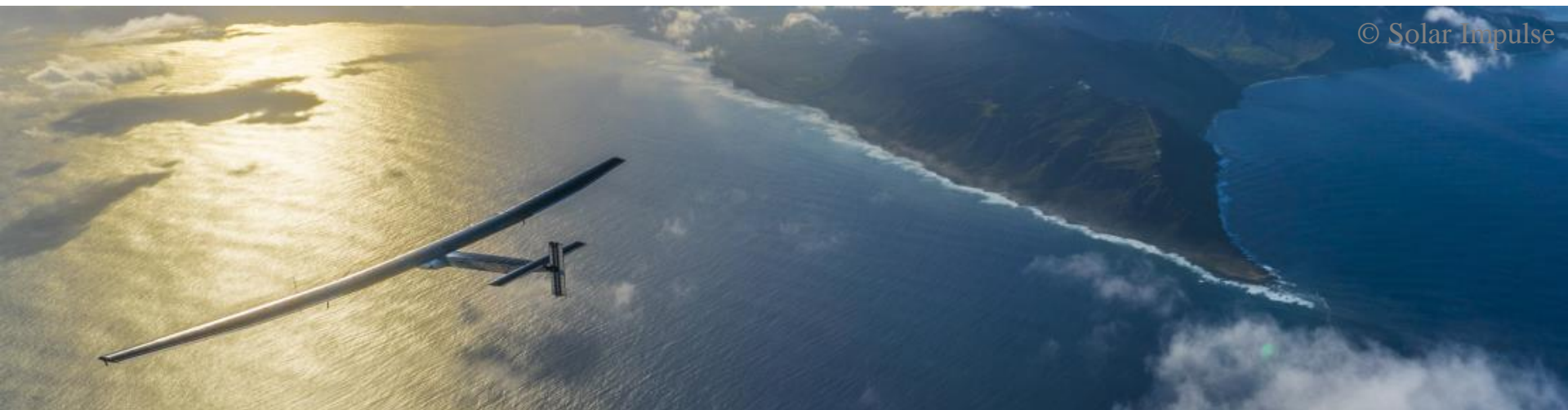


Innovative Batteriesysteme

Netzwerkabend „NRW auf dem Weg in die neue,
klimaneutrale Luftfahrt“

1. Dez. 2022

Christoph Schäper





- 2002-2008
Studium der Elektrotechnik
RWTH Aachen University



- 2009-2014
Wissenschaftlicher Mitarbeiter
ISEA, RWTH Aachen (Prof. Sauer)



- 2014-heute
Air Energy Entwicklungs GmbH u. Co KG

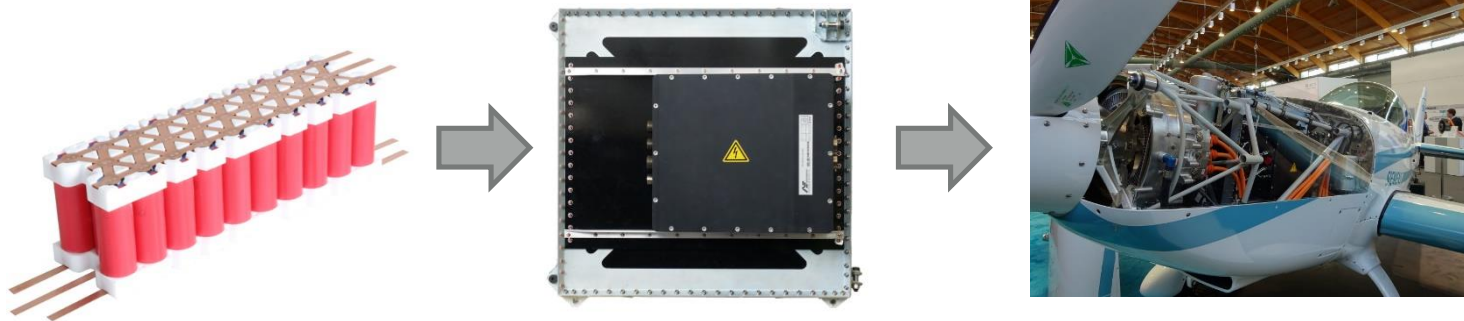
Themen heute Abend



Elektroflug in Aachen Merzbrück in den 90er Jahren

30 Jahre Air Energy

Von der Zelle ins Flugzeug



Kunstflugzeug Siemens
EXTRA330 LE mit Batterien
von Air Energy

1. Projekt der Air Energy

Air Energy Silent 1

- Motorleistung: 13 kW
- Steigrate: 2.2 m/s
- Leergewicht: 195 kg
- Gesamtgewicht: 300 kg
- Batterie (1997)
 - NiCd
 - 1,2 kWh
 - Steigflug bis 600 m
- Batterie (2004)
 - Li-Ion (NMC)
 - 4 kWh
 - Steigflug bis 2000 m



Unsere Mission: Batterielösungen für spezielle Anwendungen



1997: Silent 1



2005: Icaré 2



2008: Solar Impulse A



2009: Enfica-FC



2014: Solar Impulse B



2015: eCavalon

- **Komplette Entwicklung und Fertigung**
Kurze Projektlaufzeiten ab 6 Monaten für Einzelstücke
 - Mechanische, elektrische und thermische Auslegung
 - Enge Zusammenarbeit mit den Entwicklern des Kunden
 - Beschaffung aller Komponenten
 - Fertigung
 - Testing
 - Überführung in Kleinserienproduktion



2020: Volodrone



2018: Volocopter 2x



2016: Siemens Extra 330 LE

Beispielprojekt Gyrocopter ‚Cavalon‘



BOSCH
Technik fürs Leben

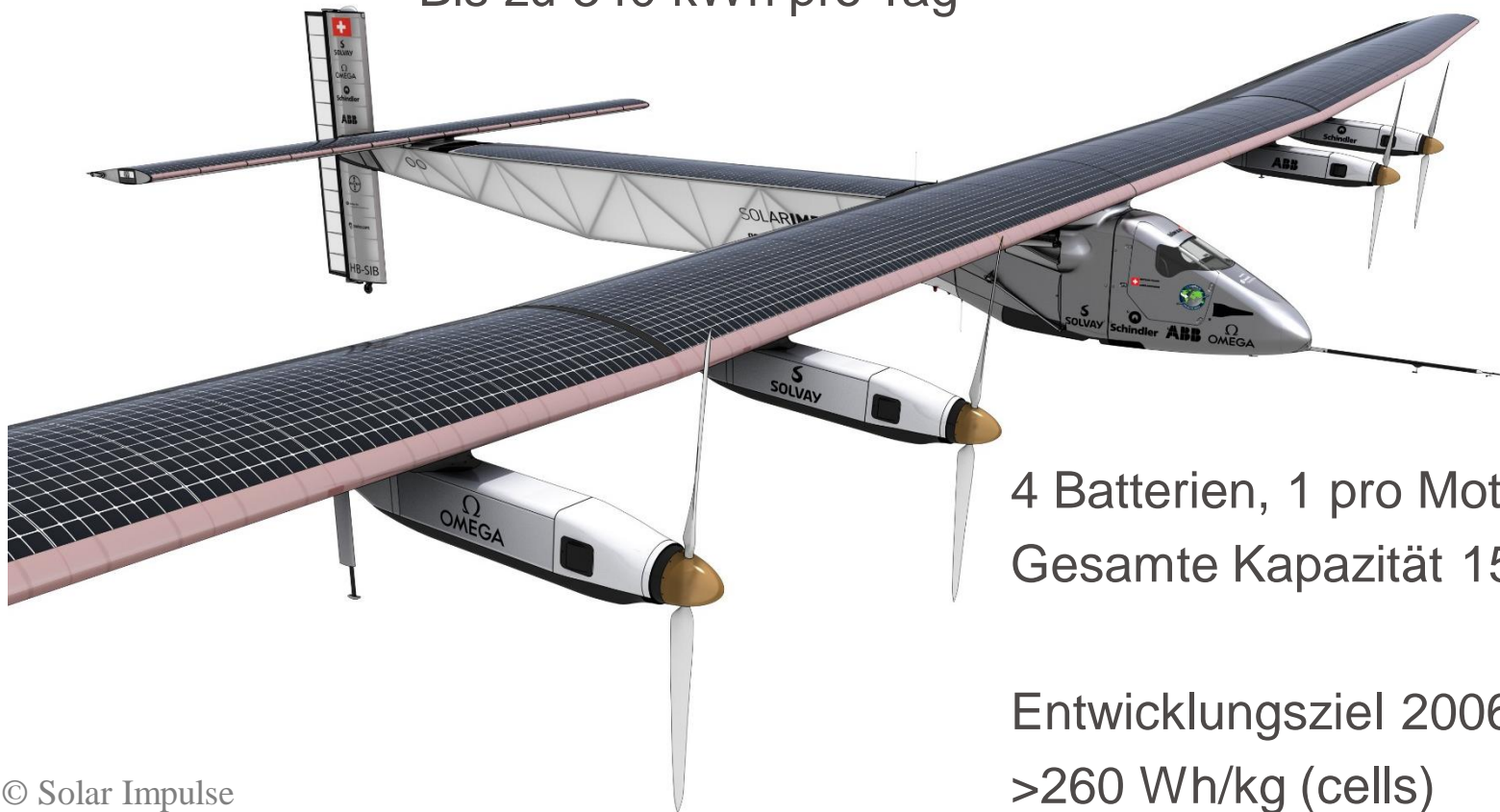


- Motor: BOSCH, SMG 180 (80kW / 200Nm)
- Batterie: AIR ENERGY, 18 kWh Li-Ion
 - ➔ Geforderte Leistung: 40 kW / 72 kW
 - ➔ Geforderte Energie: ‚20 min‘
 - ➔ Erstflug Juni 2015



Beispielprojekt SolarImpulse I and II

17248 Solarzellen
Bis zu 340 kWh pro Tag

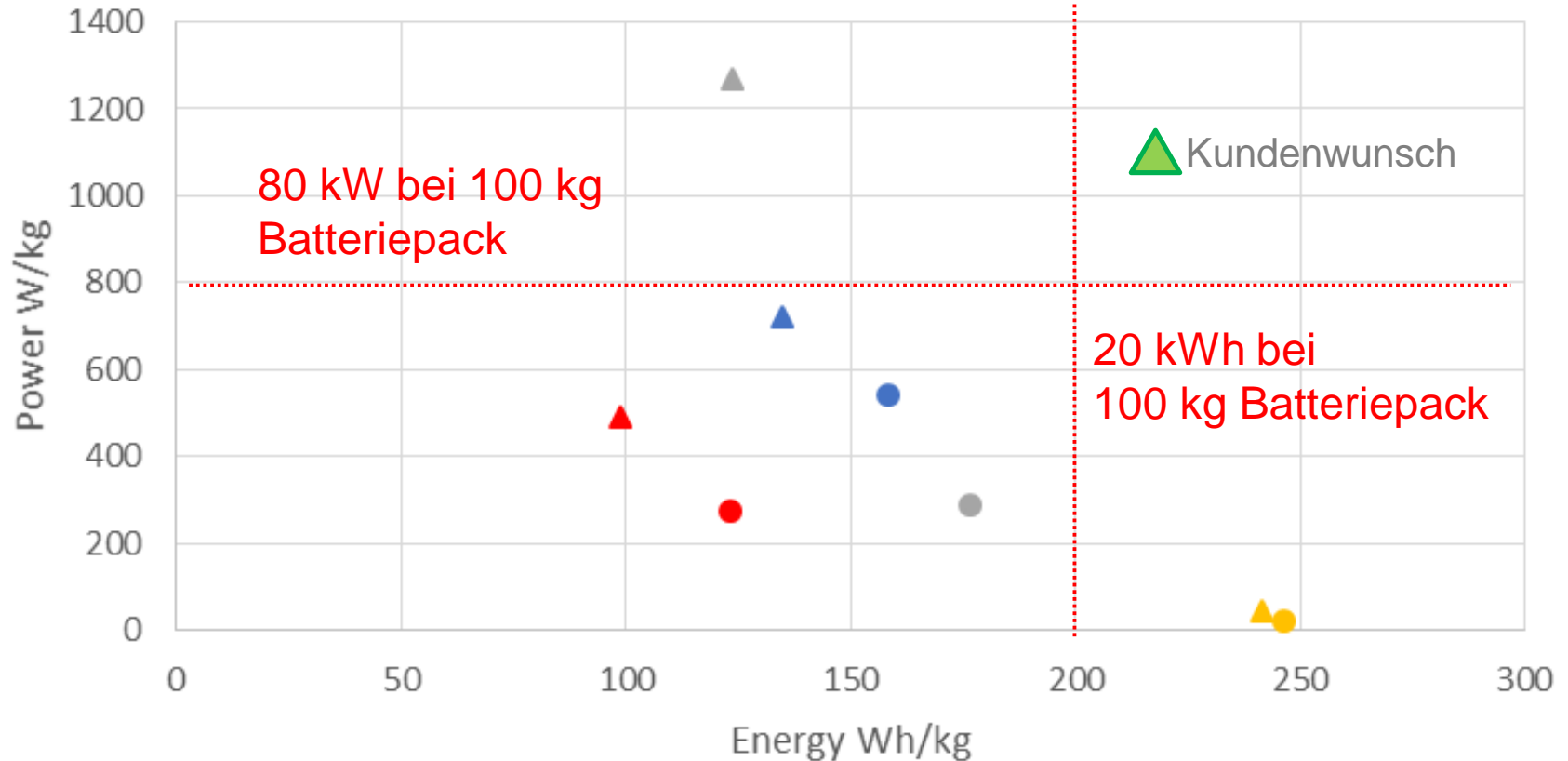


4 Batterien, 1 pro Motorgondel
Gesamte Kapazität 156 kWh

Entwicklungsziel 2006-2016
>260 Wh/kg (cells)

© Solar Impulse

Anforderungen aus Sicht des Flugzeugs Leistungs- und Energiedichte



- Solar Impulse C ● Cavalon C ● Hybrid Drive C ● VTOL C
- ▲ Solar Impulse P ▲ Cavalon P ▲ Hybrid Drive P ▲ VTOL P

Verfügbare Batteriezellen



Zylindrisch

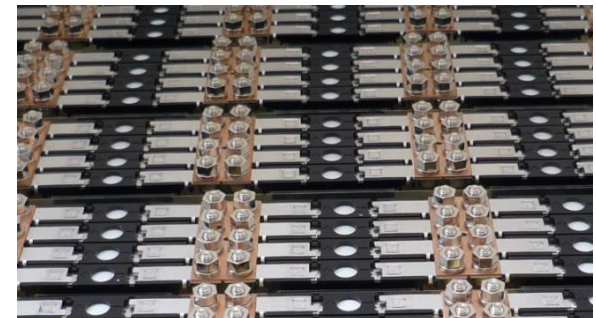
z.B. AUV Projekte
Große Freiheit bei der
Formgebung der Packs

Pouchbag

z.B. Solar Impulse
Höchste bisher erreichte
Energiedichte (Wh/kg)

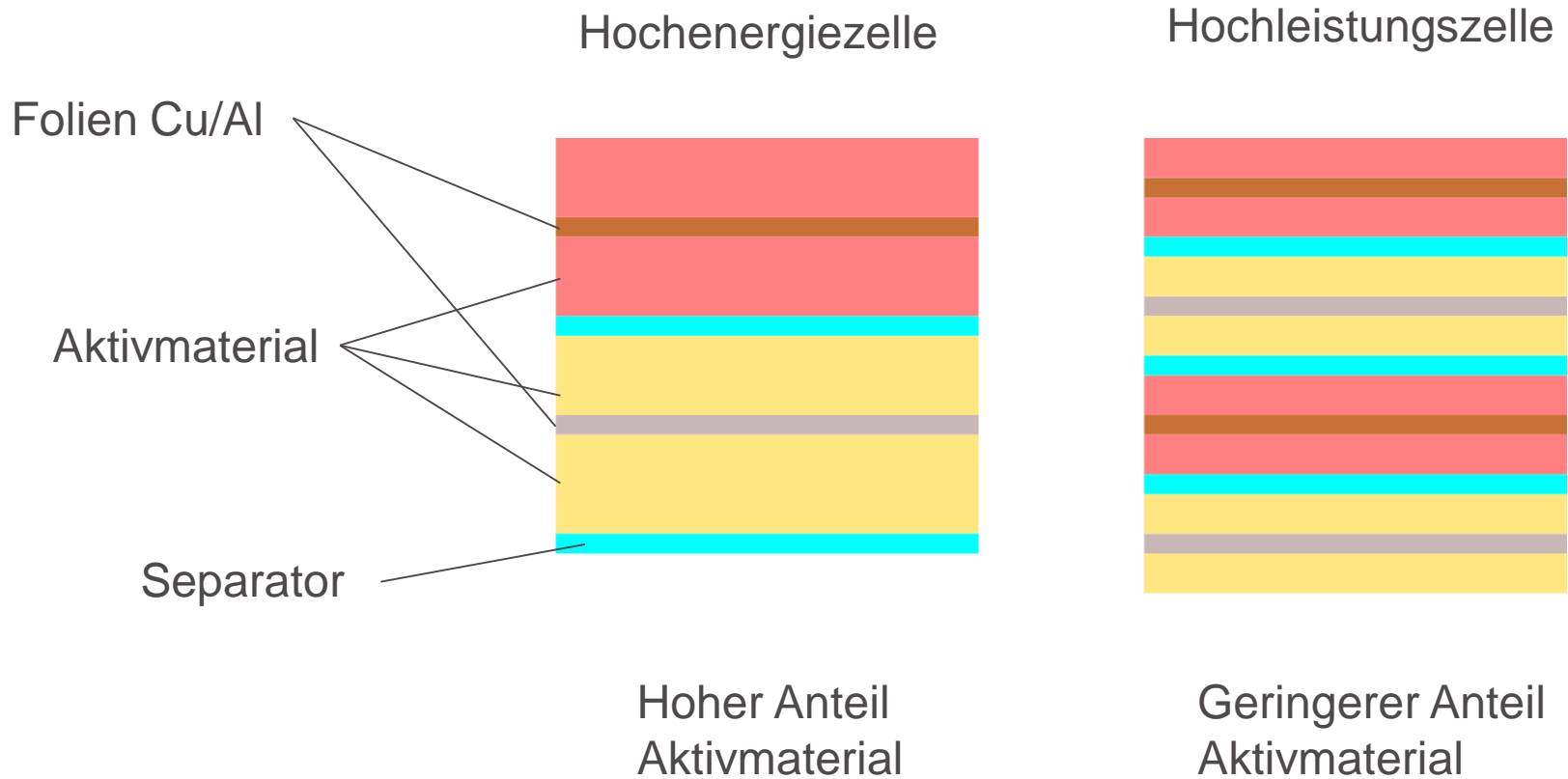
Prismatisch

z.B. Automotive
Gute Integrierbarkeit,
beliebt im Automobil

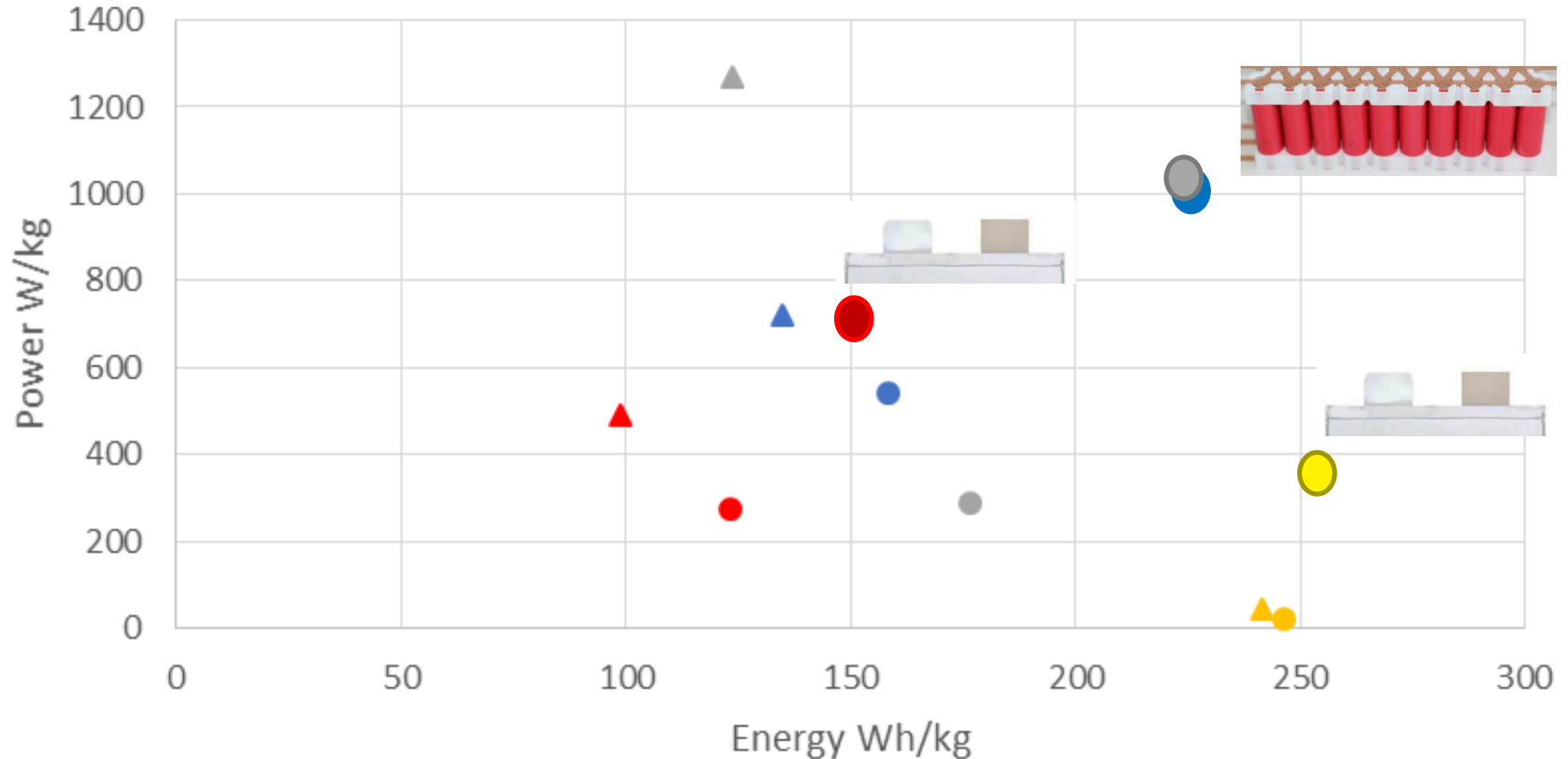


Dimensionierung der Zelle

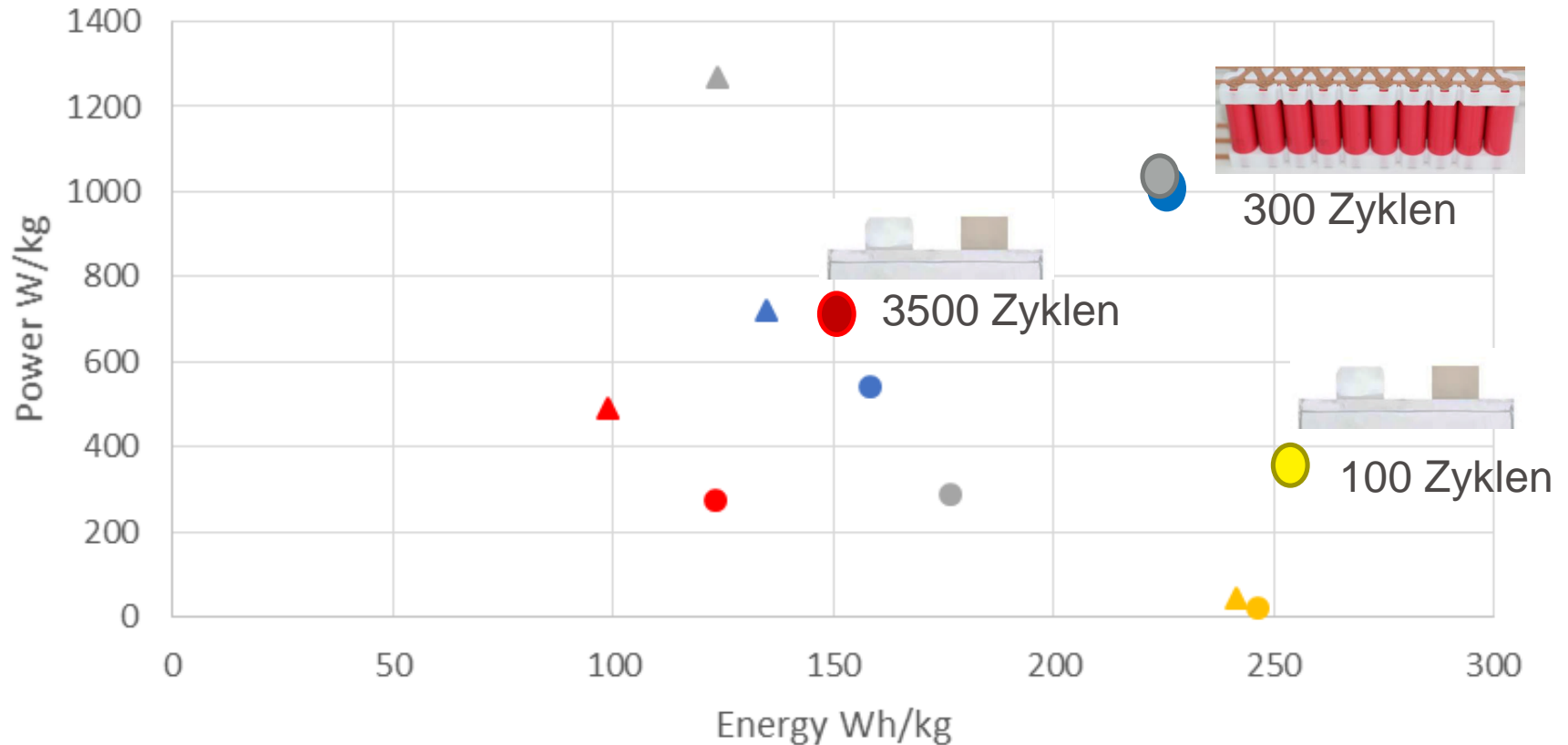
Energiedichte / Leistungsdichte



Verfügbare Batteriezellen Leistung und Energiedichte

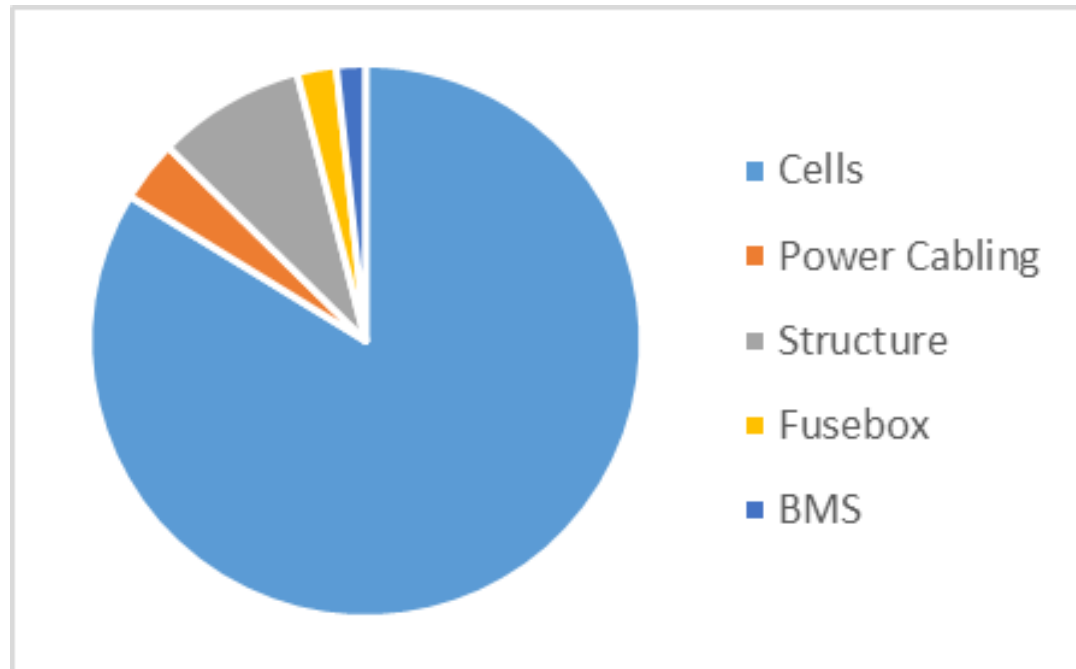


- Solar Impulse C ● Cavalon C ● Hybrid Drive C ● VTOL C
- ▲ Solar Impulse P ▲ Cavalon P ▲ Hybrid Drive P ▲ VTOL P



- Solar Impulse C
- Cavalon C
- Hybrid Drive C
- VTOL C
- ▲ Solar Impulse P
- ▲ Cavalon P
- ▲ Hybrid Drive P
- ▲ VTOL P

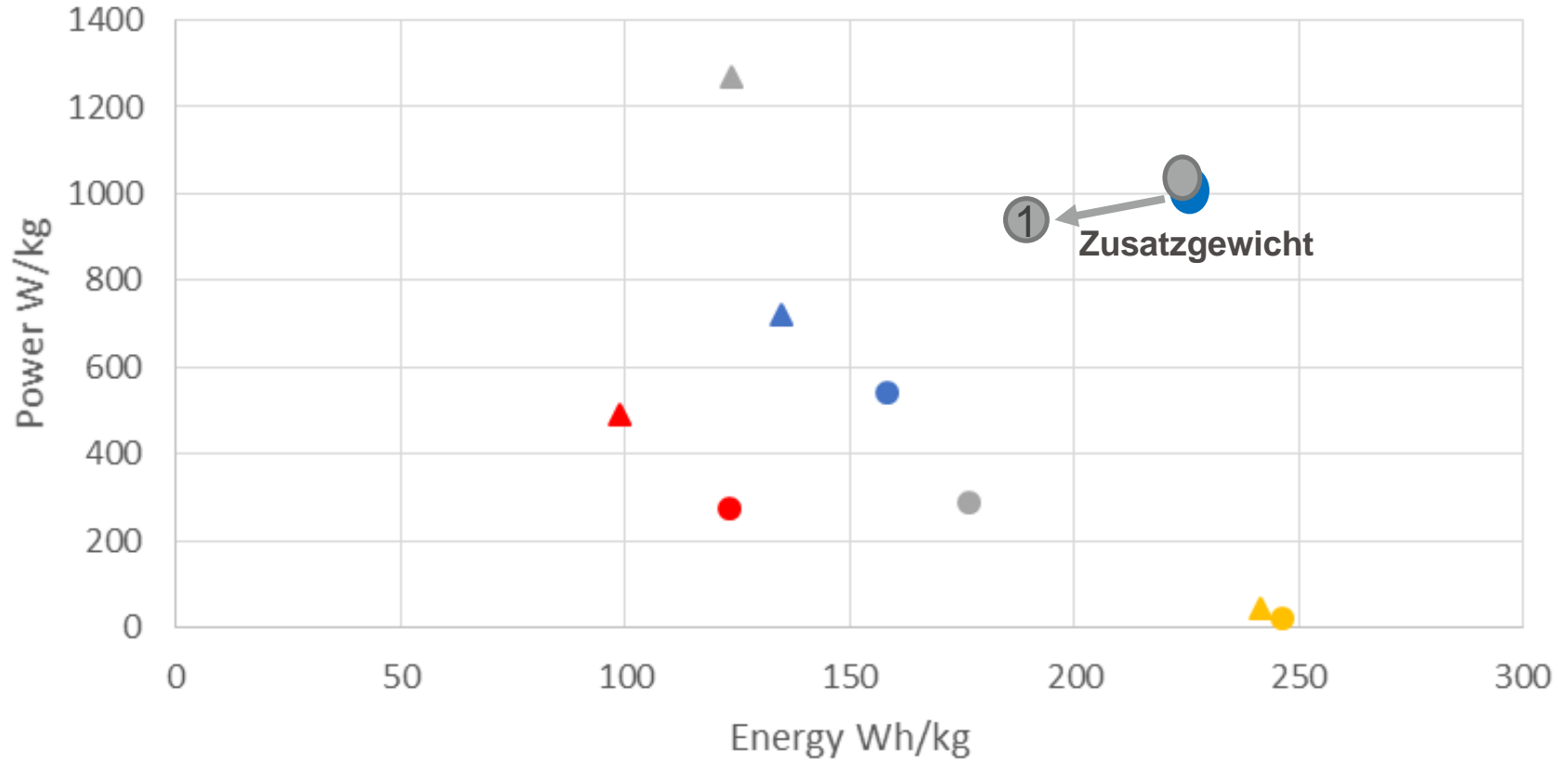
1: Zusatzgewicht Packintegration



Cells	83,75%
Power Cabling	3,60%
Structure	8,65%
Fusebox	2,29%
BMS	1,71%

Beispiel einer 30 kg Batterie, 18650 Zellen, <100 V

1: Zusatzgewicht Packintegration

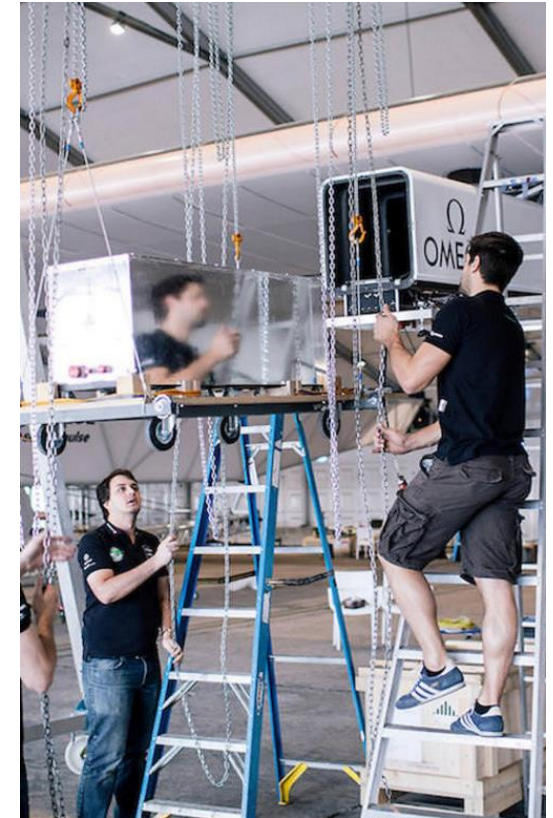


- Solar Impulse C ● Cavalon C ● Hybrid Drive C ● VTOL C
- ▲ Solar Impulse P ▲ Cavalon P ▲ Hybrid Drive P ▲ VTOL P

2: Thermische Randbedingungen

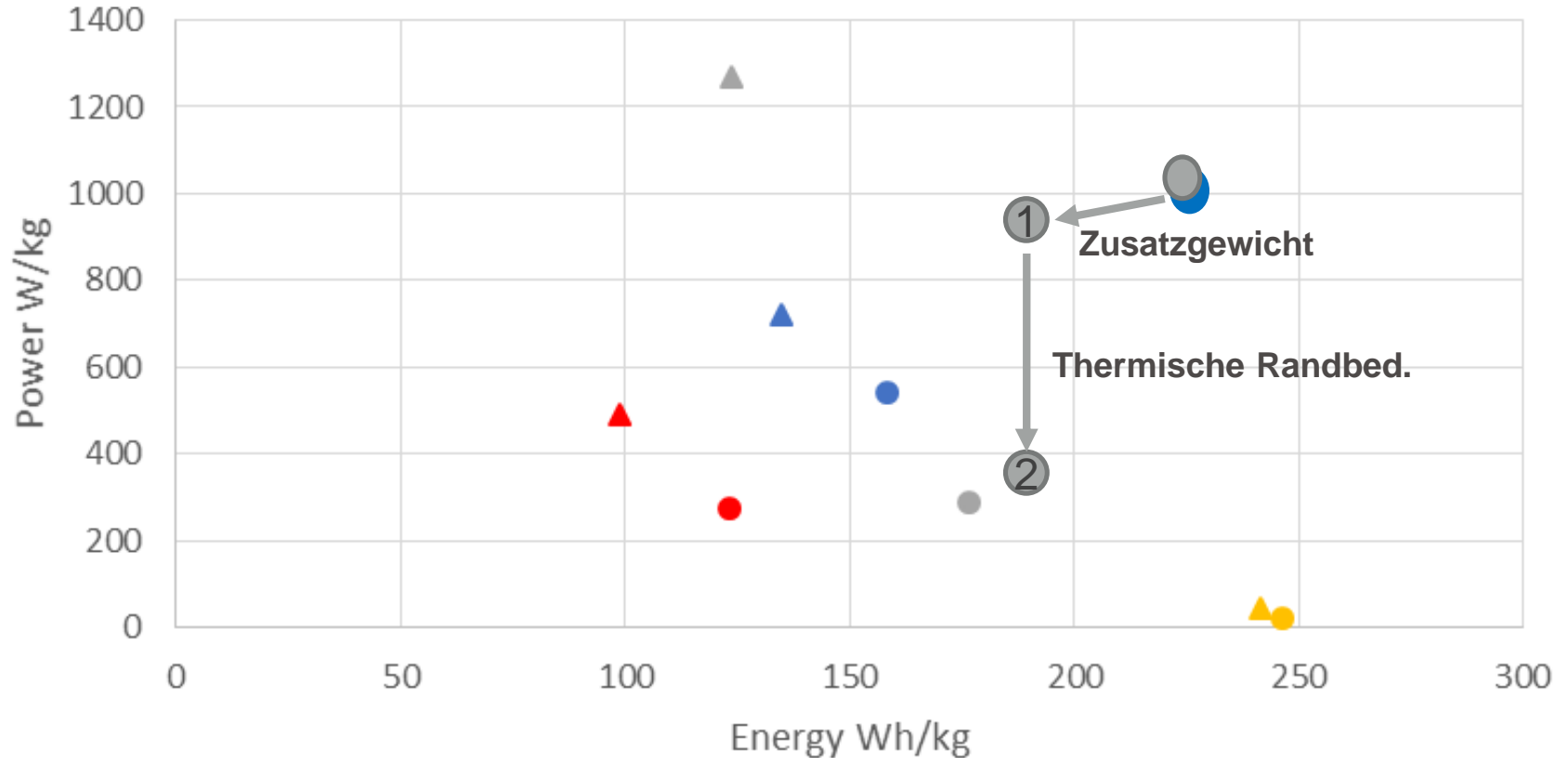
- Verluste? → Innenwiderstand
- Akzeptables dT → z.B. $25^{\circ}\text{C}..55^{\circ}\text{C}$
- Umgebungsbedingungen? (Kühlung durch Gehäusewand, Hitzeeintrag)
- Änderung des thermischen Verhaltens mit fortschreitender Alterung

- →weniger Leistung



© Solar Impulse

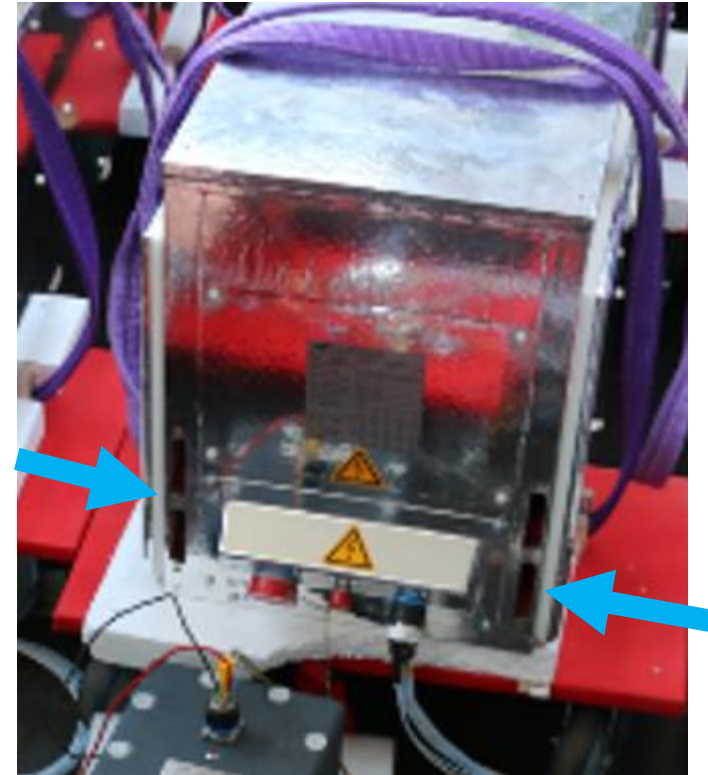
2: Thermische Randbedingungen



- Solar Impulse C ● Cavalon C ● Hybrid Drive C ● VTOL C
- ▲ Solar Impulse P ▲ Cavalon P ▲ Hybrid Drive P ▲ VTOL P

3: Kühlung

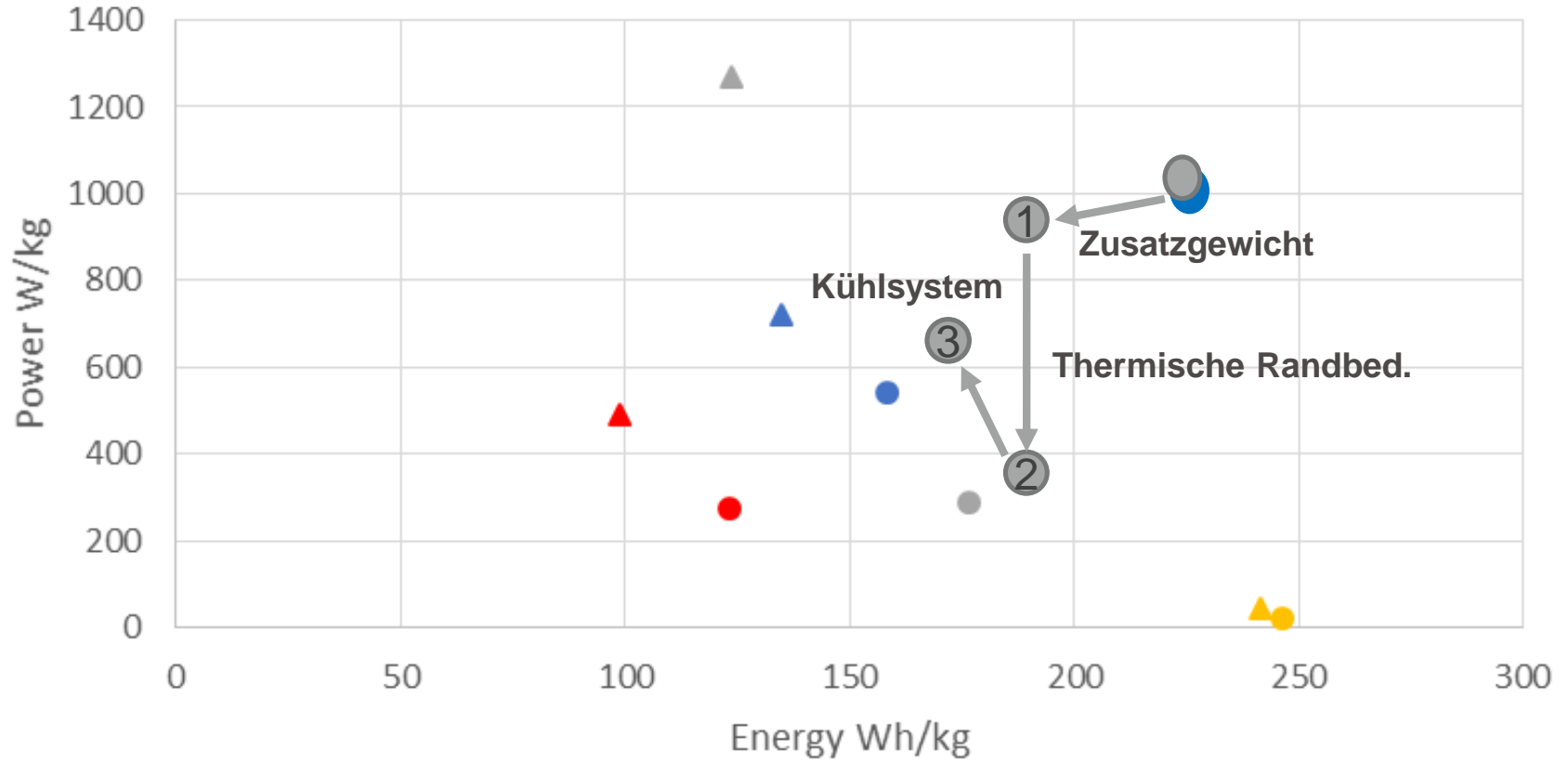
- Kühlung bei Air Energy mit
 - Flüssigkeit (Pouch + Prismatisch)
 - Luft (Zylindrische Zellen)
- In Anwendungen mit hohen Leistungen (VTOL, Hybridantrieb) muss thermische Masse der Zellen viel Wärme aufnehmen
 - 20 min Entladung 18650 Zelle
 - 1850 J thermische Verluste
 - 900 J Wärme verbleibt in Zellen ($dT=30\text{ K}$)
 - ~50% durch Luftkühlung abgeführt (best case!)



© Solar Impulse

Beispiel einer 30 kg Batterie, 18650 Zellen, <100 V

3: Kühlung



- Solar Impulse C ● Cavalon C ● Hybrid Drive C ● VTOL C
- ▲ Solar Impulse P ▲ Cavalon P ▲ Hybrid Drive P ▲ VTOL P

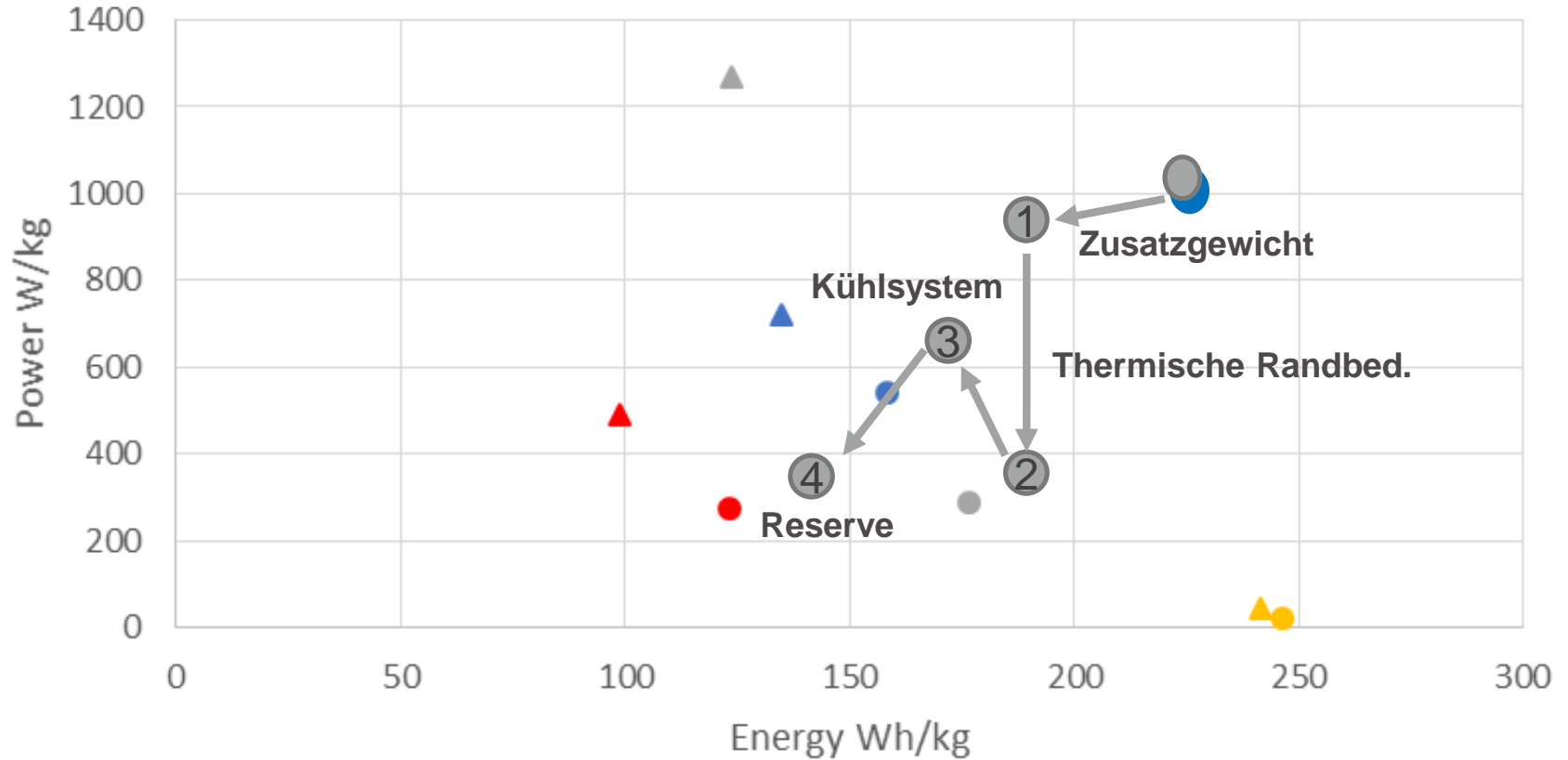
4: Reserve (Alterung und Sicherheit)

- Alterung
 - EOL Kapazität: 80% der Nennkapazität
 - EOL Thermisch: 200% des Innenwiderstandes (doppelte Verluste)
- Sicherheitsreserve
 - 30 Minuten Flugzeit ?



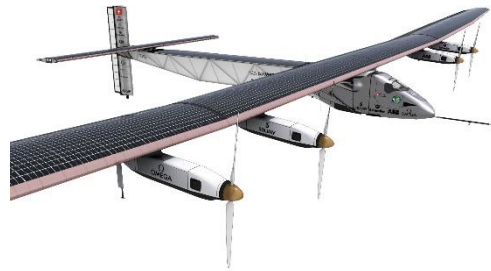
EOL = End of Life

4: Reserve (Alterung und Sicherheit)



- Solar Impulse C ● Cavalon C ● Hybrid Drive C ● VTOL C
- ▲ Solar Impulse P ▲ Cavalon P ▲ Hybrid Drive P ▲ VTOL P

- Große Bandbreite an verfügbaren Batteriezellen
- Ebenso große Vielfalt an möglichen Anwendungen
- Die Herausforderungen sind
 - Besten Kompromiss bei der Zellauswahl finden
 - Aus der Zelle ein sicheres und zuverlässiges System bauen

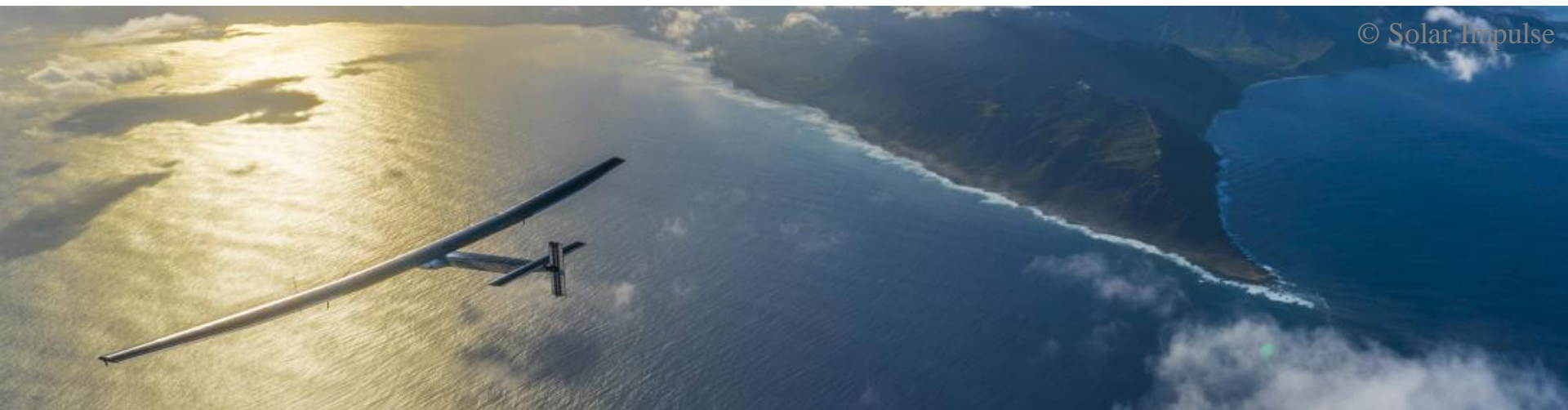


Innovative Batteriesysteme

Netzwerkabend „NRW auf dem Weg in die neue,
klimaneutrale Luftfahrt“

1. Dez. 2022

Christoph Schäper





Entwicklungsgesellschaft mbH & Co KG

Dipl.-Ing.
Christoph Schäper
Geschäftsführer

Gewerbepark Brand 78
52078 Aachen
Tel. +49241/91282020
Mobil +49179/7520043

schaeper@airenergy.de
www.airenergy.de



www.airenergy.de