

Retrofit M1 – Energieeffizienz Überlegungen

Andreas Tonin, Departement Physik Universität Basel

Peter Oelhafen, Departement Physik Universität Basel

Jorge Ivanez, tl

Julien Schaub, tl



- 1 Präsentation von tl
- 2 tsol-Fahrzeug und Einführung Stromverbrauch
- 3 ESöV-Programm
- 4 Projekt
- 5 Fragen
- 6 Offene Diskussion



Präsentation von tl

- 1 tsol-Fahrzeug und Einführung Stromverbrauch
- 2 ESöV-Programm
- 3 Projekt
- 4 Fragen
- 5 Offene Diskussion
- 6



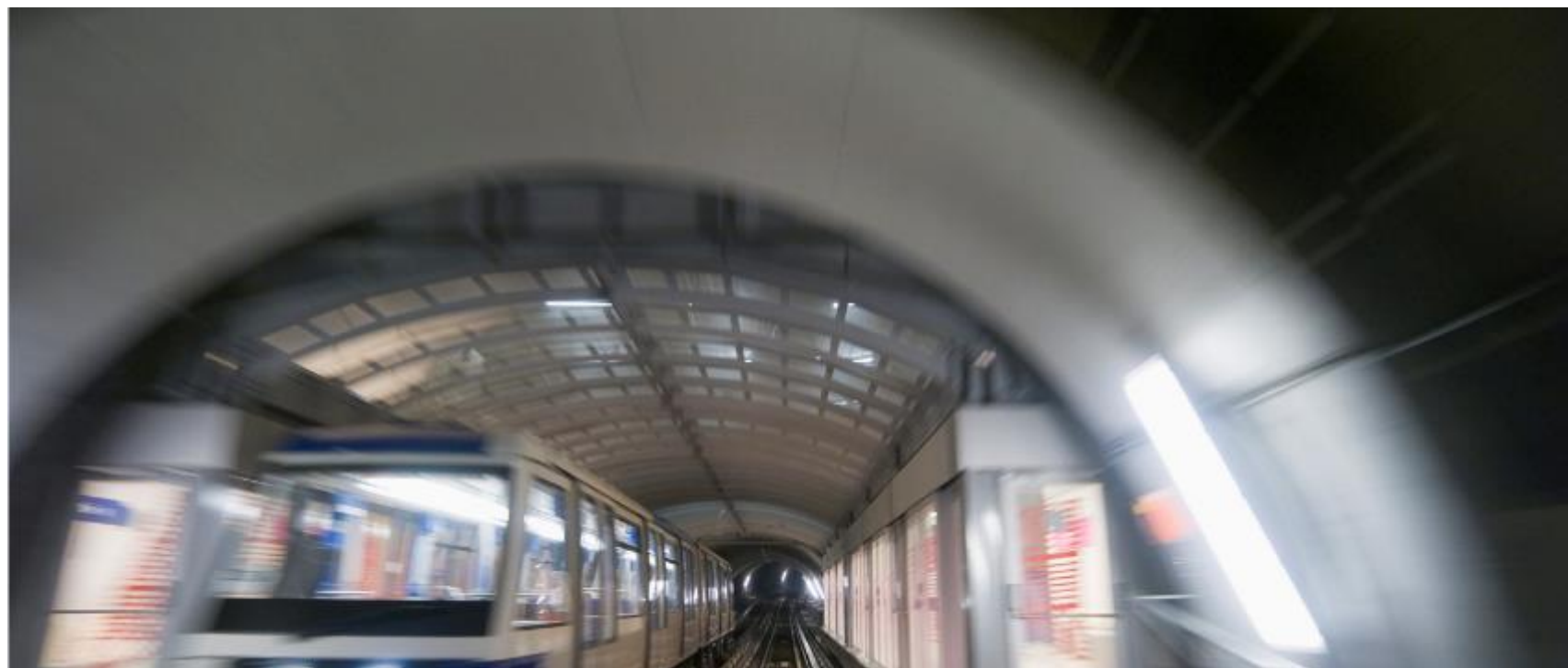
1 40 Buslinien

2 2 Metrolinien

3 1 Bahnlinie

4 119 Millionen Reisende

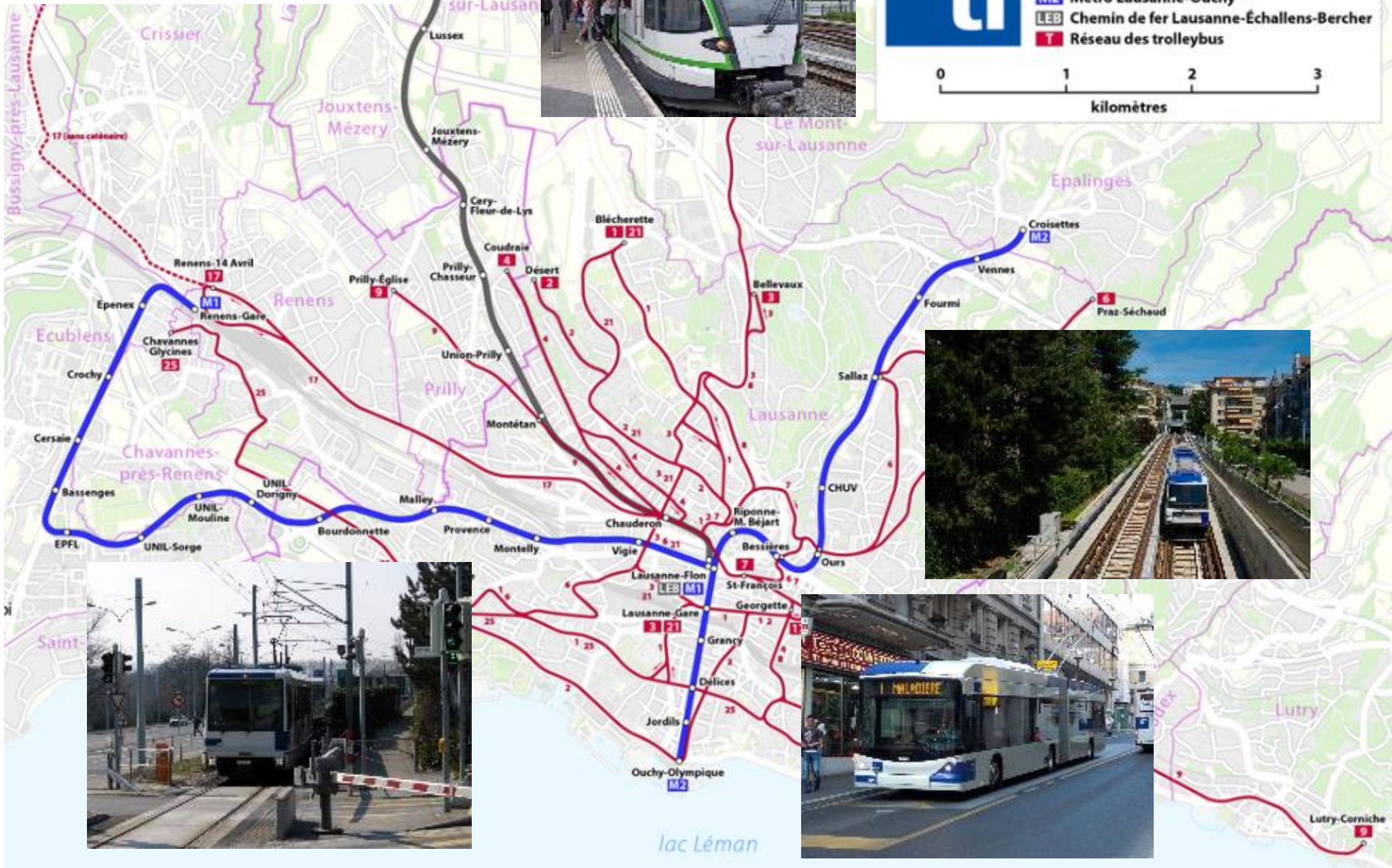
5 1468 Mitarbeiter





Das Netz

1
2
3
4
5
6



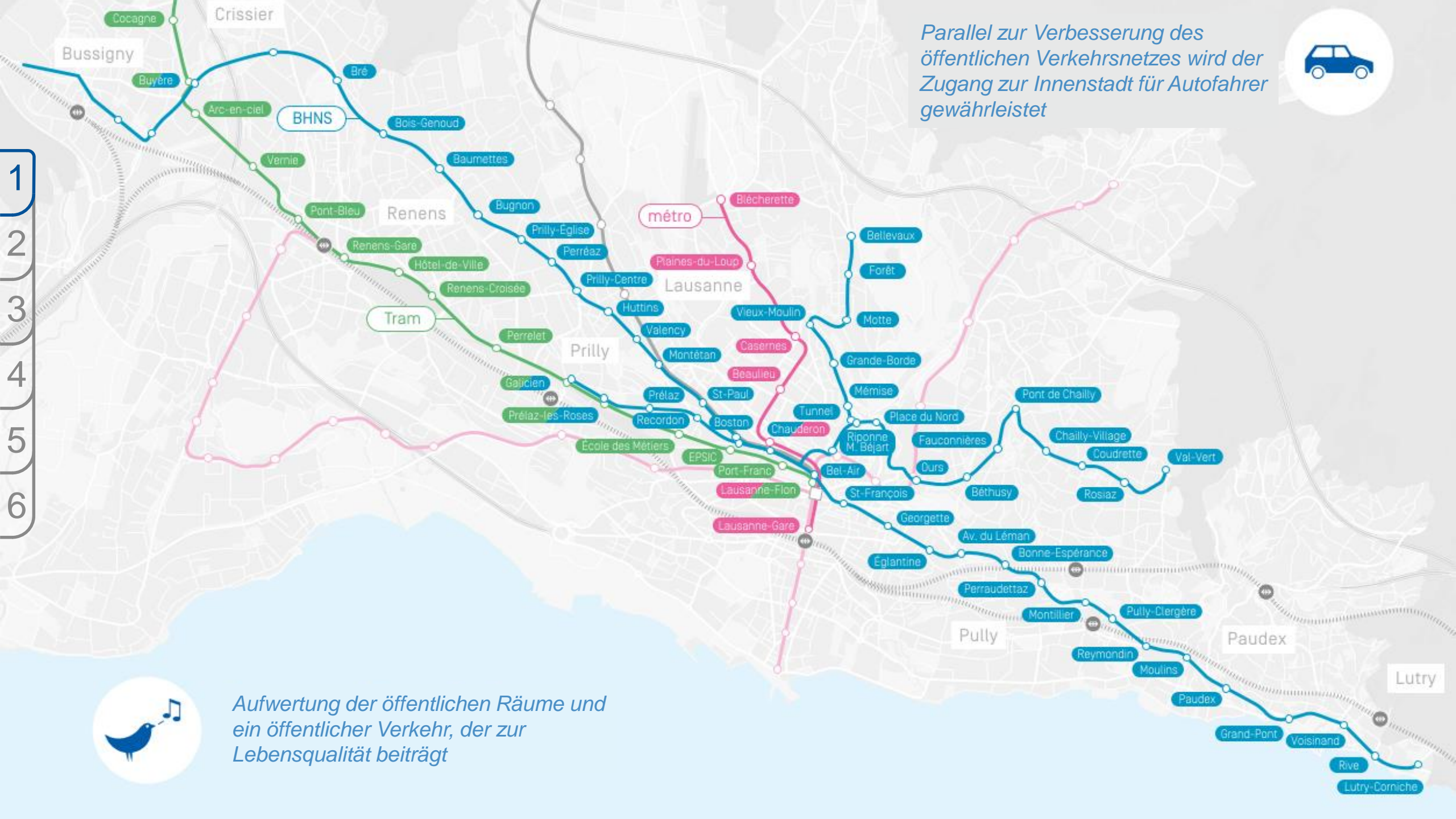


**AXES ///
// FORTS**
DE TRANSPORTS PUBLICS URBAINS

Tramway

Bus à haut niveau de service (BHNS)

Métros (m1, m2 et m3)



Parallel zur Verbesserung des öffentlichen Verkehrsnetzes wird der Zugang zur Innenstadt für Autofahrer gewährleistet



- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6



Aufwertung der öffentlichen Räume und ein öffentlicher Verkehr, der zur Lebensqualität beiträgt



tl Die m1 in Zahlen 1/2

m1 (TSOL vor 2020)

15 Haltestellen

7,8 km, eingleisig

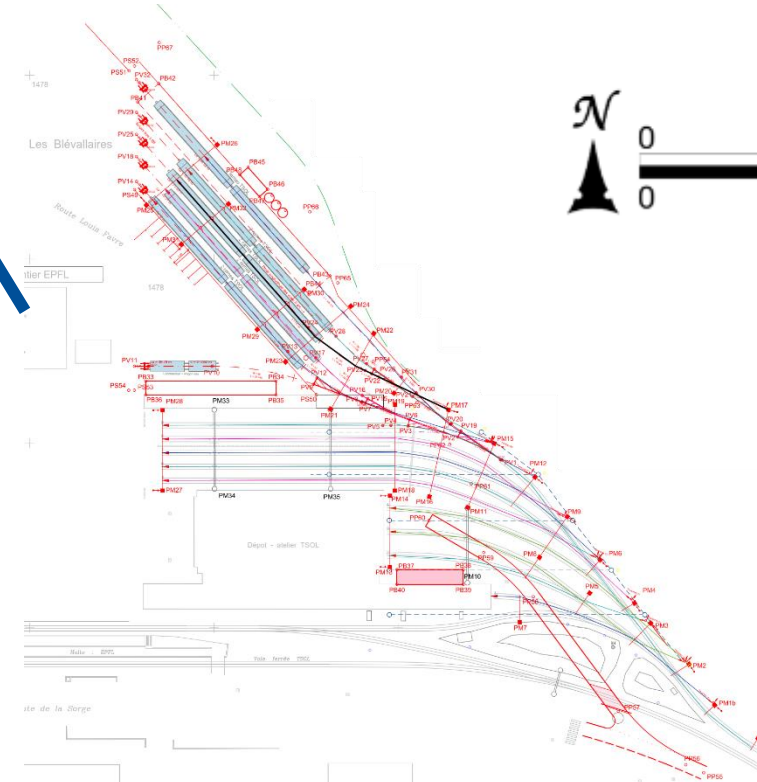
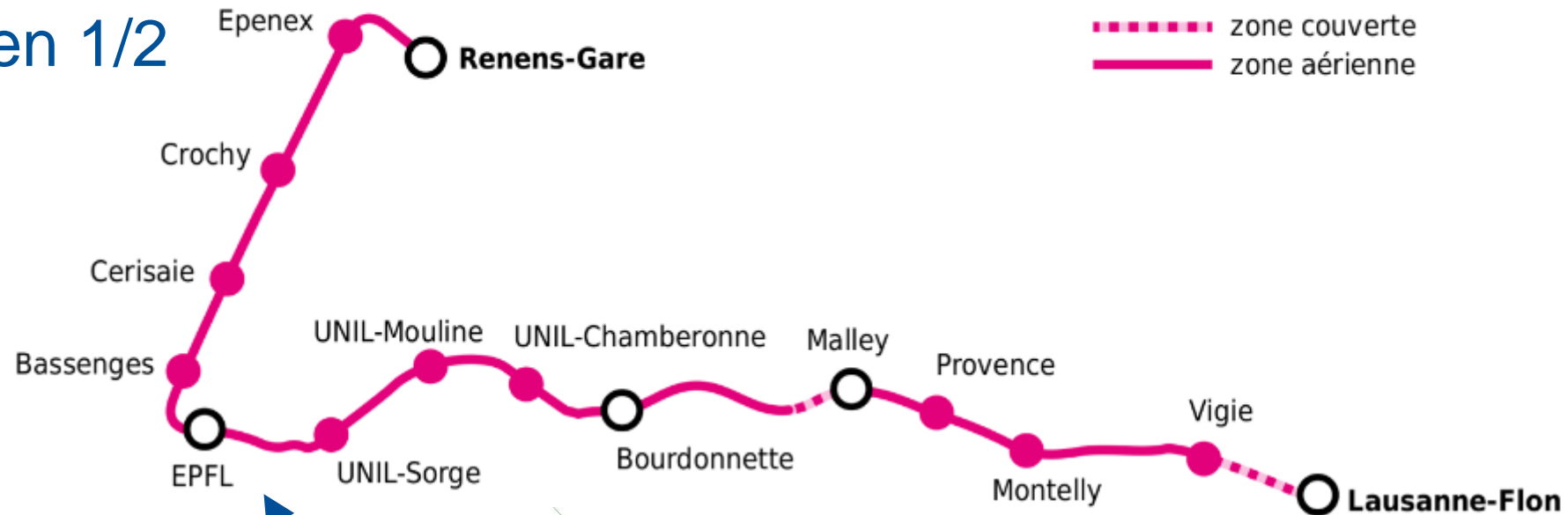
SBB-Spurweite

Max. Gefälle 0,6 %

Spannung 750 V

Höchstgeschwindigkeit 70 km/h (Linie)

750 m Tunnel



Garage Werkstatt



13 Millionen Fahrgäste

Campus EPFL / UNIL

Takt:

HVZ: 5 Minuten

Sonst: 7,5 Minuten

Verkehrt mit Doppeleinheit

- 1 Präsentation von tl
- 2 Solar-Fahrzeug und Einführung Stromverbrauch
- 3 ESöV-Programm
- 4 Projekt
- 5 Fragen
- 6 Offene Diskussion

tsol 1

- 12 Züge
- 1991
- ACMV
- Midlife 2011 bis 2018

tsol 2

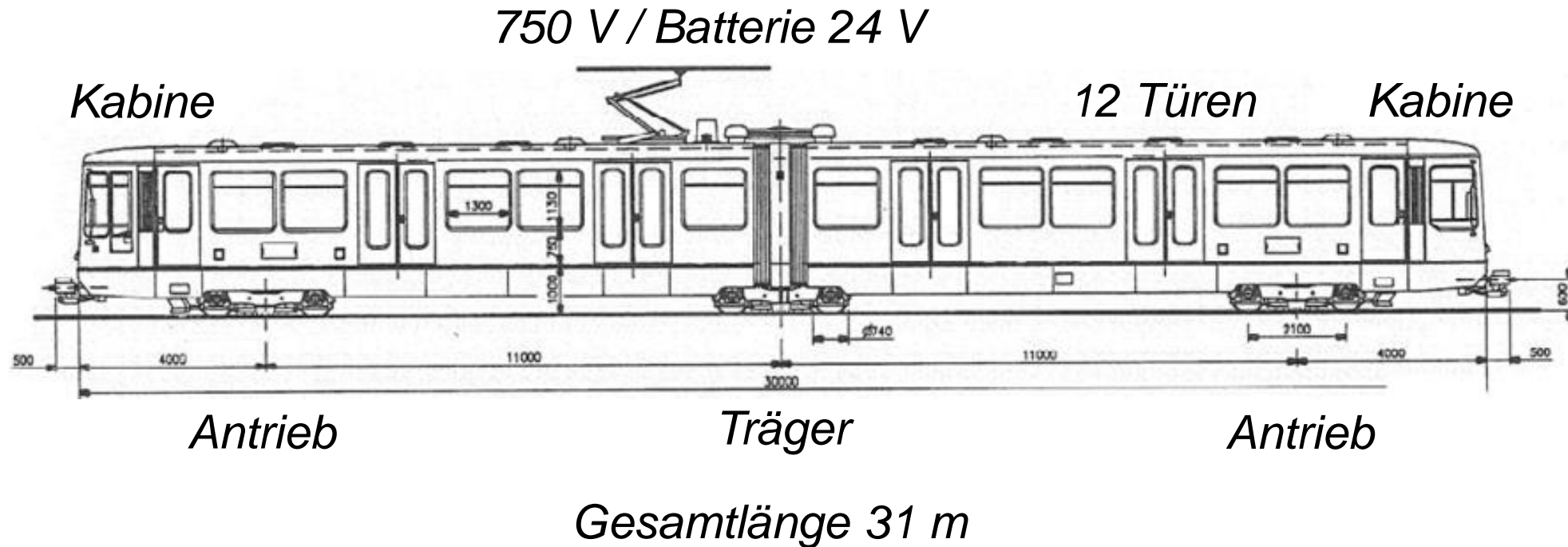
- 5 Züge
- 1996
- ACMV
- Midlife 2011 bis 2018

tsol 3

- 5 Züge
- 2015
- tl & MOB

Flotte mit 22 Zügen
Be 4/6





- Masse 64 Tonnen (Gesamtmasse)
- 295 Plätze (56 Sitzplätze)
- Leistung: 2 X 235 kW
- Höchstgeschwindigkeit 80 km/h
- Klimaanlage nur in der Kabine

Bremsen

- elektrisch (Energierückgewinnung / Rheostat)
- Druckluftbremse
- Magnetschienenbremse

1 Leistung eines Zugs: 470 kW

2 Jahresverbrauch eines Zugs: 310'000 kWh

3 Energieverbraucher:

- 4
- 5
- 6
- Fahrzeugantrieb
 - Heizung
 - Klimaanlage Kabine
 - Hilfseinrichtungen

Die Züge bleiben nachts unter Strom



tl Zugleistungs-Quiz

Leistung:

6100 kW =?

5200 kW =?

2000 kW =?

800 kW =?

750 kW =?

470 kW =?

Re 460



6100 kW

Bombardier-Tram



750 kW

Bhe 4/8



800 kW

Ge 4/4



2000 kW

ICN




5200 kW

tsol



470 kW

- 1 Präsentation von tl
- 2 tsol-Fahrzeug und Einführung Stromverbrauch
-  3 SöV-Programm
- 4 Projekt
- 5 Fragen
- 6 Offene Diskussion

Am 21. Mai 2017 stimmte das Schweizer Stimmvolk für die Energiestrategie 2050 des Bundesrats

- Schrittweiser Atomausstieg
- Förderung erneuerbarer Energien



Das BAV arbeitete das Programm ESöV 2050 aus
***E**nergiestrategie 2050 im öffentlichen **V**erkehr*



Das BAV finanziert Projekte von Transportunternehmen, die folgende Ziele verfolgen:

- Aufgabe der Energie aus Kernkraftwerken
- Einschränkung der Nutzung von Energie aus Kohlekraftwerken
- Förderung der Produktion erneuerbarer Energie
- Verbesserung der Energieeffizienz

1 Im Januar und im Juni führt das BAV Ausschreibungen zur Einreichung neuer Projekte durch

2
3 Nächste Abgabefrist: 31.01.2020

4
5 Informationen:

6 <https://www.bav.admin.ch/bav/de/home/themen-a-z/umwelt/ESoeV2050.html>

- Formular für die Einreichung eines Projekts
- Beispiele bereits umgesetzter Projekte
- Weitere Informationen und Formalitäten

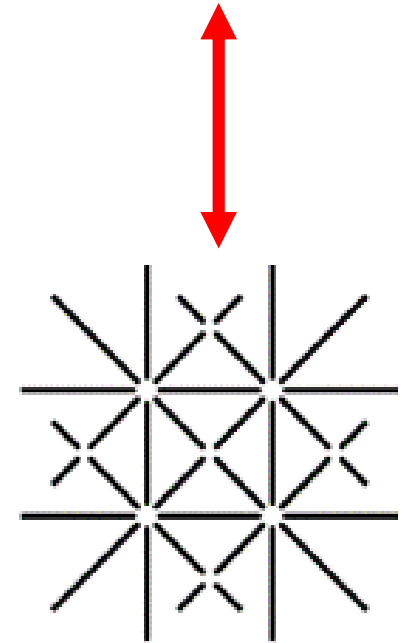
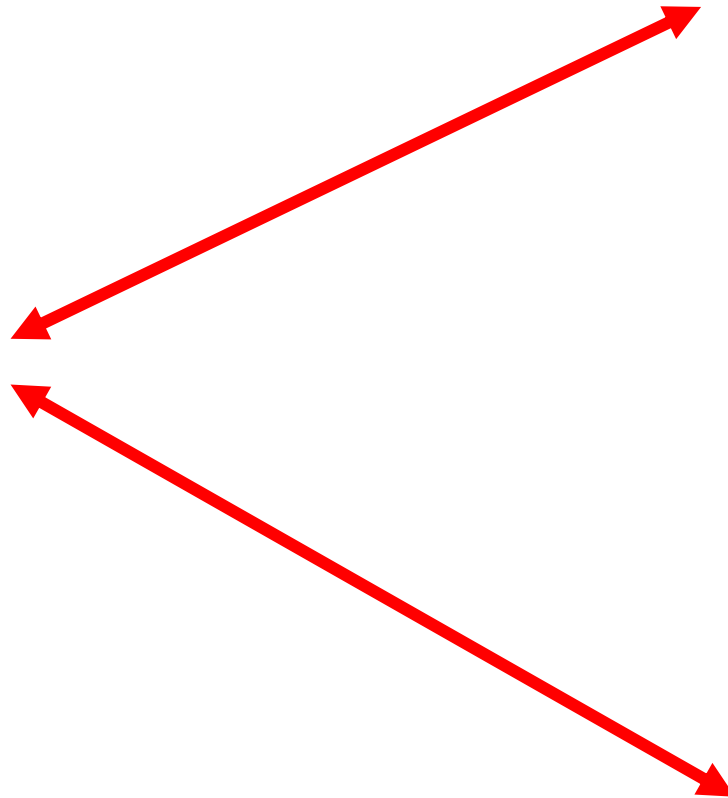





Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Finanzierung von 40 %

Auszahlung in 3 Tranchen

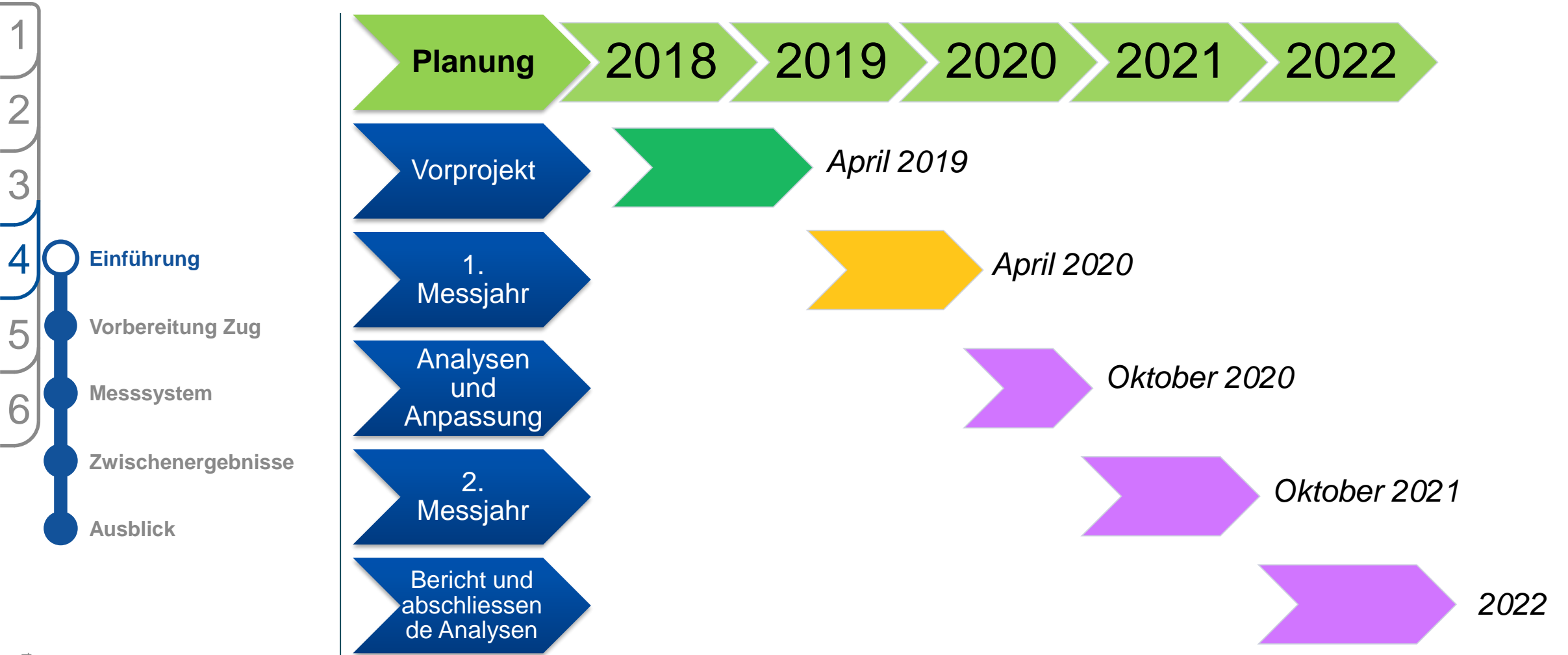


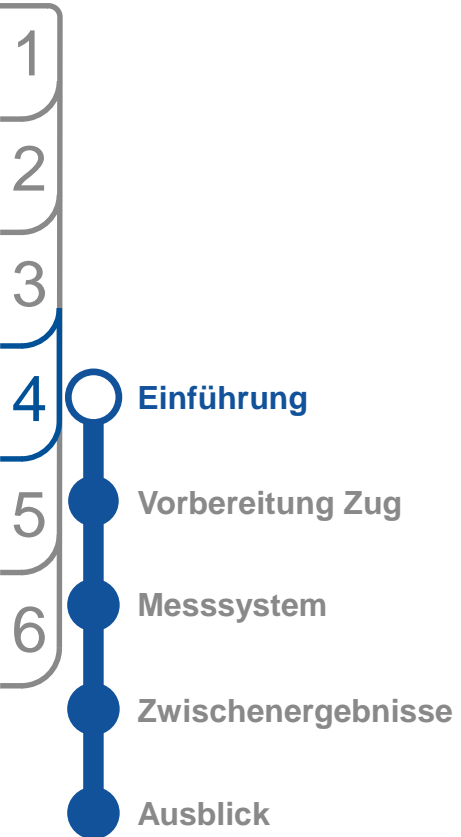
UNI
BASEL

- 1 Präsentation von tl
- 2 tsol-Fahrzeug und Einführung Stromverbrauch
- 3 ESöV-Programm
- 4  rojekt
- 5 Fragen
- 6 Offene Diskussion

- 4 Einführung
- 5 Vorbereitung Zug
- 6 Messsystem
- Zwischenergebnisse
- Ausblick







Ermittlung der Messbedingungen

- Messwertgeber



Messen der Verbrauchswerte

- Antrieb
- Heizung und Klimaanlage
- Hilfseinrichtungen



Analysen

- Energiebilanz
- Verbesserungsmaßnahmen



- 4 Einführung
- 5 Vorbereitung Zug
- 6 Messsystem
- Zwischenergebnisse
- Ausblick



~ 60 Bestandteile

- Aussentemperaturfühler
- Innentemperaturfühler
- CO₂-Sensoren
- Sonnenstrahlungs-Sensoren
- GPS-Antenne
- Erfassung der Türstellung





Vorbereitung Zug

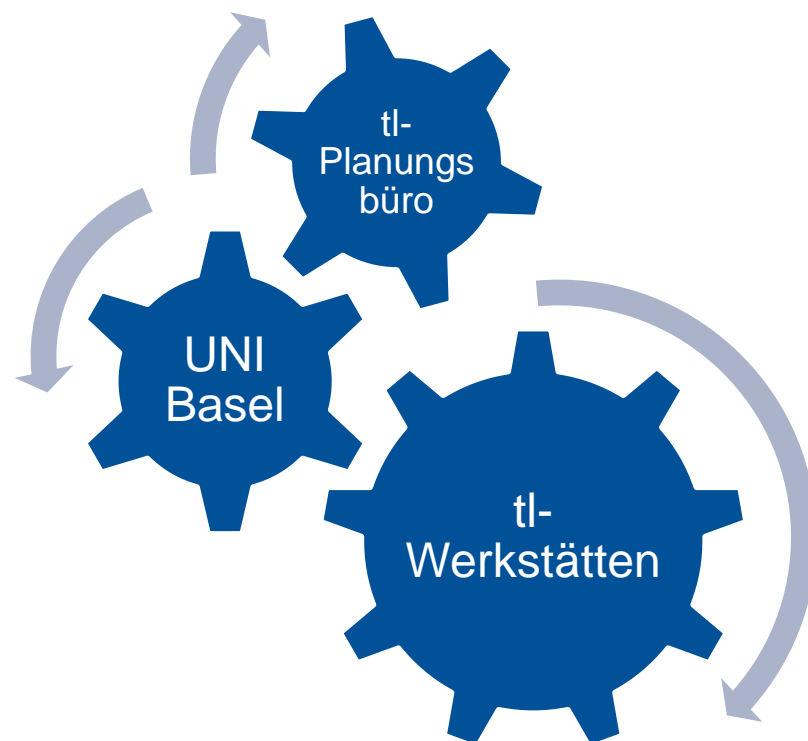
Messsystem

Zwischenergebnisse

Ausblick



- 1
- 2
- 3
- 4 Einführung
- 5 Vorbereitung Zug
- 6 Messsystem
- Zwischenergebnisse
- Ausblick



Eine Woche Arbeit für die tl-Werkstätten!



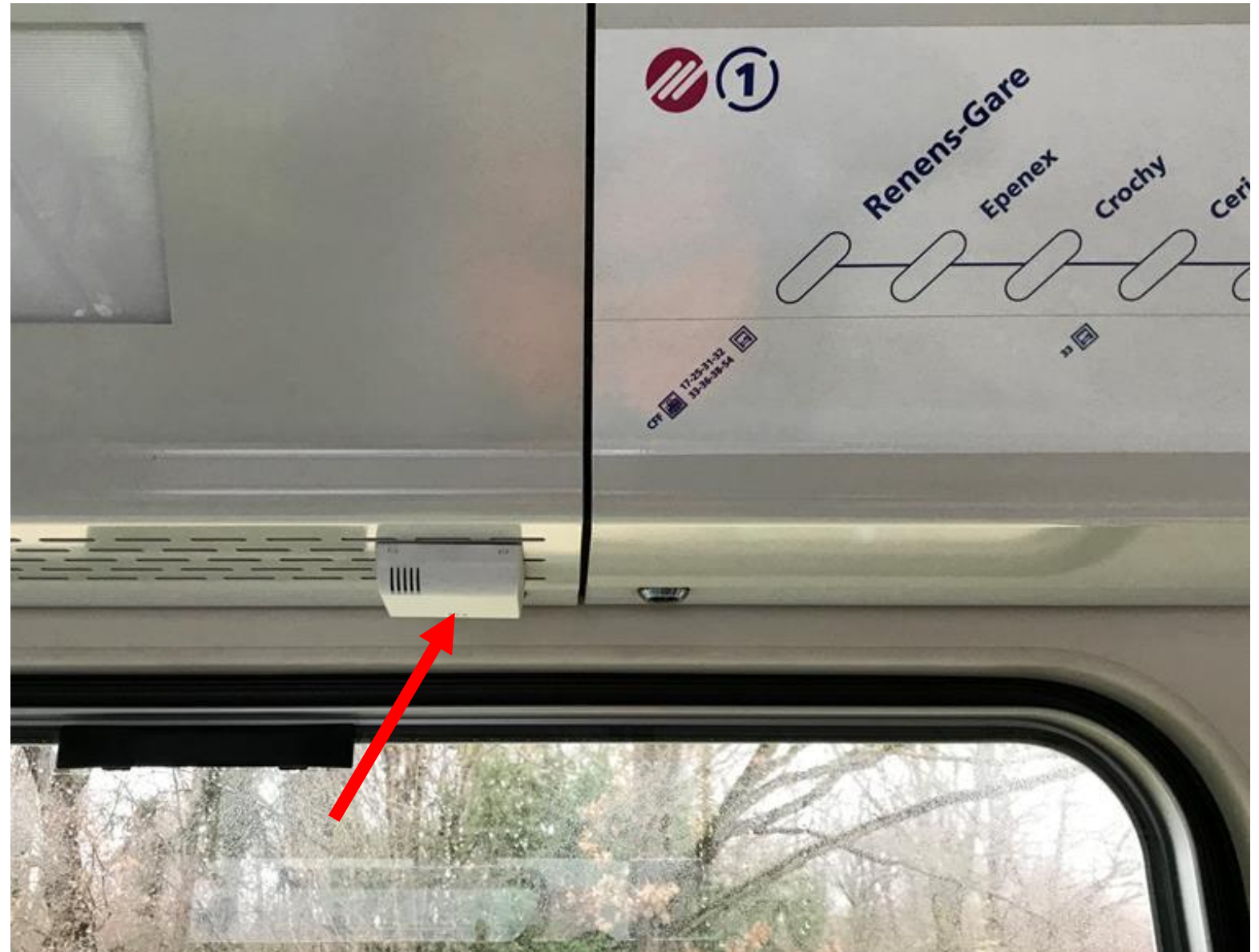
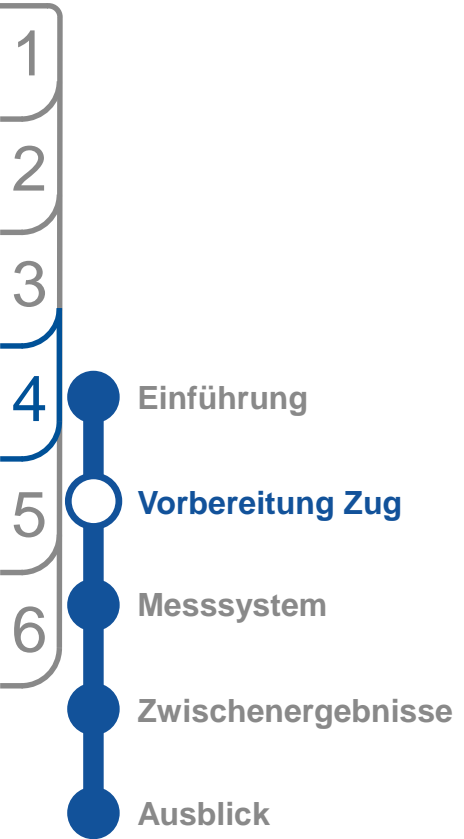
- 4 Einführung
- 5 Vorbereitung Zug
- 6 Messsystem
- Zwischenergebnisse
- Ausblick



- 4 Einführung
- 5 Vorbereitung Zug
- 6 Messsystem
- Zwischenergebnisse
- Ausblick



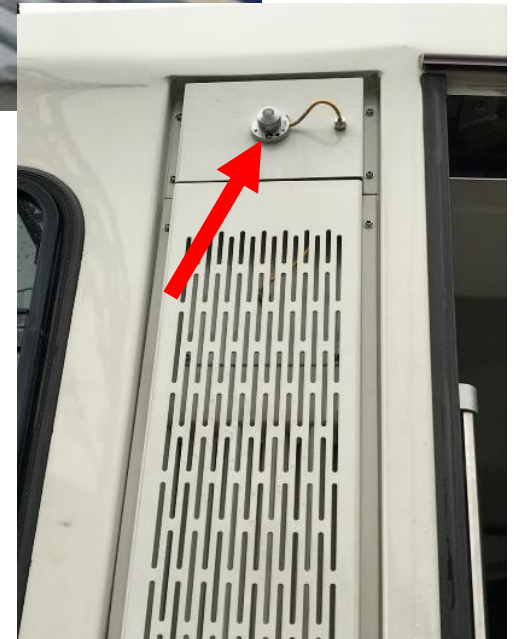
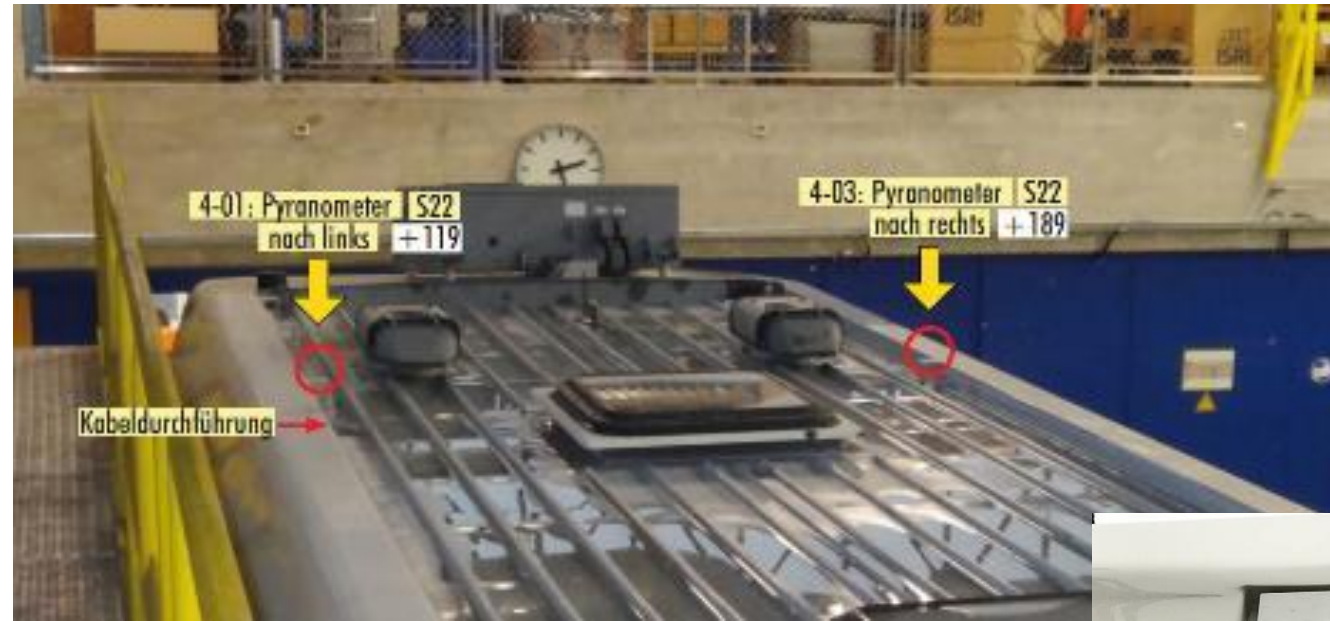
tl Temperatursensor



1
2
3
4
5
6

- 4 Einführung
- 5 Vorbereitung Zug
- 6 Messsystem
- Zwischenergebnisse
- Ausblick





- 4 Einführung
- 5 Vorbereitung Zug
- 6 Messsystem
- Zwischenergebnisse
- Ausblick



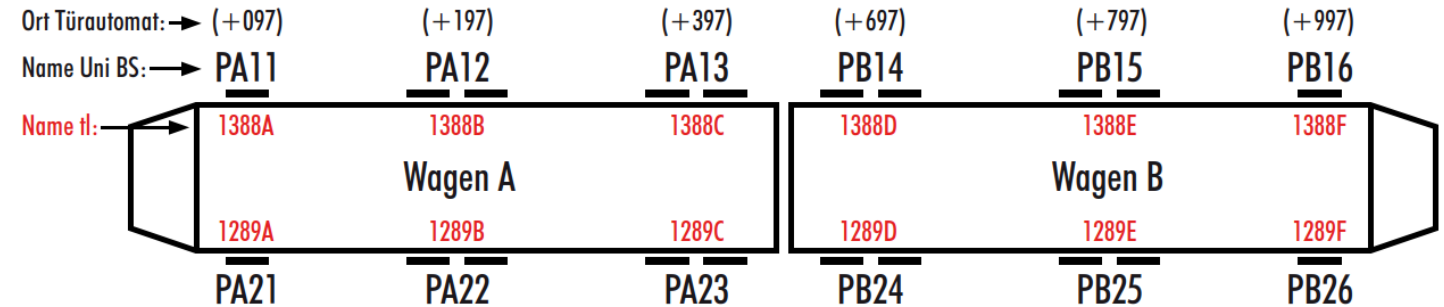


tl Unterflur-Spannungssensor

1
2
3
4
5
6

- 4 Einführung
- 5 Vorbereitung Zug
- 6 Messsystem
- Zwischenergebnisse
- Ausblick

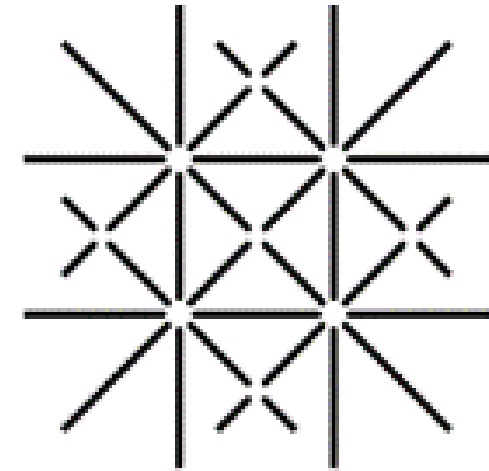
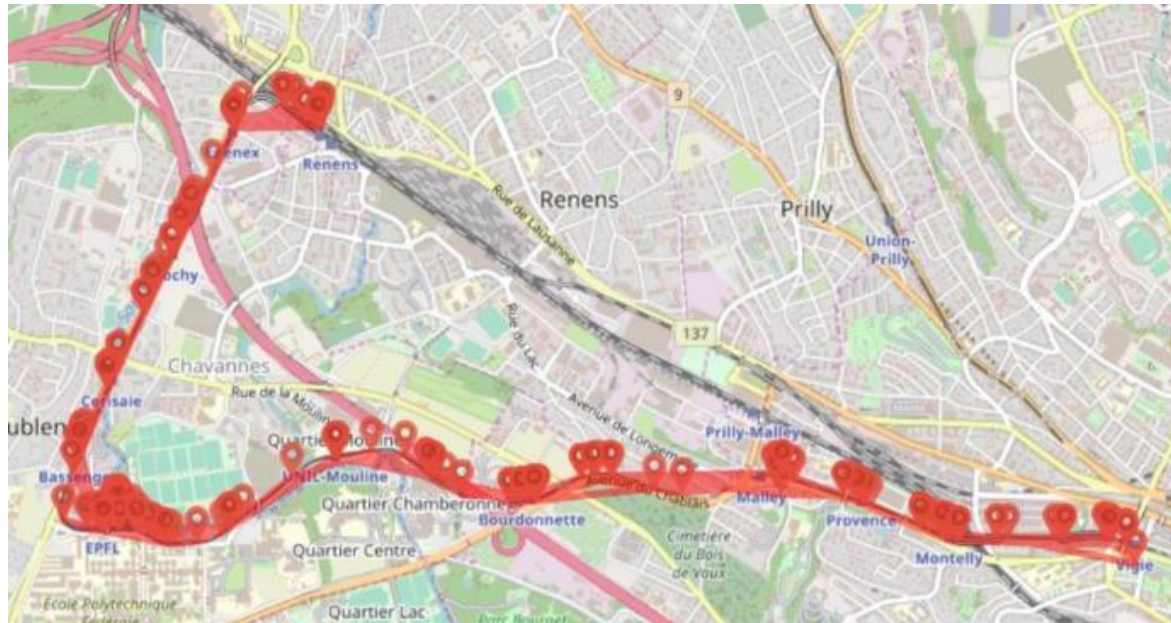




- 4 Einführung
- 5 Vorbereitung Zug
- 6 **Messsystem**
- Zwischenergebnisse
- Ausblick



- 4 Einführung
- 5 Vorbereitung Zug
- 6 **Messsystem**
- Zwischenergebnisse
- Ausblick



UNI
BASEL

Andreas Tonin &
Peter Oelhafen



METRO M1 - ENERGY CONSUMPTION AND CLIMATE DATA ACQUISITION SYSTEM

Data Analysis (e3m Data Center):

- 195 various Data Points (from Metro)
- 242 + various Formula Data Points
- Customizable Charts
- Data-Export (Excel .csv)



Internet

e3m
Data Server

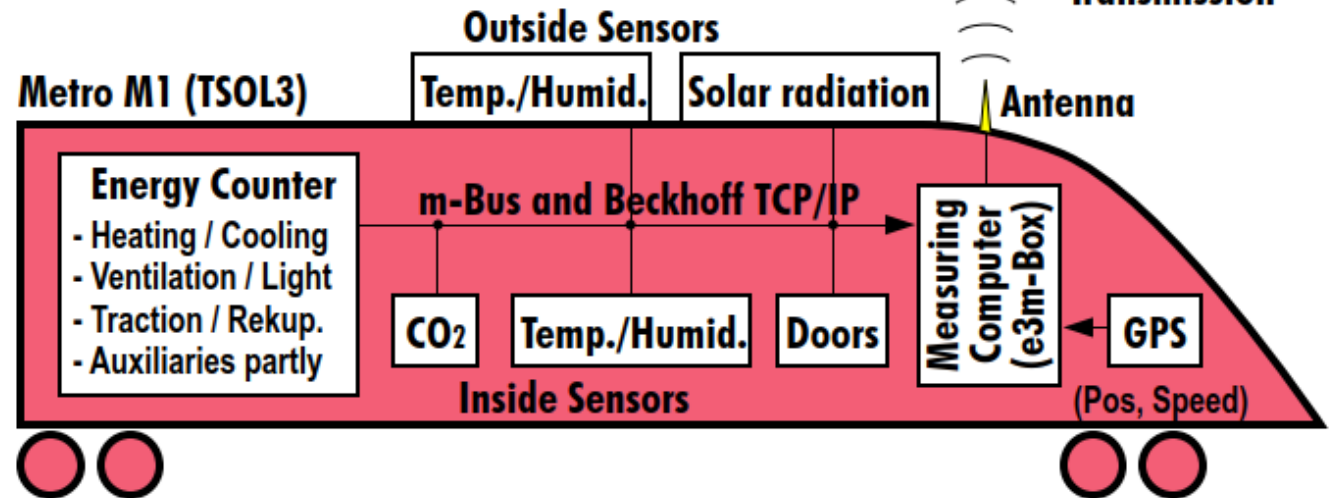
Data Cloud
with
Arithmetic-
Unit

Antenna

Mobile Data
Transmission

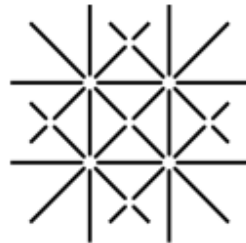
Acquisition System:

- 5 AC-Energy Counters
- 3 DC Voltage Sensors
- 15 DC Current Sensors
- 12 Door States
- 2 Beckhoff Controllers
- 14 Beckhoff Measuring Nodes
- 2 M-Bus Devices
- 8 Temperature Sensors
- 2 CO₂-Sensors
- 2 Pyranometers
- 1 GPS (Position System)
- 1 Measuring Computer (e3m)
- 1 Antenna (and other devices)



Goal: - Long-term measurement to find and implement energy-saving measures (for retrofits and new orders)

Partners: - tl (transport company), opit (e3m-Datasystem), pi-system (Beckhoff programming), FOT (Federal Office of Transport)



UNI
BASEL

METRO M1 - DATA ANALYSIS (e3m Data Center)

The e3m system is a trademark of the German company Emation which cooperates with the Swiss company Opit. Opit supplies us with the measuring computer and the data-server/-center access. The Beckhoff system is an industrial computer with modular measuring nodes (PI-system).

The data center provides access to the data server. It runs in an internet browser.

Each minute the measuring computer collects sensor data, preprocessed DC-energy data from the Beckhoff system and the AC-energy meters using various interfaces.

The raw data is transmitted once a day to the data server. There it automatically calculates predefined formula data points, aggregations and diagrams or charts.

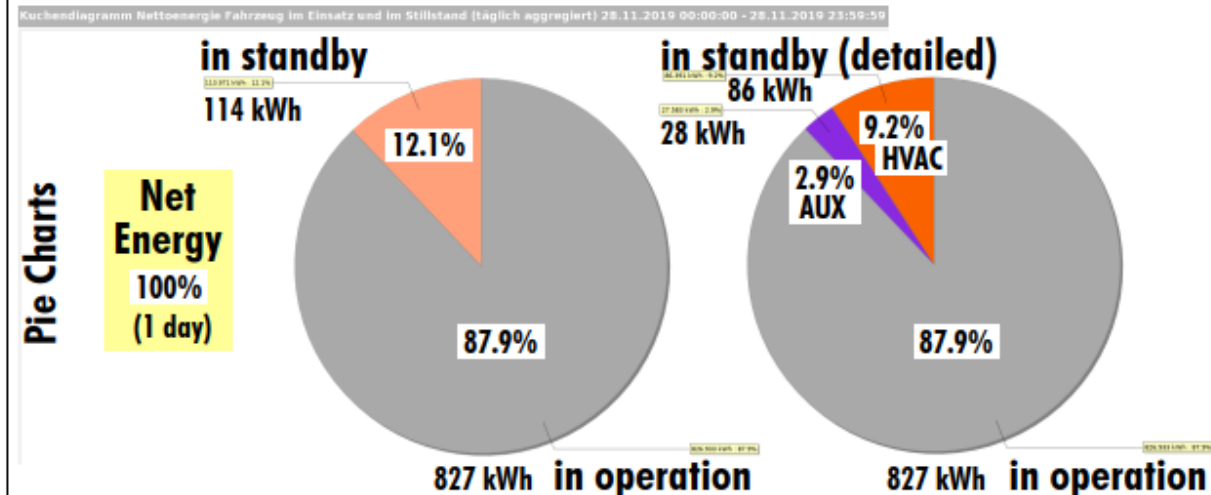
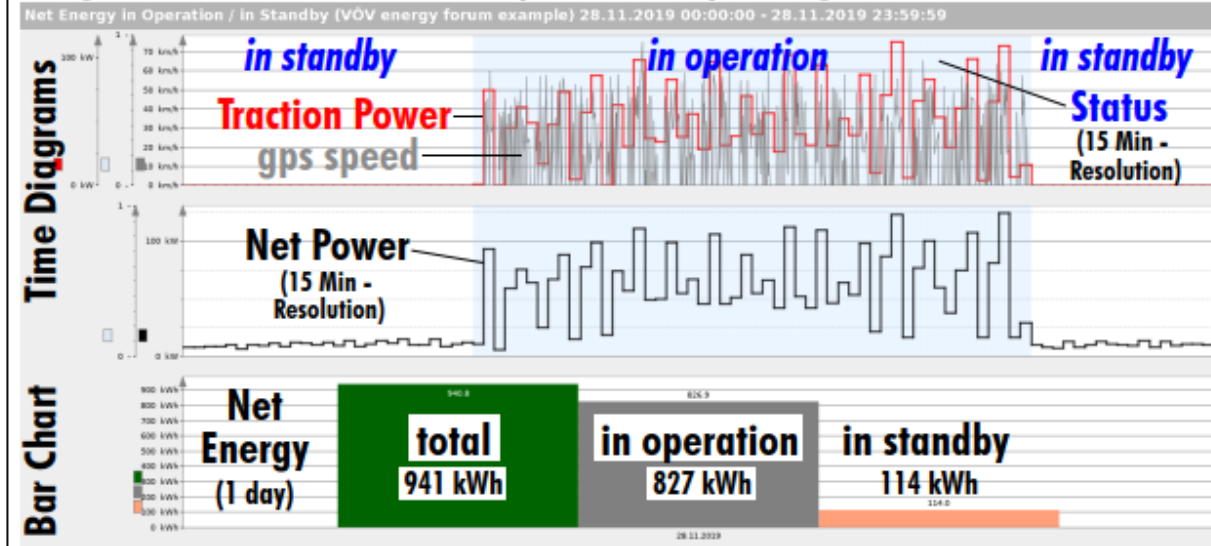
An example of daily aggregations is shown in the bar and pie charts. This can be done for weeks, months or years as well.

With formula data points you can do arithmetics, differentiation and integration, comparisons, synchronisations of time stamps and much more. When data is shown in a diagram, it is easier to understand.

On the right is a small example what can be done within the Data Center.

Data export opens even more possibilities.

Diagram examples of one day (28.11.2019): Energy used in standby



4 Einführung

5 Vorbereitung Zug

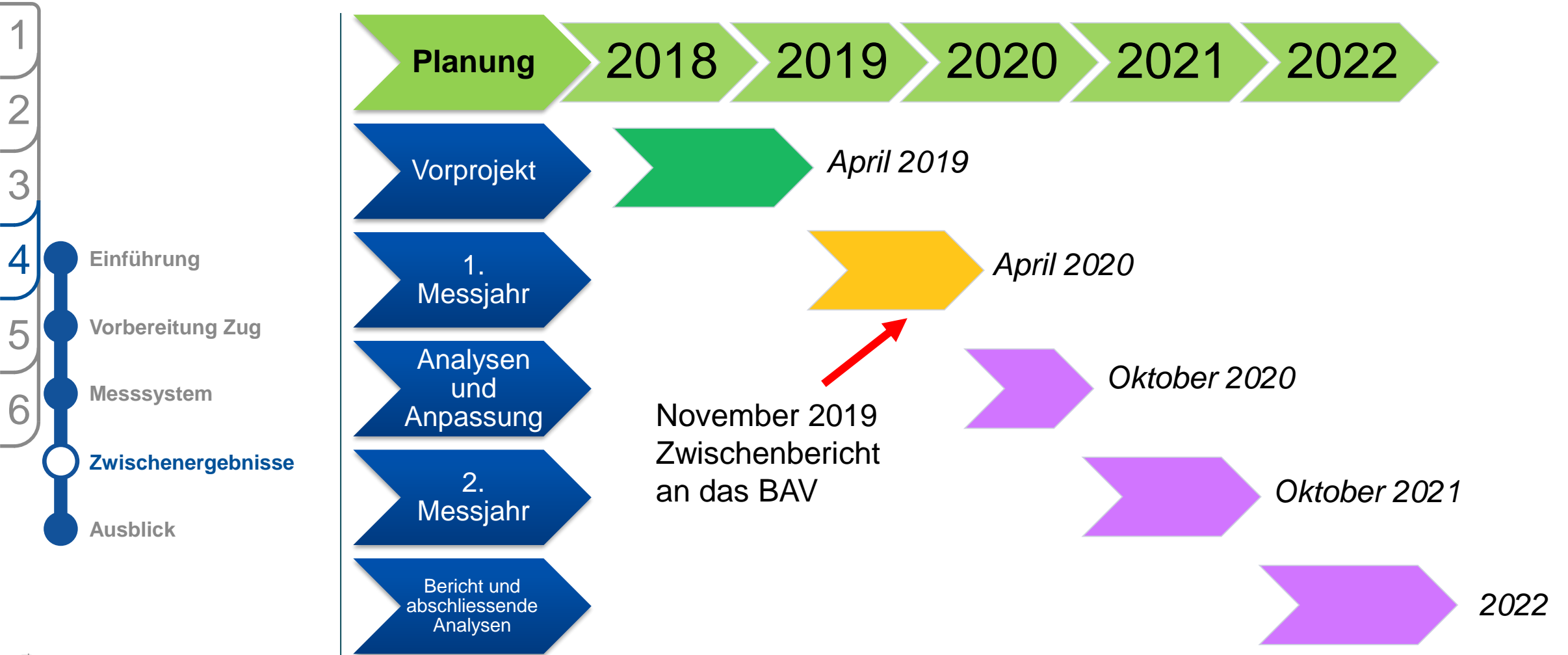
6 Messsystem

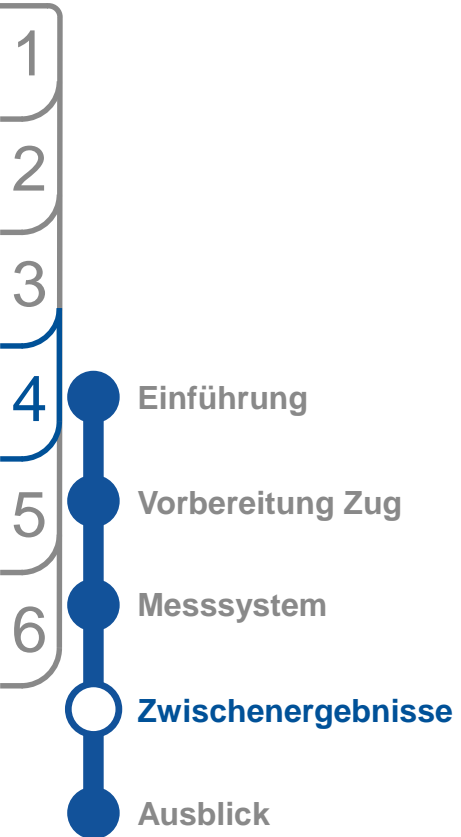
Zwischenergebnisse

Ausblick

- 4 Einführung
- 5 Vorbereitung Zug
- 6 Messsystem
- Zwischenergebnisse
- Ausblick

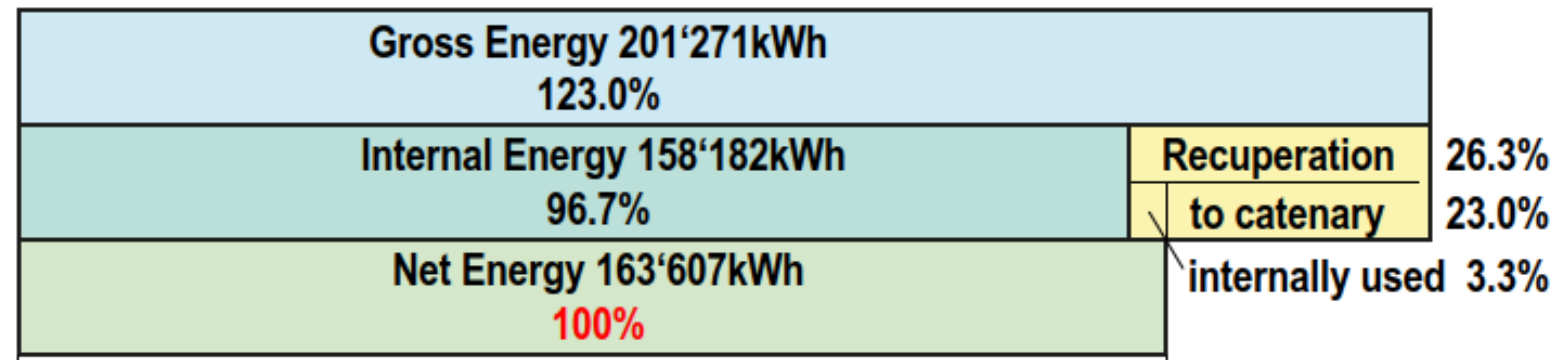






Daten:

- Messzeitraum: 01.05.2019 bis 30.11.2019
- Betriebszeit: 49,6 %
- Zeit im Depot: 50,4 %
- Nettoenergie = Bruttoenergie – Rückgewinnung



All percentages refer to the actual net energy consumed (100%)

Detail HVAC

HVAC 11'240kWh 6.9%

Heating 10'488kWh
6.41%

Ventilation 347kWh 0.21%

Cooling 405kWh 0.25%

Net Traction 133'190kWh
81.4%

HVAC

Aux

19'177kWh 11.7%

11'240kWh 6.9%

Detail Auxiliaries

Aux-24V
5'002kWh 3.1%

Aux-230V 7'629kWh
Air Compr etc. 4.7%

Aux-750V 6'546kWh
Static Conv loss 4.0%

Aux-24V 3'838kWh

Doors and various Controls 2.35%

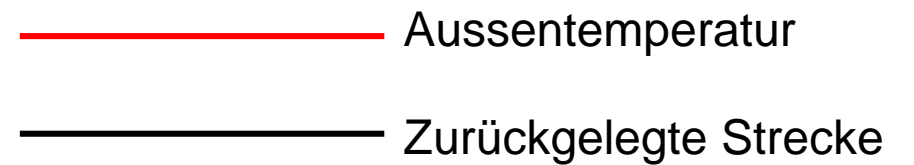
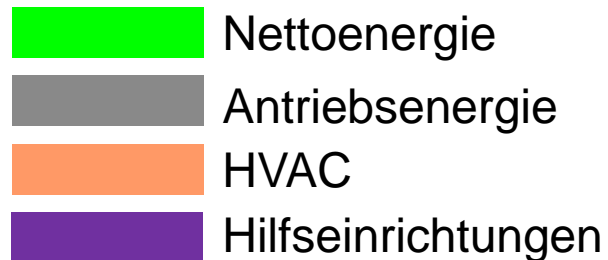
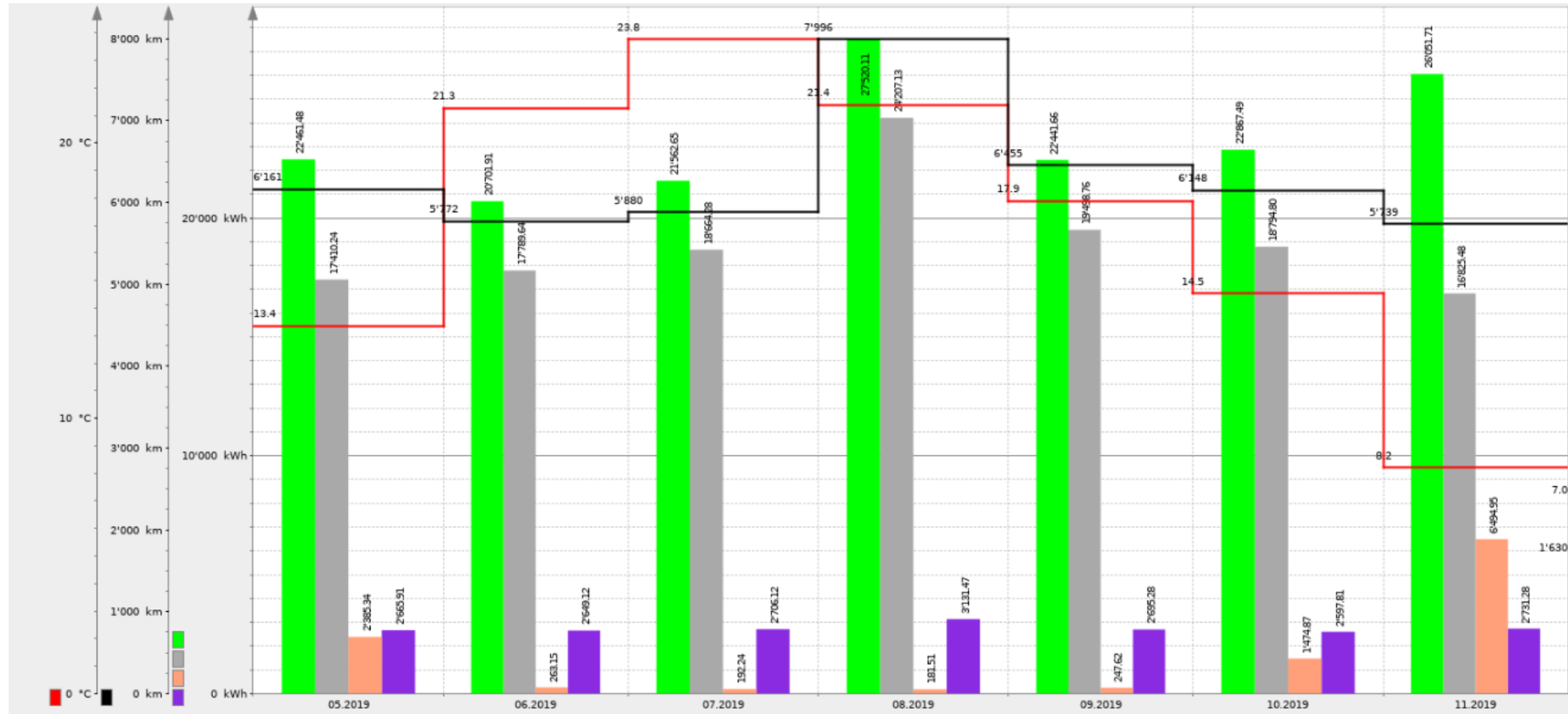
Aux-24V:

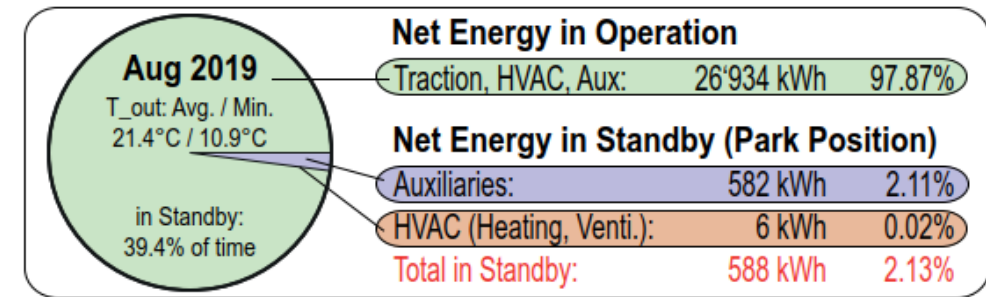
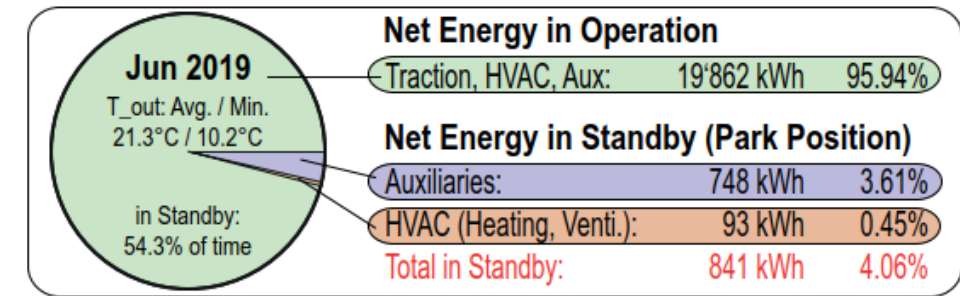
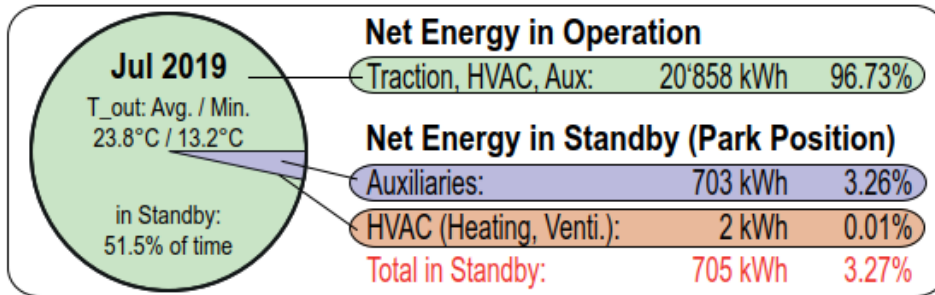
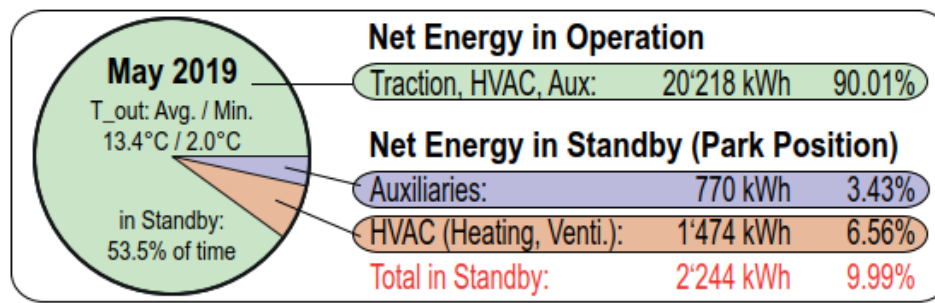
Info System 404kWh 0.25%

Service Lighting 288kWh 0.18%

Compartment Lighting 472kWh 0.29%

- 4 Einführung
- 5 Vorbereitung Zug
- 6 Messsystem
- Zwischenergebnisse
- Ausblick





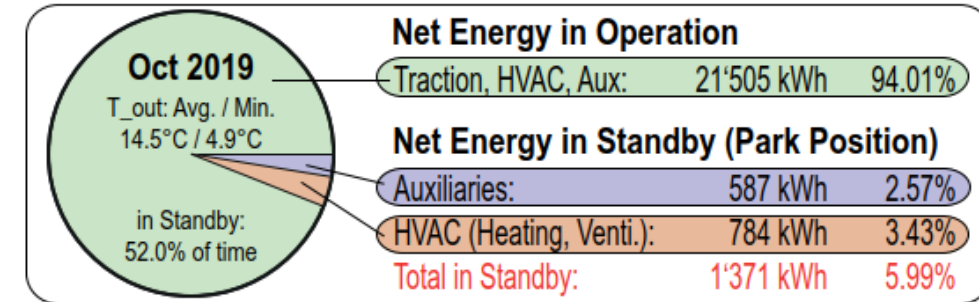
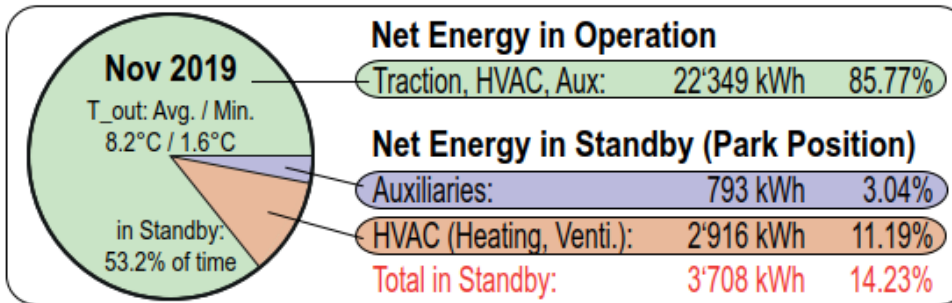
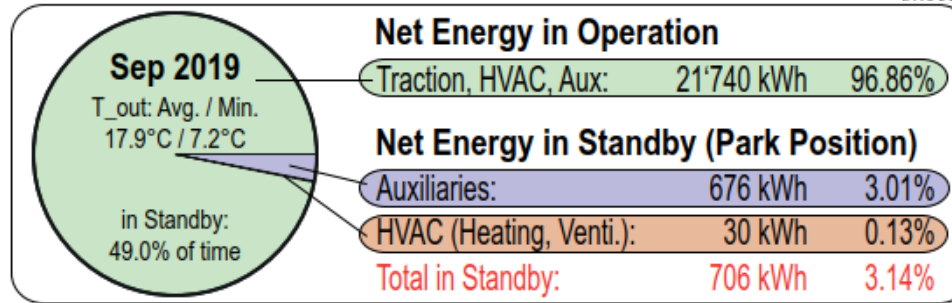
Einführung

Vorbereitung Zug

Messsystem

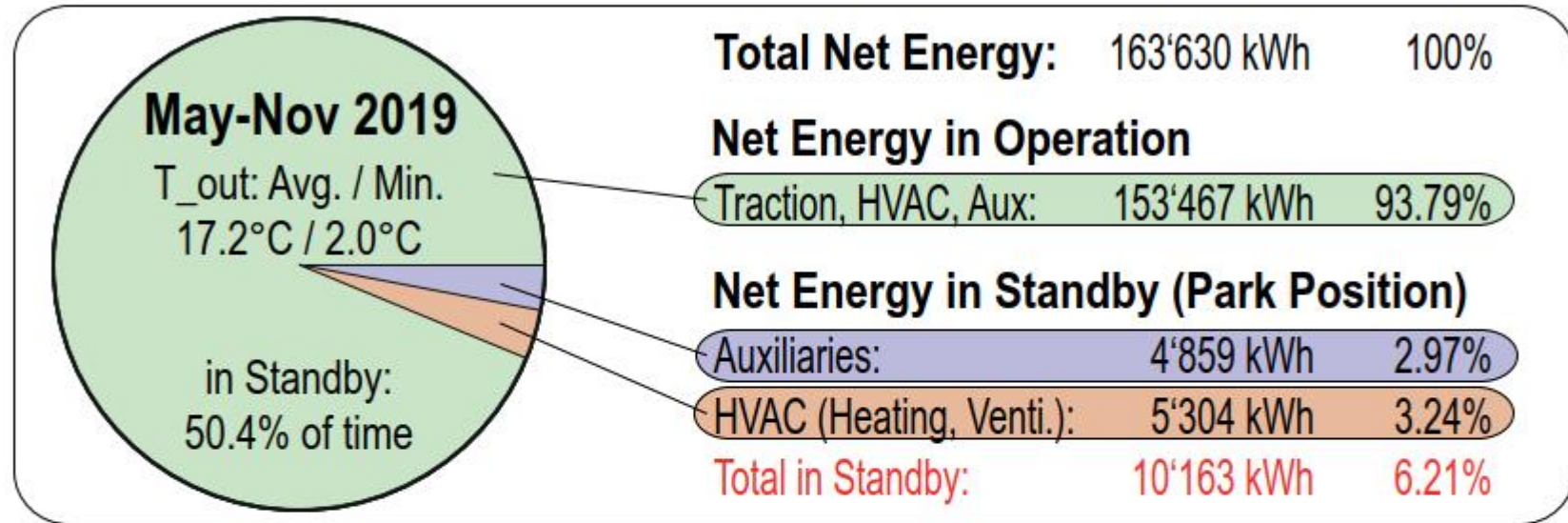
Zwischenergebnisse

Ausblick



Metro M1 - Net Energy in Operation and in Standby

12.12.2019 AT

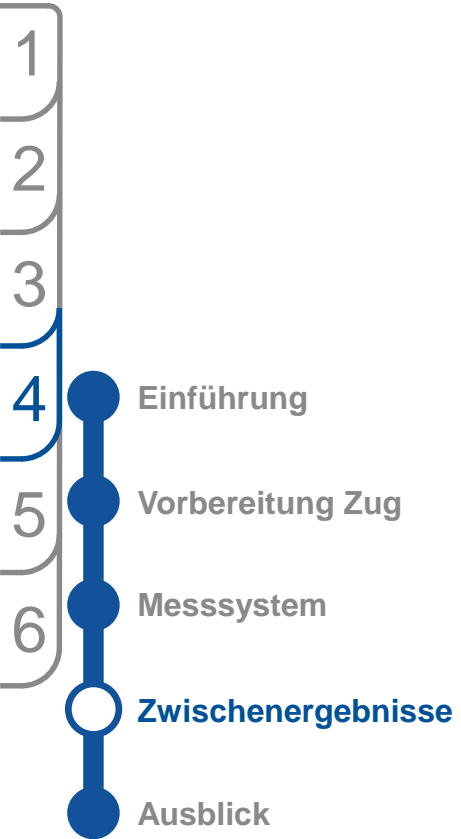


Measuring Conditions:

Period: 01.05.2019 - 30.11.2019 (214 days)
 Driving Distance: 44'150 km (GPS)
 Time in Operation: 2'547.5 h (49.6%)
 Time in Standby: 2'588.5 h (50.4%)
 Temperatures (Avg.): T_i = 22.0°C T_o = 17.2°C

Consumption (Operation & Standby)

Total Net Energy: 163'630 kWh 100.0%
 - Traktion Energy: 133'209 kWh 81.4%
 - HVAC Energy: 11'241 kWh 6.9%
 - Auxiliaries: 19'180 kWh 11.7%



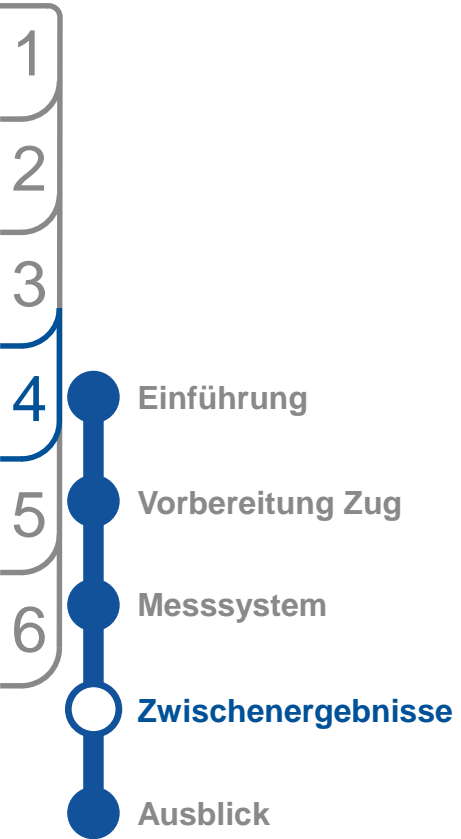
Unterbrechung der Stromzufuhr bei Standzeiten des Zuges im Depot:

- 3 %: Juni / Juli / August / September
- 10 %: März / April / Mai / Oktober / November
- 15 %: Dezember / Januar / Februar
- Preis pro kWh: 13,5 Rappen

Energieeinsparung für die gesamte Flotte: ~ 600'000 kWh

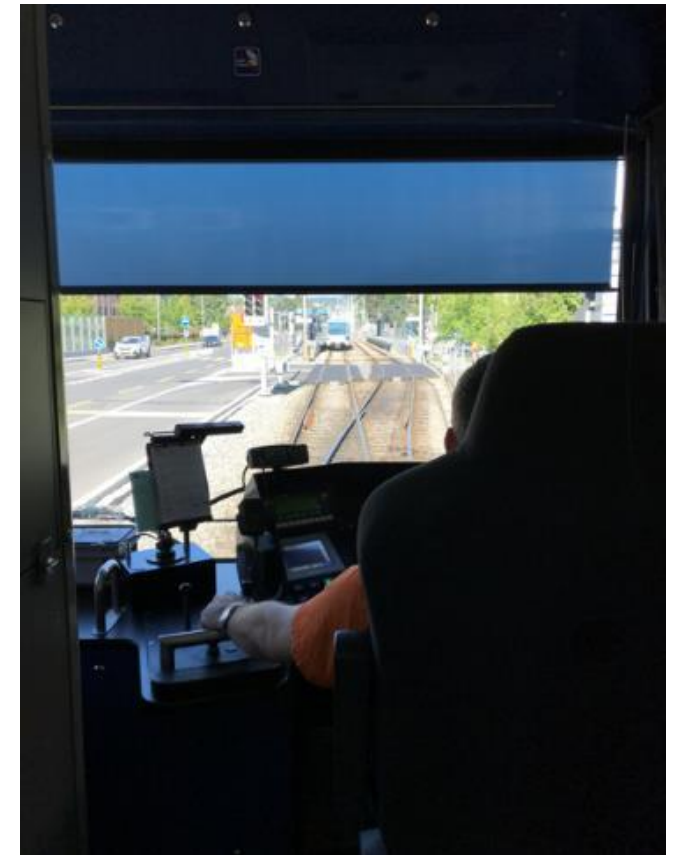
Jährliche Einsparung: ~ CHF 80'000.-





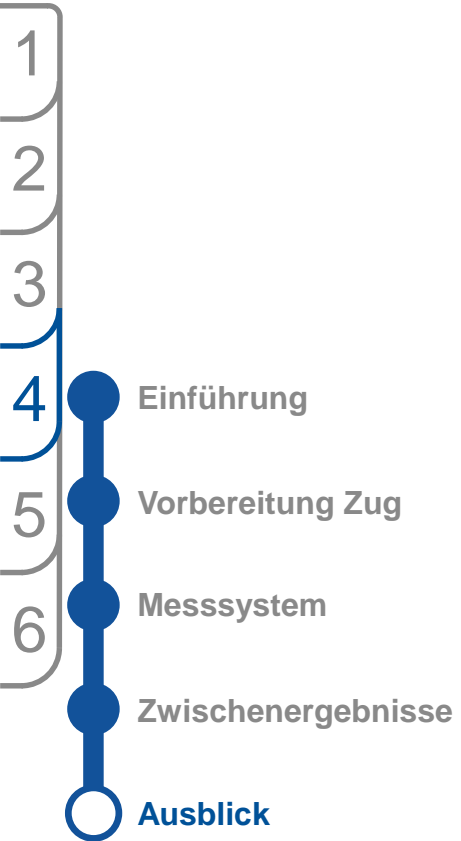
Um die Stromversorgung in der Nacht unterbrechen zu können, müssen mehrere Probleme gelöst werden:

- Zugang zum Zug
- Auffahren des Stromabnehmers
- Nächtliche Reinigung der Züge
- Umgebungstemperatur



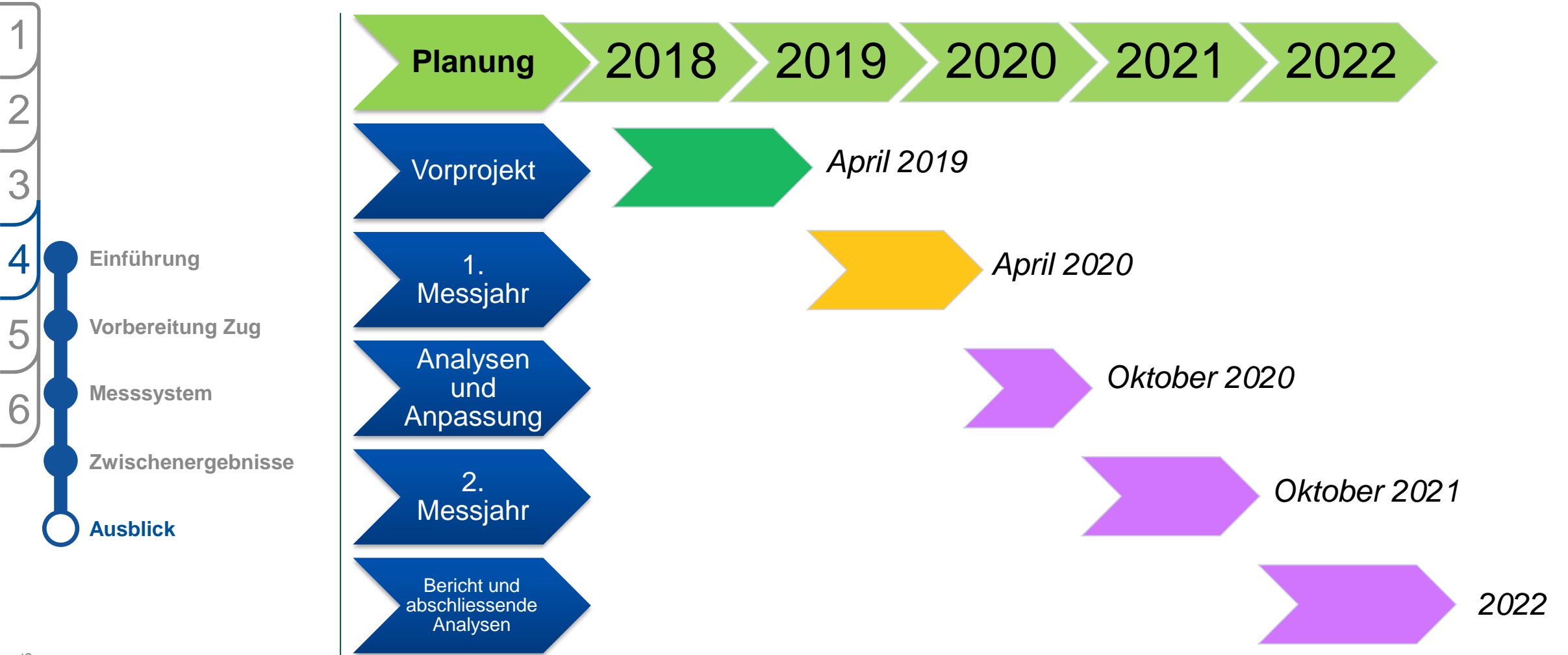
- 4 Einführung
- 5 Vorbereitung Zug
- 6 Messsystem
- Zwischenergebnisse
- Ausblick





Weitere mögliche Arbeitsschwerpunkte:

- Reduktion des Heizsollwerts im Fahrbetrieb
- Optimierung der Türöffnung und -schliessung an der Endstation
- Ecodriving (Antriebsenergie)
- ...



tl Änderung der Organisation

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6

Einführung

Vorbereitung Zug

Messsystem

Zwischenergebnisse

Ausblick




- 1 Präsentation von tl
- 2 tsol-Fahrzeug und Einführung Stromverbrauch
- 3 ESöV-Programm
- 4 Projekt
- 5 Fragen
- 6 Offene Diskussion



Herzlichen Dank für Ihre Teilnahme



- 1 Präsentation von tl
 - 2 tsol-Fahrzeug und Einführung Stromverbrauch
 - 3 ESöV-Programm
 - 4 Projekt
 - 5 Fragen
-  Offene Diskussion

Wurde in Ihrem Unternehmen bereits ein ähnliches Projekt umgesetzt?

Wenn ja,

- in welchem Bereich? (Fahrzeuge, Gebäude, Betrieb, ...)
- worin bestanden die grössten Herausforderungen? (technische Änderungen, Veränderungsmanagement, Finanzierung, ...)
- welche Gewinne wurden erzielt? (Grössenordnung)
- wie haben Sie das Projekt bei den Kunden und/oder intern präsentiert?



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra