

University of Groningen

Pedelec users get more severely injured compared to conventional cyclists

Lefarth, T. L.; Poos, H. P. A. M.; Juhra, C.; Wendt, K. W.; Pieske, O.

Published in:
Unfallchirurg

DOI:
[10.1007/s00113-021-00976-x](https://doi.org/10.1007/s00113-021-00976-x)

IMPORTANT NOTE: You are advised to consult the publisher's version (publisher's PDF) if you wish to cite from it. Please check the document version below.

Document Version
Publisher's PDF, also known as Version of record

Publication date:
2021

[Link to publication in University of Groningen/UMCG research database](#)

Citation for published version (APA):

Lefarth, T. L., Poos, H. P. A. M., Juhra, C., Wendt, K. W., & Pieske, O. (2021). Pedelec users get more severely injured compared to conventional cyclists. *Unfallchirurg*, 124(12), 1000-1006.
<https://doi.org/10.1007/s00113-021-00976-x>

Copyright

Other than for strictly personal use, it is not permitted to download or to forward/distribute the text or part of it without the consent of the author(s) and/or copyright holder(s), unless the work is under an open content license (like Creative Commons).

The publication may also be distributed here under the terms of Article 25fa of the Dutch Copyright Act, indicated by the "Taverne" license. More information can be found on the University of Groningen website: <https://www.rug.nl/library/open-access/self-archiving-pure/taverne-amendment>.

Take-down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

Downloaded from the University of Groningen/UMCG research database (Pure): <http://www.rug.nl/research/portal>. For technical reasons the number of authors shown on this cover page is limited to 10 maximum.

Unfallchirurg

<https://doi.org/10.1007/s00113-021-00976-x>

Angenommen: 2. Februar 2021

© Springer Medizin Verlag GmbH, ein Teil von Springer Nature 2021

Redaktion

W. Mutschler, München

H. Polzer, München

B. Ockert, München

T. L. Lefarth¹ · H. P. A. M. Poos² · C. Juhra³ · K. W. Wendt⁴ · O. Pieske¹¹ Unfallchirurgie, Orthopädie und Sporttraumatologie, Evangelisches Krankenhaus Oldenburg, Oldenburg, Deutschland² Medisch Centrum Leeuwarden, Heelkunde Friesland Groep, Leeuwarden, Niederlande³ Stabsstelle Telemedizin, Universitätsklinik Münster, Münster, Deutschland⁴ Chirurgie, Universitair Medisch Centrum Groningen, Groningen, Niederlande

Pedelec-Fahrer werden bei Unfällen schwerer verletzt als konventionelle Radfahrer

Seit einigen Jahren erfreuen sich elektrisch unterstützte Fahrräder, fachsprachlich Pedelecs, im Volksmund auch „E-Bikes“ genannt, zunehmender Beliebtheit. Im Jahr 2019 verzeichnete der Zweiradindustrieverband einen Pedelec-Anteil am Gesamtfahrradmarkt von 31,5%. Gleichzeitig nimmt die Anzahl von Pedelec-Unfällen exponentiell zu. 9031 Pedelec-Unfälle wurden 2019 polizeilich erfasst. Die Verletzungsfolgen sind mitunter gravierend. Aufgrund eines Pedelec-Unfalls starben 118 Menschen, 30% mehr als 2018. Das Statistische Bundesamt kam bereits 2018 zu dem Schluss, dass Pedelec-Fahrer ein 3-mal höheres Risiko für tödliche Unfallfolgen aufweisen als konventionelle Radfahrer. Als Ursache wird ein höheres Durchschnittsalter der Pedelec-Nutzer vermutet. Ob Unfälle mit Pedelecs unabhängig vom Alter der Nutzer tatsächlich zu schwereren Verletzungen führen, war jedoch bisher nicht bekannt. Daten aus den Niederlanden legen den Schluss nahe, dass Nutzer von Pedelecs bei Unfällen schwerer verletzt werden als konventionelle Radfahrer. Erstmals liegen nun wissenschaftliche Daten für die Bundesrepublik Deutschland vor.

Einleitung

Seit einigen Jahren sind elektrisch motorisierte Fahrräder, im Volksmund „E-Bikes“, in Deutschland sehr gefragt. Offiziell tragen sie die Bezeichnung „pedal electric cycle“, mit dem Akronym „Pedelec“, was rechtlich ein Fahrrad mit elektrischer Tretunterstützung von einem elektrischen Roller abgrenzt [5]. Diese Zweiräder bieten viele Vorteile gegenüber konventionellen Fahrrädern. Durch den batteriebetriebenen Motor können mit Leichtigkeit Geschwindigkeiten von maximal 25 km/h (Pedelec) oder gar 45 km/h (Speed-Pedelec) erreicht werden. Gängige Modelle haben Reichweiten bis zu 100 km. Hierdurch können mühelos Berge, große Abstände oder Gegenwind überwunden werden. Gleichzeitig sind Pedelecs den konventionellen Fahrrädern im Straßenverkehr gleichgestellt [5]. Gerade für ältere Fahrradfahrer bieten Pedelecs daher die Möglichkeit, trotz körperlicher Einschränkungen weiter Fahrrad zu fahren. Für Pendler sind Pedelecs interessant, da diese – genau wie konventionelle Räder – Staus und Parkschwierigkeiten umgehen und dennoch eine zeitsparende und komfortable Zielerreichung ermöglichen. Fahrrad-Leasing-Konzepte und steuerliche Regelungen tragen zusätzlich zur Verbreitung bei. Pedelecs sind daher für viele Fahrradfahrer attraktiv, und die Verkaufszahlen steigen stetig. Im Jahr 2019 wurden 1,36 Mio. Pedelecs verkauft; der Marktanteil lag bei 31,5%.

Langfristig wird ein Marktanteil von 50% erwartet [28].

Die zunehmende Elektrifizierung des Fahrradmarktes birgt große Risiken. Die Zahl der polizeilich registrierten Pedelec-Unfälle stieg exponentiell von 2245 im Jahr 2014 auf 9031 im Jahr 2019 [22, 23]. In Fachkreisen wird zusätzlich eine hohe Dunkelziffer bei der polizeilichen Erfassung vermutet. Die Folgen dieser Unfälle können gravierend sein. Im Jahr 2019 verloren 118 Pedelec-Fahrer als Folge von Unfällen ihr Leben. Im Vergleich zu 2018 und 2017 liegt jeweils eine jährliche Zunahme in der Sterblichkeit von mehr als 30% vor [21–23]. Im Angesicht dieser Zahlen wird die Sicherheit einer Pedelec-Nutzung im Vergleich zu konventionellem Radfahren hitzig diskutiert.

Bei Unfällen mit Fahrzeugen ist das Verletzungspotenzial grundsätzlich von 2 Faktoren abhängig: 1. der Masse und 2. der Geschwindigkeitsabnahme. Grundsätzlich gilt: Je größer die Masse und je schneller die Abbremsung, desto größer die resultierende Kraft [13]. Wird die einwirkende Kraft zu groß, kann es zu Personenschäden kommen. Dies wird fachsprachlich durch den Terminus Dezelerationstrauma (umgangssprachlich Abbremsunfall) beschrieben. Auch für Fahrradunfälle gilt folglich: Bei höheren Reisegeschwindigkeiten und größerer Masse sind bei plötzlichem Stillstand aufgrund eines Unfalls schwerere Folgen zu erwarten.

Pedelecs werden im Vergleich zu konventionellen Fahrrädern mit höherer

Geschwindigkeit betrieben [8]. Studien zeigen, dass die Geschwindigkeit von Pedelecs im Vergleich zu klassischen Fahrrädern durch andere Verkehrsteilnehmer unterschätzt wird, da u. a. die Mühelosigkeit der Tretbewegung täuscht [19]. Gleichzeitig besitzen Pedelecs dank der verbauten Motoren und Batterien ein deutlich höheres Gewicht, dass das eines konventionellen Rades um 7–10 kg übersteigt und somit im Schnitt 30 % schwerer ist [26]. Die Installation der Batterie unter dem Gepäckträger sorgt zusätzlich für eine ungünstige Veränderung des Schwerpunkts, was die Kurvenlage sowie das Auf- und Absteigen erschwert und somit das allgemeine Handling negativ beeinflusst. Als Folge kommt es bei Pedelecs in 30 % der Fälle zu Unfällen ohne Beteiligung eines anderen Verkehrsteilnehmers, was im Vergleich zu konventionellen Fahrrädern (19 %) deutlich häufiger auftritt [21].

Das Alter von Radfahrern spielt bei der Risikoanalyse und den Unfallfolgen eine wichtige Rolle. Mit zunehmendem Alter nehmen die sensomotorischen Fähigkeiten ab, was sich negativ auf die Koordinationsfähigkeit und das Reaktionsvermögen auswirkt, wodurch sowohl der Umgang mit höheren Geschwindigkeiten als auch das Halten des Gleichgewichts bei niedriger Rapidität erheblich erschwert werden können [25]. Zudem nimmt die Kraft von Menschen mit dem Alter ab, was Unfälle ebenfalls begünstigen kann [4, 27]. Auch Lifestyle-Faktoren können die körperliche Konstitution negativ beeinflussen, so sind mehr als 75 % der über 64-jährigen übergewichtig [12]. Komorbiditäten insgesamt bilden einen erheblichen Risikofaktor, da auch diese mit steigendem Lebensalter stark zunehmen [18]. Hierdurch ist eine Medikamenteneinnahme in höheren Altersklassen weit verbreitet, und insbesondere Antikoagulanzen können bei einem Kopfanprall für schwerwiegende intrakranielle Blutungen sorgen [10].

Die beschriebenen Risikofaktoren treffen stark auf Pedelec-Fahrer zu: 64 % der Pedelec-Nutzer sind älter als 75 Jahre; konventionelle Fahrradfahrer sind dies nur in 34 % der Fälle [21]. Zusätzlich ist anzunehmen, dass gerade körperlich geschwächte Personen auf ein elektrisch

unterstütztes Fahrrad zurückgreifen. Ältere Radfahrer ab 65 Jahren haben im Vergleich zu anderen Altersgruppen eine besonders niedrige Unfallbeteiligung von etwa 15 %. Kommt es zu einem Unfall, haben sie jedoch ein höheres Risiko für schwerere Verletzungen und eine stark zugenommene Mortalität. Über 50 % der getöteten Fahrradfahrer gehören zu dieser Altersklasse [6, 17, 24]. Durch eine Zunahme der Verkehrsbeteiligung der älteren Generation durch Pedelecs könnte sich die Unfallbeteiligung erhöhen. Aus den jährlichen Daten des Statistischen Bundesamtes im Zeitraum von 2010 bis 2019 geht hervor, dass bei über 65-jährigen Radfahrern eine Zunahme der Unfallinzidenz mit über 45 % und bei über 75-jährigen sogar von über 100 % zu verzeichnen ist [22]. Durch eine höhere Geschwindigkeit, größere Masse und eingeschränkte Konstitution bei fortgeschrittenem Alter bilden Pedelec-Fahrer theoretisch eine Hochrisikogruppe im Straßenverkehr.

Detaillierte Studien bezüglich der Unfallfolgen von Pedelec-Unfällen wurden in der Bundesrepublik bislang nicht durchgeführt. Vergleichende Studien zwischen den Unfallfolgen bei Pedelec-Nutzern und konventionellen Fahrradfahrern liegen nur in den Niederlanden und der Schweiz vor [2, 11, 14, 15].

Um die Frage der Verletzungsschwere nach Pedelec-Unfällen im Vergleich jener nach konventionellen Fahrradunfällen zu untersuchen, führten wir eine Studie zu diesem Thema im Evangelischen Krankenhaus Oldenburg durch. Oldenburg ist eine niedersächsische Stadt mit etwa 170.000 Einwohnern. Das Evangelische Krankenhaus Oldenburg ist ein überregionales Traumazentrum im Traumanetzwerk Oldenburg-Ostfriesland und gehört zum Campus der European Medical School Oldenburg.

Seit 2016 wurden alle Pedelec-Nutzer und Fahrradfahrer, die in der Notfallambulanz sowie der Klinik für Unfallchirurgie, Orthopädie und Sporttraumatologie des Evangelischen Krankenhauses Oldenburg behandelt wurden, in einer Datenbank erfasst. Das Ziel der Studie war, die Verletzungsfolgen, Verletzungsmuster und die Mortalität von Pedelec-

Nutzern mit denen von konventionellen Fahrradfahrern zu vergleichen.

Methoden

Patientenkollektiv

Dieser Artikel beschreibt den Teildatensatz der Region Oldenburg der im Rahmen der internationalen multizentrischen Studie ReGOM by bike (Regionen Groningen, Oldenburg und Münster) erhobenen Datenbank. Die Datenerfassung ist abgeschlossen; eine Veröffentlichung der Gesamtergebnisse steht aus. Die Erstveröffentlichung der Oldenburger Daten erfolgt mit Einverständnis aller Partner.

In der Periode vom März 2017 bis März 2019 wurden alle Fahrrad- und Pedelec-Fahrer ab einem Alter von 18 Jahren, die in der Notfallambulanz sowie der Klinik für Unfallchirurgie, Orthopädie und Sporttraumatologie des Evangelischen Krankenhauses Oldenburg behandelt wurden, nach erfolgtem Informed Consent, prospektiv inkludiert. Hierbei wurden konventionelle Fahrradfahrer mit Pedelec-Fahrern (<25 km/h) verglichen. Mountainbikes, Rennräder, Speed-Pedelecs (<45 km/h) oder sonstige Fahrradtypen wurden ausgeschlossen. Analysiert wurden: patientenspezifische Faktoren wie Alter und Geschlecht, Unfallmechanismus (einseitig vs. zweiseitig), Verletzungsmuster, Verletzungsschwere, Dauer der stationären Behandlung, Anzahl der Operationen, intensivmedizinische Behandlung, Mortalität innerhalb von 30 Tagen. Komorbiditäten wurden definiert als: kardial, pulmonal, neurologisch, muskuloskeletal, endokrin. Die Verletzungsmuster wurden nach „Abbreviated Injury Scale“ (AIS, Version AIS 2005, update 2008) bestimmt [9]. Ein AIS von 3 oder größer bezeichnet eine schwere traumatische Verletzung der jeweiligen Körperregion mit potenziell lebensbedrohlichen Folgen. Um die kumulative Verletzungsschwere zu bestimmen, wurde der „Injury Severity Score“ (ISS) berechnet [1]. Dieser summiert die Quadrate der jeweils schwersten Verletzung in maximal 3 verschiedenen Körperregionen. Mehrfache schwere Verletzungen (Polytrauma) wurden als

Unfallchirurg <https://doi.org/10.1007/s00113-021-00976-x>
© Springer Medizin Verlag GmbH, ein Teil von Springer Nature 2021

T. L. Lefarth · H. P. A. M. Poos · C. Juhra · K. W. Wendt · O. Pieske

Pedelec-Fahrer werden bei Unfällen schwerer verletzt als konventionelle Radfahrer

Zusammenfassung

Hintergrund. Seit Jahren nimmt die Nutzung von elektrisch unterstützten Fahrrädern (Pedelecs, im Volksmund „E-Bikes“) in Deutschland zu. Hierdurch steigt auch die Anzahl (schwer) verletzter und verstorbener Pedelec-Fahrer. Im klinischen Alltag entsteht der Verdacht, dass Pedelec-Fahrer bei Unfällen häufiger schwerer verletzt werden als konventionelle Fahrradfahrer.

Fragestellung. Analyse der Morbidität und Mortalität durch Unfälle von Pedelec-Fahrern im Vergleich zu konventionellen Fahrradfahrern in einem überregionalen Traumazentrum im Traumanetzwerk Oldenburg-Ostfriesland.

Material und Methoden. Prospektive Kohortenstudie mit Erhebung von Daten von 59 Pedelec-Fahrern und 164 konventionellen Fahrradfahrern nach Unfällen mit Vorstellung in der Notaufnahme und Klinik für Unfallchi-

urgie, Orthopädie und Sporttraumatologie des Evangelischen Krankenhauses Oldenburg in der Periode vom 01.03.2017 bis zum 01.03.2019.

Ergebnisse. Das Durchschnittsalter von Pedelec-Fahrern und konventionellen Fahrradfahrern unterschied sich signifikant mit 62 bzw. 48 Jahren. Pedelec-Fahrer sind häufiger vorerkrankt als konventionelle Radfahrer und werden bei Unfällen signifikant schwerer verletzt. Hierbei liegt der durchschnittliche ISS bei 5,2 im Vergleich zu 3,4. Die Sterberate von Pedelec-Fahrern unterscheidet sich nicht von der konventioneller Radfahrer.

Schlussfolgerung. Pedelec-Fahrer bilden im Vergleich zum durchschnittlichen Fahrradfahrer eine besondere Risikogruppe. Sie werden bei Unfällen signifikant schwerer verletzt als konventionelle Fahrradfahrer.

Aufgrund der demografischen Entwicklung mit steigendem Durchschnittsalter und Multimorbidität von Verkehrsteilnehmern sowie der stetig wachsenden Verkaufszahlen von Pedelecs ist mit einer Zunahme schwerer Pedelec-Unfälle zu rechnen. Auf Pedelec-Nutzer gerichtete Maßnahmen zu Unfall- und Verletzungsprävention (wie z. B. Helm tragen, Pedelec-Kurse o. Ä.) sollten gefördert werden. In der Notfallmedizin sollten Pedelec-Nutzer besondere Aufmerksamkeit und aggressive Diagnostik erfahren. Niedrigschwellig sollte ein interdisziplinäres Initialassessment der Patienten erfolgen (Schockraummanagement).

Schlüsselwörter

E-Bike · Verkehrsunfall · Sicherheit · Deutschland · Fraktur

Pedelec users get more severely injured compared to conventional cyclists

Abstract

Background. For years e-bike (Pedelec) sales have been steadily increasing. Therefore, the incidence of e-bike-related injuries and deaths has been growing. Due to clinical experience, emergency personnel are suspecting that e-bikers might be injured more severely compared to conventional bicyclists suffering from an accident. This topic has not yet been analyzed for Germany.

Objective. Analysis of injury severity and mortality following e-bike and conventional bicycle accidents in a level I trauma center in Germany.

Material and methods. Data of patients treated after a bicycle accident at the accident and emergency department as well as the clinic for traumatology and orthopedics of the Evangelical Hospital (Evangelisches

Krankenhaus) Oldenburg were gathered from 1 March 2017 to 1 March 2019.

Results. In this study 59 electric bicycle users (e-bikers) and 164 conventional cyclists were included. The average age of e-bikers was 62 years compared to 48 years in the group of conventional cyclists. Comorbidities were significantly more frequent in the e-bike group compared to classical cyclists. The e-bikers were found to be significantly more severely injured than conventional bicyclists, the mean injury severity scores (ISS) were 5.2 and 3.4, respectively. E-bikers were admitted to the hospital more often and for longer periods than the control group. There was no significant difference in mortality.

Conclusion. E-bikers are more severely injured in accidents compared to conventional

cyclists. Due to older age and comorbidity they form a sensitive trauma subgroup. Based on demographics, an increase of old age, more frail cyclists and a growing incidence of serious e-bike accidents is to be expected. Preventive measures, such as helmet usage and riding lessons should be introduced, especially in e-bikers. E-bikers in the emergency department should be examined and treated with special care and aggressive diagnostics. A low threshold for an initial interdisciplinary assessment (shock room management) is advised.

Keywords

E-Bike · Bicycle · Trafficaccident · Safety · Germany

ISS > 15 definiert [3]. Die Datenerfassung erfolgte prospektiv. Das oben genannte Vorgehen wurde durch die zuständige Ethikkommission der Universität Oldenburg geprüft und freigegeben.

Statistische Analyse

Alle statistischen Analysen wurden mittels IBM SPSS Statistics für Windows (IBM Corp. Released 2016. IBM SPSS

Statistics for Windows, Version 24.0. Armonk, NY: IBM Corp.) durchgeführt. Mögliche Unterschiede zwischen nominalen bzw. skalierten Variablen wurden mittels Chi-Quadrat- bzw. T-Tests untersucht. Zusammenhänge zwischen Verletzungsschwere (ISS) und anderen Variablen wurden mittels Chi-Quadrat-Tests und uni- bzw. multivariater Regressionsanalyse untersucht.

Für die deskriptive Statistik wurden Mittelwerte, Verteilungen und Standardabweichungen errechnet. Mögliche Unterschiede wurden mittels multivariater logistischer Regressionsanalyse untersucht. Die Verletzungsschwere pro Körperregion wurde mittels unabhängiger T-Tests verglichen, wobei ein p -Wert < 0,05 als statistisch signifikant gewertet wurde.

Tab. 1 Patientencharakteristika, Verletzungsschwere, Aufnahmedaten und Mortalität nach Pedelec-Unfällen im Vergleich zu konventionellen Fahrradunfällen

	Pedelec (n = 59)	Klassisches Fahrrad (n = 164)	p-Wert
Alter in Jahren; Mittel (SD)	62 (±13,7)	48 (±20,2)	<0,001
Männlich; n (%)	26 (44,1)	55 (33,5)	0,1
Helm getragen; n (%)	18 (30,5)	16 (9,8)	<0,001
Einseitig; n (%)	36 (61)	97 (63)	0,875
ISS; Durchschnitt (min/max)	5,2 (1–54)	3,4 (1–26)	0,016
Polytrauma; n (%) ^a	4 (6,8)	3 (1,8)	0,083
Stat. Aufnahme; n (%)	31 (52,5)	57 (34,8)	0,013
Aufnahme Tage; Mittel (SD)	5 (±6,3)	3 (±5,8)	<0,001
ICU, Aufnahme; n (%)	4 (7)	2 (1)	0,044
ICU, Tage; Mittel (SD)	1,25 (±0,5)	2,5 (±0,7)	0,061
Operation; n (%)	26 (44)	48 (29)	0,038
Komorbidität; n (%) ^b	36 (61,0)	58 (35,4)	0,01
OAK; n (%) ^c	18 (30,5)	11 (7)	<0,001
Mortalität; n (%)	2 (3)	0 (0)	0,068

Statistisch signifikante Unterschiede ($p < 0,05$) werden fett gedruckt wiedergegeben

ICU Intensive care unit = Intensivstation, ISS Injury Severity Score

^aPolytrauma = ISS > 15

^bKomorbiditäten: kardiale, muskuloskeletale, neurologische, pulmonale, psychologische, renale/endokrine, Hypertonus, Diabetes mellitus

^cVit-K-abhängige und -unabhängige Antikoagulanzen, Thrombozytenaggregationshemmer

Ergebnisse

Deskriptive Statistik

Insgesamt wurden 223 Fahrradfahrer in die Studie inkludiert. Die Ergebnisse werden in **Tab. 1** wiedergegeben. 59 Teilnehmer waren Pedelec-Fahrer (26,5%). Das durchschnittliche Alter der konventionellen Fahrradfahrer lag bei 48 Jahren. Das Alter der Pedelec-Nutzer war im Vergleich mit 62,5 Jahren signifikant höher ($p < 0,01$). Die Gruppe der konventionellen Radfahrer bestand mit 109 Teilnehmerinnen zum Großteil aus Frauen (66,5%). 33 Pedelec-Nutzer waren weiblich (55,9%). Dieser Unterschied war nicht signifikant ($p = 0,1$). Pedelec-Fahrer trugen 3-mal häufiger einen Helm (Pedelec 30,5%; Fahrrad 9,8%; $p < 0,01$). Dies wirkte sich nicht signifikant auf die Verletzungsschwere aus. Die Mehrheit der Unfälle in beiden Gruppen ereignete sich einseitig (Pedelec 61%; Fahrrad 63%; $p = 0,875$). Pedelec-Nutzer litten signifikant öfter an wesentlichen Vorerkrankungen (Pedelec 61%; Fahrrad 36%; $p = 0,01$). Pedelec-Fahrer nahmen mehr als 3-mal häufiger

gerale Antikoagulanzen ein (Pedelec 31%; Fahrrad 7%; $p < 0,01$).

Stationäre Aufnahme

Nach einem Fahrradunfall mussten Pedelec-Fahrer signifikant häufiger stationär behandelt werden (Pedelec 53%; Fahrrad 34%; $p = 0,013$). Eine intensivmedizinische Betreuung war bei Pedelec-Nutzern signifikant öfter nötig (Pedelec 7%; Fahrradfahrer 1%; $p = 0,044$).

Verletzungsschwere

Der durchschnittliche ISS konventioneller Fahrradfahrer betrug 3,4 (SD 3,7) Punkte. Der Mittelwert der Verletzungsschwere von Pedelec-Nutzern war mit 5,2 (SD 7,6) Punkten signifikant höher ($p = 0,016$). 4 Pedelec-Fahrer (6,8%) und 3 konventionelle Radfahrer (1,8%) erlitten ein Polytrauma, wobei dieser Unterschied statistisch nicht signifikant war ($p = 0,083$). Bei der Korrektur für mögliche Confounder zeigte die multivariate Regressionsanalyse einen signifikanten Zusammenhang zwischen der Verletzungsschwere (ISS) und dem Alter sowie den Vorerkrankungen der Zweiradfahrer,

jedoch nicht für den Fahrradtyp oder andere Einflussgrößen. Eine operative Behandlung war in der Gruppe der Pedelec-Fahrer signifikant häufiger nötig (Pedelec 44%; Fahrradfahrer 29%; $p = 0,038$) (**Tab. 1**).

Verletzungsmuster

Für Pedelec-Nutzer zeigte sich ein signifikant höherer Schweregrad der Verletzungen der oberen Extremität mit einem durchschnittlichen AIS von 1,8 (SD 0,8; $p = 0,006$). Pedelec-Fahrer erlitten fast doppelt so oft eine Fraktur der oberen Extremität wie konventionelle Radfahrer (Pedelec: 36%; Fahrradfahrer 19,5%; $p = 0,013$). Pedelec-Fahrer mussten im Vergleich signifikant öfter operativ versorgt werden (Pedelec: 44%; Fahrrad: 29%; $p = 0,038$). Darüber hinaus bestand hinsichtlich anderer Körperregionen – insbesondere Kopfverletzungen – ein tendenziell höherer AIS bei Pedelec-Fahrern im Vergleich zu konventionellen Radfahrern. Diese Unterschiede waren jedoch statistisch nicht signifikant. Die Gesamtzahlen der jeweiligen Verletzungen waren in den Regionen des Halses, Abdomens und Beckens niedrig und lassen keine validen Schlüsse zu (**Tab. 2**).

Mortalität

Aufgrund der Unfallfolgen verstarben 2 Pedelec-Fahrer. In der Gruppe der konventionellen Radfahrer waren keine Todesfälle zu verzeichnen. Dieser Unterschied war jedoch statistisch nicht signifikant ($p = 0,068$).

Diskussion

Die Daten unserer Studie zeigen für Pedelec-Nutzer ein signifikant höheres Risiko für schwere Verletzungen nach Fahrradunfällen, mit einem durchschnittlichen ISS von 5,2 Punkten im Vergleich zu 3,4 Punkten bei Fahrradfahrern. Eine frühere deutsche Studie belegte ebenfalls einen mittleren ISS von 3,5 bei konventionellen Radfahrern [7]. Die Ergebnisse der Studie decken sich mit Daten einer Präkursorstudie durch einen Teil des Autorenteam aus den Nieder-

Tab. 2 Durchschnitt des maximalen Wertes des Abbreviated Injury Score (MAIS) nach Regionen und Fahrradtyp

Durchschnitt MAIS	Pedelec (n = 59)	Klassisches Fahrrad (n = 164)	p-Wert
Kopf (SD)	2 (±1,3)	1,5 (±0,8)	0,2
Gesicht (SD)	1	1	–
Hals	–	–	–
Thorax (SD)	2 (±1,7)	1,6 (±1,2)	0,54
Abdomen (SD)	–	2 (–)	–
Wirbelsäule (SD)	1,33 (±0,6)	1,2 (±0,4)	0,595
Obere Extremität (SD)	1,82 (±0,8)	1,45 (±0,6)	0,006
Anteil, Frakturen, o. Extremität; n (%)	21 (35,6)	36 (19,5)	0,013
Untere Extremität (SD)	1,5 (±0,7)	1,38 (±0,7)	0,41
Anteil, Frakturen, u. Extremität; n (%)	11 (18,6)	26 (15,9)	0,62
Haut	–	–	–
Becken (SD)	2 (–)	2 (–)	–

Statistisch signifikante Unterschiede ($p < 0,05$) werden fett gedruckt wiedergegeben

landen aus 2017, wobei bei Pedelec-Unfällen schwerere Verletzungen auftraten als bei konventionellen Fahrradunfällen; der mediane ISS betrug 6 Punkte. Pedelec-Nutzer in den Niederlanden mussten in 50 % der Fälle im Krankenhaus aufgenommen werden. Für konventionelle Radfahrer war dies dort nur in 26 % der Fälle nötig [15].

Die Daten unserer Studie gleichen diesen Ergebnissen mit einer Hospitalisierungsrate von 53 % der Pedelec-Nutzer. Eine Behandlung im Krankenhaus war bei konventionellen Radfahrern in rund 35 % der Fälle nötig.

Aus einer frühen Studie aus der Schweiz im Jahr 2014 ging sogar ein mittlerer ISS von 8,48 hervor. Die Hospitalisierungsrate lag bei über 60 % [14]. Leider fehlte hier eine Kontrollgruppe mit konventionellen Radfahrern. Eine weitere Studie aus der Schweiz zeigte, wenn auch mit deutlich geringerer Hospitalisierungsrate, einen vergleichbaren Unterschied von 24 % (Pedelec) zu 11 % (konventionelles Fahrrad) auf. Darüber hinaus belegte die Untersuchung, dass die Folgekosten von Pedelec-Unfällen mit ca. 1300 € die von konventionellen Fahrrad-Unfällen um das fast 3-Fache übersteigen [2].

Wir stellten eine signifikant längere Dauer der stationären Behandlung für Pedelec-Fahrer fest, die analog hierzu ebenfalls in den Niederlanden auftrat [15]. Unsere Studie zeigt somit übereinstimmend mit der vorliegenden Litera-

tur, dass Pedelec-Nutzer nach Unfällen im Schnitt 2 Tage länger stationär aufgenommen wurden als konventionelle Fahrradfahrer. Auch hier spiegeln sich somit bereits erhöhte Behandlungskosten von verletzten Pedelec-Nutzern wider.

Eine niederländische Studie von de Guerre et al. aus dem Jahre 2020 belegte für Pedelec-Fahrer ein größeres Risiko für ein Polytrauma sowie eine doppelt so hohe Mortalität im Vergleich zu konventionellen Fahrradfahrern [11]. Die Verletzungsschwere der Pedelec-Nutzer wurde leider nicht separat erfasst. Die Inklusion erfolgte erst mit einer stationären Aufnahme, was eine Präselektion schwerer verletzter Patienten bedingt. Das Statistische Bundesamt kam in der Auswertung der Unfallstatistik des Jahres 2017 zu dem Schluss, dass das Risiko für tödliche Unfälle für Pedelec-Nutzer 3-mal größer ist als für nichtmotorisierte Fahrradfahrer [21]. Obwohl die Mortalität in unserer Untersuchung bei Pedelec-Fahrern im Vergleich zu konventionellen Radfahrern größer war, blieb dieser Unterschied nicht signifikant. Möglicherweise ist hierfür eine größere Studienpopulation nötig.

Im Einklang mit der verfügbaren Literatur zeigt unsere Studie, dass Pedelec-Fahrer bei Unfällen insgesamt signifikant schwerer verletzt werden. Pedelec-Nutzer erleiden signifikant häufiger Verletzungen der oberen Extremität als konventionelle Radfahrer und werden

dort auch schwerer verletzt. Insgesamt müssen Pedelec-Nutzer als Folge der Verletzungen durch einen Unfall öfter operativ behandelt werden. Die möglichen Ursachen für die erhöhte Verletzungsschwere von Pedelec-Fahrern sind, wie beschrieben, vielfältig. Unsere Ergebnisse zeigen, dass die Verletzungsschwere erwartungsgemäß maßgeblich vom Alter und von den Vorerkrankungen der Radfahrer abhängt. Dies gilt für Pedelec- als auch konventionelle Radfahrer gleichermaßen. Pedelec-Fahrer weisen jedoch häufiger Vorerkrankungen auf als konventionelle Radfahrer, was einerseits auf einem höheren Alter, andererseits mutmaßlich auf einer größeren Abhängigkeit von einer Motorisierung des Fahrrads basiert. Anzunehmen ist darüber hinaus, dass sich Vorerkrankungen der Pedelec-Fahrer auch qualitativ von denen konventioneller Fahrradnutzer unterscheiden. Unsere Studie unterstützt somit die Hypothese, dass körperlich eingeschränkte Menschen vermehrt auf Pedelecs umsteigen und eine besondere Risikogruppe im Vergleich zum durchschnittlichen Fahrradfahrer bilden. Unsere Studie konnte keinen direkten positiven Effekt des Helmtrens belegen. Die deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie warnt jedoch, basierend auf der vorliegenden Literatur, dass bei Zweiradunfällen und insbesondere bei Pedelec-Unfällen eine besonders hohe Rate an Kopfverletzungen vorliegt, und rät daher zu einer Helmnutzung beim Fahrradfahren [6, 7, 11, 15–17, 20]. Insbesondere die vermehrte Einnahme von Antikoagulanzen von Pedelec-Nutzern bildet ein erhöhtes Risiko für schwerwiegende intrakranielle Blutungen [10].

Limitationen

Für den Untersuchungszeitraum gibt es keine verlässlichen Informationen über die Gesamtzahl verletzter Fahrradfahrer im Einzugsbereich der Studie. Daher können keine Rückschlüsse auf die Gesamtunfallrate von sowohl Pedelec-Nutzern als auch konventionellen Fahrradfahrern gezogen werden. Unsere Studie richtet sich auf volljährige Erwachsene. Daher liegen keine Informationen zu Unfällen von kindlichen Pedelec-

Fahrern vor. Das Evangelische Krankenhaus Oldenburg ist ein überregionales Traumazentrum im Traumanetzwerk Oldenburg-Ostfriesland. Daher werden im Vergleich zu regionalen Häusern überdurchschnittlich viele schwer verletzte Patienten behandelt. Hierdurch kann ein Einfluss auf die beobachtete Verletzungsschwere entstehen. Dies ist allerdings unabhängig vom Fahrradtyp der Fall. Zusätzlich befindet sich das Evangelische Krankenhaus in direkter Nähe der Innenstadt, wo Unfälle mit niedrigeren Geschwindigkeiten stattfinden, sodass auch viele ambulante Patienten mit niedrigerem Verletzungsschweregrad behandelt werden. Angesichts der überschaubaren Fallzahlen wurde im Rahmen dieser Studie bewusst auf ein Matching der Studiengruppen verzichtet, um einen Datenverlust zu vermeiden und so eine Einschätzung der Thematik nahe der realen Verkehrssituation mit ausreichender statistischer Aussagekraft zu ermöglichen. Zukünftig sollten weitere Untersuchungen mit größeren Fallzahlen und Matching folgen, um die zutage getretenen Unterschiede differenzierter untersuchen zu können. Im Rahmen unserer Studie war es nicht möglich, den Schweregrad von bestehenden Vorerkrankungen zu analysieren. Vermutlich liegt dieser innerhalb der Pedelec-Nutzer höher als in der Vergleichsgruppe. Zur Klärung dieser Thematik sind im Verlauf Detailstudien nötig.

Fazit für die Praxis

Pedelec-Fahrer bilden im Vergleich zum durchschnittlichen Fahrradfahrer eine besondere Risikogruppe. Sie werden bei Unfällen signifikant schwerer verletzt als durchschnittliche konventionelle Fahrradfahrer. Aufgrund der demografischen Entwicklung mit steigendem Durchschnittsalter und Multimorbidität von Verkehrsteilnehmern sowie der stetig wachsenden Verkaufszahlen von Pedelecs ist mit einer Zunahme schwerer Pedelec-Unfälle zu rechnen. Auf Pedelec-Nutzer gerichtete Maßnahmen zu Unfall- und Verletzungsprävention (wie z. B. Helm tragen, Pedelec-Kurse o. Ä.) sollten gefördert werden. In der Notfallmedizin sollten Pedelec-Nut-

zer besondere Aufmerksamkeit und aggressive Diagnostik erfahren. Niedrigschwellig sollte ein interdisziplinäres Initialassessment der Patienten erfolgen (Schockraummanagement).

Korrespondenzadresse



T. L. Lefarth
Unfallchirurgie, Orthopädie
und Sporttraumatologie,
Evangelisches Krankenhaus
Oldenburg
Steinweg 13–17,
26122 Oldenburg,
Deutschland
timelefarth@gmail.com

Einhaltung ethischer Richtlinien

Interessenkonflikt. T.L. Lefarth, H.P.A.M. Poos, C. Juhra, K.W. Wendt und O. Pieske geben an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Alle beschriebenen Untersuchungen am Menschen oder an menschlichem Gewebe wurden mit Zustimmung der zuständigen Ethikkommission, im Einklang mit nationalem Recht sowie gemäß der Deklaration von Helsinki von 1975 (in der aktuellen, überarbeiteten Fassung) durchgeführt. Von allen beteiligten Patienten liegt eine Einverständniserklärung vor.

Literatur

- Baker SP, O'Neill B, Haddon W Jr, Long WB (1974) The injury severity score: a method for describing patients with multiple injuries and evaluating emergency care. *J Trauma Acute Care Surg* 14:187–196
- Bode S, Scholz S, Zemp E (2017) Verletzungsmuster nach eBike-Unfällen und deren sozio-ökonomische Auswirkungen in der Schweiz: Eine Pilotstudie
- Copes WS, Champion HR, Sacco WJ et al (1988) The injury severity score revisited. *J Trauma* 28(1):69–77
- D'Antona G, Pellegrino MA, Adami Ret al (2003) The effect of ageing and immobilization on structure and function of human skeletal muscle fibres. *J Physiol* 552(Pt 2):499–511
- Deutsche Bundesregierung (2013) Bundesgesetzblatt Jahrgang 2013 Teil I Nr. 29; Gesetz zur Änderung des Güterkraftverkehrsgesetzes und anderer Gesetze, Bonn
- Deutsche Gesellschaft für Orthopädie und Unfallchirurgie e.V. (2018) Appell an Senioren: Helm auf beim Radeln mit dem Fahrrad oder Pedelec. <https://dgou.de/presse/pressemitteilungen/detailansicht-pressemitteilungen/artikel/appell-an-senioren-helm-auf-beim-radeln-mit-dem-fahrad-oder-pedelec.pdf> (Erstellt: 12. Juli 2018). Zugegriffen: 28. Nov. 2020
- Ellwein A (2011) Verletzungsmuster und Verletzungsschwere bei Fahrradunfällen im Großraum Göttingen
- Gehlert T (2014) Unfallforschung kompakt – Neues Risiko Pedelec? 46:1–16
- Gennarelli TA, Wodzin E (2008) Abbreviated injury scale 2005: update 2008. Association for the Advancement of Automotive Medicine, Barrington Ill.
- Gerritsen H, Samim M, Peters H et al (2018) Incidence, course and risk factors of head injury: a retrospective cohort study. *BMJ Open* 8(5):e20364
- de Guerre LEVM, Sadiqi S, Leenen LPH et al (2020) Injuries related to bicycle accidents: an epidemiological study in The Netherlands. *Eur J Trauma Emerg Surg* 46(2):413–418
- Mensink GBM, Schienkiewitz A, Haftenberger M et al (2013) Übergewicht und Adipositas in Deutschland: Ergebnisse der Studie zur Gesundheit Erwachsener in Deutschland (DEGS1). *Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung Gesundheitsschutz* 56:786–794
- Newton I, Koyré A (1972) Isaac Newton's *Philosophiae naturalis principia mathematica*, 3. Aufl. Cambridge University Press, Cambridge
- Papoutsi S, Martinolli L, Braun CT et al (2014) E-bike injuries: experience from an urban emergency department—a retrospective study from Switzerland. *Emerg Med Int* 2014:850236
- Poos HPAM, Lefarth TL, Harbers JS et al (2017) E-bikers raken vaker ernstig gewond na fietsongeval. *Ned Tijdschr Geneesk* 161:D1520
- Richter M, Otte D, Pape HC et al (2001) Problematik der Verletzungen von Kindern und Jugendlichen im Strassenverkehr. Eine medizinische und technische Unfallanalyse. *Unfallchirurg* 104(8):733–741
- Richter M, Pape H-C, Otte D et al (2005) The current status of road user injuries among the elderly in Germany: a medical and technical accident analysis. *J Trauma* 58(3):591–595
- Saß A-C, Lampert T, Prütz F, Seeling S, Starker A, Kroll LE, Rommel A, Ryll, Ziese T (2015) Gesundheit in Deutschland (Gesundheitsberichterstattung für Deutschland). Robert Koch-Institut, Berlin
- Schleinitz K, Petzoldt T, Krems JF et al (2016) The influence of speed, cyclists' age, pedaling frequency, and observer age on observers' time to arrival judgments of approaching bicycles and e-bikes. *Accid Anal Prev* 92:113–121
- Scholten AC, Polinder S, Panneman MJM et al (2015) Incidence and costs of bicycle-related traumatic brain injuries in the Netherlands. *Accid Anal Prev* 81:51–60
- Statistisches Bundesamt (2018) Unfallentwicklung auf deutschen Straßen 2017, Wiesbaden. https://www.destatis.de/DE/PresseService/Presse/Pressekonferenzen/2018/verkehrsunfaelle_2017/Pressebrochuere_unfallentwicklung.pdf?__blob=publicationFile (Erstellt: 12. Juli 2018). Zugegriffen: 28. Nov. 2020
- Statistisches Bundesamt (2019) Verkehr; Verkehrsunfälle; Fachserie 8 Reihe 7, Juni 2019; Wiesbaden. https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Verkehrsunfaelle/Publikationen/Downloads-Verkehrsunfaelle/verkehrsunfaelle-monat-2080700191064.pdf?__blob=publicationFile. Zugegriffen: 28. Nov. 2020
- Statistisches Bundesamt (2019) Verkehrsunfälle; Kraftrad- und Fahrradunfälle im Straßenverkehr 2018, Wiesbaden. https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Verkehrsunfaelle/Publikationen/Downloads-Verkehrsunfaelle/unfaelle-zweirad-5462408187004.pdf?__blob=publicationFile. Zugegriffen: 28. Nov. 2020
- Statistisches Bundesamt (2020) Verkehrsunfälle – Unfälle von Senioren im Straßenverkehr 2019. <https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Verkehrsunfaelle/>

-
- [Publikationen/Downloads-Verkehrsunfaelle/unfaelle-senioren-5462409197004.pdf?__blob=publicationFile](#) (Erstellt: 10. Sept. 2020).
Zugegriffen: 28. Nov. 2020
25. Sturnieks DL, St George R, Lord SR (2008) Balance disorders in the elderly. *Neurophysiol Clin* 38(6):467–478
 26. Welling K (2018) Gewicht von E-Bikes: So viel wiegt ein Elektrofahrrad. https://praxistipps.chip.de/gewicht-von-e-bikes-so-viel-wiegt-ein-elektrofahrrad_105066. Zugegriffen: 20. Jan. 2019
 27. Wolfson L, Judge J, Whipple R et al (1995) Strength is a major factor in balance, gait, and the occurrence of falls. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 50(Spec):64–67
 28. Zweiradindustrieverband (2020) Zahlen – Daten – Fakten zum Deutschen Fahrrad- und E-Bike Markt 2019, Bad Soden. https://www.ziv-zweirad.de/fileadmin/redakteure/Downloads/PDFs/PM_2020_11.03._Fahrrad-_und_E-Bike_Markt_2019.pdf (Erstellt: 11. März 2020). Zugegriffen: 28. Nov. 2020