

Elektromobilität - Entwicklungen bei Pedelecs

Klein, Ralf

Veröffentlichungsversion / Published Version

Sammelwerksbeitrag / collection article

Zur Verfügung gestellt in Kooperation mit / provided in cooperation with:

Akademie für Raumforschung und Landesplanung (ARL)

Empfohlene Zitierung / Suggested Citation:

Klein, R. (2016). Elektromobilität - Entwicklungen bei Pedelecs. In S. Wappelhorst, & C. Jacoby (Hrsg.), *Potenziale neuer Mobilitätsformen und -technologien für eine nachhaltige Raumentwicklung* (S. 126-156). Hannover: Verl. d. ARL.
<https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0168-ssoar-49831-6>

Nutzungsbedingungen:

Dieser Text wird unter einer CC BY-ND Lizenz (Namensnennung-Keine Bearbeitung) zur Verfügung gestellt. Nähere Auskünfte zu den CC-Lizenzen finden Sie hier:
<https://creativecommons.org/licenses/by-nd/4.0/deed.de>

Terms of use:

This document is made available under a CC BY-ND Licence (Attribution-NoDerivatives). For more Information see:
<https://creativecommons.org/licenses/by-nd/4.0>

Ralf Klein

Elektromobilität – Entwicklungen bei Pedelecs

URN: urn:nbn:de:0156-4059064



CC-Lizenz: BY-ND 3.0 Deutschland

S. 126 bis 156

Aus:

Christian Jacoby, Sandra Wappelhorst (Hrsg.)

Potenziale neuer Mobilitätsformen und -technologien für eine nachhaltige Raumentwicklung

Arbeitsberichte der ARL 18

Hannover 2016

Ralf Klein

Elektromobilität – Entwicklungen bei Pedelecs

Gliederung

- 1 Rahmenbedingungen für Elektromobilität im Fahrradsektor
 - 1.1 Ressourcenabhängigkeit des heutigen Verkehrssystems
 - 1.2 Körperkraft- und Elektromobilität als postfossile Alternativen im Verkehr
 - 1.3 Modal Split und neue Mobilitätsmuster
 - 1.4 Pedelecs in Politik und Verkehrsplanung
- 2 Strukturen und Entwicklungen im Bereich Pedelecs
 - 2.1 Elektrozweiradtypen
 - 2.2 Marktentwicklung von Pedelecs
- 3 Einsatzfelder und Nutzergruppen für Pedelecs
 - 3.1 Pedelecs im Alltagsverkehr
 - 3.2 Einsatz im Pendelverkehr
 - 3.3 Dienstleistungssektor
 - 3.4 Einkauf und Kindertransport
 - 3.5 Erweiterung des ÖPNV-Radius
 - 3.6 Senioren und körperlich Eingeschränkte
 - 3.7 Tourismus
 - 3.8 Nutzerakzeptanz
- 4 Räumliche Aspekte und Infrastruktur
- 5 Fazit und Ausblick

Literatur

Kurzfassung

Die elektrische Unterstützung des Fahrradfahrens bietet in Verbindung mit verschiedenen Modelltypen Potenziale für Intensivierung und Ausweitung dieser im Betrieb emissionsfreien Mobilitätsform, was die noch sehr jungen Entwicklungen im Bereich der Pedelecs bzw. E-Bikes bereits deutlich erkennen lassen. Der Beitrag zeigt diese Entwicklungen sowie verschiedene Einsatzfelder und Nutzergruppen auf. Die weitere Zunahme dieses Segments stellt zum einen Anforderungen an die Gestaltung des Raums, wie z. B. die Dimensionierung der Radwege (Breite, Kurvenradien), Trennung vom Fußgängerverkehr, Schaffung von Radschnellwegen, Sicherung der Erkennbarkeit (Kreuzungen, Einmündungen), Bereitstellung von abschließbaren Einstellgaragen und überwachten Parkhäusern insbesondere an Verkehrsknotenpunkten (Bahnhöfe, Haltestellen), im urbanen Woh-

numfeld Berücksichtigung von Abstellmöglichkeiten in der Bebauungsplanung, Verfügbarkeit von Ladeinfrastruktur. Zum anderen wird es zu Verlagerungen im Modal Split kommen, was die Substitution von Fahrten mit dem Auto aber durchaus auch mit anderen Verkehrsmitteln wie dem konventionellen Fahrrad oder dem Öffentlichen Verkehr sein kann.

Schlüsselwörter

Pedelecs – Elektromobilität – E-Bikes

Electromobility – Developments in the field of pedelecs

Abstract

Electrically assisted cycling in combination with various model types offers potential to intensify and extend this form of mobility, which is characterised by its emission-free operation. This can be clearly seen by considering the very recent developments in the field of the pedelec or e-bike. This paper discusses these developments and various fields of application and user groups. Further growth of this segment places demands on the structuring of space, for instance in terms of the dimensions of cycling paths (width, curve radii), separation from pedestrians, creation of fast lanes for bicycles, ensuring visibility (crossroads, junctions), provision of lockable garages and guarded parking blocks especially at transport hubs (stations, public transport stops), consideration of parking options in building plans for urban residential areas, and availability of charging infrastructure. Furthermore, a shift in modal split is to be expected; this may involve the substitution of journeys by car but also of other means of transport such as the conventional bicycle or public transport.

Keywords

Pedelecs – E-Mobility – E-Bikes

1 Rahmenbedingungen für Elektromobilität im Fahrradsektor

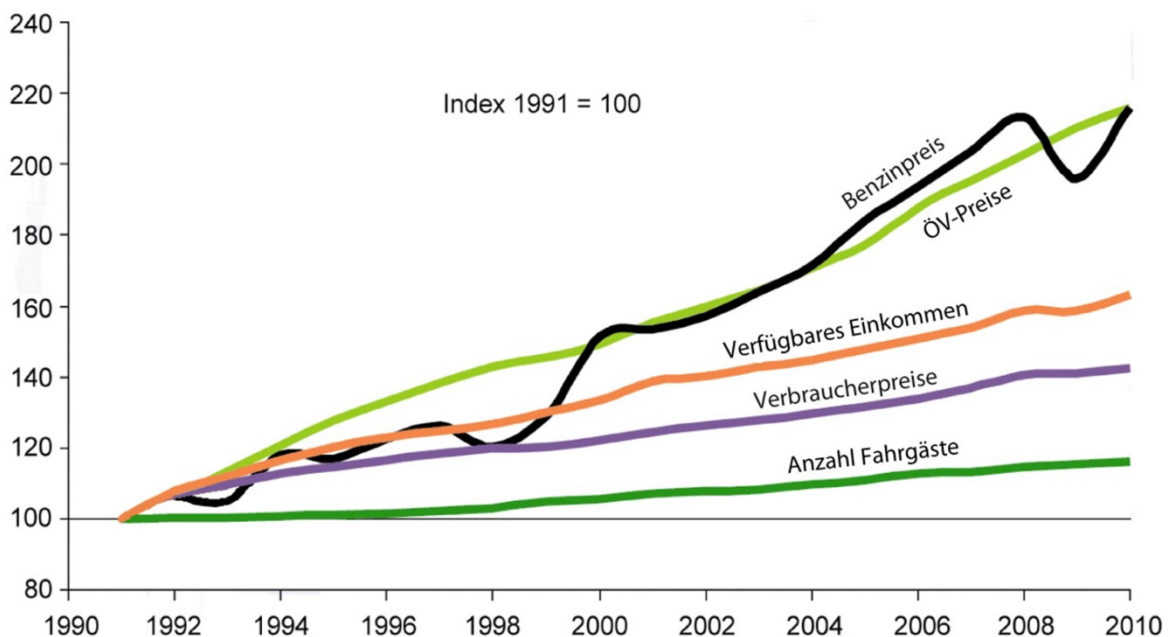
Die Entwicklung der räumlichen Mobilität wird besonders durch die Umwelteinwirkungen des Verkehrs beeinflusst. Neben Flächenverbrauch, Abgasen und Feinstaubemissionen, Lärm und Unfällen zählt hierzu besonders der Klimawandel durch den Energieverbrauch und den CO₂-Ausstoß. Obwohl in den vergangenen Jahren zunehmend in die Umweltverträglichkeit von Pkw investiert wurde, lag der Anteil der CO₂-Emissionen des deutschen Straßenverkehrs 2010 bei 17,4%. Im Vergleich zu 2005 bedeutet dies einen Anstieg um 0,2 Prozentpunkte. Während der gesamte CO₂-Ausstoß in Deutschland im Zeitraum von 1990 bis 2010 um 17,6% verringert wurde, konnte der Straßenverkehr nur einen Rückgang von 3,3% verbuchen (UBA 2012: 44). Aufgrund der hohen Umweltbelastung insbesondere der städtischen Räume gewann die Diskussion über eine nachhaltige Verkehrsgestaltung in den vergangenen Jahren immer mehr an Bedeutung. Den Grundpfeiler bilden hierfür die drei aufeinander aufbauenden hierarchischen Handlungsziele Verkehrsminimierung, Verkehrsverlagerung und Verkehrsverbesserung (Gather/Kagermeier/Lanzendorf 2008: 64). Dabei scheint es, dass vor allem das wichtigste dieser Ziele, die Minimierung, oft am wenigsten in Betracht gezogen wird. In ihrem Weißbuch für Verkehr möchte die Europäische Kommission im Gegenteil „Verkehrswachstum gewährleisten und Mobilität unterstützen bei Erreichung des Emissionsminderungsziels von

60%“ (Europäische Kommission 2011: 5). Im Hinblick auf die beiden anderen Handlungsziele soll jedoch die Nutzung von Pkw mit Verbrennungsmotor im Stadtverkehr bis 2030 halbiert und bis 2050 komplett vermieden werden. Weiterhin sei die „Erreichung einer im wesentlichen CO₂-freien Stadtlogistik in größeren städtischen Zentren bis 2030“ (Europäische Kommission 2011: 10) anzustreben. Durch diese Ziele wird die Verkehrsplanung der Länder, auch in Deutschland, vor eine große Herausforderung gestellt (zu den Rahmenbedingungen vgl. auch den Beitrag Wappelhorst in diesem Band).

1.1 Ressourcenabhängigkeit des heutigen Verkehrssystems

Unser heutiges Verkehrssystem basiert nahezu vollständig auf der Nutzung von Erdöl. Durch die Motorisierung des Verkehrs wurde eine schnelle Raumüberwindung ermöglicht, welche wiederum disperse Siedlungsmuster, entfernungsintensive Lebensstile, einen flexiblen Arbeitsmarkt und somit das Pendeln zwischen verschiedenen Standorten förderte (Würdemann/Held 2009: 753). Ein großer Teil der alltäglichen Mobilität, die als selbstverständlich gesehen wird, ist somit abhängig vom endlichen Rohstoff Erdöl und steht gleichzeitig in Konkurrenz mit anderen Sektoren, welche einen wachsenden Energiebedarf besitzen. Mit rund 2 Mrd. Tonnen Rohöleinheiten beansprucht der Verkehrssektor etwa die Hälfte der globalen Erdölproduktion (Stöhr 2009: 806). Für die Europäische Union wird ein Anstieg der Importabhängigkeit von 82% im Jahr 2007 auf 92% in 2030 erwartet (Rothfuss/Le Bris 2013: 42). Diese Abhängigkeit sorgt im Zusammenspiel mit den schwindenden Ölreserven seit Erreichen des „Peak Oil“ im Jahr 2006 bereits jetzt für stark ansteigende Benzinpreise (vgl. Abb. 1).

Abb. 1: Preisentwicklungen in Deutschland seit 1991



Quelle: ARL (2011: 2)

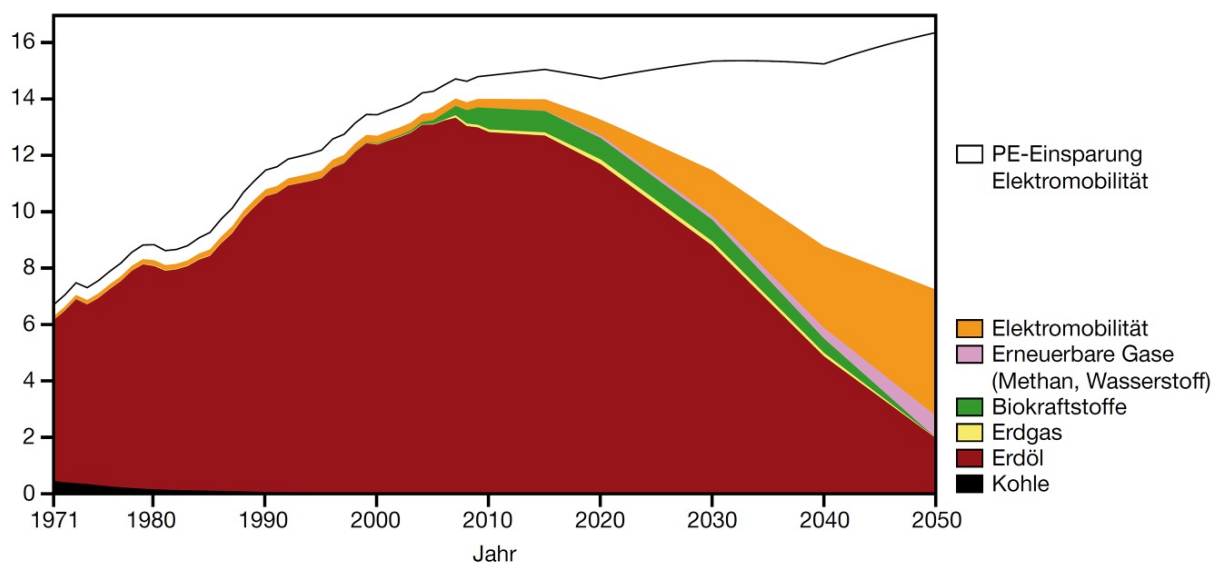
Zusammen mit steigenden Nahrungsmittelpreisen ergeben sich immer höher werdende Lebenshaltungskosten. Bereits heute gibt die Hälfte der Haushalte, die kein Auto besitzen, als Grund für einen Pkw-Verzicht die hohe finanzielle Belastung an (Infas/DLR

2010: 59). Die Erreichbarkeit bestimmter Orte ist für diese Haushalte mit einem erhöhten Aufwand verbunden.

1.2 Körperkraft- und Elektromobilität als postfossile Alternativen im Verkehr

Die Substitution von herkömmlichen Pkw durch Elektrofahrzeuge verringert die Abhängigkeit von fossilen Brennstoffen. Gleichzeitig soll durch den hohen Wirkungsgrad der Elektromotoren (90–98%) im Gegensatz zu Verbrennungsmotoren (35%) ein hoher Anteil Primärenergie eingespart werden (vgl. Abb. 2). Dadurch soll sich der Endenergieverbrauch bis zum Jahr 2050 um rund die Hälfte verringern. Die Reduzierung der CO₂-Emissionen ist allerdings nur realisierbar, wenn der für den Antrieb der Elektrofahrzeuge benötigte Strom aus erneuerbaren Energien erzeugt wird (Klein 2013: 24).

Abb. 2: Angestrebter Endenergieverbrauch im Verkehrssektor der EU-27



Quelle: WBGU (2011: 160)

Die Ausweitung der Körperkraftmobilität stellt neben der Verbesserung der Energieeffizienz des motorisierten Individualverkehrs das zweite große Handlungsfeld zur Verringerung von Energieverbrauch, Emissionen und der Verkehrsdichte dar. Der aus dem englischen „human power mobility“ abgeleitete Begriff ersetzt außerdem das Bild „vom negativ definierten ‚nichtmotorisierten Verkehr‘, der dann als Restverkehr dem ‚eigentlichen‘ Verkehr zuliefert“ (Würdemann/Held 2009: 761). Vor allem in verdichteten Räumen bestehen aufgrund der vorhandenen Infrastruktur heute kaum Hindernisse, einen Teil der Fortbewegung auf Körperkraftmobilität umzustellen (vgl. Tab. 1). Die Fortbewegung mit einem Pedelec stellt eine Hybridversion aus Körperkraft- und Elektromobilität dar. Körperbetätigung bei der Fortbewegung wirkt sich zudem positiv auf die Gesundheit, beispielsweise auf das Herz-Kreislauf-System aus. Die European Cyclist Federation (ECF) beziffert den Anteil der „Health benefits“ an den gesamten internen und externen Nutzen des Radfahrens auf etwa 80%, weitere 18% entfallen auf die Verkehrsentlastung. Nach ECF betragen die Nutzen (benefits) mehr als das Doppelte der ökonomischen Wirkungen (impacts) auf den Tourismus und die Fahrradindustrie. Die Kalkulation der gesundheitlichen Nutzen basiert auf der Verwendung von HEAT (Health Economic Assessment Tool for cycling and walking), das von der Weltgesundheitsorganisation (WHO) entwickelt wurde (ECF 2013: 4).

Tab. 1: Motorische Fähigkeiten und Alltagsnutzen beim Radfahren

Fähigkeiten	Alltagsnutzen
Ausdauer	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Verbesserte allgemeine Leistungsfähigkeit, Prävention kardiovaskulärer Risikofaktoren ▪ Stärkung des Immunsystems ▪ Positiveffekt auf die Psyche (Ausgeglichenheit)
Kraft	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Ausgeprägtes Muskelkorsett schützt vor Dysbalancen ▪ Ausgeprägte Muskulatur erhöht den Energieumsatz unter Ruhebedingungen mit der Folge, dass man nicht so schnell zunimmt
Schnelligkeit	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Es kommt zu einer verbesserten Reaktionsfähigkeit und dadurch zu einer Sturzprophylaxe, weil angemessener in den jeweiligen Situationen gehandelt werden kann
Koordination	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Radfahren schult die Koordination und dadurch das Körpergefühl. Im Alltag kann besser auf unvorhersehbare Situationen reagiert und der Körper besser im Gleichgewicht gehalten werden (z. B. beim Ausweichen vor einem Objekt)
Beweglichkeit	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Es kommt zu einer Mobilisation der großen Hauptgelenke, wie Knie-, Hüft- und Schultergelenk. Dies ist gerade bei Personen, die sitzende Tätigkeiten ausüben, als Ausgleich von großer Bedeutung

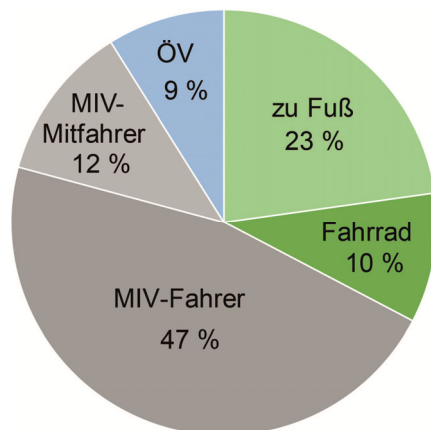
Quelle: Froböse (2006: 33)

In ländlichen Gebieten ist diese Art der Mobilität aufgrund der dispersen Siedlungsstruktur und der daraus resultierenden langen Wege als Alternative zu beruflich bedingten Pendelverkehren allerdings nur bedingt zu realisieren. Möglichkeiten eröffnen sich durch die Kombination mit anderen Verkehrsmitteln an Verkehrsknotenpunkten wie z. B. Bahnhöfen, Haltestellen oder P+R-Plätzen. Durch die Nutzung von Fahrrädern bzw. Pedelecs für den mit „last mile“ bezeichneten Streckenabschnitt kann eine Entlastung verdichteter Räume erreicht werden. Zu Freizeitaktivitäten werden in ländlichen Räumen Fahrräder seit jeher und Pedelecs immer mehr genutzt.

1.3 Modal Split und neue Mobilitätsmuster

Im Jahr 2008 wurden in Deutschland für ein Zehntel der 281 Mio. täglichen Wege Fahrräder verwendet (vgl. Abb. 3). Im Bereich der Körperkraftmobilität dominieren die Fußgänger mit einem Anteil von 23%. Beide sind „Nahverkehrsmittel“ vor allem für Wege bis zu fünf Kilometern Länge (Infas/DLR 2010: 97).

Abb. 3: Modal Split in Deutschland 2008



Quelle: Eigene Darstellung nach Infas/DLR (2010: 25)

Es lassen sich aber Trends zu einer Veränderung der Mobilitätsmuster insbesondere junger Erwachsener, vor allem in urbanen Räumen, ausmachen. Der Stellenwert des Besitzes eines Autos sinkt. Auch wird ein späterer Erwerb des Führerscheins nicht nur in Deutschland, sondern auch in anderen Industrienationen, bemerkenswerterweise sogar in den USA, beobachtet. Des Weiteren geht der Anteil an jungen Erwachsenen an den Neuwagenkäufern seit geraumer Zeit konstant zurück. Als Resultat aus diesen Entwicklungen scheinen derzeit noch vor allem junge Menschen flexibler bei der Verkehrsmittelwahl zu sein und weisen ein zunehmend multimodales Mobilitätsverhalten auf (Lanzendorf/Schönduwe 2013: 39). Durch die bisher beschriebenen Veränderungen der Nachfrageseite haben sich dementsprechend zahlreiche neue Mobilitätsangebote entwickelt. Neue Arten der Automobilnutzung wie Carsharing legen eine geringere Gewichtung auf den Pkw-Besitz. Beispiele hierfür sind das Peer-to-Peer-Carsharing, wobei meist eine Privatperson ihr Fahrzeug zur Nutzung für andere zur Verfügung stellt, und das One-Way-Carsharing von Automobilherstellern wie BMW und Daimler. Ergänzend zum Carsharing, das hauptsächlich auf Stadtgebiete begrenzt ist, stellen Mitfahrzentralen im Internet eine Alternative für Reisen zwischen den Städten dar.

Aber auch im Fahrradbereich verbreitert sich das Angebot. Fahrradverleihsysteme, wie das „Call a Bike“-Angebot der Deutschen Bahn, entsprechen praktisch dem One-Way-Carsharing und fördern zusammen mit „Bike+Ride“-Systemen sowie weiter verbreiteten Fahrradabstellanlagen die Kombination mit dem Öffentlichen Verkehr. Nicht zuletzt platzieren sich Pedelecs selbst als neuer Fahrradtyp in diesem neuen Angebotsumfeld.

In der Synthese der Entwicklungen von Angebot und Nachfrage lässt sich eine grundsätzliche Veränderung und Ausdifferenzierung in der Mobilitätslandschaft erkennen. Diese kann die Durchsetzung von Elektrofahrrädern zum einen erleichtern, zum anderen kann hier jedoch auch eine Konkurrenzsituation auftreten. Ob sich letztere tatsächlich manifestiert, hängt auch von der Bereitschaft der Mobilitätsdienstleister ab, mit den vermeintlichen Konkurrenten zusammenzuarbeiten und eventuelle Synergieeffekte auszunutzen (Lanzendorf/Schönduwe 2013: 38).

1.4 Pedelecs in Politik und Verkehrsplanung

Die Regierung hat mit der Förderung von Radverkehr und Elektromobilität die Möglichkeit, das zukünftige Verkehrsverhalten maßgeblich in Richtung Nachhaltigkeit zu lenken. Im Jahr 2009 hat die Bundesregierung den Nationalen Entwicklungsplan Elektromobilität verabschiedet, der die Forschung und Entwicklung, Marktvorbereitung und Markteinführung der Elektromobilität unterstützen sollte. Zwar werden laut der Definition von Elektromobilität im Rahmen des Nationalen Entwicklungsplans Elektromobilität Zweiräder, somit auch Pedelecs, einbezogen, der Fokus der Maßnahmen liegt jedoch stark auf der Entwicklung im automobilen Sektor. Explizit werden Elektrofahrräder nur im Zusammenhang mit Maßnahmen im öffentlichen Raum erwähnt (Bundesregierung 2009: 26).

Parallel zum Nationalen Entwicklungsplan Elektromobilität hat das Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (ehemals Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung) für die alltags- und nutzerorientierte Erprobung das Programm „Modellregionen Elektromobilität“ eingerichtet. In acht Modellregionen (Berlin/Potsdam, Hamburg, Bremen/Oldenburg, Rhein-Ruhr, Sachsen, Rhein-Main, Region Stuttgart und München) wurde unter zahlreichen Schwerpunkten auch die Integration der verschiedenen Verkehrsträger in die Elektromobilität untersucht (BMVBS 2011). In allen Regionen außer München und Hamburg wurden dabei Pedelecs in den Fuhrpark einbezogen. Im Umsetzungsbericht des BMVBS wird allerdings betont: „Im Bereich der Fahrräder geht es

nicht um die Förderung handelsüblicher Pedelecs, sondern um das Erschließen von Innovationspotenzialen der Pedelecs in der Mobilitätsgestaltung“ (BMVBS 2011: 12). Als beispielhafte Projekte werden der Einsatz von Pedelecs im betrieblichen Mobilitätsmanagement, Pedelecs in der Wohnungswirtschaft und die Nutzung in städtischen Verleihsystemen genannt. Elektrofahräder bilden im Bericht erstmals ein eigenes Handlungsfeld innerhalb der Modellregionen. Gleichzeitig fehlt eine Plattform für die Darstellung oder Auswertung der bisherigen Erfahrungen mit Pedelecs. Die Nationale Plattform Elektromobilität (NPE), welche 2010 ins Leben gerufen wurde und der Bundesregierung in regelmäßigen Abständen Fortschrittsberichte für die Entwicklung der Elektromobilität vorlegt, konzentriert sich auf den Fortschritt im automobilen Sektor und bezieht Pedelecs nicht mit ein (NPE 2012). Elektroräder werden zwar in Projekten zur Elektromobilität berücksichtigt, eine Synthese dieser Erfahrungen auf höherer Ebene findet jedoch nicht statt. Der Fokus liegt in diesem Gebiet deutlich auf der automobilen Entwicklung.

Um das Entwicklungspotenzial des Fahrrades für ein auf Nachhaltigkeit ausgerichtetes Verkehrssystem aufzuzeigen und möglichst zu nutzen, veröffentlichte die Bundesregierung 2002 den Nationalen Radverkehrsplan 2002–2012. Er enthielt verschiedene Maßnahmen und Handlungsvorschläge zur Förderung in den Bereichen Radtourismus, Alltagsverkehr oder Vernetzung von Verkehrsmitteln. Die Hauptverantwortung für die Umsetzung lag bei den Ländern und Kommunen. Da von Pedelecs zum Veröffentlichungszeitpunkt allenfalls in Asien gesprochen wurde, waren diese noch nicht berücksichtigt (BMVBW 2002).

Der nun aktuell vorliegende Nationale Radverkehrsplan (NRVP) 2020 stellt neun Handlungsfelder, die auch untereinander in Zusammenhang stehen, vor: Radverkehrsplanung und -konzeption, Infrastruktur, Verkehrssicherheit, Kommunikation, Fahrradtourismus, Elektromobilität, Verknüpfung mit anderen Verkehrsmitteln, Mobilitäts- und Verkehrserziehung, Qualitäten schaffen und sichern (BMVBS 2012). Es wird der dynamischen Entwicklung von Pedelecs Rechnung getragen und dieser ein eigenes Handlungsfeld eingeräumt. Im Rahmen von Lösungsstrategien will sich der Bund für eine zeitnahe Vereinheitlichung der Ladesysteme einsetzen und die Ausbildungsordnung im Bereich des Fahrradfachhandels an die Aspekte der Elektromobilität anpassen. Die Länder werden aufgefordert, Pedelec-gerechte Abstellmöglichkeiten zur Verfügung zu stellen und alte Anlagen nachzurüsten oder neue entsprechend zu gestalten. Den gesellschaftlichen Akteuren kommt mittels Aufklärungsarbeit und Training die Aufgabe zu, Nutzer und andere Verkehrsteilnehmer für die besonderen Eigenschaften von Pedelecs zu sensibilisieren (BMVBS 2012: 49).

Im Rahmen der übrigen Handlungsfelder werden Pedelecs bei den miteinander zusammenhängenden Themen der Radverkehrsplanung, Radinfrastruktur und der Sicherheit sowie im Tourismus mit einbezogen. Der höheren Geschwindigkeit soll sowohl mit einem allgemeinen, qualitativ hochwertigen und ausreichend dimensionierten Wegenetz Rechnung getragen werden als auch mit der Berücksichtigung bei Untersuchungen zur Verkehrssicherheit. Der Nationale Radverkehrsplan 2020 betont außerdem die Notwendigkeit einer flächendeckenden Radverkehrsnetzplanung, in deren Rahmen die unterschiedlichen Nutzergruppen, beispielsweise auch Lastenräder oder Fahrräder mit Anhänger, berücksichtigt werden. Hierzu soll der Radverkehr nicht nur bei der Verkehrsentwicklungsplanung eine Rolle spielen, sondern auch in andere Planungskonzepte wie die Bauleit- und Regionalplanung integriert werden (BMVBS 2012: 18 ff.). Als realistisches Ziel wird im Nationalen Radverkehrsplan eine deutschlandweite Erhöhung des Radverkehrsanteils von aktuell 10% auf 15% bis 2020 gehalten. Besonderes Potenzial kommt

dabei besagten „Einsteigern“ zu. Es wird jedoch nicht darauf eingegangen, inwieweit Pedelecs diese Erhöhung beeinflussen oder sogar verstärken können. Fest steht, dass Deutschland im Vergleich mit seinen Nachbarn, den Niederlanden oder Dänemark, die einen Radverkehrsanteil von 31% und 19% aufweisen können, noch einigen Spielraum „nach oben“ hat (BMVBS 2012: 77).

Nach einem Modell der European Cyclists’ Federation (ECF) werden bei der Förderung des Radverkehrs, somit auch von Pedelecs, die unterschiedlichen Entwicklungsstufen der einzelnen Kommunen berücksichtigt. Zur Einordnung werden der Modal-Split-Anteil und das Niveau der institutionellen Radverkehrsförderung herangezogen und die Kommunen in drei Gruppen eingeteilt: Einsteiger (Radverkehrsanteil <10%), Aufsteiger (10–25%) und Vorreiter (>25%) (BMVBS 2012: 13 f.). Vor allem in Einsteiger-Kommunen, die beispielsweise aufgrund ihrer Topographie einen geringen Radverkehrsanteil aufweisen, können Pedelecs als bequemer Einstieg dienen.

2 Strukturen und Entwicklungen im Bereich Pedelecs

Während die Automobilindustrie daran arbeitet, die Zielvorgaben der Bundesregierung, bis 2020 eine Million Elektrofahrzeuge auf Deutschlands Straßen zu bringen, umzusetzen, hat die Fahrradindustrie die Zahl von einer Million Elektrorädern längst überschritten.

2.1 Elektrozweiradtypen

Elektrisch angetriebene Zweiräder, im Englischen auch Light Electric Vehicle (LEV) genannt, umfassen alle Fahrzeugkonzepte mit einem elektrischen (Hilfs-)Antrieb und einem Gewicht von bis zu 400 kg. Die weitere Unterteilung hängt von der Art der Motorunterstützung ab (vgl. Tab. 2).

Tab. 2: Merkmale der Elektrozweiradtypen

	Pedelec	S-Pedelec 45	E-Bikes i. e. S.
Unterstützung	beim Treten	beim Treten bis 45 km/h und rein elektrisch bis 20 km/h	rein elektrisch bis 20 km/h
Motornennleistung	bis 250 W	bis 500 W	bis 500 W
Motorabregelung	25 km/h	20 km/h (elektrisch), 45 km/h (mit Treten)	entfällt
Fahrerlaubnis	nein	M	M
Betriebserlaubnis	nein	ja	ja
Pflichtversicherung	nein	ja	ja
Kennzeichen	nein	ja	ja
Versicherung	Hausrat- oder Haftpflicht	Versicherungskennzeichen	Versicherungskennzeichen
Fahrweg	Radweg	Straße und Radweg ohne Motor und außerhalb geschlossener Ortschaften	Straße und Radweg außerhalb geschlossener Ortschaften
Helmpflicht	nein	ja	Nein

Quelle: Manthey (2012: 71)

Fahrräder, die nicht alleine durch den Elektromotor angetrieben werden, werden als Pedelec (Pedal Electric Cycle) oder EPAC (Electric Power Assisted Cycle) bezeichnet. Die Motorunterstützung schaltet nur zu, wenn pedaliert wird. Kann das Rad ausschließlich mit dem Motor angetrieben werden, wird es allgemein als E-Bike oder E-Scooter be-

zeichnet. Letztere zeichnen sich vor allem durch ihr Design aus, welches meist dem konventionellen Roller nachempfunden ist (Roetynck 2010: 40). Die rechtliche Grundlage für Elektrofahrräder bildet in Europa die Gesetzgebung der EU. Laut der Richtlinie 2002/24/EG des Europäischen Parlaments und des Rates, welche die Typgenehmigung für zweirädrige oder dreirädrige Kraftfahrzeuge regelt, sind „Fahrräder mit Trethilfe, die mit einem elektromotorischen Hilfsantrieb mit einer maximalen Nenndauerleistung von 0,25 kW ausgestattet sind, dessen Unterstützung sich mit zunehmender Fahrzeuggeschwindigkeit progressiv verringert und beim Erreichen einer Geschwindigkeit von 25 km/h oder früher, wenn der Fahrer im Treten einhält, unterbrochen wird“ (EU 2008: 4) von der Typgenehmigung ausgeschlossen. Somit sind Pedelecs in den EU-Staaten rechtlich als Fahrräder einzustufen. In Deutschland wurde dies im Straßenverkehrsgesetz (StVG) unter §1 Abs. 3 entsprechend verankert. Sie benötigen also keine Zulassung, können auf Radwegen gefahren werden und für sie besteht keine Helmpflicht. Alle Fahrzeuge, welche diese Leistungsgrenzen überschreiten, sind als elektrisches Kleinkraftrad einzustufen, solange ihre Geschwindigkeit 45 km/h und die Motorleistung 4 kW nicht übersteigt. Dies betrifft E-Bikes und E-Scooter ohne Tretunterstützung sowie die schnellen Pedelecs (Pedelec 45/S-Pedelec). Letztere können bis 20 km/h meist rein elektrisch angetrieben werden und sind darüber hinaus durch Tretunterstützung bis zu 45 km/h schnell, bevor der Motor abregelt. Elektrozweiräder, welche diese Geschwindigkeits- bzw. Leistungsgrenzen überschreiten, gelten als Leichtkrafträder, deren Benutzung die Fahrerlaubnis A1 erfordert.

Im alltäglichen Gebrauch wie z. B. auch in Fachmagazinen und auf entsprechenden Internetpräsenzen wird der Begriff E-Bike als Sammelbegriff für Elektrofahrräder verwendet, nicht zuletzt auch deshalb, weil der Anteil der nicht trittkraftunterstützten Zweiräder deutlich unter 10% liegt. Auch der Zweiradindustrieverband (ZIV) verwendet den Begriff in diesem Sinne. Da zur Darstellung der Marktsituation und Marktentwicklung im Wesentlichen auf die Jahresberichte des Zweiradindustrieverbandes zurückgegriffen wird, erfolgt hier die Verwendung des Begriffs E-Bike in der Regel ebenfalls im allgemeinen Sinn.

Betrachtet man die Übersicht der verschiedenen Elektrozweiradtypen, haben Pedelecs bisher aufgrund ihrer eindeutigen Ausweisung als Fahrräder, welche den Erwerb und die Nutzung gegenüber anderen Elektrozweirädern erheblich unkomplizierter macht, einen klaren Vorteil am Markt und aktuell das größte Durchsetzungspotenzial. S-Pedelecs haben den Vorteil der höheren Geschwindigkeit, was insbesondere für Pendler von großem Interesse ist, es bestehen aber auch deutliche Nachteile: Es ist eine Fahrerlaubnis erforderlich, es besteht Helmpflicht, es fallen durch die Versicherungspflicht laufende Kosten an und vor allem ist die Nutzung von Radwegen, aber auch von Flur- und Waldwegen in der Regel nicht erlaubt, was die Verkehrswegewahl einschränkt, insbesondere wenn seitens der Nutzer eine Entkoppelung vom Straßenverkehr gewünscht ist.

Das Antriebssystem, bestehend aus Motor und Akku, bestimmt maßgeblich die Reichweite und auch die Kosten eines Pedelecs. Erstere ist besonders in Anbetracht raumanalytischer Fragestellungen relevant, während letztere sich vor allem auf dem Fahrradmarkt bemerkbar machen und im Hinblick auf die Nutzerakzeptanz berücksichtigt werden müssen. Der Preis eines Pedelecs wird zu 20–30% durch die Kosten des Akkus beeinflusst. Aktuelle Akkumodelle können mit einem Gewicht zwischen zwei und sechs Kilogramm ein Viertel des Gesamtgewichts des Rades ausmachen (Grett/Neupert/Köstle 2013: 86). Gewicht und Preis sowie die Leistung und die daraus resultierende Reichweite

Abb. 4: Elektrozweiradtypen

a) Trekking / Touren



Quelle: Eigene Aufnahme

b) Lasten-Pedelec



Quelle: commons.wikimedia.org

c) Komfort / Stadt



Quelle: Pixabay, public domain

d) S-Pedelec



Quelle: greenmover.de

e) Mountain-Bike



Quelle: KTM Fahrrad GmbH 2013, public domain

f) E-Bike Powerklasse



Quelle: commons.wikimedia.org

hängen dabei von der Akkutechnologie ab. Während in China für Elektrofahrräder aufgrund der niedrigen Kosten immer noch oft der Blei-Akku verwendet wird, kommen in Europa vermehrt Lithium-Ionen-Batterien zum Einsatz. Lithium-Ionen-Akkus sind relativ temperaturstabil, allerdings sind Li-Verbindungen reaktionsfreudig, sodass jeder Akku zum sicheren Betrieb mit einem Batterie-Management-System ausgestattet werden

muss, welches den Preis anhebt. Bezogen auf das Akkugewicht stellen sie die höchste Leistung zur Verfügung und bieten damit auch einen Reichweitenvorteil (Roetyneck 2010: 44 f.). Gängige Akkus mit einer Kapazität von 400 Wh, z.B. 2014er Version von Bosch, besitzen eine realistische Reichweite von 80–100 km. Somit liegt der durchschnittliche Energieverbrauch bei rund 0,5 Kilowattstunden je 100 Kilometer oder fünf Wattstunden pro Kilometer.

Neben dem Akku sind der Motor und der Controller, der die Motorunterstützung regelt, die entscheidenden Bauteile eines Pedelecs. Grundsätzlich gibt es drei Motorarten. Der Nabenmotor kann sowohl im Vorder- als auch im Hinterrad verbaut werden. Beide Varianten besitzen den Vorteil, dass sie nachrüstbar und relativ einfach einzubauen sind. Der Mittelmotor wird als Tretlagermotor verbaut, weshalb er nicht nachgerüstet werden kann. Der Schwerpunkt des Rades wird jedoch in die Mitte verlagert und liegt relativ tief, was im Allgemeinen den Fahrkomfort erhöht und für ein sicheres Fahrgefühl sorgt.

In Bezug auf die verschiedenen Fahranlässe, Nutzungsmotive und Verwendungszwecke sind verschiedene Typen von Elektrofahrzeugen entwickelt worden (für eine Auswahl vgl. Abb. 4).

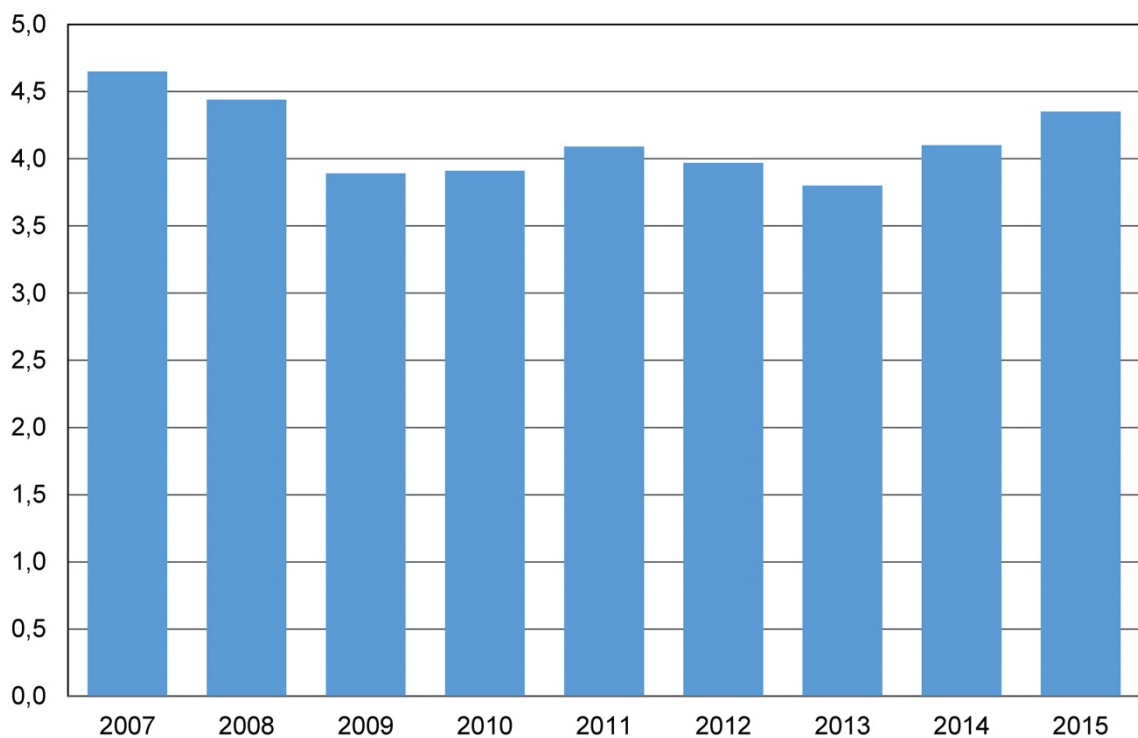
2.2 Marktentwicklung von Pedelecs

Um einen Überblick über die Marktentwicklung von Pedelecs zu erhalten, ist es sinnvoll, zunächst den Fahrradmarkt als Ganzes zu betrachten. Im internationalen Vergleich ist China mit Abstand der größte Markt für Elektrozweiräder. Dort begann die Förderung auch bereits um die Jahrtausendwende, sodass 2011 in China um die 33 Millionen elektrische Zweiräder verkauft wurden. Schätzungen zufolge liegt der Bestand bei rund 200 Millionen (Neupert 2012: 69). Dabei ist allerdings zu beachten, dass einen Großteil davon Elektroroller ausmachen, welche durch die Montage von Pedalen als Fahrräder verkauft werden können. Weitere fördernde Aspekte waren hohe Abgaben oder gar das Verbot von Zweirädern mit Verbrennungsmotor in vielen Städten sowie die Energieversorgung durch die preiswerten Blei-Akkus. Da ein großer Teil der chinesischen Energie durch Kohle erzeugt wird, kann Elektromobilität hier auch nicht automatisch mit nachhaltiger Mobilität in Verbindung gebracht werden. Wirtschaftlich gesehen steht in jüngster Zeit vor allem der wachsende Export nach Europa im Vordergrund, sodass auch die Qualitätsansprüche der chinesischen Hersteller langsam zunehmen und vermehrt ein Fokus auf die Produktion der umweltverträglicheren Lithium-Ionen-Akkus gelegt wird (Wei 2013).

Das Gegenteil zum chinesischen bildet der japanische Markt für E-Bikes. Dort führte die Regierung bereits 1992 für E-Bikes, welche als Fahrräder gelten sollten, die strenge Regelung ein, „dass die Motorkraft nur proportional zur Muskelkraft eingesetzt werden darf“ (Neupert 2012: 69). Infolgedessen werden in Japan nur Pedelecs verkauft. Im Jahr 2012 wurden in Japan rund 1 Million Fahrräder produziert, 38 % davon waren Pedelecs, welche knapp 70 % des Produktionswertes ausmachten (JBPI 2013: 1). Die Tatsache, dass Japan keine E-Bikes exportiert, verdeutlicht deren Einfluss auf den heimischen Markt. Nicht zuletzt dadurch scheint das Land als Pionier den Anschluss an die internationale Konkurrenz verloren zu haben. Zwar findet man zahlreiche japanische Antriebs- und Akkusysteme auch auf dem europäischen Markt, jedoch konnten Hersteller wie Yamaha, Sanyo oder Panasonic ihre Pedelec-Modelle in Europa nicht durchsetzen (Beckendorff 2012; Beckendorff 2013).

Betrachtet man die Entwicklung des Fahrradmarktes in Deutschland, lässt sich feststellen, dass die Anzahl der an die Händler verkauften Fahrräder und E-Bikes (vgl. Abb. 5) seit 2007 im Zuge der Wirtschaftskrise zurückging und sich anschließend auf einem mehr oder weniger konstanten Niveau hält. 2014 wurden rund 4,1 Millionen Fahrräder und E-Bikes verkauft, was einem Verkaufswert von insgesamt 2,16 Mrd. Euro entspricht. In Europa ist Deutschland mit einem Anteil von 19% der größte Absatzmarkt vor Großbritannien (17%) und Frankreich (14%). 2014 wurden in Deutschland 2,14 Mio. Fahrräder und E-Bikes produziert. Damit nimmt Deutschland in Europa nach Italien (23%) bei der Produktion den zweiten Rang ein (19%). Mit einigem Abstand folgen Polen (8%) sowie die Niederlande, Belgien und Portugal mit je 7%. Der Gesamtbestand an Fahrrädern betrug 2014 in Deutschland 72 Millionen (COLIBI-COLIPED 2014: 12, 19; ZIV 2014: 62 ff.).

Abb. 5: Absatz von Fahrrädern und E-Bikes in Deutschland 2007 bis 2015 in Millionen Stück



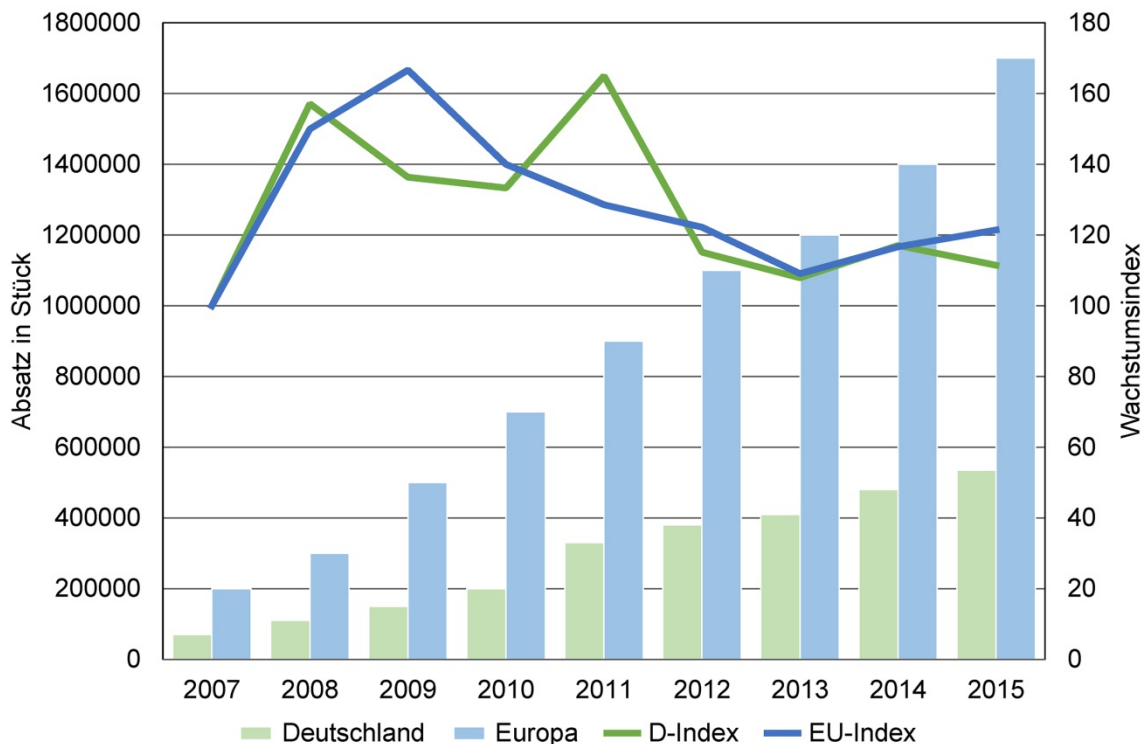
Quelle: Eigene Darstellung nach Daten des Zweirad-Industrie-Verbandes (ZIV)

Im Gegensatz zum allgemeinen Fahrradmarkt konnten E-Bikes im selben Zeitraum ein rapides Wachstum verzeichnen mit einem Spitzenwert von 65% im Jahr 2011 (vgl. Abb. 6). Dadurch stieg der Anteil an E-Bikes am Fahrrad-Gesamtmarkt 2014 auf 12% an. Mit den im Jahr 2012 380.000 verkauften Elektrofahrrädern ist die Marke von 1 Million bereits erreicht worden. 2014 sind es bereits 2,1 Millionen.

Der Einfluss der E-Bikes spiegelt sich auch im durchschnittlichen Preis für Fahrräder wider. Dieser stieg in den letzten Jahren von 446 Euro (2009) auf 528 Euro (2014) an, wobei auch hier der größte Zuwachs 2011 zu verzeichnen war (ZIV 2015: 62). Verglichen mit dem Preis von 345 Euro vor dem „Pedelec-Boom“ (2005) ergibt sich ein beachtlicher Zuwachs von über 50%. Mit einem durchschnittlichen Preis von über 2.000 Euro sind E-Bikes somit ein nicht zu unterschätzender wirtschaftlicher Faktor. Die Anzahl der in Deutschland produzierten E-Bikes stieg von 127.000 im Jahr 2010 um mehr als das Dop-

pelte auf 264.000 Stück im Jahr 2012 an. Gleichzeitig sank der Anteil der Importe am Absatz. Derzeitig scheint der Marktanteil inländischer Hersteller zu wachsen, wovon auch der Fachhandel profitiert, auf den 2014 rund 70% des Vertriebes entfielen. Internetversender haben einen Anteil von 11%, SB-Warenhäuser und Baumärkte einen Anteil von 19% (ZIV 2015: 69). Auf europäischer Ebene ergibt sich für den Absatzmarkt von E-Bikes ein ähnliches Bild wie in Deutschland. Seit 2007 haben sich die Verkaufszahlen versiebenfacht. Die Wachstumsraten auf dem europäischen Markt sind mit denen auf dem deutschen Markt vergleichbar.

Abb. 6: Absatz in Stück und Wachstumsindex von E-Bikes in Deutschland und Europa



Quelle: Eigene Darstellung nach Daten des Zweirad-Industrie-Verbandes (ZIV)

Als Land mit langer Fahrradtradition aufgrund der günstigen topographischen Faktoren spielten die Niederlande in Europa die Vorreiterrolle für Elektrozweiräder. Im Vergleich zum asiatischen Raum gewann jedoch auch dort das E-Bike erst in den letzten Jahren an Beliebtheit. Innerhalb der EU sind Holland und Deutschland derzeit die größten Absatzmärkte für Electric Power Assisted Cycles mit einem gemeinsamen Anteil von fast 70% (COLIBI-COLIPED 2014: 23). Wirft man allerdings einen Blick auf die Anzahl an Pedelecs bezogen auf die Einwohnerzahl der Länder in Europa, rangieren neben den zwei großen Akteuren vorne auch die Schweiz, Dänemark und Österreich. Der Marktanteil konnte sich in der Schweiz von 1% im Jahr 2006 auf beachtliche 20% im Jahr 2015 steigern. Mit 66.322 verkauften E-Bikes hat sich der jährliche Absatz in diesem Zeitraum verzwanzigfacht. In der Schweiz ist dabei die Beliebtheit von schnellen E-Bikes besonders auffällig. Im Jahr 2015 benötigten 17.311 bzw. 26% der verkauften Elektrofahrräder eine Typengenehmigung für den Betrieb bis zu einer Höchstgeschwindigkeit von 45 km/h (Velosuisse 2016: 1). In Österreich lag der Marktanteil 2014 bereits bei 12% und damit

gleichauf mit Deutschland (CONEBI 2015: 19, 23). Im Rahmen der Klimaschutz-Initiative des Bundes „klima:aktiv“ gab es eine bundesweit angelegte Förderkampagne. Bis zum Jahr 2012 wurde auf Bundesebene die Anschaffung von Pedelecs für Kommunen, Vereine und Betriebe und auf Landesebene oder darunter zusätzlich auch für Privatpersonen subventioniert. Seit 2013 beschränkt sich die Förderung nunmehr auf die erste Gruppe. Am österreichischen Beispiel wird jedoch deutlich, dass die Entwicklung von Pedelecs mit dem Klimawandel in Zusammenhang gebracht wird.

3 Einsatzfelder und Nutzergruppen für Pedelecs

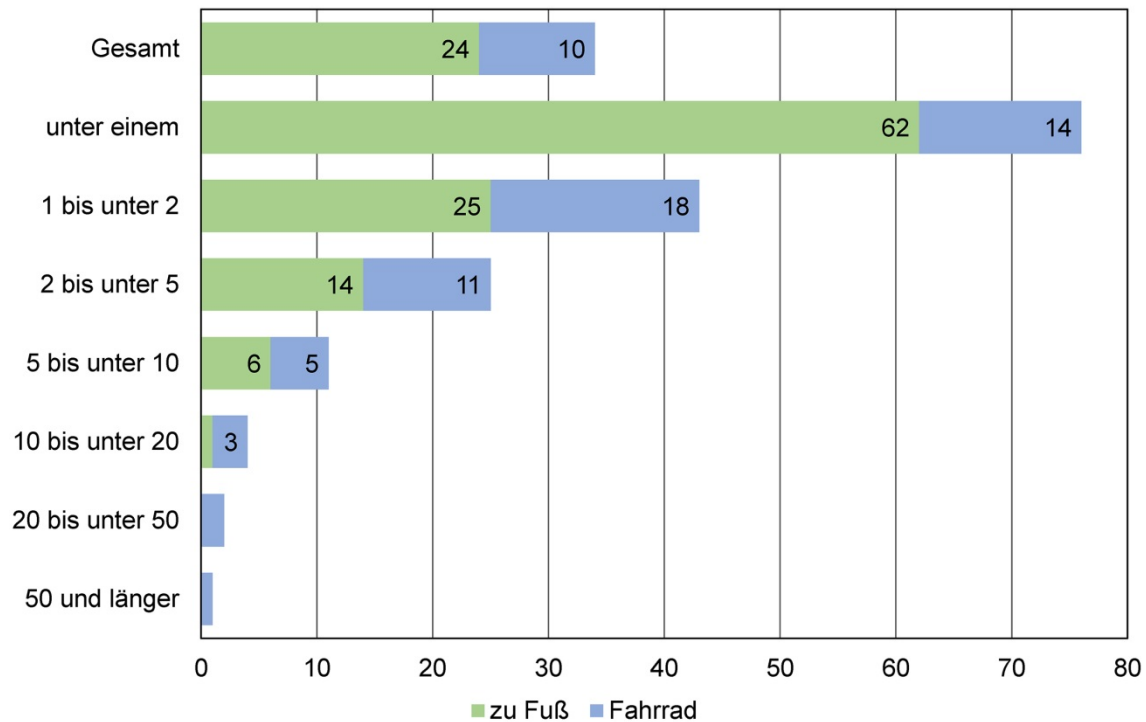
Die überaus positive Marktentwicklung von Pedelecs ist vor allem auf die vielfältigen Einsatzmöglichkeiten der verschiedenen Pedelectypen sowohl im privaten als auch im beruflichen Bereich zurückzuführen. Für die jeweiligen Nutzergruppen sind durch die elektromotorische Unterstützung des Radfahrens entscheidungswirksame Vorteile vorhanden. Die folgenden Ausführungen erheben nicht den Anspruch auf Vollständigkeit, sondern dienen einem Überblick.

3.1 Pedelecs im Alltagsverkehr

Das vermutlich größte Potenzial von Pedelecs liegt in der Substitution von Fahrten des motorisierten Individualverkehrs. Mit 135 Millionen Tonnen jährlich werden nahezu 85% des CO₂-Ausstoßes des Gesamtverkehrs durch den Alltagsverkehr verursacht. Hier wiederum ist für die Hälfte der Emissionen der Berufs-, Geschäfts- und Ausbildungsverkehr verantwortlich, gefolgt von Einkaufsfahrten und dem Freizeitverkehr. Dabei ist rund die Hälfte der in Deutschland mit dem Pkw zurückgelegten Wege kürzer als fünf Kilometer. Würden 50% dieser kurzen Wege stattdessen auf dem Fahrrad oder zu Fuß zurückgelegt, ergäbe sich im Alltagsverkehr eine CO₂-Einsparung von 5,8 Millionen Tonnen im Jahr (DIFU 2011a: 2 f.). Bezogen auf den Gesamtausstoß wäre dies eine Abnahme von 4%. Durch Pedelecs lässt sich dieses Potenzial aufgrund der höheren Reichweite und Geschwindigkeiten noch ausweiten. Denn betrachtet man die Modal-Split-Anteile der Körperkraftmobilität am gesamten Verkehrsaufkommen nach Wegelängen (vgl. Abb. 7), fällt auf, dass diese im Bereich von unter einem Kilometer zwar dominiert, danach jedoch schnell abfällt. Das Rad kann danach bei Wegen bis zu zwei Kilometern zwar etwas zulegen, allerdings bleibt sein Anteil bis zu zehn Kilometern hinter denen der Fußgänger. Besonders der niedrige Anteil im Bereich der Strecken ab fünf bis zu 20 Kilometern birgt Potenzial für Elektrofahrräder.

Aktuelle Studien, welche sich mit dem Einfluss von Pedelecs auf das Mobilitätsverhalten auseinandersetzen, beziehen sich meist auf regionale Befragungen von E-Bike-Nutzern und können demzufolge keinen repräsentativen Charakter haben. Dennoch lassen sich aufgrund von Gemeinsamkeiten bei den Ergebnissen einige Tendenzen erkennen. Sowohl das Projekt „Landrad“ in Vorarlberg als auch eine Befragung von E-Bike-Nutzern in Salzburg zeigen, dass durch die Nutzung von Elektrorädern vor allem Fahrten mit dem Fahrrad und mit dem Pkw ersetzt werden. In beiden Fällen gaben rund die Hälfte der Befragten an, dass sie für ihre Fahrten mit dem Pedelec vorher ein normales Fahrrad nutzten, ein Drittel ersetzte mit ihm die Fahrt mit dem Pkw (Strele 2010: 23; KfV 2011: 42).

Abb. 7: Modal-Split-Anteile von Wegen mit dem Fahrrad und „zu Fuß“ nach kilometrischen Wegelängen in Prozent



Quelle: Eigene Darstellung nach Infas/DLR (2010: 98)

Bei einem Energieverbrauch von 10 Wh pro Kilometer beträgt der CO₂-Ausstoß eines Pedelecs je nach Strommix zwischen 0,3 g CO₂/km (erneuerbare Energien) und 11 g CO₂/km (Braunkohle) (Engel 2012: 51). Aktuell kann von 5 Wh pro km ausgegangen werden. Nutzt man den aktuellen deutschen Strommix mit einer Emission von rund 560 g/kWh, beträgt der Ausstoß für ein Pedelec etwa 3 g pro Kilometer zurückgelegter Strecke. Geht man von einem recht niedrigen Emissionswert von 100 g/km für einen Pkw aus, können pro ersetztem Kilometer etwa 97 g bzw. 97% CO₂ eingespart werden. Würden in einem äußerst vereinfachten Rechenbeispiel über ein Jahr täglich zehn Kilometer Autofahrt mit einem Pedelec ersetzt, könnten so rund 0,35 Tonnen CO₂ eingespart werden. Würde weiterhin in einer Stadt mit 100.000 Einwohnern nur jeder hundertste diesem Beispiel Folge leisten, ergäbe sich eine Senkung von 350 Tonnen im Jahr. Weitere Einsparpotenziale ergeben sich für die Nutzer am ehesten spürbar bei den Fahrtkosten. Bei einem aktuellen Strompreis von rund 26 ct/kWh betragen die Treibstoffkosten für ein Pedelec auf 100 km bei 5 Wh/km 13 Cent. Für einen Pkw mit niedrigem Verbrauch von 5 Litern Benzin auf 100 Kilometer fallen bei einem Benzinpreis von rund 1,60 Euro pro Liter Kosten in Höhe von 8 Euro an. Alleine die Fahrtkosten eines Pkw sind somit 50-mal höher als die eines Elektrofahrrades. Einsparmöglichkeiten ergeben sich allerdings nicht nur für private Haushalte, sondern auch für Betriebe, für Dienstleister oder für Kommunen.

3.2 Einsatz im Pendelverkehr

Bei Arbeitswegen liegt der Anteil des motorisierten Individualverkehrs bei 70%, bei dienstlichen Wegen sogar bei 88% (Infas/DLR 2010: 121). Dabei waren 2008 fast drei Viertel der zurückgelegten Pendelstrecken kürzer als 25 km, rund 45% sogar kürzer als zehn Kilometer. Insgesamt nutzten fast 60% der Pendler das Auto (Grau 2009: 1 f.). Auf-

grund des hohen Anteils an kurzen Wegen ist die Gruppe der Pendler besonders dafür geeignet, Pkw-Wege durch Pedelec-Fahrten zu ersetzen.

Das Pendelpotenzial der Elektrofahräder wurde in einer Studie in den Niederlanden bereits analysiert. Dabei stellte sich heraus, dass sich die durchschnittliche Pendeldistanz von 6,3 km mit einem normalen Fahrrad auf 9,8 km mit einem elektrischen Rad erhöht. Durch diese 50% größere Reichweite erhöht sich die Fahrradnutzung insgesamt um 4–9% (Hendriksen/Engbers/Schrijver et al. 2008: 4, 29, 34). Besonders für Pendler aus dem Umland erhöhen Pedelecs so die Erreichbarkeit des Arbeitsplatzes in der Stadt.

Für welches Verkehrsmittel sich ein Pendler entscheidet, hängt letztendlich von dessen persönlichen Präferenzen ab. Ein Fahrrad kann zwar besonders umweltschonend sein, wenn die jeweilige Person aber eher Wert auf einen bequemen Weg zur Arbeit legt, wird sie sich vermutlich für den Pkw entscheiden. Ein Versuch in Schwerin zum Verkehrsmittelvergleich (Onnen-Weber/Schramek/Butz 2012) hat über zehn Werktage acht verschiedene Verkehrsmittel auf einer 6,5 bis 8 km langen Pendelstrecke hinsichtlich verschiedener Parameter, u. a. Fahrzeit, Geschwindigkeit, Kosten, Bewegung, Stressbelastung, Streckenlänge, Energieverbrauch, CO₂-Ausstoß, untersucht. Bei der Auswertung der Daten wurde zwischen umwelt- und gesundheitsbewussten, zeit- und komfortbewussten sowie kostenorientierten Pendlern unterschieden, indem die erhobenen Parameter entsprechend gewichtet wurden. Auch bei dieser Untersuchung war die Stichprobe sehr klein und darf nicht als repräsentativ angesehen werden, dennoch lässt dieser praktische Vergleich von Pedelecs mit anderen Verkehrsmitteln, der in Deutschland in dieser Form bislang einzigartig ist, interessante Ergebnisse, zumindest in der Tendenz, erkennen (vgl. Tab. 3).

Tab. 3: Verkehrsmittlempfehlungen für verschiedene Pendlertypen

Profil Platz	Ungewichtetes Ergebnis	Umwelt und Gesundheit	Zeit und Komfort	Kosten	Stadtplanung
1	Fahrrad	Fahrrad	Pedelec	Fahrrad	Fahrrad
2	Pedelec	Pedelec	Fahrrad	Pedelec	Pedelec
3	Roller elektrisch	ÖPNV + Faltrad	Roller elektrisch	ÖPNV + Faltrad	Roller elektrisch
4	ÖPNV + Faltrad	ÖPNV + Laufen	Pkw fossil	Roller elektrisch	ÖPNV + Faltrad
5	ÖPNV + Laufen	Roller elektrisch	ÖPNV + Faltrad	ÖPNV + Laufen	ÖPNV + Laufen
6	Pkw fossil	Pkw fossil	Roller fossil	Pkw fossil	Pkw fossil
7	Pkw elektrisch	Pkw elektrisch	Pkw elektrisch	Roller fossil	Roller fossil
8	Roller fossil	Roller fossil	ÖPNV + Laufen	Pkw elektrisch	Pkw elektrisch

Quelle: Onnen-Weber/Schramek/Butz (2012: 9)

Ein Grund für die sehr gute Bewertung von Fahrrad und Pedelec war die kürzere durchschnittliche Streckenlänge vom Wohnort zum Arbeitsplatz. Diese ergab sich durch Abkürzungen, welche nur für Fahrräder zugänglich sind sowie durch die direkte Abstellmöglichkeit am Arbeitsplatz, während der Pkw aus mangelnden Abstellplätzen in einem öffentlichen Parkhaus abgestellt werden musste. Weitere Gründe waren die Geschwindigkeiten und Standzeiten der Fahrzeuge. Für die reine Fahrstrecke ohne Fußweg vom Parkhaus zum Arbeitsplatz ergab sich für den Pkw eine doppelt so hohe Standzeit wie für das Pedelec oder das Fahrrad. Weiterhin fuhr der Pkw nur rund ein Drittel der Zeit mit Geschwindigkeiten über 30 km/h, während das Pedelec zu rund 50% in der recht schnellen Geschwindigkeitskategorie von 20–30 km/h unterwegs war und von allen

Verkehrsmitteln deshalb die schnellste mittlere Pendelzeit erzielen konnte (Onnen-Weber/Schramek/Butz 2012: 84 ff.). Anhand des Versuches erkennt man, dass Pedelecs im Stadt-Umland-Pendlerverkehr durchaus mit dem Pkw konkurrieren können, wenn durch Infrastruktur konstant hohe Geschwindigkeiten und kürzere Wege gewährleistet werden. Das schlechte Abschneiden des Elektroautos führen die Autoren indessen auf die geringe Vertrautheit der Probanden mit dem Fahrzeug und dem daraus resultierenden erhöhten Stress bei der Nutzung zurück (Onnen-Weber/Schramek/Butz 2012: 62).

Ein weiteres Ergebnis dieses Versuchs ist, dass das Pedelec nach dem Fahrrad das bewegungsintensivste Verkehrsmittel ist. Die tägliche Bewegung bei einer Fahrt mit dem Pedelec zur Arbeit hat einen positiven Effekt auf die Gesundheit. Dieser wiederum macht sich bei den Gesundheitsausgaben der Gesellschaft bemerkbar. Jedes Jahr müssen für die gesundheitlichen Folgen durch mangelnde Bewegung rund 11 Milliarden Euro aufgewendet und durch die Arbeitgeber 27 Milliarden Euro für Lohnfortzahlungen im Krankheitsfall gezahlt werden. Da Radfahrer, und durch die annähernd gleiche Bewegungsintensität auch Pedelecfahrer, teilweise nur halb so viele Fehlzeiten aufgrund von Krankheiten haben, liegt hier sowohl für das Gesundheitswesen als auch für die Arbeitgeber ein nicht unbeträchtliches Einsparpotenzial (UBA 2010: 34). Letztere profitieren auch vom geringen Flächenverbrauch der Pedelecs und können durch eine vermehrte Nutzung Parkfläche auf dem Firmengelände und somit weitere Kosten sparen.

Vor diesem Hintergrund setzen Unternehmen vermehrt auf ein betriebliches Mobilitätsmanagement, welches unter anderem auf eine Förderung des Radverkehrs abzielt. Die Maßnahmen dazu können von Information und Beratung als nicht-intensive Strategien bis zur infrastrukturellen und finanziellen Förderung reichen (DIFU 2010a: 3 f.). In den Niederlanden wurde festgestellt, dass Arbeitnehmer, welche über ihren Arbeitgeber ein Rad zur Verfügung gestellt bekommen, eine moralische Verpflichtung empfinden, es auch für den Arbeitsweg zu nutzen (Ministerie van Verkeer en Waterstaat 2009: 40). Dank der steuerlichen Gleichstellung von Dienstfahrrädern und Automobilen, welche die Landesfinanzminister rückwirkend für das Jahr 2012 beschlossen, können auch Arbeitgeber in Deutschland ihren Angestellten nun ein Pedelec zur Verfügung stellen. Die private Nutzung muss fortan monatlich nur noch mit einem Prozent des Preises versteuert werden. Alternativ können Arbeitnehmer sich ein Fahrrad mittels einer Gehaltsumwandlung auch über den Betrieb leasen und bei der Anschaffung so bis zu 36% sparen (Grett/Neupert/Köstle 2013: 179 f.). Auf dieses Modell haben sich auch Unternehmen wie „LeaseRad“ spezialisiert, welche Fahrräder mit und ohne Elektromotor als Firmenfuhrpark vermieten (Reiter/Pressl/Carvalho 2009: 32).

3.3 Dienstleistungssektor

Die wichtigsten Wegezwecke im Wirtschaftsverkehr nach dem Kundendienst und Erledigungen bildet die Gruppe Transport, Abholung und Zuteilung von Waren (Infas/DLR 2010: 125 f.). Bei Kurierdiensten oder der Briefzustellung werden bereits heute Lastenräder genutzt, welche häufig vom Konzept des normalen Fahrrades abweichen und auf drei Rädern größere Transportmöglichkeiten bieten. Lasten-Pedelecs bieten hier das Potenzial, mit der Unterstützung des Elektromotors den Umfang und auch die Geschwindigkeit von Fahrrad-Zustellungen zu erhöhen. Das Pilotprojekt „Ich ersetze ein Auto“ des Instituts für Verkehrsforschung im Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt testet im Rahmen der nationalen Klimaschutzinitiative in acht Städten die Substitution von herkömmlich motorisierten Zustellungsfahrzeugen mit Lasten-Pedelecs im Wirtschaftsverkehr. Die genutzten Räder erlauben dabei eine Zuladung von 100 Kilogramm

bei einem Volumen von rund zwei Umzugskartons. Es wird davon ausgegangen, dass durch diese Art der Zustellung bis zu 85% der Autokurierfahrten auf zwei Räder verlagert werden können. Gleichzeitig sollen bis zu 98% der Verbrauchskosten eingespart werden.¹ Der Umstieg würde nicht nur zum Ziel der Europäischen Kommission beitragen, in Zentren bis 2030 eine möglichst CO₂-freie Stadtlogistik zu etablieren, sondern stellt auch für die Dienstleister eine finanziell günstige Alternative zum Auto dar.

Neben Kurier- und Lieferdiensten haben auch die großen Post- und Logistikunternehmen das Potenzial von Pedelecs erkannt. Nachdem rund ein Drittel der Fahrräder im Fuhrpark der Deutschen Post bereits einen Elektromotor besitzen, wird nun ein speziell an die Anforderungen der Briefzustellung angepasstes Elektrofahrrad entwickelt.² Zwar wird dieses wohl hauptsächlich in der Stadt normale Fahrräder bei der Zustellung ersetzen, es besteht jedoch auch die Möglichkeit, dieses auf der „letzten Meile“ in ländlichen Gebieten einzusetzen. Das Logistikunternehmen UPS testet den Einsatz von elektrischen Lastenrädern auf der „letzten Meile“ u. a. in den Innenstädten Dortmunds und Braunschweigs. Dort wird der einer Elektro-Rikscha ähnelnde dreirädrige „Cargo Cruiser“ an im Randbereich der Innenstadt eingerichteten Ladezonen von herkömmlichen UPS-Fahrzeugen bedient, um die Pakete anschließend in den schmalen Straßen zum Kunden zu transportieren.³ Ein einschränkender Faktor für die Entwicklung von Lasten-Pedelecs ist die derzeitige Leistungsbegrenzung des Motors auf 250 Watt. Im Vergleich zu normalen Elektrorädern muss eine deutlich höhere Masse bewegt werden, was einen entsprechenden Energieaufwand mit sich bringt. Hier wäre die Zulässigkeit einer speziellen Leistungsregelung für elektrische Lastenräder sinnvoll. Stärkere 350- bzw. 500-Watt-Motoren sind für S-Pedelecs bereits verfügbar (vgl. Abb. 8).

Abb. 8: Lasten-Pedelecs

a)



Quelle: DLR (2013)

b)



Quelle: commons.wikimedia.org

3.4 Einkauf und Kindertransport

Nach der Studie „Mobilität in Deutschland 2008“ stellen mit jeweils einem Drittel am Verkehrsaufkommen Einkäufe und Erledigungen sowie Freizeit die häufigsten Wegezwecke in Deutschland dar. Im Vergleich zu anderen Wegezwecken ist die durchschnittliche

¹ Vgl. http://www.dlr.de/dlr/desktopdefault.aspx/tabid-10122/333_read-4933/year-2012/#/gallery/7196 (11.07.2016).

² Vgl. <https://nationaler-radverkehrsplan.de/de/aktuell/nachrichten/deutsche-post-entwickelt-neues-elektrofahrrad-fuer> (11.07.2016).

³ Vgl. <https://www.dew21.de/> (11.07.2016).

Wegelänge für Einkäufe mit 5 km deutlich geringer (vgl. Tab. 4). Neue Daten lässt die für 2016 vorgesehene Aktualisierung der Studie erwarten.

Tab. 4: Durchschnittliche Wegelänge des Wegezwecks nach Verkehrsmitteln in Deutschland in km

	zu Fuß	Fahrrad	MIV (Mitfahrer)	MIV (Fahrer)	ÖPNV	keine Angabe	Gesamt
Arbeit	0,9	3,5	27,1	19,7	25,9		17,7
dienstlich	2,0	2,1	43,7	20,0	50,3	4,1	20,4
Ausbildung	0,9	2,4	8,9	23,6	11,9		8,1
Einkauf	0,8	2,0	9,8	6,7	8,3		5,0
Erledigung	1,0	2,2	14,5	10,6	12,0	2,9	7,9
Freizeit	2,0	4,7	25,0	19,1	32,1	1,9	14,1
Begleitung	1,0	1,6	12,2	8,0	18,2	23,8	7,8
keine Angabe	2,2	2,1	8,2	30,3	18,1		11,0
Alle	1,4	3,2	18,3	14,7	21,3	10,5	11,5

Quelle: <http://www.mobilitaet-in-deutschland.de/mid2008-mit.html> (21.07.2016)

Eine Ursache ist, dass ein Viertel der Einkaufswege zu Fuß zurückgelegt werden und diese mit ihren kurzen Distanzen einen geringen Durchschnittswert aufweisen. Deshalb wird vor allem für Familieneinkäufe das Auto häufig auch für kurze Strecken genutzt. Aufgrund der Motorunterstützung bieten Pedelecs auch hier Einsparungspotenziale bei den Autowegen. Zum einen erleichtern sie die Nutzung von Fahrradanhängern, mit welchen auch größere Einkäufe ohne allzu starke Anstrengung nach Hause transportiert werden können, zum anderen besteht die Möglichkeit, hierfür Lasten-Pedelecs zu verwenden, mit denen nicht nur Güter, sondern, mit dem entsprechenden Modell, auch Kinder transportiert werden können. Der Kindertransport wird mit einem Pedelec generell erleichtert.

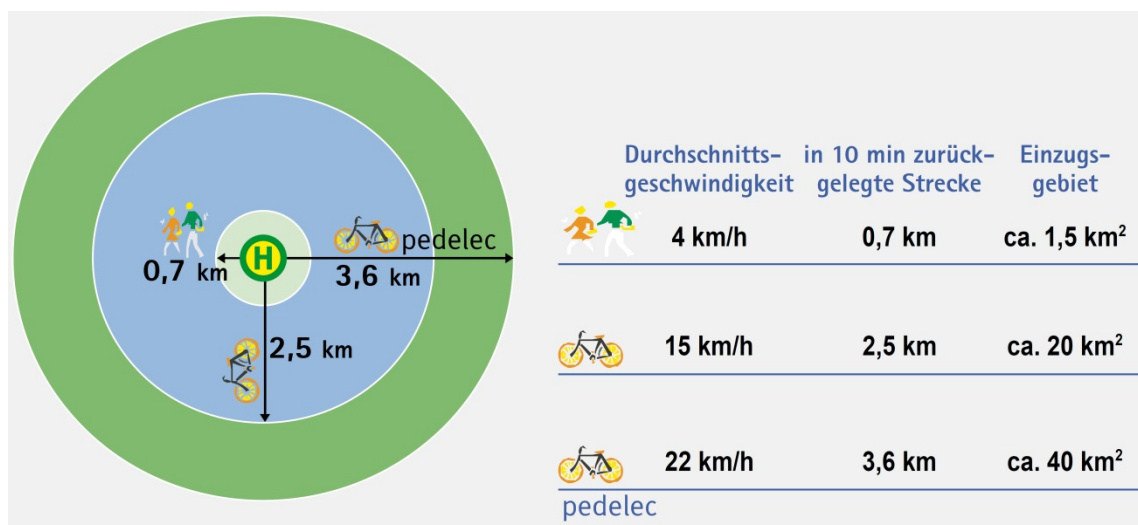
3.5 Erweiterung des ÖPNV-Radius

Die Ausdifferenzierung der Verkehrsmittelwahl führt zu Konkurrenzsituationen. So weisen Städte mit einem hohen ÖPNV-Anteil oftmals eine geringere Fahrradnutzung auf und umgekehrt. Nutzt man beide Verkehrsmittel jedoch in einem intermodalen System ergänzend zueinander, ergeben sich vor allem über längere Entfernungen Potenziale für beide (UBA 2010: 34). Die Zunahme der Kombination von ÖPNV und Fahrrad von 2002 bis 2008 in allen Kreistypen zeigt, dass die Nutzer davon auch Gebrauch machen. In verdichteten und ländlichen Kreisen werden die längeren Wege häufiger auf diese intermodale Weise zurückgelegt als in Kernstädten (Infas/DLR 2010: 102 f.). Durch die schlechte Erschließung in den oft strukturschwachen ländlichen Räumen ist die Bevölkerung eher auf die Kombination mit einem zweiten Verkehrsmittel angewiesen, um zu einer Haltestelle des ÖPNV zu gelangen, als in den gut erschlossenen Oberzentren. Pedelecs können die Erreichbarkeit von Haltestellen im Vergleich zu normalen Fahrrädern oder dem Fußweg deutlich erhöhen und die Anbindung an den öffentlichen Verkehr verbessern. Aufgrund der höheren Durchschnittsgeschwindigkeit erhöht sich die in 10 Minuten zurücklegbare Strecke vom Fahrrad zum Pedelec um fast die Hälfte, womit sich auch der Einzugsbereich einer Haltestelle verdoppelt (vgl. Abb. 9).

Die Hochschule Wismar ging diesem Aspekt mit ihrem Modellversuch zur Revitalisierung des ÖPNV „inmod“ in Mecklenburg-Vorpommern nach. Der Feldversuch endete am 31. Oktober 2014. Besonders in strukturschwachen ländlichen Regionen, wo das Angebot des ÖPNV wegen fehlender finanzieller Mittel gekürzt werden muss, könnten Bus-

Linien auf möglichst kurze und somit schnelle Hauptverbindungen reduziert werden und Elektroräder die Rolle der Zubringer ausfüllen. Durch die kürzeren Hauptverkehrswege könnten die Busse mit Elektro- oder Hybridantrieb in einer höheren Frequenz fahren und somit zusammen mit den Pedelecs eine flexible Mobilität auch auf dem Land ermöglichen. Zielgruppen waren sowohl ältere Einheimische und Berufspendler als auch Touristen. An einer „e-bike-box“, welche an Haltestellen und in den Gemeinden platziert war, erhielt der Nutzer mittels einer speziellen „inmod-card“ Zugang zu einem Pedelec und stellte es nach Benutzung in einer solchen Box auch wieder ab. Faktisch handelt es sich um ein Bike+Ride-System, eingebettet in ein regionales Mobilitätskonzept (Onnen-Weber 2015).

Abb. 9: Einzugsbereich von Haltestellen bei einer Wegedauer von 10 Minuten



Quelle: Reiter/Pressl/Carvalho (2009: 19)

3.6 Senioren und körperlich Eingeschränkte

Durch den demografischen Wandel werden die Anteile der Älteren an der Gesamtbevölkerung in Zukunft weiter zunehmen. Gleichzeitig steigt die Lebenserwartung. Ältere Menschen bleiben länger gesund. Somit steigt auch der Anspruch an eine hohe Lebensqualität, zu welcher auch eine Aufrechterhaltung der Mobilität gehört (vgl. auch den Beitrag Maier in diesem Band). Dabei dürfen Senioren aber keinesfalls als homogene Gruppe betrachtet werden. Trotz einer allgemeinen Tendenz hin zu besseren Lebensverhältnissen im Alter bestehen für viele Senioren Einschränkungen aufgrund von gesundheitlichen, aber auch finanziellen oder sozialen Aspekten. Gerade im Hinblick auf altersbedingte Krankheiten und Gebrechen kann Radfahren lindernde Wirkung haben oder das Krankheitsrisiko sogar verringern (DIFU 2011b). Die Unterstützung durch den Elektromotor der Pedelecs erweitert dabei den Nutzerkreis und kann durch den regelbaren Unterstützungsfaktor auf die individuellen Einschränkungen angepasst werden. Diesen Vorteil können nicht nur ältere, sondern auch körperlich eingeschränkte Personen aller Altersklassen nutzen und so an eine Mobilität mit dem Rad herangeführt werden. Oftmals wird übersehen, dass bereits heute viele Menschen mit Gehbehinderungen auf Elektromobile oder elektrische Rollstühle zurückgreifen. Pedelecs werden bereits zur Rehabilitation von Herz-Kreislauf-Patienten eingesetzt, um deren körperliche Belastung allmählich wieder zu steigern. Bei speziellen Modellen kann dabei die Motorunterstützung anhand der Pulsfrequenz des Patienten und dessen Anstrengung entsprechend hoch- oder her-

untergeregelt werden (Grett/Neupert/Köstle 2013: 169). Gesundheitliche und körperliche Einschränkungen können auch zu Verminderungen der Verkehrssicherheit führen, gerade wenn die Nutzung von Fahrrädern über eine lange Zeit ausblieb. Neben dem Fahrzeughandling können hierfür eine unübersichtliche Verkehrsführung und schlechte Radinfrastruktur ursächlich sein. Infolgedessen steigen das Risiko sowie die potenzielle Schwere eines Unfalls. Eine entsprechende Öffentlichkeitsarbeit durch Kommunen und Vereine kann Unsicherheiten entgegenwirken oder deren Auftreten sogar verhindern. Testmöglichkeiten für Senioren im Rahmen von Radverkehrsinformationstagen, wobei gleichzeitig eine Auffrischung der Verkehrsregeln für Radfahrer stattfindet, sind nur ein Beispiel zahlreicher Möglichkeiten (DIFU 2011b: 3 f.).

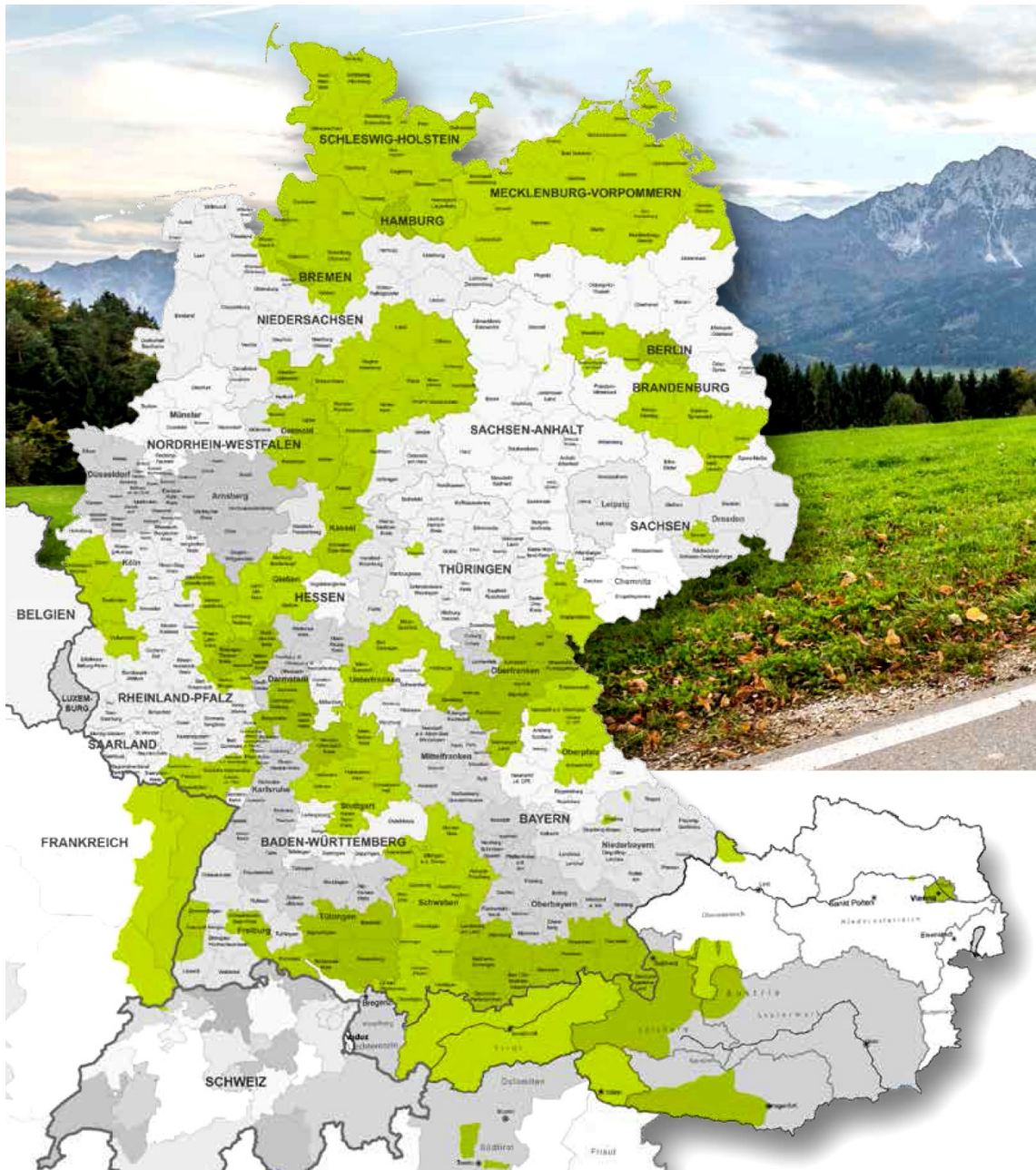
3.7 Tourismus

Seit rund 30 Jahren hat der Radtourismus in Deutschland kontinuierlich an Bedeutung gewonnen und wird heute als stabiler Wachstumsmarkt mit sehr differenzierten Angeboten gesehen (ETI 2007: 11 f.). Die beliebtesten Radtouren verlaufen dabei meist an den großen Gewässern entlang, da diese aufgrund des ebenen Reliefs von fast allen Alters- und Zielgruppen des Radtourismus genutzt werden können. Die Mittelgebirgsregionen und die Alpen sind bisher meist den sportlich orientierten Radfahrern vorbehalten. Durch den Erfolg der Pedelecs ergibt sich ein großes touristisches Potenzial in den strukturschwachen Mittelgebirgsregionen, da Steigungen nun ein geringeres Hindernis darstellen. Somit werden diese Regionen für eine breitere Schicht zugänglich. Aber auch für bereits bestehende Routen erschließen sie neue Ziel- und Altersgruppen (Senioren, Bequeme, Familien mit Kleinkindern) und erhöhen den Aktionsradius (ADFC NRW 2012: 3). Im Vergleich zum Alltagsverkehr sind die Nutzer von Pedelecs im Tourismus deutlich stärker auf eine größere Akkureichweite angewiesen. Besonders in den Mittelgebirgsregionen ist der Energieverbrauch durch die Steigungen überdurchschnittlich hoch, weshalb Lademöglichkeiten am Streckenverlauf eine größere Bedeutung zukommt. Hier beginnt der elektrische Radtourismus auch für die regionalen Beherbergungs- und Gastronomiebetriebe interessant zu werden. Da die Akkus mittels Ladegerät an einfachen Steckdosen aufgeladen werden können, sind diese Betriebe in der Lage, mit geringem Aufwand eine Ladeinfrastruktur anzubieten, sodass sie durch eine erhöhte Attraktivität profitieren können (ADFC NRW 2012: 59 ff.). Entsprechende Ladefächer im Freien bieten sich außerdem als Werbeflächen für Eigen- oder Fremdinteressen an.

Auch für Pedelec-Verleihsysteme sind neben der Bereitstellung von Lademöglichkeiten Unterkünfte und Gastronomie unverzichtbar. Da Radtouristen mit eigenem Elektrofahrzeug trotz hoher Verkaufszahlen immer noch eine Minderheit darstellen, greifen viele Regionen für die touristische Aufwertung vorerst auf diese Systeme zurück. Dabei wird der Verleih meist an die Übernachtungsbetriebe gekoppelt, während die Gastronomie als Akku-Lade- oder auch Wechsellpunkt fungiert. Da in einem System sinnvollerweise Räder mit gleichem Akkumodell verwendet werden, stellt der Tausch kein Problem mehr dar. Das Angebot von Verleihsystemen ist indessen fast genauso ausdifferenziert wie das der Akkumodelle. Individuelle örtliche Verleihsysteme erfordern einen hohen Personalaufwand für Planung und Einführung, sind dafür aber meist genau auf die Region zugeschnitten und verursachen relativ geringe externe Kosten. Überregional angebotene Systeme verursachen deutlich höhere Kosten, dafür erhalten die Regionen ein Gesamtpaket (Marketing, Organisation), das den Aufwand deutlich minimiert (ADFC NRW 2012: 83). Letztere Systeme besitzen aufgrund der standardisierten Infrastruktur weiterhin den Vorteil, dass aneinandergrenzende Regionen vernetzt werden können und so auch überregionale Touren realisierbar sind.

Als überregionaler Anbieter für Verleihsysteme ist die Firma Movelo nach eigenen Angaben mit mehr als 3.500 Elektrorädern und 1.000 Verleihstationen in 80 Regionen in Deutschland, Österreich, der Schweiz, Belgien, Frankreich, Spanien und Italien touristischer Marktführer im Bereich Pedelec-Verleihsysteme in Europa (vgl. Abb. 10).⁴ Diese Dimension und die Verbreitung der sogenannten „Movelo-Regionen“ im deutschsprachigen Raum machen deutlich, dass Pedelecs im Tourismus angekommen sind. Diese Regionen umfassen vor allem Regionen, die durch für das Radfahren ungünstige Faktoren gekennzeichnet sind. Neben den windigen Küstenregionen Norddeutschlands sind dies vor allem die Mittelgebirgs- und Alpengebiete.

Abb. 10: movelo-Regionen



Quelle: movelo – Urlaubskatalog 2015

⁴ Vgl. <http://www.movelo.com/de/liste-aller-regionen/> (11.07.2016).

3.8 Nutzerakzeptanz

Eine repräsentative SINUS-Umfrage ergab, dass sich das Interesse an Pedelecs von 24% im Jahr 2009 auf 47% für das Jahr 2011 so gut wie verdoppelt hat (SINUS 2011: 98). Weiterhin liegt die Bekanntheit von Elektrorädern mit 92% noch fast ein Fünftel über der für Mietfahrräder (SINUS 2011: 66 f.). Neben den technikaffinen Performern und den Expeditiven nutzen auch die Gruppen der bürgerlichen Mitte, der erlebnisorientierten Hedonisten und der älteren Traditionellen überdurchschnittlich häufig ein Fahrrad mit Elektromotor (SINUS 2011: 100 ff.). Unüblicherweise lassen sich letztere als „early adopters“ klassifizieren, welche dem Pedelec sein anfängliches Image als „Rentnerfahrrad“ für mobilitätseingeschränkte Menschen in höherem Alter gab. In ihrer Langzeitstudie für Basel über fünf Jahre kommen Haefeli/Walker (2008: 21) zu dem Schluss, dass sich die Käuferschaft klar in Richtung der „frühen Mehrheit“ verschiebt, was sich am niedrigeren Durchschnittseinkommen und an einem tieferen Bildungsstand ablesen lässt. Auf Veränderungen der Nachfrage hat die Industrie mit dem Angebot verschiedener Elektrozeigeradtypen reagiert (vgl. Kapitel 2.1).

Das Institut für Landes- und Stadtentwicklungsforschung (ILS) hat im Rahmen einer einstellungsorientierten Akzeptanzanalyse erstmalig neben Pedelec-Fahrern auch die Nicht-Nutzer in eine Befragung mit einbezogen (Preißner/Kemming/Wittowsky 2013). Es konnte festgestellt werden, dass sich die topographische Lage durchaus auf den Besitz von Elektrorädern auswirkt. Je stärker sich das Relief der Wohnumgebung darstellt, desto höher ist dessen Anteil bei den Befragten. Wird zusätzlich noch die Lage mit einbezogen, fällt der Besitz in ländlichen und eher hügeligen Gebieten mit rund 30% höher aus als in flachen städtischen Umgebungen (17%) (Preißner/Kemming/Wittowsky 2013: 45). Das Meinungsbild von Nutzern und Nicht-Nutzern über Pedelecs bestätigt den Abbau von alten Vorurteilen und die Potenziale, zeigt aber auch mögliche Hindernisse und Handlungsbedarf bei der weiteren Entwicklung. Beide Gruppen schätzen eine mögliche Substitution eines Zweitwagens im Haushalt als relativ hoch ein. Auch die Möglichkeiten, mit einem Pedelec besser Steigungen bewältigen zu können oder weitere Wege als mit einem normalen Fahrrad zurückzulegen, werden als am meisten zutreffend angesehen. Als Hindernisse identifizierten die Befragten den Preis und das Gewicht der Räder. Besonders letzteres stach als Meinungsitem hervor, bei dem sich beide Nutzergruppen einig waren (Preißner/Kemming/Wittowsky 2013: 48 ff.). Im Übrigen gaben Personen, die bereits ein Pedelec besitzen oder genutzt haben, durchweg eher positive Bewertungen ab und konnten eine höhere Akzeptanz vorweisen als Nicht-Nutzer. Gerade ersten Berührungsmöglichkeiten, Erfahrungen im Tourismusbereich oder durch Öffentlichkeitsarbeit von Entscheidungsträgern kommt somit eine erhöhte Bedeutung zu (Preißner/Kemming/Wittowsky 2013: 66). Handlungsbedarf wurde entsprechend dem Meinungsbild vor allem beim Gewicht, bei den Anschaffungskosten und der Diebstahlsicherheit ermittelt. Letztere ist auch mit geeigneten Abstellmöglichkeiten am Zielort und Lademöglichkeiten im öffentlichen Raum verbunden (Preißner/Kemming/Wittowsky 2013: 56).

4 Räumliche Aspekte und Infrastruktur

Aufgrund ihrer spezifischen Fahrzeug- und Fahreigenschaften stellen sich bei einer verstärkten Nutzung von Pedelecs Herausforderungen an die bestehende und eventuell neu benötigte Infrastruktur. Ein qualitativ hochwertiges Radverkehrsnetz kommt nicht nur Pedelecs, sondern dem gesamten Radverkehr zugute. Bei der zukünftigen Gestaltung

von Radverkehrswegen sind jedoch einige Aspekte zu beachten, die mit einem erhöhten Pedelec-Aufkommen einhergehen.

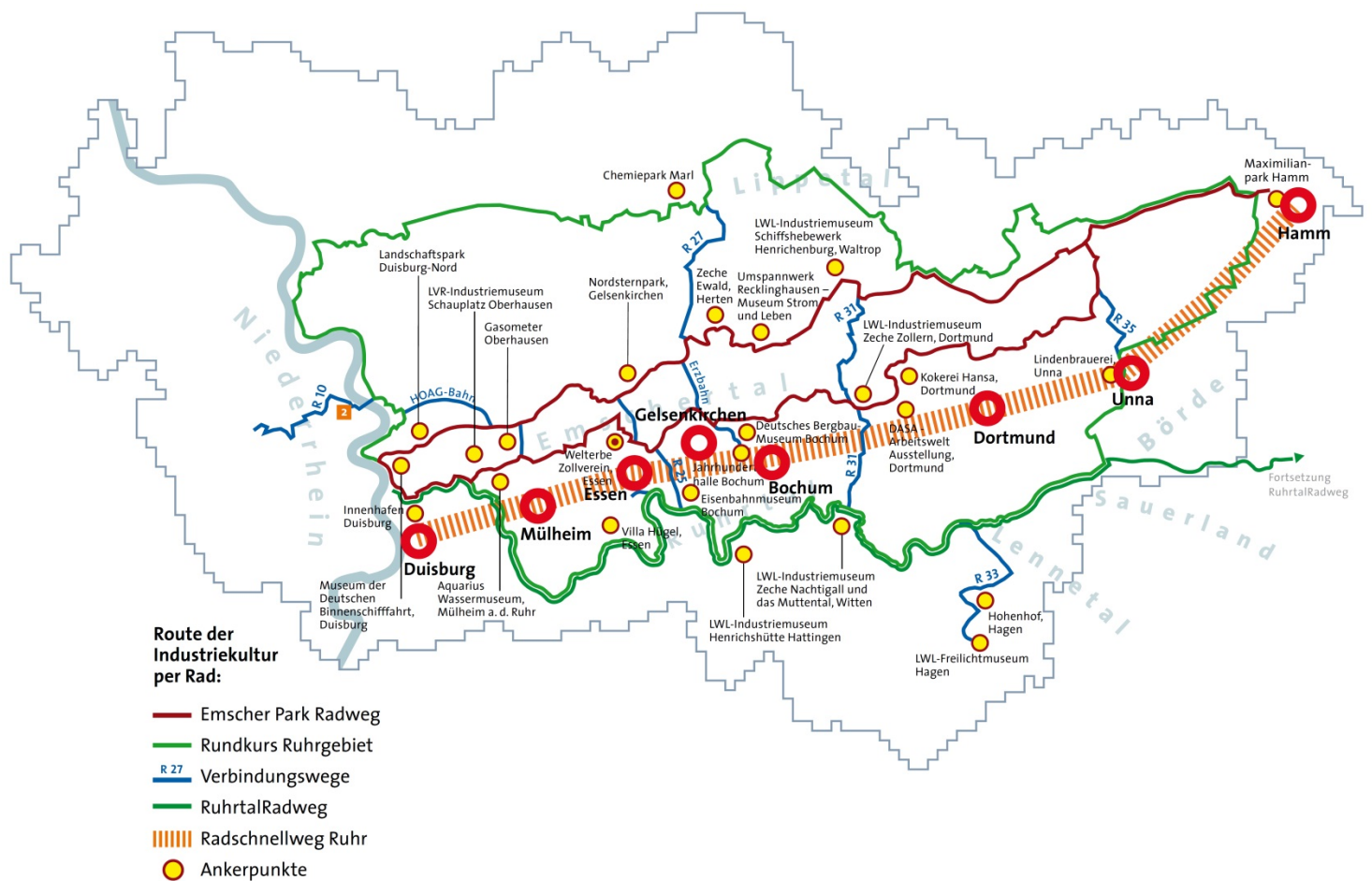
Es ist wichtig, dass die Sicherheit aller Radfahrer gewährleistet bleibt. Durch die Geschwindigkeitsdifferenz zu normalen Radfahrern muss vermehrt mit Überholvorgängen auf Radwegen gerechnet werden, womit eine Änderung an die Breitenanforderung einhergeht. Auch Lasten-Pedelecs oder die Nutzung von Fahrradanhängern verstärken die Notwendigkeit ausreichend dimensionierter Wege (Hacke 2013). Außerdem müssen sich Pkw-Fahrer bei der Interaktion mit dem Pedelec-Verkehr auf kürzere Reaktionszeiten einstellen. Um Konflikte hier möglichst gering zu halten, sind bei der Wegeführung gute Sichtbeziehungen herzustellen. Als allgemein geeignet für schnelleren Radverkehr in Städten und unkompliziert in der Umsetzung gelten dabei Radfahr- und vor allem Schutzstreifen auf der Fahrbahn (Baier/Göbbels 2012). Besonders Schutzstreifen ermöglichen eine flexible Verkehrsführung, da sie in Ausnahmefällen auch vom normalen Verkehr befahren werden können. Im Hinblick auf die verschiedenen Nutzergruppen mit unterschiedlichen Geschwindigkeiten rückt auch die Benutzungspflicht von Radwegen für Pedelecs in den Fokus. Deren Aufhebung könnte den unterschiedlichen Geschwindigkeitsanforderungen vor allem dort Rechnung tragen, wo eine Verbreiterung des Radweges nicht möglich ist (Alrutz 2013).

Neben baulichen Änderungen können auch allgemeine Verkehrsregeländerungen die Sicherheit im Verkehr erhöhen. Das viel diskutierte Tempo 30 als innerstädtische Regelgeschwindigkeit hätte vor allem bei Pedelecs und Pkw eine minimale Geschwindigkeitsdifferenz zur Folge und würde die Fahrradnutzung in Städten deutlich attraktiver machen. Die Tatsache, dass Autos im städtischen Pendlerverkehr nur selten schneller als 30 km/h unterwegs sind, lässt eine Einführung durchaus sinnvoll erscheinen. Neben den gängigen Tempo-30-Zonen wird auch auf sogenannten Fahrradstraßen im Erschließungsstraßennetz eine Geschwindigkeitsbegrenzung bereits umgesetzt. Deren Benutzung muss für den Kfz-Verkehr explizit ausgewiesen sein und ist dann ebenfalls auf 30 km/h limitiert. Anhand der Fahrradstraßen wird auch der Trend deutlich, die Führung von Radrouten auf Nebenstraßen mit weniger Verkehr zu verlagern, wie z. B. durch die Öffnung von Einbahnstraßen. Zum einen werden Rad- und Autoverkehr so teilweise entkoppelt und zum anderen kann eine direktere Streckenführung für Rad- und Pedelec-Fahrer Geschwindigkeits- und Zeitvorteile ermöglichen (Baier/Göbbels 2012; Alrutz 2013).

Diese Vorteile sollen durch Radschnellwege, deren Bau aktuell besonders in den Niederlanden vorangetrieben wird, betont werden. Radschnellwege sollen eine möglichst direkt geführte, qualitativ hochwertige, schnelle Verbindung zwischen Wohngebieten und Stadt- bzw. Gewerbezentren sicherstellen (DIFU 2010b). Durch eine kontinuierliche und direkte Führung, oftmals entlang von Bahntrassen oder Flussläufen, sollen sich die üblichen Reichweiten des Radverkehrs von 5 km auf Entfernungen zwischen 10 und 20 km ausweiten. In Stadtgebieten sollen Brücken oder Unterführungen Kreuzungen mit Pkw-Wegen vermeiden. Sollte dies nicht möglich sein, können grüne Wellen und die vorrangige Überquerung von Kreuzungen Zeit- und Geschwindigkeitseinbußen minimieren. Eine ausreichende Dimensionierung mit einer Breite von vier Metern soll Überholvorgänge erleichtern. Die ganzjährige Befahrbarkeit sollen eine hohe, witterungsbedingte Belagsqualität und die regelmäßige Reinigung einschließlich Winterdienst gewährleisten (Bischoff/Lange/Alrutz et al. 2012: 12).

In den Niederlanden sind qualitativ hochwertige Radschnellwege Teil einer nationalen Mobilitätsstrategie und sollen maßgeblich zu einer Verlagerung des Berufsverkehrs von hoch belasteten Verkehrsachsen auf das Fahrrad beitragen. Die geschätzten Gesamtinvestitionen von 100 Mio. Euro werden durch etwa 20 Mio. Euro staatliche Fördermittel unterstützt. Der Nutzen in Form von positiven Gesundheitseffekten und vermindertem CO₂-Ausstoß soll sich laut Prognosen auf das Doppelte des Investitionsvolumens belaufen. In Kopenhagen soll die Zahl der Fahrradpendler durch den Ausbau eines umfangreichen Netzes an Radschnellwegen um 30% steigen und so pro Jahr rund 7.000 Tonnen CO₂ einsparen (Bischoff/Lange/Alrutz et al. 2012: 14 ff.). Das Potenzial, einen Teil des Berufsverkehrs von der Straße auf Radschnellwege zu verlagern, wird nun auch in Deutschland erkannt. Im Ruhrgebiet soll der europaweit längste Radschnellweg mit einer Länge von rund 85 Kilometern von Duisburg über Essen, Bochum und Dortmund nach Hamm entstehen (vgl. Abb. 11).

Abb. 11: Geplanter Verlauf des Radschnellweges Ruhr



Quelle: Bischoff/Lange/Alrutz et al. (2012: 20)

Mit rund einer Million Einwohnern und rund 400.000 Arbeitsplätzen in sieben Großstädten befindet sich bereits in einem äußerst niedrig angesetzten Einzugsgebiet von einem Kilometer ein enormes Potenzial an Nutzern (Bischoff/Lange/Alrutz et al. 2012: 19). Da die Entfernungen zwischen den großen Städten durchgehend im Bereich von 10 bis 20 km liegen, sind die einzelnen Streckenabschnitte besonders für das Pendeln mit Elektrofahrrädern geeignet. Als zentrale Achse soll der Radschnellweg Ruhr außerdem

durch Verbindungswege an das bisher freizeitorientierte Radverkehrsnetz angeschlossen werden. So wird neben dem Berufsverkehr auch der Freizeitverkehr angesprochen, um eine hohe Auslastung zu erreichen. Die geschätzten Baukosten von rund 1 Mio. Euro/km liegen, gemessen an niederländischen Erfahrungswerten von 500.000 bis 2 Mio. Euro/km, im mittleren Bereich, allerdings wird in Deutschland aufgrund der ungeklärten Finanzierungsmöglichkeiten oft auf kostenintensive Bauwerke wie Brücken oder Unterführungen verzichtet. Sowohl die beteiligten Akteure des Radschnellweges Ruhr als auch Teilnehmer an Fachdialogen sehen hier Förderbedarf seitens des Bundes (Bischoff/Lange/Alrutz et al. 2012: 20 ff.). Laut dem Nationalen Radverkehrsplan 2020 sollen Radschnellwege durchaus als Leuchtturmprojekte bei der Förderung berücksichtigt werden (BMVBS 2012: 62). Darüber hinaus können sich Experten aufgrund des hohen Potenzials durch die Nutzung von Pedelecs auch eine Förderung im Rahmen der Elektromobilität vorstellen (Bischoff/Lange/Alrutz et al. 2012: 32). Viele der formulierten Anforderungen von Pedelecs an die Verkehrswege sind nichts fundamental Neues. Sie können aber der Anstoß für eine systematische und qualitative Verbesserung des Radverkehrsnetzes sein.

Neben der qualitativen Verbesserung der Radverkehrswege sind für Pedelec-Nutzer vor allem auch sichere Abstell- und Lademöglichkeiten von Bedeutung. Um diese zu gewährleisten, sind sowohl an den Ausgangs- als auch im Besonderen an den Zielorten sichere Anlagen zum Pedelec-Parken notwendig. Zusätzlich muss in einigen Städten mit der angestrebten Erhöhung des Modal-Split-Anteils von Fahrrädern auch mit einem quantitativ höheren Bedarf an Abstellmöglichkeiten gerechnet werden. Neben der Notwendigkeit des reinen Abstellens kommt für Pedelecs noch die Problematik des Ladevorgangs hinzu. Der Wohnort dürfte als Abstellpunkt dabei am wenigsten Herausforderungen stellen, da der Akku bei den meisten Pedelecs ausbaubar ist und über das Ladegerät im Wohnraum aufgeladen werden kann. Auch die Wohnungswirtschaft in Städten sieht in diesem Zusammenhang keinen Bedarf, in Mehrfamilienhäusern den Mietern spezielle Ladepunkte bereitstellen zu müssen (Clausnitzer/Gabriel/Buchmann 2012: 85). Entscheidend sind hier jedoch die Abstellmöglichkeiten. In Wohnhäusern mit einem bereits vorhandenen Fahrradkeller ist die Sicherheit zwar gegeben, allerdings wird hier aufgrund des höheren Gewichts von Pedelecs mindestens eine Fahrschiene zur Überwindung von Treppen benötigt. Besser geeignet sind deswegen ebenerdige Abstellanlagen, da diese auch die Reisezeit von Tür zu Tür minimieren. Neben den kostengünstigen gängigen Bügeln zum Anlehnen können hier auch die bereits erwähnten Fahrradboxen verwendet werden, welche allerdings mit deutlich höherem finanziellem Aufwand und Flächenverbrauch verbunden sind (Clausnitzer/Gabriel/Buchmann 2012: 86 ff.). Die Einrichtung von Abstellmöglichkeiten liegt letztendlich im Ermessen der Wohnungsunternehmen. Da eine Förderung der Elektromobilität durch weniger Verkehrslärm und Emissionen jedoch auch Wohnquartiere aufwertet, gibt es für die Wohnungswirtschaft durchaus Gründe, diese entsprechend zu unterstützen (Clausnitzer/Gabriel/Buchmann 2012: 114). Quantitativ können Stellplätze für Fahrräder in der Landesbauordnung festgeschrieben werden. In Deutschland wird diese Regelung in Berlin und Nordrhein-Westfalen bereits angewendet.

Eine Alternative zu Abstellmöglichkeiten für das persönliche Pedelec zeigen Verleihsysteme für Wohnsiedlungen in Japan auf. Die Verleih- oder Mieträder werden hier in Tiefgaragen abgestellt, welche auch Platz für private Elektroräder bieten. Da es sich hier wie auch bei den Verleihsystemen im Tourismus um Inselfsysteme handelt, können diese mit einem Batteriewechsel in den beteiligten Wohnhäusern kombiniert werden (Grett/Neupert/Köstle 2013: 160 f.). Das Potenzial von Quartiers- und Tiefgaragen oder

Fahrradparkhäusern als sichere Abstellmöglichkeiten für eine hohe Anzahl an Fahrrädern im städtischen Raum wird bereits aufgegriffen. In der Stadt Apeldoorn (Niederlande) beispielsweise können 650 Fahrräder in einem überwachten Parkhaus auf drei Ebenen mit Doppelstockparkplätzen abgestellt werden. Eine entsprechende Analyse ergab, dass sich die Zahl der Fahrradkundschaft in der Umgebung mehr als verdoppelt hat und der Diebstahl um ein Viertel zurückging. Gleichzeitig wurden 10% weniger Autokunden verzeichnet (DIFU 2010c: 2 f.). Für Pedelecs können in Parkhäusern außerdem Schließfächer für Ladegeräte mit Akku bereitgestellt werden. Als Standort bieten sich Verkehrsknotenpunkte wie (Bus-)Bahnhöfe an, sodass eine Schnittstelle zum ÖPNV entsteht und das dortige Angebot, wie bei Bike+Ride-Anlagen oder Fahrradstationen, ergänzt wird.

Geeignet vor allem für längere Parkvorgänge sind auch dezentrale Abstell- und Lademöglichkeiten im öffentlichen Raum (z.B. Haltestellen, öffentliche Einrichtungen), um die Entfernung vom Parkplatz zum Zielort und damit die Reisedauer gering zu halten. Infrage gestellt werden kann der Zusatz einer öffentlichen Ladeinfrastruktur. Zum einen erscheint vielen Experten eine flächendeckende Ladeinfrastruktur im Unterschied zu touristischen Fahrtzwecken aufgrund der kurzen Alltagswege als nicht zwingend notwendig. Die meisten Strecken können mit einer Akkuladung zurückgelegt werden, weshalb Ladestationen eher eine öffentlichkeitswirksame Bedeutung zugeschrieben wird (Preißner/Kemming/Wittowsky 2012: 53). Zum anderen ergibt sich ein rein technisches Problem durch das derzeit äußerst heterogene Akkuangebot. Dieses erschwert die Bereitstellung öffentlicher Ladeinfrastruktur im Vergleich zum Inselmodell der Verleihsysteme, da Privatnutzer mit verschiedensten Modellen bzw. Schnittstellen bedient werden müssten. An Akkuwechselstationen wäre erst dann zu denken, wenn Akkus und Ladetechnik normiert werden. Mit dem „EnergyBus“-Standard arbeiten verschiedene Organisationen wie Bosch, Panasonic, Deutsche Bahn oder Winora an einer ersten standardisierten Ladeschnittstelle, welche die Ladeinfrastruktur enorm vereinfachen könnte, vorausgesetzt, dass der Standard auch angenommen und von den Fahrradherstellern verwendet wird (Fuchs 2012: 34). Auf der Basis des „EnergyBus“-Standards wird außerdem ein Ladeschlosskabel entwickelt, das beim Anschließen automatisch magnetisch verriegelt und bei einer unrechtmäßigen Trennung des Kabels ein Alarmsignal sendet, welches auch auf das Mobiltelefon des Anwenders weitergeleitet werden kann (Grett/Neupert/Köstle 2013: 162 f.). Ein weiteres Modell, das auf dem „EnergyBus“-System aufbaut, sind Ladestationen, in welchen ein Universalladegerät integriert ist und der Anwender nur noch einen Adapter für den Anschluss an das standardisierte Ladekabel benötigt, der zu seinem Akkumodell passt (Grett/Neupert/Köstle 2013: 164).

5 Fazit und Ausblick

Mit einiger Verzögerung im Vergleich zu den Ausgangsmärkten in Asien hat der elektromobile Boom auch den Zweiradsektor in Deutschland erreicht. In den letzten Jahren konnten E-Bikes in Deutschland ein äußerst dynamisches Wachstum verzeichnen und ihren Anteil am Fahrradmarkt kontinuierlich steigern. Dass der E-Bike-Sektor in Deutschland vor allem von Pedelecs dominiert wird, ist der klaren rechtlichen Einordnung als Fahrräder zuzuschreiben. Deren Anschaffung und Nutzung ist im Gegensatz zu anderen Typen, wie den schnellen Pedelecs, vergleichsweise einfach. Im europäischen Vergleich liegt Deutschland bei der Verbreitung von Pedelecs zwar in der Spitzengruppe, allerdings zeigen die Niederlande, dass noch weiteres Potenzial besteht.

Die Rahmenbedingungen sind durchaus positiv. Eine Änderung unserer autobasierten Mobilität in Richtung Nachhaltigkeit und geringerer Kosten rückt im Zeichen von Klima-

wandel und Ressourcenverknappung immer mehr in den Vordergrund. Die Tendenz hin zu einem sinkenden Stellenwert des Autos für junge Erwachsene sowie die Ausdifferenzierung des Mobilitätsangebots deuten bereits erste Veränderungen an. Zusammen mit einem leicht steigenden Fahrradanteil am Modal Split ergibt sich eine vielversprechende Ausgangsposition für die Integration von Pedelecs in das Verkehrssystem.

Aufseiten der Nutzer steigt die Akzeptanz. Die Möglichkeit, weitere Strecken und auch unebenes Relief mit dem Rad zu überwinden, stellt für viele den möglichen Ersatz eines Zweitwagens in Aussicht. Dementsprechend liegt in der Substitution von Pkw-Wegen auf Strecken bis zu 20 km auch ein großes Potenzial. Anhand des Schweriner Verkehrsmittelvergleichs wurde aufgezeigt, dass Pedelecs besonders bei Pendlerfahrten durchaus mit dem Pkw konkurrieren können, wenn eine entsprechende Radinfrastruktur und Verkehrsführung gegeben sind. In diesem Zusammenhang wird vor allem eine ausreichende Dimensionierung und Qualität der Radwege an Bedeutung gewinnen. Der Bau von Rad-schnellwegen, die in den Niederlanden bereits erfolgreich genutzt werden und eine möglichst hohe Reisegeschwindigkeit gewährleisten sollen, könnte dabei besondere Impulse dafür setzen, den Pendelverkehr auf das Pedelec zu verlagern. Daneben haben sich in unserem Nachbarland auch finanzielle Motivationsansätze auf betrieblicher Seite bewährt. Im Dienstleistungssektor und beim Einkauf oder dem Kindertransport erhöhen Lasten-Pedelecs das mit einem Rad transportierbare Gewicht und Volumen und runden das Substitutionspotenzial des motorisierten Individualverkehrs ab.

Die intermodale Nutzung von Pedelecs in Kombination mit dem ÖPNV kann, wie im Beispiel des „inmod“-Versuchs, Ansätze zu einer Revitalisierung des öffentlichen Verkehrs in strukturschwachen Räumen bilden und dessen Einzugsbereich deutlich erweitern. Besonders mit Blick auf den demografischen Wandel hängt dies auch eng mit einer Aufrechterhaltung der Mobilität im Alter zusammen.

Die Nutzung von Pedelecs im Tourismus zeigt, dass strukturschwache Mittelgebirgsräume von Pedelecs profitieren können, da sie neue Touristengruppen erschließen können. Die Einrichtung von Verleihsystemen in Zusammenarbeit mit den Gastronomie- und Übernachtungsbetrieben hat sich bisher durchaus bewährt, wobei eine überregionale Vernetzung hier am meisten Erfolg verspricht. Der Tourismus stellt wegen der vergleichsweise langen Strecken auch die meisten Anforderungen an eine Ladeinfrastruktur. Für die übrigen Nutzergruppen scheint diese aufgrund der geringeren Tagesfahrleistung eher nachrangig.

Sinnvoller erscheint der Ausbau von sicheren Abstellanlagen, da dieser nicht nur Pedelecs, sondern allen Radfahrern nützt. Dies würde auch dem Konzept des Nationalen Radverkehrsplans 2020 entsprechen, den Radverkehr mittels einer integrierten Planung bei der Stadtentwicklung zu berücksichtigen. Mit Blick auf die dargestellten Potenziale scheint auch eine stärkere Berücksichtigung von Pedelecs bei der Förderung der Elektromobilität, vor allem bei der Öffentlichkeitsarbeit, sinnvoll. Geht man abschließend noch einmal auf die Diskrepanz von medialer Aufmerksamkeit und tatsächlichem Entwicklungsstand der verschiedenen Formen der Elektromobilität ein, ist folgender Ansatz durchaus denkbar: „The e-mobility revolution in the next 10 years should be a ‚bottom-up‘ process, focusing first on EPACs which already developed well in the past decade. Next should be the more powerful two-wheelers such as e-bikes, e-mopeds and e-scooters and only much later (10 to 20 years from now) attention should go to electric cars“ (CONEBI 2015: 6).

Literatur

- ADFC NRW – Allgemeiner Deutscher Fahrrad-Club Nordrhein-Westfalen (2012): Infrastrukturelle Voraussetzungen für die radtouristische Erschließung der nordrhein-westfälischen Mittelgebirgsregionen mit Pedelecs. Düsseldorf.
- ARL – Akademie für Raumforschung und Landesplanung (2011): Postfossile Mobilität und Raumentwicklung. Hannover. = Positionspapier aus der ARL 89.
- Alrutz, D. (2013): Anforderungen von Pedelecs an die kommunale Radverkehrsinfrastruktur. Vortrag auf dem 5. Workshop Radverkehrsstrategie am 1. März 2013 in Hannover.
- Baier, R.; Göbbels, A. (2012): Pedelecinfrastruktur als Voraussetzung für sicheres Fahren. Vortrag auf dem Fachforum Mobilitätsmanagement am 18. April 2012 in Köln.
- Beckendorff, J. (2012): Japan 2011: Pedelec Sales on the Rise.
<http://www.bike-eu.com/sales-trends/nieuws/2012/10/japan-2011-pedelec-sales-on-the-rise-10110039> (11.07.2016).
- Beckendorff, J. (2013): Japan 2012: Market Goes Back To Normal.
<http://www.bike-eu.com/sales-trends/artikel/2013/3/japan-2012-market-goes-back-to-normal-10110180> (11.07.2016).
- Bischoff, P.; Lange, J.; Alrutz, D.; Grüneberg, S. (2012): Radschnellwege. Etappen auf dem Weg zur Umsetzung. Hannover.
- BMVBS – Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (2011): Umsetzungsbericht zum Förderprogramm „Elektromobilität in Modellregionen“ des Bundes. Berlin.
- BMVBS – Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (2012): Nationaler Radverkehrsplan 2020. Berlin.
- BMVBW – Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen (2002): Nationaler Radverkehrsplan 2002–2012. Berlin.
- Bundesregierung (2009): Nationaler Entwicklungsplan Elektromobilität der Bundesregierung. Berlin.
- Clausnitzer, K.-D.; Gabriel, J.; Buchmann, M. (2012): Elektromobilität und Wohnungswirtschaft. Abschlussbericht. Bremen.
- COLIBI – Association of the European Bicycle Industry; COLIPED – Association of the European Two-Wheeler Parts' & Accessories' Industry (2014): European Bicycle Market. Industry & Market Profile. Brüssel.
- CONEBI – Confederation of the European Bicycle Industry (2015): European Bicycle Market. Industry & Market Profile. Brüssel.
- DIFU – Deutsches Institut für Urbanistik (2010a): Betriebliches Mobilitätsmanagement. Mit dem Fahrrad zur Arbeit. Berlin.
- DIFU – Deutsches Institut für Urbanistik (2010b): Radschnellwege. Berlin.
- DIFU – Deutsches Institut für Urbanistik (2010c): Innerstädtisches Fahrradparken. Berlin.
- DIFU – Deutsches Institut für Urbanistik (2011a): Klimaschutz durch stärkere Fahrradnutzung. Berlin.
- DIFU – Deutsches Institut für Urbanistik (2011b): Die Alterung der Gesellschaft und das Fahrrad. Berlin.
- ECF – European Cyclist Federation (2013): Calculating the economic benefits of cycling in EU-27. Brüssel.
- Europäische Kommission (2011): Weißbuch. Fahrplan zu einem einheitlichen europäischen Verkehrsraum – Hin zu einem wettbewerbsorientierten und ressourcenschonenden Verkehrssystem. Brüssel.
- Engel, T. (2012): Die CO₂-Emissionen der Elektro-Radfahrer. In: Sonnenenergie 4, 48-51.
- Froböse, I. (2006): Cycling & Health. Kompendium gesundes Radfahren. Köln.
- ETI – Europäisches Tourismus Institut (2007): Regionalwirtschaftliche Effekte des Radtourismus in Rheinland-Pfalz. Trier.

- EU – Europäische Union (2008): Richtlinie 2002/24/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 18. März 2002 über die Typengenehmigung für zweirädrige oder dreirädrige Kraftfahrzeuge und zur Aufhebung der Richtlinie 92/61/EWG des Rates. Brüssel.
- Fuchs, A. (2012): Ein Stecker für alle. Flächendeckende Infrastruktur braucht Standardisierung. In: Lewis, T. (Hrsg.): Go Pedelec. Wien, 33-35.
- Gather, M.; Kagermeier, A.; Lanzendorf, M. (2008): Geographische Mobilitäts- und Verkehrsforschung. Berlin, Stuttgart.
- Grau, A. (2009): Pendler: Die Mehrheit nimmt weiter das Auto. Wiesbaden.
https://www.destatis.de/DE/Publikationen/STATmagazin/Arbeitsmarkt/2009_10/2009_10P_DF.pdf?__blob=publicationFile (11.07.2016).
- Grett, P.; Neupert, H.; Köstle, W. (2013): E-Bikes und Pedelecs. Technik, Typen und Kaufberatung. München.
- Hacke, U. (2013): Potenzielle Einflüsse von Pedelecs auf die Verkehrssicherheit. Vortrag auf dem 3. Nationalen Radverkehrskongress am 13. Mai 2013 in Münster.
- Haefeli, U.; Walker, D. (2008): Begleitforschung Newride 2008. Langzeitprofil von E-Bike-Käufern in Basel. Luzern.
- Hendriksen, I.; Engbers, L.; Schrijver, J.; van Gijlswijk, R.; Weltevreden, J.; Wilting, J. (2008): Elektrisch Fietsen. Marktonderzoek en verkenning toekomstmogelijkheden. Leiden.
- Infas – Institut für Angewandte Sozialwissenschaft; DLR – Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (2010): Mobilität in Deutschland 2008. Ergebnisbericht. Struktur – Aufkommen – Emissionen – Trends. Bonn, Berlin.
- JBPI – Japan Bicycle Promotion Institute (2013): Japanese bicycle production, export and import in 2012. o. O.
- KFV – Kuratorium für Verkehrssicherheit (2011): Auswertung der Befragung von E-Bike-Nutzern in Salzburg. Wien.
- Klein, R. (2013): Elektromobilität in Deutschland. Markt- und Raumentwicklung. In: Geographische Rundschau 65 (1), 20-27.
- Lanzendorf, M.; Schönduwe, R. (2013): Urbanität und Automobilität. Neue Nutzungsmuster und Bedeutungen verändern die Mobilität der Zukunft. In: Geographische Rundschau 65 (6), 34-41.
- Manthey, N. (2012): Artenvielfalt im Regelwald. Was gilt für welches Fahrzeug? In: Lewis, T. (Hrsg.): Go Pedelec. Wien, 70-72.
- Ministerie van Verkeer en Waterstaat (2009): Radfahren in den Niederlanden. Den Haag, Utrecht.
- Neupert, H. (2012): Eine gute Gesetzgebung ist die Basis. Für den Erfolg des Pedelecs! In: Lewis, T. (Hrsg.): Go Pedelec. Wien, 69.
- NPE – Nationale Plattform Elektromobilität (2012): Fortschrittsbericht der Nationalen Plattform Elektromobilität (Dritter Bericht). Berlin.
- Onnen-Weber, U. (2015): inmod. Modellversuch zur Revitalisierung von ÖPNV im ländlichen Raum. Intermodal und elektrisch betrieben. Schlussbericht. Wismar.
- Onnen-Weber, U.; Schramek, M.; Butz, H. (2012): Schweriner Versuch. Verkehrsmittelvergleich von Fahrrad, Pedelec, Pkw und Motorrad in der Stadt-Umland-Beziehung von Pendlerströmen. Studie im Rahmen des Nationalen Radverkehrsplans. Wismar.
- Preißner, C. L.; Kemming, H.; Wittowsky, D. (2013): Einstellungsorientierte Akzeptanzanalyse zur Elektromobilität im Fahrradverkehr. Dortmund.
- Reiter, K.; Pressl, R.; Carvalho, M. (2009): Mobilitäts- und Marketingkonzept für den Pedelec Einsatz in der Energieregion Weiz-Gleisdorf. Weiz.
- Roetynck, A. (2010): Presto Cycling Policy Guide. Electric Bicycles. Brüssel.
- Rothfuß, R.; Le Bris, J. (2013): Elektromobilität und Pedelecs: Räumliche Neuordnung des Verkehrssystems? In: Geographische Rundschau 65 (6), 42-48.
- SINUS GmbH (2011): Fahrradmonitor 2011. Ergebnisse einer repräsentativen Online-Befragung. Heidelberg.

- Stöhr, C. (2009): Verträglicher Alltagsverkehr ohne Auto. Mobilität bezahlbar, gesund und individuell. In: Informationen zur Raumentwicklung 12, 805-812.
- Strele, M. (2010): Landrad. Neue Mobilität für den Alltagsverkehr in Vorarlberg. Bregenz.
- UBA – Umweltbundesamt (2010): CO₂-Emissionsminderung im Verkehr in Deutschland. Mögliche Maßnahmen und ihre Minderungspotenziale. Dessau-Roßlau. = UBA-Texte 05/2010.
- UBA – Umweltbundesamt (2012): Daten zum Verkehr. Ausgabe 2012. Dessau-Roßlau. Velosuisse (2016): Uebersicht Fahrradmarkt 2015. Bern.
http://www.velosuisse.ch/files/Velostatistik%20Schweizer%20Markt%202015_11_3_16.pdf (21.07.2016).
- WBGU – Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (2011): Welt im Wandel. Gesellschaftsvertrag für eine Große Transformation. Berlin.
- Wei, V. (2013): China 2012: E-Bike industry modernizing rapidly.
<http://www.bike-eu.com/sales-trends/artikel/2013/4/china-2012-e-bike-industry-modernizing-rapidly-10110194> (11.07.2016).
- Würdemann, G.; Held, M. (2009): Das hochwertige Gut Mobilität und die kostbare Ressource Öl. Perspektiven der postfossilen Mobilität. In: Informationen zur Raumentwicklung 12, 751-764.
- ZIV – Zweirad-Industrie-Verband (2014): ZIV-Jahresbericht. Mitglieder und Kennzahlen. Bad Soden.

Autor

Ralf Klein (*1960) studierte Angewandte Geographie (Dipl.-Geogr.) in Trier, wo er anschließend auch promovierte (Dr. rer. nat.). Nach Tätigkeiten als wissenschaftlicher Mitarbeiter bzw. Assistent in Flensburg, Osnabrück und Vechta folgte die Habilitation in Wirtschafts- und Sozialgeographie. Derzeit forscht und lehrt er als Professor am Lehrstuhl für Geographie und Regionalforschung der Universität Würzburg. Seine Forschungsinteressen liegen in den Bereichen Regionalforschung, Energieforschung, Methoden.