

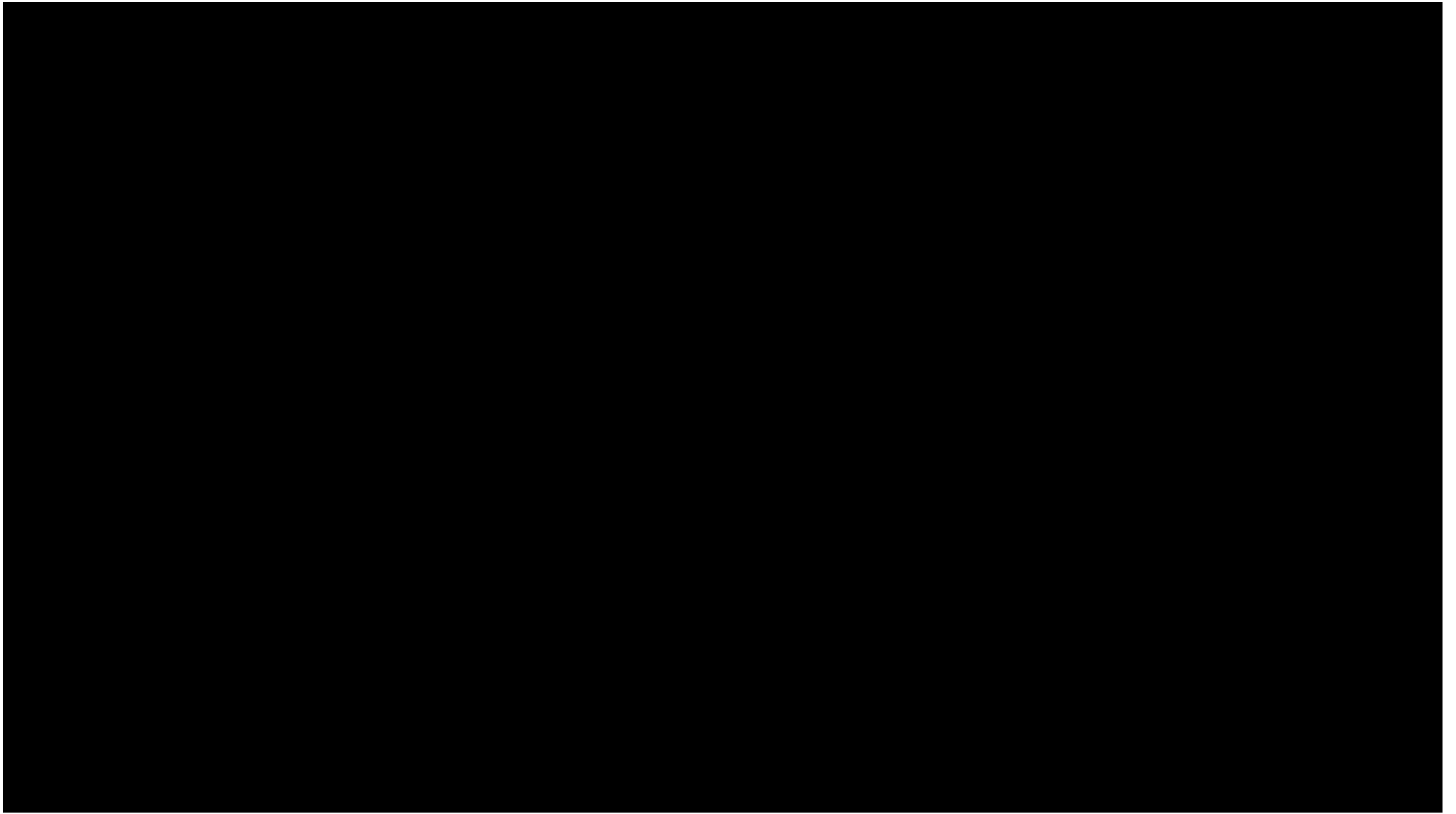


kvyreen

Der wasserstoff-betriebene Schnell-Lader

SSM Vortragstagung 2023
Sursee 22.11.2023





Diesel-/Benzin-Betankung bietet hohen Kundennutzen und bildet das 'Referenzsystem'



Vergleich der Betankungs-/Ladesysteme

| | Diesel/Benzin  | Wasserstoff  | Batterie-Schnelllader  |
|---|--|---|---|
| Energie-Übertragungsleistung* [MW] | | | |
| Betankung | | | |
| Verfügbarkeit (CH) | | | |
| Energiesystem** | | | |

* zum Heizwert

** Förder-/Produktions-/Logistiksystem

Diesel-/Benzin-Betankung bietet hohen Kundennutzen und bildet das 'Referenzsystem'



Vergleich der Betankungs-/Ladesysteme

| | Diesel/Benzin  | Wasserstoff  | Batterie-Schnelllader  |
|---|---|--|--|
| Energie-Übertragungsleistung* [MW] | 10 | | |
| Betankung | PKW, LKW, Töff, Boote, Generatoren, Rasenmäher, ... | | |
| Verfügbarkeit (CH) | Überall | | |
| Energiesystem** | Handelsware, entkoppelt | | |

* zum Heizwert

** Förder-/Produktions-/Logistiksystem

Diesel-/Benzin-Betankung bietet hohen Kundennutzen und bildet das 'Referenzsystem'



Vergleich der Betankungs-/Ladesysteme

| | Diesel/Benzin  | Wasserstoff  | Batterie-Schnelllader  |
|---|--|---|---|
| Energie-Übertragungsleistung* [MW] | 10 | 10 | |
| Betankung | PKW, LKW, Töff, Boote, Generatoren, Rasenmäher, ... | PKW, LKW, bald Schiffe | |
| Verfügbarkeit (CH) | Überall | Derzeit 16 Tankstellen in Betrieb, Netz im Aufbau | |
| Energiesystem** | Handelsware, entkoppelt | Handelsware, entkoppelt | |

* zum Heizwert

** Förder-/Produktions-/Logistiksystem

Diesel-/Benzin-Betankung bietet hohen Kundennutzen und bildet das 'Referenzsystem'



Vergleich der Betankungs-/Ladesysteme

| | Diesel/Benzin  | Wasserstoff  | Batterie-Schnelllader  |
|---|---|--|--|
| Energie-Übertragungsleistung* [MW] | 10 | 10 | 0.15 (150 kW) |
| Betankung | PKW, LKW, Töff, Boote, Generatoren, Rasenmäher, ... | PKW, LKW, bald Schiffe | PKW, LKW, bald Schiffe |
| Verfügbarkeit (CH) | Überall | Derzeit 16 Tankstellen in Betrieb, Netz im Aufbau | Derzeit ca. 3'000 Schnellladestationen, Netz im Aufbau |
| Energiesystem** | Handelsware, entkoppelt | Handelsware, entkoppelt | Keine Handelsware, nicht entkoppelt |

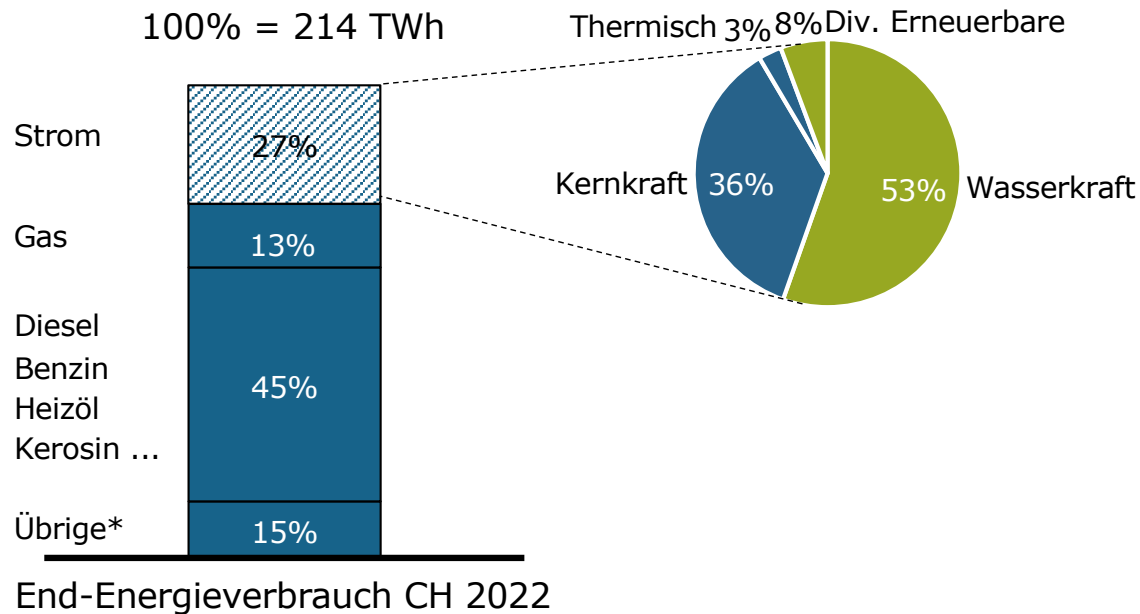
* zum Heizwert

** Förder-/Produktions-/Logistiksystem

Strom macht auch in der Schweiz nur $\frac{1}{4}$ des Gesamt-Energieverbrauches aus



End-Energieverbrauch CH Knapp 2/3 unserer Stromproduktion ist erneuerbar



Zielkonflikt:

Sichere Stromversorgung für die Schweiz



Dekarbonisierung

Quelle: Gesamtenergiestatistik Schweiz 2022

* Holz, Fernwärme, Industrieabfälle, übrige erneuerbare Energien (ca. 4%), Kohle

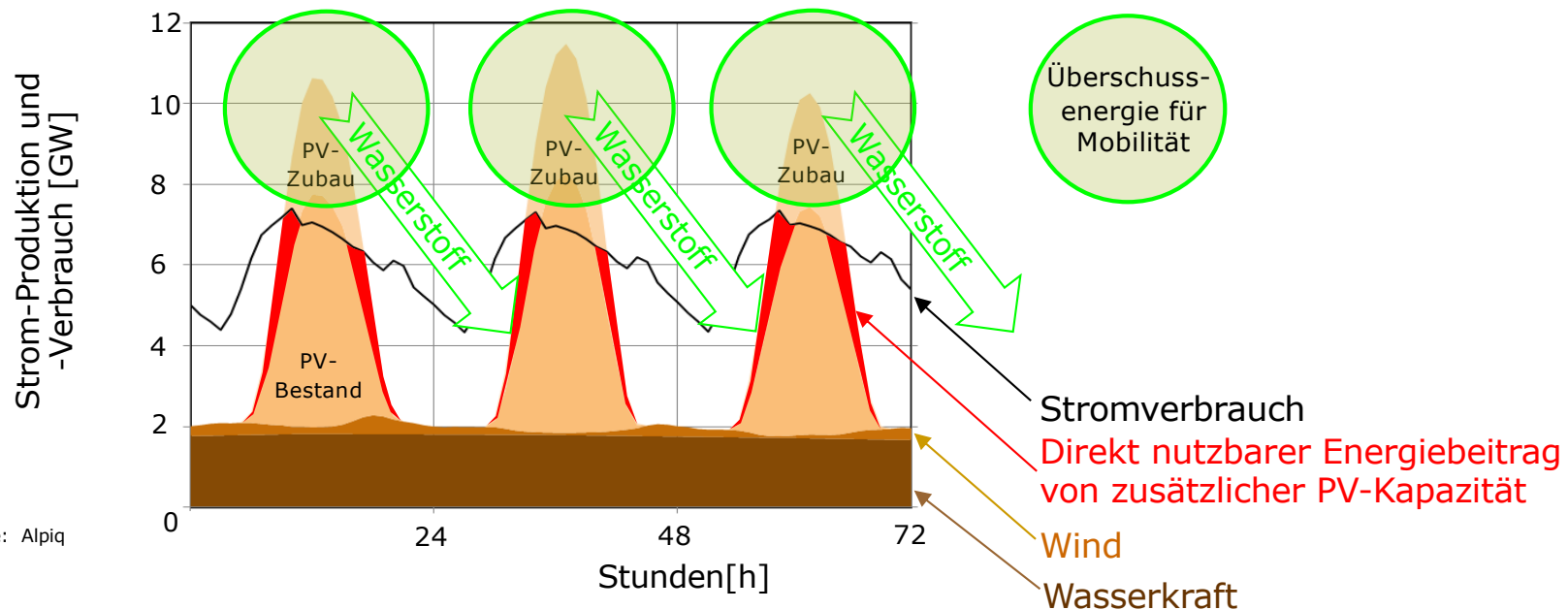
Wasserstoff erhöht die Nutzbarkeit von erneuerbarem Strom



Erneuerbare Energien = kontinuierlicher **Wechsel zwischen Überschuss und Mangel**

⇒ **Wasserstoff wird 'Ausgleichselement'**

Siehe NZZ: <https://www.nzz.ch/visuals/deutschland-muss-immer-haeufiger-strom-verschenken-und-ihn-anschliessend-teuer-zurueckkaufen-ld.1765078>




Quelle: Alpiq

Schweizer H₂-Ökosystem für den Betrieb einer H₂-LKW-Flotte



Hyundai H2 Energy




H₂-LKW-Flotte
- Reichweite 400 km
- 'Pay-per-use' Modell
- Derzeit 48 H₂-LKW
in täglichem Betrieb

**Tankstellenbetreiber–
Wasserstoff-Förderverein**
Avia, Agrola, Coop/CMA, Migrol,
Shell, Socar, Tamoil, ...

Wasserstoff-Tankstellen
- derzeit 16 in Betrieb



Alpiq H2 Energy Linde



Erneuerbar Strom

H₂-Produktion
- derzeit 4.5 MW
- ca. 80 kg/h

H₂-Logistik

Schweizer H₂-Ökosystem ist auch Basis für alle weiteren **H₂-Anwendungen**



- H₂-Anwendungen**
- LKW
 - Schnell-Lader
 - Schiffe
 - Gebäude
 - ...



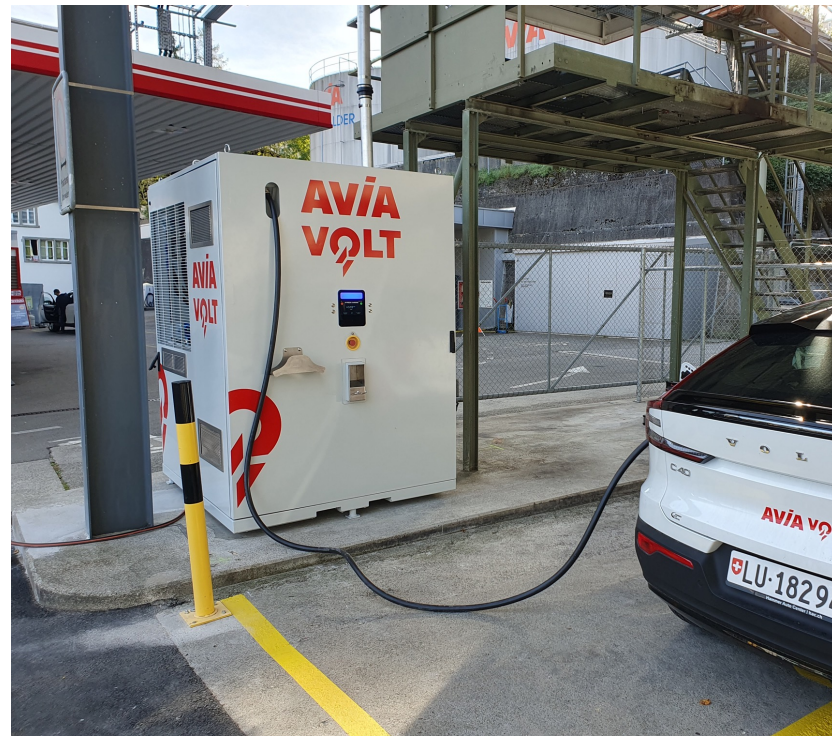
- Erneuerbarer Strom**
- H₂-Produktion**
- H₂-Logistik**

- H₂-Tankstellennetz**
- H₂-Versorgungssystem**

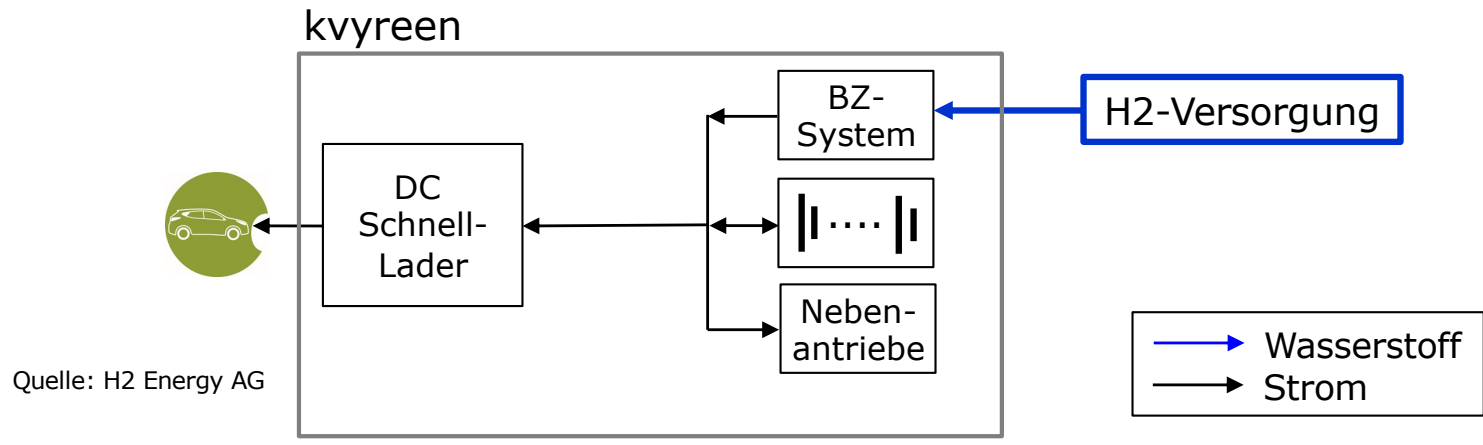
Wasserstoff-betriebener mobiler Schnell-Lader für Aufladung von batterie-elektrischen Fahrzeugen



Bereits im Einsatz bei AVIA in St. Gallen



Konzeptbild



Quelle: H2 Energy AG

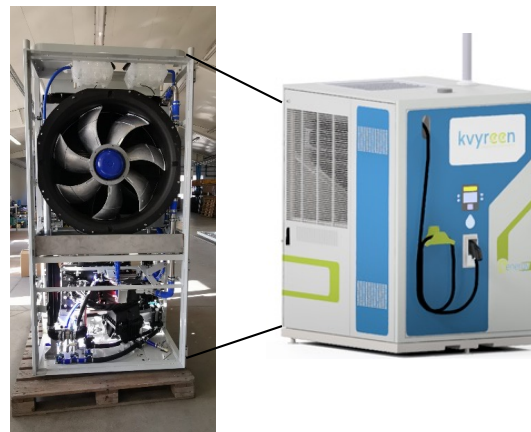
Design-Evolution



Prototyp

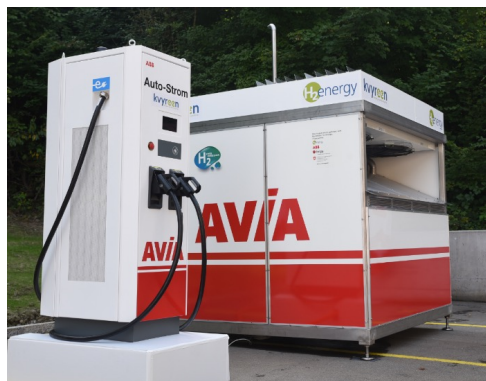
- Netzanschluss für Startvorgang
- Externer ABB Terra Lader (AC/DC-Lader)
- In Betrieb seit 03/22

Design-Evolution



| Prototyp | Re-design |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none">▪ Netzanschluss für Startvorgang▪ Externer ABB Terra Lader (AC/DC-Lader)▪ In Betrieb seit 03/22 | <ul style="list-style-type: none">▪ Integrierter DC/DC-Lader▪ Leistungsmodul mit Batterie▪ Komplett autarker Betrieb (nur H2-Versorgung notwendig) |

Design-Evolution



| Prototyp | Re-design | Produkt (kvyreen 80 CG) |
|---|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> ▪ Netzanschluss für Startvorgang ▪ Externer ABB Terra Lader (AC/DC-Lader) ▪ In Betrieb seit 03/22 | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Integrierter DC/DC-Lader ▪ Leistungsmodul mit Batterie ▪ Komplett autarker Betrieb (nur H2-Versorgung notwendig) | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Inbetriebnahme 02/23 ▪ CE Konformität ▪ Serienprodukt verfügbar Q2/24 |

Verfügbarkeit der Ladeleistung ist entscheidend



Aufladung batterie-elektrischer LKW



Elektrische Schnell-Lader

- Für PKW ein Komfortfaktor
- Für LKW eine notwendige Betriebs-Voraussetzung
- Ladeleistung abhängig von örtlicher und zeitlicher Verfügbarkeit (Netzbelastung)
- Netzgebundene Schnell-Lader erlauben keine kurzfristige örtliche und zeitliche Kapazitätsanpassung

Vorteile kvyreen

- Keine lokale Netzbelastung
- Zuverlässige Ladeleistung und
- CO₂-freie Aufladung
- Mobile Einheit erlaubt bedarfsgerechte Ladekapazität

Wasserstoff-betriebener Schnell-Lader kvyreen 80



kvyreen 80

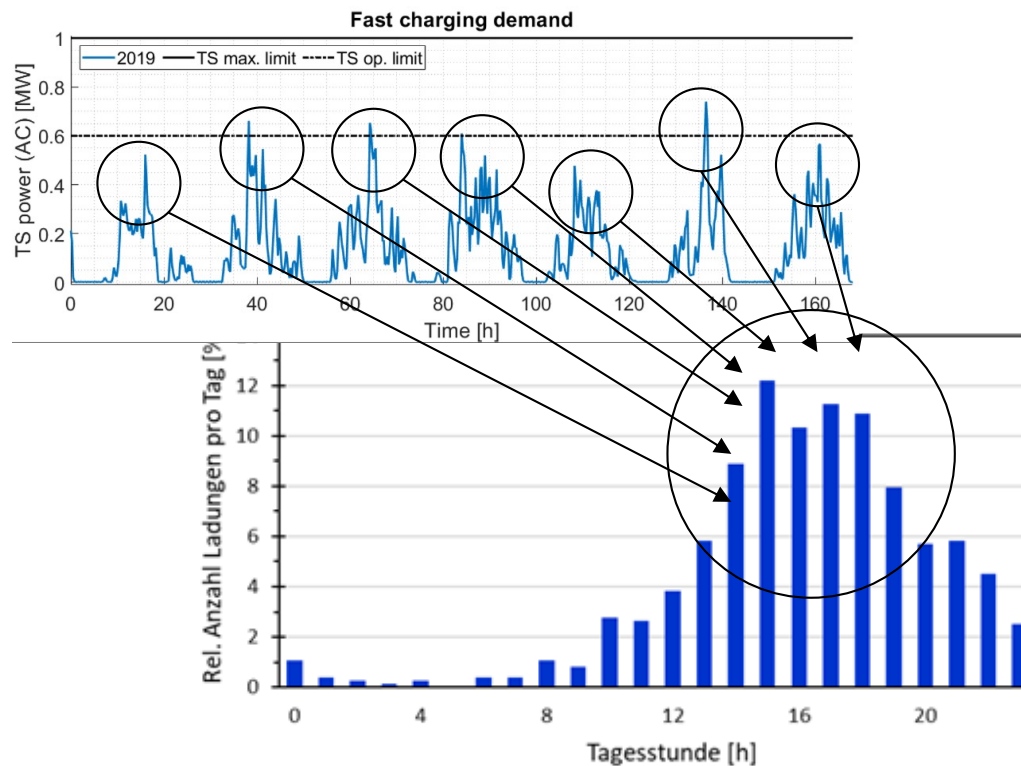


Spezifikationen

- CCS Type II, 1 Ladepunkt
- Ladeleistung 80 kW
- Gewicht ca. 1'800 kg
- Umgebungstemperatur -30 to +35 °C
- H2-Qualität SAE J2719, ISO 14687 (D)
- H2-Verbrauch ca. 1.2 kg/100km
- Notwendige Infrastruktur
 - H2-Versorgung
 - PE-Erdungsanschluss
- Integriertes Transportsystem
- CE-Konformität

Aufladungen an öffentlichen Ladestationen konzentrieren sich am Nachmittag und Abend

Verteilung der Aufladungen über 24h



Öffentliche Ladestationen

- Aufladeverhalten ähnlich wie Betankungsverhalten
- 70% aller Aufladungen an öffentlichen Ladestationen im Zeitraum 15:00 bis 22:00 Uhr
- Ausgeprägte Belastung des lokalen Stromnetzes
- Schnell-Ladestationen erfordern hohe Investitionen in den Netzausbau

Source: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360544218305589>

Je nach Tages- und Jahreszeit **sehr unterschiedliche CO₂-Emissionen durch Batteriefahrzeuge**



Spezifische CO₂-Emissionen des Strombezugs im Jahr 2020 in Deutschland

Quelle: EUPD Research 2021

| CO ₂ -Emissionen im Strommix [g CO ₂ je kWh] | Jan | Feb | Mrz | Apr | Mai | Jun | Jul | Aug | Sep | Okt | Nov | Dez |
|--|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 00:00 | 349 | 227 | 297 | 294 | 314 | 362 | 408 | 413 | 450 | 368 | 433 | 396 |
| 01:00 | 346 | 222 | 293 | 287 | 305 | 348 | 399 | 401 | 443 | 362 | 429 | 390 |
| 02:00 | 342 | 217 | 293 | 284 | 301 | 341 | 390 | 393 | 438 | 352 | 425 | 387 |
| 03:00 | 341 | 216 | 290 | 284 | 302 | 340 | 385 | 393 | 437 | 359 | 426 | 385 |
| 04:00 | 343 | 220 | 297 | 290 | 306 | 344 | 386 | 399 | 442 | 368 | 430 | 388 |
| 05:00 | 355 | 232 | 310 | 301 | 319 | 357 | 393 | 414 | 455 | 389 | 441 | 400 |
| 06:00 | 367 | 247 | 322 | 304 | 318 | 360 | 389 | 421 | 464 | 407 | 451 | 414 |
| 07:00 | 373 | 253 | 311 | 288 | 295 | 342 | 360 | 403 | 449 | 407 | 450 | 418 |
| 08:00 | 374 | 253 | 290 | 263 | 268 | 318 | 327 | 373 | 419 | 400 | 440 | 419 |
| 09:00 | 367 | 247 | 273 | 235 | 242 | 294 | 286 | 346 | 393 | 386 | 430 | 416 |
| 10:00 | 359 | 239 | 253 | 203 | 216 | 274 | 273 | 322 | 366 | 372 | 420 | 410 |
| 11:00 | 354 | 232 | 240 | 183 | 200 | 259 | 257 | 302 | 341 | 361 | 412 | 407 |
| 12:00 | 350 | 229 | 235 | 172 | 192 | 250 | 247 | 291 | 324 | 351 | 412 | 409 |
| 13:00 | 353 | 228 | 238 | 167 | 189 | 245 | 242 | 288 | 315 | 349 | 424 | 419 |
| 14:00 | 364 | 233 | 246 | 168 | 189 | 245 | 242 | 292 | 320 | 356 | 444 | 431 |
| 15:00 | 380 | 244 | 263 | 176 | 197 | 251 | 250 | 306 | 340 | 374 | 469 | 437 |
| 16:00 | 389 | 258 | 292 | 198 | 210 | 265 | 269 | 328 | 377 | 398 | 476 | 429 |
| 17:00 | 379 | 264 | 323 | 239 | 240 | 288 | 300 | 360 | 420 | 413 | 460 | 417 |
| 18:00 | 373 | 260 | 335 | 279 | 276 | 320 | 333 | 390 | 454 | 411 | 454 | 418 |
| 19:00 | 372 | 259 | 333 | 301 | 305 | 352 | 364 | 414 | 462 | 404 | 456 | 421 |
| 20:00 | 368 | 254 | 330 | 306 | 324 | 376 | 393 | 427 | 462 | 400 | 460 | 422 |
| 21:00 | 363 | 246 | 326 | 307 | 332 | 388 | 409 | 431 | 468 | 394 | 456 | 418 |
| 22:00 | 359 | 243 | 323 | 305 | 333 | 386 | 413 | 432 | 468 | 386 | 454 | 416 |
| 23:00 | 351 | 235 | 316 | 296 | 326 | 383 | 417 | 432 | 457 | 373 | 448 | 409 |

CO₂-Emissionen Batteriefahrzeuge

- CO₂-Emissionen
- **41 gCO₂/km @ 167 gCO₂/kWh**
- **119 gCO₂/km @ 476 gCO₂/kWh**

Zum Vergleich Auto Ottomotor (kein Hybrid)

- VW Polo 1.0 TGI = **103 gCO₂/km**

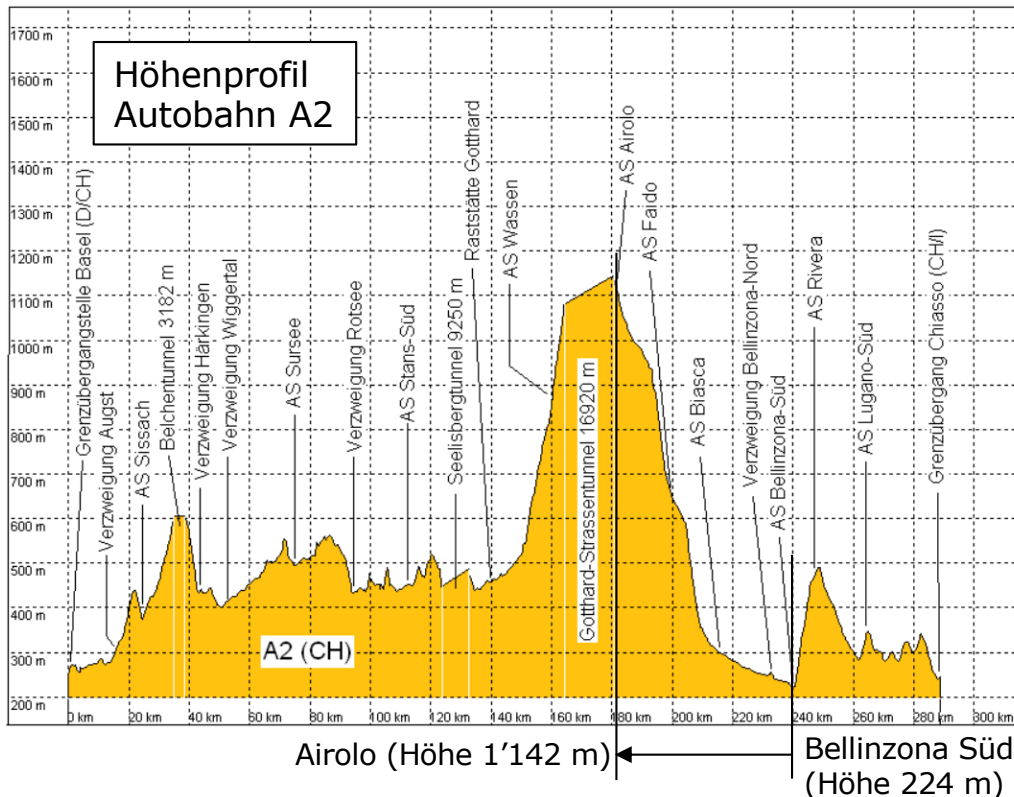
Annahmen für BEV-Fahrzeug

- Wirkungsgrad Aufladung 80%
- Energiebedarf 20 kWh/100 km
- WLTP

Quelle: <https://www.eupd-research.com/co2-emissionen-im-deutschen-strommix-schwanken-im-jahresverlauf-2020-sehr-stark/>

Alpenübergänge benötigen zusätzliche Energie

Bsp.: A2, Südl. Rampe Gotthardtunnel



Streckenabschnitt Bellinzona Süd - Airolo

- Länge 59 km
- Höhenunterschied +918 m

Energiebedarf Batt.-PKW

- Nur PKW 17.2 kWh (30% Kapazität)
- PKW&Caravan 25.6 kWh (50% Kapazität)

Schnell-Ladebedarf

- ⇒ Temporärer Spitzenbedarf an Fusspunkten (ca. 50-80 Tage/a)
- ⇒ Wasserstoff-betriebene mobile Schnell-Lader zur Spitzenabdeckung des Ladebedarfs
- ⇒ Sommer Alpenübergänge, Winter Wintersportorte

CO₂-freie Baustellen erfordern temporäre/lokale Schnellladekapazität



Kvyreen auf Baustellen

- Ermöglicht temporäre und CO₂-freie Schnellladekapazität
- Auf-/Abbau in weniger als 60 Min.
- Mit Hydrosponder H₂-Container stehen ca. 6 MWh elektrische Energie zur Verfügung



Quelle: H2 Energy AG, AVIA Osterwalder St.Gallen AG

kvyreen

Der wasserstoff-betriebene Schnell-Lader



Zusammenfassung

- Ergänzung zu bestehendem, netz-betriebenem Ladenetz
- Keine Belastung des lokalen Stromnetzes
- Garantierte Ladeleistung
- Weitgehende CO2-Freiheit der Aufladung
- Mobile Einheit ermöglicht eine örtliche und zeitliche Anpassung der Lade-Infrastruktur und -Kapazität
- Wichtiges Element für die kommerzielle Nutzung von batterie-elektrischen LKW



Ausblick: Ein Leistungsmodul für **verschiedene Anwendungen**



kvyreen Leistungsmodul



Ausblick: Ein Leistungsmodul für **verschiedene Anwendungen**



H₂-Versorgung

Flaschen-
bündel



H₂-
Tankstellen



Hydrospider-
Container



kvyreen Leistungsmodul



Ausblick: Ein Leistungsmodul für **verschiedene Anwendungen**



H₂-Versorgung

Flaschenbündel



H₂-Tankstellen



Hydrospider-Container



kvyreen Leistungsmodul



Anwendung



Schnell-Lader
160 kW



Generator



Schiffe



Gebäude

Danke für Ihr
Interesse!

info@h2energy.ch



Vier Geschäftssegmente der H₂ Energy AG

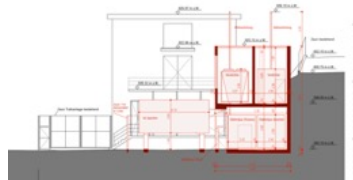


Wasserstoffstrategien



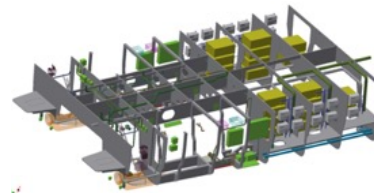
- Gestaltung Ökosysteme für spezifische Anwendungen
- Kommerzialisierung
- Technologiebewertung
- Länderstrategien und Geschäftsplanung

Power to Gas Engineering



- Komplettanbieter H₂-Infrastruktur (Produktion und Logistik)
- Generalplanung
- Bewilligungen
- H₂-spezifischer Knowhow-Transfer
- Implementierung

FC Application Engineering



- Non-automotive BZ-Anwendungen
 - Stromversorgungen
 - Schiffe
 - Gebäude
 - Arbeitsgeräte
 - ...
- System-Engineering
- Prototyping
- Implementierung

HRS Engineering

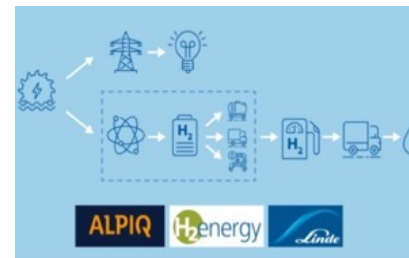


- Machbarkeitsstudien für H₂-Tankstellen
- Technologieauswahl
- Bewilligungen und Zulassungen
- Anlagenplanung

Akteure des Schweizer H2-Ökosystems



Segmente



Haupt- produkte

- H2 Strategien
- PtG Engineering
- FC Applikationen
- HRS Engineering

- Produktion erneuerbarer Wasserstoff
- Lagerung und Verteilung

- Hyundai H2-Trucks für Europa
- Reparatur und Unterhalt
- Pay-per-use Betriebsmodell

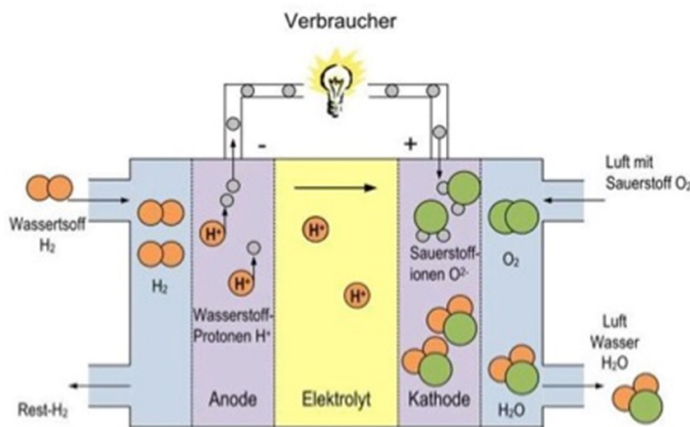
H₂ Produktion in Esbjerg (DK)



1GW H₂ Produktions- and Verteiler Station

- Erneuerbarer Strom aus Off-shore Windkraftwerken
- Produktionskapazität 18 t/h und ca. 100'000 t/a
- Pipeline System via Egtved nach Fredericia (Verteilerzentrum)
- Zieldatum für Inbetriebnahme Q1 2027

A Fuel cell (FC) converts hydrogen in electricity and heat – emission-free, efficient and quiet

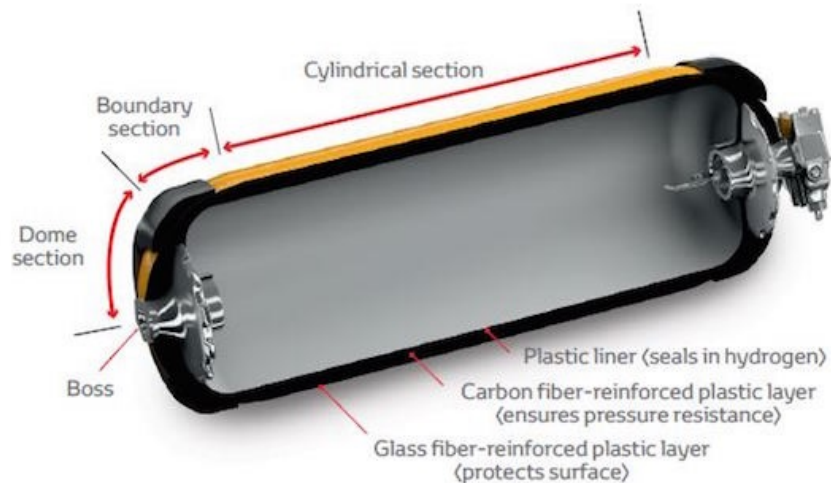


Stack of a PEM Fuel Cell
(PEM = Proton Exchange Membran)

PEM Fuel Cell

- Mostly used type for mobile applications
- Key components are stack and supply unit (H₂, air, water)
- Minimum of moving parts, very quiet
- Compact design (stack about 3 kW/l)
- Service life typical 15'000-30'000 h
- Increasing production numbers and automated manufacturing processes are securing continuous improvement of cost-effectiveness and reliability (expectation <80kEUR/100kW @ 2020)

Storage of gaseous H₂ in pressure vessels represents state of technology for automotive applications

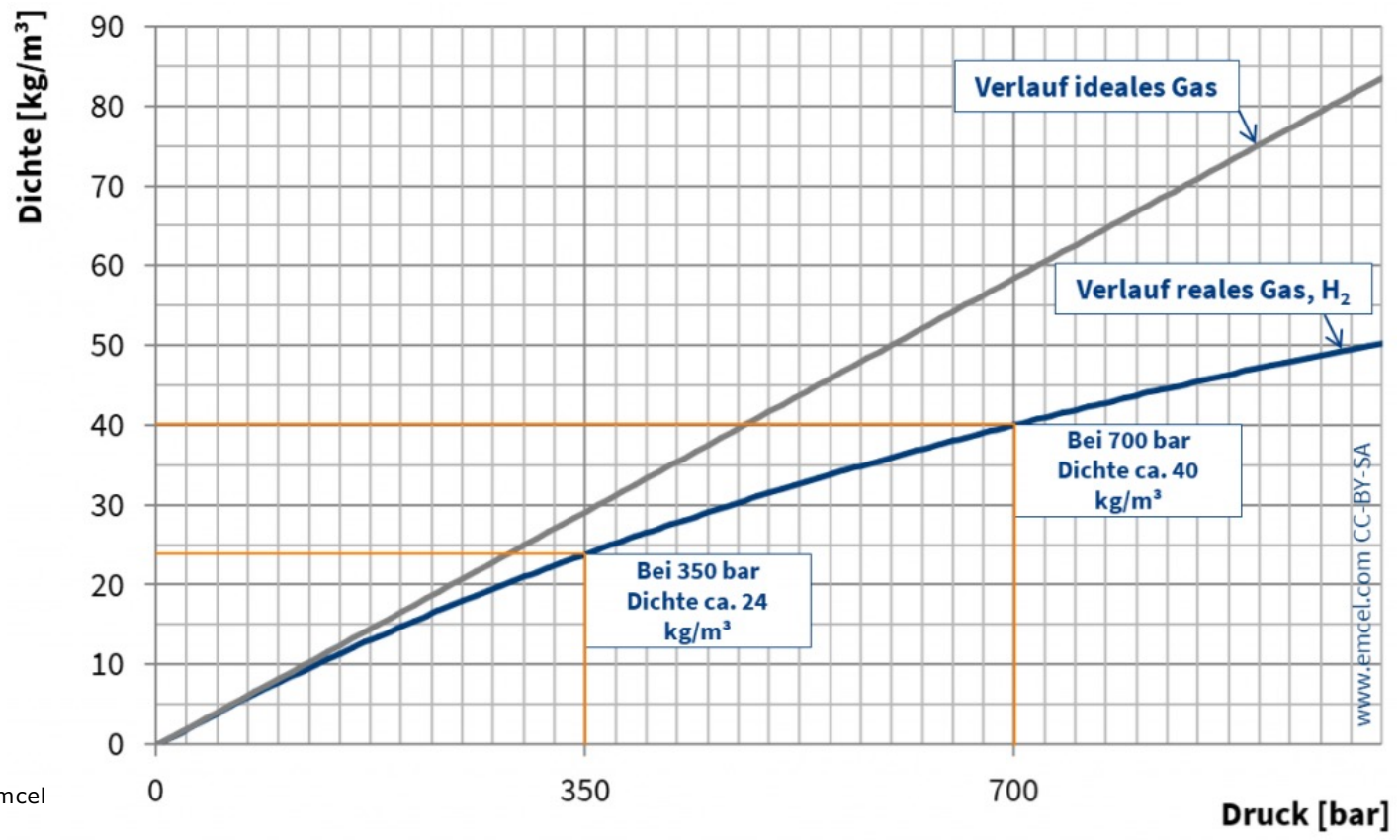


Concept of tank

- For automotive applications gaseous H₂ is stored in pressure vessels at 350 bar (truck) and at 700 bar (car)
- For other applications containerized cylinder bundles at 200-500 bar are available
- Proven, reliable and certified components, manufactured in series production
- Different sizes and configurations available
- Certified for automotive applications, no operational restrictions on cars or trucks

Source: Toyota

Hydrogen is non-ideal Gas ...



Source: emcel

H2 Pipelinenetze und –infrastruktur sind weltweit seit Jahrzehnten im Einsatz und gewährleisten einen kostengünstigen und sicheren Transport

Länge der Pipelinenetze in verschiedenen Ländern



HyARC 2017; own diagram
Shell Hydrogen Study © Shell

H2-Transport in Pipelines

- Für grossindustrielle H2-Nutzung (H2 als Handelsware)
- Der grösste Teil wird firmenintern produziert und genutzt
- Betriebskosten und Sicherheitsanforderungen sind bekannt und erprobt