



Grundlagen der Photovoltaik

Dr.-Ing. Reinhard Mattick

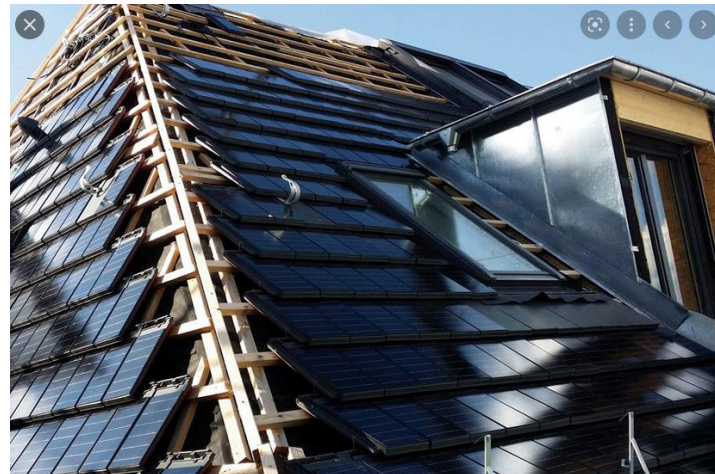
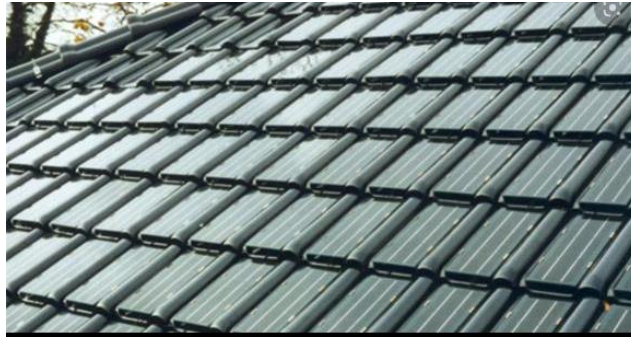
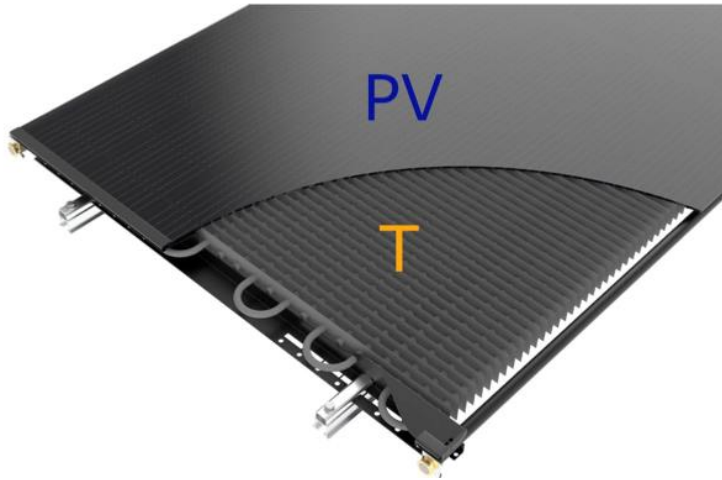
Solarzellen

- Erzeugen Gleichstrom aus Sonnenlicht
- Modulgröße in der Regel 1,0 m X 1,7 m
- Monokristalline Glas-Folienmodule werden am häufigsten verwendet
- Glas/Glas Module haben auch auf der Rückseite Glas, sind langlebiger
- Halbzellenmodule bestehen aus 120 Halbzellen, an Stelle der 60 Zellen bei den anderen Typen, haben höhere Leistung
- Glas-Folienmodule sind am günstigsten



Abbildung 13: Glas-Folienmodul, Glas-Glas-Modul, Halbzellenmodul

Sonderbauformen von Solarmodulen



Definition: Was ist ein kWp (Kilowatt-Peak)

- Spitzenleistung eines Solarmoduls/einer Solaranlage unter Standard-Testbedingungen
- Standard-Testbedingungen: Solarstrahlung 1.000 W/m^2 und 25°C Modultemperatur
- 1 kWp sind 1.000 Wp

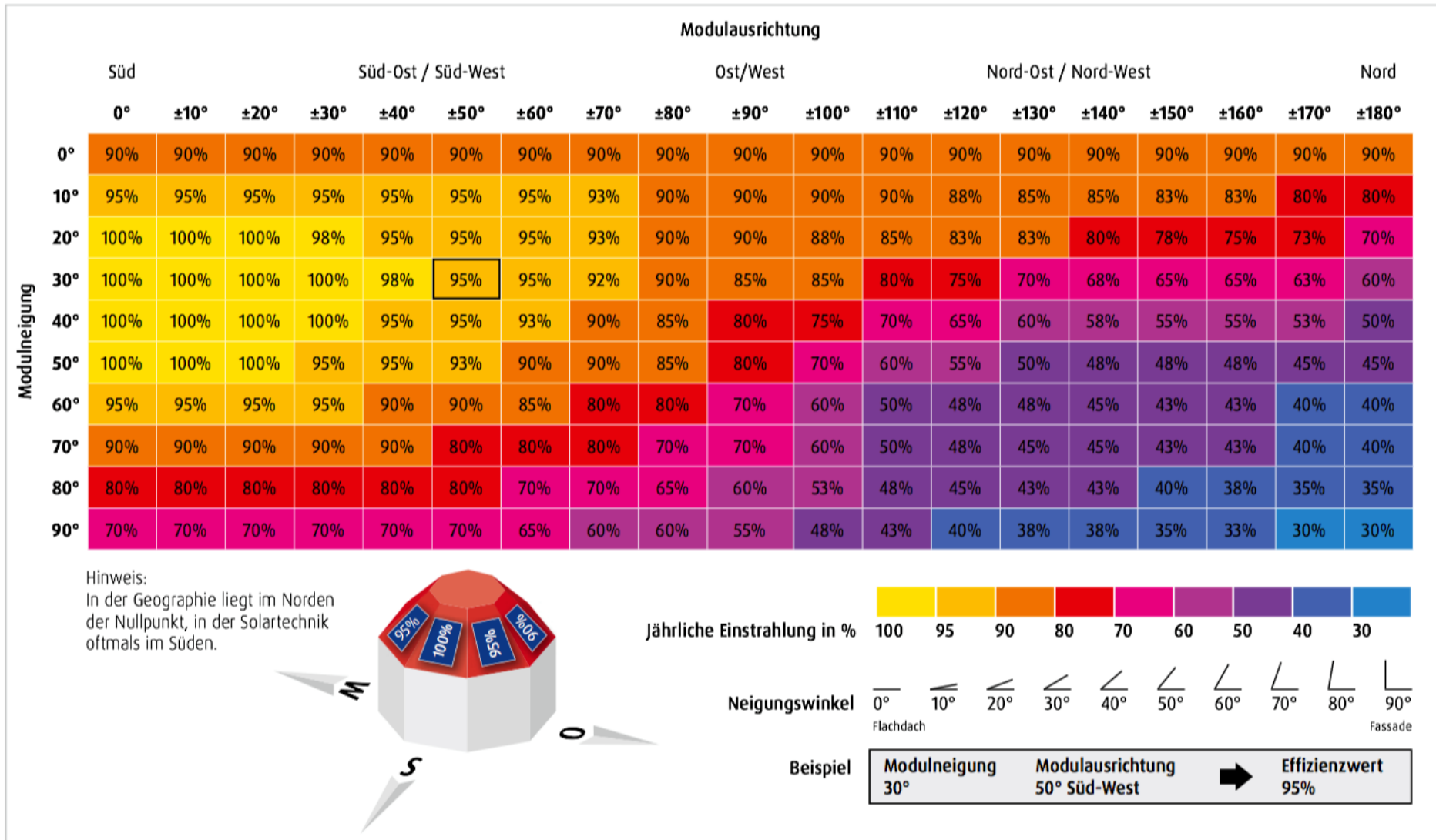
Örtliche Globalstrahlung



Abbildung 4: Globalstrahlungskarte Deutschland

Bundesländer Deutschland	kWh/(kWp x a)
Baden-Württemberg	990
Bayern	950
Berlin und Brandenburg	910
Hessen	940
Mecklenburg-Vorpommern	920
Hamburg, Bremen u. Niedersachsen	900
Nordrhein-Westfalen	900
Rheinland-Pfalz	950
Saarland	970
Sachsen	950
Sachsen-Anhalt	950
Schleswig-Holstein	900
Thüringen	930

Modulleistung in Abhängigkeit von der Ausrichtung

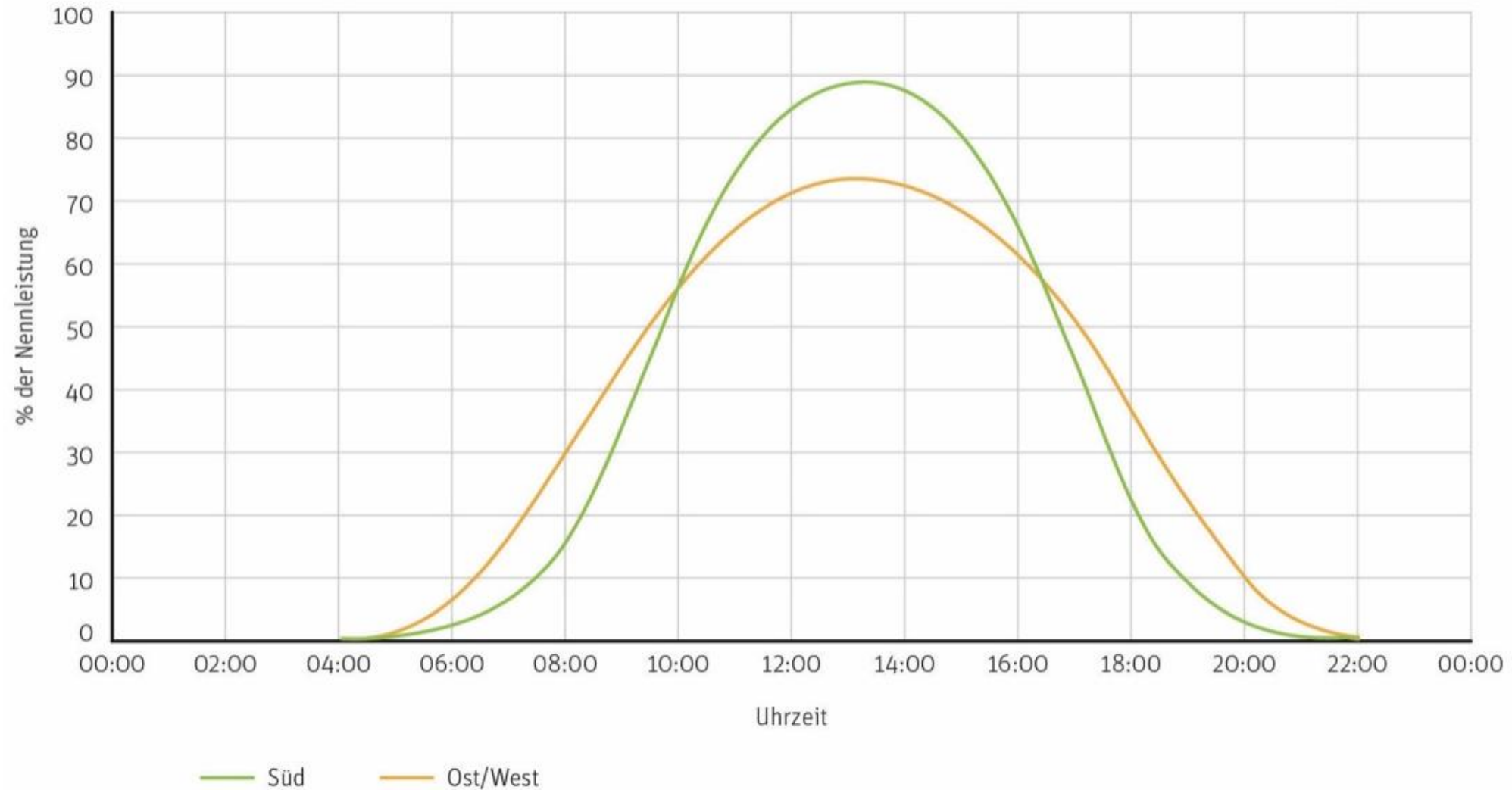


Beispiele: Süd/30°: 100%

Ost/West/30°: 85%

Nord/30°: 60%

Vergleich der Leistung einer Süd-Anlage mit einer Ost/West Anlage



Jahresertragsverteilung

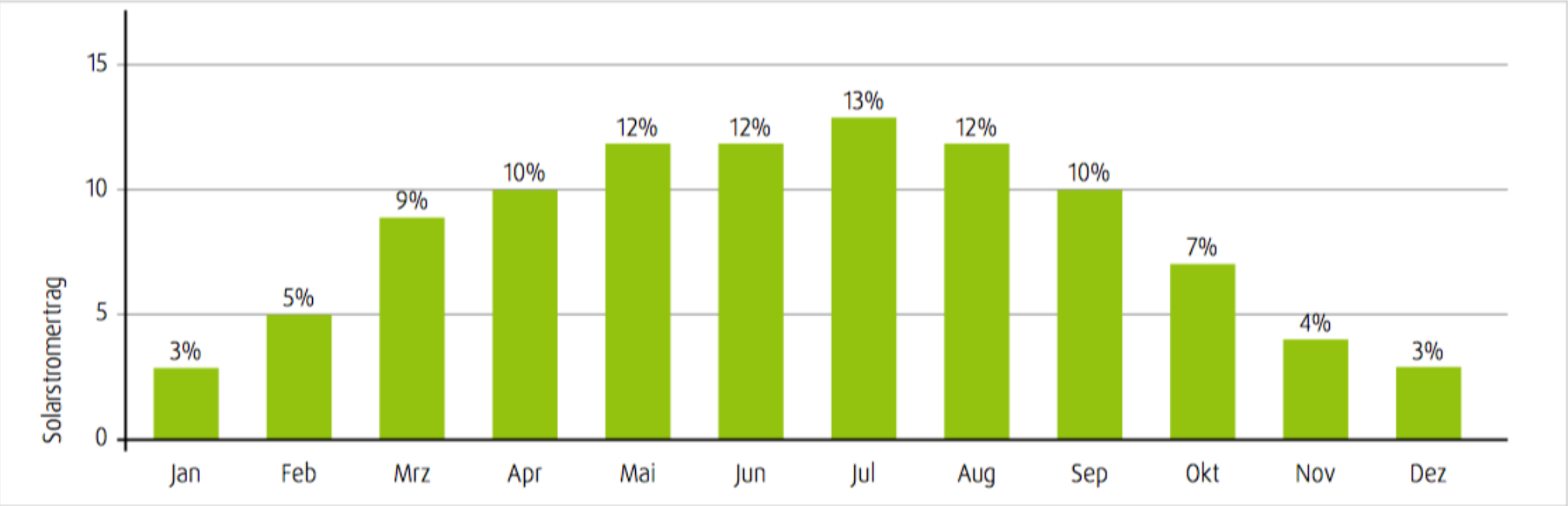
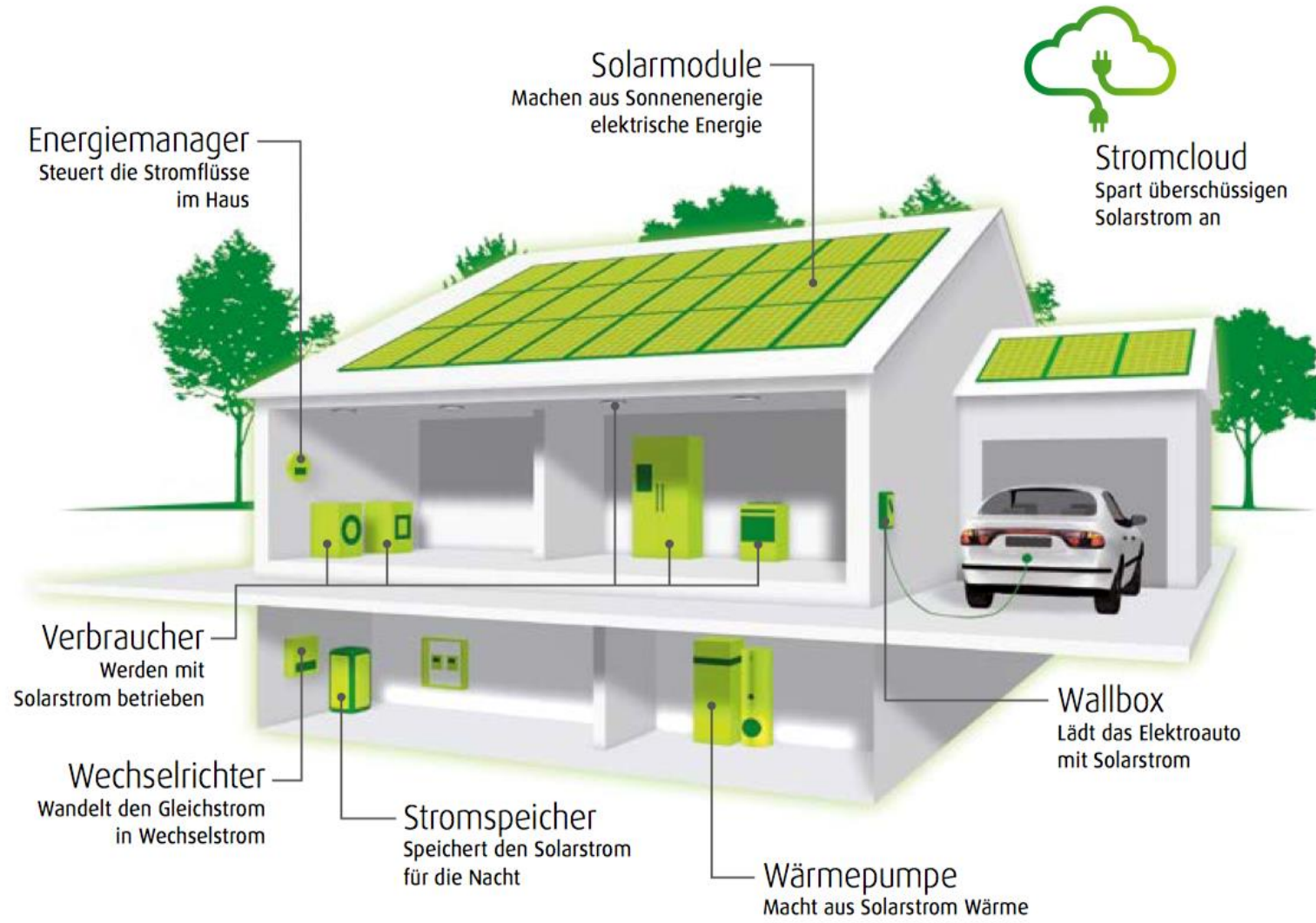
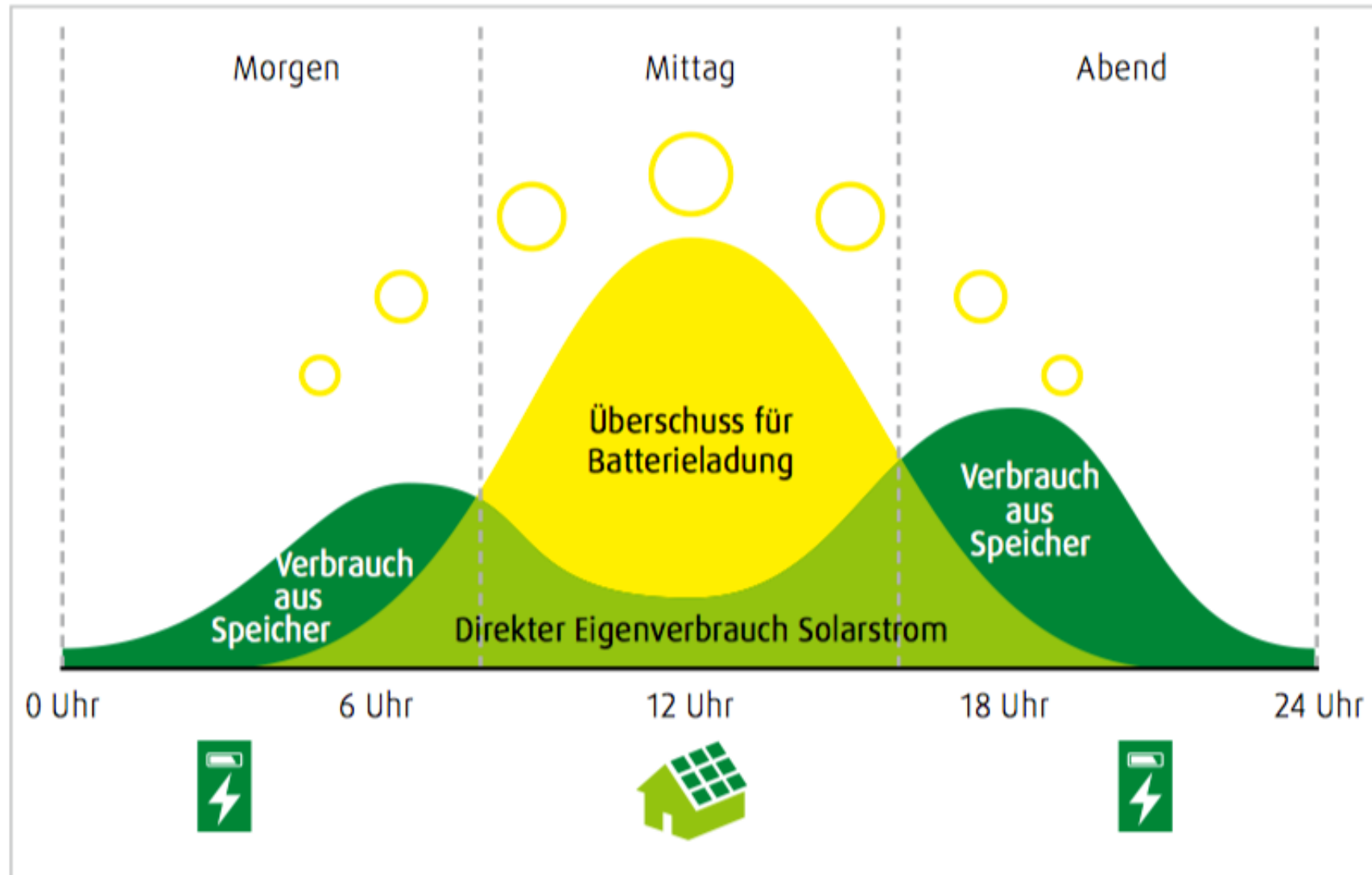


Abbildung 7: Jahresertragsverteilung

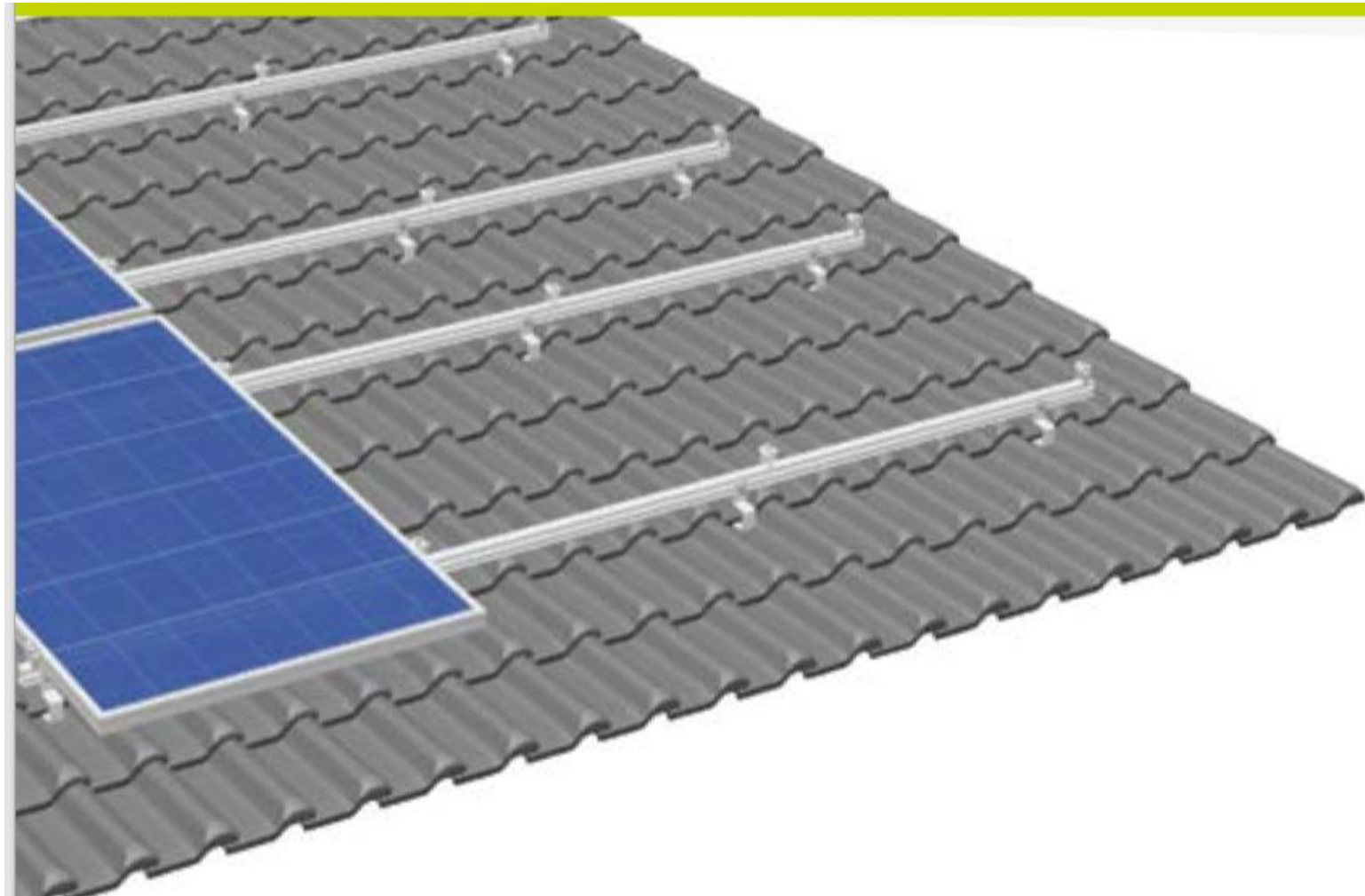
Komponenten einer Photovoltaikanlage im Eigenheim



Verteilung Stromverbrauch und Produktion PV-Anlage



Komponenten der PV-Anlage -- Ziegeldachbefestigung



Komponenten der PV-Anlage -- Flachdachgestelle



Komponenten der PV-Anlage -- Wechselgleichrichter

- Wandelt den Gleichstrom der Solarmodule in Wechselstrom und umgekehrt



Abbildung 21: SolarEdge, Fronius und SMA Wechselrichter

Komponenten der PV-Anlage -- Optimierer

- Bei Verschattung bzw. Teilverschattung Leistungsminderung im ganzen Strang (Verschattung durch Gauben, Schornstein, Bäume oder Nachbarhäuser)
- Abhilfe durch Optimierer für einzelne Module (z.B. von Solaredge, Tigo oder Huawei)



Abbildung 22: Leistungsoptimierer der Firma SolarEdge

Tigo



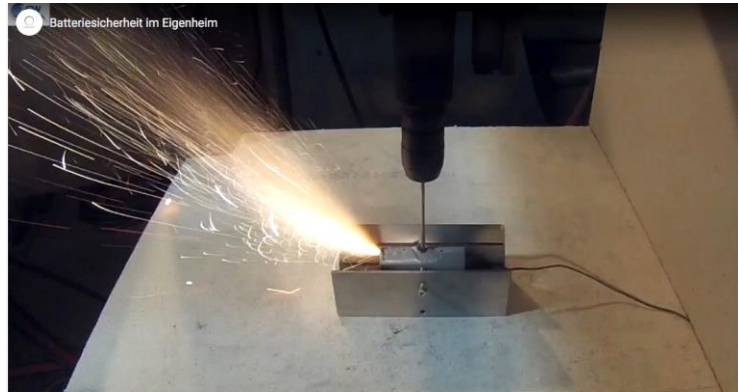
Huawei



Komponenten der PV-Anlage -- Speicherbatterien

- Hauptsächlich werden Lithiumzellen verwendet
- Zwei verschieden Typen: NMC-Zellen und Lithium-Eisenphosphat Zellen
- Auswirkungen von Kurzschluß in den Zellen:

NMC-Zellen



WEITERE VIDEOS Unabhängiger Test einer NMC-Zelle des ZSW Labor für Batterietechnologie in Ulm



WEITERE VIDEOS Unabhängiger Test einer NMC-Zelle des ZSW Labor für Batterietechnologie in Ulm

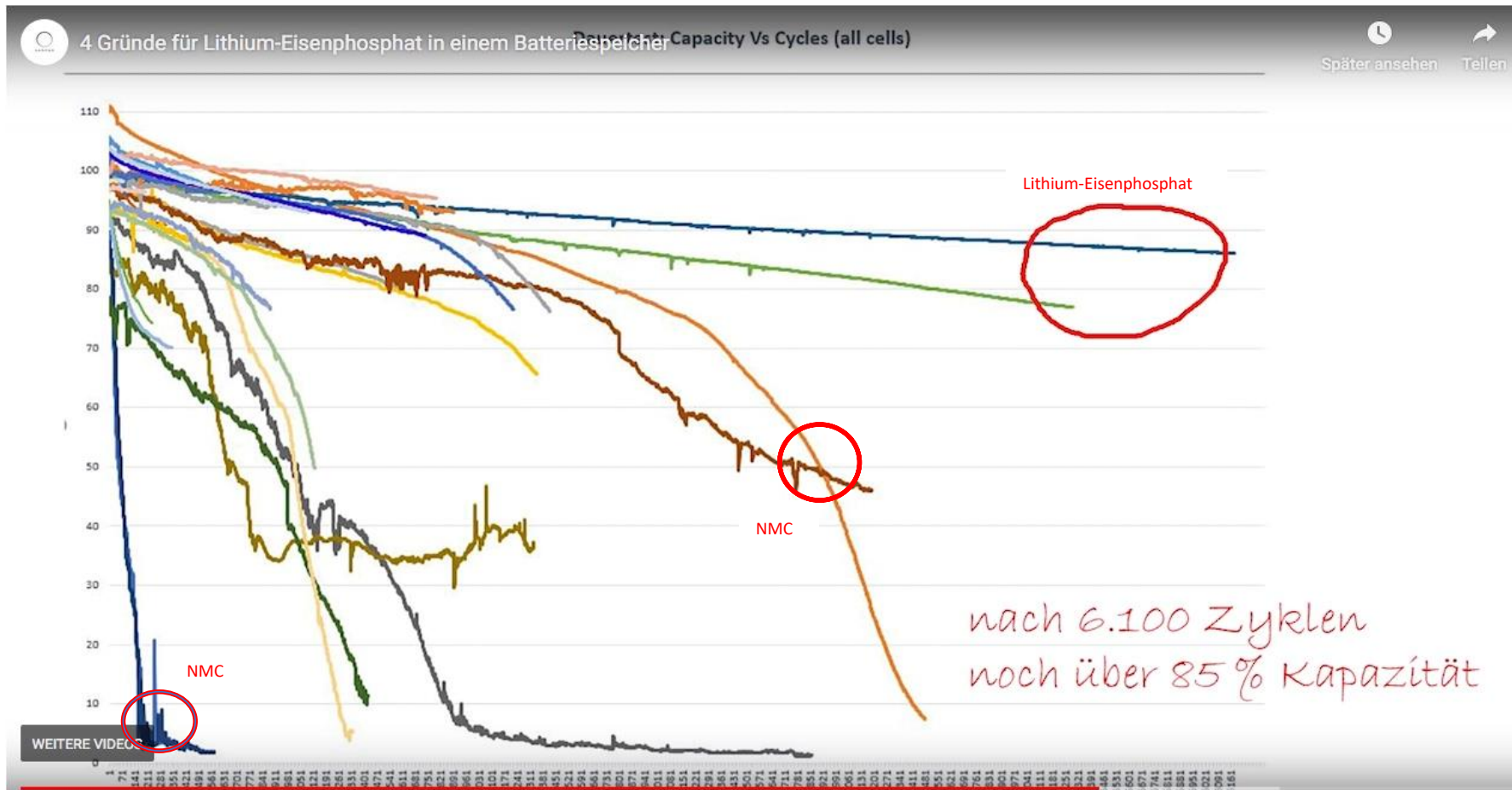
Lithium-Eisenphosphat Zellen



WEITERE VIDEOS Test einer Lithium-Eisenphosphat-Zelle




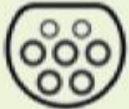
Komponenten der PV-Anlage -- Speicherbatterien

- Leistungsvergleich verschiedener Zellen



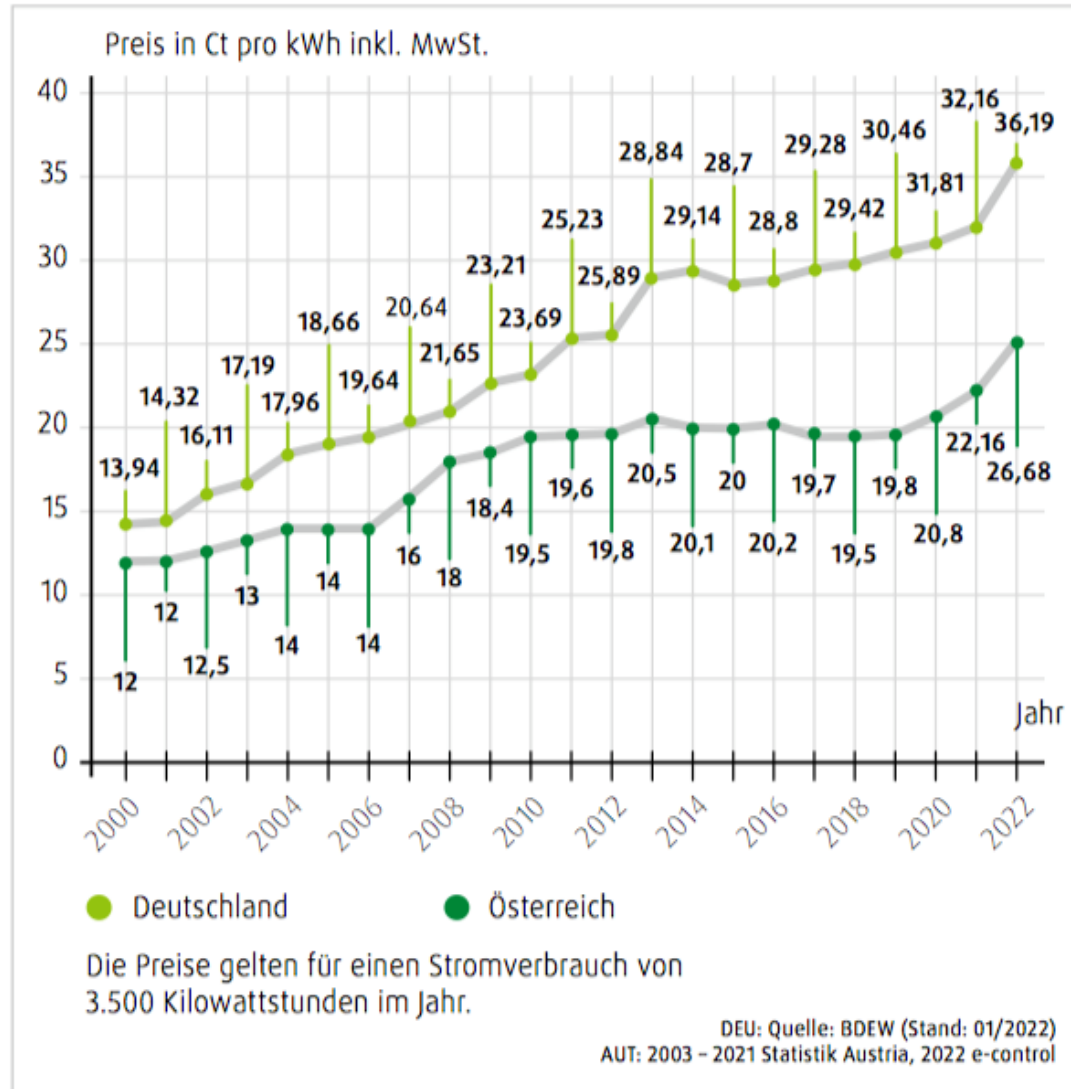
E-Autos laden

- Das E-Auto lässt sich im eigenen Haus auf verschiedenen Arten laden:

Steckertyp	 Schuko-Steckdose	 CEE Steckdose „blau“	 CEE Steckdose „rot“	 Typ 2 Stecker
Ladeleistung	2,3 kW	3,7 kW	11 kW	22 kW
Bemerkung	Normale Haushaltssteckdose: 230 Volt 1-phasig 10A	Der sog. Campingplatzstecker: 230 Volt 1-phasig 16A	Der sog. Starkstromanschluss im Haus: 400 Volt 3-phasig 16 A	Standardstecker für E-Autos in Europa: 400 V 3-phasig 32 A

Hauseitige Ladesteckertypen

Entwicklung der Stromkosten



Stromkosten verschiedener Installationen und Verbräuche

	Beschreibung
Installation 1	ohne PV-Anlage (Strom nur vom Markt)
Installation 2	Mit PV-Anlage ohne Speicher
Installation 3	Mit PV-Anlage und Speicher; ohne Cloud
Installation 4	Mit PV-Anlage und Speicher und Cloud

Stromkosten pro Jahr in €		
Verbrauch /Jahr	5.000	10.000
Installation 1	1.500,00 €	3.000,00 €
Installation 2	843,69 €	1.687,37 €
Installation 3	385,96 €	771,92 €
Installation 4	384,88 €	574,49 €
ca. Kosten ohne Speicher (netto)	7.200 €	13.200 €
ca. Kosten mit Speicher (netto)	14.200 €	24.000 €

Differenz Stromkosten			
Verbrauch (kWh/a)	5.000	10.000	Klärt Frage
1 zu 2	656,32 €	1.312,63 €	Lohnt sich eine PV-Anlage
2 zu 3	457,73 €	915,45 €	Lohnt sich eine Batterie ohne Cloud
2 zu 4	458,81 €	1.112,88 €	Lohnt sich eine Batterie mit Cloud

Amortisationszeiten verschiedener Installationen

	Beschreibung
Installation 1	ohne PV-Anlage (Strom nur vom Markt)
Installation 2	Mit PV-Anlage ohne Speicher
Installation 3	Mit PV-Anlage und Speicher; ohne Cloud
Installation 4	Mit PV-Anlage und Speicher und Cloud

Amortisationszeit der Anlage in Jahren ohne Preissteigerung			
Verbrauch (kWh/a)	5.000	10.000	Erläuterung
1 zu 2	11,0	10,1	Mit PV ohne Speicher zu Strombezug ohne PV
1 zu 3	12,7	10,8	Mit PV und Speicher ohne Cloud zu Strombezug ohne PV
1 zu 4	12,7	9,9	Mit PV und Speicher und Cloud zu Strombezug ohne PV
3 zu 2	15,3	11,8	PV mit Speicher zu PV ohne Speicher ohne Cloud
4 zu 2	15,3	9,7	PV mit Speicher zu PV ohne Speicher mit Cloud

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

Fragen ???

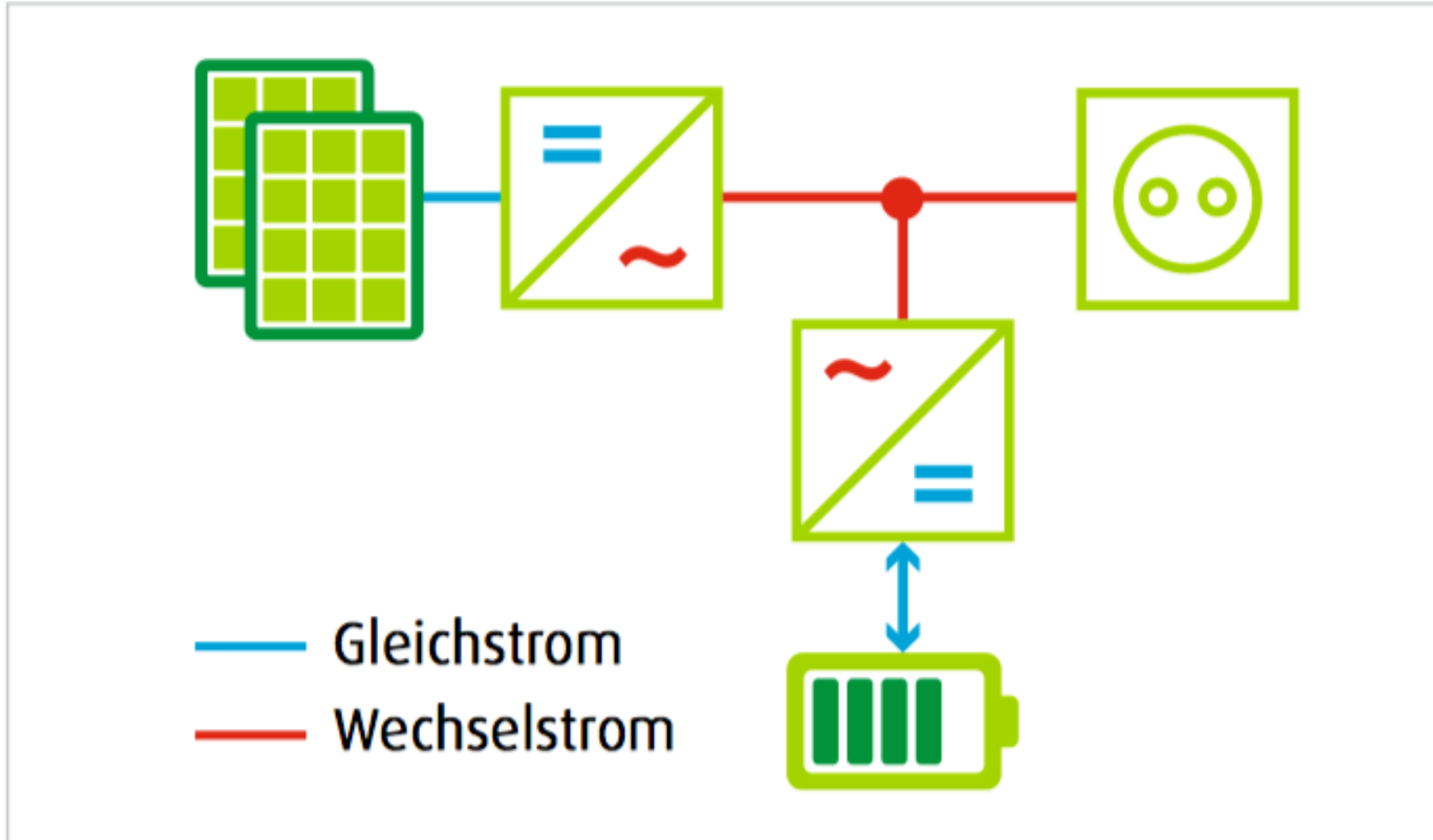
Ergänzungen

Übersicht Strom Cloud Anbieter

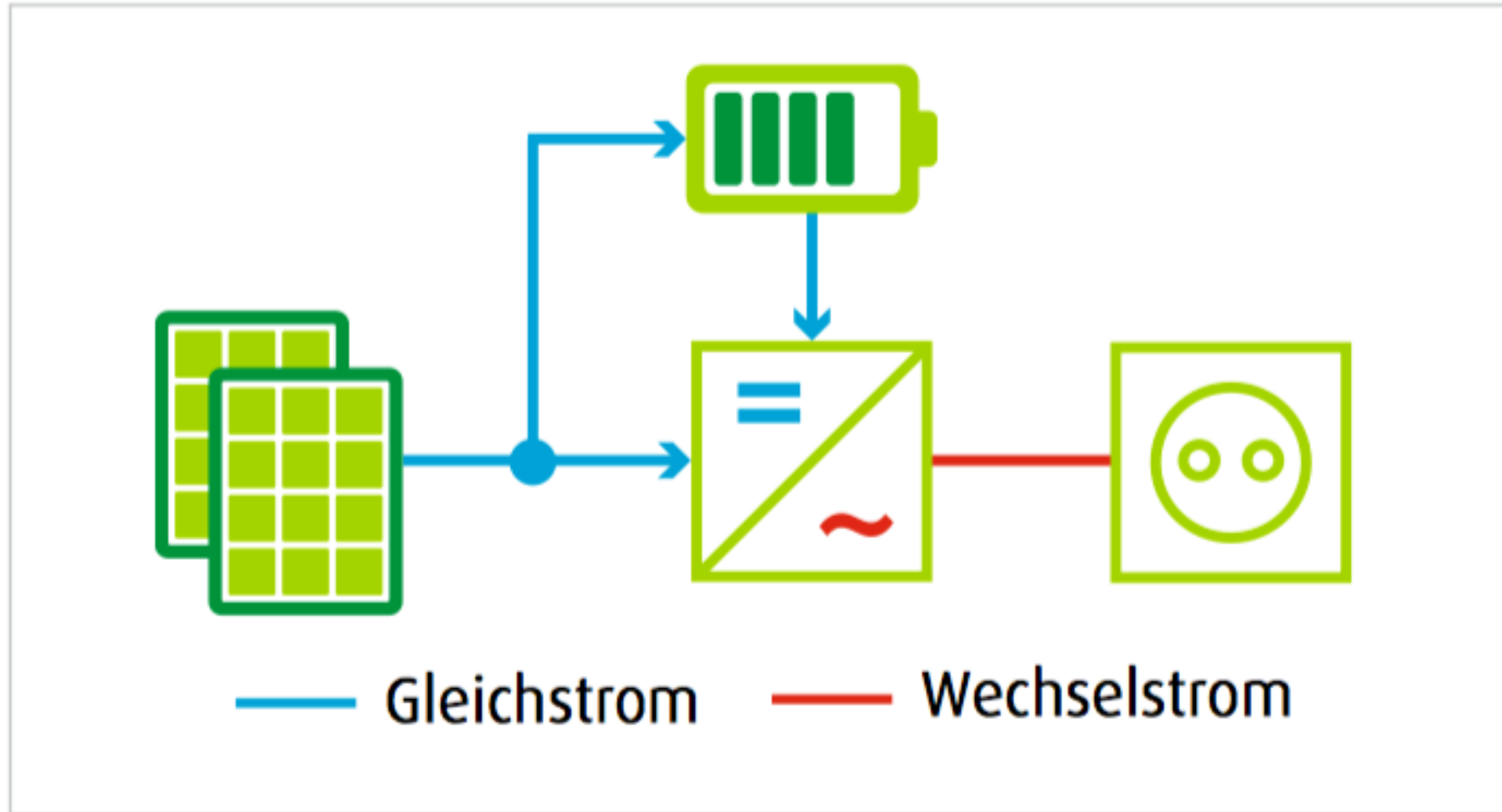


	LICHTBLICK SCHWARMBATTERIE	SONNENFLAT	SENEC STROM CLOUD
<u>monatl. Grundgebühr</u>	Nein	Nein	Nein
Abgabe der Einspeisevergütung?	Ja	Ja	Ja
Gewinnbeteiligung?	Nein	Ja (z.B. 119€/Jahr über 10 Jahre)	Nein
ortsunabhängige Freistrommenge?	Nein	Nein	Ja
<u>unabhängige Komponentenwahl?</u>	Speicher und Wechselrichter frei wählbar	Nein: <u>sonnenBatterie</u> verpflichtend	Nein: <u>senec.Home</u> <u>speicher</u> verpflichtend

AC gekoppelter Speicher (über Wechselstrom gekoppelt)



DC gekoppelter Speicher (über Gleichstrom gekoppelt)



Komponenten der PV-Anlage -- Speicherbatterien

- Hersteller von Lithium-Ionen Speicherbatterien:
- E3-DC
- Fenecon
- Neoom
- RCT Power
- Senec
- SolarWatt
- Sonnen
- Dreiphasige Notstromversorgung als Option bei allen außer SolarWatt