

Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association suisse des électriciens, de l'Association des entreprises électriques suisses

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen

Band: 79 (1988)

Heft: 16

Artikel: Solarzellen- und WKK-Anlagen als Energiequelle für Elektrofahrzeuge

Autor: Toggweiler, P.

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-904066>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 08.02.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Solarzellen- und WKK-Anlagen als Energiequelle für Elektrofahrzeuge

P. Toggweiler

Das Elektromobil ist anerkannterweise ein umweltfreundliches Verkehrsmittel mit vergleichsweise geringen Immissionen. Überdies ist der Energienutzungsgrad gegenüber dem Auto mit Verbrennungsmotor wesentlich verbessert. Von vielen Anwendern des Elektromobils wird eine eigene Stromversorgung gewünscht, um den zusätzlichen Strombedarf zu decken. Dabei sind in jüngster Zeit zwei Technologien besonders häufig erwähnt worden: Solarzellen und WKK-Anlagen. Beide Prinzipien sollen hier kurz erläutert und dargestellt werden.

Il est reconnu que le véhicule électrique est un moyen de transport respectant l'environnement et ayant, par rapport aux autres véhicules, de faibles émissions. De plus, son rendement énergétique est bien meilleur que celui de la voiture avec moteur à combustion. De nombreux usagers de véhicules électriques souhaitent avoir leur propre approvisionnement en électricité pour pouvoir couvrir leur demande supplémentaire d'électricité. Deux technologies ont souvent été mentionnées ces derniers temps à propos des véhicules électriques, à savoir les cellules photovoltaïques et les installations de CCF. Les deux principes sont expliqués et présentés brièvement ci-suit.

Adresse des Autors:

Peter Toggweiler, Alpha Real AG,
Feldeggstrasse 89, 8008 Zürich

1. Solarzellen im Netzverbund

Der Zusammenhang zwischen Strom aus Solarzellen und Elektrofahrzeugen (Solarmobilen) ist durch die Tour de Sol in weite Bevölkerungskreise getragen worden. Es ist mittlerweile auch allgemein klar geworden, dass das ursprünglich verwendete Konzept, bei welchem die Solarzellenmodule auf dem Dach bzw. als flügelähnliches Gebilde auf dem Fahrzeug mitgeführt wurden, für den Alltag ungeeignet ist. Es verhilft zwar zu einer sportlich und technisch interessanten Aufmachung, ist aber für die breite Anwendung mit zu vielen Nachteilen verbunden. Stattdessen scheint sich nun ein anderes Konzept durchzusetzen: Die Solarzellen werden nicht auf dem Fahrzeug montiert, sondern werden an einem frei wählbaren, gut besonnten Ort mit dem richtigen Neigungswinkel aufgestellt. Die Energie von den Solarzellen wird mit Hilfe eines speziellen Wechselrichters direkt ins öffentliche Netz eingespiesen. Somit kann das Elektrofahrzeug ortsunabhängig und zu einem beliebigen Zeitpunkt die Energie wieder aus dem Netz beziehen. Daraus wird ersichtlich, dass das Netz verschiedene wichtige Funktionen übernimmt. Entscheidend ist der Umstand, dass der Energieverbrauch des Fahrzeuges und das Energieangebot der Solarzellenanlage sowohl zeitlich als auch örtlich voneinander entkoppelt werden.

1.1 Voraussetzungen

Damit der Netzverbund überhaupt möglich ist, mussten vorgängig die technischen und administrativen Voraussetzungen geschaffen werden. Dies sind vor allem folgende drei Punkte:

1. Die Elektrizitätsunternehmen müssen bereit sein, den *Parallelbetrieb*

mit ihrem Netz zu gewährleisten. Hier hat deren Verband, der Verband Schweizerische Elektrizitätswerke, gute und wertvolle Vorarbeit geleistet, indem ein Merkblatt mit Empfehlungen für die Tarifierung von photovoltaischen Anlagen herausgegeben wurde.

2. Die technischen Geräte müssen verfügbar sein. Neben den Solarzellen, bei welchen seit längerer Zeit qualitativ hochwertige Produkte angeboten werden, mussten vor allem auf dem Gebiet Wechselrichter/Netzeinspeisung noch neue Produkte evaluiert und entwickelt werden.
3. Die dritte und nicht minder wichtige Voraussetzung bildet die Bereitschaft von Behörden, Firmen und Privaten, solche Anlagen schon heute zu realisieren, auch wenn deren Wirtschaftlichkeit noch nicht gegeben ist. Der Bau solcher Anlagen ist die Grundlage für die technische Weiterentwicklung.

1.2 Anlagentechnik

In Figur 1 ist das Prinzipschema gezeichnet. Die Hauptbestandteile bilden die Solarzellen und der Wechselrichter. Die Tabelle I zeigt die technischen Daten für eine typische Einheitgrösse von 3 kW Nennleistung.

Die *Solarzellen* produzieren Gleichstrom, welcher mengenmässig proportional zum Strahlungseinfall fliesst, sofern die entsprechende Last angeschlossen ist. Der Wirkungsgrad beträgt heute für übliche Zellen rund 10 bis 15% je nach Typ und Fabrikat. Die Anlagenspannung und der Anlagestrom sind in gewissen Grenzen frei wählbar. Sie sind meist durch den Eingangsbereich des Wechselrichters bestimmt.

Zur *Netzeinspeisung* muss der Gleichstrom in netzkonformen Wechsel-

selbststrom umgewandelt werden. Dazu ist aus den Vereinigten Staaten ein statischer Wechselrichter (Typ SI 3000) erhältlich, welcher neben der Funktion als Wechselrichter sämtliche Anforderungen für die optimale und zuverlässige Netzeinspeisung erfüllt. Er maximiert den Energiefluss von den Solarzellen zum Netz. Die anliegende Netzspannung wird bezüglich Phase und Betrag überwacht. Beim Überschreiten eines Grenzwertes schaltet er sofort automatisch ab.

Obwohl das zurzeit am häufigsten verwendete Gerät (SI 3000) ein überaus durchdachtes Konzept aufweist, sind leider in der Praxis einige Unzulänglichkeiten aufgetaucht, welche eine längerfristige Anwendung erschweren. Unter Federführung der Alpha Real AG, mit Unterstützung des Kantons Zürich, wurde die Entwicklung eines verbesserten Solarwechselrichters gestartet. Die ersten Tests laufen bereits und versprechen Gutes. Das Gerät wird Anfang 1989 auf den Markt kommen.

1.3 Energieertrag

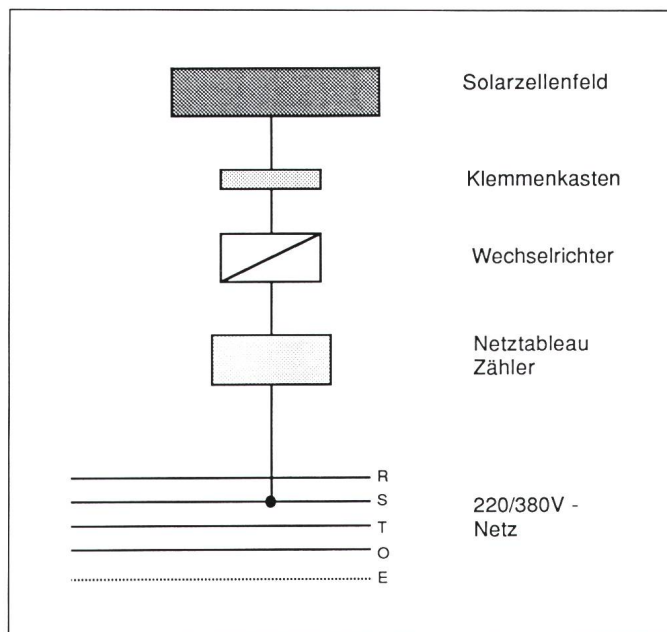
Die zuvor erwähnte Anlage mit 3 kW Nennleistung produziert je nach Standort und Ausrichtung zwischen 3500 und 4500 kWh im Jahr. Für Anlagen im schweizerischen Mittelland beträgt das Verhältnis Winter- zu Sommerertrag etwa 30 zu 70%. Für «winterorientierte» Anlagen im nebelfreien Gebiet beträgt der Winteranteil bis gegen 46%. Winterorientiert bedeutet hier, dass die Solarmodule relativ steil aufgestellt werden, zum Beispiel mit einem Anstellwinkel von 60 Grad.

Setzt man die produzierte Energiemenge in Relation zum Verbrauch beispielsweise eines Larelektromobils, so genügt die erwähnte 3-kW-Anlage für eine jährliche Fahrleistung von rund 15 000 bis 18 000 km. Dabei ist ein spezifischer Elektrizitätsverbrauch ab Netz von 250 Wh/km angenommen. Mittels technischer Verbesserungen am Fahrzeug (Antrieb, Leichtbauweise usw.) lässt sich dieser Wert auf 100 bis 150 Wh/km reduzieren, womit die gleiche Solarzellenanlage rechnerisch für rund 30 000 bis 40 000 km im Jahresmittel ausreicht.

1.4 Investitionen

Solarzellenanlagen benötigen relativ hohe Investitionen, verursachen dagegen geringe bis gar keine Betriebskosten. Zurzeit erreichen Solarzellen-

Figur 1
Prinzipschaltbild der
Netzeinspeisung

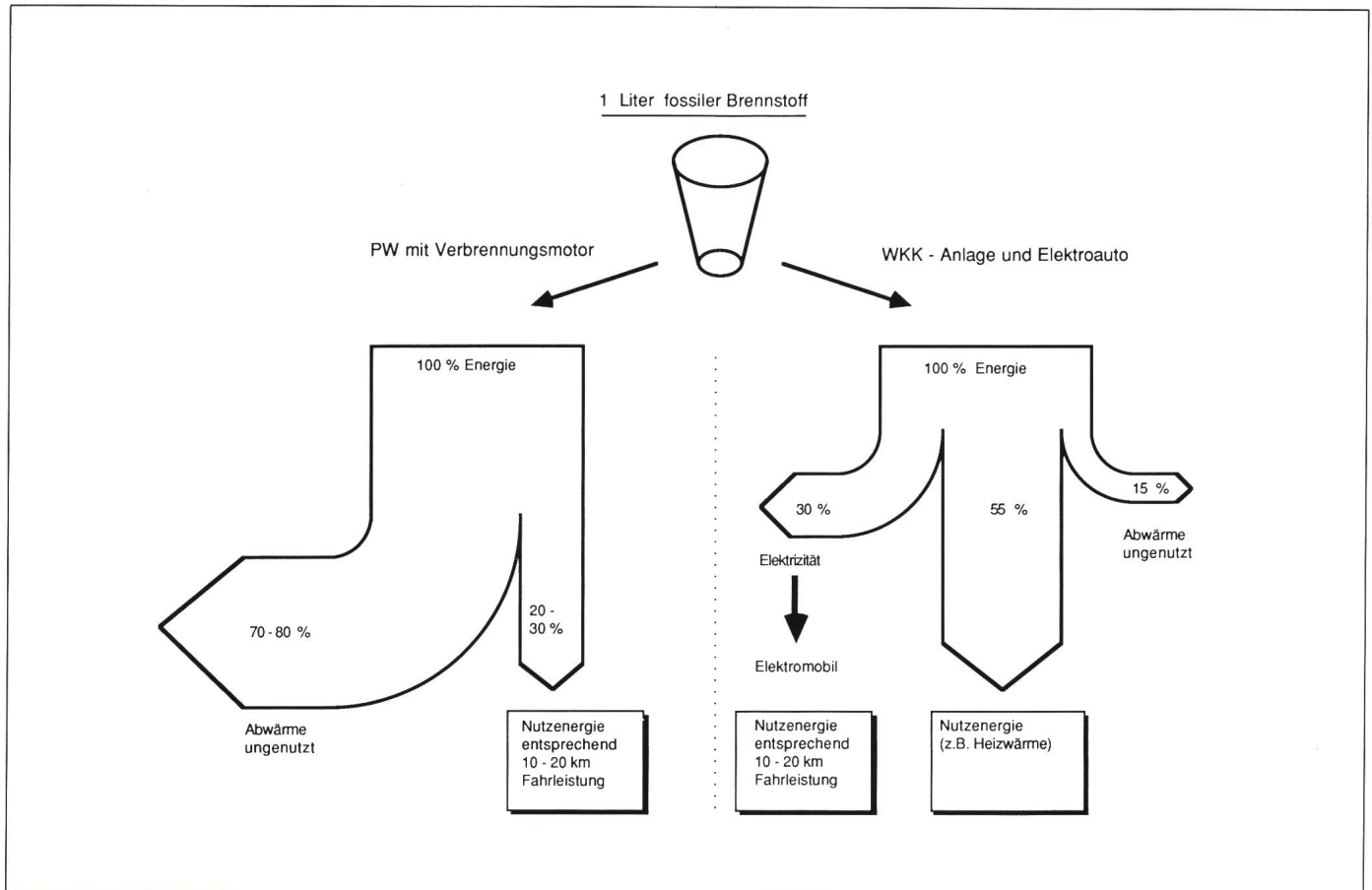


Sonneneinstrahlung	Azimet: Süd Neigung: 30–45 Grad	1200 kWh/m ² Jahr
Jahresenergieertrag	Erwartungswert	3500 kWh
Solarzellenleistung	Bei 1000 W/m ² Einstr. und 20 Grad Lufttemp.	3000 W
Nennleistung der Anlage	Netzseitig	2800 W
Fläche des Solarzellenfeldes	(Kollektorfläche)	25 m ²
Anstellwinkel	gegen die Horizontale	30–45 Grad
Wechselrichter/ Netzeinspeisung	Eingang: DC Ausgang: AC Anzeige, Netzüberwachung und Sicherheitsabschaltung sind integriert.	40–60 Volt 0–60 Ampère 220/380 Volt 0–13 Ampère 1-phasig

Tabelle I Technische Daten für eine typische 3kW-Solarzellenanlage

	1988	1990	2000
Solarzellenmodule	28 000.–	24 000.–	12 000.–
Wechselrichter	7 000.–	5 000.–	2 000.–
Mech. Dachaufbau	6 000.–	5 000.–	2 000.–
Elektroinstallation	5 000.–	5 000.–	3 000.–
Planung, Verschiedenes	5 000.–	3 000.–	2 000.–
Summe	51 000.–	42 000.–	21 000.–

Tabelle II 3kW-Solarzellenanlage im Netzverbund – Kostenstand und Kostenprognosen



Figur 2 Gegenüberstellung der Energieflüsse bei der Nutzung einer gleichen Menge fossiler Energie im PW mit Verbrennungsmotor (links) bzw. in einer Wärme-Kraft-Kopplungsanlage in Verbindung mit Elektroautos (rechts)

anlagen noch keine Wirtschaftlichkeit im eigentlichen Sinne. Im Moment ist das auch nicht so wichtig. Die Technik befindet sich in einer rasanten Entwicklung, wobei weniger der momentane Status ausschlaggebend ist, sondern vielmehr das zukünftige Potential. Tabelle II zeigt die Kostenstruktur einer typischen 3-kW-Anlage. Die Kosten für 1988 stammen aus einer verbindlichen Offerte, die Kosten für 1990 entsprechen einer realistischen Prognose. Die Werte für das Jahr 2000 sind Schätzungen.

In den Kostenprognosen wurde unter anderem die optimierte Gebäudeintegration berücksichtigt und eine rationalisierte Elektroinstallation angenommen. Auf dem Gebiet Anlagentechnik kann die Schweizer Industrie viel zur Entwicklung beitragen. Bei den Solarzellen selber ist man auf die

Entwicklungen und Verbesserungen der Solarzellenindustrie angewiesen.

2. Wärmekraftkopplung

Vergleicht man die Kombination Wärmekraftkopplung (WKK) und Elektromobil mit dem konventionellen Auto bezüglich Energieverbrauch, so zeigt sich die wesentlich bessere Energienutzung beim Elektromobil deutlich (Figur 2).

Bei der Verbrennung von fossilem Brennstoff in einer WKK-Anlage stehen rund 50% der eingesetzten Energie für Heiz- und andere Wärmezwecke zur Verfügung, während dieser Anteil bei einem Auto als Verlustwärme nutzlos an die Umgebung abgegeben wird. Dies unter der Annahme, dass mit der gewonnenen Elektrizität in einem

Elektroauto gleich weit gefahren werden kann wie mit dem ursprünglich im Auto eingesetzten Quantum an Energie.

Zusammengefasst heisst das: Ersetzt man für Kurzstreckenfahrten das konventionelle Auto durch ein Elektrofahrzeug (z.B. Larel), so entspricht dies einer verbesserten Energienutzung um den Faktor 3 bis 4. Wie zuvor erwähnt wurde, kann dieser Faktor noch erhöht werden.

Erwähnt sei hier noch der Umstand, dass bei einer WKK-Anlage, bei welcher die Wärme für Heizzwecke dient, die anfallende Elektrizität genau in die kalte Jahreszeit fällt.

Bezüglich weiterer technischer und wirtschaftlicher Abhandlungen des Themas wird auf verschiedene Beiträge im Bulletin SEV/VSE Nr. 10/1988 verwiesen.