

## Schwerpunkt:

# Mobilitätswende

— 28  
**Mobilität für alle**

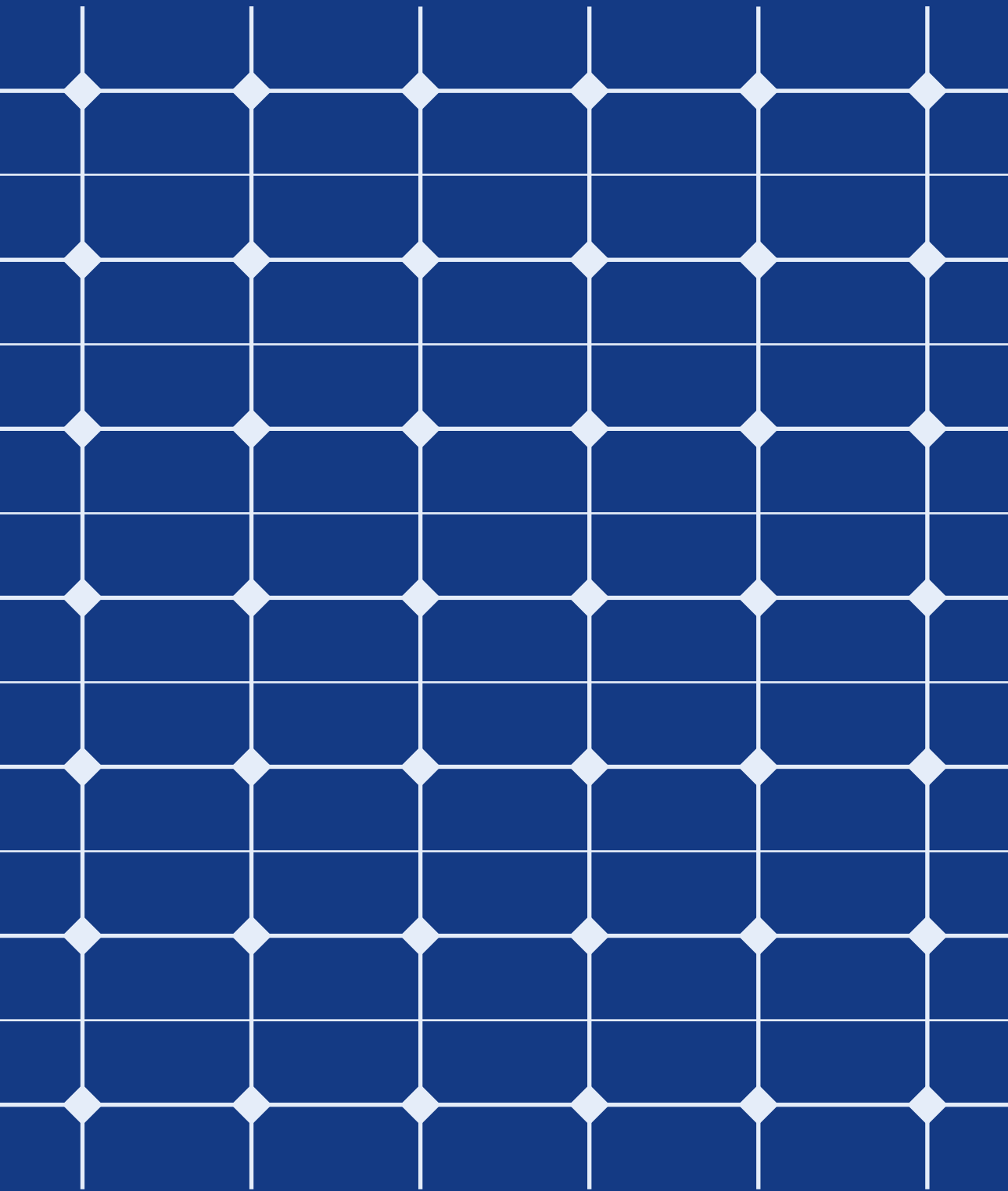
Warum wir für eine attraktive und klimagerechte Mobilitätswende mehr brauchen als neue Elektroautos

— 40  
**Photovoltaik-Antriebe im Verkehrssektor**

Über On-Board-Photovoltaik für Auto, Bahn, Schiff und Flugzeug

— 52  
**Zurück in die Zukunft, R4!**

Vom Umbau eines Renault-4 Oldtimers zum E-Typ – ein Erfahrungsbericht



## Liebe Leserinnen und Leser,

Während wir unseren Solarbrief für den Druck freigeben, findet im ägyptischen Sharm El-Sheikh eine weitere Weltklimakonferenz (COP 27) statt. Ein gewaltiger Problemdruck lastet auf den über 10.000 Delegierten, die sich auf die Sinai-Halbinsel begeben haben. Doch selten war eine Weltklimakonferenz bereits im Vorfeld mit so wenig Hoffnung verbunden. Es soll auch diesmal wieder um die Verantwortung reicher Nationen und um die Finalisierung eines Klimafonds gehen. Aber gerade diese Staaten, die zur Kasse gebeten werden müssen, drängeln sich in den letzten Monaten um die Ausbeutung letzter fossiler Ressourcen auf diesem Planeten. Menschenrechte und Kostenexplosionen spielen kaum eine Rolle – geschweige denn die Klimakatastrophe.

Hunderte von Flugreisen nach Sharm El-Sheikh wären gerechtfertigt, wenn ein nennenswerter Fortschritt der globalen Klimapolitik dabei herauskäme. Wenn eine drastische Beschleunigung des Ausstiegs aus Kohle, Erdöl und Erdgas weltweit vereinbart würde. Und wenn der Konferenzort weniger elitär wäre, so dass NGOs aus dem globalen Süden sich eine Teilnahme leisten könnten. Solange nichts davon zu erwarten ist, ist eher eine klimabelastende COP zu befürchten.

Weltweites Reisen zu Konferenzen oder zum Vergnügen, und weltweiter Transport von Gütern sind für uns zu einer Selbstverständlichkeit geworden. Aber ist es normal, dass z.B. eine Jeans acht Länder bereist, bevor sie getragen werden kann? So steht die Baumwollplantage z.B. in Kasachstan, die Färbung passiert in Polen, knitterarm wird die Hose in China gemacht, die Knöpfe kommen aus Italien, und um den "Stone-Washed-Effekt" kümmert sich eine Firma in Griechenland. Mit einer ähnlichen Selbstverständlichkeit kommen auf jeden Menschen in Deutschland 0,88 Tonnen Blech vor der Haustüre. Dieses Blech steht zu 95% seiner Zeit einfach rum, bietet aber jederzeit die Möglichkeit, autonom im Stau zu stehen. Ein absurder Luxus der Industrienationen, der nicht nur unsere Lebensgrundlage zerstört, sondern auch Todesopfer und Gesundheitsschäden mit sich bringt.

Zwar gelang es uns Menschen durch technischen Fortschritt, die Verbrennungsmaschinen effizienter zu machen, immer größere Autos und immer mehr Flüge fressen diese Einsparungen aber sofort wieder auf. Aktuell verursacht unsere Mobilität etwa 20% der deutschen Treibhausgasemissionen. Seit 1990 sind sie in diesem Sektor nicht gesunken. Das macht die Mobilität zum Klimaschutz-Sorgenkind.

Daher diskutieren wir in diesem Heft jene Ansätze, die die dringliche Verkehrswende herbeiführen können – im Güter- und im Personenverkehr. Grundsätzlich lassen sich diese nicht auf eine Antriebswende reduzieren. Auch im Verkehr sind Konsumverzicht und Regionalität die großen Herausforderungen, denen es sich zu stellen gilt.

Auch wir beim SFV stellen nun die Frage des Konsumverzichts. Zwar haben wir unseren Solarbrief schon immer so umweltfreundlich wie möglich gestaltet, dennoch verbraucht er Ressourcen und verbringt viel Zeit auf den Straßen. Ist das notwendig? Wir sagen: muss nicht zwingend. So ist dieser Solarbrief die letzte Ausgabe, die obligatorisch an unsere Mitglieder verschickt wird. Künftig setzen wir auf die mobilitätsärmere Online-Ausgabe und versenden die gedruckte Ausgabe nur noch auf ausdrücklichen Wunsch. Mehr dazu in den Vereinsnachrichten.

Wir hoffen, Sie teilen unsere Einschätzung zur Online-Ausgabe und finden reichlich Inspiration in diesem Heft. Danke für Ihre Unterstützung.

Viele Grüße,

Susanne Jung und das SFV-Team





## Energiepolitik

- 10  
Klimanotstand erfordert Notstandsmaßnahmen  
— *Rüdiger Haude*
  
- 12  
Bringt das EEG 2023 das notwendige Ausbautempo?  
— *Susanne Jung*
  
- 14  
Wunschliste EEG-Bürokratieabbau  
— *Susanne Jung & Rüdiger Haude*
  
- 16  
Einsparpotenzial beim Mieterstrom? 1500 Solarteure-Arbeitsjahre!  
— *Rolf Weber*
  
- 18  
Weht bald ein anderer Wind, Sven Plöger?  
— *Interview Kyra Schäfer & Rüdiger Haude*
  
- 20  
Was bewirkt der „Nachbesserungsmechanismus“ im Klimaschutzgesetz?  
— *Glosse: Friedrich Hagemann*
  
- 23  
Angriffe auf kritische Infrastruktur beweisen Notwendigkeit einer Dezentralisierung  
— *Pressemitteilung*



## Schwerpunkt

- 25  
Was heißt denn hier "Mobilitätswende"?  
— *Rüdiger Haude*
  
- 28  
Mobilität für Menschen, nicht für Autos  
— *Katja Diehl*
  
- 32  
Verkehr und Klima – was zu tun ist  
— *Karl Otto Schallaböck*
  
- 38  
Sind E-SUV gut für die Energiewende?  
— *Diskussion & Blickwinkel: mit Michael Müller-Görner*
  
- 40  
Photovoltaik-Antriebe im Verkehrssektor“  
— *Rüdiger Haude*
  
- 48  
Von Retrofitting, 100% Recycling-Autos und Batterien aus Holz  
— *Kyra Schäfer*
  
- 52  
Zurück in die Zukunft, R4!  
— *Thomas Pade*
  
- 55  
Viele Technologieoptionen für eine CO<sub>2</sub>-freie Mobilität?  
— *Dirk Uwe Sauer*
  
- 58  
Bidirektionales Laden von Elektrofahrzeugen – aktueller Stand der Technik  
— *Eberhard Waffenschmidt*



# b

## Beratung

# v

## Verein

— 64  
Noch besser als Recycling: Second-Life-Batterien von Voltfang

— David Oudsandji, Celine Gleinich & Kyra Schäfer

— 66  
Große Dinge starten häufig klein. Ein Interview mit Gerrit von Borries

— Interview: Rüdiger Haude

— 71  
Ist eine PV-Direkteinspeisung ins Bahnleitungsnetz machbar?

— Vincent Ecker

— 74  
Ohne Klimabewegung keine Mobilitätswende

— Kyra Schäfer

— 78  
Doppelsieg für das Aachener Team Sonnenwagen

— Rüdiger Haude

— 80  
5 Fragen zur Energiepreisbildung

— Tobias Otto

— 82  
Ausbildungsoffensiven zur Beschleunigung des Photovoltaik-Ausbaus

— Taalke Wolf

— 83  
Abstände für PV-Anlagen auf Reihenhäusern: Bauministerkonferenz beschließt Änderung der Musterbauordnung

— Taalke Wolf

— 83  
600 Watt-Grenze bei Steckersolar

— Susanne Jung

— 84  
PV-Steuer geschenkt der Regierung

— Susanne Jung

— 85  
Packsdrauf - wie Solarpartys die Nachbarschaft zusammenbringen

— Taalke Wolf

— 86  
350€ CO<sub>2</sub>-Bonus für Ihr E-Auto? Ja? nein? Jein!

— Kyra Schäfer & Rüdiger Haude

— 88  
Kurz vorgestellt: integrierte PV

— Kyra Schäfer & Paul Kammerer

— 92  
Aktuelles aus der Bundesgeschäftsstelle

— 93  
Solarbrief als gedrucktes Magazin erhalten

— 94  
Neues von den Infostellen

— 95  
„Wir haben Post!“ Leser:innen - Briefe

— 97  
Ausblick Solarbrief 01/2023

Schwerpunkt: SFV Solaranlagen 1x1 - Die wichtigsten Schritte zu Eurer Solaranlage und darüber hinaus

### Wichtiger Hinweis!

Liebe Leser:innen, der Solarbrief wird ab 2023 nur noch **auf expliziten Wunsch als Druckversion** zu Ihnen nach Hause geschickt. Melden Sie sich bei uns, wenn Sie den Solarbrief als Heft erhalten möchten.

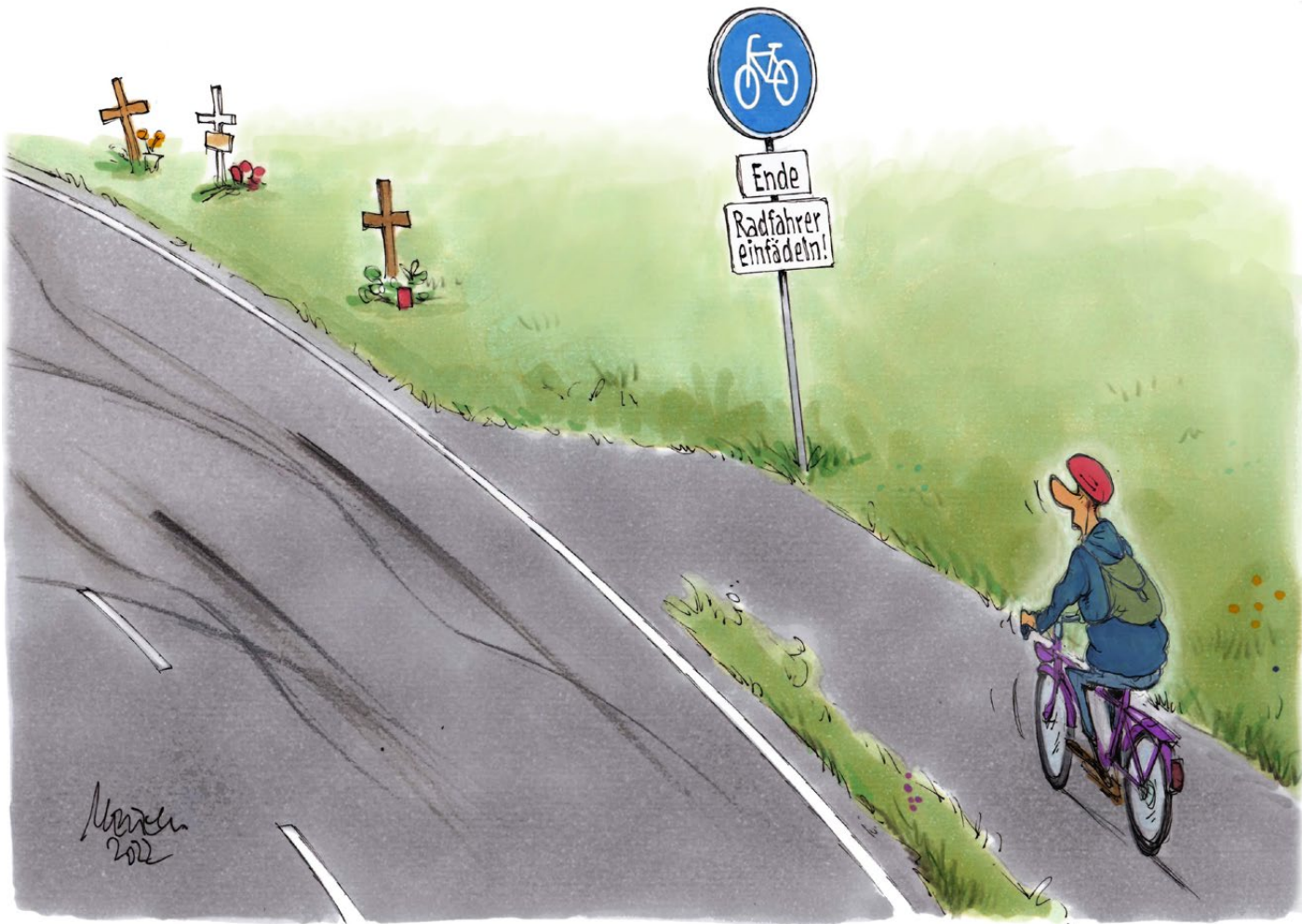
Alle Infos: Seite 93

### Schwerpunkt:

# Mobilitätswende

# Karikaturen für die Energiewende

— Gerhard Mester





e

Energiepolitik



# kurz & knapp

— Rubrik für Kurznachrichten aus der Energiepolitik

*Winterspiele in der Wüste*

## Asiatische Winterspiele 2029 in der Wüste

• Schonmal in der Wüste Ski gefahren? Nee. Die meisten arabischen Winter-Athleten auch nicht. Umso mehr freuen sie sich, dass 2029 die asiatischen Winterspiele im Berggebiet Trojena in Saudi-Arabien stattfinden. Für 500 Milliarden Dollar soll entlang der Küste die 170km lange Planstadt "Neom" entstehen, welche ihr Herz in einem einzigen gläsernen Gebäude auf 170 km Länge wiederfindet. Trojena liegt nur wenige Kilometer entfernt auf bis zu 2.600 Metern Höhe. Um hier Ski zu fahren, werden die Pisten mit Kunstschnee beschneit - mitten im wasserarmen Wüstengebiet. Warum nicht? Wenn die Europäer im tiefsten Winter in Blockhaushütten schwitzen und ihren Capuccino draußen unter Heizpilzen schlürfen - warum sollen die Saudis nicht auch in Ihren Bergen frieren dürfen? Übrigens: Trojena ist nicht als Sieger aus dem Entscheid um den Austragungsort der nächsten Winterspiele hervorgegangen - es gab schier keine anderen Bewerber. Die letzten asiatischen Winterspiele fanden deshalb 2017 statt.

**Weitere Infos:**  
[shorturl.at/rCFY3](https://shorturl.at/rCFY3)



*Strom unlimited!*

## Das "Rundum-sorglos-Paket" zur E-Mobilität

• Shell bietet ein neues E-Auto-Abo an: ab 360 Euro im Monat bekommt man nicht nur ein E-Auto, sondern auch noch unbegrenzt viel Strom aus der Steckdose. "Wählen Sie aus unserem E-Auto-Pool direkt Ihren Traumwagen, egal ob Kleinwagen, Mittel- oder Luxusklasse". Und dann kann's losgehen: Autofahren so weit die Batterie reicht - da soll einer nochmal von Stromsparen reden. Mit der Shell-Flotte können die Abonnenten so richtig loslegen - ist ja auch erneuerbar! Vielleicht auch als Zweit- oder Drittwagen, um die Elektromobilität "nur mal auszuprobieren"? Dass wir trotz Energiewende Strom sparen müssen, liegt natürlich nicht im Interesse des Energiekonzerns. Stattdessen heißt es: "Mit uns tragen Sie zum Ausbau einer tatsächlich nachhaltigen Elektromobilität bei." Ob man diesem Konzern eine "tatsächliche Nachhaltigkeit" überhaupt zuschreiben will? Naja. Übrigens: eigentlich ist der E-Auto-Markt zurzeit ziemlich leergefegt. Fragt sich doch, wie Shell in so kurzer Zeit eine so große E-Auto-Flotte überhaupt anbieten kann.

**Weitere Infos:**  
<https://www.shell-recharge-autoabo.de/>

*Knapp daneben*

## Seeschifffahrt klimaneutral? Von wegen!

• Am 19.10.22 hat das EU-Parlament die Treibhausgas-Minderungsziele in der Seeschifffahrt beschlossen. Bis 2030 sollen sage und schreibe ambitionierte 6% weniger ausgestoßen werden. Dabei verursacht der Schiffsverkehr von oder zu Häfen im Europäischen Wirtschaftsraum heute bereits rund elf Prozent aller verkehrsbedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen in der EU und drei bis vier Prozent aller EU-CO<sub>2</sub>-Emissionen. Noch 2050 sollen Schiffs-treibstoffe 20% der Treibhausgasintensität von 2020 haben dürfen. Da der Sektor weiter wächst, könnte das bedeuten, dass dann sogar mehr CO<sub>2</sub> ausgestoßen wird als heute! Noch vor kurzem hatte das Europäische Parlament eine THG-Reduzierung von 40% bis 2030 gefordert. Woher der Sinneswandel? Was wir brauchen, sind ambitionierte, verbindliche und EU-weite Klimaschutzziele - und zwar besser gestern als heute.

**Weitere Infos:**  
[shorturl.at/dLU16](https://shorturl.at/dLU16)





Sieht so Zukunft aus?

## Weltweit steigende Subventionen in fossile Energien

- Im vergangenen Jahr verdoppelten sich die weltweiten Subventionen in fossile Energieträger von 362,4 Milliarden Dollar im Jahr 2020 auf 697,2 Milliarden Dollar in 2021, wie aus einer gemeinsamen Analyse der OECD und IEA, basierend auf 51 Ländern, hervorgeht.

Wohlgermerkt: Das war vor Putins Überfall auf die Ukraine. In diesem Jahr dürfte es noch viel schlimmer kommen. Die Internationale Energieagentur IEA beklagt diese Entwicklung, soweit es sich um Konsum-Subventionen handelt, von denen in der Regel reichere Haushalte stärker profitieren als ärmere. Aber wenn man die lange Tradition des fossilen und atomaren Lobbyismus in der IEA und der OECD bedenkt, handelt es sich vielleicht doch eher um Krokodilstränen.

**Mehr Infos:**  
[shorturl.at/ejnV1](http://shorturl.at/ejnV1)



Auf Kosten anderer

## Unseren übermäßigen Energiehunger stillen? Das kriegen wir anderswo schon hin

- Deutschland ist verdammt schlecht darin, sich selbst zu versorgen. Das beginnt schon bei der Lebensmittelversorgung, für die wir große Teile unserer Futtermittel importieren, um z.B. unseren Fleischkonsum zu stillen. Bei Komponenten für technische Produkte geht es weiter, denn viele der benötigten Rohstoffe kommen in Deutschland gar nicht vor.

Und nun planen wir eifrig daran, auch langfristig unseren Energiehunger anderswo zu stillen: Durch LNG-Gas aus den USA und Katar, durch Strom aus Marokko und nicht zuletzt durch grünen Wasserstoff aus anderen Ländern Afrikas. Denn das Potenzial ist groß: die Sonne scheint viel, die Industrialisierung geht voran, unser Strombedarf steigt.

Achso: noch gar nicht alle Menschen in Afrika haben Zugang zu Elektrizität? Na gut, deshalb soll "der Export von grünem Wasserstoff nach Deutschland 'zusätzlich' sein", und die Elektrifizierung durch erneuerbare Energien vor Ort nicht beeinträchtigen. Nur zufällig sollen so nebenbei „Schaufenster“ entstehen, die Klimaschutztechnologie „Made in Germany“ zum neuen Markenzeichen Deutschlands machen. Was sagen eigentlich die Menschen in diesen Ländern dazu, die die Folgen unserer Industrialisierung am stärksten ausbaden?

**Mehr Infos:**  
[www.shorturl.at/qvJY9](http://www.shorturl.at/qvJY9)

Schlechter Deal

## 8 Windräder und schon wieder ein Dorf müssen der Kohle weichen

- Mitte Oktober begann der Abriss von acht Windkraftanlagen, welche der Erweiterung des Tagebaus Garzweiler II weichen müssen. Während wir um jede verfügbare Kilowattstunde Strom kämpfen, werden hier Windkraftstandorte mit laufenden Windenergieanlagen aufgegeben – um weiter dreckigen Kohlestrom zu erzeugen. Als wäre das nicht schlimm genug, soll ein weiteres Dorf abgerissen und abgebaggert werden. Der letzte Landwirt hat Anfang Oktober gezwungenermaßen seinen Hof in Lützerath aufgeben müssen. Nun halten hier Klimaaktivist:innen die Stellung und stehen für ein Umdenken in Politik und Gesellschaft ein. Mit Baumhäusern, Transparenten, Dorfspaziergängen und Demos machen sie deutlich, wo die 1,5-Grad-Grenze verläuft – nämlich vor dem Dorf Lützerath. Klingt bekannt? Stimmt, vor wenigen Jahren wurden so wichtige Teile des Hambacher Waldes vor der Rodung bewahrt. Wenige Jahre später stehen wir vor dem gleichen Dilemma – als hätte die Politik hier nichts dazugelernt.

**Mehr Infos:**  
[www.wdr.de/nachrichten/garzweiler-windrad-abriss-100.html](http://www.wdr.de/nachrichten/garzweiler-windrad-abriss-100.html)



# Klimanotstand erfordert Notstandsmaßnahmen

*Vielleicht ist es nachvollziehbar und sogar förderlich für die seelische Gesundheit, das Ausmaß der Klimakatastrophe manchmal einfach zu verdrängen? Aber den Klimanotstand auszurufen – und dann politisch so zu handeln, als gebe es nur ein Mini-Problemchen: Das ist sehr irrational, und es beschädigt auch die Glaubwürdigkeit von Politik.*

– Rüdiger Haude

74 Kommunen in Deutschland haben seit Mai 2019 den „Klimanotstand“ erklärt, darunter mit der Hauptstadt Berlin zugleich auch ein Bundesland. Das Europäische Parlament tat dasselbe im November 2019. Im Dezember 2020 forderte UN-Generalsekretär António Guterres alle Mitgliedsstaaten der UN auf, den Klimanotstand auszurufen. Zahlreiche Länder, wie z.B. Frankreich oder Neuseeland, und substaatliche Körperschaften, wie z.B. Katalonien, fassten entsprechende Beschlüsse.[1]

Die unmittelbare rechtliche Wirkung all dieser Aktivitäten ist begrenzt; sie haben überwiegend symbolischen Charakter. Oft sind Maßnahmen mit ihnen verknüpft, welche auf eine schnellere Dekarbonisierung im jeweiligen Gebiet zielen. Aber das geschieht immer unter der Prämisse, die üblichen wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Abläufe nicht übermäßig zu stören oder zu verunsichern.

Die zaghaften Schritte passen nicht zur Einsicht in einen Notstand. Häufig sind es Schritte, wie sie vor, sagen wir, 30 Jahren durchaus ambitioniert und respekteinflößend gewesen wären und möglicherweise die jetzt objektiv vorliegende Notstandssituation hätten verhindern oder dämpfen können. Wenn aber das Haus in hellen Flammen steht, diskutiert man nicht mehr darüber, noch einen Rauchmelder mehr im Treppenhaus anzubringen. Dann fängt man an zu löschen.

Das heißt: Die – wenn auch rechtlich nicht bindende – Anerkennung eines Klimanotstands muss sofort zu Notstands-Maßnahmen führen. Maßnahmen, welche die üblichen Abläufe radikal verändern. Die auch wehtun können. Da der Klimanotstand aus dem Ausstoß von Treibhausgasen folgt, muss dieser Ausstoß notfallmäßig beendet werden. Wir beim SFV haben uns 20 Jahre lang den Mund fusselig geredet, wie der Fossilausstieg verträglich gestaltet werden kann. Nun, nach der anhaltenden Sabotage der Energieverwendung durch frühere Bundesregierungen, kann Verträglichkeit nicht mehr das leitende Kriterium sein – sondern die Rettung der menschlichen Zivilisation.

Glücklicherweise erfordert dieser Notstand nicht die Abschaffung der Demokratie. Die Menschen, die sonst unter Notstandsmaßnahmen am meisten leiden, sind diesmal nicht die Hauptbetroffenen. Im Gegenteil: Es geht überwiegend um Einschränkungen der Handlungsfreiheit gewinnorientierter Unternehmen. Wenn z.B. ein Aluminiumwerk, das den Stromverbrauch der Stadt Köln übertrifft, abgeschaltet wird, dann ist für das Klima viel zu gewinnen und gesellschaftlich wenig zu verlieren (insbesondere hinsichtlich von Arbeitsplätzen, die es in diesem Werk kaum gibt). Wenn es temporäre Fahrverbote für Benzin- und Diesel-Fahrzeuge gibt, wie in den 70er Jahren, dann kann das von vielen Menschen auch als Zugewinn an



Abb 1 — Tag der Erde 2009 in Melbourne, Australien: Die Bewegung wusste schon etwas länger als die offizielle Politik, was die Stunde geschlagen hat.

Foto: CC BY-SA 2.0 Takver •

Lebensqualität wahrgenommen werden. Wenn in bestimmten Branchen, wie z.B. der fossil-atomaren Energiewirtschaft, viele hochqualifizierte Arbeitskräfte freigesetzt werden, dann können diese den Fachkräftemangel in Zukunftsbranchen, wie z.B. bei den Erneuerbaren Energien, mildern.

Gewiss: Das wird nicht so einfach sein, wie es sich hier liest. Es wird massive Probleme geben, Widerstände, Konflikte. Das ist nicht schön. Aber, zur Erinnerung: Wir reden von einem Notstand globalen Ausmaßes. Als ab 1945 über 10 Millionen Flüchtlinge und Vertriebene zusätzlich in den zerbombten westdeutschen Städten untergebracht werden mussten, war dies auch kein Kindergeburtstag, sondern verlangte allen Beteiligten enorm viel ab. Der Prozess gelang, weil die Problemlage für alle offensichtlich war.

Das ist heute ebenfalls der Fall. Der Klimanotstand liegt offen zutage, sei es in den letztjährigen Hochwassergebieten an Erft und Ahr oder mit der diesjährigen Dürre- und Hitzewelle in fast ganz Europa mit ihren teils apokalyptischen Waldbränden; sei es in der anhaltenden Überschwemmungskatastrophe in Pakistan. Seit der Welle von Notstandserklärungen 2019 ist die Ernsthaftigkeit der Lage auch wissenschaftlich immer klarer formuliert worden. Eine kürzlich in der Zeitschrift Science publizierte Studie zeigt, dass wir bereits jetzt die „uncertainty ranges“ mehrerer klimatischer Kippunkte erreicht haben, welche die Erderhitzung in nicht mehr bremsbarer Weise verstärken könnten.[2] Wir spielen wahrhaftig mit unserer Existenz.

Die Bundesregierung müsste dies nur klar kommunizieren, wenn sie denn unbequeme, aber ‚enkeltaugliche‘ Maßnahmen ergreifen wollte, statt ein LNG-Terminal nach dem anderen aus dem Boden zu stampfen, auf der ganzen Welt die Erschließung neuer

fossiler Quellen anzureizen und die Laufzeit uralter Atomreaktoren zu verlängern. Ob dies in einer Regierung gelingt oder auch nur angedacht wird, die sich noch nicht mal auf ein Tempolimit einigen kann, muss allerdings pessimistisch eingeschätzt werden. Das bekannte, Fredric Jameson zugeschriebene, Zitat lässt sich für die Mächtigen dieses Planeten leicht abwandeln: Für diese ist es leichter, das Ende der Welt zu akzeptieren als das Ende des Kapitalismus. Wollen wir ihnen darin weiter folgen?



[www.sfv.de/  
klimanotstand-erfordert-  
notstandsmassnahmen](http://www.sfv.de/klimanotstand-erfordert-notstandsmassnahmen)



**Rüdiger Haude**

Privatdozent für Geschichte an der RWTH Aachen, mit einem Schwerpunkt auf Klimageschichte. Öffentlichkeitsreferent für den SFV.

Zum Geburtstag oder zu Weihnachten

# SFV Mitgliedschaft verschenken!

Die SFV-Mitgliedschaft kann nun endlich auch verschenkt werden!

Die Bestellung ist ganz einfach: Sie füllen das Antragsformular aus, teilen uns mit, ab wann sie gültig sein soll und erhalten ein fertiges Geschenk zum Überreichen per Post.

Alle Infos auf unserer Website:



[www.sfv.de/mitmachen/mitglied-werden-1/geschenkmemberschaft](http://www.sfv.de/mitmachen/mitglied-werden-1/geschenkmemberschaft)



# Bringt das EEG 2023 das notwendige Ausbautempo?

*Die Regelungswut im EEG und weiteren Gesetzen lastet seit Jahren auf der Energiewende. An so vielen Stellen fehlt es an Rechtsklarheit und wirtschaftlicher Sicherheit für Erneuerbare Energien, und an einfachen Abläufen, die auch "normale" Menschen nicht von einer Investition abschrecken. Was bedeutet das für uns?*

— Susanne Jung

Einen Monat vor Beginn des Ukraine-Krieges kündigte Bundeswirtschaftsminister Robert Habeck das "größte Beschleunigungspaket für den Ausbau der erneuerbaren Energien" an. [1] Erhebliche Defizite bei der Reduzierung der Treibhausgase und die dramatische Verfehlung von Klimazielen für 2022 und 2023 erforderten schnelles Handeln, so Habeck. Denn es liefe uns die Zeit davon. In immer weniger Jahren müsse deutlich mehr erreicht werden, um den Rückstand wieder aufzuholen. Zunächst solle es eine umfassende Novelle des Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG) geben, auch andere Gesetze müssten angepasst werden. Er sprach von einem Osterpaket.

Im Juli – also Monate nach Ostern – wurde vom Deutschen Bundestag das erste Sammelgesetz mit Sofortmaßnahmen für einen beschleunigten Ausbau der Erneuerbaren Energien und weiteren Maßnahmen im Stromsektor beschlossen – in ihm verankert zahlreiche Neuregelungen im Energiesektor. Auch die lang angekündigte Novelle des EEG war enthalten. Diesem Sammelgesetz folgten weitere Bundestagsbeschlüsse zum EEG. Die jüngste, dritte Änderung des EEG 2023 wurde am 8. Oktober in ein weiteres Sammelgesetz zum Energiesicherungsgesetz (EnSiG) gepackt. Und auch dieses ursprünglich aus 1974 stammende EnSiG wurde in diesem Jahr zum zweiten Mal angepasst.

Es folgten Vorschläge zu vereinfachten steuerlichen Verfahren für PV-Anlagen und Mehrwertsteuer-Geschenke für die Solarenergie. Im Bundeswirtschaftsministerium entstand im Sommer

ein neues Referat VII D 5 "Bürokratieabbau und bessere Rechtsetzung". Dort arbeitet man seit Wochen daran, die Gesetzgebung zu Erneuerbaren Energien zu entrümpeln. Mehrere Klimaschutz-Organisationen und Energiewende-Lobbyisten wurden aufgerufen, ihre Vorschläge zum Abbau von Hemmnissen einzureichen. Auch wir beteiligen uns intensiv. Unsere ersten 12 Forderungen haben wir für Sie auf den Seiten 14 und 15 kurz vorgestellt. Wer mehr lesen möchte, findet auf unserer Homepage das Hintergrundwissen.

## Schnell genug?

Das Tempo bei der Novellierung von Gesetzgebungen für Erneuerbare Energien hat also deutlich zugenommen. Das ist zwingend, denn was wir nicht mehr haben, ist Zeit.

Schnell geschriebene Gesetze und große Worte überzeugen uns aber nicht automatisch. Es zählen die Zielgrößen, der Abbau von Hemmnissen und schlussendlich der Investitionsschub. Auch die euphorischen Ankündigungen von Robert Habecks Amtsvorgängern sind uns immer noch im Ohr. Peter Altmaier schwärmte zum EEG 2021, dass nun endlich ein "klares Zukunftssignal für mehr Klimaschutz und mehr Erneuerbare Energien" hörbar sei. Die Vorgänger-Novelle nannte er eine "Allianz für Klimaneutralität und Wohlstand". Nichts von dem ist eingetreten – im Gegenteil! Wir haben erlebt, wie einfallsreich an der Sterbehilfe des einst sehr erfolgreichen Gesetzes zum Ausbau der Erneuerbaren Energien gewerkelt wurde. Das Ergebnis war verheerend. Die Erneuerbare-Energien-Branche erlitt eine dramatische Depression und der Zubau von Solar- und Windleistung brach zusammen.

Die neue Bundesregierung setzt nun neue Zielgrößen. Bis 2030 soll in Deutschland 80 % des Stromverbrauchs aus Erneuerbaren Energien stammen. Der Ausbau der Solarenergie soll mehr als verdreifacht werden, bei Windenergie sieht es ähnlich aus. Mit Blick auf die Pläne des Amtsvorgängers Altmaier ist das schon eine kleine Sensation. Reichen wird es jedoch aller Voraussicht nach nicht. Nach unserer Berechnung wäre eine Verzehnfachung notwendig. Und wenn bis 2035 nur auf die Stromversorgung aus Erneuerbaren fokussiert wird und erst zehn Jahre später – also 2045 – die gesamt-



ten Energiebedarfe der Sektoren Wärme, Verkehr und Industrie "nahezu" klimaneutral erzeugt werden sollen, dann ist und bleibt das zu spät. Die jetzige Bundesregierung unterscheidet sich in diesem Punkt also zu wenig von den Vorgängern.

Wir sehen, dass angesichts des Ukraine-Krieges und des Ringens um Bezahlbarkeit und Versorgungssicherheit der Klimaschutz keine vorrangige Rolle mehr spielt. In den letzten Wochen hagelte es neue Vereinbarungen zu Erdgaslieferungen aus Staaten, die es weder mit Menschenrechten noch mit Klimaschutz ernst meinen. Im neuen Kohleausstiegsplan der Bundesregierung werden höhere Kohleverstromungen bis 2030 geplant. Danach sollen sich die Erneuerbaren nur noch marktgetrieben entwickeln. Das ist nach dem Koalitionsvertrag "idealerweise" 2030, im Kohleausstiegsgesetz steht spätestens 2038. Die Jahre der festen Einspeisevergütungen sind demnach gezählt.

Auch die Verlängerung der Atomkraft verkauft die Bundesregierung als ernsthafte Option zur Energiesicherheit und Energie-souveränität. Denn – so Habeck – liefere uns ja schließlich auch hier "die Zeit davon" [3]. Lieber Bundeswirtschaftsminister: Atomenergie war noch nie ein Partner für den Ausbau Erneuerbarer Energien! Weitere Monate wird sie Wind- und Solareinspeisungen ausbremsen und Geld in die Taschen der Energieriesen spülen. Die Bundesregierung pokert weiterhin um unsere Zukunft und die der nachfolgenden Generation.

So hilft es auch nur bedingt, dass Erneuerbare Energien laut §2 EEG 2023 künftig im öffentlichen Interesse liegen und der öffentlichen Sicherheit dienen sollen. Diese besondere Bedeutung der Erneuerbaren bewirkt nur dann die erforderliche Ausbaudynamik, wenn Änderungen im gesamten Planungs-, Bau-, Genehmigungs-, Natur- und Artenschutzrecht auf Landes- und Kommunalebene umgesetzt werden. Klimaschutz passiert vor Ort. Hier brauchen die Investor:innen die größtmögliche Unterstützung. Davon sind wir leider noch um einiges entfernt.

Wir haben auf unserer Homepage wichtige Änderungen des EEG 2023 aufgelistet und dem EEG 2021 gegenübergestellt. Wer im vollständigen EEG 2023 alles nachlesen möchte, dem empfehlen wir die Arbeitsausgabe der Clearingstelle EEG/KWK/G.



**Susanne Jung**

*Geschäftsführerin des SFV seit 2019, studierte Agrarwissenschaft an der HU Berlin mit Zusatz Umweltmanagement und -consulting. Seit 1994 ist sie für den SFV tätig.*

[www.sfv.de/das-eeeg-2023](http://www.sfv.de/das-eeeg-2023)



## Überblick: Änderungen im EEG 2023

### 1) Ausbauziele

Bis 2030 soll die installierte Leistung bei Solar auf 215 GW und bei Wind auf 115 GW steigen. Das ist mehr als das 3-fache im Vergleich zu August 2022. 80 % (=640 TWh) der von der Bundesregierung als Bedarf angenommenen 800 TWh Strommengen sollen Erneuerbar sein.

### 2. Finanzielle Beteiligung der Kommunen

Die finanzielle Beteiligung der Gemeinden beträgt 0,2 Ct/kWh. Bei Windanlagen ab 1 MW (vorher 750 kW) sind Gemeinden zu beteiligen, die sich bis zu 2500 Meter um die Turmmitte der WKA befinden. Bei solaren Freiflächenanlagen gilt das Gemeindegebiet / der Landkreis.

### 3. Festhalten am Ausschreibungsverfahren

Im EEG 2023 wurden die Ausschreibungsmengen noch einmal erhöht. Für Windenergie werden bis 2028 ~ 63 GW ausgeschrieben, für Solaranlagen auf Freiflächen und Dächern insgesamt ~ 70 GW. PV-Dachanlagen gehen ab 1 MW in die Ausschreibung. Wenn jährliche Ausschreibungsmengen nicht abgerufen werden, droht eine Reduzierung durch die BNetzA für das nächste Jahr.

### 4. De-Minimis-Regel für Bürgerenergiegesellschaften

Wind- und Solaranlagen ab 1 MW werden von der Teilnahme am Ausschreibungsverfahren befreit, wenn sie von Bürgerenergiegesellschaften kommen. Die Befreiung ist auf die Leistung von 18 MW bei Windenergieanlagen und 6 MW bei Solaranlagen begrenzt. Diese Regel enthält jedoch Bürokratie-Stolpersteine.

### 5. Anhebung der Vergütung und Boni für Volleinspeiseanlagen

Die Vergütung für Eigenversorgungsanlagen wird um über 2 Ct/kWh erhöht. Volleinspeiseanlagen erhalten zusätzlich einen Bonus von ca. 2 Ct/kWh, abhängig von der Anlagengröße. Mehrere Anlagen müssen über getrennte Messeinrichtungen abgerechnet werden. Die Betriebsweise der Anlage kann jedes Jahr geändert werden. Alle Vergütungssätze: [www.sfv.de/solaranlagenberatung/eeeg-verguetungen](http://www.sfv.de/solaranlagenberatung/eeeg-verguetungen)

### 6) Erleichterter Netzanschluss

Ab 2025 sollen Netzbetreiber transparente Regelungen für die Bearbeitung von Netzanschlussanfragen anbieten. Für Anlagen bis 10,8 kWp kann der Netzanschlusspunkt ohne Zustimmung des Netzbetreibers genutzt werden, wenn er sich nicht binnen 4 Wochen zurückmeldet.

### 7) Die EEG-Umlage

Die Finanzierung der EEG-Förderung erfolgt künftig durch den Fiskus. Weder auf Eigenversorgung noch auf Stromlieferungen an Dritte (Miet:innen) wird die EEG-Umlage fällig. Das ist eine klare Vereinfachung.

### 8) Keine Reduzierung der Einspeiseleistung mehr

Die Einspeisebegrenzung auf 70% der maximalen Wirkleistung fällt für alle neuen PV-Anlagen bis 25 kWp weg. Die Streichung gilt auch für kleinere Bestandsanlagen bis 7 kWp ([www.sfv.de/70-teilweise-abgeschafft](http://www.sfv.de/70-teilweise-abgeschafft)).

### 9) Förderung von Garten-PV-Anlagen

Die Förderung gilt für Anlagen bis 20 kW, wenn das Hausdach nicht für eine Solar-Installation geeignet ist. Die Grundfläche der Anlage darf nicht größer als die Grundfläche des Wohngebäudes sein. Details sollen in einer Verordnung geregelt werden.

### 10) Weitere Flächen für Solarenergie

Es gibt Vergütungen für Solaranlagen: entlang von Autobahnen und Schienenwegen im Abstand von 500 m (vorher 200 m), für Floating-PV, Agri-PV, PV auf Dauergrünland, Parkplatzflächen und landwirtschaftlich genutzten Moorböden.

# Wunschliste EEG-Bürokratieabbau

*Ein großes Hindernis für die Energiewende ist die bürokratische Regelungswut, die eine Teilnahme an dieser Wende erschwert. Es scheint geradezu der Zweck vieler dieser Regelungen zu sein, Investitions-willige zu entmutigen.*

— Susanne Jung und Rüdiger Haude

## Horrende Grundgebühr für Standby-Verbrauch

Wechselrichter von Volleinspeiseanlagen verbrauchen nur wenige kWh im Jahr; trotzdem werden absurd hohe Bereitstellungspreise für sie verlangt.

**Unsere Lösung:** für den Minimalverbrauch nur den Arbeitspreis (z.B. 50 Ct/kWh) anrechnen und mit den Einnahmen aus der Einspeisevergütung als Betriebskosten abrechnen.

## Bürgerenergie-Gesellschaften noch immer gefesselt

Die Lage hat sich mit dem EEG 2023 etwas verbessert, aber viele starre Regelungen schränken die Gemeinschaftsinvestitionen weiter ein: Sperrfristen, Einschränkungen bei der Mitgliedschaft, strenge Strafen bei Abweichungen.

**Unsere Lösung:** Gemeinsame Investitionen außerhalb der Ausschreibungen vereinfachen, um alle Bürger:innen zu beteiligen.

## Ausweitung von Strafzahlungen

Wer Bürokratie-Regelungen im EEG übersieht, z.B. eine der zahlreichen Meldepflichten versäumt, wird mit drakonischen „Pönalen“ belegt. Das schreckt Investor:innen ab.

**Unsere Lösung:** Es reicht aus, die Einspeisevergütung zurückzuhalten bis die Regel eingehalten wird.

Nun hat das derzeitige Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) beschlossen, das EEG und weitere Gesetze auf unnötige Bürokratie zu durchforsten und sodann zu entschlacken. Da dies für Bürokrat:innen eine besonders schwierige Aufgabe ist, hat der SFV sich in diesen Prozess eingeschaltet und Vorschläge ans BMWK geschickt. Denn schließlich engagiert sich der SFV seit über 20 Jahren in der Solarberatung und ist Kummerkasten für etliche Solaranlagen-Investor:innen. Wir nutzen unsere Mitarbeit als nicht-ständige Beisitzer bei der Clearingstelle EEG/KWKG, und wir halten Kontakt zu Juristinnen und Juristen. Jährlich erreichen uns mehr als 1.500 Anfragen. Wir geben nicht nur erste Infos rund um die Solarenergie, sondern führen auch durch das Wirrwarr an Regelungen bei Erneuerbaren Energien und lösen Probleme. Letzteres ist in den letzten Jahren immer zeitraubender geworden, weil die Bürokratie immer mehr überhand nahm.

Seit diesem Juni, als wir das neue EEG 2023 lasen, haben wir da-

## Nadelöhr „Netzanschluss“

Manche Netzbetreiber lassen sich viel Zeit mit der „unverzöglichen“ Genehmigung des Netzanschlusses, oder sie lehnen ihn prinzipiell ab, weil der Netzausbau zu teuer wird.

**Unsere Lösung:** Unverzöglich heißt „maximal vier Wochen“; die Pflicht zum Ausbau der Netzinfrastruktur richtet sich nach dem Gesamtpotenzial bei Photovoltaik im Anschlussnetz, nicht nach dem einzelnen Antrag.

## Ausschreibungen – der Inbegriff von Bürokratie

Die Eigenlogik von Ausschreibungsverfahren erzeugt so viele Probleme, dass ein Wust von Paragraphen versucht, sie aufzufangen. Neue Absurditäten entstehen, wenn das Instrument nicht mehr der Deckelung, sondern der Beschleunigung der Energiewende dienen soll.

**Unsere Lösung:** möglichst große Anteile des Ausbaus auf andere Förderwege umleiten.

## Wann lohnt sich Mieterstrom?

Die Förderung von PV-Anlagen auf Mehrfamilienhäusern ist noch immer unzureichend. Etwa die Hälfte der Bevölkerung ist dadurch von der Energiewende ausgeschlossen.

**Unsere Lösung:** Vergütung erhöhen, vereinfachte Messkonzepte, alle Gebäude (statt nur Wohngebäude) einbeziehen, Stromsteuer-Befreiung wie bei Eigenverbrauch.

her zahlreiche Vorschläge zum Bürokratieabbau an das BMWK geschickt. Von Bürgerenergiegenossenschaften bis zum Mieterstrom, von Ausschreibungsverfahren bis zu Strafzahlungen reichen die Themen. Auf unserer Homepage haben wir die bisher zwölf Themenbereiche zusammengefasst dargestellt. Sie können die Infos mit dem QR-Code auf dieser Seite erreichen. Nachfolgend stellen wir die Bereiche stichwortartig vor.

Vom BMWK haben uns wohlwollende Reaktionen erreicht. Das Bemühen dort, bürokratische Auswüchse zurückzuführen, ist offenbar ernst zu nehmen. Wir wissen aber auch, dass die Kräfte in der Energiewirtschaft, die von der Bürokratisierung profitieren (und die sie teilweise veranlasst haben), nicht verschwunden und nicht verstummt sind. Und wir haben das Organigramm des BMWK studiert und festgestellt, dass nur ganz wenige Planstellen dort für die Erneuerbaren Energien zuständig sind. In Berlin munkelt man sogar, dass für Photovoltaik im BMWK allenfalls zwei Stellen vorhanden sind.

Das würde von einer sonderbaren Schwerpunktsetzung zeugen. Umso wichtiger ist dann freilich, dass die Freundinnen und Freunde der Sonne ihre Expertise einspeisen. Das wird der SFV auch künftig tun, und wir freuen uns auch weiterhin über Ihre Hinweise, welche bürokratischen Hürden noch dringend abgeräumt werden sollten.



[www.sfv.de/aktuelles/buerokratie-abbauen-eeg2023](http://www.sfv.de/aktuelles/buerokratie-abbauen-eeg2023)

### Potenziale für Steckersolaranlagen nicht ausgeschöpft

Aufwändige Anmeldeprozesse, die Pflicht zu Spezialsteckern und Installation durch Fachkräfte, sowie eine niedrige „Bagatellgrenze“ hemmen den Ausbau.

**Unsere Lösung:** Eigeninbetriebnahme mit Schuko-steckern für Anlagen bis 800 W, Streichung der Meldepflicht im Marktstammdatenregister

### Zu hoher Mess- & Abrechnungsbedarf bei Repowering

Inbetriebnahmejahr, Standort der PV-Anlage und die Frage des Eigenverbrauchs führen zu unterschiedlichen Vergütungssätzen und Einspeisebeschränkungen, oft mit dem Erfordernis gesonderter Messeinrichtungen.

**Unsere Lösung:** Gleiche Vergütung für jede eingespeiste kWh; bei Anlagen unterschiedlichen Alters anteilige Anrechnung des eingespeisten Stroms.

### Das Marktstammdatenregister dient der Gängelung

Betreiber:innen, die ihre Anlage dort nicht rechtzeitig anmelden, werden mit empfindlichen Strafen belegt.

**Unsere Lösung:** Für die Meldung der neuen Anlagen werden die Netzbetreiber zuständig, da sie über alle nötigen Informationen verfügen.

### Wer trägt die Kosten für den Zählereinbau?

Oft gibt es hier Zusatzkosten für die Betreiber:innen, und Unklarheit bei Verwendung mehrerer Zähler.

**Unsere Lösung:** Der Zählereinbau bleibt Dienstleistung des Messstellenbetreibers (meist Netzbetreiber) und wird über Zählermiete bezahlt. Smart-Meter-Pflichten müssen auch für Anlagenbetreibende einen Nutzen bringen.

### Genehmigung von Windrädern dauert viel zu lang

Bis der Genehmigungsprozess abgeschlossen ist, ist die beantragte Windkraftanlage bereits veraltet.

**Unsere Lösung:** typenunabhängige Genehmigung von Windrädern.

### Dach-PV: Mindestabstände behindern den Ausbau

Jedes Bundesland hat eigene Regelungen, welchen Abstand zum Nachbarhaus eine Anlage auf einem Reihenhauseingang haben muss; teilweise werden große Dachflächen gesperrt.

**Unsere Lösung:** In einem Bundesgesetz werden diese Regeln gekippt, oder der Mindestabstand auf maximal 15 cm festgelegt.

# Einsparpotenzial beim Mieterstrom? 1500 Solarteuer-Arbeitsjahre!

*Nicht immer ist die aller kleinste Lösung auch die aller beste. Wenn man in einem Vielparteien-Gebäudekomplex die Anzahl der Wechselrichter, Zähler usw. reduzieren kann, lassen sich in der Summe große Einsparungen an Arbeitsaufwand realisieren. Unser Gastautor, der viel Erfahrung mit der PV-Anlagen-Projektierung auf Mehrfamilienhäusern mitbringt, hat es durchgerechnet.*

— Rolf Weber

In diesem Artikel möchte ich auf eine bisher nach meinem Kenntnisstand kaum genutzte Ressource der Energiewende im Bereich der Photovoltaik hinweisen: Die Reduzierung der eingesetzten Geräte sowie der Solarteuer-Arbeitsstunden beim Bau einer neuen Photovoltaik-(PV)-Anlage bei Mieterstromprojekten auf Doppelhaushälften, Mehrparteien- und Reihenhäusern. Wie das geht? Durch einen gemeinsamen Anschluss und gemeinsame Messtechnik für alle verbauten Einzelanlagen. Meiner Einschätzung zufolge liegt das Einsparpotential bei 3,6 Millionen Geräten, 1,2 Millionen Zählerschränken und 1.500 Solarteuer-Arbeitsjahren.

Nehmen wir für die Erläuterung der Einschätzung folgendes Beispiel: In einem Reihenhauses, bestehend aus vier Gebäuden und einem durchgehenden Dach, passen auf jedes Gebäude PV-Anlagen mit 8 kWp. In jedem Gebäude wohnen sechs Mietparteien. Jedes der Gebäude hat einen eigenen Stromanschluss zum Niederspannungsnetz. Solche Gebäude sind in unserer Region für die Vermietung von Wohnraum die Regel.

Um allen 24 Mieter:innen der vier Gebäude Mieterstrom anbieten zu können, wird in jedem der Gebäude die sogenannte Summenzählung realisiert. Damit werden vier PV-Anlagen zu je 8 kWp mit 4x Wechselrichtern und 4x Zählerschränken, die jeweils 4x Einspeisezähler und 4x Überwachungsgeräte beinhalten, installiert.

Es ginge auch ressourcenschonender. Statt vier PV-Anlagen wird

**” Bundesweites Einsparpotenzial: 3,6 Millionen Geräte, 1,2 Millionen Zählerschränke und 1.500 Solarteuer-Arbeitsjahre**

nur eine PV-Anlage mit  $4 \cdot 8 = 32$  kWp gebaut. Die Summenzählung wird vom Niederspannungs-Hausanschluss in den 10 kV-Transformator, mit dem die Niederspannungsleitung der Gebäude verschaltet ist, verlegt. Für die damit verbundene Nutzung von vielleicht 10 Meter öffentlicher Niederspannungsleitung wird eine pauschale Verteilnetzvergütung von 1 ct./kWh berechnet.

Sollte die PV-Anlage so gebaut werden, wird nur 1x Wechselrichter (allerdings ein größerer), 1x Zählerschrank mit 1x Einspeisezähler und 1x Überwachungsgerät benötigt. An Arbeitszeit würde je Anlage eingespart: Für die Netzantrags- und schriftlichen Inbetriebnahme-Aufwände rund 0,5 Std., für den Installations- und physischen Inbetriebnahme-Aufwand je Wechselrichter rund 1 Std., für jeden Zählerschrank mit Einspeisezähler und Überwachungsgerät rund 2,5 Std. – Insgesamt also 4 Std. je Anlage. Bei drei eingesparten Anlagen sind das folglich 12 Solarteuer-Arbeitsstunden, die eingespart würden.



**Abb 1** — Auf dem Bild sind sechs der inzwischen rund 130 Photovoltaikanlagen der BEG-58 zu sehen. Vier davon auf Doppelhaushälften und zwei davon auf Reihenhäusern mit je drei Gebäuden. Je Doppelhaushälfte/Reihenhauses wurde eine PV-Anlage errichtet. Die Anlagengröße variiert von 30 kWp bis 61 kWp. Insgesamt sind 273 kWp installiert. Foto: BEG-58 •



## Ein Beispiel aus der Praxis

Seit 2010 haben wir bei der BürgerEnergieGenossenschaft (BEG-58) rund 130 PV-Anlagen gebaut. Davon wurden 37 auf Doppelhäusern, 24 auf Reihenhäusern mit je drei Gebäuden und vier auf Reihenhäusern mit je vier Gebäuden gebaut. Da bei uns Klimaschutz oberste Priorität hat, wird ausschließlich eine PV-Anlage auf Doppelhaushälften und Reihenhäusern gebaut. Damit ergibt sich ein realisiertes Einsparpotential von  $37 + 2 * 24 + 3 * 4 = 97$ . Von uns wurden also 97 Wechselrichter, 97 Zählerschränke, 97 Einspeisezähler und 97 Überwachungsgeräte eingespart. An Arbeitszeit wurde eingespart:  $97 * 4/8 = 48,5$  Solarteure-Arbeitsstage.

## Bundesweites Einsparpotential

Gemäß Abbildung 2 oben sind insgesamt 5% der Gebäude im Besitz von privatwirtschaftlichen Wohnungsunternehmen (1,7%), Kommunen und kommunalen Wohnungsunternehmen (1,7%) und Wohnungsgenossenschaften (1,6%). Gemäß Tabelle (siehe Abb. 2 unten) gab es 18.367.576 Gebäude. 5% von 18.367.576 sind 918.379 Gebäude. Um der Größenordnung der potenziellen Mieterstromgebäude näher kommen zu können, gehe ich schätzungsweise davon aus, dass es sich im Durchschnitt um Reihenhäuser mit jeweils 3 Gebäuden handelt. Damit rechne ich mit einem Einsparfaktor von 2 je Reihenhäuser. Als von der Lage und Ausrichtung her geeignete Reihenhäuser schätze ich 600.000 der 918.379 ein.

Damit ergibt sich ein Einsparpotential von jeweils  $2 * 0,6$  Mio. = 2 Mio. Wechselrichtern, Zählerschränken mit Einspeisezählern und Überwachungsgeräten. Also 3,6 Mio. weniger benötigte Geräte und 1,2 Mio. weniger Zählerschränke! So ergibt sich ein Einsparpotential von  $4 * 0,6$  Mio. = 2,4 Mio. Solarteure-Arbeitsstunden. Bei einer Solarteure-Jahresarbeitsleistung von 1.600 Std. ergibt sich daraus ein Gesamt-Einsparpotential von 1.500 Solarteure-Arbeitsjahren. Wenn wir davon ausgehen, dass die 600.000 Anlagen innerhalb der nächsten 10 Jahre gebaut werden sollen, dann würde die im Augenblick knappste Personalkapazität der Solarteure um rund 150 Solarteure pro Jahr erhöht!

Zusatzargument: Unsere Energiegenossenschaft hat Dachnutzungsverträge mit sieben Wohnungsgesellschaften. Im Rahmen der Diskussionen zu Mieterstrom ist uns folgendes Argument entgegengebracht worden: Wenn Sie auf den geeigneten Dächern Photovoltaikanlagen bauen und Mieterstrom anbieten, an den daneben stehenden Gebäuden mit ungeeigneten Dächern aber keine Photovoltaik-Anlage bauen, wie soll ich das meinen Mietern erklären? „Du bekommst Mieterstrom und Du nicht!“ Dies ist für die Wohnungsgesellschaft nicht akzeptabel. Mit dem obigen Lösungsansatz erübrigt sich dieses Argument.

## Einschränkungen

Durch den Bau nur einer PV-Anlage auf Reihenhäuser werden die Strings länger. Das heißt, es werden mehr Kupferkabel benötigt. Wenn die gesamte Leistung einer Reihenhäuser-PV-Anlage nur über einen Hausanschluss in das öffentliche Netz eingespeist wird, könnte es vereinzelt dazu kommen, dass dieser Hausanschluss ertüchtigt

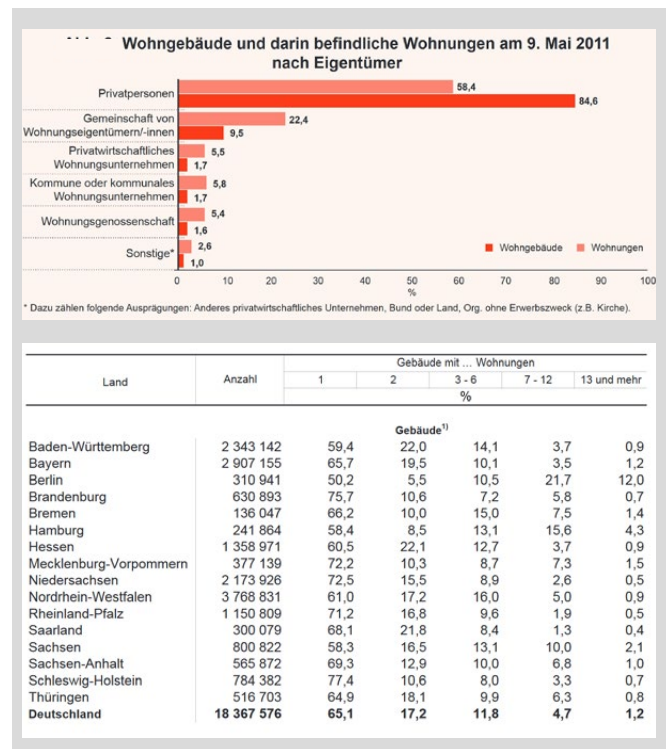


Abb 2 — Gebäude- und Wohnungsbestand - Erste Ergebnisse der Gebäude- und Wohnungszählung 2011 (Statistische Ämter des Bundes und der Länder). Online zu finden unter: [shorturl.at/bf1NQ](http://shorturl.at/bf1NQ)

werden muss. Dies war bei der BEG-58 bei einem 4er-Reihenhäuser der Fall. Dies erhöht den Aufwand. In solchen Fällen könnte auch auf zwei Anlagen für das 4er-Reihenhäuser ausgewichen werden. Bei Reihenhäusern mit Schrägdächern müssen die Strings beim Übergang zum nächsten Gebäudedach ggf. mit Brandschutzwickeln gesichert werden. Auch das erhöht den Aufwand. Nach jeweils acht Jahren müssen die Einspeisezähler neu geeicht werden. Dies erhöht das Einsparpotential. Wenn mehr Geräte im Einsatz sind, werden auch mehr Geräte im Laufe von 20 Jahren einen oder mehrere Defekte haben. Dies erhöht abermals das Einsparpotential. Obige Zusammenstellung ist bereits komplex genug. Der Einfachheit halber gehe ich davon aus, dass sich die Effekte gegenseitig in etwa aufwiegen.



[www.sfv.de/einsparpotenzial-beim-mieterstrom](http://www.sfv.de/einsparpotenzial-beim-mieterstrom)



**Rolf Weber**

Gründete 2010 mit anderen Klimabewegten Menschen aus der Region Hagen und Ennepe-Ruhr-Kreis die BEG-58.

# Weht bald ein anderer Wind, Sven Plöger?

Interview — *Kyra Schäfer & Rüdiger Haude*

Foto — Sebastian Knoth



**Den Meteorologen Sven Plöger kennen wir nicht nur als unseren liebsten "ARD-Wetterfrosch" — er hält auch mitreißende Vorträge und vermittelt uns die aktuellsten wissenschaftlichen Erkenntnisse zu Wetter, Klima und Erderwärmung in seinen Büchern.**

**Obwohl er keine unangenehmen Fakten verschweigt, verliert er nie seinen Humor und seine Herzlichkeit. Wir fragten ihn: Wie machen Sie das, Sven Plöger?**

Ihr neues Buch handelt von den Alpen. Inwiefern kann man an diesem Gebirge ablesen, wie es um unsere Klimazukunft steht?

Die Alpen verdichten die Vegetationszonen und Lebensräume des Planeten in erheblicher Weise. Wenn man von Deutschland aus zum Nordpol wandert, dann sind das rund 5.000 Kilometer. Von unseren Laub- und Mischwäldern geht es dabei über die Taiga und Tundra bis ins ewige Eis der Polarregion. Wenn Sie diesen Weg nun senkrecht stellen und aus 5.000 Kilometern 5.000 Meter machen, dann haben Sie quasi die Alpen, schließlich ist der Montblanc als höchste Erhebung etwa 4.700 Meter hoch. Auf dem Weg von unten nach oben durchläuft man in diesem wunderschönen Gebirge also ebenfalls alle Klimazonen! Damit lässt sich hier der Klimawandel auf engstem Raum ablesen.

Am auffälligsten sind sicher die Gletscher, die sich im Hitze- und Trockensommer 2022 so schnell wie noch nie zuvor zurückgezogen haben. Der Abschmelzprozess läuft so schnell, dass wir einen Monat früher bereits soviel Gletscherwasser verloren haben, wie im bisherigen Rekordjahr 2003. Die Gletscherabflüsse vielerorten führen Hochwasser, während andere Flüsse oft nur noch Rinnsale sind.

Besonders ausgewirkt haben sich die geringe Schneedecke des Winters, wodurch der Gletscher kaum gegen die Sonneneinstrahlung geschützt war, der viele Saharastaub im Frühjahr, der den Schnee und das Eis hat dunkler werden lassen, wodurch mehr Wärme aufgenommen wurde, und dann natürlich die Hitzewellen ab Juni, die ungewöhnliche Wärme auch in Höhen über 3.000 Meter getragen hat.

**Die Dramatik der Klimakrise ist heute wissenschaftlich unbestritten, und die Lösungen für eine emissionsfreie Energieversorgung liegen auf der Hand. Warum passiert dennoch so wenig?**

Schon 1941 hat der Klimaforscher Hermann Flohn in seiner Habilitation die Zusammenhänge gut beschrieben, an Hoimar von Ditfurth mit seiner Sendung „Querschnitte“ erinnern sich viele von uns noch. Eine Sendung von 1978 könnte man heute wieder ausstrahlen und würde auf dieselben Aussagen treffen, die wir heute auch machen. Wir haben also kein Wissensproblem, sondern ein Handlungsproblem. Heute ist unser Handeln von Wohlstandsängsten geprägt und dem kollektiven Warten auf den anderen. Warum soll ich beginnen, wenn es der andere nicht tut?



## Würde Freiwilligkeit immer funktionieren, gäbe es keine Laubbläser oder Schottergärten.

Dann ist mein Handeln doch nutzlos! So werden wir aber nie einen Schritt machen. Wir müssen die Chancen einer Transformation hin zu einer neuen Art des Wirtschaftens in den Mittelpunkt stellen.

Es gibt viele Möglichkeiten, etwas fürs Klima zu tun: Lebensstil ändern, demonstrieren gehen, die Politik beraten, vor Gericht ziehen, unser Wirtschaftssystem transformieren... was ist das Wichtigste?

Jede und jeder muss an seiner Stelle und mit seinen Fähigkeiten agieren. Es macht beispielsweise wenig Sinn, wenn ich mich an Schornsteine ansetze, um Aufmerksamkeit für das Thema zu erlangen. Ich kann mehr erreichen, wenn ich einer Vielzahl von Zuschauern im TV das schwierige Thema versuche zu „übersetzen“. Ein Wissenschaftler muss die Forschung weiterbringen, ein Konzernchef kann viel tun, wenn er Nachhaltigkeit in seinem Unternehmen wirklich umsetzt.

Befinden wir uns gegenüber Braunkohlebaggern und SUVs in einer Notwehrsituation? Und was folgt daraus für unser Handeln?

Wir brauchen Regeln, idealerweise im demokratischen Diskurs erlungen, der aber irgendwann auch beendet werden muss. Würde Freiwilligkeit immer funktionieren, wäre ich begeistert, aber dann würde es in Trockenzeiten nicht tausende von Plastikswimmingpools geben, die fleißig gefüllt werden, dann würde nicht ein Flugreiserekord den nächsten jagen, wenn die Pandemie

gerade nicht so doll zuschlägt, und wir würden alle 130 fahren. Es gäbe auch keine Laubbläser oder Schottergärten.

Eigentlich müssten die Fachleute angesichts der wissenschaftlichen Erkenntnisse laut Alarm schlagen oder in Panik verfallen. Andererseits wird von Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern immer das Gegenteil verlangt: Reflektivität und Selbstkontrolle. Wie gehen Sie mit diesem Dilemma um?

Für mich ist das kein Dilemma. Wieso soll jemand, der von einer Sache am meisten versteht, durch Selbstkontrolle seinen gesellschaftspolitischen Standpunkt verschweigen? Es macht doch keinen Sinn, wenn Leute mit geringem physikalischem Wissen oder solche mit Eigeninteressen die Diskussion beherrschen. Die Wissenschaft muss etwas sagen!

Sie sind durch Ihre Arbeit jeden Tag mit dem Thema Klima konfrontiert: wie halten Sie das angesichts der Dramatik aus, und wieso haben Sie noch so gute Laune?

Ich bin Rheinländer (lacht). Nein, ich bin nicht naiv, aber solange ich weiß, dass es Chancen gibt und solange ich vom Austausch mit Zuschauern weiß, dass immer mehr Menschen sich Sorgen ums Klima machen, weiß ich auch, dass sich eine Gesellschaft ändern kann. Ob aus „kann“ ein „wird“ wird, weiß ich nicht, aber wenn ich eine hoffnungslos pessimistische Haltung einnehme, wird meine Lebenszeit ja auch nicht besser...



### Die Alpen - und wie sie unser Wetter beeinflussen

– Sven Plöger & Rolf Schlenker

Wie wirken die Alpen als Taktgeber für unterschiedlichste Wetterphänomene auch im Flachland? Wie entstehen Hitzerekorde, Trockenperioden, Saharastaub und Starkregen, Föhnstürme und Orkanböen? Mit welchen Strategien überleben Alpentiere? Und welche Ideen gibt es vor Ort, mit denen wir dem Klimawandel entgegentreten können?

*Malik Verlag, 320 Seiten, € 22,00*

[www.sfv.de/weht-bald-einanderer-wind-sven-ploeger](http://www.sfv.de/weht-bald-einanderer-wind-sven-ploeger)



# Was bewirkt der „Nachbesserungsmechanismus“ im Klimaschutzgesetz?

*Der „Expertenrat für Klimaschutz“ wurde mit dem Klimaschutzgesetz von 2019 ins Leben gerufen. Seine Aufgabe: Die Klimaschutzbemühungen der Bundesministerien auf die Einhaltung der ressortspezifischen Ziele der Emissionsreduktionen hin zu überwachen und ggf. Nachbesserungen anzumahnen. Aber wie sieht es in der Realität aus?*

Glosse — Friedrich Hagemann

Zwei Jahre ist das Bundesklimaschutzgesetz (KSG) alt, und doch ist die Auseinandersetzung darum schon eine unendliche Geschichte. Die 2018 gebildete Große Koalition hatte sich darauf geeinigt, ein Klimaschutzgesetz zu schaffen, und das Umweltministerium musste „liefern“. Klimaschutz bedeutet, wenn es konkret wird, die gezielte Reduzierung von Treibhausgasen. Das bedeutet: Es musste die Höhe der Emissionen ermittelt und genau festgelegt werden, wo Emissionen eingespart werden sollen. Die Ministerin Svenja Schulze ließ einen Entwurf fertigen und reichte ihn, wie es dem Gang des Verfahrens entspricht, beim Bundeskanzleramt ein. Damit stieß sie auf die erste Hürde. Statt den Entwurf an alle Ressorts zu versenden, wie es dem Geschäftsgang entspricht, behielt das Bundeskanzleramt unter Frau Merkel den vorgelegten Gesetzentwurf einfach ein, weil die von der Union geführten Ressorts keinen Klimaschutz wollten. Vielleicht wollte Frau Merkel Klimaschutz, aber was sie keinesfalls wollte, war Ärger.

Darauf beging Schulze, die Umweltministerin, einen Regelverstoß: Sie gab ihren Entwurf einfach selber in die Ressortabstim-



**Abb. 1** — Das Bundesverfassungsgericht erklärte das KSG insoweit für verfassungswidrig, als die Klimaschutzziele weit in die Zukunft geschoben wurden. CC BY-SA 3.0 Tobias Helfrich.

mung. [1] Was sie erntete, war kein Gegenwind, sondern ein Gegensturm, bei dem sich vor allem der Verkehrsminister Andreas Scheuer hervortat. Wogegen sich die Union wehrte, war der in dem Entwurf vorgesehene Mechanismus: Wenn auf einem emissionsrelevanten Sektor, z.B. auf dem Gebiet der Landwirtschaft oder des Verkehrs, die im Gesetz vorgesehenen Einsparziele für Kohlendioxid nicht eingehalten werden, sollte das für den Sektor zuständige Ressort verpflichtet sein, unverzüglich „nachzubessern“. Das war etwas nie Dagewesenes, aber der einzige Weg, um überhaupt den Klimaschutz effektiv in die Tat umzusetzen.

Im Zuge der Ressortabstimmung gelang es den Klimafeinden in der Bundesregierung, das Gesetz zu verwässern. Die Fristen für ein CO<sub>2</sub>-neutrales Wirtschaften wurden weit in die Zukunft verschoben. Lieber sollte die Welt zugrunde gehen, als dass man den Wähler:innen in der einen oder anderen Kleinigkeit eine Verhaltensänderung zumuten wollte. Aber immerhin, trotz dieser offenkundigen Feigheit, trotz der Angst vor den Wähler:innen, konnte das Wichtigste, der Nachbesserungsmechanismus, von Frau Schulze durchgesetzt werden.

## Klimaklage und das Bundesverfassungsgericht

Was die Bundesregierung bei diesem unverantwortlichen Agieren übersehen hatte, war, dass es ein Grundgesetz und ein Bundesverfassungsgericht gibt. Einige mutige Zeitgenossen, unter ihnen auch der SFV, hatten schon lange vor dem Inkrafttreten des Gesetzes das Gericht angerufen, weil die Bundesregierung nur wenig Neigung gezeigt hatte, das Pariser Klimaschutzabkommen mit Leben zu erfüllen und in Deutschland einen wirkungsvollen Klimaschutz umzusetzen. Die Klimabremser:innen bekamen aus Karlsruhe ihre verdiente Ohrfeige. Das Gericht erklärte das KSG insoweit für verfassungswidrig, als die Klimaschutzziele weit in die Zukunft geschoben wurden. Nach der Erkenntnis, dass die Klimaschutzmaßnahmen umso stärker ausfallen müssen, je weiter sie in die Zukunft verschoben werden, wäre für die späteren Generationen die Herbeiführung eines gesellschaftlichen Kollapses erforderlich geworden, wenn die in Paris von der Bundesregierung versprochenen Ziele eingehalten werden sollten.

” **Die Fristen für ein CO<sub>2</sub>-neutrales Wirtschaften wurden weit in die Zukunft verschoben. Lieber sollte die Welt zugrunde gehen, als dass man den Wählern eine Verhaltensänderung zumuten wollte.**

Die Nachbesserung durch eine Novellierung des KSG dauerte nach dem Urteil nur etwa sechs Wochen, denn plötzlich entdeckten alle an der Bundesregierung beteiligten Parteien, dass sie schon immer für mehr Klimaschutz waren.

Die Bundestagswahl vom September 2021 brachte neue Mehrheiten. Es hatte dem schlimmsten Klimabremser Peter Altmaier nichts genützt, dass er gefordert hatte, das Thema Klimaschutz im Wahlkampf auszuklammern, weil ja eh alle Parteien dafür seien. Gerade das Versagen der alten Regierung beim Klimaschutz trug mit dazu bei, dass die alte Mehrheit abgewählt wurde. Die neuen Mehrheiten brachten neue Hoffnungen und, zugegeben, die Regierungserklärung ließ erkennen, dass die Bremse beim Klimaschutz gelockert werden sollte. Der Klimaschutz wanderte vom schwachen Umwelt- in das starke Wirtschaftsministerium, und der neue Minister Robert Habeck machte sich zügig daran, einige Fallstricke und Hürden, die den Ausbau der Erneuerbaren Energien behinderten, zu beseitigen.

Ein Hebel wäre hier der Nachbesserungsmechanismus des KSG gewesen. Aber schauen wir ihn uns einfach mal an, seine hehre Konzeption und die traurige Realität.

### Wissing ignoriert den Experten-Rat

Jedes Ressort hat nach dem KSG ein Emissionsbudget, welches Jahr für Jahr verkleinert wird. Alle Emissionen werden vom Umweltbundesamt erfasst und der Bundesregierung berichtet. Es wurde eigens der **Expertenrat für Klimaschutz (ERK)** geschaffen, der die Emissionsdaten prüfen soll. Wenn das Ziel erreicht oder die Emissionsmenge gar unterschritten wurde, ist nichts zu veranlassen. Wenn dagegen die Emissionen höher waren als nach dem KSG erlaubt, muss das zuständige Ressort innerhalb von drei Monaten einen Vorschlag unterbreiten. Das Gesetz bezeichnet das als „Sofortprogramm für den jeweiligen Sektor, das die Einhaltung der Jahresemissionsmengen für die folgenden Jahre sicherstellt“.

Die Nagelprobe kam erstmals im Jahr 2022. Der ERK stellte fest, dass die Sektoren drei und vier – Gebäude und Verkehr – ihre Klimaziele im Jahr 2021 nicht eingehalten haben.[2] Die Gebäudeemissionen waren um zwei Millionen Tonnen CO<sub>2</sub> überschritten, und die Emissionen des Verkehrs lagen mit 148 Millionen Tonnen um sogar 3 Millionen Tonnen über der Zielmarke. Folglich mussten das neu geschaffene Bauministerium

und das Verkehrsministerium nachbessern. Innerhalb von drei Monaten mussten sie dem ERK ihr Sofortprogramm vorlegen.

Nun ist es bekanntlich auf dem Gebäudesektor schwer, von heute auf morgen nachhaltige Verbesserungsmaßnahmen zu realisieren. Denn der Gebäudebestand wurde geschaffen, als kaum einer an Klimaschutz dachte, und die dringend gebotene Umstellung auf Klimaneutralität durch moderne Heiztechnik und optimale Isolierung dauert Jahrzehnte. Aber dennoch legte das Bauministerium ein aus elf Punkten bestehendes Sofortprogramm vor, wonach unter anderem ab 2024 der Einsatz Erneuerbarer Energien bei Neubauten zwingend erhöht und der Dämmstandard an das Optimum angenähert werden soll. Ferner müssen die bislang mit fossiler Energie betriebenen Wärmenetze weitestgehend auf Erneuerbare umgestellt werden und die Kommunen verpflichtet werden, bei Sportstätten und Schwimmbädern ihre Hausaufgaben zu machen.

So weit, so gut. Aber wie sieht es bei dem größeren Klimasünder, dem Verkehr aus? Dem Minister Wissing fielen im Wesentlichen nur drei Handlungsfelder ein, nämlich die Verbesserung der Lade-



Abb 2 – Bundesminister Volker Wissing auf dem International Transport Forum in Leipzig 2022. CC BY-NC-ND 2.0 International Transport Forum.

infrastruktur zur Förderung der E-Mobilität, eine „Ausbauoffensive Radverkehr“ und eine „Ausbauoffensive öffentlicher Nahverkehr“. Das, so rühmte sich Wissing, soll zusätzlich knapp 13,7 Millionen Tonnen CO<sub>2</sub> einsparen.

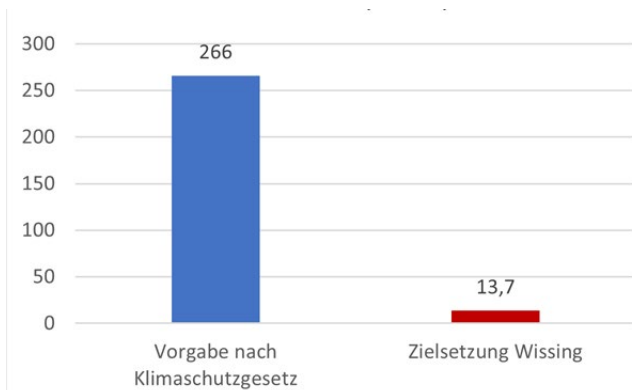
Emissionsminderung in Millionenhöhe klingt gut. Aber reicht das, was Wissing will, aus? Das KSG hat für den Verkehrssektor folgende Vorgaben:

Das bedeutet: Bis 2030 dürfen nach dem KSG 1.334 Millionen

Jahr	2020	2021	2022	2023
CO <sub>2</sub> /t	150	145	139	134
Jahr	2024	2025	2026	2027
CO <sub>2</sub> /t	128	123	117	112
Jahr	2028	2029	2030	
CO <sub>2</sub> /t	105	96	85	

**Tabelle 1** — CO<sub>2</sub> Reduktionsvorgaben für den Verkehrssektor durch das Klimaschutzgesetz [3] •

Tonnen CO<sub>2</sub> emittiert werden. Die gesetzlich angestrebte Reduktion beläuft sich also von 2020 – 2030 auf 266 Millionen Tonnen.[3] Der Minister bietet mit seinen 13,7 Millionen Tonnen nur gut 5 % des Zielwertes. [4] Selbst wenn das Sofortprogramm die behaupteten Einsparungen brächte und der Finanzminister die Haushaltsmittel für die Finanzierung bereitstellen würde, bliebe der Verkehrssektor damit meilenweit von den Zielvorgaben entfernt. Was sofort wirken würde, wären Tempolimits auf Autobahnen, auf Landstraßen und in den Städten. Alleine Tempo 100 auf Autobahnen brächte nach Berechnungen des Umweltbundesamtes eine jährliche Einsparung von 5,4 Millionen Tonnen CO<sub>2</sub>. [5] Tempolimits hätten den Zusatzeffekt einer Erhöhung der Verkehrssicherheit, was wiederum die Attraktivität des Fahrradverkehrs erhöhen würde. Aber der Slogan „Freie Fahrt für freie Bürger“ scheint für das Verkehrsministerium eine heilige Kuh zu sein, selbst wenn die Explosion der Energiepreise zeigt, dass es kein „Weiter wie bisher“ mehr geben darf.



**Tabelle 2** — CO<sub>2</sub>-Reduktion im Verkehrssektor. Bis 2030 müssen die CO<sub>2</sub>-Emissionen im Verkehrssektor laut KSG um 266 Millionen Tonnen reduziert werden. Minister Wissing strebt lediglich 13,7 Millionen Tonnen Reduktion an.

### Wie geht es nun weiter?

Wie geht die Geschichte um die Durchsetzung des Klimaschutzes weiter? Das KSG schreibt vor, dass die zuständigen Ministerien ihre Vorschläge dem ERK zur Bewertung vorlegen müssen. Der ERK nahm demgemäß eine Prüfung und Bewertung der Vorschläge vor. Während das Programm des Baurechts bei allen Bedenken noch als ein „substanzieller Beitrag“ zur Minderung der Emissionen eingeschätzt wurde, stellte der ERK für Wissing's Programm fest, dass es „schon im Ansatz ohne hinreichenden Anspruch“ sei. Es sei „völlig unzureichend“. Die Frankfurter Rundschau kommentierte, das „Sofortprogramm Wissing“ sei so schlecht, dass sich der Rat gar nicht damit befasst habe. „Also: setzen, Sechs. Es braucht eine radikale Verkehrswende.“

Was der Verkehrsminister geliefert hat, ist eine Arbeitsverweigerung. Ohne eine Verkehrswende sind die Zielvorgaben des KSG nicht einzuhalten, geschweige denn ein an den objektiven Erfordernissen orientierter Klimaschutz zu schaffen. Wenn der politische Wille fehlt, das zu tun, was für den Klimaschutz notwendig und zudem durch das Gesetz geboten ist, kann nichts anderes herauskommen als ein „weiter wie bisher“. Das als das wirksamste Instrument des deutschen Klimaschutzes gedachte Verfahren, der gesetzliche Nachbesserungsmechanismus, wird so zu einem zahnlosen Tiger. Was auf der Strecke bleibt, ist der Klimaschutz. Das weiß auch der Verkehrsminister.

Es bleibt zu hoffen, dass es wieder einige mutige Bürger:innen oder Umweltschutzverbände gibt, die gegen dieses Handeln der Bundesregierung Klage erheben. Denn wenn der Rat der Experten für Klimafragen von der Bundesregierung in den Wind geschrieben wird, bleibt das ganze Klimaschutzgesetz eine leere Hülse.



[www.sfv.de/nachbesserungsmechanismus-im-klimaschutzgesetz](http://www.sfv.de/nachbesserungsmechanismus-im-klimaschutzgesetz)



**Friedrich Hagemann**

ist von Beruf Jurist, seit 40 Jahren aktiv beim BUND, seit 1990 mit dem Schwerpunkt Klimaschutz. Mitglied bei Eurosolar und SFV, Gründer mehrerer Bürgerenergiegesellschaften und Mitgründer einer mittelgroßen Energiegenossenschaft im Westerwald, die mit 500 Mitgliedern fünf Solarparks betreibt.

# Angriffe auf kritische Infrastruktur beweisen Notwendigkeit einer Dezentralisierung

Pressemitteilung des SFV vom 18. Oktober 2022

Der Solarenergie-Förderverein Deutschland e.V. (SFV) weist darauf hin, dass die jüngsten Anschläge auf kritische Infrastrukturen (Sprengung der Gaspipelines Nord Stream 1 und 2, Sabotage des Funksystems der Deutschen Bahn) erneut zeigen, wie anfällig zentralisierte Strukturen im Bereich der Daseinsvorsorge sind. Bei der Energieversorgung ist dies nach Überzeugung des SFV ein weiteres Argument, so schnell wie möglich auf Erneuerbare Energien umzusteigen, die dezentral erzeugt und verbraucht werden können.

„In dieser sich zuspitzenden Konflikt-Situation auf neue Pipelines, LNG-Terminals, oder gar wieder auf Atomkraft zu setzen, zeugt von Realitätsverleugnung“, sagt Dr. Rüdiger Haude, Öffentlichkeitsreferent beim SFV. „Für die Interessen einzelner, zentral organisierter Player (vor allem der Energiekonzerne) setzen wir die Versorgungssicherheit der Gesellschaft – mehr noch: unsere Daseins-Sicherheit – aufs Spiel.“

In der Informationstechnik war bereits seit den 60er Jahren des vorigen Jahrhunderts die Überzeugung gewachsen, dass im Konfliktfall eine dezentrale, gewebeartige Struktur einer hierarchischen, baumartigen überlegen ist. Aufgrund einer Initiative des US-amerikanischen Verteidigungsministeriums entstand damals das, was wir heute als Internet kennen. Diese Einsicht gilt aber nicht nur für Informationen, sondern insbesondere auch für Energie.

Nicht nur militärische Auseinandersetzungen und terroristische Anschläge, sondern auch technisches oder menschliches Versagen oder Extremwetterereignisse können bei großen, zentral gesteuerten Systemen schnell zu großflächigen Problemen führen. In dezentralen Strukturen lassen sich die Auswirkungen viel besser räumlich begrenzen.

„Wir beim SFV haben auf diese Problemstellung seit Jahren auch im Zusammenhang mit der Durchsetzung von fernsteuerfähigen Smart-Meter-Techniken hingewiesen, wie sie für Erneuerbare-Energien-Anlagen zunehmend vorgeschrieben werden“, sagt Susanne Jung, Geschäftsführerin des SFV. „Wenn Hacker diese Fernsteuerung kapern, können sie im Extremfall großflächige Strom-Blackouts mit katastrophalen Konsequenzen hervorrufen.“ Jüngst wurden dem Chef des Bundesamtes für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI), Arne Schönbohm, eindeutige Verbindungen zu russischen Geheimdiensten nachgewiesen; er wurde am 18. Oktober von seinen Aufgaben entbunden. Der Vorgang ist ein zusätzlicher Beleg für die Anfälligkeit der komplex geplanten Digitalisierung der Energiewende.

Der SFV fordert deshalb die schnelle Etablierung eines dezentralen und selbstregulierenden Stromversorgungssystems. Die geopolitische Resilienz erfordert dies; zudem wird die Konzentration auf regionale Erneuerbare Energien die energiepolitische Erpressbarkeit beenden. Die Klimakatastrophe, die zahlreiche neue globale Konflikte hervorruft, bleibt das zentrale Problem unserer Zeit; auch sie kann nur mit den Erneuerbaren Energien bekämpft werden, die für ein solches resilientes System benötigt werden.



[www.sfv.de/  
kritische-infrastruktur-  
dezentralisierung](http://www.sfv.de/kritische-infrastruktur-dezentralisierung)



Abb 1 — Das Atomkraftwerk Saporischschja wurde am 3.3.2022 vom russischen Militär eingenommen. Später, bei dem Beschuss des Kraftwerkes, wurden nur knapp Gebäudeteile verfehlt, die im Falle einer Zerstörung zur nuklearen Katastrophe hätten führen können — Foto li.: CC BY-SA 4.0 by Leo211, re.: IAEA





# Was heißt denn hier "Mobilitätswende"?

„Wir brauchen eine Vollbremsung in der Verkehrspolitik.“ So fasste es Tobias Austrup (verkehrspolitischer Sprecher bei Greenpeace) bei einem Fachgespräch der Grünen Bundestagsfraktion zur Verkehrswende im Juni 2022 zusammen. Aber wer soll das Bremspedal betätigen, wenn der Bundesverkehrsminister einer Partei angehört, die aufgrund eines eingegengten Freiheits-Begriffs jedes Tempolimit (und damit eine wichtige, kostenlose Klimaschutzmaßnahme) verhindert? Der überfällige Umbau des Verkehrssystems wird sehr viele Gewinner produzieren, aber auch einige Verlierer. Das sind jene, die vom Status quo objektiv profitieren und die vielen Menschen erfolgreich eingeredet haben, aus den Auspuffrohren von Benzinkutschen komme der Duft der Freiheit. In der jetzigen Bundesregierung sind sie durch jene Partei glänzend vertreten.

## Verkehrswende als Wirtschaftswende

Es geht bei der Verkehrswende auch nicht nur um Fahrzeugtypen und um die Art der Beförderung der Menschen von A nach B. Die gesamte Logik unseres heutigen Wirtschaftssystems hängt mit daran. Die Produktion ist im globalen Kapitalismus durch zwei Phänomene gekennzeichnet. Erstens hat sich eine Just-in-Time-Produktion etabliert, wodurch Lagerhallen abgebaut und die Autobahnen zu „rollenden Warenlagern“ wurden. Rollend, und dabei ständig Treibhausgase ausstoßend. Zweitens hat sich eine forcierte internationale Arbeitsteilung etabliert. Das globale Freihandelsregime führt ja nicht nur dazu, dass Regierungen für jede Klimaschutzmaßnahme erfolgreich von Konzernen verklagt werden können. Es führt außerdem dazu, dass auch die Weltmeere und der Luftraum sich in schwimmende bzw. fliegende Warenlager verwandelt haben. Und die Klimabilanzen dieser Fernhandelswege sind noch verheerender als die der LKW-Flotten.

Die Verkehrswende erfordert daher auch eine Wirtschaftswende. Wir brauchen für den Klimaschutz in der Tat weniger globale Arbeitsteilung. Dass mit regionalisierten Wirtschaftskreisläufen auch

die Gefahr von Versorgungskrisen im Falle von Corona-Lockdowns oder kriegsbedingten Sanktionsspiralen verringert werden kann, ist ein angenehmer Nebeneffekt. So, wie unsere Städte lebenswert werden, wenn wir endlich aufhören, sie autogerecht zu gestalten. Aber wie gesagt, bei diesem Umbau wird es auch Verlierer geben – mächtige Player. Deswegen müssen wir darum kämpfen.

Um nicht falsch verstanden zu werden: Wenn das Autofahren teurer und unattraktiver wird, ohne dass sich andere Aspekte der Mobilität ändern, dann gibt es auch viele weitere Verlierer: Menschen, die in den Vorstädten oder auf dem Land wohnen und zum Pendeln gezwungen sind, oft mit niedrigem Haushaltseinkommen; oder kleine Unternehmen und Sozialeinrichtungen mit einem Fuhrpark, der nicht ohne weiteres ausgetauscht werden kann. Sie, die oft wegen explodierender Mieten aus den Städten vertrieben wurden, sind nicht gemeint, wenn wir von Profiteuren des Status quo sprechen. Diese Prozesse müssen umgekehrt werden; hier zeigt sich wiederum, dass die Verkehrswende auch eine Wirtschaftswende impliziert. Auf mittlere Sicht werden diese Menschen von der Mobilitätswende profitieren, die nicht nur öffentliche Mobilitätsangebote verbessern, sondern auch zu funktionalen Änderungen in der Siedlungsstruktur und zu neuen Arbeitswelten (wie z.B. kleinstädtischen Co-Working-Spaces) führen wird. Es geht darum, sie vom Zwang zum Auto zu befreien. Der Beitrag von Katja Diehl in diesem Heft gibt einen Einblick in dieses Handlungsfeld.

Die Frage ist nur, wie diese Prozesse möglichst beschleunigt werden können; denn die Klimakatastrophe duldet keinen Aufschub. Und die Frage ist, wie man auf dem Weg möglichst wenig Fehler macht. Marktsignale wären tatsächlich eines der wichtigsten Werkzeuge im Werkzeugkasten der Mobilitätswende, um im Einzelfall angepasste Lösungen zu ermöglichen. Z.B. muss die Zerstörung des Klimas – also die Verbrennung fossiler Treibstoffe – einen angemessenen Preis bekommen. Dann erhalten die vernünftigeren Alternativen – von Fahrrad und öffentlichem Verkehr, über die Renaissance der Lagerhaltung, bis hin zur Reduzierung des exzessiven Welthandels – einen Wettbewerbsvorteil. Aber was erleben wir im Krisenjahr 2022? Die Verknappung und Verteuerung von Benzin und Diesel wird mit einer staatlichen Subventionierung dieser Stoffe („Tankrabbat“) ausgehebelt. Plötzlich ist der Markt nichts mehr wert, und die Verknappung eines Gutes wird mit Anreizen zu dessen vermehrtem Konsum beantwortet. Raten Sie mal, welche Partei dafür verantwortlich zeichnete!



Abb 1 — Herzstück der deutschen Verkehrspolitik im Jahr 2022 •

Das gleichzeitig im Juni, Juli und August geltende 9-Euro-Ticket im öffentlichen Nahverkehr hat unterdessen zweierlei verdeutlicht. Erstens, wie sehr ein solches preiswertes und unkompliziertes Angebot von sehr vielen Menschen gewünscht wird. Und zweitens, wie wenig unser vorhandenes, stiefmütterlich behandeltes ÖPNV-System auf dieses Erfolgsmodell vorbereitet war – insbesondere in ländlichen Räumen. Wir brauchen künftig beides: einen attraktiven Nachfolger für das 9-Euro-Ticket (ob das jetzt beschlossene 49-Euro-Ticket da schon ausreicht?), und viel Geld, das in den Ausbau des ÖPNV gesteckt wird – was dann logischerweise nicht aus den Ticketpreisen finanziert werden kann, sondern mit Steuergeldern. Die Beendigung der Subventionierung der problematischsten Verkehrserscheinungen (Dienstwagenprivileg, Subventionierung von Diesel und Kerosin, um nur einige zu nennen) würde schon eine attraktive Gegenfinanzierung ermöglichen. Insgesamt entfielen laut Umweltbundesamt 2018 mehr als 30 Mrd. Euro Fossilsubventionen jährlich auf den Verkehrssektor.[1]

## Verkehrstechnik oder Verkehrskultur?

Die Mobilitätswende muss auf das Kardinalproblem antworten, dass keine fossilen Treibstoffe mehr verbrannt werden dürfen. Diese Aufgabe lässt sich auf verschiedene Weise angehen. Ein Ansatz besteht darin, das Problem auf technische Weise zu lösen. Dieser Ansatz dominiert heute, und selbst er wird enger gefasst als nötig. Es wird nämlich fast ausschließlich über eine Antriebswende diskutiert. Batterieelektrische Antriebe, Brennstoffzellen, E-Fuels, im Einzelfall vielleicht sogar unmittelbare Nutzung von Sonnenenergie werden gegeneinander abgewogen. Aber wenn statt eines Benzin-SUV ein Elektro-SUV gebaut wird, ist damit ein ebenso großer Ressourcenverbrauch verbunden. Erst zaghaft werden Möglichkeiten diskutiert, Fahrzeug-Karosserien aus umweltschonenderen Materialien zu bauen, etwa aus Holz oder aus recyceltem Kunststoff (vgl. Seite 49 in diesem Heft).[2] Eine noch effektivere Ressourcenschonung liegt beim ebenfalls noch kaum bedachten „Retrofitting“ vor: Bestehende Fahrzeuge werden durch Austausch des Antriebsstrangs elektrifiziert.[3] Der Beitrag von Thomas Pade im vorliegenden Heft zeigt, wie reizvoll das sein kann, aber auch, welcher riesiger Aufwand mit so einem in Eigenregie geplanten Umbau verbunden sind. Warum fördert die Bundesregierung den Kauf eines neuen E-Autos mit tausenden Euro, aber die ressourcenschonende Elektrifizierung eines vorhandenen Autos mit keinem Cent? Warum bieten die Hersteller keine standardisierten Bausätze zum E-Retrofitting ihrer Modelle an? Ich vermute, Sie kennen die Antwort.

So lassen sich viele technische Details denken, die etwa den ‚ökologischen Reifenabdruck‘ von Autos reduzieren könnten. Der Gesetzgeber könnte hier deutlich helfen, sowohl durch ein rasches Zulassungsverbot für neue Verbrennungsmotoren als auch z.B. durch eine gesetzliche Begrenzung der Länge, Breite, Höhe, des Leergewichts und der Motorleistung von Fahrzeugen. Aber das Grundproblem bliebe immer noch bestehen: der enorme Bedarf individualisierter Autos an Raum, welcher dadurch nicht mehr für Menschen und ihre Bedürfnisse, für kulturelles Leben und für Grün in der Stadt zur Verfügung steht. Hier kommt ein zweiter Ansatz der Mobilitätswende ins Spiel, der nicht mehr technisch denkt, sondern



Abb 2 — Wie wollen wir leben? Autofreie Straße in Berlin. •

kulturell. Der deswegen lange eingeübte Selbstverständlichkeiten hinterfragt. Der von der Frage ausgeht: Wie wollen wir leben?

Welche Bedürfnisse befriedigt der große Blech-Kokon namens Auto? Wenn wir Ruhe vor unseren Mitmenschen wünschen: Wie ist es dazu gekommen? Sehen wir die Innenstadt als Raum maximierten Konsums, oder als Ort der Begegnung und des Lebensgenusses? Wollen wir wirklich, dass alles immer schneller passiert, oder täte es uns gut, etwas Tempo aus unserem Leben herauszunehmen? Sind wir im Straßenverkehr und in der Politik für das Recht der Stärkeren, oder für den Schutz der Schwächeren?

## Handreichung fürs politische Handgemenge

Wir wollen in diesem Solarbrief-Schwerpunkt beide genannten Ansätze verfolgen. Wir gehen davon aus, dass Mobilität ein menschliches Grundbedürfnis ist, das nachhaltig befriedigt werden muss. Wir wollen eine Welt, in der es zwar viel, viel weniger Flug- und Schiffsverkehr gibt als heute, in der diese Reiseformen aber nicht abgeschafft sind. Deswegen sind Fragen nach technischen Lösungen wichtig. Zugleich müssen wir schnell von den grotesken Auswüchsen an Ineffizienz wegkommen, die im Transport einzelner Menschen durch mehrere Tonnen wiegende Boliden bestehen, oder in dem dramatischen Treibhausgas-Ausstoß pro Kopf bei Flugreisen. Das wird nicht ohne Verhaltensänderungen funktionieren. Deswegen sprechen wir sowohl technische als auch kulturelle Aspekte der Mobilitätswende an.

Sie hängen übrigens in komplexer Weise zusammen. Wenn wir im transkontinentalen Luftverkehr für Luftschiffe an Stelle von Jets plädieren, dann liegt dies zunächst an der (verglichen mit Flugzeugen) um den Faktor zehn besseren Energieeffizienz dieser Technik. Auf der anderen Seite wird eine Atlantiküberquerung per Zeppelin vielleicht wieder drei oder vier Tage dauern. Wer jetzt spontan denkt, das sei der Nachteil dieses Konzepts, sollte kurz innehalten und sich fragen, ob unsere Kultur der maximalen Beschleunigung und der grenzenlosen Verfügbarkeit im Endeffekt wirklich erstrebenswert ist. Vielleicht ist ja Entschleunigung eine lohnende verkehrspolitische Zielsetzung an sich, selbst ohne dass wir Probleme wie die Klimakatastrophe oder Unfallopfer eigens thematisieren müssten.

Es ist freilich verständlich, wenn z.B. Berufspendler:innen ihren Acht-Stunden-Arbeitstag nicht noch mit überlangen Fahrzeiten

verlängern wollen. Aber wenn wir dieses Thema ansprechen, dann muss eine Reihe weiterer Fragen adressiert werden: Welche verkehrspolitischen Weichenstellungen haben dafür gesorgt, dass die Menschen immer weiter entfernt von ihren Arbeitsplätzen wohnen? Wie ließe sich der Trend umkehren? Was ist noch zeitgemäß an einer 40-Stunden-Woche? Ist das Pendeln per Auto wirklich schneller als mit ÖPNV oder mit Pedelecs, und wenn ja, muss das so bleiben? Liegt es vielleicht an vielen Jahrzehnten einer Verkehrspolitik, die die Alternativen systematisch benachteiligt und zurückgedrängt hat? Und wiederum: Wenn dieser Zustand politisch herbeigeführt wurde, warum soll man dann nicht einen besseren Zustand ebenfalls politisch herbeiführen können?

Aber in den verkehrspolitischen Debatten wird sehr oft naturalisiert, d.h. es wird als Naturgesetz behandelt, was doch Folge politischer Entscheidungen ist. Achten Sie einmal darauf, wenn z.B. im Wirtschaftsteil der Zeitung davon geschrieben wird, der globale Flugverkehr werde sich bis 2050 verdoppeln. Warum denn? Wer will das? Oder wenn in Leserbriefen wieder und wieder argumentiert wird, die Menschen wollten „nun mal“ mit dem Auto zum Einkaufen fahren, deshalb dürfe sich nichts Grundsätzliches ändern. Die Menschen wollen das aber nicht „nun mal“, sondern unter ganz konkreten und änderbaren Bedingungen, z.B. der Zentralisierung von Einkaufsmöglichkeiten, einem schlecht ausgestatteten ÖPNV oder der Gefährlichkeit des Fahrradfahrens in Großstädten. Und der globale Flugverkehr wächst (oder schrumpft) in genau dem Maße, wie neue Start- und Landebahnen gebaut, Treibstoffe subventioniert, Märkte dereguliert werden. Es ist eine Beleidigung des Gedankens der Demokratie, wenn der Entscheidungscharakter all dieser Vorgänge geleugnet wird.

Und wenn wirklich sichtbare, demokratische Entscheidungen gefällt werden, wie bei den Volksbegehren in vielen Städten, die zu „Radentscheiden“ führen, dann wird jede einzelne Verbesserungsmaßnahme von einer kleinen, aber lauten und mächtigen Minderheit weiter bekämpft, verzögert oder verhindert; von einer Minderheit, die meint, Lärm, Gestank und Versiegelung in unseren Städten seien ein Menschenrecht. Wie eingangs betont: Um den Umbau unseres Verkehrssystems müssen wir kämpfen, seine offensichtlichen Vorteile reichen für eine Durchsetzung nicht aus.

Die Auseinandersetzungen werden auf allen Ebenen geführt, vermutlich auch bei Ihnen vor Ort. Dieser Solarbriefschwerpunkt möchte Ihnen Anregungen und Argumente für diese Auseinandersetzung anbieten. Wir brauchen schnelle Erfolge auf breiter Front. Denn es geht nicht nur um die kurzfristige Verbesserung der Lebensqualität der Menschen (das auch). Es geht um die Abwendung des ökologischen Desasters.

— Rüdiger Haude

[www.sfv.de/was-heisst-denn-hier-mobilitaetswende](http://www.sfv.de/was-heisst-denn-hier-mobilitaetswende)



# Mobilität für Menschen, nicht für Autos.

*Dörfliche Co-Working-Spaces, die 15-Minuten-Stadt, mehr Personal im ÖPNV für das Sicherheitsgefühl marginalisierter Gruppen – unsere Gastautorin hat in ihrem Buch „Autokorrektur“ anregende Blickwinkelerweiterungen und Lösungsideen für die Mobilitätswende vorgelegt. Für den Solarbrief hat sie ihren Ansatz zusammengefasst.*

— Katja Diehl

**Redaktioneller Hinweis:** Ungewohnte Begriffe und Konzepte haben wir online verlinkt (siehe QR-Code)



— Das Cover von Katja Diehls Bestseller "Autokorrektur". Das Buch hat kontroverse Debatten ausgelöst – nicht das Schlechteste, was man über ein Druckwerk sagen kann. •

Deutlich mehr als Männer nutzen Frauen öffentliche Verkehrsmittel, Fahrräder und gehen zu Fuß. Wenn ein Haushalt ein Auto besitzt, wird dieses zumeist vom Mann allein benutzt. Es sind – das hat die Pandemie leider wieder verstärkt – die Frauen, die drei Viertel der nicht bezahlten Carearbeit verrichten, also Kinder zur Schule bringen, alte Menschen pflegen, Einkäufe erledigen. In Doppelverdiener-Haushalten ist auffällig, dass Frauen zweimal so viel wie Männer diese Carewege auf ihrem Weg zur Arbeit erledigen. Damit liegen viele dieser Wege im öffentlichen Bereich. Wurden die Radwege und der ÖPNV auf die speziellen Bedürfnisse abgestimmt? Nein. Immer wieder gern zitiert sind Beispiele aus Schweden, wo man nach Umfragen beschloss, bei Eisglätte erst die Fußwege und dann die Straßen zu befreien. Millionen Euro an Verdienstaufschlägen und Krankenkosten wurden so eingespart. Warum? Weil es vor allem berufstätige Frauen waren, die zu Fuß mit ihren Kindern auf den Wegen verunglückten.

## Mobilität – A Man's World

Das Fehlen von weiblicher Expertise ist ein echtes Manko bei der Gestaltung von Mobilität. Aktuell gilt: Mobilität „is a man's world“. Nur acht Prozent der Führungspositionen in der Branche zwischen Auto und Bahn sind weiblich besetzt. Das führt zu einer sehr homogenen Sicht, die nie dafür Sorge tragen kann, dass möglichst viele Aspekte und Bedürfnisse einfließen in den Gestaltungsprozess!

Frauen machen mehr und kürzere Wege zu unterschiedlichen Zeiten. Der Ausdruck „Hauptverkehrszeit“ bezieht sich auf die klassischen Pendler:innenzeiten morgens zur Arbeit und nachmittags zurück. Schon damit gerät das System in Schiefelage, weil es sich um den Standard der Erwerbsarbeit kümmert – und zwar nur um diesen. Und damit alle weiteren Wege, die ebenfalls täglich erfolgen, vernachlässigt, obwohl diese von großer Bedeutung für das Funktionieren unserer Gesellschaft sind. Streckennetze sind oft sternförmig aufgebaut, wir wollen als Pendler:innen schnell von A nach B und dann zurück. Carearbeit jedoch ist so nicht organisiert. Es bedürfte auch einer „Kreisbeziehung“, um in benachbarte Stadtteile zu kommen. In den traditionell schlecht ausgebauten Nahverkehrsnetzen

der USA kam heraus, dass Fahrten mit UBER doppelt so schnell waren wie dieselben Strecken im ÖPNV. Das jedoch kann nicht die Lösung sein, da hier das private Fahrzeug nur durch ein gemietetes mit Fahrer:in ersetzt und somit der Stadtraum nicht entlastet wird. Weiteres No Go: Täglich genutzt sind diese Angebote zu teuer. Und die Gender Pay Gap beträgt weltweit durchschnittlich 37,8 Prozent. Warum also nicht UBER aus öffentlicher Hand organisieren? Ridepooling on-demand kann sogar durch die jeweilige Ausstattung der Fahrzeuge barrierefrei gestaltet werden – in dem Moment, wo die Fahrt bestellt wird.

## Interviews zu Mobilität

Für mein Buch „Autokorrektur – Mobilität für eine lebenswerte Welt“ habe ich sechzig völlig unterschiedliche Menschen interviewt. Alte und Junge, Gesunde und Menschen mit Behinderungen, trans Personen, Schwarze und Persons of Color, wohlhabende Menschen und Menschen in Armut, mit Berufen von der Krankenpflegerin bis zum Busfahrer, mehrfach Marginalisierte. Sie leben z. T. ohne Führerschein, haben aus unterschiedlichen Gründen kein Auto oder fahren Auto, obwohl sie das eigentlich gar nicht wollen. Da bin ich auf Spurensuche gegangen.

Wie kam es zu dieser Abhängigkeit?

Warum ist es in Deutschland 'schräg', zu sagen:

"Ich möchte nicht Auto fahren?"

Warum wird dieser Wunsch nach selbstbestimmter Mobilität ohne eigenes Auto nicht ernstgenommen?

Ich beginne mein Buch mit der Zeit nach dem Zweiten Weltkrieg, als wir begannen, das Massenverkehrssystem auf der Grundlage von Autos aufzubauen und autogerechte Städte zu schaffen. Ich untersuche die Art und Weise, wie wir in Deutschland Städte gebaut und wie wir die ländlichen Gebiete gestaltet haben. Die Interviews habe ich alle mit der Frage „willst du oder musst du Auto fahren?“ begonnen. Fast alle, denen ich diese Frage stellte, haben noch nie darüber nachgedacht, aber als sie es taten, fühlten sie viel Zwang zum Auto fahren. Weil es keine Alternativen gibt, weil sie sich im öffentlichen Verkehr nicht sicher fühlen, weil dort Barrieren für Menschen mit Behinderungen bestehen oder aber Bahntickets für eine Familie als zu teuer gelten. Außerdem halten sie die Zeit, die sie im Auto verbringen, für zu wertvoll, weil sie da nichts anderes tun können. Ich hoffe, dass diese Art des Geschichtenerzählens den Menschen hilft, zu erkennen, dass wir die Mobilität auf die falsche Weise angehen.

Ich glaube, es gibt eine dünne Schicht, die wir Mobilitätswandel nennen, aber darunter liegen die weitaus größeren soziale Probleme, die, wenn wir sie nicht lösen, Menschen weiter in das Auto treiben.

## Warum fahren bestimmte Menschen nicht um Mitternacht mit dem Bus?

Auch hier dürfen wir uns nicht nur auf Technik und den Aspekt, Personalkosten zu sparen, fokussieren. Ich würde zum Beispiel auch nicht mit vielen Fremden nachts in ein autonomes Shuttle steigen. Mir wäre wichtig, dass da eine Person für Sicherheit sorgt. Man kann das Bedürfnis nach Sicherheit nicht digitalisieren. Wir müssen ein

System aufbauen, das gewährleistet, dass sich um alle Bedürfnisse gekümmert wird. Diese ernstgenommen werden. Wir können die Mobilität nicht ändern, wenn wir nicht bereit sind, alle -ismen zu ändern. Man muss in die Köpfe der Menschen vordringen, um ihre Einstellung zur Veränderung der Mobilität zu ändern.

Warum kennen Angebote wie Google Maps zwar den schnellsten, aber nicht den sichersten Weg? Ich denke, nicht zuletzt deswegen, weil Männer sich nicht mit Priorität A mit der Sicherheit von Wegen beschäftigen müssen. Frauen sind hingegen rein statistisch einem höheren Risiko ausgesetzt, Opfer von Verbrechen und Gewalt zu werden. Und natürlich bezieht sich dies auf den öffentlichen Raum und damit die Nutzung von Nahverkehrsangeboten. Fix the system – not the women. Dieser Spruch hat überall Bedeutung, auch in der Gestaltung eines zukunftsfähigen, barrierefreien, sicheren ÖPNV.

In einigen Städten haben über 90% der Frauen sexuelle Belästigung in öffentlichen Verkehrsmitteln erlebt. Natürlich führt dies zu einer Einschränkung der Nutzung öffentlicher Verkehrsmittel und damit zu einer Einschränkung der Lebensqualität, des Zugangs zu Bildung, Kultur und Freizeitmöglichkeiten von Frauen. Vor allem dann, wenn kein PKW im Haushalt vorhanden ist. Frauen bevorzugen eher Tür-zu-Tür- und Mitfahrdienste, um sicher zuhause anzukommen. Denn gerade der Weg vom ÖPNV zur eigenen Haus-



## Warum kennen Angebote wie Google Maps zwar den schnellsten, aber nicht den sichersten Weg?

tür wird als unsicher und gefährlich wahrgenommen. So ersetzen Frauen in manchen US-Städten teure Taxifahrten durch Fahrten mit dem E-Scooter, weil sie sich auf diesen sicherer fühlten als zu Fuß. Sollten wir das bei der Planung zukünftiger, nachhaltiger Mobilität berücksichtigen? Enrique Peñalosa, der Bürgermeister von Bogotá, ist mit mir einer Meinung: „Ein entwickeltes Land ist kein Ort, an dem die Armen Autos haben. Es ist der Ort, an dem die Reichen die öffentlichen Verkehrsmittel nutzen.“ Das aber heißt auch, die Sicherheitsbedenken ernst nehmen, statt milde über sie zu lächeln.

Und es heißt vor allem, ernst zu nehmen, dass Männern zwar technische Details wie Überwachungskameras und Notrufknöpfe genügen, um sich sicher zu fühlen – dass Frauen hier aber Personal bevorzugen, an das sie sich im Fall einer Belästigung direkt wenden können. Denn mal ehrlich: Was nutzt die aufgezeichnete Belästigung, wenn sie geschehen und zunächst ungeahndet bleiben kann?

## Angst und andere Barrieren

Ich habe mit einer Trans-Person gesprochen, die sehr gerne mit dem Zug fährt, aber das kann zu bestimmten Uhrzeiten auch eine beängstigende Erfahrung sein. Ihre Idee war ganz simpel: Warum investieren wir nicht ein ÖPNV-System, bei dem Fahrgäste sicher

sein können, dass ab einer bestimmten Uhrzeit freundliche Menschen im Zug sind, zu denen man sich setzen kann? Hier geht es nicht um die Digitalisierung, sondern um menschenzentriertes Verhalten. Es ist so viel einfacher, eine gute Lösung für ein Problem zu finden, wenn man den Menschen in den Mittelpunkt stellt!

Warum sehen wir so wenige Menschen im Rollstuhl in der Bahn? Wir müssen ein barrierefreies System aufbauen, das ältere Menschen, schwangere Frauen und Menschen mit Behinderungen mit einbezieht. Wenn man sich auf die Minderheit konzentriert, gibt man immer etwas für die Mehrheit zurück. Im Buch gibt es einen Herrn, der wegen einer Rückenverletzung nicht länger als anderthalb Minuten stehen kann. Er nimmt das Auto, weil es an seiner Bushaltestelle keine Sitzbank gibt.

Wir müssen die Mobilität anders betrachten, als wir das heute tun. Heute haben wir im Kopf den Satz: „Zur Not kann ich immer noch Auto fahren.“ Schon dieser Satz ist falsch. 13 Millionen Erwachsene in Deutschland haben keinen Führerschein, 13 Millionen Kinder sind zu jung für einen Führerschein. Da heißt es dann: Die können doch von ihren Eltern gefahren werden. NEIN! Es ist total wichtig für die kindliche Entwicklung, selbstbestimmt unterwegs zu sein. Vielfalt ist hier wirklich wichtig. Wenn es da eine technische Lösung gibt, schauen Sie bitte genauer hin, denken Sie an Menschen im Rollstuhl, Transmenschen oder andere Bedürfnisse. Beziehen Sie das in Ihre Gleichung ein, um eine Mobilitätslösung zu finden. Das bedeutet auch, dass wir eine bessere Mischung von Menschen auf Regierungsebene brauchen und nicht nur weiße Männer mittleren Alters.

Für mich ist die Fünfzehn-Minuten-Stadt – aber auch das 15-Minuten-Dorf – die Vision, die wir gestalten sollten. Es wäre perfekt, wenn alles in der Nähe und mit dem Fahrrad erreichbar wäre, auch in den ländlichen Gebieten. Wir sollten die vielen Kilometer, die die Menschen zurücklegen müssen, um zur Arbeit, zum Hobby oder zum Einkaufen zu kommen, abbauen. Die COVID-Krise hat

es geschafft, dass viele Menschen von zuhause arbeiten konnten. Obwohl ihre Vorgesetzten und auch sie selbst vielleicht zuvor dachten, dass dies unmöglich zu organisieren sei. Jetzt, nach den strikten Maßnahmen und dem Homeofficegebot wollen die Unternehmen, dass ihre Mitarbeiter wieder ins Büro gehen. Warum? Lasst uns doch im ländlichen Raum Co-Working-Spaces schaffen! Die Menschen, mit denen ich gesprochen habe, sind nicht mehr bereit, täglich stundenlang zur Arbeit zu pendeln, und versuchen nun, einen Job zu finden, bei dem Geld nicht die einzige Motivation für die Arbeit, sondern die Möglichkeit, mobil und unabhängig zu arbeiten, ihnen wichtig ist.

## Die Ungerechtigkeit unseres Mobilitätssystems

Stattdessen ist weiterhin zu oft alles auf den Besitz eines Autos ausgerichtet. In Deutschland ist es völlig normal, ein Auto zu haben, und wenn man keins hat, wird man verpöht. Für manche Minderheitengruppen ist das Auto zudem auch ihr sicherer Raum oder das äußere Zeichen, erfolgreich zu sein.

Wenn wir im Auto sitzen, vermeiden wir es, mit anderen Menschen zusammenzukommen, nicht wenige meiden vielleicht auch deswegen Busse. Ich glaube, Menschen, die einen bequemen Lebensstil haben, können sich nicht vorstellen, wie viele Probleme es im Zusammenhang mit der Mobilität für andere Menschen gibt. Wir müssen unsere Straßen zurückgewinnen, auch, damit unsere Innenstädte resilienter gegen Krisen werden. In London hat man zum Beispiel herausgefunden, dass die örtlichen Unternehmen vierzig Prozent mehr Umsatz gemacht haben, als sie die Straßen nur für Radfahrer und Fußgänger freigegeben haben. Weil die Leute zu Fuß gingen und Rad fuhren, sich umsahen, konsumierten und einkauften. Das passiert nicht, wenn man mit dem Auto fährt, weil man sich nur darauf konzentriert, sein Ziel zu erreichen und den Verkehrsfluss der Autos nicht zu stören.

## Kletterprotest: für eine Mobilitätswende für Alle

„Wenn die Mobilitätswende funktionieren soll, müssen alle mitfahren können“, sagen auch die mehrheitlich behinderten Aktivist\*innen der Gruppe „Rollfender Widerstand“. Der Name kommt von „rollend“ und „laufend“ und soll zeigen, dass in der Gruppe Menschen mit verschiedenen Behinderungen zusammenarbeiten.

Ausgehend von ihren eigenen Erfahrungen mit öffentlichem Verkehr haben auch sie Ideen gesammelt, wie einige der Barrieren, welche sie am Bus- und Bahnfahren hindern, abgebaut werden können, z.B.:

- Liegeabteile würden Menschen, die (wegen chronischen Krankheiten, Rückenproblemen, etc.) nicht lange aufrecht sein können, das Bahnfahren ermöglichen.
- Auch für Rollstuhlfahrer\*innen gibt es viel zu verbessern, z.B. sollte der Mobilitätsservice unbürokratischer werden und nicht nur zu bestimmten Tageszeiten, sondern immer, wenn Züge fahren, zur Verfügung stehen.
- Für Menschen mit Immunschwäche ist es essentiell, dass die Maskenpflicht in öffentlichen Verkehrsmitteln beibehalten wird.



Foto: Rollfender Widerstand

Um über Forderungen hinaus Druck zur Umsetzung aufzubauen, macht die Gruppe Rollfender direkte Aktionen, z.B. eine Kletteraktion am für Rollstuhlfahrer\*innen nicht zugänglichen Bhf Frankfurt West im August 2022 (siehe Foto).

Mehr Infos: [fightableism.noblogs.org](http://fightableism.noblogs.org) oder [Twitter: @Fight\\_Ableism](https://twitter.com/Fight_Ableism)

**Autofreie Superblocks** — In Barcelona werden immer mehr Stadtblöcke zu sogenannten "Superblocks" zusammengefasst, die für Auto-Durchgangsverkehr gesperrt sind. Für Anwohner gilt eine Höchstgeschwindigkeit von 10km/h. Foto: CC BY-NC-SA 2.0 Urban Grammar •



Mein Hauptaugenmerk ist die Ungerechtigkeit des Mobilitätssystems. Es lässt marginalisierte Menschen in der Gesellschaft im Stich. Wir sind so sehr darauf fokussiert, dass die Technologie unsere Probleme löst, das muss aufhören. Wir müssen uns zudem um Klimagerechtigkeit kümmern, die auch eine Art von sozialer Gerechtigkeit ist. Denn arme Menschen leben meist an Orten mit hohem Verkehrsaufkommen. Der Ansatz sollte darin bestehen, die Zahl der Autos deutlich zu verringern und Platz für Menschen zu schaffen.

Die Autoindustrie behauptet, dass die Umweltverschmutzung der Vergangenheit angehören wird, weil wir bald alle Elektroautos fahren werden. Auch das ist eine Lüge. Denn damit werden nur die lokalen Emissionen vermindert, noch nicht mal in Gänze. Es werden immer noch Ressourcen an anderen Orten der Welt abgebaut und verbraucht, und die Umweltverschmutzung wird dort weiter bestehen. Und vergessen wir nicht den Platz, den Autos im öffentlichen Raum einnehmen. Man sagt mir immer wieder, ich solle in eine ländliche Gegend ziehen, wenn ich solche Probleme mit Autos habe. Aber die Probleme in den ländlichen Gebieten sind dieselben. Wenn man kein Auto hat, ist man auf dem Land völlig aufgeschmissen. Das ist noch schlimmer als in der Stadt.

## Mobilität geht auch anders

Schauen Sie sich an, was in Paris und Barcelona gemacht wird. Dort werden Stadtviertel wieder aufgebaut und die Menschen miteinander verbunden, und das ist gut so, weil man sich dort sicher fühlt. Die Bürgermeisterin von Paris, Anne Hidalgo, setzt seit ihrer Wiederwahl konsequent ein Konzept um, das die Hauptstadt zu einer Stadt der fünfzehn Minuten machen wird, "la Ville des proximités". Die Idee: Stadtteile, in denen alle wesentlichen Bedürfnisse der Bewohner:innen innerhalb von 15 Minuten mit dem Fahrrad oder zu Fuß erreichbar sind. Die Place de la Bastille und viele andere große Plätze in Paris sind nicht länger tosende Verkehrsinseln, sondern grüne Oasen mitten in der Stadt. Mit Fokus auf Fußgänger:innen, an den Plätzen zieht sich ein Schwarm von Radfahrenden entlang. Die „Fahrradautobahnen“ entstanden im Zuge der Pandemie, um das Radfahren im Großraum Paris zu erleichtern. Die Stadtverwaltung hat

inzwischen angekündigt, dass die Radwege dauerhaft bleiben sollen.

"Die 15-Minuten-Stadt stellt die Möglichkeit einer dezentralisierten Stadt dar", sagt Carlos Moreno, Professor für komplexe Systeme und Innovation an der Universität Paris 1. Er stellt sich unsere Städte nicht mehr als getrennte Wohn-, Arbeits- und Vergnügungszonen vor, sondern als ein Mosaik von Vierteln, in denen fast alle Bedürfnisse der Einwohner innerhalb von 15 Minuten zu Fuß, mit dem Fahrrad oder mit öffentlichen Verkehrsmitteln erfüllt werden können. Da Arbeitsplätze, Geschäfte und Wohnungen näher beieinander liegen, wird Straßenraum frei, der zuvor exklusiv dem Auto vorbehalten war. Die Umweltbelastung sinkt und es wird Platz für Gärten, Fahrradwege, Sport- und Freizeiteinrichtungen geschaffen. All dies ermöglicht es den Bewohnern, ihre täglichen Aktivitäten aus ihren (in Paris meist kleinen) Häusern in einladende, sichere Straßen und Plätze zu verlegen.



[www.sfv.de/mobilitaet-fuer-menschen-nicht-fuer-autos](http://www.sfv.de/mobilitaet-fuer-menschen-nicht-fuer-autos)



**Katja Diehl**

arbeitet u.a. als Autorin und Podcasterin zu Fragen der Mobilitätswende. Für ihre Tätigkeit erhielt sie zahlreiche Auszeichnungen, und ihr Buch „Autokorrektur“ gelangte 2022 auf die Spiegel-Bestsellerliste. Foto: Linda Brack



Abb 1: Foto: Markus Distelrath •

## Verkehr und Klima – was zu tun ist

*Auch ganz ohne Antriebswende lässt sich der überwiegende Anteil der Treibhausgas-Emissionen im Verkehrssektor vermeiden. Alleine durch die Rücknahme von Fehlentwicklungen der vergangenen Jahre – Anzahl der privaten Flugreisen, Gewicht und Motorisierung der PKW – sowie durch die Wahl der Verkehrsmittel, die mögliche Reduzierung von Wegedistanzen sowie echte Tempolimits ließen sich diese Emissionen rasch um zwei Drittel senken. So argumentiert unser Gastautor, der seit langem zu verkehrspolitischen Themen publiziert, u.a. für das Wuppertal-Institut.*

— Karl Otto Schallaböck

Klar, wenn wir gedanklich diverse Milliarden Jahre zurückgehen, bestehen wir alle und was wir hier so sehen, aus Sternenstaub. Aber schon in geologischen Zeitskalen, also wenn es um (viele) Millionen Jahre geht, müssen wir unseren Globus als materiell praktisch geschlossenes System ansehen. Daran ändert auch der laufende Einfang von (Mikro-) Meteoriten und der Export von – auf absehbare Zeit lediglich – ein paar Tonnen in den mehr oder weniger nahen Orbit nichts. Energetisch sieht die Sache allerdings anders aus: Da ist das System als offen anzusehen und empfängt – etwa im 10.000fachen Umfang der gegenwärtigen menschlichen Aktivitäten – solare Energie, wie es diese Menge auch wieder in den Weltraum abgibt. Entscheidend dabei ist, dass in historischen Zeiträumen, also im Bereich von (vielen) tausend Jahren, die Energiebilanz auch in ziemlich kurzen Zeiträumen praktisch genau ausgeglichen ist, wenn wir von den vergleichsweise marginalen chemischen Einlagerungen absehen und auch vom ebenfalls marginalen Energietransport vom Erdkern an die Oberfläche. Dadurch konnten sich die für den aktuellen Zustand erforderlichen sehr geringen thermischen Schwankungen an der Erdoberfläche etablieren. In biografischen Zeiträumen, also in der eigenen Lebenszeit einschließlich der von unmittelbaren Vorfahren, hat sich die Sache jetzt aber geändert: Durch die enorm beschleunigte Aktivierung der über lange Zeit chemisch gespeicherten Energie sind wir dabei, den quasistationären



thermischen Schwankungsbereich zu verlassen und damit herkömmliche ökologische Zusammenhänge ihrer Grundlage zu berauben.

An der Verursachung dieses Klimawandels ist in regionaler Betrachtung Deutschland und in sektoraler Betrachtung der Verkehr nennenswert beteiligt, wie auch innerhalb Deutschlands der Verkehr eine beträchtliche Rolle spielt. Auf einen kurzen Nenner gebracht, könnte man sagen, dass allein die vom deutschen Verkehr ausgehenden Klimabelastungen schon die gesamten vertretbaren von Deutschland ausgehenden Belastungen ausmachen. Es besteht somit Anlass, auch unter dem Gesichtspunkt der Klimaverträglichkeit den deutschen Verkehr kritisch zu hinterfragen. Dazu erscheint es erforderlich, zunächst ein gewisses Grundverständnis über den Umfang und die Zusammensetzung des Verkehrs zu entwickeln, wobei hier aus Gründen der überwiegenden Bedeutung und des beschränkten Umfangs der Darstellung der Fokus auf dem Personenverkehr liegt.

Die hierzu einleitend wiedergegebenen Abbildungen stellen das sog. Verkehrsbild dar nach dem letztverfügbaren Stand von 2019: Die Zusammensetzung des Verkehrs nach den Verkehrszwecken einerseits und den Verkehrsmitteln oder Verkehrsarten andererseits. Dabei wird zunächst das Verkehrsaufkommen, wie man in der Verkehrswissenschaft den Umfang der Verkehrsfälle nennt, gegliedert, also die Anzahl der Wege; dies könnte man als die Nutzenkategorie interpretieren, insofern mit jedem Weg eine Zielerreichung verbunden ist. Sodann wird der Umfang der damit verbundenen zurückgelegten Kilometer gegliedert, was in der Verkehrswissenschaft häufig Verkehrsleistung genannt wird; mir liegt hierfür die Bezeichnung Verkehrsaufwand näher, während ich die teils in der Wirtschaft gebräuchliche Vorstellung befremdlich finde, dass der realisierte Aufwand stets eine (vom Unterton des Begriffs: positive) Leistung sei. Schließlich werden die mit diesem Verkehrsaufwand zusammenhängenden Klimabelastungen als – die gegenwärtig maßgebliche – Schadenskategorie vorgeführt.

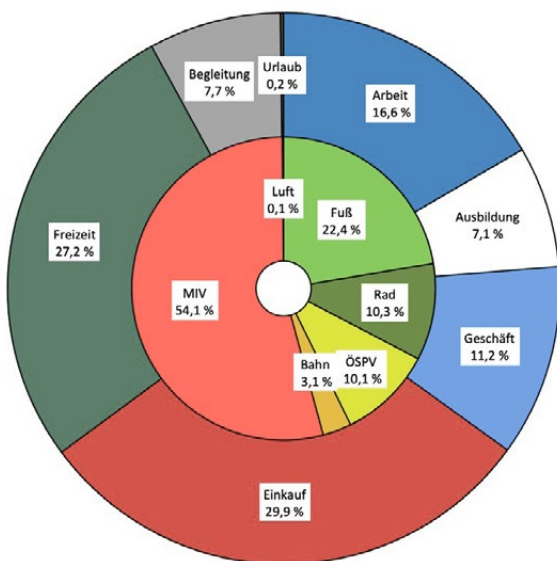


Abb 2 — Verkehrsaufkommen nach Zwecken und Verkehrsmitteln in Deutschland 2019. Insgesamt 96,8 Milliarden Wege.

Quelle: VIZ 2020/2021, eigene Berechnungen; Luftverkehr zu 60% Inländern zugerechnet.

Bei der Anzahl der Wege, die mit durchschnittlich gut drei Wegen je Einwohner und Tag (rd. 1.165 je Einwohner und Jahr) über lange Zeit ziemlich konstant sind, bilden nicht die Arbeits- und Ausbildungswege die Hauptsache, auch nicht der Geschäftsreiseverkehr; vielmehr dominieren die Einkaufs- und Freizeitwege, wobei letztere auch Kurzurlaube mit unter 5 Tagen Dauer beinhalten. Die eigentlichen Urlaubswege sind mit rd. 2 (einmal hin, einmal retour) je Einwohner und Jahr verständlicherweise eher selten, wie auch die Wege im Luftverkehr. Etwas erstaunen mag die Tatsache, dass der sog. „Umweltverbund“ aus nicht motorisiertem und öffentlichem Verkehr noch immer fast die Hälfte aller Wege ausmacht, wogegen die (leichte) Dominanz des Autoverkehrs wenig überraschend sein dürfte. Da die Quelle im Luftverkehr anstatt des sonst gewählten Inländerverkehrs (Verkehr der inländischen Bevölkerung, auch im Ausland) den Inlandsverkehr (Verkehr im Inland, auch der ausländischen Bevölkerung) ausweist, werden vorliegend übrigens für eine einheitliche Betrachtung des Verkehrs der Inländer nur 60 % der dort genannten flugzeuggestützten Wege berücksichtigt.

Beim Verkehrsaufwand verschiebt sich das Bild: Einkaufswege sind wegen der im Mittel kürzeren Distanzen wie auch Begleitungs- und Ausbildungswege in geringerem Umfang vertreten, während der Geschäftsreiseverkehr wie auch der Urlaubs- und der Freizeitverkehr (letzterer insbesondere wegen der eingeschlossenen Kurzurlaube) stärker zu Buche schlagen. Bei den Verkehrsmitteln wiederum treten verständlicherweise die nicht motorisierten Verkehrsarten wegen der geringeren Geschwindigkeiten und kürzeren Distanzen unterproportional in Erscheinung, während der Luftverkehr im Gegensatz zur Wegeanzahl eine relevante Rolle bekommt. Beim Luftverkehr werden übrigens abweichend von der Quelle entsprechend dem vorliegend einheitlich gewählten Inländerkonzept nicht bloß die über Deutschland geflogenen Kilometer, sondern die geschätzten Gesamtdistanzen berücksichtigt.

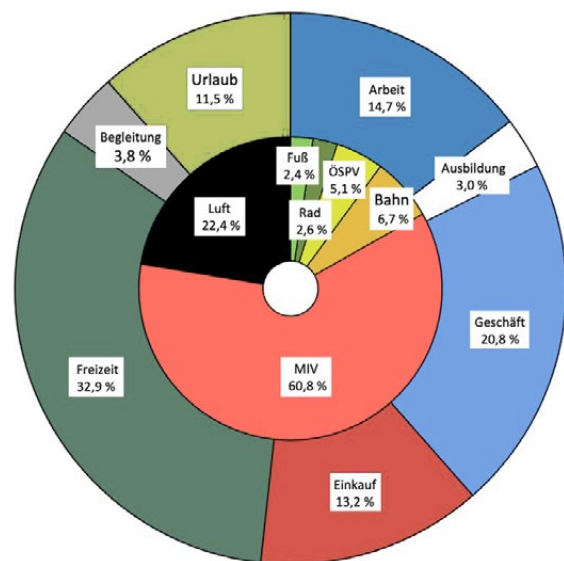


Abb 3 — Verkehrsaufwand nach Zwecken und Verkehrsmitteln in Deutschland 2019. Insgesamt 1513 Milliarden Kilometer. Luftverkehr

einschließlich geschätztem Auslandsanteil. Quelle: VIZ 2020/2021, eigene Berechnungen; Luftverkehr zu 60% Inländern zugerechnet. Durchschnittsdistanz im Luftverkehr mit 2.500 km angesetzt.

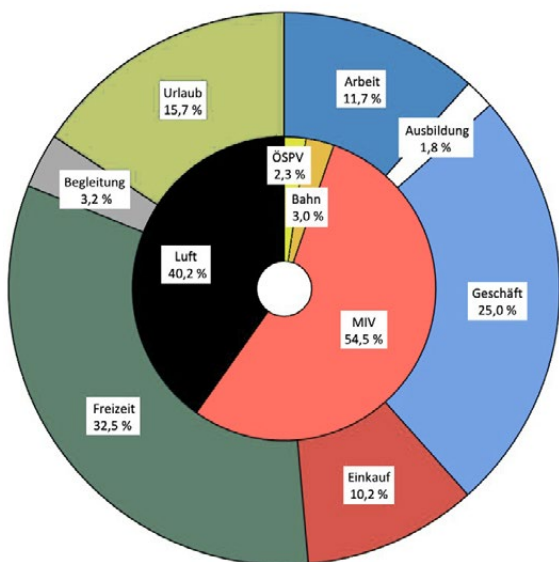


Abb 4 – Grobabschätzung der personenverkehrsbedingten Klimalasten nach Zwecken und Verkehrsmitteln in Deutschland 2019.

Eigene Abschätzungen auf Grundlage von VIZ 2020/2021: Luftverkehr zu 60% Inländern zugeordnet. Durchschnittsdistanz im Luftverkehr mit 2.500 km angesetzt. Klimalasten je Personenkilometer im öffentlichen Verkehr auf halbem, im Luftverkehr auf doppeltem Niveau des MIV angesetzt.

Bei der Verteilung der Klimalasten kommt hier ein Schätzverfahren zur Anwendung: Dem nicht motorisierten Verkehr zu Fuß und per Fahrrad werden keine Klimalasten zugeordnet; dem öffentlichen Verkehr pro Personenkilometer der halbe Wert des Autoverkehrs, dem Luftverkehr dagegen der doppelte Wert. Dieses Verfahren ist offensichtlich recht grob, jedoch hinreichend robust (d.h. der öffentliche Verkehr wird in der Tendenz wohl eher zu ungünstig, der Luftverkehr dagegen in der Tendenz zu günstig abgebildet), um die Gewichte zutreffend einschätzen zu lassen. Im Ergebnis wenig erstaunlich kommt der Umweltverbund auf wenig mehr als 5 % der Klimalasten, wohingegen er noch gut 45 % aller Wege abwickelt; der Luftverkehr dagegen mit wenig mehr als 0,1 % der Wege dürfte für 40 % der Klimalasten verantwortlich sein. Die Dominanz des Autoverkehrs mit knapp 55 % ist in beiden Fällen ähnlich. Bei den Verkehrszwecken wird klar, dass die stark automobilgestützten Verkehrszwecke, die auch den Luftverkehr praktisch komplett ausmachen, deutlich überwiegen: der Geschäftsreiseverkehr mit rund einem Viertel und der Urlaubs- und Freizeitverkehr mit nahezu der Hälfte der Klimalasten.

Schon aus dieser im Grunde einfachen Analyse mag erkennbar werden, dass es nicht so sehr die Mobilität als solche, also die Erreichung von Zielen ist, die (Klima-) Probleme verursacht, sondern die Aufwendigkeit (die zurückgelegten Distanzen) und die Verkehrsmittelwahl, dabei sicherlich auch die Effizienz jeweils innerhalb der Verkehrsarten. Beim Luftverkehr kommt es wegen des immens hohen Belastungsumfanges je Nutzungsfall zweifellos auf eine möglichst drastische Reduktion der Nutzungsfälle an; allein ein Drittel aller Belastungen aus dem (Personen-) Verkehr ließen sich dadurch ziemlich kurzfristig abbauen. Neben dem Ersatz physischer Verkehre durch Telekommunikation im geschäftlichen Bereich kommt dabei im privaten Bereich die Substitution von luftverkehrsgestützten Urlaubs- und Kurzurlaubsreisen durch bodengestützte Verkehre, gegebenenfalls auch mit deutlich reduzierten Distanzen, in Frage.

Bei den bodengestützten Verkehren, insbesondere beim Autoverkehr, kann die Klimaentlastung durch folgende logisch aufeinander aufbauende Strategien erfolgen:

- Reduktion des Verkehrsaufwands durch Reduktion der Wegedistanzen,
- Verlagerung von Wegen auf weniger belastende Verkehrsarten,
- Ersatz durch verbrauchsärmere Fahrzeuge,
- Übergang zu sparsamerer Betriebsweise der Fahrzeuge.

Da der Großteil der Verkehrserledigungen auch im unmittelbar persönlich gestaltbaren Bereich (Einkauf, Freizeit, Urlaub) auf PKWs entfällt, ist das Potenzial der Distanzreduktion durch die Modifikation der Zielauswahl sehr hoch einzuschätzen – es ist weitgehend, wenn auch nicht vollständig, eine Frage der Bereitschaft, jeweils etwas andere, näher liegende Ziele zu wählen. Auch für eine damit verknüpfte oder auf die gleichen Quell-Ziel-Relationen bezogene Verlagerung vom Auto auf den öffentlichen Verkehr oder von beiden zu nicht motorisierten Verkehrsarten gibt es offensichtlich hohe Potenziale, die innerhalb relativ kurzer Zeit erschlossen werden können – auch hier wiederum ist es häufig eine Frage der Bereitschaft, z.B. auf (echte oder vermeintliche) Komfort- oder Geschwindigkeitsvorteile zu verzichten, weniger eine Kostenfrage. Beim Ersatz der vorhandenen durch verbrauchsärmere Fahrzeug(modell)e hingegen dürfte der mehr oder weniger deutliche Kostenvorteil auch für Bundesfinanzminister erkennbar sein, und demgegenüber ist die tatsächliche Einbuße an Beförderungsgeschwindigkeit zumeist eher vernachlässigbar. Doch darauf wird weiter unten noch etwas genauer eingegangen. Schließlich kann auch der Übergang zu einer verbrauchssparsameren Betriebsweise wohl in den meisten Fällen noch zu 10-30 % Treibstoffersparnis – und naturgemäß im gleichen Umfang zur Reduktion der Treibstoffkosten – führen: Da heutzutage fast alle PKW über entsprechende Anzeigen verfügen, kann eine exemplarische Beobachtung empfohlen werden, wie sich der spezifische Treibstoffverbrauch (l/100 km) verändert, wenn man auf der Autobahn möglichst konstant 100 km/h fährt anstelle eines heutzutage üblichen Pendelns zwischen 130 und 160 km/h.

Insgesamt erscheint es möglich, durch diese geschilderten Ansätze in relativ kurzer Zeit ein weiteres Drittel der (personen)verkehrsbedingten Klimalasten abzubauen. Zusammen mit der Reduktion des Luftverkehrs sollte es gelingen können, etwa innerhalb von zwei Jahren die Gesamtlasten um zwei Drittel zu reduzieren, ohne dass hierfür ernsthaft vitale Beeinträchtigungen in Kauf zu nehmen wären.

Einige vertiefende Betrachtungen zur PKW-Flotte: Die PKW-Flotte und die PKWs selbst werden immer größer. Der PKW-Bestand liegt mit 48,54 Mio. (01.01.2022) etwa 20 % höher als die Anzahl der Haushalte mit 40,68 Mio. (2021). Vollmotorisierung war gestern, mittlerweile stehen für jedes Hinterteil drei Sitzplätze in Autos zur Verfügung. Seit 20 Jahren gibt es den Škoda Fabia Kombi, er ist größer (länger, breiter, höher) als der VW Passat der 1970er Jahre vom selben Automobilkonzern; anders als der Passat, der seinerzeit als Mittelklassefahrzeug galt, wird der Fabia als Kleinwagen eingestuft.

Die durchschnittliche Motormennleistung der PKW betrug 2021 93 kW (126,5 PS), also grob das Vierfache des Paradeautos



**Abb 5** — Der erste Polo von 1977 war kürzer, schmaler und niedriger als das neuste Modell von 2021. Gravierender sind die Gewichtsunterschiede: Wog der erste Polo noch zwischen 685-700 kg, so ist der Polo VI mit 1105-1355 kg fast doppelt so schwer. Bild links by Stahlkocher CC BY-SA 3.0, rechts by Alexander Migl CC BY-SA 4.0.

des Wirtschaftswunders, des VW-Käfers; insgesamt sind in den Autos in Deutschland über 6 Mrd. mechanische Pferde installiert. Getrieben durch die überdurchschnittliche Motorisierung der sogenannten Dienstwagen steigt die durchschnittliche Motorleistung seit langer Zeit jährlich um 1 kW (1,36 PS). Mehr als die Hälfte der neuzugelassenen PKW wies 2020 eine Höchstgeschwindigkeit von über 200 km/h auf, 1990 waren das erst rd. 10 % – oder auch: schon 10 %, in Anbetracht der Tatsache, dass man außerhalb Deutschlands den Automobilen praktisch überall nur erheblich geringere Geschwindigkeiten im Betrieb erlaubt.

Das Problem besteht darin, dass diese Autos nicht nur immer mehr Material, Energie und Platz beanspruchen – allein schon durch ihre Existenz, vor allem aber, wenn sie dann auch noch in Betrieb gesetzt werden. Jeder normalbegabte Zeitgenosse weiß, dass größere, schwerere, leistungsstärkere und (potenziell) schnellere Autos nicht nur in der Anschaffung mehr kosten, sondern in der Regel auch im Betrieb mehr Treibstoff verbrauchen und höhere Kosten verursachen. Mit Gewährleistung von Mobilität hat die tatsächliche Entwicklung in Deutschland schon lange nichts mehr zu tun, es geht offensichtlich um psychische Faktoren und zwar – in Anbetracht der Erfordernisse zur Eindämmung des Klimawandels – offensichtlich um psychische Defekte.

Es ist wohl klar, dass die hier entwickelten Überlegungen im Grundsatz inhaltlich allgemein zugänglich sind, wie auch, dass das Publikum dem entsprechend ein anderes Verkehrsverhalten an den Tag legen könnte. Es wird ja niemand gezwungen, eine Urlaubsreise mit dem Flugzeug anzutreten oder (jedenfalls, wenn er/sie zu den rd. 99 % der Haushalte mit maximal 5 Personen gehört:) ein Auto oberhalb der Kleinwagenklasse zu betreiben. Im Gegenteil: Obwohl man weiß, dass ein kleineres und leistungsschwächeres Auto in Anschaffung und Betrieb billiger ist, benutzt man ein größeres, leistungsstärkeres; und obwohl man weiß, dass langsames (zumal auch die zulässigen Geschwindigkeiten nicht überschreitendes) Fahren möglich und spritsparender wäre, wählt man höhere oder überhöhte Geschwindigkeiten.

Dies deutet auf die Sinnfälligkeit staatlich reglementierenden Handelns hin (und selbstverständlich auch auf die Notwendigkeit

der Durchsetzung der Regeln). Dabei ist von besonderer Bedeutung, dass sich die Ausgabebereitschaft für Verkehr als annähernd konstant erwiesen hat, bei etwa 10-12 % des privaten Budgets, und insbesondere dass sich auch die Bereitschaft für den zeitlichen Verkehrsaufwand als weitgehend konstant erwiesen hat, nämlich bei etwas mehr als einer Stunde pro Tag: Hat man mehr Geld zur Verfügung, steckt man es gerne in die Beschaffung und/oder die Nutzung schnellerer Verkehrsmittel, kommt man schneller voran, spart man nicht etwa Zeit, sondern erweitert den Aktionsraum. Entsprechend ist klar, dass die wirksamen Maßnahmen, nämlich die Verteuerung des Verkehrs gemessen am persönlichen Ausgabevermögen und die Beschränkung des Aktionsraums durch eine Temporeduktion, nicht unbedingt den Wünschen von Autofahrern entsprechen. Auch ist der Übergang zu einer zurückhaltenderen Lebensweise nicht so einfach wie der zu einer immer expansiveren in den letzten Jahrzehnten. Gleichwohl erscheinen solche Maßnahmen unter den Gesichtspunkten des Gemeinwohls und der Nachhaltigkeit unentbehrlich.

**” Insgesamt sind in den Autos in Deutschland über 6 Milliarden mechanische Pferde installiert.**

Konkret betrifft das zunächst das verkehrliche Geschwindigkeitsregime, wo auch eine erhebliche Zustimmung durch vom Autoverkehr negativ betroffene Bevölkerungsteile (wie auch von aufgeklärten Autonutzern) besteht. Hier kann zunächst Tempo 100 auf Autobahnen, Tempo 80 auf Außerortsstraßen und Tempo 30 auf Innerortsstraßen als Regelgeschwindigkeit empfohlen werden, zusätzlich auf etwa 80 % der Innerortsstraßen, die eben keine vorrangige Durchgangsfunktion aufweisen, sondern Aufenthaltsfunktion als Lebensraum auch von Alten und Kleinkindern, geistig oder körperlich Behinderten etc.: Verkehrsberuhigung, d. h. unbedingter Vorrang der jeweils physikalisch schwächeren Verkehrsteilneh-



## Man sollte sich nicht der Illusion hingeben, dass mit technologischen Innovationen im Luft- und Autoverkehr etwas gewonnen wäre.

mer:innen. Selbstredend hat ein derartiger Zugriff, zumal wenn er hinreichend sanktionsbewehrt umgesetzt wird, ein anderes Wirkungsspektrum als ein zahnloses, isoliertes und kaum kontrolliertes Tempo 130 auf Autobahnen.

Die volle Wirksamkeit entfalten die Geschwindigkeitsabsenkungen aber erst, wenn auch die Fahrzeugflotte in der Größe der Fahrzeuge, ihrem Leistungs- und Geschwindigkeitsvermögen dementsprechend umgebaut wird; ergänzend sind daher Limits für die Größe, die Masse, die Motorleistung und die Höchstgeschwindigkeit der Fahrzeuge sinnvoll; Ziel könnte dann eine PKW-Flotte sein, deren Normverbrauch – im Falle des Einsatzes herkömmlicher flüssiger Kraftstoffe – deutlich unter 3 l/100 km liegt. Es dürfte auf der Hand liegen, dass eine derartige Maßnahmenorientierung geradezu entgegengesetzt ist dem gegenwärtigen Ansatz eines sog. Dienstwagenprivilegs, bei dem mit einem Fördervolumen je Fahrzeug etwa in der Höhe des sog. Hartz-IV-Satzes die laufend fortgesetzte und erweiterte Übermotorisierung des PKW-Bestands betrieben wird.

Ergänzende verkehrsrechtliche und infrastrukturelle Maßnahmen zur Stützung der sozial und ökologisch vorteilhafteren nicht motorisierten und öffentlichen Verkehrsarten sollen – neben vielen weiteren im vorliegenden Zusammenhang wichtigen Gesichtspunkten etwa zur Entwicklung der Siedlungsstruktur – an dieser Stelle aus Umfangsgründen lediglich genannt, aber nicht weiter ausgeführt werden; der Duktus des Zugriffs dürfte klar geworden sein, und die notwendigen konzeptiven Präzisierungen, Ergänzungen und Erweiterungen könnten entsprechend abgeleitet werden. Hinsichtlich des Luftverkehrs aber erscheint der Hinweis sinnvoll, dass für die erstrebenswerte deutliche Reduktion auch eine staatlich gestützte Rückführung der Infrastruktur angezeigt ist, etwa auf bundesweit fünf Standorte für den kommerziellen Luftverkehr.

Zugegeben, das ist hier keine unbedingt erfreuliche Wortmeldung; hätte man vor 50 Jahren den wachstumskritischen Impuls ernst genommen, wäre man vor 30 Jahren den Hinweisen auf mögliche Klimaänderungen mit mehr praktischer Konsequenz gefolgt, müsste man heute nicht so strikt formulieren. Und zweifellos: Es waren damals jeweils sowohl für die Politik wie für das normale Publikum in Inhalt und Verständlichkeit zureichende Informationen verfügbar, die zu einer anderen Entwicklung hätten führen können.

Nun ist die Sache, wie sie ist, und man sollte sich nicht der Illusion hingeben, dass die – durchaus relevanten – jetzt schon beobacht-

baren Klimaänderungen und deren Folgen mit der Wucht der weiteren Entwicklung vergleichbar seien, wenn man weitermacht wie bisher. Man sollte sich auch nicht der Illusion hingeben, dass mit den gegenwärtig verfolgten technologischen Innovationen im Luft- und Autoverkehr nennenswert etwas gewonnen wäre: Weder wasserstoffbasiertes noch elektrisches Fliegen bieten die Aussicht auf zeitgerechte Problemlösungen im Luftverkehr; im Autoverkehr ist elektrisches Fahren auch erst dann eine belastbare Lösung, wenn nicht nur (mehr als) genug regenerativer Strom verfügbar ist, sondern auch eine (quantitativ und kostenseitig) zureichende Speichertechnologie für regenerativen Strom.

Es müsste – jedenfalls in Deutschland – bekannt sein, dass man mit dem laufenden Ankündigen immer neuer künftiger Wunderwaffen keinen Blumentopf gewinnen kann. Wenn man erst einmal auf einem verträglichen Pfad ist und dort Innovationen erweiterte Möglichkeiten eröffnen: gerne. Aber erst wenn man tatsächlich auf einem verträglichen Pfad ist und die Innovationen tatsächlich verfügbar sind.

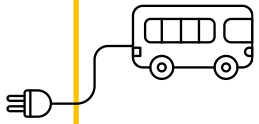


[www.sfv.de/verkehr-und-klima-was-zu-tun-ist](http://www.sfv.de/verkehr-und-klima-was-zu-tun-ist)



**Dr. Karl Otto Schallaböck**

war von 1992 bis 2014 stellvertretender Abteilungsleiter der Verkehrsabteilung bzw. der Abteilung Energie und Verkehr am Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie.



# Zahlen & Fakten zur Mobilitätswende



[www.sfv.de/  
zahlenfakten-  
mobilitaetswende](http://www.sfv.de/zahlenfakten-mobilitaetswende)



## 12,6

Millionen Haushalte besitzen überhaupt keinen PKW. Das ist fast 1/3 aller Haushalte. Werden die Mobilitätsansprüche dieser Menschen ausreichend berücksichtigt?

- Staatliche Investition ins Schienennetz in Deutschland 2021 (in Eur/Einwohner) ..... 124
- Staatliche Investition in den Radverkehr in Deutschland ab 2021 (in Eur/Einwohner) ..... 11
- Staatliche Investition in Straßenverkehr in Deutschland 2020 (in Eur/Einwohner)\* ..... 103

\*Neben 8,41 Mrd. Investition in den Straßenverkehr kommen ca. 18,2 Mrd. umweltschädliche Subventionen für den Autoverkehr dazu

- Kraftstoffverbrauch von Plug-in Hybriden laut Hersteller? (in l/100km) ..... 2
- Wirklicher Kraftstoffverbrauch von Plug-in Hybriden als Privatwagen (in l/100km) ..... 6,7
- Wirklicher Kraftstoffverbrauch von Plug-in Hybriden als Firmenwagen (in l/100km) ..... 9,2
- Staatliche Kosten durch Steuererleichterung für Plugin-Hybride 2023 und 2024 (in Mrd. Eur) ..... 1,2

- CO<sub>2</sub> - Reduktionen im Verkehrssektor bis 2030 (prognostizierter-Wert) (in Mio. t CO<sub>2</sub>e) ..... 126
- CO<sub>2</sub> - Reduktionen im Verkehrssektor bis 2030 (Soll-Wert) (in Mio. t CO<sub>2</sub>e) ..... 85



## 160

Millionen Stellplätze stehen in Deutschland für Autos zur Verfügung. 65 Millionen motorisierte Fahrzeuge sind insgesamt in Deutschland registriert, wobei nur etwa 57,6 Millionen Menschen in Deutschland einen Führerschein besitzen.

- Anzahl Wasserstofftankstellen in Deutschland 2022 ..... 157
- Anzahl Normalladepunkte für e-Autos in Deutschland 2022 ..... 57.000
- Anzahl Schnellladepunkte für e-Autos in Deutschland 2022 ..... 11.000

- Kostensteigerung bei KFZ seit 2000 (in %) : ..... 36
- Kostensteigerung beim ÖPNV seit 2000 (in %) : ..... 80

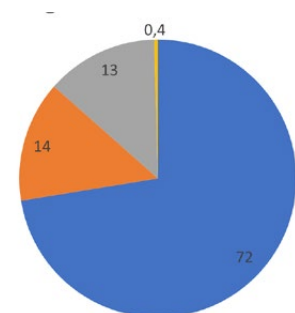
## 4

Länder gibt es weltweit ohne durchgängiges Tempolimit. Neben Deutschland sind dies Nepal, Haiti und Nordkorea.

## 23

Stunden pro Tag sind PKW in Deutschland durchschnittlich geparkt. 40% der Fahrzeuge werden an einem durchschn. Tag gar nicht genutzt.

Anteil CO<sub>2</sub>-Emissionen nach Verkehrssektor 2021 (in %)



■ Straßenverkehr ■ Seeverkehr ■ Luftverkehr ■ Bahnverkehr

# Sind E-SUV gut



**Michael Müller-Görnert**

*ist als studierter Geograph seit 1997 beim ökologischen Verkehrsclub VCD, dort seit 2019 Verkehrspolitischer Sprecher mit den Themenschwerpunkten Klimaschutz, Luftreinhaltung, Flottenmanagement und EU-Verkehrspolitik. Von 2009 bis 2021 war er Mitglied im Vorstand von Transport & Environment (T&E), dem Dachverband europäischer Umwelt- und Verkehrsverbände.*

# Nein.

Klimafreundliche SUVs sind ein Widerspruch in sich. Daran ändert auch ein Elektromotor nichts. Sie sind zwar meist von normalen Pkw abgeleitet, lehnen sich aber in ihrer Form an Geländewagen an. Dadurch sind sie größer und schwerer, bieten aber dennoch oftmals nicht mehr Platz im Innenraum. Je nach Größe und Gewicht sind sie wahre Energiefresser. Das ist schlecht fürs Klima und für den Geldbeutel. Denn E-SUVs benötigen größere Batterien mit mehr Kapazität. Dadurch wird einerseits das Fahrzeug für die Kund:innen teurer und andererseits der ökologische Rucksack schwerer.

Wer im Alltag auf ein Auto angewiesen ist und dabei möglichst klimaschonend unterwegs sein will, muss sich daher fragen: Brauche ich wirklich einen Geländewagen, um auf gut asphaltierten Straßen zur Arbeit zu fahren oder Einkäufe zu erledigen? SUVs sind nicht nur mit Blick auf die Anschaffungskosten eine echte Investition, sondern auch im Unterhalt. Ganz zu schweigen von der wertvollen Lebenszeit, die man zwangsläufig mit der Suche nach einem geeigneten Parkplatz verbringt.

Und obwohl rational betrachtet vieles dagegenspricht, sich einen SUV anzuschaffen, werden sie von Jahr zu Jahr beliebter. Ihr Marktanteil lag im Jahr 2021 bei 25 Prozent – Tendenz steigend. Zusammen mit den Geländewagen liegt der Neuwagenanteil sogar bei 36 Prozent. Das hat vor allem zwei Gründe: Diese Autos dienen als Statussymbol und versprechen gleichzeitig mehr Sicherheit im Autoverkehr. Ihre massive Gestalt vermittelt ein Gefühl von Schutz und sie bieten einen besseren Überblick über den dichten Verkehr – zumindest für die Insassen. Denn für die größere Sicherheit von SUV-Fahrer:innen bezahlen alle anderen Verkehrsteilnehmenden einen hohen Preis. Die wuchtigen Gefährte versperren Menschen, die mit kleineren Autos oder gar zu Fuß oder mit dem Rad unterwegs sind, die Sicht. Zudem verursachen SUVs statistisch mehr Unfälle als andere Pkw, die wiederum unter besonders schweren Unfallfolgen leiden. Die Folge: SUVs führen zu noch mehr SUVs. Immer mehr



**Um einen messbaren Beitrag zum Klimaschutz zu leisten, müssen Elektroautos so effizient wie möglich sein. Dazu gehört ein möglichst geringer Verbrauch, eine materialsparsame Leichtbauweise und gute Aerodynamik.**

Menschen fühlen sich im dichter werdenden Autoverkehr unsicher und erhoffen sich mehr Schutz durch einen besonders großen Wagen. Dadurch steigt die Verkehrsdichte aufgrund der Fahrzeuggröße weiter an und parallel dazu auch die Unfallgefahr. Gleichzeitig wird der Platz für klimafreundliche Mobilitätsalternativen immer knapper, besonders in den Städten.

Wer auf ein eigenes Auto angewiesen ist und Klimaschutz ernst nimmt, wählt mit einem E-Kleinwagen ganz klar die umweltfreundlichste Option. Denn um einen messbaren Beitrag zum Klimaschutz zu leisten, müssen Elektroautos so effizient wie möglich sein. Dazu gehört ein möglichst geringer Verbrauch, eine materialsparsame Leichtbauweise und gute Aerodynamik. Wo immer möglich, sollte man jedoch die Notwendigkeit eines eigenen Autos generell überdenken und Alternativen wie Carsharing, Fahrgemeinschaften, Bus und Bahn sowie (E-)Fahrräder in Erwägung ziehen.

# für die Energiewende?

# Ja?

## Volkswagen

Im Juni hat der Konzern den ersten vollelektrischen SUV herausgebracht - mit 299 PS und 500km Reichweite. Der SUV-Anteil soll bei Volkswagen ab 2025 bei über 50% liegen. Aber ist dieser Trend auch gut für die Energiewende?



Am 22. August hatten wir bei der Firma Volkswagen um einen Beitrag zur Debatte um Elektro-SUVs gebeten und dabei den damals geplanten Redaktionsschluss 15. September genannt. Am 1. September erhielten wir eine zustimmende Antwort: „Wir liefern pünktlich.“

Der Termin wurde nicht eingehalten, aber auch unabhängig davon verzögerte sich die Terminplanung des Solarbriefs. Deshalb haben wir noch mehrfach bei Volkswagen nachgefragt. Bis zur Drucklegung ist leider nichts bei uns eingeliefert worden. Die „Pro“-Seite unseres „Pro & Contra“ ist deshalb nicht vertreten.

Gerne hätten wir erfahren, ob das hohe Gewicht der Batterien (eine halbe Tonne beim VW ID.4) vielleicht für die Umsetzung in größer dimensionierten Fahrzeugen spricht (obwohl schwerere Fahrzeuge ja wiederum größere Batterien erfordern). Ob es womöglich wirtschaftlich sinnvoller erscheint, eine neue Technologie wie die Elektromobilität zunächst in Anwendungen für größere Geldbeutel umzusetzen, und erst nach der Verbilligung durch großskalige Produktion in preiswertere Segmente

auszudehnen (obwohl andere Hersteller diesen Prozess ja bereits früher angestoßen haben)? Welche Vorzüge es bietet, wenn der Fahrzeuginnenraum einen „Lounge-Charakter“ aufweist. Ob die Frage des Ressourcenverbrauchs in einem großen Automobilkonzern heute überhaupt für relevant erachtet wird?

So müssen wir an dieser Stelle gestehen: Wir wissen nicht, welchen Vorteil die Herstellung extrem schwerer Elektro-SUVs für die Energiewende haben soll.

*Liebe Leserinnen, liebe Leser,*

*vielleicht haben Sie ja noch Argumente, die Sie zu dieser Frage beisteuern möchten? Wir freuen uns auf Ihre Mail, die wir gerne im nächsten Solarbrief veröffentlichen werden.*

*Schreiben Sie uns doch an: [redaktion@sfv.de](mailto:redaktion@sfv.de)*





Abb 1 — Solar Ship Inc.  
Foto: CC BY-SA-4.0 BY MargareteEmily •



Abb 2 — Lightyear 0. Foto: CC BY-SA 4.0 BY Jan Ainali •



Abb 3 — Solarschiff Helio Foto: CC BY Wattewyl •



Abb 4 — Sunseeker Duo von der Firma "Solar Flight"  
© Photos by Eric and Irena Raymond •

# Photovoltaik- Antriebe im Verkehrssektor

*Autos, Eisenbahnen, Schiffe, Luftfahrzeuge – überall ist Platz für PV-Elemente. Sie können bei E-Antrieben den Bedarf an gespeicherter Energie reduzieren, manchmal sogar die gesamte Antriebsenergie liefern. Wir geben einen Überblick.*

— Rüdiger Haude

Die Tage der Verbrennungsmotoren in unserer Mobilitätskultur sind gezählt. Nur für bestimmte Transportaufgaben bietet sich die Muskelkraft als Antriebsalternative an (vor allem als Fußgänger:innen- und Fahrrad-Verkehr), für andere der Wind (vor allem für den Transport zur See), und in Nischen auch andere regenerative Quellen wie die Strömungsenergie von Flüssen bei Flussfähren. Für die allermeisten Mobilitätsaufgaben werden hingegen Elektromotoren das Arbeitspferd darstellen.

Es gibt eine Systemkonkurrenz hinsichtlich der Frage, woher diese Elektromotoren ihren Strom beziehen sollen. Im Feld der PKWs sind inzwischen akku-elektrische Antriebe etabliert, und es wird kaum gelingen (oder auch Sinn ergeben), daneben noch eine Wasserstoff-Infrastruktur aufzubauen. Beim Güterverkehr auf der Straße sieht es möglicherweise etwas anders aus, und hier wird überdies noch die Möglichkeit diskutiert, die Stromversorgung durch Oberleitungen zu gewährleisten, wie auf der Schiene oder bei städtischen O-Bus-Systemen.

Aber alle diese Stromversorgungs-Verfahren sind mit Nachteilen behaftet (die noch immer relativ geringe Energiedichte der Akkus, der bescheidene Wirkungsgrad bei auf Wasserstoff basierenden Brennstoffzellen-Antrieben). Für bestimmte Anwendungen könnte man daher darüber nachdenken, noch eine weitere Stromquelle in den Versorgungsmix einzubauen, nämlich die On-Board-Photovoltaik.

Tatsächlich tut sich hier in vielen Bereichen etwas. Wir hatten vor einigen Jahren bereits einen Überblick für den Luftfahrt-Sektor gegeben, als wir die treibstofflose Erdumrundung des PV-betriebenen Rekordflugzeugs „Solar Impulse“ unterstützten.[1] Im Solarbrief 3/2016, der sich schon einmal schwerpunktmäßig der Mobilitätswende widmete, gingen wir auch auf Solarboote[2] und auf On-Board-PV bei Schienenfahrzeugen[3] ein. Heute wollen wir schauen, was sich in den zurückliegenden sechs Jahren getan hat.



## Auf der Straße

Solarautos sind bisher vor allem als Experimentalfahrzeuge bekannt, wie sie z.B. bei der „World Solar Challenge“ in Australien alle zwei Jahre gegeneinander antreten. (Zur diesjährigen European Solar Challenge in Belgien vgl. Seite 78). Einige dieser Modelle weisen durchaus PKW-ähnliche Konfigurationen auf, wie der zweitstellige „Solarworld GT“ der Hochschule Bochum, der 2011/12 zudem eine solar angetriebene Weltumrundung absolvierte.

Zwei Projekte machen in letzter Zeit Schlagzeilen, die Elektro-Autos mit PV-Unterstützung für die Alltagsnutzung auf die Straße bringen wollen und damit unmittelbar vor der Markteinführung stehen. Das eine ist der in den Niederlanden entwickelte „Lightyear 0“ (Abb. 2), der im Juni dieses Jahres als „production-ready“ vorgestellt wurde. Dieses Projekt ist direkt aus den Erfahrungen der „World Solar Challenge“ hervorgegangen, wo das Entwickler:innen-Team zuerst – damals noch als Studierende der TU Eindhoven – mit einem experimentellen Solarfahrzeug antrat. Die Serienproduktion des Lightyear soll nun diesen Herbst starten. Der Lightyear hat 5 m<sup>2</sup> PV-Zellen ins Dach und in die „Motorhaube“ integriert. Der Antrieb erfolgt über vier Elektromotoren, welche direkt die einzelnen Räder ansteuern. Es wird eine batteriegestützte Reichweite von 1000 km angegeben, wobei die PV an Bord unter günstigen Bedingungen Energie für 70 km pro Tag beisteuern kann.[4]

Der Lightyear 0 ist als „Familienauto“ konzipiert, aber nicht jede Familie wird sich den Kaufpreis von 250.000 € leisten können. Ein für 2024 geplantes Nachfolgemodell soll dann bei nur noch etwa 30.000 € liegen. In dieser Größenordnung liegt auch das zweite weit gediehene Solarauto-Projekt, der „Sion“ des deutschen Startups Sono (Abb. 5). Seit zehn Jahren wird dieser Fünfsitzer entwickelt, der Produktionsstart wurde wiederholt verschoben. Nun ist er für die zweite Jahreshälfte 2023 geplant. Das Fahrzeug soll in Finnland hergestellt werden. Eine Lithium-Eisenphosphat-Batterie soll für eine Reichweite von gut 300 km sorgen. Die Solarzellen, welche neben dem Dach und der Motorhaube auch die Seitenwände des Autos bedecken, sollen die Reichweite um durchschnittlich 112 km pro Woche erhöhen können.[5]

Sono hat im Kontext des Sion eine Reihe von Ideen entwickelt, welche das Automobil mit der Idee der Nachhaltigkeit weiter versöhnen sollen. So wird ein bidirektionales Ladesystem dafür sorgen, dass der Wagen zum Aufladen anderer E-Fahrzeuge oder zur Nutzung von Elektrogeräten verwendet werden kann. Eine eigene Carsharing-App soll sowohl dieses Teilen von Energie, als auch die



Abb 5 — Der Fünfsitzer Sion integriert Solarzellen auf Dach, Motorhaube und Seitenwänden. Bidirektionale Ladefunktion inklusive. © SonoMotors •

Vermittlung von Mitfahrgelegenheiten oder den Verleih des Fahrzeugs ermöglichen.

Ähnlich weit wie die beiden genannten Projekte ist auch das US-amerikanische Startup Aptera mit dem „Aptera Mk 1“, einem dreirädrigen Zweisitzer von ungewöhnlichem aerodynamischem Design, der eine Reichweite von 1000 Meilen (1600 km) aufweisen soll (Abb. 6). In China arbeitet die Firma Hanergy, Hersteller von Dünnschicht-PV-Modulen, an einem konventionelleren Design eines Solarautos. Hanergy kooperiert auch mit etablierten Auto-Herstellern (wie Audi) in diesem Feld.[6] Nicht auszuschließen also, dass PV-unterstützte Elektro-Autos bald zum Straßenbild gehören könnten.

Es ist vielleicht wichtig zu erwähnen, dass diese Entwicklungen zwar im Wesentlichen innerhalb der letzten zehn Jahre geschehen sind, dass aber die Geschichte der Solar-Autos deutlich weiter zurückreicht. Bereits 1984 baute der Elektrofahrzeug-Pionier Erich Pöhlmann in Kulmbach den „Pöhlmann EL Solar“ (Abb. 7). Auf Dach und Motorhaube angebrachte PV-Zellen luden die Bleibatterie permanent mit maximal 140 Watt nach. Wie so viele E-Auto-Projekte des 20. Jahrhunderts, scheiterte dieses Projekt (auch der rein batterieelektrische „Pöhlmann EL“) am Desinteresse bzw. Obstruktion seitens der Automobilindustrie. Pöhlmann hatte mit dem Energiekonzern RWE kooperiert; dieser zog sich 1985 von der Zusammenarbeit zurück, weil Elektroautos nicht dem Geschäftsmodell des Konzerns entsprächen. Nicht nur die Entwicklung elektrisch betriebener Fahrzeuge, sondern auch solcher mit photovoltaischer Unterstützung, könnte schon viel weiter sein, wenn sie nicht immer wieder durch etablierte Geschäftsinteressen verhindert worden wäre.[7]

Eine weitere interessante PV-Anwendung ergibt sich aus der Möglichkeit für PKWs, Anhänger zu ziehen, die ihrerseits Flächen für Solarmodule bieten. Das ist u.a. die Idee des Weltumrundungsprojekts „Solar Butterfly“ (vgl. Seite 47). In ähnlicher Weise lässt sich jeder Wohnwagen mit PV-Modulen ausstatten, um wenigstens Licht, Kühlung usw. im Wohnwagen zu versorgen. Auch Wohnmobile können im Ruhezustand zusätzliche PV-Flächen ausfahren und so die Stromausbeute erhöhen. Ein Beispiel hierfür ist der „Stella Vita“, der an der TU Eindhoven entwickelt wurde (Abb. 8). Von dem Fahrzeug heißt es, es ernte genug Sonnenlicht, „um Auto zu fahren, zu duschen, fernzusehen, Ihren Laptop aufzuladen und Kaffee zu kochen“. Die Reichweite bei Batteriebetrieb wird mit 600 km angegeben, an einem sonnigen Tag erhöhe sie sich auf 730 km.[8]

Lastwagen haben durch die relative Größe ihres „Koffers“ Potenzial für größere PV-Flächen, doch hier scheint die Entwicklung noch



Abb 6 — Die aerodynamischen Zweisitzer von Aptera sollen eine Reichweite von 1600 km erreichen. Ab 2023 wird geliefert © Aptera •

weniger weit zu sein als bei PKW. Vor einem Jahr nahm das Fraunhofer-Institut ISE einen ersten Prototyp in Betrieb, der seitdem im Raum Freiburg getestet wird.[9] Dem 18-Tonner wurden 3,5 kWp-Module aufs Dach montiert, die 5 bis 10% des Fahrstroms beisteuern können. Die besonders leichten und robusten Module wurden eigens für diesen Zweck entwickelt.

Es gibt auch einige private Projekte, die beträchtliche Fläche der Lastwagen-Dächer für die Erzeugung photovoltaischen Stroms zu nutzen. Manchmal dient dies der Promotion der Sonnenenergie im Allgemeinen, wie bei dem Projekt „Griff“ des US-Amerikaners Joshua Hill, der seinen mit PV vollgepackten Elektrotruck zu Bildungszwecken durch Amerika tourt.[10]

In anderen Fällen geht es meist um den Strombedarf der stehenden Fahrzeuge (um die Unterstützung des Antriebs allenfalls im Kontext von Hybrid-Antrieben).[11] Das Schweizer Transportunternehmen Rhyner Logistics hat z.B. einen elektrisch betriebenen LKW mit PV-Modulen ausgestattet, welche die Kühlung des Laderaums versorgen und so die Fahr-Batterie entlasten; eine gute Idee, weil die Kühlung besonders dann gefordert ist, wenn die Sonne auf den Wagen scheint.[12] Auch die Firma Sono-Motors bietet demnächst PV-Kits für Lastwagen und Busse an, die deren Treibstoffverbrauch senken sollen, sowie für Elektro-Lieferwagen, wo sie direkt den Antrieb versorgen sollen.[13]

Der Logistik-Riese DHL hat schon vor Jahren in Großbritannien verschiedene Fahrzeuge mit PV ausgerüstet, um elektrische Anwendungen (z.B. Hebebühnen oder Klimaanlage) zu versorgen. Da dies auch für die pedalgetriebenen Klein-Lieferfahrzeuge namens „Cubicycle“ gilt (Abb. 7), haben wir sogar ein Beispiel für den Einsatz von Photovoltaik im Bereich der Pedelec-Antriebe. Auch die australische Post nutzt ähnliche PV-unterstützte Pedal-Auslieferfahrzeuge.[14]



**Abb 7** — Seit 2017 auf der Straße: der Cubicycle zur Postausstellung wird mit Sonnenenergie vom Boxdach unterstützt © Deutsche Post AG •



**Abb 8** — 17 m<sup>2</sup> Solarpaneele laden die Stella Vita in 3 Tagen auf - für 600 km Reichweite. © 2022 Solar Team Eindhoven •



**Abb 9** — Bereits 1984 baute der Elektrofahrzeug-Pionier Erich Pöhlmann in Kulmbach den „Pöhlmann EL Solar“. CC BY-SA 3.0 DE, von: Buch-t •

## Auf der Schiene

Die unmittelbare Nutzung von Sonnenenergie für Zwecke des Schienenverkehrs kann vielfältig auf die Bahninfrastruktur zurückgreifen (vgl. Seite 71). Selbst die Belegung der einzelnen Schwellen der Gleiskörper mit entsprechend dimensionierten PV-Modulen wurde schon getestet.[15] Daneben kommen aber auch die Triebwagen und Waggons der Züge selbst als Träger von PV-Modulen in Betracht. Es gibt auf diesem Feld allerdings bisher nur wenige praktische Anwendungen. Für die meisten Zwecke dürfte auch die Überzeugung des US-amerikanischen Experten für Erneuerbare Energien, Tam Hunt, gelten: „Mit Paneelen auf den Zügen bekommt man nicht viel Saft, aber mit Paneelen über ihnen sehr wohl.“[16]

Seit dem Jahr 2000 fährt das solar angetriebene Kleinst-Schienenfahrzeug „ELSE“ (Abkürzung für „Elektrische Solar-Eisenbahn“) in Berlin auf einer Spurbreite von 60 cm. Es hat PV-Module auf 3,6 m<sup>2</sup> der Dachfläche installiert und erzielt mit seinem 8-kW-Elektromotor bei reinem Akkubetrieb eine Tagesreichweite von 55 km, die photovoltaisch unterstützt auf bis zu 93 km ausgedehnt werden konnte.[17]

2017 wurde im australischen New South Wales ein Solarzug in Betrieb genommen, der 6,5 kWp PV-Module auf dem Dach hat (Abb. 10). Er wird auf einer 3 Kilometer langen Strecke im Pendelverkehr eingesetzt.[18] Es handelt sich um einen umgebauten Diesel-Doppeltriebwagen aus den 40er Jahren des 20. Jahrhunderts, so dass hier auch ein Fall von „Retrofitting“ vorliegt (vgl. Seite 52), der eine bestmögliche Ressourcenschonung ermöglicht.

Etwa zeitgleich mit den Australiern begann die indische Eisenbahngesellschaft Indian Rails, einige ihrer Waggons mit Dach-PV auszurüsten. Die Lokomotiven haben einen Dieselantrieb, aber die PV-Installationen reduzieren den Diesel-Verbrauch, indem sie den Strom für die Beleuchtung und Klimatisierung der Waggons bereitstellen.[19] Indian Rails ist auch sehr engagiert, die eigene Infrastruktur, insbesondere Bahnhofsgebäude, mit Photovoltaik auszustatten. Über 1000 indische Bahnhöfe verfügten Anfang 2022 über PV-Anlagen.[20]

Bleibt noch zu erwähnen, dass auch auf der Schiene, wie auf der Straße, Tüftler:innen am Start sind, die Jagd auf Geschwindig-

keitsrekorde machen und nebenbei womöglich etwas zur Grundlagenforschung beitragen. So entwickelt das „Solar Train“-Team in Kalifornien ein 25 Meter langes Schienenfahrzeug, das auch den Geschwindigkeitsrekord von Solarfahrzeugen auf der Straße übertreffen soll. Angepeilt ist eine Geschwindigkeit von gut 100 km/h. Dieses Gefährt besteht praktisch nur aus den Paneelen und einem darunter befindlichen Fahrwerk.[21]

## Zu Wasser

Wasserfahrzeuge sind prädestiniert für die Anwendung von Photovoltaik, weil sie meist über nennenswerte geeignete Flächen verfügen und die Installation in der Regel kaum technische Herausforderungen stellt. Deswegen sind z.B. kleine Sport- oder Freizeitsegelboote mit ein, zwei Modulen, welche den Strombedarf an Bord decken, keine Seltenheit. Die ggf. vorhandenen Hilfsmotoren dieser Fahrzeuge sind dann aber meistens noch mit Diesel betrieben. Auch hier wollen wir den Fokus aber auf solche Fahrzeuge richten, bei denen die Sonnenenergie direkt für den Antrieb nutzbar gemacht wird, und insbesondere auf solche, bei denen sie den Energiebedarf hierfür vollständig deckt.

Solche Boote werden ungefähr seit dem Jahr 2000 in verschiedenen Konfigurationen konstruiert. Die englischsprachige Wikipedia nennt in ihrer „List of solar-powered boats“ 21 verschiedene verwirklichte Konzepte.[22] Sie lassen sich in vier Kategorien unterteilen:

1) experimentelle Fahrzeuge, wie sie z.B. von nordamerikanischen Hochschul-Teams für das jährliche Renn-Event „Solar Splash“ konstruiert werden.[23] Hierhin gehört auch das unbemannte Solarboot „Mahi Two“, das im Frühjahr 2022 die erste erfolgreiche Atlantiküberquerung eines Fahrzeugs seiner Klasse beendete.[24] 2016 war ein entsprechender Versuch eines „Solar Voyager“ genannten Roboterbootes noch gescheitert.[25] Die erste bemannte Atlantiküberquerung mit reinem Solarantrieb fand übrigens 2007 mit dem in Basel hergestellten „sun21“ statt.[26]

2) Relativ kleine Fahrzeuge im Rahmen des „sanften Tourismus“. Hier sind die PV-Module häufig auf einem Baldachin über den Passagieren angebracht. Ein Beispiel hierfür sind die „Soel Cat“ des niederländischen Herstellers Soel Yachts.[27] Der Wortbestandteil „Cat“ kommt in vielen Namen von Solarbooten vor, weil sie häufig auf das Bauprinzip des Katamarans zurückgreifen, um eine große Fahrzeugbreite für die PV-Nutzung verfügbar zu haben.

3) Passagierschiffe, vor allem Fähren (Abb. 3). Mit Passagier-Kapazitäten zwischen 75 und 150 Personen verkehren sie in der Bucht von Santander, Spanien („EcoCat“), in Kerala, Indien („Aditya“), in Hamburg, Deutschland („Alstersonne“), auf dem Bieler See, Schweiz („MobiCat“), im Hafen von Sydney, Australien („Solar Sailor“) und im Flusssystem von Dhaka, Bangladesh („IRON“).

4) Luxusyachten. Die Firma „Silent Yachts“ bietet eine ganze Palette von Solarbooten zwischen 18 und 37 Metern Länge an, die hochseetauglich sind und als „Tesla of the seas“ angepriesen



Abb 10 — Der Byron Solar Train fährt seit 2015 mit Solarenergie vom Dach. Die Anlage hat 6,5 kWp, weitere 30 kWp wurden auf dem Bahngelände verbaut, um die Batterie zusätzlich über Kabel aufzuladen © byronbaytrain •

werden.[28] Unter den Begriff „Luxusyacht“ wird auch das derzeit größte Solarschiff der Welt subsumiert[29]: die „Türanor PlanetSolar“, die 2010 in Kiel im Auftrag des Schweizer Solarpioniers Raphaël Domjan gebaut wurde (Abb. 11). Der Katamaran verdrängt 95 Tonnen und erreicht mit vier insgesamt 120 kW leistenden Elektromotoren eine Höchstgeschwindigkeit von 14 Knoten (26 km/h). Aus einer maximalen PV-Modulfläche von 512 m<sup>2</sup> bezieht er eine Leistung von bis zu 93,5 kW. Die „PlanetSolar“ vollbrachte von September 2010 bis Mai 2012 die erste Weltumrundung mit einem rein solaren Antrieb. 2015 erhielt sie den neuen Namen „Race for Water“, weil sie von der gleichnamigen Schweizer Stiftung übernommen wurde. Seitdem verfügt sie als weitere Antriebskomponente auch über einen Zugdrachen der Firma Skysails.[30]

Im Endeffekt ist die „Türanor PlanetSolar“ also weniger ein Prestigeobjekt Superreicher, eher eine spektakuläre Botschafterin für Erneuerbare Energien. Erstaunlich, dass solche Projekte immer wieder aus der Schweiz kommen. Auch das weltumrundende Solarflugzeug „Solar Impulse“ und die derzeitige Weltreise des „Solar Butterfly“ mit solarem Antrieb (vgl. S.47) sind ja Ideen Schweizer Abenteurer. (Beide letztgenannten Projekte wurden vom SFV unterstützt.)

Schiffe sind die einzigen Fortbewegungsmittel, bei denen prinzipiell mit derselben Anlage Wind- und Solarenergie nutzbar gemacht werden kann, nämlich mit photovoltaisch bestückten Segeln. Dabei kann es sich sogar um klassische flexible Segel handeln wie bei dem Konzept der Helios-Segelyacht, bei der PV-Zellen auf Silikon-Basis als 2000 m<sup>2</sup> umfassende Großsegel gehisst werden können. Dieses Konzept wurde 2015 von den italienischen Designern Marco Ferrari und Alberto Franchi bei einem Wettbewerb eingereicht.[31]

Ansonsten bestehen photovoltaisch genutzte Segel nicht aus Tuch, sondern aus starren, tragflächenartigen Strukturen aus Holz, Stahl oder glasfaserverstärkten Kunststoffen. Solche starren Segel (ohne PV-Belegung) wurden bereits in den 80er Jahren auf Frachtschiffen erprobt, wo sie zu Treibstoff-Einsparungen zwischen 10 und 30 Prozent führten.[32] Die Versuche wurden abgebrochen, als die Erdölpreise in den Keller gingen. Heute gibt es Projekte in dieser



Abb 11 — Türanor Solar Katamaran.  
Foto: Florence8787 CC BY-SA 3.0 •

Richtung (diesmal mit PV) wiederum im Segment der Luxusyachten, so etwa der drei-„mastige“ Trimaran „Dragonship“ der Firma Pi Yachts, dessen Antrieb durch einen Elektromotor vervollständigt werden soll.[33] Aber auch im Sektor des Gütertransports werden entsprechende Ideen entwickelt. Die japanische Firma „Eco Marine Power“ entwickelt unter dem Namen „Aquarius“ einen Frachter, der mit 14 starren „Energy Sails“ ausgestattet wird, welche zugleich Sonnenenergie in Strom umwandeln können. 1 MWp an PV-generiertem Strom soll die Energieversorgung im Hafen oder vor Anker unabhängig von Dieselmotoren machen, während die Emissionen auf der Fahrt um 40% gesenkt werden könnten.[34]

Die „Botschafter“-Funktion, die wir bereits an der „Türanor PlanetSolar“ festgestellt hatten, wird auch ausdrücklich von einem gigantischen Projekt angestrebt, das derzeit von der japanischen NGO „Peace Boat“ verfolgt wird. Diese Organisation führt schon seit einigen Jahrzehnten Kreuzfahrten mit dem Ziel durch, „Frieden, Menschenrechte und Nachhaltigkeit zu fördern“. Dabei arbeitet sie mit renommierten Organisationen wie der „UN SDG Action Campaign“ (welche die 17 Nachhaltigkeitsziele der UNO propagiert) oder der „International Campaign to Abolish Nuclear Weapons“ (ICAN), Trägerin des Friedensnobelpreises, zusammen.[35] Bisher mit gecharterten konventionellen Kreuzfahrtschiffen. Auf der Weltklimakonferenz COP 21 in Paris hat die Organisation das Projekt „Ecoship“ vorgestellt, ein neuartiges Kreuzfahrtschiff mit geschlossenen Materialkreisläufen und einer optimierten Energieeffizienz (Abb. 12). Das 55000-Tonnen-Schiff soll mit einer Länge von 230 Metern Platz für 1900 Passagiere bieten. Von den zahlreichen



Abb 12 —Kreuzfahrt mit Botschafter-Funktion. Das Projekt "Peace Boat Ecoship" ist Teil der UN SDG Action Campaign und will Kreuzfahrten nachhaltiger machen. © 2022 Peace Boat •

Ideen zur Förderung der Nachhaltigkeit sind am spektakulärsten die zehn großen, einklappbaren photovoltaischen Segel. Die 750 kWp an PV würden natürlich nicht ausreichen, ein solches Schiff anzutreiben. Das Projekt strebt deshalb nur eine Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen um 40% an.[36] Das Ecoship sollte 2020 seinen Stapellauf haben, aber bis heute ist es noch nicht auf dem Wasser.[37]

Es ist meist nicht ersichtlich, in welchem Stadium der Verwirklichung sich die größeren Projekte befinden. Klar ist aber, dass die Entwicklungen emissionsfreier Schifffahrts-Antriebe stark von politischen und ökonomischen Rahmenbedingungen abhängen. Dass der Verkehr zu Wasser noch heute ganz überwiegend auf der Verbrennung fossiler Ressourcen beruht, ist Ergebnis vergangener politischer Entscheidungen zugunsten des fossilen Systems. Das Ruder hätte längst herumgerissen werden müssen. Es jetzt immer noch nicht zu tun – etwa durch massive Forschungsförderung sowie durch die Erhebung drastischer emissionsbezogener Hafengebühren – ist ein weiterer Anschlag auf die Zukunft der Menschheit. In der Schifffahrt der Zukunft werden elektrische Antriebe – neben der Verbrennung von E-Methanol [38] – eine entscheidende Rolle spielen, und die Unterstützung durch photovoltaische Stromerzeugung hat hier ein wichtiges Betätigungsfeld.

## In der Luft

Den Stand der Nutzung von Photovoltaik in der Luftfahrt hatten wir 2016 umfassend dargelegt.[39] Nach den spektakulären Rekordflügen Mitte des vorigen Jahrzehnts, die in der solarbetriebenen Erdumrundung des „Solar Impulse“ gipfelten, ist die Entwicklung in ruhigere Fahrwasser geraten. Eine Reihe neuer Projekte verfolgt das Ziel, unbemannte Solarflugzeuge in die Stratosphäre zu bringen und dort als Kommunikations- bzw. militärische Überwachungs-Plattform mit langer Verweildauer zu verwenden – eine preiswerte Alternative zur Satelliten-Technologie. Hierhin gehörte das inzwischen aufgegebenes „Aquila“-Projekt von Facebook. Auch der Airbus-Konzern spielt hier mit seiner „Zephyr“-Reihe mit. Bei seinem Jungfernflug war der „Zephyr S“ im Juli 2022 ohne Zwischenlandung 26 Tage in der Luft.[40]

Auf die Stratosphäre zielt auch der „SolarStratos“, der wiederum in der Schweiz entwickelt wurde. Aber diesmal geht es um bemannte Flüge. Der Zweisitzer hatte am 5. Mai 2017 seinen Jungfernflug. Ob der zuletzt für 2022 angekündigte erste Stratosphärenflug noch

aktueller Planungsstand ist, ist nicht klar.[41] Das Flugzeug soll u.a. Messungen in der oberen Atmosphäre durchführen, durchaus auch im Kontext des Klimawandels, und hat zugleich die Aufgabe eines Botschafters der „Förderung der erneuerbaren Energien zum Schutz des Klimas auf unserem Planeten“.[42]

Die Firma „Solar Flight“, die mit ihren „Sunseeker“-Modellen (Abb. 4, 15) auf eine reiche Erfahrung rein solar angetriebener Flugzeuge zurückblicken kann und u.a. den ersten Passagierflug mit einem derartigen Gerät in ihrer Liste der Rekorde stehen hat, arbeitet an dem Projekt eines Sechssitzers, der mit Solarzellen auf Tragflächen, Rumpf und Höhenleitwerk sowie mit einem „lithium battery pack“ angetrieben werden soll; allerdings ist auch an einen „range extender“ in Gestalt eines mit Auto-Benzin betriebenen Generators gedacht.[43]

Auch die aus dem Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) hervorgegangene Elektra Solar GmbH in Bayern kann erfolgreiche Solarflugzeuge vorweisen. Auf die „Elektra One Solar“ hatten wir 2015 bereits hingewiesen; damals hieß die Firma noch „PC Aero“. Heute sind mit der „Elektra Two Solar“, die in bemannten und unbemannten Varianten hergestellt wird, und dem „Elektra Trainer“, der in diesem Sommer den Erstflug absolvierte (noch ohne On-Board-PV), insgesamt drei Modelle in der Luft. Am Projekt eines zweimotorigen, zehnsitzigen Elektroflugzeugs namens „E-10 SCYLAX“ (anscheinend ohne PV-Unterstützung) wird derzeit gearbeitet.[44]

Im Bereich solar angetriebener Luftschiffe befinden sich unbemannte Stratosphärenplattformen weiter im Erprobungsstadium. Die Volksrepublik China hat 2015 ein „Yuanmeng“ („Traum“) genanntes Solarluftschiff als Überwachungsplattform bis in eine Höhe von knapp 20 Kilometer aufsteigen lassen. Vom weiteren Schicksal des Yuanmeng ist allerdings nichts bekannt.[45] In Frankreich wird der seit 2020 vom dortigen Verteidigungsministerium unterstützte „Stratobus“ entwickelt. Dessen PV-Module sollen im Inneren der teilweise transparenten Luftschiffhülle liegen und das Sonnenlicht über Umlenkungsspiegel empfangen.[46] Auch das iranische „Space Research Center“ verlautbarte Ende 2018, innerhalb von zehn Jahren ein solar angetriebenes Luftschiff entwickeln zu wollen. Ein Verwendungszweck oder sonstige Details wurden nicht angegeben.[47]

Die kanadische Firma Solarship verfolgt mit ihren solaren Hyb-



Abb 13 — Projektidee: PV-unterstütztes Luftschiff der französischen © „DiriSolar“ •

rid-Luftschiffen (die Auftrieb sowohl durch Traggas als auch durch eine aerodynamische Gestaltung des Auftriebskörpers gewinnen) weiter ihr Projekt der Erschließung abgelegener Regionen (Abb. 1). [48] Auch das französische „DiriSolar“-Projekt (Abb. 13) konzipiert eine aerodynamische Unterstützung des aerostatischen Auftriebs, nämlich durch Ausnutzung des Bodeneffekts. Der Erfinder Philippe Tixier arbeitet seit 2009 an diesem Konzept; 2021 begann ein Fundraising zwecks Konstruktion eines Geräts in Originalgröße.[49]

Was wir 2016 übersehen hatten, ist das Projekt eines „Hochgeschwindigkeits“-Solarluftschiffs, das in großer Höhe (über dem Wetter, aber unterhalb der Flughöhen konventioneller Jets) den Jetstream ausnutzen soll und so bis zu 300 km/h erreichen soll. Dieses Konzept von Mark Summers aus dem Jahre 2010 war zwischenzeitlich eingeschlafen[50], ist aber mit neuen Kooperationspartnern kürzlich reanimiert worden.[51]

Andere große Projekte, etwa solche luxuriösen Personentransports, sind offensichtlich im Stadium der Phantasie verblieben. Die Luftschifftechnik ist tatsächlich weithin ein Betätigungsfeld von Enthusiast:innen, die nie auch nur in die Nähe einer Finanzierbarkeit ihrer Ideen gelangen. Immerhin nähert sich zur Zeit in der berühmten Luftschiffhalle von Akron (Ohio, USA) ein seriöses Luftschiffprojekt seiner Vollendung, das auf elektrischem (wenn auch nicht PV-unterstütztem) Antrieb basiert: der „Pathfinder 1“ der Firma „LTA Research“. Hinter der Firma steht der Milliardär Sergey Brin, Mitgründer des Google-Konzerns. Das 120 Meter lange Starrluftschiff wird von zwölf Elektromotoren angetrieben werden, die in Kooperation mit der slowenischen Firma Pipistrel entwickelt wurden. Die Gondel und das Fahrwerk stammen aus



Abb 15 — Die zweisitzige "Sunseeker Duo" der Firma "Solar Flight". Der Propellerantrieb ist vor dem Seitenleitwerk zu erkennen. © Photos by Eric and Irena Raymond •

Friedrichshafen, vom Luftschiffbau Zeppelin. Die Pathfinder 1 soll noch in diesem Jahr fertiggestellt werden.[52]

Man sollte diese Technologie im Hinblick auf die überfällige Mobilitätswende weiter beobachten, denn soweit es um Energieeffizienz geht, sind Luftschiffe den Flugzeugen haushoch überlegen; sie erledigen die gleiche Transportleistung mit einem Zehntel der Energie, weil der Energiebedarf für den Auftrieb bei ihnen wegfällt. Daher können sie viel schwächer motorisiert werden. Und auch die große für PV verfügbare Oberfläche der Luftschiffhüllen bleibt als Argument bestehen.

## Fazit

Die Nutzung von On-Board-Photovoltaik im Verkehrssektor ist auf dem Land, zu Wasser und in der Luft überall noch im Pionier- und Erprobungsstadium. Dies hängt damit zusammen, dass die Entwicklung elektrischer Antriebe das gesamte 20. Jahrhundert hindurch systematisch hintertrieben wurde (außer im Bereich der Schienenfahrzeuge). Und der Preisverfall bei Photovoltaik setzte erst im 21. Jahrhundert ein. Mit der derzeitigen Explosion fossiler Energiepreise stellt sich die ökonomische Wettbewerbssituation heute ganz anders dar als noch vor einigen Jahren. Nicht nur um diese geht es allerdings, sondern viel mehr noch darum, dass der Verkehrssektor nicht länger Klimakiller sein darf. Dazu muss *auch* die Antriebsfrage fokussiert werden.

Welche Rolle photovoltaische Stromgewinnung an E-Fahrzeugen spielen kann, ist für jeden Sektor separat zu beurteilen. Das Potenzial dürfte in der Schifffahrt und bei Luftschiffen am größten sein; im Schienenverkehr am geringsten, weil dort die netzgebundene Stromversorgung schon gut etabliert ist.

Die während der Fahrt gewonnene Sonnenenergie wird nur in den wenigsten Fällen ausreichen, den Antriebs-Energiebedarf vollständig zu decken; aber schon die Möglichkeit, Batterien entsprechend kleiner zu dimensionieren, erscheint lohnend. Falsch wäre es zum jetzigen Zeitpunkt jedenfalls, die überall reichlich vorhandene kreative Energie weiterhin zu deckeln. Projekte, welche nicht primär dem Prestige ihrer Entwickler:innen oder Nutzer:innen dienen, sondern einer emissionsfreien Mobilität der Zukunft, sollten vielmehr durch Forschungsförderung und den Abbau bürokratischer Hürden begünstigt werden.



[www.sfv.de/photovoltaik-antriebe-im-verkehrssektor](http://www.sfv.de/photovoltaik-antriebe-im-verkehrssektor)

# Nachfolge gesucht!

## Solarkurse für Kids von Freilassing bis Flensburg

Seit über 20 Jahren gibt Hermann Schubotz in den Sommerferien Solarkurse für Kinder in Oberbayern und im Salzburger Land. Pro Jahr bringt er zwischen 300 und 815 (!) Kindern zwischen 9 und 14 Jahren die Photovoltaik näher.

Beim Solarbasteln bauen die Kinder sich selbst ein Solarspielzeug, z.B. ein Solarboot mit Photovoltaik-Direktantrieb. Dabei arbeiten sie soweit wie möglich mit Recycling-Materialien: alten Fischdosen, Kartons, Strohhalmen. Andere Teile, wie Solarzelle, Motor und Schiffsschraube kauft Hermann Schubotz dazu und präpariert sie entsprechend. Neben den Kursen versendet Hermann Schubotz das Material zum Selberbasteln auch in andere Regionen Deutschlands, nach Österreich und in die Schweiz.

Nun, mit 73 Jahren, sucht er Nachfolger und Partner, die sein Projekt fortführen möchten: "Es ist so wichtig, dieses Umweltbewusstsein bereits im Kindes- und Jugendalter zu schärfen. Dieses Bewusstsein sollte erlebbar gemacht und mit Freude vermittelt werden. Neugier und Spaß stehen natürlich im Vordergrund."



Was wäre, wenn nicht pro Jahr 400, sondern 4.000, 40.000 oder gar 400.000 Kinder in ganz Deutschland die Solarkurse besuchen und von der Nutzung der kostenlosen Sonnenenergie begeistert werden können? Das wünscht sich Hermann Schubotz für die kommende Generation. Bauanleitungen und Einkaufslisten existieren bereits. Die Kursinhalte und Technik würde er natürlich an Interessierte weitervermitteln. "Wenn Sie das Lachen der Kinder bei einer Erkenntnis: 'Aha, so funktioniert Solarenergie' erfreut, bekommen Sie von mir jedwede Unterstützung".

### Jetzt Solar-Lehrer:in werden!

Wir möchten unsererseits diese Idee gerne unterstützen, denn Bildung zu Solarenergie wird noch viel zu selten in den Lehrplänen integriert. Daher leiten wir den Aufruf weiter an unsere Leser und Leserinnen. Wenn Sie sich vorstellen können, die ersten Solarbotschafter:innen von morgen auszubilden und mit Kindern Solarboote zu basteln, melden Sie sich doch gerne bei Hermann Schubotz unter:

[solarbasteln@t-online.de](mailto:solarbasteln@t-online.de)  
[www.solarbasteln.de](http://www.solarbasteln.de)

# Solar Butterfly – ein Schmetterlings-effekt in Aachen

– Rüdiger Haude

Am 6. Juli besuchte der „Solar Butterfly“ auf seiner Tour um die Welt Aachen. Der SFV hatte diese Etappe, gemeinsam mit Vertreter:innen des Fachbereichs Umwelt der Stadt Aachen und mit weiterer finanzieller Unterstützung durch die Stadtwerke Aachen (Stawag), organisiert.

Der Solar Butterfly ist ein Fahrzeuggespann, bei dem ein E-Auto ein „Tiny House“ zieht. Am Zielort entfaltet letzteres seine „Schmetterlingsflügel“ – 80 Quadratmeter PV-Module. Diese tanken die Energie für die nächste Etappe. Das Tiny House ist zum großen Teil aus recyceltem Plastik konstruiert, das aus den Weltmeeren gefischt wurde.

Die Weltreise des Solar Butterfly dient dem Ziel zu zeigen, dass wir auf fossile Brennstoffe verzichten können. An jedem Ort sind Klimapioniere eingeladen, ihre vielfältigen Ideen zur Verwirklichung dieses Ziels vorzustellen. Und so stellten sich in Aachen eine Reihe solcher Pioniere ein und bauten neben dem Butterfly ihre Infostände auf. Mit dabei war das „Team Sonnenwagen Aachen“, das seinen neuesten Rennwagen, den „Covestro Photon“, vorstellte (vgl. Seite 78). Das Solarinstitut Jülich, eine Einrichtung der Fachhochschule Aachen, präsentierte verschiedene Forschungsschwerpunkte, unter anderem auf dem Gebiet der solarthermischen Stromerzeugung. Das Startup-Unternehmen Voltfang zeigte, wie man aus ausgemusterten E-Auto-Batterien leistungsfähige Hausspeicher-Anlagen baut und so einen wichtigen Schritt zur Ressourcenschonung unternimmt (vgl. Seite 64). Der Aachener Autobauer e.Go führte sein neues Modell eines elektrisch betriebenen City-Autos vor, das in Kürze in die Serienproduktion gehen soll. Der Verein „altbau plus“ bot Beratung zur nachhaltigen Gebäudesanierung an. Und die Verbraucherzentrale NRW machte auf ihre Beratungsarbeit bei der häuslichen Installation von Photovoltaik aufmerksam. Last but not least informierte der SFV über seine aktuellen Projekte: Bei der „packsdrauf“-Kampagne

Foto: Solar Butterfly •



– der Organisation von Nachbarschaftspartys zur Information über private Photovoltaik-Anlagen – arbeitet der SFV mit der Verbraucherzentrale zusammen. Als Klimapionier hat sich der SFV bereits in den 90er Jahren des vorigen Jahrhunderts mit der Entwicklung und Durchsetzung des „Aachener Modells“ der kostendeckenden Einspeisevergütung für Strom aus regenerativen Quellen qualifiziert.

Kurzfristig hatte sich noch Thomas Pade mit seinem in Eigenregie elektrifizierten Renault R4 angemeldet. Der liebevoll umgebaute Oldtimer entwickelte sich zu einer der Hauptattraktionen des Tages.

Bei der offiziellen Begrüßung erklärte Stefan Kratz, der Leiter des Solar-Butterfly-Teams, das Konzept der Welt-Tour. Rüdiger Haude wies für den SFV auf die Klimakatastrophe als ernststen Hintergrund all dieser Pionier-Bemühungen hin. Heiko Thomas, der Beigeordnete der Stadt Aachen für Klima und Umwelt, bekräftigte das städtische Ziel, bis 2030 klimaneutral zu werden – ein Ziel, das der SFV auch auf nationaler Ebene fordert. Thomas überreichte bei dieser Gelegenheit den tausendsten städtischen Förderbescheid für eine Dach-PV-Anlage. Anschließend moderierte Stefan Kratz mit einem Rundgang über das Gelände die Vorstellung aller Beteiligten. Bei frisch gebackener vegetarischer Pizza und musikalischer Untermalung durch das Team des Klimafestivals „Sounds for Climate“ gelang schon vor Ort so manche Vernetzung zwischen den Beteiligten. Dies will das Solar-Butterfly-Team auch überregional vorantreiben. Um 14 Uhr wurden die Schmetterlingsflügel eingeklappt, und es ging weiter an den Niederrhein nach Moers. Während diese Zeitung in den Druck geht, steht die Vollendung der 25.000 km umfassenden Europa-Rundtour unmittelbar bevor; 2023 geht es dann in Nordamerika weiter. 2025 soll der Butterfly zum zehnten Jahrestag des Pariser Klimaabkommens seine Tour in der französischen Hauptstadt beenden. Der SFV drückt dem Team und dem Initiator des Projekts, Louis Palmer, fest die Daumen für ein Gelingen des großen Plans!



Abb 2 – Solar-Butterfly & friends  
E-Auto-Parade am Ende des Solar-Butterfly-Besuchs in Aachen.

Von li. nach re.: Der Covestro Photon vom Team Sonnenwagen (S.72), der Hyundai Kona eines SFV-Mitglieds, der retro-gefitte R4 (S.52), der Solar-Butterfly und der neue e.Wave X von e.Go. Foto: Tobias Otto •



[www.sfv.de/solar-butterfly-schmetterlingseffekt-in-aachen](http://www.sfv.de/solar-butterfly-schmetterlingseffekt-in-aachen)

# Von Retrofitting, 100% Recycling-Autos und Batterien aus Holz

*Unsere Autos verschlingen Unmengen an Ressourcen: Platz, Rohstoffe, Energie. Auch deswegen braucht es für eine klimagerechte Mobilitätswende mehr als eine Antriebswende. Aber kann die Elektrifizierung unserer PKW-Flotte nicht ebenfalls nachhaltiger gestaltet werden? Wir stellen einige Produktionsalternativen vor.*

— Kyra Schäfer

Wenn wir von “Energiewende” sprechen, ist immer auch eine Wärme- und Verkehrswende gemeint. Während in allen Sektoren zu mindest kleine Emissionsreduktionen zu verzeichnen sind, ist der Verkehrssektor der einzige Sektor, dessen Emissionen im Vergleich zu 1990 nicht gesunken ist (Stand 2020).[1] Nichtsdestotrotz besteht bei vielen die Hoffnung, dass eine gelungene Verkehrswende lediglich einer Antriebswende bedarf, bei der ein fossiles Antriebssystem durch ein batterie-elektrisches ersetzt wird. Den motorisierten Individualverkehr einfach elektrisieren. Dabei bleiben “alte” Klima- und Umweltprobleme erhalten, wenn wir das System unserer Mobilität nicht anpacken: Überfüllte Straßen, Staus auf Autobahnen, Benachteiligung anderer Verkehrsteilnehmender, ein gigantischer Ressourcenverbrauch für die Fahrzeuge und Infrastruktur. Wie Katja Diehl in diesem Heft schreibt, kann eine *Mobilitätswende* hingegen die Lebensqualität steigern, insbesondere für diejenigen, die im jetzigen Verkehrssystem nicht mitgedacht werden.

In diesem Artikel wollen wir den Fokus dennoch auf die Fahrzeugtechnik richten. Mit der Umstellung auf elektrische Antriebe entstehen nämlich neue Probleme: Die alten Verbrenner müssen recycelt oder verschrottet werden. Es braucht Unmengen an Ressourcen und Energie für die Produktion der neuen E-Flotte. Dabei verursacht die Produktion der neuen Autobatterien dramatische Umweltschäden in anderen Ländern, insbesondere des globalen Südens. Wir haben uns gefragt: Geht das nicht auch nachhaltiger?

Die Antwort ist: Ja, tut es. Es gibt diverse Lösungs- und Optimierungsansätze, die es lohnt, genauer in den Blick zu nehmen.

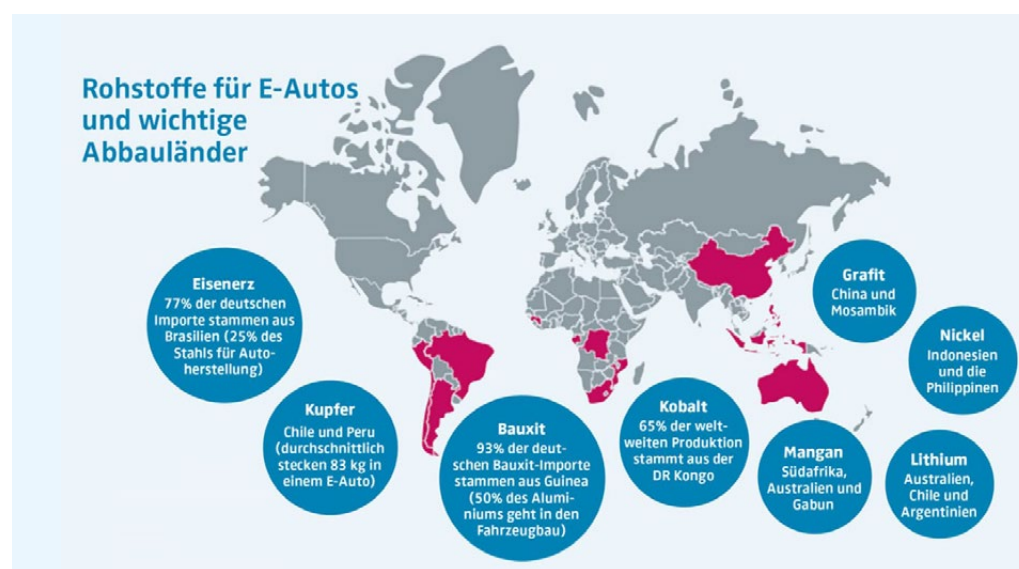
## PV-Integrierte Fahrzeuge

Die Technik, über integrierte Photovoltaik Elektro-Fahrzeuge direkt mit Strom zu versorgen, hat Rüdiger Haude bereits ausführlich dokumentiert (vgl. Seite 40) Die Nutzung von Autos wird so klimafreundlicher, weil das Auto direkt mit Solarenergie betankt wird, anstelle des aktuellen Strom-Mixes an den Tankstellen. Auch Speicherkapazitäten können so eingespart werden – bei gleichbleibender Reichweite. Dass der direkte PV-Antrieb auch für eine Welttournee reicht, beweist aktuell der Solar Butterfly. Es dauert halt einfach ein bisschen länger.

Trotzdem bleibt bei neuen PV-betriebenen Fahrzeugen das Problem des Ressourceneinsatzes und der Emissionen durch die Produktion sowie dem Recycling oder gar ihrer Verschrottung am Ende des Lebensweges erhalten. Für einen durchschnittlichen, elektrisch betriebenen PKW kommen hier ca. 10 Tonnen CO<sub>2</sub> zustande. [2] Der hohe Energieverbrauch liegt vor allem am Stahl für Chassis und Karosserie, das Recycling ist aufwendig aufgrund der Verwendung von Verbundstoffen im Außen- und Innenbereich der Autos oder unzureichender Wiederaufbereitung, zum Beispiel der Reifen. Dazu kommen weitere umweltschädliche Einflüsse durch den Ressour-

Abb 1 — Welche Rohstoffe benötigen wir für Elektroautos und wo kommen sie her? Grafik aus dem Regenwald-Report 2021 © Rettet den Regenwald e.V. •

Zum Report: [https://www.regenwald.org/uploads/regenwaldreport/pdf/RdR\\_02\\_2021-screen.pdf](https://www.regenwald.org/uploads/regenwaldreport/pdf/RdR_02_2021-screen.pdf)







**Abb 2** — Prototyp "Noah" besteht zu 90% aus recycelbaren und nachwachsenden Materialien wie Flachs, Harz, Bioplastik aus Zucker. © TU Eindhoven •



**Abb 3** — "Luca" wurde weitgehend aus Müll produziert: recycelte PET-Flaschen, ABS-Kunststoff, Fenster, und recyceltem Plastikmüll im Innenraum © TU Eindhoven •

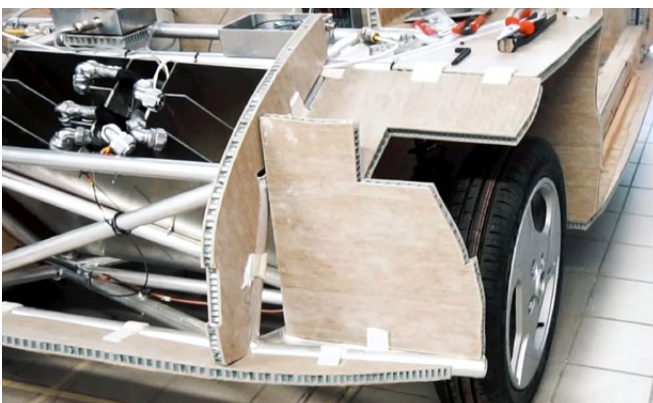


**Abb 4** — Modell "ZEM" ist ein "Net Zero" Auto, das während der Fahrt CO<sub>2</sub> aufnimmt, filtert und in einem Behälter einlagert (Direct-Air-Capture) © TU Eindhoven •

cenabbau der verwendeten Rohstoffe und beim Recycling- bzw. Entsorgungsprozess zustande. Die elektrische Antriebswende braucht neue Produktionsmethoden und umweltfreundliche Werkstoffe.

### Lieber Retrofitten!

Wofür neue Autos produzieren, wenn aktuell bereits knapp 50 Millionen PKW in Deutschland existieren?[3] Am Naheliegendsten und Ressourcenschonendsten wäre es, die alte Verbrenner-Flotte gar nicht auszutauschen, sondern die bestehenden Systeme auf Elektroantrieb umzurüsten. Man nennt diesen Vorgang "Retrofitting". Unter Retrofitting versteht man die Umrüstung oder Modernisierung älterer Technologien innerhalb bestehender Systeme. Thomas Pade hat seinen schicken R4-Oldtimer in einen Elektro-R4 umgewandelt (vgl. Seite 52). Was bei Oldtimern geht, sollte auch bei neueren Verbrennern funktionieren. Der Vorteil: Die Neuproduktion der Elektroautos wird gespart und unzählige Altfahrzeuge müssen nicht recycelt bzw. verschrottet werden. Der Nachteil: die Umrüstung kostet. Aktuell können die Materialkosten schnell fünfstelligen Beträge erreichen. Um den Umbau wirtschaftlich zu gestalten, bräuchte es zumindest Umrüstsets in Massenproduktion für die gängigen Modelle. Es gibt erste Unternehmen auf dem Markt, die elektrisches Retrofitting für Verbrenner anbieten und an solchen standardisierten Bausätzen arbeiten: z.B. Transition-One oder Phoe-



**Abb 5** — Chassis von Prototyp Luca besteht aus flachsbasierten Sandwich-Paneelen und recycelten PET-Flaschen. Foto: © TU Eindhoven •

nix Mobility.[4] Was aber noch fehlt, ist ein staatliches Förderprogramm, das dieser Entwicklung einen kräftigen An Schub verpasst.

### Geschlossene Stoffkreisläufe in der Produktion

Neben dem Retrofitting steckt eine weitere Chance zur Ressourcenschonung unserer Autos in der Rohstoffauswahl. Ziel kann zum Beispiel die Verwendung von 100% recyceltem und / oder wieder recycelbarem Material sein, sodass die Stoffkreisläufe in der Produktion geschlossen werden und der Bedarf an neuen Rohstoffen sinkt. Insbesondere der umweltschädliche Abbau von Metallen, die in Karosserie, Gehäuse, Motor, Abgassysteme und Elektronik aller Autos verbaut sind, könnte runtergefahren werden.

Was hier technisch möglich ist, macht ein Studierenden-Team der TU/Ecomotive in Eindhoven schon seit 2013 sehr anschaulich vor: Ihr PKW-Prototyp "Noah" beispielsweise besteht zu 90% aus recycelbaren und nachwachsenden Materialien wie Flachs, Harz, Bioplastik aus Zucker, und wird als "Fully Circular" vorgestellt. Folgeprojekt "Luca" ist weitgehend aus Müll produziert: recycelte PET-Flaschen, recycelter ABS-Kunststoff, recycelte Fenster, und im Innenraum recycelter Haushaltsplastikmüll. Das neueste Projekt heißt "ZEM", ein "Net Zero" Auto, welches - neben ähnlicher Produktionsweise - während der Fahrt zusätzlich CO<sub>2</sub> aufnimmt, filtert und in einem Behälter einlagert (Direct-Air-Capture).[5]

Darüber hinaus gibt es auch Autos, die fast vollständig aus Holz bestehen. Die Osaka Sangyo Universität hat 2021 auf Wunsch der Gemeinde ein Holzauto aus Owase-Hinoki-Zypresse gebaut.[6] Schon 2016 hat der Automobilkonzern Toyota das „Setsuna“-Konzept vorgestellt: Ein kleines e-Auto mit Rahmen aus Birkenholz, Gestell aus japanischer Zeder und Sitzen aus Karton. [7] Und auch in Österreich fährt seit 2022 der Kart-ähnliche „wood-e“ auf den Straßen: ein e-Holzauto für kurze Strecken - mit PV-Modulen zur Antriebsunterstützung auf dem Dach. [8]

Auch bei den großen Automobilherstellern halten diese Konzepte langsam Einzug in die Produktion. Es gibt vereinzelte Pilotprojekte (z.B. der BMW iVision Circular oder VW ID. LIFE), und teilweise werden nachwachsende Rohstoffe oder recyceltes Plastik bereits verbaut, wenn auch nur zu einem kleinen Anteil (wie z.B. in

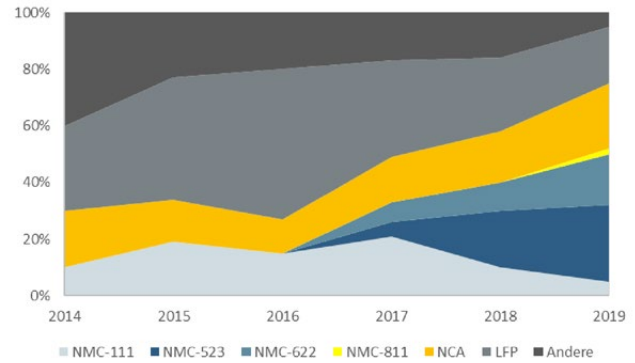
der Innenverkleidung vom Ford Focus seit 2011) [8]. Wann aber kommt der Durchbruch? Ohne rechtliche Regularien oder politische Anreize wird dies vermutlich noch dauern.

## Andere Akkus!

Das größte Problem in der Wertschöpfungskette der kommenden E-Automobil-Flotte stellt die Batterieproduktion und dazugehörige Rohstoffgewinnung dar, die weitestgehend in Ländern des globalen Südens stattfindet (siehe Abb. 1) [9]. Aktuell werden zum größten Teil Lithium-Ionen-Batterien (LIB) in Elektroautos verbaut. Innerhalb der Li-Technologie gibt es unterschiedliche Materialzusammensetzungen für die Bestandteile der Batterie. Für die Kathode der LIB kommen u.a. folgende Zusammensetzungen zum Einsatz:

- NCA (Li-Nickel-Kobalt-Alu-Oxid)
- NMC (Nickel-Mangan-Kobalt)
- LMO (Li-Mangandioxid) oder
- LFP (Li-Eisenphosphat)

Weil die NMC und NCA-Akkus die größte Energiedichte haben, werden sie zurzeit am häufigsten verbaut. Es wird geschätzt, dass bis



**Abb 6** — Entwicklung der Kathodenchemie auf dem Li-Ionen Batteriemarkt für die E-Mobilität. Die Zahlen hinter NMC stehen für den Anteil an Nickel, Mangan und Cobalt. Grafik: Nikola Vekić, THINKTANK Industrielle Ressourcenstrategien •

2050 1,1 Millionen Tonnen reines Lithium und etwa 800.000 Tonnen Kobalt für Elektroauto-Batterien benötigt werden. [10] Diese Ressourcen zu gewinnen, geht fast immer mit massiver Umweltzerstörung, Landraub, sklavenähnlicher Arbeitsverhältnisse sowie Gesundheitsschäden bei der lokalen Bevölkerung einher (Siehe Infokasten). An dieser Stelle muss fairerweise gesagt werden, dass auch durch die Produktion von Verbrennern lokal Umwelt massiv zerstört

## Rohstoffabbau für E-Auto-Batterien - die Probleme

**Kobalt** wird zu 60 % in der Demokratischen Republik Kongo abgebaut, davon 15-20 % im Kleinbergbau. [21] Insbesondere im Kleinbergbau leiden die Menschen mangels Schutzkleidung durch den direkten Kontakt mit Schwermetallen (insbesondere Uran) im Gestein an schwerwiegenden gesundheitlichen Folgen. Kinderarbeit ist auch für die schwersten und risikoreichsten Aufgaben Teil der Tagesordnung, und tödliche Unfälle in den bis zu 30 m tiefen Schächten sind keine Ausnahme. Neben den menschenunwürdigen Arbeitsbedingungen gehen mit der Kobaltgewinnung auch massive Umweltschäden in den betroffenen Regionen einher: verseuchtes Trinkwasser, unfruchtbare Böden und Schadstoffe in der Luft. [22]

**Nickel** ist neben Mangan ein Rohstoff, mit dem der Kobalt-Anteil von Batterien reduziert werden kann. Es gibt NMC-Batterien mit einem Nickel-Anteil von 80%, wodurch der Kobalt-Anteil nur noch bei 10% liegt. Doch auch der Nickel-Abbau ist problematisch. Nickel stammt zu 75 % aus Russland, zum Großteil aus Norilsk. Die Stadt liegt etwa 400 km nördlich des Polarkreises und gilt als eine der schmutzigsten Städte der Welt. Das Unternehmen Norinickel leitet in der Region seit Jahren hochgiftiges Abwasser aus dem Nickelabbau in Flüsse und Seen. [23] Auch wurden Indigene in den Abbaugebieten gewaltvoll vertrieben, lokale Wälder zerstört und die Luft ist so stark verschmutzt, dass der Schnee eine schwarze Färbung aufweist [24].

Im Zuge des Ukraine-Krieges ist es auch bei Nickel zu Lieferengpässen gekommen. Die Autoindustrie sucht nun nach anderen Bezugsquellen, z.B. in Indonesien. [25] Dort wird Nickel u.a. im Schutzgebiet Morowali abgebaut und zerstört so den dortigen Regenwald und das Meer, und einzigartige Korallenriffe durch die Ableitung von Abraum und Minenschlämme. Landraub und Zerstörung von Lebensgrundlagen sind die Folge. Proteste gegen die Nickel-Mine wurden jüngst im Mai brutal niedergeschlagen. [26] Ähnliche Probleme wurden auch aus dem Nickelabbau auf den Philippinen und in Guatemala berichtet. [27]



**Abb 7** — Protest gegen geplante Minen in Indonesien. Artikel: [shorturl.at/mFUJ16](https://shorturl.at/mFUJ16), Foto: Hans Nicholas Jong •

**Lithium** kommt quasi in allen E-Auto-Batterien vor und wird in Australien oder auf chilenischen, bolivianischen und argentinischen Salzseen gewonnen. Hierbei wird salzhaltiges Wasser aus der Erdschicht in oberflächliche Becken gepumpt, um daraus über Verdunstung das Lithium zu gewinnen. Weil das Grundwasser im abgepumpten Bereich nachläuft, sinkt den Grundwasserpegel in der gesamten Abbauregion, was sich durch zunehmende Trockenheit bemerkbar macht. Eine Batterie von 50 kWh verbraucht zwischen 3000 und 7000 l Wasser. Das ist im Vergleich zu Avocados oder Rindfleisch nicht viel, aber bei 1,1 Millionen Tonnen Bedarf bis 2050 käme hier eine beachtliche Summe zusammen. [28]

**Seltene Erden:** Auch für die Motoren werden Problemwerkstoffe benötigt: seltene Metalle wie z.B. Neodym werden für Magnete gebraucht, die in e-Autos, Hybrid-Autos und Wasserstoffautos verbaut werden. Hier hat China ein Weltmarkt-Monopol, und auch der Abbau dieser Metalle in der riesigen Mine Bayan Obo verursacht massive Umwelt- und Gesundheitsprobleme. [29]

wird, und zwar gleichermaßen für die Herstellung der Autos, als auch insbesondere durch die Förderung, Verarbeitung und Transport des Erdöls. In den letzten 50 Jahren wurde dadurch das Niger-Delta mit mehr als zwei Millionen Tonnen Rohöl verseucht, tausende Öllecks gab es allein im letzten Jahrzehnt. Die Lebenserwartung liegt dadurch in der Region mit 44 Jahren insgesamt 10 Jahre unter nigerianischem Durchschnitt. [11] Ein Ende der fossilen Antriebe und Energieversorgung könnte diese lokale Zerstörung beenden. Dennoch droht sich auch die Realisierung der elektrischen Antriebswende erneut auf Kosten der Bevölkerung anderer Länder abzuspielen.

## Batterietechnik: Geht es auch nachhaltiger?

Ja, das geht! Es gibt Batterietechniken, die ohne Nickel und Kobalt auskommen, wie zum Beispiel die oben genannten Li-Mangan-Oxid- und die Lithium-Eisenphosphat-Batterien. Aber es gibt auch Batteriezellen, die sowohl ohne Kobalt, Nickel, Mangan und ohne Lithium auskommen, zum Beispiel die Natrium-Ionen-Batterien (NIB). Anstelle von Lithium-Ionen wandern hier größere Natrium-Ionen von Kathode zu Anode in der Batterie.

Natrium ist (u.a. als Hauptbestandteil von Salz) ausreichend im Meer oder der Erdkruste vorhanden und würde den Rohstoffabbau deutlich vereinfachen – auch, weil keine neuen Produktionslinien aufgebaut werden müssten. Die Anoden der Batterien, welche aktuell zumeist aus Graphit bestehen, werden dabei durch das kohlenstoffreiche Lignin ersetzt. Die Trockenmasse von Bäumen, Bambus, aber auch Erdnussschalen besteht zu 20-30% aus Lignin. Natrium-Ionen-Batterien auf Lignin-Basis wären nicht nur umweltfreundlicher, günstiger, lokal produzierbar, sondern auch zu 95% wiederverwendbar. Als Kathode dient eine natriumhaltige Verbindung namens Preußisch Weiß.

Während die NIB-Akkus in Sachen Energiedichte nur etwa 60% der Lithium-Ionen-Batterien erreichen, haben sie eine besonders gute Be- und Entlade-Effizienz, was gerade bei Elektroautos von Vorteil ist. Ein weiterer Pluspunkt: NIB-Akkus sind schwer entflammbar.[12] Der Durchbruch der NIB-Akkus ist dabei keine weit entfernte Wunschvorstellung. Sowohl der weltgrößte Batteriehersteller CATL will 2023 in die Massenproduktion einsteigen [13], als auch die schwedische Firma Northvolt / Stora Enso und der Kathodenmaterial-Produzent Altris. Und in der Schweiz arbeitet Blackstone an 3D-gedruckten Natrium-Festkörperbatterien.[14] An den Problemen der Energiedichte und Langlebigkeit wird ebenfalls weiter geforscht. Wann die ersten Natrium-Ionen Elektroauto-Batterien verbaut werden, erfahren wir hoffentlich 2023.

## [...] mehr Info

### Geladen - der Batterie Podcast

Patrick Rosen und Daniel Messling sprechen mit Wissenschaftler:innen über Elektromobilität, Energiewende und Batterieforschung - und halten selbst die Spezialisten mit dem aktuellen Stand der Batterietechnik auf dem Laufenden.



Neben den NIB-Akkus gibt es immer wieder Nachrichten von neuen, vielversprechenden und nachhaltigeren Zellchemie-Zusammensetzungen. Metall-Luft-Akkus, Akkus aus Naturmaterialien wie Apfelresten oder Chitin, Batterien auf Kunststoff-Basis, Feststoffbatterien auf Basis von Natrium oder Batterien mit Rohstoffen, die zu 90% aus Europa stammen. Auch beim Thema Recycling gibt es noch viel Optimierungspotenzial. Die Problematik wird auf Seite 64 von Voltfang genauer erläutert. Um auf dem neusten Stand zu bleiben, können wir den Batterie-Podcast "Geladen" empfehlen. [15]

## Die Rolle der Automobilindustrie

Aktuell lobbyieren einzelne Automobilkonzerne, der Verband der Automobilhersteller und die Mineralöl-Lobby bei der EU-Kommission und nationalen Regierungen noch aktiv gegen das Ende der Verbrennermotoren. Gleichzeitig setzen die Unternehmen bei der Elektro-Auto-Produktion verstärkt auf SUVs, anstelle von leichteren und effizienteren Kleinwagen. Bereits heute liegt der Anteil an Neuzulassungen von e-SUVs bei über 40%. [16] Mercedes hat angekündigt, ab 2025 keine Kleinwagen der A- und B-Klasse mehr zu produzieren [17], und VW will den e-SUV-Anteil bis 2025 auf über 50% steigern.

Es bleibt also fraglich, ob die Automobilbranche nachhaltige Batterie-Technologien fördern und einsetzen wird, wenn zeitgleich die ersten Festkörperbatterien auf Lithiumbasis mit Reichweiten von über 1000 km entwickelt werden. [18] Lediglich kleine Automobilhersteller, wie zum Beispiel Sono Motors, probieren auch neue Mobilitätskonzepte in ihre Autos zu integrieren: mit bidirektionaler Ladefunktion, integrierter Photovoltaik plus Car-Sharing-App, die die Auslastung der Autos während der Nutzungszeit erhöhen soll – damit weniger Autos gekauft werden müssen. [19]

Auch könnte ein funktionierendes Lieferkettengesetz den nachhaltigen Batterie-Typen einen Vorteil verschaffen. Bis dahin sind die kobalt- und nickelfreien Batterievarianten zumindest ein Kompromiss, genauso wie Lithium-Abbau in Deutschland: Im Oberrheingraben enthält Thermalwasser aus Tiefengeothermie sehr viel Lithium. Das Potential würde in etwa für die gesamte deutsche E-Automobil-Industrie ausreichen. Ein Pilotprojekt soll in Kürze mit der Gewinnung starten.[20]

Fazit: Auch innerhalb einer Antriebswende gibt es enormes Optimierungspotenzial. Das beste Mittel der Ressourcenschonung und Klimaschutz bleibt, die Anzahl der Privatfahrzeuge zu verringern und insgesamt weniger Auto zu fahren. Wenn wir dennoch am jetzigen Individualverkehr festhalten möchten, lohnt doch die Frage, ob wir bereit sind, etwas Komfort (in Bezug auf Ladezeit, Reichweite und Größe der Autos) für Klimaschutz, Ökologie und Menschenrechte, aufzugeben.

### Kyra Schäfer

Politikwissenschaftlerin  
und Medienschaffende.  
Beim SFV zuständig  
für den Solarbrief,  
Druckprodukte und  
Öffentlichkeitsarbeit.



[www.sfv.de/retrofitting-  
recycling-autos-und-  
batterien-aus-holz](https://www.sfv.de/retrofitting-recycling-autos-und-batterien-aus-holz)



## Zurück in die Zukunft, R4!

*Mein Renault-4-Umbau zum E-Typ – ein Erfahrungsbericht*

– Thomas Pade

Vor 11 Jahren wurde aus einer Schnapsidee eine Menge Arbeit: Ich begann mit der Restauration eines Renault 4, bzw. der Überreste dieses Fahrzeugs, Baujahr 1966. Aber schon während der damaligen Restauration wurde mir klar, dass in diesem Fahrzeug das Potenzial für ein rein elektrisches Auto mit höchster Effizienz steckt! Extrem niedriges Gewicht (650 kg ohne Fahrer), kleine schmale Räder, keine Servolenkung, keine Bremskraftverstärkung oder andere Technikspielereien, und gute räumliche Gegebenheiten für den Einbau der Elektrokomponten, um die wichtigsten zu nennen. Die Idee für eine künftige Metamorphose war geboren. Damals war aber auch klar, dass die Umsetzung keine Eile hatte. Schließlich waren die zu dieser Zeit verfügbaren Komponenten, insbesondere die Akkus, wegen zu geringer Leistungsdichte zu groß, zu schwer und zu teuer, so dass ich das Thema aufmerksam, aber ohne Zeitdruck verfolgte.

### Ein Umbau ohne Kompromisse

Für die Umrüstung definierte ich in der Zwischenzeit eigene Vorgaben, bei denen ich an gewissen Stellen keine Kompromisse zulassen wollte. Der Nutzwert des R 4 und die originale Optik sollten möglichst komplett erhalten werden. Beim Nutzwert ging es darum, weder Sitzplätze noch Kofferraumvolumen zu opfern. Bei der Optik ging es zum Beispiel darum, das charmant spartanische 60er-Jahre-

Cockpit von neuzeitlichen Bedienelementen, z.B. Displays, zu verschonen. Letztendlich steht nun das nützliche Display nach Öffnen des transformierten Aschenbeckers zur Verfügung. Außerdem wollte ich das Fahrzeuggewicht so wenig wie möglich erhöhen und die Gewichtsverteilung des Fahrzeugs beibehalten.

Das einzige Zugeständnis blieb die verringerte Reichweite gegenüber dem Benziner, weil auch die aktuelle Akkutechnik eine begrenzte Energiedichte hat. Dies bedeutete allerdings für den von mir geplanten Einsatz als Nahverkehrsmittel keinerlei Einschränkung. Die technisch plausible und für unseren Alltag erforderliche Reichweite mit einer Akkuladung setzte ich mit 100 bis 150 km an.

Nachdem sich insbesondere die Akku-Technologie in den letzten Jahren deutlich weiterentwickelt hatte und ich im Sommer 2020 mittlerweile Kontakte zu Lieferanten von E-Komponenten geknüpft hatte, war der Anlass zum Auftakt des Umbauprojekts die glückliche Beschaffung einiger wichtiger Gebraucht-komponenten wie Ladegerät und Motorcontroller. Nun konnte ich anfangen, die noch nicht vorhandenen Hauptkomponenten (Motor, Traktionsakku), abgestimmt auf meine Fahrzeuggegebenheiten, die mittlerweile vorhandenen Erkenntnisse zur Auslegung eines Elektroantriebs sowie den vorhandenen Controller, auszuwählen.

Es dauerte noch bis ins Frühjahr 2021, bis ich die entscheidenden Komponenten Motor und Traktionsakku schließlich in meinem

Keller liegen hatte. Ich habe drei Akkumodule des BMW i3 mit insgesamt 15,8 kWh und einen Permanentmagnetsynchronmotor des Aachener Herstellers Engiro mit einer Nennleistung von 16 kW gekauft, beides High-End-Komponenten, bei denen ich auf hohe Effizienz hoffte.

## Der Umbau - Technik und Komponenten

Gute Eckdaten waren hier neben dem Motorgewicht von 30 kg das Gewicht der drei Akkumodule mit je 30 kg und deren sehr gut passende Abmessungen, um sie z.B. anstelle des früheren Benzintanks unterbringen zu können, bzw. ein Modul zum Gewichtsausgleich im Motorraum. Auch die elektrische Abstimmung der Komponenten war optimal: die drei Akkumodule erreichen eine Systemspannung von rund 140 Volt, was optimal zum Arbeitsbereich von Motor und Controller passt.

Grundsätzlich ist es technisch sinnvoll, eine möglichst hohe Systemspannung zu realisieren, die allerdings im Nachrüstungssektor aufgrund ausschließlich verfügbarer Komponenten auf rund 150 Volt begrenzt ist. Einen Antrieb auf Kleinspannung auszuliegen, um Sicherheitsvorschriften für Hochvoltanlagen zu umgehen, rächt sich im Betrieb durch vergleichsweise ineffizienten Betrieb bei ungünstig hohen Strömen, die wiederum hohe Leiterquerschnitte erfordern und Schaltkomponenten stark belasten.

Vor dem eigentlichen Fahrzeugumbau habe ich das letzte Jahr damit verbracht, die Verteilung der Komponenten möglichst konkret zu planen und den elektrischen Bereich komplett provisorisch zuhause aufzubauen und Grundfunktionen zu testen (Motorbetrieb, Laden, Elektrische Heizung...). Außerdem habe ich die mechanische Verbindung von neuem Motor und originalem Getriebe des R 4 (ich hatte ein Reservegetriebe zur Verfügung) komplett neu gebaut. Der Einsatz des bisherigen Schaltgetriebes bringt neben dem Erhalt des Fahrzeugcharakters auch technische Vorteile: die gewohnte Schaltung des Rückwärtsgangs mit Geschwindigkeitsbegrenzung, die einfache Entkopplung des E-Motors im Notfall durch Auskuppeln und

in meinem Fall die Nutzung von zwei Vorwärtsgängen. Sie kombiniert Automatikfahren (im Stadtverkehr erster Gang bis 70 km/h, danach einmal Hochschalten in Schaltwagenmanier) mit optimierter Effizienz des E-Motors. Auch er profitiert von einer kleineren Übersetzung beim Anfahren und zieht dann weniger Strom. Nebenbei beschleunigt er noch rasanter.

Nach Fertigstellung vieler Komponenten habe ich im März dieses Jahres den Umbau am Fahrzeug begonnen und nach drei Monaten erfolgreich abgeschlossen. (Den Umbau habe ich nebenbei gesagt mangels Werkstatt komplett draußen auf unserem Garagenhof durchgeführt. Dabei hat das Wetter zum Glück mitgespielt.) Es folgte die obligatorische und erfolgreiche technische Begutachtung nach § 21 der Straßenverkehrszulassungsordnung und Ummeldung zum Elektroauto.

## Mein Fazit nach den ersten 1000 km? Euphorisch!

Nachdem ich meine Reichweitenvorgabe von 100 bis 150 km mit 170 km übertroffen habe, bleibt auch sonst nur Positives. Das komfortable Fahren in der Stadt wie mit einem Automatik-Fahrzeug bei einem berauschend agilen Fahrverhalten, die grandiose Verminderung des Lärmpegels, kein Gestank und natürlich das Laden zuhause statt Tanken (2,90 € auf 100 km) lassen Begeisterung aufkommen!

Im Übrigen lade ich das Fahrzeug zuhause an einer normalen Schuko Steckdose einphasig, also mit maximal 3,3 kW, was nicht nur zusätzlich den Geldbeutel schont, sondern auch das Stromnetz. Zudem betreiben wir seit Jahren eine große Photovoltaikanlage, so dass wir bilanziell immer Sonnenstrom tanken! Die Option zum Laden an öffentlichen Stromtankstellen werde ich ggf. in Zukunft noch nachrüsten.

Mit der Umrüstung habe ich ein reines Spaßvehikel mit denkbar geringem Ressourceneinsatz nun in ein umweltfreundliches Nutzfahrzeug für den Alltag verwandelt. (Die Verwandlung ist übrigens äußerlich praktisch nur am E-Kennzeichen erkennbar.) Ein solcher



Abb 1 — Der Antriebsstrang mit E-Motor hält Einzug in den R4 •



Abb 2 — Im fertigen Motorraum ist der Antriebsstrang ganz unten versteckt. Akku und Leistungselektronik liegen darüber •

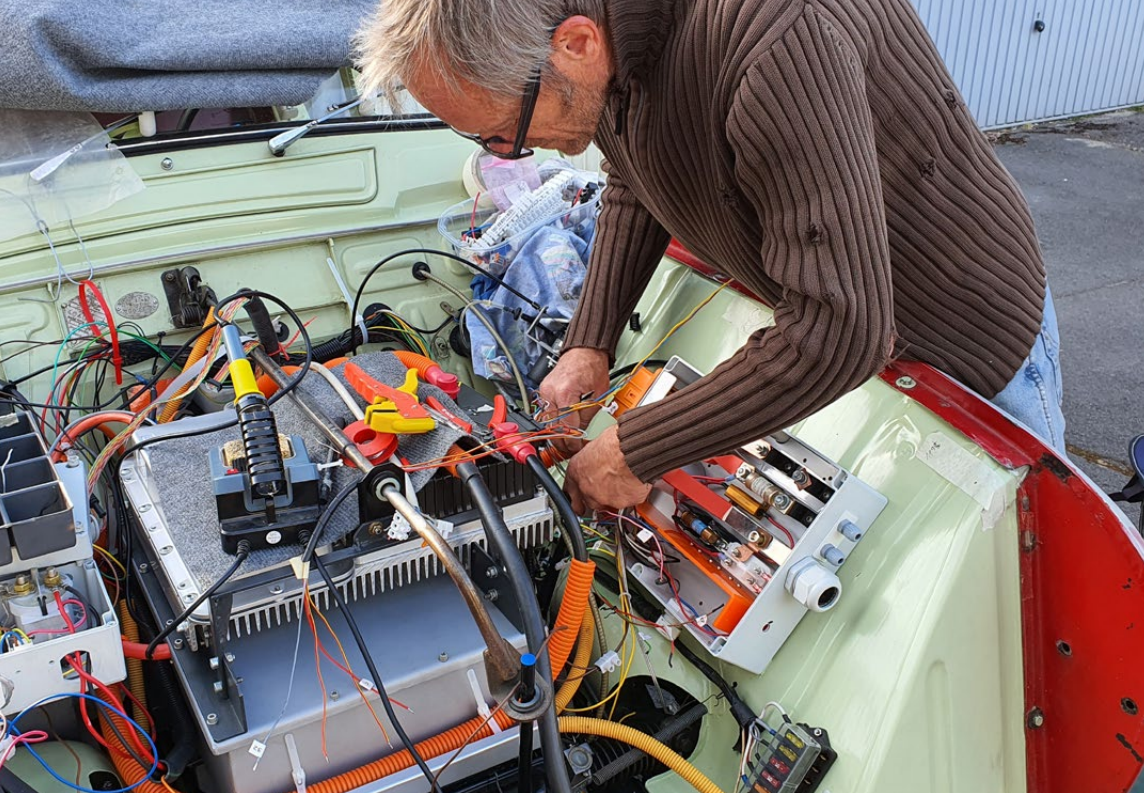


Abb 3 — Die Verkabelung erlaubt keinen einzigen Fehler... •

Umbau ist bis heute kein billiger Spaß. Hier stand nicht eine zeitnahe wirtschaftliche Amortisation im Fokus, sondern der Erhalt und die erweiterte zukunftsfähige Nutzung eines Liebhaberfahrzeuges. Und dennoch freue ich mich aktuell über die Energiekosten von weniger als 3,00 Euro auf 100 km und die 1600 Euro Steuerersparnis, die mir in den kommenden neun Jahren gewährt werden. Wenn ich mir den Markt der aktuell angebotenen Elektrofahrzeuge anschau, fällt auf, dass ich nebenbei sämtliche derartige PKW in der Effizienz um Längen schlage!

Während bei Verbräuchen von 15 bis 25 kWh auf 100 km der Rebound-Effekt direkt ab Werk eingebaut ist, komme ich problemlos unter 10 kWh aus! Der Vollständigkeit halber muss aber erwähnt werden, dass es bei mir ein Defizit gibt: Das Fahrzeug kann keine nennenswerte passive Sicherheit vorweisen, was andererseits ein wichtiger Grund für das geringe Fahrzeuggewicht und die damit verbundene hohe Effizienz ist. Dieses geringe Gewicht kann unter Beibehaltung heutiger Sicherheitsstandards trotz moderner Werkstoffe

vermutlich kaum realisiert werden – oder wäre dies vielleicht doch mal eine sinnvolle Herausforderung - anstatt mit immer größeren tonnenschweren Luxuspanzern die Straßen zu verstopfen?!

Übrigens steht der R4 mit seinen knapp 16kWh Energie aus gegebenem Anlass schon diesen Winter als provisorischer Backup Speicher für eine häusliche Notstromversorgung zur Verfügung - in Kombination mit einem Offgrid Wechselrichter und einem vorhandenen PV Generator.



[www.sfv.de/zurueck-in-die-zukunft-r4](http://www.sfv.de/zurueck-in-die-zukunft-r4)

## Steckbrief R4

Angabe	vor Umbau	seit Umbau
Fahrzeuggewicht	665 kg bei vollem Tank	690 kg
Motorleistung / Nennleistung	22 kW	16 kW
Energiebedarf	6,1 l Benzin auf 100 km entspricht einer Energie von 50,4 kWh	ca. 8 kWh auf 100 km (entspräche einem Benzinverbrauch von 1 Liter)
Höchst- geschwindigkeit	120 km/h	120 km/h
Beschleunigung von 0 auf 100 km/h	36 Sekunden	15,8 Sekunden
Tankvolumen / Akkukapazität brutto	34 Liter	15,8 kWh
Reichweite	ca. 540 km	ca. 170 km



**Thomas Pade**

Seit Jugendzeit technischer Tüftler & autodidaktischer Bastler an eigenen Fahrzeugen.

Abgeschlossene Ausbildungen als Mechaniker, Industriekaufmann, Projektmanager.

Seit 1994 beruflicher Verfechter der Energiewende mit Schwerpunkt Photovoltaik und etlicher eigener Initiativen

# Viele Technologieoptionen für eine CO<sub>2</sub>-freie Mobilität?

*Für die klimaneutralen Antriebe der Zukunft wird oft eine "Technologieoffenheit" gefordert – de facto haben wirtschaftliche oder klimatechnische Gründe in vielen Bereichen die Weichen bereits gestellt.*

– Prof. Dirk Uwe Sauer

Scheinbar stehen der Mobilität eine Vielzahl von Möglichkeiten offen, um in eine klimaneutrale Zukunft zu kommen. Batterie-elektrische Antriebe, wasserstoff-elektrische Antriebe, Wasserstoffverbrennungsmotoren, Oberleitungen oder synthetische Kraftstoffe („eFuels“) werden diskutiert, erprobt oder eingesetzt. Immer wieder ist auch der Ruf nach „Technologieoffenheit“ zu hören, was in der Konsequenz heißen soll: „Der Staat bzw. die EU sollen keine Festlegungen vornehmen, sondern alle Möglichkeiten offen lassen (und auch fördern).“

Die Vielfalt ist aber nur scheinbar so groß, wenn die Systemgrenze der Betrachtung im Wesentlichen die Fahrzeuge selber umfasst. Eine realistische Betrachtung der Transformationspfade muss aber neben den Fahrzeugen selber auch die Infrastruktur für die Energieversorgung, die Bereitstellung der Energieträger und die Gesamtwirkung eines Technologiepfads auf die Emission klimaschädigender Gase berücksichtigen. So sind batterie-elektrische Antriebe z.B. für Erntemaschinen wenig sinnvoll, weil einerseits das

Gewicht kritisch für die Bodenkompression ist und weil in Erntezeiten ggf. auch rund um die Uhr geerntet wird und dies in der Regel weit weg von einer elektrischen Schnellladeinfrastruktur. Hier könnten u.U. Verbrennungsmotoren mit Biokraftstoffen oder eFuels eine gute Lösung sein, weil die Zahl der Betriebsstunden klein ist, was nach einer Lösung mit möglichst geringen Investitionskosten und einem leichten und kompakten Energieträger verlangt. Die geringe Energieeffizienz der eFuels spielt wegen der überschaubaren Zahl von Betriebsstunden nur eine untergeordnete Rolle, insbesondere fallen aber aus genannten Gründen andere Optionen einfach aus. Auf der anderen Seite stehen die Zeichen z.B. im PKW-Bereich voll auf batterie-elektrischen Antrieben. Abbildung 1 zeigt den Markthochlauf in Deutschland. Im Neuwagenmarkt sind elektrische Fahrzeuge längst keine kleine Nische mehr. Die EU hat ein weitgehendes Verbot für Neuzulassungen mit Verbrennungsmotoren für 2035 beschlossen und viele Fahrzeughersteller streben den vollständigen Technologiewechsel für Europa bereits deutlich früher an.

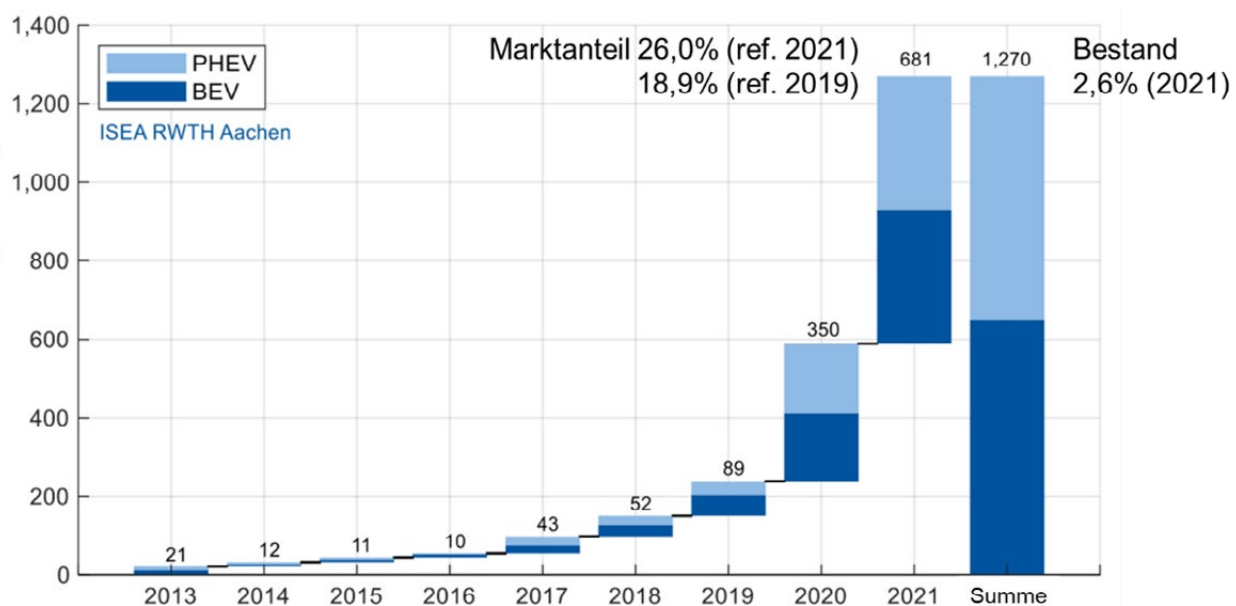


Abb 1 — Entwicklung der Zahl der in Deutschland zugelassenen voll-elektrischen Fahrzeuge (BEV) und Plug-in Hybridfahrzeuge (PHEV) bis Ende 2021. •

## Das batterie-elektrische Antriebssystem

Das batterie-elektrische Antriebssystem hat nicht nur den Vorteil, sehr effizient zu sein, sondern auch einen geringen Wartungsaufwand und eine hohe Flexibilität beim Einbau in die Fahrzeuge aufzuweisen. Die hohe Effizienz ermöglicht z.B. auch aerodynamische Designs von Fahrzeugen, weil auf klassische Kühlergrills weitgehend verzichtet werden kann. Und auch wenn es in der Praxis geringere Reichweiten sein werden, so hat doch Mercedes mit dem Konzeptfahrzeug EQXX gezeigt, dass mit einer heute in der Oberklasse üblichen Batteriegröße von rund 100 kWh bei Ausnutzung aller Effizienzpotentiale Fahrleistungen von über 1200 km mit einer Batterieladung möglich sind. Gleichzeitig wird die 350 kW Ladetechnologie entwickelt und installiert, die eine Nachladung der Batterie um 80% in 10 bis 15 min ermöglichen soll.

Wasserstoff über Brennstoffzellen könnte für die gleiche Fahrstrecke vielleicht in weniger als 5 min nachgeladen werden (700 bar Druckwasserstoff), aber der Energieaufwand liegt rund 2,5-mal so hoch wie bei Verwendung eines batterieelektrischen Antriebs. Das gilt auch nur, wenn der Wasserstoff nach seiner Herstellung durch Elektrolyse nur komprimiert und nicht verflüssigt oder in einem anderen chemischen Träger für den Langstreckentransport gebunden werden muss. Wenn ein Träger wie Methanol, Ammoniak oder LOHC (Liquid Organic Hydrogen Carrier) verwendet wird, wird die Energiebilanz noch ungünstiger.

Hier wird gerne ausgeführt, dass die geringere Effizienz keinen großen Nachteil darstellt, weil der Wasserstoff in Weltgegenden gewonnen werden kann, in denen mit einer Photovoltaikanlage aufgrund der besseren geographischen und wettertechnischen Lage gut doppelt so viel elektrische Energie erzeugt werden kann. Das Argument ist grundsätzlich valide und die Umwandlung von Strom in Wasserstoff erlaubt auch eine zeitliche und räumliche Entkopplung von solarem Energieangebot und Verbrauch und damit eine relativ einfache Speicherung. Und trotzdem ist die Nutzung von Wasserstoff in PKWs nicht sinnvoll, weil in den kommenden Jahren wahrscheinlich bis weit in die 2030er-Jahre hinein Wasserstoff ein knappes Gut bleiben wird.

## Wasserstoff - ein knappes Gut

Die Internationale Energieagentur IEA sieht auf einem Pfad zu einer weltweit klimaneutralen Energieversorgung bis 2050 alleine zwischen 2020 und 2030 eine Steigerung der Elektrolyseurkapazitäten um einen Faktor 2.500, der schwer zu decken sein wird. Wasserstoff (oder seine Derivate) wird aber in einer Reihe von Anwendungen zwingend für einen klimaneutralen Betrieb benötigt. Dazu gehört zuvorderst die Versorgung der Industrie mit Brennstoff für Hochtemperaturprozesse (z.B. Glasschmelze), als chemischer Reaktionspartner (z.B. Stahlherstellung) oder als Rohstoff (z.B. chemische Industrie als Ersatz vor allem von Öl). Aber auch das Stromversorgungssystem braucht mit zunehmendem Anteil erneuerbarer Energien Wasserstoff oder daraus hergestelltes Methan als Langzeitspeichermedium, um auch mehrwöchige Phasen mit geringer Solarstrahlung und Windgeschwindigkeiten („Dunkelflaute“) zu überbrücken. Im Prinzip muss zumindest der mittlere Stromverbrauch

über bis zu drei Wochen z.B. über Gasturbinen mit Wasserstoff oder grünem Methan als Brennstoff bereitgestellt werden können. Neben Anwendungen in der Landwirtschaft wie oben beschrieben, werden aber auch interkontinentale Flugzeuge oder Frachtschiffe auf wasserstoffhaltige Energieträger angewiesen sein.

Stark diskutiert wird weiterhin die optimale Energieform für schwere Langstrecken-LKW. Während bei den leichteren LKW für den städtischen und regionalen Verkehr bereits ein starker Trend zum batterieelektrischen Antrieb zu sehen ist, werden für die 40-Tonner LKW sowohl batterie- als auch brennstoffzellen-elektrische Antriebe diskutiert und entwickelt. eFuels werden aufgrund der Kosten wohl keine Rolle spielen und bei Oberleitungen ist die Frage, ob dafür eine europaweite Infrastrukturentscheidung möglich ist. Klar scheint, dass batterie-elektrische LKW schneller als Brennstoffzellen-LKW auf den Markt kommen können. So propagiert z.B. Volvo Brennstoffzellen-LKW, will aber bis zu deren großflächigem Hochlauf als Zwischentechnologie batterie-elektrische LKW anbieten. Sinkende Batteriekosten, zunehmende Energiedichten und die Entwicklung von Standards für das Laden mit einem Megawatt lassen einen starken Trend zu batterie-elektrischen LKW immer wahrscheinlicher werden.

## Auf die Wirkungsgrade achten

Der Einsatz von CO<sub>2</sub>-frei hergestelltem Strom und genauso daraus hergestelltem Wasserstoff sollten nach zwei Kriterien priorisiert werden: 1. Effektivität bei der Reduktion der Emission von Klimagasen, und 2. Sektoren und Technologien, mit sehr langen Investitionszeiträumen. Die Reduktionspotentiale lassen sich relativ leicht berechnen und werden natürlich von Annahmen zu Wirkungsgraden beeinflusst. Aber an den grundsätzlichen Aussagen, wie z.B. in der Tabelle 1 dargestellt sind, ändert sich bei leicht veränderten Annahmen nichts. Hier wird deutlich, dass die Nutzung von Wasserstoff in Fahrzeugen über Brennstoffzellen oder eFuels nur einen

CO <sub>2</sub> - Ersparnis [kg/kWh]	Anwendung (berücksichtigt nur die direkte Umwandlung und Nutzung, Emissionen in den Vorketten sind nicht berücksichtigt)
1,15	Ersatz der Stromerzeugung aus Braunkohlekraftwerken
1,12	Einsatz in Wärmepumpen für Wohnhäuser anstelle von Ölheizung
0,67	Verwendung in batterie-elektrischen Fahrzeugen anstelle von Verbrennungsmotoren mit Benzin
0,26	Herstellung von Wasserstoff für Brennstoffzellenfahrzeuge anstelle von Verbrennungsmotoren mit Benzin
0,16	Herstellung von eFuels und Verwendung in Verbrennungsmotoren anstelle von Benzin
0,15	Heizen durch Verbrennung von grünem Wasserstoff für Wohnräume anstelle von Erdgasheizungen

Tabelle 1 — Direkte CO<sub>2</sub>-Einsparpotentiale bei Einsatz von CO<sub>2</sub>-freiem Strom in verschiedenen Anwendungsbereichen •



## ” Bei passenden Rahmenbedingungen und dem Willen, Ziele zu erreichen, sind enorme Steigerungen im Ausbau von Technologien möglich.

geringen Effekt auf die CO<sub>2</sub>-Emissionen hat und daher nachrangig priorisiert werden sollte.

Anders stellt es sich dar, wenn ganze Industriezweige umgestellt werden müssen oder langfristige Investitionen getätigt werden müssen. So haben z.B. Hochöfen für die Stahlherstellung eine Lebensdauer von rund 40 Jahren. Ein jetzt neu gebauter Hochofen muss also quasi ab jetzt für den Betrieb mit Wasserstoff ausgestattet werden, auch wenn aktuell keine ausreichenden Mengen grünen Wasserstoffs bereitstehen. Daher kann es in solchen Fällen auch notwendig sein, sogenannten blauen Wasserstoff einzusetzen, also Wasserstoff der z.B. mit Kohlestrom erzeugt wird, bei dem dann das CO<sub>2</sub> aber aus dem Abgasstrom abgetrennt und unter der Erde eingelagert wird (CCS – Carbon Capture and Storage).

Ähnliches gilt z.B. für den Umbau der Fahrzeugindustrie auf batterieelektrische Antriebe. Hier wird kein Wasserstoff benötigt, aber zusätzlicher Strom, der in guten Teilen in der Übergangsphase aus fossilen Kraftwerken kommt. Der Umbau der Industrie und die Ersetzung der Fahrzeugflotte dauert aber wenigstens 35 Jahre und kann daher nicht erst gestartet werden, wenn der Strom zu 100% grün hergestellt werden kann.

Anders ist es beim Einsatz von eFuels bzw. synthetischen Kraftstoffen z.B. in Flugzeugen oder auch Verbrennungsmotoren für Straßenfahrzeuge. Die eFuels können so hergestellt werden, dass ihre chemischen Eigenschaften denen der heute verwendeten Kraftstoffe nahezu identisch sind. Damit können aber die gleichen Flugzeugturbinen oder Verbrennungsmotoren wie heute verwendet werden und es braucht auch keine neue Infrastruktur. Hier können die eFuels genau dann eingesetzt werden, wenn es eine ausreichende Verfügbarkeit gibt und alle für den Klimaschutz effektiveren Einsatzfelder bereits bedient werden.

### Tempo beim Markthochlauf

Natürlich wird zurecht in Frage gestellt, ob z.B. ein Hochlauf der Stromproduktion aus Windkraft- und Photovoltaikanlagen oder der Produktionsanlagen für Wasserstoff so schnell möglich ist, um die gesteckten Klimaziele zu erreichen. In der Tat müssen dafür in vielen Fällen komplexe Lieferketten von Rohmaterialien über die Produktion der Anlagen bis hin zu Installation und Betrieb auf- und ausgebaut werden. Dabei lassen konventionelle Abschätzungen über Markthochlaufkurven und Ressourcen die Ziele oftmals als unerreichbar erscheinen. Ein paar Beispiele mögen aber zeigen, dass bei

Schaffung der notwendigen Rahmenbedingungen und dem Willen, Ziele zu erreichen, enorme Steigerungen im Ausbau von Technologien erreichbar sind. So sinken Kosten bei entsprechendem Markthochlauf oft deutlich schneller, als auch aus Kreisen von Unternehmensberatungen, Forschungseinrichtungen und der Branche selber vorher prognostiziert werden. So wurden 2012 z.B. Zellpreise für Lithium-Ionen-Batterien von rund 200 €/kWh für 2020 vorhergesagt. Faktisch wurde diese Preismarke bereits 2015 erreicht und 2020 lagen die Preise um die 100 €/kWh. Das verändert wiederum die Prognosen für den Markthochlauf fundamental. Auch die Kostensenkung für Photovoltaikmodule war in den letzten 20 Jahren viel schneller, als dies in den frühen 2000er-Jahren selbst von den optimistischsten Prognosen vorhergesagt worden ist. In einigen Fällen wird durch technischen Fortschritt auch der Ersatz von teuren und kritischen Materialien deutlich schneller erreicht als erwartet. Lithium-Ionen-Batterien von Tesla enthalten heute vielleicht noch 5% des Kobalts pro kWh, der bei der Markteinführung der Technologien vor 30 Jahren verwendet worden ist.

Auch die Prognosen von Kapazitäten zur Wasserstoffherstellung setzen typischerweise auf dem aktuellen Bestand und den Installationszahlen von Wasserstoffelektrolyseuren auf. Es können aber auch Technologien aus anderen Bereichen zum Einsatz kommen, die bereits wesentlich etablierter sind. So wird z.B. ThyssenKrupp Uhde für das saudi-arabische NEOM-Projekt 2 GW Elektrolyseuranlagen bis 2026 liefern. Diese basierend aber auf der Technik, die seit vielen Jahrzehnten in der Industrie für die Chlor-Alkali-Elektrolyse im Großmaßstab eingesetzt wird. Extrapolationen aus dem Bereich der PEM- oder der alkalischen Elektrolyseure, die aktuell noch im viel kleineren Maßstab hergestellt und betrieben werden, sind daher zumindest sehr unvollständig. Wissenschaft und Industrie können enorme Potentiale aktivieren und freisetzen, wenn die Bedarfe dafür da sind.



[www.sfv.de/technologieoptionen-fuer-co2-freie-mobilitaet](http://www.sfv.de/technologieoptionen-fuer-co2-freie-mobilitaet)



**Prof. Dirk Uwe Sauer**

Lehrstuhl für Elektrochemische Energiewandlung und Speichersystemtechnik am Institut für Stromrichtertechnik und Elektrische Antriebe (ISEA) und Institute for Power Generation and Storage Systems (PGS) @ E.ON ERC an der RWTH Aachen

# Bidirektionales Laden von Elektrofahrzeugen – aktueller Stand der Technik

*Mit der Batterie des Elektroautos im eigenen Haus nachts den Strombedarf decken; als Bestandteil eines Schwarmspeichers am Stromhandel teilnehmen und das öffentliche Netz stabilisieren – die Möglichkeiten des bidirektionalen Ladens sind vielfältig. Aber noch steckt die Technik in den Kinderschuhen und ist zu teuer. Eine Bestandsaufnahme.*

– Eberhard Waffenschmidt

Elektrofahrzeuge haben immer größere Batteriespeicher. Ihre Speicherkapazität übertrifft inzwischen oft die von Heimspeichern. Gleichzeitig stehen Privatfahrzeuge die meiste Zeit nur rum und warten darauf benutzt zu werden. Was läge also näher, als deren Speicherkapazität nicht nur zum Autofahren zu nutzen, sondern während der „Rumstehzeit“ für weitere Zwecke? Dazu müssten die Autobatterien aber nicht nur über das Stromnetz zum Fahren aufgeladen, sondern auch wieder entladen werden können. Die Energie müsste in beide Richtungen, also „bidirektional“, übertragen werden können. Man spricht in dem Zusammenhang auch von „Vehicle to Grid“ (engl. „Fahrzeug zum Netz“).

In diesem Beitrag möchte ich dieses bi-direktionale Laden von Elektrofahrzeugen näher beleuchten. Dazu wird zunächst einmal die notwendige und vorhandene Technik erklärt. Dann kommen einige Überlegungen, was man denn alles damit anstellen könnte.

## 2. Technik

Eine Batterie, auch wie sie im Auto verbaut ist, liefert und benötigt zum Aufladen Gleichstrom (engl. Direct Current, DC). Das Stromnetz liefert jedoch Wechselstrom (engl. Alternating Current, AC). Zum Aufladen der Batterie aus dem Stromnetz ist daher ein Gleichrichter notwendig, der den Wechselstrom in Gleichstrom umwandelt. Weiterhin muss beim Aufladen der Batterie der Strom geregelt werden, damit die Batterie kontrolliert geladen und auch nicht überladen wird. Das macht der Laderegler, dessen Funktion normalerweise der Gleichrichter mit übernimmt.

Wenn die Autobatterie Strom ans Netz abgeben soll, ist ein Wechselrichter notwendig, der den Gleichstrom der Batterie in Wechselstrom umwandelt. Das ist ähnlich wie bei Photovoltaikanlagen. Es gibt Geräte, die beide Funktionen, also sowohl Gleichrichter zum Laden als auch Wechselrichter zum Entladen ins Netz, haben. Das sind bidirektionale Wechselrichter. Deren Technik ist aufwändiger als nur bei einem Gleichrichter.

### 2.1. Wechselstrom-Laden

Praktisch alle Elektroautos kann man direkt an eine Haushaltssteckdose zum Laden anschließen. Hierbei wird das Auto direkt mit Wechselstrom (AC) geladen. Beim Wechselstromladen ist der Gleichrich-



Abb 1 — Ladestation mit Elektrofahrzeug. Foto: E. Waffenschmidt •

ter daher im Fahrzeug eingebaut, und es ist Sache des Fahrzeugherstellers, wie der Gleichrichter dimensioniert ist. An einer Haushaltsteckdose kann der Gleichrichter mit maximal 2,3 kW Leistung laden. Viele Elektroautos können auch an einer Drehstromsteckdose aufladen. Dann ist die Ladeleistung höher, meist 10 kW, oft 20 kW oder auch bis zu 40 kW (63 A pro Drehstromphase). Dann muss der Gleichrichter im Auto entsprechend ausgelegt sein. Beim Anschluss an eine normale Steckdose erfolgt das Laden ungesteuert von außen. Nur der Laderegler im Auto entscheidet, ob und wieviel geladen wird, z.B. bis die Batterie voll ist.

Wenn das Laden auch von außen gesteuert werden soll, muss das Fahrzeug an eine Ladestation (Ladebox oder Ladesäule) angeschlossen werden. Das ist häufig bei höheren Leistungen und bei öffentlichen Ladestationen der Fall. Die Ladestation kann dann dem Laderegler im Auto mitteilen, wie hoch die Leistung jetzt gerade sein soll. Sie ist beim Wechselstromladen aber nur eine Steuereinheit und kann nicht selber den Leistungsfluss verändern.

Es gibt genormte Stecker zum Wechselstromladen (siehe Bild 2). In Nordamerika und Japan verbreitet sind Stecker nach Typ 1, die aber nicht mit Drehstrom laden können. In Europa am meisten verbreitet ist der Stecker Typ 2 (Bild 3), auch Mennekes-Stecker genannt, nach der Firma, die ihn entwickelt hat. Beide Stecker haben zusätzlich zwei weitere Pins: Mit dem Proximity-Pin (PP) wird – codiert mit einem Widerstand – die maximale Leistung festgelegt, welche der Gleichrichter aufnehmen kann. Mit dem Pin Control-Pilot (CP) teilt die Ladestation dem Laderegler im Fahrzeug mit, welche Leistung er gerade einstellen soll. Die Information wird mit Puls-Weiten-Modulation (PWM) codiert. Es handelt sich hier nicht um ein im modernen Sinn digitales Signal. Es ermöglicht auch nur eine Datenkommunikation von der Ladestation zum Fahrzeug, aber nicht zurück und kann auch nicht um weitere Information ergänzt werden.



Abb 2 — Ladestecker Typ 2 für Wechselstrom (AC). Foto E. Waffenschmidt •

## 2.2. Gleichstrom-Laden

Beim Gleichstromladen befindet sich der Gleichrichter und Laderegler in der Ladestation. Die Stecker-Kontakte sind praktisch direkt mit der Batterie verbunden (mit etwas Schutzelektrik dazwischen). Das bedeutet, dass die Ladestation Leistungselektronik enthält und damit den Leistungsfluss selbständig einstellen kann. Damit ist eine Gleichstrom-Ladestation deutlich aufwändiger und teurer als eine Wechselstrom-Ladestation.

Da Größe und Gewicht des Gleichrichters eine deutlich kleinere Rolle als im Fahrzeug spielt, kann man wesentlich größere Ladeleistungen von über 100 kW verwirklichen. Wann wieviel geladen wird, kann dann von der Ladestation bestimmt werden.

Zwei Stecker-Typen sind zum Gleichstrom-Laden am meisten verbreitet. Zum einen eine Erweiterung des Typ 1-Steckers (ohne Abbildung) und des Typ-2-Steckers mit zwei weiteren Kontakten für Gleichstrom (Bild 4 unten). Diese CCS (Combined Charging System)-Stecker, auch Combo 2-Stecker, haben den Vorteil, dass sowohl Gleichstrom- als auch

### Gleichrichter

Elektronische Schaltung, die den Wechselstrom des Stromnetzes in Gleichstrom umwandelt, mit dem man die Batterie laden kann. Befindet sich beim AC-Laden im Fahrzeug und beim DC-Laden in der Ladestation.

### Laderegler

Elektronische Schaltung, die den Strom in die Batterie regelt und damit dafür sorgt, dass die Batterie beim Laden nicht zu heiß wird und nicht überladen wird. Wird normalerweise mit dem Gleichrichter zusammen als eine Schaltung gebaut.

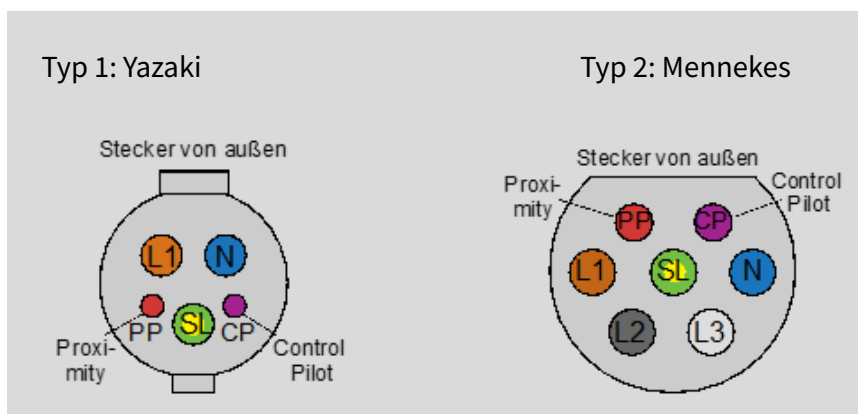


Abb 3 — Meistverbreitete Fahrzeugstecker für AC-Laden. Links: Typ 1 (Yazaki), Nordamerika / Japan und rechts: Typ 2 (Mennekes), Europa (Grafiken E. Waffenschmidt) •

Wechselstrom-Laden möglich ist. Man kann auch den Wechselstromstecker Typ 2 alleine einstecken. Die Datenkommunikation ist dieselbe wie beim reinen Wechselstromladen; es gibt keine zusätzlichen Kommunikations-Kontakte.

Zum anderen wird häufig der CHAdeMO-Stecker („CHArge de MOve“ für ‚Laden zum Bewegen‘) genutzt (Bild 4 oben), der in Japan entwickelt wurde und insbesondere in japanischen Fahrzeugen verbreitet ist. Er kann nur zum Gleichstromladen genutzt werden. Fahrzeuge mit CHAdeMO-Stecker haben teilweise eine weitere Ladebuchse zum Wechselstrom-Laden. Der CHAdeMO-Stecker enthält mehrere Kontakte zur Datenkommunikation. Insbesondere wird hier eine echte digitale Datenkommunikation mit Hilfe des in der Industrie weit verbreiteten CAN-Bus genutzt. Diese ermöglicht eine Datenübertragung in beide Richtungen und kann beliebig um Kommandos erweitert werden.

### 2.3. Techniken für Bidirektionales Laden

Wenn die Batterie im Fahrzeug für weitere Zwecke genutzt werden soll, muss der Laderegler irgendwie wissen, wann und wieviel die Batterie geladen und entladen werden soll. Dazu muss eine Datenverbindung von einer Steuereinheit zum Laderegler bestehen. Außerdem muss eine Steuereinheit auch wissen, wie weit die Batterie aktuell geladen ist und wann der Benutzer plant, mit dem Fahr-

zeug zu fahren und dann eine geladene Batterie wünscht. Dazu muss eine Verbindung zurück vom Fahrzeug zur Steuereinheit existieren.

### 2.4. Datenverbindung über den Ladestecker

Beim Anschluss an eine normale Steckdose gibt es gar keine Datenverbindung über den Stecker. Daher ist damit bidirektionales Laden nicht ohne weiteres möglich.

Bei Verwendung einer Ladestation kann diese eine Steuereinheit für das bidirektionale Laden enthalten. Bei Wechselstrom-Laden mit dem weit verbreiteten Typ 2-Stecker gibt es aber nur eine analoge Datenverbindung von der Steuereinheit in der Ladestation zum Laderegler, die zudem nur das Aufladen der Batterie steuern kann. Im Datenformat ist kein Signal zum Entladen ins Netz vorgesehen. Information vom Fahrzeug zur Steuereinheit kann auch nicht übertragen werden. Weiterhin müsste der Hersteller des Fahrzeugs eine bidirektionale Leistungselektronik ins Fahrzeug einbauen, welche teuer und auch etwas größer wäre. Aus diesen Gründen ist derzeit das bidirektionale Laden mit Wechselstromladen nicht erhältlich.

Beim Gleichstromladen ist die Leistungselektronik in der Ladestation. Wenn sie dort etwas größer ist, macht das nicht viel aus. Außerdem würde der Betreiber der Ladestation die Kosten für die bidirektionale Leistungselektronik übernehmen, wobei er dann auch vom bidirektionalen Laden profitieren könnte. Weiterhin könnte grundsätzlich auf eine Datenverbindung zum Fahrzeug verzichtet werden, denn der Laderegler, der die Stromrichtung bestimmt, befindet sich ja in der Ladestation und kann dort an die Steuereinheit angeschlossen werden. Allerdings muss die Schutzelektronik im Fahrzeug über das Entladen Bescheid wissen, und der Ladezustand und Endzeitpunkt sollte auch vom Fahrzeug zur Steuereinheit übertragen werden können. Daher ist auch beim Gleichstromladen in der Praxis eine Datenverbindung in beiden Richtungen notwendig.

Eine ausreichende Datenverbindung ist allerdings nur bei dem CHAdeMO-Stecker vorhanden. Das CAN-Bus-Protokoll ist zum Entladen ins Netz erweitert worden und erlaubt auch eine Datenverbindung vom Fahrzeug zur Ladestation.

Hingegen nutzt der CCS-Stecker dieselbe Datenkommunikation wie der Wechselstrom-Stecker Typ 2 und ist daher für bidirektionales Laden nicht ohne weiteres geeignet. In Zukunft wird auch das CCS-System in Verbindung mit der ISO 15118 die Möglichkeit des Rückspeisens bieten. Es gibt Hersteller von bidirektionalen Ladestationen mit CCS-Steckern. In den Datenblättern konnte ich bei den Angaben zur Datenkommunikation mehrfach den Hinweis auf PLC (Power-Line-Communication) finden. Hierbei wird auf der Stromleitung dem Laststrom ein zusätzliches Datensignal überlagert.

Heute jedoch ist bidirektionales Laden im Wesentlichen nur mit dem CHAdeMO-Stecker möglich. Die Website [www.einfacheauto.de](http://www.einfacheauto.de) listet folgende Fahrzeuge für den europäischen Markt auf, die ins Netz zurückspeisen können:

- Mitsubishi i-MiEV
- Mitsubishi Outlander
- Nissan Leaf
- Nissan e-NV200

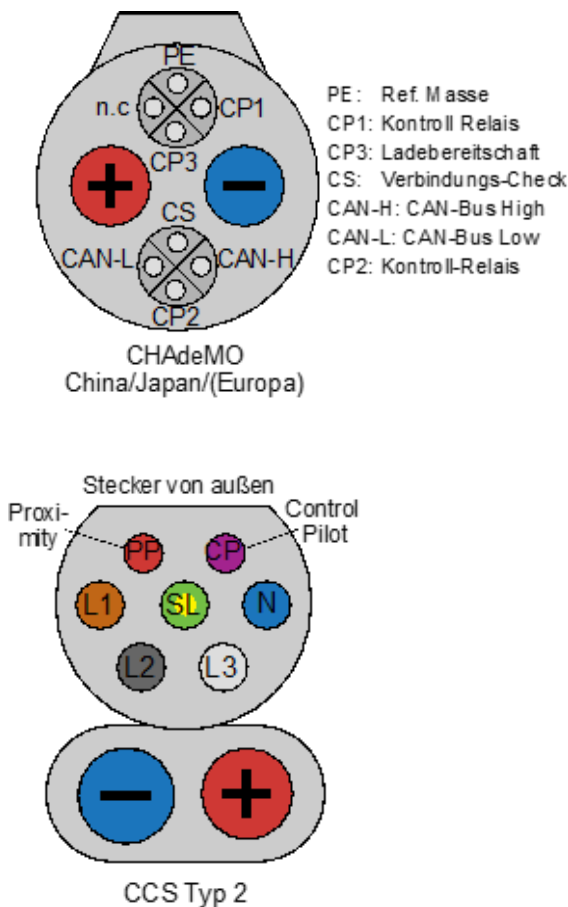


Abb 4 — CHAdeMO-Stecker zum Gleichstrom-Laden und CCS-Typ 2-Stecker (Combined Charging System), auch Combo 2, zum kombinierten Gleichstrom- und Wechselstrom-Laden. Grafiken E. Waffenschmidt, Pinbelegung nach Wikipedia •

Weiterhin wird dort berichtet: „Der Volkswagenkonzern hat zudem bekannt gegeben, dass zukünftig alle ID. Modelle bidirektional laden können. Für das Jahr 2022 ist ein OTA-Update (Version 3.0/3.1) geplant. Fahrzeuge mit der 77 kWh Batterie sollen nach dem Update bidirektional laden können. Hierzu zählen der ID.5, ID.4, ID.3 sowie der neue ID.Buzz.“ Preise für bidirektionale Ladestationen sind schwierig zu ermitteln. Die Website [www.e-mobileo.de](http://www.e-mobileo.de) gibt Preise ab 3.300 € an. Eine Suche mit einer Internetsuchmaschine ergab deutlich höhere Preise, die schnell in den fünfstelligen Bereich gehen.

## 2.5. Drahtlose Datenverbindung

Eine elegante Möglichkeit, das Stecker-Wirrwarr bei der Datenübertragung zu umgehen, ist die Nutzung einer drahtlosen Datenverbindung über Funk. Hier bietet sich an, den neuen Standard V2X (Vehicle-to-Everything) zu nutzen. Dieser Standard wird für die Verkehrsnetzwerk verwendet und beinhaltet eine Kommunikation über Funk zwischen Fahrzeugen, aber auch zwischen Fahrzeugen und Infrastruktur. Letztere kann auch für die Datenübertragung zwischen Fahrzeug und Ladestation genutzt werden. Erste Fahrzeuge nutzen schon V2X. Es gibt inzwischen eine Firma, die eine bidirektionale Ladestation mit CCS-Stecker kommerziell anbietet und die notwendige Datenübertragung mit V2X realisiert. Laut Information auf der Website sind die folgenden Fahrzeuge geeignet:

- Nissan Leaf alle Baureihen mit V2X Fähigkeit
- Mitsubishi Outlander PHEV
- Mitsubishi iMiEV (Peugeot Ion, Citroen C Zero)

Diese bidirektionale Ladestation mit 10 kW Leistung kostet allerdings derzeit (Anfang Oktober 2022) 18.000 €. Das Fahrzeug ist darin nicht enthalten.

## 2.6. Normung

Im VDE (Verband der Elektrotechnik, Elektronik und Informationstechnik) gibt es mehrere Normungsaktivitäten, die das bidirektionale Laden betreffen. Auf der entsprechenden Website heißt es: „Der Arbeitskreis DKE/AK 353.0.401 „Bidirektionales Laden“ ist dafür verantwortlich, den Normungs- und Standardisierungsprozess bestmöglich auszurichten bzw. die Ergebnisse optimal für die Normung und Standardisierung anpassen zu können.“

Es existiert bereits eine Vielzahl von notwendigen Normungsaktivitäten zum Handlungsfeld „Bidirektionales Laden“. Die Norm IEC 61851-1 enthält beispielsweise die Grundlagen für die Kommunikation zur Steuerung von Ladevorgängen bei Elektrofahrzeugen. Neben Normen gibt es auch VDE-Anwendungsregeln, die für den Anschluss von Ladeeinrichtungen wie Ladestationen oder Wallboxen entscheidend sind.

## 3. Anwendungen

Wenn die Technik für bidirektionales Laden vorhanden ist, stellt sich die Frage, wofür man das nutzen kann. Dabei gibt es mehrere

Akteure, die der neuen Technik gegenüber aufgeschlossen sein müssen:

- Elektroauto-Besitzer
- Elektroautohersteller
- Hersteller von Ladeinfrastruktur
- Service Provider
- Stromnetzbetreiber
- Gesetzgeber und Normungsgremien

Je nach Anwendung können unterschiedliche Akteure profitieren. Außerdem muss die Steuereinheit je nach Anwendung an unterschiedliche Datenquellen angebunden werden.

### 3.1. Eigene Nutzung: E-Auto als Heimspeicher

Die Batterie des Elektroautos kann als Ersatz für einen Heimspeicher dienen, insbesondere in Verbindung mit einer Photovoltaikanlage (Vehicle to Home, V2H). Das lohnt dann, wenn das Fahrzeug tagsüber häufig an die Ladestation angeschlossen ist. Dann kann es wirkungsvoll dazu dienen, die Eigennutzung der Photovoltaikanlage zu erhöhen. Abends nach Sonnenuntergang kann dann ein Teil der Energie in der Batterie für die Nutzung im Haushalt verwendet werden. Wenn nur 10 % einer geläufigen 50 kWh Autobatterie für das Hausnetz zur Verfügung stünde, blieben immer noch 5 kWh Batterieleistung übrig – Kapazitäten für einen 2 bis 4 Personen-Haushalt.

Man würde dann die Ladestation wie einen Heimspeicher in das Hausnetz hinter dem Zähler zum öffentlichen Stromnetz einbinden. Die Steuerung ist dann allerdings aufwändiger als bei einem „normalen“ Heimspeicher. Zum einen muss darauf geachtet werden, dass am Ende oder zu einem vorgegebenen Zeitpunkt die Autobatterie geladen ist oder wenigstens einen Mindestladestand hat.

Weiterhin muss garantiert werden, dass der Strom, der dann ins öffentliche Netz eingespeist wird, aus der Photovoltaikanlage stammt. Nur dann erhält man auch eine Vergütung dafür, und es könnte sonst sogar Ärger geben, wenn der Strom der Photovoltaikanlage eingespeist wird. Schließlich könnte das Auto ja vorher anderswo geladen worden sein, z.B. beim Arbeitgeber, der den Strom vielleicht



Abb 5 — Nachts könnte der häusliche Strombedarf durch die Autobatterie gedeckt werden. •

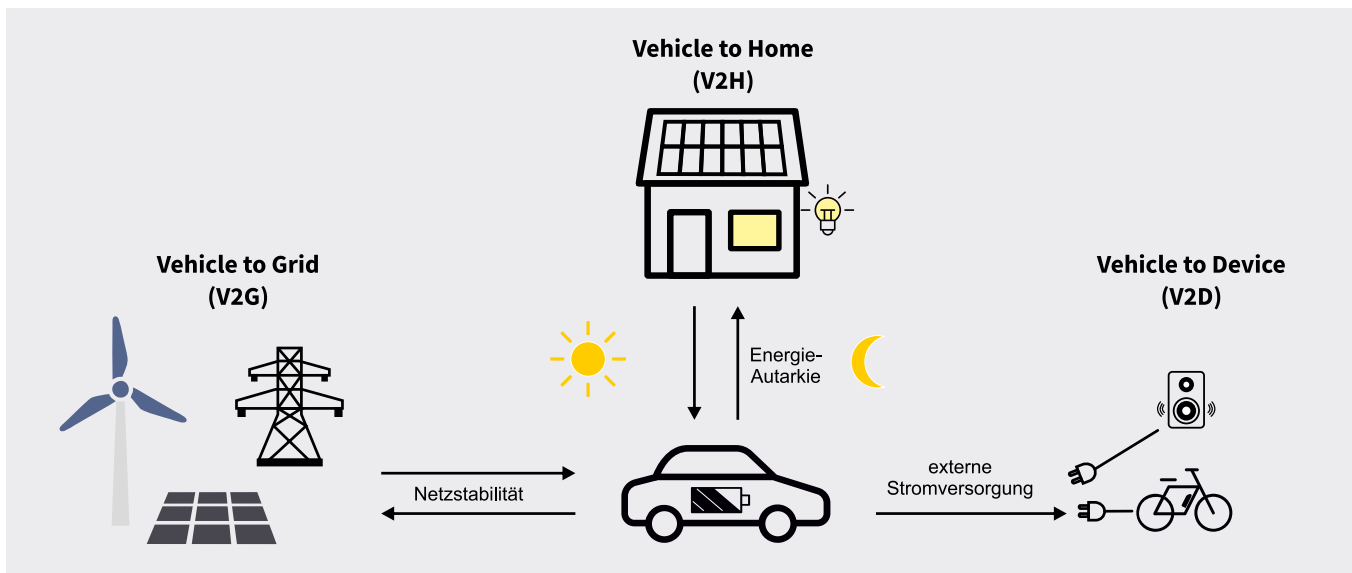


Abb 6 — Schematische Darstellung der Vehicle to X. Das X kann unter anderem für das Netz (Vehicle to Grid), das Haus (Vehicle to home) oder Elektrogeräte stehen (Vehicle to Device). Mittels bidirektionalem Laden stünden diese Funktionen zur Verfügung •

sogar kostenlos zur Verfügung stellt. Eine technische Lösung dafür ist, einen Stromsensor an den Hausanschluss zu installieren. Die Entladeleistung der Batterie muss dann so gesteuert werden, dass während des Entladens kein Strom ins Netz gespeist wird. Die Ladestation muss dies dann ermöglichen. Die Batterie kann so durchaus entladen werden, wenn dabei der Strom im Haus verbraucht wird. Übrigens kann dann auch der möglicherweise geschenkte Strom vom Arbeitgeber so genutzt werden (auch ein Geschäftsmodell). Ich frage mich nur, wann die Steuerbeamten darauf kommen und die Ladung als geldwerter Vorteil versteuert werden muss.

Grundsätzlich könnte man sich sogar vorstellen, die Fahrzeugbatterie bei einem Stromausfall zur Notfall-Stromversorgung zu nutzen. Genau wie bei einem Heimspeicher müsste dann allerdings der Wechselrichter im bidirektionalen Laderegler inselnetzfähig sein. Mir ist bisher keine Ladestation mit dieser Eigenschaft bekannt.

### 3.2. Nutzung durch Dritte

Wenn Dritte wie Netzbetreiber, Stromhändler oder Betreiber von virtuellen Kraftwerken die Speicherkapazität des Elektroautos nutzen wollen, muss der Nutzen für die Besitzer:innen deutlich werden. Geschäftsmodelle müssen eine angemessene Vergütung für die Leistung berücksichtigen. Ebenso muss den Fahrzeugbesitzer:innen eine Mindestmenge an Energie und ggf. die volle Ladung zu einem vorgegebenen Zeitpunkt garantiert werden. Dies muss in den jeweiligen Geschäftsmodellen berücksichtigt werden.

Die meisten Anwendungen können dann nur umgesetzt werden, wenn viele solche Fahrzeugspeicher gemeinsam als sogenannte Schwarm Speicher gesteuert werden. Eine entsprechend zuverlässige Datenverbindung von einer zentralen Steuereinheit ist dann daher in den meisten Fällen notwendig.

Zu berücksichtigen ist, dass in einem solchen Schwarm nicht immer alle Fahrzeuge am Stromnetz angeschlossen sind. Hier ist mit statistischen Wahrscheinlichkeiten zu arbeiten. Insbesondere die Nutzung von Fahrzeugflotten von Betrieben kann in dem Zusam-

menhang interessant sein, weil die Nutzungszeiten wesentlich besser bekannt und vorhersagbar sind.

#### 3.2.1. Regelenergie

Elektroautos könnten zur Regelung und Stabilisierung des Stromnetzes verwendet werden. Die Laderegler könnten als virtuelle Schwungmassen die Momentanreserve ergänzen, welche bei Lastschwankungen im allerersten Moment wirksam wird und die Netzfrequenz stabilisiert. Derzeit wird das noch durch große rotierende Massen von Generatoren in Großkraftwerken geleistet. In Zukunft muss diese Funktion von Geräten mit Leistungselektronik übernommen werden. Allerdings gibt es bisher noch keine Vergütung dafür und es ist eher ein Thema in der Forschung.

Ein Betreiber eines Virtuellen Kraftwerks könnte als Aggregator einen Schwarm Speicher mit Elektrofahrzeugen bilden und die Leistung am Regelenergiemarkt verkaufen. Die Regeln der Netzbetreiber für Primär- und Sekundär-Regelenergie sind allerdings sehr streng und der Aggregator müsste sicherstellen, dass die vereinbarte Regelleistung immer zuverlässig zur Verfügung steht. Dazu müsste eine statistische Studie untersucht werden, wie viele Fahrzeugbatterien beteiligt werden müssen, damit mit genügend hoher Wahrscheinlichkeit die notwendige Leistung zur Verfügung steht.

Insbesondere Primärregelung ist attraktiv für die Nutzung mit Batterien. Die abgerufene Leistung ist proportional zur Abweichung der Netzfrequenz vom Sollwert. Sie weicht aber nur selten gravierend ab, sodass meistens wenig bis gar keine Leistung geliefert werden muss. Weiterhin ist der Markt für Primärregelung so attraktiv, dass man dort mit Batterien heute schon Profit erwirtschaften kann.

#### 3.2.2. Vermeidung von Überlastung

Der Netzbetreiber könnte Fahrzeugbatterien auch nutzen, um lokale Überlastungen im Stromnetz zu vermeiden. Damit könnten Abschaltungen von Lasten oder Einspeisern vermieden werden.



Abb 7 — Mit der Funktion "Vehicle to Device" werben mittlerweile mehrere E-Autohersteller. Elektrische Geräte können über die Autobatterie aufgeladen oder betrieben werden. © SonoMotors •

Dadurch einen Netzausbau zu vermeiden, dürfte aber schwierig werden, da ja nicht garantiert ist, dass die Fahrzeuge immer an die Ladestation angeschlossen sind. Daher ist die Wirtschaftlichkeit eines solchen Betriebsmodells schwierig abzuschätzen.

### 3.2.3. Re-Dispatch

Ein solcher Schwarm von Speichern könnte auch noch für weitere Zwecke genutzt werden: So könnte man die Speicher füllen, wenn ein Überangebot an erneuerbaren Energien in der Region herrscht und somit das Abregeln für einen Re-Dispatch vermeiden. Im Gegenzug könnte man dann in so einem Re-Dispatch-Fall am anderen Ende der Leitungen Speicherleistung ins Netz einspeisen anstatt Reservekraftwerke laufen zu lassen. Hierzu fehlt allerdings noch ein passendes Geschäftsmodell. In unserem SFV-SMARD-Vorschlag für Speicher ist ein solches beschrieben.

### 3.2.4. Langzeitspeicher

Für Langzeitspeicher zur Überbrückung einer Dunkelflaute ist die gesamte zu erwartende und nutzbare Speicherkapazität jedoch nicht ausreichend.

### 3.2.5. Stromhandel

Auch Stromhändler könnten Fahrzeugbatterien als Schwarm-speicher zusammenfassen. Sie könnten dann Strom einkaufen und speichern, wenn er an der Börse preiswert ist, und wieder aus-speichern, wenn er dort teuer ist, und ihn im letzteren Falle an der Börse oder direkt an ihre Kunden verkaufen. Entscheidend für den Geschäftserfolg ist dabei weniger ein hoher Strompreis, sondern eine

möglichst große und häufige Schwankung. In früheren Jahren war der Strompreis recht konstant, so dass sich ein solches Geschäftsmodell zumindest mit extra dafür angeschafften Batterien bei weitem nicht lohnte. Inzwischen ist der Strommarkt jedoch regelrecht in Aufruhr. Ich habe den Preisverlauf in letzter Zeit nicht im Detail verfolgt, aber mit der extremen Zunahme des Strompreises an sich ist auch damit zu rechnen, dass die Preisunterschiede deutlich zugenommen haben. Weiterhin würde man bei der Nutzung von Elektrofahrzeugbatterien nur einen Teil der Batteriekosten berücksichtigen müssen, je nachdem, wie viel Geld die Eigentümer für dieses Geschäftsmodell verlangen würden. Insofern würde eine erneute Überprüfung dieses Modells durchaus lohnenswert sein.

## 4. Fazit

Es gibt vielfältige Nutzungsmöglichkeiten für bidirektionales Laden von Elektrofahrzeugen. Dabei kann ein Besitzer durch die Eigennutzung als Heimspeicher direkt einen Vorteil erzielen. Die weiteren Nutzungsmöglichkeiten durch Dritte setzen eine angemessene Vergütung und garantierte Ladezustände voraus, die in dem jeweiligen Geschäftsmodell berücksichtigt werden müssen.

Bidirektionales Laden ist bis aufs weitere nur mit Gleichstrom-Laden möglich. Dabei ist das CHAdeMO-System am weitesten verbreitet.

Es gibt inzwischen auch in Deutschland Fahrzeuge und Ladestationen, die bidirektionales Laden ermöglichen. Allerdings steckt die Technik noch in ihren Anfängen, ist wenig verbreitet, und die entsprechenden Ladestationen sind entweder schwer zu bekommen oder – sorry – unverschämte teuer. Um die Ressourcen der Batterien in den Elektrofahrzeugen für das Energiesystem mit 100% Erneuerbaren Energien nutzbar zu machen, ist insbesondere auf wirtschaftlicher Seite noch eine deutliche Entwicklung notwendig.



[www.sfv.de/  
bidirektionales-laden-  
aktueller-stand-2022](http://www.sfv.de/bidirektionales-laden-aktueller-stand-2022)



#### Eberhard Waffenschmidt

ist erster Vorsitzender des SFV und Professor für Elektrotechnik, seit September 2011 an TH Köln, Fakultät für Informations-, Medien- und Elektrotechnik, Institut für Elektrische Energietechnik (IET) und Mitglied des CIRE - Cologne Institute for Renewable Energy.

# Noch besser als Recycling: Second-Life-Batterien von Voltfang

*Viele der ausrangierten Batterien von Elektroautos sind gar nicht kaputt, sondern verfügen lediglich nicht mehr über ausreichend Ladekapazität für den Einsatz im Auto. Statt sie zu recyceln, können die Batterien als Second-Life-Batterie weiter verwendet werden. Das Startup Voltfang aus Aachen hat aus der Idee ein Geschäftsmodell entwickelt.*

— David Oudsandji, Celine Gleinich & Kyra Schäfer

Im Umgang mit ausrangierten Elektroautos gibt es zurzeit ein großes Problem, nämlich das Batterie-Recycling. Elektroautobatterien können zwar prinzipiell wiederverwertet werden, aber die Effizienz ist sehr schlecht. Das Lithium zu recyceln ist dabei beispielsweise teurer, als Neues einzusetzen. Generell decken die Einnahmen durch die wiederverwendeten Rohstoffe zurzeit nicht die Kosten, was das Recycling entsprechend unattraktiv macht und begründet, warum E-Auto-Batterien zurzeit nicht „ordentlich“ recycelt werden. Werden Batterien recycelt, können trotzdem bis zu 90% der Materialien rückgewonnen werden, da Komponenten wie das Gehäuse gewichtstechnisch einen großen Anteil ausmachen. Die restlichen 10% müssten aber entsorgt oder energetisch verwertet werden, was in den meisten Fällen durch Verbrennung erreicht wird.

## Unerkanntes Potenzial von Elektroautobatterien

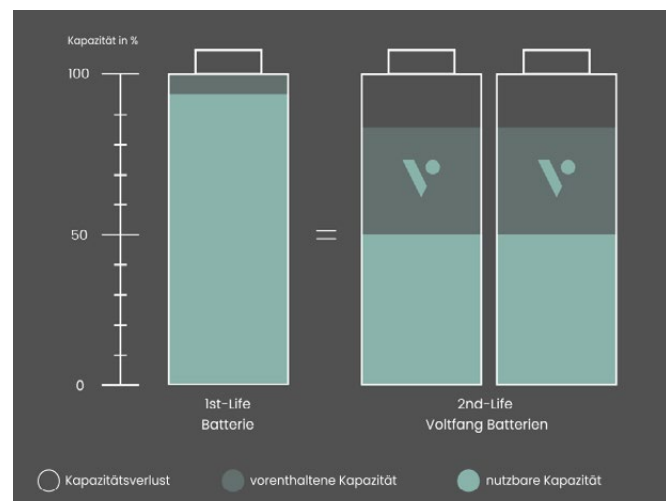
Wenn von den maximalen Ladezyklen einer Batterie gesprochen wird (die Anzahl an Auf- und Entladungen, die eine Batterie im Labor erreichen konnte) dann bedeutet das nicht, dass die Batterien nach dieser Zykluszahl kaputt gehen, sondern dass sie nur noch ca. 80% ihrer Kapazität aufweisen. Das heißt, die Reichweite reduziert sich im Anschluss um 20% des ursprünglichen Wertes. So wie wir das auch bei Handyakkus kennen, die irgendwann schwächer werden. Das ist bei Elektroautos, wo unter anderem die Reichweite zurzeit noch eine Achillesferse des Antriebssystems darstellt, problematisch. Im Umkehrschluss heißt das aber auch, dass Batterien von Elektroautos ausgetauscht und recycelt werden, die immer noch eine Restkapazität von knapp über 80% haben. Da ist es besser, wenn sie bei uns landen.

Wir testen dann die Batterie: wenn sie unter 80% liegt, müssen wir sie ebenfalls zum Recycling geben (das liegt daran, dass zu diesem Zeitpunkt bereits Alterungserscheinungen auftreten können und wir somit eine Lebensdauer über zehn Jahre nicht gewährleisten könnten). Aber wenn die Kapazität über 80% liegt, und das ist häufig der Fall, verwenden wir sie weiter in einem stationären Stromspeicher. Das machen wir, indem wir einen sogenannten "Double-Pack"-Ansatz verwenden, bei dem die Kapazität von zwei Batterien so kom-

biniert wird, dass insgesamt mehr Kapazität zur Verfügung steht, als benötigt wird. Da die Batterien so zu keinem Zeitpunkt vollständig entladen werden, werden Alterungsprozesse, welche bei einer sehr niedrigen Batterieladung entstehen, verhindert. Die Batterien erhalten dadurch eine längere Lebensdauer und die Betriebssicherheit kann garantiert werden. Kapazität und Lebensdauer erreichen dann wieder das Level wie bei First-Life Energiespeichern. In dem Moment, wo die Autobatterie eine Wiederverwendung findet, spricht man von Second-Life-Batterie.

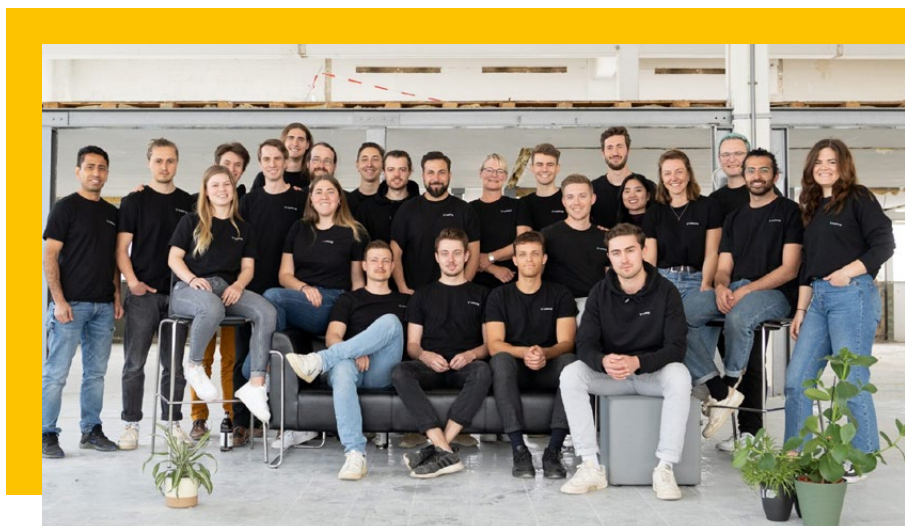
## Wo kommen Voltfang-Speicher zum Einsatz

Wir verkaufen die Speicher an Gewerbetreibende, die zum Beispiel eine Solaranlage auf dem Gewerbedach haben und ihren Eigenverbrauch maximieren möchten. Die Speicher können auch dafür eingesetzt werden, Lastspitzen im Verbrauch zu kappen (sog. „Peak Shaving“): Wenn Unternehmen kurzfristig hohe Leistungen benötigen, können diese Lastspitzen bei Netzbezug für die Unternehmen teuer werden. Durch einen stationären Speicher können solche Lastspitzen reduziert oder vollständig gekappt werden.



**Abb 1** — Bei dem Double-Pack Ansatz wird nie die gesamte Kapazität der Batterie genutzt. Das reduziert Alterungsprozesse und führt zu einer längeren Lebensdauer •

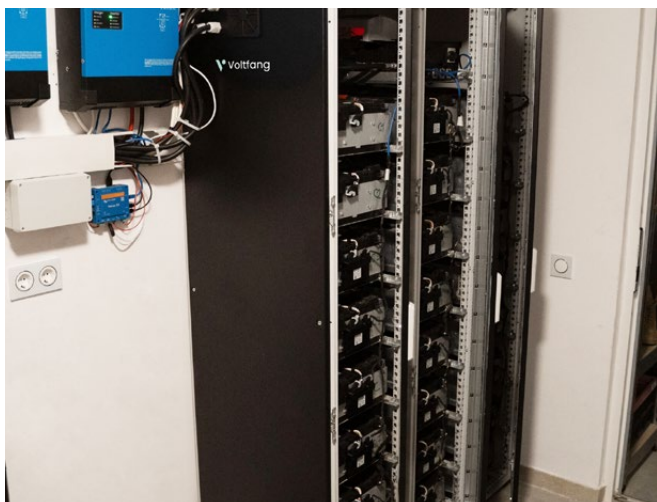




**Abb 2** — Das Gründerteam besteht aus Afshin Doostdar, David Oudsandji und Roman Alberti. Mittlerweile besteht das Voltfang-Team, heute aus insgesamt 40 Personen •

Aktuell haben wir zum Beispiel eine Filiale von Aldi Nord mit einem Voltfang-Speicher ausgestattet, die sowohl den Eigenverbrauch maximieren als auch die Lastspitzen kappen wollten. Darüber hinaus können die stationären Speicher als Unterstützung von Elektro-Ladesäulen oder bei der Notstromversorgung für Unternehmen dienen. Der Fokus liegt bei uns beim Gewerbespeicher, weil hier größere Speicher und Leistungen benötigt werden. Eine Elektroautobatterie hat im Durchschnitt mehr als die zehnfache Kapazität eines durchschnittlichen Einfamilien-Hausspeichers – da kommen immense Speichermengen zusammen. Wenn wir diese anteilig in die Unternehmen bringen, ist der Impact einfach größer. Unsere Gewerbespeicher sind zwischen 33 kWh bis 1 MWh groß, die stationären Großspeicher haben sogar Kapazitäten von 1-5 MWh.

Wir beziehen die Batterien von unterschiedlichen Originalausrüstungsherstellern (OEMs), also Batterie- und Automobilherstellern, und arbeiten hier unter anderem mit Mercedes Benz Energy oder Akasol (BorgWarner) zusammen. Wir bieten aber auch Privatpersonen die Möglichkeit ihre gebrauchten Fahrzeugbatterien an uns zu verkaufen. Dabei können wir unterschiedliche Zellchemien verwenden und bauen funktionstüchtige Batteriemodule als Ganzes



**Abb 3** — Stromspeicher aus ausrangierten Autobatterien werden zu stationären Speichern umgebaut •

in unsere Speicher ein.

Aktuell ist der Einsatz von Batterien in einem Second-Life noch nicht etabliert. Für unser Team von 40 Mitarbeiter:innen ist es eine Herzensangelegenheit durch die Umsetzung von Second-Life Batteriespeichern die Kreislaufwirtschaft zu fördern. Denn dabei geht es nicht nur darum, recycelte Materialien zurück in den Kreislauf zu führen, sondern auch um die Verlängerung der Lebensdauer bestehender Produkte und Komponenten.

## Gesetzliche Rahmenbedingungen

Momentan wird die Wiederverwendung von Elektroautobatterien durch bestehende gesetzliche Rahmenbedingungen leider nicht gerade vereinfacht. Nach der Abfallhierarchie muss ein Produkt nach der ersten Nutzung zunächst „reused repurposed“ – also wiederverwendet werden und dann erst erfolgt das Recycling. Das Problem bei Elektroautobatterien ist, dass diese nach der ersten Verwendung als Müll klassifiziert sind. Aus diesem "Abfall" wieder ein neues Produkt herzustellen ist aufgrund der Herausforderung, den Batteriezustand festzustellen, sehr schwierig.

Es wäre besser, dass die E-Auto-Batterien nach dem ersten Leben zum Beispiel von den Herstellern selbst auf ihre Second-Life-Eignung getestet werden müssten, da diese einfacher auf relevante Batteriedaten zugreifen können. Und wenn die Batteriequalität entsprechend gut ist, eine Second Life-Verpflichtung einzuführen. Wir haben aber den Eindruck, dass das ganze Konzept von Second-Life-Batterien noch gar nicht bei der Bunderegierung angekommen ist – es ist einfach ein sehr neues Thema.

[www.sfv.de/  
nach-besser-als-  
recycling-second-  
life-batterien](http://www.sfv.de/nach-besser-als-recycling-second-life-batterien)



# Große Dinge starten häufig klein. Ein Interview mit **Gerrit von Borries**

Interview von Ende Juli 2022 — *Rüdiger Haude*



**Dr.-Ing. Gerrit von Borries ist kommissarischer Leiter für Administration und Infrastruktur der 2020 gegründeten Einrichtung "Technologien für Kleinflugzeuge" des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR).**

**In dem von der Einrichtung betriebenen „Innovationszentrum für Kleinflugzeug-Technologien“ sollen neue Technologien für das elektrische Fliegen erprobt werden. Dieses Jahr starten die ersten Forschungsprojekte, teilweise in Kooperation mit der RWTH Aachen. Künftig sollen neben dem Standort Aachen zusätzlich Büros, Labore und Werkstätten am Flugplatz Merzbrück entstehen.**

SFV: Herr Borries, sind Sie für Ihre Aufgabe mehr motiviert durch die technischen Möglichkeiten, die durch Digitalisierung, neue Werkstoffe, neue Antriebs-Layouts sich bieten; oder ist es mehr der Problemdruck der Klimakrise, aus dem ja auch die Mittel kommen, mit denen Sie unterstützt werden?

Borries: Die Europäische Kommission hat mit dem „European Green Deal“ eine starke Richtung vorgegeben. Wir haben beobachtet, dass auch über die Pandemie die Luftfahrt in einen Prozess der Selbstreflexion gekommen ist. Und wir als Forschungseinrichtung sehen schon lange die Notwendigkeit, dass sich moderne Mobilitätskonzepte auch stark an den Veränderungen durch das Klima orientieren müssen. Das tun wir im DLR schon länger. Wir hoffen, dass wir mit der neuen Einrichtung „Technologien für Kleinflugzeuge“ hier in Aachen eine zusätzliche Umgebung zur Verfügung stellen können, in der gerade das elektrische Fliegen noch mal schnell weiterentwickelt werden kann. Vielleicht gibt es dann auch Synergien oder

Lerneffekte für größere Fluggeräte, oder für den gesamten Luftverkehr. Hier in Aachen stehen die Aktivitäten in einem direkten Zusammenhang mit dem Kohleausstiegsgesetz und dem Strukturstärkungsgesetz, welche beide 2020 vom Bund verabschiedet wurden. Das DLR hat diesen Ball sofort aufgegriffen und ist mit Verabschiedung der Gesetze hier in Aachen tätig geworden. Ich freue mich, dass das so schnell geht, weil so viele Hände mit anfassen im DLR.

#### Und ihre persönliche Motivation?

Also, für mich ganz persönlich ist weniger die Technologie der Treiber, sondern tatsächlich primär die Notwendigkeit durch den Klimawandel.

**Es ist ja auch legitim zu sagen: Ich kann mich der Faszination nicht entziehen, wenn jetzt eVTOL-Fahrzeuge völlig neue Layouts haben. Z.B. der Volocopter ist wunderschön.**

Genau. Das DLR hat auch zu diesen jungen Firmen, wie etwa Volocopter oder auch Lillium und anderen, Kontakte. Da gibt es Austausch. Das DLR setzt eine Ebene davor an: als Forschungseinrichtung. Wie kann man die Mobilität durch kleine Fluggeräte neu denken? Welche Konzepte sind die Vielversprechendsten für Mobilität mit kleinen Fluggeräten? Ob das dann so aussehen wird wie bei Volocopter, oder sich andere Konfigurationen auch als interessant erweisen – das hängt zuletzt auch von der Anwendung ab.

Es ist gut, wenn es verschiedene Ansätze gibt, die wissenschaftlich untersucht werden und die man ganzheitlich bewerten kann. Das ist auch eine Stärke des DLR: Weil das DLR eine gewisse Größe hat und sehr viele Fachdisziplinen abdeckt – schon allein innerhalb der Luftfahrtforschung, aber auch darüber hinaus – kann es hier eine Gesamtsystem-Bewertungsfähigkeit einbringen und Dinge miteinander verknüpfen.

**Es geht ja auch um die sogenannte “Urban Air Mobility”. Welche Rolle kann der Luftverkehrssektor für städtischen Verkehr spielen? Man kann ja vermuten, dass es um eine Art gehobenen Taxiverkehr für reiche Menschen geht.**

„Urban Air Mobility“, also der Luftverkehr in der Stadt oder zwischen Städten, ist nur ein Aspekt, den wir untersuchen. Da ist das, was Sie ansprechen, eine der Fragen: Welche Rolle kann denn der urbane Luftverkehr spielen? Wo bietet das einen Mehrwert? Und da wäre ich ganz bei Ihnen: Es ist nicht ausreichend, wenn das nur eine Form der Mobilität für einige Wenige wäre. Man kann sich aber vielleicht noch ganz andere Dinge vorstellen. Z.B. könnte es ja sein, dass medizinische Güter im urbanen Luftraum schnell transportiert werden sollen. Aber noch vorgelagert wäre für mich die Frage: Ist sowas überhaupt sinnvoll? Können solche Fluggeräte etwa Zubringer-Rollen einnehmen? Ist das sinnvoll, und wenn ja, in welcher Form? Und welche Technologien braucht man dafür? Wenn wir uns jetzt im DLR vorstellen, dass solche Geräte sich in interurbanen oder urbanen Räumen bewegen, dann gehen wir davon aus, dass es eine sehr viel höhere Präzision in der Navigation braucht, weil sich dann ja möglicherweise viele dieser Geräte auf engem Raum bewegen und dann auch viel sicherer navigieren, möglicherweise auch untereinander kommunizieren können müssen, damit Kollisionen ausgeschlossen werden können.

**Bei den elektrischen Antrieben ist ja immer noch die Frage, ob man die schweren Akkus nimmt, oder die ineffizienten Brennstoffzellen. Wohin geht die Reise? Gibt es auch für Langstrecken-Flüge Alternativen zum Verbrennen von e-Fuels?**

Da lade ich Sie ein, zu differenzieren zwischen dem, was wir hier in Aachen rund um die kleinen Fluggeräte machen, und was es darüber hinaus noch im Bereich der großen Fluggeräte gibt. Wir hatten ja schon über den Kohleausstieg gesprochen und das Strukturstärkungsgesetz. Darin hat der Gesetzgeber gesagt: Wir wollen nicht nur den Strukturstärkungsfonds bereitstellen, so dass die betroffenen Bundesländer Nordrhein-Westfalen, Brandenburg, Sachsen-Anhalt und Sachsen selber neue Projekte für den regionalen Strukturwandel definieren und gestalten können; sondern wir können auch selbst, als Bund, etwas tun und z.B. unsere



**Abb 1** — Der Volocopter 2X ist ein elektrisch angetriebenes, autonom fliegendes Luftfahrzeug für 2 Personen. Hier vorgestellt bei der IAA 2017. Foto: CC BY-SA 4.0 by Spielvogel •

## [...] E-Fuels

### Was sind E-Fuels und wo kommen sie zum Einsatz?

Im Unterschied zu „Bio-Kraftstoffen“, bei denen Öle oder Gas aus pflanzlichen statt aus fossilen Rohstoffen hergestellt werden, spricht man von „e-Fuels“ bei synthetischen Treibstoffen, die unter Einsatz elektrischer Energie aus Wasser und Kohlendioxid hergestellt werden. Dabei wird zunächst aus dem Wasser durch Elektrolyse Wasserstoff gewonnen, der sodann mit dem Kohlenstoff aus dem Kohlendioxid zu verschiedenen Kohlenwasserstoff-Verbindungen synthetisiert wird.

Die resultierenden Brennstoffe (z.B. e-Methanol) können in herkömmlichen Verbrennungsmaschinen verwendet werden. Da das CO<sub>2</sub>, das bei der Verbrennung entsteht, zuvor der Atmosphäre entnommen wurde, handelt es sich im Prinzip um einen klimaneutralen Kreislauf, wenn der eingesetzte Strom aus Erneuerbaren Quellen stammt. Bei der Verbrennung in hohen Atmosphärenschichten ist die Treibhaus-Wirkung jedoch viel größer als am Boden.

Das Hauptproblem der e-Fuels sind die hohen energetischen Umwandlungsverluste, die – verglichen mit batterieelektrischen Lösungen – um ein Vielfaches mehr Erneuerbare-Energien-Anlagen erfordern.

Bundes-Forschungseinrichtung DLR in diesen Regionen einsetzen. Und so hat der Gesetzgeber in den Gesetzestext *expressis verbis* hineingeschrieben, dass das DLR im Jahr 2020 „zusätzliche Einrichtungen“ errichtet. Das ist zum ersten das, was wir heute das „Institut für Future Fuels“ nennen, in Jülich, zur „Erforschung alternativer, insbesondere solarer Brennstoffe“ ...

### Schöner Begriff!

Ja, genau. Das halte ich auch für ein hochspannendes Thema. Dann, unter Nummer 2 steht das Institut – heute heißt es „Institut für elektrifizierte Luftfahrtantriebe“, vorher „Institut zur Erforschung emissionsärmerer Flugtriebwerke“ – in Cottbus im Lausitzer Revier. Und unter Nummer 3 stehen dann mehrere Einrichtungen im Rahmen eines institutionellen Forschungsprogramms zu den Themen des elektrischen Fliegens; und zwar einmal hier an den beiden Standorten Aachen und Aachen-Merzbrück, sowie eine Aktivität in Cochstedt in Sachsen-Anhalt, in der Nähe von Magdeburg. Der Vorteil in Cochstedt ist: Dort hat das DLR bereits zuvor einen früheren Verkehrsflughafen übernommen. Da ist die Infrastruktur vorhanden, und im weiteren Umfeld gibt es nicht so viel; d.h., da hat das DLR eine Umgebung zur Verfügung, in der unbemannte Luftfahrzeuge gefahrlos getestet werden können. Das sind häufig auch kleine Fluggeräte. Da gibt es eine gewisse Brücke zwischen Cochstedt und uns hier in Aachen. Deswegen ist es im Gesetz auch unter einem Punkt zusammengefasst.

**„Institut zur Erforschung emissionsärmerer Flugtriebwerke“ – das liest sich so, als ob es da um mit überschüssigem Strom erzeugte Treibstoffe, also e-Fuels ginge. Jetzt haben Sie aber gesagt: Inzwischen heißt das ganz anders, und es geht um elektrische Antriebe.**

Genau. Das war auch von Anfang an so gedacht: Also der Gesetzestext sagt ja „emissionsärmere Triebwerke“, und wir haben das so entwickelt, dass wir auf die Elektrifizierung setzen. Das kann verschiedene Gestalt annehmen. Das gilt es genau zu erforschen. Und dort ist der Fokus auf größeren Fluggeräten. D.h., da geht es eher schon um die Mittelstrecke, oder größere Fluggeräte eben.

Wir müssten den Gründungsdirektor, Prof. Enhardt, dort fragen, wie er das beschreiben würde. Ich glaube das so sagen zu können: Es geht darum, elektrifizierte Luftfahrtantriebe zu untersuchen, die z.B. über ein Batteriesystem und einen elektrischen Antrieb direkt betrieben werden; oder es kann ein Konzept betrachtet werden, wo Wasserstoff z.B. über eine Brennstoffzelle in Strom umgewandelt wird und damit ein elektrischer Antrieb versorgt wird. Man kann sich auch vorstellen, dass der Wasserstoff in einer Gasturbine zu Wasser verbrannt wird, die dann ihrerseits Strom generiert. Also, da gibt es verschiedene Konzepte.

Die Idee hier in Aachen ist eben nicht nur, die urbane Mobilität zu untersuchen, sondern grundsätzlich neue Technologien für Kleinflugzeuge zu entwickeln, für die sogenannte Allgemeine Luftfahrt. Und davon versprechen wir uns nicht nur, solche Kleinfluggeräte damit auszustatten, sondern im Idealfall können wir daraus auch etwas für größere Fluggeräte lernen, so dass dann möglicherweise Technologien für das elektrische Fliegen, die wir hier in Aachen mit dem Fokus auf Kleinflugzeuge entwickeln, von anderen Instituten im DLR weiterentwickelt werden können, die ihrerseits den Fokus auf größere Fluggeräte setzen. Das wäre der Idealfall.

**Und diese „Systemfrage“ – Akku, Brennstoffzelle oder Verbrennungsmotoren mit e-Fuels – kann man noch nicht als entschieden betrachten?**

Ich glaube, wenn ich die wissenschaftlichen Kollegen im DLR da richtig zitiere, dann ist das große Potenzial bei den e-Fuels, dass man sie sehr zeitnah schon in vorhandenen Fluggeräten einsetzen kann. Der Engpass hier ist allerdings die Produktionsmenge. Es ergibt ja nur Sinn, wenn man den Energieaufwand, den man in die Produktion solcher e-Fuels steckt, mit nachhaltiger Energie betreibt ...

**... und mit ganz ordentlichen Mengen davon, die wir eigentlich auch woanders brauchen.**

Ja. Und das ist genau das Dilemma: Ist es möglich, so einen Prozess zu organisieren, der Produktionskapazitäten und damit auch Energiekapazitäten bereitstellt, um solche Treibstoffe herzustellen, die dann sicherlich sehr viel klimafreundlicher eingesetzt werden könnten, auch in vorhandenen Fluggeräten?

An solchen Technologien wird an verschiedenen Stellen im DLR gearbeitet, insbesondere an den „Sustainable Aviation Fuels“, abgekürzt SAF. Hier in Aachen und Merzbrück setzen wir den Fokus eher direkt auf die elektrischen Antriebe. Und das wird, meiner Einschätzung nach, eher batterieelektrisch oder hybridelektrisch, wahrscheinlich in der Form, dass man Wasserstoff zum Einsatz bringt.

**Es gibt Luftfahrttechnologien, die um eine ganze Größenordnung energieeffizienter sind als unsere Flugzeuge, nämlich Luftschiffe. Nach meiner Einschätzung könnte man die viel besser auch auf langen Strecken mit akkuelektrischen Antrieben einsetzen. Und man hätte, weil sie eine große Außenhülle haben, große Flächen, um Photovoltaik darauf anzubringen und so einen Teil der Energie, die während der Fahrt benötigt wird, unmittelbar zu erzeugen. Ist das im DLR ein Thema?**

Ob es Bereiche im DLR gibt, die sich intensiv mit Luftschiffen befassen, ist mir jetzt ad hoc nicht bekannt. Ich würde es erst mal so bewerten: Ich glaube, dass es viele verschiedene Technologien gibt, die man quasi in ein Portfolio einsortieren könnte, die jeweils ihre Stärken und Schwächen haben. Und ich glaube, am Ende werden wir uns die Frage stellen müssen: Welche Anwendungen benötigen welche Technologien? Und umgekehrt: Wenn man als Forscher eine neue Technologie entdeckt oder erweitert, muss man sich immer die Frage stellen: Für welche Anwendungen könnte diese Technologie besonders interessant sein? Bei den Luftschiffen würde ich sagen, dass die Geschwindigkeit, mit der man die Distanz überbrückt, eine andere ist als bei anderen Luftfahrzeugen. Und so könnte man das entsprechend bewerten: Es gibt bestimmte Anwendungen, bei denen die Geschwindigkeit eine Rolle spielt, und andere, bei denen sie nicht so eine große Rolle spielt.

**Geschwindigkeit kommt in meiner letzten Frage auch noch vor, aber in ganz anderem Sinne, nämlich: die Geschwindigkeit, in der die Klimaneutralität des Luftfahrtsektors erreicht werden kann. Heute lautet das Ziel ja: 2050 klimaneutral. Das ist eigentlich ein toller Fortschritt, denn vor sechs Jahren hieß es: für 2050 streben wir an, nicht mehr auszustößen als heute – „klimaneutrales Wachstum“ nannten das die Verbände. Heute will man auf Null kommen. Aber nach Überzeugung des SFV reicht das nicht. Wir vertreten die Forderung, wir müssten in allen Sektoren 2030 bei 100% Erneuerbaren Energien sein. Es kann ja nun sein, wenn sich die Extremwetterereignisse weiter häufen, dass die Bundesregierung sagt: 2030 darf in Deutschland nur noch fliegen, was emissionsfrei ist! Was würde das bedeuten, erstens für die Luftfahrt, zweitens für Sie und Ihre Einrichtung hier?**

Das DLR als Forschungseinrichtung tut, glaube ich, vor dem Hintergrund, den Sie geschildert haben, gut daran, an diesen Technologien zu forschen und sie in den Technologie-Reifegraden so weit voranzutreiben, dass sie in die wirtschaftliche Verwertung Eingang finden. Dass es also Unternehmen gibt, die diese Technologien für so interessant und so weit entwickelt halten, dass sie sie zum Einsatz bringen wollen. Das heißt, wir als Forschungseinrichtung sind da jetzt genau richtig aufgestellt, und mit unserer neuen Luftfahrt-Strategie, die sich ganz konkret am European Green Deal ausgerichtet hat, sind wir vorbereitet.

Abb 2 —Erster Besuch von DLR-Flugzeugen am Forschungsflugplatz Aachen-Merzbrück. Foto: DLR •



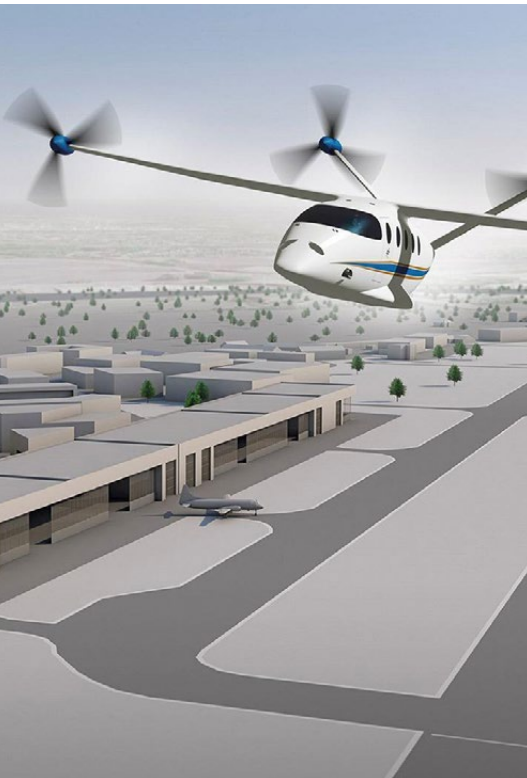


Abb 3 — Kleinflugzeug-Konzept „HyBird“ über dem Forschungsflugplatz Aachen-Merzbrück. Illustration: DLR •

Mit dem Ansatz hier in Aachen wollen wir erreichen, dass wir zusammen mit den Partnern vielversprechende Technologien möglichst schnell in die Anwendung bekommen. Wir glauben, dass das mit einem engen Austausch am besten geht, bis dahin, dass z.B. Unternehmen frühzeitig neue Geschäftsmodelle für sich erkennen und ein intrinsisches Interesse entwickeln, diese klimafreundlichen Technologien an den Markt zu bringen. Das DLR als Forschungseinrichtung kann auf dem vorderen Teil dieses Weges etwas tun, bevor andere übernehmen müssen – nicht zuletzt sicherlich auch der Gesetzgeber, der die Rahmenbedingungen setzt.

**Es hängt also auch an der Bürokratie, die teilweise mit guten Gründen in der Welt ist, aber auch teilweise gar nicht auf elektrische Antriebe zugeschnitten. In einer Zulassungsklasse gab es die Bestimmung, dass die Flugzeuge mit Kolbenmotoren angetrieben werden müssen, weil man verhindern wollte, dass sie Strahltriebwerke kriegen; und jetzt verhindert diese Bestimmung Elektroantriebe. Das alles auszuräumen, dauert doch seine Zeit, oder? Ist da bis zum Jahr 2030 überhaupt etwas Nennenswertes in die Luft zu bekommen?**

Das ist eine gute Frage. Die kann man auch mal an die zuständigen Behörden richten, die diese Regelwerke machen. Wir können uns da als Forschungseinrichtung vor allem beratend anbieten. Es gibt auch entsprechende Schnittstellen mit den Behörden, die sich die technologische Expertise des DLR holen. Das Beispiel mit dem Kolbenmotor trifft es ganz gut. Im Bereich der Kleinflugzeuge gibt es auch noch wenig regulierte Lufträume. Da findet ein lebendiger Austausch statt: zwischen Vertretern aus der Industrie, vom DLR und den Behörden, weil die Behörden auch auf die Beratung Wert legen: Wie muss man möglicherweise solche Regelwerke neu denken? Oder Lufträume, die bisher gar nicht geregelt waren, noch mal betrachten, ob da auch etwas gemacht werden muss. Wir als Forschungseinrichtung können da immer nur anbieten zu unterstützen; es ist ja nicht unsere Aufgabe, die Funktion dieser Behörden zu übernehmen.

**Bei den großen Flugzeugbauern Airbus und Boeing laufen die Planungen darauf hinaus, dass alle Technologien der Antriebssysteme erforscht werden, aber auf der langen Strecke sehen sie in den nächsten Jahrzehnten noch ihre klassischen Layouts. Airbus sagt: Bis 2030 sollen alle Konstruktionen 100% SAF-ready sein. Das sind dann aber klassische Layouts. Das ist eben deren Geschäft. Insofern denke ich: Es wird da auch zu Konflikten kommen.**

Also, wie vorhin schon erwähnt, glaube ich, dass dort kurzfristig ein großer Hebel sein könnte. Das muss ich so hypothetisch ausdrücken; das können andere besser bewerten. Aber das ist das, was ich so höre. Es gibt vielleicht eine Chance, mit diesen klassischen Konfigurationen schneller klimafreundlicher zu werden. Ich muss davon ausgehen, dass auch größere Firmen oder Entwickler, Anbieter von Luftfahrzeugen an neuen Technologien forschen. Teilweise tun sie das auch mit dem DLR zusammen. Wir im DLR machen das aber eben auch, und versuchen, neutral auf die Situation zu gucken, um verschiedene Technologien bewerten zu können, und sie dann auch zusammen mit Partnern wie Airbus oder anderen in ihrem Reifegrad noch weiter zu bringen, um herauszufinden, ob sie ihren Weg bis in die Anwendung finden können.

Das muss natürlich besser schneller als langsamer passieren. Aber was genau die Firmen im Hintergrund machen, das können sie selbst am besten erklären – sofern sie das offenlegen. Auch wir sind nicht festgelegt, dass Fluggeräte der Zukunft unbedingt so diese klassische Konfiguration haben müssen, wie wir sie heute schon kennen. Sie haben vorhin schon andere Firmen und Startups erwähnt, die andere Konfigurationen testen und erproben; und jede Konfiguration hat ihre Vor- und Nachteile. Da kann man für verschiedene Anwendungsfälle verschiedene Technologien bewerten, erforschen und entwickeln, und muss dann sehen, was sich für welche Anwendung eignet.

**Ja; das werden wir weiter beobachten.**

Sehr gerne! Wir sind auch gespannt, was wir da noch alles entdecken werden!



[www.sfv.de/interview-mit-gerrit-von-borries](http://www.sfv.de/interview-mit-gerrit-von-borries)

# Ist eine PV-Direkteinspeisung ins Bahnleitungsnetz machbar?

*Im Zuge der Energiewende wird auch die Frage einer Integration dezentraler PV-Parks in das Bahnenergiesystem interessant. Unser Gastautor hat sich in seiner Abschlussarbeit an der TU Köln insbesondere den Möglichkeiten einer PV-Direkteinspeisung in das Fahrleitungsnetz der Deutschen Bahn gewidmet. Er gelangte zu dem Ergebnis, dass ein solches Konzept eine Reihe von Vorteilen bietet, nicht zuletzt eine nennenswerte Energieeinsparung. Hier präsentiert er Ergebnisse seiner Arbeit.*

— Vincent Ecker

Im Rahmen des immer schneller fortschreitenden Klimawandels erlangt neben der Energiewende auch die Verkehrswende in Deutschland einen immer höheren Stellenwert. Da sich die Entwicklung zu einem klimafreundlichen Verkehr deutlich schwieriger und langwieriger gestaltet als in anderen Sektoren, gibt es hierbei auch im Hinblick auf die Forschung einen besonders hohen Handlungsbedarf. Aufgrund der positiven Aspekte (wie Energieeinsparungen durch Verringerung von Transport- und Umwandlungsverlusten und höhere Versorgungssicherheit) durch Dezentralisierung von Erzeugungsanlagen im 50-Hz-Stromnetz (dezentrale PV- und Windkraftanlagen anstatt zentraler Kohle- und Atomkraftwerke) kann dieser Gedanke in den Verkehrssektor bzw. auf das Bahnstromleitungsnetz übertragen werden. Es stellt sich die Frage, ob eine Integration von dezentralen PV-Parks auch in das Bahnenergiesystem möglich ist. Genauer wird im Folgenden untersucht, ob eine PV-Direkteinspeisung in das Fahrleitungsnetz realisierbar ist und wenn ja, welche Rahmenbedingungen hierbei eingehalten werden müssen.

## Struktur des Bahn-Energienetzes

Im Bahnenergiesystem der Deutschen Bahn kann grundsätzlich zwischen dem Fahrleitungsnetz (1AC, 16,7 Hz, 15 kV) und dem

Bahnstromleitungsnetz (2AC, 16,7 Hz, 110 kV) unterschieden werden: Das Fahrleitungsnetz (Oberleitungen) dient zur Energieübertragung und Energieabgabe an die Triebfahrzeuge. Die Oberleitungen sind durch Einspeisepunkte, Schaltposten und Kuppelstellen in unterschiedliche Abschnitte unterteilt (Speiseabschnitte), die somit getrennt gespeist und geschaltet werden können. Im *dezentral gespeisten Netzbereich* (hauptsächlich im Nordosten Deutschlands, wo kein Bahnstromleitungsnetz ausgebaut ist) wird das Fahrleitungsnetz direkt aus dem 50-Hz-Stromnetz gespeist. Hierbei wird die Energie durch Unterwerke auf das benötigte Spannungsniveau (15 kV) umgespannt und auf die Netzfrequenz von 16,7 Hz mittels Umformer- oder Umrichterwerke umgerichtet. Im *zentral gespeisten Netzbereich* wird das Fahrleitungsnetz aus dem vorgelagerten Bahnstromleitungsnetz (Verteilnetz) gespeist. (Dementsprechend muss hierbei lediglich das Spannungsniveau von 110 kV auf 15 kV durch Unterwerke umgespannt werden.) Das Bahnstromleitungsnetz wird wiederum mittels Umformer- oder Umrichterwerke vom öffentlichen 50-Hz-Stromnetz, oder durch Bahnstromkraftwerke, die 16,7-Hz-Bahnenergie erzeugen, gespeist (siehe Abb. 2). [1]

Bei den Bahnstromkraftwerken handelt es sich um Wasser-/Kohle- und Atomkraftwerke, die Stand 2012 (aktuellste zugängliche



**Abb 1** — Solarpark an der Bahnstrecke. Wird künftig die Direkteinspeisung des Solarstroms ins Bahnnetz möglich? Foto: Deutsche Bahn •

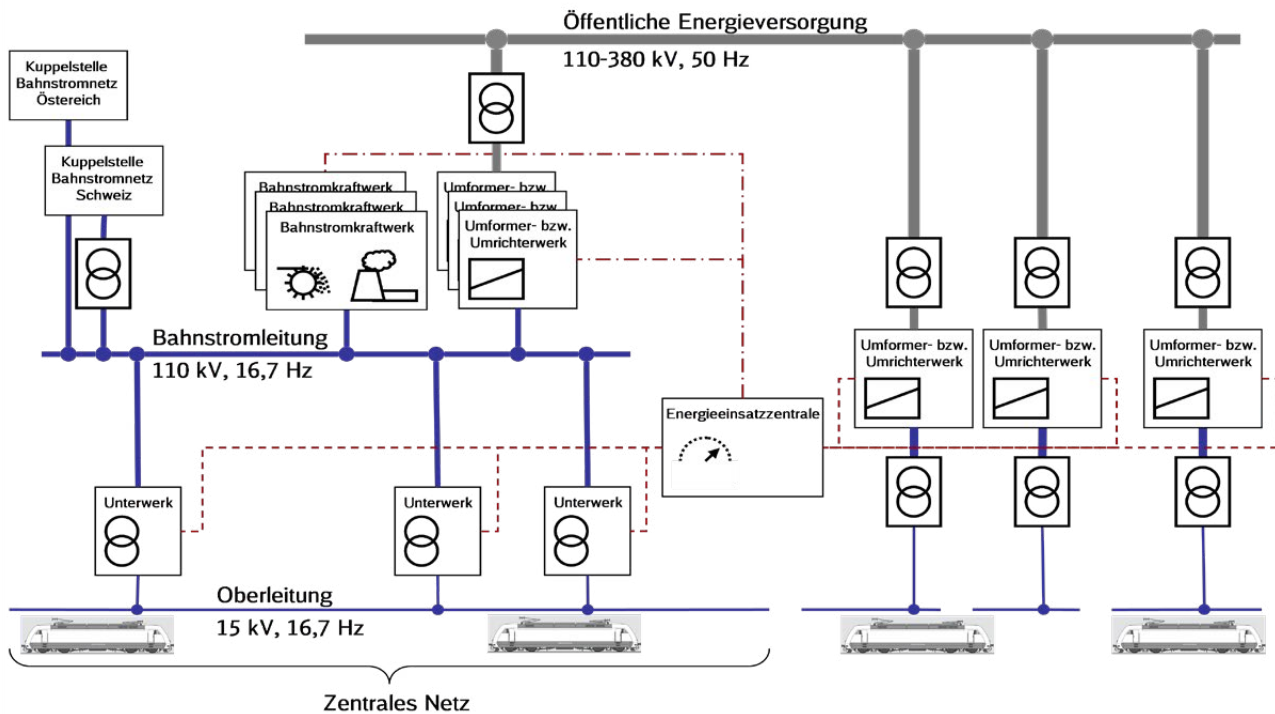


Abb 2 — Energetische Versorgung des Bahnenergiesystems •

- Öffentliche Energieversorgung 50 Hz (nicht DB Energie)
- Bahnstromfernleitung 110 kV / 16,7 Hz
- Oberleitung 15 kV / 16,7 Hz
- - - Systemsteuerung
- - - Systemsteuerung und Netzregelung

Daten) 70% des benötigten Traktionstroms erzeugen. Aufgrund des beschlossenen Atomausstiegs Ende diesen Jahres ist anzunehmen, dass heute der Anteil, der aus dem 50-Hz-Stromnetz dazugekauft werden muss, deutlich über 30% liegt. Hierbei stellt sich die Frage, wie viel mehr Energie aus dem 50-Hz-Netz dazugekauft werden muss, um diesen Ausstieg zu kompensieren und wo diese (meist aus regenerativen Energieerzeugungsanlagen gewonnene) Energie im 50-Hz-Netz „fehlt“?

### Umstellung auf Photovoltaikstrom

Ein neuer Ansatz wäre somit die direkte Einspeisung von Erzeugungsanlagen in das Fahrleitungsnetz, um die sonst entstehenden energetischen Transport- und Umwandlungsverluste zu minimieren. Da die Einspeisung von Photovoltaikstrom grundsätzlich eine Spannungsanhebung am Netzanschlusspunkt verursacht und die Einspeisung gemäß der volatilen solaren Einstrahlung fluktuiert, müssen hierbei die Konsequenzen für die Netzstatik untersucht werden. Im Gegensatz zum öffentlichen 50-Hz-Netz kann die relative Abweichung der Nennspannung im Fahrleitungsnetz nach DIN EN 50163 bis zu -20% oder +15% auf unbegrenzte Zeit betragen. Diese Toleranzen sind verhältnismäßig hoch, da die Hauptverbraucher im Netz, die Triebfahrzeuge, auch bei höheren oder niedrigeren Spannungen exakt die Leistung und Energiemenge beziehen können, die sie brauchen. Außerdem führt das schwer zu prognostizierende Beziehen und Rückspeisen von Leistung (z.B. durch Fahrplanabweichungen) der Triebfahrzeuge ohnehin zu sehr hohen Lastschwankungen im Fahrleitungsnetz.

Nach Berechnungen des Fraunhofer IWES (Institut für Wind-

energiesysteme) darf die Spannung am Anschlusspunkt durch die Leistungseinspeisung von Erzeugungsanlagen max. 2% im Vergleich zur vorher anliegenden Nennspannung abweichen. Bei Betrachtung aller untersuchten Einspeisepunkte im Fahrleitungsnetz kann hieraus im Mittel eine maximale Einspeiseleistung von 2 MW festgelegt werden, bei der keine problematischen Spannungsabweichungen resultieren.

Bei der Suche des geeigneten Einspeisepunkts für den PV-Park sollte grundsätzlich die bereits vorhandene Infrastruktur betrachtet werden. Es können die folgenden Anschlussmöglichkeiten in Erwägung gezogen werden:

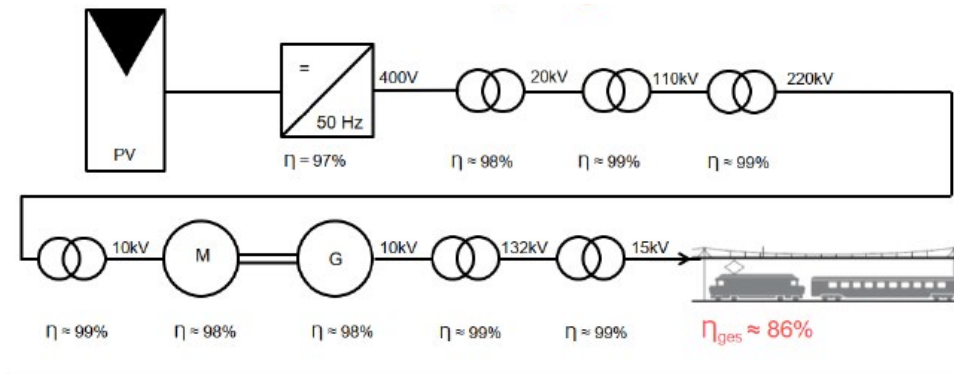
- Freier Abgang Sammelschiene Schaltanlagen
- Freier Abgang Sammelschiene Nebenverbraucher

Bei sämtlichen Schaltanlagen und Unterwerken kann an einem freien Abgang der Sammelschiene, der mit der nötigen Schutz- und Sicherungstechnik (Leistungsschalter, Lasttrenner, Erdung) ausgestattet ist, eine Erzeugungsanlage angeschlossen werden. Hierbei muss allerdings noch ein Transformator, der die Ausgangsspannung vom Wechselrichter auf die benötigte Nennspannung des Fahrleitungsnetzes (15 kV) umspannt, verbaut werden.

Auch bei den Nebenverbrauchern am Fahrleitungsrand (z.B. Zugvorheizstationen, Weichenheizstationen etc.) kann über einen freien Abgang an der Sammelschiene Energie eingespeist werden. Hier sind bereits Transformatoren, die die Netzspannung (15 kV) auf die Verbraucherspannung (je nach Verbraucher regulär zwischen 230 V und 1 kV) umspannen, vorhanden. Je nach Ausgangsspan-



## Konventionelle Photovoltaik-Einspeisung



## Direkteinspeisung 16,7 Hz

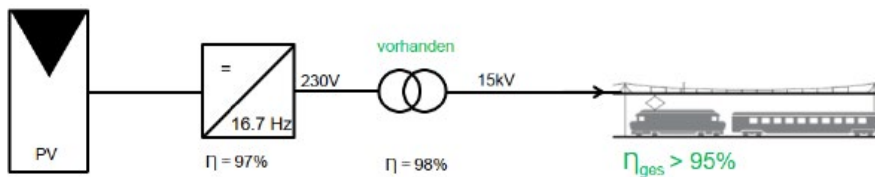


Abb 3 – Vergleich der Wirkungsketten der verschiedenen Einspeisemöglichkeiten •

nung der Wechselrichter kann somit auf den Zubau weiterer Transformatoren verzichtet werden. Wenn PV-Strom eingespeist wird, der Verbraucher aber nicht in Betrieb ist, kehrt der Lastfluss sich um und es wird Energie über den Transformator in das Fahrleitungsnetz eingespeist. Bei gleichzeitiger Einspeisung von PV-Strom und Betrieb der Zugvorheizanlage wird der Transformator entlastet.

Ein weiterer wichtiger Aspekt bei der Umsetzung sind die Wechselrichter, die einphasige 16,7-Hz-Bahnenergie erzeugen. Da die Wechselrichter der PV-Anlagen im 50-Hz-Netz normalerweise an alle drei Phasen des Netzes angeschlossen werden und die maximale Anschlussleistung von einphasigen Erzeugungsanlagen nach VDE-AR-N 4105 bei 4,6 kVA (Schieflastgrenze) liegt, sind auf dem Markt üblicherweise nur dreiphasige Modelle mit höheren Leistungsgrößen oder einphasige Modelle mit verhältnismäßig niedrigen Leistungsgrößen erhältlich.

## Fazit

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass aufgrund des breiten Spannungstoleranzbandes im Fahrleitungsnetz eine fluktuierende PV-Einspeisung in das Fahrleitungsnetz bei Leistungsgrößen  $< 2$  MW unproblematisch für den Netzbetrieb und somit zulässig ist. Für den Anschluss des PV-Parks an das Fahrleitungsnetz können je nach vorhandener Infrastruktur freie Abgänge an Sammelschienen von Schaltanlagen oder Nebenverbrauchern verwendet werden. Eine Hürde kann die Beschaffung der einphasigen Wechselrichter darstellen, da diese in höheren Leistungsbereichen sonst keine Anwendung finden und dementsprechend wenig auf dem Markt angeboten werden.

Durch die Integration der Direkteinspeisung von Photovoltaikstrom in das Fahrleitungsnetz kann die regenerative Eigenenergieerzeugung der Deutschen Bahn erhöht und somit der hohe Energiebezug aus dem öffentlichen 50-Hz-Netz verringert

werden. Hierdurch lassen sich nach einem Referenzprojekt der Schweizer Bundesbahn [2] bis zu 9% energetische Transport- und Umwandlungsverluste einsparen (siehe Abbildung 3). Außerdem erfahren sämtliche Betriebsmittel (Leitungen, Umformer/Umrichter, Transformatoren) eine geringere Belastung, was in einer höheren Lebenszeit resultieren kann. Hinzu kommt, dass sich die Stromerzeugung aus Photovoltaik gut zur Erzeugung von Traktionsstrom eignet, da sich die Differenz zwischen Tages- und Nachtlast im Bahnnetz mit dem Erzeugerprofil einer PV-Anlage deckt.



[www.sfv.de/pv-direkteinspeisung-ins-bahnleitungsnetz](http://www.sfv.de/pv-direkteinspeisung-ins-bahnleitungsnetz)



**B. Eng. Vincent Ecker**  
Bachelorstudium Erneuerbare Energien (Abschluss April 2022) und Masterstudium Elektrotechnik-Energetik an der Technischen Hochschule Köln

# Ohne Klimabewegung keine Mobilitätswende

*Damit Dinge besser werden, reicht es nicht aus, dass man die Lösungen kennt. Sie müssen auch durchgesetzt werden. Gerade im Verkehrssektor gibt es sehr starke Akteure, die dafür kämpfen, dass alles bleibt, wie es ist. Wäre da nicht eine Verkehrswende-Bewegung, die der offiziellen Politik Beine macht...*

— Kyra Schäfer

Seit mindestens einem halben Jahrhundert ist die Verkehrswendebewegung aktiv, wobei es am Anfang weniger um Fragen des Klimaschutzes ging, als mehr um Belange der nähräumlichen Umweltverschmutzung und des Lärms, der sozialen Gerechtigkeit und der Aufenthaltsqualität in den Städten. Alle diese Aspekte sind auch heute noch aktuell. Und so vielschichtig wie die Probleme unseres Verkehrssektors immer noch sind, so divers ist auch die Verkehrswende-Bewegung und ihre Aktionsformen.

Mit Gehzeugen oder dem weltweit gefeierten „Parking-Day“ wird gegen den Raum protestiert, den Autos und Parkplätze in den Städten einnehmen (Abb. 2 und 6). In vielen Orten findet einmal im Monat eine sogenannte „Critical Mass“ statt, um auf die Benachteiligung anderer Verkehrsteilnehmer:innen auf den Straßen hinzuweisen. Auf Fahrrädern, Skateboards, Cityrollern oder anderen nicht-motorisierten Gefährten wird die Straße dabei mit Musik und viel Klingelei zurück „erobert“. Und seit ein paar Jahren ploppen über Nacht selbst gemalte „Pop-Up“-Radwege auf den Straßen auf, wo es noch keine Fahrradwege gibt. 2015 wurde mit dem „Volksentscheid Fahrrad“ in Berlin eine bessere Fahrradinfrastruktur eingefordert. Die erfolgreiche Kampagne war auch die Geburtsstunde der „Changing Cities“-Bewegung und hat etliche Radentscheide in anderen Städten ausgelöst. [1]



Abb 1 — Große Verkehrswende-Demo anlässlich der Internationalen Automobilausstellung in München. Foto: Chris Grodotzki CC BY-NC 2.0.

Das Thema der fehlenden Inklusion in Bezug auf Mobilität wird aus mehreren Perspektiven kritisiert. Die Gruppe „Rollfender Widerstand“ kämpft für eine bessere Infrastruktur und Rücksichtnahme für Menschen mit gesundheitlichen und körperlichen Einschränkungen in den öffentlichen Verkehrsmitteln (vgl. Seite 30 in diesem Heft). Gegen die hohen Kosten des ÖPNV haben Klimaaktivisten aus dem Fahren ohne Fahrschein eine medientaugliche Aktionsform entwickelt, das „Aktionsschwarzfahren“, welches auch vor Gericht verteidigt wird. Der „Freiheitsfond“ wurde eingerichtet, um inhaftierte Schwarzfahrer frei zu kaufen. Nach einer Show von Jan Böhmermann zu dem Thema kamen knapp 70.000 Euro zusammen. Nach dem Ende des 9-Euro Tickets wurde ein weiterer Fond, der 9-Euro Solifond, ins Leben gerufen. Die Idee: Alle zahlen 9 Euro monatlich in den Fond und nutzen weiterhin den lokalen öffentlichen Nahverkehr. Wird man erwischt, wird das Strafgeld aus dem Fond refinanziert. [2]

Wegen der Kritik an neuer Auto-Infrastruktur, Flächenversiegelung und insbesondere dem Bau neuer Autobahnen (Deutschland hat das dichteste Fernstraßennetz in Europa), werden seit Jahrzehnten immer wieder große Bündnisse zwischen lokalen Anwohner:innen, Klimaaktivist:innen und NGOs geschlossen. Teilweise kommt es zu Protestcamps und Waldbesetzungen, wie zuletzt im Dannenröder Wald „Danni“ und dem Stopp A 14-Camp „Moni“ in Sachsen-Anhalt, sowie aktuell gegen den Südschnellweg bei Hannover, die A 20 Küstenautobahn, die A 26 Ost bei Hamburg, der A 33 Nord bei Osnabrück und im Fechenheimer Wald bei Frankfurt gegen den Ausbau der A 66. [3]

Während das Netzwerk „Wald-statt-Asphalt“ und die Gruppe „Sand im Getriebe“ den Autoverkehr und die Automobilkonzerne im Blick haben, fokussieren Aktivist:innen von „Am Boden bleiben“ auf den klimaschädlichen Flugverkehr und den Ausbau von Flughafeninfrastruktur. Auch andere Gruppen, wie die Scientist Rebellion, sind hier aktiv: am 10.11.2022 wurden europaweit mehrere Privatjet-Terminals (GAT) unter anderem in Italien, Schweden, Niederlanden und Deutschland anlässlich der COP 27 blockiert. Auch beim Ausbau von Flughäfen gibt es immer wieder lokalen Protest. [4]

Dazu sind unzählige NGOs zu nennen, wie der VCD, ADFC,



Abb 2 — Mit Gehzeugen wird der Platzverbrauch von Autos deutlich gemacht. Foto: Gordon Welters/Greenpeace •



Abb 3 — Die coolsten Vögel bleiben am Boden. Banneraktion von "Am Boden bleiben" Foto: cc-by-2.0 stay grounded •



Abb 4 — Critical Mass in Aachen. Nichtmotorisierte Verkehrsteilnehmer:innen erobern einmal im Monat die Straße zurück •



Abb 5 — Aktion gegen Profite der Mineralölkonzerne. Gefordert wird: Öffis für die Masse. Foto: Alexander Cornelius Mülhausen / [attac.de](http://attac.de) •



Abb 6 — Am Parking Day werden Parkplätze zu Picknick-Spiel & Sportplätzen zweckentfremdet. Foto: Carlo Müller-Hopp, [fahrradmainz.de](http://fahrradmainz.de) •



Abb 7 — Plakat aus dem Protestcamp gegen den Bau der A49 im Dannenroeder Wald. •

Greenpeace, BUND, DUH, Rettet den Regenwald, Robin Wood, NABU oder attac, die sich wiederum seit Jahrzehnten mit Kampagnen, Petitionen, Klagen, Gutachten und direkter Politikbeeinflussung für eine nachhaltige Verkehrswende einsetzen. Dabei wird auch zu Themen wie Ressourcenabbau, Lieferkettengesetz, Frachtverkehr oder der Macht der Automobilkonzerne gearbeitet – die Probleme des Verkehrssektors sind weitreichend! [5]

## Global denken, lokal handeln

Was viele Akteur:innen der Verkehrswende-Bewegungen vereint, ist die Kritik an den lokalen und globalen Praktiken der großen Player der Automobil- und Mineralölindustrie. Die Ungerechtigkeiten, die durch den Verkehrssektor des globalen Nordens verursacht werden, stehen immer wieder im Mittelpunkt der Debatte. Sei es wegen der direkten Folgen des Ressourcenabbaus für die Produktion „unserer“ PKWs und LKWs, sowie der benötigten Kraftstoffe. Oder indirekt durch den Klimawandel, für den der Verkehr zu ca. 25% mitverantwortlich ist, und dessen Folgen vor allem ärmere Menschen zu tragen haben. [5]

Dass die Verkehrsbewegung mindestens so alt ist wie die Anti-Atom-Bewegung, wird am Beispiel Shell deutlich. Hieß es in den 90ern noch „Shell to Hell“, gibt es seit 2020 mit der Kampagne „Shell must fall“ erneut ein Revival gegen den Mineralölkonzern. Doch was ist das Fazit? Seit 40 Jahren wird gegen die Machenschaften von Shell - wie die Zerstörung des Niger-Deltas - gekämpft und heute ist Shell immer noch da. Mit einem Rekordgewinn im dritten Quartal 2022 von 9,5 Milliarden Dollar, dem zweitbesten Quartalsergebnis der Firmengeschichte. [6] Auch die Macht der Automobilkonzerne scheint ungebrochen. Der Danni wurde trotz Protest geräumt und

gerodet, die A 49 befindet sich im Bau. Ebenso erging es der Waldbesetzung Moni gegen den Bau der A 14. Der öffentliche Nahverkehr ist in vielen Bundesländern wieder teurer geworden, und ein 9-Euro Ticket war kein Erfolg der Bewegung, sondern Resultat der Ukraine-Krise. Sind die Mühen der Bewegung für die Katz?

## Ohne Bewegung keine Mobilitätswende

Absolut nicht. Viele Beiträge, über die wir in diesem Heft schreiben, wären ohne die Mobilitätswende-Bewegung gar nicht zustande gekommen. Konzepte für menschen- statt autogerechte Städte, Forderungen nach Radwegenetzen, Aufdecken von Greenwashing und Appelle, dass die Verkehrswende nicht zu einer Antriebswende verkümmert – die Bewegung hat viele Themen überhaupt erst in die Öffentlichkeit und auf die politische Agenda gebracht und dort teilweise auch umsetzen können. Glauben Sie, Tesla hätte freiwillig an der Entwicklung einer kobaltfreien Batterie gearbeitet – ohne den Protest? Wäre der Diesel-Skandal je in die Öffentlichkeit gelangt? Hätte es ein Nachfolgeticket für das 9-Euro-Ticket gegeben? Wüssten wir über die Ressourcenprobleme bei E-Auto-Batterien Bescheid? Auch wir beim SFV profitieren von den radikalen Diskursen und Debatten aus der Bewegung.

Dabei darf man nicht vergessen, dass die Mobilitätswende-Bewegung den wohl größtmöglichen Lobbyzusammenschluss zum Gegner hat: Automobilindustrie, Luftfahrt- und Mineralölkonzerne. Mehr David-gegen-Goliath geht gar nicht! Angesichts dieser Tatsache ist das 2021 verkündete Klimaurteil gegen Shell ein riesiger Erfolg, der auch auf die Bewegung zurückzuführen ist: Ein Gericht in Den Haag hat den Konzern dazu verpflichtet, seine Emissionen bis 2030 um netto 45 Prozent im Vergleich zu 2019 zu reduzieren.

Dass auch die Gewerkschaften tendenziell auf der Seite der Konzerne stehen, ist logisch, angesichts der vielen Arbeitsplätze, die an dem klimaschädlichen Verkehrssystem hängen. Auch hier setzt die Bewegung an. Fridays for Future hat letztes Jahr den ersten Schulterchluss mit Verdi für bessere Arbeitsbedingungen und den Ausbau des ÖPNVs angestoßen. Und die Gruppe Klimaschutz und Klassenkampf hat gemeinsam mit der Belegschaft für eine klimafreundliche Umstrukturierung eines auf Einspritzventile für Dieselmotoren spezialisierten Bosch-Werk gekämpft (siehe Beitrag im SB 02/2022).

Aber nicht nur wegen der Arbeitsplätze ist die Mobilitätswende ein Thema mit Spaltungspotenzial. Der motorisierte Individualverkehr gilt in Deutschland immer noch als Garant für Freiheit und Unabhängigkeit, genauso wie die Möglichkeit, mit 200 km/h über die Autobahn zu rasen und fürs Wochenende durch Europa zu fliegen. Und auf dem Land fehlt es schlichtweg an Alternativen zum eigenen PKW. Der Verkehr ist ein sensibles Thema, das haben auch die Aktivist:innen der "Letzten Generation" erkannt. Genau deswegen kleben sie sich mit ihren Händen auf die Straßen, Autos oder Flughafenterminals – auch wenn es ihnen nicht nur um die Mobilitätswende, sondern um unzureichende Klimaschutzmaßnahmen in allen Sektoren geht. Selten gab es so viel Aufmerksamkeit für eine Protestform. Der Aufschrei, wenn der motorisierte Individualverkehr eingeschränkt oder unterbrochen werden soll, ist aber nicht nur angesichts der Letzten Generation groß. Auch bei der Entstehung

von Fußgängerzonen (seit nunmehr 60 Jahren) und bei Kampagnen für autofreie Kieze oder die Superblocks in Barcelona gab es enorme Widerstände aus Politik und Bevölkerung. Bei überfüllten Autobahnen und Fernstraßen ist es noch immer eine gängige Forderung und Maßnahme, neue Autobahnen zu bauen oder bestehende um weitere Spuren zu erweitern.

Dabei sollte eines doch mittlerweile klar sein: *One more lane will not fix it*. Wenn wir Autoinfrastruktur ausbauen, ernten wir letztlich mehr Autos. Bauen wir stattdessen die Fahrradinfrastruktur und den ÖPNV aus, werden wir mehr öffentlichen und nichtmotorisierten Verkehr bekommen. Diese zweite Möglichkeit durchzusetzen, wird auch in Zukunft nicht ohne eine lebendige und vielfältige Mobilitätswendebewegung gelingen.



CC BY 2.0 by Chis Yazab



[www.sfv.de/ohne-klimabewegung-keine-mobilitaetswende](http://www.sfv.de/ohne-klimabewegung-keine-mobilitaetswende)

## Tempolimit Marke "Do-It-Yourself"



Am Samstag, 1. Oktober, haben Aktivist:innen der „Letzten Generation“ auf der Autobahn A2 zwischen Braunschweig und Magdeburg für Aufsehen gesorgt, indem sie mit der vernünftigen Geschwindigkeit von 100 km/h fuhren, und zwar auf allen verfügbaren Fahrspuren. Die Aktion geht auf eine Idee des SFV-Ehrenvorsitzenden Wolf von Fabeck zurück.

Auf den Autos angebrachte Schilder zeigten die Forderung, dass dieses Tempo, 100 km/h, auf Autobahnen allgemeingültige Regel werden soll. Nach einer Stunde, gegen 12 Uhr,

stoppte die Polizei die Aktion und eskortierte die beteiligten Autos zurück nach Braunschweig.

Markus Ott, Sprecher der Gruppe, erklärte: „Wir können nicht tatenlos an der Seitenlinie stehen, während die Regierung uns mit Vollgas in eine unkontrollierbare Klimakatastrophe steuert. Das Tempolimit ist längst überfällig, es schützt nicht nur sehr effektiv vor Unfällen und hohen Tankrechnungen, sondern trägt auch zum Schutz vor fossilen Autokraten und vor einer Klimakatastrophe

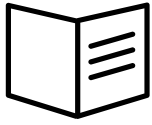


bei. [...] da Herr Wissing sich weigert, diesen Schutz zu geben, stehen wir in der Verantwortung, das selbst zu tun.“

Diese Wahrheiten sind kaum zu bestreiten. Aber in den „sozialen Netzwerken“ wurde die Tempo-100-Aktion u.a. als „kriminell“ bezeichnet, für die Beteiligten „Fahrverbot bis ans Ende aller Tage“ gefordert oder gar: „ihr solltet alle weg gesperrt werden“. Es wäre vermutlich besser, solche Erregung auf das Problem der Klimakatastrophe zu richten, als auf die Versuche, sie einzudämmen.

**Mehr Infos zur Aktion unter:**

<https://braunschweig-spiegel.de/letzte-generation-setzt-auf-der-a2-selbst-das-tempo-limit-um/>



# Haben Sie schon mal ein Klimabuch gelesen?

Buchtipps — Welche Bücher liest die Solarbrief-Redaktion gerade?



## Ende des Kapitalismus

– Ulrike Herrmann

Ulrike Herrmann zeigt, dass Wachstum und Klimaschutz nicht zusammen passen. Selbst grünes Wachstum ist eine Illusion. Im Schrumpfen des Konsums liegt unsere Chance.

Tipp von: Susanne Jung  
Kiepenheuer&Witsch, 2022,  
352 Seiten, 24,00 €.



## Geflochtenes Süßgras.

– Robin Wall Kimmerer

Die Biologin und Indigene vom Stamm der Potawatomi lässt uns teilhaben an ihrem Blick auf die Welt und die Rolle der Pflanzen. Würden wir alle so mit unserer Erde umgehen, gäbe es den Klimawandel vermutlich nicht.

Tipp von: Kyra Schäfer  
Aufbau Verlag, 2021  
461 Seiten, 26,00 €

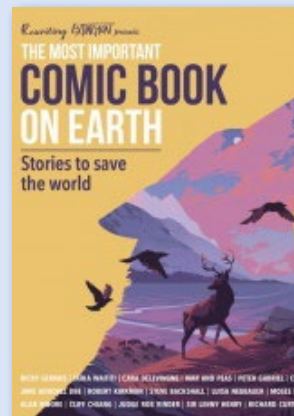


## Die Macchiavellis der Wissenschaft

– N. Oreskes & E. M. Conway

Wie die Leugner-Lobby es geschafft hat, politisches Handeln gegen die Klimakatastrophe zu verhindern: Auch nach zwölf Jahren ist diese wissenschaftsgeschichtliche Analyse von brennender Aktualität.

Tipp von: Rüdiger Haude  
Wiley-VCH, Weinheim 2014  
280 Seiten, 24,90 €.



## The most important Comic Book on Earth

Unterstützt von Stars wie Cara Delevingne oder Peter Gabriel, haben über hundert namhafte Zeichner:innen einen grandiosen Comic-Band zum Artensterben, zur Klimakatastrophe, zu Ursachen und Lösungsideen zusammengestellt. Beeindruckend!

Tipp von: Rüdiger Haude  
Dorling Kindersley Verlag, 2021,  
352 Seiten, ca.20 €

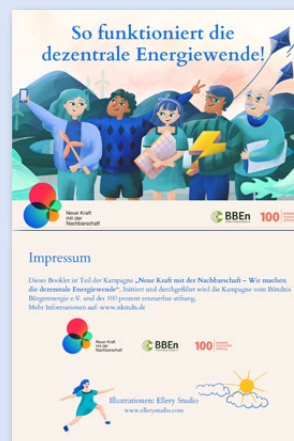


## Atlas der Globalisierung - "Ungleiche Welt"

– Stefani Mahlke (Hrsg.), Adolf Buitenhuis

Diverse Autor:innen schreiben kurze Artikel zu unserer globalisierten Welt. Der Schwerpunkt Ungleichheit behandelt die Klimakrise, ungelöste Konflikte, Finanzen, Ressourcenverbrauch, Gesundheitspolitiken und Ernährung.

Le Monde diplomatique, 2022,  
161 Seiten, 22,00 €



## So funktioniert die dezentrale Energiewende

– Bündnis Bürgerenergie

Auf nur 14 Seiten lernen wir die 100% erneuerbare und dezentrale Energiewende kennen. Wie sie funktionieren kann, welche politischen Rahmenbedingungen es braucht und warum wir alle was davon haben.

[https://www.buendnis-buergerenergie.de/fileadmin/user\\_upload/Booklet\\_So-funktioniert-die-dezentrale-Energiewende.pdf](https://www.buendnis-buergerenergie.de/fileadmin/user_upload/Booklet_So-funktioniert-die-dezentrale-Energiewende.pdf)

# Doppelsieg für das Aachener Team Sonnenwagen

— Rüdiger Haude

Am 17. und 18. September 2022 fand in Zolder (Belgien) die „iLumen European Solar Challenge“ statt, ein Rennen solarbetriebener Straßenfahrzeuge. Es handelt sich um ein 24-Stunden-Rennen: Wer in dieser Zeit die meisten Runden auf dem Rennparcours „Circuit Zolder“ zurücklegen kann, erringt den Siegespokal. Die Fahrzeuge haben eine kleine Batterie an Bord, um den Stromverbrauch zu glätten; in der Nacht darf diese Batterie maximal zweimal mit externem Strom aufgeladen werden.

Das „Team Sonnenwagen Aachen“ war in diesem Jahr mit zwei Fahrzeugen dabei: dem Covestro Sonnenwagen von 2019, und dem Covestro Photon von 2021. Das Team besteht aus rund 50 Studierenden der RWTH Aachen und der FH Aachen. Wir hatten die jungen Leute im Juli gewinnen können, ihren Photon anlässlich des Besuchs des „Solar Butterfly“ in Aachen auszustellen. Es ist ein aerodynamisch ausgefeilter asymmetrischer Katamaran auf drei Rädern, mit 4 m<sup>2</sup> PV-Zellen neben dem engen Cockpit. Er kann eine Spitzengeschwindigkeit von 120 km/h erreichen.

In Zolder errang der Photon unter schwierigen Bedingungen – es war fast die ganze Zeit regnerisch – den Titel, gefolgt vom Sonnenwagen auf dem zweiten Platz. Das ältere Modell schaffte in den 24

Stunden 258 Runden. Das entspricht einer Strecke von 1032 Kilometern. Der Photon brachte es auf 285 Runden: 1140 Kilometer. Wir gratulieren unseren Aachener Nachbar:innen und Sonnen-Kolleg:innen herzlich zu diesem Doppel-Erfolg und drücken die Daumen für die 2023 wieder stattfindende „World Solar Challenge“ durch das australische Outback – dann mit einem neuen Wagen, dem vierten des Teams.



Abb 1 — Jubel und Erleichterung bei der Siegesfeier der iLumen European Solar Challenge.



[www.sfv.de/doppelsieg\\_team\\_sonnenwagen](http://www.sfv.de/doppelsieg_team_sonnenwagen)



[www.sonnenwagen.org/news/european-champions-and-vice-european-champions](http://www.sonnenwagen.org/news/european-champions-and-vice-european-champions)



Abb 3 — Der Photon ist mit 4m<sup>2</sup> Solarzellen und einer 6 kWh Batterie ausgestattet. Mit seinen 190 kg Gesamtgewicht kommt er so auf maximal 120 km/h.



Abb 2 — Der Covestro Photon brachte es in 24h auf 285 Runden: umgerechnet 1140 Kilometer.



**b**

beratung



# 5 Fragen zur Energiepreisbildung

—Tobias Otto

## 1. Wie entstehen Strompreise an der Börse?

Der Strompreis an der Strombörse entsteht europaweit nach dem gleichen Prinzip. Die Kraftwerke werden anhand ihrer Grenzkosten aufsteigend angeordnet, also den Kosten, die pro Megawattstunde entstehen, um kostendeckend zu arbeiten. Kraftwerke mit niedrigen Grenzkosten kommen somit zuerst zum Zuge. Diese Einsatzreihenfolge wird Merit-Order genannt.

Abhängig von der Nachfrage der Stromhändler und dem Stromangebot der Kraftwerksbetreiber ergibt sich ein "Markträumungspreis". Das letzte Kraftwerk, welches noch einen Zuschlag erhält (das sogenannte "Grenzkraftwerk"), bestimmt den Markträumungspreis. Alle anderen bezuschlagten Kraftwerke erhalten ebenfalls diesen Marktpreis und können somit einen Gewinn erwirtschaften.

## 2. Was ist der Merit-Order-Effekt?

Er bezeichnet das Verschieben der Einsatzreihenfolge durch den steigenden Anteil an Erneuerbaren Energien. Die Grenzkosten für Windkraft- und PV-Anlagen sind sehr niedrig, die Investitionskosten werden in den Grenzkosten nämlich nicht berücksichtigt.

Somit steht Strom aus Erneuerbaren in der Merit Order immer an erster Stelle. Dadurch erhalten teurere Kraftwerke am Ende der Merit-Order keinen Zuschlag. Ist ein geringes Angebot an Erneuerbarem Strom am Markt, können so im Umkehrschluss auch kurzfristig relativ hohe Strompreise entstehen.

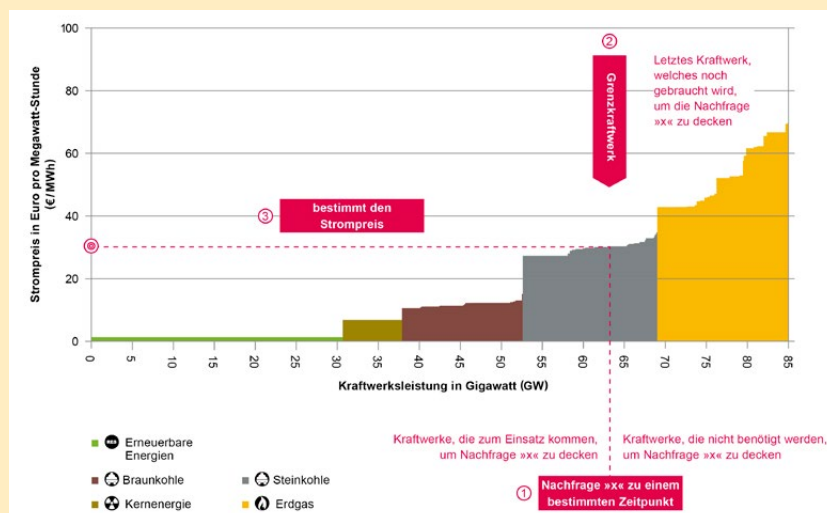


Abb 1 — Der Merit-Order im Jahr 2020. Wie Angebot und Nachfrage den Strompreis bestimmen. Quelle: Öko-Institut e.V., <https://flic.kr/p/24u1nLR>, Lizenz CC BY-SA 2.0 •



[www.sfv.de/5-fragen-zur-energiepreisbildung](http://www.sfv.de/5-fragen-zur-energiepreisbildung)





### **3. Wieso ist der Strompreis in letzter Zeit so stark gestiegen und was hat das mit Gas zu tun?**

Zur Stromerzeugung werden auch Gaskraftwerke eingesetzt. Sie haben den Vorteil, dass sie schnell und flexibel regelbar sind und auch kurzfristig Leistung zur Verfügung stellen können. Schon vor der aktuellen Krise zählten sie zu den teuersten Kraftwerken, und die stark gestiegenen Gaspreise führen zu noch höheren Grenzkosten. Erhält ein Gaskraftwerk den Zuschlag, wird dieser hohe Preis an alle Kraftwerke in der Merit-Order ausgezahlt. So können auch Vermarkter von Erneuerbarem Strom aktuell hohe Gewinne einfahren.

### **4. Welche Faktoren spielen noch in den aktuell hohen Strompreis ein?**

In Frankreich stehen wegen technischer Probleme und Wartungsarbeiten viele Atomkraftwerke still. Einige Flüsse hatten in den Sommermonaten Wassermangel, Kraftwerke konnten nicht gekühlt und Kohle nicht transportiert werden. Deutschland exportiert deshalb viel Strom nach Frankreich, was auch hier in Deutschland das Angebot verknappt und sich somit in steigenden Börsenstrompreisen niederschlägt. Aufgrund des Strommarktdesigns mit Merit-Order sorgt ein hoher Anteil an Erneuerbaren Energien in der aktuellen Krisenlage nicht zwingend für einen niedrigen Börsenstrompreis, da das teuerste Grenzkraftwerk immer noch den Marktpreis für alle bestimmt.

### **5. Können auch private PV-Anlagenbesitzer:innen von den hohen Börsenpreisen profitieren?**

Nein, nicht direkt. Sie erhalten die EEG-Einspeisevergütung, die aber bei neuen Anlagen deutlich unter dem Börsenstrompreis liegt. Der Strom aus diesen Anlagen wird von den vier deutschen Übertragungsnetzbetreibern an der Börse vermarktet. Die erzielten Gewinne werden auf dem EEG-Konto eingezahlt, welches zur Finanzierung der Einspeisevergütungen dient. Für das Jahr 2023 wird dadurch mit einem Überschuss von ca. 3,6 Mrd. € gerechnet. Etwaige Fehlbeträge werden durch den Bundeshaushalt ausgeglichen. Aber was mit den erwarteten Überschüssen passieren soll, ist bisher nicht klar.

Strom aus PV-Anlagen mit mehr als 100 kW Leistung muss an der Börse direkt vermarktet werden. Nur diese können also von den aktuellen hohen Strompreisen profitieren. Kleine Anlagen könnten dies über ein Direktvermarktungsunternehmen theoretisch ebenfalls, jedoch sind die Kosten für Vertrag und die vorgeschriebene Mess- und Steuerungseinrichtung so hoch, dass sich eine Umrüstung wirtschaftlich nicht lohnt. Der Vertrag mit einem Direktvermarkter schlägt z.B. mit mindestens 150 €/Monat zu Buche und viele Anbieter nehmen kleine Anlagen gar nicht erst unter Vertrag.

Für Ü20-PV-Anlagen, die keine EEG-Einspeisevergütung mehr erhalten, wird bis 2027 als Sonderlösung der "Jahresmarktwert Solar" ausgezahlt, welcher sich am Börsenstrompreis orientiert.



# Beratung kompakt

## Ausbildungsoffensiven zur Beschleunigung des Photovoltaik- Ausbaus

— *Taalke Wolf.*

Die Handwerksfirmen ächzen unter den stetigen Anfragen zur Planung und Bau von Photovoltaik-Anlagen. Wartezeiten von mehreren Monaten sind aktuell normal. Um dem entgegenzuwirken, haben sich einige Initiativen und Firmen auf den Weg gemacht, um schnell neue Fachleute für den brummenden Solarmarkt auszubilden. Ein Überblick:

**Schulungszentrum im Industriepark Phillipsburg:** Im sogenannten "Solarteuer Camp Rhein-Neckar" lernen angehende Monteure von Photovoltaik-Anlagen in zwei Monaten alle wichtigen Schritte, die es zur Montage von Solaranlagen braucht. Auf einem Übungsdach in drei Meter Höhe wird in Teams das Einschrauben des Dachhakens, die Montage der Unterkonstruktion bis hin zum Verlegen der Kabel und dem Vermessen der Kenngrößen bei der Inbetriebnahme geübt. Betrieben wird diese Schnell-Ausbildung von der Firma Wirsol Roof Solutions, die die ausgebildeten Monteure zur Installation ihrer eigenen Anlagen einsetzt.

**Sommercamp Energiewende JETZT!** Nach dem Motto "Deine Zukunft: Geld verdienen, Klima retten, Putin ärgern!" organisierte die Fridays for Future Ortsgruppe Braunschweig zusammen mit der regionalen Energie- und Klimaschutzagentur reka ein 14-tägiges Energiewendecamp zur Ausbildung von Photovoltaik-Hilfskräften. Nach ersten praktischen Erfahrungen auf dem Testgelände geht es in der zweiten Woche auf eine Baustelle, um das Erlernte zu vertiefen. Der Kurs endet mit einem Zertifikat als "Elektrotechnisch unterwiesene Person", womit die Teilnehmenden als Hilfskräfte für Solarbetriebe arbeiten können. Das Besondere an diesem Konzept: Besonders junge Menschen werden so zu einer Beschäftigung in der Solarbranche motiviert. Die Kosten können solidarisch umverteilt werden. Nach diesem erfolgreichen Testlauf sollen im nächsten Jahr weitere Camps in verschiedenen Städten Deutschlands angeboten werden.

**Selbstbaugemeinschaften:** Ein weiterer Ansatz zur Beschleunigung des PV-Ausbaus sind PV-Selbstbaugemeinschaften. Um Handwerks-



**Abb 1** — Die Teilnehmenden des Sommercamps "Energiewende jetzt!" sitzen auf den Übungsdächern mit der eigens installierten Solaranlage. Foto: Energiecamp/Solarcamp •

betriebe zu entlasten, schließen sich lokale Gruppen zusammen und bauen einen Teil der PV-Anlage selbst, unter fachkundiger Anleitung erfahrener Personen. In Betrieb genommen wird die Anlage dann von einem lokalen Solar-Installateurbetrieb. Als Vorbild dienen hier oftmals die schon langjährig erprobten Selbstbaugemeinschaften aus der Schweiz (vgl. Solarbrief 3/2021, S. 62-66). Auch in Deutschland soll ein solches Netzwerk nun ausgebaut werden: So arbeiten die Kasseler Selbstbaugemeinschaft "Solocal Energy" zusammen mit der Bremer Initiative SolidarStrom aktuell daran, das Schweizer Handbuch auf den deutschen Kontext anzupassen und eine Webseite zur Vernetzung zu erstellen.

[www.sfv.de/  
ausbildungsoffensiven-  
fuer-photovoltaik-  
ausbau](http://www.sfv.de/ausbildungsoffensiven-fuer-photovoltaik-ausbau)



**Taalke Wolf**

*hat einen Master  
in Erneuerbaren  
Energien. Beim SFV  
koordiniert sie die  
Packsdrauf-Kam-  
pagne und unterstützt  
bei der Solaranlagen-  
beratung.*

## Abstände für PV-Anlagen auf Reihenhäusern: Bauministerkonferenz beschließt Änderung der Musterbauordnung

— Taalke Wolf.

Wer in einem Reihenhause wohnt, wird sich dieses Themas wahrscheinlich bewusst sein: In vielen Ländern gelten Abstandsvorschriften für die Installation von PV-Anlagen auf Reihenhäusern. Grund dafür ist angeblich der Brandschutz. Die geltenden Abstände werden in der Landesbauordnung (LBO) des jeweiligen Landes festgehalten. Viele Länder orientieren sich hierbei an der Musterbauordnung (MBO). Ende September wurde diese von der Bauministerkonferenz überarbeitet.

Dabei wurde der für Dächer zuständige § 32 so geändert, dass die Abstände zu benachbarten Bauten unabhängig vom Modultyp gelten. Zuvor wurde hier zwischen "brennbaren" (Glas-Folien-) und "nicht brennbaren" (Glas-Glas-) Modulen unterschieden und ein Abstand von 1,25 m bzw. 0,5 m eingefordert.

Nach der neuen Überarbeitung ist nun für Anlagen kein Abstand gefordert, die nach Punkt § 32 (5) 1b "durch die Wände [Brandwände und Wände, die anstelle von Brandwänden zulässig sind] gegen Brandübertragung geschützt sind". Ein Abstand von 0,5 m wird gefordert für "Solaranlagen, die mit max. 30 cm Höhe über der Dachhaut installiert oder im Dach integriert sind", wenn sie nicht



durch solche Wände geschützt sind. Für alle weiteren Anlagen gilt weiterhin eine Abstandspflicht von 1,25 m.

Vor Ort gelten diese Neuerungen erst, wenn die Landesbauordnungen entsprechend angepasst werden. Es gibt aber bereits Länder, die mit bestem Beispiel vorangehen: in Baden-Württemberg beispielsweise sind keine Abstandsgebote in Kraft. Der entsprechende § 9 "Dächer" definiert in diesem Falle Anlagen zur photovoltaischen oder thermischen Solarnutzung nicht als Dachaufbauten, die Abstände einhalten müssen.

[www.sfv.de/abstaende-fuer-pv-anlagen-auf-reihenhaeusern](http://www.sfv.de/abstaende-fuer-pv-anlagen-auf-reihenhaeusern)



## 600 Watt-Grenze bei Steckersolar

— Susanne Jung

Einige Netzbetreiber vertreten die Ansicht, dass die 600 W Peak-Bagatellgrenze beim Anschluss von Balkon-Solaranlagen in Mehrfamilienhäusern (MFH) pro Hausanschluss und nicht pro Wohneinheit gilt. Wäre das so, könnten im MFH nur ein bis zwei Mieter Balkonsolar über vereinfachte Anmeldeeregeln nutzen. Ein echtes Ärgernis.

Wir haben recherchiert. In der VDE-Anwendungsrichtlinie N 4105 "Erzeugungsanlagen am Niederspannungsnetz" gibt es in Kapitel 5 "Netzanschluss" zu dieser Frage eine eindeutige Antwort: Man erfährt, dass eine steckerfertige Erzeugungsanlage, die über das Hausnetz mit dem öffentlichen Stromnetz verbunden ist, je "Anschlussnutzeranlage" jeweils eine Größe von maximal 600 W betragen darf. Als "Anschlussnutzeranlage" gilt laut Norm die "Gesamtheit aller elektrischen Betriebsmittel hinter der Messeinrichtung zur Entnahme oder Einspeisung von elektrischer Energie." Da jede Wohnung in aller Regel über eine eigene Messeinrichtung zur Erfassung des Strombezugs verfügt, dürfen 600 W Peak pro Wohnung und nicht pro Hausanschluss angeschlossen werden.



— Foto: Ronald Biallas

Unabhängig von dieser erfreulichen Klärung vertreten wir weiterhin die Auffassung, dass diese "Bagatellgrenze" problemlos auf 800 W Peak pro Wohneinheit angehoben werden kann und sollte. Dass diese Regelung in naher Zukunft angepasst wird, ist leider aktuell nicht absehbar.

[www.sfv.de/600-watt-grenze-bei-steckersolar](http://www.sfv.de/600-watt-grenze-bei-steckersolar)



# PV-Steuer Geschenk der Regierung

— Susanne Jung

*Am 14.10. hat der Bundestag in der ersten Lesung zum Jahressteuergesetz 2022 umfassende Steuererleichterungen für Photovoltaik angekündigt. Seitdem stehen bei uns in der Bundesgeschäftsstelle die Telefone kaum mehr still. Um was geht es?*

## Keine Einkommensteuerpflicht bis 30 kW

Durch die Änderung im Einkommensteuergesetz (§ 3 "Steuerfreie Einnahmen") will man PV-Anlagen bis 30 kWp von der Steuerpflicht befreien – und zwar unabhängig von der Verwendung des erzeugten Stroms. Sowohl der geldwerte Vorteil der solaren Eigenversorgung als auch die Einnahmen aus der Einspeisevergütung müssen nicht mehr in der Jahressteuererklärung ausgewiesen werden. Die Ermittlung des Gewinns fällt weg und die Anlage EÜR der Steuererklärung muss nicht mehr ausgefüllt werden. Alle Aufwendungen (einschließlich der Möglichkeiten zur 20-jährigen Abschreibung nach AfA) werden einkommensteuerrechtlich unbeachtlich. Das Betreiben einer Solarstromanlage gilt als Liebhaberei, als Hobby.

Die Steuerbefreiung soll pro Steuerpflichtigen auch für den Betrieb von mehreren Anlagen bis zu einer maximalen Größe von 100 kWp gelten. Ebenso sollen PV-Anlagenbetreiber:innen in Mehrfamilienhäusern von dieser steuerlichen Vereinfachung profitieren. In Gebäuden, die überwiegend zu Wohnzwecken genutzt werden, sollen pro Wohn- und Gewerbeinheit 15 kWp steuerfrei betrieben werden können. Das ist ein Vorteil für Vermieter, Wohnungseigentümergeinschaften und Genossenschaften.

Die neue Regel soll auch für solche PV-Anlagen gelten, die vor dem 1.1.2023 in Betrieb gesetzt wurden. Dabei sollen die Besteuerungsgrundsätze für alle vorangegangenen Jahre – also auch für 2022 – beibehalten werden. Erst im Steuerjahr 2023 fallen alle PV-Anlagen aus der Steuerpflicht.

## Wegfall der Mehrwertsteuer

Darüber hinaus gibt es ein Mehrwertsteuer-Geschenk. Für PV-Anlagen plus Speicher – ebenfalls bis maximal 30 kWp – soll die Mehrwertsteuer komplett gestrichen werden. Auch diese Regelung soll ab 1.1.2023 gelten.

Seit Bekanntgabe dieser Planungen kommen bei uns viele Fragen an: Kann die Mehrwertsteuerbefreiung auch dann in Anspruch genommen werden, wenn die Anlage in 2022 bestellt wurde? Wie wirken sich Teillieferungen und Vorkasse auf das MWSt-Geschenk aus? Welches Datum wird entscheidend sein

– das der Auftragsvergabe, der Inbetriebsetzung der Anlage, der Rechnungsstellung, oder der Tag, an dem die Anlage vollständig bezahlt und installiert ist? Und was ist mit Speichern und Repowering? Wenn die bestehende Solaranlage im Jahr 2023 um einen Speicher nachgerüstet oder repowert wird, besteht auch dann der Anspruch um MWSt-Entlastung?

Wir haben im Bundeswirtschaftsministerium nachgefragt und folgende Antwort bekommen:

*Entscheidend ist grundsätzlich, wann eine Ware geliefert oder eine Dienstleistung vollständig erbracht ist. Ob eine Anzahlung erfolgt ist, ist für die Höhe der Umsatzsteuer nicht entscheidend. Lieferungen sind erst mit der Verschaffung der Verfügungsmacht ausgeführt.*

*Bei Teillieferungen kommt es darauf an, wann die PV-Anlagen vollständig an den Investor geliefert werden und wie der Vertrag gestaltet ist. Sonstige Leistungen (Handwerker montiert/installiert die Anlage) gelten mit dem Zeitpunkt ihrer Vollendung/Fertigstellung der Anlage als ausgeführt. Erst mit Übergabe und Abnahme der Gesamtanlage ist die Leistung erbracht.*

*Die Steuer ermäßigt sich auf 0 Prozent für die Lieferungen von Solarmodulen an den Betreiber einer Photovoltaikanlage, einschließlich der für den Betrieb einer Photovoltaikanlage wesentlichen Komponenten und der Speicher, die dazu dienen, den mit Solarmodulen erzeugten Strom zu speichern. Die Steuerermäßigung umfasst auch Stromspeicher, mit denen der von der Photovoltaikanlage erzeugte Strom gespeichert werden soll. Repowering-Maßnahmen sind dann begünstigt, wenn Solarmodule oder deren wesentliche Komponenten ersetzt werden.*

Diese Antwort bringt Licht ins Steuer-Wirrwarr. Dennoch bleiben Sorgen. Viele wollten sich dieses Steuer Geschenk nicht entgehen lassen. So klagten die Solarinstallateure, dass nach Bekanntgabe der geplanten Änderungen Aufträge für 2022 storniert wurden. Kein gutes Signal in einem gestressten Markt.

Außerdem wurde die Besorgnis laut, dass Preiserhöhungen das Mehrwertsteuer-Geschenk rasch wieder aufsaugen werden. Denn Unternehmen, so bestätigte uns auch das BMWK, "sind grundsätzlich nicht verpflichtet, den niedrigeren Preis an die InvestorInnen weiterzugeben." Für alle, die bereits 2022 mit einer Solaranlage geliebäugelt und erste Angebote eingeholt haben, ist es leicht – sie können vergleichen, was das neue Steuerjahr 2023 für Preise bietet. Für die Neulinge im PV-Bereich heißt es Daumendrücken, dass die Installateure und Zulieferer nicht die stillen Profiteure werden.

Zwar war das Jahressteuergesetz 2023 zum Redaktionsschluss des Solarbriefs noch nicht vollständig beschlossen. Sein Inkrafttreten scheint dennoch nur eine parlamentarische Formalität, da sowohl das Bundeswirtschafts-, das Bundesfinanzministerium als auch der Bundesrat den geplanten Änderungen bereits zugestimmt haben.



[www.sfv.de/photovoltaik-steuer-geschenk-der-bundesregierung](http://www.sfv.de/photovoltaik-steuer-geschenk-der-bundesregierung)

# Packsdrauf - wie Solarpartys die Nachbarschaft zusammenbringen



— Taalke Wolf

Dass Solarstrom vom eigenen Dach oder Balkon nicht nur etwas für Technik-Profis ist, bekommen immer mehr Menschen mit. Doch vielen fehlt noch die wichtige Erstinformation, um eine Solaranlage zu beauftragen. Deshalb haben wir Anfang des Jahres »packsdrauf«-Kampagne ins Leben gerufen. Im letzten Heft haben wir diese Idee bereits vorgestellt. Auf nachbarschaftlichen Solarpartys kommen Solar-Botschafter:innen und Solaranlagenbesitzer:innen zusammen und stellen der Nachbarschaft die Energiegewinnung vom Dach vor. Wo stehen wir jetzt?

## packsdrauf trifft auf viel Begeisterung

Das Interesse an Solarpartys ist riesig. Seit Juli 2022 konnten wir in unseren Fortbildungen über 100 Solar-Botschafter:innen ausbilden. Über 42 Solarpartys haben bereits stattgefunden und dabei weit über 1100 Gäste zum Thema Solarenergie informiert. Aufgrund der enormen Nachfrage boten viele Botschafter:innen nach der ersten Party direkt einen Folgetermin an, um noch mehr Menschen die Möglichkeit zur Teilnahme zu ermöglichen. Von Lüneburg über Wolfenbüttel, Aachen, Wuppertal, Nürnberg bis Germering.. In vielen Städten gibt es bereits Botschafter:innen, die Gastgeber:innen bei ihren Solarpartys unterstützen. Jetzt brauchen wir viele weitere Gastgeber:innen und Gäste, die gemeinsam Solarpartys in Ihren Städten planen.

## Gastgeber, Botschafterinnen und Gäste gesucht!

Viel ist noch nicht gut genug - um die Energiewende zu schaffen müssen wir jetzt richtig ran. Auch im Winter wollen wir deshalb viele Solarpartys feiern. Dafür suchen wir weiterhin Interessierte, die Lust haben, sich als Solar-Botschafter:innen fortbilden zu lassen und mit ihrem Wissen zur Verfügung zu stehen (Schulungstermine

stehen auf der Homepage [www.packsdrauf.solar](http://www.packsdrauf.solar)). Ebenso werden Gastgeber:innen und Gäste gesucht, die eine Solarparty planen. Über die Postleitzahlensuche auf der Packsdrauf-Homepage können Botschafter:innen angefragt und gemeinsame Partys geplant werden. Mach mit - der Bedarf nach Informationen ist hoch und viele Menschen warten noch auf eine Einladung zur Solarparty!

## 2023 legen wir den Turbo ein

Nach den ersten Testläufen und Optimierung der Webseite ist 2023 das Jahr der bundesweiten Verbreitung. In möglichst vielen Städten sollen Botschafter:innen und Gastgeber:innen Solarpartys zusammen durchführen. Dafür setzen wir auch auf die Unterstützung der jeweiligen Kommunen. Denn am Ende profitieren wir alle von dem Ausbau der Solarenergie durch die nachbarschaftlichen Erstberatung!



[www.sfv.de/packsdrauf-wie-solarpartys-die-nachbarschaft-zusammenbringen](http://www.sfv.de/packsdrauf-wie-solarpartys-die-nachbarschaft-zusammenbringen)

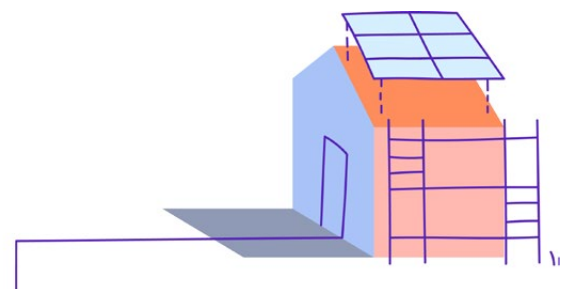


Abb 1 bis 3 — Solarpartys in Osnabrück, Beckum und Kassel. Insgesamt haben bereits 42 Solarpartys stattgefunden, 118 Botschafter:innen wurden in 12 Fortbildungen ausgebildet und über 1100 Gäste haben teilgenommen. •

# 350€ CO<sub>2</sub>-Bonus für Ihr E-Auto? Ja? nein? Jein!

—Kyra Schäfer & Rüdiger Haude

Vor ein paar Monaten kontaktierten uns gleich mehrere SFV-Mitglieder mit derselben Frage: In ihrem Briefkasten fanden Sie ein Schreiben der HUK Coburg, welches Elektroauto-Besitzer:innen aufforderte, sich für das e-Auto einen CO<sub>2</sub>-Bonus von 300-350 EUR zu sichern. Genau genommen über einen Vertragspartner der Versicherungsgesellschaft. "Jetzt mit dem e-Auto Geld verdienen" so wurde die Treibhausgasprämie auf einem der Flyer beworben, – und das Beste: den Bonus gibt es jedes Jahr aufs Neue.

## Was steckt hinter diesem CO<sub>2</sub>-Bonus?

Recherchiert man auf der Seite des Kooperationspartners (co2.auto GmbH), findet man Antworten. Dort steht: "Manche Unternehmen sind gesetzlich dazu verpflichtet, die Emissionen der von ihnen verkauften fossilen Treibstoffe zu reduzieren. Um wieviel genau, ist durch die Treibhausgasminderungsquote oder THG-Quote festgelegt." [1]

Abb 1 — Werbung für die THG-Quote an ein SFV Mitglied •



**So sichern Sie sich Ihren CO<sub>2</sub>-Bonus in Höhe von 350 Euro**

- Sie fahren eines bzw. mehrere reine E-Autos oder andere elektrisch betriebene Fahrzeuge mit Straßenzulassung. Hinweis: Plug-in-Hybride können leider nicht berücksichtigt werden.
- Das E-Auto ist auf Sie oder Ihre Firma zugelassen und Ihnen liegen die Fahrzeugpapiere vor.

- Scannen Sie bitte den QR-Code auf dem Anschreiben und klicken Sie auf „CO<sub>2</sub>-Bonus sichern“
- Geben Sie anschließend Ihren Namen sowie Ihre Anschrift und Kontaktdaten an
- Nach Hochladen und Angabe der Fahrzeugdaten kann man den CO<sub>2</sub>-Bonus bei unserem Kooperationspartner co2.auto GmbH beantragen
- Nach erfolgreicher Prüfung des Umweltbundesamtes wird Ihr Geld überwiesen

**Jetzt mit dem E-Auto Geld verdienen**

CO<sub>2</sub>-BONUS IN HÖHE VON 350 EURO SICHERN

Vertragspartner ist die co2.auto GmbH, Rosenheimer Straße 145d, 81671 München, vermittelt durch die HUK-COBURG Digitale Services GmbH, Bahnhofplatz, 96450 Coburg, einer Gesellschaft der HUK-COBURG-Versicherungsgruppe

Genau genommen ist die THG-Quote verordnet worden, um die im Verkehr entstandenen CO<sub>2</sub> Emissionen zu reduzieren. Da Mineralölkonzerne über den Verkauf fossiler Kraftstoffe die größten CO<sub>2</sub>-Emissionen in diesem Sektor verursachen, müssen sie nun jedes Jahr ihre Emissionen prozentual mindern. Laut Verordnung stehen den Unternehmen dafür verschiedene Optionen zur Verfügung: Sie können ihren Treibstoffen zum Beispiel Biofuels beimischen oder in sogenannte elektrisch basierte Antriebe investieren (Grüner Wasserstoff). Oder aber – und hier kommen Sie ins Spiel – die Konzerne erkaufen sich die CO<sub>2</sub>-Einsparung, die bereits von Dritten im Verkehr geleistet wurde. Während die Mineralölkonzerne in den ersten Jahren ihre Quote hauptsächlich durch Beimischung von Biokraftstoffen erreichen konnten, sind sie nun dazu verpflichtet, Wasserstoff oder Elektromobilität im Verkehrssektor zu fördern. Erreichen die Unternehmen die Quote nicht, drohen Strafzahlungen. 2022 betrug die Pönale 600€ pro Tonne CO<sub>2</sub>, immerhin der 20-fache CO<sub>2</sub>-Preis.

Neu ist, dass seit 2022 auch "Betreiber eines Ladepunktes" (dazu gehören auch Elektroautobesitzer:innen) an diesem Quotenhandel teilhaben können: E-Auto-Fahrer können ihre CO<sub>2</sub>-Einsparungen an die quotenpflichtigen Unternehmen verkaufen, damit diese ihre Pflicht erfüllen, heißt es weiter [2]. In dem Bereich der Quoteneinhaltung per Kompensation hat sich durch die neue Verordnung ein neuer Markt gebildet, aus Mineralölkonzernen, Privatpersonen und Quotenhändlern. Letztere übernehmen die Kommunikation mit e-Auto-Eigentümer:innen und den Verkauf der Zertifikate an die Mineralölkonzerne. Der Bonus für ein angerechnetes e-Auto liegt zwischen 300 und 400 Euro.

## Das Problem

Genau an dieser Stelle liegt der Hund begraben und beschreibt gleichzeitig eine ziemlich fragwürdige Praxis. Denn sobald Mineralölkonzerne im Stande sind, sich ihre Emissionsminderung bei Privathaushalten abzukaufen, die bereits in ein Elektroauto (nicht selten aus Klimaschutzgründen) investiert haben, werden sie die Emissionen, die sie wirklich im Verkehrssektor verursachen, nicht reduzieren. Das Unternehmen erfüllt dann die Quote, allerdings nicht durch neue, emissionsmindernde Maßnahmen im Verkehr, sondern durch bereits existierende. Und e-Auto-Besitzer:innen treten Ihre CO<sub>2</sub>-Ersparnisse an BP, Shell oder Total ab, welche dann das Recht erhalten, weiter fossile Kraftstoffe in Verkehr zu bringen – der Anteil nachhaltigerer Antriebssysteme erhöht sich nicht, denn die e-Autos gibt es ja bereits.

Man könnte nun behaupten, dass die Aussicht auf die THG-Quote als weiterer Anreiz für Privatleute betrachtet werden könnte, in ein Elektroauto zu investieren. Und durch den Anstieg der Zahl an Elektroautos sinkt zwangsläufig auch die Nachfrage nach fossilen Kraftstoffen. Aber hätte man den Neukauf von Elektroautos nicht auch direkt finanzieren können, statt über Boni für Leute, die eh schon ein E-Auto fahren?

Würden die Konzerne direkt in neue Radwege, (batterieelektrischen) ÖPNV oder neue Elektromobilität investieren, würde sich der Bedarf an fossilen Rohstoffen weiter reduzieren. Aber warum sollten sie das tun? Das hieße ja, an dem Ast zu sägen, auf dem man sitzt

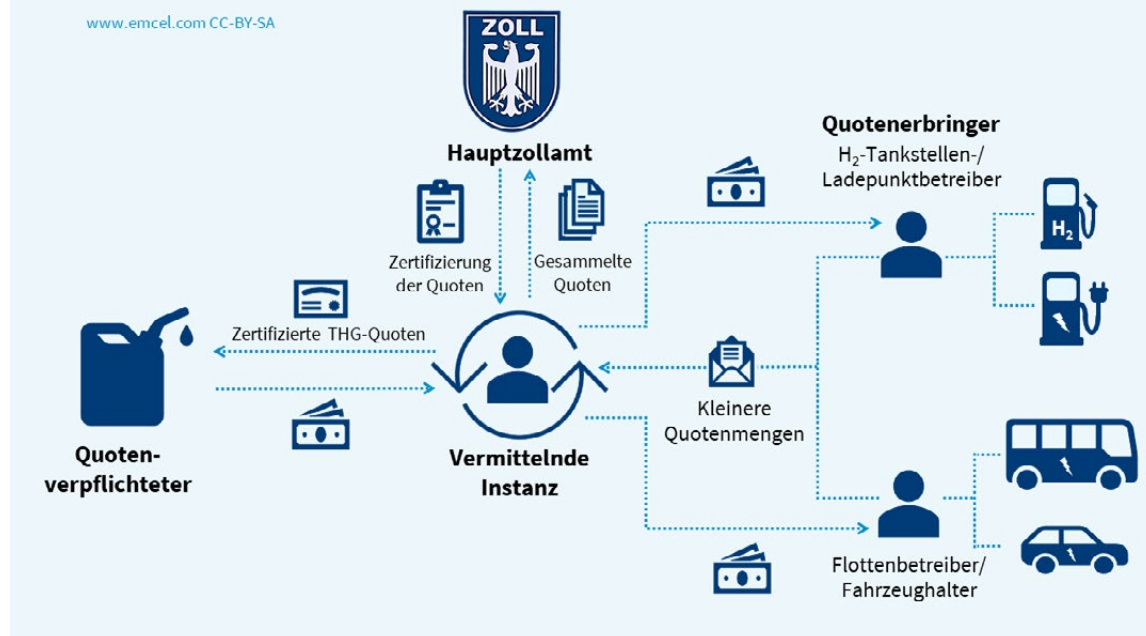


Abb 2 — Funktionsweise der Treibhausgasminderungs-Quote für sogenannte Ladepunktbetreiber. Die Zertifizierung läuft laut unserer Recherche allerdings über das Umweltbundesamt. Der Verkauf der Quoten wird über den Zoll abgewickelt.  
Grafik: [www.emcel.com](http://www.emcel.com) CC-BY-SA •

und an dem die Dividendenausschüttungen für die Aktionär:innen gedeihen. Die zwei staatlichen Instrumente, welche hier zielführend wären, sind a) ein Zulassungsverbot für neue Verbrennungsmotoren, und b) eine Einpreisung der Umweltschäden durch CO<sub>2</sub>-Ausstoß in Form einer effektiven CO<sub>2</sub>-Abgabe. Alles weitere mag dann der Markt regeln.

Mit den geschilderten Kompensationsmethoden hingegen wird es nie zu den Dekarbonisierungs-Fortschritten kommen, die wir für die Eindämmung der Erderhitzung so dringend benötigen. Können bald auch die CO<sub>2</sub>-Ersparnisse aus bestehenden Einfamilienhaus-Solaranlagen an RWE verkauft werden, um weiter Kohlestrom produzieren zu dürfen?

### Den CO<sub>2</sub> Bonus ablehnen? Jein...

Nun ist es natürlich naheliegend, allen Elektroauto-Eigentümer:innen davon abzuraten, den CO<sub>2</sub>-Bonus geltend zu machen. Wenn die Konzerne keine Zertifikate kaufen können, müssen die Emissionen anders reduziert oder Strafzahlungen geleistet werden. Wäre da nicht ein weiterer Haken bei der THG-Verordnung ...

Denn: Wenn Sie sich entscheiden, Ihren Anspruch auf 350€ CO<sub>2</sub>-Prämie geltend zu machen, stellt Ihnen das Umweltbundesamt die Zertifizierung für Ihr e-Auto aus. Darüber hinaus sind generell alle Elektrofahrzeuge und Ladestationen beim Umweltbundesamt registriert. Dementsprechend weiß das UBA auch, wie viele Elektroautos auf den Straßen sind, deren Eigentümer:innen sich die Prämie nicht haben ausgezahlt lassen. Am Ende des Jahres werden laut Verordnung alle Zertifikate, die von der gesamten E-Flotte noch übrig sind, von der Bundesregierung selbst an die Mineralölunternehmen versteigert. Die Erlöse gehen dann an den Bund. Ein Boykott dieses Systems würde also letztlich nur dazu führen, dass der Bund mehr Geld erhält. Ob damit dann Klimaschutzprogramme, Sozialpolitik oder der Ankauf von Kriegsflugzeugen bezahlt werden, steht dann auf einem anderen Blatt. Das heißt aber auch: Die Bundesregierung eignet sich die Früchte der Klimaschutz-Bemühungen von e-Auto-

Fahrer:innen an und verkauft sie an die Mineralölindustrie. Die Verordnung ist so konstruiert, dass de facto alle Einsparungen durch Elektroautos den Mineralölkonzernen angerechnet werden dürfen. Und auch wenn es die Konzerne zur Kasse bittet, ist das – mit Verlaub – ganz schön dreist!

### Unser Fazit:

Allen Elektroautoebesitzer:innen muss klar sein, dass das Geld, das sie annehmen, Geld eines ziemlich fragwürdigen Klimadeals ist. Es ist auch klar, dass die Mineralölunternehmen nur mitmachen, weil die Pönale bei Nichteinhaltung der Quote teuer wäre und sie über diese Lösung Geld einsparen können. Andere NGOs empfehlen zwar, den Bonus auf jeden Fall anzunehmen, da ihr Zertifikat am Ende sowieso den Ölkonzernen in die Hände fällt. Wir finden aber, dass wir uns lieber politisch dafür engagieren sollten, die Verordnung durch Regelungen (wie die oben erwähnten) zu ersetzen, welche die Mineralölkonzerne unter einen ernstzunehmenden Veränderungsdruck stellen.

Wenn Sie den Bonus annehmen wollen oder schon angenommen haben, dann überlegen Sie doch, ob Sie mit der Prämie nicht direkt Klimaschutzmaßnahmen unterstützen wollen. Das Geld wäre bei Energiegenossenschaften, Klima-NGOs oder in einem Balkonmodul gut aufgehoben. Wir freuen uns zu hören, was Sie mit dem Geld angestellt haben.





# Kurz vorgestellt: integrierte PV

*In dieser Rubrik stellen wir Ihnen interessante Solaranlagen unserer Mitglieder vor. In dieser Ausgabe: die Gebäude-integrierte Photovoltaikanlage von Paul Kammerer.*



## Herr Kammerer, was ist das Besondere an Ihrer Solaranlage?

Die Anlage ist eine Indach- bzw. Infassaden-Anlage, die vom Architekten vollständig integriert wurde. Bei dem Haus handelt es sich um das Familienhaus meiner Eltern aus den 80ern, das wir geerbt und gemeinsam mit dem Architekten zu einem modernen Haus mit den neusten Energiestandards umgebaut haben.

Jetzt haben wir eine 130 m<sup>2</sup> Photovoltaikanlage auf dem Dach mit 13,3 kWp, dazu die Fassadenanlage mit nochmal 5,5 kWp. Trotz schlechten Wetters und einer eher ungünstigen Ausrichtung der beiden Anlagen konnten wir von Oktober 2021 bis September 2022 über 15.000 kWh Solarstrom „ernten“. Davon konnten wir 66% selbst verbrauchen, die Autarkiequote liegt bei 48%. Bei der Autarkiequote „helfen“ natürlich das Speichersystem sowie ein e-Mobil, welches auch oft tagsüber mit Überschussstrom betankt wird.

Das Haus wurde bewusst auf aktive und passive Nutzung der Solarenergie und auch mit Blick auf das Prinzip der Sektorenkopplung ausgelegt. Das heißt natürlich auch, dass wir das Haus vollständig auf Fußbodenheizung umrüsten mussten und eine Grundwasserwärmepumpe eingebaut haben. Dazu haben wir ein System zur kontrollierten Wohnraumlüftung (KWL) installiert, welches während der kalten Jahreszeit die über die verglaste Südfassade hereingeholte Sonnenwärme als passive Zuheizung im Haus verteilt. Mit dem Solarstrom wird dann vorrangig das Haus und die Wärmepumpe versorgt, Überschüsse wandern ins e-Mobil und in den 19,5 kWh Pufferspeicher.

Natürlich ist uns auch die Frage der CO<sub>2</sub>-Einsparung wichtig gewesen. Im September 2022 konnten wir das erste mal auch hier

## [...] Steckbrief PV-Anlage

Typ	Gebäude-integrierte PV-Anlage
Nennleistung (kWp)	18,8 kWp (davon 5,5 kWp Fassade und 13,3 kWp Dachanlage)
Ausrichtung	261° West
Modultyp	MegaSlate II, 190 W
Modulmaße	130 x 87,5 cm
Modulanzahl	99 Stück
Montageart	Infassaden-Anlage, Ersatz der Außenhülle durch PV-Elemente
Batteriespeicher	19,5 kWh Insel- bzw. Notstromfähig
Wechselrichter	E3/DC S10-E Pro 12 kWp (Dach) SMA Tripower 10 10 kWp (Fassade)
Wallbox für BEV*	E3/DC easyConnect
PV-Erträge	15.159 kWh
Kosten der Anlage	90.500 EUR
Ersparnis durch BIPV** + BEV* (10/21 - 09/22)	6.885, EUR

\*BEV - Battery electric vehicle / Elektroauto

\*\*BIPV - Building-integrated photovoltaic / integrierte PV-Anlage



Abb 2 — Familienhaus aus den 80er Jahren vor dem Umbau •



Abb 3 — Familienhaus nach dem Umbau inkl. moderner Solartechnik •



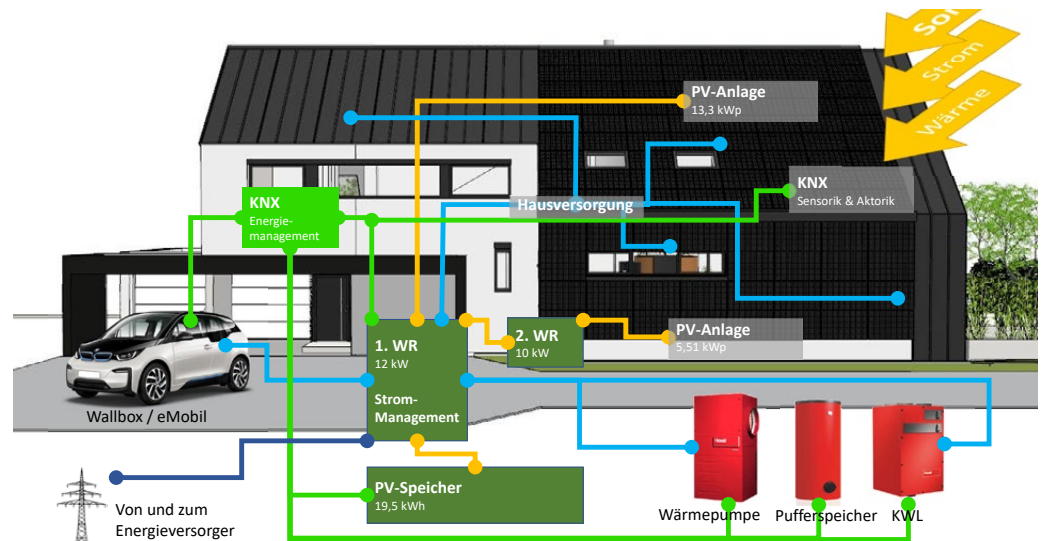


Abb 4 — Technische Darstellung des Energiekonzepts.

Photovoltaik-Dach- und Fassaden-Anlage umfassen zusammen 18,81 kWp •

eine Bilanz ziehen. Durch die Nutzung des Stroms aus PV und Speicher konnten wir 6,3 t CO<sub>2</sub> einsparen. Unser Elektroauto, welches wir ausschließlich an unserer Wallbox tanken, hat nochmal 4,1 t eingespart. Und mit der Wärmeversorgung durch die Geothermie und den restlichen Stromzukauf (100% Ökostrom) kommen wir auf Gesamtreduktionen von 21,1 t CO<sub>2</sub> in 12 Monaten.

Trotz vorrangiger Auslegung auf Ökologie der Baustoffe, Energieeffizienz und erneuerbare Energien ist das Haus recht komfortabel und, wie wir meinen, auch ansehnlich geworden. Im November wurde es als eines der besten Häuser im Landkreis Augsburg ausgezeichnet.

Link zum Projektfilm



[www.youtube.com/watch?v=1L5kkVRqrw0](https://www.youtube.com/watch?v=1L5kkVRqrw0)

Link zum Artikel



[www.sfv.de/kv-integrierte-photovoltaik](http://www.sfv.de/kv-integrierte-photovoltaik)

# HIER KÖNNTE IHRE WERBUNG STEHEN!



Sie organisieren eine spannenden Klimaveranstaltung, betreiben eine Jobbörse für nachhaltige Berufe,... oder setzen sich mit Ihrem Unternehmen bzw. Ihrer Organisation für die Energiewende ein? Dann sind Sie bei uns richtig.

Unser Solarbrief erreicht eine an Nachhaltigkeit interessierte Leserschaft. Gleichzeitig unterstützen Sie mit Ihrer Anzeige, dass umfassende und unabhängige Informationen zur Energiewende in Form des Solarbriefes angeboten werden. Ein Angebot, das gerade in dieser krisengeschüttelten Zeit wichtig ist.

Daher rütteln wir auch an einer alten SFV-Regel: Keine Werbung im Solarbrief. Nach einer längeren Pause öffnen wir uns wieder für eine limitierte Anzeigenanzahl in unserem Vereinsmagazin. Wir möchten Unternehmen

und Organisationen, die sich für die Energiewende einsetzen, eine geeignete Plattform bieten. Und wir möchten die Zukunft des Solarbriefes mit einer zusätzlichen Einnahmequelle absichern.

## Mediadaten und Preise:

Alle Infos zu den Anzeigen haben wir Ihnen in unseren Mediadaten zusammengefasst: [www.sfv.de/mediadaten](http://www.sfv.de/mediadaten). Die Anzeigenplätze sind limitiert - schnell sein lohnt sich.

## Kontakt:

Ansprechpartner:innen: Kyra Schäfer und Rüdiger Haude  
Mail: [solarbrief@sfv.de](mailto:solarbrief@sfv.de)  
Telefon: 0241 511616  
Bürozeiten: Montag bis Freitag, 9 bis 13 Uhr



# Was macht eigentlich... die Inti Ayllus Bolivienhilfe?

Kurzportrait — *Befreundete Gruppen aus der Klimabewegung stellen sich vor.*

Seit fast dreißig Jahren hilft der Förderkreis Inti Ayllus Bolivienhilfe ([www.inti-ayllus.de](http://www.inti-ayllus.de)) bei der Finanzierung nachhaltiger Entwicklungshilfeprojekte, die der Quechua Jorge Aquino (Coco) dem von ihm im Zentralort Independencia mitgegründeten gemeinnützigen Centro Cultural Ayopayamanta (CCA) vorschlägt und mit den indigenen Landsleuten in seiner Heimat erfolgreich durchführt. Coco hat in Deutschland Tropenökologie studiert und kommt immer wieder nicht nur zu seiner Familie in Ludwigshafen, sondern auch zu den vielen Freundinnen und Freunden in Deutschland und Österreich, die ihn als hervorragenden Musiker und als Menschen schätzen gelernt haben. Vor Corona kam er nämlich immer wieder mit einer indigenen Musikgruppe zu einer mehrmonatigen Europa-Tour vor allem nach Süddeutschland, bei der er nicht nur erfolgreich Spenden für die Finanzierung der Projekte des CCA gesammelt hat, sondern den Besuchern auch die indigene Kultur nahe gebracht hat.

Freunde in der Pfalz haben Anfang 2021 ihre zwanzig Jahre alten voll funktionierenden Fotovoltaikanlagen nach dem Ausscheiden aus der EEG-Vergütung dem CCA geschenkt zur nachhaltigen Verbesserung der Lebensbedingungen der Menschen in Ayopaya. Sie haben für einen kostenlose Abbau gesorgt, den Schifftransport organisiert und mit 10.000 € ungefähr ein Drittel der Transportkosten übernommen. Die Restfinanzierung erfolgte mit bei Inti Ayllus dafür eingegangenen Spenden. Inti Ayllus hat sich auch bereit erklärt, möglichst viel zur Finanzierung der Verwendung der Module in Bolivien beizutragen. Dabei geht es vor allem um den Bau von 300 Fotovoltaikkleinanlagen (Solarlicht, Handy laden, Solarradio, Kosten pro Anlage ca. 470€ plus, davon Eigenanteil der Besitzer 20€) bei sehr armen Bauernfamilien der Gemeinde Independencia ohne Zugang zu einem öffentlichen Stromnetz.

Die an dem Projekt Beteiligten haben nicht erwartet, dass sie 6 Monate nach Ankunft der Module Mitte Mai 2022 in einem Zwischenbericht (Homepage von Inti Ayllus) schreiben können, dass schon 150 Bauernfamilien das Solarlicht erhalten haben und jetzt keine gesundheitsschädlichen Abgase der Petroleumlampen mehr einatmen müssen. Finanziert werden konnten diese Anlagen (67.500€) mit vielen Spenden, die direkt oder über Inti Ayllus an das CCA überwiesen wurden und mit Fördermitteln, zu denen Inti Ayllus die Anträge gestellt hat.

Ein Mitglied von Inti Ayllus kam auch auf die Idee, den SFV um Unterstützung bei der Finanzierung in irgendeiner Form zu bitten. Inti Ayllus und das CCA sind ausgesprochen dankbar dafür, dass dadurch bald bei weiteren fünf Bauernfamilien das Solarlicht aufgehen wird, weil die allgemeine Spendenbereitschaft wegen der Energiekrise gering geworden ist und Fördermittel immer schwieriger zu bekommen sind.

— *Manfred Sturm*

Mehr Infos:



[www.inti-ayllus.de](http://www.inti-ayllus.de)



Abb 1 — Aufbau und Anschluss der gespendeten Photovoltaik-Module in Bolivien •

gie - Förderverein Deuts



Verein

#Klimaklage  
klimaklage.com

#Klimaklage  
klimaklage.com



100 % Erneuerbare Energien  
• statt Kriege um Öl!  
• gegen den Klimawandel!  
• eine saubere Versorgung!  
• schaffen gemeinsam alles!



SOLARENERGIE  
FÖRDERVEREIN  
DEUTSCHLAND E.V. | SPV  
INFOSTELLE NORDBAYERN



## Aktuelles

### – SFV übergibt 2.250 Euro an das Solarprojekt der Inti Ayllus Bolivienhilfe

Von März bis Juli 2022 hat der SFV eine Prämie für Neumitglieder ausgerufen: 20% des ersten Mitgliedsbeitrags sollen an „Inti Ayllus“ gespendet werden. Auf diesem Weg sind 1.110 Euro zusammengekommen. Dank zusätzlicher Spenden durch SFV-Mitglieder und -Team konnte der Betrag auf 2.250 Euro aufgestockt werden. So bekommen weitere fünf gebrauchte PV-Module im bolivianischen Hochland ein zweites Leben – auf den Dächern abgelegener Bauernhäuser. Am 5. November hat Rüdiger Haude im schwäbischen Schramberg die Spende an Inti Ayllus überreicht. Anlass war die Feier des 30-jährigen Bestehens des Vereins. Der bolivianische Musiker Jorge „Coco“ Aquino aus der Region Independencia, wo die Anlagen installiert werden, schilderte dort, was die Solaranlagen bewirken: „Onkel“, sagen die Kinder zu den beteiligten Elektrikern, „danke, dass du uns das Licht gebracht hast. Jetzt können wir abends unsere Schulaufgaben machen.“ In diesem Sinne danken wir allen Beteiligten ganz herzlich für die Unterstützung dieses Projekts!

### – Starker Andrang bei SFV-Betreiber:innen-Beratung

Das stark gestiegene Interesse an Solarenergie erhöht den Druck auf unsere Betreiber:innen-Beratung. Mitglieder werden weiterhin vorrangig behandelt. Für Nicht-Mitglieder gelten eine limitierte Beratungszeit und längere Wartezeiten bis zum Beratungstermin.

### – Neues Angebot: Offene Beratungsstunde

In der offenen Beratungsstunde bündeln wir Anfragen, um sie monatlich in Kleingruppen zu beantworten. Das aktuelle Hauptthema dieser offenen Beratungsstunden ist der Weg zur eigenen Solaranlage. Wir sprechen über Technik, Recht, Steuer und die Fragen der Teilnehmenden. Der Termin ist immer am 2. Montag eines Monats – jeweils wechselnd um 13:30 Uhr und 17 Uhr treffen wir uns via Zoom. Die Anmeldung zu den offenen Beratungsstunden ist über unsere Webseite möglich.

## Der SFV in Zahlen

**2798**

Persönliche Mitglieder

**311**

Fördermitglieder

**14.651**

Newsletter-Empfänger:innen

**153**

zusätzliche Solarbrief-Abonent:innen

# SFV Solarbrief

## Gedruckte Ausgabe künftig nur noch auf Wunsch!

Um Ressourcen in zweifacher Hinsicht zu schonen, rücken wir die Online-Ausgabe des Solarbriefes in den Fokus: Die materiellen Ressourcen (Papier, Druckerfarbe, Postauslieferung) und die finanziellen Ressourcen des Vereins. Daher wird der gedruckte Solarbrief beginnend mit der Ausgabe 1/23 nur noch auf Wunsch per Post zugestellt. Für alle anderen steht die Online-Version des Solarbriefes auf unserer Webseite zur Verfügung. Per Rundmail weisen wir auf neue Ausgaben hin.

Wer den Solarbrief in gedruckter Form schätzt, erhält ihn natürlich weiterhin per Post zugeschickt. In erster Linie wollen wir mit dieser Maßnahme vermeiden, dass Solarbriefe an falsche Postadressen zugestellt oder ungelesen entsorgt werden.

Von dieser neuen Regelung ausgenommen sind:

- Geschenkmitgliedschaften
- Solarbrief-Abonnements

Sie erhalten weiterhin den Solarbrief automatisch per Post zugestellt.

Sie wollen weiterhin den Solarbrief erhalten?

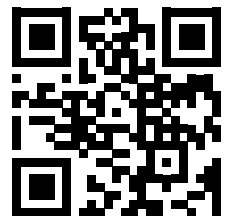
Dann teilen Sie uns dies bitte über das Bestellformular (QR-Code) oder das Post-Formular (s. unten) mit. Von einer telefonischen Bestellung bitten wir abzusehen, da unser Team gerade mit Beratungsanfragen vollständig ausgelastet ist. Vielen Dank.

Ihr SFV-Team

*Ausschneiden und uns zuschicken: SFV, Frère-Roger-Str. 8-10, 52072 Aachen*



Zum Bestellformular



[www.sfv.de/sb](http://www.sfv.de/sb)

## Solarbrief als gedrucktes Magazin erhalten

Ich möchte den Solarbrief gerne weiterhin als Druckausgabe erhalten

Mitgliedsnummer (falls vorhanden): \_\_\_\_\_

Anschrift: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_





# Neues von den Infostellen



## Infostellen-Rückblick

Unsere Mitglieder aus den Infostellen waren in den letzten Monaten wieder zahlreich auf Demos unterwegs und haben etliche Veranstaltungen organisiert: Vom Solargespräch im Biergarten, über einen Pflanzenkohle-Workshop bis hin zu packsdrauf-Solarpartys.

Zudem fanden vor Ort und auch Online Vorträge zu etlichen Themen statt: Klimaschutz ist Gesundheitsschutz, Friedensenergie, Steckersolar, kommunale Energiewende uvm. Die Unterlagen einiger Vorträge sind zur Nachlese und als Video auf der Veranstaltungsseite des SFV verlinkt.

Wir sprechen den Infostellen, deren Mitgliedern und Vorsitzenden einen riesigen Dank aus! Seit Jahren stecken sie unermüdlich etliche ehrenamtliche Stunden in den Verein, in Veranstaltungen, Demos und Beratungen. Das ist ein enormes Engagement fürs Klima, und auch wir sagen: DANKE!



## NEU: Infostelle Köln

Am 21.10.2022 hat die Solaroffensive Köln (SOK) zur Gründung der neuen SFV-Infostelle Köln eingeladen. Thomas Bernhard und Christian Dick waren für den SFV-Vorstand angereist und berichteten über die aktuellen Themen und Aktivitäten des Vereins.

Die SOK-Aktiven stellten sich und ihr bisheriges Engagement in der Domstadt vor – zahlreiche Infostände für Bürger:innen in Veedeln und zu Festen, sowie die Planung und Umsetzung von Stecker-solarlösungen auf Balkonen, Terrassen und Garagen.

Die jecke Vision vom Dom mit PV-Anlage schwingt in der SFV-Infostelle Köln beständig mit und treibt die Gruppe zum Handeln an. In Zukunft ist neben Solarpartys eine Solar-Selbstbau-Gruppe in Planung. Wer mitmachen möchte, kann der Signalgruppe beitreten und alle 14 Tage - jeweils am Donnerstag um 20:30 Uhr - per Zoom an den Gruppentreffen teilnehmen. Hierzu einfach per E-Mail an die Infostelle wenden.



[www.sfv.de/verein/infostellen](http://www.sfv.de/verein/infostellen)

## Infostellen des SFV

Infos zu unseren Infostellen findet ihr unter den jeweiligen Internetseiten und unter [www.sfv.de/verein/infostellen](http://www.sfv.de/verein/infostellen)



### Amberg / Amberg-Sulzbach

Vorsitz: Hans-Jürgen Frey, Lorenz Hirsch, Reichstr. 11, 92224 Amberg, Tel.: 09621-320057, Fax.: 09621-33193, [www.solarverein-amberg.de](http://www.solarverein-amberg.de), [info@solarverein-amberg.de](mailto:info@solarverein-amberg.de)



### Ost-Münsterland

Vorsitz: Anne Bussmann, Heinz-Jürgen Goldkuhle, Elisabeth-Wibbelt-Str. 1, 59269 Beckum, Tel.: 02521-826397, [annegret\\_bussmann@web.de](mailto:annegret_bussmann@web.de)



### Köln

Vorsitz: Ronald Biallas und Stefanie Könen, im Fotostudio Ronald Biallas, Wartburgstraße 11, 50733 Köln, [ronald@solar11.de](mailto:ronald@solar11.de), [www.sfv.de/verein/infostellen/koeln](http://www.sfv.de/verein/infostellen/koeln)



### Koblenz

Vorsitz: Thomas Bernhard, Joachim Deboeser, SFV-Infostelle im BUND-Büro, Dreikönigenhaus, Kornpfortstr. 15, 56068 Koblenz, Tel.: 0261-9734539, [info@sfv-infostelle-koblenz.de](mailto:info@sfv-infostelle-koblenz.de), [www.sfv-infostelle-koblenz.de](http://www.sfv-infostelle-koblenz.de)



### Nordbayern

Leitung: Herwig Hufnagel & Andreas Ampferl  
Tel.: 08431-45990, Am Steinbruch 2, 86697 Unterhausen  
[info@sfv-nordbayern.de](mailto:info@sfv-nordbayern.de), [www.sfv-nordbayern.de](http://www.sfv-nordbayern.de)



## Wir haben Post!

— Hier lesen Sie eine Auswahl der Briefe und Mails unserer Leserinnen und Leser.



Guten Abend liebe SFV,

1987 wurde ich Mitglied im SFV. Das war die Voraussetzung, wenn man Solarmodule erwerben wollte. Damals habe ich zwei Module bei Herrn Wolf von Fabeck persönlich in Aachen erworben. Ich glaube 800 DM hat ein Modul gekostet oder beide zusammen. Egal, es war sehr viel Geld für mein schmales Gehalt. Die zwei Module benötigte ich für mein selbst gebautes Wohnmobil. Einen 12 Volt Laderegler kaufte ich als Bausatz bei Conrad-Elektronik. Ich habe nicht erzählt, dass ich die Module auf das Womo montieren möchte. Ich dachte damals, ich bekomme dann keine. Allen in meinem Bekanntenkreis habe ich stolz wie Oskar von meinem Kauf erzählt. Die Reaktion damals ging von mildem Lächeln bis „das funktioniert nicht in unseren Breiten“. Ich war damals, wie auch heute absolut überzeugt von der Technik. Wenn wir durch Europa reisten, unterwegs eins der seltenen

Hausdächer mit Photovoltaik entdeckten, waren wir begeistert. „Schau mal dort Solar.“ Inzwischen ist das allgegenwärtig und nichts besonderes mehr. Welch ein Erfolg, aber immer noch nicht ausreichend. Nein. Es funktionierte. Absolut. Die Module habe ich immer noch. Sie zogen bei jedem neuen Womo mit um. Inzwischen das 7te oder 9te Reisemobil. Jetzt schwächeln sie aber zusehends und ich überlege derzeit, mich beim Kauf des nächsten Reisemobils von Ihnen zu verabschieden.


Warum schreibe ich das? Ich will hiermit dem SFV, und besonders Herrn von Fabeck danken. Danken für sein Durchhaltevermögen. Danken für Jahrzehnte Freude beim Kontrollblick auf das Voltmeter, immer genug Strom und Energieunabhängige Reisefreuden.

Mit besten Grüßen, Hans Herrmann

Liebe SFV-ler, vielen Dank für euren Solarbrief.

Wenn auch spät, möchte ich zu dem Artikel "Wasserstoffwirtschaft: Mit falschen Versprechungen in die Krise" einige Anmerkungen machen. Der Autor propagiert eine "Elektronenwirtschaft" vs einer (parallelen) Wasserstoffwirtschaft. Er gibt einen Überblick über die möglichen Einsatzbereiche von Wasserstoff, bzw. Power-to-X Optionen und zeigt den schlechten Wirkungsgrad gegenüber der direkten Nutzung elektrischer Energie auf. Er macht deutlich, dass Wasserstoff als Substitut für fossile Stoffe insbesondere in der Chemischen - und Stahlindustrie im Sinne der Dämpfung der Klimakrise sinnvoll sein kann, nicht aber z.B. für die Beheizung von Hochöfen mit Wasserstoff. Soweit so klar.

Bei aller Klarheit für eine "Elektronenwirtschaft" macht der Autor leider keinen Vorschlag, wie das Problem der Balancierung täglicher bis zu jahreszeitlich schwankender Stromerzeugung vs schwankenden Stromverbrauchs in großen Skalen alternativ zu lösen wäre. So kritisiert er Wasserstoff als Substitut für Gaskraftwerke wegen des niedrigen Wirkungsgrades von ca. 25 %, sagt aber nicht welche Alternative er für die Dunkelflauten unter "Einsparung einer Wasserstoffwirtschaft" in einer

"Elektronenwirtschaft" vorsieht. Am Beispiel  der Energiespeicherung bin ich nicht sicher, ob das Problem tatsächlich in der ganzen Bandbreite erfasst ist, wenn er davon spricht "Sommerstrom für die Wintermonate (zu) speichern". Im Solarbrief 2-2020 wurde das Problem der Dunkelflaute durch Peter Klafka mit dem Untertitel "CO<sub>2</sub>-freie Strom-Erzeugung durch Wasserstoff" absolut konträr adressiert. Eine hohe Effizienz ist ohne Zweifel erstrebenswert. M.E. lässt sich jedoch kein System am Markt durchsetzen, das nicht annähernd die heutige Versorgungssicherheit garantiert. Für welche diesbezügliche (groß-)technische Lösung steht der SFV hinsichtlich einer CO<sub>2</sub>-neutralen Stromversorgung?

Ich lese gerne kritische Beiträge, hätte mir aber eine Klarstellung bzw. einen alternativen Lösungsansatz des Autors oder der Redaktion gewünscht. So bleibe ich als interessierter Leser einigermaßen irritiert zurück.

Trotz allem vielen Dank für eure unermüdliche Arbeit und den Solarbrief. Sehr interessant finde ich u.a. den Artikel der Umweltpsychologin Klara Kauhausen im aktuellen Solarbrief.

P. Weber

# Ohne Ihre Unterstützung wären wir aufgeschmissen!

Wir sagen DANKE!

## 1 Meine Unterstützung

Ich möchte persönliches Mitglied im SFV werden (stimmberechtigt).

- 90 Euro / Jahr (regulär)       30 Euro / Jahr (reduziert)  
 120 Euro / Jahr oder mehr, \_\_\_\_\_ Euro / Jahr (freiwillig).

Ich bin bereits Mitglied im SFV und möchte meinen Beitrag freiwillig auf 120 Euro / Jahr oder \_\_\_\_\_ erhöhen.

Wir möchten als Firma / Verein / Institution SFV-Fördermitglied werden (nicht stimmberechtigt).

Unser Beitrag beträgt \_\_\_\_\_ Euro / Jahr (mind. 30 Eur / Jahr).

Ich möchte den SFV durch eine Spende unterstützen

Einmalige Spende: \_\_\_\_\_ Euro      Jährliche Spende: \_\_\_\_\_ Euro

*Der SFV ist gemeinnützig. Alle Mitgliedsbeiträge und Spenden sind steuerabzugsfähig.*

Ich möchte die folgende lokale SFV Infostelle unterstützen:

Infostelle: \_\_\_\_\_ (Name der Infostelle eintragen)

## 2 Meine Kontaktdaten

Firma \_\_\_\_\_  
 Name \_\_\_\_\_ Vorname \_\_\_\_\_  
 Straße \_\_\_\_\_ PLZ / Ort \_\_\_\_\_  
 Handynr. \_\_\_\_\_ E-Mail: \_\_\_\_\_

## 3 Meine Kontodaten

- Meine Bankverbindung ist bereits bekannt  
 Neue Bankverbindung

IBAN: \_\_\_\_\_

Datum: \_\_\_\_\_ Unterschrift: \_\_\_\_\_

Ich möchte keine Einzugsermächtigung erteilen:

SFV Bankverbindung: PAX Bank Aachen e.G., IBAN: DE16370601931005415019 BIC: GENO-DED1PAC (Bitte geben Sie bei allen Überweisungen den Verwendungszweck an. z.B. "Spende" oder "Mitgliedsbeitrag").

Ich habe die Datenschutzerklärung des SFV ([www.sfv.de/artikel/datenschutzerklaerung.htm](http://www.sfv.de/artikel/datenschutzerklaerung.htm), Stand 27.9.2018) gelesen und bin mit der dort beschriebenen Nutzung meiner persönlichen Daten einverstanden.

Wie hast du von uns erfahren? \_\_\_\_\_



## Ausblick Solarbrief 01/2023

# Schwerpunkt: SFV Solaranlagen 1x1

## Die wichtigsten Schritte zu Eurer Solaranlage und darüber hinaus

Für die erste Ausgabe des Solarbriefs 2023 wird es wieder ein Sonderheft geben. In über 30 Jahren Solaranlagenberatung hat sich viel Wissen angesammelt, welches wir in dieser Form bündeln und mit euch teilen möchten.

Von den ersten Schritten hin zu einer neuen Anlage, über Anlagenerweiterung bis zu den Ü20 Anlagen - unser Themenspektrum ist groß. Auch Speicher, Quartierskonzepte, innovative Ansätze und natürlich die Neuregelungen des EEG 2023 gehören dazu. So entsteht in aller Voraussicht ein Heft mit vielen nützlichen Zusatzinfos, welches sich besonders gut zum Weitergeben an Freunde und Bekannte eignet, die immer noch keine Solaranlage auf Dach, Balkon oder Garage haben.



## Was macht eigentlich der Solarenergie-Förderverein?

Der Verein will den Erfolgen der Vergangenheit weitere Meilensteine hinzufügen. Die Klimakrise erfordert es. Vor der Jahrtausendwende hat der SFV die Idee der kostendeckenden Einspeisevergütung für Ökostrom entwickelt. Ab dem Jahr 2000 machte diese Idee das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) zu einem weltweit kopierten Erfolgsmodell. 2021 hat u.a. die erfolgreiche Klage des SFV vor dem Bundesverfassungsgericht dafür gesorgt, dass das ambitionslose „Klimaschutzgesetz“ der Bundesregierung nachgebessert werden musste. Nicht weniger wichtig ist aber die tägliche Kleinarbeit, bei der wir Anlagenbetreiber:innen beraten, ihre Interessen in der Clearingstelle EEG vertreten, Ministerien Vorschläge zur Verbesserung von Gesetzen unterbreiten oder die Öffentlichkeit über wichtige Aspekte der Energiewende und der Klimakrise informieren.



### Impressum

#### Solarenergie-Förderverein Deutschland

Bundesgeschäftsstelle: Frère-Roger-Str. 8-10, 52062 Aachen  
Tel: 0241/511616 | Fax: -535786 | zentrale@sfv.de | [www.sfv.de](http://www.sfv.de)  
Bürozeiten: Mo-Fr 9:00-13.00 Uhr

#### Solarbrief: Jahresabo 20€

Für Mitglieder ist der Bezug des Solarbriefes im Mitgliedsbeitrag enthalten. Spender:innen erhalten den Solarbrief als Dankeschön. Ab 2023 müssen Druckversionen des Solarbriefes explizit angefordert werden.

#### Werbeanzeigen:

keine, frei von bezahlten Anzeigen

#### Bankverbindung:

Pax-Bank e.G. IBAN: DE16 3706 0193 1005 4150 19,  
BIC: GENODED1PAX

#### Beiträge von:

Rüdiger Haude, Kyra Schäfer, Susanne Jung, Taalke Wolf, Tobias Otto, Caroline Kray, Eberhard Waffenschmidt, Rolf Weber, Sven Plöger, Katja Diehl, Rolfender Widerstand, Karl Otto Schallaböck, Michael Müller-Görnert, Thomas Pade,

Vincent Ecker, Gerrit von Borries, Manfred Sturm, Dirk Uwe Sauer, David Oudsandji, Celine Gleichning

#### Verantwortlich:

Susanne Jung (v.i.S.d.P.)

#### Layout:

Kyra Schäfer

#### Auflage:

Online-Verbreitung als pdf-Datei, Druck: 3500

#### Erscheinungsdatum:

Dez. 2022, Redaktionsschluss: 01.11.2022

#### Druckerei:

Theissen Medien Gruppe GmbH  
gedruckt auf 100% Recyclingpapier (Euroblume)  
ISSN 0946-8684

#### Karikaturen:

Gerhard Mester

#### Bildrechte

u.A. Adobe Stock, Pixabay, Tilda Icons, Pexels (Titelbild)

