

PORTALGREEN II

November 2025

Wasserstoffanlagen in der technischen Gebäudeausrüstung

Anhang zum Technischen Leitfaden für PtG-Anlagen

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energie

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

AUTOREN

GRS	Clemens Heitsch Dr. Florian Berchtold Dr. Manuela Jopen Dr. Bert Geyer Rainer Wenke
DBI	Josephine Glandien Daniel Schulz
DVGW	Denise Badowsky Janosch Rommelfanger

CO-AUTOREN

AssmannPeiffer Rechtsanwälte	Dr. Max Peiffer
DEKRA	Lars Inderthal Falk Rosenlöcher
DVGW	Kai-Uwe Schuhmann
Home Power Solutions AG	Thomas Haberkamm
KÜTRO GmbH	Patrick Küffner, Raphael Stautner
MSR Innovations GmbH	Rainer Herold
Ostermeier H2ydrogen Solutions GmbH	Dr. Markus Ostermeier Jessica Mandt
TÜV Rheinland	Dieter Drews Daniel Schallenberg Jens Brauner

UNTERSTÜTZUNG DURCH ASSOZIIERTE PARTNER

Avacon Netz GmbH
Epeg Energieplanung
EWE NETZ GmbH
TÜV Rheinland Industrie Service GmbH
Frank P. Matthes Ingenieurbüro
Thüga Aktiengesellschaft
Westnetz GmbH

RÜCKMELDUNGEN GERNE AN

Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) GmbH
Schwertnergasse 1, 50667 Köln

Dr.-Ing. Florian Berchtold

+49 89 32004450

florian.berchtold@grs.de

→ <https://www.grs.de>

WEITERE KONTAKTE

DVGW

Josef-Wirmer-Str. 1-3, 53123 Bonn

Janosch Rommelfanger

+49 228 9188-625

janosch.rommelfanger@dvgw.de

→ <https://www.dvgw.de>

DBI Gas- und Umwelttechnik GmbH

Karl-Heine-Straße 109/111, 04229 Leipzig

Josephine Glandien

+49 341 2457141

josephine.glandien@dbi-gruppe.de

→ <https://www.dbi-gruppe.de>

IMPRESSUM

DBI Gas- und Umwelttechnik GmbH (DBI GUT)

Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) gGmbH (Layout und Satz)

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

Das diesem Bericht zugrundeliegende Vorhaben wurde mit Mitteln des BMWF unter dem Förderkennzeichen 03EI3078A/B/C gefördert.

Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autoren.

Bildnachweis: Cover S.1: adobestock/Viks_jin

Stand: November 2025

Vorwort

Im Rahmen des Verbundvorhabens PORTAL GREEN II haben die Verbundpartner DBI Gas- und Umwelttechnik GmbH, Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) gGmbH sowie der Deutsche Verein des Gas- und Wasserfaches e. V. (DVGW) neue Leitfäden erstellt bzw. bestehende Leitfäden aktualisiert, um den Aufbau der Wasserstoffwirtschaft in Deutschland zu unterstützen.

Ausgehend von den im Vorgängerprojekt PORTAL GREEN (Laufzeit bis 2020) entwickelten Leitfäden für die Planung, Genehmigung und den Betrieb von Power-to-Gas (PtG)-Anlagen zur Wasserstofferzeugung, behandeln die neuen Leitfäden aus PORTAL GREEN II den Um- und Ausbau der Gasnetzinfrastruktur – von der Planung und Genehmigung über den Bau bis hin zum Betrieb – für den Wasserstofftransport zur Versorgung der Allgemeinheit. Im November 2025 wurden somit insgesamt fünf Leitfäden veröffentlicht:

- der Genehmigungsrechtliche Leitfaden und der Technische Leitfaden für Wasserstoff-Netzinfrastrukturen,
- die aktualisierten Versionen des Genehmigungsrechtlichen Leitfadens und des Technischen Leitfadens für PtG-Anlagen aus PORTAL GREEN, sowie
- der Leitfaden für Wasserstoffanlagen in der Technischen Gebäudeausrüstung als Anhang zum Technischen Leitfaden für PtG-Anlagen.

PORTAL GREEN II wurde in der Laufzeit vom 01.01.2023 bis zum 31.12.2025 durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWE) gefördert (Förderkennzeichen: 03EI3078A/B/C). Insbesondere danken wir dem Projektträger Jülich für die unterstützende Projektbegleitung im Auftrag des BMWE.

Ein zentraler Bestandteil bei der Erstellung der Leitfäden war der Austausch mit Akteuren der Wasserstoffwirtschaft. Besonders hervorzuheben sind die assoziierten Partner Avacon Netz GmbH, Epeg Energieplanung, EWE Netz GmbH, Frank P. Matthes Ingenieurbüro, Thüga AG, TÜV Rheinland Industrie Service GmbH und Westnetz GmbH. Darüber hinaus wurden zahlreiche Gespräche und Umfragen mit Vertretern aus Anwaltskanzleien, zugelassenen Überwachungsstellen, Beraterfirmen, Behörden sowie Gasnetzbetreibern geführt und zwei große Stakeholder-Workshops veranstaltet. Für diese wertvolle Unterstützung bedanken wir uns herzlich.

Die Leitfäden wurden mit größter Sorgfalt erstellt. Die Verbundpartner von PORTAL GREEN II übernehmen jedoch keine Gewähr für die Richtigkeit oder Vollständigkeit der Inhalte. Da die Aussagen keinen Anspruch auf Allgemeingültigkeit erheben, können in der Praxis je nach Einzelfall Abweichungen auftreten. Gesetzliche Vorschriften sind stets verbindlich und eine eigenverantwortliche Prüfung bleibt unerlässlich.

Der vorliegende Leitfaden entstand unter aktiver Beteiligung der Co-Autoren, um neben den „großen“ PtG-Anlagen aus PORTAL GREEN auch „kleine“ Wasserstoffanlagen in der Technischen Gebäudeausrüstung zur Eigenversorgung mit Wasserstoff zu berücksichtigen. Diese Erweiterung fand im Zuge der Verfahrensvereinfachungen für kleine Wasserstoffanlagen im Bundes-Immissionsschutzgesetz, der Muster-Bauordnung und der Muster-Feuerungsverordnung statt. Somit wird nun im Technischen Leitfaden für PtG-Anlagen ausschließlich auf PtG-Anlagen eingegangen, die dem Immissionsschutzrecht unterliegen und deren Wasserstoff gewerblich genutzt wird. Der vorliegende Leitfaden betrachtet die Wasserstoffanlagen der Technischen Gebäudeausrüstung zum Eigenverbrauch des hergestellten Wasserstoffs ohne dessen gewerbliche Nutzung. Er wird aufgrund der unterschiedlichen rechtlichen Grundlagen als eigenständiger Leitfaden im Anhang zum Technischen Leitfaden für PtG-Anlagen geführt. Den Co-Autoren sowie allen weiteren Beteiligten gilt großer Dank.

Inhalt

	Vorwort.....	I
1	Ziel und Anwendungsbereich des Leitfadens	1
2	Empfehlungen für den sicheren Betrieb von Wasserstoffanlagen	6
2.1	Eigenschaften und mögliche Gefahren von Wasserstoff	6
2.2	Potenzielle Gefahren durch hohe Drücke	7
2.3	Sicherheitsmaßnahmen und weitergehende Empfehlungen.....	8
3	Einführung in die relevanten Gesetze und Verordnungen.....	12
3.1	Muster-Bauordnung und Landesbauordnungen	12
3.2	Muster-Feuerungsverordnung und Feuerungsverordnungen der Länder	12
3.3	Muster-Leitungsanlagen-Richtlinie und Leitungsanlagen-Richtlinien der Länder	13
3.4	Betriebssicherheitsverordnung.....	13
3.5	Gefahrstoffverordnung	14
3.6	Bundes-Immissionsschutzgesetz	15
3.7	Sonstige Gesetze und Verordnungen mit Bezug zum Leitfaden.....	16
4	Genehmigungsbedürftigkeit von Wasserstoffanlagen.....	18
4.1	Muster-Bauordnung	18
4.1.1	Verfahrensfreiheit.....	18
4.1.2	Genehmigungsfreistellung und Sonderbauten	20
4.2	Landesbauordnungen	21
4.2.1	Verfahrensfreiheit.....	21
4.2.2	Genehmigungsfreistellung	24
4.3	Vorgaben für betrieblich genutzte Eigenverbrauchstankstellen	25
4.4	Zusammenfassung anhand von Leitfragen.....	26
5	Ablauf der Baugenehmigung für eine Wasserstoffanlage	28

6	Prüfung der Wasserstoffanlage	29
6.1	Prüfung der Maßnahmen im Rahmen des Explosionsschutzes.....	30
6.1.1	Erstellung eines Explosionsschutzdokuments	30
6.1.2	Prüfung der Wasserstoffanlage im Rahmen des Explosionsschutzes	31
6.2	Prüfung der Wasserstoffanlage als Druckanlage	32
6.2.1	Prüfzuständigkeiten.....	33
6.2.2	Prüffristen	34
6.2.3	Wasserstoffanlage als verwendungsfertige Druckanlage oder verwendungsfertige Maschine	35
7	Technische Anforderungen an Wasserstoffanlagen	37
7.1	Aufbau und Komponenten einer Wasserstoffanlage.....	37
7.1.1	Genereller Aufbau	37
7.1.2	Wasserstoffleitungen.....	40
7.1.3	Wasserstoffspeicherung.....	41
7.1.4	Wasserversorgung und Abwasserableitung.....	43
7.1.5	Elektrische Einrichtungen.....	43
7.1.6	Kennzeichnungen	47
7.2	Nutzung von Abwärme	48
7.3	Aufstellraum einer Wasserstoffanlage	49
7.3.1	Anforderungen an den Raum	49
7.3.2	Dimensionierung der natürlichen Be- und Entlüftungsöffnungen	51
7.4	Geräuschentwicklung.....	53
7.5	Wesentliche sicherheitsrelevante Systeme und Komponenten	54
7.5.1	Zonen des Explosionsschutzes.....	55
7.5.2	Vermeidung von Zündquellen in den Zonen des Explosionsschutzes	57
7.5.3	Blitz- und Überspannungsschutz	58
7.5.4	Gaswarneinrichtung	61
7.5.5	Notabschaltung	61
7.5.6	Abblase-Einrichtung	62
7.5.7	Havarielüftung oder Notbelüftung	64
7.5.8	Gasodorierung	64

7.6	Typische Parameter bei der Auslegung einer Wasserstoffanlage zur Eigenversorgung	66
7.6.1	Eigenschaften von Wasserstoff und Betriebsparameter einer Wasserstoffanlage	66
7.6.2	Wasserstoffspeicher.....	67
7.6.3	Elektrolyse.....	68
7.6.4	Gesamte Wasserstoffanlage	69
8	Anschluss an das öffentliche Stromnetz und Inbetriebnahme der Wasserstoffanlage	71
8.1	Anschluss an das öffentliche Stromnetz	71
8.1.1	Anschluss von Elektrolyseuren zur Energiespeicherung	71
8.1.2	Einspeisung von Strom aus Brennstoffzellen.....	74
8.1.3	Eintragung in das Marktstammdatenregister.....	74
8.2	Inbetriebnahme, Leistungsnachweis sowie Verwendbarkeitsnachweise der Wasserstoffanlage	75
A	Verzeichnis der Rechtsvorschriften und technischen Regeln	77
B	Abkürzungen	81
C	Begriffe.....	82

1 Ziel und Anwendungsbereich des Leitfadens

In den Jahren 2023 und 2024 wurden auf Bundesebene zentrale Richtlinien und Verordnungen geändert, um den Betrieb von Anlagen zur Herstellung von Wasserstoff mit geringer Leistung zu erleichtern. Insbesondere wurden entsprechende Anlagen bis zu einer Nennleistung von 5 MW von einer Genehmigung nach Bundes-Immissionsschutzgesetz ausgenommen (weitere Informationen dazu im Kapitel 3.6). Zudem wurden in der Muster-Bauordnung Anlagen zur Erzeugung und Nutzung von Wasserstoff für den Eigenverbrauch unter bestimmten Bedingungen verfahrensfrei gestellt sowie Wasserstoffanlagen (bestehend aus Elektrolyseur und Brennstoffzelle) sowie Wasserstoffspeicher in die Muster-Feuerungsverordnung aufgenommen und darin Vorgaben für den Betrieb innerhalb und außerhalb von Räumen gemacht (siehe Kapitel 4.1 und Anhang C zur genauen Definition von Wasserstoffanlagen). Um diese genehmigungsrechtlichen Änderungen und die dadurch erwartbar steigende Nachfrage entsprechender Anlagen zu begleiten, wurde der hier vorliegende Leitfaden für Wasserstoffanlagen in der technischen Gebäudeausrüstung erstellt.

Die in diesem Leitfaden behandelten Wasserstoffanlagen werden für die Eigenversorgung von Privathaushalten, Quartieren, Betrieben und Unternehmen mit Wasserstoff verwendet (siehe Abb. 1.1), wobei Betriebe und Unternehmen an die allgemeinen Vorgaben aus dem Arbeitsschutzgesetz gebunden sind.

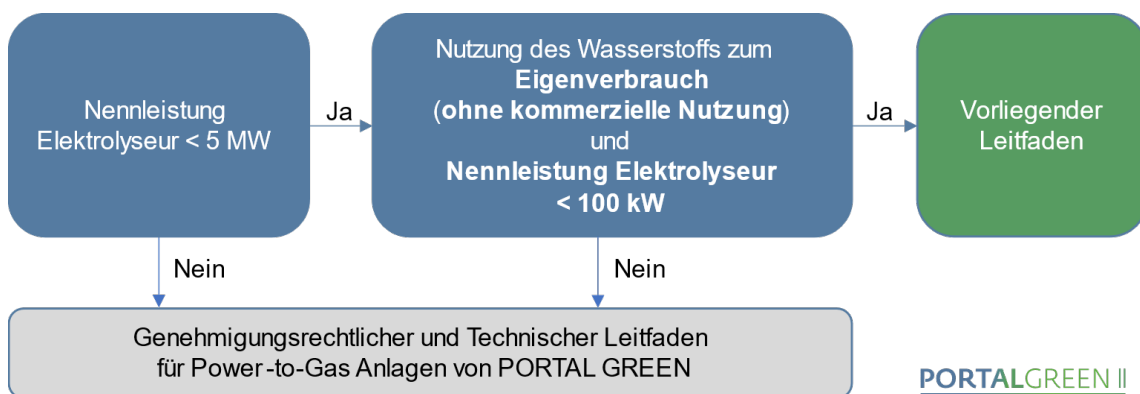


Abb. 1.1 Geltungsbereich des vorliegenden Leitfadens in Abgrenzung zu den weiteren PtG-Leitfäden von PORTAL GREEN

Die Elektrolyseure in solchen Wasserstoffanlagen haben typischerweise elektrische Nennleistungen von unter 100 kW und werden in der Regel wie andere Anlagen zur Wärme- oder Stromversorgung als technische Gebäudeausrüstung (TGA) angesehen.

Diese Anlagen sind nicht Teil der leitungsgebundenen Versorgung der Allgemeinheit und unterliegen damit nicht dem Energiewirtschaftsgesetz. Im Sinne dieses Leitfadens wird der damit produzierte Wasserstoff zudem nur zum Eigenverbrauch und nicht zu dessen gewerblichem Verkauf an Dritte eingesetzt. Für PtG-Anlagen mit größerer Nennleistung bzw. bei kommerzieller Verwendung des Wasserstoffs wird auf die anderen Leitfäden für PtG-Anlagen von PORTAL GREEN verwiesen.

Dieser Leitfaden hat das Ziel, Interessenten für entsprechende Wasserstoffanlagen einen Überblick über genehmigungsrechtliche Rahmenbedingungen und technische Anforderungen zu geben, wobei er sich hauptsächlich an zukünftige Betreiber von Wasserstoffanlagen (siehe Anhang C „Betreiber und Hersteller“) richtet. Der Leitfaden kann aber auch als Orientierungshilfe für Genehmigungsbehörden dienen.

Die in diesem Leitfaden betrachteten Anwendungsfälle beinhalten:

- **Wasserstoff-Erzeugung zur Energiespeicherung:** Wasserstoffanlagen können z. B. zur längerfristigen Speicherung von Wasserstoff und dessen späterer (saisonaler) Nutzung zur Erzeugung von Wärme oder Strom eingesetzt werden.
- **Nutzung von selbst erzeugtem Wasserstoff als Treibstoff:** Der Wasserstoff kann auch als Treibstoff für Fahrzeuge eingesetzt werden. Typische Anwendungsfälle sind zum Beispiel Gabelstapler oder Busse. In diesem Leitfaden werden nur Wasserstoff-Tankstellen behandelt, die dem privaten oder innerbetrieblichen Eigenverbrauch dienen und nicht Teil der leitungsgebundenen Versorgung der Allgemeinheit sind. Für solche Eigenverbrauchstankstellen bestehen weitergehende genehmigungsrechtliche und technische Anforderungen. Diese sind in Kapitel 4.3 dargestellt.
- **Nutzung von selbst erzeugtem Wasserstoff und Sauerstoff als technische Gase:** Bei der Elektrolyse von Wasser entsteht neben Wasserstoff auch immer Sauerstoff. Beide Gase können in technischen oder chemischen Prozessen eingesetzt werden (z. B. zum Erreichen hoher Temperaturen bei der Verbrennung; Glühprozesse bei der Oberflächenveredelung).
- **Weitere Nutzungsmöglichkeiten des Sauerstoffs:** Sauerstoff aus der Elektrolyse kann zum Beispiel in Aquakulturen oder der Abwasseraufbereitung eingesetzt werden. Die Verwendung als medizinischer Sauerstoff erfordert hohe Anforderungen an die Reinheit und wird in diesem Leitfaden nicht im Detail betrachtet.

Im Fall einer Anwendung in einem Betrieb sind die allgemeinen Anforderungen des Arbeitsschutzgesetzes, insbesondere der Betriebssicherheitsverordnung und der Gefahrstoffverordnung, zu beachten.

In diesem Leitfaden werden keine detaillierten Beschreibungen der Technik gegeben. Für weitere Informationen können beispielsweise die Blätter der VDI-Richtlinie 4635 zu Power-to-X-Anlagen des Vereins Deutscher Ingenieure (VDI) oder die DIN EN ISO 22734-1:2024 „Wasserstoffherzeuger auf Grundlage der Elektrolyse von Wasser – Allgemeine Anforderungen“ (derzeit im Entwurf) dienen. Da die in diesem Leitfaden betrachteten Wasserstoffanlagen zur Eigenversorgung nicht Teil der leitungsgebundenen Versorgung der Allgemeinheit sind, findet das DVGW-Regelwerk für ihre Anlagenteile und zugehörigen Wasserstoffleitungen keine direkte Anwendung, es kann jedoch als sinnge-
mäßige Erkenntnisquelle angesehen werden (bspw. das DVGW-Arbeitsblatt G 220 „Power-to-Gas Energieanlagen: Planung, Fertigung, Errichtung, Prüfung, Inbetriebnahme und Betrieb“ für PtG-Energieanlagen sowie das DVGW-Arbeitsblatt G 600 „Technische Regel für Gasinstallationen“ (DVGW-TRGI) mit dem DVGW-Merkblatt G 655 für die Auslegung von Wasserstoffleitungsanlagen bis 1 bar). Weitere Leitfäden für Wasserstoffanlagen in Gebäuden sind beispielsweise:

- „H₂-Leitfaden – Wasserstoffeinsatz in der Industrie und der Gebäudetechnik“¹ der GebäudeKlima Schweiz GKS: Neben allgemeinen Informationen zu Wasserstoff geht der Leitfaden auf allgemeine Sicherheitsregeln ein und beschreibt den Ablauf von der Planung über die Installation bis zum Betrieb von Wasserstoffanlagen in der Schweiz.
- „Wasserstofflagerungen für Hauskraftwerke“² der Österreichischen Brandverhütungsstellen: Dieses Dokument beschreibt insbesondere brand- und explosionschutztechnische Risiken und geht auf Lösungsansätze ein. Es werden Gefährdungen in diesem Zusammenhang aufgezählt und Maßnahmen vorgeschlagen.

¹ GebäudeKlima Schweiz GKS: „H₂-Leitfaden – Wasserstoffeinsatz in der Industrie und der Gebäudetechnik“, Stand August 2023, <https://gebaeudeklima-schweiz.ch/de/>

² Die Österreichischen Brandverhütungsstellen: „Wasserstofflagerungen für Hauskraftwerke“, prMVBÖ-003-2021-11, Stand 2021, https://www.feuerwehr-ktn.at/fileadmin/KLFV/Brandverhuetzung/prMVBOE-003_2021-11_Wasserstofflagerungen_fuer_Hauskraftwerke.pdf

Der Leitfaden ist wie folgt aufgebaut (siehe Abb. 1.2):

- Im **Kapitel 2** werden als Einstieg die Eigenschaften und möglichen Gefahren von Wasserstoff kurz dargestellt und diesbezüglich Hintergründe zu gesetzlichen Anforderungen beschrieben sowie weitergehende Empfehlungen der Autoren zum sicheren Umgang mit Wasserstoff gegeben. Dieses Kapitel soll den geringen Erfahrungen mit Wasserstoff in der Gesellschaft Rechnung tragen.
- Im **Kapitel 3** wird ein Überblick über die Regelwerke gegeben, auf die in den nachfolgenden Kapiteln Bezug genommen wird.
- Im **Kapitel 4** werden zunächst die relevanten Aspekte der Genehmigungsbedürftigkeit von Wasserstoffanlagen zur Eigenversorgung und deren Wasserstoffspeicher eingegangen. Im Kapitel 4.4 wird anhand von sieben Leitfragen durch die (ggf. nicht) notwendigen Genehmigungen und Prüfungen geleitet.
- Im **Kapitel 5** wird kurz auf die Besonderheiten im Ablauf der Baugenehmigung einer Wasserstoffanlage zur Eigenversorgung eingegangen. Dieser Ablauf ist ähnlich zu anderen Baugenehmigungen.
- Im **Kapitel 6** wird auf die in der Muster-Feuerungsverordnung gemachten Festlegungen zu verpflichtenden Prüfungen und Prüfzuständigkeiten für Wasserstoffanlagen zur Eigenversorgung eingegangen. Dabei wird zwischen Prüfungen im Rahmen des Explosionsschutzes und Prüfungen für Druckanlagen unterschieden.
- Im **Kapitel 7** werden technische Anforderungen für den Betrieb dieser Anlagen beschrieben. Dabei werden auch typische Parameter bei der Auslegung einer Wasserstoffanlage zur Eigenversorgung gezeigt.
- Abschließend wird im **Kapitel 8** auf relevante Aspekte für den Fall eines Anschlusses der Wasserstoffanlage zur Eigenversorgung an das öffentliche Stromnetz sowie zur Inbetriebnahme eingegangen.
- Im **Anhang A** werden die im Leitfaden verwendeten Richtlinien, Gesetze, Verordnungen und Technischen Regeln im Vollzitat mit dem aktuellen Datum aufgelistet. Im Text wird jeweils nur die Kurzbezeichnung bzw. die Abkürzung verwendet.
- **Anhang B** enthält ein Abkürzungsverzeichnis.
- **Anhang C** enthält wesentliche Begriffsdefinitionen.



Abb. 1.2 Übersicht über den Aufbau dieses Leitfadens

Für Interessenten von Wasserstoffanlagen ohne weitere Erfahrungen im Umgang mit Wasserstoff sind alle Kapitel des Leitfadens relevant. Die Kapitel 4 und 5 leiten durch die Genehmigung einer Wasserstoffanlage und können diesbezüglich eigenständig gelesen werden. Die Kapitel 6, 7 und 8 geben einen Hintergrund für die technische Umsetzung bis hin zur Prüfung und Inbetriebnahme und beschreiben insbesondere Pflichten für den Betreiber als auch technische Anforderungen.

2 Empfehlungen für den sicheren Betrieb von Wasserstoffanlagen

In diesem Kapitel werden Hintergründe zu gesetzlichen Anforderungen beschrieben und weitergehende Empfehlungen der Autoren (*kursiv*) gegeben, die bei der Errichtung und dem Betrieb von Wasserstoffanlagen hilfreich sein können. Diese Empfehlungen sind an die gesetzlichen Vorgaben angelehnt und berücksichtigen die besonderen Eigenschaften von Wasserstoff sowie die bisher geringe Verbreitung von Wasserstoffanlagen. Sie sind an den Betreiber der Anlage gerichtet, der sich dazu auch mit dem Hersteller, Verkäufer oder Installateur bzw. Rohrleitungs- und Behälterbauer der Wasserstoffanlage absprechen kann. Die Empfehlungen sollen helfen, einen dauerhaften und ungestörten Betrieb von Wasserstoffanlagen sicherzustellen.

2.1 Eigenschaften und mögliche Gefahren von Wasserstoff

Wasserstoff ist bei Umgebungsbedingungen ein entzündbares Gas mit den folgenden besonderen Eigenschaften in Bezug auf den sicheren Umgang:

- Wasserstoff hat eine deutlich geringere Dichte als Luft (ca. 14-mal geringer) und verflüchtigt sich (z. B. bei Leckagen) sofort nach oben;
- Wasserstoff-Luft-Gemische sind in einem großen Konzentrationsbereich zwischen 4 Vol.-% und 77 Vol.-% entzündbar, brennbar und explosionsfähig;
- Wasserstoff-Luft-Gemische benötigen eine sehr geringe Zündenergie und sind ohne erkennbare Zündquelle entzündbar (bspw. durch elektrostatische Aufladung);
- die Flamme kann sich in einem Wasserstoff-Luft-Gemisch sehr schnell ausbreiten;
- die Verbrennung findet weitgehend ohne für das Auge sichtbare Flammen und mit sehr geringer Wärmestrahlung statt.

Weitere wesentliche stoffliche Eigenschaften von Wasserstoff können dem Datenblatt des Gefahrstoffinformationssystems Chemikalien³ entnommen werden. Dieses Informationssystem wird von den Berufsgenossenschaften „Rohstoffe und chemische Industrie“ (BGRCI) und „Holz und Metall“ (BGHM) betrieben. Das Datenblatt richtet sich

³ GisChem, Datenblatt Wasserstoff,
https://www.gischem.de/download/01_0-001333-74-0-000000_1_1_727.PDF

vornehmlich an kleine und mittlere Unternehmen der beiden Berufsgenossenschaften, die Wasserstoff herstellen oder verwenden. Es enthält deswegen auch umfangreiche technische und organisatorische Schutzmaßnahmen, die für die Nutzung von Wasserstoffanlagen als technische Gebäudeausrüstung nicht alle zutreffen.

Solange Wasserstoff in Speichern oder Leitungen nicht mit Umgebungsluft bzw. Sauerstoff in Verbindung kommt, besteht keine Explosionsgefahr. Nach einem Austritt steigt er aber aufgrund seiner geringen Dichte nach oben und vermischt sich mit Luft. Dabei kann es aufgrund der geringen Zündenergie ohne erkennbare Zündquelle zur Entzündung kommen. Daraufhin verbrennt der Wasserstoff lokal an der Austrittsstelle, ohne dass Flammen ohne technische Unterstützung wahrzunehmen sind.

Beim Ausströmen kann sich eine explosionsfähige Atmosphäre bilden, insbesondere wenn das Abströmen von Wasserstoff nach oben behindert wird und sich der Wasserstoff ansammeln kann, z. B. durch eine Decke oder einen Dachvorsprung. Hierbei ist die deutlich höhere obere Explosionsgrenze (77 Vol.-%) von Wasserstoff im Vergleich zu Erdgas (17 Vol.-%) zu beachten, weswegen der Explosionsbereich deutlich größer ist. Eine Entzündung kann aufgrund der schnellen Verbrennung zu einer Explosion mit einer Druckwelle führen.

2.2 Potenzielle Gefahren durch hohe Drücke

Elektrolyseure zur Eigenversorgung arbeiten typischerweise mit Überdrücken im Bereich von 20 bis 40 bar. Für die Speicherung des erzeugten Wasserstoffs kann eine zusätzliche Verdichtung mittels eines Verdichters auf bis zu 300 bar erfolgen. Unabhängig vom gespeicherten Medium bestehen bei solch hohen Drücken potenzielle Gefahren wie z. B. das Bersten von Druckbehältern aufgrund Material-/Fertigungsfehlern oder übermäßigem Druckanstieg. Um solchen Gefahren vorzubeugen, sind Prüfungen von druckführenden Anlagen und Anlagenteilen gesetzlich vorgeschrieben (siehe Kapitel 6.2). Weitere Informationen zu Gefährdungen durch Druck können in der Technischen Regel für Betriebssicherheit⁴ TRBS 2141⁵ nachgelesen werden, wobei die Gefährdungen durch Dampf bzw. aus Dampfkesselanlagen hier in der Regel nicht relevant sind.

⁴ Übersicht zu TRBS: <https://www.baua.de/DE/Angebote/Regelwerk/TRBS/TRBS>

⁵ TRBS 2141 „Gefährdungen durch Dampf und Druck“, <https://www.baua.de/DE/Angebote/Regelwerk/TRBS/TRBS-2141>

2.3 Sicherheitsmaßnahmen und weitergehende Empfehlungen

Um Explosionen und damit auch Brände zu vermeiden bzw. deren Auswirkungen zu begrenzen, sind drei Stufen im Explosionsschutz vorgesehen (siehe Technische Regeln für Gefahrstoffe TRGS⁶ bzw. weitere Informationen dazu im Technischen Leitfaden für PtG-Anlagen von PORTAL GREEN, Kapitel 5.4):

- Vermeidung oder Einschränkung explosionsfähiger Gemische (vgl. TRGS 722⁷),
- Vermeidung der Entzündung explosionsfähiger Gemische (vgl. TRGS 723⁸),
- Verringerung der Schäden durch eine mögliche Explosion (vgl. TRGS 724⁹).

Eine Übersicht über die für den Explosionsschutz relevanten Technischen Regeln enthält die DGUV-Regel 113-001¹⁰. Die nachfolgenden Empfehlungen beziehen sowohl die Eigenschaften von Wasserstoff als auch die drei Stufen des Explosionsschutzes mit ein. Betriebe und Unternehmen müssen generell die Vorgaben der Technischen Regeln im Rahmen des Arbeitsschutzgesetzes einhalten. Für Privatpersonen sind die hier dargestellten Vorgaben aus der Muster-Feuerungsverordnung (MFeuV) bindend, wenn, wie in Kap. 3.2 beschrieben, die entsprechenden Paragraphen in der Feuerungsverordnung des Bundeslandes übernommen wurden.

Wird die Wasserstoffanlage bestehend aus Elektrolyseur und Brennstoffzelle in einem Raum aufgestellt, müssen oder sollten folgende Punkte berücksichtigt werden:

- Nach § 11 Abs. 2 MFeuV müssen „Verbindungen von Gasleitungen dauerhaft technisch dicht ausgeführt werden“, um explosionsfähige Gemische möglichst zu vermeiden. „Dauerhaft technisch dicht“ (TRGS-722, Abschnitt 4.5.2) bedeutet, dass innerhalb der zu erwartenden Betriebsdauer nicht mit einem Austritt von Wasserstoff zu rechnen ist.

⁶ Übersicht zu TRGS: <https://www.baua.de/DE/Angebote/Regelwerk/TRGS/TRGS>

⁷ TRGS 722 „Vermeidung oder Einschränkung gefährlicher explosionsfähiger Gemische“: <https://www.baua.de/DE/Angebote/Regelwerk/TRGS/TRGS-722>

⁸ TRGS 723 „Gefährliche explosionsfähige Gemische – Vermeidung der Entzündung gefährlicher explosionsfähiger Gemische“: <https://www.baua.de/DE/Angebote/Regelwerk/TRGS/TRGS-723>

⁹ TRGS 724 „Gefährliche explosionsfähige Gemische – Maßnahmen des konstruktiven Explosionsschutzes, welche die Auswirkungen einer Explosion auf ein unbedenkliches Maß beschränken“: <https://www.baua.de/DE/Angebote/Regelwerk/TRGS/TRGS-724>

¹⁰ DGUV Regel 113-001 „Explosionsschutz-Regeln (EX-RL)“, https://www.bgrci.de/fileadmin/BGRCI/Downloads/DL_Praevention/Explosionsschutzportal/Dokumente/EX_RL_Beispielsammlung/2021_DGUV_Regel_113-001_Titel_Inhalt_Vorbemerkungen.pdf

- *Es wird zudem empfohlen, dass die zeitgleich vorhandene Menge an Wasserstoff in Räumen möglichst begrenzt wird.*
- Der Aufstellraum einer Wasserstoffanlage muss ausreichend und unmittelbar ins Freie be- und entlüftet werden können (§ 11 Abs. 1 MFeuV). *Es wird empfohlen, eine natürliche Belüftung des Raumes vorzusehen.* In der Regel ist eine mechanische Abluftanlage (Havarielüftung) mit automatischer Aktivierung bei Wasserstoffdetektion notwendig, um den Raum bei einem Wasserstoffaustritt ausreichend belüften zu können. Generell muss die Abluftöffnung möglichst an oberster Stelle des Raumes positioniert sein. *Die Zuluftöffnung liegt idealerweise in Bodennähe auf der gegenüberliegenden Seite des Raumes.* Weitere Ausführungen zur Be- und Entlüftung von Aufstellräumen finden Sie in Kapitel 7.3.2.
- Der Aufstellraum einer Wasserstoffanlage darf nicht anderweitig genutzt werden und muss an den Zugängen mit „Wasserstoffanlage“ gekennzeichnet sein (§ 11 Abs. 1 und 5 MFeuV). *Es wird zusätzlich empfohlen, den Raum frei von unnötigen Versorgungsleitungen zu halten.*
- *Zur Vermeidung von Zündquellen wird empfohlen, die Beleuchtung explosionsgeschützt auszuführen und Lichtschalter außerhalb des Raumes anzuordnen oder ebenso explosionsgeschützt auszuführen. Zudem sollten keine unnötigen elektrischen Leitungen durch den Raum geführt werden (Gefahr von Überspannungen durch Blitze). Als weitere Schutzmaßnahme wird empfohlen, eine Gaswarneinrichtung zu installieren.* Diese kann aus der Wasserstoffanlage ausgetretenen Wasserstoff im Aufstellraum frühzeitig detektieren. *Für den Fall einer Wasserstoff-Detektion kann eine automatische Abschaltung des Stroms im Raum vorgesehen werden (eine ggf. vorhandene explosionsgeschützt ausgeführte Havarielüftung wäre hiervon auszunehmen).* Darüber hinaus finden sich ausführliche Informationen bezüglich der Gefährdungsermittlung und zur Verfügung stehender Schutzmaßnahmen in der TRGS 500¹¹. Anleitungen für Einsatz und Betrieb von Gaswarneinrichtungen und -geräten für den Explosionsschutz enthält das Merkblatt T 023¹² der BGRCI. Antworten auf häufig gestellte Fragen bezüglich Gaswarneinrichtungen und -geräten für den Explosionsschutz sind im Merkblatt T 055¹³ der BGRCI gesammelt.

¹¹ TRGS 500 „Schutzmaßnahmen“, <https://www.baua.de/DE/Angebote/Regelwerk/TRGS/TRGS-500>

¹² Merkblatt T 023 „Gaswarneinrichtungen und -geräte für den Explosionsschutz“, https://mediencenter.bgrci.de/shop/t023_01/detail

¹³ Merkblatt T 055 „Gaswarneinrichtungen und -geräte für den Explosionsschutz: Antworten auf häufig gestellte Fragen“, https://mediencenter.bgrci.de/shop/t055_01/detail

Ortsfeste Druckbehälter zur Wasserstoffspeicherung sollen laut § 14 MFeuV

- im Freien unter einem Witterungsschutz aufgestellt werden;
- der Witterungsschutz darf keine Wasserstoffansammlung ermöglichen;
- weiterhin soll eine Hauptabsperreinrichtung vorhanden sein und
- der Wasserstoffspeicher soll mit dem Hinweis „Feuer, offenes Licht, Rauchen verboten“ gekennzeichnet sein.

Der Witterungsschutz gegen Regen und Sonne soll Korrosion oder die Beanspruchung von Lacken nicht begünstigen. *Hierbei kann die Aufstellung des Speichers auf der sonnen- und windabgewandten Seite des Gebäudes sinnvoll sein. Der Witterungsschutz sollte an der Decke frei von unnötigen elektrischen Kabeln oder sonstigen Versorgungsleitungen sein. Zudem wird empfohlen, die Leitungen bis zum Wasserstoffspeicher außerhalb des Aufstellraumes auch „dauerhaft technisch dicht“ auszuführen.*

Die Kennzeichnung der Wasserstoffanlage und des Wasserstoffspeichers (siehe § 11 Abs. 5 und § 14 Abs. 3 MFeuV) soll der Annäherung von möglichen Zündquellen (z. B. Feuerzeuge, elektrische Betriebsmittel) durch Personen vorbeugen. *Auch wenn Wasserstoffaustritt und -ansammlung durch die Vermeidung explosionsfähiger Gemische (Dichtheit der Leitungen, Aufstellort, Belüftung) nicht zu erwarten sind, sind Funken oder Flammen in der Umgebung zu vermeiden. Dies gilt insbesondere für Betreiber im privaten Bereich, mit geringem Abstand zu den Grundstücksgrenzen und Nachbarn (Raucherecken, Grillflächen, ...).*

Die bisher dargestellten Sicherheitsmaßnahmen und Empfehlungen dienen der Vermeidung explosionsfähiger Gemische und deren Entzündung, insbesondere bei einem langsamen Wasserstoffaustritt. *Um die Möglichkeit eines schnellen ungewollten Austrittes zu verringern (z. B. durch Rohrleitungsbruch, Beschädigung des Speichers), werden entsprechende Vorkehrungen, wie mechanische Barrieren gegen Anfahren durch Fahrzeuge, empfohlen.*

Durch § 15, Abs. 2 MFeuV, gelten seit 2024 Teile der Betriebssicherheitsverordnung und der Gefahrstoffverordnung auch für privat betriebene Wasserstoffanlagen (siehe Kapitel 6.1). Insbesondere wird hier gefordert, dass die Anlage bei Inbetriebnahme, Wiederinbetriebnahme nach prüfpflichtigen Änderungen bzw. wiederkehrend durch eine zugelassene Überwachungsstelle (ZÜS, z. B. TÜV, Dekra, GTÜ) bzw. eine zur Prüfung

befähigte Person geprüft wird. *Der Betreiber sollte zusätzlich selbst auf die Konformitätserklärung und CE-Kennzeichnung der Komponenten der Wasserstoffanlage achten.* Mit der schriftlichen Konformitätserklärung wird die Einhaltung der Europäischen Vorschriften zur Produktsicherheit durch den Hersteller garantiert. Weiterhin wird in § 15 MFeuV gefordert, dass ein Explosionsschutzdokument erstellt wird (siehe Kapitel 6.1). *Das Explosionsschutzdokument sowie das Sicherheitshandbuch des Herstellers enthalten für den Betreiber wichtige Informationen und sollten berücksichtigt werden. In diesem Leitfaden wird betont, dass der Betreiber für beide in § 15 MFeuV geforderten Punkte verantwortlich ist und sie in dessen Eigeninteresse liegen, da sie zur Sicherstellung des Brand- und Explosionsschutzes dienen.*

Das Explosionsschutzdokument fasst die Maßnahmen des Explosionsschutzkonzeptes zusammen. *Für Privathaushalte wird empfohlen, bereits in der Planungsphase das Explosionsschutzkonzept durch einen Fachplaner (den Planer bzw. Hersteller der Anlage oder Dritte) erstellen zu lassen, damit die Maßnahmen frühzeitig geplant und danach umgesetzt werden können.*

Zur Absicherung gegen Sach- oder Personenschäden am eigenen Gebäude oder bei Dritten, die als Folge einer Fehlfunktion an einer im oder am Haus installierten Wasserstoffanlage auftreten können (z. B. durch Brand oder Explosion), müssen entsprechende Versicherungen abgeschlossen werden. Neben der Integration der Wasserstoffanlage in die Gebäudeversicherung ist auch eine Haftpflichtversicherung zu erwägen. Die Haftpflichtversicherung der Anlage erfolgt in der Regel analog zu anderen Anlagen- oder Maschinenversicherungen und kann, je nach Verwendungsgebiet, in eine bestehende Haftpflichtversicherung integriert werden. Die konkrete Ausgestaltung ist mit einem Versicherungsmakler zu erörtern. *Aufgrund der gegenwärtigen geringen Verbreitung von Wasserstoffanlagen wird in diesem Leitfaden empfohlen, dem Versicherer ausreichend detaillierte Informationen zur Anlage sowie insbesondere zum Betrieb der Anlage und zur Lagerung des Wasserstoffs zur Verfügung zu stellen.* Damit können mögliche Unklarheiten zum Gefahrenpotenzial der Wasserstoffanlage vorab geklärt werden. *Zudem sollte dem Versicherer die Einhaltung aller Sicherheitsvorschriften durch den Betreiber (MFeuV, Konformitätserklärung, CE-Kennzeichnung, Prüfung) sowie ggf. behördliche Auflagen vorgelegt werden.* Dadurch kann nach einem Schadensfall plausibel nachgewiesen werden, dass keine fahrlässige Vernachlässigung der Sicherheit, z. B. durch ungeeignete Komponenten, vorliegt. Eine fehlende CE-Kennzeichnung kann beispielsweise dazu führen, dass eine Anlage entweder nicht versichert werden kann oder nach einem Schadensfall kein Versicherungsschutz besteht.

3 Einführung in die relevanten Gesetze und Verordnungen

Die für den Leitfaden grundlegenden Gesetze und Verordnungen werden im Folgenden kurz eingeführt. In den weiteren Kapiteln werden deren Inhalte aufgegriffen.

3.1 Muster-Bauordnung und Landesbauordnungen

Die Muster-Bauordnung (MBO)¹⁴ ist eine Standard- und Mindestbauordnung, die von den Sachverständigen der Arbeitsgemeinschaft für Städtebau, Bau- und Wohnungswesen und den zuständigen Ministern und Senatoren der 16 Bundesländer (ARGEBAU) erstellt wird. Im Gegensatz zu den Landesbauordnungen ist sie kein Gesetz, sondern dient als Orientierungsrahmen für die Bauordnungsgesetzgebung der Länder. Die tatsächlich in den einzelnen Bundesländern geltenden Landesbauordnungen (LBO) orientieren sich inhaltlich im Wesentlichen an der MBO¹⁴, sind mit dieser aber nicht vollständig deckungsgleich. Es ist daher notwendig, zu den in diesem Leitfaden behandelten Aspekten der MBO die im jeweiligen Bundesland geltende Bauordnung zu prüfen.

In diesem Leitfaden werden folgende Versionen der MBO und der LBO als Grundlage verwendet:

- Muster-Bauordnung in der Fassung vom 26./27.09.2024,
- Landesbauordnungen in der jeweils aktuellen Fassung, zuletzt geprüft im September 2025.

3.2 Muster-Feuerungsverordnung und Feuerungsverordnungen der Länder

Die Muster-Feuerungsverordnung (MFeuV)¹⁴ wird ebenfalls von den Sachverständigen der ARGEBAU erstellt und gilt in ihrer aktuell gültigen Fassung von September 2007 (zuletzt geändert durch den Beschluss der Fachkommission Bauaufsicht am 28.11.2023) für Feuerstätten inklusive Abgasanlagen, Wärmepumpen und Blockheizkraftwerke, wenn sie der Beheizung von Räumen oder der Warmwasserversorgung dienen oder Gas-Haushalts-Kochgeräte sind, sowie für Wasserstoff-Elektrolyseure und Brennstoffzellen. Durch die letzte Änderung der MFeuV werden für die neu in den

¹⁴ Bauministerkonferenz – Mustervorschriften und Mustererlasse:
<https://www.bauministerkonferenz.de/verzeichnis.aspx?id=991&o=75909860991>

Anwendungsbereich aufgenommenen Wasserstoff-Elektrolyseure und Brennstoffzellen Regelungen der Betriebssicherheitsverordnung und der Gefahrstoffverordnung auch für privat genutzte Anlagen zur Eigenversorgung relevant. In der MFeuV wird unterschieden zwischen der Wasserstoffanlage (Wasserstoffelektrolyseur und Brennstoffzelle) und der Wasserstoffspeicherung.

Analog zur MBO dient die MFeuV als Orientierungsrahmen für die Gesetzgebung der Bundesländer. Im September 2025 wurde noch keine Feuerungsverordnung eines Bundeslandes an die Änderungen der neuen MFeuV angepasst. In diesem Leitfaden werden deswegen nur die Anforderungen für Wasserstoffanlagen (Elektrolyseure, Rohrleitungen und Brennstoffzellen) und Wasserstoffspeicher aus der MFeuV erläutert. Die Umsetzung in den Landesverordnungen muss zusätzlich geprüft werden.

3.3 Muster-Leitungsanlagen-Richtlinie und Leitungsanlagen-Richtlinien der Länder

Die Muster-Leitungsanlagen-Richtlinie (MLAR)¹⁴ ist eine von der Bauministerkonferenz herausgegebene Muster-Richtlinie im baulichen Brandschutz für Leitungsanlagen. Darin sind grundlegende brandschutztechnische Anforderungen an Leitungsanlagen in Rettungswegen, die Führung von Leitungen durch raumabschließende Bauteile (Wände und Decken) und der Funktionserhalt von elektrischen Leitungsanlagen im Brandfall festgelegt. Wie auch die MBO und die MFeuV dient die MLAR den einzelnen Bundesländern als Orientierungsrahmen. Die Anforderungen der landesspezifischen Richtlinien können im Detail abweichen und sind daher genau zu lesen.

3.4 Betriebssicherheitsverordnung

Die Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV)¹⁵, zuletzt geändert am 27.07.2021, regelt die Bereitstellung und den Umgang mit Arbeitsmitteln in Betrieben sowie die Errichtung und den Betrieb von überwachungsbedürftigen Anlagen.

- Sie muss in **Betrieben oder Unternehmen** durch den Arbeitgeber vollumfänglich einschließlich der Technischen Regeln zur Betriebssicherheit (TRBS) berücksichtigt

¹⁵ Betriebssicherheitsverordnung: https://www.gesetze-im-internet.de/betrsv_2015/BetrSichV.pdf

werden, was auch für die Wasserstoffanlage zur Eigenversorgung einschließlich der Wasserstoffspeicher und Rohrleitungen des Betriebes gilt.

- Für **privat betriebene Wasserstoffanlagen** sowie deren Wasserstoffspeicher und Rohrleitungen gelten entsprechend § 15 Abs. 2 MFeuV nur die Anforderungen des § 15 BetrSichV über erforderliche Prüfungen vor Inbetriebnahme und vor Wiederinbetriebnahme nach prüfpflichtigen Änderungen und über wiederkehrende Prüfungen gemäß § 16 BetrSichV (siehe Kapitel 6.1). Diese Vorgaben gelten nach MFeuV auch dann, wenn die Anlage weder gewerblichen noch wirtschaftlichen Zwecken dient oder keine Beschäftigten gefährdet werden können.

Häufig gestellte Fragen und Antworten zur BetrSichV werden in den vom Länderausschuss für Arbeitsschutz und Sicherheitstechnik herausgegebenen „Leitlinien zur Betriebssicherheitsverordnung“¹⁶ beantwortet.

Hinweis: Die BetrSichV soll geändert werden. Hintergrund dafür ist das Gesetz zur Anpassung des Produktsicherheitsgesetzes und zur Neuordnung des Rechts der Überwachungsbedürftigen Anlagen¹⁷ (seit 16. Juli 2021 in Kraft). Das überarbeitete Produktsicherheitsgesetz (ProdSG) findet sich dort in Artikel 1 und das neue Gesetz über Überwachungsbedürftige Anlagen (ÜAnlG) in Artikel 3. In den anschließenden Artikeln des Gesetzes werden weitere Gesetze und Verordnungen an diese Änderungen angepasst, darunter mit Artikel 7 auch die BetrSichV.

3.5 Gefahrstoffverordnung

Die Gefahrstoffverordnung (GefStoffV)¹⁸, zuletzt geändert am 02.12.2024, dient dem Schutz von Menschen und der Umwelt vor stoffbedingten Schädigungen. Dazu werden Schutzmaßnahmen für Beschäftigte und andere Personen bei Tätigkeiten mit Gefahrstoffen geregelt. Gefahrstoffe sind gemäß § 2 GefStoffV u. a. explosionsfähige Stoffe, Gemische und Erzeugnisse. In § 3 GefStoffV werden mit Verweis auf Anhang I der

¹⁶ Leitlinien zur Betriebssicherheitsverordnung (LV 35), 1. Überarbeitete Auflage von Oktober 2020, <https://lasi-info.com/publikationen/lasi-veroeffentlichungen/download/35-leitlinien-zur-betriebssicherheitsverordnung>

¹⁷ Produktsicherheitsgesetz: https://www.gesetze-im-internet.de/prodsg_2021/

¹⁸ Gefahrstoffverordnung: https://www.gesetze-im-internet.de/gefstoffv_2010/

Verordnung (EG) Nr. 1272/2008¹⁹ (CLP-Verordnung) Gefahrenklassen aufgelistet. Darunter finden sich entzündbare Gase, zu denen Wasserstoff zählt (siehe auch die Kriterien für entzündbare Gase in Tabelle 2.2.1 in Anhang I der CLP-Verordnung). Wie die BetrSichV gilt die GefStoffV immer vollumfänglich für Betriebe oder Unternehmen, einschließlich der Technischen Regeln für Gefahrstoffe (TRGS).

Für privat betriebene Wasserstoffanlagen mit deren Wasserstoffspeicher und Rohrleitungen gelten entsprechend des § 15 Abs. 2 der MFeuV die Bestimmungen des § 6 Abs. 9 GefStoffV über die Dokumentation und Festlegungen der Gefährdungen durch explosionsfähige Gemische (Erstellung eines Explosionsschutzdokuments), siehe dazu auch Kapitel 6.1.

3.6 Bundes-Immissionsschutzgesetz

Wasserstofferzeugungsanlagen, die Wasserstoff mittels Elektrolyse im industriellen Maßstab erzeugen, werden derzeit typischerweise nach immissionsschutzrechtlichem Verfahren genehmigt (siehe hierzu den Genehmigungsrechtlichen Leitfaden für PtG-Anlagen von PORTAL GREEN).

Am 04. August 2024 ist die Novelle der Industrieemissionsrichtlinie (EU) 2024/1785²⁰ in Kraft getreten. Die Nennung von Wasserstoff unter Nr. 4.2 in Anhang I der bisherigen Industrieemissionsrichtlinie²¹ wird in der Novelle durch eine neue Nr. 6.6 ersetzt, die explizit Elektrolyse zur Wasserstoffproduktion mit einer Erzeugungsleistung von mindestens 50 Tonnen pro Tag nennt. Damit wird eine eindeutige Mengenschwelle vorgegeben, ab der die Elektrolyse von Wasserstoff industriellen Maßstab erreicht. Anlagen unter dieser Schwelle sind vom Geltungsbereich der Industrieemissionsrichtlinie ausgenommen.

In Deutschland wird die in der Industrieemissionsrichtlinie festgelegte Genehmigungspflicht von industriellen Anlagen gemäß § 4 BImSchG in der Verordnung über

¹⁹ CLP-Verordnung (EU):
<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:02008R1272-20201114&from=GA>

²⁰ Industrieemissionsrichtlinie (EU) 2024/1785:
https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=OJ:L_202401785

²¹ Industrieemissionsrichtlinie 2010/75/EU:
<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32010L0075>

genehmigungsbedürftige Anlagen (4. BImSchV)²² geregelt. Die 4. BImSchV wurde geändert, um die Novelle der Industrieemissionsrichtlinie in nationales Recht umzusetzen. Nr. 10.26 in Anhang I der 4. BImSchV sieht eine Genehmigungspflicht damit nun erst für Elektrolyseanlagen ab einer elektrischen Nennleistung von 5 MW vor. Elektrolyseanlagen, deren elektrische Nennleistung unter 5 MW liegt, also auch die in diesem Leitfaden betrachteten Wasserstoffanlagen zur Eigenversorgung, sind damit von der Genehmigungspflicht nach Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG) ausgenommen.

In diesem Leitfaden wird nur auf Anlagentypen eingegangen, die keine immissionschutzrechtliche Genehmigung benötigen. Informationen für Elektrolyse-Anlagen, die ein immissionsschutzrechtliches Verfahren durchlaufen müssen, sowie die Abläufe eines solchen Verfahrens sind im Genehmigungsrechtlichen Leitfaden für PtG-Anlagen von PORTAL GREEN detailliert beschrieben.

3.7 Sonstige Gesetze und Verordnungen mit Bezug zum Leitfaden

Einige Gesetze und Verordnungen haben am Rande mit den im Leitfaden behandelten Themen zu tun. Dazu gehören Gesetze und Verordnungen zur Stromversorgung von Wasserstoffanlagen sowie die Gesetze und Verordnungen zur Produktsicherheit von Wasserstoffanlagen:

- **Energiefinanzierungsgesetz (EnFG):** Das EnFG²³ wurde im Jahr 2022 ausgefertigt und zuletzt im Mai 2024 geändert. Es regelt die Erhebung der EnFG-Umlage auf alle Strommengen, die dem Netz entnommen werden.
- **Gesetz über die Elektrizitäts- und Gasversorgung (Energiewirtschaftsgesetz – EnWG):** Das EnWG²⁴ wurde im Jahr 2005 ausgefertigt und im Mai 2024 zuletzt aktualisiert. Darin werden grundlegende Regelungen zur leitungsgebundenen Elektrizitäts- und Gasversorgung der Allgemeinheit definiert. In diesem Leitfaden werden keine Anlagen mit Anschluss ans Gasnetz betrachtet. Auf den Anschluss ans Stromnetz wird in Kap. 8.1 eingegangen.

²² Genehmigungsbedürftige Anlagen Verordnung (4. BImSchV): https://www.gesetze-im-internet.de/bimschv_4_2013/

²³ Energiefinanzierungsgesetz: <https://www.gesetze-im-internet.de/enfg/>

²⁴ Energiewirtschaftsgesetz: https://www.gesetze-im-internet.de/enwg_2005/

- **Niederspannungsanschlussverordnung (NAV):** Die NAV²⁵ wurde im Jahr 2006 ausgefertigt und im Juli 2022 zuletzt geändert. Sie regelt das Verhältnis zwischen dem Energieversorgungsunternehmen und den Abnehmern von Elektrizität der allgemeinen Versorgung (sogenannte Tarifikunden). Das Niederspannungsnetz hat in Europa Netzspannungen von 230 V und 400 V (einphasig bzw. dreiphasig).
- **Produktsicherheitsgesetz (ProdSG):** Das ProdSG²⁶ wurde 2021 grundlegend reformiert und ist anzuwenden, wenn Produkte (auch Wasserstoffanlagen) auf den Markt gebracht werden. Demnach hat ein Hersteller eines Produktes im Europäischen Binnenmarkt die Pflicht, die Vorgaben aus dem ProdSG sowie die Anforderungen aller auf sein Produkt anwendbaren Produktsicherheitsverordnungen (z. B. Maschinenverordnung, Druckgeräteverordnung, Gasgerätedurchführungsverordnung, Explosionsschutzprodukteverordnung) an das Produkt einzuhalten und dafür Konformitätsbewertungsverfahren durchzuführen und diese durch die CE-Kennzeichnung zu bestätigen. Da sich das Gesetz und die Verordnungen an den Hersteller eines Produktes richten, wird hier nicht weiter darauf eingegangen. Weitergehende Informationen sind im Technischen Leitfaden für PtG-Anlagen von PORTAL GREEN (Kapitel 6.1) zu finden.
- **Stromsteuergesetz (StromStG):** Das StromStG²⁷ wurde im Jahr 1999 ausgefertigt und zuletzt im Dezember 2023 geändert. Es regelt die Besteuerung des Verbrauchs von elektrischem Strom.

²⁵ Niederspannungsanschlussverordnung: <https://www.gesetze-im-internet.de/nav/>

²⁶ Produktsicherheitsgesetz: https://www.gesetze-im-internet.de/prodsg_2021/

²⁷ Stromsteuergesetz: <https://www.gesetze-im-internet.de/stromstg/>

4 Genehmigungsbefreiung von Wasserstoffanlagen

Die Verfahrensbefreiung und Genehmigungsbefreiung von privat und betrieblich genutzten Wasserstoffanlagen zur Eigenversorgung wurden in den Jahren 2023 und 2024 grundlegend geändert. Insbesondere sind hier die Neufassungen der MBO, der MFeuV sowie der 4. BImSchV (siehe Kapitel 3.6) zu nennen.

In diesem Kapitel werden zunächst die Grundlagen zur Verfahrensbefreiung und Genehmigungsbefreiung anhand der MBO (Unterkapitel 4.1) sowie die spezifischen Regelungen der Bundesländer dargestellt (Unterkapitel 4.2). Zusätzlich gibt es Vorgaben zur Genehmigung von betrieblich genutzten Eigenverbrauchsstellen (siehe Unterkapitel 4.3). Der Ablauf einer ggf. notwendigen Baugenehmigung wird in Kapitel 5 beschrieben. Abschließend wird der Inhalt im Unterkapitel 4.4 anhand von Leitfragen zusammengefasst.

Unabhängig von Verfahrensbefreiung oder Genehmigungsbefreiung muss eine privat oder betrieblich genutzte Wasserstoffanlage vor ihrer Inbetriebnahme gemäß BetrSichV oder MFeuV geprüft werden (siehe Kapitel 6.1).

4.1 Muster-Bauordnung

4.1.1 Verfahrensbefreiung

Im § 61 MBO wird auf verfahrensfreie Bauvorhaben eingegangen. Wenn das Bauvorhaben verfahrensfrei ist, muss kein Bauantrag gestellt werden, es bedarf keiner Baugenehmigung und das Bauvorhaben wird nicht durch eine Behörde geprüft. Deshalb müssen insbesondere der relevante Bebauungsplan der Gemeinde, Abstandsflächen zu anderen Grundstücken sowie die ausreichende Erschließung des Grundstücks (Strom, Wasser, siehe Kapitel 6) eigenständig geprüft werden. Zusätzlich sollte geprüft werden, ob andere Genehmigungen notwendig sind (z. B. Denkmalschutzbehörde, ...). Weiterhin werden unabhängig von einer möglichen Verfahrensbefreiung Anforderungen durch die MFeuV gestellt (siehe Kapitel 6.1). Die Konsequenzen nach einem Verstoß sind von der Art des Verstoßes und der Behörde abhängig.

Nach § 61 Abs. 1 MBO sind unter anderem folgende Bauvorhaben verfahrensfrei:

- Nr. 2: Anlagen der technischen Gebäudeausrüstung ausgenommen freistehende Abgasanlagen mit einer Höhe von mehr als 10 m;
- Nr. 3: Folgende Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien:
 - e) Anlagen zur Wasserstofferzeugung, sofern der darin erzeugte Wasserstoff dem Eigenverbrauch in den baulichen Anlagen dient, für die sie errichtet werden,
 - f) Anlagen zur Erzeugung und Nutzung von Wasserstoff sowie die zugehörigen Gasspeicher, bei denen die Prozessschritte Erzeugung und Nutzung in einem werksmäßig hergestellten Gerät kombiniert sind und die Speichermenge 20 kg nicht überschreitet;
- Nr. 6: insbesondere ortsfeste Behälter für nicht verflüssigte Gase²⁸ mit einem Brutto-Rauminhalt bis zu 6 m³.

Die entsprechende Umsetzung in den Landesbauordnungen wird in Kapitel 4.2.1 gezeigt.

Die in Nr. 2 genannten Anlagen der technischen Gebäudeausrüstung werden im 6. Abschnitt der MBO (§§ 39 bis 46) näher beschrieben. Nach § 42 Abs. 5 MBO werden davon seit November 2023 auch Brennstoffzellen, Verdichter und Wasserstoff-Elektrolyseure erfasst und sind damit als technische Gebäudeausrüstung gemäß MBO verfahrensfrei.

Die in § 61 Abs. 1 Nr. 3 Buchstaben e) und f) MBO genannten Anlagen wurden ebenfalls im November 2023 eingeführt. Dazu muss die Unterscheidung zwischen den Buchstaben e) und f) beachtet werden. Während sich Buchstabe e) ausschließlich auf Anlagen zur Wasserstofferzeugung zum Eigenverbrauch bezieht und dort keine Speicherung genannt ist, werden im Buchstaben f) Wasserstoffanlagen, bei denen die Erzeugung und Nutzung von Wasserstoff in einem Gerät kombiniert sind, sowie zugehörige Gasspeicher bis maximal 20 kg Wasserstoff als verfahrensfrei festgelegt (entspricht einem Speichervolumen von ca. 6,9 m³ bei 35 bar, siehe Kapitel 7.6.2).

²⁸ Dazu eine Stellungnahme des Industriegase-Verbandes (IGV): „Demnach sind aus unserer Sicht etwa Gasflaschenbündel, die als ortsfeste Behälter zur Speicherung von nicht flüssigem Wasserstoff dienen, unabhängig vom Betriebsdruck bis zu einem Brutto-Rauminhalt von 6 m³ nach wie vor verfahrensfrei.“

Die Verfahrensfreiheit der Behälter bis 6 m³ nach § 61 Nr. 6a) gilt unabhängig vom Gas (also auch für nichtverflüssigten Wasserstoff) und unabhängig vom Druckniveau.

Mit Bezug auf die Wasserstoffanlage (Elektrolyseur und Brennstoffzelle) sowie die Speicherung des Wasserstoffs macht die MFeuV folgende Vorgaben für deren Aufstellung:

- Wasserstoffanlagen bestehend aus Wasserstoffelektrolyseuren und Brennstoffzellen dürfen sich nach § 11 MFeuV unter bestimmten Voraussetzungen in Räumen befinden (siehe Kapitel 7.3). Gleichzeitig dürfen nach § 42 Abs. 2 MBO in Verbindung mit § 42 Abs. 5 MBO Wasserstoff-Elektrolyseure und Brennstoffzellen, die als technische Gebäudeausrüstung genutzt werden, nur in Räumen aufgestellt werden, wenn dadurch keine Gefahren entstehen.
- Die Speicherung in ortsfesten Druckbehältern muss nach § 14 MFeuV im Freien erfolgen (siehe Kapitel 7.1.3). *Darin sind Wasserstoffspeicher, die nach § 61 Abs. 1 Nr. 6 MBO verfahrensfrei sind, eingeschlossen. Demzufolge muss auch das Gerät zur Erzeugung und Nutzung von Wasserstoff nach § 61 Abs. 1 Nr. 1 Buchstabe e) MBO im Freien stehen, wenn der Gasspeicher (als ortsfester Druckbehälter) in dem Gerät integriert ist.*

Weitere Obergrenzen für die Genehmigungspflicht von Wasserstoffanlagen nach Bundes-Immissionsschutzgesetz ergeben sich aus der 4. BImSchV (siehe Kapitel 3.6).

4.1.2 Genehmigungsfreistellung und Sonderbauten

In § 62 MBO wird die Genehmigungsfreistellung beschrieben. Die Genehmigungsfreistellung kann bei der Baubehörde mit den Bauvorlagen beantragt werden. Die Errichtung, Änderung und Nutzungsänderung einer baulichen Anlage aus Abs. 1 ist nach Abs. 2 genehmigungsfrei, wenn

- sie im Geltungsbereich des Bebauungsplans liegt und
- dessen Festsetzungen nicht widerspricht,
- die Erschließung des Bauvorhabens im Sinne des Baugesetzbuches gesichert ist sowie
- die Gemeinde nicht innerhalb eines Monats nach Eingang der Unterlagen mitteilt, dass das vereinfachte Baugenehmigungsverfahren durchgeführt werden soll oder eine vorläufige Untersagung nach Baugesetzbuch beantragt.

In § 62 MBO werden Sonderbauten explizit von der Genehmigungsbefreiung ausgenommen. Zu den Sonderbauten zählen nach § 2 Abs. 4 MBO u. a.

- Bauliche Anlagen, deren Nutzung durch Umgang oder Lagerung von Stoffen mit Explosions- oder erhöhter Brandgefahr verbunden ist;
- Anlagen und Räume, die in den Nr. 1 – 19 in § 2 Abs. 4 nicht aufgeführt und deren Art und Nutzung mit vergleichbaren Gefahren verbunden sind.

4.2 Landesbauordnungen

Die Landesbauordnungen haben unterschiedliche Vorgaben für verfahrensfreie Bauvorhaben und verschiedene Definitionen von Technischer Gebäudeausrüstung und Sonderbauten. Letztere haben Auswirkungen auf die Genehmigungsfreiheit. Auf die Unterschiede wird nachfolgend im Einzelnen eingegangen.

4.2.1 Verfahrensfreiheit

Nach der Einbeziehung von Wasserstoffanlagen in der Verfahrensbefreiung im § 61 Abs. 1 Nr. 3 Buchstaben e) und f) MBO wurden bis September 2025 bereits erste Landesbauordnungen (LBO) entsprechend angepasst, z. B.

- LBO Baden-Württemberg im Anhang zu § 50 Abs. 1;
- LBO Bremen im § 61 Abs. 1;
- LBO Niedersachsen im Anhang zum § 60 Abs. 1;
- LBO Nordrhein-Westfalen im § 62 Abs. 1;
- LBO Saarland im § 61 Abs. 1;
- LBO Schleswig-Holstein im § 61 Abs. 1 und
- LBO Thüringen im § 63 Abs. 1.

In der Synopse der LBO Nordrhein-Westfalen²⁹ werden zwei Erläuterungen in Bezug auf die Verfahrensfreistellung in § 62 gegeben:

- Die Begrenzung der Wasserstoffmenge auf 20 kg (vgl. § 61 Abs. 1 Nr. 3 Buchstabe f) MBO) bezieht sich in der LBO NRW auf ein werksmäßig hergestelltes Gerät, das nur noch an die Leitungen der technischen Gebäudeausrüstung angeschlossen werden muss. Dabei wird beschrieben, dass, wenn „mehrere einzelne Module der Wasserstoffanlage aufgestellt [werden], bezieht sich die Speichermenge jeweils auf ein Modul“. Demnach können auch mehrere Module („werksmäßig hergestellte Geräte“) zu einer Wasserstoffanlage verfahrensfrei kombiniert werden, solange die Speichermenge von 20 kg Wasserstoff je Modul nicht überschritten wird.
- Es wird betont, dass in § 62 der LBO NRW Wasserstoff-Erzeugungsanlagen (vgl. § 61 Abs. 1 Nr. 3 Buchstabe e) MBO) zur Quartiersversorgung eingeschlossen sind.

Wie in der MBO werden in den meisten LBO auch bestimmte Behälter und die technische Gebäudeausrüstung in die Verfahrensfreiheit einbezogen, was sich auch auf Wasserstoffanlagen und ihre Speicher auswirken kann:

- Die für Wasserstoffanlagen relevanten Behälter sind in Tab. 4.1 für alle LBO aufgelistet. Der Zusatz „ortsfest“ trifft auf Speicher von Wasserstoffanlagen in der technischen Gebäudeausrüstung in der Regel zu (siehe Kapitel 7.3).
- In Abb. 4.1 ist die technische Gebäudeausrüstung zusammengefasst, die in die Verfahrensfreiheit einbezogen wird. Ob Wasserstoffanlagen als technische Gebäudeausrüstung eingestuft werden können und damit auch verfahrensfrei sind, sollte in den Bundesländern, in denen die LBO noch nicht angepasst wurde, erfragt werden.

²⁹ https://www.aknw.de/fileadmin/user_upload/Gesetze-Verordnungen/Synopse_Landesbauordnung_NRW_24122023.pdf

Tab. 4.1 Behälter für brennbare Gase, die gemäß den Landesbauordnungen verfahrensbefreit sind (verflüssigte, drucklose, nicht-brennbare Gase werden hier nicht genannt)

Land	Wortlaut der Landesbauordnung
Brandenburg	Behälter für verflüssigte und nicht verflüssigte Gase mit nicht mehr als 10 m³ Behälterinhalt
Hessen	Behälter für nicht verflüssigte Gase bis 6 m³ Behälterinhalt, unter dem Vorbehalt des Abschnitts V Nr. 6 (Beauftragung einer Fachfirma)
Rheinland-Pfalz	Ortsfeste Behälter für [...] nicht verflüssigte Gase bis zu 5 m³ Behälterinhalt
Sonstige	Ortsfeste Behälter [...] für nicht verflüssigte Gase mit einem Brutto-Rauminhalt bis zu 6 m³

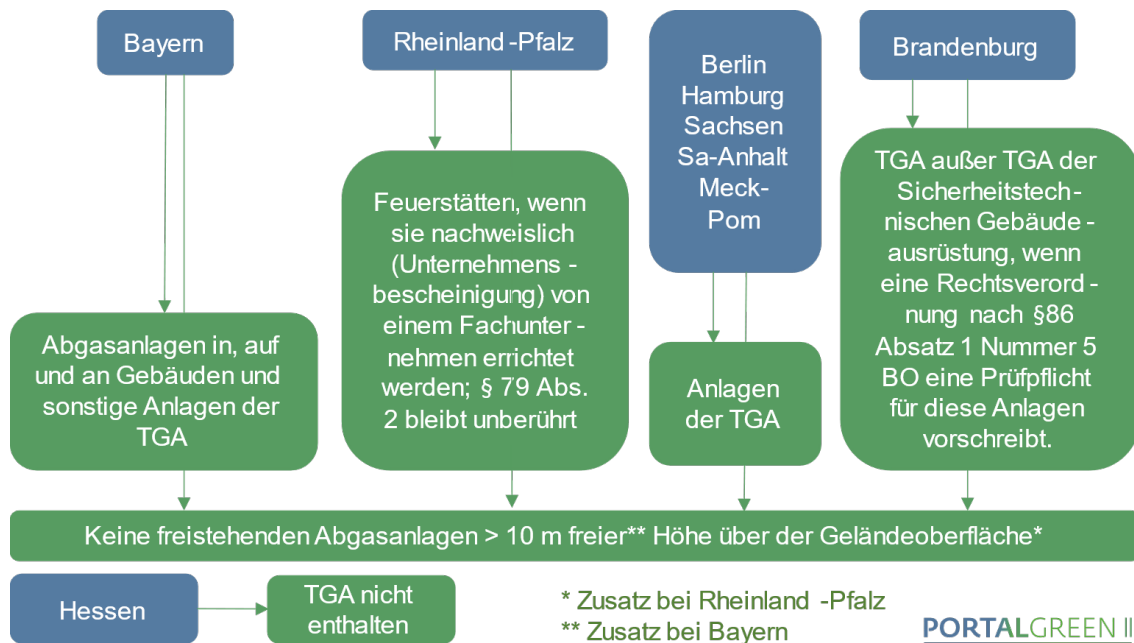


Abb. 4.1 Verfahrensfreiheit von technischer Gebäudeausrüstung in den LBO (Baden-Württemberg, Bremen, Niedersachsen, Nordrhein-Westfalen, das Saarland, Schleswig-Holstein und Thüringen sind nicht aufgeführt, da Wasserstoffanlagen dort verfahrensbefreit sind)

Zusammenfassend gilt somit:

- In Baden-Württemberg, Bremen, Niedersachsen, Nordrhein-Westfalen, dem Saarland, Schleswig-Holstein und Thüringen sind Wasserstoffanlagen (Elektrolyseure und Brennstoffzellen) als technische Gebäudeausrüstung sowie Wasserstoff-

speicher unter Einhaltung der oben erläuterten Grenzen der jeweiligen LBO und der 4. BImSchV verfahrensfrei.

- Inwieweit entsprechende Änderungen in den anderen LBO gemacht werden, ist bisher nicht abzusehen.

4.2.2 Genehmigungsfreistellung

Die Grundzüge zur Genehmigungsfreistellung der LBO sind an die MBO angelehnt (siehe Kapitel 4.1.2). Beispielsweise werden Sonderbauten in der Regel von der Genehmigungsfreistellung ausgenommen. In den LBO werden Sonderbauten entweder im § 2 (Begriffe) oder § 50 (Sonderbauten) definiert und schließen mit Ausnahme von Hessen bauliche Anlagen mit „Explosions- oder erhöhter Brandgefahr“ (§ 2 Abs. 4 MBO) mit ein. In der LBO Hessen wird im § 2 Abs. 9 allgemein auf „sonstige bauliche Anlagen oder Räume, durch deren besondere Art oder Nutzung die sie nutzenden Personen oder die Allgemeinheit in vergleichbarer Weise gefährdet oder unzumutbar benachteiligt oder belästigt werden können“, verwiesen. Dementsprechend ist eine Wasserstoffanlage genehmigungsbedürftig, wenn sie zu einer „Explosions- oder erhöhten Brandgefahr“ führt.

Zur Einschätzung der Explosions- oder erhöhten Brandgefahr einer baulichen Anlage kann ein Vergleich zu anderen Feuerstätten in Gebäuden und deren Stellung in den LBO gezogen werden. In allen LBO sind im § 2 Feuerstätten ähnlich definiert als „in oder an Gebäuden ortsfest benutzte Anlagen oder Einrichtungen, die dazu bestimmt sind, durch Verbrennung Wärme zu erzeugen“ (§ 2 Abs. 8 MBO). Die Vorgaben zu Feuerstätten werden in den LBO vornehmlich im Teil VI beschrieben, zudem gelten die jeweiligen Feuerungs-Verordnungen der Bundesländer. In den meisten LBO werden „Feuerungsanlagen, sonstige Anlagen zur Wärmeerzeugung, Brennstoffversorgung“ einbezogen. In den LBO von Baden-Württemberg, Niedersachsen, Nordrhein-Westfalen, Saarland, Schleswig-Holstein und Thüringen werden Anlagen zur „Energieerzeugung“ oder „Energiebereitstellung“ zusätzlich zu oder anstatt Anlagen zur „Wärmeerzeugung“ genannt. In dem jeweiligen Paragraphen dieser LBO werden die Vorgaben auch auf andere Anlagen übertragen, z. B. „Für die Aufstellung von ortsfesten Verbrennungsmotoren, Blockheizkraftwerken, Brennstoffzellen und Verdichtern sowie die Ableitung ihrer Verbrennungsgase gelten die Absätze 1 bis 3 entsprechend“ (§ 42 Abs. 5 LBO Mecklenburg-Vorpommern). Aus dieser Zusammenfassung können somit folgende Schlussfolgerungen für Wasserstoffanlagen gezogen werden:

- Die LBO von Baden-Württemberg, Bremen, Niedersachsen, Nordrhein-Westfalen, Saarland, Schleswig-Holstein, Thüringen schließen namentlich „Elektrolyseure“ bzw. „Wasserstoff-Elektrolyseure“ sowie Brennstoffzellen in die technische Gebäudeausrüstung mit ein. Wasserstoffanlagen sind dort demnach verfahrensfrei und somit auch genehmigungsfrei.
- In den anderen Bundesländern ist die Entscheidung von der Baubehörde abhängig, ob Wasserstoffanlagen als Anlagen zur Wärmeerzeugung bzw. Brennstoffversorgung gezählt werden können.

4.3 Vorgaben für betrieblich genutzte Eigenverbrauchstankstellen

Nach § 18 BetrSichV sind die Errichtung, der Betrieb oder Änderungen an bestimmten Anlagen erlaubnispflichtig. Dies gilt nach § 18 Abs. 1 Nr. 3 BetrSichV insbesondere für Gasfüllanlagen, einschließlich deren Lager- und Vorratsbehälter, die zum Befüllen von Fahrzeugen (Land, Wasser, Luft) mit entzündbaren Gasen zur Verwendung als Treib- oder Brennstoff genutzt werden.

Im Gegensatz zu den in Kapitel 3.4 genannten §§ 15, 16 BetrSichV sowie § 6 Abs. 9 GefStoffV verweist die MFeuV nicht auf den § 18 BetrSichV, *weswegen § 18 BetrSichV nur für Betriebe gemäß § 1 BetrSichV und nicht für Privatpersonen* gilt. Dementsprechend bedürfen Eigenverbrauchstankstellen mit Wasserstoff in Betrieben die Erlaubnis der zuständigen Behörde, während sie bei Privatpersonen erlaubnisfrei sind. Die für die Erlaubnis nötigen Unterlagen und die zuständige Behörde (entweder auf Landkreisebene oder auf Bezirksebene) sind vom Bundesland abhängig.

Für Gasfüllanlagen in Betrieben sind weiterhin die TRBS 3151/TRGS 751³⁰ sowie die TRBS 1122³¹ zu beachten. Diese Technischen Regeln können Privatanwendern auch Hinweise zu einem sicheren Betrieb der Gasfüllanlage geben.

³⁰ TRBS 3151/TRGS 751 „Vermeidung von Brand-, Explosions- und Druckgefährdungen an Tankstellen und Gasfüllanlagen zur Befüllung von Landfahrzeugen“:
<https://www.baua.de/DE/Angebote/Regelwerk/TRGS/TRGS-751>

³¹ TRBS 1122 „Änderungen von Gasfüllanlagen, Lageranlagen, Füllstellen, Tankstellen und Flugfeldbetankungsanlagen – Ermittlung der Prüfpflicht nach Anhang 2 Abschnitt 3 BetrSichV und der Erlaubnispflicht gemäß § 18 BetrSichV“: <https://www.baua.de/DE/Angebote/Regelwerk/TRBS/TRBS-1122>

4.4 Zusammenfassung anhand von Leitfragen

In diesem Kapitel wurden unterschiedliche Aspekte zur Verfahrensfreiheit und Genehmigungsfreistellung von privat und betrieblich genutzten Wasserstoffanlagen und Wasserstoffspeichern sowie weitere Vorgaben beschrieben. In Abb. 4.2 wird noch einmal der Inhalt anhand von Leitfragen zusammengefasst, wobei die Erfüllung aller relevanten Vorgaben in der Verantwortung des Betreibers liegt. Dabei kann sich der Betreiber an den Hersteller bzw. Planer wenden.

Verallgemeinernd können folgende Wasserstoffanlagen verfahrensfrei sein:

- in Bundesländern, die die MBO entsprechend umgesetzt haben, Wasserstoff-Elektrolyseure als technische Gebäudeausrüstung (§ 42 Nr. 5 MBO), die Wasserstoffherzeugung zum Eigenverbrauch (§ 61 Nr. 3d MBO) und die in einem Gerät kombinierte Erzeugung und Nutzung von Wasserstoff (§ 61 Nr. 3e MBO); sowie
- Wasserstoffanlagen in anderen Bundesländern, die als technische Gebäudeausrüstung eingestuft werden.

Somit hängt die Verfahrensfreiheit von Wasserstoffanlagen vornehmlich mit deren Nutzung zum Eigenverbrauch des Wasserstoffs und nur indirekt mit der Leistung der Wasserstoffanlage zusammen. Die Entscheidung, ob der Bau einer Wasserstoffanlage für die Eigenversorgung verfahrensfrei ist oder einer Genehmigung bedarf, liegt für Bundesländer, in denen die Anforderungen der MFeuV (noch) nicht umgesetzt wurden, aber immer bei der zuständigen Behörde, weswegen dort eine Abstimmung notwendig ist. Dies gilt insbesondere im Hinblick auf die geringe Erfahrung in Bezug auf Genehmigung, Bau und Betrieb entsprechender Anlagen. Eine proaktive Erfüllung der in den §§ 11, 14 und 15 MFeuV gestellten Anforderungen (siehe Kapitel 2.3, 6.1 und 6.2) kann sich unter Umständen positiv auf die Entscheidung der Behörde auswirken.

Wasserstoffanlagen, die nicht verfahrensfrei sind, bedürfen einer Baugenehmigung, die in Kapitel 5 beschrieben wird.

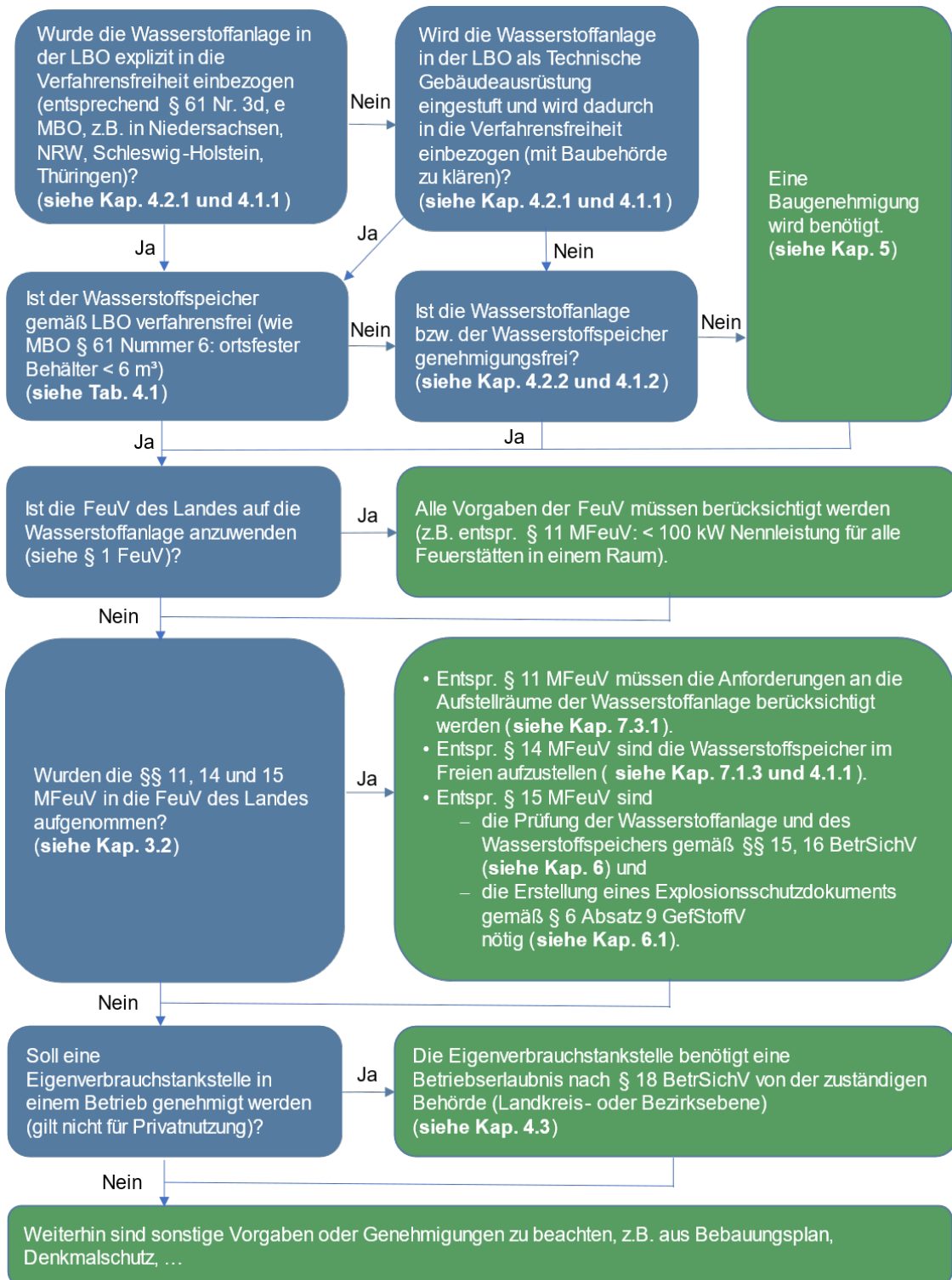


Abb. 4.2 Leitfragen (blau) zu genehmigungsrechtlichen und technischen Vorgaben (grün) für Wasserstoffanlagen und Wasserstoffspeicher

5 Ablauf der Baugenehmigung für eine Wasserstoffanlage

Sofern sich für die Wasserstoffanlage unterhalb einer Grenze von 5 MW (siehe Kapitel 3.6) gemäß der Bauordnung eine Pflicht zur Einholung einer Baugenehmigung ergibt (vgl. Kap. 4), ist diese bei der Bauaufsichtsbehörde zu beantragen. Über der Grenze von 5 MW Nennleistung muss ein Genehmigungsverfahren nach Bundes-Immissionsschutzgesetz durchgeführt werden (siehe Genehmigungsrechtlicher Leitfaden für PtG-Anlagen von PORTAL GREEN), in das dann auch die Baugenehmigung einkonzentriert wird.

Zur Beantragung der Baugenehmigung sind folgende Schritte empfehlenswert bzw. notwendig, können aber im Einzelfall abweichen:

- Vor dem Kontaktieren der Bauaufsichtsbehörde wird empfohlen, das Anlagenkonzept mit dem Hersteller oder einer Zugelassenen Überwachungsstelle zu besprechen und ggf. anzupassen, um eine Genehmigungsempfehlung zu bekommen.
- Anschließend kann ein Vorgespräch mit der Bauaufsichtsbehörde für ein geordnetes Genehmigungsverfahren vor dem Einreichen der Unterlagen hilfreich sein.
- Danach können die Unterlagen zur Wasserstoffanlage (Baubeschreibung mit Anlagenbeschreibung, Rohr- und Instrumentierungsdiagramme, Komponentenlisten, Prüfsertifikate) und die Genehmigungsempfehlung eingereicht werden. Durch eine nachvollziehbare Vorabprüfung einer Zugelassenen Überwachungsstelle wird der Behörde der Entscheid zur Genehmigung vereinfacht.
- Nach § 62 Abs. 3 MBO darf mit dem Bauvorhaben einen Monat nach Einreichung der Unterlagen bei der Gemeinde begonnen werden, sofern die Behörde nicht widerspricht. Es kann früher mit dem Bau begonnen werden, wenn die Behörde mitteilt, dass kein Genehmigungsverfahren durchgeführt werden soll und sie eine Untersagung des Bauvorhabens nicht beantragt.
- Ob anschließend eine förmliche Bauabnahme zu erfolgen hat, ist mit der Behörde abzuklären.
- Vor der Inbetriebnahme erfolgt die verpflichtende Prüfung der Wasserstoffanlage und das Erstellen des Explosionsschutzdokuments (siehe Kapitel 6.1). Beides wird von der in der Feuerungsverordnung angegebenen Behörde geprüft.

Sollte die Anlage betrieblich genutzt werden, ist auch die Notwendigkeit einer Abstimmung mit dem Gewerbeaufsichtsamt zu prüfen.

6 Prüfung der Wasserstoffanlage

In diesem Kapitel werden verpflichtende Prüfungen von betrieblich genutzten Wasserstoffanlagen beschrieben, die ggf. auch für privat betriebene Anlagen gelten. Die Prüfungen der privat genutzten Wasserstoffanlagen werden durch § 15 Abs. 2 MFeuV vorgegeben und müssen beachtet werden, wenn die Landesfeuerungsverordnung den Vorgaben der MFeuV entspricht. Für Betriebe und Unternehmen sind die hier dargestellten Vorgaben aus der BetrSichV immer bindend.

Im § 15 Abs. 2 MFeuV wird auf die §§ 15 und 16 BetrSichV verwiesen und dabei ausdrücklich hervorgehoben, dass die darin gemachten Vorgaben auch für Privatpersonen gelten. Nach § 15 BetrSichV muss vor der Inbetriebnahme oder der Wiederinbetriebnahme nach prüfpflichtigen Änderungen geprüft werden, ob die technischen Unterlagen, z. B. die EU-Konformitätserklärungen der Komponenten, vorhanden und plausibel sind und ob die Wasserstoffanlage entsprechend den bau- und brandschutzrechtlichen Anforderungen errichtet bzw. geändert wurde. Weiterhin ist zu prüfen, ob die getroffenen sicherheitstechnischen Maßnahmen geeignet und funktionsfähig sind. Gleiches gilt für wiederkehrende Prüfungen nach § 16 BetrSichV. Die Prüfungen nach §§ 15 und 16 BetrSichV sind nach Maßgabe des Anhangs 2 BetrSichV durchzuführen, wofür der Betreiber der Anlage verantwortlich ist. Darin werden Vorgaben in Bezug auf den Explosionsschutz (Anhang 2 Abschnitt 3 BetrSichV) und auf Druckanlagen (Anhang 2 Abschnitt 4 BetrSichV) gemacht. Auf die Prüfung der Maßnahmen im Explosionsschutz wird im Unterkapitel 6.1 eingegangen, auf die Vorgaben für Druckanlagen im Unterkapitel 6.2.

Ob die entsprechenden Vorgaben aus der MFeuV in die Feuerungsverordnung des jeweiligen Bundeslandes übernommen wurden, muss eigenständig geprüft werden.

- Wurde der § 15 MFeuV nicht übernommen, müssen ggf. diese Vorgaben durch Privatpersonen nicht beachtet werden (siehe dazu die Vorgaben zur Verfahrensfreistellung und Genehmigungsfreistellung in den Kapiteln 4.2.1 und 4.2.2). *Diese Prüfungen liegen aber im Eigeninteresse des Betreibers, da sie insbesondere der Sicherstellung des Brand- und Explosionsschutzes dienen (siehe Kapitel 2.3).*
- Wurde die landesspezifische Feuerungsverordnung an die MFeuV angepasst, müssen die Vorgaben auch dann eingehalten werden, wenn die Wasserstoffanlage verfahrensfrei ist. Die Prüfung der Vorgaben erfolgt dann durch die in der Feuerungsverordnung angegebene Behörde. Ein Verstoß gegen diese Vorgaben kann unter anderem zum Verlust des Versicherungsschutzes im Schadensfall führen.

6.1 Prüfung der Maßnahmen im Rahmen des Explosionsschutzes

Mit Blick auf den Explosionsschutz wird im § 15 Abs. 2 MFeuV nicht nur auf §§ 15 und 16 BetrSichV verwiesen, sondern auch Vorgaben in Bezug auf § 6 Abs. 9 GefStoffV gemacht. Letzteres bezieht sich auf die Erstellung eines Explosionsschutzdokuments, das als Grundlage des Explosionsschutzes der Wasserstoffanlage dient und eine zentrale Information über Maßnahmen für den Betreiber darstellt. Das Explosionsschutzdokument wird im nächsten Unterkapitel beschrieben, anschließend werden die Anforderungen an die Prüfung der Anlage mit Bezug zum Explosionsschutz dargestellt. Dazu wird im § 15 Abs. 2 MFeuV abschließend angemerkt, dass Privatpersonen die Fristen für wiederkehrende Prüfungen nicht in einer Gefährdungsbeurteilung ermitteln müssen, da die Höchstfristen gelten. Für Wasserstoffanlagen von Betrieben oder Unternehmen sind die Prüffristen in der Gefährdungsbeurteilung zu bestimmen und haben maximal die Höchstfristen. Die Verantwortung für die Erstellung des Explosionsschutzdokumentes und der zugrundeliegenden Gefährdungsbeurteilung sowie für die Durchführung der Prüfungen liegt beim Betreiber.

6.1.1 Erstellung eines Explosionsschutzdokuments

Im § 6 Abs. 9 GefStoffV werden Anforderungen an das in der MFeuV geforderte Explosionsschutzdokument gestellt. Demnach soll daraus hervorgehen,

- dass die Explosionsgefährdungen ermittelt und bewertet wurden,
- dass angemessene Vorkehrungen zum Explosionsschutz getroffen wurden,
- die Zoneneinteilung explosionsgefährdeter Bereiche (siehe dazu Kapitel 7.5.1) und
- welche besonderen Schutzmaßnahmen darin vorgesehen wurden.

Diese zu treffenden Vorkehrungen des Explosionsschutzes werden in einer Gefährdungsbeurteilung ermittelt, die nur von fachkundigen Personen durchgeführt werden darf. Nähere Informationen zu Explosionsschutzdokumenten sind beispielsweise in der „DGUV Information 213-106“³² der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung zu finden. Die Anfertigung des Explosionsschutzdokuments kann entweder durch den Planer

³² DGUV Information 213-106: <https://publikationen.dguv.de/widgets/pdf/download/article/3360>

bzw. Hersteller oder durch Dritte erfolgen. Der Anlagenhersteller muss alle dafür notwendigen Informationen zur Verfügung stellen.

6.1.2 Prüfung der Wasserstoffanlage im Rahmen des Explosionsschutzes

Im Rahmen des Explosionsschutzes muss die Wasserstoffanlage vor Inbetriebnahme, Wiederinbetriebnahme nach prüfpflichtigen Änderungen und in wiederkehrenden Prüfungen nach Anhang 2, Abschnitt 3 BetrSichV geprüft werden. Beispiele für die prüfpflichtigen Änderungen von Anlagen in explosionsgefährdeten Bereichen werden in der TRBS 1123³³ gegeben:

- Die Inbetriebnahme- und Wiederinbetriebnahme-Prüfungen dürfen durch eine zugelassene Überwachungsstelle (ZÜS) oder von einer zur Prüfung befähigten Person durchgeführt werden, die besondere einschlägige Qualifikationen im Rahmen des Explosionsschutzes besitzen (siehe Anhang 2, Abschnitt 3, Nr. 3.3 BetrSichV).
- Die wiederkehrenden Prüfungen in Bezug auf den Explosionsschutz einer Wasserstoffanlage müssen mindestens alle sechs Jahre und von ihren Schutzsystemen, Sicherheits-, Kontroll- und Regelvorrichtungen mindestens alle drei Jahre erfolgen. Lüftungsanlagen, Gaswarneinrichtungen und Inertisierungseinrichtungen müssen jährlich geprüft werden. Die Prüfungen können durch eine befähigte Person nach Anhang 2, Abschnitt 3, Nr. 3.1 und Nr. 3.3 BetrSichV erfolgen.

Bei diesen Prüfungen müssen insbesondere das Explosionsschutzdokument und die Zoneneinteilung berücksichtigt werden. Nach Anhang 2 Abschnitt 3 Nr. 4.1 und Nr. 5.1 BetrSichV ist zu prüfen, ob

- alle benötigten technischen Unterlagen vorhanden und plausibel sind,
- die Anlage entsprechend der Unterlagen errichtet wurde und in sicherem Zustand ist,
- die festgelegten technischen und organisatorischen Maßnahmen geeignet und funktionsfähig sind und

³³ TRBS 1123 „Prüfpflichtige Änderungen von Anlagen in explosionsgefährdeten Bereichen – Ermittlung der Prüfnotwendigkeit gemäß § 15 Abs. 1 BetrSichV“:
<https://www.baua.de/DE/Angebote/Regelwerk/TRBS/TRBS-1123>

- die Prüfungen der Lüftungsanlagen, der Gaswarneinrichtungen, der Inertisierungseinrichtungen und sonstige Geräte und Schutzeinrichtungen geprüft wurden und festgestellte Mängel behoben wurden.

Die TRBS 1201³⁴ mit ihren Teilen 1 und 3 konkretisiert diese Anforderungen.

6.2 Prüfung der Wasserstoffanlage als Druckanlage

Der Abschnitt 4 des Anhangs 2 BetrSichV enthält Prüfvorschriften für überwachungsbedürftige Druckanlagen und Anlagenteile, er gilt somit auch für druckführende Teile der Wasserstoffanlage. Anlagenteile können nach Nr. 2.2 Buchstabe e) in Anhang 2 Abschnitt 4 BetrSichV auch ortsbewegliche Druckgeräte im Sinne der Richtlinie 2010/35/EU³⁷ für ortsbewegliche Druckgeräte (TPED) sein. Die Verantwortung für die Durchführung der Prüfungen liegt beim Betreiber.

Die Prüfungen müssen vor Inbetriebnahme und Wiederinbetriebnahme nach prüfpflichtigen Änderungen sowie wiederkehrend durchgeführt werden. Bei den Prüfungen ist festzustellen, ob

- die benötigten technischen Unterlagen vorhanden und plausibel sind,
- sich die Druckanlage in einem sicheren Zustand befindet und sicher verwendet werden kann und ob
- die festgelegten technischen und organisatorischen Maßnahmen geeignet und funktionsfähig sind.

Wiederkehrende Prüfungen bestehen aus der äußeren Prüfung, der inneren Prüfung und der Festigkeitsprüfung. Die TRBS 1201 Teil 2 geht genauer auf die Anforderungen ein und gibt u. a. Beispiele für prüfpflichtige Änderungen von überwachungsbedürftigen Druckanlagen.

Zunächst wird nachfolgend auf die Prüfständigkeiten (zugelassene Überwachungsstelle bzw. zur Prüfung befähigte Person) und auf die Prüfzeiten für wiederkehrende Prüfungen für allgemeine Druckanlagen und deren Anlagenteile eingegangen. Auf

³⁴ TRBS 1201 „Prüfungen und Kontrollen von Arbeitsmitteln und überwachungsbedürftigen Anlagen“:
<https://www.baua.de/DE/Angebote/Regelwerk/TRBS/TRBS-1201>

Grundlage dessen wird dann in Kapitel 6.2.3 der Fall beschrieben, wenn die Wasserstoffanlage zur technischen Gebäudeausrüstung als verwendungsfertige Druckanlage bzw. verwendungsfertige Maschine verkauft und installiert wird.

6.2.1 Prüfständigkeiten

Die Ständigkeiten für die Prüfung werden in Anhang 2 Abschnitt 4 Nr. 6 BetrSichV beschrieben. Sie hängen ab vom Volumen (V) in Liter und dem Betriebsdruck (PS) in bar der verwendeten Druckgeräte, sowie von der Fluidgruppe des Gases (Fluidgruppe 1: Wasserstoff, Sauerstoff; Fluidgruppe 2: Stickstoff, Umgebungsluft). Dabei sind folgende Tabellen aus Anhang 2 Abschnitt 4 Nr. 6 BetrSichV relevant:

- Tabelle 3: Druckbehälter/ortsbewegliche Druckgeräte für Gase der Fluidgruppe 1;
- Tabelle 4: Druckbehälter/ortsbewegliche Druckgeräte für Gase der Fluidgruppe 2;
- Tabelle 7: einfache Druckbehälter (Behälter mit Luft oder Stickstoff bis 30 bar und maximal 10.000 bar*Liter sowie weiteren Einschränkungen im Sinne der EU-Richtlinie 2014/29/EU über einfache Druckbehälter); sowie
- Tabelle 8: Rohrleitungen für entzündbare Gase.

In Bezug auf Druckbehälter ergeben sich daraus die in Tab. 6.1 vereinfacht zusammengefassten Prüfständigkeiten. Nach Anhang 2 Abschnitt 4 Nr. 6 Tabelle 8 BetrSichV können die Inbetriebnahme-, Wiederinbetriebnahme- und wiederkehrenden Prüfungen von Rohrleitungen bis $PS \cdot DN \leq 2000 \text{ bar} \cdot \text{mm}$ von zur Prüfung befähigten Personen durchgeführt werden, sonst von zugelassenen Überwachungsstellen.

Tab. 6.1 *Prüfständigkeiten nach Nr. 6, Tabellen 3, 4 und 7 Anhang 2 Abschnitt 4 BetrSichV für ortsbewegliche Druckgeräte, die ortsfest verwendet werden (vereinfacht dargestellt)*

Druckgerät	Bei Inbetriebnahme, Wiederinbetriebnahme	Wiederkehrende Prüfung
$25 < PS \cdot V \leq 200$	Zur Prüfung befähigte Person	Zur Prüfung befähigte Person
$200 < PS \cdot V \leq 1.000$	ZÜS	ZÜS oder zur Prüfung befähigte Person
$PS \cdot V > 1.000$	ZÜS	ZÜS

Volumen (V) in Liter und Betriebsdruck (PS) in bar des Druckgeräts

6.2.2 Prüffristen

Die Prüffristen für wiederkehrende Prüfungen an privat betriebenen Wasserstoffanlagen zur Eigenversorgung müssen laut § 15 Abs. 2 MFeuV nicht in einer Gefährdungsbeurteilung ermittelt werden, sondern es können die Höchstfristen angewendet werden. Die maximale Prüffrist für eine Druckanlage und ihre Anlagenteile beträgt nach Anhang 2 Abschnitt 4 Nr. 5 BetrSichV zehn Jahre, für bestimmte Druckanlagen werden jedoch spezielle Höchstfristen in Nr. 7, Tabelle 12 vorgegeben. Die Prüffristen für betrieblich genutzte Anlagen werden in der Gefährdungsbeurteilung bestimmt.

Für Anlagenteile, die durch zugelassene Überwachungsstellen geprüft werden, gelten die Prüffristen (Höchstfristen) in Tab. 6.2 entsprechend Anhang 2 Abschnitt 4 Nr. 5.8 Tabelle 1 BetrSichV.

Tab. 6.2 *Anzuwendende Höchstfristen für wiederkehrende Prüfungen von Anlagenteilen einer Druckanlage, die durch zugelassenen Überwachungsstellen geprüft werden müssen (nach Tabelle 1 Abschnitt 4 Anhang II BetrSichV)*

Anlagenteil	Äußere Prüfung	Innere Prüfung	Festigkeitsprüfung
Druckbehälter nach Nr. 6 Tabelle 3 und 4 (siehe oben)	2 Jahre	5 Jahre	10 Jahre
Einfache Druckbehälter nach Nr. 6 Tabelle 7	Entfällt	5 Jahre	10 Jahre
Rohrleitungen nach Nr. 6 Tabelle 8	5 Jahre	Entfällt	5 Jahre

Für wiederkehrende Prüfungen von besonderen Druckanlagen bzw. Anlagenteilen nach Anhang 2 Abschnitt 4 Nr. 7 BetrSichV, die durch zur Prüfung befähigte Personen durchgeführt werden können, gelten die in Tab. 6.3 dargestellten Prüffristen (Höchstfristen) entsprechend Anhang 2 Abschnitt 4 Nr. 7 Tabelle 12 BetrSichV.

Tab. 6.3 *Anzuwendende Höchstfristen für wiederkehrende Prüfungen von Anlagen-
teilen einer Druckanlage, die durch zur Prüfung befähigte Personen und
nicht durch zugelassenen Überwachungsstellen geprüft werden dürfen*

Prüfgegenstand	Äußere Prüfung	Innere Prüfung	Festigkeits- prüfung	Nummer in Tabelle 12 Abschnitt 4 Anhang 2 BetrSichV
Rohrleitungen aus Nr. 6 Tabelle 8	5 Jahre	Entfällt	5 Jahre	7.5
Nicht erdgedeckte Druckbehälter nach Nr. 6 Tabellen 3 und 4	2 Jahre	10 Jahre	10 Jahre	7.14 c
Ortsbewegliche Druck- geräte, die auf dem Betriebsgelände verwendet werden	10 Jahre	10 Jahre	10 Jahre	7.29 b

6.2.3 Wasserstoffanlage als verwendungsfertige Druckanlage oder verwendungsfertige Maschine

Wenn Wasserstoffanlagen der technischen Gebäudeausrüstung als verwendungsfertige Druckanlage oder verwendungsfertige Maschine mit integrierten Druckgeräten vom Hersteller verkauft und installiert werden, gelten nach Anhang 2 Abschnitt 4 Nr. 7.25 Tabelle 12 BetrSichV spezielle Prüfanforderungen für diese Anlagen.

Die Prüfständigkeit bei Inbetriebnahme bzw. Wiedereinbetriebnahme hängt demnach von der Einstufung als Maschine oder Druckanlage ab (näheres dazu im technischen Leitfaden für PtG-Anlagen aus PORTAL GREEN):

- als verwendungsfertige Druckanlage darf die Prüfung durch eine zur Prüfung befähigte Person durchgeführt werden, wenn $PS \cdot V \leq 1000 \text{ bar} \cdot \text{Liter}$ ist, sonst durch eine zugelassene Überwachungsstelle;
- für Druckgeräte in verwendungsfertigen Maschinen gelten die Prüfpflichten entsprechend Anhang 2 Abschnitt 4 Nr. 6 Tabellen 3 bis 6 BetrSichV (siehe Kapitel 6.2.1).

Die Prüffristen für wiederkehrende Prüfungen sind:

- Höchstfristen für Prüfungen durch zugelassene Überwachungsstellen nach Anhang 2 Abschnitt 4 Nr. 5.8 Tabelle 1 BetrSichV, die in Tab. 6.2 abgebildet ist;
- für Prüfungen durch zur Prüfung befähigte Personen nach Anhang 2 Abschnitt 4 Nr. 5.9. BetrSichV gelten Höchstfristen von zehn Jahren (unter bestimmten Voraussetzungen 15 Jahre für Festigkeitsprüfungen).

7 Technische Anforderungen an Wasserstoffanlagen

Eine Wasserstoffanlage in der technischen Gebäudeausrüstung, die zur Eigenversorgung genutzt wird, muss unterschiedliche Anforderungen erfüllen, auf die in diesem Kapitel eingegangen wird. Dazu werden im Unterkapitel 7.1 der Aufbau und die wesentlichen Komponenten einer Wasserstoffanlage dargestellt. Die weiteren Kapitel behandeln

- die Nutzung der Abwärme (Unterkapitel 7.2),
- Anforderungen an den Aufstellraum der Wasserstoffanlage (Unterkapitel 7.3),
- die Geräuscentwicklung einer Wasserstoffanlage (Unterkapitel 7.4) sowie
- wesentliche sicherheitsrelevante Systeme und Komponenten (Unterkapitel 7.5).

Abschließend werden im Unterkapitel 7.6 typische Parameter einer Wasserstoffanlage beschrieben und exemplarisch die Auslegung der Anlage skizziert.

7.1 Aufbau und Komponenten einer Wasserstoffanlage

Hier wird zunächst der generelle Aufbau einer Wasserstoffanlage dargestellt. Anschließend wird auf einzelne Komponenten (Leitungen, Speicher) sowie auf die Wasserversorgung und -ableitung und die elektrischen Einrichtungen eingegangen. Abschließend werden unterschiedliche notwendige Kennzeichnungen der Wasserstoffanlage, der Speicher und deren Leitungen dargestellt. Die Sicherheitsfunktionen einer Wasserstoffanlage werden im Kapitel 7.5 beschrieben.

7.1.1 Genereller Aufbau

Eine Wasserstoffanlage für die Eigenversorgung dient im privaten Bereich in der Regel als saisonaler Energiespeicher. Der typische Anwendungsfall ist, dass überschüssiger Strom, der insbesondere im Sommerhalbjahr durch eine installierte Photovoltaik-Anlage erzeugt wird, zum Betrieb eines Elektrolyseurs verwendet wird. Der dabei erzeugte Wasserstoff wird in einem Gasspeicher gelagert und nachts oder im Winterhalbjahr in einer Brennstoffzelle oder einem Blockheizkraftwerk in Strom und Wärme umgewandelt. Zusätzlich kann Strom aus dem öffentlichen Netz für die Wasserstoffherzeugung genutzt werden, beispielsweise wenn der Wasserstoff als Treibstoff oder technisches Gas benötigt wird.

Entsprechende Anlagen sind ähnlich aufgebaut und unterscheiden sich nur in Details bzw. in der Leistungsgröße. Wie in Abb. 7.1 gezeigt, sind die Hauptkomponenten

- die Elektrolyseanlage, in der unter Verwendung von elektrischem Strom Wasserstoff und Sauerstoff aus Wasser gewonnen werden,
- der Wasserstoffspeicher (in der Regel bestehend aus einem oder mehreren Bündeln von Stahlflaschen) und
- die Brennstoffzelle oder ein wasserstoffgeeignetes Blockheizkraftwerk zur Umwandlung des gespeicherten Wasserstoffs in Strom und Wärme.

Optional kann ein Verdichter Teil der Anlagenkonfiguration sein, wenn die Speicherung des Wasserstoffs auf einem höheren Druckniveau als dem Ausgangsdruck der Elektrolyse (häufig 35 bar) erfolgen soll. Dies ermöglicht die Speicherung von mehr Wasserstoff im gleichen Speichervolumen. Im Fall der Nutzung eines Verdichters wird der Wasserstoff üblicherweise bei bis zu 300 bar gespeichert. Dabei ist darauf zu achten, dass die verwendeten Druckgasflaschen für dieses Druckniveau geeignet und zugelassen sind.

Die in Abb. 7.1 dargestellte Schnittstelle zwischen Elektrolyse, Speicher und Brennstoffzelle bzw. Blockheizkraftwerk ist in der Regel als Schnittstellentafel ausgeführt, auf der sich angepasst an den jeweiligen Anwendungsfall u. a. Sicherheitsventile, Druckminderer und über die Anlagensteuerung bediente Magnetventile befinden.

Um die Wasserstoffanlage sinnvoll in ein Gebäudeenergiesystem zu integrieren, ist eine übergeordnete Steuerung (Energiemanagementsystem) notwendig. Dieses System entscheidet, wann aus Stromüberschüssen Wasserstoff produziert und eingespeichert wird und wann aus dem gespeicherten Wasserstoff wieder Strom und Wärme produziert wird. Als Hauptbedienparameter dient eine Leistungsvorgabe für die Produktion von Wasserstoff oder ein Leistungsabruf zur Produktion von Strom und Wärme.

Abhängig von der Größe der Anlage ist eine Aufstellung in einem geeigneten Raum innerhalb eines Gebäudes oder außerhalb (z. B. ausgeführt als Container) möglich.

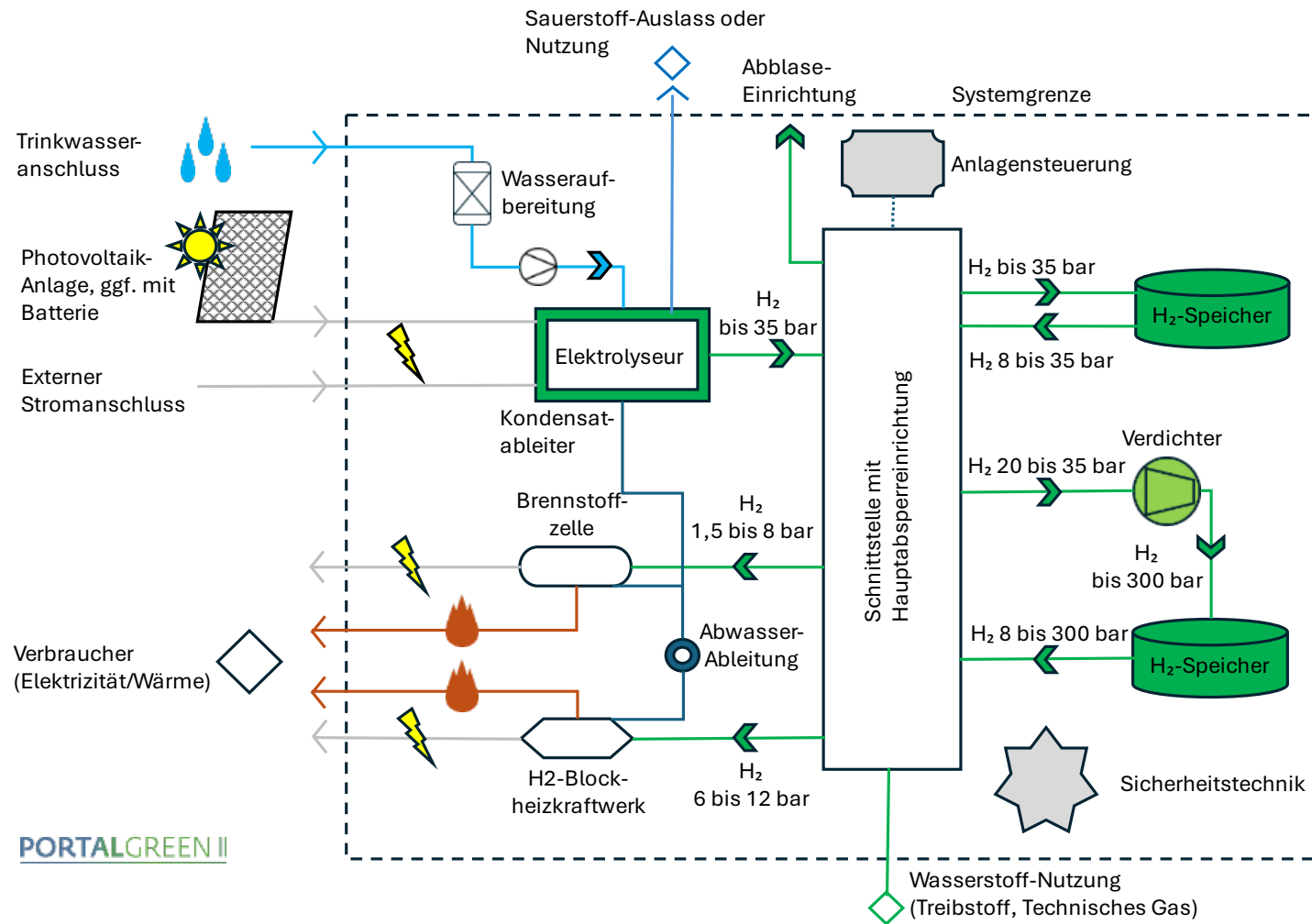


Abb. 7.1 Schematischer Aufbau einer Wasserstoffanlage zur Eigenversorgung

7.1.2 Wasserstoffleitungen

Wasserstoffleitungen außerhalb der Wasserstoffanlage, bspw. zu einem externen Speicher oder zu einem Verbraucher, können sowohl im Gebäude als auch außerhalb eines Gebäudes an der Oberfläche oder unter der Erde verlegt sein. Hierfür sind die relevanten Normen bzw. Technischen Regeln anzuwenden, beispielsweise die

- Normenreihe der DIN EN 13480 „Metallische industrielle Rohrleitungen“ und zusätzlich
- im betrieblichen Umfeld die Vorgaben aus dem ÜAnIG, sowie der BetrSichV und der GefStoffV mit den unterlagerten Technischen Regeln wie der TRBS 3146 und der TRGS 746³⁵.

Bei der Ausführung von Leitungen in Gebäuden (dies umfasst sowohl elektrische Leitungen als auch Rohrleitungen einschließlich zugehöriger Armaturen, Messeinrichtungen, Steuer-, Regel- und Sicherheitseinrichtungen, Netzgeräte, Verteiler und Dämmstoffe für die Leitungen) sind die brandschutztechnischen Vorschriften der im jeweiligen Bundesland gültigen Leitungsanlagen-Richtlinie einzuhalten (siehe Kapitel 3.3). Demnach müssen Leitungsanlagen so geplant und ausgeführt werden, dass im Brandfall eine Ausbreitung von Feuer und Rauch über bestimmte Zeiträume verhindert wird. Die Vorgaben gelten insbesondere für Leitungsanlagen in Rettungswegen (Treppenhäusern, Fluren) oder bei der Durchführung durch raumabschließende Bauteile (Decken oder Wände; nicht in Gebäuden der Gebäudeklassen 1 und 2 was Einfamilienhäusern entspricht und auch nicht in Nutzungseinheiten < 400 m²).

Betrieblich genutzte oberirdische Leitungen müssen außerhalb von Verkehrsbereichen verlegt werden (siehe Kapitel 4.4, Abs. 11 TRBS 3146). Zudem müssen weitere mögliche mechanische Einwirkungen berücksichtigt werden. Zum Schutz der Leitung können je nach Leitungsgröße und Länge die Verlegung in Kanälen oder zusätzliche bauliche Absperrungen bzw. Hindernisse eingesetzt werden. Die DIN 13480-4 gibt weitere Vorgaben für die Verlegung zu den anderen Teilen der DIN EN 13480.

³⁵ TRBS 3146/TRGS 746 „Ortsfeste Druckanlagen für Gase“:
<https://www.baua.de/DE/Angebote/Regelwerk/TRGS/TRGS-746.html>

Für erdverlegte Rohrleitungen ist die DIN EN 13480-6 anzuwenden. Demnach werden Rohrleitungen in der Regel mit 80 cm Überdeckung verlegt, je nach Schutz können Leitungen auch zwischen 40 cm bis 100 cm vergraben sein. Die Rohrleitungen müssen gegen mechanische Belastungen und Korrosion geschützt sein. Zudem wird der Verlauf der Rohrleitung durch eine Beschilderung an der Oberfläche angezeigt und durch ein darüber verlaufendes Warnband (i. d. R. gelb mit schwarzer Schrift) gekennzeichnet (siehe auch Kapitel 7.1.6).

7.1.3 Wasserstoffspeicherung

In Bezug auf die Wasserstoffspeicherung werden im § 14 MFeuV sicherheitstechnische Anforderungen an ortsfeste Druckgasspeicher formuliert.

- Sie sind im Freien aufzustellen.
- Wird ein Witterungsschutz (siehe auch Kapitel 2.3) vorgesehen, ist dieser so auszubilden, dass sich im Fall einer Leckage keine Wasserstoffansammlung bilden kann.
- Weiterhin sind sie mit Hauptabsperreinrichtungen auszustatten und
- Sie sind dauerhaft und gut sichtbar zu kennzeichnen und mit dem Hinweis „Feuer, offenes Licht, Rauchen verboten“ zu versehen (siehe hierzu ergänzend Kapitel 2.3 und Kapitel 7.1.6).

Diese Vorgaben gelten auch für Speicher von Wasserstoffanlagen, die nach § 61 Abs. 1 Buchstabe e) die Erzeugung und Nutzung in einem Gerät kombinieren (siehe Kapitel 4.1.1).

Die grundlegenden Anforderungen an Druckgeräte werden in der Richtlinie 2014/68/EU³⁶ (PED) für ortsfeste Druckgeräte sowie der Richtlinie 2010/35/EU³⁷ (TPED) für ortsbewegliche Druckgeräte vorgegeben. Die PED beschreibt Anforderungen für ortsfeste Druckgeräte und Baugruppen mit einem maximal zulässigen Druck von über 0,5 bar. In Artikel 2 Abs. 1 der PED wird der Begriff „ortsbewegliche Druckgeräte“ definiert. Darin werden alle Druckgefäße, Tanks oder Gascontainer eingeschlossen, die von der „Richtlinie über die Beförderung gefährlicher Güter im Binnenland“ (Richtlinie

³⁶ Richtlinie 2014/68/EU: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32014L0068>

³⁷ Richtlinie 2010/35/EU: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32010L0035>

2008/68/EG³⁸) erfasst werden. In Artikel 1 Abs. 2 der PED werden Ausnahmen vom Geltungsbereich der PED genannt. Zum Beispiel werden Druckgeräte, die unter die TPED fallen, nicht berücksichtigt. Gasspeicher (z. B. Flaschenbündel oder Tanks) zur Speicherung des Wasserstoffs aus Wasserstoffanlagen für die technische Gebäudeausrüstung werden üblicherweise bei 35 bis 300 bar betrieben. Gasspeicher zur Speicherung des erzeugten Wasserstoffs fallen somit in den Geltungsbereich der PED. Ortsbewegliche Druckgeräte gemäß TPED können grundsätzlich auch ortsfest eingesetzt werden. In diesem Fall sind die entsprechenden Prüfanforderungen nach Anhang 2 Abschnitt 4 BetrSichV für ortsbewegliche Druckgeräte, die ortsfest verwendet werden (siehe Kapitel 6.2), einzuhalten.

Für ortsfeste und ortsbewegliche Druckgeräte gelten unterschiedliche Anforderungen. Für ortsfeste Druckgeräte gelten die in Anhang I der PED aufgeführten wesentlichen Sicherheitsanforderungen. Für ortsbewegliche Druckgeräte gelten die in der Richtlinie 2008/68/EG aufgeführten Anforderungen (Anhang I für die Beförderung auf der Straße, Anhang II für die Beförderung im Eisenbahnverkehr, Anhang III für die Beförderung auf Binnenwasserstraßen). Für ortsfeste Druckbehälter wird von einer erheblich höheren Lastwechselzahl ausgegangen als dies für ortsbewegliche Druckbehälter der Fall ist. Die Erfüllung der Anforderungen ist durch den Hersteller sicherzustellen und durch eine Konformitätsbewertung entsprechend den Vorgaben der jeweiligen Richtlinie nachzuweisen und zu dokumentieren. Die Erfüllung der geltenden Anforderungen wird durch das Anbringen einer CE-Kennzeichnung auf ortsfesten Druckgeräten bzw. einer Pi-Kennzeichnung auf ortsbeweglichen Druckgeräten optisch erkennbar gemacht.

Für betrieblich genutzte ortsfeste Druckgasbehälter sind weiterhin die Anforderungen der TRBS 3146/TRGS 746 „Ortsfeste Druckanlagen für Gase“ sowie der Technischen Leitlinie IGV-TL-01B- Rev 4³⁹ des Industriegaseverbands zu berücksichtigen. Zusätzlich sind nach dem Abschnitt 10 der TRGS 510 „Lagerung von Gefahrstoffen in ortsbeweglichen Behältern“⁴⁰ Informationen zu organisatorischen, baulichen und weiteren Schutzmaßnahmen bei der Lagerung von Gasen unter Druck zu entnehmen.

³⁸ Richtlinie 2008/68/EG: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32008L0068>

³⁹ IGV-TL-01B-Rev 4: https://www.industriegaseverband.de/download-file/IGV-TL-01B-Rev4_Tankaufstellung_2022-01-31_final.pdf

⁴⁰ TRGS 510 „Lagern von flüssigen und festen Gefahrstoffen in ortsfesten Behältern sowie Füll- und Entleerstellen für ortsbewegliche Behälter“: <https://www.baua.de/DE/Angebote/Regelwerk/TRGS/TRGS-510>

7.1.4 Wasserversorgung und Abwasserableitung

Gemäß einer Studie des DVGW⁴¹ sind etwa 12 bis 13 Kilogramm Prozesswasser für die Elektrolyse von einem Kilogramm Wasserstoff erforderlich (auf die Produktionskapazität einer Wasserstoffanlage wird im Kapitel 7.6.3 eingegangen). Für Wasserstoffanlagen zur Eigenversorgung erfolgt die Versorgung mit Prozesswasser in der Regel aus dem öffentlichen Wassernetz. Da für die Elektrolyse demineralisiertes Wasser benötigt wird, ist dem Elektrolyse-Stack eine Wasseraufbereitung vorgeschaltet. Die Details sind mit dem Anlagenhersteller zu besprechen.

Die Kühlung der Wasserstoffanlage zur technischen Gebäudeausrüstung kann entweder mit Luft oder Wasser erfolgen. Im Falle einer Kühlung mit Wasser kann der Wasserbedarf durch die Wiederverwendung des abgekühlten Kühlwassers (Umlaufkühlung) im Vergleich zu anderen Kühlverfahren (Durchlaufkühlung) deutlich reduziert werden. Entsprechend der Studie des DVGW sind bei der Umlaufkühlung etwa 29 – 53 kg für 1 kg Wasserstoff aufgrund von Verdunstung bzw. sonstiger Verluste notwendig).

Der bei der Umwandlung von Wasserstoff in Strom und Wärme in einer Brennstoffzelle oder einem Blockheizkraftwerk anfallende Wasserdampf muss abgeleitet werden. Zu diesem Zweck dient ein Kondensatableiter, der in der Regel zum Schutz vor Korrosion durch das Kondensat aus Edelstahl gefertigt wird. Der Kondensatableiter muss mit einer Erdung versehen und für den Einsatz in explosionsgefährdeten Bereichen geeignet sein (siehe Kapitel 7.5.1).

7.1.5 Elektrische Einrichtungen

Die elektrischen Einrichtungen erfüllen zentrale Aufgaben für den Betrieb und die Sicherheit von Wasserstoffanlagen. Sie ermöglichen die automatisierte Steuerung, die optimierte Energieverteilung und den sicheren Betrieb im Kontext einer zunehmend digitalisierten Gebäudetechnik. Neben der technischen Funktionalität spielen auch Energieeffizienz, Systemintegration und IT-Sicherheit eine immer wichtigere Rolle.

⁴¹ DVGW „Gesamtbedarf für die Wasserelektrolyse – Wie groß ist der Wasserfußabdruck einschließlich der Kühlsysteme“:
<https://www.dvgw.de/leistungen/publikationen/publikationsliste/h2o-gesamtbedarf-fuer-elektrolyse>

Alle elektrischen Betriebsmittel in explosionsgefährdeten Bereichen sind in geeigneter Zündschutzart gemäß IEC 60079 auszulegen (z. B. Zündschutzarten Eigensicherheit „i“, druckfeste Kapselung „d“, Überdruckkapselung „p“). Entsprechende Zonen- und Temperaturklassen müssen als Teil des Explosionsschutzkonzepts eindeutig gekennzeichnet und dokumentiert werden. Zusätzlich ist ein zuverlässiges Erdungs- und Potenzialausgleichskonzept erforderlich, insbesondere zur Vermeidung elektrostatischer Aufladungen, um Fehlfunktionen durch äußere Einwirkungen auszuschließen.

Nachfolgend werden die wesentlichen elektrischen Systeme überblicksartig beschrieben.

Elektrisches Energieversorgungssystem

Das elektrische Energieversorgungssystem dient dazu, die Elektrolyseanlage mit dem für den Betrieb benötigten Gleichstrom zu versorgen. Wird die Elektrolyse mit Strom aus dem öffentlichen Stromnetz betrieben, beinhaltet das elektrische Energieversorgungssystem einen Niederspannungstransformator, einen Gleichrichter und eine Gleichstromverteilung, mit denen der aus dem Stromnetz entnommene Wechselstrom in Gleichstrom umgewandelt und der Elektrolyseanlage zugeführt wird. Wird die Elektrolyse ausschließlich mit Gleichstrom aus einer hauseigenen Photovoltaik-Anlage gespeist, ist keine Spannungsumwandlung erforderlich.

Auch die Versorgung aller Sicherheits- und Hilfssysteme wird durch das elektrische Energieversorgungssystem sichergestellt. Die eingesetzten Komponenten müssen über geeignete Überwachungs- und Schutzeinrichtungen verfügen (z. B. für Überlast, Überstrom, Kurzschluss, Übertemperatur), um elektrische Gefährdungen sowie das Entstehen von Zündquellen zu vermeiden. Gleichzeitig müssen Vorkehrungen für das Eintreten von Netzausfällen oder Schutzabschaltungen sicherheitsrelevanter Einrichtungen in Kraft sein, die entweder den sicheren Weiterbetrieb der Gesamtanlage oder ein sicheres Abfahren gewährleisten.

Steuerungs- und Automatisierungssysteme

Wasserstoffanlagen müssen über ein Steuerungssystem verfügen, das die Sicherheit und eine zuverlässige Wasserstofferzeugung gewährleistet. Die zentrale Aufgabe der Steuerung besteht darin, den Betrieb des Elektrolyseurs, des Verdichters, der Wasserstoffspeicher, der Brennstoffzelle sowie etwaiger Hilfssysteme wie Kühlung, Ventilation

oder Sicherheitsfunktionen zu koordinieren. Außerdem erfolgt über die Steuerung die Integration in übergeordnete Systeme (z. B. Energiemanagementsystem). Zur Anlagensteuerung wird üblicherweise eine speicherprogrammierbare Steuerung eingesetzt.

Die Koordination der verschiedenen Teilsysteme und Komponenten miteinander erfolgt meist über programmierte Prozessschritte, sogenannte Sequenzsteuerungen. Zudem überwacht die Steuerung sämtliche prozess- und sicherheitsrelevanten Größen (u. a. Zellstrom, Zellspannung, Temperatur, Druck, Gasreinheit). Beispielsweise werden beim Startvorgang eines Elektrolyseurs zunächst bestimmte Sensorwerte geprüft, eine Spülung eingeleitet und anschließend die Spannungsversorgung aktiviert.

Die Steuerung muss so konzipiert sein, dass im Störfall automatisch geeignete Schutzmaßnahmen (z. B. kontrollierte Abschaltung, Aktivierung der Havarielüftung) eingeleitet werden. Sie muss hinsichtlich sicherheitsgerichteter Funktionen gemäß relevanter Normen (z. B. DIN EN 61511-1 zur Funktionalen Sicherheit, DIN EN ISO 13849-1 zur Sicherheit von Maschinensteuerungen) entwickelt und validiert werden.

Energiemanagementsystem

Ein Energiemanagementsystem ist ein technisches System, das sämtliche Energieflüsse in einem Gebäude oder Quartier erfasst, bewertet, steuert und optimiert. Ziel ist es, Energieverbrauch und -erzeugung in Einklang zu bringen und die Energieeffizienz zu steigern, Betriebskosten zu senken und die Umweltbelastung zu reduzieren, wozu es bestimmte Betriebspunkte im Hinblick auf Wirtschaftlichkeit, Autarkie oder CO₂-Bilanz priorisiert. Dafür werden Daten aus verschiedenen Quellen im Gebäude (z. B. Photovoltaik-Anlagen, Batteriespeicher, Wasserstoffkomponenten, Stromzähler, Wärmepumpen, Ladepunkte für Elektrofahrzeuge oder klassische elektrische Verbraucher wie Beleuchtung, Heizung, ...) sowie zu äußeren Bedingungen (Stromtarifen, Wetterdaten oder Verbrauchsmuster) gesammelt. Auf Basis dieser Daten analysiert das Energiemanagementsystem in Echtzeit den Energiebedarf und passt die Betriebsstrategie dynamisch an. Verbrauchs-, Erzeugungs- und Speicherzustände werden kontinuierlich aufgezeichnet und in Form grafischer Benutzeroberflächen nutzergerecht aufbereitet und dargestellt.

Sicherheits- und Überwachungssysteme der Anlage

Die sicherheitstechnische Überwachung umfasst Sensorik zur Erfassung von Wasserstoffkonzentrationen, Drücken, Temperaturen und Leckagen. Für den Fall eines

Netzausfalls müssen Wasserstoffanlagen in einen sicheren Zustand überführt werden, wenn sie nicht im Inselbetrieb (ohne externe elektrische Energieversorgung) betrieben werden können. Kritische Verbraucher sollten über eine Notstromversorgung abgesichert sein. Bei inselnetzfähigem Betrieb, z. B. in Kombination mit Photovoltaik-Anlagen oder Wasserstoffspeichern, sind zusätzliche Schutzmechanismen (z. B. Synchronerotorregelung, Schwarzstartfähigkeit) vorzusehen.

Kommunikations- und Fernüberwachungssysteme

In der Regel sind Wasserstoffanlagen netzwerkfähig und ermöglichen einen Fernzugriff für Diagnose- und Wartungszwecke. Auch die zeitliche Synchronisation von Betriebsdaten für eine rückverfolgbare Ereignisprotokollierung ist möglich. Zudem erfordert der Betrieb eines integrierten Gesamtsystems die Kommunikation der jeweiligen Steuerungsmodule untereinander. Für die Einbindung solcher Systeme ist eine Absicherung gegen unbefugten Zugriff (z. B. durch Firewalls, TLS⁴²-Verschlüsselung, VPN⁴³, Benutzerrollen) vorzusehen.

Ab Dezember 2027 müssen entsprechende Systeme mit Kommunikations- oder Fernzugriffsmöglichkeiten (bzw. Internetanschluss) die Anforderungen des „Cyber-Resilience-Act“ der EU erfüllen, was Hersteller dieser Systeme mit dem CE-Kennzeichen bestätigen müssen. Nähere Informationen dazu werden vom Bundesamt für die Sicherheit in der Informationstechnik gegeben⁴⁴. Beim Kauf entsprechender Geräte sollte daher auf die CE-Kennzeichnung geachtet werden.

Elektrische Hilfssysteme

Elektrisch betriebene Hilfssysteme wie Umwälzpumpen, Gebläse, Ventilaktuatoren, Heizsysteme oder Wasservorbehandlungsanlagen werden entweder direkt durch die zentrale Anlagensteuerung oder über dezentrale Steuerungseinheiten angesteuert. Auch hier gelten Anforderungen an die Absicherung, etwa gegen Überlast, Fehlansteuerung oder Ausfall. Besonders sicherheitskritische Aggregate wie Wasserstoff-

⁴² TLS: Transport Layer Security, Sicherheitsprotokoll zur sicheren Datenübertragung im Internet

⁴³ VPN: Virtual Private Network

⁴⁴ Hintergrund zum Cyber-Resilience-Act: https://www.bsi.bund.de/DE/Themen/Verbraucherinnen-und-Verbraucher/Informationen-und-Empfehlungen/Technologien_sicher_gestalten/CRA-einfach-erklart/cra-einfach-erklart_node.html

absaugungen oder Notlüftungseinrichtungen sind mit redundanter Stromversorgung und Notlaufsteuerung zu versehen. Eine unterbrechungsfreie Stromversorgung kann zur Überbrückung kurzer Stromausfälle kritischer Systeme eingesetzt werden.

7.1.6 Kennzeichnungen

Die Wasserstoffanlage, Leitungen, Speicher sowie explosionsgefährdete Bereiche und Geräte, die darin eingesetzt werden sollen, müssen in unterschiedlicher Weise gekennzeichnet sein. Die notwendigen Kennzeichnungen wurden bereits an den unterschiedlichen Stellen beschrieben und werden hier noch einmal zusammengefasst.

Grundlegend für alle Produkte, die innerhalb der EU in Verkehr gebracht werden, ist die CE-Kennzeichnung. Damit zeigt der Hersteller an, dass diese Produkte einer Konformitätserklärung unterzogen wurden. Dies gilt sowohl für die Wasserstoffanlage als auch ggf. deren Teile.

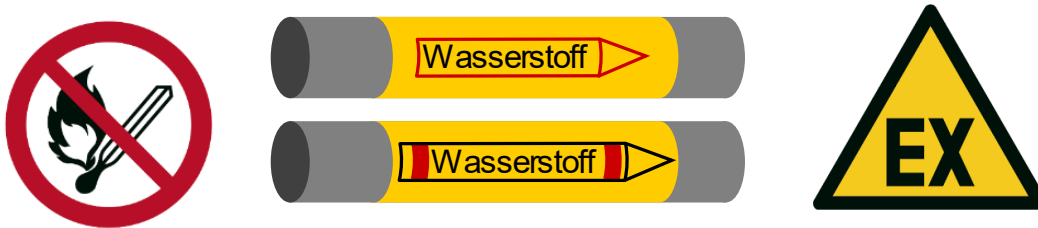


Abb. 7.2 *Links: Verbotszeichen P003 „Keine offene Flamme; Feuer, offene Zündquelle und Rauchen verboten“;
Mitte: Beispiel für mögliche Kennzeichnungen einer Wasserstoff-Leitung;
Rechts: Warnzeichen D-W021: Warnung vor explosionsfähiger Atmosphäre.*

Der Wasserstoffspeicher wird nach § 14 Abs. 5 MFeuV mit „Feuer, offenes Licht, Rauchen verboten“ gekennzeichnet (siehe Abb. 7.2 (links) sowie Kapitel 2.3 und 7.1.3). Die Druckbehälter werden mit der Bezeichnung des Stoffes sowie den Gefahrenpiktogrammen (entsprechend CLP-Verordnung) der jeweiligen Hauptgefahren gemäß TRGS 201⁴⁵ gekennzeichnet. Allgemeine Anforderungen an die Kennzeichnung, inkl. dem Verweis

⁴⁵ TRGS 201 „Einstufung und Kennzeichnung bei Tätigkeiten mit Gefahrstoffen“:
<https://www.baua.de/DE/Angebote/Regelwerk/TRGS/TRGS-201.html>

auf die für die Kennzeichnung relevanten Abschnitte 2 und 3 der GefStoffV und auf die CLP-Verordnung werden in Kap. 4.3 der TRGS 201 gegeben. Darüber hinaus finden sich Anforderungen an die Kennzeichnung ortsfester Einrichtungen (zu denen auch Rohrleitungen für den innerbetrieblichen Transport zählen) in Kap. 4.5 der TRGS 201.

Rohrleitungen werden nach Anhang 3 der TRGS 201 entsprechend der Gruppe des darin befindlichen Stoffes mit unterschiedlichen Farben gekennzeichnet und jeweils auch die Durchflussrichtung angezeigt.

- Wasserstoffleitungen (Gruppe „brennbare Gase“) werden mit Gelb als Hintergrundfarbe, Rot als zweiter Farbe (bspw. als Rahmen) und mit schwarzer Beschriftung, i. d. R. „Wasserstoff“, gekennzeichnet (siehe Abb. 7.2, mittig),
- Sauerstoffleitungen sind blau mit weißer Aufschrift, z. B. „Sauerstoff“,
- Wasserleitungen sind grün mit weißer Aufschrift, z. B. „Wasser“ und
- Wasserdampfleitungen sind rot mit weißer Aufschrift, z. B. „Wasserdampf“.

Leitungen unter der Erde werden ggf. durch ein darüber liegendes Warnband (i. d. R. gelb mit schwarzer Schrift) gekennzeichnet. Weiterhin werden sie in der Regel durch freisichtbare gelbe Beschilderungen an der Oberfläche angezeigt.

Explosionsgefährdete Bereiche (siehe Kapitel 7.5.1) sind nach Anhang I Nr. 1.6, Abs. 5 GefStoffV mit einem Zeichen wie in Abb. 7.2 (rechts) zu kennzeichnen. Geräte, die in explosionsgefährdeten Bereichen eingesetzt werden, müssen dafür ausgelegt und entsprechend gekennzeichnet sein (siehe Kapitel 7.5.1). Zusätzlich muss der Aufstellraum einer Wasserstoffanlage mit „Wasserstoffanlage“ gekennzeichnet sein (siehe Kapitel 7.3).

7.2 Nutzung von Abwärme

Je nachdem, ob eine Brennstoffzelle oder ein Blockheizkraftwerk für die Verstromung des gespeicherten Wasserstoffs genutzt wird, kann von verschiedenen elektrischen Wirkungsgraden ausgegangen werden. Der elektrische Wirkungsgrad einer Brennstoffzelle liegt im Bereich von etwa 60 bis 70 %, der eines Blockheizkraftwerks bei 30 bis 40 %. Die restliche im Wasserstoff gespeicherte Energie wird in beiden Fällen in Form von

Wärme im Nieder- oder Mitteltemperaturbereich freigesetzt. Eine Nutzung dieser Abwärme zur Steigerung des Gesamtwirkungsgrades bietet sich daher an.

Zur Nutzung der Abwärme kann die in der Brennstoffzelle (elektro-chemische Reaktion) oder dem Blockheizkraftwerk (Verbrennung) freiwerdende Wärme von mit Wasser gefüllten Kühlkanälen des Aggregats aufgenommen und an einen Wärmetauscher weitergeleitet werden. Die so gewonnene Wärme kann zur Raumbeheizung oder zur Trinkwassererwärmung genutzt werden.

7.3 Aufstellraum einer Wasserstoffanlage

Im ersten Unterkapitel wird auf die Anforderungen an den Raum einer Wasserstoffanlage eingegangen, im nachfolgenden Unterkapitel auf die Dimensionierung der natürlichen Be- und Entlüftungsöffnungen.

7.3.1 Anforderungen an den Raum

Entsprechend § 42 Abs. 2 MBO dürfen Wasserstoff-Elektrolyseure und Brennstoffzellen, die als technische Gebäudeausrüstung genutzt werden, nur in Räumen aufgestellt werden, wenn dadurch keine Gefahren entstehen. Dies gilt insbesondere als erfüllt, wenn die Anforderungen der MFeuV erfüllt werden.

Nach § 11 Abs. 1 MFeuV dürfen genutzte Wasserstoffanlagen zur Eigenversorgung nur in Räumen aufgestellt werden, wenn diese Räume

- keine Öffnungen zu anderen Räumen, ausgenommen Öffnungen für dicht- und selbstschließende Türen haben,
- ausreichend unmittelbar ins Freie be- und entlüftet werden können,
- nicht anderweitig genutzt werden, ausgenommen für die zugehörigen Installationen und zur Aufstellung von Feuerstätten mit einer Nennleistung von insgesamt nicht mehr als 100 kW (Wasserstoffanlagen zählen nicht zu den Feuerstätten). Gemäß Begründung zur MFeuV wurde dies ermöglicht, um in Bestandsgebäuden eine kombinierte Nutzung von Feuerstätten und Wasserstoffanlagen zu ermöglichen.

Wasserstoffanlagen, die nach § 61 Abs. 1 Buchstabe e) die Erzeugung, Nutzung und gleichzeitig die Speicherung in einem Gerät kombinieren, dürfen jedoch nicht in Räumen betrieben werden, da sich der Speicher im Freien befinden muss (siehe Kapitel 4.1.1).

Nach § 11 Abs. 2 MFeuV darf sich Wasserstoff in Aufstellräumen von Wasserstoffanlagen nicht in gefährdender Menge ansammeln. Dies gilt als erfüllt, wenn

- aus Wasserstoffanlagen kein Wasserstoff austritt,
- Komponenten von Wasserstoffanlagen über eine CE-Kennzeichnung verfügen,
- die Aufstellung der Wasserstoffanlagen entsprechend den Herstellerangaben erfolgt und
- Verbindungen von Gasleitungen dauerhaft technisch dicht ausgeführt werden.

Gemäß Begründung zur MFeuV⁴⁶ sind andere Maßnahmen zur Vorbeugung gefährdender Wasserstoffansammlungen (z. B. eine ständige oder durch Wasserstoffdetektion gesteuerte Be- und Entlüftung) im Einzelfall möglich, bedürfen aber zusätzlicher Nachweise sowie einer bauaufsichtlichen Abweichungsentscheidung nach § 67 MBO.

Die Frage, ab wann es sich bei entzündbaren Gasen um eine gefährdende Ansammlung handelt, wird in TRGS 721 diskutiert. Dort heißt es in Kap. 3.4.3, dass mehr als 10 l zusammenhängende explosionsfähige Atmosphäre in geschlossenen Räumen unabhängig von der Raumgröße als gefährliche explosionsfähige Atmosphäre angesehen werden muss. Auch kleinere Mengen können in Räumen von weniger als etwa 100 m³ oder, wenn sie sich in unmittelbarer Nähe von Menschen befinden, gefährdend sein. Eine grobe Abschätzung ist mit Hilfe der Faustregel möglich, dass in solchen Räumen explosionsfähige Atmosphäre von mehr als einem Zehntausendstel des Raumvolumens gefährdend sein kann, also z. B. in einem Raum von 80 m³ bereits 8 Liter. Es gilt dann aber nicht der gesamte Raum als explosionsgefährdeter Bereich, sondern nur der Teilbereich, in dem gefährliche explosionsfähige Atmosphäre auftreten kann. Die Einstufung von explosionsgefährdeten Bereichen ist Teil des Explosionsschutzdokuments (siehe Kapitel 6.1).

⁴⁶ Begründung zur Muster-Feuerungsverordnung vom 28.11.2023:
<https://www.bauministerkonferenz.de/verzeichnis.aspx?id=991&o=75909860991>

Nach § 11 Abs. 3 MFeuV muss die Zuluft für die Räume sowie die Abluft unmittelbar oder über besondere Lüftungsleitungen aus dem Freien zugeführt bzw. ins Freie abgeführt werden. Die Be- und Entlüftung kann entweder natürlich oder mechanisch erfolgen (siehe Kapitel 4.6.2 und 4.6.3 der TRGS 722). *In Kap. 2.3 wird eine natürliche Belüftung des Raumes empfohlen.* In der Regel folgt aus der Gefährdungsbeurteilung nach § 15 Abs. 2 MFeuV zur Festlegung der Maßnahmen im Explosionsschutz (siehe Kapitel 6.1), dass die Räume mit einer mechanischen Abluftanlage und Gaswarneinrichtung zur Havarielüftung ausgestattet werden müssen (siehe Kapitel 4.6.3 und 4.7 der TRGS 722), wobei die Aktivierung der Abluftanlage bei Wasserstoffdetektion erfolgt. Sowohl bei natürlicher als auch bei mechanischer Be- und Entlüftung muss die Abluftöffnung möglichst an oberster Stelle des Raumes angeordnet und ausreichend dimensioniert sein, sodass Wasserstoff ungehindert nach außen abströmen kann (§ 11 Abs. 3 MFeuV). Idealerweise liegt die Zuluftöffnung an der gegenüberliegenden Seite des Raumes in Bodennähe. Lüftungsleitungen, die durch andere Räume führen, sind so herzustellen, dass Feuer und Rauch nicht in andere Räume übertragen werden können (siehe dazu Kapitel 7.1.2). Eine Raumbelüftung ist für den Brandfall mit einer Abschaltautomatik zu versehen, um eine weitere Sauerstoffzufuhr zum Brandherd zu unterbinden.

Eine Be- und Entlüftung ist auch deshalb zu empfehlen, um eine unzulässige Verringerung des Sauerstoffgehalts in der Luft und dadurch eine Gefährdung von Personen zu vermeiden, die sich z. B. durch Gasansammlungen oder auch durch den Betrieb von Brennstoffzellen (diese benötigen für den Betrieb Sauerstoff) ergeben könnten.

Zusätzlich müssen Aufstellräume für Wasserstoffanlagen nach § 11 Abs. 5 MFeuV an ihren Zugängen mit der Aufschrift „Wasserstoffanlage“ dauerhaft gekennzeichnet sein. Dies ist erforderlich, damit diese Räume im Gefahrenfall auch von Ortsunkundigen, insbesondere Einsatzkräften, gefunden werden können (siehe Begründung zur MFeuV).

7.3.2 Dimensionierung der natürlichen Be- und Entlüftungsöffnungen

In der Norm DIN EN 60079-10-1 „Explosionsgefährdete Bereiche – Teil 10-1: Einteilung der Bereiche“ Kapitel 7.2.2 und Anhang C 3.4 wird folgende Berechnungsformel für die Abschätzung der freien Fläche von Entlüftungsöffnungen beschrieben:

$$s = \left(\frac{\dot{V}}{A_{EL}} \cdot X \right) \quad (1)$$

Dabei sind

- s : Strömungsgeschwindigkeit der abzuführenden Raumlufte am Ausgang der Entlüftungsöffnung,
- $\dot{V}$: herzustellender Volumenstrom der Luft,
- A_{EL} : freier Querschnitt der Entlüftungsöffnung und
- X : Faktor zur Berücksichtigung der Ineffizienz der Lüftung bzw. der Behinderung der Strömung durch verschiedene Objekte.

Umgestellt nach A_{EL} ergibt sich:

$$A_{EL} = \frac{\dot{V}}{s} \cdot X \quad (2)$$

Der Volumenstrom ergibt sich aus der einzuhaltenden Luftwechselrate LW . Dabei handelt es sich um das Vielfache des Raumvolumens, das pro Stunde durch die Lüftung ausgetauscht werden muss. Als Orientierung kann die DGUV Information 209-072⁴⁷ dienen, die mit Verweis auf die DGUV Regel 109-009 „Fahrzeug-Instandhaltung“ einen mindestens dreifachen Luftwechsel empfiehlt. Der Volumenstrom $\dot{V}$ in m³/h lässt sich somit aus dem Raumvolumen in m³ multipliziert mit der Luftwechselrate in 1/h (die Luftwechselrate ist das Vielfache des Raumlufte volumens, das durch die Lüftungsanlage pro Stunde gefördert werden kann oder soll) bestimmen:

$$\dot{V} = V_R \cdot LW \quad (3)$$

Das Raumvolumen ist wiederum abhängig von der Raumfläche A_R multipliziert mit dessen Höhe H_R :

$$V_R = A_R \cdot H_R \quad (4)$$

⁴⁷ DGUV Information 209-072 „Wasserstoffsicherheit in Werkstätten“:
<https://publikationen.dguv.de/widgets/pdf/download/article/265>

Somit kann die erforderliche Fläche der Entlüftungsöffnung A_{EL} zur Raumfläche ins Verhältnis gesetzt werden:

$$\frac{A_{EL}}{A_R} = \frac{H_R \cdot LW \cdot X}{s} \quad (5)$$

Für die Berechnung ist entweder die Luftwechselrate auf 1/s oder die Strömungsgeschwindigkeit auf m/h umzurechnen. Unter der Annahme einer mindestens zu erfüllenden Strömungsgeschwindigkeit der abzuführenden Luft von 0,5 m/s bei Freisetzungen mit einer relativen Dichte von Wasserstoff bezogen auf trockene Luft (15° C, 1 bar) von 0,069, einer Raumhöhe von 2 Metern, einem Reduzierungsfaktor X von 0,8 und einer Luftwechselrate von 3 ergibt sich beispielhaft:

$$\frac{A_{EL}}{A_R} = 0,0027 \quad (6)$$

Unter den gewählten Randbedingungen müsste der freie Querschnitt einer Be- oder Entlüftungsöffnung also 0,27 % der Raumfläche betragen.

Die überschlagsmäßige Berechnung der erforderlichen Be- und Entlüftungsöffnungen mit der hier vorgestellten Methode aus DIN EN 60079-10-1 dient beispielhaft der näherungsmäßigen Abschätzung. Die konkrete Auslegung der Lüftungsanlage ist im Detail mit dem Anlagenhersteller und ggf. hinzuzuziehenden weiteren Fachleuten abzuklären.

7.4 Geräuscentwicklung

Generell macht eine Wasserstoffanlage Geräusche und verursacht Vibrationen. Die relevantesten potenziellen Lärmquellen bei einer Wasserstoffanlage können, sofern vorhanden, entweder der Verdichter oder der Ausbläser beim Ausblasen von Gas sein. Die Geräuschemission ist dabei stark von der Anlage und ihrer Auslegung abhängig und kann direkt an der Anlage über 50 dB(A) betragen. Die genauen Werte einer Wasserstoffanlage können der Betriebsanleitung entnommen bzw. beim Hersteller erfragt werden. Bei Wasserstoffanlagen in einem Gebäude sollte deswegen die Anlage Körperschallisoliert in das Gebäude eingebaut werden, so dass sich der Schall und die Vibrationen nicht über das Gebäude ausbreiten können.

Die erlaubten Geräuschemissionen einer Wasserstoffanlage in benachbarten Grundstücken werden durch die Sechste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (TA Lärm⁴⁸) vorgegeben. Die im Abschnitt 3 der TA Lärm beschriebenen Anforderungen für genehmigungsbedürftige Anlagen (nach Immissionsschutzrecht, siehe Kapitel 3.6) müssen bei den hier betrachteten Wasserstoffanlagen nicht berücksichtigt werden. Nach Abschnitt 4.1 der TA Lärm „Grundpflichten des Betreibers“ einer nicht genehmigungsbedürftigen Anlage (die hier behandelten Wasserstoffanlagen) sollen vermeidbare schädliche Umwelteinwirkungen durch Geräusche verhindert und unvermeidbare schädliche Umwelteinwirkungen auf ein Mindestmaß begrenzt werden. Dazu werden in Abschnitt 6 der TA Lärm Immissionsrichtwerte vorgegeben. Beispielsweise gilt in reinen Wohngebieten ein Grenzwert im Freien von 50 dB(A) bzw. 35 dB(A) für tags und nachts, wobei auch lokale Behörden spezifische Grenzwerte vorgeben können. Werden diese Werte durch die Wasserstoffanlage an den Nachbargrundstücken im Freien überschritten, sind Maßnahmen zur Verringerung der Geräuschemissionen vorzunehmen. Dazu werden im Abschnitt 4.3 der TA Lärm mögliche Maßnahmen beschrieben (z. B. Einsatz natürlicher oder künstlicher Hindernisse zur Lärminderung, Wahl des Aufstellungsortes der Anlage).

7.5 Wesentliche sicherheitsrelevante Systeme und Komponenten

Für den sicheren Betrieb einer Wasserstoffanlage sind unterschiedliche Systeme und Komponenten vorgesehen bzw. geeignet, von denen folgende Auswahl in den nächsten Unterkapiteln beschrieben wird.

- Die Vermeidung oder Einschränkung gefährlicher explosionsfähiger Gemische durch verschiedene technische Maßnahmen stellt die erste Stufe des vorbeugenden Explosionsschutzes dar (siehe hierzu TRGS 722). Ein wesentlicher Teil ist dabei die Bestimmung von Zonen für die weiteren Maßnahmen im Explosionsschutz.
- Aufbauend darauf werden im Rahmen der zweiten Stufe des Explosionsschutzes Zündquellen innerhalb der Zonen möglichst vermieden (siehe hierzu TRGS 723).
- Der Blitzschutz einer Wasserstoffanlage dient sowohl dem Explosionsschutz zur Vermeidung von Zündquellen als auch zum Schutz der Anlage vor Überspannungen.

⁴⁸ Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm:
https://www.verwaltungsvorschriften-im-internet.de/bsvwvbund_26081998_IG19980826.htm

- Um im Falle eines Austritts von Wasserstoff geeignete Maßnahmen einleiten zu können, muss zunächst der ausgetretene Wasserstoff detektiert und davor gewarnt werden.
- Anschließend kann die Anlage ggf. automatisch oder manuell abgeschaltet werden, um eine weitere Produktion von Wasserstoff zu verhindern.
- Parallel dazu kann der Wasserstoff in der Anlage über eine Abblaseeinrichtung in die freie Atmosphäre ausgelassen werden sowie der Raum der Wasserstoffanlage mithilfe einer Havarielüftung mechanisch belüftet werden, um das Entstehen eines zündfähigen Luft-Wasserstoff-Gemisches zu verhindern.
- Um ausgetretenen Wasserstoff über den Geruchssinn von Menschen wahrnehmen zu können, kann der Wasserstoff mit künstlichen Geruchsstoffen versehen (odoriert) werden. Zum Einsatz der Odorierung in Wasserstoffanlagen der Eigenversorgung sind allerdings noch nicht alle Fragen geklärt, weswegen diese Möglichkeit der manuellen Erkennung noch nicht festgeschrieben ist.

7.5.1 Zonen des Explosionsschutzes

Im Kapitel 2.3 werden die Grundlagen des Explosionsschutzes und die dafür relevanten Technischen Regeln dargestellt. Im Kapitel 6.1 wird auf die Gefährdungsbeurteilung einer Wasserstoffanlage durch Explosionsgefahren und auf das dabei erstellte Explosionsschutzdokument eingegangen. Im Explosionsschutzdokument werden auch die Explosionsschutz-Zonen der Wasserstoffanlage festgelegt. Diese Zonen geben Auskunft über die Häufigkeit des Auftretens einer explosionsfähigen Atmosphäre und sind im Anhang I Nr. 1.7 GefStoffV wie folgt definiert:

- Die Zone 0 „ist ein Bereich, in dem eine gefährliche explosionsfähige Atmosphäre (explosionsfähiges Gemisch aus Luft und brennbaren Gasen, Dämpfen oder Nebeln) **ständig, über lange Zeiträume oder häufig** vorhanden ist“.
- Die Zone 1 „ist ein Bereich, in dem sich im Normalbetrieb **gelegentlich** eine gefährliche explosionsfähige Atmosphäre als Gemisch aus Luft und brennbaren Gasen, Dämpfen oder Nebeln bilden kann“.
- Die Zone 2 „ist ein Bereich, in dem im Normalbetrieb eine gefährliche explosionsfähige Atmosphäre als Gemisch aus Luft und brennbaren Gasen, Dämpfen oder Nebeln normalerweise **nicht auftritt, und wenn doch, dann nur selten und für kurze Zeit**“.

Die Tab. 7.1 gibt Beispiele für die Einordnung der Zonen einer Wasserstoffanlage in Räumen und im Freien in Anlehnung an die DGUV-Regel 113-001¹⁰. Bei der Bestimmung der Zonen müssen die folgenden Eigenschaften von Wasserstoff beachtet werden (siehe Kapitel 2.1):

- die im Vergleich zu Luft sehr geringe Dichte von Wasserstoff – dadurch steigt ausgetretener Wasserstoff nach oben, weshalb auch die Zone nach oben ausgerichtet ist;
- der große Bereich der explosionsfähigen Atmosphäre, insbesondere der oberen Explosionsgrenze im Vergleich zu Kohlenwasserstoffen, wodurch der Bereich der explosionsgefährdeten Zone größer als bei Kohlenwasserstoffen ist.

Tab. 7.1 Beispiele für die Einteilung von Explosionsschutzzonen einer Wasserstoffanlage entsprechend DGUV 113-001 Anlage 4

Bauteil	Explosionsschutz-Zone	Nr. in DGUV 113-001 – Anlage 4
Behälter, Rohrleitungen (auf Dauer technisch dicht)	Keine Zone	1.1.1 a) 1.2.7.5
Behälter, Rohrleitungen (technisch dicht, mit Raumlüftung)	Zone 2 im Nahbereich	1.1.1 b2)
Entnahmestellen (technisch dicht) mit Absperrventil und Sicherheitseinrichtung bei regelmäßigen Kontrollen	Zone 2 im Nahbereich (Ausdehnung abhängig von Freisetzungsrate und Belüftung)	1.2.1.4 c)
Atmosphärische Elektrolyse (technisch dicht) mit unterschiedlichen Anforderungen für Belüftung (natürlich/technisch), Detektion und organisatorischen Maßnahmen	Keine Zone	1.2.7.1.1.1.
Druckelektrolyseanlage in großem Raum bei unterschiedlichen organisatorischen Maßnahmen (technisch dicht mit bestimmten organisatorischen Maßnahmen, deckennahe Gaswarnanlage mit Voralarm, Überwachung von Prozessparametern mit automatischer Abschaltung)	Keine Zone Zone 2 im Deckenbereich wenn z. B. keine Gaswarnanlage	1.2.7.1.3.1
Verdichter im Raum (technisch dicht, Gaswarnanlage mit automatischer Aktivierung der technischen Lüftung bzw. Abschaltung der Anlage)	Zone 2 im ganzen Raum; Zone 1 im Bereich der Entwässerung	1.2.7.2.1

Bauteil	Explosionsschutz-Zone	Nr. in DGV 113-001 – Anlage 4
Verdichter im Raum (technisch dicht mit natürlicher Belüftung)	Zone 1 im ganzen Raum; Zone 2 um Be- und Entlüftungsöffnungen nach außen	1.2.7.2.2
Entnahmearmaturen im Freien mit natürlicher Lüftung	Zone 1 im Nahbereich des Kupplungsstücks	1.2.7.7.2
Geführte Auslässe ins Freie (betriebsmäßiger Auslass bei An- und Abfahren, bei Überdruckereignissen)	Zone 1 im Nahbereich der Austrittsstelle; Zone 2 um Zone 1, Ausdehnung in Abhängigkeit der Austrittsmenge	1.2.7.8

In Bezug auf die Zoneneinteilung von Wasserstoff wurde im DVGW-Forschungsprojekt HyLeak⁴⁹ mittels Simulationen untersucht, wie sich bei einem Austritt von Wasserstoff die Gaskonzentrationen im Raum bzw. in der Luft verteilen und wie dies bewertet werden kann. Die höhere Leckage-Rate, die geringere Dichte und die höhere Diffusivität von Wasserstoff führen demnach zu einem ausgedehnteren Konzentrationsfeld im Vergleich zu Methan bzw. Erdgas.

7.5.2 Vermeidung von Zündquellen in den Zonen des Explosionsschutzes

In den Zonen des Explosionsschutzes kann das Vorhandensein explosionsfähiger Atmosphäre nicht ausgeschlossen werden. Deswegen müssen im Rahmen der zweiten Stufe des Explosionsschutzes Zündquellen möglichst vermieden werden. Dazu werden geeignete elektrische Geräte (fest installierte oder tragbare Beleuchtung, elektrisch betriebenes Handwerkzeug, ...) als auch geeignete funkenfreie Werkzeuge eingesetzt.

Elektrische Geräte, die in einer Explosionsschutz-Zone eingesetzt werden sollen, müssen der Zone entsprechend nach ATEX-Produktrichtlinie 2014/34/EU⁵⁰ ausgelegt sein. Diese Geräte werden mit einer Kennzeichnung wie in Abb. 7.3 dargestellt versehen. Um zu erkennen, welche Geräte für welche Gase oder Zonen geeignet sind, sind folgende Komponenten der Kennzeichnung relevant.

⁴⁹ DVGW-Forschungsprojekt HyLeak „Leckage-Raten und Konzentrationsfelder in Räumen“: <https://www.dvgw.de/themen/forschung-und-innovation/forschungsprojekte/dvgw-forschungsprojekt-hyleak>

⁵⁰ ATEX-Produktrichtlinie: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/ALL/?uri=celex:32014L0034>

- Die Gerätegruppe gibt Hinweise auf den möglichen Einsatzbereich: Geräte der Gruppe I sind für den Bergbau geeignet, Geräte der Gruppe II in allen Explosionsbereichen außerhalb des Bergbaus.
- Die Gerätekategorie zeigt an für welche Zone das Gerät geeignet ist:
 - 1G für Zonen 0 bis 2,
 - 2G für Zonen 1 und 2,
 - 3G für Zone 2, wobei das G für Gas steht.
- Die geeignete Explosionsuntergruppe für Wasserstoff ist IIc.
- Die geeignete Temperaturklasse für Wasserstoff ist T1.



Abb. 7.3 Kennzeichnung, die an einem Gerät zum Gebrauch in explosionsgefährdeten Bereichen anzubringen ist

Da Wasserstoff im Vergleich zu Erdgas eine deutlich geringere Zündenergie besitzt und auch die untere Explosionsgrenze deutlich niedriger ist, kann der Einsatz von nicht geeigneten Werkzeugen durch Funkenbildung zur unbeabsichtigten Entzündung eines Wasserstoff-Luft-Gemisches führen. *Aus diesem Grund ist zu empfehlen, dass bei Arbeiten in den Zonen bzw. auch an wasserstoffführenden Behältern, Leitungen und Komponenten nur funkenfreies (und nicht nur funkenarmes) Werkzeug verwendet wird.* Funkenfreies Werkzeug besteht in der Regel aus Speziallegierungen auf Kupferbasis.

7.5.3 Blitz- und Überspannungsschutz

Der Blitzschutz dient zum einen zur Vermeidung von Zündquellen (als Teil des Explosionsschutzes) und zum anderen zur Vermeidung von Schädigungen von Personen und elektrischen Geräten durch Überspannung. Entsprechend wird im Blitzschutz zwischen

dem inneren und äußeren Blitzschutz unterschieden. Der innere Blitzschutz befasst sich im Wesentlichen mit dem Überspannungsschutz, während für den äußeren Blitzschutz primär Fangeinrichtungen, Ableitungen und Erdungen relevant sind (siehe Abb. 7.4). In Bezug auf den äußeren Blitzschutz macht die TRGS 723 auch Vorgaben im Rahmen des Explosionsschutzes.

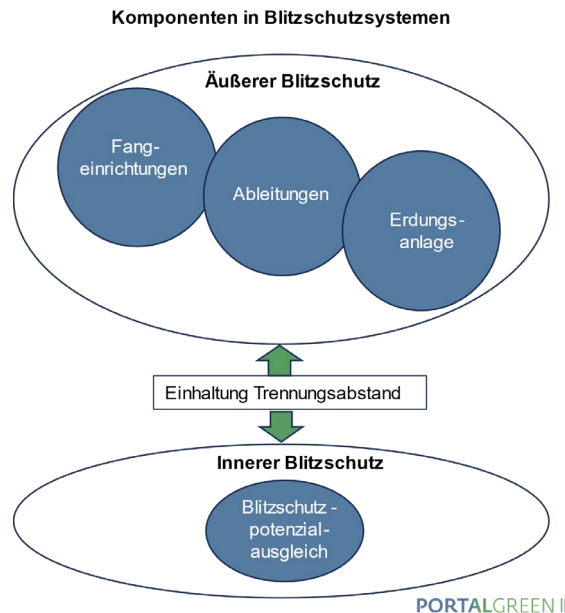
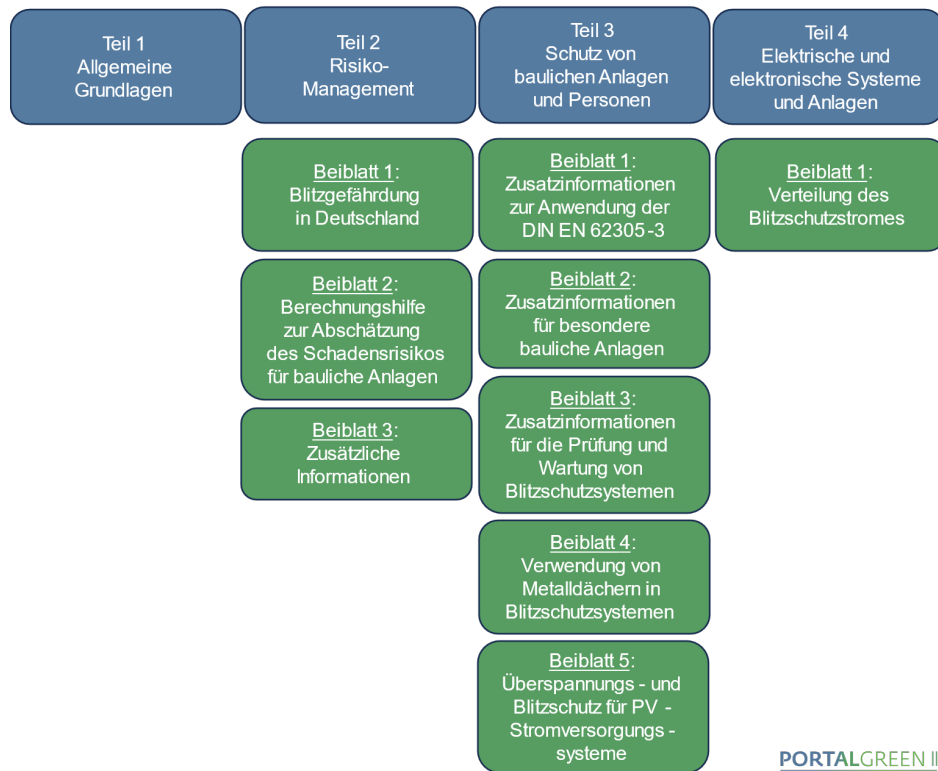


Abb. 7.4 Übersicht zum äußeren und inneren Blitzschutz⁵¹

Die Normenreihe DIN 62305 „Blitzschutz“ stellt ein Blitzschutzgesamtkonzept dar und befasst sich in verschiedenen Teilen und Beiblättern mit allgemeinen Aspekten des Blitz- und Überspannungsschutzes. Behandelt werden allgemeine Grundsätze, Risikomanagement, elektrische und elektronische Systeme sowie der Schutz von Personen und baulichen Anlagen. Die eigentlichen Schutznormen bilden Teil 3 und Teil 4 dieser Reihe, während Teil 1 und Teil 2 zwei vorangestellte allgemeingültige Normen darstellen. Abb. 7.5 zeigt eine Übersicht des strukturellen Aufbaus dieser Normenreihe.

⁵¹ DKE – VDE Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik e. V.: Blitzschutznormen, <https://www.dke.de/de/arbeitsfelder/core-safety/blitzschutznormen>

Aufbau der Normenreihe DIN EN 62305



PORTALGREEN II

Abb. 7.5 Übersicht zum Aufbau der Normenreihe DIN EN 62305

Zusätzlich zu dieser Normenreihe existieren weitere spezifische DIN-Normen zu relevanten Prüfungen, zu Beeinflussungs-, Blitz- und Überspannungsschutz von Einrichtungen der Informationstechnik, zu relevanten Einrichtungsbestimmungen, zur informationstechnischen Verkabelung und weiterem. Eine Auflistung kann der DIN VDE 0845 Beiblatt 1; 2010-11; „Überspannungsschutz von Einrichtungen der Informationstechnik (IT-Anlagen)“ entnommen werden.

Die Gas-Information Nr. 17 des DVGW enthält einen Leitfaden zur Umsetzung der Anforderungen des Blitzschutzes für Anlagen der Gas- und Wasserstoffversorgung. Darin wird auf die Risikobetrachtung und Gefährdungsanalyse hinsichtlich Blitzeinwirkungen, die Erstellung des Blitzschutzkonzeptes, die Umsetzung und Dokumentation sowie Prüfungen und die Wartung von Blitzschutzsystemen eingegangen. Die Gas-Information Nr. 17 ist für privat betriebene Wasserstoffanlagen zur Eigenversorgung, die nicht an das Gasnetz angeschlossen sind, nicht bindend, kann aber als Erkenntnisquelle genutzt werden.

7.5.4 Gaswarneinrichtung

Eine Gaswarneinrichtung dient dazu, die Wasserstoffkonzentration im Aufstellraum der Anlage zu messen und bei Erreichen eines Vorgabewertes der Wasserstoffkonzentration in der Umgebungsluft einen Alarm auszulösen, auf den die Anlagensteuerung mit der Einleitung von Maßnahmen zur Verhinderung einer Entzündung reagiert. Die DGUV Information 213-057⁵² enthält umfangreiche Informationen zu und Anforderungen an Gaswarneinrichtungen (z. B. zu Auswahl, Kalibrierung und Justierung, Festlegung von Kontrollfristen und Instandhaltung). Zur Festlegung von Alarmschwellen zur Überwachung brennbarer Gase wird dort angegeben, dass diese üblicherweise zwischen 10 % und 40 % der unteren Explosionsgrenze (UEG) liegen (für Wasserstoff entspricht das einer Konzentration von 0,4 Vol.-% bis 1,6 Vol.-%). Alarmschwellen oberhalb 40 % der UEG sollten nicht eingestellt werden.

Die Alarme und die bei Alarmauslösung zu treffenden Maßnahmen müssen spezifisch für jeden Anwendungsfall im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung nach § 15 Abs. 2 MFeuV festgelegt werden. Gaswarneinrichtungen besitzen meist einen Vor- und einen Hauptalarm. Bei Auslösung des Voralarms bei einer geringen Wasserstoffkonzentration in der Raumluft (z. B. 10 % der UEG) können frühzeitige Maßnahmen vor Erreichen des Hauptalarms ergriffen werden. Beispiele sind das sichere Herunterfahren der Anlage, die Aktivierung einer Havarielüftung, die durch Verdünnung mit Luft den Konzentrationsanstieg des Wasserstoffs in der Raumluft begrenzt, und das Entlüften der Anlage über eine Abblase-Einrichtung. Der Hauptalarm greift erst bei einer höheren Wasserstoffkonzentration (z. B. 40 % der UEG).

Die Planung einer Gaswarneinrichtung darf nur durch eine fachkundige Person nach Abschnitt 11.4 der DGUV Information 213-057 erfolgen. Für den Fall der Nichtverfügbarkeit der Gaswarneinrichtung müssen geeignete Ersatzmaßnahmen festgelegt werden.

7.5.5 Notabschaltung

Die Notabschaltung kann in Ergänzung zu anderen Schutzmaßnahmen dazu eingesetzt werden, unmittelbar drohende oder eintretende Gefahren zu vermeiden. Sie kann durch

⁵² DGUV Information 213-057 „Gaswarneinrichtungen und -geräte für den Explosionsschutz“, <https://publikationen.dguv.de/regelwerk/dguv-informationen/283/gaswarneinrichtungen-fuer-den-explosionsschutz-einsatz-und-betrieb>

verschiedene Auslöser, wie z. B. Überschreitung bestimmter Druck- bzw. Temperaturwerte, einer bestimmten Wasserstoffkonzentration in der Raumluft oder manuell über das Betätigen eines Not-Aus-Schalters bzw. Not-Halt-Schalters aktiviert werden.

Die dadurch ausgelösten Schutzfunktionen (bspw. Abschaltung der Elektrolyse, Abschaltung des Stroms im relevanten Bereich oder Druckentlastung über die Abblaseeinrichtung) werden entweder durch den Hersteller oder in der Gefährdungsbeurteilung des Betreibers (zu Druckgefährdungen nach TRBS 2141 bzw. im Rahmen des Explosionsschutzes) festgelegt.

Entsprechend der EU-Maschinenverordnung muss das Not-Halt-Befehlsgerät den gefährlichen Vorgang schnellstmöglich zum Stillstand bringen, ohne, dass dadurch zusätzliche Risiken entstehen. Die Not-Halt-Schalter müssen gut ersichtlich, gut erreichbar und unabhängig von der Betriebsart jederzeit verfügbar sein. Die Funktion muss alle anderen Befehle übersteuern, wobei auch andere Schutzfunktionen entsprechend der Risikobeurteilung in Gang gesetzt werden können (bspw. Notbelüftung). Die Not-Halt-Funktion darf nur durch eine geeignete Betätigung wieder freigegeben werden.

7.5.6 Abblase-Einrichtung

Eine Abblase-Einrichtung dient dazu, im Notfall kurzfristig das in der Anlage vorhandene Wasserstoffinventar über eine Abblase-Leitung und -Öffnung ins Freie zu entlassen. Aufgrund der geringen Dichte von Wasserstoff ist das vertikale Abblasen nach oben zu bevorzugen, um den natürlichen Auftrieb des Wasserstoffs und die Verdünnung in der Umgebungsluft zu unterstützen.

Bei der Auslegung und Positionierung der Abblase-Öffnung sind Brand- und Explosionsgefahren, die durch das Abblasen entstehen können, zu vermeiden. Die potenziellen Gefährdungen sind im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung zu ermitteln und geeignete Schutzmaßnahmen als Teil des Explosionsschutzkonzeptes festzulegen. Die explosionsgefährdeten Zonen am Auslass der Abblase-Leitung (siehe Tab. 7.1) müssen sich außerhalb der Nähe von Gebäudeöffnungen, elektrischen Leitungen und außerhalb der Reichweite von Personen befinden, wobei auch der Druck und die Wärmestrahlung im Fall einer Entzündung zu berücksichtigen sind (vgl. EIGA Doc 211 24 „Hydrogen Vent

Systems for Customer Applications“⁵³). Es muss sichergestellt sein, dass sich abgeblasener Wasserstoff nicht unter Dachüberhängen oder Gebäudevorsprüngen ansammeln kann. Die Zone um den Auslass der Abblase-Leitung sollte durch ein Hinweisschild (siehe Abb. 7.2, rechts) gekennzeichnet sein.

Im Rahmen des DVGW Forschungsprojektes H2Sicherheit⁵⁴ wurden Gefährdungen durch Wasserstoff-Ausbläser mit Experimenten und Simulationen untersucht. Dabei zeigten sich folgende Ergebnisse:

- Bei den Versuchen kam es sehr oft zu einer Entzündung des ausgeblasenen Wasserstoffs. Grundlage dafür ist die sehr geringe Zündenergie von Wasserstoff, wobei die genauen Gründe für die Entzündung noch nicht vollständig geklärt sind.
- Beim Ausblasen und der Entzündung wurden starke Geräuschentwicklungen beobachtet, die in der Gefährdungsbeurteilung berücksichtigt werden müssen. Größere Ausbläser verringern die Geräuschentwicklung.
- Lambda-förmige Ausbläser sollten vor anderen Bauformen (S- oder T-förmige Ausbläser) bevorzugt werden, da sie nach oben ausblasen.

Die Ergebnisse von H2Sicherheit sollen in einer aktualisierten Version des DVGW-Merkblatts G 442 (M) veröffentlicht werden, welches als Informationsquelle verwendet werden kann.

Bei einem Blitzeinschlag in eine Abblase-Leitung kann es zur Verbrennung oder Explosion der dort austretenden Gase oder Gemische kommen. Deswegen müssen die explosionsgefährdeten Bereiche der Zone 1 der Abblase-Einrichtung (entsprechend Nr. 5.8.2 Abs. 1 TRGS 723 ist ein Blitzschutz der Zone 2 nicht nötig) durch geeignete Maßnahmen gegen direkten Blitzeinschlag, Teilblitzströme bzw. Spannungen geschützt werden. Dies kann durch eine Blitzschutzanlage erfolgen (Informationen zur Auslegung der Blitzschutzanlage in Kapitel 7.5.3). Auslässe von metallischen Abblase-Leitungen müssen nicht gegen einen direkten Blitzeinschlag geschützt werden, wenn die Ableitung

⁵³ European Industrial Gases Association AISBL: https://www.eiga.eu/ct_documents/doc211-pdf/

⁵⁴ DVGW-Forschungsprojekt „H2Sicherheit: Gefährdungsbereiche an Leitungen zur Atmosphäre von Gasanlagen“: <https://www.dvgw.de/themen/forschung-und-innovation/forschungsprojekte/dvgw-forschungsprojekt-h2-sicherheit>

blitzstromtragfähig (wirksamer Leiterquerschnitt mindestens 16 mm² Cu oder leitwertgleich) zur Erdungsanlage ist.

In Bezug auf Eigenverbrauchstankstellen gibt die TRBS 3151/TRGS 751 detaillierte Anforderungen an Abblase-Einrichtungen, die zum Teil direkt auf Wasserstoff bezogen und sinngemäß auf Abblase-Einrichtungen der Wasserstoffanlage übertragbar sind.

7.5.7 Havarielüftung oder Notbelüftung

Eine Havarielüftung bzw. Notbelüftung wird bei einer zu hohen Wasserstoffkonzentration in Luft durch die Gaswarneinrichtung ausgelöst und sorgt mit einer hohen Luftwechselrate bei höchster Leistung dafür, dass das Wasserstoff-Luft-Gemisch die untere Explosionsgrenze nicht erreicht und somit eine explosionsfähige Atmosphäre verhindert wird (vgl. Abschnitt 4.7.3, Abs. 1, TRGS 722). Die Lüftung sollte einen ausreichenden Luftdurchsatz erzeugen können, um bei der maximal anzunehmenden Wasserstoff-Leckagerate den Wasserstoffanteil in der Raumluft unter 1 Vol.-% (dies entspricht etwa 23 % der unteren Explosionsgrenze von Wasserstoff) halten zu können.

7.5.8 Gasodorierung

Da Wasserstoff sowohl geruchs- als auch farblos ist kann er im Falle einer Leckage von Personen nicht ohne Hilfsmittel wahrgenommen werden. Durch die Zugabe von sogenannten Odoriermitteln können Gase mit einem Warngeruch versehen werden. Die Gasodorierung dient dazu, dass eine Gasleckage in Innenräumen frühzeitig mit dem Geruchssinn erkannt werden kann.

Die Odorierung von Gasen wird in der öffentlichen Gasversorgung entsprechend der DVGW Gas-Information Nr. 25 mit geeigneten Odoriermitteln (Anforderungen nach DVGW-Arbeitsblatt G 280 und DIN EN ISO 13734) vorgegeben. Dies gilt nicht für Wasserstoffanlagen zur Eigenversorgung, die nicht an das öffentliche Gasnetz angeschlossen sind. Sie kann aber in Betrieben entsprechend der Gefährdungsbeurteilung oder im privaten Bereich ggf. eingesetzt werden. Dabei sind unterschiedliche Aspekte zu beachten, insbesondere wenn der Wasserstoff in Brennstoffzellen genutzt wird:

- Durch die unterschiedlichen Eigenschaften von Wasserstoff im Vergleich zu Erdgas müssen die Anlagen anders ausgelegt und betrieben werden. Dies betrifft insbesondere die Dosierpumpe und die Größe des Odoriermittelbehälters.

- Der Befüllzyklus der Odorieranlage ist unterschiedlich.
- Mögliche Querempfindlichkeiten der verwendeten Messgeräte zwischen Wasserstoff und dem Odoriermittel müssen beachtet und die entsprechenden Betriebsmittel verwendet werden.
- Die Odorierung von Wasserstoff mit herkömmlichen Odoriermitteln kann in Brennstoffzellen zu Problemen führen, weshalb spezielle, meist schwefelfreie, Odoriermittel verwendet werden sollten. In dem DVGW-Forschungsprojekt „H2-Odor“⁵⁵ wurden Untersuchungen zum Einfluss von Odoriermitteln auf Brennstoffzellen durchgeführt, die im Folgeprojekt H2-Odor II⁵⁶ weitergeführt werden, um offen gebliebene Fragen zu klären. Im Projekt H2-Odor wurde bisher bestätigt, dass schwefelhaltige Odoriermittel wie Norbornen (NB) und Tetrahydrothiophen (THT) zu einem signifikanten Spannungsverlust der Brennstoffzelle führen. Selbst nach der Zugabe von reinem Wasserstoff zur Regeneration kann die volle Leistungsfähigkeit nicht wiederhergestellt werden. Im Gegensatz dazu zeigen schwefelfreie Odoriermittel wie Acrylate (Gasodor® S-Free) und Norbornen einen geringeren Spannungsverlust. Nach der Spülung mit reinem Wasserstoff konnte die Ausgangsleistung wiederhergestellt werden.

Aufgrund der offenen Fragen können bisher keine klaren Aussagen zum Nutzen der Odorierung bei Wasserstoffanlagen zur Eigenversorgung gemacht werden.

⁵⁵ DVGW-Forschungsprojekt „H2-Odor: Wasserstoff-Odorierung als ein Sicherheitselement bei der Versorgung der Allgemeinheit“: <https://www.dvgw.de/themen/forschung-und-innovation/forschungsprojekte/dvgw-forschungsprojekt-h2-odor>

⁵⁶ DVGW-Forschungsprojekt „H2-Odor II: Wasserstoff-Odorierung als ein Sicherheitselement bei der Versorgung der Allgemeinheit (Phase 2)“: <https://www.dvgw.de/themen/forschung-und-innovation/forschungsprojekte/dvgw-forschungsprojekt-h2-odor-ii>

7.6 Typische Parameter bei der Auslegung einer Wasserstoffanlage zur Eigenversorgung

In diesem Kapitel werden typische Parameter einer Wasserstoffanlage zur Eigenversorgung in Bezug auf ihre Leistung und den Wasserstoffspeicher aufgezeigt. Die wichtigsten technischen Parameter einer solchen Anlage betreffen:

- die elektrische Nennleistung der Elektrolyse (in kW) bzw. deren Wasserstoff-Produktionskapazität (in m³/h),
- das gewünschte Druckniveau für die Speicherung (davon hängt ab, ob ein Verdichter eingesetzt werden muss),
- das Speichervolumen (dieses orientiert sich maßgeblich an der zu speichernden Energie für die spätere Umwandlung von Wasserstoff in Elektrizität und/oder Wärme) und
- die elektrische Nennleistung und der Wirkungsgrad der Brennstoffzelle oder des Blockheizkraftwerkes.

Die im Folgenden angegebenen Parameter einer Wasserstoffanlage dienen ausschließlich zur Veranschaulichung der Dimensionen einer Wasserstoffanlage und bilden keine detaillierte Auslegung einer Wasserstoffanlage ab. Die Internetseite „hydrogentools.de“⁵⁷ stellt Methoden zur Berechnung der Parameter von Wasserstoff bereit.

Nachfolgend werden zunächst relevante Eigenschaften von Wasserstoff sowie typische Betriebsparameter einer Wasserstoffanlage zusammengefasst. Anschließend werden Beispiele für Wasserstoffspeicher und deren Energiemengen sowie gebräuchliche Kenngrößen der Elektrolyse gezeigt. Abschließend werden die Betriebsparameter einer gesamten Wasserstoffanlage abgeleitet.

7.6.1 Eigenschaften von Wasserstoff und Betriebsparameter einer Wasserstoffanlage

Für die Auslegung der Wasserstoffanlage sind die Eigenschaften von Wasserstoff grundlegend. Wasserstoff hat eine Dichte von 0,0899 kg/m³ bei 0 °C und einem Heizwert

⁵⁷ Hydrogen Tools: <https://hydrogentools.de/masserechner-dichterechner-wasserstoff/>

von etwa 33,33 kWh/kg. Bei seiner Verbrennung bzw. Verstromung in einer Brennstoffzelle entsteht Wasser.

Weiterhin sind verschiedene Parameter für den Betrieb der Wasserstoffanlage relevant.

- Die Wasserstoffanlage und ihre Teilsysteme arbeiten üblicherweise auf einem Spannungsniveau von 400 Volt Wechselstrom.
- Bei einer Druckelektrolyse kann als typischer Wert ein Ausgangsdruck von ca. 35 bar angenommen werden. Erfolgt nach der Elektrolyse eine Verdichtung des erzeugten Wasserstoffs, wird der Wasserstoff häufig mit 300 bar gespeichert.
- Der Schallleistungspegel bei Nennbetrieb kann über 50 dB(A) betragen, wobei die Geräuschemission in 3 m Abstand auf unter 50 dB(A) sinken kann.
- Abhängig vom Aufstellort (innen oder außen) und der individuellen Anlagentechnik kann eine Wasserstoffanlage in einem großen Temperaturbereich von etwa -25 °C bis 50 °C betrieben werden. Genaue Angaben sind vom Hersteller zu erfragen.

7.6.2 Wasserstoffspeicher

Ein Standard-Flaschenbündel mit 16 Flaschen zu je 50 Litern fasst insgesamt 800 Liter ($0,8\text{ m}^3$). Je nach Druckniveau können unterschiedliche Mengen Wasserstoff in einem Flaschenbündel gespeichert werden. Die Tab. 7.2 zeigt dafür mögliche Werte.

Tab. 7.2 In einem Flaschenbündel mit $0,8\text{ m}^3$ speicherbare Wasserstoffmengen für unterschiedliche Druckniveaus

Volumen und Druckniveau	$0,8\text{ m}^3$ bei 35 bar	$0,8\text{ m}^3$ bei 300 bar
Masse Wasserstoff	2,3 kg	16,8 kg
Energieinhalt	77,7 kWh	560,3 kWh

Damit die Wasserstoffanlage verfahrensfrei bleibt (siehe Kapitel 4.1.1), darf nach § 61 Abs. 1 Nr. 3 Buchstabe e) MBO die Speichermenge in einem werksmäßig hergestellten Gerät nicht mehr als 20 kg betragen. Die entsprechenden Speichervolumen bei einer Temperatur von 20 °C sind in Tab. 7.3 aufgeführt.

Tab. 7.3 *Erforderliches Speichervolumen für 20 kg bei unterschiedlichen Druckniveaus*

Masse und Druckniveau	20 kg bei 35 bar	20 kg bei 300 bar
Volumen	6,9 m ³	1,1 m ³

Nach § 61 Abs. 1 Nr. 6 der MBO sind ortsfeste Behälter für nicht verflüssigte Gase mit einem Brutto-Rauminhalt bis zu 6 m³ verfahrensfrei. Die in einem solchen Speicher maximal speicherbare Masse und Energiemenge von Wasserstoff ist in Tab. 7.4 aufgeführt.

Tab. 7.4 *Speicherbare Wasserstoffmengen und Energieinhalte in einem Speicher von 6 m³ Volumen bei unterschiedlichen Druckniveaus*

Volumen und Druckniveau	6 m ³ bei 35 bar	6 m ³ bei 300 bar
Masse	17,5 kg	126,1 kg
Energieinhalt	582,3 kWh	4.201,9 kWh

7.6.3 Elektrolyse

Mittels Elektrolyse können näherungsweise ca. 20 g Wasserstoff pro kW Eingangsleistung und Betriebsstunde produziert werden. Wird die Wasserstoffanlage mit Strom aus einer Photovoltaik-Anlage betrieben, hängt die Betriebsdauer pro Jahr von der jährlichen Sonnenscheindauer ab. Die mittlere jährliche Sonnenscheindauer in Deutschland beträgt ca. 1.500 Stunden, der tatsächliche Wert ist standortabhängig. Auf Basis dieser Eingangsgrößen werden in Tab. 7.5 unterschiedliche Speichervolumen abgeleitet.

Tab. 7.5 *Durch Elektrolyse produzierbare Wasserstoffmengen bei verschiedenen Betriebsstunden einer Photovoltaik-Anlage*

Betriebsstunden	500 h	1.000 h	1.500 h
Produzierbare Menge Wasserstoff bei 1 kW Eingangsleistung der Elektrolyse	10 kg	20 kg	30 kg
Energieinhalt	333 kWh	667 kWh	1.000 kWh
Speichervolumen bei 35 bar	3,4 m ³	6,9 m ³	10,3 m ³
Speichervolumen bei 300 bar	0,5 m ³	1,0 m ³	1,4 m ³

7.6.4 Gesamte Wasserstoffanlage

Wie die Leistung und der Speicher einer gesamten Wasserstoffanlage zu dimensionieren sind, hängt von den individuellen Gegebenheiten und Bedarfen ab. Als Beispiel wird ein Einfamilienhaus mit einem täglichen Stromverbrauch von etwa 10 kWh angenommen. Ein solches Haus benötigt damit eine rechnerische Grundlast von ca. 0,42 kW. Diese Grundlast kann mit der Brennstoffzelle der Wasserstoffanlage bereitgestellt werden. Aktuell sind Brennstoffzellenmodule mit einer Leistung von etwa 0,75 kW marktüblich. Während die Brennstoffzelle Strom erzeugt, kann ihre Abwärme für die Raumheizung bzw. Wassererwärmung genutzt werden (siehe Kap. 7.2). Für die Deckung von Spitzenlasten sollte die Brennstoffzelle größer dimensioniert sein, eine zusätzliche Wärmebereitstellung aus einer anderen Quelle kann verbrauchsabhängig erforderlich sein. Alternativ ist auch die Nutzung eines für Wasserstoff ausgelegten Blockheizkraftwerks zur Strom- und Wärmeerzeugung möglich.

Für ein halbes Jahr (Winterhalbjahr) ergibt sich für das durchschnittliche Einfamilienhaus ein Strombedarf von 1.825 kWh. Um diesen Bedarf vollständig durch Wasserstoff decken zu können, ergeben sich, unter Berücksichtigung der Wirkungsgrade in Tab. 7.6, bei der Verwendung einer Brennstoffzelle bzw. eines Blockheizkraftwerks zur Wasserstoffverstromung die in Tab. 7.7 und Tab. 7.8 angegebenen Werte. Für die mindestens erforderliche Leistung einer Photovoltaik-Anlage wird der vierfache Wert der erforderlichen Elektrolyseleistung angenommen.

Tab. 7.6 Elektrische Wirkungsgrade verschiedener Anlagenteile

	Photovoltaik	PEM-Elektrolyse	Brennstoffzelle	Blockheizkraftwerk
Elektrischer Wirkungsgrad	12 – 25 %	60 – 70 %	60 – 70 %	30 – 40 %

Tab. 7.7 *Beispielhafte Anlagenauslegung bei Nutzung einer Brennstoffzelle*

Strombedarf Winterhalbjahr	1.825 kWh		
Erforderliche Energie im gespeicherten Wasserstoff	2.607 – 3.042 kWh		
Erforderliche Wasserstoffmenge	78 – 91 kg		
Erforderliches Speichervolumen bei 35 bar	27 – 31 m ³		
Erforderliches Speichervolumen bei 300 bar	3,3 – 4,3 m ³		
Betriebsstunden Elektrolyse	500 h	1.000 h	1.500 h
Erforderliche Elektrolyseleistung	8 – 9 kW	4 – 5 kW	ca. 3 kW
Mindestens erforderliche Leistung Photovoltaik-Anlage	31 – 37 kWp	16 – 18 kWp	10 – 12 kWp

Tab. 7.8 *Beispielhafte Anlagenauslegung bei Nutzung eines Blockheizkraftwerks*

Strombedarf Winterhalbjahr	1.825 kWh		
Erforderliche Energie im gespeicherten Wasserstoff	4.563 – 6.083 kWh		
Erforderliche Wasserstoffmenge	137 – 183 kg		
Erforderliches Speichervolumen bei 35 bar	47 – 63 m ³		
Erforderliches Speichervolumen bei 300 bar	6,5 – 8,7 m ³		
Betriebsstunden Elektrolyse	500 h	1.000 h	1.500 h
Erforderliche Elektrolyseleistung	8 – 9 kW	4 – 5 kW	ca. 3 kW
Mindestens erforderliche Leistung Photovoltaik-Anlage	31 – 37 kWp	16 – 18 kWp	11 – 12 kWp

8 Anschluss an das öffentliche Stromnetz und Inbetriebnahme der Wasserstoffanlage

Beim Anschluss einer Wasserstoffanlage an das öffentliche Stromnetz müssen unterschiedliche Aspekte bei der Anmeldung beim Stromnetzbetreiber, dem Marktstammdatenregister sowie bei den anfallenden Steuern und Abgaben beachtet werden. Auf diese Themen wird in Unterkapitel 8.1 eingegangen.

Anschließend kann die Wasserstoffanlage in Betrieb genommen werden. Der Prozess der Inbetriebnahme und die Durchführung des Leistungsnachweises werden in Unterkapitel 8.2 skizziert.

8.1 Anschluss an das öffentliche Stromnetz

Beim Anschluss an das öffentliche Stromnetz wird grundsätzlich zwischen Verbrauchsanlagen (z. B. Elektrolyseure zur Erzeugung von Wasserstoff) und Stromerzeugungsanlagen (Brennstoffzellen) unterschieden.

Die nachfolgenden Beschreibungen beziehen sich auf Wasserstoffanlagen zur Eigenversorgung mit einer elektrischen Nennleistung von weniger als 100 kW und einem Anschluss an eine 400 V-Leitung (Niederspannung), die

- ausschließlich zur Wasserstofferzeugung und Energiespeicherung zur späteren Eigennutzung dienen (Kapitel 8.1.1), bzw.
- zudem zur Rückeinspeisung von Strom in das öffentliche Stromnetz genutzt werden können (Kapitel 8.1.2).

Generell ist es bei der Planung einer entsprechenden Anlage sinnvoll, Kontakt mit einem Elektrofachbetrieb bzw. dem Stromnetzbetreiber Kontakt aufzunehmen, um die eigene Hausinstallation bzw. die spezifischen Konditionen des Netzanschlusses zu besprechen. Der Anschluss der Wasserstoffanlage darf nur durch eine Elektrofachkraft erfolgen.

8.1.1 Anschluss von Elektrolyseuren zur Energiespeicherung

Der Betrieb von Elektrolyseuren muss als Stromverbraucher nach § 19 NAV beim Stromnetzbetreiber gemeldet werden, wenn die Bemessungsleistung des Elektrolyseurs 12 kVA übersteigt. Der Netzbetreiber kann den Anschluss mit einer Begründung ggf.

ablehnen. Die genauen Bedingungen und die für die Anmeldung erforderlichen Unterlagen sind vom Stromnetzbetreiber abhängig und können in der Regel im Internet eingesehen bzw. angefordert werden.

Der Strompreis umfasst unter anderem die Stromsteuer sowie weitere Netzentgelte bzw. Umlagen, die ggf. beim Anschluss und Betrieb von Elektrolyseuren zur Energiespeicherung entfallen können. Dabei ist folgendes zu betrachten:

- **Entgelte für den Netzzugang:** Entgelte für den Netzzugang werden vom Stromnetzbetreiber für den Betrieb des Stromnetzes nach im EnWG vorgegebenen Regeln erhoben. Gemäß § 118 Abs. 6 EnWG werden Anlagen zur Speicherung elektrischer Energie für einen Zeitraum von 20 Jahren nach Inbetriebnahme von den Entgelten freigestellt. Nach § 118 Abs. 6 Satz 7 des EnWG gilt dies auch für Wasserstoffelektrolyseure, die nicht zur Rückeinspeisung von Strom in dasselbe Netz genutzt werden (siehe § 118 Abs. 6 Satz 3 EnWG). *Nach Einschätzung der Autoren des Leitfadens ist der im Gesetz verwendete und hier sinngemäß wiedergegebene Wortlaut der Sätze 1 und 7 von § 118 Abs. 6 EnWG für die Befreiung der Netzentgelte ausschlaggebend, die endgültige Auslegung wird allerdings für den Einzelfall von der Bundesnetzagentur als Regulierungsbehörde vorgenommen.*
- **Baukostenzuschuss an den Netzbetreiber:** Nach § 11 Abs. 1 NAV darf der Stromnetzbetreiber einen angemessenen Baukostenzuschuss zur teilweisen Deckung der Kosten für die Erstellung oder Verstärkung der örtlichen Verteileranlagen vom Anschlussnehmer erheben. Der Baukostenzuschuss darf nach Abs. 3 nur für den Teil der Leistungsanforderung erhoben werden, der eine Leistung von 30 kW übersteigt. Bei Wasserstoffanlagen bis 30 kW ist somit kein Baukostenzuschuss durch den Anlagenbetreiber zu entrichten.

Die Höhe des Baukostenzuschusses hängt von der benötigten Leistung, dem bestehenden Netz bzw. dem Stromnetzbetreiber ab. Hintergründe dazu gibt die Bundesnetzagentur⁵⁸, die Stromnetzbetreiber veröffentlichen in der Regel Preislisten für den Baukostenzuschuss.

- **Stromsteuer:** Nach § 9a Abs. 1 Nr. 1 StromStG wird für Unternehmen des produzierenden Gewerbes auf Antrag beim zuständigen Hauptzollamt die Steuer für

⁵⁸ <https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Fachthemen/ElektrizitaetundGas/Netzanschluss/Baukostenzuschuesse/start.html>

nachweislich versteuerten Strom erlassen, erstattet oder vergütet, wenn der Strom für die Elektrolyse genutzt worden ist. Produzierendes Gewerbe umfasst die Bereiche Bergbau, Energiewirtschaft, Baugewerbe und verarbeitendes Gewerbe. Verarbeitendes Gewerbe sind beispielsweise Unternehmen zur Herstellung von Nahrungs- und Futtermitteln, Getränkeherstellung oder Metallbearbeitung. Die Befreiung trifft nicht auf Unternehmen der Wohnungswirtschaft zu, also auch nicht auf private Hauseigentümer bzw. Anlagen zur Quartiersversorgung.

Nach § 9 Abs. 1 Nr. 3 StromStG ist Strom, der in Anlagen mit einer Leistung von bis zu 2 MW aus erneuerbaren Energien erzeugt wird und zum Selbstverbrauch dient, auch von der Stromsteuer befreit.

- **Offshore-Umlage und Kraftwärmekopplungs-Gesetz (KWKG)-Umlage:** Nach § 25 Abs. 1 EnFG werden Umlagen für die Netzentnahme von Strom nicht erhoben (gilt generell für die Erneuerbare-Energien-Gesetz-Umlage seit dem 1. Juli 2022), wenn der Strom in einer Einrichtung zur Herstellung von grünem Wasserstoff verbraucht wird, die über einen eigenen Zählpunkt mit dem Netz verbunden ist. Diese Befreiung gilt für Unternehmen, die überwiegend grünen Wasserstoff produzieren, wie z. B. Industriegashersteller. Abs. 1 EnFG gilt nicht für Letztverbraucher des Wasserstoffs, also auch nicht zur Eigenversorgung, sowie für Unternehmen mit anderem Schwerpunkt, z. B. der Wohnungswirtschaft.
- **§ 19 StromNEV-Umlage:** Nach § 19 Stromnetzentgeltverordnung (StromNEV) können Unternehmen mit hohem Stromverbrauch spezielle Netzentgelte mit dem Stromnetzbetreiber aushandeln. Die dadurch für den Stromnetzbetreiber entgangenen Kosten können an alle Letztverbraucher über die § 19 StromNEV-Umlage umgelegt werden. Eine Befreiung von der Umlage erfolgt für Anlagen, deren Stromverbrauch über 10 GWh beträgt. Der Stromverbrauch ist für die hier betrachteten Wasserstoffanlagen nicht realistisch, die Umlage-Befreiung kann aber bei entsprechendem Stromverbrauch generell leicht erreicht werden.

Zusammenfassend können für Betreiber von Wasserstoffanlagen zur Eigenversorgung die Entgelte für den Netzzugang sowie der Baukostenzuschuss an den Netzbetreiber (bei Wasserstoffanlagen bis 30 kW) entfallen. Die Stromsteuer entfällt nur für Strom von Unternehmen des produzierenden Gewerbes, der für die Elektrolyse verwendet wurde bzw. allgemein für Strom, der in Anlagen bis 2 MW aus erneuerbaren Energien erzeugt und für den Selbstverbrauch verwendet wird. Eine Befreiung von den KWKG-, Offshore-

oder § 19 StromNEV-Umlagen ist nur unter speziellen Voraussetzungen möglich, die in der Regel nicht auf die hier betrachteten Wasserstoffanlagen zutreffen.

8.1.2 Einspeisung von Strom aus Brennstoffzellen

Generell müssen Strom-Erzeugungsanlagen, die unmittelbar oder mittelbar an das öffentliche Stromnetz angeschlossen werden, beim Stromnetzbetreiber angemeldet werden (üblicherweise als „Technische Anschlussbedingungen“ bezeichnet). Dies gilt auch für Brennstoffzellen. Die Bedingungen für die Einspeisung in das öffentliche Stromnetz und die dafür nötigen Unterlagen sind vom Stromnetzbetreiber abhängig und können über die jeweiligen Internetseiten erfragt werden. Da die Einspeisung von Strom in das öffentliche Stromnetz nicht der Schwerpunkt dieses Leitfadens ist, wird nicht weiter darauf eingegangen.

8.1.3 Eintragung in das Marktstammdatenregister

Nach der Marktstammdatenregister-Verordnung (MaStRV) müssen folgende Anlagen im Marktstammdatenregister⁵⁹ der Bundesnetzagentur angemeldet werden:

- eine Stromerzeugungsanlage (z. B. Brennstoffzellen);
- eine Gaserzeugungsanlage (z. B. Elektrolyseur), die mittelbar oder unmittelbar an ein Gasnetz angeschlossen wird, was auf die hier betrachteten Wasserstoffanlagen mit ausschließlicher Eigennutzung des erzeugten Wasserstoffs nicht zutrifft;
- eine Verbrauchsanlage (z. B. Elektrolyseur), die an das Hoch- oder Höchstspannungsnetz angeschlossen wird, was auf die hier betrachteten Wasserstoffanlagen mit Anschluss am Niederspannungsnetz nicht zutrifft.

Die Registrierung von Stromerzeugungsanlagen, also auch von Brennstoffzellen, im Marktstammdatenregister ist innerhalb eines Monats nach Inbetriebnahme grundsätzlich verpflichtend, wenn die Anlage unmittelbar oder mittelbar an das öffentliche Stromnetz angeschlossen ist oder angeschlossen werden soll, und die Anlage ortsfest ist. Eine Anlage gilt als ortsfest, wenn sie dafür bestimmt ist, nach ihrer Inbetriebnahme dauerhaft (länger als sechs Monate) an einem vorbestimmten Ort betrieben zu werden. Auf der

⁵⁹ Marktstammdatenregister: <https://www.marktstammdatenregister.de/MaStR>

Internetseite des Marktstammdatenregisters stehen ausführliche Hilfen bereit. Für Wasserstoff-Brennstoffzellen ist die „Registrierungshilfe für Verbrennungsanlagen“⁶⁰ maßgeblich.

8.2 Inbetriebnahme, Leistungsnachweis sowie Verwendbarkeitsnachweise der Wasserstoffanlage

In diesem Kapitel wird auf die Inbetriebnahme und den Leistungsnachweis einer Wasserstoffanlage eingegangen. Die Verantwortung dafür liegt beim Betreiber. Zur Abgrenzung wird jedoch zuerst kurz die Inbetriebsetzung beschrieben, die in der Verantwortung des Herstellers der Anlage liegt (genauere Erläuterungen dazu werden im Technischen Leitfaden für PtG-Anlagen von PORTAL GREEN bzw. im VAIS Merkblatt MB 12⁶¹ für industrielle Betriebe gemacht).

Das Inverkehrbringen ist nach § 2 Nr. 16 ProdSG die „erstmalige Bereitstellung eines Produkts auf dem Unionsmarkt“ und liegt in der Verantwortung des Herstellers der Anlage. Vor dem Inverkehrbringen einer Anlage muss der Hersteller ein Konformitätsbewertungsverfahren der eingesetzten Komponenten durchführen, das mit einer Konformitätserklärung und dem CE-Kennzeichen auf dem Produkt bestätigt wird. Das Inverkehrbringen kann auch die Montage der Anlage am vom Betreiber gewünschten Einsatzort einschließen und muss dann auch eine erste Systemerprobung umfassen. In der Systemerprobung wird die Funktion der Anlage und ihrer Teile überprüft. Das Inverkehrbringen schließt mit der Übergabe der Konformitätserklärung und der gültigen Betriebsanleitung durch den Hersteller an den Betreiber ab, wobei auch die Verantwortung für die Anlage vom Hersteller auf den Betreiber übergeht. Der genaue Zeitpunkt der Verantwortungsübergabe sollte vorab zwischen Hersteller und Betreiber geklärt werden.

Die CE-Kennzeichnung belegt die Verwendung von Mindeststandards durch den Hersteller der Wasserstoffanlage bzw. von deren Komponenten. Unabhängig davon ist die Dichtheit der Gesamtanlage vor Inbetriebnahme zuverlässig sicherzustellen. Dazu erfolgt die verpflichtende Prüfung der Wasserstoffanlage vor Inbetriebnahme. Diese

⁶⁰ Registrierungshilfe Verbrennungsanlagen: https://www.marktstammdatenregister.de/MaStRHilfe/fi-les/regHilfen/Registrierungshilfe_Verbrennung.pdf

⁶¹ VAIS Merkblatt MB 12 „Inverkehrbringen von Wasser- Elektrolyseanlagen, Ausgabe 2022-11“: <https://www.vais.de/fachpublikationen/merkblaetter.html>

Prüfung liegt im Verantwortungsbereich des Betreibers und wird in der Regel durch Dritte durchgeführt (siehe Kapitel 6). Werden der Anlage vor Ort Rohrleitungen, Speicher etc. hinzugefügt und an diese angeschlossen, hat der Betreiber sicherzustellen, dass sowohl für die zusätzlichen Anlagenteile als auch die fertige Gesamtanlage allen erforderlichen Prüfungen durch Fachfirmen und/oder Prüfstellen unterzogen werden.

Nach dieser Überprüfung wird die Anlage erstmalig in Betrieb genommen und an den Betreiber übergeben. Dies erfolgt in der Regel noch zusammen mit dem Hersteller bzw. der Fachfirma der Wasserstoffanlage. Sie umfasst insbesondere eine Funktionsprüfung, ggf. eine Anpassung der Anlagenparameter sowie einen Testbetrieb. Darauf kann ein Leistungsnachweis der Wasserstoffanlage erfolgen. Diese Schritte zur Inbetriebnahme sollten ebenfalls vorab mit dem Hersteller oder der Fachfirma besprochen und ggf. vertraglich festgelegt werden.

Beim Leistungsnachweis für gewerblich genutzte Anlagen können unterschiedliche Leistungsparameter der Anlage gemessen und mit der zwischen Hersteller und Betreiber vereinbarten Leistung abgeglichen werden. Dabei können folgende Leistungsparameter relevant sein:

- Produktionsrate von Wasserstoff (Sauerstoff) mit Ausgangsdruck, und -temperatur,
- Wasserstoffqualität (ggf. Sauerstoffqualität) und -feuchte,
- Strombedarf in Bezug auf die produzierte Menge Wasserstoff (zusammen mit Wasseraufbereitung, Verdichter, ...),
- Wasserbedarf in Bezug auf die produzierte Menge Wasserstoff,
- Qualität des Abwassers,
- ggf. Laständerungsgeschwindigkeit, um auf schwankende Wasserstoffnachfrage bzw. schwankendes Stromangebot reagieren zu können sowie
- Schallemissionen.

Diese Parameter können bei Volllastbetrieb und Teillastbetrieb gemessen werden. Zudem kann nach einer bestimmten Betriebszeit die Degradation des Elektrolyseurs (Abnahme der Produktionsrate, Wasserstoffqualität) überprüft werden. Bei der Absprache des Leistungsnachweises zwischen Hersteller und Betreiber kann das VAIS Merkblatt MB 12 als Hintergrundinformation verwendet werden.

A Verzeichnis der Rechtsvorschriften und technischen Regeln

EU-Richtlinien und Verordnungen

Abkürzung	Vollzitat
Richtlinie 2008/68/EG	Richtlinie 2008/68/EG über die Beförderung gefährlicher Güter im Binnenland; vom 24.09.2008 https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32014L0068
Verordnung (EG) 1272/2008 (CLP-Verordnung)	Verordnung (EG) Nr. 1272/2008 über die Einstufung, Kennzeichnung und Verpackung von Stoffen und Gemischen; zuletzt geändert am 01.09.2025 https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:02008R1272-20201114&from=GA
Richtlinie 2014/34/EU (ATEX-Produkt-RL)	Richtlinie 2014/34/EU zur Harmonisierung der Rechtsvorschriften der Mitgliedstaaten für Geräte und Schutzsysteme zur bestimmungsgemäßen Verwendung in explosionsgefährdeten Bereichen; vom 26.02.2014 https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32014L0034
Richtlinie 2010/35/EU (TPED)	Richtlinie 2010/35/EU über ortsbewegliche Druckgeräte; vom 16.06.2010 https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32010L0035
Richtlinie 2014/68/EU (PED)	Richtlinie 2014/68/EU zur Harmonisierung der Rechtsvorschriften der Mitgliedstaaten über die Bereitstellung von Druckgeräten auf dem Markt – Druckgeräte-Richtlinie; vom 15.05.2014 https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32014L0068
Richtlinie (EU) 2024/1785	Richtlinie (EU) 2024/1785 zur Änderung der Richtlinie 2010/75/EU des Europäischen Parlaments und des Rates über Industrieemissionen (integrierte Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung) und der Richtlinie 1999/31/EG des Rates über Abfalldeponien – Industrieemissionsrichtlinie; vom 24.04.2025 https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=OJ:L_202401785

Deutsche Gesetze

Abkürzung	Vollzitat
ArbSchG	Gesetz über die Durchführung von Maßnahmen des Arbeitsschutzes zur Verbesserung der Sicherheit und des Gesundheitsschutzes der Beschäftigten bei der Arbeit – Arbeitsschutzgesetz; zuletzt geändert am 15.07.2024 https://www.gesetze-im-internet.de/arbschg/
BImSchG	Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge – Bundes-Immissionsschutzgesetz; zuletzt geändert am 12.08.2025 https://www.gesetze-im-internet.de/bimschg/
EnFG	Gesetz zur Finanzierung der Energiewende im Stromsektor durch Zahlungen des Bundes und Erhebung von Umlagen – Energiefinanzierungsgesetz; zuletzt geändert am 21.02.2025 https://www.gesetze-im-internet.de/enfg/
EnWG	Gesetz über die Elektrizitäts- und Gasversorgung – Energiewirtschaftsgesetz; zuletzt geändert am 21.02.2025 https://www.gesetze-im-internet.de/enwg_2005/
ProdSG	Gesetz über die Bereitstellung von Produkten auf dem Markt – Produktsicherheitsgesetz; zuletzt geändert am 27.07.2021 https://www.gesetze-im-internet.de/prodsg_2021/
StromStG	Stromsteuergesetz; zuletzt geändert am 22.12.2023 https://www.gesetze-im-internet.de/stromstg/
ÜAnlG	Gesetz über überwachungsbedürftige Anlagen; Ausfertigungsdatum 27.07.2021 https://www.gesetze-im-internet.de/_anlg/

Deutsche Verordnungen und Richtlinien

Abkürzung	Vollzitat
4. BImSchV	Vierte Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes – Verordnung über genehmigungsbedürftige Anlagen – 4. BImSchV; zuletzt geändert am 12.11.2024 https://www.gesetze-im-internet.de/bimschv_4_2013/
BetrSichV	Verordnung über Sicherheit und Gesundheitsschutz bei der Verwendung von Arbeitsmitteln – Betriebssicherheitsverordnung; zuletzt geändert am 27.07.2021 https://www.gesetze-im-internet.de/betrsvchv_2015/

Abkürzung	Vollzitat
GefStoffV	Verordnung zum Schutz vor Gefahrstoffen – Gefahrstoffverordnung; zuletzt geändert am 02.12.2024 https://www.gesetze-im-internet.de/gefstoffv_2010/
MaStRV	Verordnung über das zentrale elektronische Verzeichnis energiewirtschaftlicher Daten – Marktstammdatenregisterverordnung; zuletzt geändert am 11.12.2024 https://www.gesetze-im-internet.de/mastrv/
MBO	Muster-Bauordnung; zuletzt geändert am 26./27.09.2024 https://www.bauministerkonferenz.de/verzeichnis.aspx?id=991&o=759O986O991
MFeuV	Muster-Feuerungsverordnung; zuletzt geändert am 28.11.2023 https://www.bauministerkonferenz.de/verzeichnis.aspx?id=991&o=759O986O991
MLAR	Muster-Richtlinie über brandschutztechnische Anforderungen an Leitungsanlagen – Muster-Leitungsanlagen-Richtlinie; zuletzt geändert am 03.09.2020 https://www.bauministerkonferenz.de/verzeichnis.aspx?id=991&o=759O986O991
NAV	Verordnung über Allgemeine Bedingungen für den Netzanschluss und dessen Nutzung für die Elektrizitätsversorgung in Niederspannung – Niederspannungsanschlussverordnung; zuletzt geändert am 19.07.2022 https://www.gesetze-im-internet.de/nav/

Technische Regeln und Anleitungen

Abkürzung	Vollzitat
TA Lärm	Sechste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz – Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm; zuletzt geändert am 07.07.2017 https://www.verwaltungsvorschriften-im-internet.de/bsvwvbund_26081998_IG19980826.htm
TRBS 1122	Änderungen von Gasfüllanlagen, Lageranlagen, Füllstellen, Tankstellen und Flugfeldbetankungsanlagen – Ermittlung der Prüfpflicht nach Anhang 2 Abschnitt 3 BetrSichV und der Erlaubnispflicht gemäß § 18 BetrSichV; Ausgabe: Juli 2018 https://www.baua.de/DE/Angebote/Regelwerk/TRBS/TRBS-1122
TRBS 1123	Prüfpflichtige Änderungen von Anlagen in explosionsgefährdeten Bereichen – Ermittlung der Prüfnotwendigkeit gemäß § 15 Abs. 1 BetrSichV; Ausgabe: Juli 2018 https://www.baua.de/DE/Angebote/Regelwerk/TRBS/TRBS-1123

Abkürzung	Vollzitat
TRBS 1201	Prüfungen und Kontrollen von Arbeitsmitteln und Überwachungsbedürftigen Anlagen; Ausgabe: März 2019 https://www.baua.de/DE/Angebote/Regelwerk/TRBS/TRBS-1201
TRBS 2141	Gefährdungen durch Druck und Dampf; Ausgabe: März 2019 https://www.baua.de/DE/Angebote/Regelwerk/TRBS/TRBS-2141
TRBS 3145/ TRGS 745	Ortsbewegliche Druckgasbehälter – Füllen, Bereithalten, Innerbetriebliche Beförderung, Entleeren; Ausgabe Februar 2016 https://www.baua.de/DE/Angebote/Regelwerk/TRBS/TRBS-3145
TRBS 3146/ TRGS 746	Ortsfeste Druckanlagen für Gase; Ausgabe: September 2016 https://www.baua.de/DE/Angebote/Regelwerk/TRBS/TRBS-3146
TRBS 3151/ TRGS 751	Vermeidung von Brand-, Explosions- und Druckgefährdungen an Tankstellen und Gasfüllanlagen zur Befüllung von Landfahrzeugen; Ausgabe: Februar 2024 https://www.baua.de/DE/Angebote/Regelwerk/TRBS/TRBS-3151
TRGS 201	Einstufung und Kennzeichnung bei Tätigkeiten mit Gefahrstoffen; Ausgabe: Februar 2017 https://www.baua.de/DE/Angebote/Regelwerk/TRGS/TRGS-201
TRGS 500	Schutzmaßnahmen; Ausgabe: September 2019 https://www.baua.de/DE/Angebote/Regelwerk/TRGS/TRGS-500
TRGS 721	Gefährliche explosionsfähige Gemische – Beurteilung der Explosionsgefährdung; Ausgabe: Dezember 2020 https://www.baua.de/DE/Angebote/Regelwerk/TRGS/TRGS-721
TRGS 722	Vermeidung oder Einschränkung gefährlicher explosionsfähiger Gemische; Ausgabe: Februar 2021 https://www.baua.de/DE/Angebote/Regelwerk/TRGS/TRGS-722
TRGS 723	Gefährliche explosionsfähige Gemische – Vermeidung der Entzündung gefährlicher explosionsfähiger Gemische; Ausgabe: Juli 2019 https://www.baua.de/DE/Angebote/Regelwerk/TRGS/TRGS-723
TRGS 724	Gefährliche explosionsfähige Gemische - Maßnahmen des konstruktiven Explosionsschutzes, welche die Auswirkung einer Explosion auf ein unbedenkliches Maß beschränken; Ausgabe: Juli 2019 https://www.baua.de/DE/Angebote/Regelwerk/TRGS/TRGS-724

B Abkürzungen

BetrSichV	Betriebssicherheitsverordnung
BGHM	Berufsgenossenschaft „Holz und Metall“
BGRCI	Berufsgenossenschaft „Rohstoffe und chemische Industrie“
BImSchG	Bundes-Immissionsschutzgesetz
BImSchV	Bundesimmissionsschutzverordnung
BMWE	Bundesministerium für Wirtschaft und Energie
DGUV	Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung
DVGW	Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e. V.
EnFG	Energiefinanzierungsgesetz
EnWG	Energiewirtschaftsgesetz
GefStoffV	Gefahrstoffverordnung
GRS	Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit gGmbH
IGV	Industriegaseverband
KWKG	Kraftwärmekopplungs-Gesetz
LBO	Landesbauordnung
LOHC	Liquid organic hydrogen carriers
MaStRV	Markstammdatenregister-Verordnung
MBO	Muster-Bauordnung
MFeuV	Muster-Feuerungsverordnung
MLAR	Muster-Leitungsanlagen-Richtlinie
NAV	Niederspannungsanschlussverordnung
PED	Pressure Equipment Directive (Druckgeräte-Richtlinie)
ProdSG	Produktsicherheitsgesetz
PS	Betriebsdruck
PtG	Power-to-Gas
StromStG	Stromsteuergesetz
TA	Technische Anleitung
TGA	Technische Gebäudeausrüstung
TPED	Transportable Pressure Equipment Directive (Richtlinie für ortsbewegliche Druckgeräte)
TRBS	Technische Regeln für Betriebssicherheit
TRGS	Technische Regel für Gefahrstoffe
ÜAnIG	Gesetz über überwachungsbedürftige Anlagen
UEG	Untere Explosionsgrenze
V	Volumen
VDI	Verein Deutscher Ingenieure
ZÜS	Zugelassene Überwachungsstelle

C Begriffe

Bauliche Anlage

Nach § 2 MBO sind bauliche Anlagen „mit dem Erdboden verbundene, aus Bauprodukten hergestellte Anlagen; eine Verbindung mit dem Boden besteht auch dann, wenn die Anlage durch eigene Schwere auf dem Boden ruht oder auf ortsfesten Bahnen begrenzt beweglich ist oder wenn die Anlage nach ihrem Verwendungszweck dazu bestimmt ist, überwiegend ortsfest benutzt zu werden.“ Bauliche Anlagen sind demnach zudem u. a. Aufschüttungen und Ausgrabungen (§ 2 (1) Nr. 1 MBO).

Betreiber und Hersteller der Wasserstoffanlage

Der Begriff „Betreiber“ wird nicht eindeutig in den Gesetzen definiert. Allgemein kann ein Betreiber als eine natürliche oder juristische Person angesehen werden, die unter Berücksichtigung der rechtlichen, wirtschaftlichen und tatsächlichen Umstände bestimmenden Einfluss auf die Errichtung, die Änderung oder den Betrieb der Anlage ausübt (vgl. § 2 Nr. 3 ÜAnlG). Wird das Grundstück, auf dem sich die Wasserstoffanlage befindet, vermietet, sollte schriftlich festgelegt werden, ob Hauseigentümer, Hausverwaltung oder Mieter als Betreiber gelten.

Der Begriff „Hersteller“ wird im § 2 Nr. 15 ProdSG und dessen nachgeordneten Verordnungen definiert (Hintergründe dazu werden im Kap. 4.2.2 des Technischen Leitfadens für PtG-Anlagen von PORTAL GREEN beschrieben). Generell ist ein Hersteller, wer die Wasserstoffanlage herstellt und vermarktet. Dazu gibt es zwei Fälle:

- Wenn die Wasserstoffanlage als Ganzes, z. B. in einem Container, funktionsfertig verkauft wird und nur durch den Anschluss von Leitungen etc. installiert wird, gilt der Betreiber nicht als Hersteller im Rahmen des ProdSG.
- Wenn die Anlage vor Ort aus unterschiedlichen Teilen im Auftrag des Betreibers zusammengesetzt wird, kann der Betreiber auch Hersteller sein.

Bei den hier betrachteten Wasserstoffanlagen der technischen Gebäudeausrüstung wird in der Regel der erste Fall zutreffen.

Feuerstätte

Feuerstätten sind in oder an Gebäuden ortsfest benutzte Anlagen oder Einrichtungen, die dazu bestimmt sind, durch Verbrennung Wärme zu erzeugen (§ 2 MBO).

In § 42 Nr. 5 MBO werden an „Brennstoffzellen, Verdichter und Wasserstoff-Elektrolyseure“ gleiche Anforderungen wie an Feuerstätten gestellt. Sie sind demnach keine Feuerstätten, werden aber als Anlagen zur Energiebereitstellung ähnlich behandelt.

Gebäude

Gebäude sind selbstständig benutzbare, überdeckte bauliche Anlagen, die von Menschen betreten werden können und geeignet oder bestimmt sind, dem Schutz von Menschen, Tieren oder Sachen zu dienen (§ 2 MBO).

Hersteller (siehe Betreiber)

Sonderbauten

Sonderbauten sind Anlagen und Räume besonderer Art oder Nutzung, die einen der in § 2 Abs. 4 MBO genannten Tatbestände erfüllen.

Technische Gebäudeausrüstung

Zur technischen Gebäudeausrüstung gehören alle Anlagen, die der Versorgung von Gebäuden dienen. Dies umfasst ein breites Spektrum von Anwendungen, laut Industrieverband technische Gebäudeausrüstung⁶² u. a.

- Systeme für Gebäudeheizung und Trinkwassererwärmung,
- Systeme zur Nutzung erneuerbarer Energien (Solarthermie, Geothermie, Photovoltaik, Biomasse) sowie
- Stromversorgungsanlagen.

Druckgasbehälter

Nach TRBS 3145/TRGS 745⁶³ und TRBS 3146/TRGS 746³⁵ sind Druckgasbehälter Druckbehälter für Gase, unabhängig vom Druck. Zum Druckgasbehälter gehören die Ausrüstungsteile, die dessen Sicherheit beeinflussen können. Es werden ortsbewegliche und ortsfeste Druckgasbehälter unterschieden.

⁶² <https://itga-bw.de/die-branche/was-ist-tga/>

⁶³ TRBS 3145/TRGS 745 „Ortsbewegliche Druckgasbehälter – Füllen, Bereithalten, innerbetriebliche Beförderung, Entleeren“, <https://www.baua.de/DE/Angebote/Regelwerk/TRGS/TRGS-745>

Ein Druckgasbehälter im Sinne dieses Leitfadens ist ein geschlossenes Bauteil, das zur Aufnahme von unter Druck stehendem Wasserstoff ausgelegt und gebaut ist, z. B. ein Gastank oder eine Gasflasche. Zum Druckbehälter gehören auch die direkt angebrachten Teile einschließlich der Vorrichtungen für den Anschluss an andere Geräte. Es werden ortsbewegliche und ortsfeste Druckgasbehälter unterschieden.

Quartier

Der Begriff Quartier stammt aus dem Bereich des Städtebaus bzw. der Stadtentwicklung und ist bislang nicht eindeutig definiert. Grundsätzlich kann ein Quartier als eine räumlich konstruierte Teileinheit einer Kommune, d. h. als ein zusammenhängendes, nicht zwingend geschlossenes, kommunales Areal von Gebäuden jedweder Art und Nutzung, die im historischen, funktionalen und stadtkulturellen Zusammenhang stehen, verstanden werden. Die Entscheidung zur Gebietsabgrenzung eines Quartiers liegt bei den lokalen Akteuren vor Ort und kann z. B. auf Basis gebäudetypologischer, geografischer, soziodemografischer, wirtschaftlicher oder politischer Parameter erfolgen⁶⁴.

Wasserstoffanlage (Wasserstoffelektrolyseur, Brennstoffzelle) sowie Speicher

Nach § 2 MFeuV bestehen Wasserstoffanlagen „aus Wasserstoffelektrolyseuren und Brennstoffzellen; zum Betrieb sind sie über Rohrleitungen mit Anlagen zur Wasserstoffspeicherung verbunden. Wasserstoffelektrolyseure sind elektrochemische Wandler, die Wasser in Wasserstoff und Sauerstoff umwandeln. Brennstoffzellen im Sinne dieser Verordnung sind elektrochemische Wandler, die Wasserstoff in elektrischen Gleichstrom, Wärme und Wasser umwandeln.“

Im Sinne der MFeuV bestehen Wasserstoffanlagen somit ausschließlich aus dem Wasserstoffelektrolyseur und der Brennstoffzelle. Die Wasserstoffspeicher („ortsfeste Druckbehälter zur Wasserstoffspeicherung“ laut § 14 MFeuV) werden nicht darin einbezogen, sind aber in der Regel mit der Wasserstoffanlage über Rohrleitungen und weitere Anlagen (z. B. Verdichter) verbunden.

⁶⁴ Arbeitsgemeinschaft für sparsamen und umweltfreundlichen Energieverbrauch e.V.: Innovative Quartiersversorgung (S. 4):
<https://www.dvgw.de/leistungen/publikationen/publikationsliste/innovative-quartiersversorgung>

Zugelassene Überwachungsstelle

Zugelassene Überwachungsstellen (ZÜS) führen auf Grundlage der BetrSichV vorgeschriebene und ggf. behördlich angeordnete Prüfungen an bestimmten überwachungsbedürftigen Anlagen durch. Für die Zulassung als ZÜS muss eine Prüfstelle die Anforderungen der §§ 15 bis 17 und § 20 des ÜAnIG und die Anforderungen in Anhang 2 Abschnitt 1 der BetrSichV erfüllen. Bekannte ZÜS sind beispielsweise die TÜVe und die DEKRA.

Zur Prüfung befähigte Person

Eine zur Prüfung befähigte Person ist laut § 6 Abs. 2 BetrSichV eine Person, die durch ihre Berufsausbildung, ihre Berufserfahrung und ihre zeitnahe berufliche Tätigkeit über die erforderlichen Kenntnisse zur Prüfung von Arbeitsmitteln verfügt; soweit hinsichtlich der Prüfung von Arbeitsmitteln in den Anhängen 2 und 3 der BetrSichV weitergehende Anforderungen festgelegt sind, sind diese zu erfüllen. Spezifische Anforderungen für den Umgang mit Wasserstoff sind in der BetrSichV bislang nicht enthalten.