
Energiesysteme neu denken

Industrielle Gleichstromnetze

Bernd Wunder, Fraunhofer IISB
Erlangen, 08.07.2019

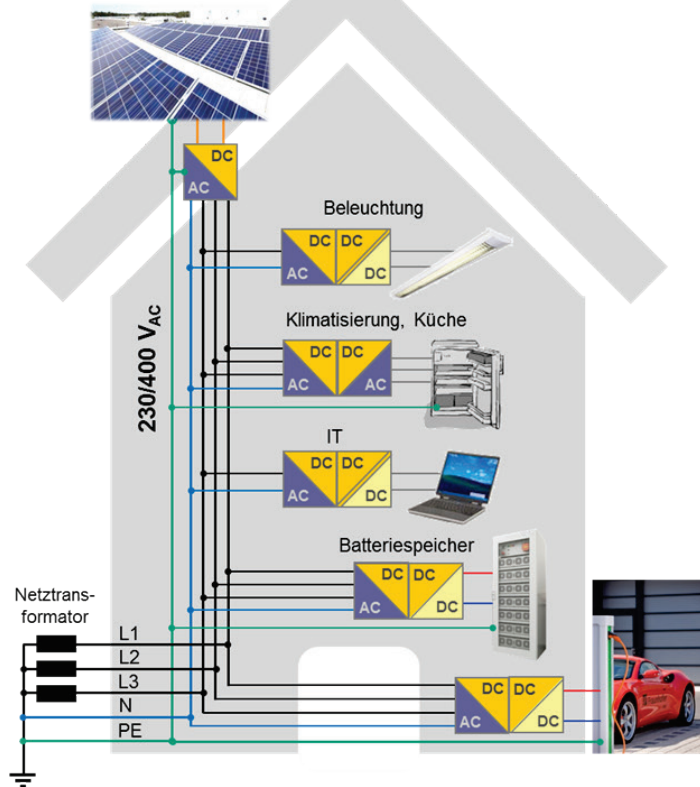


Gefördert durch

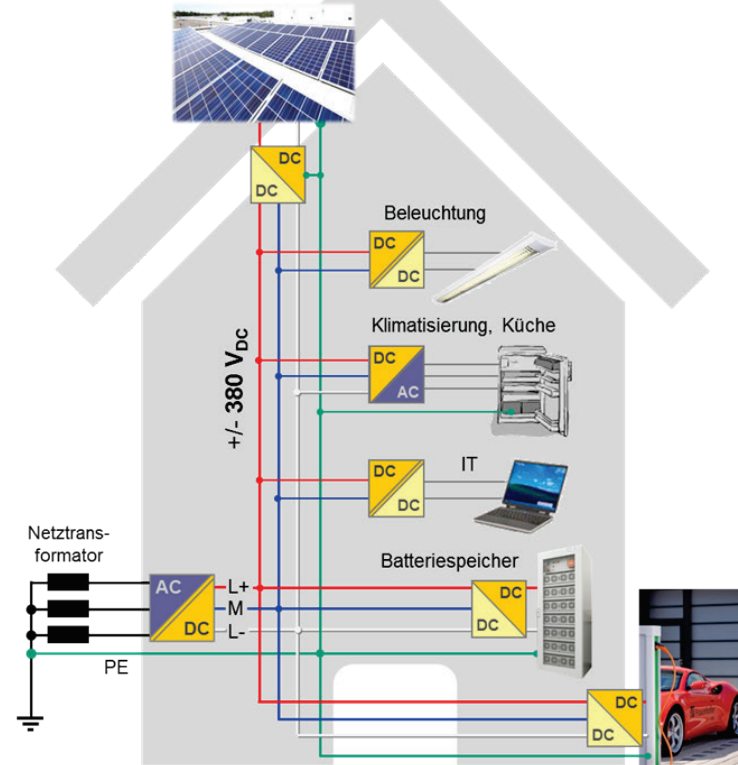
Bayerisches Staatsministerium für
Wirtschaft, Landesentwicklung und Energie

Warum überhaupt Gleichspannungsnetze?

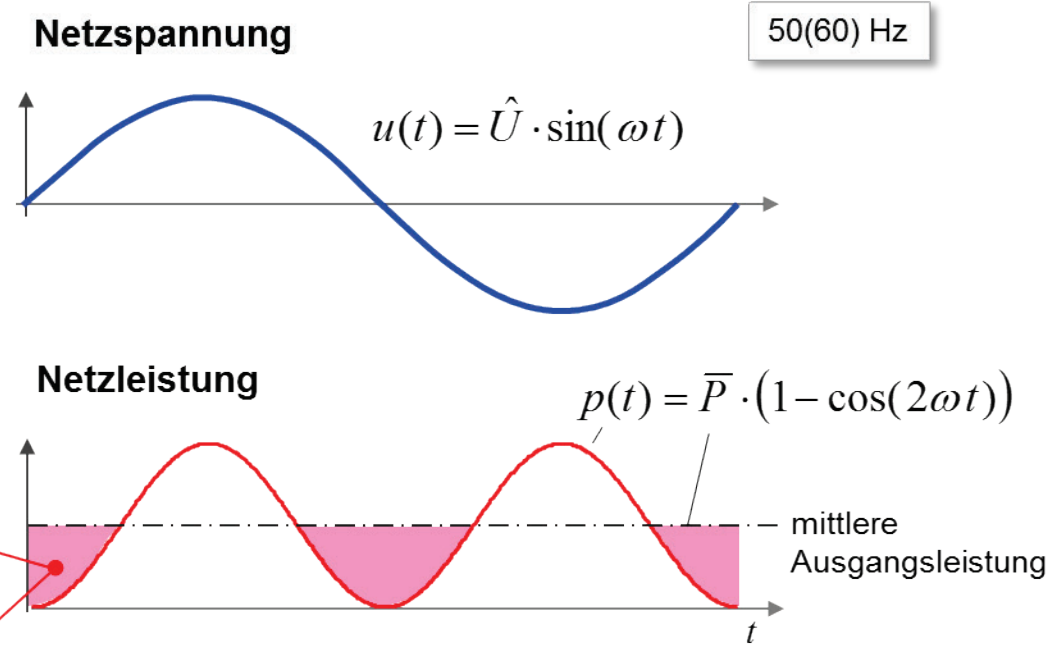
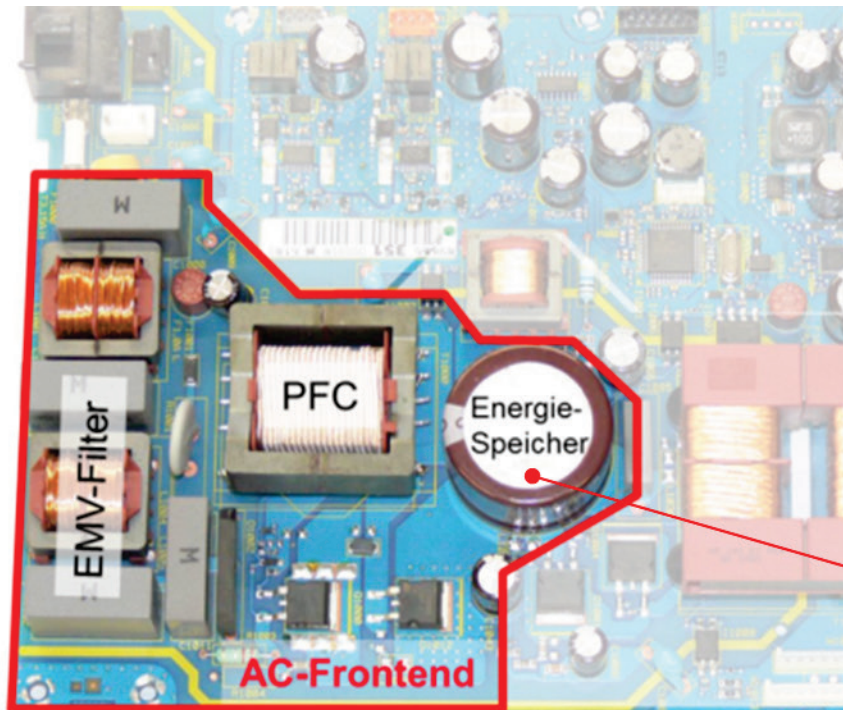
Heute



... und warum nicht so?



Warum überhaupt Gleichspannungsnetze?



Einhundert Versorgungslücken in der Sekunde erfordern eine erhebliche Energiespeicherkapazität in **jedem** Netzteil!

➤ Mit drastischen Auswirkungen auf **Bauvolumen, Kosten** und **Energieeffizienz**

Die Fortschritte in der Leistungselektronik (z.B. Miniaturisierung durch Erhöhung der Schaltfrequenz) können hier nicht greifen, da die Netzfrequenz fest vorgegeben ist.

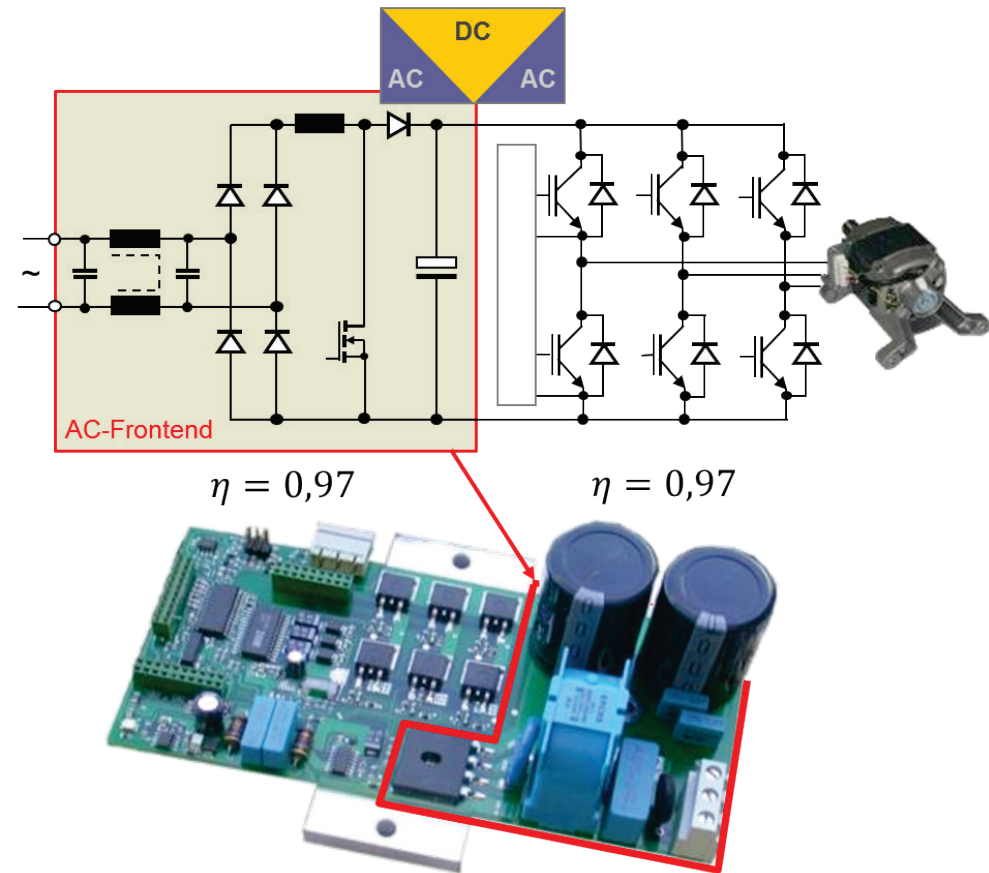
Warum Gleichspannungsnetze in der Industrie?

Regelbare Antriebe

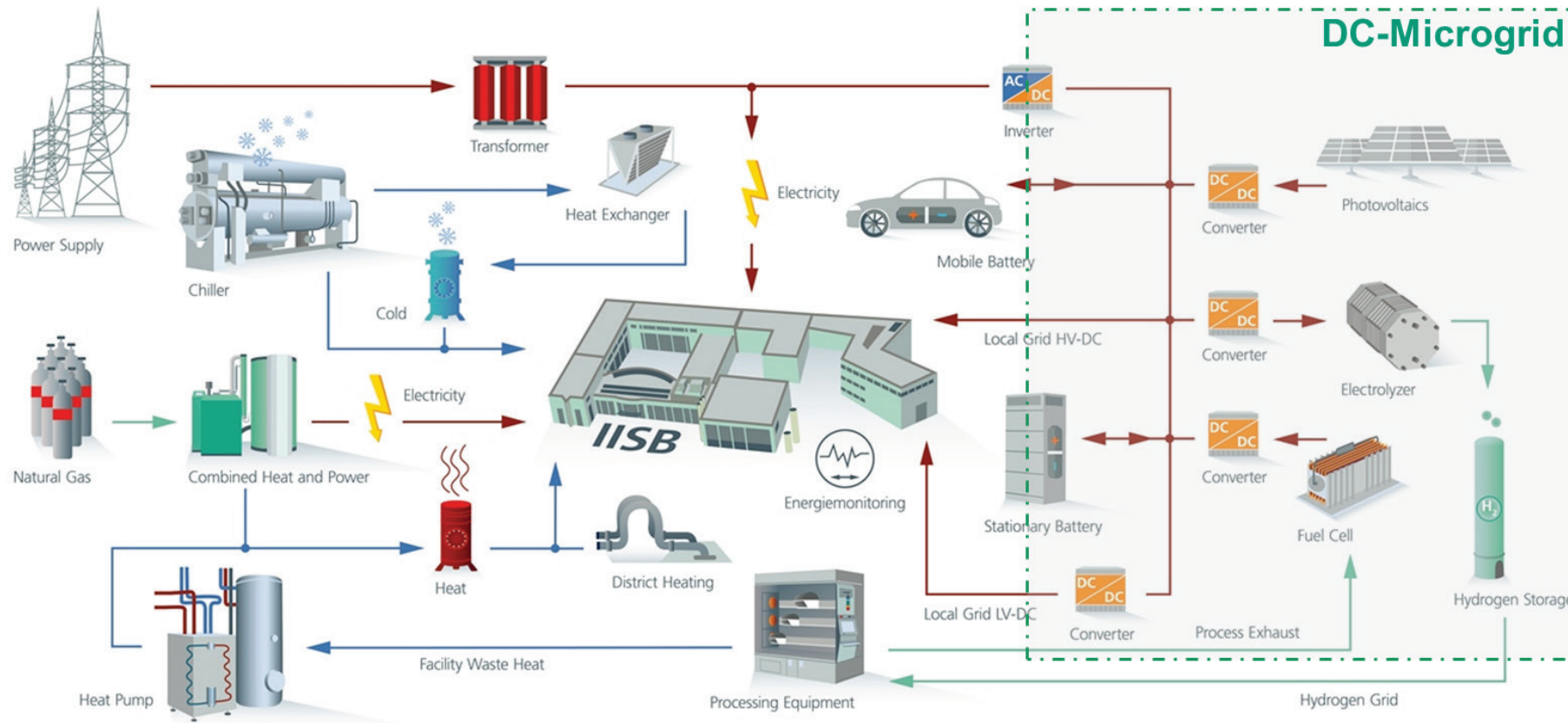
Das AC-Netz-Frontend verursacht

- ca. **50%** der **Kosten**
- ca. **50%** der **Verlustleistung**
- mehr als **65%** des **Bauvolumens** des gesamten Umrichters!

▶ Wechselfrequenz:
Kostentreiber und Effizienz-Killer

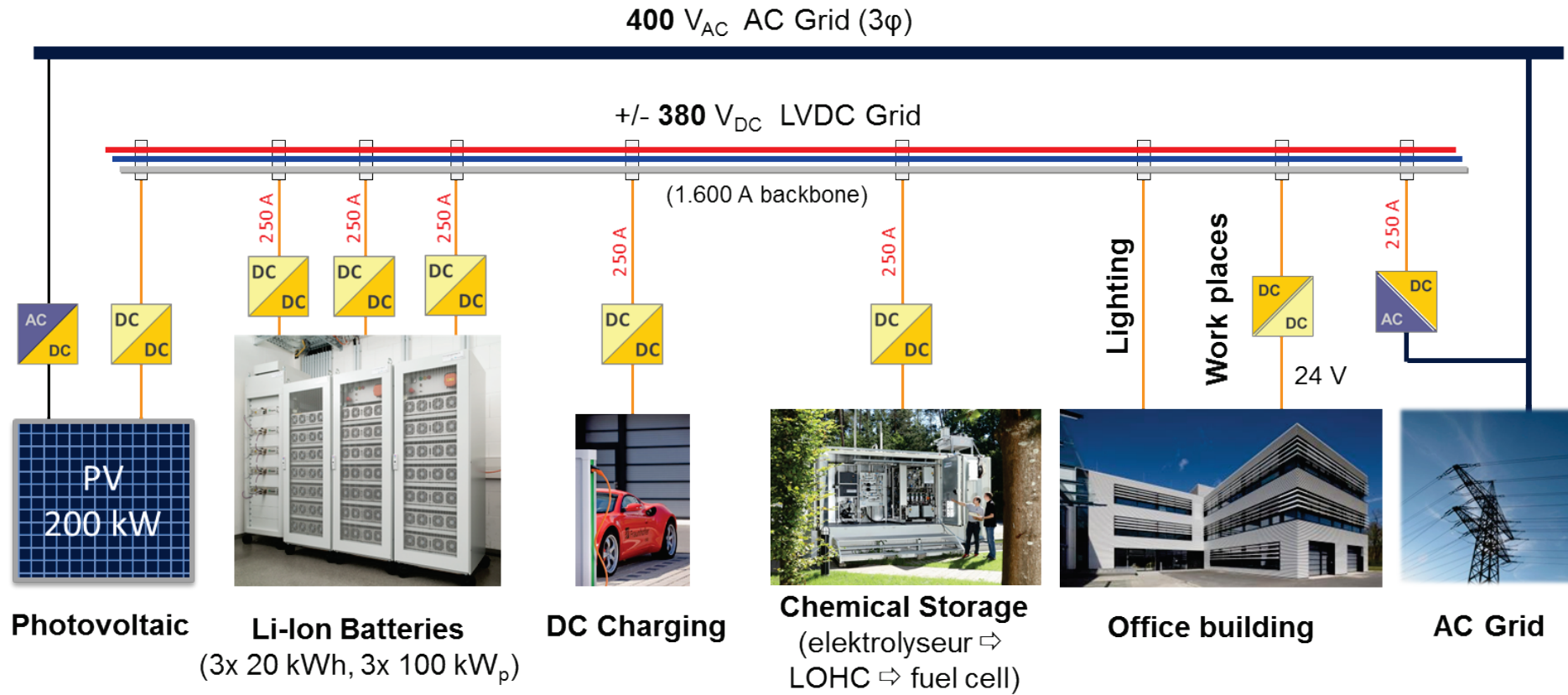


Gleichstromnetz und Dezentrale Energie Systeme am IISB



High-Power DC Grid am Fraunhofer IISB

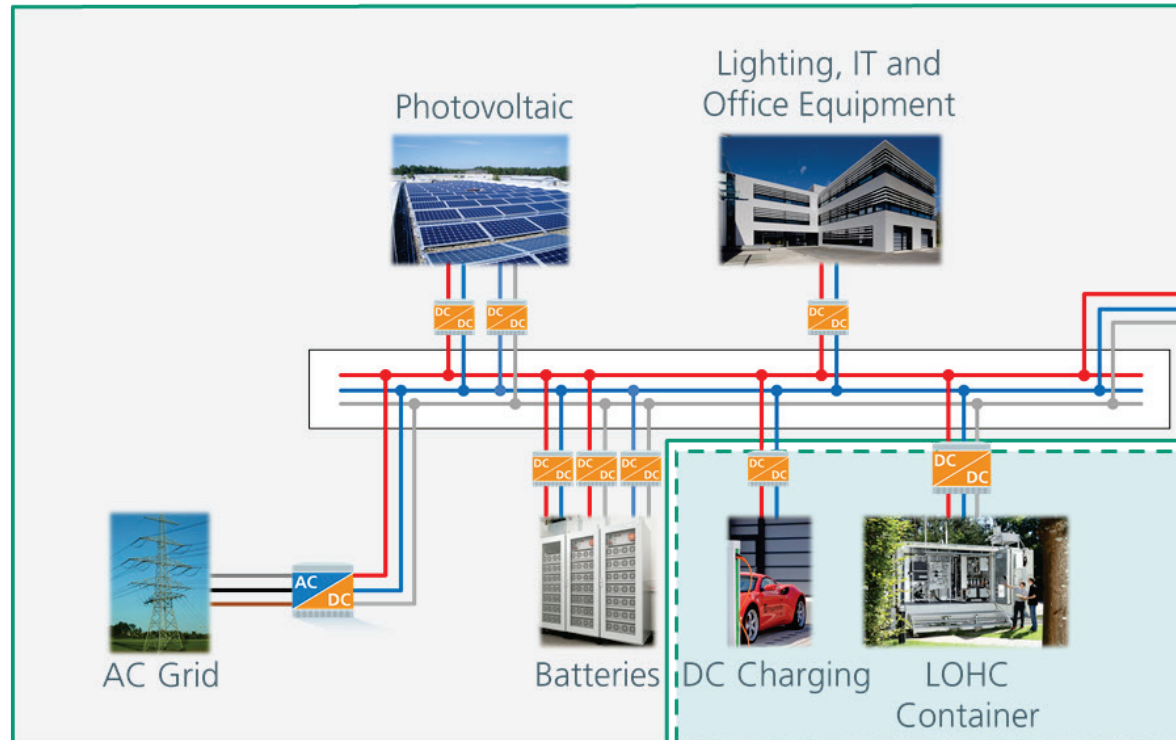
zur Reduzierung von Spitzenleistungen und Lastverschiebung



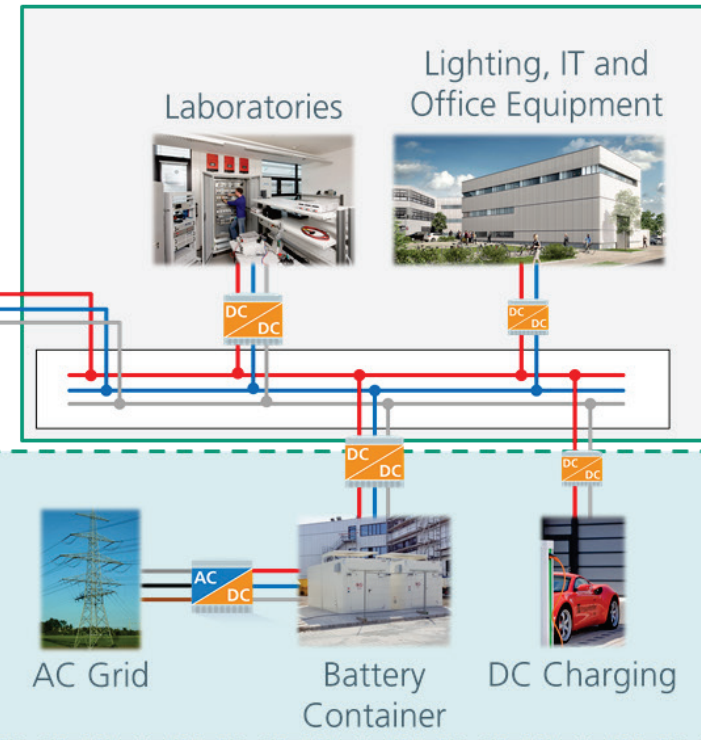
High-Power DC Grid am Fraunhofer IISB

Netzausdehnung und lokale (autarke) Subnetze

Building A



Building B



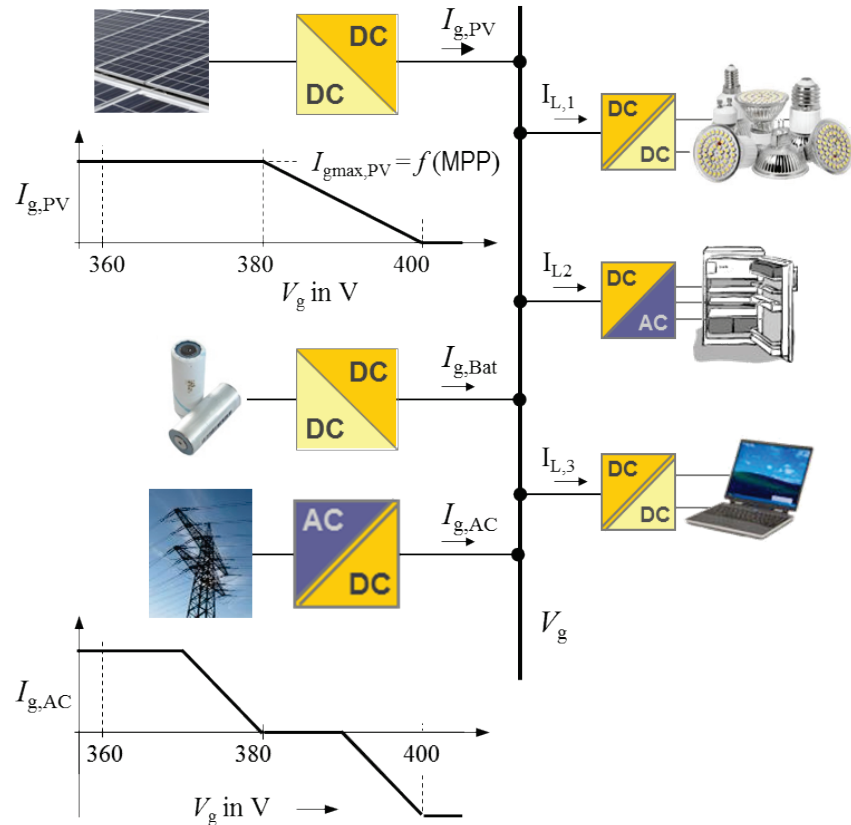
Outdoor Installations

Schutztechnik und Gleichstromverteilsysteme

Input/Output Connectors
(Current Sensor $-380\text{ V}_{\text{DC}}$)
Current Sensor $+380\text{ V}_{\text{DC}}$
Resistors for Pre- and Discharge
Precharge Contactor
Discharge Contactor
PLC
Main Contactor / Circuit Breaker
ABB Tmax T4 for $+380\text{ V}_{\text{DC}}$
(Main Contactor / Circuit Breaker)
(ABB Tmax T4 for $-380\text{ V}_{\text{DC}}$)

DC-Backbone
1600 A, 1000 V

Spannungsregelung (Droop Control)



Idee

- Nutzung der Netzspannung als zentrale Regelgröße (vgl. Frequenz im AC-Netz)
- Alle einspeisenden Wandler arbeiten regelungstechnisch als Spannungsquellen mit **Innenwiderstand** bzw. spannungsgeregelte Stromquellen

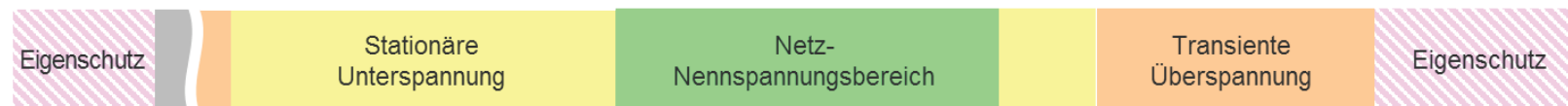
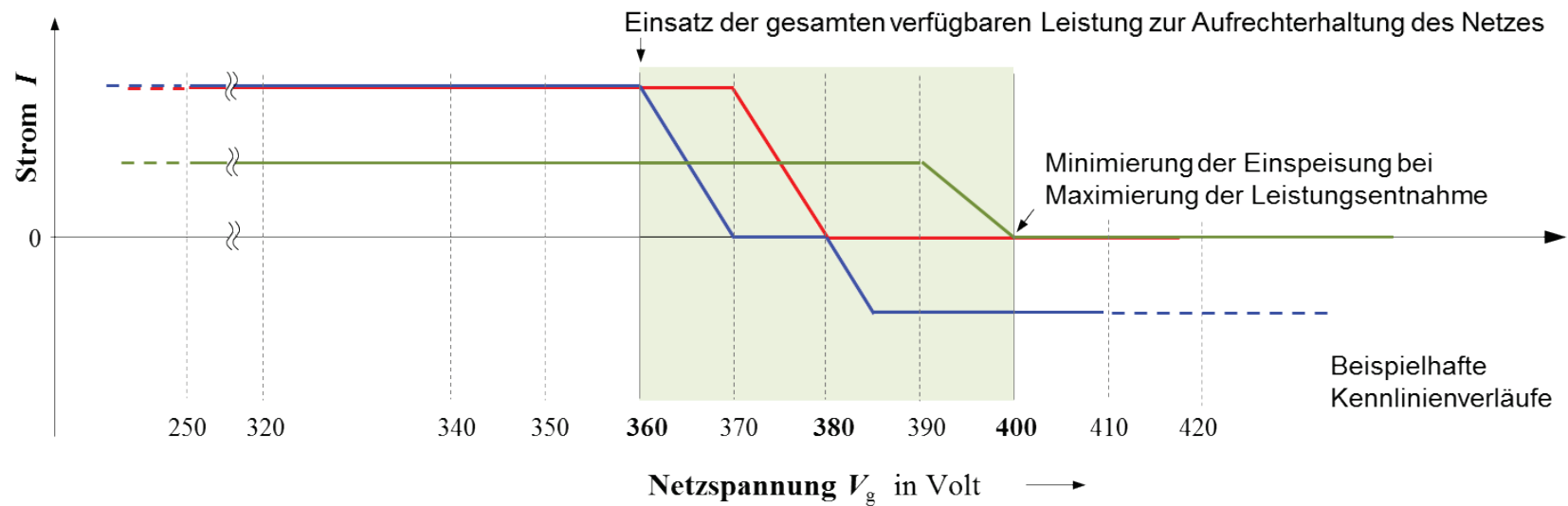
Vorteile

- Keine übergeordnete Kommunikationsinfrastruktur erforderlich
- Sehr hohe Robustheit und Verfügbarkeit
- High-Level Funktionen (z.B. Energie-management) durch Änderung der Regel-kennlinien realisierbar

Regelkennlinien für Droop Control

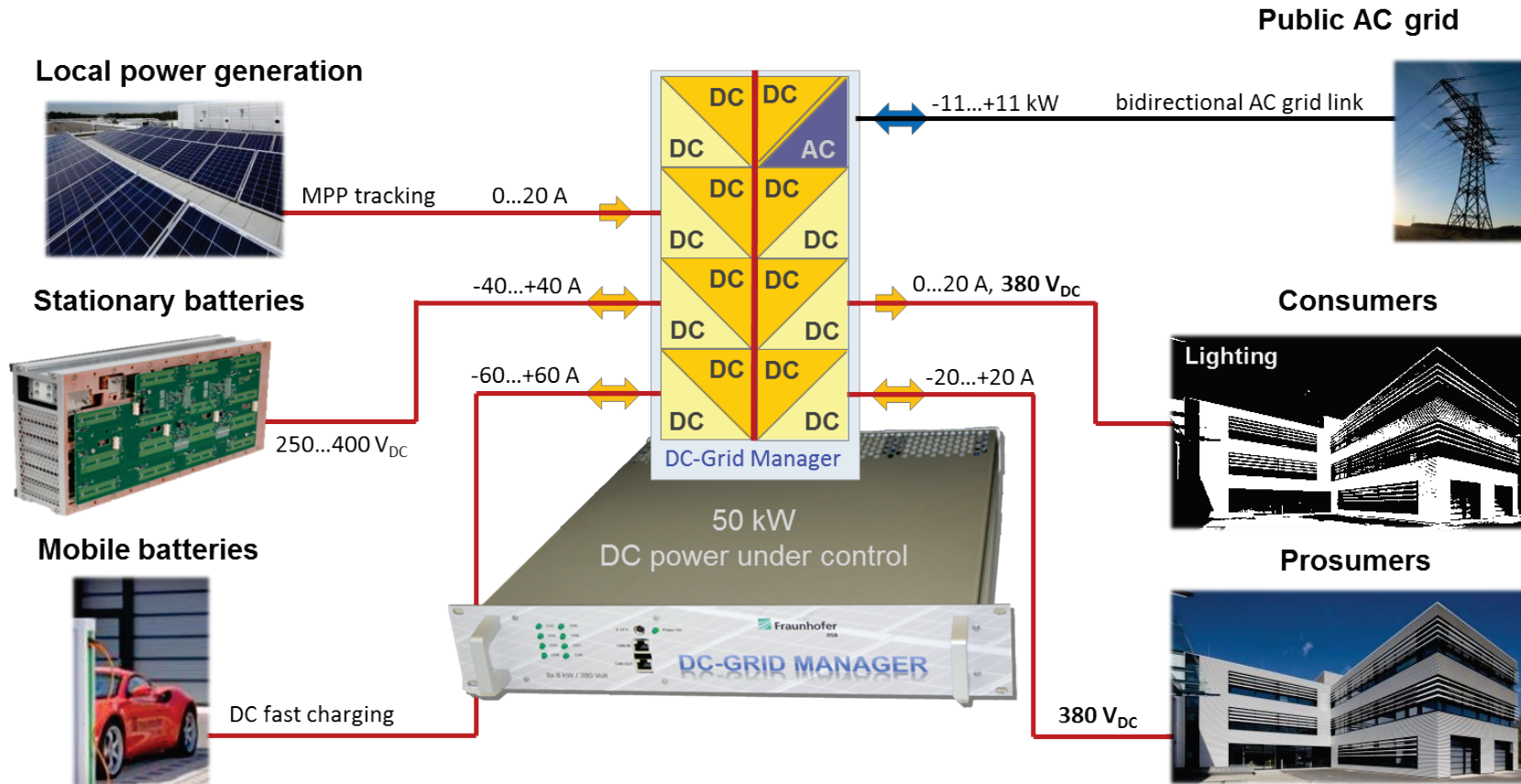
Innerhalb des Nennspannungsbereichs können die Eckpunkte der Kennlinien „beliebig“ angepasst werden – auch dynamisch durch ein übergeordnetes Energie- bzw. Batterie-Managementssystem.

- AC/DC-Schnittstelle (unidirektional)
- Batteriespeicher
- PV-Anlage



DC-Grid-Manager

Intelligenter, lokale "Plug and Play" Lösung für kleine LV DC Microgrids



DC-Grid-Manager im Feldeinsatz bei Richter R&W

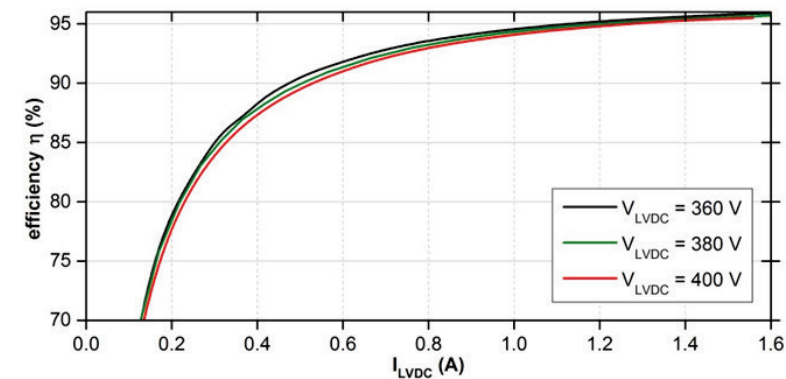
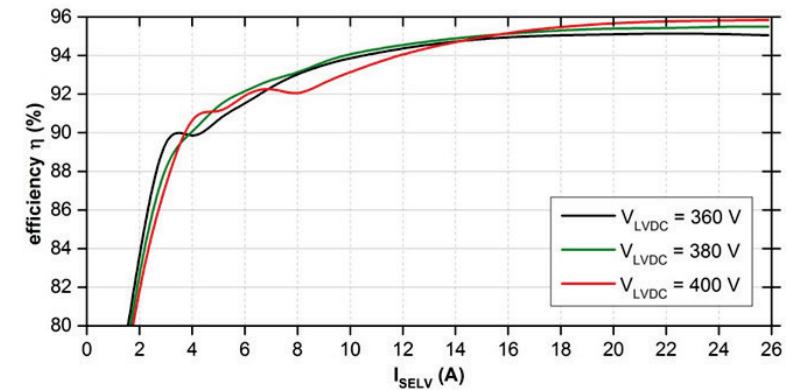
Bindeglied zwischen PV-Anlage, Batteriespeicher und Energieversorgung der Fertigung



Bidirektionale Kopplung von SELV- und LVDC-Netzen



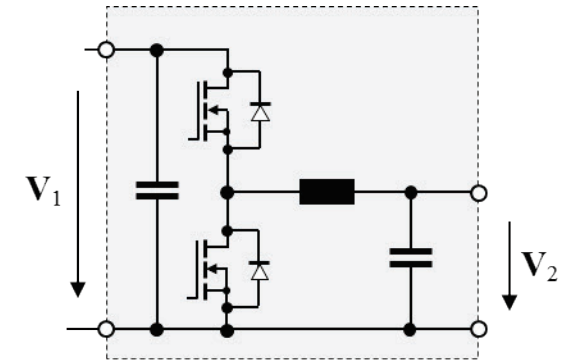
Technische Eckdaten	
Eingangsspannungsbereich	360 V bis 400 V
Ausgangsspannung	24 V oder 48 V
Leistung (max.)	600 W
Wirkungsgrad	bis 96 %
Abmessungen in mm	188 x 75 x 30



Topologie: HV-seitig Halbbrücke, SELV-seitig „current-fed push/pull“

300A / 800V Buck/Boost Converter

Flexibel programmierbarer DC/DC-Wandler zur Ankopplung von Brennstoffzellen, Batteriespeichern oder PV-Anlagen an LVDC Netze



Anwendungsbeispiele

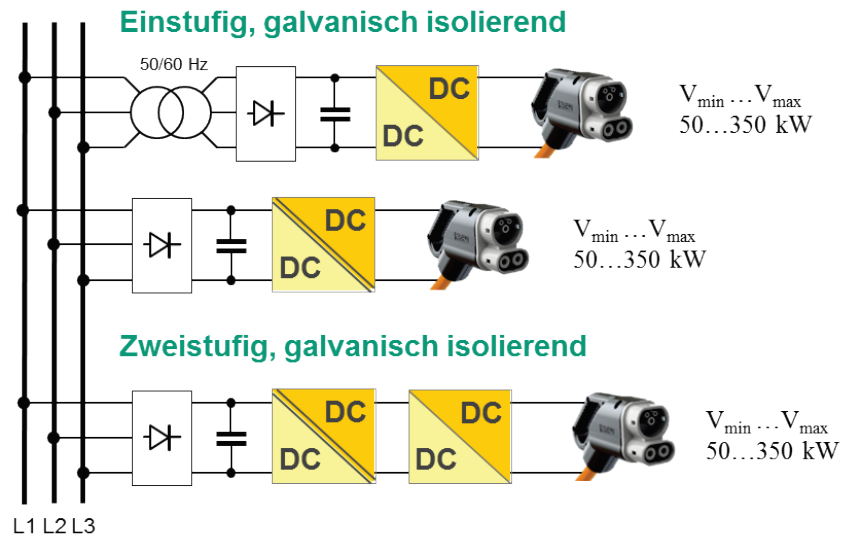
Port V_1	Port V_2
PV String (380 V ... 800 V)	380 V LVDC Netz
Li-Ion Batterie (380 V ... 800 V)	380 V LVDC Netz
760 V (+/- 380 V) DC Netz	Li-Ion Batterie (100 V ... 760 V)
380 V LVDC Netz	Brennstoffzelle (40 V ... 350 V)

Technische Eckdaten

Spannungsbereich	0 - 800 V _{DC}
Strom (max.)	+/- 300 A
Leistung (cw / peak)	20 / 100 kW
Wirkungsgrad	bis 99 %
Abmaße	2 HE (19"-Rack)

AC und DC Netzkopplung für DC-Ladesäulen

Laden mit AC-Netzkopplung

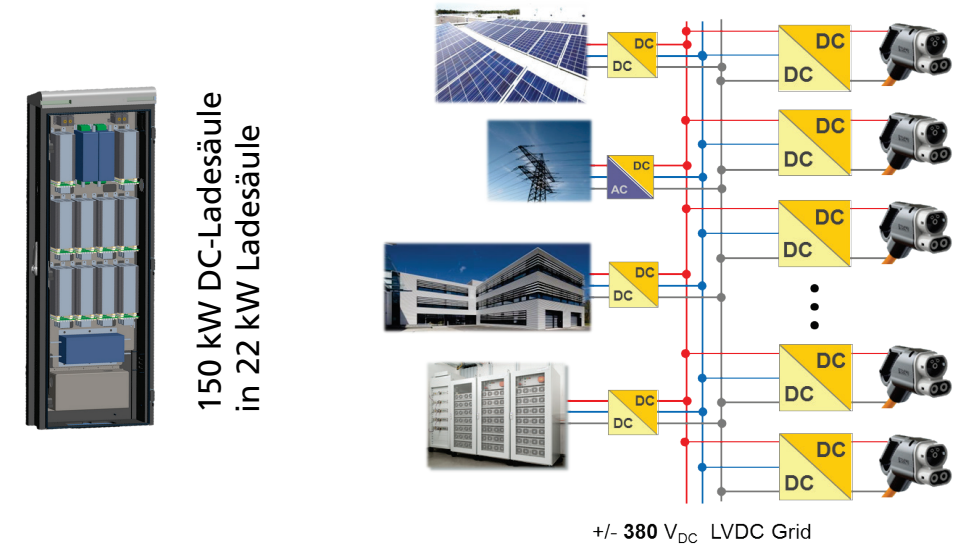


50 kW DC-Ladesäule
Quelle: Wikipedia



- Anschluss-Bedingungen müssen für jeden Ladepunkt erfüllt werden
- durch Gleichrichter oft nur unidirektional
- Bidirektionalität durch Wechselrichter -> TEUER

Laden mit DC-Netzkopplung



- Anschluss-Bedingungen müssen nur am AC-Frontend erfüllt werden
- Bidirektionalität ohne Mehrkosten
- Leistungsdichte im Ladepunkt zirka 5 mal höher



Your Partner for leading-edge Power Electronics

Bernd Wunder

Schottkystrasse 10, 91058 Erlangen

Tel.: 09131/761-597

bernd.wunder@iisb.fraunhofer.de

www.iisb.fraunhofer.de