

PROSA Fahrräder

Entwicklung der Vergabekriterien für ein klimaschutzbezogenes Umweltzeichen

Kurzstudie im Rahmen des Projekts
„Top 100 – Umweltzeichen für klima-
relevante Produkte“

Berlin, den 01.11.2012

Autor:

Moritz Mottschall

Projektleitung:

Jens Gröger

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz
und Reaktorsicherheit



**DIE BMU
KLIMASCHUTZ-
INITIATIVE**

Öko-Institut e.V.

Geschäftsstelle Freiburg

Postfach 17 71
79017 Freiburg, Deutschland

Hausadresse

Merzhauser Straße 173
79100 Freiburg, Deutschland
Tel. +49 (0) 761 – 4 52 95-0
Fax +49 (0) 761 – 4 52 95-88

Büro Darmstadt

Rheinstraße 95
64295 Darmstadt, Deutschland
Tel. +49 (0) 6151 – 81 91-0
Fax +49 (0) 6151 – 81 91-33

Büro Berlin

Schicklerstraße 5-7
10179 Berlin, Deutschland
Tel. +49 (0) 30 – 40 50 85-0
Fax +49 (0) 30 – 40 50 85-388

Zur Entlastung der Umwelt ist dieses Dokument für den
beidseitigen Druck ausgelegt.

Inhaltsverzeichnis

Einleitung	1
Methodisches Vorgehen	1
Teil I	3
1.1 Definition	3
1.2 Markt- und Umfeldanalyse	4
1.2.1 Markttrends	4
1.2.2 Marktsättigung	6
1.2.3 Preise	7
1.3 Technologietrends	8
1.3.1 Fahrradtrends	8
1.3.2 Rahmenmaterialien	10
1.3.3 Gangschaltung	11
1.3.4 Beleuchtung	11
1.3.5 Bremsen	13
1.4 Energieeffizienz	13
1.5 Anforderungen an Sicherheit	13
1.5.1 Anforderungen der StVZO	14
1.5.2 Anforderungen europäischer Normen	15
1.5.3 Anforderung verschiedener Qualitätssiegel/ -portale	16
1.5.4 Schadstofffreiheit	18
1.6 Konsumtrends	18
1.7 Nutzenanalyse	21
1.7.1 Gebrauchsnutzen	23
1.7.2 Symbolischer Nutzen	24
1.7.3 Gesellschaftlicher Nutzen	24
1.7.4 Zusammenfassung der Nutzenanalyse	25
Teil II	28
1.8 Orientierende Ökobilanz	28
1.8.1 Funktionelle Einheit	28
1.8.2 Systemgrenzen	28
1.8.3 Betrachtete Wirkungskategorien	29
1.8.4 Ergebnisse der Lebenszyklusanalyse und Vergleich mit anderen Verkehrsmitteln	30
1.9 Analyse der Lebenszykluskosten	34
1.9.1 Investitionskosten	34
1.9.2 Betriebs- und Unterhaltskosten	34

1.9.3	Entsorgungskosten	35
1.9.4	Ergebnisse der Lebenszykluskostenanalyse	35
Teil III: Diskussion eines klimaschutzbezogenen Umweltzeichen für Fahrräder		37
2	Literatur	39
3	Anhang	43
3.1	Treibhauspotential	43
3.2	Eingangsgrößen in die orientierende Ökobilanz	43

Einleitung

Die vorliegende Untersuchung zu Fahrrädern ist Teil des mehrjährigen Forschungsvorhabens „Top 100“, bei dem die aus Klimasicht wichtigsten Haushaltsprodukte im Hinblick auf ökologische Optimierungen und Kosteneinsparungen bei Verbrauchern analysiert werden.

Auf Basis dieser Analysen können Empfehlungen für verschiedene Umsetzungsbereiche gegeben werden:

- für Verbraucherinformationen zum Kauf und Gebrauch klimarelevanter Produkte (einsetzbar bei der Verbraucher- und Umweltberatung von Verbraucherzentralen, Umweltorganisationen und Umweltportalen),
- für die freiwillige Umweltkennzeichnung von Produkten (z.B. das Umweltzeichen „Der Blaue Engel“, für das europäische Umweltzeichen, für Marktübersichten wie www.topten.info und www.ecotopten.de oder andere Umwelt-Rankings),
- für Anforderungen an neue Produktgruppen bei der Ökodesign-Richtlinie und für Best-Produkte bei Förderprogrammen für Produkte,
- für Ausschreibungskriterien für die öffentliche und umweltfreundliche Beschaffung,
- für produktbezogene Innovationen bei Unternehmen.

Fahrräder mit Hilfsmotor sind nicht Gegenstand der vorliegenden Studie.

Methodisches Vorgehen

Für die Ableitung von Vergabekriterien für das Umweltzeichen wird gemäß ISO 14024 geprüft, welche Umweltauswirkungen bei der Herstellung, Anwendung und Entsorgung des Produktes relevant sind – neben Energieverbrauch und Treibhauseffekt kommen Umweltauswirkungen wie Ressourcenverbrauch, Eutrophierungs-Potenzial, Lärm, Toxizität, etc. in Betracht.

Methodisch wird die Analyse mit der vom Öko-Institut entwickelten Methode PROSA – Product Sustainability Assessment durchgeführt (Abbildung 1). PROSA umfasst mit der Markt- und Umfeld-Analyse, der Ökobilanz, der Lebenszykluskostenberechnung und der Nutzen-Analyse die erforderlichen Teil-Methoden zur integrativen Entwicklung der relevanten Vergabekriterien.

Da soziale Aspekte bislang nicht oder nicht quantifizierbar in Umweltzeichen einbezogen werden, wird im Rahmen dieser Studie keine Sozialbilanz durchgeführt. Grundsätzlich eignet sich die Methode PROSA jedoch auch zur Identifizierung von sozialen Hot-Spots, die entlang des Lebensweges von Produkten auftreten.



Abbildung 1 Screening-PROSA für die Entwicklung von Vergabekriterien für Umweltzeichen

Teil I

1.1 Definition

Als Fahrrad wird in der Norm DIN EN 14764 ein zweirädriges Fahrzeug bezeichnet, das ausschließlich oder hauptsächlich durch die Muskelkraft, der auf ihm befindlichen Person, insbesondere mit Hilfe von Pedalen, angetrieben wird.

Fahrradtypen

Üblicherweise werden Fahrräder nach ihrem Haupteinsatzzweck bezeichnet. Für den normalen Gebrauch werden die Standardtypen City-, Trekking- und Reiserad angeboten.

Beim Cityrad handelt es sich um ein bequemes Rad, das dafür bestimmt ist, täglich kurze Strecken zurückzulegen. Es ist gekennzeichnet durch eine aufrechte Sitzposition und eine gefederte Sattelstütze. Die Räder sind oftmals mit wartungsfreien Nabenschaltungen und Rücktrittbremsen ausgestattet. Sie verfügen über die von der StVZO geforderte Sicherheitsausstattung. Touren- und Hollandräder sind Klassiker unter den Cityrädern.

Bei einem Trekkingrad ist die Sitzposition hingegen leicht nach vorne gebeugt. Damit ist es besser geeignet für Fahrten auf befestigten **und** unbefestigten Wegen und für den Fahrradurlaub. Oft verfügen sie über Gangschaltungen mit vielen Gängen und hohen Übersetzungen. Auch die Trekkingräder sind standardmäßig nach StVZO ausgestattet. Für die Bremsen kommen V-Bremsen, hydraulische Felgenbremsen und teilweise auch Scheibenbremsen in Frage. Oftmals sind die Räder mit Multipositionslenkern ausgestattet, die verschiedene Griffpositionen ermöglichen. Die sicherheitstechnischen Anforderungen und Prüfverfahren für City- und Trekkingräder sind in DIN EN 14764 festgelegt.

Das Reiserad entspricht dem Trekkingrad in einer konsequent für Radreisen ausgelegten Ausstattung. Dabei kommt ein robuster Rahmen, oftmals ohne Federung, und ein Lowrider-Gepäckträger zum Einsatz, der es ermöglicht, Vorderradtaschen zu transportieren.

Neben den Rädern für den „normalen“ Betrieb gibt es eine Vielzahl an Modellen für den Sport. Dabei sind die bekanntesten das Mountainbike, das Rennrad und das Fitnessbike.

Das Mountainbike (MTB) ist gekennzeichnet durch eine besonders gute Wendigkeit. Dies wird realisiert durch ein hoch liegendes Tretlager, einen kleinen Rahmen und einen steilen Sitz- und Steuerkopfwinkel. Der Lenker ist gerade ausgeführt, womit sich das Rad bei schwierigen Bodenverhältnissen besser steuern lässt. Je nach Art der Federung werden Mountainbikes in Hardtail (ohne Hinterradfederung, oft Federgabel und teilweise gefederte Sattelstütze), Fully (gefederter Rahmen und Federgabel) und seltener Softtail (gefederter Hinterbau) unterschieden. Ein Mountainbike kann mit V-Bremsen, hydraulischen Felgenbremsen oder teilweise auch Scheibenbremsen ausgestattet sein. Je nach Nutzung wird ein MTB auch Cross Country, Enduro oder Downhill genannt. Mischungen zwischen Trekking- und Mountainbikes werden als All-Terrain-Bikes (ATB) bezeichnet. Die

sicherheitstechnischen Anforderungen und Prüfverfahren für Geländefahrräder (Mountainbikes) sind in DIN EN 14766 festgelegt.

Rennräder besitzen eine flache Sitzposition, die das Fahren in Kurven bei hohen Geschwindigkeiten ermöglicht und den Luftwiderstand reduziert. Dafür sind sie mit einem Rennradlenker ausgestattet. Das niedrige Gewicht und der besonders steife Rahmen der Rennräder führen zu einem optimalen Fahrverhalten. Sie sind sie mit 18 oder 20-Gang-Kettenschaltung mit zwei Kettenblättern oder mit einem 3-fach-Kettenblatt mit von 27, 30 oder 33 Gängen ausgestattet. Rennräder verfügen in der Regel über Seitenzugbremsen mit kurzen Bremsschenkeln. Sonderformen der Rennräder sind die Zeitfahrmaschine, das Triathlonrad, das Crossrad und das Bahnrad. Rennräder dürfen nach der StVZO mit Batteriebeleuchtung gefahren werden, solange ihr Gewicht 11 kg nicht überschreitet. Die Norm DIN EN 14781 legt die sicherheitstechnischen Anforderungen und Prüfverfahren für Rennräder fest.

Das Fitnessbike ist dafür ausgelegt, eine bequeme Sitzposition mit dem sportlichen Fahren zu verbinden. Besondere Varianten sind das Street-Fitnessbike, das in der Ausstattung einem Rennrad ähnelt, jedoch über einen kürzeren Rahmen und längeren Radstand verfügt. Eine Variante des Trekkingrad ist das Cross-Fitnessbike, das über etwas grobstolligere Reifen verfügt. Bei der Ausstattung wird auf Schutzbleche, Gepäckträger und Beleuchtung verzichtet.

Weiterhin sind unter den Sporträdern die BMX-Räder, Kunsträder und Radballräder anzusiedeln.

Neben den Standard- und Sporträdern werden auch Fahrräder für Kinder mit einer Laufradgröße von 12“ bis 20“ und Jugendräder (24“ – 26“) angeboten. Dabei kann zwischen den Kinderspielfahrrädern und Kinderstraßenfahrrädern unterschieden werden.

Während es sich bei Kinderstraßenfahrrädern um nach der StVZO ausgestattete Räder handelt, deren sicherheitstechnische Anforderung in DIN EN 14765 festgelegt sind und die oft über Naben- oder Kettenschaltung und Rücktrittbremse verfügen, stellen Kinderspielfahrräder Spielzeug dar und fallen somit unter die Norm EN 71. Spielfahrräder verfügen nicht über eine Beleuchtung. Jugendräder ähneln optisch oft den MTB und sind nach StVZO ausgestattet.

Neben diesen Modellen existiert eine Vielzahl an Sonderkonstruktionen wie z.B. falt- oder Klappräder, Transport- oder Lastenfahrräder, Liegeräder und Dreiräder (Gressmann 2009).

1.2 Markt- und Umfeldanalyse

1.2.1 Markttrends

Laut BMWi (2011) wurden im Jahr 2010 rund 3,91 Mio. Fahrräder in Deutschland abgesetzt (heimische Produktion plus Importe minus Exporte); insgesamt 2,7 Mio. Fahrräder wurden nach Deutschland eingeführt (davon 48,4% aus Staaten der Europäischen Union).

Wie Tabelle 1 zeigt, hatten die Trekkingräder im Jahr 2009 mit 34% den höchsten Modellanteil, gefolgt von den Cityrädern (25%). Nach Auskunft des Fachverbandes hat damit der Trend zum Trekkingrad über die letzten Jahre zugenommen.

Obwohl die unterschiedlichen Kategorien nicht immer klar voneinander zu trennen sind, zeigt sich deutlich, dass die universell einsetzbaren Alltagsfahrräder wie Trekking- und Citybikes zusammen einen sehr hohen Anteil von fast 60% besitzen.

Tabelle 1 Modellanteile Fahrräder in Deutschland 2008 und 2009 (ZIV 2009 & 2010)

Modell	Anteil [%]	
	2008	2009
Trekkingrad	33	34
City-Rad	23,5	25
MTB (Mountainbike)	12	11
ATB (All Terrain Bike)	10	9
Rennmaschine/ Fitness-Bike/ Cross	7,5	7
Jugendrad	5	4
Kinderrad	3	3
Holland- u. Tourenrad	2,5	3
E-Bikes	2,5	4
Sonstige	1	1
Quelle: (ZIV 2009 & 2010)		

Interessant ist auch die Entwicklung der Anteile der Mountainbikes, die in den 90er Jahren in Mode waren. Seit dem Jahr 2003 nahm ihr Anteil von 15 auf 11% in 2009 ab (DHD 2006).

Als Vertriebsweg für Fahrräder dominiert der Fachhandel in Deutschland mit 68% der Räder im Jahr 2009. Laut ZIV konnte er seinen Anteil am Markt in den vergangenen Jahren kontinuierlich erhöhen. Neben dem Fachhandel werden die meisten Fahrräder über Selbstbedienungswarenhäuser, Baumärkte und den Lebensmitteleinzelhandel vertrieben (26% 2009). Auf Versender und Internet entfällt immerhin ein Marktanteil von 5% (Quelle: ZIV 2010)

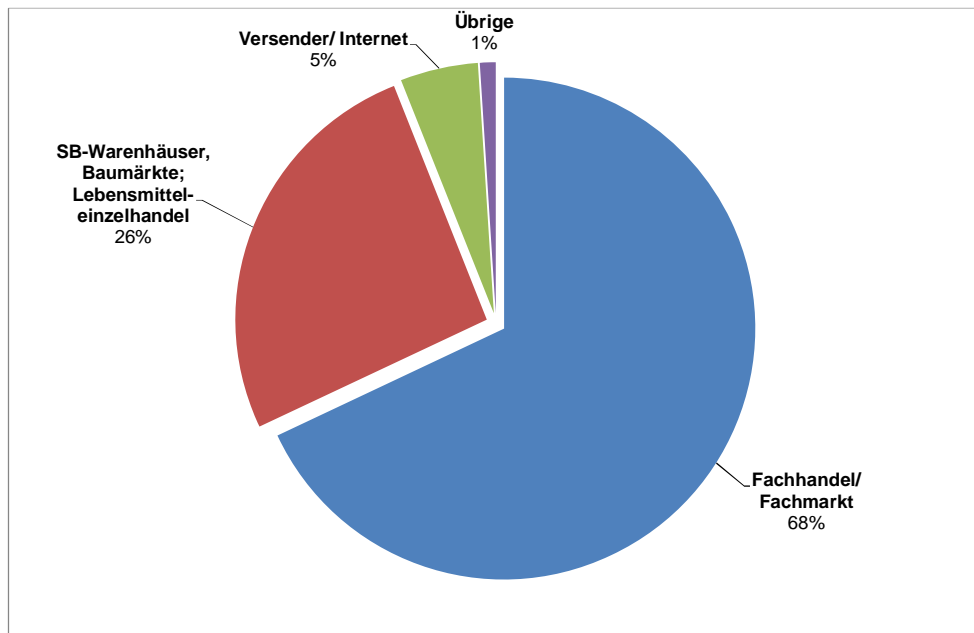


Abbildung 2 Anteile der Vertriebswege für Fahrräder in Deutschland 2009 (ZIV 2010)

Aufgrund der eingeschränkten Einsatzmöglichkeiten einiger Fahrradtypen kann ein Trend hin zum Zweirad beobachtet werden. So legen sich Verbraucher verschiedene Räder für unterschiedliche Nutzungsbereiche wie z.B. das Einkaufen, touristisches Reisen oder als Fitness- und Sportgerät zu (DHD 2006).

1.2.2 Marktsättigung

Dem Statistischen Bundesamt zufolge betrug der Bestand an Fahrrädern in den privaten Haushalten in Deutschland Anfang 2008 rund 70 Mio. Stück. Dabei stieg die Anzahl der Haushalte, die mindestens über ein Fahrrad verfügen, von 53% in 1969 über 70% in 1988 auf 80% im Jahre 2008. Haushalte mit Kindern sind sogar zu mehr als 90% mit mindestens einem Fahrrad ausgestattet. (DESTATIS 2009).

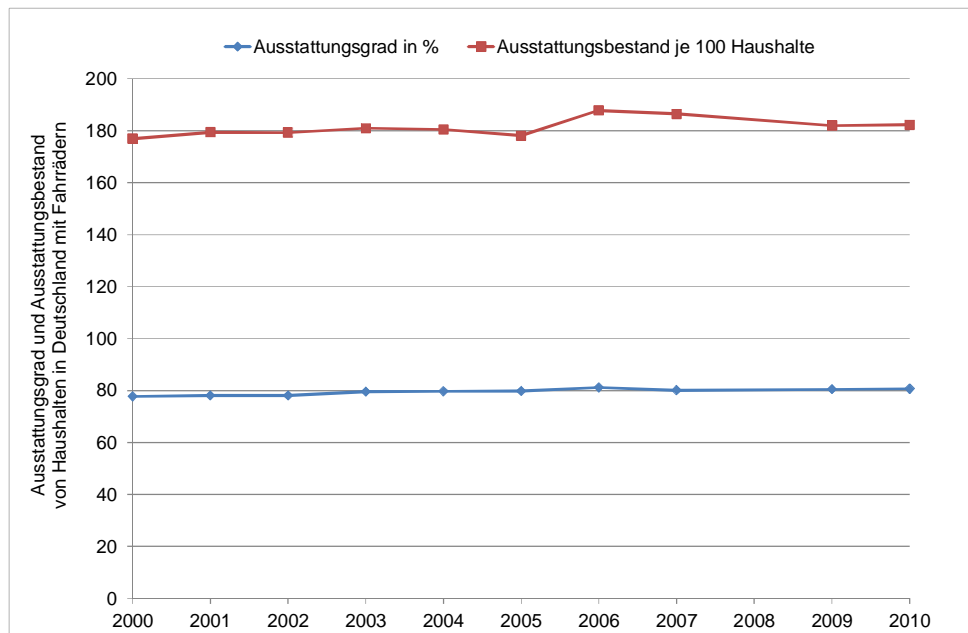


Abbildung 3 Ausstattungsgrad und Ausstattungsbestand von Haushalten in Deutschland mit Fahrrädern

Dem Zweirad-Industrie-Verband (ZIV) zufolge lag der Bestand im Jahr 1998 bei 64 Mio. Fahrrädern und ist seitdem kontinuierlich auf bis zu 69 Mio. Exemplaren im Jahr 2009 angestiegen (+8%).

1.2.3 Preise

Die auf dem Markt befindlichen Fahrräder sind auch in den einzelnen Gattungen preislich breit gestreut. Deutlich wird dies beispielsweise anhand verschiedener Produkttests. Die Zeitschrift „aktiv Radfahren“ testete in ihrer Ausgabe Nr. 1-2/2009 insgesamt 106 Fahrräder der Gattungen Trekkingbikes (500 bis 2000 €), Crossbikes (650 bis 1800 €), Fitnessbikes (700 bis 2500 €) und Mountainbikes (500 bis 4500 €) sowie Rennräder (1000 bis 3500 €) und Stadt- und Ausflugsräder (470 bis 1700 €).

Der Durchschnittspreis lag im Jahr 2010 im allgemeinen Fachhandel für City-/Trekkingräder bei 624 €, für alle Fahrradtypen im Premium-Fachhandel sogar bei 1.057 € (Fahradportal 2012).

Mögliche Mehrkosten, die sich durch zusätzliche Anforderungen beispielsweise an Qualität, Wartungsarmut, Schadstofffreiheit oder Sicherheit ergeben, sind nur schwer zu quantifizieren. Oftmals werden die Verkaufspreise von Fahrrädern durch Einzelkomponenten stark dominiert (z.B. Art und Hersteller der Gangschaltung), die sich nicht zwangsläufig mit Qualitätskriterien decken müssen. In Tests der Stiftung Warentest wird immer wieder aufgezeigt, dass es auch bei hochpreisigen Fahrrädern zu Brüchen von Rahmen, Lenkervorbauten oder Sattelstützen kommt. Neben der Qualität und dem Preis der Einzel-

komponenten spielt für die Lebensdauer eines Fahrrades auch die Abstimmung der Komponenten aufeinander und die Qualität der Montage eine große Rolle.

Damit sind verallgemeinerbare Aussagen zu den Lebenszykluskosten von Fahrrädern nur schwer möglich. Im Vergleich zu anderen Verkehrsmitteln wie Pkw oder Bus schneiden Fahrräder in Bezug auf die Lebenszykluskosten positiv ab (vgl. Kapitel 1.9).

1.3 Technologietrends

Fahrräder unterliegen einer ständigen Weiterentwicklung sowohl bei Bauarten, verwendeten Materialien als auch hinsichtlich der einzelnen Komponenten und dem Zubehör. Im Folgenden werden beispielhaft Trends hinsichtlich der Bauformen, Rahmenmaterialien und der Komponenten Gangschaltung, Beleuchtung und Bremsen skizziert.

1.3.1 Fahrradrends

Wie bereits in Kapitel 1.2.1 beschrieben, gab es in den vergangenen Jahren einen deutlichen Trend bei den Fahrradtypen in Deutschland. City- und Tourenräder wurden verstärkt nachgefragt, während die Absatzzahlen der ehemals beliebten Mountain- und All-Terrain-Bikes zurückgingen.

Das stärkste Wachstum konnten jedoch die **E-Bikes und Pedelecs** verzeichnen. Pedelecs sind Fahrräder, die über einen Energiespeicher (Batterie) und einen Elektromotor verfügen und den Fahrradfahrer beim Fahren elektrisch unterstützen, wodurch sich höhere Durchschnittsgeschwindigkeiten oder längere mögliche Distanzen ergeben. Der starke Trend zu diesen Rädern zeigt sich auch am Marktvolumen, das sich von 2007 auf 2010 auf rund 200.000 Stück verdreifachte. Im Jahr 2012 besaßen die E-Bikes bereits einen Anteil von 5% an den Verkaufszahlen der Fahrräder (ZIV 2011). Allein von 2009 auf 2010 betrug das Wachstum 47%. Dabei lag der Durchschnittspreis von Pedelecs im Premium-Fachhandel bei rund 2.400 € (Fahrradportal 2012). Elektrisch betriebene oder unterstützte Fahrräder sind jedoch nicht Gegenstand der vorliegenden Studie und werden deshalb im Folgenden nicht weiter betrachtet.


Ein weiterer Trend der letzten Jahre, ist die zunehmende Beliebtheit so genannter **Singlespeed-, Fixed-Gears oder Fixie-Fahrrädern**. Dabei handelt es sich um puristisch anmutende Räder mit minimaler Ausstattung. Üblicherweise gibt es weder eine Bremse noch eine Gangschaltung. Die Räder besitzen eine feste Übersetzung ohne Leerlauf, die Geschwindigkeit wird über die Trittfrequenz reguliert. Diese Räder sind aufgrund fehlender Sicherheitsausstattung in Deutschland nicht für den Straßenverkehr zugelassen. Teilweise werden auch Fahrräder angeboten, die äußerlich wie Fixies aussehen, jedoch mit Dreigang-Nabenschaltung ausgestattet sind (SZ 2010).



Abbildung 4 „Fixie“-Fahrrad (Bild: Phil Hollenback)

Neben den minimalistisch anmutenden Fixies haben sich auch **Lastenfahrräder** weiter verbreitet. Diese werden zwar bereits seit vielen Jahren angeboten, jedoch setzt sich die Nutzung zur Kinderbeförderung immer stärker durch. Oftmals können die Räder Lasten bis zu 150 kg transportieren.



Abbildung 5 Lastenfahrrad (Bild: „Wanderlinse“ auf flickr.com; )

Bei den Mountainbikes kann ein Trend hin zu größeren Laufrädern beobachtet werden. Diese so genannten **Twentyniner** besitzen besonders große Laufräder von 29 Zoll. Der Vorteil dieser besonders großen Reifen soll in der besseren Kraftübertragung, niedrigerem Rollwiderstand und der höheren Laufruhe liegen. Nachteilig wirkt sich aus, dass die größeren Reifen ein höheres Gewicht mit sich bringen.

1.3.2 Rahmenmaterialien

Während Stahl über viele Jahre lang der beherrschende Werkstoff im Fahrradrahmenbau war, haben sich heute daneben auch Aluminium- und Carbonrahmen etabliert. Kaum verbreitet und oft sehr kostspielig sind Rahmen aus Titan und Magnesiumlegierungen.

Die häufigsten verwendeten Materialien sind weiterhin Aluminium und Stahl bzw. Stahllegierungen (25CrMo4). Aluminium besitzt eine geringere Dichte als Stahl und wird deshalb zur Gewichtsreduktion eingesetzt. Dabei muss der Durchmesser der Rohre erhöht werden, um die niedrigere Steifigkeit von Aluminiumrohren zu kompensieren. Bei gleichem Rohrdurchmesser müsste die Wandstärke stark erhöht werden, was zu einem höherem Gewicht führen würde. Zudem ist die Dauerschwingfestigkeit von Aluminium geringer als die von Stahl. Kritische Bereiche müssen deshalb überdimensioniert werden. Laut Gressmann (2009) kann es bei Aluminiumlegierungen zu Korrosionsproblemen kommen, wenn Kupfer- und Zinkanteile enthalten sind. Die dann vorkommende tief reichende elektrochemische Korrosion kann zum Bruch von Bauteilen führen. Ein wirksamer Korrosionsschutz kann aber durch Lackieren oder Eloxieren erreicht werden.

Titan bzw. Titanlegierungen (TiAl2,5V4) werden üblicherweise nur bei sehr hochpreisigen Fahrrädern verwendet. Titanrahmen sind durch eine sich bildende dünne Oxidschicht gut vor korrosiven Einflüssen geschützt und müssen daher nicht lackiert werden. Titanrohre müssen, ähnlich wie Aluminiumrohre, aufgrund niedrigerer Elastizitätsmodule im Vergleich zu Rohren aus Stahl überdimensioniert werden. Damit erreichen sie eine dem Stahlrohr vergleichbare Dauerschwingfestigkeit und eine überlegene Bruchbelastung.

Ein weiteres seit einigen Jahren im Fahrradbau verwendetes Material ist Magnesium. Magnesium ist der leichteste metallische Konstruktionswerkstoff und kommt als Magnesium-Gusslegierung zum Einsatz.

Neben den metallischen Rahmenmaterialien hat sich in der Vergangenheit auch der Verbundwerkstoff Carbon (CFK) durchgesetzt. Carbonbauteile weisen eine hohe Dauerschwingfestigkeit auf und sind korrosionsbeständig (Gressmann 2009). In den vergangenen Jahren konnte der Trend beobachtet werden, dass aus Carbonfasern hergestellte, besonders leichte Fahrradkomponenten nicht mehr nur bei Rennrädern, sondern auch bei Trekking- und Mountainbikes der mittleren Preiskategorie verbaut werden (WELT 2009). Im Rennradbereich sind sie trotzdem omnipräsent. Der ARD Ratgeber Technik sieht darin ein Sicherheitsrisiko. Carbonteile würden oft in mangelhafter Qualität und schlechter Abstimmung der Einzelteile untereinander verbaut. Zudem ist z.B. nach einem Sturz allein durch äußerliches Begutachten nicht erkennbar, ob Beschädigungen vorhanden sind, was zu gefährlichen Rahmenbrüchen führen kann. (ARD 2007)

1.3.3 Gangschaltung

Im Bereich der Gangschaltungen lassen sich in den letzten Jahren mehrere Techniktrends erkennen. Zum einen setzten sich im City-Bereich ausgefeilte Nabenschaltungen durch. Statt der klassischen 3-Gang-Nabenschaltung sind hochwertige 8-, 11- oder gar eine 14-Gang Nabenschaltung verfügbar¹. Diese haben den Vorteil, dass sie im Vergleich zur Kettenschaltung weniger wartungsintensiv sind und eine gleichmäßige Gangabstufung aufweisen.

Bei den Kettenschaltungen im Rennradbereich lässt sich erkennen, dass sich mittlerweile zehn Ritzel durchgesetzt haben. Während sich im Profibereich dadurch nun 20 mögliche Gänge ergeben, sind bei anderen Rennrädern nun 30 mögliche Kombinationen möglich. Dies hat zur Folge, dass schmalere Ketten eingesetzt werden, was zu größerer Abnutzung und einem erhöhten Wartungsaufwand führt. Zudem wird es dadurch schwieriger, Reparaturen selbst durchzuführen.

Unabhängig von Nabenschaltung oder Kettenschaltung, der Zug erfolgt üblicherweise über einen Seilzug (Bowdenzug). Neue Produktvorstellungen deuten darauf hin, dass sich eine Elektrifizierung als neuer Trend durchsetzen könnte. Shimano, ein großer Hersteller von Gangschaltungen, stellte im Jahr 2012 eine weitere elektronisch gesteuerte Nabenschaltung² vor. Die Bedienung erfolgt lediglich mit einem Tippschalter, der Schaltvorgang durch einen kleinen Stellmotor an der Nabe. Zur Energieversorgung dient ein Akku.

1.3.4 Beleuchtung

In den vergangenen Jahren hat sich die Fahrradbeleuchtung deutlich verbessert. Glühlampen als Leuchtmittel wurden zunehmend durch hellere Halogenstrahler und LEDs ersetzt. Dieser Techniktrend trägt entscheidend zur Erhöhung der Verkehrssicherheit der Fahrradfahrer bei.

Nach der StVZO zulässige Frontscheinwerfer müssen seit dem Jahr 2006 im Kernausleuchtungsbereich in 10 m Entfernung eine Beleuchtungsstärke von mindestens 10 Lux aufweisen. Abbildung 6 zeigt den Vergleich der Ausleuchtung verschiedener Frontscheinwerfer des Herstellers Busch & Müller mit einem zulässigen Halogenstrahler.

¹ Beispielsweise die SPEEDHUB 500/14 von Rohloff

² Shimano „Alfine Di2“



Abbildung 6 Vergleich der Ausleuchtung verschiedener Scheinwerfer (Busch & Müller KG 2012)

Sinkende Preise bei LED-Leuchten dürften auch in Zukunft zu einer weiter zunehmenden Verbreitung führen. Allerdings überzeugen nicht alle Halogen- und LED-Frontscheinwerfer: laut Stiftung Warentest wird die Fahrbahn häufig zu gering und zudem ungleichmäßig ausgeleuchtet (StiWa 2009a).

Ein weiterer Vorteil der LED-Leuchten liegt neben der höheren Lichtausbeute in der langen Lebensdauer der Leuchtmittel. Zunehmend werden auch die klassischen Seitenläuferdynamos (Dynamos am Äußeren des Mantels) durch Nabendynamos ersetzt, die wesentlich geringere Reibungsverluste aufweisen. Weiterhin hat sich auch die Standlichtfunktion durchgesetzt, die die Sicherheit der Fahrradfahrer erhöht. Der Trend im Bereich der Beleuchtung wird auch zukünftig auf eine zunehmende Sicherheit setzen. Im Jahr 2011 wurde beispielsweise ein neuartiges, „BrakeTec“ genanntes Bremslichtsystem³ vorgestellt, das bei abrupten Drehzahländerungen des Nabendynamos, einem Auto entsprechend die

³ Hersteller Busch & Müller (www.bumm.de)

LED-Rückleuchte aufleuchten lässt. Dies soll die Sicherheit von Fahrradfahrern im Stop-and-Go weiter erhöhen.

1.3.5 Bremsen

Bei den Fahrradbremsen kommen neben den technisch veralteten Rücktrittbremsen, bei denen sich bei Betätigung in der Hinterradnabe ein Metallkonus ins Nabengehäuse presst, um die Verzögerung zu erzeugen, Felgen-, Scheiben-, Rollen- und Trommelbremsen zur Anwendung. Bei den Felgenbremsen, bei denen zwei Bremsgummis auf der Felgenflanke reiben, wurden die klassischen Seiten- und Mittelzugbremsen in den letzten Jahren überwiegend durch so genannte **V-Bremsen** ersetzt (Gressmann 2009, StiWa 2012). Der Vorteil der V-Bremsen liegt in einem linearen Bremsverhalten. Die Stiftung Warentest stellt fest, dass es normalerweise selten Bremsprobleme mit modernen V-Bremsen gibt. Um ein Überbremsen und damit Blockieren der Räder zu vermeiden, können jedoch Bremskraftbegrenzungen („Power Modulatoren“) notwendig sein (StiWa 2004).

Neben den Felgenbremsen haben sich auch mechanische und hydraulische Scheibenbremsen verstärkt durchgesetzt. Besonders letztgenannte bieten eine gute Dosierbarkeit und geringen Einfluss der Witterungsverhältnisse und haben sich Gressmann (2009) zufolge bei den Mountainbikes und im gehobenen Trekkingbereich immer stärker durchgesetzt. Bei den Scheibenbremsen tritt beim Bremsen kein Verschleiß auf der Felge auf, jedoch nutzen sich dafür die Bremsscheiben ab. Diese müssen deshalb gewartet werden, was ein Nachteil der Scheibenbremsen ist. Die Vorteile bei der **hydraulischen Kraftübertragung** liegen in geringeren Reibungsverlusten, guter Dosierbarkeit, Wartungsarmut und Witterungsbeständigkeit. Beim Test von Trekkingrädern im Jahr 2009 schnitten die hydraulischen Bremsen besser als die mechanischen ab (StiWa 2009a).

1.4 Energieeffizienz

Fahrräder gehören zu den energieeffizientesten Verkehrsmitteln. Im Gegensatz zum motorisierten Individualverkehr (MIV) und dem öffentlichen Personennahverkehr (ÖPNV) werden während des Betriebes keine Kraftstoffe und kein Strom verbraucht. Alleine bei der Herstellung (einschließlich der Materialien) und dem Transport von Fahrrädern entsteht ein Energieverbrauch. Anders sieht es bei den in den letzten Jahren in Mode gekommenen Elektrofahrrädern oder Pedelecs (Pedal Electric Cycle) aus, die über einen elektrisch unterstützten Antrieb verfügen. Diese Räder werden jedoch nicht im Rahmen dieser Studie weiter betrachtet.

1.5 Anforderungen an Sicherheit

Fahrradfahrer bewegen sich häufig gemeinsam mit anderen Verkehrsteilnehmern wie z.B. Kraftfahrzeugen auf öffentlichem Straßenland. Um Unfällen vorzubeugen, müssen die Räder bestimmte Anforderungen erfüllen, um für den Straßenverkehr zugelassen zu werden. Diese

Anforderungen werden in Kapitel 1.5.1 beschrieben. Die Einhaltung dieser Anforderungen alleine ist jedoch kein Garant für ein sicheres Verkehrsmittel, auch die Verarbeitung und fachgerechte Montage kann sich auf die Sicherheit auswirken. Die Sicherheitstechnischen Anforderungen und Prüfverfahren werden in entsprechenden DIN Normen geregelt, welche in Kapitel 1.5.2 thematisiert werden. Die Anforderungen der Normen stellen Mindestkriterien dar, welche von den in Kapitel 1.5.3 vorgestellten Qualitätssiegeln teilweise deutlich überstiegen werden. Mit der Schadstoffbelastung von Fahrradkomponenten setzt sich Kapitel 1.5.4 auseinander.

1.5.1 Anforderungen der StVZO

Fahrräder werden nicht ausschließlich als Verkehrsmittel eingesetzt, sondern können auch als Sportgeräte dienen. Werden sie dabei jedoch auf öffentlichem Straßenland bewegt, müssen sie die Anforderungen der Straßenverkehrszulassungsordnung (StVZO) erfüllen.

Die Straßenverkehrszulassungsordnung (StVZO) schreibt einige Ausrüstungsteile vor, damit ein Fahrrad verkehrssicher ist. Gefordert sind

- eine helltönende Klingel,
- zwei voneinander unabhängige Bremsen,
- zwei rutschfeste und festverschraubte Pedale,
- dynamobetriebener Frontscheinwerfer (weiß) und Rücklicht (rot) und
- diverse Reflektoren.

Bei Rennrädern mit einem Gewicht bis zu elf Kilogramm sind abweichend auch Batterieleuchten zulässig. Es werden also Anforderungen an Ausrüstungsteile für die passive und aktive Sicherheit gestellt.

Die Anforderungen der StVZO werden teilweise kritisiert. So bezeichnet beispielsweise der ADFC (2012) die gültigen Vorschriften, die teilweise aus dem Jahr 1953 stammen, als technisch überholt. Eine vorbereitete Neuregulierung durch eine Fahrrad-Ausrüstungsverordnung wurde jedoch im Jahr 2006 vom Bundesrat abgelehnt.

Dieser Entwurf sah folgende wichtige Punkte vor (ADFC 2008):

- Es wurde ein **Mindestwert für Bremswege** in Abhängigkeit der Witterungsverhältnisse (nass/ trocken) von 15 / 19 Meter bei einer gezogenen Bremse bzw. 7 / 9 Meter bei zwei Bremsen bei einer Ausgangsgeschwindigkeit von 25 km/h vorgesehen.
- Bei der **Beleuchtung** sollte die Mitte des Lichtkegels in zehn Meter Entfernung auf die Fahrbahn treffen.
- Ein **Standlicht** sollte für neue Fahrräder vorgeschrieben werden.
- Eine **paarweise elektrische Verkabelung** wurde für neue Fahrräder vorgesehen, wodurch sich die Wahrscheinlichkeit eines Defektes an den Lampen erheblich reduzieren lässt.

1.5.2 Anforderungen europäischer Normen

Sicherheitstechnische Anforderungen und Prüfverfahren für Fahrräder und deren Baugruppen waren in Deutschland bis 2006 in der Norm DIN 79100 geregelt. Anfang 2006 sind europäische Sicherheitsnormen für Fahrräder in Kraft getreten. Dabei wurden vier unterschiedliche Normen für unterschiedliche Fahrradtypen erarbeitet:

- DIN EN 14764: City- und Trekking-Fahrräder - Sicherheitstechnische Anforderungen und Prüfverfahren;
- DIN EN 14765: Kinderfahrräder - Sicherheitstechnische Anforderungen und Prüfverfahren;
- DIN EN 14766: Geländefahrräder (Mountainbikes) – Sicherheitstechnische Anforderungen und Prüfverfahren;
- DIN EN 14781: Rennräder - Sicherheitstechnische Anforderungen und Prüfverfahren.

Dabei werden Anforderungen und Prüfverfahren folgender Fahrradteile beschrieben:

- Bremsen
- Lenker
- Rahmen
- Vorderradgabel
- Laufräder und Laufrad/Reifen-Einheit
- Felgen, Reifen und Schläuche
- Radschützer
- Pedale und Pedal/Tretkurbel-Antriebssystem
- Sättel und Sattelstützen
- Antriebskette
- Kettenschutz
- Speichenschutzscheibe und
- Gepäckträger.

Zudem dürfen keine scharfen Kanten und Ecken auftreten, Schrauben müssen mit geeignetem Sicherungsmittel gesichert sein und überstehende Teile abgerundet sein. In der Norm für Kinderfahrräder DIN EN 14765 werden zusätzlich Anforderungen an die Schadstofffreiheit gestellt.

Da sich die gesetzlichen Bestimmungen bezüglich der lichttechnischen Einrichtungen, Reflektoren und Warnvorrichtungen innerhalb der europäischen Länder unterscheiden, werden in den Normen keine Anforderungen gestellt, es wird lediglich ein Hinweis auf die nationalen Gesetze in der Gebrauchsanweisung gefordert.

Die Normen werden teilweise kritisiert, da die Anforderungen sich gegenüber der DIN 79100 deutlich verringert hätten (DIN Certo 2012). Zudem kritisiert der ADFC, dass nicht ganze Fahrräder, sondern nur einzelne Bauteile oder Baugruppen geprüft werden, welche vom Prüfer dazu optimal eingestellt würden (ADFC 2006). Dem Fachausschuss Technik des ADFC zufolge ergeben sich insbesondere bei den nicht über den Fachhandel vertriebenen Fahrrädern erhebliche Sicherheitsprobleme aufgrund von mangelhafter oder unvollständiger Montage. Weiterhin seien unwirksam eingestellte oder sich bei Benutzung verstellende Bremsen sowie lose Bauteile im Antrieb eher die Regel als die Ausnahme.

Auch die Stiftung Warentest geht in den entsprechenden Produkttests über die Normanforderungen hinaus (StiWa 2009b). Für die Prüfung der Betriebsfestigkeit von sicherheitsrelevanten Bauteilen wie Gabel, Lenker und Vorbau, Sattelstütze, Antrieb, Pedale und Rahmen sind (neben Stoß- und statischen Belastungen) einstufige dynamische Belastungsprüfungen vorgesehen, das heißt die Bauteile werden sinusförmigen Krafteinleitungen ausgesetzt. Dieses Vorgehen ist in den Augen von Stiftung Warentest wenig praxisgerecht, da bei der praktischen Nutzung die verschiedenen Bauteile des Fahrrades in Abhängigkeit von Fahrstrecke, Fahrer, Geschwindigkeit und anderen Faktoren mit wechselnden Lasten beansprucht werden. Die Stiftung Warentest verfolgt aus diesem Grund seit mehreren Jahren einstufige dynamische Prüfungen nicht weiter, sondern hat die im Fahrbetrieb auftretenden Belastungen mit so genannten Betriebslasten-nachfahrversuchen ermittelt und dann im Labor nachgestellt. Dies bedeutet, dass zur Ermittlung der beim Betrieb des Fahrrades auftretenden Beanspruchungen an den schwingbruchgefährdeten Komponenten Gabel, Sattelstütze, Antrieb, Lenkung und Rahmen repräsentative Messfahrten durchgeführt werden, wobei Fahrer verschiedener Gewichtsklassen und Fähigkeiten zum Einsatz kommen, um ein breites Spektrum vom ungeübten bis zum sportlichen Fahrer abzudecken. Für jeden Fahrradtyp werden die Lasten an relevanten Stellen durch Dehnungsmessstreifen separat ermittelt. Dabei erfolgt die Aufzeichnung der Beanspruchungen an allen genannten Komponenten zeitgleich. Die anschließende Prüfung mit variabler Amplitude verursacht am Prüfgegenstand nach dem heutigen Kenntnisstand praktisch die gleichen Beanspruchungen, wie sie bei der Messfahrt aufgetreten sind. Das ermittelte Lastkollektiv wird auf dem Prüfstand so oft wiederholt, bis 24.000 km Laufleistung simuliert sind (StiWa 2009b).

1.5.3 Anforderung verschiedener Qualitätssiegel/ -portale

DINplus

Unter dem Namen DINplus hat DIN CERTO ein Qualitätszeichen für Fahrräder und Komponenten entwickelt. Das Zertifizierungsprogramm besitzt dabei als Prüfgrundlagen die oben beschriebenen Normen, stellt aber in einzelnen Abschnitten gegenüber der Norm teilweise höhere bzw. zusätzliche Anforderungen (DIN Certo 2006). Hinsichtlich der lichttechnischen Einrichtungen werden in den Anforderungen von DINplus neben der Einhaltung der StVZO paarweise Leitungen bei den elektrischen Verbindungen und korrosionsgeschützte

Kontakte gefordert. Zudem müssen die Räder über eine Standlichtfunktion für Front- und Rücklicht verfügen.

EcoTopTen

Das Verbraucherportal EcoTopTen (EcoTopTen 2012) zeichnet Fahrräder aus, die besonders wartungsarm, sicher und komfortabel sind. Diese sollen für den Einsatz in der Stadt, für Radtouren auf dem Land, in der Ebene oder in leicht hügeligem Gelände geeignet sein.

Zur Erhöhung der **Sicherheit** müssen die Räder bspw. mit einem Nabendynamo ausgerüstet sein, der auch bei Regen verlässlich Licht gibt. Darüber hinaus müssen Vorder- und Rücklicht über eine Standlichtfunktion verfügen. Die Räder dürfen mit Felgenbremsen (sofern Felgen einen Verschleißindikator besitzen) oder Rücktritt-/ Rollenbremsen ausgerüstet sein, Scheibenbremsen sind aufgrund der komplexen Wartung ausgeschlossen.

Damit die Fahrräder **wartungsarm** bleiben, sind Nabenschaltung und ein geschlossener Kettenschutz vorgeschrieben. Mit Federgabeln und Scheibenbremsen dürfen bei EcoTopTen gelistete Fahrräder hingegen nicht ausgerüstet sein.

Damit Fahrräder häufig genutzt werden, sollen sie nach EcoTopTen **bequem und alltags-tauglich** sein. Deshalb dürfen die Räder (bei 55 cm Rahmenhöhe) ein Gesamtgewicht von 18 kg nicht überschreiten. Zudem sind Schutzbleche und Gepäckträger mit einer Traglast von mindestens 15 kg vorgeschrieben.

VSF..all-ride

Beim VSF..all-ride Qualitätssiegel werden sowohl einzelne Komponenten als auch Fahrräder zertifiziert. Bei den Fahrrädern gibt es Kriterien für Alltagsräder⁴ und Reiseräder⁵.

Bei den Alltagsrädern definiert das Siegel Anforderungen an die einzelnen Fahrradkomponenten, z.B.:

- Rahmen: u.a. keine Federung, Tretlagerhöhe maximal 285 mm,
- Antrieb: voll gekapselt,
- Schaltung: Nabenschaltung oder Tretlagerschaltung,
- Bremsen: Rollenbremsen, Rücktrittbremsen oder hydraulische Felgenbremsen

Darüber hinaus ist eine technische Prüfung (Ermüdungstest-Prüfung) für Gabel, Rahmen, Lenker/ Vorbau, Kurbel und Sattelstütze vorgesehen.

⁴ <http://www.vsf-all-ride.de/Alltagsraeder.272.0.html> abgerufen am 28.09.2012

⁵ <http://www.vsf-all-ride.de/Reiseraeder.273.0.html> abgerufen am 28.09.2012

1.5.4 Schadstofffreiheit

In den oben beschriebenen DIN EN Normen wird der Themenbereich Toxizität nur in der DIN EN 14765 (Kinderfahrräder) behandelt. Dabei scheint die Schadstoffproblematik bei den Fahrrädern durchaus gegeben. So wurden bei mehreren Produkttests in den vergangenen Jahren Schadstoff-belastete Fahrradkomponenten gefunden.

Es wurde beispielsweise eine Belastung der Griffe und Laufräder mit polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK) festgestellt (StiWa 2008, 2009, Öko-Test 2009). Weiterhin wurden Weichmacher in Sitzpolstern und Lenkergriffen gefunden (StiWa 2008; Öko-Test 2006).

Doch nicht allein die Fahrräder selber, sondern auch das Fahrradzubehör kann schadstoffbelastet sein. In einem Qualitätstest für Fahrradanhänger (StiWa 2010) wurden beispielsweise polyzyklische, aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) und Phthalate (Weichmacher) in Sitzpolstern, Gürteln, Regenschutz, Seitenwänden und Sichtfenstern gefunden. Diese Stoffe stehen im Verdacht, Krebs zu erzeugen, die Fortpflanzung zu gefährden und das Erbgut zu verändern. PAK können bei Kontakt über die Haut aufgenommen werden. Lediglich fünf der neun getesteten Anhänger enthalten nur geringe Mengen dieser Schadstoffe und werden von der Stiftung Warentest als gesundheitlich weniger bedenklich bezeichnet (StiWa 2010).

Fahrradbestandteile sind also derzeit nicht immer frei von Schadstoffen. Dies sollte jedoch besonders bei Komponenten wie beispielsweise den Lenkergriffen, bei denen ein direkter Kontakt mit der Haut stattfindet, unbedingt der Fall sein.

1.6 Konsumtrends

In Deutschland wird eine Vielzahl an Wegstrecken mit dem Fahrrad zurückgelegt. Im Jahr 2007 lag der Anteil, dem zweiten Fahrradbericht der Bundesregierung zufolge, trotz ungünstiger Rahmenbedingungen (insbesondere demografische und siedlungsstrukturelle Entwicklungen) stabil bei rund 9%. Die erbrachte Fahrleistung stieg in der Vergangenheit und lag 2007 bei über 30 Mrd. Personen-Kilometern (Pkm) (Fahrradbericht 2007). Dem Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) (2009) zufolge entspricht dies im Durchschnitt 300 km pro Einwohner. Verglichen mit den Niederlanden ist dieser Wert trotz Steigerung eher gering, dort legten die Einwohner in 2005 durchschnittlich 917 km pro Jahr mit dem Fahrrad zurück (BMU 2009).

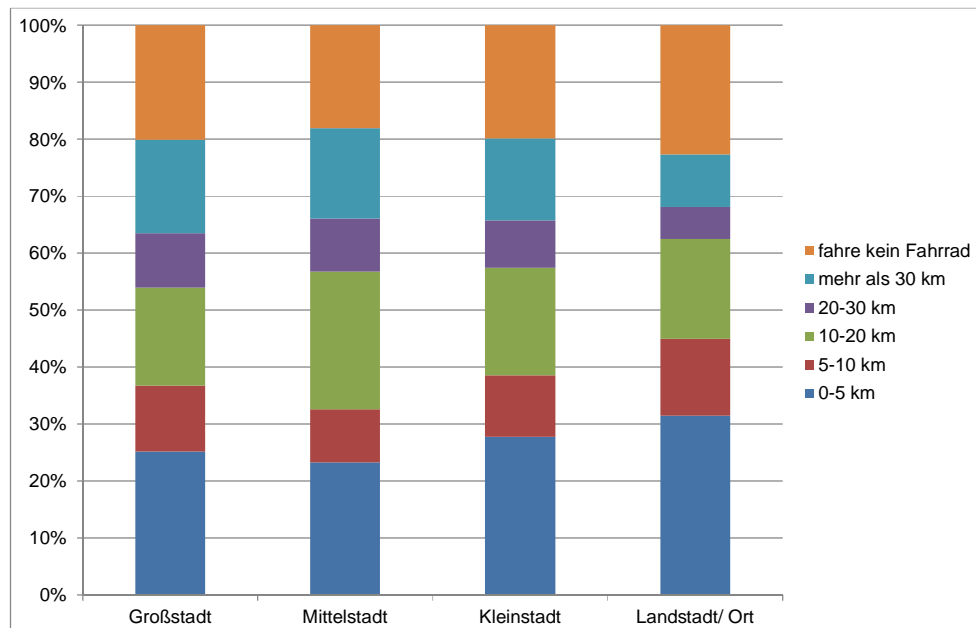


Abbildung 7 Pro Woche mit dem Fahrrad zurückgelegte Strecke differenziert nach Wohnort; Erhebung zum Radfahrerverhalten in Deutschland, den Niederlanden und Dänemark des Zentrums für Gesundheit der Deutschen Sporthochschule Köln (ZFG 2008)

Im Rahmen des Deutschen Mobilitätspanels wurde auch die Veränderung in der Fahrradnutzung seit 1996 untersucht (KIT 2011). Neben langfristigen Trends wie zunehmendes Umweltbewusstsein, Energiepreise, verbesserte Fahrradtechnik und Wirkung planerischer Eingriffe spielen KIT (2011) zufolge auch kurzfristige Effekte wie die Witterung eine Rolle. Um diese Schwankungen von Jahr zu Jahr auszugleichen, werden die Daten des Mobilitätspanels jeweils zu 5-Jahreswerten zusammengefasst.

Zentrale Ergebnisse zeigen, dass sich die Fahrradnutzung in Deutschland in den vergangenen Jahren positiv entwickelt hat. So stieg beispielsweise die Anzahl an Tagen mit Fahrradnutzung um 16% auf 1,04 Tagen pro Woche an. Besonders stark fällt dabei der Anstieg mit 28% bei Personen im Alter von 25 bis 60 Jahren aus. Insgesamt steigt die Nutzung bei den Männern (+25%) stärker als bei Frauen (+7%).

Noch größer fällt die Zunahme der Fahrradverkehrsleistung aus. Diese lag zwischen 1996-2000 bei 6,5 km pro Woche und stieg um 38% auf 9,0 km pro Woche in 2006-2010 an. Auch bei der Verkehrsleistung ist das Wachstum bei Männern mit 48% deutlich ausgeprägter als bei den Frauen (+26%). Der Modal Split des Fahrrades stieg in den vergangenen 15 Jahren von 8,9% um 19% auf 10,6%. Bei Personen mit Fahrradnutzung (so werden Personen bezeichnet, die innerhalb einer Woche mindestens einmal das Fahrrad genutzt haben) liegt der Modal Split sogar bei 31,4%.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass die Fahrradnutzung in Deutschland in der vergangenen Dekade zugenommen hat. Mit Blick auf die Nachbarländer Dänemark und die

Niederlande offenbart sich jedoch, dass es weiteres Wachstumspotential gibt. Der Radverkehrsanteil liegt dort nämlich deutlich höher als in Deutschland (Niederlande 27%, Dänemark 16%) verglichen mit 9% in Deutschland (Fahrradbericht 2007).

Bei einer Erhebung des Zentrums für Gesundheit der Deutschen Sporthochschule Köln wurden Gründe abgefragt, warum das Fahrrad nicht genutzt wird (jeweils für Deutschland, Dänemark, Niederlande). Die Ergebnisse sind in Abbildung 8 dargestellt. Deutlich werden vor allem zwei Unterschiede: Im Vergleich zu Deutschland wurden wesentlich seltener die Gründe „keine Zeit“ und „schlechte“ bzw. „keine Fahrradwege“ genannt. Dies lässt vermuten, dass ein verstärkter Ausbau der Fahrradwege auch in Deutschland zu einer stärkeren Nutzung führen könnte.

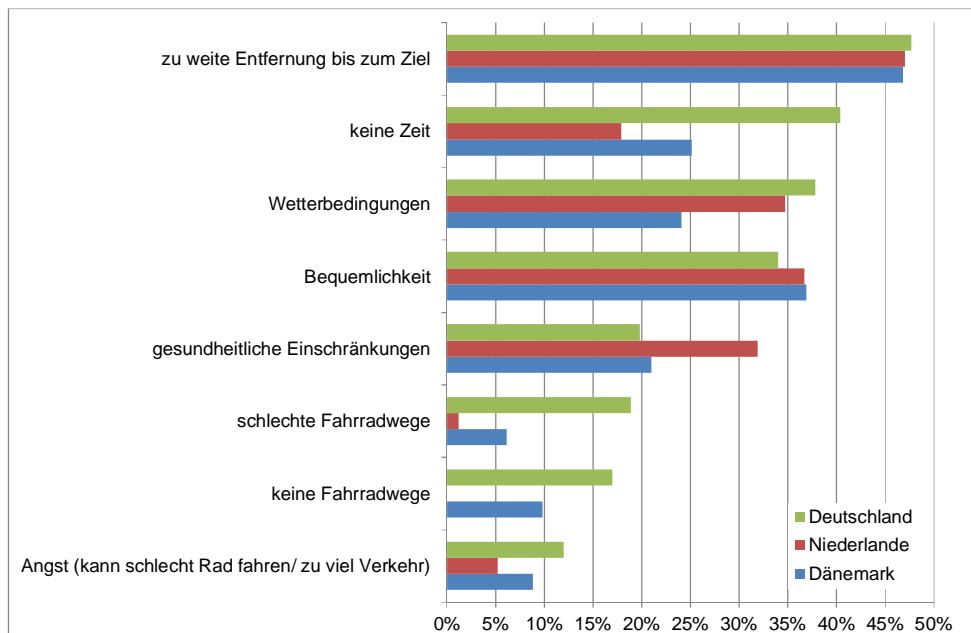


Abbildung 8 Gründe für nicht regelmäßige Nutzung des Fahrrades; Erhebung zum Radfahrverhalten in Deutschland, den Niederlanden und Dänemark des Zentrums für Gesundheit der Deutschen Sporthochschule Köln (ZFG 2008)

1.7 Nutzenanalyse

Die Analyse des Nutzens wird nach der Benefit-Analyse von PROSA durchgeführt. Dabei werden die drei Nutzenarten Gebrauchsnutzen, Symbolischer Nutzen und Gesellschaftlicher Nutzen qualitativ analysiert. Für die Analyse gibt PROSA jeweils Checklisten vor. Aufgrund der Besonderheiten einzelner Produktgruppen können einzelne Checkpunkte aus Relevanzgründen entfallen oder neu hinzugefügt werden. Die drei Checklisten sind nachstehend wiedergegeben.



Abbildung 9 Checkliste Gebrauchsnutzen

Checkliste Symbolischer Nutzen

- Äußere Erscheinung /Design/ Geschmack/ Haptik/Akkustik o.ä.
- Prestige/Status
- Identität/Autonomie/Entfaltung
- Kompetenz
- Sicherheit/Vorsorge/Sorge für Andere
- Privatheit
- Sozialer Kontakt/Gemeinschaftspflege
- Genuss/Vergnügen/Freude/Erlebnis
- Kompensation/Belohnung
- Konsonanz mit gesellschaftlichen, religiösen oder ethischen Meta-Präferenzen

Abbildung 10 Checkliste Symbolischer Nutzen

Checkliste Gesellschaftlicher Nutzen

- Armutsbekämpfung
- Grundbedürfnis Ernährung
- Grundbedürfnis Wohnen
- Grundbedürfnis Gesundheit
- Information und Bildung
- Friedenssicherung
- Klimaschutz
- Biodiversität
- Qualifizierte Arbeitsplätze
- Gesellschaftliche Stabilität

Abbildung 11 Checkliste Gesellschaftlicher Nutzen

Im Folgenden wird der Nutzen von Fahrrädern für Privatverbraucher analysiert.

1.7.1 Gebrauchsnutzen

Der wichtigste Gebrauchsnutzen besteht bei Fahrrädern in der Grundfunktion: der Möglichkeit damit zu fahren. Diese Funktion muss stets erfüllt sein, unabhängig davon, ob es sich dabei um Alltagsfahrten, Ausflüge oder den Radsport handelt. Aus diesem Grund besitzen Fahrräder einen hohen Nutzen, wenn sie selten defekt sind, einen geringen Wartungsaufwand verursachen, wie es beispielsweise bei Nabenschaltungen der Fall ist, und somit stets genutzt werden können.

Aufgrund des breiten Angebots an Fahrradtypen und entsprechendem Zubehör ist gewährleistet, dass Privatverbraucher ein Fahrrad finden, das ihren Ansprüchen gerecht wird. Dabei kann das Fahrrad ganz unterschiedlich gestaltet sein: vom sperrigen Lastenfahrrad über ein Citybike mit Kinderanhänger bis zu einem schlanken und leichten Rennrad. Zusätzlich können Verbraucher die Räder entsprechend ihrer Vorstellungen anpassen und umrüsten, somit können Fahrräder als besonders bedarfsgerecht bezeichnet werden.

Durch die Nutzung eines Fahrrades ergibt sich insbesondere in urbanen Regionen ein weiterer Vorteil: im Gegensatz zum Pkw-Verkehr kann das Fahrrad meist direkt am Zielort abgestellt werden. Mit dem Auto muss hingegen oftmals erst ein Parkplatz gefunden werden, der im ungünstigsten Fall dann auch weiter vom Ziel entfernt ist. Dadurch können sich Zeitersparnisse ergeben. Auch fallen im Vergleich zum Pkw keine Kosten durch die Parkraumbewirtschaftung an. Auch sonst liegen die Kosten deutlich unter denen der anderen Verkehrsträger.

Nachteilig ist, dass der Nutzer eines Fahrrades den Witterungsbedingungen besonders ausgeliefert ist. Dies ist auch ein häufig genannter Grund, warum Verbraucher das Fahrrad stehen lassen (siehe Abbildung 8).

Zudem sind Fahrradfahrer im Falle eines Unfalls weit weniger gut geschützt als Autofahrer. Im Jahr 2010 kam es beispielsweise alleine auf Innerortsstraßen zu 223 getöteten Fahrradfahrern, was über 20% der insgesamt 1011 auf Innerortsstraßen getöteten Verkehrsteilnehmer entspricht. Insgesamt entfallen rund 10% der Verkehrstoten in Deutschland auf die Fahrradfahrer, wobei der Anteil der Verkehrsleistung des Fahrradverkehrs bei 3% gelegen haben dürfte⁶. Fahrradfahrer werden demnach überdurchschnittlich oft Opfer tödlicher Unfälle.

Ein weiterer Nachteil kann darin gesehen werden, dass die Fahrräder häufig gestohlen werden. Um sich davor abzusichern, sind teure Fahrradschlösser notwendig; zudem kann auch eine kostenpflichtige Fahrradversicherung abgeschlossen werden, sofern ein Diebstahl nicht über vorhandene Hausratsversicherungen abgedeckt ist. Als ein weiterer Nachteil kann

⁶ Verkehrsleistung des MIV in 2010 904,7 Mrd. Pkm, Öffentlicher Straßenpersonenverkehr 77,5 Mrd. Pkm [VIZ 2012]; Fahrradverkehr ca. 30 Mrd. Pkm [Fahrradbericht 2007].

angesehen werden, dass der Transport von größeren Gegenständen schwer oder gar nicht möglich ist, sofern kein spezielles Lastenfahrrad vorhanden ist.

1.7.2 Symbolischer Nutzen

Neben dem Gebrauchsnutzen, z.B. als Fortbewegungsmittel oder Sportgerät, kann ein Fahrrad für einen Konsumenten auch einen symbolischen Nutzen erfüllen.

So können Privatverbraucher allein durch die Nutzung eines Fahrrades zeigen, dass sie bewusst mit der Umwelt und ihrer Gesundheit umgehen. Die Nutzung eines Fahrrades kann als Teil des „Lifestyles of Health and Sustainability“ (LOHAS) bzw. „Lifestyles of Voluntary Simplicity“ (LOVOS) gesehen werden. Verbraucher zeigen, dass sie ihre Mobilität nicht einschränken und sich dennoch umweltbewusst verhalten.

Doch nicht allein die Wahl des Fahrrades als Fortbewegungsmittels oder Sportgerät besitzt einen symbolischen Nutzen, auch die Art des genutzten Rads (z.B. Rennrad, Trekkingrad, Mountainbike) kann für den Privatverbraucher eine Rolle spielen. So unterstreichen sportliche Fahrräder auch bei Alltagsfahrten den sportlichen Charakter des Verbrauchers. Auch kann ein Fahrradfahrer über die Wahl des Herstellers oder einzelner besonders hochwertiger Komponenten Prestige gewinnen.

Letztgenanntes kann in einem Trend der letzten Jahre beobachtet werden, bei dem sich die Fixie-Fahrräder mit minimaler Ausstattung (aber zu hohen Preisen) stark verbreiteten. Teilweise ist die Ausstattung so weit reduziert, dass neben den standardmäßig nicht verbauten Gangschaltungen auch auf Handbremsen verzichtet wird (siehe 1.3.1).

Neben dem Trend zum Fixie wurde in der Vergangenheit immer mehr Wert auf ein ansprechendes Dekor gelegt und mehr „Mut zur Farbe“ gezeigt. Insbesondere standen dabei Retro Designs, helle und pastellfarbene Gestaltung im Mittelpunkt (FMZ 2009).

Für einzelne Privatverbraucher kann es auch Freude bringen, das Fahrrad selbst zu reparieren, zu warten oder aufzurüsten. Dadurch entsteht eine persönliche Beziehung zum Fahrrad und im letztgenannten Fall ein individuelles, selbst gestaltetes Konsumgut.

Fahrradurlaube versprechen ein besonderes Urlaubserlebnis, das einerseits Mobilität und Unabhängigkeit verspricht, andererseits aber nicht negativ belastet ist wie konventioneller PKW-Urlaub (Lärm, Asphaltwüste, Stau).

1.7.3 Gesellschaftlicher Nutzen

Der Verkehr trägt stark zu Belastungen durch Lärm und Luftschadstoffe sowie Treibhausgasemissionen bei. Daneben fördert die benötigte Infrastruktur die Versiegelung von Oberflächen und besitzt einen hohen Flächenverbrauch. Durch die verstärkte Nutzung von Fahrrädern können diese negativen Auswirkungen des Personenverkehrs verringert werden.

Insbesondere in urbanen Regionen ergibt sich das Problem, dass gesundheitsschädliche Emissionen dort auftreten, wo viele Menschen leben. Besonders hier hilft der Umstieg vom

Pkw auf ein Fahrrad dazu beizutragen, dass Bewohner weniger schädlichen Luftschadstoffen wie Feinstaub oder Stickoxiden ausgesetzt werden. Auch die Reduktion von Verkehrslärm hilft die Gesundheit der Anwohner zu schützen. Wenn ein Verbraucher anstelle eines Autos das Fahrrad nutzt, schützt er darüber hinaus auch seine eigene Gesundheit.

Wird beispielsweise täglich eine Distanz von 5 km zurückgelegt, sieht das Zentrum für Gesundheit der Deutschen Sporthochschule Köln einen hohen gesundheitlichen Nutzen (ZFG 2008). Neben der Stärkung der Muskulatur werden Ausdauer und Herz-Kreislaufsystem verbessert sowie der Stoffwechsel angeregt (WELT 2009). Laut dem 2. Fahrradbericht der Bundesregierung kann regelmäßiges Radfahren für Erwachsene zudem das Risiko von Fettleibigkeit, Bluthochdruck, Gelenk- und Rückenbeschwerden und des Typ 2-Diabetes reduzieren. Radfahren trägt weiterhin zu einer positiven körperlichen und seelischen Entwicklung von Kindern und Erwachsenen bei und unterstützt die soziale Entwicklung von Kindern und Jugendlichen (Fahrradbericht 2007).

Damit kann laut 2. Fahrradbericht die Förderung des Radfahrens einen Beitrag dazu leisten, dem Gesundheitssystem Kosten für die Behandlung von Erkrankungen zu ersparen, die auch auf Bewegungsmangel zurückzuführen sind und durch eine Förderung regelmäßiger körperlicher Aktivität vermieden werden könnten (Fahrradbericht 2007).

Der Personenverkehr verursacht große Mengen klimaschädlicher Treibhausgase. Pro Personenkilometer⁷ verursacht beispielsweise der Pkw-Verkehr in Deutschland über 130 g Treibhausgase, der ÖPNV zwischen 70 und 80 g. Beim Fahrradfahren entstehen durch den Betrieb keine Treibhausgasemissionen. Durch eine Kombination von Fahrrad und ÖPNV lassen sich häufig auch längere Strecken bequem zurücklegen, so dass auf die Nutzung eines Pkws verzichtet werden kann. Somit kann das Fahrrad einen Beitrag zum Klimaschutz leisten.

Zwar fallen bei der Beschaffung und Wartung eines Fahrrades Kosten an, die Nutzung ist dagegen im Gegensatz zum Pkw und ÖPNV kostenfrei. Aus diesem Grund tragen Fahrräder dazu bei, dass auch Verbraucher aus Haushalten mit niedrigen Einkommen mobil bleiben können.

1.7.4 Zusammenfassung der Nutzenanalyse

Die Ergebnisse der Nutzenanalyse sind in Tabelle 2 zusammengefasst.

⁷ Die Einheit Gramm CO₂-Äquivalente pro Personenkilometer (gCO₂e/Pkm) beschreibt die Menge Treibhausgase, die durch das Zurücklegen eines Kilometers durch eine Person verursacht wird und berücksichtigt im Gegensatz zu den Fahrzeugkilometern (vkm) die Fahrzeugauslastung.

Tabelle 2 Zusammenfassung der Nutzenanalyse

Nutzen	Produktspezifische Aspekte
Gebrauchsnutzen	
Leistung (Kernanforderungen)	Stets einsatzbereites Fahrrad, das wartungsarm und leicht zu reparieren ist.
Bedarfsgerechte Produkte	Viele unterschiedliche Fahrradtypen und flexible Lösungen verfügbar.
Zuverlässigkeit in der Funktion	Geringer Wartungsaufwand von Nabenschaltungen sorgt für zuverlässigere Einsatzbereitschaft.
+ Zeitersparnis durch Fahrradnutzung	Kurze und mittlere Strecken können mit dem Umweltverbund aus Fahrrad und ÖPNV verglichen mit dem Pkw in urbanen Regionen häufig schneller zurückgelegt werden, da die Parkplatzsuche entfällt.
+ Kostenersparnis durch Fahrradnutzung	Nutzung eines Fahrrades führt zu geringen Kosten verglichen mit Pkw und ÖPNV.
- Verkehrssicherheit	Hoher Anteil von Fahrradfahrern an den Verkehrstoten.
-Nutzungsbereitschaft abhängig von Witterungsbedingungen und Jahreszeit	Privatverbraucher meiden die Fahrradnutzung bei ungünstigen Wetterverhältnissen (wie. z.B. Regen oder Schnee) und in der dunkleren Jahreszeit.
- Transport von Gegenständen nur bedingt möglich	Schwere oder sperrige Gegenstände können im Gegensatz zum Pkw nicht mit dem Fahrrad transportiert werden oder benötigen ein spezielles Lastenfahrrad.
Symbolischer Nutzen	
Fahrrad als Symbol der Identität und des Lifestyles	Nutzung eines Fahrrades als Zeichen für Gesundheitsbewusstsein, Umweltschutz, sportliche Aktivität; demonstrativer Verzicht auf (Auto-) Mobilität.
Ausdruck des persönlichen Geschmacks .	Sowohl die Art des Fahrradtyps als auch die äußerliche Gestaltung unterstreichen den persönlichen Geschmack des Verbrauchers.
Hoher Status	Qualitativ hochwertige sowie kostspielige Fahrräder und Fahrradkomponenten versprechen insbesondere bei anderen Fahrradfahrern ein hohes Prestige einzubringen.
Freude durch selbstständiges Warten/ Instandsetzen/ Gestalten	Emotionale Bindung zum Fahrrad durch selbstständige Wartung und Pflege bzw. individuelle Gestaltung.
Gesellschaftlicher Nutzen	
Förderung der eigenen Gesundheit	Regelmäßige Nutzung bringt hohen gesundheitlichen Nutzen mit sich (Muskulatur, Ausdauer, Herz-Kreislaufsystem, Stoffwechsel, Diabetes).
Förderung der allgemeinen Gesundheit	Reduktion von Luftschadstoffemissionen und Lärm durch den Umstieg vom Auto aufs Fahrrad schützt die Gesundheit der Bevölkerung.

Reduzierung der Kosten im Gesundheitssystem	Kosteneinsparung bei der Behandlung von Erkrankungen, die aus Bewegungsmangel zurückzuführen sind
Mobilität für finanziell Benachteiligte	Aufgrund der geringen Kosten verglichen mit dem Pkw und dem ÖPNV verhilft das Fahrrad Verbrauchern mit geringen Einkommen zu Mobilität.
Förderung des Klima- und Ressourcenschutz	Fahrradfahren kann durch Substitution von Pkw-Fahrten und Vernetzung im Umweltverbund helfen, fossile Ressourcen einzusparen und dadurch zum Klimaschutz beitragen.

Teil II

Anhand der orientierenden Ökobilanz sowie der Analyse der Lebenszykluskosten soll ein Eindruck über Umweltauswirkungen und Lebenszykluskosten von Fahrrädern ermittelt werden. Die Ergebnisse bieten eine Orientierungshilfe zur Frage, wie Fahrräder im Vergleich zu anderen Verkehrsmitteln eingeordnet werden können.

1.8 Orientierende Ökobilanz

In einer orientierenden Ökobilanz wurden die Umweltauswirkungen der Produktion, Nutzung und Entsorgung eines Fahrrades abgeschätzt. Dabei wurde der Einfluss unterschiedlicher Rahmenmaterialien am Beispiel eines Trekkingrades mit Stahl- und Aluminiumausführung untersucht.

Bei der Nutzung eines Fahrrades als Verkehrsmittel stellt die Nutzungsphase den entscheidenden Aspekt dar und wird im Vergleich zu der Pkw-Nutzung und der Nutzung des ÖPNV dargestellt.

In der Lebenszyklusanalyse wird ausschließlich die Wirkungskategorie „Treibhauspotential“ betrachtet, die derzeit im Verkehrsbereich von übergeordneter Bedeutung ist.

1.8.1 Funktionelle Einheit

Die funktionelle Einheit ist die Nutzung eines Fahrrades als Verkehrsmittel über einen Kilometer (1 Pkm).

1.8.2 Systemgrenzen

Herstellung

Grundlage für die Bilanzierung der Herstellung des Fahrrades bilden Annahmen zu der Materialzusammensetzung eines Trekkingrades. Das Gesamtgewicht liegt den Annahmen zufolge bei 17 kg. Dabei wurden Annahmen für unterschiedliche Rahmenmaterialien (Aluminium und Stahl) getroffen.

Tabelle 3 Annahmen zu den Materialmengen eines typischen Trekkingrades

Material	Einheit	Rahmenmaterial Aluminium	Rahmenmaterial Stahl
Aluminium	kg	8,5	2,5
Edelstahl	kg	4	10
Gummi	kg	2	2
Kunststoff	kg	2,5	2,5
Summe	kg	17	17

Zur Bilanzierung der Materialvorketten wurde ausschließlich auf Daten aus EcoInvent 2.2 zurückgegriffen. Die verwendeten Datensätze sind im Anhang dokumentiert.

Zusätzlich zu den verwendeten Materialien führen auch Energieverbräuche bei Herstellung und Montage zu Treibhausgasemissionen. Im Gegensatz zu den verwendeten Materialien ist es vergleichsweise schwierig, diese pauschal abzuschätzen. Aus diesem Grund wird auf einen PCF (Product Carbon Footprint) des Herstellers Merida zurückgegriffen (Merida 2012). Laut Merida fallen bei der Herstellung in Taiwan Treibhausgasemissionen von rund 26,7 kg an.

Nutzung

Gemäß dem Deutschen Mobilitätspanel (KIT 2011) lag die durchschnittliche Fahrradverkehrsleistung in Deutschland pro Woche im Zeitraum 2006 – 2010 bei 9 km pro Woche, was einer durchschnittlichen jährlichen Verkehrsleistung von etwa 470 km entspricht. Da im Mobilitätspanel auch Personen enthalten sind, die das Fahrrad kaum oder gar nicht nutzen liegt die durchschnittliche Fahrradverkehrsleistung der Fahrradfahrer darüber. KIT (2011) gibt einen Anteil der Personen mit Fahrradnutzung⁸ von 33,7% an. Geht man davon aus, dass die gesamte Fahrradverkehrsleistung von diesen 33,7% erbracht wird, ergibt sich eine durchschnittliche jährliche Verkehrsleistung von 1.393 km pro Person mit Fahrradnutzung. Dies entspricht bei täglicher Nutzung beispielsweise einem Arbeitsweg von 3 km. Des Weiteren wird für die Nutzung von einer jährlichen Fahrradverkehrsleistung von 1.400 km ausgegangen. In einer Sensitivität wird zudem betrachtet, wie sich die Umweltauswirkungen bei deutlich geringerer jährlicher Fahrleistung darstellen. Dafür wurde die durchschnittliche jährliche Fahrleistung von 470 km zugrunde gelegt.

Es wird unterstellt, dass Fahrräder über eine Lebensdauer von 10 Jahren genutzt werden.

Entsorgung

Die Phase der Entsorgung wurde vereinfacht betrachtet. Lediglich für die Metalle Aluminium und Stahl wurde ein Recycling verbunden mit einer Gutschrift berücksichtigt. Die zugrunde gelegten Recyclingquoten wurden mit 80% angenommen.

Die Umweltauswirkungen durch die Entsorgung werden analog zur Bilanzierung der Herstellung auf die funktionelle Einheit umgerechnet, d.h. zehnjährige Nutzung bei einer jährlichen Fahrleistung von 1.400 km.

1.8.3 Betrachtete Wirkungskategorien

Wie bereits weiter oben erläutert, wird in der vorliegenden Studie ein vereinfachtes Vorgehen gewählt. Im Rahmen der Lebenszyklusanalyse wird lediglich die für den Verkehrsbereich besonders relevante Wirkungskategorie des Treibhauspotential (GWP) betrachtet. Dies zeigt

⁸ Anteil Personen, die im Verlauf einer Woche mindestens einmal das Fahrrad nutzen.

beispielsweise die derzeit kontrovers geführte Diskussion zu CO₂-Flottengrenzwerten in Europa für den Pkw-Bereich. Die Emissionen von schwefelhaltigen Abgasen als Säurebildner ist hingegen aufgrund verbesserter Kraftstoffqualitäten, welche teilweise von den verbauten Katalysatoren vorausgesetzt werden, kein Thema mehr.

Die in den weiteren Betrachtungen zu Grunde gelegten Charakterisierungsfaktoren für das Treibhauspotential für einen Zeitraum von 100 Jahren sind in Tabelle 4 aufgeführt.

Tabelle 4 Charakterisierungsfaktoren für Treibhauspotential (100a)

Wirkungskategorie	Substanz	IPCC 2007
GWP (kg CO ₂ -eq /kg)	CO ₂ fossil	1
	CH ₄ fossil	25
	N ₂ O	298

1.8.4 Ergebnisse der Lebenszyklusanalyse und Vergleich mit anderen Verkehrsmitteln

Tabelle 5 stellt die Ergebnisse der Berechnungen der Treibhausgasemissionen dar, die durch die Produktion und Entsorgung eines Fahrrades unter den in Kapitel 1.8.2 beschriebenen Annahmen entstehen.

Tabelle 5 Treibhausgasemissionen bei der Produktion eines Fahrrades

	Rahmenmaterial Aluminium	Rahmenmaterial Stahl
	kgCO ₂ e	kgCO ₂ e
Produktion		
Aluminium	95,1	28,0
Edelstahl	7,0	17,6
Gummi	5,3	5,3
Kunststoff	4,9	4,9
Produktion	26,7	26,7
Entsorgung		
Aluminiumrecycling	-81,4	-23,9
Stahlrecycling	-4,9	-12,2
Summe	52,8	46,3

Es zeigt sich, dass die Wahl des Rahmenmaterials (Stahl oder Aluminium) einen Einfluss auf die Treibhausgasemissionen besitzt. Die Treibhausgasemissionen des Aluminiumfahrrades liegen mit rund 53 kg etwa 14% über denen des Stahlrades. In Anbetracht der vereinfachten

Herangehensweise der Bilanzierung kann dieser Unterschied jedoch als vernachlässigbar gesehen werden.

In der Basisbetrachtung ergibt sich eine Gesamtfahrleistung innerhalb der Lebensdauer von 14.000 km, wogegen die Fahrleistung in der Sensitivität lediglich 4.700 km beträgt. Werden die in Tabelle 5 aufgeführten Treibhausgasemissionen auf diese Fahrleistung bezogen, ergeben sich für die funktionelle Einheit, ein auf dem Fahrrad zurückgelegter Kilometer, die in der Tabelle 6 aufgeführten spezifischen Treibhausgasemissionen. Diese liegen für Aluminiumfahrräder bei 3,8 und für Stahlfahrräder bei 3,3 gCO₂-äquivalente pro Personenkilometer.

Tabelle 6 Spezifische Treibhausgasemissionen durch die Fahrradherstellung und Entsorgung in gCO₂-äquivalente pro Personenkilometer

	Rahmenmaterial Aluminium	Rahmenmaterial Stahl
	gCO ₂ e/Pkm	gCO ₂ e/Pkm
Basisbetrachtung	3,8	3,3
Sensitivitätsanalyse	11,2	9,9

Für den Vergleich der Umweltauswirkung am Beispiel der Treibhausgasemissionen durch die Nutzung eines Fahrrades mit anderen Verkehrsmitteln wird für deren Fahrzeugbetrieb auf Emissionsfaktoren aus dem TREMOD-Modell⁹ des Umweltbundesamtes in der Version 5.25 zurückgegriffen. Abbildung 12 zeigt die betriebsbedingten Treibhausgasemissionen in Gramm-CO₂-Äquivalente pro Personenkilometer. Diese Faktoren beinhalten vorgelagerte Emissionen aus der Kraftstoffbereitstellung. Die Pkw verursachen mit rund 139 g/CO₂e pro Personenkilometer mit Abstand die meisten Treibhausgasemissionen im Betrieb und liegen damit rund 75 bis 90% über dem ÖPNV. Fahrräder hingegen verursachen beim Betrieb keinen Energieverbrauch und damit keine Treibhausgasemissionen.

⁹ Transport Emission Estimation Model (<http://www.umweltbundesamt.de/verkehr/index-daten.htm>)

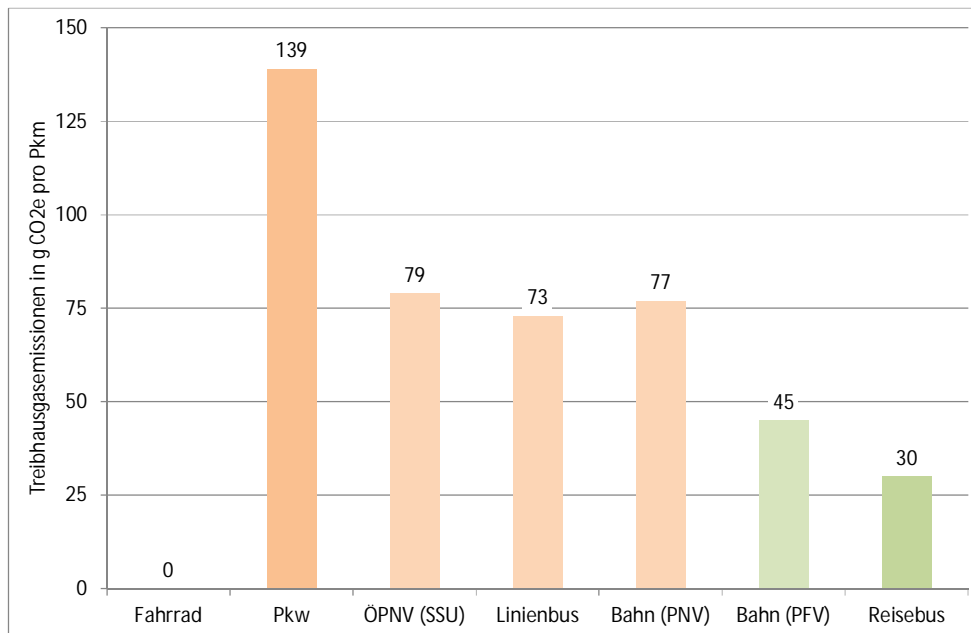


Abbildung 12 THG-Emissionsfaktoren während der Nutzung des Personenverkehrs in g CO₂-Äquivalente pro Personenkilometer in 2011 aus TREMOD v.5.25 (Berechnungen des Öko-Instituts; UBA 2012)

Für einen Vergleich sollten auch für die Pkw und den ÖPNV die Emissionen aus der Fahrzeugherstellung und Entsorgung mit berücksichtigt werden. In diesen Fahrzeugen werden deutlich größere Materialmengen verbaut. Auf der anderen Seite ist die Verkehrsleistung auch wesentlich größer. Auf Basis der Materialzusammensetzung eines mittelgroßen Pkw und eines Linienbusses soll ein orientierender Vergleich unternommen werden. Für die Materialmengen und Emissionsfaktoren wird in diesem Fall auf das Renewbility-Projekt zurückgegriffen (Öko-Institut et al. 2009). Die Kenngrößen und Materialzusammensetzungen sind im Anhang dokumentiert. Da in diesem Fall der Energieverbrauch der Produktion und die Entsorgungsphase nicht berücksichtigt werden kann, wird dies bei dem unten stehenden Vergleich auch bei den Fahrrädern nicht getan - die Werte unterscheiden sich demnach von den in Tabelle 6 aufgeführten Ergebnissen der Lebenszyklusanalyse!

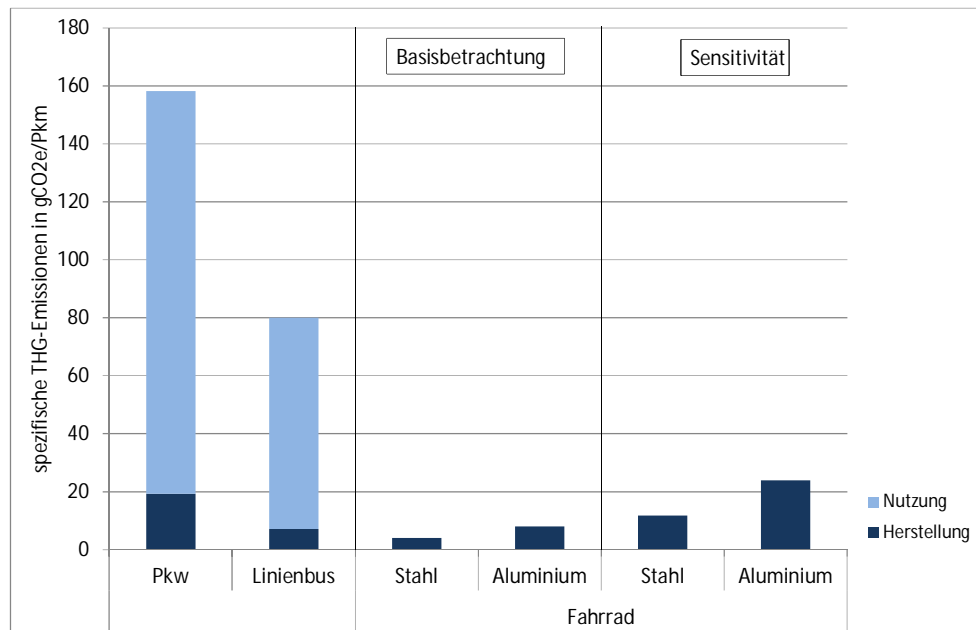


Abbildung 13 Vergleich der spezifischen Treibhausgas-Emissionen durch die Herstellung und Nutzung verschiedenen Verkehrsmittel (Berechnungen des Öko-Instituts; Tremod v. 5.25; Öko-Institut et al. 2009)

Aus Abbildung 13 wird deutlich, dass trotz der hohen Verkehrsleistung auch bei Pkw und Linienbussen durch die Vorleistung der verbauten Materialien ein nicht unwesentlicher Beitrag zu den Gesamtemissionen entsteht, wobei die Ergebnisse lediglich als orientierend verstanden werden dürfen. Diese Emissionen liegen in Höhe von zwischen rund 10% (Linienbus) und ca. 14% (Pkw) der betriebsbedingten Emissionen. Mit 19 g/Pkm führt die Pkw-Herstellung in der Basisbetrachtung unabhängig vom Rahmenmaterial zu deutlich höheren Emissionen als die Herstellung eines Fahrrades. Wird ein Fahrrad hingegen sehr selten genutzt, kann die Herstellung zu höheren spezifischen Emissionen als die Pkw-Herstellung führen. Dies zeigt die Sensitivitätsanalyse, bei der das Rad lediglich rund 1,3 km pro Tag genutzt wird. Die spezifischen Emissionen des Fahrrades liegen in diesem Fall bei 12 (Stahlausführung) bzw. 24 gCO₂-äquivalente pro Personenkilometer (Aluminium).

Nichtsdestotrotz wird sehr deutlich, dass selbst bei sehr geringer Fahrradnutzung die Emissionen unabhängig vom Rahmenmaterial deutlich unter denen der Pkw liegen. Bezogen auf ein Fahrrad mit Stahlrahmen verursacht ein Pkw etwa 40-mal höhere Treibhausgas-Emissionen (Basisbetrachtung).

1.9 Analyse der Lebenszykluskosten

In der vorliegenden Studie werden die Kosten aus Sicht der privaten Haushalte berechnet.

Berücksichtigt werden folgende Kostenarten:

- Investitionskosten (Kosten für die Anschaffung eines Fahrrades),
- Betriebs- und Unterhaltskosten,
- Entsorgungskosten.

1.9.1 Investitionskosten

Abhängig von Typ und Ausstattung können die Investitionskosten für Fahrräder deutlich variieren. Die auf der Internetseite www.ecotopten.de aufgeführten Fahrräder, die sich durch eine hohe Sicherheit, geringen Wartungsaufwand und hohe Alltagstauglichkeit auszeichnen, kosten etwa 650 bis 2.175 € (7- oder 8-Gang-Nabenschaltung) bzw. 2.350 bis 3.100 € (14 Gang-Nabenschaltung).

Grundsätzlich werden aber auch deutlich kostengünstigere Modelle im Fachhandel angeboten. Darüber hinaus werden z.B. in Bau- oder Supermärkten auch Fahrräder für teilweise unter 300 € verkauft. Häufig wird die Qualität solcher „Billigräder“ kritisiert. Aus einem Produkttest von Trekkingrädern, bei dem die Stiftung Warentest zwei Räder mit „Gut“ bewertete, welche beide zu einem mittleren Preis von 500 € verfügbar waren, lässt sich aber ableiten, dass günstige Räder nicht grundsätzlich von schlechter Qualität sein müssen (StiWa 2007).

Das Fahrradportal beziffert die durchschnittlichen Anschaffungskosten im Fachhandel im Jahr 2010 auf 1.057 € (Fahradportal 2012).

Im Rahmen der Analyse der Lebenszykluskosten wird von einem Kaufpreis von 1.000 € bei einer angenommenen Lebensdauer von 10 Jahren ausgegangen. Demnach ergeben sich Investitionskosten von 100 € pro Jahr.

1.9.2 Betriebs- und Unterhaltskosten

Um ein Fahrrad über eine lange Zeit nutzen zu können, sollte es regelmäßig fachgerecht gewartet und repariert werden. Dies ist in Hinblick auf die Sicherheit als auch in der Verfügbarkeit von großer Wichtigkeit. Besonders hochwertige Fahrräder, wie die bei EcoTopTen aufgeführten Fahrräder, sind wartungsarm und verursachen daher geringere Reparatur- und Wartungskosten im Laufe der Lebensdauer. Im Rahmen der Kostenbetrachtung werden jährliche Kosten in Höhe von 5% der Anschaffungskosten angenommen. Bei Anschaffungskosten von 1.000 € ergeben sich demnach jährliche Kosten für Wartung und Reparatur von 50 €.

Im Betrieb fallen ansonsten keine weiteren Kosten an. Zwar bieten einige Versicherungen Tarife an, mit denen sich die Fahrräder gegen Diebstahl absichern lassen, allerdings sind diese oftmals auch über die häufig vorhandenen Hausratsversicherungen abgedeckt. Aus diesem Grund werden dafür keine weiteren Kosten angenommen.

1.9.3 Entsorgungskosten

Fahrräder können für Privathaushalte meist kostenfrei als Metallschrott an Werkstoffhöfen oder dem Sperrmüll entsorgt werden oder gegen eine Gebühr abgeholt werden.

Zusätzlich gibt es eine Vielzahl an Initiativen, die gebrauchte Fahrräder kostenfrei annehmen, um sie zu reparieren oder zu verwerten. Oftmals können ganze Räder oder einzelne Bauteile weiterverwendet werden und damit ein „zweites Leben“ antreten. Bei den genannten Initiativen handelt es sich zudem meist um soziale Projekte, die schwer vermittelbaren jungen Menschen oder ehemaligen Langzeitarbeitslosen durch Qualifikation eine neue Perspektive geben. Einige öffentlichen Versorgungsunternehmen bieten auf ihren Webseiten eine Zusammenstellung von möglichen Institutionen, bei denen gebrauchte Fahrräder als Spende entgegengenommen werden¹⁰.

Des Weiteren wird deshalb davon ausgegangen, dass für die Entsorgung keine Kosten anfallen.

1.9.4 Ergebnisse der Lebenszykluskostenanalyse

Die Ergebnisse der Lebenszykluskostenanalyse sind in Tabelle 7 zusammengefasst. Bei der Nutzung eines Fahrrades ergeben sich aus den getroffenen Annahmen jährliche Gesamtkosten in Höhe von 150 €.

Tabelle 7 Ergebnisse der Lebenszykluskostenanalyse

Kenngroße	Einheit	Wert
Investitionskosten	€	1.000
Betriebs- und Unterhaltskosten	€/a	50
Jährliche Gesamtkosten	€/a	150
Quelle: Annahmen des Öko-Instituts		

Vergleicht man die jährlichen Gesamtkosten eines Fahrrades mit denen eines typischen Pkw und den Kosten einer ÖPNV-Jahreskarte (oder Abonnement), wird deutlich, dass sie sehr niedrig ausfallen.

¹⁰ Bspw. BSR (<http://www.bsr.de/9406.html>);
AWM (http://www.awm-muenchen.de/index/abfalllexikon-/liste/eintrag/fahrraeder.html?no_cache=1)

Gemäß der ADAC Autokosten-Datenbank (ADAC 2011) fallen bei einem VW Golf¹¹ alleine durch den Wertverlust jährliche Kosten in Höhe von 2.967 € an. Hinzu kommen Fixkosten (1.233 €) und Kosten für Werkstatt und Reifen (493 €). Insgesamt betragen die jährlichen Gesamtkosten eines Fahrzeuges demnach nur 3% derer eines Pkw, obwohl bei dieser Betrachtung die Betriebskosten des Pkw aufgrund der üblicherweise deutlich höher ausfallenden Verkehrsleistung nicht einbezogen wurden. Werden auch diese Kosten berücksichtigt, verbessert sich das Bild weiter in Richtung Fahrrad.

Die Kosten einer Jahreskarte für den ÖPNV können lokal sehr unterschiedlich ausfallen und je nach benötigten Tarifzonen variieren. Während in Berlin beispielsweise Kosten von 695 € pro Jahr anfallen, können in Dresden (ab 490 €), Hamburg (ab 449 €) und München (ab 438 €) die Jahreskarten günstiger erworben werden. In Abbildung 14 werden Kosten für eine ÖPNV-Jahreskarte von 600 € angenommen.

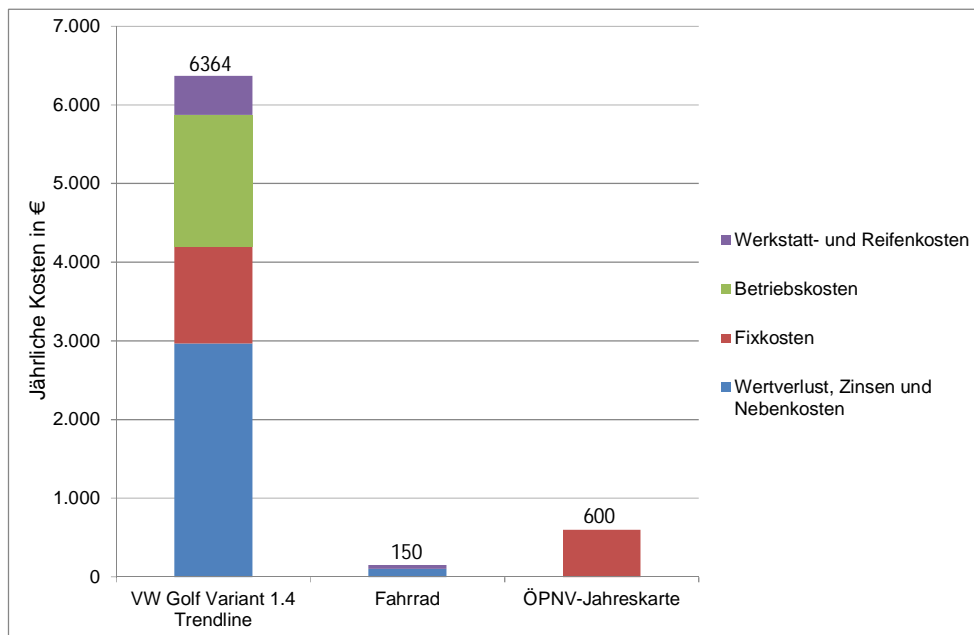


Abbildung 14 Vergleich der jährlichen Gesamtkosten von Pkw, Fahrrad und ÖPNV-Jahreskarte

Da jedoch viele Fahrradfahrer aufgrund ungünstiger Witterungsverhältnisse oder Ähnlichem neben dem Fahrrad auch andere Verkehrsmittel nutzen, fallen diesen dann zusätzliche Kosten zu. Aus der Abbildung 14 wird deutlich, dass sich kostenseitig selbst dann ein großer Vorteil gegenüber dem Pkw ergibt, wenn die Nutzung eines Fahrzeuges mit einer ÖPNV-Jahreskarte kombiniert wird. Es fallen im Vergleich zum Pkw fast 90% niedrigere Gesamtkosten pro Jahr an.

¹¹ VW Golf Variant 1.4 Trendline

Teil III: Diskussion eines klimaschutzbezogenen Umweltzeichen für Fahrräder

Ein klimaschutzbezogenes Umweltzeichen auf Produkten kann eine Unterstützung bei der umweltbewussten Kaufentscheidung darstellen. Wie die vorangegangenen Betrachtungen zeigen, können sich z.B. durch die Wahl der Herstellungsmaterialien Unterschiede hinsichtlich der Treibhausgasemissionen ergeben (siehe Kapitel 1.8.4). Wie der Vergleich mit anderen Verkehrsmitteln, wie z.B. einem Pkw oder Linienbus, zeigt, sind die Klimaschutzz Vorteile durch die Nutzung eines Fahrrades unabhängig von den Emissionen der Fahrradherstellung deutlich niedriger. Dies bedeutet, dass es für die Gesamtemissionen durch die Fahrradnutzung im Vergleich mit anderen Verkehrsmitteln unerheblich ist, welche Materialien verbaut wurden. Zudem bietet die Fahrradnutzung neben den geringeren Treibhausgasemissionen weitere deutliche Vorteile - unabhängig von der Wahl eines Werkstoffes - wie z.B.:

- geringer Flächenverbrauch,
- geringe Lärmbelastung und
- keine Luftschadstoffemissionen.

Anforderungen in den Kriterien eines klimaschutzbezogenem Umweltzeichens an die Art des Werkstoffes (bspw. Ausschluss von Aluminiumrahmen) könnten dem Konsumenten jedoch suggerieren, dass Aluminiumräder nicht umweltfreundlich sind, da sie im Gegensatz zu Stahlrädern nicht mit dem produktbezogenem Umweltzeichen ausgezeichnet sind. Der Vergleich mit anderen Rädern ist jedoch ungeeignet, vielmehr sollte der Vergleich mit anderen Verkehrsmitteln herangezogen werden, wonach die Fahrradnutzung insgesamt umweltfreundlich ist und demzufolge alle Fahrräder ausgezeichnet werden könnten. Aus diesem Grund stellen Anforderungen an verwendete Materialien aus Gesichtspunkten des Klimaschutzes keine geeigneten Kriterien dar.

Wichtig ist hingegen, dass Fahrräder verfügbar sind, denn der Klimaschutzzvorteil ergibt sich nur bei der tatsächlichen Nutzung. Diesen Ansatz verfolgt bspw. das Verbraucherportal EcoTopTen mit Kriterien, welche in der Regel von City- und Trekkingrädern erfüllt werden: die Räder sollen alltagstauglich, sicher, bequem und wartungsarm sein und damit stets verfügbar sein. Nur dann könne das Auto öfters stehen gelassen werden. Wie die Nutzenanalyse in Kapitel 1.7.2 gezeigt hat, kann jedoch auch der symbolische Nutzen bei Fahrrädern eine große Rolle einnehmen. Die aktuellen Trends hin zu minimalistischen Rädern (Fixies) oder den Mountainbikes in den 90er Jahren zeigen, dass auch für die Fahrsituation eher unpassende Räder gewählt werden, wenn dies in Mode ist. Auch dies kann zu einer stärkeren Nutzung des Rades und damit zu einem größeren Umweltnutzen führen, weshalb ein Umweltzeichen, welches diese Räder ausschließt, auch an dieser Stelle kontraproduktiv sein könnte. Weiterhin ist das beste Fahrrad jenes, das am besten auf den Nutzer abgestimmt ist. Ein klimaschutzbezogenes Umweltzeichen sollte demzufolge auch jene Fahrräder

umfassen, welche z.B. im Fachhandel aus Einzelkomponenten an die speziellen Bedürfnisse des Nutzers zusammengestellt werden.

Unabhängig davon kann ein Fahrrad nur dann genutzt werden, wenn es nicht defekt ist. Die Produkttests der Stiftung Warentest und verschiedenen Fahrradzeitschriften haben in diesem Bereich häufig Mängel identifiziert. In den Tests kam es zu Defekten wie Gabel- und Rahmenbrüchen, die nicht nur die Lebensdauer eines Fahrrades verringern, sondern auch ein erhebliches Sicherheitsrisiko darstellen. Die sich daraus ergebenden Kriterien würden jedoch eher Qualitätskriterien darstellen und nicht an erster Stelle Umweltaspekte adressieren. Aus diesem Grund wird im Weiteren verzichtet, Vergabekriterien für ein klimaschutzbezogenes Umweltzeichen für Fahrräder abzuleiten.

2 Literatur

- ADAC 2011 ADAC Autokosten 2011, 1. Ausgabe 2011; Programmversion 1.1 Stand Februar 2011
- ADFC 2006 ADAC Fachausschuss Technik, Aktuelles – Die neuen Fahrrad-Normen; Oktober 2006 <http://www.fa-technik.adfc.de/> abgerufen am 12.08.2009
- ADFC 2008 ADFC Allgemeiner Deutscher Fahrrad-Club e. V; Straßenverkehrszulassungsordnung - Bundesrat lehnt Fahrrad-Ausrüstungsverordnung ab - ADFC: Gültige Vorschriften sind technisch überholt; 15.04.2008, http://adfc.de/2978_1 abgerufen am 20.08.2009
- ARD 2007 ARD Ratgeber Technik; Fahrrad-Trends -28. Juli 2007 abgerufen am 25.08.2009
http://daserste.ndr.de/ardratgebertechnik/archiv/freizeit_sport/erste4296.html
- BMU 2009 Internetseite des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU); "Überblick Radverkehr"; stand April 2009; abgerufen am 01.02.2012;
http://www.bmu.de/verkehr/rad_fussverkehr/ueberblick_radverkehr/doc/41887.php
- BMWi 2011 Internetseite des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie; "Branchenfokus -Zweiradindustrie"; abgerufen am 08.03.2012;
<http://www.bmwi.de/DE/Themen/Wirtschaft/branchenfokus,did=284596.html>
- Bunke et al. 2002 Bunke, D.; Grießhammer, R.; Gensch, C.-O.; EcoGrade – die integrierte ökologische Bewertung; UmweltWirtschaftsForum 10. Jg.; H. 4; Dezember 2002
- Busch & Müller KG 2012 Lichtvergleich Scheinwerfer abgerufen am 25.09.2012
<http://www.bumm.de/innovation-original/lichtvergleich-scheinwerfer.html>
- DESTATIS 2009 Statistisches Bundesamt, Zahl der Woche Nr.022 vom 02.06.2009: 70 Millionen „Drahtesel“ werden in Deutschland gesattelt
- DHD 2006 Deutsche Hörfunk Dienst (DHD): "Trends und Neuheiten rund ums Fahrrad"; <http://dhd-news.de/koelnmesse/article/1500/trends-und-neuheiten-rund-ums-fahrrad-kolle> 14.09.2006 abgerufen am 25.08.2009
- DIN Certo 2006 DIN Certo „Zertifizierungsprogramm für Fahrräder und Komponenten DINplus“; (Stand: September 2006)
- DIN Certo 2012 http://www.dincerto.de/de/qualitaetszeichen_dinplus.html, abgerufen am 28.09.2012

EcoTopTen 2012	http://www.ecotopen.de/prod_fahrrad_prod.php abgerufen am 25.09.2012
Fahrradbericht 2007	Zweiter Bericht der Bundesregierung über die Situation des Fahrradverkehrs in der Bundesrepublik Deutschland 2007 http://www.bmvbs.de/cae/servlet/contentblob/28970/publicationFile/208/zweiter-fahrradbericht-der-bundesregierung.pdf
Fahrradportal 2012	Internetseite: Fahrradportal des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung; abgerufen am 01.02.2012; http://www.nationaler-radverkehrsplan.de/neuigkeiten/news.php?id=3204
FMZ 2009	fahrrad.markt.zukunft: "Fahrrad-Trends 2009 - Leicht, schick und alltagstauglich"; Presseinformation von Velokonzept zur "Publikumsmesse um Fahrrad, Fitness und Tourismus"
Gressmann 2009	Dipl. Ing. Gressmann, Michael (Lektorat): Fachkunde Fahrradtechnik; 3. Auflage; Haan-Gruiten 2009
IPCC 2007	Intergovernmental panel on climate change (IPCC), Fourth Assessment Report: Climate Change 2007, Chapter 2: Changes in Atmospheric Constituents and in Radiative Forcing. 2007 http://www.ipcc.ch/ipccreports/ar4-wg1.htm
KIT 2011	Karlsruher Institut für Technologie (KIT): „Deutsches Mobilitätspanel (MOP) wissenschaftliche Begleitung und erste Auswertungen- Bericht 2011: Alltagsmobilität & Tankbuch“; Karlsruhe, 02.12.2011
Merida 2012	Persönliche Mitteilung von Jason Liu ((Merida) zum PCF Matts Lite 1200-D vom 13.03.2012 und 08.03.2012
Öko-Institut et al. 2009	Zimmer, W.; Fritsche, U.; Hacker, F.; Hochfeld, C.; Jenseit, W.; Schmied, M. (Öko-Institut e.V.); in Kooperation mit: DLR-Institut für Verkehrsforschung (Berlin); Wissenschaftliche Partner: ifeu – Institut für Energie- und Umweltforschung (Heidelberg); DBFZ Deutsches Biomasse-Forschungsinstitut (ehemals Institut für Energetik & Umwelt, Leipzig); Professur für Verkehrsströmungslehre der Technischen Universität Dresden; "RENEWBILITY – Stoffstromanalyse nachhaltige Mobilität im Kontext erneuerbarer Energien bis 2030"; RENEWBILITY – Stoffstromanalyse nachhaltige Mobilität im Kontext erneuerbarer Energien bis 2030; 2009
Öko-Test 2006	ÖKO-TEST Verlag GmbH: Produkttest aus dem Jahrbuch für 2007 : Fahrradlenkergriffe; 16.10.2006
Öko-Test 2007	ÖKO-TEST Verlag GmbH: Produkttest "Laufräder -Auf die Plätze, fertig -los!"; 05/2007
Öko-Test 2009	ÖKO-TEST Verlag GmbH: Produkttest "Kinderfahrräder - Rad ab?"; Mai 2009
StiWa 2001	Stiftung Warentest (Hrsg.): „Hals- und Lenkerbruch“; Test von Mountain- Und Cross-Trekkingbikes mit Männerrahmen; in: test, Heft 5/2001

StiWa 2002	Stiftung Warentest (Hrsg.): „Gelbe Karte wegen Bruchgefahr“; Test von Cityrädern; in: test, Heft 5/2002
StiWa 2003	Stiftung Warentest (Hrsg.): „Joggen im Sitzen“; Test von Fitnessrädern; in: test, Heft 5/2003
StiWa 2004	Stiftung Warentest (Hrsg.): „Sieben gingen zu Bruch“; Test von Trekkingräder; in: test, Heft 5/2004, S. 76-81
StiWa 2005	Stiftung Warentest (Hrsg.): „Kinderfeindlich?“; Test von Kinderrädern; in: test, Heft 5/2005
Stiwa 2007	Stiftung Warentest (Hrsg.): "Kein Rad ohne Makel"; Test von Trekkingrädern; in: test, Heft 5/2007
StiWa 2008	Stiftung Warentest (Hrsg.): "Griff ins Gift"; Test von Kinderrädern in: test, Heft 5/2008
StiWa 2009a	Stiftung Warentest (Hrsg.): "Für Stadt und Land"; Test von Trekkingrädern; in: test, Heft 5/2009
StiWa 2009b	Meister, W. (Stiftung Warentest); persönliche Mitteilung vom 28.08.2009 zum Testverfahren für Trekkingräder (5/2009)
Stiwa 2010	Stiftung Warentest (Hrsg.): "Wie in einem Kokon"; Test von Fahrradanhängern; in: test, Heft 6/2010 aktualisiert Juni 2010
StiWa 2012	Stiftung Warentest: „Fahrrad-Bremsen- Verzögerungstaktik“, 12.03.2012; http://www.test.de/Fahrradtechnik-im-Ueberblick-In-die-Gaenge-kommen-1791218-1791325/ abgerufen am 25.09.2012
SZ 2010	Süddeutsche.de: "Fahrradtrends - Die kleinen Unterschiede"; 29.03.2010 abgerufen am 09.03.2012 http://www.sueddeutsche.de/leben/fahrradtrends-die-kleinen-unterschiede-1.2224
UBA 2012	Richter, N. (Umweltbundesamt): Persönliche Mitteilung und Datenauszug aus TREMOD Version 5.25 vom 23.02.2012 & 26.03.2012;
WELT 2009	Welt-online: "Trend: Das sind die neuen Top-Fahrräder für 2009"; 19.02.2009; abgerufen am 25.08.2009 http://www.welt.de/lifestyle/article3226412/Das-sind-die-neuen-Top-Fahrraeder-fuer-2009.html
ZFG 2008	Pressemitteilung des Zentrum für Gesundheit der Deutschen Sporthochschule Köln 29.09.2008 http://www.presseportal.de/pm/72970
ZIV 2009	ZIV - Zweirad-Industrie-Verband e.V.: "Marktdaten Fahrräder - Marktdaten 2008" abgerufen 05.08.2009; http://www.ziv-zweirad.de/marktdaten-fahrraeder.html
ZIV 2010	ZIV - Zweirad-Industrie-Verband e.V.: "Marktdaten Fahrräder - Marktdaten 2009" abgerufen 08.03.2012; http://www.ziv-zweirad.de/marktdaten-fahrraeder.html
ZIV 2011	Neuberger, S. Zweirad-Industrie-Verband e.V.: „Pedelects als Zukunftsmarkt“; 29.03.2011 Frankfurt am Main

3 Anhang

3.1 Treibhauspotential

Schadstoffe, die zur zusätzlichen Erwärmung der Erdatmosphäre beitragen, werden unter Berücksichtigung ihres Treibhauspotenzials bilanziert, welches das Treibhauspotenzial des Einzelstoffs relativ zu Kohlenstoffdioxid kennzeichnet. Als Indikator wird das Gesamt-treibhauspotenzial in CO₂-Äquivalenten angegeben. Zur Bilanzierung werden die Charakterisierungsfaktoren nach IPCC 2007 berücksichtigt.

3.2 Eingangsgrößen in die orientierende Ökobilanz

Tabelle 8 Emissionsfaktoren der orientierenden Öko-Bilanz

	Ecolvent 2.2 Datensatz	kgCO₂e/kg
Aluminium	Aluminium, Produktionsmix, Knetlegierung, ab Werk	11,2
	Aluminium, sekundär, aus neuem Schrott, ab Werk	0,4
	Aluminium, primär, ab Werk	12,4
Gutschrift Aluminiumrecycling	Gutschrift für primäres Aluminium, ab Werk	-12,0
Edelstahl	Stahl, niedriglegiert, ab Werk	1,8
	Blasstahl, niedriglegiert, ab Werk	2,1
	Roheisen, ab Werk	1,6
	Eisenschrott, ab Werk	0,0
Gutschrift Stahlrecycling	Gutschrift für Roheisen, ab Werk	-1,5
Kunststoff	Polyethylen-Granulat, HDPE, ab Werk	1,9
Gummi	Gummi EPDM, ab Werk	2,7

Tabelle 9 Materialzusammensetzung eines mittelgroßen PKW mit Ottomotor

Material	PKW-Otto-mittel
	<i>kg</i>
Stahl	530
PP, PE	149
Hochfeste Stähle	127
Eisen	124
Aluminium	116

Material	PKW-Otto- mittel
	kg
PUR, ABS, PET, andere Kunststoffe	75
Sonstiges (unbekannt)	37
Glas	31
Gummi	28
Andere Flüssigkeiten	27
Textilien	13
Kupfer	12
Blei	9
Öl	8
Andere Metalle	5
Magnesium	3
Zink	3
Kältemittel	1
Palladium	0
Rhodium	0
Platin	0
<i>Quelle:</i> (Öko-Institut et al. 2009)	

Tabelle 10 Materialzusammensetzung eines Diesel-Linienbusses

Material	Linienbus
	kg
Stahl, Eisen	6.833
Aluminium	1.677
Sonstiges (unbekannt)	1.239
Kunststoffe	557
Glas	493
Kupfer	110
Blei	91
<i>Quelle:</i> (Öko-Institut et al. 2009)	

Tabelle 11 Kenngrößen zur Fahrzeugnutzung von Pkw und Linienbussen

	Lebensdauer	Jährliche Fahrleistung	Fahrzeugauslastung
	Jahre	km	Pkm/vkm
Linienbus	10	40.106	14,8
PKW-Otto-Mittel	14,7	11.291	1,5
<i>Quelle:</i> (Öko-Institut et al. 2009), Tremod v. 5.25			