

Integration von (Flüssig-)Wasserstoff in die Energieversorgung von Standorten der Luftfahrtindustrie

Herausforderungen, Lösungen und Konzepte

*Fabian Carels, Lucas Sens, Ulf Neuling, Martin Kaltschmitt (Institut für Umwelttechnik und
Energiewirtschaft, TU Hamburg), Adrian Herberger (Airbus Industrial Strategy Hamburg)*

Hintergrund – Airbus ZEROe

Entwicklung von wasserstoff-
betriebenen Flugzeugen bis
2035



On-board Speicherung als
Flüssigwasserstoff

Verschiedene Flugzeug-
konzepte werden untersucht

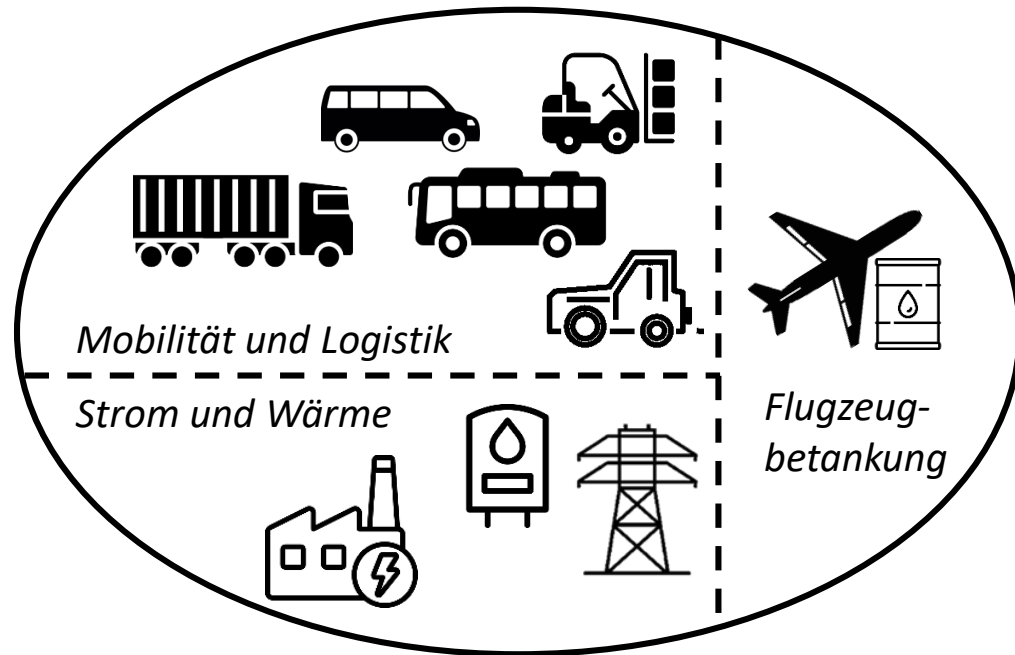
Betankung mit Flüssig-
wasserstoff ist eine der
zentralen Herausforderungen



Der Aufbau einer Wasserstoffinfrastruktur muss frühzeitig initiiert werden, um eine zuverlässige Flugzeugbetankung mit Flüssigwasserstoff zu gewährleisten.

Hintergrund – CO₂ neutrale Flugzeugproduktion

Airbus Finkenwerder 2022



Produktionsbedingte Emissionen i.B. durch:

- Nutzung von Erdgas zur Erzeugung von Strom und Wärme
- Nutzung von Diesel zum Betrieb diverser Fahrzeugflotten

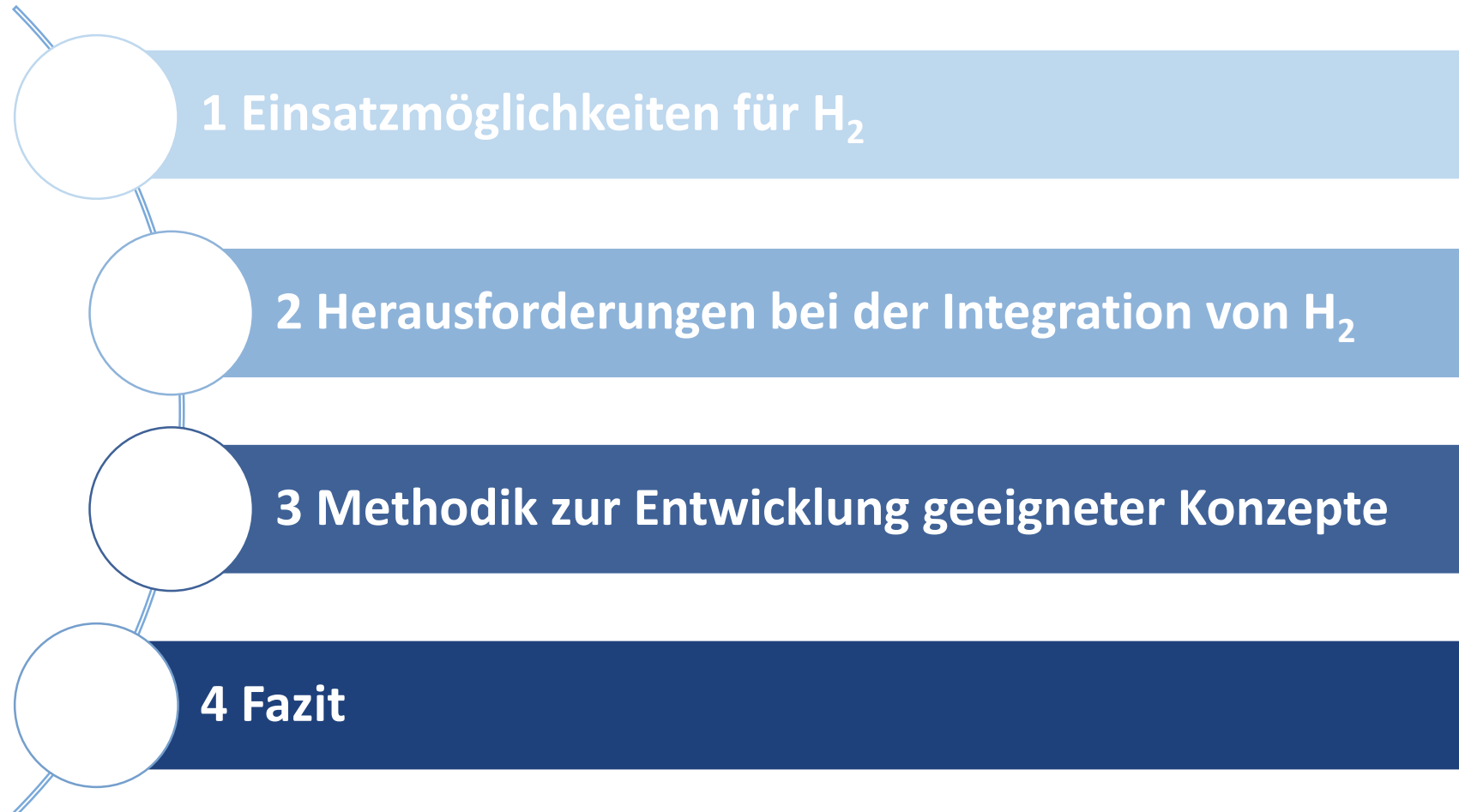


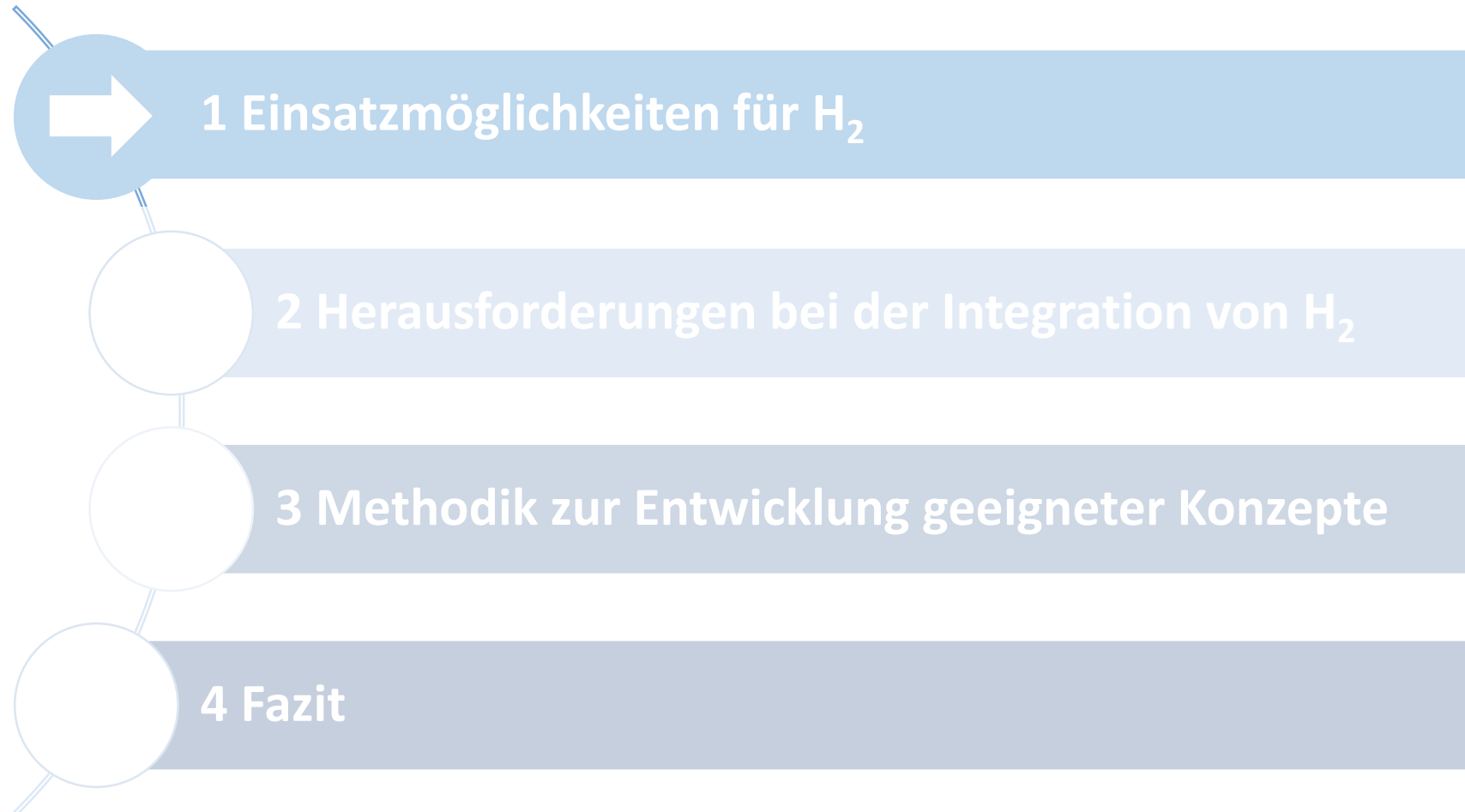
Wasserstoff soll eingesetzt werden, um die produktionsbedingten Treibhausgasemissionen zu reduzieren und die Klimaziele des Standorts zu erreichen.

Ziele des Vortrags

Aufzeigen von:

1. Möglichen Einsatzgebieten für Wasserstoff
2. Spezifischen Herausforderungen beim Aufbau einer (Flüssig-)Wasserstoffinfrastruktur
3. Methodik zur Konzepterstellung für die Integration von Wasserstoff in Energiesysteme und den Aufbau der entsprechenden Infrastruktur
4. Diskussion erster Erkenntnisse

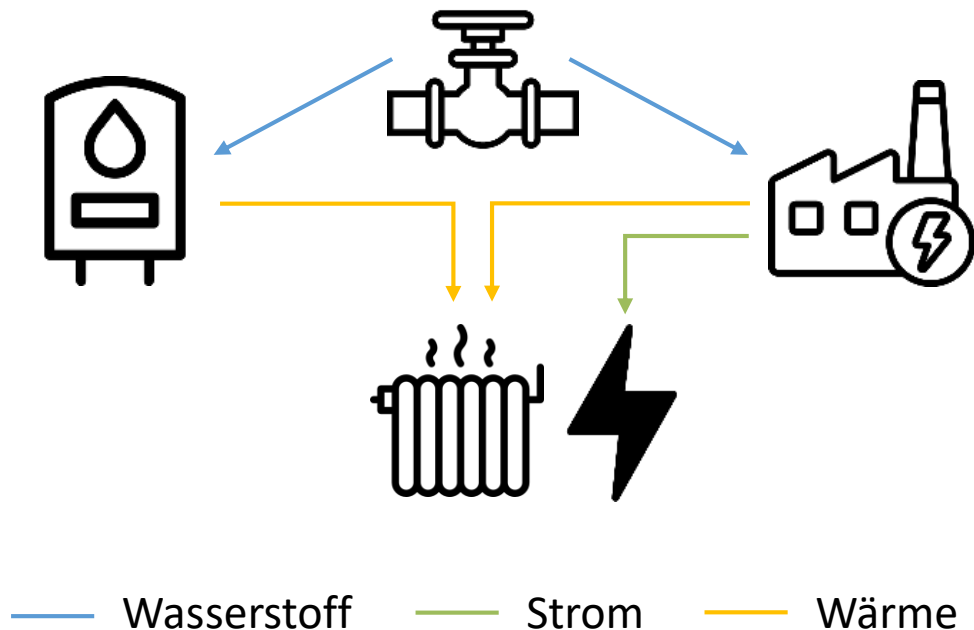




H₂ für die Strom- & Wärmebereitstellung

Wasserstoff in Heizkesseln

- Anpassungen an bestehenden Anlagen bei Einsatz von H₂ erforderlich
- Stickoxidbildung muss berücksichtigt und minimiert werden
- „H₂ ready“ Heizkessel derzeit in der Entwicklung



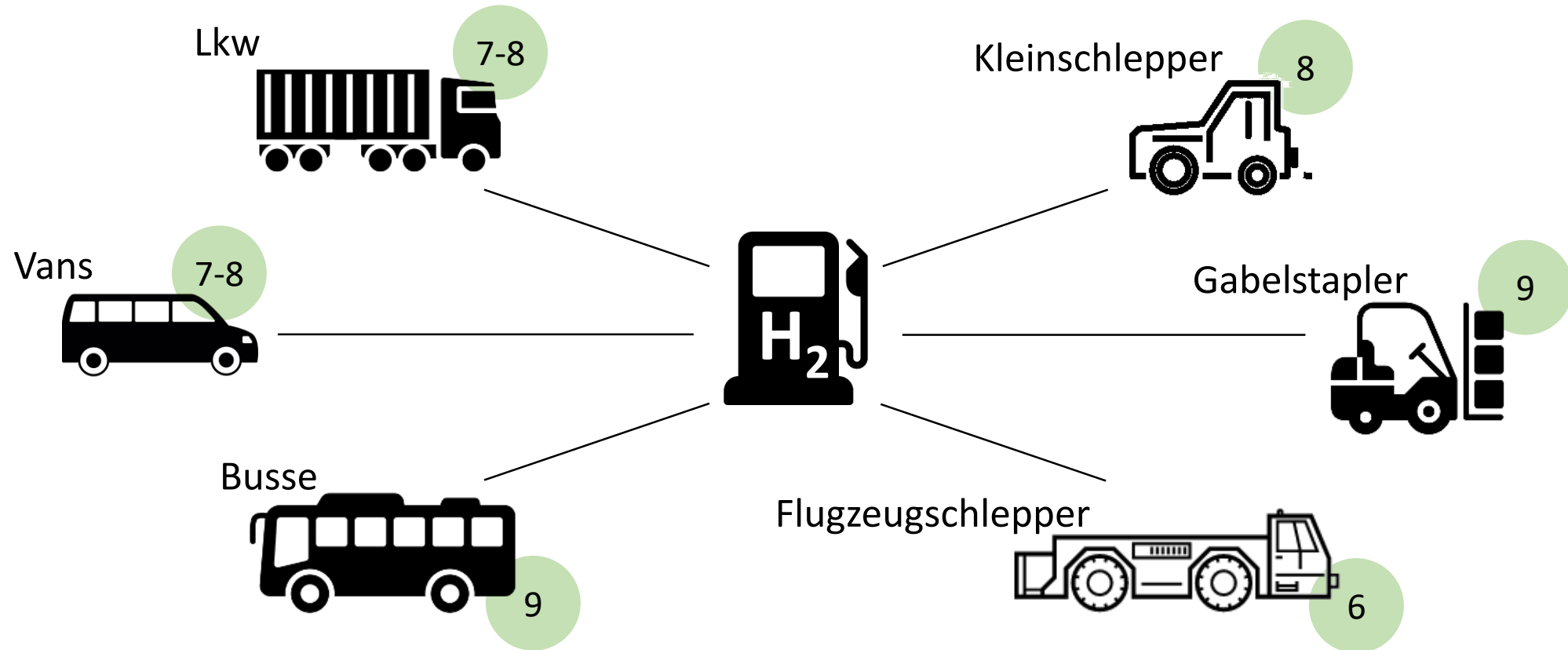
Wasserstoff in BHKWs

- Einsatz von Verbrennungsmaschinen oder Brennstoffzellen möglich
- Bei Brennstoffzellen-BHKWs Einsatz von Hoch- und Niedrigtemperaturesystemen möglich
- Mehrere Anbieter für kleine bis mittlere BHKW-Systeme mit Brennstoffzellen

H₂ in Mobilität und Logistik

Beispielhafte, mögliche Wasserstoffanwendungen in Mobilität und Logistik am betrachteten Standort

TRL Technology Readiness Level



H₂-Lkw: Derzeit diskutierte Optionen

AIRBUS



TUHH
Technische Universität Hamburg

Gasförmig, 350 bar (z.B. Hyundai)



[2]

Gasförmig, 700 bar (z.B. Toyota)



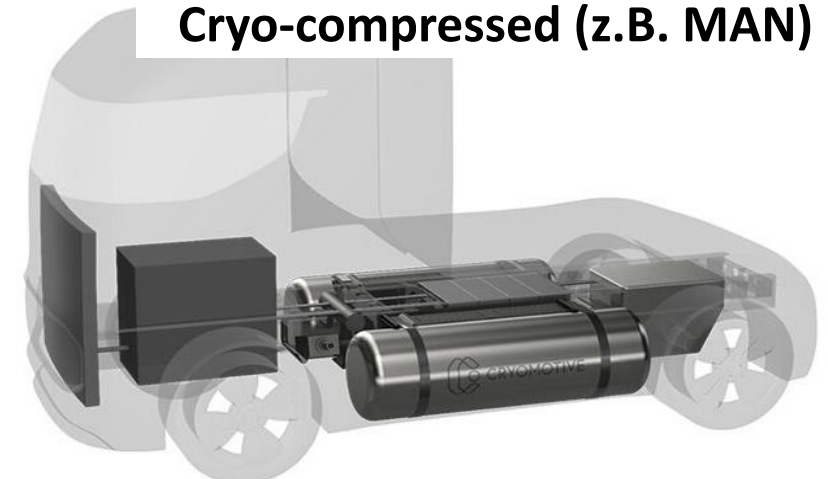
[4]

Flüssig (z.B. Daimler)



[3]

Cryo-compressed (z.B. MAN)



[5]

H₂ in der Intralogistik



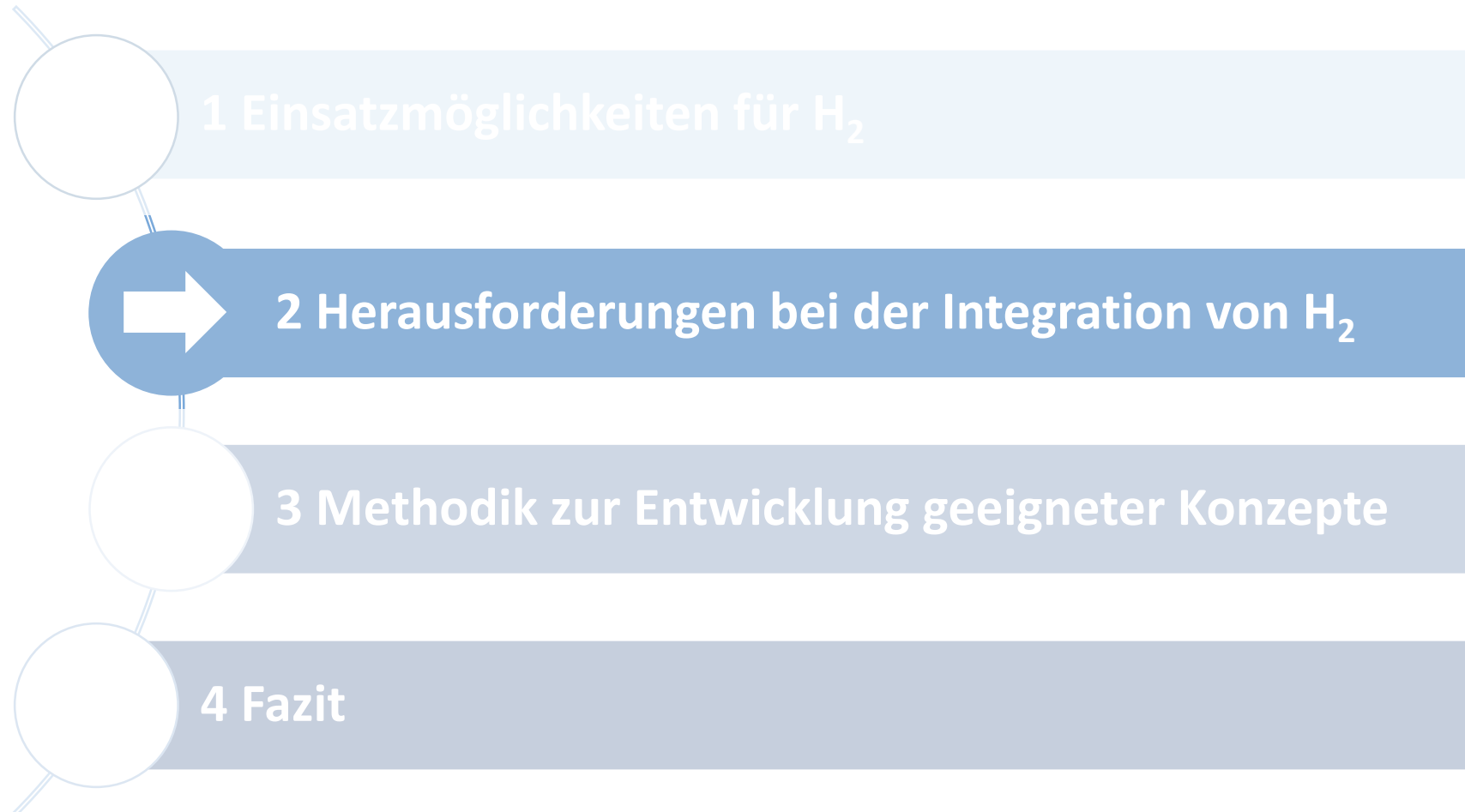
[6]



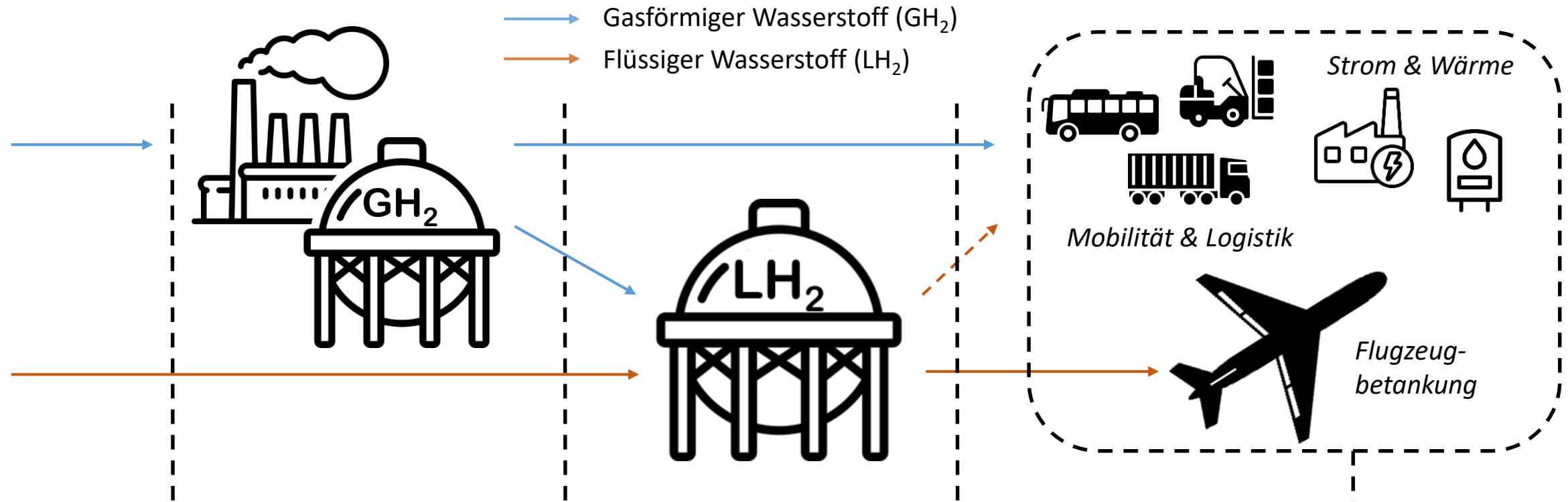
[7]



[8]



Herausforderungen entlang der Bereitstellungskette



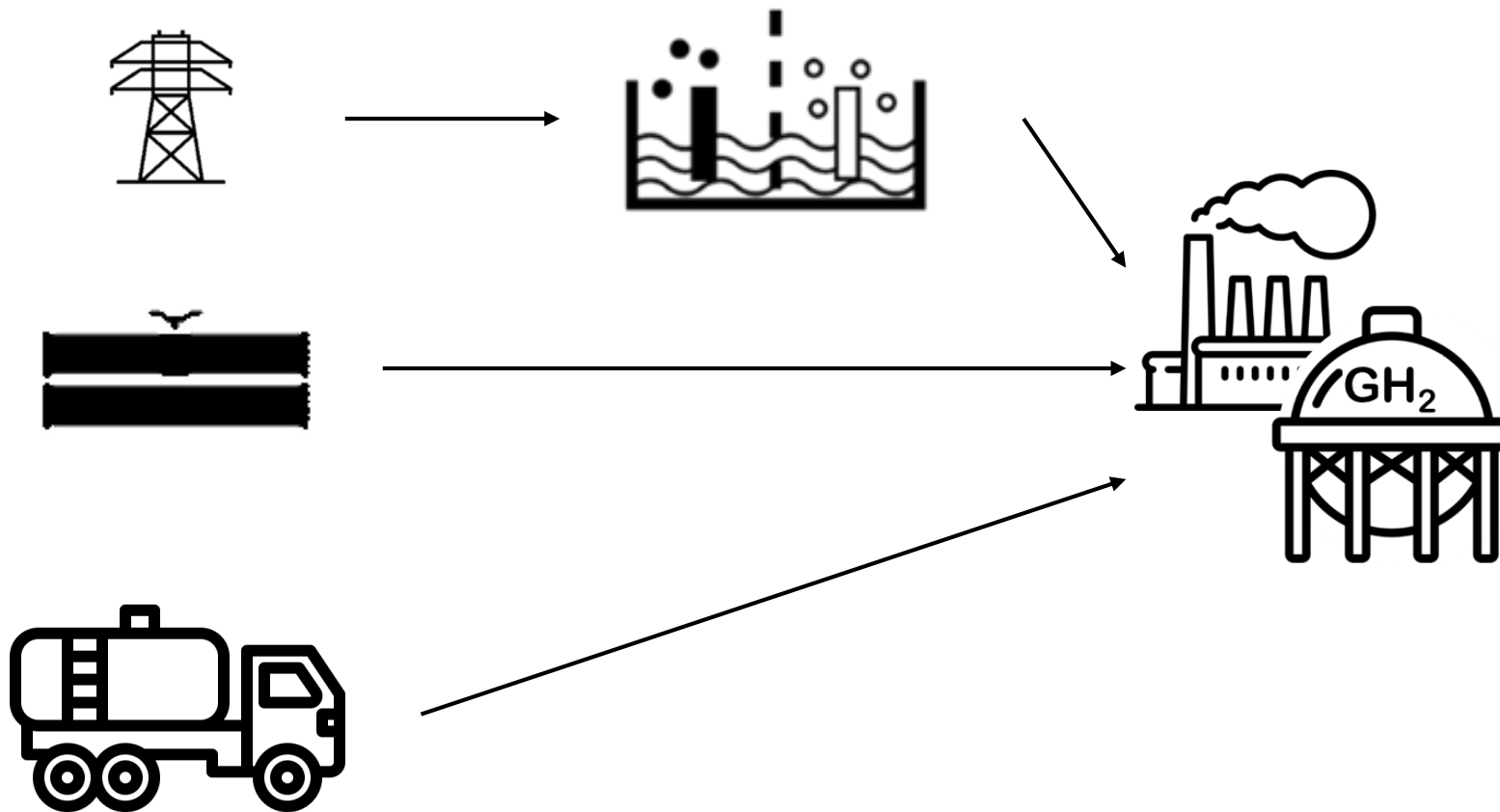
Versorgung des Werks
mit Wasserstoff

Bereitstellung von
Flüssigwasserstoff

Boil-Off bei der
Flugzeugbetankung

Hochlauf der (L) H_2 -
Infrastruktur

Versorgung mit H₂ (gasförmig)

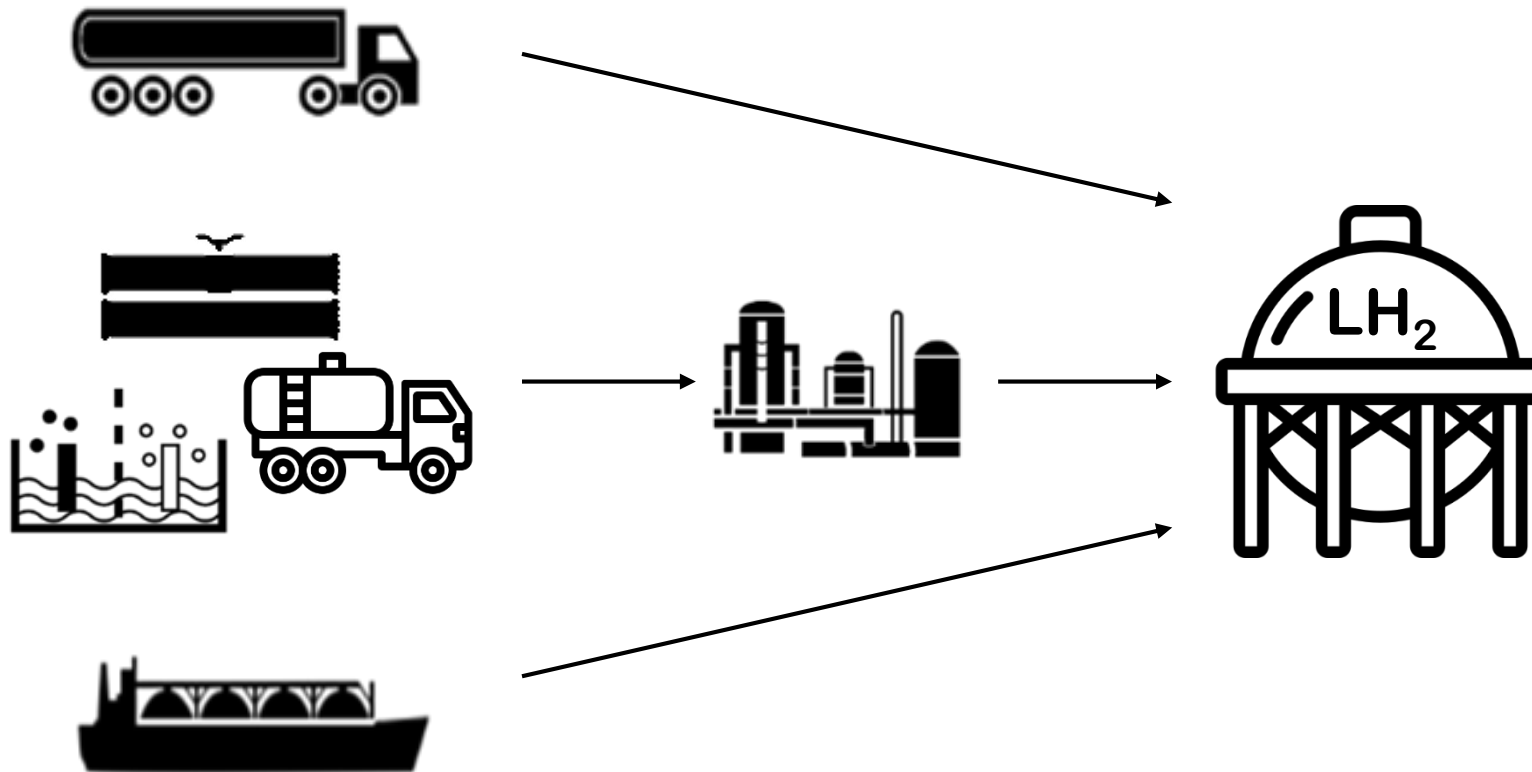


Ziele



- Geringe Bereitstellungskosten
- Geringes Anfangsinvestment
- Hohe Versorgungssicherheit
- Kurzfristige Verfügbarkeit

Versorgung mit LH₂



Ziele



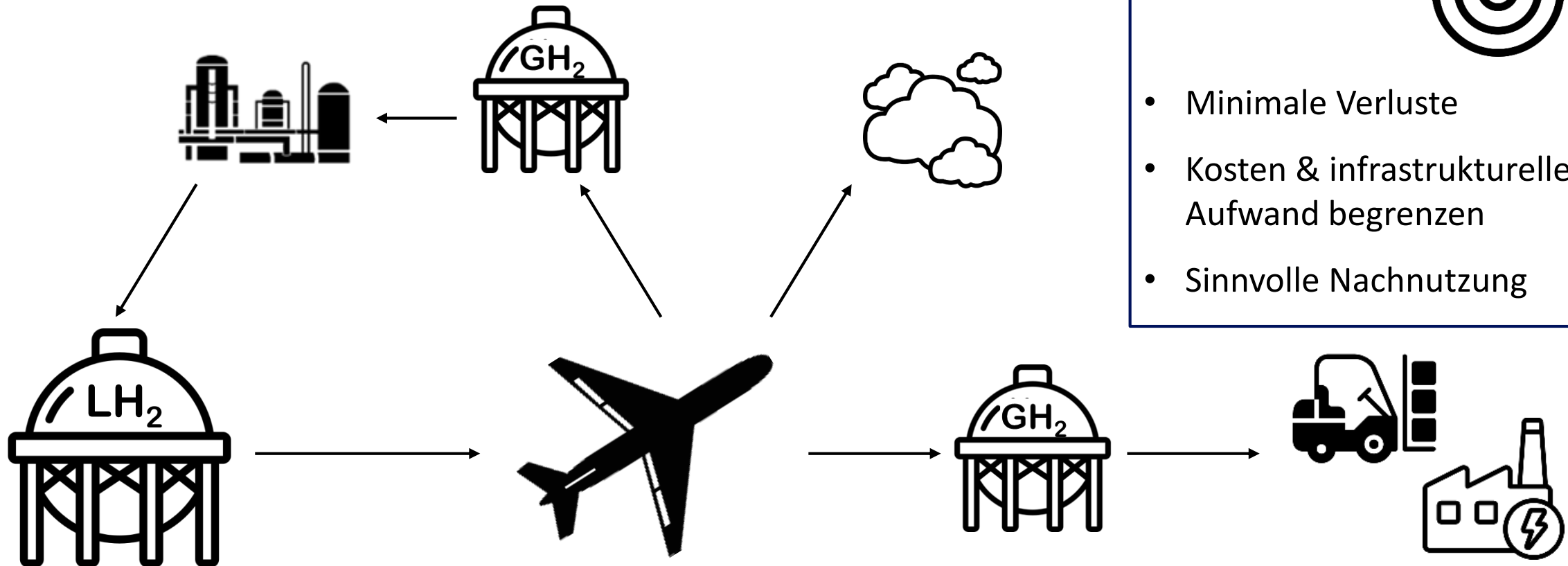
- Geringe Bereitstellungskosten
- Geringes Anfangsinvestment
- Geringe Verflüssigungskosten
- Hohe Versorgungssicherheit
- Kurzfristige Verfügbarkeit

Boil-Off bei der Flugzeugbetankung

AIRBUS



TUHH
Technische Universität Hamburg



Ziele



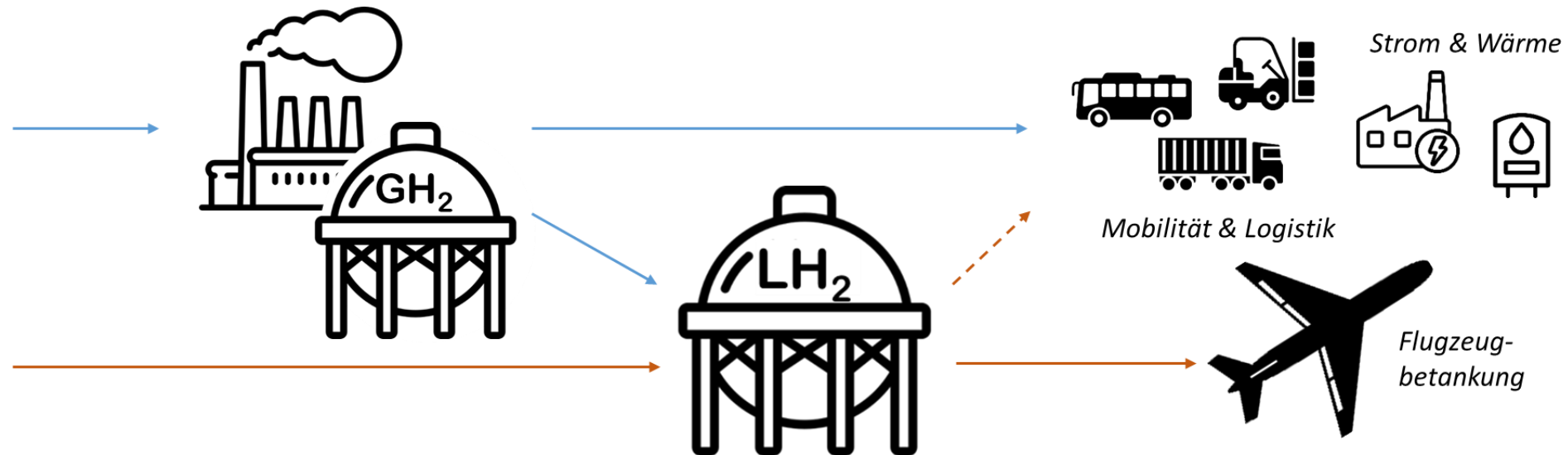
- Minimale Verluste
- Kosten & infrastrukturellen Aufwand begrenzen
- Sinnvolle Nachnutzung

Hochlauf der (L)H₂-Infrastruktur

Ziele



- Kontinuierlicher Aufbau der H₂-Infrastruktur
- Lerneffekte für Umgang mit neuem Energieträger
- LH₂-Infrastruktur für Flugzeugbetankung steht bereit

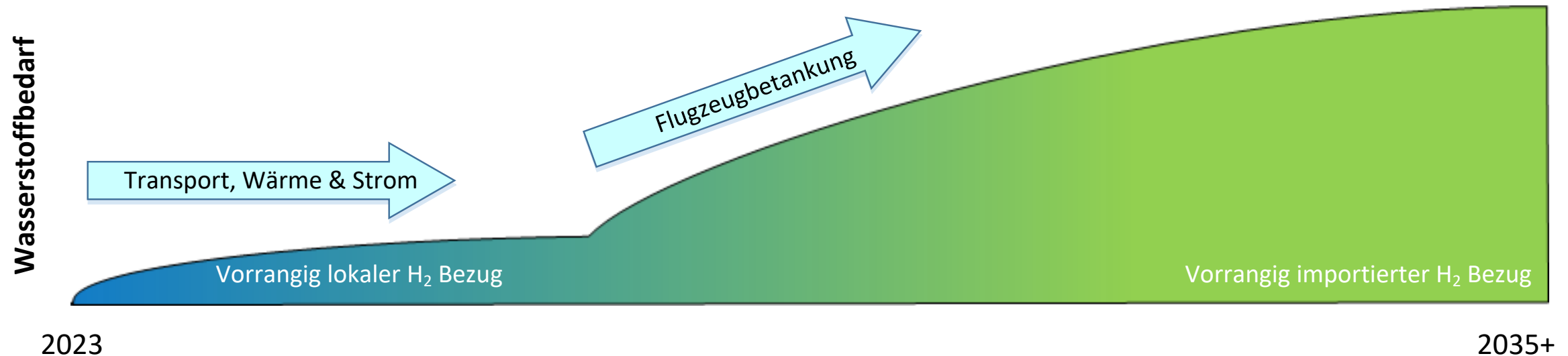


Hochlauf der (L)H₂-Infrastruktur

Ziele

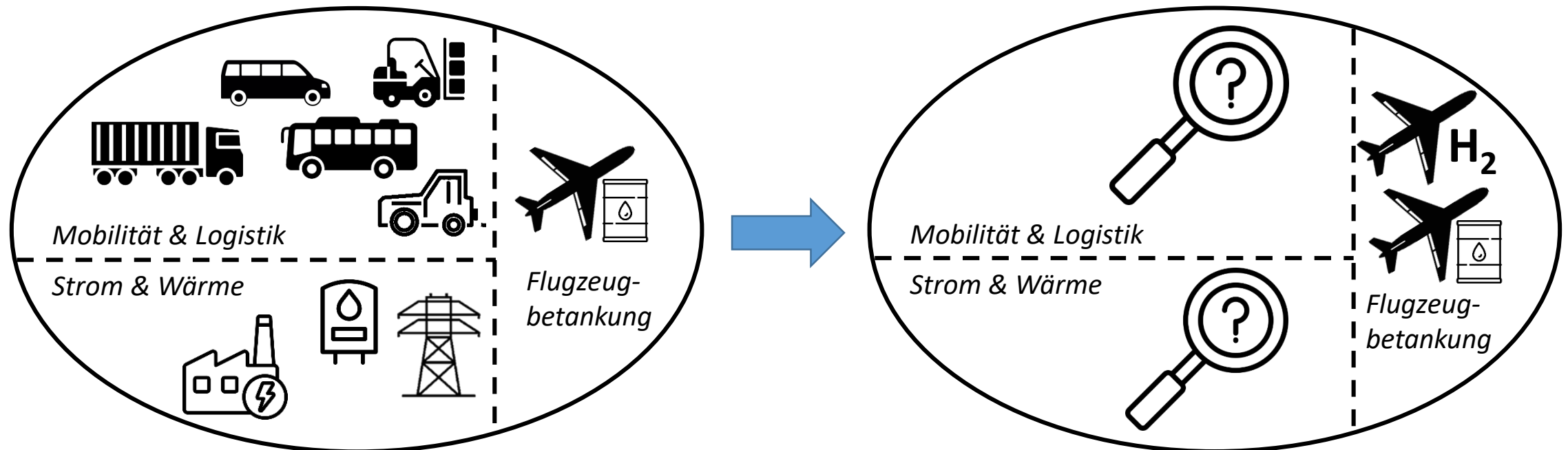


- Kontinuierlicher Aufbau der H₂-Infrastruktur
- Lerneffekte für Umgang mit neuem Energieträger
- LH₂-Infrastruktur für Flugzeugbetankung steht bereit



Kernbotschaft

Die Integration von Wasserstoff in die Energieinfrastruktur von Industriestandorten erfordert eine umfassende Strategie, die die verschiedenen Zielstellungen und alle Systemkomponenten hinreichend berücksichtigt.

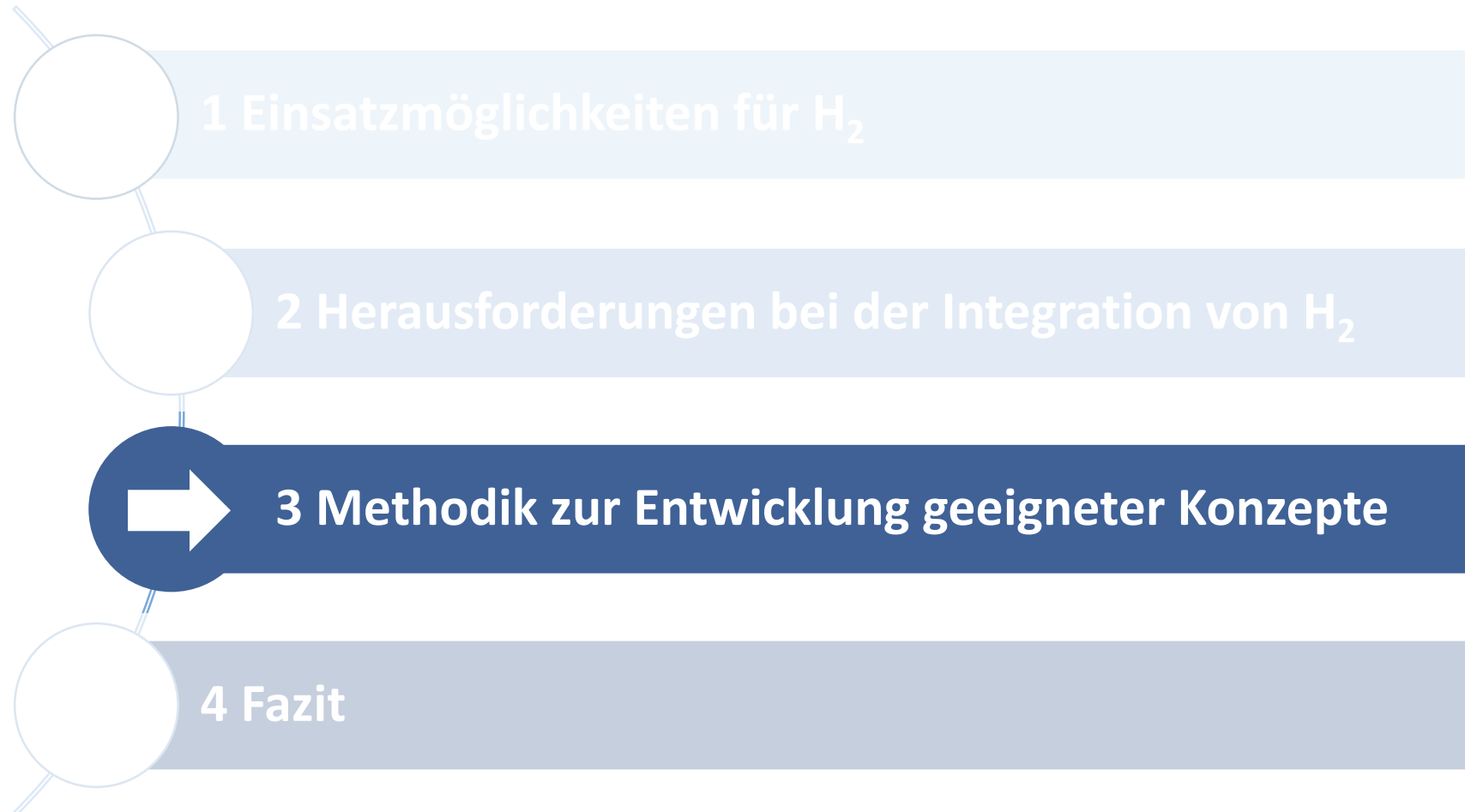


Agenda

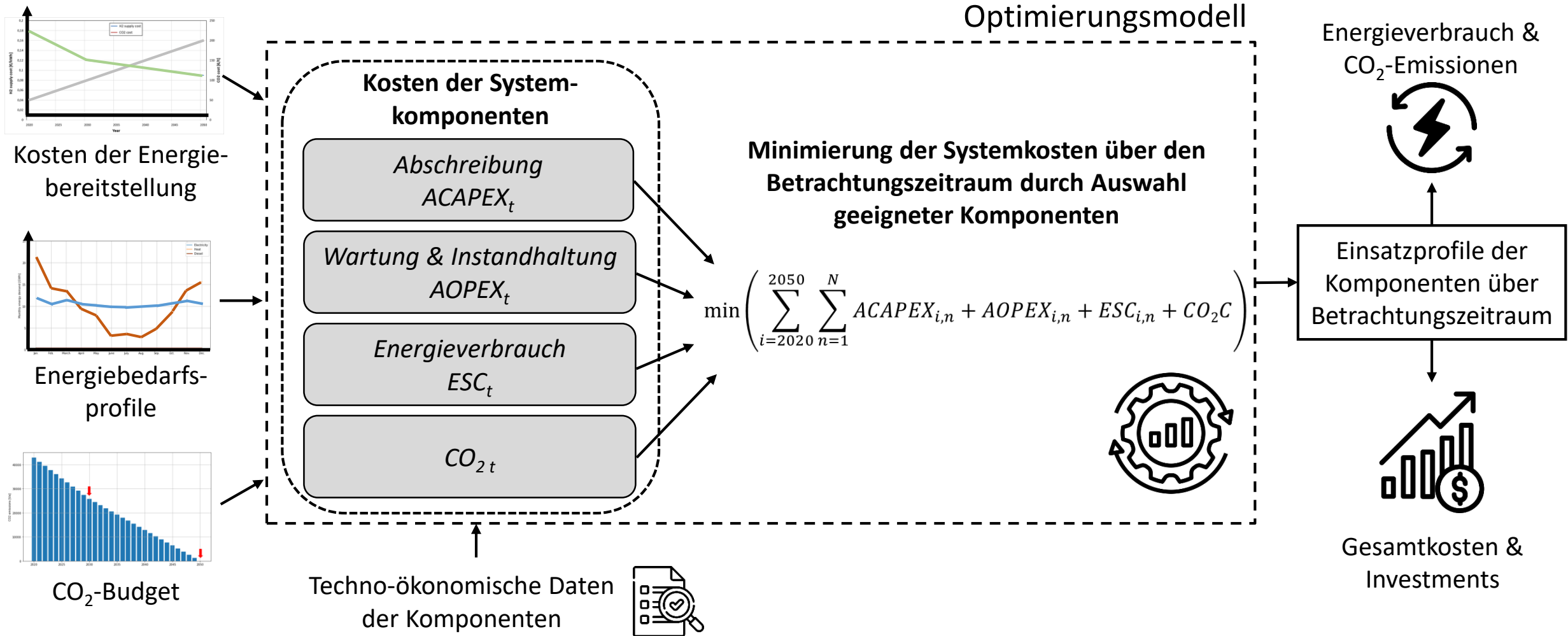
AIRBUS

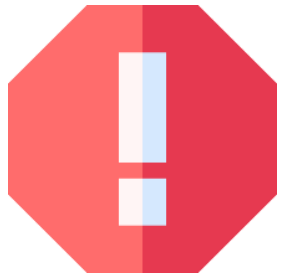


TUHH
Technische Universität Hamburg



Optimierung des Energiesystems





- Die ausgewählte Systemkonfiguration deckt zu jeder Zeit den Energiebedarf aller Endverbraucher (z.B. Strom & Wärme, verschiedene Mobilitätsanwendungen).
- Das System ermöglicht die Erstbetankung der Wasserstoffflugzeuge hinsichtlich der benötigten Infrastruktur und der verfügbaren Flüssigwasserstoffmenge.
- Der Wasserstoffbedarf am Standort entwickelt sich kontinuierlich.
- Die gesamten CO₂-Emissionen überschreiten das festgelegte CO₂-Budget nicht.

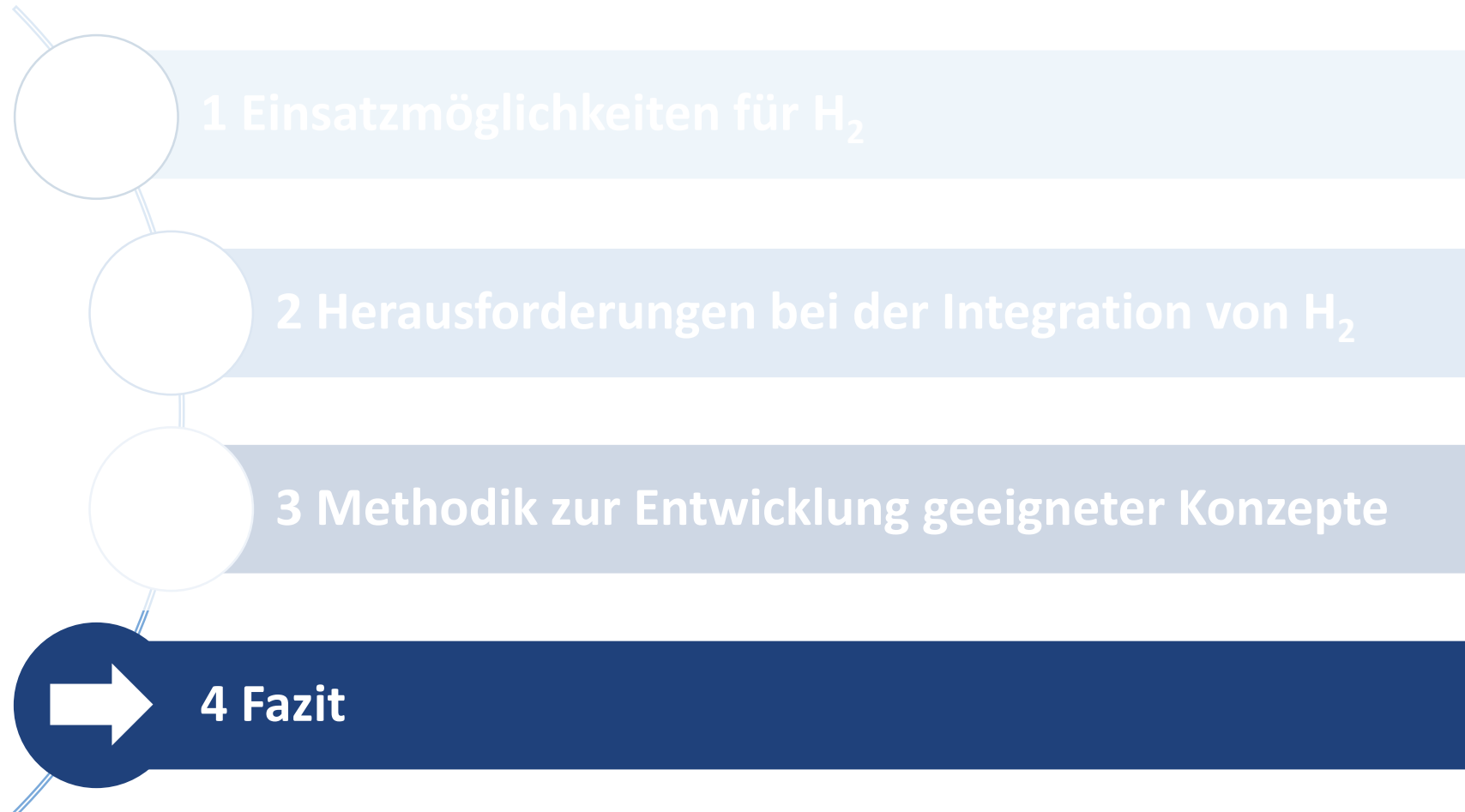
- Der Gesamtenergiebedarf und die CO₂-Emissionen des Standorts werden hauptsächlich durch die Strom- und Wärmeversorgung bestimmt.
- In einem kostenoptimierten Transformationsszenario wird Wasserstoff deutlich früher in Mobilitäts- und Logistikanwendungen eingesetzt als für die Erzeugung von Strom und Wärme.
- Mittelfristig können CO₂-Einsparungen in relevanter Größenordnung durch den vermehrten Bezug von (emissionsfreiem) Netzstrom kostengünstiger erreicht werden als durch den Einsatz von Wasserstoff.

Agenda

AIRBUS



TUHH
Technische Universität Hamburg



- Wasserstoff kann an Standorten der Luftfahrtindustrie in einer Vielzahl von Anwendungen eingesetzt werden.
- Bei der Entwicklung geeigneter Konzepte für die Integration von Wasserstoff in Energiesysteme muss eine Vielzahl, teils konträrer Anforderungen bzw. Zielstellungen berücksichtigt werden.
- Im Rahmen einer Energiesystemmodellierung können verschiedenste Anforderungen / Randbedingungen erfasst und abgebildet werden.
- Erste Ergebnisse zeigen, dass Mobilitäts- und Logistikanwendungen zum Hochlauf der Wasserstoffnachfrage beitragen können und dabei vergleichsweise geringe Mehrkosten entstehen.

- Images:

- [1] <https://www.airbus.com/en/innovation/zero-emission/hydrogen/zeroe>
- [2] <https://www.electrive.net/wp-content/uploads/2020/07/hyundai-xcient-fuel-cell-brennstoffzellen-truck-fuel-cell-truck-2020-06-min.png>
- [3] <https://de.motor1.com/photo/5186912/mercedes-gen2-truck-und-eactros/>
- [4] <https://www.tir-transnews.ch/toyota-und-hino-wollen-schweren-h2-lkw-entwickeln/>
- [5] <https://www.electrive.net/wp-content/uploads/2020/11/cryomotive-symbolbild-2020-01-min.png>
- [6] <https://www.still.de/en-DE/solution-competence/references/use-cases/detail/future-technology-proves-itself-in-tough-day-to-day-logistics.html>
- [7] <https://www.now-gmbh.de/projektfinder/kion-hypower-24v/>
- [8] <https://www.h2-view.com/wp-content/files/6104/MulagTugger Plug-Power.jpg>

Fragen, Anmerkungen?



Funding by the Hamburg Authority for Economics and Innovation is thankfully acknowledged (Funding code: LAHH153A).

Kontakt:

Fabian Carels

fabian.carels@tuhh.de

+49 040 42878 4153

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2432-2357>

