

# Mehr Tempo für Elektromobilität

Memorandum  
zur schnellen und umfassend angelegten  
Öffnung in die Massenproduktion

Hermann Scheer

Herausgegeben von EUROSOLAR

## Inhaltsverzeichnis

<b>Kapitel</b>	<b>Seite</b>
I. Die Unentschlossenheit von Politik und Industrie	1
II. Batterietechnologie	3
III. Wirtschaftlichkeit und Kundennutzen	5
IV. Technologievorsprung wieder herstellen	6
V. Lkw und Busse	10
VI. Regelenergie aus Elektrofahrzeugen	11
VII. Stromproduktion	12
VIII. Anlagenzahl und Investitionsvolumen	13
IX. Ordnungspolitischer Rahmen	22
X. Die vollständige Umstellung ist möglich	32
XI. Woher soll der Strom für Elektrofahrzeuge kommen? (Das Leuchtturmprojekt A 7)	33
Karten zum A7-Projekt	45
Glossar	50

**Hermann Scheer**

## **Mehr Tempo für Elektromobilität**

### **Memorandum zur schnellen und umfassend angelegten Öffnung in die Massenproduktion**

Mobilität, basierend auf Erdöl, ist zu einem nicht mehr kalkulierbaren Problemfaktor geworden: Deutschland deckt derzeit 96 Prozent seines Ölbedarfs durch Importe von Lieferanten-Monopolen mit der Folge willkürlicher wirtschaftlicher und sozialer Erpressbarkeit. Erdöl ist ein endlicher Rohstoff, was unausweichlich zu immer weiter ansteigenden Preisen führen wird. Hinzu kommt die Frage des Klima- und Umweltschutzes, die mit fossilen Energieträgern nicht zu lösen ist.

Daher muss auch für den Verkehrssektor der Umstieg auf erneuerbare Energien eingeleitet werden, bevor es zu krisenhaften Verknappungsszenarien und den damit verbundenen politischen und sozialen Verwerfungen kommt. Es bieten sich dafür einerseits Biotreibstoffe, eingesetzt in Verbrennungsmotoren, und andererseits die Elektromobilität an, deren Strombedarf aus erneuerbaren Energien gedeckt werden muss. Die Elektromobilität kann im Pkw-Bereich die dominierende Rolle spielen und sollte das auch, da sie die höchste Energieeffizienz besitzt. Inwiefern Hybridfahrzeuge als Übergangstechnologie notwendig sind, muss kritisch hinterfragt werden. Im Bereich der Lkw und Busse finden Biotreibstoffe ihr passendes Einsatzgebiet.

### **I. Die Unentschlossenheit von Politik und Industrie**

Seit vielen Jahren werden auf Automobilmessen und Konferenzen Prototypen für Elektromobile vorgestellt (Hinweis: in den Medien werden gelegentlich auch Hybridfahrzeuge als „Elektrofahrzeuge“ bezeichnet. In diesem Papier sind mit den Begriffen Elektromobil/Elektrofahrzeug ausschließlich Fahrzeuge umschrieben, die nur über einen Elektromotor angetrieben werden und keinen Verbrennungsmotor mehr besitzen – Zitate sind davon ausgenommen). In den Verkaufsräumen der großen Autohersteller finden sich aber nach wie vor nur Fahrzeuge mit Verbrennungsmotoren. Was man allerhöchstens erwerben kann sind sogenannte Hybridfahrzeuge, also Pkw, die Verbrennungs- und Elektromotor kombinieren. Wer ein Elektromobil kaufen möchte, hat es

schwer: als Kunde muss er sich mühsam auf die Suche nach einem Hersteller machen statt umworbener Käufer zu sein.

Vor diesem Hintergrund erscheint es als sachlich zwar richtig, politisch aber gewagt, wenn das Bundesverkehrsministerium optimistisch verkündet: „Elektrofahrzeuge gehört die Zukunft. Sie werden vor allem im Stadtverkehr bald zum Alltag gehören.“<sup>1</sup> So klar diese Zukunft formuliert wird, begonnen hat sie in Deutschland noch nicht. Das kann auch daran liegen, dass die Bundesregierung bis dato im Bereich der Elektromobilität einen eher planwirtschaftlich anmutenden Ansatz verfolgt. Anstatt Marktanreize zu bieten und gesetzliche Rahmenbedingungen für die Schaffung neuer Märkte zu setzen (so wie bei den erneuerbaren Energien), werden Forschungsprogramme und Entwicklungspläne aufgesetzt, so der „Nationale Entwicklungsplan Elektromobilität“, der 2009 vorgelegt wurde. „Mittelfristig“ soll zudem eine von allen Akteuren getragene Strategie für Elektromobilität entwickelt und dazu wiederum eine „Nationale Plattform Elektromobilität“ ins Leben gerufen werden<sup>2</sup>.

Während hierzulande noch am großen, allumfassenden Plan gearbeitet wird, produzieren in den USA und Japan bereits erste Firmen Elektromobile für den Alltagseinsatz und ist in Israel der flächendeckende Aufbau einer Elektromobil-Infrastruktur bereits beschlossen. Während Deutschland noch am Reißbrett sitzt, liefern andere schon Fahrzeuge aus. Schlimmer noch: es besteht durchaus die Gefahr, dass auch diesmal die großen Vorhaben einfach wieder versickern.

Das war schon einmal so, als von 1992 bis 1995 ein Elektroauto-Großversuch auf der Insel Rügen durchgeführt wurde. Namhafte Unternehmen und Entscheider aus der Politik übertrafen sich damals in den Ankündigungen. So ließen Mitglieder der Bundesregierung verlauten, man habe das Ziel, dass im Jahr 2000 mindestens zehn Prozent aller neu zugelassenen Kraftfahrzeuge Elektroautos sein sollten. Daraus ist bekanntermaßen nichts geworden. Im Gegenteil: die deutsche Automobilindustrie hat nach Beendigung des Großversuches die Elektromobilität nur noch stiefmütterlich behandelt und so ihre Technologieführerschaft für Stromspeicherung im Auto leichtfertig verspielt.<sup>3</sup> Die ADAC-Motorwelt schrieb anlässlich des Großversuches, das Thema sei durch.<sup>4</sup> Heute müssen selbst Großkonzerne wie BMW die Batterie-technik für neue Flottenversuche aus dem Ausland einkaufen.

---

<sup>1</sup> Veröffentlichung des Bundesverkehrsministeriums anlässlich der Nationalen Strategiekonferenz Elektromobilität, Nr. 347/2008

<sup>2</sup> [www.bmvbs.de](http://www.bmvbs.de)

<sup>3</sup> Spiegel online, „Blackout auf Rügen“, 21.12.2008, siehe auch: „Elektromobilität und erneuerbare Energien“, ifeu, Wuppertal Institut, S. 4

<sup>4</sup> [sueddeutsche.de](http://sueddeutsche.de), „Aus der Kritik an die Dose“, 21.11.2008

Um zu vermeiden, dass solche Entwicklungen erneut eintreten, sind gezieltere und umfassender angelegte Herangehensweisen geboten. Aufgabe der Politik ist deshalb vorrangig, die Rahmenbedingungen für einen Markt und für die Marktteilnehmer für die Elektromobilität zu setzen. Der Aufwuchs der Kapazitäten erfolgt dann, wie beim Erneuerbare-Energien-Gesetz, aus dem Markt heraus. Planwirtschaftliche Vorgaben sind weder erforderlich noch zielführend und in den seltensten Fällen kundenorientiert. Einen Vorschlag dazu, was notwendig ist, liefert dieses Papier.

## II. Batterietechnologie

### 1. Technologie ist verfügbar

Von der Batterie, die ein Elektrofahrzeug mit sich führt, hängt zum großen Teil die erzielbare Reichweite ab. Diese wiederum ist entscheidend für die Kundenakzeptanz. Die Schlüsseltechnologie hierfür sind Lithium-Ionen Batterien. Evonik, dessen Tochter Li-Tec (Mitgesellschafter: Daimler) Lithium-Ionen Batterien herstellt, wirbt auf seiner Homepage mit der Aussage „Der Elektroantrieb für alle – alltagstauglich, sicher bezahlbar – ist in greifbare Nähe gerückt.“<sup>5</sup> Damit wird umschrieben, welcher Technologiesprung bei den Speichereinheiten in den letzten Jahren vollzogen wurde und was die Hersteller, nicht nur Li-Tec alleine, jetzt anzubieten in der Lage sind. Die Speichertechnologie für alltagstaugliche, konkurrenzfähige Elektromobile steht heute in der Tat zur Verfügung.

Lithium-Ionen Batterien sind kleiner und leistungsfähiger als andere Akku-Varianten. Sie lassen sich deshalb ohne größeren Stauraumverlust in den Fahrzeugen unterbringen und ermöglichen zudem größere Reichweiten (Beispiele dazu siehe unter IV. 2.).<sup>6</sup> Unter allen wiederaufladbaren Batterien weisen sie die höchste Energiedichte auf. Zudem wiegen sie nur nahezu die Hälfte gegenüber den bislang gebräuchlichen Nickel-Metallhydrid-Akkus (NiMH).<sup>7</sup> Für ein 20 kWh Batterie-System in einem Fahrzeug müssten NiMH-Batterien mit einem Gewicht von 300 kg eingebaut werden, während es bei Lithium-Ionen Batterien nur 180 kg sind.<sup>8</sup>

---

<sup>5</sup> corporate.evonik.de

<sup>6</sup> www.driving-ideas.de

<sup>7</sup> Energiewirtschaftliche Tagesfragen, 12 (2008), Tillmetz, S. 23

<sup>8</sup> Uwe Köhler (Johnson Controls), Vortrag auf der IRES 2008

## 2. Aufbau von Produktionskapazitäten

Für das Jahr 2010 plant Li-Tec die Produktion von 100.000 Lithium-Akkuzellen, womit bis zu 1.000 Elektrofahrzeuge bestückt werden können. Im Jahr 2011 ist das zehnfache der Fertigungskapazität vorgesehen<sup>9</sup>. Es können aber, wenn der Bedarf da ist, auch zwei Millionen Zellen hergestellt werden.<sup>10</sup> Das japanische Joint Venture „Lithium Energy Japan“, an dem Mitsubishi beteiligt ist, hat im Jahr 2009 die Produktion in einer Fabrik aufgenommen, die 200.000 Zellen herstellt und Ende 2010 eine Kapazität von 600.000 erreichen soll.<sup>11</sup> Toyota, das eine eigene Fertigung aufgebaut hat, arbeitet ebenfalls an einer Ausweitung seiner Kapazitäten.<sup>12</sup>

## 3. Forschung und Entwicklung

Für die weitere Forschung und Entwicklung auf dem Gebiet der Lithium-Ionen-Batterie hat sich in Deutschland ein Industriekonsortium („Innovationsallianz Lithium Ionen Batterie“) verpflichtet, in den nächsten Jahren 360 Millionen Euro zu investieren. Das Bundesforschungsministerium wird ergänzend 60 Millionen Euro zur Verfügung stellen.<sup>13</sup>

## 4. Preisentwicklung

Die Preisentwicklung für Lithium-Ionen-Batterien ist nur schwer einzuschätzen, weshalb es eine große Bandbreite an Schätzungen gibt. Momentan kosten sie für den mobilen Einsatz in Fahrzeugen zwischen 800 und 1.500 Euro pro kWh Speicherkapazität<sup>14</sup>. Es wird angenommen, dass dieser Preis bis 2010/2011 auf 400 Euro und bis 2020 auf rund 160 bis 200 Euro fallen könnte.<sup>15</sup> Eine ähnliche Preisentwicklung haben diese Batterien schon einmal genommen und zwar im Zusammenhang mit ihrem Einsatz in Handys und Laptops.<sup>16</sup>

---

<sup>9</sup> Sonnenenergie, Ausg. Jan.-Feb. 2009, S. 71

<sup>10</sup> Der Spiegel 31/2008 „Fahren ohne Feuer“

<sup>11</sup> [www.mitsubishi-motors.com](http://www.mitsubishi-motors.com), LEJ Pressemitteilung vom 14.04.2010

<sup>12</sup> Der Spiegel 10/2009, S. 134

<sup>13</sup> Veröffentlichung des Bundesverkehrsministeriums anlässlich der Nationalen Strategiekonferenz Elektromobilität, Nr. 347/2008

<sup>14</sup> Agentur für erneuerbare Energien, „Erneuerbare Elektromobilität – Hintergrund“, Der Spiegel 31/2008 „Fahren ohne Feuer“ | Der Spiegel 10/2009, S. 134

<sup>15</sup> Prof. Martin Winter, Univ. Münster, Vortrag auf der IRES 2008 (gemeint sind in diesem Vortrag die Preise rein für die Batteriezellen ohne die zugehörige Elektronik), sueddeutsche.de „Aus der Krise an die Dose“, 21.11.2008

<sup>16</sup> Financial Times Deutschland, 14.07.2008, „Aus Freude am Sparen“

### III. Wirtschaftlichkeit und Kundennutzen

Für den Halter sind Elektrofahrzeuge bei den Verbrauchskosten deutlich günstiger als Fahrzeuge mit Verbrennungsmotor. So gibt Mitsubishi für sein Elektrofahrzeug i MiEV die Kosten mit einem Drittel (Tagstrom) und einem Neuntel (Nachtstrom) im Vergleich zum Fahrzeug mit einem Benzinmotor an.<sup>17</sup> Andere Hersteller, wie VW, sind vorsichtiger und sprechen von einer Halbierung der Kosten (Berechnung dazu siehe unter IX. 7.).<sup>18</sup> Voraussetzung in allen Fällen ist aber, dass die Batterie-lebensdauer der des Fahrzeuges entspricht. Andernfalls müssten noch die Wiederbeschaffungskosten für die Batterie einkalkuliert werden.

Im Falle einer Massenproduktion von Elektromotoren, Elektronik und Batterien, die speziell auf Fahrzeuge ausgerichtet sind, ist mit drastischen Kostenreduktionspotenzialen von 20 bis 50 Prozent im Vergleich zu heute zu rechnen.<sup>19</sup> Die Anschaffungskosten für Elektrofahrzeuge werden dennoch längere Zeit über denen für vergleichbar nutzbare Fahrzeuge mit Verbrennungsmotor liegen. So geht man bei einem Stadtfahrzeug von einem Preisaufschlag im Jahr 2030 von rund 5.300 Euro aus.<sup>20</sup> Dies muss den Einsparungen im laufenden Betrieb gegenübergestellt werden, um die Gesamtwirtschaftlichkeit zu beurteilen.

Hierfür ist das Beispiel des Quicc DiVa aufschlussreich. Dabei handelt es sich um einen Elektro-Lieferwagen der holländischen Firma DuraCar, der voraussichtlich 2010 in Serienproduktion (Kleinserie) gehen soll. Das Geschäftsmodell sieht vor, dass das Fahrzeug ausschließlich geleast werden kann. Dabei sind die Leasingraten nach Angaben des Unternehmens rund anderthalb mal so hoch wie bei einem vergleichbaren konventionellen Transporter. Aufgrund der geringen Betriebskosten rechnet sich dies jedoch, so ein Firmensprecher, schon ab 15.000 Kilometer Fahrleistung im Jahr. Mit dazu bei tragen auch Steuerbefreiungen für Elektrofahrzeuge oder Ausnahmeregelungen in Städten, die eine City-Maut verlangen.<sup>21</sup>

Grundsätzlich gilt: Der Elektroantrieb ist gegenüber der herkömmlichen fossilen und der Wasserstofftechnologie

<sup>17</sup> [www.mitsubishi-motors.de](http://www.mitsubishi-motors.de), Conceptcars

<sup>18</sup> [www.driving-ideas.de](http://www.driving-ideas.de)

<sup>19</sup> Energiewirtschaftliche Tagesfragen 12-2008, Wietschel, Dallinger, S.12

<sup>20</sup> Energiewirtschaftliche Tagesfragen 12-2008, Wietschel, Dallinger, S.13, die in dem Artikel mit einkalkulierten 100,- Euro für Infrastrukturkosten wurden hier weggelassen

<sup>21</sup> Firmenangaben [www.quicc.eu](http://www.quicc.eu), Spiegel online, 10.12.2008 „Saubere Diva“

wegen seines höheren Gesamtwirkungsgrades im Vorteil.<sup>22</sup> Die Energieeffizienz von Benzin- und Dieselfahrzeugen liegt heute zwischen 18 und 23 Prozent, die Effizienz eines Elektrofahrzeuges, wenn es beispielsweise nur mit Windstrom gespeist würde, liegt bei über 70 Prozent (jeweils bei Betrachtung der gesamten Prozesskette). Bei Wasserstoff mit Brennstoffzellenantrieb liegt sie zwischen 20 und 30 Prozent.<sup>23</sup> Ein Golf mit Verbrennungsmotor hat für 100 km einen Energieverbrauch von 45 kWh, während dasselbe Fahrzeug mit einem Elektromotor nur 18 kWh benötigt.<sup>24</sup> Das heißt auch, dass bei einer breiten Einführung von Elektrofahrzeugen der Gesamtenergieverbrauch für Mobilität sinken würde.

#### **IV. Technologievorsprung der heimischen Autoindustrie wieder herstellen**

##### **1. Abgehängt beim Hybridantrieb**

Bei den Hybridantrieben hat sich die deutsche Autoindustrie eindeutig von der japanischen abhängen lassen. Der Toyota Prius (Voll-Hybrid, siehe Glossar), beispielsweise, der das erste in Großserie produzierte Benzin-Elektro-Hybride Fahrzeug der Welt war, wurde seit seiner Markteinführung 1997 weltweit mehr als 1,6 Millionen mal verkauft.<sup>25</sup> Zusammen mit Honda (Modelle Insight, seit 1999 und Civic, seit 2001, beide Mild-Hybride) und anderen Herstellern ergeben sich 2,3 Millionen weltweit verkaufte Hybridfahrzeuge.<sup>26</sup> Zwischenzeitlich hat Toyota die dritte Generation des Prius vorgestellt und bietet zudem in der Konzernmarke Lexus Modelle mit Hybridantrieb an.<sup>27</sup> Die Produktion der Plug-in-Version (siehe Glossar) des Prius hat schon in kleinen Stückzahlen begonnen.<sup>28</sup> Auch Nissan bietet seit wenigen Jahren ein Hybrid-Modell an (Altima, Voll-Hybrid), das hauptsächlich in Nordamerika verkauft wird.<sup>29</sup> Selbst die US-Autoindustrie, von der deutschen als rückständig belächelt, hat die Nase vorn. Ford verkauft in den USA beispielsweise schon seit 2004 das Modell Escape Hybrid und seit 2005 den baugleichen Mercury Mariner Hybrid (Voll-Hybride), wenngleich auch mit weniger Erfolg als Toyota (vom Escape Hybrid wurden im Jahr 2007 genau 21.386 Fahrzeuge

---

<sup>22</sup> „Elektromobilität und erneuerbare Energien“, ifeu, Wuppertal Institut, S. 4

<sup>23</sup> Energiewirtschaftliche Tagesfragen 12-2008, Wietschel, Dallinger, S.9

<sup>24</sup> „deutschland hat unendlich viel energie“, Erneuerbare Elektromobilität - Hintergrundinformation

<sup>25</sup> Firmenangaben Toyota, Pressemitteilung vom 22.01.2010

<sup>26</sup> ebd.

<sup>27</sup> Spiegel online, 14.01.2009, „Detroit unter Strom“

<sup>28</sup> Firmenangaben Toyota, Pressemitteilung vom 11.01.2010

<sup>29</sup> www.nissanusa.com



verkauft<sup>30</sup>). Chrysler bietet sein Modell Aspen und Chevrolet (GM) den Tahoe als Voll-Hybrid an. Besonders peinlich: im Jahr 1997 ging auch in Deutschland das erste Hybridfahrzeug in Serie: der Audi A4 Avant duo (Voll-Hybrid). Das Fahrzeug war aber nur ein Jahr lang erhältlich und brachte es gerade einmal auf 100 verkaufte Exemplare.<sup>31</sup> Die deutsche Autoindustrie hatte ganz offensichtlich weder die Weitsicht noch den Atem, um diese Technologie in ihre Produktpalette aufzunehmen.

Während japanische Hersteller mit Hybridantrieben längst Verkaufserfolge feiern, beginnen die deutschen Produzenten erst jetzt (wieder) damit ernst zu machen. Professor Ferdinand Dudenhöffer vom Center Automotive Research (Recklinghausen) hat das wie folgt kommentiert: „Das sind nette Ansätze. Aber Toyota hat heute schon fünf Jahre Vorsprung.“<sup>32</sup> Tatsächlich verkauft werden bisher nur einige wenige Fahrzeuge, vielfach sogenannte Micro-Hybride, so die BMW 1er-Modelle<sup>33</sup> oder der Smart fortwo. Dabei handelt es sich jedoch nur um eine Stopp/Start-Automatik mit einem riemengetriebenen Starter-Generator<sup>34</sup>, die zum schnellen An- und Abschalten des Verbrennungsmotors, beispielsweise an der Ampel dient (beim BMW noch mit Bremsenergie-rückgewinnung). Ein elektrischer Vortrieb findet nicht statt.

Im Bereich der Mild- und Voll-Hybride ist die deutsche Industrie schlecht aufgestellt. Volkswagen beispielsweise hat erst im Juni 2008 mit Flottenversuchen zum Golf twinDrive begonnen und eine Serienproduktion vorsichtig für 2015 angekündigt. Bei diesem Modell handelt es sich allerdings, im Gegensatz zum aktuellen Toyota Prius um einen sogenannten Plug-in Hybrid, also ein Fahrzeug in dem die Batterien für den Elektromotor eine eigene Lademöglichkeit über das Netz besitzen.<sup>35</sup> Andere Hybridvarianten stellen den Strom für den Elektromotor ausschließlich im Fahrzeug, also über den Verbrennungsmotor und beim Bremsen und im Schubbetrieb her. Vom VW-Geländewagen Touareg wird seit diesem Jahr eine Hybridversion angeboten. Etwas schneller als VW war Daimler: der Konzern hat bereits im Sommer 2009 eine S-Klasse mit Hybridantrieb (Mild-Hybrid) auf den Markt gebracht und das sogar mit der aktuellsten verfügbaren Batterietechnik (Lithium-Ionen)<sup>36</sup>. Auch BMW hat die Serienproduktion von

---

<sup>30</sup> Ford USA, Pressemitteilung vom 22.01.2008

<sup>31</sup> sueddeutsche.de, „Aus der Krise an die Dose“, 21.11.2008

<sup>32</sup> ebd.

<sup>33</sup> neue energie, 07/2007, S. 24

<sup>34</sup> Daimler AG, Broschüre „Der Weg zur nachhaltigen Mobilität: Innovationen für Antriebs- und Fahrzeugtechnik“

<sup>35</sup> www.driving-ideas.de

<sup>36</sup> Der Spiegel 38/2008, „Kraft aus dem Koffer“

Hybridversionen des X6 (Voll-Hybrid) und des neuen 7er (Mild-Hybrid) aufgenommen.<sup>37</sup>

## 2. Elektrofahrzeuge: andere sind schneller und ambitionierter

In Israel plant der Unternehmer Shai Agassi (Firma „Better Place“) nicht nur die Einführung von Elektromobilen, sondern die Infrastruktur gleich noch dazu. Über 500.000 Ladestationen sollen errichtet werden und für längere Fahrtstrecken 100 Stationen an denen leere Batterien gegen volle ausgetauscht werden können. Die Aufladung der Batterien erfolgt ausschließlich über Strom aus Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien.<sup>38</sup> In Israel werden dazu 5 Milliarden Dollar für den Bau von Solarkraftwerken investieren.<sup>39</sup> Für die Produktion der Elektroautos, die den Kunden in Verbindung mit einem längerfristigen Stromliefervertrag zur Verfügung gestellt werden (möglicherweise verbilligt oder kostenlos), zeichnet Renault-Nissan verantwortlich. Agassi übrigens sieht mit seinem Partner vor 2011 in die Massenproduktion überzugehen.<sup>40</sup> Weitere Pläne für das System bestehen unter anderem für Dänemark<sup>41</sup> und Kanada (Provinz Ontario).

In den USA bot der kalifornische Hersteller AC Propulsion seit Anfang 2007 die sogenannte eBox an. Dabei handelte es sich um einen Toyota Scion xB, der zum Elektrofahrzeug umgebaut wurde. Verwendet wurden in dem Fahrzeug, das zwischenzeitlich quasi in Serie hergestellt wurde, Lithium-Ionen Akkus, die ihm zu einer Reichweite zwischen 193 und 240 km pro Akkuladung verhelfen.<sup>42</sup> Wie sehr die deutsche Autoindustrie hinterherhinkt, lässt sich daran ablesen, dass BMW für einen Flottenversuch mit 50 Elektro-Mini Coopern (seit Frühjahr 2009 in Berlin) die komplette Antriebs- und Akkueinheit von AC Propulsion einkaufen musste.<sup>43</sup> Ganz ähnliche Zustände bisher auch bei Daimler: einer der größten Autohersteller der Welt hat für sein Elektro-Versuchsmobil Smart EV Batterien bei dem kleinen und mutigen Start up Tesla in Kalifornien geordert und danach sogar eine zehnprozentige Beteiligung an der Firma gezeichnet<sup>44</sup>. Tesla ist dadurch bekannt geworden, dass es im

<sup>37</sup> BMW-Pressemitteilung vom 14.05.2009

<sup>38</sup> Wirtschaftswoche vom 03.07.2008, „2011 setzt die Massenproduktion ein“

<sup>39</sup> manager-magazin.de, 28.03.2008, „Ex-SAPler lädt Dänemark auf“

<sup>40</sup> Wirtschaftswoche vom 03.07.2008, „2011 setzt die Massenproduktion ein“

<sup>41</sup> neue energie 08/2008, S. 48

<sup>42</sup> Herstellerangaben AC Propulsion

<sup>43</sup> Sonnenenergie, Ausg. Jan.-Feb. 2009

<sup>44</sup> Los Angeles Times, „Tesla to provide batteries for Daimler Smart EV“; 14.01.2009 | taz vom 06.03.2009 „Tempoträume aus der Steckdose“ | Spiegel-Online vom 19.05.2009 „Daimler steigt bei Elektroauto-Pionier Tesla ein

März 2008 mit der Serienproduktion (Kleinserie) des Tesla Roadster, eines voll elektrogetriebenen Sportwagens, begonnen hat. Immerhin: die Zulieferung von Tesla soll Daimler dazu dienen, eine Kleinserie des Elektro-Smart aufzulegen, die mit insgesamt 2.000 Wagen in den Jahren 2009 und 2010 angelegt ist.<sup>45</sup> Später kann dann der eigentliche Daimler-Partner Evonik zum Zuge kommen.<sup>46</sup> Das Tesla-eigene Produkt übrigens, der Roadster, ist zwischenzeitlich rund 1.000 mal ausgeliefert worden, trotz des hohen Preises von über 100.000 Dollar<sup>47</sup>. Das Fahrzeug erreicht eine Höchstgeschwindigkeit von 200 km/h und hat mit voll geladenen Akkus eine Reichweite von 350 Kilometern (Herstellerangaben).<sup>48</sup> Insgesamt lässt sich angesichts dieser Verhältnisse sagen, dass Deutschland noch weit davon entfernt ist, so wie von der Bundesregierung beabsichtigt, zu „einem Leitmarkt für Elektromobilität“ zu werden.<sup>49</sup> Die deutschen Autohersteller tun momentan genau das Gegenteil von dem was der ehemalige Bundesverkehrsminister Wolfgang Tiefensee zu Elektromobilität gesagt hat: „Wir wollen diese Technologien exportieren und nicht etwa von woanders einkaufen.“<sup>50</sup>

Mitsubishi Motors ist mit seinem Elektrofahrzeug „i MiEV“ der erste Volumenhersteller, der mit einer Kleinserie in die Serienproduktion ging. Der Wagen wurde 2009 zunächst in Japan angeboten. Die Kapazität der Produktion kann bis zu 10.000 Fahrzeuge pro Jahr ausgedehnt werden. Der Verkaufsbeginn für Europa ist Ende 2010 oder Anfang 2011 vorgesehen.<sup>51</sup>

Die Beispiele machen klar: auch beim reinen Elektroantrieb droht die deutsche Autoindustrie wieder, so wie schon beim Hybrid, ins Hintertreffen zu geraten. Deshalb muss sie jetzt besondere Anstrengungen unternehmen, um ihre Technologieführerschaft bei Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor ins Elektrozeitalter hinüberzuretten.

---

<sup>45</sup> Handelsblatt.com, „Daimler bezieht Batterien für Elektro-Smart von Tesla“, 14.01.2009

<sup>46</sup> focus.de, „Elektro-Smart erhält Akkus von Tesla“, 15.01.2009 | Der Spiegel, 10/2009, S. 134

<sup>47</sup> taz, 06.03.2009, „Tempoträume aus der Steckdose“, [www.teslamotors.com](http://www.teslamotors.com)

<sup>48</sup> Spiegel online. „Stromschlag für Europa“, 30.07.2008

<sup>49</sup> „Sachstand und Eckpunkte zum Nationalen Entwicklungsplan Elektromobilität“, Bundesverkehrsministerium

<sup>50</sup> Focus online, „Regierung setzt auf Elektroautos“, 25.11.2008

<sup>51</sup> taz, 06.03.2009, „Elektro-Autos zum Überleben“ | Der Spiegel 10/2009 S. 132

## V. Lkw und Busse

In den Bereichen leichte Lkw und Kleintransporter existieren bereits auch Fahrzeuge mit Elektroantrieb, so der Modec Van, der eine Zuladung von 2.000 kg erlaubt und eine Reichweite von rund 160 km besitzt.<sup>52</sup> oder der EcoCarrier EL von EcoCraft bei dem eine Nutzlast von 700 kg möglich ist.<sup>53</sup> Bei den mittelschweren Lkw bietet der britische Hersteller Smith sein Modell „Newton“ an, bei dem bis zu 7,3 Tonnen Zuladung möglich sind und der eine Reichweite von über 200 km aufweist.<sup>54</sup> Zudem werden bereits Busse und Lkw in kleineren Stückzahlen eingesetzt, die über einen Hybridantrieb verfügen.<sup>55</sup> Auf der Langstrecke ist bei Lkw und Bussen auf absehbare Zeit jedoch kein praktikabler Rein-Elektroantrieb sichtbar.

Deshalb sind in diesem Bereich die Biotreibstoffe erste Wahl für eine weitgehend klimaneutrale Fortbewegung. Wasserstoff, erzeugt aus erneuerbaren Energien, wird eher keine Rolle spielen, weil die relativ niedrige Energieeffizienz der gesamten Erzeugungskette bei Wasserstoff zu bedenken ist.<sup>56</sup> Zudem ist die Wasserstofftechnologie noch nicht auf dem Markt und erfordert eine gesonderte Infrastruktur, die erst aufgebaut werden müsste.<sup>57</sup> Biotreibstoffe dagegen werden heute schon produziert, greifen auf die bestehende Tankstelleninfrastruktur zurück und können in den Nutzfahrzeugen auch eingesetzt werden. Daimler beispielsweise gibt an, dass alle Nutzfahrzeuge der Marke Mercedes-Benz bis zurück zum Jahr 1988 eine Freigabe für Biodiesel besitzen und neue Lkw und Omnibusse ab Werk mit einer speziellen Ausrüstung für Biodiesel zu bekommen sind. Eine Nachrüstung für im Verkehr befindliche Fahrzeuge ist ebenfalls möglich.<sup>58</sup>

---

<sup>52</sup> [www.modetzev.com](http://www.modetzev.com)

<sup>53</sup> [www.ecocraft-automotive.de](http://www.ecocraft-automotive.de)

<sup>54</sup> [www.smithelectricvehicles.com](http://www.smithelectricvehicles.com)

<sup>55</sup> Daimler gibt an, rund 2.100 Hybrid-Lkw und Busse verkauft zu haben, darunter 1.600 Busse der US-Marke Orion. Laut Daimler hat kein Hersteller sonst so viele Nutzfahrzeuge mit Hybridantrieb produziert. | Daimler AG Broschüre „Auf dem Weg zum emissionsfreien Nutzfahrzeug.“

<sup>56</sup> neue energie 07/2007, S. 25

<sup>57</sup> Die IEA geht ebenfalls davon aus, dass die Wasserstofftechnologie noch längere Zeit braucht: „Outlook for hybrid and electric vehicles“, Juni 2008, S. 3

<sup>58</sup> Daimler AG Communications 4/2008, „Der Weg zur nachhaltigen Mobilität“

## **VI. Regelenergie aus Elektrofahrzeugen als wichtiger Baustein der Umstellung des Energiesystems auf erneuerbare Energien**

Regelenergie stellt die notwendige exakte Übereinstimmung von Angebot und Nachfrage im Stromnetz sicher. Typischerweise werden schnell anlaufende Gasturbinenkraftwerke oder Pumpspeicherkraftwerke dafür eingesetzt. Bei zunehmender Umstellung auf erneuerbare Energien wird der Bedarf an Regelenergie steigen, da bestimmte Arten der erneuerbaren Energien vom Wetter (Sonne, Wind) abhängig und damit nicht immer deckungsgleich mit dem Verbrauch sind. Diese Regelenergie kann von geparkten Elektrofahrzeugen bezogen werden, wenn deren Batterien in das Stromnetz eingebunden werden („Vehicle to grid“, kurz: V2G)<sup>59</sup>. Rund 10 Millionen Elektrofahrzeuge könnten dieselbe Strommenge speichern wie alle deutschen Pumpspeicherkraftwerke (rund 170 Mio. kWh).<sup>60</sup> Dieses Konzept kann gleichzeitig auch Anreize zur Energieeinsparung liefern, denn Strom, der aus der Autobatterie dem Netz zur Verfügung gestellt wird, wird natürlich vergütet und zwar je nach Tageszeit in unterschiedlicher Höhe. Es könnte sich also gerade in den Spitzenlastzeiten lohnen, nicht Auto zu fahren und stattdessen das Auto Geld zurückverdienen zu lassen.<sup>61</sup>

Genutzt hierfür wird in der Regel die Reserve in der Batterie, die über den Strombedarf für die durchschnittliche Tageskilometerleistung eines Pkw in Deutschland (deutlich) hinausgeht. Mit diesem Konzept könnten sich die kumulativen Kosten eines Elektrofahrzeuges über die Jahre deutlich günstiger entwickeln, als die eines vergleichbaren Benziners.<sup>62</sup> Darüber hinaus könnte das Fahrzeug auch zu jenen Zeiten Strom aus dem Netz beziehen, die nachfrageschwach sind und dadurch verhindern, dass beispielsweise Windkraftanlagen an windreichen Tagen heruntergeregelt werden müssen, weil nicht genügend Stromabnehmer vorhanden sind. Tankmanagement ersetzt hier das Erzeugungsmanagement.<sup>63</sup> Die notwendige Kommunikationsinfrastruktur zwischen Fahrzeugen und Netzmanagement müsste übrigens nicht zwingend von den Netzbetreibern gestellt und betrieben werden. Denkbar wäre auch, hier Mobilfunkunternehmen einzubinden, die ja Erfahrung mit der massenhaften Abwicklung kleinerer Transaktionen besitzen.<sup>64</sup>

<sup>59</sup> dies wird auch von der IEA bestätigt: „Outlook for hybrid and electric vehicles“, Juni 2008, S. 4

<sup>60</sup> [www.unendlich-viel-energie.de](http://www.unendlich-viel-energie.de), Präsentation Elektromobilität

<sup>61</sup> Tomi Engel auf [www.unendlich-viel-energie.de](http://www.unendlich-viel-energie.de)

<sup>62</sup> Vortrag John Wellinghof, FERC, enthalten in Tagungsdokumentation IRES 2008

<sup>63</sup> aus: Tomi Engel, Plug-in Hybrids, Verlag Dr. Hut, S. 79

<sup>64</sup> Technology Review, Ausg. Oktober 2004, „Rollende Kraftwerke“

Die Bundesregierung hat im Rahmen ihrer Klimaschutzinitiative einen auf vier Jahre angelegten Feldversuch zusammen mit E.ON und Volkswagen gestartet (und mit 15 Mio. Euro gefördert), der sich insbesondere mit der Integration der Elektromobilität in die Stromnetze und die damit verbundene notwendige intelligente Kommunikation zwischen beiden befasst.<sup>65</sup> Daimler wird zusammen mit RWE in einem ebenfalls von der Bundesregierung unterstützten Feldversuch mit 100 Elektrofahrzeugen (Smart und Mercedes-Benz) auch die Vehicle to grid-Funktionalität in der Alltagsanwendung erproben.<sup>66</sup> BMW muss ebenfalls nicht auf die Unterstützung der Bundesregierung verzichten, für den sei dem Frühjahr 2009 zusammen mit Vattenfall in Berlin durchgeführten Flottenversuch (mit 50 Elektro-Minis) zu dessen Zielen die Entwicklung der Netzintegration und eines passenden Lademanagements gehört.<sup>67</sup> Ein kleinerer Versuch in München mit 15 Fahrzeugen läuft seit Juli 2009, wobei hier der Partner E.ON ist.<sup>68</sup> Diese Initiativen kommen eigentlich schon zu spät, wenn man davon ausgeht, dass die entsprechende Infrastruktur bereits vorhanden sein sollte, sobald die Serienfertigung von Elektrofahrzeugen in größerem Umfang einsetzt.

## VII. Stromproduktion

Die Energie für Elektrofahrzeuge kommt aus dem Stromnetz. Das bedeutet, es muss festgestellt werden, wieviel zusätzlicher Strombedarf durch die breite Einführung der Elektromobilität entsteht. Daraus ergibt sich dann (siehe VIII.) das Investitionsvolumen für Anlagen, die Strom aus erneuerbaren Energien herstellen und ins Netz einspeisen. Nachfolgend einige Schätzungen des Mehrbedarfs:

Der Unternehmer Shai Agassi (siehe IV. 2.) geht davon aus, dass die Umstellung der kompletten deutschen Pkw-Flotte lediglich eine Mehrproduktion an Strom von 6 Prozent erfordern würde.<sup>69</sup>

Die Agentur für erneuerbare Energien schätzt, dass der Ersatz von 40 Millionen konventionell angetriebenen Fahrzeugen durch Elektro- und Hybridfahrzeuge den deutschen Strom-

---

<sup>65</sup> Bundesregierung „Sachstand und Eckpunkte zum Nationalen Entwicklungsplan Elektromobilität“, Sonnenenergie, Ausg. Jan.-Feb. 2009, S. 71, Pressemitteilung des Bundesministeriums für Umwelt Nr. 142/08 vom 26.06.2008

<sup>66</sup> Daimler Pressemitteilung vom 5. September 2008

<sup>67</sup> BMW Pressemitteilung vom 25.11.2008

<sup>68</sup> BMW Pressemitteilung vom 27.02.2009, e.on Factsheet Mini E

<sup>69</sup> Wirtschaftswoche vom 03.07.2008, „2011 setzt die Massenproduktion ein“

bedarf um rund 60 TWh ansteigen lassen würde.<sup>70</sup> Dies wären ca. 10,6 Prozent des deutschen Gesamtstromverbrauchs.<sup>71</sup>

Professor Dirk Uwe Sauer von der RWTH Aachen hat angegeben, dass der Ersatz aller Pkw in Deutschland durch Elektrofahrzeuge einen Strommehrbedarf von ungefähr 100 TWh verursachen würde, was rund 17,6 Prozent des derzeitigen deutschen Stromverbrauchs ausmachen würde.<sup>72</sup> Auf eine ähnliche Zahl kommt man auch auf Grundlage eines Arbeitspapiers des Wuppertal-Institutes und ifeu, die den Strombedarf von 1 Million Elektrofahrzeuge mit 2 TWh angeben, womit sich für den gesamten Pkw-Bestand bei Ersatz durch Elektrofahrzeuge rund 93 TWh ergäben, was 16,4 Prozent des derzeitigen Stromverbrauchs entspricht.<sup>73</sup>

Andere Schätzungen reichen bis zu einem Strommehrbedarf von 20 Prozent.<sup>74</sup>

## VIII. Anlagenzahl und Investitionsvolumen

Wieviele Anlagen zur Erzeugung von Strom aus erneuerbaren Energiequellen müssten zusätzlich errichtet werden, würde der Pkw-Bestand in Deutschland auf Elektroantrieb umgestellt? Wie hoch ist das damit verbundene Investitionsvolumen einzuschätzen?

### 1. Produktionsleistung von EE-Anlagen

Die durchschnittliche Produktion verschiedener Anlagentypen stellt sich wie folgt dar:

a.) Eine 2,5 MW-Windenergieanlage erzeugt unter mittleren Windgeschwindigkeiten rund 6 Millionen Kilowattstunden im Jahr<sup>75</sup>, bei einer 4,5 MW-Anlage ist von einem Ertrag von mindestens 10 Millionen kWh pro Jahr auszugehen.<sup>76</sup>

---

<sup>70</sup> www.unendlich-viel-energie.de, „Erneuerbare Mobilität – Hintergrundinformation“, ebenso: Tomi Engel, „Plug-in Hybrids“, S. 76, Verlag Dr. Hut

<sup>71</sup> Berechnungsgrundlage: 567,2 Mrd. kWh Stromverbrauch im Jahr 2006, incl. Netzverluste lt. BDEW

<sup>72</sup> Vortrag auf der IRES 2008, Eurosolar, leider ist aus dem Dokument nicht ersichtlich ob nur mit Rein-Elektrofahrzeugen oder auch mit Plug-in-Hybriden kalkuliert wurde

<sup>73</sup> „Elektromobilität und erneuerbare Energien“, WI, ifeu

<sup>74</sup> Wirtschaftswoche, 03.07.2008, „Dem Elektroauto gehört die Zukunft“

<sup>75</sup> Hermann Scheer, „Energieautonomie“ S. 55

<sup>76</sup> Hermann Scheer u.a., „Neue Energie für ein atomstromfreies Hessen“, S. 15

b.) Bei Photovoltaik-Anlagen kann man von einer Produktionsleistung von mindestens 75 kWh Strom pro Quadratmeter Solarzellenfläche im Jahr ausgehen.<sup>77</sup> Pro installiertem kW leistet eine Standardanlage jährlich bei Südausrichtung und 30-prozentiger Neigung in Norddeutschland rund 800 kWh und in Süddeutschland rund 900 kWh.<sup>78</sup>

c.) Eine Kleinwasserkraftanlage mit einer Leistung von 1.000 kW und (bei günstigen Bedingungen) 6.000 Volllaststunden im Jahr ermöglicht eine Jahresproduktion von 6 Millionen kWh pro Jahr.<sup>79</sup> Um auch Kraftwerke mit weniger günstigen Bedingungen zu berücksichtigen, sollte jedoch mit 5 Millionen kWh/a gerechnet werden. Das Laufwasserkraftwerk in Iffezheim (Rhein), das mit 108 MW maximaler Leistung zu den Großkraftwerken gehört, erbringt eine Jahresproduktion von 740 Millionen kWh.<sup>80</sup> Das Rheinkraftwerk Laufenburg weist mit 106 MW Leistung und einer Produktion von 700 Mio. kWh/a ganz ähnliche Zahlen auf.<sup>81</sup>

d.) Für Biogasanlagen lassen sich exemplarisch folgende Werte angeben:

Installierte Leistung	Stromproduktion pro Jahr
55 kW	rd. 400.000 kWh
330 kW	rd. 2,3 Mio. kWh
500 kW	rd. 3,5 Mio. kWh <sup>82</sup>

e.) Industrielle Geothermiekraftwerke gibt es bisher nur wenige in Deutschland. Das erste nahm im Januar 2008 in Landau (Rheinland-Pfalz) den Betrieb auf. Es erzeugt pro Jahr 22 Millionen Kilowattstunden.<sup>83</sup>

## 2. Energiemix

Der aktuelle Mix erneuerbarer Energien bei der Strombereitstellung stellt sich wie folgt dar<sup>84</sup>:

<sup>77</sup> Hermann Scheer, „Energieautonomie“ S. 55

<sup>78</sup> Bundesministerium für Umwelt, Broschüre „Erneuerbare Energien – Fragen und Antworten“, S. 47, Angabe pro kWpeak

<sup>79</sup> Arbeitsgemeinschaften Wasserkraftwerke Deutschland, [www.wasserkraft.org](http://www.wasserkraft.org)

<sup>80</sup> EnBW auf [www.enbw.com](http://www.enbw.com)

<sup>81</sup> [www.naturenergie.de](http://www.naturenergie.de)

<sup>82</sup> Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe, „Biogas Basisdaten Deutschland“ Okt. 2008

<sup>83</sup> BINE Informationsdienst, Projektinfo 14/07

<sup>84</sup> „Erneuerbare Energien in Zahlen“, Bundesministerium für Umwelt, S. 14, Stand Juni 2008



Energieart	Anteil in Prozent
Wasserkraft	23,7
Windenergie	45,2
Photovoltaik	4,0
biogene feste und flüssige Brennstoffe	11,5
Biogas	8,5
Sonstige	7,3

Für das Jahr 2050 wird folgendes Szenario prognostiziert:<sup>85</sup>

Energieart	Anteil in Prozent
Wasserkraft	5,2
Windenergie	44,3
Photovoltaik	5,9
Biomasse	11,4
Erdwärme	7,6
Importe	25,6

### 3. Aufteilung der TWh auf die verschiedenen Energieträger

Unter VII. wurde ausgeführt, dass es hinsichtlich des zu erwartenden Strommehrbedarfs bei Umstellung der Pkw-Flotte auf Elektroantrieb verschiedene Szenarien gibt. Hier wird deshalb mit zwei Szenarien gerechnet: erstens mit dem, das von 6 Prozent Mehrbedarf ausgeht (das niedrigste) und zweitens mit einem Szenario, das 17 Prozent Mehrbedarf prognostiziert. Ausgehend vom heutigen Strombedarf wären das 34 TWh oder 96 TWh pro Jahr. Die einzelnen Energieträger müssten demnach in Zukunft folgende TWh zur Verfügung stellen

Energieart	Anteil in Prozent	6% Szenario TWh/a	17% Szen. TWh/a
Wasserkraft	5,2	1,77	5,0
Windenergie	44,3	15,06	42,53
Photovoltaik	5,9	2,01	5,66
Biomasse	11,4	3,88	10,94
Erdwärme	7,6	2,58	7,3
Importe	25,6	8,70	24,58
<b>Gesamt</b>	<b>100</b>	<b>34</b>	<b>96</b>

<sup>85</sup> Leitstudie 2008, Bundesministerium für Umwelt, Kurzfassung, Tabelle 1

#### 4. Anlagenzahl

Aus den unter 3. errechneten Strommengen und den unter 1. aufgeführten Produktionsleistungen ergeben sich folgende Anlagenzahlen:

##### 4.1 6% Szenario

Energieart	TWh/a	Anzahl Anlagen
Wasserkraft	1,77	354
Windenergie	15,06	1.506
Photovoltaik	2,01	26,8 Mio. m <sup>2</sup>
Biomasse	3,88	1.109
Erdwärme	2,58	118
Importe	8,70	-
<b>Gesamt</b>	<b>34</b>	

Anmerkungen zu der obigen Tabelle:

Wasserkraft:

Die 354 Kleinwasserkraftwerke könnten auch durch drei Großwasserkraftwerke ersetzt werden.

Windenergie:

Ausgegangen wurde hier von Anlagen mit 4,5 MW Leistung.

Photovoltaik:

Dies entspricht ungefähr 688 großen Solarparks wie dem „Sonnenfleck“ in Bürstadt (Hessen). Dort sind auf dem Dach eines Logistikunternehmens 30.000 Solarmodule mit einer Gesamtquadratmeterzahl von rund 39.000 m<sup>2</sup> installiert. Die Leistung kann auch über viele kleine Dachanlagen erbracht werden. Die Stadt Osnabrück (rund 163.000 Einwohner) hat beispielsweise in dem Projekt „Sun Area“ untersuchen lassen, wie viel Dachfläche für Photovoltaikmodule geeignet wäre und ist auf rund 2 Millionen m<sup>2</sup>, aufgeteilt auf rund 50.000 Dächer gekommen. Insgesamt stehen in Deutschland 2.300 km<sup>2</sup> (2,3 Mrd. m<sup>2</sup>) auf Dächern, an Gebäudefassaden und an anderen Stellen innerhalb von Siedlungsflächen für eine solartechnische Nutzung zur Verfügung.<sup>86</sup>

Biomasse:

Ausgegangen wurde hier von Biogasanlagen mit 500 kW Leistung.

<sup>86</sup> Bundesministerium für Umwelt, „Erneuerbare Energien“, Broschüre, S. 72

## 4.2 17% Szenario

Energieart	TWh/a	Anzahl Anlagen
Wasserkraft	5,0	1.000
Windenergie	42,53	4.253
Photovoltaik	5,66	75,5 Mio. m <sup>2</sup>
Biomasse	10,94	3.126
Erdwärme	7,3	332
Importe	24,58	-
<b>Gesamt</b>	<b>96</b>	

Anmerkungen zu der obigen Tabelle:

Wasserkraft:

Die 1.000 Kleinwasserkraftwerke könnten auch durch acht Großwasserkraftwerke ersetzt werden.

Windenergie:

Ausgegangen wurde hier von Anlagen mit 4,5 MW Leistung.

Photovoltaik:

Dies entspricht ungefähr 1.936 großen Solarparks wie dem „Sonnenfleck“ in Bürstadt (Hessen). Siehe auch Anmerkungen unter 4.1.

Biomasse:

Ausgegangen wurde hier von Biogasanlagen mit 500 kW Leistung.

## 4.3 ohne Importe

Für den Fall, dass Energieimporte als nicht opportun erscheinen sollten oder nicht in ausreichendem Umfang zur Verfügung stehen, ergibt sich bei anteiliger Umlegung der Importe auf heimische Erzeugung folgendes Resultat:

## 4.3.1 6% Szenario

Energieart	Anteil %	TWh/a	Anzahl Anlagen
Wasserkraft	7	2,38	476
Windenergie	59,5	20,23	2023
Photovoltaik	7,9	2,69	35,9 Mio. m <sup>2</sup>
Biomasse	15,3	5,20	1.486
Erdwärme	10,2	3,47	158
<b>Gesamt</b>	<b>100</b>	<b>34</b>	

Anmerkungen zu der obigen Tabelle:

Wasserkraft:

Die 476 Kleinwasserkraftwerke könnten auch durch vier Großwasserkraftwerke ersetzt werden.

Windenergie:

Ausgegangen wurde hier von Anlagen mit 4,5 MW Leistung.

Photovoltaik:

Dies entspricht ungefähr 920 großen Solarparks wie dem „Sonnenfleck“ in Bürstadt (Hessen). Siehe auch Anmerkungen unter 4.1.

Biomasse:

Ausgegangen wurde hier von Biogasanlagen mit 500 kW Leistung.

## 4.3.2 17% Szenario

Energieart	Anteil %	TWh/a	Anzahl Anlagen
Wasserkraft	7	6,72	1.344
Windenergie	59,5	57,12	5.712
Photovoltaik	7,9	7,58	101,1 Mio. m <sup>2</sup>
Biomasse	15,3	14,69	4.197
Erdwärme	10,2	9,79	445
<b>Gesamt</b>	<b>100</b>	<b>96</b>	

Anmerkungen zu der obigen Tabelle:

Wasserkraft:

Die 1.344 Kleinwasserkraftwerke könnten auch durch zehn Großwasserkraftwerke ersetzt werden.

Windenergie:

Ausgegangen wurde hier von Anlagen mit 4,5 MW Leistung.

Photovoltaik:

Dies entspricht ungefähr 2.592 großen Solarparks wie dem „Sonnenfleck“ in Bürstadt (Hessen). Siehe Anmerkungen unter 4.1.

Biomasse:

Ausgegangen wurde hier von Biogasanlagen mit 500 kW Leistung.

## 5. Investitionsvolumen

## 5.1. Investitionskosten pro kW

a.) Bei Windkraftanlagen ist von einem Investitionsvolumen von 890 Euro pro Kilowatt installierter Leistung auszugehen (Stand 2004).<sup>87</sup>

b.) Bei Kleinwasserkraftanlagen (100 kW bis 1 MW) muss mit Investitionskosten zwischen 4.000 und 6.000 Euro pro kW

<sup>87</sup> Institut für Solare Energieversorgungstechnik, Windenergiereport 2005 | [www.thema-energie.de](http://www.thema-energie.de) (Homepage der dena)

gerechnet werden.<sup>88</sup> Bei Großanlagen (10 bis 100 MW) kann von 2.000 bis 4.000 Euro pro kW ausgegangen werden.<sup>89</sup>

c.) Die Photovoltaik verursacht Investitionskosten von 4.000 Euro pro Kilowatt installierter Leistung.<sup>90</sup>

d.) Die Investitionskosten bei Biogasanlagen lassen sich exemplarisch wie folgt angeben:

Leistung Anlage	Investitionskosten	Investitionskosten pro kW
55 kW	245.130 €	4.456,91 €
330 kW	765.600 €	2.320,- €
500 kW	1,1 Mio. €	2.200,- € <sup>91</sup>

e.) Geothermie: das bereits erwähnte Geothermiekraftwerk in Landau hat Investitionskosten von rund 20 Millionen Euro verursacht und verfügt über eine installierte elektrische Leistung von 3 MW. Die Investitionskosten pro kW belaufen sich damit auf rund 6.600 Euro<sup>92</sup>.

## 5.2. Investitionsvolumen gesamt

Gemäß der unter 5.1. ausgeführten Investitionskosten pro kW ergeben sich folgende Gesamtinvestitionskosten:

### 5.2.1 6% Szenario (mit Importen)

Energieart	Anzahl Anlagen	Investitionen Mio. €
Wasserkraft	354	1.770
Windenergie	1.506	6.032
Photovoltaik	26,8 Millionen m <sup>2</sup> (688 Solarparks)	9.459
Biomasse	1.109	1.220
Erdwärme	118	2.336
Importe	-	-
<b>Gesamt</b>		<b>20.817</b>

<sup>88</sup> Homepage Bundesumweltministerium „Kurzüberblick Wasserkraftnutzung“ | Die Energieagentur Mittelfranken gibt 5.250 Euro/kW an („Basisinfo: Wasserkraft“)

<sup>89</sup> Erneuerbare Energien, Publikation des Bundesumweltministeriums, S. 70 | Die Naturenergie AG gibt für den Neubau ihres Wasserkraftwerkes in Rheinfelden mit 100 MW Leistung ein Investitionsvolumen von 380 Mio. Euro an, was 3.800 Euro pro kW ergibt.

<sup>90</sup> www.eurosolar.de, Zwischenruf, März 2009, „Netzparität früher als erwartet“

<sup>91</sup> Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe, „Biogas Basisdaten Deutschland“, Stand: 2004

<sup>92</sup> BINE Informationsdienst, projektinfo 14/07

Anmerkungen zur obigen Tabelle

Wasserkraft:

Gerechnet wurde mit 5.000 Euro pro installiertem kW (1.000 kW pro Anlage).

Drei Großwasserkraftwerke würden die Investitionskosten verringern. So kostet beispielsweise das neue Laufwasserkraftwerk in Rheinfeldern laut Angaben des Betreibers 380 Mio. Euro bei einer installierten Leistung von 100 MW, womit sich insgesamt 1,1 Mrd. Euro ergäben.

Photovoltaik:

Gerechnet wurde mit einer jährlichen Leistung von 850 kWh (pro installiertem kW) und einem Preis pro installiertem kW von 4.000 Euro.

### 5.2.2 6% Szenario (ohne Importe)

Energieart	Anzahl Anlagen	Investitionen in Mio. €
Wasserkraft	476	2.380
Windenergie	2.023	8.102
Photovoltaik	35,9 Millionen m <sup>2</sup> (920 Solarparks)	12.671
Biomasse	1.486	1.635
Erdwärme	158	3.128
<b>Gesamt</b>		<b>27.916</b>

Anmerkungen zur obigen Tabelle

Wasserkraft:

Gerechnet wurde mit 5.000 Euro pro installiertem kW (1.000 kW pro Anlage).

Vier Großwasserkraftwerke würden die Investitionskosten verringern (siehe Anmerkungen unter 5.2.1). Es ergäben sich Kosten von insgesamt 1,5 Mrd. Euro.

### 5.2.3 17% Szenario (mit Importen)

Energieart	Anzahl Anlagen	Investitionen in Mio. €
Wasserkraft	1.000	5.000
Windenergie	4.253	17.033
Photovoltaik	75,5 Millionen m <sup>2</sup> (1.935 Solarparks)	26.647
Biomasse	3.126	3.439
Erdwärme	332	6.574
Importe	-	-
<b>Gesamt</b>		<b>58.693</b>

Anmerkungen zur obigen Tabelle

Wasserkraft:

Gerechnet wurde mit 5.000 Euro pro installiertem kW (1.000 kW pro Anlage).

Acht Großwasserkraftwerke würden die Investitionskosten verringern (siehe Anmerkungen unter 5.2.1). Es ergäben sich Kosten von rund 3 Mrd. Euro.

#### 5.2.4 17% Szenario (ohne Importe)

<b>Energieart</b>	<b>Anzahl Anlagen</b>	<b>Investitionen in Mio. €</b>
Wasserkraft	1.344	6.720
Windenergie	5.712	22.877
Photovoltaik	101,1 Millionen m <sup>2</sup> (2.592 Solarparks)	35.682
Biomasse	4.197	4.617
Erdwärme	445	8.811
<b>Gesamt</b>		<b>78.707</b>

Anmerkungen zur obigen Tabelle

Wasserkraft:

Gerechnet wurde mit 5.000 Euro pro installiertem kW (1.000 kW pro Anlage).

Zehn Großwasserkraftwerke würden die Investitionskosten verringern (siehe Anmerkungen unter 5.2.1). Es ergäben sich Kosten von insgesamt 3,8 Mrd. Euro.

## 6. Zusammenfassung

Ausgehend von der Annahme, dass die Umstellung der Pkw-Flotte auf Rein-Elektroantrieb 17 Prozent Mehrverbrauch an Strom verursacht, die ausschließlich aus heimischen erneuerbaren Energien erzeugt werden sollen, müssten 1.344 Kleinwasserkraftanlagen (alternativ zehn Großwasserkraftwerke), 5.712 Windenergieanlagen, 2.592 Solarparks, 4.197 Biogasanlagen und 445 industrielle Geothermiekraftwerke errichtet werden. Damit wäre ein Investitionsvolumen von 78,7 Milliarden Euro (heutige Preise) verbunden.

## IX. Ordnungspolitischer Rahmen

### 1. Strom aus erneuerbaren Energien

Eine Umstellung der Fahrzeugflotte auf Elektroantrieb ist ökologisch und ökonomisch nur dann sinnvoll, wenn der entsprechende Strombedarf ausschließlich aus zusätzlichen Erneuerbaren Energien-Anlagen bereitgestellt wird. Dies wird auch von der Bundesregierung so gesehen.<sup>93</sup> Es geht darum, die Nachfrage aus dem Straßenverkehr an erneuerbare Energiequellen zu binden. Um dies zu garantieren, sind mehrere systematische Ansätze vorstellbar:

#### 1.1 Das Handy-Modell von Better Place

Der erste wird von dem unter IV. 2. erwähnten israelischen Unternehmer Shai Agassi verfolgt. Hier ist es so, dass der Kunde vertraglich und in gewissem Umfang auch technisch an einen bestimmten Stromanbieter gebunden ist und dieser wiederum seine Produktion ausschließlich aus erneuerbaren Energien bestreiten kann. Die Kunden des Agassi-Unternehmens „Better Place“ schließen einen Stromliefervertrag für ihre Elektromobile ab und nutzen auch die Lade- und Batteriewechselstationen des Unternehmens. Grundsätzlich, so die Angaben des Unternehmens, orientiert sich das Geschäftsmodell an dem von Handys, weshalb auch nicht ausgeschlossen ist, dass die Fahrzeuge an die Nutzer kostenlos oder kostengünstig abgegeben werden.

Problematisch an diesem Geschäftsmodell ist die vertraglich enge Bindung der Kunden an einen Energielieferanten. Es wird sich erst noch erweisen müssen, ob die Pkw-Fahrer diese Umstellung, die sich vollständig von der heutigen Praxis unterscheidet, nachvollziehen können und wollen. Darüber hinaus hängt es von Better Place ab ob wirklich zu 100 Prozent Strom aus erneuerbaren Energien geliefert wird. Positiv an diesem Modell ist die Idee der Batteriewechselstationen, die geeignet ist, das Problem der begrenzten Reichweite von Elektrofahrzeugen auf komfortable Weise zu lösen. Unabhängig von dem Geschäftsmodell von Better Place kann eine solche Infrastruktur in jedem Fall wesentlich sein für die breite Einführung der Elektromobilität.

---

<sup>93</sup> Sachstand und Eckpunkte zum Nationalen Entwicklungsplan Elektromobilität, S. 12 und 13 | Pressemitteilung des Bundesumweltministeriums Nr. 142/08



## 1.2 Verpflichtung für Strom aus erneuerbaren Energien?

Ein weiterer Ansatz wird vom Wuppertal Institut und von ifeu (Institut für Energie- und Umweltforschung) vorgeschlagen<sup>94</sup> und er sieht vor, dass von den Autofahrern der Bezug von zertifiziertem Strom aus erneuerbaren Energien verlangt wird. Schwachstelle dieses Konzeptes ist, dass es wahrscheinlich nicht vorgeschrieben werden kann, sondern stattdessen den Autofahrern damit verbundene Anreize, wie beispielsweise Förderprogramme, angeboten werden müssen. Hier würden die öffentlichen Haushalte also mit zusätzlichen Kosten belastet. Ein tatsächlicher Zubau an erneuerbaren Energien wäre auch nicht garantiert, da ein Teil der entsprechenden Strommengen auch importiert werden könnte (beispielsweise Wasserkraft aus Österreich).

## 1.3 EE-Strom-Lieferkontingent für Elektromobile?

Denkbar ist auch, dass zusammen mit dem Fahrzeug ein Lieferkontingent für Strom aus erneuerbaren Energien verkauft wird. Damit könnte dann auch eine CO<sub>2</sub>-Gutschrift für den Hersteller im Rahmen der von der EU vorgegebenen Neuwagen-Flottengrenzwerte verbunden sein.<sup>95</sup> Nachteil ist hier, dass diese Bindung an einen Stromlieferanten für das Elektromobil von den Kunden möglicherweise nicht akzeptiert wird. Fraglich ist auch, was beim Weiterverkauf des Fahrzeuges geschieht: muss dann das Stromlieferkontingent vom Erwerber übernommen werden?

## 1.4 Fahrstromsteuer?

Ein weiterer Diskussionsvorschlag ist, die Elektrofahrzeuge mit einer schadstoffbasierten Fahrstromsteuer zu belegen. Bezahlen würde dann hauptsächlich derjenige, der seinen Fahrstrom nicht aus erneuerbaren Energiequellen bezieht.<sup>96</sup> Damit wäre allerdings keine direkte und unmittelbare Kopplung der Elektrofahrzeuge an die erneuerbaren Energien gegeben. Außerdem wäre für diese Art der Besteuerung die Bindung des Fahrzeugbesitzers an einen einzigen Stromlieferanten erforderlich, nach dessen Strommix dann besteuert würde. Dass eine solche Bindung problematisch ist in einem Verkehrsbereich indem bisher der Energielieferant (Mineralölkonzerne) bei jedem Tankvorgang neu gewählt werden konnte, wurde schon unter 1.3 angemerkt. Außerdem wäre es auch hier möglich

---

<sup>94</sup> „Elektromobilität und erneuerbare Energien“, ifeu, Wuppertal Institut, S. 10

<sup>95</sup> [www.unendlich-viel-energie.de](http://www.unendlich-viel-energie.de), Präsentation Elektromobilität

<sup>96</sup> Sonnenenergie, Ausg. Nov.-Dez. 2008, S. 31

Strom aus erneuerbaren Energien zu importieren anstatt einen tatsächlichen Zubau an Kapazitäten vorzunehmen.

### 1.5 Marktanreizprogramm

Die Zuschüsse im Rahmen eines Marktanreizprogrammes (siehe IX. 7.) könnten an den Bezug von EE-Strom gekoppelt werden. Problem dabei ist, dass eine Förderung einmalig ausbezahlt wird, der Bezug von EE-Strom aber für die gesamte Nutzungsdauer des Fahrzeuges garantiert werden muss. Spätestens beim Weiterverkauf des gebrauchten Fahrzeuges ist dies jedoch mit Berufung auf die ausgezahlte Förderung nicht mehr möglich.

### 1.6 Das hier empfohlene Konzept: Herstellerverpflichtung zur Produktion von EE-Strom

Praktikabler und schneller ist es daher, einen Ansatz zu wählen, der auf bereits eingeführte ordnungspolitische Instrumente und Infrastruktur zurückgreift und für die öffentliche Hand keine Zusatzkosten verursacht. Es geht darum, die vorhandene Strom-Infrastruktur neu zu nutzen für den Energieverbraucher Straßenverkehr, der die Elektrizität bisher nicht genutzt hat.

Die einzig sichere und praktikable Möglichkeit der Verbindung von Elektromobilität und erneuerbaren Energien ist, die Fahrzeuge schon beim Kauf untrennbar an erneuerbare Energien zu koppeln und bereits zu diesem Zeitpunkt die EE-Erzeugungskapazitäten zur Verfügung zu stellen, die es für den Rest des Autolebens braucht. Es muss deshalb eine Verpflichtung der Autoindustrie geben, für jedes (in Deutschland) verkaufte Elektrofahrzeug, das über einen Anschluss für das Stromnetz verfügt (Elektrofahrzeuge, Plug-in-Hybride) die Jahresproduktion an Strom aus erneuerbaren Energien in das Netz einzuspeisen, die für ein durchschnittlich gefahrenes Fahrzeug benötigt wird – und zwar das gesamte Autoleben lang. Die Industrie kann dieser Verpflichtung entweder nachkommen, indem sie eigene Anlagen errichtet oder aber Verträge mit Anlagenbetreibern schließt, die sich verpflichten, diese Kapazitäten zusätzlich (!) aufzubauen.

Die Angaben für den Jahresstromverbrauch eines durchschnittlichen Elektro-Pkw bei ebenso durchschnittlicher Nutzung schwanken. Sie reichen von 2.000<sup>97</sup> bis 3.000 kWh<sup>98</sup> pro Jahr. Geht man von 2.500 kWh aus, so müsste für 4.000

<sup>97</sup> „Elektromobilität und erneuerbare Energien“, ifeu, Wuppertal Institut, S. 8

<sup>98</sup> Shai Agassi in Focus Money Nr. 33 (2008)

verkaufte Fahrzeuge eine Windkraftanlage mit der Leistung von 4,5 MW errichtet werden. Damit verbunden ist ein Investitionsvolumen von rund 4 Millionen Euro. Dies würde sich jedoch nicht (!) als Aufpreis auf den Fahrzeugpreis niederschlagen, da sich die Anlage über die durch das EEG garantierten Einnahmen aus dem von ihr produzierten Strom finanziert und somit nicht über den Fahrzeugpreis abgedeckt werden muss.

Diese Regelung muss eingepasst werden in das EU-Regelwerk zu CO<sub>2</sub>-Grenzwerten für Neufahrzeuge, denn ein Elektrofahrzeug, das beispielsweise ausschließlich mit Strom aus Windkraftanlagen fährt, reduziert seine CO<sub>2</sub>-Emission je zurückgelegtem Kilometer auf 3 bis 4 g.<sup>99</sup> In diesem speziellen Fall gilt sogar, dass der Windstrom durch den Einsatz in der Mobilität mehr CO<sub>2</sub> einspart, als wenn er nur im Stromnetz verwendet würde.<sup>100</sup>

Die Emissionswerte von Elektrofahrzeugen sollten deshalb danach berechnet werden, welchen Strom sie beziehen. Das bedeutet auch, dass sichergestellt werden müsste, dass für die von der Autoindustrie unter der oben vorgeschlagenen Regelung verkauften Elektrofahrzeuge nicht der derzeit vorhandene Strommix in Deutschland zur Berechnung der CO<sub>2</sub>-Emissionen herangezogen wird. Das würde bedeuten, dass auch Kohlekraftwerke und deren Emissionen hinzugezählt würden. Vielmehr muss die Berechnung berücksichtigen, dass für das verkaufte Elektrofahrzeug erneuerbare Energien bereitgestellt werden und deshalb deren (sehr niedrige) CO<sub>2</sub>-Emissionen zum tragen kommen. Auf diese Weise erhält die Autoindustrie die Möglichkeit mit jedem verkauften Elektrofahrzeug ihre Flotten-Emissionswerte massiv abzusenken und so die EU-Ziele leichter zu erreichen.

Vom hier vorgeschlagenen Modell würden alle Beteiligten profitieren: die Fahrzeugindustrie würde den erneuerbaren Energien einen weiteren Wachstumsschub verschaffen während diese der Fahrzeugindustrie helfen könnten, die Klimaschutzziele zu erreichen. Die Kunden würden profitieren, weil dieses Modell mit dem wenigsten Zusatzaufwand für sie verbunden ist. Sie müssen sich schlicht keine Gedanken um die Versorgung ihres Fahrzeuges mit erneuerbaren Energien machen, weil schon beim Kauf für das gesamte Autoleben

---

<sup>99</sup> [www.unendlich-viel-energie.de](http://www.unendlich-viel-energie.de) | Das Bundesministerium für Umwelt geht davon aus, dass ein Elektrofahrzeug mit Strom aus erneuerbaren Energien betrieben (also Windkraft und andere) 5g CO<sub>2</sub> pro Kilometer emittiert (Vortrag Ministerialdirektor Dr. Lahl auf der Automobil International 2009)

<sup>100</sup> Tomi Engel, Plug-in Hybrids, Verlag Dr. Hut, S. 67 | Energiewirtschaftliche Tagesfragen Ausg. 12 – 2008, Wietschel/Dallinger, S. 10

sichergestellt ist, dass das entsprechende Stromäquivalent eingespeist wird. Das Auto bringt bereits seine Fahrenergie mit.

Die Notwendigkeit, Elektroantriebe unbedingt mit regenerativ erzeugtem Strom zu verbinden, wird auch in der Automobilbranche selbst bestätigt. So hat Daimler Entwicklungsvorstand Thomas Weber in einem Interview Mitte 2008 in Bezug auf die Elektro- und Wasserstofftechnologie gesagt: „Bei der Erzeugung von Strom und Wasserstoff entsteht auch CO<sub>2</sub>. Beide Energieformen sollten daher regenerativ erzeugt werden.“<sup>101</sup>

## 2. Voraussetzungen für Vehicle to grid schaffen (V2G)

V2G erfordert eine entsprechende Kommunikations- und Steuerungsinfrastruktur. Es erfordert ebenso entsprechende Geschäftsmodelle. Die Steuerung der Autobatterie von Seiten des Netzbetreibers fällt unter ersteres, die Abrechnung des eingespeisten Stroms unter letzteres. Die entsprechenden Konzepte müssen schnellstmöglich entwickelt und dann ein Konsens darüber unter allen Beteiligten hergestellt werden, welches umgesetzt wird. Danach ist eine entsprechende rechtliche Absicherung, wo erforderlich, angezeigt. In diesem Prozess müssen auch vermeintlich simpel anmutende Entscheidungen gefällt werden, die aber von erheblicher Tragweite für das spätere Funktionieren des Systems sind. Beispielsweise muss entschieden werden, ob auch ein Stromzähler im Auto angebracht werden soll oder ob es ausreicht, nur an den entsprechenden Elektrotankstellen Zähler zu haben. Die meisten Experten plädieren aus Gründen der Praktikabilität für zusätzliche Zähler auch im Pkw.

## 3. Stromtankstellen als Teil des Netzes definieren

Bei einer breiten Einführung der Elektromobilität wird es nicht mehr ausreichen, alleine sogenannte Stromtankstellen an zentralen Standorten zur Verfügung zu stellen. Vielmehr wird ein Netzanschluss nahezu überall vorhanden sein müssen, wo Elektrofahrzeuge parken. Im Gegensatz zu Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor „tankt“ ein Elektrofahrzeug während der Standzeiten und nicht während der Fahrt im Rahmen einer kurzen Unterbrechung an der Tankstelle (Ausnahme ist das erwähnte „Better Place“-Projekt mit seinen Batterietauschstationen).

Über die zu erwartenden Investitionen für die massenhafte Einrichtung von Netzzugängen gibt es noch keine zuver-

---

<sup>101</sup> wiwo.de, 28.06.2008, „Das ist die Zukunftstechnologie schlechthin“

lässigen Schätzungen. Es besteht von Verbandsseite jedoch die Befürchtung, dass sich die Investitionen alleine über den Stromverkauf nur schwer und langsam refinanzieren lassen.<sup>102</sup> Deshalb wird vorgeschlagen, die Netzzugänge als Teil des Netzes bzw. Netzausbaus zu betrachten und somit über die Netznutzungsentgelte zu refinanzieren. Ein einfach gestalteter Anschlusspunkt kostet rund 600,- Euro<sup>103</sup> zuzüglich der Installationskosten, die natürlich von Standort zu Standort unterschiedlich sind. Es gibt Schätzungen, wonach die Installation von 1 Million Netzzugängen einen Aufschlag auf die Netznutzungsentgelte von 0,03 Cent pro kWh verursachen würde<sup>104</sup>. Ein relativ kleiner Betrag angesichts der Tatsache, dass diese Entgelte (Stand 2007) in der Niederspannung im Durchschnitt bei 4,7 Cent pro kWh liegen, wobei eine Bandbreite von 3 bis 7 Cent/kWh besteht.<sup>105</sup>

Der Vorschlag wurde von der Bundesnetzagentur noch nicht geprüft, aber im heutigen System würde ein Netzzugang (oder eine Stromtankstelle), selbst wenn sie über V2G auch Strom einspeist, als Letztverbraucher und damit nicht als Teil des Netzes gelten. Eine zukünftig andere Regelung ist nicht unmöglich, wäre aber aus heutiger Sicht systemfremd.

Tatsächlich würde damit eine Umlegung der Kosten auf alle Netznutzer stattfinden. Das ist jedoch dadurch begründbar und legitim, dass Elektrofahrzeuge durch die V2G-Fähigkeit (siehe VI) erheblich zur Stabilisierung und Sicherheit des Netzes im Interesse aller beitragen werden. Insofern sollte der Gesetzgeber das System variieren und die Netzzugangsstellen für Elektrofahrzeuge als Teil des Netzes bzw. Netzausbaus definieren.

Ohne eine zumindest schon in ausreichendem Maße bestehende Infrastruktur wird die breite Einführung von Elektrofahrzeugen nur schwer möglich sein. Infrastruktur und Beförderungsmittel bedingen einander und nur eine gut ausgebaute Infrastruktur lässt ein Beförderungsmittel erfolgreich werden - so war das mit den Eisenbahnen im 19. Jahrhundert und (über den Ausbau des Straßennetzes) mit dem Individualverkehr im 20. Jahrhundert.

---

<sup>102</sup> Tomi Engel, „Das Elektrofahrzeug als Regelenergiekraftwerk des Solarzeitalters“

<sup>103</sup> [www.park-charge.de](http://www.park-charge.de), Preisliste

<sup>104</sup> Tomi Engel, DGS, „Die Förderung von Elektromobilität“, Vortrag

<sup>105</sup> Bundesministerium für Umwelt, Broschüre „Strom aus erneuerbaren Energien – Was kostet er uns wirklich?“

#### 4. Produkte und Schnittstellen standardisieren

Momentan laufen einige Flottenversuche oder es werden bereits Systeme für Elektromobilität in Angriff genommen, die schon für den Alltagseinsatz gedacht sind (zum Beispiel „Better Place“). Alle Träger dieser Projekte betonen, dass sie auf offene Standards setzen. Das schließt jedoch nicht aus, dass verschiedene Standards entstehen, die den Einstieg in die Massenproduktion von Elektrofahrzeugen hemmen. Deshalb muss schon jetzt nicht nur auf nationaler, sondern auch internationaler Ebene für eine entsprechende Normung und Standardisierung Sorge getragen werden. Gelingt dies nicht, würde auch der Export von Fahrzeugen erschwert, ein weltweiter Handel käme nur schleppend in Gang.<sup>106</sup> In Japan ist das bereits erkannt worden. Dort hat sich kürzlich die „Chademo“-Initiative gegründet, in der neben bekannten Autobauern auch große Energieversorger vertreten sind. Ziel der Initiative ist es ausdrücklich, ihre Standards für die Ladetechnologie als Weltstandards zu etablieren.<sup>107</sup> Laut Pressemeldungen hat zudem eine Arbeitsgruppe aus zwanzig großen Energie- und Autokonzernen sich bereits auf ein einheitliches Steckermodell für Elektrofahrzeuge geeinigt.<sup>108</sup> Dies ist der richtige Ansatz, sollte aber nicht davon ablenken, dass auch zahlreiche andere Komponenten standardisiert werden müssen.

#### 5. Batterieentsorgung und Recycling

Um eine sparsame Rohstoffwirtschaft sicherzustellen, muss von Seiten des Staates gerade jetzt, wo ständig neue, noch leistungsfähigere Batterien entwickelt werden, darauf geachtet werden, dass eine hohe Recyclingquote erreicht wird. Dazu gehört gegebenenfalls auch die Etablierung entsprechender Rücknahmesysteme für Elektrofahrzeug-Batterien, sofern die bestehenden nicht dafür genutzt werden können.

#### 6. steuerliche Behandlung

Die Steuerbefreiung für Elektrofahrzeuge von der Kraftfahrzeugsteuer muss noch auf längere Frist beibehalten werden. Es darf nicht derselbe Fehler wie bei den Biokraftstoffen gemacht werden, wo die Steuerbefreiung just zu dem Zeitpunkt aufgehoben wurde als sich ein relevanter Markt zu entwickeln begann. Die derzeit geltende Regelung stellt Elektrofahrzeuge

<sup>106</sup> Bundesregierung, „Sachstand und Eckpunkte zum Nationalen Entwicklungsplan Elektromobilität“, S. 13

<sup>107</sup> [www.chademo.com](http://www.chademo.com)

<sup>108</sup> Vorwärts 06/2009, S. 18, Welt.de vom 19.04.2009 „Super-Stecker soll Elektroautos flott machen“

fünf Jahre vollständig von der Kfz-Steuer frei und gewährt danach einen ermäßigten Steuersatz.<sup>109</sup> Der ermäßigte Steuersatz muss jedoch überprüft werden, da es nach Verbandsangaben Fälle gibt, in denen eine Pkw mit konventionellem Antrieb weniger Steuern bezahlt als ein Elektrofahrzeug, das mit Strom aus erneuerbaren Energien versorgt wird.<sup>110</sup>

Wie unter V dargestellt werden Rein-Elektroantriebe für Lkw und Busse auf absehbare Zeit nicht zur Verfügung stehen. Um auch hier eine weitgehend emissionsneutrale Fortbewegung zu erreichen, muss der Einsatz von Biotreibstoffen forciert werden. Das jedoch ist deshalb problematisch, weil die Steuerbefreiung für Biodiesel und Pflanzenöl (in Reinform) im Jahr 2006 beendet wurde. Biodiesel wurde deshalb 2007 mit einer Steuerbelastung von 8,86 Cent/Liter belegt, wobei dieser Satz im Jahr 2013 rund 45 Cent/Liter betragen soll. Bei Pflanzenöl betrug die Belastung 2007 genau 2,07 Cent/Liter und wird 2013 ebenfalls bei 45 Cent/Liter anlangen<sup>111</sup>. Dies hat (zumindest vor Verabschiedung des Wachstumsbeschleunigungsgesetzes im Dezember 2009<sup>112</sup>) schon dazu geführt, dass der Biodiesel nicht mehr in jedem Fall wettbewerbsfähig mit konventionellen Treibstoffen ist. Vor allem kleinere Speditionen sind deshalb wieder zu fossilem Diesel zurückgekehrt.<sup>113</sup> Das Tankstellennetz für reinen Biodiesel ist von einst 1900 auf inzwischen 150 Tankstellen geschrumpft.<sup>114</sup> Das ist genau das Gegenteil, von dem was anzustreben ist, weshalb durch ein neues, flexibles Besteuerungskonzept dafür gesorgt werden muss, dass Biodiesel an der Tankstelle zu jedem Zeitpunkt billiger ist als fossiler Diesel.

## 7. Marktanzreizprogramm

Wie unter III. ausgeführt, werden die Anschaffungskosten für Elektrofahrzeuge noch für längere Zeit über denen für vergleichbare Fahrzeuge mit Verbrennungsmotor liegen. Für ein Stadtfahrzeug geht man im Jahr 2030 von einem Preisaufschlag von 5.300 Euro aus, gegenwärtig sind es noch 10.000 bis 15.000 Euro.<sup>115</sup> Dies relativiert sich durch die

---

<sup>109</sup> §§ 3d, 9 Kraftfahrzeugsteuergesetz

<sup>110</sup> Tomi Engel, DSG

<sup>111</sup> Deutscher Bundestag, Drucksache 16/5220 | ufop „Information zum Gesetzentwurf für Biokraftstoffe“ auf [www.ufop.de](http://www.ufop.de) | Deutscher Bundestag Drucksache 17/15

<sup>112</sup> Das Gesetz schreibt den Steuersatz für Biodiesel und Pflanzenöl bis Ende 2012 auf rund 18 Cent/Liter fest. 2013 soll der Satz dann aber wie geplant auf 45 Cent ansteigen.

<sup>113</sup> Pressemitteilung des Verbandes der deutschen Biokraftstoffindustrie vom 30.01.2009

<sup>114</sup> Pressemitteilung Hans-Josef Fell MdB vom 11.02.2009, anlässlich einer Anhörung im Umweltausschuss des Bundestages

<sup>115</sup> Der Spiegel 17/2010, S. 79

geringeren Unterhaltskosten, vor allem im Hinblick auf die Treibstoffkosten. Um welche Summen es sich dabei handelt, soll hier in einer groben Berechnung dargestellt werden. Der Durchschnittsverbrauch eines Pkw mit Otto-Motor liegt heute bei 8,3 l pro 100 km und seine durchschnittliche Fahrleistung bei 10.500 km pro Jahr<sup>116</sup>. Daraus ergibt sich ein jährlicher Kraftstoffbedarf von rund 872 Litern. Bei Kosten von 1,43 Euro pro Liter<sup>117</sup> ergeben sich pro Jahr Kraftstoffausgaben von 1.247 Euro. Das Durchschnittsalter eines Pkw beträgt derzeit 8 Jahre<sup>118</sup>, womit von Gesamttreibstoffkosten von 9.976 Euro für die durchschnittliche Nutzungsdauer auszugehen ist<sup>119</sup>. Für ein Elektrofahrzeug ergeben sich bei einem Durchschnittsverbrauch von 2.500 kWh pro Jahr und Bezug des Stroms über einen Anbieter der ausschließlich aus erneuerbaren Energien erzeugt<sup>120</sup> Kosten von 5.013,20 Euro. Dies ergibt eine Ersparnis bei den Treibstoffkosten von 4.962,80 Euro, die mit dem Preisaufschlag von 10.000 bis 15.000 Euro beim Kauf zu verrechnen ist. Es ergeben sich Mehrkosten von rund 5.000 bis 10.000 Euro. Mindestens 5.000 Euro sollten dem Autokäufer über ein Marktanreizprogramm (analog zum bestehenden Marktanreizprogramm für die Nutzung erneuerbarer Energien im Wärmemarkt<sup>121</sup>) als Zuschuss der öffentlichen Hand beim Kauf eines Elektrofahrzeuges ausbezahlt werden (im Laufe der Jahre absinkend). Nimmt man das Ziel der Bundesregierung, wonach bis 2020 insgesamt 1 Million Elektrofahrzeuge in Deutschland zugelassen sein sollen<sup>122</sup> und definiert man diese als reine Elektrofahrzeuge (keine Hybride), so ergäbe sich ein Subventionsbedarf der öffentlichen Hand von 5 Milliarden Euro verteilt auf rund 10 Jahre, also 500 Millionen Euro pro Jahr. Frankreich übriges gewährt im Rahmen eines Bonus/Malus

<sup>116</sup> Verkehr in Zahlen 2007/2008, S. 291, Hrsg. Bundesministerium für Verkehr

<sup>117</sup> www.aral.de, Stand April 2010, Super-Benzin

<sup>118</sup> Statistische Mitteilungen des Kraftfahrtbundesamtes, Mai 2008 | Das Durchschnittsalter wird hier herangezogen, weil es in vielen anderen Publikationen ebenso gehandhabt wird. Die etwas passendere Zahl wäre das Durchschnittsalter der Pkw bei Abmeldung (im Jahr 2007 waren das 9,6 Jahre), wobei auch diese Zahl Unschärfen aufweist, da unter den Abmeldungen nicht nur Fahrzeuge geführt werden, die verschrottet werden, sondern auch solche, die ins Ausland verbracht oder die nur vorübergehend stillgelegt werden. Die Bundesregierung gibt an (Bundestagsdrucksache 14/5038), dass ein Pkw bei der Verschrottung rund 12 Jahre alt ist, weist aber ebenfalls auf statistische Unschärfen hin. Tomi Engel geht in seiner Studie (Plug-in Hybrids) von 13 Jahren aus (S.72). Bei 12 Jahren ergäbe sich eine Ersparnis bei den Treibstoffkosten von über 7.000 Euro.

<sup>119</sup> Inflation und zu erwartende Preissteigerungen wurden nicht berücksichtigt

<sup>120</sup> 21,25 Cent pro Kilowattstunde + 7,95 Euro monatlicher Grundpreis

<sup>121</sup> Richtlinien zur Förderung von Maßnahmen zur Nutzung erneuerbarer Energien im Wärmemarkt

<sup>122</sup> Bundesregierung, „Sachstand und Eckpunkte zum Nationalen Entwicklungsplan Elektromobilität“, S. 5, die Bundesregierung geht dabei von Rein-Elektrofahrzeugen und Plug-in-Hybriden aus.



Systems das an die CO<sub>2</sub>-Emissionen gekoppelt ist, für Elektrofahrzeuge auch einen Zuschuss von 5.000 Euro, die USA 5.500, Spanien und Kanada sogar 6.000 und 6.400 Euro.<sup>123</sup>

Die Gewährung eines Zuschusses ist kundenorientierter und marktwirtschaftlicher als direkte Forschungszuwendungen an die Industrie. Die sogenannte „Abwrackprämie“ (die übrigens 5 Mrd. Euro innerhalb eines Jahres gekostet hat) hat deutlich gezeigt, wie attraktiv direkte Zuschüsse für Autokäufer sind. Forschungszuwendungen sind, wie weiter oben schon ausgeführt, immer mit planwirtschaftlich anmutenden Strukturen ausgestaltet und bergen deshalb die Gefahr, wenig kundenorientiert zu sein und an den Märkten vorbei zu planen. Deshalb kann durchaus erwogen werden, das oben vorgeschlagene Marktanreizprogramm über eine Reduzierung der Forschungsausgaben des Bundes für die Elektromobilität teilzufinanzieren.

Darüber hinaus sollten über die KfW zinsverbilligte Kredite für die Anschaffung von Elektrofahrzeugen zur Verfügung gestellt werden.

## 8. Straßenverkehr

Um auch von Seiten der Verkehrsplanung einen Anreiz zum Umstieg auf Elektromobile zu liefern, könnten bestimmte Straßenzüge und Parkmöglichkeiten für Elektromobile reserviert werden. Das kann sogar so weit gehen, dass bestimmte Innerortbereiche nur noch von Elektrofahrzeugen befahren werden dürfen, wie dies beispielsweise in dem Schweizer Ferienort Zermatt schon seit langem so gehandhabt und sogar als Marketinginstrument für die Tourismuswerbung eingesetzt wird<sup>124</sup>. Denkbar wäre auch eine (möglicherweise bis zu einem bestimmten Jahr befristete) Mitbenutzung von Busspuren – in Oslo wird dies schon praktiziert, ebenso wie kostenloses parken<sup>125</sup>. Dem Halter würde somit, neben dem Auto selbst, auch noch eine Parkmöglichkeit in den überfüllten Innenstädten geboten. In Berlin-Mitte beispielsweise kostet das Parken pro 15 Minuten 50 Cent. Angesichts dieser Preise ist kostenloses Parken ein handfester Vorteil für den Elektro-Pkw.

Da Elektrofahrzeuge äußerlich nicht mehr ohne weiteres von Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor unterschieden werden können, sollten sie ein besonderes Kennzeichen gemäß § 9 Fahrzeug-Zulassungsverordnung erhalten. In diesem Para-

<sup>123</sup> [www.botschaft-frankreich.de](http://www.botschaft-frankreich.de), Der Spiegel 17/2010, S. 80

<sup>124</sup> [www.zermatt.ch](http://www.zermatt.ch)

<sup>125</sup> [www.unendlich-viel-energie.de](http://www.unendlich-viel-energie.de)

grafen ist momentan geregelt, dass für historische Fahrzeuge (Oldtimer) ein Kennzeichen ausgegeben wird, auf dem nach der Nummer noch ein „H“ steht (z.B. ER A 55H). Für Elektrofahrzeuge könnte dort ein „E“ stehen. Mit solchen Nummernschildern wäre es problemlos möglich, Elektrofahrzeugen bestimmte Vorrechte einzuräumen und dann zu kontrollieren, dass sie auch tatsächlich nur von diesen in Anspruch genommen werden.

Eine andere Möglichkeit wäre, wie von einigen Verbänden vorgeschlagen<sup>126</sup>, die Kennzeichnung über die Schadstoffplakette. Bisher werden Elektrofahrzeuge, zusammen mit den darunter fallenden Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor, der Schadstoffgruppe 4 zugeordnet und haben somit keine eigene Kennzeichnung.<sup>127</sup> Die Schaffung einer eigenen Schadstoffgruppe wäre schnell und unbürokratisch möglich.

## 9. Beschaffungspolitik der öffentlichen Hand

Die öffentliche Hand hat sowohl als Nachfrager wie auch angesichts ihrer Vorbildfunktion keinen unerheblichen Einfluss auf die Entwicklung von Märkten. Deshalb ist es selbstverständlich, dass ihre Beschaffungspolitik den Umstieg auf die Elektromobilität dadurch fördern kann und muss, dass sie nur noch Elektrofahrzeuge für ihre Fuhrparks beschafft. Ausnahmen davon können, abhängig von der technischen Entwicklung, selbstverständlich bei Polizei, Bundeswehr und anderen sicherheitssensiblen Institutionen gemacht werden.

## X. Die vollständige Umstellung ist möglich

Ernstzunehmende Szenarien besagen, dass eine fast vollständige Substitution des konventionellen Pkw-Fuhrparks durch Hybrid- und Elektrofahrzeuge bis 2050 denkbar und möglich ist.<sup>128</sup> Beachtet werden muss und kann, dass auch Biotreibstoffe als weitere, zusätzliche Mobilitätsbasis (z.B. auch in Hybridfahrzeugen und in Lkw eingesetzt) eine Rolle spielen können, so dass ein weitgehend klimaneutraler Fuhrpark im Jahr 2050 möglich ist. Bei erfolgreicher Umsetzung des „Better Place“-Projektes kann sogar auf Hybridfahrzeuge als Übergangstechnologie verzichtet werden. Dies deshalb, weil dann bewiesen wäre, dass Batterietauschstationen, wie von

<sup>126</sup> Sonnenenergie, Ausg. Nov.-Dez. 2008, S. 28

<sup>127</sup> 35. BImSchV, Anhang 2 Abs. 3

<sup>128</sup> Energiewirtschaftliche Tagesfragen 12-2008, Wietschel, Dallinger, S.14, Auch die Bundesregierung strebt an, dass bis 2050 „der Verkehr in Städten überwiegend ohne fossile Brennstoffe“ auskommt (Sachstand und Eckpunkte zum Nationalen Entwicklungsplan Elektromobilität“)

Better Place vorgesehen, die Reichweite von Elektrofahrzeugen genauso komfortabel erhöhen, wie es Hybridfahrzeuge durch ihren zusätzlichen Verbrennungsmotor tun.

Voraussetzung für alle Umstellungsszenarien ist selbstverständlich ein entsprechendes Engagement von Politik und Wirtschaft. Übrigens ist die Zielmarke 2050 nicht nur möglich, sondern auch nötig, angesichts der Tatsache, dass die statistische Reichweite der Reserven des sogenannten konventionellen Erdöls noch lediglich 42 Jahre beträgt.<sup>129</sup>

## **XI. Woher soll der Strom für Elektrofahrzeuge kommen?**

Die Energie für Elektrofahrzeuge sollte, wo immer möglich, entlang der Fahrbahnen gewonnen werden. Nicht, weil sie dort näher am Verbraucher wäre, denn der Strom wird ja zunächst in das allgemeine Netz eingespeist, sondern vielmehr weil diese Landschaftsabschnitte durch den Verkehr ohnehin schon vorgeprägt sind und deshalb Windkraftanlagen oder Solaranlagen in der Regel nicht mehr als störend empfunden werden. Der naturästhetische Eingriff ließe sich durch die Nutzung von Verkehrsachsen als Energieachsen minimieren. Dies soll nachfolgend beispielhaft an der A 7 aufgezeigt werden.

### **1. Das Leuchtturmprojekt A 7**

Großprojekte faszinieren, auch wenn es, wie beispielsweise bei der Atomkraft, die falschen sind. Technische Strukturen, die kleinteilig und dezentral angelegt sind, entfalten weniger Anziehungswirkung obwohl sie oft Besseres und mehr leisten als großtechnische Projekte. Dies ist ein Problem für die erneuerbaren Energien. Deshalb ist es an der Zeit die Leistungsfähigkeit dieser Technologien in einem Leuchtturmprojekt zu demonstrieren, das weltweit Aufmerksamkeit erregen wird. Dieses Leuchtturmprojekt ist die Energieallee A 7. Entlang der längsten deutschen Autobahn, die sich von Nord nach Süd durch das ganze Land zieht, sollen an allen möglichen Standorten Windkraftanlagen der 5 MW-Klasse errichtet werden. Im Rahmen eines physisch-geografischen Gutachtens wurden insgesamt 1.251 Standorte identifiziert (siehe Karten am Ende des Textes), wobei es sich hier um eine Mindestanzahl handelt.

---

<sup>129</sup> Energieversorgung in Deutschland, Statusbericht BMU, BMWi für den Energiegipfel am 3. April 2006

Dieser Windpark würde über eine installierte Leistung von insgesamt 6.255 MW verfügen und könnte pro Jahr rund 13.500 GWh Strom erzeugen, was dem Jahresverbrauch von 5,4 Millionen Elektrofahrzeugen oder 3,7 Millionen Haushalten entspricht. Das Projekt deckt 2,2 Prozent des deutschen Bruttostromverbrauchs ab. Dadurch können 11,6 Millionen Tonnen CO<sub>2</sub> vermieden werden. Es könnte 14,1 Prozent des zusätzlichen Stromverbrauchs abdecken, der durch die Umstellung der gesamten deutschen Pkw-Flotte auf Rein-Elektroantrieb entstünde.

Das Investitionsvolumen für die Energieallee A 7 beläuft sich auf 7,5 Milliarden Euro. Es wäre die weltweit bisher größte Windkraftinvestition, die der im Verhältnis zu Offshore-Anlagen kostengünstigeren Onshore-Technik neuen Auftrieb geben würde. Das Projekt stellt ein Konjunkturprogramm ohne staatliche Förderung dar, da durch das Erneuerbare Energien-Gesetz die Einspeisevergütungen für die Windkraftanlagen auf die Stromkunden umgelegt werden.

Selbstverständlich kommt nicht nur die A 7 für einen Windpark in Betracht, das Konzept kann als Muster für ähnliche Projekte an anderen Autobahnen in Deutschland und Europa dienen. Entlang dieser Straßen können nicht nur Windkraftanlagen, sondern auch Solarzellen in größerem Umfang installiert werden (beispielsweise an Lärmschutzwänden oder auf Einhausungen), was sich insbesondere für die südlicheren Bundesländer anbietet, die zwar über weniger Wind, dafür jedoch über eine höhere Strahlungsenergie der Sonne verfügen.

## 2. Eine Verkehrsachse als Energieachse

Es wird vorgeschlagen, Windkraftanlagen in größtmöglicher Anzahl entlang der Bundesautobahn 7 (A 7) zu errichten. Die A 7 ist die längste Autobahn Deutschlands. Sie führt von der dänischen Grenze im Norden durch die Bundesländer Schleswig-Holstein, Hamburg, Niedersachsen, Hessen, Baden-Württemberg und Bayern bis in den Süden zur österreichischen Grenze. Sie verfügt heute ohne Seitenarme und den Grenztunnel nach Österreich über eine Länge von 960,732 Kilometer.

Die A 7 überspannt das gesamte Land von Nord nach Süd. Sie ist deshalb nicht nur symbolträchtig, sondern auch ein Großbauwerk mit herausragender infrastruktureller Bedeutung. Ihrer Bedeutung als Verkehrsachse soll nun, den Erfordernissen der Zukunft folgend, eine Bedeutung als Energieachse hinzugefügt werden. Aufgrund der hohen Anzahl der Anlagen, ihrer enormen Stromausbeute, ihrer Sichtbarkeit

für die Autofahrer und ihrer Verbindung durch die A 7 entstünde so ein Großbauwerk moderner Energietechnik, das nicht weniger symbolträchtig wäre als die Autobahn selbst.



So kann es auch entlang der A 7 zukünftig aussehen: ein Windpark des Unternehmens Enertrag an der A 20, nordöstlich von Prenzlau (Brandenburg). Es handelt sich um 1,5 MW-Anlagen.

Foto: Jens Christoph Pieper

### 3. Politische Bedeutung

Aufgrund der Tatsache, dass die Anlagen durch die A 7 verbunden sind, werden sie, wenn auch von verschiedenen Investoren verwirklicht, als ein Gesamtprojekt wahrgenommen. Dies ist in seinen Ausmaßen von einer Größenordnung, dass es die Aufmerksamkeit nicht nur in Deutschland, sondern europa- und weltweit auf sich ziehen wird. Es kann und soll zeigen, in welchen Größenordnungen erneuerbare Energien nutzbar sind, wie schnell ihr Aufbau erfolgen kann und dass ein hoch industrialisiertes Land wie die Bundesrepublik sich bedenkenlos auf erneuerbare Energien verlassen kann. Deshalb ist dieses Projekt nichts weniger als ein Leuchtturmprojekt. Ein Leuchtturmprojekt, das die Möglichkeit und Notwendigkeit einer Energiewende unterstreicht, das die Leistungsfähigkeit der deutschen Industrie belegt und Deutschland als ein modernes, zukunftsfähiges Land ausweist.

Nicht zuletzt weist das Projekt auch auf den besonderen Charakter der erneuerbaren Energien hin. Durch die Verbindung der A 7 wird es zwar als großes Ganzes gesehen werden, tatsächlich aber wird es sich um zahlreiche Investoren handeln und damit um viele verschiedenen Eigentümer der Anlagen. Die Struktur ist dezentralisiert, es gibt keine Monopole mehr aber trotzdem eine umfassende und nachhaltige Energieversorgung.

## 4. Vorteile

### *4.1 Landschaftliche Vorprägung nutzen*

Es bietet sich generell an, Windkraftanlagen entlang von Bundesfernstraßen zu errichten, da hier das Landschaftsbild ohnehin schon durch das Trassenbauwerk verändert wurde. Der naturästhetische Eingriff ließe sich dadurch minimieren. Hinzu kommt, dass Bündelungs- und Synergieeffekte zwischen den verschiedenen Strukturen genutzt werden können. So lässt sich beispielsweise der Randbereich oder der Mittelstreifen der Fahrbahntrasse auch als Trasse für Erdkabel zum Stromtransport verwenden. Die in diesem Papier vorgeschlagenen 5 MW-Anlagen werden je nach Standort Nabenhöhen zwischen 100 und 160 Meter aufweisen. In den weniger ertragreichen Gegenden im Süden Deutschlands werden sie höher sein, im Norden niedriger. Die Rotoren solcher 5 MW-Anlagen drehen sich allerdings wesentlich langsamer als die der bisher gebräuchlichen kleineren Anlagen, was dem Betrachter als angenehmer erscheint und daher den wahrnehmbaren Eingriff in das Landschaftsbild reduziert.

Es handelt sich um eine Win-win-Situation: der ohnehin schon landschaftlich vorgeprägte Korridor für die Bundesautobahn erfährt durch die Windkraftanlagen eine noch bessere und gleichzeitig sinnvolle Nutzung, während andererseits zusätzliche Fläche für Anlagenbetreiber zur Verfügung gestellt wird.

In § 35 Abs. 3 des Baugesetzbuches sind sogenannte öffentliche Belange aufgeführt, die der Errichtung von Windkraftanlagen entgegenstehen könnten. Insbesondere die Nummer 5 dieses Absatzes zählt dabei Belange auf, die im Zusammenhang mit der Genehmigung solcher Anlagen oft ins Feld geführt werden. Dazu gehört die Beeinträchtigung der „natürlichen Eigenart der Landschaft“ und die „Verunstaltung des Orts- und Landschaftsbildes“. Tatsächlich kann man darüber streiten, ob Windkraftanlagen überhaupt eine „Verunstaltung“ oder „Beeinträchtigung“ darstellen. Werden sie jedoch entlang einer Bundesautobahn errichtet, kann dieses Argument per se keine Wirkung mehr entfalten.

### *4.2 Mehr Unabhängigkeit und weniger Kohlendioxid*

Weitere Vorteile des A 7-Projektes entstehen aus den Vorzügen, die erneuerbare Energien generell mit sich bringen. So wird die Abhängigkeit von konventionellen Energiequellen und damit auch von Energieimporten reduziert. Angesichts der Preissteigerungen, die konventionelle Energien in den letzten Jahren erfahren haben, ist dies volkswirtschaftlich der einzig

sinnvolle Weg. So kostet das Barrel Rohöl heute rund 80 Dollar, während es im Jahr 2003 noch für 30 Dollar zu haben war. Der Preis für eine Tonne Steinkohle hat sich seit 1996 verdreifacht und bei Uran war innerhalb von sechs Jahren ein Anstieg um das 17-fache zu verzeichnen. Hinzu kommt die Endlichkeit dieser Energien, die beispielsweise beim Uran mit 50 Jahren bereits deutlich absehbar ist (technisch und wirtschaftlich abbaubare Reserven aus heutiger Sicht). Vor diesem Hintergrund ist klar: mit heimischen erneuerbaren Energien wird die Energiesicherheit massiv erhöht.

Bei einer Jahresproduktion von rund 13.500 GWh (siehe unten) können durch den A 7-Windpark jährlich zudem 11,6 Millionen Tonnen CO<sub>2</sub> vermieden werden (bei Stromverbrauch in Haushalten und Industrie). Auf die einzelnen Bundesländer aufgeteilt ergäben sich folgende CO<sub>2</sub>-Einsparungen:

Schleswig-Holstein: 3,1 Millionen t  
Dies entspricht nahezu der Hälfte der Emissionen aller emissionshandlungspflichtigen Anlagen in Schleswig-Holstein im Jahr 2007 (6,7 Millionen Tonnen).

Hamburg: 0,35 Millionen t  
Dies entspricht rund einem Viertel der jährlichen Emissionen des Vattenfall-Steinkohleheizkraftwerkes Hamburg Tiefstack (1,3 Mio. t, Jahr 2008).

Niedersachsen: 4,3 Millionen t  
Dies entspricht mehr als den jährlichen Emissionen des E.on-Steinkohlekraftwerkes Wilhelmshaven (3,8 Mio. t, Jahr 2008).

Hessen: 1,65 Millionen t  
Dies entspricht mehr als den jährlichen Emissionen des Blocks 1 (Steinkohle) des E.on-Kraftwerkes Staudinger (1 Million t, Jahr 2008).

Baden-Württemberg: 0,5 Millionen t  
Dies entspricht den jährlichen Emissionen des EnBW-Steinkohlekraftwerkes Walheim (0,5 Mio. t., Jahr 2008).

Bayern: 1,7 Millionen t  
Dies entspricht 81 Prozent der jährlichen Emissionen des E.on-Steinkohlekraftwerkes Zolling (Block 5, 2,1 Mio. t, Jahr 2008).

#### *4.3 Technologieschaufenster*

Weiter oben wurde schon erwähnt, dass das A 7-Projekt aufgrund seiner Größenordnung geeignet ist, weit über die Landesgrenzen hinaus Aufmerksamkeit zu erregen. Dies soll

nicht nur dem generellen Werben für erneuerbare Energien dienen, sondern auch der deutschen Windkraftindustrie, die immerhin eine Exportquote von über 80 Prozent aufweist. Das A 7- Projekt wäre für die Industrie ein weithin sichtbares Technologieschaufenster, das die Kundengewinnung befördert.

## 5. Warum Windkraft?

Nichts ist schneller einführbar als erneuerbare Energien. Das gilt insbesondere für die Windkraft, bei der die Aufbauzeit für Anlagen in Wochen oder Monaten gemessen werden kann, während es bei fossilen Großkraftwerken um Jahre geht.

Windstrom nähert sich zudem zügig den Kosten von konventionellem Strom an. Ältere Windräder an guten Standorten produzieren schon heute zu niedrigeren Preisen als dem an der Strombörse gebildeten Durchschnittswert. Atomstrom ist tagsüber teurer als Windstrom.

Die Gesamtenergiebilanz von Windkraftanlagen („energetische Amortisationszeit“) ist bemerkenswert: je nach Anlagentyp ist der Energieeinsatz für die Herstellung, den Betrieb und die Entsorgung nach drei bis sieben Monaten Laufzeit ausgeglichen. Kohle- oder Atomkraftwerke dagegen amortisieren sich energetisch nie, da sie immer mehr Energie in Form von Brennstoffen verbrauchen als sie Nutzenergie erzeugen.

Nicht unerwähnt sollte an dieser Stelle bleiben, dass der Korridor von Bundesautobahnen nicht nur für Windkraftanlagen sondern auch für den Aufbau von Solarzellen gut geeignet ist. So können beispielsweise die Dächer von Einhausungen zur Aufstellung von Solarzellen genutzt werden. An Lärmschutzwänden können sie ebenfalls angebracht werden. Es gibt sogar Vorschläge, auf den eigentlich ungenutzten Mittelstreifen ganze Bänder von Solarzellen aufzubauen. Dieser letzte Vorschlag müsste selbstverständlich im Hinblick auf die Verkehrssicherheit noch geprüft werden. Zudem dürfte für seine Realisierung eine Änderung des Bundesfernstraßengesetzes erforderlich sein.

Insbesondere für den Süden Deutschlands, der geringere Winderträge aufweist als der Norden, sind Solarzellen entlang der Energieallee A 7 eine Alternative, da in den südlichen Bundesländern die Strahlungsenergie der Sonne im Jahresmittel höher ist als im Norden.



## 6. Energieertrag und Investitionsvolumen

Aufgrund eines für das A 7-Projekt erstellten physisch-geografischen Gutachtens konnten entlang der A 7 insgesamt 1.251 Standorte (siehe Karten am Ende des Textes) für Anlagen der 5 MW-Klasse ermittelt werden (zum Vergleich: in Deutschland sind heute etwas mehr als 20.000 Windkraftanlagen in Betrieb, wovon 866 alleine im Jahr 2008 errichtet wurden). Es handelt sich dabei um eine Mindestanzahl, die unter anderem dadurch zustande kommt, dass für den Abstand der Anlagen in Hauptwindrichtung ein eher hoch angesetzter Wert von 900 Metern verwendet wurde. Je nach Standort und Anlage kann dieser auf bis zu 780 Meter reduziert werden, was dann insgesamt mehr Standorte ergäbe.

In den einzelnen Bundesländern stellt sich die Situation wie folgt dar:

In Schleswig-Holstein kann die A 7 nahezu auf gesamter Länge zu einem Windpark ausgebaut werden. In Hamburg ist der Standortbereich (auch aufgrund der starken Verbauung) auf den Bereich des Hafens und Teile der Harburger Berge beschränkt.

In Niedersachsen stellt sich der Bereich der Lüneburger Heide, sowohl Nord- als auch Südheide, die Hildesheimer Börde, der Westrand des Harzes sowie der Eingang ins Weserbergland als Gunstraum dar.

In Hessen ist der gesamte Bereich Nordhessens, wo die A 7 die Kuppen der Südwestdeutschen Trias und des Knülls erklimmt, für eine Nutzung interessant, dieser zieht sich bis zum Landrücken an der Grenze zu Bayern und stellt einen weiteren Windgunstraum dar.

In Bayern (Unterfranken und Mittelfranken) bieten sich besonders die Rhön als Gunstraum an. Danach folgen die Bereiche Grabfeld und der Anstieg zur Frankenhöhe (östlich Rothenburg o.d.T.).

In Baden-Württemberg bieten sich die Ellwanger Berge, der Ostalbtrauf sowie die Heidenheimer Kohlplatten an.

Die gesamte installierte Leistung des A 7-Windparks betrage 6.255 MW. Um die Größenordnung einschätzen zu können, sei in diesem Zusammenhang erwähnt, dass Kohlekraftwerke sich im Bereich bis maximal 1.000 MW bewegen, Kernkraftwerke hauptsächlich zwischen 900 und 1.300 MW pro Reaktorblock.

Der Energieertrag pro Bundesland sowie für das gesamte Projekt ist in der nachfolgenden Tabelle dargestellt, ebenso die mögliche Anzahl der Anlagen:

<b>Bundesland</b>	<b>Anzahl Anlagen</b>	<b>In-stallierte MW</b>	<b>Volllaststunden</b>	<b>Jahresproduktion GWh</b>
Schleswig-Holstein	236	1.180	3.021	3.564,78
Hamburg	33	165	2.493	411,35
Niedersachsen	459	2.295	2.200	5.049
Hessen	209	1.045	1.832	1.914,44
Baden-Württemberg	70	350	1.696	593,6
Bayern	244	1.220	1.613	1.967,86
<b>Gesamt</b>	<b>1251</b>	<b>6.255</b>		<b>13.501,03</b>

Windkraftanlagen der 5 MW Klasse können bei günstigen Windbedingungen, wie in Schleswig-Holstein, jährlich rund 15 Millionen kWh Strom erzeugen. Im Süden Deutschlands fällt der Ertrag aufgrund der Windverhältnisse niedriger aus. Unter Berücksichtigung dieser Unterschiede anhand der Volllaststunden ergibt sich für den A 7-Windpark eine Jahresproduktion von rund 13.500 GWh (13,5 Milliarden kWh). Mit dieser Menge kann der jährliche Strombedarf von rund 3,7 Millionen Haushalten oder 5,4 Millionen Elektrofahrzeugen gedeckt werden.

Laut Angabe von Branchenverbänden muss derzeit bei Anlagen der 5 MW-Klasse mit einem Investitionsvolumen von 1.200 Euro pro installiertem kW gerechnet werden. Daraus ergäbe sich für den A 7-Windpark ein Investitionsvolumen von 7,5 Milliarden Euro. Es kann in diesem Zusammenhang erwogen werden einen Fonds für das Projekt aufzulegen, der von den beteiligten Bundesländern und/oder den kommunalen Gebietskörperschaften mit potenziellen Standorten getragen wird.

## 7. Rechtliche Rahmenbedingungen und Umsetzbarkeit

### 7.1 Raumordnungspläne

Die Raumordnung und Bauleitplanung vollzieht sich in der Bundesrepublik auf drei Ebenen: der Raumordnungsplanung, der Flächennutzungsplanung und der Bebauungsplanung. Die für dieses Projekt entscheidende Ebene ist jedoch die der Raumordnungsplanung, da sie die beiden anderen Ebenen in gewissem Umfang determiniert. Die Raumordnungsplanung findet hauptsächlich in den Bundesländern statt. Neben die von der Raumordnung und Bauleitplanung zu schaffenden Voraussetzungen treten im Genehmigungsverfahren für die einzelnen Anlagen oder Anlagenparks beispielsweise noch das Immissionsschutzrecht oder das Naturschutzrecht. Diese müssen aber unabhängig von den politischen und raumplanerischen Vorgaben ohnehin berücksichtigt werden und brauchen deshalb hier nicht näher beleuchtet zu werden.

Raumordnungspläne werden in der Regel zunächst für das gesamte Landesgebiet aufgestellt (je nach Bundesland heißen diese Landesentwicklungsplan, Landesraumordnungsplan, Landes-Raumordnungsprogramm oder Landesentwicklungsprogramm) und daraus werden dann regionale Raumordnungspläne (Regionalpläne oder Regionale Raumordnungsprogramme) entwickelt. In diesen Plänen können sogenannte Vorrang- und Vorbehaltsgebiete ausgewiesen werden. „Vorranggebiet“ bedeutet, dass hier eine bestimmte raumbedeutsame Nutzung alle anderen ausschließt, sofern sie mit dieser nicht vereinbar sind. In „Vorbehaltsgebieten“ haben bestimmte Nutzungen bei der Abwägung mit anderen Nutzungen ein besonderes Gewicht. Eine dritte mögliche Kategorie sind die sogenannten Eignungsgebiete. Sie beziehen sich auf Vorhaben im Außenbereich und stellen fest, dass hier beispielsweise die Windkraftnutzung anderen Belangen nicht entgegensteht. Nachteil dieser Gebiete ist, dass die im Gebiet ermöglichte Nutzung automatisch außerhalb des Gebietes ausgeschlossen ist. Dieses Instrument ist deshalb zu starr und kann den notwendigen massiven Ausbau erneuerbarer Energien behindern. Vorrang- und Eignungsgebiete können kombiniert werden. Das bedeutet, dass innerhalb des Gebietes die Windkraft eine hohe Durchsetzungswirkung hätte, außerhalb aber ausgeschlossen wäre. Auch dies kann wegen der Ausschlusswirkung nicht als Instrument der ersten Wahl bezeichnet werden.

Optimale Voraussetzung für das A 7-Projekt wäre demnach, wenn alle betroffenen Bundesländer entlang der Trasse beidseitig einen ausreichend breiten Streifen, der bei 300 Metern Abstand von der Trasse beginnt und bei maximal 700

Metern endet, als Vorranggebiet (ohne Ausschlusswirkung) für die Windenergienutzung ausweisen würden. Praktisch könnte das dadurch geschehen, dass die Länder einen politischen Vertrag abschließen, in dem sie sich verbindlich verpflichten, die betroffenen Raumordnungspläne in kürzestmöglicher Frist anzupassen. Das Raumordnungsgesetz (ROG) des Bundes sieht eine solche vertragliche Vereinbarung in §13 Abs. 2 Nr. 1 vor. Das entsprechende Gremium hierfür wäre die in § 26 ROG benannte Ministerkonferenz für Raumordnung, der das Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung und die zuständigen Landesministerien angehören. Dieses Gremium übrigens hat in einem Beschluss vom April 2008 unter dem Titel „Räumliche Konsequenzen des Klimawandels“ festgelegt, dass das „Hauptaugenmerk der Raumordnung“ unter anderem auf „der Flächensicherung für die Gewinnung regenerativer Energien“ liegen soll. Das A 7-Projekt entspricht somit der Beschlusslage der Konferenz, was als gute Voraussetzung für seine Umsetzung angesehen werden kann.

## *7.2 Bundesfernstraßengesetz*

Das Bundesfernstraßengesetz verbietet Hochbauten jeder Art in einer Entfernung von bis zu 40 Metern entlang der Fahrbahn und sieht eine Zustimmungspflicht der obersten Landesstraßenbaubehörde vor, wenn im Abstand von bis zu 100 Metern bauliche Anlagen errichtet werden sollen. Dies ist jedoch für das vorliegende Projekt unerheblich. Aus technischen Gründen und Sicherheitserwägungen wurde für alle hier ausgewiesenen potenziellen Windkraftstandorte ohnehin ein Mindestabstand von 300 Metern von der Fahrbahn angesetzt.

## 8. Über die A 7 hinausgedacht...

Natürlich ist die A 7 nicht die einzige Straße, die für die Anlage eines Windparks geeignet ist. Kürzlich wurde eine Studie im Auftrag des Bundesumweltministeriums unter dem Titel „Abschätzung der Ausbaupotenziale der Windenergie an Infrastrukturachsen“ abgeschlossen. Die Studie ist in weiten Teilen sehr defensiv angelegt, kann damit aber aufzeigen, dass selbst bei zurückhaltender Einschätzung die Potenziale beachtlich sind. So wurde bei Verwendung von 5 MW-Anlagen deutschlandweit ein maximales Zubaupotenzial entlang von Straßen in Höhe von 14.604 MW ermittelt. Für Schienentrassen, die, wenn sie entsprechend stark befahren sind, selbstverständlich auch in Frage kommen, ergaben sich weitere 7.245 MW. Alleine bei konsequenter Ausnutzung dieser Potenziale wären also zusätzlich 21.849 MW möglich (zieht man die hier - nicht defensiv - ermittelten 6.255 MW für die A 7 ab, so blieben immer noch 15.594 MW). Zum Vergleich: Ende

des Jahres 2008 waren in Deutschland 23.894 MW installierte Leistung bei der Windenergie zu verzeichnen. Die installierte Leistung ließe sich also alleine durch Ausnutzung des Potenzials an Straßen- und Schienenwegen mindestens um 90 Prozent steigern.

## 9. Karten

### *9.1 Erläuterungen zu den angehängten Karten, Quellenangaben, Mitarbeitende Personen und Institutionen:*

Die hier ausgewiesenen Standorte beruhen auf gerechneten Winddaten des DWD und Winddaten von Cube Engineering. Ob ein Standort tatsächlich geeignet ist, kann letztgültig nur durch ein individuelles, standortbezogenes Windgutachten ermittelt werden. Darüber hinaus ist, wie oben schon erwähnt, zu beachten, dass die Anlage nicht nur in Bezug auf Raumordnung und Bauleitplanung, sondern beispielsweise auch nach dem Immissionsschutzrecht oder dem Naturschutzrecht genehmigbar sein muss.

Als Parameter für die Ausweisung der Standorte wurden folgende Daten gewählt:

Mindestabstand zur Trasse: 300 Meter

Maximaler Abstand von der Trasse: 700 Meter

Abstand in der Hauptwindrichtung: 900 Meter

Abstand quer zur Hauptwindrichtung: 381 Meter

Untergrenze für den wirtschaftlichen Betrieb einer Anlage:  
5,0 m/s Windgeschwindigkeit, 80 Meter über Grund

Leistung der Anlagen: 5 MW

Bei der Ausweisung der Standorte wurde bereits bestehende Bebauung entlang der A 7-Trasse berücksichtigt und dementsprechend ausgespart. Natur- und Landschaftsschutzgebiete wurden nicht berücksichtigt.

**Die Karten (siehe untenstehende Dokumentation) wurden erstellt von: Jens Christoph Pieper  
pieper@students.uni-mainz.de**

**Technische Beratung und Winddaten:**  
**Cube Engineering GmbH, Kassel**  
**www.cube-engineering.com**  
**Dipl.-Ing. Peter Ritter**  
**Dipl.-Ing. Stefan Chun**



**Winddaten:**  
**Deutscher Wetterdienst (DWD), Offenbach**  
**www.dwd.de**



### *9.2 Dokumentation zu den Karten, von Jens Christoph Pieper:*

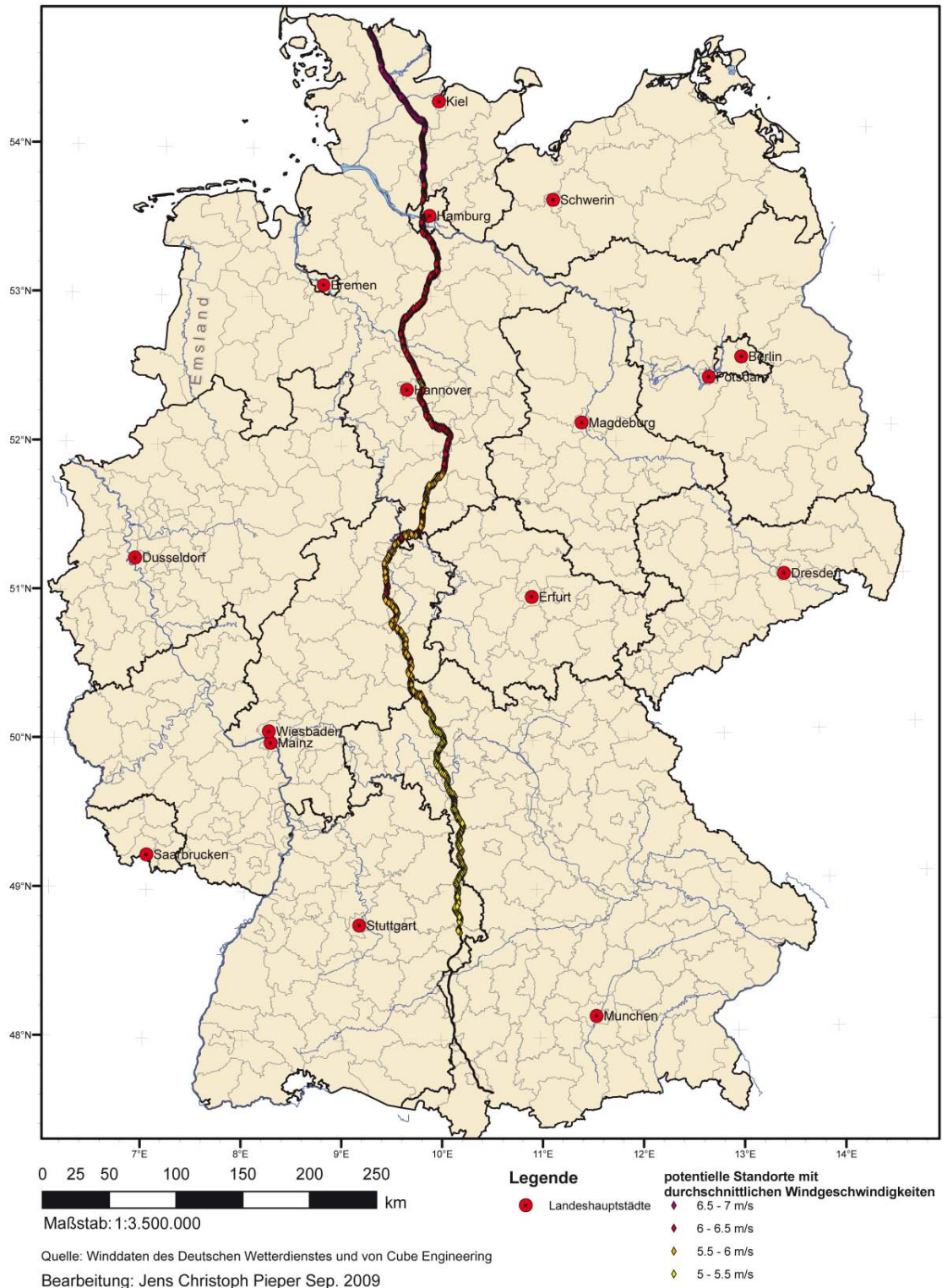
Ziel dieser Arbeit war das Erstellen mehrerer Karten in den Maßstäben 1:1.000.000 für die Bundesländer (Schleswig-Holstein und Hessen 1:750.000) und 1:3.500.000 für die Bundesrepublik Deutschland. Dabei sollten mögliche Standorte von Windenergieanlagen (WEA) entlang der Bundesautobahn 7 (A 7) kartiert werden.

Die Bearbeitungssoftware ist ArcGIS 9.3.1 aus dem Hause ESRI. Als Koordinatennetz wurde der UTM Grid verwendet. Die Karte wird dabei in der Projektion „Transversal Mercator“ mit dem Koordinatensystem „ETRS 1989 UTM Zone 32N“ dargestellt.

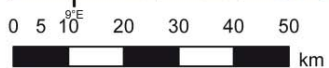
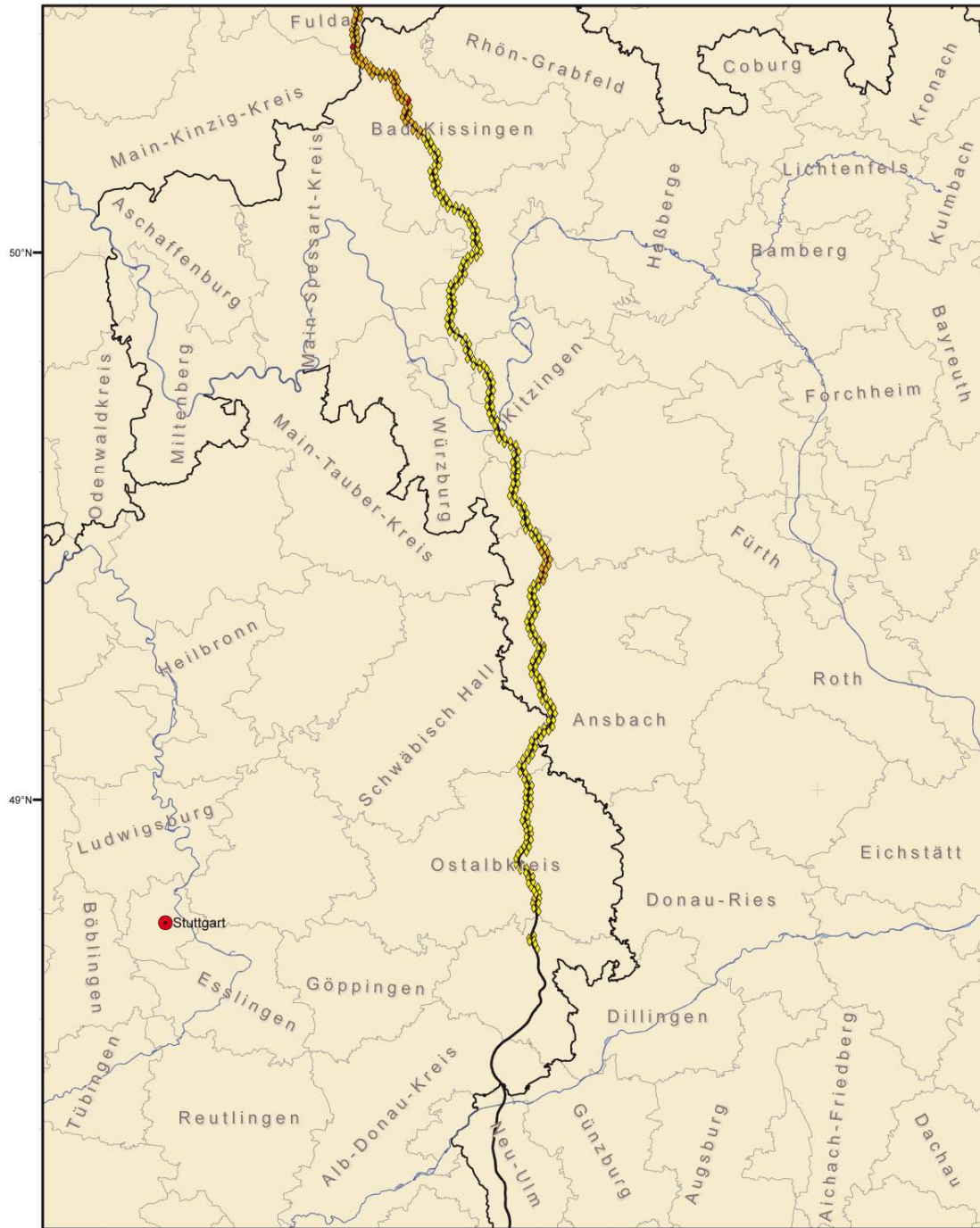
Als Kartengrundlage dienten die vorgegebenen Daten aus der Geodatabase „esri\_data“. Dabei wurden die Bundesgrenze (country), die Bundesländer (prov1), die Flüsse (mjrriver), die Geometrien der A7 (roads) und die Landeshauptstädte (towns) benutzt. Die Datenquelle des Windfeldes wurde vom Deutschen Wetterdienst (DWD) in Form von ASCII-Daten und von der Firma Cube Engineering GmbH als GIS Datensatz zur Verfügung gestellt und mithilfe von ArcGIS in ein Rasterformat entlang des 9. Längengrades östlicher Länge projiziert. Die kartierten Standorte selbst liegen in einer FileGeographic Database (Standort\_WEA) vor. Als Grundvoraussetzungen für die Kartierung wurde ein Mindestabstand zwischen den WEAs von 900m eingerichtet. Der Mindestabstand zur Trasse der A7 unter Beachtung von deren Regelquerschnitt zwischen 27m bei 4spuriger Autobahn und 37m bei 6spuriger Autobahn beträgt 300m.

Die Rauten symbolisieren Standorte für WEAs mit einer Mindestnabenhöhe von 80m mit jährlichen Durchschnittswindgeschwindigkeiten von mehr als 5 m/s

# Windenergie an der A7 in Deutschland



## Windenergie an der A7 in Bayern / Baden-Württemberg



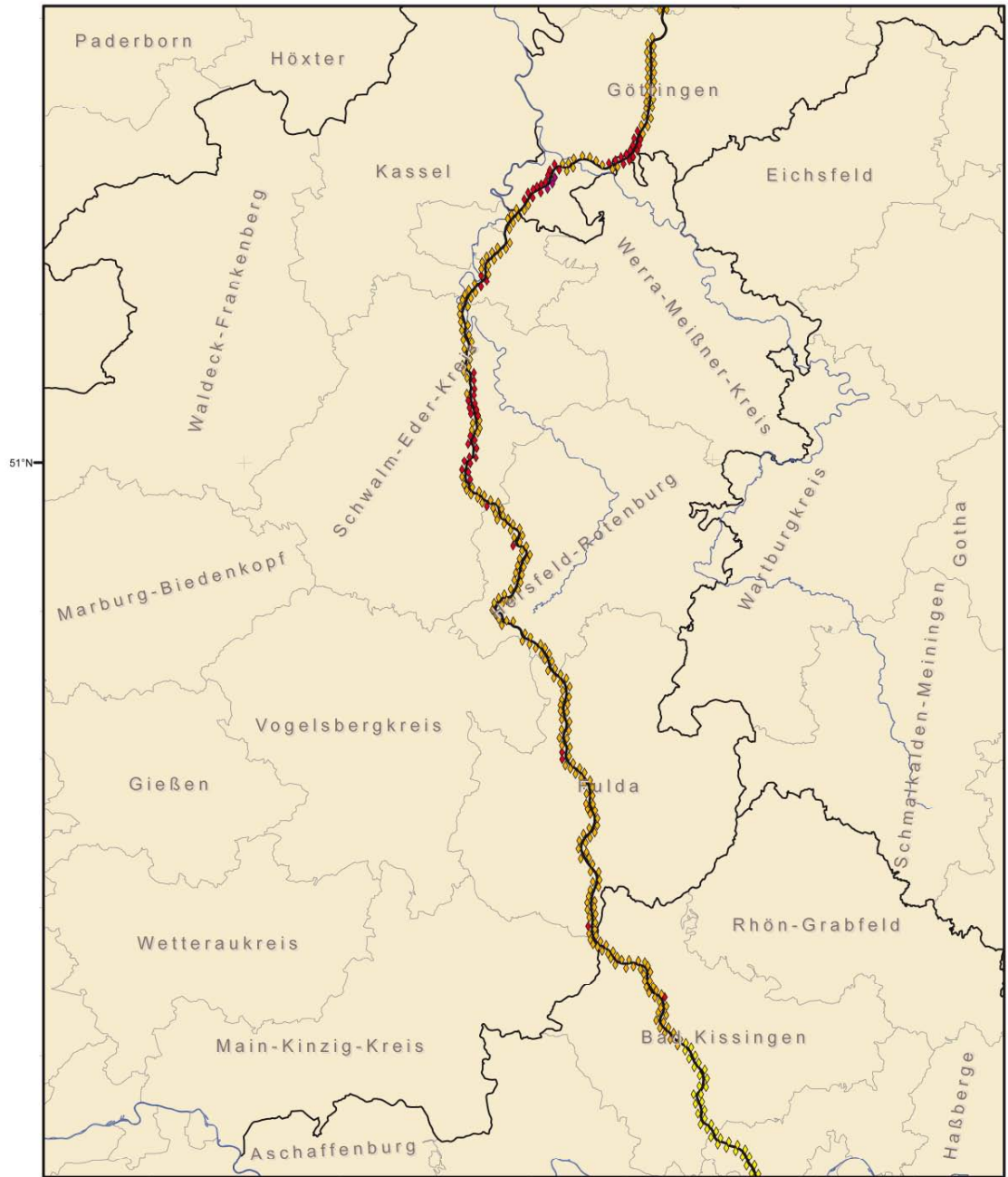
Masstab: 1:1.000.000  
 Quellen: Winddaten des Deutschen Wetterdienstes und Cube Engineering  
 Bearbeitung: Jens Christoph Pieper Sep. 2009

potentieller Standort mit durchschnittlicher Windgeschwindigkeit

- ◆ 5 - 5.5 m/s
- ◆ 5.5 - 6 m/s
- ◆ 6 - 6.5 m/s
- ◆ 6.5 - 7 m/s



# Windenergie an der A7 in Hessen



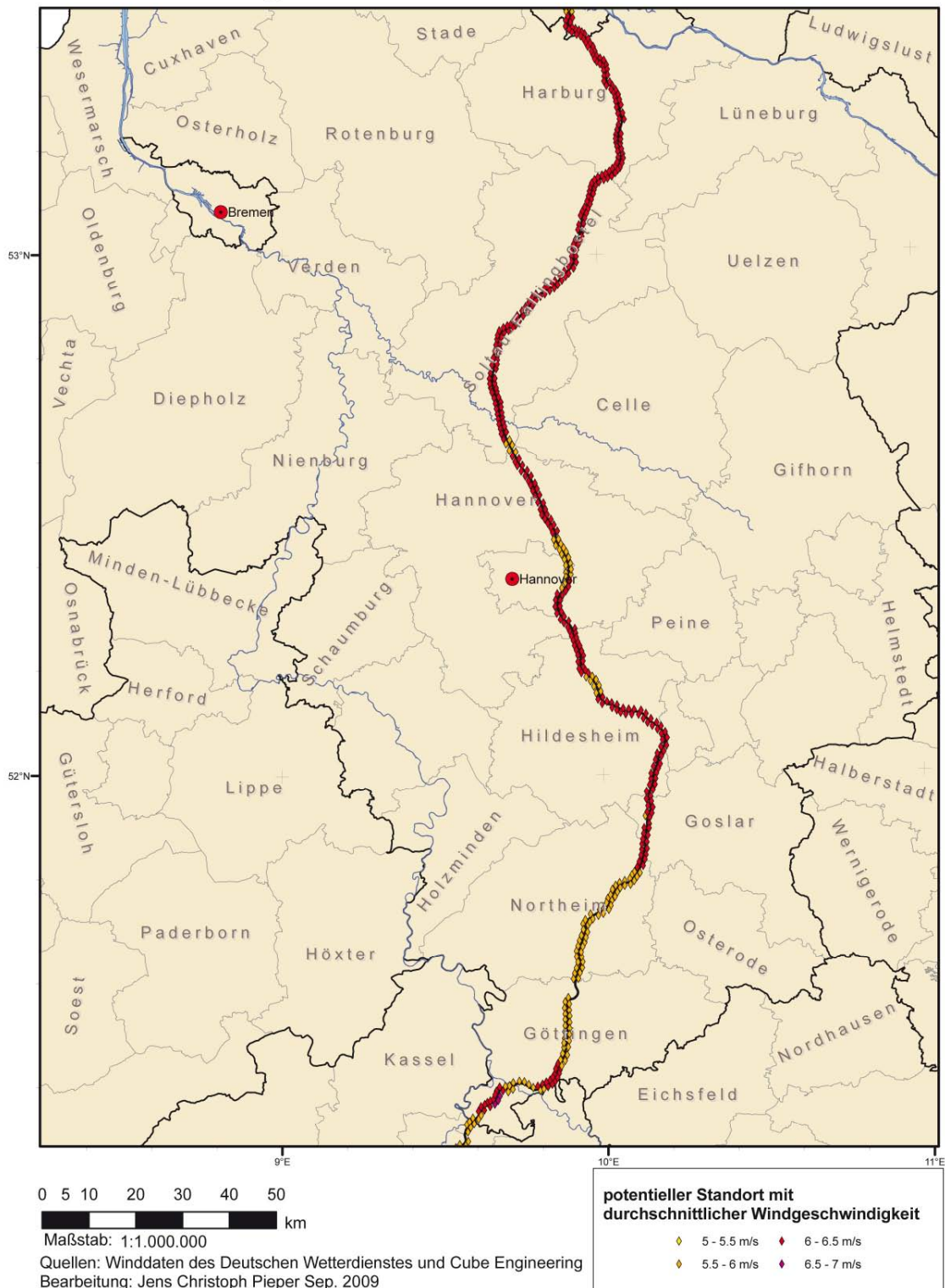
Maßstab: 1:750.000

Quellen: Winddaten des Deutschen Wetterdienstes und Cube Engineering  
 Bearbeitung: Jens Christoph Pieper Sep. 2009

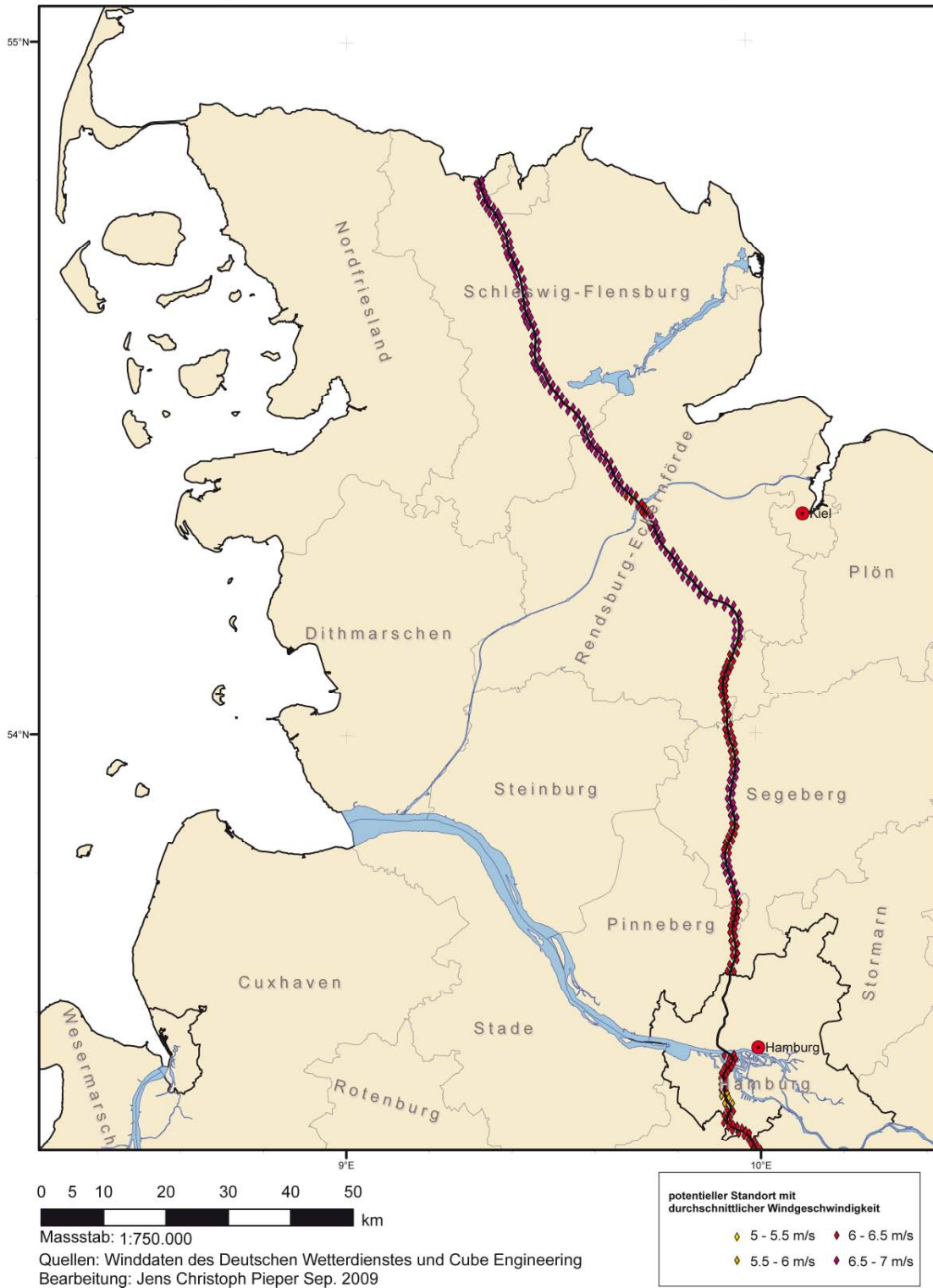
potentieller Standort mit durchschnittlicher Windgeschwindigkeit

- ◆ 5 - 5.5 m/s
- ◆ 5.5 - 6 m/s
- ◆ 6 - 6.5 m/s
- ◆ 6.5 - 7 m/s

# Windenergie an der A7 in Niedersachsen



# Windenergie an der A7 in Schleswig-Holstein



## Glossar:

### GWh (Gigawattstunde)

Eine Million Kilowattstunden.

### TWh (Terawattstunde)

Eine Milliarde Kilowattstunden.

### EEG

„Gesetz für den Vorrang erneuerbarer Energien“: regelt den verpflichtenden Anschluss von Anlagen zur Stromproduktion aus erneuerbaren Energien an das Netz und die ebenso verpflichtende Vergütung des eingespeisten Stroms.

### Micro-Hybrid

Dabei handelt es sich lediglich um eine Stopp/Start-Automatik mit einem riemengetriebenen Starter-Generator, die zum schnellen An- und Abschalten des Verbrennungsmotors, beispielsweise an der Ampel dient. Zusätzlich wird bei einigen Modellen Bremsenergie zurückgewonnen und in einem Starterakku gespeichert. Ein elektrischer Vortrieb findet nicht statt.

### Mild-Hybrid

Wie beim Micro-Hybrid existiert eine Stopp/Start-Automatik. Zusätzlich wird auch die Bremsenergie genutzt, um eine Batterie aufzuladen. Der Elektromotor unterstützt hier den Verbrennungsmotor in bestimmten Fahrsituationen (beispielsweise in der Anfahrphase).

### Voll-Hybrid

Hier unterstützt der Elektromotor den Verbrennungsmotor nicht nur, sondern kann das Fahrzeug zeitweise alleine antreiben (beispielsweise im Stadtverkehr).

### Plug-in Hybrid

Die Batterie dieses Fahrzeugs lässt sich nicht nur über die Bremsenergie oder den Verbrennungsmotor laden, sondern während Standzeiten auch über das Stromnetz. Auch hier ist es möglich, das Fahrzeug zeitweise alleine über den Elektromotor zu bewegen.

### Lithium-Ionen Batterie

Ein Batterietyp bzw. Akku, der von Sony entwickelt wurde und im Jahr 1991 in die Massenproduktion ging. Erstmals eingesetzt wurde er in einem Camcorder und hat seitdem aufgrund seiner hervorragenden Speichereigenschaften weite Verbreitung in allen Arten von Mobilgeräten gefunden. Seine Speicherfähigkeit ist pro Gewichtseinheit dreimal so hoch, wie die des Nickel-Cadmium-Akkus, der lange Zeit in Mobilgeräten Verwendung fand. Die Kathode der Batterie gibt beim Aufladen Lithiumionen ab, die an der Anode eingelagert werden. Beim

Entladen verläuft der Prozess in umgekehrter Richtung. Es werden verschiedene Varianten der Akkumulatoren hergestellt, die sich vor allem darin unterscheiden, welches Lithium-Metalloxid eingesetzt wird.<sup>130</sup>

#### Nickel-Metallhydrid Batterie

Diese Variante ist seit Ende der 80er Jahre im Einsatz und wird auch in Elektro- oder Hybridfahrzeugen (Prius) eingesetzt. Sie ist leistungsfähiger als Nickel-Cadmium Akkus, reicht jedoch nicht an die Lithium-Ionen Akkumulatoren heran.

#### Geothermie

Unter Geothermie versteht man die Nutzung der Erdwärme zur Gewinnung von Strom, Wärme und Kälteenergie. Man unterscheidet die oberflächennahe Erdwärmennutzung (bis zu 400 Metern Tiefe) und die Tiefengeothermie.

Die im Erdinneren herrschenden Temperaturen von bis zu 6.000 Grad Celsius erwärmen die oberen Gesteins- und Erdschichten sowie unterirdische Wasserreservoirs. In solchen Gegenden, wo die Wärme dicht an die Erdoberfläche steigt, wird sie bereits in großem Umfang genutzt. Länder wie die USA, Island, Neuseeland, Indonesien und die Philippinen erzeugen schon lange Strom aus Geothermie. In Italien wurde erstmalig 1913 geothermischer Strom gewonnen.

In Mitteleuropa nimmt die Temperatur im Schnitt um rund 3 °C pro 100 Meter Tiefe zu, stellenweise auch mehr, wie in der Schwäbischen Alb (10°C/100m). Um für die Stromerzeugung und den Betrieb von Fernwärmenetzen ausreichend hohe Temperaturen zu erreichen, muss entsprechend tief gebohrt werden. Die Mühe lohnt sich, denn einmal angezapft, steht die Erdwärme praktisch kostenlos und unabhängig von Wetter, Tages- und Jahreszeit zur Verfügung.<sup>131</sup>

#### konventionelles Erdöl

Als konventionell bezeichnen die Geowissenschaftler ein Erdöl, das leicht und zu geringen Kosten zu gewinnen ist.<sup>132</sup> Es ist Erdöl, in flüssiger Form, das bei der Förderung natürlich an die Oberfläche fließt oder an die Oberfläche gepumpt werden kann, ohne dass weitere Verarbeitungsschritte notwendig wären oder das Erdöl verdünnt werden müsste.<sup>133</sup>

#### KfW

ursprünglich: „Kreditanstalt für Wiederaufbau“, heute Förderbank im Eigentum von Bund und Ländern

Dieses Memorandum wurde im April 2010 veröffentlicht

<sup>130</sup> Brockhaus, neue energie 07/2007, S. 37, [www.sony.net](http://www.sony.net) → Sony History

<sup>131</sup> Text übernommen von [www.unendlich-viel-energie.de](http://www.unendlich-viel-energie.de)

<sup>132</sup> Hilmar Rempel, Bundesanstalt für Geowissenschaften ([www.bgr.bund.de](http://www.bgr.bund.de))

<sup>133</sup> Erdöl-Vereinigung (Schweiz) auf [www.erdoel-vereinigung.ch](http://www.erdoel-vereinigung.ch)