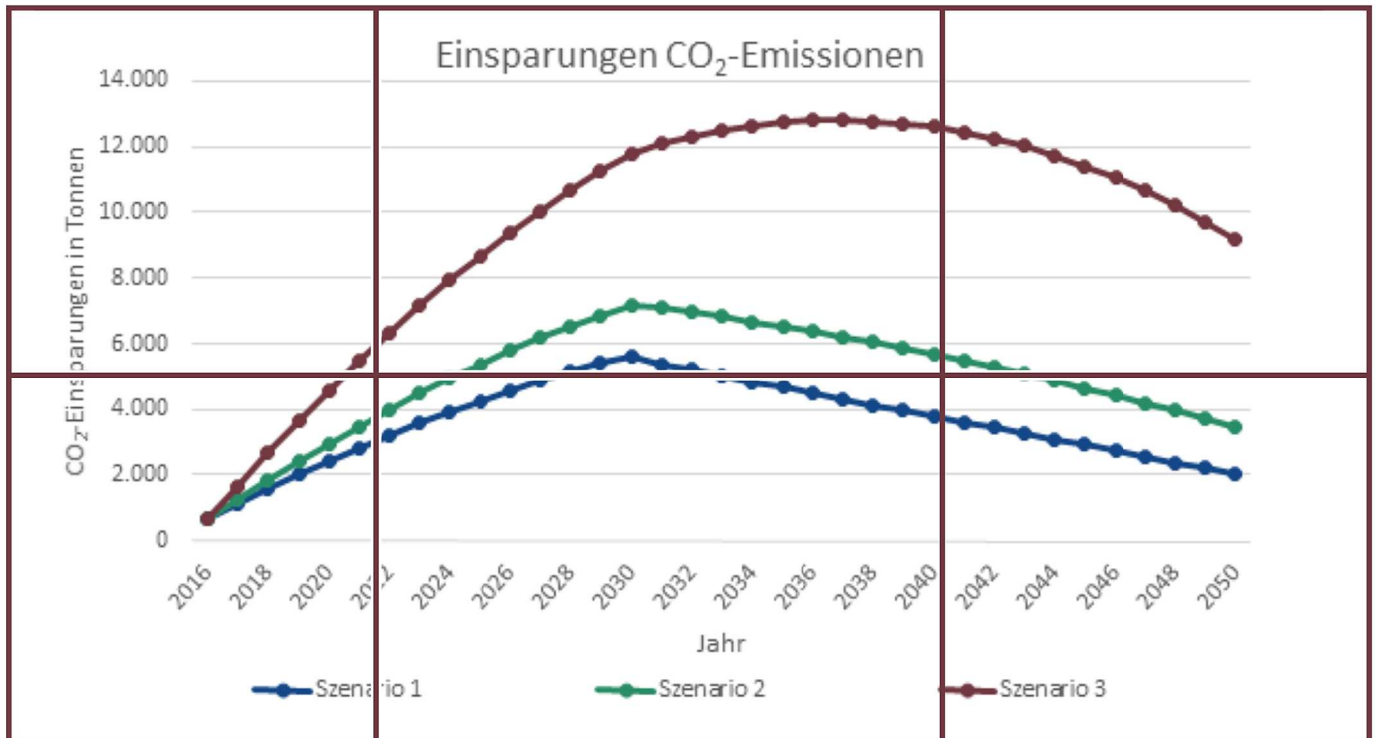


CO₂ - Einsparpotenzial durch Radverkehrsförderung

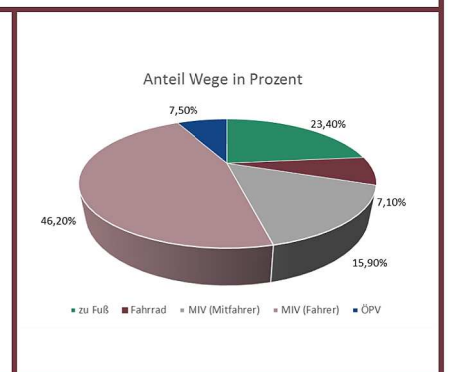
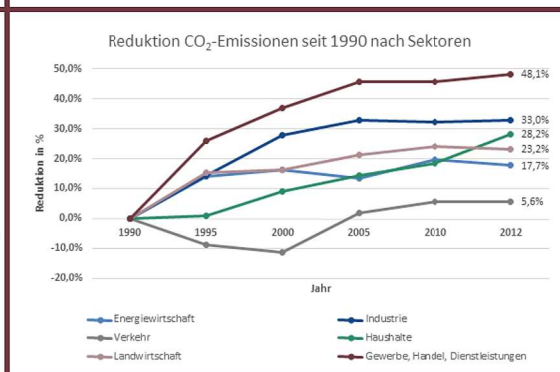
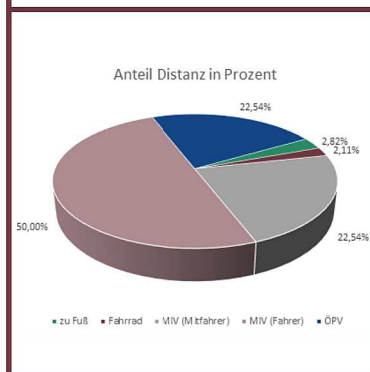


Landkreis Esslingen

Radverkehrskonzeption Landkreis Esslingen

M.Eng. Paul Fremer
B.Sc. Sebastian Brückner

Frankfurt am Main, Februar 2016



Gefördert durch:



Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz,
Bau und Reaktorsicherheit

Auftraggeber:



Landratsamt Esslingen
- Straßenbauamt -
Osianderstraße 6
73230 Kirchheim unter Teck

Bearbeiter:

M. Eng. Paul Fremer

Radverkehr-Konzept
Franziusstraße 8-14
60314 Frankfurt am Main
Tel.: 069 – 904 342 01
Fax: 069 – 904 342 02
E-Mail: kontakt@radverkehr-konzept.de
Homepage: www.radverkehr-konzept.de



Frankfurt am Main, Februar 2016

CO₂-Einsparpotenzial durch die Förderung des Radverkehrs

Inhalt

CO ₂ -Einsparpotenzial durch die Förderung des Radverkehrs	1
1. Ausgangslage	3
2. Internationale, nationale und lokale Ziele	4
3. Analyse Ist-Situation Landkreis Esslingen.....	6
4. Prognose Entwicklung Radverkehr.....	9
5. Prognose CO ₂ -Entlastung	11
6. Fazit	13

1. Ausgangslage

Klimaerwärmung und der verursachende CO₂-Ausstoß sind die Herausforderung des 21. Jahrhunderts. Die globalen Folgekosten sind bereits jetzt enorm, eine zukünftige Entwicklung kaum seriös hervorsehbar. Klar ist jedoch, dass die Folgekosten weiter steigen werden.

Endenergieverbrauch nach Verbrauchssektoren
in Musterstadt 2010

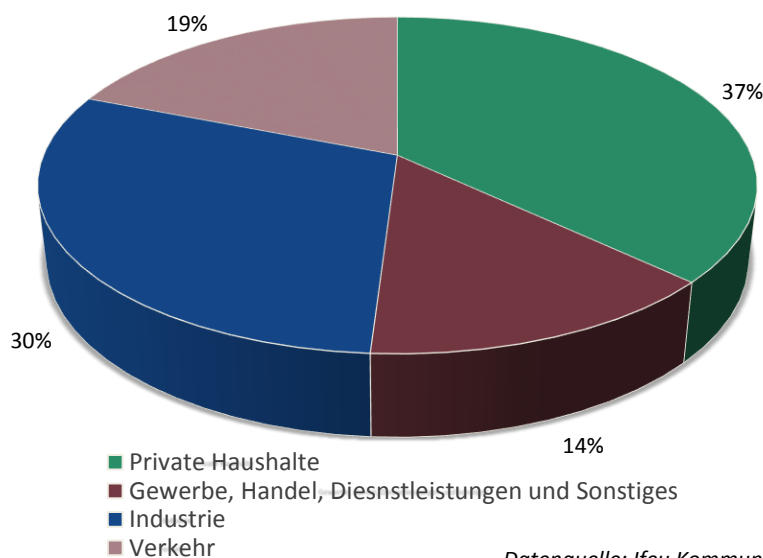


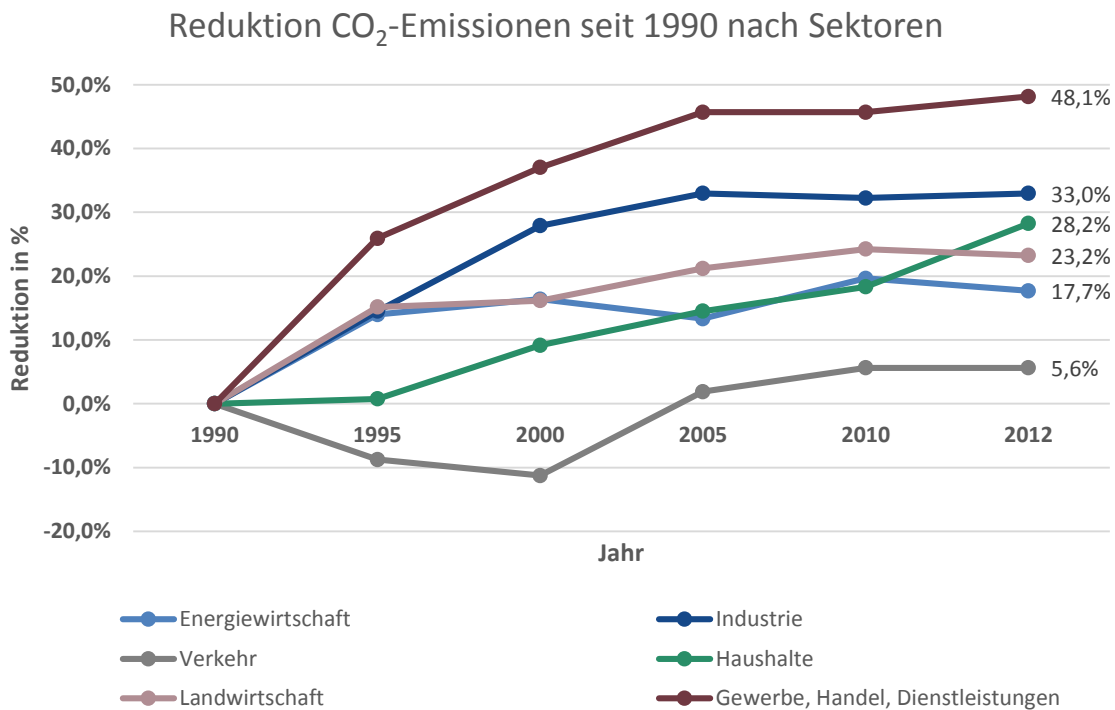
Abbildung 1: Endenergieverbrauch nach Verbrauchssektoren in Musterstadt

Alle Bereiche des öffentlichen und privaten Lebens sind hierbei als Verursacher in die Pflicht zu nehmen, zu einer Reduzierung und langfristig zu einer Nullabsenkung der CO₂-Emissionen beizutragen.

Auf den Verkehrssektor entfallen nach einer Berechnung des Instituts für Energie- und Umweltforschung ifeu (siehe **Abbildung 1**) dabei 19 Prozent des Endenergieverbrauches.

Dass insbesondere im Verkehrssektor ein Umdenken dringend erforderlich ist, zeigt die Entwicklung der CO₂-Emissionen im Vergleich zu den anderen Verursachersektoren. Zieht man als Bezugsjahr das Jahr 1990 heran, ist die Verringerung der CO₂-Emissionen im Verkehrssektor im Vergleich zu den weiteren Sektoren mit gut fünf Prozent äußerst gering. Positiv herauszuheben sind die Anstrengungen im Bereich Gewerbe, Handel, Dienstleistungen, die die sektorbezogenen CO₂-Emissionen nahezu halbieren konnten.

Die Einsparungen der einzelnen Sektoren seit 1990 ist in **Abbildung 2** dargestellt.



Datenquelle: Umweltbundesamt.

Abbildung 2: Reduktion CO₂-Emissionen nach Sektoren

2. Internationale, nationale und lokale Ziele

Auf den politischen Ebenen werden mehr und mehr Ziele vereinbart, die zu einer Verringerung der CO₂-Emissionen führen und die zunehmende Erderwärmung langfristig abschwächen sollen.

Daraus entsteht eine Handlungsnotwendigkeit für kommunale Akteure sowie die weiteren Verbrauchersektoren.

Europa und Deutschland spielen hierbei eine Vorreiterrolle. Im Sinne des Umweltschutzes, aber auch zur Verhinderung oder Verminderung von potentiellen Schäden an der Wirtschaft und der Lebensqualität in den Europa, soll bis zum Jahr 2020 der CO₂-Ausstoß in der EU um 20 bis 30%, verglichen mit dem Ausstoß im Jahr 1990, reduziert werden¹. Die Bundesregierung gibt für Deutschland sogar 40% bis 2020 und 80 bis 95% bis 2050 als Ziel an. Das Land Baden-Württemberg orientiert sich in dem 2013 verabschiedeten Klimaschutzgesetz an den Zielen der Bundesregierung und will ebenfalls bezogen auf das Jahr 1990 bis zum Jahr 2020 25 Prozent und bis zum Jahr 2050 90 Prozent der CO₂-Emissionen einsparen².

Der Anteil des Straßenverkehrs an den CO₂-Emissionen liegt in etwa bei 20 Prozent. Auf den motorisierten Individualverkehr entfallen dabei 15 Prozent des gesamten CO₂-Ausstoßes³.

Während in vielen Bereichen der CO₂-Ausstoß in Deutschland bereits deutlich reduziert wurde, ist eine Reduktion im Verkehrssektor erst etwa seit dem Jahr 2000 und deutlich schwächer ausgeprägt zu beobachten (siehe auch Abbildung 2).

Die Reduktion von CO₂-Emissionen im Verkehrssektor kann durch drei Grundprinzipien erreicht werden:

- Verkehr vermeiden,
- Verkehr verlagern (öffentlicher Personenverkehr, Radverkehr, Fußverkehr),
- Verkehr verbessern (Antriebstechnik, Verkehrsablauf).

Ziel der Radverkehrskonzeption des Landkreises Esslingen (siehe Kapitel 3) ist es, eine Verlagerung des Verkehrs vom Pkw auf das Fahrrad sowie den kombinierten Verkehrsträger Fahrrad und ÖPNV zu erreichen.

Die weiteren Einsparpotenziale im Bereich Verkehr „Verkehr vermeiden“ (soziologisch, raumplanerisch) und „Verkehr verbessern“ (technisch, rechtlich) werden im Rahmen dieser Potenzialermittlung nicht berücksichtigt.

¹ European Commission, Europe 2020 targets, http://ec.europa.eu/europe2020/targets/eu-targets/index_en.htm

² Klimaschutzgesetz Baden-Württemberg (KSG BW), §4 Klimaschutzziele, 23.07.2013

³ European Commission, EU Action Road Transport http://ec.europa.eu/clima/policies/transport/vehicles/index_en.htm

3. Analyse Ist-Situation Landkreis Esslingen

Um das CO₂-Einsparpotenzial des Landkreises Esslingen ermitteln zu können sind mehrere Prognose-Fälle sowie die Ist-Situation zu bewerten. Insgesamt werden drei Prognosefälle bewertet. Der Nullfall prognostiziert die Entwicklung, die eintritt, wenn der der Modal-Split-Berechnung zu Grunde liegende Mitteleinsatz (2000-2007) in die Radverkehrsförderung beibehalten wird. Weiter wird die Entwicklung für die Prognosefälle „konservative Steigerung“ und „ambitionierte Steigerung“ bewertet.

Ausgangssituation / IST-Situation

Aktuell liegen keine Daten zum Modal Split im Landkreis Esslingen vor. Um einen Radverkehrsanteil für die Ist-Situation bestimmen zu können, muss die Verkehrsmittelverteilung der Studie Mobilität in Deutschland 2008⁴ herangezogen werden.

Der Landkreis Esslingen wird dabei als hochverdichteter Kreis in einem Agglomerationsraum angesehen⁵. Abbildung 3 zeigt den gemäß der MiD-Studie anzusetzenden Modal Split.

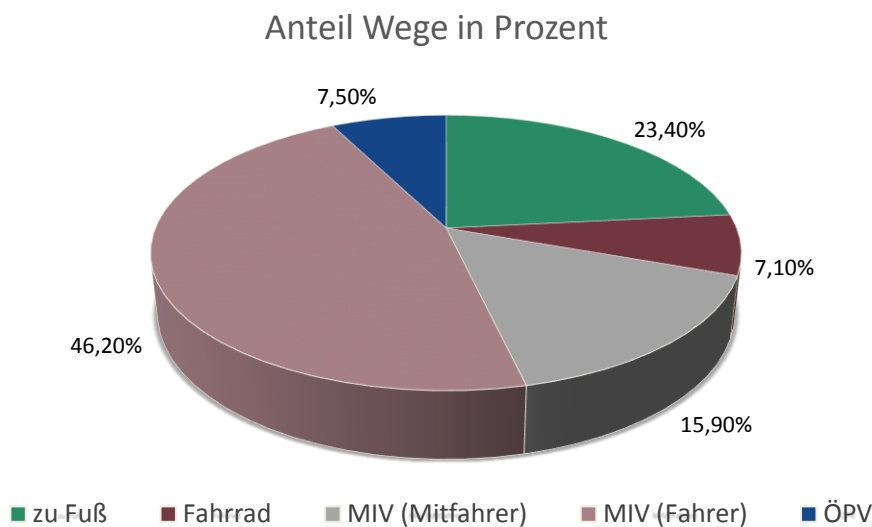


Abbildung 3: Anteil Wege in Prozent

Die Verkehrsarten zu Fuß und Fahrrad machen zusammen etwa 30 Prozent aller zurückgelegten Wege aus. Mit Blick auf die zurückgelegte Distanz ist der Anteil allerdings wesentlich geringer. Lediglich knapp fünf Prozent der Gesamtverkehrsleistung werden zu Fuß oder mit dem Rad zurückgelegt (siehe Abbildung 4).

⁴ Mobilität in Deutschland (MiD) 2008, Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung,

⁵ Siedlungsstrukturelle Kreistypen, Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung, Bonn, 2009

Mit Blick auf die CO₂-Emissionen bedeutet dies, dass der Verkehrsträger Rad insbesondere dort Potenziale hat, wo er längere Strecken ersetzen kann, also im Bereich der Pedelec-Nutzung sowie im Verkehrsverbund mit dem Öffentlichen Personenverkehr (ÖPV).

Der Vergleich der Grafiken „Anteil Wege“ und „Anteil Distanz“ zeigt auf, dass Verlagerungen von kurzen Strecken, die in der Regel innerorts zurückgelegt werden, aus Gründen der lokalen Lebens- und Luftqualität und weiterer positiver Aspekte anzustreben sind, dass sie aber mit Blick auf die CO₂-Emissionen nur eine geringe Bedeutung haben.

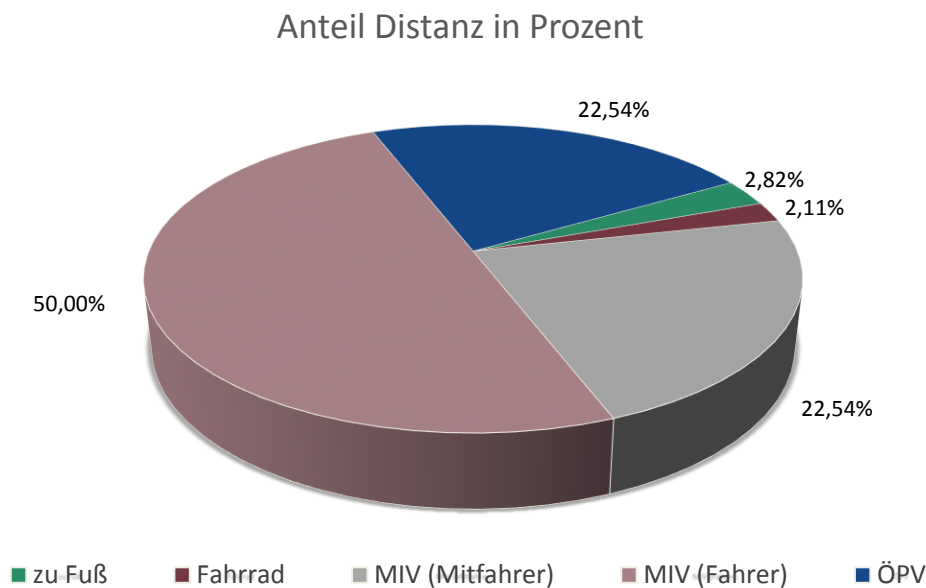


Abbildung 4: Anteil zurückgelegte Strecken in Prozent

Um die Gesamtverkehrsleistung ermitteln zu können ist eine Hochrechnung der Pkw-Jahresfahrleistung, die das statistische Landesamt jährlich für alle Landkreise veröffentlicht, erforderlich⁶. Setzt man die Pkw-Jahresfahrleistung in Relation zum Anteil an der Gesamtverkehrsleistung der einzelnen Verkehrsträger, lässt sich auch die Gesamtverkehrsleistung der anderen Verkehrsteilnehmer in Kilometern bestimmen.

Bei Annahme einer konstanten Entwicklung der Pkw-Jahresfahrleistung in den vergangenen Jahren kann die Entwicklung zwischen den vorliegenden Daten aus den Jahren 1990, 2010 und 2014 interpoliert werden. Für die Jahre 2007/2008 ergibt sich bei der oben aufgeführten Verteilung der Strecken (MiD-Studie, Erfassungszeitraum 2007/08) eine Gesamtleistung von etwa 5,8 Milliarden Kilometer, die im Landkreis Esslingen zurückgelegt wurden. Diese und die folgenden Angaben beziehen die Fahrleistungen auf Autobahnen nicht mit ein.

Aufgeteilt nach den Verkehrsträgern ergibt dies folgendes Leistungsbild:

⁶ Statistisches Landesamt Baden-Württemberg, Jahresfahrleistung im Straßenverkehr, Stuttgart

Jahresverkehrsleistung nach Verkehrsträgern 2007/2008					
Verkehrsträger	zu Fuß	Fahrrad	MIV (Mitfahrer)	MIV Fahrer	ÖPV
Anteil Wege	23,4%	7,1%	15,8%	46,2%	7,5%
Anteil Leistung	2,8%	2,1%	22,5%	50%	22,5%
Leistung in Mio. Km	163	122	1.306	2.898	1.306

Abbildung 5: Jahresverkehrsleistung nach Verkehrsträgern 2007/2010

Grundlage für die Ermittlung der Verkehrsleistung nach Verkehrsträgern für die Jahre 2001/2002 bildet dabei die durchschnittliche Entwicklung des Modal Splits in Deutschland zwischen 2002 und 2008. Die Angaben aus **Abbildung 4** wurden entsprechen zurückgerechnet.

Jahresverkehrsleistung nach Verkehrsträgern 2001/2002					
Verkehrsträger	zu Fuß	Fahrrad	MIV (Mitfahrer)	MIV Fahrer	ÖPV
Anteil Wege	22,3%	6,3%	17,2%	47,6%	7,4%
Anteil Leistung	3,0%	2,0%	19,8%	49,2%	20,4%
Leistung in Mio. Km	165	111	1.100	2.729	1.132

Abbildung 6: Jahresverkehrsleistung nach Verkehrsträgern 2001/02

Der in **Abbildung 6** dargestellte Vergleich der Jahresverkehrsleistungen zwischen 2001/2002 und 2007/2008 zeigt auf, dass die Verkehrsleistung des Radverkehrs im betrachteten Zeitraum nahezu unverändert geblieben ist, während der MIV und der ÖPV deutlich zugenommen haben. Auch die Verkehrsleistung insgesamt ist deutlich gestiegen.

Jahresverkehrsleistung nach Verkehrsträgern Vergleich 2001/2002 mit					
Verkehrsträger	zu Fuß	Fahrrad	MIV (Mitfahrer)	MIV Fahrer	ÖPV
Veränderung Anteil Wege in %-Punk-	+ 1,1	+ 0,8	-1,4	-1,4	+0,1
Veränderung Anteil Leistung in %-	- 0,2	+ 0,1	+2,7	+0,8	+2,1
Veränderung Leistung in Mio. Km	-2	+11	+206	+169	+174

Abbildung 7: Entwicklung Verkehrsleistung zwischen 2001/2002 und 2007/2008

4. Prognose Entwicklung Radverkehr

Es werden Prognosen für die Jahre 2015⁷, 2025 und 2050 getroffen, für die jeweils drei Szenarien berechnet werden:

- **Szenario 1:** Gleichbleibender Mitteleinsatz (finanziell, personell) und gleichbleibende Flächenverteilung der Verkehrsflächen zur Förderung des Radverkehrs;
- **Szenario 2:** Moderate Steigerung des Mitteleinsatzes und moderate Verbesserung der Flächenverteilung zu Gunsten des Radverkehrs.
- **Szenario 3:** Ambitionierte Steigerung des Mitteleinsatzes und ambitionierte Verbesserung der Flächenverteilung zu Gunsten des Radverkehrs.

Der finanzielle Mitteleinsatz bezieht sich auch auf die mit Blick auf die CO₂-Reduktion wichtigen Maßnahmen zum Ausbau von Bike and Ride-Anlagen und damit zur Förderung der Verkehrsmittelkombination Fahrrad – ÖPV.

Als Bezug wird dabei der gesamte Mitteleinsatz von Bund, Ländern und Kommunen im Zeitraum 1999 bis 2005, also dem Zeitraum, der für die Radverkehrsentwicklung zwischen den Jahren 2001/2002 und 2007/2008 relevant ist, herangezogen.

Ab Mitte der 2.000er Jahre ist eine moderate Steigerung der Mittel und eine moderate Verbesserung der Flächenverteilung zu Gunsten des Radverkehrs zu beobachten. Es tritt folglich Szenario 2 ein.

Folgende weitere Annahmen werden unabhängig vom Mitteleinsatz mit Blick auf den Radverkehr getroffen:

- **Demografischer Wandel:** Die Bevölkerungsentwicklung im Landkreis Esslingen bleibt mittel- bis langfristig konstant bleibt,
- **Mobilitätsverhalten:** Der Anteil des Radverkehrs am Modal Split steigt durch gesellschaftliche Entwicklungen jährlich um 0,1 Prozentpunkte (Zeitraum bis 2030),
- **Leistungsfähigkeit:** Die Leistungsfähigkeit des Fahrrads steigt durch die stetige Zunahme von elektrounterstützten Fahrräder. Die durchschnittlich zurückgelegte Distanz des Radverkehrs steigt jährlich um ein Prozent (Zeitraum 2008-2030; Marktsättigung Pedelec im Jahr 2030 erreicht),
- Die Gesamtverkehrsleistung bleibt ab 2015 bei sechs Milliarden Kilometern konstant.

Folgende Steigerung des Radverkehrs wird pro Jahr in den drei Szenarien und unter Berücksichtigung der oben genannten Annahmen erwartet:

⁷ Da nicht ausreichend Daten für den Zeitraum 2009 bis 2015 vorliegen, ist die Verkehrsleistung und der Modal Split für das Jahr 2015 ebenfalls abzuschätzen.

	Szenario 1	Szenario 2	Szenario 3
Veränderung Anteil Wege Radverkehr in %-	+ 0,1	+ 0,15	+0,3

Abbildung 8: Veränderung Anteil Wege Radverkehr

Für die Prognose wird davon ausgegangen, dass der Mitteleinsatz ab etwa 2005 moderat gesteigert worden ist. Angaben für die Szenarien 1 und 3 werden für den Prognosehorizont 2015 daher nicht gemacht. Die Prognosen für die Jahre 2025 basieren auf dem Szenario 2 im Jahr 2015.

2015	Szenario 1	Szenario 2	Szenario 3
Anteil Wege Radverkehr am Modal	*	8,2%	*
Anteil Leistung Radverkehr	*	2,5%	*
Leistung in Mio. Km	*	148	*
2025	Szenario 1	Szenario 2	Szenario 3
Anteil Wege Radverkehr am Modal	9,2%	9,7%	11,0%
Anteil Leistung Radverkehr	3,0%	3,2%	3,6%
Leistung in Mio. Km	182	191	218
2050	Szenario 1	Szenario 2	Szenario 3
Anteil Wege Radverkehr am Modal	9,7%	11,4%	18,5%
Anteil Leistung Radverkehr	3,3%	3,9%	6,4%
Leistung in Mio. Km	199	236	382

Abbildung 9: Szenarien zur Entwicklung des Radverkehrs

Bei den getroffenen Annahmen steigt die Verkehrsleistung des Radverkehrs im Szenario 1, also ohne Steigerung des Mitteleinsatzes, auf 3,2%. Dies entspricht einer Entlastung der übrigen Verkehrsträger um 51 Millionen Kilometer. Dieser Anstieg ist durch die Verbreitung der elektrounterstützten Fahrräder sowie auf die gesellschaftliche Entwicklung zurückzuführen.

Abbildung 10 zeigt dabei die Entwicklung der Verkehrsleistung für die unterschiedlichen Szenarien. Bei der Annahme einer gleichbleibenden Gesamt-Verkehrsleistung trägt die steigende Verkehrsleistung direkt zu einem reduzierten Ressourcenverbrauch bei.

Maßgebend mit Blick auf die Entlastung des CO₂-Ausstoßes ist dabei die Frage, von welchem Verkehrsträger die zukünftigen Radfahrer umsteigen. Eine nennenswerte Entlastung tritt nur dort ein, wo durch die Fahrt mit dem Fahrrad auf eine Fahrt mit dem Pkw verzichtet wird.

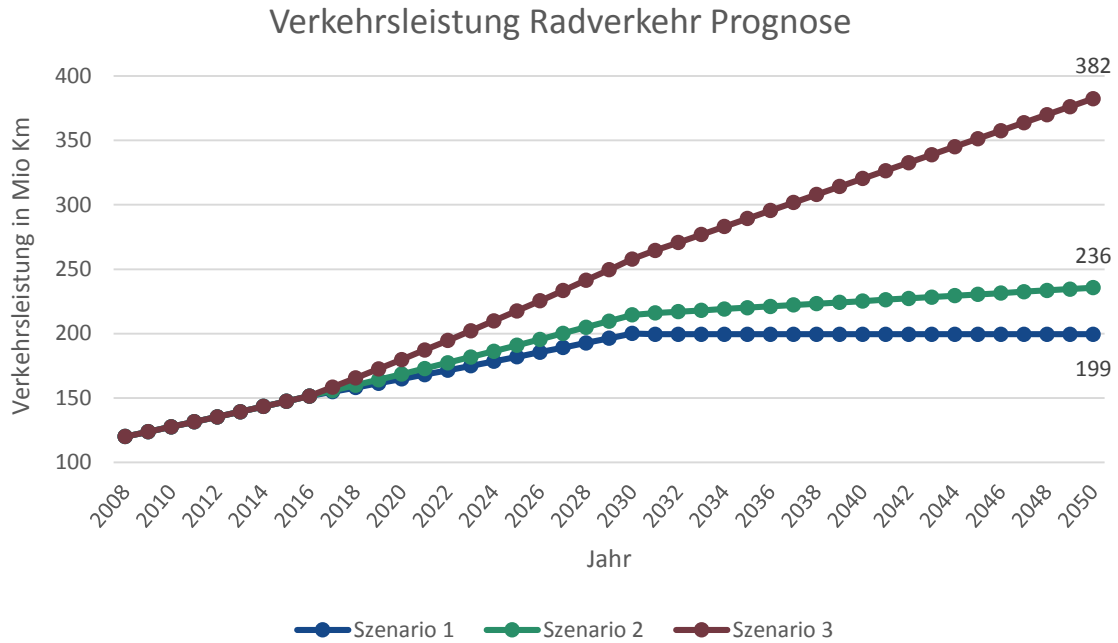


Abbildung 10: Prognose Verkehrsleistung Radverkehr

Besonders starke Auswirkungen haben dabei längere Fahrten, die beispielsweise durch den Einsatz von elektrounterstützten Fahrrädern oder die Kombination von Verkehrsmitteln zukünftig umweltfreundlicher zurückgelegt werden.

5. Prognose CO₂-Entlastung

Um das Einsparpotenzial mit Blick auf die CO₂-Emissionen bestimmen zu können, ist eine Vorhersage erforderlich, welche Verkehrsmittel durch die steigende Fahrradnutzung ersetzt werden.

Die Studie Pedelec⁸ hat diese Fragestellung mit Blick auf Pedelec-Neunutzer untersucht. Eine Übertragung auf Radfahrer generell ist unter Berücksichtigung bestimmter Randbedingungen möglich. Die Studie unterscheidet dabei zwischen Freizeit- und Pendlerverkehr. Darüber hinaus ist auch der Umsteigefall vom Fahrrad auf das Pedelec berücksichtigt. Für die im Folgenden getroffene Annahmen werden die Werte für den Alltagsverkehr genutzt und der Anteil der Umsteiger vom Fahrrad auf das Pedelec sowie solche Fahrten, die vorher gar nicht getätigt worden sind (in der Regel Freizeitverkehr) herausgerechnet.

	Pkw	ÖPV	Sonstiges	zu Fuß
Ersetzte Verkehrsmittel durch Fahrradnut-	78%	13%	8%	1%

Abbildung 11: Ersetzte Verkehrsmittel

⁸ Pedelec-Abschlussbericht: Verlagerungs- und Klimaeffekte durch Pedelec-Nutzung im Individualverkehr Institut für Transportation Design (Hochschule für Bildende Künste Braunschweig), Braunschweig, 2015

Die aus der Pedelec-Studie hervorgegangenen Werte (siehe **Abbildung 11**) ermöglichen nun eine Berechnung der CO₂-Einsparungen für die drei oben durchgespielten Szenarien.

Die Grundlage für die Berechnung der CO₂-Reduktion stellen dabei die Ziele der EU-Kommission⁹ zu einer schrittweisen Minderung des durchschnittlichen CO₂-Ausstoßes pro gefahrenen Pkw-Kilometer dar. Für das Jahr 2020 ist ein durchschnittlicher CO₂-Ausstoß bei Neuwagen in Höhe von 95 g/km vorgesehen. Der Leitfaden Kommunaler Klimaschutz¹⁰ hat für die Jahre 2000 bis 2020 folgende Werte für die CO₂-Emissionen von Pkw und ÖPV pro Personenkilometer errechnet und empfiehlt diese für die Erstellung von Kurzbilanzen im Personenverkehr (siehe **Abbildung 12**).

	2000	2005	2010	2015	2020
CO ₂ -Ausstoß Pkw	240	222	204	185	169
CO ₂ -Ausstoß ÖPV	103	89	80	75	70

Abbildung 12: CO₂-Ausstoß für die Erstellung von Kurzbilanzen im Personenverkehr

Die Werte berücksichtigen dabei auch die energetische Vorkette, also die CO₂-Emissionen, die während der Produktion der Fahrzeuge und Gleise entstehen. Die Entwicklung des CO₂-Ausstoßes nimmt im Durchschnitt etwa 4 g/km (ÖPV 1 g/km) pro Jahr ab. Es wird die Annahme getroffen, dass sich diese Entwicklung zukünftig konstant fortsetzt.

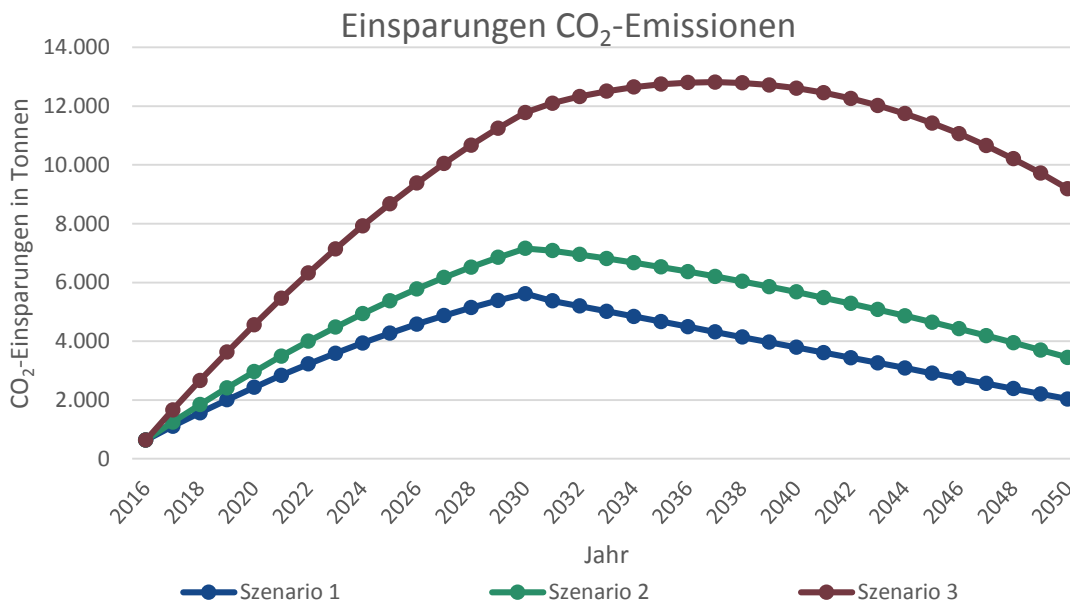


Abbildung 13: CO₂-Einsparung pro Jahr

⁹ EU-Verordnung zur Verminderung der CO₂-Emissionen von Personenkraftwagen, Brüssel, 2009

¹⁰ Klimaschutz in Kommunen, Deutsches Institut für Urbanistik, Berlin, 2011

Auf Basis dieser Berechnung ergeben sich für den betrachteten Prognosezeitraum die in **Abbildung 13** dargestellten CO₂-Einsparungen.

Die in den späteren Jahren des Prognosezeitraums abnehmenden Einsparungen resultieren aus der Annahme, dass die Emissionen des Pkw-Verkehrs in den kommenden Jahren durch den Einsatz umweltfreundlicher Technologien zurückgehen.

Abbildung 14 zeigt die Menge des CO₂-Ausstoßes, die In der Summe bis zu den jeweiligen Prognosejahren eingespart werden.

Summe der CO ₂ -Einsparungen in Ton-		Szenario 1	Szenario 2	Szenario 3
2025	Umstieg von Pkw (78 %)	24.055	29.467	45.703
	Umstieg von ÖPV (13 %)	1.569	1.921	2.977
	Gesamt	20.205	25.624	31.388
2050	Umstieg von Pkw (78 %)	118.723	164.237	321.740
	Umstieg von ÖPV (13 %)	6.577	8.933	16.902
	Gesamt	125.300	173.171	338.641

Abbildung 14: Summe der CO₂-Einsparungen

Die Reduktion der CO₂-Emissionen bei ambitionierten Mitteleinsatz betragen in der Summe im Jahr 2050 zusätzlich etwa 340.000 Tonnen. Bezugswert ist dabei die Leistung des Verkehrsträger Radverkehr im Jahr 2015.

6. Fazit

Die in dieser Untersuchung ermittelten Zahlen (siehe **Abbildung 14**) zeigen, dass der Radverkehr erhebliches Potenzial besitzt, zu einer Minderung des CO₂-Ausstoßes beizutragen und damit die Folgen des Klimawandels abschwächen kann. Entschlossenes und ambitioniertes Handeln der lokalen Entscheidungsträger ist dabei die Grundvoraussetzung.

Betrachtet man die Radverkehrsplanung mit dem Ziel der CO₂-Einsparungen, sind vor allem Bike and Ride- und Pedelec-Nutzung zu fördern. In diesen beiden Bereichen besteht besonderes Potenzial, da sie die leistungsstarken Methoden des Radverkehrs darstellen. Bei der Verlagerung von Wegen können hohe CO₂-Einsparungen erzielt werden.

In der Umsetzung erfordert dies eine Förderung von Neu- oder Ausbaumaßnahmen zielnaher und moderner Bike and Ride-Anlagen sowie von Investitionen in die Radverkehrsanlagen im Bahnhofsumfeld und auf den direkten Verbindungen vom Bahnhof in die Wohngebiete im Einzugsgebiet des Bahnhofs.

Mit Blick auf die Pedelec-Nutzung muss eine pedelec-taugliche Infrastruktur geschaffen werden. Längere Strecken zwischen bedeutenden Zielen sollen auf möglichst direktem Weg mit möglichst wenig Fahrtunterbrechungen bei einer Regelgeschwindigkeit von 25 Kilometern pro Stunde zurückgelegt werden können. Ein geeignetes Werkzeug hierfür ist der Radschnellweg¹¹.

Im Landkreis Esslingen bietet sich dafür eine Streckenführung entlang der B 10 im Neckartal von Stuttgart über Esslingen bis nach Plochingen an.

¹¹ Arbeitspapier Einsatz und Gestaltung von Radschnellverbindungen, FGSV-Verlag, 2014, Köln