Journal für Mobilität und Verkehr
ISSN 2628-4154
www.dvwg.de

Pedelecs und Cargo-Pedelecs als umweltfreundliche Mobilitätsalternative in urbaner Umgebung

Roman Rinberg*, Markus Hartenstein, Lothar Kroll, Ilka Pfisterer
Siehe AutorInnenangaben

Abstract

In Zeiten knapper werdender Ressourcen, steigender Luftverschmutzung, überlasteter Verkehrsinfrastruktur und des Klimawandels wird der Bedarf an effizienten und zugleich differenzierten Mobilitätskonzepten für urbane Umgebung besonders deutlich. Pedelecs und Cargo-Pedelecs bieten hier eine interessante Alternative für persönliche Mobilität und innerstädtische Logistik. Die Vorteile liegen in der emissionsfreien Fortbewegung und den günstigen Anschaffungskosten. Bei den verwendeten Materialien liegt ökologisches Optimierungspotenzial vor.

Schlagwörter / Keywords:
Pedelec, Logistik, Nachhaltigkeit, Recycling, CO2, Composite

1. (Cargo-)Pedelecs in Deutschland

Um den Herausforderungen unserer Zeit wie der Verknappung von Ressourcen, globaler Abhängigkeiten der Lieferketten, Umweltverschmutzung und dem Klimawandel etc. gerecht zu werden, sind alternative Lösungen auf nahezu allen Ebenen des alltäglichen Lebens, inkl. Verkehrsmittel, dringend erforderlich. Dies schließt auch zulassungsfreie Fahrzeuge wie Fahrräder, Pedelecs und Cargo-Pedelecs mit ein.

Wie technische Innovation und Marktentwicklung bei Pedelecs und Cargo-Pedelecs den City-Verkehr beeinflussen, macht sich zunehmend vielerorts bemerkbar. Laut der Marktdatenerhebung des Zweirad-Industrie-Verbandes stieg allein in Deutschland die Zahl der verkauften Pedelecs in den letzten Jahren deutlich: von 1,36 Millionen in 2019 auf 1,95 Mio. in 2020 und erneut auf 2 Mio. in 2021 (vgl. ZIV (2022)). Im Zeitraum 2011–2021 belief sich die Verkaufsmenge auf insgesamt 9,76 Mio. Pedelecs – eine durchaus beachtliche Zahl. Bei der Herstellung kommen hier nicht nur Stahl und Aluminium, sondern zunehmend Kunststoffe und Kunststoffrezyklate zur Anwendung, wie in Abbildung 1 repräsentativ dargestellte Modelle von CIP Group und IGUS verdeutlichen.

Gerade im urbanen Umfeld gewinnt die Nachfrage an emissionsfreien, flexibel einsetzbaren Fahrzeugen immer mehr an Bedeutung. Cargo-Pedelecs adressieren vor allem Lieferdienste und Fahrzeugflotten von Unternehmen. Aber auch Privathaushalte steigen immer öfter vom klassischen Verbrenner-Pkw auf diese zulassungsfreien Fortbewegungsmittel um. Ist der Anspruch an Zuladung und Warentransport gering, kommen vorzugsweise Pedelecs ohne Cargo-Ausstattung aufgrund ihrer kompakteren Bauweise und relativ günstigen Anschaffungskosten in Betracht.



Abbildung 1: Vollkunststoff-Pedelecs MOCCI (oben, Quelle: CIP Group) und IGUS-Bike (unten, Quelle: IGUS)

2. Zunehmende Bedeutung von KEP-Diensten

Die vom Bundesverband Paket und Expresslogistik im Juni 2022 veröffentlichte Studie von KE-CONSULT Kurte&Esser zur Analyse des deutschen Kurier-, Express- und Paketmarktes (KEP) zeigt über den Zeitraum 2011–2021 ein 80%iges Wachstum (s. BIEK (2022)). Besonders in den letzten, pandemiegeprägten Jahren ist ein steiler Anstieg der KEP-Dienste mit einem Rekordhoch von +14,3 % im Jahre 2021 festzustellen (s. Abbildung 2). Demnach wird allein in Deutschland der KEP-Markt in 2021 mit insgesamt ca. 26,9 Mrd. € gewertet, wobei der Kuriermarkt mit 5,1 Mrd. €, der Express-markt mit 5,6 Mrd. € und der Paketmarkt mit 16,2 Mrd. € beziffert werden. Die Ergebnisse für 2021 bestätigen den Wachstumstrend und deuten für die nächsten Jahre sogar auf eine überproportionale Entwicklung gegenüber den Vorjahren hin.

Ausgewählte Großunternehmen des KEP-Marktes wie z. B. Hermes, GLS, DPD, UPS etc. führen bereits Pilotprojekte zum Einsatz moderner 2–4rädriger Cargo-Pedelecs für die Sendungszustellung zu den Endkunden durch. Nach der o. g. Marktdatenerhebung des deutschen Zweirad-Industrie-Verbandes ist in 2020 die Stückzahl der elektrisch angetriebenen Lasten- und Transportfahrräder auf 120.000 angewachsen, wobei weitere 47.000 Einheiten ohne E-Antrieb hinzukommen. Dies entspricht einem 62%igen Zuwachs gegenüber dem Vorjahr, wobei auch 2020 mit einem 40%igem Anstieg gegenüber 2019 einherging (s. BIEK (2022)).

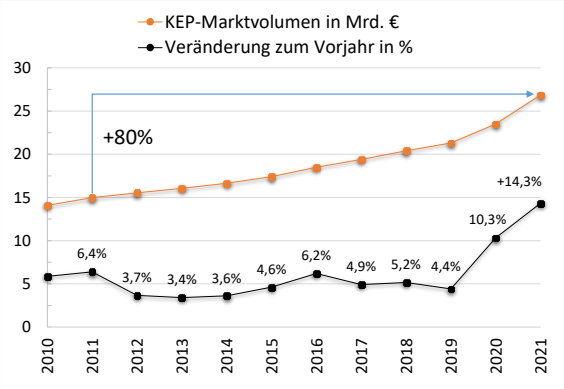


Abbildung 2: Entwicklung des deutschen KEP-Marktes in den letzten 10 Jahren (modifizierte Darstellung nach BIEK (2022))

Die Beschäftigtenzahl in der KEP-Branche wächst stetig, was als zukunftsweisender Trend einzustufen ist. Sozial gesehen eröffnet eine mit KEP-Pedelecs ausgestattete Logistikbranche neue Jobmöglichkeiten für Menschen, die aus verschiedenen Gründen keinen KFZ-Führerschein besitzen. Dies kann darüber hinaus bei wenig qualifizierten Arbeitskräften zu einer Entspannung der Arbeitslage bzw. zur Steigerung der Flexibilität führen. Auch die gesellschaftliche Integration von Einwanderern lässt sich grundsätzlich damit fördern, wenn sie durch derartige Tätigkeiten (z. B. als Zusteller etc.) in soziale Interaktionen mehr einbezogen werden.

Seit dem Ausbruch des Krieges zwischen Russland und der Ukraine steigen die Preise für Benzin und Diesel enorm. Ein fortlaufender Umstieg auf eine elektrisch angetriebene (Klein-)Logistik kann sich vorteilhaft auf die Minimierung der Abhängigkeit von ausländischen Treibstofflieferanten auswirken und so in manchen Fällen politisches Handeln erleichtern.

Innerhalb Deutschlands sind die Rahmenbedingungen durch die eingeschlagenen Wege der Elektromobilität und der Biologisierung der Wirtschaft sowie diverse Förderungen bei der Markteinführung von Elektrofahrzeugen und klimaneutralen Waren/Dienstleistungen günstig. Vor diesem Hintergrund sind regionale Wertschöpfungs- und Lieferketten mit geringer Importabhängigkeit schon jetzt von hohem Stellenwert und werden künftig an Bedeutung gewinnen.

3. Marktakzeptanz rund ums Thema Nachhaltigkeit und (Klein-)Logistik

In der Studie der DZ BANK AG (Deutsche Zentral-Genossenschaftsbank) „Branchenanalysen – Deutscher Mittelstand schätzt Nachhaltigkeit“, die im August 2021 veröffentlicht wurde und die Umfrageergebnisse von 1000 mittelständigen Unternehmen in Deutschland analysiert, ist das Bestreben der Unternehmen deutlich erkennbar, die Angebote um nachhaltige Produkte zu erweitern und Lieferanten nach Nachhaltigkeitskriterien auszuwählen (DZ BANK (2021)). Vor allem bei den großen Mittelständlern mit einem Jahresumsatz von mehr als 50 Mio. Euro weist die Angebotspalette mittlerweile einen 50%igen Anteil an nachhaltigen Produkten auf. Bei den kleineren und kleinen Mittelständlern liegt der Anteil bei ca. 40 %. Branchenmäßig stechen Chemie- und Ernährungsindustrie sowie Handel hervor.

Auch firmeninterne Logistik stellt in Bezug auf nachhaltige Mobilitätskonzepte einen wachsenden Markt dar, sodass der Megatrend Nachhaltigkeit nahezu alle Branchen durchdringt. In Abbildung 3 sind die ermittelten Prozentzahlen der Befragten zur Nutzung nachhaltiger Mobilitätskonzepte sowie des Recyclings und Abfallmanagements nach Branche und Unternehmensgröße ersichtlich. Das Dienstleistungsgewerbe und die Elektroindustrie übernehmen demnach bei den nachhaltigen Mobilitätskonzepten mit jeweils 64 % die Vorreiterrolle, wobei die größeren Mittelständler mit einem Jahresumsatz 25–50 Mio. € besonders hervorstechen. Im Unterschied hierzu ist die Nutzung nachhaltiger Mobilitätskonzepte bei den kleineren Unternehmen mit einem jährlichen Umsatz von weniger als 5 Mio. € deutlich geringer.

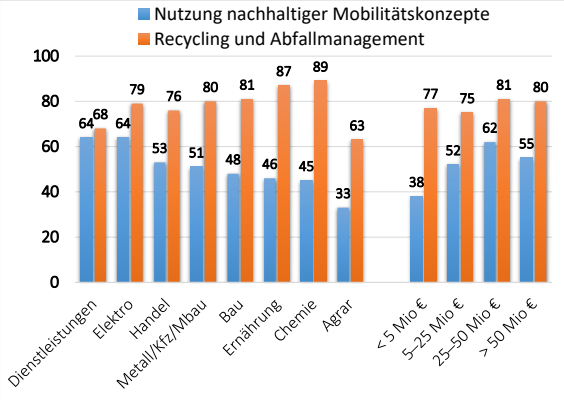


Abbildung 3: Branchenübersicht zur Nutzung nachhaltiger Mobilitätskonzepte sowie des Recyclings und Abfallmanagements in % der befragten Unternehmen (modifizierte Darstellung nach DZ BANK (2021))

Besonders umweltfreundlich und wirtschaftlich kann ein KEP-Dienst mit dem steigenden Grad der Urbanisierung betrieben werden, also in den Großstädten und größeren Mittelstädten mit mehr als 50.000 Einwohnern. Dies bestätigen u. a. mehrere unabhängige Pilotprojekte aus Nürnberg und Stuttgart. Eine erfolgreiche Umsetzung der modernen Logistikkonzepte würde die Entlastung der Innenstädte und die Verbesserung der Umweltsituation erheblich fördern.

4. Moderne Cargo-Pedelecs für die KEP-Branche

Die Analyse der Wettbewerbslösungen bei KEP-Fahrzeugen lässt zwar einen dynamischen Markt mit hohen Wachstumsraten, aber einer überschaubaren Anzahl von Wettbewerbern vorfinden. Einige Beispiele dieser zulassungsfreien KEP-Fahrzeuge sind in Abbildung 4 dargestellt und jeweils mit einer kurzen Charakteristik ergänzt.

Das Fahrzeug-Eigengewicht liegt im Bereich 100–150 kg und die maximale Zuladung zwischen 200 kg und 335 kg bei einer maximalen Reichweite von 60 km bis 100 km. Die vier dargestellten KEP-Fahrzeuge verfügen über vergleichbare Features bei den Assistenzsystemen wie elektrische Anfahrhilfe bis 6 km/h, Wegfahrsperre, Lichtanlage, GPS-Tracking etc., unterscheiden sich jedoch hinsichtlich des Designs, der Konstruktion, der Fahreigenschaften und der Ergonomie. Das Fahrzeug Mubea Urban M in Abbildung 4 (links) profitiert von einem intelligent stabilisierten Fahrwerk, einem niedrigen Eigengewicht, einem ergonomischen beidseitigen Fahrerzustieg und einem leichten geräumigen Laderaum. Das Fahrzeug ONO MotionLab (s. Abbildung 4, 2. von links)



Abbildung 4: Ausgewählte KEP-Fahrzeuge im Mobilitätsmarkt mit Kurzbeschreibung

punktet mit einem umfassenden Wetterschutz, wobei dadurch der Fahrerzustieg nur einseitig vorgesehen ist, und einem Wechselkofferkonzept, das jedoch durch das Eigengewicht die Nutzlast um ca. 90 kg minimiert und die Bodenfreiheit einschränkt. Das Fahrzeug Citkar Loadster Delivery (s. Abbildung 4, 3. von links) weist ein ebenso hohes Eigengewicht wie ONO MotionLab und einen eher einfach ausgeführten Stahlrahmen auf, allerdings sind die wesentlich größere Bodenfreiheit und Kippsicherheit durch die 4rädrige Ausführung von Vorteil. Das Fahrzeug Schaeffler Bio-Hybrid (s. Abbildung 4, rechts) ist hier mit lediglich 100 kg Eigengewicht das leichteste Pedelec, das als Cargo-Variante nur 200 kg Maximalzuladung erlaubt. In Bezug auf Ergonomie (Fahrerzustieg, Bedienbarkeit etc.) und Design stellt das Bio-Hybrid ein ausgereiftes Konzept dar. Der Hersteller, die Bio-Hybrid GmbH hat jedoch in 2021 Insolvenz angemeldet.

In Anbetracht der o. g. Fahrzeuggröße und -masse (vor allem mit Zuladung) stellt sich natürlich die Frage nach der Interaktion der Cargo-Pedelecs mit dem Straßenverkehr. Seitens des Gesetzgebers sind nach § 32 StVZO die Abmessungen von mehrspurigen Fahrrädern auf Maximalmaße 2,0 m Breite, 4,0 m Länge und 2,5 m Höhe geregelt. Die Nutzung von Radwegen mit derart großen Fahrrädern ist nicht möglich. Ebenso problematisch erweist sich das Befahren von Einbahnstraßen in entgegengesetzte Richtung, was für Fahrräder an sich erlaubt ist. Fachleute erwarten in naher Zukunft eine Neuregelung der Verhältnisse oder Etablierung einer neuen zulassungsfreien Fahrzeugklasse für KEP-Fahrzeuge mit einem Gesamtgewicht bis 500 kg und einer Antriebsleistung über 0,25 kW, da bisher nach DIN 79010:2020-02 nur die Lastenräder mit einer dauerhaften Antriebsleistung bis 0,25 kW und einem Gesamtgewicht bis 300 kg genormt sind. Im Unterschied hierzu gestaltet sich die Einführung von Pedelecs für die private Mobilität deutlich einfacher. Hier ist dennoch zu beachten, dass durch die effiziente Unterstützung des verbauten Elektromotors ein Pedelecfahrender auf den Straßen wesentlich schneller unterwegs ist. Dies erscheint einerseits vorteilhaft, erhöht andererseits womöglich die Unfallgefahr. Eine angemessene Nachjustierung der STVO kann hier Abhilfe schaffen.

5. Schonung der Umwelt und der Ressourcen

Bei all den aufgeführten Vorteilen und dem Marktpotential ist allen vorgestellten KEP-Fahrzeugen gemein, dass sie weder aus biobasierten Werkstoffen bestehen noch eine regionale, importunabhängige Wertschöpfung umsetzen. Dennoch liegt der Gedanke nahe, auch bei der Herstellung dieser neuen Fahrzeugart auf umweltfreundlichere Materialien und Technologien zurückzugreifen, was ausgereifte und bezahlbare Werkstoffkonzepte voraussetzt. Im Bereich der einspurigen Pedelecs sind fortschrittliche Ansätze bereits vorzufinden.

In Bezug auf die Umweltschonung und Klimaneutralität stellt die Nutzung nachwachsender anstatt fossiler Rohstoffe einen wesentlichen Baustein der Gesamtstrategie zur Einsparung von Treibhausgasen dar. Dies betrifft nicht nur die Energieerzeugung und -speicherung, sondern auch verwendete Konstruktionsmaterialien und Herstellungsprozesse für Bauteile und Fahrzeuge. Auch in Hinblick auf die weltweit steigenden Probleme mit Kunststoffabfällen können Kunstoffrezyklate und Werkstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen, wie etwa biobasierte Kunststoffe und Bio-Verbundwerkstoffe, einen wichtigen Beitrag für nachhaltiges Wirtschaften leisten. Das ist im Schwerpunktprogramm der Bundesregierung zur Umsetzung der Bioökonomie fest verankert und entspricht den Zielen des europäischen „Green Deals“ zur effizienten Ressourcennutzung vollumfänglich. Erst mit einer biobasierten Wertschöpfung lässt sich eine von fossilen Rohstoffen weitgehend unabhängige Kreislaufwirtschaft aufbauen, um so die von der Staatengemeinschaft geforderte neutrale CO_2-Bilanz umzusetzen.

In heutigen Ökobilanzen stellt die Materialherstellung meist den größten Anteil an den CO_2-Emissionen dar, während die thermische Verwertung nur einen kleinen Teil der Gesamtbilanz einnimmt. Dies ist in der Erteilung von Gutschriften durch die Energieerzeugung begründet. Bei der thermischen Verwertung von Kunststoffen entsteht zwar CO_2, allerdings kann die gewonnene Energie in Wärme und Strom umgewandelt werden, was den Verbrauch anderer Energieträger reduziert.

In Abbildung *5* sind die CO_2-Emissionen für die Herstellung bzw. thermische Verwertung einiger verbreiteter Kunststoffe wie Polypropylen (PP), Polyethylenterephthalat (PET), Polycarbonat (PC), Acrylnitril-Butadien-Styrol (ABS) und Polyamid 6 (PA6) ersichtlich.

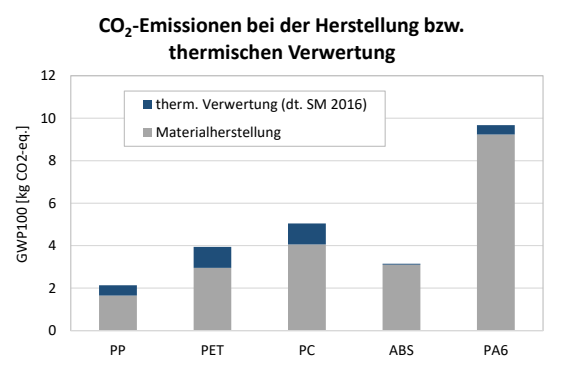


Abbildung 5: CO_2-Emissionen aus Materialherstellung und thermischer Verwertung unter Nutzung des deutschen Strommix 2016

Aufgrund des hohen Heizwerts vieler Kunststoffsorten ist hier die Energieerzeugung effektiver als die Verstromung von Braunkohle. Die eingesparten CO_2-

Emissionen durch die Substitution fossiler Energieträger werden in der Ökobilanz i.d.R. gutgeschrieben, sodass die thermische Verwertung nur einen geringen Anteil an den Gesamt-CO_2-Emissionen eines Produkts verantwortet. Mit zunehmendem Einsatz von erneuerbaren Energien wird sich die Gutschrift aus der Energiegewinnung jedoch reduzieren und die CO_2-Emissionen aus der thermischen Verwertung werden steigen. In Abbildung *6* ist die Höhe der Gutschrift ausgewählter Kunststoffsorten anhand verschiedener Strommixe dargestellt.

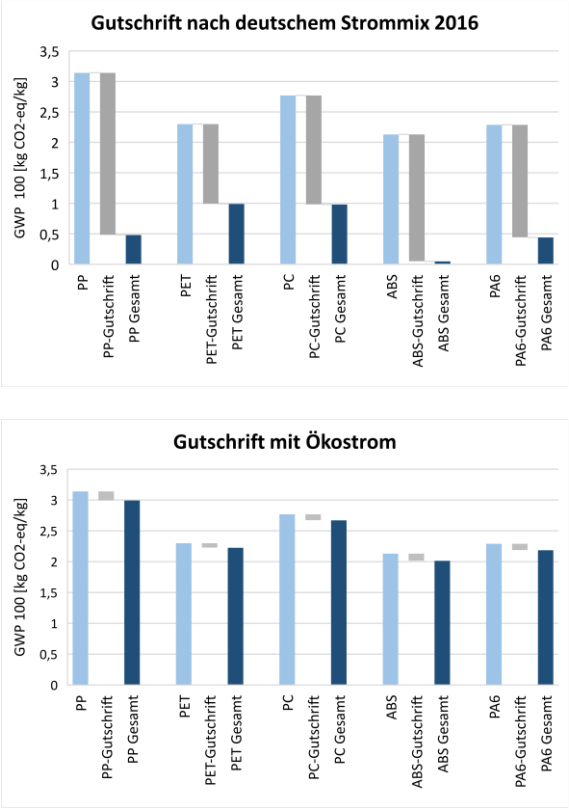


Abbildung 6: Gegenüberstellung der Höhe an CO2-Emissionen bei der thermischen Verwertung und die resultierenden Gutschriften aus der Substitution bestehender Energieträger für den deutschen Strommix 2016 (oben) bzw. die Verwendung von Ökostrom (unten)

Paradoxerweise kann also die Energiewende rechnerisch zu höheren CO_2-Bilanzen von Kunststoffprodukten führen. Um dem entgegenzuwirken und Pedelecs ökologisch vorteilhafter auszulegen, sind grundsätzlich Forderungen nach dem Einsatz von Kunststoffrezyklat, nachwachsenden Rohstoffen sowie der Verwendung von rezyklierbaren Materialien und entsprechenden Bauteilkonzepten zur Schaffung einer Kreislaufwirtschaft schon in der Konzeptphase zu berücksichtigen.

Besonders wichtig bei der Recyclingfähigkeit ist die Sortenreinheit von Materialien. Den höchsten Grad an Recyclingfähigkeit besitzen Spritzgießkomponenten aus reinen Polymeren. Aus eigenen Untersuchungen geht hervor, dass reines PP bei geeigneter Additivierung ca. 10mal rezyklierbar ist, ohne dass eine wesentliche Veränderung des Eigenschaftsprofils eintritt. Im Bereich der Composites kann die Faserverstärkung schnell zu einer Einschränkung der Recyclingfähigkeit führen. Beispielsweise hat sich bei Spritgießbauteilen aus glasfaserverstärktem Polypropylen das mechanische Materialverhalten schon nach drei Recyclingzyklen verändert. Dies kann primär auf die Verkürzung der Glasfasern durch die mechanische Belastung bei der Verarbeitung zurückgeführt werden. (s. Pfisterer et al. (2021)) Auch Kohlenstofffasern sind sehr spröde und quer zur Faser weniger fest, sodass hier ein ähnliches Verhalten wie bei Glasfasern zu erwarten ist. Dennoch weisen faserverstärkte Kunststoffe gegenüber den reinen Polymeren ein höheres Eigenschaftsniveau bei Festigkeit und Steifigkeit auf und vermindern dadurch den erforderlichen Materialeinsatz im Bauteil. Dies verkompliziert nicht nur die Ökobilanzierung, sondern auch die Materialauswahl in der Konzeptphase.

Naturfasern neigen aufgrund ihrer hohen Biegsamkeit auch bei einem mehrfachen Recycling weniger zum Brechen und behalten ihre Restfaserlänge bei (vgl. Endres et al. (2014)). Die Verstärkung von Kunststoffen durch Naturfasern bietet somit eine geeignete Möglichkeit sowohl fossile Rohstoffe durch nachwachsende zu ersetzen (Ouali et al. (2017)), als auch die Recyclingfähigkeit der Komponenten zu erhöhen. Allerdings behindern derzeit andere Aspekte wie Feuchtigkeitsaufnahme, Aufquellen, Witterungsbeständigkeit, Geruchsentwicklung etc. den Einsatz von Naturfasern in technischen Bauteilen.

Die im Februar 2022 veröffentlichte Pressemitteilung von Composites Germany, welche die Befragungsergebnisse der drei großen Trägerverbände AVK, Leichtbau Baden-Württemberg und VDMA-Arbeitsgemeinschaft Hybride Leichtbau Technologien widerspiegelt, offenbart aktuelle Kennzahlen zum Markt für faserverstärkte Kunststoffe (s. Composites Germany (2022)). In Bezug auf Material lässt sich gem. Abbildung 7 festhalten, dass naturfaserverstärkte Kunststoffe (NFK) einen ebenso hohen Marktanteil von 12 % aufweisen wie carbonfaserverstärkte Kunststoffe (CFK). Als Wachstumstreiber in 2021 identifiziert die Studie glasfaserverstärkte Kunststoffe (GFK), welche jedoch in zahlreichen Anwendungen durch NFK erfolgreich substituiert werden können, wenn die hierfür notwendigen qualitativ hochwertigen Naturfasern wie etwa Flachs- oder Hanffasern zu konkurrenzfähigen Preisen zur Verfügung stehen. Darüber hinaus lässt das gestiegene Kunden- und Produzentenbewusstsein für Umwelt und Nachhaltigkeit einen weiteren Anstieg der Anteile von NFK branchenübergreifend prognostizieren.

Und die Haltbarkeit und Wiederverwertung der mobilen Energiespeicher, mit denen die Pedelecs bestückt sind?

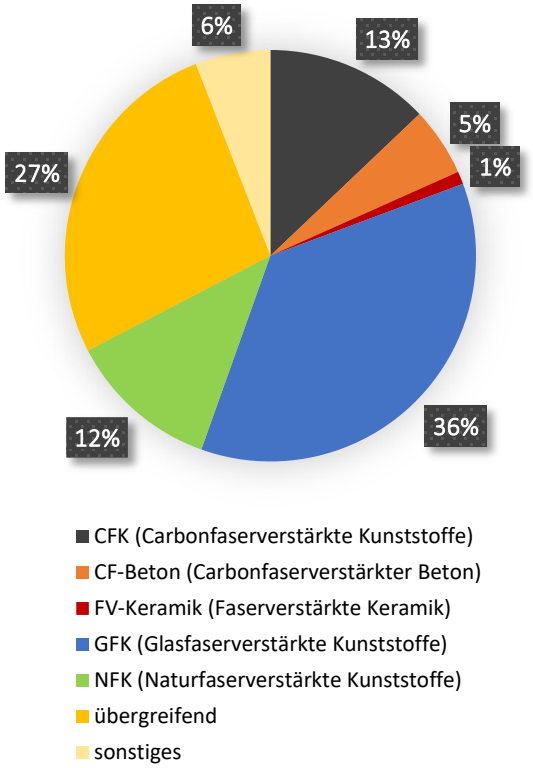


Abbildung 7: Material als Wachstumstreiber im globalen Composites-Markt (zusammengeführte Darstellung der beiden Halbjahresergebnisse nach Composites Germany (2021))

Im Unterschied zu E-Autos können die hier beschriebenen KEP-Fahrzeuge dank einer geringeren erforderlichen Stromstärke vorteilhafterweise über einfach erreichbare Haushaltssteckdosen schnell geladen werden. Wichtig ist die Erkenntnis, dass moderne Stromspeicher für mobile Anwendungen bis zu 2500 Ladezyklen ohne massive Leistungsverluste aushalten können, was bei einem täglichen Vollladen einer Lebensdauer von ca. 7 Jahren entspricht. Der Automobilhersteller Toyota Lexus gibt schon heute sogar eine Garantie über 10-Jahre oder 1-Mio-km auf die verbaute Autobatterie. Dies belegt, dass die verwendeten Speicher länger halten als anfänglich vermutet und ist auch eine direkte Folge von intensiver Entwicklungsarbeit an Überwachung und Management des Batteriespeichers. Die Frage, inwiefern diese fortschrittlichen Energiespeicher-Technologien auf deutlich kleinere fahrrad- bzw. lastradgerechte Akkus wirtschaftlich zu übertragen sind, wird in der Industrie noch geprüft.

Nach der Nutzungsphase können aus den ausgedienten Zellen der Akkus wichtige Rohstoffe zurückgewonnen werden. Dafür sind mittlerweile hydro- bzw. pyrometallurgische Methoden etabliert. Grundsätzlich ist das Recycling von Alt-Akkus großtechnisch umsetzbar, aber nicht in jedem Fall wirtschaftlich, was nach Meinung der Experten in einem sinkenden Kobaltgehalt begründet ist. Derzeit sind in Deutschland Recyclingbetriebe für lithiumhaltige Batterien mit einer Gesamtkapazität von mindestens 20.000 Jahrestonnen vorhanden. Ein weiterer Ausbau dieser Kapazitäten ist eine Aufgabe, die eine gesamtstrategische Lösung zur Wiederverwendung und Wiederverwertung von modernen mobilen Energiespeichern erfordert. Wesentliche Aspekte im Umgang mit den Nachhaltigkeitsfragen der Elektromobilität und des Batterierecyclings sind in der Dokumentation der Wissenschaftlichen Dienste des Deutschen Bundestages zusammengefasst (s. Deutscher Bundestag (2021)).

6. Fazit

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass der schnelle Anstieg der Verkaufszahlen bei Pedelecs und Cargo-Pedelecs zu einer Umstellung im Straßenverkehr vor allem in deutschen Städten mit mehr als 50.000 Einwohnern führen wird und vor allem größere mehrspurige Cargo-Pedelecs in der stark wachsenden KEP-Branche verstärkt eingesetzt werden. Die Pedelecs lassen sich zwar als umweltfreundliche Mobilitätsalternative in urbaner Umgebung einstufen, sollen jedoch hinsichtlich der Bauweise und der verwendeten Materialien genauer analysiert und kritisch bewertet werden. Denn schon heute sind hilfreiche Methoden der Ökobilanzierung und umweltfreundliche Materialkonzepte vorhanden, welche die noch nicht ausgeschöpften Umweltvorteile zugänglich machen können.

Die hier vorgestellten Ergebnisse entstammen der Studie “Sustainable Materials for Micro Mobility and Transport”, die im Rahmen des RUBIN-Projektes SuMaTra (Aktenzeichen: 03RU2K13C) vom BMBF gefördert wurde, sowie weiteren eigenen Arbeiten. Die Autoren danken dem Fördermittelgeber für die gewährte finanzielle Unterstützung.

Literatur

BIEK (2022): Impulsgeber mit Innovationskraft, KEP-Studie 2022 – Analyse des Marktes in Deutschland. Bundesverband Paket und Expresslogistik e. V. (BIEK), KE-CONSULT Kurte&Esser GbR, Berlin, Köln 2022.

Deutscher Bundestag (2021): Dokument. WD 8 - 3000 - 100/21: Einzelfragen zum Recycling von Elektrofahrzeugen, Dez 2021.

DZ BANK (2021): Branchenanalysen – Deutscher Mittelstand schätzt Nachhaltigkeit. DZ Bank AG, Research-Publikation, 19.8.2021.

A.-A. Ouali et al. (2017): Natural unidirectional sheet processes for fibre reinforced bioplastics. AIP Conference Proceedings 2017, 1914 (1): 60005. ISBN: 978-0-7354-1606-2, DOI: 10.1063/1.5016725.

I. Pfisterer et al. (2021): Investigation of material degradation during multiple recycling loops of a glass

fiber reinforced polypropylene compound to evaluate life cycle analysis based on mechanical properties. Technologies for Lightweight Structures 5(1) (2021), pp. 61-68.

H.-J. Endres et al. (2014): Bio im Kunststoff – Naturfaserverstärkte Kunststoffe und mineralhaltige Verbundwerkstoffe im Vergleich. Plastverarbeiter 09/2014, S. 88-91

Composites Germany (2022): Pressemitteilung Nr. 1/2022, 18. Composites-Markterhebung, Feb 2022.

ZIV (2022): Marktdaten Fahrräder und E-Bikes 2021. Zweirad-Industrie-Verband (ZIV), Pressekonferenz am 16.03.2022 in Berlin.

AutorInnenangaben

Dr.-Ing. Roman Rinberg
Institut für Strukturleichtbau
Technische Universität Chemnitz, Reichenhainer Str. 31/33, 09126 Chemnitz
E-Mail: roman.rinberg@mb.tu-chemnitz.de

Marcus Hartenstein
Institut für Strukturleichtbau
Technische Universität Chemnitz, Reichenhainer Str. 31/33, 09126 Chemnitz
E-Mail: marcus.hartenstein@mb.tu-chemnitz.de

Prof. Dr.-Ing. habil. Lothar Kroll
Institut für Strukturleichtbau
Technische Universität Chemnitz, Reichenhainer Str. 31/33, 09126 Chemnitz
E-Mail: lothar.kroll@mb.tu-chemnitz.de

Ilka Pfisterer
Mercedes-Benz AG, RD/KIC Vorentwicklung Cockpit und Türverkleidung, 71059 Sindelfingen
E-Mail: ilka.pfisterer@mercedes-benz.com