



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für
Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK

Bundesamt für Energie BFE
Sektion Energieforschung und Cleantech

Schlussbericht vom 3. Oktober 2025

SVGW-Merkblatt

«Wasserstoff in Gebäuden»



Association pour l'eau, le gaz et la chaleur
Associazione per l'acqua, il gas e il calore
Fachverband für Wasser, Gas und Wärme

H10001 d Ausgabe XX 2026

INFORMATION

Merkblatt

Wasserstoffinstallationen für Gebäude



Quelle: © SVGW, 2025



Subventionsgeberin:

Bundesamt für Energie BFE
Sektion Energieforschung und Cleantech
CH-3003 Bern
www.energieforschung.ch

Ko-Finanzierung:

SVGW
Grütlistrasse 44, Postfach
CH-8027 Zürich
<https://www.svgw.ch/>

Subventionsempfänger/innen:

Envenion GmbH
Rebbergstrasse 15
CH-8425 Oberembrach
<https://envenion.ch/>

Autor:

Stefan Jäschke, Envenion GmbH, sj@envenion.ch

BFE-Projektbegleitung:

Stefan Oberholzer, stefan.oberholzer@bfe.admin.ch

BFE-Vertragsnummer: SI/502853-01

Für den Inhalt und die Schlussfolgerungen sind ausschliesslich die Autoren/Autorinnen dieses Berichts verantwortlich.



Zusammenfassung

Zunehmend finden sich Systeme am Markt, die in Ergänzung zu einer Photovoltaikanlage den im Sommer auftretenden Überschussstrom für eine Wasserstoffproduktion zur Speicherung und späteren Rückverstromung für eine weitgehende Selbstversorgung mit Energie nutzen. Viele Schweizer Bürger, kleinere Gewerbebetriebe und mittelgrosse Unternehmen engagieren sich mit der Installation von Photovoltaikanlagen, um dem Klimawandel etwas entgegenzusetzen.

In den überwiegenden Fällen wird der vor allem in den Sommermonaten erzeugte Photovoltaikstrom in das öffentliche Stromnetz eingespeist. Die Rückvergütung, die dabei erzielt werden kann, wird im Allgemeinen als zu niedrig wahrgenommen. Die Unzufriedenheit darüber ist so gross, dass viele dieser privaten Photovoltaikanlagenbetreiber bereit sind, in eine Wasserstoffanlage zu investieren. Die Wasserstoffanlage bietet eine saisonale Speicherung des vor allem in den Sommermonaten selbst erzeugten elektrischen Stroms. Dieser gespeicherte Strom steht dann wiederum im Winter nach erfolgter Rückverstromung zum Verbrauch zur Verfügung.

Gemeinsam mit der Branche wurde ein Merkblatt erarbeitet, um die Betriebssicherheit von Wasserstoffinstallationen und Wasserstoffanlagen in und an Gebäuden zu gewährleisten. Die Vorgaben in diesem Merkblatt dienen dazu, dass der Energieträger Wasserstoff zielgerichtet und energietechnisch sinnvoll verwendet wird. Die installierten und betriebenen Anlagen sollen sicher sein, sodass Personen und Sachschäden in dem Fall vermieden werden. Dadurch schafft das Merkblatt Transparenz und setzt akzeptierte Rahmenbedingungen für die Installation und den Betrieb von Wasserstoffanlagen in und an Gebäuden.

Résumé

On trouve de plus en plus sur le marché des systèmes qui, en complément d'une installation photovoltaïque, utilisent l'électricité excédentaire produite en été pour produire de l'hydrogène destiné à être stocké et reconverti ultérieurement en électricité, afin d'assurer une large autonomie énergétique. De nombreux citoyens suisses, petites entreprises artisanales et moyennes entreprises s'engagent dans la lutte contre le changement climatique en installant des systèmes photovoltaïques.

Dans la plupart des cas, l'électricité photovoltaïque produite principalement pendant les mois d'été est injectée dans le réseau électrique public. La rémunération qui peut être obtenue est généralement considérée comme trop faible. Le mécontentement à ce sujet est tel que de nombreux exploitants privés d'installations photovoltaïques sont prêts à investir dans une installation à hydrogène. L'installation à hydrogène permet de stocker de manière saisonnière l'électricité produite principalement pendant les mois d'été. Cette électricité stockée est ensuite disponible pour la consommation en hiver après avoir été reconvertie en électricité.

Une fiche technique a été élaborée en collaboration avec le secteur afin de garantir la sécurité de fonctionnement des installations et des équipements à hydrogène dans et sur les bâtiments. Les spécifications contenues dans cette fiche technique ont pour but de garantir une utilisation ciblée et judicieuse de l'hydrogène en tant que source d'énergie. Les installations mises en place et exploitées doivent être sûres afin d'éviter tout dommage corporel ou matériel. La fiche technique apporte ainsi de la transparence et définit des conditions-cadres acceptées pour l'installation et l'exploitation d'installations à hydrogène dans et à proximité des bâtiments.



Summary

There are an increasing number of systems on the market that, in addition to a photovoltaic system, use the surplus electricity generated in summer to produce hydrogen for storage and later conversion back into electricity, thereby achieving a high degree of energy self-sufficiency. Many Swiss citizens, small businesses and medium-sized companies are installing photovoltaic systems in order to combat climate change.

In most cases, the photovoltaic electricity generated mainly in the summer months is fed into the public grid. The reimbursement that can be achieved in this way is generally perceived as too low. Dissatisfaction with this situation is so great that many of these private photovoltaic system operators are willing to invest in a hydrogen plant. The hydrogen plant offers seasonal storage of the electricity generated mainly in the summer months. This stored electricity is then available for consumption in winter after being converted back into electricity.

A leaflet has been produced in collaboration with the industry to ensure the operational safety of hydrogen installations and hydrogen systems in and on buildings. The guidelines in this information sheet serve to ensure that hydrogen is used in a targeted and energy-efficient manner. The installed and operated systems should be safe so that personal injury and property damage can be avoided. The information sheet thus creates transparency and sets accepted framework conditions for the installation and operation of hydrogen systems in and on buildings.

Kernbotschaften («Take-Home Messages»)

- Wasserstoffanlagen, die Wasserstoff produzieren, speichern und zum späteren Zeitpunkt wieder nutzen, sind einzig als Gesamtsystem, mit untereinander abgestimmten Komponenten bestimmungsgemäss einzusetzen.
- Die Komplexität der sicherheitsrelevanten Massnahmen nimmt zu, je mehr Anteile der Anlage im Gebäude installiert werden. Vorzugsweise sind solche Gesamtsystem ausserhalb vom Gebäude zu installieren.
- Unter Anwendung der vorgegebenen Massnahmen dieses Merkblatt ist ein langfristig sicherer Betrieb von Wasserstoffanlagen in und an Gebäuden realisierbar.



Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung.....	3
Résumé.....	3
Summary.....	4
Kernbotschaften («Take-Home Messages»).....	4
1. Hintergrund.....	8
1.1 Schweizer Wasserstoffstrategie.....	9
1.2 Motivation Anlagenbesitzer.....	10
2. Zielsetzung und Geltungsbereich des Merkblatts.....	10
3. Wasserstoff-Systeme und -Komponenten am Markt.....	11
3.1 Wasserstoff-Systeme.....	12
3.1.1 PICEA.....	15
3.1.2 Cosber.....	15
3.1.3 HY-Storage.....	16
3.1.4 Infener.....	17
3.1.5 Erevo.....	18
3.1.6 Eigenbau.....	18
3.2 Brennstoffzelle.....	19
3.3 Elektrolyseur.....	19
3.4 Wasserstoffspeicher.....	20
3.4.1 Druckspeicher.....	21
3.4.2 Metallhydrid-Speicher.....	21
3.4.3 Eisenoxid-Speicher.....	24
3.5 Wasserstoffrohrleitungen.....	25
4. Rechtsgrundlagen.....	28
5. Projektierung, Aufbau und Inbetriebnahme.....	30
6. Installationsvarianten.....	33
6.1 Begriffe.....	34
6.2 Gesamtanlage.....	34
6.3 Varianten zur Inverkehrbringung.....	35
7. Installation.....	39
7.1 Baugruppe – Inneneinheit.....	40
7.1.1 Standortstudie.....	40
7.1.2 Installationsort.....	41
7.1.3 Risikomanagement.....	41
7.1.4 Brandschutz.....	46
7.1.4.1 Anordnung, Zugänglichkeit.....	47
7.1.4.2 Sicherheitsabstände.....	48
7.1.4.3 Brandschutzwände.....	49
7.1.4.4 Fluchtwege und Rettungswege.....	50
7.1.4.5 Gefährdete Bereiche.....	50
7.1.4.6 Brandmeldeanlage.....	51
7.1.4.7 Potenziell gefährliche Stoffe.....	52
7.1.5 Technische Sicherheitsmassnahmen.....	52
7.1.5.1 Leitungen und Verbindungen.....	52
Leitungsinstallationen.....	53
Erdverlegte Leitungen.....	54
7.1.5.2 Lüftung Aufstellort (Deckenbereich).....	55



7.1.5.3 Gassensorik.....	57
7.1.5.4 Wasserstoff-Entlüftungsleitungen.....	58
7.1.6 Elektroinstallationsvorschriften.....	58
7.1.6.1 Anlagenerdung / Blitzschutz.....	59
7.2 Ausseneinheit - Aufstellung Wasserstoffspeicher.....	60
7.2.1 Druckspeicher, Metallhydridspeicher.....	61
7.2.2 Eisenoxid-Speicher.....	62
7.2.3 Lärmschutz.....	63
7.2.4 Havarie.....	64
7.2.5 Abblaseleitungen.....	64
8. Inbetriebnahme.....	66
9. Dauerbetrieb der Anlage.....	69
9.1 Pflichten Anlagenbetreiber.....	70
9.2 Regelmässige Kontrollen.....	70
10. Projektablauf.....	72
10.1 Gesetzliche Grundlagen.....	72
10.2 Baubewilligungsverfahren.....	73
10.3 Planvorlageverfahren.....	73
10.3.1 Planvorlage.....	73
10.3.2 Einzureichende Unterlagen.....	73
10.3.3 Bericht zum Planvorlageverfahren.....	74
10.3.3 Projektänderungen.....	74
10.4 Bau.....	74
10.5 Ordnungsprüfung.....	74
10.5.1 Ordnungsprüfung nach der Erstinbetriebnahme.....	75
10.5.1.1 Anmeldung.....	75
10.5.1.2 Ordnungsprüfung.....	75
10.5.1.3 Bericht zur Ordnungsprüfung.....	76
11. Fazit und Ausblick.....	77
Literaturverzeichnis	78



Abbildungsverzeichnis

Bild 1: Installierte Wasserstoffanlagen in der Schweiz (Stand: Dez. 2024).....	9
Bild 2: Prinzipschema stationäre Wasserstoffanlage mit Wasserstoffproduktion vor Ort.....	13
Bild 3: Eigenschaften von Metallhydridspeicher.....	15
Bild 4: Systemkomponenten der Smart Energy Platform von Cober.....	16
Bild 5: HY-Storage Systemvarianten.....	17
Bild 6: Schematische Darstellung des Triewald HOME Systems.....	18
Bild 7: Frontseite der Brennstoffzelle.....	19
Bild 8: Rückseite der Brennstoffzelle.....	19
Bild 9: Enapters Anionenaustauschmembran-Elektrolyseur (AEM).....	20
Bild 10: Beispiel 2 für ein Wasserstoff-Flaschenbündel.....	21
Bild 11: Beispiel 1 für ein Wasserstoff-Flaschenbündel.....	21
Bild 12: GKN Metallhydridspeicher.....	22
Bild 13: Dash Power von GRZ.....	23
Bild 14: Eisenoxid-Wasserstoffspeicher.....	25
Bild 15: Projektablaufplan für Planung und Bau von Wasserstoffrohrleitungsanlagen.....	27
Bild 16: Rollen von Beteiligten an der Realisation einer Wasserstoffanlage.....	39
Bild 17: Ursachen für Betriebsstörungen und Gegenmassnahmen.....	46
Bild 18: entnommen aus GASEOUS HYDROGEN INSTALLATIONS EIGA Doc 15/21 Revision of Doc 15/06.....	49
Bild 19: Gefährdeter Bereich am Aufstellort einer Wasserstoffanlage.....	51
Bild 20: Warnzeichen "Feuergefährliche Stoffe".....	58
Bild 21: Prüffristen für Durchleitungsdruckbehälter.....	61
Bild 22: Typische Mindestsicherheitsabstände für Wasserstofftankstellen.....	62
Bild 23: Baugruppen inkl. Druckbereich eines Eisenoxidspeicher-Systems.....	63
Bild 24: Schacht belüftet.....	66
Bild 25: Übersicht der Anwendungsfälle und alternativen Prüfverfahren gemäss SVTI.....	71
Bild 26: Übersicht über die wichtigsten Rechtsvorschriften.....	72
Bild 27: Eigene Darstellung Baubewilligung.....	73
Bild 28: Ablauf Ordnungsprüfung (eigene Darstellung).....	76



1. Hintergrund

Zunehmend finden sich Systeme am Markt, die in Ergänzung zu einer Photovoltaikanlage, den im Sommer auftretenden Überschussstrom für eine Wasserstoffproduktion zur Speicherung und späteren Rückverstromung für eine weitgehende Selbstversorgung mit Energie nutzen.

Viele Schweizer Bürger, kleinere Gewerbebetriebe und mittelgrosse Unternehmen engagieren sich mit der Installation von Photovoltaikanlagen, um dem Klimawandel etwas entgegenzusetzen.

In den überwiegenden Fällen wird der vor allem in den Sommermonaten erzeugte Photovoltaikstrom in das öffentliche Stromnetz eingespeist. Die Rückvergütung, die dabei erzielt werden kann, wird im Allgemeinen als zu niedrig wahrgenommen. Die Unzufriedenheit darüber ist so gross, dass viele dieser privaten Photovoltaikanlagenbetreiber bereit sind, in eine Wasserstoffanlage zu investieren. Die Wasserstoffanlage bietet eine saisonale Speicherung des vor allem in den Sommermonaten selbst erzeugten elektrischen Stroms. Dieser gespeicherte Strom steht dann wiederum im Winter nach erfolgter Rückverstromung zum Verbrauch zur Verfügung.

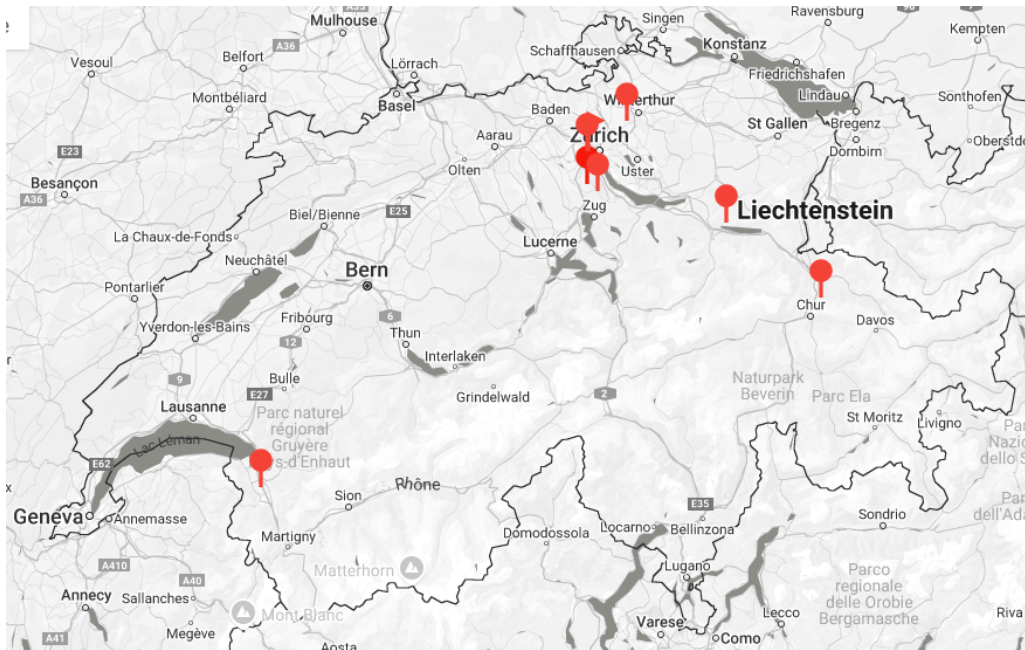
Auf der anderen Seite sind da die Installationsbetriebe, die bisher noch sehr zurückhaltend sind, was Wasserstoffanlagen angeht. Dies liegt vor allem daran, dass in der Branche bisher wenig Kenntnisse über Wasserstoff vorhanden sind. Das wiederum hat auch seinen Grund in einem sehr beschränkten Ausbildungsangebot. Es gibt für diese Installationsbetriebe derzeit kaum Möglichkeiten, sich ausbilden zu lassen für Wasserstoffanwendungen. In den meisten Fällen wird die Ausbildung über den jeweiligen Anlagenhersteller gewährleistet.

Insgesamt ist festzustellen, dass die Installationsbetriebe durch diese Situation schlecht auf einen sich entwickelnden Markt für Wasserstoff-Systeme vorbereitet sind. Als zusätzliches Hemmnis erweist sich die Situation, dass bisher für die Installation von Wasserstoffanlagen wenig bis gar nichts geregelt ist.

Aktuell existieren keine Vollzugshilfen (Normen, Richtlinien), welche die sicherheitsrelevanten Aspekte bei der Planung, Installation, Inbetriebnahme und dem Betrieb von wasserstofferzeugenden und/oder wasserstoffnutzenden Anlagen regeln.¹



Von Jahr zu Jahr nimmt das Interesse an Wasserstoffanlagen am Markt zu. Aktuell sind noch wenige Anlagen installiert. Ein Überblick dazu bietet Bild 1, wo auf einer Karte der Schweiz die aktuell bekannten Wasserstoffanlagen eingetragen sind.



Vor diesem Hintergrund ist diese Erarbeitung des Merkblatts von essentieller Bedeutung, um auch den sicheren Betrieb solcher Wasserstoffanlagen zu gewährleisten.

1.1 Schweizer Wasserstoffstrategie

Die Schweizer Wasserstoffstrategie zeigt auf, welche Rolle Wasserstoff als Energieträger in der Schweizer Energie- und Klimapolitik bis 2035 und 2050 einnehmen kann und welche Massnahmen den Aufbau eines Wasserstoffmarktes und die Anbindung an die europäische Wasserstofftransportinfrastruktur unterstützen. Grundlagen für Planung, Bau und Betrieb von Wasserstoffleitungen, z.B. in Form von Leitfäden, könnten erarbeitet, allen Akteuren zugänglich gemacht und regelmässig aktualisiert werden. Als Beispiel dient die Empfehlung H2 zu Planung, Bau und Betrieb von Rohrleitungsanlagen für den Transport von Wasserstoff des Fachverbandes für Wasser, Gas und Wärme.²

Die Schweizer Wasserstoffstrategie sieht den Einsatz von Wasserstoff vor allem in den Bereichen Mobilität und Prozesswärme. Dass Wasserstoff zum Heizen eingesetzt werden kann, wird prinzipiell gesehen, ist allerdings derzeit nicht prioritär. Im Widerspruch zu dieser



Wasserstoffstrategie steht die Nachfrage nach privaten Wasserstoffanlagen, die es eben ermöglichen, den selbst erzeugten Strom saisonal zu speichern.

Die Wasserstoffstrategie der Schweiz weist allerdings darauf hin, dass für diese Fälle die zuständigen Verbände entsprechende Vorgaben erarbeiten und diese der Öffentlichkeit zur Verfügung stellen.

1.2 Motivation Anlagenbesitzer

Anlagenbesitzer geben auf Nachfrage die folgenden Gründe für die Entscheidung zu einer Wasserstoffanlage an:

1. Es besteht eine Verunsicherung bezüglich der Energieversorgungssituation in der Schweiz und daraus entsteht der Wunsch nach grösstmöglicher Unabhängigkeit von Energieversorgungsunternehmen.
2. Es besteht der Wunsch die Strommenge, die selbst mit Hilfe einer (häufig schon realisierten) Photovoltaikanlage erzeugt wird, auch wirklich selbst zu nutzen.
3. Es besteht der Wunsch, dem Klimawandel etwas aus eigener Kraft entgegen zu stellen.

Dies sind die wesentlichen Motivationen, warum sich Privatpersonen (auch als Gewerbetreibende oder Unternehmer) für die Anschaffung einer Wasserstoffanlage zur eigenen Energieversorgung entscheiden. Neben diesen offensichtlich emotionalen Gründen müssen allerdings im Nachgang auch die ökonomischen Rahmenbedingungen passen. Die meisten Anlagen werden nur realisiert, wenn sie kostenmässig für die Interessenten tragbar sind.

2. Zielsetzung und Geltungsbereich des Merkblatts

Die *Zielsetzung* des gemeinsam mit der Branche erarbeiteten Merkblattes ist es, die Betriebssicherheit von Wasserstoffinstallationen und Wasserstoffanlagen in und an Gebäuden zu gewährleisten. Die Vorgaben in diesem Merkblatt dienen dazu, dass der Energieträger Wasserstoff zielgerichtet und energietechnisch sinnvoll verwendet wird.

Die installierten und betriebenen Anlagen sollen sicher sein, sodass Personen und Sachschäden in dem Fall vermieden werden. Dadurch schafft das Merkblatt Transparenz und setzt akzeptierte Rahmenbedingungen für die Installation und den Betrieb von Wasserstoffanlagen in und an Gebäuden.

Das vorliegende Merkblatt hat zum Ziel:

- die Betriebssicherheit von Wasserstoffinstallationen und Wasserstoffanlagen in und an Gebäuden zu gewährleisten,
- den Energieträger Wasserstoff zielgerichtet und energetisch sinnvoll zu verwenden,
- Personen und Sachschäden zu vermeiden.



Das Merkblatt schafft Transparenz und setzt akzeptierte Rahmenbedingungen für die Installation und den Betrieb von Wasserstoffanlagen in und an Gebäuden.

Geltungsbereich

Der Geltungsbereich des Marktblattes umfasst

- die Planung,
- die Errichtung,
- die Änderung,
- den Betrieb und
- die Instandhaltung

von

- Wasserstoffinstallationen in Gebäuden und auf Grundstücken ≤ 40 bar maximaler Betriebsdruck (MOP),
- Wasserstoffspeichersysteme ≤ 350 bar maximaler Betriebsdruck (MOP) und
- Wasserstofferzeugungssysteme mit Elektrolyseleistungen ≤ 100 kWel.

3. Wasserstoff-Systeme und -Komponenten am Markt

Ein gesamtes Wasserstoffsystem deckt mit verschiedenen Elementen unterschiedliche technische Bereiche ab. Die Voraussetzung zur Erzeugung von Wasserstoff ist die Verfügbarkeit von elektrischem Strom, da der Wasserstoff mit Hilfe der Elektrolyse erzeugt wird. Für den Betrieb der Elektrolyse ist elektrischer Strom notwendig. In einem Wasserstoffsystem wird Strom vorzugsweise regenerativ bereitgestellt. In aller Regel übernimmt dies eine Photovoltaikanlage.

Ist der Wasserstoff erzeugt, muss dieser gelagert werden, um die saisonale Speicherung zu realisieren. In den verfügbaren Wasserstoffsystemen kleinerer Leistung sind die Druckspeicher die dominante Speichertechnologie. In den Wintermonaten ist es nun die Aufgabe des Wasserstoffsystems, genügend Strom bereit zu stellen. Für diesen Zweck muss der Wasserstoff rückverstromt werden. Die Rückverstromung übernimmt eine Brennstoffzelle. Diese muss so dimensioniert sein, genauso wie der Wasserstoffspeicher und der Elektrolyseur, um genügend Energie bereitzustellen, damit neben dem allgemeinen Stromverbrauch auch eine Wärmepumpe, die die Heizwärme erzeugt und das Warmwasser bereitet, (weitgehend) versorgt werden kann.

Grundsätzlich besteht auch die Möglichkeit Wasserstoff direkt zu verbrennen, also konventionelle Heizkessel auch mit Wasserstoff zu befeuern. Da aber sowohl die Erzeugung als auch die Lagerung energieintensiv sind, kann in Abhängigkeit der Grösse der Photovoltaikanlage, meist nicht genügend Wasserstoff produziert werden, um ein Gebäude komplett mit Heizwärme zu versorgen.



Wird eine Wärmepumpe für die Wärmeversorgung eingesetzt, können die Systeme so dimensioniert werden, dass eine nahezu oder vollständig autarke Versorgung möglich ist.

Eine andere Einsatzmöglichkeit des Wasserstoffs wäre eine Wärme-Kraft-Kopplungsanlage, wie sie beispielsweise in Gewerbebetrieben mit dauerhafter Wärmeabnahme sinnvoll sein kann.

Die meisten der Wasserstoffsysteme, die dieses Merkblatt abdeckt, sind in einem Leistungsbereich deutlich unter 50 kW.

Die Anzahl der Komponentenhersteller und der Systemanbieter ist in diesem Leistungsspektrum begrenzt. Teilweise gibt es für einzelne Komponenten nur einen Anbieter. Nachfolgend werden verschiedene Systeme beschrieben.

3.1 Wasserstoff-Systeme

Wasserstoff-Systeme bestehen aus den folgenden Komponenten (s. auch Bild 2, ³):

- eine Photovoltaikanlage
- eine Brennstoffzelle
- ein Elektrolyseur
- ein Wasserstoffspeicher
- eine Batterie
- Steuer- und Regelungstechnik.

Die Photovoltaikanlage dient vor allem als Energieversorgung (Stromversorgung) der Wasserstoffanlage und ist somit Voraussetzung für ein Wasserstoffsystem. In aller Regel ist die Photovoltaikanlage nicht Teil des von Lieferanten angebotenen Wasserstoffsystems.

Die restlichen Komponenten stellen die eigentliche Wasserstoffanlage dar. Nachfolgend werden die Möglichkeiten der regenerativen Stromerzeugung und der Wasserstoffspeicherung kurz dargestellt.

Prinzipschema stationäre Wasserstoffanlage mit Wasserstoffproduktion vor Ort

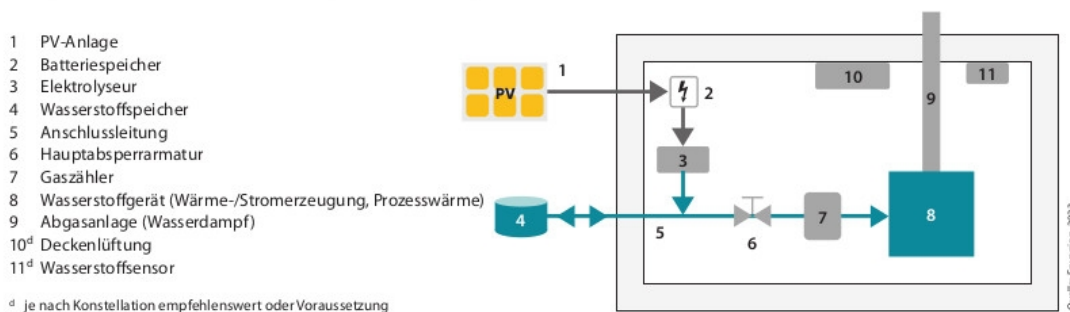


Bild 2: Prinzipschema stationäre Wasserstoffanlage mit Wasserstoffproduktion vor Ort

Regenerative Stromerzeugung (Photovoltaik)

Bei der Projektierung einer Photovoltaikanlage sind verschiedene Aspekte zu beachten. Die Anlage muss korrekt ausgelegt und dimensioniert sein. Hierzu empfiehlt sich der Einsatz geeigneter Softwaretools oder Simulationsprogramme. Die Auslegung sollte eine Prognose des Stromertrags, des zu erwartenden Überschussstroms, des Autarkiegrads und des Eigenstromverbrauchs aufzeigen. Des Weiteren ist es wichtig zu bestimmen, ob die Anlage auf Dach oder in Dach ausgeführt wird. Die Leistung der verschiedenen Anlagenkomponenten wie Wechselrichter und PV-Module ergeben sich aus der Anlagenauslegung. Der Einbezug von Fassaden zur Photovoltaikstromerzeugung kann im Einzelfall ebenfalls einen sinnvollen Beitrag leisten.

Photovoltaikanlagen werden bei Gemeinden nur noch gemeldet oder vereinfacht beantragt. Gemeinden erwarten dafür keine besonderen Nachweise. Es empfiehlt sich, das Förderprogramm für Photovoltaikanlagen zu nutzen und entsprechende Förderanträge zu stellen.

Die ganze Thematik der Stromeinspeisung verbunden mit den entsprechenden Zählern ist mit dem Elektrizitätswerk vor Ort zu klären.

Regenerative Stromerzeugung (Windkraft)

Die Erzeugung von regenerativen Strom mit Hilfe von Windkraft ist in dem Leistungsbereich, der dem Merkblatt zugrunde liegt, nicht sehr verbreitet. Dennoch gibt es einzelne Anbieter von kleinen Windkrafträdern, die im Dachbereich eines Gebäudes installiert werden können.

Diese Windkraftträder oder Windräder müssen korrekt ausgelegt und dimensioniert werden. Die Hersteller haben dazu die entsprechenden Simulationswerkzeuge. Das Ergebnis der Simulation sollte deutlich machen, welcher Stromertrag, welcher Anteil an Überschussstrom, welcher Autarkiegrad und welcher Eigenstrombedarf erwartet werden kann.



Im Rahmen der Projektierung ist der Gebäudestandort auf die Eignung für eine Windkraftanlage zu prüfen. Gesetzliche Voraussetzungen, insbesondere was die Installation im Dachbereich und die Absprache mit den jeweiligen Nachbarn betrifft, sind einzuhalten. Die betroffene Gemeinde muss dann den Einsatz, die Installation und den Betrieb des kleinen Windkrafttrads bewilligen.

Regenerative Stromerzeugung (Wasserkraft)

An einzelnen Standorten in der Schweiz besteht die Möglichkeit, eine auf dem Gelände befindliche Wasserquelle für die regenerative Stromerzeugung zu nutzen. Eine in den Wasserstrom eingebrachte Wasserturbine liefert rund um die Uhr elektrischen Strom.

Die Projektierung und Auslegung einer solchen Fluss-Kraftwerksanlage im Kleinformat ist von entsprechend spezialisierten Anbietern vorzunehmen. Dabei ist wichtig, wie bei den anderen Technologien auch, dass die Berechnung den Anteil an zu erwartenden Stromertrag, den Überschussstrom, den Autarkiegrad und den Eigenstrom beziffert.

Die Eignung ist in Abhängigkeit von der am Standort verfügbaren, fliessenden Wassermenge zu bestimmen. Die betroffene Gemeinde hat die entsprechende Turbinenanlage zu bewilligen.

Wasserstoffspeicherung (Druckspeicher)

Gasförmiger Wasserstoff lässt sich nach dem Verdichten bei hohem Druck in einem Tank speichern. Druckspeicher sind als etablierte Technik am Markt gut verfügbar! Als Gas ist Wasserstoff komprimierbar. Mit hohem Druck kann die Energiemenge in einem Volumen erhöht werden. Je höher der Druck, desto stärker muss die Wandung des Gasbehälters sein. Mit zunehmendem Druck werden Gasflaschen immer schwerer. Druckbehälter haben in der Regel die Form einer Kugel oder eines Zylinders. Kugelformen sind jedoch teuer in der Herstellung, weshalb sich zylindrische Tanks durchgesetzt haben. ⁴

Folgende Druckbehältertypen sind verfügbar:

Typ 1: Stahlbehälter bis zu 200 bar Druck. Einsatz für stationäre Anwendungen.

Typ 2: Stahlbehälter mit zusätzlicher Ummantelung aus harzgetränkter Glas- oder Kohlefaser bis zu 1000 bar Druck. Einsatz hauptsächlich für stationäre Anwendungen.

Typ 3: Behälter aus Aluminium und einer Ummantelung aus Kohlefasern. Beim Einsatz für die mobile Anwendung liegt der Druck in der Regel bei 350 oder 700 bar.

Typ 4: Behälter aus Kunststoff (Polyamid oder Polyethylen) und einer Ummantelung aus Kohlefasern. Einsatz als Transportmittel und in der Mobilität.

Wasserstoffspeicherung (Metallhydridspeicher)

Metallhydride absorbieren gasförmigen Wasserstoff. Beim Kontakt des Wasserstoffgases mit der Feststoffoberfläche der Speichermaterialien (Metallpulver) zerfallen die Wasserstoffmoleküle in atomaren Wasserstoff und dringen in das Material ein. Die Beladung und Entladung der



Metallhydridspeicher erfolgt bei einem Druckniveau von ca. 10 – 60 bar. Nachteilig sind das hohe Eigengewicht aufgrund des Metallpulvers sowie die hohen Materialkosten.

Metallhydridspeicher

Vorteile	Nachteile
gefahrlose Speicherung von Wasserstoff im Gegensatz zu Druck-Tanks	Eine enorme Masse ist notwendig, um eine akzeptable Menge an Wasserstoff speichern zu können
kompakte Bauweise	Das Laden nimmt viel Zeit in Anspruch
Speicherung bei niedrigem Druck möglich	Hohe Materialkosten

Bild 3: Eigenschaften von Metallhydridspeicher

Wasserstoffspeicherung (Eisenoxidspeicher; HyCS)

Bei dieser Technologie wird Wasserstoff nicht direkt gespeichert. Bei der Beladung wird das im Speicher befindliche Eisenoxid durch den zugeführten Wasserstoff zu Eisen reduziert. Dabei entsteht Wasserdampf (H_2O). Bei der Entladung wird Wasserdampf dem Eisen zugeführt, der Sauerstoff reagiert mit dem Eisen zu Eisenoxid und Wasserstoff wird freigesetzt. Der HyCS-Speicher ist der kompakteste aller Wasserstoffspeicher und besitzt die höchste gravimetrischen Energiedichte in kWh/kg.

3.1.1 PICEA

Die Systemlösung «PICEA 2» der HomePower-Solution (HPS) aus Berlin war bis Anfang 2025 der europäische Marktführer für das Segment der Ein- und kleineren Mehrfamilienhäuser sowie kleinerer Gewerbebetriebe.



Die Firma HPS musste Konkurs anmelden und ist am Markt nicht mehr verfügbar.

3.1.2 Cosber

Der chinesische Anbieter Cosber, der eine Vertretung bei München hat, ist als Nachfolger von HPS seit kurzem im Markt präsent. Das angebotene System entspricht im Aufbau und der Funktion im wesentlichen dem Anlagenkonzept, welches auch die Firma HPS aus Berlin erstellt hatte.

Das System von Cosber ist die Smart H2 Energy Platform:



Bild 4: Systemkomponenten der Smart Energy Platform von Cober

«Die SMART H2 Energy Platform ist ein innovatives Energieerzeugungs- und -speichersystem für Gebäude. Es versorgt Wohn- und Gewerbeimmobilien das ganze Jahr über sicher und dezentral rund um die Uhr mit CO₂-freier Energie. Dies wird durch die Kombination von erneuerbaren Energien als Energiequelle und grünem Wasserstoff als Energiespeicher ermöglicht. Die überschüssige Energie, die an sonnigen Sommertagen von einer Photovoltaikanlage erzeugt wird, wird als grüner Wasserstoff gespeichert und in den dunklen Wintermonaten zur Strom- und Wärmeversorgung genutzt. Hauptkomponenten der Plattform sind ein Hybrid-Wechselrichter, ein Batteriespeicher, sowie Elektrolyseur, Brennstoffzelle, Wasserstoffspeicher und die dazugehörige Steuerungstechnik.»⁵



3.1.3 HY-Storage

Das HY-Storage-System der Firma MSR-Innovations GmbH besteht aus den bekannten Komponenten. Als Wasserstoffsystem beinhaltet das Innengerät den Elektrolyseur, die Brennstoffzelle, die Batterie und die Steuer- und Regelung. Der Wasserstoffspeicher wird ausserhalb vom Gebäude aufgestellt.

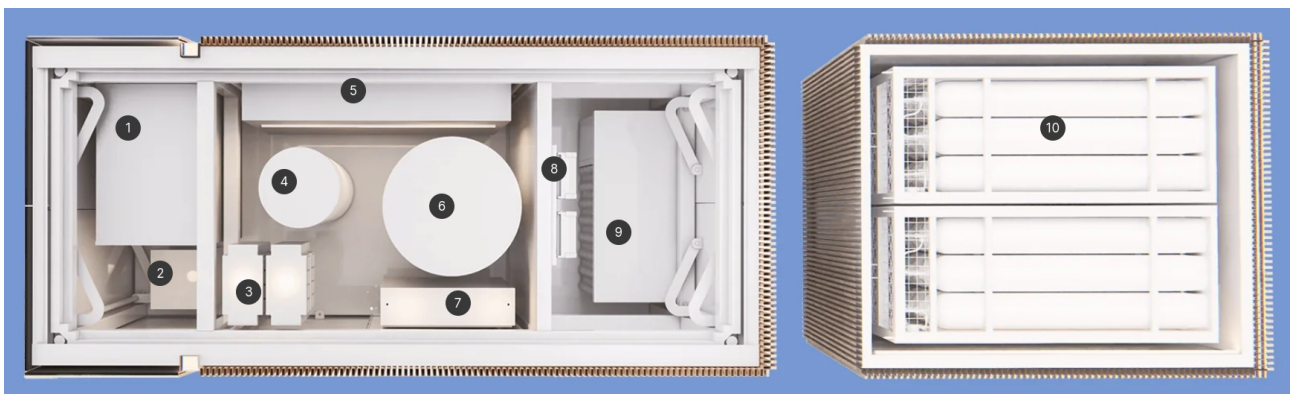
Das System ist in fünf verschiedenen Varianten verfügbar, wie in Bild zusammengestellt.

Variante:	Variante 0.2	Variante 0.5	Variante 1.1	Variante 2.2	Variante 4.8
H2-Speicher:	220 kWh	560 kWh	1.100 kWh	2.200 kWh	4.800 kWh
Leistung Elektrolyse:	4,8 kW	4,8 kW	7,2 kW	9,6 kW	19,2 kW
Leistung Brennstoffzelle:	2,4 kW	4 kW	4 kW	6,4 kW	12 kW
Spannung:	230 V	230 V	400 V	400 V	400 V
Batteriespeicher:	19,2 kWh	25,6 kWh	25,6 kWh	25,6 kWh	51,2 kWh
Elektrische Leistung:	4 kW	4 kW	15 kW	15 kW	30 kW

Bild 5: HY-Storage Systemvarianten

3.1.4 Infener

Das Produkt Ecore One ist ein Gesamtsystem, welches die autarke Versorgung von Gebäuden zum Ziel hat. Das System besteht aus zwei ausserhalb des zu versorgenden Gebäudes aufgestellten Containern, die alle relevanten technischen Komponenten enthalten.



Das System beinhaltet die folgenden Komponenten:

1. Elektrolyseur und Brennstoffzelle
2. Kompressor
3. Batterie



4. Kältespeicher
5. Gebäudeanbindung
6. Wärmespeicher
7. Energie-Management-System
8. Anbindung an PV-Anlage
9. Luft-Wasser-Wärmepumpe
10. Wasserstoffspeicher

3.1.5 Erevo

Erevo ist ein Schweizer Systemanbieter der mit dem Triewald HOME System «Das weltweit erste gebäudeintegrierte Wasserstoff-Ökosystem» anbietet. Das integrierte Power-to-X-Komplettsystem umfasst die Elektrolyse, den Wasserstoff-Feststoffspeicher, die Brennstoffzelle, das Wärmemanagement inklusive Wärmerückgewinnung, den Kurzzeit-Pufferspeicher sowie die Energy Intelligence (EI) Steuerung.

Als Energielieferant dient im Wohnhaus eine Photovoltaikanlage mit 14 kW_p, sowie eine Luft-Wasser-Wärmepumpe, welche den Wärmebedarf deckt.

«Das Triewald HOME System startet mit einer Speichergrösse von einer halben Megawattstunde und einer Dauerleistung von 6 Kilowatt. Das System kann ein durchschnittliches Einfamilienhaus im Schweizer Mittelland theoretisch über den Winter bis zum Frühlingsanfang mit Energie versorgen. Unsere Triewald Produkte ermöglichen so eine echte saisonale Speicherung mit der im Sommer gewonnenen grünen Energie.»⁶

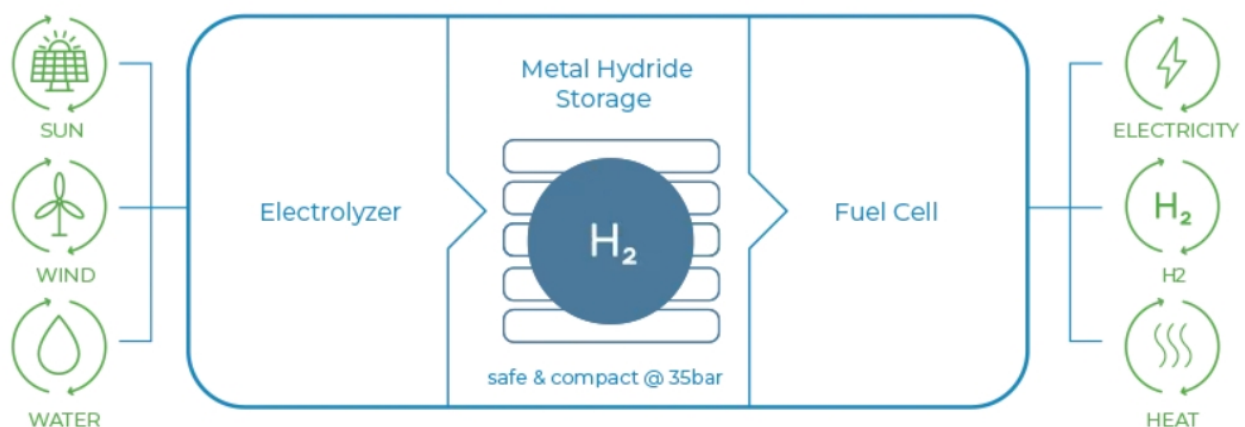


Bild 6: Schematische Darstellung des Triewald HOME Systems



3.1.6 Eigenbau

Vereinzelt sind vom Ersteller und Betreiber selbst zusammengestellte Wasserstoffsysteme in Betrieb. In diesem Fall sind die vom jedem Komponentenhersteller vorgegebenen Installationsbedingungen zu berücksichtigen. Das Gesamtsystem muss dann zwingend für den ordentlichen Betrieb abgenommen und zugelassen sein.

3.2 Brennstoffzelle

In dem hier zugrundeliegenden Leistungsbereich ist das Marktangebot beschränkt. Nachfolgend ist die Brennstoffzelle eines Herstellers beschrieben.

Die mit Wasserstoff und Luftsauerstoff betriebene stationäre PEM-Brennstoffzelle ist als eigenständige Energielösung mit allen erforderlichen Komponenten für die Stromversorgung konzipiert, um sauberen Gleichstrom in einem leistungsdichten und praktischen Paket zu erzeugen. Das Modul wurde mit integrierten 19-Zoll-Datenrack-Montagepunkten konzipiert, die eine einfache Integration in bestehende Systeme ermöglichen. Die kompakte und modulare Einheit kann eingesetzt werden, um Strom für eine Vielzahl von Stromversorgungen zu liefern.



Bild 7: Frontseite der Brennstoffzelle



Bild 8: Rückseite der Brennstoffzelle

3.3 Elektrolyseur

In dem hier zugrundeliegenden Leistungsbereich ist das Marktangebot stark beschränkt. De facto ist derzeit nur ein Elektrolyseur der Firma Enapter verfügbar.

Die AEM-Technologie erzeugt Wasserstoff mit hoher Reinheit in Zellen, die eine feste polymere Anionenaustauschmembran verwenden. Der Stapel besteht aus mehreren in Reihe geschalteten Zellen, von denen jede eine kathodische Halbzelle hat, die von einer anodischen Halbzelle durch eine Anionenaustauschermembran getrennt ist. Die anodische Halbzelle ist mit verdünnter KOH (alkalischer) Elektrolytlösung gefüllt. Die kathodische Halbzelle enthält keine Flüssigkeit und



erzeugt Wasserstoff durch Elektrolyse aus Wasser, das durch die Membran aus der anodischen Halbzelle dringt.

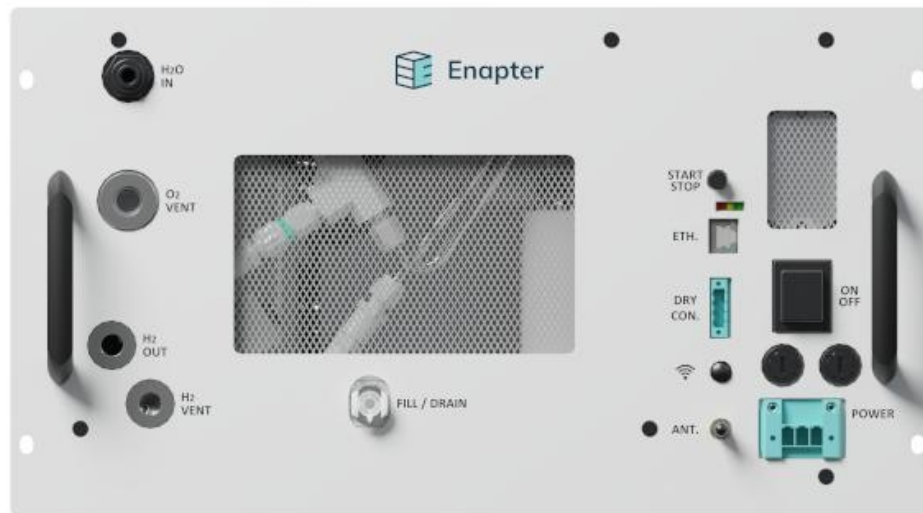


Bild 9: Enapters Anionenaustauschmembran-Elektrolyseur (AEM)

3.4 Wasserstoffspeicher

Der Wasserstoffspeicher ist das zentrale Element eines Wasserstoffsystems, weil dieser die gewünschte saisonale Speicherung von Überschussstrom zu ermöglicht. Nachfolgend sind drei Speicherverfahren beschrieben, die sich für den Einsatz zur Gebäudeversorgung eignen.

Druckspeicher sind ein Massenprodukt und beherrschen aktuell auch den Markt bei der Wasserstoffspeicherung. LOHC und das Speichern von flüssigem Wasserstoff sind erst bei grossen Mengen an Wasserstoff relevant. Bei den Metallhydridspeichern gibt es weltweit erst wenige Hersteller. Technisch gesehen, sind Metallhydridspeicher interessant, da die Speicherdichte hoch und der Betriebsdruck niedrig (< 50 bar) ist, eignen sich diese Speicher daher gut für den Einsatz in geschlossenen Räumen.



3.4.1 Druckspeicher

Wasserstoff-Bündel sind genau wie konventionelle Gasflaschen an ihrer farblichen Kennzeichnung nach DIN 1089-3 erkennbar. Das typischste Merkmal ist dabei die rote Flaschenfarbe (RAL 3000) sowie der umlaufende rote Streifen am Gasflaschenbündel. Darüber hinaus informieren aber auch die Gefahrstoffaufkleber über den Inhalt der Gasflaschen und Gasflaschenbündel.⁷



*Bild 11: Beispiel 1 für ein
Wasserstoff-Flaschenbündel*



*Bild 10: Beispiel 2 für ein
Wasserstoff-Flaschenbündel*

3.4.2 Metallhydrid-Speicher

Wasserstoff wird in einem Metall oder einer Metalllegierung gelöst gespeichert. Es bildet sich aus dem Metall und dem Wasserstoff eine Verbindung, das Metallhydrid. Durch Druckerniedrigung und leichte Wärmezufuhr kann der Wasserstoff wieder ausgetrieben werden. Aussichtsreiche Kandidaten sind zurzeit zum Beispiel die chemischen Verbindungen Magnesiumhydrid, Lithiumhydrid, Natriumborhydrid, Lithiumaluminiumhydrid und Amminboran.⁸

7 [4]

8 [5]



Bild 12: GKN Metallhydridspeicher

DASH-Power Metallhydridspeicher von GRZ Technologies ⁹

DASH Power ist ein vollständig integriertes Wasserstoffspeicher- und Energieumwandlungssystem, das für den sofortigen Einsatz konzipiert ist. Durch die Kombination der proprietären Festkörper-Wasserstoffspeicher von GRZ Technologies, Brennstoffzellensystemen und Hilfskomponenten für die Automobilindustrie liefert es zuverlässige, bedarfsgerechte Stromversorgung für netzferne Standorte, Notstromversorgung und dezentrale Energieanwendungen. DASH Power wird mit Wasserstoff aus jeder Quelle aufgeladen und bietet eine effiziente und skalierbare Stromspeicherung, die eine kostengünstige Stromerzeugung, ein verbessertes Netzmanagement und Systemdienstleistungen ermöglicht. Diese innovative Lösung bietet die niedrigsten Stromgestehungskosten für dezentrale Technologien und eröffnet neue Möglichkeiten für wasserstoffbasierte Energielösungen.



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für
Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK

Bundesamt für Energie BFE
Sektion Energieforschung und Cleantech



Bild 13: Dash Power von GRZ

Die DASH-Speicher sind eine Baugruppe mit mehreren Unterbaugruppen. Eine oder mehrere Unterbaugruppen sind Druckgeräte, die jeweils aus einem Druckbehälter (bestehend aus Rohren, Endkappe und Anschlussendkappe), Verbindungsleitungen, einem Sicherheitsventil, einem Absperrventil und einem Drucktransmitter (bzw. für den Drucktest mit geeichtem Manometer) bestehen.

Die Unterlagen (Zeichnungen, Berechnungen etc.) der Unterbaugruppe „Druckgerät“ werden zur Entwurfsprüfung an eine Third-Party-Stelle gesendet. Nach Erhalt der Entwurfsprüfung wird das Druckgerät gefertigt. Anschliessend wird es von der Third-Party-Inspection geprüft (Leck- und Drucktest sowie Dokumentation).

Nach erfolgreicher Abnahme werden die CE-Zertifikate ausgestellt und die Druckgeräte werden in die Baugruppe eingebaut.

GRZ empfiehlt den Kunden folgende Sicherheitselemente:

- Wasserstoffsensoren (ATEX-Ausführung)
- Rauchsensoren (ATEX-Ausführung)
- Lüfter (ATEX-Ausführung)



Zu beachten ist, dass die Sensoren und der Lüfter auch in Betrieb sind, wenn die Anlage abgeschaltet ist. Alle Produkte benötigen keinen EX-Schutz. Ausgenommen sind die Abblaseleitungs-Austrittsöffnungen (von den Sicherheitsventilen) oberhalb des Daches.

Installationsunternehmen: Das Unternehmen muss unbedingt Erfahrung im Anlagenbau haben, sei es mit den Vorbereitungen der Halterungen, Schweissarbeiten, Vorbereitungen Röntgen, Leck- und Drucktest, Zusammenbau. Sehr wichtig ist dabei eine detaillierte Qualitätsdokumentation.

3.4.3 Eisenoxid-Speicher

Bei dieser Hydrogen-Kompaktspeicher-Technologie (HyCS®) wird Wasserstoff nicht direkt gespeichert. Der Speicher besteht im Prinzip aus einem Behälter, der entweder mit oxidiertem oder mit reinem Eisengranulat befüllt ist. Der Speicher enthält somit keinen Wasserstoff und ist drucklos. Aufgrund dieser Eigenschaften eignet sich der Speicher als mobiler Grossmengen-Wasserstoffspeicher, der kein Gefahrgut darstellt und somit für den Transport bestens geeignet ist. Die Kapazität eines Standard-20-Fuss-Containers (6 m × 2,4 m × 2,6 m) beträgt 600 kg Wasserstoff bzw. 20 000 kWh Energie.¹⁰

Bei der Beladung wird das im Speicher befindliche Eisenoxid durch den zugeführten Wasserstoff zu Eisen reduziert. Dabei entsteht Wasserdampf (H₂O). Bei der Entladung wird Wasserdampf dem Eisen zugeführt, der Sauerstoff reagiert mit dem Eisen zu Eisenoxid und Wasserstoff wird freigesetzt. Der HyCS-Speicher ist der kompakteste aller Wasserstoffspeicher und hat die höchste gravimetrische Energiedichte in kWh/kg.¹¹

Der Wasserstoff wird am Produktionsort mittels einer Beladeeinheit im Speicher verbraucht. Wasserdampf wird abgegeben und kann erneut in der Elektrolyse genutzt werden. Der Speicher enthält dann einzig Eisengranulat. Bei der Entladung wird am Nutzungsort Wasserdampf zugeführt, der auch aus dem Abgas einer Rückverstromungseinheit kommen kann. Dadurch oxidiert das Eisen und Wasserstoff wird zur Verfügung gestellt.¹²

¹⁰ [7]

¹¹ [7]

¹² [7]



Bild 14: Eisenoxid-Wasserstoffspeicher

3.5 Wasserstoffrohrleitungen ¹³

Die Empfehlung H2 des SVGW zur Planung, Erstellung und Betrieb von Wasserstoffrohrleitungsanlagen beruht auf aktuell zugänglichem und gesichertem Wissen zur Gasinfrastruktur und zum Rohrleitungsbau, zu privaten Wasserstoffnetzen und zu aktuellen Projekte sowie auf den derzeitigen gesetzlichen Rahmenbedingungen.

Die Empfehlung ist gültig für neu zu erstellende Rohrleitungsanlagen und Rohrleitungen für den Transport und die Verteilung von reinem gasförmigem Wasserstoff (Gruppe A und D gemäss SVGW-Richtlinie G18) bis und mit Absperrarmatur am / im Gebäude oder Areal wie z.B.:

- Rohrleitungsanlage innerhalb einer Wasserstoffanlage für den direkten Transport von Produktion zum Abnehmer
- Rohrleitungsanlagen innerhalb einer lokalen Wasserstoffinfrastruktur
- Rohrleitungsanlagen innerhalb einer nationalen Wasserstoffinfrastruktur
- Neue Rohrleitungen innerhalb einer bestehenden Rohrleitungsanlage (mit methanhaltigem Gas, wie H-Gas oder Biomethan), welche für den zukünftigen Transport von Wasserstoff vorgesehen sind.

Für Rohrleitungsanlagen innerhalb einer Wasserstoffanlage von einer Produktionsanlage bis zu einem oder mehreren Abnehmern (Abbildung 1), kann die Anforderung an die Rohrleitungsanlage auf die Gegebenheiten der Produktionsanlage und der Abnehmer spezifisch angepasst werden, insbesondere in Bezug auf Druck, Menge und Reinheit.

Die Umnutzung von bestehenden Rohrleitungsanlagen für H-Gas wird in dieser Empfehlung nicht behandelt. Der Wasserstoff fällt noch nicht unter das Rohrleitungsgesetz. Aus diesem Grund



kommt für den Bau einer Wasserstoffrohrleitung ein Bewilligungsverfahren nach kantonaler Gesetzgebung zum Tragen. Diese Projekte werden von den Behörden als Einzelfälle beurteilt, wobei unter anderem die folgenden Aspekte berücksichtigt werden:

- Baugesetzgebung
- Umweltgesetzgebung
- Arbeitssicherheit/ Gesundheitsschutz
- Inverkehrbringung PrSG, DGV
- Gasversorgungsreglemente

Anlagensicherheit

Für die Anlagensicherheit ist prEN 1594:2022 (insbesondere Kap. 5, 6 und 10) beizuziehen. Weitere Hilfestellung gibt der HYPOS-Leitfaden Wasserstoff-Sicherheit dienen, welcher im Rahmen des Projektes INES («Integrative Erhöhung des Sicherheitsniveaus») erstellt wurde. Unter anderem folgende Massnahmen können abgeleitet werden:

- Verlegetiefe und Abstände zwischen Rohrleitungen und zu Gebäuden
- Werkstoffauswahl für Rohrleitungen und Armaturen gemäss Normen und Richtlinien
- Zugänglichkeiten zu Rohrleitungsanlage sind zu prüfen
- Druckabsicherung entsprechend dem Druckniveau, z.B. prEN 1594:2022
- Betrieb und Instandhaltung



- Im Betrieb sind regelmässige Kontrollen der Leitungen und Installationen durchzuführen. Ein Wartungsplan ist zu erstellen.
- Hinweise zur Erstellung eines Wartungsplans können z.B. der prEN 1594:2022 entnommen werden
- Die Betriebsdaten der Anlage sind regelmässig zu erfassen und auszuwerten.
- Die Schutzeinrichtungen und deren Funktionen sind regelmässig zu überprüfen.

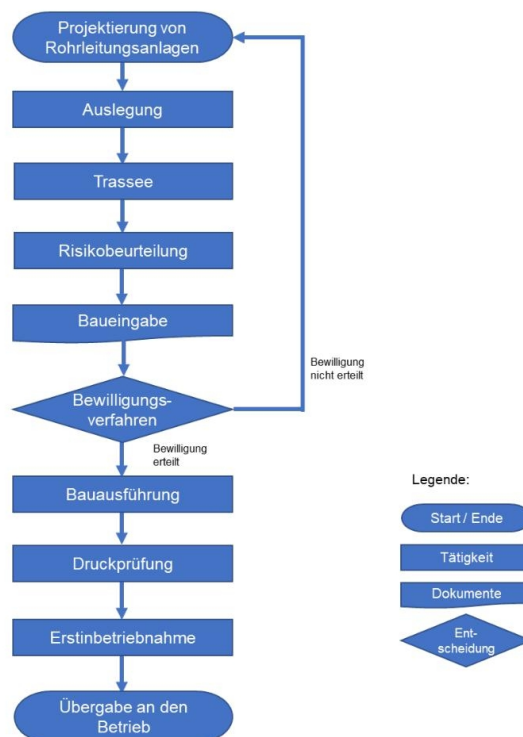


Bild 15: Projektablaufplan für Planung und Bau von Wasserstoffrohrleitungsanlagen

Im Hinblick auf eine korrekte Installation und den Betrieb einer Wasserstoffanlage sind in der H2 Empfehlung des SVGW zur «Planung, Bau und Betrieb von Rohrleitungsanlagen für den Transport von Wasserstoff»¹⁴ bereits Vorgaben ausgearbeitet, auf die immer wieder Bezug genommen werden kann.



4. Rechtsgrundlagen

Um Wasserstoffanlagen in der Schweiz auf dem Markt verkaufen zu dürfen, muss sichergestellt sein, dass das Produkt, was in den Verkehr gebracht wird, für niemanden eine Gefahr darstellt. Um dies zu gewährleisten, muss das Produktesicherheitsgesetz und die dazugehörigen Verordnungen beachtet werden.¹⁵

Hersteller und Importeure oder Händler von Produkten wie Wasserstoffanlagen sind dafür verantwortlich, dass diese Produkte den gesetzlichen Vorgaben entsprechen. Das Produkt darf bei normaler Verwendung und vorhersehbarer Fehlanwendung die Sicherheit und die Gesundheit von Personen, die dieses Produkt nutzen, nicht oder nur geringfügig gefährden.¹⁶

In der Schweiz wird das in Verkehr bringen von energetischen Systemen wie Gasgeräten vom Fachverband für Wasser, Gas und Wärme (SVGW) kontrolliert.¹⁷

Unter die Bestimmung fallen auch Produkte für die Herstellung und die Verwendung von ähnlichen Gasen wie Erdgas, so dass darunter auch Wasserstoff verstanden werden kann.

*Konformität*¹⁸

Die Konformitätserklärung ist eine Bestätigung, dass ein Gerät die grundlegenden Anforderungen erfüllt. Sie wird von der Herstellerin oder der von ihr bevollmächtigten Person ausgestellt und stets auf dem aktuellen Stand gehalten. Fällt das Gerät unter mehrere Regelungen, die eine Konformitätserklärung verlangen, so muss eine einzige Erklärung ausgestellt werden. Ein Dossier, das aus mehreren einzelnen Erklärungen besteht, ist einer einzigen Erklärung gleichzusetzen. Die Herstellerin, die von ihr bevollmächtigte Person oder, wenn keine dieser beiden Personen in der Schweiz niedergelassen ist, die Importeurin müssen auf Verlangen des BAKOM innert nützlicher Frist (normalerweise zehn Arbeitstage) eine Kopie der technischen Unterlagen vorlegen können. Die Unterlagen müssen während zehn Jahren ab dem Datum des Inverkehrbringens aufbewahrt werden. Bei Inverkehrbringen von Geräteserien beginnt diese Frist mit dem Datum des Inverkehrbringens des letzten Geräts der betroffenen Serie zu laufen.

Grundlegende Verordnungen:

Verordnung über die Sicherheit von Gasgeräten (Gasgeräteverordnung, GaGV)

Verordnung über die Produktesicherheit (PrSV)

Verordnung des WBF über den Vollzug der Marktüberwachung nach dem 5. Abschnitt der Verordnung über die Produktesicherheit (ZustV-PrSV)

15 [9]

16 [9]

17 [9]

18 [10]



Verordnung über die Sicherheit von Maschinen (Maschinenverordnung, MaschV)

Verordnung über die Sicherheit von Gasgeräten (Gasgeräteverordnung, GaGV)

Lärmschutz-Verordnung (LSV)

Niederspannungs-Installationsverordnung (NIV)

Verordnung über die Sicherheit von Druckgeräten (Druckgeräteverordnung, DGV)

Verordnung über die Sicherheit von einfachen Druckbehältern (Druckbehälterverordnung, DBV)

Verordnung über die Sicherheit von Gasgeräten (Gasgeräteverordnung, GaGV)

*Maschinensicherheit*¹⁹

Die Sicherheit von Maschinen wird wesentlich von Anforderungen der Maschinenrichtlinie 2006/42/EG definiert. Der Anwendungsbereich der Maschinenrichtlinie erstreckt sich dabei nicht nur auf Maschinen im klassischen Sinn. Eine "Maschine" ist im Sinne der Maschinenrichtlinie 2006/42/EG auch eine Gesamtheit von Maschinen, die für ein Zusammenwirken so angeordnet sind und betätigt werden, dass sie als Gesamtheit funktionieren. Eine Gesamtheit von Maschinen liegt jedoch nur vor, wenn ein produktionstechnischer und sicherheitstechnischer Zusammenhang besteht, was oftmals nicht für die gesamte Anlage gegeben ist, so dass verfahrenstechnische Anlagen in ihrer Gesamtheit nicht der Maschinenrichtlinie unterliegen. Eine zusammenhängende, einen eigenständigen Funktionszweck darstellende Einheit einer verfahrenstechnischen Anlage sollte jedoch zweckmässig wie eine Gesamtheit von Maschinen behandelt werden und mit einer CE Kennzeichnung versehen werden.

Die Einstufung einer Maschinenanlage erfolgt anhand folgender 3 Kriterien.

- 1) Die einzelnen Einheiten werden zusammengebaut, um eine gemeinsame Aufgabe ausführen zu können, beispielsweise die Fertigung eines bestimmten Produkts.
Funktionale Verknüpfung
- 2) Die einzelnen Einheiten verfügen über ein gemeinsames Steuerungssystem
Steuerungstechnische Verknüpfung
- 3) Die einzelnen Einheiten sind funktional so miteinander verbunden, dass der Betrieb jeder einzelnen Einheit unmittelbar den Betrieb anderer Einheiten oder der Anlage als Ganzes beeinflusst, so dass eine Risikobeurteilung für die gesamte Anlage erforderlich ist.
Sicherheitstechnische Verknüpfung

Die Maschinenrichtlinie gilt für die erstmalige Bereitstellung einer "Maschine" auf dem EU Markt und regelt die grundlegenden Sicherheits- und Gesundheitsschutzanforderungen sowie den Zusammenhang zu weiteren EU-Richtlinien und die CE Kennzeichnung. Gemäss Maschinenrichtlinie 2006/42/EG Anhang I, Grundlegende Sicherheits- und



Gesundheitsschutzanforderungen hat der Hersteller einer Maschine oder sein Bevollmächtigter dafür zu sorgen, dass eine Risikobeurteilung vorgenommen wird, um die für die Maschine geltenden Sicherheits- und Gesundheitsschutzanforderungen zu ermitteln. Die Maschine muss dann unter Berücksichtigung der Ergebnisse der Risikobeurteilung konstruiert und gebaut werden. Diese Forderung wurde mit § 3 der Produktsicherheitsverordnung (ProdSichV) – Voraussetzungen für die Bereitstellung von Maschinen auf dem Markt oder die Inbetriebnahme von Maschinen – wie folgt in Schweizer Recht überführt.

- Der Hersteller oder sein Bevollmächtigter darf Maschinen nur in den Verkehr bringen oder in Betrieb nehmen, wenn sie bei ordnungsgemässer Installation und Wartung und bei bestimmungsgemässer Verwendung oder vorhersehbarer Fehlanwendung die Sicherheit und die Gesundheit von Personen und die Sicherheit von Haustieren und Gütern und, soweit anwendbar, die Umwelt nicht gefährden.
- Der Hersteller oder sein Bevollmächtigter muss vor dem Inverkehrbringen oder vor der Inbetriebnahme einer Maschine sicherstellen, dass die Maschine den in der Richtlinie 2006/42/EG aufgeführten, für sie geltenden grundlegenden Sicherheits- und Gesundheitsschutzanforderungen entspricht.

5. Projektierung, Aufbau und Inbetriebnahme

Die Entscheidung zur Anschaffung, Installation und Betrieb einer Wasserstoffanlage wird durch drei Aspekte beeinflusst. Einerseits sind dies emotionale Gründe, die vor allem bei der Bauherrschaft eine Rolle spielen. Zum anderen müssen technische Aspekte beleuchtet und berücksichtigt werden. Zu guter Letzt spielt auch das Ökonomische eine wichtige Rolle. In den meisten Fällen hat die Bauherrschaft bereits in eine Photovoltaikanlage investiert, die schon für sich genommen ebenfalls eine grössere Investition darstellt. Insofern existiert für die Investition in eine Wasserstoffanlage auch eine ökonomische Schmerzgrenze, die es zu beachten gilt.

Derzeit werden Wasserstoffanlagen häufig im privaten Umfeld, wo der emotionale Anteil sicher noch eine grössere Rolle spielt als zum Beispiel bei einem Gewerbebetrieb, realisiert. Diese drei genannten Aspekte spielen eine grosse Rolle, bis es zu der Entscheidung kommt, die Anlage tatsächlich zu installieren.

Der Standort der Anlage und das ist bei Wohnbauten das direkte private Umfeld, spielt eine wichtige Rolle. Einerseits geht es um den Aufstellort an sich und dann aber auch um die lokalen Platzverhältnisse und Anschlussmöglichkeiten, um die Anlage aufbauen zu können.

Die Bauherrschaft verbindet in aller Regel mit der Realisation einer Wasserstoffanlage die Erwartung mehr Unabhängigkeit in der eigenen Energieversorgung zu erwirken und im Hinblick auf den fortschreitenden Klimawandel einen eigenen Beitrag leisten zu können.

Des Weiteren können die Aussicht auf weniger oder gar keine Energiekosten eine Rolle spielen oder auch bei Gewerbebetrieben die Möglichkeit mit stabilen Energiekosten auf lange Sicht rechnen zu können.



Die Realisation einer Wasserstoffanlage ist aber neben diesen emotionalen Aspekten auch eine Kommunikationsaufgabe, denn es sind z. B. Abklärungen mit der Gemeinde, mit den jeweiligen Nachbarn notwendig. Des Weiteren muss die Bauherrschaft das Vertrauen gewinnen, dass die Unterstützung bei Problemen in der technischen Funktionalität gewährleistet ist.

Die verschiedenen Rollen in der Projektrealisation sind also durch verschiedene Charakteristiken gekennzeichnet. Bei der Bauherrschaft sind es emotionale und ökonomische Gründe, die zur Entscheidung führen. Die Installationsunternehmen müssen aufzeigen, dass sie in der Lage sind, alle Vorgaben hinsichtlich langfristiger technischer Unterstützung, aber auch bei Aufbau und Installation zu erfüllen. Die beteiligten Anlagenhersteller müssen aufzeigen, dass sie sämtliche technischen Vorgaben erfüllen und für die Gewährleistung der Anlage gerade stehen.

Im Rahmen der Realisation von Wasserstoffanlagen sind die folgenden Akteure beteiligt:

- Bauherr: trägt die Gesamtverantwortung für die Installation und den Betrieb der Wasserstoffanlage
- Betreiber: ist häufig auch der Bauherr und sorgt für den bestimmungsgemässen und dauerhaft sicheren Betrieb der Wasserstoffanlage
- Inverkehrbringer: sorgt für die Einhaltung der Konformität und der lokalen Bedingungen und ggf. Besonderheiten für die Installation und den Betrieb der Wasserstoffanlage
- Hersteller: ist verantwortlich für die technische Funktion, Konformität und Sicherheit der Wasserstoffanlage. Eine Installations- und Betriebsanleitung sowie ein vorzulegendes wasserstoffsystembestimmendes Sicherheitskonzept, welches auch die wasserstoffsystembestimmenden Restrisiken benennt, und ein Wartungskonzept sind vom Hersteller vorzulegen.
- Planer: sorgt für die Einhaltung und korrekte Planung und Installation am Aufstellort
- Anlagenerrichter: trägt als Unternehmen vor Ort die Verantwortung für die korrekte und sichere Installation und den Erstbetrieb der Wasserstoffanlage
- Gemeinde: prüft das Baugesuch und erteilt die Bau- und Betriebsbewilligung
- Kanton: prüft das Baugesuch und erteilt die Bau- und Betriebsbewilligung
- Benannte Stelle: stellt Expertise in relevanten Themen wie Brandschutz und überprüft die Einhaltung der geltenden Bestimmungen

Von Seiten der Gemeinde und der Behörden werden klare Vorgaben erwartet und alles zusammengefasst dient letztlich dem korrekten Aufbau und Betrieb der Wasserstoffanlage, sodass jederzeit die nötige Sicherheit gewährleistet ist.

Wasserstoff erzeugende Anlagen für die nicht prozessbezogene Endverwendung, Wasserstoffnutzungsanlagen, Wasserstoffabgebeanlagen, Wasserstoffspeicherbehälter, Wasserstoffleitungssysteme und deren Zubehör müssen vor der Installation zertifiziert oder zugelassen sein.²⁰



Bei der Realisation einer Wasserstoffanlage sind nachfolgende Punkte zu beachten.

Planung, Installation und Betrieb von stationären Wasserstoffanlagen ²¹

1) Anforderungen bestimmen

a) Platzbedarf abklären:

- Sind die Bedingungen am Aufstellort so, dass das Einbringen der neuen Anlage möglich ist?
- Sind alle Anlagenkomponenten gut für Wartungsarbeiten zugänglich (Herstellervorgaben)?

b) Brandschutz abklären:

- Abstand zu brennbarem Material und Anforderungen an die Aufstellräume sind zu beachten.

2) Anlagenkonzept erarbeiten

- a) Medienz- und -abfuhr sicherstellen (Wasser und Strom)
- b) Kommunikation gewährleisten (LAN- oder WLAN-Zugang)
- c) Gasverbindungen einplanen/vorbereiten (Versorgungsnetz, Speicher, Anschlussleitung)
- d) Sicherheitsvorkehrungen planen
 - ausreichende Raumlüftung (in der Regel mechanische Abluftanlage)
 - Sensorik (Detektion)
- e) Zulassungen und Bewilligungen abklären

3) Grobauslegung der Anlage

- a) Dimensionierung der Leistung
- b) Dimensionierung der (Versorgungs-)Leitungen

4) Detaillierte Anlagenplanung

- a) Offerten einholen und mit Lieferanten Detailplanung besprechen
- b) Umsetzungszeitplan festlegen

5) Installation der Anlage

- a) Projektierung seitens Anlagenhersteller
- b) Installation nimmt der Hersteller oder ein geschulter Anlagenerrichter vor
- c) Zulassung nach Rücksprache mit Gemeinde und Kanton als Einzelanlage



- d) Abklärung von Vorgaben zum Brandschutz
- e) Inbetriebnahme durch den Hersteller
- f) Betriebsüberwachung (remote) durch den Hersteller

6) Abnahme und Betrieb

- a) Ordnungsprüfung durch autorisierte Organisation (z. B. SVGW/TISG)
- b) Servicevertrag mit dem Gerätehersteller vereinbaren und regelmässige Sicherheitsbewertung
- c) regelmässige Ordnungsprüfung im Betrieb gemäss Baubewilligung durch autorisierte Organisation

7) Sicherheitstechnische Überprüfung einer H₂-Anlage

- a) Risikoanalyse, Sicherheitskonzept
- b) Auswirkungsanalyse (FMEA²²)
- c) Nachweis der Werkstoffverträglichkeit
- d) Überprüfung der Betriebsbereitschaft
- e) Überprüfung der Betreiber-Schulung
- f) Überprüfung der Notfallprozeduren
- g) Test-Bereitschaftsprüfung
- h) Kontrolle der Betriebsbereitschaft

6. Installationsvarianten

Die Installation von Wasserstoffgesamtanlagen wird durch die Inverkehrbringung entsprechender am Markt verfügbarer Systeme bestimmt. Die Zulassung und die Inbetriebnahme unterliegen dann der Beurteilung, wie die angebotenen und in Verkehr gebrachten Systeme bewertet werden. Die Anlagenkomponenten sind durch den Systemlieferanten abzustimmen.

Dabei sind vor allem die vom Hersteller der Wasserstoffanlage oder den zuständigen Behörden vor Ort definierten Baugruppen entscheidend. Es ist immer zu klären, aus welchen Komponenten ein Gesamtsystem besteht und wie unter Berücksichtigung von Standortgegebenheiten die Frage der Baugruppen bewertet wird.

Anmerkung: Anlagen, welche aus individuellen Einzelkomponenten auf der Baustelle zusammengestellt werden, sind nicht durch das Merkblatt abgedeckt.



6.1 Begriffe

Baugruppe (DIN 199):

Eine Baugruppe ist ein in sich geschlossener, aus zwei oder mehr Teilen oder Baugruppen niedriger Ordnung bestehender Gegenstand, der in der Regel wieder zerlegbar ist.

Anlage:

Die Anlage ist in der Technik eine planvolle und systematische Zusammenstellung von in räumlichem Zusammenhang stehenden Apparaten, Geräten und/oder Maschinen inkl. zugehöriger Bauten bzw. Stützkonstruktionen, die funktional, steuerungstechnisch oder sicherheitstechnisch miteinander verbunden sein können.

Maschine:

Eine Maschine ist ein technisches Gebilde mit durch ein Antriebssystem bewegten Teilen. Maschinen werden als technische Arbeitsmittel vor allem für mechanische Einwirkung verwendet.

Gerät:

Als Gerät wird in der Technik ein Gebrauchsgegenstand bezeichnet, der dem Menschen als Werkzeug, Vorrichtung oder Ausrüstungsgegenstand dient.

Apparat:

Ein Apparat ist in der Verfahrenstechnik eine Baueinheit zur Umsetzung von Stoffen und/oder Energie, wobei – in Abgrenzung zu einer Maschine – keine oder nur geringfügige mechanische Arbeit abgegeben oder aufgenommen wird bzw. – in Abgrenzung zu einem Gerät – keine oder nur geringfügige Signale verarbeitet werden.

System:

Ein technisches System ist ein fachübergreifender Grundbegriff zur Beschreibung technischer Produkte. Als umfassender gegenständlicher Begriff wird es verwendet, um die Zusammengehörigkeit von mehreren technischen Komponenten (Maschinen, Geräte, Bauteile usw.) in einer grösseren Einheit (Anlage, Maschine, Gerät usw.) zu kennzeichnen.

6.2 Gesamtanlage

Eine energieerzeugende und energienutzende Anlage besteht aus mindestens *zwei Anlagenteilen*:

- A) Photovoltaik-Anlage oder Windkraftanlage oder Wasserturbine oder Kombinationen daraus
- B) Wasserstoffanlage

Der Fokus dieses Merkblatts liegt auf dem Teil B der Wasserstoffanlage als Teil einer Gesamtanlage. Dabei kann die Nutzung von Wasserstoff verschiedene Ziele und Zwecke verfolgen. Nachfolgend sind mehrere Varianten aufgeführt. Je nach Variante ergeben sich auch für ein zu installierendes System bzw. eine Wasserstoffanlage unterschiedliche Systemgrenzen, die bei der Installation und späteren Abnahme zu berücksichtigen sind.



Mögliche Systemgrenzen anhand des Zwecks der Gesamtanlage:

- 1) Abdeckung Allgemeinstrom
- 2) Abdeckung Allgemeinstrom und Strombedarf für den Betrieb einer Wärmepumpe
- 3) Abdeckung Allgemeinstrom, Strombedarf Wärmepumpe und Strombedarf Mobilität (Elektrofahrzeuge)
- 4) Abdeckung Allgemeinstrom, Strombedarf Wärmepumpe, Strombedarf Mobilität (Elektrofahrzeuge) und sonstiger Strombedarf (z. B. Klimatisierung, Lüftung, Server)
- 5) Abdeckung des Wärmebedarfs durch Verbrennen von Wasserstoff
- 6) Weitere Kombinationen

6.3 Varianten zur Inverkehrbringung

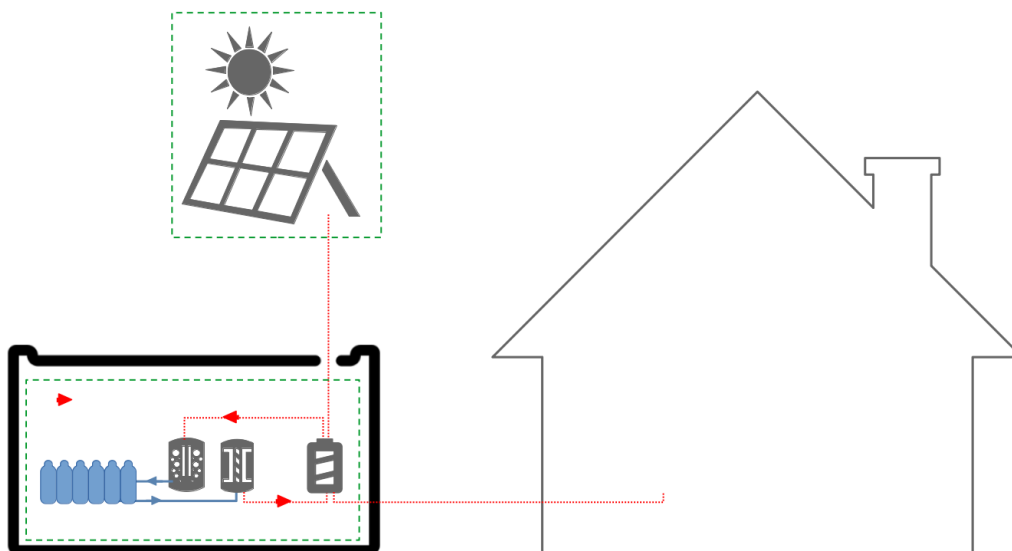
Die Inverkehrbringung einer Wasserstoffanlage im privaten Umfeld kann auf verschiedene Arten erfolgen. Dabei wird, wie folgt, in Abhängigkeit von ihrem Installationsort und der Zusammengehörigkeit unterschieden.

Nachfolgend sind die verschiedenen Varianten beschrieben:

Variante a)

Die Anlage besteht aus **einer** Baugruppe, die *ausserhalb eines Gebäudes als ein System* installiert wird.

→ System Aussen (Baugruppe I + Baugruppe II)





Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

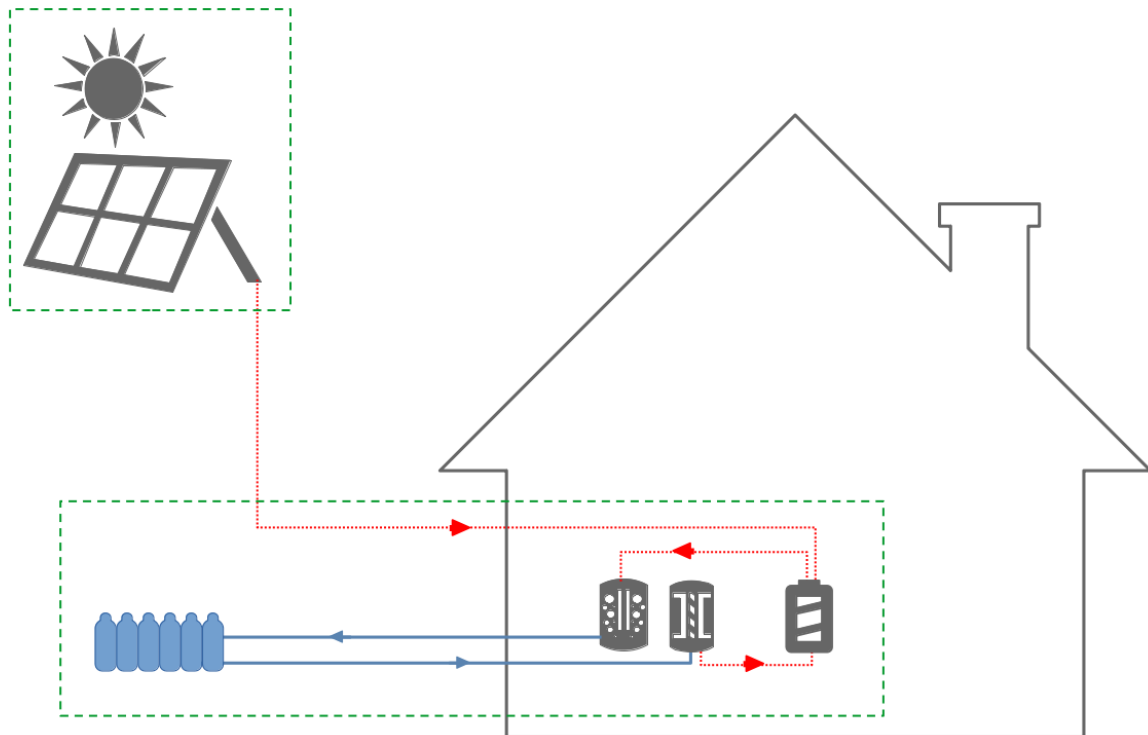
Eidgenössisches Departement für
Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK

Bundesamt für Energie BFE
Sektion Energieforschung und Cleantech

Variante b)

Die Anlage besteht aus einer Baugruppe **innen** und einer Baugruppe **aussen**, die als *eine Baugruppe bzw. ein System* definiert sind.

→ Baugruppe (I + II)

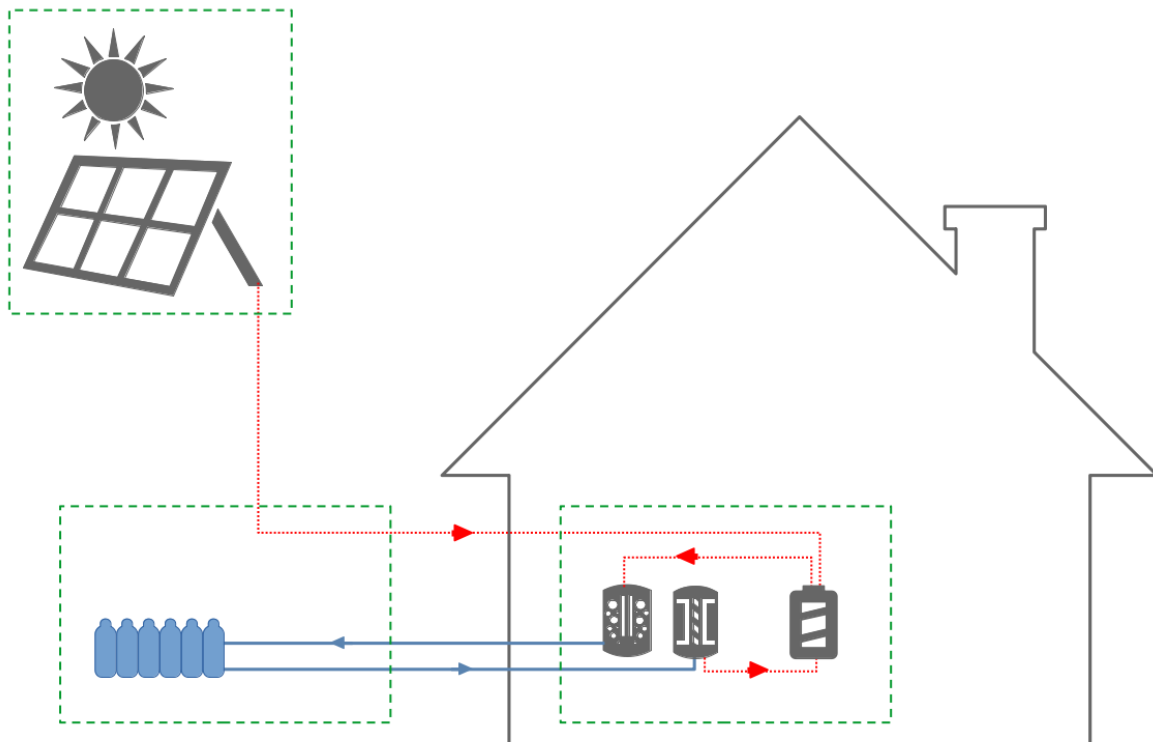




Variante c)

Die Anlage besteht aus einer Baugruppe **innen** und einer Baugruppe **aussen** und ist als ein System mit *zwei eigenständigen Baugruppen* definiert.

→ **Baugruppe I**
Baugruppe II

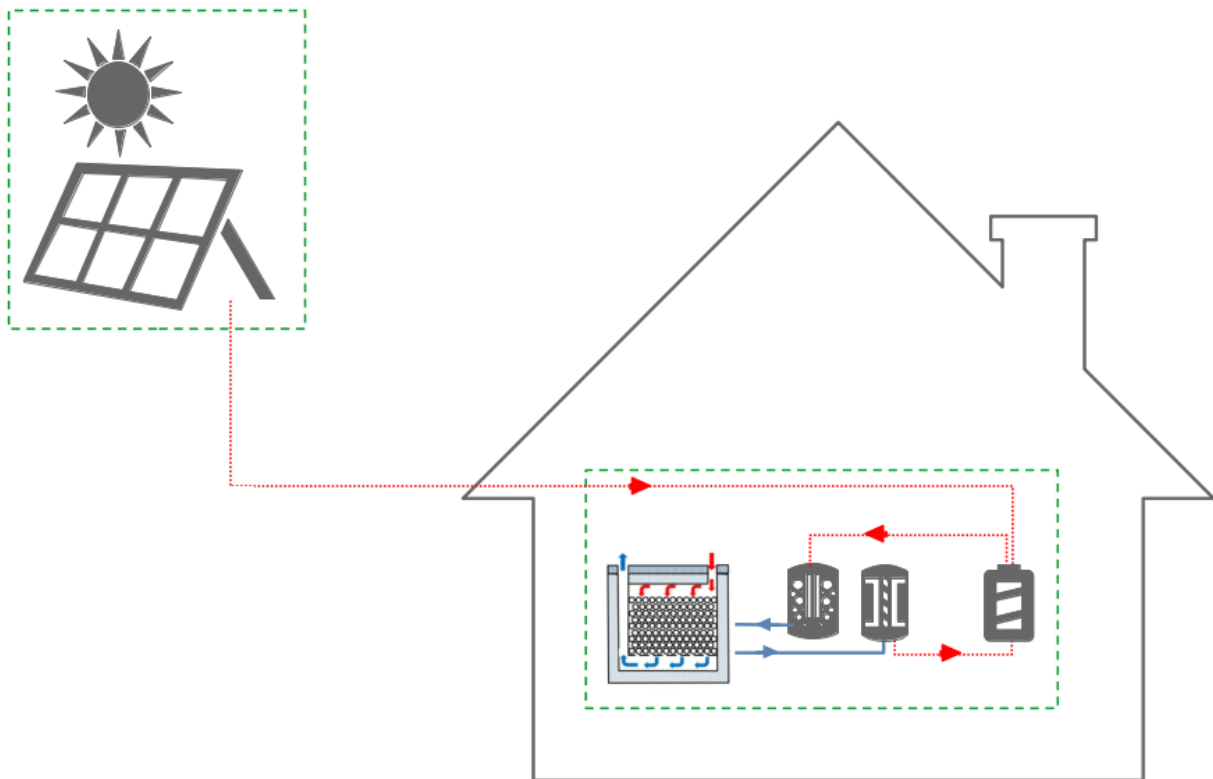




Variante d)

Die Anlage besteht aus **einer** Baugruppe, die *innerhalb eines Gebäudes als ein System* installiert wird.

→ **System Innen (Baugruppe I + Baugruppe II)**



Welcher Variante ausgeführt werden soll, ist zunächst durch den Hersteller/Lieferanten der Anlage in Absprache mit dem Bauherr und dessen Projektleitung, wenn immer möglich, vor der Baueingabe zu definieren.

Die Wahl hat entscheidenden Einfluss auf die Installationsanforderungen.



7. Installation

Für die Installation von Wasserstoffanlagen ist es entscheidend, welche Komponenten zu welchen Baugruppen zusammengefasst werden können und wo am Standort die Baugruppen bzw. wie zusammenhängend diese Baugruppen installiert werden. Je nach Variante hat dies Auswirkungen auf die zu treffenden Vorkehrungen und Sicherheitseinrichtungen. In jedem Fall ist die individuelle Situation sicherheitstechnisch zu beurteilen und erfordert gegebenenfalls unterschiedliche Bewertungen.

Installation von Wasserstoffanlagen

Installationsvariante	beteiligte Personen / vom Kanton autorisierte Stelle								
	Variante	Bauherr	Betreiber	Inverkehrbringer	Hersteller	Planer	Anlagenerrichter	Gemeinde	Kanton Benannte Stelle
❶ Ausserhalb vom Gebäude									
❷ Innerhalb vom Gebäude (1 Baugruppe)									
❸ Innerhalb und ausserhalb vom Gebäude (2 Baugruppen)									
❹ Innerhalb vom Gebäude									
① Planung									
Risikomanagement									
Anlage: gemäss Herstellerangaben (Beschrieb der Restrisiken)	1 2 3 4	X		X	X				
Gefährdungsbeurteilung	1 2 3 4	X	X	X	X	X	X	X	X
ggf. Beurteilung in Anlehnung an Störfallverordnung	1 2 3 4	X				X		X	
Umfeldanalyse	1 2 3 4	X	X	X		X	X	X	X
Sicherheitskonzept									
Standort: Aufstellbedingungen Container	1 2 3	X		X	X	X	X	X	
Anschlüsse am Aufstellort (Medien)	1 2 3	X		X	X	X	X		
regionale Abstandsbedingungen	1 2 3	X				X		X	
Wartung, Zuständigkeiten	1 2 3 4	X		X	X				
Umfeldanalyse	1 2 3 4	X				X	X		
② Bewilligung									
Vorprojekt	1 2 3 4	X							
Anlagenkonformität	1 2 3 4	X		X	X	X			
Gesuch	1 2 3 4	X				X		X	
Unterlagenprüfung auf Vollständigkeit	1 2 3 4							X	
Planbegutachtung im Auftrag vom Kanton, wenn erforderlich	1 2 3 4								X
Entscheid								X	
③ Installation									
Fundament / Einzäunung Anlagen-Container oder Wasserstoffspeicher	1 2 3 4	X		X	X	X	X		
Leitungen, Verbindungen zum Container oder Wasserstoff-Druckspeicher	1 2 3 4	X		X	X	X	X		
Anschlüsse Medien	1 2 3 4	X		X	X	X	X		
Brandschutz am Aufstellort (nicht Teil des Wasserstoffsystems)	2 3 4	X		X	X	X			X
Lüftung am Aufstellort (nicht Teil des Wasserstoffsystems)	2 3 4	X		X	X	X	X		X
Sensorik am Aufstellort (nicht Teil des Wasserstoffsystems)	2 3 4	X		X	X	X	X		X
Anlagensicherheit (nicht Teil des Wasserstoffsystems)	2 3 4	X		X	X	X	X		X
Havarie, Abblaseleitung	1 2 3 4	X		X	X	X	X		X
④ Inbetriebnahme									
Funktionsprüfung	1 2 3 4	X		X	X	X	X		
Protokollierung	1 2 3 4	X		X		X	X		
⑤ Abschlusskontrolle									
Vollständigkeitsprüfung der Dokumentation	1 2 3 4	X	X	X	X	X	X		X
Überprüfung der Installation	1 2 3 4	X	X	X	X	X	X		X
Überprüfung der Sicherheitseinrichtungen	1 2 3 4	X	X	X					X
Sichtprüfung	1 2 3 4	X	X	X					X
Überprüfung Störfallverhalten	1 2 3 4	X	X	X					X
⑥ Betrieb									
Betreiberpflichten	1 2 3 4	X	X						X
regelmässige Überprüfung (wiederholte Ordnungsprüfung, Intervall gemäss Vorgabe aus Baubewilligung)	1 2 3 4	X	X						X
Aufrechterhaltung der Betriebssicherheit	1 2 3 4	X	X						X

Bild 16: Rollen von Beteiligten an der Realisation einer Wasserstoffanlage



Voraussetzungen für die Installation

- Vom Betreiber der Anlage ist zwingend ein Risikomanagement und ein Sicherheitskonzept der Installation vorzulegen. Diese können seitens des Anlagenerrichters und/oder seitens des Systemlieferanten erstellt werden.
- Das Risikomanagement ist in Form eines Berichts zu erstellen und wird vor Ort den zuständigen benannten Stellen vorgelegt.
- Eine Installation ohne ein Risikomanagement und ein zugehöriges Sicherheitskonzept ist nicht zulässig.

Die Komplexität der Installation einer Wasserstoffanlage wird entscheidend von der gewählten Installationsvariante beeinflusst. Im Hinblick auf die Anlagensicherheit und einen langfristigen sicheren Betrieb der Wasserstoffanlage ist eine Installation ausserhalb vom Gebäude, also die Installationsvariante 1, grundsätzlich zu bevorzugen.

Bei den weiteren Installationsvarianten Nr. 2 bis Nr. 4 nehmen die Komplexität bzw. die Erfordernisse an den sicheren Betrieb zu. Werden Anlagenteile, die Wasserstoff führen, im Gebäude installiert, sind unterschiedliche Sicherheitsmassnahmen notwendig. Im Bild 16 ist eine Übersicht dargestellt, die diesen Umständen Rechnung trägt.

Die weiteren Details der erforderlichen Massnahmen bei der Installation sind in den nachfolgenden Kapiteln detaillierter beschrieben.

7.1 Baugruppe – Inneneinheit

Es gibt Systeme auf dem Markt wie das System Cosber, die aus einer sogenannten Inneneinheit und einer Ausseneinheit bestehen können. Die Inneneinheit wird dabei als eine Baugruppe aufgefasst.

Die nachfolgenden sicherheitstechnischen Anforderungen beziehen sich ausschliesslich auf die Installation der Inneneinheit innerhalb eines Gebäudes. Die Inneneinheit besteht üblicherweise aus einem Elektrolyseur, einer Brennstoffzelle, einer Batterie und einer Steuer- und Regelungseinheit.

7.1.1 Standortstudie

Der Objektstandort, also der Standort eines Gebäudes oder einer Liegenschaft prägt die Ausführung der geplanten Wasserstoffanlage. Die Voraussetzung für eine lokale Wasserstofferzeugung ist das Vorhandensein von ausreichend regenerativ erzeugtem elektrischen Strom, da in aller Regel der Wasserstoff am Standort mit Hilfe der Elektrolyse erzeugt wird, die wiederum elektrisch betrieben wird.



Die häufigste Methode, um regenerativen elektrischen Strom vor Ort herzustellen, ist eine Photovoltaikanlage. Die Voraussetzung für genügend Überschussstrom in den Sommermonaten ist eine ausreichend grosse Dachfläche oder eine Fassadenfläche und sonstige nutzbare Fläche oder Land, die es erlaubt Photovoltaikmodule anzubringen. Weitere Möglichkeiten sind der Aufbau von Photovoltaik auf Nebengebäuden oder Nebengeländen. In seltenen Fällen ist eine Wasserquelle auf dem Grundstück vorhanden, sodass eine entsprechende Turbine zur elektrischen Stromerzeugung dort aufgebaut werden kann. Weitere Möglichkeiten sind kleinere Windräder, die entweder direkt auf dem Areal oder noch kleinere Aggregate auf den Dächern der jeweiligen Gebäude aufgebaut werden können. Die Voraussetzung dafür ist, dass ausreichend Wind vorhanden ist. Dies ist im Einzelfall mit dem jeweiligen Hersteller abzuklären.

7.1.2 Installationsort

Als Installationsort einer Wasserstoffanlage wird der Ort verstanden, an dem die Anlage tatsächlich aufgestellt ist (Aufstellort). In aller Regel ist dies ein separater Technikraum im Kellerbereich eines Gebäudes oder vorzugsweise Aussenaufstellung in einem separaten Raum, Gebäude oder Container. Dort muss genügend Platz für den Aufbau, sowie für Wartungs- und Instandhaltungsaufgaben der unterschiedlichen Komponenten, Brennstoffzelle, Elektrolyseur, Batterie, Regelung und Steuerung vorhanden sein. Sehr häufig werden alle Komponenten in einem Schrank oder einem Gehäuse verbaut.

7.1.3 Risikomanagement

Es wird eine Gefährdungsermittlung durchgeführt und ggf. durch eine Risikobeurteilung erweitert.

Gefährdungsermittlung

Das Risikomanagement berücksichtigt primär im Rahmen der Gefährdungsermittlung:

- Umfeldanalyse zur Beurteilung allfälliger Risiken (z. B. Gebäudebelegung, regelmässige Menschenansammlungen in der Nähe...)
- H2-Anlage: Vorgaben gemäss Hersteller
- H2-Anlage: Beschrieb der Restrisiken seitens Hersteller

→ Bewertung der Gefährdungsermittlung durch die zuständige Behörde (in der Regel das kantonale Umweltamt).

Risikobeurteilung

Wird durch die zuständige Behörde eine Risikobeurteilung gefordert, sind Umfang und Art durch diese vorzugeben (ggf. Beurteilung in Anlehnung an Störfallverordnung).
Artikel 10 USG kann zur Anwendung kommen.

--



Bevor die Installation einer Wasserstoffanlage umgesetzt werden kann, ist vom Betreiber der Anlage zwingend eine Risikobewertung und ein Sicherheitskonzept der Installation vorzulegen. Diese können seitens der Installationsfirma und/oder seitens des Anlagenherstellers erstellt werden.

Diese Beurteilung ist in Form eines Berichts vorzulegen und wird vor Ort den zuständigen Institutionen vorgelegt. Eine Installation ohne eine Risikobewertung und ein zugehöriges Sicherheitskonzept ist nicht zulässig.

Die Wasserstoffanlage muss so platziert werden, dass das Risiko für die Öffentlichkeit, Benutzer, Betriebspersonal von Dienstleistern, Eigentum und die Umwelt minimiert wird.

Die folgenden Elemente einer Wasserstoffanlage gelten gegebenenfalls als potenzielle Gefahrenquellen:

- a) Wasserstoffproduktionseinheit vor Ort;
- b) Wasserstoffversorgungssystem;
- c) Kompressoren;
- d) Speicherung;
- e) Rohrleitungen ²³

Im Einzelnen muss die Wasserstoffanlage je nach Sicherheitskonzept und Umsetzung gegebenenfalls Massnahmen zur Schadensminderung durch folgende Gefahren umfassen:

- a) Brände, Deflagrationen, Detonationen²⁴ und Druckwellen;
- b) Erstickung (durch Freisetzung von gasförmigem Wasserstoff oder Inertgasen) in geschlossenen Räumen
- c) alle weiteren mit dem Wasserstoffsysteem verbundenen Gefahren, darunter:
 - Stromschlag;
 - Arbeiten in der Höhe (z. B. auf dem Dach montierte Geräte);
 - Verletzungen durch bewegliche Geräte oder peitschende Schläuche.

Es müssen Massnahmen zur Risikominderung im Zusammenhang mit den drei Phasen der Sicherheitsgewährleistung bewertet werden:

- a) **Verhütung von Unfällen** durch eine Kombination folgender Massnahmen:
 - unter Einsatz modernster Technologie (Stand der Technik);
 - Einhaltung technischer Standards und einfacher Handhabungsverfahren;
 - Benutzer-Maschine-Schnittstellen auf einfache Weise zu gestalten;
 - Durchführen einer Schulung und Förderung der Kompetenz des Personals;
 - Einführung einer vorbeugenden Wartung;
 - Nach Vorgaben in der Anleitung des Herstellers, er gibt es vor, der Anwender hat es einzuhalten
- b) **Minderungsstrategien** durch eine Kombination der folgenden Massnahmen:

²³ [12]

²⁴ CEN CLC JTC6, Sitzung vom 14.2. : um Detonationen zu verhindern, muss H₂ im Raum unter 15% gehalten werden.



- modernste Technologie;
- Barrieren und Schutzschichten;
- Sicherheitsmassnahmen;
- Sicherheitsabstände;

c) **strukturierte und wirksame Notfallmassnahmen** (Notfallplanung), in deren Rahmen im Allgemeinen die folgenden Minderungsstrategien bewertet werden:

- Minimierung des Potenzials für die Bildung von brennbaren oder explosiven Mischung;
- Minimierung des Zündpotenzials (sowohl durch Zündquellen als auch durch Selbstzündungsquellen);
- Milderung der Auswirkungen eines Brandes oder einer Explosion, die durch den Wasserstoff verursacht wird
- Milderung der Auswirkungen auf die Installation durch äusseres Feuer;
- Verringerung der physikalischen Auswirkungen des Explosionspotenzials einer explosiven Atmosphäre, die durch mögliche Lecks oder Freisetzungen entsteht ²⁵

Risikobewertung

Es muss eine Risikobewertung durchgeführt werden. Die Risikobewertung ist der Gesamtprozess der Risikoidentifizierung, Risikoanalyse, Risikobewertung und Risikominderung. Risiken können auf Organisations- oder Abteilungsebene, für Projekte, einzelne Aktivitäten oder spezifische Risiken bewertet werden. Eine Risikobewertung für sollte gemäss einem oder einer Kombination der folgenden Dokumente durchgeführt werden: ISO 31000, ISO/IEC 31010 oder ISO 12100 oder anderen geeigneten Risikobewertungsmethoden.

Je nach Standortbedingungen kann auch eine Risikobeurteilung in Anlehnung an die Störfallverordnung notwendig werden bzw. von der kantonal bestimmten Fachstelle verlangt werden. Bei MFH in Stadtgebieten und/oder an Standorten, welche an z. B. Schulen, Heimen, öffentlichen Parks mit sich regelmässigen Veranstaltungen mit entsprechenden Ansammlungen von Personen usw. grenzen, wird immer eine entsprechende erweiterte Risikobeurteilung in Anlehnung an die Störfallverordnung empfohlen.

Die Risikobewertung erfolgt auf der Grundlage der DIN EN ISO 12100. Der Entwurf einer Sicherheitsfunktion zur Reduzierung des Risikos erfolgt beispielsweise auf der Grundlage der DIN EN 13849-1 nach dem folgenden Prinzip. Identifizierung der Gefährdungen unter Berücksichtigung aller Phasen der Lebensdauer der Anlage

- Transport
- Zusammenbau und Installation
- Inbetriebnahme
- Verwendung



- Ausserbetriebnahme
- Demontage
- Entsorgung unter Berücksichtigung der Aufgaben, die beim Umgang mit der Anlage erfüllt werden müssen.
- Einrichten, Prüfen, Umrüsten, Anlauf, Anlagenbeschickung
- Stillsetzen der Maschine, Reinigung, Instandhaltung
- Wiederherstellung des Betriebs
- nach Blockierung, Fehlersuche und -beseitigung, Einrichten (Teachen)
- Programmieren ... ²⁶

Es muss eine Risikobewertung durchgeführt werden, um festzustellen, ob für gasförmigen Wasserstoff ein Feueralarm- und -erkennungssystem installiert werden sollte.

Da Wasserstoffflammen (aufgrund unsichtbarer Flammen und geringer Strahlungswärme) schwer zu erkennen sind, reicht eine herkömmliche Flammenerkennung zur Branderkennung möglicherweise nicht aus. Eine wirksamere Brandverhütung ist ein Detektorsystem, das Lecks erkennen kann (z. B. Gas- oder Geräuscherkennung), entweder zusätzlich oder anstelle eines Flammenerkennungssystems. Design und Standort von Erkennungssystemen können mithilfe einer Gefahrenanalyse optimiert werden, bei der Folgendes berücksichtigt wird:

- wahrscheinlichste Leckstelle;
- Wasserstoffquellen aufgrund von Fehlbedienungen;
- Bereiche, in denen sich Wasserstoff ansammeln kann;

Die Funktionsweise des Systems ist im Detail unter Berücksichtigung der Anlagenauslegung festzulegen.

Das Alarm-/Meldesystem muss vor Inbetriebnahme der Anlage betriebsbereit sein. Es müssen Abschaltsteuerungen vorhanden sein, die eine Anlage im Notfall rasch in einen sicheren Zustand versetzen können, in dem die Gefährdung minimiert wird. Im Brandfall müssen geeignete Alarmmittel, wie akustische und/oder optische Alarmer, vorhanden sein. Diese müssen deutlich gekennzeichnet und an geeigneten Stellen angebracht sein. Die Alarmsignale der Detektoren müssen so angebracht sein, dass sie sofort vor Ort und aus der Ferne alarmieren können.

Die Anlage ist bei der zuständigen Feuerwehr zu melden bzw. bekannt zu machen. Weitere Schritte wie z.B. ggf. Übungen sind dann individuell zu vereinbaren. Die Anordnung von Anlagen und Gebäuden muss im Notfall ausreichende Fluchtmöglichkeiten bieten. Notausgänge müssen stets freigehalten werden.



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für
Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK

Bundesamt für Energie BFE
Sektion Energieforschung und Cleantech

Folgende Hinweise sind bei der Installation einer Wasserstoffanlage oder wesentlichen Komponenten davon in einem Aufstellraum im Gebäude bezüglich der Anlagensicherheit zu beachten:

- Vorgaben seitens Hersteller sind einzuhalten!
- H₂-Leitungen sind technisch dauerhaft dicht auszuführen!
- Instandhaltungsvorgaben seitens Hersteller (Wartung, Inspektion) sind einzuhalten!
- Im Störfall muss die Anlage eigenständig und direkt in einen sicheren Betriebszustand gehen!
- Im Störfall darf nur eine autorisierte Fachperson die Anlage wieder in Betrieb nehmen!



- in Störfall in der Anlage muss mit dem (falls vorhanden) Gebäudeleitsystem zusammenwirken bzw. funktionieren (Lüftung)!Anlageninstallation und Betriebsverhalten sind in einer zugänglichen Dokumentation bereit zu stellen!
- in Störfall in der Anlage muss mit dem (falls vorhanden) Gebäudeleitsystem zusammenwirken bzw. funktionieren (Lüftung)!Anlageninstallation und Betriebsverhalten sind in einer zugänglichen Dokumentation bereit zu stellen!
- Verantwortliche sind zu benennen und vor Ort kenntlich zu machen (Name, Tel.-Nr.)!

Sicherheitskonzept

Die nachfolgenden inhaltlichen Punkte umfassen das Sicherheitskonzept:

- Standort: Aufstellbedingungen
- Anschlüsse am Aufstellort (Medien)
- Abstandsbedingungen lokal gemäss Vorgabe Behörde
- Instandhaltung (Umfang, Intervalle)
- Zuständigkeiten (klare Benennung; Qualifikation)
- Alarmierungskonzept bei Gasalarm



Störung	Gegenmaßnahmen
Mechanisches Versagen	Konstruktion und Auslegung gemäß DVGW, DIN
	Druckprüfung vor Inbetriebnahme
	zusätzliche Qualitätsprüfung in Stichproben
	Bauausführung durch qualifiziertes Personal
Betriebliches Versagen	Sicherheitseinrichtung gegen Überdruck
	Prüfung des Druckabsicherungskonzeptes durch Sachverständige
	ausreichende Sicherheitsfaktoren
	Verwendung doppelter Absperreinrichtungen
	geschultes (ggf. zertifiziertes) Personal
	Fernüberwachung
	wiederkehrende Prüfungen
Korrosion	kathodischer Korrosionsschutz
	regelmäßige Prüfungen
	zusätzlicher Schutz durch Umhüllungen / Beschichtungen
Freisetzung von Wasserstoff	Messung der Wasserstoffkonzentration
	Alarmierung bei Überschreitung zulässiger Wasserstoffkonzentration
	Abschaltung von Anlagen
	Entleerung von Speichern
	Aktive und passive Belüftung geschlossener Räume mit Wasserstoffanlagen
	Einsatz elektrischer Komponenten mit Ex-Zonen-Zulassung
	Regelmäßige Wartung
Katastrophe	Anlagenbau in sicheren Gebieten
	Schutzstreifen (Gashochdruckleitungen)
	Überschwemmungssicherung
Fremdeinwirkung	ausreichende Kennzeichnung von Anlagenteilen
	abgesperrte Bereiche (Zutritt nur für Personal)
	Sicherheitsabstände zu Baumaßnahmen

Bild 17: Ursachen für Betriebsstörungen und Gegenmassnahmen

7.1.4 Brandschutz

Folgende Hinweise sind bei der Installation einer Wasserstoffanlage oder wesentlichen Komponenten davon in einem Aufstellraum im Gebäude zu beachten:

- separate EI 60 Steigzone für Lüftung durch das Gebäude; Lüftungskanal Druckklasse D
- Aufstellraum ist separater Brandabschnitt mit min. EI60 | Türe: EI30S (rauchdicht)



- Abblaseleitungen zur Druckentlastung H₂ sind vom Aufstellungsraum direkt nach aussen und an der Fassade an einen sicheren Ort (in der Regel über Dach) zu führen
- Sauerstoffleitungen (sofern separat abzuleiten) sind direkt nach aussen und an der Fassade an einen sicheren Ort (in der Regel über Dach) zu führen
- H₂-Leitungen führen direkt vom Aufstellungsraum der Erzeugung nach aussen – keine anderen Räume durchqueren. Wenn notwendig, keine Verbindungen oder geschweisst, druckgeprüft, frei verlegt und gekennzeichnet.
- Anbindeleitung vom Speicher (aussen) in Richtung Gebäude: ggf. Absicherung durch Strömungswächter gesichert
- Anlage ist bei der zuständigen Feuerwehr zu melden bzw. bekannt zu machen!

Wesentliche Elemente des Brandschutzes sind:

- alle potenziellen Leckquellen minimieren;
- alle Zündquellen so weit wie möglich zu beseitigen;
- Leckquellen rechtzeitig mit Detektoren identifizieren; und
- Vorkehrungen zur Isolierung von Wasserstoff,
- Fluchtmöglichkeiten und Methoden zur Brandbekämpfung treffen
- Abführung von sauerstoffreichen Gasströmen an sicheren autonomen Ort nach aussen

Rauchen, Feuer und offenes Feuer jeglicher Art sind innerhalb einer festgelegten Entfernung und Räumen verboten. Warnhinweise sind entsprechend gut sichtbar anzubringen. Aufgrund der hohen Entflammbarkeit von Wasserstoff muss die Anwesenheit von Luft in Rohrleitungen vermieden werden.

Wasserstoffleckage

Für den Fall, dass eine Wasserstoffleckage auftritt, ist in dem Aufstellraum eine entsprechende Entlüftung im Deckenbereich vorzusehen. Allfällig austretender Wasserstoff wird so direkt ins Freie geführt. Für diesen Fall muss ein entsprechendes Lüftungskonzept erarbeitet werden

7.1.4.1 Anordnung, Zugänglichkeit

Bei der Auswahl des Standorts und der Anordnung der Komponenten müssen vorhandene, brennbare Materialien vor Ort beachtet werden.

Anordnung

Die Anordnung sollte mindestens Folgendes berücksichtigen:



- Benutzerfreundlichkeit;
- Wartung;
- Lage der Entlüftungsöffnungen;
- Sicherheitsabstände und Gefahrenzonen.

Sauberkeit im Aufstellraum ²⁷

Die Anlagenumgebung ist sauber zu halten. Die Räumlichkeiten müssen sauber gehalten und regelmässig gereinigt werden, insbesondere um die Ansammlung gefährlicher oder umweltschädlicher Stoffe und Staub zu vermeiden. Die Arbeiten sind von entsprechend qualifiziertem Personal auszuführen.

7.1.4.2 Sicherheitsabstände

Sicherheitsabstände können z. B. durch den Einsatz von angemessen gestalteten Brandschutzwänden verringert werden. Die Brandschutzwände dürfen die Belüftung der Anlage nicht einschränken (z. B. nur auf zwei Seiten der Anlage). ²⁸

Gefahrenzonen

Wasserstoffsysteme müssen anlagenspezifisch von Gefahrenzonen (Ex-Zonen) umgeben sein, in denen zusätzliche besondere Vorsichtsmassnahmen zur Risikominderung erforderlich sind. Die Grösse der Gefahrenzonen wird unter Berücksichtigung von Sicherheitsabständen bestimmt, die die Grösse potenzieller Risikobereiche bestimmen, falls es zu einem Leck oder einer Freisetzung von Wasserstoff kommt. ²⁹

Entzündungsgefahr

Die Bereiche um die Entlüftungsöffnungen herum müssen ebenso beurteilt werden wie die Nähe zu anderen Entlüftungsöffnungen (beispielsweise Sauerstoff). Bei der Konstruktion und Platzierung der Entlüftung muss das Risiko einer unbeabsichtigten Entzündung (Strahlungswärme, Flammengrösse, Spülung mit Inertgas) berücksichtigt werden.

Der Mindestabstand zu Elektrokabeln und anderen Leitungen muss anhand einer Risikobewertung oder lokaler Normen/Vorschriften festgelegt werden. Die Wasserstoffleitung sollte höher verlegt werden als andere Leitungen. ³⁰

Es ist darauf zu achten, dass die Elektrokabel sich nicht in der Nähe von Brennstoffquellen befinden, wie z. B. Rohrleitungen oder Lager, die andere brennbare Gase oder Flüssigkeiten oder andere potenziell gefährliche Stoffe enthalten. Generell sind keine zusätzlichen Brandlasten im Aufstellraum erlaubt. Typische Sicherheitsabstände siehe Tabelle in Bild 15.

27 [13]

28 [14]

29 [14]

30 [14]



Typische Art der Exposition im Freien	Entfernung in Metern von Wasserstoff von
1. Offene Flammen und andere Zündquellen (auch elektrische)	5
2. Grundstücksgrenzen und Bereiche, in denen sich Menschen aufhalten können, z. B. Autos Parks, Kantinen, usw.	8
3. Hölzerne Gebäude oder Strukturen	8
4. Wandöffnung in Büros, Werkstätten usw.	5
5. Oberirdische Lagerung von brennbaren Flüssigkeiten und Flüssiggas in Übereinstimmung mit nationalen Vorschriften, sofern vorhanden, für den jeweiligen Stoff. Andernfalls	8
6. Brennbare Flüssigkeiten und Flüssiggas als Massengut unter Tage	
6.1 Tank (horizontaler Abstand vom Gehäuse)	3
6.2 Entlüftung oder Anschlüsse	5
7. Lagerung von Flaschen mit brennbarem Gas, außer Wasserstoff	5
8. Lagerung von gasförmigem Sauerstoff (Gasflaschen)	5
9. Lagerung von flüssigem Sauerstoff (nicht mehr als 125 000 Liter Tankinhalt) ²⁾	8 ¹⁾
10. Lagerung von nicht brennbaren kryogenen Flüssigkeiten, außer Sauerstoff, z. B. Argon, Stickstoff ¹⁾	5 ¹⁾
11. Bestände an brennbarem Material, zum Beispiel Holz	8
12. Luftkompressor, Ventilatoreinlässe usw.	15
¹⁾ Wenn zufriedenstellende Vorkehrungen getroffen werden, um auslaufende Flüssigkeiten vom Wasserstoffsystem wegzuleiten, können diese Abstände verringert werden. ²⁾ Für Tankkapazitäten von mehr als 125 000 Litern siehe EIGA-Dokument 127, <i>Lagerung von flüssigem Sauerstoff, Stickstoff und Argon als Massengut Systeme an Produktionsstandorten</i> [21].	

Bei bewohnten Gebäuden ist zusätzliche Vorsicht im Hinblick auf die Druckenergie geboten, die bei der Entzündung von Wasserstoff entstehen kann. Informationen zu den Folgen finden Sie in EIGA Doc 187 *Guideline for the Location of Occupied Buildings in Industrial Gas Plants* [22].

Bild 18: entnommen aus GASEOUS HYDROGEN INSTALLATIONS EIGA Doc 15/21 Revision of Doc 15/06

7.1.4.3 Brandschutzwände

Geschlossene Räumlichkeiten müssen im oberen Teil mit Vorrichtungen ausgestattet sein, die die Ableitung von Wasserstoff, Rauch und Verbrennungsgasen ermöglichen, die im Brandfall freigesetzt werden (Dachoberlichter, Öffnungen an der Fassade oder andere gleichwertige Vorrichtungen). Die Anlage muss für den Einsatz von Feuerwehr und Rettungsdiensten zugänglich sein.³¹



Die Zugangstür zu dem Aufstellort hat eine bestimmte Dichtheit (Brandschutzbeständigkeit) zu gewährleisten; in der Regel EI30-S (rauchdicht), auch wenn die Wände EI60 sind.

Die Feuerbeständigkeit von Materialien und die Mindestreaktions- und Feuerwiderstandseigenschaften von Räumen, in denen gasförmiger Wasserstoff untergebracht sollte wie nachfolgend definiert sein: ³²

- Wände und Böden: hoher 2-Stunden-Brandschutz;
- Leichtdach: nicht brennbar (z. B. Wellblech);
- Innentüren: 2-Stunden-Feuerschutzklasse und mit einem Türschliesser oder einer Vorrichtung zum automatischen Schliessen ausgestattet;
- nicht brennbare Materialien.

Massnahmen zur Verhinderung einer Brandausbreitung

Wenn innerhalb von Gebäuden Brandschutzwände zur Eindämmung möglicher Brände durch Wasserstoffsysteme eingesetzt werden, dürfen diese nicht lasttragend sein, es sei denn, sie sind speziell für diesen Zweck konstruiert. Gebäude, die für den Betrieb mit Wasserstoff genutzt werden, müssen eine feuerbeständige Konstruktion aufweisen, die den nationalen Vorschriften und Regelungen entspricht. Fluchtwege müssen gewährleistet sein. Türen, die keinen direkten Zugang ins Freie haben, müssen feuerbeständig gebaut und selbstschliessend sein. ³³

7.1.4.4 Fluchtwege und Rettungswege

Bei der Anordnung der Geräte sind die Einschränkungen im Zusammenhang mit dem Brandschutzsystem der Anlage, die Wartungsanforderungen und die Gefahrenklasse der elektrischen Geräte zu berücksichtigen. Wasserstoffsysteme sind so anzuordnen, dass sie für Feuerlöschdienste leicht zugänglich sind und im Notfall eine einfache Fluchtmöglichkeit bieten. ³⁴

7.1.4.5 Gefährdete Bereiche

Werden wichtige Komponenten eines Wasserstoffsystems innerhalb eines Gebäudes in einem separaten Technikraum (Aufstellort) vorgesehen, sind Sicherheitselemente im Deckenbereich vorzusehen. Dies sind im Wesentlichen Gassensorik und Lüftungsöffnungen, um austretenden Wasserstoff sofort gefahrlos zu wegzuführen. **Dabei wird der Deckenbereich in dem Aufstellort grundsätzlich als gefährdeter Bereich eingestuft.**

³² [13]

³³ [14]

³⁴ [14]

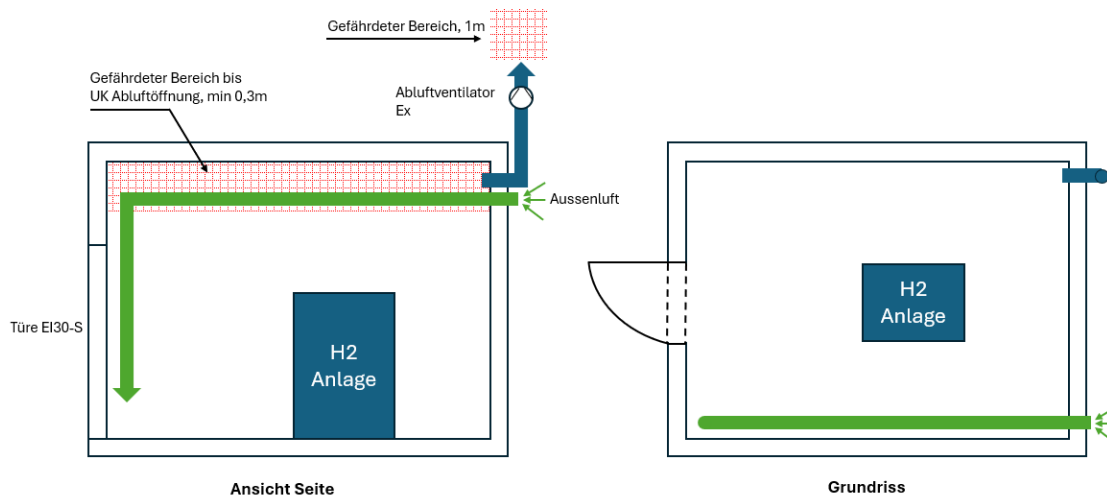


Bild 19: Gefährdeter Bereich am Aufstellort einer Wasserstoffanlage

Wasserstoffleckage

Austretender Wasserstoff aus Rohrleitungen, Behältern und Geräten kann zu einer Stichflamme führen, wenn sich der Wasserstoff entzündet (beispielsweise durch Reibung oder statische Aufladung). Eine Reinigung ist ausschliesslich mit antistatischem Equipment gemäss Herstellervorgaben erlaubt.

Die Länge der Stichflamme hängt vom Wasserstoffdruck und der Grösse des Lecks ab. Bei der Auslegung der Anlagen sind Fluchtwege und Rettungswege so zu berücksichtigen, dass diese nicht durch mögliche Strahlbrände beeinträchtigt werden. Dies kann bei Bedarf beispielsweise durch Brandschutzwände erreicht werden. Um eine Eskalation des Vorfalls zu vermeiden, muss bei der Auslegung der Geräte auch die Möglichkeit berücksichtigt werden, dass Stichflammen aus potenziellen Lecks auf andere Geräte treffen können.³⁵

7.1.4.6 Brandmeldeanlage³⁶

Brandmeldeanlagen müssen dem Stand der Technik entsprechen und so beschaffen, bemessen, ausgeführt und in Stand gehalten sein, dass sie wirksam und jederzeit betriebsbereit sind.

Brandmeldeanlagen haben einen entstehenden Brand selbsttätig festzustellen und zu signalisieren sowie gefährdete Personen und Einsatzkräfte zu alarmieren. Sie können zur Ansteuerung und Inbetriebsetzung von Brandschutzeinrichtungen eingesetzt werden. Art und Anordnung der Brandmelder richten sich nach Nutzung, Umgebungsbedingungen, Raumgeometrie und Überwachungsfläche.

Für die Detailanforderungen bezüglich Planung, Einbau, Betrieb und Instandhaltung von Brandmeldeanlagen gelten die VKF-anerkannten technischen Spezifikationen der Herstellerfirmen.

³⁵ [14]

³⁶ [15]



7.1.4.7 Potenziell gefährliche Stoffe

Bei der Auswahl des Standorts und der Anordnung der Komponenten muss die Verwendung brennbarer Materialien vor Ort berücksichtigt werden.

7.1.5 Technische Sicherheitsmassnahmen

Damit auch langfristig ein gesicherter Betrieb gewährleistet ist, sind verschiedene Sicherheitsmassnahmen umzusetzen.

Eine Überprüfung der Gasatmosphäre im Aufstellraum mittels Gassensorik und zusätzlich die Installation von Entlüftungsleitungen sind weitere zusätzliche Sicherheitsmassnahmen.

7.1.5.1 Leitungen und Verbindungen

Rohrleitungen und Entlüftungseinrichtungen

Es gelten die folgenden Grundsätze:

- So wenig lösbare Verbindungen wie möglich!
- Lösbare Verbindungen müssen zugänglich sein!
- Rohrverbindungen sind aus nicht brennbaren Werkstoffen auszuführen!
- Pressverbindungen müssen seitens Hersteller für Wasserstoff zugelassen sein!
- Sämtliche Rohrdurchführungen in angrenzende andere Räume oder auch nach draussen sind, gasdicht auszuführen.
- Rohrleitungen für Wasserstoff müssen durch Farbcodierung und/oder Beschriftung eindeutig gekennzeichnet sein.
- Es müssen Absperrventile vorhanden sein, damit die Wasserstoffquelle im Notfall sicher abgeschaltet werden kann.

Die nachfolgenden Anforderungen betreffen alle Rohrverbindungen ausserhalb der Systemgrenze des Wasserstoffsystemanbieters. Verrohrungen innerhalb der Wasserstoffanlage sind in der Verantwortung des Systemanbieters bzw. Herstellers.

Die Definition «technisch dauerhaft dicht» wird in Anlehnung an das Infoblatt Explosionsschutz «Dichtheit von Anlagenteilen und Verbindungen» Internationalen Vereinigung für Soziale Sicherheit (issa) zugrunde gelegt:

Konstruktive Merkmale für auf Dauer technisch dichte Anlagenteile und Verbindungen sind für Gase, Dämpfe, Flüssigkeiten:

- unlösbare Verbindungen, z. B. geschweisst, gelötet
- lösbare Verbindungen, die betriebsmässig nur selten gelöst werden, z. B.
 - Flansche mit Schweisslappendichtungen,



- Flansche mit Nut und Feder,
- Flansche mit Vor- und Rücksprung,
- Flansche mit V-Nuten und V-Nutdichtungen,
- Flansche mit glatter Dichtleiste und besonderen Dichtungen, wie z. B. Weichstoffdichtungen bis einschliesslich PN 25 bar, metallinnenrandgefasste Dichtungen oder metallummantelte Dichtungen, wenn bei Verwendung von Norm-Flanschen eine rechnerische Nachprüfung ausreichende Sicherheit gegen die Streckgrenze aufweist,
- metallisch dichtende Verbindungen,
- Schneid- und Klemmringverbindungen in Leitungen bis einschliesslich DN 32,
- NPT-Gewinde (National Pipe Taper Thread, kegeliges Rohrgewinde) oder andere konische Rohrgewinde mit Abdichtung im Gewinde bis einschliesslich DN 50, soweit sie nicht wechselnden thermischen Belastungen ($\Delta T > 100 \text{ K}$) ausgesetzt sind.

Zusätzliche Voraussetzungen für Kombinationen von Flanschverbindungen mit Weichstoffdichtungen, die als auf Dauer technisch dicht gelten, sind:

- Flansch und Dichtung wurden entsprechend der Herstellervorgaben ausgewählt und montiert,
- die Kombination ist für die Anwendung geeignet,
- der Weichstoff der Dichtung versprödet nicht, noch fliesst dieser unzulässig,
- die Dichtung ist gegen Ausblasen sicher und
- die Flächenpressung der Dichtung liegt ausreichend über der erforderlichen Mindestpressung.³⁷

Leitungsinstallationen

- Leitungen sollen wo möglich frei geführt verlegt werden. Sie müssen ausreichend als wasserstoffführend gekennzeichnet sein.
- H₂-Leitungen sollen direkt vom Aufstellungsraum der Erzeugung nach aussen bzw. zum Aufstellungsraum des H₂-Speichers führen – keine anderen Räume durchqueren. Müssen andere Räume gequert werden, sind in diesen Räumen nur Leitungen ohne Verbindungen oder Leitungen mit Schweissverbindungen zulässig.
- Die Verlegung von Leitungen in unbelüfteten Hohlräumen oder Schächten ist nicht zugelassen.
- Leitungen in belüfteten Schächten können geschweisst, gelötet oder mit Pressverbindungen (für H₂ zugelassen) ausgeführt sein. Schächte sind in EI 60 auszuführen.



Erdverlegte Leitungen

- Erdverlegte Leitungen (z.B. Anbindeleitungen an aussen aufgestellt Speicher) können sinngemäss nach den Bestimmungen der SVGW Richtlinie H2 - Rohrleitungen für Wasserstoff ausgeführt werden. Anschlussleitungen an H2-Netze müssen nach der SVGW Richtlinie H2 - Rohrleitungen für Wasserstoff ausgeführt werden.
- Erdverlegte Leitungen sind mindestens 0,8 m zu überdecken.
- Leitungsführung muss eingemessen und in einem Lageplan eingezeichnet werden.
- Kennzeichnung im Graben (Trasse-Warnband über der Leitung, eindeutige Kennzeichnung auf der medienführenden Leitung, usw.)
- Bei Verlegung in einem Schutzrohr: das Schutzrohr muss auf der Gebäudeseite gasdicht verschlossen sein.

Druckprüfung

Festigkeitsprüfung*

- Festigkeitsprüfung mit Inertgas (z. B. Stickstoff) bei maximalem Betriebsdruck $MOP \leq 5 \text{ bar}$: $STP = MOP + 2 \text{ bar}$
bei maximalem Betriebsdruck $MOP > 5 \text{ bar}$: $STP = MOP \times 1,5$
- Der Druck ist langsam mit max. 2 bar/Minute aufzubauen. Der Druckaufbau ist permanent mit einem Manometer zu überwachen.
- Nach Erreichen des Prüfdrucks wird dieser 60 Minuten beobachtet. Die Prüfung ist bestanden, wenn kein schlagartiger Druckabfall auftritt.

Dichtheitsprüfung

- Dichtheitsprüfung mit Formiergas (z.B. Argon/H₂ oder Stickstoff/H₂) maximaler Betriebsdruck $MOP \times 1,1$ und Abgehen der Installation mit Gasspürgerät für H₂. Die Anlage ist dicht, wenn kein H₂ detektiert wird.

Weitere Bestimmungen

- Geeignete Vorkehrungen müssen getroffen werden, um Gefahren für das Personal und die Umgebung auszuschliessen, wie z.B. PSA für Personal, mobiles Gaswarngerät, Arbeitsanweisung für das Personal! Es sind die Bestimmungen des UVG einzuhalten.
- Verbindungen, die später nicht mehr zugänglich sind, sind während der Druckprüfung zusätzlich mit schaubildenden Mitteln zu kontrollieren.
- Allfällige erdverlegte Anschlussleitungen an ein H₂- Netz sind nach den Bestimmungen der SVGW Richtlinie H2 - Rohrleitungen für Wasserstoff zu prüfen.

* bei der Verbindung von zwei Baugruppen mit durchgängigem Rohrleitungsmaterial ohne Verbindungen (z.B. Rollenware) mit vorliegendem Festigkeitsnachweis, kann auf eine Festigkeitsprüfung vor Ort verzichtet werden.



Dokumentation

Über die durchgeführten Prüfungen ist ein Protokoll zu erstellen. Dieses muss folgende Angaben enthalten:

- Messmittel
- Prüfmedium
- Prüfbedingungen (Dauer, Drücke, ausgenommene Armaturen)
- Angabe des geprüften Leitungsabschnittes
- Datum
- Ergebnis der Prüfung
- mit der Prüfung beauftragte Person

Die Dokumentation ist bei der Anlage aufzubewahren.

Die Konstruktion von Wasserstoff-Entlüftungsleitungen muss das Risiko einer möglichen Entzündung unter Berücksichtigung des Verhältnisses von Länge zu Durchmesser minimieren. Die mechanische Konstruktion muss einer Entzündung innerhalb der Entlüftungsleitung standhalten können, sofern eine Entzündung innerhalb der Entlüftungsleitung nicht beispielsweise durch eine Stickstoffspülung oder eine Flammensperre verhindert wird. Gasströme aus Entlüftungsöffnungen und Sicherheitsentlastungseinrichtungen müssen über Dach geleitet werden, an dem sie keine Gefahr für Personen oder benachbarte Gebäude darstellen, und zwar fern von Personalbereichen, Stromleitungen und anderen Zündquellen, Lufteinlässen, Gebäudeöffnungen und Überhängen. An der Mündung der Leitungen ist eine EX-Zone 2 auszuweisen.

Kupferlegierungen oder Edelstahl sind die bevorzugten Materialien, um die Zündgefahr durch atmosphärische Korrosionspartikel zu minimieren.

Weitere Vorgaben

Für den Anschluss von Systemkomponenten (z.B. Wasseraufbereitungssysteme) an die Trinkwasserinstallation des Gebäudes, sind die SVGW Richtlinie W3 inkl. aller Ergänzungen, sowie das SVGW Merkblatt W10026 (Rückflussverhinderer bei Membranfiltration) einzuhalten.

7.1.5.2 Lüftung Aufstellort (Deckenbereich)

Bei der Platzierung von Geräten müssen Belüftung, die Beseitigung von Leckagen und das Risiko einer Ansammlung von Wasserstoff berücksichtigt werden. Um die Standortwahl für Gebäude zu erleichtern und die Explosions- und Brandgefahr zu ermitteln, sollte eine Standortstudie durchgeführt werden.³⁸

Für eine Belüftung des Aufstellorts im Gebäude muss gesorgt werden, um bei kleineren Lecks die Atmosphäre unterhalb der unteren Zündgrenze zu halten. Es ist ein Lüftungskonzept zu erstellen, welches einen Normalbetrieb und einen Störfallbetrieb berücksichtigt. Normalerweise sollte der



Luftaustausch im Bereich von 3 - 5 Raumlufthwechsell pro Stunde, abhängig von der Raumgrösse sein. Bei der Lüftungsplanung sollte Folgendes berücksichtigt werden:

- Gebäudelüftung und Lüftung Aufstellraum der Wasserstoffanlagen sind getrennt. Keine Verbindung der Gebäudelüftung zum Aufstellraum.
- Lüftungsanforderungen an den Aufstellungsraum gelten immer (unabhängig von Lüftungsmassnahmen der Geräte*).
- Natürliche Lüftung ist nur mit einem rechnerischen Nachweis möglich.

* Die Lüftungsanforderungen sind eine Sicherheitsmassnahme für den Raum. Auch wenn das H₂-Gerät eine eigene Luft Zu- und Abführung nach Aussen hat.

Bei der Lüftungsplanung müssen mögliche Raumeinschränkungen durch Geräte berücksichtigt werden. Das Gebäude sollte über eine gute natürliche Belüftung ins Freie verfügen. Die Auslassöffnung muss sich am höchsten Punkt des Raums in den Aussenwänden oder im Dach befinden. In beengten Bereichen oder bei empfindlichen Instrumenten kann eine erhöhte Lüftung erforderlich sein, um beispielsweise Wärme abzuleiten. Diese ist normalerweise im Dauerbetrieb. Eine Stürmlüftung kann als Reaktion auf Notsituationen wie z. B. erhebliche Leckagen installiert werden. Die Stürmlüftung wird normalerweise durch eine Havarie ausgelöst. Es müssen regelmässige Wartungs- und Prüfungsarbeiten an der Lüftung durchgeführt werden, einschliesslich der Kalibrierung aller atmosphärischen Überwachungen. Die Gebäudebelüftung muss in der Lage sein, die Wärmelast der Geräte im Sommer abzuführen.³⁹

Für die Abluft und die Zuluft gelten nachfolgende Regelungen:

Abluft:

- Standardvariante: aktive Deckenlüftung mit Absaugung möglichst nahe an der Decke über Dachventilator (Ex-geschützt); am Abluftaustritt ins Freie: gefährdeter Bereich von 1 m
- Der Dachventilator erzeugt im Abluftkanalsystem und im Aufstellungsraum einen permanenten Unterdruck.
- Die Einhaltung des vorgegebenen Luftstroms des Abluftventilators muss überwacht werden (z.B. Differenzdrucküberwachung, Strömungswächter, Ausführung Ex-geschützt).
- Das Abluftkanalsystem muss in Dichtheitsklasse D und in Feuerwiderstand EI60 ausgeführt werden.
- Normalbetrieb: permanent 3 bis 5facher Luftwechsel bezogen auf das Raumvolumen*
- Havariebetrieb: bei Wasserstoffleckage min. 15facher Luftwechsel bezogen auf das Raumvolumen
- In Abhängigkeit vom Gesamtkonzept: Schlüsselschalter für Interventionskräfte



Zuluft:

- Zuluft direkt von aussen zuführen. Idealerweise auf der gegenüberliegenden Seite der Absaugung in Bodennähe einbringen (Querlüftung).
- Zuluft darf nicht aus Nachbarräumen zugeführt werden (z. B. Garage).

* Abweichungen sind projektspezifisch möglich, sofern die Schutzziele nicht verfehlt werden. Die Abweichung muss vorab mit den relevanten Behörden abgestimmt und ein Nachweis über die Risikobewertung und das Sicherheitskonzept geführt werden.

7.1.5.3 Gassensorik

Als weitere Sicherheitselemente sind Gasmelder für Wasserstoff im Decken- und Anlagenbereich vorzusehen. Die Gasmelder sollen jegliche Leckage von Wasserstoff auf der Seite der Anlage detektieren. Gasmelder werden in den Teilen der Anlage installiert, die der Betreiber im Risikostandortplan identifiziert hat und die im Falle einer Freisetzung und erheblichen Ansammlung von Gas Risiken bergen. Diese Bereiche sind mit Detektionssystemen ausgestattet, deren Empfindlichkeitsstufen an die Situation und das zu detektierende Gas angepasst sind.⁴⁰

Folgende Hinweise sind bei der Installation einer Wasserstoffanlage oder wesentlichen Komponenten davon in einem Aufstellraum im Gebäude zu beachten:

- Für die Positionierung sind zuvor potenzielle Leckagestellen, sowie Orte von möglichen H₂ Ansammlungen zu ermitteln.
- Die Detektion von Wasserstoff erfolgt im Aufstellraum (nicht im Abluftkanal).
- Als Schwellenwert gilt die untere Explosionsgrenze (UEG): 20 % UEG = Voralarm, 40% UEG =Hauptalarm als Standard und Obergrenze. Vor- und Hauptalarm liegen üblicherweise zwischen 10 % und 40 % der UEG - generell sind möglichst tiefe Werte anzusetzen.
- UEG Überwachung mit Kopplung an Sturmlüftung ist Standard für Aufstellungsraum von Erzeugung und (sofern im Gebäude) Speicherung.
- Eine Leckagedetektion mit Messung im ppm-Bereich im Raum kann als Ergänzung geprüft werden.
- Im Deckenbereich ist ein gefährdeter Bereich zu bilden, der bis Unterkante der Abluftöffnung reicht, mindestens 0,3 m. Der gefährdete Bereich ist im Raum zu kennzeichnen (Warnzeichen «Feuergefährliche Stoffe»).



Bild 20: Warnzeichen "Feuergefährliche Stoffe"

- Gassensoren und andere elektrische Geräte im gefährdeten Bereich dürfen nicht zu wirksamen Zündquellen werden. Sie müssen mindestens folgende Kriterien erfüllen:
II 3G Ex [Zündschutzart] IIC T1 Gc.
- Decken mit Unterzügen oder sonstige spezielle Raumgeometrien müssen spezifisch berücksichtigt werden bezüglich Detektion und gefährdeter Bereich.
- Die Integration von Brandmelder ist projektspezifisch zu prüfen als Teil des Sicherheitskonzepts und im Rahmen des übergeordneten Brandschutzkonzepts.
Grundsatz: solange im Aufstellungsraum kein Brand detektiert wird, läuft die Lüftung weiter.

7.1.5.4 Wasserstoff-Entlüftungsleitungen

Entlüftungsrohre werden normalerweise einzeln verrohrt. Wenn Entlüftungsrohre zusammengeführt werden, muss bei der Konstruktion das Potenzial für fehlgeleitete Strömung, Sackgassen und mehrere gleichzeitig betriebene Entlüftungsrohre berücksichtigt werden. Entlüftungsrohre dürfen nicht dort entlüften, wo sich Wasserstoff ansammeln kann, wie etwa unter Dachtraufen von Gebäuden. ⁴¹

Die Entlüftungsleitungen dürfen keine Absperrorgane oder sonstige Armaturen enthalten, die das Entlüften behindern könnten. Die Entlüftungsleitungen sind bei der Erstinbetriebnahme auf Dichtheit zu prüfen.

7.1.6 Elektroinstallationsvorschriften⁴²

Der Aufstellort muss die Einspeisung von erzeugtem Strom ermöglichen, beziehungsweise dann auch die Aufnahme von erzeugtem Strom seitens der Anlage ermöglichen.

⁴¹ [14]

⁴² [13]



Elektroinstallation ⁴³

Elektroinstallationen müssen gemäss den geltenden Elektroinstallationsvorschriften durchgeführt werden. Metallische Geräte (Tanks, Bottiche, Rohre) müssen gemäss den geltenden Vorschriften und Normen geerdet werden, wobei insbesondere die Brennbarkeit von Wasserstoff zu berücksichtigen ist.

In den EX-Zonen ist eine EX-Zonen konforme Elektroinstallation zwingend.

Die Rohre dürfen keine mögliche Zündursache darstellen und müssen angemessen gegen Stösse, gegen die Ausbreitung von Flammen und gegen die Einwirkung von Produkten geschützt sein, die sich in dem betreffenden Teil der Anlage befinden.

Elektroinstallationen müssen gemäss den geltenden Verordnungen im Zusammenhang mit arbeitsrechtlichen Vorschriften durchgeführt werden.

7.1.6.1 Anlagenerdung / Blitzschutz

Anlagenerdung

Alle Systeme müssen, sofern erforderlich, wirksam geerdet sein, um gemäss den nationalen Vorschriften/Regelungen Schutz vor den Gefahren von Streuströmen und statischer Elektrizität sowie Blitzschutz zu bieten. Befinden sich die elektrische Betriebsmittel im sicheren Bereich, also ausserhalb einer Gefahrenzone, können normale elektrische Betriebsmittel verwendet werden, zum Beispiel Motoren. Alle nicht festen Komponenten (Bündel, Anhänger usw.) müssen stets geerdet sein, wenn sie an ein festes System für brennbare Gase angeschlossen sind. ⁴⁴

Metallische Geräte (Tanks, Bottiche, Rohre) müssen gemäss den geltenden Vorschriften und Normen geerdet werden, wobei insbesondere die Brennbarkeit von Wasserstoff zu berücksichtigen ist.

Die Rohre dürfen keine mögliche Zündursache darstellen und müssen angemessen gegen Stösse, gegen die Ausbreitung von Flammen und gegen die Einwirkung von Produkten geschützt sein, die sich in dem betreffenden Teil der Anlage befinden.

Blitzschutz

Besonderes Augenmerk ist auf die Ausführung eines korrekten Blitzschutzes zu legen. Geräte und Systeme müssen geerdet und, falls erforderlich, verbunden sein, um Schutz vor den Gefahren von Streuströmen, Blitzschlag und statischer Elektrizität zu bieten. ⁴⁵

43 [13]

44 [14]

45 [17]



Es muss die Bereitstellung von Blitzableitern gemäss einer Norm wie **EN 62305-3**, Schutz gegen Blitzschlag, Sachschäden an Gebäuden und Lebensgefahr in Betracht gezogen werden. Dies kann durch örtliche Vorschriften vorgeschrieben sein. Der elektrische Widerstand muss so ausgelegt sein, dass er den örtlichen Richtlinien entspricht.

7.2 Ausseneinheit - Aufstellung Wasserstoffspeicher

Die Speicherung von Wasserstoff als brennbares Gas mit weitem Zündbereich, welches sowohl brennbar als auch explosiv sein kann, geschieht aus Sicherheitsgründen ausserhalb von Gebäuden am Rand des Geländes.

Generell wird eine Platzierung ausserhalb von Gebäuden für Wasserstoffspeicher empfohlen. Bei Wasserstoffsystemen, die komplett im Gebäude errichtet werden, trägt der Hersteller die Verantwortung für die Eignung des Wasserstoffspeichers.

Bei den Wasserstoffspeichern sind unterschiedliche Verfahren möglich. Bei denjenigen Speichern, die als Druckspeicher gelten, müssen gesetzliche Vorgaben erfüllt werden. Dies gilt sowohl für die klassischen Druckspeicher als auch für Metallhydrid-Wasserstoffspeicher. Nicht betroffen, was die reine Speicherung betrifft, ist der Eisenoxyd-Wasserstoffspeicher, da diese Speicher keinen Wasserstoff enthalten und drucklos sind.

Der Bereich innerhalb von 3 Metern um eine Wasserstoffanlage ist von Unkraut und Vegetation freizuhalten. Werden Unkrautvernichtungsmittel eingesetzt, so sollten keine Chemikalien und Verfahren verwendet werden, die eine potenzielle Brandgefahr darstellen.⁴⁶ Umgebungsarbeiten z. B. durch Landschaftsgärtner sind beim Eigentümer anzumelden.

Grössere Umgestaltungen von Landschaften bei erdverlegten Wasserstoffspeichern oder Druckleitungen mit bis zu 35 bar sind vor Baubeginn bei den zuständigen Behörden neu anzumelden.

Für die Lagerung im Freien gelten besondere Vorschriften. Grundanforderungen sind in der Regel ein dichter, standfester Bodenbelag als Lagerfläche, ausreichende Rückhaltemöglichkeiten für auslaufendes Lagergut, die Einhaltung der notwendigen Sicherheitsabstände und eine Überdachung.

Ab einer gewissen Menge gefährlicher Stoffe ist zudem der Anschluss an einen Löschwasserrückhalt erforderlich. Detaillierte Auskünfte erteilen die zuständigen Umweltfachstellen.

Bei der Lagerung im Freien ist insbesondere der Schutz vor unbefugtem Zutritt (Umzäunung, Zutrittsregelung) und der Gewässerschutz (Entwässerung der Verkehrs- bzw. Umschlagfläche) zu berücksichtigen.⁴⁷

46 [17]

47 [18]



7.2.1 Druckspeicher, Metallhydridspeicher

Ein Druckbehälter ist ein geschlossenes Bauteil, das zur Aufnahme von unter Druck stehenden Fluiden ausgelegt und gebaut ist, einschliesslich der direkt angebrachten Teile bis hin zur Vorrichtung für den Anschluss an andere Geräte. Ein Behälter kann mehrere Druckräume aufweisen. Der maximal zulässige Druck beträgt mehr als 0,5 bar. Der vom Hersteller angegebene höchste Druck, für den das Druckgerät ausgelegt ist und der für eine vom Hersteller ausgewählte Stelle festgelegt ist, wobei es sich entweder um die Anschlussstelle der Ausrüstungsteile mit Sicherheitsfunktion oder um den höchsten Punkt des Druckgeräts oder, falls diese Stellen nicht geeignet sind, um eine andere angegebene Stelle handelt. Druckbehälter sind so in das System einzubauen, dass sie ordnungsgemäss betrieben, geprüft und instandgehalten werden können.⁴⁸

Durchleitungsdruckbehälter der Prüfkategorien I, II, III und IV		Prüffristen in Jahren		
		äußere Prüfung ^b	innere Prüfung	Festigkeitsprüfung
Basis	betrieben mit nicht korrodierend wirkenden Medien (Gas, Wasser, Kondensat) ^a	2	10	10
	ausgeführt ohne hochfeste Feinkornbaustähle (Streckgrenze $R_{p0.2} < 370 \text{ N/mm}^2$)	2	10	kann entfallen, wenn bei der letzten inneren Prüfung eindeutig keine Mängel festgestellt wurden ^c
erweiterte Prüffristen	als Kondensatabscheider mit Erdbedeckung (einschließlich des zugehörigen Kondensatsammlers)	2	kann entfallen, bei wirksamem Schutz gegen chemische und mechanische Angriffe (z. B. PE-Umhüllung und kathodischer Korrosionsschutz) sowie Überwachung nach G 465-1 und G 466-1	
	als Schalldämpfer, - eingebaut in Rohrleitungen - offen zur Atmosphäre	2 2	kann entfallen kann entfallen	10 kann entfallen
	betrieben mit korrodierend wirkenden Medien (Gas, Wasser, Kondensat) ^a	2	5	10
eingeschränkte Prüffristen	als Zyklonabscheider, bei dem der Abscheidvorgang an der drucktragenden Wand stattfindet	2	5 einschließlich Dichtheitsprüfung	10

Bild 21: Prüffristen für Durchleitungsdruckbehälter

Auf Grund dessen, dass es sich bei privaten Installationen nach Inverkehrbringung primär nicht um für das Unfallversicherungsgesetz (UVG) relevante Anlagen handelt, sind die Vorgaben aus dem UVG nicht zwingend einzuhalten.

Trotz dieser klaren Regelung sollte zukünftig in Anlehnung an die Prüffristen für Durchleitungsdruckbehälter jede Anlage im einzelnen beurteilt werden können.

Die Intervalle zur Prüfung von Druckbehältern im privaten Bereich sind durch die kantonalen Verfügungsbehörden bei jeder Anlage im einzelnen zu beurteilen. Grundsätzlich gibt der Hersteller in seinen Garantieerklärungen vor, welche Prüfintervalle empfohlen werden.

Der Eigentümer und auch der Betreiber sind im privaten Bereich verpflichtet Prüfintervalle einzuhalten und so die Nachweispflicht gegenüber der Ordnungsprüfungsstelle zu erfüllen.



Typische Art der Außenbelichtung	Entfernung in Metern Wasserstoff von
1. Offene Flammen und andere Zündquellen (auch elektrische)	5
2. Geländegrenzen und Bereiche, in denen sich wahrscheinlich Menschen versammeln, wie Parkplätze, Kantinen usw.	8
3. Gebäude oder Konstruktionen aus Holz. 4.	8
Wandöffnungen in Büros, Werkstätten usw.	5
5. Lagerung von brennbaren Flüssigkeiten und Flüssiggas in großen Mengen über der Erde gemäß den nationalen Vorschriften für den jeweiligen Stoff, sofern vorhanden. Andernfalls	8
6. Große Mengen brennbarer Flüssigkeiten und Flüssiggas unter der Erde	
6.1 Tank (horizontaler Abstand vom Mantel)	3
6.2 Entlüftung oder Anschlüsse	5
7. Lagerung von brennbaren Gasen (außer Wasserstoff) in Flaschen 8.	5
Lagerung von gasförmigem Sauerstoff (Flaschen)	5
9. Lagerung von flüssigem Sauerstoff (Tankinhalt nicht größer als 125 000 Liter) ²⁾	81)
10. Lagerung nicht entflammbarer kryogener Flüssigkeiten, ausgenommen Sauerstoff, zum Beispiel Argon, Stickstoff ¹⁾	51)
11. Vorräte an brennbarem Material, beispielsweise Holz. 12.	8
Luftkompressor, Ventilatoreinlässe usw.	15
1) Wenn zufriedenstellende Vorkehrungen getroffen werden, um austretende Flüssigkeiten vom Wasserstoffsystem wegzuleiten, können diese Abstände verringert werden. 2) Informationen zu Tanks mit einem Fassungsvermögen von über 125 000 Litern finden Sie im EIGA-Dokument 127 „Bulk Liquid Oxygen, Nitrogen and Argon Storage Systems at Production Sites“ [21].	

Bei bewohnten Gebäuden muss besonders auf die Druckenergie geachtet werden, die bei der Entzündung von Wasserstoff entstehen kann. Informationen zu den Folgen finden Sie in der EIGA Doc 187 *Guideline for the Location of Occupied Buildings in Industrial Gas Plants* [22].

Bild 22: Typische Mindestsicherheitsabstände für Wasserstofftankstellen

7.2.2 Eisenoxid-Speicher

Bei dieser Technologie wird Wasserstoff nicht direkt gespeichert. Der Speicher besteht im Prinzip aus einem Behälter, der entweder mit oxidiertem oder mit reinem Eisengranulat befüllt ist. Der Speicher enthält somit keinen Wasserstoff und ist drucklos. Aufgrund dieser Eigenschaften eignet sich der Speicher als Grossmengen-Wasserstoffspeicher, der kein Gefahrgut darstellt.⁴⁹

Ansonsten gelten die kantonalen Bestimmungen bezüglich der Aussenaufstellung.

Das Speichersystem des Eisenoxid-Speichers für Wasserstoff besteht aus drei Baugruppen.

Die erste Baugruppe ist die Beladeeinheit, die zweite Baugruppe der eigentliche Eisenoxydspeicher und dritte Baugruppe die Entladeeinheit.



Gemäss der Druckgeräterichtlinie bzw. der Druckgeräteverordnung sind die Baugruppe Beladung und die Baugruppe Eisenoxydspeicher, keine Druckgeräte, da diese unterhalb eines Drucks von einem halben Bar betrieben werden. Dabei wird der Eingangsdruck von einem Elektrolyseur kommend unter ein halbes Bar herunter geregelt. Somit treffen die Bestimmungen der Druckgeräteverordnung auf diese Baugruppen nicht zu.

Der Speicher an sich hat aufgrund des Speicherprinzips nach der Beladung keinen Wasserstoff in sich und ist absolut drucklos und damit völlig ungefährlich. Dieser enthält lediglich Eisengranulat.

Die Entladeeinheit als separate Baugruppe ist als Druckgerät konzipiert und ausgeführt und wird entsprechend den Betriebsbedingungen im Rahmen der Zulassung auch als solches behandelt.

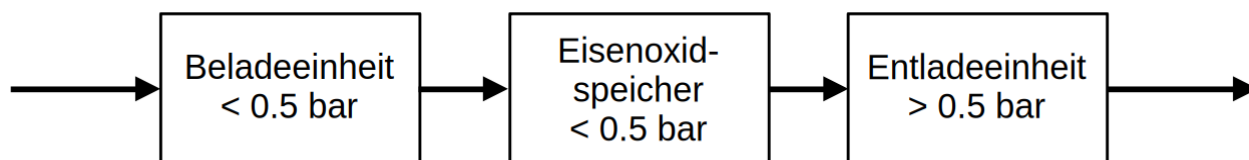


Bild 23: Baugruppen inkl. Druckbereich eines Eisenoxidspeicher-Systems

Jede der drei Baugruppen wird separat in einem 20-Fuss Container montiert. Sämtliche Wasserstoffleitungen sind technisch dauerhaft dicht ausgeführt. Die Container, in denen die gesamte Technik installiert ist, sind zwangsbelüftet. Mit der Gewährleistung eines 10-fachen Luftwechsels orientiert sich die Ausführung an der deutschen Laborrichtlinie und gewährleistet jederzeit, dass kein zündfähiges Gasgemisch vorhanden ist.

An sonstigen Verbindungsstellen bei den Wasserstoffleitungen, die nicht vermieden werden können, werden die Flansche mit sogenannten Flanschüberwachungen ausgeführt. Das bedeutet, dass die Verbindungsstellen ummantelt sind und dort permanent Luft abgesaugt wird. Die abgesaugte Luft wird anschliessend über einen Ex-Schutzsensor geführt, sodass die notwendige Sicherheit immer gewährleistet ist. Sollte es zu einem Wasserstoffaustritt kommen, wird die Anlage in einen sicheren Zustand versetzt.

Innerhalb der Container sind sämtliche Elektroinstallationen, Steuerungen und Regelungen räumlich mit einer gasdichten Wand von den wasserstoffführenden Komponenten und Leitungen getrennt. Mit diesem Aufbau wird grösstmögliche Sicherheit gewährleistet.

Sollten einzelne Baugruppen innerhalb von Gebäuden oder Räumen installiert werden, darf aus Sicherheitsgründen kein dauerhaft besetzter Arbeitsplatz z. B. zur Anlagenbedienung am Aufstellort vorhanden sein.

7.2.3 Lärmschutz

Lärmschutz

Die Installation darf keine Lärmquelle darstellen, die die Gesundheit oder Sicherheit der Nachbarschaft gefährden oder eine Belästigung für sie darstellen könnte. Grenzwerte innerhalb der bestehenden, von Dritten bewohnten Gebäude einschliesslich ihrer Aussenteile (Hof, Garten,



Terrasse) und auf der Höhe der Bauzonen, die in den zum Zeitpunkt der Installation veröffentlichten Stadtplanungsunterlagen festgelegt sind, darf die Installation nicht erfolgen, wenn diese einen Anstieg des Umgebungsgeräuschpegels um mehr als verursachen:

für den Zeitraum von 7.00 bis 22.00 Uhr an Werktagen:

- 6 dB(A), wenn der Umgebungsgeräuschpegel grösser als 35 dB(A) und kleiner oder gleich 45 dB(A) ist;
- 5 dB(A), wenn der Umgebungsgeräuschpegel mehr als 45 dB(A) beträgt.

für die Zeit von 22:00 bis 07:00 Uhr sowie an Sonn- und Feiertagen

- 4 dB(A), wenn der Umgebungsgeräuschpegel grösser als 35 dB(A) und kleiner oder gleich 45 dB(A) ist;
- 3 dB(A), wenn der Umgebungsgeräuschpegel mehr als 45 dB(A) beträgt.

In jedem Fall darf der Lärmpegel an der Grundstücksgrenze tagsüber 70 dB(A) und nachts 60 dB(A) nicht überschreiten.⁵⁰

7.2.4 Havarie

Folgende Hinweise sind bei der Installation einer Wasserstoffanlage oder wesentlichen Komponenten davon in einem Aufstellort im Gebäude für den Havariefall zu beachten:

- Im Havariefall muss die Anlage eigenständig und direkt in einen sicheren Betriebszustand gehen. Die Anlage darf nur durch eine autorisierte Fachperson wieder in Betrieb genommen werden.
- Werden ausserhalb von Baugruppen automatische Absperrventile (z. B. Magnetventil oder pneumatisch angetriebenes Ventil) für sicherheitsrelevante Aufgaben eingesetzt, so müssen diese der SN EN 161 (≤ 5 bar) bzw. der SN EN 16678 (> 5 bar) entsprechen.
- Lüftung im Aufstellraum: min. 15facher Luftwechsel (Havariebetrieb) bis Feuerwehr nach Messung der Gasatmosphäre den Raum frei gibt. Havarieabluft muss direkt ins Freie ausgeblasen werden.
- Ein Havariefall in der Anlage am Aufstellort im Gebäude muss mit dem (falls vorhanden) Gebäudeleitsystem zusammenwirken bzw. funktionieren (Lüftung).

7.2.5 Abblaseleitungen

Folgende Hinweise sind bei der Installation einer Wasserstoffanlage oder wesentlichen Komponenten davon in einem Aufstellort im Gebäude für die Abblaseleitungen zu beachten:



- Abblaseleitungen für H₂ (für betriebsbedingtes Abblasen oder zur Druckentlastung) sind vom Aufstellungsraum direkt nach aussen und an der Fassade an einen sicheren Ort (in der Regel über Dach) zu führen. An der Mündungsöffnung ist eine Ex-Zone 2 auszuweisen. Die Grösse der Ex-Zonen sind unter Berücksichtigung des Abblasedrucks und der örtlichen Gegebenheiten mit einer Berechnung zu belegen.
- Zündquellen unterhalb der Ausbläser in einem Bereich von 1 m sind unzulässig.
- Ausbläser sind mindestens 3 m über Grund, bzw. über begehbaren Flächen anzuordnen.
- Abblaseleitungen dürfen keine Absperrorgane enthalten.
- Abblaseleitungen für Sauerstoff sind direkt nach aussen und an der Fassade an einen sicheren Ort (in der Regel über Dach) zu führen.
- Abblaseleitungen dürfen nicht durch andere Räume im Gebäude führen. Wo dies technisch nicht anders umsetzbar ist, sind diese in separaten, belüfteten Schächten in EI 60 zu führen .
- Abblaseleitungen für H₂ und für Sauerstoff sind getrennt in separaten Schächten zu führen. Die Ausbläser für H₂ und Sauerstoff sind in einem ausreichenden Sicherheitsabstand zueinander anzuordnen.
- Angrenzende Grundstücke dürfen in der Regel nicht in den Bereich der Ex-Zone einbezogen werden.
- Abblaseleitungen und Ausbläser sind projektspezifisch zu dimensionieren. Es sind die Angaben des Herstellers zu beachten und einzuhalten (z.B. Abblasedruck). Ausserdem zu beachten: Schallemissionen; ausreichende Befestigung; Temperaturbeständigkeit, Erdung und Blitzschutz.
- Abblaseleitungen müssen mit einer Druckprüfung geprüft werden.

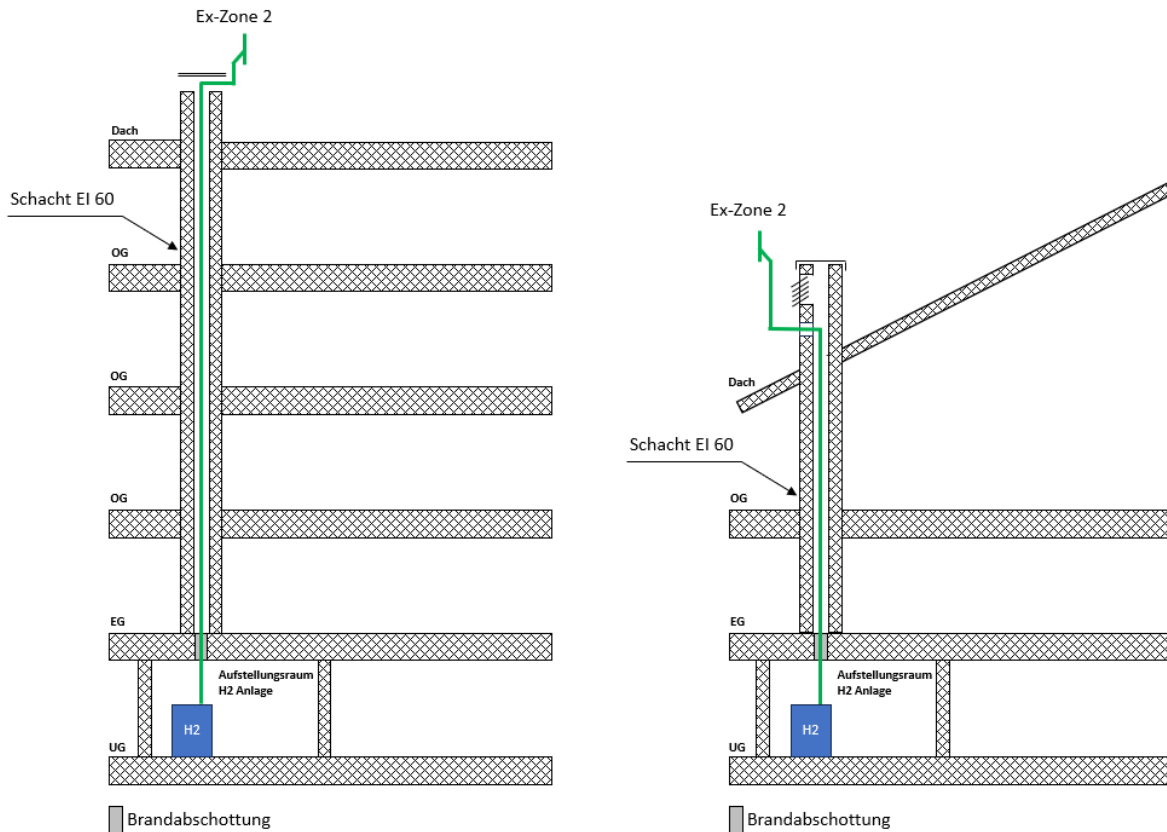


Bild 24: Schacht belüftet

8. Inbetriebnahme^{51 52 53 54}

Eine Installation einer Wasserstoffanlage darf erst in Betrieb genommen werden, wenn sich die zuständige kantonale Gebäudeversicherung oder eine von diesem beauftragte Person davon überzeugt hat, dass die Installation den Anforderungen des vorliegenden Merkblatts entspricht und die entsprechende Kontrollen erfolgreich durchgeführt wurden.

Die Inbetriebnahmekontrollen obliegen in der Regel den Installateuren. Eine Vorkontrolle ist durchzuführen, wenn Teile der Installation bzw. einzelne Leitungsabschnitte bei der Hauptkontrolle nicht mehr zugänglich sind. Die dabei vorzunehmenden Arbeiten entsprechen denjenigen der Hauptkontrolle.

51 [22]

52 [17]

53 [17]

54 [21]



Für die Inbetriebnahme gelten folgende Grundsätze:

- Die sicherheitstechnischen Funktionen des Wasserstoffsystems sind zu überprüfen.
- Die Kontrollen erfolgen unter Berücksichtigung der Anweisungen der Hersteller.
- Die Sicherheitseinrichtungen sind soweit möglich auf einwandfreie Funktion mittels Integraltest zu kontrollieren.
- Eine Wasserstoffanlage darf erst in Betrieb genommen werden, wenn sich die zuständige behördliche Instanz oder eine von dieser beauftragten Stelle davon überzeugt hat, dass die Installation den Anforderungen des vorliegenden Merkblatts entspricht und die entsprechenden Kontrollen erfolgreich durchgeführt wurden.

Weitere Bestimmungen

- Vor Beginn der Inbetriebnahme ist das System von einer oder mehreren fachkundigen Personen zu inspizieren, um festzustellen, ob die Konstruktion und die Ausrüstung mit den Konstruktionszeichnungen und -plänen übereinstimmen.
- Besonderes Augenmerk ist auf die Inspektion und Überprüfung der Sicherheits-/Druckentlastungsvorrichtungen zu richten.
- Erfolgt die Inbetriebnahme des Wasserstoffsystems nicht unmittelbar nach der Druckprüfung, so ist durch geeignete Massnahmen festzustellen, dass diese in der Zwischenzeit nicht undicht geworden ist. (z.B. Anlage nach Abschluss der Druckprüfung unter vermindertem Druck stehen lassen z.B. 1bar).
- Unmittelbar vor dem Einlassen von Gas ist sicherzustellen, dass alle Leitungsöffnungen verschlossen sind und an keiner Stelle unkontrolliert Wasserstoff entweichen kann. Geschlossene Absperrarmaturen allein gelten als nicht ausreichend hierfür. Diese müssen zusätzlich mit Kappen oder Stopfen gesichert werden.
- Die Rohrleitungsanlage und die angeschlossenen Apparate sind unmittelbar nach dem Spülen unter Betriebsdruck mit Betriebsgas auf Dichtheit zu kontrollieren. Dies gilt insbesondere für die Anschlussverbindungen sowie die Anschlüsse von Bauteilen, die bei der Druckprüfung ausgenommen werden mussten wie z. B. Sicherheitsarmaturen usw.
- Über die durchgeführten Prüfungen ist ein Protokoll zu erstellen.

Allfällig vorhandene Verbindungen (z. B. Schweissverbindungen), die später nicht mehr zugänglich sind, sind während der Druckprüfung zusätzlich mit schaubildenden Mitteln zu kontrollieren.

Ein Anstrich oder eine Überdeckung von Leitungsanlagen darf erst nach bestandener Kontrolle erfolgen.

Anschlussleitungen sind nach den Bestimmungen der SVGW-Richtlinie für Gasleitungen (H₂) zu prüfen.



Dokumentation

Über die durchgeführten Prüfungen ist ein Protokoll zu erstellen. Dieses muss folgende Angaben enthalten:

- Messmittel
- Prüfmedium
- Prüfbedingungen (Dauer, Drücke, ausgenommene Armaturen)
- Angabe des geprüften Leitungsabschnittes
- Datum
- Ergebnis der Prüfung
- mit der Prüfung beauftragte Person

Vor Beginn der Inbetriebnahme ist das System von einer oder mehreren sachkundigen Personen zu inspizieren, um festzustellen, ob die Konstruktion und die Ausrüstung mit den Konstruktionszeichnungen und -plänen übereinstimmen; darüber ist ein Bericht zu erstellen. Besonderes Augenmerk ist auf die Inspektion und Überprüfung der Sicherheits-/Druckentlastungsvorrichtungen zu richten. Unmittelbar vor dem Einlassen von Gas ist sicherzustellen, dass alle Leitungsöffnungen verschlossen sind und an keiner Stelle unkontrolliert Wasserstoff entweichen kann. Geschlossene Absperrarmaturen allein gelten als nicht ausreichend hierfür. Diese müssen zusätzlich mit Kappen oder Stopfen gesichert werden.

Erfolgt die Inbetriebnahme des Wasserstoffsystems nicht unmittelbar nach der Druckprüfung, so ist durch geeignete Massnahmen festzustellen, dass diese in der Zwischenzeit nicht undicht geworden ist.

Die Rohrleitungsanlage und die angeschlossenen Apparate sind unmittelbar nach dem Spülen unter Betriebsdruck mit Betriebsgas auf Dichtheit zu kontrollieren. Dies gilt insbesondere für die Anschlussverbindungen sowie die Anschlüsse von Bauteilen, die bei der Druckprüfung ausgenommen werden mussten wie z. B. Sicherheitsarmaturen usw.

Allgemeine Anforderungen

Die sicherheitstechnischen Funktionen des Wasserstoffsystems sind zu überprüfen. Dies erfolgt mindestens durch die Kontrollen unter Berücksichtigung der Anweisungen der Hersteller.

Die Sicherheitseinrichtungen sind soweit möglich auf einwandfreie Funktion zu kontrollieren. ⁵⁵

Inbetriebnahme

Wenn alle Bedien- und Sicherheitseinrichtungen überprüft wurden, ist das System gemäss der Betriebsanleitung für die Einleitung von Wasserstoff bereit. Wenn das System unter Betriebsdruck steht, muss an allen Verbindungen eine weitere Dichtheitsprüfung durchgeführt werden, um die



Dichtheit unter Wasserstoffbedingungen sicherzustellen. Es müssen zugelassene Leckanzeigeflüssigkeiten oder Gasspürgeräte verwendet werden.⁵⁶

Beim Starten eines Wasserstoffkompressors muss das Eindringen von Luft verhindert werden, da dies zur Bildung explosiver Gemische innerhalb der Anlage führen könnte. Daher ist es wichtig, dass die Sicherheitseinrichtungen betriebsbereit sind. Wenn diese Bedingungen erfüllt sind, können Wasserstoffkompressoren wie alle anderen Kompressoren gemäss den Anweisungen des Herstellers und den folgenden empfohlenen Startverfahren gestartet werden.

Inbetriebnahme neuer Kompressoren oder Kompressoren nach Wartungsarbeiten

Bei der Inbetriebnahme sind die Vorgaben und Handlungsanweisungen der jeweiligen Hersteller zwingend zu beachten.

Inbetriebnahme Druckgeräte

Die Inbetriebnahme muss von einer «fachkundigen Person» durchgeführt werden, d. h. einer vom Betreiber benannten Person, die unter anderem in der Lage ist, zu überprüfen, ob das Gerät und sein Zubehör den grundlegenden Sicherheitsanforderungen entsprechen Bedingungen des Druckgeräts durchführen, einen Eingriff durchführen, die Schwere der vom Druckgerät festgestellten Mängel erkennen und beurteilen.

Der Zweck der Inbetriebnahme besteht darin, die Konformität der Installation der Ausrüstung sicherzustellen. Insbesondere ist Folgendes zu prüfen:

- das Fehlen von Schäden an der Ausrüstung während des Transports;
- das Vorhandensein und die Funktionsfähigkeit der vom Hersteller bereitgestellten Sicherheitszubehörteile sowie deren Eignung, wenn sie nicht vom Hersteller zusammen mit der Ausrüstung bewertet wurden;
- die Massnahmen zum Schutz des Personals vor gefährlichen Emissionen, die durch Sicherheitszubehörteile freigesetzt werden können

9. Dauerbetrieb der Anlage

Nach erfolgter Installation, Inbetriebnahme und Abnahme einer Wasserstoffanlage beginnt der dauerhafte Betrieb dieser Anlage. Dabei sind unterschiedliche Aspekte des Betriebs zu berücksichtigen. Einerseits bestehen Pflichten auf Seiten des Anlagenbetreibers, beziehungsweise



Anlagen-Eigentümers. Des Weiteren sind regelmässige Kontrollen durchzuführen und unter Umständen weitere Nachweise vorzulegen.

9.1 Pflichten Anlagenbetreiber

Der Anlageneigentümer hat die Gasverbrauchsapparate und Gasinstallationen in betriebssicherem Zustand zu halten und durch fachkundige Personen regelmässig kontrollieren und warten zu lassen.⁵⁷

- Der Betrieb muss unter direkter oder indirekter Aufsicht einer vom Betreiber benannten Person erfolgen, die über Kenntnisse über den Betrieb der Anlage und die Gefahren und Nachteile der in der Anlage verwendeten oder gelagerten Produkte verfügt.
- Personen ausserhalb der Einrichtung darf kein freier Zugang zu den Einrichtungen gewährt werden.
- Bei Abwesenheit von Bedienpersonal muss die Anlage für Aussenstehende unzugänglich gemacht werden.
- Der Anlageneigentümer hat die Anlagen und Installationen in betriebssicherem Zustand zu halten und durch fachkundige Personen regelmässig kontrollieren und warten zu lassen.
- Alle gasseitigen Installationen und Elektroinstallationen müssen in gutem Zustand gehalten werden. Nach der Installation oder Änderung müssen sie von einer sachkundigen Person überprüft werden.

9.2 Regelmässige Kontrollen

Alle gasseitigen und Elektro-Installationen müssen in gutem Zustand gehalten und nach der Installation oder Änderung von einer sachkundigen Person überprüft werden. Häufigkeit, Zweck und Umfang der Inspektionen elektrischer Anlagen sowie der Inhalt der Berichte über diese Inspektionen werden durch die kantonal benannte Fachstelle festgelegt.

- Vorgaben für den Betrieb seitens der Hersteller sind einzuhalten.
- Instandhaltungsvorgaben seitens Hersteller (Wartung, Inspektion) sind einzuhalten.
- H₂-Installationen sind technisch dauerhaft dicht auszuführen. Werden Verbindungen zu Wartungszwecken gelöst, sind diese nach Abschluss der Arbeiten auf Dichtheit zu kontrollieren (z.B. Lecksuchspray oder Gasspürgerät).
- Anlageninstallation und Betriebsverhalten sind in einer zugänglichen Dokumentation bereit zu stellen!



- Verantwortliche sind zu benennen und vor Ort kenntlich zu machen (Name, Tel.Nr.)

Elektroinstallationen

Die Häufigkeit elektrischer Kontrollen und Inspektionen ist wie folgt:

- Erstprüfung bei Inbetriebnahme der Elektroanlage;
- Wiederholung alle 3 Jahre;

*Druckspeicher*⁵⁸

Die Inspektion während des Betriebs muss alle zwei Jahre durchgeführt werden. Diese umfasst folgende Punkte:

1. Sichtprüfung der druckbeanspruchten Bereiche des Druckgeräts und der druckhaltenden Ausrüstungsteile, inklusive druckhaltender Nebenbehälter (z. B. Messbehälter für die Niveau- oder Druckregulierung, Expansionsbehälter).
2. Prüfung der Ausrüstungsteile mit Sicherheitsfunktion bezüglich des äusseren Zustands, der Kennzeichnung und, sofern möglich, der Funktionsfähigkeit.

Bei der Inspektion im Stillstand beträgt das Intervall für geschweisste Behälter 5 Jahre und für geschmiedete Flaschen oder Flaschen aus Verbundwerkstoffen in der Regel 12 Jahre. Wenn mindestens 50 % der Anzahl zulässiger Lastwechsel vorher erreicht sind, muss die Prüfung vorgezogen werden.

Die Sichtprüfung bei H₂-Speichern allein ist nicht ausreichend. Ergänzende oder alternative Prüfmethoden werden durch den SVTI definiert. Dabei orientiert sich der SVTI an den spezifischen Gegebenheiten, wie z. B. Druckgerätetyp, Aufstellungsbedingungen und der Verhältnismässigkeit. Jede alternative Prüfmethode unterliegt unterschiedlichen Anforderungen bezüglich Zugänglichkeit, Arbeitssicherheit, Explosionsschutz, Stillstandszeiten und meteorologischen Bedingungen.

Nr. Druckgerätetyp		Prüfverfahren
1	Geschweisste Druckbehälter	UT-Phased Array (PAUT) oder Schallemissionsprüfung (AT)
2	Erdgedeckte Druckbehälter	Spezifisches Prüfkonzzept erforderlich
3	Geschmiedete Flaschen	Ultraschallprüfung (UT) oder Schallemissionsprüfung (AT)
4	Flaschen aus Verbundwerkstoffen	Hydrostatische Druckprüfung (WDP)

Bild 25: Übersicht der Anwendungsfälle und alternativen Prüfverfahren gemäss SVTI



10. Projektablauf

Der konkrete Projektablauf für die Errichtung, Inbetriebnahme und den späteren Betrieb einer Wasserstoffanlage ist kantonal (leicht) unterschiedlich geregelt.

In den nachfolgenden Kapiteln werden deshalb verallgemeinerte Ablaufbeschreibungen vorgestellt. Im Rahmen des Projektablaufs sind einerseits das Bauverfahren mit der entsprechenden Baubewilligung und andererseits das Plangenehmigungsverfahren für die Abnahme und den Betrieb der entsprechenden Anlage zu unterscheiden.

10.1 Gesetzliche Grundlagen

In Bild 21 sind die für die Durchführung eines Projektes zur Aufstellung, Inbetriebnahme und Betrieb einer Wasserstoffanlage relevanten, wichtigsten Rechtsvorschriften übersichtlich dargestellt.⁵⁹

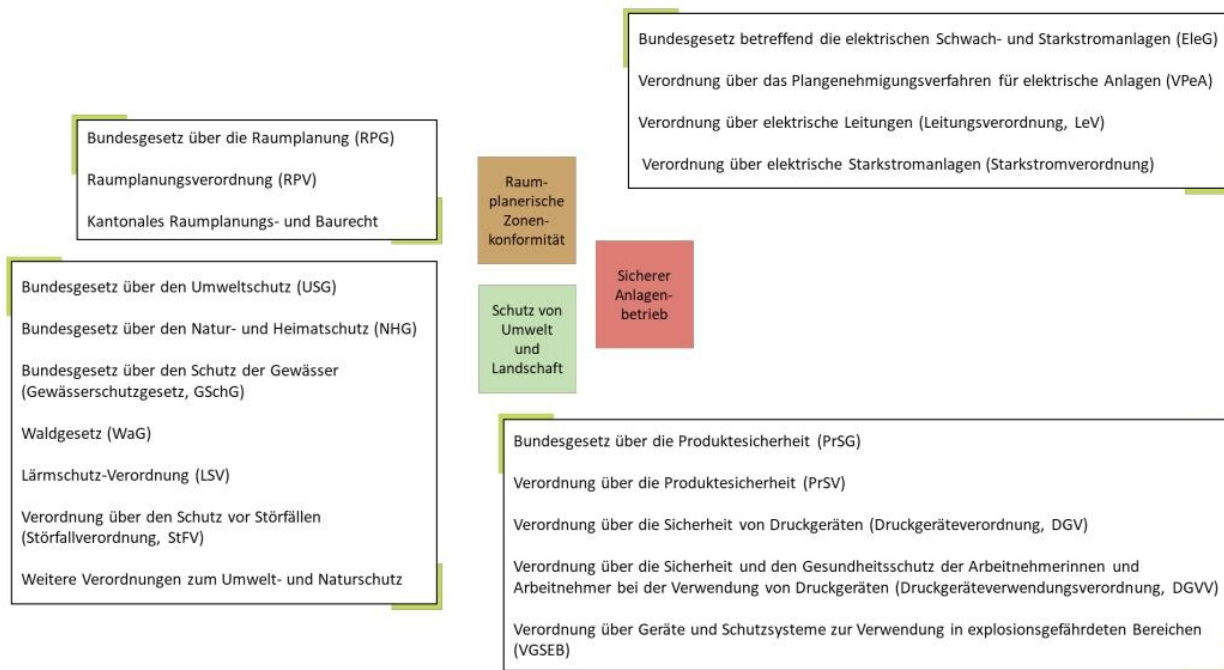


Bild 26: Übersicht über die wichtigsten Rechtsvorschriften



10.2 Baubewilligungsverfahren

Für das Errichten und den Aufbau einer technischen Anlage wie einer Wasserstofferzeugungs- und Nutzungsanlage ist eine Baubewilligung notwendig. Das jeweilige Baubewilligungsverfahren ist kantonal geregelt und unterscheidet sich in einzelnen Details von Kanton zu Kanton.

In der nachfolgenden Abbildung ist der grundsätzliche Ablauf eines Baubewilligungsverfahrens schematisch dargestellt. Die Baubewilligung ist die wesentliche Voraussetzung, dass mit dem Aufbau der technischen Anlage begonnen werden darf. Für die Erteilung der Bewilligung sind im Vorfeld in Form eines Gesuches eine ganze Reihe von Planungsunterlagen einzureichen. Diese Unterlagen werden geprüft und abgeglichen mit den jeweiligen kantonalen Bestimmungen.

Im Einzelfall werden noch weitere Fachbehörden hinzugezogen, bis dann letztendlich die Baugenehmigung erteilt wird.

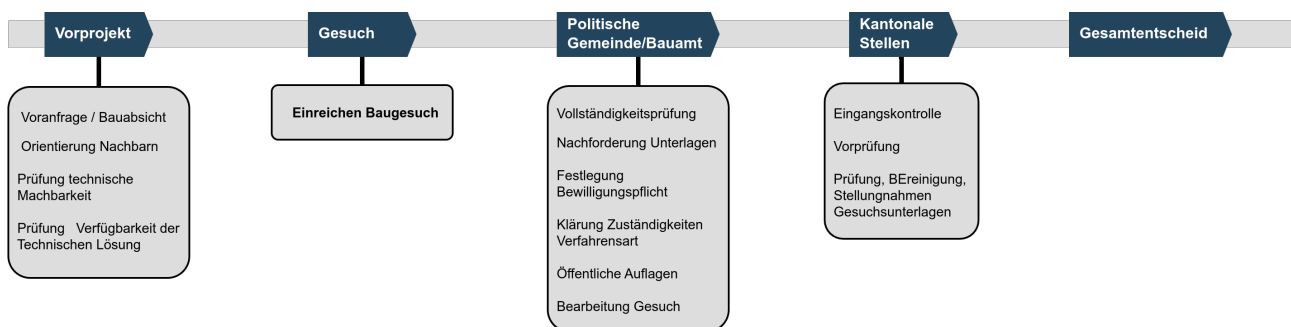


Bild 27: Eigene Darstellung Baubewilligung

10.3 Planvorlageverfahren

Bei dem Planvorlageverfahren wird überprüft, ob ein geplantes Bauvorhaben den Vorschriften entspricht.

10.3.1 Planvorlage

Um den Nachweis zur Erfüllung der Anforderungen zu erhalten, ist bei der kantonal benannten Fachstelle mit Abschluss der Planungsphase ein Gesuch zur Eröffnung des Planvorlageverfahrens für die Wasserstoffanlage einzureichen.

10.3.2 Einzureichende Unterlagen

Der Antragsteller muss im Gesuch alle notwendigen Angaben zur Verfügung stellen, die zur Beurteilung erforderlich sind. Können die untenstehenden erforderlichen Angaben in Ausnahmefällen noch nicht oder nicht vollständig gemacht werden, so sind sie nachträglich, spätestens vor der Erstellung der betreffenden Einrichtungen, vorzulegen:

- Angaben zur Anlage (Standort, Besitzer, Betreiber, Ersteller usw.)
- Anlagenbeschreibung inkl. Prozessbeschreibung



c) Anlagepläne (Übersichtspläne, Ansichten, Standortpläne sofern verfügbar P&ID-Schemata, Stückliste,...)

d) Hauptdaten der Auslegung

e) Beschreibung von Spezialkomponenten (z. B. Verdichter, Gaswarnanlage)

f) Anlagenübergreifendes Sicherheitskonzept:

- Explosionsschutzkonzept inklusive Zoneneinteilung
- Allfällige Risikobetrachtung zum Aufstellort insbesondere für Anlagen, die unter DGV oder MaschV fallen

Wenn im Rahmen weiterer Bewilligungsverfahren bei Behörden eine vorgängige Beurteilung ausgewählter Sachverhalte zwingend erforderlich ist, kann vor dem eigentlichen Planvorlageverfahren eine gesonderte Beurteilung erfolgen (z.B. allgemeine Aufstellungsbedingungen, wie Standort, bauliche Situation, usw.).

10.3.3 Bericht zum Planvorlageverfahren

Die kantonal benannte Fachstelle prüft das Gesuch und übermittelt dem Antragsteller seinen Bericht zur Wasserstoffanlage bezüglich der vorgelegten Unterlagen. Dieser enthält insbesondere auch Angaben darüber, welche Parameter bezüglich der Anlagensicherheit kontinuierlich oder punktuell gemessen und überwacht werden müssen.

10.3.3 Projektänderungen

Ergeben sich nach dem Planvorlageverfahren Änderungen gegenüber dem ursprünglichen Projekt muss die kantonal benannte Stelle informiert werden. Wenn diese Änderungen, z. B. bezüglich Standort, Sicherheitsaspekte, von der kantonal benannten Stelle als wesentlich eingeschätzt werden, kann dies eine erneute Prüfung des Gesuchs bedingen.

10.4 Bau

Der Baustart ist der kantonal benannten Stelle bekannt zu geben. Diese kann Kontrollen zur Überprüfung der fachgerechten Ausführung von Bau- und Installationsarbeiten durchführen.

10.5 Ordnungsprüfung

Bevor der reguläre Betrieb der Wasserstoffanlage erfolgen kann, wird von Seiten der kantonal benannten Fachstelle für Gassicherheit und Kontrolle eine Ordnungsprüfung durchgeführt. Im Rahmen der Ordnungsprüfung werden einerseits die Dokumentation auf Vollständigkeit hin überprüft und des Weiteren werden Anlagen, Komponenten und sicherheitsrelevante Teile hinsichtlich ihrer Funktion und Sicherheit geprüft. Dabei werden auch einzelne Störfälle simuliert.

Nach erfolgter Überprüfung der Funktion und der Sicherheit der Wasserstoffanlage erteilt die kantonal benannte Fachstelle eine Betriebserlaubnis.



10.5.1 Ordnungsprüfung nach der Erstinbetriebnahme

Die Ordnungsprüfung der Anlage wird gemäss den regionalen Anforderungen durch eine kantonal benannte Stelle durchgeführt.

10.5.1.1 Anmeldung

Nach Fertigstellung und Inbetriebnahme der Anlage durch den Hersteller und/oder den Anlagenerrichter ist diese von der jeweils kantonal benannten Fachstelle zur Abnahme anzumelden.

Der Anmeldung zur Abnahme sind beizulegen:

- a) Bestätigung, dass eine Betriebsbewilligung für die Wasserstoffanlage vorliegt.
- b) Funktionsbeschreibung und Betriebsanleitung für die Anlage in regionaler Sprache
- c) P&ID-Schemata inkl. Stückliste, sowie technische Unterlagen zu Maschinen und Geräten
- d) Protokolle über die Dichtheitsprüfung der gesamten Wasserstoffinstallationen nach Fertigstellung
- e) Explosionsschutzdokument inklusive Zoneneinteilung
- f) Nachweise für elektrische Installationen und allenfalls Blitzschutz (SiNa)
- g) Konformitätserklärung für die Wasserstoffanlage, die DGV bzw. MaschV unterliegt
- h) Übereinstimmungserklärung Brandschutz
- i) Protokolle der Inbetriebnahme mit Funktionsnachweis der Sicherheitseinrichtungen und Verriegelungen

10.5.1.2 Ordnungsprüfung

Im Anschluss an die Inbetriebnahme erfolgt eine Abnahme in Form einer Ordnungsprüfung durch die zuständige benannte Fachstelle.

Im ersten Teil der Ordnungsprüfung wird überprüft, ob die vorliegende Dokumente belegen, dass die Anforderungen gemäss diesem Merkblatt erfüllt sind.

Der zweite Teil der Ordnungsprüfung ist eine objektspezifische Stichprobenkontrolle vor Ort in Anwesenheit des Betreibers der Wasserstoffanlage (nicht abschliessende Liste):

- Gesamtdokumentation der Anlage
- Aufstellungsbedingungen: z. B. Abstände, Lüftungsbedingungen, Potentialausgleich, Anfahrerschutz
- Kennzeichnungen der Anlagenteile



- funktionale Sicherheit (anlagenübergreifend), z. B. Störungs- und Alarmliste, Meldewege
- Sicherheitsfunktionen z. B. Überprüfung eines Stromausfalls
- Messmittel, Installationen, Verfahrensanweisungen im Havariefall
- Betriebskonzept
- Instandhaltungskonzept
- Dokumentation der Messdaten, Störfälle, Betriebsunterbrüche

10.5.1.3 Bericht zur Ordnungsprüfung

Die kantonal benannte Fachstelle erstellt einen Bericht zur Ordnungsprüfung nach der Erstinbetriebnahme zu Händen des Antragstellers. Sind die Anforderungen nicht erfüllt, informiert die kantonal benannte Fachstelle den Antragsteller über das Ergebnis der Ordnungsprüfung und gibt ihm Gelegenheit zur Stellungnahme. Hierauf ordnet die kantonal benannte Fachstelle gegebenenfalls die nötigen Massnahmen an und räumt für deren Ausführung eine angemessene Frist ein.

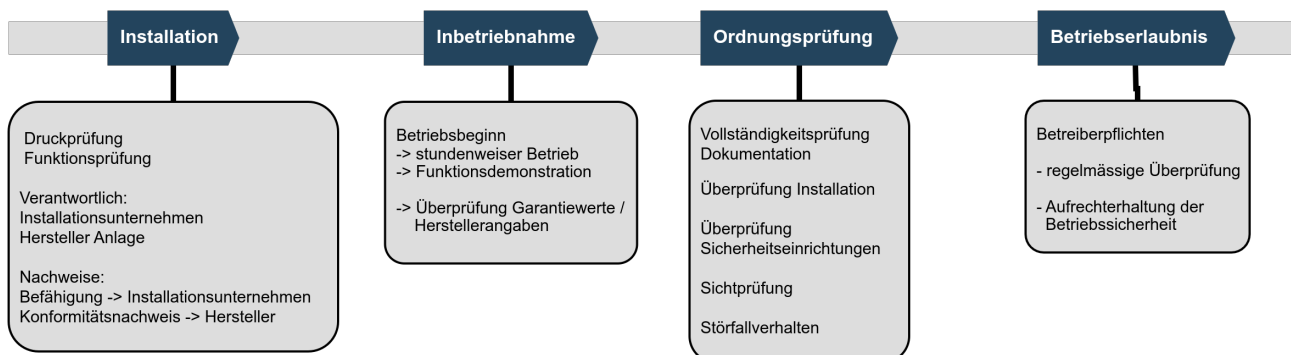


Bild 28: Ablauf Ordnungsprüfung (eigene Darstellung)



11. Fazit und Ausblick

Der Markt für Wasserstoffanlagen im privaten Umfeld entwickelt sich derzeit rasant. In den kommenden Jahren ist damit zu rechnen, dass verschiedenste Anlagen, die vor Ort Wasserstoff produzieren, speichern und nutzen, auch im privaten Umfeld installiert werden.

Mit dem hier erarbeiteten Merkblatt ist nun eine Grundlage geschaffen worden, die die sichere Installation und den langfristig sicheren Betrieb solcher Anlagen ermöglicht. Hierbei gilt auch besonderer Dank den Mitgliedern der Begleitgruppe, die mit ihren fachlichen Inputs das qualitativ hohe Level des ausgearbeiteten Merkblatts ermöglicht haben.

Das nun vorliegende Merkblatt wird in dieser Version in eine breite Vernehmlassung gegeben, sodass die verschiedensten involvierten und/oder betroffenen Parteien und Institutionen in der Schweiz den Inhalt prüfen und für die Praxis freigeben können.

Der SVGW als herausgebende Institution wird das Merkblatt in die schweizweite Verbreitung geben. Das Merkblatt wird in deutscher und französischer Sprache zur Verfügung stehen, sodass grosse Teile der Schweiz dieses als Grundlage für Installationen von Wasserstoffanlagen in und an Gebäuden nutzen können.



Literaturverzeichnis

- [1] GKS GebäudeKlima Schweiz, „Leitfaden - Wasserstoffeinsatz in der Industrie und der Gebäudetechnik“. August 2023.
- [2] Cosber, „Smart H2 Energy Plattform - Prospekt“. 2025.
- [3] eRevo AG, „eRevo“. [Online]. Verfügbar unter: <https://erevo.ch>
- [4] „gasido“. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.gasido.de/wasserstoff-buendel-kaufen-eigenschaften-und-kosten>
- [5] „Metallhydridspeicher“, <https://de.wikipedia.org/wiki/Metallhydridspeicher>.
- [6] GRZ Technologies, „Dash Power“. [Online]. Verfügbar unter: <https://grz-technologies.com/de/dash-power-de/>
- [7] VSG, „gazette 02/2024“.
- [8] SVGW, „H2 - Empfehlung zu Planung, Bau und Betrieb von Rohrleitungsanlagen für den Transport von Wasserstoff“. April 2023.
- [9] Eidgenössisches Departement für Wirtschaft, Bildung und Forschung (WBF), „Verordnung des WBF über den Vollzug der Marktüberwachung nach dem 5. Abschnitt der Verordnung über die Produktesicherheit (ZustV-PrSV)“. 1. Januar 2024.
- [10] B. für K. BAKOM, „Konformitätserklärung“. Zugegriffen: 13. März 2025. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.bakom.admin.ch/bakom/de/home/geraete-anlagen/marktzugang-elektrischer-geraete/konformitaetserklaerung.html>
- [11] HYPOS, „HYPOS-Leitfaden Wasserstoff-Sicherheit“. 30. Juni 2021.
- [12] Bureau de normalisation BNQ, „CAN/BNQ 1784-000/2022 Kanadischer Wasserstoff-Installationscode“.
- [13] France Hydrogen, „Fiche pratique sur la réglementation applicable à la filière hydrogène“. Januar 2023.
- [14] EUROPEAN INDUSTRIAL GASES ASSOCIATION AISBL (EIGA), „ANLAGEN MIT GASFÖRMIGEM WASSERSTOFF EIGA Dok 15/21 Überarbeitung des Dokuments 15/06“.
- [15] Vereinigung Kantonaler Feuerversicherungen, „Brandmeldeanlagen“. Zugegriffen: 13. März 2025. [Online]. Verfügbar unter: <https://services.vkg.ch/rest/public/georg/bs/publikation/documents/BSPUB-1394520214-1686.pdf/content>
- [16] issa, „Infoblatt Explosionsschutz Dichtheit von Anlagenteilen und Verbindungen 003“. Stand 2022.
- [17] EUROPEAN INDUSTRIAL GASES ASSOCIATION AISBL, „GASEOUS HYDROGEN INSTALLATIONS EIGA Doc 15/21 Revision of Doc 15/06“.
- [18] Umweltfachstellen der Kantone der Nordwestschweiz (Aargau, Basel-Landschaft, Basel-Stadt, Bern, und Solothurn), der Kantone Thurgau und Zürich sowie der Gebäudeversicherung Kanton Zürich (GVZ)., „Leitfaden - Lagerung gefährlicher Stoffe“. Zugegriffen: 13. März 2025. [Online]. Verfügbar unter: Umweltfachstellen der Kantone der Nordwestschweiz (Aargau, Basel-Landschaft, Basel-Stadt, Bern, Solothurn), der Kantone Thurgau und Zürich sowie der Gebäudeversicherung Kanton Zürich (GVZ).
- [19] DVGW, „DVGW G 498 - Druckbehälter in Rohrleitungen und Anlagen zur leitungsgebundenen Versorgung der Allgemeinheit mit Gas und Wasserstoff“.
- [20] „SR 832.312.12 - Verordnung vom 15. Juni 2007 über die Sic...“, Fedlex. Zugegriffen: 2. Februar 2025. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.fedlex.admin.ch/eli/cc/2007/393/de>
- [21] France Hydrogen, „Equipements Sous Pression (ESP)“. Januar 2023.
- [22] SVGW, „G1 - Richtlinie für die Erdgasinstallation in Gebäuden (Gasleitsätze)“. Januar 2017.



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für
Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK

Bundesamt für Energie BFE
Sektion Energieforschung und Cleantech

- [23] Schweizerischer Verein und für technische Inspektionen, „Prüfleitfaden für H2-Speicherbehälter“.
- [24] Verein der H2 Produzenten, „Genehmigungsleitfaden für den Bau und Betrieb von H2-Produktionsanlagen“. November 2023.