

Thinktank Project 071107

WWW.PYRRHUS.DE

Passiv-PKW

V. 1.1



PYRRHUS.DE

Passiv-PKW und Verkehrsstromnetz

(PPKW)

WWW.PYRRHUS.DE
Thinktank-Projekt 071107

Autor:
Frank Szemkus, im April 2009



Inhaltsverzeichnis

Einleitung.....	3
Zusammenfassung.....	3
Gegenwärtiger Zustand.....	3
CO2-freier Fahrzeugbetrieb.....	5
Wasserstoff.....	5
Brennstoffzelle.....	5
Konventioneller Elektroantrieb mit Akkumulator.....	5
Passiv-Strategien.....	7
Vorbild Passivhaus / Plus-Energiehaus.....	7
Passiv-Fahrzeuge.....	8
Migrationsszenario.....	12
Steckbrief Passiv-PKW.....	13



Einleitung

Der Individualverkehr ist zur Zeit neben der Industrie einer der größten CO₂-Emittenten weltweit. Innerhalb der nächsten Jahre muss ein Verkehrskonzept realisiert werden, dessen Haupteigenschaft ein erheblich reduzierter Energiebedarf und das Herunterfahren bzw. die gänzliche Vermeidung des CO₂-Ausstoßes ist.

Das hier vorgestellte Modell des Passivfahrzeugs und seiner Verkehrsinfrastruktur beschreibt ein Konzept eines CO₂-freien Individualverkehrs, dessen Energiebedarf ausschließlich aus regenerativen Quellen durch die Verkehrsinfrastruktur und dessen Teilnehmer bereitgestellt wird. In seinem Endausbau wird nicht nur eine Null-Emission von CO₂ möglich, sondern es liefert darüber hinaus Energie für seine Teilnehmer und kann Überschüsse in das öffentliche Energie-Netz einspeisen.

Zusammenfassung

Das Verkehrskonzept des Passiv-PKWs / Verkehrsstromnetz ermöglicht den flächendeckenden Einsatz von Elektrofahrzeugen für den Individualverkehr und folgt der „Vehicle-To-Grid“-Idee (V2G). Es hebt in seinem Endausbau die Reichweitenbegrenzung von Elektrofahrzeugen auf, da Passiv-PKWs (PPKWs) keine Akkumulatoren für den normalen Fahrbetrieb benötigen. Sie beziehen die Energie aus einem eigenen CO₂-neutralen Verkehrsstromnetz, welches von regenerativen Energien gespeist wird. Die Energieumwandlungseinheiten sind fundamentaler Bestandteil der Verkehrsinfrastruktur, so dass mit zunehmenden Ausbau der Verkehrsinfrastruktur für Passivfahrzeuge auch die Energiebereitstellung hochskalieren kann. Herkömmliche Tankstellen zur Bereitstellung von Treibstoffen oder Ladestationen für den Individualverkehr werden nicht benötigt.

Gegenwärtiger Zustand

Durch die Dominanz der Otto- und Dieselmotoren im heutigen Straßenverkehr (2009) ist der Verkehrssektor zu einem der größten CO₂-Emittenten weltweit aufgestiegen. Allein in Deutschland werden durch Fahrzeugmotoren jährlich Millionen Tonnen CO₂ in die Atmosphäre gepumpt.

In den Kraftfahrzeugmotoren wird der Kraftstoff (Benzin oder Diesel; in Schiffen auch Schweröl), der größtenteils aus fossilen Energieträgern gewonnen wird, zu Wasser, Stick- und Schwefeloxiden und Kohlenmonoxid und Kohlendioxid verbrannt. Während einige Stoffe von Katalysatoren und Partikelfiltern zurückgehalten werden, gelangt das Kohlendioxid vollständig in die Atmosphäre. Zur Zeit wird mit einem Mittelklassewagen pro Kilometer und konventionellem Antrieb etwa 120-160 g/km CO₂ erzeugt. (bei den schwereren SUV-Fahrzeugen wird sogar die 220 g/km-Marke durchbrochen).

Die im Treibstoff enthaltene Energiemenge wird in konventionellen Otto- und Dieselmotoren nur zu etwa 10-20% zum Antrieb und zum Betrieb der Klimaanlage und der Bordelektrik verwendet – der große Rest (mehr als 2/3) geht als Wärme verloren.



Die Fahrzeughersteller haben diesen Mangel erkannt und entwickeln unter dem Druck der Öffentlichkeit effizientere Antriebskonzepte, z.B. mit Unterstützung von Elektromotoren, (Hybridtechnologie, Elektrofahrzeuge). Beispielsweise wird bei einigen Hybridfahrzeugen zur Erhöhung des Gesamtwirkungsgrads ein Ottomotor unter Zuhilfenahme einer intelligenten Steuerungslogik und Energierückgewinnungstechnik mit einem Elektromotor kombiniert. Diese Technologie vermindert den CO₂-Ausstoß und damit den Treibstoffverbrauch um etwa 20-30 %.

Ebenso wie der Individualverkehr selbst ist die Versorgung mit fossilen Treibstoffen mit zusätzlichen CO₂-Emissionen verbunden, da z.T. erhebliche Distanzen von den Ölförderstätten und den Raffinerien zurückgelegt werden müssen und auch der Veredelungsprozess in den Raffinerien zu Gas, Benzin, Diesel und Schweröl sehr energieintensiv und umweltbelastend ist. Auch die Umweltgefahr, die von den Versorgungsrouten über die Meereswege ausgeht, ist hinlänglich bekannt.



CO2-freier Fahrzeugbetrieb

Für einen CO2-freien Fahrzeugbetrieb ist es also erforderlich, dass nicht nur eine alternative Antriebsart verwendet wird, sondern dass auch die Versorgung der Infrastruktur selbst CO2-neutral erfolgen muss.

Die für die alternativen Antriebe infrage kommenden Technologien sind bereits weitgehend erforscht:

1. Wasserstoffantrieb
2. Brennstoffzelle
3. Elektroantrieb

Wasserstoff

Wasserstoff ist ein energiereicher Rohstoff. Er wird aus der Elektrolyse von Wasser gewonnen und verbrennt wiederum zu Wasser – es wird kein CO2 erzeugt. Auch die Herstellung von Wasserstoff kann CO2-frei erfolgen, wenn die Elektrolyse auf Basis regenerativer Energiequellen erfolgt etwa über solarthermische Anlagen, über Photovoltaik oder mit Hilfe von Windkraftanlagen.

Auch der Transport des gewonnenen Wasserstoffs benötigt im Routinebetrieb Energie. Eine CO2-Neutralität bei der Verwendung von Wasserstoff als Antriebsart ist also nur dann gewährleistet, wenn sowohl die Herstellung von Wasserstoff als auch dessen Transport zum Endabnehmer CO2-neutral erfolgt.

Wird der Wasserstoff mit Hilfe eines konventionellen Verbrennungsmotors verbrannt, so muss dessen ungenügender Wirkungsgrad von etwa nur 10-20% mit in Betracht gezogen werden. Bei einer regenerativ erzeugten MWh Energie verbleiben also nur etwa 100 kWh für den Vortrieb eines mit Wasserstoff betriebenen Fahrzeugs. Das allerdings CO2-neutral.

Brennstoffzelle

Auch bei der Brennstoffzelle wird als Energieträger zunächst Wasserstoff verwendet, welcher aber bei einer kontrollierten 'kalten' Verbrennung (Umwandlung zu Wasser) Strom erzeugt, welcher zum Vortrieb des Fahrzeugs verwendet wird. Die Erzeugungs- und Beschaffungsinfrastruktur für Wasserstoff entspricht also der des o.g. Wasserstoff-Verbrennungsantriebs.

Da Elektromotoren zum Vortrieb verwendet werden, ist der Wirkungsgrad wesentlich höher als bei Wasserstoff-Verbrennungsmotoren. Nachteilig ist jedoch der hohe Energieaufwand, der für die Herstellung von Brennstoffzellen benötigt wird und die Energiebilanz erheblich schmälern kann.

Konventioneller Elektroantrieb mit Akkumulator

Der Elektromotor ist für den Antrieb von Fahrzeugen gut geeignet, da er im Gegensatz zu



herkömmlichen Verbrennungsmotoren einen hohen Wirkungsgrad besitzt. Insbesondere die Anwendung von Radnabenmotoren ist sehr effizient, wo sie bereits heute im Leichtfahrzeugbau eingesetzt werden. Zudem werden während des lokalen Betriebs keine Abgase produziert. Die elektrische Energie wird von Akkumulatoren bereitgestellt, die das Elektrofahrzeug mit sich führen muss. Diese besitzen i.d.R ein relativ hohes Gewicht, wenn das Fahrzeug eine genügende Leistung (40-100 kW) und akzeptable Reichweite (300-1000 km) aufweisen soll.

In der Anfangszeit des Automobils zu Beginn des 20. Jahrhunderts waren in der Tat Elektrofahrzeuge weit verbreitet; allerdings konnten sie sich im späteren Verlauf nicht gegen die weiter entwickelten Otto- und Dieselmotoren durchsetzen. Haupthindernis war (und ist bis heute) das relativ hohe Gewicht des Akkumulators und die begrenzte Reichweite. In der gegenwärtigen Diskussion erlebt der Gedanke des Elektroantriebs eine Wiederbelebung, da die technische Entwicklung des Elektrofahrzeugbaus und der Akkumulatorentechnik große Fortschritte gemacht hat. So lassen sich mit modernen Lithium-Ionen-Akkumulatoren spezifische Energien von bis zu 160 Wh/kg erreichen.

Die Energie für den Betrieb von Elektrofahrzeugen muss heute i.a. zentral von Kraftwerken oder dezentral von den Kommunen oder vom Betreiber des Elektrofahrzeugs zur Verfügung gestellt werden. Allerdings entscheidet der Energiemix des Energieunternehmens, ob bei der Bereitstellung der Elektrizität CO₂ erzeugt wird (Kohlekraftwerke), Atom Müll entsteht (Atomkraftwerke) oder emissionsfrei regenerative Energien genutzt werden – so besteht der Großteil des Energiemixes von EON, RWE und Vattenfall aus Kohle- und Atomstrom. Bei Verwendung des Elektromotors wird das CO₂-Problem also nicht gelöst, sondern nur vom Fahrzeug auf das Kraftwerk übertragen.

Die Herstellung von Elektromotoren selbst ist zwar auch mit Energieaufwand verbunden; dies ist aber auch bei allen andere Antriebsarten gegeben.

Akkumulatoren

Der Betrieb konventioneller Elektromotoren als Antriebsaggregat in Fahrzeugen erfordert grundsätzlich den Einsatz von Akkumulatoren. Um hohe Reichweiten zu realisieren, sind Akkumulatoren mit hohem Eigengewicht erforderlich. Dieses Zusatzgewicht erhöht wiederum den Treibstoffverbrauch.

Auch die Herstellung der Akkumulatoren ist mit erheblichem Energieaufwand verbunden. Dies ist bei der Gesamtbilanzierung mit zu berücksichtigen. Zudem bestehen die Akkumulatoren aus mehr und minder giftigen Komponenten (Metallhydride, Schwermetalle usw.), die als Sondermüll entsorgt werden müssen - was bedeutet, dass sowohl Akkumulatorproduktion als auch -Entsorgung mit Energieaufwänden verbunden sind.



Passiv-Strategien

Das Verkehrsaufkommen kann grob in zwei Kategorien eingeteilt werden: Der Nutzfahrzeugverkehr und der Individualverkehr. Den CO₂-neutralen Verbrennungsmotoren, Elektromotoren und Brennstoffzellen werden in einem zukünftigen Verkehrskonzept Schlüsselpositionen zugerechnet. Mit ihnen lassen sich Fahrzeuge ausrüsten, die auch abseits der Verkehrswege eine hohe Motorenleistung benötigen, wie es etwa für den Nutzfahrzeugbereich gefordert wird. Der Energieaufwand für die Aufrechterhaltung eines Nutzfahrzeugsverkehrs ist erheblich und ist zukünftig mit effizienteren Antriebstechnologien erheblich zu reduzieren. Wenn der Energieaufwand hierzu aus rein regenerativen Quellen gespeist werden soll, ist für den Individualverkehr ein neuartiges Verkehrskonzept zu entwickeln, welches die Energie aus einem eigenen regenerativen Energienetz (Verkehrsstromnetz) bezieht und die bereitgestellte Energie möglichst effizient umsetzt.

Vorbild Passivhaus / Plus-Energiehaus

In den letzten Jahren gewinnen immer mehr passive Formen der Energienutzung an Boden. Als treibender Faktor ist in diesem Zusammenhang der Fortschritt im Niedrigenergie-Hausbau zu nennen. Hier geht es darum, einerseits ein gesundes Wohnklima bereitzustellen; andererseits den dazu notwendigen Energiebedarf zu minimieren. Die Absenkung des jährlichen Energiebedarfs führt schließlich von zu Gebäudetypen, die ganzjährig auf eine Heizungsanlage verzichten können (Passivhäuser). Die Wärme wird im Haus gehalten, indem die Energieverluste durch Wärmetransport über eine sehr gute Dämmung möglichst gering gehalten werden und eine geregelte Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung die kontrollierte Be- und Entlüftung ermöglicht.

Als passive Wärmequelle wird die Sonne genutzt, indem das Haus eine Südausrichtung erhält und die Haussüdseite mit großen besonders gut wärmegeprägten Fenstern ausgestattet ist, um im Winter möglichst viel Sonne einzufangen. Als zusätzliche passive Wärmequellen dienen die Wärmeabstrahlungen von Elektrogeräten (z.B. Kühlschrank) oder auch Personen.

Im Sommer sorgen Abschattungsmodule an der Haussüdseite dafür, dass Sonnenstrahlung aus einem hohen Einstrahlungswinkel nicht ins Haus gelangt und ein Aufheizen verhindert wird..

Da ein Passivhaus zum Heizen die Sonnenwärme passiv nutzt, wird weder eine Heizungsanlage noch ein Schornstein benötigt. CO₂-Emissionen und Feinstäube fallen für den Heizbetrieb nicht an. Wird der für die Hausgeräte erforderliche elektrische Strom aus regenerativen Quellen bereitgestellt, und zur Warmwasserbereitung auf regenerative Energien (Wärmepumpe, Solaranlage, Savonius-Windrad usw.) zurückgegriffen, so fallen zum Gesamtbetrieb eines Passivhauses keinerlei CO₂-Emissionen an.

Die logische Fortsetzung der Technologie eines Passivhauses führt zu Plusenergiehäusern, welche im Jahresmittel Energieüberschüsse erwirtschaften, die sie in das öffentliche Stromnetz einspeisen und vergütet werden. Ermöglicht wird dies mit einer Kombination einer noch weiter verfeinerten Passivhaustechnik und der Anwendung von photovoltaischen Elementen oder von kleinen im



Gebäudebereich montierten Windenergieanlagen (mit waagerechter oder senkrechter Rotorachse). Beispielsweise lassen sich photovoltaische Elemente nicht nur auf dem Hausdach sondern auch in die Aussenwände von Gebäuden integrieren oder auf den Abschattungsmodulen (s.o.) der Südfenster montieren. Staatlich gestützte Programme zur Plusenergiehausförderung würden also nicht nur zu einer Vermeidung von Kohlendioxid und Feinstäuben führen, sondern zusätzlich umweltfreundliche gewonnene Energie dem Stromnetz zuführen. Dieser Effekt wird mit jedem fertiggestellten Plusenergiehaus vergrößert.

Passiv-Fahrzeuge

Die gleiche Strategie, die das Beheizen von Wohnraum ohne Einsatz einer aktiven Energiequelle ermöglicht, kann auch bei Fahrzeugen zu deren Antrieb angewendet werden. Kennzeichnendes Merkmal dieser Fahrzeuge ist es, dass sie für ihren Antrieb keine Energiequelle (Treibstofftank oder Akkumulator) mit sich führen müssen.

Wenn analog zum Passivhaus zur Verringerung der Wärmeverluste die Dämmung wesentlich erhöht wird, bedeutet dies beim Passiv-Fahrzeug eine extreme Verringerung des Fahrzeuggewichts und des Luft- und Rollreibungswiderstands. Je geringer das Fahrzeuggewicht und je besser der cw-Wert (Luftwiderstandsbeiwert) ist, desto weniger Energieaufwand wird benötigt, um das Fahrzeug auf eine bestimmte Endgeschwindigkeit zu beschleunigen. Um die Insassen-Sicherheit zu berücksichtigen, müssen beim Passivfahrzeug hoch belastbare leichte Materialien zum Einsatz kommen; etwa Kohlefaser-Verbundwerkstoffe. Allerdings ist auch der Energieaufwand und die damit verbundenen CO₂-Emissionen bei der Herstellung der Karosserie zu berücksichtigen.

Ein wesentliches Merkmal eines Passivfahrzeugs ist seine ausgeprägte Leichtbauweise und das Fehlen eines Treibstofftanks bzw. einer Batterie oder eines Akkumulators. Dies führt zu einer weiteren erheblichen Gewichtsreduktion des Fahrzeugs. Das reduzierte Gewicht führt unter Beibehaltung des üblichen Beschleunigungsverhaltens zu einem erheblich verringerten Energiebedarf. So benötigt ein Passivfahrzeug für den Transport von 4 Personen mindestens 80% weniger Leistung und Energie als ein heute üblicher Mittelklassewagen.

Energietransmitter

Im Gegensatz zu herkömmlichen Fahrzeugen bezieht ein Passiv-Fahrzeug die zum Fahren benötigte Energie aus der umgebenden Infrastruktur. Der Hauptenergiebeitrag wird in elektrischer Form z.B. über Schleifkontakte oder über elektromagnetische Kopplungen (im folgenden „Energietransmitter“ genannt) dem Passiv-Fahrzeug von aussen permanent zugeführt. Diese Energie wird von einem externen Verkehrsstromnetz dem Passivfahrzeugverkehr bereitgestellt. Analog zu einem Solarfahrzeug kann dem Passivfahrzeug über in die Karosserie eingelassene Photovoltaikmodule zusätzliche Energie bereitgestellt werden. Weiterhin ist das Passivfahrzeug in der Lage, die nicht genutzte Energie, welche z.B. beim Bremsen zurück gewonnen werden kann oder von den Photovoltaikmodulen beim stehenden/parkenden Fahrzeug geliefert wird, in das öffentliche Verkehrsstromnetz zurückspeisen (V2G-Technologie).

Die Energietransmitter sind in die Fahrbahn integriert und übertragen elektrische Energie vom



öffentlichen Verkehrsstromnetz zum Passiv-Fahrzeug für den Vortrieb des Fahrzeugs oder leiten Energie vom Passivfahrzeug zurück in das Verkehrsstromnetz.

Das öffentliche Verkehrsstromnetz wird durch regenerative Energieumwandlungssysteme (z.B. kompakte Windenergieanlagen oder photovoltaischer Straßenbelag) entlang der Fahrstrecken und von einspeisenden Passivfahrzeugen permanent mit Energie versorgt.

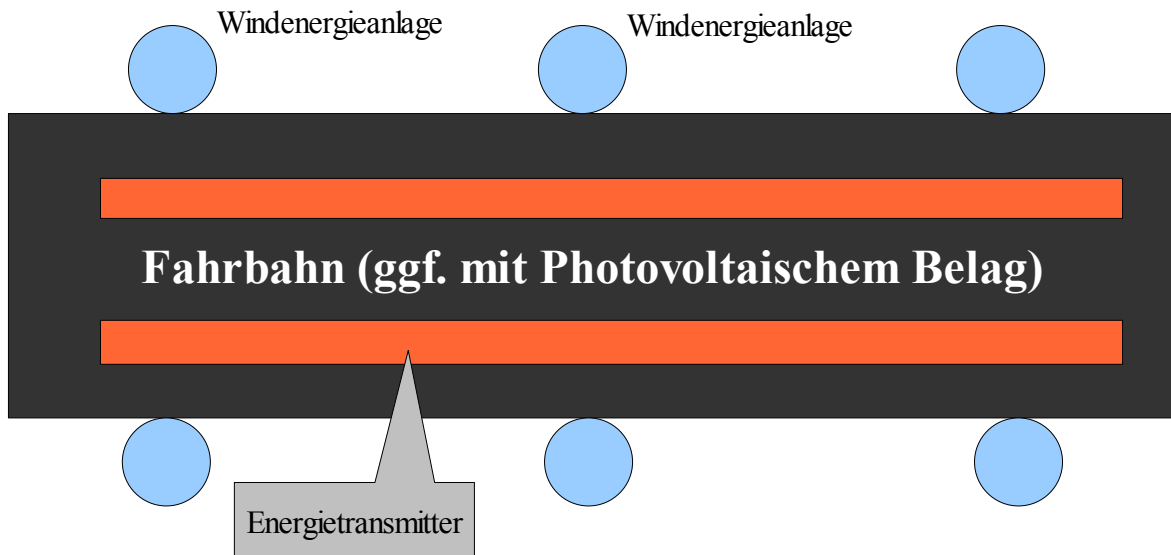
Energiespeicher

Das Verkehrsstromnetz muss in der Lage sein, eingespeiste Energie in Energiespeicher zu puffern, um sie in Zeiten geringer Einspeisung (wenig Wind, keine Sonneneinstrahlung) bei Bedarf anzapfen zu können. Da die PPKWs selbst über keine nennenswerten Energiespeicher verfügen, muss die Energie innerhalb des Verkehrsstromnetzes gehalten werden. Hier sind mehrere Technologien denkbar. Beispielsweise können Pumpspeicherwerke überschüssige Energie aufnehmen und bei Bedarf wieder zurückspeisen. Es ist auch denkbar, die Fahrbahnen mit einer kapazitiven Energiespeicherschicht auszustatten, so dass sie selbst die Rolle des Akkumulators für den Betrieb der PPKWs übernehmen können und ggf. auch in das öffentliche Stromnetz einspeisen können (s. Grafik).

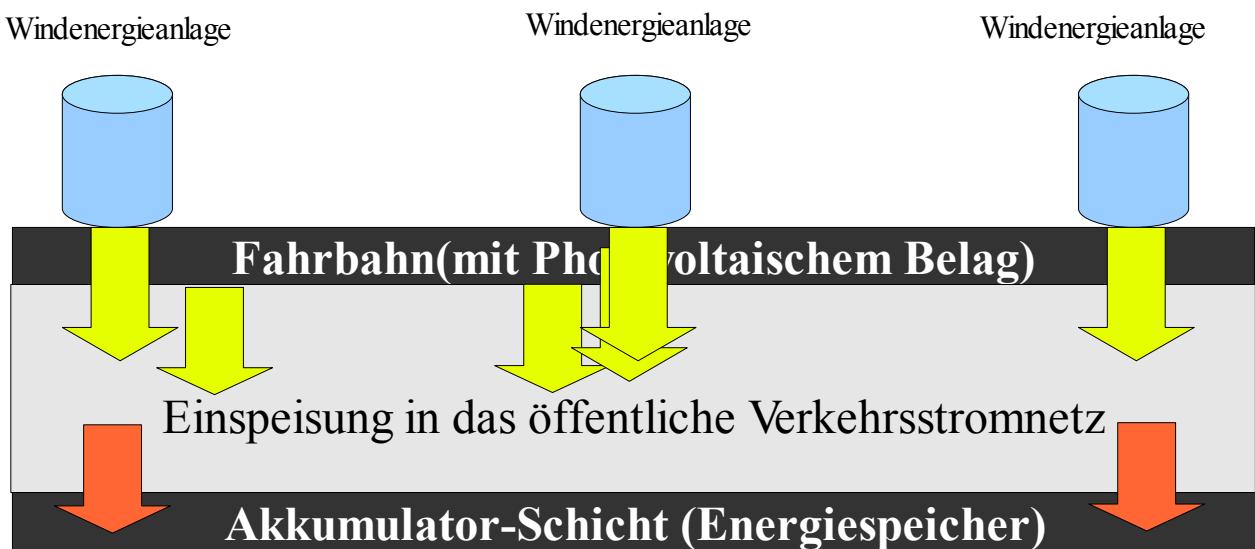
Das Energiewechselspiel zwischen dem Verkehrsstromnetz und dem Passivfahrzeug-Verkehr kann sehr gut bei Steigungs- bzw. Gefällestrecken beschrieben werden: Während der Steigungsfahrt wird dem Passivfahrzeug beständig zusätzliche Energie über die Energietransmitter aus dem Verkehrsstromnetz zugeführt, um zur Überwindung des Höhenunterschieds die potentielle Energie aufzubringen. Bei der Gefälle-Fahrt wird dem Verkehrsstromnetz die Energie (bis auf Wärme- und Reibungsverluste) über die Motorbremse wieder zurückgegeben. Bei bergigem Gelände sind auch lokale Energiespeicher denkbar, um das öffentliche Verkehrsstromnetz lokal zu unterstützen. Lokale Energiespeicher könnten z.B. mit Wasserkraft realisiert werden, indem die vom Passivfahrzeug-Verkehr und den regenerativen Energiekonvertern bereitgestellte Energie in ein Pumpspeicherwerk eingespeist wird (s.o.).



Die aktive Fahrbahn (Draufsicht)

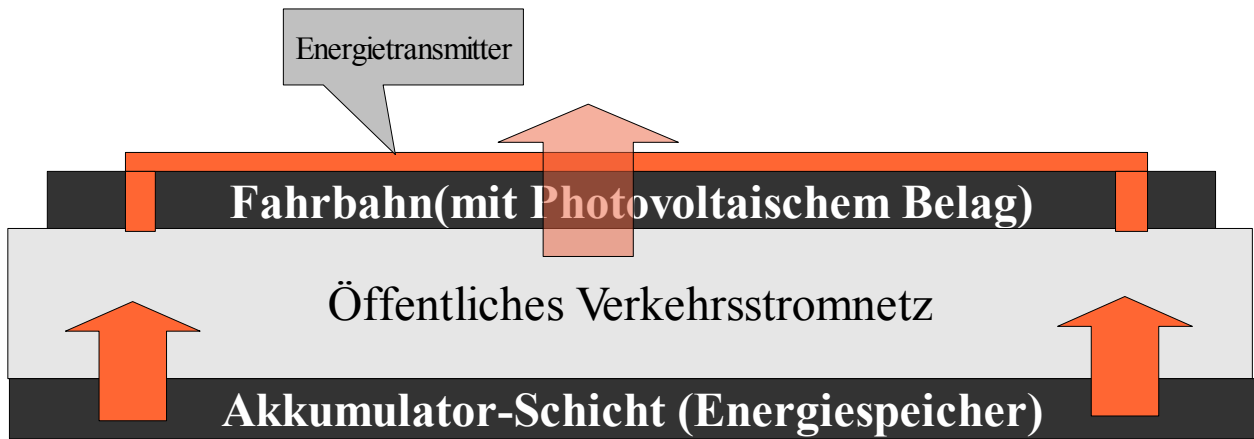


Die aktive Fahrbahn (Seitenansicht) – Aufladen des Energiereservoirs





Die aktive Fahrbahn (Seitenansicht) – Energiebereitstellung für PPKWs





Migrationsszenario

Um das Konzept des Passivfahrzeugs umzusetzen, ist es erforderlich, eine schrittweise Migration von der traditionellen Verkehrsinfrastruktur hin zu einer Passivstruktur aufzuzeigen. Hierbei ist das Konzept des PPKW (Passiv-PKW) allerdings nicht unabhängig vom Verkehrsstromnetz zu betrachten; d.h. es müssen beide Teilkonzepte parallel entwickelt werden, um optimale synergetischen Effekte zu erzielen.

Aufbereitung der Verkehrsinfrastruktur und Entwicklung von leichten Elektrofahrzeugen

Da der PPKW zum Vortrieb kein eigenes Energiereservoir besitzt, ist es notwendig, zunächst die vorhandene Verkehrsinfrastruktur auf den dynamischen Energieaustausch zwischen PPKW und Verkehrsstromnetz vorzubereiten. Dies wird erreicht durch die Schaffung der Anbindung des öffentlichen Energienetzes an die Verkehrsinfrastruktur, um in einer späteren Ausbauphase Energietransmitter und lokale Energieumwandlungssysteme integrieren zu können. Später kann das öffentliche Stromnetz wieder getrennt werden, wenn das Verkehrsstromnetz soweit ausgebaut ist, den PPKW-Verkehr ohne externe Hilfe zu versorgen. Zusätzlich müssen erhebliche Anstrengungen unternommen werden, etwa die Glättung des Fahrbahnbelags, um die Rollreibung auf ein für die Sicherheit der Fahrzeuge optimales Maß zu reduzieren. In der Anfangsphase müssen die PPKWs mit Akkumulatoren ausgestattet werden, um die Strecke zum nächsten Energietransmitter-Knoten überbrücken zu können. Mit zunehmender Verfügbarkeit der Verkehrsstromnetz-Infrastruktur können kleinere Akkumulatoren verwendet werden. Im Endausbau schließlich kann vollständig auf Akkumulatoren für PPKWs verzichtet werden.

Entwicklung von Energietransmitter-Technologie

Die Energietransmitter sollen den sicheren und zuverlässigen Energietransfer zwischen dem PPKW und dem Verkehrsstromnetz ermöglichen. Flankierend von staatlichen Förderungsmaßnahmen sind effiziente und sichere Energieübertragungseinheiten zu entwickeln. Dabei kann z.B. die vorhandene Schienentechnologie als Vorbild dienen; etwa die konventionelle Energieübertragung mit Hilfe von Schleifkontakten oder mit Hilfe elektromagnetischer Kopplung wie etwa beim Transrapid – allerdings mit schienenlosem Aufbau.

3rd Level-Energy-Access

Um die Abhängigkeit des PPKW-Verkehrs vom öffentlichen Stromnetz zu lösen und ein autonomes Verkehrsstromnetz aufzubauen, sind im Rahmen eines 3rd Level-Energy-Access- Programms Energieumwandlungssysteme für Sonne und Wind zu entwickeln, welche in eine PPKW-Verkehrsinfrastruktur integrierbar sind. Hierzu gehört z.B. die Entwicklung von Kompakt-Windkraftanlagen mit leistungsfähigen und robusten Darrieus- oder Savoniusrotoren, welche gefahrlos längs der Fahrbahn aufgestellt werden können oder die Entwicklung von photovoltaisch wirkendem Straßenbelag. Zugleich sind effiziente lokale Energiespeichersysteme zu entwickeln – insbesondere an bergigen Strecken.



Steckbrief Passiv-PKW

Zum Abschluss sollen noch einige charakteristische Zahlenwerte für den Passiv-PKW angegeben werden. Abweichungen nach oben oder unten sind möglich.

Leergewicht	< 500 kg
Personenzahl	5
Leistung	< 20 kW
Verbrauch (Benzineinheiten)	< 2.5
Verbrauch (kWh)	< 0.1 kWh/km
CO2-Emission pro km	0 kg/km (keine)
Reichweite	Unbegrenzt
cw-Wert	< 0.25
Motorisierung	Elektromotor (z.B. 4 Einzel-Radnabenmotoren)
Akkumulator	Nicht unbedingt erforderlich. Ggf. Klein-Akku bis zum Verkehrsnetz-Ankoppelungspunkt
Kraftstoff	keinen (Netzgekoppelter Elektrobetrieb)
Karosseriemerkmale	Photovoltaik Elemente im Dach und in den Seitenflächen
Besondere Merkmale	Kein Akkumulator, Energieaufnehmer für Energietransmitter, V2G-Netzeinspeisung, Permanentanbindung Verkehrsnetz