

Energiespeicher – Ermöglicher der Energiewende?

Fachforum Stromspeicher, Bauzentrum München, 03.12.2019
Landeshauptstadt München, Referat für Gesundheit und Umwelt



Urban Windelen
Bundesgeschäftsführer
Bundesverband Energiespeicher e.V.

BVES - Bundesverband Energiespeicher e.V.

Der BVES ist die führende Stimme für Unternehmen und Organisationen aus allen Bereichen der Energiespeicherung.

Zu den Mitgliedern zählen Technologiehersteller, Projektentwickler, Systemintegratoren, Händler, Prüf- und Zertifizierungs- und Beratungsunternehmen sowie Institutionen aus Forschung und Entwicklung.

Energiewende =
Stromwende + Wärmewende + Mobilitätswende

Als technologieoffener Industrie-Verband vertritt der BVES die Interessen der Speicherbranche gegenüber Politik, Verwaltung, Wissenschaft und Öffentlichkeit und unterstützt seine Mitglieder mit gezielter Öffentlichkeitsarbeit.



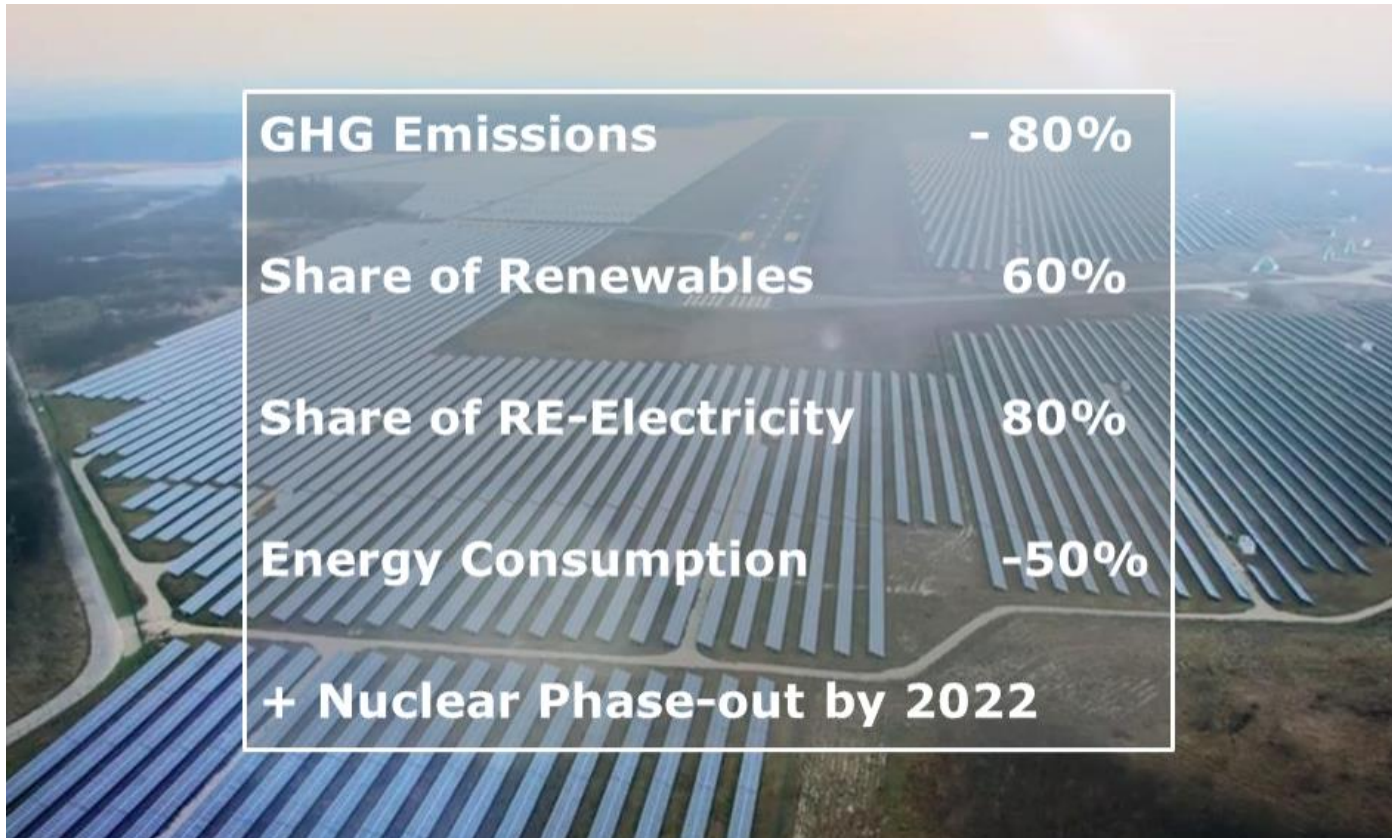
Branchenübergreifend und technologieübergreifend aufgestellt - Unsere Mitglieder (Auszug)



Agenda

- BVES – Bundesverband Energiespeicher
- Speichertechnologien und Anwendungen - Hintergrund
- Aktuelle Geschäftsmodelle und Trends
- Recycling und Wiederverwendung

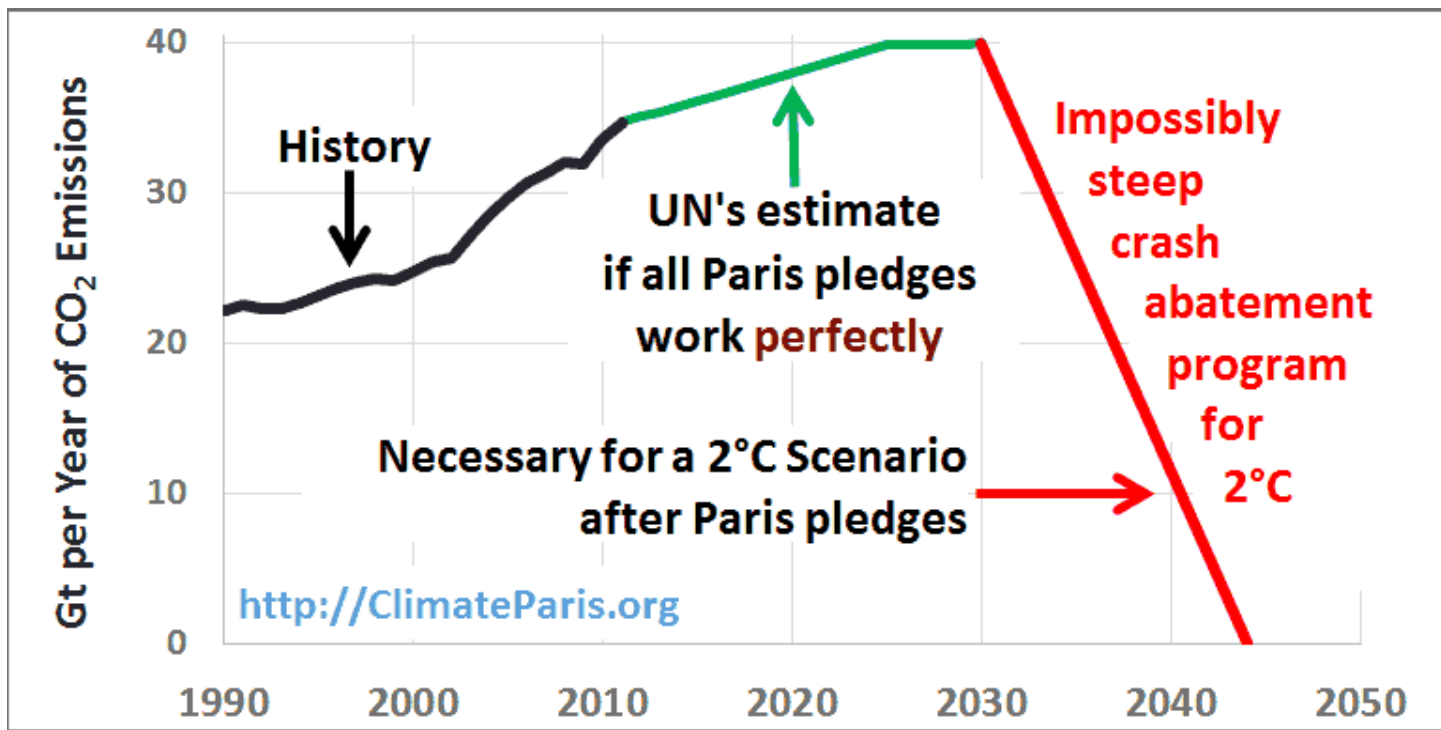
Ziele ‚Energiewende‘



Source: Germany Trade and Invest

Paris Abkommen (COP 21)

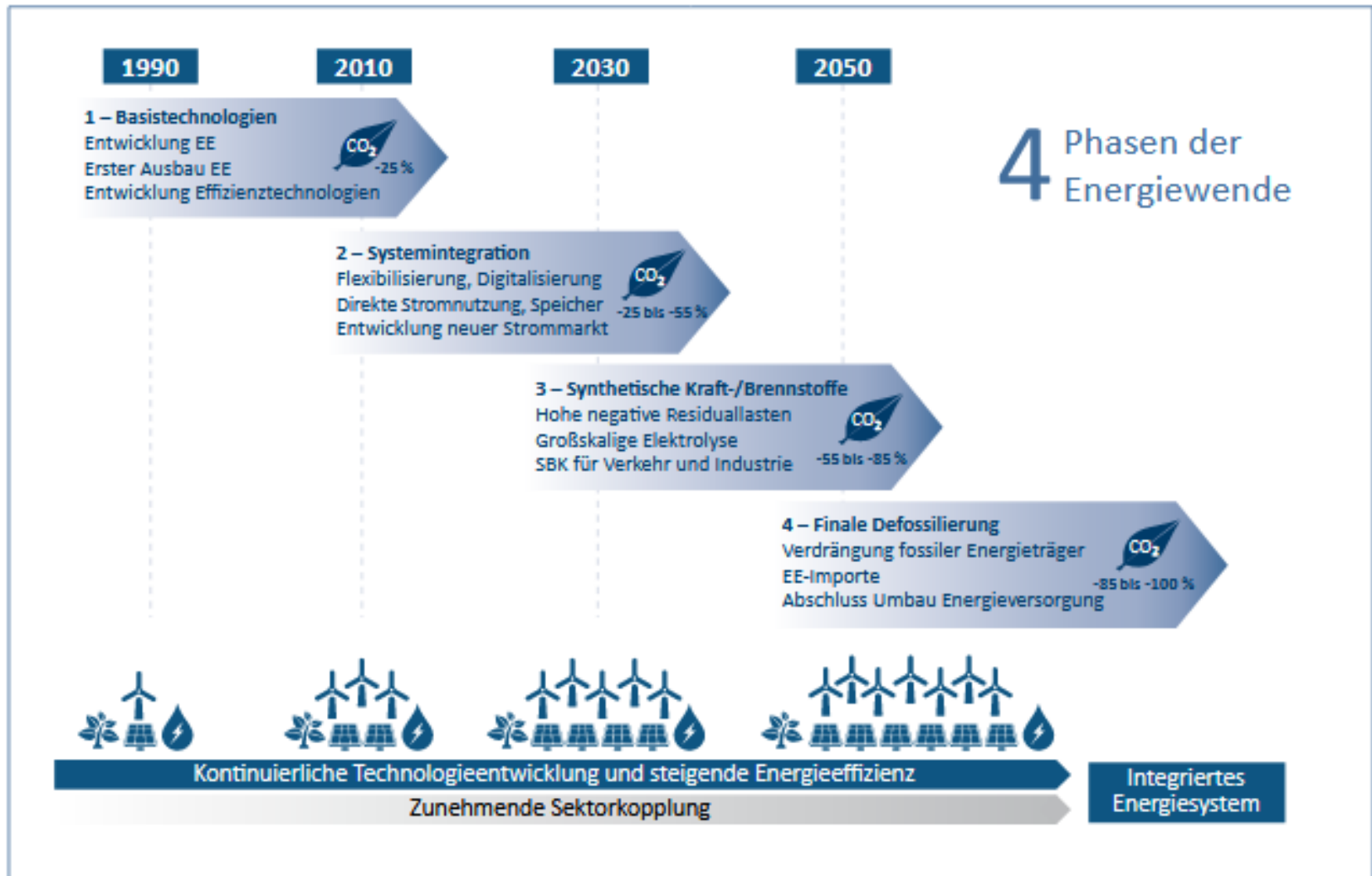
Ziel: Klimaerwärmung begrenzen 2°C



Source: [www. http://climateparis.org](http://climateparis.org)

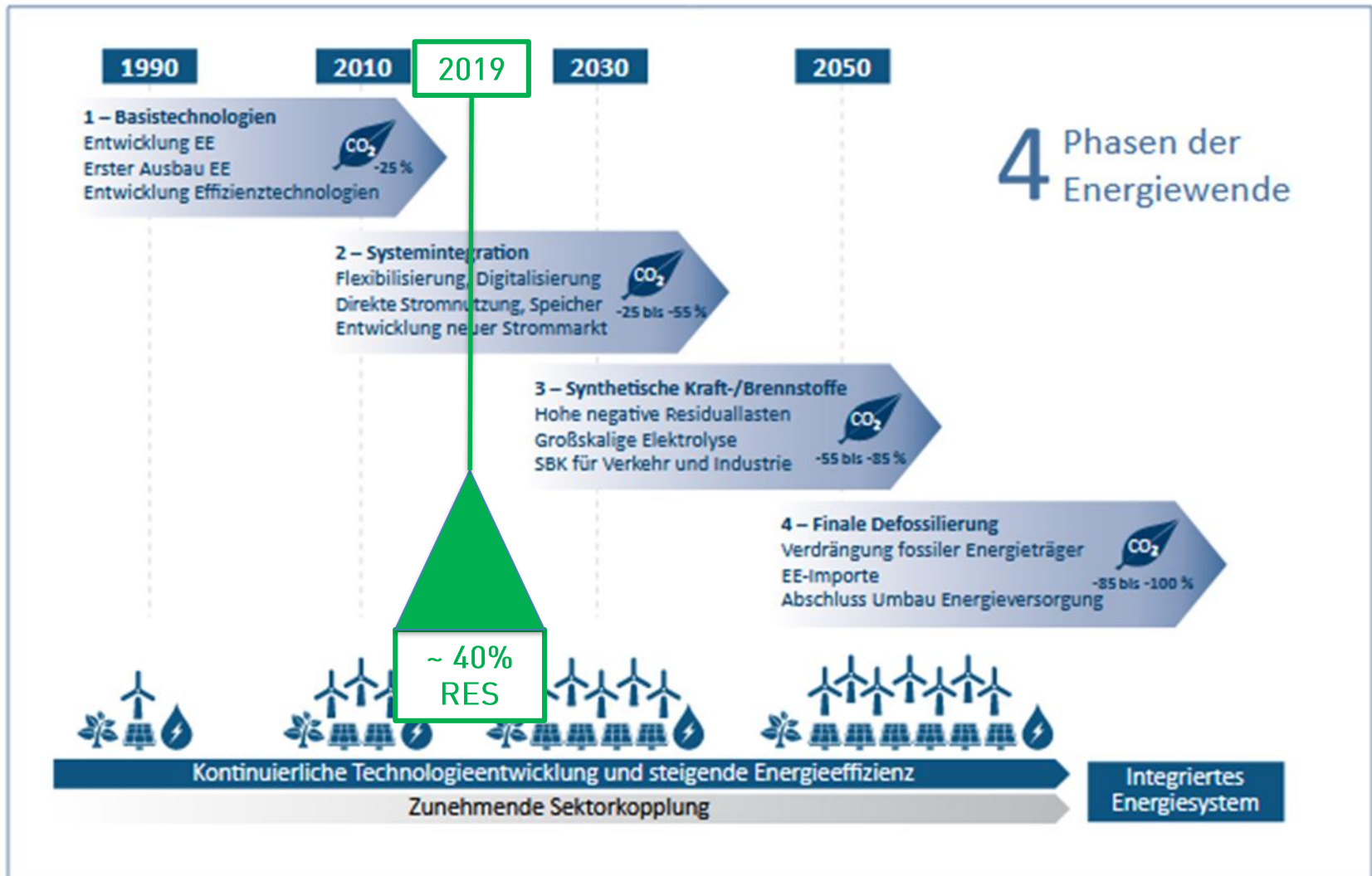
→ Nur Stromwende genügt nicht!

Stufen der Energiewende



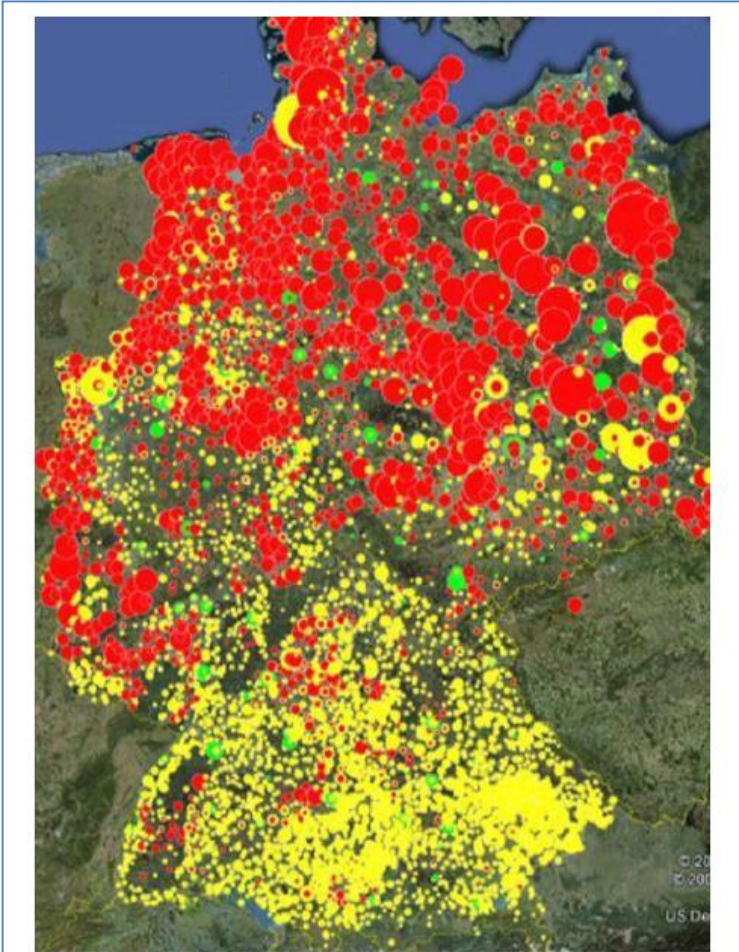
Quelle: Studie „Energiesysteme der Zukunft“ (ESYS)

Stufen der Energiewende



Quelle: Studie „Energiesysteme der Zukunft“ (ESYS)

Herausforderung No1



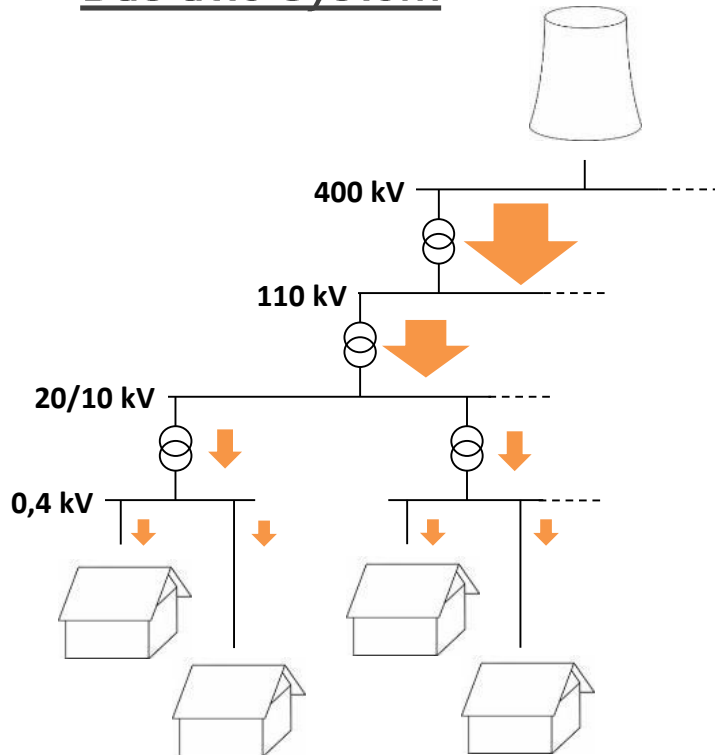
Energieintensive Industrie
sitzt (noch) meist im Süden.



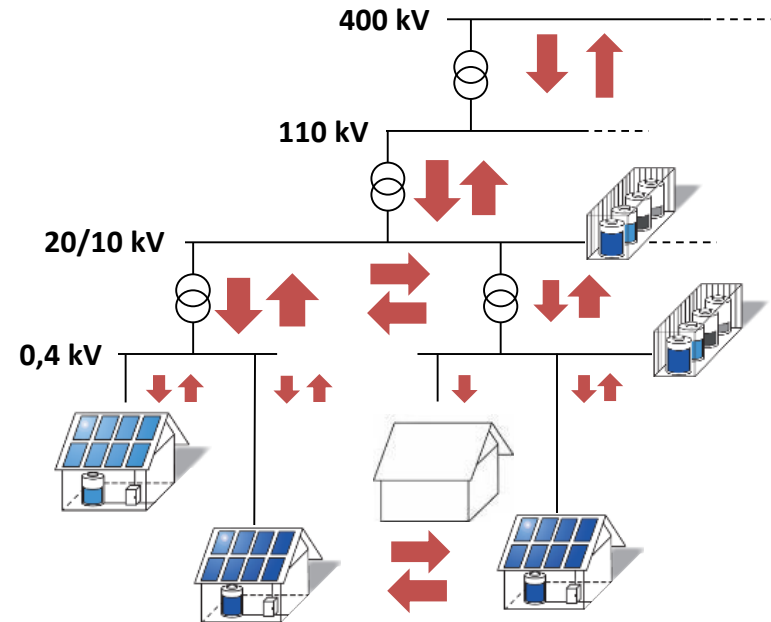
Herausforderung, Energie
aus dezentraler Erzeugung
zum Verbraucher und große
Mengen (Wind-)Strom vom
Norden in den Süden zu
bringen

Herausforderung No2

Das alte System



Das neue System

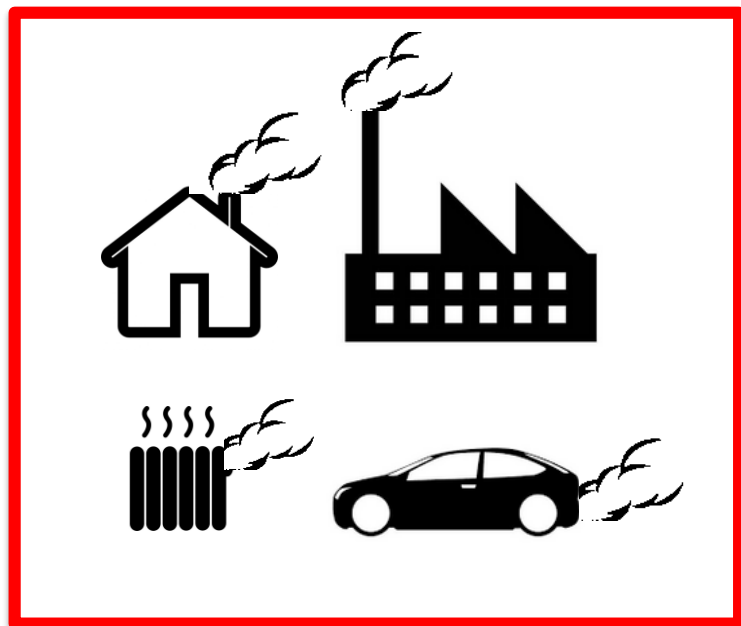


Source: Alexander Zeh, Simon Müller, Marcus Müller (2016)

Herausforderung No. 3

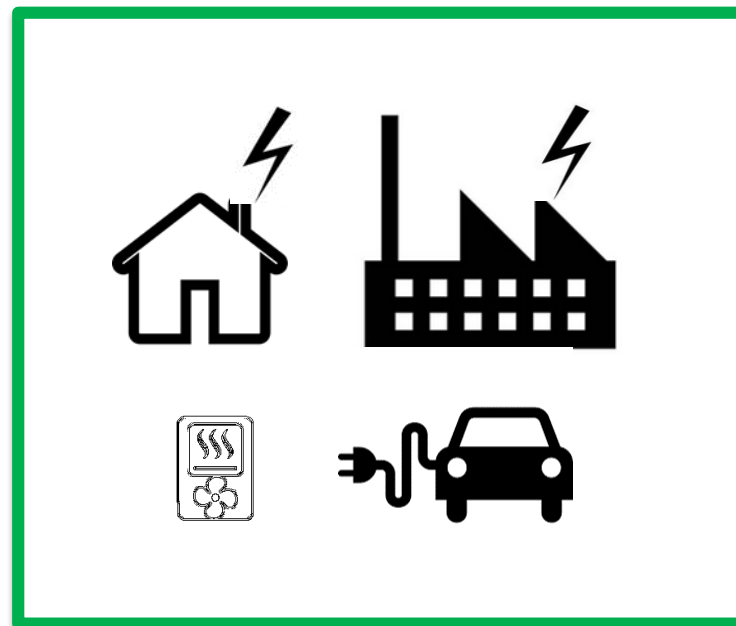
In einer “all electric world” ist LEISTUNG notwendig.
Energie- oder Stromzugang reicht nicht mehr aus.

Das fossile Zeitalter



ENERGIE genügt.

Elektrifizierungswelle



LEISTUNG ist notwendig!



„Die 3 D“ =

- Dekarbonisierung
- Dezentralisierung
- Digitalisierung

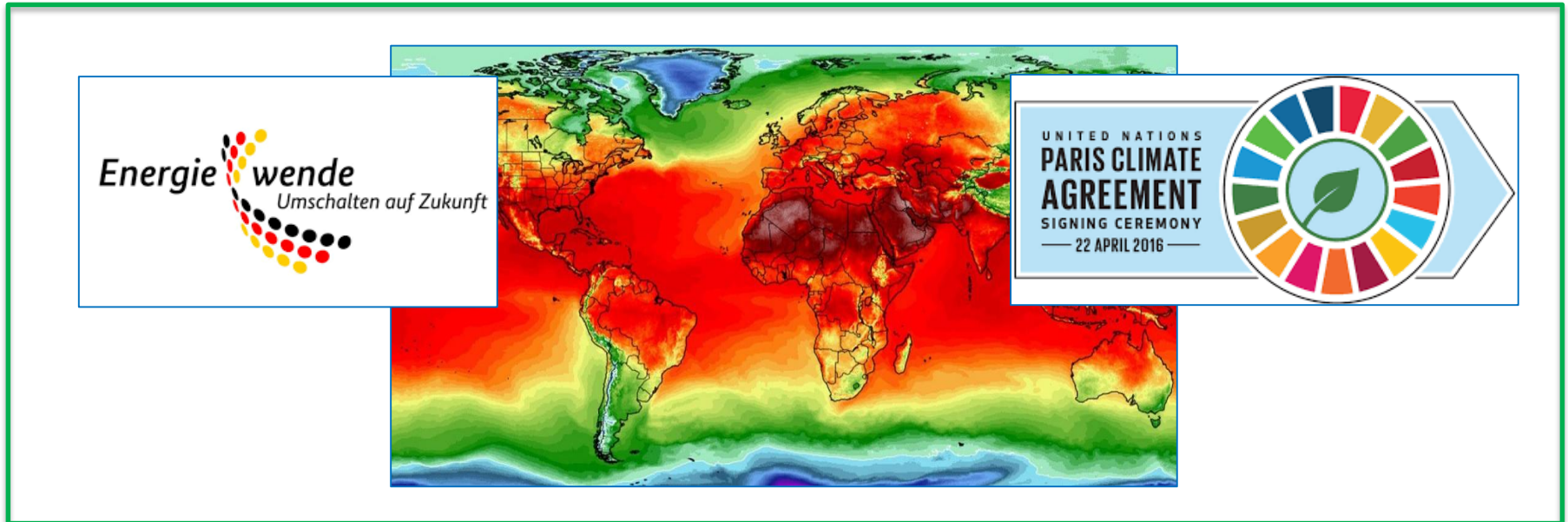
Örtliche Verfügbarkeit



Zeitliche Verfügbarkeit

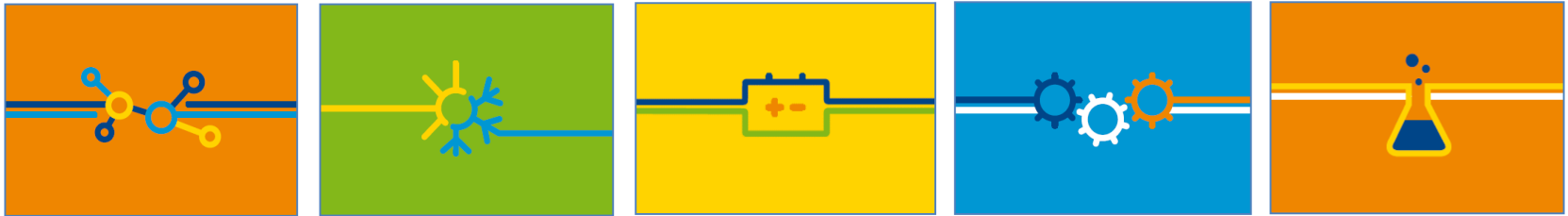
- Erneuerbare Energien sind überall erzeugbar / verfügbar.
- Nur nicht immer.
- Nur mit Speicher.

Energiespeicher sind bereit, Verantwortung zu übernehmen!



- Speichertechnologien sind einsatz- und marktfähig.
- Vielfältige Anwendungen für Speicher in den Sektoren Strom, Wärme, Mobilität.
- Forschung und Entwicklung bringen die Technologien fortlaufend weiter.

SPEICHERTECHNOLOGIEN



WÄRME/KÄLTE ZU WÄRME/KÄLTE (THERMISCHE ENERGIESPEICHER)

- Sensibel**
 - Wasser (FactSheet»)
 - Salzschmelze und andere Flüssigkeiten (FactSheet»)
 - Feststoffe (FactSheet in Arbeit)
- Latent**
 - fest-flüssig Niedertemperatur (FactSheet»)
 - fest-flüssig Hochtemperatur (FactSheet»)
- Thermochemisch**
 - Sorption (FactSheet»)
 - Chemische Reaktion (FactSheet»)

www.bves.de

SPEICHERTECHNOLOGIEN STECKBRIEF

Li-Ionen Stromspeicher

ALLGEMEINE BESCHREIBUNG:
Form der Energieaufnahme und -abgabe: Strom zu Strom

Kurzbeschreibung des Speicherprozesses: Stromspeicher dienen zur Speicherung von Strom zu einem späteren Zeitpunkt zu nutzen.

Die Kathode besteht überwiegend aus Aluminiumträger. Häufige Materialien sind u.a. LCO (Kobaltoxid), LFP (Lithium-Eisenphosphat) oder NMC (Nickel/Mangan-Kobaltoxid). Die Anode besteht aus Graphit, aber auch LFP (Eisenphosphat) oder aus Kohlenstoff (alternativ z.B. Kupferträger (alternativ: Alu-materiale sind z.B. Graphit). Die Kathode und die Anode sind durch einen Separator getrennt. Die Kathode und die Anode sind durch einen Separator getrennt.

Beim Laden gibt die Kathode (Pluspol) eingelagerte Lithium-Ionen in den Elektrolyten ab. Die Li-Ionen (Li+) lagern sich zur Anode (Minuspole), werden dort eingelagert. Beim Entladen verläuft der Prozess umgekehrt. Dieser Einlagerungs-vorgang (Interkalation) führt zu einer Volumenvergrößerung (Konversion, z.B. bei Blei-Säure, NiCd), der den hohen mechanischen Belastungen standhalten muss.

Die Ladung einer Batterie in das Anlagensystem bzw. and Stromspeicher erfolgt entweder auf der Gleichspannungsebene (z.B. bei PV, Wind) oder auf der Spannungsebene (z.B. Stromnetz) erfolgen.

Quelle: Fraunhofer IEE für Technologie 2 Erläuterung Anode und Kathode siehe Glossar.

BVES | Januar 2016

STROM ZU GAS/FLÜSSIGKEIT (CHEMISCHER ENERGIESPEICHER)

- Wasserstoff**
 - Power to Gas (FactSheet»)
- Synthetisches Methan/ Methanol**
 - Power to Gas (FactSheet»)

STROM ZU STROM (STROMSPEICHER)

- Elektrochemisch**
 - Vanadium Redox Flow Batterie (FactSheet»)
 - Hochtemperatur Batterie (FactSheet»)
- Physikalisch**
 - Kondensatoren

STROMSPEICHERTECHNOLOGIEN

Speicherung elektrischer Energie



- Super-conducting Magnetic Energy Storage (SMES)
- Super-Kondensatoren

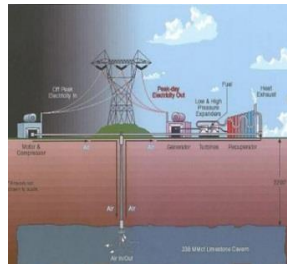


Speicherung elektro-chemischer Energie



- Lithium-Ionen Batterien
- Natrium-Sulfid Batterien (NaS-Cells)
- Blei-Säure Batterien
- Redox-Flow Batterien

Speicherung mechanischer Energie



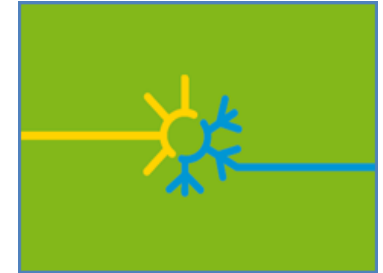
- Pumpspeicherwerke
- Druckluftspeicher(CAES)
- Schwungräder

THERMISCHE SPEICHERTECHNOLOGIEN

Speicherung sensibler Wärme



- Warmwasser-Speicher
- Erdwärmesonden u.Ä. (Underground Thermal Energy Storage, UTES)



Speicherung latenter Wärme



- Makro- / Mikroverkapselte Phasenwechsel-Materialien (PCM), Slurries

Thermo-chemische Energiespeicherung



- Adsorptions- (Zeolith) und Absorptions-Speicher (LiCl)
- Thermo-chemische Materialien (TCM)

CHEMISCHE SPEICHERTECHNOLOGIEN

Produktion und Speicherung von Wasserstoff

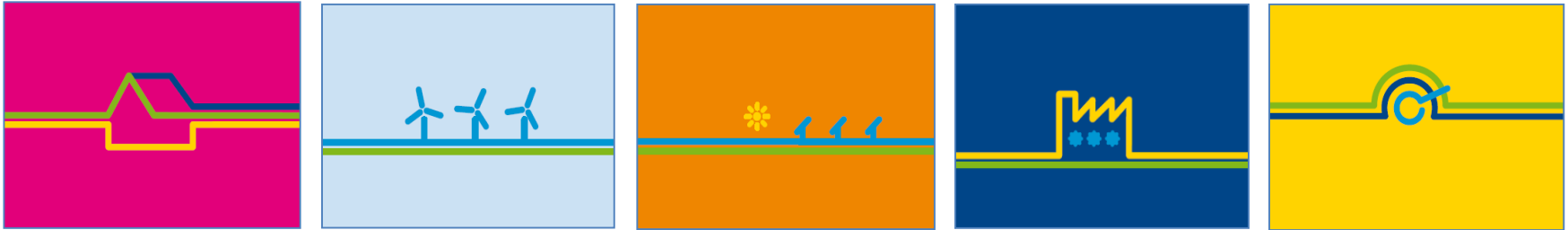
- Wasserstoff ist der energiereichste Kraftstoff (in Relation zur Masse)
- Verlustfreie Langzeitspeicherung
- Produktion von Strom mit Brennstoffzelle / H₂-Turbine



➔ Veredelung zu Power-to-Liquids, Power-to-Chemicals, Power-to-Fuel, etc.



SPEICHERANWENDUNGEN



BEWERTUNG VON ENERGIESPEICHERUNGSANWENDUNGEN

tabellarische Anwendung: PLUS +
 mögliche Anwendung: NEUTRAL "0"
 technisch nicht möglich oder nicht sinnvoll oder wirtschaftlich nicht darstellbar: MINUS -

Anwendung	Strom zu Strom (Stromspeicher)	Strom zu Gas/Flüssigkeit (Chemischer Energiespeicher)			Wärme/Kälte zu Wärme/Kälte (Thermische Energiespeicher)		
		Strom zu Gas/Flüssigkeit (Chemischer Energiespeicher)	Wärme/Kälte zu Wärme/Kälte (Thermische Energiespeicher)	Wärme/Kälte zu Wärme/Kälte (Thermische Energiespeicher)			
Speicherung überschüssiger Energie	+	+	+	+	+	+	
Vorminderung der Fluktuation von Erzeugern bei Stromerzeugung	+	+	+	+	+	+	
Reduzierung von konventionellen Kraftwerken	+	+	+	+	+	+	
Ausgleich großer Lastspitzen durch zeitliche Leistungsverschiebung ("Peakshaving")	+	+	+	+	+	+	

STEIFERUNG DER ENERGIEEFFIZIENZ

- Industrielle Prozesse
 - Abwärmennutzung
 - Rekuperation mechanischer Energie
 - Kraft-Wärme-Kopplung
 - ...
- Gebäude
 - Heiz- und Kühlbedarf
 - Tag/Nacht-Ausgleich
 - Sommer/Winter-Ausgleich
 - USV (Unterbrechnung)
 - Kraft-Wärme-Kopplung
 - Erhöhung des Eigenverbrauchs
 - ...
- Mobilität
 - Effizienter Antrieb
 - Rekuperation mechanischer Energie
 - ...

INTEGRATION ERNEUERBARER ENERGIEN

- Stromversorgungssystem (Lastausgleich, Systemstabilität, CO2-Reduktion)
 - Frequenzregelung
 - Spannungshaltung
 - positive/negative Regelernergie
 - Peak Shaving
 - Eigenverbrauch, Inselbetrieb
 - USV (Unterbrechnung)
 - ...
- Wärmeerzeugung
 - Solarthermische Kraftwerke
 - Solare Prozesswärme
 - Solare Nah-/Fernwärme
 - ...
- Stoffliche Nutzung (Sektorenkopplung)
 - Bereitstellung von Gas, flüssigen Kraftstoffen, Chemikalien
 - ...

www.bves.de

Strom zu Strom (Stromspeicher)

- Elektrisch: Kondensatoren, SMES
- Elektrochemisch: Batterien
- Mechanisch: Schwinggradspeicher, CAES, LAES

Strom zu Gas/Flüssigkeit (Chemischer Energiespeicher)

- Wasserstoff
- Synthetisches Methan/Methanol

Wärme/Kälte zu Wärme/Kälte (Thermische Energiespeicher)

- Sensibel: Wasser, Salzschmelzen/Andere Flüssigkeiten
- Latent: Feststoffe, fest-flüssig
- Thermochemisch: fest-fest, Chemische Reaktionen, Sorption

Power-to-Gas-to-Power

Power-to-Heat-to-Power

SMES: Supraleitende Magnetische Energiespeicher
 CAES: Compressed Air Energy Storage
 LAES: Liquid Air Energy Storage

SPEICHERANWENDUNGEN

19

Integration Erneuerbarer Energien

Integration Erneuerbarer Elektrizität

- Netzstabilität
 - Frequenzregelung
 - Spannungshaltung
 - Leistungsausgleich/SRL
- Netzausgleich (Energie)
 - positive/negative Regelenergie
 - Peak Shaving
 - Eigenverbrauch, Inselbetrieb,...
- Demand Side Integration
 - Verschiebbare Last
- Sicherheit, Back-up...

Integration Solarer Wärme

- Solarthermische Kraftwerke
- Solare Prozesswärme
- Solarthermie für Heizung/ Warmwasser...

Steigerung der Energieeffizienz

Industrielle Prozesse

- Abwärmenutzung
- Rekuperation mechanischer Energie

Gebäude

- Heiz- und Kühlbedarf
 - Tag/Nacht-Ausgleich
 - Sommer/Winter-Ausgleich

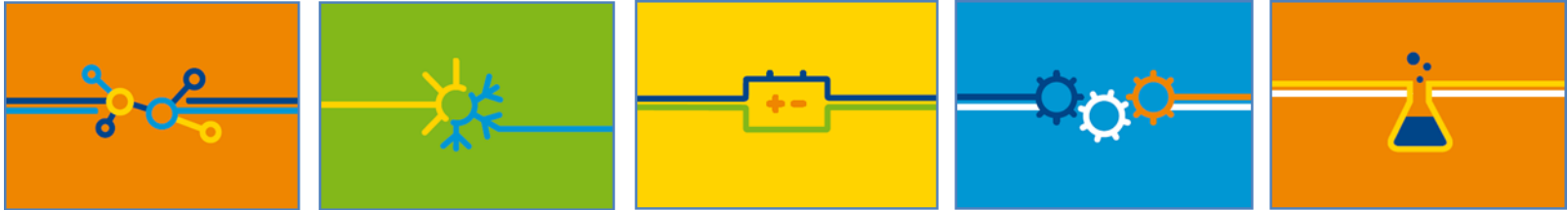
Elektrizitätserzeugung

- Fossile Kraftwerke
- Kraft-Wärme-Kopplung
- ...

Mobilität

- Antrieb
- Heizung / Klimatisierung

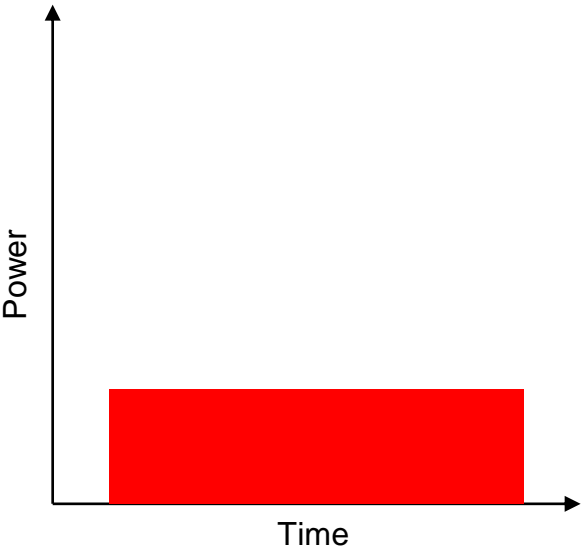
DIE ANWENDUNG BESTIMMT DEN SPEICHER



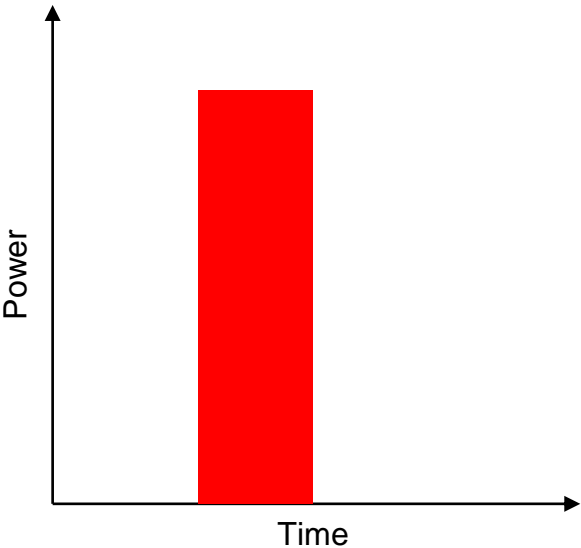
- Die technischen und wirtschaftlichen Anforderungen an den Speicher werden durch die tatsächliche Anwendung des Speichers im Versorgungssystem bestimmt.
- Eine Beurteilung verschiedener Speichertechnologien (und ein Vergleich) sind nur anhand konkreter Anwendungen möglich.
- Die Anwendung gibt technische Anforderungen vor (Energieform, Ein- und Ausspeicherleistung, Speicherkapazität, Reaktionszeit).
- Die Anwendung legt auch das ökonomische Umfeld fest (z.B. welche Energiepreise können angesetzt werden, welche Nutzungsdauer wird erreicht, etc.).

ANWENDUNGEN BESTIMMEN DEN SPEICHER

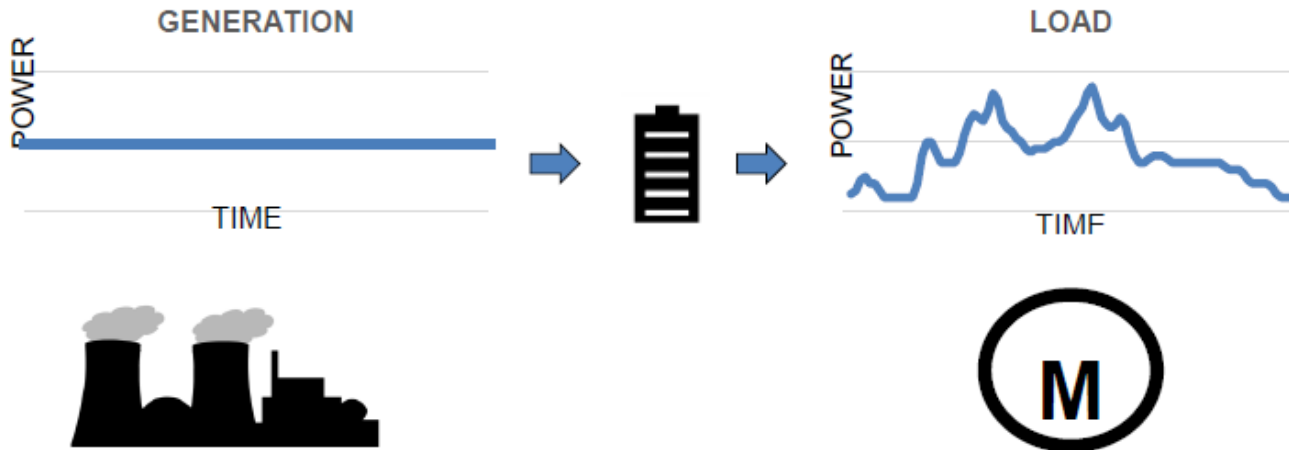
Energieanwendungen



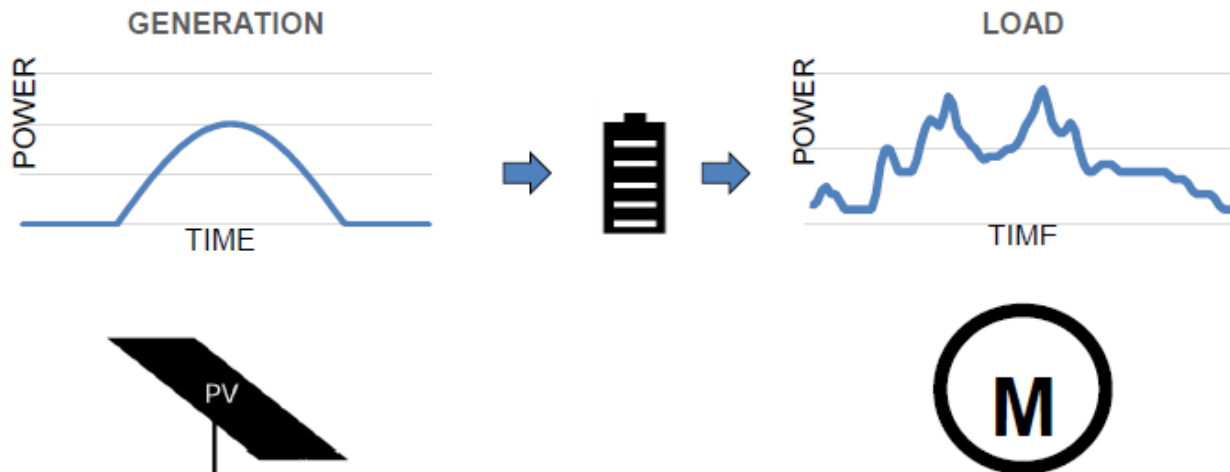
Leistungsanwendungen



Speicher in „alter“ und „neuer“ Welt



*Erzeugung
besser nutzen*



*Angebot und
Nachfrage
abstimmen*

Matrix Technologie/Anwendung

CLUSTER	Anwendungsbereiche	Leistungen von Energiespeichern	Strom zu Strom (Stromspeicher)									Strom zu Gas/Flüssigkeit (Chemischer Energiespeicher)			Wärme/Kälte zu Wärme/Kälte (Thermische Energiespeicher)			
			Li-Ionen-Batterie	NaIonen-Schmelz- und NaIonen-Nickel-Chlorid-Batterie (NAS)	Blei-Säure-Batterie	Redox-Flow-Batterie	Druckluftspeicher (CAES)	Pumpspeicherkraftwerke (PSW)	Schwerkraftspeicher	AES-Flüssigkeitsspeicher	Supraleitende Magnetsche Energiespeicher (SMES)	Kondensatoren	P2G-Wasserstoff	P2G-Methan	P2G-X / P2G-Fuels	Sensibler Wärmespeicher	Phase-Wechsel-Materialien (PCM)	Thermochemische Speicher (TCS)
Nutzung und Integration erneuerbarer Energien	Stromversorgungssystem (Lastausgleich, Systemstabilität, CO2-Reduktion)	Speicherung überschüssiger Energie	+	+	+	+	+	+	0	+	-	-	+	+	+	-	-	-
		Verminderung der Abregelung von EE-Anlagen zur Stromerzeugung	+	+	+	+	+	+	-	+	-	-	+	+	+	-	-	-
		Reduzierung von konventionellen must-run-Anlagen	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	-	-	-	-	-	-
		Ausregelung großer Lastgradienten durch schnelle Leistungsanpassung ("Ramping")	+	+	+	0	0	+	+	0	0	+	+	+	+	-	-	-
		Momentanreserve / Frequenzhaltung	+	+	+	+	+	+	+	0	0	+	0	0	0	-	-	-
		Primärregelleistung	+	+	+	0	0	+	-	0	0	0	+	+	+	-	-	-
		Sekundärregelleistung	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-
		Minutenreserve	+	+	+	+	+	+	-	+	-	-	+	+	+	-	-	-
		Beitrag zur gesicherten Leistung	+	+	+	+	+	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
		Kurzschlussleistung	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	-	-	-	-	-	-
	Eignung zum Netzausgleich	+	+	+	+	+	+	0	+	-	0	0	0	-	-	-	-	
	Schwarzstartfähigkeit	+	+	+	+	+	+	0	+	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Blindleistungsbringung	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	0	0	0	-	-	-	
	Spannungshaltung	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	0	0	0	-	-	-	
	Bereitstellung von Spitzenlast (Peak Shaving)	+	+	+	0	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	
	Wärme-Erzeugung	Nachfragegesteuerte / Verstellte Wärmebereitstellung von solarer Nah-/Fernwärme	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	0	0
		Nachfragegesteuerte / Verstellte Wärmebereitstellung von solarer Prozesswärme	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+
		Nachfragegesteuerte / Verstellte Leistungsbereitstellung in Solarthermischen Kraftwerken	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	0
		solare Kombisysteme	0	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	0	0
	Stoffliche Nutzung (Sektorkopplung)	Bereitstellung von Gas	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-
Bereitstellung von flüssigen Kraftstoffen		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-	
Bereitstellung von Chemikalien		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	-	-	-	
Industrielle Prozesse	Nutzung industrieller Abwärme	-	0	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	
	Rekuperation mechanischer Energie	+	+	+	+	-	-	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	
	Entkopplung Strom-, Wärme- und Kälteerzeugung in KWK-Anlagen	0	0	0	0	+	-	+	-	-	0	-	-	-	-	-	0	
	Bereitstellung alternativer Brennstoffe	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Steigerung der Energieeffizienz	Gebäude	Ausgleich von Heiz- und Kühlbedarf	0	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	
		Entkopplung Strom-, Wärme- und Kälteerzeugung in Micro-KWK-Anlagen	0	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	0	
		Tag/Nacht-Ausgleich	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	
	Mobilität	Sommer/Winter-Ausgleich	0	0	0	+	-	-	-	-	-	-	-	-	+	0	-	
		Erhöhung Eigenverbrauchsanteil (z.B. Heusbatterien)	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Mobilität	Rekuperation mechanischer Energie	+	+	+	+	-	-	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	
	effizienter Antrieb	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

www.bves.de

Speicher sind ein Allround-Talent

- Schwarzstart

- Insellösungen

- Steigerung der Energieeffizienz

- Peak shaving

- Eigenverbrauchs-optimierung

- Leistungserhöhung

- Lastverteilung

- Frequenzregulierung

- Sektorenkopplung

- Spannungshaltung

- Positive/Negative Regelleistung



Agenda

- BVES – Bundesverband Energiespeicher
- Speichertechnologien und Anwendungen - Hintergrund
- Aktuelle Geschäftsmodelle und Trends
- Recycling und Wiederverwendung

Hausspeicher



Eigennutzung ~ 35 %



Eigennutzung ~ 70 %

Hausspeichermarkt - Batterien



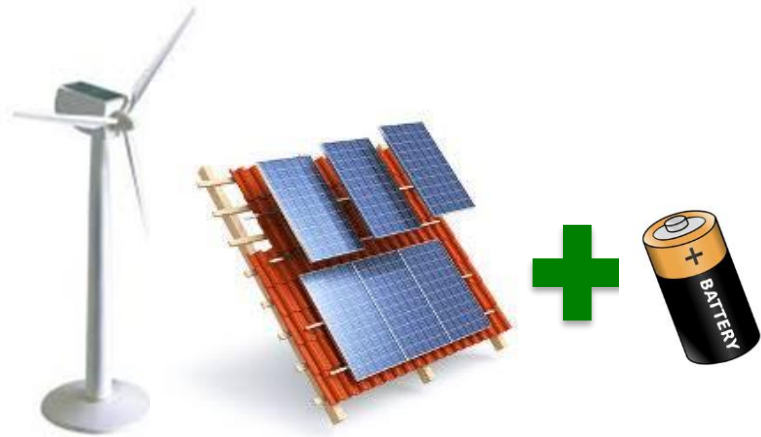
- ~180.000 Hausspeichersysteme aktuell
(+ ~50.000 in 2019)
- Neue Systeme meist Bundle aus PV + Speicher
- Weit überwiegend im Neubau
- Zunehmend inkl. Wärmepumpe
- Große Unternehmen steigen in den Markt ein

- ~1.500.000 Hausdach-PV-Anlagen EEG-Ablauf
→ ab ca. 2020 enormes Retrofit-Potential

Industriespeicher



Eigennutzung



Eigennutzung
+ USV + SLK + Notstrom
+ Dieseleratz

Industriespeicher-Markt

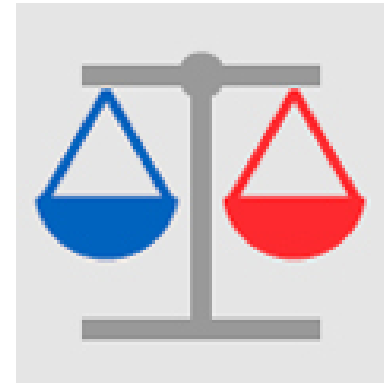


- Seit 2-3 Jahren wachsender Markt.
- ~ 1.000 Projekte in Deutschland.
(Landwirtschaft, Mehrfamilienhäuser, Industrie, Handel, Gewerbe)
- Förderung in verschiedenen Bundesländern
(z.B. NRW, Thüringen, Brandenburg).
- Anwendungen: USV, Notstrom, Eigenversorgung, Lastspitzenkappung

Großspeicher

Netzdienstleistungen:

- Momentanreserve
- Regelenergie
- Blindleistung
- Schwarzstart
- ...



Großspeicher - Pumpspeicherwerke

Hidden Champions of the electricity system!

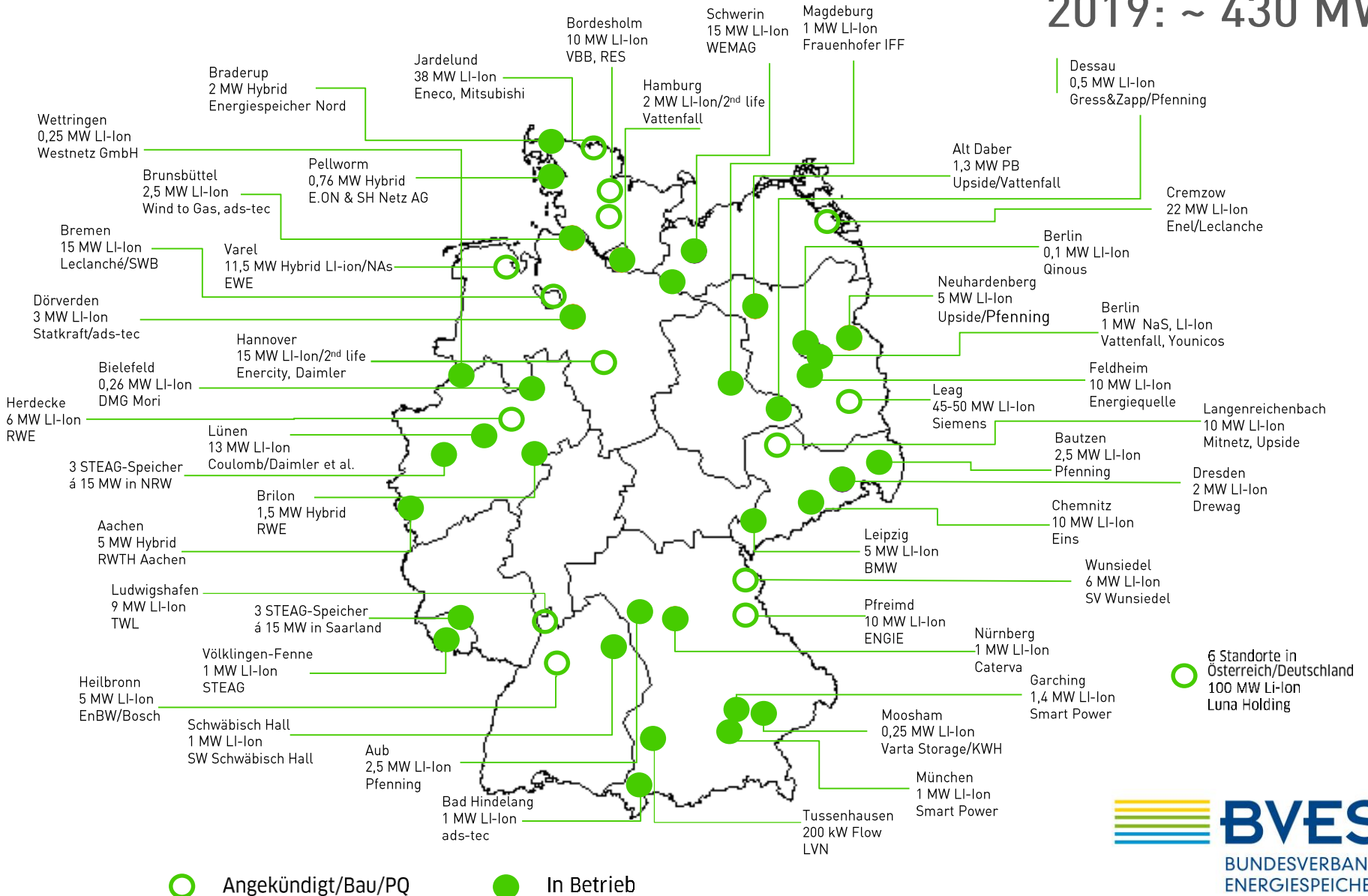
- Rückgrat unserer Systemstabilität



Quelle: Vattenfall

Großspeichermarkt - Batterien

2017: 178 MW
 2018: ~ 320 MW
 2019: ~ 430 MW



3 bestehende und schnell wachsende Märkte...



Aktuelle Entwicklung:

- 1 Neue Technologien
- 2 Storage goes system
- 3 Multi-use Modelle

Aktuelle Entwicklung: Neue Technologien kommen

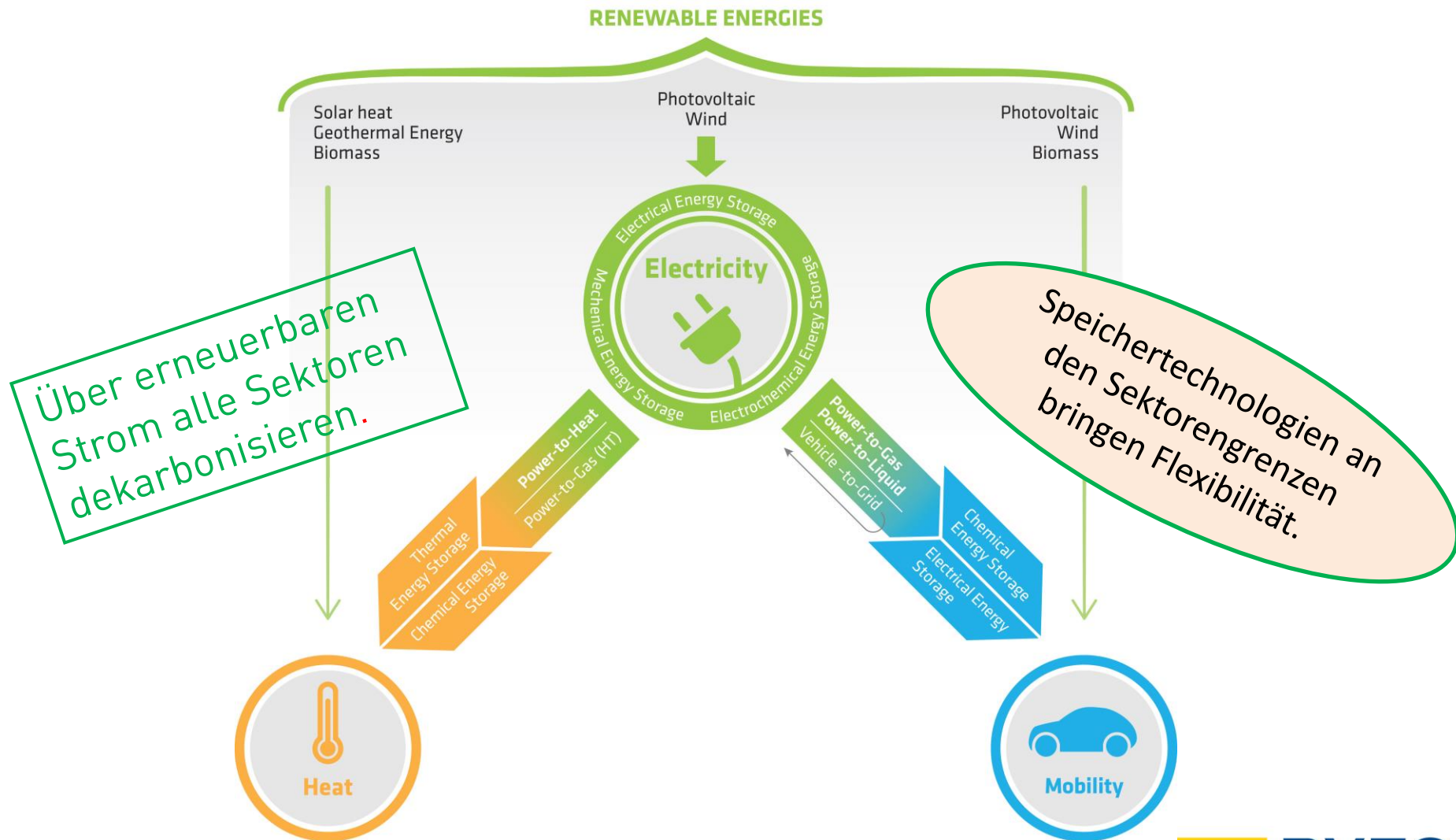


- Hydrogen
- Power to Gas
- Redox flow
- Super-capacitors
- Schwungräder
- + Thermische Speicher



Technologieentwicklung schreitet schnell voran und bringt die individuellen Vorteile der Technologien in den Vordergrund und in die Anwendung.

Aktuelle Entwicklung: Systemische Sektorenkopplung



Aktuelle Entwicklung

Kombination verschiedener (Speicher)Technologien und Sektoren

Combination of technologies:

- PV
- battery storage
- heat pump
- electrical storage heating
- EVs



STROM + WÄRME + KÄLTE +
MOBILITÄT



→ Intelligentes Energiemanagement

Aktuelle Entwicklung

Kombination verschiedener (Speicher)Technologien und Sektoren

PV + Wind + Biogas + Li-ion Batterie + Redox Flow Batterie + Thermischer Speicher
= 100% Autarkie



Energiekosten: - 0,3 € Cent/Liter Milch

Aktuelle Entwicklung

Kombination mehrerer Anwendungen – „Multi-Use-Modelle“

NEU + zusätzliche Anwendung: FAST CHARGING INFRASTRUCTURE



Schlüssel ist Schnellladeinfrastruktur

Leistungserhöhung durch Pufferspeicher
Grundproblem und Lösung bereits lange bekannt.

Geringe Leistung (lange Zeitdauer)

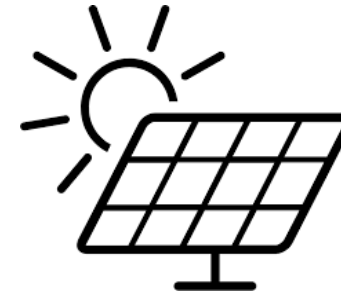


Hohe Leistung (geringe Zeitdauer)



Ohne Wasserspeicher lange Nachladezeiten

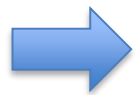
Übertragen auf Heute/Zukunft



Ladeleistung bis zu 350 kW / 400 kW

..regionale Anwendungen unterstützen, regionale Wirtschaft unterstützen...

- Verkehrskonzepte
- ÖPNV
- Neue Mobilität
- Baustellenmanagement
- Energiekonzepte für Stadtfeste, Festivals
- Städtische Betriebe



Energiewende bürgernah,
mit regionaler Wertschöpfung.



Neue Geschäftsmodelle - Neue Wertschöpfung



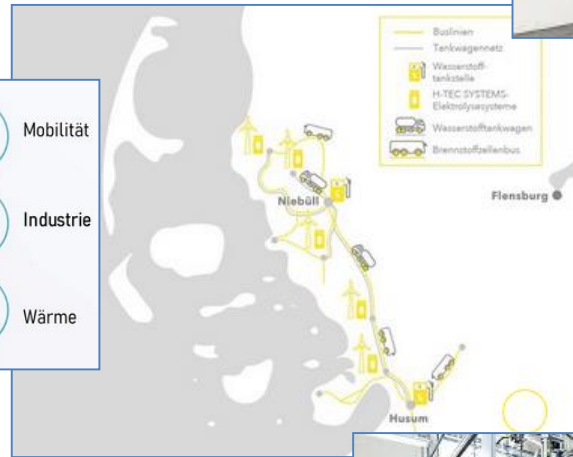
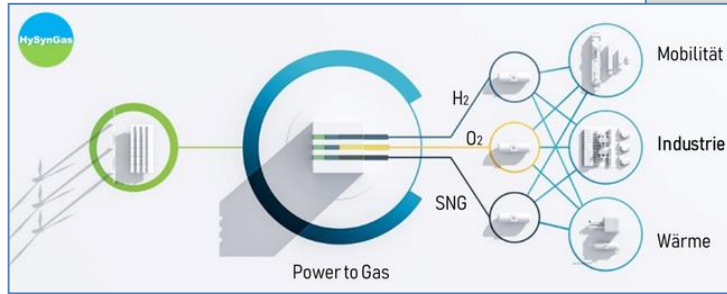
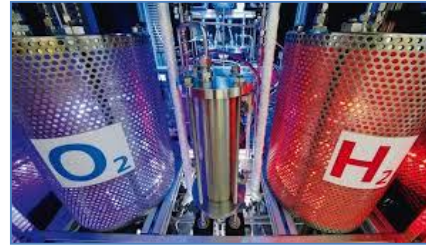
Vattenfall
64.080 Follower
1 Tag

Der mobile Batteriespeicher verstärkt das Netz dort, wo es am dringendsten notwendig wird. Nach der Ski-WM im nordschwedischen Are geht es zum nächsten Einsatz bei der Elektroauto-Rallye in Jokkmokk.



Elektroauto-Rallye – nächste Station für Batteriespeicher

Neue Geschäftsmodelle - Neue Wertschöpfung



Agenda

- BVES – Bundesverband Energiespeicher
- Speichertechnologien und Anwendungen
- Aktuelle Geschäftsmodelle und Trends
- **Recycling und Wiederverwendung**

Gegenstand der Betrachtungen

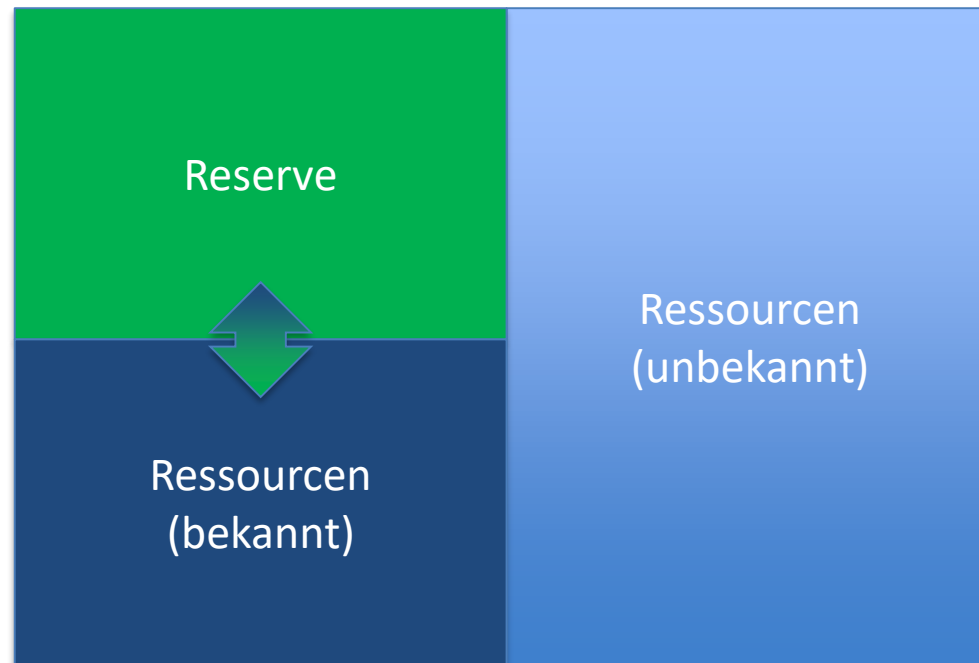
	I. Hauptgruppe	II. Hauptgruppe	3. Nebengruppe	4. Nebengruppe	5. Nebengruppe	6. Nebengruppe	7. Nebengruppe	8. Nebengruppe	1. Nebengruppe	2. Nebengruppe	III. Hauptgruppe	IV Hauptgruppe	V Hauptgruppe	VI. Hauptgruppe	VII. Hauptgruppe	VIII. Hauptgruppe						
	Alkalimetalle	Erdalkalimetalle	Scandiumgruppe	Titangruppe	Vanadiumgruppe	Chromgruppe	Mangangruppe	Eisen-Plattingruppe	Kupfergruppe	Zinkgruppe	Borgruppe	Kohlenstoffgruppe	Stickstoffgruppe	Sauerstoffgruppe	Halogene	Edelgase						
1. K	1 H Wasserstoff 1,00794 -259,14 2,2 -252 0,0899															2 He Helium 4,002602 -272,2 -268 0,1785						
2. L	3 Li Lithium 6,941 180,54 1,0 1342 0,534	4 Be Beryllium 9,012182 1287 1,5 2469 1,848															5 B Bor 10,81 2076 2,0 3927 2,460	6 C Kohlenstoff 12,011 3547 1,2 5, 4830 3,514	7 N Stickstoff 14,0067 -210,1 3,1 -195,79 1,17	8 O Sauerstoff 15,999 -218,3 3,5 -182,9 1,33	9 F Fluor 18,9984032 -253,6 6,1 -188 1,6965	10 Ne Neon 20,1797 -248,61 -246 0,8999
3. M	11 Na Natrium 22,98977 97,72 1,0 883 0,968	12 Mg Magnesium 24,3050 650 1,2 1090 1,738															13 Al Aluminium 26,981538 1410 1,7 660,32 1,5 2467 2,7	14 Si Silicium 28,085 1410 1,7 2355 2,336	15 P Phosphor 30,97376 442 2,1 277 1,83	16 S Schwefel 32,06 115,21 2,4 -101,5 2,8 -34,04 3,214	17 Cl Chlor 35,45 -101,5 2,8 -34,04 3,214	18 Ar Argon 39,948 -189,3 -185 1,7837
4. N	19 K Kalium 39,0983 63,38 0,9 759 0,856	20 Ca Calcium 40,078 842 1,0 1484 1,55	21 Sc Scandium 44,95591 1541 1,2 2830 2,585	22 Ti Titan 47,867 1668 1,3 3287 4,50	23 V Vanadium 50,9415 1910 1,5 3407 6,11	24 Cr Chrom 51,9961 1907 1,6 2671 7,14	25 Mn Mangan 54,938049 1246 1,6 2061 7,43	26 Fe Eisen 55,845 1538 1,6 2861 7,874	27 Co Cobalt 58,93320 1495 1,7 2730 8,908	28 Ni Nickel 58,6934 1455 1,8 2730 8,908	29 Cu Kupfer 63,546 1084,62 1,8 2927 8,92	30 Zn Zink 65,409 419,53 1,7 907 7,14	31 Ga Gallium 69,723 29,76 1,8 2204 5,904	32 Ge Germanium 72,63 938 3,2 0 2820 5,323	33 As Arsen 74,92159 81 7,2 614 5,72	34 Se Selen 78,96 221 2,5 685 4,819	35 Br Brom 79,904 59 3,1226	36 Kr Krypton 83,798 -157,36 -153,22 3,733				
5. O	37 Rb Rubidium 85,4678 39,31 0,9 688 1,532	38 Sr Strontium 87,62 777 1,0 1382 2,63	39 Y Yttrium 88,90585 1526 1,1 3336 4,472	40 Zr Zirkonium 91,224 1857 1,2 4409 6,501	41 Nb Niob 92,90638 2477 1,2 4744 8,57	42 Mo Molybdän 95,94 2623 1,3 4639 10,28	43 Tc Technetium 98,9063 2157 1,4 4265 11,5	44 Ru Ruthenium 101,07 2334 1,4 4150 12,37	45 Rh Rhodium 102,90550 1964 1,5 3695 12,38	46 Pd Palladium 106,42 1554 9,14 2963 11,99	47 Ag Silber 107,8682 961,78 1,4 2162 10,49	48 Cd Cadmium 112,411 321,07 1,5 767 8,65	49 In Indium 114,818 156,598 5,15 2072 7,31	50 Sn Zinn 118,710 231,93 1,7 2602 7,29	51 Sb Antimon 121,750 630,63 1,8 1587 6,697	52 Te Tellur 127,60 449,51 2,0 988 6,24	53 I Iod 126,90447 113,70 2,2 184,3 4,94	54 Xe Xenon 131,293 -111,7 -108,5 8,982				
6. P	55 Cs Caesium 132,90545 28,44 0,9 671 1,90	56 Ba Barium 137,327 727 1,0 1870 3,62		72 Hf Hafnium 178,49 2232 3,2 4603 13,28	73 Ta Tantal 180,9479 3017 1,3 5458 16,65	74 W Wolfram 183,84 3422 1,4 5555 19,3	75 Re Rhenium 186,207 3186 1,5 5596 21,0	76 Os Osmium 190,23 3130 1,5 5000 22,59	77 Ir Iridium 192,22 2496 1,6 4428 22,56	78 Pt Platin 195,084 1768 3,1 4 382 5 21,45	79 Au Gold 196,966569 1064 18 1,4 2856 19,32	80 Hg Quecksilber 200,59 -389,8 1,5 356,7 3 13,54	81 Tl Thallium 204,38 1473 11,85	82 Pb Blei 207,2 327,43 1,6 1749 11,342	83 Bi Bismut 208,98038 271 3,17 1564 9,78	84 Po Polonium 209,98 254 1,8 962 9,196	85 At Astat 209,9871 [302] 2,0 [370] 6,75	86 Rn Radon [222] -71 -61,89 7,3				
7. Q	87 Fr Francium [223 0197] [27] 0,9 [677]	88 Ra Radium 226 700 1,0 1737 5,5		104 Rf Rutherfordium 261,1087 [2100] [5500] 18,1	105 Db Dubnium 262,1138 [2500] [5500]	106 Sg Seaborgium 263,1182	107 Bh Bohrium 262,1229	108 Hs Hassium [265]	109 Mt Meitnerium [268]	110 Ds Darmstadtium [281]	111 Rg Roentgenium [280]	112 Cn Copernicium [277]	113 Uut Ununtrium [287]	114 Uuq Ununquadium [289]	115 Uup Ununseptium [288]	116 Uuh Ununhexium [289]	117 Uus Ununseptium [294]	118 Uuo Ununoctium [294]				
6. P	57 La Lanthan 138,9055 920 1,1 3470 6,17	58 Ce Cer 140,116 795 1,1 3360 6,773	59 Pr Praseodym 140,90765 935 1,1 3290 6,475	60 Nd Neodym 144,24 1024 1,1 3100 7,003	61 Pm Promethium [145] [1042] 1,1 [3000] 7,22	62 Sm Samarium 150,36 1072 1,1 1803 7,536	63 Eu Europium 151,964 826 1,0 1527 5,245	64 Gd Gadolinium 157,25 1312 1,1 3250 7,886	65 Tb Terbium 158,92534 1356 1,1 3230 8,253	66 Dy Dysprosium 162,50 1407 1,1 2567 8,559	67 Ho Holmium 164,93032 1461 1,1 2720 8,78	68 Er Erbium 167,259 1529 1,1 2868 9,045	69 Tm Thulium 168,93421 1545 1,1 1950 9,318	70 Yb Ytterbium 173,04 824 1,1 1196 6,973	71 Lu Lutetium 174,967 1652 1,1 3402 9,84							
7. Q	89 Ac Actinium 227,0278 1050 1,0 3300 10,07	90 Th Thorium 232,0381 1755 1,1 4788 11,724	91 Pa Protactinium 231,03688 [1590] 1,1 [4026] 15,37	92 U Uran 238,0289 1133 1,2 3930 19,16	93 Np Neptunium 237,0482 639 1,2 3902 20,45	94 Pu Plutonium 244,0642 638 1,2 3230 19,816	95 Am Americium 243,061375 1176 1,2 2607 13,67	96 Cm Curium 247,0703 1340 1,1 3110 13,51	97 Bk Berkelium [247] [986] 1,2 14,78	98 Cf Californium [251] [900] 1,2 15,1	99 Es Einsteinium [252] [860] 1,2 996 [8,84]	100 Fm Fermium [257] [900] 1,2 [3000] 13,5	101 Md Mendelevium [258] [827] 1,2	102 No Nobelium [259] [827] 1,2	103 Lr Lawrencium [262] [1627] 1,2							

Quelle: Soltuvu, mediawiki

Elemente, die in Lithium Ionen Akkumulatoren bzw. Lithium-Gewinnung verwendet werden (blau umrandet). Sogenannte seltene Erden (schwarz umrandet) kommen in der Akku-Zellproduktion nicht zum Einsatz.

Rohstoffe, Ressourcen, Reserven

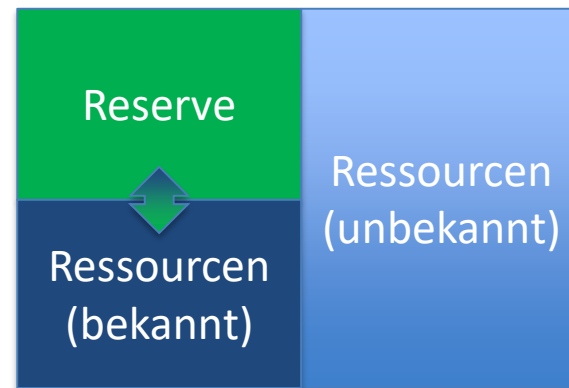
- **Rohstoffe:** unbearbeitete in der Natur vorkommende Stoffe, die abgebaut, gefördert und weiterverarbeitet werden.
- **Reserve:** vorhandene Menge eines Rohstoffs, der mit verfügbaren Methoden wirtschaftlich abgebaut werden kann.
- **Ressource:** größtmögliche zur Verfügung stehende Menge eines Rohstoffs; z.B. bereits entdeckte Rohstoffmengen oder auch Häufigkeit eines Elements.



Rohstoff, Ressourcen, Reserven

- Reserven:

- 14.000.000 t Lithium bzw. 77.000.000 t LCE (USGS 2017)



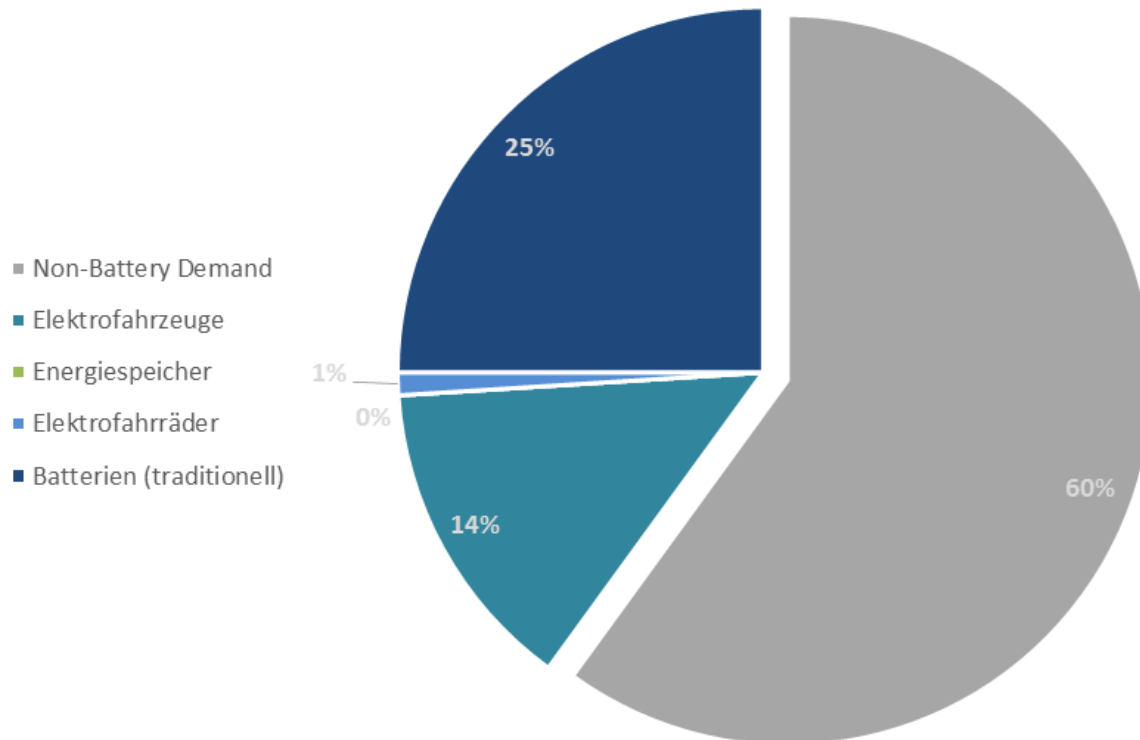
- Bekannte Ressourcen:

- 48.000.000 t Lithium bzw. 255.000.000 t LCE (USGS 2017)
- 23.600.000 t Lithium bzw. 125.600.000 t LCE (2012 *)
- *Lithium im Meerwasser: geschätzt 240 Mrd. t Lithium*

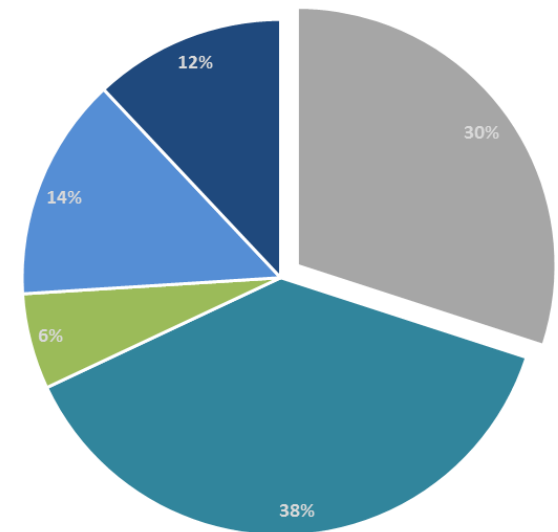
* Minerals 2012 - Lithium Resources and Production: Critical Assessment and Global Projections

Bedarf - Verwendung von Batterien

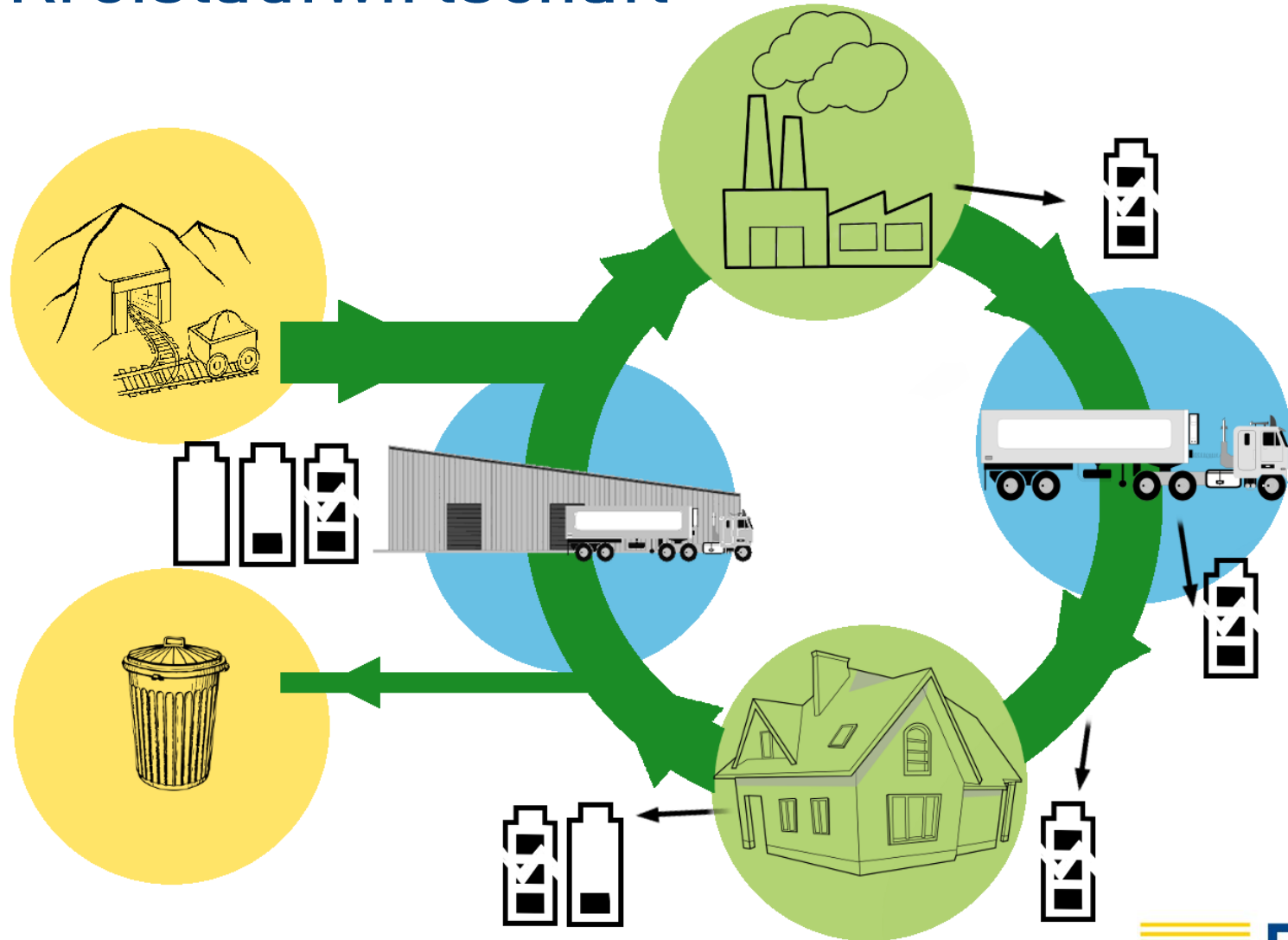
Lithiumverwendung 2015
Gesamtbedarf 184.000 t LCE
DB Research 2016



Lithiumverwendung 2025
534.000 t LCE
Forecast DB Research 2016

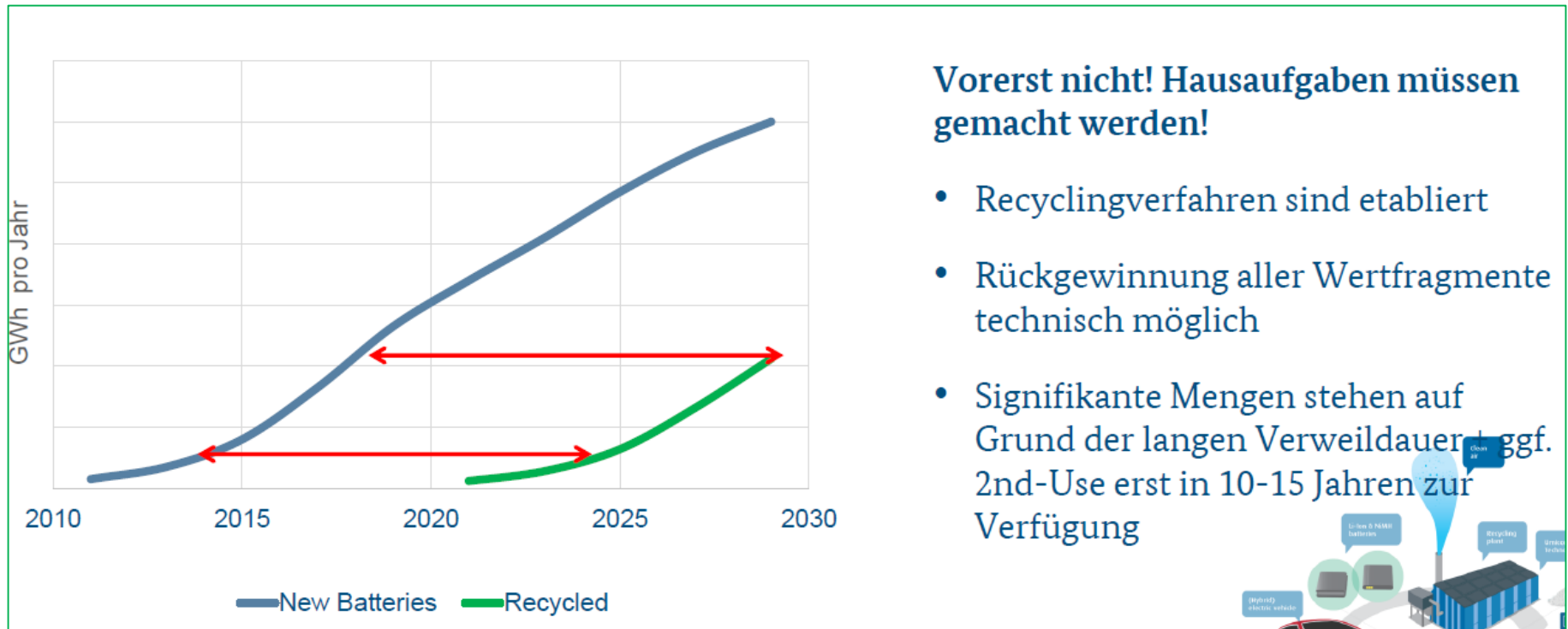


Kreislaufwirtschaft



Recyclingverfahren und Stoffströme vorhanden?

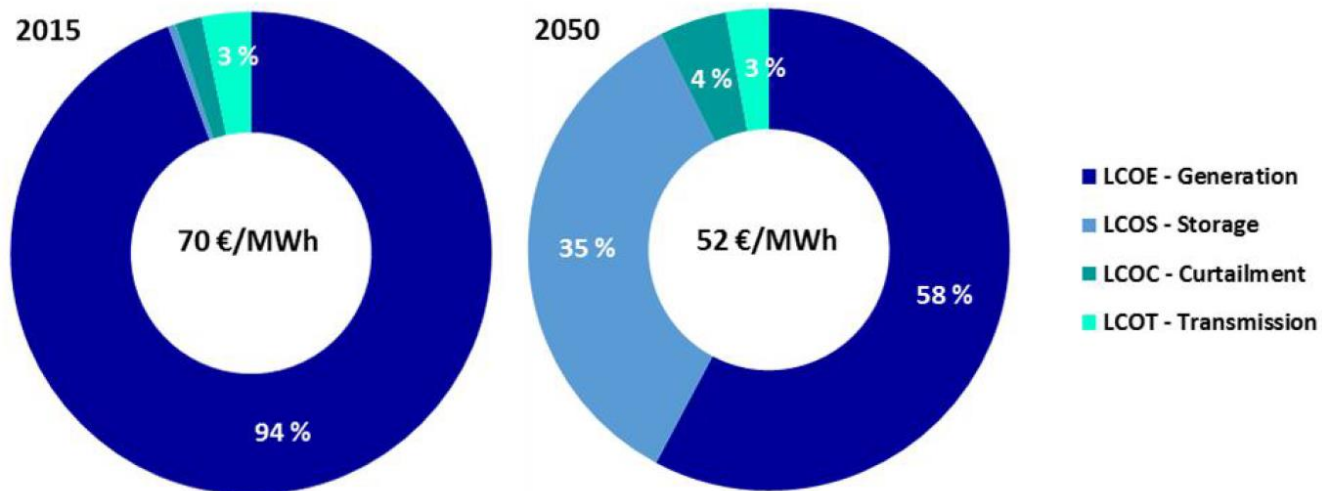
50



Zeitliche Verzögerung wegen langer Nutzungsdauer.

Umstellung der Energiesysteme

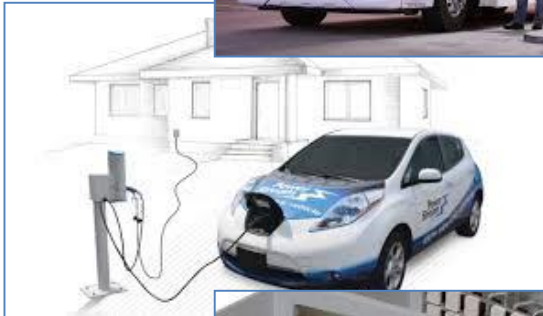
- Gesamtverlust an Endenergie eines 100% EE Systems mit 26% geringer als das heutige Energiesystem mit 58% Verlust an Primärenergie
- Kosten zudem, trotz notwendiger Speicherung, deutlich günstiger



Quelle: Nov. 2017; LUT + EnergyWatchGroup; Global Energy System Based on 100% Renewable Energy – Power Sector

Zum Schluss...

- Rohstoffe für Li-Ionen-Batterien sind ausreichend vorhanden.
- Keine "Seltenen Erden" enthalten.
- Rücknahme rechtlich gesichert. Recycling technisch möglich, hängt vom Stoffstrom ab.
- 2nd Use von Batterien temporär gute Weiternutzung.
- Vehicle to Grid hat es schwer aus tatsächlichen, rechtlichen und finanziellen Gründen.
- Vehicle to home eher möglich.
- PKW zukünftig weit überwiegend Batterie-elektrisch.
- Wasserstoff und Brennstoffzellen-elektrisch bei Flotten, Bussen, LKW, Schiffen, Luftfahrt





CONTRIBUTE YOUR ENERGY TO STORAGE.

Join the leading association focused on energy storage.

www.bves.de



BVES

BUNDESVERBAND
ENERGIESPEICHER

Energiebedarf Elektromobilität



Energie für 100KM ca. 20KWh (TESLA Model S)
=> 1KM benötigt ca. 0,2KWh

- 20.000 KM pro Jahr entsprechen dann: $20.000\text{KM} * 0,2\text{KWh} = 4.000\text{KWh}$
- 4.000KWh sind 4MWh (pro Jahr und Auto bei 20.000KM Fahrleistung). Der Jahresertrag einer 4KWp Solaranlage auf einem Reihenhaus!
- 1.000 Autos benötigen dann 4.000MWh = 4 GWh pro Jahr.
- 1.000.000 Autos benötigen dann 4.000 GWh = 4 TWh pro Jahr
- 10 Mio. Autos benötigen damit **40TWh** pro Jahr

Deutschland hat 2016 mehr als **50TWh** an Überschuss exportiert und dazu noch Windräder und Einspeisungen abgeregelt.

Fazit: Die Elektromobilität leidet nicht am Mangel elektrischer Energie.