

ABB MOTION

Wasserstoffherzeugung mit ABB Strom- und Frequenzumrichter

Grüne Wasserstoffproduktion

Frank Jüngst – Business Development Manager CER

Eine erfolgreiche Energiewende fordert



Voraussetzungen:

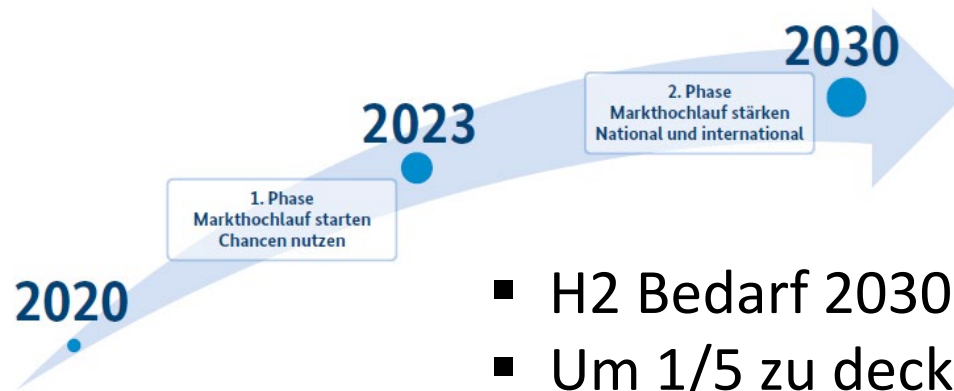
- ***Versorgungssicherheit***
- ***Bezahlbarkeit***
- ***Umweltverträglichkeit***

...zum Erreichen der Klimaziele 2030,

„Begrenzung der Erderwärmung auf 1,5 Grad“

Quelle: [Die Nationale Wasserstoffstrategie \(bundesregierung.de\)](https://www.bundesregierung.de)

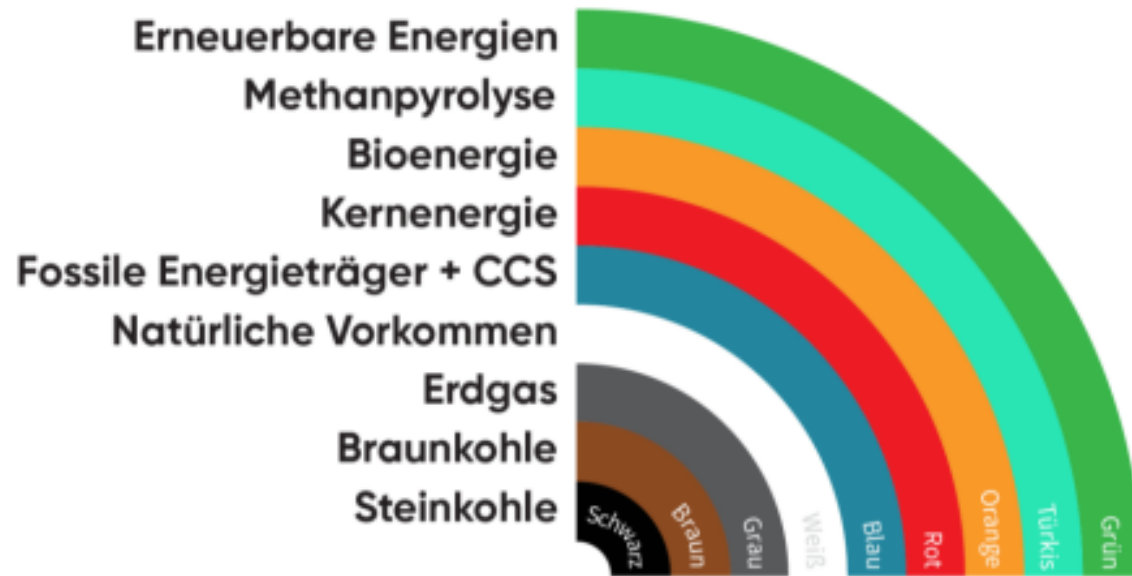
Zahlen der Strategie



- H2 Bedarf 2030 liegt bei 90-110TWh
- Um 1/5 zu decken sollen ~ 5GW Erzeugungsleistung installiert werden
 - Annahme von 4000 Vollaststunden p.a. entspricht ~ 14TWh
 - Benötigt wird dafür ca 20TWh
 - Wirkungsgrad ca. 70%
- Deutschland hat in 2020 ~ 500TWh benötigt
- Davon waren ~ 235TWh grün erzeugt

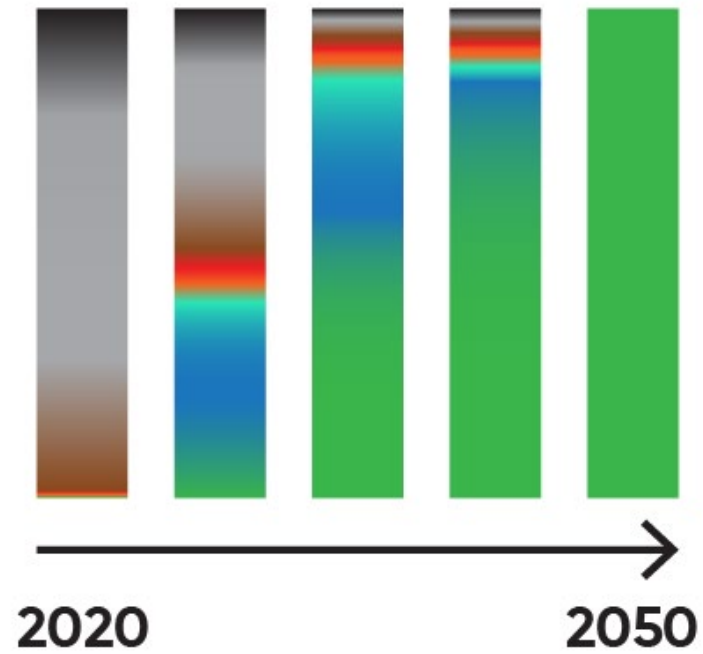
Der Wasserstoff-Regenbogen

Die Farben des Wasserstoffs



Quelle:
IKEM Institut für Klimaschutz
Kurzstudie Wasserstoff – Farbenlehre

Auf dem Weg zu einer grünen Wasserstoffwirtschaft



Kosten und CO₂-Abdruck der Wasserstoff-Farben

**Mehr als
90%**
des Wasserstoffs wird aus
fossilen Brennstoffen
hergestellt



Steinkohle Braunkohle Erdgas

Wasserstoff-Typ	Farbe	€/kg H ₂
Fossile Brennstoffe	Schwarz Braun Grau	1.5
Fossile Brennstoffe +CSS	Blau	2
Erneuerbare Energien	Grün	2.5-5.5

Quelle:
IKEM Institut für Klimaschutz
Kurzstudie Wasserstoff – Farbenlehre

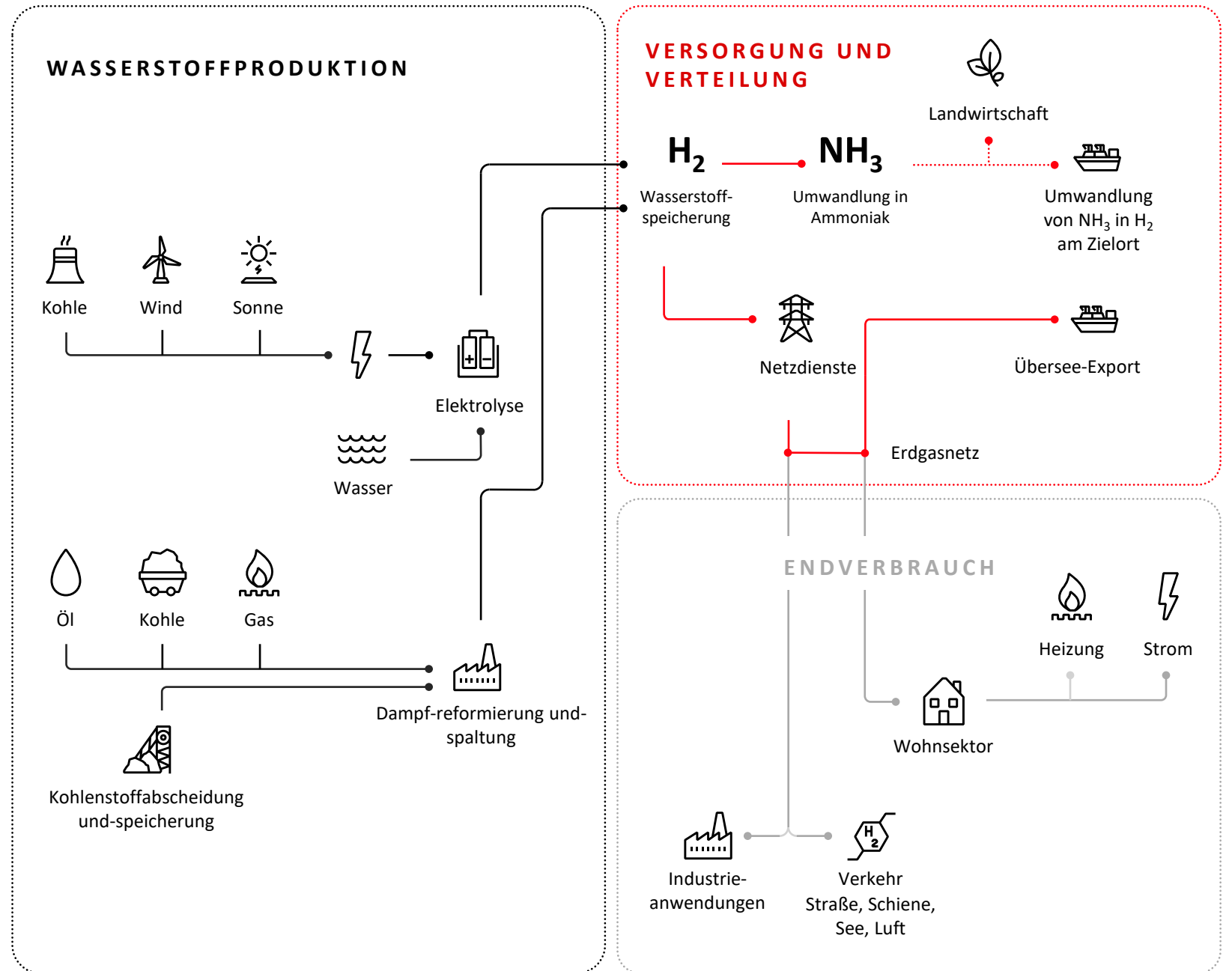
H₂-Wirtschaft

Wo wir stehen

Wir setzen uns intensiv für die Förderung dieser Infrastruktur ein.

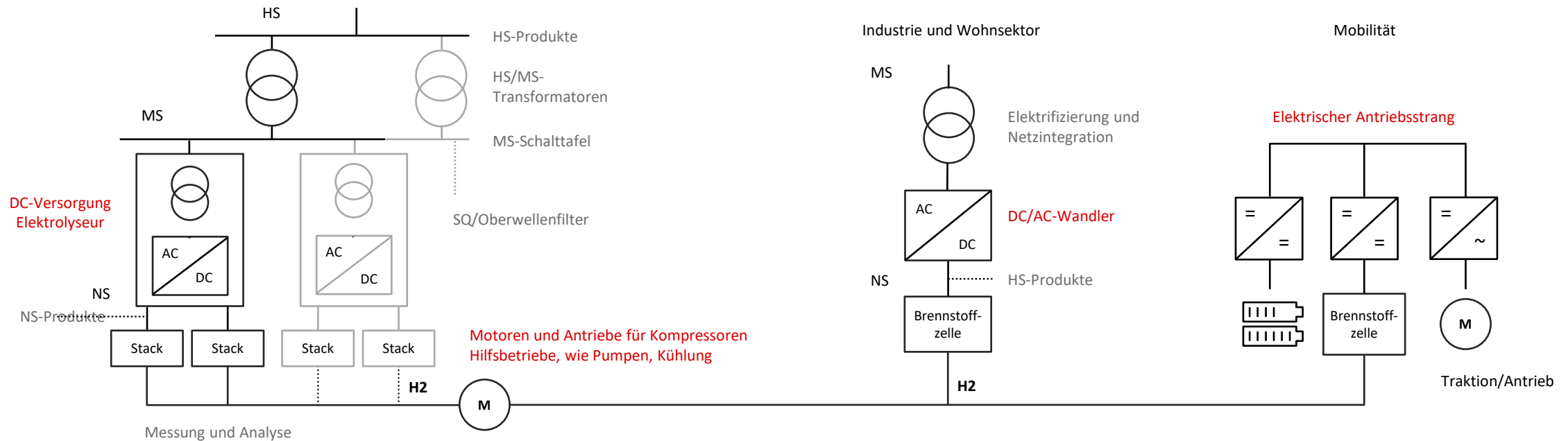
Wir unterstützen und stärken das Ökosystem durch strategische Partnerschaften.

Wir richten unsere Geschäftsbereiche strategisch aus und bieten Lösungen für die gesamte H₂-Wertschöpfungskette an.



Umfassendes Angebot für die gesamte Wertschöpfungskette

ABB Motion Portfolio



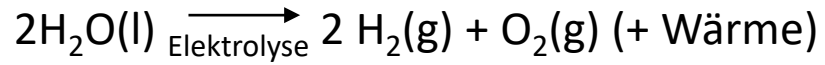
1 Strom zu Gas

2 Logistik, Speicherung und Ammoniakumwandlung

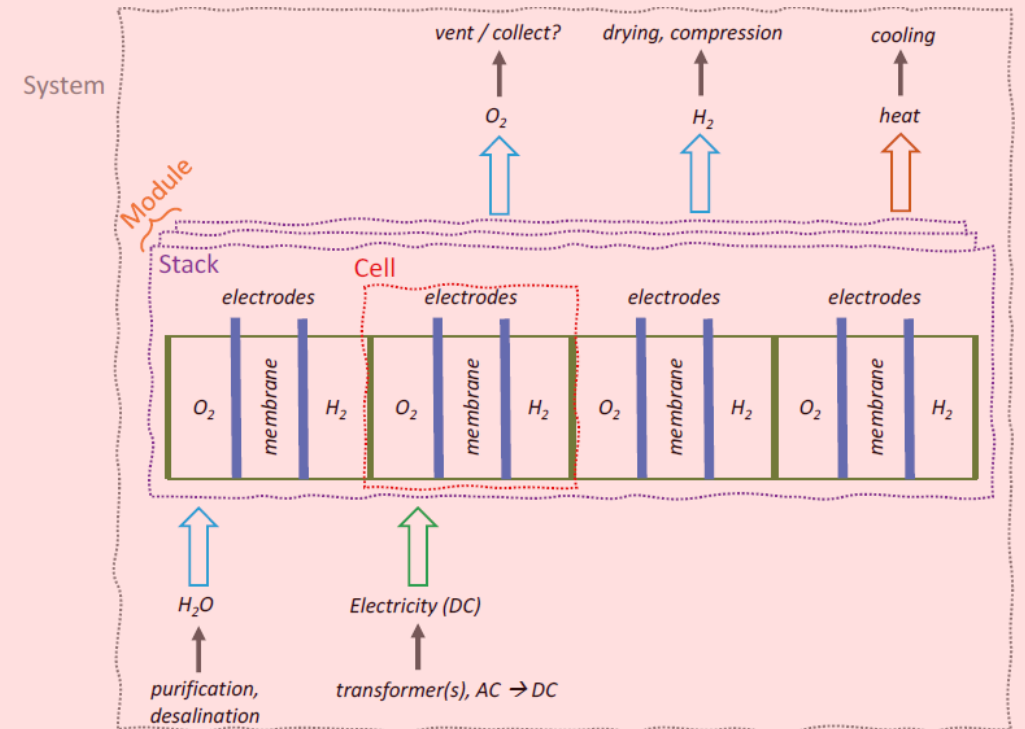
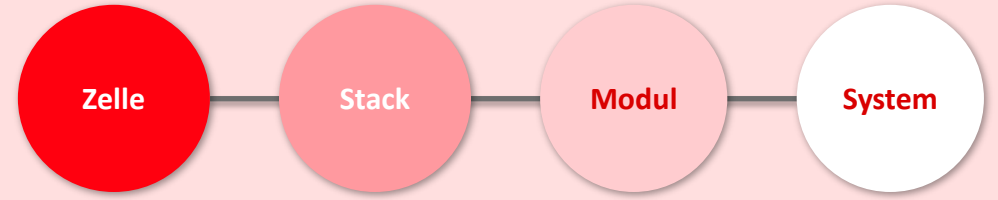
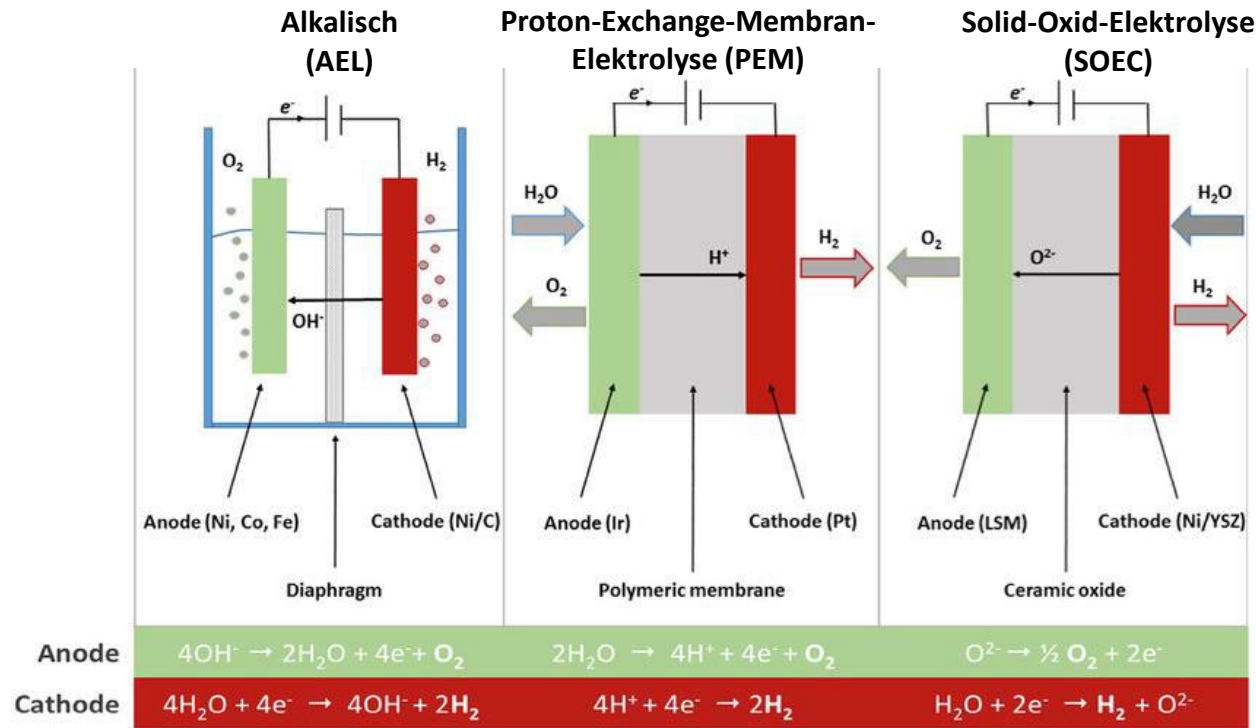
3 Gas zu Strom

- Energiemanagementsystem/Prozesssteuerung/Anlagenmanagement
- Systemdesign und Implementierung
- ABB Ability™ Plattform & Advanced Services und Wartung

Reaktionsgleichung Elektrolyse



Verschiedene Wege der Wasserelektrolyse



Betriebsbedingungen heute und 2050

Wesentliche Unterschiede

	2020			2050		
	ALK	PEM	SOEC	ALK	PEM	SOEC
Betriebstemperatur (°C)	70-90	50-80	700-850			
Zellendruck (bar)	<30	<70	<10	>70	>70	>20
Systemeffizienz (kWh/kg)	50-78	50-83	45-55	<45	<45	<40
Lebensdauer (Std.)	60K	50K-80K	<20K	100K	100K-120K	80K
Stack, geschätzte Investitionskosten (\$/kW)	270	400	>2000	<100	<100	<200



Größer

- Von kW zu MW
- Modulare Bereitstellung



Billiger (weniger \$/kW)

- Größenvorteile
- Automatisierte Produktionsprozesse
- Ersatz kostspieliger Materialien



Effizienter (mehr kg/kWh)

- Höhere Betriebstemperaturen
- Höhere Ausgangsdrücke



Langlebiger

- Längere Anlagenlebensdauer > 25 - 30 Jahre

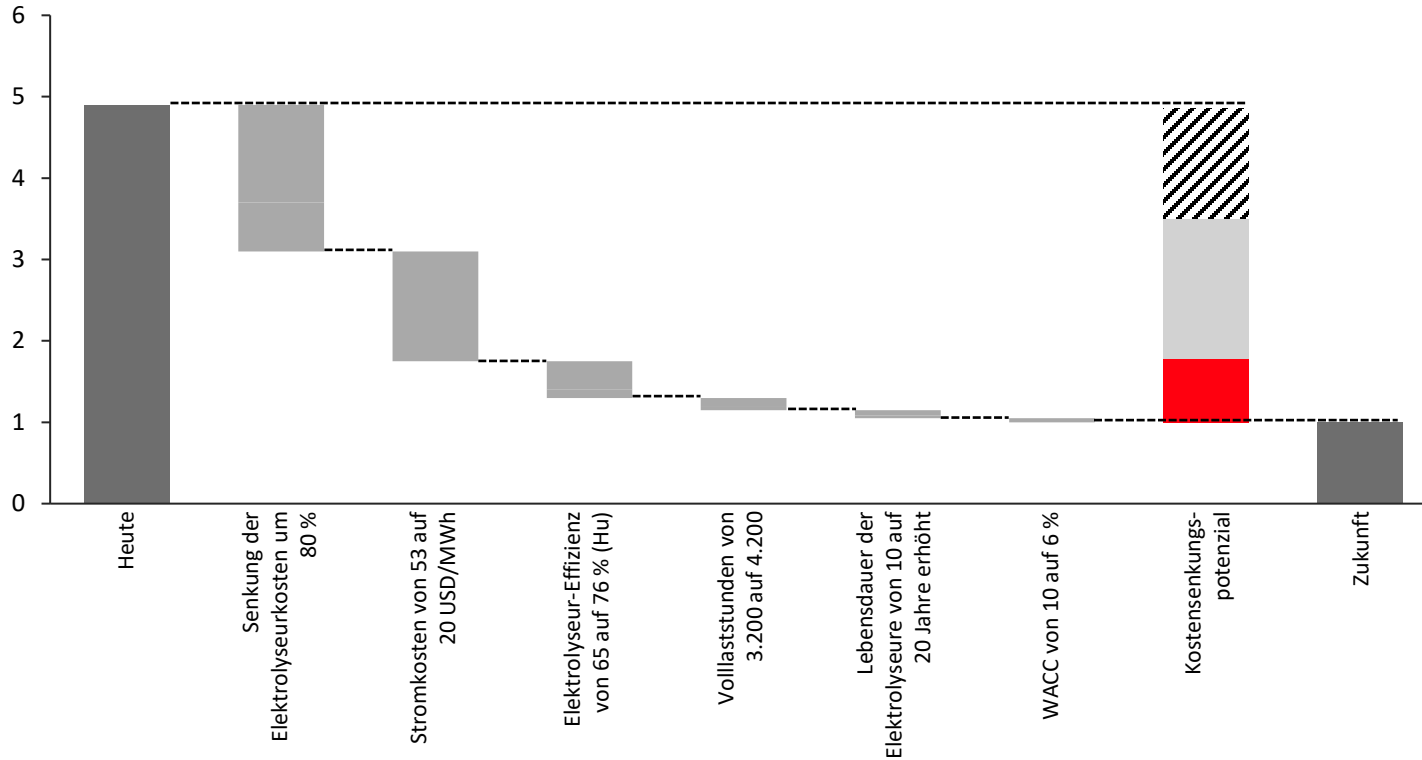


Flexiblerer Betrieb

- Kürzere Anlauf- und Reaktionszeiten (ALK)
- Geringere Mindestlasten (ALK)

Stromversorgung zur Senkung der Wasserstoffkosten

Wasserstoff-Produktionskosten (\$/kg)



Eine effiziente Stromversorgung hält die Betriebskosten gering und senkt die Gesamtbetriebskosten (TCO)

Das größte Sparpotenzial bei der Wasserstoffproduktion liegt in der Stromversorgung (IRENA-Analyse)

- Kostensenkungspotenzial durch Stromversorgung
- Stromkostensenkungspotenzial
- Elektrolyseur- und sonstiges Kostensenkungspotenzial

Die Leistungselektronik, die dahinter steckt

Verschiedene moderne Technologien

Diode



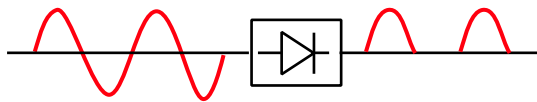
Beispiel
Unterhaltungs-
elektronik

Symbol

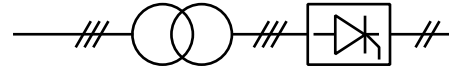
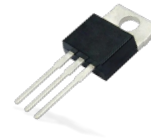
Eigenschaften

- Nicht steuerbar
- Leitet Strom in eine Richtung

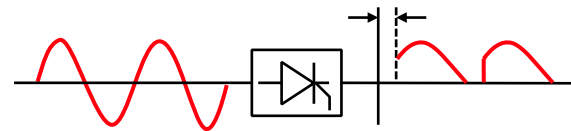
Wellenform



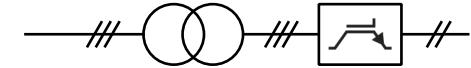
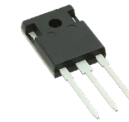
Thyristor



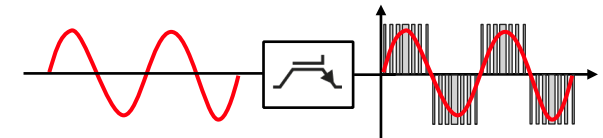
- Über ein Gate-Signal steuerbar
- Verhält sich wie Dioden, wenn "angeschaltet"



IGBT



- Über ein schnell schaltendes Gate-Signal steuerbar; bidirektional
- Aktive Oberschwingungs-kompensation
- Keine Blindleistung



Blindleistung vermeiden

S = Scheinleistung (VA)
Diese elektrische Leistung bezahlen wir



Q = Blindleistung (VAr)

Diese elektrische Leistung verlieren wir

P = Wirkleistung (W)

Diese elektrische Leistung brauchen und nutzen wir

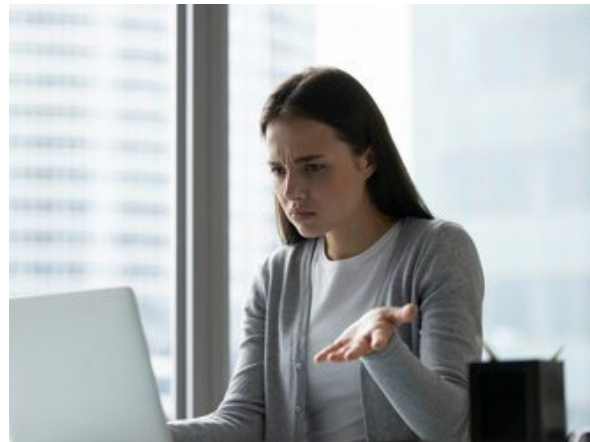
- Blindleistung ist die elektrische Leistung, die bei Stromnetz-systemen wieder ins Netz zurückfließt.
- Sie verrichtet keine nutzbare Arbeit.
- Sie verbraucht Kapazität des elektrischen Systems.
- Werden festgelegte Oberschwingungspegel überschritten, darf die Anlage unter Umständen gar nicht in Betrieb gehen.

Oberschwingungen verstehen

Oberschwingungen können Probleme verursachen

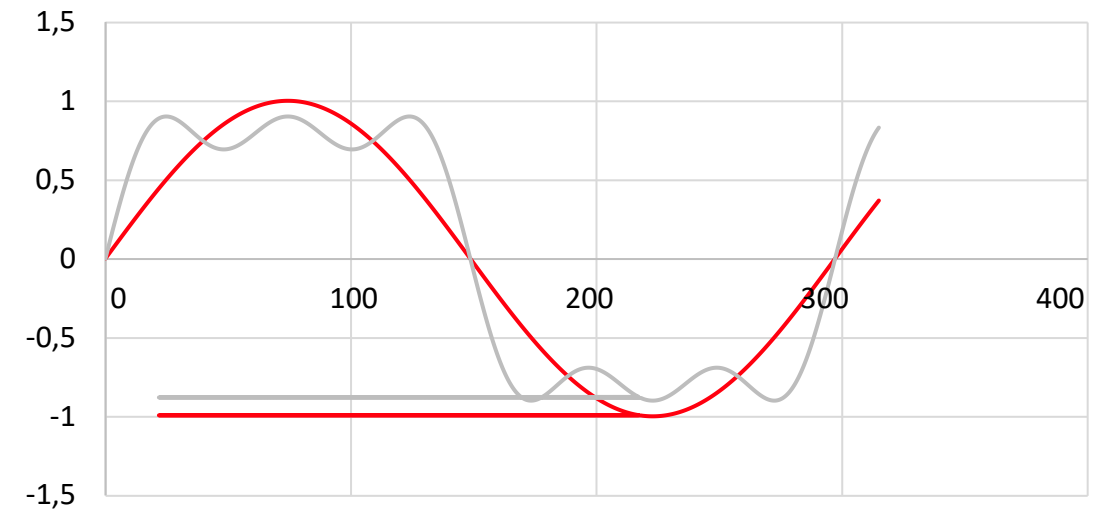


Bildschirmflimmern



Störung der Kommunikation

Eine Oberschwingungsfrequenz ist ein Vielfaches der Netzfrequenz.
Je sinusförmiger die Wellenform, desto besser die Leistung
(desto weniger Oberschwingungen).



Beispiel: Wellenform eines 50-Hz-Netzes mit hohem Gehalt
an Oberschwingungen der fünften Ordnung ($5 \times 50\text{Hz} = 250\text{ Hz}$)

Warum Oberschwingungen reduziert werden sollten

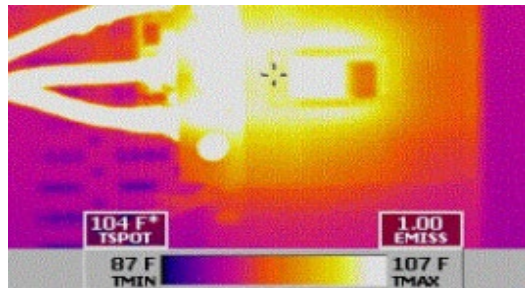
Oberschwingungen können Geräte schädigen



Durchgebrannte Sicherungen, ausgelöste Leistungsschalter

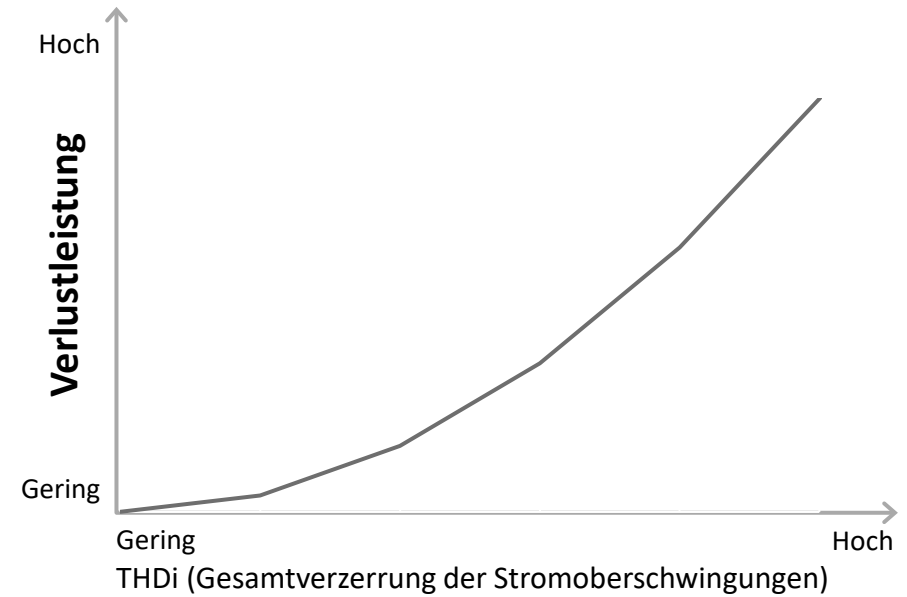


Ungleichmäßige Erwärmung oder Überhitzung in Transformatoren und Kabeln



... und die Verlustleistung erhöhen

Ein THDi von 40 % kann zu 16 % mehr Verlustleistung führen!



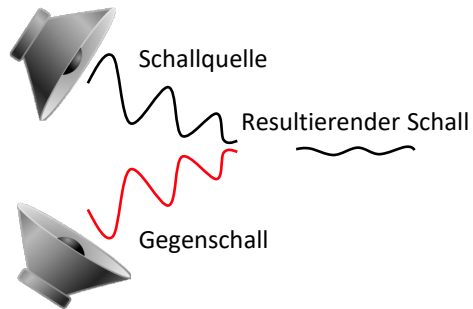
Oberschwingungen reduzieren

Drei gängige Methoden

1 Kompensieren

Mehrpuls (THDi < 6-10 %)

Nutzt Phasenverschiebung, um
Oberschwingungen zu
kompensieren

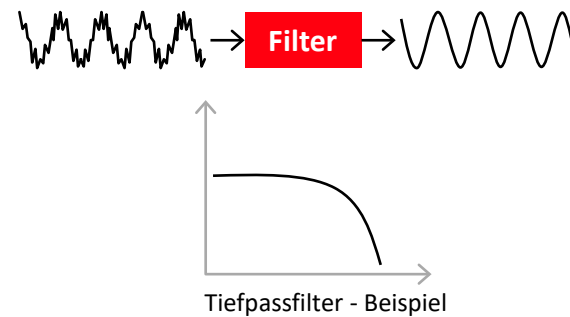


Um 180° phasenverschobene Wellen heben sich gegenseitig auf

2 Filtern

Passivfilter (THDi < 10 %)

Nutzen eine Drossel und
Kondensatoren zum Filtern
einzelner Oberschwingungen



3 Beseitigen

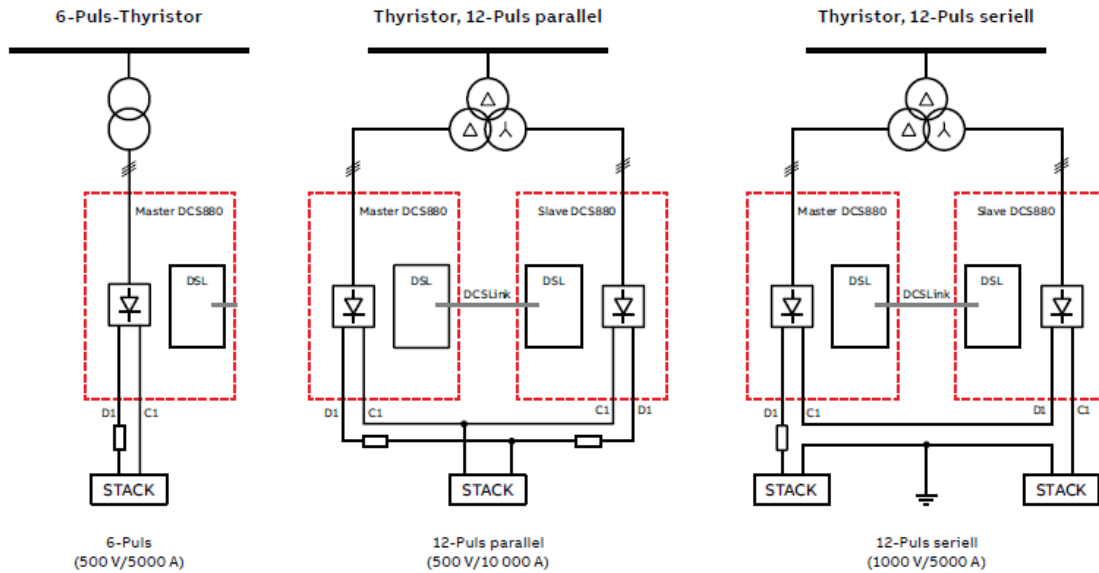
Aktivfilter (THDi < 3 %)

Erzeugen die gleiche
Oberschwingung in der
entgegengesetzten Phase



Konfigurationsbeispiele

Thyristor - DCS880



Konfiguration

6-Puls:

- Anpassung der AC an die Stack-Spannung
- DC Drossel, zur Reduzierung der Restwelligkeit
- THDi < 36 %

12-Puls parallel:

- Dreiwicklungstrafo
- UDC 500 V/IDC 10.000 A
- THDi < 9,1 %

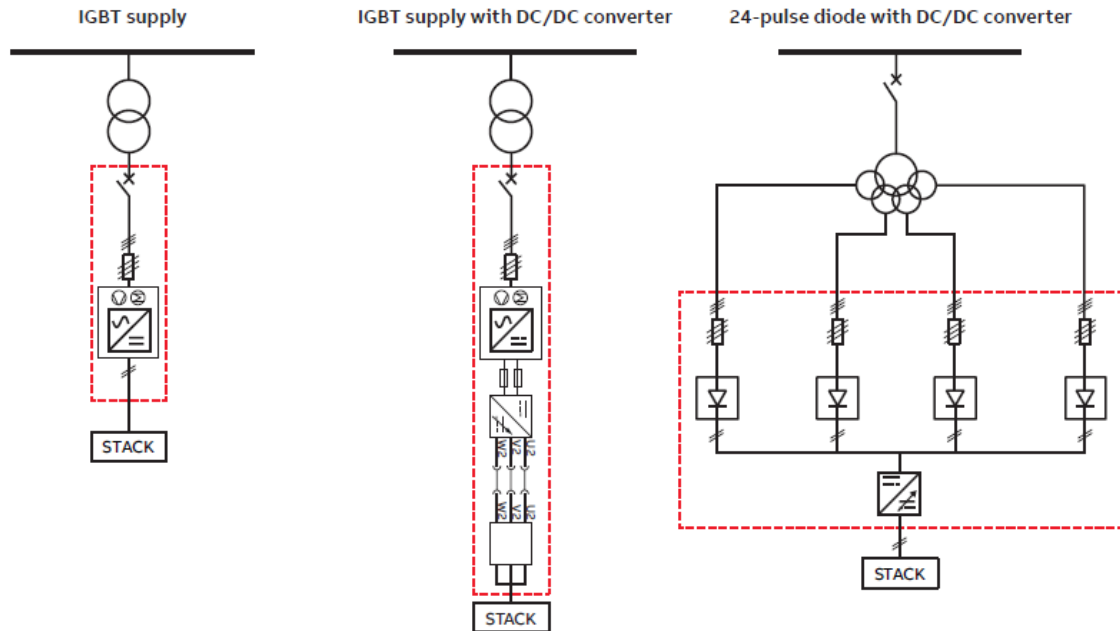
12-Puls seriell

- Dreiwicklungstrafo
- UDC 1.000 V/IDC 5.000 A
- THDi < 9,1%

Leistungsfaktor: 0,90 - 0,95

Konfigurationsbeispiele

IGBT- ACS880



Konfiguration

IGBT supply ISU:

- Anpassung der AC an die Stack-Spannung
- Leistungsfaktor: 0,98 - 1,00
- THDi < 3 %

IGBT ISU mit DDC:

- DC Spannung von 50 V – 1.100 V
- THDi < 3 %

24-Puls DSU mit DDC

- DC Spannung von 50 V – 1.100 V
- THDi < 6,6 %

DC Power Supply für die H₂-Produktion

Zukunftssichere Lösungen für optimale Leistung



DCS880

- Thyristorbasiert
- Bis zu 20 MW
- DC-Spannung: 10 bis 1.500 V
- Luftgekühlt
- THDi von 36 % bei 6-Puls, 5-7% bei 24-Puls
- Leistungsfaktor: 0,90 - 0,95
- Geringer Platzbedarf, 4.500 kW/m²
- 6-, 12-, 18-, 24-Puls-Option verfügbar



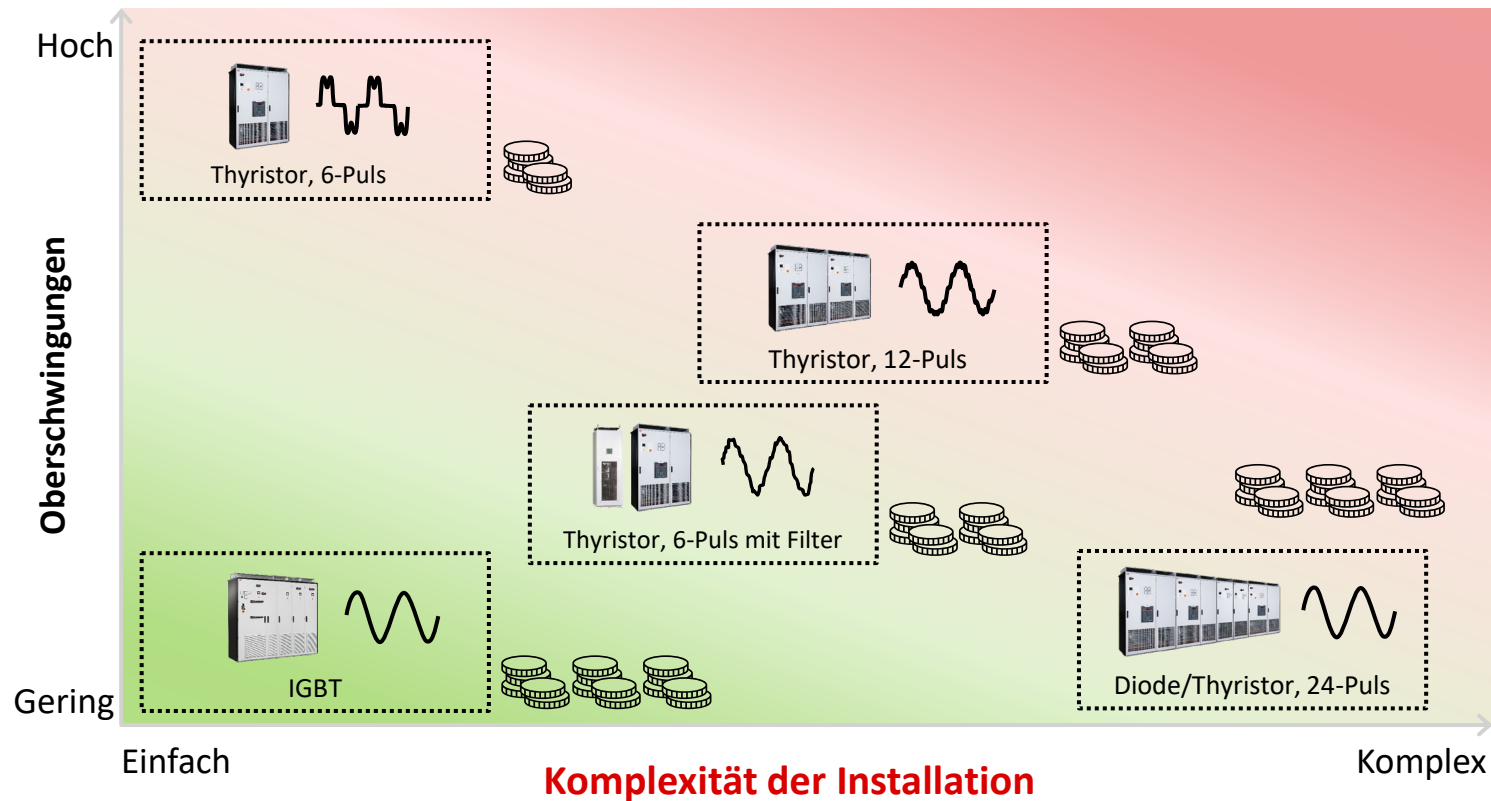
ACS880

- IGBT- oder Diodeneinspeisung mit DC/DC-Wandler
- Bis zu 10 MW
- DC-Spannung: 50 bis 1.100 V
- Luft- oder wassergekühlt
- THDi < 3 %
- Leistungsfaktor: 0,98 - 1,00
- Low Harmonic
- Wenig oder keine Blindleistung

Die Vorteile

- Modular und einfach zu integrieren
- Hohe Effizienz sorgt für wettbewerbsfähige Gesamtbetriebskosten
- Robust und wartungsarm
- Zuverlässig, mit integrierten Sicherheitsfunktionen
- Gleichspannungsrestwelligkeit < 1 %
- Einzigartige Skalierbarkeit
- Eine Plattform, einheitliche Tools, Schnittstellen und Optionen
- Diverse IP-Schutzarten für verschiedene Umgebungsbedingungen
- Alle wichtigen Zulassungen und Zertifizierungen
- Weltweit verfügbar

Die richtige Balance finden



- Es gibt verschiedene Methoden zur Oberschwingungsdämpfung
- So unterschiedlich wie die Methoden, sind auch die Kosten
- Je höher die Kosten, desto besser das Ergebnis
- Aber es gibt noch eine weitere Lösung, die gute Ergebnisse bei moderaten Kosten liefert

„Das Beste aus beiden Welten“

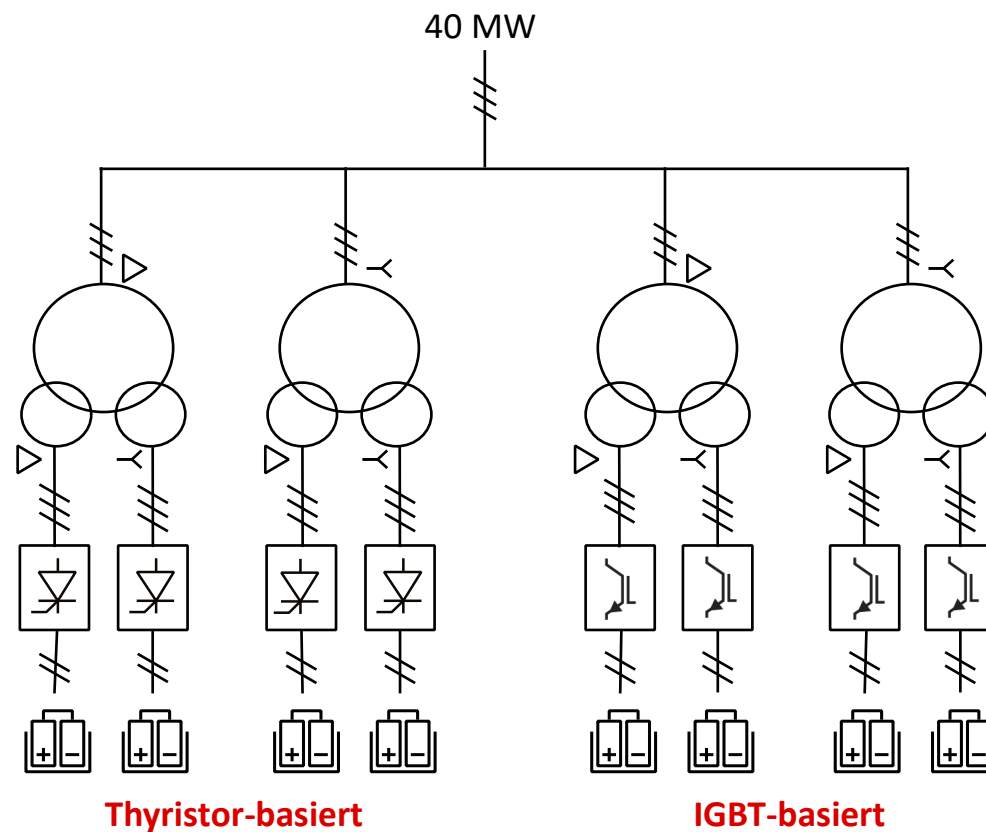
Besserer Leistungsfaktor und erhöhte Systemeffizienz mit weiterem Optimierungspotenzial

Die IGBT-Einspeiseeinheit liefert einem Elektrolyseur 5 MW Wirkleistung und kompensiert gleichzeitig bis zu 2 MVA Blindleistung mit integrierter Regelungstechnik

- Reduzierte Anlagengröße (z. B. keine zusätzlichen Kondensatorbänke oder Aktivfilter)
- Geringer Oberschwingungsgehalt
- Zugeschnitten auf die Anforderungen des Stromnetzes

Hybrides Lösungskonzept

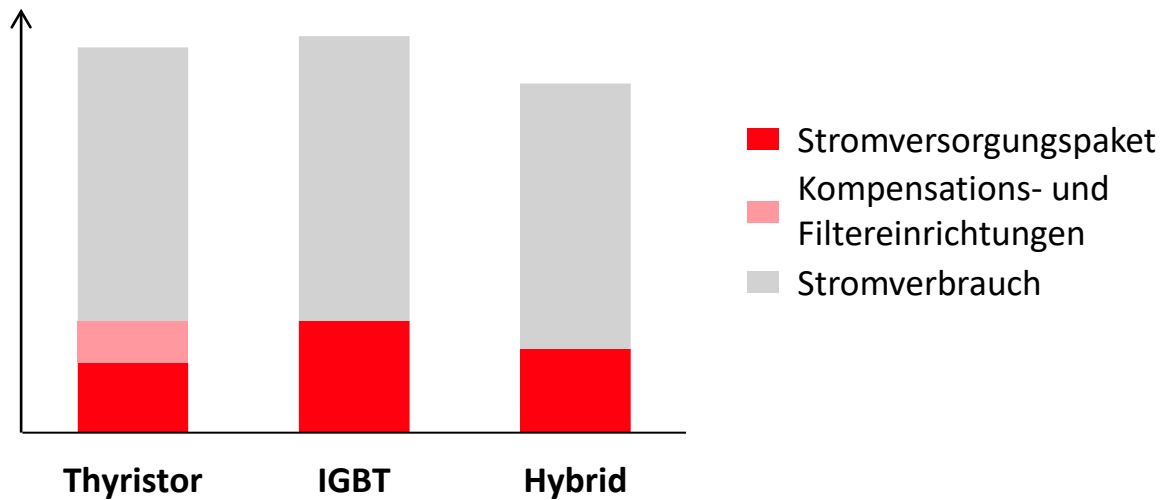
Bestehend aus IGBT- und Thyristor-basierten Modulen



Hybride Lösung, die beste Balance

Simulationsstudie für einen 200-MW-Aufbau in drei Konfigurationen

**Stromversorgungssystem für Elektrolyseur:
energiebezogene Lebenszykluskosten (\$)**

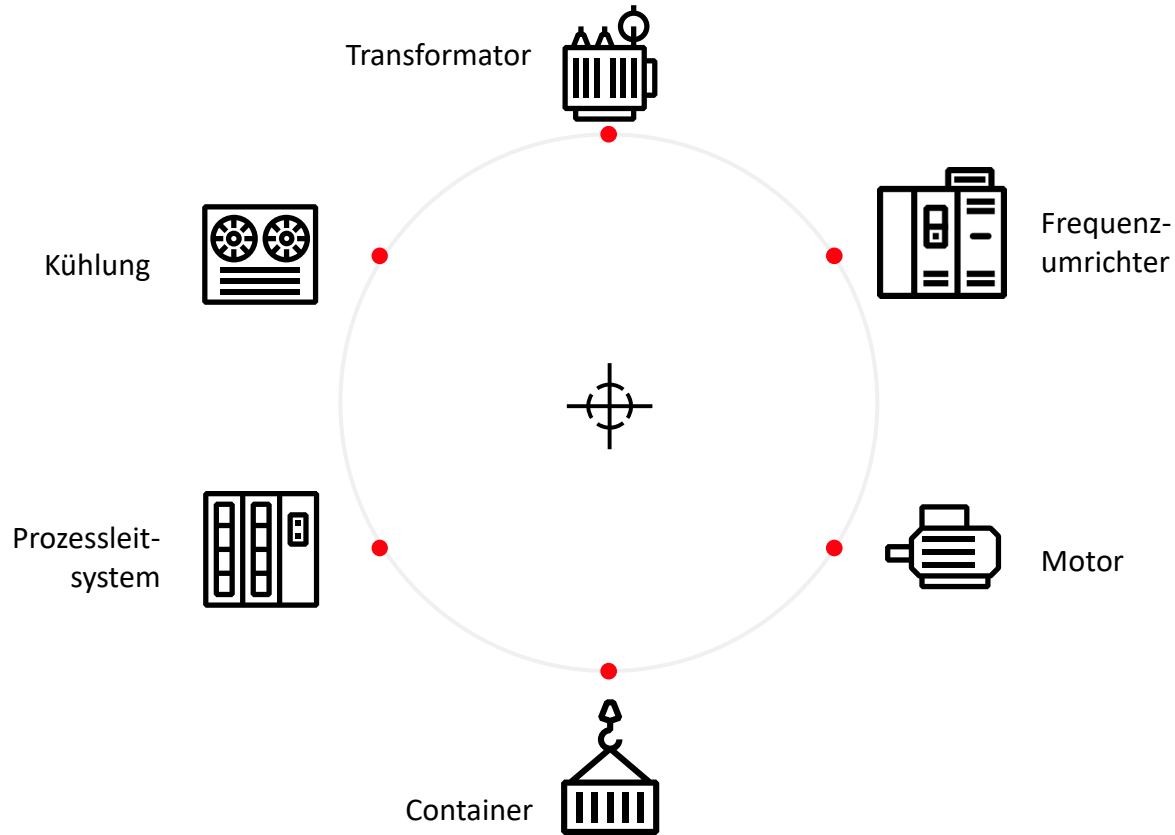


- Es kommt darauf an, die bestmögliche Balance zwischen Investitionskosten und Betriebskosten zu erzielen
- Die hybride Lösung bietet die beste Balance und die geringsten Lebenszykluskosten des elektrischen Systems
- Zu hohe Oberschwingungen können sich erheblich auf die langfristigen laufenden Kosten auswirken
- Für die besten Ergebnisse sollten DC Power Supply und Elektrolyseur in der frühen Projektphase optimiert werden

Wesentliche Annahmen und Hinweise:

- Systemaufbau einschließlich Transformator, Gleichrichter, Kompensations- und Filtereinrichtungen. Der Stromverbrauch wurde auf der Grundlage der Gesamtsystemeffizienz veranschlagt.
- Leistungsindikatoren: $PF > 0,98$, Oberschwingungen $< 5 \%$, Gleichspannungswelligkeit $< 5 \%$, Gesamteffizienz $\geq 98 \%$
- Die Gesamtkosten variieren je nach Projektspezifikation und Netzanforderungen. Simulation für Einzelfälle möglich.

Systemlösungen



- Wir denken **ganzheitlich** und entwickeln **komplette**, perfekt passende **Systemlösungen**, in die sich Drittanbieterprodukte integrieren lassen.
- **Ein** Ansprechpartner für das gesamte System **reduziert die Komplexität**.
- Keine **Kosten und Aufwand** bei Projektmanagement und Engineering; unsere technische Kompetenz sorgt für eine kostenoptimierte Lösung.
- Wir **vereinfachen Logistik und Installation**, indem wir Lieferung, Integration und **Inbetriebnahme aller Komponenten** koordinieren.

Q&A



ABB