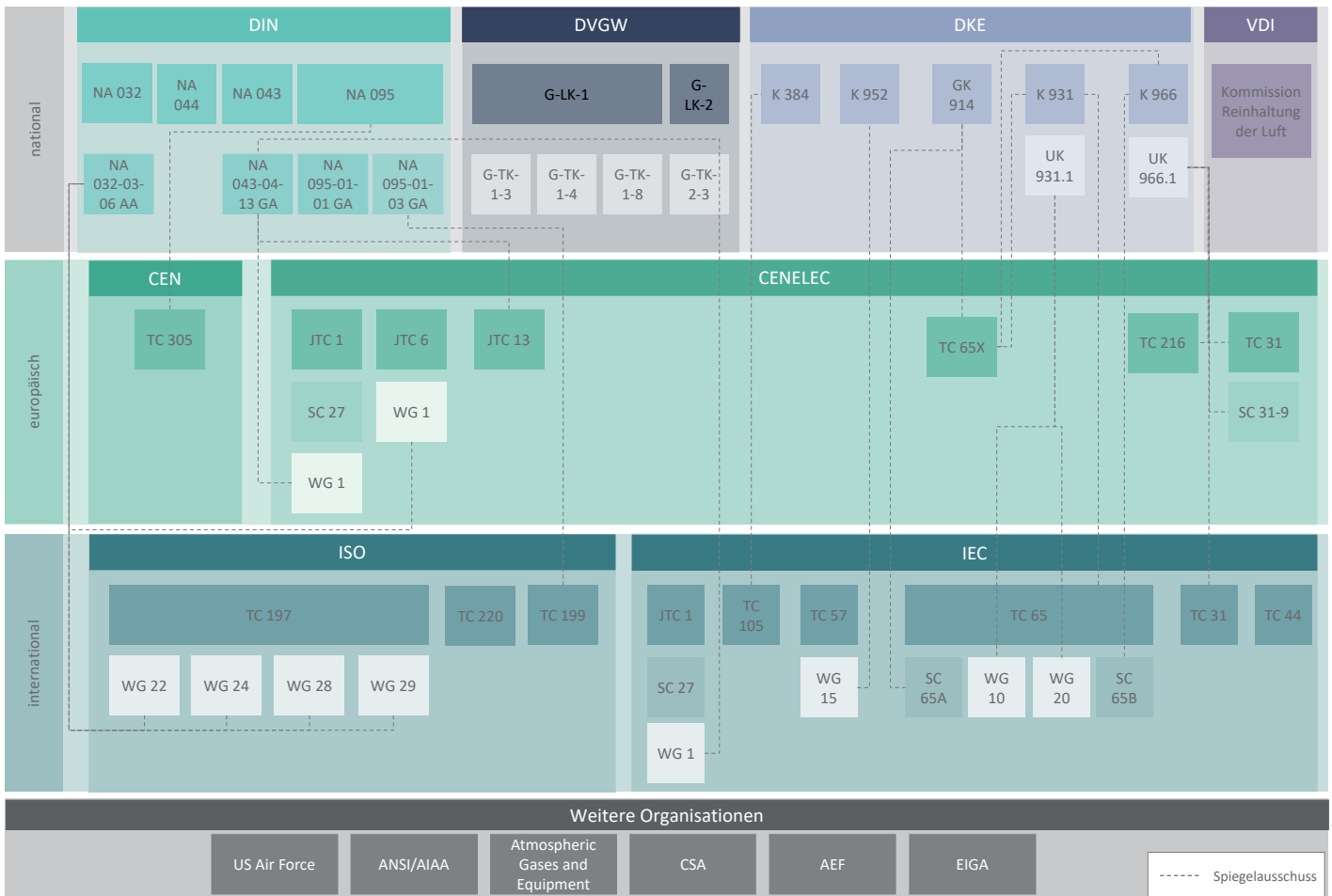


Abbildung 36: Übersicht relevanter Gremien der technischen Regelung im Bereich Sicherheitstechnische Grundsätze (Stand 03-2024) (Quelle: eigene Darstellung)

- einem erweiterten nicht-professionellen Personenkreis, z. B. Mitarbeitende und Anwendende;
- der Berücksichtigung von nicht-atmosphärischen Bedingungen (außerhalb von: 0,8 bar bis 1,1 bar, -20 °C bis +60 °C und andere Oxidationsmittel als Luft);
- der Verwendung im öffentlichen Raum.

- Verfügbarkeit von Fachwissen zur Qualifikation von Personen;
- Methoden zur Erstellung von Sicherheitskonzepten;
- harmonisierte Grundlagen für die Bewertung von Sicherheitskonzepten für Herstellende, Betreibende und Genehmigungsbehörden.

Jede dieser Neuerungen erhöht das Risiko von Fehlern bei Planung, Installation und Betriebsführung, die zu gefährlichen Situationen führen können.

Aus der Analyse des Bestands an Normen und technischen Regeln ergeben sich folgende Bedarfe:

- Förderung der Erfahrungsvermittlung aus „lessons learned“;
- Bereitstellung von Handlungshilfen und Leitfäden;

4.5.1.3 Bedarfsanalyse

BEDARF 4.5.1-01:
Handbuch zu Unfällen und Störungen an Wasserstoffanlagen

INHALT: Handbuch; Leitfaden

Sicherheitstechnische Grundsätze

ERLÄUTERUNG: Die Etablierung eines einheitlichen Fehler-Klassifikationssystems, das Fehler nach beteiligten Anlagenfunktionen bzw. Anlagenmodulen und Auswirkungen segmentiert, trägt dazu bei, Problembereiche zu identifizieren und die erforderlichen Sicherheitsmaßnahmen gezielt umzusetzen. Zudem ermöglicht dies in Planung, Entwicklung, Genehmigung und Zertifizierung solcher Anlagen, Maschinen und Komponenten einheitliche Kriterien anzuwenden. Es werden anschauliche Beispiele aufgezeigt, die in Aus- und Weiterbildung genutzt werden können.

UMSETZUNG: Es soll ein Handbuch zu Unfällen und Störungen an Wasserstoffanlagen erstellt werden, in dem anhand klar definierter Kriterien eine einheitliche Klassifizierung vorgenommen wird. Basis kann die HIAD-2.0-Datenbank [395] sein.

BEDARF 4.5.1-02: Schlüsselfertige Anlagen – allgemeine Anforderungen

INHALT: Mindestanforderungen Vertrag; schlüsselfertige Anlagen

ERLÄUTERUNG: National unterschiedliche Normen der Betreibenden behindern im Falle von schlüsselfertigen Anlagen/Produkten (d. h. standardisierte, im Werk des Herstellers gefertigte Anlagen, die vor Ort in Betrieb genommen werden) den freien Warenverkehr und die Sicherheit. Ziel ist daher, eine Norm zu erarbeiten, die Mindestinhalte an die Vertragsgestaltung festlegt, um eine faire Verantwortungsaufteilung bezüglich Sicherheit zwischen den Interessengruppen (Kundschaft, Hersteller etc.) und Transparenz zwischen den Stakeholdern zu garantieren.

UMSETZUNG: Der Bedarf wird als neuer Normungsbedarf umgesetzt, vorzugsweise auf europäischer Ebene. Das zuständige Gremium muss noch definiert werden.

BEDARF 4.5.1-03: Vent-/Flarestacks, Abblasesysteme

INHALT: Auslegungsanforderungen; Abschätzungshilfen zu notwendigen Höhen

ERLÄUTERUNG: Bisherige Normen zu Vent-/Flarestacks und Abblasesystemen stammen vorwiegend aus der (petro)chem. Industrie. Durch hohe Dichteunterschiede und Wechselwirkungen mit anderen Luftbestandteilen bei der Verwendung von kryogenem Wasserstoff bestehen hier Schwächen in den gängigen Auslegungsvorgaben. Auch in Gasform ist die Zündneigung des Wasserstoffs von Relevanz, da Zündungen durch elektrostatische Aufladung bei sonst unproblematischen Bedingungen auftreten können.

UMSETZUNG: Erstellung einer Richtlinie, welche klare Vorgaben zur Auslegung liefert, um eine sicherheitsgerichtete Auslegung auch bei Wasserstoffverwendung zu ermöglichen.

BEDARF 4.5.1-04: Freisetzungsmodelle/Auswirkungsbetrachtungen

INHALT: Modellbeschreibungen mit Anwendungsgrenzen; Beschreibung der Vorgehensweise

ERLÄUTERUNG: Es gibt viele Modelle zur Beschreibung von Stofffreisetzungen. Diese basieren meist auf deutlich schwereren Molekülen als Wasserstoff und sind daher nur eingeschränkt übertragbar. Die Modellierung der Freisetzung von kryogenem Wasserstoff muss die mitbetroffenen Luftbestandteile und Phasenwechsel berücksichtigen, welche bislang nicht hinreichend normativ erfasst sind.

UMSETZUNG: Die Umsetzung erfolgt im Normenausschuss VDI/DIN-Kommission Reinhaltung der Luft (KRdL). Der Bereich zu „flüssigem Wasserstoff“ wird als Expertenempfehlung in Ergänzung zur VDI 3783-1 erarbeitet. Der Bereich „gasförmiger Wasserstoff“ wird in die nächste Überarbeitung der VDI 3783-1 einfließen.

BEDARF 4.5.1-05: Katalytische Rekombinatoren

INHALT: katalytische Rekombinatoren; sicherheitstechnische Maßnahme

ERLÄUTERUNG: Katalytische Rekombinatoren wandeln Wasserstoff in Wasserdampf um und benötigen bei passiver

Ausführung keine externe Stromversorgung. Sie werden bereits weltweit als Sicherheitsmaßnahme in Kernkraftwerken eingesetzt. Sie sollen als allgemeine Explosionschutzmaßnahme genutzt werden. Einsatzmöglichkeiten sind u. a. die Beherrschung von Wasserstoff-Leckagen in geschlossenen oder schlecht ventilierten Anlagenbereichen, die Verlängerung der Eingriffszeiten nach Detektion von Wasserstoff-Leckagen sowie die redundante Sicherheitsfunktion bei Ausfall aktiver Maßnahmen (z. B. bei Black-out).

UMSETZUNG: Umsetzung eines neuen Normungsprojekts in CEN/TC 305. Der nat. Spiegelausschuss ist NA 095-02 FB Fachbereich Brand- und Explosionsschutz.

4.5.1.4 Umsetzungsprojekte

Die AG Sicherheitstechnische Grundsätze hat die konkreten Umsetzungsprojekte, die aus den identifizierten Bedarfen abgeleitet wurden, nach ihrer Wichtigkeit für die Unterstützung des Wasserstoff-Markthochlaufes in Deutschland, nach ihrer Reichweite sowie der Dringlichkeit ihrer Umsetzung bewertet und priorisiert.

In der ersten und zweiten Initiierungsrunde (Sommer und Herbst 2023) wurden in der AG noch keine Projektvorschläge für die Normung oder technische Regelsetzung zur finanziellen Unterstützung in den Normungsgremien eingereicht. Bei vielen der identifizierten Bedarfe muss noch das richtige Normungsgremium gefunden werden.

4.5.2 Cybersicherheit

Das Thema Cybersicherheit ist bereits etabliert. Alle Beteiligten der Wasserstoffwertschöpfungskette müssen ihren Beitrag leisten. Unternehmen besitzen i. d. R. eine IT-Infrastruktur, die natürlich entsprechend ihren Aufgaben und Kritikalität abgesichert werden muss (z. B. nach der Normenreihe DIN EN ISO/IEC 27000 [396]). In der Prozessindustrie wird seit vielen Jahrzehnten auf automatisierte und vernetzte Steuerungstechnik – Operational Technology (OT) – zurückgegriffen. Diese OT-Infrastruktur muss ebenfalls entsprechend ihren Aufgaben und Kritikalität abgesichert werden (z. B. nach der

Normenreihe DIN EN IEC 62443) [397]. Durch die Zusammenführung beider Infrastrukturen (IT und OT) ergibt sich neben Effizienz- und Synergieeffekten auch die Notwendigkeit einer ganzheitlichen Betrachtung der Cybersicherheit, da es sonst zu „Schwachstellen“ und damit zu Angriffspunkten für Cyberattacken kommt.

Bezogen auf die zukünftige Wasserstoffindustrie und -infrastruktur heißt das in erster Linie, auf vorhandene Normen und technische Regeln hinsichtlich Cybersicherheit aufzubauen und diese um spezifische Herausforderungen zu erweitern. Insbesondere muss die Langlebigkeit von Anlagen und Komponenten berücksichtigt werden. Für Wasserstoff als Sektor der kritischen Infrastruktur ergeben sich zahlreiche regulatorische Anforderungen, u. a. IT-Sicherheitsgesetze (IT-SIG), die durch die Einhaltung von Normen und technischen Regeln erfüllt werden müssen.

4.5.2.1 Bestandsanalyse

Es wurden ca. 40 verschiedene nationale und internationale Normen bzw. technische Regeln [13] identifiziert, die sich in unterschiedlichem Umfang jeweils mit dem Themengebiet der Cybersicherheit auseinandersetzen und für die AG relevant sein können. Daraus ergibt sich ein großer Umfang an verfügbaren Informationen aus verschiedenen Perspektiven. Es handelt sich bei den identifizierten Inhalten sowohl um normative Dokumente als auch um Handlungsempfehlungen zu allgemeinen Themen, die sich auf Wasserstoffanwendungen erweitern lassen oder bereits darauf anwendbar sind. Es ist dabei noch zu klären, welche dieser Dokumente und der ggf. darin enthaltenen Abschnitte tatsächlich Teil der NRM H2 werden sollen. Neben diesen technischen Grundlagen wurden auch potenzielle gesetzliche Anforderungen identifiziert. Bei diesen handelt es sich vor allem um die jeweiligen nationalen Umsetzungen der NIS-2-Richtlinie [398] bzgl. der Frage, welche Wasserstoffanwendungen im Bereich kritischer Infrastrukturen der Energiegewinnung aufgenommen werden. Des Weiteren können Anforderungen aus anderen Bereichen der Gesetzgebung, beispielsweise bzgl. der Maschinensicherheit wie z. B. der neuen Maschinenverordnung [173], auf einzelne Wasserstoffanwendungen anwendbar sein und sollten daher auch betrachtet werden.

Cybersicherheit

Abbildung 37 stellt die identifizierten Gremien der technischen Regelsetzung dar, die für die Erarbeitung der technischen Regelwerke im Bereich Cybersicherheit wichtig sind. Eine Übersicht zu den Abkürzungen der Gremien kann in Abschnitt 9 eingesehen werden.

4.5.2.2 Anforderungen und Herausforderungen

Die im folgenden gelisteten Aspekte zielen auf die zu erstellenden und in den Markt kommenden Produkte der Industrie ab. Die entsprechenden Unternehmen besitzen eine IT/OT-Infrastruktur, die entsprechend ihrer Aufgaben und Kritikalität abgesichert werden muss [396], [397]. Insbesondere auf die Langlebigkeit von Anlagen und Komponenten zielen die folgenden Anforderungen ab; weitergehend sind Aspekte bei

der Nutzung in nicht-industriellem Umfeld zu beachten (z. B. private Nutzung).

→ **Anforderung an Unabhängigkeit:** Jegliche H₂-Systeme sind, unabhängig von zentralen Organisationen bzw. Herstellenden oder zentralen EDV-Anlagen, im Sinne der Sicherheit voll funktionsfähig. Der Betrieb ist auch ohne Zugang zu einem Datennetz zeitlich unbefristet sicherzustellen. Aktuell schreibt keine Norm konkrete Betriebsdauern oder eine notwendige Unabhängigkeit vor. Dies könnte auch durch entsprechende Regularien abgedeckt werden. Ein erster Vorschlag ist hier zehn Jahre (s. dazu auch genutzte Kryptografie).

→ **Anforderung an minimale Komplexität:** Die Auslegung der Hardware, der Software und des Betriebskonzepts sind mit minimaler Komplexität zu konzipieren. Aktuell schreibt keine Norm die Vermeidung unnötiger Komplexi-

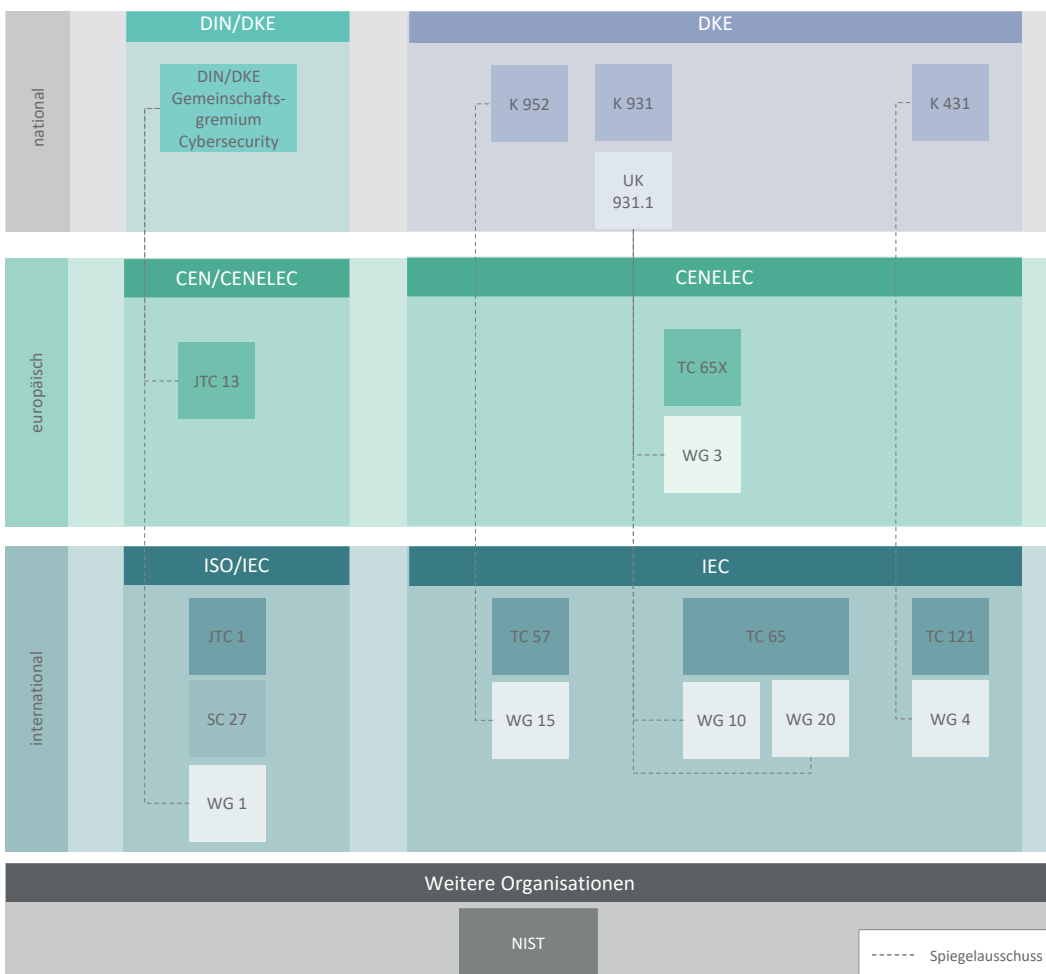


Abbildung 37: Übersicht relevanter Gremien der technischen Regelsetzung im Bereich Cybersicherheit (Stand 03-2024) (Quelle: eigene Darstellung)

tät vor (z. B. auch Kommunikationsfunktionen oder KI-Funktionen). Dies könnte auch durch entsprechende Regularien abgedeckt werden, die den Wechsel der Betreibenden thematisieren.

- **Anforderungen an Hardware:** Genutzte Hardware hat im Sinne der Cybersicherheit etablierten Standards zu genügen [399].
- **Anforderungen an genutzte Kryptografie:** Kryptografische Mittel müssen für einen Betrieb von mindestens zehn Jahren ausgelegt sein. Anforderungen aus DIN EN IEC 62351-9 [400] werden als anwendbare Richtlinie verstanden.

Es ist eine entsprechende Definition von Cybersicherheitsvorgaben für den Betrieb von wasserstoffbasierten Kleingeräten im Kontext nicht industrieller Anwendung bzw. für Kleinstfahrzeuge anzustreben.

4.5.2.3 Bedarfsanalyse

BEDARF 4.5.2-01:

Definition von Cybersicherheitsvorgaben für den Betrieb von wasserstoffbasierten Kleingeräten im Kontext nicht-industrieller Anwendung bzw. für Kleinstfahrzeuge

INHALT: wasserstoffbasierte Kleingeräte; nicht-industrielle Anwendung; Kleinstfahrzeuge

ERLÄUTERUNG: Im Sinne der Energieversorgung wasserstoffbasierter Kleingeräte, die außerhalb des industriellen Kontexts betrieben werden, bedarf es weitergehender Maßnahmen zur Sicherstellung der Cybersicherheit. Grundsätzlich erfolgt der Betrieb durch nicht-geschultes Personal. Das Gerät muss selbst die zur Sicherstellung der Cybersicherheit notwendigen technischen Einrichtungen mitbringen. Überwachungseinrichtungen, die durch den Herstellenden oder Beauftragten betrieben werden, sind ein denkbarer Ansatz (Operator). Grundsätzlich müssen alle Geräte in einem dezentralen Umfeld (z. B. keine stehende Verbindung zum Internet oder einem anderen lokalen Netzwerk) ihre nominelle Aufgabe ohne Einschränkungen erfüllen können. In einem kritischen Fall, bei Gefahr im Verzug oder bei Manipulationsversuchen muss ein solches Gerät in diesem Kontext seine

eigenen Schritte unternehmen, um einen sicheren Zustand herbeizuführen. Eine entsprechende Norm oder technische Regel ist dazu aktuell nicht bekannt (s. [Abbildung 38](#)).

UMSETZUNG: Die Form der Umsetzung für diesen Bedarf muss noch geklärt werden.

4.5.2.4 Umsetzungsprojekte

Bisher wurden von der AG noch keine Umsetzungsprojekte zur finanziellen Förderung durch das BMWK vorgeschlagen.

4.5.3 Explosionsschutz

Wasserstoff wird in vielen Bereichen des künftigen Energiesystems eine wichtige Schlüsselrolle einnehmen und vor allem im Anwendungsbereich mit bestehenden Systemen wie Heizungsanwendungen, Tankstellen, industrielle Anwendungen, Stromproduktion und Speicherung in Berührung kommen. Es gibt im Explosionsschutz bereits seit Jahrzehnten Erfahrung mit Wasserstoff für industrielle Anwendungen. Aufgrund der nationalen und europäischen Wasserstoffstrategie kommen neue und breite Anwendungen hinzu, die sich im räumlichen Kontakt zum öffentlichen Leben befinden und bis zu einem gewissen Grad auch fachfremden Personen zugänglich sind. Weiterhin müssen die in der Produktion und dem Transport deutlich gesteigerten Wasserstoffmengen beachtet werden sowie die Tatsache, dass viele neue Wasserstoffanwendungen unter besonderen Betriebsbedingungen stattfinden. Daraus können sich Notwendigkeiten zu Ergänzungen und Änderungen der relevanten sicherheitstechnischen Normen und technischen Regeln ergeben. Um Wasserstoff sicher und verfügbar in die bestehenden Systeme einzubinden, ist es wichtig, die Anlagen und Anwendungen vor dem Hintergrund eines ganzheitlichen Explosionsschutzes besonders zu betrachten. Diese AG beschäftigt sich damit, ob innerhalb der neu hinzugekommenen Anwendungsbereiche Lücken in der Normung und technischen Regelsetzung bestehen. Ein enger Austausch besteht mit allen relevanten AGs in der NRM H2.

Explosionsschutz

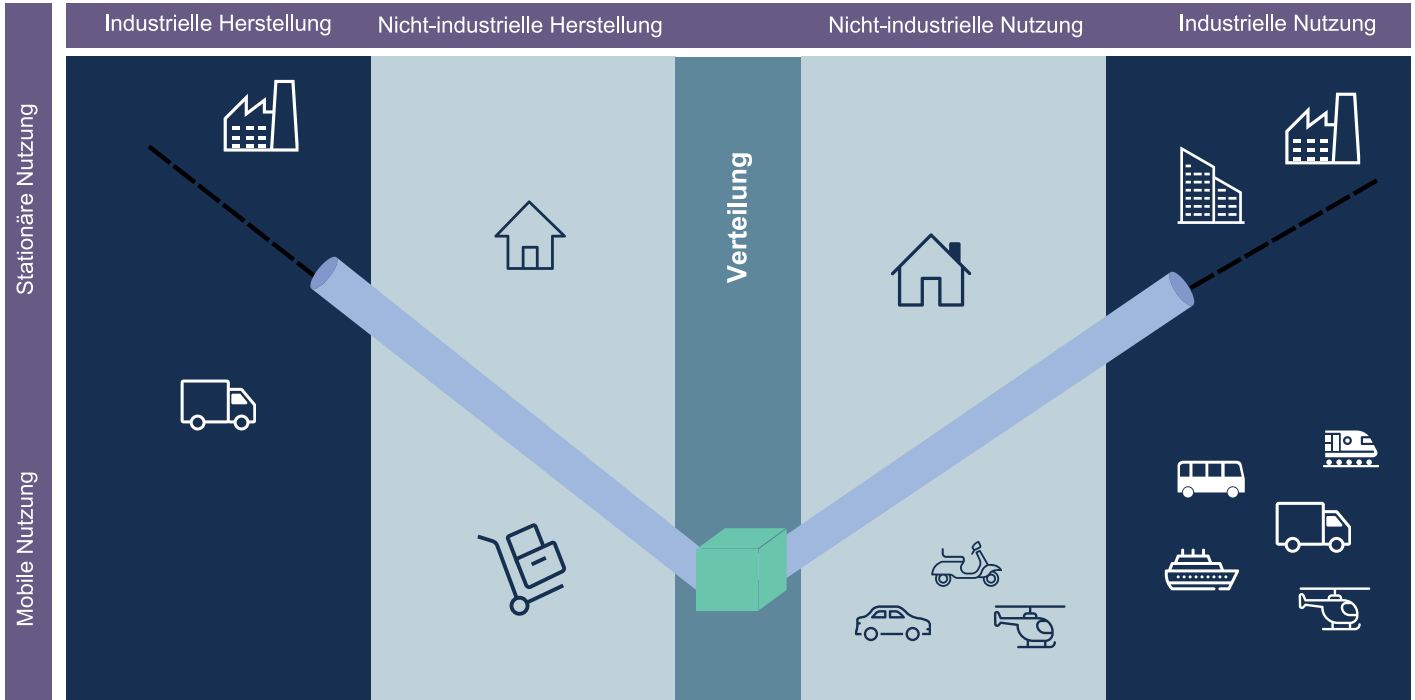


Abbildung 38: Kontext Cybersecurity für die Wasserstoffnutzung

(Quelle: NRM H2 AG Cybersicherheit)

Es ist wichtig, dass die vielen Dokumente der Normung und technischen Regelsetzung national, europäisch und international, strukturiert und ggf. zusammengefasst werden, sodass sich die anwendenden Personen ohne aufwendige Recherchen die richtigen Normen und technischen Regeln sowie Richtlinien herausuchen können. Gegensätzliche Aussagen, Überlappungen und Mehrfachregelungen sind zu vermeiden. Der Fokus liegt auf der europäischen und außer-europäischen Normung und technischen Regelsetzung.

4.5.3.1 Bestandsanalyse

Für Explosionsschutzprodukte¹⁰ und explosionsgefährdete Bereiche im gewerblichen Betrieb¹¹ und in wirtschaftlichen

Unternehmungen¹² enthalten die Normen und technischen Regeln der zuständigen internationalen und nationalen Gremien auch Anforderungen in Bezug auf die Besonderheiten von Wasserstoff. Daher enthalten diese Normen und technischen Regeln in Bezug auf die Zündquellenvermeidung von explosionsgeschützten Betriebsmitteln auch bei Auftreten von explosionsfähiger Atmosphäre mit Wasserstoff umfassende und ausreichende Anforderungen. Diese sind von globaler Ebene bis hin zur nationalen Ebene sehr gut abgestimmt (Zündschutzarten, Installation, Wartung, Grundlage zur Zoneneinteilung). Die Grundlagen der Zoneneinteilung sind in der internationalen Normung beschrieben. In Deutschland wird ergänzend seit vielen Jahrzehnten die Beispielsammlung DGUV 113-001 [401] genutzt. Auf internationaler Ebene hat die Anwendung unterschiedlicher technischer

10 Explosionsschutzprodukte sind Geräte, Komponenten, Sicherheits-, Kontroll- und Regelvorrichtungen sowie Schutzsystem im Sinne der RL 2014/34/EU [237].

11 Gewerblicher Betrieb umfasst z. B. beschäftigende Betriebe nach § 2 Arbeitsschutzgesetz (ArbSchG), Betriebe, die in den Anwendungsbereich des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (BImSchG) oder des Energiewirtschaftsgesetzes (EnWG) fallen [414].

12 Wirtschaftliche Unternehmungen ohne eigene Beschäftigte fallen in den Anwendungsbereich des Gesetzes über überwachungsbedürftige Anlagen (ÜAnlG), wenn sie überwachungsbedürftige Anlagen zu wirtschaftlichen Zwecken betreiben [415].



Grundsätze bei der Entwicklung und der Umsetzung von Explosionsschutzkonzepten (z. B. Dichtheit von Anlagen) jedoch Einfluss auf die Zoneneinteilung und damit auch auf das Verwenden von Produkten. Auf nationaler Ebene gelten im gewerblichen Betrieb die Anforderungen der TRGS 720 bis TRGS 727 [402], die sich weitestgehend in Übereinstimmung mit den Europäischen Normen befinden.

Nach dem aktuellen Wissensstand der AG beziehen sich die spezifischen internationalen Normen und technischen Regeln, die sich mit allgemeinen Sicherheitskonzepten von Wasserstoffanlagen einschließlich des Explosionsschutzes befassen¹³, auf die Normen des allgemeinen Explosionsschutzes. Es gibt auch Normen und technische Regeln für Anwendungen von kryogenem Wasserstoff. Diese werden gegenwärtig einer umfassenden Revision unterzogen und haben daher noch nicht das gleiche inhaltliche Niveau wie die Normen und technischen Regeln für den gasförmigen Wasserstoff. Es sollte auch hier darauf geachtet werden, dass eine inhaltliche Abstimmung mit den o. g. Explosionsschutznormen stattfindet.

Zusammenfassend ist festzustellen, dass noch Lücken in der Normung und technischen Regelsetzung bestehen. Beispielsweise beziehen sich die ATEX-Richtlinie 2014/34/EU [237] und die dazugehörigen Normen nur auf die atmosphärischen Bedingungen. Außerdem bestehen Lücken in der technischen Regelsetzung insbesondere für zukünftige Anwendungen (z. B. kryogener Wasserstoff oder hohe Drücke). Auch verschiedene neue Technologien wie beispielsweise Hochtemperatur-Elektrolyse-Anlagen (SOE) sind gegenwärtig noch nicht normativ geregelt. Weiterhin ist festzustellen, dass zum Teil technische Regeln für spezifische Technologien nicht mit den europäischen Richtlinien harmonisiert sind. Mit der Erweiterung der Technologien von der Industrie zum öffentlichen Bereich (im Geltungsbereich der ATEX-Richtlinie 2014/34/EU [237] (Produkte) und der Gefahrstoffverordnung (Betrieb) können sich Normungs- bzw. Regelungslücken ergeben. Neue Technologien für Bereiche, die nicht von der Regulierung (z. B. ATEX) erfasst sind, beispielsweise der häusliche Bereich, sind separat zu betrachten.

4.5.3.2 Anforderungen und Herausforderungen

Zu beachten sind folgende Lücken in der Normung und technischen Regelsetzung:

Harmonisierte Normen zur EU-Richtlinie 2014/34/EU mit einem Mandat der EU konkretisieren die Anforderungen an die im Anwendungsbereich erfassten Produkte. Diese Anforderungen sind auf nationaler Ebene verbindlich. Im betrieblichen Explosionsschutz gibt es auf EU-Ebene die EU-Richtlinie 1999/92/EG [403], welche die Vorgehensweise für ein ganzheitliches Explosionsschutzkonzept vorgibt. Die Anforderungen für den Betrieb werden auf europäischer Ebene als Mindestmaß vorgegeben und können davon ausgehend national ergänzt werden. Im Bereich des Explosionsschutzes wird von dieser Anpassungsmöglichkeit umfangreich Gebrauch gemacht. Für die wesentlichen, zu den Wasserstoffanlagen gehörigen Baugruppen wie Wasserstoffabgabeeinrichtungen, Kompressoren u. Ä. gibt es gegenwärtig keine einheitlichen Vorgaben, was zu unterschiedlichen Produktvarianten führt und den Markthochlauf der Wasserstofftechnologien verzögert.

Für einige Themen sind noch pränormative Forschungsbedarfe erforderlich, wie bspw. bei:

- Zündquellen, z. B. bei elektrostatischer Aufladung durch Partikel im Gasstrom, katalytisch wirkende Oberflächen oder Shock-Ignition;
- LH₂, z. B. für Zündvorgänge, bei der Freisetzung oder Ausscheidung von festem, reinem Sauerstoff;
- Auslegung von konstruktiven Schutzmaßnahmen wie z. B. den Einbau von Flammensperren für Wasserstoff-Sauerstoff-Gemische, speziell für große Durchmesser.

Für andere Themen besteht konkreter Bedarf an Ergänzung von technischen Regeln, wie z. B.:

- Anforderungen für typische nicht-atmosphärische Bedingungen;
- die druckfeste Bauweise zur Beherrschung von Detonationen im Inneren von Anlagen;
- Angleichung von Anforderungen für die Dichtheit von Wasserstoffanlagen auf internationaler Ebene;
- die technische Regelsetzung zum Thema kryogener Wasserstoff ist gegenwärtig noch stark veraltet. Darum

¹³ z. B. Normen für Elektrolyse, Tankstellen für gasförmigen Wasserstoff, Brennstoffzellen

Sicherheits- und Integritätsmanagement

wurden bei ISO verschiedene Normungsprojekte gestartet, in denen die speziellen Belange des Explosionsschutzes berücksichtigt werden sollten.

Um die Sicherheit von Wasserstoffanlagen zu gewährleisten, wird grundsätzlich ein Bedarf an einer normativen und regulatorischen Beschreibung der notwendigen Fachkompetenz aller Beteiligten für die Errichtung und den sicheren Betrieb einschließlich Inspektion und Wartung von Wasserstoffanlagen gesehen.

4.5.3.3 Bedarfsanalyse

Die AG befindet sich aktuell noch in der Ausarbeitung konkreter Bedarfe. Aufgrund der komplexen Situation (siehe [4.5.3.2](#)) konnten noch keine allgemeinen Bedarfe in konkrete Bedarfe an die technische Regelsetzung umgewandelt werden. Die konkretisierten Bedarfe werden in der zweiten Fassung der NRM H2 Ende 2025 veröffentlicht. Aktuell werden folgende allgemeine Bedarfe gesehen:

- Angleichung von Anforderungen für die Dichtheit von Wasserstoffanlagen auf internationaler Ebene mit dem Ziel, die in der Praxis bewährten Regelungen der TRGS 722 [404] in die internationale Normung zu überführen;
- Anpassung und weitgehende Angleichung der Beispielsammlungen für die Auslegung von Ex-Zonen an die aktuelle Entwicklung der Wasserstofftechnologien (z. B. Hochskalierung) in der internationalen Normung und der nationalen Regelsetzung;
- Bestimmung von statischen Äquivalenzdrücken zur Festlegung der erforderlichen Druckfestigkeit bei Detonationen im Bereich druckfeste Bauweisen zur Beherrschung von Detonationen im Inneren von Anlagen;
- Berücksichtigung der Belange des Explosionsschutzes von Anfang an, bei der Neufassung der Normen für kryogenen Wasserstoff;
- normative Regelung verschiedener neuer Technologien, wie z. B. Hochtemperatur-Elektrolyse-Anlagen (SOE).

4.5.3.4 Umsetzungsprojekte

Bisher wurden von der AG noch keine Umsetzungsprojekte zur finanziellen Förderung durch das BMWK vorgeschlagen.

4.5.4 Sicherheits- und Integritätsmanagement

Das Thema Sicherheits- und Integritätsmanagement ist als klassisches Querschnittsthema zu verstehen, das unabhängig von den verschiedenen technischen Umsetzungen in der Wertschöpfungskette des Wasserstoffs Standards mit deren unterlagerten Verfahren und Methoden benennt, um im gesamten Lebenszyklus einer Wasserstofftechnologie die notwendige Sicherheit zu gewährleisten. Sie adressiert damit in erster Linie das Management einer Organisation, welche Produkte zur Erzeugung, Weiterleitung, Speicherung oder Nutzung von Wasserstoff fertigt oder für den laufenden Betrieb einer Anlage aus diesen Komponenten sich verantwortlich zeichnet. Diese Organisationen müssen aufgrund ihres Aufbaus in der Lage sein, die notwendigen Bedingungen zu definieren und diese in einer aktiven Umsetzung zu halten, sodass ihre Produkte nicht zum Ausgangspunkt eines Schadensfalls oder Unfalls werden können. Die AG Sicherheits- und Integritätsmanagement hat naturgemäß vielfältige Berührungspunkte zur [AG Sicherheitstechnische Grundsätze](#). Jedoch grenzt sich die AG dadurch ab, dass sie keine Vorgaben an Normen und technischen Regeln bezüglich der technischen Sicherheit bzw. einer technischen Umsetzung der funktionalen Sicherheit definiert.

4.5.4.1 Bestandsanalyse

Es wurden 15 Normen bzw. technische Regeln identifiziert, welche sich im Definitionsbereich der Arbeitsgruppe mit technischen Anforderungen und der Organisation der funktionalen Sicherheit befassen [13]. Hierbei kann grob eine Dreiteilung vorgenommen werden. Zum einen sind Normen und technische Regeln benannt, die sich generisch mit dem Risikomanagement befassen, d. h. wie Risiken systematisch erfasst, bewertet und Maßnahmen zur Risikoreduzierung abgeleitet werden können. Einen Schwerpunkt stellt dabei die Versorgungsinfrastruktur dar. Zum Zweiten werden konkrete technische Anlagenteile, wie beispielsweise Brennstoffzellen und Elektrolyseure, in deren Einsatzorten betrachtet. Ein dritter Teil befasst sich mit dem Management der Organisation, welche in der Verantwortung steht, durch geeignete Maßnahmen sichere Produkte auf dem Markt anzubieten. Es wurden sowohl nationale, Europäische als auch internationale Normen gelistet. Naturgemäß handelt es sich aufgrund der nationalen

Sicherheits- und Integritätsmanagement

Initiative der NRM H2 bzw. der Expertinnen und Experten vorrangig um nationale Normen und technische Regeln.

4.5.4.2 Anforderungen und Herausforderungen

Zu den wesentlichen Aktivitäten innerhalb des ersten halben Jahres der AG Sicherheits- und Integritätsmanagement gehörte in enger Zusammenarbeit mit der [AG Sicherheitstechnische Grundsätze](#) die Etablierung der Querschnittsthemen sowie die Erstellung eines Fragenkatalogs an die anderen AGs. Dieser Fragenkatalog und die gegebenen Antworten zielen darauf ab, neue Anwendungen, deren Risiken sowie betroffene Personenkreise zu identifizieren. Dies war nur durch Kenntnis der tatsächlichen technischen Umsetzung möglich. Auf der anderen Seite wurde in gleicher Weise die AG Sicherheits- und Integritätsmanagement angefragt. Hierbei standen weniger konkrete Fragen zu normativen Anforderungen im Vordergrund, sondern das methodische Vorgehen bei der Durchführung von Risikoanalysen. Hierzu war ein intensiver Austausch mit den Expertinnen und Experten, die die Fragen formuliert haben, notwendig.

Ein weiterer Schwerpunkt bestand in der Recherche zu bereits etablierten Störfall- bzw. Ereignisdatenbanken. Diese wurden etabliert, damit Herstellende oder Betreibende aus konkreten Vorkommnissen lernen und ihre Systeme entsprechend überprüfen und verbessern können. Zu nennen wären hier die Zentrale Melde- und Auswertestelle für Störfälle und Störungen in verfahrenstechnischen Anlagen (ZEMA) [405] beim Umweltbundesamt sowie HIAD 2.1 – The Hydrogen Incidents and Accident Database [406] der Europäischen Kommission. Die bisherigen Lösungen sind in ihrem Nutzen jedoch noch sehr begrenzt. So fehlt es an der notwendigen Verbindlichkeit und Motivation von Firmen, um unerwartete Ereignisse zu melden. Auch ist es schwierig, Informationen, die für eine konkrete sicherheitstechnische Aufgabenstellung relevant sind, in den umfangreichen Datenbeständen zu identifizieren. Es wird als Aufgabe der Industrie und der Politik angesehen, für eine höhere Verbindlichkeit zu sorgen und die Nutzbarkeit der Informationen für Herstellende und Betreibende zu verbessern.

4.5.4.3 Bedarfsanalyse

Aufgrund der komplexen Situation, siehe Abschnitt 4.5.4.2, konnten noch keine allgemeinen Bedarfe in konkrete Bedarfe an die Normung und technische Regelsetzung umgewandelt werden. Aktuell werden folgende allgemeine Bedarfe gesehen:

BEDARF 4.5.4-01: Nachweis der Sicherheit

INHALT: Nachweis der Sicherheit; Anlagen; Komponenten

ERLÄUTERUNG: Um das Risiko eines Unfalls unterhalb eines gesellschaftlich akzeptierten Grenzniveaus zu halten, müssen einheitliche Verfahren und Methoden zur Beurteilung der funktionalen Sicherheit festgelegt sein. Hier sind insbesondere klare Zuständigkeiten der verschiedenen Beteiligten, die im Lebenszyklus von Anlagen und Komponenten der Wasserstoffwirtschaft für diese verantwortlich sind bzw. mit diesen in Berührung kommen, festzulegen. Eine einheitliche Nachweissführung ist Voraussetzung für eine vergleichbare und effiziente Bewertung durch eine Zertifizierungsstelle.

UMSETZUNG: Inwieweit die bestehenden Normen und technischen Regeln geeignet und ausreichend sind, kann aktuell noch nicht abschließend beantwortet werden.

BEDARF 4.5.4-02: Anwendungsleitfaden für Planung und Durchführung von Gefährdungs- und Risikoanalysen an Systemen und Anlagen mit Wasserstoff

INHALT: Leitfaden; allgemeine Wasserstoffsysteme; Anlagen; Komplexität

ERLÄUTERUNG: Für die Planung und Durchführung von Gefährdungs- und Risikoanalysen an Systemen und Anlagen mit Wasserstoff gibt es grundlegende Richtlinien und Normen und für spezifische Anwendungen und spezielle Methoden auch konkrete Anwendungsrichtlinien. Als übergreifendes und allgemein nutzbares Bindeglied für Wasserstoffanwendungen fehlt jedoch ein Leitfaden, der in Abhängigkeit von der jeweiligen Komplexität und Neuheit einer Wasserstoffanwendung

Produktzertifizierung

erlaubt, die wirtschaftlichsten und zielführendsten Methoden für die Durchführung von Gefährdungs- und Risikoanalysen auszuwählen. Außerdem fehlen in vielen spezifischen Bereichen Anforderungen an die Qualifizierung der Personen, die am Sicherheitslebenszyklus der Anlage bzw. des Produkts beteiligt sind.

UMSETZUNG: Der Bedarf soll als neuer Normungsbedarf umgesetzt werden, vorzugsweise auf europäischer Ebene. Das zuständige Gremium muss noch definiert werden.

BEDARF 4.5.4-03: Anforderungen an Personen, die Risikobewertungen durchführen

INHALT: Beschreibung; Rollenprofile; Kompetenzniveaus

ERLÄUTERUNG: In Normen zur Ausführung von Wasserstoffanlagen werden Risikobewertungen mit dem Verweis auf verschiedene Risikoanalysemethoden vorgeschrieben. Ein wesentlicher Erfolgsfaktor für Risikobewertungen ist aber weniger die Methodik an sich, sondern vielmehr die optimale Zusammensetzung des Bewertungsteams. Es sollte daher eine technische Regel geben, die die Rollenprofile beschreibt, die notwendige Kompetenzprofile definiert und Mindestanforderungen an die notwendige Berufserfahrung stellt.

UMSETZUNG: Der Bedarf soll als neuer Normungsbedarf umgesetzt werden, vorzugsweise auf europäischer Ebene. Das zuständige Gremium muss noch definiert werden.

4.5.4.4 Umsetzungsprojekte

Bisher wurden von der AG noch keine Umsetzungsprojekte zur finanziellen Förderung durch das BMWK vorgeschlagen.

4.5.5 Produktzertifizierung

Die AG Produktzertifizierung befasst sich mit den notwendigen technischen Regeln zur Zertifizierung von Produkten unter den gesetzlichen Vorgaben. Betrachtet wird hier der

Blickwinkel der akkreditierten bzw. der notifizierten Stellen sowie deren Anforderungen und Bedürfnisse an die technische Regelsetzung.

Gemäß den Vorgaben des BMWK ist das Medium Wasserstoff selbst nicht Gegenstand der AG Produktzertifizierung.

4.5.5.1 Bestandsanalyse

Im europäischen Rechtssystem sind technische Anforderungen an Produkte, die am Markt bereitgestellt werden, über EU-Verordnungen bzw. Richtlinien einheitlich geregelt. Die Schutzziele der EU-Rechtsakte können durch harmonisierte Normen für die jeweiligen Produkte konkretisiert werden [407]. Die harmonisierten Normen auf EU-Ebene befassen sich zwar nicht explizit mit Wasserstoffanwendungen, diese sind jedoch über die Anwendungsbereiche der jeweiligen EU-Richtlinien teilweise auch mit abgedeckt. Die wasserstoffbezogene Anlagenormung (z. B. für Elektrolyseure) ist in weiten Bereichen nur auf ISO-Ebene bekannt.

Der in der NRM H2 identifizierte Bestand an rund 135 nationalen, europäischen und internationalen Dokumenten (s. [Verzeichnis der Normen und technischen Regelwerke für Wasserstofftechnologien \[13\]](#)) bietet die Grundlage für Anforderungen an die Zertifizierung der Produkte, die in der Wasserstoffwertungskette eingesetzt werden. Das genannte nationale Regelwerk, z. B. DIN-Normen oder DVGW-Arbeitsblätter, deckt Lücken im europäischen Regelwerk ab. Derzeit prüft die AG den Bestand an Normen und technischen Regeln im Bereich der Verordnung über Gasverbrauchseinrichtungen, der Maschinen- und Druckgeräterichtlinie sowie im Explosionschutz hinsichtlich ihrer Anpassung an Wasserstoff.

Beim Aufgreifen neuer Herstellungsverfahren und Hochskalieren der Mengen erweitert sich das Feld der Normungsaktivitäten auf europäischer Ebene stark bezüglich der Herstellung von H₂. Daraus ergeben sich für die Normen und technischen Regeln neue Beurteilungskriterien hinsichtlich der Zertifizierung. Anforderungen aus nationaler Gesetzgebung, die über die europäische Gesetzgebung hinausgehen, fehlen in der internationalen Normung, z. B. soziale, klimatische und nachhaltige Aspekte nach nationalem Klimaschutzgesetz sowie Anforderungen aus zusätzlicher nationaler Brandschutz- oder



Abwassergesetzgebung. Im Speziellen gibt es bereits erste Zertifizierungsprogramme für Produkte bspw. durch den DVGW [408]. Diese fließen in einem zweiten Schritt in die nationale und europäische Normung und technische Regelung ein.

Für den Betrieb von Anlagen gibt es darüber hinaus auch EU-Richtlinien nach Artikel 153 AEUV (Soziale Mindeststandards) [409] mit Mindestanforderungen an den Schutz von Beschäftigten bei der Arbeit, die von den Mitgliedsstaaten ergänzt werden können. Einheitliche Betriebsvorschriften für Gewerbe und Industrie gibt es daher auf der europäischen Ebene nicht. National ist dies für Gewerbe und Industrie über die Betriebssicherheitsverordnung und Gefahrstoffverordnung sowie den darunter erlassenen TRBS und TRGS abgedeckt.

Im Privatbereich ist zu beachten, dass die Bildung gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre verhindert werden muss. Daher ist im Einzelfall je nach Produkt zu prüfen, welche Anforderungen z. B. hinsichtlich Dichtheit gelten. Für den privaten Bereich gelten weitgehend einheitliche Landesbauordnungen [410] und Landesfeuerungsverordnungen [410]. In den Landesbauordnungen wird auf entsprechend zertifizierte Produkte bzw. Bauprodukte hingewiesen. Dies wird i. d. R. über eine entsprechende CE-Zertifizierung der Bauteile und Geräte nachgewiesen. Wo es noch keine harmonisierten CE-Vorgaben gibt, kommen auch nationale Zertifizierungssysteme oder Vorgaben zum Einsatz.

4.5.5.2 Anforderungen und Herausforderungen

Die besonderen physikalischen Eigenschaften von Wasserstoff wie höhere Zündfähigkeit [411], höhere Verbrennungstemperatur [412] und ein höherer Diffusionskoeffizient [411] erfordern im Vergleich zu herkömmlichen Energieträgern eine detaillierte Beschreibung des Standes der Technik, der Normung und technischen Regelung für Produkte. Nur so kann ein sicherer Betrieb bzw. eine sichere Nutzung während eines schnellen Hochlaufs der Wasserstofftechnologien ermöglicht werden. Im Bereich der Explosionsrisiken liegen die nicht-atmosphärischen Bedingungen (z. B. Sauerstoffanreicherung, hohe Drücke und Temperaturen) außerhalb des Anwendungsbereichs der RL 2014/34/EU [413].

Die nationale Normung und technische Regelung sollte unter Berücksichtigung der internationalen Normen auch konkrete Hinweise zur Errichtung von Anlagen (Schnittstellen zwischen Produktsicherheit und Betrieb) geben. Für den Privatbereich wird im Rahmen einer Produkt- oder Anlagenzertifizierung insbesondere die Nutzung durch fachfremde Personen berücksichtigt. Des Weiteren sind die Anforderungen und die Anerkennung von Qualifikationen für die ausführenden Fachfirmen zu beachten. Die aktuelle Normung bzw. technische Regelung weist noch Lücken im privaten Anwendungsbereich, dem gewerblichen und industriellen Bereich, der Gasinfrastruktur und der Sicherheitseinrichtungen auf.

Von der Produktstandardisierung nicht abgedeckt sind Anforderungen an die maximal zulässigen Leckraten vor Ort montierter Anlagen sowie an die Treibhausgasemissionen über den Lebenszyklus der Gesamtanwendung und den Nachweis der Einhaltung. Laufende pränormative Forschungsvorhaben decken die Themenfelder der Produktnormung weitgehend ab. Der Aspekt Nachhaltigkeit über den Produktlebenszyklus bleibt aktuell teilweise unberücksichtigt. Des Weiteren können zukünftige Stoffverbote wie bspw. für PFAS in Membranen von Elektrolyseuren den Markthochlauf verhindern, da diese dann einer Ausnahmegenehmigung bedürfen.

4.5.5.3 Bedarfsanalyse

Rechtliche Randbedingungen und Schnittstellen zwischen Gesetzen und Verordnungen: Für Produkte gelten i. d. R. europaweite EU-Verordnungen und EU-Richtlinien, die jedoch nicht vollständig die auftretenden Risiken von Wasserstoffanwendungen abdecken wie z. B. die Dichtheit bzw. nicht-atmosphärische Bedingungen. Zum Teil können ISO-Normen als Erkenntnisquelle herangezogen werden. Dabei ist auf nationaler und europäischer Ebene zu prüfen, inwieweit diese Normen die europäischen Anforderungen an Produkte abbilden.

Weiterbildung

BEDARF 4.5.5-01:

DIN 30652-1:2021-06, Gasströmungswächter – Teil 1: Gasströmungswächter für die Gasinstallation [373] und DIN 30652-3:2021-06, Gasströmungswächter – Teil 3: Konformitätsbewertung von Gasströmungswächtern für die Gasinstallation [374]

ERLÄUTERUNG: Dieser Bedarf wird ebenfalls von der [AG Bauteile für Anwendungen und Technologien](#) gesehen und wird dort ausgeführt.

BEDARF 4.5.5-02:

DIN 30652-2:2022-09, Gasströmungswächter – Teil 2: Gasströmungswächter für Netzanschlussleitungen [132] und DIN 30652-4:2022-09, Gasströmungswächter – Teil 4: Konformitätsbewertung von Gasströmungswächtern für Netzanschlussleitungen [376]

ERLÄUTERUNG: Dieser Bedarf wird ebenfalls von der [AG Bauteile für Anwendungen und Technologien](#) gesehen und wird dort ausgeführt.

BEDARF 4.5.5-03:

Anforderungen an Sensoren zur Detektion von Wasserstoff

INHALT: Detektionsverfahren; Anwendungsgebiete

ERLÄUTERUNG: Die bisher bestehenden Normen auf dem Feld der Detektion von gasförmigem H₂ beschränken sich auf Sensoren, die auf Basis der Wärmetönung katalytischer Prozesse Aussagen zum H₂-Gehalt der bemessenen Atmosphäre treffen und dabei zwingend die direkte Beaufschlagung mit H₂ erfordern. Die Verfahren zur Wasserstoffdetektion sind weiter fortgeschritten, sodass neue Sensortypen und neue Anwendungsfälle in Vorbereitung sind. Die Qualitätsanforderungen und Messkriterien sind für diese Technologien und Fälle zu erweitern.

UMSETZUNG: Die AG arbeitet den Bedarf derzeit konkret aus. Ein Gremium der technischen Regelsetzung zur Umsetzung des Bedarfs muss noch identifiziert werden.

4.5.5.4 Umsetzungsprojekte

Bisher wurden von der AG noch keine Umsetzungsprojekte zur finanziellen Förderung durch das BMWK vorgeschlagen.

4.5.6 Weiterbildung

Die AG Weiterbildung befasst sich mit den Anforderungen an Fachkräfte mit unterschiedlichen Qualifizierungen und Aufgaben entlang der gesamten H₂-Wertschöpfungskette. Je nach Tätigkeitsbereich stehen der Erwerb und der Nachweis spezifischer Fachkompetenzen im Fokus, die insbesondere durch gesetzliche Regelungen gefordert werden.

4.5.6.1 Bestandsanalyse

Die Qualifizierung von Personal wird durch den europäischen Rechtsrahmen direkt, aber auch indirekt sowohl für Herstellende¹⁴ als auch für Betreibende¹⁵ von Anlagen oder Maschinen gefordert. Auf nationaler Ebene wird diese Forderung durch Gesetze wie z. B. das Produktsicherheits-, das Arbeitsschutz- oder das Energiewirtschaftsgesetz sowie durch die Handwerksordnung und dazugehörige Verordnungen umgesetzt. Herstellende bzw. Errichtende von Anlagen und andere Dienstleistende müssen angemessen ausgebildetes Personal einsetzen, welches so qualifiziert ist, dass es die gesetzlichen Anforderungen kennt und in seinem Aufgabenbereich korrekt anwendet. Produktanforderungen werden vorrangig durch Normen konkretisiert. Auf der Seite der Betreibenden muss sichergestellt werden, dass Beschäftigte angemessen qualifiziert sind, um ihre Tätigkeiten sicher durchführen zu können. Für bestimmte Aufgaben ist Fachkunde, z. B. zur Gefährdungsbeurteilung, vorgeschrieben. Im Arbeitsschutz erfolgt die Konkretisierung durch das staatliche Regelwerk (z. B. TRBS/ TRGS) sowie durch Vorschriften und Informationen der

¹⁴ Mit dem Begriff Herstellende können auch liefernde Unternehmen und Dienstleistende gemeint sein. Diese Definition erfolgt sinngemäß nach EmpfBS 1113 „Beschaffung von Arbeitsmitteln“ Nr. 2 Abs. 2. [416]

¹⁵ Mit dem Begriff Betreibende können u. a. Arbeitgebende nach § 2 ArbSchG, natürliche oder juristische Personen nach § 2 Nr. 3 ÜAnlG, Verantwortliche in Betrieben, die in den Anwendungsbereich des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (BImSchG) oder des Energiewirtschaftsgesetzes (EnWG) fallen, gemeint sein. [414]



Deutschen gesetzlichen Unfallversicherung (DGUV), in der alle Berufsgenossenschaften und gesetzlichen Unfallkassen vertreten sind. In der leitungsgebundenen Versorgung der Allgemeinheit mit Gas und Wasserstoff gilt das DVGW-Regelwerk. In der leitungsgebundenen Versorgung mit Elektrizität gilt das Regelwerk des VDE. Dieser Rechtsrahmen besteht bereits und ist i. d. R. unabhängig von den eingesetzten Stoffen definiert. Die Regelungen für die Weiterbildung betreffen vorrangig die notwendigen Qualifikationen des Personals, die im Zusammenhang mit den jeweiligen übertragenen Arbeitsaufgaben und der damit verbundenen Verantwortung stehen.

Die von der AG durchgeführte Bestandsanalyse hat sich auf nationale Vorgaben konzentriert, teilweise wurden internationale Regelungen diskutiert. Rund 40 vorrangig nationale Dokumente sind identifiziert und im [Verzeichnis der Normen und technischen Regelwerke für Wasserstofftechnologien](#) benannt worden [13].

4.5.6.2 Anforderungen und Herausforderungen

Die Eigenschaften des Wasserstoffs erfordern bei dessen Einsatz in der gesamten Wertschöpfungskette Fachkompetenzen des Personals. Hervorzuheben ist hier u. a. der Umgang mit Gefährdungen, z. B. durch die hohe Diffusionsfähigkeit in Festkörpern bei der Komprimierung des Wasserstoffs oder durch die Fähigkeit zur Bildung einer explosionsfähigen Atmosphäre in sehr weiten Grenzen [394]. In der Industrie wird H_2 schon seit über 100 Jahren eingesetzt. Die historisch gewachsenen Vorgaben des Rechtsrahmens und die daraus entstandenen Regelwerke definieren Qualifikationen und Weiterbildungsanforderungen aus den unterschiedlichsten Perspektiven. Dies hat einen hohen Grad der Intransparenz zur Folge. Ein Resultat dieser Entwicklung ist, dass Regelungen und darin enthaltene Anforderungen an Qualifikationen zur Ausführung spezifischer Aufgaben themen- bzw. aufgabenbezogen zu unterschiedlichen Zeitpunkten und von verschiedenen Gremien festgelegt wurden und einzuhalten sind. Eine stoffspezifische Definition erfolgt vorrangig nicht. Dies führt im Zusammenhang mit H_2 -Technologien zu einer Intransparenz, die häufig zusätzlichen Mehraufwand und unzureichende Kenntnis-/Wissensstände bedingt. Insbesondere für Mitwirkende, die erstmalig die Thematik H_2 -Technologien betrachten, ist das Erkennen und Ent-

scheiden über erforderliche Qualifikationsmaßnahmen für das Personal herausfordernd. Infolgedessen besteht der Wunsch bei einigen Mitwirkenden nach H_2 -spezifischen Qualifikationsanforderungen, die jedoch schon bestehende Festlegungen erneut aufgreifen müssten.

Die Sensibilisierung für spezifische Qualifikationsanforderungen betrifft alle Mitwirkenden im Bereich der H_2 -Wertschöpfungskette – bei Herstellenden und Betreibenden. Sowohl die Herstellung als auch der spätere Betrieb von H_2 -führenden Anlagen bedingen jeweils Fachpersonal, welches auch durch den Rechtsrahmen gefordert wird. Bei der Planung von Projekten muss der zusätzliche Qualifizierungsaufwand Berücksichtigung finden. Die unterschiedliche Betrachtungsweise zukünftiger Mitwirkenden in der H_2 -Wertschöpfungskette und die bestehende Intransparenz führen zu Unsicherheiten. Daher wird ein notwendiger Mehraufwand für Qualifizierungen nicht immer vollumfänglich frühzeitig erkannt oder überschätzt. Darüber hinaus besteht im Rechtsrahmen eine Inhomogenität der Begrifflichkeiten und ihrer Definitionen. Dies gilt unabhängig von der Thematik Wasserstoff, führt jedoch zu zusätzlichen Herausforderungen.

4.5.6.3 Bedarfsanalyse

Übergreifende Bedarfe im Bereich der Weiterbildung

Für den Markthochlauf der Wasserstofftechnologien muss qualifiziertes Personal verfügbar sein. Daher sind in den Vorgaben der Qualifikationsanforderungen und medienspezifischen Kenntnissen Transparenz und Eindeutigkeit zu schaffen. Dafür könnte eine Übersicht H_2 -technologischer bedingter Anforderungen an die Fachkenntnisse und Fähigkeiten, bezogen auf eine bestimmte Aufgabe oder Arbeitssituation, zusammengestellt werden. Dadurch würden alle Mitwirkende eine weitere Konkretisierung der eher allgemein gehaltenen staatlichen Anforderungen erhalten und bezüglich der möglichen resultierenden Gefahren sensibilisiert werden.

Die bestehenden Vorgaben regeln themen- und aufgabenbezogen die Qualifikationsanforderungen. Insbesondere neue Interessengruppen der H_2 -Technologien erwarten einen stoffspezifischen Ansatz. Infolgedessen sollte der Wunsch bzw. die Forderung nach H_2 -spezifischen Fachkräften für unterschiedlichste Aufgaben final diskutiert und beantwortet werden,

Weiterbildung

um eindeutige Vorgaben zu definieren. Die Übertragung von Aufgaben an das Personal ist mit jeweiligen Qualifikationsanforderungen verbunden. Dies gilt für alle Mitwirkende im Bereich der H₂-Technologien. Um ihnen den Einstieg zu vereinfachen und damit den Markthochlauf zu beschleunigen, ist eine praxisnahe übersichtliche Beschreibung der Verantwortlichkeiten für Unternehmen erforderlich. Die (H₂-unabhängige) technische Regelsetzung und Harmonisierung von Begrifflichkeiten und Definitionen im Bereich der Weiterbildung und dem dazugehörigen Rechtsrahmen ist zur Realisierung eindeutiger Vorgaben anzustreben.

BEDARF 4.5.6-01:

DIN/TR – Einstieg in die H₂-Wertschöpfungskette – Qualifikationsanforderungen gemäß Rechtsrahmen

INHALT: Leitfaden; Rechtsrahmen; Qualifikationsanforderungen

ERLÄUTERUNG: Es ist abzusehen, dass H₂ zukünftig in einer neuen Funktion als Energieträger und -speicher eingesetzt wird. Neue Marktteilnehmende und Branchen müssen Kenntnis über die besonderen Eigenschaften von H₂, die rechtlichen Vorgaben und die sich daraus ergebenden Anforderungen an die jeweilige Qualifikation haben, um diese aufbauen zu können. Aktuell sind die rechtlichen und inhaltlichen Zusammenhänge aufgrund der historisch gewachsenen Gesetze und Regelwerke intransparent.

UMSETZUNG: In einem Leitfaden wird der Rechtsrahmen mit den notwendigen Qualifikationsanforderungen für die Mitwirkenden der H₂-Wertschöpfungskette verständlich dargestellt. Die Umsetzung erfolgt voraussichtlich in einem neuen Gremium des DIN-Normenausschusses Gastechnik (NAGas).

4.5.6.4 Umsetzungsprojekte

Bisher wurden von der AG noch keine Umsetzungsprojekte zur finanziellen Förderung durch das BMWK vorgeschlagen.

A lighthouse stands on a rocky island, its light glowing. The scene is overlaid with a network of white lines and glowing nodes, suggesting a digital or network theme. The background is a blue sky with a horizon line and a body of water in the foreground.

5

Ausblick

Mit der Veröffentlichung dieser NRM H2 ist ein wichtiger Grundstein für die Weiterentwicklung des technischen Regelwerks für Wasserstofftechnologien gelegt. Es wurde ein umfassendes Netzwerk aus Expertinnen und Experten aufgebaut und ein vielfältiges deutsches Meinungsbild für anzugehende Projekte der technischen Regelsetzung geschaffen. Im Rahmen der Erarbeitungen hat sich gezeigt, dass die verschiedenen Themenbereiche deutlich unterschiedliche Entwicklungsstände aufweisen. Während das technische Regelwerk für leitungsgebundene Infrastrukturen bereits nahezu vollständig ist und teilweise in die Revision übergeht, sind andere Bereiche in der Koordinations- bzw. Initiierungsphase. Beispielsweise in den Bereichen Luft- und Schiffsverkehr, alternative Wasserstofferzeugungsarten oder im Bereich der Derivate gibt es noch viele Lücken, die es zu schließen gilt.

Das Verbundprojekt wird den vorliegenden Fahrplan weiter konkretisieren und verstetigen, um die Entwicklung der Qualitätsinfrastruktur für Wasserstoff weiter voranzutreiben. In den nächsten Jahren werden außerdem vermehrt Ergebnisse aus verschiedenen Forschungsvorhaben und Praxiserfahrung vorliegen, die die Anpassung und Erweiterung des technischen Regelwerks ermöglichen. Auch hier wird die NRM H2 mit ihrem Netzwerk an Expertinnen und Experten die Umsetzung in das technische Regelwerk unterstützen und koordinieren. Weiterhin werden die Fortschritte der Normungsaktivitäten und Aktivitäten der technischen Regelsetzung auf nationaler, europäischer und internationaler Ebene eng verfolgt und entsprechend berücksichtigt werden.

Diese Entwicklungen und die weitere Ausarbeitung der Handlungsempfehlungen zur Schließung vorhandener Lücken, insbesondere in den Bereichen mit aktuell noch geringen Entwicklungsständen, wird in der zweiten Version der NRM H2 dargestellt werden. Die Veröffentlichung der finalen Normungsroadmap Wasserstofftechnologien wird Ende 2025 erfolgen.

Wir bedanken uns herzlich bei allen beteiligten Expertinnen und Experten für ihre wertvollen Beiträge zur erfolgreichen Entwicklung des strategischen Fahrplans für die Normung und technische Regelsetzung im Bereich der Wasserstofftechnologien und freuen uns auf die weitere fruchtbare Zusammenarbeit.

Für die Weiterführung der Normungsroadmap sind alle interessierten Experten und Expertinnen herzlich eingeladen, ihre Bedarfe einzubringen und gemeinsam im engen Schulterschluss mit den technischen Regelsetzern den Fahrplan und die entsprechende Umsetzung für ein kongruentes und vollständiges technisches Regelwerk weiter voranzubringen.



6

Literaturverzeichnis

-
- [1] Projektträger Jülich, Forschungsnetzwerk Wasserstoff – Expertenempfehlung Forschungsnetzwerk Wasserstoff, 2021.
-
- [2] Copernicus, „Global Climate Highlights 2023“ [online].
Verfügbar: <https://climate.copernicus.eu/copernicus-2023-hottest-year-record> [abgerufen 06.03.2024].
-
- [3] Max-Planck-Gesellschaft, „Fossile CO₂-Emissionen erreichen neues Rekordhoch“, 12/2023 [online].
Verfügbar: <https://www.bgc-jena.mpg.de/news-globales-kohlenstoffbudget-2023> [abgerufen 06.03.2024].
-
- [4] ZEIT ONLINE, „Fossile CO₂-Emissionen erreichen neues Rekordhoch“, 12.2023 [online].
Verfügbar: <https://www.zeit.de/wissen/umwelt/2023-12/co2-ausstoss-weltweit-kohlenstoffbudget-bericht-hoehchstwert> [abgerufen 06.03.2024].
-
- [5] United Nations, „The Paris Agreement“, 2023 [online].
Verfügbar: <https://www.un.org/en/climatechange/paris-agreement> [abgerufen 02.08.2023].
-
- [6] Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi), „Fortschreibung der nationalen Wasserstoffstrategie“, 2023 [online]. Verfügbar: https://www.bmbf.de/SharedDocs/Downloads/de/2023/230726-fortschreibung-nws.pdf?__blob=publicationFile&v=1 [abgerufen 07.05.2024].
-
- [7] Weltenergieerat, „International Hydrogen Strategies“, 2023 [online]. Verfügbar: <https://www.weltenergieerat.de/publikationen/studien/international-hydrogen-strategies/?cn-reloaded=1> [abgerufen 02.08.2023].
-
- [8] Europäische Kommission, „Der europäische Grüne Deal“, 2020 [online]. Verfügbar: https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal_de [abgerufen 06.03.2024].
-
- [9] European Union, „Fit for 55“, 2023 [online]. Verfügbar: <https://www.consilium.europa.eu/en/policies/green-deal/fit-for-55-the-eu-plan-for-a-green-transition/> [abgerufen 02.08.2023].
-
- [10] European Commission, „Key actions of the EU Hydrogen Strategy“, 2023 [online]. Verfügbar: https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-systems-integration/hydrogen/key-actions-eu-hydrogen-strategy_en [abgerufen 02.08.2023].
-
- [11] The European Clean Hydrogen Alliance, „Reports of the Alliance Roundtables on barriers and mitigation measures“, 10/2021 [online]. Verfügbar: https://single-market-economy.ec.europa.eu/document/download/5b759bcc-db55-49ad-b0d4-bf0e16255aab_en [abgerufen 06.03.2024].
-
- [12] ISO, „ISO/TC 197 – Hydrogen technologies“, 2023 [online]. Verfügbar: <https://www.iso.org/committee/54560.html> [abgerufen 01.11.2023].
-
- [13] DIN, DKE, DVGW, NWB, VDA, VDI, VDMA, „Verzeichnis der Normen und technischen Regelwerke für Wasserstofftechnologien“, 2023 [online]. Verfügbar: <https://www.din.de/de/forschung-und-innovation/themen/wasserstoff/normensuche> [abgerufen 01.11.2023].
-
- [14] Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi), „Die Nationale Wasserstoffstrategie“, 06/2020 [online]. Verfügbar: https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/die-nationale-wasserstoffstrategie.pdf?__blob=publicationFile&v=7 [abgerufen 06.03.2024].
-
- [15] HZwo e.V., „Innovations- und Technologiezentrum für Wasserstoff (ITZ H₂)“, 2024 [online]. Verfügbar: <https://hzwo.eu/hic/> [abgerufen 26.04.2024].
-
- [16] European Commission, „COM/2020/301 final A hydrogen strategy for a climate-neutral Europe“, 2020 [online]. Verfügbar: https://ec.europa.eu/commission/presscorner/api/files/attachment/865942/EU_Hydrogen_Strategy.pdf.pdf [abgerufen 06.03.2024].
-

-
- [17] European Commission, „Roadmap on Hydrogen Standardisation“, 2023 [online].
Verfügbar: <https://ec.europa.eu/docsroom/documents/53721> [abgerufen 06.03.2024].
-
- [18] European Commission, „High-Level Forum on European Standardisation“, 2023 [online].
Verfügbar: https://single-market-economy.ec.europa.eu/single-market/european-standards/standardisation-policy/high-level-forum-european-standardisation_en [abgerufen 06.03.2024].
-
- [19] Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK), „Deutsches Strategieforum für Standardisierung soll Deutschlands Rolle in der globalen Normung stärken“, 2023 [online].
Verfügbar: <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Pressemitteilungen/2023/02/20230223-deutsches-strategieforum-fuer-standardisierung-soll-deutschlands-rolle-in-der-globalen-normung-staerken.html> [abgerufen 06.03.2024].
-
- [20] European Commission, „European Clean Hydrogen Alliance“, 2023 [online].
Verfügbar: https://single-market-economy.ec.europa.eu/industry/strategy/industrial-alliances/european-clean-hydrogen-alliance_en [abgerufen 02.11.2023].
-
- [21] International Partnership for Hydrogen and Fuel Cells in the Economy, „Working Groups and Task Forces“, 2023 [online].
Verfügbar: <https://www.iphe.net/working-groups-task-forces> [abgerufen 06.03.2024].
-
- [22] Hydrogen Council, „Hydrogen Council“, 2024 [online].
Verfügbar: <https://hydrogencouncil.com/en/> [abgerufen 06.03.2024].
-
- [23] International Renewable Energy Agency (IRENA), „Overview“, 2024 [online].
Verfügbar: <https://www.irena.org/How-we-work/Collaborative-frameworks/Green-Hydrogen> [abgerufen 06.03.2024].
-
- [24] United Nations industrial development organization, „Our Mission in this field“, 2024 [online].
Verfügbar: <https://hydrogen.unido.org/standards> [abgerufen 06.03.2024].
-
- [25] Bundesregierung, „G7 Hiroshima Leaders’ Communiqué“, 2023 [online].
Verfügbar: <https://www.bundesregierung.de/resource/blob/975254/2191656/40b62cec3e98699da4692fb7eca297c4/2023-05-20-g7-communicue-eng-data.pdf?download=1> [abgerufen 06.03.2024].
-
- [26] United Nations, „COP28 Declaration of Intent – Hydrogen“, 2023 [online].
Verfügbar: <https://www.cop28.com/en/cop28-uae-declaration-on-hydrogen-and-derivatives> [abgerufen 06.03.2024].
-
- [27] Hydrogen TCP, „Research and Innovation in Hydrogen Technologies by IEA“, 2020 [online].
Verfügbar: <https://www.ieahydrogen.org/> [abgerufen 06.03.2024].
-
- [28] European Commission, „Projects dashboard – Clean Hydrogen Partnership“, 2024 [online].
Verfügbar: https://www.clean-hydrogen.europa.eu/projects-dashboard_en [abgerufen 06.03.2024].
-
- [29] „Partnership of Metrology“ [online]. Verfügbar: <https://www.euramet.org/research-innovation/metrology-partnership>.
-
- [30] „EURAMET e. V.“ [online]. Verfügbar: <https://www.euramet.org/european-metrology-networks/energy-gases>.
-
- [31] Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF), „Wasserstoff Leitprojekte“, 2024 [online].
Verfügbar: <https://www.wasserstoff-leitprojekte.de/> [abgerufen 06.03.2024].
-
- [32] Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK), „Projekt Trans4Real“, 2024 [online].
Verfügbar: <https://www.energieforschung.de/vernetzen/begleitforschung/trans4real> [abgerufen 06.03.2024].
-
- [33] DVGW e. V., „Forschung im DVGW-Innovationsprogramm Wasserstoff“, 2024 [online]. Verfügbar: <https://www.dvgw.de/themen/forschung-und-innovation/energieforschung/dvgw-innovationsprogramm-wasserstoff> [abgerufen 06.03.2024].
-

-
- [34] Zentrum für BrennstoffzellenTechnik ZBT GmbH, „Standardsetzung im Bereich Wasserstoff – rechtliche und technische Aspekte“, 2024 [online]. Verfügbar: <https://www.zbt.de/nc/aktuell/news-anzeige/detail/News/veroeffentlichung-zum-download-standardsetzung-im-bereich-wasserstoff-rechtliche-und-technische-as/> [abgerufen 06.03.2024].
-
- [35] Forschungsnetzwerke Energie, „Forschungsnetzwerk Wasserstoff“, 2023 [online]. Verfügbar: <https://www.forschungsnetzwerke-energie.de/wasserstoff> [abgerufen 02.08.2023].
-
- [36] Bundesministerium der Justiz, „Energiewirtschaftsgesetz vom 7. Juli 2005 (BGBl. I S. 1970, 3621), das zuletzt durch Artikel 1 des Gesetzes vom 5. Februar 2024 (BGBl. 2024 I Nr. 32) geändert worden ist“, 2024 [online]. Verfügbar: https://www.gesetze-im-internet.de/enwg_2005/BJNR197010005.html [abgerufen 11.03.2024].
-
- [37] ISO 22734:2019-09, Wasserstoffherzeuger auf der Grundlage der Elektrolyse von Wasser – Industrielle, gewerbliche und häusliche Anwendungen.
-
- [38] Normenreihe DIN VDE 0100, Errichten von Niederspannungsanlagen, 2020.
-
- [39] Normenreihe DIN VDE 0100-7XX, Errichten von Niederspannungsanlagen.
-
- [40] VDI-Richtlinie 3985, Grundsätze für Planung, Ausführung und Abnahme von Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen mit Verbrennungskraftmaschinen, 2018.
-
- [41] DIN EN 16603-11:2020-02, Raumfahrttechnik – Definition des Technologie-Reifegrades (TRL) und der Beurteilungskriterien (ISO 16290; 2013 modifiziert).
-
- [42] Projektträger Jülich, „Definition des Technologischen Reifegrades (in Anlehnung an die TRL Definition der NASA)“, S. 1.
-
- [43] Bundesministerium der Justiz, Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge (Bundes-Immissionsschutzgesetz – BImSchG) § 3 Begriffsbestimmungen, 2013.
-
- [44] DIN EN 50549-1*VDE 0124-549-1:2020-10, Anforderungen für zum Parallelbetrieb mit einem Verteilnetz vorgesehene Erzeugungsanlagen Teil 1: Anschluss an das Niederspannungsverteilstromnetz bis einschließlich Typ B.
-
- [45] DIN EN 50549-2*VDE 0124-549-2:2020-10, Anforderungen für zum Parallelbetrieb mit einem Verteilnetz vorgesehene Erzeugungsanlagen – Teil 2: Anschluss an das Mittelspannungsverteilstromnetz für Erzeugungsanlagen bis einschließlich Typ B.
-
- [46] Normenreihe DIN EN IEC 61850 (alle Teile), Kommunikationsnetze und -systeme für die Automatisierung in der elektrischen Energieversorgung.
-
- [47] Netztransparenz.de, „Elektrolyseanlagen“ [online]. Verfügbar: <https://www.netztransparenz.de/de-de/Systemdienstleistungen/Betriebsf%C3%BChrung/Elektrolyseanlagen> [abgerufen 07.03.2024].
-
- [48] VDE FNN; 2018; VDE-AR-N 4130 (VDE-AR-N 4130) Anwendungsregel: 2018-11, Technische Regeln für den Anschluss von Kundenanlagen an das Höchstspannungsnetz und deren Betrieb (TAR Höchstspannung).
-
- [49] DIN IEC/TS 63200*VDE V 0160-632-1:2022-12, Definition der erweiterten SGAM smart energy grid reference architecture model.
-
- [50] Komarnicki, Kranhold and Styczynski, Gesamtenergiesystem der Zukunft (GES), Reihe Essentials, Springer-Verlag Wiesbaden, 2023.
-
- [51] Initiative QI-Digital, „QI-Digital“ [online]. Verfügbar: <https://www.qi-digital.de/>.
-

-
- [52] Bundesregierung.de, „Kraftwerksstrategie der Bundesregierung“, 2024 [online].
Verfügbar: <https://www.bundesregierung.de/breg-de/aktuelles/kraftwerksstrategie-2257868> [abgerufen 07.03.2024].
-
- [53] DVGW-Arbeitsblatt G 260 (A), Gasbeschaffenheit, 09/2021.
-
- [54] ISO 14687:2019-11, Beschaffenheit von Wasserstoff als Kraftstoff – Spezifizierung des Produkts.
-
- [55] DIN EN 17124:2022-12, Wasserstoff als Kraftstoff – Produktfestlegung und Qualitätssicherung für Wasserstoffbetankungsanlagen zur Abgabe gasförmigen Wasserstoffs – Protonenaustauschmembran (PEM)-Brennstoffzellenanwendungen für Fahrzeuge.
-
- [56] Bundesministerium der Justiz, „10. Bundes-Immissionsschutzverordnung, Verordnung über die Beschaffenheit und die Auszeichnung der Qualitäten von Kraft- und Brennstoffen“; (BGBl. I S. 1849); zuletzt durch Artikel 1 der Verordnung vom 13. Dezember 2019 (BGBl. I S. 2739) geändert worden“, 2010 [online].
Verfügbar: https://www.gesetze-im-internet.de/bimschv_10_2010/BJNR184900010.html [abgerufen 11.03.2024].
-
- [57] DVGW e. V., „Forschungsprojekt ‚Roadmap Gas 2050‘ – Der Weg in eine klimafreundliche Gaswelt“ [online].
Verfügbar: <https://www.dvgw.de/themen/forschung-und-innovation/energieforschung/roadmap-gas-2050> [abgerufen 12.03.2024].
-
- [58] Adlares, DVGW-Forschungsstelle am Engler-Bunte-Institut des Karlsruher Instituts für Technologie, Evonik, Meter-Q Solutions, Nowega, OGE, Rosen, RWE und Universität Potsdam, „TransHyde – Projekt GetH2“ [online].
Verfügbar: <https://www.get-h2.de/get-h2-transhyde/> [abgerufen 31.03.2024].
-
- [59] Physikalisch-Technische Bundesanstalt, „RingWaBe – Vergleichbarkeit der Wasserstoffqualitätsanalytik“ [online].
Verfügbar: <https://www.ringwabe.ptb.de/home> [abgerufen 31.03.2024].
-
- [60] SINTEF, „MetroHyVe 2 – Metrology for hydrogen vehicles“ [online].
Verfügbar: <https://www.sintef.no/projectweb/metrohyve-2/> [abgerufen 31.01.2024].
-
- [61] NOW GmbH, „LeBChi – Untersuchung der Lebensdauer von Brennstoffzellen und BoP-Komponenten basierend auf realen Wasserstoff-/Luftqualitätsmessungen in China“ [online].
Verfügbar: <https://www.now-gmbh.de/projektfinder/lebchi/> [abgerufen 31.01.2024].
-
- [62] SINTEF, „HyQuality Europe“ [online]. Verfügbar: <https://hyqualityeurope.eu/> [abgerufen 31.01.2024].
-
- [63] Fraunhofer-Institut für solare Energiesysteme ISE, „H2Fuel“ [online].
Verfügbar: <https://www.ise.fraunhofer.de/de/forschungsprojekte/h2fuel.html>.
-
- [64] frontier economics, „H2-Rein – H2-Kurzstudie: Wasserstoffqualität in einem gesamtdeutschen Wasserstoffnetz“, 2022 [online]. Verfügbar: <https://www.dvgw.de/medien/dvgw/forschung/berichte/g202140-abschlussbericht-h2-qualitaet.pdf> [abgerufen 07.03.2024].
-
- [65] DIN EN ISO 4259-5:2022-11, Mineralölerzeugnisse – Präzision von Messverfahren und Ergebnissen – Teil 2: Anwendung der Präzisionsdaten von Prüfverfahren; engl.: Part 2: Interpretation and application of precision data in relation to methods of test.
-
- [66] ISO 21087:2019-06, Gasanalyse – Analytische Methoden für Wasserstoff als Kraftstoff – Protonenaustauschmembran (PEM)-Brennstoffzellenanwendung für Straßenfahrzeuge.
-
- [67] DNV/KIWA, „A follow-up study into the hydrogen quality requirements“, 2023 [online].
Verfügbar: <https://open.overheid.nl/documenten/e4c35d40-0888-41bf-bf6f-d59e7269e103/file> [abgerufen 12.03.2024].
-

-
- [68] Bundesministerium der Justiz, „Gashochdruckleitungsverordnung vom 18. Mai 2011 (BGBl. I S. 928), die zuletzt durch Artikel 24 des Gesetzes vom 13. Mai 2019 (BGBl. I S. 706) geändert worden ist“, 2011 [online]. Verfügbar: https://www.gesetze-im-internet.de/gashdrltgv_2011/BJNR092800011.html [abgerufen 11.03.2024].
-
- [69] ISO/DIS 14687:2024-01, Wasserstoffbeschaffenheit – Produktspezifikation.
-
- [70] Karlsruher Institut für Technologie, „Potential flüssiger und gasförmiger erneuerbarer Kraftstoffe nicht biogenen Ursprungs (RFNBO) und wiederverwerteter kohlenstoffhaltiger Kraftstoffe (RCF)“ [online]. Verfügbar: https://www.iip.kit.edu/1064_5339.php [abgerufen 11.03.2024].
-
- [71] Europäische Union, „Amtsblatt der Europäischen Union, Richtlinie 2018/2001 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 11. Dezember 2018 zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen (Neufassung)“, 2018 [online]. Verfügbar: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=celex%3A32018L2001> [abgerufen 11.03.2024].
-
- [72] Bundesministerium der Justiz, „(37. BImSchV) zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung zur Anrechnung von strombasierten Kraftstoffen und mitverarbeiteten biogenen Ölen auf die Treibhausgasquote)“, 2017 [online]. Verfügbar: https://www.gesetze-im-internet.de/bimschv_37_2024/ [abgerufen 01.07.2024].
-
- [73] Europäische Union, „Amtsblatt der Europäischen Union, Verordnung 2020/852 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 18. Juni 2020 über die Einrichtung eines Rahmens zur Erleichterung nachhaltiger Investitionen und zur Änderung der Verordnung (EU) 2019/2088“, 2020 [online]. Verfügbar: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=celex%3A32020R0852> [abgerufen 11.03.2024].
-
- [74] Bundesregierung, „Die 17 globalen Nachhaltigkeitsziele“, 2023 [online]. Verfügbar: <https://www.bundesregierung.de/breg-de/themen/nachhaltigkeitspolitik/die-17-globalen-nachhaltigkeitsziele-1553514> [abgerufen 11.03.2024].
-
- [75] Normenreihe DIN EN 13480, Metallische industrielle Rohrleitungen.
-
- [76] Europäische Union, „Amtsblatt der Europäischen Union, Richtlinie 2014/68/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 15. Mai 2014 zur Harmonisierung der Rechtsvorschriften der Mitgliedstaaten über die Bereitstellung von Druckgeräten auf dem Markt“, 2014 [online]. Verfügbar: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32014L0068> [abgerufen 03.01.2024].
-
- [77] ASME B31.12:2023:2023-00, Hydrogen Piping and Pipelines.
-
- [78] Normenreihe DIN EN 10216:2014-03, Nahtlose Stahlrohre für Druckbeanspruchungen – Technische Lieferbedingungen.
-
- [79] Normenreihe DIN EN 10217, Geschweißte Stahlrohre für Druckbeanspruchungen – Technische Lieferbedingungen.
-
- [80] DIN EN 13480-11, Metallische industrielle Rohrleitungen – Teil 11: Zusatzanforderungen an Rohrleitungen für Wasserstoffanwendung.
-
- [81] DIN EN 13480-1:2017-12, Metallische industrielle Rohrleitungen – Teil 1: Allgemeines.
-
- [82] DIN EN 13480-8:2017-12, Metallische industrielle Rohrleitungen – Teil 8: Zusatzanforderungen an Rohrleitungen aus Aluminium und Aluminiumlegierungen.
-
- [83] DVGW-Arbeitsblatt G 614-1 (A), Freiverlegte Gasleitungen auf Werksgelände hinter der Übergabestelle, Teil 1: Planung, Errichtung, Prüfung und Inbetriebnahme, 10/2014.
-
- [84] DVGW-Arbeitsblatt G 614-2 (A), Freiverlegte Gasleitungen auf Werksgelände hinter der Übergabestelle, Teil 2: Betrieb und Instandhaltung, 10/2014.
-
- [85] DVGW-Arbeitsblatt G 462 (A), Gasleitungen aus Stahlrohren bis 16 bar Betriebsdruck; Errichtung, 03/2020.
-

-
- [86] Bundesministerium der Justiz, „Verordnung über Sicherheit und Gesundheitsschutz bei der Verwendung von Arbeitsmitteln (Betriebssicherheitsverordnung BetrSichV)“, 2015 [online].
Verfügbar: https://www.gesetze-im-internet.de/betr_sichv_2015/BetrSichV.pdf [abgerufen 15.03.2024].
-
- [87] Normenreihe DIN EN 13445, Unbefeuerte Druckbehälter.
-
- [88] DIN EN 10217-7, Geschweißte Stahlrohre für Druckbeanspruchungen – Technische Lieferbedingungen Teil 7: Rohre aus nichtrostenden Stählen.
-
- [89] DIN EN 13371:2002-03, Kryo-Behälter – Kupplungen für den tiefkalten Betrieb; Deutsche Fassung EN 13371:2001.
-
- [90] DIN EN 10253-2, Formstücke zum Einschweißen – Teil 2: Unlegierte und legierte ferritische Stähle mit besonderen Prüfanforderungen.
-
- [91] DIN EN 10253-4, Austenitische und austenitisch-ferritische (Duplex) nichtrostende Stähle mit besonderen Prüfanforderungen.
-
- [92] DIN EN 1092-1:2018-12, Flansche und ihre Verbindungen – Runde Flansche für Rohre, Armaturen, Formstücke und Zubehörteile, nach PN bezeichnet – Teil 1: Stahlflansche; Tabelle 13; Seite 53-55.
-
- [93] BS 7910:2019, Guide to methods for assessing the acceptability of flaws in metallic structures.
-
- [94] DVGW-Arbeitsblatt G 452-1 (A), Anbohren und Absperren; Teil 1: Anbohren und Absperren von Gasleitungen aus Stahlrohren, 04/2023.
-
- [95] DVGW-Merkblatt G 221 (M), Leitfaden zur Anwendung des DVGW-Regelwerks auf die leitungsgebundene Versorgung der Allgemeinheit mit wasserstoffhaltigen Gasen und Wasserstoff, 12/2021.
-
- [96] DVGW VP 642, Faserverstärkte PE-Rohre (RTP) und zugehörige Verbinder für Gasleitungen mit Betriebsdrücken über 16 bar, 06/2004.
-
- [97] DVGW VP 643, Flexible, gewebeverstärkte Kunststoff-Inliner und zugehörige Verbinder für Gasleitungen mit Betriebsdrücken über 16 bar, 06/2004.
-
- [98] DIN EN 1594: 2013-12, Gasinfrastruktur – Rohrleitungen für einen maximal zulässigen Betriebsdruck über 16 bar – Funktionale Anforderungen.
-
- [99] DIN EN 12327: 2012-10, Gasinfrastruktur – Druckprüfung, In- und Außerbetriebnahme – Funktionale Anforderungen; Deutsche Fassung EN 12327:2012.
-
- [100] DVGW-Arbeitsblatt G 463 (A), Gashochdruckleitungen aus Stahlrohren für einen Auslegungsdruck von mehr als 16 bar; Planung und Errichtung, 10/2021.
-
- [101] DIN 30690-1: 2019-05, Bauteile in Anlagen der Gasversorgung – Teil 1: Anforderungen an Bauteile in Gasversorgungsanlagen.
-
- [102] DVGW-Merkblatt G 409 (M), Umstellung von Gashochdruckleitungen aus Stahlrohren für einen Auslegungsdruck von mehr als 16 bar für den Transport von Wasserstoff, 09/2020.
-
- [103] DVGW-Merkblatt G 464 (M), Bruchmechanisches Bewertungskonzept für Gasleitungen aus Stahl mit einem Auslegungsdruck von mehr als 16 bar für den Transport von Wasserstoff, 2023.
-
- [104] DVGW-Merkblatt G 405 (M), Umstellung von Bestandsarmaturen auf Wasserstoff, 2024.
-
- [105] DVGW-Arbeitsblatt G 213 (A), Anlagen zur Herstellung von Brenngasgemischen, 10/2013.
-

-
- [106] DVGW-Merkblatt G 442 (M), Explosionsgefährdete Bereiche an Ausblaseöffnungen von Leitungen zur Atmosphäre an Gasanlagen, 07/2015.
-
- [107] DVGW-Arbeitsblatt G 492 (A), Gas-Messanlagen für einen Betriebsdruck bis einschließlich 100 bar, 06/2021.
-
- [108] DVGW-Arbeitsblatt G 493-2 (A), Qualifikationskriterien für Unternehmen zur Instandhaltung von Gasanlagen, 11/2019.
-
- [109] DVGW-Merkblatt G 494 (M), Schallschutzmaßnahmen an Geräten und Anlagen zur Gasdruckregelung und Gasmessung, 02/2018.
-
- [110] DVGW-Arbeitsblatt G 497 (A), Verdichterstationen, 02/2019.
-
- [111] DVGW-Arbeitsblatt G 265-1 (A), Anlagen für die Aufbereitung und Einspeisung von Biogas in Gasversorgungsnetze – Teil 1: Planung, Fertigung, Errichtung, Prüfung und Inbetriebnahme, 2014.
-
- [112] DVGW-Merkblatt G 404 (M), Maßnahmen zur technischen Reduzierung von Methan- und Wasserstoffemissionen in der Gasinfrastruktur, 2021.
-
- [113] DVGW-Information Gas Nr. 29, Erläuterungen zum Begriff „H₂-ready“ für Gasversorgungsnetze und Gasanwendungen nach DVGW-Regelwerk, 02/2023.
-
- [114] DVGW-Information Gas Nr. 17, Blitzschutz an Gas-Druckregel- und Messanlagen – Leitfaden zur Umsetzung der Anforderungen der DIN EN 62305, 02/2013.
-
- [115] DIN 33822:2017-08, Gas-Druckregelgeräte und Sicherheitseinrichtungen der Gasinstallation für Eingangsdrücke bis 5 bar.
-
- [116] DIN EN 12279:2005-12, Gasversorgungssysteme – Gas-Druckregleinrichtungen in Anschlussleitungen – Funktionale Anforderungen; Deutsche Fassung EN 12279:2000 + A1:2005.
-
- [117] DIN EN 334:2019-11, Gas-Druckregelgeräte für Eingangsdrücke bis 10 MPa (100 bar); Deutsche und Englische Fassung EN 334:2019.
-
- [118] DVGW-Information Gas Nr. 19, Flanschverbindungen in Gasanlagen, 10/2019.
-
- [119] DVGW-Arbeitsblatt G 454 (A), Maßnahmen zur Vervollständigung der technischen Abnahmedokumentation von Gas-Druckregel- und Messanlagen, 08/2020.
-
- [120] DVGW-Arbeitsblatt GW 120 (A), Netzdokumentation in Versorgungsunternehmen, 12/2021.
-
- [121] DVGW-Merkblatt G 407 (M), Umstellung von Gasleitungen aus Stahlrohren bis 16 bar Betriebsdruck für die Verteilung von wasserstoffhaltigen methanreichen Gasen und Wasserstoff, 08/2022.
-
- [122] DVGW-Merkblatt G 408 (M), Umstellung von Gasleitungen aus Kunststoffrohren bis 16 bar Betriebsdruck für die Verteilung von wasserstoffhaltigen methanreichen Gasen und Wasserstoff, 08/2022.
-
- [123] DVGW-Arbeitsblatt G 465-1 (A), Überprüfung von Gasrohrnetzen mit einem Betriebsdruck bis 16 bar, 05/2019.
-
- [124] DVGW-Arbeitsblatt G 465-2 (A), Gasleitungen für einen Auslegungsdruck bis einschließlich 16 bar; Instandsetzung; In- und Außerbetriebnahme, 01/2024.
-
- [125] DVGW-Merkblatt G 465-3 (M), Leckstellen an Gasleitungen in Gasrohrnetzen – Lokalisation, Klassifikation, Umgang mit Leckstellen, 05/2019.
-
- [126] DVGW-Merkblatt G 465-4 (M), Gerätetechnik für die Überprüfung von Gasleitungen und Gasanlagen, 05/2019.
-

-
- [127] DVGW-Arbeitsblatt GW 303-1 (A), Berechnung von Gas- und Wasserrohrnetzen – Teil 1: Hydraulische Grundlagen, Netzmodellierung und Berechnung, 10/2006.
-
- [128] DVGW-Arbeitsblatt GW 368 (A), Längskraftschlüssige Muffenverbindungen für Rohre, Formstücke und Armaturen aus duktilem Gusseisen oder Stahl.
-
- [129] DVGW-Arbeitsblatt G 452-2 (A), Anbohren und Absperren; Teil 2: Abquetschen von Kunststoffrohrleitungen für Gas mit Drücken bis 5 bar und Außendurchmesser bis 315 mm, 08/2020.
-
- [130] DVGW-Arbeitsblatt G 452-3 (A), Anbohren und Absperren; Teil 3: Abquetschen von Kunststoffrohrleitungen für Gas mit Drücken über 5 bar bis 16 bar und Außendurchmesser bis 225 mm, 03/2021.
-
- [131] DVGW-Arbeitsblatt G 459-1 (A), Gas-Netzanschlüsse für maximale Betriebsdrücke bis einschließlich 5 bar, 10/2019.
-
- [132] DIN 30652-2:2022-09, Gasströmungswächter – Teil 2: Gasströmungswächter für Netzanschlussleitungen.
-
- [133] DVGW-Arbeitsblatt G 262 (A), Nutzung von Gasen aus regenerativen Quellen in der öffentlichen Gasversorgung, 09/2011.
-
- [134] DVGW-Arbeitsblatt G 466-2 (A), Gasrohrnetze aus duktilen Gussrohren mit einem Betriebsdruck von mehr als 4 bar bis 16 bar – Instandhaltung, 04/2021.
-
- [135] DVGW-Arbeitsblatt G 466-3 (A), Gasrohrnetze aus PVC – Instandhaltung, 04/2014.
-
- [136] DVGW-Arbeitsblatt G 472, Gasleitungen aus Kunststoffrohren bis 16 bar Betriebsdruck, Errichtung, 03/2020.
-
- [137] DVGW-Arbeitsblatt G 469 (A), Druckprüfverfahren Gastransport / Gasverteilung, 07/2019.
-
- [138] DVGW-Merkblatt GW 115 (M), Metasystematik zur Netzauskunft, 12/2020.
-
- [139] DVGW-Merkblatt GW 116 (M), Verfahren zur Fortführung der Netzdokumentation, 12/2021.
-
- [140] DVGW-Merkblatt GW 117 (M), Kopplung von GIS- und ERP-Systemen, 09/2014.
-
- [141] DVGW-Arbeitsblatt GW 118 (A), Erteilung von Netzauskünften, 04/2017.
-
- [142] DVGW-Merkblatt GW 121 (M), Fernleitungen und Verteilungsnetze – Leistungsbilder für Vermessungsarbeiten, 03/2017.
-
- [143] DVGW-Merkblatt GW 122 (M), Einbindung von GIS in das Netzdatenmanagement, 10/2022.
-
- [144] DVGW-Merkblatt GW 126 (M), Verfahren zur Einrichtung und Fortführung von Geobasisdaten, 03/2017.
-
- [145] DVGW-Merkblatt GW 128 (M), Einfache vermessungstechnische Arbeiten an Versorgungsnetzen – Schulungsplan, 11/2023.
-
- [146] DVGW-Merkblatt GW 130 (M), Qualitätssicherung der Netzdokumentation, 11/2023.
-
- [147] DVGW-Arbeitsblatt G 453 (A), Maßnahmen bei unvollständiger technischer Abnahmedokumentation von Gasleitungen aus Stahlrohren für einen Auslegungsdruck größer als 5 bar, 11/2022.
-
- [148] Gasnetz Hamburg, „Projekt H2Switch100“, 2023 [online].
Verfügbar: <https://www.gasnetz-hamburg.de/ueber-gasnetz-hamburg/presse/pressemitteilungen/pm-h-switch100>
[abgerufen Januar 2024].
-
- [149] DVGW-Arbeitsblatt G 441 (A), Armaturen für maximal zulässige Betriebsdrücke bis 100 bar in der Gasversorgung – Anwendungsbeispiele, Betrieb und Instandhaltung, 03/2023.
-

-
- [150] Bundesministerium der Justiz, „Gesetz zu dem Europäischen Übereinkommen vom 30. September 1957 über die internationale Beförderung gefährlicher Güter auf der Straße (ADR)“, 1957 [online]. Verfügbar: <https://www.gesetze-im-internet.de/adrg/> [abgerufen 11.03.2024].
-
- [151] Zwischenstaatliche Organisation für den internationalen Eisenbahnverkehr (OTIF), „Ordnung über die internationale Eisenbahnbeförderung gefährlicher Güter (RID)“, 2023 [online]. Verfügbar: https://otif.org/de/?page_id=1105 [abgerufen 11.03.2024].
-
- [152] DIN EN 13385:2002, Ortsbewegliche Gasflaschen – Batterie-Fahrzeuge für beständige und verflüssigte Gase (außer Acetylen) – Prüfung zum Zeitpunkt des Füllens.
-
- [153] EN 13807:2017, Ortsbewegliche Gasflaschen – Batterie-Fahrzeuge und Gascontainer mit mehreren Elementen (MEGCs) – Auslegung, Herstellung, Kennzeichnung und Prüfung.
-
- [154] DIN EN ISO 23826:2022-04, Gasflaschen – Kugelhähne – Spezifikation und Prüfungen (ISO 23826:2021); Deutsche Fassung EN ISO 23826:2021.
-
- [155] Normenreihe DIN EN 1918, Gasinfrastruktur – Untertagespeicherung von Gas.
-
- [156] American Petroleum Institute, „American Petroleum Institute“ [online]. Verfügbar: <https://www.api.org/> [abgerufen 11.03.2024].
-
- [157] American Society of Mechanical Engineers, „American Society of Mechanical Engineers“ [online]. Verfügbar: <https://www.asme.org/> [abgerufen 11.03.2024].
-
- [158] Bundesverband Erdgas, Erdöl und Geoenergie e.V. (BVEG), „Das technische Regelwerk des BVEG“, 2018 [online]. Verfügbar: <https://www.bveg.de/umwelt-sicherheit/technische-regeln/> [abgerufen 11.03.2024].
-
- [159] IOGP, „Supplementary Procedure for Development and Maintenance of ISO Standards as an ISO Liaison Member S.4“, 2017 [online]. Verfügbar: <https://www.iogp.org/wp-content/uploads/2020/04/IOGP-Supplemental-Procedure-for-ISO-standards-development-20200309-1.pdf> [abgerufen 11.03.2024].
-
- [160] ISO 10417: 2004-07, Petroleum and natural gas industries – Subsurface safety valve systems – Design, installation, operation and redress.
-
- [161] ISO 10432: 2004-11, Petroleum and natural gas industries – Downhole equipment – Subsurface safety valve equipment.
-
- [162] DIN EN ISO 14310: 2009-03, Erdöl- und Erdgasindustrie – Bohrloch-Ausrüstung – Packer und Brückenstopfen (ISO 14310:2008); Englische Fassung EN ISO 14310:2008.
-
- [163] DIN EN ISO 16070: 2006-05, Erdöl- und Erdgasindustrie – Bohrloch-Ausrüstung – Abhängestücke und Landennippel (ISO 16070:2005); Englische Fassung EN ISO 16070:2005.
-
- [164] Bundesministerium der Justiz, „Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushalts (Wasserhaushaltsgesetz-WHG)“, 2023 [online]. Verfügbar: https://www.gesetze-im-internet.de/whg_2009/ [abgerufen 11.03.2024].
-
- [165] Bundesministerium der Justiz, „Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen (AwSV)“, 2020 [online]. Verfügbar: <https://www.gesetze-im-internet.de/awsv/> [abgerufen 11.03.2024].
-
- [166] Europäische Kommission, „EU Hydrogen strategy“, 2020 [online]. Verfügbar: https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-systems-integration/hydrogen_en [abgerufen 11.03.2024].
-
- [167] CGA (Compressed Gas Association), Industriestandard CGA V-6 – Standard Cryogenic Liquid Transfer Connections, 1993.
-
- [168] ISO 13984:1999-03, Liquid hydrogen – Land vehicle fuelling system interface.
-

-
- [169] Internationales Technisches Komitee, „IEC/TC 105 Fuel cell technologies; Übersicht zum Projekt IEC 62282-2-400 ED1“ [online]. Verfügbar: https://www.iec.ch/dyn/www/f?p=103:38:711435986476189:::FSP_ORG_ID,FSP_APEX_PAGE,FSP_PROJECT_ID:1309,23,106990 [abgerufen Januar 2024].
-
- [170] SWR – Geli Hensolt, „Brennstoffzellen für Kreuzfahrtschiffe und Lkw: Technologie aus BW nimmt Fahrt auf“, 2023 [online]. Verfügbar: <https://www.swr.de/swraktuell/baden-wuerttemberg/brennstoffzellen-aus-baden-wuerttemberg-fuer-kreuzfahrtschiffe-und-e-lkw-100.html> [abgerufen Januar 2024].
-
- [171] Europäische Union, „Amtsblatt der Europäischen Union, Verordnung 2016/426 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 09. März 2016 über über Geräte zur Verbrennung gasförmiger Brennstoffe und zur Aufhebung der Richtlinie 2009/142/EG“, 2016 Verfügbar: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32016R0426&from=DE> [abgerufen 07.05.2024].
-
- [172] Europäische Kommission, „Richtlinie 2006/42/EG“, 2017 [online]. Verfügbar: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32006L0042> [abgerufen 11.03.2024].
-
- [173] Europäische Union, „Amtsblatt der Europäischen Union, Verordnung 2023/1230 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 14. Juni 2023 über Maschinen u. zur Aufhebung d. Richtlinie 2006/42/EG des Europäischen Parlaments u. des Rates u. der Richtlinie 73/361/EWG des Rates“, 2023 [online]. Verfügbar: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32023R1230> [abgerufen 11.03.2024].
-
- [174] Bundesregierung, „Neufassung der Ersten Allgemeinen Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft – TA Luft)“, 2021 [online]. Verfügbar: https://www.verwaltungsvorschriften-im-internet.de/bsvwvbund_18082021_IGI25025005.htm [abgerufen 07.05.2024].
-
- [175] Bundesministerium der Justiz, „Erste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes“ [online]. Verfügbar: https://www.gesetze-im-internet.de/bimschv_1_2010/ [abgerufen 11.03.2024].
-
- [176] Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK), „Rahmen für die Kraftwerksstrategie steht – wichtige Fortschritte in Gesprächen mit EU-Kommission zu Wasserstoffkraftwerken erzielt“, 2023 [online]. Verfügbar: <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Pressemitteilungen/2023/08/20230801-rahmen-fuer-die-kraftwerksstrategie-steht.html> [abgerufen 11.03.2024].
-
- [177] DIN EN 12953-7:2002-08, Großwasserraumkessel – Teil 7: Anforderungen an Feuerungsanlagen für flüssige und gasförmige Brennstoffe für den Kessel.
-
- [178] DIN EN 12952-8:2022-12, Wasserrohrkessel und Anlagenkomponenten – Teil 8: Anforderungen an Feuerungsanlagen für flüssige und gasförmige Brennstoffe für den Kessel.
-
- [179] Umweltbundesamt, „Berechnung der Treibhausgasemissionsdaten für das Jahr 2022 gemäß Bundesklimaschutzgesetz, Begleitender Bericht, Kurzfassung vom 15. März 2023; Seite 7 – Abbildung 1“, 2023 [online]. Verfügbar: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/361/dokumente/vjs_2022_-_begleitbericht_final_kurzfassung.pdf [abgerufen 11.03.2024].
-
- [180] Normenreihe DIN EN 12952, Wasserrohrkessel und Anlagenkomponenten.
-
- [181] Normenreihe DIN EN 12953, Großwasserraumkessel.
-
- [182] Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK), „Richtlinie zur Förderung von klimaneutralen Produktionsverfahren in der Industrie durch Klimaschutzverträge“, 12.03.2024 [online]. Verfügbar: <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Downloads/F/foerderrichtlinie-klimaschutzvertraege-frl-ksv.html> [abgerufen 12.03.2024].
-

-
- [183] European Commission, „Leitlinien zu Druckgeräterichtlinie (DGRL) 2014/68/EU“, 2020 [online].
Verfügbar: <https://ec.europa.eu/docsroom/documents/41641/attachments/1/translations/de/renditions/pdf>
[abgerufen 11.03.2024].
-
- [184] M. Genovese, A. Schlüter, E. Scionti, F. Piraino, O. Corigliano and P. Fragiaco, „Power-to-hydrogen and hydrogen-to-X energy systems for the industry of the future in Europe“, International Journal of Hydrogen Energy, vol. 48, no. 44, S. 16545–16568, 22.05.2023.
-
- [185] Verband der chemischen Industrie e. V., „Chemistry-4-Climate: Wie die Transformation der Chemie gelingen kann? Abschlussbericht“, 2023 [online].
Verfügbar: <https://www.vci.de/services/publikationen/chemistry4climate-abschlussbericht-2023.jsp>
[abgerufen 12.03.2024].
-
- [186] VDI e. V., „VDI-Blatt 4635“ [online]. Verfügbar: <https://www.vdi.de/4635> [abgerufen 01.03.2024].
-
- [187] VDMA 24202:1980-01, Industrial furnaces, classification.
-
- [188] DIN EN 746-1:2010-02, Industrielle Thermoprozessanlagen – Teil 1: Allgemeine Sicherheitsanforderungen an industrielle Thermoprozessanlagen; Deutsche Fassung EN 746-1:1997+A1:2009.
-
- [189] DIN EN 746-2:2011-02, Industrielle Thermoprozessanlagen – Teil 2: Sicherheitsanforderungen an Feuerungen und Brennstoffführungssysteme; Deutsche Fassung EN 746-2:2010.
-
- [190] DIN EN 746-3:2022-11, Industrielle Thermoprozessanlagen – Teil 3: Sicherheitsanforderungen für die Erzeugung und Anwendung von Schutz- und Reaktionsgasen; Deutsche Fassung EN 746-3:2021.
-
- [191] Normenreihe DIN EN ISO 13577, Industrielle Thermoprozessanlagen und dazugehörige Prozesskomponenten – Sicherheitsanforderungen.
-
- [192] ISO 13577-2:2023-12, Industrial furnaces and associated processing equipment – Safety – Part 2: Combustion and fuel handling systems.
-
- [193] DIN EN 1539:2016-02, Trockner und Öfen, in denen brennbare Stoffe freigesetzt werden – Sicherheitsanforderungen.
-
- [194] DIN EN 12753:2011-02, Thermische und katalytische Reinigungssysteme für Abluft aus Anlagen zur Oberflächenbehandlung – Sicherheitsanforderungen.
-
- [195] Umweltbundesamt, „Projektionsbericht 2023 für Deutschland“, 2023 [online].
Verfügbar: <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/projektionsbericht-2023-fuer-deutschland>
[abgerufen 11.04.2024].
-
- [196] Bundesministerium der Justiz, „Gesetz über die Elektrizitäts- und Gasversorgung (Energiewirtschaftsgesetz – EnWG) § 113 Laufende Wegenutzungsverträge“ [online].
Verfügbar: https://www.gesetze-im-internet.de/enwg_2005/_113.html [abgerufen 12.03.2024].
-
- [197] DVGW-Arbeitsblatt G 600 (A), Technische Regel für Gasinstallationen, 2018.
-
- [198] DVGW e. V., DVGW-Merkblatt G 655 (M), „Leitfaden zur H₂-Readiness für Gasanwendung“, 2022 [online].
Verfügbar: <https://www.dvgw.de/medien/dvgw/verein/energiewende/h2-leitfaden-h2-readiness-gasanwendung-schuhmann-2104.pdf> [abgerufen 07.03.2024].
-
- [199] Bundesministerium der Justiz, „Gesetz zur Einsparung von Energie und zur Nutzung erneuerbarer Energien zur Wärme- und Kälteerzeugung in Gebäuden (Gebäudeenergiegesetz – GEG)“ [online].
Verfügbar: https://www.gesetze-im-internet.de/geg/inhalts_bersicht.html [abgerufen 26.04.2024].
-

-
- [200] DVGW CERT GmbH, Zertifizierungsprogramm ZP 3100.100 – Prüfungen für Heizkessel für gasförmige Brennstoffe für einen Wasserstoffgehalt von 100 Vol.-%, 2023.
-
- [201] DVGW CERT GmbH, Zertifizierungsprogramm ZP 3100.20 – Ergänzungsprüfungen für Heizkessel für gasförmige Brennstoffe für einen Wasserstoffgehalt von bis zu 20 Vol.-%, 2022.
-
- [202] DVGW e.V., „Forschungsprojekt ‚THyGA‘ Testing Hydrogen admixture for Gas Applications“ [online].
Verfügbar: <https://thyga-project.eu/> [abgerufen 12.03.2024].
-
- [203] DVGW e.V., „Forschungsprojekt ‚EclHypse‘ Leckageraten von Gasmischungen (ECLHYPSE)“ [online].
Verfügbar: <https://www.dvgw.de/themen/forschung-und-innovation/forschungsprojekte/dvgw-forschungsprojekt-leckgeraten-gasmischungen> [abgerufen 12.03.2024].
-
- [204] DVGW-Arbeitsblatt G 110 (A), Ortsfeste Gaswarneinrichtungen, 10/2003.
-
- [205] DIN EN 15502-1:2022-01, Heizkessel für gasförmige Brennstoffe – Teil 1: Allgemeine Anforderungen und Prüfungen.
-
- [206] DIN EN 16905-2:2022-01, Gasbefeuerte endothermische Motor-Wärmepumpe – Teil 2: Sicherheit.
-
- [207] DIN EN 303-1:2017-11, Heizkessel – Teil 1: Heizkessel mit Gebläsebrennern – Begriffe, Allgemeine Anforderungen, Prüfung und Kennzeichnung.
-
- [208] DIN EN 676:2023-03, Gebläsebrenner für gasförmige Brennstoffe; Deutsche Fassung EN 676:2020 + AC:2022.
-
- [209] DVGW-Merkblatt G 635 (M), Gasgeräte für den Anschluss an ein Luft-Abgas-System für Überdruckbetrieb, 08/2018.
-
- [210] DIN EN 437:2021-07, Prüfgase – Prüfdrücke – Gerätekategorien.
-
- [211] DVGW-Arbeitsblatt G 1020 (A), Qualitätssicherung für Planung, Erstellung, Änderung, Instandhaltung und Betrieb von Gasinstallationen, 01/2010.
-
- [212] Kai-Uwe Schuhmann, G 110 – Vorschlag für die Umsetzung eines Normungs- und Standardisierungsprojekts im Rahmen der Normungsroadmap Wasserstofftechnologien, Version, 2023.
-
- [213] DVGW-Reihe Arbeitsblatt G 614 (A), Freiverlegte Gasleitungen auf Werksgelände hinter der Übergabestelle, 10/2014.
-
- [214] CEN/TR 17924:2023-04, Sicherheits- und Regeleinrichtungen für Brenner und Brennstoffgeräte für gasförmige und/oder flüssige Brennstoffe – Leitfaden zu wasserstoffspezifischen Aspekten.
-
- [215] DIN EN 331:2016-04, Handbetätigte Kugelhähne und Kegelhähne mit geschlossenem Boden für die Gas-Hausinstallation; Deutsche Fassung EN 331:2015.
-
- [216] DIN EN 334:2019-11, Gas-Druckregelgeräte für Eingangsdrücke bis 10 MPa (100 bar); Deutsche und Englische Fassung EN 334:2019.
-
- [217] DIN EN 14382:2019-11, Gas-Sicherheitsabsperreinrichtungen für Eingangsdrücke bis 10 MPa (100 bar); Deutsche und Englische Fassung EN 14382:2019.
-
- [218] DIN 33821:2009-03, Sicherheitsabblaseventile für Gasversorgungsanlagen mit Betriebsdrücken bis 100 bar.
-
- [219] DIN EN IEC 60730-1*VDE 0631-1:2021-03, Automatische elektrische Regel- und Steuergeräte – Teil 1: Allgemeine Anforderungen (IEC 72/1203/CD:2019); Text Deutsch und Englisch.
-
- [220] DIN EN IEC 60730-2-5*VDE 0631-2-5:2024-04, Automatische elektrische Regel- und Steuergeräte – Teil 2-5: Besondere Anforderungen an automatische elektrische Brenner-Steuerungs- und Überwachungssysteme.
-

-
- [221] Europäische Kommission, „Verordnung 2016/426 über Geräte zur Verbrennung gasförmiger Brennstoffe und zur Aufhebung der Richtlinie 2009/142/EG“, 2016 [online].
Verfügbar: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/ALL/?uri=CELEX%3A32016R0426> [abgerufen 11.03.2024].
-
- [222] DVGW e. V., „Technische Regel der Gasinstallation (TRGI)“, 2018 [online].
Verfügbar: <https://www.dvgw.de/themen/gas/installation-und-anwendung/hausinstallation-und-trgi> [abgerufen 07.03.2024].
-
- [223] DVGW e. V., „Nationale Gasbeschaffensregelungen“, 2021 [online].
Verfügbar: https://shop.wvgw.de/leseprobe/510700_lp_G_260_2021_09.pdf [abgerufen 07.03.2024].
-
- [224] DVGW CERT GmbH, „Zertifizierungsprogramm ZP 3502.20“, 2022 [online]. Verfügbar: https://www.dvgw-cert.com/medien/leistungen/download__antrag-go-zp.../zp_3502_20.pdf [abgerufen 01.07.2024].
-
- [225] DVGW CERT GmbH, „Zertifizierungsprogramm ZP 4110“, 2024 [online]. Verfügbar: https://www.dvgw-cert.com/medien/leistungen/download__antrag-go-zp.../zp_4110_01.pdf [abgerufen 01.07.2024].
-
- [226] DVGW e. V., „Forschungsprojekt ‚H2-Dichtheit von Armaturen‘“ 2023 [online]. Verfügbar: <https://www.dvgw.de/themen/forschung-und-innovation/forschungsprojekte/dvgw-forschungsprojekt-h2-dichtheit-armaturen> [abgerufen 12.03.2024].
-
- [227] DVGW e. V., „Forschungsprojekt ‚HydEKuS‘“, 2024 [online]. Verfügbar: <https://www.dvgw.de/themen/forschung-und-innovation/forschungsprojekte/dvgw-forschungsprojekt-h2werkstoffe> [abgerufen 07.03.2024].
-
- [228] DIN EN 416:2020-04, Gasbefeuerte Dunkelstrahler und Dunkelstrahlersysteme für gewerbliche und industrielle Anwendungen – Sicherheit und Energieeffizienz; Deutsche Fassung EN 416:2019.
-
- [229] K. Weber, DIN 416 & DIN 419 – Vorschlag für die Umsetzung eines Normungs- und Standardisierungsprojekts im Rahmen der Normungsroadmap Wasserstofftechnologien, Version 22.09.2023, 2023.
-
- [230] DIN EN 419:2020-04, Gasbefeuerte Hellstrahlerheizgeräte für gewerbliche und industrielle Anwendungen – Sicherheit und Energieeffizienz; Deutsche Fassung EN 419:2019.
-
- [231] DIN EN 17082:2020-04, Häusliche und nicht-häusliche gasbefeuerte Warmluftzeuger mit erzwungener Konvektion zur Raumbeheizung, deren Nennwärmebelastung 300 kW nicht übersteigt; Deutsche Fassung EN 17082:2019.
-
- [232] K. Weber, DIN 17082 – Vorschlag für die Umsetzung eines Normungs- und Standardisierungsprojekts im Rahmen der Normungsroadmap Wasserstofftechnologien, Version 22.09.2023, 2023.
-
- [233] DIN EN 17175:2020-04, Gasbefeuerte Dunkelstrahler-Wärmebänder und kontinuierliche Mehr-Brenner-Dunkelstrahlersysteme für gewerbliche und industrielle Anwendungen – Sicherheit und Energieeffizienz; Deutsche Fassung EN 17175:2019.
-
- [234] DIN 3372-1:2023-02, Gasgeräte – Heizstrahler mit Brennern ohne Gebläse: ortsfeste Strahler für Freianlagen und ortsveränderliche für Raum- und Freiflächennutzung – Teil 1: Anforderungen und Prüfungen.
-
- [235] DIN 3372-2:2023-02, Gasgeräte – Heizstrahler mit Brennern ohne Gebläse: ortsfeste Strahler für Freianlagen und ortsveränderliche für Raum- und Freiflächennutzung – Teil 2: Konformität.
-
- [236] DIN 3372-4:1983-04, Gasverbrauchseinrichtungen; Heizstrahler mit Brennern ohne Gebläse, ortsveränderliche Heizstrahler für Raum- und Freiflächenheizung.
-
- [237] Europäische Union, „Official Journal of the European Union; ATEX-Richtlinie 2014/34/EU“, 2014 [online].
Verfügbar: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/en/TXT/?uri=CELEX%3A32014L0034> [abgerufen 07.03.2024].
-

-
- [238] International Recommendation, „OIML R 139 COMPRESSED GASEOUS FUEL MEASURING SYSTEMS FOR VEHICLES OIML R 139-1: METROLOGICAL AND TECHNICAL REQUIREMENTS OIML R 139-2: METROLOGICAL CONTROLS AND PERFORMANCE TESTS OIML R 139-3: TEST REPORT FORMAT“ Edition 2018 [online]. Verfügbar: <https://h2tools.org/fuel-cell-codes-and-standards/oiml-r-139-compressed-gaseous-fuel-measuring-systems-vehicles-oiml-r> [abgerufen 11.03.2024].
-
- [239] Europäische Union, „TPED, ortsbewegliche Druckgeräte Richtlinie 2010/35/EU“, 2010 [online]. Verfügbar: <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2010/35/oj> [abgerufen 23.02.2024].
-
- [240] Europäische Union, „AFIR – Alternative Fuels Infrastructure Regulation“, 2023 [online]. Verfügbar: <https://data.consilium.europa.eu/doc/document/PE-25-2023-INIT/de/pdf> [abgerufen 23.02.2024].
-
- [241] BAuA – Ausschuss für Gefahrstoffe, „TRBS 3151 – Vermeidung von Brand-, Explosions- und Druckgefährdungen an Tankstellen und Gasfüllanlagen zur Befüllung von Landfahrzeugen“, 2019 [online].
-
- [242] BAuA – Ausschuss für Gefahrstoffe, „TRBS 3146 – Ortsfeste Druckanlagen für Gase, GMBL 2016 S. 854-880 [Nr. 44]“, 26 10 2016 [online].
-
- [243] DIN EN IEC 60079-0 Berichtigung 1*VDE 0170-1 Berichtigung 1:2021-04, „Explosionsgefährdete Bereiche – Teil 0: Betriebsmittel – Allgemeine Anforderungen (IEC 60079-0:2017/COR1:2020); Deutsche Fassung EN IEC 60079-0:2018/AC:2020-02“ [online].
-
- [244] DIN EN ISO 17268-1:2024-04, Gasförmiger Wasserstoff – Anschlussvorrichtungen für die Betankung von Landfahrzeugen – Teil 1: Durchflussmengen bis einschließlich 120 g/s (ISO/DIS 17268-1:2024); Deutsche und Englische Fassung prEN ISO 17268-1:2024.
-
- [245] EN ISO 17268:2020-02, Gasförmiger Wasserstoff – Anschlussvorrichtungen für die Betankung von Landfahrzeugen (ISO 17268:2019).
-
- [246] EN 17127:2019-09, Wasserstofftankstellen im Außenbereich zur Abgabe gasförmigen Wasserstoffs und Betankungsprotokolle umfassend; Deutsche Fassung EN 17127:2018.
-
- [247] Normenreihe ISO 19880, Gaseous hydrogen. Fuelling stations.
-
- [248] DIN EN IEC 60079-10-1*VDE 0165-101:2022-02, Explosionsgefährdete Bereiche – Teil 10-1: Einteilung der Bereiche – Gasexplosionsgefährdete Bereiche (IEC 60079-10-1:2020 + COR1:2021); Deutsche Fassung EN IEC 60079-10-1:2021.
-
- [249] ISO 13984:1999-03, Flüssigwasserstoff – Schnittstelle für die Betankung von Landfahrzeugen.
-
- [250] ISO/AWI 17268-3, Gaseous hydrogen land vehicle refuelling connection devices – Part 3: Cryo-compressed hydrogen gas.
-
- [251] ISO/AWI 17268-2, Gaseous hydrogen land vehicle refuelling connection devices – Part 2: Part 2: Flow capacities greater than 120 g/s.
-
- [252] ISO/AWI 19885-3, Gaseous hydrogen Fuelling protocols for hydrogen-fuelled vehicles – Part 3: High flow hydrogen fuelling protocols for heavy duty road vehicles.
-
- [253] SAE J 2601-5, High-Flow Prescriptive Fueling Protocols for Gaseous Hydrogen Powered Medium and Heavy-Duty Vehicles.
-
- [254] SAE J 2044:2009-08, Quick Connector Specification for Liquid Fuel and Vapor/Emissions Systems.
-
- [255] ISO/DIS 19887:2023-08, Gasförmiger Wasserstoff – Bauteile des Betankungssystems für Fahrzeuge mit Wasserstoffantrieb.
-
- [256] CSA/ANSI HGV 3.1:2022-09, Fuel system components for compressed hydrogen gas powered vehicles.
-

-
- [257] DIN EN IEC 62282-2-100, Berichtigung 1*VDE 0130-2-100 Berichtigung 1:2024-03, Brennstoffzellentechnologien – Teil 2-100: Brennstoffzellenmodule – Sicherheit (IEC 62282-2-100:2020/COR1:2023); Deutsche Fassung EN IEC 62282-2-100:2020/AC:2023-11.
-
- [258] Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI), „Masterplan Schienenverkehr“, 2020 [online]. Verfügbar: https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/E/masterplan-schienenverkehr.pdf?__blob=publicationFile [abgerufen 18.09.2023].
-
- [259] Normenreihe IEC 9/2914/CD*CEI 9/2914/CD*IEC 63341*CEI 63341, „Railway applications – Rolling stock – Fuel cell systems for propulsion“ [online].
-
- [260] DIN EN ISO 17268:2017-03, „Gasförmiger Wasserstoff – Anschlussvorrichtungen für die Betankung von Landfahrzeugen (ISO 17268:2012); Deutsche Fassung EN ISO 17268:2016“ [online].
-
- [261] ISO 19881:2018-10, Gasförmiger Wasserstoff – Kraftstofftanks für Landfahrzeuge.
-
- [262] Europäische Union, „Regelung Nr. 134 Einheitliche Bestimmungen für die Genehmigung von Kraftfahrzeugen und Kraftfahrzeugbauteilen hinsichtlich der sicherheitsrelevanten Eigenschaften von mit Wasserstoff und Brennstoffzellen betriebenen Fahrzeugen (HFCV) [2019/795]“, 2019 [online]. Verfügbar: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:42019X0795&from=EN> [abgerufen 11.03.2024].
-
- [263] ISO/TR 15916:2015-12, Grundsätzliche Betrachtungen zur Sicherheit von Wasserstoffsystemen.
-
- [264] Europäische Kommission, Zentralkommission für die Rheinschifffahrt, „Europäischer Ausschuss für die Ausarbeitung von Standards im Bereich der Binnenschifffahrt (CESNI)“, 2024 [online]. Verfügbar: <https://www.cesni.eu/de/> [abgerufen 11.03.2024].
-
- [265] CESNI, „Europäischer Standard der Technischen Vorschriften für Binnenschiffe“, 2023 [online]. Verfügbar: https://www.cesni.eu/wp-content/uploads/2022/11/ES-TRIN23_signed_de.pdf [abgerufen 12.02.2024].
-
- [266] International Maritime Organization, „International Maritime Organization“, 2019 [online]. Verfügbar: <https://www.imo.org/> [abgerufen 11.02.2024].
-
- [267] International Maritime Organization, „Solas“, 2019 [online]. Verfügbar: <https://www.imo.org/en/KnowledgeCentre/ConferencesMeetings/Pages/SOLAS.aspx> [abgerufen 12.02.2024].
-
- [268] International Maritime Organization, „IBC Code“, 2019 [online]. Verfügbar: <https://www.imo.org/en/OurWork/Safety/Pages/IBC-Code.aspx> [abgerufen 12.02.2024].
-
- [269] International Maritime Organization, „IGC Code“, 2019 [online]. Verfügbar: <https://www.imo.org/en/ourwork/safety/pages/igc-code.aspx> [abgerufen 12.02.2024].
-
- [270] International Maritime Organization, „IMDG Code“, 2019 [online]. Verfügbar: <https://www.imo.org/en/publications/Pages/IMDG%20Code.aspx> [abgerufen 12.02.2024].
-
- [271] International Maritime Organization, „IGF Code“, 2019 [online]. Verfügbar: <https://www.imo.org/en/ourwork/safety/pages/igf-code.aspx> [abgerufen 12.02.2024].
-
- [272] DIN EN ISO 21593:2020-02, Schiffe und Meerestechnik – Technische Anforderungen an Trockenkupplungen für das Bunkern flüssigerdgasbetriebener Schiffe (ISO 21593:2019); Deutsche Fassung EN ISO 21593:2019.
-
- [273] N. Blenkey, „New DNV rules include ‚Fuel Ready‘“ 2021 [online]. Verfügbar: <https://www.marinelog.com/news/new-dnv-rules-include-fuel-ready/> [abgerufen 01.03.2024].
-

-
- [274] ISO/FDIS 8217:2024-02, Mineralölerzeugnisse – Kraft- und Brennstoffe (Klasse F) – Anforderungen an Schifffahrtsbrennstoffe.
-
- [275] EASA, „AMC & GM to Aerodromes – Initial Issue“, 2014 [online]. Verfügbar: <https://www.easa.europa.eu/en/document-library/acceptable-means-of-compliance-and-guidance-materials/amc-gm-aerodromes-initial> [abgerufen 26.01.2024].
-
- [276] IATA, „Fuel Servicing Guidance Materials“ [online]. Verfügbar: <https://www.iata.org/en/publications/store/tech-fuel-servicing-guidelines/> [abgerufen 26.01.2024].
-
- [277] JIG, „Joint Inspection Group“, 2024 [online]. Verfügbar: <https://www.jig.org/> [abgerufen 26.01.2024].
-
- [278] ISO 19880-1:2020-03, Gasförmiger Wasserstoff – Betankungsanlagen – Teil 1: Allgemeine Anforderungen.
-
- [279] ISO/DIS 19885-1:2023-06, Gasförmiger Wasserstoff – Betankungsprotokolle für mit Wasserstoff betriebene Fahrzeuge – Teil 1: Auslegung und Entwicklungsverfahren für Betankungsprotokolle.
-
- [280] ADV, „Flughafenverband ADV (Arbeitsgemeinschaft Deutscher Verkehrsflughäfen)“ [online]. Verfügbar: <https://www.adv.aero/> [abgerufen 11.04.2024].
-
- [281] Beuth Verlag, „AD 2000 Regelwerk“, 2024 [online]. Verfügbar: <https://www.beuth.de/de/regelwerke/ad2000> [abgerufen 11.03.2024].
-
- [282] SAE ARP 4754 B / EuroCAE ED-79B, „Guidelines for Development of Civil Aircraft and Systems“, 2023 [online]. Verfügbar: <https://www.eurocae.net/news/posts/2023/december/ed-79b-guidelines-for-development-of-civil-aircraft-and-systems/> [abgerufen 11.03.2024].
-
- [283] SAE ARP 4761 A / EuroCAE ED-135A, „Guidelines for Conducting the Safety Assessment Process on Civil, Aircraft, Systems, and Equipment“, 2023 [online]. Verfügbar: <https://www.eurocae.net/news/posts/2023/december/ed-135-guidelines-and-methods-for-conducting-the-safety-assessment-process-on-civil-airborne-systems-and-equipment/> [abgerufen 11.03.2024].
-
- [284] ISO 2685:1998-12, „Luft- und Raumfahrt – Umweltbedingungen und Prüfverfahren für Bordausrüstungen von Luftfahrzeugen – Feuerbeständigkeit in brandgefährdeten Zonen“ [online].
-
- [285] RTCA, „DO-160G Change 1 / EuroCAE ED-14G – Environmental Conditions and Test Procedures for Airborne Equipment“, 2014 [online]. Verfügbar: <https://my.rtca.org/productdetails?id=a1BDm000000jPNMA0> [abgerufen 11.03.2024].
-
- [286] Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur, „Vergleichbarkeit der Wasserstoffqualitätsanalytik („RingWaBe“)“, 2024 [online]. Verfügbar: <https://www.ringwabe.ptb.de/home> [abgerufen 11.03.2024].
-
- [287] DVGW e. V., „G 202010 H2-Messrichtigkeit ‚Untersuchung des Verhaltens von Haushaltszählern im Verbund mit Hausdruckregelgeräten bei Nutzung von H2-beaufschlagten Gasen““, 2022 [online]. Verfügbar: <https://www.dvgw.de/themen/forschung-und-innovation/forschungsprojekte/dvgw-forschungsprojekt-h2-messrichtigkeit> [abgerufen 06.02.2024].
-
- [288] DVGW e. V., „G 202111 Messrichtigkeit 2bar ‚H2-Messrichtigkeit in Niederdrucknetzen bis 2 bar Effektivdruck““ 2022 [online]. Verfügbar: <https://www.dvgw.de/themen/forschung-und-innovation/forschungsprojekte/dvgw-forschungsprojekt-h2-messrichtigkeit-gaszaehler> [abgerufen 06.02.2024].
-
- [289] DVGW e. V., „G 202110 Messrichtigkeit Klasse 1, Messbeständigkeit und Messrichtigkeit von Gewerbe- und Leichtindustriezählern der Klasse 1 in Wasserstoffnetzen bis MOP 16“, 2021 [online]. Verfügbar: <https://www.dvgw.de/themen/forschung-und-innovation/forschungsprojekte/dvgw-forschungsprojekt-h2-messrichtigkeit-gaszaehler> [abgerufen 06.02.2024].
-

-
- [290] DVGW e. V., „G 202115 H2-Fronten, Erarbeitung von Verfahren zur Überprüfung der Gasverfolgung bei Wasserstoffzumischung und Überprüfung der Übergangszeiten in Netzabschnitten“, 2023 [online].
Verfügbar: <https://www.dvgw.de/themen/forschung-und-innovation/forschungsprojekte/dvgw-forschungsprojekt-h2-fronten> [abgerufen 06.02.2024].
-
- [291] DVGW-Information Gas Nr. 32, „Handlungsempfehlung für die Verwendung von Gaszählern und Mengenumwertern für die Mengenbestimmung von reinem Wasserstoff in Gasleitungen DN >= 50“, 09/2023 [online].
-
- [292] DIN EN 1776:2016-05, Gasinfrastruktur – Gasmesssysteme – Funktionale Anforderungen; Deutsche Fassung EN 1776:2015.
-
- [293] PTB, PTB-Anforderung PTB-A 7.4 „Messgeräte für Gas. Mengenumwerter“, 2010.
-
- [294] PTB, Technische Richtlinie G 9 „Messgeräte für Gas; Eichung und Inbetriebnahme von Mengenumwertern und Wirkdruckgaszählern mit Zustandserfassung“, 2009.
-
- [295] PTB, PTB-Prüfregel Band 29 „Messgeräte für Gas – Gaszähler: Prüfung von Volumengaszählern mit Luft bei Atmosphärendruck“, 2003.
-
- [296] Europäische Union, „Richtlinie 2014/32/EU über Messgeräte ‚Measuring Instruments Directive‘“, 2014 [online].
Verfügbar: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=celex%3A32014L0032> [abgerufen 11.03.2024].
-
- [297] DVGW-Arbeitsblatt Reihe G 685 (A), Gasabrechnung, 08/2020.
-
- [298] DIN EN 1359:2017-11, Gaszähler – Balgengaszähler; Deutsche Fassung EN 1359:2017.
-
- [299] DIN EN 12480:2018-05, Gaszähler – Drehkolbengaszähler; Deutsche Fassung EN 12480:2018.
-
- [300] DIN EN 12261:2020-09, Gaszähler – Turbinenradgaszähler; Deutsche Fassung EN 12261:2018.
-
- [301] DIN EN 14236:2018-12, Ultraschall-Haushaltsgaszähler; Deutsche Fassung EN 14236:2018.
-
- [302] DIN EN 17526:2024-02, Gaszähler – Thermische Massendurchflussgaszähler; Deutsche Fassung EN 17526:2021.
-
- [303] Normenreihe DIN EN 12405, Gaszähler – Umwerter.
-
- [304] DIN EN 16314:2013-09, Gaszähler – Zusatzfunktionen; Deutsche Fassung EN 16314:2013.
-
- [305] DIN EN 1359:2017-11, Gaszähler – Balgengaszähler; Deutsche Fassung EN 1359:2017.
-
- [306] CSA ANSI/CSA CHMC 1-2014:2014-02, Test methods for evaluating material compatibility in compressed hydrogen applications – Metals.
-
- [307] ASTM G 129, Prüfung von metallischen Werkstoffen mit geringer Formänderungsgeschwindigkeit zur Bewertung ihrer Anfälligkeit gegenüber umgebungsbeeinflusster Rißbildung.
-
- [308] ASTM G 142, Standard Test Method for Determination of Susceptibility of Metals to Embrittlement in Hydrogen Containing Environments at High Pressure, High Temperature, or Both.
-
- [309] Normenreihe DIN EN ISO 6892, Metallische Werkstoffe – Zugversuch.
-
- [310] ASTM E647a, Standard Test Method for Measurement of Fatigue Crack Growth Rates, 2023.
-
- [311] ISO 12108:2018-07, Metallische Werkstoffe – Ermüdungsprüfung – Bestimmung der Rißausbreitungsgeschwindigkeit unter zyklischer Beanspruchung.
-

-
- [312] ISO 12135:2017-07, Metallische Werkstoffe – Vereinheitlichtes Prüfverfahren zur Bestimmung der quasistatischen Bruchzähigkeit.
-
- [313] ASTM E399:2023, Standard Test Method for Linear-Elastic Plane-Strain Fracture Toughness of Metallic Materials.
-
- [314] ASTM E1820b:2023, Standard Test Method for Measurement of Fracture Toughness.
-
- [315] ISO 12106:2017-03, Metallische Werkstoffe – Ermüdungsprüfung – Einachsige Prüfung mit der dehnungskontrollierten Methode.
-
- [316] DIN 50100:2022-12, Schwingfestigkeitsversuch – Durchführung und Auswertung von zyklischen Versuchen mit konstanter Lastamplitude für metallische Werkstoffproben und Bauteile.
-
- [317] ISO/DIS 7039:2023-10, Metallische Werkstoffe – Zugversuch – Verfahren zur Bewertung der Empfindlichkeit von Werkstoffen gegenüber der Einwirkung von Hochdruckgas in Hohlproben.
-
- [318] ISO 11114-4, Ortsbewegliche Gasflaschen – Verträglichkeit von Werkstoffen für Gasflaschen und Ventile mit den in Berührung kommenden Gasen – Teil 4: Prüfverfahren zur Auswahl von Stählen, die gegen Wasserstoffversprödung unempfindlich sind.
-
- [319] DIN EN ISO 3690:2018-12, Schweißen und verwandte Prozesse – Bestimmung des Wasserstoffgehaltes im Lichtbogenschweißgut.
-
- [320] DIN EN ISO 17081:2014-10, Elektrochemisches Verfahren zur Messung der Wasserstoffpermeation und zur Bestimmung von Wasserstoffaufnahme und -transport in Metallen (ISO 17081:2014); Deutsche Fassung EN ISO 17081:2014.
-
- [321] DIN EN ISO 15614-1:2020-05, Anforderung und Qualifizierung von Schweißverfahren für metallische Werkstoffe – Schweißverfahrensprüfung – Teil 1: Lichtbogen- und Gasschweißen von Stählen und Lichtbogenschweißen von Nickel und Nickellegierungen (ISO 15614-1:2016).
-
- [322] DIN EN ISO 148-1:2017-05, Metallische Werkstoffe – Kerbschlagbiegeversuch nach Charpy – Teil 1: Prüfverfahren (ISO 148-1:2016); Deutsche Fassung EN ISO 148-1:2016.
-
- [323] ASTM E1681:2023, Bestimmung eines Spannungsstärkenschwellenfaktors für die durch Umwelteinflüsse unterstützte Rißbildung bei konstant belasteten metallischen Werkstoffen.
-
- [324] Europäische Gemeinschaften, „NACE Rev.2 Statistische Systematik der Wirtschaftszweige in der Europäischen Gemeinschaft“, 2008 [online]. Verfügbar: <https://ec.europa.eu/eurostat/documents/3859598/5902453/KS-RA-07-015-DE.PDF> [abgerufen 11.03.2024].
-
- [325] DIN EN ISO 7539-7:2018-05, Korrosion von Metallen und Legierungen – Prüfung der Spannungsrissskorrosion – Teil 7: Prüfung mit langsamer Dehngeschwindigkeit (ISO 7539-7:2005); Deutsche Fassung EN ISO 7539-7:2005.
-
- [326] G. Theiler, N. C. Murillo, K. Halder, W. Balasooriya, A. Hausberger and A. Kaiser, „Effect of high-pressure hydrogen environment on the physical and mechanical properties of elastomers“, International Journal of Hydrogen Energy, vol. 58, S. 389–399, 2024.
-
- [327] G. Theiler and T. Gradt, „Comparison of the Sliding Behavior of Several Polymers in Gaseous and Liquid Hydrogen“, Tribology Online, vol. 18, S. 217–234, 2023.
-
- [328] CSA ANSI CHMC 2:2019-08-01, Test methods for evaluating material compatibility in compressed hydrogen applications – Polymers.
-
- [329] Normenreihe DIN EN ISO 527, Kunststoffe – Bestimmung der Zugeigenschaften.
-

-
- [330] ISO 37:2017-11, Elastomere oder thermoplastische Elastomere – Bestimmung der Zugfestigkeitseigenschaften.
-
- [331] ISO 178:2019-08, Kunststoffe – Bestimmung der Biegeeigenschaften (ISO 178:2019); Deutsche Fassung EN ISO 178:2019.
-
- [332] DIN EN ISO 14125:2011-05, Faserverstärkte Kunststoffe – Bestimmung der Biegeeigenschaften (ISO 14125:1998 + Cor.1:2001 + Amd.1:2011); Deutsche Fassung EN ISO 14125:1998 + AC:2002 + A1:2011.
-
- [333] Normenreihe DIN EN ISO 179, Kunststoffe – Bestimmung der Charpy-Schlageigenschaften.
-
- [334] DIN EN ISO 8256:2024-03, Kunststoffe – Bestimmung der Schlagzugzähigkeit (ISO 8256:2023); Deutsche Fassung EN ISO 8256:2023.
-
- [335] ISO 15105-1:2007-10, Kunststoffe – Folien und Flächengebilde – Bestimmung der Gasdurchlässigkeit – Teil 1: Differentialdruck-Verfahren.
-
- [336] DIN 53536:1992-10, Prüfung von Kautschuk und Elastomeren; Bestimmung der Gasdurchlässigkeit.
-
- [337] Normenreihe DIN 53380, Prüfung von Kunststoffen – Bestimmung der Gasdurchlässigkeit.
-
- [338] ISO 15113:2005-10, Kautschuk – Bestimmung der Reibungseigenschaften.
-
- [339] Parker, „NORSOK M-710“, 2011 [online]. Verfügbar: <https://www.parker.com/literature/O-Ring%20Division%20Literature/NORSOK.pdf> [abgerufen 11.03.2024].
-
- [340] Bundesministerium der Justiz, „Verordnung über Gashochdruckleitungen (Gashochdruckleitungsverordnung – GasHDrLtgV)“, 2019 [online]. Verfügbar: https://www.gesetze-im-internet.de/gashdrltgv_2011/BJNR092800011.html [abgerufen 07.03.2024].
-
- [341] R. Rennert, E. Kullig, M. Vormwald, A. Esderts and M. Luke, Rechnerischer Festigkeitsnachweis für Maschinenbauteile (RFN-07-20-DE), 7. überarbeitete Ausgabe, 2020.
-
- [342] M. Fiedler, M. Wächter, M. V. I. Varfolomeev and A. Esderts, Rechnerischer Festigkeitsnachweis für Maschinenbauteile unter expliziter Erfassung nichtlinearen Werkstoffverformungsverhaltens (RNL-01-19-DE), 1. Ausgabe, 2019.
-
- [343] C. Berger, J. Blauel, L. Hodulak and I. V. B. Pyttel, Bruchmechanischer Festigkeitsnachweis für Maschinenbauteile (RBM-04-18-DE), 4. überarbeitete Ausgabe, 2018.
-
- [344] Richtlinie Rechnerischer Festigkeitsnachweis Federn/Federelemente, 1. Auflage 2020, RFF-01-20-DE.
-
- [345] DVGW-Arbeitsblatt G 466-1 (A), Gashochdruckleitungen aus Stahlrohren für einen Auslegungsdruck von mehr als 16 bar; Betrieb und Instandhaltung, 12/2021.
-
- [346] European Commission, „Commission welcomes deal on first-ever EU law to curb methane emissions in the EU and globally“ [online]. Verfügbar: https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/IP_23_5776 [abgerufen 07.03.2024].
-
- [347] DVGW-Prüfgrundlage G 5620-1 (P), Blasensetzgeräte für maximale Betriebsdrücke bis 1 bar für die Gasverteilung, 04/2018.
-
- [348] DVGW-Prüfgrundlage G 5620-2 (P), Blasensetzgeräte für maximale Betriebsdrücke bis 5 bar für die Gasverteilung, 12/2016.
-
- [349] DVGW-Reihe Prüfgrundlage G 5621 (P), Absperrblasen für Blasensetzgeräte bis 1 bar, 2018.
-
- [350] DVGW-Prüfgrundlage G 5621-3 (P), Absperrblasen für Blasensetzgeräte bis 5 bar; Teil 3: Dickwandige aufblasbare Blase mit Verstärkung – Typ B, 12/2016.
-
- [351] DIN EN 14141:2013-08, Armaturen für den Transport von Erdgas in Fernleitungen – Anforderungen an die Gebrauchstauglichkeit und deren Prüfung; Deutsche Fassung EN 14141:2013.
-

-
- [352] Normenreihe DIN EN 12266:2012, Industriearmaturen – Prüfung von Armaturen aus Metall.
-
- [353] DIN EN 12186:2014-12, Gasinfrastruktur – Gas-Druckregelanlagen für Transport und Verteilung – Funktionale Anforderungen; Deutsche Fassung EN 12186:2014.
-
- [354] DIN EN 13774:2013-05, Armaturen für Gasverteilungssysteme mit zulässigen Betriebsdrücken kleiner oder gleich 16 bar – Anforderungen an die Gebrauchstauglichkeit; Deutsche Fassung EN 13774:2013.
-
- [355] DIN 3537-1:2011-09, Gasabsperrarmaturen bis 5 bar für die Gas-Hausinstallation – Anforderungen und Prüfungen.
-
- [356] DIN 3434:2012-06, Armaturen für Gasinstallationen – Anschluss-Kugelhähne in Durchgangsform mit Verschraubung – Tüllen mit kegelförmigem Anschluss.
-
- [357] DIN 3435:2012-06, Armaturen für Gasinstallationen – Anschluss-Kugelhähne in Eckform mit Verschraubung – Tüllen mit kegelförmigem Anschluss.
-
- [358] DIN 3436:2012-06, Armaturen für Gasinstallationen – Tüllen mit Kegeldichtung und Dichtring.
-
- [359] Normenreihe DIN 3389:2021-02, Einbaufertiges Isolierstück.
-
- [360] Normenreihe DIN 3588:2021-11, Gas Anbohrarmaturen.
-
- [361] DIN EN 12516-2:2022-08, Industriearmaturen – Gehäusefestigkeit – Teil 2: Berechnungsverfahren für drucktragende Gehäuse von Armaturen aus Stahl; Deutsche Fassung EN 12516-2:2014+A1:2021.
-
- [362] Normenreihe DIN EN 12516 (alle Teile), Industriearmaturen – Gehäusefestigkeit.
-
- [363] DIN EN 1349*VDE 0409-1349:2010-01, Stellgeräte für die Prozessregelung; Deutsche Fassung EN 1349:2009.
-
- [364] DIN EN 13709:2010-10, Industriearmaturen – Absperrventile und absperrbare Rückschlagventile aus Stahl; Deutsche Fassung EN 13709:2010.
-
- [365] DIN EN 16668:2018-05, Industriearmaturen – Anforderungen und Prüfungen für Metallarmaturen als drucktragende Ausrüstungsteile; Deutsche Fassung EN 16668:2016+A1:2018.
-
- [366] DIN EN 13397:2002-03, Industriearmaturen – Membranarmaturen aus Metall; Deutsche Fassung EN 13397:2001.
-
- [367] DIN SPEC 3456, Industriearmaturen – Wasserstoffanwendung.
-
- [368] DVGW CERT GmbH, „Zertifizierungsprogramm ZP 5101“, 2021 [online]. Verfügbar: https://www.dvgw-cert.com/medien/leistungen/download__antrag-go-zp.../zp_5101.pdf [abgerufen 07.03.2024].
-
- [369] DVGW e. V., „Forschungsprojekt ‚H2-Umstell‘“, 2024 [online]. Verfügbar: <https://www.dvgw.de/themen/forschung-und-innovation/forschungsprojekte/dvgw-forschungsprojekt-h2-umstellung#:~:text=Die%20Ziele%20von%20H2%2D%E2%80%8B,Verifizierung%20und%20Optimierung%20der%20Umstellung> [abgerufen 07.03.2024].
-
- [370] DVGW e. V., „Forschungsprojekt ‚F&E für H2‘“ 2024 [online]. Verfügbar: <https://www.dvgw.de/themen/forschung-und-innovation/forschungsprojekte/dvgw-forschungsprojekt-fe-fuer-h2> [abgerufen 07.03.2024].
-
- [371] DIN EN 549:2023-07, Elastomer-Werkstoffe für Dichtungen und Membranen in Gasgeräten und Gasanlagen; Deutsche Fassung EN 549:2019+A1:2023.
-
- [372] H. Stange, DIN EN 549 – Vorschlag für die Umsetzung eines Normungs- und Standardisierungsprojekts im Rahmen der Normungsroadmap Wasserstofftechnologien, Version 22.09.2023.
-
- [373] DIN 30652-1:2021-06, Gasströmungswächter – Teil 1: Gasströmungswächter für die Gasinstallation.
-

-
- [374] DIN 30652-3:2021-06, Gasströmungswächter – Teil 3: Konformitätsbewertung von Gasströmungswächtern für die Gasinstallation.
-
- [375] H. Stange, DIN 30652-1,-2,-3,-4 – Vorschlag für die Umsetzung eines Normungs- und Standardisierungsprojekts im Rahmen der Normungsroadmap Wasserstofftechnologien, Version 22.09.2023.
-
- [376] DIN 30652-4:2022-09, Gasströmungswächter – Teil 4: Konformitätsbewertung von Gasströmungswächtern für Netzanschlussleitungen.
-
- [377] DIN 3535-6:2019-04, Dichtungen für die Gasversorgung – Teil 6: Flachdichtungswerkstoffe auf Basis von Fasern, Graphit oder Polytetrafluorethylen (PTFE) für Gasarmaturen, Gasgeräte und Gasleitungen.
-
- [378] DIN EN 377:1999-04, Schmierstoffe für die Anwendung in Geräten und zugehörigen Stell-Geräten für Brenngase außer denjenigen, die für die Anwendung in industriellen Prozessen vorgesehen sind (enthält Änderung A1:1996); Deutsche Fassung EN 377:1993 + A1:199.
-
- [379] Normenreihe DIN EN 751, Dichtmittel für metallene Gewindeverbindungen in Kontakt mit Gasen der 1., 2. und 3. Familie und Heißwasser.
-
- [380] DIN 3386:2012-10, Gasfilter für einen Betriebsdruck bis einschließlich 5 bar – Anforderungen und Prüfungen.
-
- [381] DIN EN 682:2006-10, Elastomer-Dichtungen – Werkstoff-Anforderungen für Dichtungen in Versorgungsleitungen und Bauteilen für Gas und flüssige Kohlenwasserstoffe; Deutsche Fassung EN 682:2002 + A1:2005.
-
- [382] „Enhancing safety of liquid and vaporised hydrogen transfer technologies in public areas for mobile applications – ELVHYS EU project“, 2024 [online]. Verfügbar: <https://elvhys.eu/> [abgerufen 12.04.2024].
-
- [383] „Prenormative Research for Safe Use of LIquid Hydrogen (PRESLHY)“, 2024 [online]. Verfügbar: <https://preslhy.eu/> [abgerufen 12.04.2024].
-
- [384] „PORTAL GREEN (2018-2020)“ [online]. Verfügbar: <https://www.grs.de/de/aktuelles/projekte/portal-green> [abgerufen 12.04.2024].
-
- [385] „PORTAL GREEN II (2023-2025)“ [online]. Verfügbar: <https://www.dvgw.de/themen/forschung-und-innovation/forschungsprojekte/dvgw-forschungsprojekt-portal-green-ii/portal-green-ii> [abgerufen 12.04.2024].
-
- [386] „HYINPORT“ [online]. Verfügbar: https://www.energieforschung.nrw/neuigkeiten/projekt_hyinport [abgerufen 18.04.2024].
-
- [387] „XSTAND-H2 – Entwicklung standardisierter Kennzahlen zum datenbankbasierten Benchmarking von Wasserelektrolyseanlagen“ [online]. Verfügbar: <https://www.vgbe.energy/hydrogen-ptx/> [abgerufen 12.04.2024].
-
- [388] „H2-Sicherheit; Gefährdungsbereiche an Leitungen zur Atmosphäre von Gasanlagen (DVGW-Innovationsprogramms Wasserstoff – G 202225)“ [online]. Verfügbar: <https://www.dvgw.de/themen/forschung-und-innovation/forschungsprojekte/dvgw-forschungsprojekt-h2-sicherheit> [abgerufen 12.04.2024].
-
- [389] „HIAD 2.0 – free access to the renewed hydrogen incident and accident database“ [online]. Verfügbar: <https://hysafe.info/hiad-2-0-free-access-to-the-renewed-hydrogen-incident-and-accident-database/> [abgerufen 12.04.2024].
-
- [390] „Hydrogen Tools Portal“ [online]. Verfügbar: <https://h2tools.org/> [abgerufen 12.04.2024].
-
- [391] Schmidt, Prof. Dr.-Ing. Thomas, Wasserstofftechnik: Grundlagen, Systeme, Anwendung, Wirtschaft, 2022.
-

-
- [392] Acatech, Dechema, „Wasserstoff in der chemischen Industrie“, 2023 [online].
Verfügbar: www.wasserstoff-kompass.de/news-media/dokumente/chemische-industrie [abgerufen 07.03.2024].
-
- [393] T. Felkl, „Sektoranalyse der Chemie- und Raffinerieindustrie“, 2023 [online].
Verfügbar: <https://lit.bibb.de/vufind/Record/DS-781297> [abgerufen 07.03.2024].
-
- [394] T. Jordan, E. Askar, K. Holtappels, S. Deeg, M. Jopen, U. Stoll, E.-A. Reinicke, U. Krause, M. Beyer and D. Markus, „Stand der Kenntnisse und Technik bezüglich Wasserstoffsicherheit“, 2023 [online].
Verfügbar: <http://doi.org/10.1002/cite.202300141>.
-
- [395] Jennifer X. Wen, P. Moretto, E.-A. Reinecke, P. Sathiah, E. Studer and E. V. D. Melideo, „Statistics, lessons learned and recommendations from analysis of HIAD 2.0 database“, International Journal of Hydrogen Energy, vol. 47, no. 38, S. 17082–17096, 2022.
-
- [396] DIN EN ISO/IEC 27000 (alle Teile), Informationstechnik – Sicherheitsverfahren – Informationssicherheitsmanagementsysteme – Überblick und Terminologie (ISO/IEC 27000:2018); Deutsche Fassung EN ISO/IEC 27000:2020.
-
- [397] DIN EN IEC 62443 (alle Teile), IT-Sicherheit für industrielle Automatisierungssysteme.
-
- [398] European Union, „Richtlinie 2022/2555 (NIS 2 Richtlinie)“, 2022 [online].
Verfügbar: <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2022/2555/oj> [abgerufen Januar 2024].
-
- [399] NIST FIPS 140-3*FIPS 140-3:2019-03, Security requirements for cryptographic modules.
-
- [400] DIN EN 62351-9*VDE 0112-351-9:2018-05, Energiemanagementsysteme und zugehöriger Datenaustausch – IT-Sicherheit für Daten und Kommunikation – Teil 9: Cybersicherheit Schlüsselmanagement für Stromversorgungsanlagen (IEC 62351-9:2017); Deutsche Fassung EN 62351-9:2017.
-
- [401] DGUV, „Explosionsschutz-Regeln (EX-RL) DGUV Regel 113-001 – Entwicklung der EX-RL“, 2022 [online].
Verfügbar: <https://www.bgrci.de/exinfode/dokumente/explosionsschutz-regeln-ex-rl-dguv-regel-113-001/> [abgerufen 07.03.2024].
-
- [402] Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, „TRGS 720 – Gefährliche explosionsfähige Gemische – Allgemeines ff“, 2020 [online]. Verfügbar: <https://www.baua.de/DE/Angebote/Regelwerk/TRGS/TRGS-720.html> [abgerufen 07.03.2024].
-
- [403] Amt für Veröffentlichungen der Europäischen Union, „EU Richtlinie 1999/92/EG Gefährdung durch explosionsfähige Atmosphären“, 2018 [online].
Verfügbar: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/LSU/?uri=CELEX:31999L0092> [abgerufen 07.03.2024].
-
- [404] Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, „TRGS 722 – Vermeidung oder Einschränkung gefährlicher explosionsfähiger Gemische“, 2024 [online].
Verfügbar: <https://www.baua.de/DE/Angebote/Regelwerk/TRGS/TRGS-722.html> [abgerufen 07.03.2024].
-
- [405] Umweltbundesamt, „Zentrale Melde- und Auswertestelle für Störfälle und Störungen“, 2020 [online].
Verfügbar: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/wirtschaft-konsum/anlagensicherheit/zentrale-melde-auswertestelle-fuer-stoerfaelle> [abgerufen 14.02.2024].
-
- [406] Europäische Kommission, „HIAD 2.1 The Hydrogen Incident and Accidents Database“ 2023 [online].
Verfügbar: <https://minerva.jrc.ec.europa.eu/en/shorturl/capri/hiadpt> [abgerufen 14.02.2024].
-
- [407] Official Journal of the European Union, „The ‚Blue Guide‘ on the implementation of EU product rules 2022“, 2022 [online].
Verfügbar: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?toc=OJ%3AC%3A2022%3A247%3ATOC&uri=uriserv%3AOJ.C_.2022.247.01.0001.01.ENG [abgerufen Februar 2024].
-

-
- [408] DVGW CERT GmbH, „Zertifizierungsprogramme der DVGW CERT GmbH“ [online]. Verfügbar: <https://www.dvgw-cert.com/leistungen/zertifizierung-von-produkten/zertifizierungsprogramme> [abgerufen Februar 2024].
-
- [409] Europäische Kommission, „Artikel 153 AEUV (Soziale Mindeststandards)“ [online]. Verfügbar: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/HTML/?uri=CELEX%3A12008E153> [abgerufen 14.03.2024].
-
- [410] Bayerisches Staatsministerium für Wohnen, Bau und Verkehr- Bauministerkonferenz, „Nationale Vorgaben für die Landesbauordnung bzw. die Landesfeuerungsverordnung zur Konkretisierung durch die Bundesländer“, 2022 [online]. Verfügbar: <https://www.bauministerkonferenz.de/verzeichnis.aspx?id=991&o=75909860991> [abgerufen Februar 2024].
-
- [411] Chemsafe, „Datenbank für sicherheitstechnische Kenngrößen im Explosionsschutz“ [online]. Verfügbar: <https://www.chemsafe.ptb.de/de/> [abgerufen Februar 2024].
-
- [412] DVGW-TRGE Effizienz, „G 800-2 Technische Regel Gas Effizienz Teil 2 – Thermische Industrie; S. 34“, 2020 [online]. Verfügbar: <https://www.dvgw.de/leistungen/publikationen/publikationsliste/trge-effizienz> [abgerufen 06.03.2024].
-
- [413] Europäische Union, „Richtlinie 2014/34/EU des Europäischen Parlaments u. des Rates vom 26. Februar 2014 zur Harmonisierung der Rechtsvorschriften der Mitgliedstaaten für Geräte u. Schutzsysteme zur bestimmungsgemäßen Verwendung in explosionsgefährdeten Bereichen (Neufassung)“, 2014 [online]. Verfügbar: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=CELEX:32014L0034> [abgerufen 06 03 2023].
-
- [414] Bundesministerium für Arbeit und Soziales, „Gesetzentwurf der Bundesregierung – Entwurf eines Gesetzes zur Anpassung des Produktsicherheitsgesetzes und zur Neuordnung des Rechts der überwachungsbedürftigen Anlagen“, 2021 [online]. Verfügbar: <https://www.bmas.de/DE/Service/Gesetze-und-Gesetzesvorhaben/gesetz-zur-anpassung-des-produktsicherheitsgesetz.html> [abgerufen 06.03.2024].
-
- [415] Bundesministerium der Justiz, „Gesetz über überwachungsbedürftige Anlagen (ÜAnlG)“, 2021 [online]. Verfügbar: https://www.gesetze-im-internet.de/_anlg/BJNR316200021.html [abgerufen 07.03.2024].
-
- [416] Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, „EmpfBS 1113 Beschaffung von Arbeitsmitteln – Anhang 2 Beschaffungsprozess und Schutzkonzept von Anlage“, 2023 [online]. Verfügbar: <https://www.baua.de/DE/Angebote/Regelwerk/TRBS/EmpfBS-1113.html> [abgerufen 06.03.2024].
-
- [417] EN ISO 13577-2, Industrielle Thermoprozessanlagen und dazugehörige Prozesskomponenten – Sicherheitsanforderungen – Teil 2: Feuerungen und Brennstoffführungssysteme (ISO 13577-2:2023).
-
- [418] Bundesministerium der Justiz, „Arbeitsschutzgesetz vom 7. August 1996 (BGBI. I S. 1246), das zuletzt durch Artikel 2 des Gesetzes vom 31. Mai 2023 (BGBI. 2023 I Nr. 140) geändert worden ist“, 1996 [online]. Verfügbar: <https://www.gesetze-im-internet.de/arbschg/ArbSchG.pdf>.
-
- [419] Bundesministerium für Justiz, „Verordnung über genehmigungsbedürftige Anlagen in der Fassung der Bekanntmachung vom 31. Mai 2017 (BGBI. I S. 1440), die zuletzt durch Artikel 1 der Verordnung vom 12. Oktober 2022 (BGBI. I S. 1799) geändert worden ist“, 2013 [online]. Verfügbar: https://www.gesetze-im-internet.de/bimschv_4_2013/.
-
- [420] Bundesministerium für Justiz, „Störfall-Verordnung in der Fassung der Bekanntmachung vom 15. März 2017 (BGBI. I S. 483), die zuletzt durch Artikel 107 der Verordnung vom 19. Juni 2020 (BGBI. I S. 1328) geändert worden ist“, 2000 [online]. Verfügbar: https://www.gesetze-im-internet.de/bimschv_12_2000/12_BImSchV.pdf.
-
- [421] Europäische Union, „Richtlinie 2014/35/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 26. Februar 2014 zur Harmonisierung der Rechtsvorschriften der Mitgliedstaaten über die Bereitstellung elektrischer Betriebsmittel zur Verwendung innerhalb bestimmter Spannungsgrenzen auf dem Markt“ [online]. Verfügbar: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32014L0035>.
-

-
- [422] Europäische Union, „Richtlinie 2006/42/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 17. Mai 2006 über Maschinen und zur Änderung der Richtlinie 95/16/EG (Neufassung)“, 2006 [online].
Verfügbar: <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2006:157:0024:0086:de:PDF>.
-
- [423] Europäische Union, „Richtlinie 2014/30/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 26. Februar 2014 zur Harmonisierung der Rechtsvorschriften der Mitgliedstaaten über die elektromagnetische Verträglichkeit (Neufassung)“, 2014 [online]. Verfügbar: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32014L0030&from=RO>.
-
- [424] Bundesministerium für Justiz, „Verordnung über Sicherheit und Gesundheitsschutz bei der Verwendung von Arbeitsmitteln“, 2015 [online]. Verfügbar: https://www.gesetze-im-internet.de/betr_sichv_2015/.
-
- [425] Bundesministerium für Justiz, „Gefahrstoffverordnung vom 26. November 2010 (BGBl. I S. 1643, 1644), die zuletzt durch Artikel 2 der Verordnung vom 21. Juli 2021 (BGBl. I S. 3115) geändert worden ist“, 2010 [online].
Verfügbar: https://www.gesetze-im-internet.de/gefstoffv_2010/.
-
- [426] Europäische Union, „Richtlinie 2012/18/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 4. Juli 2012 zur Beherrschung der Gefahren schwerer Unfälle mit gefährlichen Stoffen, zur Änderung und anschließenden Aufhebung der Richtlinie 96/82/EG des Rates“, 2012 [online].
Verfügbar: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=celex%3A32012L0018>.
-
- [427] Europäische Union, „Richtlinie 2010/35/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 16. Juni 2010 über ortsbewegliche Druckgeräte und zur Aufhebung der Richtlinien des Rates 76/767/EWG, 84/525/EWG, 84/526/EWG, 84/527/EWG und 1999/36/EG“, 2010 [online]. Verfügbar: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/de/TXT/?uri=CELEX%3A32010L0035>.
-
- [428] CE-Richtlinien, „Neuer gemeinschaftlicher Rechtsrahmen für die Akkreditierung, Marktüberwachung und CE-Kennzeichnung innerhalb der EU“ [online]. Verfügbar: <https://www.ce-richtlinien.eu/ce-richtlinien/new-legislative-framework/>.
-
- [429] DIN EN 45020:2007-03, Normung und damit zusammenhängende Tätigkeiten – Allgemeine Begriffe (ISO/IEC Guide 2:2004); Dreisprachige Fassung EN 45020:2006
-
- [430] DIN EN ISO 18229:2021-10, Grundsätzliche technische Anforderungen an mechanische Komponenten und metallische Strukturen vorgesehen für Kernkraftwerke der Generation IV (ISO 18229:2018); Englische Fassung EN ISO 18229:2021
-
- [431] „Cambridge Dictionary“ [online]. Verfügbar: <https://dictionary.cambridge.org/de/worterbuch/englisch/regulation>.
-
- [432] „bdew – factsheet h2-ready“ [online].
Verfügbar: https://www.bdew.de/media/documents/Pub_20230420_factsheet_h2ready_lmUxPqY.pdf.
-
- [433] „IEC Electropedia“ [online].
Verfügbar: <https://electropedia.org/iev/iev.nsf/display?openform&ievref=602-01-33> [abgerufen 08.05.2024].
-
- [434] „IEC Electropedia“ [online].
Verfügbar: <https://electropedia.org/iev/iev.nsf/display?openform&ievref=485-09-01> [abgerufen 08.05.2024].
-
- [435] Europäische Union, VERORDNUNG (EU) Nr. 1025/2012 DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 25. Oktober 2012 zur europäischen Normung, zur Änderung der Richtlinien 89/686/EWG und 93/15/EWG des Rates sowie der Richtlinien 94/9/EG, 94/25/EG, 95/16/EG, 97/23/EG, 98/34/EG, 2004/22/EG, 2007/23/EG, 2009/23/EG und 2009/105/EG des Europäischen Parlaments und des Rates und zur Aufhebung des Beschlusses 87/95/EWG des Rates und des Beschlusses Nr. 1673/2006/EG des Europäischen Parlaments und des Rates [online].
Verfügbar: <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2012:316:0012:0033:DE:PDF> [abgerufen 08.05.2024].
-

7

Umsetzungsprojekte

Unten findet sich eine Übersicht aller bisher genehmigter Umsetzungsprojekte, die durch das BMWK finanziell unterstützt werden. Eine Auflistung mit weiteren Informationen zu den einzelnen Projekten findet sich auch auf der [Projektwebsite](#).

Tabelle 2: Umsetzungsprojekte aus der NRM H2

NUMMER	TITEL	ART DES PROJEKTS	THEMENFELD
DIN 30652-1, -3	Gasströmungswächter für die Gasinstallation	Nationales Projekt; Überarbeitung	Qualitätsinfrastruktur
DIN 30652-2, -4	Gasströmungswächter für Netzanschlussleitungen	Nationales Projekt; Überarbeitung	Qualitätsinfrastruktur
DIN 35809	Nachhaltigkeitskriterien von Wasserstoff und Wasserstoffderivaten als Energieträger	Nationales Projekt; neues Projekt	Erzeugung
DIN EN 416	Gasbefeuerte Dunkelstrahler und Dunkelstrahlersysteme für gewerbliche und industrielle Anwendungen – Sicherheit und Energieeffizienz	Europäisches Projekt; Überarbeitung	Anwendung
DIN EN 419	Gasbefeuerte Hellstrahlerheizgeräte für gewerbliche und industrielle Anwendungen – Sicherheit und Energieeffizienz	Europäisches Projekt; Überarbeitung	Anwendung
DIN EN 549	Elastomer-Werkstoffe für Dichtungen und Membranen in Gasgeräten und Gasanlagen	Europäisches Projekt; Überarbeitung	Qualitätsinfrastruktur
DIN EN 1359	Gaszähler – Balgengaszähler	Europäisches Projekt; Überarbeitung	Qualitätsinfrastruktur
DIN EN 17082	Häusliche und nicht-häusliche gasbefeuerte Warmluftferzeuger mit erzwungener Konvektion zur Raumbeheizung, deren Nennwärmebelastung 300 kW nicht übersteigt	Europäisches Projekt; Überarbeitung	Anwendung
DIN SPEC 3456	Industriearmaturen – Zusätzliche Anforderungen an metallische Armaturen für Wasserstoffanwendungen	Nationales Projekt; neues Projekt	Qualitätsinfrastruktur
DVGW-Arbeitsblatt G 441	Absperrarmaturen für maximal zulässige Betriebsdrücke bis 100 bar in der Gasversorgung	Nationales Projekt; Überarbeitung	Qualitätsinfrastruktur
DVGW G 110	Ortsfeste Gaswarneinrichtungen	Nationales Projekt; Überarbeitung	Anwendung

NUMMER	TITEL	ART DES PROJEKTS	THEMENFELD
DVGW-Merkblatt G 405	Umstellung von Bestandsarmaturen auf Wasserstoff	Nationales Projekt; neues Projekt	Qualitätsinfrastruktur
DVGW G 655 (M)	H ₂ ready – Gasanwendungen	Nationales Projekt; Überarbeitung	Anwendung
EN 13385	Ortsbewegliche Gasflaschen – Batterie-Fahrzeuge für beständige und verflüssigte Gase (außer Acetylen) – Prüfung zum Zeitpunkt des Füllens	Europäisches Projekt; Überarbeitung	Infrastruktur
EN 13445-15	Unbefeuerte Druckbehälter – Teil 15: Spezifische Anforderungen für Wasserstoffanwendungen	Europäisches Projekt; Überarbeitung	Infrastruktur
EN 13480-11	Metallische industrielle Rohrleitungen – Teil 11: Zusatzanforderungen an Rohrleitungen für Wasserstoffanwendung	Europäisches Projekt; neues Projekt	Infrastruktur
EN 13807	Ortsbewegliche Gasflaschen – Batterie-Fahrzeuge und Gascontainer mit mehreren Elementen (MEGCs) – Auslegung, Herstellung, Kennzeichnung und Prüfung	Europäisches Projekt; Überarbeitung	Infrastruktur
ISO 17268-4	Gasförmiger Wasserstoff – Anschlussvorrichtungen für die Betankung von Schienenfahrzeugen	Internationales Projekt; neues Projekt	Anwendung
ISO 19887-2	Gasförmiger Wasserstoff – Kraftstoffsystemkomponenten für wasserstoffbetriebene Fahrzeuge – Teil 2: Schienenfahrzeuge	Internationales Projekt; neues Projekt	Anwendung
VDE 0100-7XX	Elektrische Schutzmaßnahmen für Wasserstoff-erzeuger auf der Grundlage der Elektrolyse von Wasser	Nationales Projekt; neues Projekt	Erzeugung
VDE/EN/IEC 63341-4	Bahnanwendungen – Fahrzeuge – Antriebe mit Brennstoffzellen-Energiesystemen – Teil 4: Betankungsprotokoll für wasserstoffangetriebene Schienenfahrzeuge mit Druckgasspeicher	Nationales Projekt (mit späterer internationaler Integration); neues Projekt	Anwendung
VDI 4635	Power to X; Blatt 1 – Übergeordnete Aspekte	Nationales Projekt; neues Projekt	Anwendung
VDI 4635	Power to X; Blatt 2.2 Power to Liquids	Nationales Projekt; neues Projekt	Anwendung

8

Glossar

BEGRIFF DEUTSCH	BEGRIFF ENGLISCH	DEFINITION	QUELLE
Norm	standard	Dokument, das mit Konsens erstellt und von einer anerkannten Institution angenommen wurde und das für die allgemeine und wiederkehrende Anwendung Regeln, Leitlinien oder Merkmale für Tätigkeiten oder deren Ergebnisse festlegt, wobei ein optimaler Ordnungsgrad in einem gegebenen Zusammenhang angestrebt wird	DIN EN 45020 [429]
Standard	standard	Ergebnis einer technischen Regelsetzung ohne zwingende Einbeziehung aller interessierten Kreise, ohne die Verpflichtung zur Beteiligung der Öffentlichkeit und ohne Konsenspflicht	eigene Definition
Technische Regelsetzung	technical rule setting	Im Zusammenhang der Normungsroadmap Wasserstofftechnologien umfasst der Begriff die Erstellung von Dokumenten, die in Gremien der technischen Regelsetzung erarbeitet werden. Sie legen u. a. Definitionen, Anforderungen, Prüfungen und/oder Verfahren fest, um den Schutz von Gesundheit, Sicherheit und Umwelt sicherzustellen. Außerdem garantieren sie Kompatibilität, Qualität und Wirtschaftlichkeit. Technische Regeln sind freiwillig in der Anwendung. Sie können über die Vermutungswirkung Rechtssicherheit zur Erfüllung von Gesetzen, Richtlinien und Verordnungen bieten. Technische Regeln sind ein wesentlicher Bestandteil der Selbstverwaltung der Wirtschaft.	eigene Definition
Richtlinie	directive	Regeln, die von einer Aufsichtsbehörde in Übereinstimmung mit gesetzlichen Vorschriften oder Verordnung bekannt gegeben werden	DIN EN ISO 18229 [430]
Regularien	regulation	Gesamtheit aller bei einer bestimmten Aktion oder Interaktion, einem Geschäftsvorfall, zutreffenden Regeln an official rule or the act of controlling something	[431]

BEGRIFF DEUTSCH	BEGRIFF ENGLISCH	DEFINITION	QUELLE
Pränormative Forschung	pre-normative research	Pränormative Forschung im Sinne der Normungsroadmap Wasserstofftechnologien beinhaltet Forschungsprojekte zur Erfassung wissenschaftlicher und technologischer Daten bzw. die allgemeingültige Beantwortung normativer Fragen, sofern diese als Basis für die Erstellung bzw. Überarbeitung technischer Regelwerke notwendig sind.	eigene Definition
Umsetzungsprojekt	implementation project	Vorhaben, das → auf einer Handlungsempfehlung basiert → durch die Gremien der Normungsroadmap inklusive Steuerungskreis zur Finanzierung empfohlen ist → durch eine freigegebene Finanzierung durch das BMWK unterstützt wird → durch ein zuständiges Gremium der technischen Regelsetzung initiiert/umgesetzt werden soll	eigene Definition
Handlungsempfehlung an die technische Regelsetzung	standardization recommendation	Auf einem konkreten Bedarf basierende Empfehlung zur Erarbeitung eines technischen Regelwerks, die durch die zuständigen Gremien der Normungsroadmap inklusive des Steuerungskreises bestätigt wurde und an Gremien der technischen Regelsetzung zur Umsetzung kommuniziert wird	eigene Definition
Konkreter Bedarf der technischen Regelsetzung	specific standardization need	Lücke in der technischen Regelsetzung, die von einem Gremium der Normungsroadmap identifiziert und ausformuliert wurde	eigene Definition
Bedarf der technischen Regelsetzung	standardization need	Lücke in der technischen Regelsetzung, die von einem Gremium der Normungsroadmap identifiziert wurde und dort diskutiert werden soll	eigene Definition
Projekt der technischen Regelsetzung	project for technical rule setting	Erarbeitung einer technischen Regel, die auf einer Handlungsempfehlung der Roadmap bzw. einem Umsetzungsprojekt der Roadmap basieren kann und durch ein zuständiges Gremium der technischen Regelsetzung initiiert/umgesetzt wird	eigenen Definition

BEGRIFF DEUTSCH	BEGRIFF ENGLISCH	DEFINITION	QUELLE
Wasserstofffähig	H ₂ -ready	<p>Mit H₂-ready bezeichnet man Produkte oder Technologien, die aufgrund ihrer Ausstattung in der Lage sind, sicher und effizient mit Wasserstoff als Energiequelle zu arbeiten.</p> <p>Beispielsweise kann ein gasbetriebener Wärmeerzeuger/Heizkessel als H₂-ready (wasserstofffähig) gelten, wenn er technisch darauf vorbereitet ist, während seiner Lebensdauer und mit nur geringem Umstellungsaufwand mit 100 Vol.-% Wasserstoff betrieben zu werden.</p>	bdew – factsheet H ₂ -ready [432]
Brennstoffzelle	fuel cell	Elektrochemische Einrichtung, die die chemische Energie eines Brennstoffs und eines Oxidationsmittels in Gleichstrom, Wärme und Reaktionsprodukte umwandelt	International Electro-technical Vocabulary (IEV) [433]
Brennstoffzellen-Energiesystem	fuel cell power system	Energiewandlungssystem, das ein oder mehrere Brennstoffzellenmodul(e) verwendet, um elektrische Leistung und Wärme bereitzustellen	International Electro-technical Vocabulary (IEV) [434]
Harmonisierte Norm	harmonized standard	Europäische Norm, die auf der Grundlage eines Auftrags der Kommission zur Durchführung von Harmonisierungsrechtsvorschriften der Union angenommen wurde	Verordnung (EU) Nr. 1025/2012, § 2 Abs. 1c) [435]

9

Übersicht der in den Abbildungen genannten Gremien der technischen Regelsetzung



Erläuterung: Nachfolgend sind die vollständigen Titel der Gremien aufgelistet, die in den Abbildungen zur Übersicht der relevanten Gremien der technischen Regelsetzung der AGs in diesem Dokument genannt werden. Dieser Stand bezieht sich auf März 2024.

Tabelle 3: Übersicht der in den Abbildungen genannten Gremien der technischen Regelsetzung für Wasserstofftechnologien

ABKÜRZUNG DES GREMIUMS	NAME DES GREMIUMS (DEUTSCH)	NAME DES GREMIUMS (ENGLISCH)	WEB-VERKNÜPFUNG
ABS	Ausschuss für Betriebssicherheit	Committee on Work Equipment	Link zur Website
AECM		European association for guarantee institutions	Link zur Website
AEF		Agricultural Industry Electronics Foundation	Link zur Website
AGS	Ausschuss für Gefahrstoffe	Committee on Hazardous Substances	Link zur Website
ANSI/ AIAA		American Institute of Aeronautics and Astronautics	Link zur Website
ASD-Stan/D 3/ WG 3		Fluid systems and components	Link zur Website
ASD-Stan/D 4		Materials	Link zur Website
ASTM		American Society for Testing and Materials	Link zur Website
CEN/CLC/JTC 1	Kriterien für Konformitätsbegutachtungsstellen	Criteria for conformity assessment bodies	Link zur Website
CEN/CLC/JTC 6	Wasserstoff in Energiesystemen	Hydrogen in energy systems	Link zur Website
CEN/CLC/JTC 13	Cybersicherheit und Datenschutz	Cybersecurity and Data Protection	Link zur Website
CEN/CLC JTC 14	Energiemanagement und Energieeffizienz im Kontext der Energiewende	Energy management and energy efficiency in the framework of energy transition	Link zur Website
CEN/CLC JTC 17	Gasgeräte mit Kraft-Wärme-Kopplung	Gas Appliances with Combined Heat and Power	Link zur Website



ABKÜRZUNG DES GREMIUMS	NAME DES GREMIUMS (DEUTSCH)	NAME DES GREMIUMS (ENGLISCH)	WEB- VERKNÜPFUNG
CEN/TC 1	Öl und Gasfernleitungen; Anforderungen an Rohre	Oil and gas pipelines; pipe requirements	Link zur Website
CEN/TC 23	Transportable Gasflaschen	Transportable gas cylinders	Link zur Website
CEN/TC 48	Gasbefeuerte Warmwasserbereiter für Haushalte	Domestic gas-fired water heaters	Link zur Website
CEN/TC 49	Gaskochgeräte	Gas cooking appliances	Link zur Website
CEN/TC 54	Druckbehälter ohne Feuerung	Unfired pressure vessels	Link zur Website
CEN/TC 58	Sicherheit von Gasgeräten und Gasverbrauchseinrichtungen	Safety and control devices for burners and appliances burning gaseous or liquid fuels	Link zur Website
CEN/TC 69	Industriearmaturen	Industrial valves	Link zur Website
CEN/TC 106	Große Küchengeräte, die mit gasförmigen Brennstoffen betrieben werden	Large kitchen appliances using gaseous fuels	Link zur Website
CEN/TC 109	Zentralheizungskessel und Kessel für Heizöl	Central heating boilers using gaseous fuels	Link zur Website
CEN/TC 121	Schweißen	Welding and allied processes	Link zur Website
CEN/TC 131	Gasbrenner	Forced draught burners for gaseous and liquid fuels	Link zur Website
CEN/TC 133	Kupfer und Kupferlegierungen	Copper and copper alloys	Link zur Website
CEN/TC 138	Zerstörungsfreie Prüfung	Non-destructive testing	Link zur Website
CEN/TC 155	Kunststoff-Rohrleitungssysteme und Schutzrohrsysteme	Plastics piping systems and ducting systems	Link zur Website
CEN/TC 180	Dezentrale Gasheizung	Decentralized gas heating	Link zur Website
CEN/TC 185	Mechanische Verbindungselemente	Fasteners	Link zur Website
CEN/TC 197	Pumpen	Pumps	Link zur Website



ABKÜRZUNG DES GREMIUMS	NAME DES GREMIUMS (DEUTSCH)	NAME DES GREMIUMS (ENGLISCH)	WEB- VERKNÜPFUNG
CEN/TC 234	Gasinfrastruktur	Gas infrastructure	Link zur Website
CEN/TC 237	Gaszähler	Gas meters	Link zur Website
CEN/TC 238	Prüfgase, Prüfdrücke, Geräte- kategorien und Gasgerätearten	Test gases, test pressures, appliance categories and gas appliance types	Link zur Website
CEN/TC 267	Industrielle Rohrleitungen und Fernrohrleitungen	Industrial piping and pipelines	Link zur Website
CEN/TC 268	Kryo-Behälter und spezielle Einsatz- gebiete der Wasserstofftechnologie	Cryogenic vessels and specific hydrogen technologies applications	Link zur Website
CEN/TC 269	Großwasserraum- und Wasserrohr- kessel	Shell and water-tube boilers	Link zur Website
CEN/TC 299	Gasbefeuerte Sorptionsgeräte, indirekt befeuerte Sorptionsgeräte, gasbefeuerte endotherme Motor- wärmepumpen und gasbefeuerte Haushaltswasch- und Trockengeräte	Gas-fired sorption appliances, indirect fired sorption appliances, gas-fired endothermic engine heat pumps and domestic gas-fired washing and drying appliances	Link zur Website
CEN/TC 305	Explosionsfähige Atmosphären – Explosionsschutz	Potentially explosive atmospheres – Explosion prevention and protection	Link zur Website
CEN/TC 393	Ausrüstungen für Lagertanks und für Tankstellen	Equipment for storage tanks and for filling stations	Link zur Website
CEN/TC 408	Biomethan zum Einsatz im Transport- wesen und zur Einspeisung in Erdgas- rohrleitungen	Natural gas and biomethane for use in transport and biomethane for injection in the natural gas grid	Link zur Website
CEN/TC 459	ECISS – Europäisches Komitee für Eisen- und Stahlnormung	ECISS – European Committee for Iron and Steel Standardization	Link zur Website
CESNI/PT	Europäischer Ausschuss für die Aus- arbeitung von Standards im Bereich Binnenschifffahrt	European Committee for drawing up standards in the field of inland navigation	Link zur Website
CLC/TC 8x	Systemaspekte der elektrischen Energieversorgung	System aspects of electrical energy supply	Link zur Website



ABKÜRZUNG DES GREMIUMS	NAME DES GREMIUMS (DEUTSCH)	NAME DES GREMIUMS (ENGLISCH)	WEB- VERKNÜPFUNG
CLC/TC 31	Elektrische Betriebsmittel für explosionsgefährdete Bereiche	Electrical apparatus for potentially explosive atmospheres	Link zur Website
CLC/TC 57	Datenmodelle, Schnittstellen und Informationsaustausch für Planung und Betrieb von Energieversorgungssystemen	Power systems management and associated information exchange	Link zur Website
CLC/TC 64	Elektrische Anlagen und Schutz gegen elektrischen Schlag	Electrical installations and protection against electric shock	Link zur Website
CLC/TC 65X	Industrielle Prozessleit- und Automatisierungstechnik	Industrial-process measurement, control and automation	Link zur Website
CLC/TC 216	Gaswarngeräte	Gas detectors	Link zur Website
CSA		Canadian Standards Association	Link zur Website
DKE/GK 914	Funktionale Sicherheit elektrischer, elektronischer und programmierbarer elektronischer Systeme (E, E, PES) zum Schutz von Personen und Umwelt		Link zur Website
DKE/GUK 384.1	Stationäre Brennstoffzellengeräte		Link zur Website
DKE/K 221	Elektrische Anlagen und Schutz gegen elektrischen Schlag		Link zur Website
DKE/K 235	Errichten elektrischer Anlagen in explosionsgefährdeten Bereichen		Link zur Website
DKE/K 238	Errichten elektrischer Anlagen im Bergbau unter Tage		Link zur Website
DKE/K 241	DKE/K 241 Schlagwetter- und explosionsgeschützte elektrische Betriebsmittel		Link zur Website
DKE/K 261	Systemaspekte der elektrischen Energieversorgung		Link zur Website



ABKÜRZUNG DES GREMIUMS	NAME DES GREMIUMS (DEUTSCH)	NAME DES GREMIUMS (ENGLISCH)	WEB- VERKNÜPFUNG
DKE/K 384	Brennstoffzellen		Link zur Website
DKE/K 431	Niederspannungsschaltgeräte und -kombinationen		Link zur Website
DKE/K 461	Messeinrichtungen und -systeme für Elektrizität		Link zur Website
DKE/K 901	System Komitee Smart Energy		Link zur Website
DKE/K 931	Systemaspekte der Automatisierung		Link zur Website
DKE/K 952	Netzleittechnik		Link zur Website
DKE/K 966	Stoffgrößen-Messgeräte für Betrieb und Umwelt		Link zur Website
DKE/UK 221.1	Schutz gegen elektrischen Schlag		Link zur Website
DKE/UK 261.1	Elektrische Energiespeichersysteme		Link zur Website
DKE/UK 931.1	IT-Sicherheit in der Automatisierungs- technik		Link zur Website
DKE/UK 966.1	Mess- und Warngeräte für gefährliche Gase		Link zur Website
DVGW G-LK-1	Lenkungskomitee Gasversorgung		Link zur Website
DVGW G-LK-2	Lenkungskomitee Gasanwendung		Link zur Website
DVGW W-LK-2	Lenkungskomitee Wasser- versorgungssysteme		Link zur Website
DWA	Deutsche Vereinigung für Wasserwirt- schaft, Abwasser und Abfall e. V.	German Association for Water, Wastewater and Waste	Link zur Website
EIGA		European Industrial Gases Association	Link zur Website
EURAMET		European association of national metrology institutes	Link zur Website



ABKÜRZUNG DES GREMIUMS	NAME DES GREMIUMS (DEUTSCH)	NAME DES GREMIUMS (ENGLISCH)	WEB- VERKNÜPFUNG
FCNA (NA 012)	DIN-Normenausschuss Chemischer Apparatebau	DIN Standards Committee for Chemical Apparatus Engineering	Link zur Website
FES (NA 021)	DIN-Normenausschuss Eisen und Stahl	DIN Standards Committee Iron and Steel	Link zur Website
FMV (NA 067)	DIN-Normenausschuss Mechanische Verbindungselemente	DIN Standards Committee Mechanical Fasteners	Link zur Website
FNH (NA 040)	DIN-Normenausschuss Heiz-, Koch- und Wärmgerät	DIN standards committee for heating, cooking and warming appliances	Link zur Website
FNK (NA 054)	DIN-Normenausschuss Kunststoffe	DIN Standards Committee Plastics	Link zur Website
FNKÄ (NA 044)	DIN-Normenausschuss Kältetechnik	DIN-Standards Committee Refrigeration Technology	Link zur Website
FNNE (NA 066)	DIN-Normenausschuss Nichteisen- metalle	DIN Standards Committee for Nonferrous Metals	Link zur Website
IEC/ SyC Smart Energy	Smart Energy	Smart Energy	Link zur Website
IEC/SC 65A	Systematische Aspekte	System aspects	Link zur Website
IEC/SC 65 B		Measurement and control devices	Link zur Website
IEC/TC 8	Systemaspekte der elektrischen Energieversorgung	System aspects of electrical energy supply	Link zur Website
IEC/TC 31	Betriebsmittel für explosions- gefährdete Bereiche	Equipment for explosive atmospheres	Link zur Website
IEC/TC 44	Sicherheit von Maschinen – Elektrotechnische Aspekte	Safety of machinery – Electrotechnical aspects	Link zur Website
IEC/TC 57	Datenmodelle, Schnittstellen und Informationsaustausch für Planung und Betrieb von Energieversorgungs- systemen	Power systems management and associated information exchange	Link zur Website



ABKÜRZUNG DES GREMIUMS	NAME DES GREMIUMS (DEUTSCH)	NAME DES GREMIUMS (ENGLISCH)	WEB- VERKNÜPFUNG
IEC/TC 64	Elektrische Anlagen und Schutz gegen elektrischen Schlag	Electrical installations and protection against electric shock	Link zur Website
IEC/TC 65	Mess-, Regel- und Automatisierungstechnik für Industrieprozesse	Industrial-process measurement, control and automation	Link zur Website
IEC/TC 105	Brennstoffzellentechnologie	Fuel cell technologies	Link zur Website
IEC/TC 120	Systeme zur Speicherung elektrischer Energie (EES)	Electrical Energy Storage (EES) systems	Link zur Website
IEC/TC 121	Schaltgeräte und Schaltanlagen sowie deren Baugruppen für Niederspannung	Switchgear and controlgear and their assemblies for low voltage	Link zur Website
IMO	Internationale Seeschiffahrts-Organisation	International Maritime Organization	Link zur Website
ISO/IEC/JTC 1	Informationstechnologie	Information technology	Link zur Website
ISO/TC 8	Schiffs- und Meerestechnologie	Ships and marine technology	Link zur Website
ISO/TC 17	Stahl	Steel	Link zur Website
ISO/TC 20	Flugzeuge und Raumfahrzeuge	Aircraft and space vehicles	Link zur Website
ISO/TC 22	Straßenfahrzeuge	Road vehicles	Link zur Website
ISO/TC 28	Mineralölerzeugnisse und verwandte Produkte, Kraft-, Brenn- und Schmierstoffe mit natürlichem oder synthetischem Ursprung	Petroleum and related products, fuels and lubricants from natural or synthetic sources	Link zur Website
ISO/TC 45	Gummi und Gummierzeugnisse	Rubber and rubber products	Link zur Website
ISO/TC 47	Chemie	Chemistry	Link zur Website
ISO/TC 58	Gasflaschen	Gas cylinders	Link zur Website
ISO/TC 61	Kunststoffe	Plastics	Link zur Website



ABKÜRZUNG DES GREMIUMS	NAME DES GREMIUMS (DEUTSCH)	NAME DES GREMIUMS (ENGLISCH)	WEB- VERKNÜPFUNG
ISO/TC 67	Öl- und Gasindustrie einschließlich kohlenstoffarmer Energieträger	Oil and gas industries including lower carbon energy	Link zur Website
ISO/TC 71	Beton, Stahlbeton und Spannbeton	Concrete, reinforced concrete and pre-stressed concrete	Link zur Website
ISO/TC 138	Kunststoffrohre, Armaturen und Ventile für den Transport von Fluiden	Plastics pipes, fittings and valves for the transport of fluids	Link zur Website
ISO/TC 156	Korrosion von Metallen und Legierungen	Corrosion of metals and alloys	Link zur Website
ISO/TC 158	Gasanalyse	Analysis of gases	Link zur Website
ISO/TC 161	Regel- und Sicherheitseinrichtungen für Gas und/oder Öl	Controls and protective devices for gaseous and liquid fuels	Link zur Website
ISO/TC 164	Mechanische Prüfverfahren für Metalle	Mechanical testing of metals	Link zur Website
ISO/TC 172	Optik und Photonik	Optics and photonics	Link zur Website
ISO/TC 193	Erdgas	Natural gas	Link zur Website
ISO/TC 197	Wasserstofftechnologie	Hydrogen technologies	Link zur Website
ISO/TC 199	Sicherheit von Maschinen und Geräten	Safety of machinery	Link zur Website
ISO/TC 220	Kryogene Behälter	Cryogenic vessels	Link zur Website
ISO/TC 265	Abscheidung, Transport und geologische Speicherung von Kohlendioxid	Carbon dioxide capture, transportation, and geological storage	Link zur Website
ITF		International Transport Forum	Link zur Website
KRDl (NA 134)	VDI/DIN-Kommission Reinhaltung der Luft	VDI/DIN Commission on Air Pollution Prevention – Standards Committee	Link zur Website
NAA (NA 003)	DIN-Normenausschuss Armaturen	DIN Standards Committee Valves	Link zur Website



ABKÜRZUNG DES GREMIUMS	NAME DES GREMIUMS (DEUTSCH)	NAME DES GREMIUMS (ENGLISCH)	WEB- VERKNÜPFUNG
NAAutomobil (NA 052)	DIN-Normenausschuss Auto und Mobilität	DIN standards committee for cars and mobility	Link zur Website
NABau (NA 005)	DIN-Normenausschuss Bauwesen	DIN Standards Committee Building and Civil Engineering	Link zur Website
NAFuO (NA 027)	DIN-Normenausschuss Feinmechanik und Optik	DIN standards committee for precision mechanics and optics	Link zur Website
NAGas (NA 032)	DIN-Normenausschuss Gastechnik	DIN Standards Committee Gas Technology	Link zur Website
NAGUS (NA 172)	DIN-Normenausschuss Grundlagen des Umweltschutzes	DIN Standards Committee Principles of Environmental Protection	Link zur Website
NAM (NA 060)	DIN-Normenausschuss Maschinenbau	DIN Standards Committee Mechanical Engineering	Link zur Website
NARD (NA 082)	DIN-Normenausschuss Rohrleitungen und Dampfkesselanlagen	DIN Standards Committee Piping and Boiler Plant	Link zur Website
NAS (NA 092)	DIN-Normenausschuss Schweißen und verwandte Verfahren	DIN Standards Committee for Welding and Allied Processes	Link zur Website
NASG (NA 095)	DIN-Normenausschuss Sicherheits- technische Grundsätze	DIN standards committee on safety principles	Link zur Website
NATank (NA 104)	DIN-Normenausschuss Tankanlagen	DIN Standards Committee Tank Installations	Link zur Website
NAW (NA 119)	DIN-Normenausschuss Wasserwesen	DIN Standards Committee Water Practice	Link zur Website
NDG (NA 016)	DIN-Normenausschuss Druckgas- anlagen	DIN Standards Committee Pressurized Gas Installations	Link zur Website
NHRS (NA 041)	DIN-Normenausschuss Heiz- und Raumluftechnik sowie deren Sicherheit	DIN standards committee for heating and ventilation technology and its safety	Link zur Website
NIA (NA 043)	DIN-Normenausschuss Informations- technik und Anwendungen	DIN Standards Committee for Infor- mation Technology and Applications	Link zur Website



ABKÜRZUNG DES GREMIUMS	NAME DES GREMIUMS (DEUTSCH)	NAME DES GREMIUMS (ENGLISCH)	WEB- VERKNÜPFUNG
NIST		National Institute of Standards and Technology	Link zur Website
NL (NA 131)	DIN-Normenausschuss Luft- und Raumfahrt	DIN Aerospace Standards Committee	Link zur Website
NMP (NA 062)	Beirat des DIN-Normenausschusses Materialprüfung	DIN Standards Committee Materials Testing	Link zur Website
NSMT (NA 132)	DIN-Normenstelle Schiffs- und Meerestechnik	DIN Standards Committee Shipbuilding and Marine Technology	Link zur Website
NoBOMet		NoBoMet is the European Coordination Group of the Conformity Assessment Bodies notified by the European Commission for the Directives 2014/31/EU (NAWID) and 2014/32/EU (MID) as agreed between the Commission and the national coordinators of legal metrology during the Working Group Measuring Instruments (WGMI) meeting on 22 November 2019	Link zur Website
NSMT (NA 132)	DIN-Normenstelle Schiffs- und Meerestechnik	DIN Standards Committee Shipbuilding and Marine Technology	Link zur Website
NÖG (NA 109)	DIN-Normenausschuss Erdöl- und Erdgasgewinnung	DIN standards committee for crude oil and natural gas extraction	Link zur Website
OIML	Internationale Organisation für das gesetzliche Messwesen	International Organization of Legal Metrology	Link zur Website
PTB	Physikalisch-Technische Bundesanstalt		Link zur Website
SAE		Society of Automotive Engineers	Link zur Website
TÜV AD 2000	AD 2000 Regelwerk des TÜV-Verbands	AD 2000 regulation of TÜV Association	Link zur Website
US Air Force		Air Force demonstrating hydrogen as alternate fuel source	Link zur Website



ABKÜRZUNG DES GREMIUMS	NAME DES GREMIUMS (DEUTSCH)	NAME DES GREMIUMS (ENGLISCH)	WEB- VERKNÜPFUNG
VDE FNN	Forum Netztechnik/ Netzbetrieb im VDE	Network Technology/Network Operation Forum in the VDE	Link zur Website
VDI 4635	VDI-Richtlinie 4635		Link zur Website
WELMEC		Legal Metrology in Europe (WELMEC – the European Cooperation in Legal Metrology – is a regional legal metro- logy organisation with membership composed of the representative national authorities responsible for legal metrology in the EU and EFTA countries.)	Link zur Website

10

Abkürzungsverzeichnis

ABKÜRZUNG	AUSGESCHRIEBENE FORM
AA	Arbeitsausschuss
AG	Arbeitsgruppe
AD	Arbeitsgemeinschaft Druckbehälter (Working Group for Pressure Vessels)
ADV	Arbeitsgemeinschaft Deutscher Verkehrsflughäfen (Association of German Airports)
AEUV	Vertrag über die Arbeitsweise der Europäischen Union
AFIR	Alternative Fuels Infrastructure Regulation (Verordnung über den Aufbau der Infrastruktur für alternative Kraftstoffe)
AK	Arbeitskreis
API	American Petroleum Institute
ARP	Aerospace Recommended Practice (Luft- und Raumfahrt empfohlene Praxis)
ASME	American Society of Mechanical Engineers (Amerikanische Gesellschaft der Maschinenbauingenieure)
ASTM	American Society for Testing and Materials (Amerikanische Gesellschaft für Prüf- und Materialnormung)
ATEX	Atmosphères Explosibles (explosive Atmosphäre) (siehe ATEX-Produktrichtlinie 2014/34/EU und ATEX-Betriebsrichtlinie 1999/92/EG)
BDEW	Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft
BImSchV	Bundes-Immissionsschutzverordnung
BMVI	Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur
BMWK	Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz
CCU	Carbon Capture and Utilization (Kohlenstoffabscheidung und -nutzung)
CE	Conformité Européenne (Europäische Konformität)
CEN	European Committee for Standardization (Europäisches Komitee für Normung)
CEN TC	CEN Technical Committee

ABKÜRZUNG	AUSGESCHRIEBENE FORM
CENELEC	European Committee for Electrotechnical Standardization (Europäisches Komitee für elektrotechnische Normung)
CESNI	European Committee for drawing up Standards in Inland Navigation (Europäischer Ausschuss für die Ausarbeitung von Standards im Bereich der Binnenschifffahrt)
CNG	Komprimiertes Erdgas (Compressed Natural Gas)
CO ₂	Kohlendioxid
CSA/ANSI CHMC 2	Canadian Standards Association/American National Standards Institute, Compressed Hydrogen and Methane Containers (Kanadische Normungsvereinigung / Amerikanisches Nationales Normungsinstitut, Druckbehälter für komprimierten Wasserstoff und Methan)
DAkKS	Deutsche Akkreditierungsstelle
DGMK	Deutsche Wissenschaftliche Gesellschaft für nachhaltige Energieträger, Mobilität und Kohlenstoffkreisläufe e. V.
DGUV	Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung
DIN	Deutsches Institut für Normung e. V.
DIN EN Norm	Europäische Norm, die als nationale Norm übernommen ist
DIN EN ISO Norm	Internationale Norm, die als Europäische und nationale Norm übernommen ist
DIN ISO	Internationale Norm, die als nationale Norm übernommen ist
DIN NA	DIN-Normenausschuss
DIN SPEC	DIN Specification
DKE	Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik
DGRL (siehe auch: PED)	Druckgeräterichtlinie
DVGW	Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e. V.
DVGW G LK	DVGW-Lenkungskreis

ABKÜRZUNG	AUSGESCHRIEBENE FORM
DVGW G TK	DVGW Technisches Komitee
DVGW G PK	DVGW-Projektkreis
EclHypse	Energy Cluster H ₂ -Projects for European Cooperation
EMV	Elektromagnetische Verträglichkeit
EN	Europäische Norm
EnWG	Energiewirtschaftsgesetz
ERP	Enterprise Resource Planning (Unternehmensressourcenplanung)
ES-TRIN	European Standard for technical Requirements for Inland Navigation Vessels (Europäischer Standard der technischen Vorschriften für Binnenschiffe)
ETSI	European Telecommunication Standards Institute (Europäisches Institut für Telekommunikationsnormen)
EU	Europäische Union
Ex-Schutz	Explosionsschutz
EX-Zonen	Explosionsgefährdete Bereiche
FIPS	Federal Information Processing Standards (Bundesstandard für die Verarbeitung von Informationen)
FKM	Forschungskuratorium Maschinenbau
FNK	Normenausschuss Kunststoffe
GA	Gemeinschaftsarbeitsausschuss
GAR	Gasgeräteverordnung
GasHDrLtgV	Gashochdruckleitungsverordnung
GasNZV	Gasnetzzugangsverordnung
GIS	Geografisches Informationssystem

ABKÜRZUNG	AUSGESCHRIEBENE FORM
H ₂	Wasserstoff
HIAD	Hydrogen Incident and Accident Database (Wasserstoffvorfall- und Unfalldatenbank)
HydEKuS	Wasserstoff- und Erdgassicherheit in Kraftwerken und Systemen
IATA	International Air Transport Association (Internationale Luftverkehrsvereinigung)
IBC	International Code for the Construction and Equipment of Ships Carrying Dangerous Chemicals in Bulk (Internationaler Code für den Bau und die Ausrüstung von Schiffen für den Transport gefährlicher Chemikalien in loser Form)
IEC	International Electrotechnical Commission (Internationale Elektrotechnische Kommission)
IGC	International Code for the Construction and Equipment of Ships Carrying Liquefied Gases in Bulk (Internationaler Code für den Bau und die Ausrüstung von Schiffen für den Transport verflüssigter Gase in loser Form)
IGF	International Code of Safety for Ships using Gases or other Low-flashpoint Fuels (Internationaler Code für den Bau und die Ausrüstung von Schiffen, die Gase oder andere Kraftstoffe mit niedrigem Flammpunkt verwenden)
IMDG	International Maritime Dangerous Goods Code (Internationaler Seeverkehr gefährlicher Güter-Code)
IMO	International Maritime Organization (Internationale Seeschiffahrts-Organisation)
IT	Informationstechnologie
IT-SIG	Informationstechnik-Sicherheitskatalog
ISO	International Organization for Standardization (Internationale Organisation für Normung)
JIG	Joint Inspection Group (Gemeinsame Inspektionsgruppe)
JWG	Joint Working Group (Gemeinsame Arbeitsgruppe)
KMU	kleine und mittlere Unternehmen
KoV	Kooperationsvereinbarung
kWh	Kilowattstunde

ABKÜRZUNG	AUSGESCHRIEBENE FORM
KWK	Kraft-Wärme-Kopplung
LKW	Lastkraftwagen
LH ₂	Kryogen verflüssigter Wasserstoff
LNG	Flüssigerdgas (Liquefied Natural Gas)
LOHC	Liquid organic hydrogen carriers (Flüssige organische Wasserstoffträger)
MEGC	Multiple Element Gas Container (Mehrelement-Gasbehälter)
MJ	Megajoule
Mol-%	Molprozent
MPa	Mega Pascal
MPD	Multiple Product Dispenser (Mehrproduktzapfsäule)
MRL	Maschinenrichtlinie
MOP	Maximum Operating Pressure (Maximalbetriebsdruck)
MVO	Maschinenverordnung (siehe EU-Verordnung Maschinen (Verordnung (EU) 2023/1230))
NAGas	DIN-Normenausschuss Gas
NAM	DIN-Normenausschuss Maschinenbau
NARD	DIN-Normenausschuss Rohrleitungen
NC DC	Network Code Demand Connection (Netzanschlussbedingungen)
NIS 2	Netz- und Informationssystemsicherheitsrichtlinie
NMP	DIN-Normenausschuss Materialprüfung
NRM	Normungsroadmap
NRM H2	Normungsroadmap Wasserstofftechnologien

ABKÜRZUNG	AUSGESCHRIEBENE FORM
NWB	Verein für die Normung und Weiterentwicklung des Bahnwesens e. V.
NWS	Nationale Wasserstoffstrategie
OIML	Organisation Internationale de Métrologie Légale (Internationale Organisation für das gesetzliche Messwesen)
OEMs	Original Equipment Manufacturers (Hersteller von Originalausrüstung)
OT	Operational Technology (Operationstechnologie)
PFAS	Per- und polyfluorierte Chemikalien
PED	Pressure Equipment Directive (Europäische Richtlinie 2014/68/EU – Bereitstellung von Druckgeräten auf dem Markt)
PEM	Protonenaustauschmembran
PTB	Physikalisch-Technische Bundesanstalt (Physical-Technical Federal Institute)
PtJ	Projektträger Jülich
PtX	Power-to-X
ppm	Parts per Million (Teile pro Million)
PWI	Preliminary Work Item (vorläufiges Projekt)
RED II	Renewable Energy Directive II (Erneuerbare-Energien-Richtlinie II)
RL	Richtlinie
SAE	Society of Automotive Engineers (Gesellschaft der Automobil-Ingenieure)
SAV	Sicherheitsabsperrventil
SBV	Sicherheitsblockventil
SC	Subcommittee (Unterausschuss)
SGAM	Smart Grid Architecture Model

ABKÜRZUNG	AUSGESCHRIEBENE FORM
SSRT-Prüfungen	Slow Strain Rate Testing (Prüfungen unter alternativen Beladungsmöglichkeiten)
SOE	Solid Oxide Electrolysis (Hochtemperatur-Elektrolyse)
SOLAS	International Convention for the Safety of Life at Sea (Internationale Konvention zum Schutz des menschlichen Lebens auf See)
TAR	Technische Anschlussregel
TC	Technical Committee
THyGA	Technologische Hybride Gas-Anwendung
TK	Technisches Komitee
TPED	Transportable Pressure Equipment Directive (Europäische Richtlinie 2010/35/EU Ortsbewegliche Druckgeräte)
TR	Technischer Report (Bericht)
TRBS	Technische Regeln für Betriebssicherheit
TRGS	Technische Regeln für Gefahrstoffe
TRGI	Technische Regel für Gasinstallationen
TS	Technical Specification
TRL	Technology Readiness Level (dt.: Technologiereifegrad)
UAK	Unterarbeitskreis
UK	United Kingdom (de: Großbritannien)
USA	United States of America (dt.: Vereinigte Staaten von Amerika)
VDA	Verband der Automobilindustrie e.V.
VDE	Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik e.V.
VDE FNN	Forum Netztechnik/Netzbetrieb im VDE

ABKÜRZUNG	AUSGESCHRIEBENE FORM
VDI	Verein Deutscher Ingenieure e.V.
VDMA	Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e.V.
WPS	Welding Procedure Specification (Schweißanweisung)
ZEMA	Zentrale Melde- und Auswertestelle
ZP	Zertifizierungsprogramme

11

Autorinnen-, Autoren- und Mitarbeitenden- verzeichnis

Autorinnen und Autoren

Ursula Aich, Verein Deutscher Gewerbe Aufsichtsbeamter e. V.
Sektion Hessen

Friederike Altgelt, Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena)

Holger Alwast, Alwast Consulting

Prof. Dr.-Ing. Thorsten Arnhold, R. STAHL AG

Enis Askar, Bundesanstalt für Materialforschung und
-prüfung (BAM)

Maik Bäcker, EWE NETZ GmbH

Karsten Bahrenberg, TÜV Rheinland Industrie Service GmbH

Dr.-Ing. Siegfried Bajohr, Karlsruher Institut für Technologie
(KIT)

Lucien Beisswenger

Florian Benesch, Mannesmann Precision Tubes GmbH

Dr.-Ing. Michael Beyer, Physikalisch-Technische Bundes-
anstalt (PTB)

Tobias Böhm, Schwank GmbH

John Böttcher, DOW Olefinverbund GmbH

Gerrit Brunken, nPlan GmbH

Dr. Frank Burmeister, Gas- und Wärme-Institut Essen e. V.

Dr.-Ing. Chen Cao, ZwickRoell GmbH & Co. KG

Dr.-Ing. Chi Yao Chang, Elster GmbH Honeywell

Ilona Chikhi, Fachbegutachterin für die DAkKS

Karsten Chromik

Tatiana Demeusy, EnBW Energie Baden-Württemberg AG

Jorgen Depken, Deutsches Zentrum für Luft- und Raum-
fahrt e. V. (DLR)

Christian Deßloch, DA | Deßloch Advisory

Dr. Wolfgang Dörner, Linde GmbH

Ulrich Dreizler Walter, Dreizler GmbH

Dieter Drews, TÜV Rheinland Industrie Service GmbH

Dr. Andreas Drexler, voestalpine BÖHLER Edelstahl GmbH &
Co KG

Alexander Dyck, Deutsches Zentrum für Luft- und Raum-
fahrt e. V. (DLR)

Dr. Ralf Eckner, inetz GmbH

Dr. Jürgen Essler, Brugg Rohrsysteme GmbH

Peter Fahrenbach, ELAFLEX HIBY GmbH & Co. KG

Achim Falkenroth, Siemens AG

Ute Fischer, ONTRAS Gastransport GmbH

Sascha Fliegener, Fraunhofer Institut für Werkstoffmechanik
IWM

Dr. Christoph Flink, DEKRA

Michael Franz, mfconsulting

Sebastian Freund, Deutsches Zentrum für Luft- und
Raumfahrt e. V. (DLR)

Ignacio Garcia-Lorenzana, Hyundai Motor Europe Technical
Center

Maik Gerstenberg, NEL Gastransport GmbH

Ronny Gess, Airbus Operations GmbH

Dr. Michael Götz, EKPO Fuel Cell Technologies GmbH

Jens Hälbig, RWE Power AG

Daniel Hariri, H-CPE



Torsten Hartisch, en2x – Wirtschaftsverband Fuels und Energie e.V.

Dr.-Ing. Beate Heisterkamp, BP Europa SE

Michael Herber, Open Grid Europe GmbH

Dr.-Ing. Sabrina Herbst, Ernst-Abbe-Hochschule Jena

Dr. Jürgen Heyn, TÜV SÜD Rail GmbH

Dr. Thomas Höcher, ONTRAS Gastransport GmbH

Jens Hoffmann, DVGW Forschungsstelle

Dennis Hoke, Maximator-Hydrogen GmbH

Saif Husam Mudhafar, AKKA Industry Consulting GmbH

Dr. Manuela Jopen, GRS gGmbH

Prof. Dr. Lars Jürgensen, Hochschule Bremen

Manolo Kahl, J. M. Voith SE & Co. KG | VTA

Philipp Kalhammer, schwaben netz gmbh

Heinrich Kipphardt, Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM)

Frank Kirchner, SMS group GmbH

Jürgen Klement, Ing.-Büro Klement

Johannes Knafel, Kremsmüller

Dominik Knoop, Verband Deutscher Verkehrsunternehmen e.V.

Rainer Kramer, Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB)

Michael Krämer, TÜV SÜD Industrie Service GmbH

Thomas Kreißig, Rolls-Royce Solutions GmbH

Mirco Kröll, Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM)

Prof. Dr. Michael Krüger, BARTEC Top Holding GmbH (in Ruhestand) jetzt selbstständig: executive tech consulting

Dr. Roland Kurte, WIKA Alexander Wiegand SE & Co. KG

Uwe Lambertz, ARCA Regler GmbH

Julius Langenberg, IWT-Solutions AG

Prof. Dr. Peter Langenberg, IWT-Solutions AG

Ingo Lehmann, Rolls-Royce Solutions GmbH

Volker Lenz, KROHNE Messtechnik GmbH

Andreas Leunig, GASCADE Gastransport GmbH

Ulf Liebscher, TÜV SÜD Product Service GmbH

Bernhard Linseisen, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR)

Carsten Lorenz, Fiorentini Deutschland GmbH

Dr. Martin Lotze, SCHOTT AG

Torsten Lotze, Avacon Netz GmbH

Roman Ludwig, Bender GmbH&Co.KG

Dr. Georg Mair, Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM)

Raphael Mayer

Dr.-Ing. Berthold Melcher, Hydrogenious LOHC Technologies GmbH

Nina Menke, Orsted Germany GmbH

Dr. Jasmin Menzel, Freudenberg Technology Innovation SE & Co. KG

David A. Merbecks, Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e.V. (DVGW)

Christian Metz, RMG Messtechnik GmbH

Dr. Rüdiger Meyer, Phoenix Contact GmbH & Co. KG

Dr. Susann Monse (geb. Ludwig), Projekt „H₂Giga – Technologieplattform Elektrolyse“, DBI Freiberg

Suell Mües, Akkodis / Akka Germany GmbH / EVIA Aero GmbH

Dimitiri Neimann, Neiko GmbH & Co. KG

Holger Neumann, Karlsruher Institut für Technologie (KIT)

Alexander Pilz-Lansley, Hydrogenious LOHC Technologies GmbH

Björn Poga, Berufsgenossenschaft Rohstoffe und chemische Industrie

Matthias Raisch, Bosch Industriekessel GmbH

Daniel Rathgeb, Netze BW GmbH

Baptiste Ravinel, Daimler Truck AG

Matthias Reinecke, Covestro Deutschland AG

Dr.-Ing. Michael Rhode, Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM)

Frank Saß, Siemens AG

Gerd Schaldach, Gasnetz Hamburg GmbH

Daniel Schallenberg, TÜV Rheinland Industrie Service GmbH

Prof. Joachim Schenk, Hochschule München

Marc Schenk, TÜV Rheinland Industrie Service GmbH

Kristin Schindzielarz, ONTRAS Gastransport GmbH

Dr.-Ing. Steffen Schirrmeister, thyssenkrupp Uhde GmbH

Volker Schmidt, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e. V. (DLR)

Dr.-Ing. Dirk Schmidt, Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM)

Christoph Schmidt, L.U.T.A. Konstruktionsbüro GmbH

Dott.ssa Ing. Silvia Schmiedhofer, GKN Hydrogen

Christian Schraube, EIFER Europäisches Institut f. Energieforschung

Reinhard Schu, EcoEnergy Gesellschaft für Energie- und Umwelttechnik mbH

Albert Schücker, Westnetz GmbH

Kai-Uwe Schuhmann, Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e. V. (DVGW)

Martin Schwagereit, SMS group GmbH

Claudio Schwalfenberg, TÜV NORD EnSys GmbH & Co. KG

Eckhard Schwendemann

Jan Schymassek, Avacon Netz GmbH

Jörg Seiffert, Uniper Technologies GmbH

Dipl.-Ing. Nicole Sohn, TÜV NORD Systems GmbH & Co. KG

David Stahl, Gasnetz Hamburg GmbH

Holger Stange

Dr. Simon Stehle, Eisenbau Heilbronn

Olaf Steinbach, CeH4 technologies GmbH

Andreas Strauß, DVGW Forschungsstelle

Sebastian Stypka, Air Liquide Advanced Technologies GmbH

Iman Tamaddony-Awal, Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e. V. (VDMA)

Dr. Klaus Taube, Helmholtz-Zentrum hereon GmbH

Dr.-Ing. Géraldine Theiler, Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM)



Dr.-Ing. Ken Wackermann, Fraunhofer-Institut für Werkstoffmechanik IWM

Michael Wehner, ELAFLEX HIBY GmbH & Co. KG

Christoph Weishaar, Pilz GmbH & Co. KG

Tolga Wichmann, TÜV SÜD Rail GmbH

Martin Wicker, Karl Dungs GmbH & Co. KG

Martin Wiedemann, MAN ES

Tobias Wiegleb, ONTRAS Gastransport GmbH

Prof. Dr. Winfried Wilke, TH Würzburg-Schweinfurt

Markus Winkler, DEUTZ AG

Claudia Wolf, Deutsche Bahn

Dr. Lukas Wunderlich, en2x – Wirtschaftsverband Fuels und Energie e. V.

Dr. Hüseyin Yilmaz, Liqvis GmbH

Gunther Zeitzmann, Deutsches Maritimes Zentrum e. V. (DMZ)

Jürg Ziegenbalg, MITNETZ GAS GmbH

Alexandra Ziegler, WIKA Alexander Wiegand SE & Co. KG

Sebastian Zimmerling, vgbe energy e. V.

Dr. Gert Zinke, BIBB Bundesinstitut für Berufsbildung

Mitarbeitende

Jan Adolph, HPS Home Power Solutions AG

Prof. Dr. Carsten Ahrens, Jadehochschule in Oldenburg

Dr. Maryam Akhlaghi, Bürkert Werke GmbH & Co. KG

Steffen Alt, Adolf Schuch GmbH

Dr.-Ing. Michael Altgott, WALTEC Maschinen GmbH

Jochen Althaus, Vako GmbH & Co. KG

Aura Alvarado de la Barrera, DEEP.KBB GmbH

Bert Anders, Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB)

Mirko Ante, GKN Hydrogen

Matthias Arlt, Bürkert Werke GmbH & Co. KG

Simon Auer, GKN Hydrogen

Nazlim Bagcivan, Schaeffler Technologies AG & Co. KG

Thu Trang Bähr, DIN e. V.

Michael Bakman, Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena)

Christoph Banek, Avacon Netz GmbH

Eva Bär, Air Liquide

Dr. Christian Barczus, HANS HENNIG GmbH

Dr. Ralph Bäßler, Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM)

Dominik Batz, ifm-Unternehmensgruppe

Michael Bauer, Buschjost GmbH

Miriam Bäuerle, Gas- und Wärme-Institut Essen e. V.

Dr. Daniela Baumann, DBI Gas- und Umwelttechnik GmbH

Alexander Bäumer, Elster GmbH Honeywell

Sven Bätzner, Witzenmann GmbH

Josef Beckmann

Martin Beikircher, GKN Hydrogen

Tobias Beisel, Freudenberg Filtration Technologies GmbH & Co. KG

Lorenz Beister, Hynergy GmbH

Jost Berg, SGB GmbH

David Berger, Stadler Rail AG

Yvonne Bergner-Welch, Brunel GmbH

Felix Bexter, IWT-Solutions AG

Christian Blecking, Kupferverband e.V.

Philipp Blickling, Materialprüfungsamt NRW, Dortmund

Astrid Bludau, RWE Technology International GmbH

Mathias Böhm, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR)

Christian Borgen, Anlagentechnik SHK

Felicitas Börner, Witzenmann GmbH

Ingo Böttjer, wesernetz Bremen

Marc Bovenschulte, VDI/VDE Innovation + Technik GmbH

Holger Brauer, Mannesmann Line Pipe GmbH

Andreas Braun, Zentralverband Sanitär Heizung (ZVSHK)

Michael Braun, Medienhaus Waltrop

Volker Bräutigam, Diehl Brass Solutions Stiftung & Co. KG

Dr. Bernd Broeckmann, INBUREX Consulting GmbH

Jutta Brüning, TÜV NORD EnSys GmbH & Co. KG

Tobias Brunner, Hynergy GmbH

Stefan Burger, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR)

Merima Causevic, Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e.V. (DVGW)

Rami Chahroui, EIFER Europäisches Institut f. Energieforschung

Tim Christians, Maximator GmbH

Elena Chvanova, HIC Hamburg Institut Consulting GmbH

Sebastian Cichowski, RWE

Jan Condé-Wolter, TU Dresden, Institut für Leichtbau und Kunststofftechnik

Dr. Emmanuel Costalas, Bürkert Werke GmbH & Co. KG

Prof. Dr.-Ing. Walter Czarnetzki, Hochschule Esslingen

Dipl.-Ing. Burkhard Dehn, Gasunie Deutschland Technical Services GmbH

Uwe Deptolla, Ademco 2 GmbH (Resideo)

Dennie Dewald, cellcentric GmbH & Co. KG

Alexander Diebold, Siemens AG

Achim Diedrichs, Ipsen International

Mathias Diekjakobs, Hengst SE

Kevin Dieter, Becker Technologies

Matz Dietrich, ZBT GmbH

Hermann Dinkler, TÜV-Verband e.V.

Andreas Dittmar, TÜV SÜD Industrie Service GmbH

Thomas Dittrich, ONTRAS Gastransport GmbH

Eike Dölschner, Innovationsberatung

Dipl.-Ing. Ulv Donat, Flowserve Essen GmbH

Laura Droste, Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena)

Marc Dünow, Graforce GmbH

Daniel Duschek, Cryomotive GmbH

Dr.-Ing. Fabian Dwenger, TÜV SÜD Energietechnik GmbH Baden-Württemberg



Volker Dziuba, en2x – Wirtschaftsverband Fuels und Energie e. V.

Christopher Eastburn

Jan Eberbach, Europäisches Institut für Energieforschung EWIV

Johannes Eberhardt

Peter Eckert, Siemens Mobility GMBH

Robert Eckert, Aliaxis Deutschland GmbH

Dr. Matthias Eisenbrand, Berufsgenossenschaft Holz und Metall

Zinelabedin El Aamraoui, ZBT GmbH

Philipp Endres, Enapter

Dr. Christopher Tom Engler, TÜV SÜD Industrie Service GmbH

Nina Erini, KION Group AG

Kjell Erxleben, Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM)

Daniel Evers, Wystrach GmbH

Felix Fahling, Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e. V. (DVGW)

Thomas Felkl, BIBB Bundesinstitut für Berufsbildung

Dipl.-Ing. Werner Fellner, thyssenkrupp nucera AG & Co. KGaA

Hartmut Finger, Hauser Umwelt-Service GmbH

Dr. Ralph Fischer, Akkodis Germany Consulting GmbH

Matthias Fixemer, Biosphären-Stadtwerke GmbH & Co. KG

Daniel Frank, DECHEMA e. V.

Wiebke Friebe, Airbus Operations GmbH

Jörg Fröbel, ESK GmbH

Daniel Fuchs, WIKA Alexander Wiegand SE & Co. KG

Dr. rer. nat. Bettina Fuchs, Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg (ZSW)

Jürgen Fuchs, öbuv Sachverständiger Mess- und Abrechnungswesen Energie (Strom, Gas)

Günter Gabriel, Pepperl+Fuchs SE

Martin Gallmetzer, GKN Hydrogen

Jens Ganswind-Eyberg, vgbe energy e. V.

Bodo Gerold, TÜV SÜD Energietechnik GmbH Baden-Württemberg

Daniel Gersdorf

Dr. Bert Geyer, GRS gGmbH

René Gierden, EMCEL GmbH

Eugen Giesbrecht, PHOENIX CONTACT Deutschland GmbH

Uwe Gießler, DEUTZ AG

Armin Glaser, Pilz GmbH & Co. KG

Andreas Glauber, Diehl Brass Solutions Stiftung & Co. KG

Felix Glaunsinger, Deutscher Wasserstoff-Verband (DWW) e. V.

Thomas Gnoss, Siemens AG

Dr. Claudia Godard, Freudenberg Technology Innovation SE & Co. KG

Thomas Goldmann, eg factory GmbH

Boris Göppert, TÜV NORD Systems GmbH & Co. KG

Jan Gottesleben

Claudia Großmann

Andreas Guntermann, swb Services AG & Co. KG

Stephan Günzel, Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM)

Thomas Gut,

Patric Haas, Georg Fischer Piping Systems Ltd

Efi Hadjixenophontos, cellcentric GmbH & Co. KG

Manuel Hagemann, TÜV NORD Mobilität GmbH & Co. KG

Christopher Halfpap, BENTELER Steel/Tube GmbH & Co. KG

Dr. Claudia Hamacher, Shell Deutschland GmbH

Maximilian Haselberger, HiSolutions AG

Simon Heienbrock, Hochschule Esslingen

Clemens Heitsch, Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit gGmbH

Johannes Helldobler, Gummiwerk KRAIBURG GmbH & Co. KG

Dr. Laura Marie Henning, Hengst SE

Emanuel Hensel, Faszination Aquarium GmbH

Norbert Henze, Fraunhofer IEE

Stefan Heppes, SGS Germany GmbH

Thomas Hermann, TÜV SÜD Energietechnik GmbH

Mechthild Herpe, BENTELER Steel/Tube GmbH & Co. KG

Katja Heythekker, Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e. V. (DVGW)

Thomas Hild, DECHEMA e. V.

Udo Hillermann, TÜV NORD Systems GmbH & Co. KG

Thorsten Hillesheim, Freudenberg Sealing Technologies

Michael Hirsch, Profiroll Technologies GmbH

Alexander Hobt, FORM+TEST Seidner & Co. GmbH

Anne-Marie Hof, Georg Fischer GmbH

Thomas Hoffert, Siemens AG

Janosch Hoffmann, Staatliches Gewerbeaufsichtsamt Hildesheim

Sören Holdt, Westnetz GmbH

Dr. Johannes Holler, WIKA Alexander Wiegand SE & Co. KG

Kevin Hoppe, Hengst SE

Norbert Hörmann, TÜV SÜD Industrie Service GmbH

Prof. Dr.-Ing. Arnulf Hörtnagl, Technische Hochschule Würzburg-Schweinfurt

Andreas Huber, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e. V. (DLR)

Franz Huber, Linde Material Handling GmbH

Valerie Huber-Lohr, Siemens AG

Pierre Huck, TÜV SÜD Industrie Service GmbH

Martin Hücking, SGB GmbH

Arno Hummel, Kaiser Spezialartikel GmbH

Kristian Hurtig, Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e. V. (DVGW)

Andreas Hüttemann, Rohrleitungsbauverband e. V.

Andreas Ismaier, Hydrogenious LOHC Technologies GmbH

Sandra Jänicke

Markus Jenne, Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg (ZSW)

Prof. Dr.-Ing Marco Jung, Hochschule Bonn-Rhein-Sieg



Dr. Sabrina Jung, Projekt „H₂Giga – Technologieplattform Elektrolyse“, DBI - Gastechnologisches Institut gGmbH
Freiberg

Mike Jurischka, TÜV NORD Systems GmbH & Co. KG

Manuel Kabisch, Alstom Transport Deutschland GmbH

Gunnar Kaestle

Sebastian Kaiser, Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM)

Heinrich Käuper, PHOENIX CONTACT Electronics GmbH

Dr.-Ing. Torsten Kehr, Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM)

Nico Keller, HZwo e.V.

Werner Kinnen, DVGW CERT GmbH

Patrick Kirschbauer, Rädlinger primus line GmbH

Olesya Kister, BASF SE

Christoph Klaassen, TU Wien / Institute of Energy and Thermodynamics

Denise Klemke

Philipp Klose, Friesen Elektra Green Energy AG

Rainer Kloth, SABIC Europe B. V.

Andre Klunker, GUT Zertifizierungsgesellschaft für Managementsysteme – Umweltgutachter

Alexander Knaak, Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB)

Dr. Ing. Richard Knobloch, Stahl Institut VDEh, Düsseldorf

Torben Knoke, ARI Armaturen GmbH & Co. KG

Alexander Koch, Herberholz GmbH

Marcel Koch, Lausitz Energie Kraftwerke AG

Alexander Köhne, Hydrogenity

Marcel Konrad

Hans-Reinhold Körber, Hans Körber GmbH

Andre Koring, Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e.V. (VDMA)

Dominic Koser, DIN-Normenstelle Schiffs- und Meerestechnik

Uwe Koslowsky, Gilbarco GmbH

Stephan Kottal, ARCA Regler GmbH

Björn Kraft, GASCADE Gastransport GmbH

Phillip Krämer, Paul Wurth

Sebastian Krause, Elco Burners GmbH

Kevin Kroh, Mannesmann Line Pipe GmbH

Frank Michael Krokowski, Viega GmbH & Co. KG

Olaf Kruck

Dr. Anna Maria Krumbholz, WIKA Alexander Wiegand SE & Co. KG

Paul Kubella, Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena)

Susanne Kuchling, DGMK e.V.

Doreen Kückelmann, vgabe energy e.V.

Olaf Kuhlmann, Siemens Energy

Dr. Maximilian Kuhn, HyStandards GmbH

Volker Kühner

Ralf Kulesa, Garlock GmbH

Michael Kunert

Matthias Kuntz, Robert Bosch GmbH

Dr.-Ing. Tom Kurdewan, Witzenmann GmbH

Hrvoje Lalic, Robert Bosch GmbH

Thomas Lampe, Karl Dungs GmbH & Co. KG

Marco Lampert, Netze-Gesellschaft Südwest mbH

Günter Lang, W.L. Gore & Associates GmbH

Stefan Langhanki, ATEEL S.a r.l.

Bernd Langhein, Gasnetz Hamburg GmbH

Friedericke Lassen, Deutscher Wasserstoff-Verband (DWW) e.V.

Heiko Leinfelder, SGL Carbon

Dorothee Lemken, ZBT GmbH

Sebastian Lenzen, ARCA Regler GmbH

Markus Lermen, Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e.V. (DVGW)

Dr. Christian Lessmeier, BENTELER Steel/Tube GmbH & Co. KG

Jan Lillie, Bundesverband Erdgas, Erdöl und Geoenergie e.V.

Stefan Lindner, ONTRAS Gastransport GmbH

Gregor Lipinski, vgebe energy e.V.

Bernd Loder, VERBUND Green Hydrogen

Jurgen Louis, HEROSE GmbH

Thomas Lübke, INNIO Jenbacher GmbH & Co OG

Andreas Lucht Uribe, DECHEMA e.V.

Katja Lyons, EKPO Fuel Cell Technologies GmbH

Dr.-Ing. Clemens Majer, Robert Bosch GmbH

Stefan Malcharek, Siemens AG

Dr. Benedikt Martin, H2-SysTech

Ignacio Martinez Alonso, Rolls-Royce Solutions GmbH

Milenko Matosic, International Renewable Energy Agency (IRENA)

Sebastian Matthes, Günter-Köhler-Institut für Fügetechnik und Werkstoffprüfung GmbH

Wolfgang May, Air Liquide Global E&C Solutions Germany GmbH

Dr.-Ing. Tobias Mente, Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM)

Bettina Merk, H-TEC SYSTEMS GmbH

Dr. Matthias Meyer, TÜV NORD Systems GmbH & Co. KG

Mansour Mhaede, PILLER Blowers & Compressors

Matteo Micheli, Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena)

Florian Michl, TÜV SÜD Industrie Service GmbH

Falk Miethling, DEKRA Automobil GmbH

Steffen Mika, BARTEC GmbH

Marco Milanovic, Siemens AG

Robert Millner, Primetals Technologies Austria GmbH

Christian Moeller, Ademco 2 GmbH (Resideo)

Mathis Mohr, PHOENIX CONTACT Deutschland GmbH

Stephan Mönchinger, Fraunhofer IPK

Sven Morgen, Deutscher Wasserstoff-Verband (DWW) e.V.

Simon Morgeneuer, Deutscher Wasserstoff-Verband (DWW) e.V.

Marcus Moritz, SOL Deutschland GmbH

Felix Müller, VNG Handel & Vertrieb GmbH



Johannes Müller, TEADIT

Sebastian Müller, Hydrogenious LOHC Technologies GmbH

Dr. Wilfried Mussack, Schramm & Partner AG

Beate Nagel, Technische Akademie Esslingen e. V.

Peter Nattrodt, DBI – Gastechnologisches Institut gGmbH
Freiburg

Asad Nazari

Oliver Neiske, Parker Hannifin

Thomas Neithardt, Witzenmann GmbH

Gesa Netzeband, DGMK e. V.

Dr. Katrin Netzel, BP Europa SE

Kornelius Neue, GKN Hydrogen

Sebastian Neugebauer, Bonn-Netz GmbH

Susanne Neuhaus genannt Wever, Bezirksregierung
Arnsberg

Guido Neuhaus, RWE Gas Storage West GmbH

Jan Neuhaus, Uniper Energy Storage GmbH, Düsseldorf

Maximilian Neumann, HPS Home Power Solutions AG

Dr. Thomas Nietsch, ABO Wind AG

Björn Niggel, en2x – Wirtschaftsverband Fuels und Energie e. V.

Raphael Nold, ZELTWANGER Leaktesting & Automation GmbH

Pavel Novak, Argo-Anleg Tank Systems GmbH

Mahmoud Odabai, ARCA Regler GmbH

Thomas Oesselke, PHOENIX CONTACT Electronics GmbH

Heiner Oesterlin, Fraunhofer Institut für Werkstoffmechanik
IWM

David Ohm, Medenus Gas-Druckregeltechnik GmbH

Dr. Kristoffer Ooms, Forschungsinstitut für Wasserwirtschaft
und Klimazukunft an der RWTH Aachen e. V.

Christian Opitz von Boberfeld, Deutscher Verein des Gas-
und Wasserfaches e. V. (DVGW)

Clemens Orlishausen, Deutscher Wasserstoff-Verband (DWW)
e. V.

Robert Orosz, VDEH, Normenausschuss Eisen und Stahl (FES)

Frank Ortmann, TOX® PRESSOTECHNIK GmbH & Co. KG

Markus Ostermeier, ostermeier H2hydrogen Solutions GmbH

Frank Otremba, NPROXX

Daniel Patzke, EDL Anlagenbau GmbH

Mihael Paulus, H-TEC SYSTEMS GmbH

Thomas Penzlin, TÜV Technische Überwachung
Hessen GmbH

Juliane Petrich

De-Niang Maria Peymandar, Siemens Mobility GmbH

Uwe Pfannschmidt, Decarb GmbH & Co. KG

Sabine Pintaske, Siemens AG

Thimo Planert, HPS Home Power Solutions AG

Rainer Plückebaum

Marco Pola, ONTRAS Gastransport GmbH

Dr. Stefan Pötting, TÜV NORD Systems GmbH & Co. KG

Harald Pott, PH Industrie-Hydraulik GmbH & Co. KG

Siegfried Praun, V&F Analyse- und Messtechnik GmbH

Henrik J. Putzer, cogitron GmbH

Gesa Quistorf, Fraunhofer IWES

Günther Rabanser, Robert Bosch GmbH

Mustafa Rahim, Siemens Energy

Thomas Rechin, Robert Bosch GmbH

Christoph Reck, cellcentric GmbH & Co. KG

Carsten Reekers

Dipl.-Ing. Anita Rehor, IWT Ingenieurbüro Wasserwirtschaft
Tiefbautechnik

Dirk Reichert, Desotec

Tobias Reidl, Fraunhofer-Center für Maritime Logistik und
Dienstleistungen CML

Christian Reiss, Schaeffler Technologies AG & Co. KG

Prof. Dr.-Ing. Stephanie Renner, Technische Hochschule
Würzburg-Schweinfurt

Timo Richert, Lhyfe Germany GmbH

Matthias Richter, Bundesanstalt für Materialforschung und
-prüfung (BAM)

Stefan Rieblinger

Matia Riemer, Fraunhofer-Institut für System- und
Innovationsforschung ISI

Patrick Ring, J. M. Voith SE & Co. KG | VTA

Dietrich Ritzinger, Freudenberg Technology Innovation
SE & Co. KG

Prof. Lars Röntzsch, Brandenburgische Technische
Universität

Stephan Rose, ARCA Regler GmbH

Hubertus Rosenow, thyssenkrupp nucera AG & Co. KGaA

Lukas Roß, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e. V.
(DLR)

Frank Rößler, MoviaTec GmbH

Dr. Andre Rother, WIKA Alexander Wiegand SE & Co. KG

Dr. Annette Röttger, Physikalisch-Technische Bundesanstalt
(PTB)

Andreas Ruch, ARu

Jonas Ruckes, Siemens Mobility GmbH

Dr. Jörg Sager, TÜV SÜD Industrie Service GmbH

Katja Sagurna, Gas- und Wärme-Institut Essen e. V.

Jorge Salazar, Max-Planck-Institut für Chemische
Energiekonversion

Daniele Salvatore

Timo Sauer, elenia Institut für Hochspannungstechnik und
Energiesysteme, TU Braunschweig

Dipl.-Ing. Stephan Schacht

Jonathan Schaffner, Rohrbogen AG

Dr. Marc Schalles

Klaus Schick, RMA Mess- und Regeltechnik GmbH & Co. KG

Marc Schmeißer, Bürkert Werke GmbH & Co. KG

Simon W. Schmeisser, Simon W. Schmeisser Brandschutz-
beauftragter

Jochen Schmid, BASF SE

Wolfram Schmid, Berufsgenossenschaft Holz und Metall

Andreas Schmidt, Dekra Automobil GmbH

Marina Schmidt, Deutsches Zentrum für Luft- und Raum-
fahrt e. V. (DLR)



Dr. Roland Schmidt, Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB)

Thanh Ha Schmidt, SCHULZ Systemtechnik GmbH

Uwe Schmidt

Prof. Kay Schmidt-Rethmeier, FH Kiel

Heinz Schmitz, its-Schmitz, innovative technische Schulungen

Simon Schneller, MicroPyros BioEnerTec GmbH

Bernhard Scholtissek, Uniper Hydrogen GmbH

Dr.-Ing. Steffen Schönborn, Fraunhofer-Institut für Betriebsfestigkeit und Systemzuverlässigkeit LBF

Horst Schonsky, Umweltbundesamt

Andreas Schrader, Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e.V. (DVGW)

Benjamin Schreider, Audi AG

Holger Schroers, W.L. Gore & Associates GmbH

Kirsten Schu, EcoEnergy Gesellschaft für Energie- und Umwelttechnik mbH

Jan Schwämmlein, cellcentric GmbH & Co. KG

Sebastian Schwan, WIKA Alexander Wiegand SE & Co. KG

Michael Schwenk, Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e.V. (DVGW)

Mark Schwidden, VERBUND Energy4Business Germany GmbH

Agnes Schwigon

Daniel Schwingshackl, GKN Hydrogen

Martin Sekura, TÜV SÜD Product Service GmbH

Maïke-Katharina Senk, Institut für Industrial Ecology, Hochschule Pforzheim

Thomas Sentko, DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik

Deniz Serifsoy, DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik

Isabell Serwas, Berufsgenossenschaft Holz und Metall

Benedikt Seyb, EnBW Energie Baden-Württemberg AG

Dipl.-Ing. (FH) Rüdiger Seyfried, H-TEC SYSTEMS GmbH

Ron Siewertsen, Freudenberg Technology Innovation SE & Co. KG

Ramona Simon, DECHEMA e.V.

Dr. Philipp Skoda, Sanha GmbH & Co. KG

Frank Skrzypinski, Rolls-Royce Solutions GmbH

Dr. Oded Sobol, Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM)

Rolf Sonderkamp, Endress + Hauser

Martin Sonnenberg, Brandschutzbüro Monika Tegtmeyer

Birte Sönnichsen, Deutscher Wasserstoff-Verband (DWW) e.V.

Christian Spitta, ZBT GmbH

Sebastian Spitzer

Dr. Gunther Sproesser, TÜV Rheinland Industrie Service GmbH

Erik Stabenow

Katrin Staps, eurocylinder systems AG

Helmut Stecha, IWT Ingenieurbüro Wasserwirtschaft Tiefbautechnik

Johannes Stein, DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik

Daniel Steinbach, Hydrogenious LOHC Technologies GmbH

Peter Stenzel, TH Köln

Jonas Stephan, RWE Technology International GmbH

Maximilian Stoermer, DVGW CERT GmbH

Felix Storck, TÜV NORD EnSys GmbH & Co. KG

Marco Storck, technotrans SE

Piotr Strauch, Siemens AG

Philipp Streek, Deutsches Zentrum für Schienenverkehrsforschung

Michael Streuselberger, Bundesministerium für Arbeit und Wirtschaft – Zentralarbeitsinspektorat

Christian Suhling, ScanDiesel GmbH

Claudia Tautorus, TÜV-Verband e. V.

Richard Taylor

André Tenbrock-Ingenhorst, RWE Gas Storage West GmbH

Sven Tenge

Daniela Terbeck, Wasserstoff Entwicklungs GmbH & Co. KG

Dr.-Ing. Martin Thedens, Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB) Braunschweig

Norman Thiele, Borsig ValveTech GmbH

Richard Thiessen, thyssenkrupp Steel Europe

Jana Thomann, Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI

Dr. rer. nat. Carlo Tiebe, Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM)

Kristof Tönges, Open Grid Europe GmbH

Ulrich Trebbe, Bilfinger

Dirk Trinkmann, MITNETZ GAS GmbH

Martin Ufert, Fraunhofer IVI

Nils Ulrich, Dr. Ing. Max Schlötter GmbH & Co. KG

Manuel Ungermann, PHOENIX CONTACT Electronics GmbH

Jürgen Uppenkamp, Institut für Arbeitsschutz IFA der DGUV

Dr. rer. nat. Vladimir Valter, Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg (ZSW)

Tobias van Almsick, OGE

Tobias Van Hasselt, TÜV NORD

Hermann van Laak, Evonik Operations GmbH

Igor Varfolomeev, Fraunhofer Freiburg

Mariana Vaz Sigoli, Siemens AG

Thomas Velling, DEKRA Automobil GmbH

Doris Vespermann, Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ)

Daniela Vill, Afriso Amorbach

Anastasios Vlassis, TÜV NORD EnSys GmbH & Co. KG

Sven Vöhler

Uwe Voigt

Ralph Vollerthun, GTiTP

Michael Von der Lohe, Hydrogenious LOHC Technologies NRW

Maximilian von Hößlin, TÜV SÜD Industrie Service GmbH

Heino von Meyer, International PtX Hub

Jakob Wachsmuth, Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI

Manuela Wagner, TÜV NORD Systems GmbH & Co. KG

Joachim Wallbrecht, GasScon



Dominic Walter, Hüttentechnische Vereinigung der deutschen Glasindustrie (HVG) e.V.

Thomas Walther, TÜV NORD

Michael Walz, Technische Akademie Esslingen e.V.

Thomas Wannemacher, Proton Motor Fuel Cell GmbH

Prof. Dr. Mona Wappler, Hochschule Rhein-Waal

Dennis Wäsche, LPR Energy GmbH

Prof. Dr.-Ing. Holger Watter, Hochschule Flensburg und DIN NSMT

Björn Weidmann, TÜV NORD Systems GmbH & Co. KG

Wolfgang Weinbrecht, Witzenmann GmbH

Dr. Klaus-Peter Weiss, Karlsruher Institut für Technologie (KIT)

Florian, Werner, TEADIT

Torsten Werner, Linde Engineering GmbH

Anne Westhues, DEEP.KBB GmbH

Stephan Weyand, Witzenmann GmbH

Andreas Wiegrefe, Hübner GmbH & Co. KG

Johannes Wilhelmer, Stadler Rail Management AG

Dr. Michael Winkler, en2x – Wirtschaftsverband Fuels und Energie e.V.

Dr. Nicholas Winzer, thyssenkrupp Steel Europe

Michael Wittler, DEKRA Testing and Certification G

Dr. Cora Wohlgemuth-Ueberwasser, en2x – Wirtschaftsverband Fuels und Energie e.V.

Dr. Frank Wohnsland, Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e.V. (VDMA)

Alexander Wooning, Sunfire GmbH

Prof. Dr. Ralf Wörner, Hochschule Esslingen

Max Wurm, Rational F+E GmbH

Zeynep Yigit-Rohde, Siemens Energy Global GmbH & Co. KG

Georg Zagler, GKN Hydrogen

Peter Zangl, TÜV SÜD Industrie Service GmbH

Dr. Helmut Zellner, Gunvor Refinery Ingolstadt GmbH

Patrick Zimmerman, Fraunhofer-Center für Maritime Logistik und Dienstleistungen CML

Sebastian Zirm, GKN Hydrogen

Gremienleitende

Holger Alwast, Alwast Consulting

UAK 2.2 – Speicherung

UAK 3.2 – Industrie

AG 3.2.2 – PtX

Prof. Dr.-Ing. Thorsten Arnhold, R. STAHL AG

AG 5.1.3 – Explosionsschutz

Maik Bäcker, EWE NETZ GmbH

AG 2.1.2 – Transportleitungen

Tobias Böhm, Schwank GmbH

AG 3.3.3 – Gewerbliche Anwendungen

Gerrit Brunken, nPlan GmbH

AG 2.1.3 – Anlagentechnik

Dr. Frank Burmeister, Gas- und Wärme-Institut Essen e.V.

AG 3.3.1 – Häusliche Anwendungen

Dr. Karl-Günther Dalsaß, Karl Dungs GmbH & Co. KG

AG 3.3.2 – Controls

Tatiana Demeusy, EnBW Energie Baden-Württemberg AG
AG 1.2.2 – Nachweisführung und Nachhaltigkeitsaspekte für Wasserstoff (Bereich: Nachweisführung)

Christian Deßloch, DA | Deßloch Advisory

AG 1.1.1 – Elektrolyse

stellv. Leitung AG 1.1.2 – Andere Erzeugungsarten

Ute Fischer, ONTRAS Gastransport GmbH

AG 4.3.1 – Bauteile Infrastruktur

Ingo Forstner, BVEG

UAK 2.2 – Speicherung

AG 2.2.3 – Untertage-Gasspeicher

Ignacio Garcia-Lorenzana, Hyundai Motor Europe Technical Center

AG 3.4.2 – Straßenverkehrsfahrzeuge

Maik Gerstenberg, Projektträger Luftfahrtforschung (PT-LF),
Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e. V. (DLR)

AG 3.4.5 – Luftfahrt

Arne Gmerek, figawa

UAK 3.3 – Wärme

Arjen Goorse, Carneades Hydrogen GmbH

stellv. Leitung AG 1.2.1 – Wasserstoffbeschaffenheit

Jens Hälbig, RWE Power AG

AG 3.1.2 – Kraftwerke, Turbinen, KWK-Anlagen

Dr. Sabrina Herbst, Ernst-Abbe-Hochschule Jena

AG 5.3 – Weiterbildung

Dr. Hans Herrmann, cogitron GmbH

AG 5.1.2 – Cybersicherheit

Joerg Markus Heubischl, Projektträger Luftfahrtforschung
(PT-LF)

AG 3.4.5 – Luftfahrt

Jens Hoffmann, DVGW Forschungsstelle

AG 5.2 – Produktzertifizierung

Dr. Kai Holtappels, Bundesanstalt für Materialforschung und
-prüfung (BAM)

AK 4 – Qualitätsinfrastruktur

Prof. Dr. Lars Jürgensen, Hochschule Bremen

UAK 1.1 – Erzeugungsanlagen

Heinrich Kipphardt, Bundesanstalt für Materialforschung
und -prüfung (BAM)

UAK 4.1 – Messtechnik

Jürgen Klement, Ing.-Büro Klement

UAK 4.3 – Bauteile

AG 4.3.2 – Bauteile für Anwendungen und Technologien

Johannes Knafl, Kremsmüller

AG 2.1.1 – Rohrleitungen

Dominik Knoop, Verband Deutscher Verkehrsunter-
nehmen e. V.

AG 3.4.3 – Schienenfahrzeuge

Michael Krämer, TÜV SÜD Industrie Service GmbH

AG 3.2.1 – (petro)chem. Industrie

Dr. Roland Kurte, WIKA Alexander Wiegand SE & Co. KG

stellv. Leitung AG 4.1.1 – Gasanalyse

Kim Malin Lakeit, Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena)

AK 3 – Anwendung

Carsten Lorenz, Fiorentini Deutschland GmbH

AG 4.1.2 – Wasserstoffmesstechnik und Abrechnungsverfahren

Torsten Lotze, Avacon Netz GmbH

UAK 2.1 – Transport- und Verteilnetze

Dr. Georg Mair, Bundesanstalt für Materialforschung und
-prüfung (BAM)

AG 2.2.1 – Stationäre und ortsbewegliche Druckbehälter

Christian Metz, RMG Messtechnik GmbH

AG 4.1.1 – Gasanalyse

Dr. Thorsten Michler, Fraunhofer Institut für Werkstoff-
mechanik IWM

UAK 4.2 – Werkstoffe und Materialien

Jadranka Pfautsch, NOW GmbH

UAK 3.4 – Mobilität

Rainer Quitzow, Forschungsinstitut für Nachhaltigkeit,
Helmholtz-Zentrum Potsdam



Dr. Daniel Ramb, Teckso GmbH
AG 1.2.1 – Wasserstoffbeschaffenheit

Dr. Thomas Ryll, Dr. Ryll Lab GmbH
UAK 1.2 – Wasserstoffeigenschaften

Matthias Schmidt, Uniper Hydrogen GmbH
AK 1 – Erzeugung

Volker Schmidt, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e. V. (DLR)
AK 5 – Weiterbildung, Sicherheit, Zertifizierung
AG 5.1.1 – Sicherheitstechnische Grundsätze

Dr. Bernd Schrittmesser, SCIOFLEX GmbH
stellv. UAK 4.2 – Werkstoffe und Materialien
AG 4.2.2 – Komposite und Kunststoffe

Reinhard Schu, EcoEnergy Gesellschaft für Energie- und Umwelttechnik mbH
AG 1.1.2 – Andere Erzeugungsarten

Albert Schücker, Westnetz GmbH
AG 2.1.4 – Verteilnetze

Jan Schymassek, Avacon Netz GmbH
AK 2 – Infrastruktur

Jörg Seiffert, Uniper Technologies GmbH
AG 1.1.3 – Gesamtsystemintegration

Dr.-Ing. Ken Wackermann, Fraunhofer Institut für Werkstoffmechanik IWM
UAK 4.2 – Werkstoffe und Materialien
AG 4.2.1 – Metallische Werkstoffe

Michael Wehner, ELAFLEX HIBY GmbH & Co. KG
AG 3.4.1 – Befüllungsanlagen

Christoph Weishaar, Pilz GmbH & Co. KG
UAK 5.1 – Sicherheit
AG 5.1.4 – Sicherheits- und Integritätsmanagement

Martin Wicker, Karl Dungs GmbH & Co. KG
AG 3.2.3 – Thermoprozessanlagen

Dr. Peter K. Zeeb, ZE Engineering
AG 1.2.2 – Nachweisführung und Nachhaltigkeitsaspekte
(Bereich: Nachhaltigkeitsaspekte)

Gunther Zeitzmann, Deutsches Maritimes Zentrum e. V.
(DMZ)
AG 3.4.4 – Schiffsverkehr

Sherpa des Steuerungskreises

Nikolay Bobenkov, Verband der Bahnindustrie in Deutschland e. V. (VDB)

Ricarda Dubbert, DNR, vertreten durch Deutsche Umwelthilfe e. V. (DUH)

Ilka Gitzbrecht, Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft (BDEW)

Runa Jörgens, Deutsches Maritimes Zentrum e. V. (DMZ)

Susan Jung, Bundesministerium für Digitales und Verkehr (BMDV)

Dr. Ing. Richard Knobloch, Stahl Institut VDEh, Düsseldorf

Dr. Jan Kruse, Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft (BDEW)

Dr. Maximilian Kuhn, Hydrogen Europe

Dr. Michael Pospiech, Verband akkreditierter Zertifizierungsgesellschaften e. V. (VAZ)

Markus Rotert, Bosch Home Comfort Groupe

Dr. Susanne Spörler, Helmholtz-Gesellschaft

Helena Weizel, Bundesverband der deutschen Industrie e. V. (BDI)

Gremienbetreuende und weitere Projektbeteiligte

Philipp Adam, DIN e. V.
UAK 2.2 – Speicherung
AG 2.2.1 – Stationäre und ortsbewegliche Druckbehälter

Dr. Judith Albrecht, DIN e. V.

Irem Alcioglu, DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik
Elektronik Informationstechnik

Binderiya Amgalan, DIN e. V.
AG 1.2.2 – Nachweisführung und Nachhaltigkeitsaspekte für
Wasserstoff
AG 5.1.1 – Sicherheitstechnische Grundsätze

Yavuz Anik, DIN e. V.
AG 4.2.2 – Komposite und Kunststoffe

Andrea Appel*, ehem. VDE Verband der Elektrotechnik
Elektronik Informationstechnik e. V.

Heike Arnold, DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik
Elektronik Informationstechnik
AG 5.1.3 – Explosionsschutz

Michael Bahr*, DIN e. V.
UAK 3.4 – Mobilität
AG 3.4.4 – Schiffsverkehr

Ugur Bozkas, DIN e. V.
AG 3.4.1 – Befüllungsanlagen

Yihan Chen, DIN e. V.
AG 2.2.2 – CCU/CCS

Blagoje Cirkovic, Verband Deutscher Maschinen- und
Anlagenbau e. V. (VDMA)
AG 3.1.2 – Kraftwerke, Turbinen, KWK-Anlagen
UAK 3.2 – Industrie
AG 3.2.1 – (petro)chem. Industrie
AG 3.2.3 – Thermoprozessanlagen
AG 3.2.4 – Reduktionsprozesse

Joelina Gerads, Deutscher Verein des Gas- und Wasser-
faches e. V. (DVGW)
UAK 4.3 – Bauteile
AG 4.1.2 – Wasserstoffmesstechnik und Abrechnungsverfahren
AG 5.1.4 – Sicherheits- und Integritätsmanagement

Kevin Hares, Verein Deutscher Ingenieure e. V. (VDI)
UAK 1.1 – Erzeugungsanlagen
AG 1.1.1 – Elektrolyse
AG 3.2.2 – PtX

Dennis Holzauer, NWB e. V. /DIN-FSF
AG 3.4.3 – Schienenfahrzeuge

Stefanie Jaguzny, DIN e. V.

Marko Kesic, DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik
Elektronik Informationstechnik
AG 3.4.6 – Sonder- und Spezialfahrzeuge

Dennis Klein, Deutscher Verein des Gas- und Wasser-
faches e. V. (DVGW)

Sebastian Kosslers, DKE Deutsche Kommission
Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik
AG 1.1.3 – Gesamtsystemintegration

Katharina Lachmann, DIN e. V.
AG 2.1.1 – Rohrleitungen

Sascha Man-Son Lee, DKE Deutsche Kommission
Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik
UAK 5.1 – Sicherheit

Dr. Florian Lessing*, ehem. VDE Verband der Elektrotechnik
Elektronik Informationstechnik e. V.
UAK 3.1 – Stromversorgung und Reversible Brennstoffzelle

Sebastian Lübbert, DIN e. V.
UAK 4.2 – Werkstoffe und Materialien
AG 4.2.1 – Metallische Werkstoffe

Phillip Miersch, Forum Netztechnik/Netzbetrieb im VDE
(VDE FNN)
AG 1.1.3 – Gesamtsystemintegration

David Näther, DIN e. V.
AG 3.4.5 – Luftfahrt

Daniel Pacner, Verband der Automobilindustrie e. V. (VDA)
AG 3.4.2 – Straßenverkehrsfahrzeuge

Larissa Platts, DIN e. V.

Magdalena Raskopf, DIN e. V.
AG 2.2.3 – Untertage-Gasspeicher



Florian Rieger, DIN e.V.

UAK 4.1 – Messtechnik

AG 4.1.1 – Gasanalyse

Isabelle Schaarschmidt, Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e.V. (DVGW)

AK 5 – Weiterbildung, Sicherheit, Zertifizierung

AG 5.2 – Produktzertifizierung

AG 5.3 – Weiterbildung

Michael Schmitt, DIN e.V.

AK 3 – Anwendung

AK 4 – Qualitätsinfrastruktur

Victoria Schneider, DIN e.V.

Gero Schröder-Kohlmay, DIN e.V.

AG 3.3.2 – Controls

Hanna Seefeldt*, ehem. Verein Deutscher Ingenieure e.V. (VDI)

Christian Seipel, DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik

AG 5.1.2 – Cybersicherheit

Fenja Severing, Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e.V. (DVGW)

AK 1 – Erzeugung

AG 1.1.2 – Andere Erzeugungsarten

UAK 1.2 – Wasserstoffeigenschaften

AG 1.2.1 – Wasserstoffbeschaffenheit

Karsten Skorzus, Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e.V. (DVGW)

AK 2 – Infrastruktur

UAK 2.1 – Transport- und Verteilnetze

AG 2.1.2 – Transportleitungen

AG 2.1.3 – Anlagentechnik

AG 2.1.4 – Verteilnetze

AG 2.2.4 – Verflüssigung

AG 4.3.1 – Bauteile Infrastruktur

The Anh Tran, DIN e.V.

Dr. David Urmann, DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik

UAK 3.1 – Stromversorgung und reversible Brennstoffzelle

AG 3.1.1 – Brennstoffzelle

Dr. Lydia Vogt, DIN e.V.

Christian Wiedenhöft, Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e.V. (DVGW)

UAK 3.3 – Wärme

AG 3.3.1 – Häusliche Anwendung

AG 3.3.3 – Gewerbliche Anwendungen

AG 4.3.2 – Bauteile für Anwendungen und Technologien

* ehemalige Beteiligte

12

Abbildungs- und Tabellenverzeichnis

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Übersicht nationaler Wasserstoffstrategien weltweit (Quelle: eigene Darstellung in Anlehnung an [7]).....	14	Abbildung 15: Übersicht relevanter Gremien der technischen Regelsetzung im Bereich Transportleitungen (Stand 03-2024) (Quelle: eigene Darstellung)	55
Abbildung 2: Übersicht Normungsorganisationen und Institutionen der technischen Regelsetzung (Quelle: eigene Darstellung)	19	Abbildung 16: Übersicht relevanter Gremien der technischen Regelsetzung im Bereich Anlagentechnik (Stand 03-2024) (Quelle: eigene Darstellung)	58
Abbildung 3: Ziele der NRM H2 (Quelle: eigene Darstellung).....	25	Abbildung 17: Übersicht relevanter Gremien der technischen Regelsetzung im Bereich Verteilnetze (Stand 03-2024) (Quelle: eigene Darstellung)	63
Abbildung 4: Interessengruppen-Beteiligung nach Arbeitgeber (Quelle: eigene Darstellung)	26	Abbildung 18: Übersicht relevanter Gremien der technischen Regelsetzung im Bereich Stationäre und ortsbewegliche Druckbehälter (Stand 03-2024)(Quelle: eigene Darstellung).....	67
Abbildung 5: Normungserfahrung der beteiligten Expertinnen und Experten (Quelle: eigene Darstellung)	26	Abbildung 19: Übersicht relevanter Gremien der technischen Regelsetzung im Bereich Untertage-Gasspeicher (Stand 03-2024) (Quelle: eigene Darstellung)	71
Abbildung 6: Darstellung der Gremien der NRM H2 (Quelle: eigene Darstellung)	28	Abbildung 20: Brennstoffzellen-Systemgrenzen (Quelle: DKE)	78
Abbildung 7: Projektphasen der NRM H2 (Quelle: eigene Darstellung)	29	Abbildung 21: Übersicht relevanter Gremien der technischen Regelsetzung im Bereich Brennstoffzelle (Stand 03-2024) (Quelle: eigene Darstellung)	79
Abbildung 8: Übersicht relevanter Gremien der technischen Regelsetzung im Bereich Elektrolyse (Stand 03-2024) (Quelle: eigene Darstellung)	36	Abbildung 22: Übersicht relevanter Gremien der technischen Regelsetzung im Bereich PtX (Stand 03-2024) (Quelle: eigene Darstellung)	84
Abbildung 9: Entscheidungsbaum für Standardisierungsbedarfe (Quelle: NRM H2 AG Andere Erzeugungsarten)	39	Abbildung 23: Übersicht relevanter Gremien der technischen Regelsetzung im Bereich Häusliche Anwendungen (Stand 03-2024) (Quelle: eigene Darstellung)	90
Abbildung 10: Übersicht relevanter Gremien der technischen Regelsetzung im Bereich Gesamtsystemintegration (Stand 03-2024) (Quelle: eigene Darstellung)	41	Abbildung 24: Übersicht relevanter Gremien der technischen Regelsetzung im Bereich Controls (Stand 03-2024) (Quelle: eigene Darstellung)	94
Abbildung 11: Interaktionsmodell der erweiterten SGAM-Komponentenschicht am Beispiel Wasserstoffspeicher nach IEC/TS 63200 (Quelle: [49], DKE)	41	Abbildung 25: Übersicht relevanter Gremien der technischen Regelsetzung im Bereich Gewerbliche Anwendungen (Stand 03-2024) (Quelle: eigene Darstellung)	97
Abbildung 12: Übersicht Gesamtsystemintegration H ₂ (Quelle: DKE in Anlehnung an [50]).....	42	Abbildung 26: Übersicht relevanter Gremien der technischen Regelsetzung im Bereich Befüllungsanlagen (Stand 03-2024) (Quelle: eigene Darstellung)	101
Abbildung 13: Übersicht relevanter Gremien der technischen Regelsetzung im Bereich Wasserstoffbeschaffenheit (Stand 03-2024) (Quelle: eigene Darstellung).....	44		
Abbildung 14: Übersicht relevanter Gremien der technischen Regelsetzung im Bereich Rohrleitungen (Stand 03-2024) (Quelle: eigene Darstellung)	51		

Tabellenverzeichnis

Abbildung 27: Übersicht relevanter Gremien der technischen Regelsetzung im Bereich Straßenverkehrsfahrzeuge (Stand 03-2024) (Quelle: eigene Darstellung)	104	Tabelle 1: Power-to-X-Produkte und Szenarien für deren Hochlauf [185]	85
Abbildung 28: Übersicht relevanter Gremien der technischen Regelsetzung im Bereich Schiffverkehr (Stand 03-2024) (Quelle: eigene Darstellung)	110	Tabelle 2: Umsetzungsprojekte aus der NRM H2	188
Abbildung 29: Übersicht relevanter Gremien der technischen Regelsetzung im Bereich Luftfahrt (Stand 03-2024) (Quelle: eigene Darstellung)	113	Tabelle 3: Übersicht der in den Abbildungen genannten Gremien der technischen Regelsetzung für Wasserstofftechnologien	196
Abbildung 30: Übersicht relevanter Gremien der technischen Regelsetzung im Bereich Gasanalyse (Stand 03-2024) (Quelle: eigene Darstellung)	117		
Abbildung 31: Übersicht relevanter Gremien der technischen Regelsetzung im Bereich Wasserstoffmesstechnik und Abrechnungs- verfahren (Stand 03-2024) (Quelle: eigene Darstellung)	119		
Abbildung 32: Übersicht relevanter Gremien der technischen Regelsetzung im Bereich metallische Werkstoffe (Stand 03-2024) (Quelle: eigene Darstellung)	122		
Abbildung 33: Übersicht relevanter Gremien der technischen Regelsetzung im Bereich Komposite und Kunststoffe (Stand 03-2024) (Quelle: eigene Darstellung)	128		
Abbildung 34: Übersicht relevanter Gremien der technischen Regelsetzung im Bereich Bauteile Infrastruktur (Stand 03-2024) (Quelle: eigene Darstellung)	131		
Abbildung 35: Übersicht relevanter Gremien der technischen Regelsetzung im Bereich Bauteile für Anwendungen und Technologien (Stand 03-2024) (Quelle: eigene Darstellung)	139		
Abbildung 36: Übersicht relevanter Gremien der technischen Regelsetzung im Bereich Sicherheitstechnische Grundsätze (Stand 03-2024) (Quelle: eigene Darstellung)	145		
Abbildung 37: Übersicht relevanter Gremien der technischen Regelsetzung im Bereich Cybersicherheit (Stand 03-2024) (Quelle: eigene Darstellung)	148		
Abbildung 38: Kontext Cybersecurity für die Wasserstoffnutzung (Quelle: NRM H2 AG Cybersicherheit)	150		



Bildnachweise:

Titelbild: zodar, AlexanderLimbach – stock.adobe.com

Kapiteleingangsgrafiken: arttools (S. 13), Rungaroon (S. 17), royyimzy (S. 23), 100choices (S. 33),
Marc Kunze; top images (S. 159) – stock.adobe.com

Bilder AKs: Imagecreator (S. 35), fotowunsch (S. 49), Mr Twister (S. 77), malp (S. 116),
Rostislav Sedlacek (S. 143) – stock.adobe.com

Vorwort: Christoph Winterhalter – © Eva Häberle, Michael Teigeler – © DKE,
Prof. Dr. Gerald Linke – © DVGW e.V., Marko Kurt Schreiber – © Marko Kurt Schreiber,
Hildegard Müller – © Privat, Dieter Westerkamp – © VDI e.V., Hartmut Rauen – © Privat

Grußwort BMWK: Dr. Franziska Brantner – © Edith Forster

Steuerungskreis: Dr. Kirsten Westphal – © Thomas Imo (BDEW),
Hubertus Rosenow – © Nils Röscher (thyssenkrupp nucera), Claus Brandt – © Bina-Engel,
Dr. Stefanie Brockmann – © Stahlinstitut VDEh, Jorgo Chatzimarkakis – © Justin Jin,
Dr. Stephan Finke – © DAKS, Dr. Jürgen Grönnert – © Westnetz GmbH,
Dr. Konrad Iffarth – © Privat, Dr. Joachim Kloock – © Privat, Holger Lösch – © Christian Kruppa,
Birte Lübbert – © @Bosch, Dr. Yashar Musayev – © Privat,
Sascha Müller-Kraenner – © Deutsche Umwelthilfe, Heinrich Nachtsheim – © VCI,
Michael Noll – © Open Grid Europe GmbH, Prof. Dr. Ulrich Panne – © Michael Danner,
Prof. Dr. Andreas Peschel – © Forschungszentrum Jülich, Boris Quase – © Privat,
Dr. Annette Röttger – © PTB, Kevin Schalk – © Nadja Mahjoub (Fraunhofer IWES),
Dr. Manfred Schuckert – © Privat, Axel Schuppe – © Verband der Bahnindustrie in Deutschland (VDB) e.V.,
Dr. Werner Sielschott – © Privat, Christina Tenkhoff – © Privat, Cornelius Veith – © Privat

HERAUSGEBER



DIN e. V.

Am DIN-Platz
Burggrafenstraße 6
10787 Berlin
Tel.: +49 30 2601-0
E-Mail: presse@din.de
Internet: www.din.de



**DKE Deutsche Kommission
Elektrotechnik Elektronik
Informationstechnik**

Merianstraße 28
63069 Offenbach am Main
Tel.: +49 69 6308-0
E-Mail: dke@vde.com
Internet: www.dke.de



**Deutscher Verein des Gas- und
Wasserfaches e. V. (DVGW)**

Josef-Wirmer-Straße 1-3
53123 Bonn
Internet: www.dvgw.de/



**Verein für die Normung
und Weiterentwicklung des
Bahnwesens e. V. (NWB)**

Projektbüro DIN-FSF
Rolandstraße 4
34131 Kassel
Tel.: +49 561 997918-15
Internet: www.fsf.din.de



**Verband der Automobil-
industrie e. V. (VDA)**

Behrenstraße 35
10117 Berlin
Internet: www.vda.de/de



**Verein Deutscher
Ingenieure e. V. (VDI)**

VDI-Platz 1
40468 Düsseldorf
Tel.: +49 211 6214-0
E-Mail: vdi@vdi.de
Internet: www.vdi.de



**Verband Deutscher Maschinen-
und Anlagenbau e. V. (VDMA)**

Lyoner Straße 18
60528 Frankfurt am Main
Tel.: +49 69 6603-0
E-Mail: info@vdma.org
Internet: www.vdma.org