



Europäische Harmonisierung und deutsche Operationalisierung

Normungsstrategien für Wasserstofftechnologien im Vergleich

Herausgeber:



ZBT - Zentrum für
Brennstoffzellentechnik GmbH
Carl-Benz-Straße 201
D-47057 Duisburg
info@zbt.de
+49 203 7598-0

Kurzbericht zum Projekt:

Europäische Harmonisierung und
deutsche Operationalisierung

Veröffentlicht am:

01.07.2026

Autor:innen:

Deborah Rapp
Mario Koppers

Projektpartner:

DECHEMA e. V.
ZBT GmbH
Agora Energiewende
Stiftung Umweltenergierecht
Ruhr-Universität Bochum
Technische Universität München
FfE e. V. München

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energie

Förderkennzeichen:

03EWT001D

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

1 Einleitung.....	1
2 Überblick EU-Ebene (ECH2A-Roadmap)	2
3 Überblick Deutschland (Normungsroadmap 2024 mit Fortschreibung 2025)	3
4 Vertiefter Vergleich entlang der Handlungsfelder	5
4.1 Erzeugung.....	5
4.2 Infrastruktur und Speicherung	6
4.3 Anwendungen	7
4.4 Qualitätsinfrastruktur.....	7
4.5 Sicherheit, Weiterbildung und Zertifizierung	8
5 Gesamtbewertung (mit Fortschreibung 2025).....	10
5.1 Strategischer Vergleich.....	10
5.2 Vergleich entlang der Wertschöpfungskette	11
0 Literatur	12

1 Einleitung

Dieser Bericht vergleicht die ECH2A-Roadmap auf europäischer Ebene zur Normung von Wasserstofftechnologien der European Clean Hydrogen Alliance [1] mit der deutschen Normungsroadmap Wasserstofftechnologien (2024) sowie deren Fortschreibung 2025 [2, 3]. Der Bericht untersucht, wie sich die europäische und die deutsche Roadmap in Zielsetzung, zeitlicher Einordnung und Umsetzung unterscheiden.

Die Fortschreibung 2025 ist dafür besonders relevant, weil sie die Bestandsaufnahme von 2024 vertieft und den Umsetzungsstand konkreter abbildet.

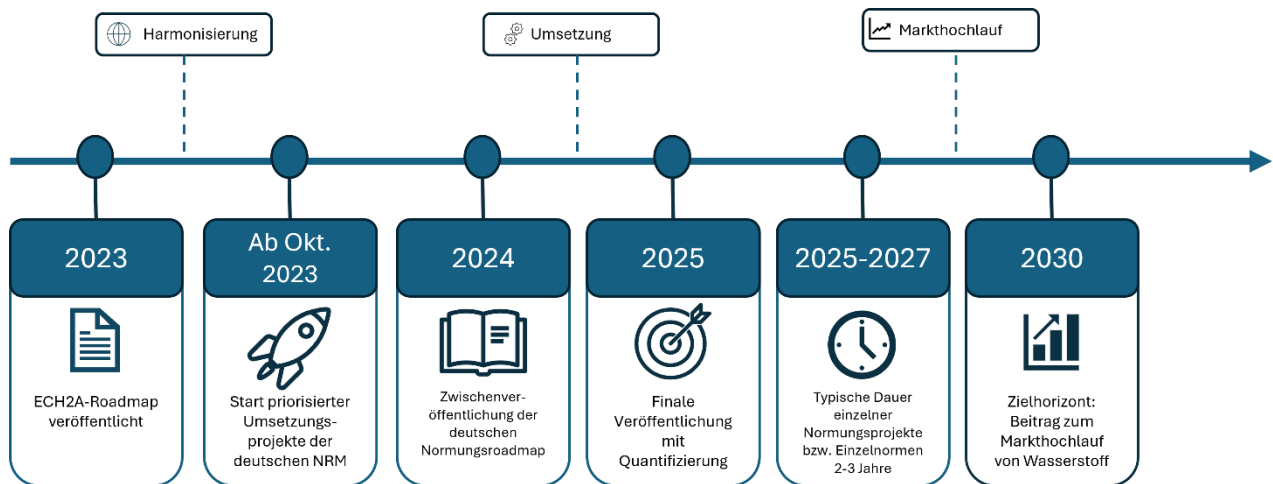


Abbildung 1: Zeitliche Einordnung der europäischen und deutschen Normungsroadmaps im Kontext des Markthochlaufs bis 2030

2 Überblick EU-Ebene (ECH2A-Roadmap)

Zielsetzung und strategischer Rahmen

Die Roadmap wurde im Rahmen der European Clean Hydrogen Alliance erarbeitet. Beteiligt war vor allem die Working Group on Standardisation, die eigens für das Thema Wasserstoffnormung eingerichtet wurde. Die Gruppe bestand aus 44 Mitgliedern, überwiegend aus Sachverständigen, die bereits in nationalen, europäischen oder internationalen Normungsgremien aktiv waren. Ergänzt wurde sie durch Vertreter von CEN und CENELEC sowie von nationalen Normungsorganisationen. Dadurch flossen sowohl Erfahrungen aus der industriellen Praxis als auch Wissen aus bestehenden europäischen und internationalen Normungsprozessen in die Roadmap ein[1].

Auffällig ist die klare Ausrichtung auf europäische Harmonisierung und die Anbindung an internationale Normungsprozesse. (ISO/IEC). Damit wird ein global anschlussfähiger Standardisierungsansatz verfolgt.

Aufbau

Die Roadmap folgt der Wasserstoff-Wertschöpfungskette, betrachtet die Themen aber zugleich bereichsübergreifend. Besonders wichtig sind dabei die Schnittstellen zwischen Infrastruktur, Wasserstoffqualität und Sicherheit, da Normungsfragen in diesen Bereichen eng voneinander abhängen.

Die angenommene Entwicklungsdauer einzelner Normen (2–3 Jahre) zeigt, dass Normung als mittelfristiger, planbarer Prozess verstanden wird, der eng mit technologischer Reife und Forschung verzahnt ist.

Umsetzungsmechanismus

Die EU setzt stark auf Steuerungsinstrumente: Standardisierungsaufträge der Europäischen Kommission, Integration in CEN/CENELEC sowie die Kopplung an Forschungsprogramme (Horizon Europe).

Der Ansatz ist überwiegend top-down angelegt und soll frühzeitig verhindern, dass nationale Sonderwege entstehen.

3 Überblick Deutschland (Normungsroadmap 2024 mit Fortschreibung 2025)

Zielsetzung und methodischer Ansatz

Die deutsche Roadmap setzt näher an der Umsetzung konkreter Normungsbedarfe an. Ziel ist die konkrete Identifikation der Bedarfe, die die Transformation rund um das Thema Wasserstoff betreffen und die damit notwendigen Umsetzungen identifizierter Bedarfe in umsetzbare Normungsprojekten [2].

Die Fortschreibung 2025 zeigt, dass dieser Ansatz systematisch umgesetzt wurde: Die Roadmap basiert auf einem dreistufigen Prozess aus Bestandsanalyse, Identifikation der Bedarfe und Umsetzung [3].

Eine wichtige Grundlage der deutschen Roadmap war die breite Beteiligung fachlicher Akteursgruppen. Neben den beteiligten Normungs- und Regelsetzungsorganisationen wirkten mehr als 700 Fachpersonen aus Wirtschaft, Wissenschaft, Verwaltung und weiteren Stakeholdergruppen mit. Dadurch konnten unterschiedliche technische Perspektiven frühzeitig eingebunden und die identifizierten Normungsbedarfe breiter abgestimmt werden.

Empirische Fundierung und Quantifizierung

Ein wesentlicher Fortschritt der Fortschreibung der Normungsroadmap 2025 gegenüber 2024 ist die deutlich stärkere Datenbasis:

- über 1.000 identifizierte Normen und technische Regelwerke
- mehr als 300 konkrete Handlungsempfehlungen
- 69 priorisierte und geförderte Normungsprojekte

Die Zahlen verdeutlichen, dass die Roadmap über eine reine Bedarfsbeschreibung hinausgeht und priorisierte Themen bereits in Umsetzungsprozesse überführt.[3].

Umsetzungsmechanismus und Beschleunigung

Die Roadmap geht über klassische Normungsprozesse hinaus, indem sie priorisierte Umsetzungsprojekte der technischen Regelsetzung gezielt finanziell unterstützt. Diese Förderung richtet sich insbesondere auf die Gremienarbeit von Fachleuten sowie auf die Arbeit der technischen Regelsetzer und Normungsorganisationen. Laut Roadmap trägt dieses Fördersystem dazu bei, technische Regelwerke effizienter und zügiger zu erarbeiten, Projektteams schneller zusammenzustellen und deutsche Akteursgruppen stärker in europäischen und internationalen Normungsprozessen zu positionieren.

Gleichzeitig wird Normung eng mit Forschung und pränormativer Wissensgenerierung verzahnt. Die Roadmap verweist hierzu unter anderem auf das IEA Hydrogen Technology Collaboration Programme sowie die Clean Hydrogen Partnership, deren Forschungsaktivitäten in Bereichen wie Sicherheit, Tankstellen, maritime Wasserstoffanwendungen und Wasserstoffqualität in die technische Regelsetzung einfließen [3].

Internationale Einbettung

Im Unterschied zur früheren Darstellung wird in der 2025-Version deutlich stärker betont, dass Normung ein global koordinierter Prozess ist. Viele nationale Regelwerke bauen bereits auf internationalen Normen von ISO und IEC auf. Damit nationale Anforderungen und Praxiserfahrungen dort nicht unberücksichtigt bleiben, müssen sie aktiv in die entsprechenden internationalen Normungsgremien eingebracht werden[3].

Damit wird die Trennung zwischen nationaler und internationaler Normung weniger eindeutig, als es der Vergleich zunächst nahelegt.

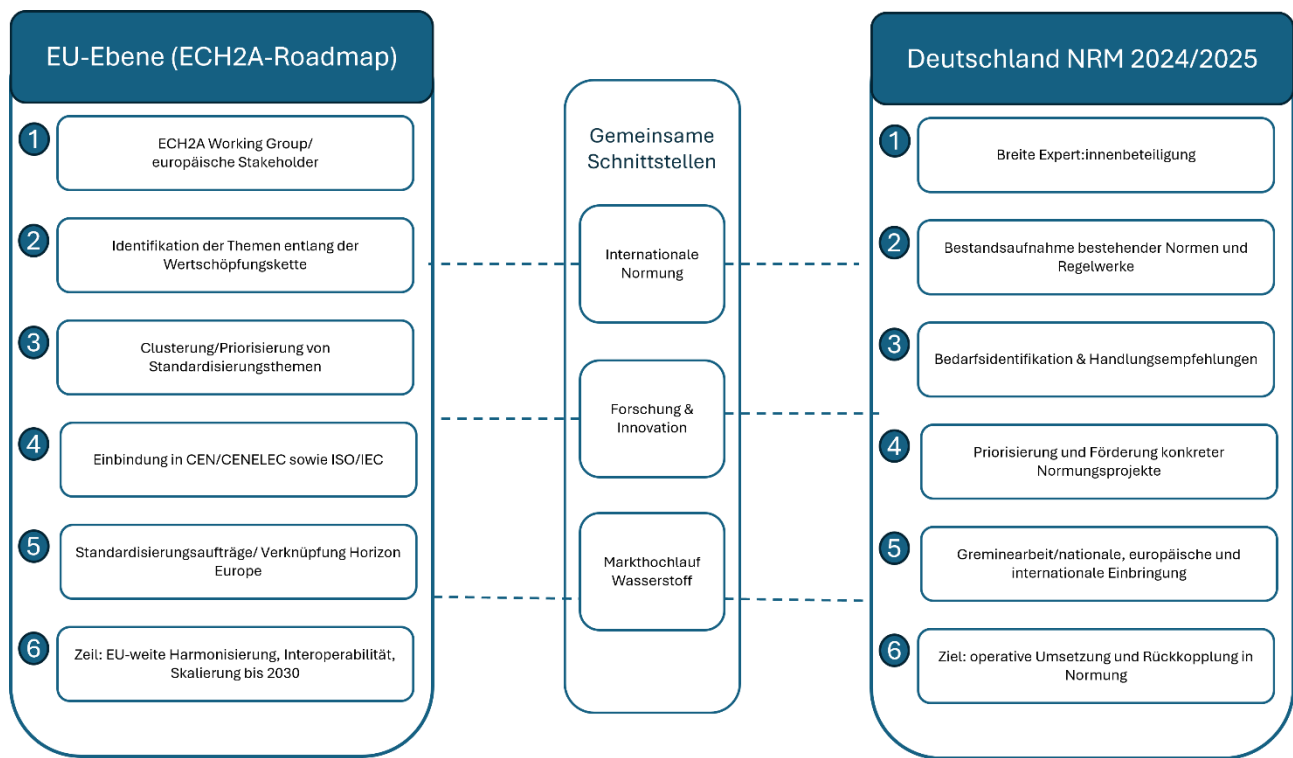


Abbildung 2: Vergleich der Governance- und Umsetzungslogik auf europäischer und deutscher Ebene

4 Vertiefter Vergleich entlang der Handlungsfelder

Der Vergleich der europäischen und deutschen Normungsroadmaps zeigt besonders deutlich, dass sich die Unterschiede nicht nur auf der strategischen Ebene ergeben, sondern vor allem entlang der einzelnen Handlungsfelder der Wasserstoffwertschöpfungskette. Während die ECH2A-Roadmap auf europäischer Ebene vor allem die Harmonisierung, Interoperabilität und internationale Anschlussfähigkeit in den Mittelpunkt stellt [4], verfolgt die deutsche Normungsroadmap einen stärkeren anwendungs- und umsetzungsbezogenen Ansatz. Mit der Fortschreibung 2025 wird dieser Ansatz greifbarer: Bestehende Normen werden ausgewertet, Lücken benannt und Handlungsempfehlungen priorisiert.

Dabei wird deutlich, dass der Normungsbedarf je nach Handlungsfeld unterschiedlich ausgeprägt ist. Einige Bereiche verfügen bereits über eine normative Grundlage, die nun für Wasserstoffanwendungen angepasst oder erweitert werden müssen. Andere Bereiche befinden sich noch in einem frühen Entwicklungsstadium, sodass zunächst pränormative Forschung, technische Validierung und einheitliche Begriffs- und Prüfgrundlagen erforderlich sind. Gerade diese Unterschiede machen eine differenzierte Betrachtung entlang der Wertschöpfungskette notwendig.

	 EU-Fokus	 DE-Fokus	 Reifegrad / Normungslücke	 Internationalisierungsbedarf
1  Erzeugung	 Rahmen für Qualitäts-, Emissions- und Sicherheitsstandards	 Technologiebezogene Detailanalyse, v. a. Elektrolyse	 Elektrolyse weiter fortgeschritten; alternative Verfahren mit Lücken	 Hoch
2  Infrastruktur & Speicherung	 Interoperabilität, Binnenmarktintegration, Sicherheit	 Anpassung bestehender Regelwerke; Speicher- und Materialfragen	 Vorhandenes Regelwerksrückgrat, aber Ergänzungsbedarf	 Hoch
3  Anwendungen	 Sektorübergreifende Bedarfe und Clusterlogik	 Reifegradanalyse einzelner Anwendungen	 Luftfahrt und maritime Anwendungen mit hohem Entwicklungsbedarf	 Mittel bis hoch
4  Qualitätsinfrastruktur	 Metrologie, Terminologie, Zertifizierungsgrundlagen	 Messmethoden, Rückverfolgbarkeit, Zertifizierung konkretisiert	 Kritisch für Nachhaltigkeit und Marktvertrauen	 Sehr hoch
5  Sicherheit / Zertifizierung	 Governance und Koordination	 Konkrete Sicherheitsregeln, Qualifikation, Zertifizierungssysteme	 Neue Anwendungen erweitern bestehende Sicherheitskonzepte	 Hoch

Abbildung 3: Vergleich der europäischen und deutschen Normungsansätze entlang wesentlicher Handlungsfelder der Wasserstoff-Wertschöpfungskette (Eigene Darstellung; grafische Umsetzung mithilfe von ChatGPT/OpenAI)

4.1 Erzeugung

Bei der Erzeugung setzt die ECH2A-Roadmap vor allem auf harmonisierte Qualitäts-, Emissions- und Sicherheitsanforderungen. Die ECH2A-Roadmap betrachtet Erzeugung nicht separat, sondern als Ausgangspunkt einer grenzüberschreitenden Wasserstoffwirtschaft. Ziel ist, dass Wasserstoff unabhängig vom Erzeugungsort nach vergleichbaren Anforderungen gehandelt und eingesetzt werden kann. Normung

soll hier insbesondere dazu beitragen, technische Mindestanforderungen, Sicherheitsaspekte und Nachhaltigkeitskriterien so zu vereinheitlichen, dass keine national fragmentierten Märkte entstehen. [1]

Die deutsche Roadmap differenziert stärker nach einzelnen Erzeugungstechnologien und deren Normungsstand. Sie betrachtet nicht nur Wasserstoffherzeugung im Allgemeinen, sondern differenziert nach einzelnen Erzeugungstechnologien und deren jeweiligem Normungsstand. Besonders deutlich wird dies bei der Elektrolyse. Diese ist im Vergleich zu anderen Erzeugungspfaden bereits relativ weit entwickelt, da es hier bestehende technische Regelwerke, Sicherheitsanforderungen und internationale Normungsaktivitäten gibt. Die Entwicklung in diesem Bereich besteht, da die AEL (Alkaline Electrolysis) schon seit Jahrzehnten großindustriell genutzt wird, im Gegensatz zur PEM (proton exchange membrane) [5]. Dennoch bestehen auch in diesem Bereich weiterhin Lücken. Zwar gibt es für die Elektrolyse bereits grundlegende Normen, diese decken jedoch noch nicht alle Anforderungen ab, die sich aus größeren Anlagen, neuen Einsatzbereichen und dem industriellen Hochlauf ergeben. Ergänzungsbedarf besteht daher etwa bei Prüfverfahren, Materialanforderungen, Systemintegration, Betriebssicherheit und Skalierung.

Bei alternativen Erzeugungsverfahren ist der Normungsstand gemäß der Deutschen Normungsroadmap deutlich weniger ausgereift. Dazu zählen beispielsweise thermochemische, biologische oder pyrolytische Verfahren. Hier fehlt häufig noch eine ausreichend breite technische Anwendungspraxis, aus der belastbare Normen abgeleitet werden könnten. Die deutsche Roadmap zeigt damit, dass Normung nicht für alle Technologien im gleichen Tempo erfolgen kann. Vielmehr hängt sie stark vom technologischen Reifegrad, der Marktnähe und der Verfügbarkeit pränormativer Forschungsergebnisse ab [3].

Der große Unterschied zwischen beiden Roadmaps liegt somit in der Betrachtungstiefe. Die europäische Ebene definiert die Anforderungen an einen harmonisierten Erzeugungsrahmen, während die deutsche Roadmap konkrete technische Entwicklungs- und Normungslücken einzelner Technologien sichtbar macht. Der Vergleich zeigt damit eine funktionale Arbeitsteilung: Die EU setzt den Harmonisierungsrahmen, während die deutsche Roadmap technische Lücken auf Projektebene adressiert.

4.2 Infrastruktur und Speicherung

Die ECH2A-Roadmap betrachtet Infrastruktur vor allem als grenzüberschreitendes Gesamtsystem. Im Mittelpunkt stehen Interoperabilität, Sicherheit und die Einbindung nationaler Infrastrukturen in einen europäischen Wasserstoffbinnenmarkt. Wasserstoffinfrastruktur umfasst dabei nicht nur Pipelines, sondern auch Verdichtung, Transport, Verteilung, Speicher, Tankstelleninfrastruktur sowie Schnittstellen zu Industrie, Mobilität und Energieversorgung. Aus europäischer Sicht ist entscheidend, dass nationale Infrastrukturen kompatibel bleiben und keine getrennten Regelungsräume entstehen. [1].

Die deutsche Roadmap betrachtet dieses Handlungsfeld stärker aus der Perspektive konkreter technischer Umsetzung. Deutschland kann in Teilbereichen auf bestehende Regelwerke aus der Gaswirtschaft, der Druckbehältertechnik, der Anlagensicherheit und der Speichertechnik zurückgreifen. [6] Diese vorhandenen Regelwerke bilden eine wichtige Grundlage, sind jedoch nicht automatisch auf Wasserstoff übertragbar. Wasserstoff weist spezifische Eigenschaften auf, etwa eine hohe Diffusionsfähigkeit, besondere Anforderungen an Werkstoffe sowie potenzielle Versprödungs- und Dichtheitsprobleme. Daraus ergibt sich die Notwendigkeit, bestehende Regelwerke gezielt zu überprüfen und zu ergänzen.

Besonders relevant ist dies bei der Umstellung bestehender Gasinfrastrukturen auf Wasserstoff oder wasserstoffreiche Gasgemische. Hier stellen sich Fragen zur Materialverträglichkeit, zur Prüfung bestehender Leitungen, zur Betriebssicherheit, zur Messtechnik und zur Einspeisung. Die deutsche Roadmap macht deutlicher, dass es nicht nur um Neubau, sondern auch um die Umstellung bestehender Gasinfrastruktur geht. Dies betrifft sowohl technische Anlagen als auch regulatorische und normative Schnittstellen zwischen bestehender Erdgasinfrastruktur und zukünftiger Wasserstoffinfrastruktur.

Ein zweiter Schwerpunkt betrifft die Speicherung. Untergrundspeicher, Druckspeicher, Flüssigwasserstoffspeicher und Speicher für Wasserstoffderivate stellen jeweils unterschiedliche Anforderungen an Sicherheit, Materialien, Betrieb und Überwachung. Die Fortschreibung 2025 hebt hervor, dass Speicherfragen künftig an Bedeutung gewinnen, weil sie für Versorgungssicherheit, saisonale

Flexibilität und die sektorübergreifende Kopplung von Wasserstofferzeugung und -verbrauch wesentlich sind [7]. Auch Wasserstoffderivate wie Ammoniak, Methanol oder LOHC können eine Rolle spielen, bringen jedoch jeweils eigene Normungsbedarfe mit sich, die in Abgrenzung zur Wasserstoffnormierung zu betrachten ist [3].

Zusammengefasst liegt der EU-Fokus auf Anschlussfähigkeit im Binnenmarkt, die deutsche Roadmap setzt stärker bei Materialfragen, Speichertechnologien und bestehenden Regelwerken an. Eine nationale technische Lösung kann nur dann langfristig wirksam sein, wenn sie mit europäischen und internationalen Normungsprozessen abgestimmt werden.

4.3 Anwendungen

Bei den Anwendungen erweist sich eine der deutlichsten Differenzen zwischen europäischer und deutscher Roadmap. Die ECH2A-Roadmap betrachtet Anwendungen vor allem sektorübergreifend und ordnet sie in Cluster ein. Dadurch rücken gemeinsame Anforderungen verschiedener Anwendungsfelder in den Vordergrund, etwa an Qualität, Sicherheit und Infrastruktur. Diese Perspektive macht vor allem Schnittstellen zwischen Anwendungen, Infrastruktur und Sicherheitsanforderungen sichtbar. Beispielsweise hängen industrielle Nutzung, Infrastruktur, Wasserstoffqualität und Sicherheitsanforderungen eng miteinander zusammen [1].

Die deutsche Roadmap unterscheidet dagegen genauer nach dem Normungsstand einzelner Anwendungen. Sie unterscheidet genauer, welche Anwendungen bereits über normative Grundlagen verfügen und wo noch erheblicher Entwicklungsbedarf besteht. In Teilen der Industrie existieren bereits technische Regelwerke, etwa dort, wo Wasserstoff seit Langem als Prozessgas oder Rohstoff genutzt wird. Allerdings bedeutet dies nicht automatisch, dass alle industriellen Anwendungen für eine breite Wasserstoffwirtschaft normativ vollständig abgesichert sind. Beispielsweise gibt es noch Regelungsbedarf bei der Thematik der Detektierbarkeit von Wasserstoff hinsichtlich der Odorierung und Sensorik. Zusätzliche Normungsbedarfe entstehen vor allem bei größeren Wasserstoffmengen, veränderten Betriebsbedingungen und der Umstellung bestehender Prozesse.

Normungslücken bestehen vor allem in Teilen der Mobilität. Während Straßenfahrzeuge und Tankstellen bereits auf eine Reihe bestehender Normen und technischer Regelwerke zurückgreifen können, sind andere Verkehrsträger weniger weit entwickelt. Maritime Anwendungen und Luftfahrtanwendungen stellen besonders hohe Anforderungen an Sicherheit, Energiedichte, Betankung, Lagerung und internationale Kompatibilität. Da diese Sektoren stark grenzüberschreitend organisiert sind, reicht eine rein nationale Normung hier kaum aus. Für Schifffahrt und Luftfahrt sind internationale Standards besonders wichtig, um Zulassung, Betrieb und Sicherheit weltweit anschlussfähig zu machen.

Auch im Bereich der industriellen Wärme, Prozessintegration und stofflichen Nutzung zeigen sich unterschiedliche Normungsbedarfe. Wasserstoff kann sowohl als Energieträger als auch als chemischer Ausgangsstoff genutzt werden. Dadurch entstehen unterschiedliche Anforderungen an Reinheit, Druck, Temperatur, Messverfahren, Anlagenbetrieb und Sicherheitskonzepte. Die deutsche Roadmap kann hier durch ihre detaillierte Reifegradanalyse genauer sichtbar machen, welche Anwendungen bereits markt- und normungsnah sind und welche zunächst weitere Forschung und technische Validierung benötigen [3].

Damit unterscheiden sich die Roadmaps weniger im Ziel als in der Betrachtungstiefe: Die EU bündelt Anwendungen in Clustern, Deutschland benennt stärker eindeutige technische Lücken. Für die weitere Entwicklung ist es wichtig, dass diese beiden Perspektiven zusammengeführt werden. Anwendungen müssen einerseits sektorspezifisch normiert werden, müssen jedoch mit europäischen und internationalen Vorgaben kompatibel bleiben.

4.4 Qualitätsinfrastruktur

Die Qualitätsinfrastruktur nimmt in beiden Roadmaps eine wichtige Rolle ein. Sie umfasst unter anderem Metrologie, Prüfverfahren, Zertifizierung, Akkreditierung, Rückverfolgbarkeit, Terminologie und Nachweisysteme. Vergleichbare Mess- und Nachweisverfahren sind erforderlich, damit Produzierende,

Handel und Abnehmende dieselben Qualitäts- und Nachhaltigkeitsangaben zugrunde legen können. Das betrifft Reinheit, Verunreinigungen, Herkunftsnachweise und Emissionsintensität über nationale Grenzweg hinweg.

Auf EU-Ebene steht dabei die Vergleichbarkeit über Ländergrenzen hinweg im Vordergrund. Einheitliche Begriffe, Messmethoden und Zertifizierungsgrundlagen sind notwendig, damit Wasserstoff über nationale Grenzen hinweg gehandelt und verwendet werden kann. Unterschiedliche Definitionen von Wasserstoffqualität, Herkunft oder Emissionsintensität könnten zu erheblichen Marktbarrieren führen. Deshalb ist die europäische Perspektive stark darauf ausgerichtet, einheitliche Grundlagen für Handel, Zertifizierung und Anwendung [1].

Die deutsche Roadmap wird an dieser Stelle technischer und legt den Schwerpunkt auf Messmethoden, Rückverfolgbarkeit und Nachweisverfahren. Für die Bewertung von ‚grünem‘, ‚erneuerbarem‘ oder ‚CO₂-armem‘ Wasserstoff reicht eine politische Definition allein nicht aus; sie muss messtechnisch nachvollziehbar sein. Dafür braucht es standardisierte Verfahren, mit denen Herkunft, Produktionsweg, Energieeinsatz und Treibhausgasemissionen nachvollziehbar dokumentiert werden können.

Eng damit verbunden ist die Wasserstoffqualität. Je nach Anwendung gelten unterschiedliche Anforderungen an Reinheit bzw. zulässigen Verunreinigungen. Brennstoffzellen reagieren beispielsweise deutlich sensibler auf bestimmte Verunreinigungen als manche industrielle Verbrennungsprozesse. Normung muss daher klären, welche Qualitätsanforderungen für welche Anwendungen gelten, wie diese gemessen werden und welche Toleranzen zulässig sind. Fehlen solche Standards, kann Wasserstoff zwar verfügbar sein, aber für einzelne Anwendungen technisch ungeeignet bleiben [8].

Auch Zertifizierungssysteme sind für den Markthochlauf ausschlaggebend. Sie reduzieren Unsicherheit zwischen Produzierende, Handelsunternehmen, Infrastrukturbetreibende und Abnehmende. Gleichzeitig besteht die Herausforderung, nationale Zertifizierungsansätze mit europäischen und internationalen Systemen abzustimmen. Andernfalls könnten unterschiedliche Nachweissysteme entstehen, die den Handel erschweren. Damit behandelt die deutsche Roadmap dieses Thema nicht nur als Marktbedingung, sondern als eigenständigen Normungs- und Regelsetzungsbereich[3].

4.5 Sicherheit, Weiterbildung und Zertifizierung

Sicherheit, Weiterbildung und Zertifizierung betreffen alle Stufen der Wasserstoff-Wertschöpfungskette. Wasserstoff ist industriell etabliert; neu ist jedoch die Breite der geplanten Anwendungen und Anwendergruppen. Normung muss daher nicht nur technische Komponenten erfassen, sondern auch Betrieb, Wartung, Qualifikation, Notfallmanagement und Zertifizierungssysteme berücksichtigen.

Auf EU-Ebene wird Sicherheit vor allem über gemeinsame Anforderungen und koordinierte Regelsetzung behandelt. Ziel ist es, gemeinsame Sicherheitsanforderungen zu entwickeln, die europaweit anschlussfähig sind und das Vertrauen in Wasserstofftechnologien stärken. Dies ist besonders wichtig, da Sicherheitsanforderungen unmittelbar mit Marktzugang, Genehmigung, Versicherung und öffentlicher Akzeptanz verbunden sind. Unterschiedliche nationale Sicherheitsanforderungen könnten dazu führen, dass Technologien in einem Land zugelassen sind, in einem anderen jedoch nicht ohne Weiteres eingesetzt werden können [1].

Die deutsche Roadmap benennt demgegenüber konkrete Anpassungsbedarfe bei Sicherheitsregeln, Qualifikation und Zertifizierung. Sie benennt Anpassungsbedarfe bei Sicherheitsregeln, Qualifikationsanforderungen und Zertifizierungssystemen. Besonders wichtig ist dabei, dass Wasserstofftechnologien nicht nur von spezialisierten Industriestakeholdern genutzt werden, sondern zunehmend in neue Anwendungsfelder und dadurch teilweise auch in den öffentlichen Raum vordringen. Dazu zählen etwa Tankstellen, dezentrale Elektrolyseure, industrielle Umrüstungen, maritime Anwendungen oder perspektivisch auch Luftfahrtanwendungen. Mit der Ausweitung auf Tankstellen, dezentrale Elektrolyseure, maritime Anwendungen und industrielle Umrüstungen steigen die Anforderungen an standardisierte Qualifikation.

Besonders anspruchsvoll sind Anwendungen mit Flüssigwasserstoff und hohen Drücken. Sie stellen zusätzliche Anforderungen an Werkstoffe, Isolierung, Druckmanagement, Betankung und Betriebssicherheit. Bestehende Sicherheitskonzepte müssen daher erweitert werden. Normung muss Sicherheit daher nicht nur für einzelne Komponenten, sondern für das Zusammenspiel von Anlage, Betrieb, Wartung und Notfallmanagement regeln.

Weiterbildung und Qualifikation sind dabei eng mit Sicherheit verbunden. Die Wirksamkeit technischer Regeln hängt davon ab, ob Fachkräfte in Planung, Betrieb, Prüfung und Gefahrenabwehr entsprechend qualifiziert sind. Die deutsche Roadmap macht daher deutlich, dass der Wasserstoffmarkthochlauf nicht allein eine technische oder infrastrukturelle Aufgabe ist, sondern auch Kompetenzen in Planung, Betrieb, Wartung, Prüfung und Zertifizierung erfordert [9]. Dies betrifft Herstellende, Betreibende, Prüforganisationen, Behörden und Einsatzkräfte gleichermaßen [3].

Das Handlungsfeld verdeutlicht die unterschiedliche Funktion beider Roadmaps: Die EU setzt auf harmonisierte Sicherheitsanforderungen, während die deutsche Roadmap konkrete Qualifikations- und Zertifizierungsbedarfe benennt. Die EU adressiert Sicherheit, Weiterbildung und Zertifizierung vor allem als Voraussetzung für harmonisierte Märkte und regulatorische Anschlussfähigkeit. Deutschland definiert diese Anforderungen stärker in Form technischer Regeln, Qualifikationsbedarfe und umsetzungsnaher Zertifizierungssysteme. Für den weiteren Markthochlauf ist maßgeblich, dass diese nationalen Umsetzungen nicht separat bleiben, sondern in europäische und internationale Normungsprozesse eingebracht werden.

5 Gesamtbewertung (mit Fortschreibung 2025)

5.1 Strategischer Vergleich

Tabelle 1: Strategischer Vergleich der europäischen und deutschen Normungsroadmap

Themenfeld	EU-Roadmap	DE-Roadmap	Übereinstimmung	Unterschied
Zielsetzung	EU-weite Harmonisierung, global anschlussfähig	Nationale Operationalisierung + internationale Integration	Normung als Enabler	EU strategisch, DE operativ
Priorisierung	Cluster + horizontale Themen	Handlungsfelder + Reifegradanalyse	Systematische Struktur	EU: stärker institutionell und harmonisierungsorientiert koordiniert; DE: stärker projekt-, gremien- und umsetzungsorientiert.
Umsetzung	Governance, Standardisierungs-aufträge	Projekte, konkrete Normungsarbeit	Verzahnung mit Forschung	EU koordiniert, DE implementiert
Datenbasis	Qualitative Priorisierung	Quantitative Analyse (>1000 Normen, >300 Bedarfe)	Evidenzbasierung	Direkter Vergleich eingeschränkt möglich, da unterschiedliche Unterteilungen

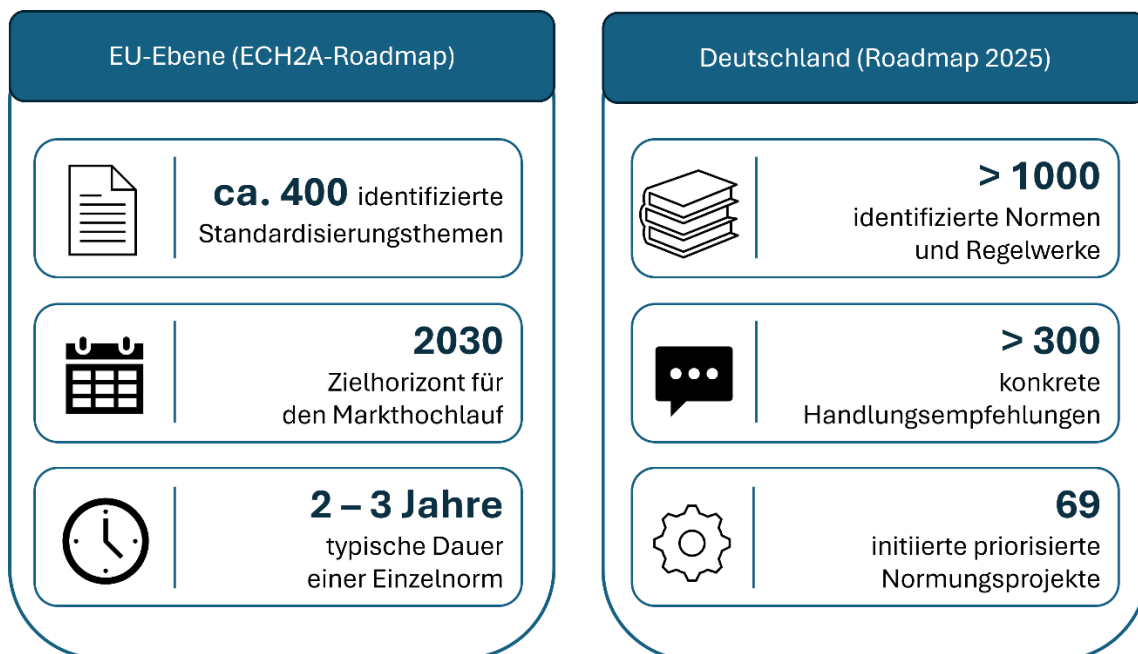


Abbildung 4: Ausgewählte Kennzahlen der ECH2A-Roadmap und der deutschen Normungsroadmap 2025. Die Werte sind aufgrund unterschiedlicher Bezugsgrößen nicht direkt vergleichbar

5.2 Vergleich entlang der Wertschöpfungskette

Tabelle 2: Übereinstimmung und Unterschiede der Normungsstrategien im Vergleich entlang der Wertschöpfungskette

Themenfeld	Übereinstimmung	Unterschiede
Erzeugung	Bedarf an global harmonisierten Standards	EU: Rahmen; DE: technologische Detailtiefe
Infrastruktur	Fokus auf Interoperabilität und Sicherheit	EU: Binnenmarkt; DE: konkrete Betriebs- und Speicherlösungen
Anwendungen	End-to-End-Betrachtung	EU: Cluster; DE: sektorale Reifegrade
Qualitätsinfrastruktur	Metrologie und Terminologie zentral	EU: konzeptionell; DE: Messmethoden und Zertifizierung konkret
Sicherheit/Zertifizierung	Schlüsselrolle für Markthochlauf	EU: Vorgaben; DE: konkrete Umsetzung

0 Literatur

- [1] European Clean Hydrogen Alliance, "2023-03-01_ECH2A-ROADMAP-on-Hydrogen-Standardisation-", 2023.
- [2] DIN Deutsches Institut für Normung e. V, "Normungsroadmap Wasserstofftechnologien 2024"
- [3] DIN Deutsches Institut für Normung e. V, "Normungsroadmap Wasserstofftechnologien 2025"
- [4] N. Barreda, "2024.10_HE_.Hydrogen-Infrastructure-Report"
- [5] IEA - International Energy Agency, *Tracking Electrolysers*. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.iea.org/energy-system/low-emission-fuels/electrolysers> (Zugriff am: 18.06.26).
- [6] ENTSOE AISBL Brussels 2025, "Criteria for Natural Gas -Infrastructure Repurposing | Preliminary report"
- [7] C. Hellerschmied *et al.*, "Hydrogen storage and geo-methanation in a depleted underground hydrocarbon reservoir", *Nat Energy*, Jg. 9, Nr. 3, S. 333–344, 2024, doi: 10.1038/s41560-024-01458-1.
- [8] C. Beurey *et al.*, "Review and Survey of Methods for Analysis of Impurities in Hydrogen for Fuel Cell Vehicles According to ISO 14687:2019"
- [9] SAKELLARIS Kostis, "Clean Hydrogen JU SRIA - approved by GB - clean for publication (ID 13246486)"

Das diesem Bericht zugrundeliegende Vorhaben wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz unter dem Förderkennzeichen 03ET4062B gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autor:innen.