

PUBLIZIERBARER ENDBERICHT

A) Projektdaten

Kurztitel:	MACZE
Langtitel:	Möglichkeiten und Auswirkungen eines EU-weiten CO ₂ -Zertifikatehandels für den Straßenverkehr in Österreich
Programm inkl. Jahr:	Programm Klimafolgenforschung 2007
Dauer:	01.07.2008-31.01.2011
KoordinatorIn/ ProjekteinreicherIn:	Universität für Bodenkultur Wien, Department für Raum, Landschaft und Infrastruktur, Institut für Verkehrswesen
Kontaktperson Name:	DI Dr. Juliane Stark
Kontaktperson Adresse:	Peter Jordan Straße 82, 1190 Wien
Kontaktperson Telefon:	0043-1-47654-5311
Kontaktperson E-Mail:	juliane.stark@boku.ac.at
Projekt- und KooperationspartnerIn (inkl. Bundesland):	Wirtschaftsuniversität Wien, Department für Sozialwissenschaften, Institut für Regional- und Umweltwirtschaft (RUW), 1090 Wien, Nordbergstraße 15
Schlagwörter:	CO ₂ -Zertifikatehandel
Projektgesamtkosten:	98.000 €
Fördersumme:	98.000 €
Klimafonds-Nr:	A760657
Erstellt am:	15.04.2016

B) Projektübersicht

1 Kurzfassung

Das Forschungsprojekt MACZE (Möglichkeiten und Auswirkungen eines EU-weiten CO₂-Zertifikatehandels auf den Straßenverkehr in Österreich) behandelt die Auswirkungen eines CO₂-Zertifikatehandels im Straßenverkehr in Österreich. Diese Auswirkungen wurden mit dem MACZE-Modell analysiert, das ein ökonomisches CO₂-Marktmodell und ein Verkehrsnachfragemodell kombiniert.

Das ökonomische CO₂-Marktmodell bildet die Preisentwicklung am CO₂-Zertifikatmarkt ab. Es basiert auf Handelsdaten europäischer CO₂-Zertifikatbörsen. Die Handelsdaten wurden anhand von Two-Stage Least Squares-Regressionsanalysen untersucht. Für die gegenwärtig am europäischen CO₂-Zertifikatehandel EU ETS partizipierenden Sektoren konnte für die bisherige Handelsperiode eine Preiselastizität der CO₂-Zertifikatnachfrage von -1,00 nachgewiesen werden.

Im Verkehrsnachfragemodell werden die Reaktionen der Verkehrsteilnehmer auf den im ökonomischen Marktmodell ermittelten CO₂-Zertifikatpreis untersucht. Modelliert wird die Änderung des Mobilitätsverhaltens, der Flottenzusammensetzung und der Flottengröße der privaten Haushalte. Ergebnis des Verkehrsnachfragemodells ist der Treibstoffverbrauch bei einem gegebenen CO₂-Zertifikatpreis. Diese Nachfrage kann in eine CO₂-Zertifikatnachfrage umgerechnet werden. Sie fließt als Eingangsgröße in das ökonomische Marktmodell zurück. Im MACZE-Gesamtmodell wird diese wechselseitige Abhängigkeit in einem iterativen Verfahren abgebildet. Die Bestimmung der Modellparameter erfolgte in Discrete-Choice-Analysen von Befragungsdaten. Insgesamt wurden 223 Personen befragt. Der Befragung lag ein zweistufiger Stated-Preference-Ansatz in Form eines Situational Approaches zugrunde: Die Befragten wurden mit hypothetischen Entscheidungssituationen zum Pkw-Besitz, Pkw-Kauf und zur Pkw-Nutzung konfrontiert, die auf tatsächlichem Pkw-Besitz, bzw. Mobilitätsverhalten basierten. Dieser Befragungsansatz sichert eine hohe Realitätsnähe der gewonnenen Ergebnisse.

Für einen CO₂-Zertifikatehandel im Straßenverkehr sind verschiedene Ausgestaltungsoptionen möglich. Eine grundlegende Design-Option ist die Ausgestaltung des Handelssystems. Es legt fest, ob der CO₂-Zertifikatehandel in den bestehenden europäischen CO₂-Zertifikatehandel integriert wird (offenes Handelssystem bzw. gemeinsamer Markt) oder ein auf den Straßenverkehr begrenzter CO₂-Zertifikatehandel initialisiert wird (geschlossenes Handelssystem bzw. getrennte Märkte). Eine weitere elementare Ausgestaltungsoption ist die Festlegung, welche Akteure – Treibstoffproduzenten/-Importeure, Fahrzeugproduzenten oder EndverbraucherInnen – am Handel partizipieren müssen. Neben diesen Ausgestaltungsoptionen wirken gesellschaftliche, politische und wirtschaftliche Rahmengröße auf die Energienachfrage und damit auf die Nachfrage nach CO₂-Emissionen.

Die Auswirkungen des CO₂-Zertifikatehandels wurden mit dem MACZE-Modell für verschiedene Design-Optionen und Kombinationen der Rahmengrößen analysiert. Es konnte nachgewiesen werden, dass die Wirkungen des CO₂-Zertifikatehandels von seiner Ausgestaltung abhängt. Die wesentliche Ursache dafür ist die geringere Preiselastizität der CO₂-Zertifikatnachfrage im Verkehrssektor verglichen mit jener der anderen am CO₂-Zertifikathandel partizipierenden Sektoren.

Im offenen Handelssystem reagieren die anderen Sektoren stärker auf den CO₂-Zertifikatpreisanstieg und führen Maßnahmen zur Verringerung ihrer CO₂-Emissionen durch. Der CO₂-Zertifikatpreis steigt nur wenig an, ebenso der Treibstoffpreis. Da die anderen Marktteilnehmer schneller reagieren, entlasten bereits geringe CO₂-Zertifikatpreisanstiege die Verkehrsteilnehmer von Reduktionsbelastungen. Aufgrund des geringen Treibstoffpreisanstiegs im offenen Handelssystem erhöhen sich die Emissionen im Verkehrssektor im Vergleich zum Status Quo. Die Emissionen der anderen Sektoren sinken dagegen stark.

Im geschlossenen Handelssystem obliegen dem Verkehrssektor eigene Reduktionspflichten. Ein Kauf von Emissionsrechten von anderen Sektoren ist nicht mehr möglich. Da die Preiselastizität der CO₂-Zertifikatnachfrage der Verkehrsteilnehmer gering ist, bedingt das begrenzte CO₂-Zertifikatangebot hohe Steigerungsraten der CO₂-Zertifikatpreise. Die Treibstoffpreise steigen in der Folge stark – im Prognosezeitraum von 20 Jahren auf bis zu 3,65 Euro/Liter. Innerhalb des Verkehrssektors kommt es zu einer Umverteilung von Emissionsrechten vom Personen- zum Güterstraßenverkehr. Da die Preiselastizität der CO₂-Zertifikatnachfrage im Güterstraßenverkehr nur etwa ein Drittel der CO₂-Zertifikatnachfrage im Personenstraßenverkehr beträgt, kommt es zu einer Überwälzung der Reduktionsbemühungen auf den Personenstraßenverkehr.

In beiden Handelssystemen beeinflussen Änderungen der untersuchten Rahmengrößen die Höhe von CO₂-Zertifikat- und Treibstoffpreisen, nicht aber die prinzipielle Verteilung der Reduktionslasten zwischen den Sektoren. So bewirkt im offenen Handelssystem ein BIP-Anstieg eine verstärkte CO₂-Zertifikatnachfrage und damit steigende CO₂-Zertifikatpreise. Entsprechendes gilt für einen Anstieg der externen Verkehrsnachfrage im Straßenverkehr. In beiden Handelssystemen verändern Anpassungen des Reduktionsziels die Höhe des berechneten CO₂-Zertifikat- und Treibstoffpreises.

Dagegen bewirkt eine Änderung der Preiselastizität der CO₂-Zertifikatnachfrage der Sektoren, die gegenwärtig am CO₂-Zertifikathandel teilnehmen, grundlegende Änderungen der sektorspezifischen Emissionsreduktionsverteilung. Die im ökonomischen Marktmodell ermittelten Preiselastizitäten wurden durch die Analyse des bisherigen Emissionsrechtehandels gewonnen. Allerdings ist der bisherige CO₂-Zertifikathandel durch Marktunvollkommenheiten und eine fehlende Knappheit des Angebots geprägt. Im Zuge des sich verändernden Emissionsrechteangebots sind Änderungen der Preiselastizität der CO₂-Zertifikatnachfrage der anderen Sektoren möglich. Es konnte nachgewiesen werden, dass mit abnehmender Preiselastizität der anderen Sektoren die CO₂-Zertifikatpreise sowohl im offenen als auch im geschlossenen Handel stark steigen. Dabei kommt es auch zu Änderungen der Verteilung zwischen den Sektoren.

Insgesamt ist der CO₂-Zertifikatehandel ökonomisch effizient, da dem Marktteilnehmer mit der höchsten Zahlungsbereitschaft das Emissionsrecht zugestanden wird und ökologisch effektiv, da sichergestellt ist, dass die vorgegebenen Emissionsreduktionsziele erreicht werden. Allerdings werden in den Ergebnissen der MACZE-Modellberechnung soziale Umverteilungseffekte nicht berücksichtigt. Es ist zu erwarten, dass kinderreiche Haushalte, Berufspendler und Bewohner peripherer Gebiete ungleich stärker belastet werden. Es stellt sich die normative Frage, inwieweit dies erwünscht ist oder durch entsprechende Maßnahmen abgemildert werden sollte. Letzteres beschränkt aber die ökonomische Effizienz des CO₂-Zertifikatehandels.

2 Executive Summary

The research project MACZE "Möglichkeiten und Auswirkungen eines EU-weiten CO₂-Zertifikathandels für den Straßenverkehr in Österreich" [Emissions Trading on the Road: Potential Design Options and their Impact on Traffic Volume and Fleet Efficiency in Austria] analyses the integration of road transport into the European Union Emissions Trading Scheme (EU ETS). Within the scope of MACZE potential design options are identified and quantified in terms of their effect on traffic volume and fleet efficiency. The project's main objective is the development of a quantitative model to estimate the mentioned effects for a number of different scenarios. Design and development of the model are based on the assumption that the EU will introduce CO₂ emissions trading for road transport.

3 Hintergrund und Zielsetzung

Ein wichtiges umweltpolitisches Ziel ist die Reduzierung des Ausstoßes von Treibhausgasen. Im Kyoto-Protokoll haben sich die EU-Mitgliedsstaaten zu einer Verringerung der Emissionen von sechs Treibhausgasen verpflichtet. In der Verpflichtungsperiode 2008-2012 sollen die Emissionen gegenüber dem Level des Jahres 1990 im Durchschnitt um acht Prozent sinken. Das

landesspezifische Reduktionsziel Österreichs beträgt 13 Prozent. Im Rahmen des „Energie- und Klimapolitik-Paket“ der EU wurde der europäische Nachfolgeprozess für das Kyoto-Abkommen auf den Weg gebracht. Bestimmendes Element sind die „20-20-20“-Ziele. Dazu zählt die Reduktion des Treibhausgasausstoßes der am europäischen Emissionshandel teilnehmenden Sektoren im EU-weiten Durchschnitt um 20 Prozent bis 2020 gegenüber dem Emissionslevel von 2005. Österreich verpflichtete sich zu einer Reduktion von 16 Prozent. Weitergehende EU-weite Reduktionen um bis zu 30 Prozent der THG-Emissionen bis 2020 werden gegenwärtig diskutiert.

Um diese Ziele zu erreichen wird die Verringerung der Nutzung fossiler Brennstoffe forciert. Eine tragende Säule dieses Vorhabens ist das europäische Emissionshandelssystem EU ETS. Die partizipierenden Sektoren sind verpflichtet, entsprechend der Menge ihrer CO₂-Emissionen CO₂-Zertifikate zu halten. Teilnehmer sind Einrichtungen der Energieerzeugung und bestimmte Anlagen der Schwerindustrie. Nach gegenwärtigem Stand der Forschung hat sich dieses Instrument als geeignet zur Emissionsreduktion erwiesen. Aufgrund der gezeigten Erfolge wird ab 2012 der Flugverkehr in das Handelssystem integriert. Der Einbezug weiterer Sektoren, wie des Schiffverkehrs, wird diskutiert.

Über ein Viertel der gesamten Treibhausgasemissionen – sowohl in Österreich als auch in der EU – entfallen auf den Verkehrssektor. Gleichzeitig weisen die CO₂-Emissionen des Verkehrssektors die höchste Entwicklungsdynamik auf: Zwischen 1990 und 2007 stiegen die THG-Emissionen im Verkehrssektor in Österreich deutlich. Trotzdem wurden die CO₂-Emissionen des Verkehrssektors im Kyoto-Protokoll nicht reglementiert.

Die weitgehende Außerachtlassung des Straßenverkehrs bei der Vorgabe von Klimaschutzziele endete mit der Berücksichtigung des Straßenverkehrs im EU-Energie- und Klimapolitikpaket. Es gibt konkrete Reduktionsziele und die Durchführung von Maßnahmen zur Reduktion der straßenverkehrsinduzierten THG-Emissionen vor.

Ein Ansatz, um die gesteckten Ziele zu erreichen, ist ein CO₂-Zertifikatehandel – entweder durch eine Integration des Straßenverkehrs in den bestehenden europäischen CO₂-Zertifikatehandel EU Emission Trading Scheme oder durch die Initialisierung eines auf den Straßenverkehr beschränkten, neuen Handelssystems. Neben dieser grundlegenden Ausgestaltungsoption gibt es verschiedene Ansätze zur praktischen Implementierung eines solchen CO₂-Zertifikathandels. Bezüglich der Auswirkungen der verschiedenen Ausgestaltungsoptionen besteht bisher große Unsicherheit. Die Wirkungen auf CO₂-Zertifikatpreise, Treibstoffpreise oder die im Status Quo am CO₂-Zertifikathandel partizipierenden Sektoren sind bisher nicht detailliert untersucht worden. Ebenso ist unklar, wie das individuelle Mobilitätsverhalten von einem CO₂-Zertifikathandel betroffen sein wird. Diese Wirkungen wurden im Rahmen des Forschungsprojekts MACZE (Möglichkeiten und Auswirkungen eines EU-weiten CO₂-Zertifikatehandels auf den Straßenverkehr in Österreich) analysiert.

Für die ausführliche Methodenbeschreibung wird auf die ausführlichen Projektberichte bzw. Publikationen verwiesen.

4 Projektinhalt und Ergebnis(se)

Die nachfolgende Beschreibung enthält lediglich Ergebnisse zum MACZE-Gesamtmodell. Ergebnisse aus den Teilmodellen (Verkehrsnachfrage- und CO₂-Marktmodell) werden hier nicht behandelt. Für Details zu den Teilmodellen wird auf die ausführlichen Projektberichte bzw. Publikationen verwiesen.

1 MACZE-Gesamtmodell

Die Auswirkungen des CO₂-Zertifikatehandels auf den Treibstoffverbrauch werden im **MACZE-Verkehrsnachfragemodell** analysiert, auf das im ausführlichen Projektbericht eingegangen wird. Auf Grundlage des Treibstoffverbrauchs werden die CO₂-Emissionen und daraus die benötigte Anzahl der CO₂-Zertifikate im Straßenverkehr berechnet. Aus der Summe der CO₂-Zertifikatnachfrage der anderen am CO₂-Zertifikatehandel partizipierenden Sektoren und des

Verkehrssektors sowie dem Angebot an CO₂-Zertifikaten resultiert der Gleichgewichtspreis im CO₂-Zertifikatehandel. Dieser CO₂-Zertifikatspreis wird im **ökonomischen MACZE-Markmodell** ermittelt (Projektbericht). Das Markt- und Verkehrsnachfragemodell sind im **MACZE-Gesamtmodell** zusammengefasst. Analog zu den grundlegenden Designoptionen eines CO₂-Zertifikatehandels werden eine Ein-Markt-Lösung sowie eine Zwei-Märkte-Lösung unterschieden. Daneben enthält es eine Reihe von Inputgrößen zur Abbildung wesentlicher Ursachen-Wirkungs-Komplexe, durch die die Aussagekraft des Modells steigt. Alle verwendeten Preise sind reale Preise.

1.1 Inputwerte

Im Gesamtmodell werden konstante und variable Inputwerte einbezogen. Zu den konstanten Inputwerten zählen physikalische Konstanten und Kenngrößen des Verkehrssystems. Physikalische Konstanten sind die Emissionsfaktoren. Sie beschreiben die bei der Verbrennung eines Liters Treibstoff anfallende Menge CO₂. Ihr Wert beträgt für Eurosuper-Treibstoff 0,00235 Tonnen CO₂/Liter, für Dieseltreibstoff 0,00265 Tonnen CO₂/Liter.

Weitere Inputwerte sind der Verkehrsstatistik Österreichs entnommen: Der Dieselanteil am verkauften Treibstoff beträgt 63 Prozent im Personenstraßenverkehr, im Güterstraßenverkehr 100 Prozent (Herry, Sedlacek, & Steinacher, 2007). Der gesamte Treibstoffverbrauch in Österreich betrug 2007 9,2 Mrd. Liter, der im Personenstraßenverkehr 6,2 Mrd. Liter, im Güterstraßenverkehr 3,0 Mrd. Liter (FVMI, 2008).

Die CO₂-Emissionen im Status Quo belaufen sich auf 23,7 Mio. Tonnen im Straßenverkehr und 30,7 Mio. Tonnen in den Sektoren Energieerzeugung und Verkehr. Dies ergibt Gesamtemissionen in Höhe von 54,4 Mio. Tonnen.

Als Wert für die wirtschaftliche Situation im Status Quo wird aufgrund der europäischen Perspektive des Emissionshandelssystem das BIP der EU27 im vierten Quartal 2009 von 2,58 Brd. Euro angesetzt. Die Länge der Prognoseperiode in Monaten wird extern vorgegeben. Da von einem als „Cap&Trade“-System konzipierten CO₂-Zertifikatehandel auszugehen ist, kann die zum Erreichen eines gegebenen Reduktionsziels bei maximalen monatlichen Reduktionsraten notwendige Dauer der Prognoseperiode angesetzt werden.

Der vom Endverbraucher zu bezahlende Preis für den Treibstoff setzt sich aus dem CO₂-Zertifikatspreis und dem Produktpreis je Liter Treibstoff zusammen. Der Produktpreis wird extern vorgegeben. Er beträgt im Status Quo 1,00 €/l.

Die Preiselastizität der CO₂-Zertifikatsnachfrage im Personenstraßenverkehr wird im Verkehrsnachfragemodell berechnet. Die Preiselastizität im Güterstraßenverkehr steht im konstanten Verhältnis zu der ermittelten Elastizität. Der Umrechnungsfaktor beträgt 0,365. Er ist der Studie „Volkswirtschaftliche Kosten-Wirksamkeit von Maßnahmen zur Reduktion der CO₂-Emissionen des Verkehrs in Österreich entnommen (Pischinger, et al., 1997). Die Elastizität ist geringer als im Personenstraßenverkehr, der Güterstraßenverkehr passt sich langsamer an den Treibstoffpreisanstieg an. Dies liegt am niedrigen Anteil der Treibstoffpreise an den Gesamtkosten im Güterstraßenverkehr.

Neben den konstanten sind variable Inputwerte ins Modell integriert. Sie können zur Abbildung externer Veränderungen variiert werden und vergrößern so die Abbildungsmöglichkeiten und die Aussagekraft des Modells. Variable Inputwerte sind:

Wirtschaftswachstum: BIP-Anstieg

Das Wirtschaftswachstum ist eine variable Inputgröße im ökonomischen Marktmodell. Durch seine Integration wird berücksichtigt, dass wirtschaftliche Prosperität regelmäßig mit einem Anstieg des Energieverbrauchs einhergeht. Durch den BIP-Anstieg erhöht sich die CO₂-Zertifikatsnachfrage der anderen Sektoren. Die Stärke des Anstiegs wird durch die BIP-Elastizität der Verkehrsnachfrage beschrieben. Sie gibt an, wie stark sich eine Erhöhung des BIP auf den Anstieg des Bruttoinlandsprodukts niederschlägt. Der BIP-Anstieg fließt in Monatsschritten in das Modell ein. Im Status Quo wird ein Wachstum von 2,00 Prozent angesetzt (Kap. **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**).

Anstieg der Verkehrsnachfrage

Für alle europäischen Länder lässt sich in den letzten Dekaden ein kontinuierlicher Zuwachs der Verkehrsleistung belegen. Er wird durch die Siedlungsstruktur und den Ausbau der Verkehrsinfrastruktur induziert, sowie durch die Veränderung des Motorisierungsgrades und den Anstieg des Güterstraßenverkehrs bedingt. Diese Effekte werden im Gesamtmodell als externes Wachstum der Verkehrsnachfrage im Personen- und Güterstraßenverkehr berücksichtigt. Dies darf nicht mit der auf Grundlage der Alltagsfahrt- und Urlaubsfahrtenspiele kalkulierten Veränderung der Verkehrsnachfrage in Reaktion auf den CO₂-Zertifikatehandel verwechselt werden. Die Berücksichtigung des externen Verkehrswachstums erfolgt über einen monatlichen Zuschlag auf die Verkehrsnachfrage.

1.2 Design-Optionen im MACZE-Gesamtmodell

Design-Optionen beschreiben die Ausgestaltung des CO₂-Zertifikatehandels. Es sind primär politische Vorgaben. Der Ausgabepreis der CO₂-Zertifikate im ersten Iterationsschritt wird mit 20 Euro/Tonne CO₂ angesetzt. Dieser Preis deckt die verschiedenen Transaktionskosten des CO₂-Zertifikatehandels wie Verwaltungs- und Überwachungskosten. Umgelegt auf den Liter Treibstoff ergibt sich ein Treibstoffpreiszuschlag von fünf Eurocent je Liter.

CO₂-Reduktionsziel

Das CO₂-Reduktionsziel richtet sich nach politischen Vorgaben. Es muss für die Modellberechnung im Bezug auf die einzusparende Menge an Emissionen und die zeitliche Vorgabe bis zum Erreichen des Ziels eindeutig definiert sein. Das Einsparungsziel wird in Monatsschritte umgelegt. Dabei werden Zinseszins-Effekte berücksichtigt. Ausgehend von den CO₂-Emissionen im Status Quo wird für jeden Monat die verfügbare CO₂-Zertifikatmenge als Zielwert berechnet.

Handelssystem

Im CO₂-Zertifikatehandel werden ein offenes und ein geschlossenes Handelssystem unterschieden. Im offenen Handelssystem wird der Straßenverkehr in den existierenden Emissionshandel EU ETS integriert. In diesem Fall gibt es einen CO₂-Zertifikatpreis, der das Resultat von Angebot und Nachfrage aller Marktteilnehmer ist. Im geschlossenen Handelssystem tritt ein eigener CO₂-Zertifikatehandel neben den existierenden CO₂-Zertifikatehandel mit jeweils eigenem CO₂-Zertifikatpreis (Kap. 1.4, 1.5).

1.3 Modellgrößen

CO₂-Zertifikatnachfrage anderer Sektoren

Der CO₂-Zertifikatnachfrage der anderen Sektoren liegt eine isoelastische Preis-Mengen-Kurve zugrunde. Ausgehend von einer konstanten Rate der Elastizität und einer bekannten CO₂-Zertifikatnachfrage bei einem gegebenen CO₂-Zertifikatpreis im Status Quo lässt sich damit für jede CO₂-Zertifikatmenge ein Gleichgewichtspreis berechnen. Die CO₂-Zertifikatnachfrage anderer Sektoren wird im offenen Handelssystem in das Gesamtmodell integriert (Kap. 1.5).

CO₂-Zertifikatnachfrage im Straßenverkehr

Die CO₂-Zertifikatnachfrage im Straßenverkehr ergibt sich aus dem Verkehrsnachfragemodell. Es beschreibt die Veränderungen im individuellen Mobilitätsverhalten und im Pkw-Besitz in Reaktion auf einen Treibstoffpreisanstieg. Für jeden Monat werden auf Grundlage des CO₂-Zertifikatpreises die individuellen Anpassungen abgebildet. Sie werden zur Treibstoffnachfragenachfrage im Personenstraßenverkehr hochgerechnet.

Die bei der Verbrennung fossiler Kraftstoffe anfallende Menge CO₂ ist für die einzelnen Treibstoffarten konstant. Aus den Emissionsfaktoren von Dieseltreibstoff und Eurosuper sowie dem Anteil des Dieseltreibstoffs am Treibstoffverbrauch kann die durchschnittlich bei der Verbrennung eines Liters Treibstoff anfallende Emissionsmenge berechnet werden. Multipliziert mit dem Treibstoffverbrauch ergibt sich die gesamte CO₂-Emissionsmenge des Personenstraßenverkehrs. Sie lässt sich direkt in die Menge der benötigten CO₂-Zertifikate umrechnen.

1.4 Geschlossenes Handelssystem

Im geschlossenen Handelssystem findet kein intersektoraler Handel statt. Der CO₂-Zertifikatehandel im Straßenverkehr ist in diesem Fall vom EU ETS entkoppelt. Variable Inputgrößen sind das auf den Straßenverkehr bezogene Reduktionsziel und das externe Verkehrswachstum. Die Modellsynthese erfolgt in Monatsschritten in einem iterativen Verfahren (Abbildung 1). Inputwerte sind im helleren, Design-Optionen im dunkleren Grauton gekennzeichnet.

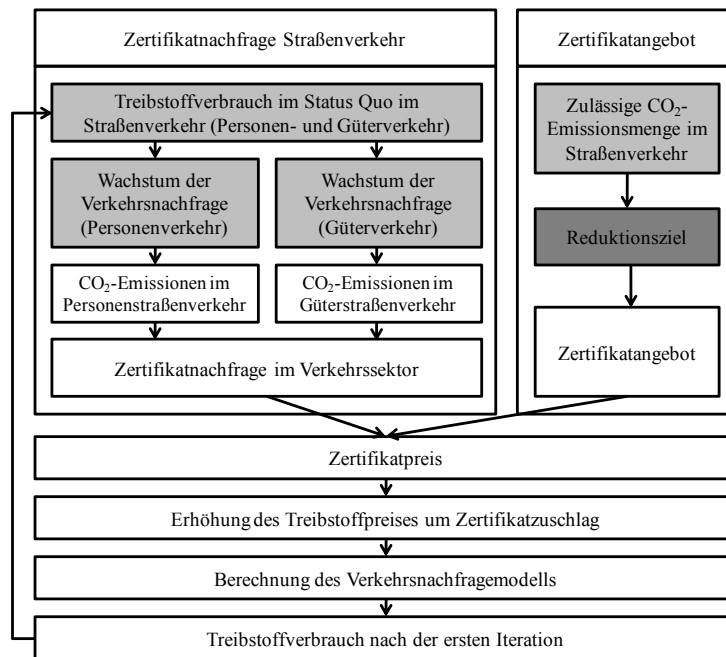


Abbildung 1: Erste Iteration der Modellberechnung im geschlossenen Handelssystem, Quelle: Eigene Darstellung

Ausgangspunkt in der ersten Monatsiteration ist der Treibstoffverbrauch im Status Quo im Straßenverkehr. Er steigt aufgrund des Wachstums der Verkehrsnachfrage. Aus den Emissionsfaktoren des Treibstoffs sowie dem Anteil des Dieselkraftstoffs am Treibstoffverbrauch wird die durchschnittlich bei der Verbrennung eines Liters Treibstoff anfallende Emissionsmenge berechnet. Multipliziert mit dem Treibstoffverbrauch resultieren daraus die gesamten CO₂-Emissionen des Personenstraßenverkehrs. Diese wird in CO₂-Zertifikate umgerechnet.

Dem wird das definierte Vermeidungsziel gegenüber gestellt. Aus dem straßenverkehrsinduzierten CO₂-Ausstoß im Status Quo und dem Reduktionsziel in Bezug auf Emissionsmenge und Zielzeitpunkt lässt sich eine monatliche Verminderungsrate der vorhandenen CO₂-Zertifikatmenge und damit der zulässigen CO₂-Emissionen ableiten.

Anhand isoelastischer Nachfragekurven wird im Marktmodell ermittelt, zu welchem CO₂-Zertifikatpreis die Emissionseinsparung erzielt wird. Daraus lässt sich ein CO₂-Zertifikatpreisaufschlag je Liter Treibstoff ableiten. Dieser Zuschlag ist der zum Erreichen des Gleichgewichtszustandes zwischen dem Treibstoffverbrauch im Status Quo und dem Reduktionsziel nötige Aufpreis.

Diese Information wird im Verkehrsnachfragemodell verwendet. Hierin werden die individuellen Anpassungen des Fahrzeugbesitzes und des Mobilitätsverhaltens an den gestiegenen Treibstoffpreis berechnet. Resultat ist die Veränderung des Treibstoffverbrauchs im Personenstraßenverkehr. Die geänderten individuellen Verbrauchsmengen werden addiert und in Verhältnis zum Status Quo gesetzt. Hieraus resultieren die CO₂-Emissionen zu dem gestiegenen Treibstoffpreis und damit die Emissionsmenge nach einem Monat. Im zweiten Monatsschritt wird der Treibstoffverbrauch erneut durch das externe Verkehrswachstum erhöht. Die Sollmenge wird durch den Einbezug einer weiteren monatlichen Reduktionsrate kalkuliert. Daraus resultiert eine

Anpassung des CO₂-Zertifikatpreises. Zusätzlich setzt im zweiten Iterationsschritt im Ausfahrtenmodell der Effekt der strategischen Verhaltensanpassungen ein, der Ad-Hoc-Effekt verringert sich (Kap. **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**). Ergebnis ist eine Anpassung des Verbrauchs im Straßenverkehr. Dieses Verfahren wird nach einer vorgegebenen Anzahl von Monatsschritten oder dem Erreichen einer Emissionsmenge beendet.

1.5 Offenes Handelssystem

Im offenen Handelssystem ist intersektoraler CO₂-Zertifikatehandel möglich. Die prinzipielle Funktionsweise des Modells bleibt erhalten (Abbildung 2). Die Nachfrage nach CO₂-Zertifikaten ergibt sich aus der spezifischen Nachfrage des Verkehrssektors und der anderen Marktteilnehmern. Dem steht die durch das Reduktionsziel festgelegte gesamte Emissionsmenge gegenüber. Aus der Differenz resultiert ein einheitlicher CO₂-Zertifikatpreis, der auf den Treibstoffpreis umgelegt wird.

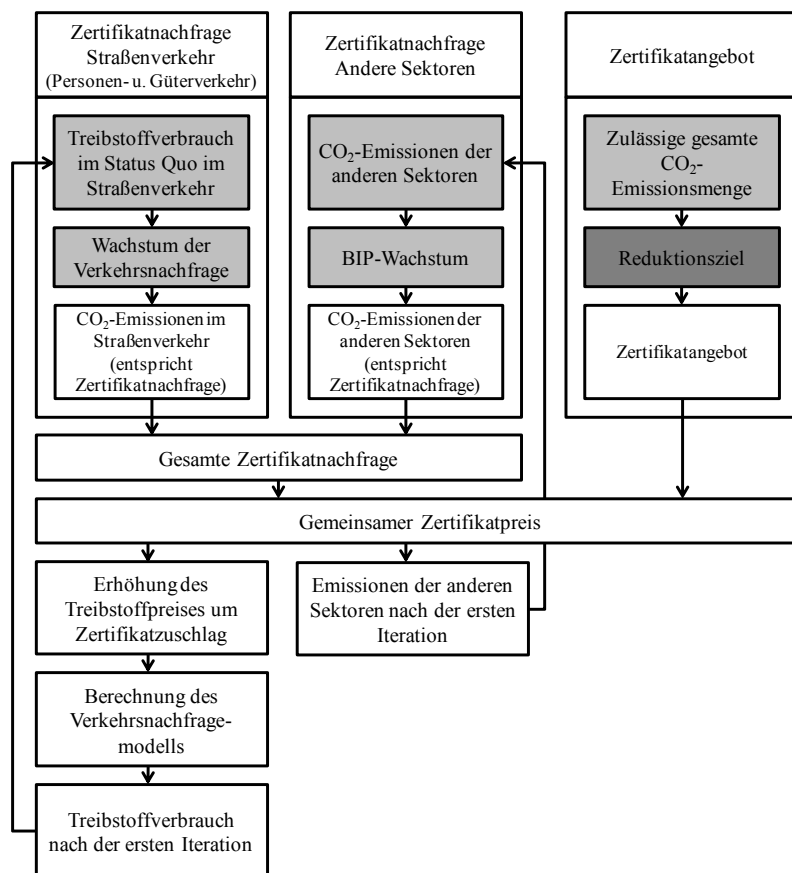


Abbildung 2: Erste Iteration der Modellberechnung im offenen Handelssystem, Quelle: Eigene Darstellung

Die CO₂-Zertifikatnachfrage der anderen Sektoren verändert sich mit dem CO₂-Zertifikatpreis und dem BIP-Wachstum. Zu Beginn jedes Iterationsschrittes steigt die CO₂-Zertifikatnachfrage – abhängig von der Preiselastizität des BIP – durch die monatliche BIP-Wachstumsrate.

Aus dem Verkehrsmodell ergibt sich die CO₂-Zertifikatnachfrage des Straßenverkehrs. Die Reduktionsleistung der anderen Sektoren wird anhand einer konstanten Preiselastizität der CO₂-Zertifikatnachfrage berechnet. Daraus resultiert die Gesamtnachfrage im Markt. Dabei ist der CO₂-Zertifikatpreis für beide Sektoren immer gleich.

2 Modellszenarien und Modellergebnisse

Charakteristikum eines Modells ist eine Komplexitätsreduktion zur vereinfachten Darstellung der wesentlichen Sachverhalte und Wechselwirkungen. Dies gilt auch für das MACZE-Modell zur Entwicklung der sektorspezifischen Belastungen durch einen CO₂-Zertifikatehandel. Verschiedene Rahmenbedingungen und Design-Optionen beeinflussen die Wirkung eines CO₂-Zertifikatehandels.

Die genaue Quantifizierung dieser Wirkmechanismen ist nicht möglich, die Veränderung der verschiedenen Einflussgrößen über den Prognosezeitraum nur abschätzbar. Im Folgenden werden daher für grundlegende Design-Optionen eines CO₂-Zertifikatehandels Trendszenarien berechnet. In diesen Szenarien werden für die verschiedenen Einflussgrößen Werte angesetzt, die sich durch eine Trendfortschreibung aktueller Entwicklungen ergeben.

Um die Bandbreite der möglichen Entwicklungen der Treibstoffnachfrage und der Preisentwicklung am CO₂-Zertifikatmarkt zu beschreiben, werden Sensitivitätsanalysen durchgeführt. Zudem dienen sie der Kontrolle der Wirkrichtung der verschiedenen Inputgrößen. Diese Analysen bauen auf den Trendszenarien auf, wobei einzelne Inputgrößen unter plausiblen Gesichtspunkten verändert werden.

2.1 Trendszenarien

Es werden zwei Trendszenarien berechnet, je eines für ein offenes und eines für ein geschlossenes Handelssystem. Die Inputwerte sind in Tabelle 1 zusammengefasst.

Tabelle 1: Definition der Trendszenarien, Quelle: Eigene Darstellung

Inputgröße	Wert
Prognosezeitraum	20 a
Jährliches BIP-Wachstum	2,00 %/a
BIP-Elastizität der CO ₂ -Zertifikatnachfrage anderer Sektoren	1,00
Jährliches Verkehrswachstum – Güterstraßenverkehr	1,00 %/a
Jährliches Verkehrswachstum – Personenstraßenverkehr	1,00 %/a
Treibstoffpreis	1,00 €/l
Jährliche Reduktionsrate der verfügbaren CO ₂ -Zertifikate	-1,74 %
Preiselastizität der CO ₂ -Zertifikatnachfrage anderer Sektoren	-1,00

2.1.1 Veränderung der CO₂-Emissionen

Die gesamten CO₂-Emissionen nehmen bei einer Reduktionsrate von 1,74 Prozent/Jahr bei einem Prognosezeitraum von zwanzig Jahren von 54,3 auf 38,3 Mio. Tonnen/Jahr ab. Dies entspricht einer relativen Abnahme um 29,6 Prozent. Die (extern vorgegebene) Reduktionsmenge wird durch das Handelssystem nicht beeinflusst, wohl aber die Verteilung auf die Sektoren.

Im geschlossenen Handelssystem werden in jedem Sektor die CO₂-Emissionen auf 70,4 Prozent des Status Quo verringert (Abbildung 3). Die im Straßenverkehr emittierten CO₂-Emissionen reduzieren sich auf 16,7 Tonnen/Jahr, die der anderen Sektoren auf 21,6 Mio. Tonnen/Jahr.

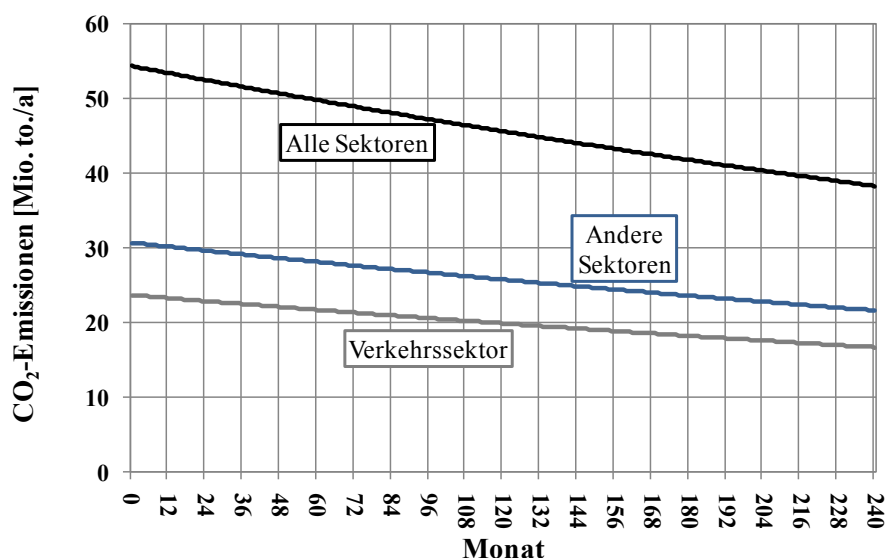


Abbildung 3: CO₂-Emissionen im geschlossenen Handelssystem, Quelle: Eigene Darstellung

Im offenen Handelssystem werden die partizipierenden Sektoren nicht gleichmäßig belastet (Abbildung 4). Aufgrund der höheren Zahlungsbereitschaft für CO₂-Emissionen der Straßenverkehrsteilnehmer entfällt die Reduktionsbelastung zur Gänze auf die anderen Sektoren. Die CO₂-Emissionen im Straßenverkehr erhöhen sich auf 28,1 Mio. Tonnen/Jahr, die der anderen Sektoren verringern sich auf 10,2 Mio. Tonnen/Jahr. Im Vergleich zum geschlossenen Handel bedeutet dies eine Mehrbelastung der anderen Sektoren um 6,5 Mio. Tonnen/Jahr.

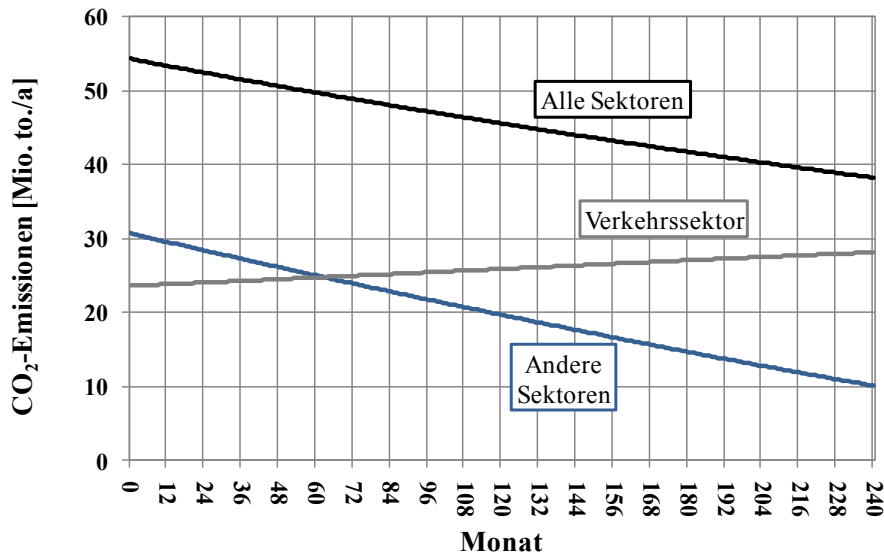


Abbildung 4: CO₂-Emissionen im offenen Handelssystem, Quelle: Eigene Darstellung

Die relativen Änderungen der CO₂-Emissionen im offenen und geschlossenen Handelssystem (OHS, GHS) sind in Abbildung 5 dargestellt. Die prozentuale Emissionsverringderung, die in der Summe von allen Sektoren im offenen Handel erbracht wird, entspricht den Reduktionen aller Sektoren im geschlossenen Handel, sowie den sektoralen Einsparungen im geschlossenen Handel. Im offenen Handelssystem nimmt die CO₂-Emissionsmenge im Straßenverkehr in der Prognoseperiode um 19,1 Prozent zu, die der anderen Sektoren um 66,9 Prozent ab. Dieser Zuwachs der CO₂-Emissionen im Straßenverkehr muss von den anderen Sektoren kompensiert werden.

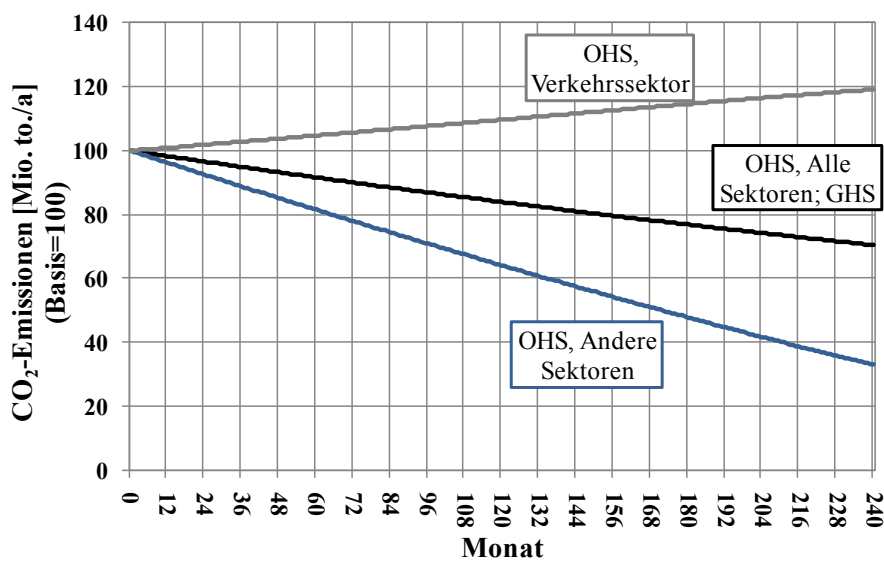


Abbildung 5: CO₂-Emissionen im offenen und geschlossenen Handelssystem, Quelle: Eigene Darstellung

Fazit

Im geschlossenen Handel reduzieren alle Marktteilnehmer – unabhängig von ihrer Zahlungsbereitschaft – denselben Anteil ihrer Emissionen. Dies ist insoweit normativ gerecht, dass jeder Marktteilnehmer abhängig von den Emissionen im Status Quo Reduktionsleistungen erbringt. Der Vorteil eines CO₂-Zertifikatehandels – das kostenoptimale Erreichen vorgegebener Umweltziele – wird auf diese Weise nicht genutzt. Dagegen entfalten die unterschiedlichen Preiselastizitäten im offenen Handel Wirkung. Dies führt allerdings zu keiner Verringerung der Emissionen im Straßenverkehr. Die gesamte Reduktionsleistung wird von den Marktteilnehmern anderer Sektoren erbracht. Im Ergebnis ist diese Lösung unter ökologischen und ökonomischen Gesichtspunkten optimal – zumindest sofern Rückkoppelungen auf Produktpreise und Inflationsraten unberücksichtigt bleiben. Der Verkehrssektor erbringt aber keine Reduktionsleistung.

2.1.2 Veränderung der CO₂-Zertifikatpreise

Die sektorspezifischen Preiselastizitäten der CO₂-Zertifikatnachfrage drücken sich in unterschiedlichen CO₂-Zertifikatpreisen aus (Abbildung 6). Im offenen Markt wird von allen Marktteilnehmern ein einheitlicher Preis bezahlt. Am Ende der Untersuchungsperiode liegt er bei 89,57 € je CO₂-Zertifikat. Dies entspricht einem Preisaufschlag auf den Ausgabepreis von 69,57 €. Aufgrund der geringen Preiselastizität setzt dieser Preis nur wenige Anreize für die Verkehrsteilnehmer, ihre Emissionen zu reduzieren.

Im geschlossenen Markt ergeben sich unterschiedliche CO₂-Zertifikatpreise. Zum Erreichen des Reduktionszieles von 29,6 Prozent der Emissionen des Status Quo steigt der von den anderen Sektoren zu entrichtende CO₂-Zertifikatpreis auf 42,19 €/Tonne CO₂. Da die anderen Sektoren im geschlossenen Handelssystem keine Reduktionsleistungen des Verkehrssektors übernehmen (vgl. Kap. 0), liegt der von ihnen zu entrichtende CO₂-Zertifikatpreis am Ende der Prognoseperiode unter dem CO₂-Zertifikatpreis im gemeinsamen Handel.

Die Marktteilnehmer des Straßenverkehrs reagieren nur schwach auf den Anstieg der CO₂-Zertifikatpreise. Voraussetzung für das Erreichen der vorgegebenen Reduktionsziele ist daher ein hoher Anstieg der CO₂-Zertifikatpreise. Diese steigen bis auf 1.042,06 €/Tonne CO₂. Die Steigung des Anstiegs des CO₂-Zertifikatpreises ist nicht konstant. Nach hohen Raten in den ersten Monaten tendiert sie gegen einen konstanten Wert.

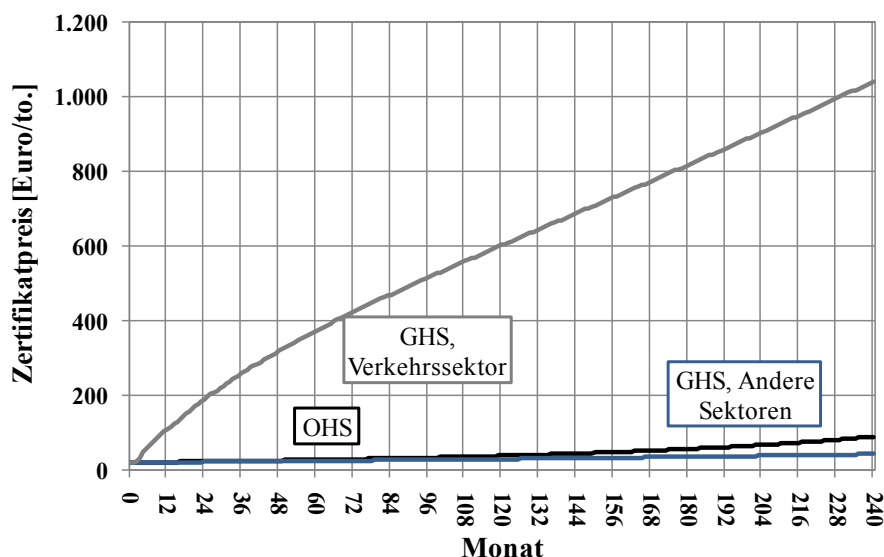


Abbildung 6: CO₂-Zertifikatpreise im offenen und geschlossenen Handelssystem, Quelle: Eigene Darstellung

Fazit

Die sektorspezifische Veränderung der emittierten Mengen am Ende der Untersuchungsperiode wird durch die CO₂-Zertifikatpreise bedingt. Im geschlossenen Handelssystem erreichen die

anderen Sektoren ihr CO₂-Reduktionsziel bei niedrigen CO₂-Zertifikatpreisen. Ihre Höhe liegt unter den Preisen im gemeinsamen Markt. Wegen der geringen Preiselastizität der CO₂-Zertifikatnachfrage im Straßenverkehr hat das CO₂-Zertifikatpreisniveau im offenen Handelssystem keine Auswirkungen auf den CO₂-Ausstoß im Straßenverkehr. Die VerkehrsteilnehmerInnen reagieren nicht auf niedrige CO₂-Zertifikatpreise. Eine substantielle Verringerung der Emissionen des Straßenverkehrs setzt einen starken Anstieg der CO₂-Zertifikatpreise voraus.

2.1.3 Veränderung der Treibstoffpreise

Der CO₂-Zertifikatpreis ergibt im Verkehrssektor einen Zuschlag auf den Treibstoffpreis. Die Höhe dieses Zuschlages hängt vom Handelssystem ab (Abbildung 7).

Der geringe CO₂-Zertifikatpreis im offenen Handelssystem bedingt einen niedrigen Aufschlag auf den Treibstoffpreis. Er steigt nach Initialisierung des CO₂-Zertifikathandels von 1,05 €/l (1,00 €/l Produktpreis und 0,05 €/l Transaktionskosten) auf reale Preise in Höhe von 1,23 €/l im Personenstraßenverkehr und 1,24 €/l im Güterstraßenverkehr nach 240 Monaten. Die Preisunterschiede im Personen- und Güterstraßenverkehr sind auf den unterschiedlichen Anteil von Dieseltreibstoff zurückzuführen. Da sein Emissionsfaktor höher ist als der von Benzintreibstoff, sind die CO₂-Zertifikatkosten bei gleichem Verbrauch für dieselbetriebene Pkw höher.

Im geschlossenen Handelssystem steigen die Treibstoffpreise stärker als im offenen Handelssystem. Die Treibstoffpreise liegen am Ende des Prognosezeitraums bei 3,65 €/l im Personenstraßenverkehr und 3,76 €/l im Güterstraßenverkehr. Der Unterschied ist wiederum durch den Dieselanteil bedingt. Der Anstieg der Treibstoffpreise im geschlossenen Handelssystem ist durch die nicht konstante Rate der Preiselastizität der CO₂-Zertifikatnachfrage geprägt. Im Bereich geringer Treibstoffpreise wird die Pkw-Nutzung aufrechterhalten. Die Treibstoffpreise steigen daher, um dieselbe absolute Emissionsreduktion zu erzielen, in den ersten Handelsmonaten stärker als in weiteren Verlauf des Handels.

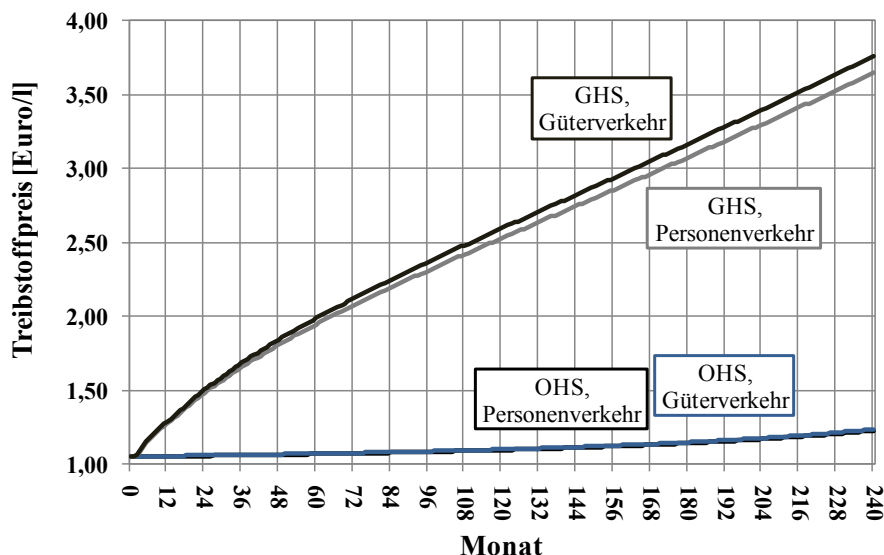


Abbildung 7: Treibstoffpreise im Personen- und Güterstraßenverkehr im offenen und geschlossenen Handelssystem, Quelle: Eigene Darstellung

Fazit

Die Treibstoffpreise werden durch die Ausgestaltung des Emissionshandels stark beeinflusst. Im offenen Handelssystem steigen sie nur moderat, im geschlossenen Handelssystem kommt es zu starken Treibstoffpreisaufschlägen. Ein substantieller Beitrag des Straßenverkehrs zum Erreichen der Klimaschutzziele muss zwangsläufig mit einem deutlichen Treibstoffpreisanstieg einhergehen. Geringe Treibstoffpreiszuschläge begrenzen den Zuwachs der Verkehrsleistung nicht.

Die Änderung des Treibstoffverbrauchs in Reaktion auf den Treibstoffpreisanstieg ergibt sich aus dem Verkehrsnachfragemodell. Im offenen Handelssystem steigt die Nachfrage im Personen- und Güterstraßenverkehr auf 118, bzw. 121 Prozent des Status Quo (Abbildung 8). Der höhere Treibstoffverbrauch wird durch die geringere Preiselastizität der CO₂-Zertifikatnachfrage im Güterstraßenverkehr bedingt.

Im geschlossenen Handelssystem wirkt sich die geringere Preiselastizität des Güterstraßenverkehrs aus. Die Einsparungen im Güterstraßenverkehr in Reaktion auf den CO₂-Zertifikatehandel werden durch das Wachstum der externen Verkehrsnachfrage im Güterstraßenverkehr nahezu kompensiert. Am Ende der Prognoseperiode beträgt der Treibstoffverbrauch 99 Prozent des Status Quo – trotz des Treibstoffpreises von 3,76 €/l. Aufgrund der mit hohen Treibstoffpreisen abnehmenden Preiselastizität der CO₂-Zertifikatnachfrage steigt der Treibstoffverbrauch im Güterstraßenverkehr gegen Ende der Prognoseperiode wieder an. Im geschlossenen Handel wirkt der CO₂-Zertifikathandel dagegen stark auf den Treibstoffverbrauch des Personenstraßenverkehrs. Er verringert sich in der Prognoseperiode um 43 Prozent.

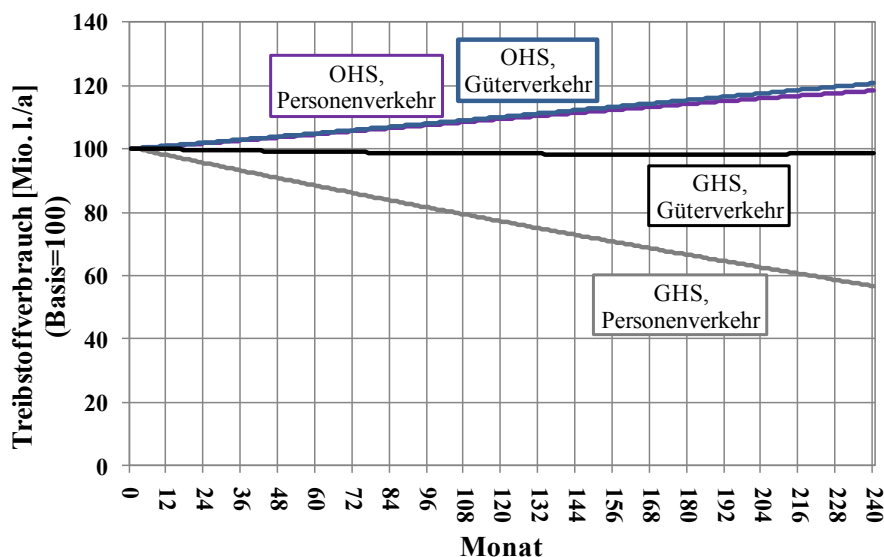


Abbildung 8: Treibstoffverbrauchs im Personen- und Güterstraßenverkehr im offenen und geschlossenen Handelssystem, Quelle: Eigene Darstellung

Die Veränderung der Kilometerfahrleistung im Personenstraßenverkehr ergibt sich aus dem Verkehrsnachfragemodell. Sie ist die Summe der Fahrtlängen, die bei einem gegebenen Treibstoffpreinsniveau mit dem Pkw zurückgelegt werden (Abbildung 9).

Im offenen Handelssystem erhöht sich die Kilometerfahrleistung im Personenstraßenverkehr nach 240 Iterationen auf 119,7 Prozent. Der Zuwachs der zurückgelegten Kilometer fällt um 1,4 Prozentpunkte höher aus als die Veränderung des Treibstoffverbrauchs im Personenstraßenverkehr. Diese geringfügige Diskrepanz ist dem Ersatz und dem Verkauf von Pkws geschuldet. Das Modell ergibt, dass 97,7 Prozent der als *revealed Preference* erfassten Kilometer auch nach einer Treibstoffpreiserhöhung zurückgelegt werden, die verbleibenden 22,0 Prozent entfallen auf das Wachstum der externen Verkehrsnachfrage. Diese Entwicklung im offenen Handelssystem wird somit zum einen durch den geringen CO₂-Zertifikatpreis verbunden mit der Treibstoffelastizität der CO₂-Zertifikatnachfrage und zum anderen durch das Wachstum der externen Verkehrsnachfrage bedingt. Mit dem steigenden CO₂-Zertifikatpreis nehmen die zurückgelegten Kilometer aufgrund der steigenden Preiselastizität der CO₂-Zertifikatnachfrage stärker ab als bei geringen CO₂-Zertifikatpreisen. Der Graph der zurückgelegten Kilometer im offenen Handelssystem ist daher leicht konvex.

Im geschlossenen Handelssystem steigen die CO₂-Zertifikatpreise stärker. Die Verkehrsteilnehmer passen ihr Mobilitätsverhalten den gestiegenen Mobilitätskosten an. Nach 240 Iterationsschritten sind 30,8 Prozent der Kilometerleistung eingespart: zwei von drei Pkw-Kilometern entfallen. Ohne

externes Verkehrswachstum entfallen sogar 44,6 Prozent der Personenkilometer. Der Rückgang der Personenkilometer im geschlossenen Handelssystem fällt schwächer aus als der Rückgang des Treibstoffverbrauchs. Bedingt wird dies durch den Ersatz verbrauchsstärkerer Pkws als Kostenvermeidungsstrategie. Dieser Ersatz verringert den Vermeidungsdruck auf den Ausfahrten.

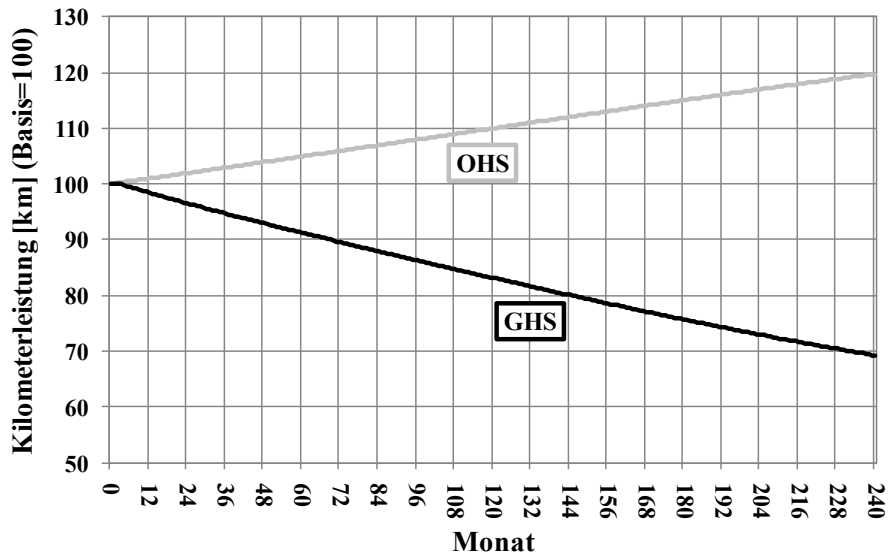


Abbildung 9: Kilometerfahrleistungen im Personenstraßenverkehr im offenen und geschlossenen Handelssystem, Quelle: Eigene Darstellung

2.2 Sensitivitätsanalysen

In den Sensitivitätsanalysen werden Veränderungen der Inputwerte auf Plausibilität überprüft und die Auswirkungen der Änderungen der Rahmenbedingungen analysiert. Dies ermöglicht die Beschreibung möglicher Entwicklungen.

2.2.1 BIP-Wachstum

Wirtschaftswachstum ist in der Regel mit einem Anstieg der CO₂-Emissionen verbunden. Es ist daher im MACZE-Modell zu berücksichtigen. Im Modell wirkt das BIP-Wachstum auf die Nachfrage nach CO₂-Zertifikaten der anderen Sektoren. In den Sensitivitätsanalysen werden die Auswirkungen eines BIP-Wachstums von 0,00, +1,00 und +2,00 Prozent/Jahr untersucht.

Im geschlossenen Handelssystem bewirkt ein n-prozentiges BIP-Wachstum aufgrund der konstanten Preiselastizität der CO₂-Zertifikatnachfrage der anderen Sektoren einen Zuschlag in gleicher Höhe auf den CO₂-Zertifikatpreis, die emittierte Menge bleibt konstant. Im geschlossenen Handelssystem ist der Verkehrssektor durch das BIP-Wachstum nicht betroffen.

Auswirkungen des BIP-Wachstums auf den Straßenverkehr ergeben sich nur im offenen Handelssystem. Durch die geänderte Nachfrage nach CO₂-Zertifikaten durch die anderen Sektoren verändern sich Gleichgewichtspreis und die Menge der von den Verkehrsteilnehmern gehaltenen CO₂-Zertifikate.

Bei einem BIP-Wachstum von jährlich 2,00 Prozent (Trendszenario) beträgt der CO₂-Zertifikatpreis am Ende der Prognoseperiode knapp unter 90 Euro (Abbildung 11). Bei einem geringeren BIP-Wachstum sinkt der Gleichgewichtspreis. Bei einem BIP-Wachstum von 1,00 Prozent/Jahr liegt der CO₂-Zertifikatpreis nach 240 Monaten bei 74,54 Euro, ohne Wirtschaftswachstum bei 61,78 Euro.

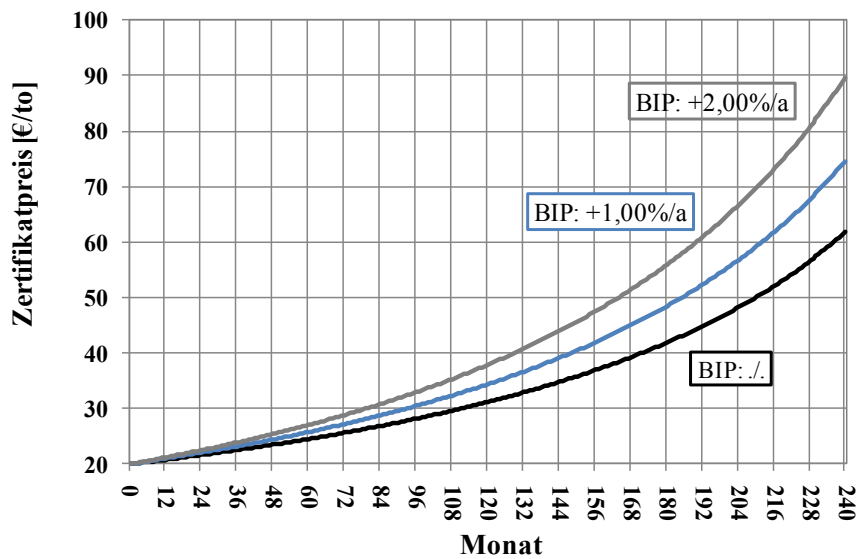


Abbildung 10: Wirkung des BIP-Wachstums auf den CO₂-Zertifikatpreis im offenen Handelssystem

Quelle: Eigene Darstellung

Die Veränderung der CO₂-Zertifikatpreise im geschlossenen Handelssystem wirkt sich auf die Zuschläge auf den Treibstoffpreis aus (Abbildung 11). Verglichen mit dem Trendszenario ist der Liter Treibstoff für den Endverbraucher bei einem BIP-Wachstum von +1,00 Prozent/Jahr drei Eurocent und ohne BIP-Wachstum sieben Eurocent billiger. Aufgrund des höheren Emissionsfaktors des Dieseltreibstoffs sind die Treibstoffpreiszuschläge im Güterstraßenverkehr am Ende der Beobachtungsperiode bis zu ein Eurocent höher.

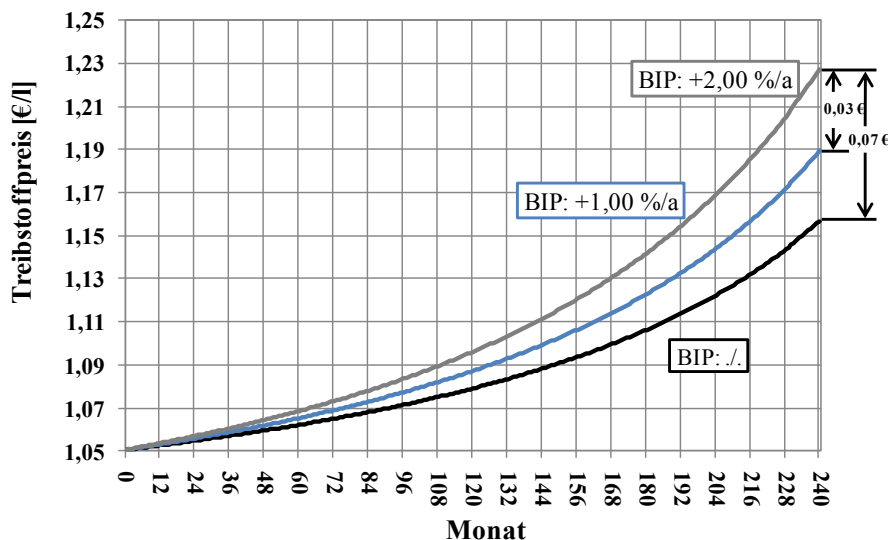


Abbildung 11: Wirkung des BIP-Wachstums auf den Treibstoffpreis im Personenstraßenverkehr im offenen Handelssystem, Quelle: Eigene Darstellung

Die geänderten CO₂-Zertifikatpreise beeinflussen die Emissionsmengen. In den anderen Sektoren werden zwischen 10,17 Mio. to.CO₂/a (Trendszenario) und 9,93 Mio. to.CO₂/a (Kein BIP-Wachstum), im Verkehrssektor 28,11 Mio. to.CO₂/a (Trendszenario) und 28,36 Mio. to.CO₂/a (Kein BIP-Wachstum) emittiert. Wiederum kommt es zu einer zusätzlichen Belastung der anderen Sektoren durch den Verkehrssektor. Bei einem Nullwachstum des BIP profitieren die anderen Sektoren nicht von den geringeren CO₂-Zertifikatpreisen, ihre Emissionsmenge sinkt.

2.2.2 Wachstum der Verkehrsnachfrage

Das Wachstum der Verkehrsnachfrage erhöht die CO₂-Zertifikatnachfrage im Verkehrssektor. Unterschieden wird ein Wachstum der Verkehrsnachfrage im Güter- und im Personenstraßenverkehr. Im Trendszenario beträgt das Wachstum jeweils +1,00 %/a. Im MACZE-Gesamtmodell wird es auf zwölf (Monats-)Iterationsschritte aufgeteilt. Der von den anderen Sektoren zu bezahlende CO₂-Zertifikatpreis und ihr CO₂-Ausstoß werden nur im offenen Handel vom Wachstum der Verkehrsnachfrage beeinflusst.

Der CO₂-Zertifikatpreis im offenen Handelssystem steigt im Trendszenario auf annähernd 90 Euro (Abbildung 12). Wird das Wachstum der Verkehrsnachfrage ausgeblendet, stellt sich der Gleichgewichtspreis nach 240 Iterationen bei ca. 40 Euro ein. Wie im Trendszenario steigt mit zunehmender Handelsdauer – und zunehmendem CO₂-Zertifikatpreis – aufgrund der zunehmenden Preiselastizität der CO₂-Zertifikatnachfrage der CO₂-Zertifikatpreis stärker. Diese Entwicklung ist bei einem Wachstum der Verkehrsnachfrage von +2,00 %/a deutlich ausgeprägt. Der CO₂-Zertifikatpreis steigt exponentiell auf 180 Euro. Die erhöhte Nachfrage im Verkehrssektor verbunden mit der sich zunehmenden Preiselastizität führt zu einem hohen Wertzuwachs der CO₂-Zertifikate.

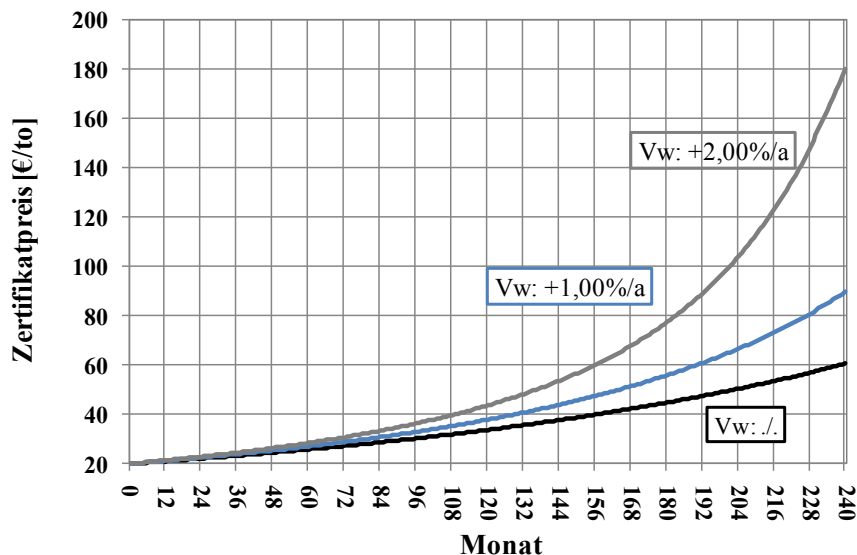


Abbildung 12: Wirkung des Verkehrswachstums auf den CO₂-Zertifikatpreis im offenen Handelssystem, Quelle: Eigene Darstellung

Im geschlossenen Handelssystem steigt der von den Emittenten im Verkehrssektor zu bezahlende CO₂-Zertifikatpreis im Trendszenario auf 1.042 Euro (Abbildung 13). Die Höhe des Gleichgewichtspreises wird durch das Wachstum der Verkehrsnachfrage und die variable Preiselastizität der CO₂-Zertifikatnachfrage beeinflusst. Ein Nullwachstum verringert den CO₂-Zertifikatpreis um 328 Euro, ein Wachstum um 2,00 % bewirkt einen Anstieg von 394 Euro.

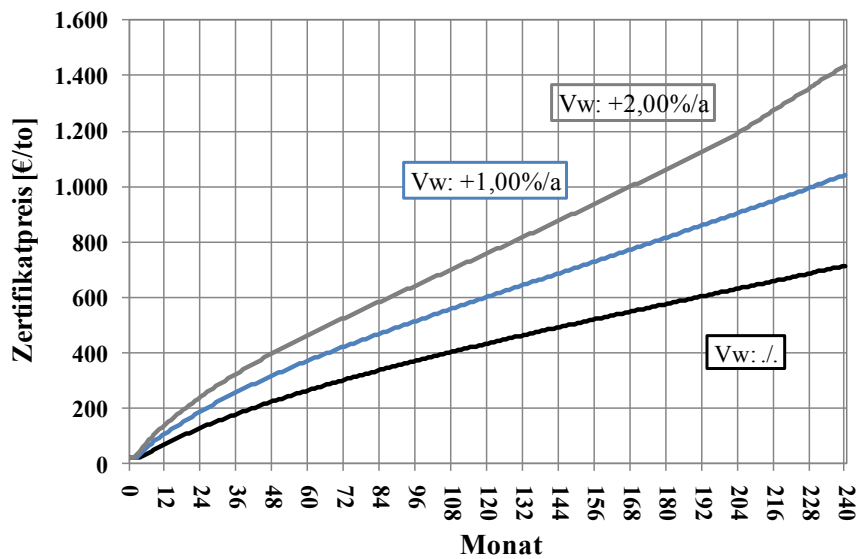


Abbildung 13: Wirkung des Verkehrswachstums auf den CO₂-Zertifikatpreis im geschlossenen Handelssystem, Quelle: Eigene Darstellung

Der geänderte Gleichgewichtspreis wirkt sich auf die sektorspezifische Verteilung der CO₂-Zertifikate aus. Im geschlossenen Handel entspricht sie dem Trendszenario. Im offenen Handel ergibt sich im Trendszenario ein CO₂-Zertifikatübertrag von den anderen Sektoren zum Verkehrssektor. Abhängig von der Höhe des Wachstums der Verkehrsnachfrage fällt die Verteilung der CO₂-Zertifikatmenge auf die Sektoren unterschiedlich aus (Abbildung 14).

Bei einem Nullwachstum der Verkehrsnachfrage stagniert die von den Verkehrsteilnehmern erworbene CO₂-Zertifikatmenge. Die anderen Sektoren halten CO₂-Zertifikate, die zum Ausstoß von 15,04 Mio. Tonnen CO₂ berechtigen. Mit zunehmendem Wachstum der Verkehrsnachfrage steigt die Anzahl der von den Verkehrsteilnehmern benötigten CO₂-Zertifikate. Im gleichen Ausmaß verringert sich der CO₂-Ausstoß der anderen Sektoren. Bei einem Verkehrswachstum von +2,00 %/a sinken ihre Emissionen auf 5,05 Mio. Tonnen. Das entspricht weniger als einem Sechstel der Emissionen im Status Quo.

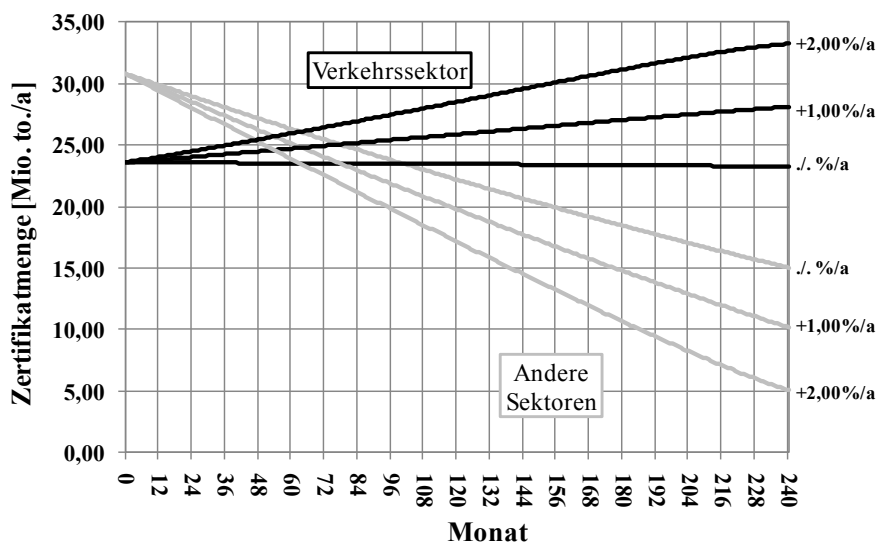


Abbildung 14: Wirkung des Verkehrswachstums auf die CO₂-Zertifikatmenge im offenen Handelssystem, Quelle: Eigene Darstellung

Der CO₂-Zertifikatpreis wird auf den verkauften Treibstoff umgelegt. Im geschlossenen Handel steigt der Treibstoffpreis daher stärker als im offenen Handel (Abbildung 15, Abbildung 16). Der

von den Marktteilnehmern des Güterstraßenverkehrs zu bezahlende Preis ist aufgrund des höheren Anteils von Dieseltreibstoff wiederum marginal höher. Im Trendszenario des offenen Handels ergibt sich zum Ende der Prognoseperiode ein vom Endverbraucher im Personenstraßenverkehr zu bezahlender Treibstoffpreis von 1,23 €/l. Im geschlossenen Handel liegt dieser Wert bei 3,65 €/l. Mit zunehmendem Verkehrswachstum setzt ein überproportionaler Anstieg des Treibstoffpreises im geschlossenen Handel ein. Bei einem Verkehrswachstum um 2,00 %/a steigt der Treibstoffpreis um 1,00 €/l, im offenen Handel um 0,23 €/l gegenüber dem Trendszenario. Der Unterschied zwischen einem Nullwachstum der Verkehrsnachfrage und dem Trendszenario liegt mit 0,84 €/l bzw. 0,08 €/l niedriger.

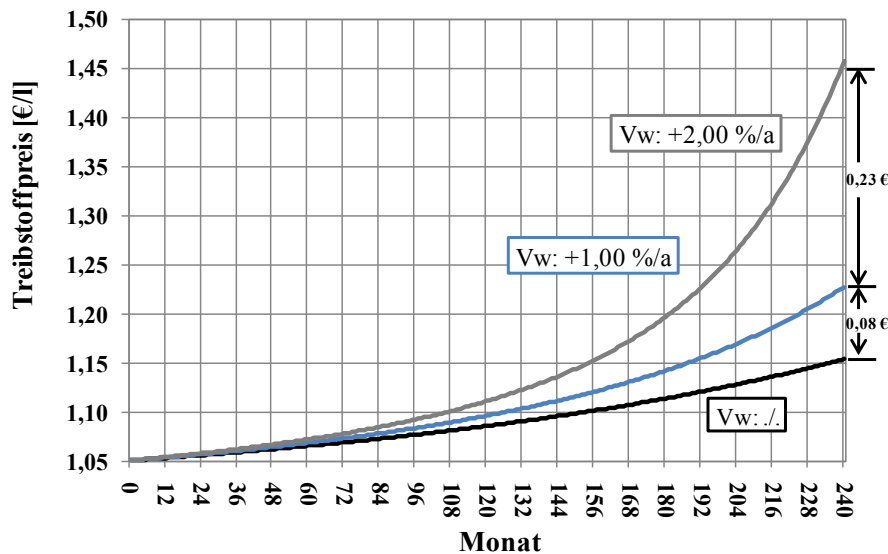


Abbildung 15: Wirkung des Verkehrswachstums auf den Treibstoffpreis im Personenstraßenverkehr im offenen Handelssystem, Quelle: Eigene Darstellung

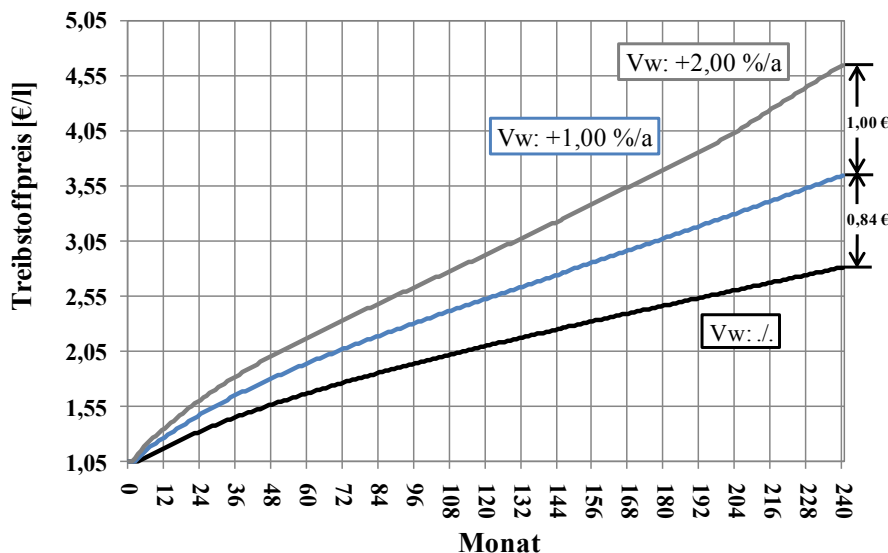


Abbildung 16: Wirkung des Verkehrswachstums auf den Treibstoffpreis im Personenstraßenverkehr im geschlossenen Handelssystem, Quelle: Eigene Darstellung

Fazit

Das Wachstum der Verkehrsnachfrage wirkt sich aufgrund der geringeren Preiselastizität der CO₂-Zertifikatnachfrage im Verkehrssektor stärker auf den CO₂-Zertifikatpreis aus als das BIP-Wachstum. Im geschlossenen Handel kommt es zu starken Aufschlägen auf den CO₂-Zertifikatpreis

und den Treibstoffpreis. Letzterer steigt bei einem Verkehrswachstum von 2,00 %/a exponentiell an.

2.2.3 Preiselastizität der CO₂-Zertifikatnachfrage der anderen Sektoren

Die Preiselastizität der CO₂-Zertifikatnachfrage der Sektoren Energieerzeugung und Industrie bedingt, in welchem Ausmaß diese auf einen Anstieg des CO₂-Zertifikatpreises reagieren. Die Marktteilnehmer des Verkehrssektors sind nur im offenen Handelssystem betroffen. Im Trendszenario ist die Preiselastizität der CO₂-Zertifikatnachfrage der anderen Sektoren -1,0. Dieser Wert basiert auf der Analyse aktueller Transaktionen europäischer Emissionshandelsbörsen (Kap. Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.). In der gegenwärtigen zweiten Handelsphase des EU ETS werden die meisten CO₂-Zertifikate kostenlos zugeteilt, für den gesamten Markt ist nur eine geringe Knappheit der gehandelten CO₂-Zertifikate zu konstatieren. Dies kann als Indiz für eine künftig steigende Preiselastizität der CO₂-Zertifikatnachfrage aufgefasst werden. Im Trendszenario steigen im offenen Handelssystem aufgrund der höheren Zahlungsbereitschaft des Verkehrssektors seine CO₂-Emissionen. Diese Mehremissionen sowie die gesamten zum Erreichen des Reduktionsziels notwendigen Emissionseinsparungen werden in den anderen Sektoren kompensiert (vgl. Kap. 2.1). Mit einer sinkenden Preiselastizität der CO₂-Zertifikatnachfrage der anderen Sektoren setzt eine Trendumkehr ein. Der CO₂-Zertifikatpreis im offenen Handelssystem steigt bei einer niedrigeren Preiselastizität der anderen Sektoren (Abbildung 17). Die Zahlungsbereitschaft aller Marktteilnehmer für das Recht auf CO₂-Emissionen ist gestiegen. Das Erreichen der vorgegebenen Reduktionsziele setzt daher einen starken Preisanstieg der CO₂-Zertifikate voraus. Im Trendszenario ($\epsilon=-1,0$) liegt der Gleichgewichtspreis am Ende der Prognoseperiode knapp unter 90 €. Mit abnehmender Elastizität steigt der CO₂-Zertifikatpreis stark an. Bei einer Reduzierung auf $\epsilon=-0,5$ steigt der CO₂-Zertifikatpreis auf 282 €. Mit weiter abnehmender Preiselastizität wächst der CO₂-Zertifikatpreis exponentiell: Die weitere Verringerung der Elastizität um 0,1 erhöht den CO₂-Zertifikatpreis um 123 Euro.

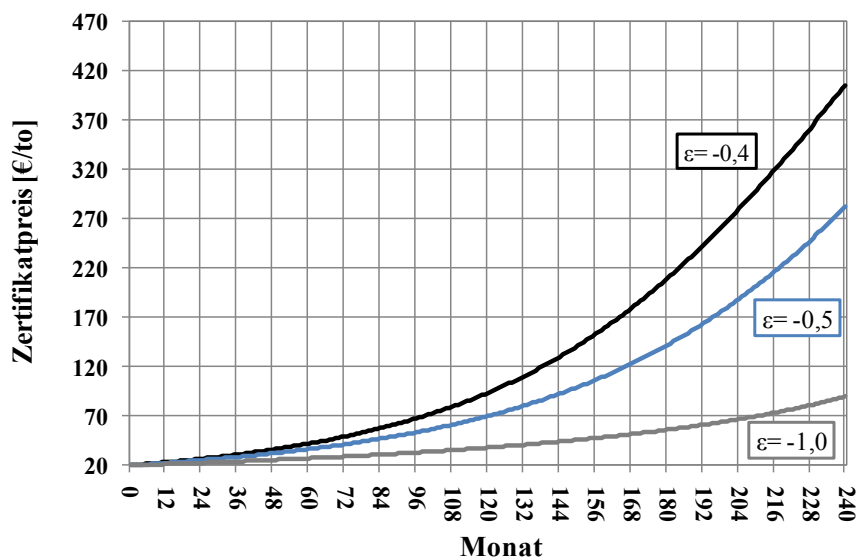


Abbildung 17: Wirkung der Änderung der Preiselastizität der anderen Sektoren auf den CO₂-Zertifikatpreis im offenen Handelssystem, Quelle: Eigene Darstellung

Der Preisanstieg für die CO₂-Zertifikate und die geänderte Preiselastizität der CO₂-Zertifikatnachfrage der anderen Sektoren bedingen eine veränderte Allokation der Verschmutzungsrechte (Abbildung 18). Im Vergleich zum Trendszenario nehmen die straßenverkehrsinduzierten CO₂-Emissionen ab. Sie liegen bei einer Elastizität von -0,4 nur mehr knapp über denen des Status Quo. Bei einer Preiselastizität der anderen Sektoren von -0,5 erreicht der CO₂-Ausstoß des Straßenverkehrs nach einer Handelsperiode von 202 Monaten mit 26,4 Mio. Tonnen/Jahr sein Maximum, bei einer Elastizität von -0,4 nach 164 Monaten mit 25,7 Mio. Tonnen/Jahr. Das Maximum wird mit abnehmender Preiselastizität früher und in geringerer Höhe erreicht. Im Anschluss verringert sich der straßenverkehrsinduzierte CO₂-Ausstoß.

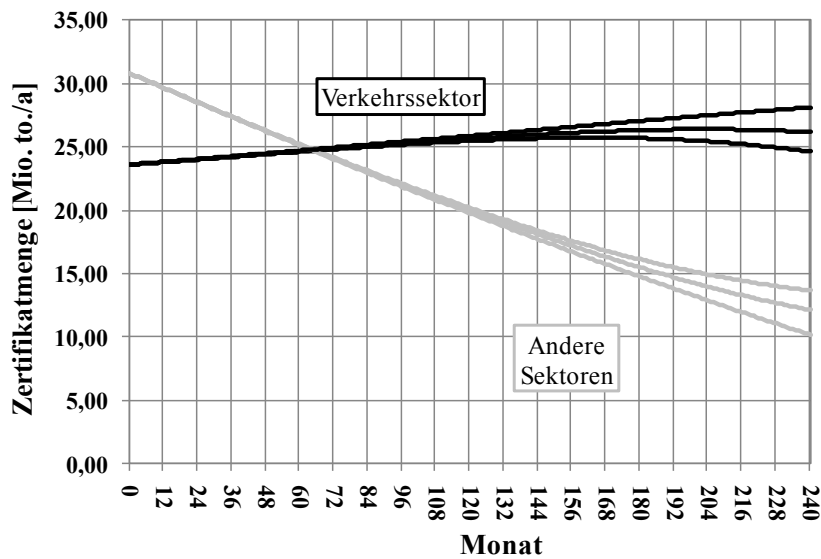


Abbildung 18: Wirkung der Änderung der Preiselastizität der anderen Sektoren auf die Emissionsmenge im offenen Handelssystem, Quelle: Eigene Darstellung

Treibstoffpreis und Treibstoffverbrauch werden von der verringerten auf den Straßenverkehrssektor entfallenden Emissionsmenge im offenen Handelssystem beeinflusst (Abbildung 19, Abbildung 20). Der Treibstoffpreis steigt mit abnehmender Preiselastizität, der Treibstoffverbrauch nimmt bei Preiselastizitäten kleiner $-1,0$ einen konkaven Verlauf an.

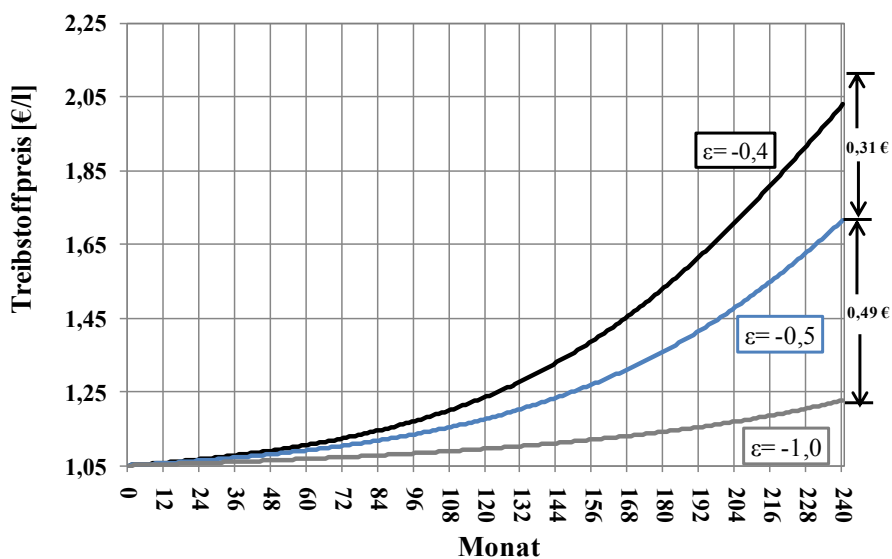


Abbildung 19: Wirkung der Änderung der Preiselastizität der anderen Sektoren auf den Treibstoffpreis im Personenstraßenverkehr im offenen Handelssystem, Quelle: Eigene Darstellung

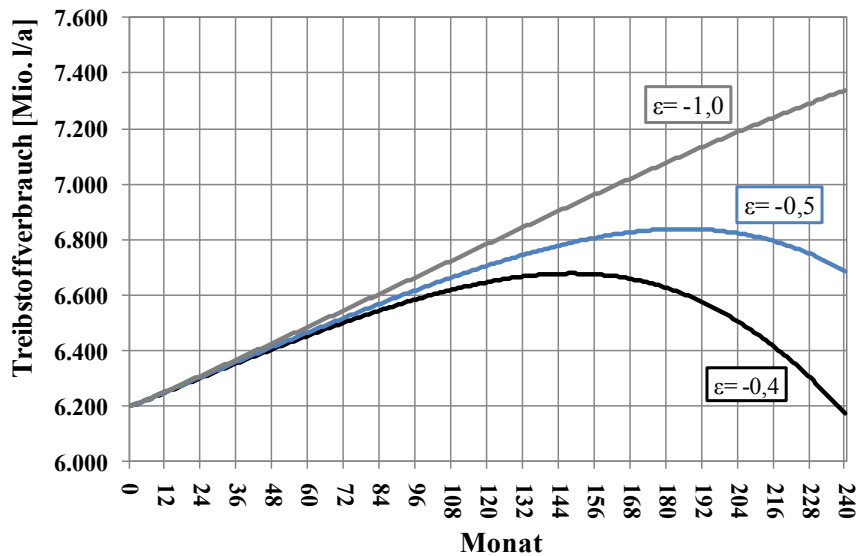


Abbildung 20: Wirkung der Änderung der Preiselastizität der anderen Sektoren auf den Treibstoffverbrauch im Personenstraßenverkehr im offenen Handelssystem, Quelle: Eigene Darstellung

Fazit

Die Veränderung der Preiselastizität der anderen Sektoren beeinflusst die Allokation der Verschmutzungsrechte zwischen den Sektoren im offenen Handel. Abhängig von der gewählten Preiselastizität ist es in den späteren Handelsperioden den Verkehrsteilnehmern nicht mehr möglich, zu Lasten der anderen Sektoren ihr Emissionsbudget auszuweiten. Abhängig von der Höhe der Veränderung der Preiselastizität der CO₂-Zertifikatnachfrage der anderen Sektoren kann eine Trendumkehr in der intersektoralen Verteilung der Reduktionsleistungen einsetzen. Es kommt es zu einem starken Anstieg der CO₂-Zertifikatpreise und einer deutlichen Verringerung der verbrauchten Treibstoffmenge.

2.2.4 Reduktionsziele

Die CO₂-Reduktionsziele werden politisch vorgegeben. Sie bestehen aus einer Mengenrestriktion und einer zeitlichen Vorgabe zur Erfüllung des Ziels. Eine Änderung des Reduktionszieles bedingt das Emissionsangebot und damit den Gleichgewichtspreis. Im MACZE-Modell werden die Reduktionsziele auf Monatsraten umgelegt.

Die zulässigen Emissionsmengen reduzieren sich bei einem Reduktionsziel von 1,74 %/a (Trendszenario) nach 240 Monaten auf 38,3 Mio. to. CO₂/a, bei einem Reduktionsziel von 1,0 %/a auf 44,5 Mio. to. CO₂/a und bei einem Reduktionsziel von 2,0 %/a auf 36,3 Mio. to. CO₂/a.

Die Wirkungen einer Verknappung des CO₂-Zertifikatangebots auf den CO₂-Zertifikatpreis entsprechen dem eines Wachstums der externen Verkehrsnachfrage und des BIP-Wachstums. Im offenen Handelssystem steigt der CO₂-Zertifikatpreis mit zunehmendem Reduktionsziel im Laufe der Prognoseperiode stärker (Abbildung 21). Die Erhöhung des Reduktionsziels um 0,26 Prozentpunkte auf 2,0 %/a ausgehend vom Trendszenario bewirkt einen Anstieg des CO₂-Zertifikatpreises von 21,6 Prozent.

Im geschlossenen Handelssystem ist die finanzielle Belastung der Verkehrsteilnehmer durch den CO₂-Zertifikatehandel höher als im offenen Handel (Abbildung 22). Das Wachstum des CO₂-Zertifikatpreises ist in den ersten Handelsmonaten hoch und geht dann in einen Bereich konstanter Zuwachsraten über.

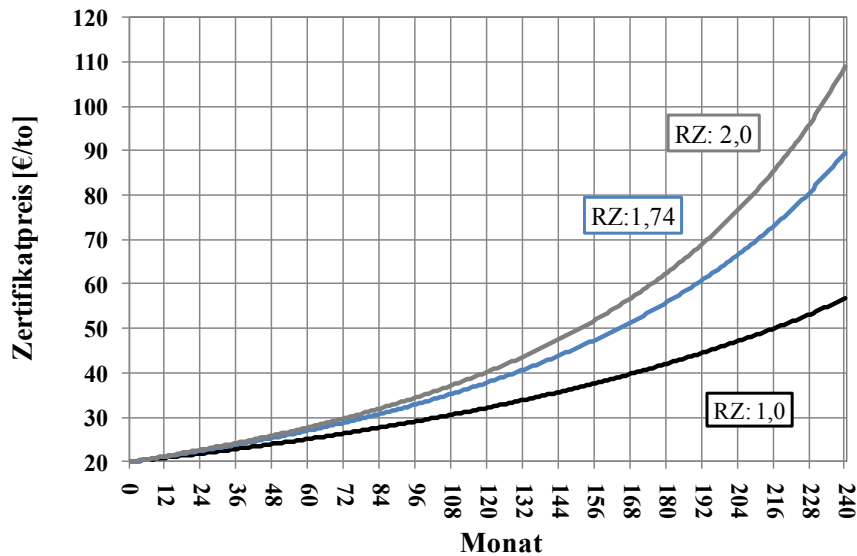


Abbildung 21: Wirkung der Änderung des Reduktionsziels auf den CO₂-Zertifikatpreis im offenen Handelssystem, Quelle: Eigene Darstellung

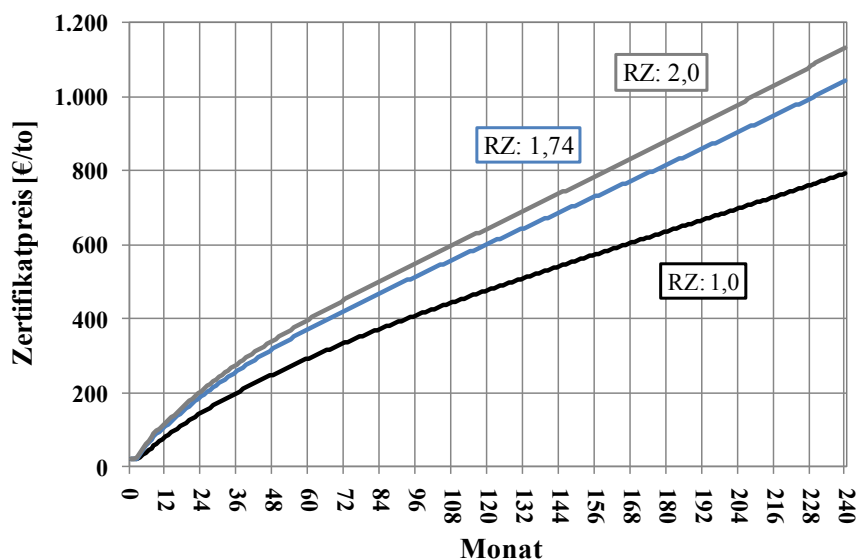


Abbildung 22: Wirkung der Änderung des Reduktionsziels auf den CO₂-Zertifikatpreis im Straßenverkehr im geschlossenen Handelssystem, Quelle: Eigene Darstellung

Die Veränderungen des Treibstoffpreises, der CO₂-Zertifikatmengen und der Kilometerleistung in Reaktion auf eine Änderung des Reduktionszieles entsprechen prinzipiell den Änderungen der anderen Inputgrößen. Der Treibstoffpreis im offenen Handel im Personenstraßenverkehr steigt bei einem Reduktionsziel von 2,0 %/a um fünf Eurocent auf 1,28 €/l und liegt bei einem Reduktionsziel von 1,0 %/a bei 1,14 €/l. Der CO₂-Ausstoß im Straßenverkehr liegt im offenen Handel nach 240 Monaten bei einer Reduktionsrate von 2,0 %/a bei 27,94 Mio. To. CO₂/a, bei einem Ziel von 1,0 %/a bei 28,4 %/a.

5 Schlussfolgerungen und Empfehlungen

Die Wirkung eines EU-weiten CO₂-Zertifikatehandels auf den Straßenverkehr in Österreich wird durch seine Ausgestaltung bedingt. Die grundlegende Design-Option ist neben dem Ansatzpunkt der CO₂-Zertifikatpflicht das Handelssystem. Im Forschungsprojekt MACZE wurden Upstream- und Downstream-Ansätze in Form eines offenen und geschlossenen Handelssystems verglichen.

Ein CO₂-Zertifikatehandel ist ökologisch effektiv. Die Erfüllung extern gesetzter Emissionsreduktionen wird durch die Marktkräfte sichergestellt. Im geschlossenen Handelssystem wird die Reduktionsleistung von allen Sektoren erbracht, im offenen nur von den Sektoren Energieerzeugung und Industrie. Unabhängig von der Verteilung der Reduktionsleistungen ist die Emissionsreduktion in der Summe gesichert.

Die ökologischen Emissionsreduktionsziele werden ökonomisch effizient erreicht. Die individuelle Zahlungsbereitschaft der Marktteilnehmer für das Recht auf CO₂-Emissionen findet ihren Ausdruck in der unterschiedlichen Preiselastizitäten der CO₂-Zertifikatnachfrage. Aufgrund der geringeren Preissensitivität der Straßenverkehrsteilnehmer im Vergleich mit den Marktteilnehmern aus anderen Sektoren (Energie- und Industrieunternehmen) wird die Emissionsreduktion im offenen CO₂-Zertifikatehandel zur Gänze in den anderen Sektoren erbracht. Die Höhe der CO₂-Zertifikatpreise begrenzt den weiteren Anstieg der straßenverkehrsinduzierten CO₂-Emissionen nicht. Im offenen Handel entfaltet sich im Verkehrssektor somit kein Druck zur Emissionsreduktion.

Im geschlossenen Handelssystem verteilen sich Emissionslasten gleichmäßig auf die partizipierenden Sektoren. Innerhalb des Verkehrssektors ergeben sich, wiederum aufgrund der unterschiedlichen Preiselastizitäten der CO₂-Zertifikatnachfrage, unterschiedliche Belastungen von Personen- und Güterstraßenverkehr. Der Treibstoffverbrauch im Güterstraßenverkehr steigt, die Einsparungen entfallen zur Gänze auf den Personenstraßenverkehr.

Die Daten zur Modellierung der Verkehrsnachfrage wurden im Rahmen einer Befragung erhoben, die Preiselastizität der CO₂-Zertifikatnachfrage basiert auf aktuellen Marktdaten europäischer CO₂-Zertifikatehandelsbörsen. Der europäische CO₂-Zertifikatehandel EU ETS ist durch ein partielles Überangebot an CO₂-Zertifikaten und damit eine geringe Knappheit der gehandelten CO₂-Zertifikate gekennzeichnet. In der makroökonomischen Theorie ist Güterknappheit die Voraussetzung für funktionierende Märkte und die richtige Preisbildung. Es ist zu erwarten, dass mit einsetzender CO₂-Zertifikateknappheit im Rahmen der jährlichen Verringerung der handelbaren CO₂-Zertifikate eine dynamische Preisentwicklung einsetzt. Mit steigendem CO₂-Zertifikatpreis dürfte sich eine geringere Preiselastizität der CO₂-Zertifikatnachfrage anderer Sektoren einstellen, verbunden mit Auswirkungen auf die Allokation der CO₂-Zertifikate zwischen den Sektoren. In diesem Fall verschieben sich die Reduktionsbelastungen stärker auf den Verkehrssektor.

Der ökonomischen Effizienz im geschlossenen Handelssystem steht ein Aspekt normativer Gerechtigkeit gegenüber. Verkehrsteilnehmer bezahlen für dasselbe Gut – eine Tonne CO₂-Emissionen – einen vielfach höheren Preis als die Marktteilnehmer anderer Sektoren. In Hinsicht auf die politische Umsetzbarkeit dürfte sich dies als argumentativer Nachteil zum offenen Handelssystem erweisen. Dort tritt dieses Problem nicht auf. Allerdings werden in diesem Handelssystem die CO₂-Emissionen im Verkehrssektor nicht reduziert.

Eine besondere Belastung von Berufspendlern, Haushalten mit Kindern und Gruppen mit niedrigem Einkommen, sowie der Bewohner peripherer Gebiete ohne ausreichende ÖPNV-Anbindung ist naheliegend. Maßnahmen zum finanziellen Ausgleich der mit einem CO₂-Zertifikatehandel verbundenen Belastungen für diese Gruppen würden dem Ziel des CO₂-Zertifikatehandel – einer Reduktion der straßenverkehrsinduzierten CO₂-Emissionen – sowie der ökonomischen Effizienz des Instruments entgegenlaufen.

Ebenso sind Auswirkungen der finanziellen Belastung der Energie- und Industrieunternehmen im offenen Handelssystem durch den CO₂-Zertifikatehandel auf die Güterpreise und die Inflationsraten und damit Einkommenseffekte und Wirkungen auf den Arbeitsmärkten zu berücksichtigen.

Im Forschungsprojekt MACZE wurde nachgewiesen, dass CO₂-Emissionsreduktionsziele mit einem CO₂-Zertifikatehandel kostenoptimal erreicht werden können. Aufgrund der sektorspezifischen Preiselastizitäten der CO₂-Zertifikatnachfrage ergeben sich unterschiedliche Belastungen der Sektoren. Inwieweit dies sozial und politisch vertretbar und wünschenswert ist, bleibt eine normative Frage.

C) Projektdetails

6 Methodik

Im Rahmen des Projekts wurde ein MACZE-Modell entwickelt, das ein ökonometrisches CO₂-Marktmodell und ein Verkehrsnachfragemodell kombiniert.

Das ökonometrische CO₂-Marktmodell bildet die Preisentwicklung am CO₂-Zertifikatmarkt ab. Es basiert auf Handelsdaten europäischer CO₂-Zertifikatbörsen. Die Handelsdaten wurden anhand von Two-Stage Least Squares-Regressionsanalysen untersucht. Für die gegenwärtig am europäischen CO₂-Zertifikatehandel EU ETS partizipierenden Sektoren konnte für die bisherige Handelsperiode eine Preiselastizität der CO₂-Zertifikatnachfrage von -1,00 nachgewiesen werden.

Im Verkehrsnachfragemodell werden die Reaktionen der Verkehrsteilnehmer auf den im ökonometrischen Marktmodell ermittelten CO₂-Zertifikatpreis untersucht. Modelliert wird die Änderung des Mobilitätsverhaltens, der Flottenzusammensetzung und der Flottengröße der privaten Haushalte. Ergebnis des Verkehrsnachfragemodells ist der Treibstoffverbrauch bei einem gegebenen CO₂-Zertifikatpreis. Diese Nachfrage kann in eine CO₂-Zertifikatnachfrage umgerechnet werden. Sie fließt als Eingangsgröße in das ökonometrische Marktmodell zurück. Im MACZE-Gesamtmodell wird diese wechselseitige Abhängigkeit in einem iterativen Verfahren abgebildet. Die Bestimmung der Modellparameter erfolgte in Discrete-Choice-Analysen von Befragungsdaten. Insgesamt wurden 223 Personen befragt. Der Befragung lag ein zweistufiger Stated-Preference-Ansatz in Form eines Situational Approaches zugrunde: Die Befragten wurden mit hypothetischen Entscheidungssituationen zum Pkw-Besitz, Pkw-Kauf und zur Pkw-Nutzung konfrontiert, die auf tatsächlichem Pkw-Besitz, bzw. Mobilitätsverhalten basierten. Dieser Befragungsansatz sichert eine hohe Realitätsnähe der gewonnenen Ergebnisse.

Das Markt- und Verkehrsnachfragemodell sind im MACZE-Gesamtmodell zusammengefasst. Analog zu den grundlegenden Designoptionen eines CO₂-Zertifikatehandels werden eine Ein-Markt-Lösung sowie eine Zwei-Märkte-Lösung unterschieden. Daneben enthält es eine Reihe von Inputgrößen zur Abbildung wesentlicher Ursachen-Wirkungs-Komplexe, durch die die Aussagekraft des Modells steigt. Alle verwendeten Preise sind reale Preise.

7 Arbeits- und Zeitplan

		Monat																			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8
AP1	Projektmanagement																				
AP2	Projekt-Netzwerk																				
AP3	Szenarienentwicklung																				
AP4	Stated-preference-Analyse zum Pkw-Nutzerverhalten																				
AP5	Entwicklung des Verkehrsnachfragemodells																				
AP6	Ökonometrisches Treibstoffverbrauchsmodell																				
AP7	Modelldurchrechnung für die definierten Szenarien																				

AP8	Fokusgruppen																				
AP9	Dokumentation und Verbreitung der Ergebnisse																				

8 Publikationen und Disseminierungsaktivitäten

Stark, J.; Dietrich, T.; Lechner, J.; Sonntag, A.; Maier, G.; Sammer, G. (2009): Potentials and Effects of a European-wide CO2-Certificate Trading Scheme upon Road Traffic in Austria (MACZE). [Vortrag gehalten von Stark J. am 23. Oktober 2009 im Rahmen der 45th ISOCARP International Congress - Low Carbon Cities, 18th-22nd October 2009 in Porto, PORTUGAL, Porto, PORTUGAL, 18th-22nd October 2009] In: International Society of City and Regional Planners (ISOCARP), Congress CD

Lechner, J; Maier, G; Sammer, G; Sonntag, A; Stark, J (2010): Emissionshandel und Straßenverkehr - Potenzielle Design Optionen und deren Auswirkungen auf Verkehrsnachfrage und Flottenzusammensetzung in Österreich (unveröffentlichter Projektbericht Teil 1). (MACZE - Möglichkeiten und Auswirkungen eines EU-weiten CO2-Zertifikatehandels für den Straßenverkehr Österreich). Klima- und Energiefonds, 83

Sonntag, A; Lechner, J; Hössinger, R; Stark, J; Maier, G; Sammer, G (2010): Forthcoming. Emissions Trading on the Road: Potential Design Options and their Impact on Traffic Volume and vehicle fleet efficiency in Austria. 33rd IAEE International Conference, JUN 6-9, 2010, Rio de Janeiro

Sonntag, A; Lechner, J; Hössinger, R; Stark, J; Maier, G; Sammer, G (2010): Emissions Trading on the Road: Potential Design Options and their Impact on Traffic Volume and vehicle fleet efficiency in Austria, Vortrag gehalten von Sonntag, Axel. 33rd IAEE International Conference, JUN 6-9, 2010, Rio de Janeiro

Sammer, G; Stark, J; Hössinger, R; Link, C; Lechner, J; Sonntag, A; Maier G (2010): Greenhouse Gas Emission Certificate Trade Scheme for Road Traffic – An Appropriate Travel Demand Measure? 5th Travel Demand Management Symposium, OCT 26-28, 2010, Aberdeen, UK

Link, C; Hoessinger, R; Stark, J; Sammer, G; Maier, G; Lechner, J; Sonntag, A (2010): Effects of GHG-certificate trade on transport demand in Austria. [Transport and Air Pollution, Zürich, Mai 18-19, 2010] In: Weilenmann, Martin, International Symposium Transport and Air Pollution 18, 2010, Dübendorf, Proceedings

HÖSSINGER, Reinhard; LINK, Christoph; RASER, Elisabeth; SAMMER, Gerd; STARK, Juliane; LECHNER, Julia; MAIER, Gunther; SONNTAG, Axel (2011): Emissionshandel im Straßenverkehr. Design Optionen und ihre Auswirkungen auf Verkehrsnachfrage und Flottenzusammensetzung in Österreich (unveröffentlichter Projektbericht Teil 2). Österreichischer Klima- und Energiefonds, 111 Seiten

Link, C; Hoessinger, R; Stark, J; Sammer, G; Maier, G; Lechner, J; Sonntag, A (2010): Effects of GHG-certificate trade on transport demand in Austria. Transport and Air Pollution, MAY 18-19, 2010, Zürich

Stark, J.; Link, C.; Hössinger, R.; Sammer, G. (2012): Möglichkeiten und Auswirkungen eines EU-weiten CO2-Zertifikatehandels auf den Straßenverkehr in Österreich. [13. Österreichischer Klimatag, Vienna, AUSTRIA, JUNE 14-15, 2012] In: Klimaforschungsinitiative AustroClim, Climate Change Centre Austria CCCA, Klima- und Energiefonds, gemeinsam mit Universität für Bodenkultur Wien (Hrsg.), Klima, Klimawandel, Auswirkungen und Anpassung sowie Klimaschutz in Österreich, V26

Link, C.; Stark, J.; Sonntag, A.; Hössinger, R. (2012): Contribution of an Emission Trading Scheme to Reduce Road Traffic Induced CO2 Emissions in Austria. Procedia: Social and Behavioral Sciences, Volume 48, 2012, 1971-1982; ISSN 1877-0428

Diese Projektbeschreibung wurde von der Fördernehmerin/dem Fördernehmer erstellt. Für die Richtigkeit, Vollständigkeit und Aktualität der Inhalte übernimmt der Klima- und Energiefonds keine Haftung.