



**NORMUNGSROADMAP
WASSERSTOFFTECHNOLOGIEN**

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energie

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

NORMUNGSROADMAP WASSERSTOFFTECHNOLOGIEN 2025

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 als
Geschäftsbereich des VDE e. V.**

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



**VDMA e. V. – Europas größter
Verband des Maschinen- und
Anlagenbaus**

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



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 Welt steht vor der maßgeblichen Herausforderung einer erfolgreichen und nachhaltigen Energiewende. Hierbei nimmt Wasserstoff als vielseitig einsetzbarer Energieträger eine wichtige Rolle in der Umstellung von fossilen zu erneuerbaren Energiequellen ein.

Ein erfolgreicher Hochlauf der Wasserstoffwirtschaft erfordert jedoch mehr als nur technologische Innovationen: Er braucht ein verlässliches, kohärentes und international anschlussfähiges technisches Regelwerk. Normen und technische Regeln schaffen die Grundlage für ein gemeinsames Verständnis über Sektor-, Länder- und Unternehmensgrenzen hinweg. Sie ermöglichen es, Prozesse zu harmonisieren, Schnittstellen zu definieren und höchste Anforderungen an Sicherheit, Effizienz, Wirtschaftlichkeit und Klimaschutz zu erfüllen.

In den vergangenen drei Jahren wurde im Rahmen eines vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWE) geförderten Verbundprojekts gemeinsam mit über 700 Experten

ein abgestimmter Fahrplan für die Standardisierung in der nationalen Wasserstoffwirtschaft entwickelt. Das Ergebnis dieser intensiven Zusammenarbeit liegt Ihnen nun mit der Veröffentlichung der Normungsroadmap Wasserstofftechnologien vor.

Als verantwortliche Projektpartner – bestehend aus nationalen Normungsorganisationen und technischen Regelsetzern – haben wir eine Plattform geschaffen, um den Stakeholdern der Wasserstoffwirtschaft die Möglichkeit zu geben, sich umfassend zum Thema Normung und technische Regelung auszutauschen, gezielt ihre Bedürfnisse einzubringen und Projekte zur Erweiterung des technischen Regelwerks voranzubringen. Auch durch den Aufbau eines umfassenden Netzwerks zu einer Vielzahl von Projekten und Initiativen konnten technische Erkenntnisse und auch Anforderungen gezielt aufgenommen und mitberücksichtigt werden.

Mit der Roadmap ist es uns gelungen, eine ganzheitliche Strategie zu erarbeiten und gleichzeitig hochprioritäre Projekte anzustoßen, um gezielt und effektiv Lücken in der Normungslandschaft zu schließen. So steht inzwischen in weiten Teilen der H₂-Wertschöpfungskette ein belastbares und praxisnahes Regelwerk zur Verfügung.

Im engen Schulterschluss mit den Stakeholdern haben wir uns erfolgreich national abgestimmt und einen gemeinsamen Fahrplan entwickelt, der als Grundlage dient, deutsche Interessen auch auf dem europäischen und internationalen Parkett erfolgreich zu vertreten.

Unser herzlicher Dank gilt allen Beteiligten für ihr außergewöhnliches Engagement, sowohl bei der Erarbeitung der Roadmap als auch bei der Ausarbeitung der technischen Regelwerke. Ohne Ihren unermüdlichen Einsatz wäre dieser Meilenstein nicht möglich gewesen.

Wir blicken voller Zuversicht auf den weiteren gemeinsamen Weg, um die verbleibenden bestehenden Lücken zu schließen. Dabei sind wir fest davon überzeugt, dass durch Normung und technische Regelsetzung die notwendigen Rahmenbedingungen für einen bürokratiearmen, effizienten und erfolgreichen Aufschwung des Wasserstoffmarktes geschaffen werden. Lassen Sie uns diese Herausforderung weiterhin gemeinsam angehen!

In diesem Sinne wünschen wir Ihnen viel Freude und erkenntnisreiche Momente bei der Lektüre.

Ihr/e



Christoph Winterhalter



Michael Teigeler



Prof. Dr. Gerald Linke



Marko Kurt Schreiber



Hildegard Müller



Dieter Westerkamp



Hartmut Rauen

(Leerseite)

STEUERUNGSKREIS

Die Mitglieder des Steuerungskreises setzen sich aus führenden Persönlichkeiten aus Politik, Wirtschaft, Wissenschaft und der Zivilgesellschaft zusammen. 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



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

stellvert. Leiter
des Steuerungskreises



Hubertus Rosenow
thyssenkrupp nucera AG &
Co. KGaA



Eva Ackermann
Bundesministerium für
Verkehr (BMV)



Dr. Stefanie Brockmann
Stahlinstitut VDEh



Jorgo Chatzimarkakis
Hydrogen Europe



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



Dr. Jürgen Gröner
Westenergie AG



Susanne von Horn
Bundesministerium für Wirt-
schaft und Energie (BMWE)



Dr. Konrad Iffarth
VAZ, vertreten durch
Enertrag



Dr. Joachim Kloock
Bundesministerium für
Forschung, Technologie und
Raumfahrt (BMFTR)



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



Birte Lübbert
Bosch Home Comfort Group



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



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



N.N.
Bundesministerium für
Wohnen, Stadtentwicklung
und Bauwesen (BMWSB)



N.N.
Deutsches Maritimes
Zentrum e.V. (DMZ)



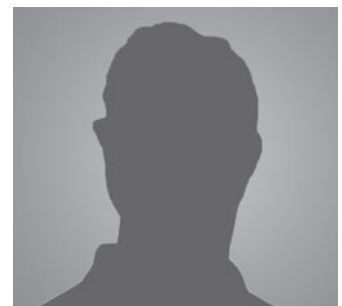
Heinrich Nachtsheim
Verband der chemischen
Industrie e.V. (VCI)



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, Klimaschutz,
Naturschutz und nukleare
Sicherheit (BMUKN)

Die Sherpa des
Steuerungskreises finden
sich auf [Seite 177](#).



ZUSAMMENFASSUNG

Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wird in dem Dokument auf die gleichzeitige Verwendung weiblicher und männlicher Sprachformen verzichtet und das generische Maskulinum verwendet. Sämtliche Personenbezeichnungen gelten gleichermaßen für alle Geschlechter.

Die Normungsroadmap Wasserstofftechnologien (NRM H2) bettet sich ein in die nationale Wasserstoffstrategie, die die Notwendigkeit einheitlicher Standards und Zertifizierungssysteme für Wasserstofftechnologien auf nationaler, europäischer und möglichst auch internationaler Ebene betont.

Im Rahmen der Erarbeitungen wurde die gesamte Wertschöpfungskette, von der Erzeugung über die Infrastruktur bis hin zur Anwendung, sowie Querschnittsbereiche wie Sicherheit, Weiterbildung, Messtechnik und Werkstoffe in 39 Arbeitsgruppen (AG) umfassend analysiert und der Status quo des bestehenden technischen Regelwerks in einer öffentlich zugänglichen Datenbank mit mehr als 1.000 gelisteten Normungsdokumenten und technischen Regeln veröffentlicht.

Verzeichnis der Normen und technischen Regelwerke für Wasserstofftechnologien

Um bestehende Lücken im technischen Regelwerk zu schließen, wurden mehr als 300 konkrete Handlungsempfehlungen für die Initiierung und Durchführung von Normungsprojekten in enger Abstimmung mit den relevanten Gremien der technischen Regelsetzung erarbeitet, priorisiert und offiziell ausgesprochen. Alle durch das Projekt ausgesprochenen Handlungsempfehlungen sind in dem Aktionsplan der Normungsroadmap Wasserstofftechnologien gelistet.

Aktionsplan Normungsroadmap Wasserstofftechnologien

Darüber hinaus erhielten 69 vorrangige und dringende Normungsprojekte gezielte finanzielle Unterstützung insbesondere für die Gremienarbeit von Experten sowie für die Gremienorganisation durch die technischen Regelsetzer und Normungsorganisationen. Positive Effekte zeigten sich in der wesentlich beschleunigten Erarbeitung der technischen Regelwerke, der breiteren Einbindung von Interessensgruppen und der Möglichkeit, europäische und internationale Sekretariate zur Ausarbeitung der entsprechenden Normungsprojekte zu besetzen. Auf die positiven Effekte wird im **Kapitel 6.2** eingegangen und Anhang I (**Abschnitt 10**) zeigt die Gesamtheit aller geförderten Umsetzungsprojekte.

Die detaillierten Ergebnisse hinsichtlich Bestandsanalyse, Reifegrad, Bedarfe, deren Umsetzung und Ausblick der in den 39 AGs erarbeiteten Themen des technischen Regelwerks für Wasserstofftechnologien sind in **Kapitel 5** umfassend aufgeführt. Die gesamte Landkarte der Reifegrade des technischen Regelwerks und eine Abschätzung der zukünftigen Entwicklung sind in **Kapitel 6.1** dargestellt.

Die Management Summary bietet einen kompakten Überblick über die zentralen Inhalte, Ergebnisse und Handlungsempfehlungen. Sie fasst die wesentlichen Punkte prägnant zusammen und dient als Grundlage für eine schnelle Orientierung.

Management Summary



Die NRM H2 hat einen wertvollen Beitrag zum Aufbau der Qualitätsinfrastruktur für Wasserstoff geleistet. Durch das Mapping wurde der Status quo transparent und übersichtlich ermittelt. Durch die Plattform aus Experten aller Bereiche der Wasserstofftechnologien wurde ein strukturierter Fahrplan für alle notwendigen Bedarfe abgeleitet, der durch die entsprechenden priorisierten Handlungsempfehlungen, die direkte Anbindung an die zuständigen Gremien der technischen Regelsetzung und die Umsetzungsprojekte dazu beigetragen hat, dass viele essenzielle Teile der Wertschöpfungskette bereits jetzt oder in naher Zukunft auf ein vollständiges technisches Regelwerk zurückgreifen können. Identifizierte Lücken und Bedarfe, die dazu dienen, Prozesse zu optimieren oder eine standardisierte Anwendung und damit Skalierung zu ermöglichen, sind bereits in Umsetzung. Auch konnten große blinde Flecken im technischen Regelwerk aufgedeckt und gezielt adressiert werden. Der Fokus für die deutsche technische Regelwerkslandschaft für Wasserstofftechnologien muss in den nächsten Jahren stark auf den Bereichen der Wasserstoffderivate sowie Untertagespeicher gelegt werden. Zusätzlich sollten die Entwicklungen im Schiffs- und Luftverkehr und bei neuen Verfahren zur Erzeugung von Wasserstoff weiterhin genau verfolgt und aktiv vorangetrieben werden, um die Anwendung und Integration von Wasserstofftechnologien in diesen Sektoren zu optimieren.

Insgesamt sind der Stand und die Entwicklungen der technischen Regelsetzung für Wasserstoff sehr positiv einzuordnen. Das vorliegende technische Regelwerk ist auf einem fortgeschrittenen Stand, berücksichtigt die notwendigen sicherheitstechnischen Anforderungen und die neuesten Erkenntnisse zur stetigen Optimierung und Weiterentwicklung, um den Markthochlauf zu beschleunigen. Sofern in den nächsten Jahren die identifizierten Lücken bearbeitet und geschlossen werden, wird die notwendige Qualitätsinfrastruktur für Wasserstoff vollumfänglich zur Verfügung stehen.

Abkürzungsverzeichnis

ABKÜRZUNG	AUSGESCHRIEBENE FORM
AA	Arbeitsausschuss
AG	Arbeitsgruppe
AD	Arbeitsgemeinschaft Druckbehälter (Working Group for Pressure Vessels)
ADN	Europäisches Übereinkommen über die internationale Beförderung gefährlicher Güter auf Binnenwasserstraßen
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
ANSI	American National Standards Institute (Amerikanisches Nationales Normungsinstitut)
ArbSchG	Arbeitsschutzgesetz
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) (ATEX-Produktrichtlinie 2014/34/EU und ATEX-Betriebsrichtlinie 1999/92/EG)
AwSV	Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen
BDEW	Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft
BetrSichV	Betriebssicherheitsverordnung
BImSchG	Bundes-Immissionsschutzgesetz
BMFTR	Bundesministerium Forschung, Technologie und Raumfahrt
BMV	Bundesministerium für Verkehr
BMWE	Bundesministerium für Wirtschaft und Energie

ABKÜRZUNG	AUSGESCHRIEBENE FORM
BVEG	Bundesverband Erdgas, Erdöl und Geoenergie e. V.
CCU	Carbon Capture and Utilization (Kohlenstoffabscheidung und -nutzung)
CE	Conformité Européenne (Europäische Konformität)
CEN	European Committee for Standardization (Europäisches Komitee für Normung)
CENELEC	European Committee for Electrotechnical Standardization (Europäisches Komitee für elektrotechnische Normung)
CEN TC	CEN Technical Committee
CESNI	European Standard laying down Technical Requirements for Inland Navigation vessels (Europäischer Ausschuss für die Ausarbeitung von Standards im Bereich der Binnenschifffahrt)
CGH ₂	Compressed Gaseous Hydrogen (Gasförmiger Wasserstoff)
CR	Committee Report (Ausschussbericht)
CRA	Cyber Resilience Act (Cyber Resilienz Gesetz)
CNG	Compressed Natural Gas (Komprimiertes Erdgas)
CSA/ANSI CHMC	Canadian Standards Association/American National Standards Institute, Compressed Hydrogen and Methane Containers (Kanadische Normungsvereinigung/Amerikanisches Nationales Normungsinstitut, Druckbehälter für komprimierten Wasserstoff und Methan)
DGUV	Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung
DIN	Deutsches Institut für Normung e. V.
DIN EN Norm	Europäische Norm, die als nationale Norm übernommen ist
DIN EN IEC/ DIN EN ISO Norm	Internationale Norm, die als europäische und nationale Norm übernommen worden ist
DIN IEC/ DIN ISO	Internationale Norm, die als nationale Norm übernommen worden ist
DIN NA	DIN-Normenausschuss
DIN SPEC	DIN Spezifikation
DKE	DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik

ABKÜRZUNG	AUSGESCHRIEBENE FORM
DGRL	Druckgeräterichtlinie
DPP	Digitaler Produktpass
DVGW	Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e. V.
DVGW G LK	DVGW Lenkungskreis
DVGW G TK	DVGW Technisches Komitee
DVGW G PK	DVGW Projektkreis
EclHypse	Energy Cluster H2-Projects for European Cooperation
EmpfBS	Empfehlungen zur Betriebssicherheit
EN	Europäische Norm
EnWG	Energiewirtschaftsgesetz
ES-TRIN	European Standard for technical Requirements for Inland Navigation Vessels (Europäischer Standard der technischen Vorschriften für Binnenschiffe)
ETSI	European Telecommunications Standards Institute (Europäische Institut für Telekommunikationsnormen)
EU	Europäische Union
Ex-Zonen	Explosionsgefährdete Bereiche
FKM-Richtlinie	vom Forschungskuratorium Maschinenbau e. V. (FKM) herausgegebene Richtlinie
GA	Gemeinschaftsarbeitsausschuss
GasHDrLtGv	Gashochdruckleitungsverordnung
GasNZV	Gasnetzzugangsverordnung
GC	Gaschromatografie
GDRMA	Gasdruckregelmessanlage
GefStoffV	Gefahrstoffverordnung
GIS	Geografisches Informationssystem

ABKÜRZUNG	AUSGESCHRIEBENE FORM
H ₂	Wasserstoff
HyDEKuS	Wasserstoff- und Erdgassicherheit in Kraftwerken und Systemen
IEC	International Electrotechnical Commission (Internationale Elektrotechnische Kommission)
IGF-Code	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)
IMO	International Maritime Organization (Internationale Seeschifffahrtsorganisation)
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
KWK	Kraft-Wärme-Kopplung
Lkw	Lastkraftwagen
LNG	Flüssigerdgas (Liquefied Natural Gas)
LOHC	Liquid organic hydrogen carriers (Flüssige organische Wasserstoffträger)
MEC	Mikrobielle Elektrosynthese
MEGC	Multiple Element Gas Container (Mehrelement-Gasbehälter)
MVO	EU-Verordnung Maschinen (Verordnung (EU) 2023/1230)
NIS2	Network and Information Security
NRM	Normungsroadmap

ABKÜRZUNG	AUSGESCHRIEBENE FORM
NRM H2	Normungsroadmap Wasserstofftechnologien
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
ppm	Parts per Million (Teile pro Million)
PWI	Preliminary Work Item (vorläufiges Projekt)
RfG	Requirements for Generators (Anforderungen an Generatoren)
SAE	Society of Automotive Engineers (Gesellschaft der Automobil-Ingenieure)
SC	Subcommittee (Unterausschuss)
SGAM	Smart Grid Architecture Model
SOE	Solid Oxide Electrolysis (Hochtemperatur-Elektrolyse)
SSRT	Slow Strain Rate Testing (Prüfungen unter alternativen Beladungsmöglichkeiten)
TAR	Technische Anschlussregel
TC	Technical Committee
THG	Treibhausgas

ABKÜRZUNG	AUSGESCHRIEBENE FORM
TK	Technisches Komitee
TPED	Transportable Pressure Equipment Directive (Europäische Richtlinie 2010/35/EU Ortsbewegliche Druckgeräte)
TR	Technical Report (Technischer Bericht)
TRBS	Technische Regeln für Betriebssicherheit
TRGS	Technische Regeln für Gefahrstoffe
TRGI	Technische Regel für Gasinstallationen
TS	Technical Specification
TRL	Technology Readiness Level (Technologiereifegrad)
UAK	Unterarbeitskreis
USA	United States of America (de: Vereinigte Staaten von Amerika)
ÜAnlG	Gesetz über überwachungsbedürftige Anlagen
VDA	Verband der Automobilindustrie e. V.
VDE	VDE Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik e. V.
VDE FNN	Forum Netztechnik/Netzbetrieb im VDE
VDE SPEC	VDE Spezifikation
VDE 0xxx	VDE Klassifikation für sicherheitsrelevante elektrotechnische Normen. Wird an die Normnummer angehängt.
VDI	Verein Deutscher Ingenieure e. V.
VDMA	VDMA e. V. – Europas größter Verband des Maschinen- und Anlagenbaus
WPS	Welding Procedure Specification (Schweißanweisung)
WPQR	Welding Procedure Qualification Report (Schweißverfahrensprüfung)
ZP	Zertifizierungsprogramme

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	1	5 Ergebnisse der Roadmap	39
Steuerungskreis	4	5.1 Ergebnisse der Gremien der Roadmap	42
Zusammenfassung	6	5.1.1 Erzeugung – Arbeitskreis 1	42
Abkürzungsverzeichnis	8	5.1.1.1 AG Elektrolyse	43
1 Einleitung	17	5.1.1.2 AG Andere Erzeugungsarten	46
2 Akteursumfeld	21	5.1.1.3 AG Gesamtsystemintegration	48
3 Technische Regelsetzung im Bereich Wasserstoff	25	5.1.1.4 AG Wasserstoffbeschaffenheit	51
3.1 Allgemeines zur technischen Regelsetzung	26	5.1.1.5 AG Nachhaltigkeitsaspekte und Nachweisführung für Wasserstoff	54
3.2 Gremien der technischen Regelsetzung im Wasserstoffbereich	27	5.1.2 Infrastruktur – Arbeitskreis 2	57
4 Zielsetzung und methodisches Vorgehen	31	5.1.2.1 AG Rohrleitungen	58
4.1 Normung vs. Roadmap	32	5.1.2.2 AG Transportleitungen	60
4.2 Ziele und Inhalte	32	5.1.2.3 AG Anlagentechnik	62
4.3 Methodisches Vorgehen	33	5.1.2.4 AG Verteilnetze	64
4.3.1 Projektstruktur und Projektkonsortium	33	5.1.2.5 AG Stationäre und ortsbewegliche Druckbehälter	66
4.3.2 Arbeitsweisen der Roadmap	36	5.1.2.6 AG Untertage-Gasspeicher	68
4.3.2.1 Vorgehen bei der Bestandanalyse	36	5.1.2.7 AG Verflüssigung	71
4.3.2.2 Vorgehen bei der Bedarfsanalyse	36	5.1.3 Anwendungen – Arbeitskreis 3	74
4.3.2.3 Vorgehen bei Querschnittsthemen	37	5.1.3.1 AG Brennstoffzelle	75
4.3.2.4 Vorgehen bei Umsetzungsprojekten	37	5.1.3.2 AG Kraftwerke, Turbinen, KWK-Anlagen	78
		5.1.3.3 AG (Petro-)chem. Industrie	80
		5.1.3.4 AG Power-to-X	83
		5.1.3.5 AG Thermoprozessanlagen	85
		5.1.3.6 AG Stahlindustrie	87
		5.1.3.7 AG Häusliche Anwendungen	89
		5.1.3.8 AG Controls	92
		5.1.3.9 AG Gewerbliche Anwendungen	94
		5.1.3.10 AG Befüllungsanlagen	96
		5.1.3.11 AG Straßenverkehr	99
		5.1.3.12 AG Schienenverkehr	101
		5.1.3.13 AG Schiffsverkehr	103
		5.1.3.14 AG Luftverkehr	106
		5.1.3.15 AG Sonder- und Spezialfahrzeuge	107

5.1.4	Qualitätsinfrastruktur – Arbeitskreis 4	110	7	Ausblick	153
5.1.4.1	AG Gasanalyse	111			
5.1.4.2	AG Wasserstoffmesstechnik und Abrechnungsverfahren	112	8	Glossar	155
5.1.4.3	AG Metallische Werkstoffe	114	9	Autoren- und Mitarbeitendenverzeichnis	159
5.1.4.4	AG Komposite und Kunststoffe	117			
5.1.4.5	AG Bauteile Infrastruktur	119	10	Anhang I Übersicht Umsetzungsprojekte	181
5.1.4.6	AG Bauteile für Anwendungen und Technologien	121			
5.1.5	Weiterbildung, Sicherheit, Zertifizierung – Arbeitskreis 5	124	11	Anhang II Übersicht Gremien der technischen Regelsetzung mit Wasserstoffbezug	191
5.1.5.1	AG Sicherheitstechnische Grundsätze	125			
5.1.5.2	AG Cybersicherheit	127			
5.1.5.3	AG Explosionsschutz	129	12	Literaturhinweise	205
5.1.5.4	AG Sicherheits- und Integritätsmanagement	131			
5.1.5.5	AG Produktzertifizierung	133	13	Abbildungs- und Tabellenverzeichnis	223
5.1.5.6	AG Weiterbildung	135			
5.2	Bewertung der Handlungsempfehlungen und Umsetzungsprojekte	138			
6	Zusammenfassung der Ergebnisse	141			
6.1	Aktueller Stand des Reifegrads	142			
6.2	Entwicklung der Reifegrade des technischen Regelwerks	147			

(Leerseite)

1

Einleitung

Der Klimawandel zählt zu den dringendsten und komplexesten Herausforderungen unserer Zeit. Der anhaltende Anstieg der globalen Durchschnittstemperaturen führt weltweit zu tiefgreifenden Veränderungen mit weitreichenden Auswirkungen auf Ökosysteme, Wirtschaft, Gesellschaft und die Lebensqualität weltweit. Um das Ausmaß des menschengemachten Klimawandels wirksam zu begrenzen, ist die Energiewende von entscheidender Bedeutung. Diese Transformation betrifft nicht nur die Stromerzeugung durch den Ausbau erneuerbarer Energien, sondern erfordert auch die konsequente Defossilisierung der Industrie, des Verkehrs und des Wärme-sektors.

Genau hier kommt Wasserstoff ins Spiel: Als emissionsfreier Energieträger, flexibler Energiespeicher und zentrales Element der Sektorenkopplung bietet Wasserstoff vor allem in schwer elektrifizierbaren Bereichen eine zukunftsfähige Lösung. Darüber hinaus bildet nachhaltig hergestellter Wasserstoff als Rohstoff, Prozessmedium oder Reduktionsmittel für die verschiedenen Produktionsprozesse u. a. die

Grundlage für die Herstellung von Wasserstoffderivaten wie Ammoniak und Methanol und eröffnet damit vielseitige Anwendungsmöglichkeiten.

Für Europa gewinnt Wasserstoff zudem strategisch an Bedeutung: Die Verringerung der Abhängigkeit von fossilen Energieimporten, die Stärkung der Energiesicherheit und die Resilienz des Energiesystems sind zentrale Ziele, die durch den Einsatz von Wasserstoff als Speichermedium und Energieträger unterstützt werden.

Die Bedeutung, die Wasserstoff als Kernelement einer erfolgreichen Energiewende zugesprochen wird, spiegelt sich in der Vielzahl der nationalen Wasserstoffstrategien wider (siehe **Abbildung 1**). Die Mehrheit der Länder verfügt bereits über Wasserstoffstrategien oder ist in der Entwicklung bzw. Vorbereitung. Diese Strategien sind eingebettet in umfassende politische Maßnahmen, Förderprogramme und internationale Partnerschaften, die den Weg für einen erfolgreichen Markthochlauf der Wasserstoffwirtschaft ebnen sollen.

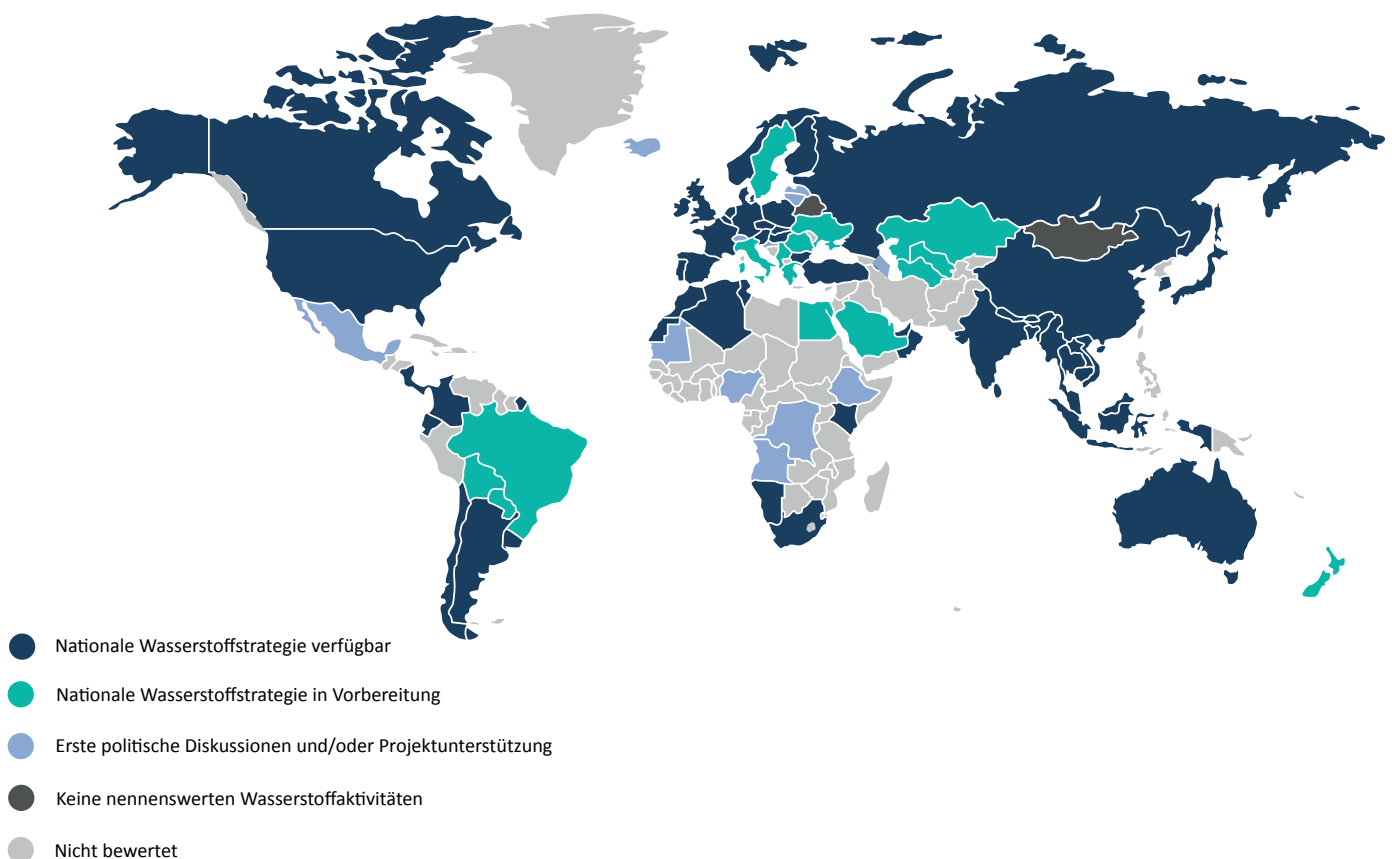


Abbildung 1: Übersicht nationaler Wasserstoffstrategien weltweit (Quelle: eigene Darstellung in Anlehnung an [7], [8])



So wurde im Rahmen des European Green Deals [1] und des Fit-for-55-Pakets [2] zur Erreichung der Klimaneutralität bis 2050 im Jahr 2020 die Europäische Wasserstoffstrategie [3] ins Leben gerufen. Parallel dazu verabschiedete die Bundesregierung die Nationale Wasserstoffstrategie (NWS) [4], die 2023 in einer Fortschreibung bestätigt und weitergeführt worden ist [5]. Diese Strategie zielt darauf ab, den Markthochlauf von Wasserstofftechnologien zu beschleunigen und einen einheimischen Markt in Deutschland zu etablieren.

Zu Beginn des Jahres 2025 wurde auf europäischer Ebene der Clean Industrial Deal [6] vorgestellt, der als Antwort auf die geopolitischen und wirtschaftlichen Herausforderungen einen Rahmen für eine wettbewerbsfähige, kreislauffähige und klimaneutrale Industrie in der EU schaffen soll. Als ein wichtiger Aspekt zur Dekarbonisierung des europäischen Energiesystems wurden Maßnahmen zur Förderung von erneuerbarem und kohlenstoffarmem Wasserstoff angekündigt.

Normung und technische Regelsetzung bilden gemeinsam mit den rechtlichen Rahmenbedingungen das Fundament für die erfolgreiche Umsetzung der Wasserstoffstrategien und den nachhaltigen Markthochlauf der Wasserstofftechnologien. Sie legen Anforderungen an Produkte, Dienstleistungen und Verfahren fest, wodurch Rationalisierung und Qualitätssicherung in Wirtschaft, Technik, Wissenschaft und Verwaltung gefördert werden.

Durch technische Regelsetzung wird ein einheitliches Verständnis über Fachgebietsgrenzen hinweg geschaffen, um technische Barrieren abzubauen und die Sicherheit im Markt zu erhöhen. Beispielsweise gewährleistet die Einhaltung von Normen und technischen Regeln den sicheren Umgang mit Wasserstoff, definiert verlässliche und reproduzierbare Messmethoden und legt fest, welche Materialien für den Einsatz von Wasserstoff geeignet sind. Darüber hinaus definieren Normen und technische Regeln einheitliche Schnittstellen, um das Zusammenspiel von Marktakteuren zu ermöglichen und eine gemeinschaftliche Wirtschaftsbasis zu schaffen.

In der Fortschreibung der NWS [5] betont die Bundesregierung die Notwendigkeit der Normung und technischen Regelsetzung im Bereich Wasserstofftechnologien: „Kohärente rechtliche Voraussetzungen auf nationaler, europäischer und möglichst auch internationaler Ebene unterstützen den Markthochlauf [von Wasserstoff]. Dies umfasst insbesondere [...] einheitliche Standards und Zertifizierungssysteme [...]“.

(Leerseite)

2

Akteursumfeld

Die zentrale Rolle von Normen, Standards und einem konsistenten technischen Regelwerk für den erfolgreichen Markthochlauf von Wasserstofftechnologien wird in nationalen, europäischen und internationalen Strategien sowie Veröffentlichungen betont. Im Folgenden wird ein Überblick über maßgebliche Aktivitäten gegeben, wobei aufgrund der dynamischen Entwicklungen in diesem Bereich kein Anspruch auf Vollständigkeit erhoben wird.

In der Nationalen Wasserstoffstrategie der Bundesregierung und ihrer Fortschreibung [4], [5] wird der Bedarf an wissenschaftlich anerkannten und regulatorisch verankerten Messmethoden und Bewertungskriterien sowie international akzeptierten Normen und technischen Regeln formuliert. Darüber hinaus wird die internationale Harmonisierung von Normen und technischen Vorschriften im Bereich Mobilitätsanwendungen für Wasserstoff- und Brennstoffzellensysteme wie beispielsweise Betankungsstandards und Wasserstoffqualität sowie die Standardisierung und Zulassung von Schiffen als konkrete Maßnahme angeführt. Im Rahmen der Innovations- und Technologiezentren Wasserstoff (ITZ) [9] soll eine spezialisierte Test-, Prüf- und Entwicklungsumgebung geschaffen werden, die auch zur Entwicklung von Normen und technischen Regeln beiträgt. Des Weiteren wird die Bedeutung von einheitlichen, international akzeptierten Nachhaltigkeitsstandards und Zertifizierungssystemen betont, die für einen nachhaltigen Markthochlauf von Wasserstoff unerlässlich sind.

In der Europäischen Wasserstoffstrategie [10] wird hervorgehoben, dass die Führungsposition der Europäischen Union (EU) in internationalen Foren für Normen und technische Regeln, Vorschriften und Definitionen im Wasserstoffbereich gestärkt werden soll. Dieser Anspruch wird auch durch die EU-Strategie für Normung [11] verdeutlicht. Sie zielt darauf ab, europäische Normung wieder zu einem Element eines resilienten, grünen und digitalen EU-Binnenmarkts zu machen und die globale Rolle des europäischen Normungssystems zu stärken. Normen, die den Aufbau der Wertschöpfungskette für sauberen Wasserstoff (engl. clean hydrogen [12]) unterstützen, werden als besonders dringlich (engl. standardization urgencies) hervorgehoben. Diese Normungsvorhaben sollen durch Normungsaufträge (engl. standardization requests) der Kommission zügig umgesetzt werden.

Eine Maßnahme der EU-Strategie für Normung war die Gründung des High-Level Forum on European Standardisation [13]. Der Workstream 10 Clean Hydrogen [14] des Forums setzt u. a. als Fokuspunkt die Erarbeitung von europäischen

Sicherheitsnormen für Wasserstofftechnologien und -komponenten. Ebenso hochprioritär wird die Erarbeitung von Methoden zur Messung des ökologischen Fußabdrucks und dessen Rückverfolgbarkeit eingeschätzt.

Die Gründung der CEN-CENELEC Coordination Group on Hydrogen (CEN-CLC/COG H2) [15] unter Sekretariatsführung durch DIN deckt sich mit der Empfehlung zur Bildung von Koordinierungsgruppen für eine verstärkte Koordination und engere Zusammenarbeit relevanter Stakeholder in strategisch wichtigen Normungsthemen auf europäischer Ebene. Unter anderem analysiert die Gruppe den Stand der europäischen Normungsaktivitäten im Bereich der Wasserstofftechnologien. Ein wichtiger Aspekt hierbei ist die Beleuchtung der Roadmap on Hydrogen Standardisation der European Clean Hydrogen Alliance Working Group on Standardisation (ECH2A WG) [16] und das Monitoring der Umsetzung der in der Roadmap empfohlenen Normungsprojekte. Weitere Informationen zur COG H2 sind im [Abschnitt 3.2](#) Gremien der technischen Regelsetzung im Wasserstoffbereich aufgeführt.

Anlässlich der Gründung des Europäischen Forums wurde das Deutsche Strategieforum für Standardisierung [17] vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) ins Leben gerufen, das die Federführung für die Normungspolitik innerhalb der Bundesregierung innehat. Neben der nationalen Koordination zur Spiegelung der europäischen Aktivitäten setzt das Forum einen Fokus auf die Stärkung deutscher Experten in der europäischen und internationalen Normung. Das Strategieforum bezieht sich dabei auf die Ergebnisse der NRM H2, wenn es um den Überblick der Aktivitäten zu Wasserstoff in der Normung und technischen Regelsetzung geht. Unter anderem basierend auf der Empfehlung der Ad-hoc-Gruppe Wasserstoff des Deutschen Strategieforums für Standardisierung [18] wurde die nationale RCS-Plattform für Wasserstoff [19] ins Leben gerufen. Die Plattform fördert die systematische Vernetzung der nationalen Akteure im Bereich der Wasserstofftechnologien und unterstützt die strategische Koordination von Gesetzgebung und technischer Regelsetzung. Mitglieder sind national anerkannte technische Regelsetzer und Normungsorganisationen, relevante Bundesministerien sowie Ressortforschungseinrichtungen und hoheitlich fungierende Institutionen und relevante Wirtschaftsverbände und Unternehmen. Gemeinsames Ziel des Gremiums ist es, die technische Regelsetzung, die aus den Ergebnissen der NRM H2 hervorgeht, abgestimmt und kohärent mit der benötigten Regulatorik zu verzahnen, um eine funktionierende Qualitätsinfrastruktur für die deutsche Wasserstoffwirtschaft bereitzustellen.



Auf internationaler Ebene widmen sich zahlreiche Initiativen und Projekte der Unterstützung pränormativer Forschungsvorhaben, der Förderung der Beteiligung von Experten an der Normungsarbeit und dem Schließen von Normungslücken. Hervorzuheben sind dabei die International Partnership for a Hydrogen Economy (IPHE) [20], der Hydrogen Council [21], die International Renewable Energy Agency (IRENA) [22] und die United Nations Industrial Development Organization (UNIDO) [23].

Neben den genannten politischen Initiativen und Akteuren spielen Forschungsprojekte eine entscheidende Rolle bei der Entwicklung von Normen und technischen Regelwerken. Sowohl auf nationaler, europäischer als auch internationaler Ebene gibt es eine Vielzahl von Initiativen und Forschungsprojekten, deren Ergebnisse den Stand der Technik für Wasserstofftechnologien maßgeblich vorantreiben. International ist insbesondere das IEA Hydrogen Technology Collaboration Programme (Hydrogen TCP) [24] hervorzuheben. Das Forschungs- und Entwicklungsprogramm hat seit seiner Gründung im Jahr 1977 rund 40 Aufgaben zu spezifischen Wasserstoffthemen durchgeführt und dabei auch die Aspekte pränormativer Forschung und Normenentwicklung berücksichtigt. Für die Finanzierung von Forschungsprojekten auf europäischer Ebene spielt die Clean Hydrogen Partnership [25] eine wichtige Rolle. Derzeit fördert sie mehrere Projekte zu pränormativer Forschung in den Bereichen Sicherheit, Tankstellen, Wasserstoffanwendungen in der Schifffahrt und Wasserstoffqualität. Zudem werden über die Partnerschaft für Metrologie (Partnership of Metrology) [26] zahlreiche Projekte finanziert, die es ermöglichen, durch die Europäischen Metrologienetzwerke (EMN) [27] gezielt die zukünftigen Bedarfe an Metrologie zu bedienen. Eine Schlüsselrolle in Bezug auf Wasserstoff übernimmt hierbei das EMN Energy Gases unter EURAMET e.V. [28]

National sind die Wasserstoff-Leitprojekte des Bundesministeriums für Forschung, Technologie und Raumfahrt (BMFTR) [29] und die Transferforschung Trans4Real der Reallabore [30] des BMWF sowie die zwei Innovationsforschungsprogramme des Deutschen Vereins des Gas- und Wasserfaches (DVGW) [31] zu nennen. Das erste DVGW-Innovationsprogramm untersuchte die gesamte Wertschöpfungskette für Wasserstoff. Dabei lag ein Fokus auf der Grundlagenarbeit für die technische Regelsetzung. Insbesondere in den Bereichen des leitungsgebundenen Transports von Wasserstoff und den dort zu nutzenden Bauteilen und Materialien – sowohl für den Neubau als auch für umgestellte Erdgasleitungen. In seiner zweiten Phase knüpft das DVGW-Innovationsprogramm Wasserstoff (IPH2 II) inhaltlich und vom Aufbau her grundsätzlich an das Vorgängerprogramm an. Es zeichnet sich jedoch durch einen noch stärkeren Praxisbezug und eine breitere Berücksichtigung von Wasserstoffderivaten aus.

Auch das Forschungsnetzwerk Wasserstoff vom BMWF und BMFTR [32], das nationale Netzwerk für Experten aus Forschung und Praxis, berücksichtigt Normen und technische Regeln im Rahmen des Clusters Sicherheit, Akzeptanz und nachhaltige Markteinführung.

Die Ergebnisse dieser Forschungsvorhaben haben – neben vielen weiteren – über den aktiven Austausch mit der Normungsroadmap Wasserstofftechnologie Einzug in die technische Regelsetzung gefunden und somit den Weg für Standards auf dem aktuellen Stand der Technik geebnet, die den Anforderungen der NWS gerecht werden.

Diese Übersicht ermöglicht einen Einblick in die zahlreichen Initiativen, Strategien und Akteure, die die Entwicklung von Normen und technischen Regeln prägen. Ein zentrales Anliegen der NRM H2 war es, diese vielfältige Stakeholder-Landschaft einzubeziehen und sich aktiv mit den relevanten Aktivitäten zu vernetzen.

(Leerseite)

3

Technische Regelsetzung im Bereich Wasserstoff



3.1 Allgemeines zur technischen Regelsetzung

Technische Regelwerke werden in verschiedenen Organisationen auf nationaler, europäischer und internationaler Ebene in Selbstverwaltung von den interessierten Kreisen erarbeitet. Ausgangspunkt ist stets ein Bedarf dieser Kreise. 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 die Internationale Organisation für Normung (ISO), Internationale Elektrotechnische Kommission (IEC) und die Internationale Fernmeldeunion (ITU) die maßgeblichen (Normungs-)Organisationen auf internationaler Ebene. Die entsprechenden Normungsorganisationen auf europäischer Ebene sind das Europäische Komitee für Normung (CEN) sowie das Europäische Komitee für elektrotechnische Normung (CENELEC) und das Europäische Institut für Telekommunikationsnormen (ETSI). Mitglieder bei ISO, IEC, ITU, CEN, CENELEC und ETSI sind die jeweils nationalen Normungsorganisationen (siehe **Abbildung 2**). Für Deutschland sind dies das Deutsche Institut für Normung e. V. (DIN)

und die Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik (DKE). Die nationalen Normungsorganisationen entsenden Vertretungen in die europäischen oder internationalen Normungsgremien, die dort die Interessen der einzelnen Länder zu einem Thema vertreten.

Neben DIN und DKE gibt es in Deutschland 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. Dieser Auftrag wird oftmals durch den Gesetzgeber bestärkt, indem er diese Institutionen direkt in Gesetzen zitiert. Als gesetzlich anerkannte Institutionen im Sinne des Energiewirtschaftsgesetzes (EnWG) sind der Deutsche Verein des Gas- und Wasserfaches (DVGW) für die technische Regelsetzung im Gas- und Wasserstoffbereich und der VDE im Bereich der Elektrotechnik (DKE) und Netzbetrieb (VDE FNN) zuständig.

Normen und technische Regeln sind das Ergebnis nationaler, europäischer oder internationaler Festlegungen von Experten in spezifischen Bereichen. Sie werden von technischen Gremien nach festgelegten Grundsätzen, Verfahrens- und Gestaltungsregeln erarbeitet. An der Ausschussarbeit können sich alle

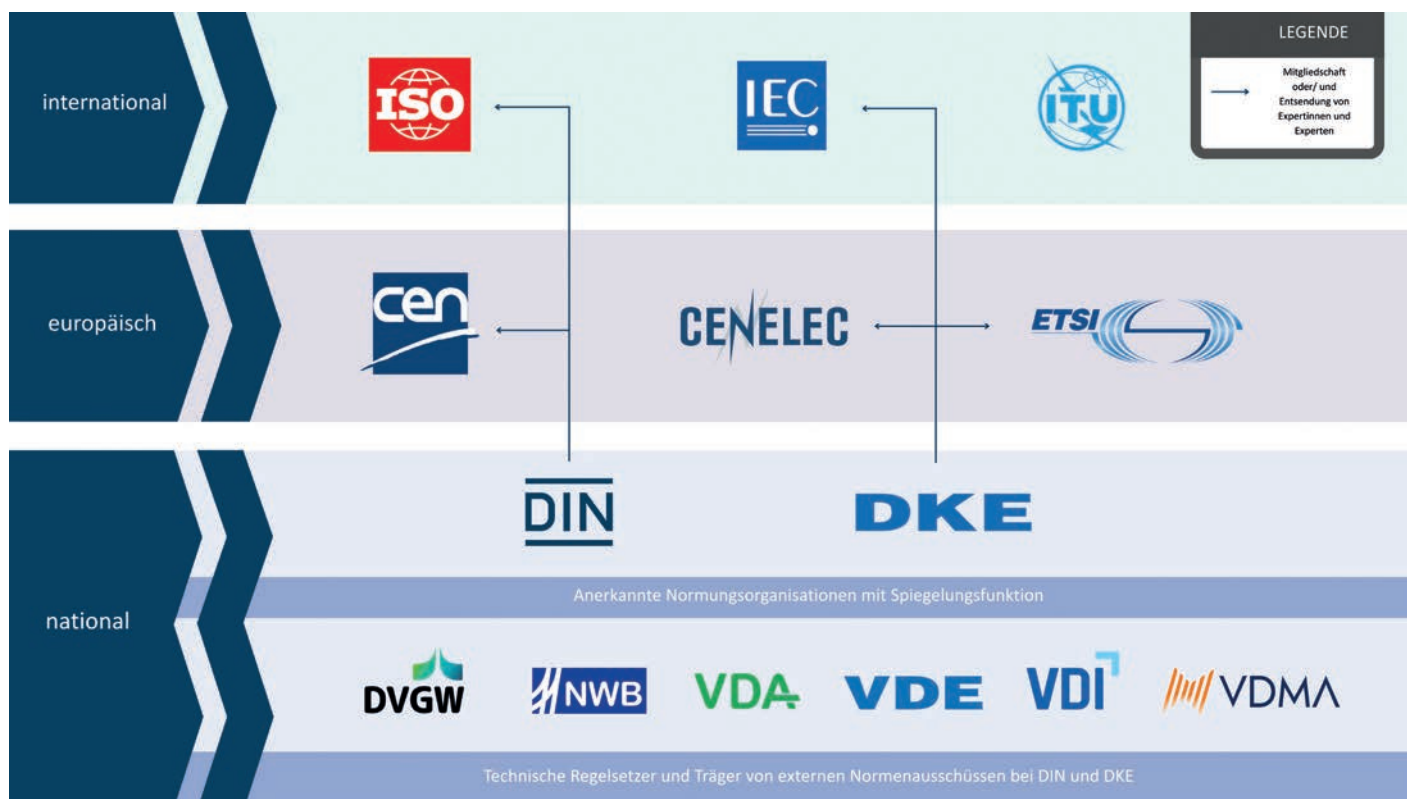


Abbildung 2: Übersicht der anerkannten Normungsorganisationen und Institutionen der technischen Regelsetzung mit Trägerfunktion externer Normenausschüsse (Quelle: eigene Darstellung)



interessierten Kreise beteiligen, beispielsweise herstellende Unternehmen, Anwender, Handel, Hochschulen, Forschungsinstitute, Behörden, Prüfinstitute, Verbände etc.

Normen werden im Konsens erarbeitet, was bedeutet, dass die mitarbeitenden Experten sich unter Berücksichtigung des Standes der Technik auf gemeinsame Inhalte einigen, welche die Interessen der Beteiligten berücksichtigen. Europäische und internationale Normen sorgen weltweit für ein gemeinsames Verständnis unter den Marktakteuren und unterstützen so den Abbau von Handelshemmnissen. Europäische Normen müssen auf Basis der Wiener Vereinbarung 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. Zudem gibt es außerdem eine Vielzahl an europäischen Direktiven, die durch europäische und nationale Normung (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, können aber 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 – die sogenannte Vermutungswirkung – 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. Zusätzlich werden Dokumente mit regelsetzendem Charakter betrachtet, darunter u. a. technische Spezifikationen, 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 das Amerikanische Nationale Normungsinstitut (ANSI) in den Vereinig-

ten Staaten von Amerika (USA) sowie der oben genannten europäischen und internationalen Normungsorganisationen bezeichnet.

3.2 Gremien der technischen Regelung im Wasserstoffbereich

Entlang der gesamten Wertschöpfungskette haben sich diverse Normen und technische Regeln, die für Wasserstofftechnologien von Bedeutung sind, bereits fest etabliert. So wird in Deutschland auf nationaler Ebene eine umfassende Bandbreite von Aspekten der Wasserstofftechnologie berücksichtigt. In über 100 nationalen Gremien werden Normen und technische Regeln entwickelt, die Aspekte wie Sicherheitsstandards für den Umgang mit Wasserstoff, Infrastrukturen wie Transport und Speicherung, die Charakterisierung von Wasserstoff als Kraftstoff sowie seine Anwendung in verschiedenen weiteren Bereichen umfassen.

Auf nationaler Ebene sind die technischen Gremien der Regelsetzer und Normungsorganisationen in verschiedenen Bereichen zuständig, in denen sich ihre Expertise zeigt.

Abbildung 3 stellt detailliert die wichtigsten nationalen Gremien der technischen Regelung unterteilt nach den Sektoren bzw. den Bereichen der Wertschöpfungskette dar. Detaillierte Informationen zu den nationalen Regelsetzern sind im **Abschnitt 4.3.1** dargestellt.

Auf europäischer Ebene werden Normen im Zusammenhang mit Wasserstoff als Energieträger 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 und werden auch unter deutscher Leitung oder Mitwirkung erarbeitet.

Ein wichtiges strategisches Gremium ist die CEN-CLC/COG H2. Diese Gruppe besteht aus Repräsentanten aller europäischen Normungsgremien, die sich mit wasserstoffbezogenen Themen befassen. Ihr Ziel ist es, die Koordination und Umsetzung der europäischen Wasserstoffnormen zu gewährleisten. Deutschland spielt hier eine aktive Rolle und hat die Leitung des Sekretariats inne.



International zielen verschiedene ISO- und IEC-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 internatio-

nalen Gremien, welche auch auf nationaler Ebene gespiegelt werden. Das ISO/TC 197 „Hydrogen Technologies“ und das IEC/TC 105 „Fuel Cell Technologies“ befassen sich aktuell als einzige internationale Gremien ausschließlich mit Wasserstofftechnologien.

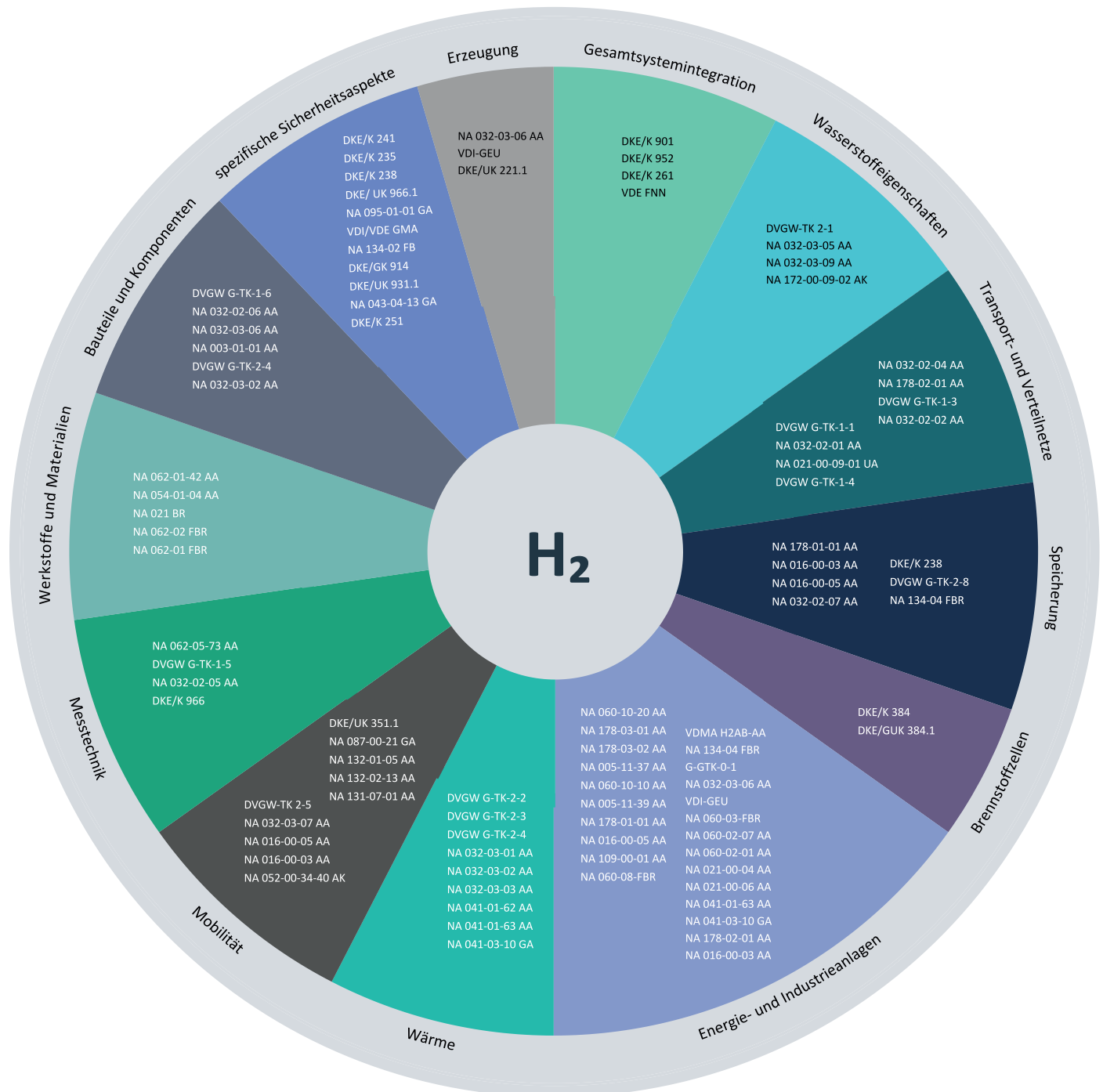


Abbildung 3: Übersicht der relevanten nationalen Normungsgremien und Gremien der technischen Regelsetzung (Quelle: eigene Darstellung)

Abbildung 4 zeigt eine Übersicht der relevanten Gremien für die technische Regelsetzung von Wasserstofftechnologien, unterteilt nach den Sektoren bzw. den Bereichen der Wertschöpfungskette.

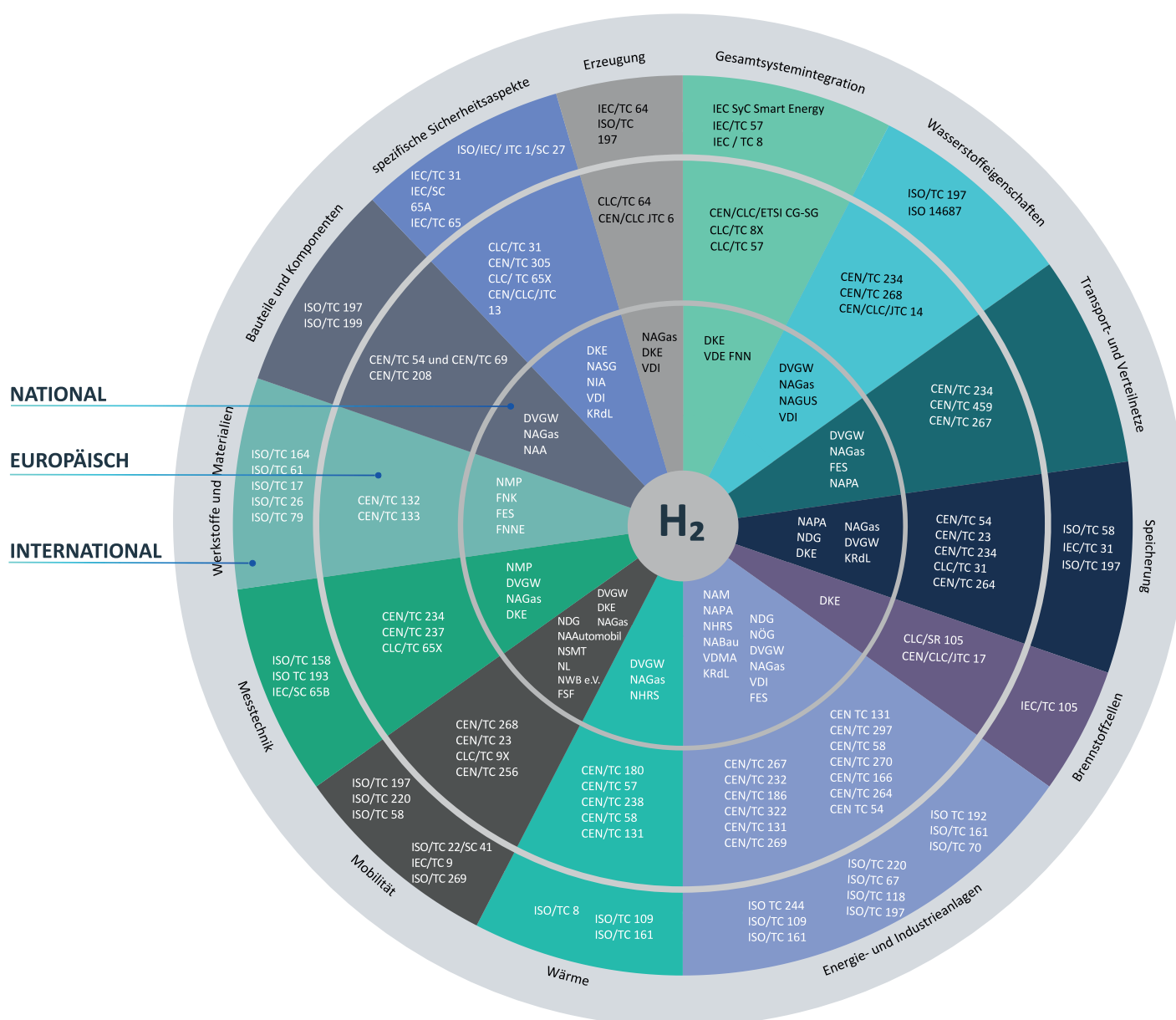


Abbildung 4: Übersicht der relevanten nationalen, europäischen und internationalen Normungsgremien und Gremien der technischen Regelsetzung (Quelle: eigene Darstellung)

(Leerseite)



4

Zielsetzung und methodisches Vorgehen

4.1 Normung vs. Roadmap

Eine Normungsroadmap ist ein Instrument zur vorgelagerten, strukturellen und systematischen Statusbestimmung der technischen Regelsetzung. Nach einer Bestandsanalyse erfolgt die 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.

Die Gremien der technischen Regelsetzung, die für die Umsetzung der Handlungsempfehlungen verantwortlich sind, werden entweder identifiziert oder bei Bedarf neu gegründet. Anschließend werden die erarbeiteten Handlungsempfehlungen an diese übermittelt.

In den Gremien der technischen Regelsetzung werden diese Empfehlungen dann diskutiert und in das Arbeitsprogramm integriert, um dort die Inhalte auf Basis der Vorarbeiten in ein technisches Regelwerk umzusetzen. Idealerweise sind die Gremien der technischen Regelsetzung mit Vertretergruppen an einer Normungsroadmap beteiligt, um frühestmöglich den Kontakt herzustellen und die Expertise 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 3.1](#) erläutert.

4.2 Ziele und Inhalte



Koordinierte Abstimmung der zuständigen technischen Regelsetzer und Normungsorganisationen

Die NRM H2 ist im Januar 2023 gestartet und endet im Dezember 2025 nach einer dreijährigen Laufzeit. Die durchführenden Organisationen und Partner im Projekt sind die technischen Regelsetzer für Wasserstofftechnologien und Träger der zuständigen Normenausschüsse betroffener Fachgebiete.

Aufgrund seiner hohen strategischen Bedeutung für die Energiewende in Deutschland wird das Projekt durch das BMWF gefördert. Die Unterstützung durch die Bundesregierung unterstreicht die Relevanz des Vorhabens für die NWS und die nachhaltige Transformation des Energiesystems. Primäres Ziel des Vorhabens ist, die Voraussetzungen für eine vollständige Qualitätsinfrastruktur für Wasserstofftechnologien über die gesamte Wertschöpfungskette zu schaffen. Um dies zu erreichen, wird ein nationaler Fahrplan für die technische Regelsetzung in Abstimmung mit den Stakeholdern der Wasserstoffwirtschaft erarbeitet.



Erarbeitung eines strategischen und national abgestimmten Fahrplans für die technische Regelsetzung für Wasserstofftechnologien

Die Normungsroadmap selbst basiert auf einem Überblick über den Status quo der Normung und technischen Regelsetzung im Bereich Wasserstofftechnologien. Darauf aufbauend werden Anforderungen und Herausforderungen für die gesamte Wertschöpfungskette identifiziert und konkrete Bedarfe für die Erweiterung bestehender und die Erarbeitung neuer Normen und technischer Regeln abgeleitet und zusammen mit den zuständigen Gremien formuliert. Auf Basis dieser Empfehlungen werden konkrete Normungsprojekte und Projekte der technischen Regelsetzung angestoßen, 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.



Schaffung einer gemeinsamen Austauschplattform für alle Stakeholder



Bündelung von Wissen

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.



Schnelle und effiziente Umsetzung der benötigten technischen Regelwerke und Normen auf nationaler, europäischer und internationaler Ebene

Die Erfassung des Status quo umfasst die in [Abschnitt 4.3.2.1](#) beschriebene Normenrecherche und ist als [Verzeichnis der Normen und technischen Regelwerke für Wasserstofftechnologien \[33\]](#) im Internet zugänglich. Die Ausarbeitung eines strategischen Fahrplans für die Normung und technische Regelsetzung sowie die gezielte Unterstützung von Normungsprojekten und Projekten der technischen Regelsetzung beruht auf den erarbeiteten Handlungsempfehlungen der unterschiedlichen AGs. Die Handlungsempfehlungen werden an die entsprechenden Gremien der technischen Regelsetzung weitergegeben, in denen anschließend die Norm bzw. technische Regel zum entsprechenden Thema (weiter-)entwickelt wird. Durch die deutsche Interessenvertretung bei CEN/CENELEC/ETSI und ISO/IEC/ITU gelangen die Themen auf europäische und internationale Ebene. Mit diesem nationalen Beitrag wird der Weg für eine einheitliche nationale, europäische und internationale Vorgehensweise geebnet. 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 freigegebene Finanzierung durch das BMWF unterstützt und durch ein zuständiges Gremium der technischen Regelsetzung initiiert bzw. umgesetzt, siehe [Abschnitt 4.3.2.4](#).

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 gefördert. Über 700 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.

4.3 Methodisches Vorgehen

Die Erarbeitung der Roadmap basiert auf einem methodisch geplanten und strukturierten mehrstufigen Prozess. Detaillierte Informationen zum Projektaufbau und zu den einzelnen Schritten sind in den nachfolgenden [Abschnitten 4.3.1](#) und [4.3.2](#) erläutert.

4.3.1 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 [96] benannt und anerkannt für die technische Regelsetzung in diesen Bereichen. Dementsprechend nehmen klimaneutrale Gase und insbesondere der Zukunftenergieträger 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 und die europäischen und internationalen Produktnormen in diesem und angrenzenden Bereichen verantwortet. Seit 2024 hat sich der DVGW dem Thema der Wasserstoffspeicher angenommen, um das notwendige technische Regelwerk zu erstellen.

NWB² 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-Experten. Außerdem ist der VDI-Träger der VDI/DIN Kommission Reinhaltung der Luft – Normenausschuss (KRdL), die für die technische Regelsetzung im Sinne des § 1 des Bundes-Immissionsschutzgesetzes zuständig. Das Thema Wasserstoff wird beim VDI insbesondere in dem Bereich Sektorenkopplung mit Power-to-X-Technologien (PtX) betrachtet.

VDMA – Europas größter Verband des Maschinen- und Anlagenbaus – ist der Träger des DIN-Normenausschusses Maschinenbau (NAM), der Deutschland mit insgesamt 27 Fachbereichen in der europäischen (CEN) und internationalen Normung (ISO) vertritt. Über verschiedene Fachausschüsse erstellt der VDMA die technischen Regeln, vor allem VDMA-Einheitsblätter inkl. der OPC UA Companion Specifications, und fördert damit die Wettbewerbsfähigkeit des Wasserstoffanlagenbaus.

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 Experten der Wasserstoffwirtschaft abstimmen und ihr Wissen synergetisch bündeln können.

Im Rahmen der Erarbeitung der NRM H2 wurden fünf Themenfelder definiert, die die gesamte Wertschöpfungskette von Wasserstoff umfassen. Sie orientieren sich an den sechs Handlungsfeldern, die die NWS identifiziert hat. Die fünf Themenfelder sind:

1. Erzeugung
2. Infrastruktur
3. Anwendungen
4. Qualitätsinfrastruktur
5. 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 UAKs untereinander sowie die Abstimmung der AKs miteinander. Die thematischen UAKs sorgen für eine zielgerichtete Lenkung der Ergebnisse. Sie setzen sich aus Vertretungen der nachgeordneten AGs 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 Experten aus allen interessierten Kreisen.

² NWB steht für NWB e.V. – Verein für die Normung und Weiterentwicklung des Bahnwesens.



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 empfiehlt priorisierte Normungsprojekte und Projekte der technischen Regelsetzung zur Förderung an das BMW (siehe [Abbildung 5](#)).

Insgesamt wurden zwölf UAKs und 39 AGs zu verschiedenen Themen gebildet (siehe [Kapitel 5](#)). Eine detaillierte Übersicht der Gremien der Normungsroadmap ist in [Abbildung 7](#) zu finden.

AKs, UAKs und AGs werden von einer Person aus dem Projektkonsortium organisatorisch betreut und fast alle fachlich durch Experten, die per Abstimmung gewählt wurden, geleitet.

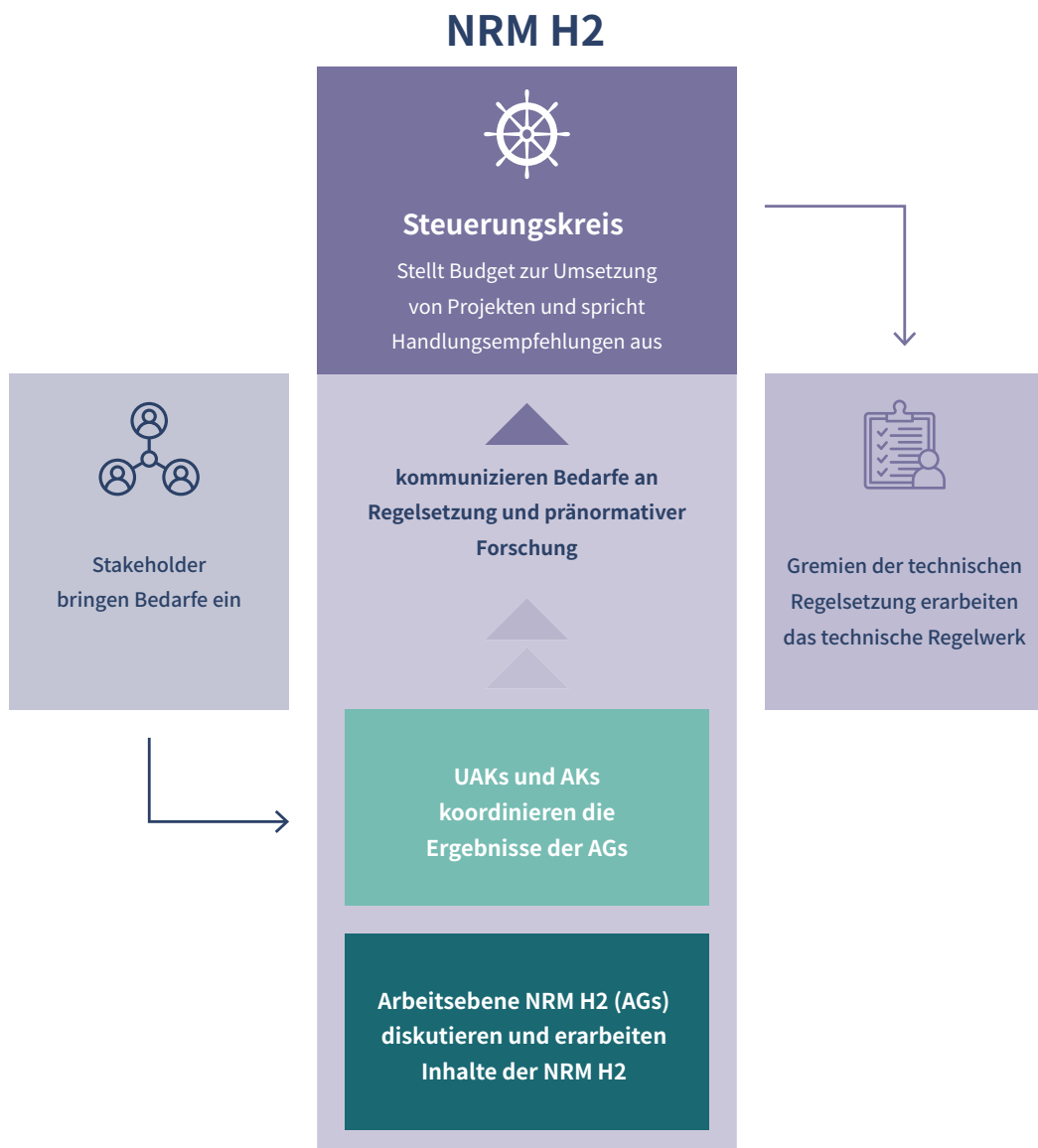


Abbildung 5: Organisationsstruktur der Normungsroadmap Wasserstofftechnologien (Quelle: eigene Darstellung)

4.3.2 Arbeitsweisen der Roadmap

Um systematisch einen kohärenten und gut abgestimmten Fahrplan für die technische Regelsetzung zu erarbeiten, wurde der Arbeitsprozess in drei Phasen unterteilt:

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)

Im Rahmen der Normungsroadmap wurden erwartungsgemäß Themen identifiziert, die nicht eindeutig einer AG zuzuordnen sind. Diese querschnittlichen Themen bedurften besonderer Beachtung, da diese häufig wichtige Themen betrafen, die für die Etablierung der Wasserstofftechnologie wesentlich sind, da sie an der Schnittstelle zwischen zwei oder mehr Themengebieten liegen.

Die Erarbeitung und Abstimmung der Inhalte erfolgte im Rahmen der Gremiensitzungen der AGs, UAKs, AKs und des Steuerungskreises. Insgesamt fanden während des Zeitraums März 2023 bis Juli 2025 fünf Sitzungsrunden aller Gremien statt.

4.3.2.1 Vorgehen bei der Bestandanalyse

Um die Bedarfe für Normen und technische Regeln im Bereich Wasserstofftechnologien zu identifizieren, wurde im ersten Schritt eine umfassende Analyse der bereits veröffentlichten Normen und technischen Regeln durchgeführt. Hierbei wurden aktuelle, relevante Normen und technische Regeln aus den Datenbanken der entsprechenden Institutionen der technischen Regelsetzung konsolidiert. Diese Sammlung wurde in Zusammenarbeit mit allen Experten der NRM H2 zu einem ersten Zwischenstand zusammengeführt und kontinuierlich erweitert.

Während der jeweiligen Sitzungen der AGs wurden die gelisteten Dokumente von den Experten bewertet und weitere Vorschläge diskutiert und ergänzt. Dabei wurden nicht nur Dokumente berücksichtigt, die speziell das AG-Thema betreffen, sondern auch Normen und technische Regeln aus anderen Bereichen, die den Scope der AGs berühren und bei der Formulierung der Bedarfe unterstützen können.

Die Bestandsanalyse spiegelt somit den aktuell identifizierten Stand der Normungslandschaft im Bereich Wasserstofftechnologien wider. Diese Übersicht ist im öffentlich zugänglichen [Verzeichnis der Normen und technischen Regelwerke für Wasserstofftechnologien](#) veröffentlicht und kann entweder über die Internetseite oder den folgenden QR-Code eingesehen werden. Der Bestand wurde im Laufe des Projekts kontinuierlich ergänzt und aktualisiert.



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

4.3.2.2 Vorgehen bei der Bedarfsanalyse

Auf Grundlage der Bestandsaufnahme sowie des Verzeichnisses der Normen und technischen Regelwerke für Wasserstofftechnologien fand eine eingehende Beratung über die Bedarfe an Normung, technischer Regelsetzung und notwendiger pränormativer Forschung in den Gremiensitzungen statt. In den ersten AG-Sitzungen wurden zunächst sämtliche aus der Beratung entstandenen Ansätze und Vorschläge erfasst. In den nachfolgenden Sitzungen wurden diese Ansätze weiter verfeinert und zu konkreten Bedarfen ausgearbeitet, idealerweise im engen Austausch mit den zuständigen Gremien der technischen Regelsetzung. Zusätzlich erfolgte eine Priorisierung der Bedarfe nach ihrer inhaltlichen und zeitlichen Relevanz. Die Ergebnisse aus den AG-Sitzungen wurden anschließend in den UAK- und AK-Sitzungen besprochen und bewertet. Sobald ein Bedarf in allen Gremien der Roadmap, einschließlich des Steuerungskreises, bestätigt und empfohlen wurde, wurde er als offizielle Handlungsempfehlung der NRM H2 ausgesprochen. Auf diese Weise wurde aus einem anfänglich diffusen Bedarf Schritt für Schritt eine konkrete Handlungsempfehlung für die technische Regelsetzung entwickelt. Alle offiziellen Handlungsempfehlungen der Roadmap sind in dem ebenfalls veröffentlichten [Aktionsplan](#) gelistet.



4.3.2.3 Vorgehen bei Querschnittsthemen

Im Bereich der technischen Regelsetzung für Wasserstoff gibt es zahlreiche Themen, die querschnittlicher Natur sind und eine strukturierte sowie effektive Abstimmung erfordern. Zielstellung war nicht nur, die interne Vernetzung der Fachleute im Projekt zu fördern, sondern auch den gezielten Dialog mit anderen relevanten Akteuren und Initiativen, die in diesem breiten Bereich aktiv sind. Dabei ging es sowohl um die Klärung übergreifender Fragestellungen als auch um das Einschätzen ihrer Relevanz und zeitlichen Priorität, um Lösungen zur Ergänzung der technischen Regeln zu entwickeln. Zusätzlich wurden Initiativen, wie insbesondere pränormative Forschungsprojekte, hervorgehoben, um den Wissensstand zum Thema zu erweitern.

Ein besonders wichtiger Bereich bei Querschnittsthemen ist die Klärung von Schnittstellen, wie etwa die Bedingungen für die Speicherinfrastruktur im Mobilitätsbereich auf Systemebene oder die Vereinheitlichung von Kupplungen zum Befüllen auf Komponentenebene. Darüber hinaus sind z. B. Absicherungskonzepte für die Brenngaszufuhr bei verschiedenen (insbesondere industriellen) Anwendungen von Bedeutung.

Ein weiteres relevantes Themenfeld betrifft Wertschöpfungsketten übergreifende Themen, wie Wasserstoffeigenschaften, -emissionen oder Werkstoffeigenschaften sowie Bauteile, aber auch die Weiterbildung von Personen und Unternehmen, die übergreifende Lösungen für mehrere Anwendungsfelder bieten sollen. Ein Beispiel hierfür sind die Anforderungen an die Wasserstoffqualität, die aus verschiedenen Arbeitsgruppen hervorgegangen sind. Der erzeugte Wasserstoff wird bei Transport und Speicherung durch chemische und mechanische Prozesse verunreinigt, muss aber je nach Anwendung in bestimmter Qualität vorliegen. Dabei sind sowohl Reinheitsgrad als auch die Art der Begleitstoffe entscheidend. Zur Lösung des Problems mussten alle Stakeholder der Wertschöpfungskette miteinbezogen werden, um zu klären, welche Qualität garantiert werden kann, welche Beschaffenheit benötigt wird und wo zusätzlich Prozesse zur Aufreinigung notwendig sind.

Technische Aspekte des möglichen Verbots von per- und polyfluorierten Chemikalien (PFAS) und deren Auswirkungen auf Wasserstofftechnologien, insbesondere für Elektrolyseure und Brennstoffzellen, sind ebenfalls von Bedeutung. Im Rahmen der Normungsroadmap wurde dieses Thema mit Stakeholdern abgestimmt, und potenzielle Anpassungsbedarfe im technischen Regelwerk wurden diskutiert.

Sicherheit spielt im Bereich der Wasserstofftechnologien eine zentrale Rolle und muss über die gesamte Wertschöpfungskette hinweg gewährleistet werden. Dies umfasst eine Vielzahl von Aspekten, darunter der Explosionsschutz für Brennstoffzellen und Elektrolyseanlagen im häuslichen sowie gewerblichen Bereich. Ebenso relevant ist die Anwendung und Konformität von smarten Komponenten, einschließlich der damit verbundenen IT- und Cybersicherheit in verschiedenen Einsatzbereichen. Diese sicherheitsrelevanten Themen weisen unterschiedliche Anforderungen und Reifegrade auf, die sowohl technologisch als auch organisatorisch variieren. Daher erfordern sie eine sorgfältige Abstimmung und Anpassung der bestehenden Regeln, um den spezifischen Gegebenheiten gerecht zu werden.

Die Ergebnisse dieser Abstimmungen finden sich wieder im [Kapitel 5.1](#) der thematisch relevanten AGs und sind im Detail dort dargestellt.

4.3.2.4 Vorgehen bei Umsetzungsprojekten

Ein zentrales Anliegen der NRM H2 war es, erarbeitete Handlungsempfehlungen in konkrete Normungsprojekte oder Projekte zur Erstellung von Normen bzw. technischen Regelwerken zu überführen und diese an die entsprechenden Gremien der technischen Regelsetzung zu übergeben. Zur Unterstützung einer effizienten und zügigen Umsetzung bestand die Möglichkeit, finanzielle Mittel bereitzustellen. Förderfähig waren Projekte auf nationaler, europäischer oder internationaler Ebene, die sowohl die Erstellung neuer als auch die Anpassung bereits bestehender Normen, Standards oder technischer Regelwerke zum Ziel hatten.

Diese Unterstützung umfasste auch eine finanzielle Aufwandsentschädigung für Experten, die die Leitung oder Mitarbeit an solchen Projekten übernahmen. Grundlage für diese Projekte bildeten die durch die Roadmap ausgesprochenen Handlungsempfehlungen, die in den AGs der Normungsroadmap in enger Abstimmung mit den relevanten Gremien der technischen Regelsetzung erarbeitet wurden. Auf dieser Basis konnten die Normungsgremien Anträge zur Förderung der Durchführung dieser Normungsprojekte oder Projekte der technischen Regelsetzung stellen. Diese Anträge mussten von den Gremien NRM H2, einschließlich des Steuerungskreises, zur Finanzierung empfohlen werden und die Freigabe durch das BMWF erhalten. Alle zur Finanzierung empfohlenen Umsetzungsprojekte sind in den entsprechenden Abschnitten der AGs in [Kapitel 5](#) erläutert.

(Leerseite)

5

Ergebnisse der Roadmap

Im folgenden Kapitel werden umfassend die Ergebnisse des gesamten Projekts und damit die Arbeiten von insgesamt 39 AGs dargestellt. Aus organisatorischen Gründen sind diese Themen in die übergeordneten Bereiche Erzeugung, Infrastruktur, Anwendung, Qualitätsinfrastruktur und Weiterbildung, Sicherheit und Zertifizierung gegliedert, die von fünf AKs koordiniert werden. Zur weiteren thematischen Strukturierung und Zusammenfassung der Inhalte wurden zwölf UAKs etabliert. Detaillierte Informationen zur Projektorganisation finden sich in [Kapitel 4.3.2](#). [Abbildung 7](#) zeigt die Organisation der Gremien der Normungsroadmap Wasserstoff.

Im Rahmen des Projekts wurden umfangreiche Ergebnisse zu verschiedenen Aspekten des technischen Regelwerks erarbeitet. Dazu gehören die Bestandsanalyse, die Einschätzung des Reifegrades des technischen Regelwerks, darauf basierende Handlungsempfehlungen, welche den Fahrplan zur Vollständigkeit des Wasserstoffregelwerks skizzieren, deren Umsetzung sowie ein Ausblick für die zukünftige Entwicklung des technischen Regelwerks. Diese Ergebnisse sind detailliert für jedes Themenfeld der 39 AGs in [Kapitel 5.1](#) dargestellt.

Für eine nachvollziehbare Einschätzung des Status des technischen Regelwerks ist für jeden Themenbereich der sogenannte Reifegrad angegeben (siehe [Abbildung 6](#)). Die Entwicklungsstände sind in die Kategorien „fehlt“, „rudimentär“, „arbeitsfähig“, „ausgereift“ und „vollständig“ eingeteilt. Ein Überblick über die gesamte Landkarte der Reifegrade für alle Themengebiete findet sich in [Kapitel 6.1](#).

Die Ergebnisse der Bestandsanalyse sind zusätzlich als öffentlich zugängliches Verzeichnis der technischen Regelwerke veröffentlicht worden: [Verzeichnis der Normen und technischen Regelwerke für Wasserstofftechnologien](#).

Alle ausgesprochenen Handlungsempfehlungen sind ausführlich und priorisiert im separat veröffentlichten Aktionsplan aufgeführt: [Aktionsplan Normungsroadmap Wasserstofftechnologien](#)

Eine umfassende Bewertung dieser Handlungsempfehlungen und der Umsetzungsprojekte findet sich in [Kapitel 5.2](#).



Abbildung 6: Übersicht des möglichen Status des technischen Regelwerks³ (Quelle: eigene Darstellung)

³ Erläuterung der Grade: „fehlt“: kein bzw. kaum anwendbares technisches Regelwerk; „rudimentär“: einzelne technische Regeln sind vorhanden, es bestehen jedoch noch große Lücken im technischen Regelwerk; „arbeitsfähig“: Kernregelwerk ist vorhanden; „ausgereift“: notwendiges technisches Regelwerk liegt vor und der Fahrplan zur Schließung der noch bestehenden Lücken befindet sich in der Umsetzung; „vollständig“: es liegt ein nahezu vollständiges Regelwerk vor und letzte Lücken werden geschlossen



Abbildung 7: Darstellung der Gremien der NRM H2 (Quelle: eigene Darstellung)⁴

⁴ Die AG CCU/CCS (Carbon Capture Utilisation/ Carbon Capture Storage) wurde im Verlauf des Projekts 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 Capture in die AG andere Erzeugungsarten überführt. Das Thema Carbon Storage wird nicht weiter in der NRM H2 behandelt.



5.1 Ergebnisse der Gremien der Roadmap

5.1.1 Erzeugung – Arbeitskreis 1

Durch die NWS und deren Weiterentwicklung strebt die Bundesregierung an, klimafreundliche Wasserstofftechnologien zu fördern und bereits frühzeitig zur Diversifizierung der Energieimporte Deutschlands beizutragen. Durch klar formulierte Ziele für den Energieträger wird der Aufbau eines neuen Wirtschaftszweiges unterstützt.

Die grüne Wasserstoffherzeugung in Deutschland hat ihre Anfänge in den 1980er-Jahren, u. a. mit der BMW Group als Pionier in der Forschung und Entwicklung von dualen Kraftstoffsystemen, die sowohl mit Benzin als auch mit Wasserstoff aus Sonnenenergie betrieben werden konnten [34].

Heute gibt es bereits eine große Anzahl von Unternehmen, die Projekte zur Wasserstoffherzeugung nicht nur im industriellen Maßstab, sondern auch auf kommerzieller Ebene planen und umsetzen. Erste Großanlagen werden ihren Betrieb weit vor dem Jahr 2030 aufnehmen. Diese Entwicklungen in der Wasserstoffherzeugung führen zur Entstehung neuer Arbeitsplätze und stärken die Unabhängigkeit des deutschen Wirtschaftsstandorts.

Der Weg, den Deutschland mit der Nutzung der erneuerbaren Energien bereits vor mehr als 20 Jahren eingeschlagen hat, wird durch die Wasserstoffherzeugung und Förderung der damit



verbundenen Technologien vervollständigt. Wasserstoff wird als molekularer Speicher von erneuerbaren Energien im zukünftigen Energiesystem ein wichtiger Baustein sein, der die Versorgungssicherheit garantiert und effizient die Lücken der reinen Elektrifizierung schließt.

Der Ausbau der Wasserstoffwirtschaft, insbesondere im Bereich der Wasserstofferzeugung, ermöglicht die Dekarbonisierung vorhandener Industrie- und Wirtschaftszweige. Sollte Deutschland in diesem Bereich eine führende Rolle übernehmen, verschafft ihm das einen Wettbewerbsvorteil und sichert seinen Status als Exporteur von qualitativ hochwertigen Gütern und Anlagen.

Um den Vorsprung Deutschlands zu halten, müssen zahlreiche Herausforderungen bewältigt werden, bei denen viele Aspekte gleichzeitig angegangen werden müssen. Neben der Erweiterung der erneuerbaren Energien müssen sowohl der Ausbau des Wasserstoffnetzes als auch die Elektrifizierung vorangetrieben werden. Die Erzeugung von Wasserstoff ist ein wichtiger Bestandteil der Energieversorgung und bietet Vorteile in allen Sektoren. Dafür ist es entscheidend, ihn strategisch im Strom- und Gasnetz zu integrieren. Zudem müssen für die globale Vernetzung passende Normen und Zertifizierungssysteme entwickelt werden, um wirtschaftliche Aspekte einheitlich zu bewerten.

Bezogen auf die entstehende Wertschöpfungskette aus der NWS muss Wasserstofferzeugung auch als Technologie betrachtet und verstanden werden. Die verschiedenen Elektrolysetechnologien und alternativen Erzeugungsverfahren, wobei Letztere heute technologisch noch in den Kinderschuhen stecken, können als Anlage und Produkt ihren Teil zu einer weltweiten Klimawende beitragen und Deutschland stärken. Viele Felder, u. a. im Bereich der Materialien, aber auch im Bereich der Effizienz und der Vergleichbarkeit von Produkten, bieten Entwicklungspotenzial für Unternehmen aus Deutschland.

Die Integration der Wasserstofferzeugung in nationale und europäische Energiemärkte, sowohl als eigenständige Technologie als auch zur Verwendung des erzeugten Wasserstoffs als Rohstoff für lokale Industrien und Lieferketten, wird durch die technische Regelsetzung unterstützt und optimiert. Normen und technische Regeln, die darauf abzielen, Produkte, Dienstleistungen und Prozesse zu vereinheitlichen, die Qualität zu verbessern und die Sicherheit zu gewährleisten, ermöglichen den Vergleich von Produkten und Systemen. Sie sorgen zudem für die erforderliche Kompatibilität und Übertragbarkeit in allen Bereichen.

Der AK Erzeugung innerhalb der NRM H2 bildet das koordinierende Gerüst für die mitarbeitenden Experten und unterstützt im Themengebiet die Vernetzung mit anderen Projekten. Die AGs, die sich im AK Erzeugung mit den Technologien zur Erzeugung und mit den Rahmenbedingungen für den produzierten Wasserstoff befassen, sind entscheidend für die Entwicklung dieser technischen Regeln und Protokolle.



5.1.1.1 AG Elektrolyse

Wasserelektrolyseure sind eine Schlüsseltechnologie für das zukünftige Energiesystem, da sie aktuell die einzige großtechnisch verfügbare Variante zur Wandlung von elektrischem Strom in den stofflichen Energieträger bzw. industriellen Rohstoff Wasserstoff darstellen.

Scope

Die AG Elektrolyse befasst sich mit der Erzeugung von Wasserstoff durch Elektrolyse von Wasser sowie allen damit einhergehenden Aspekten. Es werden u. a. folgende Elektrolysearten betrachtet: die alkalische Elektrolyse, die alkalische Membranelektrolyse, die Polymerelektrolytmembran-Wasserelektrolyse sowie die Hochtemperatur-Wasserdampfelektrolyse. Es wird der Elektrolyseprozess von der Leistungswandlung, einschließlich aller Hilfsysteme, bis zum transportfähigen Produkt berücksichtigt.

Reifegrad

Die Angabe des Reifegrads des technischen Regelwerks bezieht sich primär auf die beiden Erzeugungsverfahren alkalische Elektrolyse und Polymerelektrolytmembran-Wasserelektrolyse. Für das weniger verbreitete Verfahren der Hochtemperatur-Wasserdampfelektrolyse ist aus der Anwendung heraus bisher kein konkreter Bedarf an Normung geltend gemacht worden. Das technische Regelwerk wird im beschriebenen Bereich als „ausgereift“ angesehen. Mit den Kernnormen DIN EN ISO 22734-1 [35], DIN EN 17124 [36] und den Normen des verfahrenstechnischen Anlagenbaus, wie beispielsweise die DIN EN IEC 60079-10-1 (VDE 0165-1) [37] oder die DIN EN 61511 (VDE 0810-1) [38], ist ein grundlegendes technisches Regelwerk vorhanden. Im Rahmen des weiteren Markthochlaufs sind bereits zukünftige Lücken im derzeitigen technischen Regelwerk absehbar. Sie beziehen sich auf Themen wie Lieferketten beim Stackbau, einheitliche

Schnittstellen/Anschlüsse von Komponenten (z. B. Stack), modularisierten Anlagenbau im Fokus der Wasserelektrolyse, den Bau von Offshore-Elektrolyseuren und einheitliche Wartungskonzepte. Der geringe technologische Reifegrad dieser Themen erfordert aktuell noch keine technische Regelsetzung.

Bestandsanalyse – Bewertung

Insgesamt konnten 44 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 31 nationale, drei europäische und neun internationale Dokumente auf. Außerdem wurde ein chinesisches Dokument mit in den Bestand aufgenommen.

Ergänzend zu den direkt auf den Elektrolyseprozess anwendbaren technischen Regelwerken sind für Elektrolyseure auch die technischen Regeln für den verfahrenstechnischen Anlagenbau anzuwenden. Darin sind unter anderem die Regeln für den Explosionsschutz (Bsp. DIN EN IEC 60079-10-1 (VDE 0165-1) [37]) oder die funktionale Sicherheit (Bsp. DIN EN 61511-1 (VDE 0810-1) [38]) beschrieben. Elektrolyseure werden oftmals als Maschinen in Verkehr gebracht. In diesem Fall werden über die direkten Elektrolyse-Standards hinaus auch gängige Normen wie die DIN EN ISO 12100 [39] oder die Normenreihe DIN EN ISO 13849 [40] herangezogen, welche sich als anwendbar erwiesen haben. Wenn die Wasserelektrolyse unter Druck betrieben wird, müssen zusätzlich auch die Dokumente der Druckgeräte-Richtlinie [41] berücksichtigt werden.

Abbildung 8 stellt die identifizierten Gremien der technischen Regelsetzung dar, die für die Erarbeitung der technischen Regelwerke im Bereich Elektrolyse wichtig sind. Eine Übersicht der Abkürzungen der Gremien kann in **Abschnitt 11** eingesehen werden.

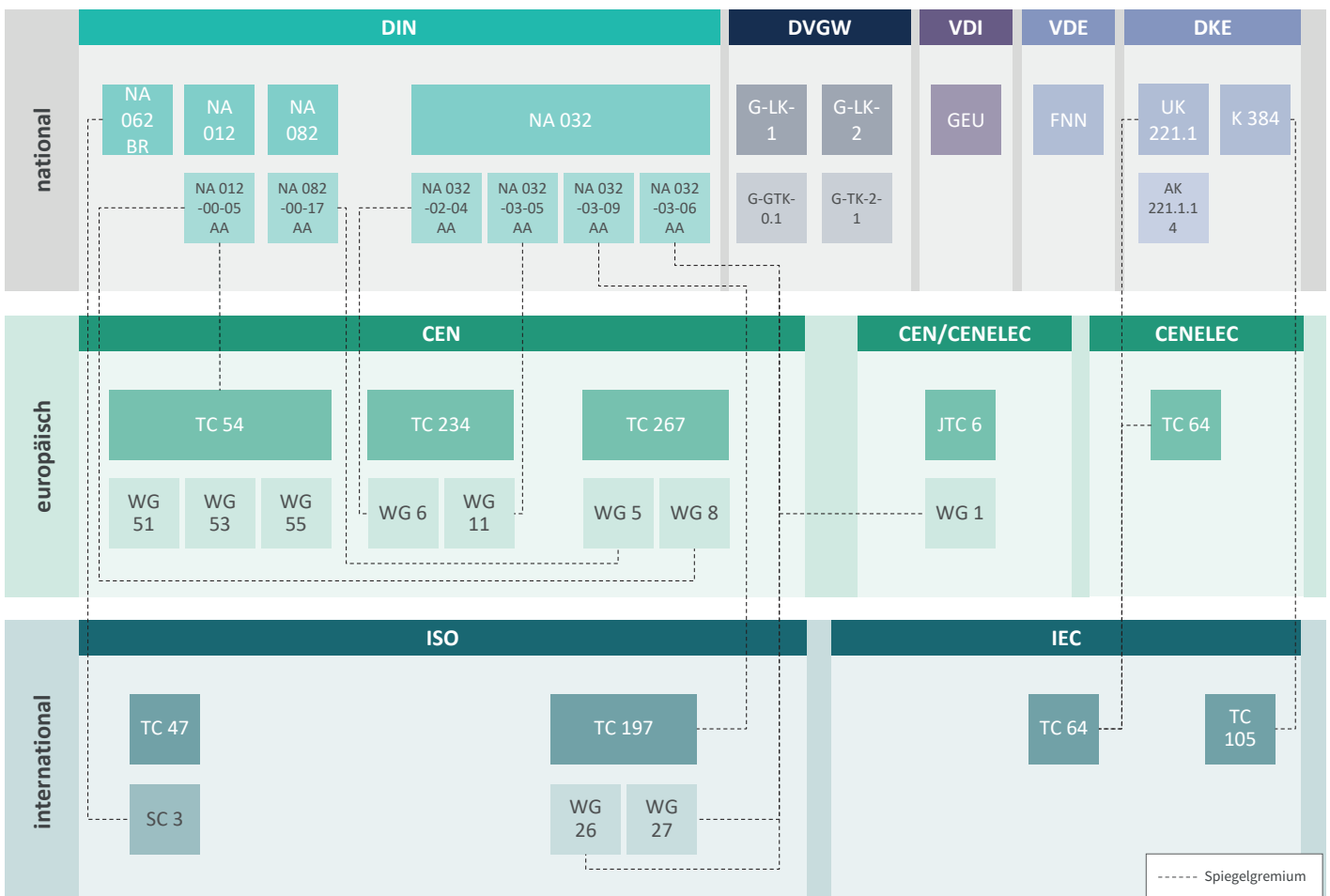


Abbildung 8: Übersicht relevanter Gremien der technischen Regelsetzung im Bereich Elektrolyse (Stand 07-2025)
(Quelle: eigene Darstellung)



Die Standardisierung im Bereich der Elektrolyse ist von entscheidender Bedeutung, um die Sicherheit, Effizienz und Zuverlässigkeit von Wasserelektrolyseuren zu gewährleisten. Dabei ergeben sich verschiedene inhaltliche Herausforderungen und Aufgaben.

Ein zentraler Aspekt der Standardisierung ist die Erarbeitung von Konzepten und Schutzmaßnahmen für den sicheren Anschluss von Wasserelektrolyseuren. Hierbei müssen die besonderen Anforderungen an die elektrische Sicherheit berücksichtigt werden. Es ist wichtig, sicherzustellen, dass die elektrotechnische Planung den geltenden Sicherheitsstandards entspricht, um elektrische Gefährdungen zu minimieren. Im bestehenden VDE-Regelwerk können Elektrolyseure nicht vollständig abgedeckt werden. Diese Lücke wird durch das Umsetzungsprojekt DIN VDE 0100-782 (VDE 0100-782) geschlossen.

Die Planung von Elektrolyseuren muss für verschiedene Anwendungsfälle durchgeführt werden, darunter stromnetzgekoppelte Systeme, netzunabhängige Systeme, Wasserstoff-erzeugung für Tankstellen sowie kontinuierliche Abnehmer und Gasnetzeinspeisungen. In Anlehnung an die Richtlinie VDI 3985 [42] sollte eine ähnliche Richtlinie für Elektrolyseure entwickelt werden, um die Planung und Umsetzung von Elektrolyse-Projekten zu vereinfachen.

Auf Komponentenebene zeichnen sich erste Abstimmungsbedarfe zwischen verschiedenen Stakeholdern der Lieferkette ab, was zu Normungsbedarfen führt. Die Eignung von Bipolarplatten (BPP) und deren Beschichtungen ist ein weiterer wichtiger Bereich der Standardisierung. Die elektrochemische Beständigkeit der BPP wird durch Korrosionsmessungen bestimmt. Derzeit existieren jedoch keine einheitlichen Messabläufe, was zu Unsicherheiten in der Industrie führt. Die Empfehlungen des Department of Energy (DoE) [43] von 2017 für BPP in Brennstoffzellenanwendungen sind nicht auf Elektrolyse-BPP übertragbar. Daher besteht die Notwendigkeit, spezifische Richtlinien für Elektrolyse-BPP zu entwickeln, um die Vergleichbarkeit und Zuverlässigkeit der Messergebnisse zu erhöhen.

Dichtungen sind ebenfalls essenzielle und sicherheitsrelevante Bauteile für den Betrieb von Elektrolyseuren. Derzeit gibt es keine etablierten Normen und technischen Regeln für deren Bewertung im Langzeitbetrieb. Einheitliche Messabläufe für Labortests helfen, Dichtungen durch thermische, chemische und physikalische Stresstests zu charakterisieren. Die Bewertung sollte anhand analytischer Testmethoden an

standardisierten Prüfkörpern erfolgen, um die mechanische Stabilität, Permeabilität, chemische Zusammensetzung und andere relevante Eigenschaften zu bestimmen. In Zukunft können aufbauend darauf auch beschleunigte Stresstests entwickelt werden, um sowohl die Messkapazität zu erhöhen als auch die Kosten zu senken.

Die Bestimmung der Effizienz von Elektrolyseuren, insbesondere im Vergleich von Cell Efficiency und Stack Efficiency, sowie die Beurteilung von Streuströmen (Stray Currents) ist oft intransparent und uneinheitlich. Dies erschwert den direkten Vergleich verschiedener Systeme, da die Zahlenwerte nicht vergleichbar sind. Es besteht daher die Notwendigkeit, einheitliche Methoden zur Effizienzbestimmung zu entwickeln, um die Vergleichbarkeit und Transparenz zu erhöhen.

Ein weiterer Bedarf ergibt sich aus der Unsicherheit hinsichtlich eines möglichen PFAS-Verbots. Im Themenfeld Wasserelektrolyse sind hierbei nicht nur die Membranen von Polymerelektrolytmembran-Wasserelektrolyse betroffen, sondern auch Dichtungen allgemein.

Normung und Standardisierung im Bereich der Elektrolyse umfasst eine Vielzahl von Herausforderungen und Aufgaben, die von der Sicherheit und Effizienz der Systeme bis hin zur Vergleichbarkeit der Messergebnisse reichen. Durch die Entwicklung einheitlicher Normen und technischer Regeln im Rahmen der Umsetzungsprojekte kann die Zuverlässigkeit und Akzeptanz von Wasserelektrolyseuren in der Industrie und Gesellschaft gesteigert werden.

Fazit und Ausblick

Im Bereich der Erzeugung liegt für die etablierten Verfahren der alkalischen Elektrolyse und der Polymerelektrolytmembran-Wasserelektrolyse ein ausgereiftes technisches Regelwerk vor, in welchem noch letzte Lücken geschlossen werden. Die technologische Reife in dem sehr dynamischen Feld nähert sich schnell einem Bereich, in dem Standardisierung zunehmend an Bedeutung gewinnt. Die Wertschöpfungskette wird komplexer und gewinnt an Tiefe. Das bedeutet, dass mehr spezialisierte Teilnehmer ins Spiel kommen, die Schnittstellen über Standardisierung definieren und abstimmen müssen. Außerdem sind weitere Entwicklungen in den noch jüngeren Technologien zu erwarten. Dadurch werden sich in naher Zukunft zusätzliche Normungsbedarfe ergeben.

5.1.1.2 AG Andere Erzeugungsarten



Die AG andere Erzeugungsarten befasst sich mit den Verfahren und Anlagen zur Erzeugung (inkl. Aufbereitung) von Wasserstoff mit anwendungsbezogener Nutzungsqualität. Hierbei werden Wasserstofferzeugungsarten abseits der Wasserelektrolyse betrachtet.

Reifegrad

Zu anderen Erzeugungsarten von Wasserstoff existiert kein dediziertes technisches Regelwerk. Einzelne Normen aus anderen Themenfeldern geben Informationen zu verschiedenen Erzeugungsarten. Ob für ein Verfahren ein Normungsbedarf geltend gemacht werden kann, hängt von seinem Reifegrad ab. Das Identifizieren von technisch fundierten Aussagen zum Reifegrad der unterschiedlichen Verfahren konnte nicht ausreichend detailliert erfolgen, da es nur sehr begrenzt belastbare Ergebnisse und Erfahrungswerte gibt, die eine nachvollziehbare Beurteilung erlauben. Daher wurde ein Bedarf an pränormativer Forschung formuliert, der das notwendige weitere Vorgehen beschreibt.

Bestandsanalyse – Bewertung

Es wurden fünf Normen identifiziert, deren Schwerpunkt nicht auf anderen Erzeugungsarten liegt, die aber als tangierend relevant bezeichnet werden können. Dies umfasst zwei nationale Leitfäden, deren Fokus auf Elektrolyse liegt, sowie drei internationale Normen. Zum Beispiel beschreibt die technische Spezifikation ISO/TS 19870 [44] in informativen Anhängen mögliche Bewertungsprinzipien und Systemgrenzen unterschiedlicher Verfahren zur Erzeugung von Wasserstoff. Ein bestimmtes Normungsgremium, das sich explizit anderen Erzeugungsarten widmet, ist nicht bekannt.

Bedarfe und Umsetzung

Für eine zielführende zukünftige Normung muss die technologische Entwicklung weltweit beobachtet werden. Potenzielle Verfahren können entsprechend der Energieform in folgende Kategorien eingeteilt werden:

- Strahlungsenergie – z. B. photosynthetische Prozesse;
- Chemische Energie (Brennstoffe/Substrate) – z. B. Vergasung, biologische Fermentation;
- Wärmeenergie (hochtemperaturbasiert, primärenergieunabhängig) – z. B. thermochemische Prozesse.

In der folgenden Übersicht sind potenzielle Verfahren zur Wasserstofferzeugung genannt, wobei kein Anspruch auf Vollständigkeit erhoben wird:

- Photokatalyse
- Photobiologische Verfahren
- Methanpyrolyse
- Ammoniakspaltung
- Reformierung
- LOHC-Dehydrierung
- Wassergas-Shift-Reaktion
- Vergasung
- Feststoffpyrolyse
- Biologische Wasserstofferzeugung (Dunkelfermentation, dunkle Photosynthese)
- Mikrobielle Elektrosynthese (MEC)
- Eisen-Mischoxid-Prozess
- Solarthermochemische Wasserspaltung
- Kupfer-Chlor-Prozess
- Iod-Schwefel-Prozess
- Dehydrierung von Alkoholen
- Chlor-Alkali-Elektrolyse

Für die oben genannten Verfahren konnte bislang kein konkreter Normungsbedarf identifiziert werden.

Angesichts des hohen erwarteten Potenzials und Innovationsdrucks im Bereich der Wasserstofftechnologien erscheint eine Beurteilung der Verfahrenreife als der erste Schritt. Der technische Reifegrad der im Verfahrenskatalog gelisteten Technologien ist sehr unterschiedlich. Dies reicht von jahrzehntelang etablierten Verfahren (TRL 9 [45]) bis hin zu Neuentwicklungen, deren Bewertung auf Basis der begrenzten Verfügbarkeit veröffentlichter Daten teilweise nicht möglich ist. Mithilfe eines in der AG andere Erzeugungsarten erarbeiteten Bündels an Kriterien (siehe [Abbildung 9](#)) können die Verfahren in einem nächsten Schritt hinsichtlich eines möglichen Standardisierungsbedarfs untersucht werden. Der Entscheidungsbaum findet insbesondere dann Anwendung, wenn ein Normungsinteresse angenommen werden kann, um eine klar strukturierte, transparente Entscheidung zu treffen. 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) (siehe DIN EN 16603-11 [46]).



Eine Standardisierung von Verfahren oder Technologien ist erst ab einem TRL 8 sinnvoll [45]. 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 [47]) eingehalten ist. Da Wasserstofftechnologie ein dynamischer, sich schnell entwickelnder Bereich ist, sollen jedoch auch innovative Verfahren berücksichtigt werden, die aktuell noch kein 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.

Somit besteht ein pränormativer Forschungsbedarf, der eine vergleichende Analyse existierender Wasserstoff-Erzeugungsverfahren, insbesondere in den Punkten technologische Reife, Anwendung im industriellen Kontext und wirtschaftliches

Potenzial, durchführen soll. Auf Basis dieser Ergebnisse kann die wissenschaftliche Grundlage für die Erarbeitung neuer Normen und technischer Regeln bzw. die Überarbeitung existierender Normen gelegt werden.

Fazit und Ausblick

Eine auszugsweise Betrachtung einzelner im Verfahrenskatalog genannter Verfahren mittels des Entscheidungsbaumes hat gezeigt, dass der jeweilige TRL in der Mehrzahl kleiner ist als im Vergleich zur Elektrolyse. Vor dem Hintergrund möglicher Sprunginnovationen gilt es, die technologischen Entwicklungen weiter zu beobachten. Eine Beobachtungsstelle, die kontinuierlich einen aktuellen Entwicklungsstand aller existierenden Verfahren erfasst, ergänzt und veröffentlicht, ist allerdings nicht bekannt. Um einen zukünftigen Normierungsprozess anderer Erzeugungsarten transparent aufzuzeigen, bedarf es wissenschaftlich fundierter Bewertungsgrundlagen, die in einer Handlungsempfehlung an die Forschung ausgesprochen werden.

Entscheidungsbaum

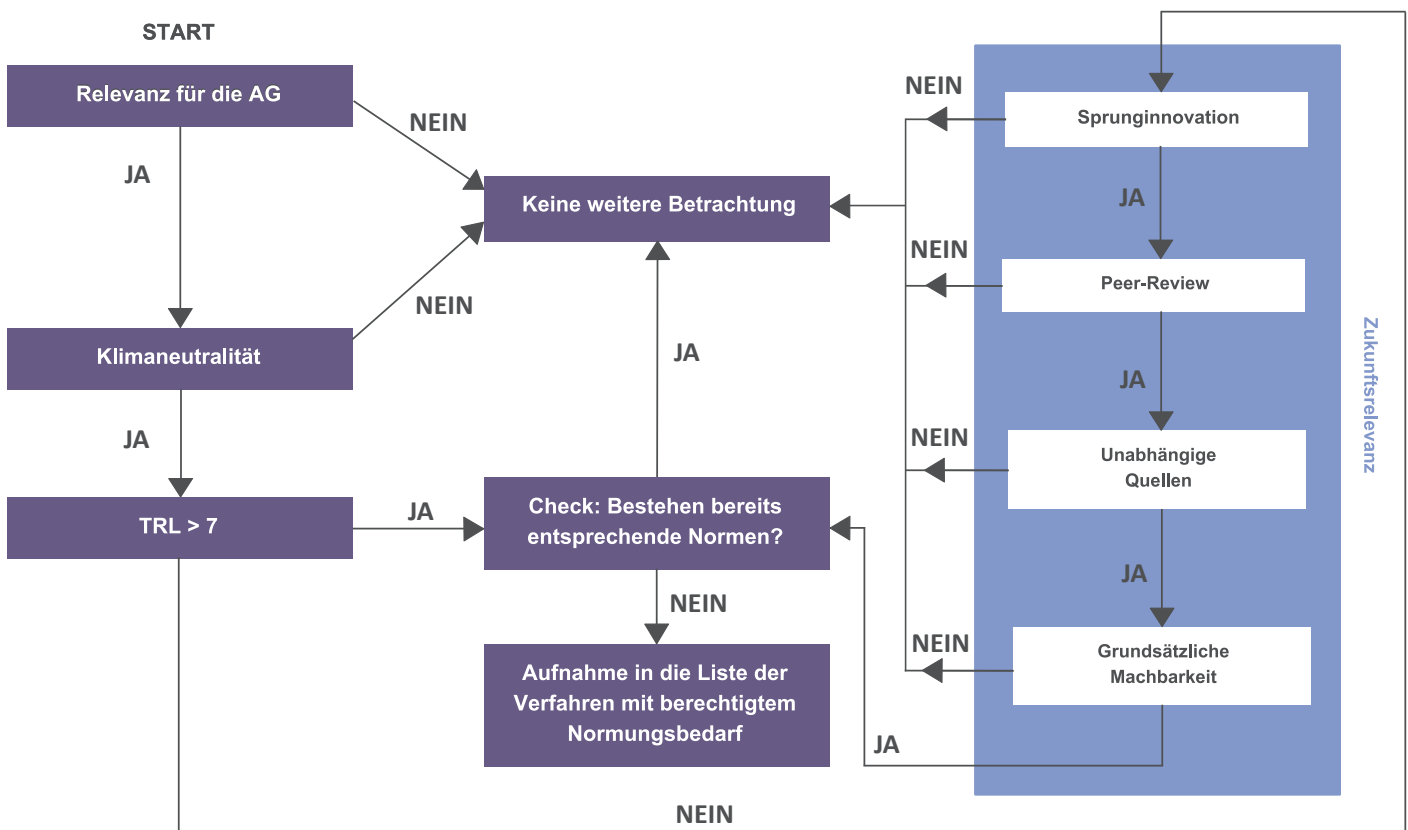


Abbildung 9: Entscheidungsbaum (Quelle: NRM H2 AG Andere Erzeugungsarten)

5.1.1.3 AG Gesamtsystemintegration



Scope

Das wirtschaftlich effiziente sowie das sektorenübergreifende Zusammenwirken von Strom-, Wärme- und Gasinfrastruktur wird im künftigen Energiesystem ein Schlüsselement der Sektorenkopplung sein. Die Speicherfähigkeit von klimafreundlich hergestelltem Wasserstoff in der Gasinfrastruktur und die Möglichkeit, diese Energie durch Gasturbinen, Gasmotoren oder Brennstoffzellen bedarfsgerecht in das Elektrizitätssystem zurückzuführen, stellen die Basis für ein funktionierendes Energiegesamtsystem dar. Klimafreundlich hergestellter Wasserstoff ermöglicht es, die Kohlenstoffdioxidemissionen 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.

Reifegrad

Für den Bereich Gesamtsystemintegration ist der Reifegrad als „ausgereift“ einzustufen, da das notwendige technische Regelwerk der elektrischen Energieversorgung überwiegend vorliegt. Die identifizierten relevanten Normen und technischen Regeln dieses Bereiches werden hinsichtlich Wasserstoff erweitert oder bezüglich der Anwendbarkeit mit Wasserstoff geprüft. Eine Kernnorm aus diesem Bereich ist z. B. DIN EN IEC 61850-7-420 [48]. Die Normenreihe DIN EN IEC 61850 [49] wird kontinuierlich bei IEC weiterentwickelt. Erkannte Lücken werden z. B. durch das Umsetzungsprojekt zu Prüfanforderungen der VDE-AR-N 4130 [50] geschlossen.

Bestandsanalyse – Bewertung

Die für die Gesamtintegration von Wasserstoff existierenden technischen Regelwerke wurden weitestgehend erfasst und beinhalten nationale, europäische und internationale Normen und technische Regeln, die kontinuierlich weiterentwickelt werden. Für den elektrischen Netzanschluss von Wasserstoffanlagen bestehen national entsprechende Vorgaben, etwa die Technischen Anschlussregeln (TARs) des Forums Netztechnik/Netzbetrieb im VDE (FNN) [51], die für die Nieder-, Mittel-, Hoch- und Höchstspannung maßgeblich sind – darunter insbesondere die VDE-AR-N 4100 [52], VDE-AR-N 4105 [53], VDE-AR-N 4110 [54], VDE-AR-N 4120 [55] und die VDE-AR-N 4130 [50]. Diese TARs werden auf

nationaler Ebene vom VDE FNN koordiniert und bauen auf europäischen Vorgaben auf, insbesondere auf den EU-Verordnungen Requirements for Generators (RfG) [56] und Demand Connection Code (DCC) [57], die verbindliche technische Anforderungen an Stromerzeugungs- und Bezugsanlagen festlegen. Weitere technische Anforderungen werden gemäß § 19 EnWG [58] in den Technischen Anschlussbedingungen (TABs) der Netzbetreiber festgelegt. Ergänzt werden diese durch Normen wie die Normenreihe DIN EN 50549 (VDE 0124-549) [59] für den Anschluss und Betrieb von dezentralen Erzeugungseinheiten im NS- und MS-Netz. Diese technischen Regelwerke definieren den elektrischen Anschluss, die Energiemessung und die Steuerbarkeit bzw. die Kommunikation der Anlagen mit dem Netz (z. B. Normenreihe DIN EN IEC 61850 [49]) sowie ggf. mit dem Energiemarkt. Beispielsweise erzeugen Elektrolyseanlagen als „größere“ elektrische Bezugsanlagen eine zusätzliche Nachfrage nach elektrischer Energie. Hinsichtlich der Nutzung von Wasserstoff kann dabei 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 Gesamtsystemintegration und die Koordination der Normungsaktivitäten sind Aufgabe des DKE System Komitees Smart Energy (DKE/ K901).

Abbildung 10 stellt die identifizierten Gremien der technischen Regelsetzung dar, die für die Erarbeitung der technischen Regelwerke im Bereich Gesamtsystemintegration wichtig sind. Eine Übersicht der Abkürzungen der Gremien kann in **Abschnitt 11** eingesehen werden.

Bedarfe und Umsetzung

Für die Schließung offener Lücken stehen die Sektorenkopplung und die Anschlussbedingungen im Vordergrund. Diese Aspekte stehen auch im Fokus der Roadmap „Systemstabilität“ [60], die unter Leitung des BMWi erweitert wird. Hauptthema ist das Zusammenspiel zwischen Marktprozessen und Netzbetrieb. Die technischen Regelwerke der einzelnen Sektoren haben momentan noch einen unterschiedlichen Reifegrad. Im Bereich der elektrischen Energieversorgung sind die technischen Regelwerke größtenteils vorhanden. Im Bereich der Gasinfrastruktur müssen die technischen Regelwerke noch bedarfsgerecht erweitert werden, z. B. bei wechselnden Belastungen.

Die optimierte Kopplung verschiedener Energieträger in unterschiedlichen Applikationen in zentralen und dezentralen Anlagen erfordert eine systemübergreifende Koordination

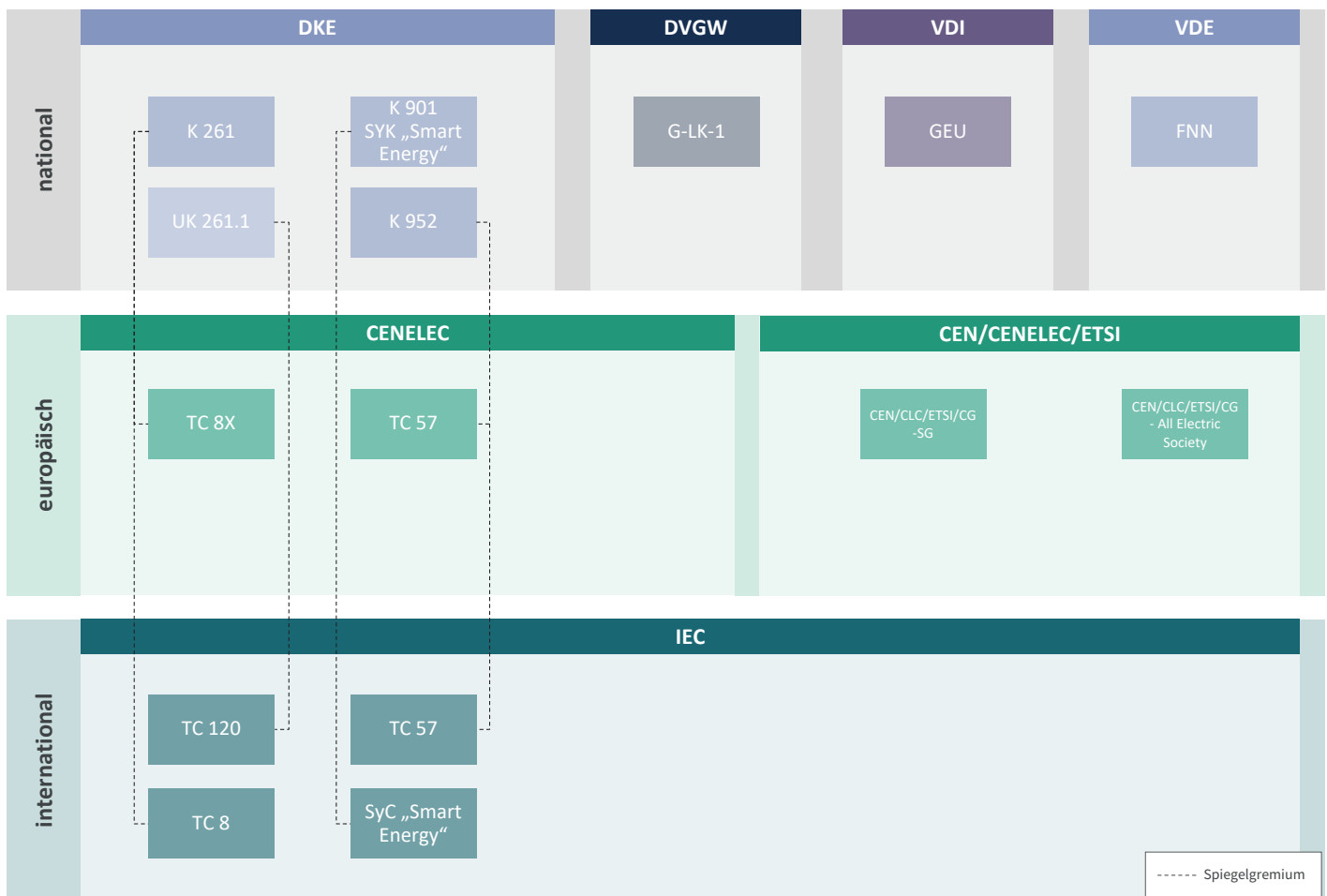


Abbildung 10: Übersicht relevanter Gremien der technischen Regelung im Bereich Gesamtsystemintegration (Stand 07-2025) (Quelle: eigene Darstellung)

und Kommunikation. In unterschiedlichen Domänen werden dazu unterschiedliche Kommunikationsstandards und Datenmodelle eingesetzt und im Smart Grid Architecture Models (SGAM) (siehe [Abbildung 11](#)) dargestellt. Eine semantische Interoperabilität [61], [62] erleichtert den sektorübergreifenden Datenaustausch. Hierzu sind neuere Technologien neben den bekannten Standards der Energiewirtschaft zu untersuchen, z. B. sektorübergreifende Datenräume wie GAIA-X [63], ein Datenraum für die H₂-Wertschöpfungskette, Digitale Zwillinge [64], Digitaler Produktpass (DPP) [65], Verwaltungsschale/ Asset Administration Shell (AAS bzw. DPP 4.0) [66], digitaler Kalibrierschein oder digitale Konformitätsbewertung. Aktuelle Projekte wie energy data-X [67], QI Digital [68] oder Manufacturing-X [69] sind interessante Anknüpfungspunkte.

Energiesystemmodelle und -simulationen unter Beachtung von Abhängigkeiten, Randbedingungen und Systemgrenzen der einzelnen Sektoren dienen der Integration der Sektoren. Aus Sicht des Energieversorgungsnetzes sind Themen wie Systemdienlichkeit, Netzdienlichkeit, Energiemärkte, Flexibili-

tät, technische Mindestanforderungen für den Netzanschluss, Installation, Systemstabilität und Systemdienstleistungen wesentlich (siehe [Abbildung 12](#)). Die Begriffe Systemdienlichkeit und Netzdienlichkeit werden momentan innerhalb der Sektoren unterschiedlich verstanden. Deshalb muss eine eindeutige, anerkannte und sektorübergreifende Definition für diese zwei Begriffe vereinbart werden. Relevante Systemaspekte müssen für alle Sektoren und Infrastrukturen bekannt sein. Diese ganzheitlichen Energiesystemmodelle dienen als Basis für Optimierung, Planung, Priorisierung, Handlungsempfehlungen sowie Strategien zur Gesamtenergiesystemoptimierung [71]. Die folgenden Gremien VDI Power-to-X 4635 und DKE/K261 „Systemaspekte der elektrischen Stromversorgung“ arbeiten an Definitionen wie z. B. Systemdienlichkeit und Netzdienlichkeit und ggf. weiteren Definitionen [61] [62].

Die AG hat die Vorbereitungen im Normungsgremium DKE/K261 zum Umsetzungsprojekt „Prüfanforderungen für VDE-AR-N 4130“ im Jahr 2024 gestartet. Fünf weitere Umsetzungsprojekte im Bereich Kommunikation im Energienetz

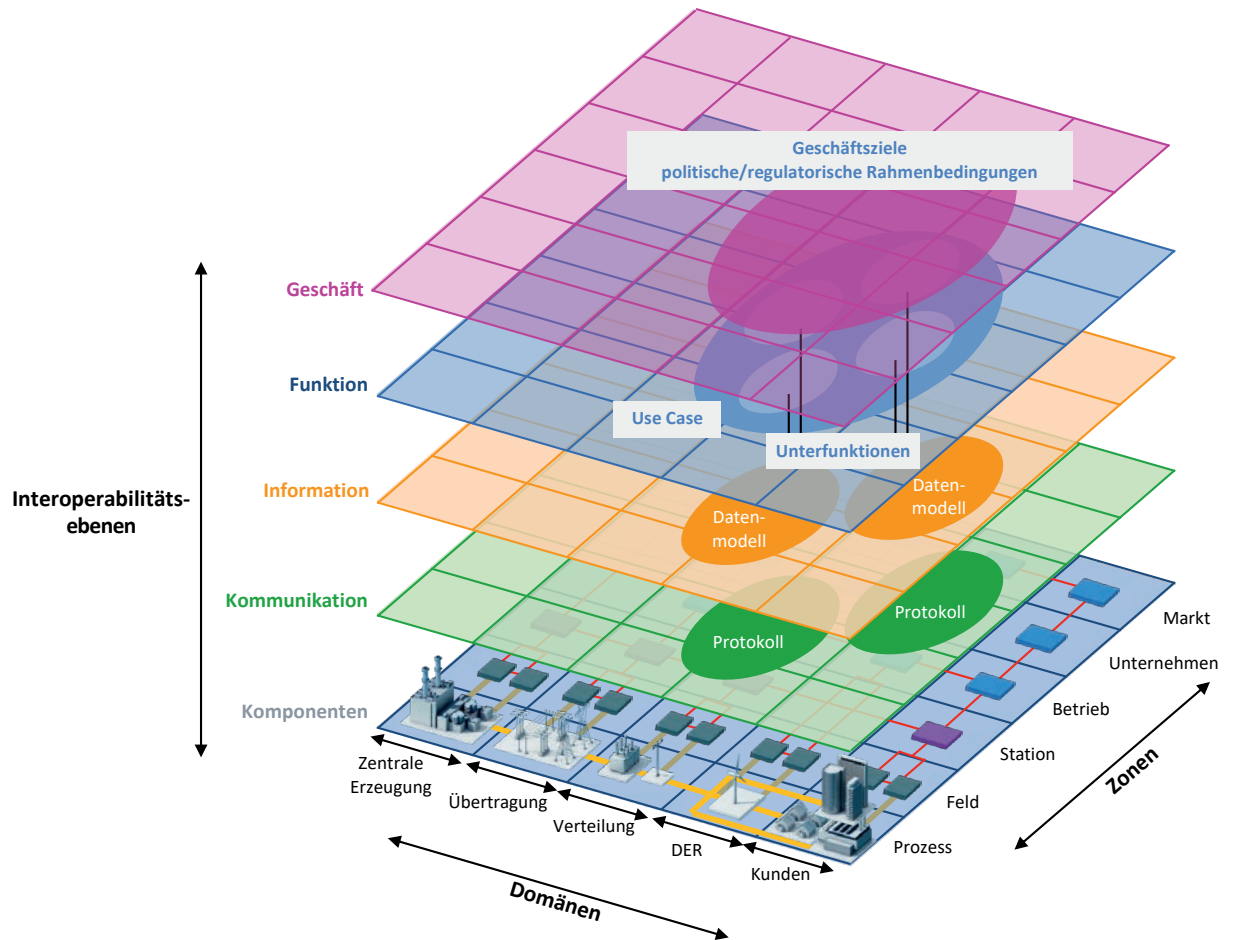
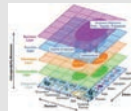


Abbildung 11: Smart Grid Architecture Model (SGAM) [70]

Übersicht Gesamtsystemintegration H2



Für die Automatisierung, Kommunikation und Digitalisierung siehe SGAM



Sensorik und Aktorik verbinden die reale Welt mit Digitalisierung & Automatisierung

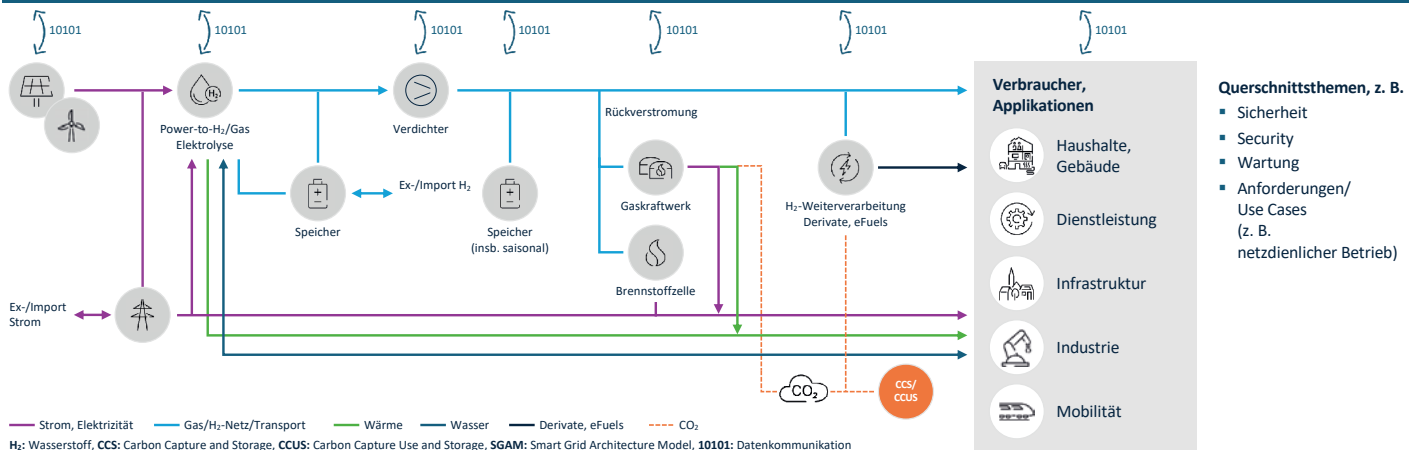


Abbildung 12: Übersicht Gesamtsystemintegration Wasserstoff (Quelle: eigene Darstellung in Anlehnung an [72])



werden voraussichtlich noch im Jahr 2025 starten. Es handelt sich um die Projekte zu grundlegenden Prinzipien und Modellen der Kommunikation im Stromnetz, gemeinsamen Datenklassen, logischen Knoten für verteilte Energiequellen und Verteilungsautomatisierung und um eine grundlegende Einleitung, einen Überblick und ein Glossar über Kommunikationsnetze und -systeme für die Automatisierung in der elektrischen Energieversorgung. Konkret werden dabei mehrere Teile der Normenreihe DIN EN IEC 61850 überarbeitet und Verweise auf weiterführende Teile der Normenreihe untersucht.

Fazit und Ausblick

Da die elektrische Energieversorgung und deren Kommunikations-Architekturen bereits sehr detailliert ausgearbeitet sind, stellt die Integration in bereits etablierte Systeme eine Herausforderung dar. Hierzu bedarf es der Schaffung einer semantischen Interoperabilität zwischen allen Akteuren. Diesbezüglich wurden im Rahmen des Projekts ca. 200 Normen und technische Regeln untersucht.

Das Themenfeld ist komplex und vielschichtig, doch wesentliche Meilensteine wurden durch die Umsetzungsprojekte bereits gesetzt. Die Fertigstellung der Umsetzungsprojekte wird zeitnah zu wichtigen Zwischenergebnissen für die Kommunikations-Architektur und damit zur Erhöhung des Gesamtreifegrads führen. Auch nach Abschluss dieser Normungsroadmap sind zukünftige Entwicklungen von den Fortschritten dieser Umsetzungsprojekte und der Identifikation weiterer Bedarfe abhängig.

Zukünftige Herausforderungen und neue Möglichkeiten sind u. a. die Entwicklung von Dataspaces, des Digitalen Produktpasses (DPP) [65], die Asset Administration Shell (AAS, Normenreihe EN IEC 63278 [73]) und die Entwicklung der KI in der Energietechnik [74] sowie in diesem Zusammenhang Resilienz und Cybersecurity. Das Thema Sektorenkopplung wird auch in der DKE Initiative „All Electric Society“ (siehe [Abbildung 13](#)) betrachtet [75].

5.1.1.4 AG Wasserstoffbeschaffenheit



Scope

Die AG Wasserstoffbeschaffenheit befasst sich mit den chemisch-physikalischen Eigenschaften (stofflichen oder brenntechnischen) von Wasserstoff und dessen gasförmigen und festen Begleitstoffen. Ebenso betrachtet wird die Reinheit und damit verbundene Eingruppierung von Wasserstoff für die verschiedenen Anwendungen. Für diese findet eine Berücksichtigung der unterschiedlichen Bedarfe der gesamten Wertschöpfungskette statt (Produktion, Transport, Speicherung, Verteilung, Endanwendung und Qualitätssicherung). Der Fokus liegt auf Wasserstoff als Hauptbestandteil im Gegensatz zu Wasserstoff als Beimischung [76], [77], [36], [78].



Abbildung 13: Vernetzung und Kopplung bisher getrennter Sektoren [75]

Reifegrad

Der Reifegrad des technischen Regelwerks zur Wasserstoffbeschaffenheit kann in den zentralen Bestandteilen als „ausgereift“ betrachtet werden. Die Implementierung weiterer Erzeugungsverfahren neben der Elektrolyse wird entsprechende technische Regelwerksanpassungen nach sich ziehen. Um den Reifegrad als vollständig betrachten zu können, müssen zu einigen Begleitstoffen noch konkrete Prüfverfahren zertifiziert werden. Außerdem liegen bei einigen Begleitstoffen noch Unsicherheiten hinsichtlich der erforderlichen geringen Nachweisgrenze in der Gasanalytik vor.

Bestandsanalyse – Bewertung

Die technische Regelsetzung zur Wasserstoffbeschaffenheit ist in Deutschland, wie auch europäisch und international, vorhanden. Die technischen Regelwerke und Normen konkretisieren Anforderungen an die stoffliche Beschaffenheit von Wasserstoff, etwa in Bezug auf Verunreinigungen, Druckniveaus oder Materialverträglichkeit. Zu nennen sind hier die DVGW G 260 (A) zur Gasbeschaffenheit [76] sowie die DIN EN 17124 [36], welche die Anforderungen an Wasserstoff als Kraftstoff für Brennstoffzellenfahrzeuge definiert.

Neben der Expertise, die in Gremien der technischen Regelsetzung durch die Mitglieder gegeben ist, fließen Erkenntnisse aus zahlreichen Forschungsprojekten in die technische Regelsetzung ein. Beispielhaft ist das Wasserstoff-Leitprojekt TransHyDE [79], gefördert durch das Bundesministerium für Forschung, Technologie und Raumfahrt, zu nennen [80]. Die Wasserstoffbeschaffenheit wurde im Kontext dieses Projekts im Rahmen der Umstellung von Erdgastransportnetzen auf Wasserstoff beleuchtet. Es wurden Probenahme- und Analyseverfahren entwickelt, um kundenspezifische Gasbeschaffenheitsanforderungen sicherzustellen.

Darüber hinaus stammen weitere Erkenntnisse zur Absenkung der relativen Dichte bei Wasserstoffbeimischungen aus dem Forschungsvorhaben des DVGW „Roadmap Gas 2050“ [81]. Dies wird im Beiblatt 1 des DVGW-Arbeitsblattes G 260 (A) [76] berücksichtigt. Mit Fokus auf reinen Wasserstoff liefern weitere Projekte zur Analyse und Probenahme [82], [83], [84], aber auch anwendungsbezogene Projekte zu Wasserstofftankstellen oder Brennstoffzellen [85], [86], [87] hilfreiche Erkenntnisse für den Bereich Wasserstoffbeschaffenheit.

Insgesamt betreffen 16 Normen und technische Regelwerke die Wasserstoffbeschaffenheit. Davon werden aktuell zehn Normen überarbeitet. Weitere technische Regelwerke sind noch in der Erarbeitung und liegen nur als Erstentwurf oder Arbeitsdokument vor. Im Zuge der Bestandsaufnahme wurde eine Unterscheidung zwischen den Normen, die die Wasserstoffbeschaffenheit direkt betreffen, und solchen, die nur tangierend relevant sind, vorgenommen. Dabei haben sich vier technische Regelwerke herauskristallisiert [33].

Die Mindestqualitätsmerkmale von Wasserstoffkraftstoff, der für die Verwendung in Wohn-, Gewerbe-, Industrie-, Fahrzeug- und stationären Anwendungen verteilt wird, werden in ISO 14687 [88] festgelegt.

DVGW G 260 (A) [76] legt die Anforderungen an die Beschaffenheit von Brenngasen der öffentlichen Gasversorgung fest und stellt Rahmenbedingungen für die Gaslieferung, den Gastransport, die Gasverteilung, die Gasspeicherung, den Betrieb von Gasanlagen und Gasgeräten bzw. für gewerbliche und industrielle Gasanwendungen sowie die Basis für die Entwicklung, Normung und Prüfung auf.

DIN CEN/TS 17977 [89], eine technische Spezifikation, definiert die Qualität von gasförmigem Wasserstoff, d. h. dessen Parameter und Grenzwerte, der auf sichere Weise zu transportieren ist, in Speicher einzuspeisen und aus Speichern zu entnehmen ist, und in vollständig und/oder teilweise umgestellten Erdgasinfrastrukturen und damit zusammenhängenden Anwendungen zu verteilen und zu nutzen ist. Der Endverbraucher erlangt durch dieses Dokument Aufschluss darüber, welche Mindestqualität des bereitgestellten Wasserstoffs erwartet und von der Gasinfrastruktur als Mindestanforderung sichergestellt werden kann.

In ISO 19880-8 [90] ist das Protokoll zur Sicherstellung der Qualität von gasförmigem Wasserstoff in Wasserstoffverteilungsanlagen und Wasserstofftankstellen für Protonenaustauschmembran-Brennstoffzellen (PEM-Brennstoffzellen) für Straßenfahrzeuge festgelegt.

Abbildung 14 stellt die identifizierten Gremien der technischen Regelsetzung dar, die für die Erarbeitung der technischen Regelwerke im Bereich Wasserstoffbeschaffenheit wichtig sind. Eine Übersicht der Abkürzungen der Gremien kann in **Abschnitt 11** eingesehen werden.

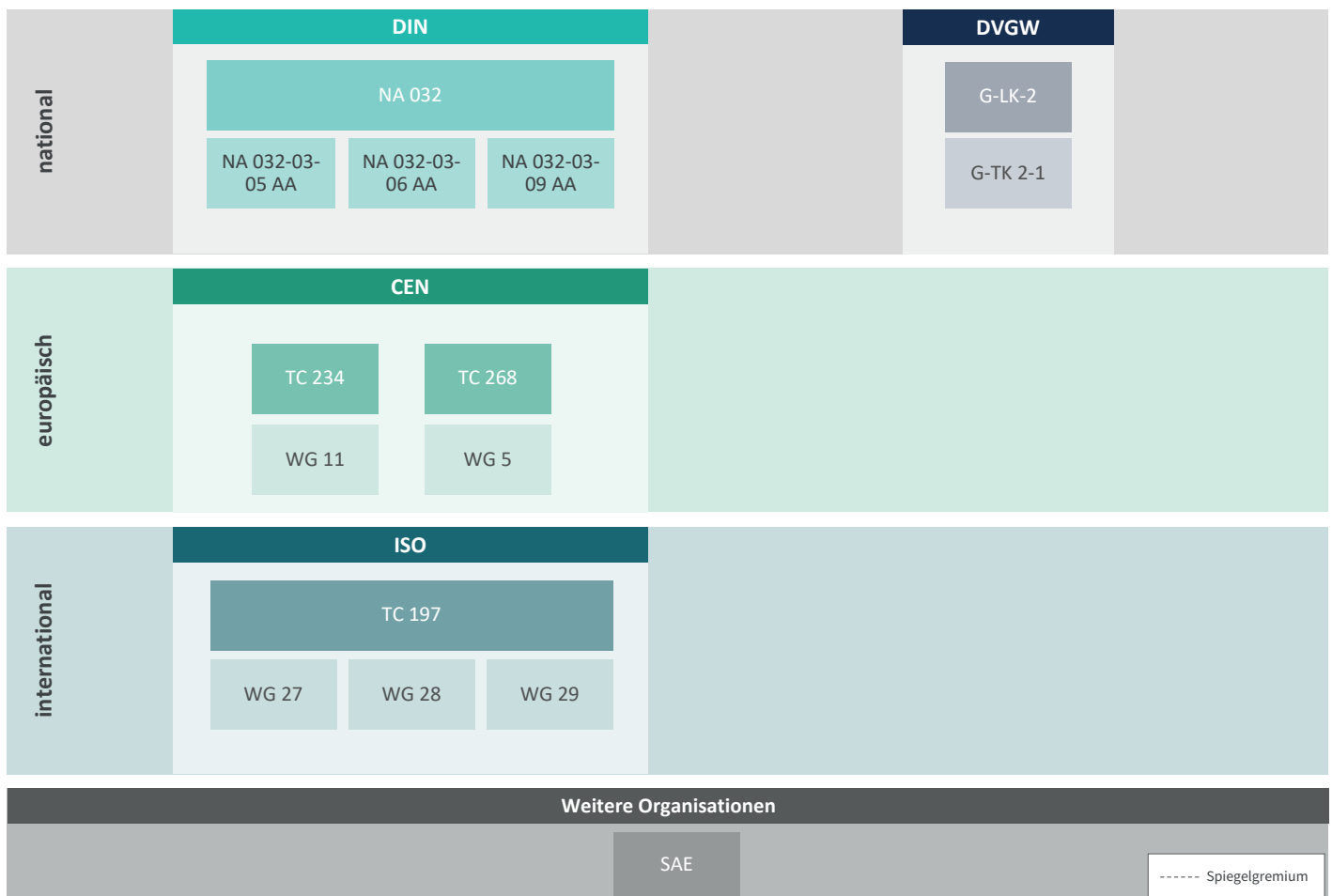


Abbildung 14: Übersicht relevanter Gremien der technischen Regelung im Bereich Wasserstoffbeschaffenheit (Stand 07-2025) (Quelle: eigene Darstellung)

Bedarfe und Umsetzung

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 umsetzbar?
- Wie könnte ein einheitlicher europäischer Beschaffenheitsstandard aussehen?

Die identifizierten offenen Fragen überschneiden sich mit den in einer Studie [91] identifizierten Wissenslücken. Der aktuelle Forschungsbedarf besteht darin, Regelungen zu definieren, welche Beschaffenheit bei Einspeisung ins Netz und welche erst bei Auspeisung ermöglicht werden sollte. Wird Wasserstoff entsprechend der aktuell in Revision befindlichen ISO 14687 [88] Grade A (98 mol-% Wasserstoff) betrachtet, verbleiben maximal 2 mol-% für Begleitstoffe und -gase.

Forschungsbedarf wird darin gesehen, die möglichen Begleitstoffe hinsichtlich Anwendungscompatibilität zu bewerten, zu definieren, zu beschreiben und mittels geeigneter Analytik (siehe DIN ISO 21087 [92]) für ein Streitverfahren nach DIN EN ISO 4259-2 [93] präzise bestimmen zu können. Zusätzlich stellt sich die Frage nach dem Kosten-Nutzen-Aufwand der jeweiligen Marktteilnehmenden, jeweils verschiedene Stoffe vor Einspeisung oder nach Auspeisung aus dem Gas zu entfernen. Hier geht es sowohl um die Art der Abscheidung

als auch um den damit verbundenen Aufwand. Für einige Anwendungen (z. B. Brennstoffzellentechnologie) ist eine hohe Qualität des Wasserstoffs notwendig. Viele Anwendungen kommen aber auch mit einer geringeren Qualität aus (z. B. Verbrennungsmotoren). Bisherige Assets, wie Speicher oder Transportnetze, haben Limitierungen, welche Qualität sichergestellt werden kann [94]. Sicherheits- und Immissionsaspekte begrenzen die Wahl der Wasserstoffspeichertechnologien und geeigneter Standorte. Gleiches gilt für die Aufstellung und Genehmigung von Gastrennanlagen. Außerdem beeinflussen hohe Reinheitsgrenzen auch die Entwicklung verschiedener Wasserstofferzeugungsverfahren.

Die explizite Zuordnung zu Kostenträgern für die gewünschte Wasserstoffbeschaffenheit (z. B. Aufreinigungskosten) kann weder durch Forschung noch Normung beantwortet werden, ist für den Markthochlauf der Wasserstoffwirtschaft aber von entscheidender Bedeutung. Die Frage nach Art und Konzentration möglicher Begleitstoffe sowie deren Abscheidung wurde u. a. von dem im Dezember 2024 gestarteten DVGW-Projekt „H₂-Optimum“ aufgegriffen. „Ziel dieses Projekts ist, für verschiedene Wasserstoffqualitäten [im Bereich von 98 bis 99,9 mol-%] den Bedarf und die Kosten einer Gasaufbereitung und deren optimalen Standort hinsichtlich volkswirtschaftlicher Aspekte darzustellen [...]“ [95].

Darüber hinaus besteht beispielsweise Bedarf nach Investitionssicherheit bei der Umsetzung einer der technischen Regelsetzung entsprechenden Reinheit. Sicherheit könnten ein Umsetzungsplan als Kooperationsvereinbarung (KoV) nach EnWG [96], eine Gasnetz Zugangsverordnung (GasNZV) [105] für eine finanziell tragbare Umrüstung der bestehenden Gasinfrastruktur oder eine finanzielle Förderung zum Ersatz inkompatibler Bestandsanlagen der bestehenden Gasinfrastruktur schaffen. Wie in diesem Kapitel erläutert, stellt sich die Definition einer einheitlichen Beschaffenheit als herausfordernd dar.

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 für einen gesellschaftlichen Konsens benötigt.

Um möglichst zeitnah eine einheitliche Beschaffenheit festzulegen, ist es notwendig, eine Norm zur Wasserstoffqualität in reinen Wasserstoffnetzen zu entwickeln. Ziel ist ein einheitlicher europäischer Standard, der die Wasserstoffqualität für grenzüberschreitenden Transport und Handel beschreibt.

Dieser kann auf der bereits veröffentlichten Spezifikation DIN CEN/TS 17977 [89] aufbauen, die eine einheitliche Beschaffenheit für umgewidmete Netze definiert.

Fazit und Ausblick

Im Bereich Wasserstoffbeschaffenheit liegt ein technisches Regelwerk vor, dessen Festlegungen jedoch aktuell sowohl auf nationaler als auch europäischer Ebene – gestützt durch laufende Forschung – intensiv diskutiert und kontinuierlich an den Stand der Technik angepasst werden. Eine zentrale noch offene Lücke ist die Definition einer einheitlichen Wasserstoffbeschaffenheit im grenzüberschreitenden Transport und Handel. Trotz Schließung der Normungslücken bleiben wirtschaftliche und regulatorische Fragestellungen offen, z. B. wer welche Aufreinigungskosten tragen kann und soll.

Um einen erfolgreichen Markthochlauf zu ermöglichen, müssen diese Fragen geklärt werden, damit die Investitionssicherheit über die gesamte Wertschöpfungskette hinweg gewährleistet ist. Das Umsetzungsprojekt zum „Qualitätsstandard für grenzüberschreitenden Wasserstofftransport“ ist ein relevanter Schritt Richtung Ermöglichung einer Marktablierung von Wasserstoff.

5.1.1.5 AG Nachhaltigkeitsaspekte und Nachweisführung für Wasserstoff



Scope

Die AG Nachweisführung und Nachhaltigkeitsaspekte beschäftigt sich mit der 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.

Reifegrad

Der Reifegrad liegt bei „ausgereift“. Im Bereich Nachweisführung gibt es die Besonderheit, dass nationale und europäische Gesetze, Direktiven und Verordnungen sowie Normen und freiwillige Zertifizierungssysteme bereits einen Großteil regeln, sodass der Bedarf an Regelung durch



Normen gering ist und keine neuen Lücken für die Normung identifizierbar waren. Der Bereich Nachhaltigkeit ist ein sehr spezifischer Themenbereich ohne harmonisierte Regelung. Bisher wird diese teilweise durch freiwillige europäische Zertifizierungssysteme abgedeckt. Die Herausforderung hier ist deren Harmonisierung. Diese Lücke soll durch das Umsetzungsprojekt DIN 35809 „Nachhaltigkeitskriterien für Wasserstoff und Wasserstoffderivate“ und dessen Internationalisierung als ISO-Projekt „Sustainability criteria for hydrogen and hydrogen derivatives“ abgedeckt werden, welches auch als verbindendes Element beider Bereiche wirkt.

Bestandsanalyse – Bewertung

Die technische Regelung für den Transport und die Nutzung von Gasen, insbesondere als Energieträger, ist in Deutschland sehr umfassend und wird durch diverse Regelungen, z. B. verschiedene Teile der Bundesimmissionschutzverordnung [78], das Wasserhaushaltsgesetz [97], die Technische Anleitung Luft [98] u. v. m. und europäisch z. B. durch die Industrieemissionsrichtlinie vorgegeben. Wasserstoff fällt dabei häufig unter die entsprechenden regulatorischen Vorgaben für Gase bzw. bestehende Regelungen werden derzeit um Wasserstoff erweitert. In diesem Bereich werden im weiteren Sinne Ergänzungen durch die Normung mit den Normen DIN EN ISO 14040 [99] und DIN EN 14001 [100] mit all ihren zugehörigen Hilfsnormen als auch DVGW G 404 (M) [101], DIN EN ISO 14067 [102] erreicht. Diese umfassen sowohl die Umweltauswirkungen und deren Handhabung durch Umweltmanagementsysteme im weitesten Sinne als auch spezifische technische Aspekte wie Treibhausgas- und Wasserstoffemissionen. Die Nachweisführung von Wasserstoff als Energieträger kann nach dem Book-&-Claim-Prinzip mit Herkunftsnachweisen nach DIN EN 16325 [103], dessen Veröffentlichung für 2025 geplant ist, oder nach dem Prinzip der Massenbilanzierung, deren Anforderungen in den Systemdokumenten der freiwilligen Zertifizierungssysteme festgelegt werden, erfolgen.

Für die Anforderungen an Nachhaltigkeit sind unter anderem die Erneuerbare-Energien-Richtlinie sowie die dazugehörigen delegierten Verordnungen von Bedeutung, ebenso wie die relevanten Vorgaben, die sich z. B. aus der europäischen Taxonomieverordnung [104] ergeben. Insgesamt gibt es eine Vielzahl von Regularien, die auf das Thema Nachhaltigkeit eingehen. Dementsprechend sind nur bestimmte Teilaspekte normativ zu erfassen. Zu den zentralen Normen gehören die DVGW G 404 (M) [101] sowie die ISO/TS 19870 [44], die speziell

auf Wasserstoff abgestimmte Inhalte umfassen. Aktuell wird die ISO/TS 19870 [44] in eine Normenreihe erweitert, die die Methodologien zur Treibhausgas-Bilanzierung auch für Derivate umfassend beschreibt. Sie befindet sich zurzeit in der Erarbeitung. Ein Ansatz zur Vereinheitlichung der Sprache und Kriterien für Wasserstoff und seine Derivate bzgl. der Nachhaltigkeit soll durch die Erarbeitung von DIN 35809 mit anschließender Internationalisierung als ISO-Projekt gelöst werden.

Bedarfe und Umsetzung

Der regulatorische Rahmen zur Bewertung der Nachhaltigkeit behandelt einige Technologien ausführlich, während andere nur oberflächlich betrachtet werden. Eine weitere Herausforderung sind die uneinheitlichen Kriterien freiwilliger Zertifizierungssysteme. Angesichts dessen ist es wichtig, einheitliche, relevante Nachhaltigkeitskriterien zu etablieren, die Transparenz und Vergleichbarkeit verschiedener Technologien auch im internationalen Rahmen ermöglichen. Verschiedene politische, geografische und sozioökonomische Gegebenheiten sollten dabei berücksichtigt werden, um einem globalen Wasserstoffmarkt gerecht zu werden, sowohl für inländische Produktion als auch für Importe. Das Umsetzungsprojekt DIN 35809 „Nachhaltigkeitskriterien für Wasserstoff und Wasserstoffderivate“ definiert Grundsätze, Kriterien und Indikatoren für die Nachhaltigkeit in Erzeugung, Transport und Speicherung, um die Bewertung umweltbezogener, sozialer und wirtschaftlicher Aspekte zu erleichtern. Die Norm wird technologieoffen formuliert, um die Vergleichbarkeit der Erzeugungsarten unabhängig von Technologie, geografischer Lage, Speicherung oder Nutzung zu ermöglichen. Ein Normentwurf ist für August 2025 geplant.

Das Projekt wird ab Ende 2025 auf die internationale Ebene gehoben und als ISO-Projekt umgesetzt und soll eine Grundlage zur Harmonisierung der Grundlagen des internationalen Handels durch die Möglichkeit der technologieoffenen Vergleichbarkeit schaffen.

Fazit und Ausblick

Es bestehen viele Regularien, deren Harmonisierung wünschenswert, aber kurzfristig nicht zu erwarten ist. Das technische Regelwerk bettet sich in das regulatorische Grundgerüst ein. Die relevanten Kernnormen sind verfügbar, sodass der Status als „ausgereift“ bewertet wird. Im Bereich der Nachweisführung sind derzeit zahlreiche europäische Regularien in der nationalen Umsetzung begriffen. Die Bewertung ihrer



Auswirkungen wird erst nach erfolgreicher Implementierung und Sammlung von Erfahrungswerten möglich sein, wobei mittelfristig eine weiterführende Analyse hinsichtlich notwendiger Normen in diesem Bereich wünschenswert erscheint.

Für eine umfassende Bewertung der klimarelevanten Auswirkungen von Wasserstoff sind weitere Forschungs- und Entwicklungsprojekte notwendig, um zu bestimmen, ob und in welchen Bereichen das bestehende technische Regelwerk ausreichend ist oder erweitert werden muss. Mit Abschluss des nationalen Umsetzungsprojekts DIN 35809 (Veröffentlichung Anfang 2026) und dessen Internationalisierung als ISO-Projekt (geplante Veröffentlichung 2029) wird ein wichtiger Meilenstein erreicht.



5.1.2 Infrastruktur – Arbeitskreis 2

Der Ausbau einer leistungsfähigen Wasserstoffinfrastruktur ist ein zentraler Baustein für das Gelingen der Energiewende und die Umsetzung der NWS. Bis 2030 soll der Wasserstoff vorrangig über Schiffstransporte importiert werden, wobei besonderes Augenmerk auf den Import von Derivaten wie Ammoniak gelegt wird. Dafür ist die entsprechende Infrastruktur, einschließlich Terminals, erforderlich. Da ab 2030 mit einer steigenden Nachfrage nach Wasserstoff gerechnet wird, soll der Import zusätzlich auch verstärkt pipeline-basiert erfolgen. Dazu ist eine Verbindung des deutschen Wasserstoffkernnetzes, mit dessen Auf- und Ausbau bereits 2025 begonnen wurde, mit dem europäischen Wasserstoffnetz (European Hydrogen Backbone) notwendig.

Leitungsnetze und Speichersysteme haben eine entscheidende Bedeutung für den Transport und die Verfügbarkeit von Wasserstoff. Der Bereich der Leitungsinfrastruktur –

einschließlich Transportleitungen, Verteilnetzleitungen sowie Übergabe- und Verdichterstationen – ist auf nationaler Ebene regelwerksseitig bereits sehr gut aufgestellt. Viele Normen und technische Regeln, teils übernommen aus der Erdgasinfrastruktur, wurden bereits erfolgreich an die spezifischen Anforderungen von Wasserstoff angepasst oder befinden sich in der laufenden Weiterentwicklung. Dies schafft ein hohes Maß an technischer Sicherheit und Investitionssicherheit für Akteure entlang der Wertschöpfungskette.

Im Gegensatz dazu zeigt sich im Bereich der Wasserstoffspeicherung, insbesondere bei Verflüssigung und unterirdischer Speicherung, noch ein deutlicher Bedarf an normativer Weiterentwicklung. Es wurden mehrere offene Fragestellungen identifiziert, darunter Aspekte wie Materialanforderungen bei tiefkalten Temperaturen oder Sicherheitsanforderungen für Speicheranlagen. Um Investitionen zu erleichtern und die

Skalierung dieser Technologien zu ermöglichen, ist eine gezielte Weiterentwicklung der technischen Regelwerkssetzung notwendig. Gerade Untergrundgasspeicher (UGS) werden zunehmend zum Ausgleich des volatilen Angebots von erneuerbaren Energien im System an Bedeutung gewinnen. Sie sind damit auch ein wichtiger Faktor zur Stärkung der Resilienz des Energiesystems.

Während der Bereich Leitungsinfrastruktur bereits ein solides Fundament bietet, müssen im Speicherbereich zügig weitere Standards etabliert werden, um eine durchgängige, sichere und zukunftsfähige Wasserstoffversorgung zu gewährleisten.

5.1.2.1 AG Rohrleitungen



Scope

Die AG Rohrleitungen beschäftigt sich mit industriellen Rohrleitungen zur Werksversorgung sowie dem Bereich 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 und Wasserstoffgemische bei unterschiedlichen Druck- und Temperaturstufen. Um 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 [106]). Dabei unterscheiden sich die industriellen Rohrleitungssysteme von Fernleitungen. Letztere betreffen Rohrfernleitungen (**AG Transportleitungen**) außerhalb der industriellen Werke, beispielsweise Raffinerien, und sind nicht Bestandteil der Themengebiete der AG Rohrleitungen. Verteilnetze werden in der **AG Verteilnetze** behandelt.

Reifegrad

Für den Bereich Rohrleitungen liegt ein ausgereiftes technisches Regelwerk vor. Die relevanten Normen dieses Bereichs werden hinsichtlich Wasserstoff erweitert oder bezüglich der Anwendbarkeit mit Wasserstoff geprüft. Kernnormen aus diesem Bereich sind z. B. die Normenreihe EN 10216 [107], Normenreihe EN 10217 [108] und Normenreihe EN 13480 [106]. Bestehende Lücken werden z. B. durch das Umsetzungspro-

jekt zur EN 13480-11 (Zusatzanforderungen an Rohrleitungen für Wasserstoffanwendung) [109] geschlossen.

Bestandsanalyse – Bewertung

Es besteht bereits eine gute Basis aus insgesamt 69 relevanten technischen Regelwerken, die bereits für Wasserstoff anwendbar sind. Die Mehrheit der technischen Regelwerke sind hierbei Europäische Normen. Die bis dato zur Verfügung stehenden Normen für Rohrleitungen und Halbzeuge für gasförmige Brennstoffe können prinzipiell auch für Wasserstofftechnologien geeignet sein, hierbei bedarf es aber einer detaillierten Überprüfung für jeden Einzelfall. Wo dies möglich ist, wurden bereits Projekte für die Schließung von bestehenden Lücken gestartet. Insbesondere für die genannten Kernnormen des Bereichs muss im Rahmen der zukünftigen Revisionen der Dokumente eine Prüfung erfolgen, ob diese ergänzt werden müssen, um eine Anwendbarkeit mit Wasserstoff zu ermöglichen. Hierbei sind insbesondere die Ergebnisse aus den neu gestarteten Projekten EN 13480-11 [109] und EN 13445-15 [110] zu berücksichtigen, sobald diese vorliegen (zum Zeitpunkt der Veröffentlichung im Status PWI). Diese Normen legen in Ergänzung zur jeweiligen Normenreihe zusätzliche Anforderungen bei der Anwendung mit Wasserstoff fest. Eine zentrale Rolle für den Rohrleitungsbereich nimmt das CEN/TC 267 (zuständig für die EN 13480-Reihe [106]) ein sowie das CEN/TC 459/SC 10 (zuständig für die EN 10216-Reihe [107] und EN 10217-Reihe [108]). Für den Bereich „leitungsgebundene Versorgung“ nach dem EnWG [111] ist ggf. z. B. die Anwendung der DIN EN 15001-1 [112] und -2 [113] aus CEN/TC 234 bzw. deren nationale Umsetzungsregelung DVGW G 614-1 (A) [114] bzw. -2 [115] in Verbindung mit DVGW G 655 (M) [116] und DVGW G 221 (M) [117] möglich.

Abbildung 15 stellt die identifizierten Gremien der technischen Regelsetzung dar, die für die Erarbeitung der technischen Regelwerke im Bereich Rohrleitungen wichtig sind. Eine Übersicht der Abkürzungen der Gremien kann in **Abschnitt 11** eingesehen werden.

Bedarfe und Umsetzung

Grundsätzlich sind bei der Erstellung dieser Anlagen das Produktsicherheitsgesetz, die Gefahrstoffverordnung sowie die Betriebssicherheitsverordnung mit den darunter erlassenen Technischen Regeln für Gefahrstoffe (TRGS) und Technischen Regeln für Betriebssicherheit (TRBS) zu beachten. Für alle Druckgeräte (Behälter, Rohrleitungen, Ausrüstungsteile) und Baugruppen über 0,5 bar gilt für das Inverkehrbringen und

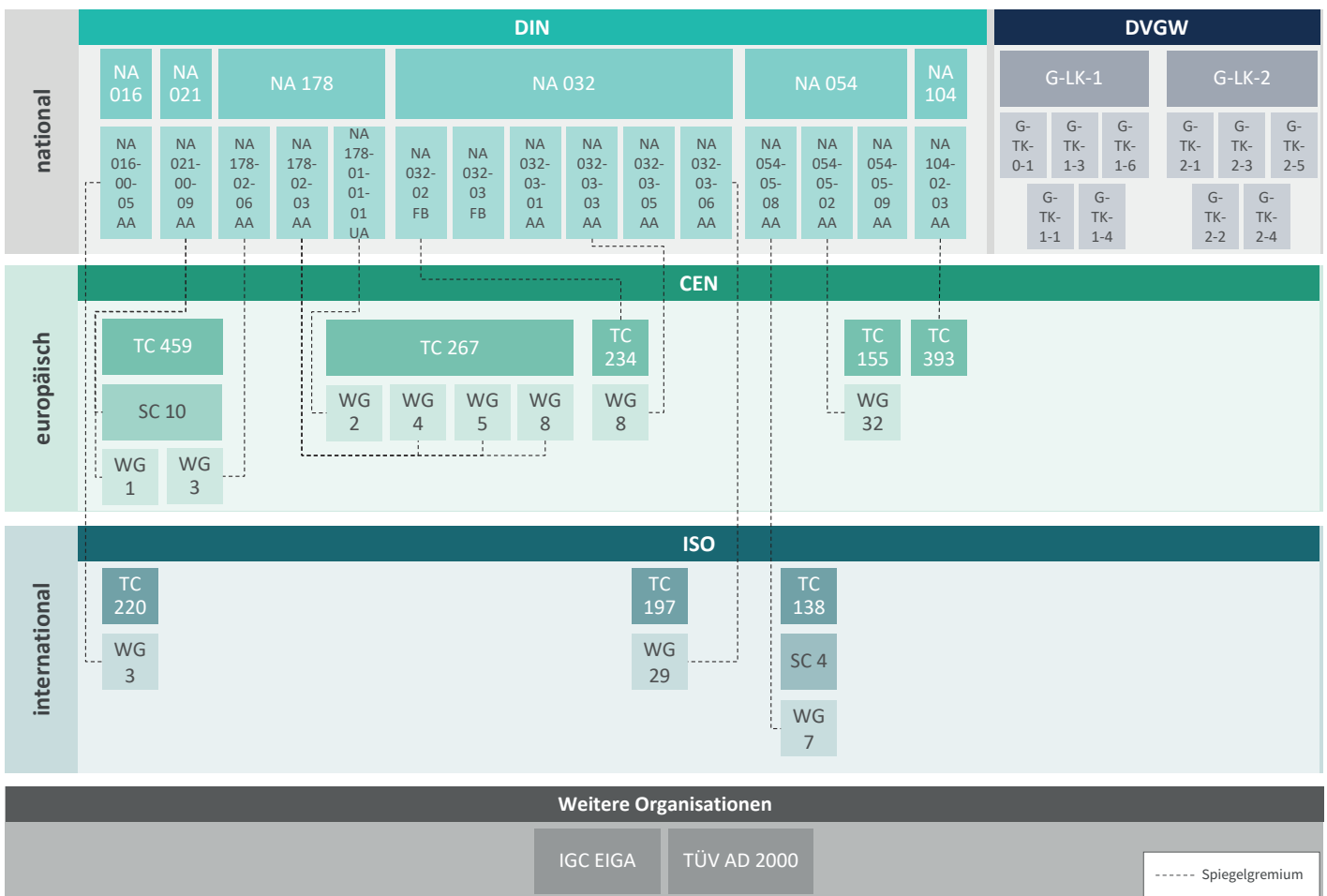


Abbildung 15: Übersicht relevanter Gremien der technischen Regelsetzung im Bereich Rohrleitungen (Stand 07-2025)
(Quelle: eigene Darstellung)

für die CE-Kennzeichnung die Druckgeräterichtlinie (DGRL) [118], die durch die Vierzehnte Verordnung zum Produktsicherheitsgesetz in nationales Recht umgesetzt ist. Die Ausnahmeregelung für Fernleitungen ist zu beachten. Bei Energieanlagen gilt zusätzlich das EnWG [111].

Nach bisherigen Erkenntnissen aus der Normungsarbeit sind folgende Bedarfe für die weitere erfolgreiche Umsetzung zu nennen:

- Methoden zur Qualifizierung von Rohrstählen;
- Welche Prüfungen müssen von Rohrherstellern durchgeführt werden (gilt auch für alle Anbauteile)? (Bruchmechanik, Prüfungen unter alternativen Beladungsmöglichkeiten (SSRT) etc.);
- Müssen werkstoffverändernde Prozesse wie Schweißen oder Kaltverformung ebenfalls geprüft werden? (Auswirkung auf Schweißanweisungen (WPS) und Schweißverfahrensprüfungen (WPQR));
- Zähigkeitsanforderungen.

Zur Vermeidung von Sprödbruch, basierend auf Bruchmechanik und spezifischen Grenzen für Imperfektionen, müssen vorhandene Konzepte unter Berücksichtigung der bisher nicht bekannten Auswirkung von Druckwasserstoff auf das Übergangstemperaturverhalten ferritischer Stähle angepasst werden. Dies gilt sowohl für Grundwerkstoffe als auch für Schweißverbindungen unter Berücksichtigung der Eignung von Schweißzusatzwerkstoffen und für die Anwendung von Stählen mit nominellen Streckgrenzen über 355 MPa.

Umwidmung und Reparatur von vorhandenen Leitungen:

- Welche Strategie im Sinne der o. g. Punkte, insbesondere in Hinblick auf die Sprödbruchsicherheit bei tieferen Temperaturen als Raumtemperatur und bei Ermüdungsbelastung, muss verfolgt werden?
- Wie können Reparaturen nachqualifiziert werden?



Eine zentrale Bedeutung bei der Bewältigung der Herausforderungen nimmt zurzeit das Umsetzungsprojekt EN 13480-11 [109] ein, welches in enger Abstimmung zum Umsetzungsprojekt EN 13445-15 [110] erarbeitet wird. Nach derzeitigem Stand werden hier ausschließlich erfahrungsbasierte Erkenntnisse der Industrie im Umgang mit Druckwasserstoff eingearbeitet. Die oben genannten Punkte werden davon nicht vollständig abgedeckt und sind daher zwingend Gegenstand zukünftiger Forschungs- und Entwicklungsanstrengungen. Insbesondere sind die Bereiche Ermüdung und Übergangstemperaturverhalten zu nennen.

Fazit und Ausblick

Es liegt bereits ein umfangreiches, einsatzbereites technisches Regelwerk für den Bereich der industriellen Rohrleitungen vor. Die Mehrheit der technischen Regelwerke sind dabei europäische Normen. Bestehende Lücken und Ungenzen wurden identifiziert und werden derzeit durch arbeitsgruppenübergreifende Umsetzungsprojekte (bspw. zur EN 13480-11 [109] i. V. m. EN 13445-15 [110]) bearbeitet. Allerdings ergeben sich aus Sicht der AG Rohrleitungen offene Fragestellungen, insbesondere zum notwendigen Umfang der Qualifizierung der Rohrwerkstoffe für Druckwasserstoffeinsatz (bspw. Zähigkeitsanforderungen bei tieferen Temperaturen als Raumtemperatur oder Regeln für die Auswirkung von Wasserstoff bei Ermüdung). Zeitgleich ist ungenügend geklärt, wie sich eigenschaftsverändernde Prozesse (bspw. Schweißen oder Kaltverformung) auf die Werkstoffperformance unter Druckwasserstoff auswirken, dies gilt insbesondere für nachträglich reparierte Leitungen. Diese Ansatzpunkte sollten daher zwingend im Rahmen von Forschungs- und Entwicklungsprojekten betrachtet werden. Im Rahmen zukünftiger Revisionen muss zudem eine stetige Prüfung bestehender und hinzugefügter technischer Regelwerke erfolgen, ob zusätzliche Eigenschaften/Einschränkungen ergänzt werden müssen, um die Anwendbarkeit der Werkstoffe im verarbeiteten Zustand für Druckwasserstoff abzudecken. Dies sollte für die Thematik der „Umstellungsleitungen“ mit besonderem Augenmerk erfolgen, da hier unter Umständen „unbekannte“ Werkstoffzustände vorliegen können (Betriebshistorie der Werkstoffe).

5.1.2.2 AG Transportleitungen

Scope

In der AG Transportleitungen werden Versorgungsleitungen für den Gastransport in den Druckstufen zwischen > 16 bar und 100 bar betrachtet, welche innerhalb des Geltungsbereichs des EnWGs [119] liegen. Wesentlicher Gegenstand sind die Anforderungen an Planung, Bau, Umstellung, Betrieb und Instandhaltung dieser Leitungen. Technische Regelwerke und Normen für Produktanforderungen werden in separaten AGs wie z. B. in der **AG Bauteile Infrastruktur** entwickelt.

Der Aufgabenbereich der AG Transportleitungen wird durch die Druckstufe (> 16 bar) gegenüber der **AG Verteilnetze** und durch den regulatorischen Geltungsbereich (EnWG [119]) gegenüber der **AG Rohrleitungen** abgegrenzt.

Reifegrad

Für den Bereich der Transportleitungen liegt ein nahezu vollständiges technisches Regelwerk vor. Das anzuwendende technische Regelwerk besteht im Wesentlichen aus einem nationalen technischen Regelwerk des DVGW. Letzte Lücken im technischen Regelwerk werden geschlossen. Dazu laufen momentan zwei seitens der Normungsroadmap geförderte Umsetzungsprojekte, welche 2026 abgeschlossen werden. Parallel erfolgen Anpassungen und Weiterentwicklungen von technischen Regelwerken und Normen aufgrund von Erkenntnissen aus Umstellereffahrungen und Ergebnissen aus laufenden Projekten der Wasserstoffforschung.

Bestandsanalyse – Bewertung

Transportleitungen für Erdgas und Wasserstoff sind nach § 49 EnWG [119] so zu errichten und zu betreiben, dass die technische Sicherheit gewährleistet ist. Dazu sind die allgemein anerkannten Regeln der Technik einzuhalten. Die Einhaltung der technischen Sicherheit wird gewährleistet, wenn diese Anlagen nach dem technischen Regelwerk des DVGW errichtet und betrieben werden. Nahezu alle der bestehenden DVGW-Regelwerke im Bereich der Transportleitungen sind bereits vollständig für den Wasserstofftransport anwendbar. Im Rahmen der Bestandsaufnahme wurden in der AG Transportleitungen insgesamt 29 relevante technische Regelwerke und Normen in die Bestandsdatenbank [33] eingetragen. Dabei wurden zum überwiegenden Teil DVGW-Regelwerke (23 technische Regelwerke) gelistet. Weiterhin wurden vier europäische Normen und zwei internationale Normen in den



Bestand aufgenommen. Im Speziellen sind hier technische Regelwerke für die Errichtung und den Betrieb von Transportleitungen, die Zustandsbewertung von Bestandsleitungen vor Umstellung auf Wasserstoff und auch ein technisches Regelwerk zu bruchmechanischen Betrachtungen von Rohrleitungen zu nennen. Diese gesamten technischen Regelwerke wurden bereits (auch mehrfach) auf das Medium Wasserstoff angepasst. Bei der Fortschreibung der DVGW-Regelwerke fließen fortlaufend Erfahrungen aus Umstellvorhaben und Ergebnisse aus bereits abgeschlossenen oder noch laufenden Forschungsprojekten unter anderem aus der Innovationsforschung Wasserstoff des DVGW e. V. ein. Diese Fortschreibung stellt eine Berücksichtigung des aktuellen Standes der Forschung und Entwicklung sicher. Die technischen Regelwerke für Gastransportleitungen werden im DVGW G-TK-1-1 Gastransport erarbeitet und fortgeschrieben. Zugehörige Produktnormen liegen im Zuständigkeitsbereich des DIN-Normungsausschusses GastechNIK NAGas. Eine Zusammenstellung der identifizierten relevanten technischen Regelwerksdokumente und Normen der AG ist im Verzeichnis der Normen und technischen Regelwerke für Wasserstofftechnologien [33] zu finden.

Abbildung 16 stellt die identifizierten Gremien der technischen Regelsetzung dar, die für die Erarbeitung der technischen Regelwerke im Bereich Transportleitungen wichtig sind. Eine Übersicht der Abkürzungen der Gremien findet sich in **Abschnitt 11**.

Bedarfe und Umsetzung

Für die Errichtung, Umstellung und den Betrieb von Wasserstofftransportleitungen (> 16 bar) zur Versorgung der Öffentlichkeit mit Wasserstoff und Wasserstoffgemischen gilt das EnWG [119] sowie die Gashochdruckleitungsverordnung (GasHDrLtgV) [105]. Bis zum Erlass von anerkannten technischen Regeln ist demnach vor allem das technische Regelwerk des DVGW unter Beachtung der spezifischen Eigenschaften des Wasserstoffes sinngemäß anzuwenden.

Im Rahmen der Normungsarbeit wurden für das Gebiet der Wasserstofftransportleitungen (> 16 bar) zahlreiche vorhandene Arbeits- und Merkblätter identifiziert, die bereits den Status „H₂-ready“ aufweisen und dementsprechend angewendet werden können. Insbesondere sind hier die Anforderungen für die Errichtung und Umstellung bestehender Erdgastransportleitungen zu nennen. Einen wesentlichen Beitrag dazu haben auch die identifizierten Forschungsprojekte des DVGW sowie das Wasserstoff-Leitprojekt TransHyDe [79] des Bundesministeriums für Bildung und Forschung geleistet.

Die AG Transportleitungen konnte dennoch weitere konkrete Normungsbedarfe erarbeiten: Die grundlegenden Arbeits- und Merkblätter des DVGW zur Planung und Errichtung sowie Umstellung von Wasserstofftransportleitungen sind auf Basis neuer Forschungsergebnisse weiterzuentwickeln. Diese betreffen vor allen Dingen Themen der Bruchmechanik, der

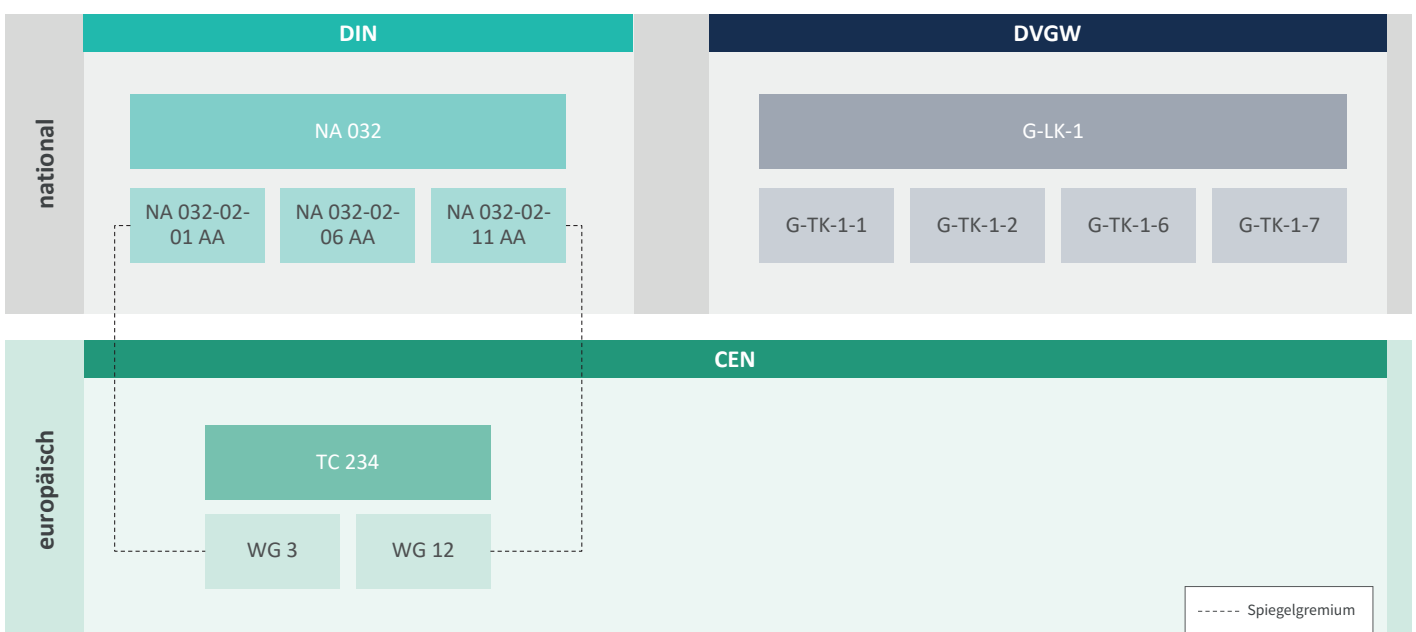


Abbildung 16: Übersicht relevanter Gremien der technischen Regelsetzung im Bereich Transportleitungen (Stand 07-2025) (Quelle: eigene Darstellung)



Prüfung von Schweißnähten und des Schweißens an Wasserstofftransportleitungen. Das Thema Betrieb und Instandhaltung von Wasserstofftransportleitungen ist aufgrund aktueller Erkenntnisse zu überarbeiten und zu ergänzen. Ein Beispiel ist hier die Inspektionsmolchung unter Wasserstoff. Die Normung für Anbohr- und Absperrarbeiten an in Betrieb befindlichen Gasleitungen ist generell hinsichtlich Wasserstoff anzupassen. Die funktionalen Anforderungen an Gasinfrastruktur mit einem zulässigen Betriebsdruck > 16 bar sind weiterzuentwickeln für die 5. Gasfamilie nach DVGW G 260 (A) [120]. Um die identifizierten Lücken zu schließen, kann auf die Ergebnisse aktueller Forschungsprojekte zurückgegriffen werden. Unter anderem befindet sich das DVGW-Projekt „H₂ und Schweißen (H₂-SuD)“ [31] in Umsetzung, welches weitere aufschlussreiche Erkenntnisse für das Gebiet Instandhaltung liefern wird.

Fazit und Ausblick

Im Bereich der Transportleitungen für Wasserstoff und Wasserstoff-Erdgas-Gemische ist die Normung weitgehend abgeschlossen. Dies umfasst neben den nationalen technischen Rahmenbedingungen, welche durch den DVGW definiert sind, auch europäische und internationale Normen. Für die Errichtung und den Betrieb von Transportleitungen gelten präventive Sicherheitsvorschriften, die im allgemein anerkannten technischen Regelwerk des DVGW festgelegt sind. Die Bestandsaufnahme hat 29 relevante technischen Regelwerke und Normen erfasst. Diese technischen Regelwerke und Normen sind direkt auf den Wasserstofftransport anwendbar und wurden an die spezifischen Anforderungen von Wasserstoff angepasst. Es wurden zusätzliche Normungsbedarfe identifiziert. Insgesamt wurden sechs konkrete Handlungsempfehlungen zur Schließung der bestehenden Lücken im technischen Regelwerk ausgesprochen. Dazu gehören die Notwendigkeit der Weiterentwicklung der grundlegenden Arbeits- und Merkblätter zum Neubau, zur Umstellung, zum Betrieb und zur Instandhaltung von Wasserstofftransportleitungen. Eine Überarbeitung der Betriebsvorschriften, insbesondere im Hinblick auf Inspektionsmethoden sowie Arbeiten an in Betrieb befindlichen Gasleitungen und die Festlegung funktionaler Anforderungen für Gasinfrastruktur größer 16 bar, ist noch notwendig.

5.1.2.3 AG Anlagentechnik

Scope

Der Aufgabenbereich der AG Anlagentechnik umfasst alle dem Betrieb der Rohrleitungsnetze dienenden Anlagen wie Gas-Druckregel- und Messanlagen, Aufbereitungs- und Einspeiseanlagen, Verdichteranlagen, Odorieranlagen, Gas-Druckregelungen in Anschlussleitungen etc., einschließlich der erforderlichen Nebenanlagen innerhalb des Geltungsbereichs des EnWG [119]. Wesentlicher Gegenstand sind die funktionalen Anforderungen an Planung, Errichtung, Betrieb und Instandhaltung dieser Anlagen und Anforderungen an Bauteile in Wasserstoffanlagen. Weiterhin sind Qualifikationsanforderungen an Unternehmen für Planung, Herstellung und Betrieb sowie an Personen für die Prüfung und den Betrieb von Wasserstoffanlagen festgelegt.

Reifegrad

Für den Bereich der Anlagentechnik der Verteil- und Transportnetze liegt ein nahezu vollständiges technisches Regelwerk vor. Die relevanten Normen und technischen Regelwerke in diesem Bereich sind grundsätzlich anwendbar und zum großen Teil hinsichtlich Wasserstoff erweitert worden bzw. in den relevanten Gremien in Überarbeitung oder in Planung, um letzte Lücken national und europäisch in den nächsten ein bis zwei Jahren zu schließen.

Bestandsanalyse – Bewertung

Es besteht bereits eine sehr gute Basis aus insgesamt 58 relevanten technischen Regelwerken, die für Wasserstoff anwendbar sind bzw. sich in der Überarbeitung befinden. Die Mehrheit der technischen Regelwerke stammt aus dem nationalen DVGW-Regelwerk. Die aktuell zur Verfügung stehenden Normen und technischen Regelwerke für die Anlagentechnik sind gültig bis zur letzten Absperrarmatur vor der Anwendung bzw. dem Letztverbraucher und prinzipiell auch für Wasserstofftechnologien geeignet. Der Übergang des Verantwortungsbereichs vom Netzbetreiber zum Endanwender ist an dieser Stelle. Es bedarf aber einer detaillierten Überprüfung für jeden Anwendungsfall mittels Einzel- oder Stichprobenbetrachtung. Im Zuge der kontinuierlichen technischen Regelwerksaktualisierung sind die Regelwerkslücken definiert und in Bearbeitung bzw. ist die Bearbeitung bereits abgeschlossen. Auch im europäischen technischen Regelwerk sind die funktionalen Anforderungen an Anlagen für den Betrieb mit Wasserstoff beschrieben und gelten als Grund-



lage für das nationale technische Regelwerk. Als Beispiele zu nennen sind die DIN EN 17928 Teil 1 [121] und Teil 3 [122] und die DIN EN 12186 [123]. Die europäischen Funktionalnormen beschreiben die in Europa allgemein angewandten Grundsätze der Gasinfrastruktur. Die Anpassung dieser europäischen Normen an die spezifischen Anforderungen sind über die DVGW-Arbeitsblätter G 265-1 (A) [124], G 265-3 (A) [125] und G 491 (A) [126] umgesetzt.

Abbildung 17 stellt die identifizierten Gremien der technischen Regelsetzung dar, die für die Erarbeitung der technischen Regelwerke im Bereich Anlagentechnik wichtig sind. Eine Übersicht der Abkürzungen der Gremien liefert **Abschnitt 11**.

Bedarfe und Umsetzung

In der AG Anlagentechnik kann auf einen soliden Bestand an anwendbaren technischen Regelwerken und Normen zurückgegriffen werden. Im Zuge der kontinuierlichen Regelwerksaktualisierung wurden Regelwerkslücken mit folgenden Themenschwerpunkten identifiziert:

- Explosionsschutz;
- Verdichterstationen;
- Messanlagen;
- Gerätetechnik;
- betriebliche Maßnahmen an Wasserstoffanlagen.

Diese Themen wurden im Detail in verschiedenen Bedarfen behandelt, Handlungsempfehlungen für technische Regelsetzung ausgesprochen und Umsetzungsprojekte gestartet, durchgeführt und abgeschlossen. Ein Umsetzungsprojekt zu Verdichterstationen steht kurz vor dem Abschluss und wird Ende 2025 in ein technisches Regelwerk münden, welches dann für Wasserstoff anwendbar ist. Weitere technische Regelwerke (wie z. B. zu Messanlagen) liegen bereits im Entwurf vor. Einige im Jahr 2024 veröffentlichten europäischen Normen zur Gerätetechnik wurden nicht hinsichtlich Wasserstoff überarbeitet, aufgrund der fehlenden Zustimmungen innerhalb der europäischen Regelsetzungsgremien.

Einer der wesentlichen Aspekte für den sicheren Betrieb von Anlagen der Gasversorgung ist der Explosionsschutz. Vor der Erstellung eines Explosionsschutzdokuments nach der Gefahrstoffverordnung (GefStoffV) [127] und der wiederkehrenden Prüfung der Explosionssicherheit von Anlagen nach Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV) [128] obliegt dem Betreiber die Ermittlung der Explosionsbereiche sowie die Festlegung und Dokumentation der explosionsgefährdeten Bereiche (Ex-Zonen). Die Anpassung auf Wasserstoff bzw. wasserstoffhaltige Gase des dem zugrunde liegenden Verfahrens nach DVGW G 442 (M) [129] ist derzeit allerdings noch in Bearbeitung. Das technische Regelwerk zum Explosionsschutz hat übergreifende Bedeutung innerhalb der H₂-Wertschöpfungskette. Die Überarbeitung wurde im Jahr 2025 ge-

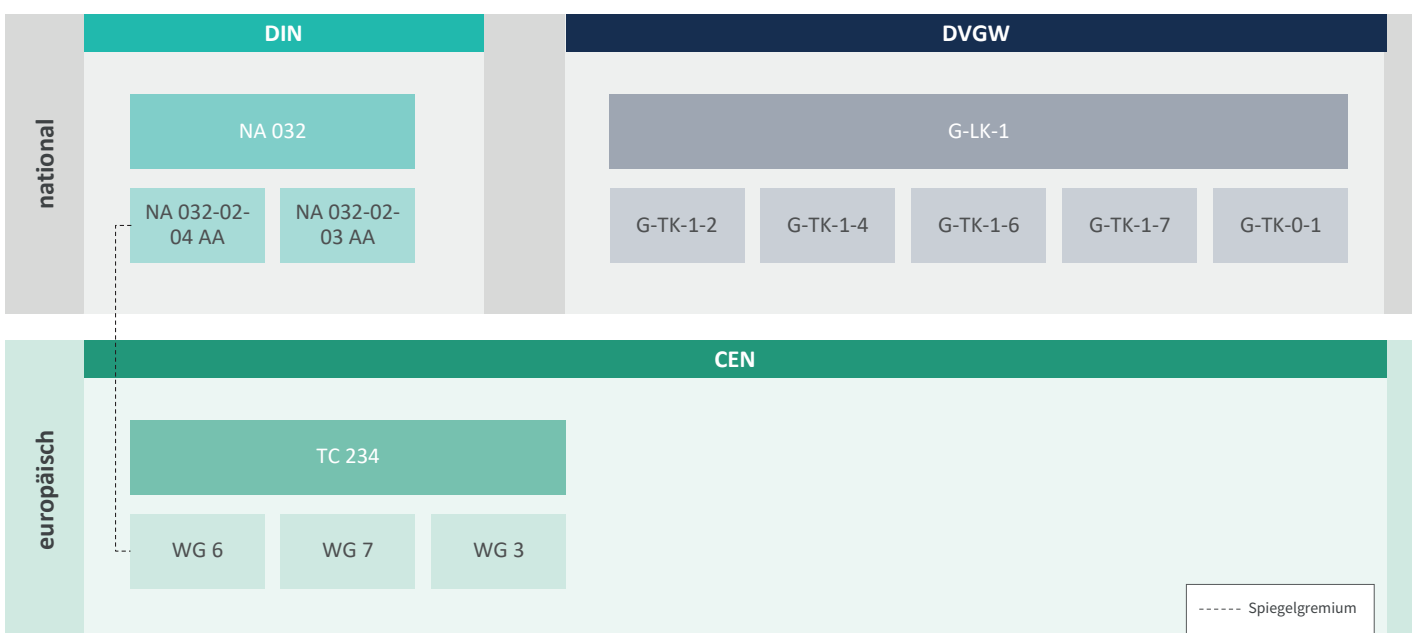


Abbildung 17: Übersicht relevanter Gremien der technischen Regelsetzung im Bereich Anlagentechnik (Stand 07-2025)
(Quelle: eigene Darstellung)

startet. Obwohl die Finalisierung der nationalen technischen Regelwerke für die Anlagentechnik nahezu abgeschlossen ist, fließen aktuell noch Erkenntnisse aus laufenden Forschungsprojekten in die Regelsetzung ein (z. B. Aspekte des Explosionsschutzes und der Gasgeschwindigkeit). Auch für die betrieblichen Vorgaben liegen mittlerweile wasserstoffangepasste Modifikationen vor. Wichtige betriebliche Aspekte beim Betrieb von Anlagentechnik in der Infrastruktur sind die Prozesse von Außerbetriebnahme und Inbetriebnahme von Anlagen. Aufgrund spezifischer Stoffeigenschaften des Wasserstoffs müssen sicherheitstechnische Betrachtungen durchgeführt werden und bestehende Konzepte für Erdgas überarbeitet bzw. für Wasserstoff neu erstellt werden. Ein Umsetzungsprojekt für mobile Wasserstoffpackeln zielt auf diesen Ansatz ab. Es soll Möglichkeiten aufzeigen, wie Wasserstoff aus Anlagen im Zuge von betrieblichen Arbeiten an der Anlage gefahrlos abgeleitet und verbrannt werden kann.

Fazit und Ausblick

Der aktuelle Status der gastechnischen Normen und technischen Regelwerke kann als umfassend, aussagekräftig und anwendbar bezeichnet werden. Das technische Regelwerk bietet eine gute Grundlage zur Transformation der öffentlichen Gasversorgung von fossilen auf erneuerbare Gase. Neben den auf Wasserstoffanwendungen aktualisierten technischen Regelwerken für Planung, Bau und Ausrüstung sind mittlerweile auch die betrieblichen Vorgaben für Organisation und Instandhaltung der Anlagentechnik für Wasserstoff und andere wasserstoffhaltige Gase nach DVGW G 260 (A) [120] vorhanden. Die Bedeutung harmonisierter technischer Regelwerke nimmt auch in Deutschland einen hohen Stellenwert ein. Die nationalen technischen Regelwerke stellen keine Hinderung für grenzübergreifende Anwendungen dar. Der Stand der Anpassung und Überarbeitung in den Gremien des DVGW und bei DIN entspricht den Anforderungen der Branche. Identifizierter Forschungsbedarf wurde adressiert und befindet sich in Bearbeitung. In Bezug auf die Strömungsgeschwindigkeiten sind weitere Detaillierungen bei der Anwendung in höheren Druckbereichen in Vorbereitung. Gewonnene Erkenntnisse aus Forschungsvorhaben werden weiterhin für Aktualisierung der Regelwerke sorgen. Die langjährigen Betriebserfahrungen dezentraler, industrieller Wasserstoffanwendungen sind hilfreich, müssen aber auf die Belange der öffentlichen Gasversorgung übertragen werden. Die Transformation der Gasversorgung in Richtung Wasserstoff erfordert das Mitnehmen aller Beteiligten. Die Marktteilnehmer haben die hohe Bedeutung von Ausbildung und Qualifikation, des Personals für Planung, Bau und Betrieb erkannt. Alle Beteiligten der Systemtrans-

formation sollten sich ihrer eigenen Verantwortungsbereiche bewusst sein. Hinsichtlich der Material- und Komponenteneignung könnte sich die unter Führung des DVGW erstellte verifHy-HydrogenREADY Database [130] als wichtiges Hilfsmittel und als ein zentraler Datensammelpunkt entwickeln.



5.1.2.4 AG Verteilnetze

Scope

Die AG Verteilnetze betrachtet Versorgungsleitungen in der Gasverteilung, d. h. Druckstufen ≤ 16 bar. Auch Leitungen zu den Letztverbrauchern (Haushalten) werden dabei betrachtet. Insbesondere wurden offene Fragen zur Wasserstoffverträglichkeit von Materialien, Komponenten und Bauteilen sowie Fragen zum späteren Betrieb von Wasserstoffversorgungsleitungen (Abnahme, Inbetriebnahme, Rohrnetzüberprüfung, Instandsetzung) geklärt. Dabei wurden sowohl neu zu errichtende als auch umzustellende Versorgungsleitungen betrachtet. Diese Leitungen sollen dann mit Gasen der 2. und 5. Gasfamilie nach DVGW-Arbeitsblatt G 260 (A) [120] betrieben werden. Bereits vorhandene technische Regelwerke und Normen sind auf ihre Anwendbarkeit für das Medium Wasserstoff überprüft und daraus resultierende Anpassungen initiiert worden.

Reifegrad

Es liegt ein nahezu vollständiges technisches Regelwerk für den Bereich Verteilnetze vor. Dabei werden momentan, durch fünf von der NRM H2 geförderte Umsetzungsprojekte, letzte Lücken geschlossen. Parallel erfolgen Anpassungen des bestehenden technischen Regelwerks aufgrund von Erkenntnissen aus der fortlaufenden Wasserstoffforschung des DVGW.

Bestandsanalyse – Bewertung

Grundsätzlich gilt es nach dem EnWG § 49 Absatz 1 [119], die technische Sicherheit von Assets, die zur Erzeugung, Fortleitung und Abgabe von Erdgas und Wasserstoff dienen, zu gewährleisten. Die Basis für die Bewertung der technischen Sicherheit bildet dabei die Einhaltung der allgemeinen Regeln der Technik, im Bereich der Gasverteilnetze ist dies das DVGW-Regelwerk. Viele der bestehenden technischen Regeln im Bereich des Verteilnetzes lassen sich schon heute auf den Betrieb mit Wasserstoff übertragen. Gleichzeitig ergeben sich beim Einsatz von Wasserstoff in Verteilnetzen

neue Fragestellungen, die durch weitere veröffentlichte Dokumente behandelt werden. Im Rahmen der Bestandsaufnahme hat die AG Verteilnetze 43 Veröffentlichungen identifiziert, die als relevante Normen und technische Regelwerke für das Verteilnetz gelten. Diese Veröffentlichungen setzen sich zusammen aus 36 DVGW-Regelwerken (u. a. Arbeitsblätter, Merkblätter und Gasinformationen), vier europäischen Normen, zwei nationalen Normen sowie einer technischen Regel. Zentrale Bereiche, wie beispielsweise die Errichtung von Wasserstoffinfrastruktur, sind hierdurch bereits vollumfänglich abgedeckt. In anderen Bereichen, wie der Umstellung bestehender Gasinfrastrukturen auf Wasserstoff oder Fragestellungen der Dokumentationspflichten im Bereich Wasserstoff, ist es wichtig, dass kontinuierlich Forschungsergebnisse und Erprobungen z. B. aus Pilotprojekten verschiedener Institute und Netzbetreiber einfließen. Die maßgeblichen Gremien der Regelsetzung im Bereich Verteilnetze bilden das technische Komitee des DVGW G-TK-1-3 Gasverteilung sowie der nationale DIN-Normungsausschuss GastechNIK NAGas (NA 032-02-02 AA Gasverteilung).

Abbildung 18 stellt die identifizierten Gremien der technischen Regelsetzung dar, die für die Erarbeitung der technischen Regelwerke im Bereich Verteilnetze wichtig sind. Eine Übersicht der Abkürzungen der Gremien findet sich in Abschnitt 11.

Bedarfe und Umsetzung

Um Wasserstoff in der Gasverteilung nutzbar zu machen, liegt ein besonderes Augenmerk auf der Umstellung bzw. dem Neubau von Verteilnetzen. Dabei sind verschiedene Anforderungen und Vorgaben aus dem DVGW-Regelwerk mit seinen dazugehörigen Arbeits- oder Merkblättern im Rechtsrahmen des EnWGs [119] zu berücksichtigen. Das Ziel dabei ist, bestehende Gasinfrastrukturen weitgehend mit den etablierten Techniken und Schutzmaßnahmen weiterbetreiben zu können und eventuelle Übergangslösungen für die Errichtung neuer sowie die Umstellung und den Betrieb vorhandener Gasinfrastrukturen mit Wasserstoff zu schaffen.

Es ist notwendig, zwischen der Umstellung von Erdgas auf Wasserstoff und dem Neubau von Wasserstoffverteilnetzen zu unterscheiden, da jeweils unterschiedliche Schwerpunkte betrachtet werden müssen. Für Umstellungsvorhaben liegt der Fokus auf der Bewertung des Bestands bezüglich dessen Tauglichkeit für Wasserstoff und somit vor allem auf der Netzdokumentation, dem Rohrmaterial (z. B. Kunststoff- oder Stahlrohre) und deren Verbindungen sowie der durchgeführten Instandhaltung bzw. bisherigen Instandsetzung. Beim Neubau wiederum sind als wesentliche Punkte die Errichtung, die Druckprüfung, das Anbohren und Absperren und die Außer- und Inbetriebnahme oder auch das Herstellen von Netzan-schlüssen zu sehen.

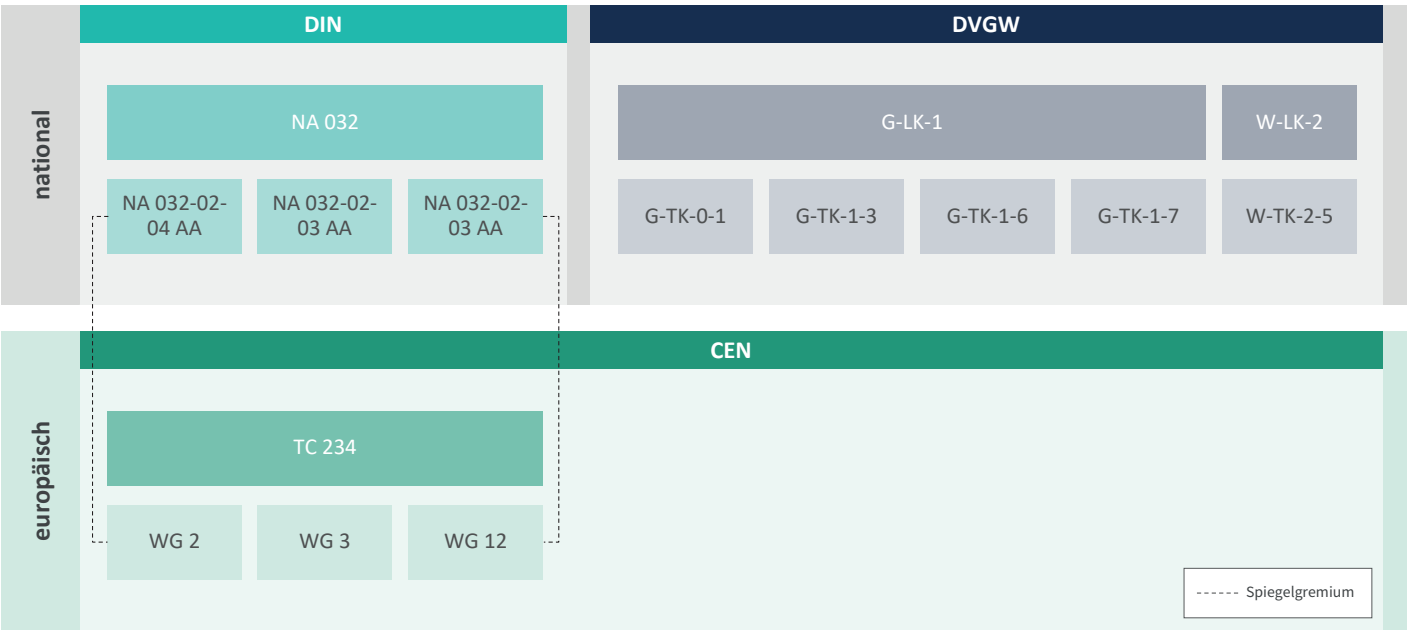


Abbildung 18: Übersicht relevanter Gremien der technischen Regelsetzung im Bereich Verteilnetze (Stand 07-2025) (Quelle: eigene Darstellung)

Existierende Kernnormen sind erfasst, beschrieben und geprüft. Als Ergebnis wurden Anforderungen an die Qualität der Netzdokumentation, die Durchführung von Schweißverbindungen an Rohrleitungen oder auch die Rohrnetzüberprüfung und die Beschreibung der zugehörigen Gerätetechnik angepasst. Die Änderungen finden sich entweder in einer Neuauflage oder Anpassung des technischen Regelwerks wieder, oder sie werden in anderen DVGW-Gremien bearbeitet. Ein weiterer wichtiger Meilenstein ist die nahezu vollständige Anwendbarkeit des DVGW-Regelwerks über die gesamte Wertschöpfungskette der Gasinfrastruktur zur leitungsgebundenen Versorgung der Allgemeinheit mit wasserstoffhaltigen Gasen und Wasserstoff.

Darüber hinaus bestehen folgende Herausforderungen zur weiteren Bearbeitung:

- Anpassung von Betriebs- und Instandhaltungsvorschriften, besonders bei der Überprüfung von Gasrohrnetzen in Bezug auf Wasserstoff.
- Überarbeitung des DVGW-Arbeitsblattes für Druckprüfverfahren G 469 (A) [131], vor allem Druckprüfungen mit Luft bzw. reinem Wasserstoff.
- Umstellung von Gasleitungen für die Verteilung von wasserstoffhaltigen Gasen. Dies bezieht sich z. B. auf die Eignung der Bauteile (Rohre, Formstücke, Absperrarmaturen, Isolierstücke, Flansche und weitere Einbauteile). Dabei steht insbesondere das Bestandsnetz mit vereinzelt lückenhafter Datengrundlage im Fokus, was darin begründet liegt, dass für Druckstufen bis einschließlich 5 bar vor 1990 nicht zwingend der komplette Dokumentationsumfang (z. B. Rückverfolgbarkeit von Bauteilen) zu erbringen war. Voraussetzung für die Beurteilung der Eignung von Komponenten ist die Erstellung eines Datenerhebungskonzepts (stichprobenartige Aufgrabungen, Gefährdungsbeurteilungen oder betriebliche Erprobungen).
- Grundlegende Anpassung der Netzdokumentation in Versorgungsunternehmen, durch die Anwendbarkeit vorhandener technischer Regelwerke u. a. für die Netzauskunft, Qualitätssicherung oder die Einbindung der geografischen Informationssysteme (GIS).

Fazit und Ausblick

Im Bereich der Verteilnetze liegt ein umfangreiches und nahezu vollständig anwendbares technisches Regelwerk vor. Das technische Regelwerk besteht größtenteils aus nationalen technischen Regeln des DVGW. Bestehende Lücken im technischen Regelwerk wurden umfassend identifiziert

und an die zuständigen Regelsetzungsgremien adressiert. Eine Umstellung des vorhandenen Erdgas-Verteilnetzes auf das Medium Wasserstoff oder der Neubau eines Wasserstoff-Verteilnetzes sind mit dem vorhandenen technischen Regelwerk möglich.

Nichtsdestotrotz wird es im Zuge der Anpassung von Betriebs- und Instandhaltungsvorschriften nach der Umstellung von Verteilnetzen auf Wasserstoff zur Verkürzung von Inspektionsintervallen (Rohrnetzüberprüfung) kommen. Um dies effektiver zu gestalten, wird beispielsweise im Rahmen eines Forschungsprojekts des DVGW eine fahrzeugunterstützte Messtechnik zur oberirdischen Überprüfung von Gasleitungen in Verteilnetzen getestet [132].

Verbesserungen oder Ergänzungen im technischen Regelwerk werden aufgrund neuer Erkenntnisse aus Forschung und Umstellvorhaben erfolgen. In welchem Umfang eine Umstellung oder ein Neubau von Wasserstoffverteilnetzen erfolgen kann, wird maßgeblich durch die politischen Rahmenbedingungen bestimmt werden. Aus technischer Sicht und entsprechender Regelsetzung sind sowohl Umstell- als auch Neubauvorhaben von Wasserstoffverteilnetzen uneingeschränkt realisierbar.

5.1.2.5 AG Stationäre und ortsbewegliche Druckbehälter



Scope

Die AG stationäre und ortsbewegliche Druckbehälter behandelt das Thema 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 von Wasserstoff. Dies umfasst den gesamten Druckbereich vom Hochdruck bis zur Speicherung von Wasserstoff nahe dem atmosphärischen Druck.

Reifegrad

Für den Bereich der stationären und ortsbeweglichen Druckbehälter existiert ein ausgereiftes technisches Regelwerk. Allerdings müssen die relevanten Normen teilweise an die neuen Anforderungen eines Massenmarktes angepasst werden. Der Transport von Wasserstoff in Druckbehältern ist weitgehend genormt, während für andere Technologien, wie beispiels-



weise die Wasserstofflagerung, noch teilweise weitere Normierungsbedarfe bestehen. Kernnormen aus den Bereichen sind z. B. die ISO 11119-Reihe [133], DIN EN ISO 9809-Reihe [134], DIN EN ISO 11114-Reihe [135] und DIN EN 13445-Reihe [136].

Bestandsanalyse – Bewertung

Es existiert eine umfangreiche technische Regelsetzung. Rund 80 technische Regelwerke wurden identifiziert, die überwiegend auf europäischer (CEN) und internationaler (ISO) Ebene entwickelt und als nationale Normen (DIN EN/ISO) übernommen wurden. Zu den veröffentlichten Normen zählen auch technische Berichte (TR), Spezifikationen (TS), Regeln und Merkblätter [33]. Die Zusammenstellung des aktuellen Bestands kann weitgehend als zuverlässig angesehen werden, da viele Normen und Standards durch politische Regelungen wie das Übereinkommen über die internationale Beförderung gefährlicher Güter auf der Straße (ADR) [137] und die Ordnung für die internationale Eisenbahnbeförderung gefährlicher Güter (RID) [138] vorgegeben sind.

Zur Schließung noch bestehender Lücken wurden bereits neue Projekte und Revisionen initiiert. Bei diesen Projekten ist die Normungsarbeit auf europäischer Ebene von besonderer Bedeutung, wobei das CEN/TC 23 und das CEN/TC 54 eine zentrale Rolle spielen.

Abbildung 19 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 der Abkürzungen der Gremien kann in Abschnitt 11 eingesehen werden.

Bedarfe und Umsetzung

Im Bereich der stationären und ortsbeweglichen Druckgefäße wurden verschiedene Lücken im technischen Regelwerk identifiziert. Diese lassen sich auf zwei Hauptfaktoren zurückführen: Zum einen existiert ein umfangreicher, historisch gewachsener Bestand an Normen und technischen Regelwerken, der teilweise an die neuen Anforderungen eines

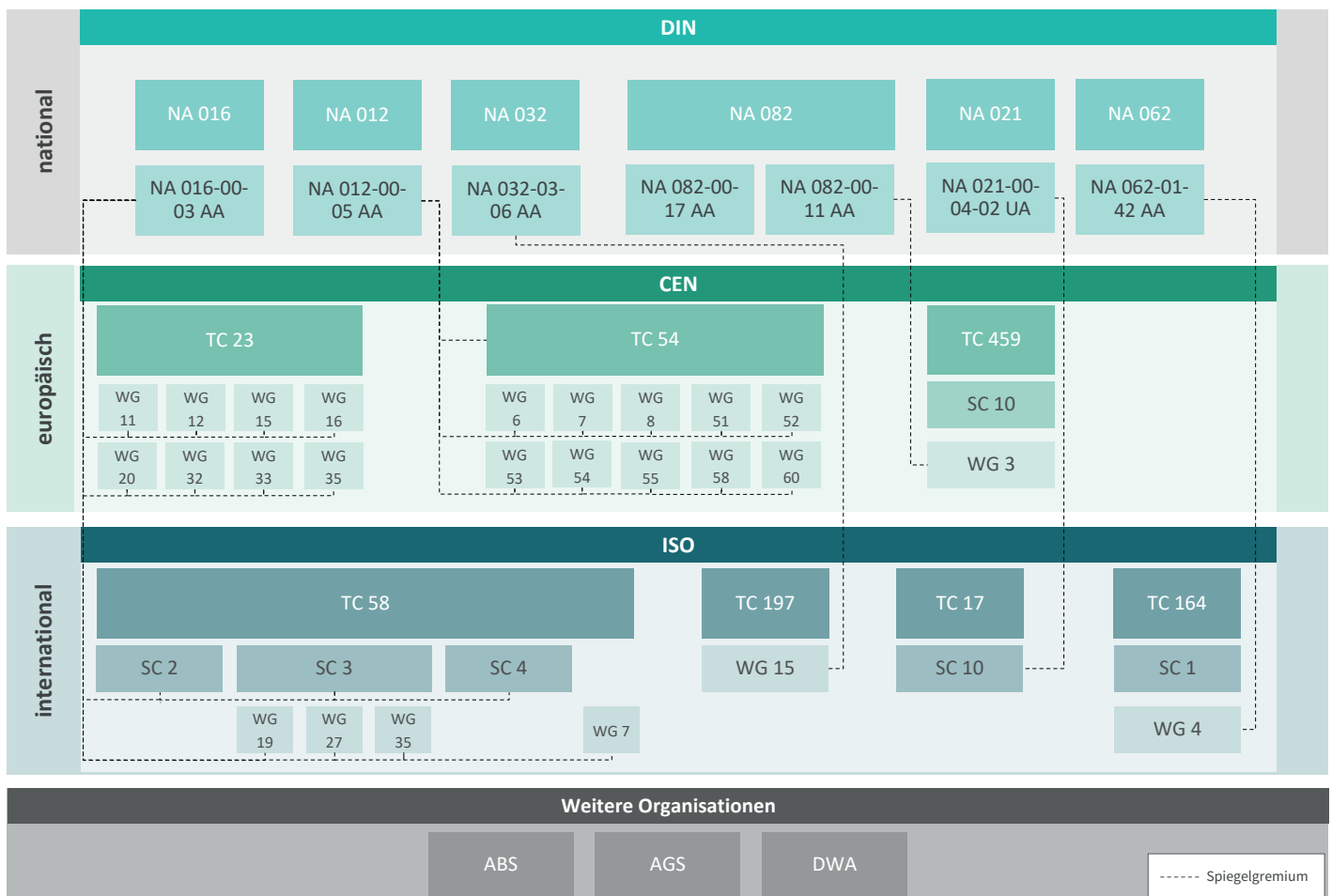


Abbildung 19: Übersicht relevanter Gremien der technischen Regelsetzung im Bereich stationäre und ortsbewegliche Druckbehälter (Stand 07-2025) (Quelle: eigene Darstellung)

wachsenden Massenmarktes angepasst werden muss. Zum anderen führt die zunehmende wirtschaftliche Bedeutung von Wasserstoff zur Entwicklung neuer Technologien, die durch Normung den Marktzugang erleichtert bekommen sollen. Zusätzlich erfordert die zukünftige Wasserstoffwirtschaft neue Sicherheitskonzepte, die besser auf die Anforderungen eines Massenmarktes abgestimmt sind als bisherige Ansätze.

Daraus ergeben sich drei wesentliche Gründe, die eine Schließung dieser Normungslücken für die Wasserstoffwirtschaft erforderlich machen: Sicherheit, Wirtschaftlichkeit und Technologieoffenheit. Ein Vernachlässigen der bereits erkannten sowie potenziell noch hinzukommenden Bedarfe könnte die Attraktivität von Wasserstoff verringern, wodurch die Energiewende ausgebremst würde. Insbesondere im Bereich der stationären und ortsbeweglichen Druckgefäße könnte dies zu einem Akzeptanzverlust führen.

In der Forschung und Forschungsförderung liegt der Fokus häufig auf der Produktentwicklung und der Ermöglichung funktionaler Innovationen. Im Bereich der Speicherung sind Normung, Sicherheitsanforderungen sowie Zulassungs- und Genehmigungsverfahren eng miteinander verknüpft. Diese Aspekte werden nicht immer als unterstützende Instrumente wahrgenommen, sondern oft als Hürde. Dies könnte dazu führen, dass sicherheitsrelevante Normen und Prüfverfahren in der Markteinführungsphase sowohl in quantitativer als auch in qualitativer Hinsicht zu einem Flaschenhals werden. Um den Auswirkungen begrenzter Ressourcen und unnötig aufwendiger Verfahren entgegenzuwirken, müssen diese Instrumente als „Enabler“ verstanden, modernisiert und optimiert werden. Die Sicherheitsforschung sollte aufgrund ihrer erheblichen wirtschaftlichen Bedeutung neben der Produktentwicklung stärker gefördert und ausgebaut werden.

Zum Schließen dieser Lücken und zur Bewältigung der Herausforderungen wurde eine große Anzahl an Handlungsempfehlungen und Handlungsbedarfen für die technische Regelsetzung, die pränormative Forschung und die Regulatorik formuliert. Dabei spielen unter anderem die Themen Druckprüfung, die probabilistische Bewertung der Wirkung deterministischer Mindestanforderungen in Normen, materialbasierte Wasserstoffspeicherung und Risikobewertung eine Rolle.

Fazit und Ausblick

Im Bereich der stationären und ortsbeweglichen Druckgefäße besteht ein umfassendes und einsatzbereites technisches Regelwerk, das derzeit noch durch die Schließung verbleibender Lücken durch Anpassung der entsprechenden technischen Regelwerke ergänzt wird. Die überwiegende Mehrheit der relevanten Gremien für die technische Regelsetzung hat sich zudem mit dem Thema Wasserstoff auseinandergesetzt.

Es werden außerdem Verbesserungen und Ergänzungen im technischen Regelwerk aufgrund neuer Erkenntnisse aus Forschung und möglicher Änderungen der Regulatorik erfolgen. Zu diesen Themen sollen im Wesentlichen die Anwendung und Etablierung der Schallemissionsprüfung (SEP) an Composite-Speichern zur Abschätzung der Berstfestigkeit von Druckbehältern als Ersatz der wiederkehrenden hydraulischen Prüfung erarbeitet und die Deregulierung und Flexibilisierung in der Sicherheitsbeurteilung bei erhöhter Sicherheit im Wasserstoff-Markthochlauf durch Gestaltung eines schutzzielorientierten Ansatzes statt der aktuellen Designvorgaben etc. zum Nachweis der Sicherheit angeboten werden.



5.1.2.6 AG Untertage-Gasspeicher

Scope

Untertage-Gasspeicher (UGS) spielen eine zentrale Rolle in der Infrastruktur zur Umsetzung der Wasserstoffstrategie und sind entscheidend für die Gewährleistung einer stetigen Versorgung. Die AG Untertage-Gasspeicher befasst sich mit der Nutzung von Untertage-Gasspeichern im Rahmen der Wasserstoffstrategie. Dies umfasst die Themenfelder Salzkavernen- und Porenspeicher mit Blick auf deren Anforderungen, Normen und Einsatzmöglichkeiten für Wasserstoffanwendungen. Dabei spielen Aspekte wie Auslegung, Bau, Prüfung und Betrieb eine entscheidende Rolle, um eine zuverlässige und effiziente Speicherung und Versorgung von Wasserstoff sicherzustellen.

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. Die Produktion aus Wasserstofflagerstätten ist bisher nicht Bestandteil des Scopes der Normungsroadmap und damit auch nicht in dieser AG betrachtet worden.



Die von der AG Untertage-Gasspeicher definierten Untertage-Gasspeicher umfassen speziell Salzkavernen- und Porenspeicher, wobei andere Typen wie Felskavernen oder Röhrenspeicher ausgeschlossen sind. Die Betrachtung richtet sich auf Untertage-Gasspeicher, die Wasserstoff aus der DVGW G 260 (A) [120] Gasfamilie 5 aufnehmen und/oder abgeben, und berücksichtigt Speicher nicht, die Wasserstoff als Zusatzgas der Gasfamilie 2 speichern. Dabei werden auch Untertagereaktoren berücksichtigt. Besonderer Normungsbedarf kann entstehen aufgrund von:

- höherem Anteil an Begleitstoffen als in Gasfamilie 5 vorgegeben (u. a. Kohlenwasserstoffen);
- Drücken über 100 bar bei erheblichen Druckschwankungen;
- erhöhter Temperatur und Feuchtigkeit.

Reifegrad

Der Reifegrad des technischen Regelwerkes im Bereich der Wasserstoff-Untertage-Gasspeicher ist derzeit als „rudimentär“ einzustufen. Auf nationaler Ebene existieren bereits technische Regelwerke für Erdgas-Untertagespeicher, darunter die Leitfäden des Bundesverbands Erdgas, Erdöl und Geoenergie (BVEG), die durch europäische Normen und internationale Standards wie jene des American Petroleum Institute (API) ergänzt werden. Diese Ebenen sind allesamt zentral für die Normung von Wasserstoffanwendungen. Jedoch fehlen direkte Einflussmöglichkeiten auf die API-Standards, was eine Herausforderung darstellt. Zusätzlich gibt es einen Mangel an umfassender pränormativer Forschung, obwohl in vielen Bereichen bereits mit solchen Forschungen begonnen wurde. Der Fahrplan zur Schließung der bestehenden Lücken sieht zunächst den Abschluss der laufenden pränormativen Forschung vor. Anschließend sollen die BVEG-Leitfäden erweitert und die API-Standards bzw. ISO-Standards hinsichtlich wasserstoffspezifischer Anforderungen überprüft und erweitert werden, um die Normen auszuweiten und die bestehenden Lücken zu schließen.

Bestandsanalyse – Bewertung

Im Bereich der Untertage-Gasspeicher wurden insgesamt 102 technische Regelwerke identifiziert, die als mittelbar oder unmittelbar relevant eingestuft werden. Von diesen wurden 31 Dokumente als direkt relevant für die Normung der Untertage-Gasspeicher eingestuft. Obwohl derzeit keine spezifischen Normen für Wasserstofftechnologien in UGS existieren, kann der bereits etablierte Erdgassektor als Grundlage für die Entwicklung technischer Regelungen im Bereich Wasserstoff genutzt werden.

Die technischen Regelwerke sind vielfältig zusammengesetzt und beinhalten europäische (EN) und internationale (ISO) Dokumente, die teilweise als nationale Normen (DIN EN/ISO) übernommen wurden. Ergänzend zu den veröffentlichten Normen gibt es technische Berichte (TR), Spezifikationen (SPEC), Recommended Practices (RP) des American Petroleum Institute (API) sowie Leitfäden und Merkblätter des BVEG. Die Verwendung des DVGW-Regelwerkes ist nur in den darin definierten Druckbereichen vorgesehen. Einfluss auf die Materialien haben u. a. Druck, Temperatur, Feuchtigkeit und Begleitstoffe. Für detaillierte Informationen zu den vorhandenen technischen Regelwerken wird auf die Bestandsdatenbank [33] verwiesen, und die bisherige Zusammenstellung der technischen Regelwerke gilt als nahezu vollständig.

Abbildung 20 stellt die identifizierten Gremien der technischen Regelsetzung dar, die für die Erarbeitung der technischen Regelwerke im Bereich Untertage-Gasspeicher wichtig sind. Eine Übersicht der Abkürzungen der Gremien findet sich in **Abschnitt 11**.

Bedarfe und Umsetzung

Im Bereich der Untertage-Gasspeicher gibt es bereits ein umfangreiches und historisch gewachsenes technisches Regelwerk für die Erdgasspeicherung. Diese bestehenden Standards müssen erweitert werden, um den neuen Anforderungen der Wasserstoffanwendung (z. B. höherem Anteil an Begleitstoffen als in der 5. Gasfamilie vorgegeben (u. a. Kohlenwasserstoffen), Drücken über 100 bar bei erheblichen Druckschwankungen, erhöhter Temperatur und Feuchtigkeit gerecht zu werden. Insbesondere die DIN EN 1918-Reihe [139], die API-Spezifikationen des American Petroleum Institute, die Standards der American Society of Mechanical Engineers (ASME) und die Leitfäden des Bundesverbandes Erdgas, Erdöl und Geoenergie (BVEG) legen die Grundlage für die Planung, den Bau und den Betrieb von UGS.

Die Überarbeitung der DIN EN 1918-Reihe [139] ist nahezu abgeschlossen und befindet sich zurzeit in der öffentlichen Entwurfsphase. Derzeit decken die API-Spezifikationen und ASME-Standards viele technische Aspekte im Untertagebereich ab, ohne die Spezifika von Wasserstoff zu berücksichtigen. Zudem sind diese in Europa nicht rechtsverbindlich, weshalb es mittel- bis langfristig hilfreich wäre, diese durch europäische oder internationale technische Regelwerke zu ergänzen. Die Hauptgründe für die Überarbeitung und Erweiterung der technischen Regelwerke und das Schließen der identifizierten Lücken sind in erster Linie Sicherheitsaspekte,

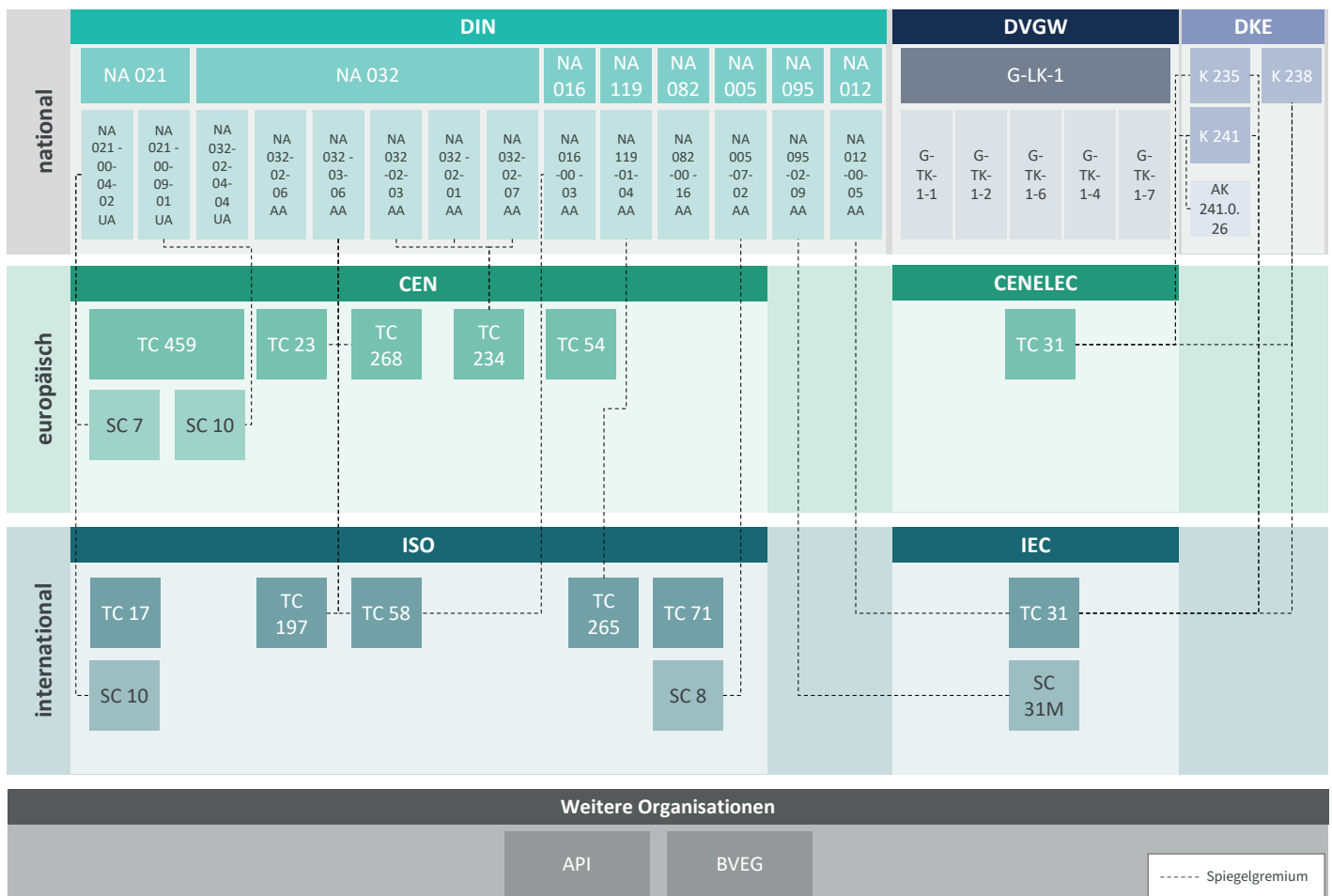


Abbildung 20: Übersicht relevanter Gremien der technischen Regelung im Bereich Untertage-Gasspeicher (Stand 07-2025) (Quelle: eigene Darstellung)

die Erteilung von Betriebsgenehmigungen, die Interoperabilität der Systeme sowie ein schneller Hochlauf der Wasserstoffspeicherung. Der Betrieb von kommerziellen Wasserstoffspeichern in Deutschland ist bereits ab 2027 vorgesehen.

Eine zentrale Herausforderung bei der Normungsarbeit für Wasserstoff-Untertage-Gasspeicher besteht darin, alle technischen Aspekte umfassend zu beleuchten und sicherzustellen, dass die spezifischen Anforderungen der verschiedenen Gasspeichertypen in den geeigneten Normungsgremien behandelt werden. Dabei geht es nicht nur darum, einzelne Anforderungen zu normen, sondern den gesamten Bereich der Untertage-Gasspeicher zu erfassen. Ein Aspekt, der besondere Aufmerksamkeit erfordert, ist die Gewährleistung der Bohrungsintegrität, die entscheidend für die Sicherheit und Funktionsfähigkeit der Speicher ist.

In der Normungsarbeit müssen die Rahmenbedingungen für die verschiedenen Lebensphasen eines Wasserstoff-Untertage-Gasspeichers noch weiter spezifiziert und definiert

werden, dies gilt insbesondere für Wasserstoffqualität, Druck und dynamische Lasten. Diese spezifischen Anforderungen wurden an die weiteren relevanten AGs der Normungsroadmap weitergereicht, um dort auf die entsprechenden Lücken aufmerksam zu machen und eine Interoperabilität der relevanten Bauteile sicherzustellen. Es wurden 25 Handlungsempfehlungen ausgesprochen. Diese umfassen Themen wie z. B. Zemente und Materialien, Integrität und Dichtheit, Bohrlochausrüstung und Sicherheitsventilsysteme.

Der Bedarf an pränormativer Forschung ist besonders in der Entwicklung von Qualifikationsmethoden für Bauteile und Materialien gegeben, die in ein technisches Regelwerk integriert werden sollten. Auch für die Umwidmung bestehender Untertagegasspeicher besteht dieser Bedarf. Das technische Regelwerk würde als Grundlage für zukünftig zu erstellende Normen, inklusive Lieferbedingungen, für die verwendeten Bauteile dienen. Eine weitere Herausforderung besteht darin, dass bestimmte Themen wie die Gasdruckregelmessanlage (GDRMA) keine reinen Speicherthemen sind und daher



gemeinsam, unter Berücksichtigung verschiedener Anwendungen und ihrer jeweiligen Rahmenbedingungen, gelöst werden müssen. Zur Erstellung des notwendigen technischen Regelwerkes wurde der LK 3 Untertagegasspeicher des DVGW gegründet. Hierbei werden die in der Normungsroadmap Wasserstofftechnologien identifizierten Bedarfe berücksichtigt.

Fazit und Ausblick

Die großen Lücken im technischen Regelwerk wurden identifiziert, und pränormative Forschungsarbeiten sind bereits im Gang, um spezifische Anforderungen zu erarbeiten, die bei der Erweiterung des technischen Regelwerks Anwendung finden können. Der nächste Schritt besteht in der Vertiefung und dem Abschluss der pränormativen Forschung, um die notwendigen Qualifikationsmethoden für Materialien und Bauteile zu entwickeln. Es wird darauf hingearbeitet, die bestehenden BVEG-Leitfäden entsprechend anzupassen und Möglichkeiten zur Integration spezifischer Wasserstoffanforderungen in API-Spezifikationen und internationalen Normen zu verfolgen und das notwendige Anwendungsregelwerk zu schaffen. Ziel ist es, umfassende Standards zu schaffen, um den geplanten Start des umfänglichen Ausbaus der Wasserstoffinfrastruktur und eine interoperable Wasserstoffspeicherung in Untertagegasspeichern bestmöglich zu unterstützen.

5.1.2.7 AG Verflüssigung



Scope

In der AG Verflüssigung werden technische Regeln behandelt, welche sich mit Transportvektoren für Wasserstoff ausschließlich in flüssiger Form beschäftigen. Dazu gehören kryogen verflüssigter Wasserstoff, Wasserstoffderivate wie Ammoniak und Methanol sowie Wasserstoffträger wie flüssige organische Wasserstoffträger (LOHC). Unter anderem werden folgende Themen betrachtet: Definitionen, Stoffzusammensetzungen, Stoffeigenschaften, Prozesse zur Verflüssigung, Personalqualifikationen zum Umgang mit Wasserstoff und ergänzend dazu auch Anforderungen an Speicher- und Transportmedien.

Reifegrad

Der Reifegrad muss als „rudimentär“ bis „arbeitsfähig“ eingeschätzt werden. Es existieren verschiedene Normen und Regeln, welche ein Kernregelwerk für bestimmte Transport-

vektoren bilden. Zum Teil muss der Anwender aus verschiedenen internationalen Normen, Werksnormen und themenverwandten Regelwerken Ableitungen für die speziellen Anwendungsfälle auswählen. Schlüsseltechnologien wie die Derivate Ammoniak und Methanol konnten durch mangelnde Erkenntnisse noch nicht ausreichend betrachtet werden.

Bestandsanalyse – Bewertung

Es gibt eine große Anzahl von Normen, technischen Regeln und Produktnormen, welche für tiefkalten Wasserstoff (kryogen verflüssigter Wasserstoff), Wasserstoffderivate (Ammoniak, Methanol) und LOHC anwendbar sind. Die Mehrzahl dieser Normen und technischen Regeln ist in der Regel nationalen außereuropäischen Ursprungs und somit nicht im direkten Einflussbereich deutscher und europäischer Regelsetzungsgremien.

In der Bestandsdatenbank [33] sind 110 Dokumente für den Themenbereich Verflüssigung gelistet. Dabei handelt es sich zu einem großen Teil um Normen und technische Regelwerke für kryogene Anwendungen und Ammoniak. Bei den Dokumenten für kryogene Anwendungen dominieren Normen für Behälter, isolierte Leitungen und kryogene Ausrüstung, welche für den Anwendungsfall mit kryogen verflüssigtem Wasserstoff adaptiert werden müssen. Bei Ammoniak handelt es sich um Normen und Werkstandards, welche den Ammoniak als Prozessstoff für Industriezwecke behandeln.

Für LOHC werden nur wenige direkte Normen gelistet. Die Anwendungen für LOHC werden aus verschiedenen nationalen und internationalen technischen Regelwerken adaptiert, insbesondere aus der petrochemischen Industrie, wo die verwendeten Trägermaterialien bereits beispielsweise als Thermalöl eingesetzt werden. Flüssige Träger wie Benzyltoluol fallen unter die allgemeinen Vorschriften für Gefahrstoffe (z. B. „Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen“ (AwSV) [140] oder die GefStoffV [141]). Damit bestimmen technische Regeln für Gefahrstoffe oder Betriebssicherheit den Umgang mit LOHC. Auf Basis von bestehenden Normen, wie z. B. für Thermalölanlagen oder petrochemische Anlagen, werden bereits heute Anlagen zur Hydrierung und Dehydrierung von LOHC gebaut und betrieben. Viele dieser technischen Regelwerke sind vor dem Hintergrund nationaler Wassergesetzgebung nicht europäisch harmonisiert oder fehlen komplett. Entsprechende technische Regelwerke müssen zukünftig mit höherer Priorität erarbeitet werden.

Abbildung 21 stellt die identifizierten Gremien der technischen Regelsetzung dar, die für die Erarbeitung der technischen Regelwerke im Bereich Verflüssigung wichtig sind. Eine Übersicht der Abkürzungen der Gremien findet sich in **Abschnitt 11**.

Bedarfe und Umsetzung

Für einen erfolgreichen Wasserstoffhochlauf ist ein ausreichend großes Angebot an Wasserstoff zu wirtschaftlichen Preisen notwendig. Dieses Wasserstoffangebot wird nicht allein aus inländischer Erzeugung gespeist werden können, sondern es werden im großen Maß Wasserstoffimporte erfolgen müssen. Dabei werden, auch aufgrund von großen Entfernungen zu den Exportländern, Transportvektoren wie kryogen verflüssigter Wasserstoff, Ammoniak, Methanol und LOHC eine wichtige Rolle einnehmen müssen, da ein Pipelinetransport aufgrund der mangelnden Transportinfrastruktur zu diesen Ländern nicht immer technisch möglich sein wird.

Pränormative Forschungsbedarfe bestehen z. B. für sicherheitsrelevante Vorgaben für Filter und Absorber und für Anforderungen an das Katalysatormaterial bei der kryogenen Wasserstoffverflüssigung und für eine Standardisierung einer kalten Schnittstelle bei kryogen verflüssigtem Wasserstoff. Unter anderem werden erste Lücken im technischen Regelwerk durch zwei Umsetzungsprojekte, welche sich unter anderem den Transportvektoren kryogen verflüssigter Wasserstoff und LOHC widmen, geschlossen.

Im Projekt zum kryogen verflüssigten Wasserstoff wird ein Leitfaden zur Qualitätsbewertung von kryogen verflüssigtem Wasserstoff hinsichtlich des Ortho/Para-Gehalts erstellt. Damit soll dem Anwender eine Entscheidungshilfe gegeben werden, welche es ihm ermöglicht, den kryogen verflüssigten Wasserstoff zu erhalten, welcher hinsichtlich des Ortho/Para-Gehalts das jeweilige Optimum für den betreffenden Anwendungsfall darstellt. Dieses Projekt wird im DVGW zu einem nationalen technischen Regelwerk in Form eines DVGW-Merkblattes umgesetzt.

Gegenstand des zweiten Umsetzungsprojekts ist eine Methode zur THG-Bilanzierung von LOHC (ISO 19870-4) [142]. Das Projekt beschreibt den Teil der Normenreihe ISO 19870 (Teil 1 bis 4) [142], der sich in die bestehende Landschaft der internationalen Standards für Lebenszyklusanalysen mit Fokus auf THG-Bilanzierung einbettet und eine dedizierte Methodologie für Wasserstofflieferketten beschreiben soll. Diese Standards sollen einen Beitrag dazu leisten, eine Harmonisierung der Berechnungen des Kohlenstoffdioxid-Fußabdrucks für das Produkt Wasserstoff voranzutreiben, da dies für einen funktio- nierenden internationalen Wasserstoffhandel unerlässlich sein wird. Mit ISO 19870-4 [142] werden die Speicherung, der Transport und die Freisetzung von Wasserstoff mittels LOHC umfangreich beschrieben.

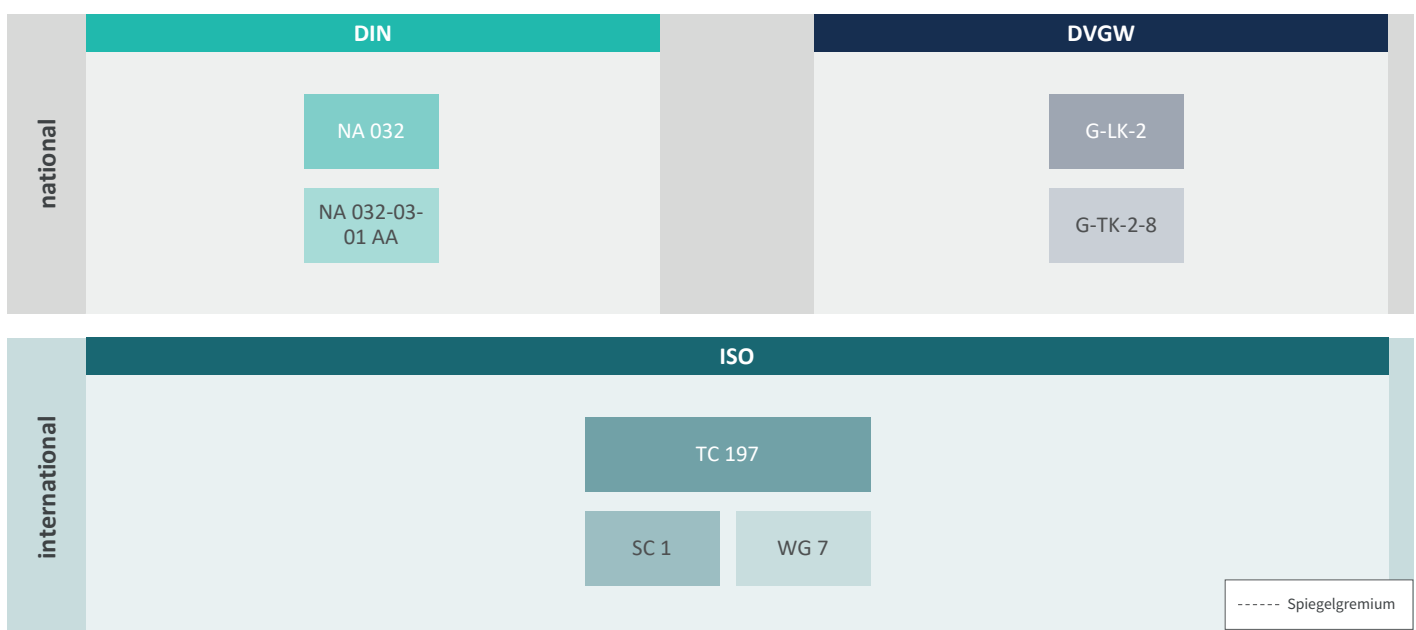


Abbildung 21: Übersicht relevanter Gremien der technischen Regelsetzung im Bereich Verflüssigung (Stand 07-2025)
(Quelle: eigene Darstellung)



Fazit und Ausblick

Im Hinblick auf den Wasserstoffhochlauf ist ein nationales technisches Regelwerk zur Beschleunigung und Vereinfachung von Betriebsgenehmigungen durch standardisierte Prozesse auf Grundlage der nationalen Wassergesetzgebung zu erarbeiten. Ziel ist es, Einzelgutachten durch Standardisierung zu vereinfachen bzw. zu ersetzen und damit Genehmigungsverfahren zu beschleunigen. Im Bereich des Transportvektors LOHC gibt es bereits heute verschiedene technische Regelwerke, welche den Bau und Betrieb von Anlagen zur Hydrierung und Dehydrierung von LOHC auf Basis von bestehenden Normen für Thermalölanlagen oder petrochemische Anlagen ermöglichen. Ein Bedarf zur THG-Bilanzierung für LOHC als Transportvektor in Wasserstofflieferketten befindet sich in der Umsetzung.

Aufgrund einer noch anspruchsvollen Kostenstruktur ist der Transportvektor kryogen verflüssigter Wasserstoff zurzeit ein Spezialanwendungsfall. Allerdings ist kryogen verflüssigter Wasserstoff mit der größten gravimetrischen Speicherdichte und einer Vielzahl von Anwendungsmöglichkeiten ein Transportvektor der Zukunft. Als Beispiel sei die Ankündigung eines Lkw-Herstellers genannt, nach einer sehr erfolgreichen Testphase bis 2026 mehr als 50 Fahrzeuge für den Schwerlastverkehr mit kryogen verflüssigtem Wasserstoffantrieb an Kunden auszuliefern. International wird der Bau von kryogen verflüssigten Wasserstofftankern forciert. Parallel werden auf nationaler Ebene Regelsetzungskompetenzen aufgebaut und weiterentwickelt, um den Hochlauf von kryogen verflüssigtem Wasserstoff zu flankieren. Allgemein lässt sich zu den Transportvektoren wie kryogen verflüssigter Wasserstoff, Wasserstoffderivaten und Wasserstoffträgern sagen, dass insbesondere der Aufbau einer notwendigen Infrastruktur durch die Weiterentwicklung und Erstellung von technischem Regelwerk und Normen begleitet werden muss und bisher kleinteilige Anwendungen entsprechend hochskaliert werden müssen.



5.1.3 Anwendungen – Arbeitskreis 3

Im AK 3 Anwendungen wird ein breites Feld an unterschiedlichen Anwendungen für Wasserstoff betrachtet, von der Industrie über Strom- und Wärmebereitstellung bis zur Mobilität. Die Anforderungen und Bedarfe sind dabei zum Teil sehr unterschiedlich und mit vielfältigen Herausforderungen verknüpft. Die Dekarbonisierung der Industrie ist in der NWS das zentrale Anwendungsfeld für Wasserstoff, da es hier häufig wenige technologische Alternativen gibt. In schwer elektrifizierbaren Bereichen wird Wasserstoff aufgrund der Leistungsfähigkeit oder als Reaktionspartner benötigt. Die etablierten Sektoren, vor allem Energie, Chemie sowie Zement-, Glas- und Stahlindustrie, stehen daher vor der Herausforderung, die verbesserten oder neuen Wasserstofftechnologien größtenteils in die bestehenden Produktionsstätten zu integrieren. Das aktuell gehaltene technische Regelwerk hilft u. a. dabei, die konformen Anlagenteile herzustellen, die Modernisierungen durchzuführen und den sicheren Betrieb, mit zuverlässiger Ver-

sorgung, zu gewährleisten. Die Verwendung bzw. Herstellung von Derivaten oder sogenannten Power-to-X-Produkten ist in vielen Bereichen neu bzw. unerprobt, sodass hier im ersten Schritt Einheitlichkeit bei Begriffen hergestellt werden muss, bevor weitere Fragen wie die Verwendung von Kohlenstoffdioxid in den Prozessen bearbeitet werden können.

Wasserstoff ermöglicht durch seine Speicherbarkeit die Bereitstellung von Energie über regionale Beschränkungen und saisonale Unterschiede in der erneuerbaren Energieproduktion hinaus. Daher werden Kraftwerke, Turbinen und KWK-Anlagen – betrieben mit Wasserstoff – sowie auch Brennstoffzellen im Energiesystem der Zukunft eine tragende Rolle spielen. Im Bereich der Brennstoffzellen ist weltweit aktuell viel technischer Fortschritt zu verzeichnen, sodass sowohl einheitliche Testprotokolle, um die Sicherheit der Anlagen zu gewährleisten, als auch die internationale Wettbewerbsfähig-



keit der deutschen bzw. europäischen Technologien über die Normung sichergestellt werden müssen.

Die Rolle von Wasserstoff in den unterschiedlichen Mobilitätsanwendungen ist vielversprechend, aber nicht in allen Bereichen ist die Technologie bereits in der Skalierung. Was aber alle Sektoren von Straße und Schiene über Wasser und Luft verbindet, ist die Notwendigkeit, die Schnittstellen sicher und standardisiert aufzubauen. Insbesondere die Betankungsprotokolle, aber auch die Anforderungen an die mobilen Tanks und die Art und Bauweise der Befüllungs- und Entnahmestelle brauchen zügig technische Regeln, um die teils bereits in Betrieb befindlichen und zukünftigen Fahrzeuge sicher nutzen zu können.

Wasserstoff als Energiegas bzw. Brennstoff zu nutzen, kann voraussichtlich insbesondere in der gewerblichen, aber auch in der häuslichen Anwendung zukünftig dort eine Lösung sein, wo andere Lösungen nicht verfügbar sind oder durch spezielle Anforderungen keine Alternative verfügbar ist. Offene Fragen zu den technischen Herausforderungen innerhalb dieser diversen Anwendungsfelder konnten im Rahmen der Roadmap geklärt werden, wobei auch zukünftige Anwendungen davon profitieren können. Für den sicheren Betrieb im häuslichen wie auch gewerblichen Umfeld sind sowohl technische Anforderungen bspw. an Gasgeräte oder Steuer- und Regeleinrichtungen als auch Anwendungsregeln und Qualifikationsanforderungen an die betroffenen Fachkräfte unerlässlich.

5.1.3.1 AG Brennstoffzelle



Scope

Die AG Brennstoffzelle beschäftigt sich mit allen Arten von Brennstoffzellen-Technologien und -Systemen (siehe [Abbildung 22](#)) sowie deren Anwendungsmöglichkeiten. Das bedeutet, dass Brennstoffzellen-Energiesysteme zur Bereitstellung von elektrischer und ggf. zusätzlicher thermischer Leistung Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) betrachtet werden. Dazu gehören beispielsweise stationäre Brennstoffzellen-Heizgeräte, brennstoffzellenbasierte Notstrom- und Netzersatzanlagen, portable Brennstoffzellen-Energiesysteme als Hilfsaggregate sowie reversible Brennstoffzellen-Energiesysteme zur elektrischen Lastverschiebung. Der Tätigkeitsschwerpunkt der AG Brennstoffzelle liegt auf dem bestehenden Normenportfolio, besonders um zu bestimmen, inwiefern

dieses weiterentwickelt werden muss, um die Integration dieser Technologie in die bestehende Infrastruktur zu verbessern oder auf das Gesamtsystem abzustimmen. Die AG Brennstoffzelle befasst sich nicht mit der Anwendung von Brennstoffzellen in der Mobilität – diese erfolgt in den folgenden AGs: [AG Befüllungsanlagen](#), [AG Straßenverkehr](#), [AG Schienenverkehr](#), [AG Schiffsverkehr](#), [AG Luftverkehr](#), [AG Sonder- und Spezialfahrzeuge](#).

Reifegrad

Für den Bereich Brennstoffzelle liegt ein ausgereiftes technisches Regelwerk vor. Die einzelnen Teile der internationalen Normenreihe IEC 62282 [\[143\]](#), die bis auf wenige Ausnahmen unverändert als Europäische Normen übernommen worden sind, bilden dabei die Kernnormen dieses technischen Regelwerks. Vereinzelte Lücken im technischen Regelwerk oder neu erkannte Bedarfe werden direkt auf internationaler Ebene adressiert (siehe [Abbildung 23](#)).

Bestandsanalyse – Bewertung

Das für Wasserstoff relevante technische Regelwerk zu Brennstoffzellen umfasst 39 Dokumente und kann als ausgereift betrachtet werden [\[33\]](#). Die einzelnen Teile der internationalen Normenreihe IEC 62282 [\[143\]](#) bilden dabei die Kernnormen dieses technischen Regelwerks und wurden bis auf wenige Ausnahmen identisch als europäische EN- bzw. deutsche DIN-Normen übernommen. Viele dieser Dokumente sind bereits in einer revidierten Fassung erhältlich oder werden aktuell überarbeitet. Vereinzelte Lücken im technischen Regelwerk bzw. neu erkannte Bedarfe werden typischerweise direkt auf internationaler Ebene adressiert.

Neben Brennstoffzellen-Modulen werden insbesondere 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 zur Installation und ergänzend Leistungstestmethoden. Einzelne Normen unterstützen als harmonisierte Normen direkt die Gesetzgebung bzw. werden dahingehend entwickelt, die Gesetzgebung zu unterstützen, darunter beispielsweise die Niederspannungs- und Gasgeräte-richtlinie.

Die zentrale Rolle für die Entwicklung der Normen im Bereich Brennstoffzelle spielen das IEC/TC 105 „Fuel cell technologies“, das für die Entwicklung der Normenreihe IEC 62282 [\[143\]](#)

Brennstoffzellen-Energiesystem

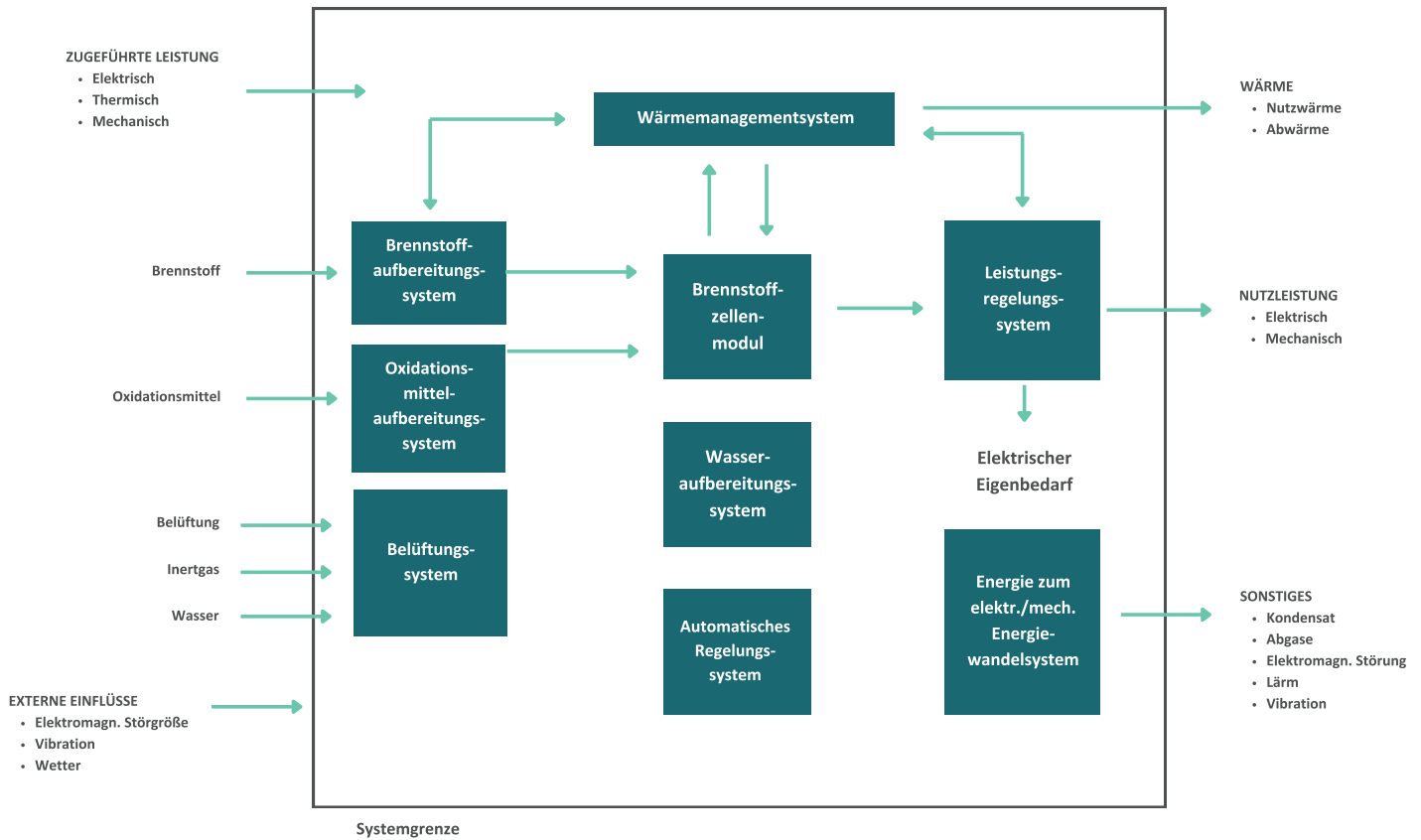


Abbildung 22: Typische Systemgrenze eines Brennstoffzellen-Energiesystems.
(Quelle: DKE (in Anlehnung an DIN EN IEC 62282-Reihe))

verantwortlich ist, sowie dessen deutscher Spiegelausschuss DKE/K 384 „Brennstoffzellen“.

Abbildung 23 stellt die identifizierten Gremien der technischen Regelsetzung dar, die für die Erarbeitung der technischen Regelwerke im Bereich Brennstoffzellen wichtig sind. Eine Übersicht der Abkürzungen der Gremien findet sich in **Abschnitt 11**.

Bedarfe und Umsetzung

Im Rahmen der Entwicklung der NRM H2 wurden im technischen Regelwerk für Brennstoffzellen keine kritischen Lücken identifiziert, die einen unmittelbaren Handlungsbedarf darstellen. Es wurden jedoch vereinzelte Stellen identifiziert, an denen das technische Regelwerk verbessert oder sinnvoll erweitert werden könnte bzw. sollte.

Auf dem Gebiet der Testprozeduren wurde es als nützlich erachtet, diese um Verfahren für die Ermittlung der Haltbarkeit und Korrosionsbeständigkeit von Bipolarplatten zu ergänzen sowie die Vergleichbarkeit von Brennstoffzellenmodulen durch einheitliche Bewertungskriterien und Testprozeduren zu fördern. In diesem Zusammenhang wurde das chinesische Technische Regelwerk als potenziell hilfreiche Quelle identifiziert, da es bereits über eine umfangreiche Sammlung nationaler Prüfnormen für Brennstoffzellen verfügt. Unabhängig von der Entwicklung der NRM H2 wurden diese Bedarfe in etwa zur gleichen Zeit auch international erkannt und im IEC/TC 105 „Fuel cell technologies“ durch entsprechende Projekte zur Entwicklung von Standards gestartet, sodass diese Lücken in Kürze geschlossen werden.

Des Weiteren wurde die Entwicklung eines horizontalen Sicherheitsstandards für Brennstoffzellen als sinnvoll erachtet, welcher allgemeine, für alle Anwendungsbereiche von Brennstoffzellen gültige Sicherheitsanforderungen enthält

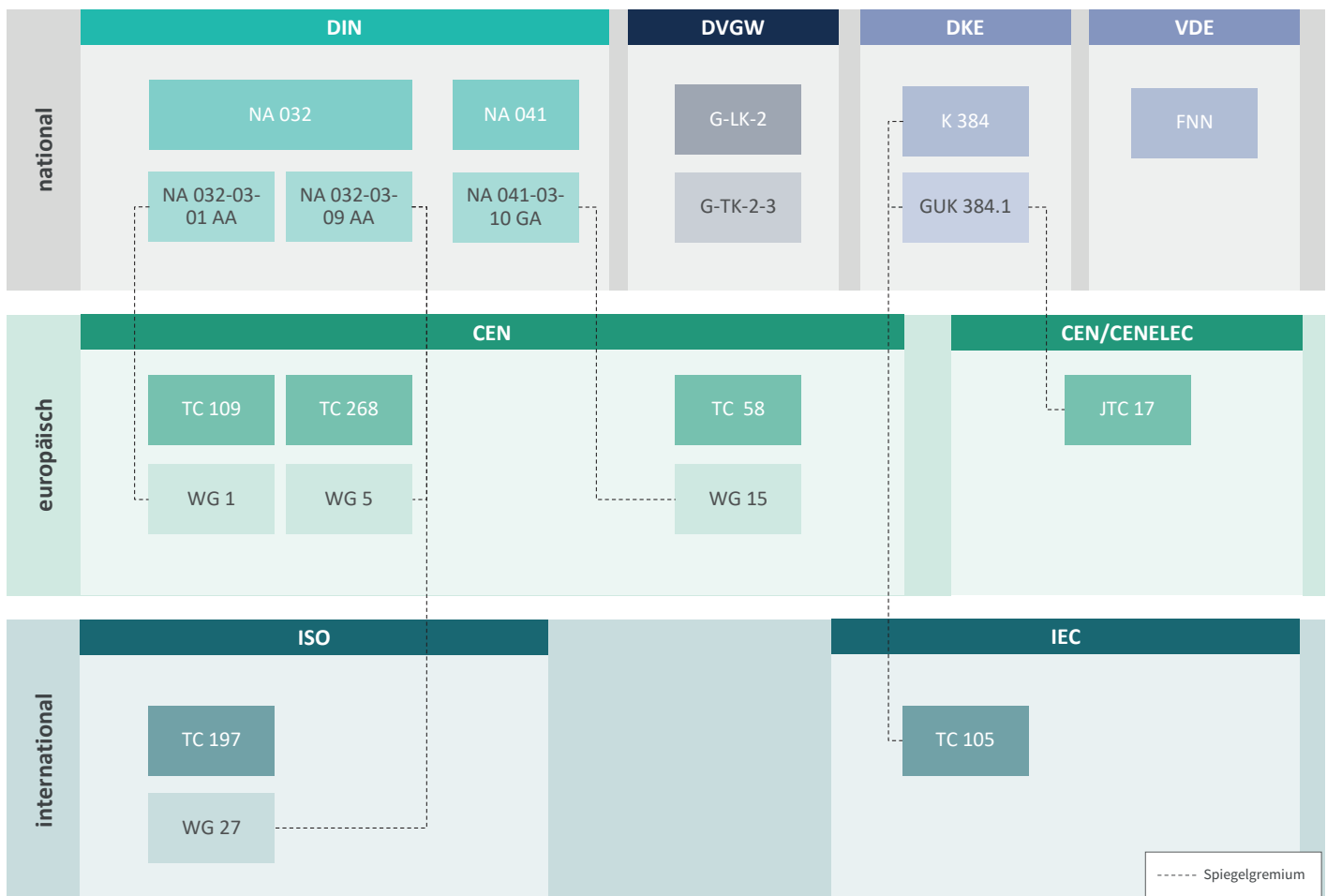


Abbildung 23: Übersicht relevanter Gremien der technischen Gesetzgebung im Bereich Brennstoffzelle (Stand 07-2025)
(Quelle: eigene Darstellung)

und eine Grundlage darstellt, auf der die jeweiligen anwendungsspezifischen (vertikalen) Sicherheitsstandards aufbauen können. Das Vorhaben erhielt auf internationaler Ebene jedoch vorerst keine ausreichende Unterstützung und eine rein nationale Umsetzung wäre vor dem Hintergrund, dass die betreffenden Sicherheitsstandards international entwickelt werden, nicht zielführend gewesen.

Für kleine brennstoffzellenbasierte KWK-Anlagen wurde auf internationaler Ebene der Normungsbedarf identifiziert, die Brennstoffbasis auf reinen Wasserstoff zu erweitern und den Leistungsbereich zu erhöhen.

Fazit und Ausblick

Für Brennstoffzellen liegt ein gut entwickeltes technisches Regelwerk vor. Im Rahmen der Roadmap-Erarbeitung wurden keine kritischen Lücken identifiziert. Das technische Regelwerk besteht überwiegend aus identisch übernommenen

internationalen Standards, die regelmäßig überprüft und angepasst werden. Auf nationaler Ebene wird diese Arbeit im DKE/K 384 „Brennstoffzellen“ geleistet.

Neue Lücken im technischen Regelwerk könnten dadurch entstehen, dass die Brennstoffzellentechnologie künftig für Bereiche relevant wird, in denen sie in der Vergangenheit keine nennenswerte Rolle gespielt hat, wie dies beispielsweise kürzlich im Bahn- und Schiffsbereich erfolgt ist. Entsprechend notwendige Anpassungen des technischen Regelwerks werden dabei voraussichtlich, wie bisher, vor allem auf internationaler Ebene angestoßen werden. Abhängig von der Umsetzung des aktuell diskutierten Verbots von PFAS im europäischen Wirtschaftsraum könnten sich Bedarfe für eine Anpassung des technischen Regelwerks für Brennstoffzellen ergeben. Viele Brennstoffzellentechnologien sind auf den Einsatz von PFAS angewiesen, beispielsweise für Membran- und Dichtungsmaterialien.

5.1.3.2 AG Kraftwerke, Turbinen, KWK-Anlagen



Scope

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 des Betriebs notwendig sind, und deren Anlagenteile, unter anderem Kessel, Brenner, Druckbehälter, Rohrleitungen, Armaturen, Sicherheitsarmaturen, Apparate, Maschinen, Paketanlagen und Sondermaschinen (inkl. Motorenkraftwerke zur Stromerzeugung und zusätzlich zur Wärmeauskopplung) innerhalb der vom Technologieträger oder Betreiber festgelegten Anlagengrenze, die gleichzeitig die Schnittstelle zu anderen Bauwerken, Anlagen, Installationen und zur Infrastruktur bildet. Unter Berücksichtigung der geltenden Richtlinien, Verordnungen und harmonisierten Normen werden alle Phasen – von der ersten Studie über Planung, Beschaffung, Fertigung und Ausführung des Anlagenbaus einschließlich Inbetriebnahme bis zu Betrieb, Instandhaltung und Abbau – ausführlich betrachtet. Dies gilt sowohl für den Neubau als auch für die Modernisierung von Anlagen.

Reifegrad

Die Normungslandschaft für Anlagen in diesem Bereich ist – ob Kessel, Gasturbinen oder -motoren – „ausgereift“. Normen für die Verbrennungstechnik in den Kraftanlagen werden hinsichtlich spezifischer Wasserstoffanforderungen überarbeitet. Dabei erweisen sich allerdings die Harmonisierungsvorschriften, die für Normen, insbesondere Sicherheitsanforderungen, unter dem Mandat der Europäischen Union gelten, als Hemmnis beim Bearbeitungsfortschritt. Ein nicht ausgereifter Stand der Messtechnik, fehlende Einigung zur Wasserstoffbeschaffenheit und Emissionsgrenzwerte sowie Schwankungen der Brenngaszusammensetzung, u. a. anhand der Felderfahrung, beeinflussen weiterhin die Entwicklung und Normung der Anlagen und Anlagenteile.

Bestandsanalyse – Bewertung

Parallel zu der Ermittlung der einzelnen notwendigen Bedarfe auf der „Gasseite“ des Prozesses sind die Normenreihen oder Kernnormen für Hauptanlagen und deren Komponenten für Wasserstoffeinsatz grundsätzlich anwendbar. Harmonisierte Normen für Kesselanlagen DIN EN 12952 [144] und der Normenreihe DIN EN 12953 [145] unter Zuständigkeit des

DIN-Normenausschusses Prozess- und Anlagentechnik (NAPA) sind weitgehend brennstoffunabhängig und werden auf der CEN-Ebene gemäß dem Stand der Technik weiterentwickelt. Für Gasturbinen, die zusammen mit Motoren des DIN-Normenausschusses Maschinenbau (NAM) verantwortet werden, ist die Situation ähnlich. Die internationale Norm DIN EN ISO 21789 [146] zu den Sicherheitsanforderungen, unterstützt von der Reihe von VDMA-Einheitsblättern VDMA 4315 [147] für die Risikobeurteilungen, bleibt weiterhin kraftstoffunabhängig und durchgehend anwendbar. Die Normen für Verbrennungstechnik im Zuständigkeitsbereich des DIN-Normenausschusses Heiz- und Raumluftechnik sowie deren Sicherheit (NHRS), u. a. DIN EN 676 [148] für Gasbrenner, sollen auf der bestehenden guten Basis noch um weitere Ergänzungen und Umformulierungen auf ISO-, CEN- und nationaler Ebene weiterentwickelt werden. Diese geplanten Überarbeitungen werden allgemeine und produktbezogene Anforderungen der Nutzung von Wasserstoff oder Wasserstoffbeimischungen in den verbrennungstechnischen Gerätenormen festlegen. Genauso werden die Abgasanlagen als wichtige Nebenanlagen, u. a. die Normenreihe DIN EN 13084 [149], beim DIN-Normenausschuss Bauwesen (NABau) künftig überprüft und mit zunehmender Felderfahrung aus den Verbrennungseinrichtungen mit Wasserstoffbetrieb aktualisiert. Zusätzlich zu den Haupt- und Nebenanlagen benötigen Kraftwerke, Turbinen und KWK-Anlagen eine verlässliche öffentliche Infrastruktur für die Wasserstoffversorgung, die insbesondere über die Normenreihe DIN EN 12007 [150] im DIN-Normenausschuss Gastechnik (NAGas) geregelt ist. Insgesamt sind damit 66 relevante, überwiegend Europäische Normen für diesen Bereich identifiziert worden.

Abbildung 24 stellt die identifizierten Gremien der technischen Regelsetzung dar, die für die Erarbeitung der technischen Regelwerke im Bereich Kraftwerke, Turbinen und KWK-Anlagen wichtig sind. Eine Übersicht der Abkürzungen der Gremien findet sich in **Abschnitt 11**.

Bedarfe und Umsetzung

Dampf- und Heißwassererzeuger mit einer Feuerungswärmeleistung von mehr als 1 MW bleiben weiterhin ein wichtiger Baustein der Energiewirtschaft und des ganzen Wasserstoffmarktes. Aktuell konzentrieren sich die in den Normen verankerten sicherheitstechnischen Anforderungen auf den Einsatz normgerechter gasförmiger Brennstoffe, insbesondere Erdgas nach ISO 6976 [151]. Dementsprechend wird die Erarbeitung der Spezifika bei der Nutzung von Wasserstoff hinsichtlich der sicherheitstechnischen Anforderungen bei

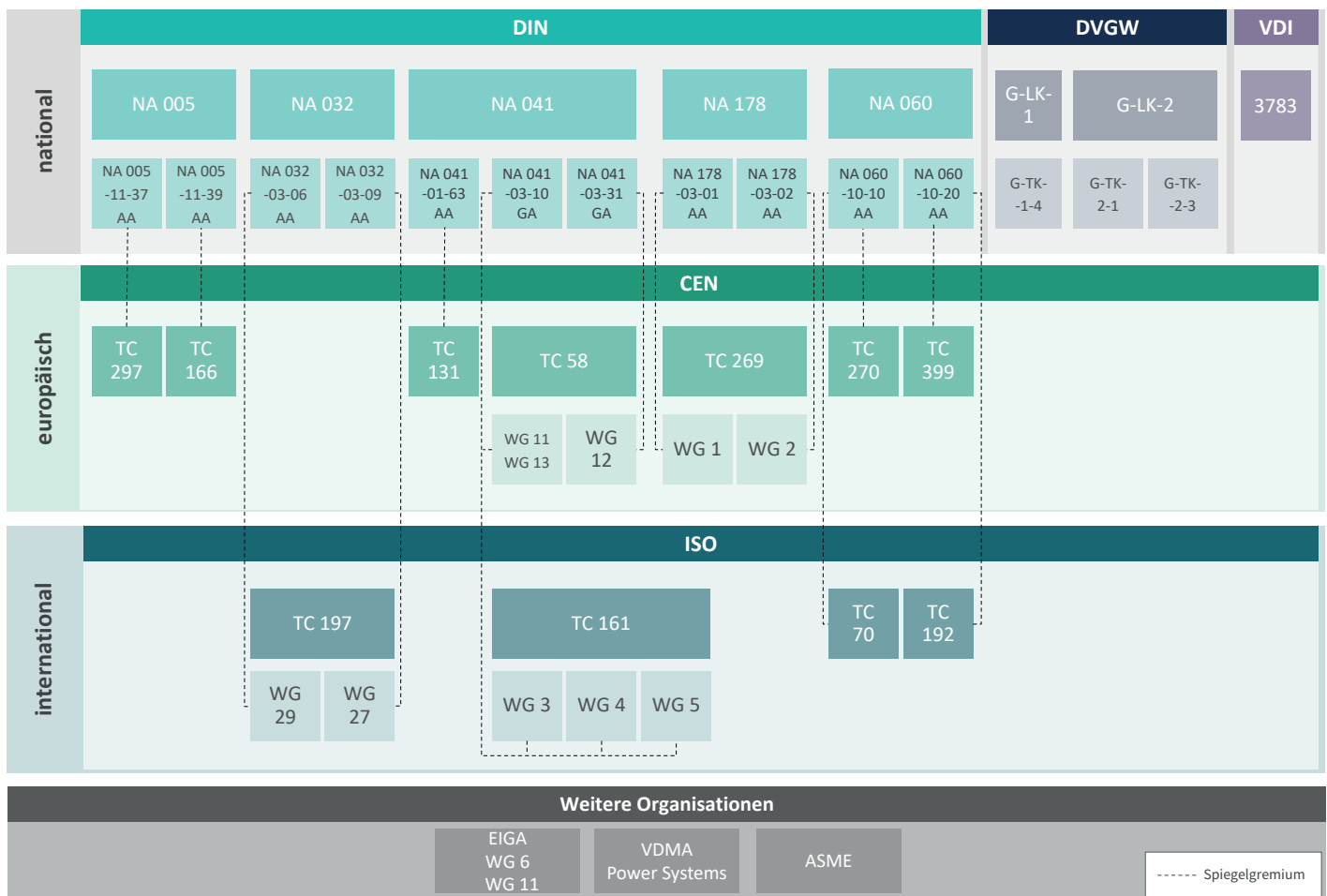


Abbildung 24: Übersicht relevanter Gremien der technischen Regelsetzung im Bereich Kraftwerke, Turbinen und KWK-Anlagen (Stand 07-2025) (Quelle: eigene Darstellung)

der Versorgung und dem Betrieb der Feuerung sowie der Beurteilung der wärmetechnischen Auslegung künftig diese Anlagen, ob neu gebaut oder bestehend, ausreichend regeln. Die vorgeschlagene Ergänzung der harmonisierten Normenreihe DIN EN 12952 für Wasserrohrkessel erfolgt mit der Überarbeitung von Teil 8 [152] unter DIN-Sekretariat und -Projektleitung. Diese Anforderungen an Feuerungsanlagen gelten darüber hinaus für Gasturbinen in Kombination mit befeuerten/unbeheizten Wärmerückgewinnungsdampfzeugern. Die empfohlene Überarbeitung des Teils 7 der harmonisierten Normenreihe DIN EN 12953 [153] für Großwasserraumkessel mit der gleichen Aufgabensetzung soll das technische Regelwerk der industriellen Kesselanlagen vervollständigen. Wünschenswert wäre, wenn diese Aktivitäten parallel und analog erfolgen würden, um über den Erfahrungsaustausch einheitliche, sicherheitsrelevante Festlegungen zu erzielen. Zusätzlich soll die DIN EN 12952-14 [154] für Rauchgas-DENOX-Anlagen ergänzt werden, um den aktuellen Stand der Technik dieser für den Wasserstoffmarkthochlauf erforderlichen

Anlagen zu bestimmen. Das derzeitige Technische Regelwerk für die Sicherheits-, Regel- und Steuereinrichtungen der industriellen Brenner und Brennstoffgeräte ist insbesondere unter dem Gesichtspunkt der Qualifizierung von Sicherheitsabsperrearmaturen und Regeleinrichtungen mit Eingangsdrücken größer 5 bar zu ergänzen, um für Wasserstoff anwendbar zu sein. Diese Handlungsempfehlungen erstrecken sich über ISO-, CEN- und nationale Normarbeitsebene. Führend sind dabei die Kopfnormen DIN EN 13611 [155] und ISO 23550 [156], die bereits aktualisiert werden. Ein wichtiger Aspekt ist der z. T. unzureichende Stand der Messtechnik und Sensorik bei der Wasserstoffverbrennung. Es wurde dazu eine übergreifende Handlungsempfehlung an pränormative Forschung beschlossen, die über eine Technologiestudie die Verfügbarkeit der Messtechnik für 10–100 % im Brenngas und bis zu 10 000 ppm Wasserstoff im Abgas für die Regelung der Verbrennung anbieten soll. Noch eine pränormative Arbeit soll Wasserstoffbeschaffenheit bei den industriellen und weiteren Wasserstoffanwendungen u. a. für den optimalen

und sicheren Betrieb der Gasbrenner, Motoren oder Turbinen definieren. Die Einigung aller Stakeholder kann die weitere Entwicklung der Maschinen und Geräte wie Gas-Gebläse-brenner und nicht nur deren Normen ermöglichen. Neben den thermischen Prozessen sind konstruktive Einflüsse auf der „Gasseite“ der Anlagenteile bei der Wasserstoffverbrennung und dem Kontakt mit Wasserstoff inkl. der Begleitstoffe von großer Bedeutung, um Wasserstofftechnologien erfolgreich umsetzen zu können. Es wird vorgeschlagen, die Frage der Wasserstofftauglichkeit über eine pränormative Analyse der bestehenden Stahlsorten anhand der industriespezifischen Anforderungen im Wasserstoffanlagenbau und u. a. im Kraftwerksbereich zu beantworten. Die Standard-Ingenieurpraxis zum Einsatz der unterschiedlichen Stahlsorten im Feuerraum und in der Abgasführung ist mit den Aspekten der Strahlung, der Zusammensetzung der Atmosphäre und erhöhten Temperaturen gegen die wasserstoffinduzierte Rissbildung und weitere Korrosionsmechanismen zu überprüfen. Anschließend sind mögliche Beschichtungen zu bestätigen. Über diese Erkenntnisse, ergänzt mit den laufenden Studien und den gesammelten Felderfahrungen, können z. B. industrielle Schornsteine aus Stahl nach der zu aktualisierenden Norm DIN EN 13084-7 [157] sicher für die Wasserstofftechnologien ausgelegt oder weiter genutzt werden. Im Bereich der Infrastruktur ist für die Kraftanlagen notwendig, dass bei der derzeitigen Aufnahme von Wasserstoff als Brennstoff der 5. Gasfamilie bei den Gasversorgungssystemen und deren Komponenten die zum Erdgas analogen Versorgungsdrücke weiterhin bestehen bleiben. Die Frage der Wasserstofffreisetzungen und damit verbundene Inertisierung der Anlagen, z. B. beim An- und Abfahren, bleibt noch zu beantworten. Normen und technische Regeln für Inertisierung bei allen Anwendungen im Energiesektor, wie die Regelung bei der Verbrennung des Wasserstoffs vor und nach der Betriebsphase in den Brennerköpfen und Verbrennungsräumen und Zuleitungen für Brennstoffversorgung in den Feuerraum, sind notwendig zu ergänzen.

Fazit und Ausblick

Durch die für den Bereich Kraftwerke und Turbinen ausformulierten Handlungsempfehlungen an technischer Regelsetzung oder pränormativer Forschung, auch aus der Zusammenarbeit mit den anderen AGs und über die Vernetzung mit den Normungsgremien NAPA, NAM, NHRS, NABau und NAGas, können identifizierte Lücken in den nächsten Jahren geschlossen werden. Über den Bestand hinausgehende technische Regeln für KWK-Anlagen werden als nicht notwendig erachtet, da alle Kraftanlagen schon mit dem hohen Grad an Wärme-

rückgewinnung ausgelegt oder betrieben werden. Die Energieeffizienz ist bereits ausreichend geregelt und gehört zur Standard-Ingenieurspraxis. Der zukünftige Fokus liegt daher fast ausschließlich auf dem Thema Nachhaltigkeit. Die Sammlung der Felderfahrung aus dem Betrieb mit bis zu 100 % Wasserstoff kann im Blick auf erwähnte Einflüsse auf z. T. bestehende Anlagenteile eine gewisse Zeit in Anspruch nehmen. Eine bekannte Beschaffenheit von Gasen ist noch eine der Voraussetzungen für die Bestimmung des Standes der Technik oder der Messtechnik. Gleichzeitig sollen die Immissionen im Blick behalten werden. Darüber hinaus könnten die Systeme für Wasserstoffderivate wie Ammoniak-Boiler oder -Motoren in der Zukunft Stand der Technik werden und Normungsarbeit verlangen. Ein harmonisierter Umgang mit z. B. Leckagen von diesen Kraftstoffen soll festgelegt werden, damit auch hier einheitliche sicherheitsrelevante Festlegungen für die Kraftanlagen erfolgen können.

5.1.3.3 AG (Petro-)chem. Industrie



Scope

Im Fokus der AG (Petro-)chem. Industrie stehen petro- und chemische Anlagen oder Teilanlagen. Dies beinhaltet alle Haupt- und Nebensysteme, die für die Funktionalität und Sicherheit der Produktion notwendig sind, und deren Elemente einschließlich Baumaterialien, u. a. Druckbehälter, Rohrleitungen, Armaturen, Sicherheitsarmaturen sowie Öfen, Kessel, Apparate, Kolonnen, Maschinen, Paketanlagen und Sondermaschinen innerhalb der von Technologieträger oder Betreiber 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 zum Betrieb, Instandhaltung und Abbau, ausführlich betrachtet. Das gilt sowohl für den Neubau als auch für die Modernisierung von Anlagen und Maschinen.

Reifegrad

Industrielle Wasserstoffanwendungen sind bereits durch ein ausgereiftes Technisches Regelwerk abgedeckt und basierend auf dem langjährigen Einsatz verschiedener Wasserstofftechnologien im Chemiesektor bekannt. Das technische



Regelwerk benötigt in der Regel keine oder lediglich geringfügige Ergänzungen, um die Sicherheitsanforderungen und andere Einflüsse des Markthochlaufs in den Bestand zu integrieren.

Bestandsanalyse – Bewertung

Zur Normungslandschaft gehören in erster Linie die Normenreihen für Druckgeräte – DIN EN 764 [158] unbefeuerte Druckbehälter DIN EN 13445 [136] und industrielle Rohrleitungen DIN EN 13480 [159], die alle unter die Zuständigkeit des DIN-Normenausschusses Prozess- und Anlagentechnik (NAPA) fallen. Im Rahmen der Normungsrroadmap wurden diese Normen gezielt um Anforderungen für Wasserstoffanwendungen ergänzt. Es bleibt zu betonen, dass alle genannten Normenreihen schon mit der DGRL 2014/68/EU (PED) [118] harmonisiert und im Wasserstoffbereich vollständig anwendbar sind. Mit den geplanten Veröffentlichungen sollen darüber hinaus alle etwaigen Unklarheiten behoben werden. Im Bereich der Kryo-Behälter sind die neuen Veröffentlichungen der Normenreihe DIN EN ISO 21009 [160] die Kernnormen, die unter wesentlicher Beteiligung der deutschen Expertise aus dem DIN-Normenausschuss Druckgasanlagen (NDG), vor allem für die Erfüllung der Zähigkeitsanforderungen, erarbeitet worden sind. Die Vorgaben für die Werkstoffauswahl und Korrosionsschutzmaßnahmen werden unter anderem in der Norm DIN EN ISO 21457 [161] festgelegt. In den zuständigen Gremien für Öl- und Gasindustrie einschließlich kohlenstoffarmer Energieträger (NÖG) liegt jahrzehntelange Erfahrung aus dem Bereich der industriellen Nutzung von Wasserstoff vor. Dies gewährleistet über die Normungsvorschriften für die petro- und chemische Industrie bereits den sicheren Umgang mit den Phänomenen der wasserstoffinduzierten – auch kombinierten – Korrosionsmechanismen für etablierte Anwendungen. Insgesamt wurden 37 anwendbare Dokumente identifiziert. Weitere für diesen Bereich wichtige Normen und technische Regeln z. B. für Komponenten und Werkstoffe wie Ventile und Ausrüstungsteile mit Sicherheitsfunktion wurden in anderen AGs der Normungsrroadmap behandelt. Die Normen für Prozessgaskompressoren und -pumpen unter Zuständigkeit des DIN-Normenausschusses Maschinenbau (NAM) ergänzen diesen umfassenden technischen Regelwerksbestand.

Abbildung 25 stellt die identifizierten Gremien der technischen Regelsetzung dar, die für die Erarbeitung der technischen Regelwerke im Bereich (Petro-)chem. Industrie wichtig sind. Eine Übersicht der Abkürzungen der Gremien findet sich in **Abschnitt 11**.

Bedarfe und Umsetzung

Die Bedarfsermittlung lässt sich grundsätzlich in zwei Bereiche gliedern: chemische Prozesse sowie Aspekte des Anlagenbaus und des sicheren Anlagenbetriebs. Die Beschaffenheit von Wasserstoff als Rohstoff weist für allgemeine Chemieanwendungen keine grundsätzlichen Besonderheiten auf und kann über die ISO 14687 [77] oder die nationale DVGW-Regel G 260 (A) [120] ausreichend spezifiziert werden. Für einzelne Anwendungen ist die Beschaffenheit nicht zu vereinheitlichen, wobei die Anforderungen von dem Betreiber oder Technologieträger ergänzend zum aktuellen technischen Regelwerk definiert werden können. Für Sektoren wie Bio-, Pharma- und Halbleiterindustrie ist Wasserstoff größtenteils qualitätskritisch, spielt jedoch im Rahmen des Wasserstoffhochlaufs für die Standardisierung derzeit keine zentrale Rolle. Auch die Standardisierung der wasserstoffhaltigen Medien als Prozessmedien inkl. der synthetischen Rohöle wird nicht weiter vertieft, da Zusammensetzung, Eigenschaften oder Betriebsparameter stark von der Natur der Prozesse und damit vom Know-how abhängig sind. Allerdings werden für die bekannten Arten der Prozessgase aus den unterschiedlichen verfahrenstechnischen Produktionen, wie Ammoniak-Synthesegas, im DIN-Normenausschuss Gastechik (NAGas) die Bestandteile und die Verwendung aus DIN 1340 [162] überprüft. Der Anlagenbau und damit verbundene Sicherheitsanforderungen erfordern eine mehrstufige Analyse. Werkstoffe – insbesondere bestehende Stahlsorten, deren Halbzeuge, Schweißverfahren sowie die Phänomene der Wasserstoffversprödung, auch Umformmartensit, Delta-Ferrit, Grenzen für bestimmte Begleitstoffe im Stahl und konstruktive oder operative Maßnahmen zur Vermeidung von Absagen sind für die Chemieanlagen von Relevanz und in die Betrachtung einzubeziehen. Diese Inputs sollen in einem pränormativen Forschungsvorhaben durch eine Analyse der Stahlsorten zusammengetragen und gegen einzelnen industriespezifischen Betriebsbedingungen deren Einsetzbarkeit bewertet werden sowie eventuelle Lücken in den Werkstoffnormen aufzeigen. Allgemeine Normen für Druckgeräte sollen, in Anlehnung an prEN 13445-15 für unbefeuerte Druckbehälter und prEN 13480-11 für industrielle Rohrleitungen, um technische Lieferbedingungen für metallische Werkstoffe im Wasserstoffeinsatz ergänzt werden. Bei der Überprüfung der DIN EN 764-4 [163], die die Lieferbedingungen festlegt, wird dies über eine konkrete Verweisung auf Wasserstoffversprödung mit Berücksichtigung der notwendigen Wärmebehandlung nach dem Schweißen sichergestellt. Ähnliche Überprüfungen sollen bei den Normen für andere Druckgeräte, wie DIN EN 16668 [164] für Armaturen und der Normenreihe DIN EN ISO 4126 [165] für Sicherheitseinrichtungen, erfolgen.

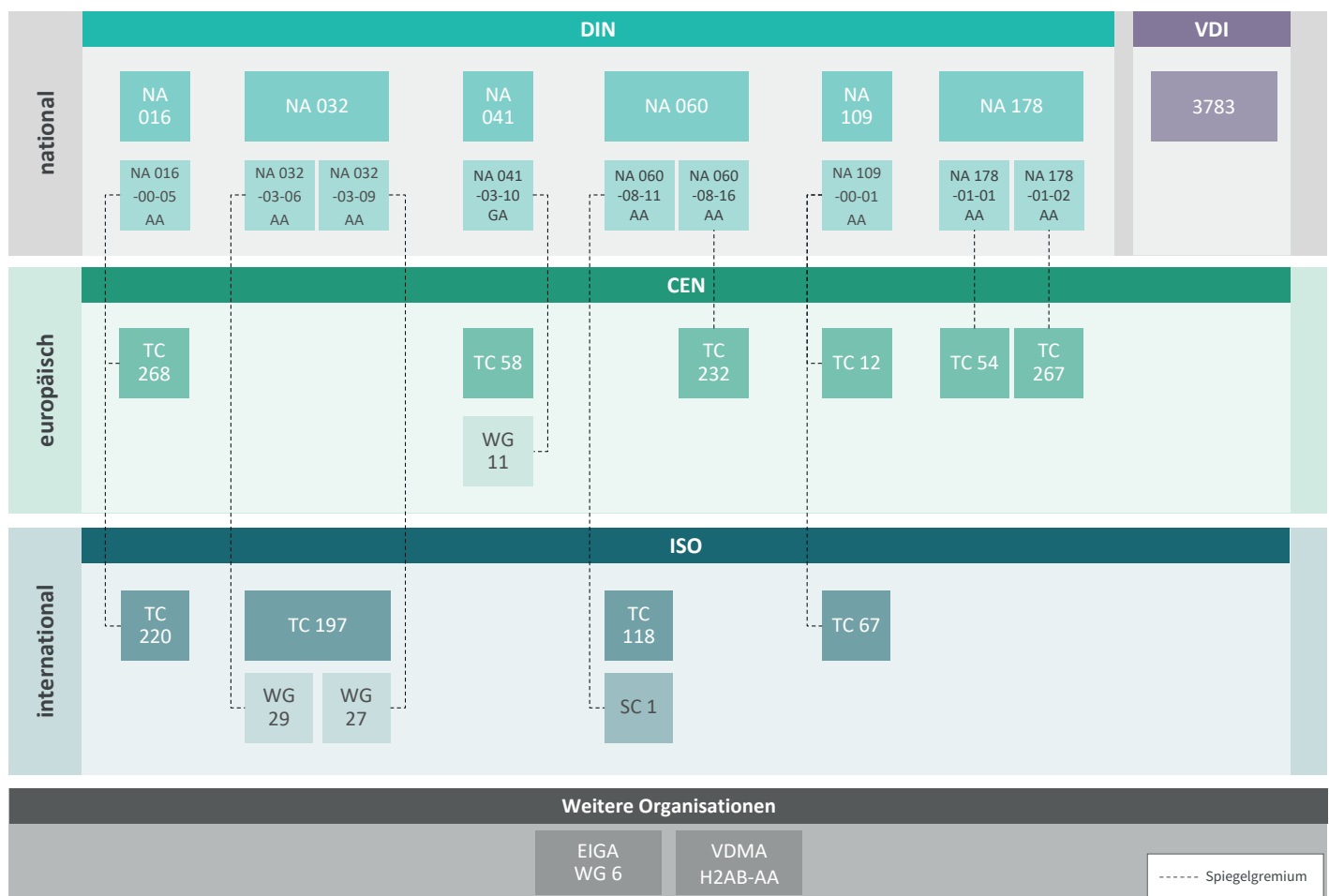


Abbildung 25: Übersicht relevanter Gremien der technischen Regelsetzung im Bereich (Petro-)chem. Industrie (Stand 07-2025)
(Quelle: eigene Darstellung)

Wie in den Normen für Druckbehälter (DIN EN ISO 21009-1 [166] und -2 [167]) sind für Ventile und Sicherheitseinrichtungen (ISO 21011 [168] und Normenreihe ISO 21013 [169]) im Kryo-Bereich die Zähigkeitsanforderungen an Werkstoffe bei Temperaturen unter -80°C nach der Norm DIN EN ISO 21028-1 [170] zu implementieren. Diese Normengruppe für Kryo-Behälter verweist über ISO 21010 [171] für die Verträglichkeit von Werkstoffen zusätzlich auf die Normenreihe DIN EN ISO 11114 [172], die die Verträglichkeit für Gasflaschen und Ventile behandelt. Die in den Teilen 1 [173] und 4 [174] bislang fehlenden Anforderungen in Bezug auf die Kaltumformungen der austenitischen Werkstoffe und den daraus entstandenen Umformmartensit sind in das Programm aufzunehmen. Neben den ausgesprochenen Bedarfen an der Wasserstofftauglichkeit der Anlagenteile sind die Vorschriften auf der Ebene der gesamten H_2 -Anlagen und -Systeme, insbesondere mit Hinblick auf Phasen im Anlagenbau bzw. im Anlagenlebenszyklus, für den Wasserstoffmarkthochlauf unerlässlich. Ein Leitfaden im neu gegründeten Arbeitsausschuss Wasserstoffanlagenbau, VDMA H2AB-AA, wurde empfohlen, um die internationalen

Genehmigungsverfahren und die Interoperabilität für die ganze Wasserstoffprozesskette und nicht nur für Anwendungen zu erarbeiten. Um die allgemeinen und sektorspezifischen regulatorischen Anforderungen zufriedenstellend zusammenzufassen, werden mehrere VDMA-Einheitsblätter der Reihe VDMA 69243 [175] derzeit erarbeitet und in Kürze veröffentlicht.

Fazit und Ausblick

Die Sicherheitsanforderungen an Wasserstoffanlagen im Chemiesektor sind im technischen Regelwerk bereits ausreichend berücksichtigt. Die Normen für Komponenten wie Sicherheitseinrichtungen müssen noch auf Aktualität überprüft werden, ebenso wie der tertiäre Explosionsschutz und Anforderungen an die Explosionsunterdrückung. Um die Interoperabilität und Clusterbildung zu ermöglichen, sollen die Leitfäden in Form von erweiterten technischen Regeln für die chemischen, Bau- und Genehmigungsprozesse erarbeitet werden. Basierend auf den heutigen



Wasserstofftechnologien, ist in den nächsten Jahren mit der Vervollständigung des technischen Regelwerks zu rechnen. Ebenso wird die notwendige Qualitätsinfrastruktur, wie die Vereinheitlichung der Schnittstellen und insbesondere der Kupplungen für Befüllungsanlagen in Industrie und Mobilität, fristgerecht zur Verfügung stehen. Darüber hinaus erfordern neue Randbedingungen wie z. B. Eigenschaften der Wasserstoffderivate zusammen mit den neuen oder verbesserten Technologien weitere Standards. Hier wird die Erfahrung der Stakeholder aus dem Chemiesektor im Umgang mit Wasserstoff eine zentrale Rolle zur Problemlösung bei der Transformation zur Klimaneutralität spielen.

5.1.3.4 AG Power-to-X



Scope

Power-to-X bezeichnet die Wandlung von elektrischer Energie in einen Energieträger (gasförmig oder flüssig) oder in ein Produkt (Rohstoff, Grundstoff). Die reine Wandlung von elektrischer Energie in Wärme wird hier nicht betrachtet. Dabei wird häufig im ersten Schritt Wasserstoff mittels Elektrolyse erzeugt. Anschließend kann der Wasserstoff mit Kohlenstoffdioxid oder Stickstoff kombiniert werden, um andere Energieträger zu erhalten. Auf diese Weise kann elektrische Energie in Form von Molekülen gespeichert werden. Alternativ können die produzierten Moleküle auch Grundstoffe für weitere chemische Prozesse darstellen und so eine stoffliche Nutzung ermöglichen. Die AG Power-to-X befasst sich mit der Standardisierung dieser Anlagen.

Reifegrad

Der Reifegrad der technischen Regelsetzung im Bereich Power-to-X wird als „ausgereift“ eingeschätzt, da für den Bereich Kernnormen vorliegen oder in Arbeit sind. In den Kernnormen DIN EN ISO 22734-1 [35], VDI 4635 [176] und DVGW G 220 (A) [177] sind die Grundlagen der Technologie beschrieben. In der VDI 4635 werden durch die Normungsroadmap die PtL-Technologien und übergeordnete Aspekte ergänzt. Generell findet das Technische Regelwerk für verfahrenstechnische Anlagen Anwendung, welches nicht wasserstoffspezifisch ist.

Bestandsanalyse – Bewertung

Für den Bereich Power-to-X ist der Bestand ausgereift. Es existieren Kernnormen auf internationaler Ebene für die Elektrolyse, und ein Großteil wird durch DVGW und VDI auf nationaler Ebene geregelt. Da Power-to-X-Technologien zur Sektorenkopplung eingesetzt werden können, ist ein wichtiger Teil des Bestands die Verknüpfung mit der Gasinfrastruktur im Fall der Produkte Methan und Wasserstoff. Außerdem ist die Bereitstellung von Kohlenstoffdioxid als Ausgangsstoff essenziell für die Technologie, weshalb der Bestand auch Normen zum Handhaben von Kohlenstoffdioxid beinhaltet. An dieser Stelle wurde der Bestand zu CCU-Technologien mitberücksichtigt.

Power-to-X-Anlagen können als verfahrenstechnische Anlagen ausgelegt werden, befinden sich aber oft an der Grenze zu anderen Anlagenarten. Oft sind die Genehmigungsprozesse komplex, was sich im Bestand durch Hilfestellungen bei diesen Verfahren widerspiegelt. Außerdem sind im Bestand für Power-to-X die technischen Regelwerke aus beiden Bereichen aufgenommen worden.

Neben dem eigenen Bestand ist auch der Bestand von einigen anderen AGs relevant für Power-to-X-Anlagen, da diese Anlagenteile oder sicherheitsrelevante Informationen beschreiben. Dazu zählt die **AG Elektrolyse**, die oft der erste Teil der Umwandlungskette darstellt, und die **AG Verflüssigung**, die sich mit dem Umgang mit flüssigen Produkten wie Ammoniak und Methanol beschäftigt. Außerdem ist die Auswahl der geeigneten Werkstoffe und Bauteile von großer Bedeutung.

Das komplexe Thema Power-to-X umfasst viele Technologien, die zum Teil noch Gegenstand aktueller Forschung sind. Es gibt viele Technologien, die in naher Zukunft den Sprung in die industrielle Anwendung schaffen könnten, aber aktuell noch nicht ausgereift genug sind, um einen Stand der Technik festhalten zu können. Als Beispiel seien hier die Co-Elektrolyse genannt, aber auch allgemeine Fragen wie Anforderungen an die Beschaffenheit von Kohlenstoffdioxid für leitungsgebundenen Transport, Rückverfolgbarkeit der Quelle von Kohlenstoffdioxid.

Abbildung 26 stellt die identifizierten Gremien der technischen Regelsetzung dar, die für die Erarbeitung der technischen Regelwerke im Bereich Power-to-X wichtig sind. Eine Übersicht der Abkürzungen der Gremien findet sich in **Abschnitt 11**.

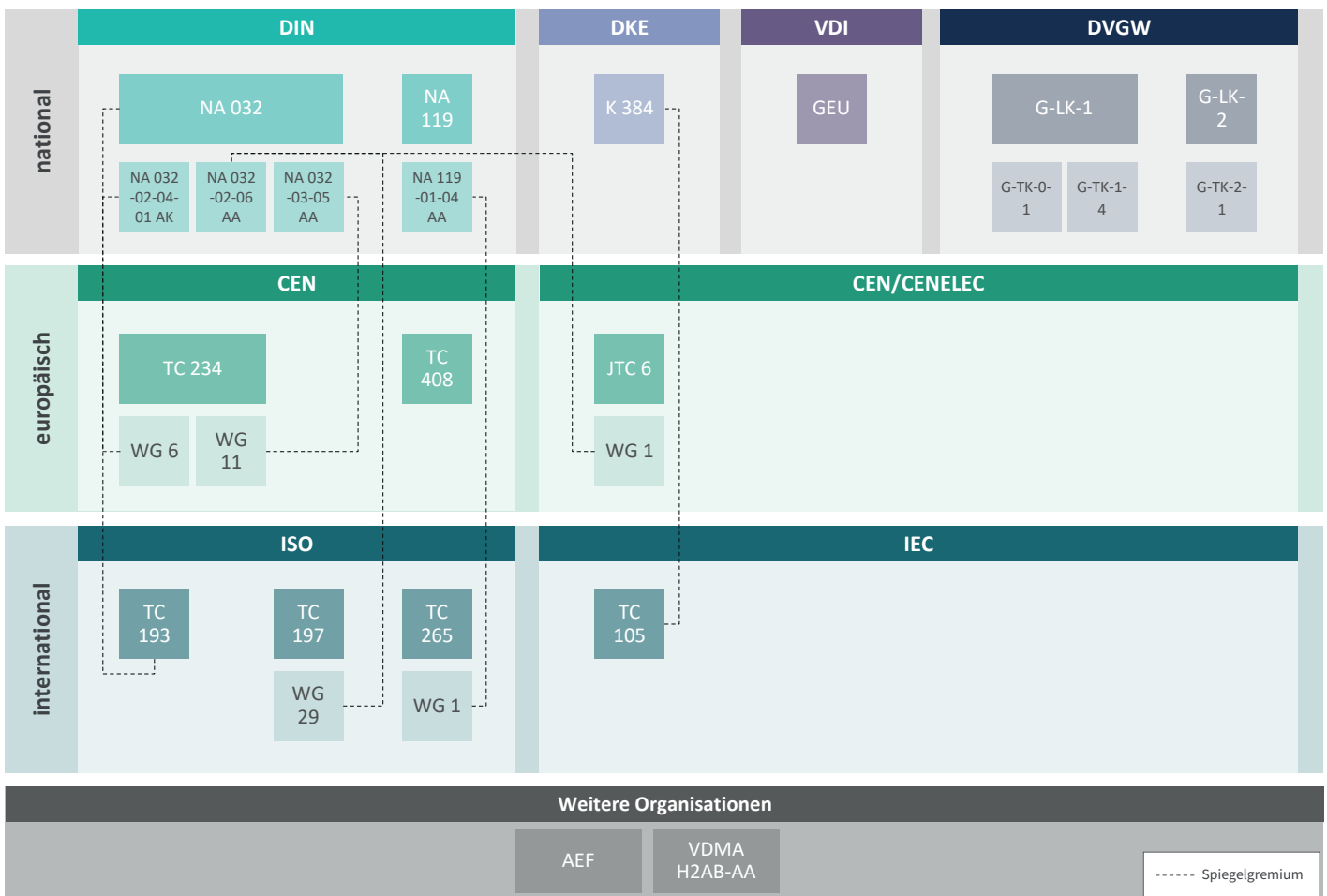


Abbildung 26: Übersicht relevanter Gremien der technischen Regelung im Bereich Power-to-X (Stand 07-2025)
(Quelle: eigene Darstellung)

Bedarfe und Umsetzung

Wie bereits erwähnt, sind sogenannte Power-to-X-Anlagen sehr vielfältig. Sie können in unterschiedlichen technischen Bereichen eingesetzt werden – etwa zur Erzeugung von Gasen, Flüssigkeiten oder Wärme aus Strom – und unterliegen daher auch verschiedenen rechtlichen Rahmenbedingungen. Umso wichtiger ist es, dass es eine einheitliche Beschreibung dieser Technologien gibt. Nur so können Fachleute, Behörden und Unternehmen auf einer gemeinsamen Grundlage arbeiten und Missverständnisse vermeiden. Ein zentrales Ziel ist es deshalb, klare Begriffe und Definitionen zu verwenden, die für alle Power-to-X-Technologien gelten. Zwei durch die Normungsroadmap initiierte und bereits laufende Projekte tragen dazu bei, das technische Regelwerk zu vervollständigen. Durch eine Art „Baukastensystem“ sollen nicht nur die verschiedenen Technologien wie Power-to-Gas und Power-to-Liquids abgedeckt werden, sondern auch übergeordnete Themen wie Genehmigungsverfahren, Sicherheitsanforderungen und allgemeine Rahmenbedingungen behandelt werden. Auch die Elektrolyse ist ein wichtiger

Teil der Power-to-X-Prozesskette – des Prozesses, bei dem Strom genutzt wird, um Wasser in Wasserstoff und Sauerstoff zu spalten. Dieser Schritt ist oft der erste in der gesamten Power-to-X-Umwandlungskette. Deshalb ergänzen auch Projekte aus der **AG Elektrolyse** die Arbeiten im Bereich Power-to-X sinnvoll. Darüber hinaus gibt es viele Überschneidungen mit anderen Fachbereichen, etwa bei der Planung, dem Bau oder dem Betrieb solcher Anlagen. Das macht es aktuell schwierig, spezifische Handlungsempfehlungen nur für Power-to-X-Anlagen zu formulieren. Hinzu kommt, dass viele der Technologien noch in der Entwicklung sind. Das bedeutet: Es ist noch nicht in allen Fällen klar, welche technischen Regeln langfristig gebraucht werden. Ein Beispiel dafür ist die Umwandlung von Strom in flüssige Energieträger – sogenannte Power-to-Liquid-Technologien. Diese werden erst ab einem bestimmten Reifegrad betrachtet und müssen unter anderem hinsichtlich ihrer Standortanforderungen, ihrer Planung und ihres Betriebs vergleichbar gemacht werden. Auch hier helfen die laufenden Projekte, eine fundierte und praxisnahe Bewertung zu ermöglichen.



Fazit und Ausblick

Power-to-X-Anlagen lassen sich grundsätzlich mit den bestehenden technischen Regelwerken für Chemieanlagen planen und betreiben. Allerdings bringen die neuen Anwendungsfelder im Power-to-X-Kontext – wie etwa die Synthese flüssiger Energieträger (Power-to-Liquid) – neue Herausforderungen mit sich. Diese Technologien kombinieren bestehende Verfahren auf neue Weise und erfordern daher eine Weiterentwicklung der bestehenden Normen. Die Kernnormen in diesem Bereich und Hilfestellungen für übergeordnete Aspekte von Power-to-X-Anlagen werden durch die gestarteten Umsetzungsprojekte ausgebaut und geschärft. Das Themenfeld befindet sich noch in der Entwicklung und wird in Zukunft weitere Aufmerksamkeit benötigen, um die Standardisierung auch für neue Technologien zu ermöglichen. Als Energiespeicher- und Umwandlungstechnologie wird Power-to-X einen wichtigen Beitrag für die Stabilität unseres Energiesystems leisten. Daher sollte das Momentum auch fortlaufend durch technische Regelsetzung unterstützt und neue Anwendungen sollten mit aufgenommen werden.

5.1.3.5 AG Thermoprozessanlagen



Scope

Industrieöfen und industrielle Erwärmungseinrichtungen sind ein spezifischer Bereich des Maschinenbaus mit unterschiedlichen Typen für ein breites Anwendungsportfolio [178]. In der AG Thermoprozessanlagen werden diese industriellen Thermoprozessanlagen und dazugehörige Prozesskomponenten betrachtet. Wasserstoff wird in diesen Anlagen als Energieträger zur thermischen Behandlung von Stoffen in verschiedenen verfahrenstechnischen Prozessen verwendet, um u. a. Kohlenstoffdioxidemissionen zu reduzieren.

Reifegrad

Die Kernnormen, Produktnormen und andere für diese Industriebranche wichtige Aspekte wurden analysiert. Das bestehende technische Regelwerk ist „ausgereift“. Technische Regeln für die Verbrennungstechnik werden auf spezifische Wasserstoffanforderungen parallel zur Harmonisierung überarbeitet. Ein nicht ausgereifter Stand der notwendigen Messtechnik und Sensorik, offene Fragestellungen bezüglich der Wasserstoffbeschaffenheit sowie fehlende Felderfahrung in Industrieöfen mit 50–100 % Wasserstoff sind wichtige Einflussfaktoren für die weitere Normenentwicklung.

Bestandsanalyse – Bewertung

Zu den Kernnormen für den Bereich Thermoprozessanlagen zählen Teile der Normenreihe DIN EN 746 [179] für die Sicherheitsanforderungen sowie die Normenreihe ISO 13577 [180], die diese in Zukunft vollständig ersetzen soll. Die Normungsarbeit umfasst im DIN-Normenausschuss Maschinenbau (NAM) die komplexen Übernahmen der Normen und deren Harmonisierungsprozesse auf CEN-Ebene sowie die anschließende Überführung ins nationale technische Regelwerk. Die Kernnormen sind unabhängig vom Brennstoff und damit vollständig für Wasserstoffeinsatz in dem breiten Anwendungsspektrum der Thermoprozessanlagen, ob Zement-, Glasindustrie oder allgemeine Verbrennungstechnik, verwendbar. Dies ermöglicht den Unternehmen weitere Entwicklungen unter Einhaltung der allgemeinen Regeln der Technik, z. B. bei der wichtigen Frage der Inertisierung von Brennstoffleitungssystemen beim An- oder Abfahren und Gewährleistung der sicheren Ableitung des wasserstoffhaltigen Gases. Die DIN EN ISO 13577-2 [181] bildet eine solide Grundlage, die durch weitere individuelle Maßnahmen von Herstellern oder Anlagenbauern gemäß Risikoanalyse spezifisch für jede Anlage ergänzt werden muss. Die Wasserstoffspezifika sollen in den nächsten Versionen allerdings ergänzt werden, um die Anforderungen für den wachsenden Wasserstoffmarkt deutlicher zu machen. Weitere Dokumente zu wasserstoffspezifischen Aspekten in der Verbrennungstechnik unter Zuständigkeit des DIN-Normenausschusses Heiz- und Raumlufttechnik sowie deren Sicherheit (NHRS), wie die im CEN/TR 17924 [182] betrachteten Anforderungen und Prüfungen der Regel- und Steuergeräte, bilden die Basis für die geplanten Normungsaktivitäten. Ergänzende wichtige technische Regeln für diesen Bereich umfassen Vorgaben für Prüfgase, Prüfdrücke, Gerätekategorien und Gasgerätearten, die vom DIN-Normenausschuss Gastechik (NAGas) erarbeitet wurden, und die Dokumente aus dem DVGW-Regelwerk vor allem zur Gasbeschaffenheit und zu den explosionsgefährdeten Bereichen an Ausblaseöffnungen. Das TRGS für Schutzmaßnahmen im Umgang mit potenziellen Gefahrenstoffen und das DGUV-Regelwerk zur Gefährdungsbeurteilung für die Gasanlagen führen zu einer Dokumentenanzahl von knapp unter 20.

Abbildung 27 stellt die identifizierten Gremien der technischen Regelsetzung dar, die für die Erarbeitung der technischen Regelwerke im Bereich Thermoprozessanlagen wichtig sind. Eine Übersicht der Abkürzungen der Gremien findet sich in **Abschnitt 11**.

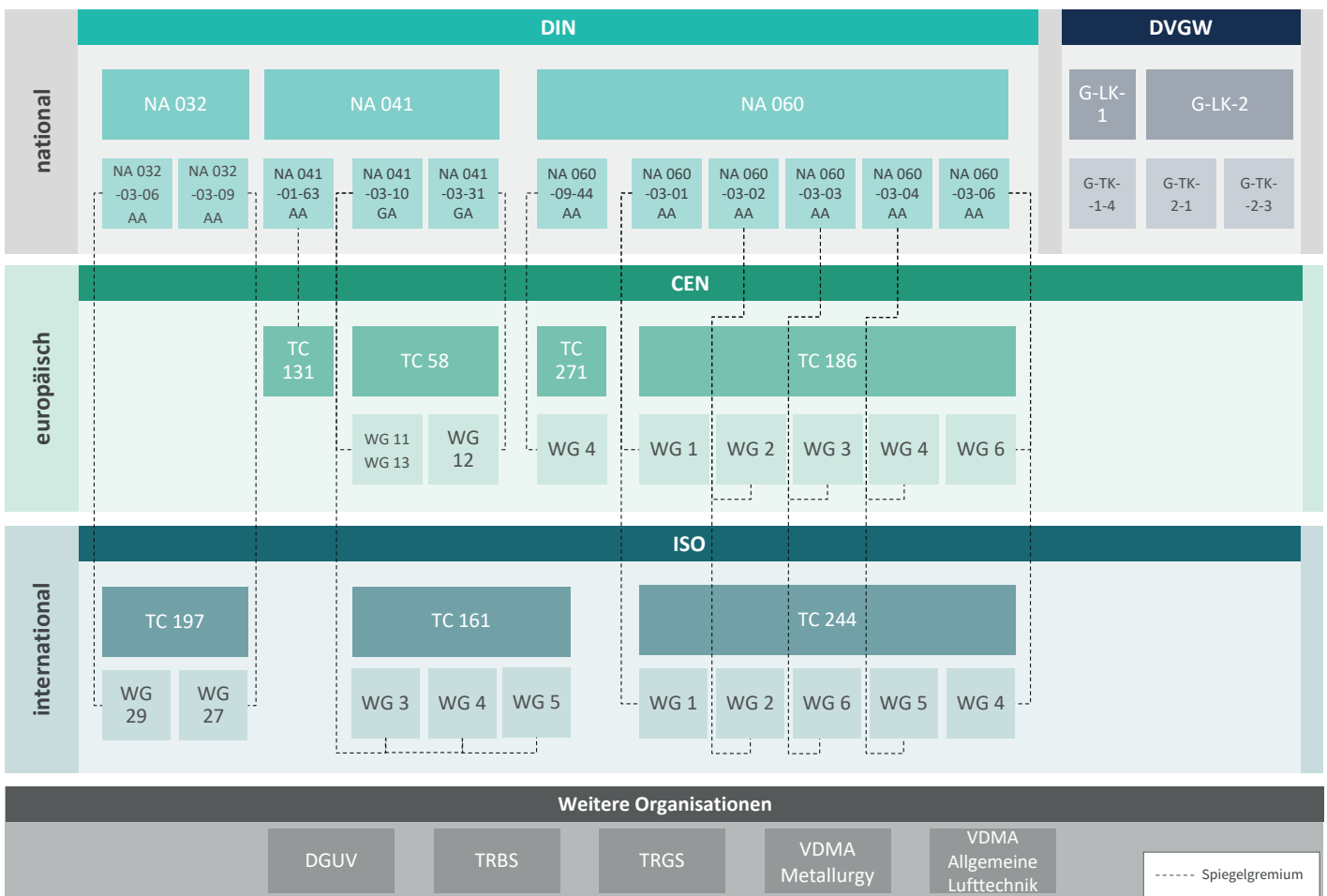


Abbildung 27: Übersicht relevanter Gremien der technischen Regelung im Bereich Thermoprozessanlagen (Stand 07-2025) (Quelle: eigene Darstellung)

Bedarfe und Umsetzung

Die Kernnormen und Rahmenbedingungen sind bei der Umsetzung und Umrüstung der Thermoprozessanlagen für den Wasserstoffeinsatz notwendig, genauso wie die Klarstellung der Voraussetzungen, z. B. im Bereich der Immissionen. Dazu ist es notwendig, die Produktnormen bzw. C-Normen in Bezug auf konkrete Sicherheitsaspekte zu aktualisieren und Lösungen für bestimmte Maschinentypen im Wasserstoffeinsatz zu spezifizieren. Als einige der ersten Normen, die gleichzeitig die Aspekte der Wasserstoffverbrennung, insbesondere das Spülen von Anlagen und die Konzentrationsmessung, beinhalten und an die (neue) EU-Maschinenverordnung 2023/1230 (MVO) [183] angepasst werden sollen, sind aus dem Bereich Oberflächentechnik des NAM. Normen für Sicherheitsanforderungen an Trockner und Öfen (DIN EN 1539 [184]) sowie an thermische und katalytische Reinigungssysteme für Abluft aus Anlagen inkl. der Wechselwirkungen zwischen dem H_2 -Betriebsgas und dem zu reinigenden Prozessgas (DIN EN 12753 [185]) befinden sich bereits in der Umsetzung. Die Implementierung der allgemeinen Sicherheitsanforderungen aus

den aktuellen Kernnormen der ISO 13577 [180] ist Bestandteil dieses von DIN geleiteten Programms. Ergänzend zu den oberen Handlungsempfehlungen wurde eine für die pränormative Arbeit zur Erweiterung der Kernnorm ISO 13577-2 [186] beschlossen. Die Sicherheitsanforderungen an Feuerungen und Brennstoffführungssysteme sollen über Konsensbildung zwischen Ofenbauern, vor allem im Fachverband VDMA Metallurgy, gesichtet werden. Aufgrund noch fehlender praktischer Erfahrung mit Wasserstoffbetrieb (50–100 %) und bei dem derzeit schnell wachsenden Wissensstand ist die Vorbereitung notwendig zur Vertretung der deutschen Wirtschaft in diesem Bereich auf internationaler Ebene. Das zuständige internationale Gremium wird dazu die Voraussetzungen für technische Details erarbeiten, damit z. B. die Schneidringverbindungen in den Systemen nach der guten Ingenieurspraxis einsetzbar bleiben. Die Gerätenormen für die Sicherheits-, Regel- und Steuereinrichtungen in der Verbrennungstechnik mit der Kopfnorm ISO 23550 [156] weisen genauso wie Normen für Gas-Gebläsebrenner ähnliche Normungsbedarfe bei allen industriellen und kraftwerkstechnischen Wasserstoffan-



wendungen auf und befinden sich größtenteils in Umsetzung. Darüber hinaus ist die pränormative Forschung im Bereich der Messtechnik durchzuführen. Angemessene Bestimmung der Gasqualität, insbesondere der stöchiometrischen Luftbedarfe, ist die Voraussetzung für verschiedene Geräte nach Anhang E der DIN EN ISO 13577-2 [181] bei der Ergänzung von deren Normen. Analog zu z. B. der vorhandenen Norm DIN EN 16340 [187] sind für die Thermoprozessanlagen und die allgemeine Regelung der Verbrennung die Messungen im Abgas mit dem Wasserstoffanteil im ppm-Bereich genauso relevant. Im Hinblick auf die Verwendung von Wasserstoff oder wasserstoffhaltigen Gasen als Brenngas ist eine Technologiestudie zur Verfügbarkeit der Messtechnik somit notwendig. Als eine der wichtigsten Voraussetzungen für industrielle und kraftwerkstechnische Wasserstoffanwendungen und insbesondere die Verbrennungstechnik bleibt die Einigung zur Wasserstoffbeschaffenheit entlang der Wertschöpfungskette, die über die laufende pränormative Forschung zu erzielen ist.

Fazit und Ausblick

Die für den Bereich Thermoprozessanlagen wichtigen Bedarfe sind alle formuliert. Die technischen Regelwerke und weitere pränormative Initiativen sind in der Umsetzung, um künftig den sicheren Betrieb der Thermoprozessanlagen mittels der mit den neuen Wasserstofftechnologien ergänzten Normen ausführlich gewährleisten zu können. Unter der Annahme der erfolgreich abgeschlossenen Umsetzungen und mit der wachsenden Felderfahrung und dem entsprechenden Stand der Technik soll das in den nächsten Jahren verfügbare vollständige Technische Regelwerk auf der technischen Ebene den Wasserstoffmarkthochlauf ausreichend unterstützen können.

5.1.3.6 AG Stahlindustrie



Scope

Im Fokus dieser AG stehen Prozesse der Direktreduktion und Folgeprozesse zur Stahlerzeugung. 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 Technologieträger oder Betreiber festgelegten Anlagen- und Betriebsgrenze, 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 einschließlich Inbetriebnahme bis zu Betrieb, Instandhaltung und Abbau ausführlich betrachtet. Das gilt sowohl für den Neubau als auch für die Modernisierung von Maschinen und Anlagen.

Reifegrad

Der Industrie- wie auch Energiesektor haben keine großen Normungslücken in Bezug auf Wasserstoffanwendung, und diese Normungslücken, vor allem in der Verbrennungstechnik, sind bereits bekannt. Die Umsetzungen der Wasserstofftechnologie schreiten in der Stahlindustrie bis zum jetzigen Zeitpunkt ohne signifikante Lücken in der Normung voran bzw. das technische Regelwerk ist in diesem Bereich ausgereift.

Bestandsanalyse – Bewertung

Das technische Regelwerk für Anlagen zur Direktreduktion ist bereits anwendbar. Folgeprozesse der Sekundärmetallurgie als Maschinen und Anlagen zur Behandlung von Flüssigstahl bleiben von der Verwendung von Wasserstoff unbeeinträchtigt, deren Normen aktuell und damit nicht der Bestandteil der wasserstoffbezogenen Normungslandschaft. Eine Ausnahme sind die technischen Regelwerke für Stahlkonverter und Elektrolichtbogenöfen, deren Sicherheitsanforderungen für den Wasserstoffmarkthochlauf von Bedeutung sind. Insbesondere Elektrolichtbogenöfen sollen, je nach Technologie, als wichtige Bestandteile der zukünftigen kohlenstoffdioxidarmen Stahlerzeugungsprozesse vermehrt eingesetzt werden. Die zuständige nationale Organisation für alle o. g. Europäischen harmonisierten und internationalen Normen ist der NA 060-02 FBR Fachbereichsbeirat des Fachbereichs „Hütten- und Walzwerkeinrichtungen“ beim DIN-Normenausschuss Maschinenbau (NAM). Der Arbeitsausschuss NA 060-02-01 AA „Stahlerzeugung“ spiegelt die CEN/TC 322/WG 1 und NA 060-02-07 AA für Elektrolichtbogenöfen die ISO/TC 244/WG 7. Weitere für die Stahlindustrie wichtige Normen liegen unter Zuständigkeit des DIN-Normenausschusses Eisen und Stahl (FES), wo in unterschiedlichen Gremien die Rohstoffe u. a. für Direktreduktion, wie ISO 3271 [188], aber auch fertige Produkte – Stahlsorten – genormt werden bzw. die Normungsarbeiten auf CEN- oder ISO-Ebene gespiegelt. Für die Berechnung der Intensität von Kohlenstoffdioxidemissionen der Stahlherstellung steht Normenreihe ISO 14404 [189], insbesondere Teil 3 [190], schon zur Verfügung. Die für die Umsetzungen der Direktreduktion weiteren wichtigen nationalen technischen Regeln werden in der Arbeitsgemein-

schaft Druckbehälter und in DVGW-Gremien für die Gasversorgung wie G-TK-2-1 für die Wasserstoffbeschaffenheit nach G 260 [120] erarbeitet. Da die Direktreduktion selbst stark vom Know-how abhängig ist, wurden nur Normen für ausgewählte Maschinen und Anlagen für die Stahlerzeugung, das technische Regelwerk AD2000 [191] für die Konstruktion der, meistens, Nebensysteme und technische Regeln für die Randbedingungen bzw. Infrastruktur mit insgesamt zehn Dokumenten identifiziert.

Abbildung 28 stellt die identifizierten Gremien der technischen Regelsetzung dar, die für die Erarbeitung der technischen Regelwerke im Bereich Stahlindustrie wichtig sind. Eine Übersicht der Abkürzungen der Gremien findet sich in **Abschnitt 11**.

Bedarfe und Umsetzung

Für die Verfahren der Direktreduktion, ob allgemeine Betrachtungen oder Spezifika der Haupt- und Folgeprozesse, bestehen keine Bedarfe, diese insgesamt oder teilweise zu standardisieren. Wichtige Merkmale der Direktreduktion sind, dass anstatt im Hochofen die Primärstahlerzeugung im Schachtofen erfolgt und die Reduktionsgase nicht aus der Verbrennung von Koks im Ofen gewonnen werden [192]. Der Wasserstoff wird als Reduktionsgas und indirekter Energieträger zugeführt, welcher im Einklang mit den strategischen Zielen dieser Roadmap möglichst aus klimafreundlichen Quellen stammen soll. Damit ist der Kohlenstoffdioxid-Fußabdruck der Direktreduktion deutlich weniger im Vergleich mit der Hochofen-Route [193]. Die Norm DIN 1340 beinhaltet gasförmige Brennstoffe und sonstige Gase, deren Arten, Bestandteile und Verwendung, u. a. Ofen-Gas – das Nebenprodukt aus der Stahlerzeugung, aber auch weitere Prozessgase wie Ammoniak-Synthesegase [162], [194]. Die Norm ist an die Wasserstofftechnologie bzw. Direktreduktion und allgemeine

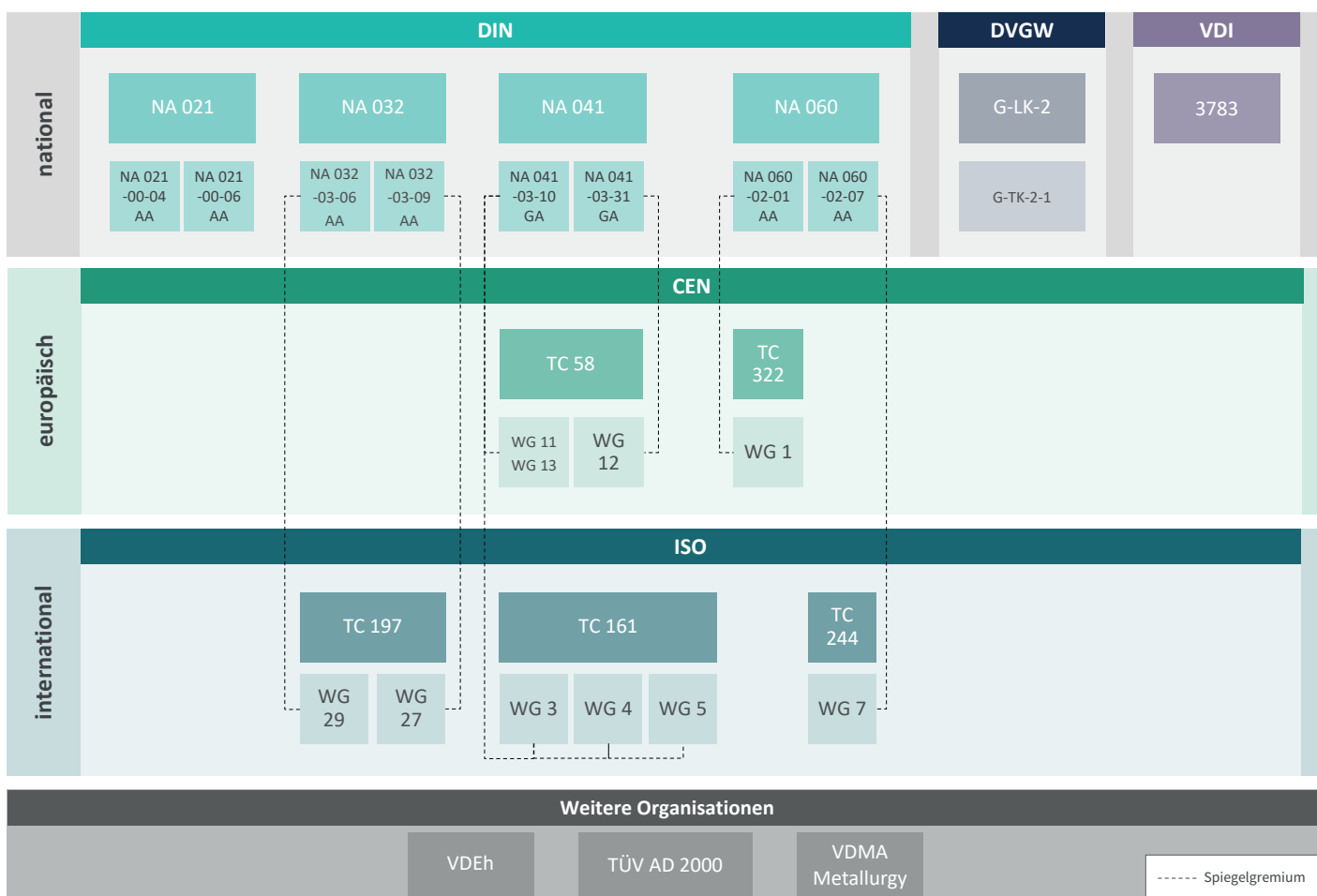


Abbildung 28: Übersicht relevanter Gremien der technischen Regelsetzung im Bereich Stahlindustrie (Stand 07-2025)
(Quelle: eigene Darstellung)



Industrieanwendungen im zuständigen DIN-Normenausschuss Gastechnik (NAGas) anzupassen, sodass die wasserstoffhaltigen Gase mit seinem Brennwert als Energieträger z. B. in den Kraftanlagen oder Rohstoff in den chemischen und Power-to-X-Prozessen genutzt werden können. Die Anforderungen an die Konstruktion der Anlagen bei den industriellen Wasserstoffanwendungen fangen mit der Wasserstofftauglichkeit der Werkstoffe an. Inputs der unterschiedlichen Temperaturen und weiteren Prozessparameter aus den Wasserstoffanlagen werden über eine pränormative Analyse gesammelt. Bekannte allgemeine Anwendungen der Stahlsorten aus den Normenreihen DIN EN 10025 [195], DIN EN 10028 [196], DIN EN 10088 [197], Norm DIN EN 10095 [198] und den Normen für Halbzeuge, für Druckteile und drucklose Haupt- und Nebensysteme kommen dazu. Das Ergebnis soll eine Übersicht dieser Stahlsorten mit der entsprechenden Eignung für unterschiedliche Wasserstoffanwendungen sein. Damit sollen die Anlagenbauer die Empfehlungen für Materialauswahl und mögliche Beschichtungen bekommen und aus der Analyse evtl. entstandene Lücken im technischen Regelwerk über die Einbindung der Stahlhersteller gezielt geschlossen werden. Drucktragende Räume der Anlagen zur Stahlerzeugung, die bei der Direktreduktion zum Einsatz kommen, sind gem. Kap. 1, Artikel 1, (2)k aus der DGRL 2014/68/EU (PED) [118] ausgeschlossen und damit unterliegen sie nicht diesen Voraussetzungen. Für die Nebensysteme unter Druck in den Stahlwerken ist eine nationale technische Regel dennoch notwendig, um die Anforderungen und gute Ingenieurspraxis aus den verschiedenen internationalen Standards zu vereinheitlichen und die Transformation zur klimafreundlichen Stahlindustrie teilweise zu erleichtern.

Fazit und Ausblick

Die staatlich unterstützten Großprojekte der Umsetzung von Direktreduktion in Deutschland [199] beweisen bereits jetzt, dass das notwendige technische Regelwerk vorhanden ist. Fortschreitende Erfahrungswerte aus den Pilotprojekten können zukünftig weitere Normungsbedarfe hervorbringen. Aktuell ist dies allerdings noch nicht absehbar. Für die Endprodukte der Stahlindustrie werden neben den bestehenden Normen für deren Eigenschaften und Lieferbedingungen weitere Empfehlungen hinsichtlich der Eignung für Wasserstofftechnologien vorhanden sein. Eine „Überstandardisierung“ würde hier den Wasserstoffmarkthochlauf nur bremsen. Jedoch sollen die Werkstoffnormen um neue, besser geeignete Stahlsorten oder potenzielle neue Verarbeitungsprozessen wie Vermeidung der Bildung des Umformmartensits bei der Kaltumformung von Edelstahl, sofern vorhanden, ergänzt werden.

5.1.3.7 AG Häusliche Anwendungen

Scope

Die AG Häusliche Anwendung beschäftigt sich mit dem Bestand und Bedarf an technischen Regelwerken für die Verteilung und Nutzung von Wasserstoff im häuslichen Bereich. Insbesondere werden Produktnormen für Gasgeräte zum Heizen, Kochen und zur Strom- oder Warmwassererzeugung sowie Installationsregelwerke für Leitungsanlagen, Aufstellung von Gasgeräten sowie die Verbrennungsluftzu- und Abgasabführung betrachtet. Außerdem werden die entsprechenden Regelungen für Qualifikationsanforderungen an Fachkräfte und Sachverständige auf dem Gebiet häuslicher Gas- bzw. Wasserstoffinstallationen berücksichtigt.

Reifegrad

Der Stand des technischen Regelwerkes wird als „ausgereift“ definiert. Lücken bestehen noch bei den detaillierten Europäischen Produktnormen für Brennwertkessel und andere Heiztechnologien für den Wärmemarkt. Die notwendigen Bedarfe und Handlungsempfehlungen zur Schließung der Lücken wurden vollständig ermittelt und durch die regelsetzenden Gremien berücksichtigt. Für die Übergangszeit wurden zu den bestehenden Produktnormen für Erdgas Zertifizierungsprogramme entwickelt.

Bestandsanalyse – Bewertung

Zum Bestand zählen u. a. 19 Europäische bzw. internationale DIN-Normen, fünf DVGW-Arbeits- und -Merkblätter sowie fünf DVGW-Zertifizierungsprogramme. Ein essenzielles Element stellt das Umsetzungsprojekt „Leitfaden H₂-ready Gasanwendung“ (G 655 (M)) [116] dar. Dieses DVGW-Merkblatt wurde 2025 aktualisiert und ergänzt die Basisregelwerke zur Installation häuslicher Gasleitungen und Gasgeräte sowie industrieller Gasleitungsanlagen und Gasanwendungen. Es schließt bestehende Lücken für die Erstellung und den Betrieb mit Erdgas-Wasserstoff-Gemischen (bis 20 Vol.-% Wasserstoff) und Wasserstoff. Der hohe Bedarf an diesem technischen Regelwerk entstand, weil zur Einhaltung der geltenden Schutzziele die wasserstoffgerechte Auslegung und Bemessung beziehungsweise der Bau und Betrieb von Gasleitungsanlagen, Gasgeräten und -anwendungen inklusive sicherer Abgasabführung, welche leitungsgebunden über Gasnetze versorgt werden, berücksichtigt werden mussten. Dazu wurden die Erkenntnisse durch mittlerweile vorliegende Forschungsergebnisse zum Einsatz von Erdgas-Wasserstoff-Gemischen und

Wasserstoff in das Merkblatt eingearbeitet. Damit bestehen für die Anwendungstechnologien entsprechende Regelungen zur Einspeisung von Wasserstoff in das Erdgasnetz oder zur Umstellung der Gasleitungen und Gasgeräte auf Wasserstoff und zum Anschluss an das Wasserstoffkernnetz.

Veröffentlicht wurde auch das DVGW-Arbeitsblatt G 1020 (A) [200]. Der Bedarf resultierte aus der Weiterentwicklung des Rechtsrahmens zur Realisierung des Wasserstoffhochlaufs (EnWG § 113c [201]) sowie der Fortschreibung der Qualifikationsanforderungen an ausführende Unternehmen und Personen, die Arbeiten an Wasserstoffanlagen durchführen. Das Arbeitsblatt stellt sicher, dass alle gesetzlichen Vorgaben und Anforderungen der Energie- und Bauaufsichtsbehörden zur sicheren Erstellung und zum Betrieb von Wasserstoffanwendungen im Wärmemarkt erfüllt werden.

Die Basis für die Anwendung der Wasserstoffgeräte zur Erzeugung von Wärme oder Warmwasser legte das DVGW-Arbeitsblatt G 260 (A) [120], indem für Wasserstoff eine neue 5. Gasfamilie mit entsprechenden Reinheitsklassen eingeführt und Zumischraten für Erdgas der 2. Gasfamilie festgelegt wurden. 2025 wurde ein Beiblatt zum DVGW-Arbeitsblatt G 260 (A) [76] zur Absenkung des Grenzwertes der relativen Dichte veröffentlicht. Damit wurde die Rechtssicherheit für einen Wasserstoffbetrieb bis zu 20 Vol.-% erhöht.

Die Prüfung und Zulassung von Heizkesseln sind durch Zertifizierungsprogramme [202], [203] abgedeckt, die verschiedene Beimischungen als auch reinen Wasserstoffbetrieb ermöglichen. Diese Programme beinhalten ergänzend zu den Prüfungen für Erdgas zusätzliche Prüfungen, um die Sicherheit und Effizienz der Heizkessel im Wasserstoffbetrieb zu gewährleisten. Zu den Prüfungen gehören unter anderem die Überprüfung der Dichtheit, der Flammenstabilität und der Emissionen. Heizgeräte und Gebläseburner nach diesen Zertifizierungsprogrammen [204] können bis zu 20 Vol.-% Wasserstoff verwenden. Die Zertifizierungsprogramme können bis zur vollständigen Überarbeitung der Normen genutzt werden, um Gasgeräte gemäß der geltenden EU-Verordnung für den Einsatz von Wasserstoff zuzulassen.

Weitere Zertifizierungsprogramme für Haushaltskochgeräte [205], Großküchengeräte [206] und Armaturen [207] gewährleisten übergangsweise die Einhaltung technischer Standards. Auch bestehende gesetzliche Vorgaben wie die Muster-Feuerungsverordnung, Musterbauordnung und das Gebäudeenergiegesetz wurden an die Nutzung von Wasserstoff angepasst. Die Normen aus dem Bereich der Brennstoffzelle [208] zur

Stromerzeugung aus Wasserstoff beziehen sich auf Systeme, die an eine Wasserstoffinfrastruktur wie Netze, Gasbehälter über Pipelines angeschlossen sind. Diese sind entscheidend für die Standardisierung und Sicherheit der Anlagen und ermöglichen deren Einsatz in häuslichen bzw. gewerblichen Anwendungen. Die Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV) [209] beschreibt Sicherheitsrichtlinien zum Arbeitsschutz für Arbeiten zur Erstellung und den Betrieb von Gasleitungen und Gasanwendungen, einschließlich Erdgas-Wasserstoff-Gemischen bis zu 10 Vol.-% Wasserstoff. Die Regelungen dienen zur Erstellung von Gefährdungsbewertungen und Schutzmaßnahmen bei Arbeiten an Wasserstoffanlagen und -leitungen.

Abbildung 29 stellt die identifizierten Gremien der technischen Regelsetzung dar, die für die Erarbeitung der technischen Regelwerke im Bereich Häusliche Anwendungen wichtig sind. Eine Übersicht der Abkürzungen der Gremien findet sich in **Abschnitt 11**.

Bedarfe und Umsetzung

Es wurden 31 allgemeine Bedarfe der Normung und technischen Regelsetzung lokalisiert. Darunter fallen fünf Projekte als konkrete Handlungsempfehlungen, die noch zur Schließung der offenen Regelwerkslücken umzusetzen sind.

Die Forschungsprojekte wie „H2-Umstell“ [210], „F&E für H2“ [211] oder „Roadmap Gas 2050 – Teil 3“ [212] haben hinsichtlich der verschiedenen Wasserstoffanwendungen für fundierte Erkenntnisse und Erfahrungen gesorgt. Diese Projekte haben dazu beigetragen, die technischen und sicherheitsrelevanten Anforderungen besser zu verstehen und entsprechende Lösungen zu entwickeln. Sie bieten eine solide Grundlage für die Weiterentwicklung der Technologie sowie der Normung und technischen Regelsetzung.

Das Umsetzungsprojekt DVGW G 110 (A) [213] wird im Jahr 2025 als Entwurf veröffentlicht und vollzieht die nötige Aktualisierung und Ergänzung des Einsatzbereiches von ortsfesten Gaswarneinrichtungen auf Wasserstoffanlagen, in welchen keine Odorierung vorhanden oder möglich ist. Der Anpassungsbedarf ergibt sich aus neuen Einsatzgebieten des Wasserstoffs, z. B. für private Erzeugung und Nutzung. Zur Einhaltung der Schutzziele sind in diesen Anlagen im Gegensatz zur leitungsgebundenen Versorgung mit odorisiertem Wasserstoff zusätzliche Maßnahmen (wie z. B. Gaswarnanlagen mit geeigneter Sensorik) notwendig.

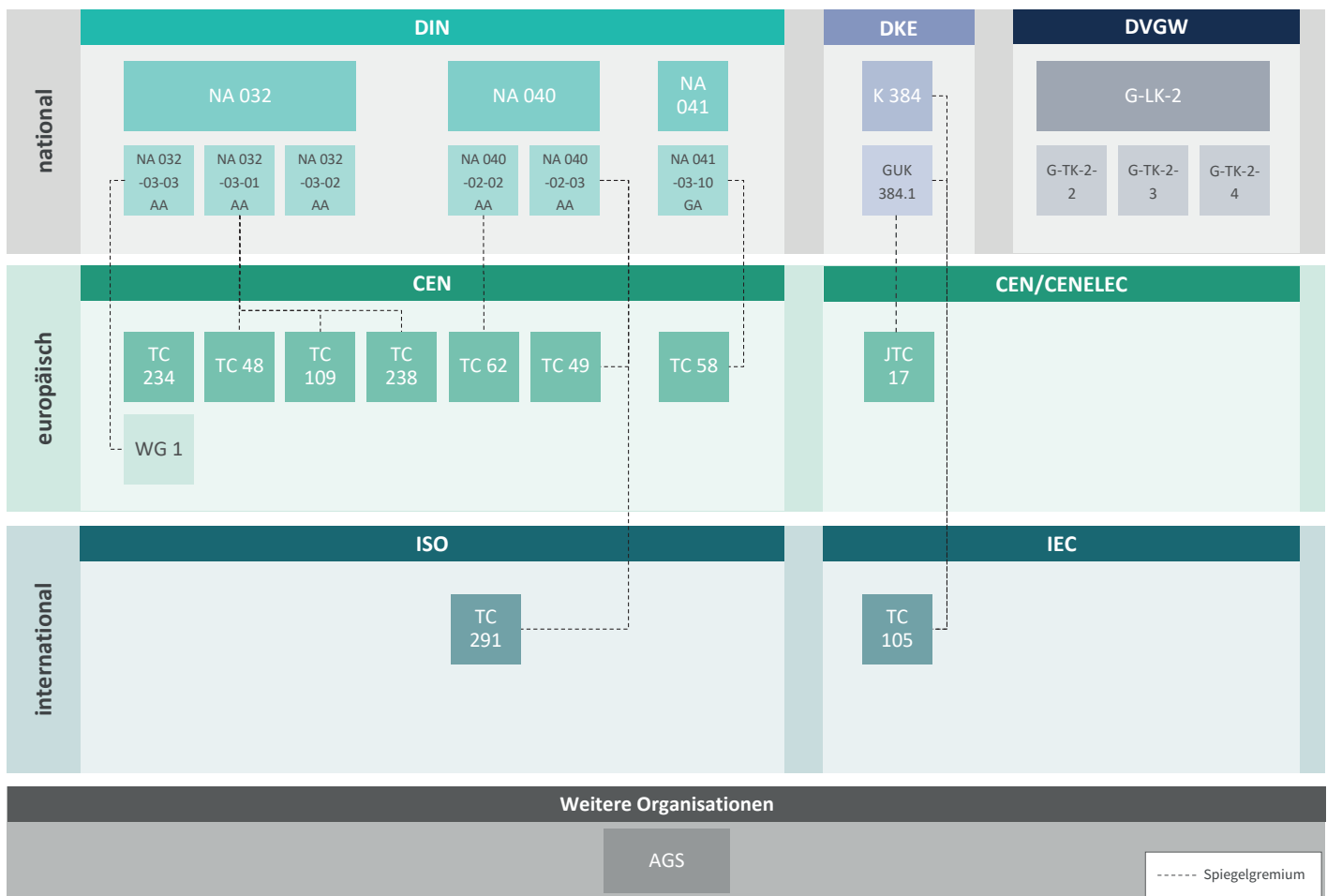


Abbildung 29: Übersicht relevanter Gremien der technischen Regelsetzung im Bereich Häusliche Anwendungen (Stand 07-2025) (Quelle: eigene Darstellung)

Die Normreihe der Brennwertkessel DIN EN 15502 [214] wurde bereits auf 20 Vol.-% Wasserstoff überarbeitet und wird im weiteren Schritt bis Ende 2026 auf 100 Vol.-% Wasserstoff angepasst. Der hohe Bedarf ergibt sich aus Gründen der Sicherheit, Betriebseffizienz (wie z. B. durch das unterschiedliche Brennverhalten der Flamme bei Wasserstoff) und Materialverträglichkeiten, insbesondere für die Anwendungen bei reinem Wasserstoff. Diese Überarbeitung ist notwendig, um die Heizkessel an die spezifischen Anforderungen des Wasserstoffbetriebs anzupassen und sicherzustellen, dass sie sicher und effizient betrieben werden können. Weitere Normen zu den Heiztechnologien werden von den technischen Regelsetzern nach 2025 auf Wasserstoff überarbeitet.

Ebenfalls nach 2025 wird das DVGW-Merkblatt G 635 (M) [215] hinsichtlich Wasserstoff überarbeitet werden. Die Gründe der Priorisierung liegen darin, dass die Anschlüsse von mit Wasserstoff betriebenen Gasgeräten an das mehrfach belegte Luftabgassystem z. B. in Mehrfamilienhäusern neu bewertet

werden müssen. Für die Zukunft ist durch die zuständigen DVGW-Gremien zu entscheiden, ob der Wasserstoff-Leitfaden G 655 [116] weiter als eigenständiges Wasserstoffregelwerk, ggf. als ein DVGW-Arbeitsblatt, bestehen bleibt oder in das Basisregelwerk für Erdgas (Technische Regel für Gasinstallation – G 600, DVGW-TRGI [216]) als zukünftiges einheitliches technisches Regelwerk für Erdgas und Wasserstoff eingearbeitet wird.

Insgesamt zeigen diese Normungsprojekte die umfassenden Bemühungen, die Wasserstofftechnologie weiterzuentwickeln und sicherzustellen, dass sie sicher und effizient genutzt werden kann. Die Anpassung und Überarbeitung der technischen Regelwerke sind von entscheidender Bedeutung, um die Nutzung von Wasserstoff in verschiedenen Anwendungen zu fördern, die entsprechenden Sicherheitsstandards zu gewährleisten und ihre Integration in bestehende Systeme zu ermöglichen.

Fazit und Ausblick

Für den Bereich der häuslichen Anwendung liegt ein ausgereiftes technisches Regelwerk vor. Die Anpassung der Dokumente an die identifizierten Bedarfe ist bereits in Bearbeitung. Ein sehr positiver Aspekt ist, dass die zuständigen DVGW-Gremien beziehungsweise DIN-Arbeitsausschüsse alle dringenden relevanten Wasserstoffthemen und Handlungsempfehlungen akzeptiert und auf ihre Agenda genommen haben. Der Wasserstoff-Leitfaden G 655 [116] schließt die Lücken bis zur vollständigen Verfügbarkeit detaillierter Installationsstandards. Solange entsprechende Produktnormen noch nicht freigegeben sind, greifen entsprechend erarbeitete nationale Zertifizierungsprogramme und dienen temporär als Grundlage für die Zertifizierungen von Gasgeräten und Bauteilen. Damit können Zertifizierungen und Verwendbarkeitsnachweise in Pilotprojekten ausgestellt werden. Nach derzeitigem Stand kann davon ausgegangen werden, dass ein nahezu vollständiges technisches Regelwerk für den Bereich der häuslichen Anwendungen im Jahre 2028 vorliegen wird.

- Feuerungsautomaten
- Sensoren zur Detektion von gasförmigen Verbrennungsprodukten
- Temperaturregeleinrichtungen und Temperaturbegrenzer
- Ventilüberwachungssysteme für automatische Absperrventile

Reifegrad

Für den Bereich Regel- und Steuergeräte liegt ein nahezu vollständiges technisches Regelwerk vor. Die relevanten Normen dieses Bereichs werden hinsichtlich Wasserstoff erweitert oder bezüglich der Anwendbarkeit mit Wasserstoff geprüft. Kernnormen aus diesem Bereich sind z. B. auf europäischer Ebene die EN 13611 [217] und auf internationaler Ebene die ISO 23550 [218]. Für beide Normen laufen derzeit Überarbeitungen, bei denen die Wasserstoffnutzung berücksichtigt wird. Anschließend werden die zugehörigen Produktnormen entsprechend überarbeitet und angepasst.

5.1.3.8 AG Controls



Scope

Die AG Controls beschäftigte sich mit der 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 für die 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

Bestandsanalyse – Bewertung

Die AG Controls 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 [219] 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 technische Regelwerke identifiziert, davon sind 34 europäische Dokumente, sechs internationale Normen und ein DVGW-Merkblatt sowie eine ZP-Prüfgrundlage.

Abbildung 30 stellt die identifizierten Gremien der technischen Regelsetzung dar, die für die Erarbeitung der technischen Regelwerke im Bereich Controls wichtig sind. Eine Übersicht der Abkürzungen der Gremien findet sich in Abschnitt 11.

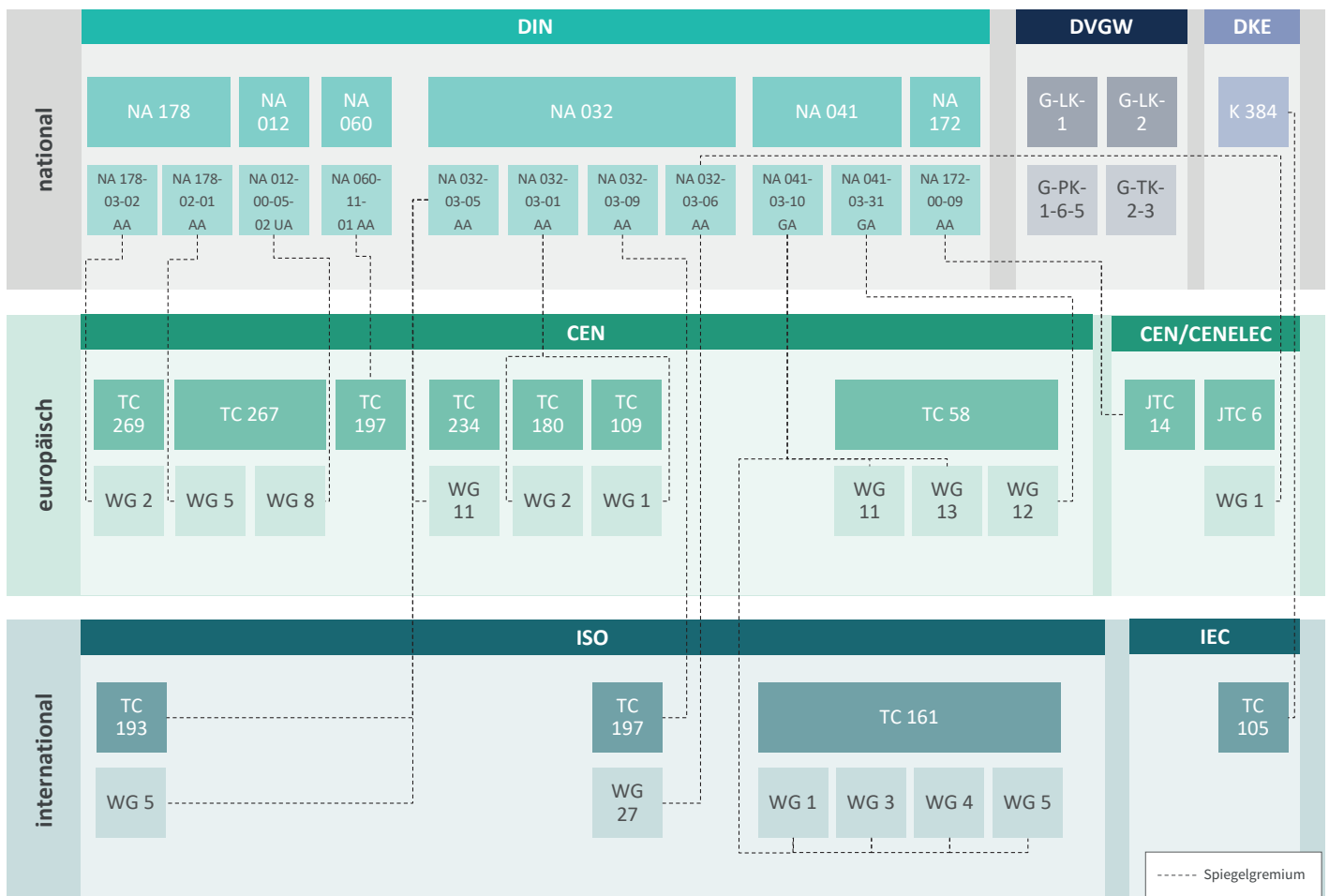


Abbildung 30: Übersicht relevanter Gremien der technischen Regelsetzung im Bereich Controls (Stand 07-2025)
(Quelle: eigene Darstellung)

Bedarfe und Umsetzung

Für die Berücksichtigung von Wasserstoff in den Normen des CEN/TC 58 wurde die CEN/TR 17924 [219] 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 ausreichend ist. Diese Erkenntnisse sind auch auf die Bestandsnormen von ISO/TC 161 übertragbar, weshalb eine Berücksichtigung auch dort im Zuge der anstehenden Überarbeitungen erfolgen wird. Die Überarbeitung erfolgt in den WGs der betreffenden Komitees. Die nationale Spiegelarbeit erfolgt im DIN-Gemeinschaftsausschuss NA 041-03-10 GA „Gemeinschaftsarbeitsausschuss NHRS/NAA/NAGas: Sicherheits- und Regeleinrichtungen für wärmeerzeugende Geräte und Anlagen sowie für die Gasversorgung“ bzw. NA 041-03-31 GA „Gemeinschaftsarbeitsausschuss NHRS/DKE: Elektrische Sicherheits- und Regeleinrichtungen für wärmeerzeugende Geräte und Anlagen“. Auch für

die anderen Normen und technischen Regelwerke wurde eine Berücksichtigung im Zuge anstehender Überarbeitungen als ausreichend erachtet.

Fazit und Ausblick

In Bezug auf Regel- und Steuergeräte gibt es ein bestehendes technisches Regelwerk, das entweder bereits vorhanden ist oder sich gerade in der Fertigstellung befindet. Arbeiten auf europäischer Ebene haben den Einsatz von Wasserstoff in Bezug auf Steuerungssysteme untersucht und ergeben, dass, wenn nötig, dieses technische Regelwerk lediglich um Wasserstoff oder Wasserstoffgemische ergänzt werden muss. Dies kann und wird im Rahmen der Überarbeitungen der technischen 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.

5.1.3.9 AG Gewerbliche Anwendungen



Scope

Die AG Gewerbliche Anwendung befasst sich mit der Nutzung wasserstoffbetriebener Anlagen und Produkte im gewerblichen Sektor. Darunter fallen unter anderem: Fleischerei-, Räucherei-, Gastronomie-, Trocknungs- und Wäschereianlagen, Geräte zur Hallenbeheizung, beispielsweise Dunkel- oder Hellstrahler, Gasgebläsebrenner, gewerblich genutzte Stromerzeugungsanlagen wie z. B. BHKWs und Brennstoffzellen.

Reifegrad

Für die gewerblichen Anwendungen liegt ein ausgereifter Entwicklungsstand des technischen Regelwerks vor. Lücken bestehen aktuell noch bei den allgemein gewerblich verwendeten Heizstrahlern für Raum- und Freiflächenheizung und bei den Gebläsebrennern. Alle notwendigen Bedarfe und Handlungsempfehlungen zur Schließung der Lücken des technischen Regelwerks wurden vollständig ermittelt, definiert und durch die Gremien der Regelsetzer berücksichtigt. Besonders im Bereich der gewerblich genutzten Hell- bzw. Dunkelstrahler wurden Fortschritte erzielt. Bis zum Vorliegen der angepassten Gasgerätenormen können für die Übergangszeit die jeweils veröffentlichten Zertifizierungsprogramme herangezogen werden.

Bestandsanalyse – Bewertung

Die Normen der gewerblichen Wasserstoffanwendungen sind aus den Bereichen der Erdgasanwendungen vollumfänglich bekannt und können daraufhin auf Wasserstoff angepasst beziehungsweise abgeleitet werden.

Der Bestand umfasst 16 Dokumente [33] und besteht aus drei Arbeitsblättern und zwei Merkblättern des DVGW, fünf Zertifizierungsprogrammen und sechs Europäischen bzw. internationalen Normen.

Wie bei der **AG Häusliche Anwendungen** ergänzt DVGW-Merkblatt G 655 (M) [116], welches Anfang 2025 als überarbeitete Fassung veröffentlicht wurde, die für den Bereich von Energieanlagen anzuwendenden Basisregelwerke für gewerbliche Gasleitungen und Gasgeräte [220] und schließt somit bestehende Lücken für die Erstellung und den Betrieb mit Erdgas-Wasserstoff-Gemischen (bis 20 Vol.-% H₂) und Wasserstoff. Der Bedarf des Dokuments entstand, weil zur Einhaltung der

geltenden Schutzziele die wasserstoffgerechte Auslegung und Bemessung beziehungsweise Bau und Betrieb von Gasleitungsanlagen und Aufstellung von gewerblichen Gasanwendungen berücksichtigt werden musste. Dazu wurden die Erkenntnisse durch vorliegende Forschungsergebnisse zum Einsatz von Erdgas-Wasserstoff-Gemischen und Wasserstoff in das Merkblatt eingearbeitet. Damit liegen für die gewerblichen Anwendungstechnologien entsprechende Regelungen zur Nutzung von eingespeistem Wasserstoff (bis 20 Vol.-%) in das Erdgasnetz oder für einen zukünftigen Anschluss an das mittlerweile genehmigte Wasserstoffkernnetz vor.

Die DIN EN 437 [223] ist allgemein von hoher Wichtigkeit, weil sie die Prüfgase, Prüfdrücke und Gerätekategorien für die Verwendung von Brenngasen festlegt. Sie ist ein übergeordnetes Dokument für spezielle Gerätenormen, die unter den Geltungsbereich der Verordnung (EU) 2016/426 [224] fallen. Somit wird sowohl die Gerätesicherheit als auch ein Standardisierungseffekt bei deren Prüfung und Zertifizierung abgedeckt. Das geplante Veröffentlichungsdatum für die Einführung von bis zu 20 Vol.-% Wasserstoff ist Ende 2025 vorgesehen.

Zusätzlich wurde DVGW G 620 (A) [225] als H₂-ready deklariert. Es gilt für die Planung, den Bau, Betrieb und die Instandhaltung von Gasdruckerhöhungsanlagen. Der Bedarf für die Anpassung des Dokuments auf Wasserstoff begründete sich damit, dass wichtige technische Hinweise zu allgemeinen Konstruktionsanforderungen und Sicherheitshinweise für den Betrieb mit Erdgas-Wasserstoffgemischen bzw. reinem Wasserstoff zu ergänzen waren.

H₂-tauglich ist auch die Norm DIN EN 14459 [226], welche die Sicherheits- und Regeleinrichtungen für Brenner und Brennstoffgeräte festlegt. Diese Norm ist in Bezug auf Wasserstoff bereits darauf ausgelegt, die Sicherheits- und Steueranforderungen für verschiedene Brennstoffe einschließlich Wasserstoff zu berücksichtigen. Dies bedeutet, dass die in der Norm beschriebenen Methoden und Anforderungen auch auf Wasserstoffanwendungen anwendbar sind.

Abschließend gewährleisten die Zertifizierungsprogramme für Großküchengeräte [227], Dunkelstrahler [228], Gebläsebrenner [204], Armaturen [207] vorübergehend die Einhaltung technischer Standards. Zudem müssen die existierenden gesetzlichen Vorschriften wie z. B. die Geräteverordnung, die Druck- und Maschinenrichtlinie sowie das Immissionsschutzgesetz eingehalten werden.

Abbildung 31 stellt die identifizierten Gremien der technischen Regelsetzung dar, die für die Erarbeitung der technischen Regelwerke im Bereich Gewerbliche Anwendungen wichtig sind. Eine Übersicht der Abkürzungen der Gremien findet sich in **Abschnitt 11**.

Bedarfe und Umsetzung

Es wurden 22 allgemeine Bedarfe der Normung und technischen Regelsetzung lokalisiert, von denen zehn Bedarfe als konkrete Handlungsempfehlungen, zur Schließung der Regelwerkslücken, noch abzuschließen sind.

Die abgeschlossenen Forschungsprojekte wie z. B. „HydEKuS“ [229], „H2-Umstell“ [210], „ECLHYPSE“ [230], „F&E für H2“ [211] oder „Roadmap Gas 2050“ [212] haben hinsichtlich der verschiedenen Wasserstoffanwendungen für fundierte Erkenntnisse und Erfahrungen gesorgt, welche mit in die Regelwerksarbeit eingeflossen sind.

Im technisch wichtigen Anwendungsbereich der gewerblich genutzten Hell- bzw. Dunkelstrahler wurden wichtige Schritte nach vorn gemacht. Die Versorgung mit Wasserstoff zur Raumklimatisierung der Fertigungs- oder Lagerhallen, aber auch viele Schritte in der Fertigung (z. B. bei Trocknungsprozessen) sind im Rahmen der nationalen Wasserstoffstrategie essenziell und zentrale Bausteine für die Energiewende. Die entsprechenden technischen Spezifikationen zu den Normen DIN EN 416 [231], DIN EN 419 [232], welche außerdem zwei weitere Umsetzungsprojekte der Normungsroadmap darstellen, werden Ende 2025 veröffentlicht.

Die Überarbeitungen der Normen dieser Hell- und Dunkelstrahler sind notwendig, um die Anforderungen und Prüfverfahren für Konstruktion, Sicherheit und Energieeffizienz der Geräte zu erfüllen.

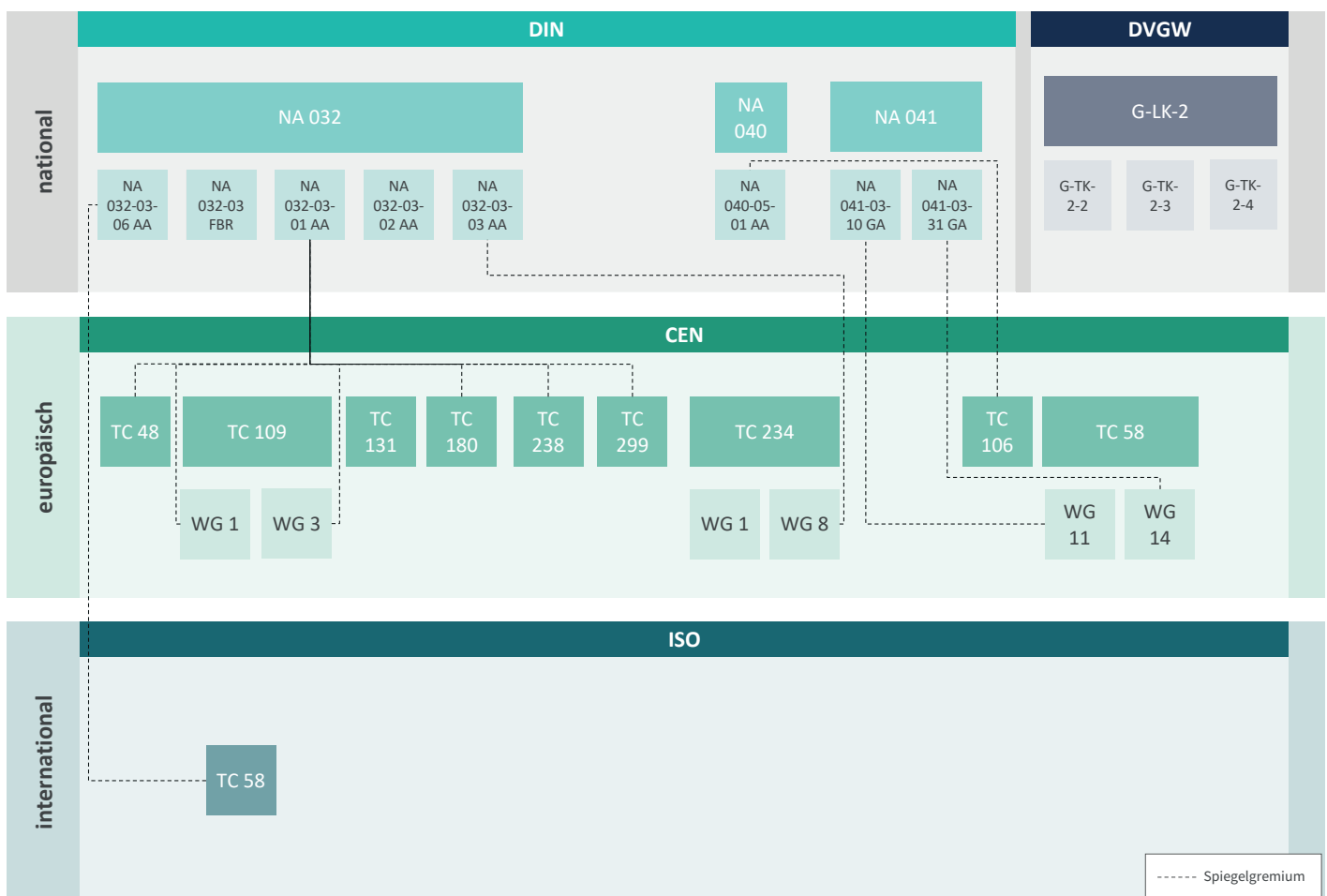


Abbildung 31: Übersicht relevanter Gremien der technischen Regelsetzung im Bereich Gewerbliche Anwendungen (Stand 07-2025) (Quelle: eigene Darstellung)



Ergänzt werden die Hell- und Dunkelstrahler durch die Erweiterung der Arbeitsblätter DVGW G 638-1 (A) [221] und DVGW G 638-2 (A) [222]. Teil 1 gilt für Hell- und Teil 2 für Dunkelstrahler. Beide Dokumente regeln die Grundlagen für die Planung, Erstellung, Änderung, Instandhaltung und den Betrieb der Strahler. Die Erkenntnisse der Bundesanstalt für Arbeitsschutz zur physiologischen Bewertung von Strahlungsheizungen sind ebenfalls in die Arbeitsblätter eingeflossen. Um Wasserstoff in Zukunft aus sicherheitstechnischen Aspekten für diesen Anwendungsbereich zuzulassen, müssen notwendige Anpassungen dieser Arbeitsblätter vorgenommen werden.

Außerdem muss die Normenreihe der Heizstrahler mit Brennern ohne Gebläse (DIN 3372-1 /-2/-4 [233]) noch für den Wasserstoffbetrieb adaptiert werden. Bei diesen drei Teilen sind spezifische Sicherheits- und Prüfbedingungen sowie allgemeine redaktionelle Anpassungen hinsichtlich zukünftiger Wasserstoffanwendungen noch mit aufzunehmen. Auch bei diesen Geräten ist der Einsatz in der Industrie bzw. im Gewerbe von hoher Bedeutung.

Abschließend liegt der Bedarf zur Aktualisierung des technischen Regelwerks DIN EN 676 [148] vor. Dieses Dokument legt die Terminologie und die allgemeinen Anforderungen an die Konstruktion und den Betrieb von Gasgebläseburnern und an die Ausrüstung mit Steuerungs- und Sicherheitseinrichtungen sowie das Prüfverfahren für diese Brenner fest. Diese Aspekte müssen noch für Wasserstoff angepasst werden. Die Überarbeitung wurde auf das Jahr 2026 terminiert.

Fazit und Ausblick

Für den Bereich der gewerblichen Anwendung liegt ein ausgereiftes technisches Regelwerk vor. Die Anpassung der Dokumente an die identifizierten Bedarfe ist bereits in Bearbeitung. Ein sehr positiver Aspekt ist, dass die technischen Regelsetzer alle dringenden relevanten Wasserstoffthemen und Handlungsempfehlungen akzeptiert und in die Agenda aufgenommen haben.

Der Leitfaden DVGW-Merkblatt G 655 (M) [116] schließt die Lücken bis zur vollständigen Verfügbarkeit detaillierter Standards. Dank entsprechender nationaler Lösungen wie Zertifizierungsprogramme ist das technische Regelwerk bereits vollständig anwendbar. Somit kann davon ausgegangen werden, dass zeitnah ein nahezu vollständiges technisches Regelwerk für den Bereich der gewerblichen Anwendungen im Jahre 2026 vorliegen wird.

5.1.3.10 AG Befüllungsanlagen

Scope

Die AG Befüllungsanlagen befasst sich mit den (sicherheitstechnischen) Anforderungen an Bau und/oder Arbeitsweise von Befüllungsanlagen und Betankungsprotokollen für den Einsatz mit Wasserstoff (gasförmig, flüssig und tiefkalt komprimiert).

Ausgehend von der Wasserstoffversorgungseinrichtung umfasst dies die Fördereinheit, verschiedene Anlagenkomponenten und die Schnittstelle des zu befüllenden Wasserstoffdruckspeichers/-tanks am Vehikel inklusive Überfüllsicherungen.

Reifegrad

Insgesamt zeigt sich der Normungsbestand als „ausgereift“. Jedoch ist der Reifegrad bezüglich der verschiedenen Zustände des Wasserstoffs und auch hinsichtlich der Vehikelarten (Straßen-, Schienen-, Luft- und Wasserfahrzeuge) unterschiedlich stark ausgeprägt.

Beim gasförmigen komprimierten Wasserstoff sind für die Straßenfahrzeuge die Komponenten der Befüllungsanlagen in der Normenreihe ISO 19880 [234] und die Betankung fast vollständig international genormt. Für Befüllungen bis 200 kg Tankkapazität stehen referenzierbare Befüllprotokolle, beispielsweise aus der SAE J2601-Reihe [235], sowie Definitionen der Medienschnittstellen zur Verfügung. Eine wesentliche Regulierungslücke besteht für Trailerbefüllungen bei Kapazitäten über 200 kg (fehlende Protokolle) und Drücken über 300 bar (fehlende Schnittstellendefinitionen).

Für den verflüssigten und den tiefkalt komprimierten Wasserstoff gibt es grundlegende internationale Normen und nationale Systemstandards aus der seit Jahrzehnten praktizierten Logistik mit kryogen verflüssigtem Wasserstoff, aber noch Bedarfe an detaillierten Produktstandards, Schnittstellen und Protokollen für die Befüllung von mit tiefkaltem Wasserstoff betriebenen Fahrzeugen.

Bestandsanalyse – Bewertung

Für die Befüllungsanlagen sind 71 Normen als relevant erachtet worden [33]. Die rahmengebenden (inter-)nationalen Systemstandards gelten dabei zumeist für alle Wasserstoffzustände. Neben den internationalen Direktiven (wie z. B. ATEX [237], OIML R139 [238], PED [118] oder TPED [239],

Alternative Fuels Infrastructure Regulation (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. Ca. 80 % der vorhandenen Normen beziehen sich historisch bedingt auf den gasförmig komprimierten Wasserstoff. Für die Abgabeeinrichtung und Bedienschnittstelle des Befüllsystems wurde hier die ISO 19880-2 [236] im Februar 2025 veröffentlicht. Die Einzelteile wie Füllkupplungen, Schläuche und Armaturen werden, sofern sie genormt sind, hauptsächlich in ISO-Normen beschrieben. Beim tiefkalten Wasserstoff wurden erst seit 2023 die Normungsarbeiten auf ISO-Ebene begonnen. Demzufolge beschreiben nur ca. 20 % der vorhandenen Normen diese Anwendungen, wobei sie sich vornehmlich auf Einzelteile wie Armaturen, Schlauchleitungen, Pumpen und Ventile beziehen. Diese Normen sind fast alle als DIN EN ISO national übernommen.

Abbildung 32 stellt die identifizierten Gremien der technischen Regelsetzung dar, die für den Bereich Befüllungsanlagen wichtig sind (u. a. ISO/TC 197 und CEN/TC 268). Bezüglich der verschiedenen Vehikel sind die Normbestände und deren Reifegrade unterschiedlich ausgebildet, wobei der Automobilsektor derzeit am weitesten fortgeschritten ist. Eine Übersicht der Abkürzungen der Gremien findet sich in Abschnitt 11.

Bedarfe und Umsetzung

Aufgrund des unterschiedlichen Entwicklungsstandes der Normung hinsichtlich der Vehikelart und des Aggregatzustands des Wasserstoffs sind auch die Bedarfe für die zugehörigen Befüllungsanlagen entsprechend verschieden. Während die Straßenfahrzeuge nur noch vereinzelte Bedarfe aufweisen, gibt es z. B. in der Luftfahrt noch den größten Bedarf. Standards fehlen hauptsächlich noch im Bereich der Schnittstellen zwischen Befüllsystem und zu befüllendem Tank und den zugehörigen Vorgehensweisen (Protokollen),

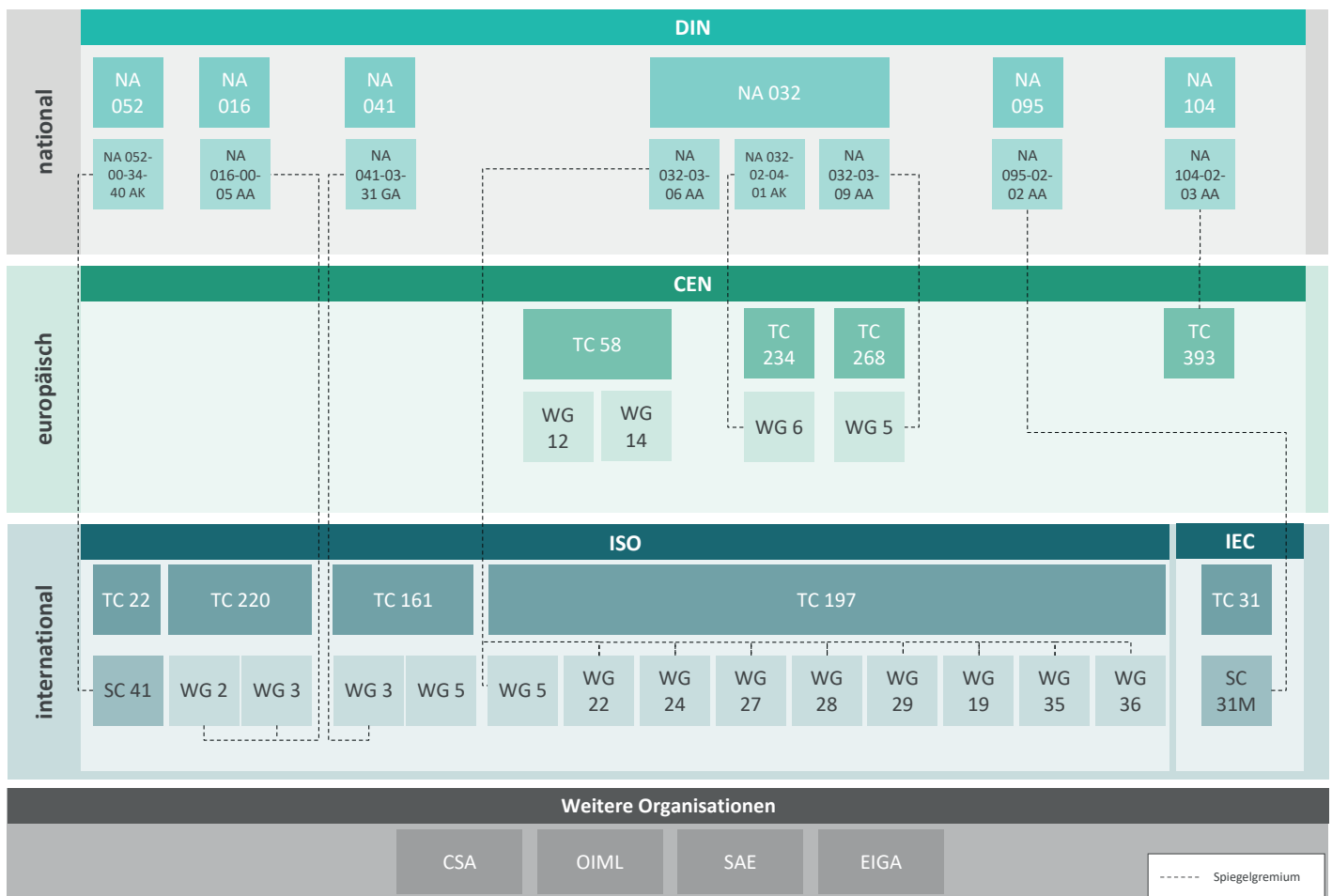


Abbildung 32: Übersicht relevanter Gremien der technischen Regelsetzung im Bereich Befüllungsanlagen (Stand 07-2025)
(Quelle: eigene Darstellung)

hier insbesondere für die Befüllung größerer Einheiten wie Trailer- oder Wechselcontainer mit mehr als 200 kg Wasserkapazität. Die Herausforderung ist es hierbei, diese Bedarfe zu vereinheitlichen, um die Anzahl der Schnittstellen möglichst gering zu halten. Momentan sind die Schnittstellen 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 Regelsetzung müssen diese Erfahrungen ausgewertet und Funktionsprinzipien festgelegt werden. Wichtig sind die Verwechslungssicherheit der Druckstufen, Qualitäten und Zustände des Wasserstoffs sowie die Abgrenzung zu anderen Medien. Außerdem ist die Anforderung nach kurzen Befüllzeiten durch entsprechende Querschnitte zu berücksichtigen. Ferner gibt es Druck-Temperatur-Phänomene, die eine Kommunikation zwischen Befüllsystem und Vehikel über den Tankzustand notwendig machen. 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 Mediumbedingungen sollen idealerweise gleiche Schnittstellen verwenden, unabhängig davon, ob sie z. B. Teil eines Vehikels, eines Transporttanks oder einer Produktionsanlage sind. Diese universelle Nutzung vereinfacht den Aufbau der notwendigen Logistik, während ein zu eng gefasster Anwendungsbereich zu einer großen Schnittstellenanzahl führt und die Wassernutzung hemmt. Notwendige Schnittstellen sollen daher möglichst international genormt werden. Folgende Systematik liegt der Einteilung der Schnittstellen für die verschiedenen Zustände des Wasserstoffs (gasförmig, verflüssigt und tiefkalt komprimiert) bezüglich der einzelnen Vehikelarten zugrunde:

- Schnittstellen zum Befüllen (Betankung zum Antrieb);
- Schnittstellen zum Befüllen und Entleeren (Umfüllen zum Transport, „Trailer- oder Wechselcontainerbefüllung“).

Entsprechend dieser Zuordnung wurden Handlungsempfehlungen ausgesprochen, um eine Reduzierung der Schnittstellenanzahl durch eine möglichst vehikelübergreifende Nutzung zu erreichen. Diese Handlungsempfehlungen gilt es nun, auf internationaler Ebene in den zuständigen Gremien umzusetzen. Weiterhin wurde die Entwicklung einer Norm zu Betankungsschnittstelle für gasförmigen Wasserstoff mit geringerer Reinheit zum Einsatz in Verbrennerfahrzeugen (ISO 14647, Grad F [88]) angestoßen und wird derzeit in der ISO 17268-1 umgesetzt.

Bei den für alle Zustände des Wasserstoffs geltenden Systemstandards werden die Lücken zunehmend geschlossen. Normungsprojekte zur Erstellung einer Europäischen Norm für Wasserstofftankstellen und Anlagen zur Befüllung ortsbeweglicher Druckgeräte sowie ein nationales DVGW-Arbeitsblatt (DVGW G 731 (A) [243]), welches als Kompendium die einzuhaltenden Vorgaben für Planung, Bau, Prüfung und Inbetriebnahme zusammenfasst, wurden adressiert und befinden sich in der Umsetzung.

Fazit und Ausblick

Für die Abfüllung von gasförmigem Wasserstoff existiert bereits eine gute Normungsgrundlage, die es zu erweitern gilt. Viele der System- und Sicherheitsstandards gelten zwar generell für alle Aggregatzustände, aber für die umfassende Nutzung von tiefkalt komprimiertem oder verflüssigtem Wasserstoff sind diese allein nicht ausreichend. Während für diese Aggregatzustände die Einzelkomponenten bereits zum großen Teil standardisiert sind, gibt es insbesondere für die Abgabeeinrichtungen der Betankungsanlagen noch Lücken. Bei den unterschiedlichen Vehikelarten ist der Bereich der Straßenfahrzeuge am weitesten fortgeschritten, in den anderen Bereichen werden derzeit Aktivitäten aufgenommen, um hier aufzuschließen. Dies beinhaltet für die Befüllungsanlagen insbesondere die Erhöhung von Durchflussmengen sowie die Entwicklung zugehöriger vehikelseitiger Schnittstellen und Protokolle. Ein Großteil der betroffenen Gremien hat sich bereits des Themas Wasserstoff angenommen, sodass schon aktiv an der Anpassung von technischen Regelwerken gearbeitet wird. Auf der europäischen Ebene findet momentan noch eine Änderung der Gremienstruktur statt. Dies ist notwendig, damit die bereits vielfach für die Befüllungsanlagen relevanten vorliegenden internationalen ISO-Standards in Europäische Normen überführt werden können.

Es bedarf sicherlich noch vieler Jahre, um die Hemmnisse der fehlenden Normung, insbesondere in Sachen der komplexen Schnittstellenthematik für alle Aggregatzustände des Wasserstoffs, zu beseitigen. In Teilbereichen wird die sichere Abfüllung und damit die Grundlage für eine skalierbare Befüllungsinfrastruktur wohl deutlich schneller realisiert werden können. Das Umsetzen der hier zusammengetragenen Handlungsempfehlungen zur Schließung der wichtigsten Normungslücken wird entscheidend dazu beitragen.



5.1.3.11 AG Straßenverkehr



Scope

Der Aufgabenbereich der AG Straßenverkehr umfasst die Erarbeitung der NRM H2 im Bereich der Straßenfahrzeuge. Dies schließt sowohl Personen- als auch Lastkraftwagen (Lkw) auf öffentlichen Straßen ein, wobei Sonder- und Spezialfahrzeuge ausgenommen sind. Dabei wurden alle Einsatzmöglichkeiten von Wasserstoff als Energieträger für den Antrieb in seinen verschiedenen Erscheinungsformen und entsprechenden Anforderungen an bestimmte Bauteile für die Nutzung berücksichtigt. Ausgenommen davon sind Festlegungen für Tanks und Behälter, die dem Transport von Wasserstoff dienen. Die Schnittstellen zu den entsprechenden AG sind von besonderer Bedeutung.

Reifegrad

Für den Bereich Straßenverkehr liegt ein nahezu vollständiges technisches Regelwerk vor. Die relevanten Normen dieses Bereichs sind entweder bereits für Wasserstoff anwendbar, werden hinsichtlich Wasserstoffs erweitert oder auf ihre Anwendbarkeit geprüft. Zu den Kernnormen gehören beispielsweise die IEC 12619-Reihe [244], ISO 19881 [245] und ISO 23273 [246]. Letzte Lücken werden durch Umsetzungsprojekte zu den Themen Schnittstelle und Prozedur für die Entleerung eines Wasserstoffbehälters an einer Tankstelle und geometrisch standardisierte Leitungsanschlüsse für gasförmigen Wasserstoff geschlossen sowie durch eine Handlungsempfehlung zum Thema sicherheitsbezogene Anforderungen und Prüfungen von Brennstoffzellenmodulen für Straßenfahrzeuge.

Bestandsanalyse – Bewertung

Im Bereich des Straßenverkehrs besteht bereits eine umfangreiche technische Regelsetzung. Es wurden über 80 relevante technische Regelwerke identifiziert. Diese stammen überwiegend von internationalen (z. B. ISO, SAE, CSA) sowie europäischen Normungsorganisationen (z. B. CEN) und wurden teilweise als nationale Normen (DIN EN/ISO) übernommen. Die Normenlandschaft umfasst neben klassischen Normen auch technische Spezifikationen (TS), technische Berichte (TR), Regeln und Merkblätter.

Die Mehrzahl der identifizierten technischen Regelwerke weist einen hohen Reifegrad auf und wird bereits in der Praxis angewendet. Besonders hervorzuheben ist die starke

internationale Ausrichtung der Normungsaktivitäten: IEC-Normen wie die IEC 12619-Reihe [244] dominieren den Bestand, ebenso wie ISO-Normen wie die ISO 19881 [245] oder ISO 23273 [246]. Nationale technische Regelwerke (DIN) basieren häufig auf diesen internationalen Vorlagen. Der Fokus liegt klar auf der globalen Harmonisierung. Kernnormen betreffen insbesondere sicherheitsrelevante Aspekte wie die Crashesicherheit von Wasserstofffahrzeugen bzw. der Brennstoffzelle sowie neue Technologien.

Die Gremienübersicht zeigt, dass die wichtigsten Aktivitäten auf internationaler Ebene durch das ISO/TC 197 „Hydrogen technologies“ stattfinden, welches maßgebliche Standards insbesondere für Fahrzeuge mit Wasserstoffantrieb entwickelt. Auf nationaler Ebene koordiniert das DIN-Gremium NA 052-00-34-40 AK „Gasfahrzeuge“ und das nationale Spiegelgremium NA 032-03-07 AA von ISO/TC 197 die deutsche Mitwirkung und vertritt nationale Interessen in internationalen Gremien. Beide Gremien prägen die inhaltliche Ausrichtung der Normungsarbeit wesentlich und gewährleisten die enge Abstimmung zwischen nationaler und internationaler Regelung.

Bedarfe und Umsetzung

Mit dem Hochlauf der Wasserstoffmobilität steigt der Bedarf an internationalen Standards, die eine sichere, effiziente und interoperable Nutzung ermöglichen. Derzeit bestehen in zentralen Bereichen noch erhebliche Regelungslücken, die Entwicklung, Zulassung und Betrieb erschweren. Drei übergreifende Bedarfe stehen im Fokus: Aktuell fehlen international einheitliche Anforderungen, die die Sicherheit von Brennstoffzellenmodulen in Straßenfahrzeugen adressieren. Bestehende technische Regelwerke konzentrieren sich auf stationäre Anwendungen (IEC 62282-2-100 [247]) und sind auf mobile Einsatzbereiche nicht übertragbar. Angesichts der zunehmenden Nutzung von Brennstoffzellentechnologien in Pkw und Nutzfahrzeugen ist eine klare Definition sicherheitsrelevanter Anforderungen und Prüfverfahren notwendig, um Betriebssicherheit, Marktzugang und Akzeptanz zu gewährleisten. In Wartung, Entwicklung oder bei sicherheitsbedingtem Austausch müssen Wasserstoffbehälter sicher entleert werden können. Dafür fehlen bislang international abgestimmte Vorgaben zu den dafür notwendigen Schnittstellen, Protokollen und Sicherheitsmaßnahmen. Eine einheitliche Regelung ist notwendig, um Risiken durch unkontrollierten Gasaustritt zu vermeiden und ein reproduzierbares, sicheres Vorgehen sicherzustellen. Für den sicheren und flexiblen Einsatz von Komponenten im Wasserstoffsystem fehlt derzeit

eine verbindliche geometrische Definition der Anschluss-schnittstellen. Zwar existieren funktionale Vorgaben wie in ISO 19887 [248] und CSA/ANSI HGV 3.1 [249], jedoch ist der Austausch zwischen Bauteilen unterschiedlicher Hersteller erschwert. Eine geometrische Standardisierung würde die Kompatibilität erhöhen, den Systemaufbau vereinfachen und die Modularisierung sowie Wartung deutlich verbessern.

Die genannten Bedarfe sollen durch gezielte internationale Normungsaktivitäten adressiert werden, um die technologische Entwicklung zu unterstützen, Risiken zu minimieren und die globale Marktintegration von Wasserstoffmobilität zu beschleunigen.

Abbildung 33 stellt die identifizierten Gremien der technischen Regelsetzung dar, die für die Erarbeitung der technischen Regelwerke im Bereich Straßenverkehr wichtig sind. Eine Übersicht der Abkürzungen der Gremien findet sich in **Abschnitt 11**.

Fazit und Ausblick

Im Bereich des Straßenverkehrs liegt ein einsatzbereites technisches Regelwerk vor, in dem noch letzte Lücken geschlossen werden müssen. Die Anpassung der technischen Regelwerke steht noch aus, wird jedoch bereits aktiv bearbeitet, und ein Großteil der betroffenen Gremien (NA 052-0-34-40, TC 105) hat sich bereits des Themas Wasserstoff angenommen.

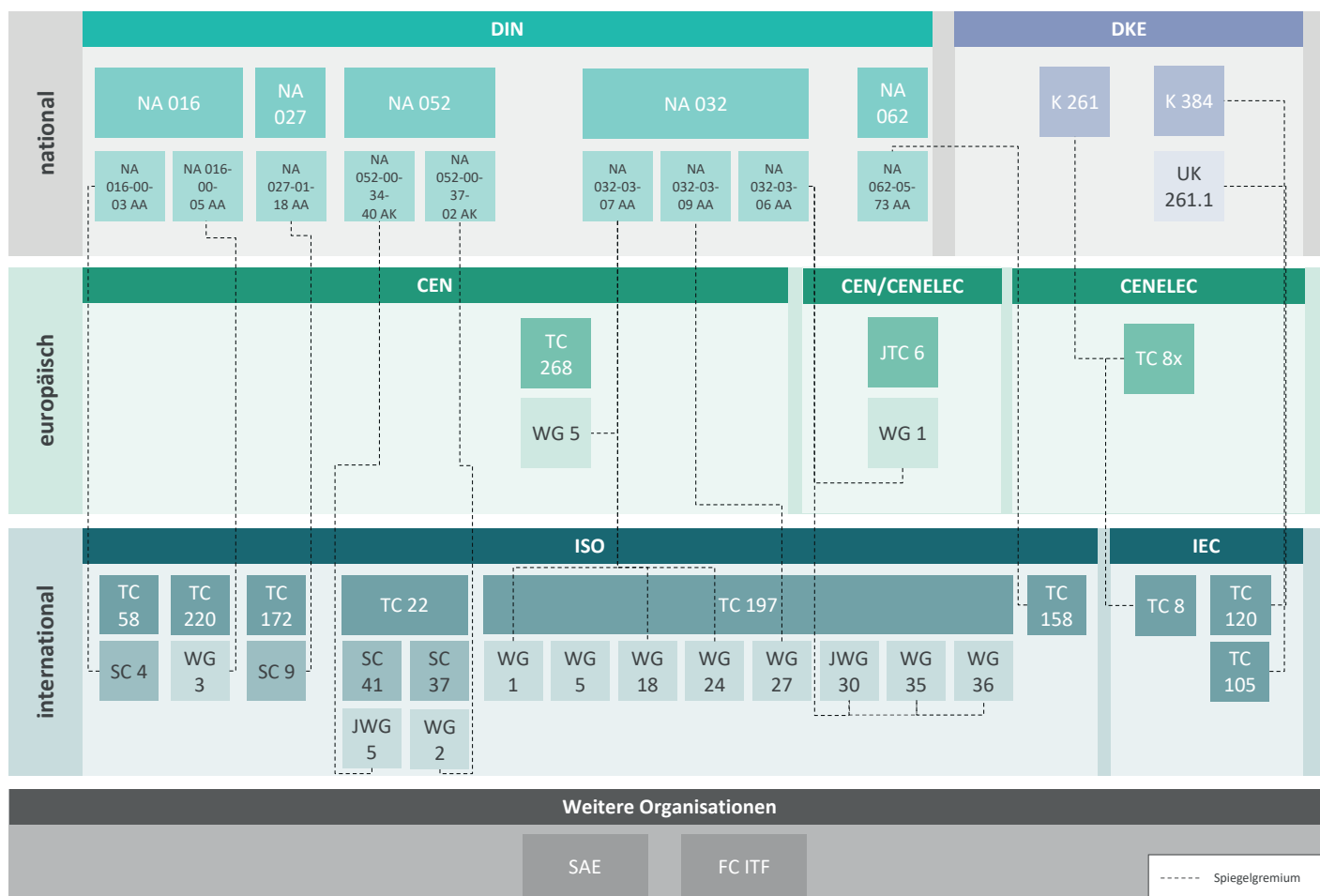


Abbildung 33: Übersicht relevanter Gremien der technischen Regelsetzung im Bereich Straßenverkehr (Stand 07-2025)
(Quelle: eigene Darstellung)



5.1.3.12 AG Schienenverkehr



Scope

Der Schienenverkehr spielt eine zentrale Rolle in der nachhaltigen Mobilitätsstrategie und wird maßgeblich zur Erreichung der Klimaziele beitragen. Um den Kohlenstoffdioxidausstoß im Verkehrssektor signifikant zu reduzieren, hat die Bundesregierung ambitionierte Ziele formuliert: Bis zum Jahr 2030 soll das Fahrgastaufkommen im Schienenpersonenverkehr verdoppelt und der Marktanteil des Schienengüterverkehrs auf 25 % erhöht werden [250]. Ein entscheidender Baustein zur Erreichung dieser Ziele ist der Einsatz alternativer Antriebe, insbesondere auf nicht elektrifizierten Strecken. Zusätzlich kann die Schiene eine zentrale Rolle im Wasserstofftransport übernehmen und so die flächendeckende Verfügbarkeit unterstützen. Die AG Schienenverkehr befasste sich mit der Ermittlung des Normungsbedarfs sowie mit der Bewertung bestehender Normen für Vollbahnen und städtische Schienenbahnen im Hinblick auf Wasserstoffanwendungen. Dies umfasst sowohl die Infrastruktur (Netz), das Rollmaterial als auch betriebliche Aspekte.

Reifegrad

Der Reifegrad des Technischen Regelwerks für Wasserstofftechnologien im Schienenverkehr wurde als „arbeitsfähig“ eingestuft. Eine Bedarfsanalyse liegt vor. I. d. R. werden die Projekte international angestoßen. Erste Themen aus der pränormativen Forschung sollen in DIN-Normen überführt werden.

Bestandsanalyse – Bewertung

Der Normenbestand weist noch Lücken auf. Während erste Produktnormen für Brennstoffzellen- und Wasserstoffspeichersysteme für Schienenfahrzeuge bereits kurz vor der Veröffentlichung stehen (Reihe IEC 63341 [251]), basiert die Praxis häufig auf Normen aus anderen Sektoren, insbesondere dem Kraftfahrzeugwesen. Trotz bestehender Synergien müssen noch bahnspezifische Besonderheiten in den Fokus genommen werden, um das technische Regelwerk zu vervollständigen.

Die zuständigen Gremien für mechanische und betriebliche Aspekte des Bahnsektors sind ISO/TC 269, CEN/TC 256 und der NA 087. Projekte zum Thema Wasserstoff werden auf internationaler Ebene direkt in das ISO/TC 197 eingebracht. Für nationale Angelegenheiten und die Spiegelerarbeit wurde der

Gemeinschaftsausschuss NA 087-00-21 GA zwischen FSF und NAGas gegründet. Im elektrotechnischen Bereich sind die Gremien IEC/TC 9, CLC/TC 9X und DKE K 351 zuständig.

Abbildung 34 stellt die identifizierten Gremien der technischen Regelsetzung dar, die für die Erarbeitung der technischen Regelwerke im Bereich Schienenverkehr wichtig sind. Eine Übersicht der Abkürzungen der Gremien findet sich in **Abschnitt 11**.

Bedarfe und Umsetzung

Die Entwicklung und Implementierung von Wasserstofftechnologien im Schienenverkehr stellen herstellende und betreibende Unternehmen für Fahrzeuge und Füllanlagen sowie Unternehmen für Instandhaltung vor erhebliche Herausforderungen, da das technische Regelwerk noch lückenhaft ist. Derzeit erfolgen Neuentwicklungen weitgehend auf Basis individueller Risikoabschätzungen, was die Prozesse kostenintensiv, zeitaufwendig und unsicher macht. Dies führt zu Verzögerungen in der Markteinführung und erschwert die Planungssicherheit. Ziel der Aktivitäten in der AG Schienenverkehr ist es, durch standardisierte Anforderungen die Projektrisiken zu minimieren und die Attraktivität von Wasserstoff als Energieträger im Bahnsektor zu steigern.

Ein zentrales Problemfeld ist die Betankung wasserstoffbetriebener Züge. Diese erfordert spezifische Sicherheitsmaßnahmen und angepasste Betankungsprotokolle. Anders als im Kraftfahrzeugwesen sind besondere Kupplungssysteme mit erhöhter Durchflussrate notwendig, um die technischen Anforderungen der Bahnlogistik zu erfüllen. Auch die Druckgasbehälter auf Schienenfahrzeugen unterscheiden sich von jenen in anderen Verkehrsträgern, insbesondere hinsichtlich ihrer Größe und der möglichen Schadensszenarien. Dies macht eine präzisierte Festlegung sicherheitsrelevanter Anforderungen unabdingbar. Gleiches gilt für die gasführenden Komponenten innerhalb des Kraftstoffsystems, für die spezifische bahntechnische Normen noch nicht existieren.

Die Erkenntnisse aus der pränormativen Forschung spielen eine wesentliche Rolle bei der Entwicklung neuer Normen. Ein Schlüsselbereich ist die Dichtheitsprüfung, für die praxistaugliche Akzeptanzkriterien für die Inbetriebnahme und wiederkehrende Prüfungen im Schienenverkehr definiert werden müssen. Fortschritte sollen auch im Bereich des thermischen Berstschutzes verzeichnet werden. Realbrandversuche sollen neue Erkenntnisse zur Wirksamkeit der vorgeschriebenen Druckentlastungsvorrichtungen liefern, um

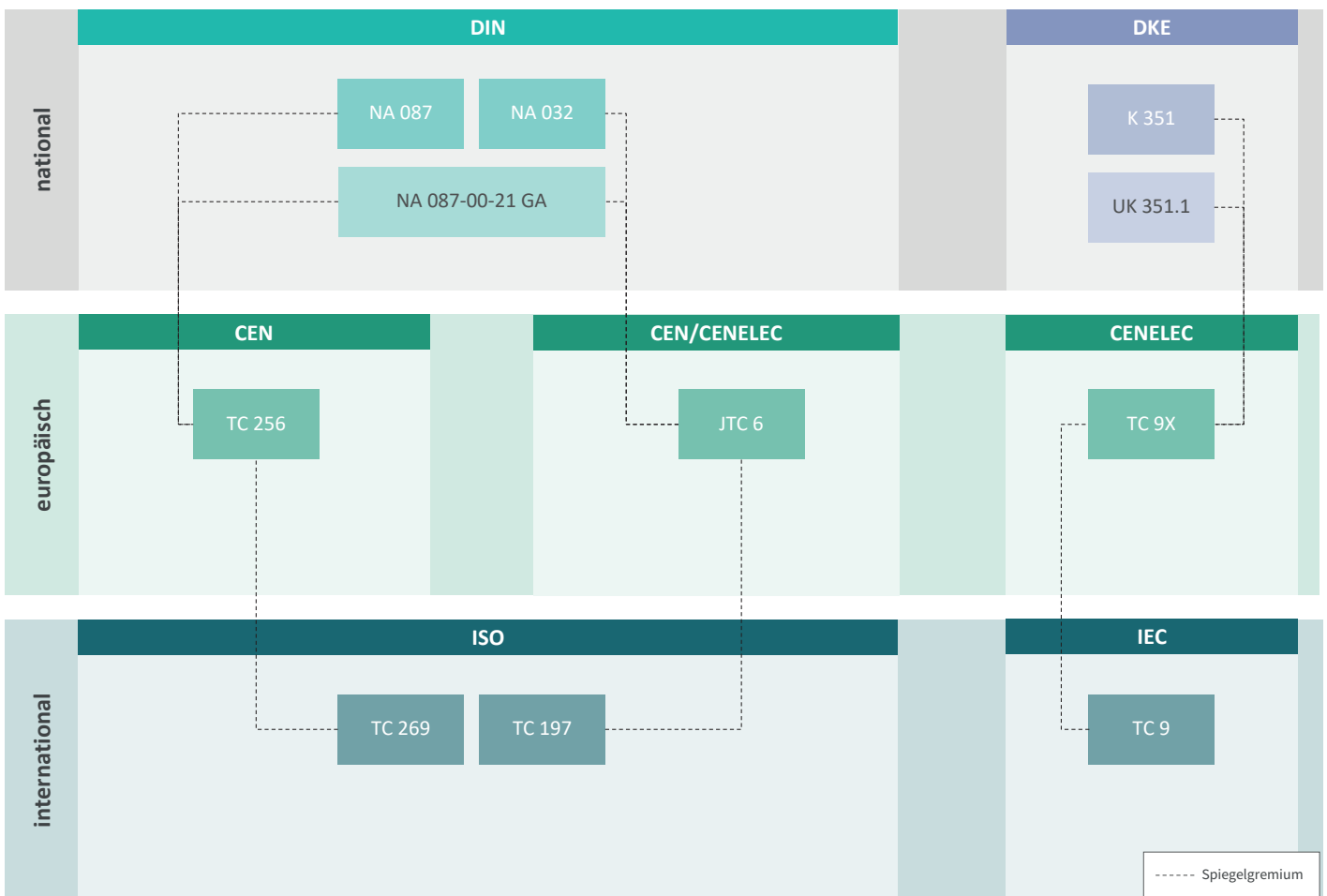


Abbildung 34: Übersicht relevanter Gremien der technischen Regelung im Bereich Schienenverkehr (Stand 07-2025)
(Quelle: eigene Darstellung)

angemessene Lösungen für die Nachweisführung im Bahnbereich beschreiben zu können. Der Transport von Wasserstoff auf der Schiene wird bislang wenig in der Normung diskutiert, da hier die Regulatorik für den Gefahrguttransport maßgebliche Vorgaben macht. Die sektorübergreifende Zusammenarbeit mit anderen Mobilitätsbereichen ist essenziell, um Gemeinsamkeiten und Abgrenzungen zu identifizieren. Insbesondere in den Bereichen Betankung und Bebunkerung kann ein gemeinsames Monitoring den Wissenstransfer fördern und Doppelentwicklungen vermeiden. Darüber hinaus bestehen weitere Innovationspotenziale, etwa durch den Einsatz alternativer Aggregatzustände oder Derivate von Wasserstoff, optimierte Tankgeometrien und Schnittstellentechnologien. Viele dieser Konzepte haben noch keinen Reifegrad erreicht, der eine unmittelbare Standardisierung erlaubt.

Fazit und Ausblick

Die Einführung von Wasserstofftechnologien im Schienenverkehr erfordert eine einheitliche Standardisierung, um sowohl

wirtschaftliche als auch technische Herausforderungen zu bewältigen. Normungsaktivitäten, die durch pränormative Forschung gestützt werden, spielen eine entscheidende Rolle bei der Erhöhung der Planungssicherheit, der Reduzierung von Risiken und der Stärkung der internationalen Wettbewerbsfähigkeit. Ein zentraler Erfolgsfaktor für die Etablierung von Wasserstoff als nachhaltige Antriebsalternative im Bahnsektor ist die interdisziplinäre Zusammenarbeit zwischen Forschung, Industrie und Politik. Insbesondere durch den Austausch zwischen relevanten Akteuren können Standards geschaffen werden, die eine sichere, effiziente und wirtschaftliche Nutzung dieser Technologie ermöglichen. Die NRM H2 ist ein bedeutender Meilenstein in diesem Prozess. Sie hat wesentlich dazu beigetragen, die Vernetzung von Stakeholdern zu verbessern und auf nationaler Ebene eine Plattform (NA 087-00-21 GA) für die gemeinsame Entwicklung und Abstimmung von Normen zwischen Expert*innen aus den Bereichen Wasserstoff und Bahn zu schaffen. Durch diesen koordinierten Ansatz wird die Grundlage für eine nachhaltige und zukunftsorientierte Mobilität im Schienenverkehr gelegt.



5.1.3.13 AG Schiffsverkehr



Scope

Die AG Schiffsverkehr befasst sich mit dem Bereich der Schifffahrt und Schiffstechnik, der alle damit verbundenen Anwendungsgebiete für Wasserstoff und seine Derivate umfasst. Diese schließen den Bau und Betrieb von Schiffen für den Binnen- und Seeverkehr ein. Von besonderer Bedeutung sind hierbei die Schnittstellen zu anderen AG der Normungsroadmap wie Stationäre und ortsbewegliche Druckbehälter, Metallische Werkstoffe, Wasserstoffbeschaffenheit und Befüllungsanlagen. Eine zusätzliche Herausforderung im Bereich der Schifffahrt ist die notwendige Abstimmung mit der europäischen und internationalen Regelsetzung in der See- und Binnenschifffahrt.

Reifegrad

Der Reifegrad des technischen Regelwerks wird als „arbeitsfähig“ bewertet, da für die Binnen- und Seeschifffahrt europäische bzw. internationale technische Regelwerke [252], [253], [254], [255], [256], [257], [258] sowie anwendbare Normen vorliegen. Beispielsweise enthält die derzeit in Überarbeitung befindliche technische Regel ISO/TR 15916 [259] grundsätzliche Betrachtungen zur Sicherheit von Wasserstoffsyste-men und kann für den maritimen Bereich herangezogen werden. Nicht alle Aspekte der Nutzung von Wasserstoff und seinen Derivaten in maritimen Systemen, wie z. B. wechselnde Umweltbedingungen, platzbeschränktes Design und Sicherheitsvorkehrungen im Schiffsbetrieb, sind abgedeckt. Sie werden durch die im Abschnitt Bedarfe und Umsetzung genannten Handlungsempfehlungen sowie den pränormativen Forschungsbedarf adressiert.

Dabei ist die Besonderheit der Schifffahrt zu berücksichtigen, dass Regelungen und damit Rahmenbedingungen durch internationale Gremien wie die Internationale Seeschiff-fahrtsorganisation (IMO) für die Seeschifffahrt [261] und den Europäischen Ausschuss zur Ausarbeitung von Standards im Bereich der Binnenschifffahrt (CESNI) für die europäische Binnenschifffahrt [260] gesetzt werden. Bei Querschnitts-themen wie beispielsweise der Kraftstoffqualität ist umso mehr zu berücksichtigen, dass die Schifffahrt in der Regel international tätig ist und daher auf weltweit einheitliche Regeln und Normen angewiesen ist. Nationale Regelungen behindern die Wettbewerbsfähigkeit.

Bestandsanalyse – Bewertung

In der Bestandsanalyse wurden 26 Dokumente, davon 17 DIN-, EN- und ISO-Normen, die sich zum Teil in Überarbeitung oder in Erstellung befinden, in ihrer aktuellen Fassung von der AG Schiffsverkehr aufgelistet [33]. Die Normen bzw. technischen Regeln adressieren unter anderem spezielle Anwendungen an Land und auf See sowie auch grundsätzliche Betrachtungen zur Sicherheit von Wasserstoffsyste-men (ISO/TR 15916 [259]). Für das Technische Regelwerk in der Binnenschifffahrt ist CESNI [260] zuständig, das unter anderem den Europäischen Standard der technischen Vorschriften für Binnenschiffe (ES-TRIN) erarbeitet [252]. Das Technische Regelwerk für die Seeschifffahrt wird durch die IMO [261] in verschiedenen Aus- und Unterausschüssen (u. a. Sicherheits- und Umwelt-gremien [262]) erarbeitet und verabschiedet. Dazu gehört der Unterausschuss für die Beförderung von Ladungen und Containern, in welchem der internationale Sicherheitscode für Schiffe, die Gase oder andere Brennstoffe mit niedrigem Flamm-punkt verwenden (IGF-Code), erarbeitet wird [258]. Der IGF-Code regelt die Verwendung von alternativen Kraft-stoffen in der Seeschifffahrt, zu denen neben Flüssigerdgas (LNG) auch Wasserstoff (gasförmig, flüssig) und seine Derivate Ammoniak und Methanol zählen, und legt zu beachtende Sicherheitsaspekte fest.

Wasserstoff und seine Derivate als Ladung sind in der Binnen-schifffahrt durch das Europäische Übereinkommen über die internationale Beförderung gefährlicher Güter auf Binnen-wasserstraßen [263] und in der Seeschifffahrt durch interna-tionale Übereinkommen [254], [255], [256], [257] hinsichtlich der technischen Handhabbarkeit und der Sicherheitsanfor-derungen abgedeckt. Die bestehenden Technischen Regelwerke in der Binnen- und Seeschifffahrt müssen bei der Norment-wicklung berücksichtigt werden, um Widersprüche zu ver-meiden. Sowohl in den Übereinkommen und Codes als auch in den klassifikationsspezifischen technischen Vorschriften, Arbeitsdokumenten, Leitfäden und Übergangsdokumenten wird auf bestehende ISO-Normen verwiesen. Im Zuge ihrer regelmäßigen Überarbeitung mit Vorgaben nach aktuellem Kenntnisstand ergeben sich bauliche Umsetzungsmaßnah-men an Bord, idealerweise in standardisierter Form. Daraus wurden von der AG Schiffsverkehr fünf Handlungsempfehlun-gen und ein pränormativer Forschungsbedarf formuliert.

Abbildung 35 stellt die identifizierten Gremien der technischen Regelsetzung dar, die für die Erarbeitung der technischen Regelwerke im Bereich Schiffsverkehr wichtig sind. Eine Übersicht der Abkürzungen der Gremien findet sich in **Abschnitt 11**.

Bedarfe und Umsetzung

Die Entwicklung von wasserstoffbezogenen Normen und Richtlinien für die Schifffahrt orientiert sich an fossilen gasförmigen oder flüssigen Energieträgern (wie komprimiertes Erdgas (CNG) und LNG). Aufgrund ihrer physikalisch-chemischen Eigenschaften und unterschiedlicher Lagerbedingungen (z. B. Hochdruck, flüssig) ergeben sich für Wasserstoff und seine Derivate spezifische Verhaltensmerkmale. Unterschiedliche Freisetzungsszenarien von gasförmigem bzw. flüssigem Wasserstoff über und unter Deck im Falle eines geregelten Ablassens oder einer Leckage bzw. Havarie haben Auswirkungen auf das Design umliegender Aufbauten und System-

komponenten, z. B. bezüglich Ein- und Austrittsöffnungen. Mithilfe von Risikoanalysen, unterstützt durch Simulationssoftware, können angepasste Gefahrenzonen definiert und bauliche Sicherheitsmaßnahmen abgeleitet werden. Insbesondere wird hier pränormativer Forschungsbedarf gesehen. Die Untersuchung verschiedener Szenarien der Wasserstofffreisetzung kann in die Entwicklung einer Norm(-enreihe) zu speichertypspezifischen Anforderungen an maritime Wasserstoffspeicher einfließen.

Beim Einsatz von Kupplungen für die Bunkerung von Wasserstoff und seinen Derivaten liegt ein besonderer Fokus auf den Herausforderungen im maritimen Einsatz, z. B. durch hohe Durchflussraten, Schiffsbewegungen und salzhaltige Atmosphäre. Kupplungen für den Betrieb mit tiefkalt-flüssigem Wasserstoff sind zwar in EN 13371 [264] beschrieben. Die Beschreibung ist jedoch nur allgemein gehalten. Daher sollte eine Konkretisierung für den maritimen Einsatz erfolgen. Für gasförmigen Wasserstoff wird angestrebt, den maritimen

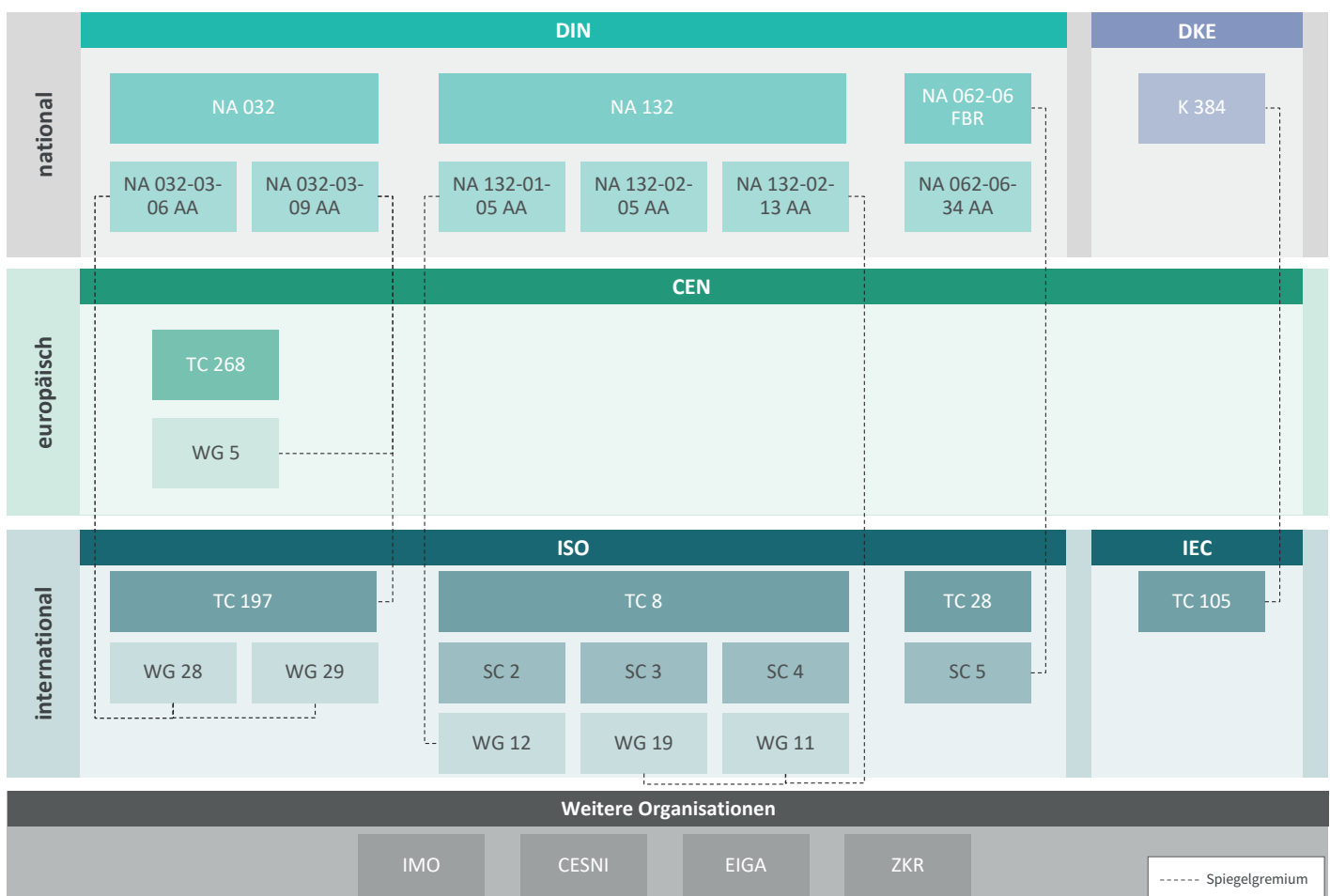


Abbildung 35: Übersicht relevanter Gremien der technischen Regelsetzung im Bereich Schiffsverkehr (Stand 07-2025)
(Quelle: eigene Darstellung)



Anwendungsbereich in die bestehende Norm ISO 17268 [265] mit aufzunehmen, um verkehrsträgerübergreifend (Schiene, Straße, Wasser) agieren zu können.

Die Kopplung der Verkehrsträger war ebenfalls Anlass für einen intensiven Austausch der **AG Befüllungsanlagen**, **AG Straßenverkehr**, **AG Schienenverkehr**, **AG Schiffsverkehr**, **AG Luftverkehr** und **AG Sonder- und Spezialfahrzeuge** zum Querschnittsthema bezüglich Schnittstellen bei der Nutzung von Wasserstoff als Energieträger zur Eigenversorgung und als Ladung, einschließlich der Protokolle für die Betankung von luft-, land- oder wassergebundenen Fahrzeugen. Die sich daraus ergebenden Handlungsempfehlungen wurden von der federführenden **AG Befüllungsanlagen** gebündelt formuliert, um zukünftig die Anzahl einzelner Schnittstellen zu minimieren und einen intermodalen Ansatz zu fördern. Die Präferenz der AG Schiffsverkehr liegt dabei in der Erweiterung der bestehenden Normen um die wasserseitige Anwendung. Denn in Abhängigkeit von Schiffstyp und Schiffgröße sowie weiteren Schnittstellenparametern sind die jeweils geeigneten Durchflussraten zu berücksichtigen. Aufgrund der weltweit agierenden Seeschifffahrt stellt sich hier die Herausforderung einer internationalen Normung der Schnittstellen.

Wasserstoff kann als Energieträger zur Eigenversorgung aus mobilen, intermodal geeigneten, austauschbaren Speicherbehältnissen (z. B. in genormten Flaschenbündeln oder Multiple Element Gas Container (MEGC) für komprimiert-gasförmigen Wasserstoff) genutzt werden. Hier ist aus Sicht der AG Schiffsverkehr eine Transportsicherung an Bord als Bestandteil der Schiffsstruktur vorzusehen, um beispielsweise aufgrund von Schiffsbewegungen eine sichere Kraftstoffversorgung gewährleisten zu können. Die maritime Anwendung von Wasserstoff und Wasserstoffderivaten erfordert die Speicherung und den Transport über Rohrleitungen an Bord. Die erforderlichen Komponenten müssen den äußeren Umweltbedingungen wie Luftfeuchtigkeit, Salzgehalt und Temperaturschwankungen standhalten. Zusätzlich sind Beschleunigungen durch Wellenbewegungen bei der Auslegung und die Werkstoffauswahl für Rohre und Rohrsysteme einschließlich ihrer Befestigungen zu berücksichtigen. Die Herausforderung bei der Rohrleitungsauslegung ist der beschränkte Bauraum an Bord, insbesondere wenn redundante Rohrleitungen vorgesehen sind. Aufgrund dieser speziellen Thematik, für die zunächst Grundlagen und Erfahrungen gesammelt werden sollten, wurde die Normentwicklung für Wasserstoffleitungen unter Einbeziehung der **AG Metallische Werkstoffe** mit mittlerer Priorität eingestuft.

Ein weiteres Querschnittsthema, zu dem ein enger Austausch mit der **AG Wasserstoffbeschaffenheit** stattfand, ist die erforderliche genormte Qualität des Kraftstoffes einschließlich seiner Beimischungen. Hier ist insbesondere der internationale Charakter der Seeschifffahrt im Hinblick auf eine weltweite Verfügbarkeit von wasserstoffbasierten Energieträgern zu berücksichtigen. Die anstehende Überarbeitung von ISO 14687 [77] bietet hierfür eine Möglichkeit.

Fazit und Ausblick

Im Bereich der Schifffahrt und Schiffstechnik existieren bereits europäische und internationale technischen Regelwerke für den Binnenschiffs- und Seeverkehr sowie anwendbare Normen für den Einsatz von Wasserstoff und seinen Derivaten. Unter Berücksichtigung dieses Bestands wurden von der AG Schiffsverkehr fünf Handlungsempfehlungen und ein prä-normativer Forschungsbedarf formuliert, deren Umsetzung zeitnah empfohlen wird. Aufgrund des Neuheitsgrades der Anwendung in der Schifffahrt wird erwartet, dass durch technische Weiterentwicklung und Anwendung über den Lebenszyklus eines Schiffes Erfahrungen gesammelt werden und sich daraus zusätzliche Bedarfe an die technischen Regelwerke ergeben können.

Bei der Erstellung und Weiterentwicklung von Normen ist zum einen die Abstimmung mit den bestehenden technischen Regelwerken zwingend erforderlich. Zum anderen ist die lange Lebensdauer von Seeschiffen von über 20 Jahren und die noch längere Nutzungsdauer von Binnenschiffen zu berücksichtigen, sodass mit der Umsetzung von Normungsvorhaben auf internationaler Ebene zeitnah begonnen werden sollte. Eine weitere große Herausforderung stellt die Sektorenkopplung dar, bei der alle Verkehrsträger (insbesondere Schiff, Schiene, Straße) bei Neuentwicklungen von Anfang an berücksichtigt und in eine enge Abstimmung des Vorgehens eingebunden werden sollten. Darüber hinaus wurde die Erweiterung von bereits bestehenden Normen um die maritime Anwendung von Wasserstoff und seinen Derivaten angestoßen, um einen intermodalen Verkehr effizient zu gestalten.

5.1.3.14 AG Luftverkehr



Scope

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 werden Wasserstoff in gasförmiger und flüssiger Form betrachtet.

Reifegrad

Der Reifegrad im Bereich Luftverkehr ist „rudimentär“, da für den Luftverkehr derzeit kaum anwendbare europäische oder internationale technische Regelwerke oder anwendbare Normen vorliegen. Die von Südkorea neu gegründete ISO/TC 197/SC 1/WG 2 „Aerial vehicle liquid hydrogen fuel storage system“ sowie das dazu neu gegründete nationale Spiegelgremium NA 131-07-01 AA „Wasserstofftechnologien in der Luft- und Raumfahrt“ erarbeiten derzeit einen neuen Standard im Bereich der Wasserstofftechnologien für den Luftverkehr.

Bestandsanalyse – Bewertung

Der Umfang der luftfahrtspezifischen Regelsetzung ist derzeit noch sehr begrenzt. Derzeit gibt es neun Dokumente (Europäische Normen, internationale Normen, Merkblätter). Darunter sind Dokumente aus der CEN/TC 268 zu Kryo-Behältern und speziellen Einsatzgebieten der Wasserstofftechnologien, ein Dokument des ASD-STAN/D 4 zur Untersuchung von Wasserstoffversprödung anhand eines Kerbzugversuchs, ein Dokument der DKE/K 384 zu den Betriebs- und Umweltaspekten der Leistung von stationären Brennstoffzellen-Energiesystemen, Dokumente der ISO/TC 220 zu Anforderungen und Auslegungen von Kryo-Behältern und ein Dokument des IEC/TC 105 zu Brennstoffzellen-Energiesystemen für den Betrieb von unbemannten Flugsystemen.

Abbildung 36 stellt die identifizierten Gremien der technischen Regelsetzung dar, die für die Erarbeitung der technischen Regelwerke im Bereich Luftverkehr wichtig sind. Eine Übersicht der Abkürzungen der Gremien findet sich in **Abschnitt 11**.

Bedarfe und Umsetzung

Die Entwicklung von Normen und Richtlinien für Wasserstofftechnologien im Bereich Luftverkehr ist momentan noch in der Frühphase. Dabei werden derzeit sowohl flüssige als auch gasförmige Ansätze für die Verwendung von Wasserstoff betrachtet. 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 stellt eine technologische Neuerung dar. 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. Zum Beispiel 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 Regelsetzung. Deshalb sollten einige Bereiche zunächst von der technischen Regelsetzung ausgenommen werden. Diese Bereiche sind Flüssigwasserstofftanks (hoch individuell, werden wahrscheinlich von den Original Equipment Manufacturers (OEMs) entwickelt), Rohrleitungen, Ventile, Sensoren etc.

Fazit und Ausblick

Im Bereich Luftverkehr gibt es derzeit nur sehr wenige europäische und internationale Normen und Richtlinien, die für den Einsatz von Wasserstoff verwendet werden können. Mit der Gründung des neuen Arbeitsausschusses NA 131-07-01 AA „Wasserstofftechnologien in der Luft- und Raumfahrt“ werden die im Rahmen der NRM H2 identifizierten Bedarfe Explosionsschutz, Blitzschutz, Materialeignung, Brandschutz, Dichtheitsprüfung und Wasserstoffsensorik umgesetzt. Ziel ist hier, ein internationales oder zumindest europäisches technisches Regelwerk für Wasserstofftechnologien im Bereich Luftverkehr aufzustellen, dass weitere Entwicklung und Forschung auf dem Gebiet vereinheitlicht und fördert. Die Gründung von weiteren Arbeitsgremien auf internationaler oder europäischer Ebene kann hierfür angestoßen werden. Dabei ist eine zentrale Herausforderung, Doppelnormung und entgegenstehende Aussagen zu Standards aus anderen Arbeitsgremien zu vermeiden.

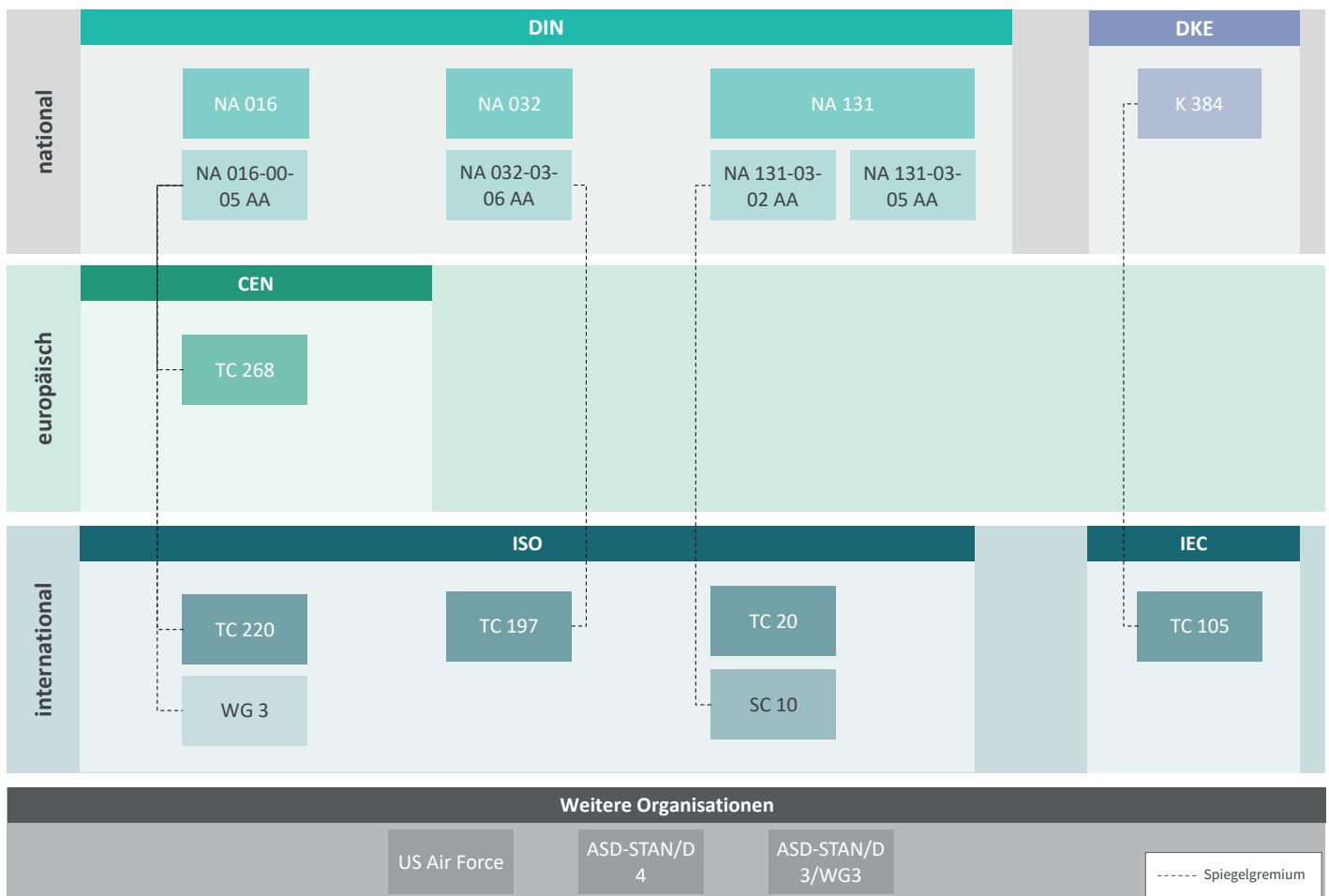


Abbildung 36: Übersicht relevanter Gremien der technischen Regelsetzung im Bereich Luftverkehr (Stand 07-2025)
(Quelle: eigene Darstellung)

5.1.3.15 AG Sonder- und Spezialfahrzeuge



Scope

Der Einsatz von Wasserstoff als Energieträger soll nicht nur in herkömmlichen Transportmitteln, sondern auch in Sonder- und Spezialfahrzeugen wie Minenfahrzeugen und Flurförderzeugen ermöglicht werden. Aufgrund der besonderen Einsatzgebiete, z. B. auf Flughäfen, in Tunneln, auf Baustellen oder im Agrarbereich, ergeben sich spezifische Anforderungen an die Normung und technische Regulierung dieser Fahrzeuge. 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 fallen auch Tankschnittstellen, die über den reinen Betankungsanschluss hinausgehen, z. B. Datenkommunikation (funkend oder kabelgebunden) oder Wasserableitung.

Reifegrad

Derzeit liegt der Fokus der Wasserstofftechnologie vorrangig auf der Entwicklung von Lösungen für Alltagsfahrzeuge. Anwendungen für Sonder- und Spezialfahrzeuge wurden bislang nicht adressiert. Entsprechende technologische Lösungen fehlen aktuell, sodass ein Einsatz in diesem Bereich derzeit nicht möglich ist.



Bestandsanalyse – Bewertung

Für die AG Sonder- und Spezialfahrzeuge existieren 127 als relevant eingestufte Normen bzw. technische Regeln [33]. Mehrheitlich handelt es sich dabei um Europäische und internationale Normen. Hauptsächlich relevant sind für das Thema Sonder- und Spezialfahrzeuge Normen, technische Spezifikationen und technische Regeln. Bei der Mehrzahl der identifizierten Normen und technischen Regeln handelt es sich um DIN EN ISO, DIN EN IEC oder ISO-Normen. Bestehende technische Regeln und Normen für Wasserstofffahrzeuge sind primär auf den Einsatz in regulären Transportmitteln ausgerichtet. Aufgrund der spezifischen Betriebsbedingungen von Spezialfahrzeugen sind Anpassungen erforderlich, um Sicherheit, Effizienz und Zuverlässigkeit in diesen Anwendungsfällen zu gewährleisten.

Abbildung 37 stellt die identifizierten Gremien der technischen Regelsetzung dar, die für die Erarbeitung der technischen Regelwerke im Bereich Sonder- und Spezialfahrzeuge wichtig sind. Eine Übersicht der Abkürzungen der Gremien findet sich in Abschnitt 11.

Bedarfe und Umsetzung

Die Identifikation von Bedarfen stellt eine zentrale Herausforderung dar, die von der AG nicht vollständig gelöst werden kann. Diese Schwierigkeit ist auf verschiedene Faktoren zurückzuführen, darunter die fehlende Klarheit politischer Vorgaben sowie die Unsicherheit und Komplexität des Marktes. Der Markthochlauf für Sonder- und Spezialfahrzeuge steht noch aus. Daher wurden von der AG keine Bedarfe identifiziert und entsprechend wurde auch kein Umsetzungsprojekt zur finanziellen Förderung vorgeschlagen.

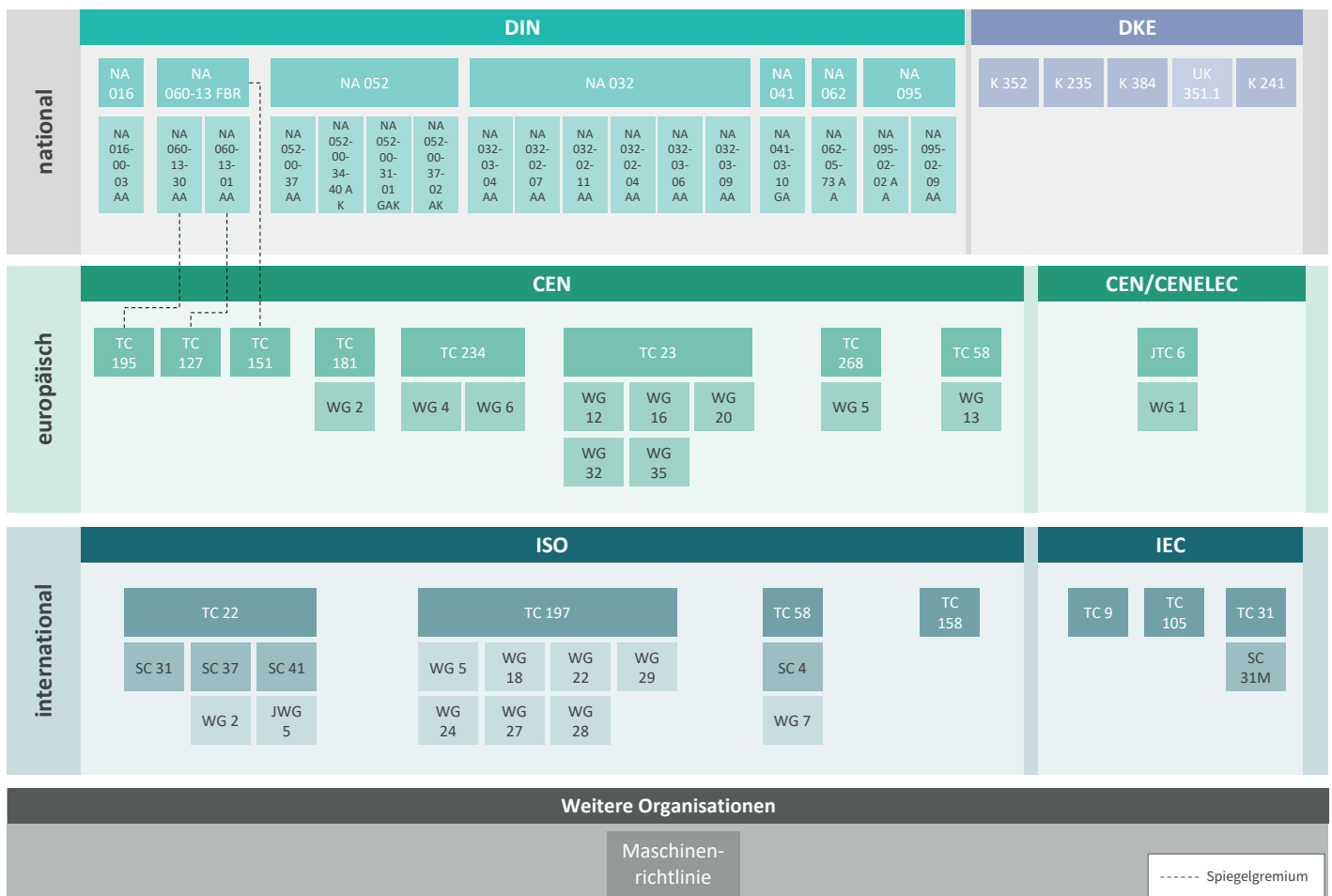


Abbildung 37: Übersicht relevanter Gremien der technischen Regelsetzung im Bereich Sonder- und Spezialfahrzeuge (Stand 07-2025) (Quelle: eigene Darstellung)

**Fazit und Ausblick**

Die Einführung von Wasserstoff in Sonder- und Spezialfahrzeugen erfordert eine schrittweise Herangehensweise, die zunächst auf die Weiterentwicklung und Etablierung der Technologie in regulären Fahrzeugen fokussiert ist. Parallel dazu müssen bestehende Normen geprüft und erweitert werden, um den spezifischen Anforderungen dieser Fahrzeugkategorie gerecht zu werden. Langfristig wird die Entwicklung angepasster Standards für die Infrastruktur und Betankung entscheidend für eine erfolgreiche Umsetzung sein.



5.1.4 Qualitätsinfrastruktur – Arbeitskreis 4

Durch die besonderen physikalischen und chemischen Eigenschaften von Wasserstoff fordert die NWS zu Recht eine robuste Qualitätsinfrastruktur für die Entwicklung und vor allem zur Überwachung von Anlagen zur Erzeugung, zum Transport, zur Speicherung und zur Verwendung von Wasserstoff. Die Qualitätsinfrastruktur trägt durch die Weiterentwicklung der Messtechnik, Qualifizierung von Werkstoffen und Materialien sowie die Prüfung von Bauteilen zur Akzeptanz der Wasserstofftechnologie bei. Es bedarf insbesondere wissenschaftlich akzeptierter und regulatorisch verankerter Prüf- und Messverfahren und Bewertungskriterien sowie international akzeptierter technischer Normen und technischen Regeln.

Der AK Qualitätsinfrastruktur bearbeitete sektorübergreifende Aspekte der Wasserstoff-Wertschöpfungskette und identifizierte Grundlagen für nachweisbare, vergleichbare Qualität

und Sicherheit von Produkten und Dienstleistungen. In drei UAKs wurden 69 Empfehlungen für Normen und technische Regelwerke ausgesprochen sowie fünf pränormative Forschungsthemen erarbeitet. Aufgrund ihrer grundlegenden Bedeutung für die technische Regelsetzung wurden weitere 13 Themen mit Dringlichkeit sofort in Normungs- und andere Standardisierungsprojekte umgesetzt. Alle Aktivitäten waren darauf ausgerichtet, den sicheren Einsatz von Wasserstoff in die verschiedenen Elemente der Qualitätsinfrastruktur – Metrologie, Normung, Konformitätsbewertung, Akkreditierung und Marktüberwachung – zu integrieren und funktionsfähig zu machen. Es wurden chemisch-analytische Fragen zur Bestimmung von Feuchtigkeit und zu Verunreinigungen im Wasserstoff sowie zur präzisen Mengenummessung des Wasserstoffs, insbesondere mittels Gaszähler, behandelt. Ebenso waren Prüfverfahren für metallische Werkstoffe, Kompositmaterialien und Kunststoffe von zentraler Bedeutung, um zuver-



lässige Aussagen über die Lebensdauer im Hinblick auf den sicheren Einsatz von Wasserstoff zu treffen. Darüber hinaus wurden technische Rahmenbedingungen sowie Produktanforderungen für Komponenten der Wasserstoffinfrastruktur und deren Installationen bearbeitet.

5.1.4.1 AG Gasanalyse



Scope

Die AG Gasanalyse befasst sich mit Fragestellungen zur chemischen Zusammensetzung und daraus abgeleiteten physikalischen Größen für wasserstoffhaltige Gasgemische sowie 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.

Reifegrad

Für den Bereich Gasanalyse liegt ein nahezu ausgereiftes technisches Regelwerk vor. Die relevanten Normen dieses Bereichs werden hinsichtlich Wasserstoff erweitert bzw. auf die Anwendbarkeit für Wasserstoff geprüft. Es wurde Bedarf bei der Gaschromatographie (GC) und Feuchtebestimmung von Wasserstoff erkannt. In zwei entsprechenden Umsetzungsprojekten werden diese Lücken geschlossen. Als weiterer Bedarf wurde die fehlende normative Unterstützung von Online-Messverfahren ermittelt.

Bestandsanalyse – Bewertung

Es bestehen bereits umfangreiche Normen und technische Regeln 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 Physikalisch-Technischen

Bundesanstalt Bestandteil der technischen Regelwerke. Insgesamt stehen 58 Regelwerke zur Verfügung.

Abbildung 38 stellt die identifizierten Gremien der technischen Regelsetzung dar, die für die Erarbeitung der technischen Regelwerke im Bereich Gasanalyse wichtig sind. Eine Übersicht der Abkürzungen der Gremien findet sich in **Abschnitt 11**.

Bedarfe und Umsetzung

Als Bedarfe wurden die Analyse von Wasserstoff für das Kernnetz, die Feuchtebestimmung in Wasserstoff und die fehlende normative Unterstützung von Online-Messverfahren ermittelt.

Für die Analyse von Wasserstoff im Kernnetz zu Abrechnungszwecken im gesetzlichen Messwesen existiert kein genormtes Analyseverfahren. Die in CEN/TS 17977 [266] vorgeschlagenen Verfahren sind entweder untauglich oder unkonkret. Um diese Lücke zu schließen, wird im Rahmen des Normungsvorhabens „GC-Analyse von Wasserstoff“ ein neues Analyseverfahren erarbeitet. Das Normverfahren ist geplant als Labor- und Feldanalyseverfahren und soll daher auf unterschiedlicher Gerätebasis umsetzbar sein.

Mit dem zweiten Umsetzungsprojekt wird gezielt die Lücke der Bestimmung des Wassergehalts in Wasserstoff für die verschiedenen Anwendungsfälle, wie z. B. Wasserstofftankstellen, Einspeisung von Wasserstoff ins Erdgasnetz oder bei der Überwachung von großtechnischen Elektrolyseuren, geschlossen. Der Fokus richtet sich zunächst auf die Bündelung vorhandener Informationen.

Darüber hinaus existieren zwar Normen zur Laboranalytik, diese sind jedoch für Online-Messverfahren unzureichend. Mit dem derzeitigen Stand der Technik sind Normungsaktivitäten z. Zt. nicht möglich. Dazu müssen erst die Ergebnisse von laufenden pränormativen Forschungsprojekten zu diesem Thema abgewartet werden.

Fazit und Ausblick

Für den Bereich Gasanalyse liegt ein nahezu ausgereiftes technisches Regelwerk vor. Identifizierte Lücken bezüglich der Wasserstoffanalyse mittels GC und zur Feuchtebestimmung werden mit Umsetzungsprojekten geschlossen. Für das offene Feld der Online-Analytik in ganzer Breite müssen

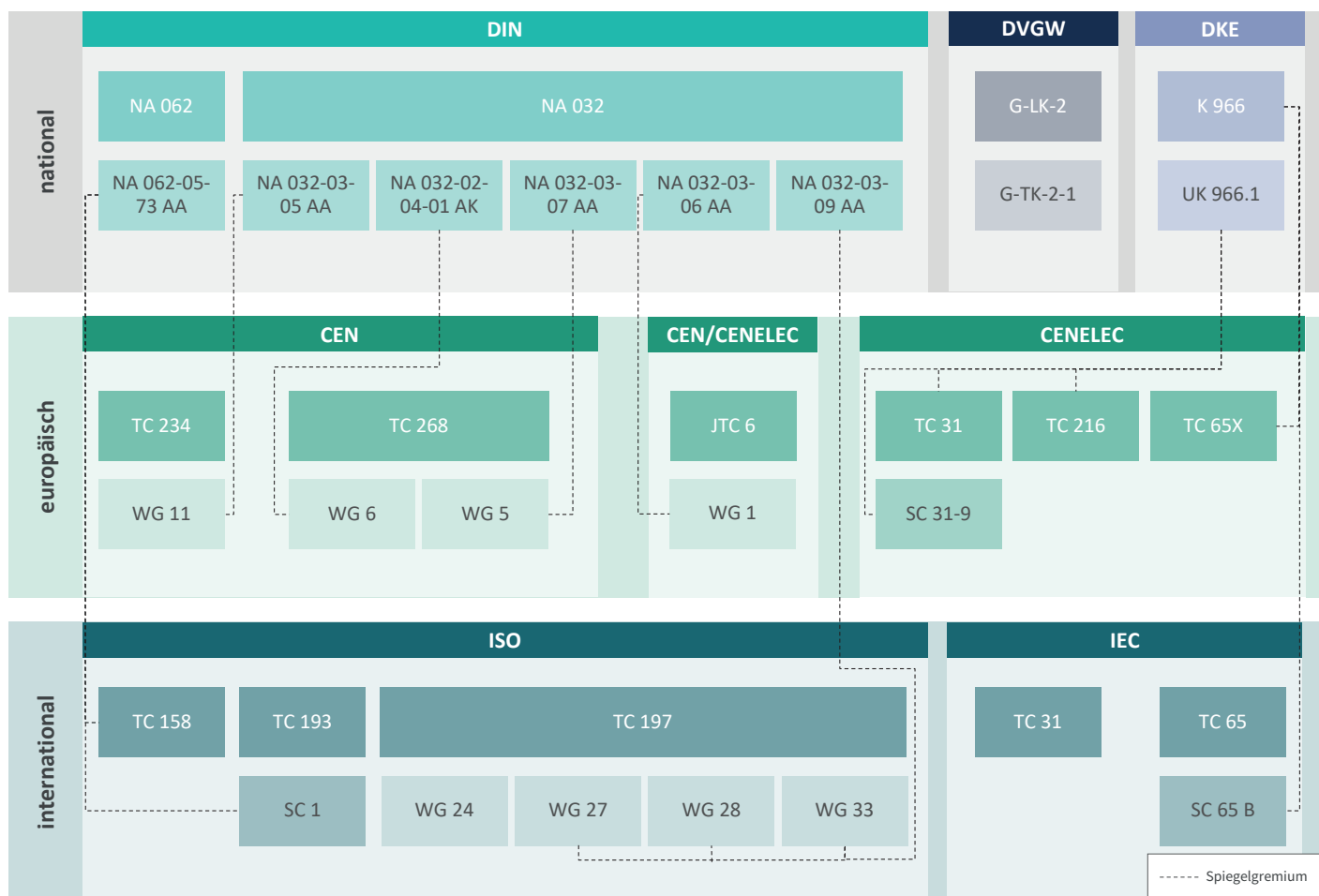


Abbildung 38: Übersicht relevanter Gremien der technischen Regelsetzung im Bereich Gasanalyse (Stand 07-2025)
(Quelle: eigene Darstellung)

belastbare Ergebnisse aus der pränormativen Forschung abgewartet werden. Die weitere Entwicklung zur Wasserstoffthematik wird aktiv von dem zuständigen Arbeitsausschuss beobachtet und bei Bedarf in Normungsaktivitäten umgesetzt. Neben Wasserstoff werden auch wasserstoffhaltige Derivate zunehmend eine wichtige Rolle spielen, die jedoch naturgemäß nicht Gegenstand dieses Verbundprojekts waren.

fahren und der Umrechnung bei der Eichung und Kalibrierung der Messgeräte sowie mit Verfahren zur Abrechnung von Wasserstoff bezogen auf den gelieferten Energiegehalt. Die betrachteten Gaszähler für die Messung von reinem Wasserstoff sowie von Wasserstoffbeimischungen umfassen sowohl den Haushaltsbereich als auch Gewerbe- und Industriezähler.

5.1.4.2 AG Wasserstoffmesstechnik und Abrechnungsverfahren



Scope

Die AG Wasserstoffmesstechnik und Abrechnungsverfahren befasst sich mit Fragestellungen zur Wasserstofftauglichkeit von verschiedenen Typen der für die Erdgasanwendung entwickelten Gaszähler, mit diversen Methoden für das Messver-

Reifegrad

Der Reifegrad des technischen Regelwerks ist rudimentär im Bereich der Gaszähler. Auf europäischer Ebene wird eine „Pilotnorm“ für Wasserstoffzähler erarbeitet. Die Übertragung auf alle anderen Zählernormen steht jedoch noch aus. Eine große Herausforderung sind die fehlenden metrologischen Prüfstände. Im Bereich der Abrechnungsverfahren ist die Anpassung an die neuen Gegebenheiten der Wasserstofftransformation im technischen Regelwerk bereits größtenteils berücksichtigt, womit das technische Regelwerk in diesem Bereich fast vollständig ist. Insgesamt ist der Reifegrad der Bestandsnormen als „arbeitsfähig“ einzustufen.



Bestandsanalyse – Bewertung

Insgesamt sind 24 technische Regelwerke als Bestand in diesem Themenbereich identifiziert worden [33]. Davon haben 22 technische Regelwerke den Status „veröffentlicht“. Die übrigen sowie drei der veröffentlichten Dokumente befinden sich in Überarbeitung und liegen entweder als Entwurf oder (vorläufiges) Arbeitsdokument vor. Die Anforderungen an die Messung und Abrechnung von Gasen, einschließlich Wasserstoffgemischen und reinem Wasserstoff, an allen Ein- und Ausspeisepunkten sind größtenteils H₂-ready und wurden vom DVGW-Gremium G-TK-1-5 Gasmessung und Abrechnung insbesondere in den DVGW-Arbeitsblättern G 685 (A) (Teil 1 bis 8) [267] erarbeitet. 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, Europäische und internationale Normen aufgenommen werden können. Die Produktnormen der Gaszähler werden auf europäischer Ebene von CEN/TC 237 und auf internationaler Ebene von ISO/TC 30/SC 5 erarbeitet. Derzeit existiert keine

fertige Norm für Wasserstoffzähler, aber es existiert eine DVGW-Information für die Verwendung von Gaszählern und Mengenumwertern für die Mengenbestimmung von reinem Wasserstoff. Aufgrund der fehlenden Regelung gibt es derzeit auf dem Markt nur wenige Volumenmessgeräte mit einer Baumusterprüfbescheinigung für die Messung von reinem Wasserstoff. 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 Physikalisch-Technischen Bundesanstalt (PTB) und verschiedene Prüfanweisungen, die für Wasserstoff anwendbar sind.

Abbildung 39 stellt die identifizierten Gremien der technischen Regelung dar, die für die Erarbeitung der technischen Regelwerke im Bereich Wasserstoffmesstechnik und Abrechnungsverfahren wichtig sind. Eine Übersicht der Abkürzungen der Gremien findet sich in Abschnitt 11.

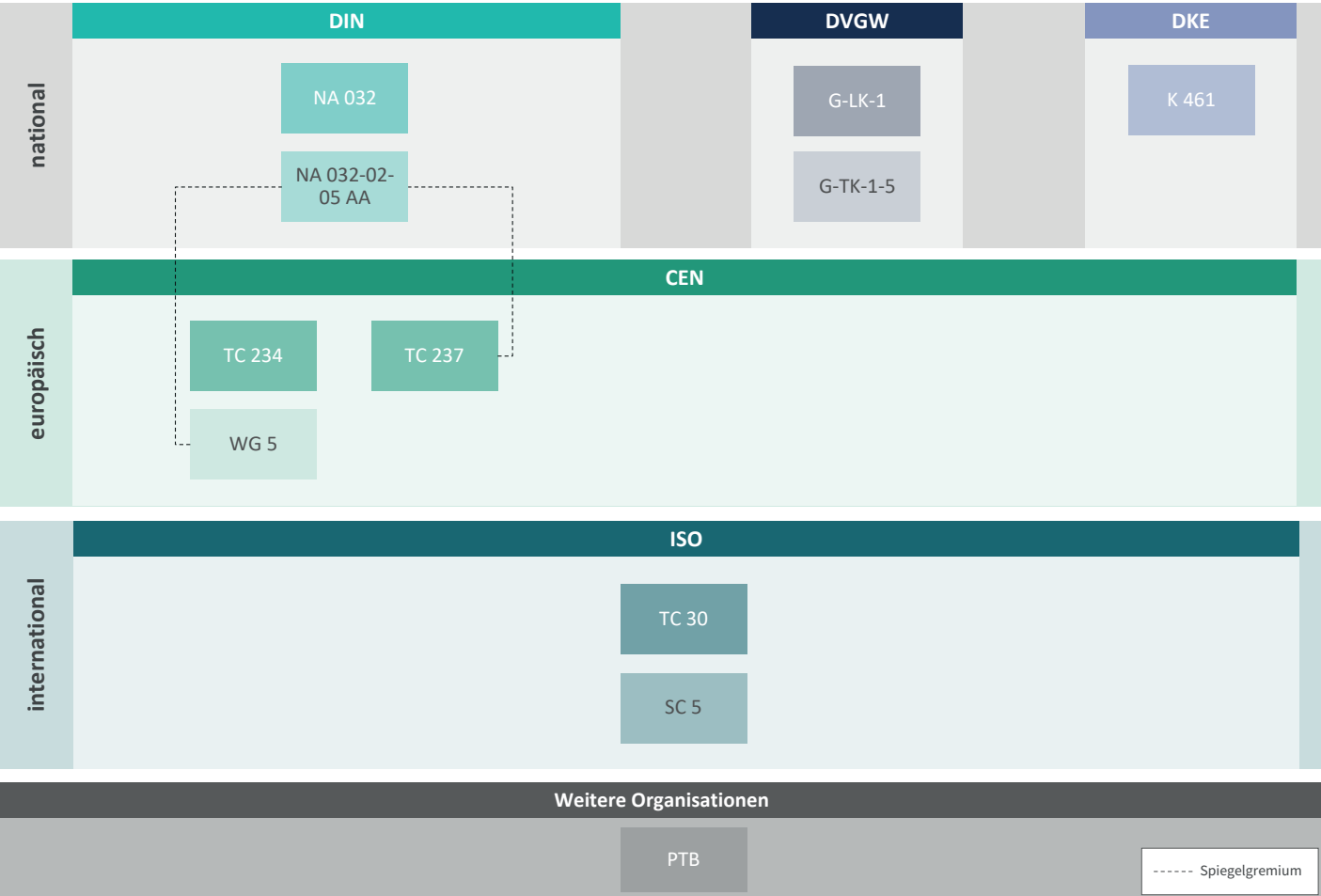


Abbildung 39: Übersicht relevanter Gremien der technischen Regelung im Bereich Wasserstoffmesstechnik und Abrechnungsverfahren (Stand 07-2025) (Quelle: eigene Darstellung)

Bedarfe und Umsetzung

Das technische Regelwerk im Bereich Abrechnungsverfahren ist weit fortgeschritten, und die Abrechnung von reinem Wasserstoff in Wasserstoffnetzen ist darin abgedeckt. Die abgegebene Handlungsempfehlung der AG zur Schließung der letzten Lücke bei der Bestimmung von Energiemengen befindet sich bereits in der Umsetzung (siehe [Aktionsplan](#)).

Hingegen weisen die Produktnormen der verschiedenen Gaszählertypen einen erheblichen Anpassungsbedarf an Wasserstoff auf. Im CEN/TC 237 ist die Bearbeitung der EN 17526 [268] als „Pilotnorm“ für Wasserstoff gestartet und weit fortgeschritten. Obwohl die EN 1359 [269] für Deutschland wirtschaftlich bedeutsamer ist, hätte die Erstellung einer zweiten Pilotnorm ein neues europäisches Mandat benötigt, was einen zeitintensiven Prozess darstellt. Somit wurde von der AG der Kompromiss unterstützt, die EN 17526 [268] zeitnah zu erstellen, um dann diese auf andere Gerätetechniken zu übertragen. Die NRM H2 ermöglichte die Umwidmung des Umsetzungsprojekts von EN 1359 [269] auf EN 17526 [268]. U. a. durch die engagierte Mitarbeit eines durch die Roadmap unterstützten deutschen Experten ist die Überarbeitung der EN 17526 [268] hinsichtlich Wasserstoff inhaltlich abgeschlossen.

Im Rahmen der Überarbeitung der Pilotnorm konnten einige Lücken geschlossen werden, wie z. B. die Klärung der Anforderungen zur Dichtheitsprüfung und des maximalen Durchflusses, der aufgrund der niedrigeren Energiedichte bei (fast) allen Gaszählertypen nicht erhöht werden kann. Damit die Ergebnisse im Anschluss in die anderen Produktnormen (Balgen-, Drehkolben-, Turbinenrad- und Ultraschall-Haushaltsgaszähler) aufgenommen werden können, wurden darüber hinaus Handlungsempfehlungen für die weiteren AGs auf europäischer Ebene ausgearbeitet. Diese umfassen u. a. die Auswirkungen von Verschmutzungen im Gas und die Bewertung von potenziellen Geräuschproblemen.

Wesentliche Herausforderungen bei den Gaszählernormen sind die fehlenden Wasserstoffprüfstände, die für den metrologischen Nachweis der Messrichtigkeit für die Zulassung und ggf. zur Markt- und Verwendungsüberwachung insbesondere von statischen Gaszählern nötig sind. Hersteller und Anwender prüfen Zähler für Erdgas mit Luft. Aus sicherheitstechnischen Gründen ist man bestrebt, die Wasserstoffzähler zukünftig auch mit Luft zu prüfen. Aufgrund der großen Unterschiede der Prüfmedien müssen Verfahren zur Übertragbarkeit von Luft auf Wasserstoff erarbeitet werden.

Für die industriellen Gaszähler bestehen im „mittleren“ Druck- und Durchflussbereich (1–8 bar, 20–650 m³/h) noch Lücken, die für diese Übertragbarkeit erforderlich sind. Außerdem ergeben sich in Abhängigkeit des Gases unterschiedliche Mess- oder Druckbereiche. Diese Kennzeichnung ist nach der aktuellen Europäischen Richtlinie 2014/32/EU (MID) [270] nicht möglich. Die Richtlinie MID [270] wird aktuell überarbeitet.

Fazit und Ausblick

Im Bereich der Abrechnungsverfahren wurde über die identifizierte und in Umsetzung befindliche Handlungsempfehlung zur Bestimmung von Energiemengen hinaus kein weiterer Handlungsbedarf festgestellt. Das technische Regelwerk wird gleichwohl im verantwortlichen DVGW-Gremium durch den kontinuierlichen Erkenntnisgewinn aus Forschungsprojekten weiterentwickelt. Für alle Gaszählertypen ist eine Überarbeitung der jeweiligen Produktnorm erforderlich, was in einem Fahrplan zur Schließung der Lücken festgehalten wurde. Durch die Mitarbeit in CEN/TC 237 WG 10 konnte zur Ausarbeitung der sogenannten „Pilotnorm“ EN 17526 beigetragen werden. Einige Bedingungen können auf die anderen Gaszählernormen übertragen werden. Aufgrund der spezifischen Technologie der thermischen Gaszähler müssen jedoch einige Anforderungen bei den mechanischen Zählerbauarten wie auch den Ultraschallgaszählern neu erarbeitet werden. Nach Freigabe der Pilotnorm wird mit der Überarbeitung der ausstehenden Gaszählernormen begonnen, was das technische Regelwerk vervollständigen wird.

5.1.4.3 AG Metallische Werkstoffe



Scope

Die AG Metallische Werkstoffe befasst sich mit Prüfverfahren zur Ermittlung von Werkstoffeigenschaften unter Einfluss von Wasserstoff an metallischen Werkstoffen. Durch Wasserstoffeinwirkung verursachte Leckagen werden ebenfalls berücksichtigt. Die Wasserstoffwirtschaft braucht für ihren zukünftigen Hochlauf belastbare Werkstoffkennwerte für den sicheren und zuverlässigen Betrieb von Bauteilen und Komponenten. Dafür müssen die entsprechenden Prüfverfahren genormt werden. Die Ergebnisse können zur Qualitätssicherung in der Produktion oder zur Auslegung von Bauteilen herangezogen werden.



Reifegrad

Für den Bereich der metallischen Werkstoffe existiert eine Vielzahl an genormten Prüfverfahren. Das technische Regelwerk wird als „arbeitsfähig“ angesehen. Bei metallischen Werkstoffen ist die Ermittlung der üblichen mechanischen Eigenschaften unter Druckwasserstoff in der kanadisch-amerikanischen Kernnorm CSA ANSI/CSA CHMC 1 [271] spezifiziert. Es wird angestrebt, die Inhalte dieser Norm in eine ISO-Norm zu überführen. Eine weitere Kernnorm aus diesem Bereich ist die im Jahr 2024 veröffentlichte ISO 7039 [272] zur Verwendung von mit Gas gefüllten Hohlproben im Zugversuch. Es fehlen Festlegungen zu einigen Rahmenbedingungen, die notwendig sind, um vergleichbare und reproduzierbare Ergebnisse bei der Verwendung von Wasserstoff zu erzielen. Bestehende Lücken werden z. B. durch die finanzielle Förderung der Überarbeitung der ISO 7039 [272] und der Erarbeitung eines Verfahrens zur Messung der Wasserstoffpermeation aus der Gasphase in Metallen geschlossen.

Bestandsanalyse – Bewertung

Es wurden insgesamt 64 relevante technische Regelwerke identifiziert, die bereits für Wasserstoff anwendbar sind. Die Mehrheit der technischen Regelwerke stammt hierbei aus dem Bereich der Gasinfrastruktur und der Prüfung von Schweißverbindungen.

Die bis dato zur Verfügung stehenden DIN-/EN-/ISO-Normen für die produktunabhängige Prüfung von metallischen Werkstoffen könnten teilweise auch für Wasserstoff geeignet sein, hierbei bedarf es aber einer detaillierten Überprüfung für jeden Einzelfall. Meist fehlen Festlegungen für die Verwendung von Wasserstoff, um vergleichbare und reproduzierbare Messergebnisse zu erhalten. Aktuell gibt es einige wenige, teils internationale Initiativen durch Forschungsprojekte, um die Grundlagen für eine nachfolgende Normung zu erreichen. Wo dies möglich ist, wurden die Bedarfe bereits zur Überarbeitung bestehender Normen an die entsprechenden Gremien kommuniziert. Insbesondere soll die genannte CSA ANSI/CSA CHMC 1 [271] in internationale ISO-Normen überführt werden. Die CSA ANSI/CSA CHMC 1 [271] legt einheitliche Prüfverfahren für die Bewertung der Materialverträglichkeit bei Anwendungen mit komprimiertem Wasserstoff fest. Die Ergebnisse dieser Prüfungen sollen einen grundlegenden Vergleich der Leistungsfähigkeit von Werkstoffen in Anwendungen mit komprimiertem Wasserstoff ermöglichen. Weiterhin wird angestrebt, die ISO 7039 [272] inhaltlich hinsichtlich der Durchführung von Hohlproben-Zugversuchen mit Druckwasserstoff zu erweitern. Eine zentrale Rolle für die produktunabhängige Prüfung von metallischen

Werkstoffen nimmt das ISO/TC 164 „Mechanical testing of metals“ ein. Das ISO/TC 164/SC 1 „Uniaxial testing“ ist u. a. zuständig für die geplante Überarbeitung der ISO 7039 [272].

Abbildung 40 stellt die identifizierten Gremien der technischen Regelsetzung dar, die für die Erarbeitung der technischen Regelwerke im Bereich Metallische Werkstoffe wichtig sind. Eine Übersicht der Abkürzungen der Gremien findet sich in Abschnitt 11.

Bedarfe und Umsetzung

Die Überarbeitung von bestehenden produktunabhängigen Prüfverfahren, um diese einsatzbereit für die Verwendung von Wasserstoff zu machen, steht im Fokus der erarbeiteten Bedarfe. Im Mittelpunkt stehen die Überarbeitung der ISO 7039 [272], die Erarbeitung einer Norm zur Bestimmung der Permeabilität und die Überführung der CSA ANSI/CSA CHMC 1 [271] in eine oder mehrere internationale ISO-Normen.

Als erstes Umsetzungsprojekt wird die Überarbeitung der ISO 7039 [272] unter deutscher Projektleitung gefördert. Ziel ist es, Vorgaben spezifisch für die Verwendung von Wasserstoff aufzunehmen, z. B. die Ausführung der Bohrung, Oberfläche des Hohlraums und der Versuchsdurchführung. Der Zugversuch ist einer der häufigsten Versuche zur Werkstoffcharakterisierung in der Werkstofftechnik. Aus den Ergebnissen des Zugversuchs ist eine weite Aussage über das Materialverhalten wie über die ertragbaren Beanspruchungen oder das Verformungsverhalten möglich. So werden die Ergebnisse für viele tägliche Fragestellungen der metallverarbeitenden Industrie eingesetzt, beispielsweise bei der Bewertung von Werkstoffen, der Qualitätssicherung in der Produktion oder der Auslegung von Bauteilen.

Als zweites Umsetzungsprojekt wird die Erarbeitung einer nationalen Norm gefördert, die eine standardisierte Analyse der Wasserstoffpermeabilität und Diffusivität in metallischen Materialien sowie die Bewertung der Barrierewirkung von dünnen Schichten auf metallischen Membranen gegenüber Wasserstoff ermöglicht. Die Norm wird als Grundlage für die Qualitätssicherung und -kontrolle in der Produktion von metallischen Bauteilen und Beschichtungen, die in wasserstoffexponierten Umgebungen eingesetzt werden, dienen. So können die sichersten und effizientesten Materialsysteme für den Einsatz in der Wasserstoffwirtschaft ausgewählt werden. Die Norm soll in folgenden Industriesektoren zur Anwendung kommen: Wasserstoffproduktion, -transport, -speicherung

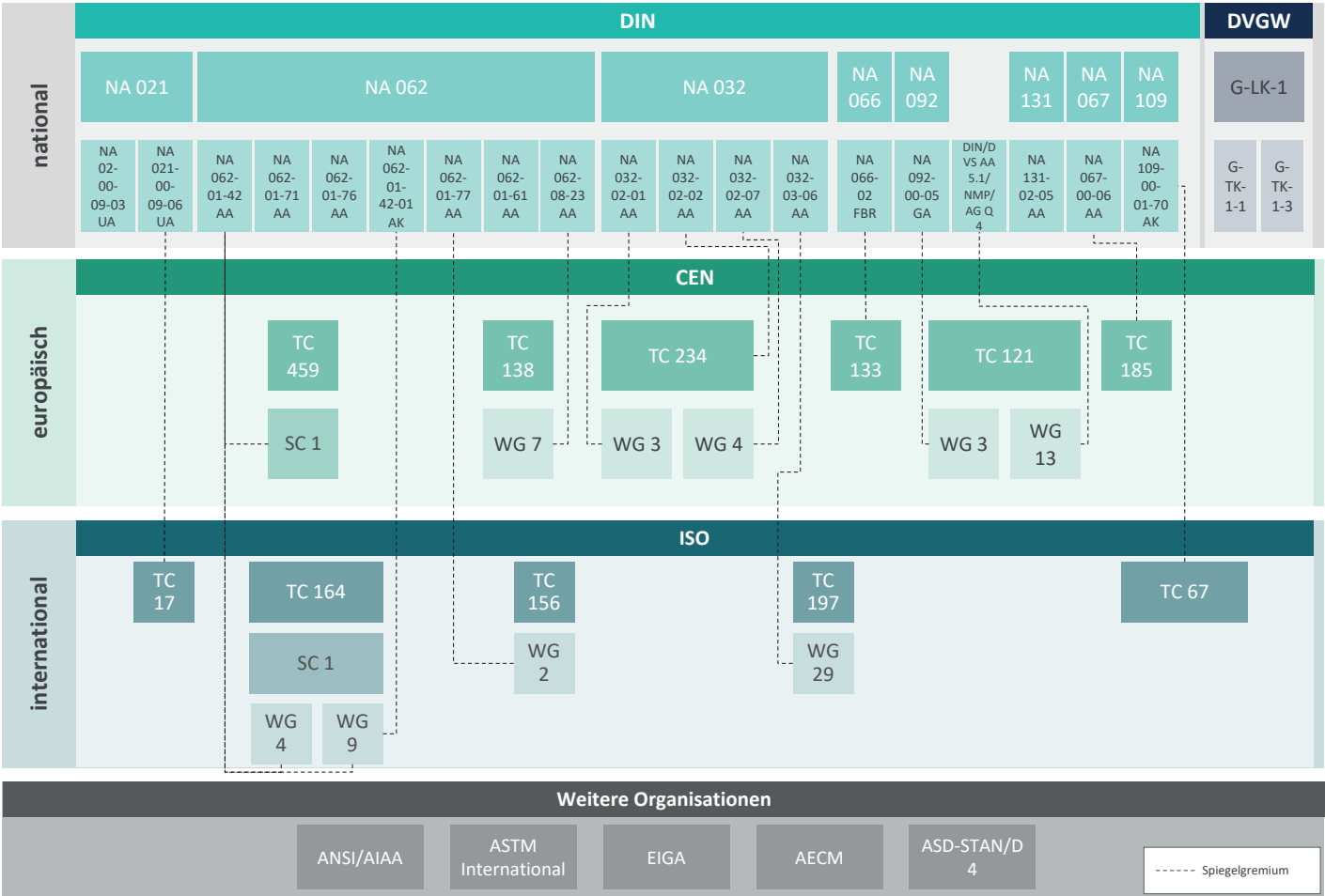


Abbildung 40: Übersicht relevanter Gremien der technischen Regelung im Bereich Metallische Werkstoffe (Stand 07-2025)
(Quelle: eigene Darstellung)

und -nutzung, einschließlich Brennstoffzellen, Elektrolyseuren und Wasserstoffmotoren.

Für die Wasserstoffwirtschaft spielt die Bewertung des Risswachstums, die Messung der quasistatischen Bruchzähigkeit und die Durchführung von kraft- oder dehnungsgeregelten Ermüdungsversuchen unter Druckwasserstoff eine zentrale Rolle in der sicheren Auslegung von zyklisch belasteten technischen Strukturen. In diesen Bereichen wäre es wünschenswert, Festlegungen aus der CSA ANSI/CSA CHMC 1 [271], die derzeit überarbeitet wird, in ISO-Normen zu überführen. Dazu wurde Kontakt mit der Canadian Standards Association (CSA) aufgenommen. Zunächst soll die Überarbeitung abgeschlossen werden, bevor eine Überführung in Betracht gezogen wird.

Es soll ein genormtes Prüfverfahren für die Wasserstoffverträglichkeit von kleinen und dünnen Rohren (Außendurchmesser < 150 mm / Wanddicke < 12 mm) erarbeitet werden. Die Erfahrungen über den Wasserstoffeinfluss insbesondere bei Anwendungen unter hohem Innendruck (>200 bar) und

zyklischer Belastungen sind limitiert. Daher ist eine Prüfung auf Wasserstoffverträglichkeit unerlässlich. In bestehenden Prüfnormen werden gängige Probengeometrien verwendet. Diese sind jedoch bei kleinen und/oder dünnwandigen Rohren nicht umsetzbar.

Im Bereich der Elektrolyse und für Wasserstoff-Brennstoffzellen werden metallische Komponenten aus dünnen Blechen im µm-Bereich eingesetzt, an diese werden z. B. höhere Anforderungen an Parallelität und Temperaturbeständigkeit gestellt. Für die mechanische Prüfung, insbesondere für die Druckprüfung, gibt es keine internationale Norm.

Die experimentelle Durchführung von Kerbschlagversuchen unter Druckwasserstoffatmosphäre in Autoklaven ist z. Zt. nicht möglich. Zudem zeigen Literaturergebnisse, dass die Belastungsgeschwindigkeit zu schnell ist, um eine Wasserstoffversprödung im Versuchsergebnis zu detektieren. Daher sollte von der Entwicklung einer Norm für Kerbschlagversuche unter Druckgasatmosphäre bis auf Weiteres abgesehen werden.



Fazit und Ausblick

Die Wasserstoffwirtschaft braucht für ihren zukünftigen Hochlauf belastbare Werkstoffkennwerte für den sicheren und zuverlässigen Betrieb der Bauteile. Dafür müssen die verwendeten Konstruktionswerkstoffe getestet werden. Bestehende technische Regelwerke zur Werkstoffprüfung werden angepasst, um klare Vorgaben für den Einsatz von Wasserstoff zu schaffen, während gleichzeitig schnelle und kostengünstige Alternativen zu den bisherigen Verfahren entwickelt werden.

Es wurden Lücken in den Bereichen der Bruchmechanik, Ermüdungs-, Zug-, Duktilitätsprüfung und der Analyse der Wasserstoffpermeabilität in metallischen Materialien erkannt und werden wie folgt adressiert. Es wird angestrebt, Festlegungen aus der kanadisch-amerikanischen Kernnorm CSA ANSI/CSA CHMC 1 [271], die derzeit überarbeitet wird, in ISO-Normen für die Auslegung von zyklisch belasteten technischen Strukturen zu überführen. Die Überarbeitung wird voraussichtlich im Herbst 2025 abgeschlossen sein. Eine mögliche Überführung von Inhalten im Anschluss an die Überarbeitung wurde angefragt. Als Alternative zur Zugprüfung in Autoklaven soll die ISO 7039 [272] in einem Zeitrahmen von drei Jahren überarbeitet werden, um Anforderungen für die Verwendung von Druckwasserstoff zu ergänzen. Die Überarbeitung wird momentan vorbereitet und soll im September 2025 starten.

Das Umsetzungsprojekt zur Analyse der Wasserstoffpermeabilität wird rein national erarbeitet und voraussichtlich im Spätsommer oder Frühherbst 2025 starten. Die Erarbeitung soll innerhalb von 18 Monaten erfolgen. Bei erfolgreicher Umsetzung der beschriebenen Maßnahmen in den kommenden drei Jahren kann ein ausgereiftes technisches Regelwerk erarbeitet werden.

systemen eingesetzt. Wasserstoff kann die Werkstoffbeständigkeit beeinflussen und permeiert aufgrund der Molekülgröße durch eine Vielzahl von Kunststoffen. Um die Funktion und die Integrität für den jeweiligen Anwendungsbereich der aus Kompositen und Kunststoffen hergestellten Komponenten, beispielsweise Dichtungen und Schläuche, zu erhalten, werden dementsprechende Prüfverfahren zur Festlegung von Kennwerten benötigt. Dies gilt auch in Verbindung mit Medien im Umfeld von Wasserstofftechnologien wie beispielsweise Derivaten.

Reifegrad

Für den Bereich Kunststoffe und Komposite mit Bezug zu Wasserstofftechnologien liegt ein rudimentäres technisches Regelwerk vor und nur eine geringe Anzahl an Prüfverfahren ist bereits genormt. Die relevanten Normen dieses Bereichs müssen hinsichtlich Wasserstoff erweitert werden. In der Norm CSA ANSI CHMC 2 [273] werden verschiedene Prüfmethoden und -bedingungen für polymere Werkstoffe unter Wasserstoffeinfluss definiert. Dazu zählen: Ausgasung (mit GC/MS), Dichte (H_2 -Quellung), Zug- und Biegeversuche, Charpy-Schlagzähigkeit, die Permeabilität und Tribologie/Verschleiß. Bestehende Lücken werden z. B. durch das Umsetzungsprojekt zur ISO/NP 25865 [274] geschlossen. Die staatlichen Rahmenbedingungen in Bezug auf die Wasserstoffwirtschaft sind derzeit unklar, was zu einer Zurückhaltung bei Investitionen seitens der Industrie führt. Daraus resultiert auch eine Zurückhaltung der Stakeholder in Bezug auf die Investition personeller und finanzieller Ressourcen in der Normung. Sofern die hier beschriebenen Rahmenbedingungen sich verbessern, ließen sich die Lücken durch die Normung der beschriebenen Bedarfe schließen.

Bestandsanalyse – Bewertung

Es besteht bereits eine Basis aus insgesamt 38 Normen und technischen Regeln zu Kunststoffen und Kompositen, die einen Bezug auf eine Gasatmosphäre (bspw. Erdgas, Luftsauerstoff etc.) haben. Darüber hinaus gibt es eine Vielzahl von Prüfnormen im Bereich Kunststoffe und Komposite, die potenziell auch für die Wasserstofftechnologien anwendbar wären. Die Mehrheit der Normen und technischen Regeln sind hierbei Europäische und internationale Normen (EN, EN ISO und ISO). Die Übertragbarkeit der genannten Normen in Bezug auf Wasserstoff muss geprüft und ggf. in den Normen ergänzt werden.

Die bis dato zur Verfügung stehenden DIN-/EN-/ISO-Normen sind für die produktunabhängige Prüfung von Kunststoffen

5.1.4.4 AG Komposite und Kunststoffe



Scope

Die AG Komposite und Kunststoffe befasst sich mit Prüfverfahren zur Ermittlung von Werkstoffkennwerten unter Einfluss von Wasserstoff an Kompositen und Kunststoffen. Kunststoffe und Komposite werden in Anwendungen mit Wasserstoff (in seinen Aggregatzuständen sowie bei unterschiedlichen Betriebszuständen) überwiegend in Transport- und Förder-

und Kompositen nach Wasserstoffexposition nur z. T. geeignet, hierbei bedarf es aber einer detaillierten Überprüfung für jeden Einzelfall. Meist fehlen Festlegungen und die notwendige Prüfinfrastruktur für die in-situ-Prüfung von Kunststoffen und Kompositen in Wasserstoff, um vergleichbare und reproduzierbare Messergebnisse zu erhalten. Aktuell gibt es einige wenige, teils internationale Initiativen durch Forschungsprojekte, die Grundlagen für eine nachfolgende Normung erreichen möchten. Weiterhin wurden, wo dies möglich ist, die Bedarfe bereits zur Überarbeitung bestehender Normen an die entsprechenden Gremien kommuniziert. Insbesondere soll die CSA ANSI CHMC 2 [273] in eine internationale ISO-Norm überführt werden. Bestehende Lücken im Bereich Tribologie/Verschleißprüfung werden z. B. durch das Umsetzungsprojekt zur ISO/NP 25865 [274] geschlossen. Eine zentrale Rolle für die produktunabhängige Prüfung von Kunststoffen und Kompositen nimmt das ISO/TC 61 „Plastics“ ein.

Abbildung 41 stellt die identifizierten Gremien der technischen Regelsetzung dar, die für die Erarbeitung der technischen Regelwerke im Bereich Komposite und Kunststoffe wichtig sind. Eine Übersicht der Abkürzungen der Gremien findet sich in Abschnitt 11.

Bedarfe und Umsetzung

Die Überarbeitung bzw. Erweiterung von bestehenden produktunabhängigen Prüfverfahren, um diese einsatzbereit für die Verwendung von Wasserstoff zu machen, steht im Fokus der erarbeiteten Bedarfe. Wie bereits beschrieben fehlen international etablierte Prüfnormen zur Charakterisierung von Kunststoffen und Kompositen sowohl in als auch nach Wasserstoffexposition. Die Herausforderungen bei der Normung der Prüfverfahren sind einerseits die materialbedingten Auswirkungen durch Wasserstoff und andererseits die maschinentechnische Umsetzung zur Prüfung in Wasser-

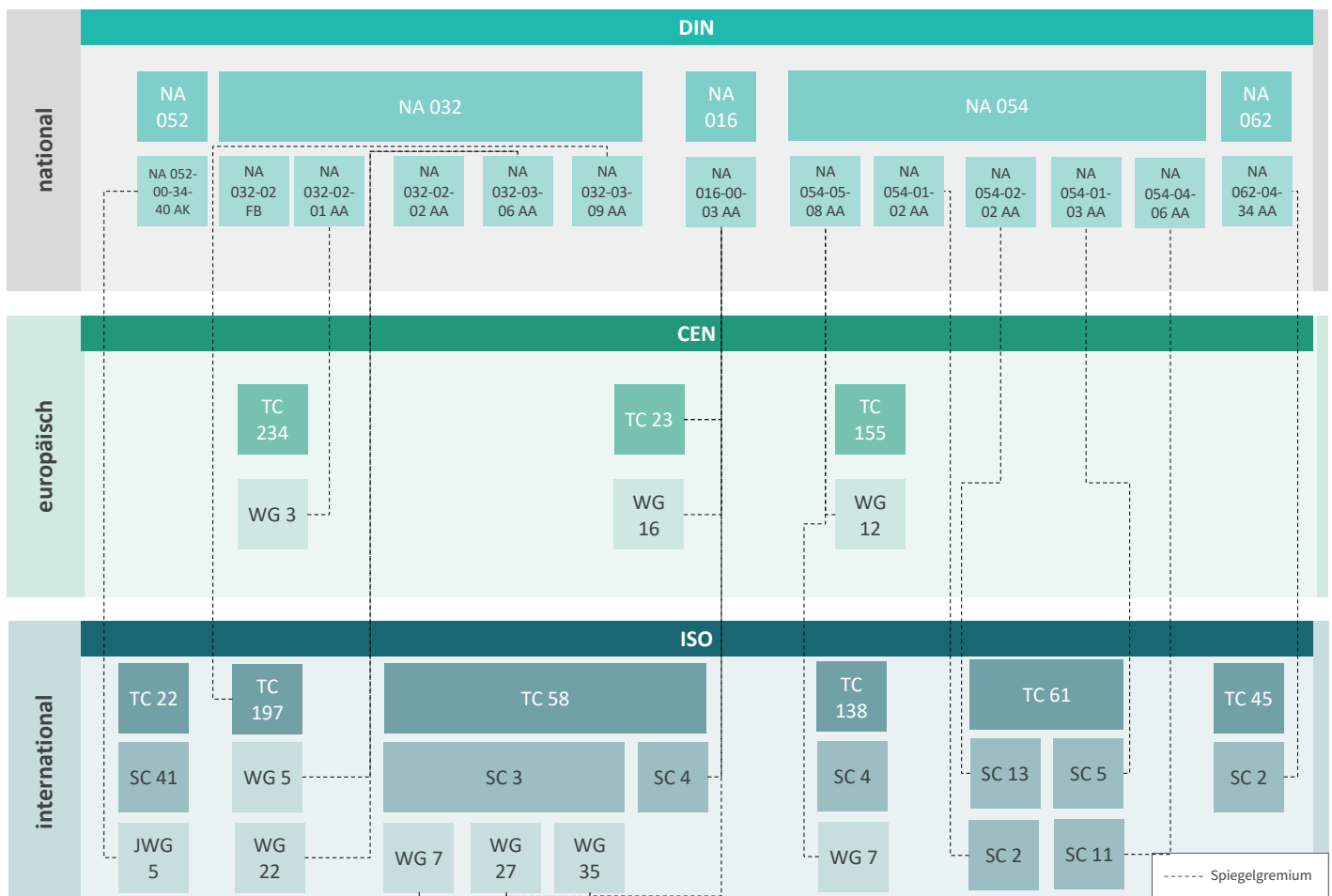


Abbildung 41: Übersicht relevanter Gremien der technischen Regelsetzung im Bereich Komposite und Kunststoffe (Stand 07-2025) (Quelle: eigene Darstellung)



stoffatmosphären. Die Kunststoffe und Komposite verändern ihre Materialeigenschaften im Kontakt mit Wasserstoff, wobei einzelne Prozesse reversibel stattfinden. Die reversiblen Eigenschaftsveränderungen müssen insitu geprüft werden, da sie sich nach Auslagerung schnell wieder auf ihren Ursprungszustand normalisieren.

Es wurden insgesamt zehn konkrete Handlungsempfehlungen zur Schließung der bestehenden Lücken im technischen Regelwerk ausgesprochen. Als Umsetzungsprojekt wird im Bereich Tribologie/Verschleißprüfung die ISO/NP 25865 [274] erarbeitet. Die erfolgreiche Umsetzung der beschriebenen Normungsbedarfe erfordert zusätzliche personelle Ressourcen sowie erweiterte Prüfkapazitäten, die aktuell nicht im notwendigen Umfang bei den Stakeholdern vorhanden sind. Die eingeschränkte Verfügbarkeit von Ressourcen ist unter anderem auf staatliche Rahmenbedingungen – wie etwa Unsicherheiten durch eine wechselhafte Wirtschaftspolitik – sowie auf wirtschaftliche Volatilität, Fachkräftemangel, Ambiguität in den Anforderungen und eine teilweise geringe Marktnachfrage zurückzuführen.

Fazit und Ausblick

Für den Bereich Kunststoffe und Komposite mit Bezug zu Wasserstofftechnologien existiert bislang nur ein rudimentäres technisches Regelwerk mit wenigen spezifischen Prüfverfahren. Bestehende Normen müssen gezielt um wasserstoffrelevante Aspekte erweitert werden. Die Norm CSA ANSI CHMC 2 [273] definiert bereits grundlegende Prüfmethoden für polymere Werkstoffe unter Wasserstoffeinfluss, darunter Ausgasung, Dichteveränderung, mechanische Eigenschaften, Permeabilität und Tribologie. Lücken, insbesondere im Bereich der Verschleißprüfung, werden durch das Umsetzungsprojekt ISO/NP 25865 [274] adressiert.

Eine Bestandsaufnahme zeigt 38 relevante Normen mit Bezug zur Anwendung in Gasen sowie zahlreiche weitere Prüfnormen, die potenziell auf Wasserstoff übertragbar sind. Diese Übertragbarkeit muss jedoch im Einzelfall geprüft und ggf. normativ ergänzt werden. Aktuelle Normen sind nur eingeschränkt für die produktunabhängige Prüfung nach Wasserstoffexposition geeignet, da es an klaren Festlegungen und geeigneter Prüfinfrastruktur für in-situ-Prüfungen fehlt. Internationale Forschungsinitiativen und Gremienarbeit, etwa im ISO/TC 61 „Plastics“, treiben die Normung voran. Ziel ist u. a. die Überarbeitung bestehender Prüfverfahren zur Eignung für Wasserstoffanwendungen.

Die Umsetzung der Normungsbedarfe wird durch unklare staatliche Rahmenbedingungen, wirtschaftliche Unsicherheiten, Fachkräftemangel und geringe Marktnachfrage erschwert. Diese Faktoren führen zu einer Zurückhaltung bei Investitionen in Normungsaktivitäten. Insgesamt wurden zehn konkrete Handlungsempfehlungen formuliert, deren Umsetzung zusätzliche personelle und technische Ressourcen erfordert.

5.1.4.5 AG Bauteile Infrastruktur



Scope

In der AG Bauteile Infrastruktur werden Produktnormen für Bauteile hinsichtlich ihrer Wasserstofftauglichkeit betrachtet. Bei den Bauteilen handelt es sich ausschließlich um Bauteile wie z. B. Absperr- und Anbohrarmaturen, Regelgeräte, Sicherheitsabsperrventile, Sicherheitsabblaseventile, die in Netzen des Wasserstofftransports, der Wasserstoffverteilung sowie in der Wasserstoffversorgung und in infrastrukturellen Wasserstoffanlagen eingesetzt werden. Bauteile aus dem Bereich der Anwendungen und der Industrie, wie kryogene Armaturen und Spezialanwendungen, gehören nicht zum Scope dieser AG.

Reifegrad

Es liegt ein nahezu vollständiges technisches Regelwerk für den Bereich der infrastrukturellen Bauteile vor. Dies betrifft sowohl die nationale als auch die europäische Normung. Vorhandene Lücken, wie z. B. einheitliche Prüfverfahren oder fehlende Harmonisierung von Normen, wurden erkannt und werden geschlossen.

Bestandsanalyse – Bewertung

Für Bauteile der Infrastruktur sind insgesamt elf Normen und technische Regelwerke als bereits für Wasserstoff anwendbar gelistet. Dabei handelt es sich in der Mehrzahl um Europäische Normen und zwei nationale technische Regelwerke. Unter Bauteilen für die Infrastruktur sind primär drucktragende Komponenten wie Stellglieder, Absperr- und Regelarmaturen, Sicherheitsabsperrventile und weitere Regeleinrichtungen sowie Druck- und Prozessbehälter mit den entsprechenden Rohrleitungen und deren Verbindungselemente (Flansche) zu verstehen. Für die drucktragenden

Komponenten gibt es länderspezifische Anforderungen, die in Normen (ISO / ASME / DIN), Richtlinien (PED-, ATEX-, VDI/VDE-Richtlinien etc.) und Merkblättern (DVGW/AD2000 etc.) festgeschrieben sind, mit dem Ziel, eine maximale Betriebssicherheit für die jeweilige Anwendung zu erzielen.

Vorhandene Lücken in den technischen Regelwerken und Normen sind identifiziert und an die entsprechenden Regelsetzungsgremien adressiert. In den Gremien der technischen Regelsetzung erfolgt eine Überprüfung und Anpassung an Anforderungen für Wasserstoffanwendungen. Die maßgeblichen Gremien der Regelsetzung werden auf nationaler Ebene durch das Technische Komitee des DVGW G-TK-1-6 Gasarmaturen und durch den DIN-Normungsausschuss Gas-technik NAGas (NA032-02-06 AA-Gasarmaturen) abgebildet. Auf europäischer und internationaler Ebene sind dies CEN/TC 54 „Unbefeuerte Druckbehälter“ und ISO/TC 197 „Wasserstofftechnologien“.

Bedarfe und Umsetzung

Für alle Druckgeräte (Behälter, Rohrleitungen, Ausrüstungsteile) und Baugruppen über 0,5 bar gilt für das Inverkehrbringen und für die CE-Kennzeichnung die europäische DGRL 2014/68/EU [118], Ausnahmeregelungen für Fernleitungen sind zu beachten. Bei Energieanlagen der öffentlichen Versorgung gilt zusätzlich das EnWG [119]. Herausforderungen für die Anwendung bestehen in der Auswahl des dazu passenden, spezifischen technischen Regelwerkes. Insgesamt wurden 33 konkrete Bedarfe zur Schließung der bestehenden Lücken identifiziert.

Für die Bereitstellung von Bauteilen für den Neubau von Wasserstoffnetzen und Wasserstoffinfrastrukturen besteht die Herausforderung, dass zwischen folgenden Schadensmechanismen unterschieden werden muss, die je nach Anwendungsbedingung auch in Kombination auftreten können:

- Sprödbruchanfälligkeit bei niedrigen Temperaturen
- Umweltbedingte Wasserstoffversprödung (EHE)
- Hochtemperatur-Wasserstoffangriff (HTHA)
- Wasserstoffbetrieb mit zyklischer Belastung (Ermüdung)

Diese Schadensmechanismen müssen bei der Materialauswahl, Auslegung, Fertigung und Prüfung berücksichtigt werden. Beispielhaft dafür sind Projekte wie die DIN SPEC 3456 [275] auf nationaler sowie die DIN EN 18191 [276] auf europäischer Regelsetzungsebene.

Für Bestandsarmaturen ist die Beurteilung experimentell ermittelter bruchmechanischer Werkstoffeigenschaften in Kombination mit rechnerischen Nachweisverfahren eine grundlegende Voraussetzung für die Umstellung auf Wasserstoff. Das Umsetzungsprojekt G 405 (M) „Umstellung von Bestandsarmaturen auf Wasserstoff“ [277] wurde dank Förderung im Rahmen der NRM H2 erfolgreich abgeschlossen.

Weiterer dringender Handlungsbedarf besteht in der Ertüchtigung allgemeiner Auslegungsrichtlinien zur Bauteilfestigkeit hinsichtlich der Berücksichtigung des Wasserstoffeinflusses. Dies betrifft u. a. die FKM-Richtlinien [278], [279], [280], [281] sowie speziell für Schweißverbindungen die IIW-Richtlinie [282]. Die Richtlinien bieten insbesondere für kleinere und mittlere Unternehmen (KMU) die Möglichkeit, ihre Komponenten ohne zusätzliche Werkstoff- oder Bauteiltests einfach und kostengünstig auszulegen. Momentan decken sie aber einen Wasserstoffeinfluss nicht ab. Ein erstes Projekt, in dem Berechnungsbeispiele auf Basis der FKM-Richtlinien [278], [279], [280], [281] erarbeitet wurden, konnte im Jahr 2024 erfolgreich abgeschlossen werden. Ein Folgeprojekt sowie ein Projekt speziell zur Schweißnahtauslegung auf Basis der IIW-Richtlinien [279] sind ab 2026 geplant. Zur allgemeinen Ertüchtigung der Richtlinien unter Wasserstoffeinfluss besteht weiterer pränormativer Forschungsbedarf.

Abbildung 42 stellt die identifizierten Gremien der technischen Regelsetzung dar, die für die Erarbeitung der technischen Regelwerke im Bereich Bauteile Infrastruktur wichtig sind. Eine Übersicht der Abkürzungen der Gremien findet sich in **Abschnitt 11**.

Fazit und Ausblick

Im Bereich der Bauteile für die Infrastruktur liegt ein nahezu vollständiges technisches Regelwerk vor. Damit können Bauteile in der bestehenden Gasinfrastruktur vor einer eventuellen Umstellung auf Wasserstoff auf ihre Eignung für das Medium überprüft werden. Beim Neubau von Wasserstoffinfrastrukturen dürfen nur Bauteile eingesetzt werden, die wasserstofftauglich sind. Für alle diese Fälle sind entsprechende technischen Regelwerke und Produktnormen notwendig. Insbesondere bei der Umstellung vorhandener Gasinfrastrukturen kommt der Beurteilung der Wasserstofftauglichkeit von Bauteilen eine entscheidende Rolle zu. Mithilfe von zwei Umsetzungsprojekten zu technischen Regelwerken zur Umstellung und zum Betrieb von Armaturen (G 405 (M) [277] und G 441 (A) [283]) wurden dabei wichtige Schritte durch die NRM H2 initiiert. Damit werden wichtige Meilensteine bei

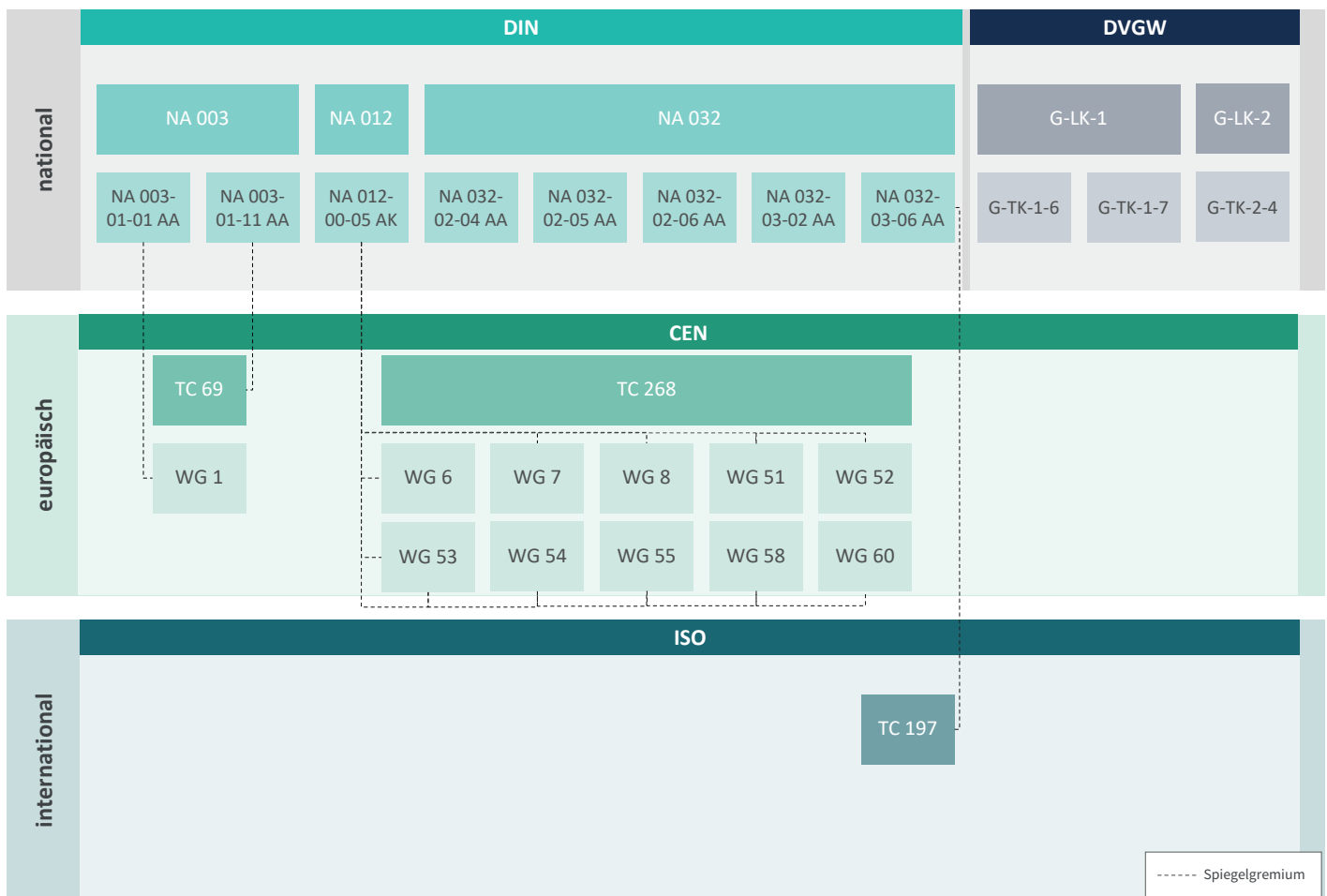


Abbildung 42: Übersicht relevanter Gremien der technischen Regelung im Bereich Bauteile Infrastruktur (Stand 07-2025)
(Quelle: eigene Darstellung)

der Umstellung von Transportleitungen innerhalb des Wasserstoffkernnetzes gesetzt.

Viele der für den Neubau von Wasserstoffinfrastrukturen notwendigen Bauteile (z. B. Armaturen, Isolierstücke usw.) werden bereits aus wasserstofftauglichen Materialien hergestellt. Allerdings fehlen zurzeit einheitliche Prüfverfahren und Definitionen zum Nachweis der Wasserstoffeignung für das gesamte Bauteil. Diese Lücke in der Regelung muss nun vorrangig gemeinsam mit den Herstellern und Anwendern geschlossen werden. Damit wird erstens eine Vergleichbarkeit der Produkte der verschiedenen Hersteller sichergestellt und zweitens dem Anwender eine Sicherheit gegeben, dass die neu zu bauenden Infrastrukturen für das Medium Wasserstoff vollumfänglich geeignet sind. Gleiches gilt für den Fall, dass in bereits bestehenden Infrastrukturen Bauteile ersetzt werden müssen. In den nächsten ein bis zwei Jahren werden diese Lücken voraussichtlich geschlossen.

5.1.4.6 AG Bauteile für Anwendungen und Technologien



Scope

In der AG Bauteile für Anwendungen und Technologien werden Normen und technische Regeln für Bauteilen und Komponenten der Wasserstoffversorgung und -anwendung betrachtet. Dazu zählen u. a. Gasströmungswächter und -steckdosen, Schläuche für diverse Anwendungen, Filter, Elastomere, Flachdichtungswerkstoffe sowie Schmierstoffe und Dichtmittel.

Reifegrad

Für diesen Bereich liegt ein nahezu komplettes technisches Regelwerk vor. Die notwendigen Bedarfe und Handlungsempfehlungen zur Schließung der Lücken wurden vollständig

ermittelt und durch die regelsetzenden Gremien berücksichtigt. Die Kernnormen für Gasströmungswächter, Dichtungen sowie Schmierstoffen werden noch dieses Jahr veröffentlicht. Die offenen Bedarfe werden bis Ende 2026 geschlossen. Bis dahin können für die Übergangszeit die jeweiligen veröffentlichten Zertifizierungsprogramme herangezogen werden.

Bestandsanalyse

Der Bestand umfasst 36 Dokumente: acht Merkblätter, ein Arbeitsblatt des DVGW, fünf nationale DIN-Normen, 13 europäische bzw. internationale Normen und fünf Zertifizierungsprogramme sowie ergänzende technische Regelwerke.

Dabei sind die Erkenntnisse zur Wasserstoffverträglichkeit der relevanten Bauteile durch verschiedene Forschungsprojekte, wie „HydEKuS“ [229], „H2-Umstell“ [210], „F&E für H2“ [211] und „Roadmap Gas 2050“ [212] in die Regelwerksarbeit eingeflossen.

Die Regelwerke der Normenreihe DIN 30652 [284] werden 2025 als Entwurf veröffentlicht. Die Erweiterung auf Wasserstoff ist notwendig, um weiterhin die Sicherheitsanforderungen und die Zuverlässigkeit dieser Bauteile in der Gasversorgung und -verteilung zu gewährleisten. Ein wichtiger Aspekt ist die Materialverträglichkeit dieser Bauteile in Hinblick auf den Wasserstoffeinsatz.

Die Norm DIN EN 549 [285] wurde als Entwurf veröffentlicht, die DIN EN 377 [286] folgt Ende 2025. Elastomere und Schmierstoffe werden in nahezu allen Anwendungen eingesetzt und nehmen eine technische Schlüsselfunktion ein. Der Bedarf entstand daraus, dass Forschungsergebnisse über die Wasserstoffeignung von Materialien und Werkstoffen wie Permeation sowie Prüfanforderungen bei Dichtungen beziehungsweise Einflüsse auf Schmierstoffe in die Normen eingearbeitet werden mussten.

Die Norm DIN 3384-1 [287], DIN 3387-1 [288] und technische Regelwerke zur Wasserstofftauglichkeit von Materialien und deren Materialverträglichkeit runden den Bestand ab.

Abschließend bieten übergangsweise die Zertifizierungsprogramme für Elastomer-Werkstoffe für Dichtungen und Membranen bzw. Flachdichtwerkstoffe [289] sowie für Armaturen [207] die Möglichkeit, gesetzliche Vorgaben nach dem aktuellen Stand der Technik zu erfüllen. Die bestehenden Regularien und Vorschriften wie die GAR, die DGRL und das Produktsicherheitsgesetz müssen ebenfalls eingehalten werden.

Abbildung 43 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 der Abkürzungen der Gremien findet sich in **Abschnitt 11**.

Bedarfe und Umsetzung

Es wurden 41 allgemeine Bedarfe der Normung und technischen Regelsetzung identifiziert, von denen noch acht Bedarfe als konkrete Handlungsempfehlungen zur Schließung der offenen Regelwerkslücken abzuarbeiten sind. Diese Bedarfe sind von entscheidender Bedeutung, um die bestehenden Lücken in den technischen Regelwerken zu schließen und die Sicherheit sowie die technischen Anforderungen der Anwendungen zu gewährleisten.

Dringende Bedarfe konnten bereits, wie im Abschnitt Bestandsanalyse hinreichend beschrieben, durch das DVGW-Merkblatt G 655 (M) [116] abgedeckt werden. Dieser Leitfaden bietet eine umfassende Anleitung zur Anpassung bestehender Systeme und Komponenten an die Anforderungen des Wasserstoffeinsatzes und stellt sicher, dass die technischen Herausforderungen, die mit der Nutzung von Wasserstoff verbunden sind, angemessen berücksichtigt werden.

Die aktualisierten Normentwürfe für DIN 3535-6 [290] und der Normenreihe DIN EN 751 [291] werden 2026 veröffentlicht. Der Bedarf ergibt sich daraus, dass die Dichtungen und Dichtmittel eine sektorenübergreifende technische Schlüsselfunktion einnehmen und speziellen technischen Herausforderungen, ähnlich wie bei DIN EN 549 [285], unterliegen. Beispielsweise treten durch die anspruchsvollen Eigenschaften des Wasserstoffs gegenüber Erdgas nachteilige Effekte hinsichtlich Material- und Werkstoffverträglichkeiten, Permeationseigenschaften sowie Prüfanforderungen auf, welche bei der Erarbeitung der Normen mitberücksichtigt werden müssen.

Die Norm DIN 3386 [292] wird ebenfalls 2026 veröffentlicht. Wasserstoff kann aufgrund seiner kleinen Molekülgröße leichter durch Materialien diffundieren und erfordert wegen seiner hohen Entzündlichkeit spezielle Sicherheitsanforderungen. Diese Eigenschaften machen eine Anpassung der bestehenden Normen notwendig, um die Sicherheit und Effizienz der Gasfilter zu gewährleisten.

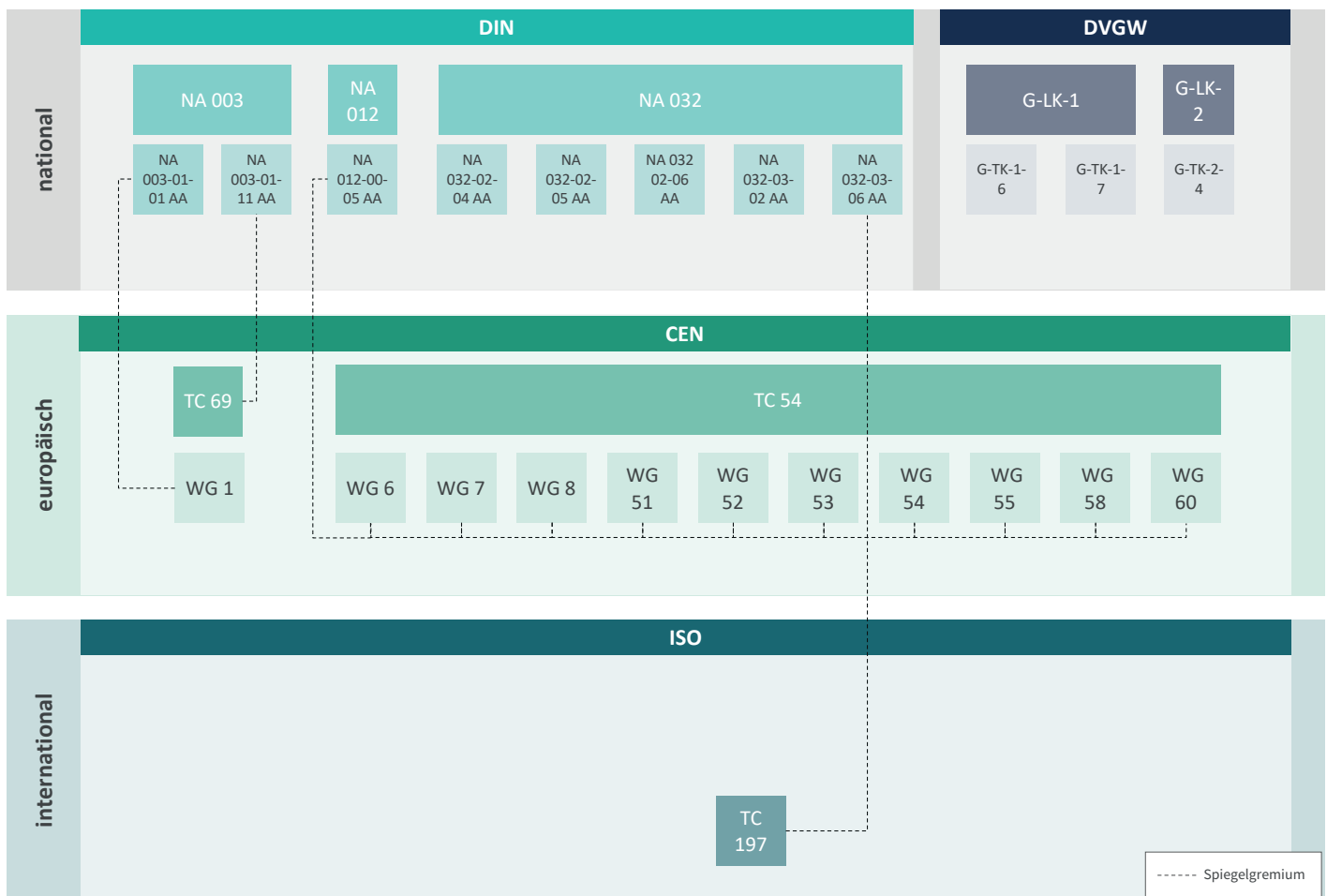


Abbildung 43: Übersicht relevanter Gremien der technischen Regelung im Bereich Bauteile für Anwendungen und Technologien (Stand 07-2025) (Quelle: eigene Darstellung)

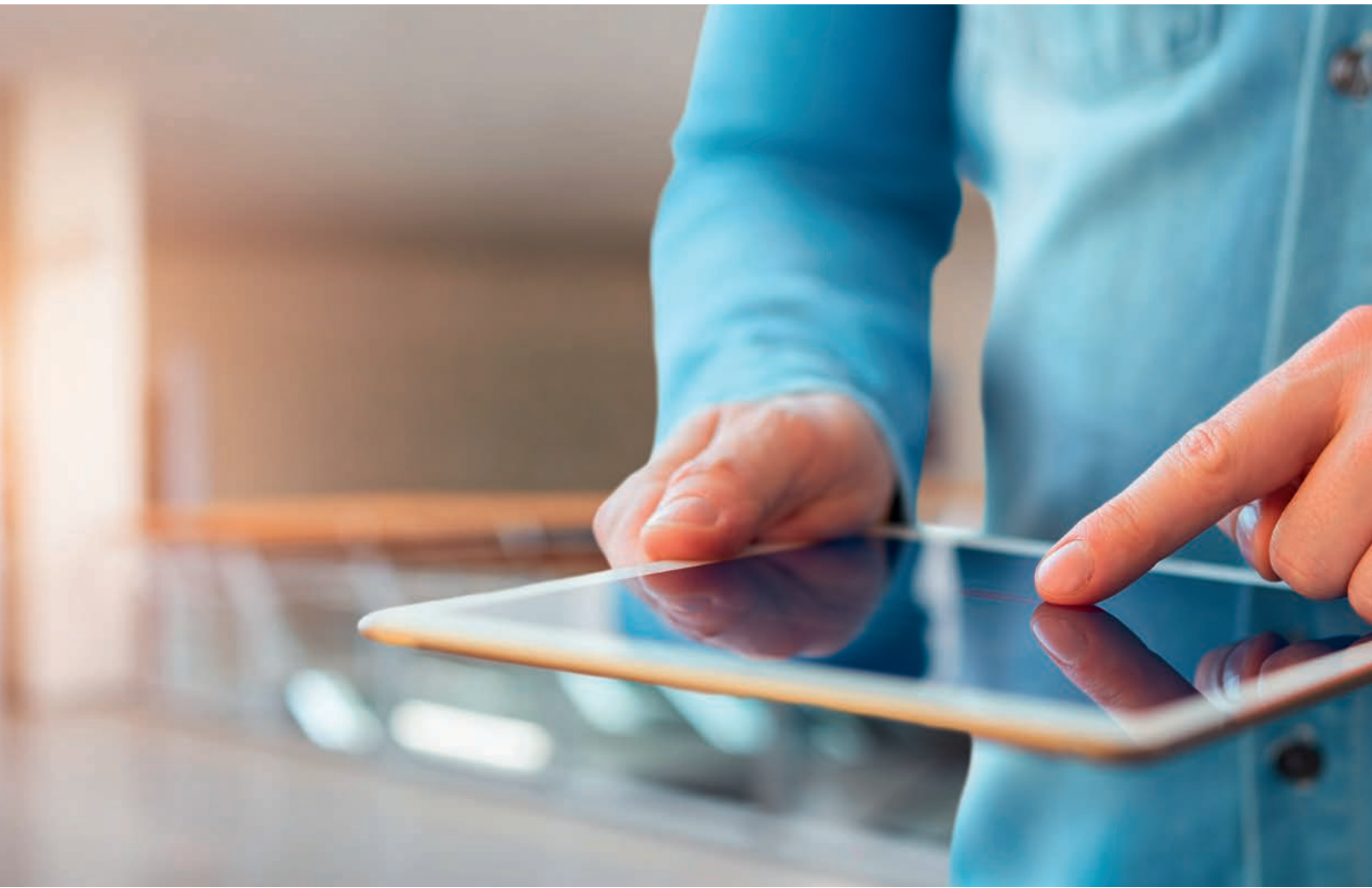
Die Überarbeitung der Norm DIN EN 682 [293] wird nach 2026 stattfinden. Der Bedarf ergibt sich daraus, dass Elastomerdichtungen in viele Bauteilanwendungen eingesetzt werden und aus technischer Sicht eine Schlüsselfunktion einnehmen. Die Erkenntnisse zur Eignung von Materialien und Werkstoffen, unter anderem hinsichtlich deren Permeationseigenschaften sowie Prüfanforderungen für den Wasserstoffeinsatz, müssen in diese Norm aufgenommen werden. Die Überarbeitung der Norm wird sicherstellen, dass die Elastomerdichtungen den speziellen Anforderungen des Wasserstoffeinsatzes entsprechen und die Sicherheit bei jeder Wasserstoffanwendung gewährleistet wird.

Abschließend runden die Normen DIN 3376-1 [294] und DIN 3376-2 [295] für 100 Vol.-% Wasserstoff den Bedarf der AG Bauteile für Anwendungen und Technologien ab. Diese besonderen Eigenschaften des Wasserstoffs erfordern eine Anpassung der bestehenden Normen, um die Sicher-

heit und Effizienz der Gaszählerverschraubungen für den Wasserstoffeinsatz zu gewährleisten. Diese werden Ende 2026 veröffentlicht. Sie stellen sicher, dass die Gaszählerverschraubungen den besonderen Anforderungen des Wasserstoffeinsatzes gerecht werden und die Sicherheit der Anwendungen gegeben ist.

Fazit und Ausblick

Es liegt ein einsatzbereites technisches Regelwerk für den Bereich der Bauteile für Anwendungen und Technologien vor [33] und es wird bereits aktiv an der Anpassung der noch offenen Dokumente gearbeitet. Dank entsprechender nationaler Zwischenlösungen wie Zertifizierungsprogramme ist das technische Regelwerk bereits vollständig anwendbar. Es kann davon ausgegangen werden, dass zeitnah die Lücken der noch zu bearbeitenden Standards und Normen bis Ende des Jahres 2026 geschlossen werden.



5.1.5 Weiterbildung, Sicherheit, Zertifizierung – Arbeitskreis 5

Wasserstoff wird in vielen Bereichen der Wirtschaft als Rohstoff und Energieträger eine wichtige Schlüsselrolle einnehmen. Wasserstoff ist das häufigste Element im Universum und gleichzeitig das chemische Element mit der geringsten Atommasse. Als sehr reaktionsfreudiges und hochenergetisches Element birgt es ungewohnte Herausforderungen bezüglich der Handhabung und der notwendigen Sicherheitsvorkehrungen. Dabei wird es im Rahmen der nationalen Wasserstoffstrategie auch in Bereichen eingesetzt, wo bisher wenig Erfahrungen mit den Eigenschaften dieses Stoffs 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 ein effektives

Sicherheitsmanagement und Explosionsschutz bis hin zu Weiterbildungen und der Zertifizierung von Produkten für den Einsatz von Wasserstoff. Besonders im Kontext der Sektorenkopplung obliegt es den Betreibenden und auch den Herstellern, die jeweiligen Rechte und Pflichten wahrzunehmen und die Integrität dieser Systeme auch vor Cyberbedrohungen zu schützen.

Der AK Weiterbildung, Sicherheit und Zertifizierung innerhalb der NRM H2 bildet das koordinierende Gerüst für alle mitarbeitenden Experten und unterstützt in diesen übergreifenden Themengebieten die Vernetzung mit anderen Projekten. Die AGs, die sich in diesem AK mit den fachübergreifenden sicherheitstechnischen Grundsätzen, den Aspekten der Cybersicherheit, dem Explosionsschutz und dem Sicherheits- und Integritätsmanagement sowie mit den Rahmenbedingungen



beim Umgang mit Wasserstoff befassen, sind entscheidend für die Entwicklung technischer Standards.

Die **AG Produktzertifizierung** befasst sich mit den notwendigen technischen Regeln zur Zertifizierung von Produkten im Einsatz mit Wasserstoff unter den gesetzlichen Vorgaben. Mit einem Produktzertifikat können Hersteller bestätigen, dass ihre Produkte festgelegten Kriterien entsprechen und mindestens die sicherheitstechnisch relevanten Aspekte erfüllen. Die **AG Produktzertifizierung** befasst sich mit den dafür notwendigen technischen Regeln zur Zertifizierung von Produkten im Einsatz mit Wasserstoff unter den gesetzlichen Vorgaben.

Die **AG Weiterbildung** befasst sich mit den besonderen Herausforderungen an die Qualifikation von Fachkräften entlang der gesamten Wertschöpfungskette. Beim Umgang mit Wasserstoff sind unabhängig vom Einsatzgebiet von jedem Akteur die spezifischen Eigenschaften zu berücksichtigen. Qualifiziertes sowie sensibilisiertes Personal ist für einen erfolgreichen Markthochlauf der Wasserstofftechnologien von besonderer Bedeutung, da viele technisch anspruchsvolle Bereiche umfasst werden, die fundiertes Wissen erfordern. Die technische Regelsetzung spielt dabei eine zentrale Rolle, da sie gesetzliche Vorgaben z. B. durch Qualitäts- und Sicherheitsanforderungen konkretisiert und damit das Thema Qualifizierung einem breiten Markt zugänglich macht.

5.1.5.1 AG Sicherheitstechnische Grundsätze



Scope

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 Hersteller, Betreiber und Verarbeiter, nach der diese arbeiten und handeln können, und andererseits die Grundlagen, auf denen fachspezifische Normen und technische Regeln entwickelt werden können. Abzugrenzen sind die Bereiche Cybersicherheit, Explosionsschutz sowie Sicherheits- und Integritätsmanagement.

Reifegrad

Der Reifegrad ist „vorwiegend ausgereift“. Für den Großteil gibt es ergänzende technische Regeln zu den bereits bestehenden Regularien und Anforderungen der Branchen, welche noch harmonisiert werden sollten.

Bestandsanalyse – Bewertung

Am längsten bestehen Regeln aus der Petrochemie, Kerntechnik und Chemieindustrie, welche historisch bedingt Wasserstoff meist nur als Nebenaspekt berücksichtigen. Sie sind unter Beachtung spezifischer Randbedingungen größtenteils auf andere Anwendungsfelder übertragbar.

Während harmonisierte Normen und technische Regeln in Europa eine einheitliche Erfüllung von Anforderungen für Hersteller sicherstellen (siehe **Abbildung 44**), variieren die Anforderungen für Betreiber und Genehmigungsverfahren noch und die Harmonisierung dieser sollte priorisiert werden. Die direkte Anwendbarkeit von internationalen Standards in deutschen Prozessketten ist meist nicht gegeben, weil teilweise spezifische Inhalte in nationalen und europäischen Richtlinien bereits detailliert umgesetzt sind.

Über 60 Normen und technische Dokumente wurden als relevant für Wasserstofftechnologien im Bereich Sicherheitstechnische Grundsätze identifiziert. Zur korrekten Anwendung ist ein eingehendes Studium im Zusammenhang zum spezifischen Anwendungsfeld wichtig. Durch die inhaltliche Nähe des Themas Sicherheitstechnische Grundsätze zu anderen AGs aus dem Bereich Sicherheit ergibt sich einerseits öfter eine Überschneidung im Bestand wichtiger Normen, andererseits ist die zusätzliche Überprüfung wichtiger Normen angrenzender Themenfelder zu empfehlen. In der Darstellung sind die europäischen Gremien CEN/TC 305, CLC/TC 31 und die internationalen Gremien ISO/TC 197, IEC/TC 65, IEC/TC 31 und IEC/TC 44 sowie ihre nationalen Spiegelgremien besonders relevant.

Bedarfe und Umsetzung

Die Dynamik des Markthochlaufs und der technischen Innovationen im Bereich Wasserstoff erfordert eine schnelle Integration neuer Erkenntnisse in bestehende Normen und technische Regeln. Dazu gehören Anwendungen in neuen Branchen, z. B. im Privathaushalt, Wasserstofftankstellen im urbanen Bereich, Sektorenkopplung durch Elektrolyse und Verstromung von Wasserstoff und deren Verwendung als Speichertechnologie, neue Anlagenkonzepte, die Nutzung in



bisher unüblichen Anwendungsfeldern, z. B. im öffentlichen Raum, der Einsatz neuer Materialien und Komponenten und der Einbezug eines erweiterten nicht-professionellen Personenkreises wie z. B. ungeschulte Anwendende. Zusätzlich müssen nicht-atmosphärische Bedingungen, z. B. in der Luftfahrt, berücksichtigt werden. Des Weiteren müssen parallel zu den neuen Entwicklungen in den Bereichen Flüssigwasserstoff und alternative Wasserstoffträger sowie Speichersysteme die Normen und technischen Regelwerke noch entwickelt und angepasst werden.

Aus der Analyse bestehender Normen und technischer Regeln ergeben sich verschiedene Lösungsansätze zur Risikominimierung sowie zur Erstellung und Bewertung von Sicherheitskonzepten seitens der Hersteller, Betreiber und Genehmigungsbehörden. Dazu gehören die Förderung und Vermittlung von Erfahrungen und gewonnenen Erkenntnissen, die Bereitstellung von Handlungshilfen und Leitfäden sowie die Verbesserung der Verfügbarkeit von Fachwissen zur Qualifikation von Personen sowie die Entwicklung zuverlässiger Methoden und

die Harmonisierung von Bewertungsgrundlagen. Die sich aus den genannten Bereichen ergebenden Bedarfe sind Querschnittsthemen und werden in Kooperation mit betroffenen Normungsgremien und Akteuren verhandelt und harmonisiert. Die Fragmentierung der Sicherheitsanforderungen in den verschiedenen Branchen ist meist auf die unterschiedliche Bedeutung von Wasserstoff sowie historisch gewachsene Besonderheiten der Branchen zurückzuführen und spiegelt sich in der Vielfalt der relevanten Sicherheitsanforderungen wider.

Noch offene Bedarfe, beispielsweise für Gefährdungs- und Risikoanalysen oder Anforderungen an die Dichtheit, gilt es weiterhin zu adressieren. Bei der Umsetzung bestehen Herausforderungen aufgrund offener Forschungsbedarfe und der erforderlichen Harmonisierung im Vorfeld. Daher werden diese erst in der Zukunft realisiert werden können.

Abbildung 44 stellt die identifizierten Gremien der technischen Regelsetzung dar, die für die Erarbeitung der

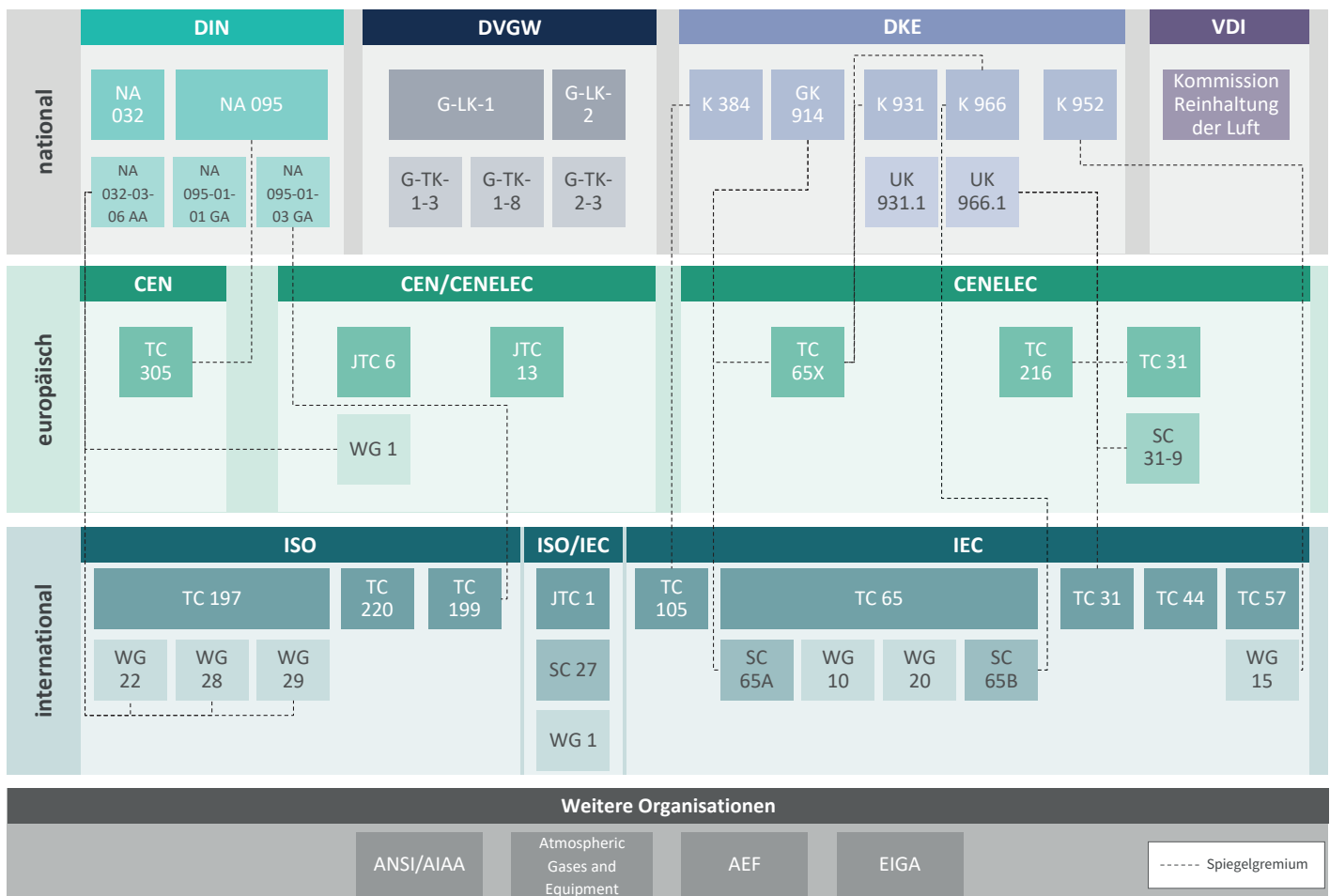


Abbildung 44: Übersicht relevanter Gremien der technischen Regelsetzung im Bereich Sicherheitstechnische Grundsätze (Stand 07-2025) (Quelle: eigene Darstellung)



technischen Regelwerke im Bereich Sicherheitstechnische Grundsätze wichtig sind. Eine Übersicht der Abkürzungen der Gremien findet sich in [Abschnitt 11](#).

Fazit und Ausblick

Es liegt bereits ein umfangreiches, einsetzbares technisches Regelwerk für bestehende Technologien im Bereich Sicherheitstechnische Grundsätze vor. Für das vorhandene technische Regelwerk sollte jedoch die Priorisierung in der Harmonisierung nationaler mit europäischen Standards als auch in der Einbindung von Anforderungen aus Betreiber- bzw. Herstellersicht in bestehendes technisches Regelwerk liegen. Für die Bereiche nicht-atmosphärische Bedingungen, Flüssigwasserstoff, alternative Wasserstoffträger, Speichersysteme, Einsatz im nicht-öffentlichen Raum und professionelle als auch ungeschulte Anwendende sollten noch Forschungs- und Entwicklungsprojekte als auch die Erstellung von Statistiken zu sicherheitsrelevanten Ereignissen priorisiert werden, um die Ergebnisse in Normen überführen zu können. Für die Ergebnisse aus noch durchzuführender Forschungs- und Entwicklungsarbeit wird eine Überführung in veröffentlichte Standards in fünf bis acht Jahren für realistisch erachtet.

keit einer ganzheitlichen Betrachtung der Cybersicherheit, um das Risiko für Schwachstellen und Cyberattacken zu reduzieren.

Die AG beschäftigt sich mit der Cybersicherheit aller Produkte, Systeme und Prozesse innerhalb der H₂-Wertschöpfungskette und verfolgt dabei einen ganzheitlichen Ansatz unter Berücksichtigung des Lebenszyklus der verwendeten Produkte und Systeme.

Reifegrad

Der Reifegrad der Cybersicherheitsnormen und -standards lässt sich als „vollständig“ beschreiben. Ausschlaggebend ist hierbei, dass sehr viele Normen und technische Regeln anwendungsoffen sind bzw. die Cybersicherheitsanforderungen anwendungsoffen formuliert sind. Beispielsweise können die identifizierten Kernnormenreihen DIN EN ISO/IEC 27000 [\[296\]](#) und DIN EN IEC 62443 [\[297\]](#) direkt von Unternehmen der H₂-Wertschöpfungskette angewendet werden. Das Medium Wasserstoff hat dabei keine unmittelbare Auswirkung auf Cybersicherheitsanforderungen, sehr wohl aber die eingesetzte Prozess- und Steuerungstechnik. Die Hauptnormenreihen bilden mit weiteren Normen und technischen Regeln eine sehr umfangreiche Normenlandschaft, die eine ganzheitliche Betrachtung der Cybersicherheit ermöglicht.

5.1.5.2 AG Cybersicherheit



Scope

Das Thema Cybersicherheit ist bereits in vielen Bereichen und Branchen etabliert. Eine Umsetzung im Bereich der Wasserstofftechnologien heißt, alle beteiligten Unternehmen der H₂-Wertschöpfungskette müssen ihren Beitrag für eine ganzheitliche Cybersicherheit leisten. Nur so kann systemischen Lücken und Schwachstellen entgegengewirkt werden. Unternehmen besitzen i. d. R. eine IT-Infrastruktur, die entsprechend ihren Aufgaben und der Kritikalität abgesichert werden sollte (z. B. nach der Normenreihe DIN EN ISO/IEC 27000 [\[296\]](#)). In der Prozessindustrie wird seit vielen Jahrzehnten auf automatisierte und vernetzte Steuerungstechnik – Operationstechnologie (OT) – zurückgegriffen. Diese OT-Infrastruktur sollte ebenfalls entsprechend ihrer Aufgaben und ihrer Kritikalität abgesichert werden (z. B. nach der Normenreihe DIN EN IEC 62443 (VDE 0802) [\[297\]](#)). Durch die zunehmende Zusammenführung beider Infrastrukturen (IT und OT) ergibt sich neben Effizienz- und Synergieeffekten auch aufgrund der unterschiedlichen Priorität der Schutzziele die Notwendig-

Bestandsanalyse – Bewertung

Es wurden 43 verschiedene nationale und internationale Normen bzw. technische Regeln [\[33\]](#) identifiziert, die sich in unterschiedlichem Umfang jeweils mit dem Themengebiet der Cybersicherheit auseinandersetzen und für die AG relevant sind. 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 Umsetzungshinweise bzw. technische Richtlinien zu allgemeinen Themen, die sich auf Wasserstoffanwendungen erweitern lassen oder bereits darauf anwendbar sind. Die Kernnormenreihen entstehen international bei ISO/IEC/JTC 1/SC 27 (DIN EN ISO/IEC 27000 [\[296\]](#)) und IEC/TC 65/WG 10 (DIN EN IEC 62443 [\[297\]](#)).

Neben diesen technischen Grundlagen wurden auch potenzielle regulatorische Anforderungen identifiziert. Bei diesen handelt es sich vor allem um die EU-Regularien Cyber Resilience Act (CRA) [\[298\]](#) und die nationale Umsetzung der Network and Information Security-Richtlinie (NIS2) [\[299\]](#) bzgl. der Frage, welche Wasserstoffanwendungen im Bereich

kritischer Infrastrukturen der Energiegewinnung aufgenommen werden. Im Rahmen des CRA entstehen aktuell einige neue Normen auf europäischer Ebene bei CEN/CLC/JTC 13/ WG 9, CLC/TC 65X/WG 3 und ETSI TC CYBER. Des Weiteren gelten Anforderungen aus anderen Bereichen der Regulierung, beispielsweise aus der Maschinenverordnung [300], für einzelne Wasserstoffanwendungen.

Abbildung 45 stellt die identifizierten Gremien der technischen Regelsetzung dar, die für die Erarbeitung der technischen Regelwerke im Bereich Cybersicherheit wichtig sind. Eine Übersicht der Abkürzungen der Gremien findet sich in **Abschnitt 11**.

Bedarfe und Umsetzung

In der Bestandsanalyse wurden zahlreiche Normen und technische Regeln identifiziert, die eine ganzheitliche Betrachtung der Cybersicherheit für Wasserstofftechnologien ermöglichen.

Aus Sicht der AG gibt es keinen Bedarf, neue oder zusätzliche Normen der Cybersicherheit für diesen Bereich zu erstellen. Mit den Kernnormen der Normenreihe DIN EN ISO/IEC 27000 R [296] ist ein technisches Regelwerk vorhanden, um die IT-Systeme von Unternehmen abzusichern. Die Kernnormen in der Normenreihe DIN EN IEC 62443 [297] können von sämtlichen Unternehmen der H₂-Wertschöpfungskette für die jeweiligen OT-Systeme und -Komponenten angewendet werden. Dies betrifft beispielsweise Hersteller von Komponenten und Systemen, Integratoren, Dienstleister und Anlagenbetreiber.

Es gibt einige Herausforderungen, die zwar für Wasserstofftechnologien relevant sind, jedoch die Cybersicherheit im Allgemeinen betreffen und damit über den Scope der AG und der Roadmap hinausreichen. Von einer separaten Teillösung für Cybersicherheit für Wasserstofftechnologien wird abgeraten, um Ressourcen zu sparen und Doppelarbeit und Inkonsistenzen im technischen Regelwerk zu vermeiden. Es sind beispielsweise Anforderungen an die Unabhängigkeit

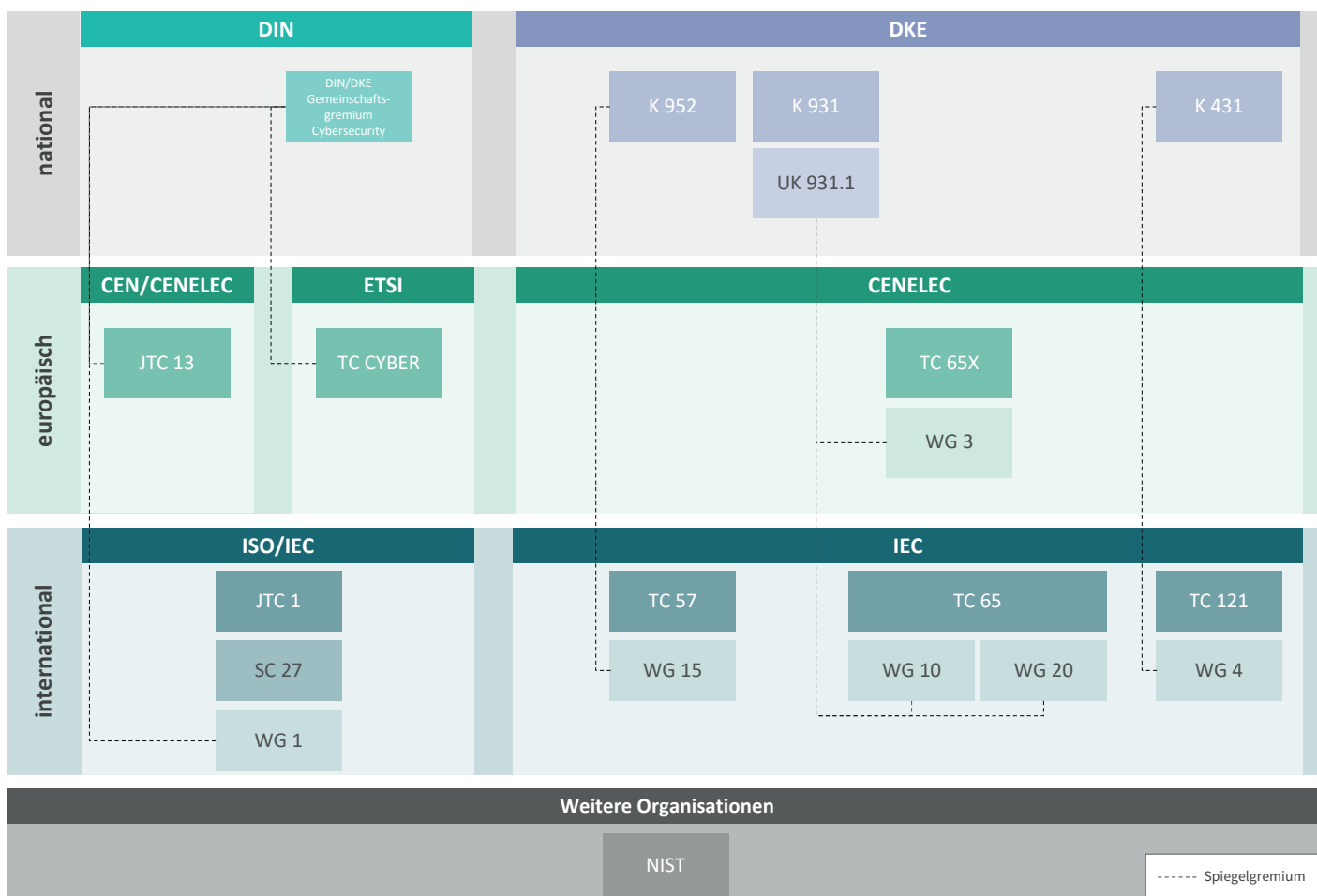


Abbildung 45: Übersicht relevanter Gremien der technischen Regelsetzung im Bereich Cybersicherheit (Stand 07-2025)
(Quelle: eigene Darstellung)



des Betriebes jeglicher Wasserstoffsysteme zu empfehlen. Unabhängig von zentralen Organisationen bzw. Herstellern oder Steuerungssystemen sollten Wasserstoffsysteme ausreichend resilient gegen Cyberattacken sein. 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 für die Betriebsdauer ist zehn Jahre. Das Einspielen von Updates bzw. eine Updatefähigkeit kann ein vielversprechender Ansatz sein, um die Betriebsdauer von Wasserstoffsystemen und -anlagen zu erhöhen (s. dazu auch genutzte Kryptografie). Es sind Anforderungen an eine minimale Komplexität zu empfehlen, d. h. die Auslegung der Hardware, der Software und des Betriebskonzepts ist mit minimaler Komplexität zu konzipieren. Aktuell schreibt keine Norm die Vermeidung unnötiger Komplexität vor (z. B. auch Kommunikationsfunktionen oder KI-Funktionen). Dies könnte auch durch entsprechende Regularien abgedeckt werden, die den Wechsel der Betreibenden thematisieren. Die genutzte Hardware hat im Sinne der Cybersicherheit etablierten Standards zu genügen [301]. Es sind Anforderungen an genutzte Kryptografie zu empfehlen. Kryptografische Mittel sollten für einen Betrieb von mindestens zehn Jahren ausgelegt sein und eine Updatefähigkeit aufweisen. Anforderungen aus DIN EN 62351-9 (VDE 0112-351-9) [302] werden als anwendbare Hinweise verstanden.

Fazit und Ausblick

Die vorhandenen Normen und technischen Regeln zum Thema Cybersicherheit, allen voran die Kernnormenreihen DIN EN ISO/IEC 27000 [296] und DIN EN IEC 62443 [297], sind für den Bereich der Wasserstofftechnologien anwendbar. Es bedarf keiner zusätzlichen und wasserstoffspezifischen Normen und technischen Regeln. Neben den identifizierten Normen und technischen Regeln spielen insbesondere auch die aktuellen EU-Regulierungen wie CRA [298] und NIS2 [299] eine wichtige Rolle. Unter dem CRA [298] entstehen einige Normen, die in Zukunft auch für Wasserstofftechnologien relevant sein dürften. Der Reifegrad und Umfang der Normen und technischer Regeln sind vollständig.

5.1.5.3 AG Explosionsschutz

Scope

Es gibt im Explosionsschutz bereits seit Jahrzehnten Erfahrungen mit Wasserstoff für industrielle Anwendungen. Wasserstoff wird darüber hinaus in vielen Bereichen des künftigen Energiesystems eine wichtige Schlüsselrolle einnehmen und vor allem im Anwendungsbereich mit bestehenden Systemen wie Wärmeerzeugung, Tankstellen, industriellen Anwendungen sowie Stromproduktion in der Funktion als Energieträger/-speicher zum Einsatz kommen. Um Wasserstoff sicher und verfügbar in Systeme einzubinden, ist es wichtig, Anlagen und Anwendungen vor dem Hintergrund eines ganzheitlichen Explosionsschutzes besonders zu betrachten.

Reifegrad

Übergreifend wird das technische Regelwerk als „weitestgehend ausgereift“ eingeschätzt. Für die industrielle Anwendung von gasförmigem Wasserstoff unter atmosphärischen Bedingungen liegt ein umfassendes technisches Regelwerk vor. Aufgrund der nationalen und europäischen Wasserstoffstrategie kommen neue und breite Anwendungen hinzu, die sich auch 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. Außerdem bestehen Lücken in der technischen Regelsetzung, insbesondere für zukünftige Anwendungen (z. B. kryogener Wasserstoff oder hohe Drücke). Zu den Handlungsempfehlungen wurden die bestehenden Normungsgremien über die Bedarfe in Kenntnis gesetzt. Flüssigwasserstoff wird erwähnt, wurde jedoch nicht vollumfänglich betrachtet, da dies von der technischen und bedarfsseitigen Entwicklung abhängig ist.

Bestandsanalyse – Bewertung

Für Explosionsschutzprodukte und explosionsgefährdete Bereiche im gewerblichen Betrieb und in wirtschaftlichen Unternehmungen 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 [303] genutzt. Auf internationaler Ebene hat die Anwendung unterschiedlicher technischer 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 aus TRGS 720 bis TRGS 727 [304]. Vorgaben für gasförmigen Wasserstoff sind unter atmosphärischen Bedingungen etabliert. Vorgaben für kryogenen Wasserstoff werden aktuell einer umfassenden Revision unterzogen. 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. 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 ebenfalls Normungs- bzw. Regelungslücken ergeben. Neue Technologien für Bereiche, die nicht von der Regulierung (z. B. ATEX [237]) erfasst sind, beispielsweise der häusliche Bereich, sind daher separat zu betrachten.

Abbildung 46 stellt die identifizierten Gremien der technischen Regelsetzung dar, die für die Erarbeitung der technischen Regelwerke im Bereich Explosionsschutz wichtig sind. Eine Übersicht der Abkürzungen der Gremien findet sich in **Abschnitt 11**.

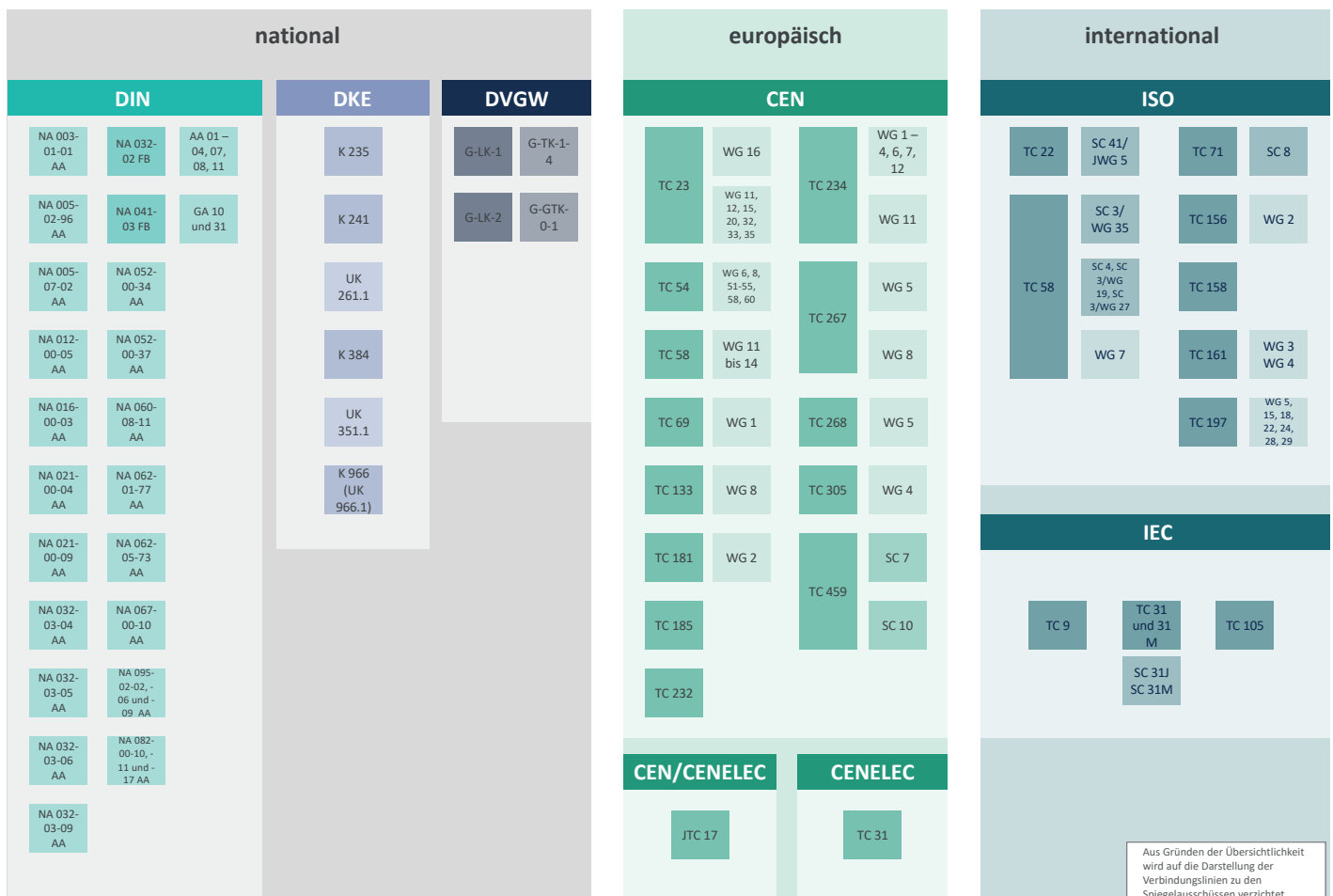


Abbildung 46: Übersicht relevanter Gremien der technischen Regelsetzung im Bereich Explosionsschutz (Stand 07-2025)
(Quelle: eigene Darstellung)



Bedarfe und Umsetzung

Harmonisierte Normen zur ATEX-Richtlinie 2014/34/EU [237] 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 [305], 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. Es sind daher Lücken in der Normung und technischen Regelsetzung zu beachten.

Für einige Themen besteht noch pränormativer Forschungsbedarf, z. B. Zündquellen, hinsichtlich elektrostatischer Aufladung durch Partikel im Gasstrom, katalytisch wirkende Oberflächen oder Shock-Ignition. Auch gibt es Bedarf für kryogen verflüssigten Wasserstoff, z. B. für Zündvorgänge, bei der Freisetzung oder Ausscheidung von festem, reinem Sauerstoff sowie für die Auslegung von konstruktiven Schutzmaßnahmen wie z. B. den Einbau von Flammensperren für Wasserstoff-Sauerstoff-Gemische speziell für große Durchmesser. Zudem besteht konkreter Bedarf an die technische Regelsetzung. Dies betrifft beispielsweise die Anforderungen für typische nicht-atmosphärische Bedingungen sowie die druckfeste Bauweise zur Beherrschung von Detonationen im Inneren von Anlagen. Weiterhin ist eine Angleichung von Anforderungen für die Dichtheit von Wasserstoffanlagen auf internationaler Ebene erforderlich sowie die Aktualisierung der technischen Regelsetzung zum Thema kryogener Wasserstoff, die gegenwärtig noch stark veraltet ist. Darum wurden bei ISO verschiedene Normungsprojekte gestartet, in denen die speziellen Belange des Explosionsschutzes berücksichtigt werden. 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. Die Bestimmung von statischen Vergleichsdrücken bei Gasphasendetonationen in Rohrleitungen befindet sich auf nationaler und europäischer Ebene als Umsetzungsprojekt in Bearbeitung.

Fazit und Ausblick

Im Bereich des Explosionsschutzes ist Wasserstoff ein bekanntes Medium und in der technischen Regelsetzung mit seinen Anforderungen verankert, vor allem im industriellen Bereich. Durch die neue Funktion als Energieträger bestehen Bedarfe, die analysiert und adressiert wurden. Insbesondere sind beispielsweise SOE noch nicht normativ geregelt. 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 [237]) für den gewerblichen Bereich erfasst sind, beispielsweise der häusliche Bereich, sind separat zu betrachten.

Es ist wichtig, dass alle Akteure der Regulatorik und Regelsetzung darauf hinwirken, 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 auswählen können. Gegensätzliche Aussagen, Überlappungen und Mehrfachregelungen sind zu vermeiden. Der Fokus liegt auf der europäischen und außer-europäischen Normung und technischen Regelsetzung.

5.1.5.4 AG Sicherheits- und Integritätsmanagement



Scope

Das Thema Sicherheits- und Integritätsmanagement ist ein Querschnittsthema, das generische Methoden benennt, die anwendbar sind, um im gesamten Lebenszyklus einer Wasserstofftechnologie die notwendige Risikoreduzierung und damit Sicherheit zu gewährleisten. Es richtet sich damit vorrangig an Organisationen, die Produkte zur Erzeugung, Weiterleitung, Speicherung oder Nutzung von Wasserstoff herstellen und für deren laufenden Betrieb verantwortlich sind, sowie an die für die Konformitätsbewertung zuständigen Zertifizierungsstellen und Behörden.

Reifegrad

Der Bestand an generischen nationalen und internationalen Normen des Risiko- und Sicherheitsmanagements und von allgemeinen Sicherheitsanforderungen für Wasserstoffsysteme ist „ausgereift“. Die Anwendung der generischen Grundnormen bei konkreten Wasserstoffsystemen kann aber ohne ergänzende Informationen zu Lücken oder Fehlern bei der Risikobeurteilung führen, sodass ein entsprechender Leitfaden sinnvoll ist. Ebenso ist ein ergänzender Leitfaden für die Kompetenzen von Teams, die Risikobeurteilungen für Wasserstoffsysteme durchführen, vorteilhaft.

Bestandsanalyse – Bewertung

Es wurden 16 Normen bzw. technische Regeln identifiziert, welche sich im Definitionsbereich der AG mit technischen Anforderungen und der Organisation der funktionalen Sicherheit befassen [33]. Hierbei kann grob eine Dreiteilung vorgenommen werden.

Zum einen gibt es Normen und technische Regeln, die sich generisch mit Risikomanagement und Risikomanagementsystemen befassen, d. h., wie Risiken systematisch erfasst und Maßnahmen zur Risikoreduzierung abgeleitet werden können und wie Organisationsstrukturen beschaffen sein sollten. Zum Zweiten gibt es einen Fundus aus bewährten Normen, die sich mit Anlagen und deren Bestandteilen befassen und deren Anwendungsgebiet sich auf die Verwendung im Kontext Wasserstoff ausweiten lässt. Die gelisteten nationalen Vorgaben gelten für die Versorgungsinfrastruktur sowie für Erdgas als auch für Wasserstoffanwendungen.

Als Drittes gibt es Normen und technische Regeln, welche die spezifischen Anforderungen an die sichere Wasserstoffanwendung betrachten oder für wasserstoffspezifische Anlagen- und Maschinenteile, wie z. B. Brennstoffzellen und Elektrolyseure, erarbeitet wurden.

Die gelisteten Normen sind sowohl nationale, europäische wie auch internationale Normen und von verschiedenen Normungsorganisationen und Regelsetzern erstellt worden. Sowohl die generischen Normen aus den Bereichen des Risikomanagements und dessen Organisation als auch die Normen, die sich auf die Verwendung im Kontext Wasserstoff übertragen lassen, sind in ihrem Ursprung naturgemäß breit gestreut. Normen, welche sich spezifisch mit Wasserstoff befassen, sind im Schwerpunkt auf internationaler Ebene (ISO, IEC) einzuordnen.

Die von nationalen Regelsetzern erarbeiteten Vorgaben beziehen sich vorrangig auf die Versorgungsinfrastruktur. Alle Kernnormen sind veröffentlicht. Einige befinden sich bereits in der Überarbeitung, um aktuelle Erkenntnisse zu berücksichtigen. Der aktuelle Normbestand ist ausgereift, jedoch nicht vollständig. Im Bereich der wasserstoffspezifischen Regelsetzung wurden Umsetzungsprojekte identifiziert, um vorhandene Lücken zu schließen.

Bedarfe und Umsetzung

Nach der erfolgten Abgrenzung zu anderen sicherheitsrelevanten Themen konnten Bedarfe an die technische Regelsetzung identifiziert werden. Dabei haben sich als besondere Herausforderungen die Wahrung des geeigneten Abstraktionsgrades sowie die Akzeptanzkriterien für unvermeidbare Restrisiken dargestellt.

Für das Sicherheits- und Integritätsmanagement wurden folgende zwei Bedarfe an die Standardisierung ermittelt (siehe [Aktionsplan](#))

- Leitfaden zu Anforderungen an H₂-Anlagen und -Systeme – Sicherheitstechnische Analyse
- Anforderungen an die Qualifikation und Organisation von Teams, die Risikobeurteilungen für Wasserstoffanwendungen durchführen

sowie ein weiteres übergeordnetes Thema:

- Ereignis- und Störfalldatenbanken für Wasserstoff
- Alle drei Themen ergänzen sich bzw. bauen aufeinander auf.

Der „Leitfaden zu Anforderungen an H₂-Anlagen und -Systeme – Sicherheitstechnische Analyse“ findet beim VDMA im Einheitsblatt 69242-1 seine Umsetzung. Mit dem VDMA-Einheitsblatt soll sichergestellt werden, dass die sicherheitstechnische Bewertung von Wasserstoffsystemen und -anlagen auf möglichst einfache Art mit einheitlichen Kriterien erfolgt, sodass ein verlässlicher Rahmen für Hersteller, Betreiber, Zertifizierungsstellen und Behörden entsteht. Dies ermöglicht eine zügige Bewertung durch die verschiedenen Interessengruppen unter objektiven und rückführbaren Kriterien. Ziel des Leitfadens ist die Definition der zu berücksichtigenden Fehlerarten, Gefährdungen und Risiken bei der sicherheitstechnischen Bewertung von Wasserstoffsystemen und -anlagen. Eine besondere Herausforderung besteht darin, schon während des Hochlaufs der Wasserstoffwirtschaft die für eine quantitative Bewertung erforderlichen Daten und



Kennwerte in valider Form einzubinden, insbesondere in Form von Ausfallraten. Für den Fall, dass diese nicht verfügbar sind, sollen alternative, ggf. temporär oder situativ kompensierende Herangehensweisen herausgearbeitet werden. Weiterhin müssen perspektivisch die entsprechenden Datenmodelle fortentwickelt und gepflegt und in geeigneter Form den interessierten Kreisen zur Verfügung gestellt werden.

Im Richtliniengremium des VDI 4632 werden die „Anforderungen an die Qualifikation und Organisation von Teams, die Risikobeurteilungen für Wasserstoffanwendungen durchführen“, umgesetzt. Ziel ist es, die Anforderungen an die Zusammenstellung und Organisation von Teams zu definieren, welche die Risikobeurteilung von Wasserstoffanwendungen durchführen. Hierbei gilt es, sowohl die Qualifikation der einzelnen Teammitglieder zu betrachten als auch die ausreichende Breite relevanter Fachdisziplinen zu definieren. Der formulierte Anspruch muss auch eine Umsetzung in kleinen Unternehmen bzw. Teams ermöglichen. Die bestehenden Ereignis- und Störfalldatenbanken für Wasserstoff bedürfen einer systematischen Zusammenführung und Konsolidierung, um somit auch für einen breiten Interessentenkreis zugänglich zu sein. Öffentliche transparente Datenbanken können als Chance bzw. Quelle gesehen werden, um Fehler nicht zu wiederholen und daraus resultierende Störungen und Unfälle zu vermeiden. Dies kann als eine Aufgabenstellung sowohl an die Politik als auch an die Industrie verstanden werden, indem die systematische Berücksichtigung bekannter Vorfälle und Schadensfälle in der Auslegung und dem Betrieb von Wasserstoffsystemen und -anlagen verpflichtend vorgeschrieben wird.

Fazit und Ausblick

Die Standardisierung für den Bereich Sicherheits- und Integritätsmanagement ist ausgereift. Einzelne Lücken wurden erkannt und es ist beabsichtigt, sie in den beiden genannten Umsetzungsprojekten zu schließen. Beim VDMA sowie beim VDI wurde je ein Standardisierungsprojekt gestartet mit dem Ziel, die sicherheitstechnische Bewertung von Wasserstoffanwendungen wirksam und effektiv umzusetzen, sodass sowohl Hersteller, Betreiber, Zertifizierungsstellen als auch Behörden zügig zu einer einheitlichen Bewertung kommen können. Zentrales Ziel der Bewertung ist es, die notwendige Risikoreduzierung auf Basis der ermittelten Gefährdungen sicherzustellen. Mit Abschluss der Umsetzungsprojekte sind die bekannten Lücken geschlossen.

5.1.5.5 AG Produktzertifizierung

Scope

Die AG Produktzertifizierung befasst sich mit den notwendigen technischen Regeln zur Zertifizierung von Produkten. Die Sichtweise der akkreditierten und notifizierten Stellen sowie deren Anforderungen und Bedürfnisse an die Regelsetzung werden dabei berücksichtigt. Die AG deckt beispielsweise technische Regeln im Rahmen der GAR, der Maschinen- und Druckgeräterichtlinie sowie des Explosionsschutzes ab. Es werden auch Hinweise zur Errichtung von Anlagen hinsichtlich deren Produkt- und Betriebssicherheit sowie Anforderungen und Anerkennungen von Qualifikationen für die ausführenden Fachfirmen aufgenommen.

Durch die Einführung neuer Herstellungsverfahren und die Hochskalierung der Produktionsmengen erweitern sich die Normungsaktivitäten, was zu neuen Beurteilungskriterien für die Zertifizierung führt. Anforderungen aus nationaler Gesetzgebung, die über die europäische hinausgehen, wie soziale, klimatische und nachhaltige Aspekte sowie Brandschutz- oder Abwasserverordnungen, fehlen in der internationalen Normung und werden daher in der AG betrachtet.

Reifegrad

Der Status des Reifegrades der technischen Regelsetzung im Bereich der Produktzertifizierung ist „ausgereift“. Die meisten technischen Regelwerke sind bereits veröffentlicht oder in Bearbeitung. Die notwendigen Bedarfe und Handlungsempfehlungen zur Komplettierung des technischen Regelwerks wurden weitestgehend ermittelt, definiert und durch die Gremien der Regelsetzer berücksichtigt. Für die Übergangszeit können die jeweils veröffentlichten Zertifizierungsprogramme herangezogen werden. Die aktuelle Normung bzw. technische Regelsetzung weist noch Lücken im privaten Anwendungsbereich, im gewerblichen und industriellen Bereich und bei den Sicherheitseinrichtungen auf. Bis Ende 2026 werden diese Lücken der technischen Regelsetzung weitestgehend geschlossen sein.

Bestandsanalyse – Bewertung

Der Bestand umfasst 156 Dokumente [33], welche die Grundlage für die Anforderungen an die Zertifizierung von Produkten in der H₂-Wertschöpfungskette bilden. Diese stellen eine Grundlage für die Produktzertifizierung dar. 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, befassen sich zwar nicht explizit mit Wasserstoffanwendungen, sind jedoch über die Anwendungsbereiche der jeweiligen EU-Richtlinien und -Verordnungen mit abgedeckt.

Die Richtlinien der EU zum Explosionsschutz legen die Anforderungen an Geräte und Schutzsysteme fest, einschließlich der explosionschutzgerechten Konstruktion von autonomen Schutzsystemen, Einrichtungen und Maschinen, um Personen und Anlagen zu schützen. 15 technische Regelwerke befassen sich direkt mit Explosionsschutzeinrichtungen und der Verhinderung explosionsfähiger Atmosphären.

Der Bereich Brennstoffzelle umfasst 19 Normen (Normenreihe DIN EN IEC 62282 [208]) und beschreibt Systeme, die an Gasnetze, Gasbehälter, Kavernen oder Pipelines angeschlossen sind. Diese Normen spielen eine entscheidende Rolle bei der Standardisierung und Sicherheit von Wasserstoff-Brennstoffzellensystemen.

Des Weiteren wurden einige Normen für die Heizkessel bereits für den Betrieb mit bis zu 100 Vol.-% Wasserstoff angepasst. Der Normungsbedarf ergab sich aus Sicherheitsgründen, der Betriebseffizienz und der Materialverträglichkeit, insbesondere bei Anwendungen mit reinem Wasserstoff. Ebenfalls wurden Normen zu Kunststoffrohrleitungssystemen in der Gasversorgung [306] veröffentlicht, welche zur Sicherheit, Zuverlässigkeit und Standardisierung dieser Bauteile beitragen.

Die Normenreihe ISO 12619 [244] definiert den Stand der Technik für Straßenfahrzeuge mit komprimiertem gasförmigem Wasserstoff. Sie legt Sicherheitsstandards für Konstruktion und Betrieb fest, um Unfälle und Leckagen zu verhindern, und sorgt für die Kompatibilität und Interoperabilität von Wasserstoffkomponenten, was die Marktdurchdringung erleichtert.

Die Normenreihe ISO 19880 [234] bietet außerdem umfassende technische Beschreibungen für Wasserstofftankstellen, in der Anforderungen und Richtlinien für Design, Installation, Betrieb, Inspektion und Wartung festgelegt und einheitliche Standards für die Betankung von Fahrzeugen beschrieben werden.

Durch die Einführung von DIN EN ISO 22734-1 [307] wurde ein bedeutender Meilenstein für Wasserstoffherzeuger auf der Grundlage der Elektrolyse von Wasser für industrielle, gewerbliche und häusliche Anwendungen erreicht. Die wasserstoffbezogene Anlagennormung war in weiten Bereichen nur auf ISO-Ebene bekannt. Diese Norm legt spezifische Anforderungen an die Konstruktion, Sicherheit und Leistung fest und bildet den Grundstein für die sichere und effiziente Nutzung von Wasserstoffherzeugern sowie zur Standardisierung und Qualitätssicherung.

Zehn Merk- bzw. Arbeitsblätter ergänzen den Bestand. Eine besondere Bedeutung kommt dem DVGW-Arbeitsblatt G 220 [177] zu. Es gilt für Anlagen, die Wasserstoff in Netze einspeisen, sowie für industrielle und gewerbliche Anwendungen und deckt die Planung, Fertigung, Errichtung, Prüfung, Inbetriebnahme und den Betrieb dieser Anlagen ab. Das Arbeitsblatt definiert außerdem sicherheitstechnische Mindestanforderungen, um den sicheren Betrieb von Power-to-Gas-Anlagen zu gewährleisten.

Abschließend ergänzen 13 Zertifizierungsprogramme der DVGW CERT GmbH den Bestand, die Bereiche wie Gasgeräte [204], Heizkessel [202], [203], Armaturen [207] sowie Haushalts- [205] und Großküchengeräte [206] umfassen. Für den privaten Bereich gelten weitgehend einheitliche Landesbauordnungen und Landesfeuerungsverordnungen, die auf zertifizierte Produkte hinweisen. In den Fällen, in denen keine CEN-Normen existieren, werden die nationalen Zertifizierungsprogramme als temporäre Grundlage für Baumusterprüfungen und Zertifizierungen verwendet.

Bedarfe und Umsetzung

Für Produkte gelten in der Regel europaweite EU-Verordnungen und EU-Richtlinien. Die bestehenden Richtlinien und Verordnungen decken bereits zahlreiche Aspekte der Produktzertifizierung für Wasserstoff ab. Es existieren teilweise noch Lücken bei den (harmonisierten) Normen, wie beispielsweise hinsichtlich Dichtheit oder der Anwendung der Produkte unter nichtatmosphärischen Bedingungen. Teilweise können ISO-Normen als Erkenntnisquelle herangezogen werden. Daher ergibt sich der Bedarf an die technische Regelsetzung, diese Produkteanforderungen zukünftig abzubilden. Für den Betrieb von Anlagen gibt es darüber hinaus EU-Richtlinien nach Artikel 153 des Vertrags über die Arbeitsweise der Europäischen Union (AEUV) [308] 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 auf der europäischen Ebene nicht. National ist dies für Gewerbe und Industrie über die Betriebssicherheits- und Gefahrstoffverordnung sowie den darunter erlassenen technischen Regeln abgedeckt. Auch hier müssen für die Zukunft Lücken in der technischen Regelsetzung geschlossen werden.

Viele Bedarfe und Handlungsempfehlungen wurden ebenfalls an spezifische AGs adressiert, wie beispielsweise an die häusliche und gewerbliche Anwendung. Die Gasströmungswächter [309], [310], Dichtmittel [291] und Schmierstoffe [286], welche für den Wasserstoffbetrieb ausgelegt sind, werden komplett in der **AG Bauteile für Anwendungen und Technologien** bearbeitet. Ein Bedarf bezieht sich auf die Anforderungen an Sensoren zur Detektion von Wasserstoff. Die bestehenden Normen zur Detektion von gasförmigem Wasserstoff beschränken sich derzeit auf Sensoren, die den Wasserstoffgehalt der gemessenen Atmosphäre auf Basis der Wärmetönung katalytischer Prozesse bestimmen. Da sich die Verfahren zur Wasserstoffdetektion rapide weiterentwickelt haben, sind neue Sensortypen und Anwendungsfälle in Vorbereitung. Die Qualitätsanforderungen und Messkriterien müssen daher für diese neuen Technologien und Anwendungen erweitert werden.

Fazit und Ausblick

Für die technische Regelsetzung im Bereich Produktzertifizierung liegt der Status „ausgereift“ vor. Es besteht bereits eine Vielzahl an veröffentlichten Dokumenten, die für Wasserstoff einsatzfähig sind. Die meisten konkreten Bedarfe dieser AG liegen auch anderen spezialisierteren Gremien, wie z. B. der **AG Bauteile für Anwendungen und Technologien**, vor. Das Schließen der Lücken der meisten Bedarfe hinsichtlich Wasserstoff wird zudem bereits durch die spezifischen Gremien der technischen Regelsetzung umgesetzt. Dank entsprechender nationaler Lösungen wie Zertifizierungsprogrammen (z. B. für Gebläsebrenner, Heizkessel sowie Dicht- und Schmierstoffe) ist das technische Regelwerk bereits vollständig anwendbar. Somit kann davon ausgegangen werden, dass zeitnah ein nahezu komplettes technisches Regelwerk für den Bereich der Produktzertifizierung im Jahr 2026 vorliegen wird.

5.1.5.6 AG Weiterbildung

Scope

Die AG Weiterbildung befasst sich mit den Anforderungen an Akteure 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.

Reifegrad

Im Bereich der Weiterbildung existiert ein ausgereiftes technisches Regelwerk. Rechtliche Vorgaben und technische Regeln auf vorrangig nationaler Ebene definieren bzw. konkretisieren die erforderliche Qualifikation unabhängig vom spezifischen Umgang mit Wasserstoff. Diese Qualifikation orientiert sich an den zu erfüllenden Aufgaben im Allgemeinen, und die Anpassung an das jeweilige Medium erfolgt in Verantwortung der beteiligten Akteure. Herausforderungen sind insbesondere die Vielzahl an Akteuren und der damit verbundene unterschiedliche Wissensstand zum Thema Wasserstoff. Dafür hat die AG Weiterbildung die Erstellung eines Leitfadens initiiert, der den Rechtsrahmen mit den notwendigen Qualifikationsanforderungen für die Mitwirkenden der H₂-Wertschöpfungskette verständlich darstellen soll.

Bestandsanalyse – Bewertung

Die Qualifizierung von Personal wird durch den europäischen Rechtsrahmen direkt, aber auch indirekt sowohl für Hersteller¹⁾ als auch für Betreiber²⁾ von Anlagen oder Maschinen gefordert. Auf nationaler Ebene wird diese Forderung durch Gesetze wie z. B. das Produktsicherheits-, das Arbeitsschutz- oder das EnWG 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. Die Regelung des Arbeitsschutzes in Deutschland ist durch einen Dualismus geprägt. Zum einen umfasst dies die Vorgaben der staatlichen technischen Regelwerke,

die durch die dazugehörigen Verordnungen (z. B. Betriebs-sicherheitsverordnung) und deren Konkretisierungen in Form von technischen Regeln bestehen. Zum anderen besteht das autonome Recht der Unfallversicherungsträger. Dabei handelt es sich um die rechtsverbindlichen DGUV-Vorschriften (Unfall-verhütungsvorschriften), die durch Regeln und Informationen der Unfallversicherungsträger konkretisiert werden. In der leitungsgebundenen Versorgung der Allgemeinheit mit Gas und Wasserstoff gilt das DVGW-Regelwerk. In der leitungs-gebundenen Versorgung mit Elektrizität gilt das technische 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 Zusammen-hang mit den jeweiligen übertragenen Arbeitsaufgaben und der damit verbundenen Verantwortung stehen.

Im Verzeichnis der Normen und technischen Regelwerke für Wasserstofftechnologien [33] sind 50 vorrangig nationale Dokumente aufgeführt, die bereits für Wasserstoff anwend-bar sind.

1) Mit dem Begriff „Hersteller“ können auch liefernde Unter-nehmen und Dienstleistende gemeint sein. Diese Definition erfolgt sinngemäß nach Empfehlungen zur Betriebssicherheit (EmpfBS) 1113 „Beschaffung von Arbeitsmitteln“ Nr. 2, Abs. 2. [311]

2) Mit dem Begriff „Betreiber“ können u. a. Arbeitgebende nach § 2 des Arbeitsschutzgesetzes (ArbSchG), natürliche oder juristische Personen nach § 2 Nr. 3 des Gesetzes über überwachungsbedürftige Anlagen (ÜAnlG), Verantwortliche in Betrieben, die in den Anwendungsbereich des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (BImSchG) oder des EnWG fallen, gemeint sein. [312]

3) DGUV: Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung

Bedarfe und Umsetzung

Die Eigenschaften des Wasserstoffs erfordern bei dessen Ein-satz in der gesamten Wertschöpfungskette spezielle Kompe-tenzen des Personals. Hervorzuheben ist hier u. a. der Umgang mit Gefährdungen, z. B. durch die Fähigkeit zur Bildung einer explosionsfähigen Atmosphäre in sehr weiten Grenzen und weitere Besonderheiten wie stoffspezifische Wechselwirkun-

gen mit Werkstoffen (z. B. Wasserstoffversprödung) [313]. In der Industrie wird Wasserstoff schon seit über 100 Jahren eingesetzt. Die historisch gewachsenen Vorgaben des Rechts-rahmens und die daraus entstandenen technischen Regel-werke definieren Qualifikationen und Weiterbildungsanfor-derungen aus den unterschiedlichsten Perspektiven.

Ein Resultat dieser Entwicklung ist, dass Regelungen und darin enthaltene Anforderungen an Qualifikationen zur Ausführung spezifischer Aufgaben, die themen- bzw. aufgabenbezogen zu unterschiedlichen Zeitpunkten und von verschiedenen Gremien festgelegt wurden, einzuhalten sind. Hervorzuheben ist, dass eine stoffspezifische Definition der Aufgaben vorrangig nicht erfolgt. Dies führt im Zusammenhang mit Wasserstofftechno-logien zu einem hohen Grad der Intransparenz, der häufig zusätzlichen Mehraufwand und unzureichende Kenntnis-/ Wissensstände bedingt. Insbesondere für Mitwirkende, die erstmalig die Thematik Wasserstofftechnologien betrachten, ist das Erkennen und Entscheiden über erforderliche Quali-fikationsmaßnahmen für das Personal herausfordernd. Infolgedessen besteht bei einigen Mitwirkenden der Wunsch nach wasserstoffspezifischen Qualifikationsanforderungen, die jedoch schon bestehende Festlegungen erneut aufgreifen müssten. Die Sensibilisierung für spezifische Qualifikations-anforderungen betrifft alle Mitwirkenden im Bereich der H₂-Wertschöpfungskette bei Herstellenden und Betreibenden. Sowohl die Herstellung als auch der spätere Betrieb von wasserstoffführenden Anlagen bedingen jeweils qualifiziertes Personal, welches auch durch den Rechtsrahmen gefordert wird. Bei der Planung von Projekten muss der zusätzliche Qualifizierungsaufwand Berücksichtigung finden. Die unter-schiedliche Betrachtungsweise zukünftig Mitwirkender in der H₂-Wertschöpfungskette und die bestehende Intransparenz führen zu Unsicherheiten. Daher wird ein notwendiger Mehr-aufwand für Qualifizierungen nicht immer vollumfänglich frühzeitig erkannt oder überschätzt.

Durch die AG wurde die Erstellung des Leitfadens „Einstieg in die H₂-Wertschöpfungskette – Qualifikationsanforderungen gemäß Rechtsrahmen“ initiiert, um in diesem Bereich Trans-parenz zu schaffen und den Markthochlauf zu beschleunigen (siehe [Aktionsplan](#)). Darüber hinaus besteht im Rechtsrahmen eine Inhomogenität der Begrifflichkeiten und ihrer Defini-tionen. Dies gilt unabhängig von der Thematik Wasserstoff, führt jedoch zu zusätzlichen Herausforderungen.



Fazit und Ausblick

Für den Markthochlauf der Wasserstofftechnologien muss qualifiziertes Personal verfügbar sein. Daher sind in den Vorgaben der Qualifikationsanforderungen und medienspezifischen Kenntnisse Transparenz und Eindeutigkeit zu schaffen. Das durch die AG initiierte Projekt zur Erstellung eines Leitfadens soll eine Übersicht wasserstoff-technologisch bedingter Anforderungen an die Fachkenntnisse und Fähigkeiten, bezogen auf eine bestimmte Aufgabe oder Arbeitssituation, zusammenstellen. Ziel ist es, dass alle Mitwirkenden eine transparente Übersicht zu den bestehenden Anforderungen erhalten und bezüglich der möglichen resultierenden Gefahren sensibilisiert werden.

Die bestehenden Vorgaben regeln themen- und aufgabenbezogen die Qualifikationsanforderungen. Insbesondere neue Interessengruppen der Wasserstofftechnologien erwarten jedoch einen stoffspezifischen Ansatz. Die Übertragung von Aufgaben an das Personal ist mit jeweiligen Qualifikationsanforderungen verbunden. Dafür existiert im nationalen Rechtsrahmen bereits ein aufgabenbezogener Ansatz für die Qualifikation. Dies ist auch im Bereich der Wasserstofftechno-

logien zu berücksichtigen. Die AG sieht daher keinen Bedarf, den bestehenden Rechtsrahmen auf einen stoff-/medienbezogenen Ansatz umzustellen. Zur Realisierung eindeutiger Vorgaben ist in der (wasserstoff-unabhängigen) technischen Regelsetzung die Harmonisierung von Begrifflichkeiten und Definitionen im Bereich der Weiterbildung anzustreben. Dies gilt auch für den dazugehörigen Rechtsrahmen. Das vorhandene technische Regelwerk zum Thema Weiterbildung wird aus Sicht der AG Weiterbildung als „ausgereift“ eingeschätzt, sodass der Markthochlauf der Wasserstofftechnologien diesbezüglich nicht behindert wird. Während der Erarbeitung des Leitfadens wird sich zeigen, ob noch Lücken existieren, die im Rahmen der Arbeit in der AG nicht erkannt wurden.

In der Zukunft ist der Stand der Weiterbildung zu beobachten und zu diskutieren, da das Vorhandensein und die Qualifizierung von Fachpersonal ein Kernelement für die Etablierung der Wasserstofftechnologien sind. Stetig muss geprüft werden, ob noch nicht bekannte bzw. noch nicht identifizierte Lücken im Bereich der Weiterbildung bestehen. Die durch den Leitfaden zu schaffende Transparenz und insbesondere die Anwendung dieses Leitfadens ist zu validieren.

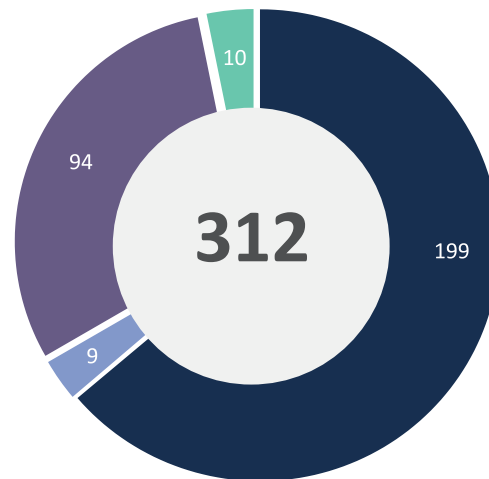
5.2 Bewertung der Handlungsempfehlungen und Umsetzungsprojekte

Die Aussprache und Priorisierung von Handlungsempfehlungen sowie die gezielte Unterstützung prioritärer Projekte als sogenannte Umsetzungsprojekte sind zwei entscheidende Maßnahmen, durch die das Projekt die Weiterentwicklung des technischen Regelwerks im Bereich der Wasserstofftechnologien maßgeblich vorangetrieben hat. Diese Maßnahmen haben dazu beigetragen, dass zielgerichtete Schritte unternommen wurden, um die Implementierung und Integration innovativer Wasserstofflösungen zu beschleunigen. Zusammen bilden sie den strategischen Fahrplan für die Anpassung des technischen Regelwerks auf Wasserstoff.

Analyse der Umsetzung

So wurden 312 Handlungsempfehlungen als gezielte Maßnahmen zur Schließung identifizierter Regelungslücken im Bereich der technischen Normung und Standardisierung entwickelt (siehe [Abbildung 47](#)). Diese Empfehlungen wurden durch die Gremien der Normungsroadmap erarbeitet und dem Steuerungskreis vorgelegt. Anschließend wurden, bei positivem Entscheid, die Normungs- und Standardisierungsprojekte den zuständigen Gremien der technischen Regelsetzung zur weiteren Bearbeitung übergeben. Die Projekte umfassen nationale, europäische sowie internationale Initiativen und spiegeln die strategische Ausrichtung auf eine kohärente und zukunftsorientierte Regelsetzung der Wasserstoffwirtschaft wider.

Handlungsempfehlungen gelten als „in Umsetzung“, wenn sie vom Steuerungskreis freigegeben und von einem Gremium der technischen Regelsetzung initiiert wurden – unabhängig davon, ob sie gefördert sind oder nicht. Der Umsetzungsstatus wird vor jeder Sitzung durch die Gremienbetreuung in Abstimmung mit den jeweiligen Gremien aktualisiert und anschließend in die Bestandsdatenbank überführt, wo er fortlaufend gepflegt wird. Die Auswertung zeigt einen hohen Grad an Aktivität und Engagement in der Umsetzung.



- in der Vorbereitung zur Umsetzung / in der Umsetzung
- bereits abgeschlossen
- noch ausstehend
- abgelehnt

Abbildung 47: Status der vom Verbundprojekt NRM H2 ausgesprochenen Handlungsempfehlungen (Quelle: eigene Darstellung)

- **64 %** der Empfehlungen befinden sich bereits in der Umsetzung oder in der vorbereitenden Phase.
- **30 %** der Empfehlungen sind derzeit noch ausstehend und befinden sich in der Vorbereitung zur Initiierung, warten auf Forschungsergebnisse aus laufenden Projekten oder sind bedingt durch niedrigere Priorität erst später zur Umsetzung angedacht.
- **3 %** der Projekte wurden bereits erfolgreich abgeschlossen.
- **3 %** der Vorschläge wurden abgelehnt, etwa aufgrund mangelnder Relevanz, fehlender Ressourcen oder strategischer Priorisierung.

Diese Verteilung verdeutlicht, dass ein Großteil der identifizierten Lücken der technischen Regelsetzung eine sehr hohe Bedeutung für den Hochlauf der Wasserstoffwirtschaft besitzt und aktiv mit hoher Priorität angegangen wird. Die geringe Ablehnungsquote spricht für die hohe Qualität und Relevanz der erarbeiteten Empfehlungen.



Umsetzungsprojekte und ihre finanzielle Förderung als Schlüssel zur effizienten Durchführung von Normungsprojekten

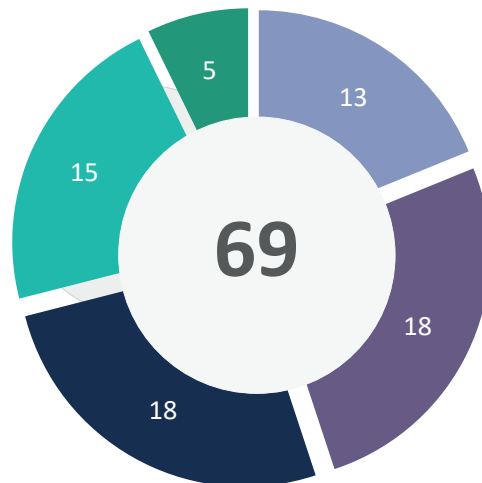
Umsetzungsprojekte sind hochprioritäre Handlungsempfehlungen, die aufgrund ihrer besonderen Relevanz und Dringlichkeit gezielt und beschleunigt umgesetzt werden. Sie adressieren inhaltlich besonders bedeutsame Lücken in der technischen Regelsetzung und leisten damit einen wesentlichen Beitrag zur Weiterentwicklung des normativen Rahmens in Deutschland, Europa und darüber hinaus.

Durch ihre strategische Ausrichtung und ihren unmittelbaren Praxisbezug entfalten Umsetzungsprojekte eine hohe Wirkungskraft: Sie ermöglichen es, zentrale Themenfelder zeitnah zu bearbeiten und normative Grundlagen dort zu schaffen, wo sie dringend benötigt werden.

Zur Sicherstellung einer effektiven Umsetzung werden diese Projekte durch eine gezielte finanzielle Förderung begleitet. Diese Unterstützung richtet sich insbesondere an die Gremienarbeit von Experten sowie an die technischen Regelsetzer und Normungsorganisationen. Die Förderung schafft die notwendigen Rahmenbedingungen für eine strukturierte, konsensbasierte und qualitativ hochwertige Erarbeitung technischer Regeln.

Insgesamt wurden 69 geförderte Normungsprojekte initiiert, davon rund 68 % auf nationaler, 20 % auf europäischer und 12 % auf internationaler Ebene. Die Projekte umfassen alle Themenbereiche der Wasserstoffwirtschaft, von der Erzeugung und Infrastruktur hin zur Anwendung plus der Querschnittsthemen Qualitätsinfrastruktur, Weiterbildung, Sicherheit und Zertifizierung (siehe [Abbildung 48](#)).

Die in diesem Zeitraum gesammelten Erfahrungen verdeutlichen die positiven Auswirkungen, die durch das Fördersystem erzielt wurden (siehe [Abbildung 49](#)). Eine Vielzahl von Projekten wurde erst durch die Förderung ermöglicht, die sonst unter regulären Umständen absehbar nicht oder nur mit deutlicher Verzögerung durchgeführt worden wären.



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

Abbildung 48: Anzahl der geförderten Umsetzungsprojekte nach Themenfeldern (Quelle: eigene Darstellung)

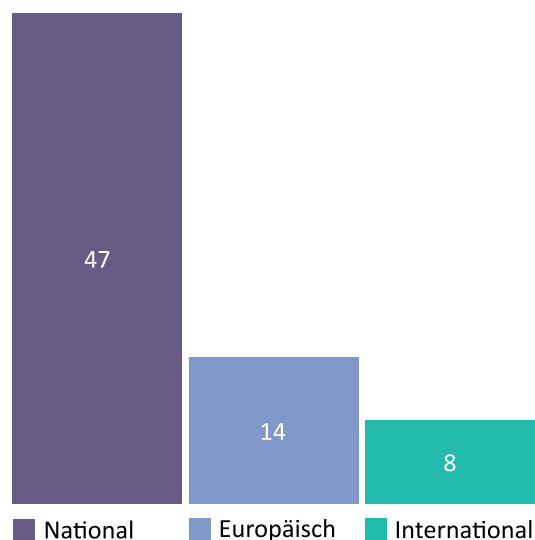
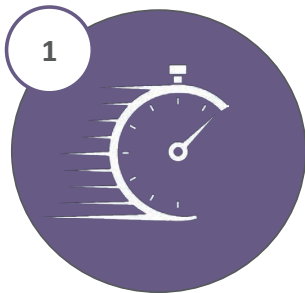


Abbildung 49: Verteilung der geförderten Umsetzungsprojekte nach nationaler, europäischer und internationaler Ebene (Quelle: eigene Darstellung)

Durch die Bereitstellung der Fördermittel konnten die Unternehmen die entstandenen Kosten für die Abstimmung ihrer Experten zur Regelwerkserstellung und die dazugehörigen Dienstreisen kompensieren. Dieses führte zu einer erheblichen Steigerung der Bereitschaft und Motivation zur Mitarbeit in den Normenausschüssen. So war ein sichtbarer Vorteil des Unterstützungssystems die spürbar schnellere Zusammenstellung der Projektteams, wodurch ein zügiger Start der Normungsarbeit ermöglicht wurde (siehe **Abbildung 50**). Außerdem konnte eine höhere Anzahl von Fachleuten mit Praxiserfahrung, aus dem Mittelstand von Herstellern und insbesondere aus der Forschung, in die Regelwerksarbeit eingebunden werden – was wiederum zu einer höheren technischen Expertise und einer breiteren Konsensbildung in den Gremien führte.

Somit bewirkte die Förderung, dass bestehende Lücken im technischen Regelwerk effizient und zügig geschlossen werden konnten. Des Weiteren wird Deutschland in die Lage versetzt, bei europäischen und internationalen Projekten eine Führungsrolle zu übernehmen und Normen gezielt im Sinne der Nationalen Wasserstoffstrategie voranzutreiben. In diesem Zusammenhang können unter anderem Sekretariate von europäischen und internationalen Normungsgremien besetzt werden. Dies verbessert zudem den Informationsfluss aus den deutschen Gremien in die europäischen und internationalen Gremien und die Berücksichtigung deutscher Interessen in der europäischen und internationalen Normung.



Wesentlich beschleunigte Regelsetzung



Vermehrte und breitere Einbindung von Stakeholdern



Europäische und internationale Sekretariate können besetzt werden

Abbildung 50: Wirkung der Förderung von Normungsprojekten und Projekten der technischen Regelsetzung im Rahmen der Normungsroadmap Wasserstofftechnologien (Quelle: eigene Darstellung)

The background is a solid blue color with a subtle white grid pattern. Overlaid on this are several abstract geometric elements: a large, faint, light-blue arrow pointing right in the upper left; a series of concentric, dashed and solid white circles in the center-left; and a large, stylized white arrow pointing right that spans the width of the page, with horizontal white lines and dots inside it, giving it a sense of motion or data flow.

6

Zusammenfassung der Ergebnisse



Im Folgenden sind die Ergebnisse der Normungsroadmap Wasserstofftechnologien zusammenfassend dargestellt.

Kapitel 6.1 gibt einen Überblick über den Stand des technischen Regelwerks für Wasserstofftechnologien, unterteilt nach den betrachteten Bereichen der Wertschöpfungskette.

Ein detaillierter Überblick über den gesamten Fahrplan wird im **Aktionsplan** des Vorhabens bereitgestellt. Darin sind alle ausgesprochenen Handlungsempfehlungen und Umsetzungsprojekte sowie der jeweilige Status der Umsetzung enthalten.

Darauf aufbauend wird in **Kapitel 6.2** die weitere Entwicklung der Reifegrade des technischen Regelwerks abgeschätzt und der Fahrplan der technischen Regelsetzung abgebildet.

Das allgemeine Vorgehen bezüglich Bestandsanalyse, Aussprache von Handlungsempfehlungen und Konzept der Umsetzungsprojekte ist in **Arbeitsweisen der Roadmap** dargestellt. In Anhang I (**Abschnitt 10**) sind alle Umsetzungsprojekte in einer Gesamtübersicht dargestellt.

6.1 Aktueller Stand des Reifegrads

Ein zentraler Bestandteil der Arbeiten an der Normungsroadmap Wasserstofftechnologien war die Ermittlung des Status quo der technischen Regelsetzung. Darauf aufbauend wurde die Entwicklung und das Voranschreiten normativer Arbeiten durch das Vorhaben kontinuierlich begleitet und dokumentiert. Im Fokus dabei standen unter anderem folgende Fragestellungen:

- Sind die Kernnormen und weiteren technischen Regeln für Wasserstoff anwendbar?
- Sind die notwendigen Bedarfe an technischem Regelwerk ermittelt?
- Sind entsprechende Handlungsempfehlungen formuliert (inkl. Priorisierung und Zeitplanung)?
- Sind technische Regeln veröffentlicht worden bzw. in Erarbeitung, die den Reifegrad des Themenfelds vorantreiben?
- Bis wann werden die Lücken im technischen Regelwerk geschlossen?

Auf Basis dieser Informationen wurde der Reifegrad der technischen Regelsetzung festgelegt und aktualisiert. Die Analyse umfasst weder eine Bewertung des allgemeinen Reifegrads der Technologie noch eine Bewertung der Regulatorik.

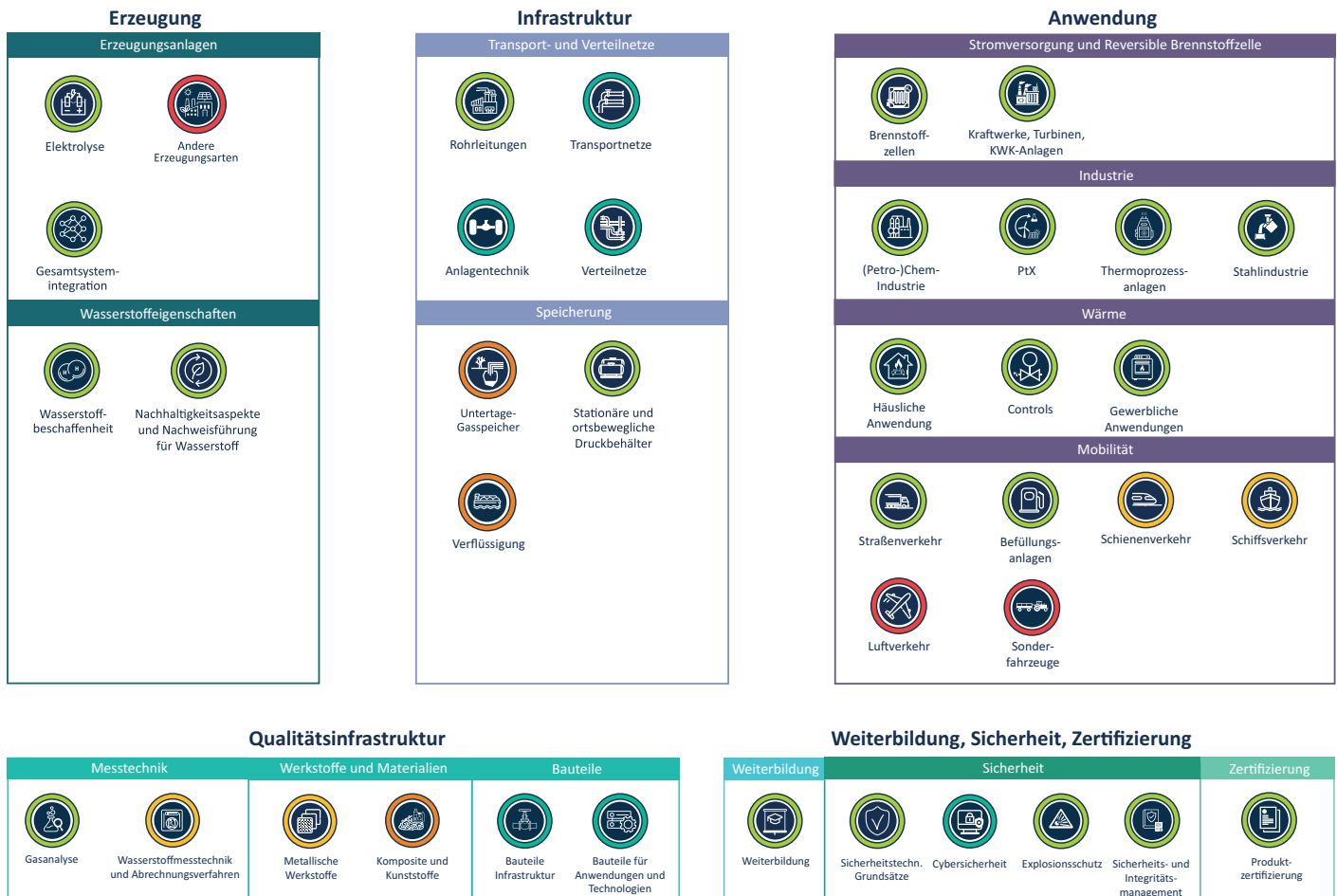


Abbildung 51: Übersicht der Reifegrade der technischen Regelsetzung für Wasserstofftechnologien (Quelle: eigene Darstellung)



Abbildung 52: Übersicht der Reifegrade (Legende⁵) (Quelle: eigene Darstellung)

- 5 **Fehlt:** kein/kaum anwendbares technisches Regelwerk; Bedarfsanalyse unvollständig
Rudimentär: große Lücken im technischen Regelwerk; Bedarfsanalyse liegt vor
Arbeitsfähig: Kernregelwerk vorhanden, Bedarfsanalyse liegt vor
Ausgereift: notwendiges technisches Regelwerk liegt vor, Fahrplan zur Schließung der Lücken in Umsetzung
Vollständig: nahezu vollständiges technisches Regelwerk, letzte Lücken werden geschlossen

ERZEUGUNG



Das technische Regelwerk für die Erzeugung von Wasserstoff mittels Elektrolyse ist bereits vorhanden und gut entwickelt. Es wird kontinuierlich optimiert, um eine Skalierung der Technologie zu ermöglichen und so große Mengen an Wasserstoff aus erneuerbarem Strom produzieren zu können.



Im Gegensatz dazu sind andere Erzeugungsarten von Wasserstoff, die nicht auf den konventionellen Verfahren wie z. B. Dampfreformierung beruhen, noch nicht bereit für die Einführung von Standards. Hier ist es wichtig, die Forschung weiter zu begleiten, um den Markt bestmöglich zu unterstützen und verschiedene Optionen für die Wasserstoffproduktion zu schaffen.



Der Bereich Gesamtsystemintegration wird als ausgereift bewertet, da das erforderliche Regelwerk zur elektrischen Energieversorgung größtenteils vorhanden ist. Die identifizierten relevanten Normen werden im Hinblick auf Wasserstoff erweitert oder auf ihre Anwendbarkeit geprüft.



Im Bereich der Wasserstoffeigenschaften sind bereits viele normative Grundlagen gut etabliert, jedoch besteht die Notwendigkeit, die verbleibenden Lücken zu schließen. Besonders wichtig dafür ist die Ermittlung des wirtschaftlichen Optimums in Bezug auf die Aufreinigung, die Schwankungen und die Berücksichtigung von Begleitstoffen.



Das technische Regelwerk für die Berücksichtigung von Nachhaltigkeitsaspekten und Nachweisführung von Wasserstoff bettet sich in das bestehende regulatorische Grundgerüst ein. Relevante Kernnormen stehen zur Verfügung oder befinden sich derzeit in der Entwicklung.

INFRASTRUKTUR



Das technische Regelwerk für die leitungsgebundene Infrastruktur ist vollständig vorhanden und wird bereits unter anderem beim Bau des Wasserstoff-Kernetzes umfassend genutzt. Dies umfasst den Bereich der Rohrleitungen, Transport- und Verteilnetze und die für den Betrieb notwendige Anlagentechnik.



Ebenfalls kann im Bereich der stationären und ortsbeweglichen Druckbehälter auf ein ausge-reiftes technisches Regelwerk zurückgegriffen werden, das im Sinne des Markthochlaufs kontinuierlich weiterentwickelt wird.



Eklatante Lücken sind im Bereich der Untertage-Gasspeicher zu sehen. Obwohl eine solide Basis für Erdgas existiert, muss diese vollständig an die neuen Anforderungen für Wasserstoff angepasst werden. Verschiedene Gremien arbeiten, unterstützt durch laufende pränormative Forschungsvorhaben, intensiv an der gezielten Erweiterung des technischen Regelwerks.



Basierend auf ihrer Verwendung als chemische Produkte existieren eine Vielzahl an Normen und technischen Regeln für flüssigen, kryogenen Wasserstoff und Wasserstoffderivate. Um ihre breitere Nutzung als Energieträger und -speicher zu ermöglichen, müssen jedoch neue technische Regelwerke entwickelt werden. Ein erfolgreicher Markthochlauf erfordert eine verstärkte pränormative Forschung sowie eine einheitliche und öffentlich zugängliche Standardisierung.



ANWENDUNG

Für den vielfältigen Anwendungsbereich der Wasserstofftechnologien kann auf ein insgesamt gut ausgereiftes technisches Regelwerk zurückgegriffen werden. Jedoch sticht der Mobilitätssektor hierbei durch eine sehr unterschiedliche Ausprägung des Stands des technischen Regelwerks hervor.



Für die industrielle Nutzung und Kraftwerksanwendungen ist das notwendige technische Regelwerk vorhanden, um die aktuellen Anforderungen zu erfüllen. Auf europäischer und internationaler Ebene werden bestehende Lücken kontinuierlich geschlossen, um die Sicherheit der Systeme und von deren Komponenten zu gewährleisten und die Wirtschaftlichkeit weiter zu verbessern.



Für den vielfältigen Power-to-X-Bereich ist der Bestand ausgereift, so existieren für die bestehenden Technologien grundlegende Kernnormen. Das technische Regelwerk wird kontinuierlich weiterentwickelt und den Fortschritten in diesem Themenfeld angepasst.



Das gut ausgereifte technische Regelwerk für Brennstoffzellen besteht überwiegend aus identisch übernommenen, internationalen Standards, die regelmäßig überprüft und angepasst werden.



Die Nutzung von Wasserstoff zur direkten Wärmeerzeugung ist vollständig durch das bestehende technische Regelwerk abgedeckt und stellt somit eine praktikable Option zur Dekarbonisierung dar.

Der aktuelle Stand des technischen Regelwerks für Wasserstoffanwendungen variiert stark zwischen den verschiedenen Verkehrsmitteln, wobei einige Bereiche bereits umfassend abgedeckt sind, während in anderen Bereichen weiterhin erhebliche Lücken bestehen.



Für Befüllungsanlagen gibt es bereits zahlreiche Normen, doch müssen noch bestehende Lücken geschlossen werden, um alle erforderlichen Normen für eine sichere Wasserstoffmobilität zu gewährleisten.



Für den Schiffsverkehr liegen nationale, europäische und internationale Normen und technische Regeln vor, welche den Einsatz von Wasserstoff in der Schifffahrt adressieren. Für die Binnenschifffahrt liegen europaweit gültige technische Regelwerke vor, während für die Seeschifffahrt internationale Übereinkommen einschließlich ihrer Codes gelten. Die technischen Regelwerke der Binnen- und Seeschifffahrt sowie bestehende Normen werden hinsichtlich der Nutzung von Wasserstoff und seiner Derivate als Energieträger zur Eigenversorgung sowie als Ladung inklusive entsprechender Speichersysteme unter Berücksichtigung von intermodalen Schiff-Land-Schnittstellen geprüft, ergänzt und weiterentwickelt.



Im Straßenverkehr ist die Nutzung von Wasserstoff normativ gut abgedeckt, mit nur wenigen verbleibenden Lücken in der Normung und technischen Regelsetzung.



Beim Schienenverkehr existieren erste technische Regelwerke im elektrotechnischen Bereich. Darüber hinaus werden Normen aus anderen Sektoren herangezogen, da es sich um Schnittstellentechnologien handelt. Bahnspezifische Anforderungen bezüglich Betankung, Speicherung und Sicherheitsaspekte werden derzeit gezielt in den Fokus genommen.



Im Bereich Luftverkehr gibt es aktuell kaum Normen und technische Regeln, und es besteht in mehreren Bereichen Bedarf an pränormativer Forschung, etwa bei der Betankung, Testverfahren und der Reinheit des verwendeten Wasserstoffs.



Für Sonderfahrzeuge kann auf bestehende technische Regelwerke zurückgegriffen werden. Allerdings liegt die Herausforderung darin, konkrete Normungsbedarfe herauszuarbeiten, da die zukünftigen Anwendungsfelder derzeit noch unklar sind.

QUALITÄTSINFRASTRUKTUR



Im Bereich der Messtechnik liegt bereits eine Vielzahl an anwendbaren technischen Regelwerken zur Analyse, Messung und Abrechnung vor. Derzeit werden die entsprechenden Analyse-, Messgeräte- und Zählernormen er- bzw. überarbeitet.



Die Verwendung von Bauteilen für Wasserstoffinfrastruktur, -versorgung und -anwendung ist normativ nahezu vollständig erfasst und offene Bedarfe werden zeitnah geschlossen.



Dahingegen ist das technische Regelwerk für die metallischen Werkstoffe, Komposite und Kunststoffe, die umfassendere Werkstoffeignungen unter erweiterten Druck- und Temperaturbedingungen betrachten, als arbeitsfähig bis rudimentär anzusehen. Die erforderlichen technischen Regeln für hochpriorisierte Anwendungsfelder, insbesondere in den Bereichen Infrastruktur und Erzeugung, sind bereits verfügbar. Um jedoch allgemeingültige Aussagen zu allen Einsatzbereichen treffen zu können, ist es notwendig, das bestehende techni-

sche Regelwerk durch zusätzliche Messtechniken, Prüfverfahren und Erkenntnisse über das Werkstoffverhalten bei Exposition mit Wasserstoff zu erweitern. Diese Ergänzungen sollen dazu beitragen, die Notwendigkeit von Einzel- und Sonderprüfungen weitgehend zu reduzieren und eine einheitliche Grundlage für alle Einsatzbereiche zu schaffen.

SICHERHEIT, WEITERBILDUNG UND PRODUKTZERTIFIZIERUNG



Im Bereich der Sicherheit existiert bereits ein ausgereiftes bis umfassendes technisches Regelwerk, das eine sichere Anwendung von Wasserstoff gewährleistet. Die noch erforderlichen Harmonisierungen und Erweiterungen des technischen Regelwerks für die Anforderungen des Markthochlaufs sind erkannt und werden kontinuierlich umgesetzt.



Für die Weiterbildung von Personen für den Umgang mit Wasserstofftechnologien sind rechtliche Vorgaben und technische Regeln auf vorrangig nationaler Ebene definiert bzw. konkretisieren die erforderliche Qualifikation unabhängig vom spezifischen Umgang mit Wasserstoff. Um Anforderungen für Wasserstoff herauszuarbeiten und transparent und leicht zugänglich zu machen, befinden sich entsprechende Leitfäden in der Umsetzung.



Auf Basis der Normen für die jeweiligen Anwendungsfelder ist es bereits möglich, die notwendigen Produkte zu zertifizieren, die Wasserstoff nutzen. Für die Anlagentechnik und die Erzeugung liegen internationale Standards vor. Auch existieren bereits eine Vielzahl von Zertifizierungsprogrammen, die national angewendet werden können, um die europäischen Gesetzesvorgaben zur Zulassung von Produkten zu erfüllen, bis die entsprechenden Europäischen Normen für Wasserstoff überarbeitet sind.



6.2 Entwicklung der Reifegrade des technischen Regelwerks

Ausgehend von diesem Sachstand des aktuellen Status der Reifegrade stellt sich die Frage, wie sich das technische Regelwerk in den unvollständigen Bereichen in den nächsten Jahren weiterentwickelt und bis wann die identifizierten Bedarfe bzw. der Fahrplan für die technische Regelsetzung umgesetzt wird.

Die folgenden Abbildungen fassen die Einschätzungen zur Entwicklung des Reifegrads des technischen Regelwerks nach den Bereichen der Wertschöpfungskette grafisch zusammen. Die Auswertung stützt sich auf die Erkenntnisse der Roadmap und bietet auf Grundlage des aktuellen Wissensstands eine Abschätzung zukünftiger Entwicklungen. Ziel ist es, eine generelle Einschätzung der voraussichtlichen Entwicklung des technischen Regelwerks vorzunehmen, wobei keine absoluten Aussagen getroffen werden und kein Anspruch auf Vollständigkeit besteht.

ERZEUGUNG

Im Bereich der Elektrolyse sind alle bestehenden Bedarfe bereits in der Umsetzung, mit einer erwarteten Fertigstellung bis etwa 2028. Hierbei ist insbesondere das Umsetzungsprojekt VDI 4636 zu nennen, das Wissen aus erfolgreichen Projekten zusammenführt und so den bisher langwierigen

Planungsprozess beschleunigt. Ebenfalls von Bedeutung ist das Projekt DIN VDE 0100-782, das die elektrische Sicherheit von Elektrolyseuren adressiert. Aufgrund der dynamischen Entwicklungen in der Elektrolysetechnologie ist es wichtig, diesen Bereich weiterhin genau zu beobachten, um die Anpassung und Weiterentwicklung des Stands der Technik zeitnah zu gewährleisten.

Für andere Erzeugungsarten ist die zukünftige Entwicklung derzeit noch schwer abzuschätzen. In diesen Bereichen müssen die Forschung und der Entwicklungsstand kontinuierlich begleitet werden, bis ein für Standardisierungsaktivitäten ausreichender Technologiereifegrad erreicht ist. Eine rasche Umsetzung ist hierbei empfehlenswert, um ein breites Spektrum an Optionen für die Energiewende zu schaffen und Deutschlands potenzielle Technologieführerschaft in diesem Sektor zu sichern.

Für die übergeordneten Bereiche Wasserstoffbeschaffenheit, Nachhaltigkeitsaspekte und Nachweisführung sind die relevanten Bedarfe aktiv in der Umsetzung und das technische Regelwerk absehbar in den kommenden Jahren vervollständigt. Folgende Umsetzungsprojekte leisten dazu einen wesentlichen Beitrag:

Ein harmonisierter europäischer Standard zur Definition der Wasserstoffbeschaffenheit, der Transport und Handel erleichtert, den bidirektionalen, grenzüberschreitenden Austausch

ERZEUGUNG

Entwicklung des technischen Regelwerks

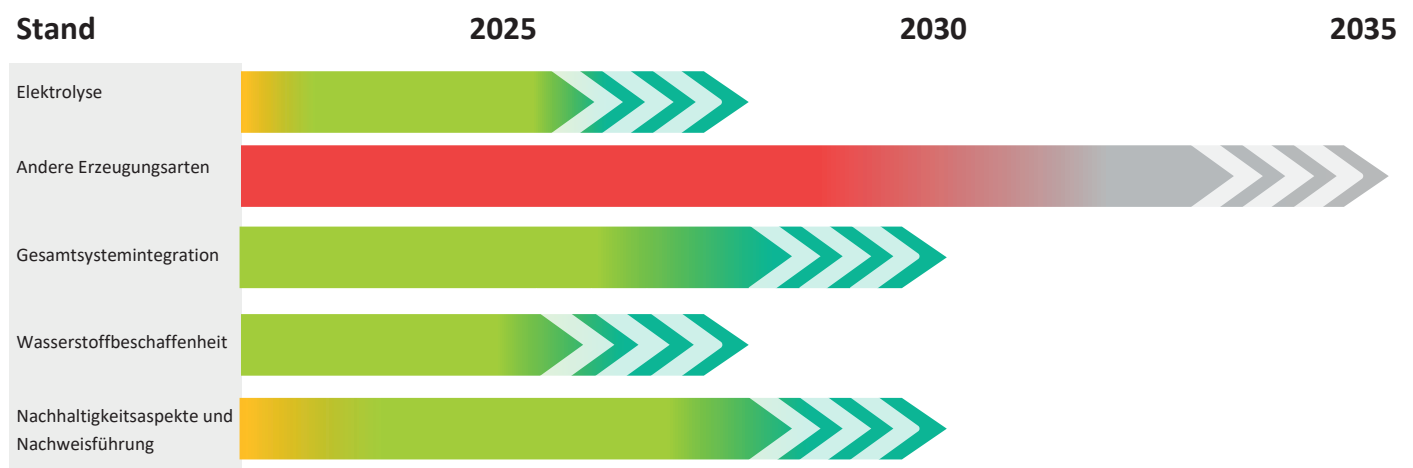


Abbildung 53: Abschätzung der Entwicklung des Reifegrads des technischen Regelwerks im Bereich der Erzeugung (Quelle: eigene Darstellung)



und die Einhaltung sicherheitsrelevanter, qualitativer und regulatorischer Anforderungen entlang der gesamten H₂-Wertschöpfungskette sicherstellt.

Im Bereich der Nachhaltigkeitsaspekte wird durch das nationale Projekt DIN 35890 ein Konzept zur Bewertung der Nachhaltigkeitskriterien von Wasserstoff und Wasserstoffderivaten erarbeitet, das als Grundlage dienen soll, dieses Thema auch auf internationaler Ebene zu verankern.

Im Bereich der Gesamtsystemintegration sind nicht alle notwendigen Bedarfe vollständig erfassbar, da das Themenfeld weit verzweigt und vielschichtig ist. Maßgeblich für die Gesamtsystemintegration ist die Integration von Wasserstoffsystemen in bestimmte Teile der Normreihe IEC 61850 zu Kommunikationsnetzen und -systemen für die Automatisierung in der elektrischen Energieversorgung. Die geplante Überarbeitung der Normenreihe ist entscheidend für die Integration und Interoperabilität von Wasserstoffanlagen im Smart Grid, da darin u. a. die Datenmodelle und Steuerungsfunktionen für verteilte Energiesysteme definiert werden.

INFRASTRUKTUR

Für die leitungsgebundene Infrastruktur liegt aktuell bereits ein umfassendes technisches Regelwerk vor. So werden im Bereich der Rohrleitungen mit dem aktuell laufenden Umsetzungsprojekt zur Erweiterung der Normenreihe EN 13480 um Wasserstoffanwendungen auf europäischer Ebene wichtige identifizierte Bedarfe umgesetzt.

Im Bereich Anlagentechnik, Verteil- und Transportnetze wurden eine Vielzahl von maßgeblichen Umsetzungsprojekten u. a. für Verdichterstationen und Explosionsschutz initiiert und teilweise bereits abgeschlossen, sodass dieses technische Regelwerk nicht nur vollständig ist, sondern Ende 2025 bereits in optimierter Form vorliegt. Dem Bau von Wasserstoffnetzen – egal, ob Neubau oder Umrüstung des Erdgasnetzes auf den klimaschonenden Energieträger – steht daher vonseiten der technischen Regelsetzung nichts mehr im Wege. Die Grundlage für eine sichere und erfolgreiche Energiewende ist gelegt.

Im Bereich der stationären und ortsbeweglichen Druckbehälter ist ein Umsetzungsprojekt in Erarbeitung, das darauf abzielt, die bestehende Normenreihe um spezifische Anforderungen für Wasserstoffanwendungen zu erweitern. Die Fertigstellung dieses Projekts ist absehbar und wird bei der Hochskalierung von Wasserstoffanwendungen unterstützen.

INFRASTRUKTUR

Entwicklung des technischen Regelwerks

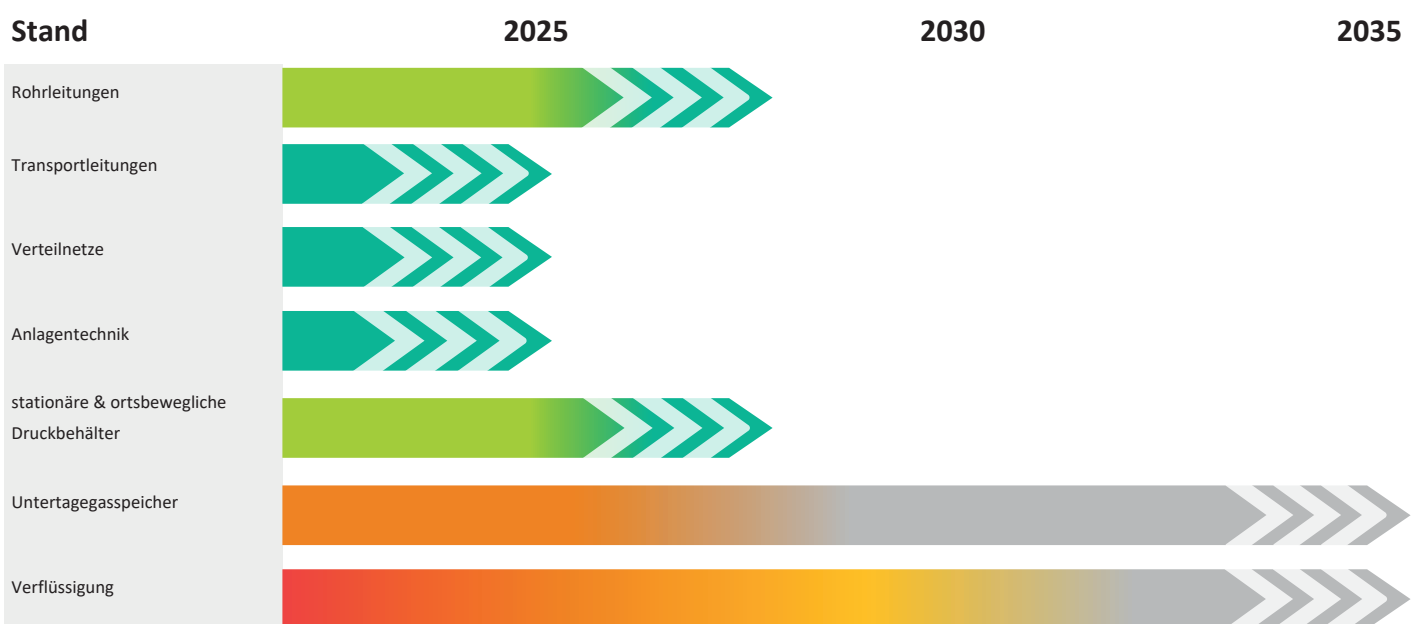


Abbildung 54: Abschätzung der Entwicklung des Reifegrads des technischen Regelwerks im Bereich der Infrastruktur (Quelle: eigene Darstellung)



Die Gremien im Bereich der Untergrundspeicher haben sich der Umsetzung der erforderlichen Maßnahmen angenommen und die Forschung in diesem Bereich initiiert. Alle derzeit umsetzbaren Aspekte werden aktiv vorangetrieben, und die laufende Forschungsarbeit wird die Entwicklung weiterer technischer Regelwerke ermöglichen. Die genauen Zeitlinien für die Fertigstellung und Implementierung dieser technischen Regelwerke sind jedoch derzeit noch nicht vorhersehbar.

Das vorhandene rudimentäre technische Regelwerk für Derivate muss an die neuen, breiten Einsatzfelder als Energieträger angepasst werden. Dies erfordert sowohl intensive Forschungsaktivitäten als auch verstärkte Gespräche mit Stakeholdern, um die Anforderungen und potenziellen Einsatzgebiete der deutschen Wirtschaft zu klären. Auf Basis dieser Erkenntnisse muss ein komplett neues technisches Regelwerk entwickelt werden, dessen Fertigstellungszeitpunkt derzeit unklar ist. Im Rahmen der Normungsroadmap wurden hier dennoch bereits erste Grundsteine durch die Umsetzungsprojekte gelegt. Dazu gehört ein Leitfaden zu Umwandlung, Transport, Speicherung und Nutzung von Flüssigwasserstoff, der gerade entwickelt wird. Ein weiteres bedeutendes Projekt ist die ISO-Reihe 19870 für LOHC, die eine standardisierte Treibhausgasbilanzierung entlang der Wasserstoff-Wertschöpfungskette ermöglicht.

ANWENDUNG

Für die industriellen und kraftwerkstechnischen Anwendungsfelder, den Bereich der Stromerzeugung durch Brennstoffzellen, Power-to-X und Wärmeerzeugung werden die bestehenden Lücken derzeit aktiv geschlossen. Daran sind eine Reihe von Umsetzungsprojekten maßgeblich beteiligt.

Im Industrie- und Kraftwerkssektor dienen die Überarbeitung und Anpassung der Normen für Wasserrohrkessel und Thermoprozessanlagen hinsichtlich der Wasserstofffeuerungen (EN 12952-8) sowie Abgasbehandlung (EN 12753) als die wichtigsten Bausteine, um das weit ausgereifte und arbeitsfähige technische Regelwerk zu vervollständigen. Darüber hinaus sind weitere sicherheitstechnische, auch regulative Anforderungen (VDMA 69243-1) über technische Regeln zu verdeutlichen, um vor allem neue Brennstoffzellentechnologien und Power-to-X-Verfahren (VDI 4635) in die entsprechenden Sektoren zügiger zu integrieren und für die großflächige Skalierung zu optimieren.

Für den Wärmebereich sind die Umsetzungsprojekte für harmonisierte Wasserstoffnormen wichtig, die den Markthochlauf wesentlich erleichtern. Für die Dunkel- und Hellstrahler konnte Deutschland durch die Förderung seine Marktführerrolle behaupten und aktiv den Reifegrad des technischen Regelwerks substanziell voranbringen. Mit Fertigstellung

ANWENDUNG

Entwicklung des technischen Regelwerks

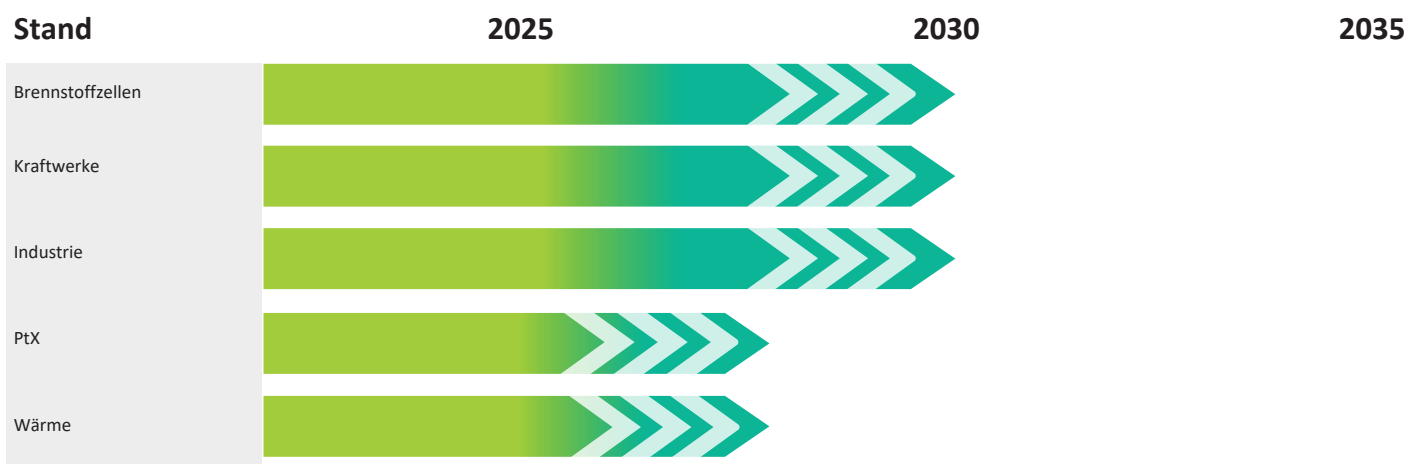


Abbildung 55: Abschätzung der Entwicklung des Reifegrads des technischen Regelwerks im Bereich der Anwendung (Quelle: eigene Darstellung)



dieser Projekte im Zusammenhang mit den weiteren relevanten Umsetzungen aus der gesamten Roadmap kann auch hier das technische Regelwerk als vollständig angesehen werden, wobei die voranschreitenden technischen Entwicklungen vermutlich weitere Überprüfungen dieser Normen erforderlich machen.

Im Mobilitätsbereich beeinflussen die verschiedenen Technologiereifegrade erheblich den Stand der technischen Regelsetzung, was nicht nur zu einem breit gefächerten Entwicklungsstand, sondern auch zu einer zeitversetzten Umsetzung führt.

Im Straßenverkehr ist bereits ein nahezu vollständiges technisches Regelwerk vorhanden, und die letzten Normungslücken, wie etwa bei Leitungsanschlüssen, werden in den kommenden Jahren geschlossen.

Für den Schienenverkehr kann weitgehend auf das bestehende, insbesondere im Kraftfahrzeugwesen etablierte technische Regelwerk zurückgegriffen werden. Internationale Normungsprojekte werden derzeit umgesetzt oder initiiert, um spezifische Anforderungen des Bahnsektors zu erarbeiten, sodass das technische Regelwerk hier absehbar als vollständig gelten kann.

Im Schiffsverkehr ist der Fortschritt deutlich geringer, und die Anpassung oder Erweiterung des bestehenden technischen Regelwerks wird noch die nächste Dekade andauern. Technologische Entwicklungen müssen in diesem Bereich weiterhin normativ begleitet werden.

Im Bereich Luftverkehr steckt die Anwendung von Wasserstoff und darauf basierenden Kraftstoffen noch in den Anfängen, und es fehlen die Grundlagen für eine normative Erfassung. Aufgrund der Ungewissheit darüber, wann und in welchem Umfang Wasserstoff-Pilotprojekte in diesem Bereich durchgeführt werden, lässt sich derzeit keine Aussage zur Weiterentwicklung des technischen Regelwerks treffen. Für den Nischenbereich der Sonderfahrzeuge gilt die gleiche Einschätzung.

Die Entwicklung des Reifegrads für Befüllanlagen hängt vom Fortschritt der Mobilitätsanwendungen ab, sodass je nach Sektor intensivere oder weniger intensive Normungsarbeiten in den kommenden Jahren erforderlich sein werden. Aktuell bereits in der Umsetzung ist ein nationales Dokument zur Genehmigung von Füllanlagen. Weitere europäische Projekte befassen sich mit Prüfverfahren für die Befüllung ortsbeweglicher Gasflaschen.

MOBILITÄT

Entwicklung des technischen Regelwerks

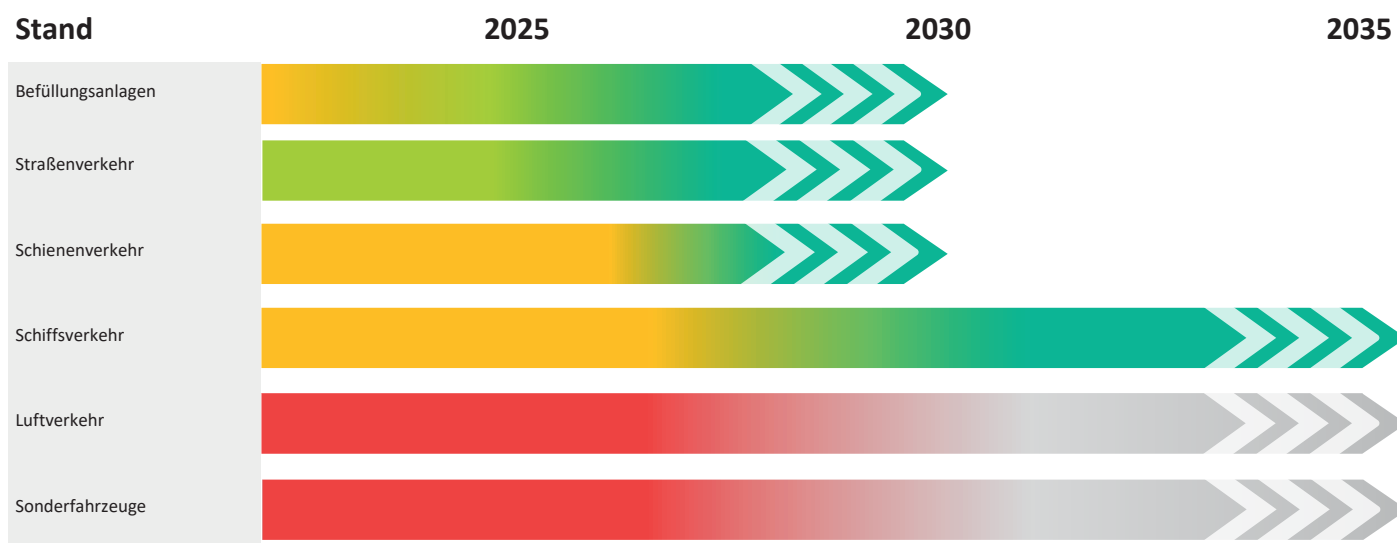


Abbildung 56: Abschätzung der Entwicklung des Reifegrads des technischen Regelwerks im Bereich der Mobilität (Quelle: eigene Darstellung)



QUALITÄTINFRASTRUKTUR

Für die Gasanalyse und Messtechnik bestehen Lücken in der Umsetzung, die voraussichtlich in den kommenden Jahren geschlossen werden. So werden aktuell zwei geförderte nationale Projekte zur gaschromatographischen Wasserstoffanalyse und zur Feuchteanalyse von Wasserstoff erarbeitet. Ein weiteres europäisches Projekt behandelt thermische Massendurchflusszähler, die die sichere und präzise Messung im Sinne des Verbraucherschutzes ermöglicht. Zudem dient diese Pilotnorm als Grundlage für alle europäischen Produktnormen für Wasserstoffzähler, die nun in den kommenden Jahren rechtzeitig angepasst werden können.

Im Bereich der metallischen Werkstoffe, Komposite und Kunststoffe liegt der Schwerpunkt in den kommenden Jahren in der Optimierung der Messtechniken und Prüfverfahren, die den Anforderungen des Markthochlaufs entsprechen und standardisierte Vorgehen für umfassende Bereiche der Wasserstofftechnologien ermöglichen. Die Erweiterung von Prüfverfahren wird bereits durch zwei laufende internationale und ein nationales Umsetzungsprojekt angegangen, die maßgeblich zur Schließung der bestehenden Lücke beitragen.

Für Bauteile wurden durch die Initiierung bzw. Umsetzung entscheidende Lücken im technischen Regelwerk geschlossen und erste überarbeitete Standardisierungsprojekte bereits

Anfang 2025 veröffentlicht. Besonders hervorzuheben sind die überarbeiteten europäischen Normen zu Elastomeren, Dicht- und Schmierstoffen, die aufgrund ihrer breiten Anwendung eine zentrale technische Rolle spielen. Des Weiteren leisten die nationalen Projekte zu Gasströmungswächtern und Armaturen einen entscheidenden Beitrag zur sicheren Umrüstung der bestehenden Gasinfrastruktur auf den Einsatz von Wasserstoff.

SICHERHEIT, WEITERBILDUNG UND PRODUKTZERTIFIZIERUNG

Die Sicherheit von Wasserstoffanwendungen ist durch ein ausgereiftes bis umfassendes technisches Regelwerk gewährleistet, das in einer Vielzahl von Gremien kontinuierlich entsprechend den Anforderungen des Markthochlaufs der Wasserstofftechnologien erweitert und harmonisiert wird. Hierbei leisten auch nationale Projekte im Bereich des Explosionsschutzes und Sicherheits- und Integrationsmanagements einen wichtigen Beitrag.

Ein ähnliches Bild zeichnet sich ab für die Bereiche Weiterbildung und Produktzertifizierung. Hier sind alle Bedarfe in der Umsetzung und werden beispielsweise auch durch das nationale Umsetzungsprojekt zur Übersicht der Qualifikationsanforderungen gemäß des bestehenden Rechtsrahmens vorangetrieben.

QUERSCHNITTSBEREICHE

Entwicklung des technischen Regelwerks

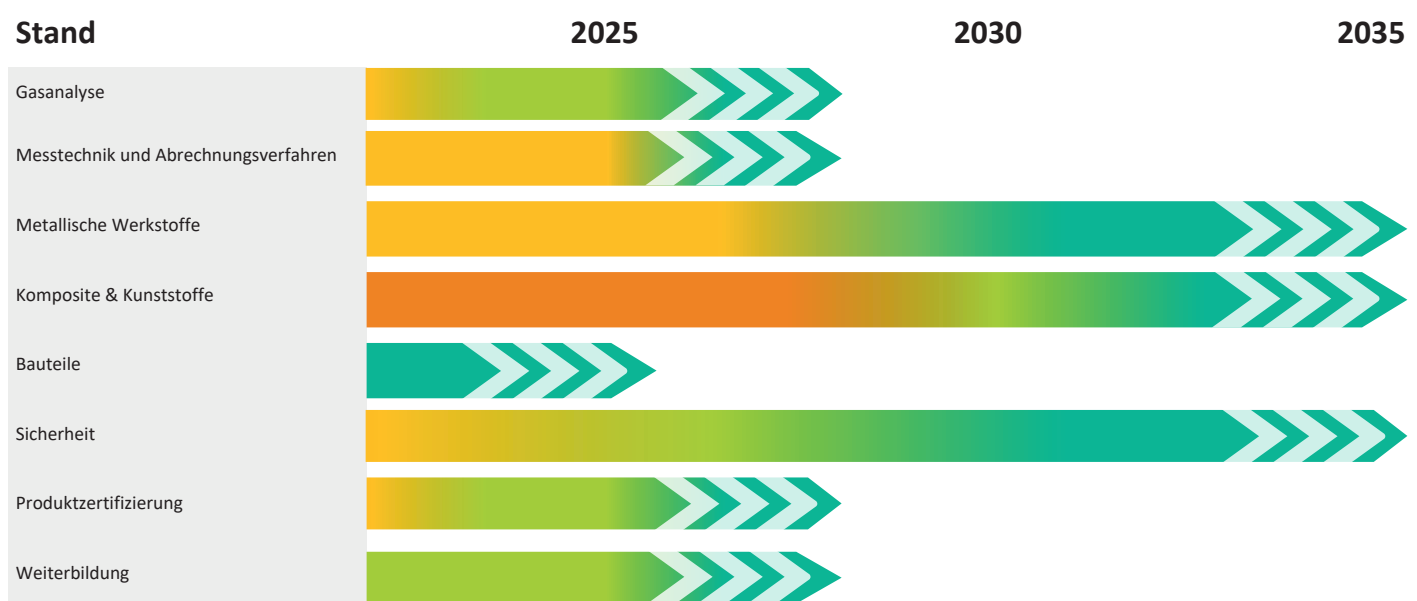


Abbildung 57: Abschätzung der Entwicklung des Reifegrads des technischen Regelwerks im Bereich der Querschnittsbereiche (Quelle: eigene Darstellung)

(Leerseite)

A lighthouse stands on a rocky island, its light glowing. The entire scene is overlaid with a complex network of white lines and glowing nodes, resembling a digital or neural network. The background is a clear blue sky with a few clouds on the horizon.

7

Ausblick

Die Normungsroadmap Wasserstofftechnologien hat maßgeblich zur Bereitstellung der notwendigen Qualitätsinfrastruktur für den Wasserstoff beigetragen und die technische Regelsetzung strategisch koordiniert. So ergibt sich ein äußerst positives Bild für die technische Regelsetzung der Wasserstofftechnologien. In vielen Bereichen ist das technische Regelwerk bereits jetzt oder in absehbarer Zeit vollständig. Somit ist die Anwendung dieser Wasserstofftechnologien nicht nur sicher, sondern auch effizient, marktwirtschaftlich, nachhaltig und entspricht dem Stand der Technik. Auf dem technischen Niveau unterstützt dies in erster Linie die etablierten Industrien, um die Investitionen zur Reduktion der Treibhausgasemissionen durchzuführen. Dringend zu schließende Lücken in der technischen Regelsetzung sind identifiziert und ihre Bearbeitung wurde, wo bereits möglich, eingeleitet. Obwohl noch erhebliche Arbeit erforderlich ist, bestehen gute Aussichten darauf, dass diese Lücken geschlossen werden können. Dies setzt voraus, dass Forschung und Regelsetzung miteinander verknüpft werden, um die notwendigen Bedarfe weiter zu konkretisieren und umzusetzen.

Für den Bereich der Erzeugung ist eine kontinuierliche Begleitung der Forschung notwendig, um den Technologiehochlauf durch passende Standards zu ergänzen. Bei den Speichern steht die schnelle Umsetzung im Vordergrund. Es ist wichtig, dass auf der Grundlage bestehender Kenntnisse sowie der Ergebnisse aus laufender Forschung und praktischer Anwendung zügig ein konsistentes und praxisnahes technisches Regelwerk entwickelt wird. Dieses technische Regelwerk soll deutschen Stakeholdern als solide Grundlage dienen, auf der sie aufbauen können.

Im Bereich der Derivate, des Luftverkehrs und der Sonderfahrzeuge ist eine Abstimmung unter den deutschen Stakeholdern erforderlich, um eine einheitliche Strategie zu entwickeln. Aus den Anforderungen der Wasserstoffwirtschaft wird notwendige pränormative Forschung abgeleitet und darauf aufbauend ein geeignetes technisches Regelwerk für die zukünftigen Anwendungsgebiete erarbeitet. Dies ermöglicht eine effiziente und termingerechte Bereitstellung.

Mithilfe dieser Maßnahmen kann der Markthochlauf der Wasserstofftechnologien seitens der technischen Regelsetzung optimal unterstützt werden, damit Deutschland sich als Heimatmarkt für Wasserstoff etablieren kann.

Die Normungsroadmap hat ebenfalls gezeigt, dass diese Form der Begleitung der technischen Regelsetzung neue Wege zur Abstimmung, Zusammenarbeit und Beschleunigung der technischen Regelsetzung bietet. Aufbauend auf einer strukturierten und transparenten Datenlage sowie einem kontinuierlichen Mapping der Normungslandschaft können fundierte Handlungsempfehlungen zu einem strategischen Fahrplan weiterentwickelt werden. Dieser Fahrplan kann Deutschland in bedeutenden Technologiefeldern entscheidend positionieren.

Vor allem die Umsetzungsprojekte konnten einen wichtigen Beitrag leisten, um die deutschen Stakeholder im Sinne der NWS zu unterstützen. Sie konnten den Informationsfluss und Konsens der technischen Regelwerke stärken sowie nationale Interessen gezielt einbringen und absichern. Durch die eingeführten Maßnahmen wurde eine neue Geschwindigkeit in der technischen Regelsetzung ermöglicht, wodurch die Wettbewerbsfähigkeit in der aktuellen weltpolitischen Lage erhalten bleibt.

Perspektivisch ist es wichtig, den eingeschlagenen Kurs weiterzuverfolgen und aktiv die verbleibenden Lücken zu schließen. Der Plan ist deutlich formuliert, und nun gilt es, ihn systematisch umzusetzen.

8

Glossar



BEGRIFF DEUTSCH	BEGRIFF ENGLISCH	DEFINITION	QUELLE
Norm	Standard	Dokument, das mit Konsens erstellt, von einer anerkannten Institution angenommen wurde und 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
Standard	standard	Ergebnis einer technischen Regelsetzung ohne zwingende Einbeziehung aller interessierten Kreise, ohne die Verpflichtung zur Beteiligung der Öffentlichkeit und ohne Konsenspflicht.	
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 auf Grundlage von https://www.dvgw.de/medien/dvgw/leistungen/regeln/1005cyris_01.pdf , https://www.juraforum.de/lexikon/technische-regeln und https://www.grin.com/document/170741
Richtlinie	directive	Von einer höheren Instanz ausgehende Anweisung für jemandes Verhalten in einem bestimmten Einzelfall, in einer Situation, bei einer Tätigkeit o. Ä.	https://www.duden.de/rechtschreibung/Richtlinie
EU-Richtlinie	EU directive	Rechtsakt, in dem ein von den EU-Ländern zu erreichendes Ziel festgelegt wird. Es ist jedoch Sache der einzelnen Länder, eigene Rechtsvorschriften zur Verwirklichung dieses Ziels zu erlassen.	https://european-union.europa.eu/institutions-law-budget/law/types-legislation_de



BEGRIFF DEUTSCH	BEGRIFF ENGLISCH	DEFINITION	QUELLE
EU-Verordnung	EU regulation	Verbindlicher Rechtsakt, den alle EU-Länder in vollem Umfang umsetzen müssen.	https://european-union.europa.eu/institutions-law-budget/law/types-legislation_de
Regularien Vorschriften	regulation	Dokumente, die verbindliche rechtliche Festlegungen treffen und die von einer Behörde erstellt werden.	DIN EN 45020
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
Umsetzungs- projekt	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 BMWF unterstützt wird, → durch ein zuständiges Gremium der technischen Regelsetzung initiiert/umgesetzt werden soll.	eigene Definition
Handlungs- empfehlung 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 technische 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



BEGRIFF DEUTSCH	BEGRIFF ENGLISCH	DEFINITION	QUELLE
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.	eigene Definition
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 Wärme-erzeuger/Heizkessel als H₂-ready (wasserstoff-fähig) gelten, wenn er technisch darauf vorbe-reitet ist, während seiner Lebensdauer mit nur geringem Umstellungsaufwand mit 100 Vol.-% Wasserstoff betrieben zu werden.</p>	bdew – factsheet H ₂ -ready (Link → Pub_20230420_factsheet_h2ready_lmUx-PqY.pdf (bdew.de))
Brennstoffzelle	fuel cell	Elektrochemische Einrichtung, die die chemische Energie eines Brennstoffs und eines Oxidationsmittels in Gleichstrom, Wärme und Reaktionsprodukte umwandelt.	International Electrotech-nical Vocabulary (IEV)
Brennstoffzellen-Energiesystem	fuel cell power system	Energiewandlungssystem, das ein oder mehrere Brennstoffzellenmodul(e) verwendet, um elektrische Leistung und Wärme bereit-zustellen	International Electrotech-nical Vocabulary (IEV)
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. 1 c)

9

Autoren- und Mitarbeitendenverzeichnis



Autorinnen und Autoren

Ursula Aich, Verein Deutscher Gewerbeaufsichtsbeamter e. V.,
Sektion Hessen

Friederike Altgelt, Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena)

Holger Alwast, Alwast Consulting

Bert Anders, Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB)

Matthias Arlt, Bürkert Werke GmbH & Co. KG

Prof. Dr.-Ing. Thorsten Arnhold, R. STAHL AG

Enis Askar, Bundesanstalt für Materialforschung und
-prüfung (BAM)

Karsten Bahrenberg, TÜV Rheinland Industrie
Service GmbH

Dr.-Ing. Siegfried Bajohr, Karlsruher Institut für Technologie
(KIT)

Lucien Beisswenger, VDMA e. V. – Europas größter Verband
des Maschinen- und Anlagenbaus

Florian Benesch, Mannesmann Precision Tubes GmbH

Dr.-Ing. Michael Beyer, Physikalisch-Technische Bundes-
anstalt (PTB)

Tobias Böhm, Schwank GmbH (Co-Autor)

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

Merima Causevic, Deutscher Verein des Gas- und
Wasserfaches e. V. (DVGW)

Tim Christians, Maximator GmbH

Karsten Chromik

Dr. Karl-Günther Dalsaß, Karl Dungs GmbH & Co. KG

Gunther Daniel, Contitech

Tatiana Demeusy, EnBW Energie Baden-Württemberg AG

Jorgen Depken, Deutsches Zentrum für Luft- und
Raumfahrt e. V. (DLR)

Dr. Regina Deschermeier, Physikalisch-Technische
Bundesanstalt (PTB)

Christian Deßloch, DA | Deßloch Advisory

Dipl.-Ing. Ulv Donat, Flowserve Essen GmbH

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
Raumfahrt e. V. (DLR)

Peter Eckert, Siemens Mobility GMBH

Dr. Jürgen Essler, Brugg Rohrsysteme GmbH

Peter Fahrenbach, ELAFLEX HIBY GmbH & Co. KG

Achim Falkenroth, Siemens AG

Ute Fischer, ONTRAS Gastransport GmbH

Dr. Sascha Fliegenger, Fraunhofer Institut für Werkstoff-
mechanik IWM

Dr. Christoph Flink, DEKRA

Ingo Forstner, BVEG

Michael Franz, mfconsulting

Sebastian Freund, Deutsches Zentrum für Luft- und
Raumfahrt e. V. (DLR)



Jürgen Fuchs, öbuv Sachverständiger Mess- und Abrechnungswesen Energie (Strom, Gas)

Ignacio Garcia-Lorenzana, Hyundai Motor Europe Technical Center

Joelina Gerards, Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e. V. (DVGW)

Ronny Gess, Airbus Operations GmbH

Arne Gmerek, figawa

Dr. Michael Götz, EKPO Fuel Cell Technologies GmbH

Dr. Lukas Gröner, Fraunhofer-Institut für Werkstoffmechanik IWM

Jens Hälbig, RWE Power AG

Daniel Hariri, H-CPE

Torsten Hartisch, en2x – Wirtschaftsverband Fuels und Energie e. V.

Dr. Toni Haubitz, NOW GmbH

Dr.-Ing. Beate Heisterkamp, BP Europa SE

Michael Herber, Open Grid Europe GmbH

Prof. Dr.-Ing. Sabrina Herbst, Ernst-Abbe-Hochschule Jena

Joerg Markus Heubischl, Projektträger Luftfahrtforschung (PT-LF)

Dr. Jürgen Heyn, TÜV SÜD Rail GmbH

Dr. Thomas Höcher, ONTRAS Gastransport GmbH

Jens Hoffmann, DVGW Forschungsstelle

Dennis Hoke, Maximator-Hydrogen GmbH

Sören Holdt, Westnetz GmbH

Dr. Kai Holtappels, Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM)

Prof. Dr.-Ing. Andreas Huber, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e. V. (DLR)

Michael Huber, cogitron GmbH

Pierre Huck

Saif Husam Mudhafar, AKKA Industry Consulting GmbH

Dr. Manuela Jopen, GRS gGmbH

Dr. Sabrina Jung, DBI – Gastechnologisches Institut GmbH Freiberg

Thomas Jungmann, Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE

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 Knafl, Kremsmüller

Dominik Knoop, Verband Deutscher Verkehrsunternehmen e. V.

Benjamin Koepke, TÜV

Patrick Kozlowski, LEAG

Rainer Kramer, Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB)

Michael Krämer, TÜV SÜD Industrie Service GmbH

Phillip Krämer, Paul Wurth

Thomas Kreißig, Rolls-Royce Solutions GmbH



Mirco Kröll, Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM)

Prof. Dr. Michael Krüger, BARTEC Top Holding GmbH (in Ruhestand)

Dr. Roland Kurte, Wika Alexander Wiegand SE & Co. KG

Kim Malin Lakeit, Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena)

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)

Prof. Dr. Georg Locher, SCHWENK Zement GmbH & Co. KG

Carsten Lorenz, GWF

Torsten Lotze, Avacon Netz GmbH

Dr. Martin Lotze, SCHOTT AG

Roman Ludwig, Bender GmbH&Co.KG

Dr. Georg Mair, Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM)

Katrin Maul, Deutsches Maritimes Zentrum e. V.

Raphael Mayer

Clemens Mayr, DEKRA

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

Florian Michl, TÜV SÜD Industrie Service GmbH

Dr. Thorsten Michler, Fraunhofer Institut für Werkstoffmechanik IWM

Dr. Susann Monse (geb. Ludwig), DBI Gas- und Umwelttechnik GmbH

Suell Mües, Akkodis / Akka Germany GmbH / EVIA Aero GmbH

Dimitiri Neimann, Neiko GmbH & Co. KG

Holger Neumann, Karlsruher Institut für Technologie (KIT)

Uwe Pfannschmidt, Decarb GmbH & Co. KG

Alexander Pilz-Lansley, Hydrogenious LOHC Technologies GmbH

Björn Poga, Berufsgenossenschaft Rohstoffe und chemische Industrie

Matthias Raisch, Bosch Industriekessel GmbH

Dr. Daniel Ramb, Teckso 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), Abteilung 9 – Komponentensicherheit

Dr. Thomas Ryll, Dr. Ryll Lab GmbH

Frank Saß, Siemens AG



Daniel Schallenberg, TÜV Rheinland Industrie Service GmbH

Prof. Joachim Schenk, Hochschule München

Marc Schenk, TÜV Rheinland Industrie Service GmbH

Sebastian Schindler, Fraunhofer CSP

Kristin Schindzielarz, ONTRAS Gastransport 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

Matthias Schmidt, Uniper Hydrogen GmbH

Dott.ssa Ing. Silvia Schmiedhofer, GKN Hydrogen

Christian Schraube, EIFER Europäisches Institut f. Energieforschung

Dr. Bernd Schritteser, SCIOFLEX GmbH

Reinhard Schu, EcoEnergy Gesellschaft für Energie- und Umwelttechnik mbH

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

Sebastian Schwan, WIKA Alexander Wiegand SE & Co. KG

Eckhard Schwendemann

Jan Schymassek, Avacon Netz GmbH

Jörg Seiffert, Uniper Technologies GmbH

Dipl.-Ing. Nicole Sohn, TÜV NORD Systems GmbH & Co. KG

Florian Speck, Freudenberg Sealing Technologies

Niels Springer, Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB)

Holger Stange

Dr. Simon Stehle, Eisenbau Heilbronn

Olaf Steinbach, CeH4 technologies GmbH

Mathias Steinmeier, Böhmer GmbH

Manuel Stix, Siemens AG

Andreas Strauß, DVGW-Forschungsstelle am Engler-Bunte-Institut

Sebastian Stypka, AIR LIQUIDE Advanced Technologies GmbH

Christian Suhling, ScanDiesel GmbH

Iman Tamaddony-Awal, VDMA e. V. – Europas größter Verband des Maschinen- und Anlagenbaus

Dr. Klaus Taube, Helmholtz-Zentrum hereon GmbH

Dipl.-Ing. (FH) Detlef Tenhagen, HARTING Stiftung & Co. KG

Dr.-Ing. Géraldine Theiler, Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM)

Dr. rer. nat. Carlo Tiebe, Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM)

Dr.-Ing. Ken Wackermann, Fraunhofer Institut für Werkstoffmechanik IWM

Prof. Dr.-Ing. Holger Watter, Hochschule Flensburg und DIN NSMT

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



Christian Wiedenhöft, Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e. V. (DVGW)

Tobias Wiegler, ONTRAS Gastransport GmbH

Prof. Dr. Winfried Wilke, TH Würzburg-Schweinfurt

Markus Winkler, DEUTZ AG

Dr. Benjamin Witzel, Siemens Energy AG

Claudia Wolf, Deutsche Bahn

Dr. Lukas Wunderlich, en2x – Wirtschaftsverband Fuels und Energie e. V.

Zeynep Yigit-Rohde, Siemens Energy Global GmbH & Co. KG

Dr. Hüseyin Yilmaz, Liqvis GmbH

Dr. Peter K. Zeeb, ZE Engineering

Gunther Zeitzmann, Deutsches Maritimes Zentrum e. V.

Alexandra Ziegler, WIKA Alexander Wiegand SE & Co. KG

Sebastian Zimmerling, vgbe energy e. V.

Dr. Gert Zinke, Bundesinstitut für Berufsbildung (BIBB)

Mitarbeitende

Jan Adolph, HPS Home Power Solutions AG

Prof. Dr. Carsten Ahrens, Jadehochschule in Oldenburg

Dr. Maryam Akhlaghi, Bürkert fluid Systems

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

Clemens Ambros, Andritz

Mirko Ante, GKN Hydrogen

Andrea Appel, VDE Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik e. V.

Simon Auer, GKN Hydrogen

Maik Bäcker, OGE

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

Jens Bauch, ehem. DB AG, jetzt VDMA

Michael Bauer, Buschjost GmbH

Miriam Bäuerle, Gas- und Wärme-Institut Essen e. V.

Mathias Baum, Open Grid Europe

Dr. Daniela Baumann, DBI Gas- und Umwelttechnik GmbH

Alexander Bäumer, Elster GmbH Honeywell

Sebastian Baumgarten, TÜV NORD EnSys

Sven Bätzner, Witzenmann GmbH

Josef Beckmann

Martin Beikircher, GKN Hydrogen

Lorenz Beister, Hynergy GmbH



Florian Berchtold, GRS

Jost Berg, SGB GmbH

David Berger, Stadler Rail AG

Yvonne Bergner-Welch, Brunel GmbH

Felix Bexter, IWT Solutions AG

Christian Bies, Honeywell

Gernonimo Bittner

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

Andreas Boxleitner, SMS group GmbH

Holger Brauer, Mannesmann Line Pipe GmbH

Andreas Braun, Zentralverband Sanitär Heizung (ZVSHK)

Michael Braun, Medienhaus Waltrop

Anna Brause, DIN-Normenstelle Schiffs- und Meerestechnik

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)

Patrick Carmichael, ABB AG

Dr.-Ing. Chi Yao Chang, Elster GmbH Honeywell

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

Dipl.-Ing. Dennie Dewald, cellcentric GmbH & Co. KG

Alexander Diebold, Siemens AG

Achim Diedrichs, Ipsen International

Mathias Diekjakobs, Hengst SE

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

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

Robert Eckert, Aliaxis Deutschland GmbH

Dr. Ralf Eckner, inetz 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 Wasser-
faches e. V. (DVGW)

Martin Fehrle, Netze BW GmbH

Thomas Felkl, Bundesinstitut für Berufsbildung (BIBB)

Dipl.-Ing. Werner Fellner, thyssenkrupp nucera

Hartmut Finger, Hauser Umwelt-Service GmbH

Dr. Ralph Fischer, Akkodis Germany Consulting GmbH

Matthias Fixemer, Biosphären-Stadtwerke GmbH & Co. KG

Carsten Fleck

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)

Günter Gabriel, Pepperl+Fuchs SE

Adelya Galeeva

Martin Gallmetzer, GKN Hydrogen

Jens Ganswind-Eyberg, vgbe energy e. V.

Kai Gehrmann, Contitech

Bodo Gerold, TÜV SÜD Energietechnik Baden-Württemberg
GmbH

Daniel Gersdorf

Maik Gerstenberg, NEL Gastransport GmbH

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 (DWV) e. V.

Thomas Gnos, Siemens AG

Dr. Claudia Godard, Freudenberg Technology und
Innovation SE & Co. KG



Thomas Goldmann, eg factory GmbH

Arjen Goorse, Carneades Hydrogen GmbH

Boris Göppert, TÜV NORD Systems GmbH & Co. KG

Jan Gottesleben

Martin Groß, Berufsgenossenschaft Holz und Metall

Oliver Große, Linde

Claudia Großmann

Andreas Guntermann, swb Services AG & Co. KG

Stephan Günzel, Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM)

Thomas Gut

Torsten Hacker, Lloyd's Register

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

Henrik Hecht, a1-envirosciences GmbH

Simon Heienbrock, Hochschule Esslingen

Peter Heitmann

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

Dr. Hans Herrmann, cogitron GmbH

Alwin Heupel, Messer Industriegase GmbH

Katja Heythekker-Bieg, 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

Christian Hofbauer

Thomas Hoffert, Siemens AG

Janosch Hoffmann, Staatliches Gewerbeaufsichtsamt
Hildesheim

Dr. Johannes Holler, WIKA Alexander Wiegand SE & Co. KG

Michael Homann, GRS

Kevin Hoppe, Hengst SE

Prof. Dr.-Ing. Arnulf Hörtnagl, Technische Hochschule
Würzburg-Schweinfurt

Franz Huber, Linde Material Handling GmbH

Valerie Huber-Lohr, Siemens AG

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

Juliane Jungk

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.

Manfred Kienlein, DEHN SE

Werner Kinnen, DVGW CERT GmbH

Patrick Kirschbauer, Rädlinger primus line GmbH

Olesya Kister, BASF SE

Uwe Klaas, Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e. V. (DVGW)

Christoph Klaassen

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, VDMA e. V. – Europas größter Verband des Maschinen- und Anlagenbaus

Dominic Koser, DIN-Normenstelle Schiffs- und Meerestechnik

Uwe Koslowsky, Gilbarco GmbH

Stephan Kottal, ARCA Regler GmbH

Björn Kraft, GASCADE Gastransport GmbH

Sebastian Krause, Elco Burners GmbH

Kevin Kroh, Mannesmann Line Pipe GmbH

Frank Michael Krokowski, Viega GmbH & Co. KG

Dr. Olaf Kruck, SOCON Sonar Control Kavernenvermessung GmbH

Dr. Anna Maria Krumbholz, WIKA Alexander Wiegand SE & Co. KG

Paul Kubella, Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena)



Susanne Kuchling, DGMK e. V.

Doreen Kückelmann, vgbe energy e. V.

Dr. Maximilian Kuhn, HyStandards GmbH

Volker Kühner

Ralf Kulessa, Garlock GmbH

Michael Kunert

Matthias Kuntz, Robert Bosch GmbH

Dr.-Ing. Tom Kurdewan, Witzenmann GmbH

Hrvoje Lalic, Robert Bosch GmbH

Uwe Lambertz, ARCA Regler GmbH

Thomas Lampe, Karl Dungs GmbH & Co. KG

Marco Lampert, Netze-Gesellschaft Südwest mbH

Günter Lang, W. L. Gore & Associates GmbH

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. Florian Lessing, VDE Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik e. V.

Dr. Christian Lessmeier, BENTELER Steel / Tube GmbH & Co. KG

Dietmar Leuthner, Endress + Hauser

Jan Lillie, Bundesverband Erdgas, Erdöl und Geoenergie e. V.

Stefan Lindner, ONTRAS Gastransport GmbH

Gregor Lipinski, vgbe energy e. V.

Bernd Loder, VERBUND Green Hydrogen

Elisabeth Loeffelholz, Ariane Group

Jurgen Louis, HEROSE GmbH

Andre Löwe, Bruse GmbH & Co. KG

Thomas Lübke, INNIO Jenbacher GmbH & Co OG

Andreas Lucht Uribe, DECHEMA e. V.

Lukas Lueke, WEW GmbH

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)

Afrin Merchant, john becker ingenieure GmbH & Co. KG

Bettina Merk, H-TEC Systems

Dr. Matthias Meyer, TÜV NORD Systems GmbH & Co. KG



Mansour Mhaede, PILLER Blowers & Compressors

Fenja Hannelore Brigitte Michael, H-TEC Systems

Matteo Micheli, Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena)

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 Morgeneier, 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 Freiberg

Asad Nazari

Oliver Neiske, Parker Hannifin

Thomas Neithardt, Wizenmann GmbH

Gesa Netzeband, DGMK e. V.

Dr. Katrin Netzel, BP Europa SE

Kornelius Neue, GKN Hydrogen

Sebastian Neugebauer, Bonn-Netz GmbH

Guido Neuhaus, RWE Gas Storage West GmbH

Jan Neuhaus, Uniper Energy Storage GmbH, Düsseldorf

Susanne Neuhaus genannt Weber, Bezirksregierung Arnsberg

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

Stefan Nüs

Mahmoud Odabai, ARCA Regler GmbH, nicht mehr bei ARCA

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

Kai Paulus, Hydac

Mihael Paulus, H-TEC Systems GmbH

Thomas Penzlin, TÜV Technische Überwachung Hessen GmbH

Juliane Petrich

De-Niang Maria Peymandar, Siemens Mobility GmbH

Sabine Pintaske, Siemens AG

Thimo Planert, HPS Home Power Solutions AG

Carsten Plänker, Hauser Umwelt-Service GmbH

Rainer Plückebaum

Marco Pola, ONTRAS Gastransport GmbH

Dr. Stefan Pötting, TÜV Nord Systems

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

Rainer Quitzow, Forschungsinstitut für Nachhaltigkeit, Helmholtz-Zentrum Potsdam

Günther Rabanser, Robert Bosch GmbH

Matthias Rabe, ONTRAS Gastransport 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 CML

Ernst-Arndt Reinecke, Forschungszentrum Juelich GmbH

Christian Reiss, Schaeffler Technologies AG & Co. KG

Prof. Dr.-Ing. Stephanie Renner, Technische Hochschule Würzburg-Schweinfurt

Rabea Reußwig, DIN-Normenstelle Schiffs- und Meeres-technik

Timo Richert, Lhyfe Germany GmbH

Dr.-Ing. Matthias Richter, Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM)

Stefan Rieblinger

Matia Riemer, Fraunhofer 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



Manuel Rotärmel, Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e. V. (DVGW)

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.

Dr. Jorge Iván Salazar Gómez, Forschungszentrum Jülich GmbH, Institut für nachhaltige Wasserstoffwirtschaft (INW)

Daniele Salvatore

Benjamin Sánchez Alfonso, NOW GmbH

Stefan Sauer, H-TEC Systems GmbH

Timo Sauer, elenia Institut für Hochspannungstechnik und Energiesysteme, TU Braunschweig

Dipl.-Ing. Stephan Schacht

Jonathan Schaffner, Rohrbogen AG

Gerd Schaldach, Gasnetz Hamburg GmbH

Dr. Marc Schalles

Christian Scherer

Klaus Schick, RMA Mess- und Regeltechnik GmbH & Co. KG

Dr.-Ing. Steffen Schirrmeister, thyssenkrupp Uhde GmbH

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 Raumfahrt e. V. (DLR)

Dr. Roland Schmidt, Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB)

Thanh Ha Schmidt, SCHULZ Systemtechnik GmbH

Uwe Schmidt

Prof. Kay Schmidt-Rethmeier, FH Kiel

Andreas Schmitz, COPTR

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)

Frank Schramm

Benjamin Schreider, Audi AG

Holger Schroers, W.L. Gore & Associates GmbH

Kirsten Schu, EcoEnergy Gesellschaft für Energie- und Umwelttechnik mbH

Albert Schücker, Westnetz GmbH

Anna Schulze, DBI Gas- und Umwelttechnik GmbH

Jan Schwämmlein, cellcentric GmbH & 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

Peter Segieth, Bundesministerium für Digitales und Verkehr

Martin Sekura, TÜV SÜD Product Service GmbH

Maike-Katharina Senk, Institut für Industrial Ecology, Hochschule Pforzheim

Thomas Sentko, VDE Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik e.V. – DKE

Deniz Serifsoy, VDE Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik e.V. – DKE

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 Tegtmeier

Birte Sönnichsen, Deutscher Wasserstoff-Verband (DWV) e.V., ehemalige Mitarbeiterin

Christian Spitta, ZBT GmbH

Sebastian Spitzer

Dr. Gunther Sproesser, TÜV Rheinland Industrie Service GmbH

Erik Stabenow

David Stahl, Gasnetz Hamburg GmbH

Katrin Staps, eurocylinder systems AG

Helmut Stecha, IWT Ingenieurbüro Wasserwirtschaft Tiefbautechnik

Johannes Stein, VDE Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik e.V. – DKE

Daniel Steinbach, Hydrogenious LOHC Technologies GmbH

Dr. Michael Steiner, OGE

Peter Stenzel, TH Köln

Jonas Stephan, RWE Technology International GmbH

Maximilian Stoermer, DVGW CERT GmbH

Felix Storck, TÜV NORD EnSys GmbH & Co. KG

Piotr Strauch, Siemens AG

Philipp Streek, Deutsches Zentrum für Schienenverkehrsforschung

Michael Streuselberger, Bundesministerium für Arbeit und Wirtschaft – Zentralarbeitsinspektorat

Dr. Niels Tannert, Hengst SE

Claudia Tautorius, 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

Maximilian Thomik, SKW Piesteritz

Kristof Tönges, Open Grid Europe GmbH

Ulrich Trebbe, Bilfinger

Dirk Trinkmann, MITNETZ GAS GmbH

Dominik Uebachs, OGE (Open Grid Europe)

Martin Ufert, Fraunhofer IVI

Jörg Ullmann, Robert Bosch GmbH

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

Jaap van Kampen, Siemens Energy Global GmbH & Co. KG

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

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 ISI

Manuela Wagner, TÜV NORD Systems GmbH & Co. KG

Joachim Wallbrecht, GasScon

Dominic Walter, Hüttentechnische Vereinigung der deutschen Glasindustrie (HVG) e.V.

Sabrina Walther, Dilo Armaturen und Anlagen GmbH

Thomas Walther, TÜV NORD

Michael Walz, Technische Akademie Esslingen e.V.

Bin Wang, BAM

Thomas Wannemacher, Proton Motor Fuel Cell GmbH

Prof. Dr. Mona Wappler, Hochschule Rhein-Waal

Dennis Wäsche, LPR Energy GmbH

Björn Weidmann, TÜV NORD Systems

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, VDMA e. V. – Europas größter Verband des Maschinen- und Anlagenbaus

Alexander Wooning, Sunfire GmbH

Prof. Dr. Ralf Wörner, Hochschule Esslingen

Max Wurm, Rational F+E GmbH

Georg Zagler, GKN Hydrogen

Peter Zangl, TÜV SÜD Industrie Service GmbH

Carsten Zeidler

Dr. Helmut Zellner, Gunvor Refinery Ingolstadt GmbH

Jürg Ziegenbalg, MITNETZ GAS GmbH

Patrick Zimmerman, Fraunhofer-Center für Maritime Logistik und Dienstleistungen CML

Carsten Zimmermann, Voss

Sebastian Zirm, GKN Hydrogen

Gremienleitende

Holger Alwast, Alwast Consulting
UAK 2.2 Speicherung (bis 12/2024)
UAK 3.2 Industrie (bis 12/2024)
AG 3.2.2 PtX (bis 12/2024)

Prof. Dr.-Ing. Thorsten Arnhold, R. STAHL AG
AG 5.1.3 Explosionsschutz bis September 2024

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 Dalsäß, Karl Dungs GmbH & Co. KG
AG 3.3.2 Controls (bis 12/2024)

Tatiana Demeusy, EnBW Energie Baden-Württemberg AG
AG 1.2.2 Nachhaltigkeitsaspekte und Nachweisführung für Wasserstoff

Christian Deßloch, DA | Deßloch Advisory
AG 1.1.1 Elektrolyse

Ute Fischer, ONTRAS Gastransport GmbH
AG 4.3.1 Bauteile Infrastruktur

Ingo Forstner, BVEG
UAK 2.2 Speicherung

Ignacio Garcia-Lorenzana, Hyundai Motor Europe Technical Center
AG 3.4.2 Straßenverkehr

Arne Gmerek, Figawa
UAK 3.3 Wärme

Arjen Goorse, Carneades Hydrogen GmbH
stellv. Leitung AG 1.2.1 Wasserstoffbeschaffenheit

Dr. Toni Haubitz, NOW GmbH
UAK 3.4 Mobilität



Jens Hälbig, RWE Power AG
AG 3.1.2 Kraftwerke, Turbinen, KWK-Anlagen

Prof. Dr.-Ing. Sabrina Herbst, Ernst-Abbe-Hochschule Jena
AG 5.1.3 Ex-Schutz (Teilung AG-Leitung mit Herrn Ulf Liebscher)

Dr. Hans Herrmann, cogitron GmbH
AG 5.1.2 Cybersicherheit

Joerg Markus Heubischl, Projektträger Luftfahrtforschung (PT-LF)
AG 3.4.5 Luftverkehr

Jens Hoffmann, DVGW-Forschungsstelle
AG 5.2 Produktzertifizierung

Sören Holdt, Westnetz GmbH
AG 2.1.4 Verteilnetze

Dr. Kai Holtappels, Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM)
AK 4 Qualitätsinfrastruktur

Michael Huber, cogitron GmbH
AG 5.1.2 Cybersicherheit

Prof. Dr. Lars Jürgensen, Hochschule Bremen
UAK 1.1 Erzeugungsanlagen

Jürgen Klement, Ing.-Büro Klement
UAK 4.3 Bauteile

Dipl.-Ing. Johannes Knafl, Kremsmüller
AG 2.1.1 Rohrleitungen

Dominik Knoop, Verband Deutscher Verkehrsunternehmen e.V.
AG 3.4.3 Schienenverkehr

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 2 Anwendung

Ulf Liebscher, TÜV SÜD Product Service GmbH
AG 5.1.3 (AG Leitung Teilung mit Prof. Sabrina Herbst)

Carsten Lorenz, GWF
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 Werkstoffmechanik IWM
UAK 4.2 Werkstoffe und Materialien

Jadranka Pfautsch, NOW GmbH
UAK 3.4 Mobilität

Dr. Daniel Ramb, Teckso GmbH
AG 1.2.1 Wasserstoffbeschaffenheit

Dr. Thomas Ryll, Dr. Ryll Lab GmbH
UAK 1.2 Wasserstoffeigenschaften

Volker Schmidt, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR)
AK 5 Weiterbildung, Sicherheit, Zertifizierung

Matthias Schmidt, Uniper Hydrogen GmbH
AK 1 Erzeugung

Dr. Bernd Schritteser, SCIOFLEX GmbH
stellv. UAK 4.2 Werkstoffe und Materialien

Reinhard Schu, EcoEnergy Gesellschaft für Energie- und Umwelttechnik mbH
AG 1.1.2 andere Erzeugungsarten

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

Michael Wehner, ELAFLEX HIBY GmbH & Co. KG
AG 3.4.1 Befüllungsanlagen

Christoph Weishaar, Pilz GmbH & Co. KG
UAK 5.1 Sicherheit

Martin Wicker, Karl Dungs GmbH & Co. KG
AG 3.2.3 Thermoprozessanlagen

Dr. Peter K. Zeeb, ZE Engineering
AG 1.2.2 Nachhaltigkeitsaspekte und Nachweisführung
für Wasserstoff

Gunther Zeitzmann, Deutsches Maritimes Zentrum e. V.
AG 3.4.4 Schiffsverkehr

Sherpa

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 Zertifizierungs-
gesellschaften e. V. (VAZ)

Markus Rotert, Bosch Home Comfort Groupe

Dr. Susanne Spörler, Helmholtz-Gesellschaft

Jens Stadler, Industrie Gase Verband

Helena Weizel, Bundesverband der deutschen Industrie e. V.
(BDI)

Projektbeteiligte

Philipp Adam, Deutsches Institut für Normung e. V. (DIN)
UAK 2.2 – Speicherung
AG 2.2.1 – Stationäre und ortsbewegliche Druckbehälter

Dr. Judith Albrecht*, Deutsches Institut für Normung e. V.
(DIN)

Binderiya Amgalan, Deutsches Institut für Normung e. V.
(DIN)
AG 1.2.2 – Nachweisführung und Nachhaltigkeitsaspekte
für Wasserstoff
AG 5.1.1 – Sicherheitstechnische Grundsätze

Yavuz Anik, Deutsches Institut für Normung e. V. (DIN)
AG 4.2.2 – Komposite und Kunststoffe

Andrea Appel*, VDE Verband der Elektrotechnik Elektronik
Informationstechnik e. V.

Heike Arnold, VDE Verband der Elektrotechnik Elektronik
Informationstechnik e. V. – DKE
AG 5.1.3 – Explosionsschutz

Michael Bahr, Deutsches Institut für Normung e. V. (DIN)

Ugur Bozkas, Deutsches Institut für Normung e. V. (DIN)
3.4.1 – Befüllungsanlagen

Yihan Chen, Deutsches Institut für Normung e. V. (DIN)



Blagoje Cirkovic, VDMA e. V. – Europas größter Verband des Maschinen- und Anlagenbaus

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 – Stahlindustrie

Jan-Philip Everding, Deutsches Institut für Normung e. V. (DIN)

UAK 3.4 Mobilität

AG 3.4.4 Schiffsverkehr

Joelina Gerards, Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e. V. (DVGW)

UAK 4.3 – Bauteile

AG 4.1.2 – Wasserstoffmesstechnik und Abrechnungsverfahren

AG 5.1.4 – Sicherheits- und Integritätsmanagement

Dr. Kevin Hares, Verein Deutscher Ingenieure e. V. (VDI)

UAK 1.1 – Erzeugungsanlagen

AG 1.1.1 – Elektrolyse

AG 3.2.2 – PtX

Dennis Holzhauer, NWB e. V. /DIN-FSF

AG 3.4.3 – Schienenverkehr

Stefanie Jaguzny, Deutsches Institut für Normung e. V. (DIN)

Larissa Kalkbrenner*, Deutsches Institut für Normung e. V. (DIN)

Marko Kesic, VDE Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik e. V. – DKE

AG 3.4.6 – Sonder- und Spezialfahrzeuge

Dennis Klein, Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e. V. (DVGW)

Sebastian Kosslers, VDE Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik e. V. – DKE
AG 1.1.3 – Gesamtsystemintegration

Katharina Lachmann, Deutsches Institut für Normung e. V. (DIN)

AG 2.1.1 – Rohrleitungen

Sascha Man-Son Lee, VDE Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik e. V. – DKE
UAK 5.1 – Sicherheit

Dr. Florian Lessing*, VDE Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik e. V. (VDE)

Sebastian Lübbert, Deutsches Institut für Normung e. V. (DIN)

UAK 4.2 – Werkstoffe und Materialien

AG 4.2.1 – Metallische Werkstoffe

Phillip Miersch, VDE Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik e. V. – VDE FNN
AG 1.1.3 – Gesamtsystemintegration

David Näther, Deutsches Institut für Normung e. V. (DIN)
AG 3.4.5 – Luftverkehr

Irem Ott, VDE Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik e. V. – DKE

Daniel Pacner, Verband der Automobilindustrie e. V. (VDA)
AG 3.4.2 – Straßenverkehr

Magdalena Raskopf, Deutsches Institut für Normung e. V. (DIN)

AG 2.2.3 – Untertage-Gasspeicher

Florian Rieger, Deutsches Institut für Normung e. V. (DIN)
UAK 4.1 – Messtechnik
AG 4.1.1 – Gasanalyse

Isabelle Schaarschmidt, Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e. V. (DVGW)
AK 1 – Erzeugung
AK 5 – Weiterbildung, Sicherheit und Zertifizierung
AG 5.3 – Weiterbildung

Michael Schmitt, Deutsches Institut für Normung e. V. (DIN)
AK 3 – Anwendung
AK 4 – Qualitätsinfrastruktur

Victoria Schneider, Deutsches Institut für Normung e. V. (DIN)

Gero Schröder-Kohlmay, Deutsches Institut für Normung e. V. (DIN)
AG 3.3.2 – Controls



Hanna Seefeldt*, Verein Deutscher Ingenieure e. V. (VDI)

Christian Seipel, VDE Verband der Elektrotechnik Elektronik
Informationstechnik e. V. – DKE
AG 5.1.2 – Cybersicherheit

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

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

Thomas Systemans, Deutscher Verein des Gas- und
Wasserfaches e. V. (DVGW)
AG 1.1.2 – andere Erzeugungsarten
UAK 1.2 – Wasserstoffeigenschaften
AG 1.2.1 – Wasserstoffbeschaffenheit

Stephanie Terbrack*, Deutsches Institut für Normung e. V.
(DIN)

Dr. Jochen Theloke, Verein Deutscher Ingenieure e. V. (VDI)

Dr. David Urmann, VDE Verband der Elektrotechnik
Elektronik Informationstechnik e. V. – DKE
AG 3.1.1 Brennstoffzelle

Dr. Lydia Vogt, Deutsches Institut für Normung e. V. (DIN)

Christian Wiedenhöft, Deutscher Verein des Gas- und
Wasserfaches e. V. (DVGW)
UAK 3.3 Wärme
AG 3.3.1 – Häusliche Anwendungen
AG 3.3.3 – Gewerbliche Anwendungen
AG 4.3.2 – Bauteile für Anwendungen und Technologien
AG 5.2 – Produktzertifizierung

Ricarda Winderlich, Deutsches Institut für Normung e. V.
(DIN)

*ehemalige Beteiligte

(Leerseite)

10

Anhang I Übersicht Umsetzungs- projekte

**Tabelle 1:** Umsetzungsprojekte aus der NRM H2

THEMENBEREICH	NUMMER	TITEL	ART DES PROJEKTS	ZUSTÄNDIGER REGELSETZER
ERZEUGUNG				
Elektrolyse	VDI-4636 Blatt 2	Korrosionsbeständigkeitsmessungen von Bipolarplatten	national	VDI
Elektrolyse	VDI-4636 Blatt 3	Stresstestverfahren zur Langzeitbeständigkeit von Dichtungsmaterialien in Elektrolyseuren	national	VDI
Elektrolyse	VDI-4636	Grundsätze für Planung, Ausführung und Abnahme von Wasserstofferzeugungsanlagen mittels Wasserelektrolyse	national	VDI
Elektrolyse	DIN VDE 0100-782	Elektrische Schutzmaßnahmen für Wasserstofferzeuger auf der Grundlage der Elektrolyse von Wasser	national	VDE/DKE
Gesamtsystemintegration	DIN VDE V 0124-xxx	Prüfanforderungen für VDE AR N 4130	national	VDE/DKE
Nachhaltigkeitsaspekte und Nachweisführung	DIN 35890	Konzept zur Bewertung der Nachhaltigkeitskriterien von Wasserstoff und Wasserstoffderivaten	national	DIN
Wasserstoffbeschaffenheit	EN xxxx	Wasserstoffqualität in reinen Wasserstoffnetzen	europäisch	NAGas (DVGW)
Gesamtsystemintegration	IEC 61850-1	Integration und Interoperabilität von H2-Systemen in IEC 61850-1 Grundlegende Kommunikationsstruktur – Prinzipien und Modelle	international	VDE/DKE
Gesamtsystemintegration	IEC 61850-2	Integration und Interoperabilität von H2-Systemen in IEC 61850-2 Kommunikationsnetze und Systeme für die Automatisierung in der elektrischen Energieversorgung – Teil 2: Wörterverzeichnis (IEC TS 61850-2)	international	VDE/DKE



THEMENBEREICH	NUMMER	TITEL	ART DES PROJEKTS	ZUSTÄNDIGER REGELSETZER
Gesamtsystem-integration	IEC 61850-7-1	Integration H2-Systemen in IEC 61850-7-1 Kommunikationsnetze und -systeme für die Automatisierung in der elektrischen Energieversorgung – Teil 7-1: Grundlegende Kommunikationsstruktur – Grundsätze und Modelle	international	VDE/DKE
Gesamtsystem-integration	IEC 61850-7-3	Integration und Interoperabilität von H2-Systemen in IEC 61850-7-3 Kommunikationsnetze und -systeme für die Automatisierung in der elektrischen Energieversorgung – Teil 7-3: Grundlegende Kommunikationsstruktur – Gemeinsame Datenklassen	international	VDE/DKE
Gesamtsystem-integration	IEC 61850-7-420	Integration und Interoperabilität von H2-Systemen in DIN EN IEC 61850-7-420	international	VDE/DKE
Nachhaltigkeitsaspekte und Nachweisführung	ISO xxxx	Nachhaltigkeitskriterien von Wasserstoff und Wasserstoffderivaten als Energieträger	international	DIN
INFRASTRUKTUR				
Anlagentechnik	G 213	Anlagen zur Herstellung von Brenngasgemischen	national	DVGW
Anlagentechnik	G 503	Planung, Fertigung, Errichtung, Prüfung, Inbetriebnahme sowie Einsatz mobiler Verdichter; Umpumpvorgänge im Gasnetz und Gasstationen	national	DVGW
Anlagentechnik	G 442	Explosionsgefährdete Bereiche an Ausblaseöffnungen von Leitungen zur Atmosphäre an Gasanlagen	national	DVGW
Anlagentechnik	G 497	Verdichterstationen	national	DVGW
Anlagentechnik	G xxx	Mobile Wasserstoff- und Gasfackeln	national	DVGW



THEMENBEREICH	NUMMER	TITEL	ART DES PROJEKTS	ZUSTÄNDIGER REGELSETZER
Transportleitungen	G 463	Gashochdruckleitungen aus Stahlrohren für einen Auslegungsdruck von mehr als 16 bar – Planung und Errichtung	national	DVGW
Transportleitungen	G 466-1	Gashochdruckleitungen aus Stahlrohren für einen Auslegungsdruck von mehr als 16 bar; Betrieb und Instandhaltung	national	DVGW
Verflüssigung/Derivate	G xxx	Kryogener Leitfaden – Messung Para-Gehalt von kryogen verflüssigtem Wasserstoff (Probenahme und zeitnahe Auswertung)	national	DVGW
Verteilnetze	G 407 / G 408	Umstellung von Gasleitungen aus Stahlrohren und Kunststoffrohren bis 16 bar Betriebsdruck für die Verteilung von wasserstoffhaltigen methanreichen Gasen und Wasserstoff	national	DVGW
Verteilnetze	G 459-1	Gas-Netzanschlüsse für maximale Betriebsdrücke bis einschließlich 5 bar	national	DVGW
Verteilnetze	G 465-1	Überprüfung von Gasrohrnetzen mit einem Betriebsdruck bis 16 bar	national	DVGW
Verteilnetze	G 465-4	Gerätetechnik für die Überprüfung von Gasleitungen und Gasanlagen	national	DVGW
Verteilnetze	G 469	Druckprüfverfahren Gastransport/ Gasverteilung	national	DVGW
Rohrleitungen	EN 13480-11	Metallische industrielle Rohrleitungen – Teil 11: Zusatzanforderungen an Rohrleitungen für Wasserstoffanwendung	europäisch	DIN
Speicherung	EN 13445-15	Unbefeuerte Druckbehälter – Teil 15: Spezifische Anforderungen für Wasserstoffanwendungen	europäisch	DIN



THEMENBEREICH	NUMMER	TITEL	ART DES PROJEKTS	ZUSTÄNDIGER REGELSETZER
Speicherung	EN 13385	Ortsbewegliche Gasflaschen – Batterie-Fahrzeuge für beständige und verflüssigte Gase (außer Acetylen) – Prüfung zum Zeitpunkt des Füllens	europäisch	DIN
Speicherung	EN 13807	Ortsbewegliche Gasflaschen – Batterie-Fahrzeuge und Gas-container mit mehreren Elementen (MEGCs) – Auslegung, Herstellung, Kennzeichnung und Prüfung	europäisch	DIN
Verflüssigung/Derivate	ISO 19780-4	LOHC to consumption gate	international	NAGas (DVGW)
ANWENDUNG				
Brennstoffzelle	IEC xxxx	Allgemeiner Sicherheitsstandard für Brennstoffzellen	international	VDE/DKE
(Petro-)chemische Industrie	VDMA 69243-1	Leitfaden zu regulativen Anforderungen an H ₂ -Anlagen und -Systeme in Deutschland und Europa – Teil 1: Allgemeines	national	VDMA
Kraftwerke, Turbinen, KWK-Anlagen	EN 12592-8	Wasserrohrkessel und Anlagenkomponenten – Teil 8: Anforderungen an Feuerungsanlagen für flüssige und gasförmige Brennstoffe für den Kessel	europäisch	DIN
Thermoprozessanlagen	EN 12753	Thermische und katalytische Reinigungssysteme für Abluft aus Anlagen zur Oberflächenbehandlung – Sicherheitsanforderungen	europäisch	NAM (VDMA)
PtX	VDI 4635; Blatt 1	VDI 4635 Power to X; Blatt 1 – Übergeordnete Aspekte	national	VDI
PtX	VDI 4635; Blatt 2.2	VDI 4635 Power to X; Blatt 2.2 – Power to Liquids	national	VDI
Wärme	G 110	„Ortsfeste Gaswarneinrichtungen“	national	DVGW



THEMENBEREICH	NUMMER	TITEL	ART DES PROJEKTS	ZUSTÄNDIGER REGELSETZER
Wärme	EN 17082	Häusliche und nicht-häusliche gasbefeuerte Warmlufterzeuger mit erzwungener Konvektion zur Raumbeheizung, deren Nennwärmebelastung 300 kW nicht übersteigt	europäisch	NAGas (DVGW)
Wärme	EN 416	Gasbefeuerte Dunkelstrahler und Dunkelstrahlersysteme für gewerbliche und industrielle Anwendungen – Sicherheit und Energieeffizienz	europäisch	NAGas (DVGW)
Wärme	EN 419	Gasbefeuerte Hellstrahlerheizgeräte für gewerbliche und industrielle Anwendungen – Sicherheit und Energieeffizienz	europäisch	NAGas (DVGW)
Befüllungsanlagen	G 730	H2-Füllanlagen – Genehmigungsverfahren	national	DVGW
Straßenverkehr	DIN xxxx	Gasförmiger Wasserstoff – Geometrisch bestimmte Leitungsanschlüsse für gasförmigen Wasserstoff	national	NAA (VDA)
Straßenverkehr	DIN xxxx	Gasförmiger Wasserstoff – Schnittstelle und Prozedur für die Entleerung eines Wasserstoffbehälters	national	NAA (VDA)
Schienenverkehr	DIN 5529	Bahnanwendungen – Akzeptanzkriterien bei Dichtheitsprüfungen an festinstallierten Wasserstoffsyste-men von Schienenfahrzeugen – Prüfanforderungen und Akzeptanzkriterien	national	NWB e.V. (FSF)
Schienenverkehr	ISO 17268-4	Gasförmiger Wasserstoff – Anschlussvorrichtungen für die Betankung von Schienenfahrzeugen	international	NWB e.V. (FSF)
Schienenverkehr	ISO 19887-2	Gasförmiger Wasserstoff – Kraftstoffsystemkomponenten für wasserstoffbetriebene Fahrzeuge – Teil 2: Schienenfahrzeuge	international	NWB e.V. (FSF)



THEMENBEREICH	NUMMER	TITEL	ART DES PROJEKTS	ZUSTÄNDIGER REGELSETZER
Schienenverkehr	EN IEC 63341-4	Bahnanwendungen – Fahrzeuge – Antriebe mit Brennstoffzellen-Energiesystemen – Teil 4: Be-tankungsprotokoll für wasserstoff-angetriebene Schienenfahrzeuge mit Druckgasspeicher	international	DKE

QUALITÄTSINFRASTRUKTUR

Gasanalyse	DIN 50006	Gasanalyse – Gaschromato-graphisches Verfahren zur Analyse von Wasserstoff als Brenngas	national	DIN
Gasanalyse	DIN 50007	Gasanalyse – Analyse von Feuchte in Wasserstoff	national	DIN
Wasserstoff-messtechnik	EN 1359	Gaszähler – Balgengaszähler	europäisch	NAGas (DVGW)
Komposite und Kunststoffe	ISO xxxx	Kunststoffe – Prüfverfahren zur Bestimmung von Reibung und Verschleiß von Polymeren unter H ₂ -Atmosphäre mit einem Pin-on-Disc-Aufbau	international	DIN
Metallische Werkstoffe	DIN xxxx	Verfahren zur Messung der Wasserstoffpermeation aus der Gasphase in Metallen und zur Bestimmung der Barrierewirkung von Schichten auf metallischen Substraten	national	DIN
Metallische Werkstoffe	ISO 7039	Metallische Werkstoffe – Zug-versuch – Anforderungen bei der Verwendung von gasförmigem Wasserstoff in Hohlproben	international	DIN
Bauteile für Anwendungen und Technologien	G 405	Umstellung von Bestandsarmaturen auf H ₂ , Erstellung des DVGW-Merkblattes G 405	national	DVGW



THEMENBEREICH	NUMMER	TITEL	ART DES PROJEKTS	ZUSTÄNDIGER REGELSETZER
Bauteile für Anwendungen und Technologien	DIN 3535-6	Fortschreibung – DIN 3535-6 – Dichtungen für die Gasversorgung – Teil 6: Flachdichtungswerkstoffe auf Basis von Fasern, Graphit oder Polytetrafluorethylen (PTFE) für Gasarmaturen, Gasgeräte und Gasleitungen	national	NAGas (DVGW)
Bauteile für Anwendungen und Technologien	DIN 30652-1 DIN 30652-3	Gasströmungswächter – Teil 1: Gasströmungswächter für die Gasinstallation, Gasströmungswächter – Teil 3: Konformitätsbewertung von Gasströmungswächtern für die Gasinstallation	national	NAGas (DVGW)
Bauteile für Anwendungen und Technologien	DIN 30652-2 DIN 30652-4	Gasströmungswächter – Teil 2: Gasströmungswächter für Netzanschlussleitungen, Gasströmungswächter – Teil 4: Konformitätsbewertung von Gasströmungswächtern für Netzanschlussleitungen	national	NAGas (DVGW)
Bauteile für Anwendungen und Technologien	EN 549	Elastomer-Werkstoffe für Dichtungen und Membranen in Gasgeräten und Gasanlagen; Deutsche Fassung EN 549: 2019+A1:2023	europäisch	NAGas (DVGW)
Bauteile für Anwendungen und Technologien	EN 751-1	Dichtmittel für metallene Gewindeverbindungen in Kontakt mit Gasen der 1., 2., 3. und 5. Familie und Heißwasser – Teil 1: Anaerobe Dichtmittel	europäisch	NAGas (DVGW)
Bauteile für Anwendungen und Technologien	EN 377	Schmierstoffe für die Anwendung in Geräten und zugehörigen Stell-Geräten für Brenngase außer denjenigen, die für die Anwendung in industriellen Prozessen vorgesehen sind	europäisch	NAGas (DVGW)



THEMENBEREICH	NUMMER	TITEL	ART DES PROJEKTS	ZUSTÄNDIGER REGELSETZER
Bauteile Infrastruktur	G 441	Armaturen für maximal zulässige Betriebsdrücke bis 100 bar in der Gasversorgung; Anwendungsbeispiele, Betrieb und Instandhaltung	national	DVGW
Bauteile Infrastruktur	G 655 (M)	H ₂ -Readiness Gasanwendung, Fortschreibung DVGW-Merkblatt G 655	national	DVGW
Bauteile Infrastruktur	DIN SPEC 3456	Industriearmaturen – Wasserstoffanwendung	national	DIN

WEITERBILDUNG, SICHERHEIT, ZERTIFIZIERUNG

Explosionsschutz	VDI-3738-2	Freisetzungs- und Ausbreitungsmodelle von Wasserstoff	national	VDI
Sicherheits- und Integrationsmanagement	VDI-4632	Anforderungen an Personen, die Risikobeurteilungen für Wasserstoffanwendungen durchführen	national	VDI
Sicherheits- und Integrationsmanagement	VDMA 69242-1	Leitfaden zu Anforderungen an H ₂ -Anlagen und -Systeme – Teil 1: Sicherheitstechnische Analyse	national	VDMA
Weiterbildung	DIN TR xxxx	Einstieg in die H ₂ -Wertschöpfungskette – Qualifikationsanforderungen gemäß Rechtsrahmen	national	NAGas (DVGW)
Explosionsschutz	EN xxxx	Bestimmung statischer Vergleichsdrücke bei Gasphasendetonationen in Rohrleitungen	europäisch	DIN

(Leerseite)

11

Anhang II Übersicht Gremien der technischen Regelsetzung mit Wasserstoffbezug



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 Juli 2025.

Tabelle 2: Übersicht der relevanten Gremien der technischen Regelsetzung für Wasserstofftechnologien

ABKÜRZUNG DES GREMIUMS	NAME DES GREMIUMS (DEUTSCH)	NAME DES GREMIUMS (ENGLISCH)	WEB- VERKNÜPFUNG
ABS	Ausschuss für Betriebssicherheit		Link zur Website
AECM		European association for guarantee institutions	Link zur Website
AEF		Agricultural Industry Electronics Foundation	Link zur Website
AGS	Ausschuss für Gefahrstoffe		Link zur Website
ANSI/AIAA		American Institute of Aeronautics and Astronautics	Link zur Website
API		American Petroleum Institute	Link zur Website
ASD-Stan/D 3/ WG 3	Fluidische Systeme und Komponenten	Fluid systems and components	Link zur Website
ASD-Stan/D 4	Werkstoffe	Materials	Link zur Website
ASME		American Society of Mechanical Engineers	Link zur Website
ASTM		American Society for Testing and Materials	Link zur Website
Atmospheric Gases and Equipment	EIGA	Atmospheric Gases and Equipment	Link zur Website
BVEG	Bundesverband Erdgas, Erdöl und Geoenergie e. V.		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



ABKÜRZUNG DES GREMIUMS	NAME DES GREMIUMS (DEUTSCH)	NAME DES GREMIUMS (ENGLISCH)	WEB- VERKNÜPFUNG
CEN/CLC JTC 17	Kraft-Wärme-Kopplung	Gas Appliances with Combined Heat and Power	Link zur Website
CEN/CLC/ETSI/ COG-SG		CEN-CENELEC-ETSI Coordination Group on Smart Grids (COG SG)	Link zur Website
CEN/CLC/JTC 6	Wasserstoff in Energiesystemen	Hydrogen in energy systems	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 12	Öl- und Gasindustrie einschließlich kohlenstoffarmer Energieträger	Oil and gas industries including lower carbon energy	Link zur Website
CEN/TC 121	Schweißen und verwandte Verfahren	Welding and allied processes	Link zur Website
CEN/TC 127	Baulicher Brandschutz	Fire safety in buildings	Link zur Website
CEN/TC 131	Gebläsebrenner für gasförmige und flüssige Brennstoffe	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 151	Bau- und Baustoffmaschinen – Sicherheit	Construction equipment and building material machines – Safety	Link zur Website
CEN/TC 155	Kunststoff-Rohrleitungssysteme und Schutzrohrsysteme	Plastics piping systems and ducting systems	Link zur Website
CEN/TC 166	Abgasanlagen	Chimneys	Link zur Website
CEN/TC 180	Dezentrale Gasheizung	Decentralized gas heating	Link zur Website
CEN/TC 181	Flüssiggasgeräte und Flüssiggasanlagen in Freizeitfahrzeugen sowie Erdgasgeräte für die Verwendung im Freien	Appliances and leisure vehicle installations using liquefied petroleum gas and appliances using natural gas for outdoor use	Link zur Website



ABKÜRZUNG DES GREMIUMS	NAME DES GREMIUMS (DEUTSCH)	NAME DES GREMIUMS (ENGLISCH)	WEB- VERKNÜPFUNG
CEN/TC 185	Mechanische Verbindungselemente	Fasteners	Link zur Website
CEN/TC 186	Thermoprozesstechnik – Sicherheit	Industrial thermoprocessing – Safety	Link zur Website
CEN/TC 195	Einrichtungen zur Reinigung von Luft und anderen Gasen	Cleaning equipment for air and other gases	Link zur Website
CEN/TC 197	Pumpen	Pumps	Link zur Website
CEN/TC 23	Ortsbewegliche Gasflaschen	Transportable gas cylinders	Link zur Website
CEN/TC 232	Kompressoren, Vakuumpumpen und ihre Systeme	Compressors, vacuum pumps and their systems	Link zur Website
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 256	Eisenbahnwesen	Railway applications	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 270	Verbrennungsmotoren	Internal combustion engines	Link zur Website
CEN/TC 271	Oberflächenbehandlungsgeräte – Sicherheit	Surface treatment equipment – Safety	Link zur Website
CEN/TC 297	Freistehende Industrieschornsteine	Free-standing industrial chimneys	Link zur Website



ABKÜRZUNG DES GREMIUMS	NAME DES GREMIUMS (DEUTSCH)	NAME DES GREMIUMS (ENGLISCH)	WEB- VERKNÜPFUNG
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 322	Hütten- und Walzwerkeinrichtungen – Sicherheitsanforderungen	Equipments for making and shaping of metals – Safety requirements	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 399	Gasturbinen – Sicherheit	Gas Turbines applications – Safety	Link zur Website
CEN/TC 408	Biomethan und andere erneuerbare und kohlenstoffarme methanreiche Gase	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
CEN/TC 48	Gasbeheizte Warmwasserbereitungs- geräte	Domestic gas-fired water heaters	Link zur Website
CEN/TC 49	Gaskochgeräte	Gas cooking appliances	Link zur Website
CEN/TC 54	Unbefeuerte Druckbehälter	Unfired pressure vessels	Link zur Website
CEN/TC 58	Sicherheits- und Regeleinrichtungen für Brenner und Brennstoffgeräte für gasförmige oder flüssige Brennstoffe	Safety and control devices for burners and appliances burning gaseous or liquid fuels	Link zur Website
CEN/TC 62	Gasbefeuerte Raumheizgeräte	Independent gas-fired space heaters	Link zur Website
CEN/TC 69	Industriearmaturen	Industrial valves	Link zur Website
CESNI/PT	Europäischer Ausschuss zur Ausarbei- tung von Standards im Bereich der Binnenschifffahrt	European Committee for drawing up standards in the field of inland navigation	Link zur Website



ABKÜRZUNG DES GREMIUMS	NAME DES GREMIUMS (DEUTSCH)	NAME DES GREMIUMS (ENGLISCH)	WEB- VERKNÜPFUNG
CLC/JTC 13	Cybersicherheit und Datenschutz	Cybersecurity and Data Protection	Link zur Website
CLC/TC 216	Gaswarngeräte	Gas detectors	Link zur Website
CLC/TC 31	Elektrische Betriebsmittel für explosionsgefährdete Bereiche – Allgemeine Bestimmungen	Electrical apparatus for potentially explosive atmospheres	Link zur Website
CLC/TC 57	Datenmodelle, Schnittstellen und Informationsaustausch für Planung und Betrieb von Energieversorgungssystemen	Power system management and associated information exchange	Link zur Website
CLC/TC 64	Elektrische Anlagen von Gebäuden	Electrical installations and protection against electric shock	Link zur Website
CLC/TC 65X	Industrielle Prozessleit- und Automatisierungstechnik	Industrial-Process Measurement, Control und Automation	Link zur Website
CLC/TC 8X	Systemaspekte der elektrischen Energieversorgung	System aspects of electrical energy supply	Link zur Website
CLC/TC 9X	Elektrische und elektronische Anwendungen für Bahnen	Electrical and electronic applications for railways	Link zur Website
CSA		Canadian Standards Association	Link zur Website
DGUV	Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung		Link zur Website
DIN/DKE Gemeinschafts- gremium Cybersecurity			Link zur Website
DKE UK 221.1	Schutz gegen elektrischen Schlag		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



ABKÜRZUNG DES GREMIUMS	NAME DES GREMIUMS (DEUTSCH)	NAME DES GREMIUMS (ENGLISCH)	WEB- VERKNÜPFUNG
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
DKE/K 351	Elektrische Ausrüstungen für Bahnen		Link zur Website
DKE/K 352	Elektrische Ausrüstung von Flurförderzeugen		Link zur Website
DKE/K 384	Brennstoffzellen		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 952	Netzleittechnik		Link zur Website
DKE/K 966	Stoffgrößen-Messgeräte für Betrieb und Umwelt		Link zur Website
DKE/UK 261.1	Elektrische Energiespeichersysteme		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 Wasserversorgungssysteme (Wassertransport, -verteilung, -speicherung)		Link zur Website
DWA	Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V.		Link zur Website



ABKÜRZUNG DES GREMIUMS	NAME DES GREMIUMS (DEUTSCH)	NAME DES GREMIUMS (ENGLISCH)	WEB- VERKNÜPFUNG
EIGA		European Industrial Gases Association	Link zur Website
ETSI TC Cyber		Technical Committee (TC) CYBER (Cybersecurity)	Link zur Website
FC ITF		Fuel Cell Interface Task Force	Link zur Website
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
FNNE (NA 066)	DIN-Normenausschuss Nichteisen- metalle	DIN Standards Committee for Nonferrous Metals	Link zur Website
FSF (NA 087)	DIN-Normenausschuss Fahrweg und Schienenfahrzeuge	DIN Standards Committee Railway	Link zur Website
IEC/ SyC Smart Energy	Smart Energy	Smart Energy	Link zur Website
IEC/TC 105	Brennstoffzellentechnologie	Fuel cell technologies	Link zur Website
IEC/TC 120	Elektrische Energiespeichersysteme	Electrical Energy Storage (EES) systems	Link zur Website
IEC/TC 121	Schaltgeräte für die Niederspannung und ihre Kombinationen	Switchgear and controlgear and their assemblies for low voltage	Link zur Website
IEC/TC 31	Betriebsmittel für explosions- gefährdete Bereiche	Equipment for explosive atmospheres	Link zur Website



ABKÜRZUNG DES GREMIUMS	NAME DES GREMIUMS (DEUTSCH)	NAME DES GREMIUMS (ENGLISCH)	WEB- VERKNÜPFUNG
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
IEC/TC 64	Elektrische Anlagen und Schutz gegen elektrischen Schlag	Electrical installations and protection against electric shock	Link zur Website
IEC/TC 65	Leittechnik für industrielle Prozesse	Industrial-process measurement, control and automation	Link zur Website
IEC/TC 8	Systemaspekte der elektrischen Energieversorgung	System aspects of electrical energy supply	Link zur Website
IEC/TC 9	Elektrische Ausrüstungen für Bahnen	Electrical equipment and systems for railways	Link zur Website
IGC EIGA		Industrial Gases Council (IGC)	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 118	Kompressoren und Druckluftwerk- zeuge, -maschinen und -ausrüstung	Compressors and pneumatic tools, machines and equipment	Link zur Website
ISO/TC 138	Kunststoffrohre, Fittings und Armatu- ren 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 gasförmige und flüssige Brenn- stoffe	Controls and protective devices for gaseous and liquid fuels	Link zur Website
ISO/TC 164	Mechanische Prüfung von Metallen	Mechanical testing of metals	Link zur Website



ABKÜRZUNG DES GREMIUMS	NAME DES GREMIUMS (DEUTSCH)	NAME DES GREMIUMS (ENGLISCH)	WEB- VERKNÜPFUNG
ISO/TC 17	Stahl	Steel	Link zur Website
ISO/TC 172	Optik und Photonik	Optics and photonics	Link zur Website
ISO/TC 192	Gasturbinen	Gas turbines	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 20	Luft- und Raumfahrzeuge	Aircraft and space vehicles	Link zur Website
ISO/TC 22	Straßenfahrzeuge	Road vehicles	Link zur Website
ISO/TC 220	Tiefkalte Behälter	Cryogenic vessels	Link zur Website
ISO/TC 244	Industrieöfen und zugehörige Prozesseinrichtungen	Industrial furnaces and associated processing equipment	Link zur Website
ISO/TC 265	Abscheidung, Transport und geologische Speicherung von Kohlenstoffdioxid	Carbon dioxide capture, transportation, and geological storage	Link zur Website
ISO/TC 269	Eisenbahnwesen	Railway applications	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 291	Haushalt-Gaskochgeräte	Domestic gas cooking appliances	Link zur Website
ISO/TC 30	Durchflussmessung von Fluiden in geschlossenen Leitungen	Measurement of fluid flow in closed conduits	Link zur Website
ISO/TC 45	Kautschuk und Kautschukerzeugnisse	Rubber and rubber products	Link zur Website
ISO/TC 47	Chemie	Chemistry	Link zur Website
ISO/TC 58	Gasflaschen	Gas cylinders	Link zur Website



ABKÜRZUNG DES GREMIUMS	NAME DES GREMIUMS (DEUTSCH)	NAME DES GREMIUMS (ENGLISCH)	WEB- VERKNÜPFUNG
ISO/TC 61	Kunststoffe	Plastics	Link zur Website
ISO/TC 67	Öl- und Gasindustrie einschließlich kohlenstoffarmer Energieträger	Oil and gas industries including lower carbon energy	Link zur Website
ISO/TC 70	Verbrennungskraftmaschinen	Internal combustion engines	Link zur Website
ISO/TC 71	Beton, Stahlbeton und Spannbeton	Concrete, reinforced concrete and pre-stressed concrete	Link zur Website
ISO/TC 8	Schiffe und Meerestechnik	Ships and marine technology	Link zur Website
NAA (NA 003)	DIN-Normenausschuss Armaturen	DIN Standards Committee Valves	Link zur Website
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
NAPA (NA 178)	DIN-Normenausschuss Prozess- und Anlagentechnik	DIN Standards Committee for Process and Plant Technology	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



ABKÜRZUNG DES GREMIUMS	NAME DES GREMIUMS (DEUTSCH)	NAME DES GREMIUMS (ENGLISCH)	WEB- VERKNÜPFUNG
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 Druckgasanlagen	DIN Standards Committee Pressurized Gas Installations	Link zur Website
NHRS (NA 041)	DIN-Normenausschuss Heiz- und Raumlufttechnik sowie deren Sicherheit	DIN standards committee for heating and ventilation technology and its safety	Link zur Website
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
NÖG (NA 109)	DIN-Normenausschuss Erdöl- und Erdgasgewinnung	DIN standards committee for crude oil and natural gas extraction	Link zur Website
NSMT (NA 132)	DIN-Normenstelle Schiffs- und Meerestechnik	DIN Standards Committee Shipbuilding and Marine Technology	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
TRBS	Technische Regeln für Betriebssicherheit		Link zur Website
TRGS	Technische Regeln für Gefahrstoffe		Link zur Website
TÜV AD 2000	Regelwerk der Arbeitsgemeinschaft Druckgeräte (AD-Regelwerk)		Link zur Website



ABKÜRZUNG DES GREMIUMS	NAME DES GREMIUMS (DEUTSCH)	NAME DES GREMIUMS (ENGLISCH)	WEB- VERKNÜPFUNG
US Air Force		Air Force demonstrating hydrogen as alternate fuel source	Link zur Website
VDE FNN	Forum Netztechnik/ Netzbetrieb	Network Technology/Network Operation Forum	Link zur Website
VDEh	Stahlinstitut VDEh		Link zur Website
VDI 3783	VDI-Richtlinie 3783		Link zur Website
VDI GEU	VDI-Gesellschaft Energie und Umwelt		Link zur Website
KRdL	VDI/DIN-Kommission Reinhaltung der Luft – Normenausschuss		Link zur Website
VDMA Allgemeine Lufttechnik	Fachverband Allgemeine Lufttechnik		Link zur Website
VDMA H2AB-AA	VDMA H ₂ -Anlagenbau Arbeitsausschuss		Link zur Website
VDMA Metallurgy	Fachverband Metallurgy		Link zur Website
VDMA Power Systems	Verband für den Energieanlagenbau		Link zur Website
ZKR	Zentralkommission für die Rhein- schifffahrt		Link zur Website

(Leerseite)

12

Literaturhinweise



-
- [1] Europäische Kommission (2020). Der europäische Grüne Deal. Verfügbar unter: https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal_de. Abrufdatum: 6. März 2025.
-
- [2] European Union (2023). Fit for 55. Verfügbar unter: <https://www.consilium.europa.eu/en/policies/green-deal/fit-for-55-the-eu-plan-for-a-green-transition/>. Abrufdatum: 6. März 2025.
-
- [3] European Commission (2023). Key actions of the EU Hydrogen Strategy. Verfügbar unter: https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-systems-integration/hydrogen/key-actions-eu-hydrogen-strategy_en. Abrufdatum: 20. März 2025.
-
- [4] Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) (2020). Die Nationale Wasserstoffstrategie. Verfügbar unter: <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/die-nationale-wasserstoffstrategie.html>. Abrufdatum: 6. März 2025.
-
- [5] Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) (2023). Fortschreibung der Nationalen Wasserstoffstrategie. Verfügbar unter: <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/fortschreibung-nationale-wasserstoff-strategie.html>. Abrufdatum: 6. März 2025.
-
- [6] European Commission (2025). Clean Industrial Deal. Verfügbar unter: https://commission.europa.eu/topics/eu-competitiveness/clean-industrial-deal_en. Abrufdatum: 2. April 2025.
-
- [7] Weltenergieat – Deutschland (o. J.). International Hydrogen Strategies. Verfügbar unter: <https://www.weltenergieat.de/publikationen/studien/international-hydrogen-strategies/>. Abrufdatum: 2. Juli 2025.
-
- [8] Center on Global Energy Policy – Columbia University (o. J.). National Hydrogen Strategies and Roadmap Tracker. Verfügbar unter: <https://www.energypolicy.columbia.edu/publications/national-hydrogen-strategies-and-roadmap-tracker/>. Abrufdatum: 21. Juli 2025.
-
- [9] Projektträger Jülich, Innovations- und Technologiezentrum Wasserstoff (o.J.). Verfügbar unter: <https://www.ptj.de/foerdermoeglichkeiten/nip/itz-h2>. Abrufdatum: 14. April 2025.
-
- [10] European Commission (2020). COM/2020/301 final A hydrogen strategy for a climate-neutral Europe. Verfügbar unter: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52020DC0301>. Abrufdatum: 10. April 2025.
-
- [11] European Commission (2022). COM/2022/230 final REPowerEU Plan. Verfügbar unter: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=COM%3A2022%3A230%3AFIN&qid=1653033742483>. Abrufdatum: 10. April 2025.
-
- [12] European Commission (2022). COM/2022/31 An EU Strategy on Standardisation – Setting global standards in support of a resilient, green and digital EU single market. Verfügbar unter: <https://ec.europa.eu/docsroom/documents/48598>. Abrufdatum: 14. April 2025.
-
- [13] European Commission (2023). High-Level Forum on European Standardisation. Verfügbar unter: https://single-market-economy.ec.europa.eu/single-market/european-standards/standardisation-policy/high-level-forum-european-standardisation_en. Abrufdatum: 14. April 2025.
-
- [14] European Commission (2025). High-Level Forum on European Standardisation – Accelerating Hydrogen Standardisation in the EU. Verfügbar unter: https://single-market-economy.ec.europa.eu/document/download/433b75aa-51e6-4dc0-9fa0-d94272b682d9_en?filename=Final%20report%20HLEF%20WS%2010%20Clean%20Hydrogen.pdf. Abrufdatum: 7. Mai 2025.
-
- [15] CEN-CENELEC (2024). CEN and CENELEC established a new coordination group on Hydrogen. Verfügbar unter: <https://www.cencenelec.eu/news-events/news/2024/brief-news/2024-07-18-hydrogen-coordination-group/>. Abrufdatum: 7. Mai 2025.
-



-
- [16] European Clean Hydrogen Alliance (2023). Roadmap on Hydrogen Standardisation. Verfügbar unter: <https://ec.europa.eu/docsroom/documents/53721>. Abrufdatum: 7. Mai 2025.
-
- [17] Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) (2023). Deutsches Strategieforum für Standardisierung soll Deutschlands Rolle in der globalen Normung stärken. Verfügbar unter: <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Pressemitteilungen/2023/02/20230223-deutsches-strategieforum-fuer-standardisierung-soll-deutschlands-rolle-in-der-globalen-normung-staerken.html>. Abrufdatum: 7. Mai 2025.
-
- [18] Deutsches Strategieforum Standardisierung (2023). Verfügbar unter: https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Downloads/XYZ/zusammenfassung-deutsches-strategieforum-standardisierung.pdf?__blob=publicationFile&v=10. Abrufdatum: 7. Mai 2025.
-
- [19] Deutsches Institut für Normung (DIN) (2024). Erfolgreicher Start der RCS-Plattform Wasserstoff. Verfügbar unter: <https://www.din.de/de/din-und-seine-partner/presse/mitteilungen/erfolgreicher-start-der-rcs-plattform-wasserstoff-1190140>. Abrufdatum: 7. Mai 2025.
-
- [20] International Partnership for a Hydrogen Economy (IPHE) (2025). Verfügbar unter: <https://www.iphe.net/>. Abrufdatum: 7. Mai 2025.
-
- [21] Hydrogen Council (2025). Verfügbar unter: <https://hydrogencouncil.com/en/>. Abrufdatum: 7. Mai 2025.
-
- [22] International Renewable Energy Agency (IRENA) (2025). Verfügbar unter: <https://www.irena.org/>. Abrufdatum: 7. Mai 2025.
-
- [23] United Nations Industrial Development Organization (UNIDO) (2025). Verfügbar unter: <https://www.unido.org/>. Abrufdatum: 7. Mai 2025.
-
- [24] HydrogenTCP (2025). History of the Hydrogen TCP (IEA Hydrogen). Verfügbar unter: <https://www.ieahydrogen.org/>. Abrufdatum: 7. Mai 2025.
-
- [25] Clean Hydrogen Partnership (2025). Verfügbar unter: https://www.clean-hydrogen.europa.eu/about-us/who-we-are_en. Abrufdatum: 7. Mai 2025.
-
- [26] European Partnership on Metrology (2025). Verfügbar unter: <https://www.euramet.org/research-innovation/metrology-partnership/>. Abrufdatum: 7. Mai 2025.
-
- [27] Euramet's European Metrology Networks (2025). Verfügbar unter: <https://www.euramet.org/european-metrology-networks/>. Abrufdatum: 7. Mai 2025.
-
- [28] European Metrology Network for Energy Gases (2025). Verfügbar unter: <https://www.euramet.org/european-metrology-networks/energy-gases/>. Abrufdatum: 7. Mai 2025.
-
- [29] Bundesministerium für Forschung, Technologie und Raumfahrt (BMFTR) (2025). Die Leitprojekte. Verfügbar unter: <https://www.wasserstoff-leitprojekte.de/leitprojekte>. Abrufdatum: 7. Mai 2025.
-
- [30] Forschungsstelle für Energiewirtschaft (FFE) (2025). Trans4Real – Transferforschung für die Reallabore der Energiewende zu Sektorkopplung und Wasserstoff. Verfügbar unter: <https://www.ffe.de/projekte/trans4real-transferforschung-fuer-die-reallabore-der-energiewende-zu-sektorkopplung-und-wasserstoff/>. Abrufdatum: 7. Mai 2025.
-
- [31] DVGW e. V. (2025). Forschung im DVGW-Innovationsprogramm Wasserstoff. Verfügbar unter: <https://www.dvgw.de/themen/forschung-und-innovation/energieforschung/dvgw-innovationsprogramm-wasserstoff>. Abrufdatum: 7. Mai 2025.
-
- [32] Forschungsnetzwerk Energie (2025). Forschungsnetzwerk Wasserstoff. Verfügbar unter: <https://www.forschungsnetzwerke-energie.de/wasserstoff>. Abrufdatum: 7. Mai 2025.
-



-
- [33] DIN, DKE, DVGW, NWB, VDA, VDI, VDMA (2023). Verzeichnis der Normen und technischen Regelwerke für Wasserstofftechnologien. Verfügbar unter: <https://www.din.de/de/forschung-und-innovation/themen/wasserstoff/normensuche>.
-
- [34] BMW Group, Vorreiter in der Wasserstoffforschung, Verfügbar unter: <https://www.bmwgroup.com/de/news/allgemein/2024/wasserstoff-geschichte.html>. Abrufdatum: 10. Juli 2025
-
- [35] DIN EN ISO 22734-1:2024-10, Wasserstofferzeuger auf Grundlage der Elektrolyse von Wasser – Teil 1: Allgemeine Anforderungen, Prüfberichte und Sicherheitsanforderungen.
-
- [36] DIN EN 17124:2022-12, Wasserstoff als Kraftstoff – Produktfestlegung und Qualitätssicherung für Wasserstoffbetankungsanlagen zur Abgabe gasförmigen Wasserstoffs – Protonenaustauschmembran (PEM)-Brennstoffzellenanwendungen für Fahrzeuge.
-
- [37] DIN EN IEC 60079-10-1 (VDE 0165-1), Explosionsgefährdete Bereiche – Teil 10-1: Einteilung der Bereiche – Gasexplosionsgefährdete Bereiche.
-
- [38] DIN EN 61511-1 (VDE 0810-1):2019-02, Funktionale Sicherheit – PLT-Sicherheitseinrichtungen für die Prozessindustrie – Teil 1: Allgemeines, Begriffe, Anforderungen an Systeme, Hardware und Anwendungsprogrammierung.
-
- [39] DIN EN ISO 12100:2025-01, Sicherheit von Maschinen – Allgemeine Gestaltungsleitsätze – Risikobeurteilung und Risikominderung.
-
- [40] Normenreihe DIN EN ISO 13849, Sicherheit von Maschinen – Sicherheitsbezogene Teile von Steuerungen.
-
- [41] Europäisches Parlament und Rat (2014). Richtlinie 2014/68/EU zur Harmonisierung der Rechtsvorschriften der Mitgliedstaaten über die Bereitstellung von Druckgeräten auf dem Markt (Neufassung). Verfügbar unter: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=CELEX%3A32014L0068>. Abrufdatum: 27. Juni 2025.
-
- [42] VDI 3985:2018-06, Grundsätze für Planung, Ausführung und Abnahme von Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen mit Verbrennungskraftmaschinen.
-
- [43] Department of Energy (DoE) (o. J.). DOE Technical Targets for Polymer Electrolyte Membrane Fuel Cell Components. Verfügbar unter: <https://www.energy.gov/eere/fuelcells/doe-technical-targets-polymer-electrolyte-membrane-fuel-cell-components>. Abrufdatum: 27. Juni 2025
-
- [44] ISO/TS 19870:2023-11, Hydrogen technologies – Methodology for determining the greenhouse gas emissions associated with the production, conditioning and transport of hydrogen to consumption gate.
-
- [45] Projektträger Jülich (o. J.). Definition des Technologischen Reifegrades (in Anlehnung an die TRL-Definition der NASA), S. 1.
-
- [46] DIN EN 16603-11:2020-02, Raumfahrttechnik – Definition des Technologie-Reifegrades (TRL) und der Beurteilungskriterien (ISO 16290; 2013 modifiziert).
-
- [47] Bundesministerium der Justiz und Verbraucherschutz (1974). Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge (Bundes-Immissionsschutzgesetz – BImSchG), § 3 Begriffsbestimmungen. Verfügbar unter: <https://www.gesetze-im-internet.de/bimsg/bjnr007210974.html>. Abrufdatum: 27. Juni 2025
-
- [48] DIN EN IEC 61850-7-420:2024-05, Kommunikationsnetze und -systeme für die Automatisierung in der elektrischen Energieversorgung – Teil 7-420: Grundlegende Kommunikationsstruktur – Verteilte Energieerzeuger und logische Knoten der Verteilungsautomation (IEC 61850-7-420:2021).
-
- [49] Normenreihe DIN EN IEC 61850, Kommunikationsnetze und -systeme für die Automatisierung in der elektrischen Energieversorgung.
-



-
- [50] VDE-AR-N 4130:2018-11, Technische Regeln für den Anschluss von Kundenanlagen an das Höchstspannungsnetz und deren Betrieb (TAR Höchstspannung).
-
- [51] Forum Netztechnik/Netzbetrieb im VDE (FNN) (o. J.). Technische Anschlussregeln (TAR). Verfügbar unter: <https://www.vde.com/de/fnn/themen/tar>. Abrufdatum: 27. Juni 2025.
-
- [52] VDE-AR-N 4100:2024-10, Anschluss und Betrieb von Kundenanlagen am Niederspannungsnetz (TAR NS).
-
- [53] VDE-AR-N 4105:2024-10, Anschluss und Betrieb von Erzeugungsanlagen am Niederspannungsnetz (TAR EZA NS).
-
- [54] VDE-AR-N 4110:2024-11, Technische Regeln für den Anschluss von Kundenanlagen an das Mittelspannungsnetz und deren Betrieb (TAR-Mittelspannung).
-
- [55] VDE-AR-N 4120:2024-11, Technische Regeln für den Anschluss von Kundenanlagen an das Hochspannungsnetz und deren Betrieb (TAR-Hochspannung).
-
- [56] Europäische Kommission (2016). Verordnung (EU) 2016/631 der Kommission vom 14. April 2016 zur Festlegung eines Netzkodex mit Netzanschlussanforderungen für Stromerzeuger (Requirements for Generators – RfG). Verfügbar unter: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=CELEX%3A32016R0631>. Abrufdatum: 27. Juni 2025.
-
- [57] Europäische Kommission (2016). Verordnung (EU) 2016/1388 der Kommission vom 17. August 2016 zur Festlegung eines Netzkodex mit Netzanschlussanforderungen an die Nachfrageseite (Demand Connection Code – DCC). Verfügbar unter: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=CELEX%3A32016R1388>. Abrufdatum: 27. Juni 2025.
-
- [58] Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz (o. J.). Energiewirtschaftsgesetz (EnWG), § 19 Netzzugang. Verfügbar unter: https://www.gesetze-im-internet.de/enwg_2005/_19.html. Abrufdatum: 27. Juni 2025.
-
- [59] Normenreihe DIN EN 50549 (VDE 0124-549), Anforderungen für zum Parallelbetrieb mit einem Verteilnetz vorgesehene Erzeugungsanlagen.
-
- [60] Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) (2023). Roadmap Systemstabilität – Fahrplan zur Erreichung eines sicheren und robusten Betriebs des zukünftigen Stromversorgungssystems mit 100 % erneuerbaren Energien. Verfügbar unter: https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/20231204-roadmap-system-stabilitaet.pdf?__blob=publicationFile&v=14 [iea.org+15bmwk.de+15bmwk.de+15](https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/20231204-roadmap-system-stabilitaet.pdf?__blob=publicationFile&v=14). Abrufdatum: 27. Juni 2025.
-
- [61] IEC SC 3D / UNECE (2023). Report from IEC SC 3D to MoU Management Group – Common Data Dictionary (CDD). Verfügbar unter: https://uncefact.unece.org/download/attachments/145490065/MoU-MG_N927_Report%20from%20IEC-SC%203D%20to%20MoU-MG%20on%20January%202023.pdf?api=v2. Abrufdatum: 27. Juni 2025.
-
- [62] IEC SC 3D / UNECE (2023). Report from IEC SC 3D to MoU Management Group – COMDO (ISO/IEC Concept Dictionary Model). Verfügbar unter: https://uncefact.unece.org/download/attachments/145490065/MoU-MG_N927_Report%20from%20IEC-SC%203D%20to%20MoU-MG%20on%20January%202023.pdf?api=v2. Abrufdatum: 27. Juni 2025.
-
- [63] Gaia-X Hub Deutschland (2023). Datenraum für die Energiewende. Verfügbar unter: <https://gaia-x-hub.de/gx-praxis/datenraum-fuer-die-energiewende/>. Abrufdatum: 27. Juni 2025.
-
- [64] Industr.com (2023). So beschleunigt der digitale Zwilling die Wasserstoffproduktion. Verfügbar unter: <https://www.industr.com/de/so-beschleunigt-der-digitale-zwilling-die-wasserstoffproduktion-2727301>. Abrufdatum: 27. Juni 2025.
-
- [65] Industrial Digital Twin Association (IDTA) (2025). Digitaler Produktpass (DPP4.0). Verfügbar unter: <https://industrialdigitaltwin.org/dpp4-0>. Abrufdatum: 27. Juni 2025.
-
- [66] Plattform Industrie 4.0 (2024). Working Group „Reference Architectures and Standards“ – Asset Administration Shell (AAS) in der IEC 63278-Reihe. Verfügbar unter: <https://www.plattform-i40.de/IP/Redaktion/EN/Standardartikel/working-group-01.html>. Abrufdatum: 27. Juni 2025.
-



-
- [67] Spherity (2023). Datenökosystem energy data-X.
Verfügbar unter: <https://www.spherity.com/post/newsroom-spherity-energy-data-x>. Abrufdatum: 27. Juni 2025.
-
- [68] QI-Digital (2024). Quality-X – Eine föderierte Plattform für die Qualitätssicherung.
Verfügbar unter: <https://www.qi-digital.de/en/>. Abrufdatum: 27. Juni 2025.
-
- [69] Plattform Industrie 4.0 (2023). Manufacturing-X Förderprogramm. Verfügbar unter: <https://www.plattform-i40.de/IP/Redaktion/EN/Standardartikel/manufacturing-X-funding-projects.html>. Abrufdatum: 27. Juni 2025.
-
- [70] DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik (2017). Deutsche Normungsroadmap EEnergy/Smart Grids 2.0. VDE/Arbeitsfeld Energy. Verfügbar unter: <https://www.dke.de/de/arbeitsfelder/energy/deutsche-normungsroadmap-e-energy-smart-grids-2-0>. Abrufdatum: 7. August 2025.
-
- [71] Bundesregierung.de (2024). Kraftwerksstrategie der Bundesregierung. Verfügbar unter: <https://www.bundesregierung.de/breg-de/aktuelles/kraftwerksstrategie-2257868>. Abrufdatum: 7. März 2024.
-
- [72] Komarnicki, M., Kranhold, C., & Styczynski, Z. (2023). Gesamtenergiesystem der Zukunft (GES). Reihe Essentials. Wiesbaden: Springer-Verlag.
-
- [73] Normenreihe EN IEC 63278, Verwaltungsschale für industrielle Anwendungen.
-
- [74] DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik (2025). DKE Whitepaper KI Energy. Verfügbar unter: <https://www.dke.de/de/ki-energy> (Beispiel-Link). Abrufdatum: 25. Mai 2025.
-
- [75] DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik (2023). Mit positiver Energie vernetzen wir Menschen und Technologien. Für die All Electric Society. Für eine lebenswerte Zukunft.
Verfügbar unter: <https://www.dke.de/de/themen/a/all-electric-society>. Abrufdatum: 25. Mai 2025.
-
- [76] DVGW G 260-B1, Beiblatt zum DVGW-Arbeitsblatt G 260:2021-09 – Relative Dichte, 11/2024
-
- [77] ISO 14687:2019-11, Beschaffenheit von Wasserstoff als Kraftstoff – Spezifizierung des Produkts.
-
- [78] Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz (2010). 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. Verfügbar unter: https://www.gesetze-im-internet.de/bimschv_10_2010/BJNR184900010.html. Abrufdatum: 27. Juni 2025.
-
- [79] Bundesministerium für Forschung, Technologie und Raumfahrt (BMFTR) (2025). Wasserstoff Leitprojekt TransHyDE. Verfügbar unter: <https://www.wasserstoff-leitprojekte.de/projekte/transhyde>. Abrufdatum: 3. Juni 2025.
-
- [80] Bundesministerium für Forschung, Technologie und Raumfahrt (BMFTR) (2024). Wasserstoff Leitprojekte. Verfügbar unter: <https://www.wasserstoff-leitprojekte.de/>. Abrufdatum: 6. März 2024.
-
- [81] DVGW e.V. Roadmap Gas 2050. Verfügbar unter: <https://www.dvgw.de/themen/forschung-und-innovation/forschungsprojekte/dvgw-forschungsprojekt-roadmap-gas-2050>. Abrufdatum: 27. Juni 2025.
-
- [82] Adlares, DVGW-Forschungsstelle am Engler-Bunte-Institut des Karlsruher Instituts für Technologie, Evonik, Meter-Q Solutions, Nowega, OGE, Rosen, RWE und Universität Potsdam (2024). TransHyDE – Projekt GetH2. Verfügbar unter: <https://www.get-h2.de/get-h2-transhyde/>. Abrufdatum: 31. März 2024.
-
- [83] Physikalisch-Technische Bundesanstalt (2024). RingWaBe – Vergleichbarkeit der Wasserstoffqualitätsanalytik. Verfügbar unter: <https://www.ringwabe.ptb.de/home>. Abrufdatum: 31. März 2024.
-
- [84] SINTEF (2024). MetroHyVe 2 – Metrology for hydrogen vehicles.
Verfügbar unter: <https://www.sintef.no/projectweb/metrohyve-2/>. Abrufdatum: 31. Januar 2024.
-



-
- [85] NOW GmbH (2024). LeBChi – Untersuchung der Lebensdauer von Brennstoffzellen und BoP-Komponenten basierend auf realen Wasserstoff-/Luftqualitätsmessungen in China.
Verfügbar unter: <https://www.now-gmbh.de/projektfinder/lebchi/>. Abrufdatum: 31. Januar 2024.
-
- [86] SINTEF (2024). HyQuality Europe. Verfügbar unter: <https://hyqualityeurope.eu/>. Abrufdatum: 31. Januar 2024.
-
- [87] Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE (2024). H2Fuel.
Verfügbar unter: <https://www.ise.fraunhofer.de/de/forschungsprojekte/h2fuel.html>. Abrufdatum: 27. Juni 2025.
-
- [88] ISO 14687:2025-02, Wasserstoffbeschaffenheit – Produktspezifikation.
-
- [89] DIN CEN/TS 17977:2024-06, Gasinfrastruktur – Beschaffenheit von Gas – Wasserstoff zur Nutzung in umgestellten Gassystemen.
-
- [90] ISO 19880-8:2024-12, Gasförmiger Wasserstoff – Betankungsanlagen – Teil 8: Beschaffenheitskontrolle des Kraftstoffs.
-
- [91] frontier economics (2022). H2-Rein – H2-Kurzstudie: Wasserstoffqualität in einem gesamtdeutschen Wasserstoffnetz.
Verfügbar unter: <https://www.dvgw.de/medien/dvgw/forschung/berichte/g202140-abschlussbericht-h2-qualitaet.pdf>.
Abrufdatum: 7. März 2024.
-
- [92] ISO 21087:2019-06, Gasanalyse – Analytische Methoden für Wasserstoff als Kraftstoff – Protonenaustauschmembran (PEM)-Brennstoffzellenanwendung für Straßenfahrzeuge.
-
- [93] DIN EN ISO 4259-2, Mineralölerzeugnisse – Präzision von Messverfahren und Ergebnissen – Teil 2: Anwendung der Präzisionsdaten von Prüfverfahren (ISO 4259-2:2017 + Amd 1:2019); Deutsche Fassung EN ISO 4259-2:2017 + A1:2019.
-
- [94] DNV/KIWA (2023). A follow-up study into the hydrogen quality requirements. Verfügbar unter:
<https://open.overheid.nl/documenten/e4c35d40-0888-41bf-bf6f-d59e7269e103/file>. Abrufdatum: 12. März 2024.
-
- [95] DVGW e. V. (2024). G 202439 H2-Optimum.
Verfügbar unter: [DVGW e.V.: G 202439 H2-Optimum](#). Abrufdatum: 27. Juni 2025.
-
- [96] Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz (2024). 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.
Verfügbar unter: https://www.gesetze-im-internet.de/enwg_2005/BJNR197010005.html. Abrufdatum: 11. März 2024.
-
- [97] Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz (2010). Wasserhaushaltsgesetz (WHG) vom 31. Juli 2009 (BGBl. I S. 2585), zuletzt geändert durch Artikel 2 des Gesetzes vom 3. Dezember 2020 (BGBl. I S. 2714).
Verfügbar unter: https://www.gesetze-im-internet.de/whg_2009/BJNR258510009.html. Abrufdatum: 27. Juni 2025.
-
- [98] Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz (BMJV) (2021). Neufassung der Ersten Allgemeinen Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft – TA Luft) vom 18. August 2021 Link: https://www.verwaltungsvorschriften-im-internet.de/bsvwvbund_18082021_IGI25025005.htm.
Abrufdatum: 24. September 2025.
-
- [99] DIN EN ISO 14040:2021-02, Umweltmanagement – Ökobilanz – Grundsätze und Rahmenbedingungen.
-
- [100] DIN EN 14001:2015-11, Umweltmanagementsysteme – Anforderungen mit Anleitung zur Anwendung (ISO 14001:2015).
-
- [101] DVGW-Merkblatt G 404, Maßnahmen zur technischen Reduzierung von Methan- und Wasserstoffemissionen in der Gasinfrastruktur, 07/2022.
-
- [102] DIN EN ISO 14067:2019-02, Treibhausgase – Carbon Footprint von Produkten – Anforderungen an und Leitlinien für Quantifizierung (ISO 14067:2018).
-



-
- [103] DIN EN 16325:2022-12, Herkunftsnachweise im Energiebereich – Herkunftsnachweise für Elektrizität, gasförmige Kohlenwasserstoffe, Wasserstoff sowie Wärme und Kälte.
-
- [104] Europäische Union (2020). Verordnung (EU) 2020/852 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 18. Juni 2020 über die Einrichtung eines Rahmens zur Erleichterung nachhaltiger Investitionen (Taxonomieverordnung). Verfügbar unter: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=CELEX%3A32020R0852>. Abrufdatum: 27. Juni 2025.
-
- [105] Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz (2011). 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. Verfügbar unter: https://www.gesetze-im-internet.de/gashdrltgv_2011/BJNR092800011.html. Abrufdatum: 3. Juni 2025.
-
- [106] Normenreihe EN 13480, Metallische industrielle Rohrleitungen.
-
- [107] Normenreihe EN 10216, Nahtlose Stahlrohre für Druckbeanspruchungen – Technische Lieferbedingungen.
-
- [108] Normenreihe EN 10217, Geschweißte Stahlrohre für Druckbeanspruchungen – Technische Lieferbedingungen.
-
- [109] EN 13480-11, Metallische industrielle Rohrleitungen – Teil 11: Zusatzanforderungen an Rohrleitungen für Wasserstoffanwendung.
-
- [110] EN 13445-15, Unbefeuerte Druckbehälter – Teil 15: Spezifische Anforderungen für Wasserstoffanwendungen.
-
- [111] Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz (2024). Gesetz über die Elektrizitäts- und Gasversorgung (Energiewirtschaftsgesetz – EnWG), § 3 Nr. 15 „Energieanlagen“, § 49 „Anforderungen an Energieanlagen“, § 113c „Übergangsregelungen zu Sicherheitsanforderungen; Anzeigepflicht und Verfahren zur Prüfung von Umstellungsvorhaben“. Verfügbar unter: https://www.gesetze-im-internet.de/enwg_2005/_113.html. Abrufdatum: 12. März 2024.
-
- [112] DIN EN 15001-1, Gasinfrastruktur – Gasleitungsanlagen mit einem Betriebsdruck größer 0,5 bar für industrielle Installationen und größer 5 bar für industrielle und nicht-industrielle Installationen – Teil 1: Detaillierte funktionale Anforderungen an Planung, Material, Bau, Inspektion und Prüfung.
-
- [113] DIN EN 15001-2, Gasversorgungssysteme – Gasleitungsanlagen mit einem Betriebsdruck größer 0,5 bar für industrielle Installationen und größer 5 bar für industrielle und nicht-industrielle Installationen – Teil 2: Detaillierte funktionale Anforderungen an Inbetriebnahme, Betrieb und Instandhaltung.
-
- [114] DVGW-Arbeitsblatt G 614-1, Freiverlegte Gasleitungen auf Werksgelände hinter der Übergabestelle; Planung, Errichtung, Prüfung und Inbetriebnahme, 10/2014.
-
- [115] DVGW-Arbeitsblatt G 614-2, Freiverlegte Gasleitungen auf Werksgelände hinter der Übergabestelle; Betrieb und Instandhaltung, 10/2014
-
- [116] DVGW-Merkblatt G 655, Leitfaden H₂-ready Gasanwendung, 01/2025.
-
- [117] DVGW-Merkblatt G 221, Leitfaden zur Anwendung des DVGW-Regelwerks auf die leitungsgebundene Versorgung der Allgemeinheit mit wasserstoffhaltigen Gasen und Wasserstoff, 12/2021.
-
- [118] Europäische Union (2014). 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. Amtsblatt der Europäischen Union. Verfügbar unter: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32014L0068>. Abrufdatum: 03. Januar 2024.
-
- [119] Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz (2025). Gesetz über die Elektrizitäts- und Gasversorgung (Energiewirtschaftsgesetz – EnWG), § 49 „Anforderungen an Energieanlagen“. Verfügbar unter: https://www.gesetze-im-internet.de/enwg_2005/_49.html. Abrufdatum: 3. Juni 2025.
-
- [120] DVGW-Arbeitsblatt G 260, Gasbeschaffenheit, 09/2021.
-



-
- [121] DIN EN 17928-1, Gasinfrastruktur – Einspeiseanlagen – Teil 1: Allgemeine Anforderungen; Deutsche Fassung EN 17928-1:2024.
-
- [122] DIN EN 17928-3, Gasinfrastruktur – Einspeiseanlagen – Teil 3: Spezifische Anforderungen für die Einspeisung von Wasserstoff; Deutsche Fassung EN 17928-3:2024.
-
- [123] DIN EN 12186, Gasinfrastruktur – Gas-Druckregelanlagen für Transport und Verteilung – Funktionale Anforderungen; deutsche und englische Fassung prEN 12186:2025, 02/2025.
-
- [124] DVGW-Arbeitsblatt G 265-1, Anlagen für die Aufbereitung und Einspeisung von Biogas in Gasversorgungsnetze; Teil 1: Planung, Fertigung, Errichtung, Prüfung und Inbetriebnahme, 10/2024.
-
- [125] DVGW-Arbeitsblatt G 265-3, Anlagen für die Einspeisung von Wasserstoff in Gas- und Wasserstoffnetze; Planung, Fertigung, Errichtung, Prüfung, Inbetriebnahme und Betrieb, 12/2022.
-
- [126] DVGW-Arbeitsblatt G 491, Gas-Druckregelanlagen für Eingangsdrücke bis einschließlich 100 bar, 07/2022.
-
- [127] Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz (o. J.). Verordnung zum Schutz vor Gefahrstoffen (GefStoffV). Verfügbar unter: https://www.gesetze-im-internet.de/gefstoffv_2010/. Abrufdatum: 3. Juni 2025.
-
- [128] Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz (o. J.). Verordnung über Sicherheit und Gesundheitsschutz bei der Verwendung von Arbeitsmitteln (BetrSichV). Verfügbar unter: https://www.gesetze-im-internet.de/betrsv_2015/. Abrufdatum: 3. Juni 2025.
-
- [129] DVGW-Merkblatt G 442, Explosionsgefährdete Bereiche an Ausblaseöffnungen von Leitungen zur Atmosphäre an Gasanlagen, 07/2015.
-
- [130] DVGW e. V. (o. J.). VerifHy-Datenbank. Verfügbar unter: <https://www.dvgw.de/leistungen/dienstleistungen/verifhy-datenbank>. Abrufdatum: 3. Juni 2025.
-
- [131] DVGW-Arbeitsblatt G 469, Druckprüfverfahren Gastransport / Gasverteilung, 07/2019.
-
- [132] DVGW e. V. (2025). Fahrzeuggestützte Methanmessung (FaMeGQ) – Messtechnik zur oberirdischen Überprüfung von erdverlegten Gasleitungen und Quantifizierung der Methanemissionen. Verfügbar unter: <https://www.dvgw.de/themen/forschung-und-innovation/forschungsprojekte/dvgw-forschungsprojekt-fahrzeuggestuetzte-methanmessung>. Abrufdatum: 27. Juni 2025.
-
- [133] Normenreihe ISO 11119, Gasflaschen – Wiederbefüllbare Gasflaschen und Großflaschen aus Verbundwerkstoffen – Auslegung, Bau und Prüfung.
-
- [134] Normenreihe DIN EN ISO 9809, Gasflaschen – Auslegung, Herstellung und Prüfung von wiederbefüllbaren nahtlosen Gasflaschen aus Stahl.
-
- [135] Normenreihe DIN EN ISO 11114, Gasflaschen – Verträglichkeit von Werkstoffen für Gasflaschen und Ventile mit den in Berührung kommenden Gasen.
-
- [136] Normenreihe DIN EN 13445, Unbefeuerte Druckbehälter.
-
- [137] United Nations Economic Commission for Europe (UNECE) (2023). Agreement concerning the International Carriage of Dangerous Goods by Road (ADR 2023). Verfügbar unter: <https://unece.org/transport/standards/transport/dangerous-goods/adr-2023-agreement-concerning-international-carriage>. Abrufdatum: 27. Juni 2025.
-
- [138] Bundesministerium für Digitales und Verkehr (BMDV) (2024). Gefahrgut – Recht / Vorschriften – Eisenbahn: Ordnung über die internationale Eisenbahnbeförderung gefährlicher Güter (RID). Verfügbar unter: <https://www.bmdv.bund.de/SharedDocs/DE/Artikel/G/Gefahrgut/gefahrgut-recht-vorschriften-eisenbahn.html>. Abrufdatum: 27. Juni 2025.
-



-
- [139] Normenreihe DIN EN 1918-Reihe, Gasinfrastruktur – Untertagespeicherung von Gas.
-
- [140] Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz (2020). Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen (AwSV). Verfügbar unter: <https://www.gesetze-im-internet.de/awsv/>. Abrufdatum: 3. Juni 2025.
-
- [141] Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz (2020). Verordnung zum Schutz vor Gefahrstoffen (GefStoffV). Verfügbar unter: https://www.gesetze-im-internet.de/gefstoffv_2010/BJNR164400010.html. Abrufdatum: 3. Juni 2025.
-
- [142] Normenreihe ISO 19870:2023-11, Hydrogen technologies – Methodology for determining the greenhouse gas emissions associated with the production, conditioning and transport of hydrogen to consumption gate.
-
- [143] Normenreihe DIN EN IEC 62282, Brennstoffzellentechnologien.
-
- [144] Normenreihe DIN EN 12952, Wasserrohrkessel und Anlagenkomponenten.
-
- [145] Normenreihe DIN EN 12953, Großwasserraumkessel.
-
- [146] DIN EN ISO 21789:2023-07, Gasturbinenanwendungen – Sicherheit.
-
- [147] Reihe VDMA 4315, Turbomaschinen und Generatoren – Anwendung der Prinzipien der Funktionalen Sicherheit.
-
- [148] DIN EN 676:2023-03, Gebläsebrenner für gasförmige Brennstoffe.
-
- [149] Normenreihe DIN EN 13084, Freistehende Schornsteine.
-
- [150] Normenreihe DIN EN 12007, Gasinfrastruktur – Rohrleitungen mit einem maximal zulässigen Betriebsdruck bis einschließlich 16 bar.
-
- [151] ISO 6976:2016-08 Erdgas – Berechnung von Brenn- und Heizwert, Dichte, relativer Dichte und Wobbeindex aus der Zusammensetzung.
-
- [152] DIN EN 12952-8:2022-12, Wasserrohrkessel und Anlagenkomponenten – Teil 8: Anforderungen an Feuerungsanlagen für flüssige und gasförmige Brennstoffe für den Kessel.
-
- [153] DIN EN 12953-7:2002-08, Großwasserraumkessel – Teil 7: Anforderungen an Feuerungsanlagen für flüssige und gasförmige Brennstoffe für den Kessel.
-
- [154] DIN EN 12952-14:2004-09, Wasserrohrkessel und Anlagenkomponenten – Teil 14: Anforderungen an Rauchgas-DENOX-Anlagen, die flüssiges Ammoniak und Ammoniakwasserlösung einsetzen.
-
- [155] DIN EN 13611:2022-01, Sicherheits- und Regeleinrichtungen für Brenner und Brennstoffgeräte für gasförmige und/oder flüssige Brennstoffe – Allgemeine Anforderungen.
-
- [156] ISO 23550:2018-04, Sicherheits-, Regel- und Steuereinrichtungen für Gas- und/oder Ölbrenner und Gas- und/oder Ölgeräte – Allgemeine Anforderungen.
-
- [157] DIN EN 13084-7:2013-03, Freistehende Schornsteine – Teil 7: Produktfestlegungen für zylindrische Stahlbauteile zur Verwendung in einschaligen Stahlschornsteinen und Innenrohren aus Stahl.
-
- [158] Normenreihe DIN EN 764, Druckgeräte.
-
- [159] Normenreihe DIN EN 13480, Metallische industrielle Rohrleitungen.
-
- [160] Normenreihe DIN EN ISO 21009, Kryo-Behälter – Stationäre / ortsfeste vakuumisolierte Behälter.
-
- [161] DIN EN ISO 21457:2010-12, Erdöl-, petrochemische und Erdgasindustrie – Werkstoffauswahl und Korrosionsschutzmaßnahmen für Öl- und Gasproduktionssysteme.
-



-
- [162] DIN 1340:1990-12, Gasförmige Brennstoffe und sonstige Gase; Arten, Bestandteile, Verwendung.
-
- [163] DIN EN 764-4:2015-03, Druckgeräte – Teil 4: Erstellung von technischen Lieferbedingungen für metallische Werkstoffe.
-
- [164] DIN EN 16668:2025-05, Industriearmaturen – Anforderungen und Prüfungen für Metallarmaturen als drucktragende Ausrüstungsteile.
-
- [165] Normenreihe DIN EN ISO 4126, Sicherheitseinrichtungen gegen unzulässigen Überdruck.
-
- [166] DIN EN ISO 21009-1:2024-07-Entwurf, Kryo-Behälter – Stationäre vakuumisolierte Behälter – Teil 1: Konstruktion, Herstellung, Kontrolle und Prüfung.
-
- [167] DIN EN ISO 21009-2:2024-12, Kryo-Behälter – Ortsfeste vakuumisolierte Behälter – Teil 2: Betriebsanforderungen.
-
- [168] DIN EN ISO 21011:2021-04-Entwurf, Kryo-Behälter – Ventile für den Kryo-Betrieb.
-
- [169] Normenreihe ISO 21013, Kryo-Behälter – Druck-Ablass-Zubehör / Druckentlastungseinrichtungen für den Kryo-Betrieb.
-
- [170] DIN EN ISO 21028-1:2024-05 – Entwurf, Kryo-Behälter – Zähigkeitsanforderungen an Werkstoffe bei kryogenen Temperaturen – Teil 1: Temperaturen unter –80 °C.
-
- [171] ISO 21010:2017-12, Kryo-Behälter – Verträglichkeit von Gas/Werkstoffen.
-
- [172] Normenreihe DIN EN ISO 11114, Gasflaschen – Verträglichkeit von Werkstoffen für Gasflaschen und Ventile mit den in Berührung kommenden Gasen.
-
- [173] DIN EN ISO 11114-1:2024-01, Gasflaschen – Verträglichkeit von Werkstoffen für Gasflaschen und Ventile mit den in Berührung kommenden Gasen – Teil 1: Metallische Werkstoffe.
-
- [174] DIN EN ISO 11114-4:2017-09, 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.
-
- [175] Reihe VDMA 69243, Leitfaden zu regulativen Anforderungen an H₂-Anlagen und -Systeme in Deutschland und Europa.
-
- [176] VDI-Richtlinien VDI 4635, Power-to-X – Wasserstoffherzeugung durch Wasserelektrolyse.
-
- [177] DVGW-Arbeitsblatt G 220, Power-to-Gas Energieanlagen: Planung, Fertigung, Errichtung, Prüfung, Inbetriebnahme und Betrieb, 08/2021.
-
- [178] VDMA 24202:1980-01, Industrieöfen, Klassifikation.
-
- [179] Normenreihe DIN EN 746, Industrielle Thermoprozessanlagen.
-
- [180] Normenreihe ISO 13577, Industrielle Thermoprozessanlagen und dazugehörige Prozesskomponenten.
-
- [181] DIN EN ISO 13577-2:2024-09, Industrielle Thermoprozessanlagen und dazugehörige Prozesskomponenten – Sicherheitsanforderungen – Teil 2: Feuerungen und Brennstoffführungssysteme (ISO 13577-2:2023); Deutsche Fassung EN ISO 13577-2:2023.
-
- [182] DIN CEN/TR 17924:2025-06, Sicherheits- und Regeleinrichtungen für Brenner und Brennstoffgeräte für gasförmige und/oder flüssige Brennstoffe – Leitfaden zu wasserstoffspezifischen Aspekten; Englische Fassung CEN/TR 17924:2025.
-
- [183] Europäische Union, Amtsblatt der Europäischen Union, Verordnung 2023/1230 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 14. Juni 2023 über Maschinen und zur Aufhebung der Richtlinie 2006/42/EG des Europäischen Parlaments und des Rates und der Richtlinie 73/361/EWG des Rates, 2023.
Verfügbar unter: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=CELEX:32023R1230>. Abrufdatum: 24. Juni 2025.
-



-
- [184] DIN EN 1539:2016-02, Trockner und Öfen, in denen brennbare Stoffe freigesetzt werden – Sicherheitsanforderungen; Deutsche Fassung EN 1539:2015.
-
- [185] DIN EN 12753:2011-02, Thermische Reinigungssysteme für Abluft aus Anlagen zur Oberflächenbehandlung – Sicherheitsanforderungen; Deutsche Fassung EN 12753:2005+A1:2010.
-
- [186] ISO 13577-2:2023-12, Industrielle Thermoprozessanlagen und dazugehörige Prozesskomponenten – Sicherheitsanforderungen – Teil 2: Feuerungen und Brennstoffführungssysteme.
-
- [187] DIN EN 16340:2014-10, Sicherheits- und Regeleinrichtungen für Brenner und Brennstoffgeräte für gasförmige oder flüssige Brennstoffe – Abgasfühler; Deutsche Fassung EN 16340:2014.
-
- [188] ISO 3271:2015-08, Eisenerze für Hochofen- und Direktreduktionsbeschickung – Bestimmung des Trommel- und Abriebindex.
-
- [189] Normenreihe ISO 14404, Berechnungsmethode für die Intensität von Kohlenstoffdioxidemissionen in der Stahl- und Eisenherstellung.
-
- [190] ISO 14404-3:2024-09, Berechnungsmethode für die Intensität von Kohlenstoffdioxidemissionen in der Stahl- und Eisenherstellung – Teil 3: Stahlwerk mit Elektrolichtbogenofen (EAF) mit Einrichtungen für die kohle- oder gasbasierte Direktreduktion von Eisen (DRI).
-
- [191] TÜV-Verband (2024). AD 2000 Regelwerk. Verfügbar unter: <https://www.dinmedia.de/de/normen-produkte/ad2000>. Abrufdatum: 24. Juni 2025.
-
- [192] Projektträger Jülich. Forschungszentrum Jülich GmbH (PtJ) i. A. von Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWE) (2025). Glossar, Direktreduktion. Verfügbar unter: <https://www.energieforschung.de/de/glossar?glossarAction=ShowGlossarDetails&id=254>. Abrufdatum: 24. Juni 2025.
-
- [193] Umweltbundesamt (2023). CLIMATE CHANGE 39/2023 „Projektionsbericht 2023 für Deutschland“. Verfügbar unter: <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/projektionsbericht-2023-fuer-deutschland>. Abrufdatum: 24. Juni 2025.
-
- [194] DIN 1340 Beiblatt 1:1990-12, Gasförmige Brennstoffe und sonstige Gase; Arten, Bestandteile, Verwendung; Bemerkungen zur Erzeugung.
-
- [195] Normenreihe DIN EN 10025, Warmgewalzte Erzeugnisse aus Baustählen.
-
- [196] Normenreihe DIN EN 10028, Flacherzeugnisse aus Druckbehälterstählen.
-
- [197] Normenreihe DIN EN 10088, Nichtrostende Stähle.
-
- [198] DIN EN 10095:2018-12, Hitzebeständige Stähle und Nickellegierungen.
-
- [199] Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWE) (o. J.). Newsletter Energiewende – Was ist eigentlich „grüner“ Stahl? Verfügbar unter: <https://energiewende.bundeswirtschaftsministerium.de/EWD/Redaktion/Newsletter/2024/05/Meldung/direkt-erklaert.html>. Abrufdatum: 3. April 2025.
-
- [200] DVGW-Arbeitsblatt G 1020, Qualitätssicherung für Planung, Erstellung, Änderung, Instandhaltung und Betrieb von Gasinstallationen, 03/2025.
-
- [201] Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz, Gesetz über die Elektrizitäts- und Gasversorgung (Energiewirtschaftsgesetz – EnWG) § 113 Laufende Wegenutzungsverträge. Verfügbar unter: https://www.gesetze-im-internet.de/enwg_2005/___113.html. Abrufdatum: 30. Juni 2025.
-



-
- [202] DVGW CERT GmbH (2025). Zertifizierungsprogramm ZP 3100.20. Verfügbar unter: https://www.dvgw-cert.com/medien/leistungen/download__antrag-go-zp.../zp_3100_20.pdf. Abrufdatum: 27. Juni 2025.
-
- [203] DVGW CERT GmbH (2024). Zertifizierungsprogramm ZP 3100.100. Verfügbar unter: https://www.dvgw-cert.com/medien/leistungen/download__antrag-go-zp.../zp_3100_100_01.pdf. Abrufdatum: 27. Juni 2025.
-
- [204] DVGW CERT GmbH (2025). Zertifizierungsprogramm ZP 3502. Verfügbar unter: https://www.dvgw-cert.com/medien/leistungen/download__antrag-go-zp.../zp_3502_01.pdf. Abrufdatum: 27. Juni 2025.
-
- [205] DVGW CERT GmbH (2024). Zertifizierungsprogramm ZP 1100. Verfügbar unter: https://www.dvgw-cert.com/medien/leistungen/download__antrag-go-zp.../zp_1100_gb.pdf. Abrufdatum: 27. Juni 2025.
-
- [206] DVGW CERT GmbH (2024). Zertifizierungsprogramm ZP 2100. Verfügbar unter: https://www.dvgw-cert.com/medien/leistungen/download__antrag-go-zp.../zp_2100.pdf. Abrufdatum: 27. Juni 2025.
-
- [207] DVGW CERT GmbH (2024). Zertifizierungsprogramm ZP 4110. Verfügbar unter: https://www.dvgw-cert.com/medien/leistungen/download__antrag-go-zp.../zp_4110_01.pdf. Abrufdatum: 27. Juni 2025.
-
- [208] Normenreihe DIN EN IEC 62282, Brennstoffzellentechnologien.
-
- [209] DGUV Information 203 – 090 (2024). Arbeiten an Gasleitungen: Handlungshilfe für die Gefährdungsbeurteilung. Verfügbar unter: <https://publikationen.dguv.de/widgets/pdf/download/article/3434>. Abrufdatum: 30. Juni 2025.
-
- [210] DVGW e.V. (2024). Forschungsprojekt H2-Umstell. Verfügbar unter: <https://www.dvgw.de/themen/forschung-und-innovation/forschungsprojekte/dvgw-forschungsprojekt-h2-umstellung>. Abrufdatum: 30. Juni 2025.
-
- [211] DVGW e.V. (2024). Forschungsprojekt F&E für H2. Verfügbar unter: <https://www.dvgw.de/themen/forschung-und-innovation/forschungsprojekte/dvgw-forschungsprojekt-fe-fuer-h2>. Abrufdatum: 30. Juni 2025.
-
- [212] DVGW e.V. (2024). Forschungsprojekt Roadmap Gas 2050 – Der Weg in eine klimafreundliche Gaswelt. Verfügbar unter: <https://www.dvgw.de/medien/dvgw/forschung/berichte/g201824-rmg2050-d4.5-fazit.pdf>. Abrufdatum: 30. Juni 2025.
-
- [213] DVGW-Arbeitsblatt G 110, Ortsfeste Gaswarneinrichtungen, 10/2003.
-
- [214] Normenreihe DIN EN 15502, Heizkessel für gasförmige Brennstoffe.
-
- [215] DVGW-Arbeitsblatt G 635, Gasgeräte für den Anschluss an ein Luft-Abgas-System für Überdruckbetrieb (standardisiertes Verfahren), 08/2018.
-
- [216] DVGW e.V. (2018). Technische Regel der Gasinstallation (TRGI). Verfügbar unter: <https://www.dvgw.de/themen/gas/installation-und-anwendung/hausinstallation-und-trgi>. Abrufdatum: 30. Juni 2025.
-
- [217] DIN EN 13611, Sicherheits- und Regeleinrichtungen für Brenner und Brennstoffgeräte für gasförmige und/oder flüssige Brennstoffe – Allgemeine Anforderungen.
-
- [218] ISO 23550, Sicherheits-, Regel- und Steuereinrichtungen für Gas- und/oder Ölbrenner und Gas- und/oder Ölgeräte – Allgemeine Anforderungen.
-
- [219] DIN CEN/TR 17924, Sicherheits- und Regeleinrichtungen für Brenner und Brennstoffgeräte für gasförmige und/oder flüssige Brennstoffe – Leitfaden zu wasserstoffspezifischen Aspekten.
-
- [220] DVGW-Arbeitsblatt G 600, Technische Regel für Gasinstallationen, 08/2018.
-
- [221] DVGW-Arbeitsblatt G 638-1, Heizungsanlagen mit gasbefeuerten Hellstrahlern – Planung, Installation, Betrieb und Instandhaltung, 03/2021.
-



-
- [222] DVGW-Arbeitsblatt G 638-2, Heizungsanlagen mit Dunkelstrahlern, 03/2010.
-
- [223] DIN EN 437, Prüfgase – Prüfdrücke – Gerätekategorien.
-
- [224] Verordnung (EU) 2016/426 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 9. März 2016 über Geräte zur Verbrennung gasförmiger Brennstoffe. Verfügbar unter: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/ALL/?uri=CELEX%3A32016R0426>. Abrufdatum: 30. Juni 2025.
-
- [225] DVGW-Arbeitsblatt G 620, Gasdruckerhöhungsanlagen mit einem Betriebsüberdruck bis zu 0,1 MPa (1 bar) und einer Antriebsleistung bis 100 kW, 06/2022.
-
- [226] DIN EN 14459:2023-07, Sicherheits- und Regeleinrichtungen für Brenner und Brennstoffgeräte für gasförmige oder flüssige Brennstoffe – Regel- und Steuerfunktionen in elektronischen Systemen – Verfahren für die Klassifizierung und Bewertung, Deutsche Fassung EN 14459:2021.
-
- [227] DVGW CERT GmbH (2024). Zertifizierungsprogramm ZP 2100. Verfügbar unter: https://www.dvgw-cert.com/medien/leistungen/download__antrag-go-zp.../zp_2100.pdf. Abrufdatum: 30. Juni 2025
-
- [228] DVGW CERT GmbH (2024). Zertifizierungsprogramm ZP 3411. Verfügbar unter: https://www.dvgw-cert.com/medien/leistungen/download__antrag-go-zp.../zp_3411.pdf. Abrufdatum: 30. Juni 2025.
-
- [229] DVGW e. V. (2024). Forschungsprojekt HydEKuS. Verfügbar unter: <https://www.dvgw.de/themen/forschung-und-innovation/forschungsprojekte/dvgw-forschungsprojekt-h2werkstoffe>. Abrufdatum: 30. Juni 2025.
-
- [230] DVGW e. V. (2024). Forschungsprojekt EclHypse – Leckageraten von Gasmischungen (ECLHYPSE). Verfügbar unter: <https://www.dvgw.de/themen/forschung-und-innovation/forschungsprojekte/dvgw-forschungsprojekt-leckgeraten-gasmischungen>. Abrufdatum: 30. Juni 2025.
-
- [231] DIN EN 416:2020-04, Gasbefeuerte Dunkelstrahler und Dunkelstrahlersysteme für gewerbliche und industrielle Anwendungen – Sicherheit und Energieeffizienz.
-
- [232] DIN EN 419:2020-04, Gasbefeuerte Hellstrahlerheizgeräte für gewerbliche und industrielle Anwendungen – Sicherheit und Energieeffizienz.
-
- [233] Normenreihe DIN 3372, Gasgeräte – Heizstrahler mit Brennern ohne Gebläse: ortsfeste Strahler für Freianlagen und ortsveränderliche für Raum- und Freiflächennutzung.
-
- [234] Normenreihe ISO 19880, Gasförmiger Wasserstoff – Betankungsanlagen.
-
- [235] Normenreihe SAE J2601, Fueling Protocols for Light Duty Gaseous Hydrogen Surface Vehicles.
-
- [236] ISO 19880-2:2025-02-, Gasförmiger Wasserstoff – Betankungsanlagen – Teil 2: Abgabeeinrichtungen und Abgabesysteme.
-
- [237] Europäische Union (2014). Official Journal of the European Union; ATEX-Richtlinie 2014/34/EU. Verfügbar unter: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/en/TXT/?uri=CELEX%3A32014L0034>. Abrufdatum: 2. Juni 2025.
-
- [238] International Recommendation (2018). 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. Verfügbar unter: <https://h2tools.org/fuel-cell-codes-and-standards/oiml-r-139-compressed-gaseous-fuel-measuring-systems-vehicles-oiml-r>. Abrufdatum: 2. Juni 2025.
-
- [239] Europäische Union (2010). TPED – Ortsbewegliche Druckgeräte Richtlinie 2010/35/EU. Verfügbar unter: <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2010/35/oj>. Abrufdatum: 2. Juni 2025.
-
- [240] Europäische Union (2023). AFIR – Alternative Fuels Infrastructure Regulation. Verfügbar unter: <https://data.consilium.europa.eu/doc/document/PE-25-2023-INIT/de/pdf>. Abrufdatum: 2. Juni 2025.
-



-
- [241] BAuA – Ausschuss für Gefahrstoffe (2019). TRBS 3151 – Vermeidung von Brand-, Explosions- und Druckgefährdungen an Tankstellen und Gasfüllanlagen zur Befüllung von Landfahrzeugen.
Verfügbar unter: <https://www.baua.de/DE/Angebote/Regelwerk/TRBS/TRBS-3151.html>. Abrufdatum: 2. Juni 2025.
-
- [242] BAuA – Ausschuss für Gefahrstoffe (2016). TRBS 3146 – Ortsfeste Druckanlagen für Gase, GMBI 2016 S. 854–880 [Nr. 44].
Verfügbar unter: <https://www.baua.de/DE/Angebote/Regelwerk/TRBS/TRBS-3146.html>. Abrufdatum: 2. Juni 2025.
-
- [243] DVGW G 731 Entwurf Arbeitsblatt, Wasserstoff-Füllanlagen; Planung, Bau, Prüfung und Inbetriebnahme, 09/2024.
-
- [244] Normenreihe ISO 12619, Straßenfahrzeuge – Komprimierter gasförmiger Wasserstoff (CGH₂) und Wasserstoff-/Naturgasgemische.
-
- [245] ISO 19881:2018-10, Gasförmiger Wasserstoff – Kraftstofftanks für Landfahrzeuge.
-
- [246] ISO 23273:2013-06, Brennstoffzellenfahrzeuge – Sicherheitsspezifikation – Schutz vor Gefahren resultierend aus dem im Fahrzeug integrierten Treibstoffsystem für komprimierten Wasserstoff.
-
- [247] IEC 62282-2-100:2020, Fuel cell technologies – Part 2-100: Fuel cell modules – Safety.
-
- [248] ISO 19887:2024-10, Gasförmiger Wasserstoff – Bauteile des Betankungssystems für Fahrzeuge mit Wasserstoffantrieb.
-
- [249] CSA/ANSI HGV 3.1:2022-09, Fuel system components for compressed hydrogen gas powered vehicles.
-
- [250] Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) (2020). Masterplan Schienenverkehr. Verfügbar unter: https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/E/masterplan-schienenverkehr.pdf?__blob=publicationFile.
Abrufdatum: 18. September 2023.
-
- [251] Normenreihe DIN EN IEC 63341, Bahnanwendungen – Wasserstoff- und Brennstoffzellen-Energiesysteme für Bahnfahrzeuge.
-
- [252] CESNI (2025). Europäischer Standard der Technischen Vorschriften für Binnenschiffe (ES-TRIN).
Verfügbar unter: <https://www.cesni.eu/de/standards-und-erlaeuterungen/>. Abrufdatum: 2. April 2025.
-
- [253] CESNI (2024). Europäischer Standard für Qualifikationen in der Binnenschifffahrt (ES-QIN).
Verfügbar unter: <https://www.cesni.eu/de/standards-und-erlaeuterungen/>. Abrufdatum: 2. April 2025.
-
- [254] IMO (1974). Internationales Übereinkommen von 1974 zum Schutz des menschlichen Lebens auf See (SOLAS-Übereinkommen). Verfügbar unter: [https://www.imo.org/en/About/Conventions/Pages/International-Convention-for-the-Safety-of-Life-at-Sea-\(SOLAS\),-1974.aspx](https://www.imo.org/en/About/Conventions/Pages/International-Convention-for-the-Safety-of-Life-at-Sea-(SOLAS),-1974.aspx). Abrufdatum: 1. April 2025.
-
- [255] IMO (2020). Internationaler Code für den Aufbau und die Ausrüstung von Schiffen, die gefährliche Chemikalien transportieren (IBC-Code). Verfügbar unter: <https://www.imo.org/en/OurWork/Environment/Pages/IBCCode.aspx>.
Abrufdatum: 1. April 2025.
-
- [256] IMO (2016). Internationaler Code für den Bau und die Ausrüstung von Schiffen zur Beförderung verflüssigter Gase als Massengut (IGC-Code). Verfügbar unter: <https://www.imo.org/en/ourwork/safety/pages/igc-code.aspx>.
Abrufdatum: 1. April 2025.
-
- [257] IMO (2020). Internationaler Code zur Beförderung gefährlicher Güter in verpackter Form oder in fester Form als Massengut (IMDG-Code). Verfügbar unter: <https://www.imo.org/en/OurWork/Safety/Pages/DangerousGoods-default.aspx>.
Abrufdatum: 1. April 2025.
-
- [258] IMO (2016). Internationaler Code für die Sicherheit von Schiffen, die Gase oder andere Brennstoffe mit niedrigem Flammpunkt verwenden (IGF-Code).
Verfügbar unter: <https://www.imo.org/en/ourwork/safety/pages/igf-code.aspx>. Abrufdatum: 17. März 2025.
-



-
- [259] ISO/TR 15916:2015-12, Grundsätzliche Betrachtungen zur Sicherheit von Wasserstoffsystemen.
-
- [260] CESNI (2025). Comité Européen pour l'Élaboration de Standards dans le Domaine de Navigation Intérieure. Verfügbar unter: <https://www.cesni.eu/de/>. Abrufdatum: 17. März 2025.
-
- [261] IMO (o. J.). International Maritime Organization. Verfügbar unter: <https://www.imo.org/>. Abrufdatum: 17. März 2025.
-
- [262] IMO (o. J.). Structure of IMO. Verfügbar unter: <https://www.imo.org/en/About/Pages/Structure.aspx>. Abrufdatum: 1. April 2025.
-
- [263] ZKR – Zentralkommission für die Rheinschifffahrt (2025). Europäisches Übereinkommen über die internationale Beförderung gefährlicher Güter auf Binnenwasserstraßen (ADN). Verfügbar unter: <https://ccr-zkr.org/13020300-de.html>. Abrufdatum: 2. April 2025.
-
- [264] DIN EN 13371:2001, Kryo-Behälter – Kupplungen für den tiefkalten Betrieb.
-
- [265] DIN EN ISO 17268:2017-03, Gasförmiger Wasserstoff – Anschlussvorrichtungen für die Betankung von Landfahrzeugen.
-
- [266] CEN/TS 17977:2023 – Gas infrastructure – Quality of gas – Hydrogen used in rededicated gas systems.
-
- [267] DVGW-Arbeitsblatt G 685, Gasabrechnung, 08/2020.
-
- [268] DIN EN 17526:2024-02, Gaszähler – Thermische Massendurchflussgaszähler.
-
- [269] DIN EN 1359:2017-11, Gaszähler – Balgengaszähler.
-
- [270] Europäische Union (2014). Richtlinie 2014/32/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 26. Februar 2014 über Messgeräte (MID). Verfügbar unter: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=CELEX%3A32014L0032>. Abrufdatum: 30. Juni 2025.
-
- [271] CSA ANSI/CSA CHMC 1:2014-02, Test methods for evaluating material compatibility in compressed hydrogen applications – Metals.
-
- [272] ISO 7039:2024-07, Metallische Werkstoffe – Zugversuch – Verfahren zur Bewertung der Empfindlichkeit von Werkstoffen gegenüber der Einwirkung von Hochdruckgas in Hohlproben.
-
- [273] CSA ANSI CHMC 2 (2020). Test methods for evaluating material compatibility in compressed hydrogen applications – Polymers.
-
- [274] ISO/NP 25865 (in Vorbereitung). Plastics – Test method for determining the tribological response of polymer-based materials under hydrogen atmosphere.
-
- [275] DIN SPEC 3456, Industriearmaturen – Leitfaden zu Anforderungen an metallische Armaturen für Wasserstoffanwendungen im Rahmen der europäischen Normung.
-
- [276] DIN EN 18191:06-2025, Industriearmaturen – Zusätzliche Anforderungen an metallische Armaturen für Wasserstoffanwendungen.
-
- [277] DVGW-Merkblatt G 405, Umstellung von Bestandsarmaturen auf Wasserstoff, 07/2024.
-
- [278] Rennert, R., Kullig, E., Vormwald, M., Esderts, A. und Luke, M. (2020). Rechnerischer Festigkeitsnachweis für Maschinenbauteile (RFN-07-20-DE). 7. überarb. Aufl.
-
- [279] Fiedler, M., Wächter, M., Varfolomeev, M. V. I. und Esderts, A. (2019). Rechnerischer Festigkeitsnachweis für Maschinenbauteile unter expliziter Erfassung nichtlinearen Werkstoffverformungsverhaltens (RNL-01-19-DE). 1. Aufl.
-



-
- [280] Berger, C., Blauel, J., Hodulak, L. und Pyttel, I. V. B. (2018). Bruchmechanischer Festigkeitsnachweis für Maschinenbauteile (RBM-04-18-DE). 4. überarb. Aufl.
-
- [281] Richtlinie Rechnerischer Festigkeitsnachweis Federn/Federelemente (2020). 1. Aufl., RFF-01-20-DE.
-
- [282] International Institute of Welding (2023). IIW Auslegungsrichtlinien für Schweißverbindungen, Ertüchtigung um Wasserstoffeinfluss, XIII-3004-2023/XV-1649-2022 / Recommendations for Fatigue Design of Welded Joints and Components. Verfügbar unter: <https://www.iiwelding.org/>. Abrufdatum: 3. Juni 2025
-
- [283] DVGW-Arbeitsblatt G 441, Armaturen für maximal zulässige Betriebsdrücke bis 100 bar in der Gasversorgung – Anwendungsbeispiele, Betrieb und Instandhaltung, 03/2023.
-
- [284] Normenreihe DIN 30652-1: 2021-06, Gasströmungswächter für die Gasinstallation; DIN 30652-2: 2022-09, Gasströmungswächter für Netzanschlussleitungen.
-
- [285] DIN EN 549:2024-07, Elastomer-Werkstoffe für Dichtungen und Membranen in Gasgeräten und Gasanlagen; Deutsche Fassung EN 549:2019+A1:2023+A2:2024.
-
- [286] 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.
-
- [287] DIN 3384-1:2024-04, Rohrleitungen – Teil 1: Anschlussarten für gewellte Metallschlauchleitungen aus nichtrostendem Stahl nach DIN EN 16617 für brennbare Gase; DIN 3384-2:2024-04, Rohrleitungen – Teil 2: Konformitätsbewertung von Anschlussarten für gewellte Metallschlauchleitungen aus nichtrostendem Stahl nach DIN EN 16617 für brennbare Gase.
-
- [288] DIN 3387-1:2024-09, Lösbare Rohrverbindungen für metallene Gasleitungen – Teil 1: Glattrohrverbindungen.
-
- [289] DVGW CERT GmbH (2024). Zertifizierungsprogramm ZP 5101.100. Verfügbar unter: https://www.dvgw-cert.com/meldien/leistungen/download__antrag-go-zp.../zp_5101_01.pdf. Abrufdatum: 30. Juni 2025.
-
- [290] 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.
-
- [291] Normenreihe DIN EN 751, Dichtmittel für metallene Gewindeverbindungen in Kontakt mit Gasen der 1., 2. und 3. Familie und Heißwasser.
-
- [292] DIN 3386:2012-10, Gasfilter für einen Betriebsdruck bis einschließlich 5 bar – Anforderungen und Prüfungen.
-
- [293] 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.
-
- [294] DIN 3376-1:2024-08, Gaszählerverschraubungen – Teil 1: Zweistutzenanschluss.
-
- [295] DIN 3376-2:2024-08, Gaszählerverschraubungen – Teil 2: Einstutzenanschluss.
-
- [296] Normenreihe DIN EN ISO/IEC 27000, Informationstechnik – Sicherheitsverfahren – Informationssicherheitsmanagementsysteme – Überblick und Terminologie (ISO/IEC 27000:2018).
-
- [297] Normenreihe DIN EN IEC 62443, IT-Sicherheit für industrielle Automatisierungssysteme.
-
- [298] European Union (2025). Verordnung (EU) 2024/2847 über horizontale Cybersicherheitsanforderungen für Produkte mit digitalen Elementen und zur Änderung der Verordnung (EU) 2019/1020 (Cyber Resilience Act). Verfügbar unter: <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2024/2847/oj/eng>. Abrufdatum: Juni 2025.
-



-
- [299] European Union. (2022). Richtlinie (EU) 2022/2555 über Maßnahmen für ein hohes gemeinsames Cybersicherheitsniveau in der Union (NIS-2-Richtlinie). Verfügbar unter: <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2022/2555/oj>. Abrufdatum: Januar 2024.
-
- [300] European Union. (2023). Verordnung (EU) 2023/1230 über Maschinen und zur Aufhebung der Richtlinie 2006/42/EG (Maschinenverordnung). Verfügbar unter: <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2023/1230/oj/eng>. Abrufdatum: Juni 2025.
-
- [301] NIST FIPS 140-3*FIPS 140-3:2019-03, Security requirements for cryptographic modules.
-
- [302] 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).
-
- [303] Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV) (2022). Explosionsschutz-Regeln (EX-RL) DGUV Regel 113-001 – Entwicklung der EX-RL. Verfügbar unter: <https://www.bgrci.de/ex-rl-beispielsammlung/dguv-regel-113-001>. Abrufdatum: 28. Mai 2025.
-
- [304] Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA) (2020). TRGS 720 – Gefährliche explosionsfähige Gemische – Allgemeines ff. Verfügbar unter: <https://www.baua.de/DE/Angebote/Regelwerk/TRGS/TRGS-720.html>. Abrufdatum: 28. Mai 2025.
-
- [305] Amt für Veröffentlichungen der Europäischen Union (2018). Richtlinie 1999/92/EG – Gefährdung durch explosionsfähige Atmosphären. Verfügbar unter: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/LSU/?uri=CELEX:31999L0092>. Abrufdatum: 28. Mai 2025.
-
- [306] Normenreihe DIN EN 1555, Kunststoff-Rohrleitungssysteme für die Gasversorgung.
-
- [307] DIN EN ISO 22734-1:2024-10, Wasserstofferzeuger auf Grundlage der Elektrolyse von Wasser – Teil 1: Allgemeine Anforderungen, Prüfberichte und Sicherheitsanforderungen (ISO/DIS 22734-1:2024); Deutsche und Englische Fassung prEN ISO 22734-1:2024.
-
- [308] Europäische Union, Europäische Richtlinien zu Sicherheit und Gesundheitsschutz bei der Arbeit. Verfügbar unter: <https://dejure.org/gesetze/AEU/153.html>. Abrufdatum: 27. Juni 2025.
-
- [309] DIN 30652-1: 2021-06, Gasströmungswächter für die Gasinstallation.
-
- [310] DIN 30652-2: 2022-09, Gasströmungswächter für Netzanschlussleitungen.
-
- [311] Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (2023). EmpfBS 1113 Beschaffung von Arbeitsmitteln – Anhang 2 Beschaffungsprozess und Schutzkonzept von Anlagen. Verfügbar unter: <https://www.baua.de/DE/Angebote/Regelwerk/TRBS/EmpfBS-1113.html>. Abrufdatum: 23. Mai 2025.
-
- [312] Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz (2021). Gesetz über überwachungsbedürftige Anlagen (ÜAnlG). Verfügbar unter: https://www.gesetze-im-internet.de/_anlg/BJNR316200021.html. Abrufdatum: 23. Mai 2025.
-
- [313] Jordan, T., Askar, E., Holtappels, K., Deeg, S., Jopen, M., Stoll, U., Reinicke, E.-A., Krause, U., Beyer, M. und Markus, D. (2023). Stand der Kenntnisse und Technik bezüglich Wasserstoffsicherheit. Verfügbar unter: <http://doi.org/10.1002/cite.202300141>. Abrufdatum: 23. Mai 2025.
-

13

Abbildungs- und Tabellenverzeichnis



Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Übersicht nationaler Wasserstoffstrategien weltweit (Quelle: eigene Darstellung in Anlehnung an [7], [8])	18
Abbildung 2: Übersicht der anerkannten Normungsorganisationen und Institutionen der technischen Regelsetzung mit Trägerfunktion externer Normenausschüsse (Quelle: eigene Darstellung)	26
Abbildung 3: Übersicht der relevanten nationalen Normungs- gremien und Gremien der technischen Regelsetzung (Quelle: eigene Darstellung)	28
Abbildung 4: Übersicht der relevanten nationalen, europäischen und internationalen Normungsgremien und Gremien der technischen Regelsetzung (Quelle: eigene Darstellung)	29
Abbildung 5: Organisationsstruktur der Normungsröadmap Wasserstofftechnologien (Quelle: eigene Darstellung)	35
Abbildung 6: Übersicht des möglichen Status des technischen Regelwerks (Quelle: eigene Darstellung)	40
Abbildung 7: Darstellung der Gremien der NRM H2 (Quelle: eigene Darstellung)	41
Abbildung 8: Übersicht relevanter Gremien der technischen Regelsetzung im Bereich Elektrolyse (Stand 07-2025) (Quelle: eigene Darstellung)	44
Abbildung 9: Entscheidungsbaum (Quelle: NRM H2 AG Andere Erzeugungsarten)	47
Abbildung 10: Übersicht relevanter Gremien der technischen Regelsetzung im Bereich Gesamtsystemintegration (Stand 07-2025) (Quelle: eigene Darstellung)	49
Abbildung 11: Smart Grid Architecture Model (SGAM) [70]	50
Abbildung 12: Übersicht Gesamtsystemintegration Wasserstoff (Quelle: eigene Darstellung in Anlehnung an [72])	50
Abbildung 13: Vernetzung und Kopplung bisher getrennter Sektoren [75]	51
Abbildung 14: Übersicht relevanter Gremien der technischen Regelsetzung im Bereich Wasserstoffbeschaffenheit (Stand 07-2025) (Quelle: eigene Darstellung)	53
Abbildung 15: Übersicht relevanter Gremien der technischen Regelsetzung im Bereich Rohrleitungen (Stand 07-2025) (Quelle: eigene Darstellung)	59
Abbildung 16: Übersicht relevanter Gremien der technischen Regelsetzung im Bereich Transportleitungen (Stand 07-2025) (Quelle: eigene Darstellung)	61
Abbildung 17: Übersicht relevanter Gremien der technischen Regelsetzung im Bereich Anlagentechnik (Stand 07-2025) (Quelle: eigene Darstellung)	63
Abbildung 18: Übersicht relevanter Gremien der technischen Regelsetzung im Bereich Verteilnetze (Stand 07-2025) (Quelle: eigene Darstellung)	65
Abbildung 19: Übersicht relevanter Gremien der technischen Regelsetzung im Bereich stationäre und ortsbewegliche Druckbehälter (Stand 07-2025) (Quelle: eigene Darstellung)	67
Abbildung 20: Übersicht relevanter Gremien der technischen Regelsetzung im Bereich Untertage-Gasspeicher (Stand 07-2025) (Quelle: eigene Darstellung)	70
Abbildung 21: Übersicht relevanter Gremien der technischen Regelsetzung im Bereich Verflüssigung (Stand 07-2025) (Quelle: eigene Darstellung)	72
Abbildung 22: Typische Systemgrenze eines Brennstoffzellen-Energiesystems. (Quelle: DKE (in Anlehnung an DIN EN IEC 62282-Reihe))	76
Abbildung 23: Übersicht relevanter Gremien der technischen Regelsetzung im Bereich Brennstoffzelle (Stand 07-2025) (Quelle: eigene Darstellung)	77
Abbildung 24: Übersicht relevanter Gremien der technischen Regelsetzung im Bereich Kraftwerke, Turbinen und KWK-Anlagen (Stand 07-2025) (Quelle: eigene Darstellung)	79
Abbildung 25: Übersicht relevanter Gremien der technischen Regelsetzung im Bereich (Petro-)chem. Industrie (Stand 07-2025) (Quelle: eigene Darstellung)	82



Abbildung 26: Übersicht relevanter Gremien der technischen Regelsetzung im Bereich Power-to-X (Stand 07-2025) (Quelle: eigene Darstellung)	84	Abbildung 37: Übersicht relevanter Gremien der technischen Regelsetzung im Bereich Sonder- und Spezialfahrzeuge (Stand 07-2025) (Quelle: eigene Darstellung)	108
Abbildung 27: Übersicht relevanter Gremien der technischen Regelsetzung im Bereich Thermoprozessanlagen (Stand 07-2025) (Quelle: eigene Darstellung)	86	Abbildung 38: Übersicht relevanter Gremien der technischen Regelsetzung im Bereich Gasanalyse (Stand 07-2025) (Quelle: eigene Darstellung)	112
Abbildung 28: Übersicht relevanter Gremien der technischen Regelsetzung im Bereich Stahlindustrie (Stand 07-2025) (Quelle: eigene Darstellung)	88	Abbildung 39: Übersicht relevanter Gremien der technischen Regelsetzung im Bereich Wasserstoffmesstechnik und Abrechnungsverfahren (Stand 07-2025) (Quelle: eigene Darstellung)	113
Abbildung 29: Übersicht relevanter Gremien der technischen Regelsetzung im Bereich Häusliche Anwendungen (Stand 07-2025) (Quelle: eigene Darstellung)	91	Abbildung 40: Übersicht relevanter Gremien der technischen Regelsetzung im Bereich Metallische Werkstoffe (Stand 07-2025) (Quelle: eigene Darstellung)	116
Abbildung 30: Übersicht relevanter Gremien der technischen Regelsetzung im Bereich Controls (Stand 07-2025) (Quelle: eigene Darstellung)	93	Abbildung 41: Übersicht relevanter Gremien der technischen Regelsetzung im Bereich Komposite und Kunststoffe (Stand 07-2025) (Quelle: eigene Darstellung)	118
Abbildung 31: Übersicht relevanter Gremien der technischen Regelsetzung im Bereich Gewerbliche Anwendungen (Stand 07-2025) (Quelle: eigene Darstellung)	95	Abbildung 42: Übersicht relevanter Gremien der technischen Regelsetzung im Bereich Bauteile Infrastruktur (Stand 07-2025) (Quelle: eigene Darstellung)	121
Abbildung 32: Übersicht relevanter Gremien der technischen Regelsetzung im Bereich Befüllungsanlagen (Stand 07-2025) (Quelle: eigene Darstellung)	97	Abbildung 43: Übersicht relevanter Gremien der technischen Regelsetzung im Bereich Bauteile für Anwendungen und Technologien (Stand 07-2025) (Quelle: eigene Darstellung)	123
Abbildung 33: Übersicht relevanter Gremien der technischen Regelsetzung im Bereich Straßenverkehr (Stand 07-2025) (Quelle: eigene Darstellung)	100	Abbildung 44: Übersicht relevanter Gremien der technischen Regelsetzung im Bereich Sicherheitstechnische Grundsätze (Stand 07-2025) (Quelle: eigene Darstellung)	126
Abbildung 34: Übersicht relevanter Gremien der technischen Regelsetzung im Bereich Schienenverkehr (Stand 07-2025) (Quelle: eigene Darstellung)	102	Abbildung 45: Übersicht relevanter Gremien der technischen Regelsetzung im Bereich Cybersicherheit (Stand 07-2025) (Quelle: eigene Darstellung)	128
Abbildung 35: Übersicht relevanter Gremien der technischen Regel- setzung im Bereich Schiffsverkehr (Stand 07-2025) (Quelle: eigene Darstellung)	104	Abbildung 46: Übersicht relevanter Gremien der technischen Regelsetzung im Bereich Explosionsschutz (Stand 07-2025) (Quelle: eigene Darstellung)	130
Abbildung 36: Übersicht relevanter Gremien der technischen Regelsetzung im Bereich Luftverkehr (Stand 07-2025) (Quelle: eigene Darstellung)	107	Abbildung 47: Status der vom Verbundprojekt NRM H2 ausgesprochenen Handlungsempfehlungen (Quelle: eigene Darstellung)	138



Tabellenverzeichnis

Abbildung 48: Anzahl der geförderten Umsetzungsprojekte nach Themenfeldern (Quelle: eigene Darstellung)	139
Abbildung 49: Verteilung der geförderten Umsetzungsprojekte nach nationaler, europäischer und internationaler Ebene (Quelle: eigene Darstellung)	139
Abbildung 50: Wirkung der Förderung von Normungsprojekten und Projekten der technischen Regelsetzung im Rahmen der Normungsrroadmap Wasserstofftechnologien (Quelle: eigene Darstellung)	140
Abbildung 51: Übersicht der Reifegrade der technischen Regelsetzung für Wasserstofftechnologien (Quelle: eigene Darstellung)	143
Abbildung 52: Übersicht der Reifegrade (Legende) (Quelle: eigene Darstellung)	143
Abbildung 53: Abschätzung der Entwicklung des Reifegrads des technischen Regelwerks im Bereich der Erzeugung (Quelle: eigene Darstellung)	147
Abbildung 54: Abschätzung der Entwicklung des Reifegrads des technischen Regelwerks im Bereich der Infrastruktur (Quelle: eigene Darstellung)	148
Abbildung 55: Abschätzung der Entwicklung des Reifegrads des technischen Regelwerks im Bereich der Anwendung (Quelle: eigene Darstellung)	149
Abbildung 56: Abschätzung der Entwicklung des Reifegrads des technischen Regelwerks im Bereich der Mobilität (Quelle: eigene Darstellung)	150
Abbildung 57: Abschätzung der Entwicklung des Reifegrads des technischen Regelwerks im Bereich der Querschnittsbereiche (Quelle: eigene Darstellung)	151

Tabelle 1: Umsetzungsprojekte aus der NRM H2	182
Tabelle 2: Übersicht der relevanten Gremien der technischen Regelsetzung für Wasserstofftechnologien	192

(Leerseite)

Bildnachweise:

Titelbild: zodar, AlexanderLimbach – stock.adobe.com

Kapiteleingangsgrafiken: arttools (S. 17), Rungaroon (S. 25), royyimzy (S. 31), 100choices (S. 39),

Marc Kunze; top images (S. 153) – stock.adobe.com

metamorworks (S. 21); yewkeo (S. 141) – istockphoto.com

Bilder AKs: Imagecreator (S. 42), fotowunsch (S. 57), Mr Twister (S. 74), malp (S. 110),

Rostislav Sedlacek (S. 124) – stock.adobe.com

Vorwort: Christoph Winterhalter – © Eva Häberle, Michael Teigeler – © VDE,

Prof. Dr. Gerald Linke – © DVGW e.V., Marko Kurt Schreiber – © Marko Kurt Schreiber,

Hildegard Müller – © Privat, Dieter Westerkamp – © VDI e.V., Hartmut Rauen – © Privat

Steuerungskreis: Dr. Kirsten Westphal – © Thomas Imo (BDEW),

Hubertus Rosenow – © Nils Röscher (thyssenkrupp nucera), Dr. Stefanie Brockmann – © Stahlinstitut VDEh,

Jorgo Chatzimarkakis – © Justin Jin, Dr. Stephan Finke – © DAkkS,

Dr. Joachim Kloock – © Privat, Holger Lösch – © Christian Kruppa, Birte Lübbert – © Bosch,

Sascha Müller-Kraenner – © Deutsche Umwelthilfe, Heinrich Nachtsheim – © VCI,

Michael Noll – © Open Grid Europe GmbH, Prof. Dr. Ulrich Panne – © Michael Danner,

Dr. Annette Röttger – © PTB, Kevin Schalk – © Nadja Mahjoub (Fraunhofer IWES),

Axel Schuppe – © Verband der Bahnindustrie in Deutschland (VDB) e.V., Dr. Werner Sielschott – © Privat,

Christina Tenkhoff – © Privat

(Leerseite)

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 als
Geschäftsbereich des VDE e. V.**

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



**VDMA e. V. – Europas größter
Verband des Maschinen- und
Anlagenbaus**

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