

# Wasserstoff-Sauerstoff-Bau-Verordnung

Verfasser Dipl.-Ing. Architektur, Metallbau-Meister, Elektrolyse-Schacht Erfinder

Volker Goebel --- Stand Vor-Entwurf 28.02.2022 / 26.07.2022

## § 1 Geltungsbereich des Gesetzes

Die Wasserstoff-Sauerstoff-Bau-Verordnung gilt im Bundesgebiet der BRD, und bezieht sich auf die Herstellung, Lagerung, Pipeline-Netz-Verteilung und Nutzung von gasförmigen, und auch tief-gekühltem verflüssigtem Wasserstoff, wie er z. B. zur Betankung von PkW und LkW verwendet wird.

Das Gesetz soll Bau-Planern, Geräte-Herstellern und Anwendern einen baulich SICHEREN Umgang mit Wasserstoff ermöglichen.

## § 2 Material- bzw. Stoffbeschreibung von Wasserstoff

Wasserstoff - H - ist ein transparentes, farbloses, geruchloses und leicht entzündliches Gas, das bei Freisetzung in der Umgebungs-Luft schnell verfliegt, weil es leichter als Luft ist. Das Wasserstoff-Molekül besteht aus 2 Atomen und ist sehr, sehr klein ! - Wenn es unter Überdruck-Verhältnissen in Tanks oder Leitungen gelagert wird, kann es durch Wandungen hindurch diffundieren ! - Wasserstoff kann Metalle verspröden !

Der bekannteste Unfall mit Wasserstoff ist der Brand des Luftschiffes Hindenburg und einige explodierte Tankstellen.

### § 3 Die Herstellungs-Arten von Wasserstoff

So genannter Grüner, also weitgehend Klima-Treibhaus-Gas neutraler Wasserstoff, wird durch die elektro-chemische Spaltung von Wasser im sogenannten Elektrolyse-Verfahren gewonnen. Dabei entstehen Wasserstoff und Sauerstoff. Der Grüne Wasserstoff, der mit Strom-Energie, aus erneuerbaren Energien, wie Wind und Sonne erzeugt wird, ist als "Grüner Wasserstoff" zu Anfang von BMWK und BMUV als förder-fähig eingestuft. – Wirkungsgrad Elektrolyse bis zu 80 % und mehr.

Die Flamme eines Wasserstoff-Sauerstoff Gemisches ist mit 3.000 °C ca. 1.000 °C heisser als die von Erdgas mit Umgebungsluft 21 % O.

Das zeigt sich die wahre Qualität der in der Elektrolyse erzeugen technischen Brenngas. Nur Wasserstoff allein hat einen viel geringeren

Brennwert als Erdgas, aber Wasserstoff und Sauerstoff in einem Brenner in dem man das Gemisch einstellen kann brennt 30 % heisser als Erdgas mit Umgebungsluft. – Achtung : reiner Sauerstoff ist hoch reaktionsfähig. – Was kommt eigentlich bei einer Wasserstoff mit Sauerstoff Verbrennung als Abgas heraus – Ist noch völlig ungeklärt.

Das muss man erforscht haben bevor man das im grossen Umfang einführt. – Wird schon kein harten Atommüll sein – Vielleicht Nichts.

Dann könnte die Elektrolyse sogar die ansteigenden Meeresspiegel durch den rückstandlosen Verbrauch von Wasser niedrig halten 😊

Grauer Wasserstoff wird aus Erdgas hergestellt. Dabei entsteht Kohlen-Dioxid - CO<sub>2</sub>, Wasserstoff und Sauerstoff. Die dafür seit Jahrzehnten genutzten Verfahren heißen "Dampf-Reformation", "Reforming", Haber-Bosch-Verfahren, Methan-Pyrolyse etc. etc.

Bisher wird das CO<sub>2</sub> in die Umwelt entlassen ! und richtet dort erhebliche Schäden wie die Erd-Erwärmung an. Grauer Wasserstoff hat eine negative Umwelt-Bilanz, und einen Wirkungsgrad

von nur ca. 65 %. - Dieser Wasserstoff wird nicht vom BMWK und BMUV gefördert. Es gab den Versuch einer Firma namens TES den grauen Erdgas-Wasserstoff als grünen Wasserstoff zu verkaufen, der aber glücklicherweise gescheitert ist. – Den meisten grauen Wasserstoff stellt man auf der tropischen Insel Trinidad her – dort fahren offenbar Erdgas LNG Tanker häufig vorbei. – Wir wollen grünen Wasserstoff – aus dem nicht benötigtem Nacht- und Wochenend-Strom unserer Windparks auf Nordsee und neuerdings auch Ostsee.

#### **§ 4 Die Wasserstoff-Elektrolyse-„Behälter“ Problematik**

Stimuliert durch Förder-Programme haben sich in den 2000er Jahren viele DE Unternehmen mit der "Brennstoff-Zelle" befasst, die aus Wasserstoff wieder Strom erzeugen kann. - Danach kam eine erneute Stimulierung, durch Förder-Programme, für die Erzeugung von Wasserstoff. - Fast alle Hersteller haben dann Ihre Brennstoff-Zellen Technologie "umgedreht" und XS Elektrolyseure konzipiert, die sich in Ihrer Größenordnung leider immer noch an der Brennstoff-Zelle für PKW und LKW orientierten ! - Deshalb sind die aktuellen Elektrolyseure zur Wasserstoff-Herstellung alle sehr klein, und haben Aufnahme-Leistungen von ca. 3 kW. - Der Bedarf an Elektrolyse-Leistung für den Einsteig in eine BRD Wasserstoff-Energie-Wirtschaft liegt aber bundesweit bei 10 GW ! Also ca. 3,3 Millionen mal höher. Der Faktor 1 : 3,3 Mio. lässt sich nicht dadurch lösen, dass man viele Mini-Elektrolyseure in einem Container zusammenbaut, der dann 1 GW aufnimmt. Das wären immer noch 10.000 Container, die je 840 Anschlüsse hätten, die undicht werden können. Ausserdem in die übliche Dünoblech-Metall-Kassette NICHT für eine „langfristige“ Nutzung mit Wasserstoff geeignet ! - Die Wasserstoff-

Diffusion und Versprödung machen solche Ansätze zu explosionsgefährdeten "Wasserstoff-Bomben", - die dann in Wohngebieten und in den Kellern von Industrie-Anlagen rumstehen. - Es ist also dringend notwendig „geeignete Behälter“ für die Herstellung von Wasserstoff zu finden !!! - - - Auf den richtigen Elektrolyse-Behälter kommt es an.

## **§ 5 Anforderungen an Wasserstoff-Elektrolyse-Behälter**

Geeignete Behälter für die sichere Wasser-Elektrolyse im industriellen Masstab ab 1 GW haben fast alle im folgenden genannten Eigenschaften :

- **ein sehr grosses Innen Volumen und sehr sehr viel Elektroden-Fläche**
- **eine langfristige, sehr hohe Behälter-Dichtigkeit (in Geologie eingebaut)**
- **Selbst-Eigen-Nutzung der entstehender Abwärme (Warmwasser spalten)**
- **eine hohe Strom-Aufnahme-Kapazität von 1 bis 2,3 GW, die zu den Dimensionen der nahen Offshore-Windparks und PV-Clustern passt**
- **wartungs-arme Anlagen, die Automatik Betrieb können**
- **Anlagen die einen vollständigen Explosion-Schutz-Ring bieten**

Der Einzige bisher bekannte Anlagen-Typ, der diese Eigenschaften aufweist, ist der so genannte "Elektrolyse-Schacht" von Ing. Goebel

Dabei sind die Halbring-Metall Tübbing Wände gleichzeitig Wand und Anode, bzw. Kathode und diese sind durch eine nicht elektrisch leitende Beton-Mittelwand getrennt. Weitere riesigen U-Blech Elektroden und Anoden lassen sich nachrüsten. - Nur der Deckel schaut heraus, und

der ist wiederum von einem hohen "Beton-Schutz-Ring" umgeben.

Elektrolyse-Schächte sind klein 1 GW, mittel und gross 2,3 GW.

Der 700 Meter D 12 Meter Schacht passt zum XXL Nordsee-

Windpark. Aber in einem kleinen Gewerbe-Gebiet ist eher

ein D 12 Meter Schacht mit 50 Metern Tiefe angemessen.

Wasserstoff muss dezentral erzeugt werden, weil Wasser-

stoff zur Zeit leider nur relativ begrenzt transportierbar ist ?

Es dürfen zur Zeit nur ca. 2 % Wasserstoff in die Erdgas-Netze.

Fachleute halten 20 % für möglich. Aber grundsätzlich sind

die Metall-Pipelines für Wasserstoff nicht ideal. Das Wasser-

stoff Atom ist wie gesagt sehr klein. Metall ist für H einfach

nur ein grobes Gitter, einnistet, weiterwühlen bis ans Licht.

Aber Kunststoff-Leitungen, z. B. aus PTFE oder PU halten den

Wasserstoff drin, nur geringer Druck – und wir brauchen eine

DUO-Pipeline für H und O – weil die nur zusammen richtig

Sinn ergeben. Und eine DUO Pipeline DN 2x 500 mm passt

Zusätzlich noch in die nun 60 % leere Erdgas-Pipeline. Nur

an den Verdichter-Stationen muss man „ausschleifen“ und

eigene Verdichter für H und O aufbauen. Also weiter Nutzung

Pipeline Netz – aber mit DUO Leitung innerhalb Metall Rohr.

In so einem Elektrolyse Schacht hat der elektro-chemische

Spalt-Prozess : Raum, Fläche, Strecke, Zeit und Temperatur,

um seiner Natur gemäß stattfinden zu können. – Beispiele :

Die entstehenden Gasblasen können aufsteigen und über

die lange Strecke zur richtigen Seite wandern, - um reinen

Sauerstoff und reinen Wasserstoff ab-nehmen zu können.

Die entstehende Abwärme der Elektroden bleibt im Boden,

und im Behälter, und im Arbeitswasser, um die Spaltung zu

stimulieren und vereinfacht zu ermöglichen. Je höher die Temperatur im Elektrolyseur desto effizienter arbeitet er.

Es gibt natürlich auch praktische Aspekte, die einem Elektrolyse-Schacht bauliche Vorteile verschaffen. Es können grosse Mengen der benötigten Gase erzeugt werden, weil es Raum gibt, und um die erzeugten Gase noch im Behälter vor-zulagern, es gibt Raum für grosse Mengen Arbeits-Salz-Wasser, und für einen Sumpf, der die Salz-Reste und Metall-Oxidations-Reste der sich unendlich langsam zersetzenden unedlen Stahl-Elektroden-Tübbinge aufnimmt. Nach 300 bis 500 Jahren beginnt die tiefe Schacht-Wandung möglicherweise instabil zu werden.

Der wichtigste Vorteil von Elektrolyse-Schacht-Behältern ist aber die "Explosion-Sicherheit". - Da es sich NICHT um baulich sehr begrenzten oberirdische Blech-Behälter handelt, - sondern nur ein Deckel mit Rohren herauschaut, lässt sich der Behälter mit einem einfachen bewehrten Beton-Zaun-Schutz-Ring für den Fall einer Explosion sichern. - Die Explosion kann dann nur nach oben abgehen.

Der Nachteil von Elektrolyse-Schächten ist, dass eine neue Bauweise verwendet werden muss, die ja eher aus dem Tiefbau, Tiefstbau und Bergbau kommt, und nur noch wenige Ähnlichkeiten mit dem bisher üblichen Apparatebau aufweist. - Die erforderliche Lernkurve muss geleistet werden. Jede Verhaltens-Änderung / Bauart-Änderung ist für die Branche eine "grosse Herausforderung", die einen Austausch fast aller Zulieferer notwendig macht. - Ausserdem wird vor Ort gebaut, und nicht in einer Werk-Halle oder Fabrik. Das stellt bisher angedachte Geschäfts-Modelle und auch bereits getätigte Investitionen in Frage. Die Korrektur des "Behälter-Fehlers" ist aber NOTWENDIG. Deutschland ist Marktführer mit 3 von 4 Schachtbau-Firmen in der EU.

## **§ 6 Lagerung und Verteilung von Wasserstoff**

Die Lagerung von Wasserstoff ist aufgrund der Diffusion und der Metall-Versprödung problematisch. - Hier einige Praxis-Beispiele :

Die halbvollen Tanks der BMW Wasserstoff-Versuchsfahrzeuge waren nach 7 Tagen Standzeit immer vollständig leer !!! – Aha ...

Ein Transport von Wasserstoff mit Schiffen aus dem nahen Osten bis nach Deutschland ist technisch leider noch NICHT möglich !!!

### **Mögliche Lösungs-Ansätze für die Lagerung von Wasserstoff sind :**

- Kavernen im Steinsalz (eine gas-dichte Geologie) Es gibt bereits über 430 unterirdische Lager-Kavernen für Gase in Deutschland.

Kürzlich wurde in Heide eine Kaverne für Wasserstoff-Lagerung

Geprüft, abgenommen und somit im Medium umgewidmet.

Steinsalz ist sogar unter hohem Druck ab xy Meter gas-dicht.

- Hochwertige Kunststoffe können die Diffusion minimieren und verhindern, dass es zu Metall-Versprödung in Leitungen kommt.

Es gibt eine "Liner" Technologie für die Sanierung von Gross-

Rohren, die möglicherweise für H<sub>2</sub> Pipelines anwendbar ist.

Da gibt es aber noch einen erheblichen Entwicklungs-Bedarf.

Das DUO-HundO-Pipeline Rohr kann schon morgen gebaut

werden. Alle „Schlauch-Rohre“ und Fittinge sind existent.

Weil Gase mit XL Druck-Zunahme auf Temperatur-Erhöhungen

reagieren, sind Tanks, die in der prallen Mittagssonne stehen

keinesfalls ratsam, weil die Dichtigkeit abnimmt, und dahinter

liegende Anlagen ständig neu eingeregelt werden müssten.

Tanks die innen mit hochwertigen Kunststoffen ausgekleidet sind, können die Diffusion eingrenzen. - Es wird aber immer ein gewisses Mass an Diffusion bleiben. Deshalb sind Tanks in Beton-Zäunen ausserhalb von Gebäude zu montieren, wo austretendes Brenn-Gas in die Umgebungs-Luft abgeht, und sich nicht in Innenräumen gefährlich direkt unter der Decke ansammeln kann.

Man geht unter Ingenieuren davon aus, dass eine Maximal-Bei-Mischung von 8 % Wasserstoff in bestehende Niederdruck Erdgas-Stadtgas-Netze technisch unbedenklich ist.

## **§ 7 Nutzung von Wasserstoff**

Der Energie-Träger Wasserstoff hat einen 3,3 x höheren Brennwert als Erdgas und wird deshalb als "Champagner unter den Gasen" bezeichnet. – Die Wasserstoff Atom ist aber sehr klein und dadurch bleibt Erdgas im Vorteil. Mischt man aber Wasserstoff und Sauerstoff wird eine 1.000 Grad heissere Flammtemperatur als bei Erdgas mit Umgebungsluft erzielt. – Die PTB arbeite an der Brennwert Definition.

Grundsätzlich ist die Nutzung von überschüssiger Sonnen-Energie, und die Speicherung von überschüssiger Nacht-Wind und Wochenend Wind Energie das, was ein Elektrolyseur im Kern leisten kann.

Und ja – eine H und O Flamme verbrennt ohne Rückstände !?  
Ob das wirklich wahr ist, muss bitte auch mal geklärt werden. PTB.

Diese Speicher-Fähigkeit in industrieller Dimension macht die volatilen Erneuerbaren Energien Wind und Sonne wertvoller, weil dadurch ein stabiles und "sehr leistungsfähiges" Strom-



netz entsteht, das sehr sehr viel weniger CO2 emittiert. „Damit wird der Elektrolyseur zum wichtigsten Kernstück der Energie-Wende.“

**Die Nutzung von Wasserstoff ist grundsätzlich auf viel Arten möglich :**

1. Wasserstoff-Sauerstoff-Verbrennung um Heiz- und Prozess-Wärme zu erhalten und Gas-Thermen und Gas-Kraftwerke anzutreiben
2. Elektro-Chemische Strom-Erzeugung in Brennstoff-Zellen  
(nur Wasserdampf als Abgas) Strom für PKW Mobilität
2. Stoffliche Verwendung ! Neu – man spricht von Kabel-Isoliermaterial etc. Dow Chemical DE ganz vorn
3. Die Japaner und US Amerikaner haben bereits grosse PKW Motoren, die direkt Wasserstoff verbrennen – ohne den Umweg über die schwere Brennstoff-Zelle

Die Industrie braucht Strom, aber mehrheitlich Prozess-Wärme

Die Deutsche Industrie braucht relevant grosse Menge H und O

Erdgas-Netze brauchen brennbare Gase um Gebäude

zu Heizen und um Warmwasser zu erzeugen. Erdgas H und O

Die Anzahl der DE Unternehmen, die jetzt schon „tatsächlich“ Wasserstoff nachfragen, ist noch sehr gering, weil fast nur der graue Wasserstoff überhaupt zur Verfügung steht. - Wenn es bei den "Mini-Blech-Elektrolyseuren" bleibt, wird das auch so bleiben ! - Erst die großen Schacht-Elektrolyseure werden den Preis von Grünem Wasserstoff signifikant senken, und auch die benötigen XXXXL Mengen und die Versorgungs-Sicherheit anbieten.

Weil die Explosions-Gefahr von Wasserstoff und Sauerstoff höher ist als die von Erdgas, ist ein besonders vorsichtiger Umgang notwendig.

Es besteht die Notwendigkeit bei Verwendung von Wasserstoff in Innenräumen "Gas-Schnüffel-Detektoren" zu montieren, weil die Leitungen und Anschlüsse als nicht vollständig dicht bewertet werden müssen. - Es handelt sich bei fast allen Geräten der Wasserstoff Technologie noch um Prototypen. Die tatsächlichen Erfahrungswerte im Umgang mit Wasserstoff sind noch sehr gering.

Dieser, letzte Absatz gilt vor allem für die Forschungs-Zentren.

Wir bitten die Architekten, die Bauplaner, die Apparate-Techniker, die Verfahrens-Techniker, die Heizungs-Techniker, die Stadtwerke und die Anwender um einen sorgfältigen, sicherheits-gerichteten Umgang mit dem neuen Energie-Träger Wasserstoff-Sauerstoff. - Wir wollen Sie aber auch ermutigen, in die Wasserstoff-Sauerstoff-Wirtschaft einzutreten damit wir als Industrie-Gesellschaft sehr viel weniger Treibhaus-Gase in die Atmosphäre entlassen, und damit den sich bereits abzeichnenden Ökozid noch zu verhindern.

Der Elektrolyseur ist neben Wind-Energie und Sonnen-Energie ein zentraler Bestandteil der Energie-Wende, die eine Vermeidung der Verbrennungs und Leck-Emissionen der Treibhausgase Methan und CO<sub>2</sub> zum Ziel hat. – Mit dem Elektrolyse-Schacht das Welt-Klima retten !? – Zumindest dort möglich wo Windräder, Stauseen und Kernkraftwerke zur Verfügung stehen. Windräder bitte. Jedes Land hat seinen ganz eigenen Energie-Mix – und wichtig ist das man mit einem guten Beispiel vorangeht. – Und bald haben wird mit dem Elektrolyse-Schacht die Energie Wende bei 75 %

## § 8 Einordnung, Nutzen und Folgen dieses Gesetzes

Dies ist ein zweiter Vor-Entwurf zur Wasserstoff-Bau-Ordnung.

Bitte im BMWK und in den Ausschüssen für Umwelt und Wirtschaft und Energie und Klimaschutz ausführlich diskutieren, und korrigieren Sie diesen Entwurf. - Aber verfälschen Sie den Entwurf nicht, um die kleinen Blech-Elektrolyseure doch noch schön zu reden ! Ergänzen Sie diese Bau-Ordnung um mehr Beispiele, Tabellen und Prinzip-Skizzen. – Die Baupläne für die Elektrolyse-Schächte sind bereit weitestgehend als techn. Planungen veröffentlicht. - Dieses Gesetz soll für Bauplaner und Anwender verständlich bleiben, und soll weiterhin eine Beschreibung der Probleme - und Lösungsansätze enthalten, um Allen eine echte Hilfestellung zu geben.

Es wird eine jährliche Evaluierung dieses Gesetzes bereits jetzt eingeführt. Später erfolgt die Evaluierung alle 3 Jahre durch eine XL Kommission aus Technikern, Ingenieuren und Wissenschaftlern auf Einladung von BMWK und BMUV.

Wer Andere durch leichtsinnige Planungen, oder einen leichtsinnigen Umgang mit Wasserstoff schädigt oder tötet, wird einer vorsätzlichen Tat beschuldigt werden, und nach Strafgesetzbuch verurteilt werden. Die Ministerien haben mit der Wasserstoff-Bau-Ordnung ausdrücklich auf die möglichen Gefahren im Umgang mit brennbarem Wasserstoff und Sauerstoff hingewiesen. – Die H und O Bauordnung erscheint im Bundesanzeiger.

Diese Wasserstoff-Bau-Ordnung wird durch den Bundestag und den Bundesrat als Gesetz beraten / entschieden, und tritt mit der Veröffentlichung im Bundesanzeiger der BRD zeitnah in Kraft.

Ing. Goebel für BMWK und BMUV und Alle. - 26.07.2022