

Wilfried Puwein

# Förderung von Solarmobilen

## Umweltökonomische Beurteilung

**D**as österreichische Parlament behandelt zur Zeit den Antrag auf ein „Bundesgesetz zur Förderung von Solarmobilen“. Als Solarmobile im Sinne dieses Gesetzes gelten elektrisch betriebene Kraftfahrzeuge (Aufladung der Batterie durch Netzstrom), für die zur Deckung des Strombedarfs eine photovoltaische Anlage (PV-Anlage) errichtet oder ein entsprechender Anteil an einer gemeinschaftlichen PV-Anlage erworben wird. Gemäß Antrag soll dieses Gesetz

- die Effizienz des Energiesystems steigern,
- die Emissionsbilanz verbessern und
- Impulse für zukunftsweisende Technologien geben

Die Förderung besteht aus

- einem ermäßigten Umsatzsteuersatz für Solarmobile (10% statt 32%) und
- Kreditkostenzuschüssen, Investitionszuschüssen oder sonstigen „verlorenen“ Zuschüssen für die Herstellung von PV-Stromerzeugungsanlagen aus Mitteln des Umweltfonds bis zu 33% der Herstellungskosten. Diese Förderung gilt für alle PV-Anlagen, ist also unabhängig von der Anschaffung eines Solarmobils

Somit wird die staatliche Umweltschutzpolitik in Österreich, die sich neben Geboten und Verboten bereits besonders auf das Instrument Förderung stützt, um eine zusätzliche Förderung erweitert. Wohl genießt diese Art der Umweltpolitik große Akzeptanz in der Bevölkerung, die Knappheit der öffentlichen Mittel gebietet jedoch eine eingehende Prüfung der umweltökonomischen Effizienz der eingesetzten Mittel.

Der vorliegende Beitrag prüft,

**Der motorisierte Straßenverkehr wurde nicht nur zur zentralen Frage der Verkehrspolitik, sondern ist auch für einen großen Teil der gegenwärtigen Umwelt- und Energieversorgungsprobleme verantwortlich. Bisher zielten ordnungspolitische Maßnahmen darauf ab, die unmittelbar anstehenden Schwierigkeiten zu lösen: Bis Mitte der siebziger Jahre wurden Straßen großzügig ausgebaut, um Engpässe im Straßennetz zu beseitigen. Nach der ersten Erdölkrise wurde zur Herabsetzung der Abhängigkeit des Verkehrs von Erdölimporten verstärkt in den öffentlichen Schienenverkehr investiert. In den achtziger Jahren führten das Waldsterben und zunehmende Anrainerproteste zu verschärften Abgasvorschriften und Lärmschutzmaßnahmen. Gesucht werden Lösungen, die einerseits der individuellen Mobilität nicht zu enge Grenzen setzen, andererseits aber auch die Umweltqualität verbessern und dem Nachhaltigkeitsprinzip in der Energieversorgung entsprechen. Das Solarmobil könnte diesen Anforderungen nahe kommen.**

wieweit Subventionen den umweltökonomischen Kriterien

- ökologische Wirkung,
- ökonomische Effizienz
- Verteilungseffekte,
- Administrierbarkeit und
- Verursacherprinzip gerecht werden.

**Zeitpunkt der Batterieaufladung bzw. Stromeinspeisung entscheidend**

Der Verkehr verbraucht in Österreich 20% der Primärenergie und verursacht 73% der Stickoxid-, 58% der

Kohlenwasserstoff- und 47% der Kohlenmonoxidemissionen (Übersicht 1). Weitere Umweltbelastungen entstehen durch Lärm, Bleiemissionen, Asbestabrieb von Bremsbelägen, Staub Ruß die Gefahr von Tankwagenunfällen, Bodenversiegelung mit Verkehrsflächen sowie die Altaufoentsorgung.

Mit einer Einschränkung des Güterausstausches und der Mobilität, der Senkung der Verkehrsanteile mit hohen Emissionen und Energieverbrauch und der Herabsetzung von transportmittelspezifischen Emissions- und Energieverbrauchswerten können Energieverbrauch und Umweltbelastung des Verkehrs verringert werden.

Das Ziel der Förderung von Solarmobilen ist spezifische Emissionen des motorisierten Individualverkehrs einzuschränken und den Energiebedarf aus einer erneuerbaren umweltfreundlichen Quelle zu decken. Batteriebetriebene Elektromobile stoßen am Einsatzort keine Schadstoffe aus, ihre Lärmemissionen beschränken sich auf das Abrollgeräusch der Räder und das Summen des Elektromotors. Wird aber der für das Aufladen der Batterien benötigte Strom in kalorischen Kraftwerken erzeugt, so er-

### Emissionen des Verkehrs Übersicht 1

1987

	1 000 t	In % der Gesamtemissionen
SO <sub>2</sub>	5	4,2
NO <sub>x</sub>	149	72,7
C <sub>x</sub> H <sub>x</sub>	101	57,7
CO	572	46,8
Staub	12	40,0
CO <sub>2</sub>	14 100	21,6

Q: Bundesministerium für wirtschaftliche Angelegenheiten, Energiebericht 1990 der österreichischen Bundesregierung Wien 1990

reicht das Elektromobil sowohl in der Energie- als auch in der Schadstoffbilanz keine besseren Werte als ein Kraftfahrzeug mit Verbrennungsmotor (Hiess — Streicher *et al.*, 1991). „Echte“ Solarmobile hingegen, die ihren Betriebsstrom aus der PV-Anlage an Bord des Fahrzeugs beziehen oder deren Batterien ausschließlich an stationären PV-Anlagen aufgeladen werden und sich so emissionsfrei mit Energie versorgen, sind — auch im Sinne der Kreislaufwirtschaft — optimale Verkehrsmittel.

Der vorliegende Gesetzesantrag sieht vor, daß die PV-Anlagen laufend Strom ins öffentliche Netz einspeisen, die Batterieaufladung im Gegenzug dazu jederzeit aus dem Stromnetz erfolgen kann. Für die ökologische Wirkung der Förderung von Solarmobilen ist daher die allgemeine Stromversorgungslage zum Zeitpunkt der Strom einspeisung bzw. der Batterieaufladung entscheidend.

Wird die Batterie am öffentlichen Stromnetz aufgeladen, entsprechen die ökologischen Folgen des „Solarmobils“ jenen eines zusätzlichen Stromverbrauchers. Nach dem Marginalitätsprinzip ist einem zusätzlichen (marginalen) Stromverbraucher die dafür erforderliche (marginale) Stromerzeugung — hinsichtlich Energieumwandlung und Schadstoffemissionen, Verbrauch natürlicher Ressourcen und Gefährdungspotential — mit den Werten des letzten zugeschalteten Stromerzeugers zuzuordnen. Diese Aufteilung sollte im europäischen Stromverbund gesehen werden, also einschließlich der Braunkohlekraftwerke und Atomkraftwerke, die fallweise für Österreich Strom produzieren.

Somit ist die ökologische Bilanz des „Solarmobils“ als Stromverbraucher in den Sommermonaten — in Zeiten der „Stromschwemme“ — günstiger als zu Spitzenbelastungen des Stromverbunds im Winter. Umgekehrt dazu verhält sich die PV-Anlage als Stromerzeuger: Große Stromnachfrage ergibt eine hohe ökologische Effizienz, ein Stromüberschuß hingegen eine niedrige. Belastet wird die ökologische Bilanz neben saisonbedingten Stromspitzen auch durch tägliche Spitzen. Aussagekräftige Werte ließen sich nur mit exakten Zeitmustern von Batterieaufladung und Stromerzeugung ermitteln, dazu

fehlen derzeit allerdings die entsprechenden Erfahrungen.

Sind Stromerzeugung und Stromverbrauch zeitlich voneinander unabhängig, so scheint eine Verknüpfung der Förderung von Elektromobilen mit der Anschaffung von PV-Anlagen wenig zielführend. Daher erhebt sich die Frage, ob Elektromobile und PV-Anlagen grundsätzlich aus ökologischen Überlegungen zu fördern sind.

Charakteristisch für den Betrieb von Elektromobilen ist, daß die mit der Energieumwandlung entstehenden Umweltprobleme den Einsatzort

**Die ökologische Wirkung der Förderung des „Solarmobils“ hängt von der Stromversorgungslage zum Zeitpunkt der Batterieaufladung und der Strom einspeisung aus photovoltaischen Anlagen ins öffentliche Netz ab. Wenn Stromerzeugung und -verbrauch zeitlich voneinander unabhängig sind, scheint es wenig zielführend, die Förderung von Elektromobilen mit der Anschaffung von PV-Anlagen zu verknüpfen.**

des Fahrzeuges nur marginal belasten (etwa nur durch Fernvertragung der zusätzlichen Abgase aus kalorischen Kraftwerken). In hoch belasteten Ballungsräumen könnten daher Elektromobile die Luft- aber auch die Lärmsituation verbessern. Hier muß jedoch stets die Frage nach ökologisch wirkungsvollen Lösungen gestellt werden. Gemessen an der Energie- und Schadstoffbilanz erbringen öffentliche Verkehrsmittel (Schienenfahrzeuge, Oberleitungsbusse) günstigere Werte als batteriebetriebene Elektromobile, die ja im ökologisch schlechtesten Stromversorgungsfall Kfz mit Verbrennungsmotoren gleichzusetzen wären. Im Durchschnitt sind im Kfz-Personenverkehr die Emissionen pro Personenkilometer an Kohlenmonoxid 155mal an Stickoxiden 4mal und Kohlenwasserstoffen 37mal so hoch wie im Schienenverkehr (Bollinger — Ellwanger 1988). Die tatsächlich den Elektromobilen zurechenbaren Emissionswerte bleiben freilich — entsprechend der durchschnittlichen Stromversorgungssituation eines Jahres — wesentlich unter diesen Werten. Belastet wird die ökologische Bilanz des Elektromobils durch den Verkehrsflächenbedarf sowie die Alt-

fahrzeug- und Batterieentsorgung. Also ist es wesentlich, ob das Elektromobil ergänzend zu einem oder anstelle eines „konventionellen“ Kfz gekauft wird.

Im Hinblick auf erneuerbare Energie sowie geringe Umweltbelastung für die Stromerzeugung sind PV-Anlagen auf der Basis kristallinen und amorphen Siliciums sehr günstig zu beurteilen, jedoch besteht noch ein erheblicher technischer Entwicklungsbedarf (D/W, 1991). Der Einsatz von PV-Systemen umfaßt zur Zeit im wesentlichen den Kleingerätebereich (Rechner, Uhren) sowie netzferne Verbraucher (Signalanlagen, Kommunikation, Beleuchtung) und erleichtert hier das Batterieproblem (Entsorgung). Mit hohen öffentlichen Förderungen forcieren derzeit verschiedene Länder die Errichtung leistungsfähiger netzgekoppelter PV-Anlagen.

Derzeit noch geringe ökonomische Effizienz

Im Sinne einer hohen ökonomischen Effizienz umweltpolitischer Maßnahmen sind vom Umweltschutz vorgegebene Ziele mit minimalen Kosten für die Volkswirtschaft zu erreichen und ungünstige Nebenwirkungen auf andere Ziele der Wirtschaftspolitik zu vermeiden. Weiters hat eine ökonomisch effiziente Umweltmaßnahme einen dauerhaften Anreiz für Innovationen auf dem Gebiet der technisch-organisatorischen Lösung von Umweltproblemen zu geben (Sprenger, 1984). Der Einsatz öffentlicher Mittel für die Umweltsanierung erweist sich vom ökonomischen Standpunkt aus zumeist als nicht optimal (Bayer — Puwein — Onz, 1986).

Aus der Förderung von Solarmobilen erwachsen dem Bund Kosten in Form entgangener Einnahmen aus Umsatzsteuer, die Subventionierung der PV-Anlagen geht zu Lasten anderer Förderungen des Umweltfonds oder erfordert eine Aufstockung seiner Mittel. In beiden Fällen gilt es zu überlegen, ob die gestellten Ziele vergleichsweise kostengünstiger erreicht werden könnten.

Zur Verbesserung der Umweltsituation in den Ballungszentren bieten elektrisch betriebene öffentliche Nahverkehrsmittel ökologisch günstigere Voraussetzungen als Elektromobile. Aussagen über die ökonomische Effi-

zienz könnten nur aufgrund eingehender Kostenrechnungen getroffen werden. Einige wichtige Kostenstellen deuten die tatsächlichen Relationen an: Die Aufwendungen (ohne Abschreibungen, Zinsen, Steuern, Versicherungen) pro Personenkilometer der städtischen Verkehrsbetriebe in Wien, Graz, Linz, Salzburg und Innsbruck erreichen im Schienen- und Ö-Busverkehr zwischen 1,30 S und 1,80 S (*Bundesministerium für öffentliche Wirtschaft und Verkehr*, 1990). Im Vergleich dazu betragen allein die Kosten der Austauschbatterien für Elektromobile je Fahrzeugkilometer rund 10 S (Erfahrungen im Testbetrieb gemäß Angaben des ARBÖ).

Neben der Förderung des öffentlichen Verkehrs bieten sich auch andere Maßnahmen zur Eindämmung des motorisierten Individualverkehrs an. Viele Städte treiben eine konsequente Parkraumbewirtschaftung in den Kernzonen voran, die nach dem Verursacherprinzip den Gemeinden Einnahmen bringt, welche in den öffentlichen Personennahverkehr investiert werden können.

Auch kostengerechte Abgaben für den motorisierten Individualverkehr (bemessen nach Grenz- oder Opportunitätskosten des innerstädtischen Verkehrs oder den externen Kosten) würden die Wettbewerbsfähigkeit des öffentlichen Verkehrs erhöhen und zur Lösung von Verkehrs- und Umweltproblemen in den Ballungszentren beitragen.

PV-Anlagen sind insbesondere im Sinne einer nachhaltigen Energieversorgung sehr günstig zu beurteilen, sie gehören aber – ungeachtet der bisher deutlichen Kostenreduktionen – nach wie vor zu den teuersten Stromerzeugungssystemen (*DIW*, 1991). Bis zum Jahr 2010 erwartet man, daß die Stromerzeugungskosten etwa auf 2,10 S bis 4,20 S je kWh sinken könnten. Derzeit sind die Kosten rund 12mal so hoch wie von Wasserkleinkraftwerken und 8mal so hoch wie von Windkraftanlagen (*Grawe*, 1991). Gemäß dem heutigen Stand der Technik ist also die Förderung anderer erneuerbarer Energiequellen zur Erzeugung elektrischen Stroms ökonomisch weitaus effizienter als jene von PV-Anlagen. Daneben wären Energiesparmaßnahmen ebenfalls in die Überlegungen einzubeziehen.

Die ökonomische Effizienz eines

umweltpolitischen Instruments muß auch im Hinblick auf längerfristige Entwicklungsaspekte gewertet werden. Aus einer Vorreiterrolle bestimmter Umweltschutzaktivitäten können ökonomische Vorteile erwachsen. Sowohl Elektromobilen als auch PV-Anlagen steht ein großes Entwicklungspotential offen. Allerdings hat Österreich in diesem Bereich kaum komparative Vorteile. Derzeit führen im Innovationsprozeß Länder mit starker Automobilindustrie (USA, Japan, Deutschland, Italien) und einer großen Zahl an Sonnenstunden (Kalifornien, Israel). Weiters forcieren besonders „umweltbewußte“ Länder (Schweiz, Dänemark) die Entwicklung und werden hiebei von einer hochentwickelten Elektroindustrie (Elektronik) unterstützt.

#### Personelle und regionale Verteilungswirkungen

Umweltpolitische Maßnahmen wirken sowohl auf die ökonomische als auch ökologische Verteilung, dabei steht die Umverteilung zwischen Einkommenschichten und Regionen im Mittelpunkt. Elektromobile werden vorwiegend als Zweitfahrzeug für den Stadtverkehr Verwendung finden. Aufgrund der hohen Anschaffungskosten von Elektromobilen dürften vermutlich nur sehr umweltbewußte Personen, die außerdem über ein entsprechend hohes Einkommen verfügen müssen, die Förderung zu den vorgesehenen Konditionen in Anspruch nehmen. Sie würde demnach eine Umverteilung zur besser verdienenden Stadtbevölkerung auslösen. Elektromobile schonen wohl die Umwelt in den Städten, sie bringen jedoch eine zusätzliche Belastung dort, wo der Strom zur Batterieaufladung produziert wird.

Auch die Förderung der Errichtung von PV-Anlagen mit 33% werden voraussichtlich nur besonders umweltbewußte und einkommenstarke Personen nützen, da die Kosten dieser Art von Stromerzeugung – trotz Förderung – noch immer ein Vielfaches des derzeitigen Stromtarifes betragen würden. Das steigende Umweltbewußtsein der Bevölkerung und der daraus resultierende Wunsch nach „sauberer Energieerzeugung“ könnten die Nachfrage nach PV-Anlagen aber beleben. Ihre Förderung hat

einen positiven ökologischen Verteilungseffekt: In dem Maß, in dem PV-Anlagen Strom in das Netz einspeisen, wird die Umwelt im Bereich der kalorischen Kraftwerke entlastet.

#### Administrierbarkeit

Im allgemeinen begrüßt die Bevölkerung Förderungen. Der Verwaltungsaufwand einer Ermäßigung des Mehrwertsteuersatzes für Elektromobile ist äußerst gering, jener für die Förderung der Anschaffung von PV-Anlagen durch den Umweltfonds hängt von den Auflagen und den Überprüfungen der Förderungswürdigkeit ab.

Eine zentrale Forderung der Umweltpolitik ist, daß die Verursacher von Umweltschäden die Kosten für deren Beseitigung oder Verhinderung zu tragen haben. Grundsätzlich widersprechen Förderungen diesem Prinzip. Am ehesten sind sie für Forschung und Entwicklung im Bereich des Umweltschutzes zu akzeptieren und dort, wo Lösungen nach dem

#### Förderungen widersprechen Verursacherprinzip

Verursacherprinzip schwerwiegende ökonomische oder soziale Probleme aufwerfen. Im vorliegenden Fall gibt die Förderung der Nachfrage nach Solarmobilen und PV-Anlagen der Forschung und Entwicklung umweltfreundlicher Verkehrs- und Energiegewinnungssysteme Impulse, die aber nach dem Verursacherprinzip auch durch Gesetzauflagen für die Automobilindustrie (z. B. Clean Air Act in den USA) ausgelöst werden. Wie Erfahrungen der siebziger und achtziger Jahre zeigten, unterstützt die Verteuerung von Treibstoff ähnliche ökologisch positive Innovationschübe. Eine verursachergerechte Energie- und Emissionssteuer auf Treibstoffe würde die aufgrund der derzeit relativ niedrigen Erdölpreise zum Stillstand gekommene Entwicklung wieder in Bewegung setzen.

#### Schlußfolgerungen

Von der öffentlichen Stromversorgung unabhängige Solarmobile entschärfen die ökologischen Probleme

des motorisierten Individualverkehrs wesentlich. Mit einer Batterieaufladung am öffentlichen Netz sinken die ökologischen Vorteile entsprechend der allgemeinen Stromversorgungssituation. Aufgrund der hohen Kosten für Batterien und die Stromerzeugung durch photovoltaische Anlagen ist die ökonomische Effizienz der Förderung von Solarmobilen vermutlich geringer als etwa jene des öffentlichen Verkehrs. Die im Gesetz vorgesehenen Förderungssätze für Solarmobile und PV-Anlagen decken nur einen Bruchteil der im Vergleich zur Benützung von Pkw mit Verbrennungsmotoren und zum Strombezug aus dem öffent-

lichen Netz erwachsenden Mehrkosten. Daher wird voraussichtlich nur ein sehr eingeschränkter Personenkreis mit hohem umweltpolitischen Engagement und entsprechendem Einkommen die Förderung in Anspruch nehmen. Nennenswerte Auswirkungen auf den Bundeshaushalt oder gesamtwirtschaftliche Größen sind also nicht zu erwarten.

---

#### Literaturhinweise

---

**Bayer, K., Puwein W., Onz K.-Ch.**, Volkswirtschaftliche Bedeutung der Umweltpolitik. Kurzfassung. Wien 1986.

**Bollinger P., Ellwanger G.**, „Umweltwirkungen des Eisenbahnverkehrs“. Die Bundesbahn 1988, 64(8), S. 713-716.

**Bundesministerium für öffentliche Wirtschaft und Verkehr**, Amtliche Eisenbahnstatistik der Republik Österreich. Wien 1990.

**DIW**, „Verstärkte Förderung erneuerbarer Energiequellen notwendig“. Wochenbericht 1991, 58(20), S. 261-266.

**Grawe J.**, „Regenerative Energie richtig fördern“. Elektrizitätswirtschaft 1991, 19(3), S. 71-77.

**Hiess H., Streicher W. et al.**, Expertise Elektrostraßenfahrzeug — Solarmobile. Vorbereitung für einen Breitentest. Kurzfassung. Wien-Graz 1991.

**Sprenger R.-U.**, „Kriterien zur Beurteilung umweltpolitischer Instrumente aus Sicht der wissenschaftlichen Politikberatung“. in: Schneider S., Sprenger R.-U. (Hrsg.), „Mehr Umweltschutz für weniger Geld“. IFO-Studie zur Umweltökonomie 1984, (4), München.