



Die Rolle der Photovoltaik in der Mobilität

Hubert Fechner

FH-Prof. Dipl.Ing., MSc, MAS

Obmann der Österr. Technologieplattform Photovoltaik

Stv. Vorsitzender Photovoltaikprogramms der Internationalen Energieagentur (IEA)

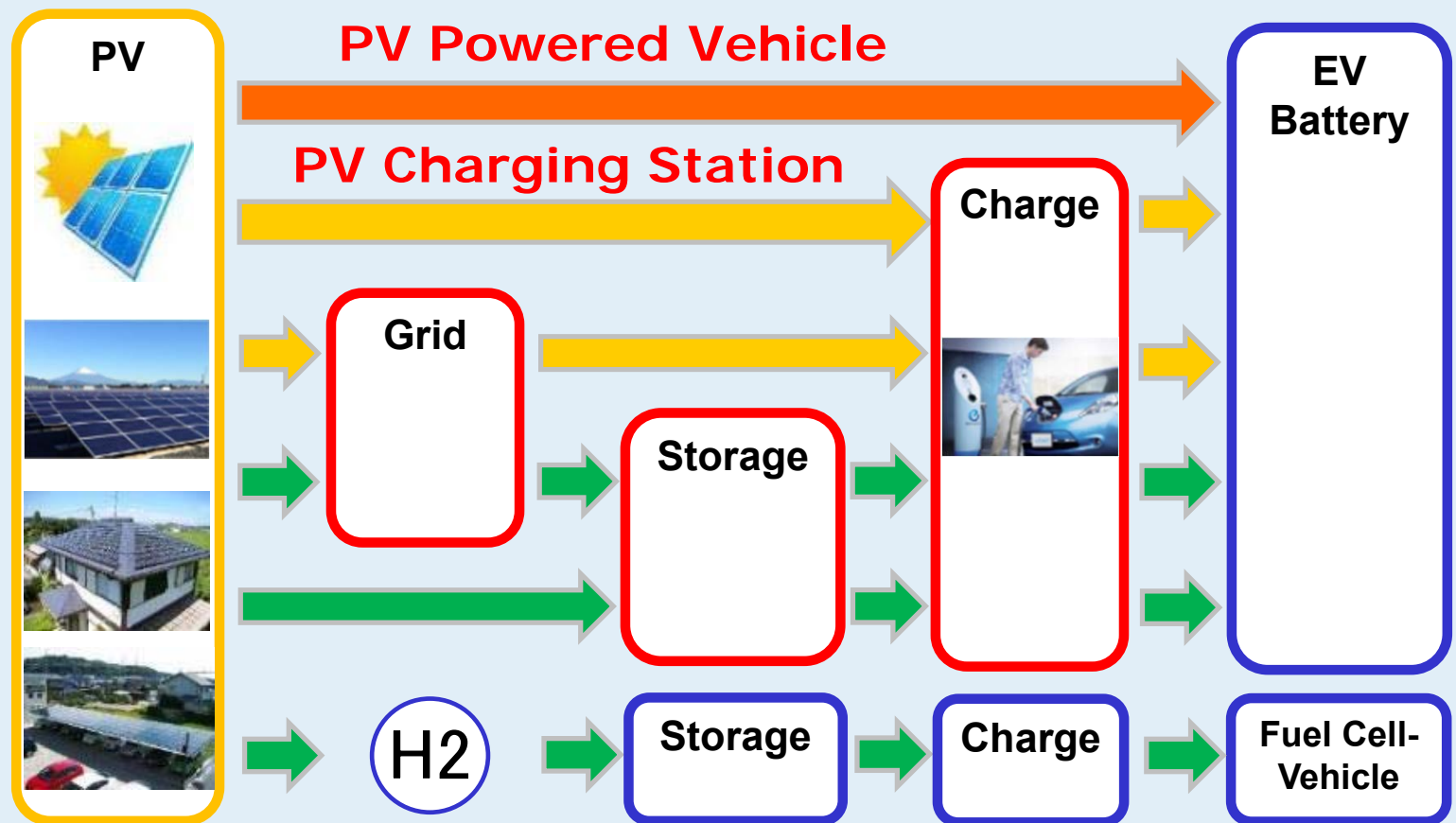
im Auftrag des Österr. Bundesministeriums für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie





Direkte und indirekte Wege, um Fahrzeuge mit PV anzutreiben

- *Integration in Fahrzeuge*
- *Fahrbahn- und Parkraum-überdachung*
- *PV-Schallschutz*
- *Solare Straßenbeläge*
- *Böschungen*
- *PV-Korridore entlang Hochleistungs-Schienen und Straßen*
- *Zwischen Schienen*



In welchen Bereichen der Mobilität wird Photovoltaik direkt oder indirekt eine Rolle spielen

1. Individualmobilität

- PKW , LKW, Fahrrad,...

2. Massenmobilität

- Busse, Schienen- und Flugverkehr

3. Verkehrsinfrastruktur

- Task 17 des IEA PVPS Programmes (PV & Mobility)



Direkte Antriebe mittels Solarzellen

1985: Tour de Sol Schweiz



Seit 2013: World Solar Challenge, Australien





Was bringt die PV direkt am Auto?

Maximal integrierbar PV: 1.300 Watt (z.B. Sion, Sono Motors) – „bis 5.000 km Reichweite/a“ (laut Prospekt)

Realistisch: einige 100km/a – je nach Fahr-, vielmehr aber je nach „Parkverhalten“

Kfz ist typisch ein „Stehzeug“ (ca. 95% der Zeit)



Sion, Sono-Motors,
Projektidee; eingestellt im Februar 2023



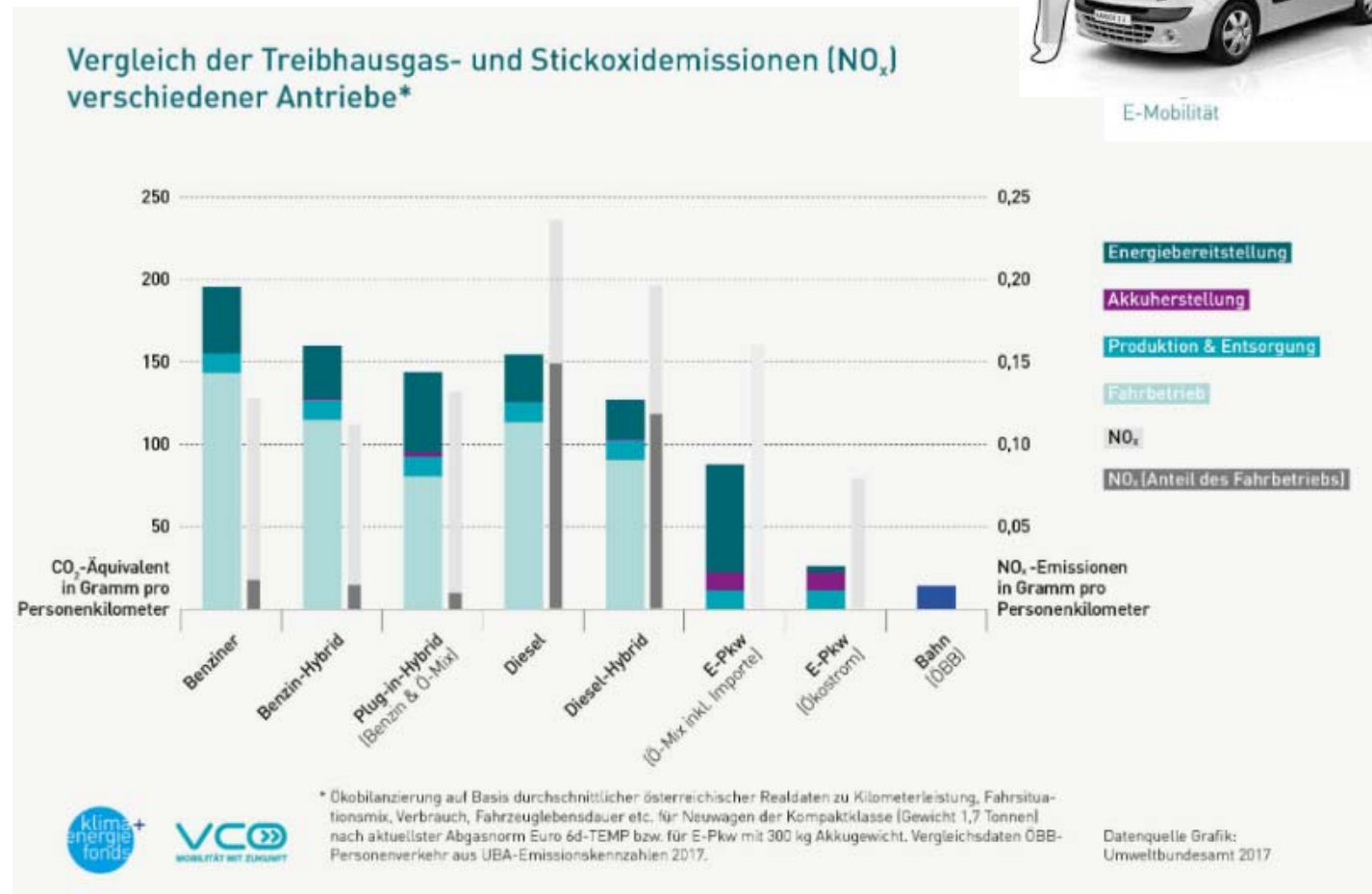
1220 kWp PV...1,2 MWh/a...7.500 km/a maximal

Die Logik der E-Mobilität

- Beim Verbrennungsmotor kommen von der zugeführten Energie (Benzin, Diesel) – weniger als 20% als Antriebsenergie an den Rädern an
- Beim E-Mobil hingegen sind dies bis zu etwa 85%
- Quelle: FAKTENCHECK E-MOBILITÄT des Klima- und Energiefonds und des VCÖ



E-Mobilität

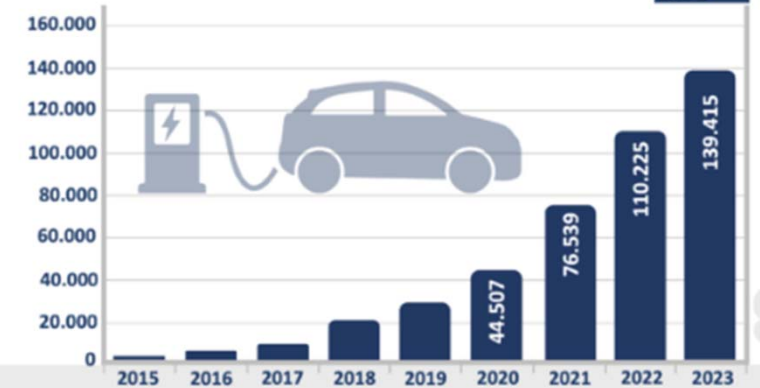


Energiebedarf für 100% E-Mobilität in Österreich

- Alle Fahrzeuge durch Elektrofahrzeuge ersetzt: **+ 10,4 Terrawattstunden** (TWh) [VCÖ Factsheet, VCÖ, 2012] – 1/6tel der **derzeitigen österreichischen Stromabgabe** an Endverbraucher – sinkt bei Effizienzsteigerungen bei E-Mobilen/Maßnahmen zur Reduktion des Individual-Verkehrsaufkommens – **vgl. PV-Ziel lt. ÖNIP: 41 TWh Photovoltaik bis 2040**
- Typischer Jahresfahrzyklus eines Kfz in Österreich: 11.700 km (Vorarlberg) bzw. 14.000 km (Burgenland) – bei Ladung zu Hause und einem Durchschnittsverbrauch von 15 kWh/100km eines E-Mobiles: zusätzlicher Strombedarf von bis zu 2.100 kWh/a. **D.h. zusätzliche 2 kWp PV-Anlage erforderlich.**



E-Autos (BEV) in Österreich 2023
Bestand, Stand 31. August



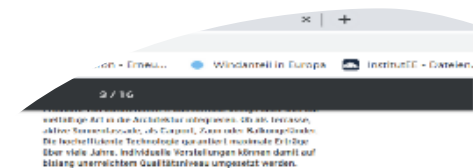
Bundesverband Elektromobilität Österreich (BEO) | Bestand E-Autos (BEV) sowie Hybridfahrzeuge | Quelle: Statistik Austria

© 2023 BEO

Eigene PV-Anlage zum Laden nutzen

- Annahmen:
 - 6,2 kWp PV-Anlage/Carport
 - Typisches Verbrauchsprofil 4 Kopf Familie
 - 14.000 Jahreskilometer (2.930 kWh Gesamtbedarf)
 - 16 kWh/100 km
 - 64 kWh Batteriegröße
 - ca. 30% Gesamt-Ladeverluste
 - Fahrstrecke ist gleichverteilt 38km/Tag auch Sa/So

Berechnet auf Basis von Simulationen mit PV Sol Pro



Eigene PV-Anlage zum Laden nutzen

- Annahmen:
 - 6,2 kWp PV-Anlage/Carport
 - Typisches Verbrauchsprofil 4 Kopf Familie
 - 14.000 Jahreskilometer (2.930 kWh Gesamtbedarf)
 - 16 kWh/100 km
 - 64 kWh Batteriegröße
 - ca. 30% Gesamt-Ladeverluste
 - Fahrstrecke ist gleichverteilt 38km/Tag auch Sa/So

Berechnet auf Basis von Simulationen mit PV Sol Pro



Abhängigkeit



Beispiel:

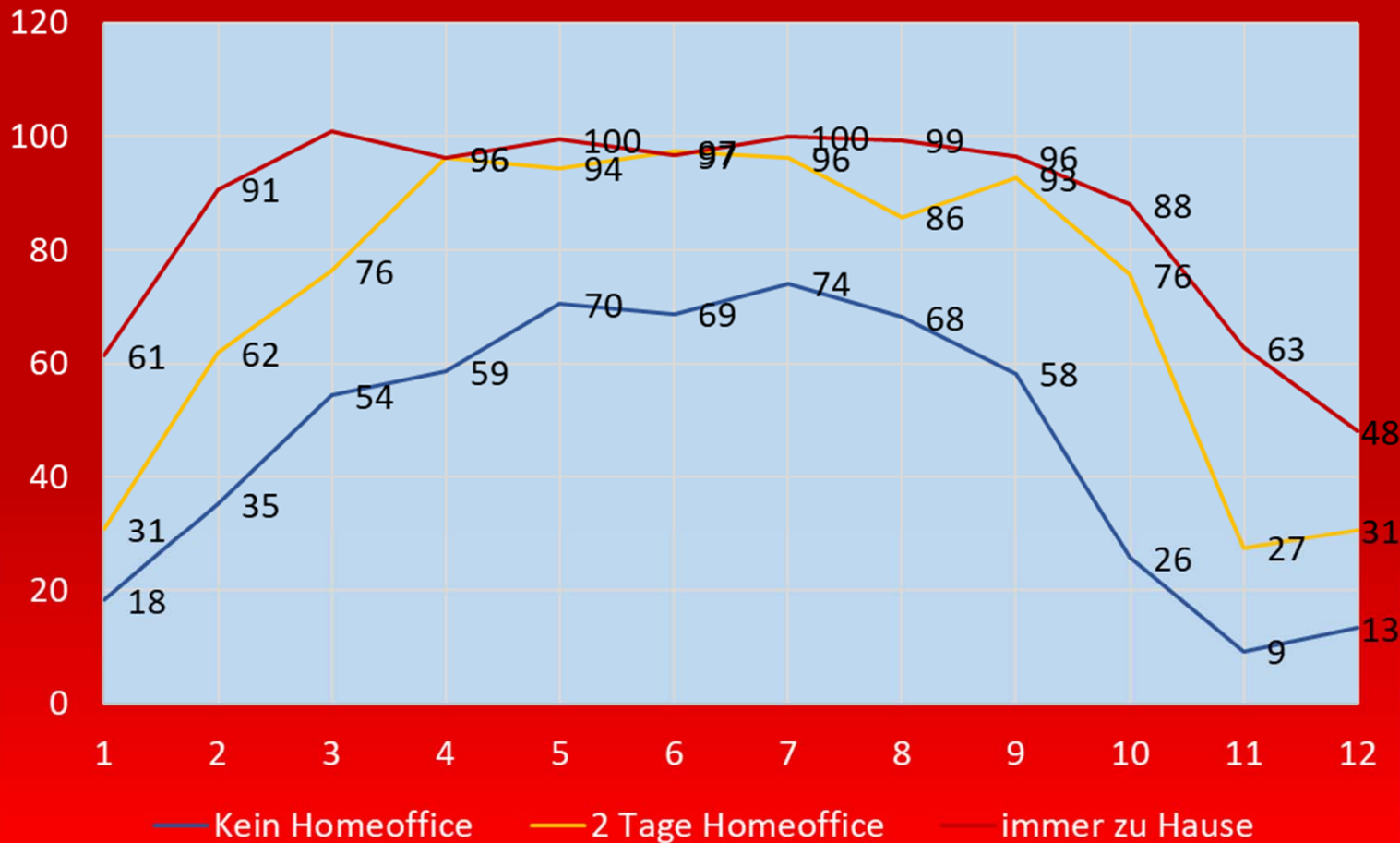
- E-Auto (64kWh Batterie - z.B. Kia Niro) das zur Fahrt zur Arbeit (täglich 38km – aber auch Sa, So) genutzt wird.
- Bei keinem Homeoffice (d.h. Laden nur Sa und So) kann dennoch etwa 50% der Ladeenergie von der eigenen PV Anlage bezogen werden – bei vollem Home-Office: nahezu 100%.

(Nur 99 kWh vom Netz, 2824 kWh von der PV Anlage)

(Annahme Fahrleistung gleichverteilt über Jahr)



Monatliche Deckung des Fahrbedarfes (14.000 km/a) in % 6,2 kWp Anlage, 10k Ladeleistung



- Bei vollem Home-Office: Monatliche Deckung zwischen 48% und 100%
- Bei 2 Tagen Home Office: Monatliche Deckung zwischen 27% und 97%
- Ohne Home Office: Monatliche Deckung zwischen 9% und 74%

Car2Home – Prinzip - Ergebnisse der Diplomarbeit von Lukas Strasser, FH Technikum Wien

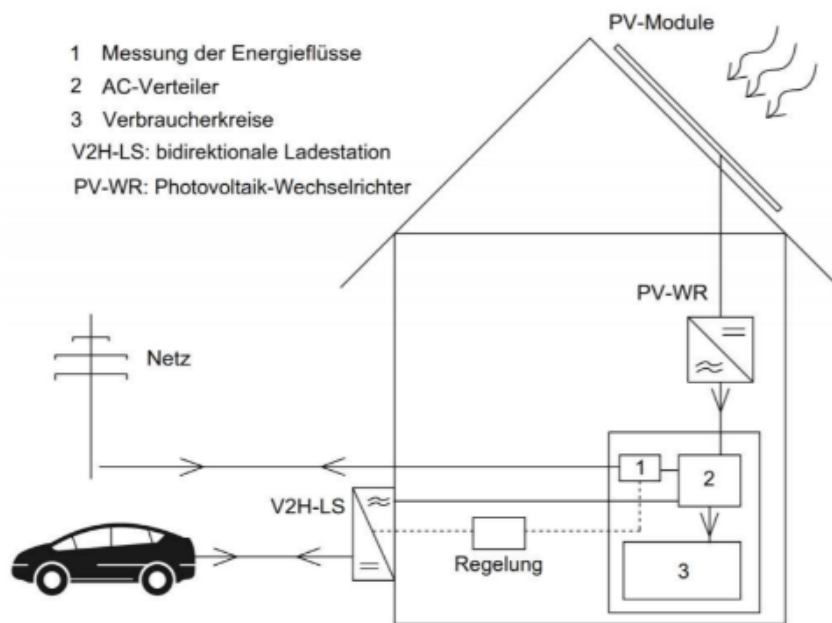


Abbildung 1: Komponenten eines Vehicle-to-Home Systems (eigene Darstellung)

Quelle: Diplomarbeit FH Technikum Wien, Lukas Strasser

- **Fahrprofil hat einen entscheidenden Einfluss** auf die Amortisationszeit von V2H/C2H-Systemen
- Bei **hohem solarem Überschuss sinkt der Einfluss des Fahrprofiles**, bereits beim Fahrprofil „Pendler“ kann das EV ausreichend geladen werden, eine erhöhte Verfügbarkeit des EV durch das Fahrprofil „Zweitauto“ führt lediglich zu einer schnelleren Vollladung der Batterie, wodurch der Überschuss wiederum eingespeist werden muss.
- Speziell bei NutzerInnen mit hohem Stromverbrauch, verbunden mit **geringen solaren Überschüssen**, ist ein V2H-System **nur bei der Verwendung des EV als Zweitauto zu empfehlen**. Erzeugt die Photovoltaikanlage über das Jahr hinweg allerdings deutlich mehr Energie, als der Haushalt verbrauchen kann, muss weniger Rücksicht auf das Mobilitätsverhalten genommen werden. **D.h. > PV Anlage vergrößern**
- In der Best-Case Berechnung konnte unter aktuellen Bedingungen (!) eine **Amortisationszeit von 7 Jahren** erzielt werden konnte. („Zweitauto“)

Car2PV-Home

Speicher des E-Mobiles kann zur Unterstützung der Haushaltsstromversorgung genutzt werden, wenn beim E-Auto bidirektionales Laden möglich ist



- Stromspeicher mit 50...100 kWh in Garage bzw. vor Haustüre
- Strombedarf im Haushalt (4P mit E-Auto): ca. 5.000-8.000 kWh/a – pro Tag: 12-20 kWh
- Stromversorgung, wenn die PV-Anlage nicht mehr liefert/das Stromnetz ausgefallen ist
- Verstärkt die Unabhängigkeit
- Ersetzt/ergänzt den stationären Stromspeicher
- Flexibilitätspotential im Haushalt sollte genutzt werden (Energiemanagementsystem)



Bidirektionales Laden beim Sion von SonoMotors: Leistungen bis 11 kW möglich





Car2PV-Home mit der Batterie des E-Kfz als Stromversorgung Ein typisches Beispiel

- Am Beispiel einer Arbeitnehmerin, die mit ihrem E-Fahrzeug (64 kWh Batterie, Reichweite > 450 km) 14.000 km/a fährt (im Durchschnitt täglich 38 km) wird ermittelt, **welchen Einfluss die Zeit hat, die sie zu Hause verbringt und das E-Mobil an der eigenen PV-Anlage laden kann**



Batterie auch für zu Hause

CAR2HOME

• 6.2.1



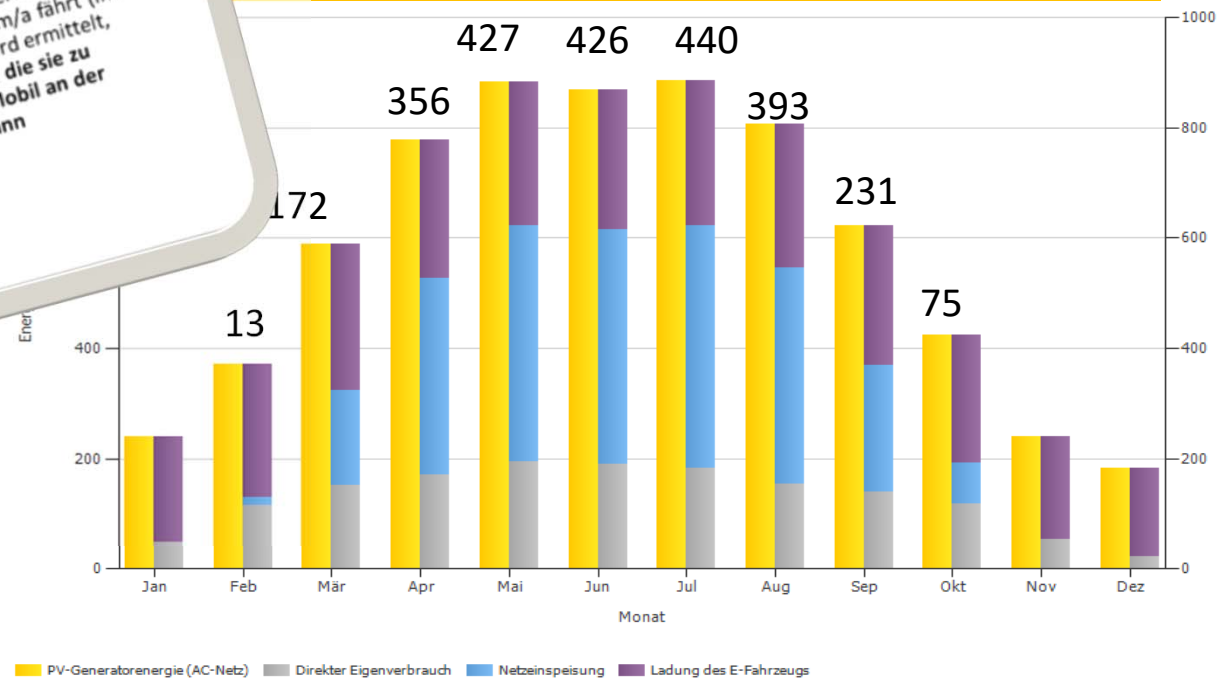
Car2PV-Home mit der Batterie des E-Kfz als Stromversorgung Ein typisches Beispiel

- Am Beispiel einer Arbeitnehmerin, die mit ihrem E-Fahrzeug (64 kWh Batterie, Reichweite > 450 km) 14.000 km/a fährt (im Durchschnitt täglich 38 km) wird ermittelt, welchen Einfluss die Zeit hat, die sie zu Hause verbringt und das E-Mobil an der eigenen PV-Anlage laden kann



		203	
	426	162	162
Juli	440	175	175
August	393	202	202
September	231	246	231
Oktober	75	325	75
GESAMT			1480 kWh

Ins Netz eingespeiste Energie pro Monat

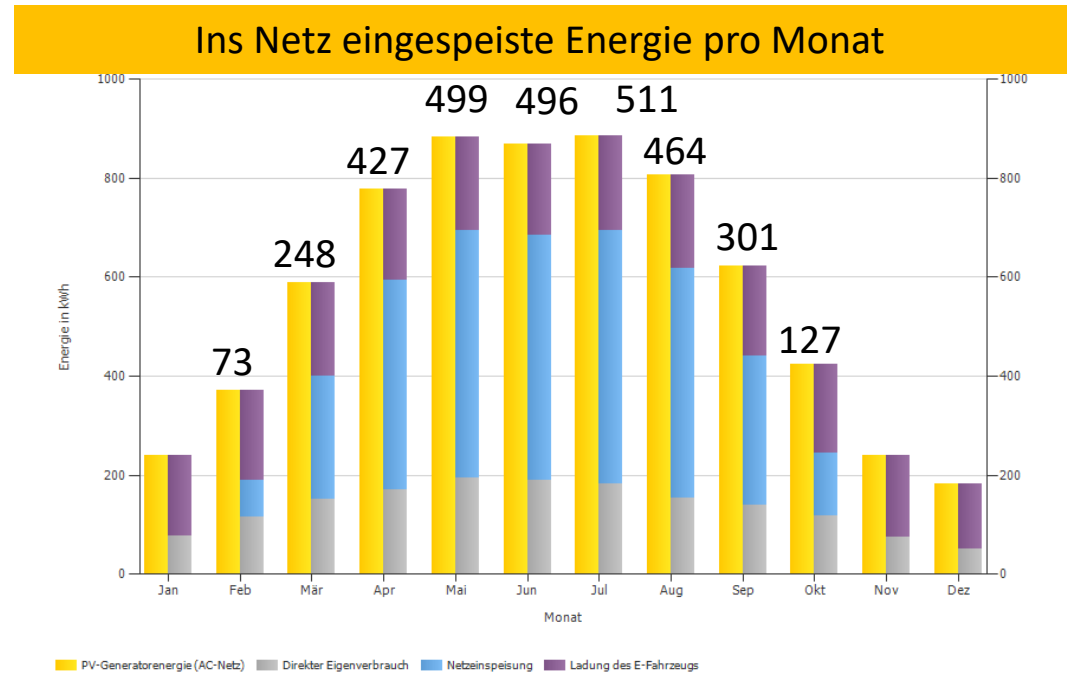


1.480 kWh wären bei CAR2HOME für Haushalt nutzbar
Vermiedene Stromkosten: ca. 237 €/Jahr (bei 14.000 km/a)

Batterie auch für zu Hause nutzen – CAR2HOME

- 6,2 kWp PV Anlage, 64 kWh Batterie, 5 Tage zu Hause, **10.000 km/a**
- 3.147 kWh werden dennoch ins öff. Netz eingespeist

	Ins Netz	Vom Netz	Car2Home: Nutzbar durch Batterie
Februar	73	318	73
März	248	336	248
April	427	247	247
Mai	499	203	203
Juni	496	162	162
Juli	511	175	175
August	464	202	202
September	301	246	246
Oktober	127	325	127
GESAMT			1683 kWh



1.683 kWh wären bei CAR2HOME für Haushalt nutzbar
Vermiedene Stromkosten: ca. 270 €/Jahr (bei 10.000 km/a)

BIDIREKTIONALES LADEN: Erste marktreife und verfügbare Produkte.



- **E-Kfz:** Nissan Leaf (ab Baujahr 2018), Mitsubishi Outlander PHEV, einzelne Modelle von VW, Citroen, Peugeot für die bidirektionale Nutzung freigegeben
- **Wallboxen:** Mehrere Hersteller von bidirektionalen Ladestationen (zum Beispiel Smartfox (A) OpenWB, EVTEC, WALLBOX, Solaredge...).
- Vorteil bei flexiblen Stromtarifen:
 - Das Konzept beinhaltet eine Ladung des EV bei niedrigen Strompreisen (durch Off-Peak Zeiten oder hohe Erzeugung erneuerbarer Energieträger). Um Energiekosten zu reduzieren, wird die gespeicherte elektrischer Energie entweder zur Deckung des Haushaltsbedarfes verwendet oder zu Peak-Zeiten in das öffentliche Stromnetz eingespeist.



PV+E-Mobil: Kurzfassung

- Ca. 50-100 % der notwendigen Ladeenergie kann von der eigenen PV-Anlage bezogen werden*)
- Ca. 20-40 % des Haushaltsstromes können aus der Autobatterie kommen (bidirektionales Laden) *)



*) Abhängig von PV-Anlagengröße, -art und -standort, Fahr- und Verbrauchsprofilen, Batteriegröße, etc...



13,2 Kilowatt PV, + 5.000 km Reichweite/a
Scania testet Hybrid-Lkw, PV Magazin, 21.9.2023



Solar Mobility baut Produktion f

In welchen Bereichen der Mobilität wird Photovoltaik direkt oder indirekt eine Rolle spielen

1. Individualmobilität

- PKW , LKW, Fahrrad,...

2. Massenmobilität

- Busse, Schienen- und Flugverkehr

3. Verkehrsinfrastruktur

- Task 17 des IEA PVPS Programmes (PV & Mobility)



Aktuell fahren in Deutschland rund 2000 Elektrobusse (Stand: Oktober 2022)
<https://www.vdv.de/e-bus-projekt.aspx>



„Die Wiener Linien kaufen 60 E-Busse und 10 H2-Busse und stellen bis 2025 zehn Linien auf emissionslose Antriebe um“

Wiener Linien, 18. September 2023

PV auf Zügen



Solarpaneele zwischen Bahnschwellen: Deutsche Bahn testet in Sachsen PV im Gleis

27. Juni 2022 | [Elisabeth Grabow](#)



gesamten Streckennetz so viel Strom wie mit 5 (Bankset Energy Ltd.)

In welchen Bereichen der Mobilität wird Photovoltaik direkt oder indirekt eine Rolle spielen

1. Individualmobilität

- PKW , LKW, Fahrrad,...

2. Massenmobilität

- Busse, Schienen- und Flugverkehr

3. Verkehrsinfrastruktur

- Task 17 des IEA PVPS Programmes (PV & Mobility)

Bestehende Infrastruktur wird „überdacht“



Foto: Fraunhofer ISE



Foto: Ertex-Solar



Stillwell Avenue, New York, Arnoldglas



www.photovoltaiik.eu



Fa. Ertex-Solar - Parkplatzüberdachungen

Ertex-Solar – Arrival Center Schloss Schönbrunn



PV-Radweg

Die 200 Meter lange Photovoltaik-Anlage soll künftig 200.000 Kilowattstunden Strom pro Jahr erzeugen. Bauherr ist das Swisstopower-Stadtwerk SIG,





Böschung Autobahn 94, Töging am Inn



Bildquelle:
https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Autobahn_L%C3%A4rmschutzwall_T%C3%B6ging_am_Inn.JPG



Solare Straßen und Wege



Quellen:
Links oben: Cola- Wattway,
Links unten: Solmove.com,
Rechts: Solar Roadways®



NÖ, Gemeinde Teesdorf



Solare Autobahn

China, Jinan

1,08 km Länge, 6.000 m²

Gesamtkosten 6,5 Mio. USD

330.000 kWh/a Erzeugung

Quelle: Qilu Transportation, 12.4.2018





International Energy Agency
Photovoltaic Power Systems Programme

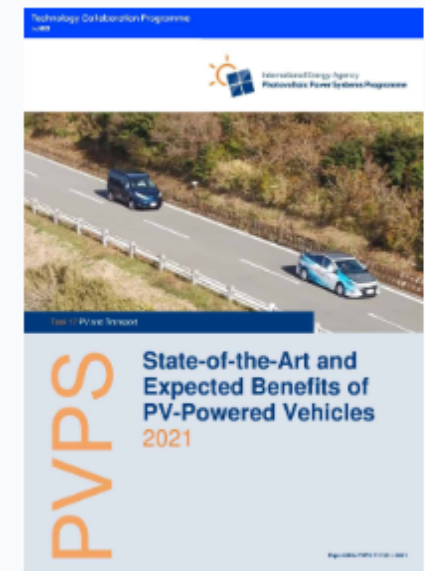
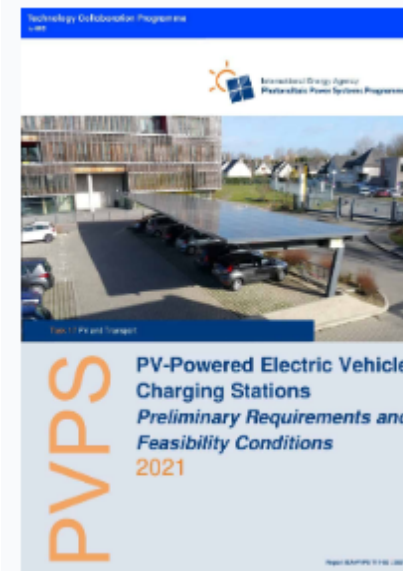
• IEA PVPS Task 17

Task 17 began in 2018 and was renewed in 2021 for a second phase, which ends in 2024. Activities are organized as follows

1 Subtask 1 : Benefits and Requirements for PV-powered Vehicles

2 Subtask 2 : PV-powered Applications for Electric Systems and Infrastructures

3 Subtask 3 : Potential Contribution of PV in Transport



Schlussfolgerungen

- PV wird E-Mobilität vorantreiben
- Car2PV-Home wird sehr rasch kommen
- Kombinationsförderungen von E-Mobil, Photovoltaik-Anlage, Speicher, Ladestation und Energiemanagementsystem überlegenswert
- Neue PV-Anwendungen vor allem im Verkehrs-Infrastrukturbereich



Österr. Innovations-Award für Integrierte Photovoltaik



- Workshop PV Parkraumüberdachungen am 5. Oktober im AIT
- Österr. PV-Fachtagung am 7. und 8. November in Graz