



MOLINARI

# Zillertalbahn 2020+ Energieautonom mit Wasserstoff Tiroler Netzwerktreffen Energie DI Stefan Wechner

«A passion for railway solutions»



TECHNOLOGY



MANUFACTURING



PROJECTS

# Molinari Rail

## Zillertalbahn 2020+ Energieautonom mit Wasserstoff



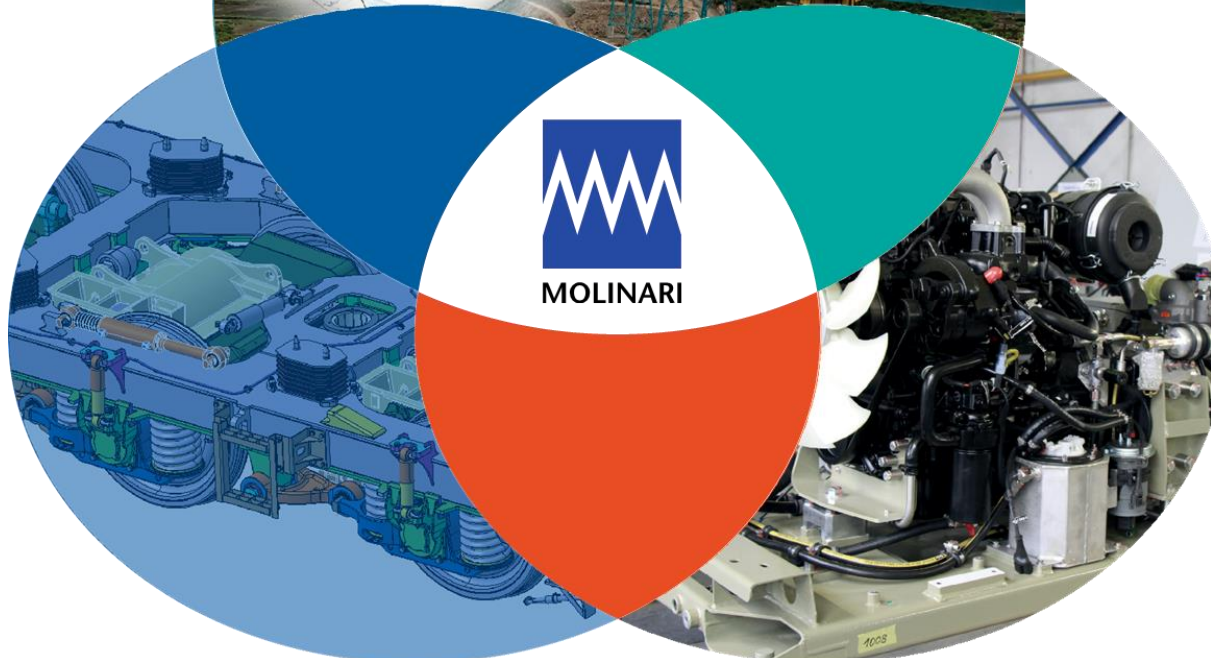
### Zillertalbahn 2020+ Energieautonom mit Wasserstoff

- Vorstellung Molinari Rail
- Zillertalbahn 2020+
- Wasserstoff – Elektrotriebzug
- Betriebskonzept
- Fahrzeugbeschaffung

# Molinari Rail Kernkompetenzen



## PROJEKTE



TECHNOLOGIE

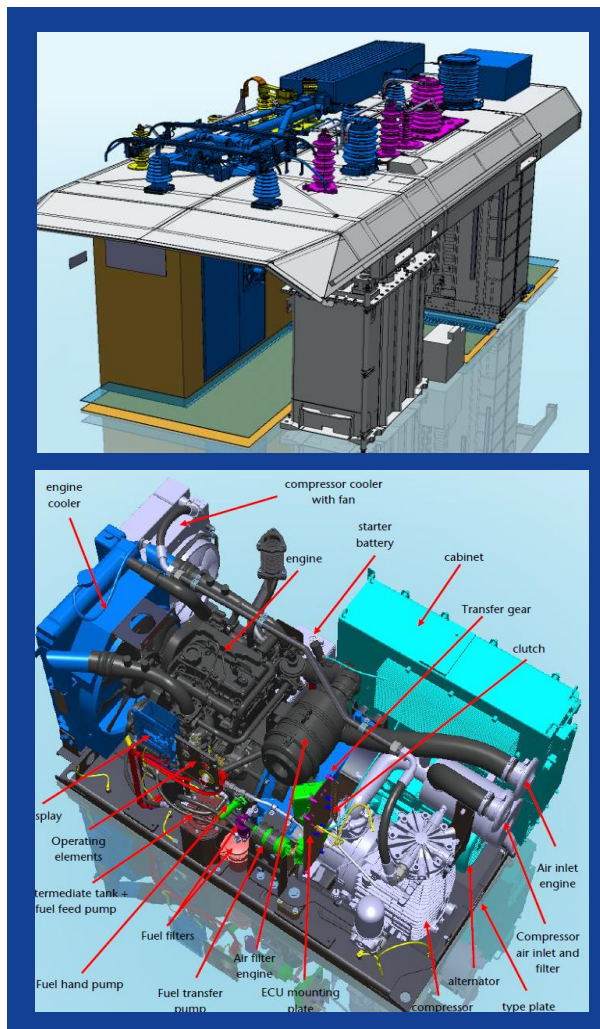
MANUFACTURING



# Molinari Rail One-Stop-Shop für Bahnlösungen



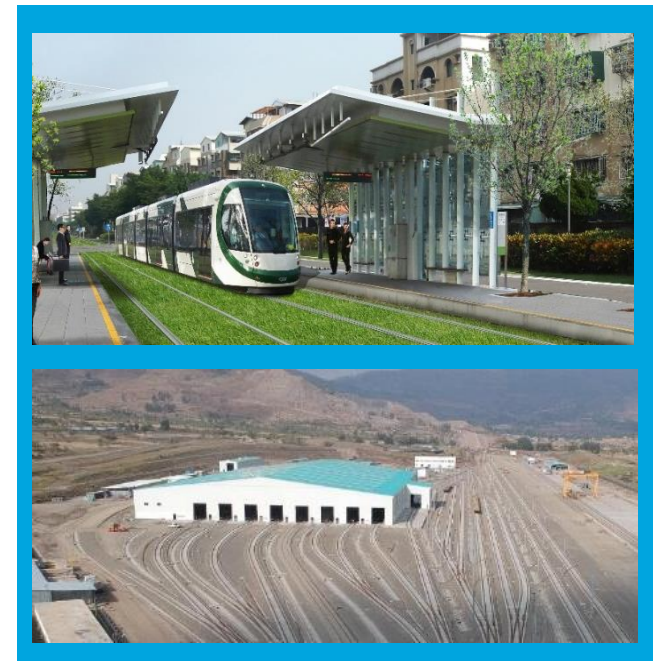
## TECHNOLOGIE



## MANUFACTURING



## PROJEKTE



# Molinari Rail

## Globale Kunden – Globale Anerkennung



**BOMBARDIER**

**STADLER**

**SIEMENS**



**Plasser & Theurer**

**ALSTOM**





# Kostenvergleich VDV 2023 - 2037

## Vergleich „ZugKM Mittel“ 2023 bis 2037



- Die Finanzierung der 5 neuen wasserstoffbetriebenen Triebzüge erfolgt über einen Verkehrsdienstevertrag (VDV). Dieser Verkehrsdienstevertrag (VDV) wird mit einer Laufzeit von 15 Jahren zwischen der Zillertaler Verkehrsbetriebe AG (ZVB AG) und der Schieneninfrastruktur-Dienstleistungsgesellschaft mbH (SCHIG mbH) bzw. der Verkehrsverbund Tirol GesmbH (VVT) abgeschlossen. Der VDV ist mittlerweile weitgehend fertig kalkuliert und befindet sich derzeit im Verhandlungsstadium.
- Die Ergebnisse der Kalkulation zeigen eindeutig, dass der **Wasserstoffantrieb mit rund 24,6%** reduzierten Kosten pro Sitzplatzkilometer deutlich **günstiger ist als der Dieselantrieb** ist, und mit rund **3,3%** reduzierten Kosten pro Sitzplatzkilometer **günstiger ist als ein herkömmlicher Elektrotriebzug** mit konventioneller Fahrleitungsanlage.
- Den Mehrkosten der Fahrzeuge und der zusätzlich notwendigen Wasserstoff-Infrastruktur stehen Einsparungen der nicht benötigten teuren Oberleitungsinfrastruktur gegenüber. Auch die Gesamtkosten der Energiebereitstellung sind in etwa auf gleichem Niveau. So kann der **Mehrbedarf an elektrischer Energie über einen günstigeren Strompreis kompensiert** werden.
- Der Wasserstoffantrieb stellt somit die günstigste Traktionsform dar.

# Mobilitätsdienstleistungsbedarf Zillertalbahn

## Beförderungszahlen und Kapazitäten



### ERMITTLUNG FÖRDERLEISTUNG ZVB AG

ZVB AG 10/18

| Variante | Verkehr/Angebot                                                                                                                                                                                                                    | Fahrgäste/Zug | Betriebstage/Jahr | Anzahl Züge | Zugkm/Jahr | Betriebszeit | Fahrgäste/Jahr | Fahrgäste/Stunde | Steigerung |
|----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|-------------------|-------------|------------|--------------|----------------|------------------|------------|
| A        | <b>Betriebszeiten 6:00 - 20:30 tw. Halbstundentakt</b><br>1 beschleunigter Pendler- REX Zugpaar,<br>Dieseltriebzug 3- teilig 132 Sitzplätze,<br>Einsatz 6 Triebzüge; Fahrplan 2017 / 18                                            | 225           | 365               | 52          | 602.615    | 14,5         | 4.270.500      | 807              | 100%       |
| B        | <b>Betriebszeiten 5:30 - 23:00 Halbstundentakt</b><br>1 beschleunigter Pendler- REX Zugpaar,<br>Wasserstofftriebzug 4- teilig 214 Sitzplätze<br>Einsatz 5 Triebzüge; Fahrplan 2022 / 23                                            | 452           | 365               | 66          | 770.880    | 16           | 10.888.680     | 1865             | 231%       |
| C        | <b>Betriebszeiten 5:30 - 23:00 Halbstundentakt</b><br>Winter tw 15 min Takt Fügen- Mayrhofen<br>1 beschleunigter Pendler- REX Zugpaare,<br>Wasserstofftriebzug 4- teilig 214 Sitzplätze<br>Einsatz 8 Triebzüge/ Fahrplan 2022 / 23 | 452           | 365               | 86          | 830.880    | 16           | 11.702.280     | 2004             | 248%       |

|   |                                                      |               |                                          |                         |                                                      |               |
|---|------------------------------------------------------|---------------|------------------------------------------|-------------------------|------------------------------------------------------|---------------|
| D | <i>Fahrzeit Regionalzug Fahrplan 2022 (17 Halte)</i> | <i>45 min</i> | <i>Transportleistung Eisenbahn 2017</i>  | <i>2.462.727</i>        | <i>Fahrzeit Regionalzug Fahrplan 2018 (17 Halte)</i> | <i>55 min</i> |
|   | <i>Fahrzeit REX Fahrplan 2022 ( 8 Halte)</i>         | <i>36 min</i> | <i>Streckenlänge Jenbach - Mayrhofen</i> | <i>31,74 km / 60 hm</i> | <i>Fahrzeit REX Fahrplan 2018 ( 8 Halte)</i>         | <i>46 min</i> |

# Fahrplan 2022/2023

## 5 Wasserstoff – Elektrotriebzüge; Regelfahrzeit 45min



|                         | 601   | 603   | 605   | 607   | 609   | 611   | 613   | 615   | 617   | 619   | 621   | 623   | 625   | 627   | 629   | 631   | 633   | 635   | 637   | 639   | 641   | 643   | 645   | 647   | 649   | 651   | 653   | 655   | 657   | 659   | 661   | 663   | 665   |
|-------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| BHF Jenbach             | 05:35 | 05:55 | 06:23 | 06:52 | 07:21 | 07:48 | 08:20 | 08:54 | 09:20 | 09:54 | 10:20 | 10:54 | 11:20 | 11:54 | 12:20 | 12:54 | 13:20 | 13:54 | 14:20 | 14:54 | 15:20 | 15:54 | 16:20 | 16:54 | 17:20 | 17:54 | 18:20 | 18:54 | 19:20 | 19:54 | 20:20 | 21:20 | 22:20 |
| BHF Rotholz Lehranstalt | 05:37 | 05:57 | 06:25 | 06:54 | 07:23 | 07:50 | 08:22 | 08:56 | 09:22 | 09:56 | 10:22 | 10:56 | 11:22 | 11:56 | 12:22 | 12:56 | 13:22 | 13:56 | 14:22 | 14:56 | 15:22 | 15:56 | 16:22 | 16:56 | 17:22 | 17:56 | 18:22 | 18:56 | 19:22 | 19:56 | 20:22 | 21:22 | 22:22 |
| BHF Strass              | 05:39 | 06:00 | 06:28 | 06:57 | 07:26 | 07:53 | 08:25 | 08:59 | 09:25 | 09:59 | 10:25 | 10:59 | 11:25 | 11:59 | 12:25 | 12:59 | 13:25 | 13:59 | 14:25 | 14:59 | 15:25 | 15:59 | 16:25 | 16:59 | 17:25 | 17:59 | 18:25 | 18:59 | 19:25 | 19:59 | 20:25 | 21:25 | 22:25 |
| BHF Schlitters          | 05:42 | 06:03 | 06:31 | 07:00 | 07:29 | 07:56 | 08:28 | 09:02 | 09:28 | 10:02 | 10:28 | 11:02 | 11:28 | 12:02 | 12:28 | 13:02 | 13:28 | 14:02 | 14:28 | 15:02 | 15:28 | 16:02 | 16:28 | 17:02 | 17:28 | 18:02 | 18:28 | 19:02 | 19:28 | 20:02 | 20:28 | 21:28 | 22:28 |
| HST Gagering            | 05:44 | 06:06 | 06:34 | 07:03 | 07:32 | 07:59 | 08:31 | 09:05 | 09:31 | 10:05 | 10:31 | 11:05 | 11:31 | 12:05 | 12:31 | 13:05 | 13:31 | 14:05 | 14:31 | 15:05 | 15:31 | 16:05 | 16:31 | 17:05 | 17:31 | 18:05 | 18:31 | 19:05 | 19:31 | 20:05 | 20:31 | 21:31 | 22:31 |
| BHF Fügen-Hart          | 05:47 | 06:09 | 06:37 | 07:06 | 07:35 | 08:02 | 08:34 | 09:08 | 09:34 | 10:08 | 10:34 | 11:08 | 11:34 | 12:08 | 12:34 | 13:08 | 13:34 | 14:08 | 14:34 | 15:08 | 15:34 | 16:08 | 16:34 | 17:08 | 17:34 | 18:08 | 18:34 | 19:08 | 19:34 | 20:08 | 20:34 | 21:34 | 22:34 |
| HST Kapfing             | 05:48 | 06:10 | 06:38 | 07:07 | 07:36 | 08:03 | 08:35 | 09:09 | 09:35 | 10:09 | 10:35 | 11:09 | 11:35 | 12:09 | 12:35 | 13:09 | 13:35 | 14:09 | 14:35 | 15:09 | 15:35 | 16:09 | 16:35 | 17:09 | 17:35 | 18:09 | 18:35 | 19:09 | 19:35 | 20:09 | 20:35 | 21:35 | 22:35 |
| BHF Uderns              | 05:49 | 06:11 | 06:40 | 07:09 | 07:38 | 08:05 | 08:37 | 09:11 | 09:37 | 10:11 | 10:37 | 11:11 | 11:37 | 12:11 | 12:37 | 13:11 | 13:37 | 14:11 | 14:37 | 15:11 | 15:37 | 16:11 | 16:37 | 17:11 | 17:37 | 18:11 | 18:37 | 19:11 | 19:37 | 20:11 | 20:37 | 21:37 | 22:37 |
| HST Ried                | 05:51 | 06:14 | 06:43 | 07:12 | 07:41 | 08:08 | 08:40 | 09:14 | 09:40 | 10:14 | 10:40 | 11:14 | 11:40 | 12:14 | 12:40 | 13:14 | 13:40 | 14:14 | 14:40 | 15:14 | 15:40 | 16:14 | 16:40 | 17:14 | 17:40 | 18:14 | 18:40 | 19:14 | 19:40 | 20:14 | 20:40 | 21:40 | 22:40 |
| BHF Kaltenbach-Stumm    | 05:54 | 06:17 | 06:46 | 07:15 | 07:44 | 08:11 | 08:43 | 09:17 | 09:43 | 10:17 | 10:43 | 11:17 | 11:43 | 12:17 | 12:43 | 13:17 | 13:43 | 14:17 | 14:43 | 15:17 | 15:43 | 16:17 | 16:43 | 17:17 | 17:43 | 18:17 | 18:43 | 19:17 | 19:43 | 20:17 | 20:43 | 21:43 | 22:43 |
| HST Angererbach         | 05:56 | 06:19 | 06:48 | 07:17 | 07:46 | 08:13 | 08:45 | 09:19 | 09:45 | 10:19 | 10:45 | 11:19 | 11:45 | 12:19 | 12:45 | 13:19 | 13:45 | 14:19 | 14:45 | 15:19 | 15:45 | 16:19 | 16:45 | 17:19 | 17:45 | 18:19 | 18:45 | 19:19 | 19:45 | 20:19 | 20:45 | 21:45 | 22:45 |
| BHF Aschau              | 05:58 | 06:22 | 06:52 | 07:20 | 07:49 | 08:16 | 08:48 | 09:22 | 09:48 | 10:22 | 10:48 | 11:22 | 11:48 | 12:22 | 12:48 | 13:22 | 13:48 | 14:22 | 14:48 | 15:22 | 15:48 | 16:22 | 16:48 | 17:22 | 17:48 | 18:22 | 18:48 | 19:22 | 19:48 | 20:22 | 20:48 | 21:48 | 22:48 |
| HST Erlach              | 06:00 | 06:24 | 06:54 | 07:22 | 07:51 | 08:18 | 08:50 | 09:24 | 09:50 | 10:24 | 10:50 | 11:24 | 11:50 | 12:24 | 12:50 | 13:24 | 13:50 | 14:24 | 14:50 | 15:24 | 15:50 | 16:24 | 16:50 | 17:24 | 17:50 | 18:24 | 18:50 | 19:24 | 19:50 | 20:24 | 20:50 | 21:50 | 22:50 |
| BHF Zell am Ziller      | 06:03 | 06:28 | 06:58 | 07:26 | 07:55 | 08:22 | 08:54 | 09:28 | 09:54 | 10:28 | 10:54 | 11:28 | 11:54 | 12:28 | 12:54 | 13:28 | 13:54 | 14:28 | 14:54 | 15:28 | 15:54 | 16:28 | 16:54 | 17:28 | 17:54 | 18:28 | 18:54 | 19:28 | 19:54 | 20:28 | 20:54 | 21:54 | 22:54 |
| HST Regionalmuseum      | 06:05 | 06:30 | 07:00 | 07:28 | 07:57 | 08:24 | 08:56 | 09:30 | 09:56 | 10:30 | 10:56 | 11:30 | 11:56 | 12:30 | 12:56 | 13:30 | 13:56 | 14:30 | 14:56 | 15:30 | 15:56 | 16:30 | 16:56 | 17:30 | 17:56 | 18:30 | 18:56 | 19:30 | 19:56 | 20:30 | 20:56 | 21:56 | 22:56 |
| BHF Ramsau-Hippach      | 06:07 | 06:33 | 07:03 | 07:31 | 08:00 | 08:27 | 08:59 | 09:33 | 09:59 | 10:33 | 10:59 | 11:33 | 11:59 | 12:33 | 12:59 | 13:33 | 13:59 | 14:33 | 14:59 | 15:33 | 15:59 | 16:33 | 16:59 | 17:33 | 17:59 | 18:33 | 18:59 | 19:33 | 19:59 | 20:33 | 20:59 | 21:59 | 22:59 |
| HST Bichl               | 06:08 | 06:34 | 07:04 | 07:32 | 08:01 | 08:28 | 09:00 | 09:34 | 10:00 | 10:34 | 11:00 | 11:34 | 12:00 | 12:34 | 13:00 | 13:34 | 14:00 | 14:34 | 15:00 | 15:34 | 16:00 | 16:34 | 17:00 | 17:34 | 18:00 | 18:34 | 19:00 | 19:34 | 20:00 | 20:34 | 21:00 | 22:00 | 23:00 |
| BHF Mayrhofen           | 06:11 | 06:39 | 07:09 | 07:37 | 08:06 | 08:33 | 09:05 | 09:39 | 10:05 | 10:39 | 11:05 | 11:39 | 12:05 | 12:39 | 13:05 | 13:39 | 14:05 | 14:39 | 15:05 | 15:39 | 16:05 | 16:39 | 17:05 | 17:39 | 18:05 | 18:39 | 19:05 | 19:39 | 20:05 | 20:39 | 21:05 | 22:05 | 23:05 |
|                         |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       | T     | T     |       |
|                         | 602   | 604   | 606   | 608   | 610   | 612   | 614   | 616   | 618   | 620   | 622   | 624   | 626   | 628   | 630   | 632   | 634   | 636   | 638   | 640   | 642   | 644   | 646   | 648   | 650   | 652   | 654   | 656   | 658   | 660   | 662   | 664   | 666   |
| BHF Mayrhofen           | 05:20 | 05:53 | 06:28 | 06:52 | 07:21 | 07:53 | 08:19 | 08:53 | 09:19 | 09:53 | 10:19 | 10:53 | 11:19 | 11:53 | 12:19 | 12:53 | 13:19 | 13:53 | 14:19 | 14:53 | 15:19 | 15:53 | 16:19 | 16:53 | 17:19 | 17:53 | 18:19 | 18:53 | 19:19 | 19:53 | 20:19 | 21:19 | 22:19 |
| HST Bichl               | 05:25 | 05:58 | 06:32 | 06:57 | 07:26 | 07:58 | 08:24 | 08:58 | 09:24 | 09:58 | 10:24 | 10:58 | 11:24 | 11:58 | 12:24 | 12:58 | 13:24 | 13:58 | 14:24 | 14:58 | 15:24 | 15:58 | 16:24 | 16:58 | 17:24 | 17:58 | 18:24 | 18:58 | 19:24 | 19:58 | 20:24 | 21:24 | 22:24 |
| BHF Ramsau-Hippach      | 05:27 | 06:00 | 06:34 | 06:59 | 07:28 | 08:00 | 08:26 | 09:00 | 09:26 | 10:00 | 10:26 | 11:00 | 11:26 | 12:00 | 12:26 | 13:00 | 13:26 | 14:00 | 14:26 | 15:00 | 15:26 | 16:00 | 16:26 | 17:00 | 17:26 | 18:00 | 18:26 | 19:00 | 19:26 | 20:00 | 20:26 | 21:26 | 22:26 |
| HST Regionalmuseum      | 05:29 | 06:02 | 06:36 | 07:01 | 07:30 | 08:02 | 08:28 | 09:02 | 09:28 | 10:02 | 10:28 | 11:02 | 11:28 | 12:02 | 12:28 | 13:02 | 13:28 | 14:02 | 14:28 | 15:02 | 15:28 | 16:02 | 16:28 | 17:02 | 17:28 | 18:02 | 18:28 | 19:02 | 19:28 | 20:02 | 20:28 | 21:28 | 22:28 |
| BHF Zell am Ziller      | 05:32 | 06:05 | 06:39 | 07:04 | 07:33 | 08:05 | 08:31 | 09:05 | 09:31 | 10:05 | 10:31 | 11:05 | 11:31 | 12:05 | 12:31 | 13:05 | 13:31 | 14:05 | 14:31 | 15:05 | 15:31 | 16:05 | 16:31 | 17:05 | 17:31 | 18:05 | 18:31 | 19:05 | 19:31 | 20:05 | 20:31 | 21:31 | 22:31 |
| HST Erlach              | 05:35 | 06:08 | 06:42 | 07:07 | 07:36 | 08:08 | 08:34 | 09:08 | 09:34 | 10:08 | 10:34 | 11:08 | 11:34 | 12:08 | 12:34 | 13:08 | 13:34 | 14:08 | 14:34 | 15:08 | 15:34 | 16:08 | 16:34 | 17:08 | 17:34 | 18:08 | 18:34 | 19:08 | 19:34 | 20:08 | 20:34 | 21:34 | 22:34 |
| BHF Aschau              | 05:38 | 06:11 | 06:45 | 07:10 | 07:39 | 08:11 | 08:37 | 09:11 | 09:37 | 10:11 | 10:37 | 11:11 | 11:37 | 12:11 | 12:37 | 13:11 | 13:37 | 14:11 | 14:37 | 15:11 | 15:37 | 16:11 | 16:37 | 17:11 | 17:37 | 18:11 | 18:37 | 19:11 | 19:37 | 20:11 | 20:37 | 21:37 | 22:37 |
| HST Angererbach         | 05:40 | 06:13 | 06:47 | 07:12 | 07:41 | 08:13 | 08:39 | 09:13 | 09:39 | 10:13 | 10:39 | 11:13 | 11:39 | 12:13 | 12:39 | 13:13 | 13:39 | 14:13 | 14:39 | 15:13 | 15:39 | 16:13 | 16:39 | 17:13 | 17:39 | 18:13 | 18:39 | 19:13 | 19:39 | 20:13 | 20:39 | 21:39 | 22:39 |
| BHF Kaltenbach-Stumm    | 05:43 | 06:16 | 06:50 | 07:15 | 07:45 | 08:16 | 08:42 | 09:16 | 09:42 | 10:16 | 10:42 | 11:16 | 11:42 | 12:16 | 12:42 | 13:16 | 13:42 | 14:16 | 14:42 | 15:16 | 15:42 | 16:16 | 16:42 | 17:16 | 17:42 | 18:16 | 18:42 | 19:16 | 19:42 | 20:16 | 20:42 | 21:42 | 22:42 |
| HST Ried                | 05:45 | 06:18 | 06:52 | 07:17 | 07:47 | 08:18 | 08:44 | 09:18 | 09:44 | 10:18 | 10:44 | 11:18 | 11:44 | 12:18 | 12:44 | 13:18 | 13:44 | 14:18 | 14:44 | 15:18 | 15:44 | 16:18 | 16:44 | 17:18 | 17:44 | 18:18 | 18:44 | 19:18 | 19:44 | 20:18 | 20:44 | 21:44 | 22:44 |
| BHF Uderns              | 05:49 | 06:22 | 06:56 | 07:21 | 07:51 | 08:22 | 08:48 | 09:22 | 09:48 | 10:22 | 10:48 | 11:22 | 11:48 | 12:22 | 12:48 | 13:22 | 13:48 | 14:22 | 14:48 | 15:22 | 15:48 | 16:22 | 16:48 | 17:22 | 17:48 | 18:22 | 18:48 | 19:22 | 19:48 | 20:22 | 20:48 | 21:48 | 22:48 |
| HST Kapfing             | 05:50 | 06:23 | 06:57 | 07:22 | 07:52 | 08:23 | 08:49 | 09:23 | 09:49 | 10:23 | 10:49 | 11:23 | 11:49 | 12:23 | 12:49 | 13:23 | 13:49 | 14:23 | 14:49 | 15:23 | 15:49 | 16:23 | 16:49 | 17:23 | 17:49 | 18:23 | 18:49 | 19:23 | 19:49 | 20:23 | 20:49 | 21:49 | 22:49 |
| BHF Fügen-Hart          | 05:52 | 06:25 | 06:59 | 07:24 | 07:54 | 08:25 | 08:51 | 09:25 | 09:51 | 10:25 | 10:51 | 11:25 | 11:51 | 12:25 | 12:51 | 13:25 | 13:51 | 14:25 | 14:51 | 15:25 | 15:51 | 16:25 | 16:51 | 17:25 | 17:51 | 18:25 | 18:51 | 19:25 | 19:51 | 20:25 | 20:51 | 21:51 | 22:51 |
| HST Gagering            | 05:54 | 06:27 | 07:01 | 07:26 | 07:56 | 08:27 | 08:53 | 09:27 | 09:53 | 10:27 | 10:53 | 11:27 | 11:53 | 12:27 | 12:53 | 13:27 | 13:53 | 14:27 | 14:53 | 15:27 | 15:53 | 16:27 | 16:53 | 17:27 | 17:53 | 18:27 | 18:53 | 19:27 | 19:53 | 20:27 | 20:53 | 21:53 | 22:53 |
| BHF Schlitters          | 05:57 | 06:31 | 07:04 | 07:29 | 07:59 | 08:30 | 08:56 | 09:30 | 09:56 | 10:30 | 10:56 | 11:30 | 11:56 | 12:30 | 12:56 | 13:30 | 13:56 | 14:30 | 14:56 | 15:30 | 15:56 | 16:30 | 16:56 | 17:30 | 17:56 | 18:30 | 18:56 | 19:30 | 19:56 | 20:30 | 20:56 | 21:56 | 22:56 |
| BHF Strass              | 06:01 | 06:35 | 07:08 | 07:33 | 08:03 | 08:34 | 09:00 | 09:34 | 10:00 | 10:34 | 11:00 | 11:34 | 12:00 | 12:34 | 13:00 |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |



# Wasserstoff - Elektrotriebzug Fahrzeug – Technische Beschreibung



## Vierteiliger-Wasserstoff-Elektrotriebwagenzug

- Spurweite **760 mm**
- Maximale elektrische Leistung am Rad **1400 kW**
- Maximale Anfahrtszugkraft am Rad **180 kN**
- **Betriebsgeschwindigkeit 80 km/h** mit Höchstgeschwindigkeit 100 km/h
- Fahrzeugmasse Tara 126 Tonnen bzw. **162 Tonnen mit 4 Personen pro m<sup>2</sup>**
- **Platzangebot für 452 Passagiere** mit 174 Sitzplätzen, 40 Klappsitzen und 238 Stehplätzen
  - Hohes Beschleunigungsvermögen von **1 m/s<sup>2</sup>**
  - Oberleitungsfreier Betrieb auf dem gesamten Streckenverlauf

# Wasserstoff - Elektrotriebzug Fahrzeug – Rohbau



Fertigung Stirnwand



Fertigung Untergestell



Fertigung Dachstruktur



Fertigung Rohwagenkasten



# Wasserstoff - Elektrotriebzug

## Fahrgastsitze und Funktionsbereiche



Innenraumgestaltung

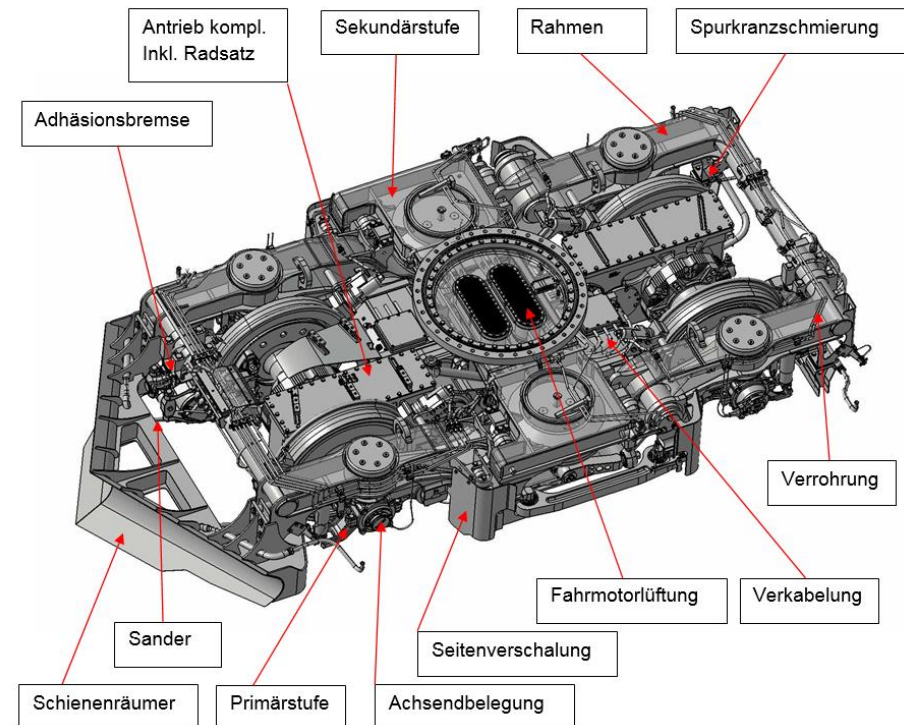
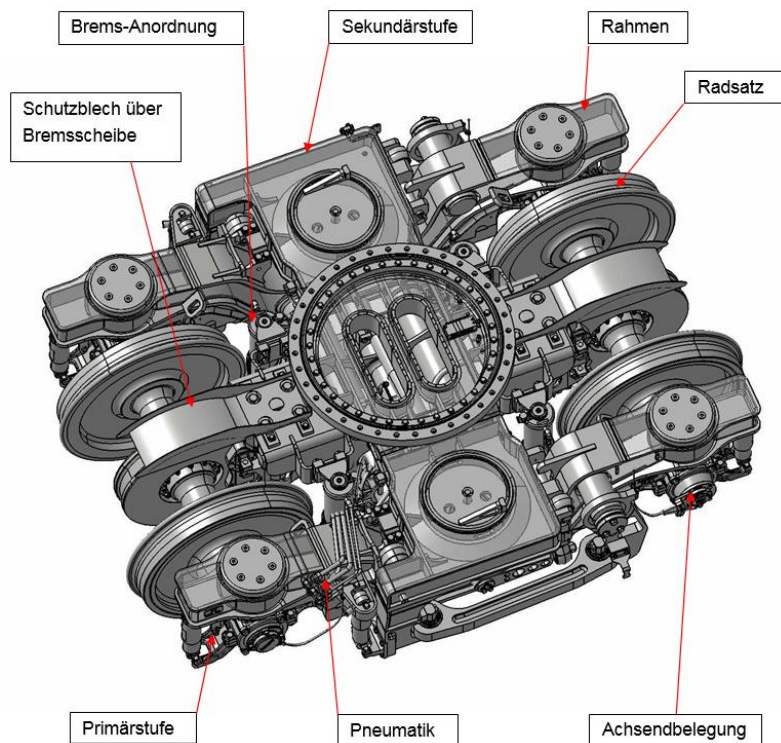


Funktionsbereiche

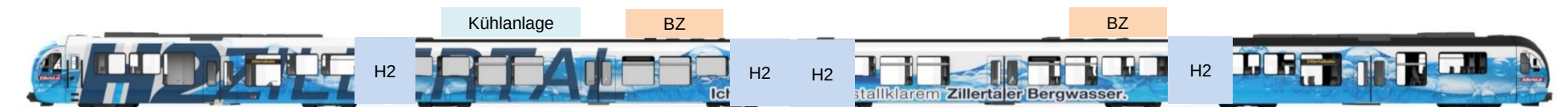


# Wasserstoff - Elektrotriebzug

## Fahrzeug – Fahrwerk- und Triebdrehgestell 760 mm



# Wasserstoff - Elektrotriebzug Fahrzeug – Technische Beschreibung



## Pufferbatterie: Akku + Superkondensatoren (Supercaps)

- 80 kWh netto & 900 kW netto

## Wasserstoffspeicher

- 320 kg<sub>H2</sub> netto @ 3502 bar netto

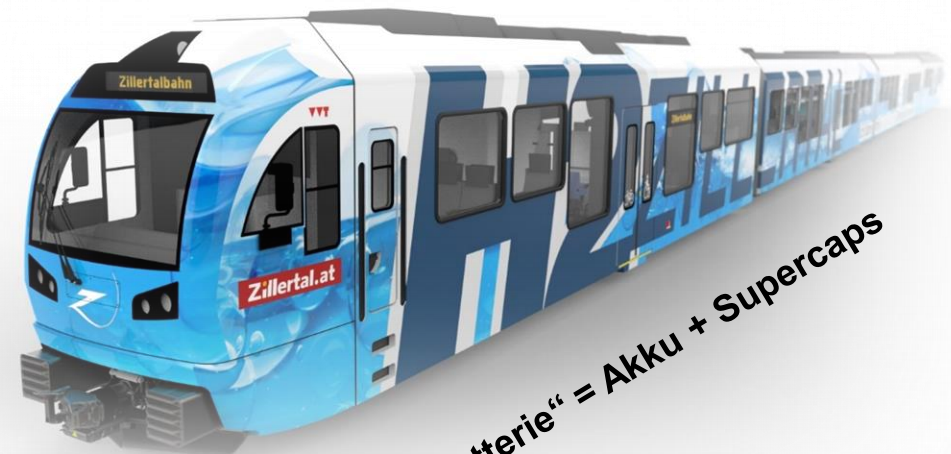
## Brennstoffzelle (BZ) gemäß EN 62282-2

- gesamt 500 kW netto bei „End of Life“ (EOL)
- 10 BZ-Module mit 50 bis 60 kW netto EOL
- Sicherheit durch Wasserstoffdetektoren

## Kühlanlage

- Gemeinsames Kühlsystem für alle BZ-Module
- Platzierung auf dem Dach

→ Jeder Mittelwagen ist autark und mit hohen Redundanzen ausgestattet!



„Pufferbatterie“ = Akku + Supercaps



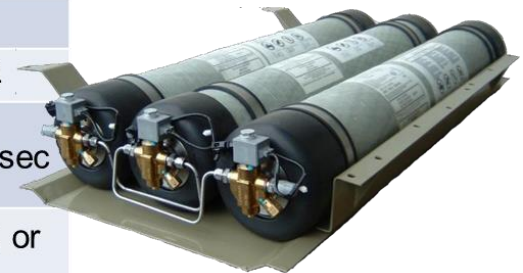
# Wasserstoff – Elektrotriebzug Brennstoffzelle & Wasserstoffdruckspeicherung



| Tanksystem              |        |     |
|-------------------------|--------|-----|
| Druck                   | 350    | bar |
| Bauart                  | 34.000 | h   |
| Froststart              | - 40   | °C  |
| Betriebs-<br>temperatur | 80     | °C  |



| Tanksystem          |                              |                         |
|---------------------|------------------------------|-------------------------|
| Druck               | 350                          | bar                     |
| Bauart              | Typ 3 oder Typ 4             |                         |
| Betank-<br>ungsges. | 80                           | gH <sub>2</sub> pro sec |
| Zulassung           | EC 79/2009, R.134 or<br>TPED |                         |



## Anbieter Brennstoffzellensystem

- Ballard
- ElringKlinger
- Hydrogenics
- Proton Motors
- Power Cell
- Symbio One
- Hyundai

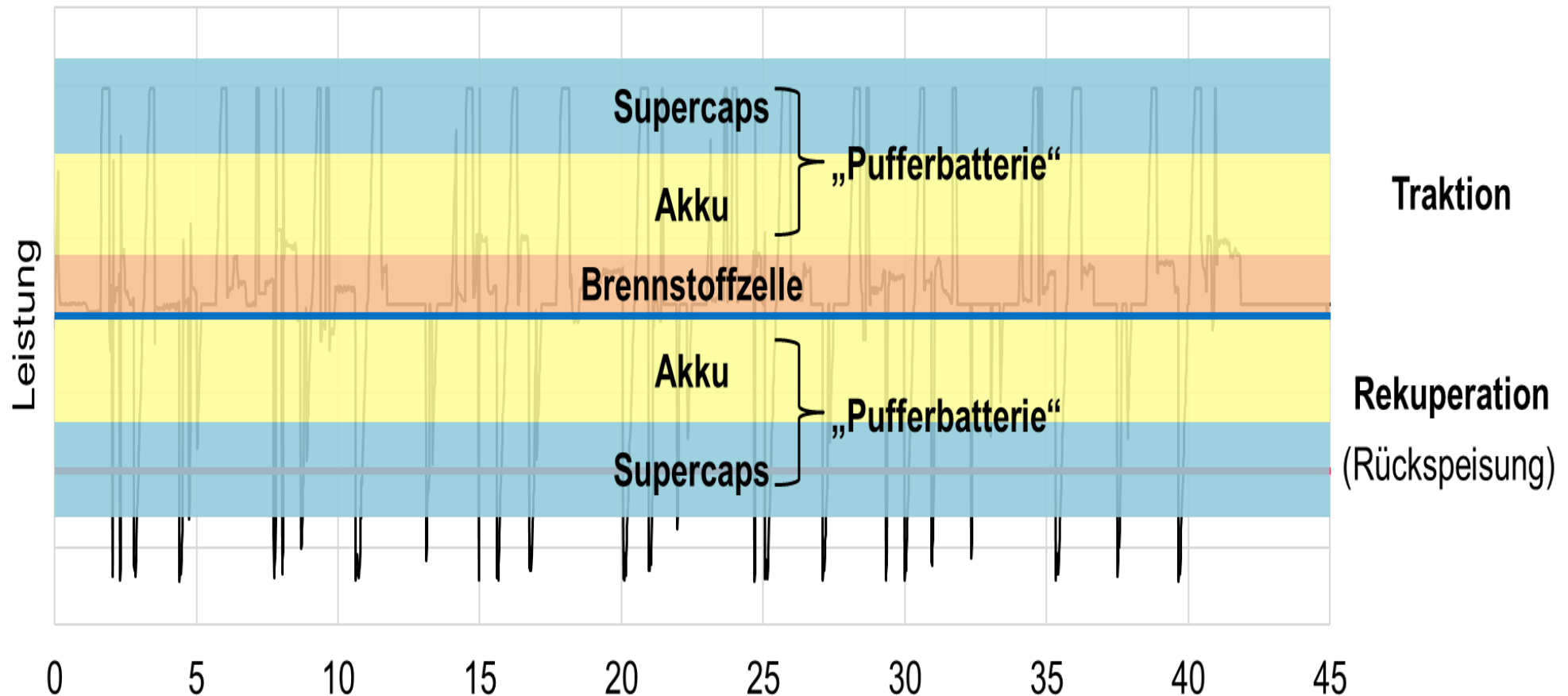


## Anbieter Tanks bzw. Tanksystemen

- Peak Technologies (Österreich)
- Worthington (Österreich)
- Luxfer (Deutschland)
- Anleg (Deutschland)
- Xperion (Deutschland)
- Wystrach (Deutschland)
- Faber (Italien)
- Mahytec (Frankreich)
- Raigi (Frankreich)
- JTEKT (Japan)
- Pure Energy Center (UK)
- Optimum Composite Technologies (US)
- Hexagon Lincoln (US)
- Quantum (US)
- Steelhead Composites (US)

# Wasserstoff - Elektrotriebzug

## Leistungsprofil Regelzug Fahrzeit 45 min



→ **Charakteristik einer S-Bahn:**

Beschleunigungsvermögen einer Vollbahn mit vielen Halten auf der Strecke



# Wasserstoff – Infrastruktur Bedarfsermittlung



Grundlage: Energieverbrauchsberechnungen für die Zillertalbahn Endpräsentation 14.11.2014

Verfasser: Dr. Andreas Schöbel/Opentrack und Dr. Ralf Zabel/Signon TÜV Süd

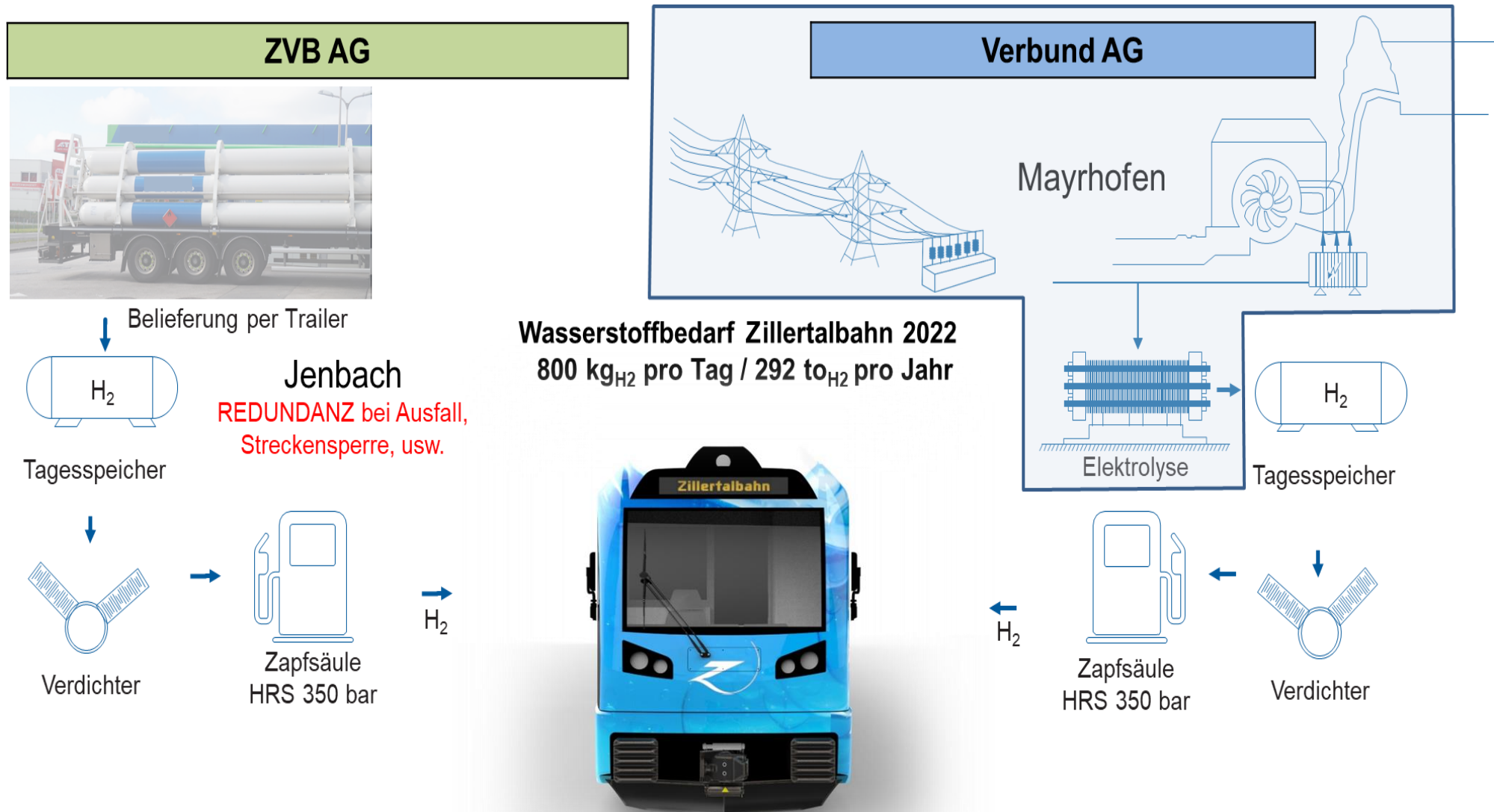
Literatur: Wende D., 2003. Fahrdynamik des Schienenverkehrs. Wiesbaden: Vieweg+Teubner

| FAHRPLAN 2022 - E TRIEBZUG 2018 |                  |         | FAHRPLAN 2022 - H2 TRIEBZUG 2018 |                   |         |
|---------------------------------|------------------|---------|----------------------------------|-------------------|---------|
| Zuggewicht 2018 [Brutto 452 P]  | 162 to           |         | Zuggewicht 2018 [Brutto 452 P]   | 162 to            |         |
| Zug 4- teilig                   | 2 ET             |         | Zug 4- teilig                    | 2 ET              |         |
| Fahrzeit 2022                   | 45 min           |         | Fahrzeit 2022                    | 45 min            |         |
| Fahrplan 2022                   | 770.800 km       |         | Fahrplan 2022                    | 770.880 km        |         |
| Rückspeisung                    | 50 %             |         | Rückspeisung                     | 50 %              |         |
| 1 KWh entspricht                | 3,6 MJ           |         | 1 KWh entspricht                 | 3,6 MJ            |         |
| Wirkungsgrad                    | 87 %             |         | Wirkungsgrad                     | 38 %              |         |
| Züge 2022                       | 66 Züge          |         | Züge 2022                        | 66 Züge           |         |
| Richtung                        | MA - JB          | JB - MA | Richtung                         | MA - JB           | JB - MA |
| Dauer [min]                     | 45               | 45      | Dauer [min]                      | 45                | 45      |
| Antriebsenergie [MJ]            | 1010             | 1271    | Antriebsenergie [MJ]             | 1010              | 1271    |
| Hilfsenergie [MJ]               | 292              | 292     | Hilfsenergie [MJ]                | 292               | 292     |
| Rückspeisung [MJ]               | -505             | -636    | Rückspeisung [MJ]                | -505              | -636    |
| Energiebedarf [MJ]              | 797              | 927,5   | Energiebedarf [MJ]               | 797               | 928     |
| Inkl. Wirkungsgrad [MJ]         | 916              | 1066    | Inkl. Wirkungsgrad [MJ]          | 2097              | 2441    |
| Züge 2022 [Anzahl]              | 33               | 33      | Züge 2022 [Anzahl]               | 33                | 33      |
| Energiebedarf/Tag [MJ]          | 30.231           | 35.181  | Energiebedarf/Tag [MJ]           | 69.213            | 80.546  |
|                                 | 65.412           |         |                                  | 149.759           |         |
| Energiebedarf/Jahr [MJ]         | 23.875.405       |         | Energiebedarf/Jahr [MJ]          | 54.662.112        |         |
| <b>Energiebedarf/Jahr [MWh]</b> | <b>6.632.057</b> |         | <b>Energiebedarf/Jahr [MWh]</b>  | <b>15.183.920</b> |         |

| ENERGIEKOSTEN 2018 [VERBUND]       |                         |                                 |                           |
|------------------------------------|-------------------------|---------------------------------|---------------------------|
| <b>Energiebedarf/Jahr [GWh]</b>    | <b>6.632 GWh</b>        | Elektrotriebzug mit Oberleitung | Verbund                   |
| <b>Stromkosten/Jahr [Verbund]</b>  | <b>1.026.041 €/Jahr</b> | Elektrotriebzug mit Oberleitung | Verbund 2018              |
| <b>Energiebedarf/Jahr [GWh]</b>    | <b>15.184 GWh</b>       | Wasserstoff - Elektrotriebzug   | Verbund                   |
| <b>Stromkosten/Jahr [Verbund]</b>  | <b>1.071.543 €/Jahr</b> | Wasserstoff - Elektrotriebzug   | H2 - VHP Netzebene 1 2018 |
| <b>1 KG H2</b>                     | <b>52 KWh</b>           | Wasserstoff - Elektrotriebzug   | Verbund                   |
| <b>Wasserstoffbedarf [KG/Jahr]</b> | <b>292.000 KG</b>       | Wasserstoff - Elektrotriebzug   | Verbund                   |

# Wasserstoff – Infrastruktur

## Betriebskonzept, Wasserstoff - Elektrotriebzug





# Wasserstoff-Infrastruktur Standortwahl



## Standortvorteil der Verbund Kraftwerksgruppe im europäischen Stromhandelszusammenhang

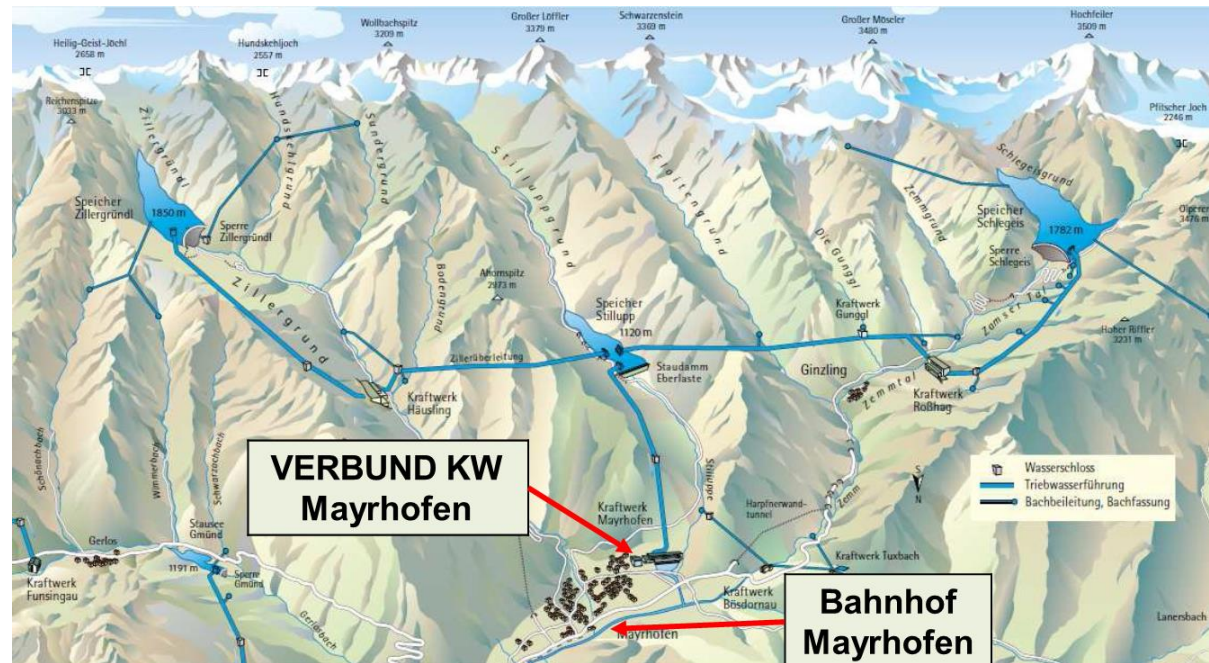
- Kostenoptimierung bei der Wasserstofferzeugung vor Ort

### Stromherkunft

- Überschussstrom
- Laufwasserkraft mit Direktleitung
- Strombörse
- Netzregelung

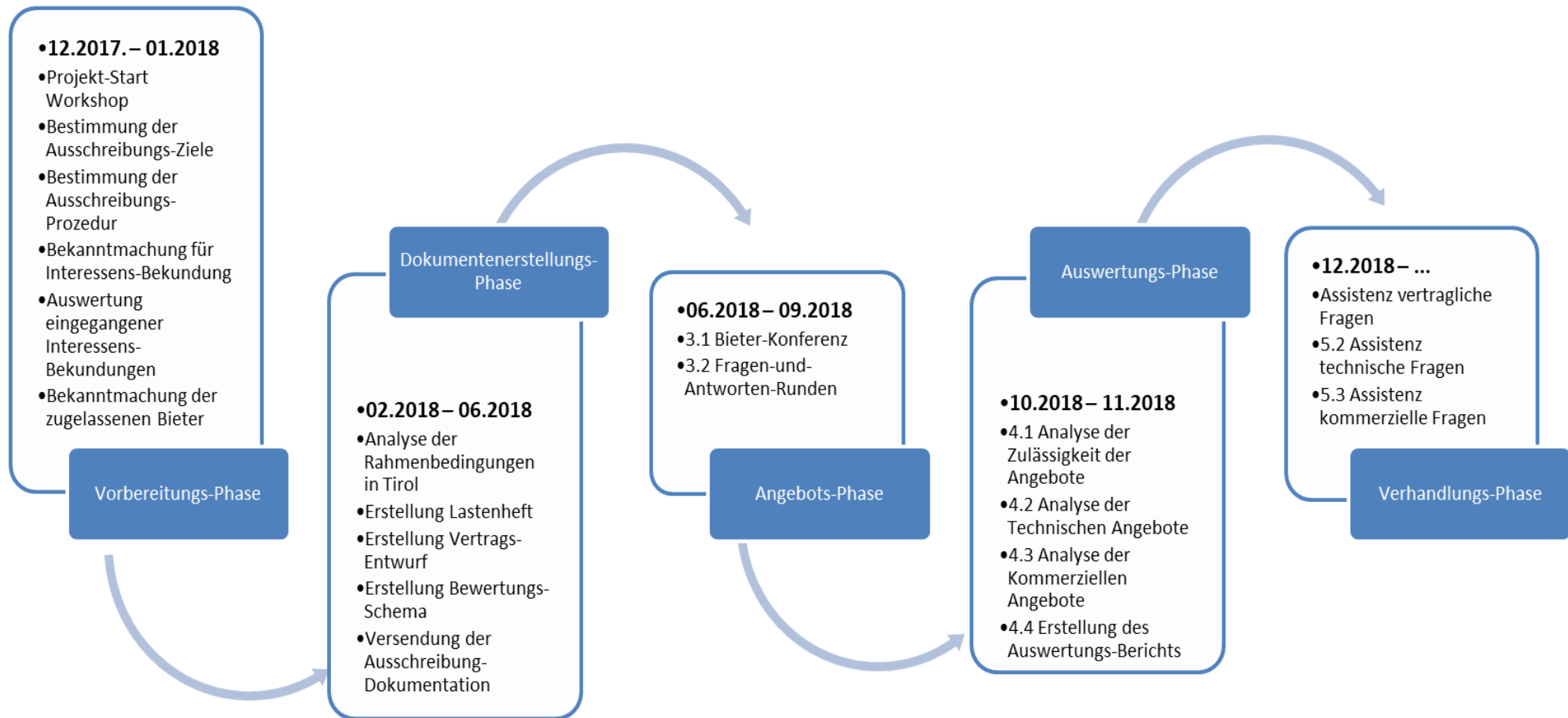
### Wasserstoffwirtschaft mit

- Herstellung
- Speicherung und Distribution von Wasserstoff für Bahn, Bus und Auto, Sauerstoff und Wärme im Zillertal



# Molinari Rail

## Fahrzeugbeschaffung





**MOLINARI**

# TECHNOLOGIE FÜR DIE NACHHALTIGSTE TRANSPORTART. MADE BY MOLINARI.

«A passion for railway solutions»

**Headquarter:  
Molinari Rail AG**

Merkurstrasse 25  
CH-8400 Winterthur  
Switzerland

Tel +41 52 320 60 60  
Fax +41 52 320 60 61  
[info@molinari-rail.com](mailto:info@molinari-rail.com)  
[www.molinari-rail.com](http://www.molinari-rail.com)

**Export:  
Molinari Rail International GmbH**

Münchner Strasse 15  
A-6130 Schwaz  
Austria

Tel +43 5242 71400 – 12  
Fax +43 5242 71400 – 800

**Technology / R&D-Center:  
Molinari Rail GmbH**

Münchner Strasse 15  
A-6130 Schwaz  
Austria

Tel +43 5242 71400 – 12  
Fax +43 5242 71400 – 800

**Manufacturing Center:  
Molinari Rail Systems GmbH**

Am Waggonbau 11  
D-06844 Dessau-Rosslau  
Germany

Tel +49 340 253 7400  
Fax +49 340 253 105

**FEM / Simulation Center:  
SAS Ingenieurbüro AG**

Weitegasse 6  
CH-9320 Arbon  
Switzerland

Tel +41 71 447 20 60  
Fax +41 71 447 20 69  
[info@sas-ingenieurbuero.ch](mailto:info@sas-ingenieurbuero.ch)  
[www.sas-ingenieurbuero.ch](http://www.sas-ingenieurbuero.ch)