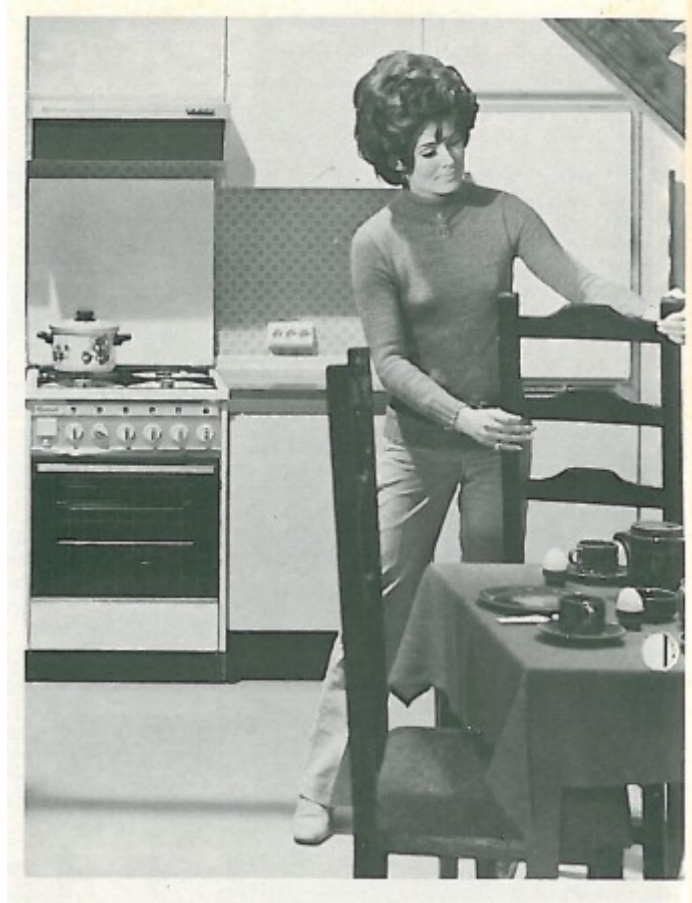




# HIDROGÉN (H<sub>2</sub>) – MŰKÖDÉSBIZTONSÁGI SZEMPONTOK (RB)

Veress Árpád – ExNB Tanúsító Intézet

# VÁROSI GÁZT TÖBB MINT 50 ÉVIG HASZNÁLTÁK: > 50% HIDROGÉN



Source: ndr.de; Mensch!Westend

H2 – hidrogén

IIC, IIB + H2



Material Name

Hydrogen

Flammable and Equipment Use Data

ATEX/IEC Temperature Class

T1

ATEX/IEC Gas Group

IIC

Flash Point

-

C

mg/l

Vol %

Lower Flammability Limit

3.4

4

Upper Flammability Limit

63

77

Ignition Temperature

560

C

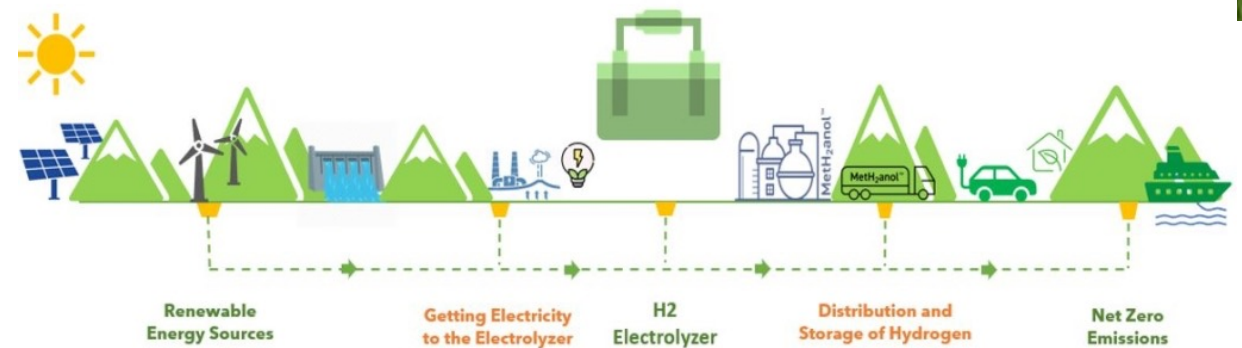
Gas or Vapour Relative Density

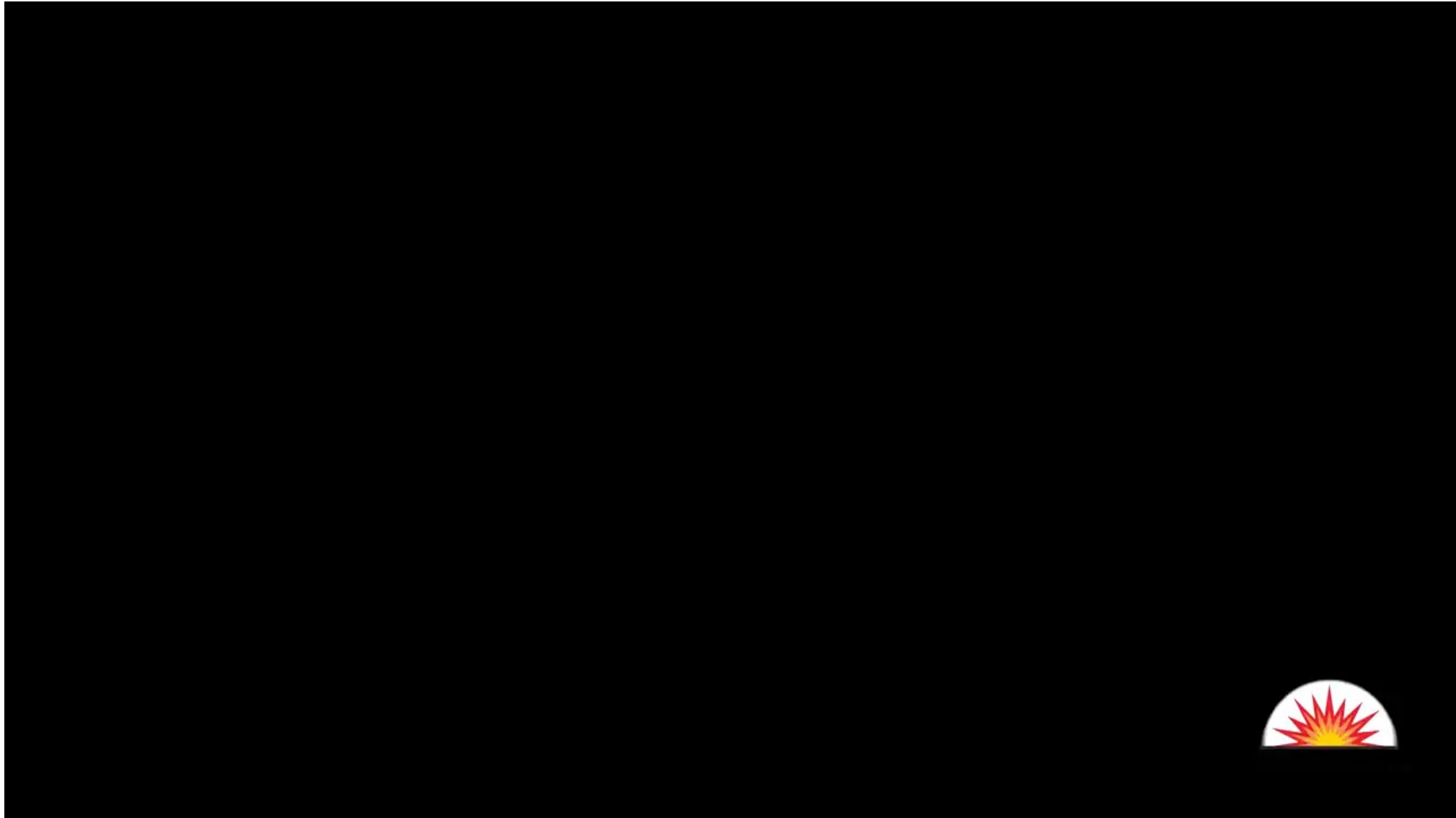
0.07

Lighter or Heavier than air(+20C)

0.28

### Green Hydrogen





# H2 TYPE CERTIFICATIONS



- **Szürke hidrogén**

- A hidrogént a fosszilis gázokból vonják ki, és CO<sub>2</sub>-t bocsátanak ki a levegőbe

- **Kék hidrogén**

- A hidrogént a fosszilis gázból vonják ki, mielőtt a CO<sub>2</sub>-kibocsátást felfogják és tartósan a föld alatt tárolják

- **Zöld hidrogén**

- A hidrogént megújuló villamos energia felhasználásával vonják ki a vízből, és oxigént juttatnak a levegőbe



2021 február 9

Életbe lép a világ első „hidrogéntörvénye”. Mi van benne?

A hidrogén (H<sub>2</sub>) felhasználói számára:

- Dél-Korea elfogadta a világ első hidrogéntörvényét.
- Központjában a hidrogéngazdaság ökoszisztémájának fejlesztése és az alternatív üzemanyagokhoz való szélesebb körű nyilvános hozzáférés áll.

....A legfontosabb, hogy a hidrogéntörvény foglalkozik a biztonsági kérdések, amelyek sokáig a szabályozásban vakfolt maradtak. Korábban a hidrogén berendezések – elektrolizátorok, hordozható üzemanyagcellák és hidrogén extraktorok – és a közvetlenül hidrogént felhasználó üzemanyagcella-létesítmények nem voltak alávetve időszakos hatósági biztonsági ellenőrzéseknek. Most a biztonság garantálása három lépésben történik – technológiai biztonság a tervezési szakaszban, a helyszíni vizsgálat a létesítmény befejezésekor, és éves biztonsági ellenőrzések....



# NÉMET NEMZETI HIDROGÉNSTRATÉGIA (BMWK)

A fő összetevők: a metrológia és a **fizikai biztonságtechnika** – „különösen olyan mérési módszereket és értékelési kritériumokat igényel, amelyek tudományosan elfogadottak és előírásokban, valamint nemzetközileg elfogadott műszaki szabványokban és irányelvekben szerepelnek.

**Garantálni kell a magas szintű biztonságot. A negatív eredmények és balesetek veszélyeztethetik a hidrogén-technológia elfogadottságát. Fontos a felhasználók közötti bizalom kialakítása.**



Elektrowirtschaft.de



# VAN PÁR FÉLREÉRTÉS BENNE!!!

ABC Inc.

Home Products ▾ Development ▾ Career ▾ Company ▾

## 10 important questions about hydrogen

01 | What is hydrogen? +

02 | How does the energy density of hydrogen compare to conventional fuels? +

03 | How dangerous is the use of hydrogen? +

04 | Is hydrogen explosive? -

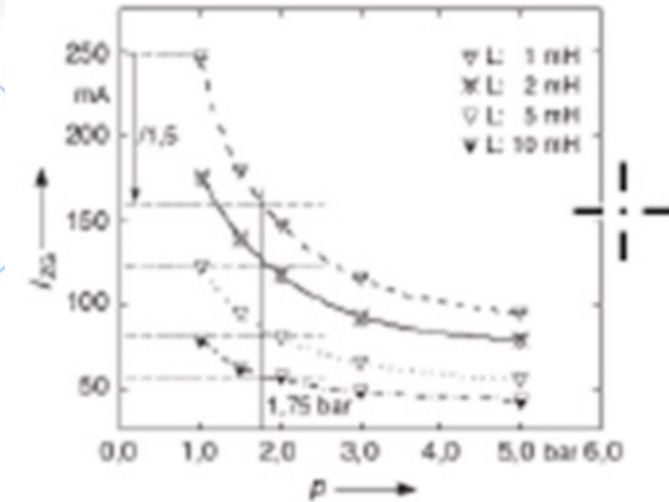
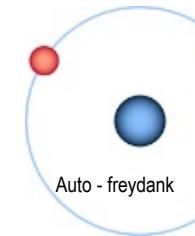
No. Hydrogen-air mixture is combustible, but does not explode. A mixture of hydrogen and pure oxygen (oxyhydrogen) is explosive.

# A GÁZNEMŰ HIDROGÉN FŐ JELLEMZŐI

A hidrogén gyúlékony, nem mérgező és nem korrozív. Színtelen, íztelen és szagtalan. Megfojthatja az embereket.

	Hydrogen (H <sub>2</sub> )	Methane (CH <sub>4</sub> )
Sűrűség [kg/m <sup>3</sup> ]	0.08388	0.7175
Molekula mérete [nm]	0.276/0.106*	0.324
Gyulladási hőmérséklet levegőben [°C]	585	540
Diffúziós együttható cm <sup>2</sup> /s	0.768	0.215
Max. láng sebessége [cm/s]	346	43
Gyulladási tartomány levegőben [vol%]	4 to 73	5 to 14
Hővezető képesség [W/(m x K)]	0.18339	0.0341
Minimális gyújtási energia [mJ]	0.02	0.28

\*ionizált

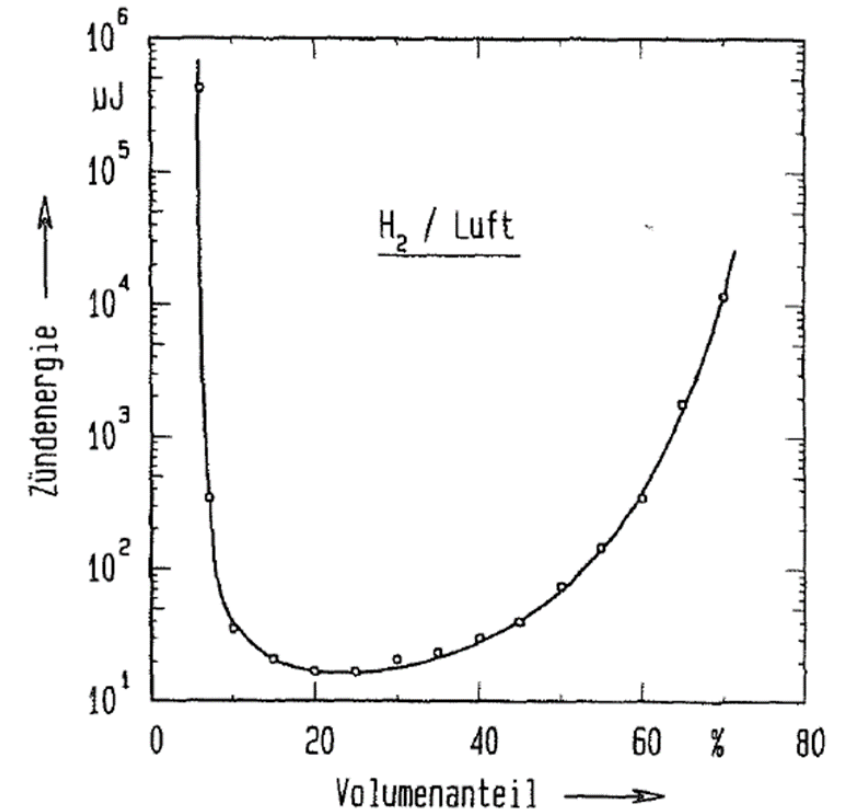


Zündstrom für ein Wasserstoff-Luft-Gemisch (Verh. 21/79) in Abh. vom Druck

E. Brandes; M. Thedens: Kenngrößen des Explosionsschutzes bei nichtatmosphärischen Bedingungen PTB Mitteilungen 2003

# MINIMÁLIS GYÚJTÁSI ENERGIA

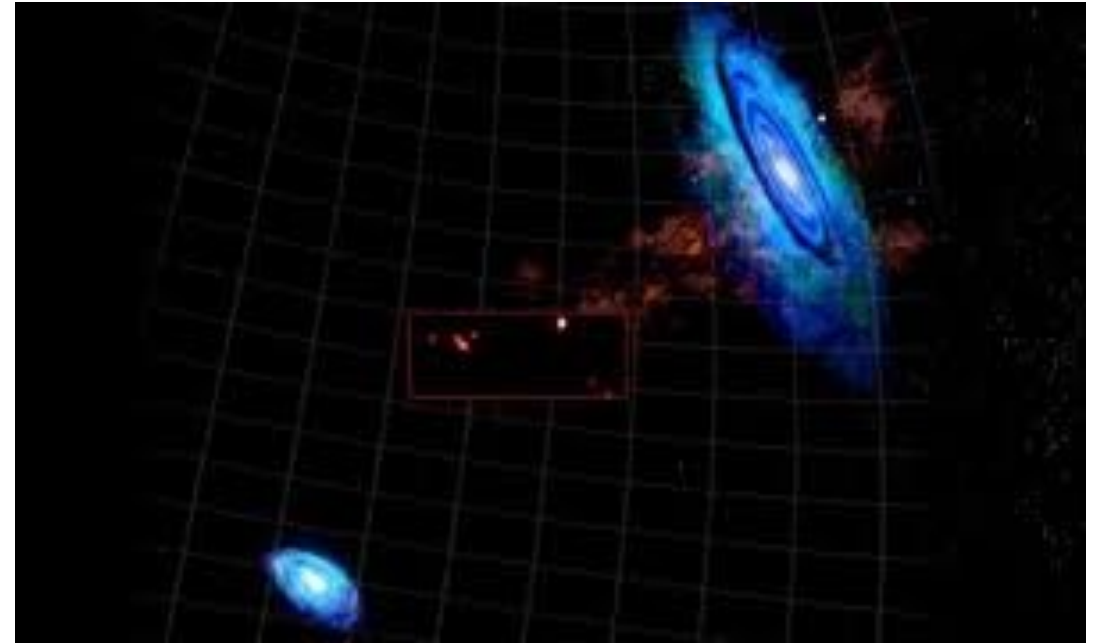
A gyulladási energia rendkívül alacsony viszonylag széles, 10...50%-os koncentrációtartományban:  $10^2 \mu\text{J}$  alatt



Source: Reichelt Chemietechnik; Explosion protection manual

# ALACSONY SŰRŰSÉG VS. MAGAS DIFFÚZIÓS KÉPESSÉG

- A hidrogén és levegő keverékéből álló felhő mindig könnyebb a levegőnél, és viszonylag gyorsan emelkedik. Ritka esetekben azonban tiszta hidrogén van jelen, ami csökkenti a sűrűségkülönbségeket.
- A diffúzió nem a sűrűség, hanem a koncentráció különbsége miatt következik be – ezért oldalra és lefelé is áramlik.
- Az eltömődések jelentősen befolyásolják terjedését, különösen az épületeken belül
- Az arányok a hideg (folyékony) hidrogén elpárologtatása során is jelentősen változnak.



# VISZKOZITÁS

- A viszkozitás a folyadék belső ellenállása a nyírófeszültséggel szemben (belső súrlódás)
- Kis molekulamérete miatt a hidrogén viszkozitása nagyon alacsony.
- Ennek eredményeként az áramlási sebesség viszonylag nagy, ha a gáz a tömítések, vezetékek stb. szivárgó (porózus) területein keresztül távozik.
- **A légmentesen zárható nem azt jelenti, hogy hidrogéntömör! GRAHAM effúziós törvény**
- A levegő átlagos moláris tömege: 29 kg/kmol
- A H<sub>2</sub> átlagos moláris tömege: 2 kg/kmol
- A CH<sub>4</sub> átlagos moláris tömege 16 kg/kMol



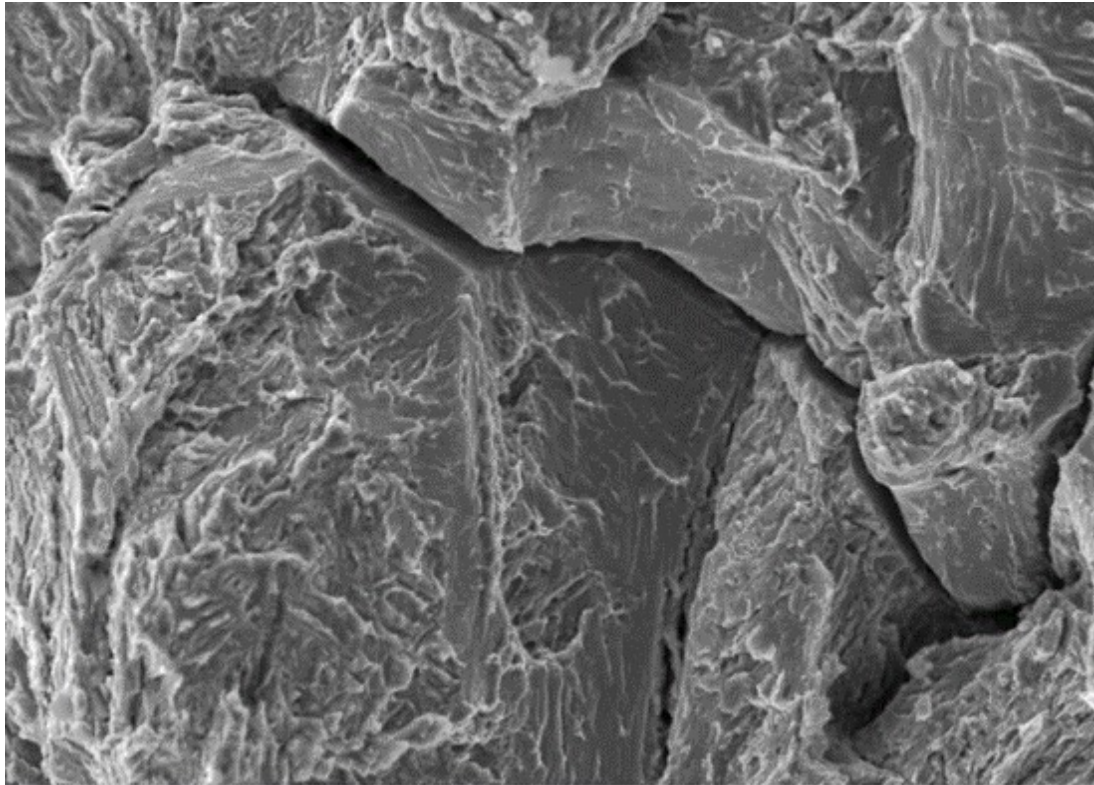
## Grahams Effúziós törvény

$$\frac{v_1}{v_2} = \sqrt{M_2/M_1}$$

$$v_{H_2} = 3,8 \cdot v_{Air}$$

Source: HAZ/TU Clausthal Regenerative Energiequellen WS 2007/2008

# HIDROGÉN RIDEGSÉG



typischer H-induzierter Bruch an 300M, 15kV, X1846, WD5mm

10  $\mu\text{m}$

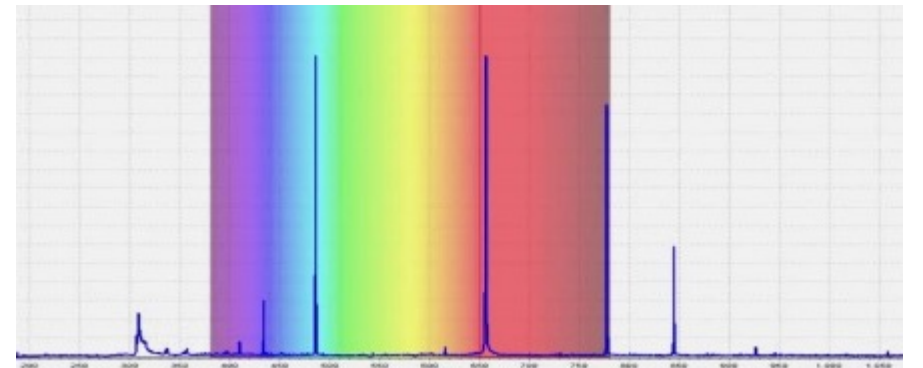
Steinbeis



VauQuadrat

# ÉGÉSI FOLYAMAT

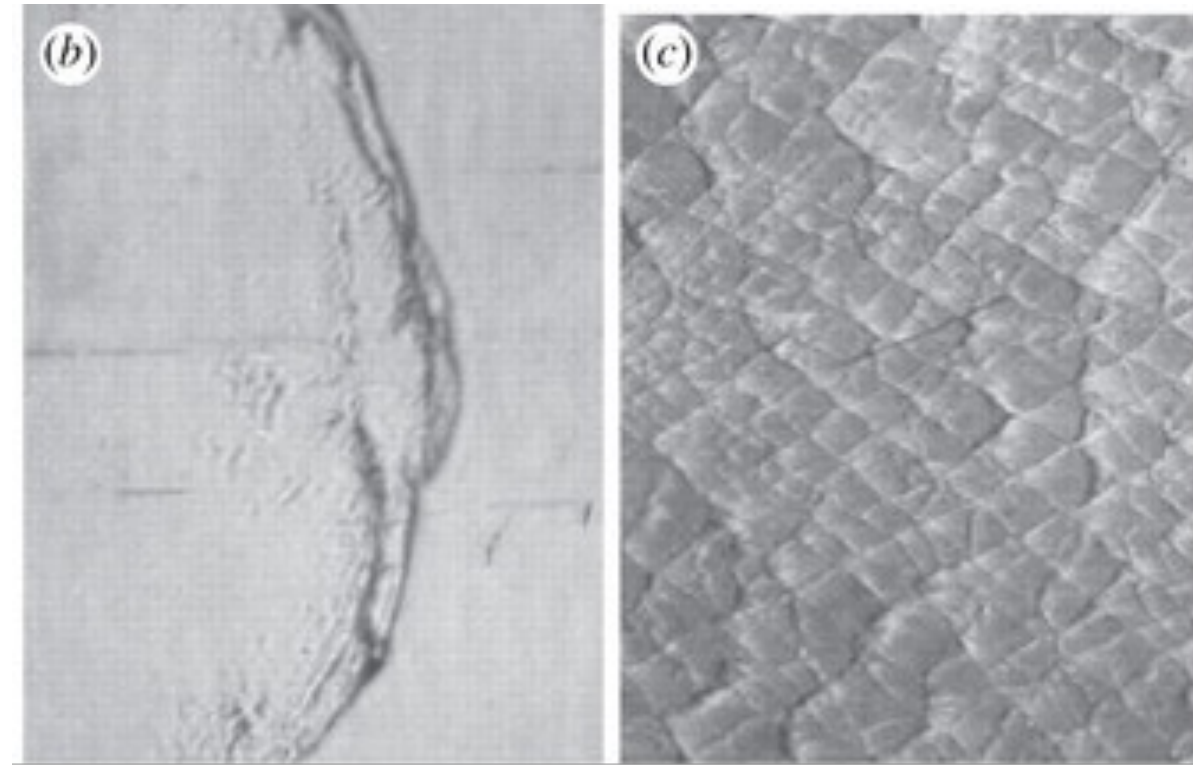
- A láthatatlan mikrolángtól a kis gyertyán át a nagynyomású sugárig terjed
- A szénhidrogénekkal ellentétben a hidrogénláng kevesebb hőt sugároz, és gyakorlatilag láthatatlan fényes nappal.
- A kibocsátás nagy része 350 nm körüli (UV közelében)
- Ez megnehezíti a hidrogénlángok észlelését pusztán az emberi érzékszervek segítségével
- Égési hőmérséklet levegővel: 2130°C



Wissen.de

# A HIDROGÉN ROBBANÁSA

- A lökéshullámok adta adiabatikus felmelegedés miatt terjed
- Az el nem égett keverék jelentős nyomásnövekedése és/vagy a nagyon magas gyújtási energiabevitel okozza
- Szórási sebesség 1500 m/s és 3400 m/s között.
- A detonációs nyomás 15 és 20 bar között van
- A detonáció terjedése térbeli hullámszerkezet formájában történik, a keverék koncentrációjától, hőmérsékletétől és nyomásától függően.



Geraint Thomas: Some observations on the initiation and onset of detonations;  
The Royal Society publication 2012



# KOCKÁZATELEMZÉS

- A gyártónak kockázatelemzést kell végeznie egy vagy több módszerrel az IEC 31010 B melléklete szerint, pl.
- HAZOP, hibafa elemzés (FTA), FMEA, Markov elemzés és/vagy ISO 12100 „Gépek biztonsága” alapján.
  - A folyamat során figyelembe kell venni a normál működést és a lehetséges meghibásodásokat
- A rendszer tervezésénél az ISO 12100 követelményeit kell követni.



Source: Sunfire

# ELSŐDLEGES VÉDELMI INTÉZKEDÉSEK A ROBBANÁSVESZÉLYES KEVERÉKEK ELKERÜLÉSÉRE:

- A rendszerelemek tömítettsége lehetőleg hegesztett kötésekkel a lehető legkevesebb csatlakozással
- Természetes szellőztetés hidrogén-koncentráció megfigyeléssel kombinálva
- Gázdetektorok az IEC 60079-29-1/-2/-3 és az ISO 26142 szerint
- Szükség esetén elegendő és megbízható műszaki szellőztetés bekapcsolása
- Meghibásodás esetén állítsa le a gáztermelést



# A RENDSZER RÉSZEINEK TÖMÍTETTSÉGE: MSZ EN 1127-1:2019: B MELLÉKLET

- **Normál szivárgásmentesség:** Normál működés közben nem várható kibocsátás; ha ez mégis előfordul, az ritkán és rövid ideig tart.
- **Fokozott szivárgásmentesség:** Egyáltalán nem várható kibocsátás, és nem alakulhat ki robbanásveszélyes légkör a környező környezetben
- **A fokozott szivárgásmentesség** elérésének egyik lehetséges módja a folyamatos gázmonitorozás, megfelelő mértékű funkcionális biztonság mellett
- **ISO 26142:** Helyhez kötött gázjelző berendezés H<sub>2</sub>-hez



VDI, Trotec

# ROBBANÁSELLENI VÉDELEM

- A robbanáselleni védelem tekintetében el kell végezni az MSZ EN/IEC 60079-10-1 szerinti zónabesorolást, és szükség esetén az MSZ EN/IEC 60079-0 és az azt követő robbanásvédelmi megoldásokat kell alkalmazni.
- Oxigén dús környezetben be kell tartani a speciális robbanásbiztonság-technikai feltételeket.
- A felszabaduló hidrogén maximális koncentrációja 1% lehet, gáزدetektorok használatával.
- Vészleállítási és leállítási intézkedések szükségesek.



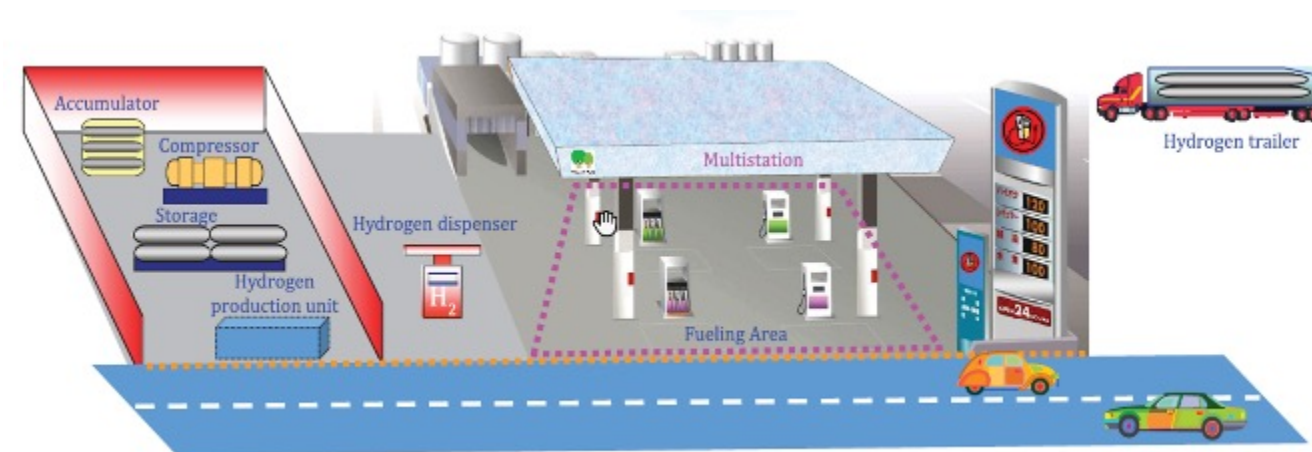
# FONTOS MECHANIKAI KÖVETELMÉNYEK

- Alábbi megfelelések
  - mechanikai
  - termikus
  - elektromos
  - kémiai terhelések
- A burkolatoknak megfelelő tűzállósággal kell rendelkezniük
- Megfelelő védelem az elektrosztatikus feltöltődés ellen
- A nyomástartó alkatrészeknek a szükséges szilárdsággal kell rendelkezniük
- Védelem a külső hatásokkal szemben



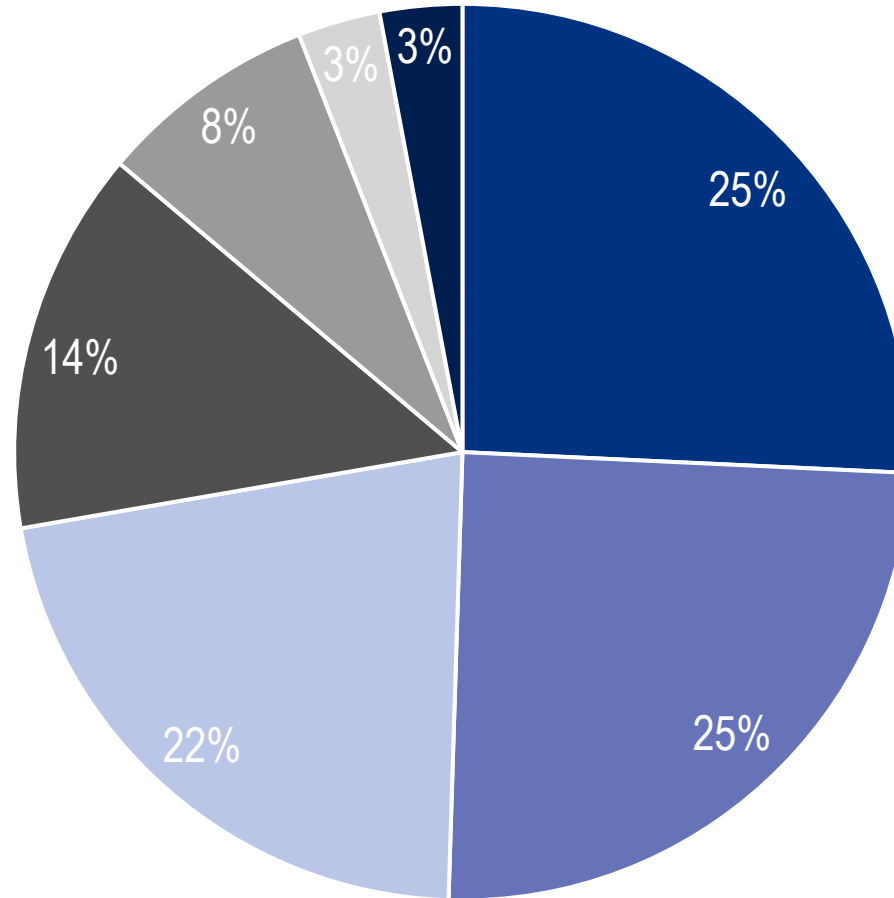
# SZEMÉLYI KOMPETENCIA A HELYES TERVEZÉSHEZ, TELEPÍTÉSHEZ, ÜZEMELTETÉSHEZ, ELLENŐRZÉSHEZ ÉS KARBANTARTÁSHOZ

- Zónabesorolás az MSZ EN/IEC 60079-10-1 szerint
- Telepítés az MSZ EN/IEC 60079-14 szerint
- Védelemtípusok az MSZ EN/IEC 60079 és MSZ EN/ISO 80079-36/37 szerint
- Ellenőrzés és karbantartás az MSZ EN/IEC 60079-17 szerint
- Javítás az MSZ EN/IEC 60079-19 szerint



# HIDROGÉNALKALMAZÁSOK BALESETEINEK ELEMZÉSE

- működési és munkaterületi hiányosságok
- eljárási hiányosságok
- tervezési hiányosságok
- meghibásodások
- anyagi hibák
- anyagi összeférhetlenség



NASA, Der Spiegel;

**NASA TECHNICAL  
MEMORANDUM**

NASA TM X-71565

NASA TM X-71565

**REVIEW OF HYDROGEN ACCIDENTS AND INCIDENTS  
IN NASA OPERATIONS**

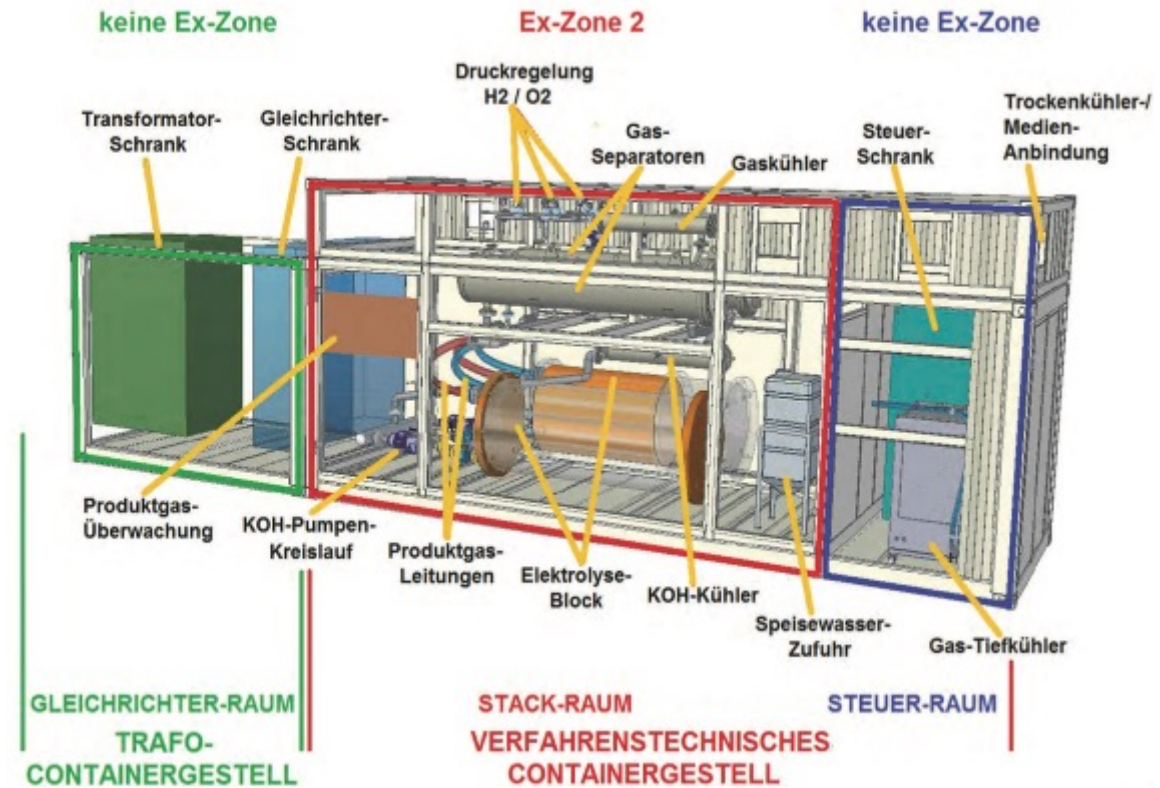
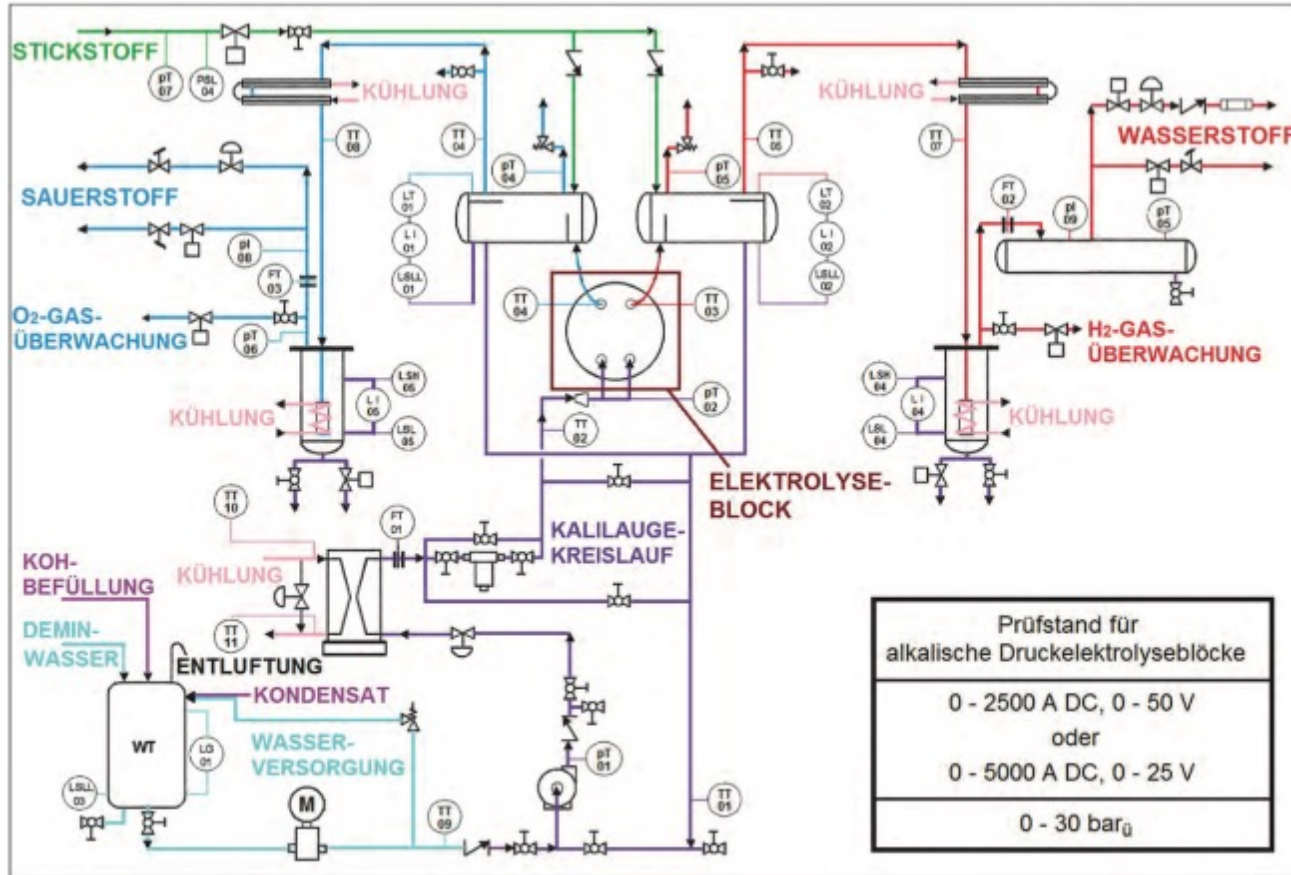
by Paul M. Ordin  
Lewis Research Center  
Cleveland, Ohio





# NEMZETKÖZI SZABVÁNYOK

# ISO 22734: VÍZELEKTROLÍZISSEL MŰKÖDŐ HIDROGÉNGENERÁTOROK – IPARI, KERESKEDELMI ÉS LAKOSSÁGI ALKALMAZÁSOK (2019)

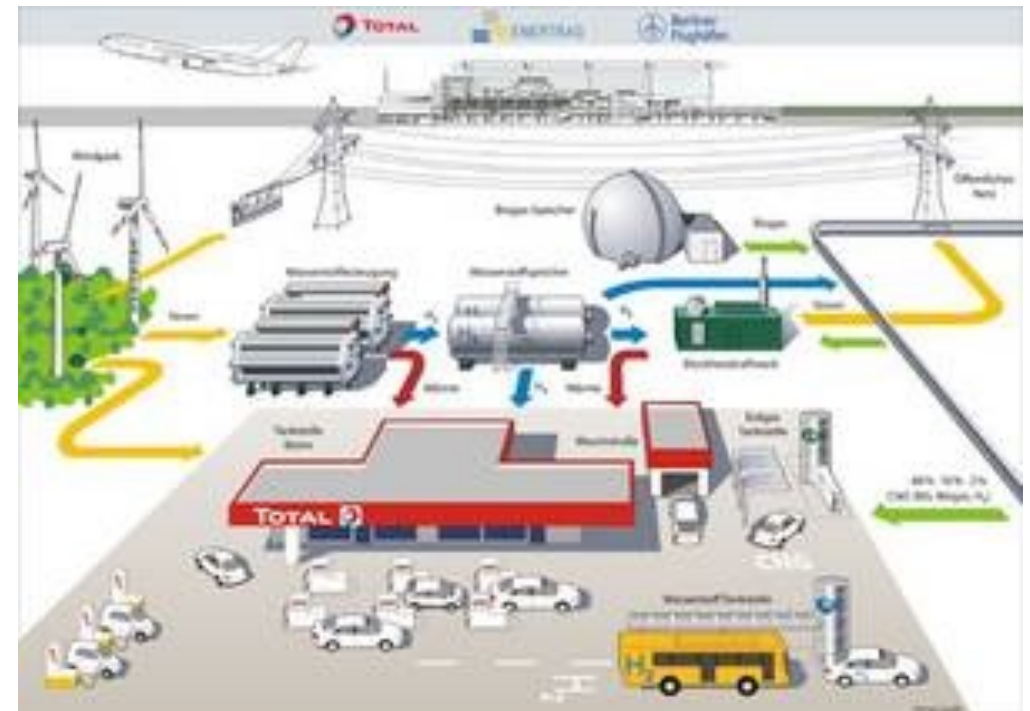


Quelle:ZLS

# HIDROGÉN TÖLTŐÁLLOMÁSOK ISO 19880-1:2020

A következőket kell potenciális veszélyforrásnak tekinteni:

- Helyi H<sub>2</sub> termelési egységek
- A teljes H<sub>2</sub>-ellátó rendszer (külső szemszögből)
- Kompresszorok
- Tartályok
- Nem hegesztett csővezeték csatlakozások
- Hidrogén elosztás a járművekig

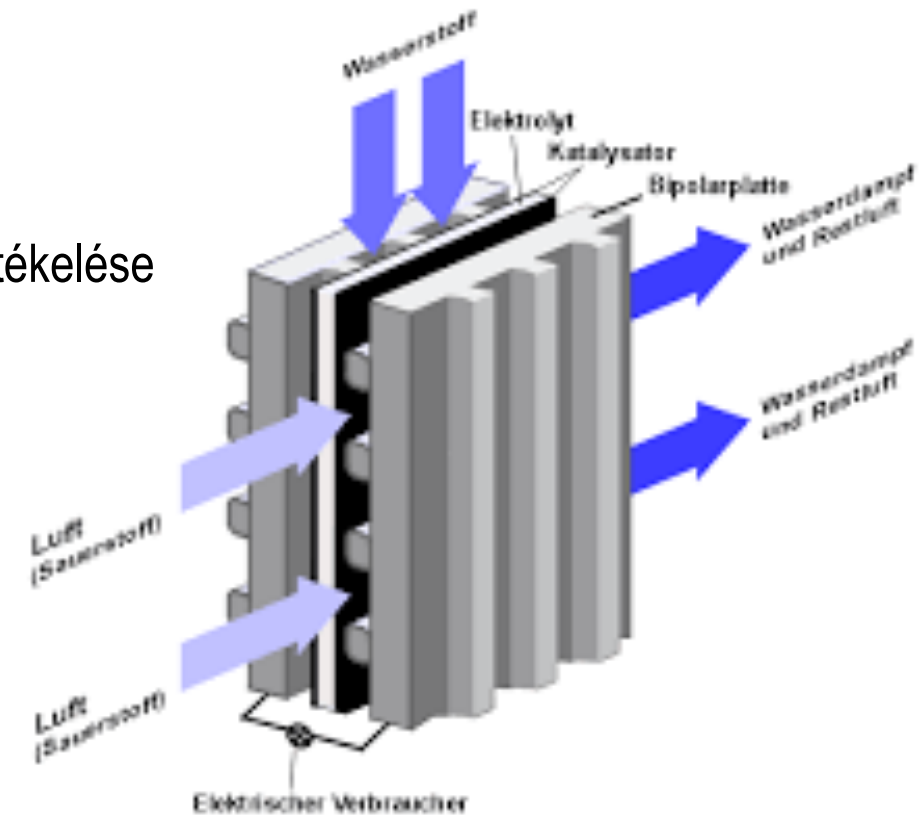


Leuna - echo

**Minden területet szisztematikus kockázatértékelésnek kell alávetni**

# IEC SZABVÁNYOK (TC 105): IEC 62282-2-100 (CDV) ÜZEMANYAGCELLA-TECHNOLÓGIÁK – 2. RÉSZ -100: ÜZEMANYAGCELLA-MODULOK

- A gyártónak átfogó kockázatelemzést kell végeznie, beleértve az alábbi írásos dokumentációt is:
  - Az összes észszerűen előrelátható veszély azonosítása (lásd az A. függelék a tipikus veszélyek listájával)
  - Az előfordulás valószínűségének és az előrelátható súlyosságnak az értékelése
  - Minden kockázat megszüntetése vagy elfogadható szintre csökkentése.
- A kockázatcsökkentő intézkedések alternatívái:
  - Az inherens biztonságos szerkezetek és/vagy
  - az energiakibocsátás passzív vezérlése biztonságos területeken (bontótárcsák, kioldószelepek) és/vagy
  - biztonsággal kapcsolatos vezérlési funkciók
  - a fennmaradó kockázatok kezelése szervezési módszerekkel (műveleti utasítások, figyelmeztető címkék stb.)



# IEC 62282-3-100: 2020 ÉS 62282-5-100:2020 HELYHEZ KÖTÖTT / HORDOZHATÓ ÜZEMANYAGCELLÁS ENERGIARENDSZEREK BIZTONSÁGA

- Kockázatelemzések, például üzemanyagcellás modulok esetében
- Az anyagtulajdonságok és a folyamatstabilitás tekintetében ugyanazok a követelmények, mint a moduloknál
- A gyúlékony légkör felhalmozódásából adódó veszélyeket meg kell szüntetni!
- Az éghető gázok vagy gőzök forrását tartalmazó területeket azonosítani és osztályozni kell
- Ezeken a területeken az AÉH maximális 25%-os tüzelőanyag-koncentrációig történő hígítása biztosított és a lehető legnagyobb mértékben ellenőrzött.
- Ez a robbanásveszélyes területnek minősített terekben nem lehetséges.



Fuel Cell Works.com

# Referenciák



Veress Árpád – H2

# HIDROGÉN (H<sub>2</sub>) – MŰKÖDÉSBIZTONSÁGI SZEMPONTOK (RB)

ExNB Tanúsító Intézet

1154 Budapest

Kozák tér 13-16

+36 30 9660 223 / [www.exnb.eu](http://www.exnb.eu)