

Projektpartner



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Bundesamt für Energie BFE

ETH zürich

VBZ

Zürich Linie



Berner Fachhochschule
Haute école spécialisée bernoise
Bern University of Applied Sciences



HESS
for better mobility

Swiss eBus plus mit Ambition und Effizienz in die Zukunft

10.06.26

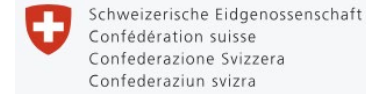
Jan Wunderlich / Leiter Technik&Entwicklung / Carrosserie HESS AG

Rückblick

Projekt eBus plus

- Kollaboration zwischen Bund, Verkehrsbetrieb, renommierten Forschungseinrichtungen und HESS als Bushersteller
- Vom Bundesamt für Energie (BFE) als Pilot- und Demonstrationsprojekt unterstützt: Projektnummer SI/502235
- Vortrag 06/2024 : «**Reduktion des Energieverbrauchs im Linienbetrieb - durch Innovative Lösungen im Fahrzeugkonzept**»

Projektpartner



ETH zürich



ETH zürich

Ausgangslage aus Vorgängerprojekten

- Handlungsfeld I: Antrieb und Rekuperation
- Handlungsfeld II: Leichtbau
- Handlungsfeld III: HV-Regelungsoptimierung
- Handlungsfeld IV :Heizung / Klimatisierung
- Handlungsfeld V: Wagenkasten
- Handlungsfeld VI: Batterietechnologie
- ...

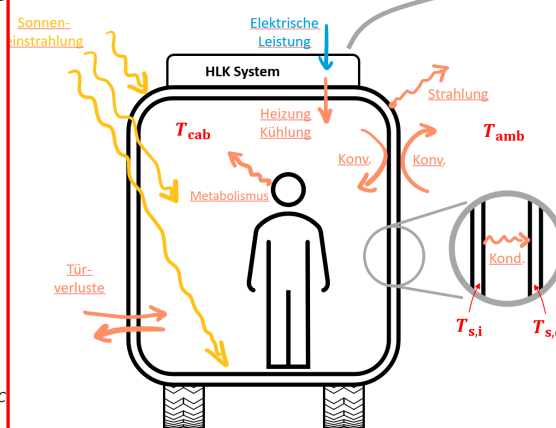
Vorhandene
Potentiale

✓
✓
✓
++
+++
+

Anforderung:
«Nichtfossilen Verkehrsträgern im öffentlichen Verkehr auf Strassen zum Durchbruch verhelfen»...durch anwendbare Technologie, Innovationen und Mut

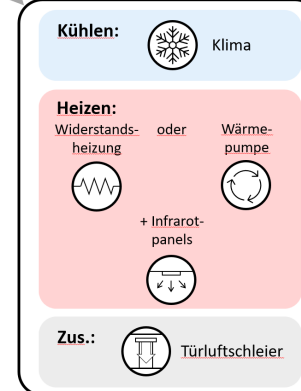
ETH zürich

Modellübersicht



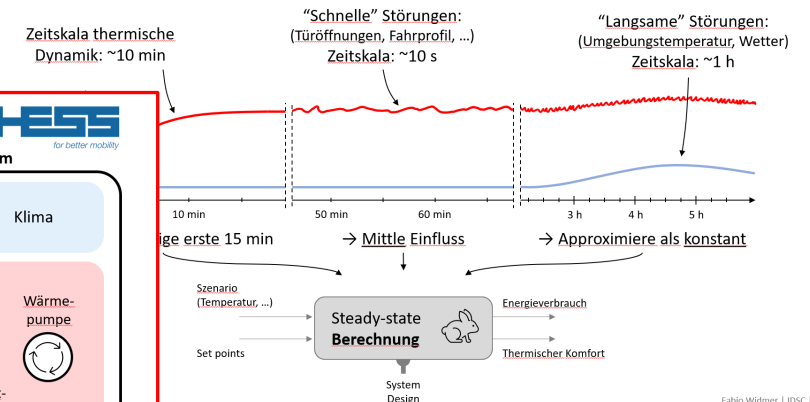
HESS

HLK System

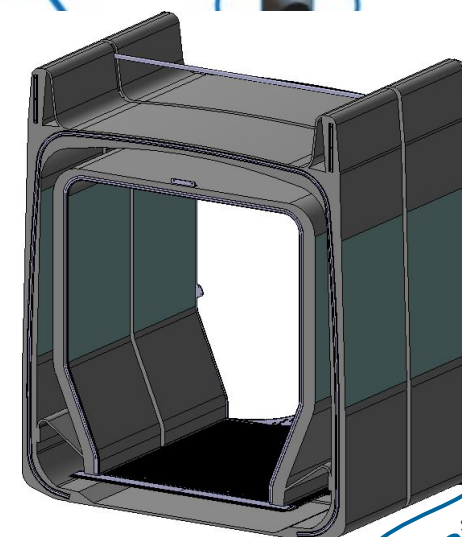
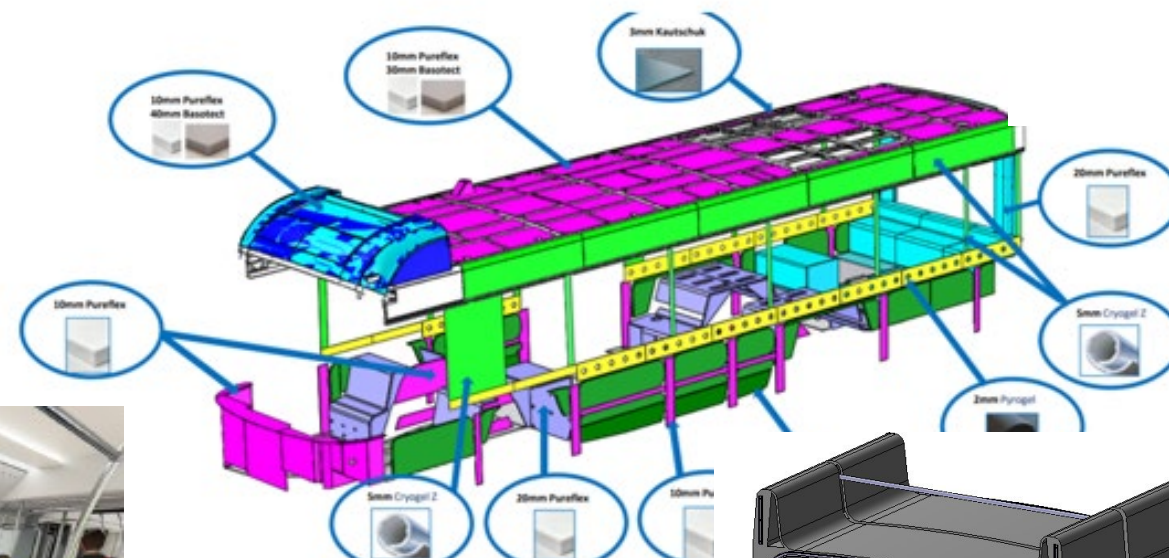


ETH zürich

Vereinfachung durch Steady-State-Betrachtung



Einige eBus plus Technologien...



patentiert

Rückblick: Ansatz und Grundlagen

Methodik:

- Berechnung → Theorie & Physik



- Simulation → Mit echten Wetterdaten und Betriebsparametern



- Test in Klimakammer → Sommer/Winterbetrieb, Systemebene



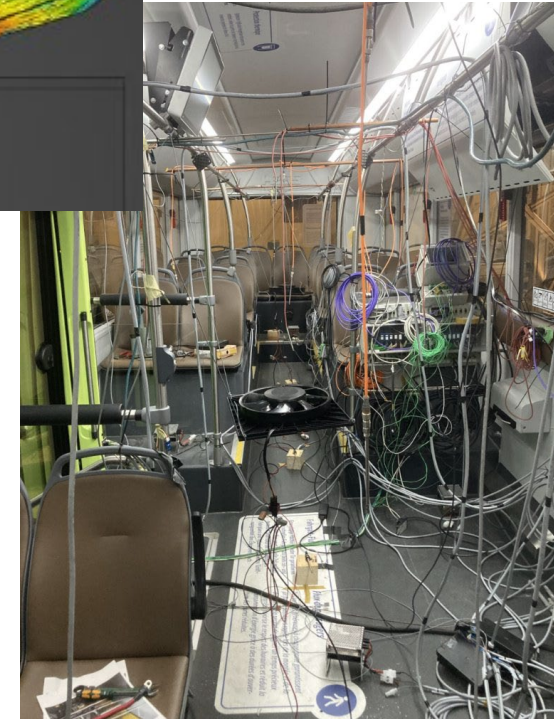
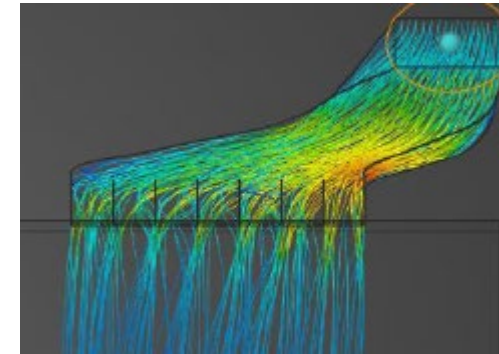
- Test im Linienbetrieb → Fahrzeugebene, Laufleistung bisher >60.000km

Vergleichsbasis:

Bestehendes bereits optimiertes Fahrzeug → Wagenkastenisolierung, Doppelverglasung, Compositmaterialien...

Anspruch:

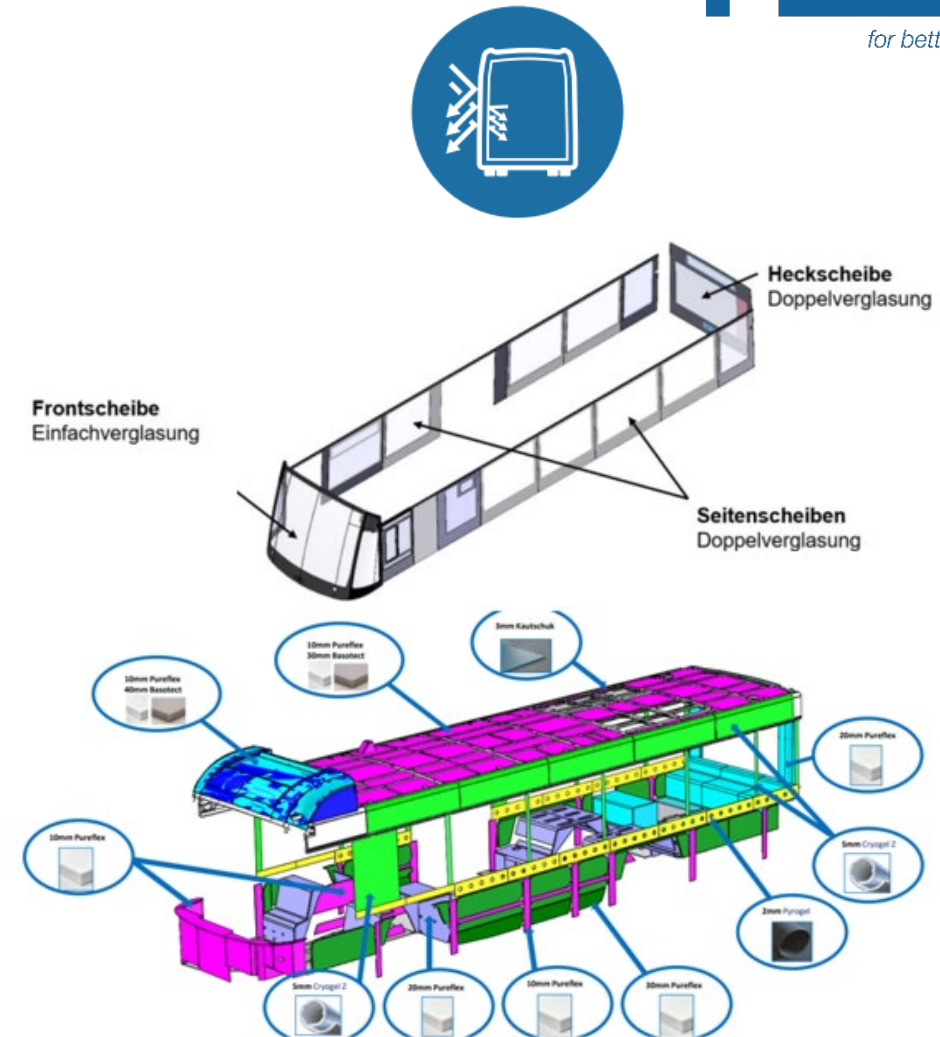
Keine geschönten Optimierungen durch tiefe Bezugsgrößen → Was hilft es im Betrieb?



Isolation

Projekt Ziel

- Reduzierung des jährlichen HLK-Energieverbrauchs um -5 %



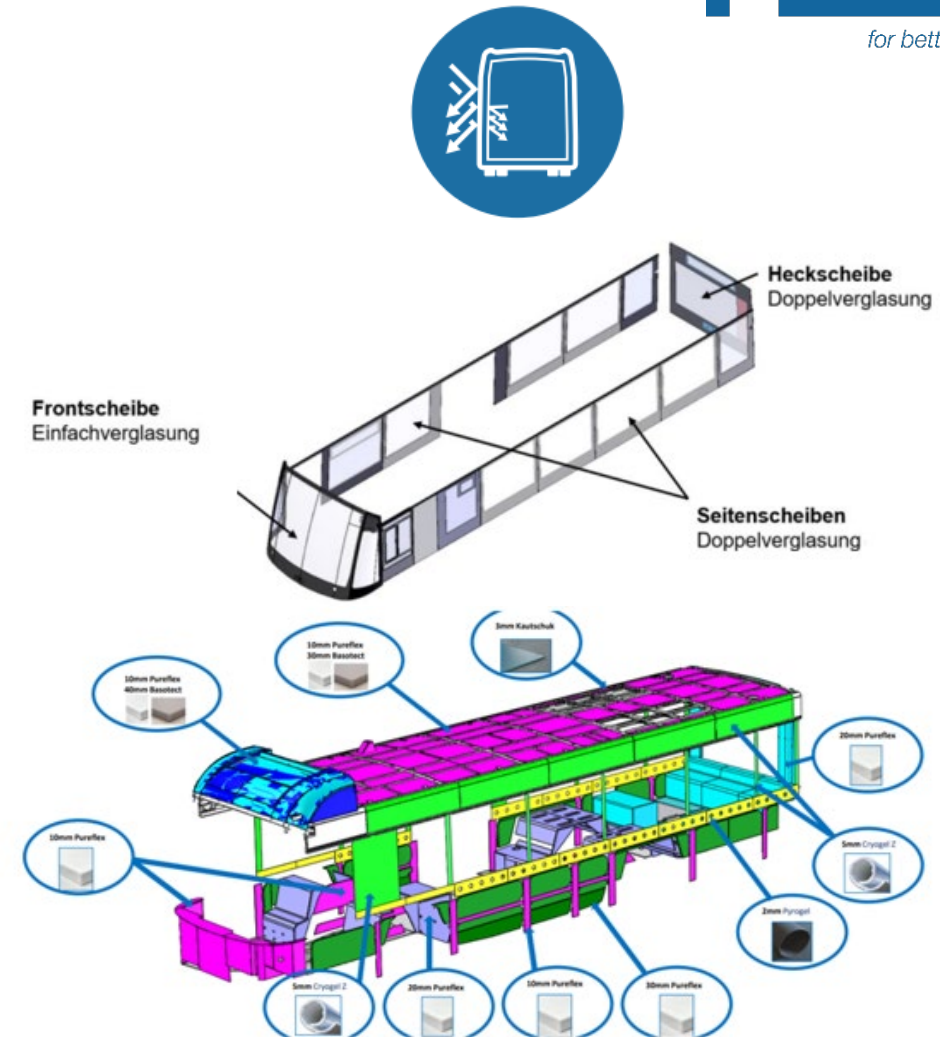
Isolation

Projekt Ziel

- Reduzierung des jährlichen HLK-Energieverbrauchs um -5 %

Ergebnis

- U-Wert konnte nochmals um ca. 34% verbessert werden.
 - Ca. 1kW weniger Transmissionsverluste pro 10°C Temperaturdifferenz
- >5MWh pro Jahr weniger HLK-Energieverbrauchs (- 44%)



Isolation

Projekt Ziel

- Reduzierung des jährlichen HLK-Energieverbrauchs um -5 %

Ergebnis

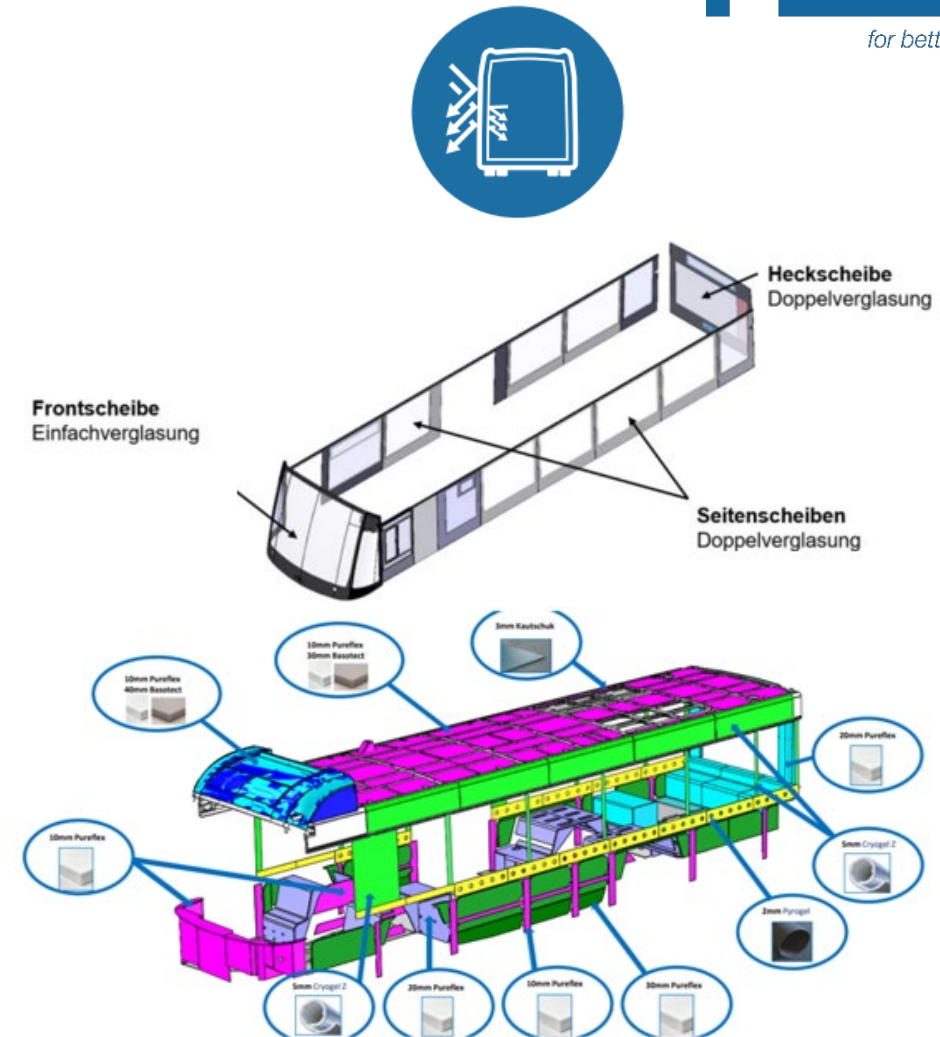
- U-Wert konnte nochmals um ca. 34% verbessert werden.
 - Ca. 1kW weniger Transmissionsverluste pro 10°C Temperaturdifferenz
- >5MWh pro Jahr weniger HLK-Energieverbrauchs (- 44%)

Zum Vergleich

Energieverbrauch aller 1420 E-Busse (inkl Trolley) Schweiz
2024: 374TJ* = 106.660MWh* = Ø ca.75MWh/Bus und Jahr

*Quelle: BAV Energiekennzahlen öV 2020-2024

→ Reduktion vom Ø Energieverbrauch aller E-Busse Schweiz: ca. 7%





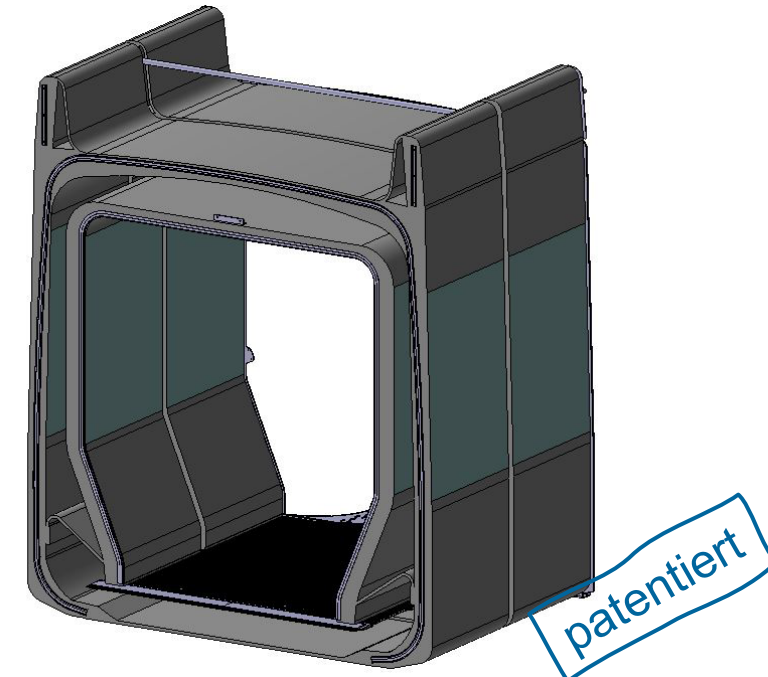
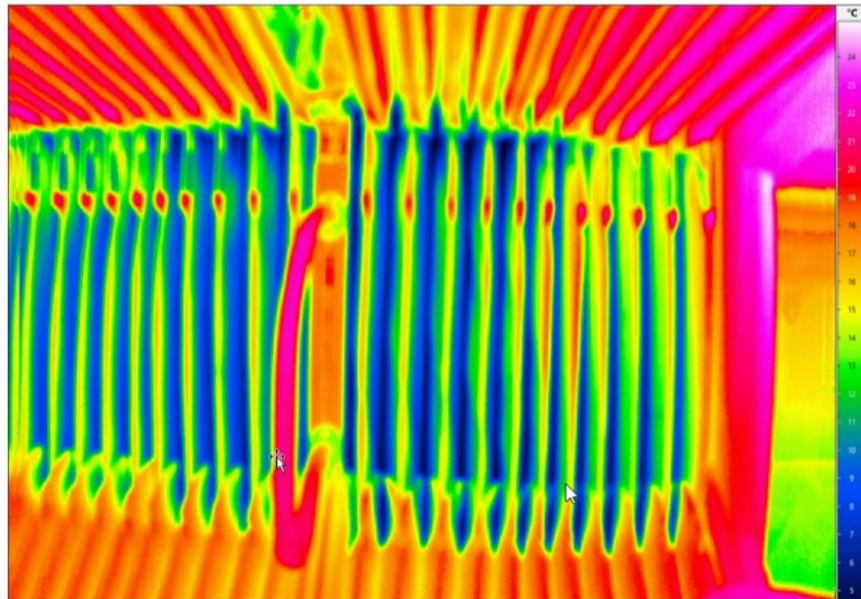
Innovationsbalg

Klimakammer:

- Bestehender Balg: Temperatur Differenz ca. 17°C im einlagigen Bereich
- Innovationsbalg: Temperatur Differenz ca. 6°C im isolierten Bereich

Auswirkung auf das Gesamtfahrzeug:

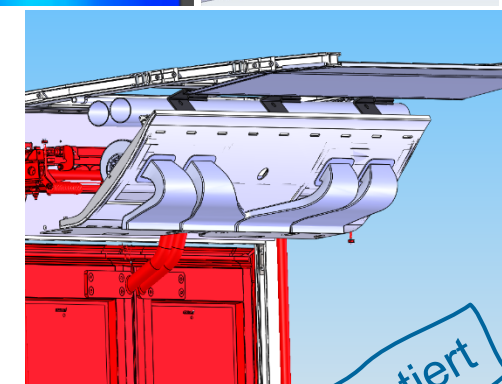
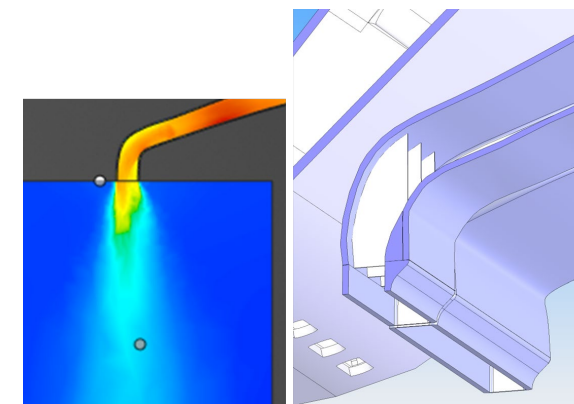
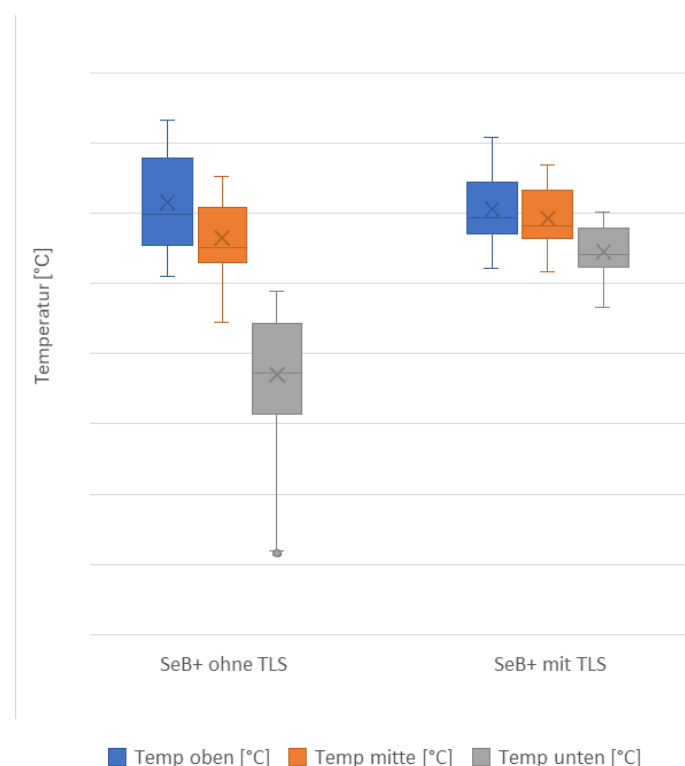
- Gelenkbus Wärmeverluste Total mit Innovationsbalg ca. 4.5% reduziert
- Doppelgelenkbus Wärmeverluste Total mit Innovationsbalg ca. 6.6% reduziert



Energieoptimierung von Türen und Eingangsbereichen: Türluftschleier (TLS)



- Temperaturschichtung durch aktiven TLS um ca. 75% reduziert.
- Gleichmässige Temperaturverteilung
- Verbessertes Kosten-Nutzen Verhältnis: kW Energieverbrauch / eff. thermischer Komfortgewinn für die Fahrgäste
- Geringerer Energieverbrauch in der Heizperiode durch Anpassung vom Sollwert/Setpoint



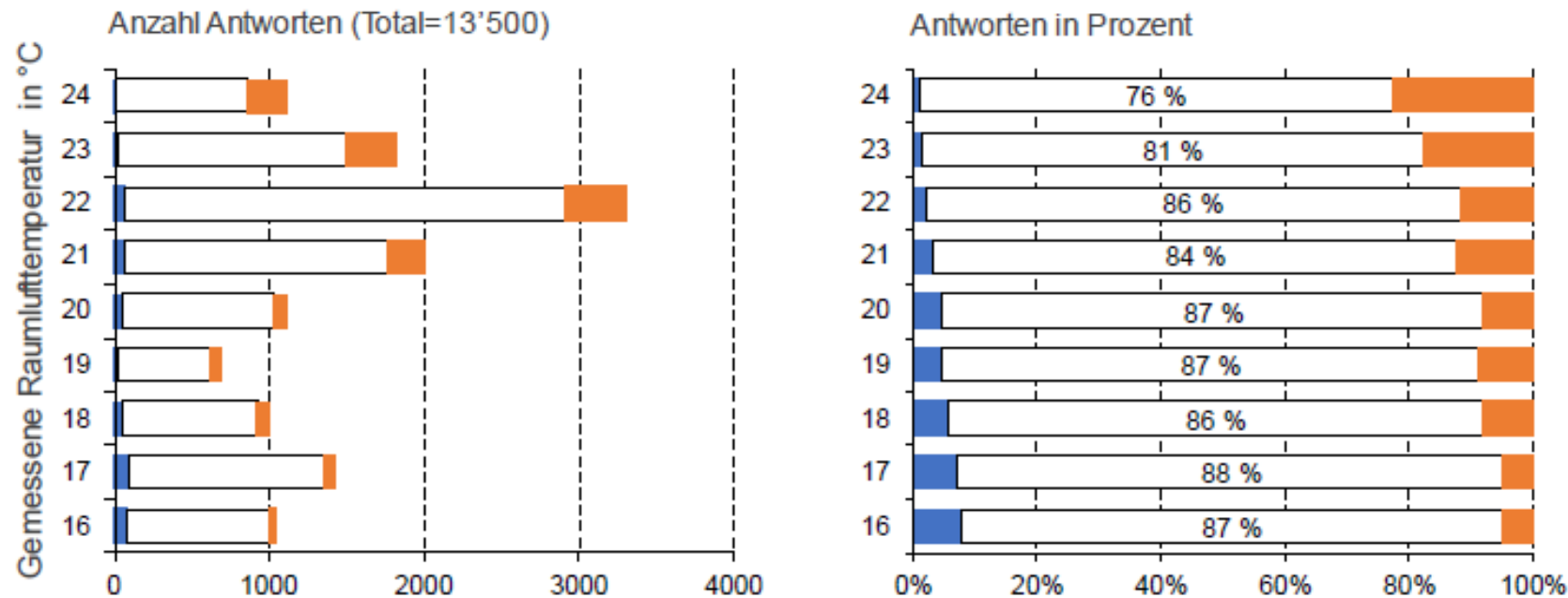
patentiert

HLK Sollwert thermischer Komfort
...was ist eine angenehme Innenraumtemperatur?





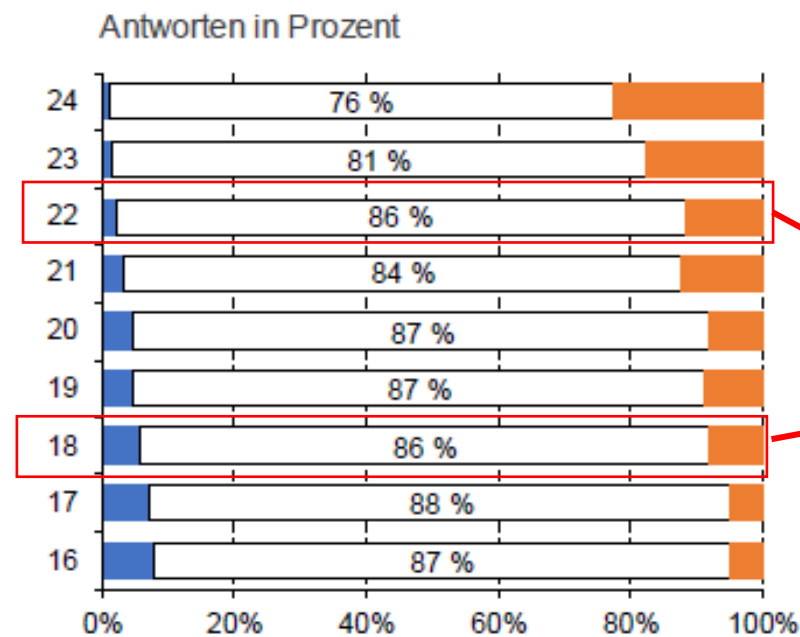
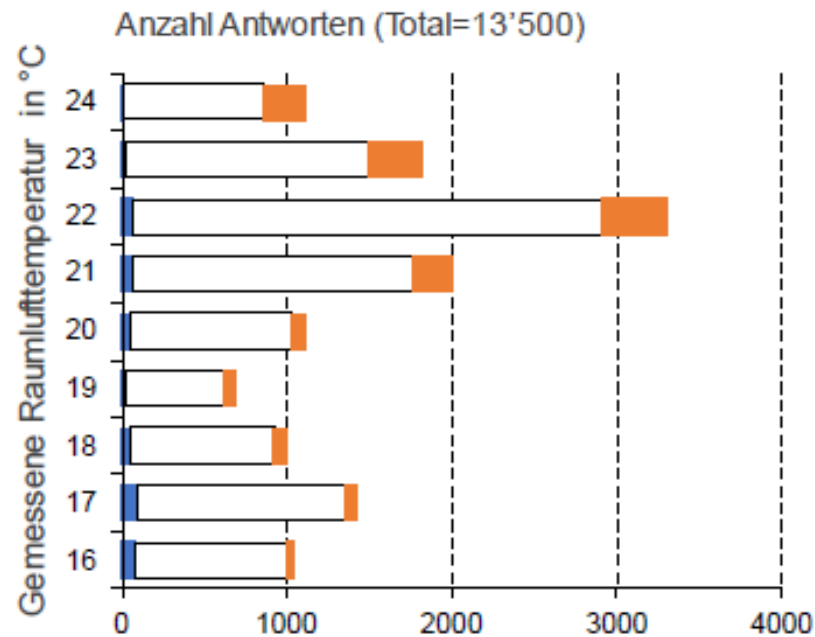
...was ist eine angenehme Innenraumtemperatur?



Zufriedenheitswerte im **Regionalverkehr** je Raumlufttemperaturniveau (blau: «zu kalt», weiss: «angenehm», orange: «zu warm»)

Quelle:
Fahrgastbefragungen zur thermischen Behaglichkeit im öffentlichen Verkehr / S.7
Projektnummer P-273 / Sep. 2023
 Bundesamt für Verkehr BAV
 Programm Umsetzung der Energiestrategie 2050 im öffentlichen Verkehr (ESöV 2050)

Eine angenehme Innenraumtemperatur lt. Fahrgästen:

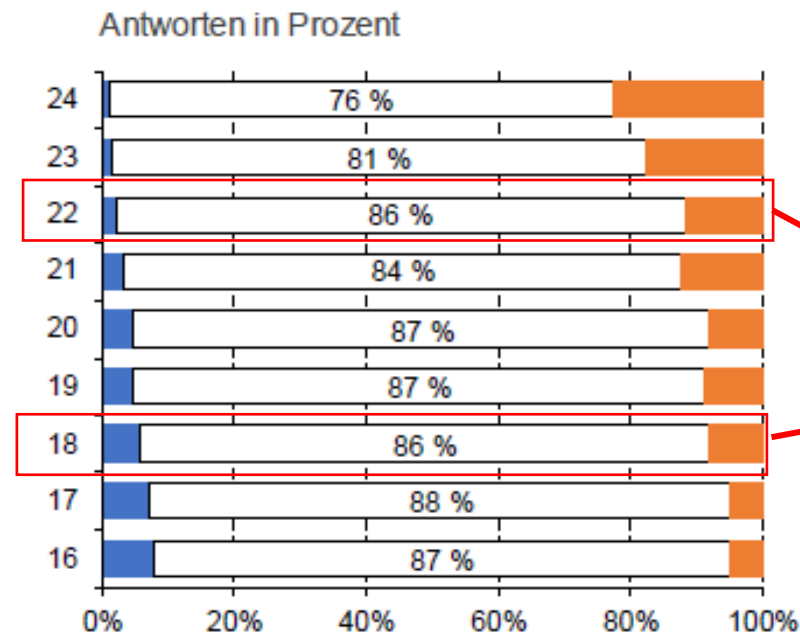
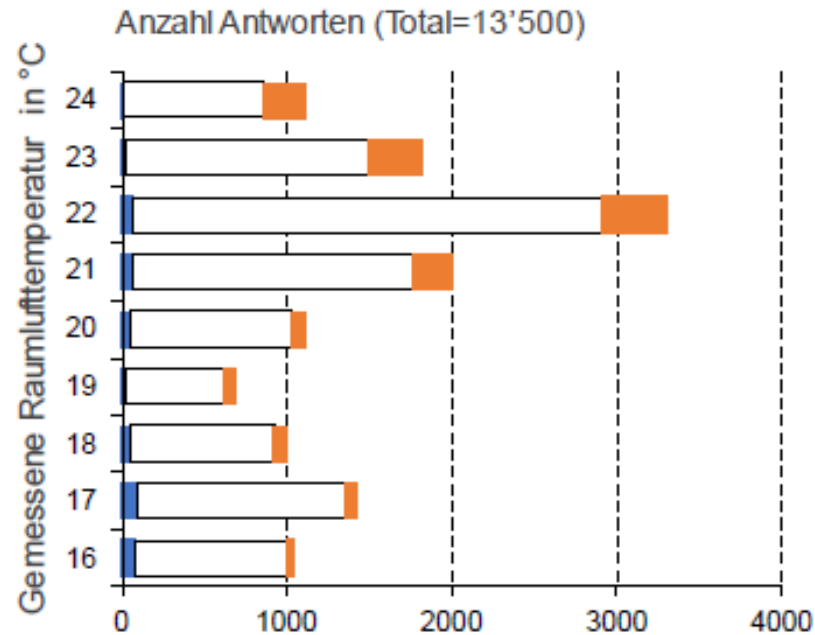


22°C → 18°C
Zufriedenheit konst.
+3% zu kalt
-3% zu warm

Zufriedenheitswerte im **Regionalverkehr** je Raumlufttemperaturniveau (blau: «zu kalt», weiss: «angenehm», orange: «zu warm»)

Quelle:
Fahrgastbefragungen zur thermischen Behaglichkeit im öffentlichen Verkehr / S.7
Projektnummer P-273 / Sep. 2023
Bundesamt für Verkehr BAV
Programm Umsetzung der Energiestrategie 2050 im öffentlichen Verkehr (ESöV 2050)

Potenzial einer angenehme Innenraumtemperatur



Zufriedenheitswerte im **Regionalverkehr** je Raumlufttemperaturniveau (blau: «zu kalt», weiss: «angenehm», orange: «zu warm»)

22°C → 18°C
Zufriedenheit konst.
+3% zu kalt
-3% zu warm

ca. 4.000W
therm. Heizleistung f. 10m Bus

Quelle:
Fahrgastbefragungen zur thermischen Behaglichkeit im öffentlichen Verkehr / S.7
Projektnummer P-273 / Sep. 2023
Bundesamt für Verkehr BAV
Programm Umsetzung der Energiestrategie 2050 im öffentlichen Verkehr (ESöV 2050)

Erkenntnisse



- ✓ Die fossile Zusatzheizung ist obsolet.
- ✓ Auch bei -7°C im Linienbetrieb war der Energiebedarf über 1/3 kleiner als beim E-Bus Vergleichsfahrzeug. Die notwendige elektr. Reichweite war immer realisierbar und auf Dieselbus-Niveau.



- ✓ Wagenkasten Optimierungen sind substanziell für die Effizienz → Sinnvolle Technologie und auch nachrüstfähig in HESS lightTram Bestandsfahrzeugen.



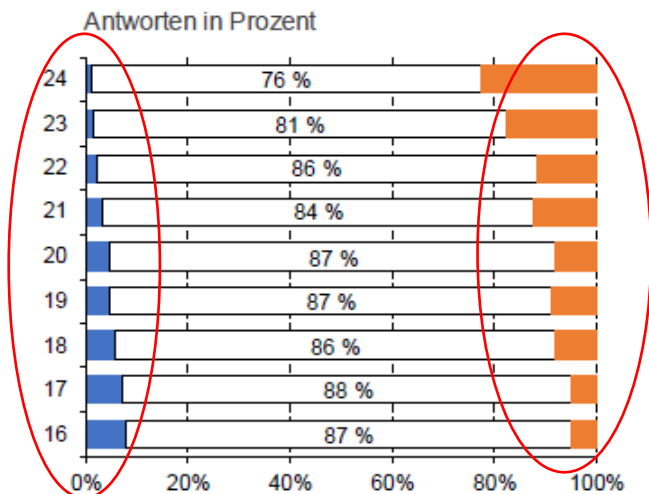
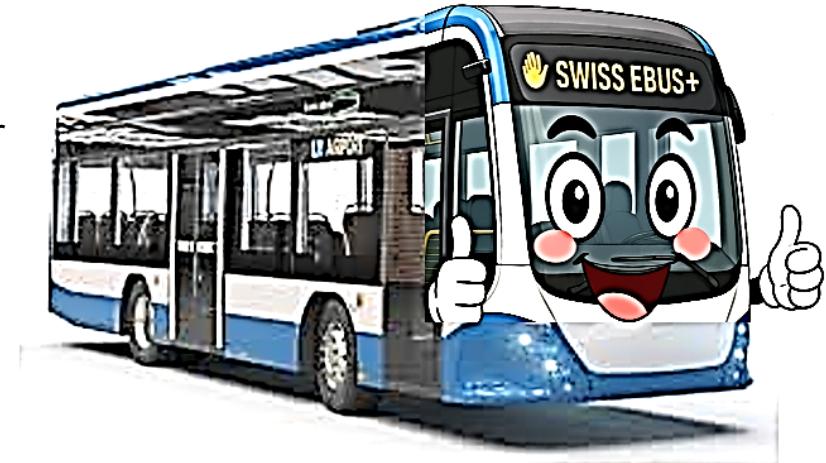
- ✓ Türluftschleier – thermischer Komfort durch homogene Temperaturen bei reduziertem Setpoint → Einsparpotenzial: ca. 1-4kW Heizleistung durch tieferem Setpoint und weniger «**zu warm**» Empfindung



- ✓ Sitzheizung – thermischer Komfort bei minimalem Energieeinsatz → Einsparpotenzial: ca. 1kW Heizleistung durch angepassten Setpoint und weniger «**zu kalt**» Empfindung



- ✓ Tipp: Die Wärmepumpeneffizienz kann durch «Winterbefüllung» weiter gesteigert werden – kostet nur Minuten und spart zusätzlich Heizenergie an Wintertagen → Sommer/Winter Befüllung



Vielen Dank | Merci | Thank you

Jan Wunderlich

Leiter Technik & Entwicklung
Head of engineering

Carrosserie HESS AG

Bielstrasse 7 | CH-4512 Bellach

