Sweco

Transforming Society Together

Agenda

SWECO

Teil 1

- Einleitung und Motivation
- Rechtliche Grundlagen
- CO_2 – Emissionen
- Erneuerbare Energie
- Elektrolyse

Teil 2

- EU Taxonomie
- Wasserstoffmobilität
- Off-Grid communities
- Kläranlagen
- Industriechancen

Sweco Deutschland

- Kompetente Ansprechpartner vor Ort
- Lokale Präsenz mit internationaler Kompetenz
- Mehr als 35 Niederlassungen in Deutschland
- Über 1.600 Mitarbeiter
- Umsatz 2021 : 149 Mio. EUR (inkl. Tochtergesellschaften)
- 1.500 Kunden
- 3.700 laufende Projekte

Gebäude und Stadtviertel
- Architektur, nachhaltige Gebäudeplanung
- Stadtplanung
- Klima- und Umweltbewertung

Wasser, Energie und Industrie
- Erneuerbare Energien, Elektrifizierung
- Umweltverträglichkeitsprüfung
- Wasseraufbereitung und Gewässerschutz

Verkehrsinfrastruktur
- Planung von Eisenbahn und Schienenverkehr
- Planung des öffentlichen Verkehrs
- Verkehr und Stadtplanung

Dr.-Ing Ulla Panchenko
Technische Beraterin Wasserstoff

Sweco GmbH | Köln
Graeffstraße 5 | 50823 Köln
ulla.panchenko@sweco-gmbh.de
www.sweco-gmbh.de

SWECO

Aktuell | Technische Beraterin Wasserstoff
- Durchführung von Due-Diligence (Risikoanalyse/Bewertung) im Energiesektor.
- Projektmanagement im Energiebereich. Planung und Implementierung von Energielösungen in administrativen Gebäuden wie Krankenhäusern und Schulen.
- Umsetzung energetischer Anpassungen und Effizienzmaßnahmen in Kläranlagen.
- Erarbeitung von Investitionsplänen im Energiesektor.
- Beratung und Unterstützung bei der Beantragung und Nutzung von Fördermitteln.

Fraunhofer IPT

3 Jahre | Wissenschaftliche Mitarbeiterin
- Beaufsichtigung und Verwaltung von Forschungs- und Industrieprojekten
- Aufbau eines Prüflabors für die Charakterisierung von Werkstoffen und Bauteilen
- Planung des Laboraufbaus, Konzeption und Aufbau von Lecktest-Bipolarplatten, Mechanische Stabilität, Elektrischer Widerstand, Korrosionsprüfstand, Permeabilitätsprüfstand für poröse Transportschichten

JÜLICH Forschungszentrum

4 Jahre | Doktorandin / Promotion
- Entwicklung und Herstellung von katalysatorbeschichteten Membranen und porösen Transportschichten aus Titanpulver durch Sinterverfahren.
- Organisation und Durchführung von Messungen in BESSY-II und BER-II in Berlin für die Neutronen- und Synchrotronradiographie.
- Visualisierung des Wassergehalts in einer Zelle während des Betriebs, Degradationsprozessen.

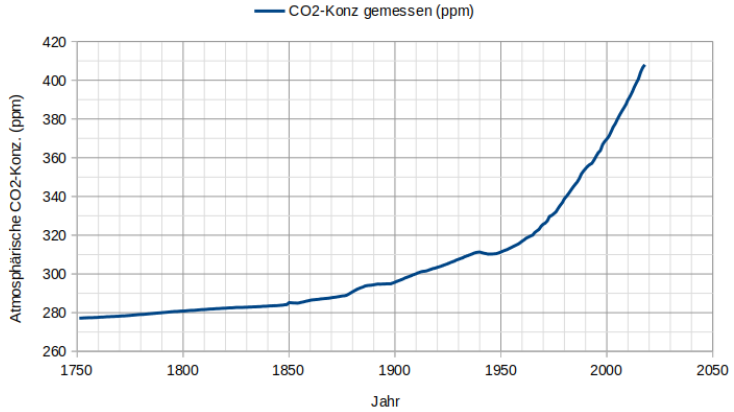
ZBT

3 Jahre | Studentische Hilfskraft
- PIV-Messverfahren (laserbasierte Strömungsuntersuchung mit Tracerpartikeln).
- Qualitätskontrolle von FlowField-Strukturen in Bipolarplatten mit Mikroskopie.
- Aufbau und Charakterisierung von DMFC-Stacks.
- Polarisationskurve und Impedanzspektroskopie, Aufnahme und Analyse.
- Entwurf von Einzelzellen für Strömungsstudien.

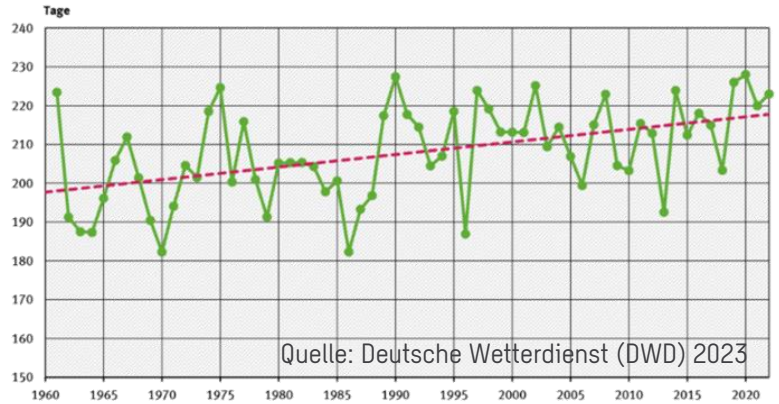
Wasserstoff – Energie der Zukunft

Einleitung und Motivation

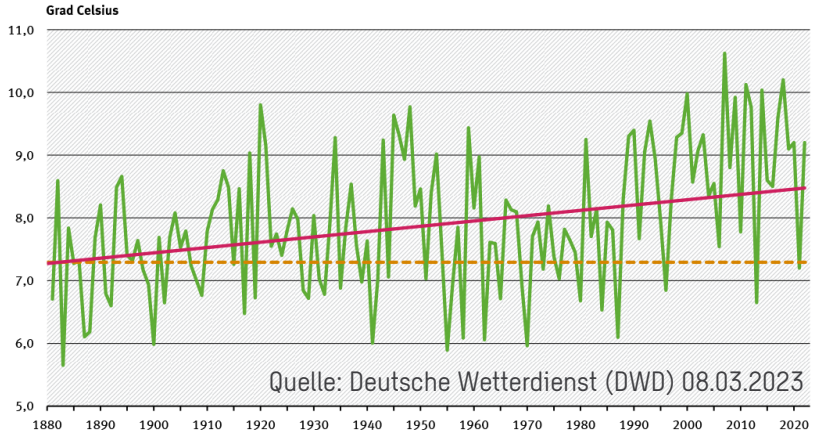
Kohlendioxid-Konzentration in der Atmosphäre 1955 bis 2019



Dauer der Vegetationsperiode in Deutschland 1960 bis 2015



Jährliche mittlere Tagesmitteltemperatur in Deutschland 1881 bis 2017



Extremeres Wetter → schlecht für Agrarwirtschaft

Lineare Trends der Niederschlagshöhe zwischen 1881 und 2022

Kennzeichnung einer statistischen Signifikanz von mindestens 95 % durch Einfärbung	
Frühling (März, April, Mai)	11,5 mm
Sommer (Juni, Juli, August)	-11,2 mm
Herbst (September, Oktober, November)	7,8 mm
Winter (Dezember, Januar, Februar)	48,7 mm
Jahr	57,7,8 mm

Quelle: Deutscher Wetterdienst (DWD), Mitteilung vom 08.03.2023

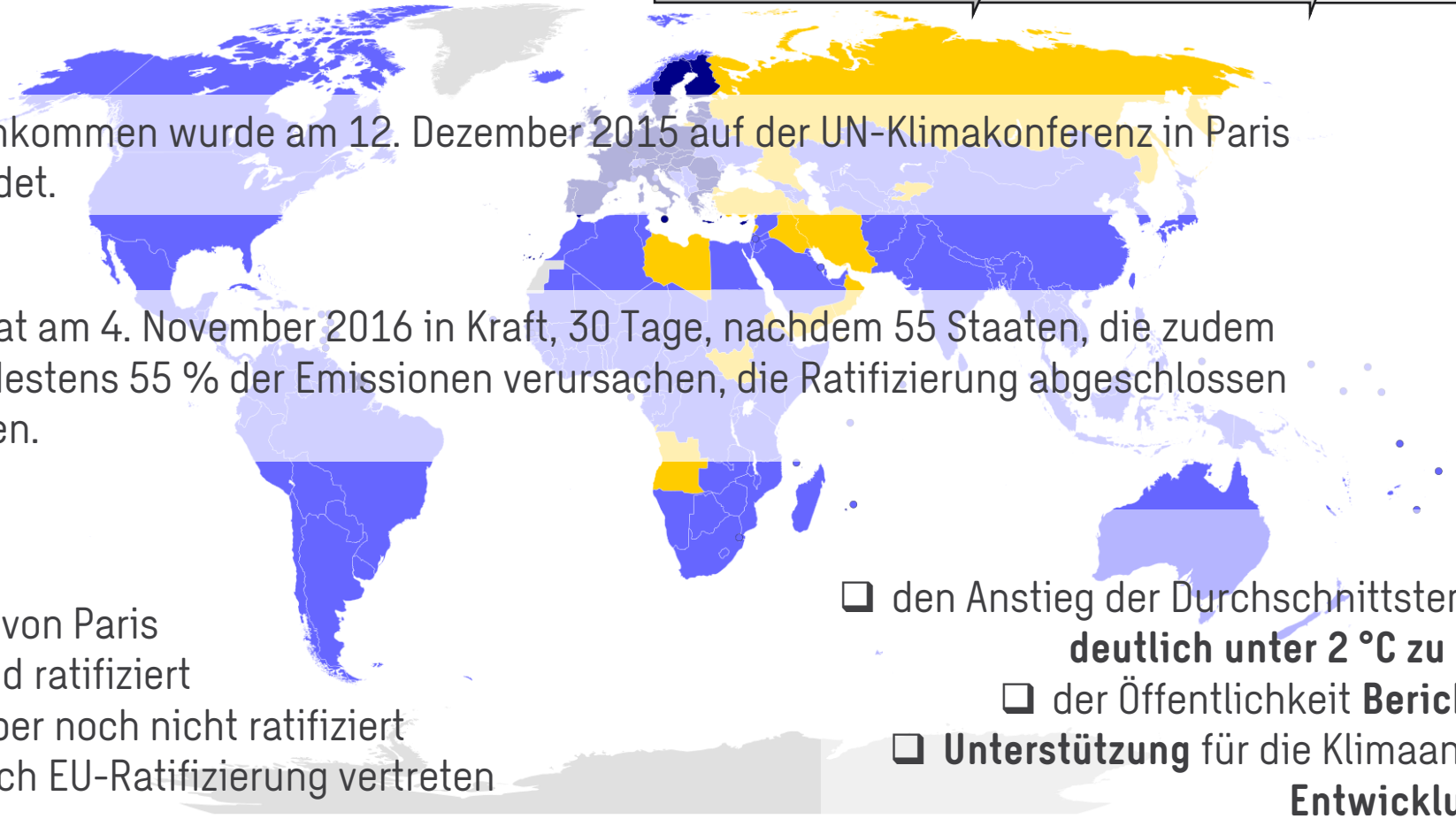
Quelle: Deutscher Wetterdienst (DWD), Mitteilung vom 03.2023
Quelle: Umweltbundesamt

Wasserstoff – Energie der Zukunft
Rechtliche Grundlagen

SWECO

Das Übereinkommen von Paris

Klimarahmenkonvention	Kyoto-Protokoll	Übereinkommen von Paris
1992	1997	Dezember 2015



Das Übereinkommen wurde am 12. Dezember 2015 auf der UN-Klimakonferenz in Paris verabschiedet.

Es trat am 4. November 2016 in Kraft, 30 Tage, nachdem 55 Staaten, die zudem mindestens 55 % der Emissionen verursachen, die Ratifizierung abgeschlossen hatten.

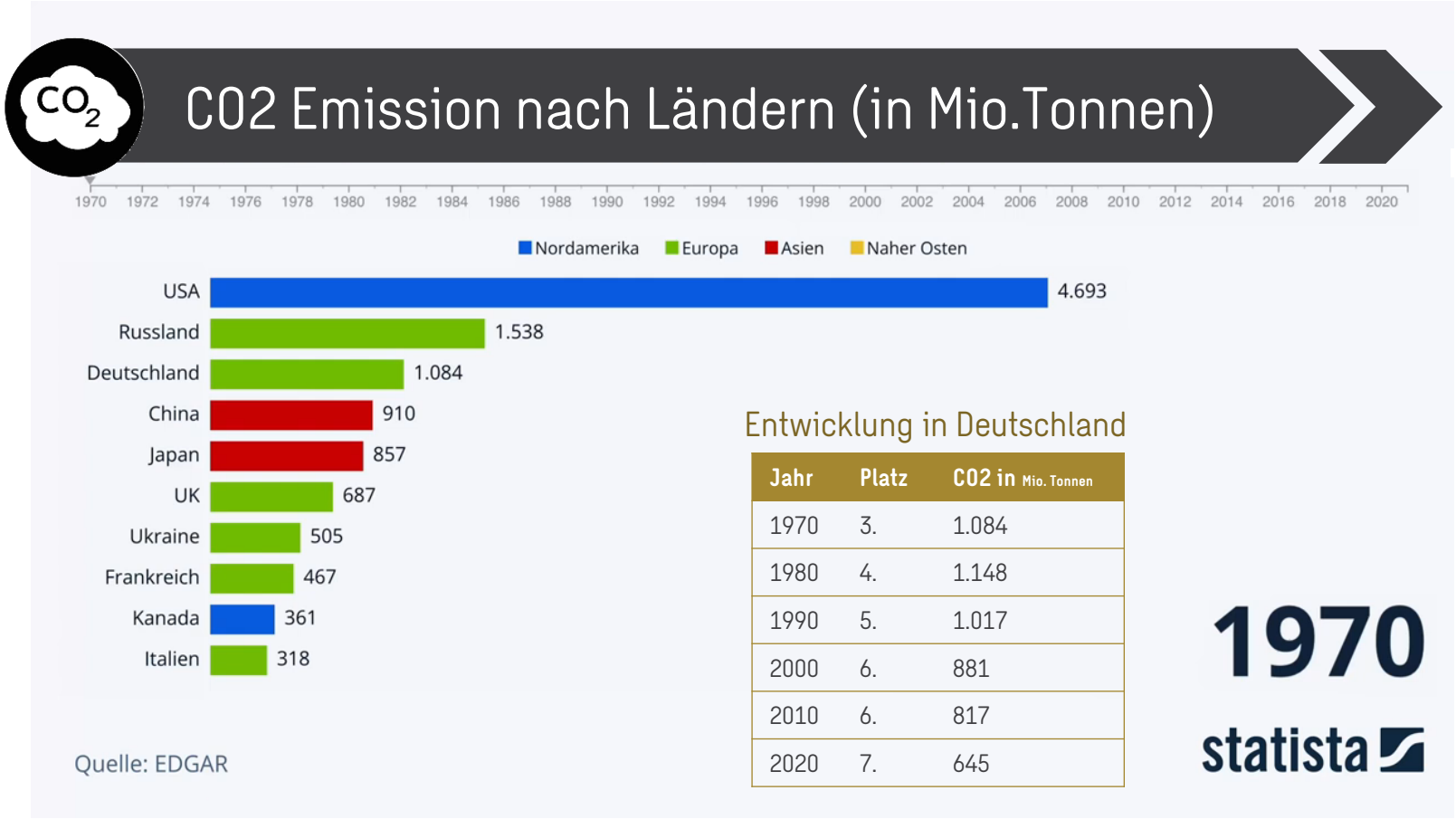
Übereinkommen von Paris
- unterzeichnet und ratifiziert
- unterzeichnet, aber noch nicht ratifiziert
- Parteien und durch EU-Ratifizierung vertreten

Eckpunkte:
- ❑ den Anstieg der Durchschnittstemperatur auf **deutlich unter 2 °C zu minimieren;**
- ❑ der Öffentlichkeit **Bericht erstatten**;
- ❑ **Unterstützung** für die Klimaanpassung bei **Entwicklungsländern**.

https://ec.europa.eu/clima/policies/international/negotiations/paris_de (11.04.2023)

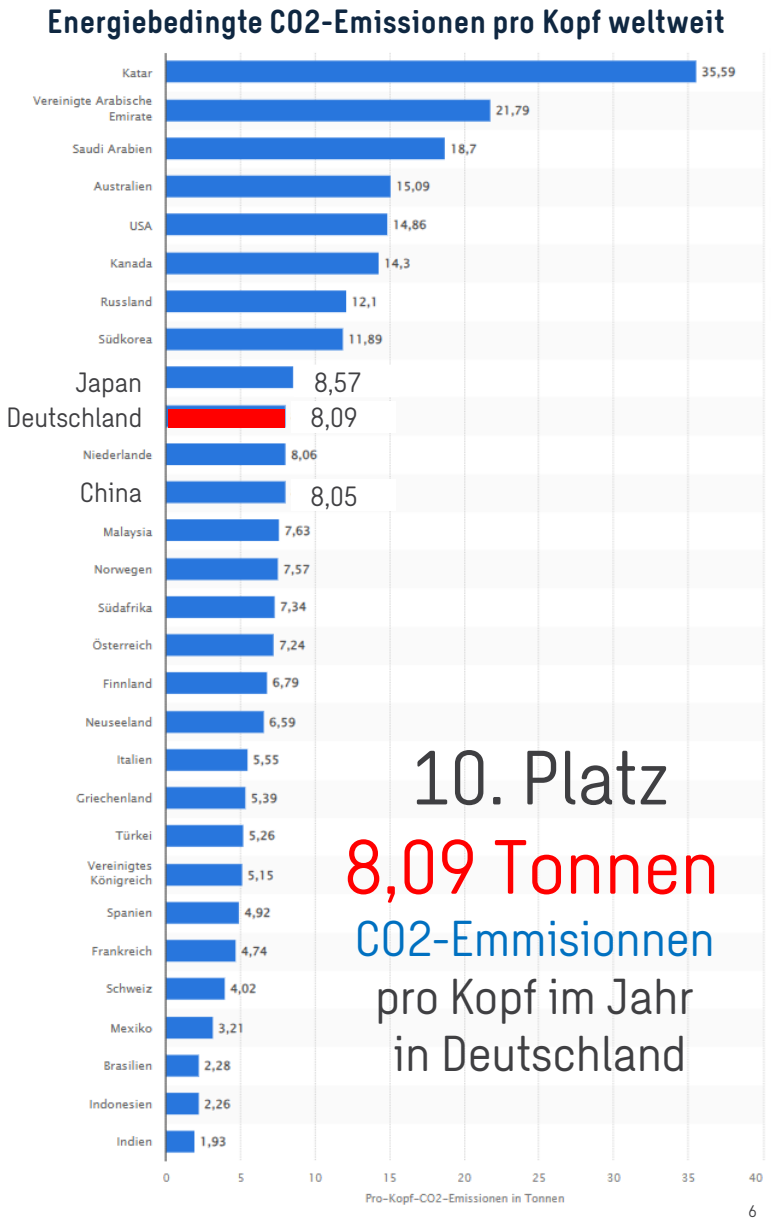
Wasserstoff – Energie der Zukunft

Co2 – Emissionen



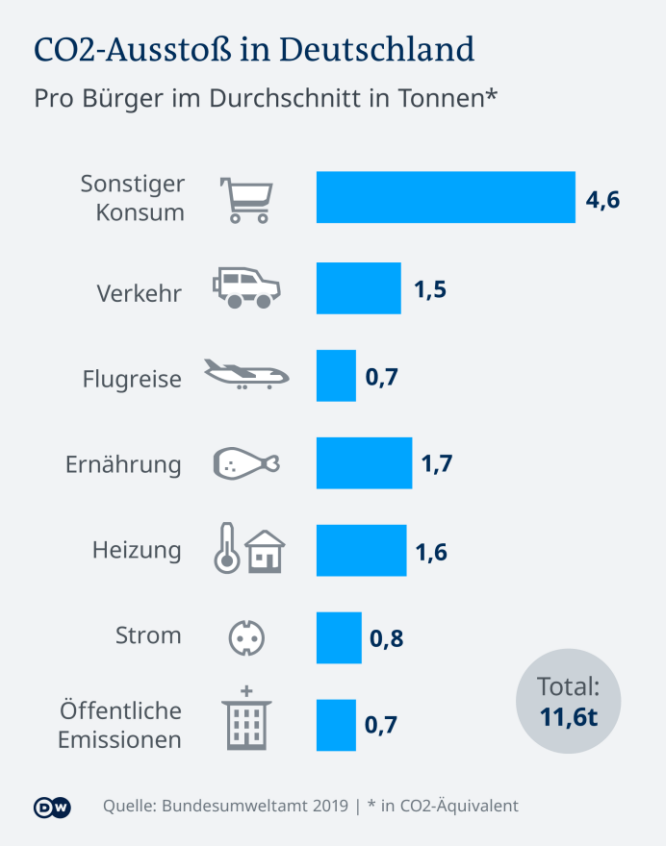
Entwicklung in Deutschland

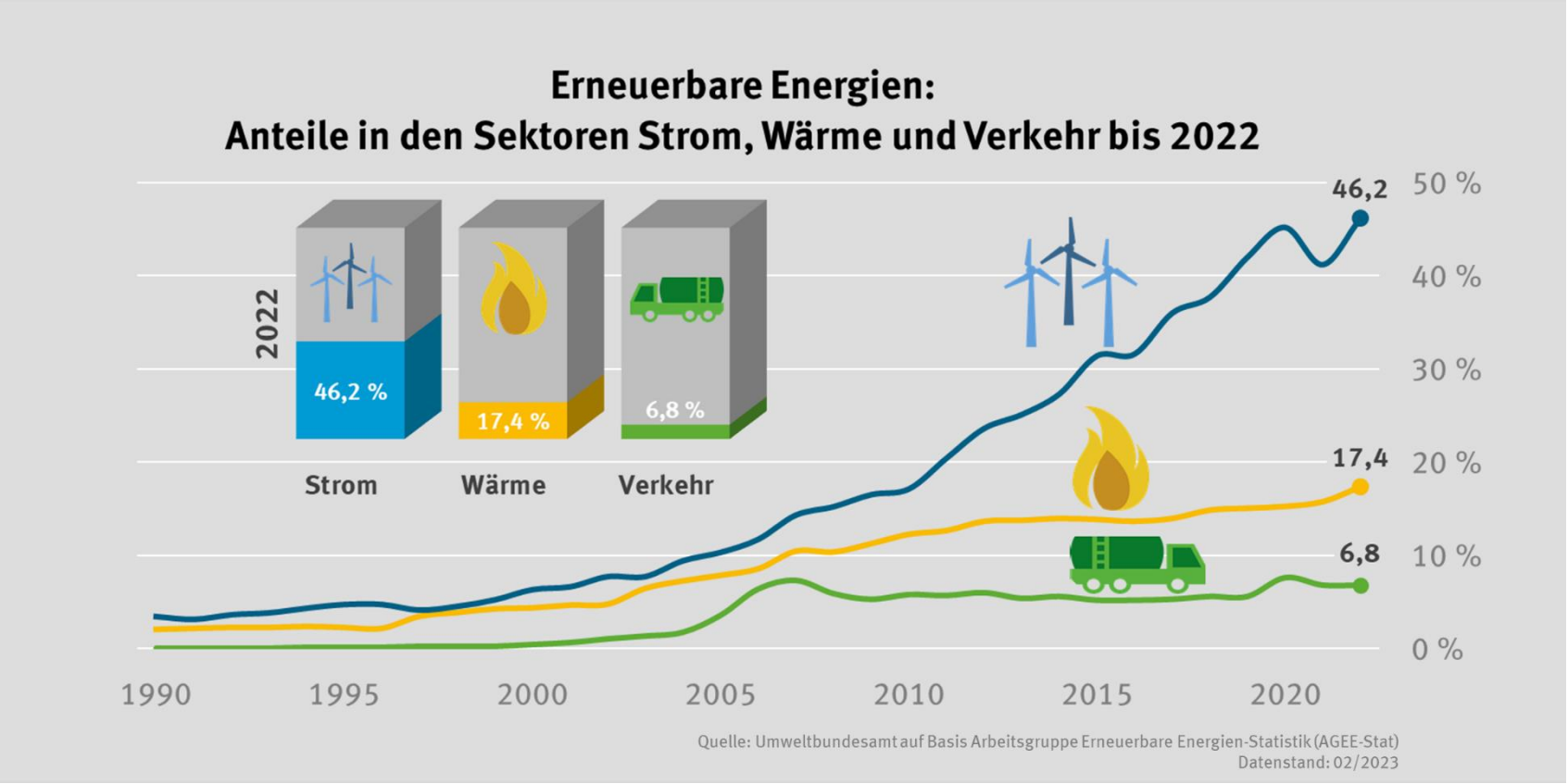
Jahr	Platz	CO2 in Mio. Tonnen
1970	3.	1.084
1980	4.	1.148
1990	5.	1.017
2000	6.	881
2010	6.	817
2020	7.	645



Wasserstoff – Energie der Zukunft
Erneuerbare Energie

CO2-Anteil und Erneuerbare Energie nach Sektoren



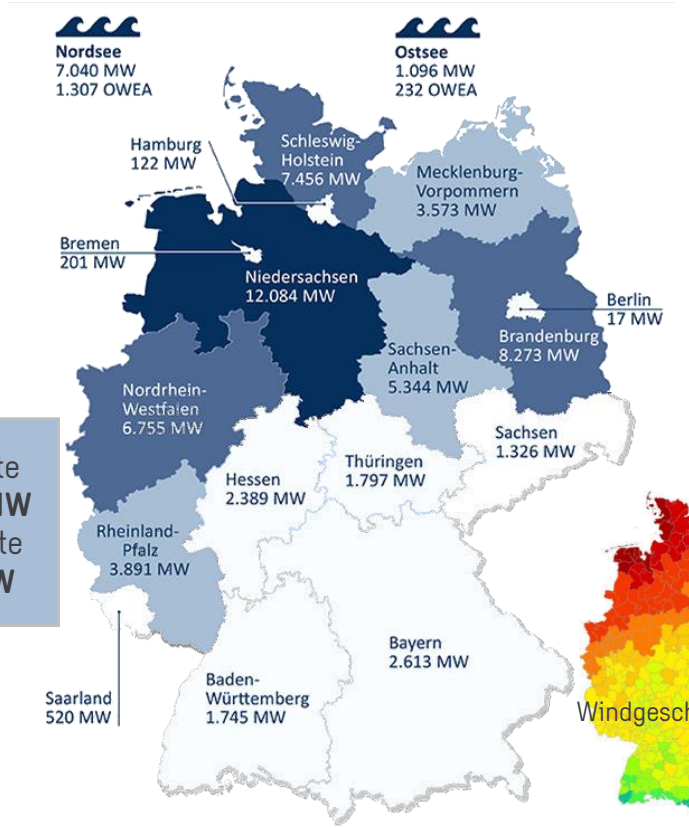


Wasserstoff – Energie der Zukunft

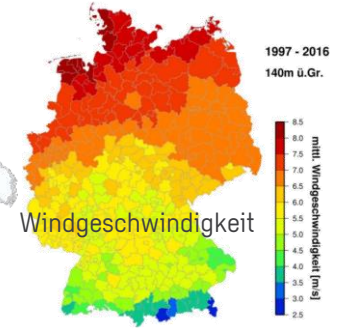
Erneuerbare Energie

Windenergie Deutschland 2021

Installierte Gesamtleistung pro Bundesland



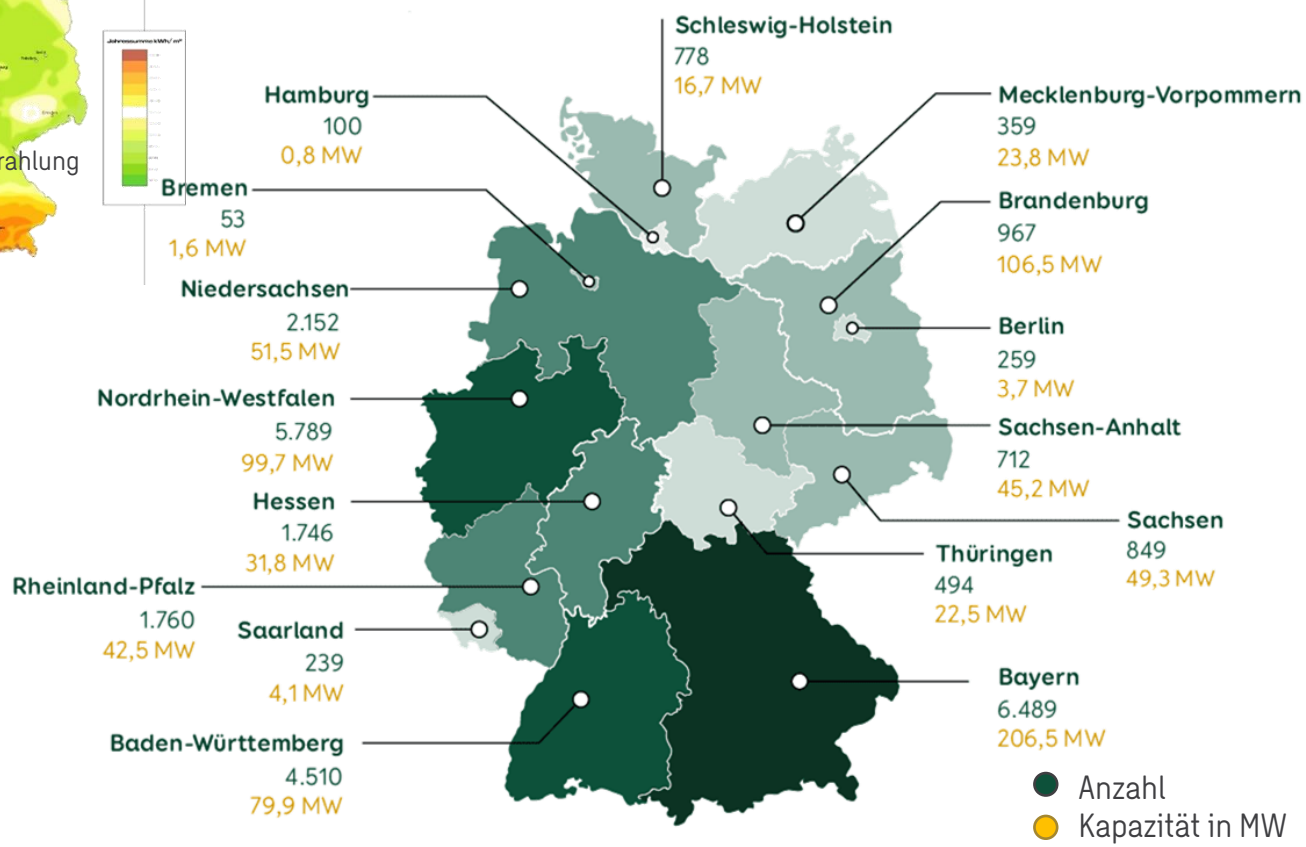
Onshore installierte Leistung **58.106 MW**
Offshore installierte Leistung **8.136 MW**



Quelle: Deutsche Bundesverband Windenergie BWE as of January 2022

Solar-Energie in Deutschland 2021

Installierte Gesamtleistung pro Bundesland

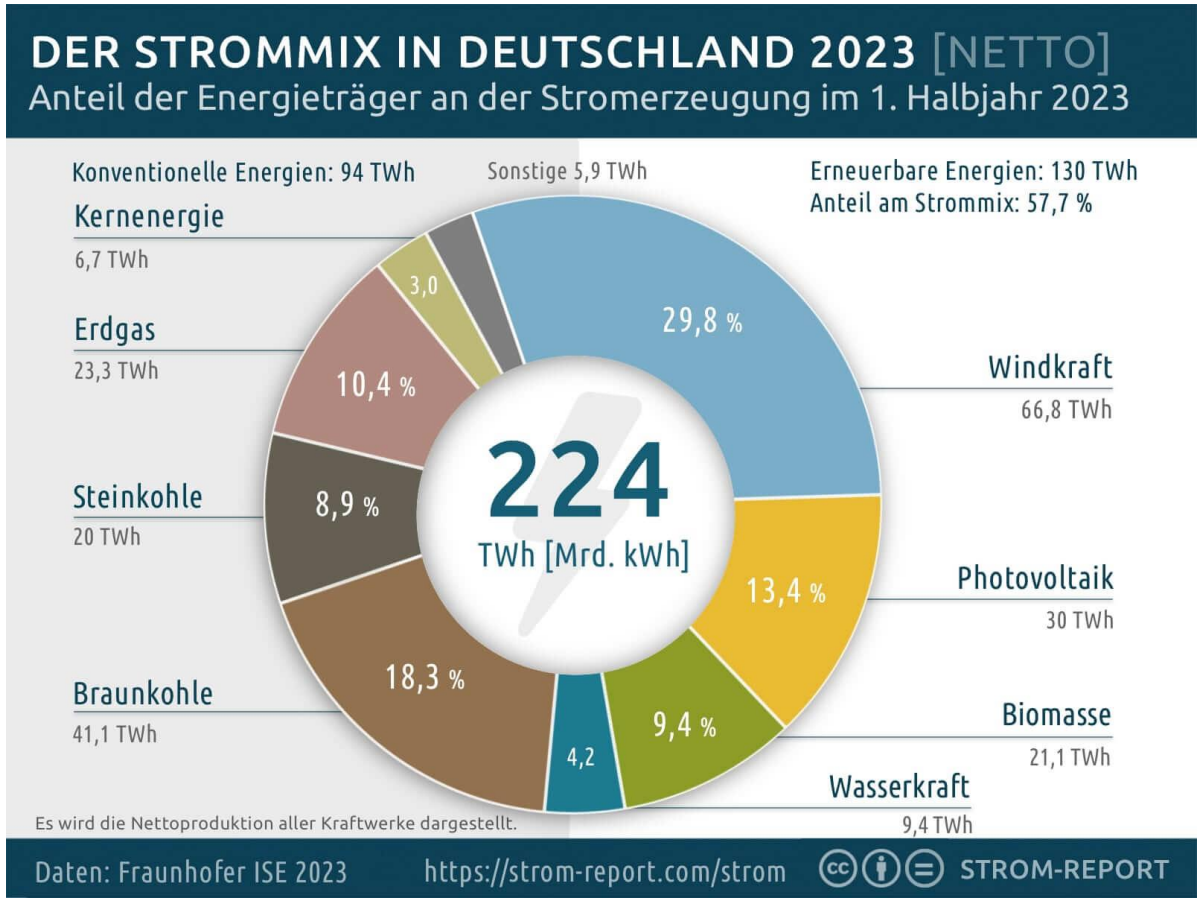


Quelle: Marktstammdatenregister (MaStR) 2022

Wasserstoff – Energie der Zukunft

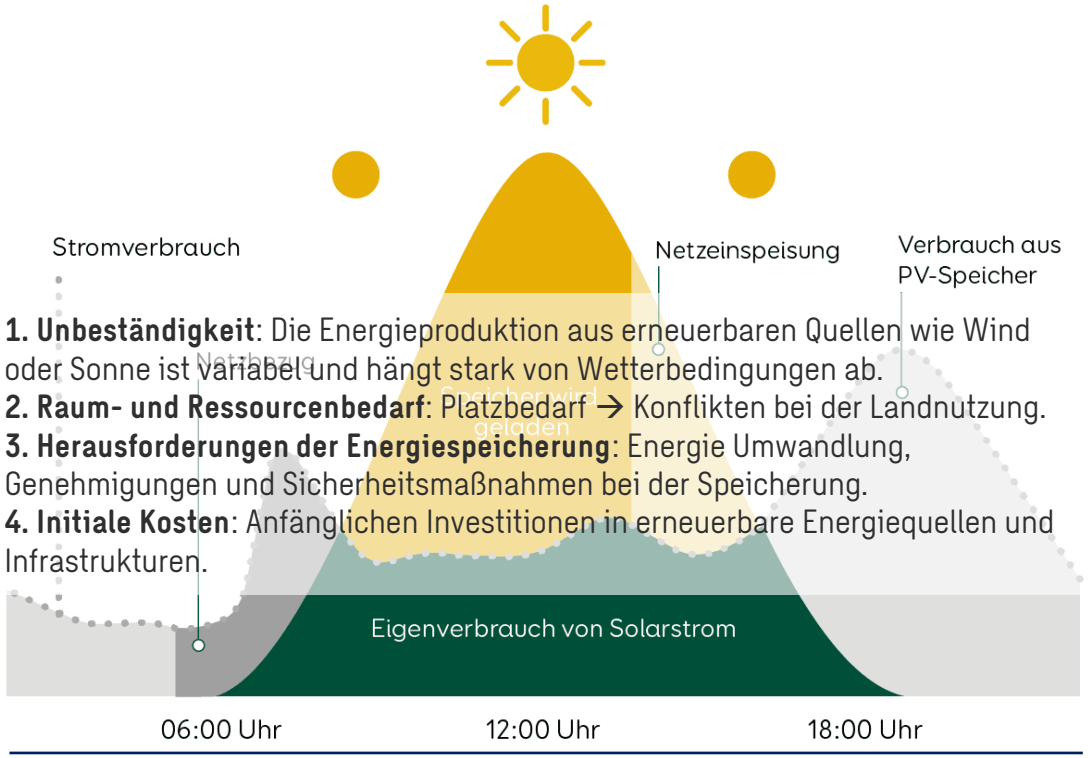
Erneuerbare Energie

Fast 60% Strom in Deutschland kommt von Erneuerbaren Energien.



Erneuerbare Energie bietet trotz eigener „Besonderheiten“ viele Potentiale

Schematische Darstellung des Stromverbrauchs eines durchschnittlichen Haushalts mit Photvoltaikanlage und -speicher



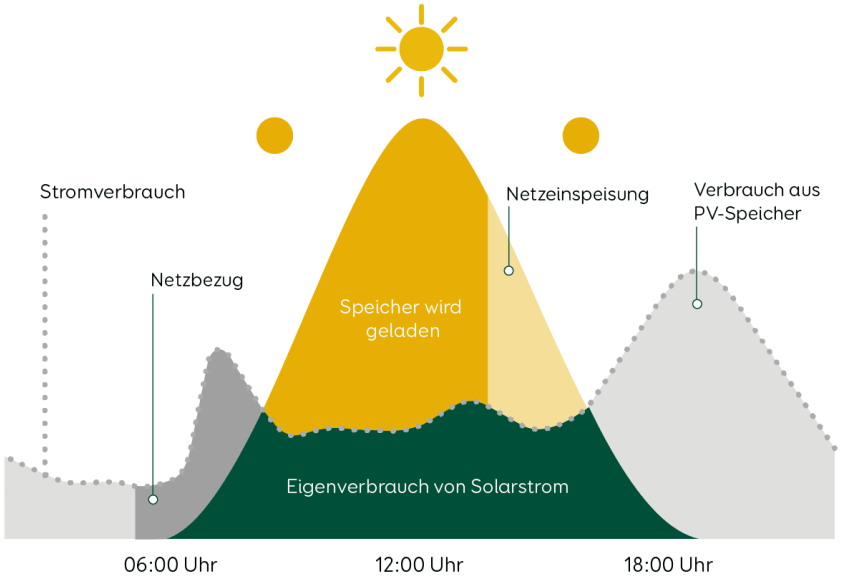
1. Unbeständigkeit: Die Energieproduktion aus erneuerbaren Quellen wie Wind oder Sonne ist variabel und hängt stark von Wetterbedingungen ab.
2. Raum- und Ressourcenbedarf: Platzbedarf → Konflikten bei der Landnutzung.
3. Herausforderungen der Energiespeicherung: Energie Umwandlung, Genehmigungen und Sicherheitsmaßnahmen bei der Speicherung.
4. Initiale Kosten: Anfänglichen Investitionen in erneuerbare Energiequellen und Infrastrukturen.

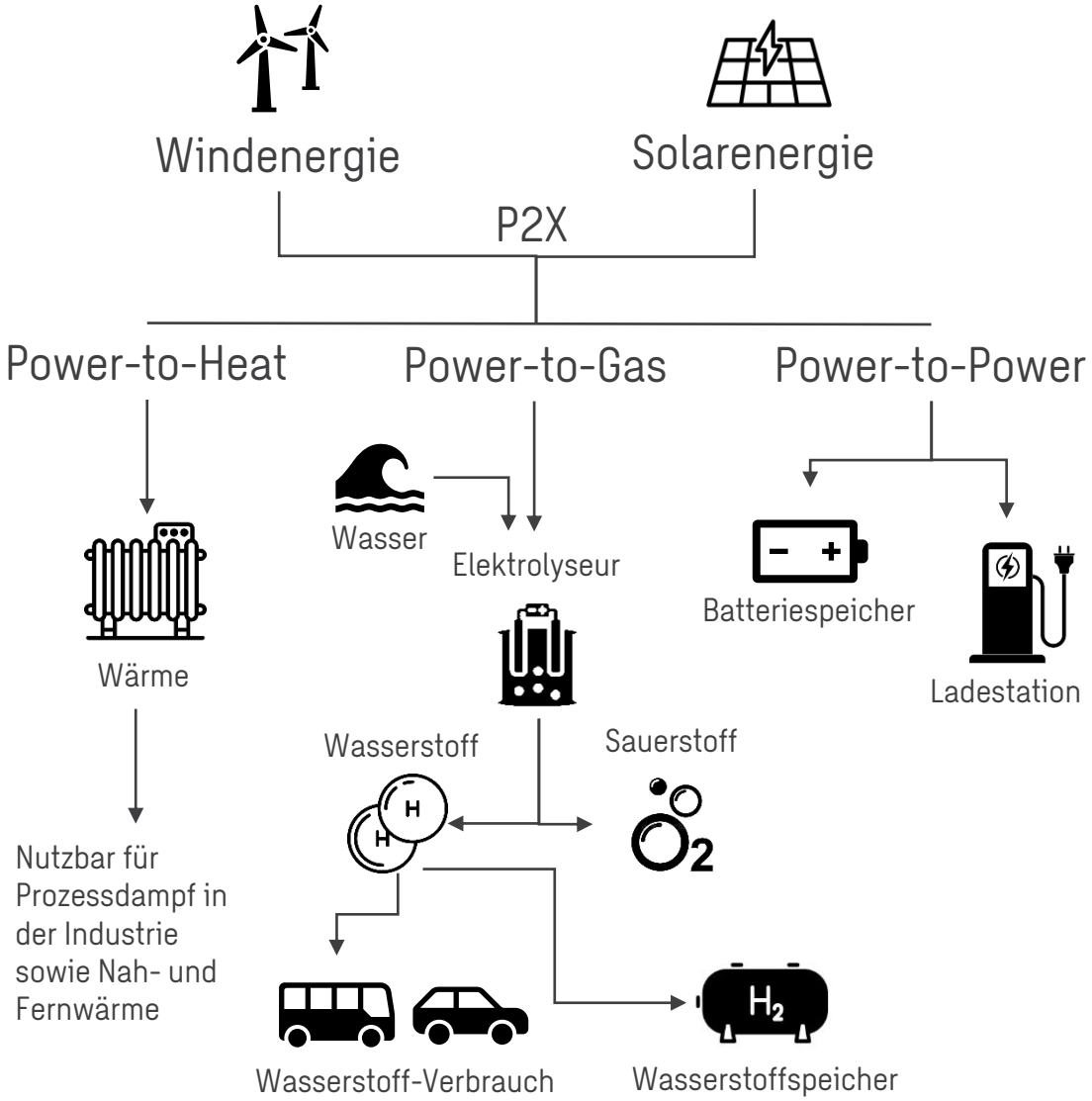
Wasserstoff – Energie der Zukunft
Power-to-X

Planung, Beratung, Machbarkeitsstudien

Überschüssige erneuerbare Energie lässt sich mit PtX (Power-to-Heat, Power-to-Gas, Power-to-Power) umwandeln und wiederverwenden.

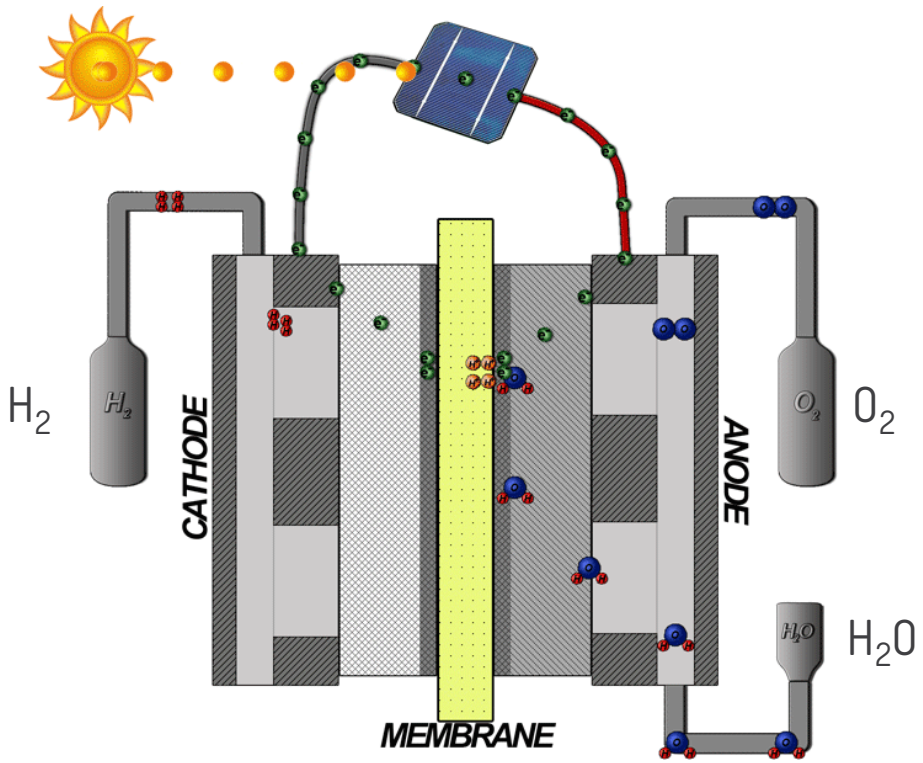
Schematische Darstellung des Stromverbrauchs eines durchschnittlichen Haushalts mit Photvoltaikanlage und -speicher

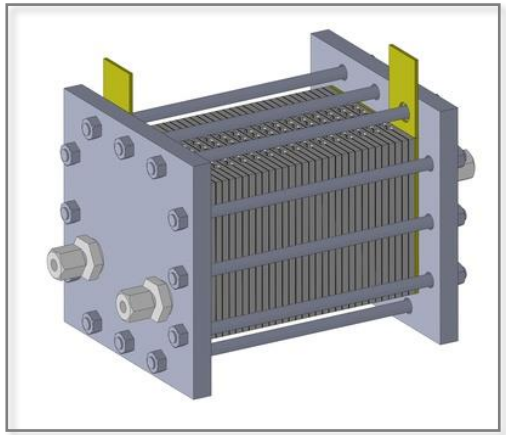




Wasserstoff – Energie der Zukunft

Elektrolyse | Funktionsweise





Einzelne Zellen werden in Reihe zu einem Stack geschaltet

Stacks lassen sich „modular“ zusammenschalten

Elektrolyseur-Systeme

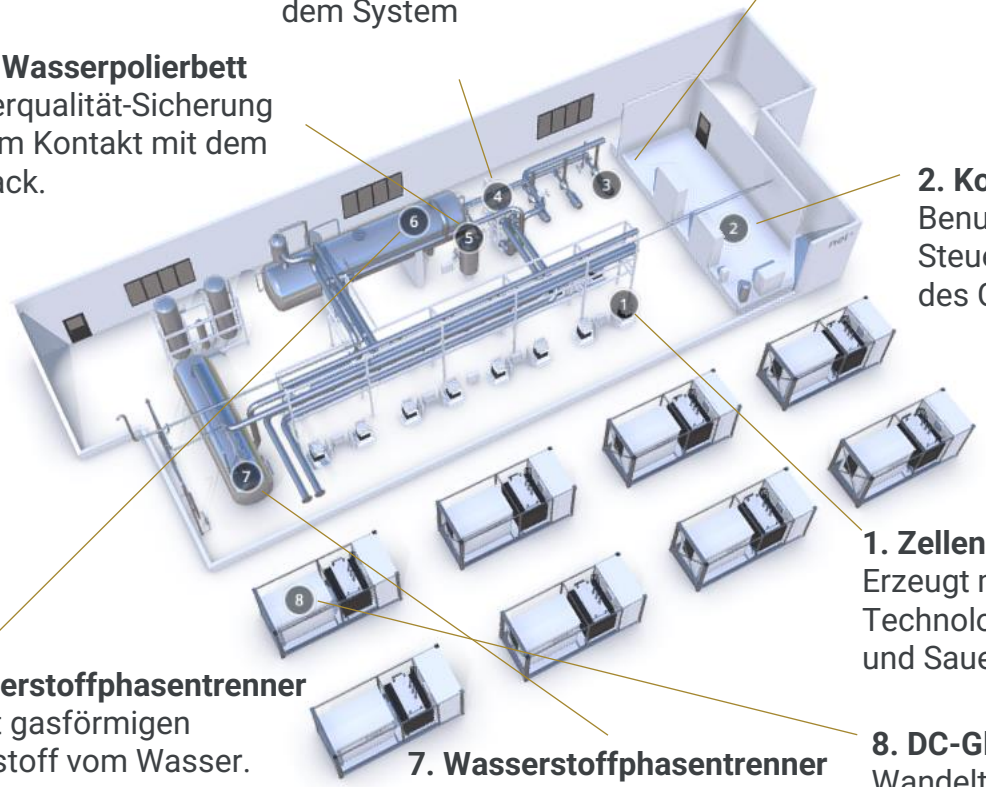
Die benötigte Strommenge variiert je nach Betriebsmodus und Leistung des Elektrolyseurs und liegt in etwa zwischen 40 – 80 kWh/kg.

Wasserstoff – Energie der Zukunft
Elektrolyseur | Systeme

4. Wärmetauscher
Entfernung von überschüssiger Wärme aus dem System

3. Zirkulationspumpe
D.I. Wasser Verteilung durch das System

5. D.I. Wasserpolierbett
Wasserqualität-Sicherung vor dem Kontakt mit dem Zellstack.



2. Kontrollraum
Benutzeroberfläche zur Steuerung und Überwachung des Geräts.

1. Zellenstacks
Erzeugt mit PEM-Technologie Wasserstoff und Sauerstoff aus Wasser.

6. Sauerstoffphasentrenner
Trennt gasförmigen Sauerstoff vom Wasser.

7. Wasserstoffphasentrenner
Trennt gasförmigen Wasserstoff Wasser.

8. DC-Gleichrichter/Transformatoren
Wandelt den Wechselstrom in Gleichstrom für die PEM-Elektrolyse und in einen Standard-240-V-Wechselstrom für elektrische Zusatzkomponenten um.

Marktführende Elektrolyseuranbieter

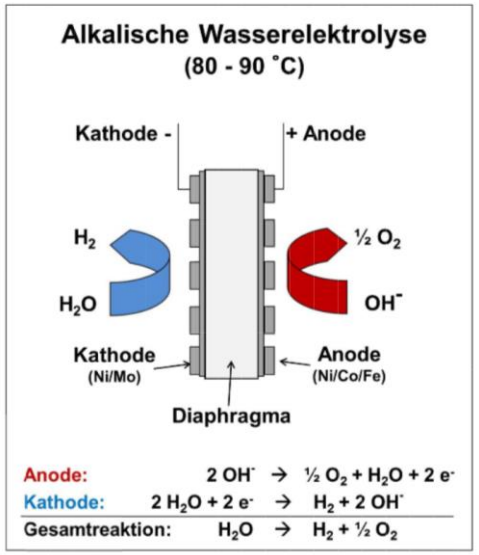
- HydrogenPro: Höchste Leistungsklasse bis zu **100 MW**.
- ITM Power: Höchste Leistungsklasse bis zu **24 MW**.
- Siemens Energy: Höchste Leistungsklasse bis zu **10 MW**.
- Nel Hydrogen: Höchste Leistungsklasse bis zu **2,5 MW**.
- Hydrogenics (Cummins Inc.): Höchste Leistungsklasse bis zu **2,5 MW**.
- McPhy Energy: Höchste Leistungsklasse bis zu **1,2 MW**.
- Enapter: Höchste Leistungsklasse bis zu **96 kW**.

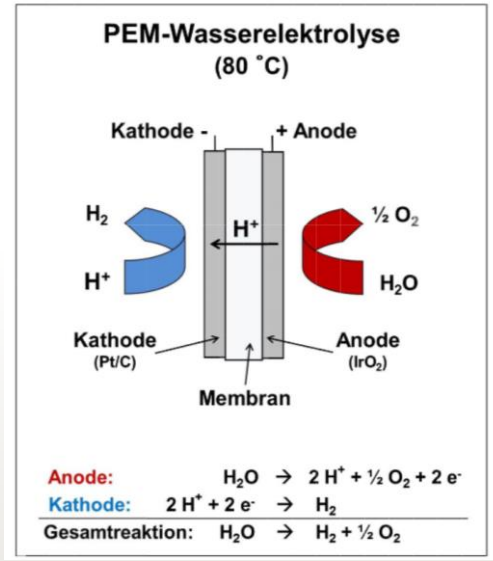
Übersetzen!

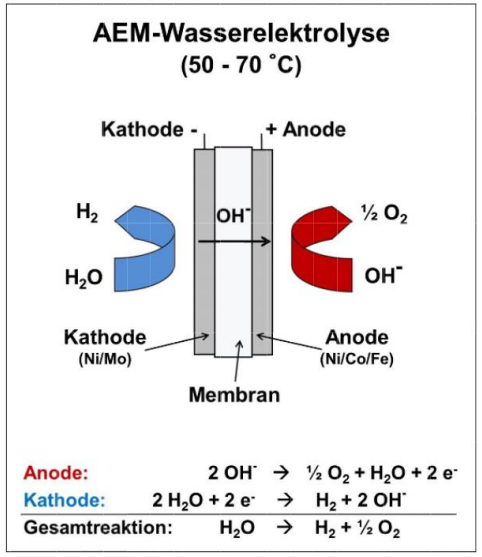
SWECO

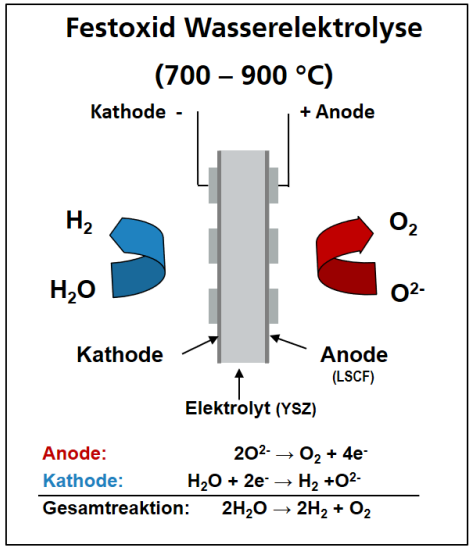
Wasserstoff – Energie der Zukunft

Typen und Spezifikationen der Elektrolyse









Specifications	AEL
Optimal cell temperature (°C)	60 – 80
Cell pressure (bar)	< 30
Current density (A cm^{-2})	0.2 – 0.4
Cell voltage (V)	1.8 –2.4
Power density (W cm^{-2})	< 1
Lifetime stack (h)	> 90,000
Lifetime system (y)	20 – 30

Specifications	PEMEC
Optimal cell temperature (°C)	50-80
Cell pressure (bar)	< 50
Current density (A cm^{-2})	0.6-2.0
Cell voltage (V)	1.8-2.2
Power density (W cm^{-2})	< 4.4
Lifetime stack (h)	> 80,000
Lifetime system (y)	> 20

Specifications	AEM
Optimal cell temperature (°C)	60 – 80
Cell pressure (bar)	< 30
Current density (A cm^{-2})	0.4 – 0.6
Cell voltage (V)	1.8 –2.4
Power density (W cm^{-2})	< 1
Lifetime stack (h)	-
Lifetime system (y)	-

Specifications	SOEC
Optimal cell temperature (°C)	650 – 700
Cell pressure (bar)	< 25
Current density (A cm^{-2})	0.3 – 2.0
Cell voltage (V)	0.7 – 1.5
Power density (W cm^{-2})	< 3
Lifetime stack (h)	< 10,000
Lifetime system (y)	2 – 3

Wasserstoff - Potential

Wasserstoff – Energie der Zukunft
EU-Taxonomie und Förderungsberatung

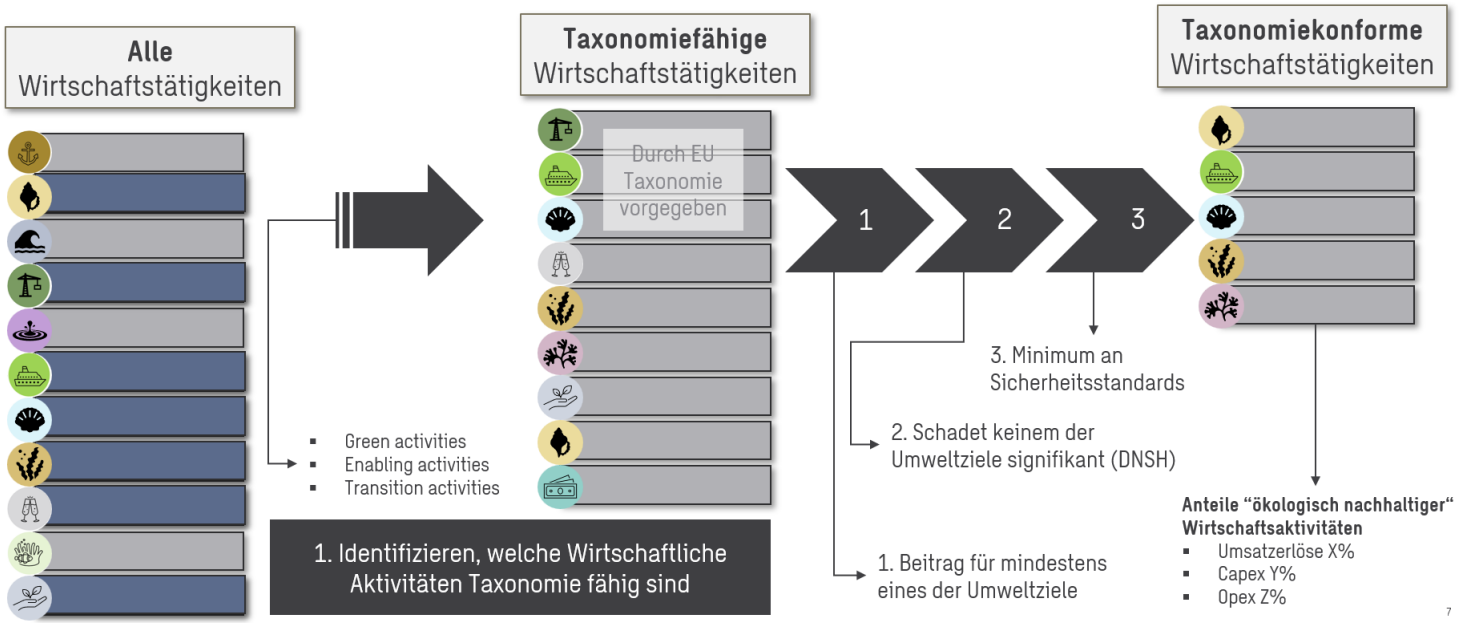
Bedienungen für die Berichtsabgebe:
Mitarbeiterzahl > 250 Mitarbeiter
Bilanzsumme > 20 Mio. Euro
Nettoumsatzerlöse > 40 Mio. Euro

Finanzaspekte

- ✓ Förderungsberatung
- ✓ M&A (TDD, EU-Steuer/ESG-DD,EDD)
- ✓ EU-Taxonomie, ESG
- ✓ Fördermittel Scouting und Management
- ✓ Studien und Konzepte
  - ✓ Erneuerbare Energie
  - ✓ Wasserstoff
  - ✓ Wind und PV
- ✓ Unterstützung bei der Unternehmensgründung und -entwicklung

Nachhaltigkeitsziele

1. Milderung des Klimawandels
2. Anpassung an den Klimawandel
3. Nachhaltige Nutzung und Schutz der Wasser- und Meeresressourcen
4. Übergang zu einer Kreislaufwirtschaft
5. Vorbeugung und Kontrolle der Umweltverschmutz ung
6. Schutz und Wiederherstellung der biologischen Vielfalt und der Ökosysteme

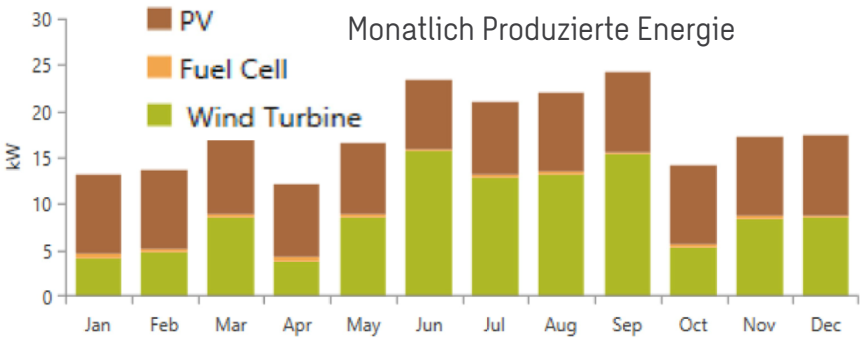


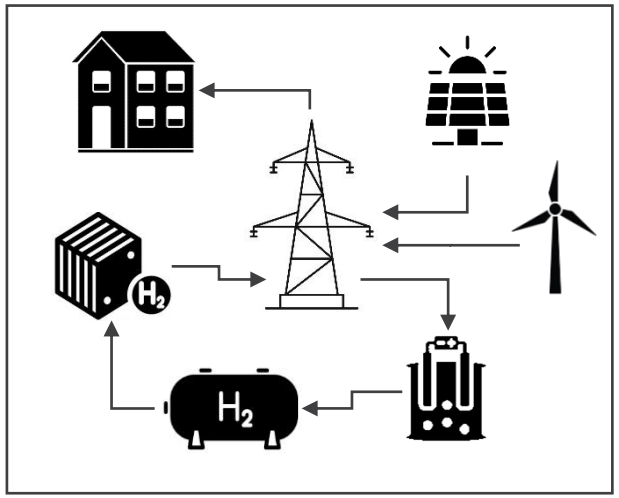
Wasserstoff – Energie der Zukunft

Off-Grid mit Wasserstoff

Off-Grid Projekte

- Energiebedarf von einer ländlichen Gesundheitsklinik mit **Wind-/Solar-PV-Erneuerbare-Energie-Mikronetzes** mit einem **Wasserstoffspeichersystem** zu decken
- Potenzial von verfügbaren erneuerbaren Energiequellen des Dorfes analysiert
- Optimale Architektur des erneuerbaren Energie-Mikronetzes ermittelt
- Energiebedarf von **18,67 kWh/Tag** mit einem Spitzenleistungswert von **7,76 kW**
- Durchschnittliche jährliche Windgeschwindigkeit → **7,9 m/s**
- Solare Einstrahlung im Gebiet → **4,779 kWh/m²/Tag**
- Mikronetzarchitektur:
  - 40 kW Solar-PV,
  - 3 Windturbinen je 10 kW,
  - Brennstoffzelle 8,6 kW,
  - Elektrolyseur 25 kW.
  - Wasserstofftanksystem für 40-kg-Wasserstoff.
- Gesamtkosten des Systems - 177.600 US-Dollar
- Levelized Cost of Energy (LCOE) für das gesamte Mikronetzsystem wurde auf 2,34 US-Cent pro Kilowattstunde berechnet
- Anbindung von Energie-Park an das nächstgelegene Netz etwa (21,35 km)





Economic data of the system components.

Component	Capacity	Lifetime	Capital ($/Capacity)
PV panel	1 kW	20 years	900
Wind turbine	10 kW	20 years	9500
Biogas generator	1 kW	15,000 h	550
Battery	1 kWh	15 years	500
Converter	1 kW	15 years	300
Electrolyzer	1 kW	15 years	1500
Hydrogen tank	1 kg	20 years	600

Net Present Cost analysis of each component as well as the overall system cost.

Components	Capital Cost	Operating	Replacement	Salvage	Resources	Total
Electrolyzer	$25,000	$3232	$8485	-$1597	$0.00	$35,120
Converter	$4000	$1293	$2650	-$359.34	$0.00	$7584
Fuel Cell	$8600	$1323	$2092	-$17.17	$0.00	$11,998
Hydrogen Tank	$40,000	$0.00	$0.00	$0.00	$0.00	$40,000
Solar PV Panel	$40,000	$5171	$0.00	$0.00	$0.00	$45,171
Wind Turbine	$60,000	$193.91	$14,346	-$8085	$0.00	$66,455
Microgrod cost	$177,600	$11,213	$27,574	-$10,059	$0.00	$206,328

Berechnungen von T.R. Ayodele et. al. 2021

Wasserstoff – Energie der Zukunft
Grüne Energie für die Wasserstoffproduktion

Wasserstoff für Mobilität

- Machbarkeitsstudie über einen Windpark und die Wasserstoffproduktion für einen internationalen Flughafen
  - Modellierung
  - Kostenberechnung
- Wind als lokal erzeugte Energiequelle

<u>Prototyp, der skaliert werden soll</u>
Daten des Elektrolyseurs:
- 6 MW
- 937 t/Jahr Wasserstoffproduktion
- Zeitraum 2022

Daten des Windparks:
- 37 MW
- 6 Turbinen
- Zeitraum: 2021

H2 Tankstelle in Belgien

www.wind-energie.de

Stuttgarter Start-up H2Fly
Reichweite des Fliegers bis zu 1500 Kilometer
Erste Flüg 2016, 46 Sitzplätze

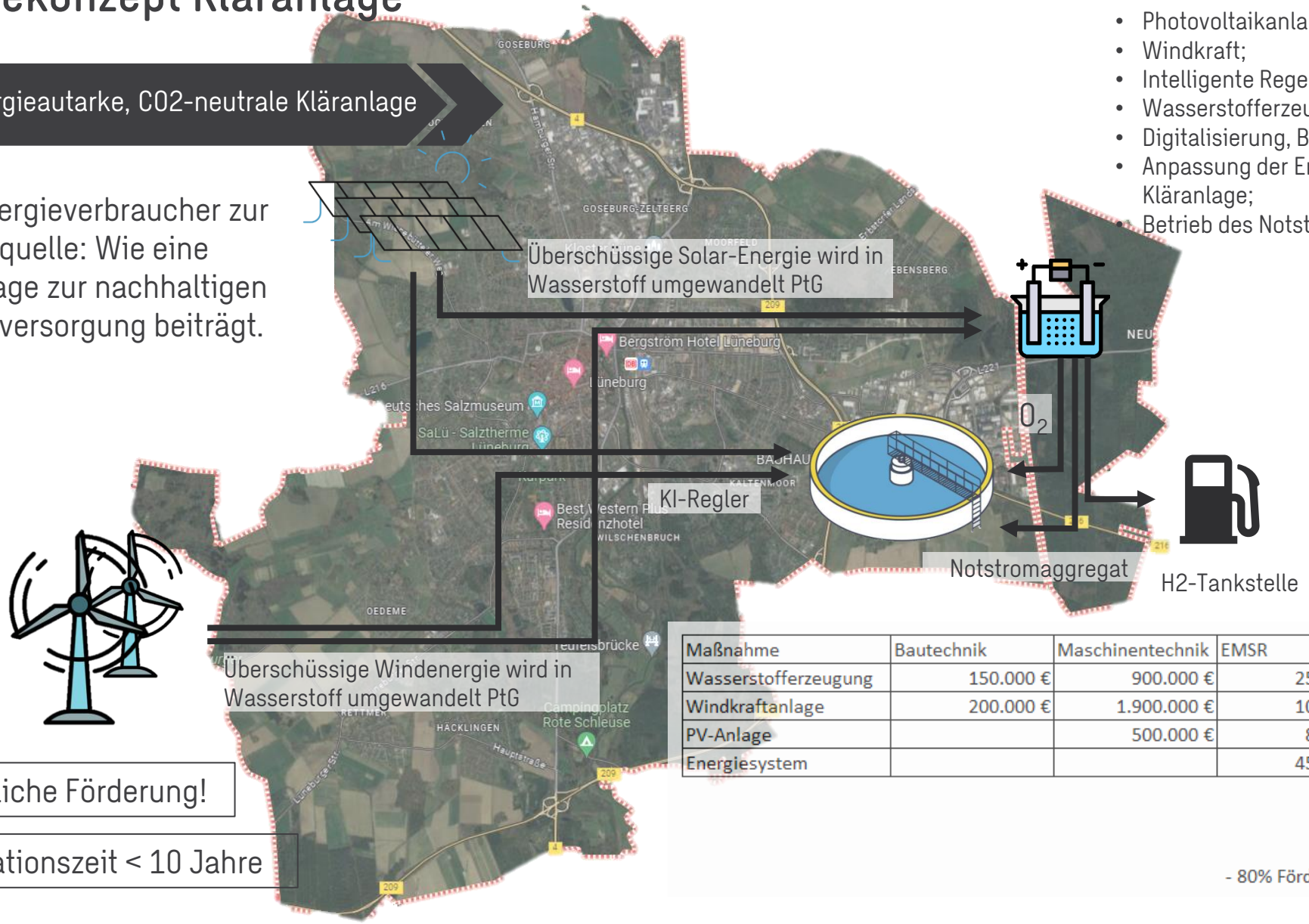
Wasserstoff – Energie der Zukunft

Energiekonzept Kläranlage

Energieautarke, CO2-neutrale Kläranlage

Vom Energieverbraucher zur Energiequelle: Wie eine Kläranlage zur nachhaltigen Energieversorgung beiträgt.

- Photovoltaikanlagen;
- Windkraft;
- Intelligente Regelung der Belüftung (KI-Regler);
- Wasserstofferzeugung;
- Digitalisierung, BIM, Datenmanagement;
- Anpassung der Energieinfrastruktur auf der Kläranlage;
- Betrieb des Notstromaggregates mit Wasserstoff;



Maßnahme	Bautechnik	Maschinentechnik	EMSR	Summe
Wasserstofferzeugung	150.000 €	900.000 €	250.000 €	1.300.000 €
Windkraftanlage	200.000 €	1.900.000 €	100.000 €	2.200.000 €
PV-Anlage		500.000 €	80.000 €	580.000 €
Energiesystem			450.000 €	450.000 €
				4.530.000 €
			- 80% Förderung	906.000 €

80 % staatliche Förderung!

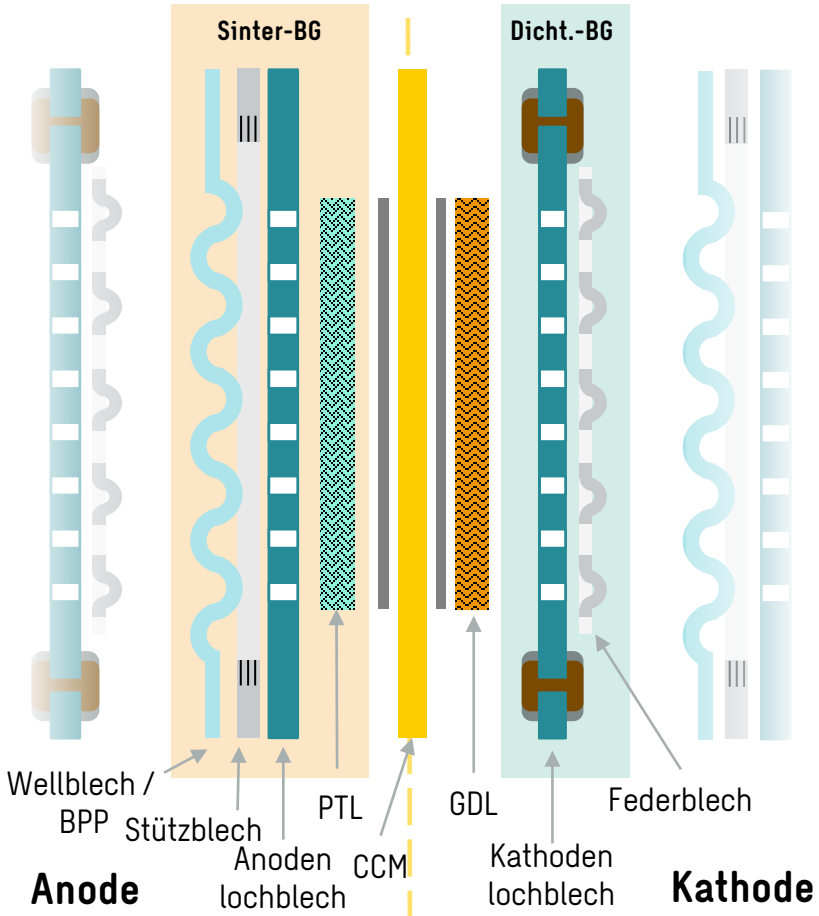
Amortisationszeit < 10 Jahre

Wasserstoff – Energie der Zukunft

CO_2 – Emissionen

SWECO

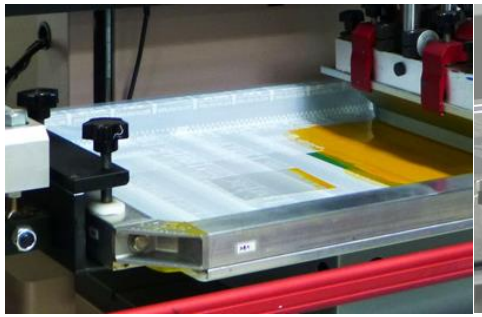
Zell-Design

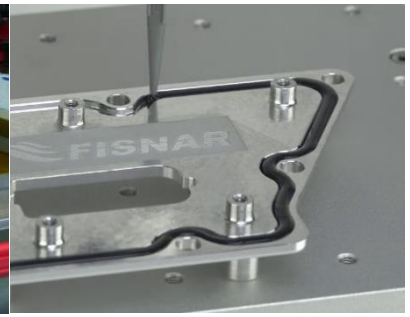


Technologieberatung, Fertigungsprozesse, Planung von Produktionshallen, Studien.

Wasserstoffherstellung bietet viele Einstiegsmöglichkeiten für Unternehmen mit folgenden Kompetenzen

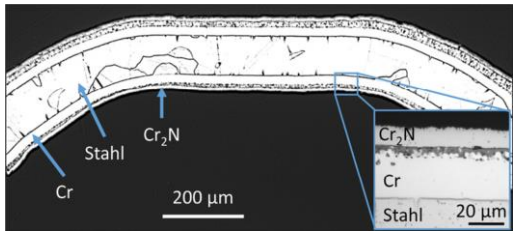
Dichtungapplikation: Screenprinting & Dispensing



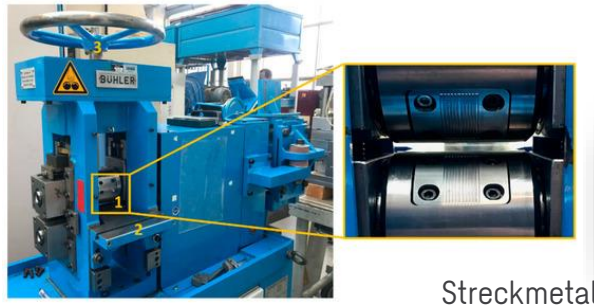


Schweißprozesse

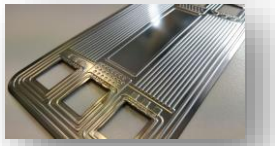
Beschichtungsprozesse



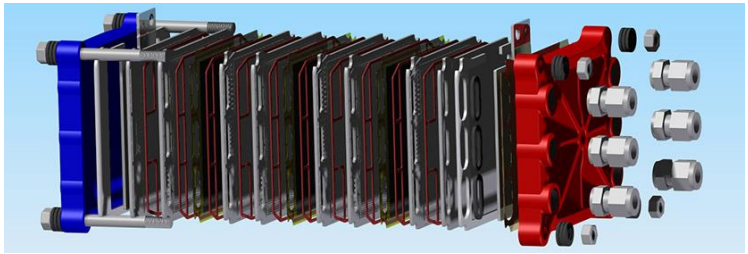
Formen von metallischen BPP



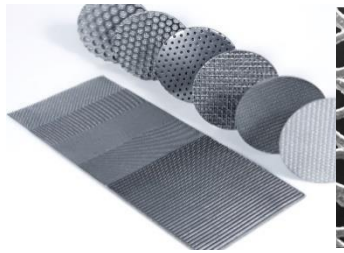
Metallbearbeitung

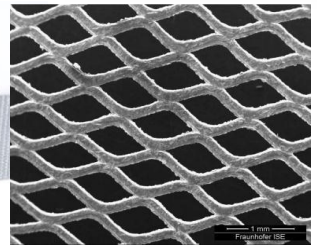


Brennstoffzellen Stack



Streckmetalle - Streckziehen





Ihr Kontakt zu Sweco Deutschland

Andreas Harm
Ressortleiter
Lenders & Investors

E-Mail: andreas.harm@sweco-gmbh.de
Telefon: +49 171 2783282
Standort: Köln, Deutschland

Ulla Panchenko
Technische Beraterin
Wasserstoff
Lenders & Investors

E-Mail: ulla.panchenko@sweco-gmbh.de
Telefon: +49 151 59131182
Standort: Köln, Deutschland

Zusammenfassung

- **Fördermöglichkeiten für den Umstieg auf Wasserstoff:**
  Subventionen und Förderprogrammen, die Unternehmen und Gemeinden ermutigen, auf wasserstoffbasierte Lösungen umzusteigen.
- **Dezentralisierung von Energieerzeugung:**
  Energieproduktion näh am Verbraucher erhöht die Zuverlässigkeit, Flexibilität und Effizienz in der Energieversorgung.
- **Resilienz für die Klimaveränderungen:**
  Fähigkeit von Wasserstofflösungen, Widerstandsfähigkeit und Anpassungsfähigkeit gegenüber den Auswirkungen des Klimawandels zu bieten.
- **Diverse Einsatzmöglichkeiten:**
  Vielseitigkeit von Wasserstoff als nachhaltige Energiequelle in verschiedenen Sektoren, einschließlich Transport, Abfallmanagement, Kläranlagen und Industrie.

SWECO