

MoZert

Modellierung und Analyse der Wirkungen
personenbezogener zertifikatsbasierter Instrumente auf
Haushalte und Energiesystem

Endbericht



Autoren:

Ernst Gebetsroither, Alexander Kaufmann (AIT)

Heimo Bürbaumer, Gregor Thenius (Austrian Energy Agency)

Ernst Schriebl, Dominik Wiedenhofer, Christian Lauk, Markus Windhaber (ecoPolicy-Lab)

Lukas Kranzl (Energy Economics Group, TU Wien)

FFG Projektnr.: 822065

Programmlinie [NEUE ENERGIEN 2020](#), 2. Ausschreibung

Programmsteuerung: Klima- und Energiefonds

Programmabwicklung: Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft mbH (FFG)



ProjektmitarbeiterInnen:

Ernst Gebetsroither, Alexander Kaufmann, Eva Buchinger (AIT)

Heimo Bürbaumer, Gregor Thenius, Martin Baumann, Heidelinde Adensam (Austrian Energy Agency)

Ernst Schriefl, Markus Windhaber, Dominik Wiedenhofer, Christof Paparella, Martin Putschek, Peter Fleissner, Christian Lauk (ecoPolicy-Lab)

Lukas Kranzl (Energy Economics Group, TU Wien)

Wien, Mai 2012

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	6
1.1 Aufgabenstellung	6
1.2 Schwerpunkte des Projektes.....	7
1.3 Einordnung in das Programm.....	8
1.4 Verwendete Methoden.....	9
1.5 Aufbau der Arbeit.....	11
2. Zertifikatsbasierte Instrumente – Grundlagen.....	12
2.1 Klimapolitische Instrumente in der umweltökonomischen Theorie	13
2.1.1 Wirkungsweise	14
2.1.2 Kosteneffizienz.....	17
2.1.3 Anreizwirkung.....	21
2.1.4 Praktikabilität	22
2.1.5 Nebeneffekte	22
2.2 Der EU-Emissionshandel	25
2.2.1 Das Prinzip des EU-Emissionshandels.....	25
2.2.2 Wirksamkeit und Probleme der bisherigen Praxis des EU-Emissionshandels.....	27
2.2.3 Mögliche Weiterentwicklungen des EU-Emissionshandels	30
2.3 Personenbezogene Zertifikatsbasierte Instrumente (PZIs)	34
2.3.1 Cap & Share	36
2.3.2 Cap & Dividend / Sky Trust	47
2.3.3 Tradeable Energy Quotas (TEQs) / Domestic Tradeable Quotas (DTQs)	51
2.3.4 Personal Carbon Rationing (PCR).....	57
2.3.5 Rate all Products and Services (RAPS).....	63
2.3.6 Ayres Scheme	67
2.4 PZIs und der EU-Emissionshandel (EU-ETS).....	71
2.5 Bewertung von PZIs anhand der DEFRA Studie	76
2.6 Zusammenfassende Bewertung von PZIs	88
3. Das Konzept des MoZert Gesamtmodells	94
3.1 Logische Architektur und Ablauf der PZI-Systeme	94
3.2 Das volkswirtschaftliche Modellkonzept.....	100
3.3 TIMES-Modell für Energiewirtschaft und SD-Modell für Industrie und Gewerbe	102
3.3.1 TIMES-Modell für Energiewirtschaft (Österreichmodell der AEA)	102
3.3.2 SD-Modelle für Gewerbe und Industrie	105

3.4 Zertifikatemarkt.....	108
3.4.1 Zertifikatspreisbildung:	108
4. Das Haushaltsmodell.....	114
4.1 Das verwendete Milieu-Modell.....	114
4.2 Handlungsoptionen der Haushalte.....	119
4.3 Architektur der Haushalts-Agenten.....	122
4.3.1 Agentenkonzept	122
4.3.2 Entscheidungsmechanismen der Agenten.....	123
5. Subjektive Präferenzen von Haushalten im Bereich des Energieverbrauchverhaltens. 130	
5.1 Literaturrecherche zu Energieverbrauchsverhalten von Haushalten	130
5.2 ExpertInnen-Befragung zur Einschätzung von subjektiven Präferenzen.....	136
6. Die Datenbasis des Modells	140
6.1 Beschreibung der Datenbank	140
6.2 Überprüfung und Aufbereitung der Daten für den Haushaltssektor	145
7. Das implementierte Modell	148
8. Szenarien	152
8.1 Definition der Szenarien	152
8.2 Allgemeine Annahmen für alle Szenarien	154
8.3 Auswertungen	155
9. Ergebnisse und Schlussfolgerungen	157
9.1 Ergebnisse im Überblick.....	157
9.1.1. CO ₂ Emissionen Szenariovergleich	157
9.1.2. Wirkung und Sensibilität des subjektiven Nutzens/Kosten	160
9.1.3. Wirkung des Zufalls auf Ergebnisse	161
9.2 Szenario Basic, ET Preis Low, EU-ETS Cap Hi (-80%)	162
9.2.1. Emissionen	162
9.2.1. Mobilität	163
9.2.2. Sanierung und Heizen.....	164
9.2.3. Energiebedarf nach Energieträgern	166
9.2.4. Verteilungsaspekte	167
9.3 Szenario Basic, ET Preise Hi, EU-ETS Cap Hi (-80%).....	169
9.3.1 Emissionen	169
9.3.2 Mobilität	170
9.3.3 Sanierung und Heizen.....	171
9.3.4 Energiebedarf nach Energieträgern	173
9.3.5 Auswirkungen auf die Stromaufbringung.....	174

9.3.6 Verteilungsaspekte	176
9.4 Szenario PCR, ET Preise Hi, EU-ETS Cap Hi (-80%)	177
9.4.1 Emissionen	177
9.4.1. Mobilität	177
9.4.2. Sanierung und Heizen.....	179
9.4.3. Energiebedarf nach Energieträgern	180
9.4.4 Auswirkungen auf die Stromaufbringung.....	181
9.4.5. Verteilungsaspekte	182
9.5 Szenario C&S ET-Preis Hi, EU-ETS Cap Hi (-80%)	184
9.5.1 Emissionen	184
9.5.2 Mobilität	185
9.5.3 Sanierung und Heizen.....	186
9.5.4 Energiebedarf nach Energieträgern	187
9.5.5 Verteilungsaspekte	189
10. Ausblick und Empfehlungen	191
11. Literaturverzeichnis.....	192

1. Einleitung

1.1 Aufgabenstellung

Ausgangssituation/Motivation des Projektes

Hoch gesteckten Klimaschutzzielen (insbesondere langfristig in einer Post-Kyoto Sichtweise) stehen oft ernüchternde Zwischenbilanzen, was die tatsächliche Zielerreichung betrifft, gegenüber.

Es stellt sich also die dringliche Frage, ob mit den bisher angewandten Instrumenten in der Klimapolitik das Auslangen gefunden werden kann, oder ob es nicht auch notwendig ist, sich mit der Entwicklung, Diskussion und Analyse neuartiger Ansätze zu befassen. Klar quantifizierten Zielen für die Reduktion von Treibhausgasemissionen stehen in der Klimapolitik häufig Mittel (wie Investitionsanreize, Standards, CO₂-Steuern oder Informationskampagnen) zur Zielerreichung gegenüber, deren quantitative Wirkung sich schwer vorhersagen lässt.

Zertifikatsbasierte Instrumente, die eine direkte Regulierung (bzw. Deckelung, engl. „cap“) der Emissionsmengen erlauben, erscheinen unter diesem Gesichtspunkt attraktiv, die Effektivität und Akzeptanz ist aber sehr von der konkreten Ausgestaltung abhängig. Das sektoral beschränkte EU-Emissionshandelssystem (EU-ETS) erfasst etwa 40% der EU-weiten CO₂-Emissionen. Im EU-ETS sind Stromerzeugung aus thermischen Kraftwerken und energieintensive Industrien erfasst. Nicht erfasst sind Haushalte, andere Industrien und Gewerbe, der öffentliche Sektor, Landwirtschaft und der gesamte Transportsektor (abgesehen vom Elektrizitätsbedarf dieser Sektoren, da die E-Wirtschaft am EU-ETS teilnimmt). Wenn man den EU-Emissionshandel als politische Realität akzeptiert, so sind effektive Instrumente gefragt, die auch in den nicht im EU-ETS erfassten Sektoren zu Emissionsreduktionen führen, um so die auf Gesamtemissionen bezogenen Klimaschutzziele erreichen zu können.

Im Laufe der letzten Jahre wurden verschiedene innovative Instrumente vorgeschlagen, die darauf abzielen,

- Individuen stärker für Klimaschutz einzubinden und zu motivieren
- von der Öffentlichkeit als fair anerkannt zu werden
- verlässlich Reduktionsziele zu erreichen.

Mit diesen Instrumenten, im folgenden als personenbezogene zertifikatsbasierte Instrumente (abg. PZIs) bezeichnet, könnte die "Emissionslücke", die vom EU-ETS offen gelassen wird, geschlossen werden. Andererseits könnten die meisten dieser Instrumente auch das EU-ETS komplett ersetzen und alle CO₂-Emissionen eines definierten geographischen Raumes erfassen.

Personenbezogenen zertifikatsbasierten Instrumenten (PZIs) wie „Cap & Share“, „Personal Carbon Rationing“ oder TEQs („Tradable Energy Quotas“) ist gemein, dass jede/r Bürger/in die gleiche Menge an (CO₂- oder Treibhausgas-)Emissionsrechten erhält und diese Menge jedes Jahr um einen gewissen Anteil reduziert wird. Die Bürger sind in der Regel auch in den Handel mit diesen Emissionszertifikaten eingebunden.

Fragestellungen und Zielsetzungen des Projektes

Zentrales Ziel des Projekts MoZert ist die Untersuchung der Auswirkungen verschiedener personenbezogener zertifikatsbasierter Instrumente (PZIs), womit ein Beitrag zum verbesserten Verständnis dieser Instrumente geleistet werden soll.

Konkret soll für verschiedene Szenarien (definiert durch eine bestimmte Auswahl eines zertifikatsbasierten Instruments oder einer Instrumentenkombination und anderer Szenarioparameter) untersucht werden, wie sich

- Energieträgermix nach Anwendungen
- Diffusion energieeffizienter Technologien
- ökonomisch-soziale Situation von Haushalten

im Zeitverlauf entwickeln und damit eine Bewertung dieser Szenarien ermöglichen. Der betrachtete Zeithorizont verläuft bis 2050.

Der Punkt "ökonomisch-soziale Situation von Haushalten" umfasst

- Verteilungsaspekte (welche Typen von Haushalten werden Gewinner/welche Verlierer?) und
- "Energie-Wohlstand" (welches Spektrum an Energiedienstleistungen ist für welchen Haushaltstyp noch leistbar?).

1.2 Schwerpunkte des Projektes

Im Zentrum des Projekts MoZert stand die Entwicklung eines computergestützten Tools zur Simulation und Analyse der Effekte von PZIs (personenbezogene zertifikatsbasierte Instrumente). Dabei kam ein multiparadigmatischer Modellierungsansatz zur Anwendung. Ein Top-Down Ansatz (TIMES Energiesystemmodell) wird dabei mit der Bottom-Up Methode der multi-agentenbasierten Modellierung kombiniert (siehe auch Kap 1.4). Nach Implementierung des Modells wurden unter verschiedenen Szenarien die Wirkungen von zwei PZIs (Personal Carbon Rationing, Cap & Share) untersucht und mit einem „Basic“-Szenario, in dem kein spezielles klimapolitisches Instrument zur Anwendung kommt, verglichen.

Vor der Implementierung des Modells wurden umfangreiche konzeptionelle Arbeiten durchgeführt. Dies betraf die Architektur des Gesamtmodells sowie der Teilmodelle (inkl. der Beschreibung der Interaktion der Teilmodelle). Schwerpunkt der konzeptionellen Arbeiten war

die Beschreibung und Erstellung einer Detail-Architektur der agentenbasierten Modellteile (private Haushalte, Zertifikatshandel). Diese beinhaltete die logische Architektur des Agentenmodells, eine Beschreibung der wesentlichen Agentencharakteristika, Agentenaktionen und –interaktionen, sowie das Konzept des Datenmodells.

Da die Entscheidungen der Haushalts-Agenten neben einer objektiven (ökonomischen) Komponente auch eine subjektive Komponente beinhalten, nahm auch die Erforschung von subjektiven Präferenzen im Bereich des Energieverbrauchsverhaltens von Haushalten eine wichtige Rolle im Projekt ein. Als methodische Hilfsmittel zur Einschätzung der subjektiven Präferenzen dienten eine Literaturrecherche und eine ExpertInnen-Befragung.

Zu Beginn des Projekts wurde als Grundlage für die weiteren Arbeiten eine qualitative Bewertung verschiedener PZIs vorgenommen.

1.3 Einordnung in das Programm

Die Einreichung des Projekts erfolgte im Rahmen der zweiten Ausschreibung des Programms „Neue Energien 2020“ und wurde hier im Themenfeld „Entscheidungsgrundlagen für die Österreichische Klima- und Energiepolitik“ eingereicht (siehe „Leitfaden für die Projekteinreichung“: Klima- und Energiefonds (2008), S. 18 ff.).

In diesem Themenfeld bezieht sich das Projekt „MoZert“ auf den Punkt:

3.6.10 Innovative Konzepte und Instrumente in der internationalen Klimapolitik

Zitat aus dem Ausschreibungsleitfaden:

„Sowohl auf der Ebene der EU als auch international, wie im Rahmen der UN-Prozesse oder in regionalen Initiativen in den USA und anderen Staaten, gewinnen innovative Konzepte und Instrumente immer größere Bedeutung. Beispiele sind Sectoral Agreements, Carbon Offset Activities, Green und White Certificates. Es besteht Forschungsbedarf für die Weiterentwicklung dieser Konzepte und Instrumente sowohl im nationalen als auch im internationalen Kontext.“

1.4 Verwendete Methoden

Für die Erstellung des computergestützten Simulationstools kam ein multiparadigmatischer Modellierungsansatz zur Anwendung. Agentenbasierte Modellierung (für das Haushaltsmodul und den Zertifikatshandel) wurde mit einem ökonomischen Optimierungsmodell, das das österreichische Energiesystem abbildet (TIMES Österreich), kombiniert.

Der multiparadigmatische Modellierungsansatz hat den Vorteil, dass einerseits top-down quantitative Analysen des aggregierten Systemverhaltens durchgeführt werden können, aber dennoch die Möglichkeit besteht, in Teilbereichen des Systems detailliertere Bottom-Up Betrachtungen anzustellen, die emergente Selbstorganisations-Phänomene in diesen Teilsystemen berücksichtigen. Gerade in Systemen mit großem sozialen Handlungsspielraum führt eine reine Top-Down Betrachtung meist zu unzureichenden Systemanalysen, da Rückkopplungseffekte durch die Selbstorganisation auf Individuen-Ebene ausgeblendet werden.

Das Teilmodell Agentenbasiertes Modell der Haushalte und des Zertifikatshandels:

Agentenbasierte Modelle (ABM) simulieren die Systemdynamik über das Verhalten der Individuen - der Agenten, die aufgrund von Umweltinformationen und Zielen handeln. In den Agentenmodellen wird dieses Handeln über Regeln ausgeführt. Dabei können diese Regeln als einfache bis hin zu sehr komplexen, adaptiven und lernenden Algorithmen implementiert sein.

Im hier entwickelten Modell werden Haushalte Agenten zugeordnet, die je nach ihren Rahmenbedingungen wie Einkommen, Wohnungstyp, Wohnungsgröße, Siedlungsart, Energieverbrauch etc. unterschiedliche Handlungsspielräume aufweisen. Die Einführung von personenbezogenen Zertifikatshandelssystemen hat auf diese Agenten (die eine bestimmte Anzahl von Haushalten repräsentieren) unterschiedliche Auswirkungen. Zudem ist es bei der agentenbasierten Modellierung auch möglich, innerhalb eines Agententyps Bandbreiten in den Anfangsbedingungen abzubilden, die sich als systembestimmend herauskristallisierend können.

Der Entscheidungsmechanismus der Haushaltsagenten in MoZert basiert auf der BDI-Architektur. BDI steht für Believes, Desires, Intentions.

Believes: das subjektive Wissen, das der Agent zum gegenwärtigen Zeitpunkt hat. Das sind in MoZert u.a. die in der Situation möglichen Handlungsoptionen (z.B. Auto verkaufen geht nur, wenn der Haushalt ein Auto besitzt).

Desires: die Menge der aktuellen Wünsche (oder Optionen) des Agenten. Dies sind Handlungsoptionen in MoZert, die für den Agenten wünschenswert wären.

Intentions: entspricht der Menge aktueller Intentionen (Ziele), die der Agent erreichen will. (maximiere Nutzen oder minimiere Kosten etc.). In MoZert sind das jene Handlungsoptionen, die seine Zielerreichungen maximieren und die er wenn möglich wirklich ausführt.

Die Entscheidung der Haushaltsagenten fällt in jeder Zeiteinheit für diejenigen Handlungsoptionen, die den größten Gesamtnutzen zu diesem Zeitpunkt und unter den gegebenen Rahmenbedingungen haben, und die sich der durch den Agenten repräsentierte Haushalt leisten kann. Weiters muss beachtet werden, dass die Handlungsoptionen keinem weiteren Ziel widersprechen und auch gegeneinander konsistent sind. Gesamtnutzen wird repräsentiert durch eine ökonomische Komponente (ökonomischer Nutzen, Investitionskosten minus diskontiertem zukünftigem Gewinn) und eine subjektive Komponente. Neben rationalen ökonomischen Kosten/Nutzen widerspiegelt die subjektive Komponente subjektive Kosten bzw. Nutzen, die auf den persönlichen Zielen und Werten des Haushalts bzw. auch auf dessen Wissen /Bildung gründen.

Die Haushalte sind in Milieus (Erlebnismilieus nach Schulze) gruppiert. Milieus sind im Modell durch unterschiedliche Präferenzen für Handlungsoptionen (Einschätzung subjektiver Kosten oder Nutzen) repräsentiert. Die Datenbasis für die Einteilung der Haushalte in Milieus und für zahlreiche Parameter des Haushaltsenergieverbrauchs stammt v.a. aus dem Projekt „Energieverbrauchsstile. Datenbank zum Energieverbrauch österreichischer Haushalte: Erstellung und empirische Überprüfung“ (Bohunovsky et al. 2011).

Neben dem Haushaltsbereich wird im Projekt auch der Zertifikatsmarkt mittels Agenten modelliert.

Das Teilmodell Energie:

Das Energiesystem als Teilmodell wird über eine ökonomische Optimierung der Energiebereitstellung, mittels des TIMES-Modells, simuliert. "The Integrated MARKAL-EFOM System (TIMES-Modell)" ist ein ökonomischer Modellgenerator, der im Rahmen eines Implementing Agreements der IEA von der ETSAP-Gruppe als Nachfolger des weit verbreiteten MARKAL Modells entwickelt wurde. TIMES generiert aufgrund der vom Benutzer gegebenen Eingangsdaten ein formales Modell, das den Energiefluss im betrachteten Energiesystem abbildet, wobei alle mit der Energieaufbringung, -umwandlung und -nachfrage verbundenen Kosten optimiert werden. TIMES-Modelle berücksichtigen die technischen, ökonomischen und klimarelevanten Eigenschaften der im Energiesystem verwendeten Technologien, und erlauben daher die Analyse von detaillierten energie- und klimapolitischen Maßnahmen über einen längeren Zeithorizont. Der Umfang des TIMES-Modells geht über eine reine energieorientierte Modellierung hinaus, es können zudem auch die dazugehörigen Emissionen sowie Materialströme abgebildet werden.

Im Rahmen dieses Projekts wurde das Österreichmodell der Österreichischen Energieagentur als Ausgangsbasis für das Projekt genommen. Darin wird das gesamte österreichische Energiesystem mit Ist- und geplanten Kraftwerkskapazitäten abgebildet. Die zukünftige Entwicklung des österreichischen Energiesystems wird aufgrund der Energienachfrage der Haushalte vom Modell kostenoptimal bestimmt. Das Österreichmodell generiert daraus Preise in den Bereichen Strom und Wärme (Fernwärme).

Weitere wichtige Methoden waren Literaturrecherche (für eine qualitative Analyse der PZIs sowie zu Zahlungsbereitschaften bzw. subjektiven Präferenzen für verschiedene Handlungsoptionen von Haushalten), eine ExpertInnen-Befragung zu subjektiven Präferenzen für verschiedene Handlungsoptionen von Haushalten und verschiedene konzeptionelle Arbeiten (Erstellen der Modellstruktur, etc.).

1.5 Aufbau der Arbeit

Nach einer ausführlichen Darstellung von *Grundlagen zertifikatsbasierter Instrumente*, die auch eine qualitative Bewertung von PZIs und Fragen der Kombinierbarkeit der PZIs mit dem EU-ETS beinhaltet (Kap. 2) widmen sich die Kapitel 3 bis 7 *verschiedenen Aspekten der Modellierung*: Konzept des Gesamtmodells (Kap. 3), das Haushaltsmodell (Kap. 4), Recherche zu subjektiven Präferenzen als wichtiger Teilaspekt des Entscheidungsmechanismus der Haushaltsagenten (Kap. 5), die Datenbasis (Kap. 6) und schließlich eine Beschreibung des tatsächlich implementierten Modells (Kap. 7).

Mit der *Anwendung des Simulationstools/-modells* beschäftigen sich Kap. 8 (Beschreibung der Szenarien) und Kap. 9 (Darstellung und Diskussion wesentlicher Simulationsergebnisse), bevor der Bericht mit einem Ausblick (Kap. 10) schließt.

2. Zertifikatsbasierte Instrumente – Grundlagen

Im Zentrum dieses Kapitels steht eine Beschreibung und Diskussion verschiedener Personenbezogener Zertifikatsbasierter Instrumente (PZIs).

Unter einem Personenbezogenen Zertifikatsbasierten Instrument (PZI) wird im folgenden ein klimapolitisches Instrument verstanden, das einerseits auf einer Begrenzung ("Cap") der CO₂- bzw. generell Treibhausgas-Emissionen beruht und in dem andererseits Zertifikate, die zu einem bestimmten Ausstoß von CO₂- bzw. Treibhausgasemissionen berechtigen, an Einzelpersonen - in der Regel kostenlos - verteilt werden. Einzelpersonen können auch - je nach PZI in unterschiedlichem Ausmaß – am Zertifikatshandel teilnehmen.

Ausführlich werden PZIs in Kap. 2.3 besprochen.

Bevor in diesem Bericht auf die erst in jüngerer Vergangenheit in die Diskussion eingebrachten Vorschläge der verschiedenen PZIs eingegangen wird, widmet sich dieser Bericht noch zwei einführenden Themenfeldern:

- Beschreibung und Diskussion der klima- bzw. umweltpolitischen Instrumente Steuer, handelbare Zertifikate und Auflagen. Diese Instrumente werden gemäß der Sichtweise der (neoklassisch geprägten) Umweltökonomie dargestellt (Kap. 2.1).
- Beschreibung von Prinzip, Wirksamkeit und Problemen des EU-Emissionshandels bzw. EU Emission Trading Schemes (EU-ETS). Neben einer Analyse der Vergangenheit wird auch die geplante zukünftige Entwicklung beleuchtet (Kap. 2.2). Als real existierendes Instrument hat der EU-ETS für mögliche alternative oder komplementäre Instrumente (wie PZIs) eine besondere Bedeutung. Überlegungen zur Kompatibilität der verschiedenen PZIs mit dem EU-ETS werden in Kap. 2.4 angestellt.

Abschließend wird noch eine zusammenfassende Bewertung der PZIs (untereinander und im Vergleich mit anderen Instrumenten) vorgenommen.

2.1 Klimapolitische Instrumente in der umweltökonomischen Theorie

Gegenstand dieses Abschnitts ist die Beschreibung der grundsätzlichen Wirkung der drei Hauptarten von umweltpolitischen Instrumenten, die auf die Internalisierung negativer externer Effekte auf die Umwelt (in diesem Projekt konkret die Reduktion der Emission des Treibhausgases CO₂) abzielen. Bei ihnen handelt es sich um *umweltbezogene Lenkungssteuern*, *handelbare Umweltzertifikate* und *Umweltauflagen*. Die Beschreibung erfolgt hierbei aus umweltökonomischer Perspektive. Ziel ist es, Wirkungsweise, Effizienz, Anreizwirkung, Praktikabilität und die wichtigsten unmittelbaren Nebenwirkungen dieser Instrumente zu vergleichen. Damit werden die relativen Stärken und Schwächen des Instruments 'Emissionszertifikate' gegenüber den beiden anderen Hauptarten ersichtlich.

Der Vergleich der Instrumente 'Steuer', 'handelbare Zertifikate' und 'Auflage' kann anhand verschiedener Kriterien erfolgen. Die wichtigsten sind:

- Wirkungsweise: Hinsichtlich der Art der Zielerreichung können zwei Ansätze unterschieden werden: einerseits die direkte Mengenbegrenzung, andererseits die indirekte Erreichung der Zielmenge mittels Preisbeeinflussung. Im ersten Fall wird das Emissionslimit unmittelbar erreicht, im zweiten muss es indirekt erreicht werden.
- Kosteneffizienz: Effizient ist eine umweltpolitische Maßnahme dann, wenn die Zielsetzung - hier das angestrebte Emissionslimit - mit den geringstmöglichen volkswirtschaftlichen Kosten erreicht wird.
- Anreizwirkung: Umweltpolitische Instrumente können entweder statisch oder dynamisch wirken. Im ersten Fall tritt der Anreiz, eine erwünschte Verhaltensweise zu setzen (z.B. Güter mit geringeren Emissionen zu produzieren) nur bis zu einer bestimmten Grenze auf (z.B. ein Emissionslimit, das einzuhalten ist). Im anderen Fall besteht immer ein Anreiz, unabhängig von bestimmten Grenzwerten.
- Praktikabilität: Umweltpolitische Instrumente unterscheiden sich stark hinsichtlich ihrer Umsetzbarkeit. Dabei sind zahlreiche Aspekte zu berücksichtigen, insbesondere Anpassbarkeit (Flexibilität), Aufwand für die Administration des Instruments, Komplexität der Steuerung, Kontrollierbarkeit und Sanktionierbarkeit.
- Nebeneffekte: Jedes umweltpolitische Instrument erzeugt zahlreiche indirekte Folgeeffekte in der Volkswirtschaft. Es ist unvermeidlich, sich hierbei auf einige Wirkungen zu konzentrieren. Alle indirekten Effekte, die in der Volkswirtschaft auftreten können, können im Rahmen dieser kurzen Abhandlung nicht sinnvoll diskutiert werden. Berücksichtigt werden die Investitionstätigkeit (durch eine

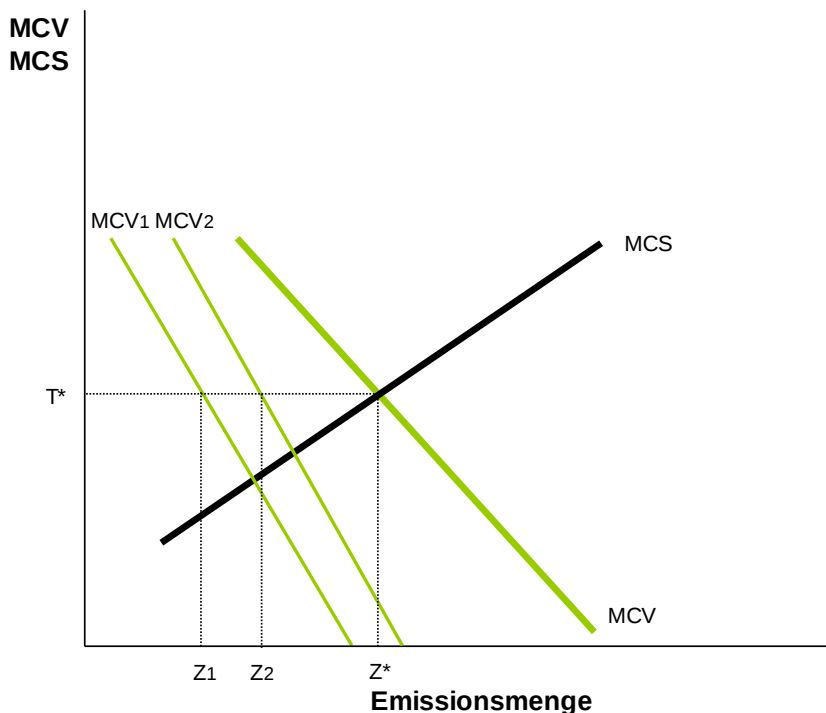
unterschiedlich starke Beeinträchtigung der Planungssicherheit für Unternehmen), die Innovationstätigkeit und die Rückwirkungen auf den Lenkungseffekt durch die Verwendung von Einnahmen aus den Lenkungsinstrumenten.

2.1.1 Wirkungsweise

Grundsätzlich kann man zwei Arten von Wirkungsweisen bei Instrumenten zur Reduktion von Emissionen unterscheiden: Entweder wird die maximal zulässige Emissionsmenge direkt festgelegt (Mengensteuerung). Oder es wird versucht, über die Beeinflussung der Preise die Emissionsmenge indirekt auf das gewünschte Niveau zu reduzieren. Der Mengensteuerung sind zwei Instrumente zuzuordnen: handelbare Emissionszertifikate und Emissionsgrenzwerte. Die indirekte Steuerung erfolgt über Lenkungssteuern. Es ist intuitiv naheliegend, dass die indirekte Steuerung hinsichtlich ihrer Effektivität hinter der direkten Mengensteuerung zurücksteht. Dies ist allerdings nicht notwendigerweise der Fall.

Kann die aus der Emission eines Treibhausgases resultierende Verringerung des Nutzens der Bürger monetär bewertet werden, verfügt man also über Informationen über individuelle Schadensfunktionen, dann kann eine Emissionssteuer so festgesetzt werden, dass sie exakt den negativen externen Effekt auf die Umwelt in Form zu hoher Treibhausgasemissionen internalisiert und damit ebenfalls das Mengenziel erreicht. In der Realität liegen solche Schadensinformationen allerdings nicht vor. Dennoch soll die theoretische Festlegung eines optimalen (d.h. gesamtgesellschaftlich kostenminimalen) Steuersatzes dargestellt werden, weil dies die Wirkungsweise einer Emissionssteuer sehr gut verdeutlicht. Auf die Vorgangsweise in der umweltpolitischen Praxis wird dann im Anschluss näher eingegangen.

Die Festlegung eines theoretisch optimalen Steuersatzes lässt sich wie folgt darstellen (siehe Abb. 2.1):



Legende: MCV = Grenzkosten der Emissionsreduktion, MCS = Grenzkosten der Umweltbeeinträchtigung, T = Steuersatz, Z = Emissionsmenge.

Abb. 2.1: Theoretische Festlegung der optimalen Höhe einer Emissionssteuer bei Kenntnis der Schadensfunktion (schematische Darstellung, nicht mathematisch exakt)

Zunächst müssen die individuellen (einzelbetrieblichen) Grenzkostenfunktionen der Schadensvermeidung (hier sind es zwei Betriebe mit den zwei Funktionen MCV1 und MCV2) mittels horizontaler Aggregation zur gesamtwirtschaftlichen marginalen Schadensvermeidungsfunktion (MCV) aufsummiert werden. Auch die Grenzsadensfunktion, hier in der monetär bewerteten Form von Grenzkosten der Schädigung (MCS), muss für die gesamte Volkswirtschaft bekannt sein. Der Schnittpunkt der gesamtwirtschaftlichen Grenzvermeidungs- und Grenzsadenskostenfunktionen legt dann den optimalen Steuersatz (T^*) fest und bestimmt damit auch die gesamtwirtschaftlich optimale Emissionsmenge Z^* .

Der Grund, warum T^* zum gesamtwirtschaftlich optimalen Emissionsniveau führt, lässt sich wie folgt beschreiben: Der Steuersatz T wird auf jede vom Produzenten verursachte Tonne CO_2 eingehoben. Die Steuer verteuert also die Herstellung des die Umwelt schädigenden Gutes. Es wird somit für das Unternehmen, das dieses Gut produziert, betriebswirtschaftlich sinnvoll sein, die Schädigung zu reduzieren, solange die durch die Investition in Reduktionsmaßnahmen anfallenden Grenzkosten je eingesparter Tonne CO_2 (MCV) geringer als der Steuersatz T sind. Das Unternehmen kann dann ja netto Kosten sparen. Eine weitere Reduktion macht für das Unternehmen aber keinen Sinn, da ja dann die Grenzvermeidungskosten (MCV) über dem Steuersatz T liegen und jede weitere Einsparung

von Schadstoffen mehr kosten würde als sie Steuer einspart.

Wie bereits zuvor gesagt, ist für die gesamtgesellschaftlich optimale Lösung die Kenntnis der individuellen Schadensfunktionen erforderlich, also des bewerteten Nutzenentgangs durch die Emissionen, die in der Realität nicht zu erlangen ist. In der Praxis wird daher das umweltpolitische Ziel der Erreichung oder Erhaltung eines bestimmten Niveaus der Luftqualität formuliert und dann versucht, dieses mit möglichst geringen Kosten – privaten wie sozialen – zu erreichen. Man versucht also, ein bestimmtes Ziel mit minimalen volkswirtschaftlichen Kosten zu erreichen.

In der Praxis sind darüber hinaus meist auch die Informationen über die betrieblichen Grenzvermeidungskosten unvollständig. Daher können Umweltsteuern in der Realität nur iterativ in Hinblick auf das Erreichen eines vorab politisch definierten Umweltzustandes festgelegt werden ("Preis-Standard-Steuerung"). Dafür ist die Kenntnis individueller Kostenfunktionen nicht erforderlich. Bei der *Preis-Standard-Steuerung* wird zunächst eine Obergrenze für die Emission eines Treibhausgases vom Staat festgelegt. Der solcherart festgelegte Umweltstandard gibt das Ziel vor, das mit einer entsprechenden Umweltsteuer erreicht werden soll.

Nach der Festlegung des Standards setzt der Staat eine entsprechende Umweltsteuer in zunächst vorläufiger Höhe fest und beobachtet die Auswirkungen auf die tatsächlich eintretende Umweltschädigung. Wird der Standard nicht erreicht, muss die Steuer angehoben werden, da sie offensichtlich nicht ausreichend hoch war, um den gewünschten Lenkungseffekt zu erreichen. Wird er unterschritten, kann die Steuer hingegen gesenkt werden. Die Steueranpassung erfolgt dann in iterativer Weise so lange, bis der angestrebte Umweltstandard erreicht ist.

Emissionssteuern erreichen somit bei korrekter Durchführung, d.h. bei iterativer Anpassung des Steuersatzes solange bis das Emissionsziel (bzw. Immissionsziel) tatsächlich erreicht ist, die angestrebte Emissionsreduktion, wenn auch auf indirekte Weise. Bei den beiden anderen Instrumenten ist die Zielerreichung durch die unmittelbare Festlegung von Grenzwerten natürlich von vornherein gesichert. Wird die Einhaltung der Emissionsgrenzwerte entsprechend lückenlos überwacht, und werden bei Nichteinhaltung spürbare Sanktionen ergriffen (was natürlich auch bei der Steuer erforderlich ist), dann kann das Ziel grundsätzlich nicht verfehlt werden. In der Realität wird das Ergebnis wohl immer zumindest leicht über oder unter dem Ziel sein, da viele unbekannte Faktoren neben den Steuern das Emissionsverhalten beeinflussen.

Auflagen haben darüber hinaus den Vorteil, dass lokale hot spots geregelt werden können. Bei den beiden anderen Instrumenten ist das nicht möglich, da innerhalb des Geltungsraumes der Instrumente kein Einfluss genommen werden kann, wie die Umsetzung des Gesamtzieles erreicht wird. Lokale Schadenskonzentrationen sind dabei nicht

ausgeschlossen. Auflagen sind weiters in all jenen Fällen unverzichtbar, wo unmittelbar so große Gefahren aus einer Umweltschädigung folgen, dass die umweltschädigende Wirtschaftsaktivität gänzlich unterbleiben muss.

Keinen grundsätzlichen Unterschied gibt es zwischen den drei Instrumenten hinsichtlich des Wirkungskreises. Je mehr Ausnahmen es von den staatlichen Interventionen (Emissionslimits oder Emissionssteuern) gibt, desto schwieriger wird es, das Gesamtemissionsziel zu erreichen. Letztlich müssen dann ja weniger Emittenten die Last der gesamten gewünschten Emissionsreduktion auf sich nehmen. Letztlich ist bei einem zu kleinen Wirkungskreis zu befürchten, dass weniger ambitionierte Einsparungsziele (Standards bei der Steuer, Limits bei Auflagen und Zertifikaten) formuliert werden als wenn die Instrumente auf eine breitere Basis gestellt worden wären.

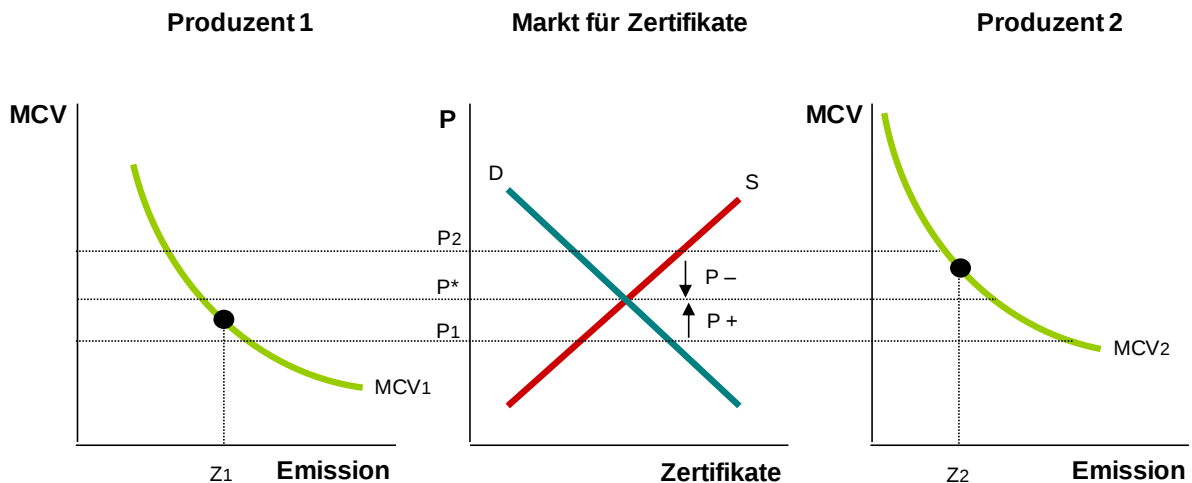
2.1.2 Kosteneffizienz

Kosteneffizienz besagt, dass ein gegebenes politisches Ziel mit den geringstmöglichen volkswirtschaftlichen Kosten erreicht wird.

Würde der Staat für die Festlegung einer Emissionssteuer die individuellen Schadensfunktionen der Bürger kennen (genauer den aufgrund der Schädigung entgangenen Nutzen), dann könnte er den Steuersatz so festlegen, dass er zum gesamtwirtschaftlich optimalen Emissionsniveau führt. In Abbildung 2.1 ist das bei Z^* der Fall, der durch den Steuersatz T^* erreicht wird. Dort wo sich die Grenzkostenfunktionen der Emissionsreduktion (MCV) und des Emissionsschadens (MCS) schneiden, ist das gesamtgesellschaftliche Optimum erreicht, weil bei höherer Umweltschädigung der Grenzscha den jeder zusätzlichen Tonne CO_2 über den Grenzvermeidungskosten liegt ($\text{MCS} > \text{MCV}$) und damit eine Reduktion der Emissionen mehr Kosten einspart als verursacht, während bei geringerer Umweltschädigung umgekehrt die Grenzvermeidungskosten je Tonne CO_2 über dem Grenzscha den liegen ($\text{MCV} > \text{MCS}$) und damit eine Zunahme der Umweltbeeinträchtigung mehr Kosten einspart als verursacht. In beiden Fällen ($< Z^*$ oder $> Z^*$) könnten also die volkswirtschaftlichen Gesamtkosten verringert werden.

Wie bereits in Abschnitt 2.1 erwähnt, ist eine gesamtgesellschaftlich optimale Lösung ohne Kenntnis der individuellen Kostenfunktionen allerdings nicht möglich. Da keine realistische Möglichkeit besteht, diese Informationen zu erhalten, muss das Emissionsziel also auf andere Weise festgelegt werden. Dieses Ziel kann dann allerdings mit einer Emissionssteuer kosteneffizient, also mit minimalen volkswirtschaftlichen Kosten erreicht werden, da jedes Unternehmen, das Schadstoffe emittiert, nach Maßgabe der eigenen individuellen Vermeidungskostenfunktionen in Reduktionsmaßnahmen investieren wird. Ein Unternehmen, das mit niedrigeren Grenzvermeidungskosten konfrontiert ist, wird stärker reduzieren, eines mit höheren Grenzkosten weniger. In Summe wird das Ziel dann mit den geringstmöglichen Kosten erreicht.

Kosteneffizienz liegt grundsätzlich auch bei einem System handelbarer Emissionszertifikate vor. Ziel eines jeden Handelssystems mit Emissionszertifikaten ist es, unter Ausnützung unterschiedlicher Kostenverläufe der Emittenten, das Emissionsziel mit möglichst geringen gesamtwirtschaftlichen Kosten zu erreichen. Der grundsätzliche Mechanismus eines Handels mit Emissionszertifikaten wird in Abb. 2.2 skizziert:



Legende: MCV = Grenzkosten der Emissionsreduktion, P = Preis eines Zertifikats, Z = Emissionsmenge, S = Angebot an Zertifikaten, D = Nachfrage nach Zertifikaten.

Abb. 2.2: Wirkungsweise des Handels mit Emissionszertifikaten

In Abbildung 2.2 sind zwei Produzenten dargestellt, die CO_2 emittieren. Wollen oder müssen sie die Emissionsmenge reduzieren, dann müssen sie (bei gleichbleibender Produktionsmenge) in emissionsreduzierende Technologien investieren. Hierbei sind die beiden Produzenten mit unterschiedlichen Grenzvermeidungskosten konfrontiert: Produzent 1 hat niedrigere (MCV_1) als Produzent 2 (MCV_2). Liegt der aktuelle Preis für die Emissionsrechte bei P_2 , dann würde Unternehmen 1, wenn es mit seiner Produktion zu diesem Zeitpunkt eine Emissionsmenge von Z_1 verursacht, investieren und Emissionsrechte verkaufen, da der Zertifikate-Preis über seinen Grenzvermeidungskosten liegt und es somit einen Nettoerlös erzielen würde. Beim Preis P_2 gilt dies auch für Produzent 2. Ist dies auch bei anderen Marktteilnehmern der Fall, dann wird das Angebot von Zertifikaten (S) die Nachfrage (D) übersteigen, und der Preis wird tendenziell fallen. Läge der Preis aber bei P_1 , dann wäre er so niedrig, dass beide oben dargestellten Unternehmen es vorziehen würden, Zertifikate zu kaufen und ihre aktuellen Emissionsmengen (Z_1 und Z_2) nicht zu reduzieren. Die Grenzvermeidungskosten liegen bei beiden über dem Marktpreis für Emissionsrechte; eine Investition in emissionsreduzierende Technologien würde sich also nicht rechnen. Ist dies bei anderen Marktteilnehmern ähnlich, dann wird die Nachfrage nach Zertifikaten (D) das Angebot (S) übersteigen, und der Preis wird tendenziell steigen. Längerfristig wird sich

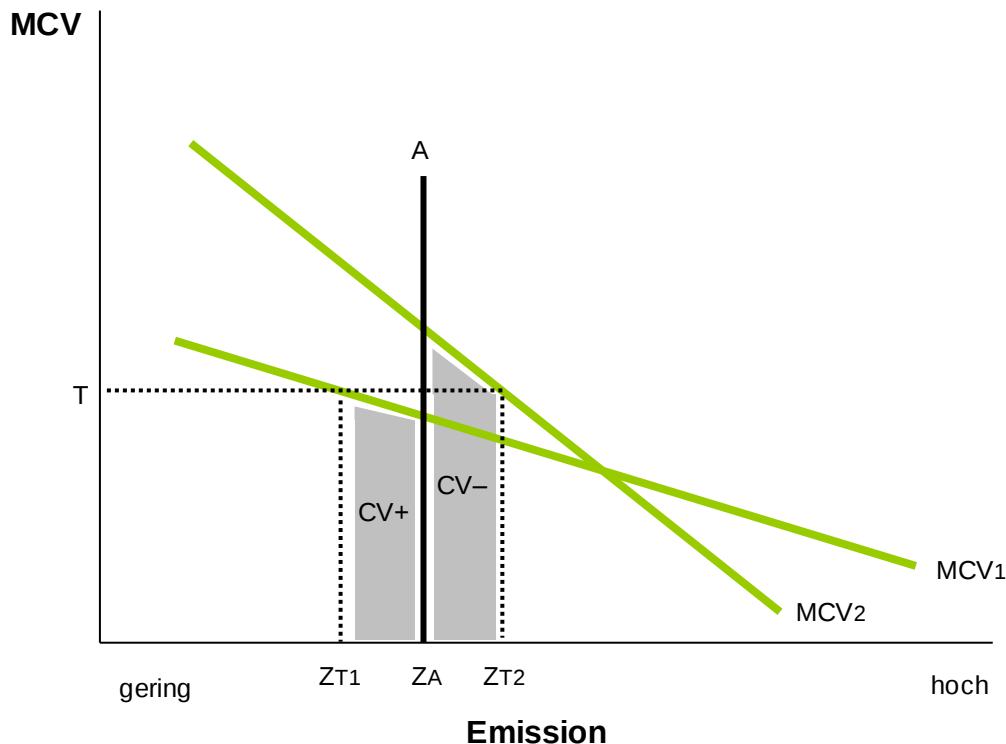
der Preis beim Marktgleichgewichtspreis P^* einpendeln. Bei diesem Preis wäre Produzent 1 bei der Emissionsmenge Z_1 Verkäufer von Zertifikaten und Produzent 2 bei Z_2 Käufer. Das Emissionsziel wird durch die Möglichkeit der Unternehmen, über die von ihnen zu setzenden Maßnahmen nach den individuellen Kostenverhältnissen frei entscheiden zu können (Investition in emissionsreduzierende Technologien, Kauf von Zertifikaten oder Verringerung der Produktion) mit minimalen gesamtwirtschaftlichen Kosten erreicht.

Bei einem cap and trade-System ist das Funktionieren des Marktes Voraussetzung für die kostenminimale Erreichung des umweltpolitischen Ziels der Reduktion der Emission von CO_2 . Es ist jedenfalls nicht zwingend, dass das Angebot eines Schadstoffverursachers, Zertifikate zu verkaufen, auf entsprechende Nachfrage trifft. Ist dies nicht der Fall, unterbleibt die emissionsreduzierende Investition obwohl das Unternehmen dazu bereit gewesen wäre. Falls aber die Markterwartung zum Zeitpunkt der Investitionsentscheidung hoch war und nach der Realisierung der Maßnahme nicht der erwartete Preis erzielt werden kann liegt das Risiko beim Unternehmen, dass in die Emissionsreduktion investiert hat. Umgekehrt kann ein Unternehmen, das Zertifikate zukaufen will, unter Umständen kein oder nur ein zu teures Angebot vorfinden. Dann könnte es dazu kommen, dass die Produktion eingeschränkt wird, um Emissionen einzusparen, falls außerdem die Investition in umweltfreundlichere Technologien zu teuer sein sollte. Das System ist natürlich in beide Richtungen beweglich. Neben der Investition in emissionsreduzierende Technologien kann es auch attraktiv für ein Unternehmen sein, das Reduktionsniveau zu reduzieren. Wenn der Zertifikate-Preis deutlich (und voraussichtlich auf längere Zeit) unter die Grenzvermeidungskosten fällt, dann kann es sich theoretisch rechnen, wieder umweltschädlicher zu produzieren (also mehr je hergestellter Einheit zu emittieren), da die zu erwerbenden Zertifikate billiger sind als die Kosten der Emissionsvermeidung. In der Praxis ist das allerdings eher unwahrscheinlich (hohe Deinvestitionskosten, Proteste gegen Emissionssteigerung etc.). Ziel dieses umweltpolitischen Instruments ist es, eine bestimmte Gesamtemissionsmenge nicht zu überschreiten. Wie das erreicht wird, bleibt den Teilnehmern des Handelssystems überlassen.

Wichtig für das Funktionieren eines Marktes für Umweltzertifikate ist eine ausreichende Zahl von Marktteilnehmern. Das heißt, dass eine zu starke Einschränkung der zwingend ins Handelssystem einbezogenen Unternehmen (z.B. Einbeziehung nur einiger weniger Wirtschaftssektoren, kleinräumige Segmentierung des Marktes, Beschränkung auf sehr große Betriebe) es nicht nur schwierig macht, das Ziel der Verbesserung eines Umweltzustands wie etwa eine geringere CO_2 -Konzentration an sich zu erreichen (da ein großer Teil der Verursacher nicht betroffen ist), sondern auch kaum eine Marktdynamik unter jenen stimuliert, die teilnehmen müssen.

Im Gegensatz zu Steuern und handelbaren Umweltzertifikaten sind Auflagen, also Emissionsgrenzwerte, nicht kosteneffizient. Das ist darauf zurückzuführen, dass Unterschiede in den Emissionsreduktionskosten zwischen einzelnen Unternehmen nicht

berücksichtigt werden. Abgesehen vom Extremfall, dass alle Emittenten über die gleichen Reduktionskostenfunktionen verfügen, wird daher die Einhaltung eines per Auflage vorgeschriebenen Emissionslimits zu höheren gesamtwirtschaftlichen Kosten führen als bei den beiden anderen Instrumenten, die eine individuelle Optimierung ermöglichen. In Abbildung 2.3 wird dieser Nachteil einer Auflage im Vergleich mit einer Steuer erläutert:



Legende: MCV = Grenzkosten der Emissionsreduktion, CV = Kosten der Emissionsreduktion, T = Steuersatz, A = Emissionsgrenzwert, ZT = individuelle Emissionsmengen bei Steuer, ZA = individuelle Emissionsmengen bei Auflage.

Abb. 2.3: Kostennachteil von Emissionsauflagen

Im Falle der Auflage darf jeder Emittent nur die gleiche maximal zulässige Emissionsmenge (ZA) ausstoßen. Da es nur zwei Emittenten gibt (1 und 2), entspricht dann die Gesamtemission Z zweimal dem Auflagenlimit ZA. Im Fall der Steuer gibt es keine individuell vorgeschriebenen Limits. Hier wird der Steuersatz T so gewählt, dass die beiden Verursacher zusammen das Emissionslimit Z nicht überschreiten. Ist T richtig gewählt, dann entspricht die Summe der bei der Steuerlösung einzeln ausgestoßenen Emissionen ($ZT1 + ZT2$) exakt den von einer Auflage vorgeschriebenen Emissionen ($2 ZA$). Der gewünschte Effekt auf die Umwelt ist also gleich, er wird aber bei der Steuerlösung mit geringeren Kosten erreicht als bei der Auflagenlösung. Dies deshalb, weil die beiden Emittenten unterschiedliche Grenzvermeidungskosten- bzw. Grenzemissionsreduktionskostenfunktionen (MCV1 und MCV2) aufweisen. Beide Produzenten sehen sich bei der Steuerlösung dem gleichen Entscheidungskalkül gegenüber: Solange die Grenzkosten je reduzierter Emissionseinheit

geringer sind als der Steuersatz je Emissionseinheit, wird Emission reduziert. Das ist deswegen von Vorteil, weil der Emittent dann mehr Steuer einspart als er in emissionsreduzierende Technologie investiert. Produzent 1 wird daher ZT1 emittieren (da hier $T = MCV_1$), während Produzent 2 vergleichsweise mehr, nämlich ZT2, ausstoßen wird (da erst hier $T = MCV_2$). Die individuellen Emissionsmengen sind bei der Steuerlösung aufgrund der unterschiedlichen Kostenverläufe unterschiedlich hoch, die Gesamtemissionsmenge ist aber identisch mit jener der Auflagenlösung.

Bei idealer Wirkungsweise sind die beiden Instrumente 'Steuer' und 'handelbare Zertifikate' gleichermaßen kosteneffizient. Sie erreichen ein gegebenes Emissionsreduktionsziel mit den geringstmöglichen volkswirtschaftlichen Kosten. Diese Aussage bezieht sich auf die unmittelbare Emissionsreduktion. Die Kosten indirekter Nebeneffekte können differieren, werden aber nicht in diesem, sondern in Abschnitt 2.1.5 behandelt.

2.1.3 Anreizwirkung

Ein großer Vorteil von Emissionssteuern liegt in ihrer Eigenschaft dynamisch zu wirken. Das heißt, die Anreizwirkung, Steuern zu sparen indem in emissionsreduzierende Technologien investiert wird, ist immer vorhanden, unabhängig vom bereits erreichten Emissionsstandard. Es ist allein entscheidend, ob die Grenzreduktionskosten der nächsten einzusparenden Menge CO₂ kleiner oder größer sind als der Steuersatz. Sind sie kleiner, dann ist es rational, die Emissionen durch Reduktionsmaßnahmen weiter zu verringern.

Handelbare Emissionszertifikate wirken nur dann dynamisch, solange es auf dem Markt genügend Angebot von und Nachfrage nach Zertifikaten gibt. Ist das Reduktionsziel gegenüber den Ausgangsemissionen gering oder schon weitgehend erreicht, wird die Nachfrage nach Zertifikaten ausbleiben. Die Gesamtbegrenzung (cap) wirkt also statisch. Darüber hinaus besteht kein Anreiz mehr zu weiteren Reduktionsmaßnahmen. Weitere Marktunsicherheiten bezüglich Verfügbarkeit und Absetzbarkeit von Zertifikaten sowie die Höhe und Variabilität der Zertifikatspreise in der Zukunft ergeben sich auch aus der Marktstruktur. Je schlechter der Markt für Zertifikate funktioniert, desto geringer ist auch aufgrund der dadurch größeren Unsicherheit die Anreizwirkung. Ein gut funktionierender Markt setzt immer eine verhältnismäßig große Zahl von Marktteilnehmern voraus, dann ist auch die weitere Entwicklung besser abschätzbar. Je geringer die Zahl der Akteure, desto unberechenbarer wird der Markt, wie die komplexen strategischen Verhaltensoptionen in Oligopolen zeigen.

Am schlechtesten schneiden Emissionsauflagen bei der Anreizwirkung ab. Sie wirken grundsätzlich nur statisch, nicht nur insgesamt, sondern bei jedem einzelnen Unternehmen. Über das vorgeschriebene Limit hinaus besteht keinerlei Anreiz, die Emissionen weiter zu reduzieren. Dieser Nachteil lässt sich etwas reduzieren, indem eine stufenweise Reduktion

eines des Emissionslimits in der Zukunft vorgesehen wird (Rogall, 2008). In diesem Fall nimmt der Grenzwert zwar von Periode zu Periode ab, aber auch hier gibt es innerhalb der Periode keinen Anreiz das Limit zu unterschreiten. Ein Vorteil von längerfristig geplanten stufenweise reduzierten Grenzwerten ist die größere Planungssicherheit für Unternehmen. Sie können ihre eigenen Anpassungsstrategien verfolgen (wobei die Limits jeder Periode natürlich nicht überschritten werden dürfen) und auf den noch in größerer Entfernung liegenden Endgrenzwert hin ihre Investitionen besser ausrichten.

2.1.4 Praktikabilität

Ein wesentliches Element der Praktikabilität eines politischen Instruments ist seine Flexibilität, also die Möglichkeit, bei nicht ausreichender Wirkung das Instrument entsprechend zu adjustieren. In dieser Hinsicht schneiden Emissionssteuern und Emissionsgrenzwerte am besten ab. Natürlich können sie auch nicht beliebig oft geändert werden, aber im Vergleich mit einem System handelbarer Emissionszertifikate können diese beiden Instrumente leichter adjustiert werden. Demgegenüber muss die Festlegung eines Emissionslimits beim Zertifikatssystem für die ganze – mehrjährige – Handelsperiode bindend sein. Aus diesem Grund besteht hier ganz besonders die Tendenz, die Limits eher vorsichtig anzusetzen. Daraus folgt dann weiters eine geringe Marktdynamik und ausbleibende Innovationen zur weiteren Reduktion von Emissionen. Natürlich werden auch Umweltsteuern im Regelfall zunächst vorsichtig, also verhältnismäßig niedrig angesetzt, können aber bei Bedarf rascher angepasst werden als eine mehrjährig gültige cap.

Bei einem System handelbarer Emissionszertifikate ist die Festlegung des Emissionslimits (und die Art ihrer Vergabe am Beginn jeder Handelsperiode) aufgrund zeitraubender Aushandlungsprozesse besonders aufwändig. Einflussnahmen sind natürlich auch bei Emissionssteuern zu erwarten. Aber bei diesem Instrument geht es "lediglich" darum, die Höhe des Steuersatzes im eigenen Interesse zu beeinflussen. Die Steuer wirkt sich aber auf Produktion und Konsum nur mittelbar aus. Bei den Mengenbeschränkungen ist demgegenüber ein Aushandeln der Verteilung von Emissionsrechten bzw. der Höhe der Grenzwerte, die unmittelbar die eigenen Produktions- und Konsummöglichkeiten beschränken, erforderlich.

Auch hinsichtlich des organisatorisch-administrativen Aufwands schneidet die Steuer etwas besser ab als ein Zertifikatshandelssystem. Bei letzterem ist die Schaffung neuer Institutionen zur Organisation des Marktes für Zertifikate (z.B. eine Börse) erforderlich und stellt daher einen gewissen Zusatzaufwand dar.

2.1.5 Nebeneffekte

Planungssicherheit, Investitionstätigkeit: Die betrachteten umweltpolitischen Instrumente

haben unterschiedliche Auswirkungen auf die Planungssicherheit für Unternehmen, die wiederum eine bedeutende Rahmenbedingung für deren Investitionstätigkeit darstellt. Je größer die Unsicherheit, desto eher werden größere und längerfristige Investitionen unterbleiben. In dieser Hinsicht schneidet die Emissionsauflage am besten ab. Der Grenzwert und gegebenenfalls sein Gültigkeitszeitraum (insbesondere bei einem stufenweise reduzierten Grenzwert) sind bekannt. Etwas schlechter schneidet diesbezüglich die Emissionssteuer ab, da bei ihr die Höhe des Steuersatzes nicht über einen längeren Zeitraum als konstant angenommen werden kann. In der Praxis ist ja der optimale Steuersatz nicht ex ante bestimmbar, sondern muss iterativ angepasst werden bis das Mengenziel erreicht ist. Die geringste Planungssicherheit besteht beim Handel mit Emissionszertifikaten. Das liegt nicht an den Emissionslimits, die ja genauso wie bei der Auflage bekannt sind, sondern an der Marktentwicklung für Zertifikate. Angebot, Nachfrage, und der Preis für Zertifikate sind oft kaum zu prognostizieren, insbesondere bei engen Märkten.

Innovationsanreiz: Alle drei Lenkungsinstrumente lassen einen gewissen Anreiz für Innovationen zur Reduktion der Emission von Treibhausgasen erwarten. Ob es dazu kommt und wie weitreichend die Innovationen sind, hängt primär von der Größe der erzwungenen Einsparung ab, die sich aus der Differenz zwischen den aktuellen und den künftig limitierten Emissionsmengen bzw. der Höhe des Steuersatzes ergibt, weniger von der Art des Instruments. Dennoch gibt es Unterschiede zwischen den Instrumenten: Erstens gilt auch für die Entwicklung neuer emissionsreduzierender Technologien das Argument der Planungssicherheit (siehe oben). Zweitens spielt die Art der Anreizwirkung (dynamisch oder statisch) bei der Entwicklung neuer Technologien eine ebenso wichtige Rolle wie bei ihrem anschließenden Einsatz. Wie schon bei der Anreizwirkung zur Investition in neue emissionsreduzierende Technologien (siehe Abschnitt 2.3) schneiden Auflagen auch bei der Innovationsstimulierung am schlechtesten ab, da der Innovationsanreiz bei Auflagen nur bis zum Grenzwert besteht, danach aber nicht mehr, da keine Nachfrage nach diesen Technologien zu erwarten ist. Steuern wirken auch hier am besten, da sie stets einen Anreiz für weitere Innovationen zur Reduktion von Emissionen liefern. Grundsätzlich gilt das zwar auch für die handelbaren Emissionszertifikate. Bei ihnen besteht allerdings eine größere Unsicherheit über die Rendite der Innovationen, der von der oft schwer vorhersehbaren Entwicklung des Zertifikatemarktes abhängt. Ein längerfristig bekannter cap-Absenkpfad wiederum hat aber positive Innovationswirkungen, da sich die Unternehmen mit zwingenden Emissionsreduktionen konfrontiert sehen.

Verwendung von Einnahmen: Dieses Thema betrifft die Emissionssteuer und Emissionszertifikate, allerdings nur dann, wenn die Zertifikate vom Staat versteigert oder verkauft werden. Die Einnahmen aus diesen Lenkungsinstrumenten können entweder zweckfremd, zweckgebunden-verstärkend oder den Lenkungseffekt verringernd verwendet werden. Im ersteren Fall dienen die Einnahmen der Finanzierung der Staatsausgaben im Allgemeinen und sind daher bezogen auf das Lenkungsziel – die Reduktion der Emission

von Treibhausgasen – neutral. Werden die Einnahmen wiederum zur Finanzierung von Maßnahmen zur weiteren Zielerreichung eingesetzt (z.B. in Form der Förderung von Forschungs- und Entwicklungsprojekten für verbesserte technische Lösungen zur Emissionsreduktion), dann werden die Einnahmen im Sinne des Lenkungszieles produktiv eingesetzt. Es kann aber auch sein, dass die Einnahmen verwendet werden, um einem Teil der Betroffenen Kompensationen zukommen zu lassen. Etwa in der Form, dass bestimmten Bereichen der Wirtschaft (z.B. einzelnen Branchen oder Kleinunternehmen) ein Teil der mit den Reduktionsmaßnahmen verbundenen Kosten rückerstattet wird. Die Versuchung, auf diese Weise den Widerstand gegen umweltpolitische Lenkungsmaßnahmen zu verringern, ist in der Praxis sehr groß. Damit wird aber der ursprünglich erzielbare Lenkungseffekt reduziert. Diese Art der Verwendung von Einnahmen aus Emissionssteuern oder aus dem Verkauf bzw. der Versteigerung von Emissionszertifikaten wirkt also dem Reduktionsziel entgegen (Weimann, 1991).

Zusammenfassend lässt sich also festhalten, dass aus Sicht der Umweltökonomie handelbare Emissionszertifikate eine kosteneffiziente Alternative zur Reduktion negativer externer Effekte aus der Emission von Treibhausgasen darstellen. Insgesamt ist dieses Instrument der anderen kosteneffizienten Alternative 'Emissionssteuer' aber nicht überlegen. Beide Instrumente haben spezifische Vor- und Nachteile:

	Pro	Contra
Emissionszertifikate	Direkte Wirkung. Mengenziel wird sicher erreicht.	Keine dynamische Anreizwirkung über das Limit (Cap) hinaus. Weniger rasch anpassbar, organisatorisch etwas aufwändig.
Emissionssteuer	Dynamische Anreizwirkung. Rascher anpassbar, organisatorisch etwas kostengünstiger.	Indirekte Wirkung. Mengenziel wird nur bei ausreichender Adjustierung des Steuersatzes erreicht.

Tab. 2.1: Prinzipieller Vergleich von Emissionszertifikaten und Emissionssteuern

Auflagen sollten wegen ihrer mangelnden Kosteneffizienz nur bei dem notwendigen vollständigen Verbot besonders gefährlicher Umweltschädigungen, bei unmittelbarer Gefahr (bei der die Gegenmaßnahme rasch wirken muss) und beim Problem von hot spots (bei der Notwendigkeit, lokale Schadenskonzentrationen zu unterbinden) eingesetzt werden. Auflagen sind in diesen Fällen unverzichtbar und können nicht von flexiblen Instrumenten ersetzt werden. Auflagen können auch sinnvolle Ergänzungen zum Umgang mit den oben genannten Problemen im Rahmen flexibler Instrumente sein.

2.2 Der EU-Emissionshandel

Der EU-Emissionshandel stellt eine derzeit implementierte Variante des Handels mit CO₂-Zertifikaten dar. Die Frage ist, was aus den Erfahrungen mit diesem System für die Umsetzung eines personenbezogenen Zertifikatsystems zu lernen ist. Zu diesem Zweck stellt dieses Kapitel im Folgenden das Prinzip des EU-Emissionshandels dar, die Wirksamkeit und Probleme der bisherigen Praxis sowie mögliche Weiterentwicklungen.

2.2.1 Das Prinzip des EU-Emissionshandels

Im Lichte einer zunehmenden Relevanz des globalen Klimawandels und der Knappheit fossiler Brennstoffe schlug die Europäische Kommission bereits im Jahr 1992 eine CO₂-Steuer für den EU-Raum vor. Der Vorschlag scheiterte aus zwei Gründen. (Convery et al., 2008). Erstens fürchteten die Mitgliedstaaten dadurch den Beginn einer Aushöhlung des einzelstaatlichen Steuersystems durch die EU und damit einen Verlust der staatlichen Steuerhoheit; zweitens gab es auch auf Seite der Industrien große Opposition gegen eine solche Steuer. Nachdem 1997 im Zuge des Kyoto-Protokolls auf Druck der Vereinigten Staaten der Emissionshandel zwischen den Staaten ermöglicht wurde, beschloss die Kommission, ab 2005 den Emissionshandel auch innerhalb der EU zur flexibleren Erreichung der Länderziele einzusetzen. Die entsprechende Richtlinie (Europäische Kommission, 2003) wurde 2003 erlassen.

Die wichtigsten Elemente der ersten Phase des EU-ETS, der als Cap and Trade System implementiert ist, werden im Folgenden aufgezählt.

Erfüllungsperioden

Die erste Phase des EU-ETS besteht aus den zwei Perioden 2005-2007 und 2008-2012. Die Periode 2005-2007 war dabei als eine Testphase für die Kyoto-Verpflichtungsperiode 2008-2012 konzipiert, in der die gesamtstaatlichen CO₂-Reduktionsziele im Rahmen des EU-Burden Sharing rechtlich bindend sind.

Sektoren

Der EU-ETS ist in den Perioden von 2005-2012 auf den direkten CO₂-Ausstoß der folgenden vier Sektoren beschränkt:

- Energieumwandlung und –umformung
 - Feuerungsanlagen mit einer Feuerungswärmeleistung über 20 MW ausgenommen Anlagen für die Verbrennung von gefährlichen oder Siedlungsabfällen
 - Mineralölraffinerien
 - Kokereien

- Eisenmetallerzeugung und -verarbeitung
 - Röst- und Sinteranlagen für Metallerz
 - Anlagen für die Herstellung von Roheisen oder Stahl
- Mineralverarbeitende Industrie
 - Anlagen zur Herstellung von Zementklinker oder von Kalk
 - Anlagen zur Herstellung von Glas einschließlich Glasfasern
 - Anlagen zur Herstellung von keramischen Erzeugnissen durch Brennen (insbesondere Dachziegel, Ziegelsteine, feuerfeste Steine, Fliesen, Steinzeug oder Porzellan)
- Sonstige Industriezweige
 - Herstellung von Zellstoff aus Holz und anderen Faserstoffen
 - Herstellung von Papier und Pappe

Diese Sektorabgrenzung bedeutet je nach Land einen Anteil des ETS von 30-50% an den gesamten CO₂-Emissionen. Wichtig zu erwähnen ist, dass der EU-ETS somit nicht nur energetische CO₂-Emissionen (Emissionen aus der Verbrennung von Primärenergieträgern) abdeckt, sondern auch prozessbedingte CO₂-Emissionen (z.B. Emissionen, die bei der Zementklinker- und Kalkproduktion aus dem Rohstoff austreten).

Zuteilung

Basierend auf der EU-Richtlinie sind die Mitgliedstaaten in den ersten zwei Perioden 2005-2007 und 2008-2012 dafür verantwortlich, den betroffenen Anlagen CO₂-Zertifikate zuzuteilen (EUA – European Allowance Units). Die daraus entstehenden Nationalen Allokationspläne (NAPs) müssen von der Europäischen Kommission genehmigt werden. In der ersten Periode müssen mindestens 95% der Zertifikate gratis vergeben werden, in der zweiten Periode mindestens 90%. Das Übertragen von Zertifikaten ist nur innerhalb der Jahre einer Periode möglich, nicht aber zwischen Perioden. Den Mitgliedstaaten werden auch die Regelungen bezüglich der Zuteilung an Neuanlagen (in der Periode neu errichtete Anlagen) sowie bezüglich der Stilllegung von Bestandsanlagen überlassen.

Ein Großteil der Mitgliedstaaten teilte die Emissionsrechte gratis über Grandfathering (Basis sind die historischen Emissionen) zu. Einige Staaten (Deutschland, Niederlande und das Vereinigte Königreich) untersuchten verstärkt die Möglichkeit, die Allokationen auf Benchmarks (der relativen CO₂-Effizienz der Anlage im Vergleich zu anderen Anlagen) zu basieren (Egenhofer et al. 2006)

Verbindung mit den flexiblen Mechanismen des Kyoto-Protokolls

Die Mitgliedstaaten legen fest, in welchem Ausmaß Unternehmen Emissionsgutschriften aus den flexiblen Mechanismen JI (Joint Implementation) und CDM (Clean Development Mechanism) zur Erfüllung ihrer Verpflichtungen geltend machen können. Der EU-ETS ist also ein offenes System, in dem die Emissionsobergrenze nicht streng fixiert ist.

Erfüllung der Verpflichtung

Die CO₂-Emissionen der betroffenen Anlagen werden überprüft und verifiziert. Wenn die ausgestoßenen Emissionen über den von der Anlage für dieses Jahr abgegebenen CO₂-Zertifikaten liegt, wird in der ersten Periode eine Strafzahlung von 40€ und in der zweiten Periode eine Strafzahlung von 100€ fällig.

Die EU hat mit dem Erlass der Richtlinie 2003/87/EG einen Rahmen für den Emissionshandel festgelegt. Dieser Rahmen erlaubt den Mitgliedstaaten bei einer Reihe von Punkten die konkrete Ausgestaltung (z.B. Allokation für bestehende und neue Anlagen, Regelungen für den Fall der Schließung einer Anlage). Diese teilweise fehlende Harmonisierung führte bereits in der ersten Handelsperiode 2005-2007 zu Problemen, die im folgenden Kapitel näher betrachtet werden sollen.

2.2.2 Wirksamkeit und Probleme der bisherigen Praxis des EU-Emissionshandels

In diesem Abschnitt werden Wirksamkeit und Probleme der bisherigen Praxis des EU-ETS dargestellt. Da die Wirksamkeit in den zwei bisherigen Handelsperioden durchaus unterschiedlich zu beurteilen ist und darüber hinaus noch keine endgültige Beurteilung der zweiten Handelsperiode möglich ist, wird dieses Kapitel in diese beiden Perioden geteilt.

1. Handelsperiode

Die Auswirkungen des EU-ETS können in ökologische und ökonomische Effekte unterteilt werden.

Ökologische Wirkung

Das ökologische Ziel – im Fall des EU-ETS die Reduktion des CO₂-Ausstoßes – wird im Rahmen eines Cap-and-Trade-Systems unter der Voraussetzung ausreichend hoher Strafzahlungen sowie der Festsetzung entsprechend restriktiver Emissionsgrenzen stets erreicht. Die Behörde setzt den maximalen CO₂-Ausstoß in der Allokationsperiode durch die Ausgabe von Zertifikaten fest. Zum EU-ETS ist allerdings hinzuzufügen, dass die Obergrenze nicht streng fixiert ist, da das Einbringen von Zertifikaten aus den flexiblen Mechanismen des Kyoto-Protokolls (JI und CDM) möglich ist.

Die erste Periode des EU-ETS (2005-2007) führte zu keiner Reduktion der CO₂-Emissionen der betroffenen Industrien, da die meisten Staaten bei der Ausgabe der CO₂-Zertifikate großzügig waren. Dadurch waren am Ende der Allokationsperiode mehr Zertifikate am Markt als benötigt. Ein Grund für dieses Überangebot an Zertifikaten war der Druck, dem die Mitgliedstaaten von ihren Industrien ausgesetzt waren. Der Industrie wurden ausreichend Zertifikate zugeteilt, um eine Verschlechterung der Wettbewerbsfähigkeit gegenüber anderen EU-Staaten zu verhindern. Nötige CO₂-Reduktionen im Rahmen der nationalen Kyoto-Verpflichtungen wurden dadurch häufig auf die Nicht-EU-ETS Sektoren abgewälzt. Ein

wesentlicher Punkt bei der Überallokation war, dass die Europäische Kommission in der ersten Handelsperiode bei der Genehmigung der Allokationspläne nicht sehr restriktiv agierte.

Die Frage, ob dieses Überangebot an Zertifikaten am Markt als Überallokation bezeichnet werden kann oder CO₂-Reduktionsmaßnahmen der Unternehmen dafür verantwortlich sind, wird in einer Arbeit des Massachusetts Institute of Technology (Ellerman, Buchner 2006) näher behandelt. Es kann wohl davon ausgegangen werden, dass es insbesondere im Jahr 2005, als die CO₂-Preise noch deutlich positiv waren, von den Unternehmen durch den ETS ausgelöste CO₂-Reduktionsmaßnahmen durchgeführt wurden. Für die gesamte Zuteilungsperiode ist allerdings die großzügige Zertifikatszuteilung der Mitgliedsstaaten hauptverantwortlich für das Überangebot an Zertifikaten und damit für die niedrigen CO₂-Preise. Das führte zu keiner nennenswerten Reduktion der CO₂-Emissionen der regulierten Industrien im Vergleich zu einem Referenzszenario ohne Emissionshandel.

Ökonomische Wirkung

Die grundsätzliche Zielsetzung der Einführung des EU-ETS ist, dass sich durch die Verknappung von CO₂ durch Festsetzen einer Obergrenze ein Preis für CO₂ bildet, der in der Folge bei sämtlichen Produktions- und Kaufentscheidungen in Betracht gezogen wird. Es bestehen also sowohl Anreize für Produzenten als auch für Käufer: Der Produzent versucht, seine Produkte so CO₂-arm wie möglich zu produzieren, um die Produktionskosten zu minimieren, der Käufer ändert sein Kaufverhalten in Richtung CO₂-ärmerer (also billigerer) Produkte. Ob die Zertifikate gratis verteilt oder versteigert werden, spielt bei diesen Überlegungen keine Rolle. Auch wenn das Zertifikat gratis zugeteilt wird, hat es einen Wert, nämlich den CO₂-Preis an der Börse (unter der Voraussetzung, dass keine Überallokation vorliegt). Dieser Wert wird von Unternehmen als Opportunitätskosten (die Zertifikate könnten auch an der Börse verkauft werden) in den Produktpreis aufgenommen.

Das Ziel eines positiven CO₂-Preises wurde über die Periode 2005-2007 wegen der im vorigen Teil diskutierten Gründe nur zeitweise erreicht. Am Ende der Zuteilungsperiode 2005-2007 war der CO₂-Preis aus den im Teil über die ökologischen Effekte diskutierten Gründen praktisch null.

Die Literatur konzentriert sich hauptsächlich auf zwei ökonomische Auswirkungen des EU-ETS: Wettbewerbsverzerrungen und Verteilungseffekte.

Generell können **Wettbewerbsverzerrungen** für Industrien durch Umweltregulierung (wie z.B. dem EU-ETS) aus zwei Gründen auftreten:

- Alle Unternehmen in einem Markt unterliegen der Regulierung, werden allerdings nicht mit gleicher Strenge behandelt
- Nicht alle Unternehmen in einem Markt unterliegen der Regulierung

Beide Faktoren spielen bei der Diskussion über den EU-ETS eine Rolle.

Wie bereits erwähnt waren die Mitgliedstaaten selbst für die Zertifikatszuteilung an ihre Industrien zuständig. Das führte je nach Land zu unterschiedlichen Zuteilungen für

Unternehmen in einem Markt (z.B. Zementklinker-Produktion). Innerhalb der EU haben somit Unternehmen, die eine relativ großzügige Zuteilung erhalten, einen komparativen Vorteil gegenüber Unternehmen, die eine relativ knappe Zuteilung erhalten. In diesem Zusammenhang wurde kritisch diskutiert, wie CO₂-Reduktionsmaßnahmen, die in der Vergangenheit von einzelnen Unternehmen getätigt wurden (Early Actions), bei der Allokation zu berücksichtigen sind.

Im Moment unterliegen nur Industrien innerhalb der EU einer CO₂-Regulierung. Da viele Produkte der regulierten Industrien nicht nur innerhalb der EU gehandelt werden und die Unternehmen auch Wettbewerb von außerhalb der EU erleben, können negative Wettbewerbseffekte in der Form von sinkenden Marktanteilen für Industrien innerhalb der EU auftreten. Wäre der EU-ETS ein globales bzw. geschlossenes System, das alle Industrien gleich behandelt, würden – wie es die Theorie nahelegt – alle Produzenten die Kosten für CO₂ in die Produktpreise mit einbeziehen. Europäische Industrien stehen allerdings mit Industrien in Ländern im Wettbewerb, in denen es keine Beschränkungen des CO₂-Ausstoßes gibt. In einer solchen Situation können europäische Unternehmen Kosten für CO₂ nicht in die Produktpreise einrechnen, ohne Marktanteile zu verlieren. Ein Weiterbestehen dieser Unterschiede in den Produktionskosten könnte zu sogenannter Carbon Leakage – dem Abwandern von Industrien aus Europa in Regionen ohne CO₂-Regulierung – führen.

Die Einführung einer sog. Border-Tax, die bei der Einfuhr von energieintensiven Produkten in die EU eingehoben wird, wäre eine Möglichkeit, solche Verschlechterungen der Wettbewerbsfähigkeit zu reduzieren.

Die Elektrizitätswirtschaft ist eine Industrie, die keinem nennenswerten Wettbewerb mit Regionen außerhalb der EU ausgesetzt ist und daher die Kosten für CO₂ in ihre Preise mit einbeziehen kann. Wie von der Theorie erwartet, wurden die CO₂-Preise daher in die Strompreise aufgenommen, was zu höheren Strompreisen für Endkunden führte. Wie oben erwähnt ist das ein gewünschter Effekt des EU-ETS, da damit eine Lenkungswirkung in Richtung einer erhöhten Nachfrage nach CO₂-armen Produkten ausgelöst wird bzw. durch das Preissignal der Verbrauch generell reduziert wird. Wie bereits erwähnt, wurden die CO₂-Zertifikate in der ersten EU-ETS Periode an die Anlagen gratis verteilt. Das führte im Fall der Elektrizitätswirtschaft zu zusätzlichen Gewinnen (windfall profits) von Stromerzeugern. Es gab also einen **Verteilungseffekt** in Form eines Geldflusses von den Kunden zu den Firmen. Der leichteste Weg, diese zusätzlichen Gewinne für Stromproduzenten auszuschließen, ist die Auktionierung der CO₂-Zertifikate.

2. Handelsperiode

Im Gegensatz zur ersten Handelsperiode ist es für die zweite Handelsperiode noch nicht möglich, eine gesamthafte Beurteilung abzugeben. Es wurden allerdings wesentliche Änderungen umgesetzt, die eine Änderung der Wirksamkeit vermuten lassen.

Im Vergleich zur ersten Handelsperiode 2005-2007 kommen in der zweiten Handelsperiode 2008-2012 folgende wichtige Änderungen zum Tragen:

- Eine strengere Überprüfung der Nationalen Allokationspläne durch die Europäische Kommission. Insgesamt kürzte die EK die EU-weite Zuteilung um ca. 200 Mio. Tonnen bzw. 9% pro Jahr gegenüber den von den Mitgliedstaaten gewünschten Zuteilungen.
- Fehlende CO₂-Emissionsberechtigungen können von den Unternehmen auch durch die flexiblen Mechanismen des Kyoto-Protokolls (CDM, JI) ausgeglichen werden.
- Die Mitgliedstaaten können bis zu 10% der Zertifikate versteigern (gegenüber maximal 5% in der ersten Handelsperiode). In der ersten Periode wandten 4 Länder Auktionierung an (Dänemark 5%, Litauen 1,5%, Ungarn max. 1%, Irland 0,75%). Für die zweite Handelsperiode werden mehr Länder Auktionierung anwenden, allerdings schöpft kein Land die maximalen 10% voll aus.
- Eine größere Abdeckung des EU-ETS durch die Aufnahme der Nicht-EU-Länder Norwegen, Island und Liechtenstein in das System.
- Ab Jänner 2012, also bereits im letzten Jahr der Handelsperiode 2008-2012, wird die Luftfahrt in das EU-ETS aufgenommen.

Zusammenfassung

Zusammenfassend wurden die Ziele des EU-ETS nur teilweise erreicht:

- Ein Marktpreis für CO₂ hat sich zwischen 2005 und 2007 nur zeitweise etabliert. Die Preise für die Zuteilungsperiode 2008-2012 waren und sind durchwegs positiv und weisen eine geringere Volatilität auf, als die Preise der ersten Periode.
- Das ökologische Ziel einer CO₂-Emissionsreduktion der betroffenen Industrien wurde aufgrund der teilweise zu großzügigen Zuteilung in der ersten Periode nicht erreicht. Inwiefern sich dies in der zweiten Periode ändert, bleibt abzuwarten.
- Der EU-ETS hat zu Verzerrungen bei der Verteilung geführt und könnte in Zukunft zu Verzerrungen der Wettbewerbsfähigkeit sowohl innerhalb der EU als auch im Verhältnis zu Nicht-EU-Industrien führen.

2.2.3 Mögliche Weiterentwicklungen des EU-Emissionshandels

Die Erfahrungen aus der ersten EU-ETS Periode zeigen einige wichtige Änderungserfordernisse auf, die grob in drei Kategorien einzuteilen sind:

- Sicherung ausreichend hoher CO₂-Preise sowie eine Erhöhung der Vorhersehbarkeit der Preisentwicklung, um Investitionssicherheit und nachhaltige CO₂-Reduktionen sicherzustellen (vgl. Kapitel 2.1).
- Reduktion von unerwünschten ökonomischen Verzerrungen (Verteilung, Wettbewerb)
- Reduktion des administrativen Aufwands der Abwicklung des EU-ETS sowohl für die Behörden, als auch für die betroffenen Unternehmen

Die Änderungen, die im Folgenden beschrieben werden, beziehen sich auf die Post-Kyoto Phase nach 2012.

Abdeckung des EU-ETS

Um Verzerrungen und Ungleichbehandlungen zu verringern, viele Emissionsquellen abzudecken und damit möglichst viele CO₂-Reduktionspotentiale zu berücksichtigen, ist die Aufnahme zusätzlicher Sektoren und Gase in das Emissionshandelssystem wünschenswert. Es wurden daher in den Änderungen der Richtlinie 2003/87/EG (Europäische Kommission 2009) Erweiterungen der Abdeckung des EU-ETS vorgeschrieben.

Die neue Richtlinie sieht folgende zusätzliche Sektoren vor:

- Luftverkehr
Bereits ab 2012 nimmt der Luftverkehr am EU-ETS teil. Es werden dabei Flüge, die von einem Standort innerhalb der EU starten oder an einem Standort innerhalb der EU landen, berücksichtigt. Die Zuteilung erfolgt an die Flugbetreiber und beträgt ab 2013 95% der historischen Luftverkehrsemissionen. Weitere Details werden noch ausgearbeitet.
- Zusätzliche (Industrie-)Sektoren
Wichtige zusätzliche Sektoren sind:
 - Primär- und Sekundärerzeugung von Aluminium
 - Herstellung von Nicht-Eisen-Metallen
 - Gips-Herstellung und Weiterverarbeitung
 - Prozesse in der chemischen Industrie
 - Carbon Capture and Storage

Des Weiteren werden bei den betroffenen Anlagen neben CO₂ auch fluoridierte Gase und Lachgas für den EU-ETS berücksichtigt.

Das führt zu einer stärkeren Abdeckung von Treibhausgasemissionsquellen durch den EU-ETS und kann dadurch zu einem besseren Funktionieren des Marktes (Preisstabilität, Liquidität,...) beitragen.

Zuteilung

Eine wichtige Neuerung ab 2013 ist das Ende der NAPs (Nationalen Allokationspläne). Die Europäische Kommission setzt eine Obergrenze der CO₂-Zertifikate für jedes Handelsjahr fest.

Hier gibt es zwei Möglichkeiten:

- Kommt es zu keinem Nachfolgeabkommen für das Kyoto-Protokoll (d.h. das EU-weite Gesamtreduktionsziel ist 20% gegenüber 1990), wird die Anzahl der Zertifikate 2013 so festgesetzt, dass es bei einer jährlichen Reduktion der Ausgabe von Zertifikaten um 1,74% bis 2020 zu einer Reduktion der Emissionen um 21% in den betroffenen Sektoren gegenüber 2005 führt.
- Kommt es zu einem Nachfolgeabkommen für das Kyoto-Protokoll (d.h. das EU-weite Gesamtreduktionsziel ist 30% gegenüber 1990), wird die Anzahl der Zertifikate 2013 so festgesetzt, dass es bei einer jährlichen Reduktion der Ausgabe von Zertifikaten

um 1,74% bis 2020 zu einer Reduktion der Emissionen um 38% in den betroffenen Sektoren gegenüber 2005 führt.

Die Sektoren, die nicht vom EU-ETS abgedeckt sind, sind für die Reduktionen zuständig, die auf das 20%- bzw. 30%-Reduktionsziel fehlen. Im Rahmen des EU Effort-Sharing werden die Ziele für die Nicht-ETS Sektoren nach Ländern differenziert, wobei bei der Festlegung des Länderziels in erster Linie wirtschaftliche Indikatoren (GDP/Kopf) berücksichtigt werden (Europäische Kommission 2008b). Für die Länderziele im Nicht-ETS Bereich bei einem 20%-Reduktionsziel siehe Europäische Kommission 2008b, Seite 17.

Dauer der Handelsperiode

Die dritte Zuteilungsperiode läuft über acht Jahre (2013-2020) und wird damit eine längere Dauer haben als die ersten zwei Zuteilungsperioden. Längere Zuteilungsperioden erhöhen die Vorhersehbarkeit sowohl für Unternehmen als auch für Behörden.

Zuteilungsmethode

Die Zertifikatszuteilung auf der Basis vergangener Emissionen (Grandfathering), wie sie von den meisten Mitgliedstaaten angewandt wurde, setzt auf längere Sicht falsche Anreize bei den Unternehmen. Je mehr Emissionen eine Anlage in der Vergangenheit hatte, desto höher ist ihre Zuteilung für zukünftige Perioden. Bereits in der ersten Periode wählten einige Mitgliedstaaten eine alternative Herangehensweise durch Benchmarking, bei der die Allokation von der relativen Position der Anlage in Bezug auf CO₂-Effizienz im Vergleich zu vergleichbaren Anlagen abhängt.

Für die post-2012 Periode entschied sich die EU für einen verstärkten Einsatz von Benchmarking und Auktionierung als Zuteilungsmethoden. Die Gratiszuteilung wird aber nach wie vor eine wichtige Rolle spielen.

Eine vollständige Auktionierung der Zertifikate ab 2013 gilt für Stromerzeuger, die Stromerzeugung neuer Marktteilnehmer sowie für Anlagen im Zusammenhang mit Carbon Capture and Storage (Abscheidung, Transport und Lagerung). Die Mitgliedstaaten bestimmen über die Verwendung der Einnahmen aus der Auktionierung, mindestens 50% müssen allerdings in klimarelevante Maßnahmen (Erneuerbare, Energieeffizienz, Aufforstung, Verminderung des Abholzens, CCS,...) investiert werden.

Es besteht weiterhin die Möglichkeit, Zertifikate an folgende Sektoren gratis zuzuteilen:

- Fernwärme und hocheffiziente KWK (in Bezug auf die Wärmeerzeugung)
- Neue Marktteilnehmer
- Industrien, die von Carbon Leakage (dem Abwandern in Regionen ohne CO₂-Regulierung betroffen sind). Hier können sogar bis zu 100% der Zertifikate gratis zugeteilt werden. Die Kommission legt erstmals 2009 und dann alle fünf Jahre ein

Verzeichnis der betroffenen Sektoren vor.

- Stromversorger, wenn 2006 30% des Stroms mit einem einzigen fossilen Brennstoff erzeugt wurden und das BIP/Kopf nicht 50% des EU-weiten Durchschnitts überschritt. Hier können zu Beginn 30% der Zertifikate gratis zugeteilt werden. Dieser Anteil muss aber bis 2020 auf null reduziert werden.

Allerdings wird ab 2013 bei der Gratis-Zuteilung nicht mehr Grandfathering (Zuteilung auf Basis der historischen Emissionen) sondern ein Vergleich mit der „Best Available Technology“ (BAT) angewandt. Die Anlagen werden dabei mit der Durchschnittsleistung der 10% effizientesten Anlagen des Sektors in den Jahren 2007 und 2008 verglichen.

Ziel der EU ist es, den Anteil der auktionierten Zertifikate schrittweise bis 2025 zu erhöhen. Dann sollen 100% der Zertifikate auktioniert werden.

Strafzahlungen

Wenn die ausgestoßenen Emissionen über den von der Anlage für dieses Jahr abgegeben CO₂-Zertifikaten liegt, wird wie in der zweiten Handelsperiode 2008-2012 Periode eine Strafzahlung von 100€ / t CO₂ fällig.

Link zu den flexiblen Mechanismen des Kyoto-Protokolls

Die maximal zulässige Nutzung von im Rahmen der flexiblen Mechanismen des Kyoto-Protokolls erreichten Reduktionen in Form von (ERU bzw. CER) ist in den ersten zwei Handelsperioden für jedes Land unterschiedlich festgelegt. Grundsätzlich bleiben die ERU/CER im Gegensatz zu den EUA (European Allowance Units) auch über Perioden hinweg gültig.

Für die dritte Handelsperiode (2013-20) gibt es zwei Möglichkeiten:

- Kommt es zu keinem Nachfolgeabkommen für das Kyoto-Protokoll, kann nur die Menge an ERU/CER verwendet werden, die in den ersten zwei Perioden nicht verwendet wurde.
- Kommt es zu einem Nachfolgeabkommen für das Kyoto-Protokoll, können zusätzlich zur Verwendung von in der ersten zwei Perioden nicht genutzten ERU/CER bis zu einer von Land zu Land verschiedenen Grenze neue ERU/CER importiert werden.

2.3 Personenbezogene Zertifikatsbasierte Instrumente (PZIs)

Innerhalb der letzten zehn bis fünfzehn Jahre wurden verschiedene Vorschläge für Instrumente entwickelt, die eine effektive Reduktion von CO₂-Emissionen gewährleisten sollen. Ein Teil dieser Vorschläge basiert darauf, dass auch an Personen Emissionszertifikate ausgegeben werden und diese auch in Zertifikatshandelssysteme als Teilnehmer integriert werden.

Eine Übersicht über derartige Vorschläge befindet sich beispielsweise in Johnson et al. (2008) oder Roberts und Thumim (2006). Diesen Ansätzen ist gemein, dass allen (zumeist erwachsenen) BürgerInnen einer Region, in der ein derartiges System eingeführt wird, ein gleiches Emissionsrecht zugestanden wird, welches über die Ausgabe von Emissionszertifikaten umgesetzt wird. Dennoch bestehen erhebliche Unterschiede zwischen den Instrumenten im Detail. Die Zertifikate berechtigen in der Regel zur Emission von CO₂, könnten aber auch (wie im Fall der TEQs, siehe unten) zur Rationierung von Treibstoffen eingesetzt werden.

Im folgenden werden diese zertifikatsbasierten Ansätze unter dem Sammelbegriff der Personenbezogenen Zertifikatsbasierten Instrumente (PZIs) zusammengefasst (engl.: personal carbon allocation schemes).

Inhalt dieses Kapitels ist eine Vorstellung und Bewertung folgender PZIs:

- Cap & Share
- Cap & Dividend / Sky Trust
- Tradeable Energy Quotas (TEQs), früher: Domestic Tradeable Quotas (DTQs)
- Personal Carbon Rationing (PCR)
- Rate all Products and Services (RAPS)
- Ayres Scheme

Die Beschreibung des Systemdesigns und der Funktionsweise sowie die Bewertung der unterschiedlichen PZIs erfolgt anhand folgender Kriterien:

Systemdesign & Funktionsweise

Das Systemdesign und die Funktionsweise der verschiedenen PZIs wird gemäß folgender Unterpunkte beschrieben:

- *Teilnehmer am System:* Wer bekommt Zertifikate zugeteilt bzw. nimmt am Zertifikatshandel teil? Bzw. wer bekommt eine Dividende ausbezahlt (bei Cap & Dividend)?

- *Allokation der Zertifikate:* Durch welchen Mechanismus werden Zertifikate zugeteilt? Wer bekommt wie viele Zertifikate?
- *Anwendungsbereich und Reichweite des Systems:* Welche Emissionen / Brennstoffe / Aktivitäten werden erfasst? Mögliche geographische Reichweiten?
- *Institutionelle Arrangements:* Welche Institutionen und begleitende Mechanismen sind erforderlich, um das System zu betreiben?
- *Besonderheiten*
- *Wirksamkeit:* Welche Effekte und Nebeneffekte können erwartet werden?

Bewertungskriterien

Anhand der folgenden Kriterien wird eine qualitative Bewertung der verschiedenen Ansätze vorgenommen.

- *Kosten:* Welche Implementierungs-, Betriebs- und Transaktionskosten sind zu erwarten?
- *Effektivität:* Lassen sich gesteckte Ziele verlässlich erreichen? Welche Anreize setzt das System? (Wie sehr kann nachträglich noch korrigiert werden, ohne größere Störungen zu verursachen?)
- *Gerechtigkeit und Fairness:* Wie sozial gerecht ist das jeweilige System? Sind eindeutig benachteiligte Gruppen, Akteure und Sektoren zu erwarten? Gibt es Abgleichsmechanismen?
- *Einbindung der Bevölkerung:* Wie sehr sind die BürgerInnen in das System aktiv involviert? Wie viel direkte Beteiligung ist zu erwarten? Ist es möglich, sich gar nicht mit dem System beschäftigen zu müssen?
- *Komplexität:* Wie komplex ist das System (in der Implementierung, im Betrieb)? Wie viel müssen BürgerInnen verstehen, um sich aktiv beteiligen zu können? Welche Voraussetzungen gibt es dafür?
- *Akzeptanz:* Akzeptanz innerhalb der Bevölkerung, bei politischen Entscheidungsträgern, bei anderen Interessensgruppen
- *Kompatibilität mit EU-ETS (und anderen Rahmenbedingungen):* Inwieweit ist das Instrument mit dem EU-ETS kompatibel? Was müsste geändert werden, um Kompatibilität zu erreichen? (siehe Kap. 2.4)
- *Modellierbarkeit:* Inwieweit ist das Instrument im Sinne des Projektes „MoZert“ modellierbar? Welche Schwierigkeiten / Herausforderungen sind dabei zu erwarten?

Aufgrund der relativen Neuheit der Ansätze und der noch geringen Zahl empirisch-wissenschaftlicher Untersuchungen zu PZIs sind viele Fragen zur Bewertung nur vorläufig zu

beantworten. Ein spekulativer Charakter bleibt vor einer eventuellen Umsetzung (klarerweise) bestehen.

Trotzdem soll in weiterer Folge versucht werden, die vorgestellten PZIs entlang oben angeführter Kriterien einzuschätzen und eine abschließende zusammenfassende Bewertung abzugeben. *Grundlagen für diese Bewertung* sind eine Aufarbeitung existierender Literatur zu PZIs sowie die Einschätzungen des Projektteams, die sich in mehreren projektinternen Diskussionen herausgebildet haben.

2.3.1 Cap & Share

Das “Cap & Share” Konzept wurde von der *Foundation for the Economics of Sustainability* (FEASTA) entwickelt und hat in Irland bereits Widerhall in relevanten politiknahen Kreisen gefunden. Das irische Multi-Stakeholder Council of Sustainable Development (Comhar) hat das Konzept aufgegriffen und eine umfangreiche Studie dazu durchgeführt (Johnson et al. 2008).

Systemdesign & Funktionsweise

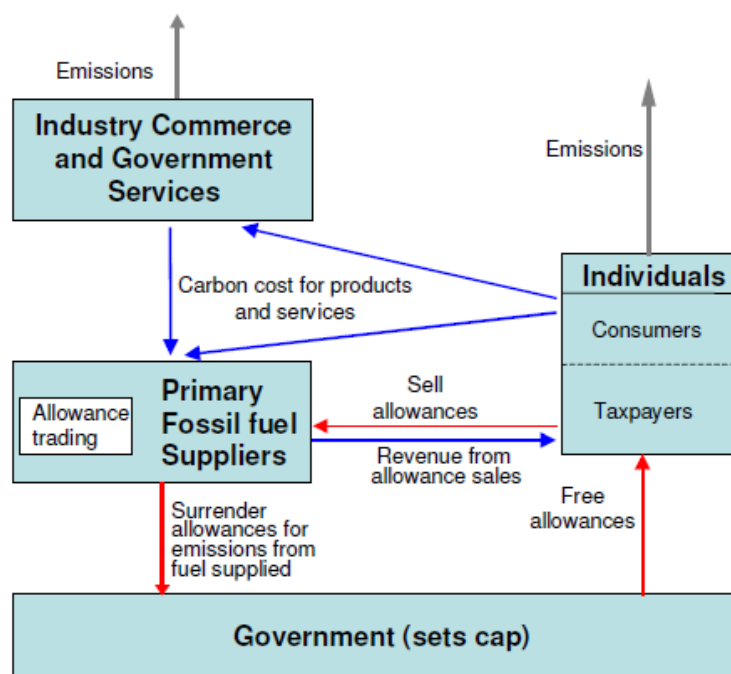


Abb. 2.4: Schema für „Cap & Share“, Blaue Pfeile: Geldflüsse, rote Pfeile: Zertifikatsflüsse. Quelle: Johnson et al. (2008a, 13)

- *Teilnehmer am System*

Unmittelbare Teilnehmer bei Cap & Share sind erwachsene BürgerInnen des jeweiligen (territorialen) Geltungsbereichs und Unternehmen, die fossile Energieträger in Verkehr bringen. Falls Cap & Share national oder in einer (Welt-)Region (wie die EU) umgesetzt wird, sind dies Unternehmen, die fossile Energieträger importieren, sowie diejenigen Unternehmen, die innerhalb des Geltungsbereichs fossile Energieträger extrahieren und als erste in den Markt einbringen. Im Falle einer globalen Umsetzung sind es alle Unternehmen, die fossile Energieträger extrahieren und als erste in Verkehr setzen. Weiters spielen auch Zwischenhändler (i.d.R. Banken) eine Rolle. Handel der Zertifikate ist zwischen den teilnehmenden Energieunternehmen sowie den Zwischenhändlern möglich.

- *Allokation der Zertifikate*

Alle CO₂-Emissionszertifikate werden zu gleichen Anteilen an alle erwachsenen BürgerInnen des Geltungsbereiches ausgegeben. Dies wird auch als „sharing out emissions rights“ bezeichnet, deshalb der Begriff „Cap & Share“. Die Zertifikate für ein Jahr müssen nicht auf einmal ausgegeben werden, sondern könnten auch z.B. vierteljährlich oder monatlich verteilt werden, um auf jahreszeitliche Energieverbrauchsmuster Rücksicht zu nehmen. Zentral ist hier die Aufteilung aller Zertifikate zu gleichen Teilen direkt an alle erwachsenen BürgerInnen, entweder auf Papier oder elektronisch. Kinder erhalten jedoch keinerlei Zuteilungen (Feasta 2008, 15).

Die BürgerInnen haben nun die Möglichkeit, die erhaltenen Zertifikate an ZwischenhändlerInnen (z.B. Banken oder Postämter) zu einem im Zeitverlauf veränderlichen Kurswert innerhalb eines Jahres weiterzuverkaufen. Die dadurch lukrierten Summen können je nach Einkommenslage den Anstieg der Preise durch steigende Energiepreise wettmachen bzw. dämpfen. Für jene, welche sich nicht mit dem System beschäftigen wollen oder können, besteht hier die Möglichkeit, alle Zertifikate bei Erhalt direkt wieder zu verkaufen. Alternativ könnten die Zertifikate auch einbehalten werden, um so eine zusätzliche Reduktion der Treibhausgasemissionen zu erzwingen oder um zu einem späteren Zeitpunkt zu verkaufen (bei Erwartung eines höheren Verkaufspreises).

Die ZwischenhändlerInnen verkaufen nun die erhaltenen Zertifikate an Unternehmen, die fossile Energieträger importieren oder direkt im Inland extrahieren, weiter. Nur jene Unternehmen benötigen im weiteren Verlauf auch Emissionszertifikate. Die Mengen an CO₂, die in den von diesen Unternehmen weiterverkauften fossilen Energieträgern enthalten sind und bei Verbrennung frei werden, müssen durch Emissionszertifikate gedeckt sein.

Jedes Unternehmen, welches fossile Energieträger extrahiert oder importiert, muss also am Ende einer Kontrollperiode (in der Regel jährlich) nachweisen können, dass die von ihm

gekaufte Zertifikatsmenge ausreichend ist, um die Emissionen der im Kontrollzeitraum verkauften fossilen Energieträger abdecken zu können. Diese Konzentration der Kontrolle am Ursprung der fossilen Treibhausgasemissionen (Upstream) ermöglicht eine leichtere Abwicklung, da eine überschaubare Anzahl an Unternehmen kontrolliert werden muss. Am Ende der Kontrollperiode verlieren die Zertifikate ihre Gültigkeit, um spekulative Geschäfte und die Nutzung als Wertanlage zu unterbinden. Für die nächste Periode müssen dann neue Zertifikate ausgegeben werden.

- *Anwendungsbereich und Reichweite*

Erfasst werden CO₂-Emissionen, die bei der Verbrennung fossiler Energieträger (Erdöl, Erdgas, Kohle) innerhalb des jeweiligen Geltungsbereichs entstehen. Idealerweise werden alle fossilen Energieträger (Import + Eigenproduktion) erfasst. Diskutiert wird auch eine partielle Erfassung fossiler Energieträger. Für Irland wurde beispielsweise eine Einführung für den Bereich Mobilität bzw. Transport (mit der optionalen Erweiterung auf fossile Energieträger für Heizzwecke) von Johnson et al. (2008b, 27) als sinnvoll erachtet.

Ein Teil fossiler Rohstoffe wird auch für nicht-energetische Zwecke (Erdöl für die Produktion von Kunststoffen, Erdgas zur Produktion von Düngemitteln) verwendet. Ob auch diese fossilen Rohstoffe einbezogen (und damit von der Cap erfasst) werden sollen, wird in den beschreibenden Texten zu Cap & Share nicht behandelt. Der Anteil nicht-energetischer Nutzung ist allerdings gering, ein (erheblicher) Teil der Kunststoffe wird auch nach einer gewissen Nutzungszeit verbrannt und setzt somit CO₂-frei. Eine genauere Quantifizierung dieser Anteile bleibt an dieser Stelle offen.

Im Originalvorschlag der Feasta ist die Betonung von Cap & Share als *globales System* sehr präsent: alle CO₂-Emissionen aus fossilen Energieträgern weltweit sollten also erfasst werden (Feasta 2008, 15ff).

Die Einheit der Zertifikate ist eine Tonne CO₂.

Festlegung der „Cap“

Ähnlich wie bei anderen Systemen des Emissionszertifikatehandels wird zunächst eine Begrenzung für die gesamte erlaubte Emissionsmenge innerhalb einer Periode (ein sogenanntes „Cap“) festgesetzt, welche im weiteren Zeitverlauf schrittweise reduziert werden soll. Wichtig ist, dass dieses „Cap“ und dessen Reduktion langfristig festgelegt wird, z.B. über 5 – 20 Jahre, um Planbarkeit für Unternehmen (aber auch für BürgerInnen und öffentliche Stellen) zu ermöglichen. Die Feststellung der genauen Höhe der „Cap“ sollte durch einen unabhängigen ExpertInnenrat erfolgen, welcher rein nach wissenschaftlichen Kriterien und Empfehlungen vorgeht (Feasta 2008, 8). Eine ähnliche Gestaltung wie im Falle

der Nationalbank und der Festsetzung des Zinssatzes wurden hierfür vorgeschlagen (Matthews 2007).

- *Institutionelle Arrangements*

Im Vorschlag von Feasta (2008, 14f) sollte über nationale Steuerregister und Meldedaten eine möglichst vollständige Kartei aller Erwachsenen erstellt werden, welche öffentlich einsehbar sein muss. Da aus den Zertifikaten finanzielle Vorteile entspringen, haben alle BürgerInnen Interesse daran, in dieser Kartei aufzuscheinen und könnten selbst überprüfen, ob sie korrekt im System eingetragen sind. Über die Verknüpfung mit amtlichen Daten (z.B. Sozialversicherung) sowie vorhandenen Kredit- und Bankomatkartensystemen kann die Missbrauchsgefahr stark eingeschränkt werden. Weiters ist zu erwarten, dass bei systematischer Unterschlagung oder ähnlicher Unregelmäßigkeiten starker Widerstand der Bevölkerung diese Missstände beheben würde. In bestimmten Zeitperioden werden nun entweder per Post oder elektronisch die jeweiligen personifizierten Zertifikate zugestellt. Diese könnten dann über die Banken, Postämter oder auch elektronisch zu beliebigen Zeitpunkten von den BürgerInnen verkauft werden. Über einen Barcodescanner bzw. Ausweispflicht bei Verkauf kann sichergestellt werden, dass nur die jeweiligen Personen ihre eigenen Zertifikate verkaufen. Eine Implementierung des Cap & Share Konzepts scheint also entlang vorhandener Strukturen technisch umsetzbar zu sein.

Folgende Institutionen wären für die Implementierung eines Cap & Share Systems notwendig: Erstens braucht es eine staatliche Organisation, welche das Rahmenwerk, die genaue Ausgestaltung, das Management sowie die Integration verschiedenster Stakeholder übernimmt. Dies wäre idealerweise jene Behörde, welche bereits für Klimaschutz zuständig ist. Johnson et al. (2008, 78f) identifizieren weiters die Notwendigkeit einer einzelnen administrativen Institution, wie z.B. der Umweltschutzbehörde, welche ja bereits in das EU-ETS eingebunden ist und hier Know-How besitzt. Dies würde für alle Beteiligten klare Verhältnisse schaffen sowie direkte Verantwortlichkeiten mit sich bringen. Für manche Bereiche wäre jedoch auch eine Kooperation mit anderen staatlichen Stellen notwendig, welche diese auch direkt ausführen könnten. Im speziellen wäre dies die Verwaltung aller anspruchsberechtigten BürgerInnen (Sozialministerium), die Kontrolle der Emissionen (Umweltschutz- und EU-ETS Abteilung), sowie die Marktregulation (Wirtschaftsministerium). Das Bankenwesen spielt eine zentrale Rolle in der Herstellung des Zertifikateflusses. Diese könnten ähnlich wie Geldströme bzw. Aktien verwaltet und auch international (im Falle einer internationalen Umsetzung) gehandelt werden. Weiters ist angedacht, einen Teil der extrahierten Knappheitsrente¹ zu nutzen, um den zu erwartenden politischen Widerstand

¹ Einnahmen, die aufgrund der Knappheit eines Gutes in Relation zu sehr hoher Nachfrage entstehen und über

derjenigen Länder, die fossilen Energieträger in großem Ausmaß in Verkehr bringen, zu besänftigen. Im Sinne der Feasta (2008, 18) könnte dies in Form einer Preisgarantie (in Kaufkraftparitäten) passieren, welche die sinkenden Einkommen dieser Länder aufgrund des sich international absenkenden Absatzes an fossilen Energieträgern wettmacht bzw abschwächt. Als eine Erweiterung schlägt Feasta (2008, 15ff) vor, einen Transitions-Fonds einzurichten, in welchen ein kleiner Anteil des Handelsvolumens abgezweigt wird und zur Unterstützung des Übergangs zu einer kohlenstoffarmen Wirtschaft (auf der ganzen Welt) eingesetzt wird.

Auch könnte bei einer internationalen Umsetzung Rücksicht auf kulturelle Unterschiede genommen werden, da die Verteilung und Administration des Zertifikatesystems von nationalen Institutionen geregelt werden müsste. Somit könnte jedes Land auf seine Gegebenheiten Rücksicht nehmen, solange es hierdurch die grundlegenden Aspekte des Cap & Share Systems nicht verletzt. (Feasta 2008, 16)

- *Besonderheiten*

Bei einer globalen Einführung eines Cap & Share Systems schlägt Feasta (2008, 22) vor, eine neue internationale Währung einzuführen und die derzeitigen Reservewährungen (Dollar, Euro, Pfund) dadurch (schrittweise) zu ersetzen. Internationaler Handel mit Emissionszertifikaten sowie in weiterer Folge auch andere Teile des internationalen Handels sollen mit ebcus abgewickelt werden. Diese „emissions backed currency unit“ (ebcu) würde den inhärenten (Handels-)Vorteil derjenigen Länder, die Reservewährungen schöpfen, unterbinden. Beispielsweise bezahlen die USA für importierte Güter und Dienstleistungen in US-Dollar. 2006 importierten die USA Güter und Dienstleistungen im Wert von 2,2 Mrd. Dollar, während der Export aus den USA nur einem Volumen 1,43 Mrd. Dollar (ein Handelsbilanzdefizit von 34,75%). Die fehlende Differenz (an Dollars) kann von den Ländern, mit denen die USA Handel betreibt, wieder geborgt werden. Solange allerdings für Zinszahlungen und Schuldentrückzahlungen (an die Gläubiger der USA) keine realen Güter und Dienstleistungen aus den USA abfließen, ist die Verschuldung mit keinen realen Kosten für die USA verbunden (FEASTA 2008, 21f.).

Über eine Verpflichtung Staatsschulden abzubauen, würde Raum geschaffen für den ebcu sowie der Wert der nationalen Währungen gestützt, was inflationären Druck während der Einführung des ebcu unterbinden sollte. Alle nationalen Währungen wären weiters über freie Wechselkurse an den ebcu gebunden. Die ebcus wären an die international vorhandene Menge an Emissionszertifikaten gebunden und somit hätten nationale Regierungen einen weiteren Anreiz, ihre fossile Abhängigkeit zu reduzieren, da der Einkauf dieser Energieträger

die reinen Produktionskosten des Gutes (deutlich) hinausgehen.

immer kostspieliger werden würde.

Bei *Cap & Share in einer globalen Umsetzung* geht es also nicht nur darum, die CO₂-Emissionen aus fossilen Energieträgern zu reduzieren und die Bevölkerung für steigende Preise fossiler Energieträger – zumindest teilweise – zu entschädigen, sondern auch um eine gerechtere Weltordnung: Verringern des Nord-Süd Gefälles durch einen monetären Nettotransfer in Entwicklungsländer (Einnahmen aus Zertifikatsüberschüssen) und der Möglichkeit, Schulden abzubauen. Dieser Aspekt der globalen Gerechtigkeit gekoppelt mit der Einführung einer neuen Weltwährung macht Cap & Share in seiner umfassenden globalen Variante zu einem sehr weitreichenden Vorschlag.

- *Wirksamkeit*

Die Zertifikatskosten werden von den Unternehmen den Preisen für fossile Energieträger aufgeschlagen und derart für alle Verbraucher (Haushalte, Unternehmen, öffentlicher Sektor) wirksam. Dies sollte in Folge über Preissignale zu einer graduellen Verschiebung der Konsummuster zu energie- / CO₂-extensiveren Produkten und Dienstleistungen hin führen. Der Anreiz für verbesserte Produktionsweisen würde z.B. an Autofirmen weitergereicht werden. Jedoch gibt es gerade im Bereich Haushalt und Mobilität eine gewisse Inelastizität der Nachfrage, welche schnelle Anpassungen erschweren (Johnson et al. 2008, 63). Haushalte werden für steigende Preise fossiler Energieträger und der meisten Produkte weiters durch die Einnahmen aus Zertifikatsverkäufen teilweise oder zur Gänze entschädigt. Durch Cap & Share kann somit die Knappheitsrente von den Unternehmen, die fossile Energieträger in den Markt einbringen, zu den Endverbrauchern verschoben werden (Feasta 2008, 8f).

In der politischen Umsetzung wird hier ein gewisser Kompromiss in der Aufteilung der Knappheitsrente zwischen Konsumenten und Produzenten (etwa in Form einer Preisgarantie für Unternehmen, welche fossile Energieträger in Verkehr setzen) vorgeschlagen (FEASTA 2008, 18).

Die Entwicklung der Zertifikatspreise ist in Abhängigkeit der Knappheit von Zertifikaten zu erwarten, und hängt damit von der Schärfe der Begrenzung (des „Cap“), aber auch von der Geschwindigkeit der Anpassung aller Energieverbraucher an ein CO₂-ärmeres Regime ab. Aufgrund der individuellen Einbindung durch den Erhalt von Zertifikaten lässt sich ein gewisser bewusstseinsbildender Effekt erwarten. Jedoch sollte dieser nicht überschätzt werden, da aus einer individuellen Perspektive die direkte Verknüpfung zwischen Treibhausgasgehalt verschiedener Aktivitäten und dem Zertifikatesystem fehlt (was bei anderen PZIs wie TEQs oder PCR der Fall wäre). Aufgrund der steigenden Preise ist mit einem veränderten Konsumverhalten zu rechnen, was jedoch aufgrund der Inelastizität der

Nachfrage vor allem im Bereich der Mobilität und der Raumwärme erst mittel- und langfristig wirksam werden könnte.

Im Konzeptpapier der FEASTA (2008, 8ff) wird auch die zukünftig verringerte Verfügbarkeit von fossilen Energieträgern (Stichwort „Peak Oil“) thematisiert. Durch diese Entwicklung wird ein Minimum der Cap-Setzung vorgegeben – die Cap sollte mindestens so scharf angezogen werden, wie eine Reduktion des fossilen Energieverbrauchs (und der damit verbundenen CO₂-Emissionen), aufgrund von Peak Oil, Peak Gas, Peak Coal ausgelöst, ohnehin zu erwarten ist. Da allerdings Cap & Share CO₂-Emissionen aus fossilen Energieträgern (und nicht unmittelbar fossile Energieträger) begrenzt, lässt sich der Effekt von Cap & Share angesichts von Peak Oil insbesondere derart deuten, dass keine beliebig hohe Substitution eines fossilen Energieträgers durch einen anderen (z.B. Substitution von Öl durch Gas oder Kohle oder Substitution von Gas durch Kohle) möglich ist.

Bewertung

- *Kosten*

Cap & Share könnte aufgrund des Fehlens eines direkten Zertifikatehandels unter den BürgerInnen geringere Kosten verursachen als andere Ansätze (Johnson et al. 2008, 28). Da keine individuellen Treibhausgasbudgets verwaltet werden müssen, oder aufwändige Kalkulationen über Treibhausgasgehalte von Produkten oder Dienstleistungen angestellt werden müssen, sollten die administrativen Kosten relativ gering sein. Dies ist jedoch auch ein Nachteil, da hier der Zusammenhang zwischen individuellem Konsum und Treibhausgasemissionen nur über Preissignale vermittelt ist und eine direkte Nachvollziehbarkeit für das Individuum fehlt (Johnson et al. 2008, 28). Die Zertifikate selbst stellen für das Individuum nur eine Erinnerung eines „begrenzten“ Anteils dar. Somit ist der Haupteffekt des „share“ eigentlich in der Kompensation steigender Preise und einer gewissen Bewusstseinsbildung zu finden.

Transaktionskosten entstehen im System an mehreren Stellen. Beim Verkauf der Zertifikate durch die BürgerInnen müssen die vorhandenen Strukturen der Banken und Postämter für die Funktion des Zwischenhandels genutzt werden. Die Etablierung eines Online-Systems, in dessen Rahmen der Verkauf der Zertifikate möglich ist, würde die Transaktionskosten für die BürgerInnen stark senken (Johnson et al. 2008, 82). Aufgrund der relativ geringen Anzahl der zu kontrollierenden Unternehmen, die fossile Energieträger in Verkehr bringen, sollten in diesem Bereich geringe Kosten anfallen (Johnson et al. 2008, 92). In einer globalen Perspektive sind es vor allem Unternehmen, die Kohle fördern, die in größerer Anzahl vorhanden sind. Auch die Implementierungskosten sollten, aufgrund der verschiedenen

Systeme, auf die aufgebaut werden kann, gering ausfallen.

Weiters ist in diesem Zusammenhang zu beachten, dass prinzipiell eine gewisse langfristige Planbarkeit für Unternehmen und Einzelpersonen gegeben sein muss, um effiziente Emissionsreduktionen (und damit Investitionen) zu ermöglichen (Johnson et al. 2008, 95). Dies bedeutet, wie weiter oben erwähnt, dass das Cap und dessen Absenkung zumindest über 5-10 Jahre fixiert und transparent sein muss. Zu beachten ist, dass neue Erkenntnisse und Entwicklungen jedoch die Notwendigkeit einer Anpassung der Cap mit sich bringen könnten und mit solchen langfristigen Plänen kostspielige oder auch unzureichende Lock-ins entstehen könnten. Auch könnten bei strenger Absenkung des Caps sehr hohe Zertifikatspreise entstehen, was die ökonomische Effizienz und die Auswirkungen auf die BürgerInnen untragbar machen könnten. Andererseits kann aus klimapolitischer Sicht argumentiert werden, dass derart hohe Preise eben notwendig sind, um die angestrebten Emissionsreduktionen zu erreichen. In der Studie von Johnson et al. (2008, 101f) werden verschiedene Regelungsmechanismen diskutiert, um zu hohe Zertifikatskosten zu vermeiden, wie Ausgabe zusätzlicher Zertifikate oder Maximalpreise für Zertifikate.

- *Effektivität*

Aufgrund der direkten Festlegung eines Caps ist zu erwarten, dass dieses (bei ausreichender und funktionierender Kontrolle) eingehalten wird. Weiters erfolgt eine Anreizsetzung durch die zu erwartende Preissteigerung für fossile Energieträger und demzufolge alle CO₂-intensiven Produkte und Dienstleistungen. Auf Konsumentenseite erfolgt ein gewisser bewusstseinsbildender Effekt aufgrund der Zuteilung der Zertifikate, dieser würde sich aber wahrscheinlich in Grenzen halten, da keine direkte Verwaltung eines individuellen CO₂-Kontos oder ähnliches notwendig wäre.

- *Gerechtigkeit und Fairness*

Cap & Share ist aufgrund der Philosophie der gleichen Rechte für alle grundsätzlich fair. Weiters belohnt dieses System all jene, welche einen unterdurchschnittlichen Verbrauch an fossilen Energieträgern aufweisen können, während jene mit einem überdurchschnittlichen Verbrauch finanziell belastet werden (Johnson et al. 2008, 28). Dies ist konsistent mit dem „Polluter Pays Principle“. Bei einer nationalen/regionalen Einführung sind die unterdurchschnittlichen Verbraucher zumindest im Schnitt auch den einkommensschwächeren Schichten des jeweiligen Einzugsbereichs zuzuordnen. Dies gilt prinzipiell auch im globalen Maßstab, wenn auch hier Menschen aus einkommensschwächeren Schichten der reicheren Länder i.d.R. über dem globalen Schnitt des Verbrauchs an fossiler Energie liegen dürften und somit zu „Nettozahlern“ bzw. „Verlierern“ würden. Hier stellt sich also die Frage des sozialen Ausgleichs, um Härtefälle

vermeiden zu können.

Insgesamt gesehen wird der zu erwartende Preisanstieg von den Erlösen durch den Zertifikatsverkauf kompensiert. Die Verteilung dieser Kompensation ist jedoch einer weiteren Betrachtung wert. Auch innerhalb der reicheren Länder könnte es zu ungünstigen Effekten für einkommensschwächere Schichten kommen. Johnson et al. (2008, 61ff) identifizieren folgende Gruppen, welche trotz Kompensation nachteilig betroffen sein könnten:

- *(Ein Teil der) Haushalte mit niedrigem Einkommen:* Diese sollten einerseits aufgrund ihres unterdurchschnittlichen Konsumniveaus fossiler Energieträger durch Cap & Share finanzielle Vorteile gewinnen. Jedoch ist andererseits zu erwarten, dass zumindest ein Teil der Haushalte dieser Gruppe aufgrund hohen Energiebedarfs (da sie in Häusern mit schlechter thermischer Qualität und ungünstiger Lage, daher abhängig von PKW-Mobilität, wohnen, u.ä.) benachteiligt werden (Johnson et al. 2008, 64). Weiters ist zu erwarten, dass ärmere Haushalte aufgrund ihres niedrigen Einkommens weniger Möglichkeiten für energiesparende Investitionen, somit weniger realisierbares Potential für Effizienzsteigerungen, haben.
- *Bewohner ländlicher Gemeinden* weisen grundsätzlich eine höhere Abhängigkeit von motorisiertem Individualverkehr auf, mit geringeren Möglichkeiten des Wechsels auf öffentliche Verkehrsmittel oder sonstige Fortbewegungsmittel (Fahrrad, zu Fuß gehen) (Johnson et al. 2008, 65).
- *Single Haushalte* sind von den selben Preissteigerungen betroffen wie Mehrpersonen-Haushalte, konsumieren i.d.R. pro Person mehr (fossile) Energie, profitieren jedoch nur von einer einfachen Zertifikatszuteilung.
- *Transportunternehmen (Frächter,..)* wären von Cap & Share stark betroffen, da diese weder Zertifikate erhalten, noch viel kurz- und mittelfristige Möglichkeiten zur Emissionsvermeidung haben. Weiters ist fraglich, ob diese Unternehmen ihre erhöhten Kosten ganz weitergeben könnten. Daher ist eine Reduzierung der Nachfrage nach den Leistungen dieser Unternehmen zu erwarten (Johnson et al. 2008, 66). Dies ist aber auch ein zu erwartender erwünschter Effekt eines Strukturwandels in einer weniger von fossilen Energieträgern abhängigen Wirtschaft.

Die (relativ) ungünstige Betroffenheit der oben angeführten Gruppen gilt nicht nur für Cap & Share, sondern auch für andere Instrumente, innerhalb derer Zertifikate zu *gleichen Anteilen pro Person* zugeteilt werden, und noch stärker für Instrumente, welche nur den Preis von fossilen Energieträgern ohne kompensatorische Maßnahmen erhöhen. Die Existenz benachteiligter Gruppen spricht auch nicht per se gegen ein bestimmtes umwelt-/klimapolitisches Instrument: erstens könnten kompensatorische Maßnahmen getroffen

werden (siehe unten), zweitens kann die Existenz bestimmter benachteiligter Gruppen auch Indiz für einen ohnehin notwendigen bzw. sinnvollen Strukturwandel sein (z.B. im Sinne, dass der Trend zu Single-Haushalten gestoppt bzw. abgeschwächt wird oder dass Bewohner ländlicher Gemeinden, die eigentlich in der Stadt arbeiten, in die Stadt ziehen, etc.).

Folgende Mechanismen werden von Johnson et al. (2008, 66) vorgeschlagen, um die oben genannten nachteiligen Effekte für gewisse Gruppen in der Gesellschaft abzuschwächen:

- Höhere Zuteilung von Zertifikaten für arme Haushalte
 - Höhere Zuteilung von Zertifikaten für ländliche Haushalte (eventuell in Relation zum Ausbaugrad des öffentlichen Verkehrs)
 - Gesteigerte Heizkostenzuschüsse in Relation zur Preissteigerung durch Cap & Share
 - Zusätzliche Förderprogramme für Investitionen in Haushalts-Energieeffizienz (Wärmedämmungen, Heizungen,...) sowie für den Ausbau des öffentlichen Verkehrs.
 - Koordinierung und Unterstützung von ländlichen Car-Sharing Initiativen
 - Anpassung der Raumplanung an die neuen Erfordernisse (Zersiedelung, Geschäftsansiedelung)
-
- *Einbindung der Bevölkerung*

Johnson et al. (2008, 28) nehmen an, dass durch Cap & Share ein gemeinschaftliches Gefühl der Verantwortung und Problemlösungskompetenz für das Klimaproblem verstärkt werden kann. Da es jedoch keine Notwendigkeit eines eigenen Treibhausgaskontos oder einer CO₂-Karte gibt, ist die individuelle Betroffenheit und Wahrnehmbarkeit zunächst recht gering. Weiters umfasst Cap & Share keine direkten Restriktionen für die Konsumentscheidungen des Individuums, sondern basiert auf den bisher gewohnten Einschränkungen des Preises und der eigenen finanziellen Möglichkeiten. Aufgrund der Neuheit des Systems ist jedoch damit zu rechnen, dass Akzeptanzprobleme auftreten könnten. Diese Problematik müsste speziell zu Beginn durch gezielte Öffentlichkeitsarbeit und unterstützende Maßnahmen abgedämpft werden (dies gilt wohl allgemein für neue Systeme).

Ein weiterer wichtiger Punkt ist die Frage der Verweigerung. Falls eine große Anzahl an Zertifikaten nicht verkauft werden, könnte dies zu einer problematischen Preisvolatilität führen. Daher ist es notwendig, über Mechanismen nachzudenken, wie Individuen, welche sich nicht mit dem System auseinandersetzen wollen, die Abwicklung des Verkaufs automatisieren könnten. Hier käme die Rolle der Banken oder diverser Online-Dienste zum Tragen (Johnson et al. 2008, 85f).

- *Komplexität*

Da das Cap upstream durchgesetzt wird und hier nur eine relativ geringe Anzahl an Unternehmen in den Handel direkt involviert ist bzw kontrolliert werden muss, sollte die Implementierung nicht zu kompliziert sein. Auch die Quantifizierung der fossilen Energieträger, welche in eine Volkswirtschaft gelangen, ist aufgrund umfangreicher und bereits vorhandener Datenbanken zu Extraktion, Import, Export und Verkäufen relativ einfach. Die Komplexität wächst jedoch naturgemäß mit der geographischen Ausdehnung eines derartigen Systems, da damit auch die Anzahl der (pro Nation) agierenden Abwicklungs- und Kontrollbehörden wächst und die Aufgaben einer internationalen Abwicklungs- und Aufsichtsbehörde schwieriger werden.

Aufgrund seines Designs ist Cap & Share weiters vor allem für BürgerInnen relativ einfach (Johnson et al. 2008, 28). Da der Handel upstream erfolgt, muss nur verstanden werden, was Zertifikate bedeuten und dass diese verkauft werden können. Weiters ist keine Notwendigkeit einer Treibhausgasbudgetierung vorhanden und das Konsumverhalten kann innerhalb gewohnter Kriterien erfolgen (Preis, Budget), wenn auch ein grundsätzliches Verständnis der CO₂-Relevanz verschiedener Konsum- und Investitionsentscheidungen hilfreich ist, um mittelfristig mit dem System gut zurechtzukommen. Da nur eine geringe Anzahl an Unternehmen in den Handel involviert wäre, ist die Herausforderung hier auch relativ gering. Auch haben diese größtenteils bereits Erfahrungen mit dem EU-ETS gesammelt und sollten daher mit den Cap & Share Mechanismen zurechtkommen.

Die Einführung der Zusatz-“Features“ von Cap & Share auf globaler Ebene (Einführung einer neuen CO₂-emissionsgebundenen Währung, Entschuldung von Entwicklungsländern) würde allerdings auch fraglos die Komplexität des Systems erhöhen.

- *Akzeptanz*

Zunächst ist für upstream-orientierte PZIs (wie Cap & Share oder Cap & Dividend) eine höhere Akzeptanz bei der Bevölkerung als für Downstream-PZIs (TEQs, PCR, RAPS, Ayres Scheme) erwartbar, da ein geringerer Eingriff in bestehende Strukturen und Mechanismen erfolgt. Falls sich allerdings die Zertifikatspreisentwicklung zu volatil gestaltet und ev. sich sehr hohe Zertifikatspreise mit größeren Auswirkungen auf die wirtschaftliche Entwicklung bilden, sind negative Auswirkungen auf die Akzeptanz zu erwarten.

Abgesehen davon sind Akzeptanzprobleme bei Gruppen, die sich als Verlierer wännen (bestimmte Bevölkerungsgruppen oder Inverkehrbringer von fossilen Energieträgern) vermutbar. Bei einer Einführung von Cap & Share im globalen Maßstab wären (fast) alle Bewohner der reicheren Länder „Verlierer“ - ob dafür ausreichend Verständnis hergestellt werden kann, bleibt natürlich fraglich.

2.3.2 Cap & Dividend / Sky Trust

Cap & Dividend oder auch Sky Trust ist ein in den USA entwickeltes System (Barnes 2008) welches in der Form der Van Hollen Climate Bill (2009) Eingang in den US-amerikanischen Policy-Diskurs gefunden hat. Es ist sehr ähnlich zu Cap & Share und wird daher nur kurz und vor allem in den Unterschieden diskutiert.

Systemdesign & Funktionsweise

Dieses System ist relativ ähnlich zu „Cap & Share“ in der Konzeption der Feasta (2008), da auch hier alle Unternehmen, welche fossile Energieträger importieren oder direkt im Inland extrahieren, Zertifikate im Umfang der enthaltenen Emissionen benötigen (up – stream). Diese Unternehmen müssen die Zertifikate über Auktionen ersteigern, der Auktionserlös wird dann zu gleichen Teilen direkt an alle BürgerInnen erstattet.

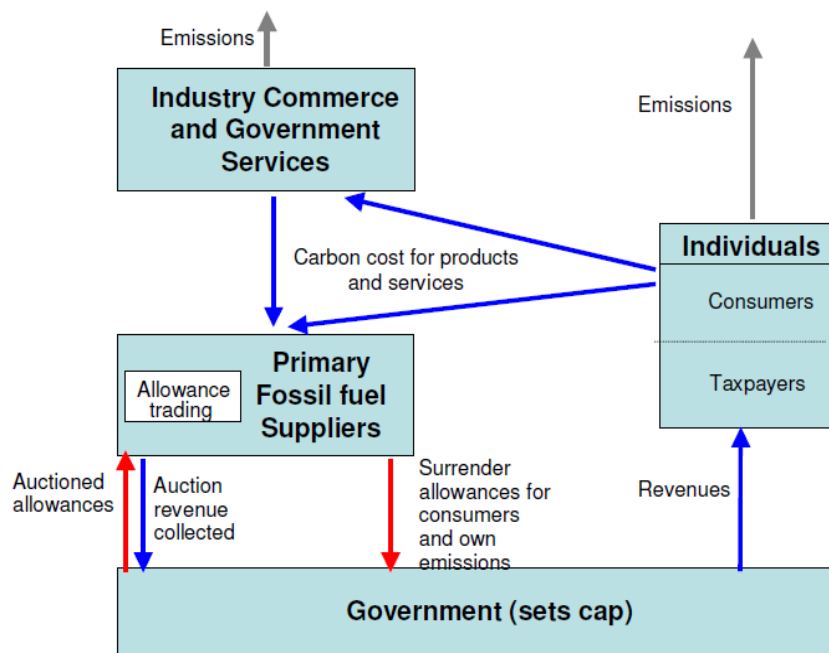


Abb 2.5: Prinzipschema des Cap & Dividend Ansatzes; Blaue Pfeile: Geldflüsse, rote Pfeile: Zertifikatsflüsse. Quelle: Johnson et al. (2008a, 25)

- *Teilnehmer am System*

Teilnehmer am System (im Sinne des Erwerbs und Handels mit Emissionszertifikaten) sind Unternehmen im jeweiligen Geltungsbereich, die fossile Energieträger in Verkehr bringen. Erwachsene BürgerInnen des jeweiligen (territorialen) Geltungsbereichs sind nur insofern TeilnehmerInnen, als sie eine Dividende aus den Erlösen der Zertifikatsauktion(en) erhalten (siehe „Allokation der Zertifikate“).

- *Allokation der Zertifikate*

Im Cap & Dividend System müssen alle Unternehmen, welche fossile Energieträger in die Volkswirtschaft einführen, Zertifikate im Gegenwert der CO₂-Emissionen, die bei Verbrennung der von diesen Unternehmen in Verkehr gebrachten fossilen Energieträgern entstehen, kaufen und vorweisen können. Diese Zertifikate sollen in regelmäßigen Abständen (jährlich, vierteljährlich oder auch monatlich) auktioniert werden. Die Erlöse sollen in einen Fond eingezahlt werden (deshalb der ursprüngliche name „Sky Trust“), welcher diese regelmäßig zu gleichen Teilen an alle (erwachsenen) StaatsbürgerInnen ausbezahlt. Somit gibt es nur upstream (bei den Inverkehrbringern von fossilen Energieträgern) Auktionierung bzw. Handel von CO₂-Emissionszertifikaten, und downstream reine Transferzahlungen. Hiermit entfällt somit die direkte Einbindung der BürgerInnen, was administrative Kosten spart, jedoch auch der Bewusstseinsbildung und Wahrnehmbarkeit abträglich ist.

- *Anwendungsbereich und Reichweite*

Im Grundvorschlag von Barnes (2008, 11ff), der für die USA konzipiert ist, ist eine Deckelung (Cap) der Emissionen mit einer 2% Absenkung pro Jahr vorgesehen, um eine Absenkung der totalen Emissionsmengen um 80% in 40 Jahren zu erreichen. Dieses Cap würde jegliche fossilen Energieträger und somit 100% der nationalen Emissionen betreffen. Dies macht im Kontext der USA besonders Sinn, da es hier noch keinerlei System zur Reduktion der Treibhausgase gibt, mit denen das System kompatibel sein müsste. Jene Unternehmen, welche bereits Treibstoffsteuern zahlen müssen und somit schon registriert sind, wären auch hier involviert. Für eine Implementierung parallel zu vorhandenen Zertifikatssystemen wie dem EU-ETS ist wie bei Cap & Share vorstellbar, dieses System z.B. nur auf Treibstoffe oder auch fossilen Energieverbrauch für Niedertemperaturwärme anzuwenden.

- *Institutionelle Arrangements*

Das System ist teilweise inspiriert durch den Alaska Permanent Fund, welcher einen Anteil der Gewinne vom Verkauf von Bodenschätzen an alle BürgerInnen Alaskas jährlich ausbezahlt. Barnes (2008) würde die regelmäßige Auszahlung ähnlich der Sozialversicherungszahlungen gestalten, welche über einen unabhängigen Fond geregelt werden und bereits etabliert und akzeptiert sind. Am aufwändigsten wird die Ausgabe der notwendigen Sky Trust Karten eingeschätzt, diese könnten jedoch mit den Sozialversicherungsunterlagen gebündelt werden. Technisch steht dem System kaum etwas im Wege, vor allem da ein aufwändiger Downstream Handel hier nicht vorgesehen ist.

Ähnlich wie bei Cap & Share bedarf es auch hier eines institutionellen Rahmens, welcher die genaue Umsetzung, das Management sowie die Administration übernimmt. Auch hier wären Umwelt-, Sozialversicherungs- und Wirtschaftsministerien gefordert, wobei es eine verantwortliche Organisation geben muss, in der alles gebündelt wird.

- *Wirksamkeit*

Auch in diesem System ist eine Preissteigerung für fossile Energieträger und alle CO₂-intensiven Produkte und Dienstleistungen zu erwarten. Über Marktsignale sollte es somit zu einer graduellen Verschiebung der Produktion und Konsumtion hin zu Produkten und Dienstleistungen, die mit weniger fossilem Energieeinsatz hergestellt werden, kommen. Die Auszahlungen aus dem Sky Trust würden die steigenden Preise für alle – zumindest teilweise, je nachdem, wie der individuelle in Relation zum Durchschnittsverbrauch liegt - kompensieren (Boyce und Riddle 2007).

Bewertung

- *Kosten*

Cap & Dividend weist die geringsten administrativen Kosten aller PZIs auf, da nur upstream Auktionen und Handel vorgesehen sind. Die Auszahlungen an die BürgerInnen erfolgen in bereits etablierten Strukturen, welche nur erweitert werden müssten. Diese beiden Aspekte lassen sehr niedrige Transaktionskosten erwarten. Durch die Preissteigerungen fossiler Energieträger werden Anreize für eine Verlagerung der Produktion und Konsumtion auf energie- bzw. CO₂-emissionsextensive Produkte und Dienstleistungen gesetzt. Als Nachteil kann die nicht vorhandene Einbindung der BürgerInnen angesehen werden, da diese nur über Preissignale erreicht werden und daher zu erwarten ist, dass nicht alle Emissionsreduktionspotenziale auf individueller Ebene auch ausgeschöpft werden (Johnson et al. 2008, 38). Ähnlich wie bei Cap & Share (und anderen PZIs) könnten bei strenger Absenkung des Caps sehr hohe Zertifikatspreise entstehen mit entsprechend unangenehmen Konsequenzen für BürgerInnen und Ökonomie.

- *Effektivität*

Aufgrund der strikten Festlegung eines Upstream-Caps ist zu erwarten dass die gesteckten Umweltziele erreicht werden. Die Kontrolle der relativ wenigen involvierten Unternehmen sollte nicht allzu problematisch sein. Falls Unternehmen nicht genug Zertifikate vorweisen können, sieht Barnes (2008, 11) Strafzahlungen vor – diese müssten prohibitiv hoch sein, um Wirkung zu zeigen.

- *Gerechtigkeit und Fairness*

Cap & Dividend basiert auf einem gleichen CO₂-Emissionsrecht für alle, was diesen Ansatz grundsätzlich fair macht. Boyce und Riddle (2007) kommen in ihrer empirischen Untersuchung zu dem Ergebnis, dass hier von einer progressiven Maßnahme gesprochen werden kann, mit durchgehend leicht positiven Effekten für die ärmeren Bevölkerungsschichten sowie dem Mittelstand und sehr geringer Belastung für die wohlhabenderen Gruppen innerhalb der USA.

Ähnlich wie bei Cap & Share ist jedoch auch hier zu erwarten, dass vor allem ländliche Haushalte, Transportunternehmen und single-Haushalte relativ benachteiligt werden könnten (siehe oben).

- *Einbindung der Bevölkerung*

In diesem System gibt es keine direkte Einbindung der BürgerInnen, bis auf regelmäßige Transferzahlungen aus dem Sky Trust. Dies kann als Nachteil gesehen werden, da der bewussteinbildende Effekt anderer PZIs nicht vorhanden ist und nur Preissignale für das Individuum vorhanden sind. Jedoch ist aufgrund der Kompensationszahlungen sowie nicht vorhandener individueller Restriktionen eine relativ hohe Akzeptanz zu erwarten.

- *Komplexität*

Für die BürgerInnen ist die Komplexität dieses Systems sehr gering. Auch auf Unternehmens- und staatlicher Ebene ist die Komplexität eher gering (Johnson et al. 2008, 38f).

- *Akzeptanz*

Hier gelten ähnliche Überlegungen wie für Cap & Share. Da im Vergleich zu Cap & Share geringere Änderungen im Vergleich zum Status vorgesehen sind, könnte die Akzeptanz höher sein.

2.3.3 Tradeable Energy Quotas (TEQs) / Domestic Tradeable Quotas (DTQs)

Ein etwas komplexeres System, sowohl die Umsetzbarkeit als auch den Grad der Einbindung von Individuen betreffend, ist jenes der „Tradable Energy Quotas“, abgekürzt TEQs (Fleming 2007). In anderen Publikationen wird dieses System unter „Domestic Energy Quotas“ (DTQs) besprochen (Starkey und Anderson 2005). Der einzige Unterschied zwischen den beiden Ansätzen ist deren Reichweite – darauf wird noch eingegangen. Im folgenden soll jedoch die Bezeichnung TEQs Verwendung finden. Dieser Ansatz wurde im Vereinigten Königreich schon mehrfach in Regierungskreisen diskutiert, und diverse vorläufige Studien in Auftrag gegeben (Starkey und Anderson 2005; DEFRA 2008a; APPGOPO 2009). Im Originalvorschlag von Fleming (2007) ist die Anwendung dieses Instruments nicht nur zur Absenkung der Treibhausgasemissionen, sondern auch explizit zur Begegnung der Peak Oil Problematik beschrieben. In Zeiten von Knappheit fossiler Energieträger (insb. Öl und Gas) kann es nämlich zur Rationierung fossiler Energieträger eingesetzt werden, damit alle BürgerInnen zumindest grundlegende Bedürfnisse abdecken könnten und nicht durch starke Preissteigerungen bzw. Volatilität aus dem Markt gedrängt werden (Fleming 2007, 25ff).

Systemdesign & Funktionsweise

In einem TEQs-System erfolgt die Einrichtung eines Systems von individuellen CO₂-Konten, kombiniert mit einem downstream Handel und Auktionen an Unternehmen und Institutionen. Gehandelt wird in Kohlenstoff-Credits zu (CO₂-Äquivalenten). Alle Energieträger werden nach ihrem direkten und indirekten² Treibhauspotential bewertet und beim Kauf muss die jeweilige Menge an Credits abgetreten oder zu momentanen Marktpreisen bezahlt werden. Diese Credits wandern nun die Wertschöpfungskette hinauf bis zu den Energieversorgern, welche Kohlenstoff-Einheiten in Relation zu denen von ihnen in die Wirtschaft eingebrachten fossilen Energieträgern vorweisen müssen (Starkey und Anderson 2005, 2f). Im Endeffekt können TEQs als komplementäre, treibhausgasbasierte Währung ohne Zinseszins – System verstanden werden. Die folgende Abbildung verdeutlicht die wichtigsten Aspekte des TEQ – Systems.

2 Im Lebenszyklus (Förderung, Transport, Umwandlung des Energieträgers) entstehende Emissionen.

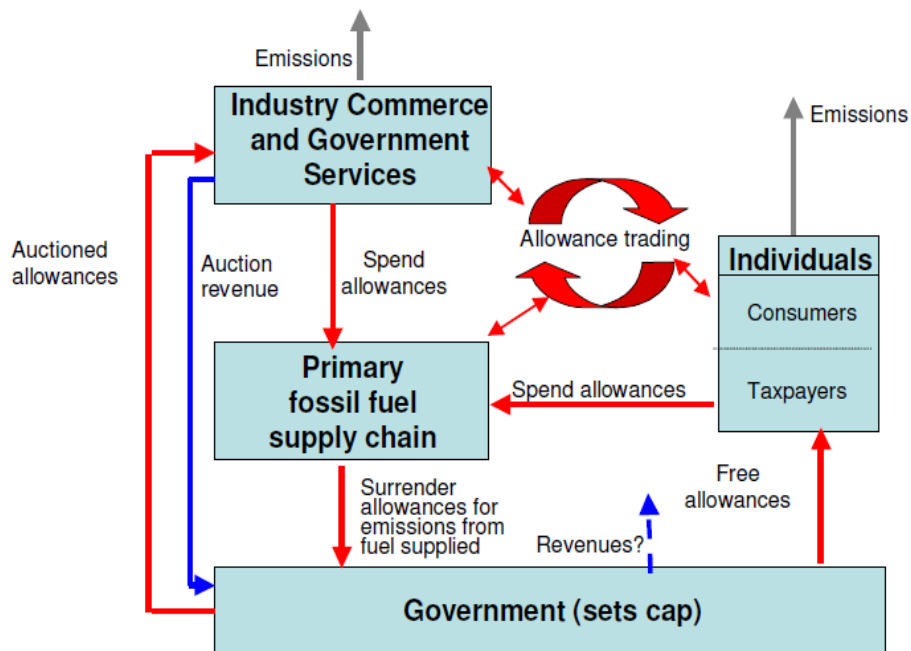


Abb. 2.6: Schema für „Tradable Energy Quotas“, Blaue Pfeile: Geldflüsse, rote Pfeile: Zertifikatsflüsse.
Quelle: Johnson et al. (2008a, 16)

- *Allokation der Zertifikate*

Unter einem TEQs-Regime werden für alle Energieverbraucher (Individuen, Organisationen wie Unternehmen, öffentliche und andere Institutionen) CO₂-Konten eingerichtet. Erwachsene Individuen bekommen Emissionszertifikate gratis und zu gleichen Teilen zugeteilt, entsprechend ihren direkten Emissionen für Mobilität, Heizen und Elektrizität (entspricht etwa 40% der Gesamtemissionen in UK, kann in anderen Ländern etwas davon abweichen). Zu Beginn erhalten alle erwachsenen BürgerInnen einen Jahresvorrat an TEQs zugeteilt. Wöchentlich werden nun anteilig weitere Zertifikate gut geschrieben, sowie die restlichen an alle anderen Systemteilnehmer versteigert (siehe unten, Fleming 2007, 17). Eltern mit Kindern würden nach Fleming (2007, 6 & 31) eine kleine Aufstockung ihrer Zertifikate erhalten. Starkey und Anderson (2005, 14) widersprechen dem jedoch, basierend auf den Modellrechnungen von Ekins und Dresner (2004) und plädieren für eine Erhöhung des Kindergeldes aus den Auktionserlösen. Die Zuteilung an Kinder würde nämlich die TEQs-Zuteilung aller Erwachsenen schmälern und wäre somit insgesamt nachteilig. Alle anderen Organisationen (Unternehmen, staatliche Institutionen, nicht gewinnorientierte Organisationen) müssen die restlichen Zertifikate über dafür eingerichtete regelmäßige Auktionen ersteigern bzw. auch von den BürgerInnen (über Intermedienten bzw. eine Art Zertifikatsbörse) kaufen. In diesem sekundären Markt können dann BürgerInnen sowie alle Unternehmen und Organisationen mit TEQs handeln, um ihren Bedarf zusätzlich zu decken.

bzw. nicht gebrauchte TEQs abzustoßen. Hat jemand bspw. sein Budget bereits aufgebraucht oder will sich nicht mit dem System beschäftigen, ist es möglich, bei jeder Transaktion einfach die Kohlenstoff-Credits direkt zu bezahlen, d.h. das TEQs System wird in einem solchen Fall als dynamische CO₂-Steuer, welche auf den normalen Kaufpreis aufgeschlagen wird (Fleming 2007, 6f; Starkey und Anderson 2005, 4).

Die Einnahmen aus den Auktionen könnten zu gleichen Teilen an Individuen ausbezahlt werden oder für staatliche Investitionen zur Beschleunigung der Energiewende verwendet werden, worüber letztendlich der Staat entscheidet. Diesem fällt weiters die wichtige Aufgabe zu, durch Öffentlichkeitsarbeit und gezielte Förderungen den Übergang zu einer kohlenstoffarmen Wirtschaftsweise zu unterstützen und zu fördern (Fleming 2005, 7).

Das totale TEQs Budget soll von einem unabhängigen Klimapolitik - Komitee festgelegt werden, ähnlich zur Nationalbank und der Bestimmung des Zinssatzes (Fleming 2007, 13). Dieses Budget wird jeweils über die nächsten 20 Jahre bestimmt. Fleming (2007, 12) unterteilt diese graduelle Absenkung in drei Phasen. Phase eins ist verbindlich und umfasst die ersten 5 Jahre. Phase 2 entspricht den Jahren 5 – 10 und entspricht einer fixen Absicht – aufgrund wichtiger Gründe kann der Absenkungspfad hier noch geändert werden. Periode 3, Jahre 10 – 20, ist als robuste Richtlinie zu verstehen und gibt die Richtung vor, ohne komplett verbindlich zu sein. Diese Staffelung der Verbindlichkeit ermöglicht eine graduelle Anpassung des Budgets an neue Erfordernisse und Erkenntnisse. Sobald das erste Jahr vergangen ist, wird ein neues Jahr 20 zum Plan hinzugefügt. Dieses Design ermöglicht Planbarkeit und Orientierung für alle mittel- und langfristigen Entscheidungen während es noch eine gewisse Flexibilität erhält.

- *Anwendungsbereich und Reichweite*

Das TEQs-System deckt 100% der aus der Nutzung fossiler Energieträger resultierenden Treibhausgasemissionen (CO₂-Äquivalente inkl. Emissionen aus Gewinnung, Transport und Umwandlung der fossilen Energieträger) innerhalb des Geltungsbereiches ab. Alternativ oder zusätzlich könnte es auch zur Rationierung fossiler Energieträger eingesetzt werden, um negative Auswirkungen von Peak Oil / Peak Gas abzumildern.

- *Institutionelle Arrangements*

Ein großer Vorteil des Systems nach Fleming (2005, 9) ist, dass es komplett elektronisch abgewickelt werden, sowie auf vorhandenen Strukturen aufbauen könnte. Alle anspruchsberechtigten Personen bekommen ein zentral verwaltetes CO₂-Konto sowie eine CO₂-Card (eine eigene Karte oder eine Kreditkarte mit CO₂-Funktion). Beim direkten Kauf von Treib- und Brennstoffen wird diese zusätzlich genutzt, um die entsprechende Menge an

TEQs automatisch abzubuchen (oder die CO₂-Zertifikate müssen direkt am Verkaufsort gekauft werden, falls keine Karte vorhanden ist). Bei der Bezahlung von Strom-, Gas- oder Fernwärmerechnung würde die entsprechende CO₂-Menge vom CO₂-Konto abgebucht werden. Starkey und Anderson (2005, 17-28) untersuchten die technische und administrative Durchführbarkeit eines TEQs - Systems im Detail. Die folgenden Bereiche müssten adressiert werden, um ein funktionierendes System aufbauen zu können:

- Aufbau einer sicheren Datenbank, welche alle Konten der anspruchsberechtigten Personen sowie aller Unternehmen und Organisationen verwalten kann
- Einschreibung aller anspruchsberechtigten Individuen und Organisationen
- Ausgabe von CO₂-Karten
- Entwicklung, Implementierung und Instandhaltung von Systemen, welche folgende Funktionen erfüllen:
 - Buchung von TEQs mit der CO₂-Karte sowie bei Überweisungen
 - Kauf & Verkauf von TEQs direkt am Schalter sowie online
 - Ausgabe von TEQs – Kontoauszügen
 - Transfer von TEQs zwischen verschiedenen Konten direkt am Schalter sowie online
- Aufbau einer verlässlichen Systematik zur genauen Bewertung der direkten und indirekten Treibhausgasemissionen (Treibhausgaspotenzial) der verschiedenen Energieträger

Der Aufbau einer Datenbank in dieser Größe ist technisch gesehen kein großes Hindernis. Identifizierung und Authentifizierung kann über staatliche Register (z.B. Sozialversicherung oder Wahlregister) erfolgen. PIN-Systeme, ähnlich wie bei Bankomatkarten und Ausweispflichten, sollten ausreichen, um das System sicher zu gestalten. Jegliche Transfer- und Handelsmechanismen sowie Bezahlungen und Informationen über TEQs-Kontostände können auf dem Know-How der Banken aufbauen, sowie deren Infrastruktur (Bankomaten, Terminals,..) nutzen. Regelungen wie die Europäische Direktive zur Liberalisierung des Strommarkts (2003/54/EC) ermöglichen die Bewertung des Elektrizitätsmixes verschiedener Anbieter. Die Bestimmung des Treibhausgaspotenzials verschiedener fossiler Energieträger ist weiters aus der Literatur durchführbar. Transferleistungen aus den Auktionserlösen der TEQs können über sozialstaatliche Einrichtungen gelöst werden. Zusammenfassend kann gesagt werden, dass der Umsetzung des TEQs – Systems keine größeren administrativen oder technischen Hürden im Weg stehen.

- *Wirksamkeit*

Ähnlich wie bei anderen PZIs ist zu erwarten, dass es zu einer graduellen Preissteigerung

fossiler Energieträger, sowie aller Produkte und Dienstleistungen kommen wird, welche jedoch für die BürgerInnen – zumindest zum Teil - durch die Gratiszuteilung der TEQs sowie der Erlöse aus dem Verkauf derselben kompensiert werden sollte. Strukturelle Verschiebungen hin zu CO₂-emissions-extensiveren Produkten und Dienstleistungen würden graduell erfolgen, speziell in den späteren Jahren, wenn die jährliche Verringerung des TEQ-Budgets spürbar wird. Laut Fleming (2005, 15f) sollten die TEQs zusätzlich zur Entstehung eines gemeinschaftlichen Verantwortungsgefühls für das Klimaproblem beitragen, was ermöglicht, über individuelle Aktionen zu gesamtgesellschaftlichen Anstrengungen über zu gehen.

Bewertung

- *Kosten*

Aufgrund des nicht geringen administrativen Aufwands im Vergleich zu Upstream-PZIs (wie Cap & Share oder Cap & Dividend), sowie der Aufwendungen für den Aufbau eines TEQs-Systems sind die zu erwartenden Kosten relativ hoch. Dieser Mehraufwand kann nur durch die hohe Involvierung der Öffentlichkeit gerechtfertigt werden, welche durch die TEQs direkte Anreize und Informationen erhalten, um sich mit individuellen Emissionsreduktionspotentialen und Effizienzsteigerungen zu beschäftigen. Durch schnelleres Umsetzen von Maßnahmen, die CO₂-Emissionen reduzieren, könnten Preissteigerungen für fossile Energieträger sowie generell für Produkte und Dienstleistungen in einem sanfteren Ausmaß als bei Upstream-PZIs erfolgen und damit einen friktionsfreieren Übergang ermöglichen. Dieses Potenzial der TEQs könnte dieses Instrument theoretisch effizienter als alle Upstream-PZIs machen (Johnson et al. 2008, 30). Dies ist jedoch sehr davon abhängig, inwieweit die Öffentlichkeit das System akzeptiert und Begleitmaßnahmen Wirkung zeigen.

- *Effektivität*

Aufgrund der Festlegung eines TEQs-Budgets und des langfristigen Absenkungspfades ist die Effektivität in der Erreichung der gesteckten Ziele als sehr hoch einzuschätzen (Johnson et al. 2008, 31). Weiters ist durch das von Fleming vorgeschlagene Design des Absenkungspfades (drei verschiedene Phasen mit langfristig gesenkter Exaktheit des Budgets, siehe Unterkapitel „Allokation der Zertifikate“) die Möglichkeit der Zielanpassung eingeplant.

- *Gerechtigkeit und Fairness*

Grundsätzlich ist das TEQs-System als fair zu betrachten, da allen BürgerInnen gleiche Emissionsrechte (TEQs) zugeteilt werden. Da jedoch nicht alle TEQs an die BürgerInnen

ausgegeben werden, sondern etwa 60% an Unternehmen auktioniert werden, ist keine vollständige Kompensation der zu erwartenden Preisanstiege gegeben. Dies müsste für besonders betroffene Sektoren und Individuen über wohlfahrtsstaatliche Maßnahmen z.B. aus den Erlösen der Auktionen erfolgen. Falls diese Lösung in der Öffentlichkeit auch als fair betrachtet wird, sollte die Akzeptanz relativ hoch sein (Starkey und Anderson 2005, 30). Dresner (2005, 4f) hingegen macht jedoch deutlich, dass die Öffentlichkeit die praktischen Herausforderungen eines TEQs-Systems als zu starken Eingriff in die individuelle Lebensführung verstehen könnte (CO₂-Konto und Karte, Budgetierung,..) und bei größeren Problemen das gesamte System diskreditiert wird, was grundsätzlich für alle downstream ansetzenden PZIs gilt. Daher argumentiert er für die Einführung eines weniger sicht- und greifbaren upstream Handels, für welchen die BürgerInnen indirekt bezahlen. Diese Problematik kann nur durch weitere Untersuchungen und Tests geklärt werden.

- *Einbindung der Bevölkerung*

Die direkte Beteiligung am TEQs-System ist aufgrund des geplanten Downstream-Handels und der individuellen CO₂-Konten als sehr hoch einzuschätzen. Dadurch könnte ein hoher Grad der Involvierung und der Ausnutzung individueller Emissionsreduktionspotentiale erreicht werden. Die Verweigerung der Auseinandersetzung mit dem System ist weiters explizit eine Option, indem alle TEQs automatisch bei Erhalt veräußert werden können. In Folge würden alle benötigten TEQs direkt zugekauft und einfach auf den normalen Kaufpreis aufgeschlagen (und das TEQs-System daher als dynamische CO₂-Steuer wirken) (Fleming 2007, 6f; Starkey und Anderson 2005, 4).

- *Komplexität*

Das TEQs-System ist komplexer hinsichtlich Implementierung und Abwicklung (siehe „Kosten“ und „Institutionelle Arrangements“) als Upstream-PZIs und erfordert höheren Umstellungs- bzw. Lernbedarf bei der Bevölkerung und den anderen institutionellen Akteuren, die am System teilnehmen. Was Implementierung und Abwicklung betrifft, sollte möglichst stark auf bestehende Strukturen und bestehendes Know-How zurückgegriffen werden (siehe „Institutionelle Arrangements“).

- *Akzeptanz*

Da die Einführung von TEQs mit relativ hohen Eingriffen in die persönliche Lebensführung verbunden ist, könnte die Akzeptanz – zumindest bei bestimmten Bevölkerungsgruppen – gering ausfallen. Auch offener Widerstand ist denkbar. Eine Studie im Auftrag der DEFRA kommt zum Schluß (DEFRA 2008), dass die Befragten zur Polarisierung neigen, was ihre

Einstellung zu Downstream-PZIs wie TEQs betrifft. Andererseits wird angedeutet, dass die Bewertung von PZIs sehr stark davon abhängt, wie diese vorgestellt und erklärt werden. So betont die „Lean Economy Connection“, die TEQs promotet, dass die Reaktionen überwiegend positiv sind, sobald das Design des Instruments vollständig verstanden wird (The Lean Economy Connection 2008).

Die Akzeptanz dürfte auch davon abhängig sein, wie die Auktionserlöse verwendet werden.

2.3.4 Personal Carbon Rationing (PCR)

Das System des Personal Carbon Rationing (PCR, auch als „Personal Carbon Trading“ bezeichnet) ist hinsichtlich seiner Funktionsweise dem TEQs-System ähnlich. Die Idee von PCR wurde erstmals von Mayer Hillman und Tina Fawcett (2004) in ihrem Beitrag „How We Can Save The Planet“ vorgestellt. Seitdem wurde das PCR-Regime – ähnlich wie das TEQs-Regime – von VertreterInnen aus Wissenschaft, Politik und Zivilgesellschaft im Vereinigten Königreich diskutiert. Der frühere „Secretary for Environment“ David Miliband zeigte Interesse, woraufhin das „Department of Environment, Food and Rural Affairs“ (DEFRA) mit einigen Studien beauftragt wurde (DEFRA 2008a, siehe auch Kap. 2.5).

Auch wissenschaftliche Akteure zeigten seither Interesse am PCR-System. Das „UK Energy Research Center“ (Fawcett et al. 2007), das „Tyndall Center for Climate Change Research“ (Seyfang et al. 2009) und die „Royal Society of Arts“ (Prescott 2008) haben bisher wertvolle Beiträge geliefert.

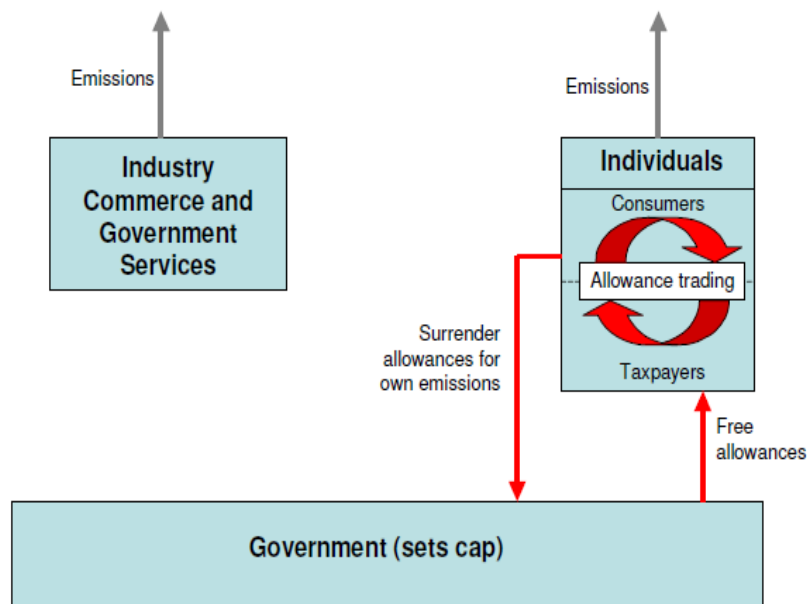


Abb. 2.7: Verdeutlichung des Prinzips von Personal Carbon Trading; Blaue Pfeile: Geldflüsse, rote Pfeile: Zertifikatsflüsse. Quelle: Johnson et al. (2008a, 20)

Systemdesign und Funktionsweise

Im Rahmen von PCR werden alle direkt von den Haushalten produzierten CO₂-Emissionen (inklusive des individuellen/privaten Flugverkehrs) erfasst. Es wird einerseits ein jährliches, nationales Cap (Begrenzung der gesamten erlaubten Emissionsmenge einer Periode), andererseits ein Handelssystem zwischen Individuen eingerichtet. Analog zum TEQs-Regime erhalten alle BürgerInnen ihr individuelles CO₂-Konto. Die jährlich ausgegebenen „Carbon Credits“ werden mit Hilfe einer elektronischen Karte verwaltet. Jedesmal, wenn eine Energierechnung zu bezahlen ist, ein Flug gebucht wird oder Kraftfahrzeuge betankt werden, ist nicht nur in der monetären Währung, sondern komplementär auch in „Carbon Credits“ zu bezahlen. Im PCR-Regime erhalten alle erwachsenen Individuen gleiche jährliche Raten. Kinder werden mit halben Raten ins System integriert. Das Cap korrespondiert mit nationalen Emissionsreduktionszielen und kann jährlich angepasst werden (Johnson et al. 2008, 32f)

- *Allokation der Zertifikate*

Das PCR-Regime schlägt ein Cap-and-Trade-System vor, in dem eine Allokation von CO₂-Emissionsrechten an alle EndverbraucherInnen erfolgt. Somit kommt allen BürgerInnen (Erwachsenen zu ganzen, Kindern zu halben Anteilen) das gleiche Recht auf CO₂-Emissionen zu. Für Kinder werden Allokationen im halben Umfang der Erwachsenen vorgeschlagen, um den (tendenziell) höheren Energiebedarf von Haushalten mit Kindern zu berücksichtigen. Dadurch sinkt die Allokation von Emissionsrechten pro Person. Die Teilnahme am System ist verpflichtend (Roberts und Thumin 2006, 13). Aufgrund der Einrichtung eines Handelssystems zwischen den individuellen EndverbraucherInnen entsteht somit ein Markt für Emissionsrechte. Dadurch sind Haushalte mit hohem direkten Energieverbrauch (und damit einhergehend in der Regel hohen CO₂-Emissionen) gezwungen, Emissionsrechte einzukaufen, während Haushalte mit geringem Energieverbrauch ihre Emissionsrechte auf dem Markt verkaufen können.

- *Anwendungsbereich und Reichweite*

In einem PCR-System werden die direkten CO₂-Emissionen von Haushalten (Heizen, Warmwasser, Kochen, Strom für Geräte), privatem Personenverkehr und individuellem/privatem Flugverkehr berücksichtigt. Die Einbindung des Flugverkehrs rechtfertigt sich aus dem Umstand, dass dieser Sektor die am schnellsten wachsende Ursache für CO₂-Emissionen darstellt (Roberts und Thumin 2006, 18). Diese beiden Sektoren sind für ca. 40% der jährlich anfallenden Emissionen verantwortlich. Die Emissionen von Unternehmen und anderen Organisationen (öffentlicher Sektor, NGOs, etc.)

sind nicht im System enthalten, was eine Kompatibilität zum EU-ETS eher ermöglicht, wobei auch hier Abstimmungsbedarf gegeben ist (siehe Kap. 2.4). Außerdem können die in Gütern enthaltenen Energieflüsse und Importe aus anderen Volkswirtschaften nicht inkludiert werden.

- *Institutionelle Arrangements*

Die Errichtung individueller CO₂-Konten für alle BürgerInnen (Erwachsene und Kinder) wird über die Verteilung von „Carbon Credit Cards“, die entweder in bestehende Bürgerkarten integriert oder als eigene Karten verteilt werden, realisiert. Die Bezahlung mit „Carbon Credits“ sollte parallel zur konventionellen Geldwirtschaft laufen. Dahinter muss ein Verwaltungsapparat stehen, der innerhalb des Konzepts des PCR-Regimes nicht weiter expliziert wird (Seyfang et al. 2009, 7). Grundsätzlich sind ähnliche institutionelle Arrangements wie bei der Einführung eines TEQs-Systems zu treffen (siehe oben, 2.3.3), wobei bei TEQs auch Unternehmen und andere Organisationen in Allokation und Handel von Zertifikaten integriert sind, andererseits bei PCR privater Flugverkehr anders behandelt wird. Seyfang et al. (2009) plädieren für *begleitende Maßnahmen* im Sinn *politisch und zivilgesellschaftlich getragener Unterstützungskampagnen*. Die AutorInnen prägen den Begriff der „Carbon Capability“, die Individuen erst erlernen müssen, da CO₂-Emissionen für die Individuen abstrakt, nicht greifbar und ungewohnt sind. Außerdem weisen sie darauf hin, dass die Mechanismen, mit denen die komplementäre Währung (die „Carbon Credits“) arbeitet, leicht verständlich und transparent sein sollen. Dieses soziale Lernen soll durch entsprechende Informationskampagnen erleichtert werden. Weiters schlagen Seyfang et al. (2009, 7f) vor, lokale Kontexte, Handlungsspielräume und Möglichkeiten in die Implementierung eines PCR-Regimes einzubeziehen, da für viele Haushalte die lokalen Bedingungen von der sie umgebenden Infrastruktur abhängig sind. Prescott (2008, 3) empfiehlt aus ähnlichen Gründen eine Vorläuferphase mit freiwilliger Beteiligung auf lokaler Ebene. Diese grundsätzlichen Überlegungen zu unterstützenden Maßnahmen betreffen auch andere PZIs, insbesondere jene, die downstream ansetzen (TEQs, Ayres Scheme, RAPS). Allerdings sind auch bei PZIs, die v.a. upstream-PZIs ansetzen (Cap & Share, Cap & Dividend), Überlegungen notwendig, welche flankierenden Maßnahmen (wie vermehrte Beratung von Haushalten etc.) sinnvoll sein könnten.

Abgesehen von der herausgehobenen Bedeutung dieser unterstützenden Maßnahmen sehen Seyfang et al. (2009, 5, 11) keine grundsätzlichen Probleme bei der technischen Umsetzbarkeit eines PCR-Regimes.

- *Wirksamkeit*

Das Ziel eines PCR-Regimes ist es, durch Festsetzung jährlich verringerter Caps die Reduktion individueller direkter Emissionen (siehe „Anwendungsbereich und Reichweite“) zu garantieren (Johnson 2008, 32, Fawcett et al. 2007, 1). Durch die Schaffung eines neuen Marktes für CO₂-Emissionen (innerhalb der Reichweite von PCR), der alle Individuen - Erwachsene und Kinder - berücksichtigt, und die Errichtung individueller CO₂-Konten sollen breites soziales Verständnis und Bewusstsein für Energiefragen, Ressourcennutzung und Nachhaltigkeit induziert und Anreize geboten werden, die CO₂-Intensität der Lebensführung der BürgerInnen zu senken.

Individuen (bzw. Haushalte) mit unterdurchschnittlich hohen CO₂-Emissionen können ein Teil ihrer Rechte („Carbon Credits“) an Individuen (bzw. Haushalte) mit überdurchschnittlich hohen CO₂-Emissionen verkaufen, wodurch ein Marktpreis für (individuelle) CO₂-Emissionen entsteht und ökonomische Anreize für eine Lebensweise mit niedrigerem CO₂-Emissionen bzw. Energieverbrauch geschaffen werden (Fawcett 2008, 1).

Es kommt zu Nachfrageverschiebungen: weniger Konsum fossiler Energieträger in Haushalten, wahrscheinlich weniger Flugreisen und gefahrene PKW-km, größere Nachfrage nach Energieeffizienztechnologien (Wärmedämmung, sparsamere Autos, etc.) Die Wirkungen auf die gesamte Volkswirtschaft ergeben sich also durch die zu erwartenden Nachfrageverschiebungen.

Seyfang et al. sprechen von einem „vital cultural shift“ (ebd. 2009, 11) bei Einführung von PCR, da das Bewusstsein der BürgerInnen in Richtung einer Verantwortlichkeit gegenüber der Umwelt in Form von „active citizenship“ gestärkt und durch die Einführung einer komplementären Währung eine „Rematerialisierung“ (Seyfang et al. 2009, 11) der Volkswirtschaften erzielt werden könnte. Diese Überlegungen gelten grundsätzlich auch für andere Downstream-PZIs (TEQs, Ayres Scheme, RAPS).

Die Gesamtwirksamkeit (im Sinne der Reduktion der Treibhausgasemissionen des gesamten Geltungsbereichs) von PCR hängt letztlich davon ab, mit welchen Instrumenten für die anderen Sektoren PCR kombiniert wird.

Bewertung

- *Kosten*

Da PCR von TEQs – zumindest was die Systemkomponente betrifft, in der BürgerInnen eingebunden sind – nicht stark abweicht, sind Kosten in ähnlichem Ausmaß wie für ein TEQs-System zu erwarten. Einrichtungs- und Instandhaltungskosten fallen an für:

- Ausstattung aller BürgerInnen mit „Carbon Credit Cards“
- Anpassung der gesamten Infrastruktur des Bankwesens an die neuen

Transaktionsformen

- Errichtung eines Handelssystems, das allen BürgerInnen einen einfachen Zugang bietet.

Anfänglich ist außerdem mit relativ hohen (Transaktions-)Kosten für die BürgerInnen zu rechnen, da Zeitressourcen für die Anpassung an das PCR-System bzw. die Verwaltung der individuellen CO₂-Konten investiert werden müssen (Johnson et al. 2007, 33). Auch Seyfang et al. argumentieren in dieselbe Richtung. Da Märkte Zeit brauchen, um sich zu institutionalisieren, können vor allem anfänglich hohe Transaktionskosten auftreten, hauptsächlich in Bezug auf die Administration (Seyfang et al. 2009, 7). Weiters könnten hohe Transaktionskosten beim Handel zwischen den Individuen erzeugt werden (ebd. 2009, 15). Diese Punkte betreffen grundsätzlich auch andere Downstream-PZIs.

Ähnlich wie bei TEQs könnte bei PCR durch schnelleres Umsetzen von Maßnahmen, die CO₂-Emissionen reduzieren, Preissteigerungen für Haushalte begrenzt und dadurch ein friktionsfreier Übergang als bei Upstream-PZIs ermöglicht werden.

- *Effektivität*

Das Cap ist an die Ziele der nationalen Emissionsreduktion gekoppelt und kann jährlich gesenkt werden. Die Festlegung des Caps erfolgt im Vorhinein, wobei korrigierende Eingriffe möglich sein könnten. Innerhalb der Reichweite von PCR ist also hohe Effektivität möglich, für die Entwicklung der gesamten CO₂-Emissionen innerhalb des Geltungsbereichs kommt es darauf an, mit welchen Instrumenten PCR gekoppelt ist. Es muss beachtet werden, dass es durch Wechselwirkungen mit anderen Instrumenten nicht zu Störungen kommt.

- *Gerechtigkeit und Fairness*

Durch das Prinzip, dass allen BürgerInnen (Erwachsenen zu ganzen, Kindern zu halben Anteilen) gleiche Rechte auf CO₂-Emissionen zugesprochen werden (Fawcett 2008, 1), entsteht ein grundsätzlich faires Regime (Johnson et al. 2008, 34). Haushalte bzw. Individuen mit unterdurchschnittlichen CO₂-Emissionen werden ökonomisch bevorzugt, da sie überschüssige Zertifikate / Carbon Credits verkaufen können.

Analog zu anderen PZIs werden selten Gerechtigkeits-/Fairnessüberlegungen angestellt, was die Situation innerhalb eines Haushalts betrifft. Beispielsweise kann verschwenderisches Verhalten einzelner Haushaltsmitglieder dazu führen, dass der gesamte Haushalt Emissionsrechte zukaufen muss, was vor allem bei Haushalten mit niedrigerem Haushaltseinkommen zu unangenehmen Einschnitten führen kann.

- *Einbindung der Bevölkerung*

Die Einbindung der Bevölkerung ist in der in einem TEQs-System vergleichbar. Durch die Integration von privatem Flugverkehr in Zertifikatsallokation und -handel ist in diesem Bereich (im Vergleich zu TEQs) eine stärkere Bewusstseinsbildung zu erwarten. Ähnlich wie bei TEQs ist eine (weitgehende) Verweigerung des Systems möglich durch Verkauf aller Emissionsrechte bei Erhalt und direkter Kauf von Zertifikaten zum jeweiligen Tagespreis bei Transaktionen, wo Zertifikate benötigt werden.

- *Komplexität*

Die Komplexität von PCR ist mit TEQs vergleichbar, zumindest was den personenbezogenen Anteil betrifft. Die Bedeutung begleitender unterstützender Maßnahmen zur Reduktion der Komplexität des Umgangs mit dem System wurde bereits unter „Institutionelle Arrangements“ hervorgehoben. Eine gewisse Komplexität könnte auch durch die Abstimmung von PCR mit parallelen Instrumenten für nicht erfasste Sektoren gegeben sein.

- *Akzeptanz*

Die Akzeptanz von PCR dürfte der eines TEQs-Systems vergleichbar sein, wobei die Akzeptanz in einer gesamtheitlicheren Sicht auch davon abhängt, welche zusätzlichen Mechanismen parallel zu PCR zu Anwendung kommen. Auch entfällt im Gegensatz zu TEQs die Frage, wie Auktionserlöse verteilt werden sollen (und damit Auswirkungen auf Akzeptanz des Instruments).

2.3.5 Rate all Products and Services (RAPS)

Das RAPS Konzept ist eine Weiterentwicklung des Ayres Scheme (siehe 2.3.6) und geht wohl am weitesten von allen genannten Vorschlägen. Aufgrund der Komplexität der dafür notwendigen Informationen und Strukturen ist RAPS kurz- und mittelfristig jedoch nicht umsetzbar (Starkey und Anderson 2005, 8).

Systemdesign und Funktionsweise

Im RAPS Konzept erhalten alle Produkte und Dienstleistungen eine Bewertung des jeweiligen Treibhausgasgehalts³, für welchen beim Kauf parallel zum Geldsystem Zertifikate (bzw. Carbon Credits) in entsprechendem Ausmaß abgegeben werden müssen. Dieser Ansatz hätte weitreichende Auswirkungen, da dadurch die Klimarelevanz des individuellen Konsumverhaltens am direktesten ersichtlich werden würde.

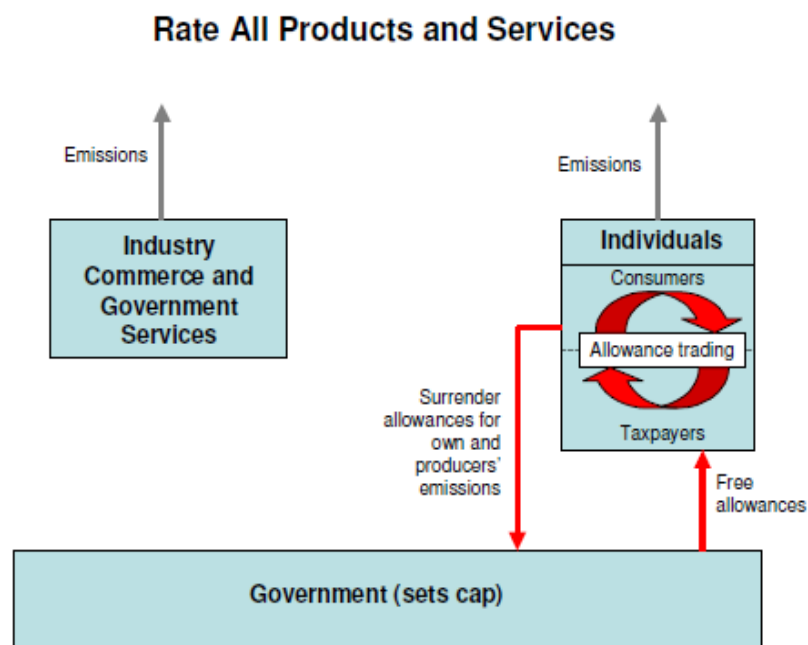


Abb 2.8: Prinzipschema des RAPS Ansatzes, Blaue Pfeile: Geldflüsse, rote Pfeile: Zertifikatsflüsse.
Quelle: Johnson et al. (2008a, 22)

- *Allokation der Zertifikate*

In einem RAPS-System werden 100% der Emissionsrechte (Carbon Credits) zu gleichen

3 Für welchen das jeweilige Produkt bzw. die Dienstleistung „verantwortlich“ ist.

Teilen an alle (erwachsenen) BürgerInnen des jeweiligen Geltungsbereiches verteilt. Zwischen den BürgerInnen ist ein Zertifikatshandelssystem implementiert.

- *Anwendungsbereich und Reichweite*

In einem RAPS System sind 100% aller CO₂-Emissionen des jeweiligen Geltungsbereiches abgedeckt. Es ist auch denkbar, alle Treibhausgasemissionen im jeweiligen Geltungsbereich zu erfassen, indem alle Treibhausgase in CO₂-Äquivalente umgerechnet werden. Darüber hinaus ist auch vorstellbar, dass in einem RAPS-System auch weitergehende Indikatoren wie der Ökologische Fußabdruck als Bewertungsmaßstab Anwendung finden.

Jedes Produkt und jede Dienstleistung wird einer Bewertung gemäß dem anzuwendenden Bewertungsmaßstab unterzogen. Im Fall, dass CO₂-Emissionen als Bewertungsmaßstab dienen, werden alle CO₂-Emissionen, die während der Herstellung des jeweiligen (Konsum-)Produkts (oder der Dienstleistung) entstehen, berechnet. Dies umfasst die direkten Emissionen, die während der Produktion entstehen, aber auch die indirekten Emissionen in den Vorprodukten. Dienen CO₂-Äquivalente als Bewertungsmaßstab, müssen auch die restlichen direkten und indirekten Treibhausgasemissionen erfasst werden und in CO₂-Äquivalente umgerechnet werden.

Beim Kauf eines Produktes oder einer Dienstleistung durch den Endverbraucher müssen nun „Carbon Credits“ im Ausmaß der im Produkt oder in der Dienstleistung steckenden errechneten CO₂-Emissionen oder CO₂-Äquivalente abgegeben (bzw. vom Konto des Bürgers abgebucht) werden. Es entsteht somit eine weitreichende Parallelwährung.

- *Institutionelle Arrangements*

Grundsätzlich ist die Einrichtung einer zentralen Bewertungsagentur angedacht. Diese müsste für alle Produkte und Dienstleistungen der gesamten Volkswirtschaft Treibhausgasbewertungen vornehmen. Dies würde bedeuten, Einsicht in die genauen Details aller Produktionsabläufe zu nehmen, was patentrechtlich sowie wettbewerbstechnisch kaum einem Unternehmen recht sein könnte.

Die Datensammlung müsste weitgehend dezentral erfolgen, aber in einer zentralen Bewertungsagentur aggregiert werden. Hier ist sicher noch einiges an Entwicklungsarbeit notwendig, erste Ansätze von derart umfangreichen Bewertungen sind aber bereits in Ausarbeitung oder Anwendung.

Weiters müsste eine verlässliche und standardisierte Vorgehensweise zur konsistenten Beurteilung über höchst unterschiedliche Branchen und Sektoren hinweg entwickelt werden, welche flexibel ist, um Innovationsprozesse und Importe zeitgerecht bearbeiten zu können. Normungsprozesse in diese Richtung sind bereits im Laufen.

- *Wirksamkeit*

Aufgrund der durchgehenden Bewertung aller Produkte und Dienstleistungen würde eine hohe Transparenz im Produktvergleich sowie eine Integration des Treibhausgasgehalts in Wettbewerbsdynamiken erfolgen. Für die Konsumenten wäre eine Bewertung des individuellen Konsumverhaltens hinsichtlich dessen Treibhausgasrelevanz möglich. Es sind entsprechende Nachfrageverschiebungen hin zu Produkten und Dienstleistungen mit geringeren CO₂-/Treibhausgasemissionen zu erwarten, welche einen entsprechenden Druck für die produzierenden Unternehmen verursachen, das Angebot und ihre Produktionsweise anzupassen. Der Innovationsprozess würde sich in Richtung der Herstellung von Gütern und Dienstleistungen mit geringeren CO₂-/Treibhausgasemissionen bewegen, was für die Unternehmen auch durch die Transparenz bezüglich der Emissionen erleichtert wird.

Aufgrund des graduell sinkenden Caps ist ein ständiger (finanzieller) Druck auf die BürgerInnen in Richtung des Kaufs von Produkten und Dienstleistungen mit geringeren CO₂-/Treibhausgasemissionen gegeben. Es ist somit eine hohe Wirksamkeit zu erwarten.

Bewertung

- *Kosten*

Aus derzeitiger Sicht würde die Berechnung des Treibhausgasgehalts aller Produkte und Dienstleistungen sehr hohe bis prohibitiv hohe Kosten verursachen (Johnson et al. 2008, 35). Neben Implementierung und Betrieb des Zertifikatshandelssystems ist ein sehr hoher Aufwand für Datensammlung und -aggregation erforderlich. Jedoch wäre der Lenkungs- und Informationseffekt dieses Systems sehr hoch, wodurch ein friktionsfreier Übergang in eine Welt mit geringeren Treibhausgasemissionen ermöglicht werden könnte.

- *Effektivität*

Aufgrund der Festlegung eines Downstream-Caps ist grundsätzlich mit einer Einhaltung der Emissionsbegrenzung zu rechnen. Da in einem solchen System die Kosten der Treibhausgasemissionen in Form von Carbon Credits, sowie direkte Information über den jeweiligen Gehalt in allen Sektoren der Volkswirtschaft sowie bei jedem Konsumakt ersichtlich werden würden, ist eine sehr hohe Effektivität in Bezug auf Ausnutzung der möglichen Vermeidungspotentiale zu erwarten (Johnson et al. 2008, 35).

- *Gerechtigkeit und Fairness*

Aufgrund der Zuteilung der Carbon Credits an alle (erwachsenen) BürgerInnen zu gleichen Teilen ist hier von einem grundsätzlich fairen System zu sprechen. Aufgrund der hohen

Transparenz bzgl. des Treibhausgasgehalts verschiedener Produkte ist es weiters für Individuen direkt möglich, ihr Konsumverhalten zu ändern. Auch ist aufgrund der kostenlosen Zuteilung an alle BürgerInnen mit einer Kompensation für steigende Preise zumindest für alle Individuen mit unterdurchschnittlichem Konsumniveau zu rechnen. Menschen mit unterdurchschnittlichem Einkommen verursachen auch in der Regel unterdurchschnittlich hohe Treibhausgasemissionen und könnten daher vom System profitieren.

- *Einbindung der Bevölkerung*

Die Einbindung der Bevölkerung ist aufgrund der hohen Informationsdichte, der Existenz einer durchgehenden Parallelwährung und der Einbindung in das Zertifikatshandelssystem als sehr hoch einzuschätzen. Aufgrund der weitreichenden Implikationen für gewohnte Lebensstile und Konsummuster, wäre aber auch mit hohem Widerstand verschiedener Bevölkerungsschichten zu rechnen (Johnson et al. 2008, 36). Auch wäre es nicht möglich, sich diesem System zu entziehen, da es ja quasi eine Parallelwährung darstellt.

- *Komplexität*

Aufgrund der hohen institutionellen Anforderungen ist die Komplexität des RAPS Konzepts aus derzeitiger Sicht als sehr hoch bis prohibitiv hoch einzuschätzen. Für die Bevölkerung ist die Komplexität und die damit verbundenen Herausforderungen als vergleichbar mit anderen Downstream-PZIs einzuschätzen. Die hohe Informationsdichte kann notwendige Lernprozesse beschleunigen, aber auch überfordernd wirken (Johnson et al. 2008, 36).

- *Akzeptanz*

Die Akzeptanz von RAPS ist grundsätzlich mit anderen Downstream-PZIs (TEQs, PCR, Ayres Scheme) vergleichbar. Der höhere Lenkungseffekt durch RAPS und die damit verbundenen möglichen Eingriffe in die Lebensführung könnte allerdings auch die Akzeptanz von RAPS reduzieren.

2.3.6 Ayres Scheme

Dieses Konzept wurde etwa Mitte der 1990er-Jahre von Robert Ayres (1997, 302-306) unter dem Titel „Tradeable Consumption Quotas“ vorgestellt.

Systemdesign und Funktionsweise

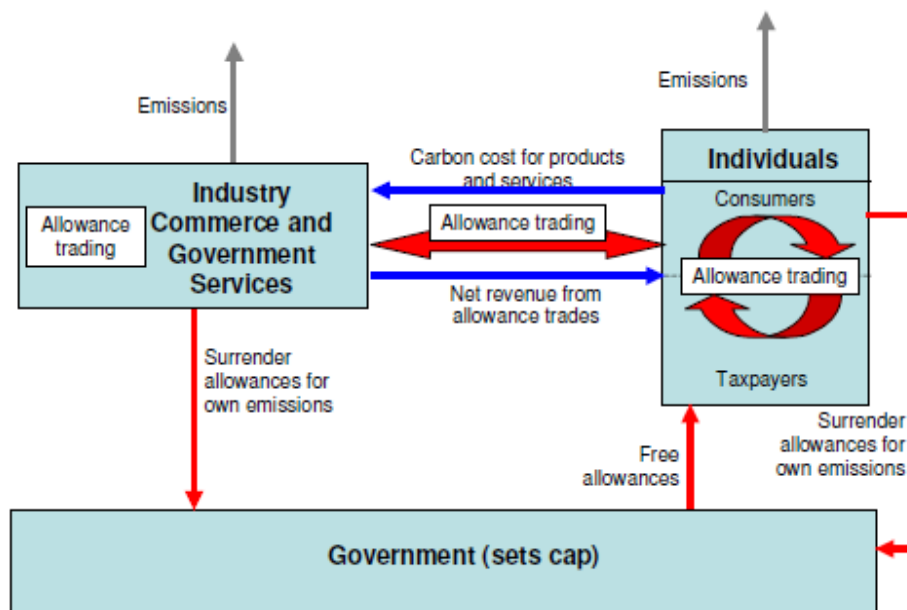


Abb 2.9: Prinzipschema des Ayres Scheme, Blaue Pfeile: Geldflüsse, rote Pfeile: Zertifikatsflüsse.
Quelle: Johnson et al. (2008a, 24)

- *Allokation der Zertifikate*

100% der Zertifikate würden zu gleichen Teilen an alle (erwachsenen) BürgerInnen des jeweiligen Geltungsbereiches kostenfrei verteilt werden. Unternehmen müssten nun, um ihre direkten (im Produktionsprozess verursachten) CO₂- bzw. Treibhausgas-Emissionen abzudecken, die dafür notwendigen Zertifikate von den BürgerInnen (über Intermedienten) kaufen. Zertifikatshandel ist zwischen den Systemteilnehmern (erwachsene BürgerInnen, Unternehmen) möglich.

- *Anwendungsbereich und Reichweite*

Nach Ayres (1997, 303) wäre eine Abdeckung für beliebige Emissionen, also auch für alle Treibhausgasemissionen, verursacht durch die Verbrennung fossiler Energieträger, möglich. Die Unternehmen wären für die jeweiligen direkten Emissionen in ihren Produktionsprozessen verantwortlich (z.B. für Transport, Lagerung, Verarbeitung, etc.). Die KonsumentInnen müssen dann nur für die verbleibenden Emissionen „bezahlen“ (also Zertifikate/Credits in diesem Ausmaß abgeben bzw. abbuchen lassen). Zum Beispiel müsste ein Treibstoffhersteller für die Emissionen, die bei Extraktion, Verarbeitung und Transport des

Treibstoffs entstehen (sofern diese Aktivitäten im Bereich des treibstoffherstellenden Unternehmens liegen), Zertifikate erwerben, während der Endverbraucher die verbleibenden Emissionen, die beim Verbrauch des Treibstoffs entstehen, abdecken muss. Endverbraucher müssen also ihren direkten fossilen Energieverbrauch durch Zertifikate/Credits abdecken, aber nicht Emissionen der Elektrizitätserzeugung (wie bei TEQs, PCR, RAPS). Ayres plädiert dafür, dass die Unternehmen den Gehalt an CO₂- bzw. Treibhausgas-Emissionen jedes ihrer Produkte zu ermitteln haben (basierend auf einer standardisierten Methodik bei regelmäßigen Überprüfungen). Neben der Abdeckung der verbleibenden Treibhausgasemissionen durch den Endverbraucher, enthalten also alle Produkte auch Informationen über die jeweiligen indirekten (in der Produktion entstandenen) Treibhausgasgehalte, um den KonsumentInnen zusätzliche Entscheidungskriterien zu liefern und sie über die dahinterliegenden Wirtschaftsprozesse zu informieren.

- *Institutionelle Arrangements*

Auf Ebene der BürgerInnen sind die Anforderungen an institutionelle Arrangements für das Ayres Scheme denen für andere Downstream-PZIs (TEQs, PCR, RAPS) vergleichbar. Das Handelssystem ist ähnlich umfassend wie bei TEQs, da auch Unternehmen eingebunden sind. Eine staatliche Stelle müsste eine standardisierte Methodologie zur Verfügung stellen, welche von Unternehmen zur Bewertung der Treibhausgasrelevanz ihrer eigenen Prozesse herangezogen werden muss. Stichprobenartige Kontrollen wie z.B. bei Steuerangelegenheiten würden erfolgen, um die ordnungsgemäße Einhaltung zu überwachen. Grundsätzlich könnte das Ayres Scheme (ähnlich wie TEQs) auch ohne die Bewertung des (indirekten) Treibhausgehalts aller Produkte funktionieren.

- *Wirksamkeit*

Die Effekte eines solchen Systems wären auf mehreren Ebenen zu erwarten. Erstens erzeugt die Notwendigkeit für Unternehmen, Zertifikate zur Deckung der direkten CO₂- bzw. Treibhausgas-Emissionen zu erwerben, eine Preissteigerung bei energie- bzw. treibhausgasintensive Produkten und Dienstleistungen. Dies würde wiederum für die Konsumenten spürbar werden und gekoppelt mit den zusätzlichen Informationen zum indirekten Treibhausgasgehalt zur graduellen Verschiebung der Konsummuster führen. Zweitens würde auf Unternehmensseite dadurch Innovationsdruck in Richtung energie- bzw. emissionsextensiver Produktion entstehen, was gekoppelt mit der standardisierten Methodologie zur Treibhausgasbewertung zu weitreichender Ausnützung von Reduktionspotentialen führen sollte. Drittens ergibt sich durch die kostenfreie Zuteilung der Zertifikate an die BürgerInnen eine Kompensation für die steigenden Preise von Produkten

und Dienstleistungen, was gerade für ärmere Bevölkerungsschichten hoch relevant wäre. (Ayres 1997, 304ff). Durch die Notwendigkeit für Unternehmen, den BürgerInnen Zertifikate abzukaufen, entsteht ein finanzieller Transfer von der Wirtschaft zu Individuen, welche somit für die zu erwartende Preissteigerung entschädigt werden. Für BürgerInnen würden auch die direkt von ihnen verursachten bzw. ihnen zugerechneten Treibhausgasemissionen, für die sie Credits abliefern müssen, transparenter.

Bewertung

- *Kosten*

Falls eine Bewertung aller Produkte erfolgt, ist die Komplexität RAPS vergleichbar und damit auch die Kosten sehr bis prohibitiv hoch. Falls diese Bewertung nicht erfolgt, sind Komplexität und Kosten einem TEQs-System vergleichbar.

- *Effektivität*

Ähnlich wie bei anderen Downstream-PZIs (TEQs, RAPS) ist mit einer hohen Effektivität zu rechnen. Bei einem funktionierenden System können die Emissionsreduktionsziele, die die gesamte Volkswirtschaft umfassen, eingehalten werden. In allen Bereichen der Wirtschaft wird Druck auf die Ausnutzung von Reduktionspotentialen aufgebaut. Durch die Verantwortung der Unternehmen, ihre eigenen Emissionen zu bewerten, entstünde ein zusätzlicher Aufbau von Know-How, was den Übergang zu einer low carbon economy beschleunigen sollte. Zusätzlich erhalten alle KonsumentInnen weitreichende Informationen über den Treibhausgasgehalt aller Produkte und Dienstleistungen, was eine direkte Reflexion der Klimarelevanz des eigenen Konsumverhaltens ermöglicht.

- *Gerechtigkeit und Fairness*

Durch die gleich hohe Zuteilung von Zertifikaten an alle (erwachsenen) BürgerInnen ist ähnlich wie bei den anderen PZIs ein inhärentes Fairnessprinzip verwirklicht. Die Kompensation für steigende Preise ist grundsätzlich gegeben, wobei besonders benachteiligte Haushalte (fehlende Infrastruktur, fehlendes Kapital zur Nutzung von Vermeidungspotential, ..) über andere Mechanismen unterstützt werden müssten.

- *Einbindung der Bevölkerung*

Die Bevölkerung ist in einem ähnlich hohen Maß wie bei den anderen Downstream-PZIs (TEQs, PCR, RAPS) eingebunden. Aufgrund der Bewertung aller Produkte und Dienstleistungen anhand ihrer Treibhausgasemissionen, sowie der Zuteilung einer begrenzten Menge an Zertifikaten ist damit zu rechnen, dass die Klimarelevanz des

individuellen Konsumverhaltens offensichtlich wird. Auch könnte ein gewisses Gefühl der Verantwortlichkeit für die entstehenden Emissionen entwickelt werden. Andererseits kann auch mit Widerständen aufgrund der weitreichenden Implikationen für gewohnte Lebensstile und Konsummuster verschiedener Bevölkerungsschichten gerechnet werden.

- *Komplexität*

Falls eine Bewertung aller Produkte erfolgt, ist die Komplexität RAPS vergleichbar (wobei beim Ayres Scheme das Handelssystem komplexer ist, da auch Unternehmen einbezogen sind). Falls diese Bewertung nicht erfolgt, ist die Komplexität einem TEQs-System vergleichbar.

Für BürgerInnen erreicht das Ayres Scheme eine ähnliche Komplexität wie andere Downstream-PZIs. Sie müssen lernen, sich in einem Zertifikatsmarkt zu bewegen und ihr Konsum- und Investitionsverhalten den Gegebenheiten anzupassen. BürgerInnen können die ihnen zugeteilten Zertifikate über Intermedienten an Unternehmen weiterverkaufen oder direkt im Zertifikatsmarkt damit handeln. Sie bekommen Informationen über die von ihnen verursachten direkten CO₂- bzw. Treibhausgas-Emissionen und über die indirekten, in den Produkten steckenden Emissionen. Ansonsten werden sie hauptsächlich mit steigenden Preisen und den somit bekannten Restriktionen wie Preis und Budget konfrontiert. Der zusätzliche Informationsgehalt über den Treibhausgasgehalt verschiedener Produkte kann als zusätzliches Kaufkriterium behandelt, oder auch ignoriert werden. Auf Unternehmensseite ist die Komplexität aufgrund der Notwendigkeit der Bewertung aller Aktivitäten und der nachvollziehbaren Zuordnung verschiedenster Emissionen zu Produkten und Dienstleistungen als sehr hoch einzuschätzen. Weiters sind sie auch in den Zertifikatshandel integriert, was deren Aufwand im Vergleich zu RAPS erhöht.

- *Akzeptanz*

Die Akzeptanz des Ayres Scheme scheint der anderer Downstream-PZIs (TEQs, PCR, RAPS) vergleichbar.

2.4 PZIs und der EU-Emissionshandel (EU-ETS)

In Reinkultur ist keines der vorgestellten PZIs mit dem EU-ETS, wie es jetzt ausgestaltet ist bzw. in Zukunft bis 2020 ausgestaltet sein wird, kompatibel.

Dies liegt an der *Doppelerfassung von Emissionen* bei parallelen Systemen, die nicht aufeinander abgestimmt sind. Z.B. sollen bei Cap & Share alle CO₂-Emissionen, die durch Verbrennung fossiler Energieträger entstehen, „upstream“ (also bei den Inverkehrbringern der fossilen Energieträger) erfasst werden. Ein Teil dieser Emissionen ist auch im EU-ETS erfasst, dieser Teil wäre also doppelt erfasst.

Es ist nicht bekannt, dass derartige Parallelitäten von den „Architekten“ der PZIs bzw. auch des EU-ETS intendiert sind. Denkbar ist, dass unterhalb eines Systems, das alle Emissionen erfasst, ein paralleles System existiert, das einen Teil der Emissionen für einen Sektor erfasst, um zu erreichen, dass auch dieser Sektor allein bestimmte Reduktionsziele erreicht. Die Existenz paralleler Systeme (mit teilweise überlappender Erfassung von Emissionen) führt auf jeden Fall zu höheren administrativen Kosten. Deren klima- und umweltpolitische Sinnhaftigkeit erscheint schwer vermittelbar und die politische Umsetzbarkeit noch schwieriger als bei einzelnen Systemen bzw. bei Systemen, die klar abgegrenzt werden können.

Die weiteren Ausführungen in diesem Abschnitt gehen also davon aus, dass parallele Zertifikatshandelssysteme so ausgestaltet sein sollten, dass sie verschiedene Emissionsbereiche abdecken.

Die Kombination EU-ETS und PZI erfordert daher eine Modifikation der Systeme, die prinzipiell auf verschiedene Arten erfolgen kann:

- a) das PZI passt sich dem EU-ETS an,
- b) das EU-ETS passt sich dem PZI an,
- c) beide Systeme werden einer Modifikation unterzogen. Es entsteht dann ein neues „Hybrid“-System, das einzelne Eigenschaften beider Systeme kombiniert.

Die Frage, ob die Varianten a) und b), in denen davon ausgegangen wird, dass ein System seine Konzeption beibehält, während ein anderes so modifiziert wird, dass es mit diesem kompatibel ist, realistisch sind, ist Gegenstand der Diskussion innerhalb des Projektteams. Auch wenn Zweifel an der Realitätsnähe der Varianten a) und b) bestehen, wird im folgenden das Gedankenexperiment unternommen, diese Modifikationsvarianten für die einzelnen in Kap. 2.3 vorgestellten PZIs zu beschreiben. Die Unterschiede sowie die Überlappungsbereiche zwischen den einzelnen Systemen werden dadurch klarer herausgearbeitet.

Cap & Share und Cap & Dividend

a) PZI passt sich dem EU-ETS an

Diskutiert wird hier die Option (z.B. in Johnston et al., 2008b), im Rahmen von Cap & Share oder Cap & Dividend solche Emissionsbereiche zu erfassen, die vom EU-ETS klar abgrenzbar sind, z.B. alle Treibstoffe für Transportzwecke. Dies setzt voraus, dass bei den teilnehmenden Unternehmen, welche fossile Energieträger in Verkehr bringen, klar nachvollziehbar ist, welcher Anteil der von diesen Unternehmen in Verkehr gebrachten fossilen Energieträger tatsächlich Treibstoffe sind. Im Falle, dass solche Unternehmen fossile Energieträger an andere weiterverkaufen, die dann erst Treibstoffe herstellen, müssten auch diese Unternehmen erfasst werden, was das System etwas komplizierter macht.

Während bei Treibstoffen die Abgrenzbarkeit noch relativ gut gegeben erscheint, wird dies im Bereich von fossilen Energieträgern, die zur Raumwärmeerzeugung verwendet werden (ebenfalls ein nicht im EU-ETS erfasster Bereich) schon schwieriger. Welcher Anteil des in Verkehr gebrachten Erdgases eines Unternehmens, das Erdgas ins Netz einspeist, wird für Raumwärme, für vom EU-ETS erfasste Prozesse, für andere Zwecke verwendet? Dies ist nicht genau bzw. wenn, dann nur mit hohem Aufwand, feststellbar.

b) EU-ETS passt sich dem PZI an

Eine Anpassung des EU-ETS an Cap & Share oder Cap & Dividend bedeutet, dass alle von Cap & Share oder Cap & Dividend erfassten Emissionen, die auch im EU-ETS erfasst sind, aus dem EU-ETS herausgenommen werden und nur ein deutlich reduziertes EU-ETS übrigbleibt, und zwar für:

- CO₂-Emissionen, die nicht von Energieträgern stammen (z.B. aus der Zementproduktion)
- Non-CO₂-Emissionen

TEQs (Tradable Energy Quotas)

a) PZI passt sich dem EU-ETS an

Modifikationsbedarf ergibt sich für den Sektor der Elektrizitätserzeugung. Im System der TEQs muss ja jeder Teilnehmer (Individuum, Unternehmen, andere Organisationen, öffentlicher Sektor) Zertifikate in einem Ausmaß erwerben bzw. nachweisen, das dem direkten fossilen Energieverbrauch und dem Verbrauch für Elektrizität des jeweiligen Teilnehmers entspricht. Im Gegensatz dazu müssen im EU-ETS die Elektrizitätserzeugungsunternehmen Zertifikate erwerben, die den durch die Elektrizitätserzeugung verursachten CO₂-Emissionen entsprechen.

Für alle Teilnehmer am TEQs-System, die nicht auch am EU-ETS teilnehmen, ändert sich also nicht sehr viel: Sie bekommen Zertifikate bzw. müssen Zertifikate in dem Ausmaß erwerben, das ihrem direkten fossilen Energieverbrauch entspricht. Die Einbettung der Elektrizitätsproduktion in das EU-ETS bedeutet, dass Zertifikatspreise in den Strompreis eingepreist und nur über diesen Mechanismus für Stromverbraucher spürbar werden, aber der Stromverbrauch keine Bedeutung für das jeweilige CO₂-Budget des Verbrauchers hat.

Für ein Unternehmen, das am EU-ETS teilnimmt, bedeutet ein paralleles TEQs-System,

dass sie an zwei Systemen teilnehmen müssen. Einerseits am EU-ETS, wie in der jetzigen Konzeption vorgesehen, andererseits am TEQs-System für die diejenigen CO₂-Emissionen des fossilen Energieverbrauchs, die nicht vom EU-ETS erfasst sind.

Für diese Unternehmen bedeutet das also zusätzlichen Aufwand: einerseits müssen sie klar bilanztechnisch zwischen EU-ETS- und TEQs-Emissionen trennen können, außerdem müssen sie am (modifizierten) TEQs-Handelssystem teilnehmen.

b) EU-ETS passt sich dem PZI an

b1) Elektrizität wird so behandelt, wie im TEQs-System vorgesehen (sonst keine Modifikation des EU-ETS). D.h. Elektrizitätserzeugungsunternehmen treten aus dem EU-ETS aus und werden so behandelt, wie sie in einem reinen TEQs-System behandelt würden. Für alle anderen im EU-ETS erfassten Unternehmen ergibt sich der parallele Aufwand, wie oben unter a) beschrieben (und sie müssen ihren Stromverbrauch bilanzieren und für diesen Zertifikate erwerben, wie unter TEQs vorgesehen). Für alle anderen Teilnehmer am TEQs-System funktioniert das System wie ursprünglich vorgesehen.

b2) Starke Anpassung des EU-ETS

Nur ein deutlich reduziertes EU-ETS bleibt übrig:

- CO₂-Emissionen, die nicht von Energieträgern stammen (z.B. aus der Zementproduktion)
- Non-CO₂-Emissionen

werden in diesem Minimal-EU-ETS erfasst. TEQs-System wird umgesetzt wie ursprünglich vorgesehen.

Personal Carbon Rationing (PCR)

a) PZI passt sich dem EU-ETS an

Modifikationsbedarf ergibt sich für die Sektoren Elektrizitätserzeugung und Flugverkehr. Die CO₂-Emissionen, die BürgerInnen für deren (privaten) Elektrizitätsverbrauch und Flugverkehr unter PCR zugerechnet werden, würden aus PCR herausgenommen, da diese beim EU-ETS erfasst sind (Flugverkehr ab 2013). Damit bleiben für PCR nur die von Bürgern verursachten direkten CO₂-Emissionen für Raumwärme, Warmwasser, Kochen und Mobilität übrig.

b) EU-ETS passt sich dem PZI an

CO₂-Emissionen aus Elektrizitätsverbrauch und Flugverkehr werden so behandelt wie unter PCR vorgesehen⁴.

Elektrizitätserzeugungs- und Flugverkehrsunternehmen müssen also klar unterscheiden können zwischen Emissionen, die von PCR erfasst sind, und den restlichen Emissionen, die dem EU-ETS unterworfen sind. Aufgrund dieser bilanztechnischen Trennung ergibt sich für diese Unternehmen ein zusätzlicher Aufwand.

⁴ Im Projekt MoZert ist PCR in dieser Art implementiert, d.h. Emissionen aus Elektrizitätsverbrauch und Flugverkehr sind den Haushalten zugerechnet.

Rate All Products and Services (RAPS)

a) PZI passt sich dem EU-ETS an

Dies würde bedeuten, dass alle CO₂-Emissionen, die durch den EU-ETS erfasst sind, aus der Bilanzierung jedes Produktes und jeder Dienstleistung herausgerechnet werden. Die Bewertung eines Produktes oder einer Dienstleistung umfasst also alle CO₂-Emissionen, die für Herstellung und Transport (inkl. der Vorprodukte) anfallen, allerdings werden davon alle Emissionen, die schon im EU-ETS erfasst sind, abgezogen. Einerseits erfordert das einen zusätzlichen (zum bereits sehr hohen) bilanztechnischen Aufwand, andererseits erscheint es wenig sinnvoll, da dadurch die Vergleichbarkeit für den Endverbraucher eingeschränkt und die Lenkungswirkung verfälscht wird. *Diese Variante erscheint also nicht sinnvoll.*

b) EU-ETS passt sich dem PZI an

Dies wäre nur insofern möglich, als eine Minimalvariante des EU-ETS übrigbleibt (siehe oben). Im reduzierten EU-ETS würden nur folgende Emissionen erfasst:

- CO₂-Emissionen, die nicht von Energieträgern stammen (z.B. aus der Zementproduktion)
- Non-CO₂-Emissionen

Dies gilt auch nur insofern, als diese Emissionen nicht ohnehin bei der Bewertung durch RAPS einfließen. Es sind ja für RAPS unterschiedlich umfassende Bewertungsgrößen vorstellbar.

Ayres Scheme

a) PZI passt sich dem EU-ETS an

Für die Allokation bedeutet das, dass an Personen weniger Zertifikate ausgegeben werden - nämlich im Ausmaß der Emissionen, die im EU-ETS erfasst sind. Ansonsten ändert sich für BürgerInnen eigentlich nichts – sie brauchen Zertifikate/Credits für ihre direkten Emissionen, können überschüssige Zertifikate an Unternehmen oder andere BürgerInnen über ein Handelssystem verkaufen.

Für Unternehmen, die im EU-ETS dabei sind, ergibt sich ein zusätzlicher Aufwand, da sie neben der Teilnahme am EU-ETS auch am Ayres Scheme (für die nicht vom EU-ETS erfassten Emissionen) teilnehmen müssen.

b) EU-ETS passt sich dem PZI an

Falls das Ayres Scheme umgesetzt wird wie vorgesehen, bleibt für ein reduziertes EU-ETS die bereits oben beschriebene Minimalvariante übrig:

Im reduzierten EU-ETS würden nur folgende Emissionen erfasst:

- CO₂-Emissionen, die nicht von Energieträgern stammen (z.B. aus der Zementproduktion)
- Non-CO₂-Emissionen

Zusammenfassung

Die Variante „a) *PZI passt sich dem EU-ETS an*“ wird in dieser Diskussion der Kompatibilität von PZIs mit dem EU-ETS nur für RAPS als dezidiert nicht sinnvoll erachtet, für die anderen PZIs ist diese Variante zumindest denkbar. Es ergibt sich allerdings immer eine höhere Systemkomplexität, und die Wirksamkeit des PZIs im Vergleich zum Fall, wo es alleine zur Anwendung käme, wird abgeschwächt. Die Variante „b) *EU-ETS passt sich dem PZI an*“ bedeutet (abgesehen von einer Subvariante bei TEQs) immer, dass nur ein sehr reduziertes EU-ETS übrigbleibt. Dies ist zumindest bis 2020 realpolitisch kaum vorstellbar.

Kompatibilität mit dem EU-Effort Share

Definition EU Effort Share:

Innerhalb der EU sind die einzelnen Mitgliedsstaaten verschiedenen hohen CO₂-Emissions-Reduktionsverpflichtungen eingegangen (Kyotoziel, 20-20-20-Ziele). Einige Länder müssen sich also „mehr anstrengen“, andere weniger bzw. wird diesen Ländern noch mehr Chance auf klassische wirtschaftliche Entwicklung eingeräumt.

Eine Einführung eines *Upstream-Instruments* wie Cap & Share oder Cap & Dividend auf *internationaler Ebene* (EU oder darüber hinaus) ist mit dem EU Effort Share *nicht kompatibel*. Das Upstream-Instrument würde garantieren, dass die Cap, die für den gesamten Geltungsbereich gilt, eingehalten wird – wieviel Emissionen innerhalb der einzelnen Mitgliedsstaaten verbraucht (bzw. reduziert) werden, ist im Grunde egal bzw. auch durch das Instrument nicht unmittelbar beeinflussbar.

Der Effort Share – im Sinne, dass sich einzelne Länder höhere und andere niedrigere Reduktionsverpflichtungen auferlegt haben, könnte am ehesten in ein Upstream-Instrument einbezogen werden, indem das Prinzip des gleich hohen Emissionsrechts pro Bürger/in aufgeweicht wird – d.h., dass BürgerInnen aus Ländern mit höherer Reduktionsverpflichtung weniger Zertifikate zugeteilt bekämen.

Die Einführung eines *Upstream-Instruments auf nationaler Ebene* ist hingegen mit dem EU Effort Share *kompatibel*. Die Höhe der Cap könnte entsprechend der im Effort Share festgelegten Reduktionsverpflichtung angesetzt werden.

Mit einem *Downstream-Instrument* (wie TEQs, PCR, RAPS) hingegen ist generell eine *sehr gute Kompatibilität mit dem EU Effort Share* gegeben, sofern diese Instrumente auf nationaler Ebene umgesetzt werden, wie primär intendiert. Die Höhe der Cap kann entsprechend der im Effort Share festgelegten Reduktionsverpflichtung angesetzt werden. Es ist sogar so, dass (im Gegensatz zum bislang eingesetzten Instrumenten-Mix) die nationale Einführung von TEQs oder RAPS tatsächlich garantieren könnte, dass ein Staat seine Reduktionsverpflichtung erfüllt (da alle im Land entstehenden fossilen CO₂-Emissionen durch TEQs oder RAPS erfasst werden können). Dies gilt auch bei einer nationalen Einführung eines Upstream-Instruments (wie Cap & Share oder Cap & Dividend).

2.5 Bewertung von PZIs anhand der DEFRA Studie

Das UK-Ministerium DEFRA (Department for Environment, Food and Rural Affairs), das hinsichtlich seiner Zuständigkeitsbereiche in etwa dem österreichischen „Lebensministerium“ (BMFLUW) vergleichbar ist, veröffentlichte im April 2008 eine „Pre-Feasibility“-Studie zur Thematik des „Personal Carbon Trading“ (PCT).

In vier Teilberichten (DEFRA 2008b, c, d, e), zusammengefasst in einem Synthesis Report (DEFRA 2008a), wurden folgende Aspekte des Personal Carbon Trading näher beleuchtet:

- 1) Potentielle Kosteneffizienz und strategische Eignung im Vergleich zu alternativen Instrumenten, wie CO₂-Steuern oder Formen des Upstream Trading (*meint hier: EU-ETS oder ähnliches System*)
- 2) Verteilungswirkung
- 3) Öffentliche Akzeptanz
- 4) Technische Durchführbarkeit und potentielle Kosten.

Betrachtet wurde in der DEFRA-Studie ein Zertifikatssystem, das mit einem TEQs- bzw. DTQs-System (siehe Kap. 2.3) vergleichbar ist. In der DEFRA-Studie wird generell der Begriff des „*Personal Carbon Trading*“ (PCT) für das dort betrachtete Zertifikatssystem verwendet. Im folgenden werden ebenfalls die Begriffe „Personal Carbon Trading“ bzw. PCT verwendet.

Allgemein wurden bei diesen Untersuchungen folgende Annahmen getroffen:

- Das EU-Emissionshandelssystem (EU ETS) existiert nicht bzw. gibt es zumindest keine Interaktion mit dem EU-ETS, es gibt angebotsseitig keine Deckelung der CO₂-Emissionen für inländische Energieanbieter.
- 40 Prozent der vergebenen Emissionsberechtigungen werden kostenlos und gleichmäßig an alle erwachsenen Individuen innerhalb des UK verteilt, während die verbleibenden 60% unter Primärmarktteilnehmern (z.B. Banken, also Organisationen, die direkt auf dem Emissionsmarkt tätig sind) versteigert werden, welche diese an Sekundärmarktteilnehmer (Unternehmen, öffentlicher Sektor, andere Organisationen) weiterverkaufen.
- Die Emissionslizenzen umfassen die CO₂-Emissionen, die durch direkten fossilen Energieverbrauch und durch Elektrizitätsverbrauch der jeweiligen Teilnehmer (Individuen, Organisationen) entstehen.

Die Studie ist allerdings nicht ganz konsistent, was diese Annahmen betrifft. In der Teilstudie „Assessment of the potential effectiveness and strategic fit of personal carbon trading“ (DEFRA 2008b) wird ein System betrachtet, das nur den individuellen direkten Verbrauch an fossilen Energieträgern, den individuellen Stromverbrauch und den individuellen Konsum an Flugreisen beinhaltet (DEFRA 2008b, S. 2). Das hier betrachtete System entspricht also dem

in Kap. 2.3.4 beschriebenen PCR-System und ist somit kein System, das wie TEQs bzw. DTQs die gesamte Volkswirtschaft erfasst. Dieser Umstand der Teilerfassung wird auch in der Stellungnahme der Lean Economy Connection (The Lean Economy Connection 2008) kritisiert (siehe unten).

Für die Untersuchungen in den Teilberichten zu Verteilungswirkung (DEFRA 2008c) und Öffentliche Akzeptanz (DEFRA 2008d) spielt es keine Rolle, ob ein PCR-ähnliches System, das nicht die gesamte Volkswirtschaft erfasst, oder ein TEQs-ähnliches System, das die gesamte Volkswirtschaft erfasst, betrachtet wird. Die Untersuchungen in diesen Teilberichten beziehen sich ohnehin nur auf Individuen bzw. Haushalte.

Im folgenden wird der Inhalt der vier Teilberichte zusammengefasst. Anschließend wird, ebenfalls zusammenfassend, der Inhalt zweier Stellungnahmen bzw. Folgeberichte (The Lean Economy 2008, IPPR 2009) vorgestellt, die auf den DEFRA-Bericht, teilweise kritisch, eingehen.

Potentielle Effizienz und strategische Eignung (DEFRA 2008b)

Es wird argumentiert, dass das PCT auf zwei Ebenen eine Minderung von CO₂-Emissionen herbeiführen könnte.

- 1) Durch den infolge des Handels zwischen den Lizenzhaltern entstehenden Preis für CO₂-Zertifikate, der wiederum zu einem veränderten Konsumverhalten führt; sowie
- 2) durch die erhöhte Sichtbarkeit des persönlichen CO₂-Budgets für die Individuen, womit das individuelle Bewusstsein über die Auswirkungen des individuellen Verhaltens auf die CO₂-Emissionen verbessert und so eine entsprechende Änderung des Verhaltens befördert werden soll.

Hinsichtlich der ersten Ebene, dem Preisaufschlag in Abhängigkeit der CO₂-Intensität verschiedener Aktivitäten, kommen die Autoren zum Schluss, dass dies mit anderen Instrumenten – genannt werden eine CO₂-Steuer oder Formen des Upstream Trading – kosteneffizienter erreicht werden kann. Als *Unique Selling Point des Personal Carbon Trading* wird deshalb nur die zweite Ebene der erhöhten Sichtbarkeit des individuellen CO₂-Budgets betrachtet und weiter behandelt.

Hinsichtlich der erhöhten Sichtbarkeit der individuellen CO₂-Emissionen für den einzelnen Konsumenten werden wiederum drei Aspekte unterschieden, nämlich:

- (1) indirektes Feedback, d.h. das Individuum wird über die CO₂-Emissionen, die mit einer Ware oder Aktivität (sofern diese Waren oder Aktivitäten vom System erfasst sind) verbunden sind, informiert;
- (2) Feedback über die gesamten (vom System erfassten) CO₂-Emissionen eines Individuums
- (3) ein „stop and think moment“ im Moment der Bezahlung einer Ware, da nicht nur

die monetären Kosten anfallen, sondern auch die „CO₂-Kosten“ (durch Abzug vom CO₂-Konto, oder durch direkten Kauf von CO₂-Zertifikaten).

Das Ziel des indirekten Feedbacks kann laut Aussagen der Studie wesentlich kosteneffizienter auf anderem Weg erreicht werden, indem etwa beim Kauf von Waren, etwa eines Fluges von A nach B, zusätzlich zum Preis die damit verbundenen CO₂-Emissionen explizit ausgewiesen werden. Somit würden lediglich die Aspekte 2 (Feedback über die gesamten CO₂-Emissionen eines Individuums) und 3 („stop and think moment“) als mögliche Zusatznutzen des Personal Carbon Trading verbleiben.

Folgende *Schlussfolgerungen* werden daraus in der Studie gezogen:

- Der Nutzen einer verbesserten Sichtbarkeit der individuellen CO₂-Emissionen kann besser über ein entsprechendes Labeling erreicht werden, ergänzt durch bewusstseinsbildende und beratende Maßnahmen.
- Diese informierenden Maßnahmen ergänzen könnte ein Preissignal, das durch eine CO₂-Steuer, eine Ausweitung des EU Emissionshandelssystems oder eine andere Form des Upstream Trading am kostengünstigsten erreicht werden kann.
- Gegen die Implementierung des PCT sprechen letztlich vor allem die hohen Kosten, die mutmaßlich mit seiner Administration verbunden wären. Entwürfe eines Systems des PCT, die in der Lage sind, diese hohen Kosten deutlich zu senken, könnten deshalb zu einer positiveren Neubewertung dieses Instruments führen.

Es soll auch nochmal darauf hingewiesen werden, dass in diesem Teilbericht kein Personal Carbon Trading System betrachtet wurde, das die gesamte Volkswirtschaft erfasst. Das hier betrachtete System mit Fokus auf die individuell verursachten Emissionen entspricht PCR (Kap. 2.3.4) und nicht TEQs bzw. DTQs.

Verteilungswirkung (DEFRA 2008c)

Von Befürwortern des Personal Carbon Trading wird die inhärente Fairness dieses Instruments betont, die sich daraus ergebe, dass zunächst jedes erwachsene Individuum dieselbe Menge an CO₂-Emissionsrechten zugeteilt bekommt. Um dieses Argument zu untersuchen, wurde in einem zweiten Teilbericht erörtert, wie PCT sich finanziell auf verschiedene Bevölkerungsgruppen auswirken würde.

In einer vergleichenden Analyse der Ausgaben verschiedener Haushalte wurden 15 Variablen identifiziert, die die durchschnittlichen Pro-Kopf-Emissionen Erwachsener in einem Haushalt signifikant beeinflussen. Sieben dieser 15 Variablen wurden genutzt, um die Haushalte in Gruppen hinsichtlich ihrer CO₂-Emissionen einzuteilen. Diese sieben Variablen waren (jeweils bezogen auf einen Haushalt) 1) Anzahl der Erwachsenen, 2) Anzahl der Räume, 3) Anzahl der Kinder, 4) Einkommen, 5) Eigentumsverhältnisse (Miete oder

Eigentum), 6) Wohnungstyp und 7) ländlicher/städtischer Wohnort.

Die Verteilung der Haushalte hinsichtlich dieser Variablen zeigte, dass etwa drei Fünftel der Haushalte des UK mehr Emissionsrechte zugeteilt bekommen würden, als sie in ihrer gegenwärtigen Situation benötigen, wenn dabei die gegenwärtige Emissionshöhe im UK als erlaubte Gesamtmenge zugrunde gelegt wird. Bezogen auf das Haushaltseinkommen wären laut dem Bericht 71 Prozent der Haushalte mit niedrigen Einkommen, jedoch nur 55 Prozent der Haushalte mit hohem Einkommen Gewinner (mehr Zuteilungen als gegenwärtige Emissionen). Dies zeigt, dass das PCT im Durchschnitt eine Umverteilung von Haushalten mit hohem zu Haushalten mit niedrigem Einkommen zur Folge hätte. Verstärkt wird dieses Bild dadurch, dass die Verlierergruppe unter den Haushalten mit niedrigem Einkommen absolut weniger verlieren als die Verlierergruppe unter den Haushalten mit hohem Einkommen, während umgekehrt die Gewinnergruppe unter den Haushalten mit niedrigem Einkommen absolut mehr gewinnt, als die Gewinnergruppe unter den Haushalten mit hohem Einkommen.

Von der Verlierergruppe der Haushalte mit niedrigem Einkommen lebt ein großer Teil in ländlichen Regionen, was in Folge der längeren Wege sowie überdurchschnittlich großen Häusern bzw. Wohnungen relativ hohe Emissionen zur Folge hat. Erhöhte Emissionen infolge der unterschiedlichen Heizungsenergie spielen dabei eine größere Rolle als erhöhte Emissionen infolge der unterschiedlichen Weglängen. Als für das UK spezieller Faktor kommt hinzu, dass in Nordirland infolge der dort verbreiteten Ölheizungen überdurchschnittlich viele Haushalte in der Verlierergruppe zu finden sind.

Die Teilbereiche, in denen eine unerwünschte Umverteilung von einkommensschwächeren zu einkommensstärkeren Haushalten erwartet wird, scheinen durch ausgleichende Maßnahmen lösbar. Als wichtige Elemente werden hierbei die Reduzierung von Unterbelegungen im Wohnbereich, thermische Sanierungen sowie die Reduzierung der CO₂-Intensität von Heizsystemen genannt. Zusätzlich dazu könnte die Umverteilungswirkung insgesamt gemildert werden, indem das Design der Zuteilung von Emissionsrechten angepasst, also zum Beispiel der Anzahl der Kinder eines Haushalts berücksichtigt wird.

Insgesamt kommt dieser Teilbericht zum Schluss, dass der Aspekt der Verteilungswirkung der Umsetzung des PCT nicht grundsätzlich im Wege steht. Angemahnt wird abschließend lediglich, dass die Einbeziehung folgender Faktoren hinsichtlich ihrer Umverteilungswirkung zukünftig näher untersucht werden sollte:

- Die Kosten für die Implementierung und Administration des PCT.
- Die Einbeziehung von Emissionen durch Privatflüge.
- Möglichkeiten für Emissionsminderungen in Abhängigkeit der unterschiedlichen Situation von Haushalten.
- Optionen im Zusammenhang mit verschiedenen Ausgestaltungsmöglichkeiten des PCT.

Öffentliche Akzeptanz (DEFRA 2008d)

Der dritte Teilbericht behandelt die Frage, inwieweit das Instrument des PCT, als wesentliche Voraussetzung der politischen Umsetzung, Akzeptanz in der Öffentlichkeit findet. Der Fokus der Fragestellung lag dabei auf

- 1) der Frage, inwieweit eine persönliche Verantwortung für den Klimawandel gesehen wird,
- 2) der Akzeptanz des PCT im Vergleich zu zwei alternativen Instrumenten zur Senkung der CO₂-Emissionen (Upstream Trading und CO₂-Steuer) sowie
- 3) spezifischen Elementen des PCT-Designs.

Zur Beantwortung der Forschungsfrage wurden in zwölf Fokusgruppen mit 92 repräsentativ ausgewählten Individuen Diskussionen geführt, wobei 50 Prozent dieser Personen danach kontaktiert und zusätzlich in einem strukturierten Interview telefonisch befragt wurden.

Den Widerstand der Teilnehmer gegenüber einem System des PCT schätzen die Autoren des Berichts angesichts dessen, dass die Teilnehmer im Allgemeinen bereit waren, ihre eigene Verantwortung für CO₂-Emissionen einzugestehen, geringer ein, als erwartet worden war. Die von den Teilnehmern aus dieser Verantwortung gezogenen Schlüsse werden allerdings als inkonsistent beurteilt, da einerseits staatliche Eingriffe und die Übernahme persönlicher Verantwortung gefordert wurden, andererseits aber ein großes Misstrauen gegenüber den Fähigkeiten zu wirksamen Eingriffen bestand und eigene finanzielle Beteiligungen abgelehnt wurden. Eine der *zentralen Besorgnisse* bestand außerdem darin, dass ein entsprechendes System des PCT weitreichende *Eingriffe in persönliche Daten* erfordern würde.

Besonders beunruhigend empfanden die Teilnehmer, dass ihrem Eindruck nach durch das System des PCT *individuellen Aktivitäten bestimmte Grenzen* auferlegt würden. Dies gilt allerdings auch für die vorgeschlagenen Alternativinstrumente (CO₂-Steuer und Upstream Trading), bei denen sich die Abneigung vor allem auf die Möglichkeit bezog, dass durch Preissignale das individuelle Verhalten verändert werden soll.

Die Reaktionen auf verschiedene Aspekte des Handelssystems ließen sich in folgende Gruppen einteilen:

- 1) PCT überfordert durch seine Komplexität die Individuen, die daran teilnehmen sollen,
- 2) PCT wird das Ziel der Emissionsreduktion nicht erreichen,
- 3) moralische Bedenken (z.B. dass sich einzelne Leute durch den Verkauf von Emissionslizenzen bereichern könnten) und
- 4) die persönliche Abneigung, an einem entsprechenden Handelssystem teilzunehmen (z.B. wegen des Zeitaufwands).

Beim Vergleich der Reaktionen auf verschiedene Instrumente (PCT, CO₂-Steuern und Upstream Trading (wie EU-ETS)) zeigt sich, dass das PCT die Teilnehmer stärker als die anderen Instrumente *polarisierte*, wobei beim PCT eine Tendenz zu einer sehr negativen Beurteilung, bei den anderen Optionen eine Tendenz zu einer moderat positiven Beurteilung zu beobachten war.

Um den offensichtlich signifikanten Widerstand gegenüber dem PCT aber auch anderen Instrumenten zur Reduktion von CO₂-Emissionen zu reduzieren, werden abschließend folgende Möglichkeiten erörtert:

- Gezieltes Ansprechen zentraler Befürchtungen in Bezug auf die Instrumente, wie etwa die Betroffenheit besonders verletzlicher Bevölkerungsgruppen.
- Eine detaillierte Beschreibung, wie der Emissionshandel in der Praxis und insbesondere für die einzelnen Individuen aussehen würde. Die Form der Beschreibung und Präsentation des PCT scheint eine wesentliche Rolle bei seiner anschließenden Beurteilung zu spielen.

Technische Durchführbarkeit und potentielle Kosten (DEFRA 2008e)

Die Einführung des PCT wäre mit einem großen Aufwand verbunden: Einerseits müsste ein System geschaffen werden, welches die Emissionslizenzen - im Falle des UK – an etwa 50 Millionen Menschen verteilt. Andererseits müsste die Nutzung der Lizenzen durch die Teilnehmer am Handelssystem an allen relevanten Verkaufsstellen registriert werden. Der vierte Teilbericht beschäftigt sich damit, ob die Implementierung eines entsprechenden Systems technisch machbar und mit welchen potentiellen Kosten sie verbunden wäre.

Die technische Umsetzung wäre laut Studie zum größten Teil innerhalb existierender Systeme während sechs bis acht Jahren möglich. Der Registrierung der Individuen folgend würde ein nationales Abrechnungssystem jährlich eine bestimmte Menge an CO₂-Emissionslizenzen als Gutschrift auf die Konten der Individuen verteilen. Diese CO₂-Konten würden von Banken, parallel zu den derzeitigen Geldkonten, eingerichtet und verwaltet. Die anfallenden CO₂-Kosten würden bei jedem relevanten Einkauf über eine Chipkarte abgerechnet und vom CO₂-Konto abgezogen.

Für den CO₂-Handel zwischen Individuen wäre eine Handelsplattform zu schaffen. Vermittelt über die Banken könnten die Individuen auf dieser Handelsplattform dann zusätzliche CO₂-Lizenzen kaufen oder überschüssige Lizenzen verkaufen.

Die Kosten für die Einrichtung eines Systems des PCT für 50 Millionen Individuen (Erwachsene im UK) werden auf 700 Mio. bis 2 Mrd. Pfund Sterling geschätzt, die laufenden Kosten auf 1-2 Mrd. Pfund Sterling pro Jahr. Die administrativen Kosten wären somit deutlich

höher als beim Upstream Trading, wo die Einrichtungskosten bei einer Teilnahme von etwa 5'000 Organisationen auf 50-100 Mio. Pfund Sterling und die Betriebskosten auf 50 Mio. Pfund Sterling pro Jahr geschätzt werden. Die Autoren relativieren diese höheren Kosten allerdings angesichts dessen, dass sie zum möglichen Nutzen in Bezug gesetzt und in Relation zu den Kosten für andere, vergleichbare Klimaschutzmaßnahmen betrachtet werden müssten.

Nichtsdestotrotz halten es die Autoren des Berichts angesichts der geschätzten Kosten für notwendig, in zukünftigen Projekten mögliche Kostenreduktionen zu auszuloten.

Diese könnten sich durch

- 1) eine Veränderung des PCT-Designs,
- 2) technologische Entwicklungen und
- 3) Möglichkeiten der kommerziellen Nutzung ergeben.

Zusätzlich dazu sei nochmals die Frage zu stellen, ob der mögliche Nutzen nicht doch diese hohen Kosten aufwiegen könnte.

Kritik / Diskussion der DEFRA Studie

1. The Lean Economy Connection 2008: “DEFRA’s pre-feasibility study into Personal Carbon Trading – A missed opportunity”

Unmittelbar nach der Veröffentlichung der DEFRA-Studie publizierte das von David Fleming, dem Entwickler von DTQs und TEQs, geleitete Forschungszentrum „The Lean Economy Connection“ (im Folgenden als LEC abgekürzt) eine Kritik daran. Danach enthalte der DEFRA-Bericht „several important misunderstandings“. Die Hauptaussagen der Kritik werden im Folgenden zusammengefasst.

Grundlegende Kritik üben die Autoren am *Teilbericht über die potentielle Effizienz und strategische Eignung* (DEFRA 2008b). Dieser geht laut LEC von zwei Annahmen aus, die dem Grundgedanken der TEQs bzw. DTQs widersprechen:

- 1) Das hier betrachtete PZI umfasst nicht die gesamte Ökonomie, sondern nur bestimmte Teilbereiche (wie auch bereits oben erläutert).
- 2) Es ist kein „Hard Cap“ bei den Gesamtemissionen vorgesehen, zumindest erachtet dieser Teilbericht ein Hard Cap als politisch schwer durchsetzbar.

Von einem „*Hard Cap*“ wird gesprochen, wenn eine strikte Grenze für die insgesamt zulässigen Emissionen gezogen wird, unabhängig von den Preissteigerungen, die dadurch zu erwarten sind oder entstehen. Ein „*Soft Cap*“ hingegen orientiert sich auch an den entstehenden Preisen und lockert die Emissionsgrenzen, wenn die Zertifikatspreise über ein bestimmtes Limit steigen.

Die Einhaltung einer bestimmten, festgelegten Emissionsmenge könne – gemäß der Argumentation der LEC - mit Hilfe von Personal Carbon Trading jedoch nur dann erreicht werden, wenn sowohl die gesamte Ökonomie in das Handelssystem einbezogen wird als auch ein Hard Cap für die Emissionen eingeführt wird. Hingewiesen wird außerdem darauf, dass PCT in einer angesichts des Fördermaximums fossiler Energien zu erwartenden Situation zunehmender Energieverknappung gleichzeitig als Rationierungsinstrument dienen könne und somit einen doppelten Nutzen habe, der im DEFRA-Bericht nicht entsprechend berücksichtigt werde.

Dem *Teilbericht über die Verteilungswirkung* wird in seinen Grundzügen zugestimmt. Kritisiert wird allerdings, dass dieses Thema nur im Kontext der notwendigen Emissionsminderung infolge des Klimawandels und nicht auch im Zusammenhang mit dem in naher Zukunft zu erwartenden Produktionsrückgang von zunächst Erdöl, später auch Erdgas und Kohle diskutiert wird. Aufgrund der zurückgehenden Verfügbarkeit fossiler Energieträger ist laut LEC ein Rationierungssystem unabdingbar, um in einer Situation zunehmender Energieverknappung allen Individuen einen adäquaten Zugang zu Energieträgern zu sichern. In einer solchen Situation sei es notwendig, die Verteilungswirkung des personal carbon trading mit der Verteilungswirkung alternativer Instrumente zu vergleichen.

Die Konklusio im *Teilbericht über die öffentliche Akzeptanz*, wonach die Reaktionen der an den Diskussionsgruppen teilnehmenden Individuen eher negativ ausfielen, führt LEC zu einem großen Teil darauf zurück, dass die genauen Zusammenhänge des PCT nicht ausführlich genug erklärt wurden. Laut Erfahrung des LEC sind die Reaktionen überwiegend positiv, sobald das Design des Instruments vollständig verstanden wird.

Die Kosten schließlich, die im *Teilbericht über die technische Durchführbarkeit und potentiellen Kosten* besprochen werden, hält die LEC für leicht überschätzt. Es wird außerdem darauf hingewiesen, dass unter den im Bericht getroffenen Annahmen das PCT mit jährlichen zusätzlichen Staatseinnahmen von 6 Mrd. Pfund Sterling verbunden wäre. Zudem würden andere, redundante Instrumente eingespart werden können.

2. IPPR 2009: “Plan B? The Prospects for Personal Carbon Trading”

Vor dem Hintergrund der Diskussion um das Personal Carbon Trading diskutiert das *Institute for Public Policy Research* verschiedene Aspekte des Instruments. Die Diskussion wird dabei unterteilt in verschiedene Bereiche, die im Folgenden als Fragen aufgelistet und zusammengefasst werden:

1) *Wie effektiv (zielgenau) erreicht Personal Carbon Trading das Ziel der Emissionsreduktion?*

Das IPPR bezweifelt, dass ein Hard Cap politisch umsetzbar ist, also eine Emissionsbegrenzung, die auch dann weiter gilt, wenn diese zu extrem hohen Preisen führt. Damit folgen die Autoren hier dem DEFRA-Bericht, der sich ebenfalls aus diesem Grund gegen ein Hard Cap und zugunsten eines Soft Caps ausspricht. Laut der Kritik von The Lean Economy Connection ist das Hard Cap aber zentral für das Funktionieren des PCT (siehe oben).

2) *Wie effizient (kostengünstig) erreicht Personal Carbon Trading das Ziel der Emissionsreduktion?*

IPPR folgt hier zwar zunächst der grundsätzlichen Argumentationskette von DEFRA, wonach der zusätzliche Nutzen des Personal Carbon Trading im Vergleich zu alternativen Instrumenten (v.a. Upstream Trading) in der verbesserten Sichtbarkeit der CO₂-Emissionen für das Individuum besteht. Basierend auf einem Review verhaltensökonomischer und sozialpsychologischer Studien halten es die Autoren allerdings für wahrscheinlich, dass die Effekte auf das individuelle Verhalten größer sind, als von DEFRA angenommen, somit also mehr zusätzlicher Nutzen im Vergleich zu Formen des Upstream Tradings entsteht, als von DEFRA angenommen.

Zudem wird vorgeschlagen, den im DEFRA-Bericht angenommenen Nutzen der Minderung einer Einheit von CO₂-Emissionen, basierend auf einer diesbezüglich veränderten Einschätzung der Regierung des UK, von 30 Pfund Sterling pro Tonne CO₂ auf 60 Pfund Sterling zu erhöhen. Mit dieser veränderten Annahme würde sich der Nutzen leicht gegenüber dem Ergebnis in der DEFRA-Studie verbessern.

Die jährlichen administrativen Kosten für die Verwaltung des Abrechnungs- und Kontensystems werden von IPPR auf 1,4 Mrd. Pfund Sterling geschätzt, sind also innerhalb des von DEFRA angegebenen Rahmens von 1-2 Mrd. Pfund Sterling angesiedelt.

Basierend darauf müsste das Instrument des Personal Carbon Trading zwischen 2013 und 2020 jährlich zu einer im Vergleich zu Formen des Upstream Trading zusätzlichen Emissionsminderung um 25 Mio. Tonnen CO₂ führen, um als kosteneffektiv bezeichnet werden zu können.

3) In welchem Ausmaß ist eine politische Akzeptanz gegenüber Personal Carbon Trading zu erwarten?

Aufbauend auf den DEFRA-Erkenntnissen über die öffentliche Akzeptanz, deren Ergebnisse eher negativ ausfielen, wurde durch das IPPR eine nationale Umfrage im UK durchgeführt und zusätzlich dazu in freiwilligen Workshops die Reaktionen auf PCT, Upstream Trading und CO₂-Steuern untersucht.

Diese Untersuchungen bestätigten weitgehend die Aussagen der DEFRA-Studie, wonach das PCT zu tendenziell negativen Reaktionen führt. Insbesondere wurde von vielen das System als eher ungerecht wahrgenommen, wobei dies damit begründet wurde, dass aufgrund der individuell unterschiedlichen und teilweise nicht beeinflussbaren Lebensumstände die Individuen auch unterschiedlich viele Emissionslizenzen benötigen würden. Aufgrund dessen hält das IPPR eine *kurzfristige Einführung des PCT für politisch nicht umsetzbar*, betont aber, dass sich die öffentliche Meinung durch weitere Diskussionen und Anpassungen des Designs des PCT ändern könnte.

4) Hat PCT eine für die Öffentlichkeit akzeptable Verteilungswirkung?

Aufgrund der weitläufig als ungerecht wahrgenommenen, gleichmäßigen Verteilung der Emissionslizenzen untersuchte das IPPR, wie diesen Befürchtungen begegnet werden könnte. In einem abgewandelten Szenario des PCT wurde angenommen, dass die Menge der pro Erwachsenen vergebenen Emissionslizenzen auf der Basis folgender Haushaltsvariablen modifiziert wird: 1) Wohnungstyp, 2) Wohnort (Stadt/Land), 3) Anzahl der

Kinder, 4) Anschluss an das Gasnetz (ja/nein) und 5) Alter. In einem solchen Szenario würden 60 bis 80 Prozent der Haushalte zusätzliche Lizenzen bekommen.

Konklusio

Zusammenfassend lassen sich *drei Haupteinwände* gegenüber dem Instrument des Personal Carbon Trading identifizieren. Diese werden im Folgenden angesprochen und kurz diskutiert:

1) Die Ziele, die das Personal Carbon Trading verfolgt, das heißt die Minderung von CO₂-Emissionen, können durch andere Instrumente, wie Formen des Upstream Trading oder eine CO₂-Steuer, kosteneffizienter erreicht werden.

Dass Personal Carbon Trading mit höheren Kosten verbunden wäre als Formen des Upstream Trading, kann kaum bezweifelt werden. DEFRA spricht von 1-2 Mrd. Pfund Sterling, IPPR von 1,4 Mrd. Pfund Sterling jährlichem Verwaltungsaufwand. Ob diese höheren Kosten gerechtfertigt sind, kann jedoch nicht objektiv beantwortet und in keinem Fall unmittelbar verneint werden. Denn tatsächlich kann zwar Upstream Trading das Ziel der Emissionsreduktion kostengünstiger erreichen. Nicht beantwortet ist damit jedoch die Frage, inwieweit diese jeweiligen Instrumente dieses Ziel auf eine sozial verträgliche Weise erreichen. Diese soziale Verträglichkeit, die nicht monetär bemessen werden und somit auch nicht in eine Kosten-Nutzen-Analyse einfließen kann, spielt eine zentrale Rolle hinsichtlich der Frage, inwieweit ein bestimmtes Instrument geeignet ist und kann somit höhere Kosten unter Umständen rechtfertigen. Auch ist es sinnvoll, die erwarteten Kosten ins Verhältnis zur wirtschaftlichen Leistungskraft eines Landes zu setzen. Im Falle des UK entsprechen die erwarteten Kosten von 1-2 Mrd. Pfund Sterling 0,06 bis 0,12 Prozent des BIP und bewegen sich somit in einem moderaten Rahmen. Angesichts der gesellschaftlichen Herausforderung, die eine Emissionsminderung darstellt, scheinen diese *Kosten in einer überschaubaren Größenordnung* zu liegen.

2) Ein Hard Cap ist politisch nicht durchsetzbar und sollte somit durch ein Soft Cap ersetzt werden.

In seiner Untersuchung über die Kosteneffektivität gibt DEFRA die Annahme eines Hard Cap auf Grundlage der Argumentation auf, dass ein solches Design zu extremen Preissteigerungen für CO₂-Emissionslizenzen führen könne, wenn eine Emissionsminderung nicht erreicht wird und somit die Nachfrage das Angebot übersteigt. IPPR (2009) schließt sich dem im Wesentlichen an. Wie The Lean Economy Connection (2008) allerdings kritisiert, wird mit dem Hard Cap jedoch ein Kern des Instruments gekappt. Der

Grundgedanke aller Modelle des Cap and Trade, zu denen man auch das Personal Carbon Trading rechnen kann, besteht in der physisch definierten Begrenzung von Verbrauch oder Emissionen und der über den Preismechanismus vermittelten Verteilung dieser durch den Cap festgelegten Gesamtmenge. Dieses fügt sich ein in die Notwendigkeit, die CO₂-Emissionen in den Industrieländern um etwa 80 Prozent zu reduzieren, wenn das 2-Grad-Ziel, zu dem sich die Staatengemeinschaft offiziell bekannt hat, erreicht werden soll.

3) Personal Carbon Trading wird von der Öffentlichkeit wenig positiv aufgenommen und hat deshalb politisch wenig Chancen auf Umsetzung.

Untersuchungen zur Akzeptanz lassen diesen Schluß zu (siehe oben). The Lean Economy Connection (2008) weist allerdings darauf hin, dass die Akzeptanz auch davon abhängt, in welcher Form das Instrument erklärt wird. Weiters weist The Lean Economy Connection darauf hin, dass bestimmte Formen des Personal Carbon Trading in einer Situation zurückgehender Verfügbarkeiten fossiler Brennstoffe zugleich als Rationierungsinstrument dienen und damit die Grundversorgung sichern könnten.

Inwieweit sich für die Einführung von Personal Carbon Trading bzw. eines PZIs politische Mehrheiten finden lassen, was selbstredend in einer Demokratie eine Voraussetzung für die Umsetzung wäre, kann im Voraus nicht beurteilt werden und hängt von der Entwicklung der gesellschaftlichen Diskussion ab.

2.6 Zusammenfassende Bewertung von PZIs

Die Bewertung der in Kap. 2.3 vorgestellten PZIs, ergänzt mit anderen Instrumenten, ist in Abb. 2.10 in graphisch-tabellarischer Weise zusammengefasst⁵. Eine weitere tabellarische Übersicht, die eine Beschreibung der Funktionsweise und eine Bewertung der einzelnen PZIs enthält, befindet sich im Anhang dieses Berichts.

Es sei an dieser Stelle noch einmal auf die Thesenhaftigkeit und Vorläufigkeit der Bewertungen hingewiesen. Möglichkeiten zur Modifikation bzw. Präzisierung der Bewertungen ergeben sich aufgrund der Ergebnisse der Simulationen des Projektes „MoZert“ (und etwaiger Nachfolgeprojekte) sowie der Analysen anderer Forschergruppen mit verwandten Fragestellungen.

Instrument	Effektivität (Einhaltbarkeit von Emissionszielen)	Gerechtigkeit / Fairness	Kosten	Komplexität	Einbindung der Bevölkerung	Akzeptanz	Kompatibilität mit EU-ETS	Modellierbarkeit
<i>Personenbezogene zertifikatsbasierte Instrumente (PZIs)</i>								
Cap and Share								
Cap and Dividend								
TEQs (DTQs)								
PCR / PCAs								
RAPS								
Ayres Scheme								
<i>Andere Instrumente</i>								
CO ₂ -Steuer								
Direkte Regulierung								
Freiwillige Instrumente								
Bewertungsschema Günstig Mittel Ungünstig								

Abb. 2.10: Übersicht einer Bewertung von PZIs und anderen Instrumenten (eigene Darstellung)

Effektivität

Prinzipiell können mit zertifikatsbasierten Instrumente Mengenbegrenzungen (Caps) eingehalten werden, sofern ausreichende Kontrolle und Sanktionsmechanismen vorhanden sind und die Caps nicht aufgeweicht werden. Instrumente, die die gesamten CO₂-Emissionen des jeweiligen Geltungsbereichs begrenzen, sind daher besonders effektiv, da

⁵ Die einzelnen Bewertungskriterien sind in Kap. 2.3 erläutert. Zum Farbcode, der in Abb. 2.10 verwendet wird: Grün bedeutet im Sinne des jeweiligen Kriteriums günstig, d.h. *hohe* Effektivität, aber *niedrige* Kosten oder Komplexität.

damit Mengenziele, die für den Geltungsbereich gelten, prinzipiell eingehalten werden können.

PCR wird deshalb als weniger effektiv eingeschätzt, da es nur einen Teil der Emissionen erfasst.

Die Wirkung auf Emissionsreduktion lässt sich hingegen bei den anderen Instrumenten wie CO₂-Steuern, direkte Regulierung (z.B. Energieeffizienzstandards), Förderungen oder freiwillige Vereinbarungen, nur grob abschätzen.

Instrumente, die mehr Informationen für Individuen und andere Systemteilnehmer bereitstellen (wie TEQs, PCR, RAPS, Ayres Scheme), lassen einen verbesserten Lenkungseffekt (schnelleres bzw. vermehrtes Umsetzen emissionsreduzierender Maßnahmen) und dadurch gedämpftere Preisanstiege bei Zertifikaten erwarten. Dieser Umstand kann mit einer höheren Effektivität dieser Instrumente verbunden werden, da bei geringeren Preisanstiegen weniger Bereitschaft besteht, die Cap aufzuweichen (d.h. die Mengenbegrenzung hinaufzusetzen). In diesem Sinn könnten Cap & Share und Cap & Dividend als etwas weniger effektiv eingeschätzt werden, da hier ein geringerer Lenkungseffekt möglich ist⁶.

Die Frage, ob eine Cap bei hohen Zertifikatspreisen aufgeweicht werden darf („Soft Cap“) oder auf jeden Fall eingehalten werden muss („Hard Cap“), wird kontroversiell diskutiert.

Während es in der DEFRA Teilstudie „Assessment of the potential effectiveness and strategic fit of personal carbon trading“ (DEFRA 2008b) als unwahrscheinlich erachtet wird, dass ein Hard Cap eingehalten werden kann und deshalb ein Soft Cap empfohlen wird, wird dies von der Lean Economy Connection (The Lean Economy Connection 2008) scharf kritisiert, da dadurch ein essentieller Bestandteil des Instruments geschwächt würde.

Gerechtigkeit / Fairness

Durch die Gratis-Zuteilung von Zertifikaten an erwachsene Individuen zu gleichen Teilen würde bei den diskutierten PZIs ein inhärentes Fairnessprinzip (gleiches Emissionsrecht pro Kopf) verwirklicht. Da in der Regel einkommensschwächere Haushalte / Personen weniger CO₂-Emissionen verursachen, hätte dies einen positiven Umverteilungseffekt. Es kann aber auch zu sozial unerwünschten Effekten kommen, falls einkommensschwache Haushalte / Personen (z.B. weil sie in schlecht gedämmten Häusern wohnen und wenig Spielraum für Investitionen in thermische Sanierung oder einen hohen Mobilitätsbedarf haben) überdurchschnittlich hohe CO₂-Emissionen verursachen.

Abhilfe ist denkbar durch Kompensationsmaßnahmen, Unterstützung bei der Umsetzung von Energiesparmaßnahmen oder durch ein anderes Zertifikats-Zuteilungsprinzip. In einem Paper des Institute for Public Policy Research (IPPR 2009) wurde in einem Szenario angenommen, dass die Menge der pro Erwachsenen vergebenen Emissionslizenzen auf der

6 Bzgl. eines Vergleichs der Bewertungen der Effektivität von Cap & Share und einer CO₂-Steuer besteht die projektinterne Kritik, dass durch die Darstellung in Abb. 2.10 die Unterschiede in der Effektivität zwischen Cap & Share (sowie Cap & Dividend) und einer CO₂-Steuer zu wenig deutlich widergegeben sind. Dennoch wurde die hier gewählte Bewertung beibehalten, wobei bei einer feiner abgestuften Farbskala die Unterschiede deutlicher dargestellt hätten werden können.

Basis folgender Haushaltsvariablen modifiziert wird: 1) Wohnungstyp, 2) Wohnort (Stadt/Land), 3) Anzahl der Kinder, 4) Anschluss an das Gasnetz (ja/nein) und 5) Alter. Dem ist aber entgegenzuhalten, dass dadurch ressourcenintensive Wohnformen (wie Einfamilienhäuser im suburbanen Gebiet) gefördert würden bzw. es zumindest zu wenig Anreize gäbe, diese einzudämmen. Kinder werden in der Zertifikatszuteilung in den einzelnen Vorschlägen unterschiedlich berücksichtigt.

Interessant ist in diesem Zusammenhang auch, dass eine im UK durchgeführte Umfrage zu dem Schluss kommt, dass ein System, das Zertifikate zu gleichen Teilen zuteilt, als eher ungerecht von den Befragten wahrgenommen wird (IPPR 2009). Dies wurde von den Befragten damit begründet, dass aufgrund der individuell unterschiedlichen und teilweise nicht beeinflussbaren Lebensumstände individuell auch unterschiedlich viele Emissionslizenzen benötigt würden.

Bei CO₂-Steuern gibt es – sofern hier keine kompensatorischen Maßnahmen oder eine Rückverteilung des Steuervolumens vorgesehen sind – diese möglichen positiven Umverteilungseffekte nicht.

Da bei TEQs nicht alle Zertifikate an die BürgerInnen ausgegeben, sondern etwa 60% an Unternehmen auktioniert werden, ist hier keine vollständige Kompensation⁷ der zu erwartenden Preisanstiege gegeben, weshalb diese bzgl. Gerechtigkeit / Fairness etwas schlechter bewertet werden als die anderen PZIs.

Kosten und Komplexität

Bezüglich dieser beiden Kriterien verläuft die Bewertung ähnlich. Je komplexer ein Instrument in der Umsetzung ist, desto höhere direkte Kosten sind (sowohl in der Implementierung als auch im laufenden Betrieb) zu erwarten. Die PZIs, die stärkere Änderungen im Vergleich zum Status Quo verlangen und auch mehr Informationen (für Individuen) bereitstellen, verursachen höhere Kosten. Es sind dies TEQs und PCR, sowie insbesondere RAPS und das Ayres Scheme. Diese Systeme sehen u.a. die Einrichtung individueller CO₂-Konten sowie Zertifikatshandel zwischen Personen vor.

Die Kosten sind allerdings auch in Relation zum Nutzen⁸ sowie zur gesamten Wirtschaftsleistung zu sehen. Für ein TEQs- oder PCR-System wurden bei einer Einführung im UK die laufenden Kosten in einer Bandbreite von 1 bis 2 Mrd. Pfund Sterling eingeschätzt (DEFRA 2008b). Dies entspricht in etwa 0,06 bis 0,12 Prozent des BIP im UK.

Andere Instrumente wie Steuern oder freiwillige Instrumente verursachen relativ geringe Kosten. Bei direkten Regulierungen (wie Energieeffizienzstandards) kommt es u.a. darauf an, mit welchem Kontrollaufwand diese verbunden sind.

7 Aus den Auktionserlösen könnten bei TEQs kompensatorische Maßnahmen finanziert werden.

8 Als Nutzen sei hier allgemein die Vermeidung negativer Effekte des Klimawandels aufgrund von Emissionsreduktion verstanden (wobei sich dieser Nutzen schwer monetär bewerten lässt). Ein weiterer Nutzen besteht beispielsweise in der Errichtung eines Systems, das im Fall wahrscheinlicher Verknappung fossiler Energieträger als flexibles Rationierungsinstrument eingesetzt werden kann – ein Aspekt, der im Zusammenhang mit TEQs betont wird.

Einbindung der Bevölkerung und Akzeptanz

Downstream-PZIs wie TEQs, PCR, RAPS oder Ayres Scheme binden die Bevölkerung in hohem Maße ein, da diese nicht nur CO₂-Zertifikate zugeteilt bekommt, sondern auch über individuelle CO₂-Emissionen relativ umfassend informiert wird und auch mit den CO₂-Zertifikaten handeln darf. Die geringste Einbindung in diesem Sinn findet auf der anderen Seite bei „Cap & Dividend“ statt. Die Wahrnehmbarkeit dieses Instruments auf Seiten der Bevölkerung liegt beim Erhalt einer Dividende und bei gestiegenen Energiepreisen aufgrund der Einpreisung der Zertifikatskosten. „Cap & Share“ nimmt bezüglich Einbindung der Bevölkerung eine Mittelstellung ein.

Eine hohe Einbindung der Bevölkerung muss aber nicht mit hoher Akzeptanz einhergehen. Studien, welche mit Hilfe von Fokusgruppen und Befragungen die Akzeptanz von PZIs (die am ehesten TEQs oder PCR entsprechen) untersuchen, kommen diesbezüglich zu nicht sehr ermutigenden Schlüssen (DEFRA 2008d, IPPR 2009).

Beim Vergleich der Reaktionen der Befragten auf verschiedene Instrumente (PZI, CO₂-Steuern, EU-ETS) zeigte sich, dass das PZI die Teilnehmer stärker als die anderen Instrumente polarisierte, wobei beim PZI eine Tendenz zu einer negativen Beurteilung, bei den anderen Optionen eine Tendenz zu einer moderat positiven Beurteilung zu beobachten war. Es gibt beim PZI Bedenken bezüglich des Datenschutzes sowie generell bezüglich des Umstandes, dass individuellen Aktivitäten bestimmte Grenzen auferlegt würden. Weitere Punkte sind eine als hoch wahrgenommene Komplexität sowie fehlende Bereitschaft, sich mit einem derartigen neuen System auseinanderzusetzen.

Eine entsprechende Informationspolitik, welche gezielt zentrale Befürchtungen anspricht und die Konsequenzen, was ein PZI für unterschiedliche Bevölkerungsgruppen bedeutet, anschaulich darstellt, könnte die Akzeptanz erhöhen. Dass die Form der Beschreibung und Präsentation des PZI eine wesentliche Rolle bei seiner anschließenden Beurteilung spielt, wird in einem Paper der „Lean Economy Connection“ (The Lean Economy Connection 2008) betont.

Wie bereits oben erwähnt, beziehen sich die Untersuchungen zur Akzeptanz auf ein PZI, das mit TEQs oder PCR vergleichbar ist. Die Akzeptanz von Cap & Share oder Cap & Dividend im Vergleich dazu wurde nicht untersucht. Da diese weniger in die individuelle Sphäre eingreifen, könnte erwartet werden, dass sie mit einer höheren Akzeptanz verbunden sind.

Weiters ist auch festzuhalten, dass jedes Instrument, das größere Änderungen gegenüber dem Status Quo beabsichtigt, mit Akzeptanzproblemen zu kämpfen hat: Auch eine CO₂-Steuer, deren Steuersatz so hoch ist, dass gewünschte Emissionsreduktionen erreicht werden könnten, ist nicht leicht durchzusetzen.

Kompatibilität mit EU-ETS

In Reinkultur ist keines der in Kap. 2.3 vorgestellten PZIs mit dem EU-ETS, wie es jetzt ausgestaltet ist bzw. in Zukunft bis 2020 ausgestaltet sein wird, kompatibel.

Dies liegt an der *Doppelerfassung von Emissionen bei parallelen Systemen*, die nicht aufeinander abgestimmt sind. Z.B. sollen bei Cap & Share alle CO₂-Emissionen, die durch Verbrennung fossiler Energieträger entstehen, „upstream“ (also bei den Inverkehrbringern der fossilen Energieträger) erfasst werden. Ein Teil dieser Emissionen ist auch im EU-ETS erfasst, dieser Teil wäre also doppelt erfasst.

Die Sinnhaftigkeit und Möglichkeit paralleler Zertifikatshandelssysteme, die Emissionsbereiche doppelt abdecken, ist fragwürdig, weshalb hier davon ausgegangen wird, dass parallele Zertifikatshandelssysteme so ausgestaltet sein sollten, dass sie verschiedene Emissionsbereiche abdecken.

Die Kombination EU-ETS und PZI erfordert daher eine Modifikation der Systeme, die prinzipiell auf verschiedene Arten erfolgen kann:

- a) das PZI passt sich dem EU-ETS an,
- b) das EU-ETS passt sich dem PZI an,
- c) beide Systeme werden einer Modifikation unterzogen. Es entsteht dann ein neues „Hybrid“-System, das einzelne Eigenschaften beider Systeme kombiniert.

Die Variante „a) PZI passt sich dem EU-ETS an“ wird nur für RAPS als dezidiert nicht sinnvoll erachtet, für die anderen PZIs ist diese Variante zumindest denkbar. Es ergibt sich allerdings immer eine höhere Systemkomplexität und die Wirksamkeit des PZIs im Vergleich zum Fall, wo es alleine zur Anwendung käme, wird abgeschwächt.

Die Variante „b) EU-ETS passt sich dem PZI an“ bedeutet (abgesehen von einer Subvariante bei TEQs) immer, dass nur ein sehr reduziertes EU-ETS übrigbleibt. Dies ist zumindest bis 2020 realpolitisch kaum vorstellbar.

Modellierbarkeit

Dieses Kriterium nimmt im Vergleich zu den übrigen eine Sonderstellung ein, da es nicht relevant ist für eine politisch-gesellschaftliche Bewertung der Instrumente, sondern nur im Rahmen des Projekts „MoZert“ von Bedeutung ist.

Die Modellierbarkeit im Sinne des Projekts MoZert stellt für alle der in diesem Bericht besprochenen PZIs eine sehr große Herausforderung dar.

Einige Aspekte seien hier erwähnt:

- Modellierung des Zertifikatsmarkts und damit verbunden der Preisbildung/-entwicklung der Zertifikate
- Modellierung des Gesamtpreises von (fossilen) Energieträgern
- Modellierung strategischen Verhaltens von Individuen und Inverkehrbringern fossiler Energieträger und Banken (Hortung von Zertifikaten, insb. bei Cap & Share)
- Modellierung des Konsum-/Investitionsverhaltens von Individuen (auch in Abhängigkeit des PZIs und damit verbunden der Informationsverfügbarkeit)

Am komplexesten erscheint die Modellierung von Downstream-PZIs wie TEQs, PCR, RAPS und Ayres Scheme. Es sind bei diesen PZIs deutlich mehr Akteure am Zertifikatsmarkt als

bei den Upstream-PZIs Cap & Share und Cap & Dividend.

Um einer Modellierung von RAPS gerecht zu werden, müsste hier das Konsum- und Investitionsverhalten der Individuen/Haushalte noch detaillierter abgebildet werden als bei anderen PZIs; was auch ein detaillierteres volkswirtschaftliches Modell nach sich zöge.

3. Das Konzept des MoZert Gesamtmodells

3.1 Logische Architektur und Ablauf der PZI-Systeme

Logische Gesamtarchitekturen zeigen die Unterschiede in den jeweiligen PZIs (personenbezogene Zertifikatsinstrumente) graphisch auf. Dies dient dem besseren Verständnis und einem Überblick über die wesentlichen Zusammenhänge in einem Staat/Staatenbund unter verschiedenen Klimaschutz-Instrumenten.

In der Folge werden die wesentlichen volkswirtschaftlichen Akteure (Private & Öffentliche Haushalte, Industrie und Gewerbe, Energiewirtschaft, sowie Ausland) und ihre Wechselwirkungen in Form von Energieströmen (grün), Güterströmen (rot), monetären Flüssen (gelb), sowie Energieverlusten (hellblau und CO₂-Emissionen (grau) für unterschiedliche personenbezogene zertifikatsbasierte Instrumente (PZI) dargestellt.

Ausgangsbasis ist die logische Architektur des Systems ohne PZI (Abb. 3.1):

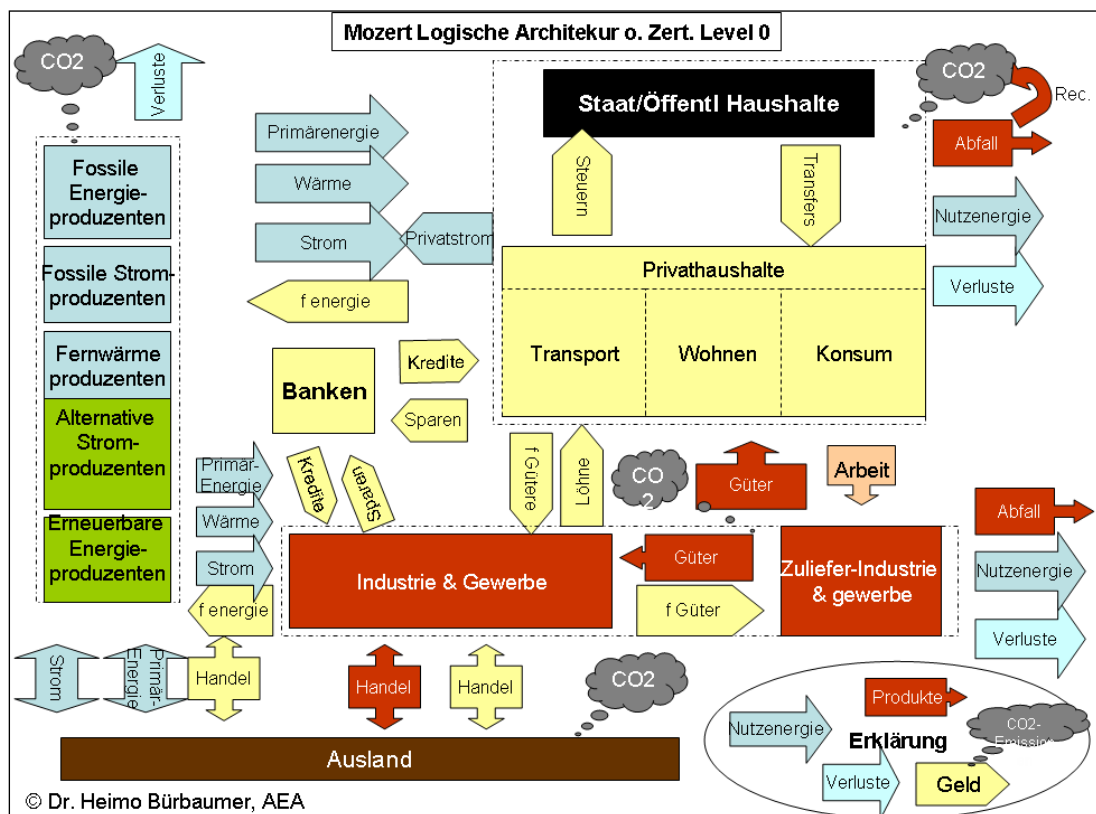


Abb. 3.1: Logische Architektur, ohne PZI

Es folgt der Ablauf eines Cap&Share-Systems in der realen Welt (nicht im Modell) inklusive der Wechselwirkungen der wesentlichen Akteure, wobei als zusätzlicher Akteur noch die Zertifikate ausgebende Agentur hinzukommt. Zur graphischen Darstellung des komplexen Systems dient in weiterer Folge die logische Architekturen einer Ökonomie mit Cap&Share (Abbildung 3.2).

Cap&Share

Agentur langfristig

- Agentur legt Reduktionspfad (sowie Höhe des Konversionsfonds⁹) fest
- Mögliche zusätzliche Aktivitäten der Agentur: Preisgarantie für fossile Energien, ev. weitere Aktivitäten

Agentur jährlich oder quartalsweise

- Agentur kann ev. Anpassungen am Reduktionspfad und an der Höhe des Konversionsfonds (conversion funds) vornehmen.
- Agentur sorgt für die Verteilung der Zertifikate und Dotierung des Konversionsfonds.
- Eine *vierteljährliche Verteilung in Abhängigkeit des jahreszeitlich schwankenden Energiebedarfs* (d.h. mehr Zertifikate im Winter) ist sinnvoll, um saisonale Knappheiten an Zertifikaten und fossilen Energieträgern möglichst zu vermeiden.
- Individuen erhalten Zertifikate. Zertifikate haben ein Jahr Gültigkeit. (Individuen entscheiden, wann innerhalb des Gültigkeitszeitraums sie wie viele Zertifikate an Zwischenhändler verkaufen möchten.)
- Agentur kontrolliert – zumindest jährlich - die Inverkehrbringer von fossilen Energieträgern: Sind Verkäufe durch Zertifikate gedeckt? - Ex-Post Kontrolle
- zusätzlich: Monitoring von Zertifikatserwerb und Inverkehrsetzen von fossilen Energieträgern: Die Inverkehrbringer von fossilen Energieträgern müssen laufend (z.B. wöchentlich) sowohl die Menge an erworbenen Zertifikaten als auch die Menge der in Verkehr gebrachten fossilen Energieträger an die Agentur melden. Ex-Ante Kontrolle: es könnte festgelegt werden, dass erst dann fossile Energieträger in Verkehr gebracht werden dürfen, nachdem ausreichend Zertifikate erworben wurden (durch die die Menge der i.V. gebrachten fossilen Energieträger gedeckt ist). Bzw. zumindest, dass der Abstand zwischen Inverkehrsetzen und Zertifikatserwerb relativ kurz (z.B. max. 14 Tage) sein sollte. Nachweis erfolgt im Zuge des Monitorings der bekanntgegebenen Mengen.

⁹ Ein bestimmter Anteil der Zertifikate könnte für einen Konversionsfonds reserviert werden. Aus dem Erlös des Verkaufs der Zertifikate aus dem Konversionsfonds sollen verschiedene Maßnahmen finanziert werden, die die Infrastruktur so verbessern, dass geringere CO₂-Emissionen resultieren.

- In wirtschaftlichen Notzeiten kann die Agentur zusätzliche Zertifikate ausgeben oder kurzzeitig die Zertifikatsbindung an das Inverkehrbringen von fossilen Energieträgern aufheben.
- In diesem Fall müssen die Inverkehrbringer Pönalen bzw. Abgaben zahlen, die mindestens der Höhe der Knappheitsrente (= zusätzliche Einnahmen aufgrund der Preissteigerung durch die Verknappung) entsprechen

Exkurs: An welcher Stelle werden fossile Energieträger in Verkehr gebracht (Systemgrenze)?

- Erdöl: an der Stelle, wo es die Raffinerie verlässt (zusätzlich zu berücksichtigen: Import von Fertigölprodukten)
- Erdgas: an der Stelle, wo Importeure bzw. Produzenten (Extrakteure im Inland) ins Gasnetz einspeisen
- Kohle:
 - a1) Fall, dass Stromerzeuger Kohle direkt importiert: Systemgrenze Stromverkauf / Stromlieferung
 - a2) Fall, dass anderes Unternehmen Kohle direkt importiert (und nicht mehr weiterverkauft): Systemgrenze Einkauf des Unternehmens
 - b) Fall, dass Zwischenhändler Kohle importiert: Systemgrenze dort, wo Kohle (an Stromerzeuger, an Industrie, an Kleinhändler, ...) weiterverkauft wird
 - c) Fall, dass Kohle im Inland extrahiert wird: Systemgrenze dort, wo Kohle (an Stromerzeuger, an Industrie, an Kleinhändler, ...) weiterverkauft wird
- Import von Strom: Unternehmen, das Strom importiert, müsste Zertifikate im Ausmaß der in der Stromerzeugung verwendeten fossilen Energien erwerben; Systemgrenze Stromverkauf / Stromlieferung

Täglich (bzw. innerhalb kurzer Zeiträume)

- Individuen verkaufen Zertifikate an Zwischenhändler zum jeweiligen Kurswert.
- Zertifikatshandel findet zwischen Zwischenhändlern und Inverkehrbringern von fossilen Energieträgern statt.
- Genauer Mechanismus des Zertifikatshandels ist (in vorhandener Literatur zu Cap&Share) nicht spezifiziert.

Konsum allgemein

- Individuen / Haushalte treffen Konsum- und andere Entscheidungen (siehe Handlungsoptionen), basierend auf Energiepreisen, Haushaltsbudget,

Zertifikatsbudget bzw. Stand des persönlichen Zertifikatskontos (falls vorhanden) und verschiedenen Entscheidungskalkülen.

- Öffentlicher Sektor trifft Konsum und Infrastrukturinvestitionsentscheidungen. (eventuell Entscheidungen bzgl. Förderung bestimmter Technologien etc.)
- Industrie/Gewerbeunternehmen treffen (Investitions-)entscheidungen, mit gewisser Zeitverzögerung werden diese wirksam (d.h. neue Anlagen müssen erst geliefert und installiert werden).
- Unternehmen aus der Energiewirtschaft treffen Investitionsentscheidungen.
- Kraftwerke (Energieerzeugungsanlagen) gehen nach Ablauf des Errichtungszeitraums in Betrieb (Änderung der Energieerzeugungskapazitäten in TIMES modelliert).

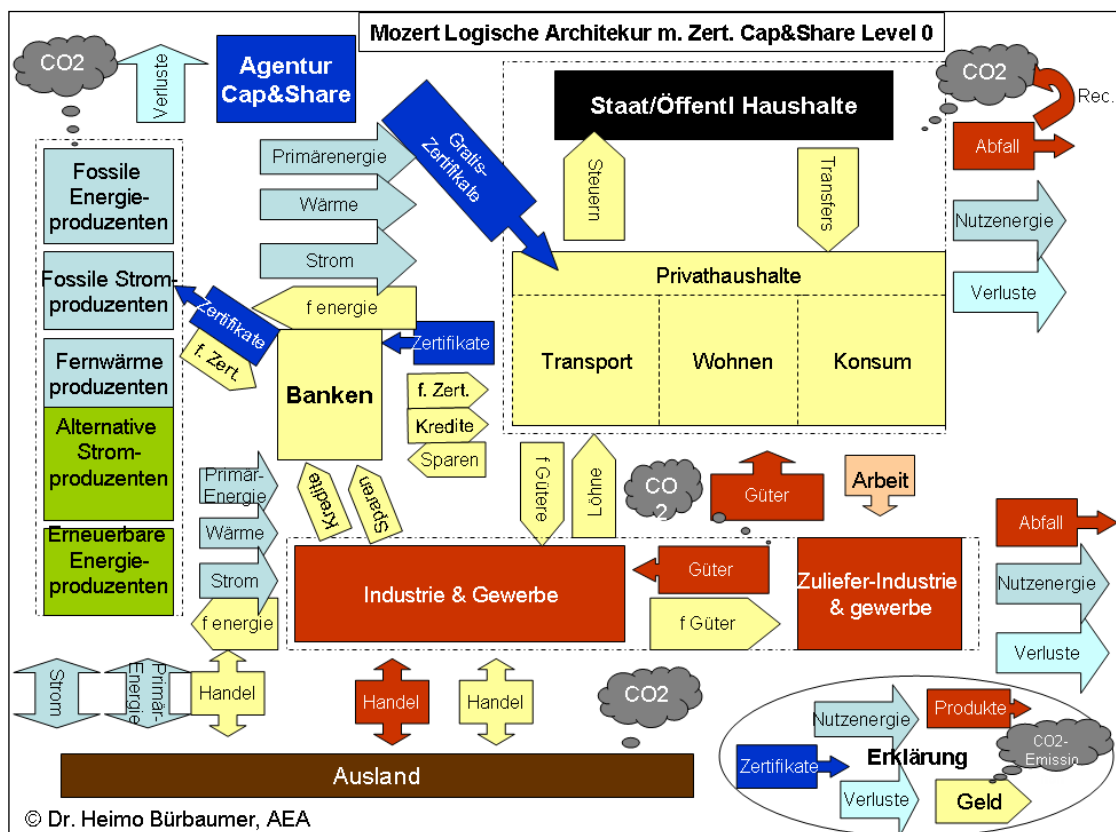


Abb. 3.2: Logische Architektur, Cap & Share

- Energieverbrauch und CO₂-Emissionen der privaten Haushalte ergeben sich aus den situationsbedingten Entscheidungen der Haushalte auf Basis ihrer Handlungsoptionen.
- Lieferkapazitäten der Energieversorger basieren auf Produktionskapazitäten und eingekauften Energieträgern. Randbedingung: Es können nie mehr fossile

Energieträger im System sein als durch Zertifikate abgedeckt. Auch Stromimporte müssen über Zertifikate gedeckt sein, basierend auf dem Anteil an fossilen Energieträgern im Strommix des EVUs.

- Alle Energieverbraucher versuchen Energie in der Menge zu kaufen, wie aufgrund des Ausgangsstatus und der jeweils gewählten Handlungsoptionen benötigt. Was passiert, wenn diese Energiemenge nicht lieferbar ist? -> Auswirkungen auf Zertifikats- und Energiepreis, Revision von Konsum-/ und Investitionsentscheidungen (Erzwungene Anpassungen im Verhalten dadurch möglich).
- Industrie-/Gewerbeunternehmen produzieren Güter in Abhängigkeit der Nachfrage, der von ihnen erworbenen Energiemengen und der jeweils eingesetzten Technologie.
- Die Änderungen in der Produktion ergeben Änderungen in der gesamten Volkswirtschaft (BIP)

Es folgen die logischen Architekturen einer Ökonomie mit PCR und TEQs.

PCR:

2 Schritte:

- Gratisabgabe der Zertifikate an private Haushalte
- Handel der Haushalte untereinander. Preis bildet sich hier

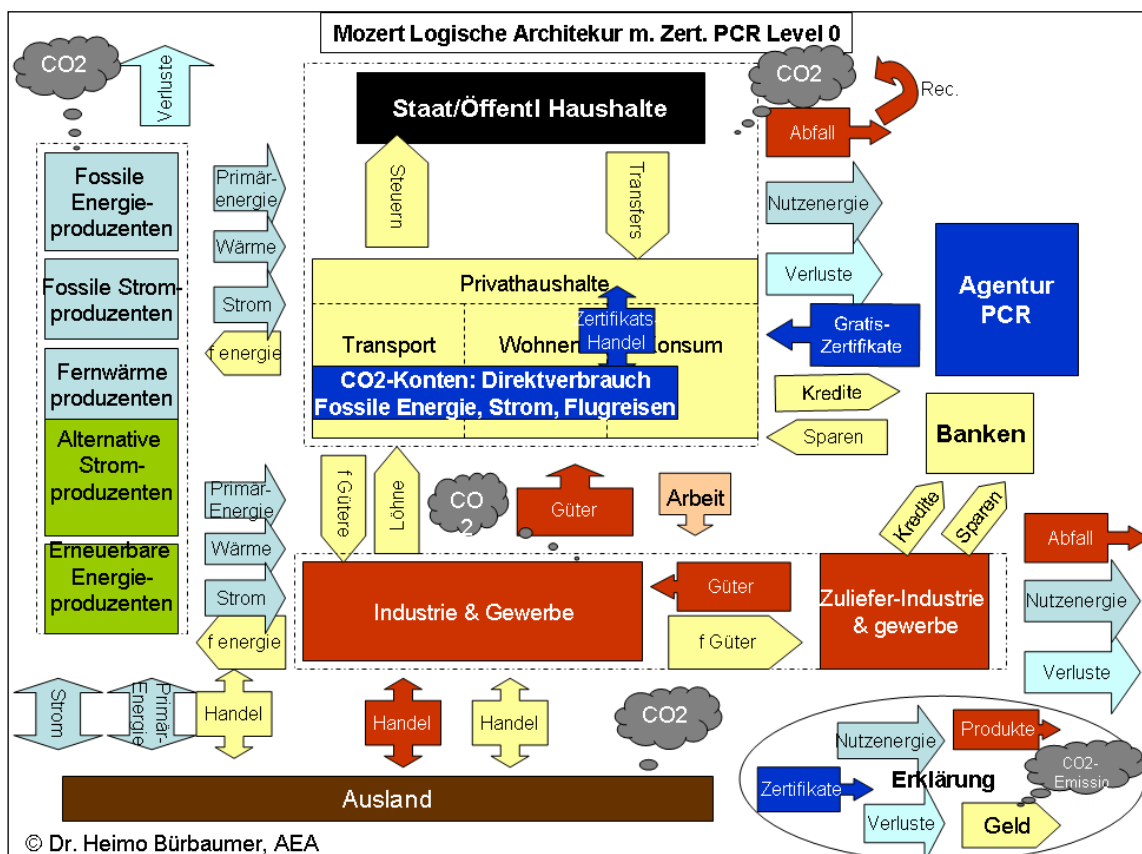


Abb. 3.3: Logische Architektur, PCR: Kauf und Verkauf nur zwischen Privathaushalten

TEQs:

- Primärmarkt: Auktionierung der Zertifikate an Unternehmen und Staat (und sonstige Institutionen, die keine Unternehmen sind). Das könnte eine Auktion wie im Rahmen des EU-ETS sein. Hier bildet sich ein Preis. Gratisverteilung der Zertifikate an Haushalte
- Sekundärmarkt: Akteure: Haushalte, Staat, Unternehmen, (sonstige Institutionen). Verkauf überzähliger Zertifikate bzw. Ankauf zusätzlicher Zertifikate. Kann über Zwischenhändler laufen. Hier bildet sich ein zweiter Preis. Wirkt aber erst später als der Preis am Primärmarkt.

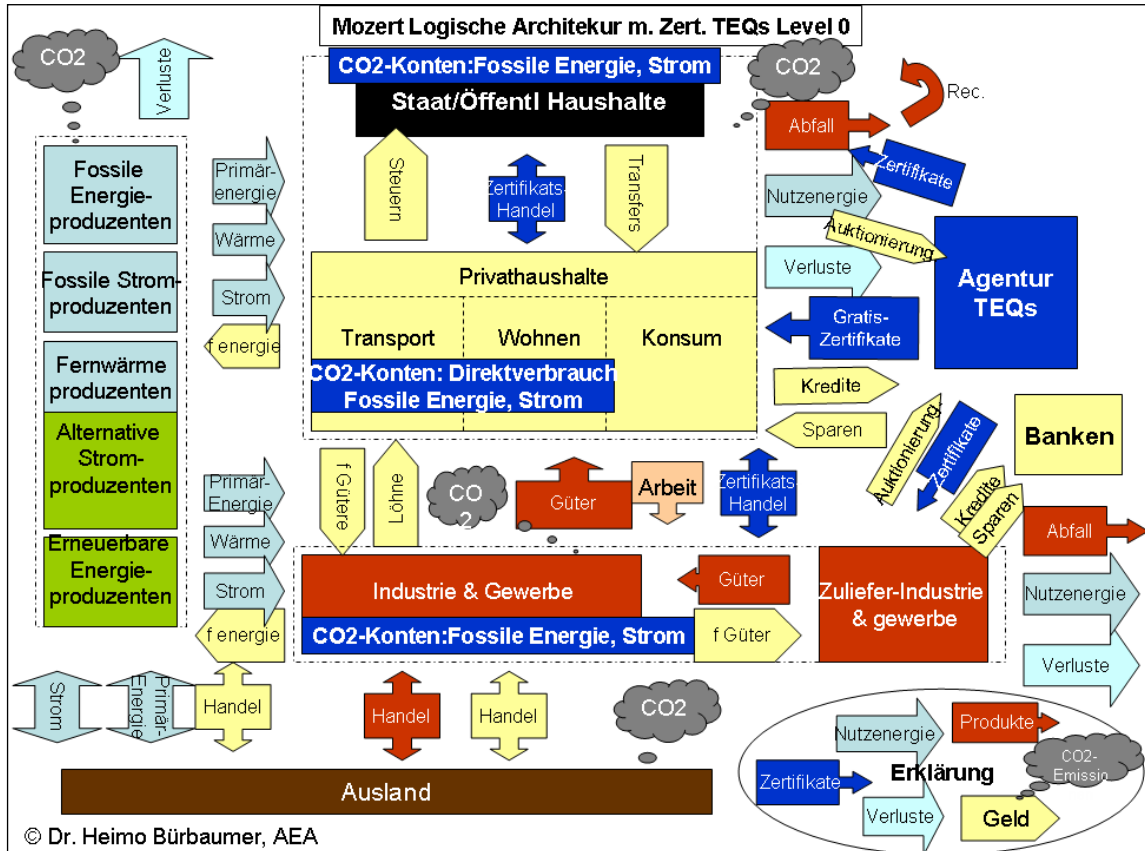


Abb. 3.4: Logische Architektur, TEQs, :Handel zwischen Privathaushalten, Öffentlichem Haushalt und Industrie & Gewerbe

3.2 Das volkswirtschaftliche Modellkonzept

Das volkswirtschaftliche Gesamtmodell bildet einen Kern des Modellkonzepts. Hier werden die wesentlichen Entitäten des Mozart-Modells und ihre Zusammenhänge dargestellt. Weiters sind die Variablen des volkswirtschaftlichen Modells im Detail (logisches Datenmodell) sowie ihre Beziehungen (mit Hilfe mathematischer Formeln) beschrieben. Die wesentlichen Entitäten sind:

- Haushalte
- Staat / Öffentliche Haushalte
- Energiewirtschaft
- Industrie und Gewerbe
- Zertifikatsmarkt
- Ausland/Außenhandel

Die Volkswirtschaft wird über das BIP (Bruttoproduktion und Vorleistungen) beschrieben. Wichtige Größen sind:

- BIP
- Beschäftigung
- Produktion (Güter und Dienstleistungen, Energie)
- Investitionen, Sparen
- Zinssatz

Als Basis für das MoZert-Modell wurde folgende logische Architektur mit den wesentlichen volkswirtschaftlichen Variablen und Zusammenhängen (graphische Darstellung der Variablen und Entitäten des volkswirtschaftlichen Modells) erstellt:

Haushalte treffen unter Beschränkung ihres verfügbaren Einkommens und unter Berücksichtigung der Güterpreise Konsumententscheidungen. Der Staat ist ebenfalls als Haushalt konzipiert. Die Energiewirtschaft befriedigt die Nachfrage der Volkswirtschaft nach Endenergie. Industrie und Gewerbe stellt die von der Volkswirtschaft nachgefragten Güter bereit. Die Teilnehmer am Zertifikatsmarkt sind je nach untersuchtem PZI unterschiedlich. Für den Außenhandel wurden vier unterschiedliche Szenarien definiert.

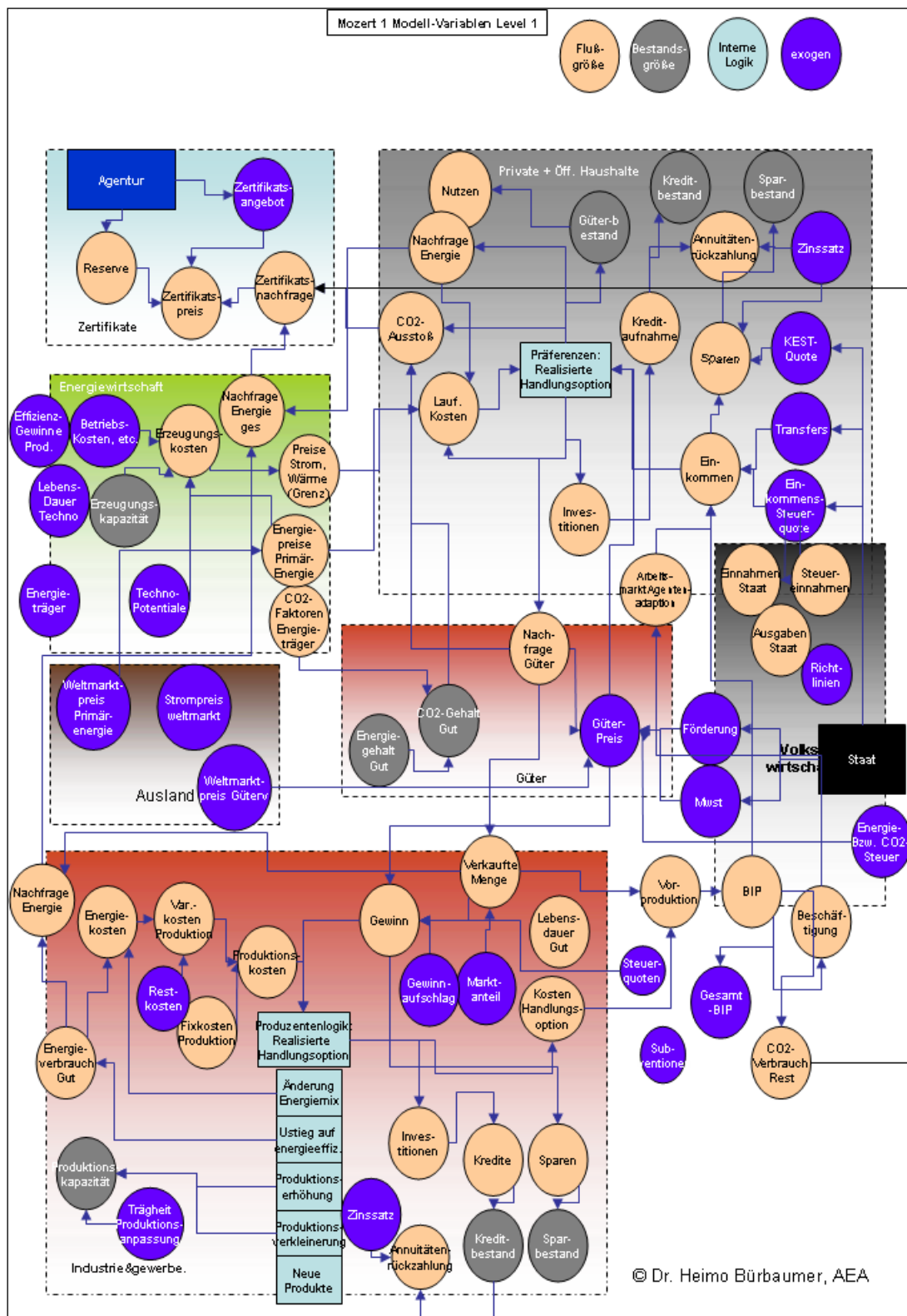


Abb. 3.5: Logische Architektur Detaillevel: die wesentlichen Variablen und Zusammenhänge des Mozert-Modellkonzepts (Flussgrößen in Ocker, Bestandsgrößen in grau, exogene Größen des Modells in blau, interne Systemlogik in hellblau)

3.3 TIMES-Modell für Energiewirtschaft und SD-Modell für Industrie und Gewerbe

3.3.1 TIMES-Modell für Energiewirtschaft (Österreichmodell der AEA)

Das AEA-TIMES-Modell ist ein Gesamtenergiesystemmodell, mit dem der österreichische Energiefluss von Primärenergieaufbringung und Importen über verschiedene Umwandlungen und Verteilungsnetze bis hin zur End- und Nutzenergienachfrage modelliert wird. Es ist ein nachfragegetriebenes Modell, das die Kosten des Energiesystems sowohl über den gesamten Modellhorizont („perfect foresight“) als auch schrittweise („myopisch“) optimieren kann. Der modulare Aufbau (siehe Abb 3.6) besteht aus verschiedenen, miteinander gekoppelten Modulen, die die verschiedenen Nachfragen sowie die Aufbringung darstellen.

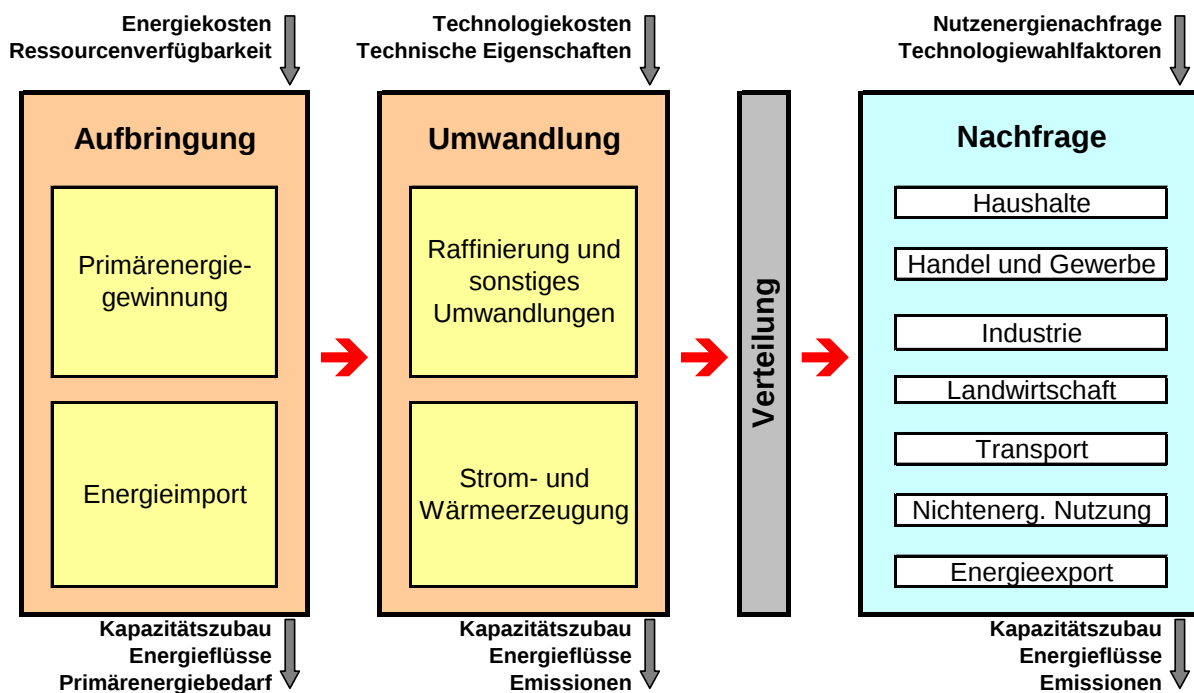


Abb. 3.6: Aufbau des AEA-TIMES-Energiesystemmodells

Funktion des TIMES-Modells innerhalb des MoZert-Modellverbundes

Innerhalb des MoZert-Modellverbundes ist es die Aufgabe des AEA-TIMES-Energiesystemmodells, als Energiewirtschaftsmodul die Nachfrage nach Endenergieträgern durch einen Mix von Technologien und Primärenergieträgern unter Berücksichtigung der Preise von CO₂-Zertifikaten und Beschränkungen von CO₂-Emissionen zu erfüllen. Das Ergebnis der Optimierung ist der kostenoptimale Mix aus Energieträgern und -technologien,

die zur Erfüllung der gegebenen Nachfrage notwendig sind, die sich dadurch ergebenden Preise für die nachgefragten Endenergieträger sowie die dabei entstehenden CO₂-Emissionen und verwendeten Emissionszertifikate.

Das Modell berücksichtigt eine Vielzahl von Aspekten, wie z. B.

- den Bestand der notwendigen Umwandlungstechnologien;
- sowie deren möglichen Zubau;
- die mögliche inländische Aufbringung von Primärenergieträgern;
- die möglichen Energieträgerimporte und auch;
- die bei der Umwandlung entstehenden CO₂-Emissionen.

Eingang in die Optimierung finden dabei sowohl die technischen als auch die ökonomischen Eigenschaften der eingesetzten Energieträger und –technologien (wie z.B. Umwandlungseffizienz und Verfügbarkeit bzw. Energieträger-, Investitions- oder Aktivitätskosten). Ebenfalls werden der in jeder Modellperiode vorhandene Technologiebestand, der mögliche Zubau sowie die verfügbaren Ressourcen und Potentiale berücksichtigt. Letztere ergeben das technisch mögliche Angebot an Endenergieträgern,.

Notwendige Modellanpassungen

Die Einbindung des AEA-TIMES-Energiesystemmodells als reines Energiewirtschaftsmodell in den MoZert-Modellverbund erforderte einige Anpassungen. Da die Module des AEA-Modells zur Ermittlung der Endenergienachfrage der einzelnen Sektoren nicht benötigt werden, werden diese de-aktiviert. Des weiteren ist es notwendig, zur Signalisierung der Überschreitung von technisch machbaren Potentialen entsprechende Erweiterungen hinzuzufügen, die diese Information in einer geeigneten Weise dem Modellverbund in automatisierter Form übergeben kann. Außerdem muss für die Integration des AEA-TIMES-Modells die von der internen Modellstruktur abweichende Auflösung der Energieträger berücksichtigt werden.

Einbindung in den Simulationsprozess

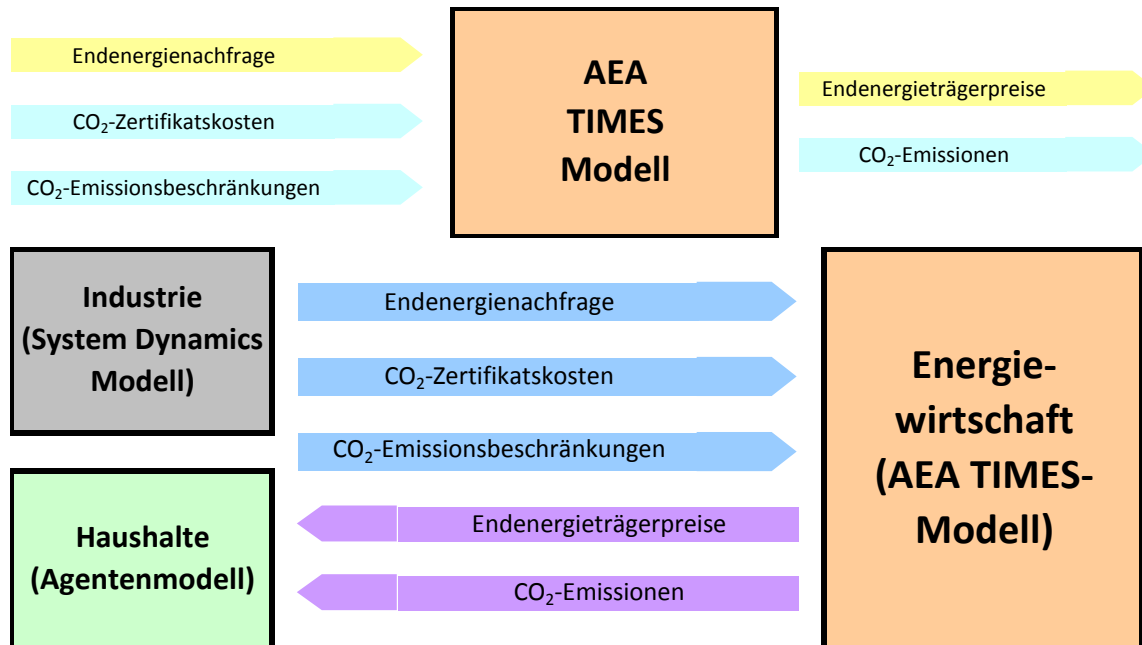


Abb. 3.7: Aufbau des AEA-TIMES-Energiesystemmodells

Die Integration des AEA-TIMES-Modells erfolgt nach folgendem Schema:

- mit verschiedenen Verfahren werden in Haushalts- und Industriemodell eine Nachfrage nach Endenergieträgern ermittelt;
- zusätzlich dazu ermittelt die Zertifikatsagentur einen Preis für die CO₂-Zertifikate und/oder eine Obergrenze für die CO₂-Emissionen;
- mit diesen Eingangsdaten werden nun im Energiewirtschaftsmodul die Kosten des Energiesystems optimiert;
- als Ergebnis ergeben sich der optimale Energie- und Energieträgermix, mit dem diese Endenergienachfrage erfüllt werden kann, die Preise für diese Energieträger sowie die bei der Bereitstellung entstehenden CO₂-Emissionen;
- die weitere Vorgehensweise wird nun abhängig von der erhaltenen Lösung in 2 Varianten bestimmt
 - ist die Endenergienachfrage technisch erfüllbar, wird der Preis an Haushalts- und Industriemodell weitergegeben
 - die Endenergienachfrage ist zu hoch:
 - sollte die Endenergienachfrage aufgrund technischer oder Ressourcenrestriktionen nicht erfüllt werden kann, treten Ausgleichsprozesse an die Stelle der realen Technologien
 - diese Ausgleichsprozesse sind immer in der Lage, die Nachfrage zu erfüllen, jedoch zu ökonomischen Bedingungen, die sie niemals Teil einer real möglichen Lösung werden lassen;
 - die Produktion von Endenergieträgern aus diesen Ausgleichsprozessen ist daher ein eindeutiges Zeichen, dass die vorgegebene Nachfrage aus technischen Gründen nicht erfüllt werden kann.

3.3.2 SD-Modelle für Gewerbe und Industrie

Im Projekt wurde versucht, eine Modellierung der Effekte für Gewerbe und Industrie mittels eines Systemdynamik Modells unter der Verwendung der Input/Output Analysen der Statistik Austria zu erstellen.

Folgende Abbildung zeigt die prinzipielle Verknüpfung des SD Modells für Gewerbe und Industrie mit dem Agenten Modell der Haushalte. Aus dem Agentenmodell sollten die energierelevanten Handlungsentscheidungen an das SD Modell „übergeben“ werden.

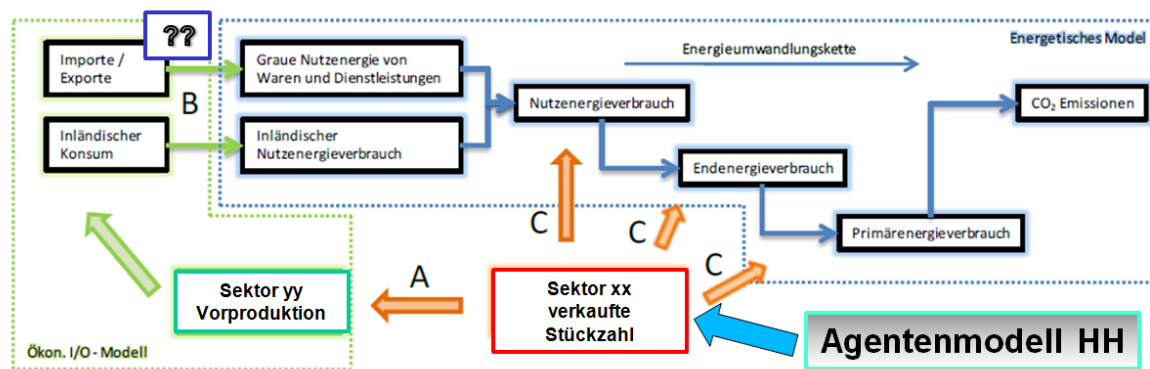


Abb. 3.8: Verbindung System Dynamics (Gewerbe und Industrie) und Agenten Modell (HH) (Quelle: in Anlehnung an Sonntag und Schubert, 2008)

Die einzelnen Handlungsoptionen wirken auf die Sektoren der Input Output Bilanz. Dort findet eine Veränderung der Produktion statt, die zu einer Änderung der Energienachfrage dieser Sektoren (v.a. Nutzenergie Pfeil C in der Abbildung) und eine Änderung in den jeweiligen Sektoren vorgelagerten Sektoren führen kann. Auch innerhalb der vorgelagerten Sektoren könnten sich energierelevante Änderungen ergeben, die sich wieder auf das Energiesystem auswirken. Das Energiesystem innerhalb von MoZert mit TIMES modelliert berechnet die ökonomisch optimale Produktion der Endenergienachfrage innerhalb der Energieumwandlungskette zur Erzeugung von elektrischem Strom und Fernwärme. Wesentlich bei der Verknüpfung des Haushalts und Industrie-Gewerbemodells ist eine Quantifizierung für die jeweiligen Handlungsoptionen der Haushalte, sprich deren Effekte in den verschiedenen Sektoren der Input-Output Bilanz der Statistik Austria (vergl. Abb. 3.9).

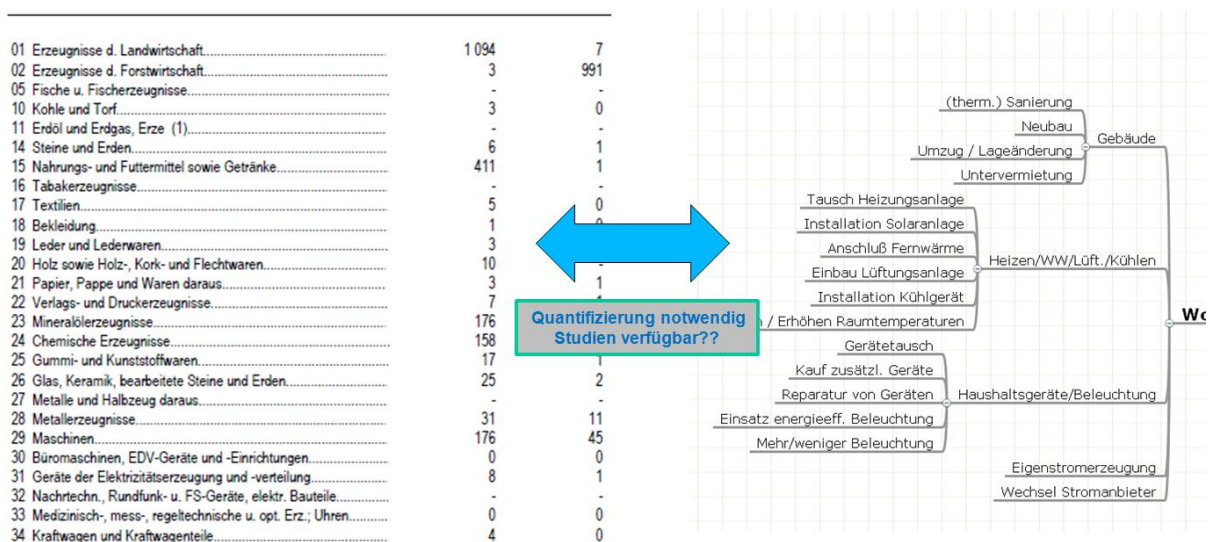


Abb. 3.9: Abbildung der Handlungsoptionen der HH auf die Input Output Sektoren (hier für Wohnen)

Einen ersten Anhaltspunkt, wie dies gemacht werden könnte, lieferten Sonntag und Schubert 2008 in Ihrem SEPE Modell („SEPE“-Modell steht für „Structural Energy Policy Evaluation“). Darin verwendeten sie die Input-Output Tabellen, die im Wesentlichen durch W. Leontief (1941) und seine Arbeit über Input-Output Systeme zur Erfassung interindustrieller Verflechtungsstrukturen zu einem Standardwerkzeug der Wirtschaftspolitik geworden sind. Mit einer Erweiterung der Input Output Modelle mit Energie- und Emissionssektoren wurde das Spektrum deren Anwendung erweitert. Sonntag und Schubert haben dazu österreichische Input-Output Statistiken mit der Nutzenergieanalyse (jeweils Daten verfügbar bei Statistik Austria) kombiniert, um die notwendigen Verknüpfungen der Produktionsstatistik mit dem Nutzenergieverbräuchen herstellen zu können.

Es konnten aber im Rahmen des Projektes für die hohe Anzahl der Handlungsoptionen der Haushalte keine geeignete Zuordnung (Quantifizierung gefunden werden). Wie wirkt sich z.B. die Handlungsoption Tausch der Heizungsanlage auf die einzelnen Sektoren des Gewerbe und Industriemodells aus?

Da wir in MoZert von keinen zusätzlichen Heizungsanlagen ausgehen, sondern den Heizungstausch simulieren kann angenommen werden, dass die Effekte auf die Endenergienachfrage gering sind. Diese Annahme wird noch dadurch unterstützt, dass z.B. ein Umstieg von fossil auf hybrid oder elektrisch betriebene PKWs, der wesentliche Effekte für die Emissionen der Haushalte zur Folge hat, nur kaum Änderungen in der zur Produktion eingesetzten Endenergie haben wird.

Es wurde im Rahmen der Projektes aber ein erster Entwurf eines Systemdynamischen Modells entwickelt (siehe Abbildung 3.10), dass in der Folge erweitert werden und mit einer quantifizierbaren Zuordnung der Handlungen der Haushalte in einer Modellerweiterung Anwendung finden könnte. .

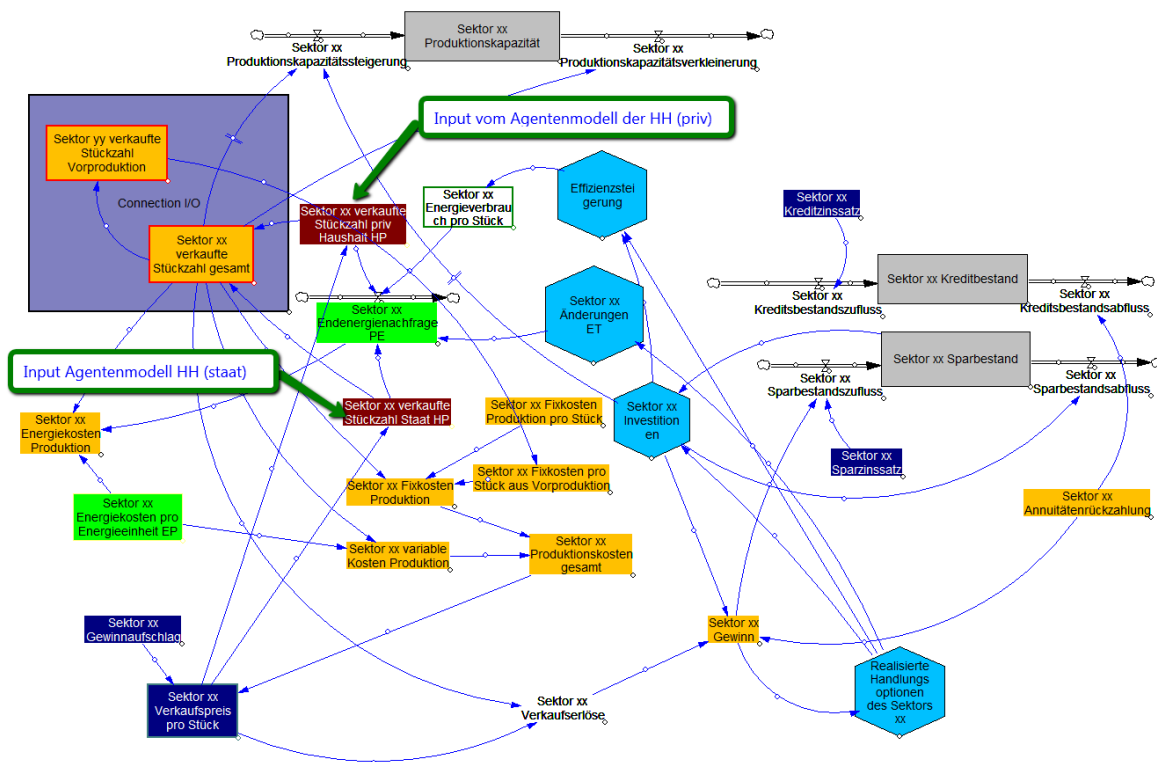


Abb. 3.10: Erster Entwurf des SD Modells

Dazu müssten zumindest folgende offene Fragen beantwortet werden:

- Quantifizierung der Auswirkungen der einzelnen Handlungsoptionen der Haushalte auf I/O Sektoren
- Effizienzsteigerungsraten der Sektoren der Energieverbräuche pro Stück
- Fixkosten der Sektoren pro Produktionseinheit
- Handlungsoptionen der Sektoren („Unternehmensgruppen“)
 - Energieträgertausch
 - Investitionen (Gewinn, Sparvermögen, oder Kredit) oder Sparen
 - Zertifikatemarkt
 - Produktionskapazitätssteigerungen

3.4 Zertifikatemarkt

Der Zertifikatemarkt wurde für das PZI Personal Carbon Rationing (PCR) auf der Ebene der Haushalte abgebildet. Für das PZI Cap&Share wurde eine vereinfachende Annahme getroffen, da keine Marktsimulation möglich war. Im folgenden werden die Zertifikatspreisbildungsmechanismen dargestellt.

3.4.1 Zertifikatspreisbildung:

C&S

Diese erfolgt nicht durch eine Marktsimulation, sondern durch einen Algorithmus, der den Zertifikatspreis in Korrelation zur Abweichung vom Cap erhöht. Zur Simulation mittels eines Agentenmarkts wäre es notwendig, auch die Player der Energiewirtschaft (EVUs, etc.) als Agenten abzubilden. Dies war jedoch nie geplant und würde den Rahmen des Projektes sprengen. Der erwähnte Algorithmus berücksichtigt die Differenz der IST-Emissionen zum gewünschten CAP der Haushalte. Bei höheren IST Emissionen wurde angenommen, dass der Druck auf die Inverkehrbringer der fossilen Energieträger steigt um das nationale CAP zu erreichen und dieser Druck letztendlich auch in höheren fossilen ET-Preisen an die Konsumenten weiter gegeben werden würde. Wenn dadurch die fossilen ET-Preise steigen, steigen aber auch die Einnahmen der priv. Haushalte aufgrund der höheren Zertifikatspreise dies führt zu einem Ausgleich der sich aber nicht auf aller Haushalte gleich auswirkt (siehe dazu auch die Ergebnisdiskussion in Kap. 9). Dabei wurde folgender Algorithmus verwendet.

$$\text{(Eq.1) Anpassungsfaktor} = 250 * (\text{Summe der aktuellen Emissionen der Haushalte} - \text{Ziel_CAP der Haushalte}) / \text{Ziel_CAP der Haushalte}$$

$$\text{(Eq. 2) Zertpreis}_{\text{neu}} = \text{Zertpreis}_{\text{alt}} + \text{Anpassungsfaktor}$$

wobei gilt $\rightarrow 5 < \text{Zertpreis}_{\text{neu}} < 500 \dots \text{Euro /Zertifikat (Tonne CO}_2\text{)}$

$$\text{(Eq. 3) } \text{Energieträgerpreis}_{\text{inklZertpreis}} = \text{Energieträgerpreis}_{\text{ohneZertpreis}} + \text{Zertpreis}_{\text{neu}} * \text{Emissionsfaktor des Energieträger} / 1000.000$$

Wobei gilt dass erneuerbare Energieträger mit einem Emissionsfaktor von „0“ angenommen wurden und deshalb keine Aufschläge durch den Zertifikatspreis erhalten.

PCR

1. Zertifikatszuteilung:

Die Ausgabe der Zertifikate erfolgt kostenlos zu gleichen Teilen an alle Bürger wobei die Personen pro Haushalt genommen wurden. Eine Änderung dieser Zuteilung z.B. nur auf erwachsene Personen des Haushaltes oder mit einem gewissen Verteilungsschlüssel pro Kind ist einfach möglich und deren Auswirkungen kann in einem Szenario untersucht werden.

Aufgrund der zugeteilten Zertifikatsmenge, die jedes Jahr nach einem vorgegebenen CAP-Absenkpfad verändert wird und der tatsächlichen Emissionen der Haushalte entscheidet es sich, ob der Haushalt pot. Verkäufer (Haushalt bekommt mehr Zertifikate zugeteilt als er benötigt) oder pot. Käufer (Haushalt bekommt weniger Zertifikate zugeteilt als er benötigt) ist.

Die pot. Käufer entscheiden sich aufgrund des erwarteten Zertifikatpreises und eigenen einkommensabhängigen Grenzen ob sie versuchen Zertifikate zu kaufen, oder Handlungsoptionen wählen die die Emissionen reduzieren.

2. Auktion

Käufer versuchen zuerst auf einem Versteigerungsmarkt einen Teil Ihrer Zertifikate zu ersteigern. Daraus ergibt sich ein Auktionspreis, der dann als Anhaltspunkt für den Handel mit den Haushalten die ihre Zertifikate verkaufen dient. Die Auktion läuft dabei wie im Folgenden beschrieben ab, wobei soweit wie möglich eine Anlehnung an den EU-ETS und dessen kompetitive Versteigerung erfolgte¹⁰. Die Auktion erfolgt nach dem Meistausführungsprinzip. Der Auktionspreis ist hierbei jener Preis, zu dem den Börsenmitgliedern die höchste Menge zugeteilt werden kann, bei dem also der größte Umsatz und damit der geringste Überhang auf Kauf- oder Verkaufsseite erzielt wird.

Kompetitive Versteigerung:

Angebote werden in ein Orderbuch aufgenommen. Sie werden bei jedem Bieter jeweils nur bis zur Höhe der hinterlegten Garantien berücksichtigt.

Nach Schließung des Orderbuchs werden alle Angebote aufsummiert, geordnet nach Höhe des Angebotspreises (bei gleicher Höhe nach Zeitpunkt der Angebotsstellung) und beginnend mit dem höchsten Preis. Die Summierung erfolgt solange bis Angebotspreis = Zuschlagspreis. Der Zuschlagspreis entspricht jenem Preis, bei dem die Summe der

10 Quelle Bundesgesetzblatt für die Republik Österreich, 16.1.2009: Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft über die Versteigerung von Emissionszertifikaten für die Periode 2008 bis 2012 (Versteigerungsverordnung 2. Periode)

Angebote die Menge der zur Versteigerung gebrachten Zertifikate erreicht bzw. erstmals überschreitet.¹¹

Die Zuteilung erfolgt an jene Bieter, die ausreichend hohe Angebotspreise gelegt haben. Die Nachfrage des letzten erfolgreichen Bieters wird zumeist nicht vollständig befriedigt werden können. Hier erfolgt eine entsprechende Kürzung bis die Summe der zur Versteigerung gelangten Zertifikate erreicht ist.

Bieter	Preis	Menge	Kumulierte Menge	Versteigerte Menge	Zuschlagspreis	Zugeteilte Menge
1	15,00	200	200			200
2	13,00	150	350			150
3	11,00	350	700	600	11,00	250
4	10,00	220	920			
5	9,00	160	1080			

Tab. 3.1: Beispiel für Versteigerung

Bei $P = 11,00$ gilt kumulierte Menge $\geq$ versteigerte Menge. Die 3 erfolgreichen Bieter erhalten die Zertifikate um jeweils 11,00.

Bieter 3 kann nur die Differenz von versteigelter Menge minus bis Bieter 2 kumulierter Menge erwerben (600 - 350). Er erhält 100 Zertifikate weniger als gewünscht.

Nicht versteigerte Zertifikate werden beim anschließenden Handel zwischen den Haushalten berücksichtigt.

3. Handel zwischen den Haushalten

Wie schon oben erwähnt werden die Erfahrungen der Käufer in der Auktion sowie der Versteigerungspreis als Basis für den Handel verwendet. Wobei die Käufer ihre Angebote je nachdem adaptieren ob sie ALLE, TEILE oder überhaupt KEINE Zertifikate ersteigern konnten.

Die Verkäufer orientieren sich beim ersten Mal am Versteigerungspreis und falls sie schon an einem Handel teilgenommen haben dann an dem *Market Clearing Price* (MCP) des Handels aus der letzten Runde sowie Ihren persönlichen Erfahrungen ob sie ALLE, TEILE oder überhaupt KEINE ihrer Zertifikate verkaufen konnten. Der MCP wird dabei nach folgendem Algorithmus in Anlehnung an den EU-ETS eruiert.

Der MCP wird durch den Schnittpunkt aus der Angebots- und der Nachfragekurve bestimmt. Grundsätzlich handelt es sich bei ihnen um diskrete Stufen und keine stetigen Funktionen, wodurch sich im Regelfall kein eindeutiger MCP ergibt (siehe das Beispiel unten). Durch die

11 Der mögliche Zuschlagspreis unterliegt einer Limitierung durch einen Mindestangebotspreis, in Österreich festgesetzt vom BMLFUW, orientiert am aktuellen Marktpreis für Emissionszertifikate.

lineare Verbindung der Preis-/Mengen-Paare ergibt sich demgegenüber allerdings ein eindeutiger MCP.

	Angebote Verkaufsmenge	Minimaler Verkaufspreis	Angebote Kaufmenge	Maximaler Kaufpreis
Verkäufer 1	4	10,00		
Verkäufer 2	10	15,00		
Käufer 1			3	13,00
Käufer 2			6	11,00

Tab. 3.2: Beispiel für Handelsmechanismus

Maximales Handelsvolumen = 4, erreicht bei jedem Preis zwischen 10,00 und 11,00.

Bei einem Preis > 11,00 fällt Käufer 2 aus. Damit reduziert sich die Nachfrage auf 3, während das Angebot (bis zu einem Preis von 15,00) gleich bleibt. Das gehandelte Volumen sinkt daher gegenüber einem MCP zwischen 10,00 und 11,00 auf 3.

Bei einem Preis < 10,00 fällt Verkäufer 1 aus. Die Nachfrage wäre dann zwar 9, aber es gibt kein Angebot mehr. Das gehandelte Volumen sinkt daher gegenüber einem MCP zwischen 10,00 und 11,00 auf 0.

Allerdings ist der MCP im Bereich $10,00 \leq \text{MCP} \leq 11,00$ unbestimmt!

Als Lösung wurde im Modell der Mittelwert zwischen dem niedrigsten minimalen Verkaufspreis und dem niedrigsten maximalen Kaufpreis verwendet. Im oben angeführten Beispiel ergibt dies 10,50 Euro/Zertifikat.

Spezifika des Handelsmechanismus:

Während der Modellierung hat sich gezeigt, dass der implementierte Handelsmechanismus Spezifika aufweist, die das Verhalten des Marktes im Modell deutlich bestimmen. Die Bildung des MCP auf Basis der Minima führt dazu, dass nur wenig Dynamik am Markt entsteht zumal im Modell Haushalte ihren Typ (Käufer oder Verkäufer) am Markt während der Simulation ändern können. Dies geschieht z.B. wenn ein Käufer Maßnahmen setzt, die die Emissionen unter dem CAP des Haushaltes für die nächste Periode drücken. Dann wird er zum potentiellen Verkäufer von Zertifikaten. In diesem Fall orientiert er sich am MCP der vergangenen Periode und gibt damit sein Verkaufsangebot ab. Dadurch liegt der minimale Verkaufspreis in der Nähe des alten MCPs. Die Käufer, die in der letzten Handelsperiode alles bekommen haben, werden ihr neues Kaufangebot auch in der Nähe des alten MCPs ansetzen. Die Extremangebote auf beiden Seiten fallen aus dem System und haben keinen Einfluss auf den MCP.

Zudem ist anzumerken, dass Aufgrund der auch schon im Basisszenario vorhandenen Emissionsreduktionen relativ wenig Nachfrage nach Zertifikaten herrscht, was wiederum den MCP drückt. Eine Annahme des implementierten Zertifikatsmarkts ist, dass die Angebots-

und Nachfragemengen von dem Verkaufspotential und der Notwendigkeit der Käufer abhängen, die Zertifikate zu kaufen, um keine Emissionsreduktionen durchführen zu müssen, und nicht vom erwarteten MCP. Die Möglichkeit, dass mit den Zertifikaten am Markt spekuliert werden könnte und damit keine reale Nachfrage der Haushalte abgebildet werden würde, wäre aber nur sehr aufwendig zu implementieren und könnte außerdem zu einem sehr dynamischen Marktverhalten führen. Dies würde wiederum die Entscheidungen der Haushalte, aufgrund eines hoch spekulativen Zertifikatsmarkts, sehr stark schwanken lassen. Die folgende Abbildung zeigt, dass die prinzipielle Zertifikatspreisentwicklung in den CAP Szenarios mit der Höhe des CAPs korreliert. Der Preisunterschied steigt aber erst in den letzten Jahren deutlicher da dann die Emissionsverläufe in den PCR-Szenarien (low vs. high CAP) stärker divergieren. Wobei anzumerken ist, dass auch zufällige Entscheidungen Einfluss auf den Zertifikatspreis haben und deshalb in jedem Simulationslauf leicht divergierende Ergebnisse zu sehen sind (vgl. Sim1 & Sim2 der folgenden Abbildung).

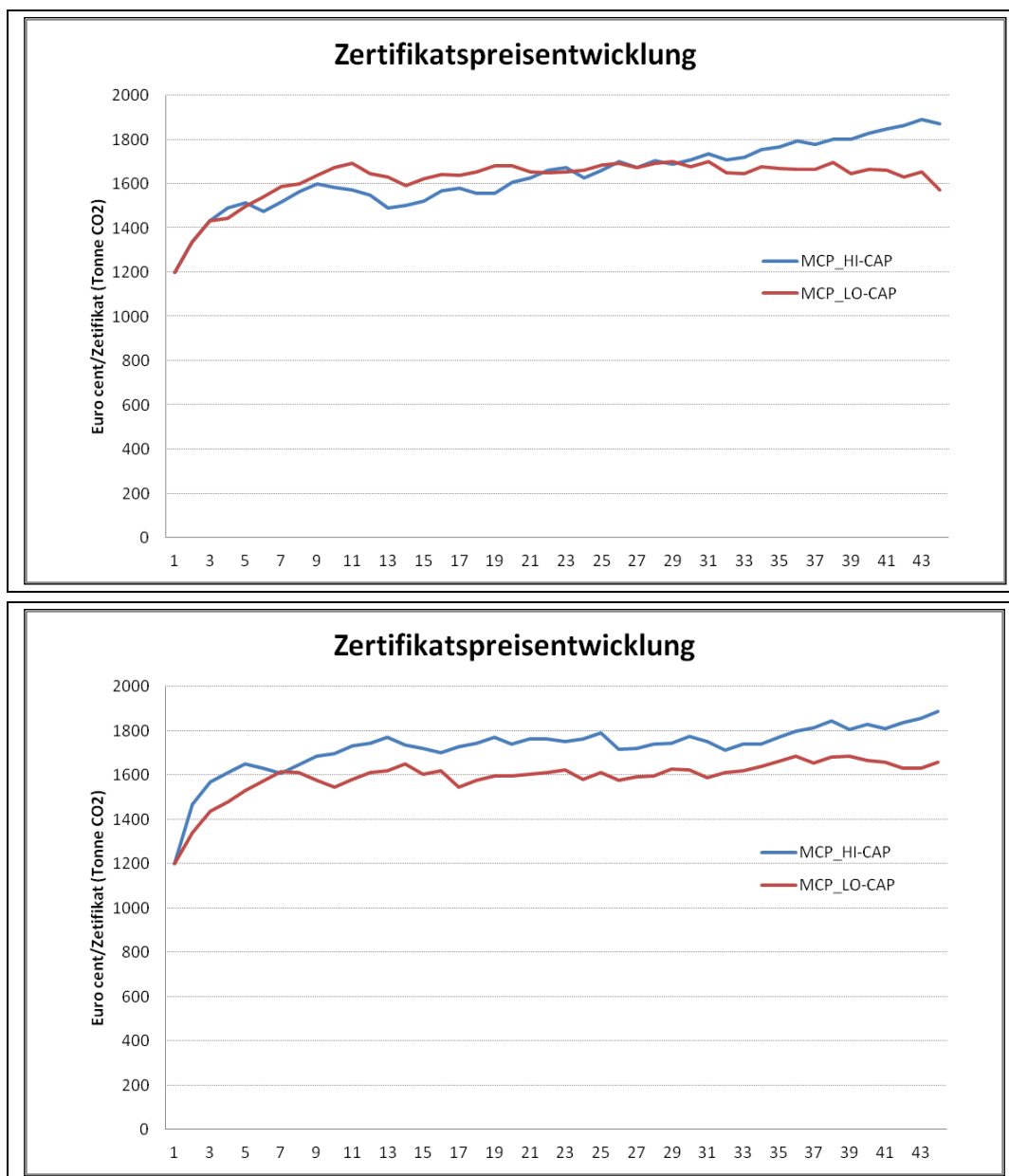


Abb. 3.11: Zertifikatspreisentwicklung der PCR Szenarios (Sim 1 oben Sim 2 unten)

Im MoZert-Modell wurde aber auch für den PCR-Instrumententyp die Möglichkeit mit exogenen Zertifikatspreisszenarien neue Szenarien zu berechnen implementiert. Dadurch können auch die Wirkungen extremerer Zertifikatspreisszenarios analysiert werden¹².

12 Diese Analysen stellen eine mögliche Anwendung des Modell in der Zukunft dar.

4. Das Haushaltsmodell

4.1 Das verwendete Milieu-Modell

Im Projekt „Energieverbrauchsstile. Datenbank zum Energieverbrauch österreichischer Haushalte: Erstellung und empirische Überprüfung“ (Projektleitung: SERI) wurde zur Gruppierung unterschiedlicher Lebensstil-Typen in Österreich das Konzept der **Erlebnismilieus** gewählt (Bohunovsky et al. 2011). Dieser Ansatz wurde in Deutschland theoretisch entwickelt (vgl. Schulze 2005), dann in Deutschland und Österreich in empirischen Befragungen validiert (Karmasin Motivforschung oD.). Das Konzept der Erlebnismilieus bietet eine starke Fokussierung auf stilistische Präferenzen und lässt sich somit einfacher mit zusätzlichen Variablen energierelevanter Handlungsstrategien zu Energieverbrauchsstilen kombinieren als komplexere Ansätze.

Die Erlebnismilieus basieren auf Fragen zu den Bereichen Freizeitaktivitäten, Medienformate, Musikvorlieben und allgemeine Werte. Daraus werden (in Österreich) vier Milieutypen gebildet, die im Spannungsfeld der Begriffspaare Ordnung – Spontanität bzw. Einfachheit – Komplexität eingeordnet werden. Die Milieus können mit folgenden Begriffen kurz umschrieben werden:

- Niveaumilieu: Kultur, Tradition und Bildung sind wichtig, Leistung, Anerkennung und ein reflektiertes Verhalten spielen eine große Rolle. Eher ältere und gebildete Personen. Hohes Einkommen, eher gehobene Positionen im Berufsleben. Etwa 18% der österreichischen Bevölkerung fallen in diese Gruppe.
- Harmoniemilieu: Zentrale Werte sind Geborgenheit, Sicherheit und Schutz vor Fremdem und Neuem. Gemütlichkeit, konzentrieren auf das Zuhause, eher passiv. Eher ältere und weniger gebildete Personen. Unterdurchschnittliches Einkommen, eher niedrige berufliche Positionen. Konsum eher „von der Stange“. Etwa 30% der österreichischen Bevölkerung fallen in diese Gruppe.
- Selbstverwirklichungsmilieu: Individualität, Freiheit, Offenheit, eigene Ziele verwirklichen, positive Grundeinstellung. Meist jüngere Personen (unter 40) mit mittlerer und höherer Bildung. Das Selbstverwirklichungsmilieu wird als „Antityp zur Existenzform des Harmoniemilieus“ beschrieben. In Bezug auf Konsummuster sehr heterogen (Selbstverwirklichung durch Konsum oder durch Immaterielles). Etwa 13% der österreichischen Bevölkerung fallen in diese Gruppe.
- Unterhaltungsmilieu: Action, Spannung und Abwechslung machen das Leben schön, Freizeit ist besonders wichtig. Jüngere, weniger gebildete Personen. Beruflich finden sich im Unterhaltungsmilieu eher jüngere ArbeiterInnen, welche überwiegend Handarbeit mit diversen Belastungen (Lärm, Schmutz, körperliche Anstrengung oder schlechte Luft) leisten. Ihre existentielle Antriebskraft ist das Streben nach Stimulation, Einfachheit und Spontaneität. Etwa 23 % der österreichischen

Bevölkerung fallen in diese Gruppe.

Eine Gruppe von 14% der österreichischen Bevölkerung ist keinem dieser vier Milieus zuordenbar.

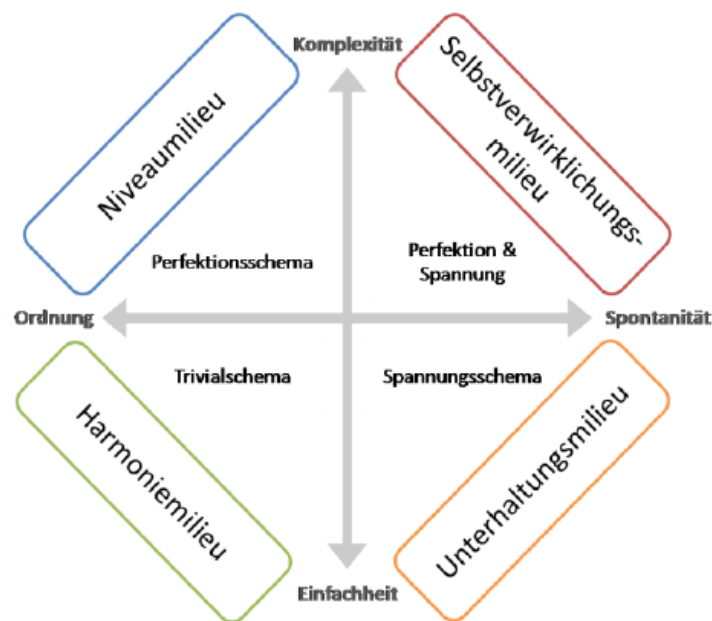


Abb. 4.1: Charakterisierung der Erlebnismilieus nach Schulze. Quelle: Bohunovsky et al. (2011), S. 7

Hinsichtlich des *Energieverbrauchsverhaltens* lassen sich die Milieus folgendermaßen charakterisieren (die Darstellung beruht auf dem Factsheet zum Projekt Energieverbrauchsstile (Bohunovsky et al. oD.):

Niveaumilieu:

Das Niveaumilieu besitzt eine hohe Anzahl an Haushalts- und Luxusgeräten und eine durchschnittlich hohe Anzahl an Informations- und Kommunikationstechnologien. Vor allem bei Haushaltsgeräten und Informations- und Kommunikationstechnologien wird sehr stark auf Effizienz geachtet. Dadurch fällt der Strombedarf durch Haushaltsgeräte eher hoch aus, der durch IKT recht gering. Insgesamt ist der Strombedarf durch elektrische Geräte gleich hoch wie in anderen Milieus.

VertreterInnen des Niveaumilieus leben meist in großen Wohnungen oder Einfamilienhäusern. Sie verfügen im Durchschnitt über die größte Wohnfläche pro Kopf. Dadurch ergibt sich für diese Bevölkerungsgruppe ein recht hoher Heizenergiebedarf – nur das Harmoniemilieu übertrifft das Niveaumilieu in diesem Wert. Auffallend ist außerdem, dass VertreterInnen des Niveaumilieus am häufigsten angaben, bei Kauf-, Mietentscheidung oder bei Sanierung nicht auf Effizienz geachtet zu haben.

Der Energiebedarf für Mobilität im Niveaumilieu ist im Vergleich zu den anderen Milieus als durchschnittlich zu bezeichnen. Bei genauerer Betrachtung fällt auf, dass dieses Milieu einen

relativ hohen Energieverbrauch für Flugreisen hat, obwohl ca. 50% der Mitglieder des Niveaumilieus fast nie fliegen. Öffentliche Verkehrsmittel werden von fast 40% der befragten Haushalte mehrmals wöchentlich genutzt.

Harmoniemilieu:

Das Harmoniemilieu zeichnet sich durch den geringsten Bestand an elektrischen Geräten aus. Vor allem Informations- und Kommunikationstechnologien gehören nicht notwendigerweise zum Inventar eines Harmoniemilieu-Haushalts. Auf Effizienz wird bei den wenigen und teilweise sehr alten Geräten, die ein Haushalt im Harmoniemilieu besitzt, jedoch nicht geachtet.

Bevorzugte Wohnform des Harmoniemilieus ist das Einfamilienhaus. Das widerspricht zwar dem Befund von Schulze (2005), bestätigte aber die Hypothese, dass Personen, die sich ihr Haus im Eigenbau gebaut haben, vor allem in diesem Milieu zu finden sind. Dies resultiert in einem hohen Heizenergiebedarf, einerseits aufgrund der hohen Nutzfläche und andererseits auch aufgrund recht schlechter thermischer Sanierung. Wenn ein Mitglied des Harmoniemilieus sein/ihr Haus saniert, hat dies primär mit Geldersparnis oder Wohnkomfort zu tun, mit Umweltschutz kaum. Dennoch geben VertreterInnen dieses Milieus überdurchschnittlich oft an, bei Kauf-, Mietentscheidung oder Sanierung auf thermische Effizienz geachtet zu haben.

Das Mobilitätsverhalten des Harmoniemilieus hat im Vergleich zu den anderen Milieus den geringsten Energiebedarf. Dies liegt zum einen daran, dass das Harmoniemilieu über die geringste Anzahl der PKWs pro Erwachsenen verfügt und auch weniger Kilometer pro Jahr als VertreterInnen der anderen Milieus zurücklegt. Zum anderen werden in diesem Milieu auch kaum Flugreisen getätigt. Beinahe die Hälfte der befragten Haushalte gab außerdem an, öffentliche Verkehrsmittel fast nie zu benutzen.

Selbstverwirklichungsmilieu:

Das Selbstverwirklichungsmilieu verfügt in allen Bereichen über die meisten Geräte, der meiste Stromverbrauch fällt im Bereich von Informations- und Kommunikationstechnologien an. Die Geräte weisen fast durchwegs eine hohe Effizienz auf, was jedoch im Gesamtenergieverbrauch aufgrund der großen Anzahl und der häufigen Nutzung zu keinerlei Einsparungen führt (Rebound Effekt).

Dieses Milieu verwirklicht sich überwiegend im städtischen Raum, verglichen mit den anderen Milieus hat es den größten Anteil an Wohnungen. Durch die Wohnstruktur, mit mittlerer Wohnfläche pro Kopf hat es einen relativ niedrigen Heizenergiebedarf.

Die Energieeinsparungen, welche sich durch den geringen Heizenergiebedarf ergeben, werden im Selbstverwirklichungsmilieu im Bereich Mobilität wieder wettgemacht. Das Selbstverwirklichungsmilieu verzeichnet die meisten Flugreisen, die höchste Anzahl an PKWs pro Erwachsenen sowie die höchste Zahl an mit dem PKW zurückgelegten Kilometern pro Jahr und Erwachsenen im Vergleich mit den anderen Milieus. Auch

öffentliche Verkehrsmittel werden in diesem Milieu am häufigsten verwendet.

Unterhaltungsmilieu:

Das Unterhaltungsmilieu besitzt generell im Vergleich zu den übrigen Milieus eher wenige elektrische Geräte. Haushalte im Unterhaltungsmilieu verfügen über eine geringe Zahl an Haushaltsgeräten, eine durchschnittliche Anzahl an Informations- und Kommunikationstechnologien und über eine hohe Anzahl an Luxusgeräten. Der Anteil an energieeffizienten Haushaltsgeräten ist relativ hoch.

Das Unterhaltungsmilieu lebt sowohl in Wohnungen als auch in Häusern, besitzt aber die kleinste Nutzfläche pro Kopf, was zu einem relativ geringen Heizenergiebedarf führt.

Im Vergleich zu den anderen Milieus weist das Unterhaltungsmilieu neben dem Selbstverwirklichungsmilieu die zweithöchste Anzahl an mit dem PKW zurückgelegten Kilometern pro Erwachsenen auf. Im Bereich Mobilität hat es einen sehr hohen Energieverbrauch zu verbuchen – nicht zuletzt aufgrund der häufigen Flugreisen (darunter auffallend viele Langstreckenflüge außerhalb Europas). Daneben werden auch öffentliche Verkehrsmittel durchschnittlich oft genutzt.

Die folgende Tabelle zeigt eine Übersicht hinsichtlich Charakterisierung und Energieverbrauchsverhalten der Milieus.

Niveaumilieu	<i>Kultur, Tradition und Bildung sind wichtig; Leistung, Anerkennung und ein reflektiertes Verhalten spielen eine große Rolle.</i>	
	Allgemeine Charakterisierung - Vorwiegend Generation 50plus - Hoher Anteil an selbständigen, leitenden und qualifizierten Angestellten - Hohes monatliches Netto-Haushaltseinkommen pro Kopf - Haushaltsgröße: 2,0 Personen	Elektrische Geräte - Verfügt über eine hohe Anzahl an Haushalts- und Luxusgeräten sowie über eine durchschnittliche Anzahl an IKT-Geräten - es wird stark auf Effizienz geachtet - hoher Strombedarf im Bereich Haushaltsgeräte - geringerer Bedarf im Bereich IKT
	Heizen und Wohnen - leichte Präferenz für Wohnungen - Nutzfläche pro Kopf: rund 50m²	Mobilität - Gefahrene Kilometer pro Erwachsenem und Jahr: 5.080 km - mittleres Flugverhalten (> 50 % fliegt fast nie) - Mittlerer Energieverbrauch für Mobilität
Harmoniemilieu	<i>Zentrale Werte sind Geborgenheit, Sicherheit und Schutz vor Fremdem und Neuem. Gemütlichkeit, Konzentration auf das Zuhause, eher passiv.</i>	
	Allgemeine Charakterisierung - Vorwiegend Generation 50plus - Hoher Anteil an einfachen Angestellten - Niedrigstes monatliches Haushalts-Nettoeinkommen pro Kopf - Haushaltsgröße: 2,1 Personen	Elektrische Geräte - niedrigste Zahl an Geräten pro Kopf (3,9) - es wird wenig auf Effizienz geachtet - niedrigster Anteil an Energiesparlampen
	Heizen und Wohnen - Bevorzugte Wohnform: Haus - Nutzfläche pro Kopf: rund 50m² - Höchster Energiebedarf pro Kopf und Jahr	Mobilität - Gefahrene Kilometer pro Erwachsenem und Jahr: 3.600 km - Nutzen öffentliche Verkehrsmittel am seltensten - Die wenigsten privaten Flüge (80 % fliegen (fast) nie) - Geringster Jahresenergiebedarf für Mobilität
Selbstverwirklichungsmilieu	<i>Individualität, Freiheit, Offenheit, eigene Ziele verwirklichen, positive Grundeinstellung.</i>	
	Allgemeine Charakterisierung - Vorwiegend Personen bis 40 Jahre - Hoher Anteil an selbständigen, leitenden und qualifizierten Angestellten - Höchstes monatliches Netto-Haushaltseinkommen pro Kopf - Haushaltsgröße: 2,0 Personen	Elektrische Geräte - verfügt über höchste Zahl an Geräten pro Kopf (5,5) - es wird stark auf Effizienz geachtet - intensive Nutzung von IKT-Geräten - höchster Anteil an Energiesparlampen - höchster Energiebedarf für Beleuchtung
	Heizen und Wohnen - Lebt größtenteils in Wohnungen - Nutzfläche pro Kopf: rund 46m²	Mobilität - Gefahrene Kilometer pro Erwachsenem und Jahr: 6.000 km - Nutzen öffentliche Verkehrsmittel am häufigsten - Häufige private Flüge (> 55 % fliegen jährlich) - Hoher Jahresenergiebedarf für Mobilität
Unterhaltungsmilieu	<i>Action, Spannung und Abwechslung machen das Leben schön, Freizeit ist besonders wichtig.</i>	
	Allgemeine Charakterisierung - Vorwiegend Personen bis 40 Jahre - Milieu mit dem niedrigsten Durchschnittsalter - Hoher Anteil an einfachen und qualifizierten Angestellten - Mittleres monatliches Haushalts-Nettoeinkommen pro Kopf - Haushaltsgröße: 2,4 Personen	Elektrische Geräte - geringe Zahl an Geräten pro Kopf (4), vor allem weniger Haushaltsgeräte, durchschnittliche Anzahl an IKT-Geräten und eine hohe Anzahl an Luxusgeräten - es wird stark auf Effizienz geachtet - geringster Energiebedarf für Beleuchtung
	Heizen und Wohnen - Leichte Präferenz für Wohnungen - Nutzfläche pro Kopf: rund 40m²	Mobilität - Gefahrene Kilometer pro Erwachsenem und Jahr: 6.000 km - Häufige private Flüge (> 55 % fliegen jährlich), hoher Anteil an Langstreckenflügen - Hoher Jahresenergiebedarf für Mobilität

Tab. 4.1: Übersicht über Milieus. Quelle: Bohunovsky et al. (oD.), S. 6

4.2 Handlungsoptionen der Haushalte

Ein wesentliches Element des Mozert-Modells sind die Handlungsoptionen der Haushalte. Haushalte können ihren Bestand (z.B. Sanierungszustand Haus), sowie ihr Verhalten (z.B. PKW-Kilometer) ändern und entwickeln ihren Energiebedarf daher dynamisch. Handlungsoptionen sind einerseits Investitionen in langlebige Güter mit einmaligem Energiebedarf (in der Produktion) und Investitionskosten, andererseits Änderungen im laufenden Konsumverhalten mit geändertem laufenden Energiebedarf und veränderten laufenden Kosten.

Die Handlungsoptionen im MoZert Haushaltsmodell sind in die Handlungsfelder Wohnen, Mobilität/Verkehr und Sonstiger Konsum unterteilt, welche wiederum in mehrere Unterbereiche gegliedert sind.

Das Handlungsfeld Wohnen ist in die Unterbereiche Gebäude (Gebäudesanierung, Neubau, Umzug, Nutzerverhalten), Heizen/Warmwasser (Tausch Heizanlage, Einbau Solaranlage), Strom (Eigenstromerzeugung, Wechsel Stromanbieter) und Haushaltsgeräte/Unterhaltungselektronik/Beleuchtung (Gerätetausch, Kauf zus. Geräte, Gerätereduktion) gegliedert (siehe Tab 4.2).

Gebäude	<i>Sanierung</i>	unsaniert auf Standard
		unsaniert auf Niedrigenergie
		Standard auf Niedrigenergie
	<i>Neubau</i>	Neubau Niedrigenergiehaus
		Neubau Passivhaus
	<i>Umzug</i>	Umzug in kleineres Haus
		Umzug in kleinere Wohnung
Heizen / Warmwasser	<i>Nutzer- verhalten</i>	Senkung / Erhöhung der Raumtemperatur
		Energiearmut: Beheizung nicht mehr ausreichend möglich
		Gas-(Brennwert)gerät
		Öl-(Brennwert)gerät
		Pelletsessel oder -ofen
		Hackschnitzelheizung
		Stückholzkessel
		Wärmepumpe, Medium Luft
		Wärmepumpe, Medium Erdreich, Grundwasser oder Sole
		Fernwärme: ländl. Raum - Biomasse-Fernwärme
		Fernwärme: städt. Raum - fossile Energieträger, KWK, Abwärmenutzung, Müllverb.
	<i>Tausch Heiz- anlage auf</i>	für Warmwasser
		für Warmwasser + Raumheizung
Strom	<i>Eigenstrom</i>	Kauf einer Photovoltaik-Anlage zur Eigenstromerzeugung
	<i>Stromanbieter- wechsel</i>	Wechsel des Stromanbieters auf "grünen Strom"
HH-Geräte / U-Elektronik / Beleuchtung	<i>Gerätetausch</i>	Tausch Weißware (auf effiziente Geräte)
		Tausch Unterhaltungselektronik-Geräte
		Austausch Leuchtmittel durch Energiesparlampen
	<i>Kauf zus. Geräte</i>	Kauf Wäschetrockner
		Kauf zusätzlicher Unterhaltungselektronik-Geräte
	<i>Einsparung</i>	Abbau der Unterhaltungs-E-Geräte bzw. entsprechend verringerte Nutzung

Tab. 4.2: Handlungsoptionen im Bereich Wohnen

Das Handlungsfeld Mobilität ist in die Bereiche Alltagsmobilität (Neuwagenkauf, Verkauf PKW, Verhalten) und Urlaubsmobilität gegliedert (siehe Tab 4.3.)

Alltagsmobilität	<i>Neuwagenkauf</i>	Kauf Neuwagen (<u>fossil</u>) bei gleichzeitigem Verkauf / Verschrottung des alten PKWs
		Kauf Neuwagen (<u>Hybrid</u>) bei gleichzeitigem Verkauf / Verschrottung des alten PKWs
		Kauf Neuwagen (<u>elektrisch</u>) bei gleichzeitigem Verkauf / Verschrottung des alten PKWs
		Kauf Neuwagen (<u>fossil</u>) zusätzlich
		Kauf neuer Wagen (<u>Hybrid</u>) zusätzlich
		Kauf neuer Wagen (<u>elektrisch</u>) zusätzlich
	<i>Verkauf PKW</i>	Verkauf PKW (ohne Substitution durch Kauf)
	<i>Verhalten</i>	verringerte Nutzung PKW
		verstärkte Nutzung Fahrrad / E-Fahrrad / Wege zu Fuß
		verstärkte Nutzung öff. Verkehrsmittel
		eingeschränkte Mobilität: Mobilitätsbedürfnis kann nicht mehr erfüllt werden
Urlaubs- mobilität	<i>Verhalten</i>	weniger Langstreckenflüge
		verstärkte Nutzung Bahn / Schiff
		verstärkte Nutzung PKW
		keine Fernreisen mehr

Tab. 4.3: Handlungsoptionen im Bereich Mobilität

Im Handlungsfeld „Sonstiger Konsum“ gibt es die Optionen einer Konsumerhöhung oder -reduktion bis hin zur Armutsoption (Reduktion des sonstigen Konsums unter einen bestimmten Schwellenwert, siehe Tab. 4.4).

Sonstiger Konsum	Weniger / mehr sonstiger Konsum
	Armut allgemein: Reduktion des sonstigen Konsums unter den Mindestbedarf

Tab. 4.4: Handlungsoptionen im Bereich Sonstiger Konsum

Eine weitere Gliederungsmöglichkeit der Handlungsoptionen besteht in die Bereiche Anschaffungen bzw. Investitionen (Tausch, Erweiterung, Sanierung), Reduktionen des Gerätebestands, Verhaltensänderungen und Armutsoptionen (eingeschränkte Beheizung, eingeschränkte Mobilität, eingeschränkter sonstiger Konsum).

4.3 Architektur der Haushalts-Agenten

4.3.1 Agentenkonzept

Das Milieumodell nach Schulze wird in MoZert durch Agententypen repräsentiert. Jeder Milieu-Typ entspricht einem *Agententyp*, der entsprechend dem Milieu-Typ auf spezifische Weise „denkt“. D.h. er entscheidet unter bestimmten Rahmenbedingungen entsprechend seinen programmierten Denkmustern, z.B. eher risikoavers, konservativ und rational oder eher wertorientiert. Jeder Agententyp repräsentiert entsprechend dem Milieumodell eine bestimmte Bandbreite von Haushalten, definiert durch die charakteristischen Eigenschaften jedes Milieu-Typs.

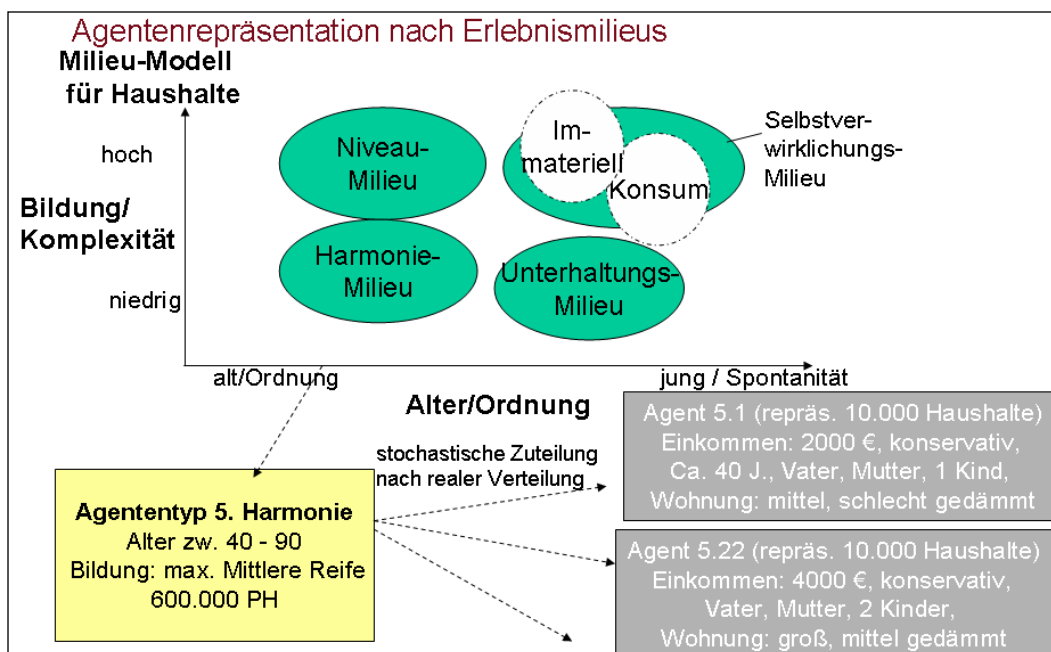


Abb. 4.2: Agentenrepräsentation. Konzept

Da das verwendete Erlebnismilieu-Modell durch die Dimensionen Bildung und Alter definiert wird, entspricht z.B. dem Harmoniemilieu der Agententyp 5, der durch eine Altersbandbreite von zumeist 40 bis 90 Jahren bei tendenziell niedrigem Bildungsniveau definiert wird. In diesem Beispiel (siehe Abb. 4.2: Agentenrepräsentation. Konzept) steht dieser Agententyp für 600.000 Privathaushalte.

Aus diesem Agententyp werden *einzelne Agenten* mit konkreten Eigenschaften im Rahmen des Instanzierungsprozesses gebildet. Jeder Einzelagent im System repräsentiert eine kleine Anzahl von Haushalten, die in der Wirklichkeit „sehr ähnlich“ sind, z.B. der Agent 5.1 bei einer Diskretisierung von 10.000 steht für 10.000 Haushalte, die ca. 2.000 € Einkommen haben, konservativ sind, aus Vater, Mutter, einem Kind bestehen und eine bestimmte Wohnungssituation mit Wohnungsgröße und Dämmzustand haben. D.h. 10.000 Haushalte

der Wirklichkeit, die ähnliche Charakteristika besitzen, werden durch diesen Agenten angenähert repräsentiert. Die Zuteilung der Eigenschaften zu den Agenten erfolgt auf Basis der realen Altersverteilung und der Verteilung anderer Variablen.

In der tatsächlichen Implementierung im MoZert Haushaltsmodell repräsentiert ein Agent 1.000 Haushalte, in Summe gibt es also 3.750 Haushalts-Agenten, die 3,75 Mio. österreichische Haushalte repräsentieren.

4.3.2 Entscheidungsmechanismen der Agenten

Jeder Agent gehört zu einem Agententyp. Dieser Agententyp bestimmt das grundlegende Verhalten, d.h. die Art und Weise wie die Agenten entscheiden, wie sie „denken“. Dieses Entscheidungsverhalten ist hardgecodet (programmiert) in Form der Agentenlogik im Agententypen enthalten (siehe Abb. 4.3: Agentenentscheidungen, Konzept). Der Agententyp bestimmt also das Grundverhalten der Agenteninstanzen.

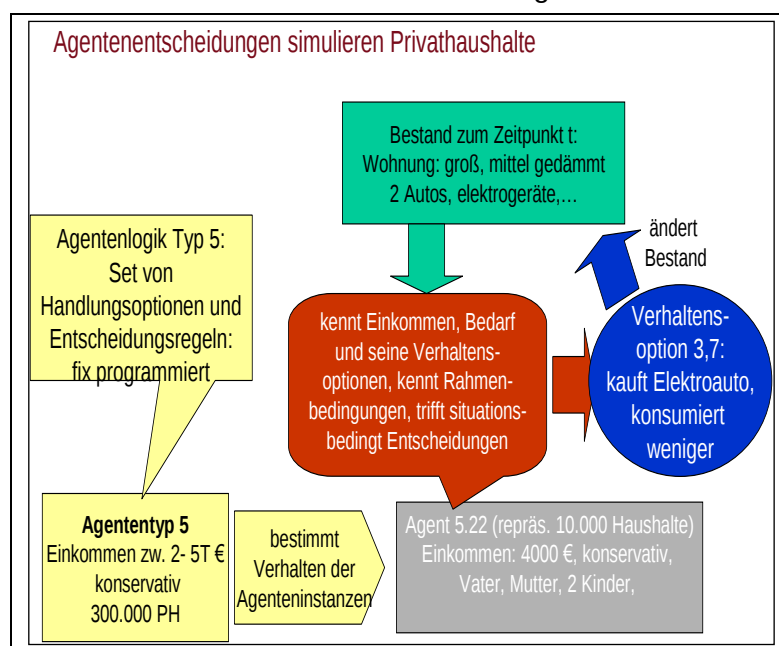


Abb. 4.3: Agentenentscheidungen, Konzept

Die tatsächlichen Entscheidungen sind situationsbedingt und daher von Agent zu Agent auch innerhalb des gleichen Agententyps unterschiedlich. Die individuelle Situation wird bestimmt durch das verfügbare Einkommen (im Beispiel siehe Abbildung 4.3 beträgt es 4.000 €), die familiäre Situation und auch die bereits vorhandene Güter wie Auto, elektrische Geräte, etc. Außerdem kennt der Agent die derzeitigen Energiepreise, Güterpreise, sowie je nach Zertifikatssystem CO₂-Zertifikatsstand und Kosten. Diese situationsabhängigen individuellen Bedingungen beeinflussen seine Entscheidungen. Je Zeiteinheit kann er sich für bestimmte Verhaltensoptionen wie z.B. Kauf eines Elektroautos, weniger Konsum, Änderung des Mobilitätsverhaltens etc. entscheiden. Diese Entscheidungen ändern wiederum seinen Bestand an Gütern, was wiederum seine zukünftigen Entscheidungen beeinflusst. Es

entstehen daher individuelle Lebensverläufe je Agent. Insgesamt stellen diese individuellen Lebensverläufe ein sich selbst organisierendes System dar, das eine Volkswirtschaft bildet, die bottom-up als Summe von einzelnen „Haushaltswirtschaften“ entsteht.

Der Entscheidungsmechanismus der Haushaltsagenten in MoZert basiert auf der *BDI-Architektur*. BDI Agenten sind eine Unterklasse der kognitiven Agenten, welche ein Modell ihrer Umwelt in einer eigenen Datenstruktur verwalten.

Die BDI-Architektur wurde ursprünglich im Rational Agency Project am Stanford Research Institute entwickelt. Sie geht auf die Arbeiten von Michael Bratman, Professor für Philosophie an der Stanford University zurück, der sich mit der Entscheidungsfindung beim Menschen beschäftigte und sein Modell 1987 publizierte (Bratman 1987). Im Jahre 1995 wurde dieses von Anand Rao und Michael Georgeff für die Praxis adaptiert. Die künstlichen Agenten wurden dazu mit mentalen Fähigkeiten ausgestattet: sie erhielten Wissen über ihre Umwelt (beliefs), erstrebenswerte Zustände (desires) und aktuell verfolgte Absichten (intentions).

Genaueres zum Tripel (B,D,I):

B - Welt, die der Agent „believes to be possible“: ist das subjektive Wissen, das der Agent zum gegenwärtigen Zeitpunkt hat.

Das sind in MoZert u.a. die in der Situation möglichen Handlungsoptionen (z.B. Auto verkaufen geht nur, wenn der Haushalt ein Auto besitzt).

D - Welt, die der Agent „desires to bring about“: ist die Menge der aktuellen Wünsche (oder Optionen) des Agenten.

Handlungsoptionen in MoZert, die für ihn wünschenswert wären: z.B. würde gern laufende Schulden reduzieren: Auto verkaufen, um Geld zu sparen.

I - Welt, die der Agent „intends to bring about“: ist die Menge aktueller Intentionen (Ziele), die der Agent erreichen will. (Maximiere Nutzen etc..).

In MoZert sind das jene Handlungsoptionen, die seine Zielerreichungen maximieren und die er wenn möglich wirklich ausführt.

Die Entscheidung der Haushalts-Agenten fällt in jeder Zeiteinheit für diejenigen Handlungsoptionen, die den größten Nutzen zu diesem Zeitpunkt und unter den gegebenen Rahmenbedingungen haben, und die sich der durch den Agenten repräsentierte Haushalt leisten kann. Weiters muss beachtet werden, dass die Handlungsoptionen keinem weiteren Ziel widersprechen und auch gegeneinander konsistent sind. Nutzen wird repräsentiert durch eine ökonomische Komponente (ökonomischer Nutzen, Investitionskosten minus diskontiertem zukünftigem Gewinn) und eine subjektive Komponente. Neben rationalen ökonomischen Kosten/Nutzen widerspiegelt die subjektive Komponente subjektive Kosten bzw. Nutzen (siehe auch Kap. 5), die auf den persönlichen Zielen und Werten des Haushalts bzw. auch auf dessen Wissen /Bildung gründen.

Geräte betreffen, die noch lange vor ihrem Lebensende sind (z.B. Heizungssystem wird bis zur halben Lebensdauer nicht ausgetauscht).

Rahmenziel 4: Nur Handlungsoptionen sind möglich, die der Agent kennt

Weiters sollten in diesem Schritt die Verhaltensoptionen ausgeschieden werden, die der Agent nicht kennt.

Rahmenziel 5: Nur Handlungsoptionen sind möglich, für die der notwendige Bestand da ist.

Beispiel: z.B. Auto verkaufen geht nur, wenn der Haushalt ein Auto besitzt, oder thermische Sanierung geht nur, wenn der Agent Eigentümer ist.

Durch diese Abfragen wird die Anzahl der Handlungsoptionen entscheidend reduziert.

Phase 2: Desire (*D-Welt der wünschenswerten Handlungsoptionen*): *Reduziere deine Verhaltensoptionen auf die, die deinen Wünschen entsprechen.*

Hauptziel: Maximiere deinen persönlichen/subjektiven Nutzen (auch altruistische Taten haben einen persönlichen Nutzen)

Die nach Phase 1 noch möglichen Verhaltensoptionen werden nach ihrem Gesamtnutzen für den Agenten in seiner spezifischen Situation gereiht. Dazu wird für alle noch möglichen Verhaltensoptionen der Gesamtnutzen berechnet bestehend aus 2 Teilen:

- Ökonomischer objektiver Nutzen (in €) nach Investitionsrechnung, objektive Kosten: Formel berücksichtigt Zinssatz und momentanen Energiepreis inklusive Diskontierung (für jeden Agenten gleich)
- Subjektive Nutzen/Kosten (in €) drücken Phänomene aus wie Sympathie /Antipathie, Werthaltungen, etc. (z.B. Verringerung des persönlichen Komforts bei niedriger Raumtemperatur oder niedrigerer Status bei Nichtbesitz eines Autos. Verhaltensnutzen dagegen ist Stolz auf sichtbare Komponenten wie PV-Anlage).

Dies ergibt eine Reihung der Handlungsoptionen nach ihrem Gesamtnutzen als Ausgangsbasis für die 3.Phase der Entscheidung des Agenten.

Phase 3: Intend (*I-Welt der tatsächlichen Handlungen, die seine Ziele maximieren*):

Hier werden aus den Verhaltensoptionen, die innerhalb der Rahmenbedingungen sind, diejenigen ausgeführt, die den größten Nutzen haben, dabei aber keinen Rahmenzielen widersprechen, sowie eventuelle Sonderziele erfüllen- unter Berücksichtigung der gegenseitigen Beeinflussung der Handlungen.

Phase 3 Intend: Ausführen des optimalen Sets an Handlungsoptionen

Nummer	Maßnahmen- kategorie	Handlungsoption	objektive Kosten/Nutzen	Subjektive Kosten/Nutzen	Gesamt Kosten/ Nutzen	betroffene Rahmen- ziele	Sonder- ziel (Sparen?)	Gesamt Kosten/Nutzen pro Zeit
25		Verkauf von Zertifikaten	-300	0	300	nein	0,0	300,0
18	Nahrungsmittel	Mehr Bio-Lebensmittel	-50	60	10	nein	-50,0	10,0
12	Alltagsmobilität	Kauf eines E-Fahrrads	2520	-2000	520	nein	21,0	4,3
		verstärkte Nutzung von Fahrrad / E-Fahrrad / mehr Wege zu Fuß	200	0	200	nein	1,7	1,7
13	Alltagsmobilität	verstärkte Nutzung öff. Verkehrsmittel	31	0	31	nein	0,3	0,3
8	Haushaltsgeräte /	Tausch von Kühl- und-/oder Gefriergeräten	-400	300	-100	nein	-3,3	-0,8
5	Gebäude	Untervermieten der Wohnung / (eines Teils) des Hauses	48000	-50000	-2000	nein	100,0	-4,2

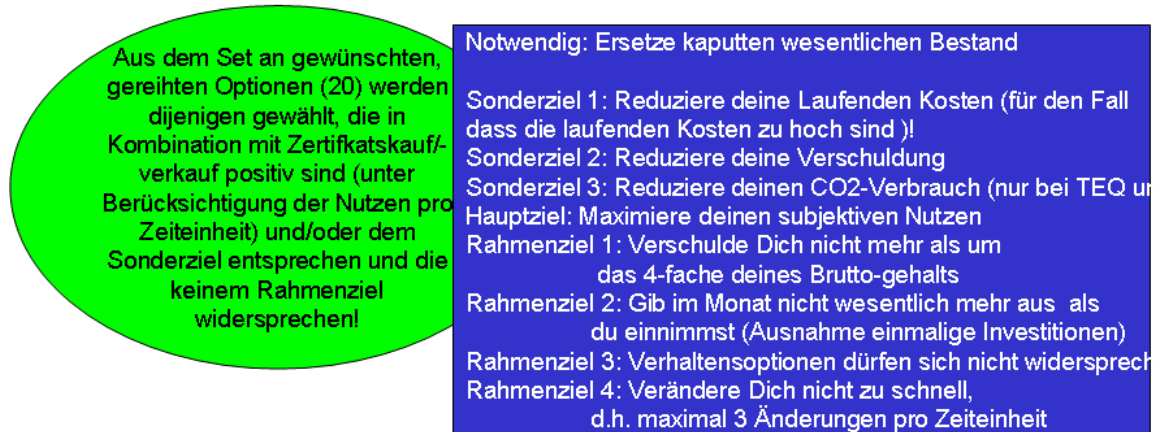


Abb. 4.5: Phase 3 des Agentenentscheidungsmechanismus

Schritt 1: Nach Ablauf der Lebensdauer eines Gutes muss gewechselt werden.

Für alle Gruppen von Handlungsoptionen, in denen der Bestand des Haushalts nicht mehr funktionsfähig ist, gilt: Agent entscheidet sich für nutzenoptimale Handlungsoption in dieser Gruppe. Agent muss eine der Handlungsoptionen dieser Gruppe wählen, obwohl der Gesamtnutzen negativ sein kann: d.h. er wählt den am wenigsten negativen Gesamtnutzen.

Schritt 2: Sonderziele überprüfen.

Sonderziele stehen für Ziele, die situationsbedingt von Bedeutung sind. Z.B. wenn die laufenden Kosten zu hoch sind, sodass jedes Monat negativ bilanziert wird, dann wird das Sonderziel einer Einsparung der laufenden Kosten aktiv.

Sonderziel 1: Reduziere deine laufenden Kosten (für den Fall, dass die laufenden Kosten zu hoch sind)

Wenn diese Flag aktiviert wird (laufende Einnahmen –Ausgaben stark negativ), dann wird die erste Handlungsoption der gereihten Liste gewählt, die die laufenden Kosten reduziert. Die anderen Handlungsoption werden nicht berücksichtigt, obwohl deren Gesamtnutzen größer ist. Außerdem können auch Handlungsoption mit negativem Gesamtnutzen berücksichtigt werden.

Sonderziel 2: Reduziere deine Verschuldung (für den Fall, dass die gegenwärtige

Verschuldung über Schwellwert ist)

Wenn diese Flag aktiviert wird (Verschuldung über Schwellwert), dann wird die erste Handlungsoption der gereihten Liste gewählt, die die Verschuldung reduziert. Dies kann z.B. passieren, wenn ein Haushalt sich aufgrund eines kaputten Heizsystems über die Kreditschwelle verschulden muss. Dann wird der Agent versuchen, etwas zu verkaufen oder auf eine andere Weise seine Verschuldung zu reduzieren. Die anderen Handlungsoptionen werden nicht berücksichtigt, obwohl deren Gesamtnutzen größer ist. Außerdem können auch Handlungsoptionen mit negativem Gesamtnutzen berücksichtigt werden.

Sonderziel 3: Reduziere deinen CO₂-Verbrauch (unter Berücksichtigung des CO₂-Kontos - nur bei TEQs und PCR)

Nur eine Kombination von Verhaltensoptionen kann gewählt werden, die das CO₂-Konto nicht ins Negative bringt unter Berücksichtigung der Option Zertifikatszukauf.

Wenn diese Flag aktiviert ist (CO₂-Konto stark belastet), dann werden nur Handlungsoptionen in Betracht gezogen, die den CO₂-Verbrauch reduzieren. Andere Handlungsoptionen werden nicht berücksichtigt, obwohl der Gesamtnutzen größer sein kann. Außerdem werden auch Handlungsoptionen mit negativem Gesamtnutzen berücksichtigt.

Schritt 3:

wenn Sonderziel-Flags deaktiviert sind:

Betrachte nächste Handlungsoption auf der gereihten Liste (beginne mit der Handlungsoption mit dem größten Gesamtnutzen oben auf gereihter Liste).

Wenn ein Sonderziel-Flag aktiviert ist:

- dann überspringe die Handlungsoption, wenn sie diesem Sonderziel widerspricht und gehe zum nächsten Schritt.
- ziehe diese Handlungsoption in Betracht, wenn sie das Sonderziel erfüllt (z.B.: Reduktion der laufenden Kosten bei Sonderziel-Einsparen), auch wenn sie negativen Gesamtnutzen hat.

Im Fall einer gefundenen Handlungsoption, überprüfe ob das bisherige Set plus diese Handlungsoption insgesamt einer der unteren Rahmenziele widerspricht.

Wenn Anzahl der gefundenen Handlungsoptionen $\leq$ Maximalanzahl, dann:

Betrachte nächste Handlungsoption auf der gereihten Liste (Beginne mit der Handlungsoption mit dem größten Gesamtnutzen oben auf gereihter Liste).

Überprüfe ob Gesamtnutzen dieser Handlungsoption > 0 ist. Wenn nein (Gesamtnutzen negativ oder null), dann ist das Entscheidungsverfahren beendet und das Set von Handlungsoptionen ist fertig.

Wenn ja, dann überprüfe ob das bisherige Set plus diese Handlungsoption insgesamt einer

der folgenden Rahmenziele widerspricht.

Weitere Rahmen-Ziele:

Rahmenziel 1: Verschulde Dich nicht mehr als um das x-fache deines Bruttogehalts (z.B. 200.000 €)

Nur eine Kombination von Verhaltensoptionen kann gewählt werden, die insgesamt die Kreditschwelle nicht überschreitet.

Rahmenziel 2: Gib im Monat nicht wesentlich mehr aus als du einnimmst (Ausnahme einmalige Investitionen)

Nur eine Kombination von Verhaltensoptionen kann gewählt werden, die die monatlichen Einnahmen-Ausgabenbilanz nicht ins Negative bringt bzw. die Verhaltensweisen positiv belegt werden, die die laufenden Kosten verringern, wenn dies notwendig ist.

Rahmenziel 3: Verhaltensoptionen dürfen sich nicht widersprechen

z.B. gleichzeitige Anschaffung von Pelletsheizung und Wärmepumpe, d.h. immer nur eine Handlungsoption pro Gruppe

Wenn ja (Handlungsoption + bisheriges Set widerspricht mindestens einem der Rahmenziele), gehe zum nächsten Schritt, wenn nein, füge diese Handlungsoption zum gewählten Set hinzu.

Wenn Anzahl gewählter Handlungsoption $\geq$ Maximalanzahl & nicht das Sonderziel Reduktion der Emissionen (nur bei PCR) unerreicht ist, ist das Set fertig, sonst weiter (Rahmenziel: Verändere Dich nicht zu schnell, d.h. maximal n(z.B. 3) Änderungen pro Zeiteinheit)

Postphase (nicht aktiv in der momentanen Version des Modells implementiert)

Schritt nach Entscheidung aller Agenten: Überprüfen der Verfügbarkeit

Rahmenziel 4: Nur Handlungsoptionen sind möglich, für die die Industrie Güter bereitstellen kann

Nachdem alle Agenten ihre Handlungsoptionen-Sets definiert haben, werden die notwendigen Güter aufsummiert. Falls eines der Güter über der maximalen Produktionskapazität der Industrie ist, müssen über einen Zufallsgenerator einige Agenten auf diese Handlungsoption verzichten.

Beispiel: Elektroautonachfrage ist 40.000 Stück, es können aber nur 32.000 geliefert werden (über Zufallsmechanismus werden 3 Agenten a 10.000 PH beliefert, einer nicht- bei diesem wird diese Handlungsoption in diesem Zeitschritt eliminiert). Industrie erhält aber die Information über die Nachfrage von 40.000 und kann entsprechend die Kapazität erweitern.

5. Subjektive Präferenzen von Haushalten im Bereich des Energieverbrauchsverhaltens

Wie bereits in Kap. 4.3.2 (Entscheidungsmechanismen der Agenten) dargestellt, basieren die Entscheidungen der Haushalts-Agenten auf einer objektiven (ökonomischen) Komponente und einer subjektiven Komponente, die subjektive Präferenzen (subjektive Kosten/Nutzen) des jeweiligen Agenten widerspiegelt. Als methodische Hilfsmittel zur Einschätzung der subjektiven Präferenzen dienten eine Literaturrecherche (Kap. 5.1) und eine ExpertInnen-Befragung (Kap. 5.2).

5.1 Literaturrecherche zu Energieverbrauchsverhalten von Haushalten

Die Literaturrecherche konzentrierte sich auf Publikationen, die Aussagen hinsichtlich der Quantifizierung von subjektiven Präferenzen (oft ausgedrückt durch Zahlungsbereitschaften bzw. „Willingness-to-pay“ Werte) für Handlungsoptionen der Haushalte treffen.

Weiters erfolgte eine Recherche zu Lebensstil-/Milieutypologien, auf deren Basis eine Entscheidung getroffen werden sollte, welche Typologie in weiterer Folge für das Projekt MoZert verwendet werden sollte.

Die Literaturrecherche lieferte 75 (zum Großteil peer-reviewed) wissenschaftliche Artikel, welche hauptsächlich aus der Periode ab dem Jahr 2000 stammen. Eine Zuordnung der Artikel zu den Themenfeldern der Handlungsoptionen Wohnen, Mobilität/Verkehr und Konsum wurde vorgenommen (siehe auch Kap. 4.2).

An ökonometrischen Ansätzen kommen in diesen Publikationen die Methoden „Willingness-to-pay“ (wtp), Berechnung von Preis- und Einkommenselastizitäten sowie empirische Analysen von Einflußgrößen auf das Verhalten (Koeffizienten von Schätzgleichungen) zur Anwendung.

Zur Bestimmung von „Willingness-to-pay“ Werten werden entweder indirekte Methoden (*Hedonischer Preisansatz*), oder direkte Methoden (*Contingent Valuation* oder *Discrete Choice Experimente*) eingesetzt. Während indirekte Methoden auf einer Analyse des tatsächlichen Marktverhaltens beruhen, werden bei direkten Methoden die befragten Personen hypothetischen Szenarien / Experimenten ausgesetzt.

Um den Wert eines Umweltgutes wie Luftqualität zu ermitteln, wird bei der *hedonischen Preismethode* das korrespondierende Charakteristikum eines Marktgutes, z.B. höherer Kaufpreis („Preisprämie“) für ein Haus in einer Lage mit hoher Luftqualität relativ zu einem identischen Haus in Lage mit schlechter Luftqualität, bestimmt (Bening 2009).

Bei *Contingent Valuation* wird mit Hilfe von hypothetischen Szenarien entweder die

Zahlungsbereitschaft (willingness to pay) für ein (Umwelt-)Gut oder die Höhe der Kompensationsforderung bei Verzicht auf dieses Gut (willingness to accept) ermittelt (z.B. wurde der Erholungsnutzen der Zürcher Wälder in einer Studie durch die Frage nach der maximalen Zahlungsbereitschaft für eine Jahreskarte, die Zutritt zu allen Zürcher Wäldern ermöglicht, ermittelt (Bening 2009)).

Bei *Discrete Choice Experimenten* (DCE) erfolgt die Bewertung eines (Umwelt-)Gutes gemäß der Zahlungsbereitschaft, die Individuen für *bestimmte Ausprägungen des (Umwelt-)Gutes* im Rahmen von Experimenten zeigen. Der Unterschied zu *Contingent Valuation* besteht darin, dass bereits eine Zuordnung von Preisen zu verschiedenen Ausprägungen des (Umwelt-)Gutes vorgenommen wurde (siehe Tab. 5.1 für einen Vergleich der Bewertungsmethoden).

<i>Methode</i>	<i>Vorteile</i>	<i>Nachteile</i>
Hedonischer Preisansatz	● Bewertung basiert auf Beobachtung des tatsächlichen Marktgeschehens ● die wahren Präferenzen können aus den Marktaktivitäten herausgefiltert werden ● Verlässlichkeit der Ergebnisse	● Marktteilnehmer verfügen nicht über vollständige Marktinformationen ● Reisekosten bilden u.U. nicht den gesamten Wert eines Gebiets ab ● bei Abhängigkeit zwischen einzelnen Charakteristika (z.B. Luftqualität/Lärmemissionen) ist Separierung der Preiseffekte erschwert
Contingent Valuation	● Methode ist auch für nicht-nutzungsabhängige Werte geeignet ● in der Regel plausible Resultate ● geringer Analyseaufwand	● Hypothetische Szenarien ● Daten basieren nicht auf tatsächlichem Marktverhalten ● Strategisches Antwortverhalten ● Attitude-Behaviour-Gap
Discrete Choice Experimente	<i>gegenüber Contingent Valuation:</i> ● es können Zahlungsbereitschaften für verschiedene Dimensionen gleichzeitig abgefragt werden ● weniger Möglichkeit für strategisches Antworten	<i>gegenüber Contingent Valuation:</i> ● Einschränkung der Antwortmöglichkeit der Befragten ● vergleichsweise hoher Analyseaufwand

Tab. 5.1: Vor- und Nachteile der einzelnen Methoden zur Bestimmung von Zahlungsbereitschaften (Willingness-To-Pay Werten). Eigene Darstellung basierend auf Bening (2009)

Wesentliche Erkenntnisse aus der Literaturrecherche

Prioritäten für energieverbrauchsrelevante Maßnahmen in Haushalten

In einer niederländischen Studie (Poortinga et al. 2003) wurden 23 verschiedene Energiesparmaßnahmen (energy-saving measures) auf deren Akzeptanz untersucht. Es zeigt sich, dass technische (Effizienz-)Maßnahmen bevorzugt werden, gefolgt von Änderungen des Nutzungsverhaltens, Konsumänderungen gelten als eher inakzeptabel. Steigendes Einkommen geht mit einer erhöhten Präferenz für technische Lösungen einher. Sichtbarkeit und Simplität der Maßnahme sind meist für die Umsetzung dieser ausschlaggebend, jedoch kaum das (Energie-)Einsparungspotential.

Warum „unterinvestieren“ Haushalten in Energiesparmaßnahmen?

Es gibt eine Tendenz der „Unterinvestition“ in verschiedene Energiesparmaßnahmen (d.h. ökonomisch sich rentierende Investitionen werden oft nicht getätigt). Diese Tendenz zur Unterinvestition hängt mit einer (wahrgenommenen) Komplexität der Materie, mit hohen Transaktions- und Suchkosten sowie Mangel an Markttransparenz und hohen Unsicherheiten bzgl. zukünftiger Energiepreise und Zinssätze zusammen (Achnicht 2010, Stieß et al. 2010, Friedrich et al. 2007).

Es werden oft sehr hohe implizite Diskontraten (die 3 bis 4-mal höher sind als der Marktzins) angenommen und eher kurze Amortisationszeiten (3-5 Jahre, maximal 15 Jahre).

Relevante Studien für die Findung von Zahlungsbereitschafts-(wtp)-Werten

Folgende Publikationen erwiesen sich als relevant für die Findung von Zahlungsbereitschafts-Werten für das MoZert Haushaltsmodell:

- Maßnahmen am Gebäude (Fenster, Wärmedämmung, Lüftungsanlage): Banfi et al. (2008), siehe Tab. 5.2, Farsi (2010), Market (2010)
- Tausch Heizungsanlage: Achnicht (2010), Market (2010)
- Termische Solaranlage, PV Anlage: Scarpa/Willis (2010), Market (2010)
- Waschmaschinen: Sammer/Wüstenhagen (2006)
- Kühlgeräte: Strandbakken 2009
- Ökostrom: Gerpott/Mahmudova (2010), Hansla et al. (2008), Market (2010)
- E-Autos, Hybridautos: Potoglou/Kanaroglou (2007), Ong/Hasselhoff (2005)
- Mobilitäts-/Urlaubsverhalten: Market-Umfrage (2010)

Die Market-Studie (Market 2010) ermittelte keine Zahlungsbereitschaften, sondern fragte persönliche Handlungsbereitschaften auf einer 4-stufigen Likert-Skala ab (siehe Tab. 5.3)

Marginal willingness to pay derived from discrete choice models, expressed as % of rental price (flats) and purchase price (single-family houses) respectively¹⁵

Attribute	Rented flats in multi-family houses				Purchase of single-family houses			
	WTP	Sig.	95%-Interval		WTP	Sig.	95%-Interval	
Enhanced insulated window (as compared to standard insulated windows)	1%	n.s.	-1%	3%	1%	n.s.	-2%	4%
Enhanced facade insulation (as compared to standard insulation)	3%	*	1%	5%	3%	**	0%	6%
Housing ventilation system (new buildings)	8%	***	4%	11%	12%	***	6%	17%
Housing ventilation system (existing buildings)	8%	***	4%	11%	4%	**	1%	7%
New windows (as compared to medium old ones)	13%	***	8%	17%	13%	***	9%	18%
Medium old windows (as compared very old ones)	10%	***	6%	14%	8%	***	4%	11%
Standard facade insulation (as compared to facade painting)	6%	**	3%	10%	7%	***	3%	10%
Facade painting (as compared to old unpainted facade)	3%	n.s.	-1%	7%	3%	*	0%	7%

WTP = Willingness To Pay, expressed as % of rental price (flats) and purchase price (single-family houses) respectively.
Sig. = Significance level: ***0.01, **0.05, *0.1, n.s. = not significantly different from 0 at 10% significance level.

Tab. 5.2: Beispiel für die Ergebnisse einer Schweizer Studie zu Zahlungsbereitschaften im Bereich Maßnahmen am Gebäude. Quelle: Banfi et al. (2010)

Persönliche Handlungsbereitschaft für verschiedene Maßnahmen für den Klimaschutz

telefonische Interviews, 23.-25.11.2010
vor Klimagipfel in Cancún

Frage: Abschließend möchte ich Ihnen ein paar Maßnahmen vorlesen, die man als Privatperson rund um den Klimaschutz und in Energiefragen tätigen kann. In welchem dieser Bereiche möchten Sie selbst zum Klimaschutz etwas beitragen?

Angaben in % der Befragten (n = 401, repräs. für österr. Bevölkerung ab 16 Jahren)

Maßnahme	sicher nicht	eher nicht	eher schon	auf jeden Fall
Verbesserung der Wärmedämmung	2	7	32	53
Modernisierung der Heizanlage	7	6	41	41
Austausch alter durch neuere energiesparende Elektrogeräte	3	14	40	42
Investitionen in erneuerbare Energien, z.B. Solaranlagen	2	21	29	44
Reduktion der Fahrten mit PKW	10	16	34	38
Vermehrte Nutzung öffentlicher Verkehrsmittel	11	19	28	40
Weniger Heizen im Winter, Absenken der Raumtemperatur	12	24	32	29
Verzicht auf Urlaubsflüge	24	29	22	20
Umsteigen auf Ökostromanbieter und damit höhere Stromkosten	26	36	20	13

Tab. 5.3: Persönliche Handlungsbereitschaften für verschiedene Klimaschutzmaßnahmen. Quelle: Market (2010)

Methodische Fragen

Verschiedene methodische Fragen sind bei der Interpretation von Zahlungsbereitschaftswerten zu beachten.

Generell ist bei Befragungen ein „*social desirability bias*“ festzustellen. Damit ist gemeint, dass InterviewpartnerInnen ihre Aussagen und Bewertungen im Sinne dessen einfärben, was sie für gesellschaftlich (bzw. seitens des Interviewer/der Interviewerin bzw. der dahinter stehenden Institution) für gut und positiv bewertet halten. Dies ist jedenfalls abhängig von

Zeit, Ort, Kultur. Allerdings gibt es auch verschiedene Antwortertypen (z.B. Protestantworten).

Eine Metastudie, die das Verhältnis von „stated“ (das heißt in *Contingent Valuation* Befragungen angegebenen) zu tatsächlichen Zahlungsbereitschaften untersucht, kommt zum Ergebnis, dass der Median der Abweichungen (= Verhältnis angegebene zu tatsächliche Zahlungsbereitschaft) bei 1,35 liegt, woraus die Empfehlung folgt, angegebene Zahlungsbereitschaften um diesen Faktor zu korrigieren (Murphy et al. 2005)¹³. Ein weiteres Ergebnis dieser Studie ist, dass diese Abweichung sich erhöht, je höher ein Gut monetär bewertet wird.

Eine weitere Frage besteht in der Übertragbarkeit von quantitativen Ergebnissen von Studien, die außerhalb Österreichs erstellt wurden, auf die österreichische Situation. Eine aufwändige Möglichkeit, die auch Zugang zu den Originaldaten voraussetzt, besteht in der Anwendung von Benefittransfer-Gleichungen: Hier würden österreichische Daten (z.B. Durchschnittseinkommen) in die Modellgleichungen eingesetzt.

Die in den verschiedenen Studien erhobenen Zahlungsbereitschaften gelten unter gegenwärtigen Bedingungen, d.h. Effekte wie Einfluss von stark erhöhten Energiepreisen oder krisenhaften Entwicklungen (oder wachsender Bewusstseinsstand) sind nicht berücksichtigt. Im MoZert Haushaltsmodell könnten Szenarien geänderter subjektiver Präferenzen durch entsprechende Änderungen dieser Werte abgebildet werden.

Zur Relevanz der Ergebnisse der herangezogenen Studien für das Projekt MoZert ist weiters festzustellen, dass Zahlungsbereitschafts-Werte nur in wenigen Studien nach sozio-ökonomischen Parametern differenziert wurden und zu einigen Handlungsoptionen (die in MoZert ausgewählt wurden) keine Forschungsarbeiten vorliegen.

Lebensstil-/Milieutypologien

Es wurden vier Lebensstiltypologien, die auch für Fragestellungen in den Bereichen Energie/Umwelt/Klimaschutz herangezogen wurden, näher analysiert:

- Lifestyles Energy End Use 2030 (AEA): Der Fokus liegt auf dem Stromverbrauch von Haushalten. Anhand von Eigenschaften wie Werten, Lebensweise, Konsum- und Nutzerverhalten wurden sieben Lifestyle-Typen abgeleitet und in Bezug zu Stromverbrauch gesetzt.
- Sinus Milieus: Die Sinus Milieus wurden ab den 1980er Jahren entwickelt, zunächst für Deutschland, mittlerweile auf 18 Länder angewandt. Diese werden hauptsächlich für Marketingzwecke verwendet mit einzelnen Anwendungen im Umweltbereich

13 Die Verteilung ist allerdings stark rechtsschief, Mittelwert: 2,6; Standardabweichung: 3,52.

(Wippermann et al. 2008). Für Deutschland werden nach Sinus 10 Milieus unterschieden, nach den Dimensionen Soziale Lage und Grundorientierung. Die Sinus Milieus sind etabliert und anerkannt, allerdings nur kommerziell verfügbar.

- Einstellungen und Aktivitäten zur Klimafreundlichkeit in Österreich (WWF Climate Group/Karmasin): Onlinebefragung. Gliederung in drei Typen („Die Engagierten“, „Die Gleichgültigen“, „Die interessierten Mitläufer“).
- Energieverbrauchsstile (SERI/Karmasin, Bohunovsky et al. 2011): Fokus auf direktem Energieverbrauch jener Nutzungskategorien, welche im Entscheidungsbereich des Haushalts liegen. Verknüpfung von energierelevantem Handeln mit Erlebnismilieus nach Schulze (Schulze 2005). Quantitative Befragung österr. Haushalte (n = 1014). Erhebung von Daten zu: Bestand & Nutzung von elektr. Geräten, Mobilität, Gebäude, etc.; sozio-ökonomische Daten, Fragen zur Bildung der Milieus.

<i>Studie/Typologie</i>	<i>Relevanz für MoZert</i>	<i>Verfügbarkeit</i>	<i>Daten zu Beständen und Verbrauch</i>
Lifestyles Energy End Use 2030 (AEA)	Mittel; nur Bereich des Stromverbrauchs erhoben.	Zum Zeitpunkt der Recherche unklar	Für Bereich des Stromverbrauchs im Haushalt
SINUS Milieus	Gering, da keine Beziehung zu Energieverbrauchsverhalten; allerdings detaillierte und anerkannte Typologie.	Nur kommerziell verfügbar	Keine
Klimafreundlichkeit in Österreich (WWF Climate Group/Karmasin)	Gering bis mittel, Fragen eher allgemein, möglicher Bias aufgrund Online-Befragung, Antworten eher in Richtung soziale Erwünschtheit.	Nicht bzw. zum Zeitpunkt der Recherche unklar	Keine
Energieverbrauchsstile (SERI/Karmasin)	Hoch. Alle relevanten Bereiche des Haushalts-Energieverbrauchs sind erfasst.	Datenbank gegen moderate Gebühr verfügbar	Für alle relevanten Bereiche des HH-Energieverbrauchs

Tab. 5.4: Bewertung der Lebensstiltypologien (bzw. der Studien, die verschiedene Typologien verwenden). Eigene Darstellung.

Wie Tab. 5.4 zeigt, hat das Projekt „Energieverbrauchsstile“ (Bohunovsky et al. 2011) die höchste Relevanz für MoZert. In diesem Projekt sind die Erlebnismilieus nach Schulze (Niveaumilieu, Harmoniemilieu, Selbstverwirklichungsmilieu, Unterhaltungsmilieu) in Bezug zu Energieverbrauch und Energieverbrauchsverhalten gesetzt (siehe Kap. 4.1 für Beschreibung der Erlebnismilieus).

Die in diesem Projekt erstellte Datenbank bildet den Iststand hinsichtlich Ausstattung und (Energieverbrauchs-)verhalten von österreichischen Haushalten umfassend ab und enthält

die Information, welchem Erlebnismilieu ein Haushalt zugeordnet werden kann. Die Datenbank wurde für das Projekt MoZert erworben.

5.2 ExpertInnen-Befragung zur Einschätzung von subjektiven Präferenzen

Um subjektive Präferenzen für bestimmte Handlungsoptionen im Bereich des Energieverbrauchs-Verhaltens von Haushalten genauer einschätzen zu können, wurde über die Literaturrecherche hinaus eine empirische Erhebung in Form einer ExpertInnen-Befragung durchgeführt.

Subjektive Präferenzen in Form subjektiver Nutzen/Kosten ergeben sich konzeptionell aus dem Verhältnis zwischen der Bereitschaft, eine Handlungsoption zu wählen und dem ökonomisch rationalen Kalkül. Wird eine Handlungsoption nicht gewählt, obwohl sie sich rein ökonomisch betrachtet rechnen würde, so sprechen wir von *subjektiven Kosten* dieser Handlungsoption (wird sie umgekehrt gewählt, obwohl sie sich nicht ökonomisch rechnet, sprechen wir von einem positiven *subjektiven Nutzen* dieser Handlungsoption).

Eine ökonomisch rationale Entscheidung würde sich allein daran orientieren, ob die Einsparungen (im Bereich der laufenden Kosten) durch eine Maßnahme bzw. Investition über die Lebensdauer größer sind als die Investitionskosten, wobei die Erwartung konstanter (realer) Energiepreise und eine moderate Diskontrate¹⁴ (3-4%) unterstellt sind. Bei Investitionen, die sich per se nicht (unmittelbar) monetär aufgrund von Einsparungen rechnen können, würde im Falle rein rationaler Wahl zwischen verschiedenen Möglichkeiten jene mit den geringsten Gesamtkosten über die Lebensdauer gewählt.

Subjektive Nutzen bzw. Kosten könnten beispielsweise sein:

- Investition gibt / schmälert die Möglichkeit Status nach außen zu zeigen
- geringerer / höherer Bedienaufwand
- höherer / niedrigerer Komfort
- umfangreichere / eingeschränkte Services
- Risikoabneigung bei neuen Technologien
- genügt / widerspricht der eigenen Umweltethik
- genügt / widerspricht gesellschaftlichen Normen
- ältere Leute möchten keinen Kredit mehr aufnehmen und tätigen Investitionen daher nicht, obwohl sie sich rechnen würden

14 Mittels der Diskontrate wird der heutige (bzw. zeitlich davor liegende) Wert eines zukünftigen Erlöses (z.B. durch Einsparungen) berechnet: die zu erwartenden Erlöse werden um die Diskontrate geschmälert (d.h. je weiter ein Erlös in der Zukunft liegt, desto geringer der Gegenwartswert).

In MoZert wird von der Basishypothese ausgegangen, dass unterschiedliche Milieus (im Sinne der Erlebnismilieus nach Schulze, siehe Kap. 4.1) unterschiedliche subjektive Präferenzen für die in MoZert ausgewählten Handlungsoptionen haben, da die Ausprägung der subjektiven Präferenzen von einer milieuspezifischen Sozialisation mitbestimmt wird.

Für die *ExpertInnen-Befragung* wurden zwei *Fragebögen* entworfen; einer für den Bereich Wohnen (Gebäudesanierung, Neubau, Heizanlage, Haushaltsgeräte), einer für den Bereich Mobilität (Alltagsmobilität, Urlaubsmobilität). Subjektive Nutzen oder Kosten konnten im Fragebogen auf einer 5-stufigen zweipoligen ordinalen Skala eingeschätzt werden. Die Skala weist folgende Ausprägungen auf: hoher subjektiver Nutzen, moderater subjektiver Nutzen, indifferente subjektive Nutzen/Kosten, moderate subjektive Kosten, hohe subjektive Kosten (siehe Abb. 5.1).

Bereich		Handlungsoption (Maßnahme)	Subjektive Nutzen - Kosten ¹					Milieus ²
			Nutzen			Kosten		
			hoch	moderat	indiff.	moderat	hoch	
		Anschaffungen, Investitionen						
Gebäude	Gebäudesanierung	unsaniert auf Standard (z.B. Fenstertausch)						Niveau Harmonie Selbstverwirklichung Unterhaltung
		unsaniert auf Niedrigenergie						Niveau Harmonie Selbstverwirklichung Unterhaltung
		Standard auf Niedrigenergie						Niveau Harmonie Selbstverwirklichung Unterhaltung
	Neubau	Neubau Niedrigenergiehaus						Niveau Harmonie Selbstverwirklichung Unterhaltung
		Neubau Passivhaus						Niveau Harmonie Selbstverwirklichung Unterhaltung

Abb. 5.1: Ausschnitt aus ExpertInnen-Fragebogen, Bereich Wohnen

Weiters wurden absolut höchste subjektive Nutzen/Kosten und Prioritäten im Fall von Energiearmut (bzw. Armut allgemein) abgefragt (siehe Abb. 5.2).

In welchem Bereich werden die verschiedenen Milieus starke Einschnitte zuerst zulassen?
Bitte reihen Sie die Optionen je Milieu (mit Ordnungszahlen 1-3) unter der Annahme, dass W

		Niveau	Harmonie	Selbstverwirklichung	Unterhaltung
Energiearmut: Beheizung nicht mehr ausreichend möglich					
eingeschränkte Mobilität: Mobilitätsbedürfnis kann nicht mehr erfüllt werden					
Armut allgemein: Reduktion des sonstigen Konsums unter den Mindestbedarf					
Armut allgemein: Reduktion des sonstigen Konsums unter den Mindestbedarf					

Abb. 5.2: Ausschnitt aus ExpertInnen-Fragebogen, Fragen zu Energiearmut bzw. Armut allgemein

Insgesamt wurden 42 ExpertInnen angefragt, es resultierten 16 verwertbare Fragebögen (davon wurden 10 während drei ExpertInnen-Workshops ausgefüllt, 6 Fragebögen im Rahmen von persönlichen Interviews, von weiteren drei ExpertInnen kamen Inputs per E-Mail zum Fragebogen/zur Befragung, allerdings in diesen Fällen keine vollständig ausgefüllten Fragebögen).

Ergebnisse der ExpertInnen-Befragung

Für die meisten Handlungsoptionen kamen die ExpertInnen zu einer *weitgehenden Übereinstimmung bezüglich der Abschätzung der subjektiven Kosten bzw. Nutzen*. Bei manchen Handlungsoptionen gibt es aber auch deutliche Streuung der Einschätzungen.

Im Bereich Wohnen gab es bei einigen Handlungsoptionen ausgeprägte Streuungen der Einschätzungen für das Selbstverwirklichungsmilieu, was auch durch die Heterogenität des Konsumverhaltens dieses Milieus (Selbstverwirklichung durch Konsum oder durch Immaterielles) begründbar sein kann. Im Bereich Mobilität gab es weiter streuende Einschätzungen bzgl. des Kaufverhaltens des Niveaumilieus (Kauf eines zusätzlichen Hybrid- oder E-Autor), sowie hinsichtlich des Mobilitätsverhaltens des Harmoniemilieus (verstärkte Nutzung Fahrrad / E-Fahrrad / Wege zu Fuß) und des Selbstverwirklichungsmilieus (verstärkte Nutzung Bahn / Schiff in der Urlaubsmobilität).

Die höchsten subjektiven Nutzen und Kosten wurden für folgende Handlungsoptionen (teilweise nach Milieus unterschiedlich) angegeben:

Höchste subjektive Nutzen:

- Neubau Passivhaus (Selbstverwirklichungsmilieu)
- Erhalt angenehmer Raumtemperatur
- sichtbare "grüne" Technologien (Selbstverwirklichungsmilieu)

- Mobilität kategorisch, v.a. gültig für motorisierten Individualverkehr

Höchste subjektive Kosten:

- Bequemlichkeitsverluste, Freiheitseinschränkungen kategorisch
- Strukturveränderungen Wohnbereich (Harmoniemilieu)
- alle Maßnahmen die nicht durch unmittelbare technische Notwendigkeiten ausgelöst sind
- spürbares Sparen bei allen Milieus
- Umzug in kleineres Haus/Wohnung
- weniger sonstiger Konsum (Unterhaltungsmilieu)
- Kauf E-Auto (Unterhaltungsmilieu)
- Verkauf PKW (Ausnahme: Selbstverwirklichungsmilieu)
- verstärkte Nutzung von öff. Verkehrsmittel (Unterhaltungsmilieu; Öffis haben keinen Prestigewert)
- weniger Urlaubsflüge (Lang- und Kurzstrecke): niemand, keines der Milieus dafür ansprechbar (Einschätzung basiert auch auf einer Karmasin-Studie, Urlaub als schönste Zeit im (Berufs-)Leben, Verzicht wäre besonders schmerzhaft)

Wesentliche Erkenntnisse der Literaturrecherche (siehe Kap. 5.1) konnten durch die ExpertInnenbefragung bestätigt werden: technische (Effizienz-)Maßnahmen werden bevorzugt, danach kommt Änderung des Nutzungsverhaltens, Konsumänderungen sind eher inakzeptabel. Sichtbarkeit und Simplizität von Maßnahmen sind meist ausschlaggebend, jedoch kaum das Einsparungspotential. Subjektive Nutzen/Kosten spielen eine bedeutende Rolle.

Es wurden die Notwendigkeit von Rückkopplungen (Verhalten wird nur geändert, wenn mit Rückkopplung –nachvollziehbaren Auswirkungen verbunden) und der Sichtbarmachung (nach außen und innen) betont (Appelle an die Verantwortung erreichen nur einen geringen Teil der Bevölkerung).

Weiters werden eher Maßnahmen getroffen, falls diese mit (Sozial-)Prestige verbunden werden können und positive innere Bilder entstehen lassen.

Für die Parametrisierung der Haushaltsagenten wurden Bandbreiten von subjektiven Nutzen/Kosten verwendet (Angaben in Euro „von - bis“, je nach Verteilung der Bewertungen). Die absolute Größe der subjektiven Nutzen/Kosten wurde aus den Ergebnissen der ExpertInnen-Befragung anhand des Vergleichs mit typischen in der Literatur vorgefundenen Willingness-to-Pay Werten festgelegt .

6. Die Datenbasis des Modells

Im Rahmen von MoZert wurde eine Datenbank (DB) mit den wichtigsten Daten (Rahmenbedingungen), für die Handlungsentscheidungen der Haushalte erstellt. Folgend wird der Aufbau und Inhalt der DB kurz dargestellt.

6.1 Beschreibung der Datenbank

Die vom AIT entwickelte Simulationsplattform MASGISmo¹⁵ wurde um eine Datenbankschnittstelle zur open source PostgreSQL¹⁶ Datenbank für die Anforderungen von MoZert erweitert (siehe Abb. 6.1). Der Import und Export der Daten läuft über csv-files in einem speziellen Datenformat. Für die leichtere Bedienung der Datenbank wurde ein Datenbankbrowser entwickelt, der es direkt ermöglicht Eingaben in der Datenbank aus MoZert heraus zu tätigen ohne eine spezielle Software dafür zu benötigen (siehe Abb. 6.2).

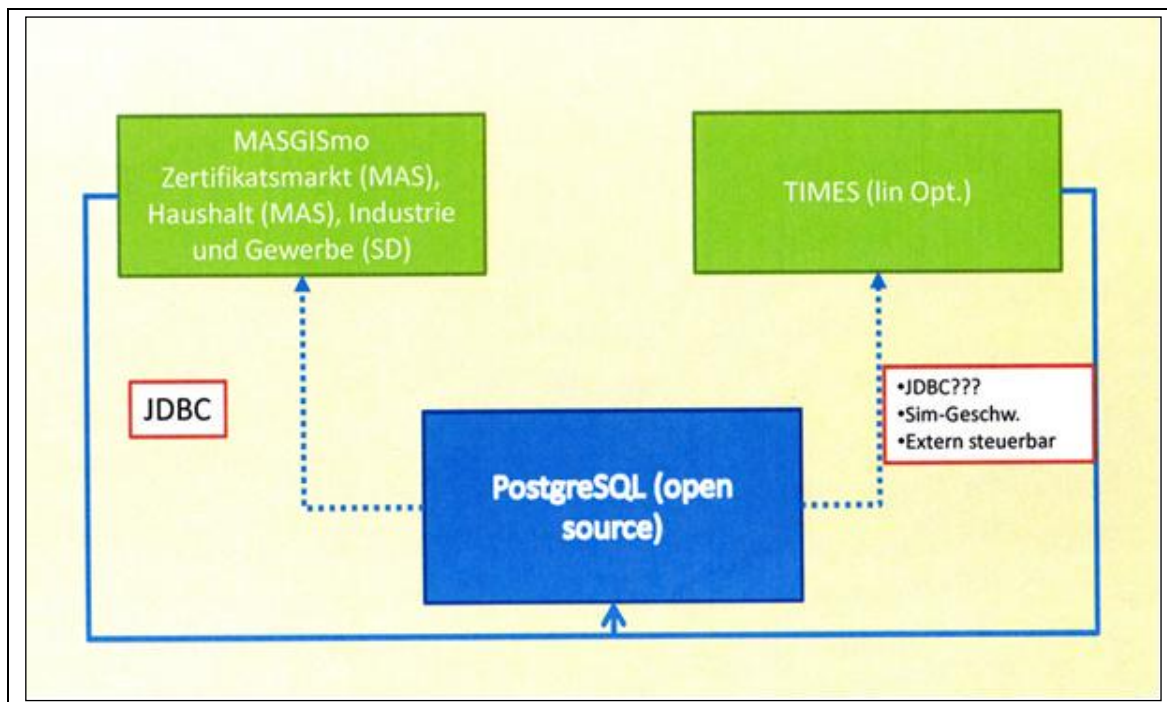


Abb. 6.1: Integrationsschema der PostgreSQL Datenbank

15 http://systemsresearch.ac.at/exchange/gebetsroither/Tutorial_von_MASGISmo/Welcome.html

16 <http://www.postgresql.org/>

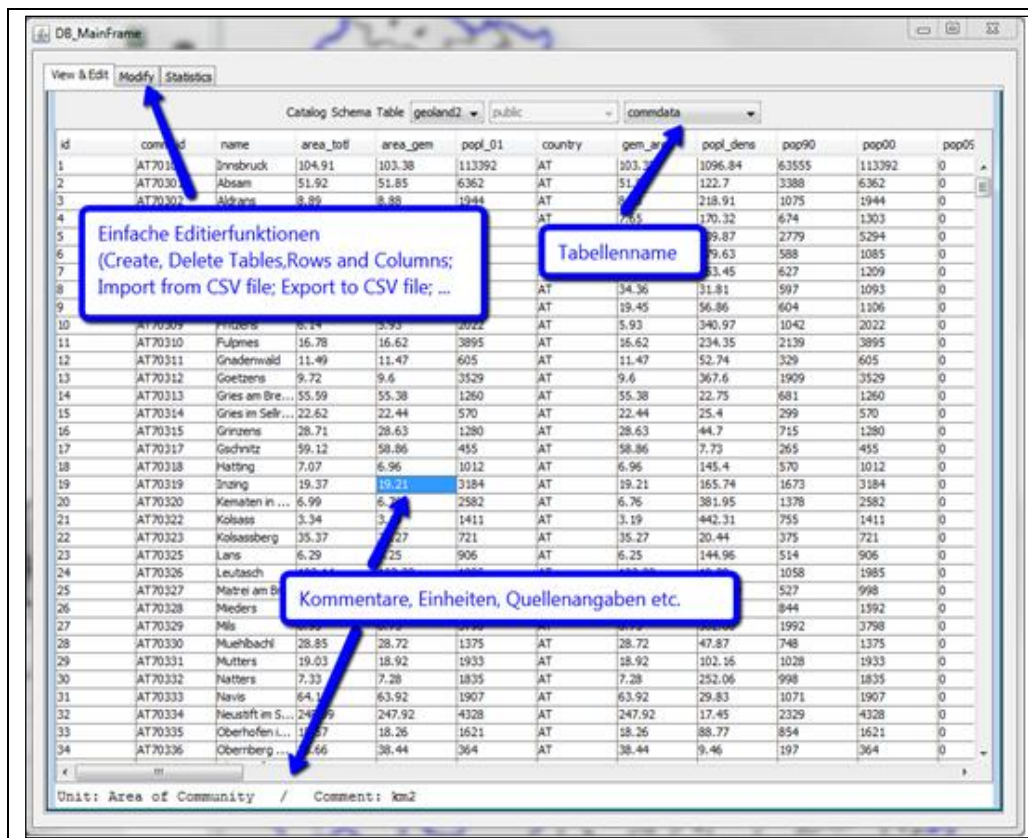


Abb. 6.2: Datenbankbrowser programmiert in JAVA

- Integration der Daten für das Gesamtmodell

Für die Integration und Steuerung des Gesamtmodells wurde ebenfalls die Simulationsplattform MASGISmo verwendet. Zusätzlich wurde eine spezielle Ordnerstruktur, die den reibungslosen Datenaustausch während der Simulation gewährleistet, angelegt (siehe Abbildung 6.3).

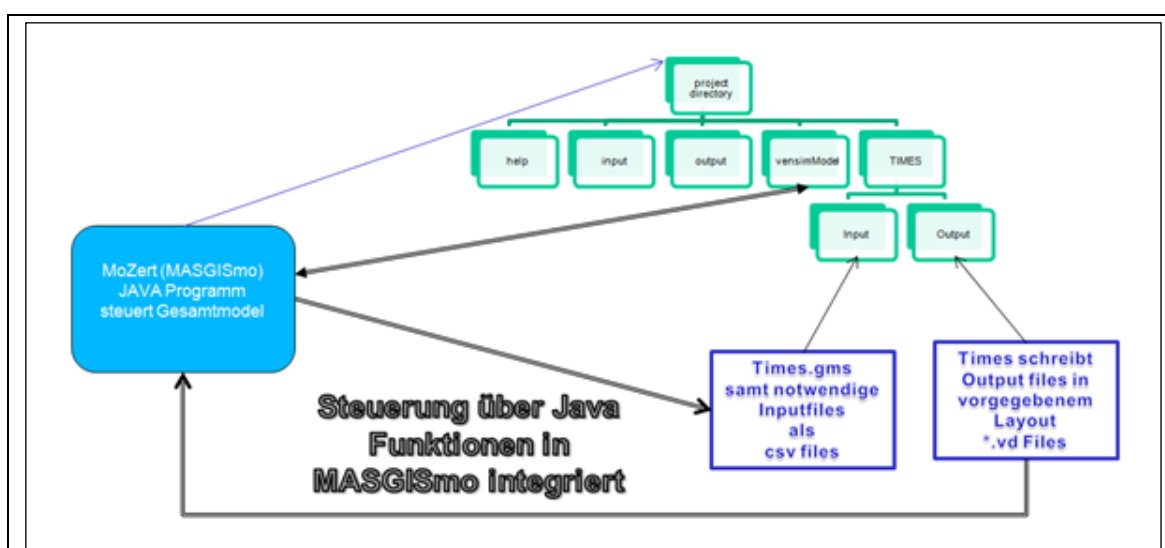


Abb. 6.3. MoZert Gesamtintegration – Ablaufschema und Ordnerstruktur

Für die vom Teilmodell für die Haushalte an TIMES zu übergebenden Parameter (Endenergienachfrage) und die Integration der Ergebnisse aus TIMES, in das Haushalts Teilmodell, wurden in JAVA spezielle Methoden programmiert, die dies ermöglichen. Dadurch werden auch die Ergebnisse aus Times (Energieträgerpreise) in der Datenbank abgespeichert.

Beschreibung der Tabellen in der PostgreSQL Datenbank:

Tabellenname	Inhalte	Kommentare
co2em	Ergebnisse der Emissionen der HH	
eff_pkw	Zeitlich dynamische Effizienzfaktoren für pkw_Klassen und Antriebstypen	Unter, Mittel, und Oberklassewagen Fossil-, Hybrid- (plugin-hybrid) und Elektroantriebe
eff_san	Zeitlich dynamische Effizienzfaktoren für die Sanierungsklassen	Spez. Heizwärmebedarf für die Klassen Unsaniert (us), Standard (st), Niedrigenergie (ne) und Passivhaus (ps) wobei die jeweiligen Werte in einer Klasse über die Zeit verändert werden.
eff_weissware	Zeitlich dynamische Effizienzfaktoren für Weißware	Wobei drei Klassen angenommen wurden: Ineffizient, Standard, Effizient und sich die Werte über die Zeit ändern.
endem	Emissionsfaktoren, Ergebnisse der Endenergieverbräuche des Haushalte aufgeteilt nach verschiedenen Endenergieträger	
endem_ind	Annahmen über Endenergiebedarf der Industrie, aufgeteilt nach verschiedenen Endenergieträger	Kann als exogener Parameter in Szenarien verändert werden.
et_preise_time	Standard Energieträgerpreise für Haushalte als exogener Input (zeitliche Verläufe über 50 Jahre)	Kann bei einer nicht Koppelung mit Times als ET-Preisszenario verwendet werden
et_preise_time_hi	High Energieträgerpreise für Haushalte als exogener Input (zeitliche Verläufe über 50 Jahre)	Kann bei einer nicht Koppelung mit Times als ET-Preisszenario verwendet werden

et_preise_time_lo	Lo Energieträgerpreise für Haushalte als exogener Input (zeitliche Verläufe über 50 Jahre)	Kann bei einer nicht Koppelung mit Times als ET-Preisszenario verwendet werden
et_preise_time_times	Energieträgerpreise für Haushalte Ergebnisse aus Times.	ET-Preise wie sie bei einer Kopplung mit Times als Ergebnis von Times ausgegeben werden.
hh_neu	Basisdatensatz aus der Initialisierung mit den überarbeiteten Daten von SERI und eigenen Recherchen	Dieser Datensatz wird in der Initialisierungsroutine des Modells erstellt. (Nicht Teil einer normalen Simulation.)
ho	Tabelle mit den Handlungsoptionen	
ho_realized_counts	Tabelle mit der Anzahl der im aktuellen Simulationsschritt realisierten Handlungsoptionen	Dynamisch über die Simulation wird jedes Jahr automatisch in Ergebnisordner als csv-file exportiert. Dient als Basis zur Ergebnisaufbereitung mit Excel.
hwb_san	Tabellen mit den im Aktuellen Simulationsschritt vorhandenen HWB Grenzwerten für die jeweiligen Sanierungsklassen	us, st,ne, ps
invko_pkw	Tabelle mit den zeitlich dynamischen Investitionskosten für die verschiedenen PKW-Klassen und Antriebsarten	Unter, Mittel, und Oberklassewagen Fossil-, Hybrid- (plugin-hybrid) und Elektroantriebe
invko_pv	Tabelle mit den zeitlich dynamischen Investitionskosten für pv anlagen	
inko_san	Tabelle mit den zeitlich dynamischen Investitionskosten für Sanierung pro m ² .	Jeweils Sanierungskosten von der Aktuellen Sanierungsklasse auf die neue (z.B. von unsaniert auf standard). Im Vorliegenden Modell als zeitlich konstant Angenommen.
matrix_modsplit	Tabellen mit den angenommenen Modalsplitänderungen im Bezug auf die Gesamtmobilität.	Auch Gesamtmobilitätsveränderung ist möglich.
wtp	Tabelle mit den Aktuellen	Diese Werte können alle auf

	wtp_Werten jedes einzelnen Agenten	„0“ gesetzt werden, oder eine neue zufällige Zuteilung aufgrund der wtp-Ranges (gleichverteilt) in der ho Tabelle kann erstellt werden
zertprice_time	Tabelle mit exogenen Zertpreisszenarien oder den Ergebnisse aus der Simulation im Instrumententyp „PCR“, oder „CandS“	Die Simulationsergebnisse werden für PCR und Cands immer in der Zeile zert_pcr eingetragen.
px	Tabelle mit den Ergebnisse der Agenten im Aktuellen Simulationsschritt	p1-p43, werden automatisch während der Simulation erzeugt und in den Ergebnisordner exportiert. Diese Files werden nur während des Simulationsruns in der DB abgelegt. Bei Beginn einer Sim werden die alten px Tabellen gelöscht.
px_distr	Tabelle mit den kategorischen Ergebnisse der Agenten im Aktuellen Simulationsschritt	p1_distr-p43_distr, werden automatisch während der Simulation erzeugt und in den Ergebnisordner exportiert. Diese Files werden nur während des Simulationsruns in der DB abgelegt. Bei Beginn einer Sim werden die alten px Tabellen gelöscht.
px_sum_av	Tabelle mit den Summen und Mittelwerten (averages) der Ergebnisse der Agenten im Aktuellen Simulationsschritt	p1_sum_av-p43_sum_av, werden automatisch während der Simulation erzeugt und in den Ergebnisordner exportiert. Diese Files werden nur während des Simulationsruns in der DB abgelegt. Bei Beginn einer Sim werden die alten px Tabellen gelöscht.

Tab 6.1: Tabellen in der PostgreSQL Datenbank

Zu den meisten der angeführten Tabellen gibt es eine Tabelle *tabellenname_comments*, in denen die jeweiligen Kommentare zu den Zellen eingetragen sind. Dies ermöglicht es, dass

im Datenbankbrowser (siehe Abb. 6.2) die Kommentare zur Verfügung stehen.

Der Import und Export neuer Tabellen erfolgt über den Datenbankbrowser. Dabei werden csv.files eingelesen oder rausgeschrieben. Die Datenstruktur der csv-files muss dazu wie in Abbildung 6.4 dargestellt sein, damit keine Importprobleme auftreten.

Line number of first data row:	6				
COLUMNNAME1	COLUMNNAME2	COLUMNNAME3			
integer	text	float			
UNIT1	UNIT2	UNIT3			
COMMENT1	COMMENT2	COMMENT3			
1 DATAROW1		1,1			
2 DATAROW2		2,2			
3 DATAROW3		3,3			

Line number of first data row:	6				
energietraeger	et_abkuerzung	et_abk_times	1	2	3
text	text	text	float	float	float
dmnl	dmnl	dmnl	cent/kWh bzw cent/km fuer	cent/kWh bzw cent/km fuer	cent/kWh bzw cent/km fuer
Einteilung der verschiedenen E	Nomenklatur	abkuerzungen	Aktuelle ET-Preise	Aktuelle ET-Preise	Aktuelle ET-Preise
Steinkohle	sKohle	HCOL	4,1	4,3	4,3
Braunkohle	bKohle	BCOL	4,1	4,3	4,3
Kohle	kohle	COAL	4,1	4,264	4,346
Koks	koks	COKE	6	6,2	6,4
Petrolkoks	petkohle	RFDS	22,8	23,7	24,2
Heizuel	oel	HOIL	6,2	6,4	6,6
Gasuel fr Heizzwecke	oelg	GOIL	6,8	7,1	7,2
Diesel	dies	DIES	14,29	14,9	15,1
Benzin	benz	GASO	17,24	17,9	18,3

Abb. 6.4: csv-file Struktur für den Datenimport

Neben dem Import und Export einzelner Tabellen aus der PostgreSQL DB besteht aber auch die Möglichkeit, direkt über den Datenbankbrowser Werte in den einzelnen Tabellen und Zellen zu ändern oder auch über eine externe Software wie das PostgreSQL Tool pgAdmin.

6.2 Überprüfung und Aufbereitung der Daten für den Haushaltssektor

Vor der Verwendung der Daten aus der Datenbank „Energieverbrauchsstile“ (Bohunovsky et al., 2011) im Haushaltsmodell erfolgte eine umfangreiche Prüfung und teilweise Anpassung der Daten. Dies umfasste folgende Schritte:

- Erste Plausibilitätsprüfung (Überprüfung auf auffällige Werte (zu hohe, zu niedrige Werte)), in Kooperation mit SERI konnten dadurch Inkonsistenzen behoben werden.
- Ein weiterer wesentlicher Punkt bestand in der Schließung von „Lücken“ in der Datenbasis; d.h. Ergänzung von sinnvollen Defaultwerten in Fällen, wo in den Fragebögen Angaben fehlten. Zu diesem Zweck erfolgte eine Nachberechnung der Werte für die einzelnen Energiebedarfsbereiche, und eine Ergänzung und tlw. Anpassung von Defaultwerten. Weiters wurde entschieden, welche Datensätze

ausgeschieden werden sollen (in Fällen, wo die Lücken in den Originaldaten als zu groß erachtet wurden). Die Nachberechnung erfolgte anhand der im Projekt „Energieverbrauchsstile“ verwendeten Algorithmen und ermöglichte einerseits die Ergänzung eigener (im Projekt MoZert festgelegter) Defaultwerte und andererseits eine genaue Überprüfung der Datenbasis, im Zuge derer weitere Inkonsistenzen behoben werden konnten.

Insgesamt mussten 64 Datensätze ausgeschieden werden (d.h. Reduktion von ursprünglich 1014 auf 950 Datensätze).

Hochrechnung der Haushaltsenergieverbräuche auf Österreich

Eine weitere Überprüfung der Haushaltsdaten bestand darin, die einzelnen Energieverbrauchsbereiche für Österreich hochzurechnen und mit existierenden statistischen Daten zu vergleichen.

(Zur Hochrechnung: In der Initialisierung der Haushaltsagenten wurden aus den schließlich verwendeten 950 Haushaltsdatensätzen (siehe oben) 3750 Haushaltsagenten modelliert, wobei ein Haushaltsagent 1000 Haushalten entspricht.)

Die folgende Abbildung zeigt den Vergleich der hochgerechneten MoZert Daten mit der Nutzenergieanalyse 2008. Es zeigen sich gute Übereinstimmungen.

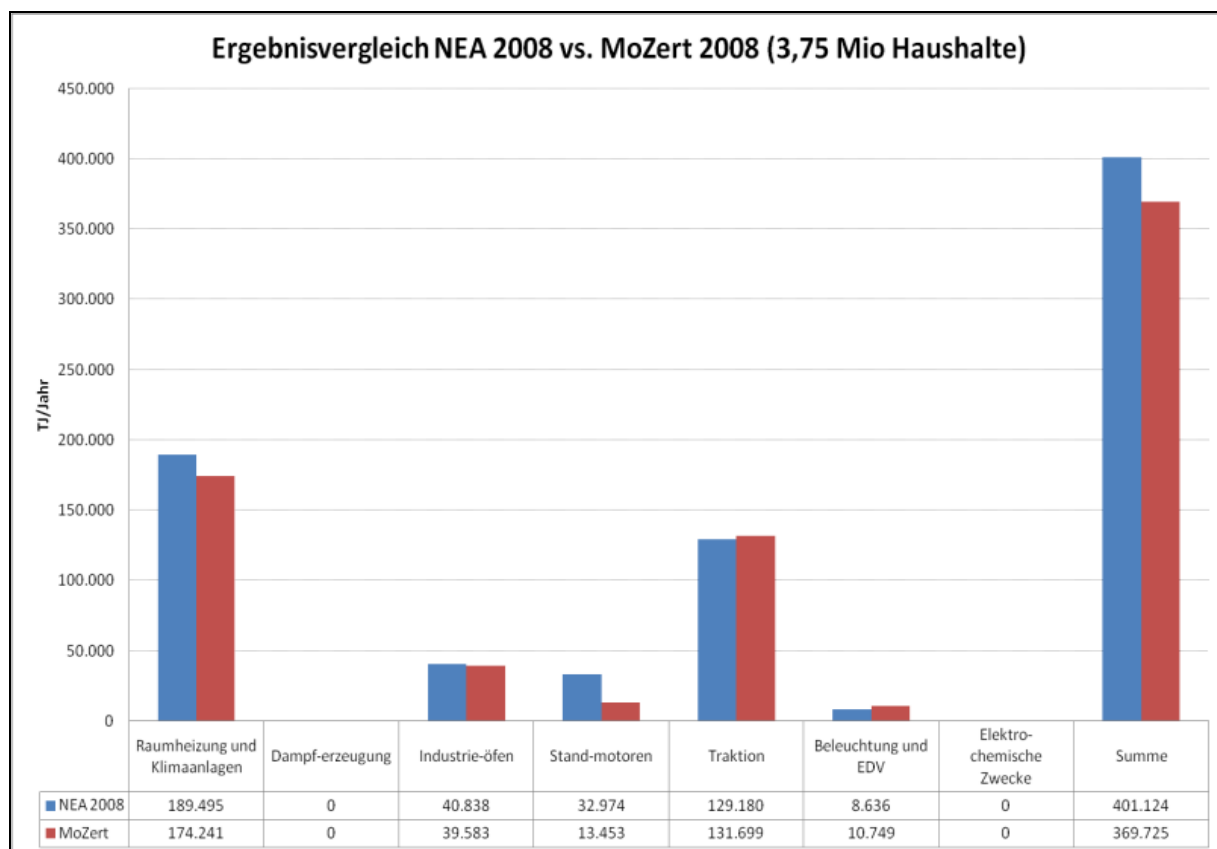


Abbildung 6.5: Vergleich der hochgerechneten MoZert Daten mit der Nutzenergieanalyse 2008

Zur Initialisierung der Haushaltsagenten wurde eine komplexe Parametrisierungsprozedur entwickelt, die es ermöglicht, mit in der Zukunft besseren (verfügbaren) Daten eine Feintuning auf Österreichische Verhältnisse durchzuführen. Da der Vergleich des Energieverbrauchs (siehe Abb. 6.5) ausreichend genau mit der Hochrechnung der SERI-Daten korrespondierte, musste diese Parametrisierungsprozedur in der vorliegenden Version von MoZert nicht angewendet werden, steht aber in der Zukunft zur Verfügung.

7. Das implementierte Modell

Das Gesamtmodell wurde mit MASGISmo implementiert, wobei im Rahmen des Projektes einige Adaptierungen und die Verknüpfung mit dem Energiemodell TIMES-Österreich erstellt wurde.

MASGISmo stellt dabei das Graphische User Interface (GUI) zur Verfügung und gibt die grobe Struktur des Gesamtmodells vor. Dadurch werden Steuerelemente und Analysetools (z.B. Diagramme, Tabellen, Schieberegler, On/Off Schalter etc.) für den Benutzer verfügbar, ohne direkt im JAVA Programmcode Änderungen machen zu müssen. So kann über die GUI eingestellt werden, welche Instrumente und CAP-Pfade, Anzahl der Agenten etc. modelliert werden sollen. Durch die Verknüpfung mit der PostgreSQL Datenbank über den Datenbankbrowser (vgl. Kap. 6.1) können komplexe Szenarien entwickelt werden, in denen z.B. die Investitionskosten, Förderungen, Produktionskapazitäten, subjektive Präferenzen u.a. verändert werden können. Die folgende Abbildung (Abb. 7.1) zeigt einen Screenshot der GUI, die aufgrund veränderter Nutzungsansprüche des Modells in der Zukunft einfach angepasst werden kann.

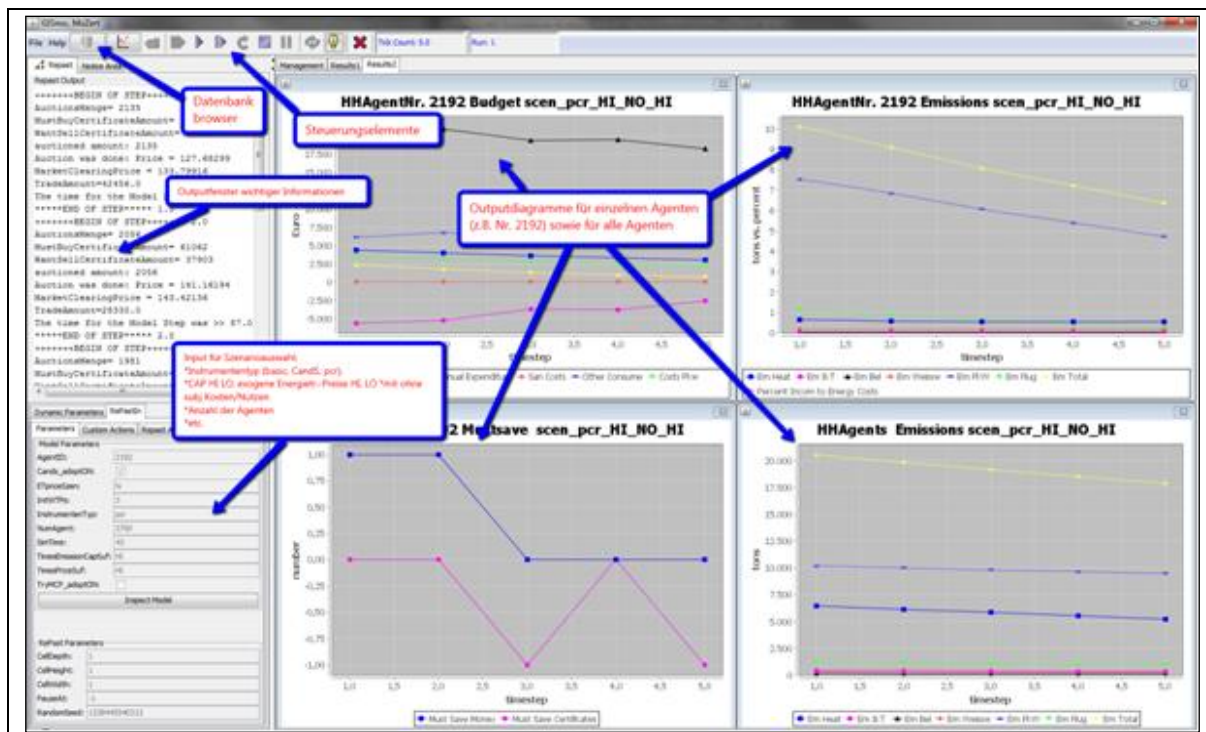


Abb. 7.1: MoZert-Graphisches User Interface

Wesentlich für das reibungslose Zusammenarbeiten der Teile im Gesamtmodell ist die in Abbildung 6.3 (MoZert Gesamtintegration – Ablaufschema und Ordnerstruktur) dargestellte

Ordnerstruktur zur Ablage der Daten.

Zudem werden für die Ausführung des Gesamtmodells folgende Systemspezifikationen benötigt:

- zur Integration mit dem TIMES-Österreich Modell muss jenes zur Verfügung stehen¹⁷.
- eine frei verfügbare PostgreSQL Datenbank muss aufgesetzt werden
- eine frei verfügbare JAVA runtime environment (vorzugsweise Java 7) muss am System vorhanden sein.
- Vorzugsweise ist Windows 7 (64-bit) ist installiert.¹⁸

Die generelle Programlogik (Agentenlogik) wurde schon im Kapitle 4 dargestellt. Wie schon weiter oben erwähnt wurde das Haushaltsmodul und der Zertifikatsmarkt in JAVA programmiert. Derzeit umfasst der Programmcode in etwa 200 Din A4 Seiten. Die unten angeführte Abbildung (Abb. 7.2) stellt die prinzipiellen Ablaufschemata für die verschiedenen Instrumententypen dar¹⁹. Referenzszenario ist das BASIC Szenario, in dem keine Zertifikate gehandelt werden und keine Emissionsbeschränkungen vorliegen. Wesentlicher Treiber sind immer die Endenergienachfrage der Haushalte und das Haushaltsbudget. Die Endenergienachfrage (der Haushalte und Industrie) wird in TIMES-Österreich dazu benutzt, die Energieträgerpreise zu bestimmen, die wiederum die Auswahl der Handlungsoptionen prägen. Dabei sind in jedem Zeitschritt manche Entscheidungen zwingend (Produkt ist am Ende seiner Lebensdauer angelangt) und manche Entscheidungen optional (Änderung des Verhaltens, Vorzug von Neukauf). Bei allen Instrumententypen sind manche Handlungsoptionen nicht möglich, da dem Agenten momentan die finanziellen Mittel dazu fehlen und das Bankkonto auch nicht weiter belastet werden darf (das Bankkonto kann auch negativ werden). Zudem muss der Agent in dieser Situation Maßnahmen setzten, die sein Bankkonto aufbessern (z.B. Verzicht auf Urlaubsreisen, Reduktion der Energiekosten durch Raumtemperatursenkung, Reduktion des sonstigen Konsums etc.). Es ist aber umgekehrt auch möglich, dass der Agent seine Ausgaben erhöht (mehr Flugreisen, Raumtemperaturerhöhung etc.). Welche Handlungsoption der Agent bevorzugt, ergibt sich aufgrund der Gesamtkostenbetrachtung wie in Kap 4.3.2 dargestellt. Der Instrumententyp Cap&Share (CandS) unterscheidet sich gegenüber dem BASIC Szenario hpts. insofern, dass hier den Haushalten aufgrund der angenommenen CO₂ Absenkpfade (CAP) Zertifikate zugewiesen werden, die jene dann verkaufen können und somit zusätzliche Einnahmen haben. Der Zertifikatspreisbildungsmechanismus wurde bereits oben im Kapitel 3.5.1. dargestellt. Die Haushalte werden aber auch mit höheren Energieträgerpreisen bei steigenden Zertifikatspreisen konfrontiert (siehe auch Kapitel 3.4.1). Dabei kommt es zu einem teilweisen Ausgleich des Preisanstieges durch die Zertifikatsverkaufseinnahmen, der

17 Im Rahmen von MoZert wurde dazu das Gesamtmodell auf einem Server der Österreichischen Energieagentur (AEA) installiert, da TIMES-Österreich Eigentum der AEA ist und nicht außer Haus gegeben werden durfte.

18 Dafür wurde das Modell entwickelt und getestet

19 Es kann hier keine ausführliche Darstellung des gesamten Programmcodes gegeben werden

sich aber nicht auf alle Haushalte gleich auswirkt (siehe dazu auch Ergebnisse in Kapitel 9). Direkte Emissionsbeschränkungen für die Haushalte gibt es in diesem Instrumententyp aber nicht, dies ist der wesentliche Unterschied zum Instrumententyp PCR, bei dem die Haushalte, die über dem Haushalts-CAP CO_2 emittieren würden, Handlungsoptionen wählen müssen, die die Emissionen reduzieren, unabhängig davon, ob dadurch Kosten (Mehrkosten) entstehen oder nicht. Dabei kann man nicht sagen, dass die Handlungsoption x immer zu einer Reduktion führt, da es von der Ausgangssituation der Haushalte abhängt. So ist ein Umstieg von Öl- auf Gasheizung erlaubt, der Umstieg von Biomasse auf Gas wäre aber verboten. Zudem kann auch nicht ein Wert für alle Agenten (für jede Handlungsoption) angegeben werden, wie hoch die resultierende CO_2 Veränderung ist, dies muss für jeden Haushalt gesondert ermittelt werden. Wird in einer Zeiteinheit (Time Step) nicht die notwendige Reduktion erreicht, weil nicht genügend Handlungsoptionen vorhanden sind, so muss der Haushalt keine Strafzahlungen leisten, aber in der nächsten Zeiteinheit muss der Haushalt weitere Maßnahmen setzen, bis er sein Ziel erreicht, oder keine Handlungsmöglichkeiten überbleiben. Die Implementierung von Strafzahlungen ist eine mögliche und einfache Erweiterung, die aber in der ersten Version des Gesamtmodells nicht erfolgt ist.

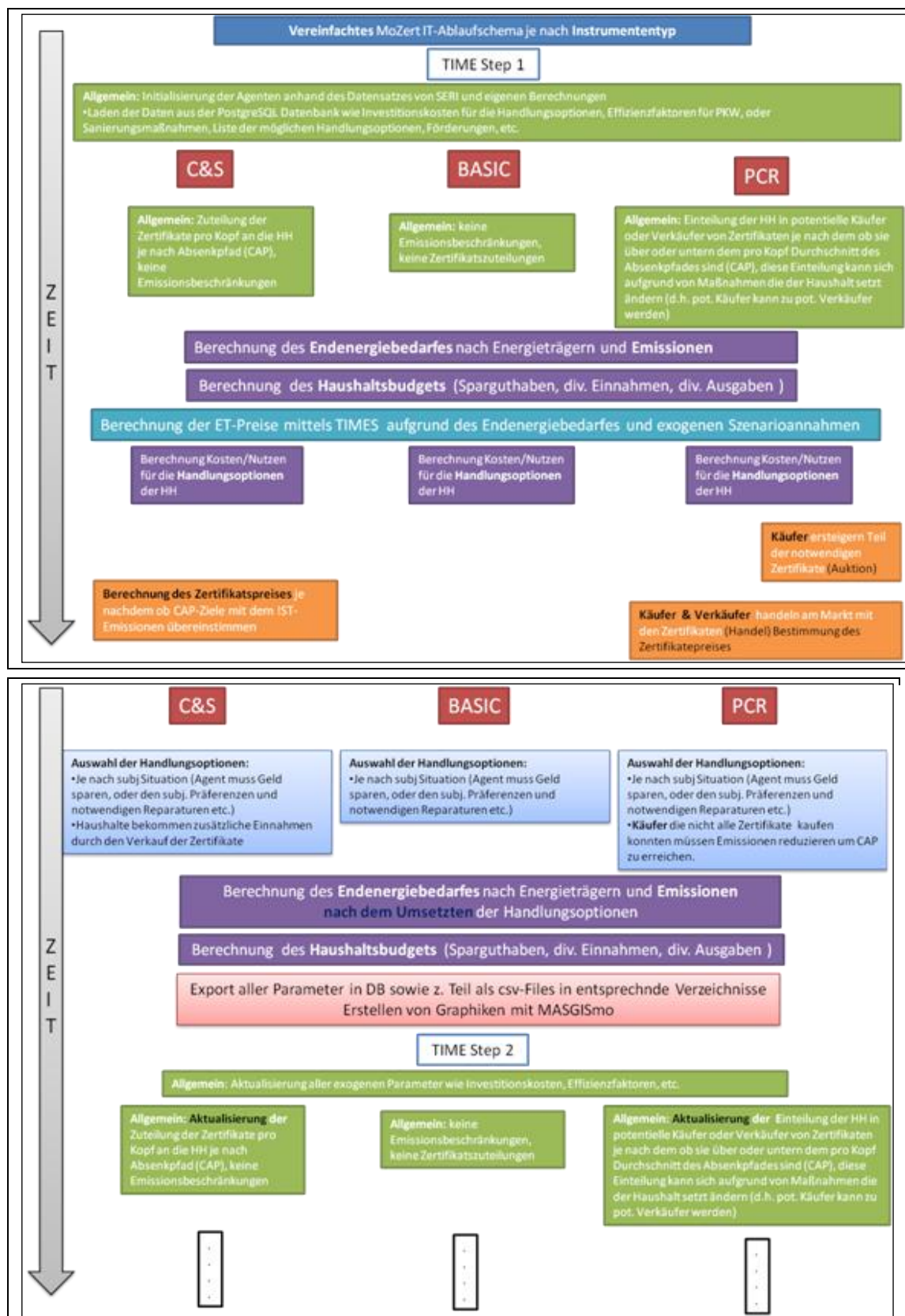


Abbildung 7.2: Vereinfachtes Ablaufschema der MoZert-IT-Architektur für die verschiedenen Instrumententypen

8. Szenarien

8.1 Definition der Szenarien

Es wurden 12 Szenarien simuliert.

Die Szenarien unterscheiden sich in 3 Dimensionen:

- die Entwicklung der Energieträgerpreise (High/Low)
- die Ambitioniertheit des Absenkpfad (CO₂-Cap High/Low) und
- die Auswahl des Instruments (Basic- ohne Instrument, PCR, Cap & Share).

Energieträgerpreise (High/Low)

Die Entwicklung der Preise der fossilen Energieträger bis 2050 für das Niedrigpreis-(Low)-Szenario sind der Energy Roadmap 2050 der EU entnommen (siehe Abb. 8.1), im Hochpreis-Szenario ist eine Verdopplung der Endkundenpreise bis 2050 im Vergleich zu den Preisen von 2008 angenommen.



Abb. 8.1: Energieträgerimportpreise für fossile Energien aus der Energy Roadmap 2050, Holz auf Basis der Kopplung (siehe unten)

Die aktuellen Holzpreise basieren auf „klima:aktiv energieholz“ und dem Holzpreismonitoring (AEA), für die Entwicklung der Holzpreise bis 2050 wurde eine Kopplung an Preise der fossilen Energieträger auf Basis von Kalt et al. (2010), „Long-term strategies for an efficient use of domestic biomass resources in Austria“, angenommen.

Absenkpfad (CO₂-Cap High/Low)

Der schwache Absenkpfad (CO₂-Cap low) bedeutet eine Reduktion der CO₂-Emissionen um 50% bis 2050 (im Vergleich zu 2008), für den starken Absenkpfad (CO₂-Cap High) ist eine Reduktion der CO₂-Emissionen um 80% bis 2050 angenommen. Die Reduktionspfade beziehen sich einerseits auf den Haushaltssektor (Haushaltsmodell), andererseits auf die Elektrizitätswirtschaft auf Basis des EU-ETS-Systems (im Energiesystem-Modell TIMES berücksichtigt).

PZI

Hier wurden 3 mögliche Varianten modelliert:

- Basic: Österreich-Szenario ohne PZI, jedoch sehr wohl mit EU-ETS-System
- Cap& Share: Österreich mit implementiertem Cap& Share-System.

Der Markt im Bereich der Inverkehrbringer von fossilen Energieträgern wurde in Form eines Algorithmus implementiert, der den Zertifikatspreis abhängig von der Abweichung zwischen tatsächlichen CO₂-Emissionen der Haushalte und dem Soll-Wert aus dem Cap erhöht bzw. senkt. Der Maximalwert wurde mit einer Obergrenze (500 Euro/t CO₂) festgesetzt. Das Cap muss im Modell nicht eingehalten werden, d.h. die Energieversorger erfüllen den Energiebedarf. Es wirkt jedoch der Zertifikatspreis auf die Nachfrage der Haushalte, der zu einer drastischen Erhöhung der fossilen Energiepreise führen kann. Die Zuteilung der Zertifikatseinnahmen auf die Haushalte wurde für jede Person gleich angenommen, d.h. die Zuteilung hängt direkt von der Personenanzahl eines Haushalts ab.

- PCR: Österreich mit PCR implementiert.

Der Zertifikatsmarkt wurde mit Hilfe der Agenten vollständig implementiert. Die Zertifikatszuteilung wurde für jede Person gleich angenommen, d.h. Kinder bekommen gleich viele Freizertifikate wie Erwachsene²⁰.

Pro PZI-Variante wurden Szenarien jeweils mit niedrigem/hohen Energieträgerpreisen und niedrigem/hohen CO₂-Cap simuliert. Dies ergibt insgesamt 12 Szenarien.

Verhalten der Haushalte

Weitere mögliche Variationen von Szenarioparametern wurden in Erwägung gezogen, beispielsweise eine Änderung der subjektiven Präferenzen der Haushaltsagenten. Bei den

²⁰ Eine Änderung der Zuteilung, z.B. je Kind nur 50% im Vergleich zu erw. Personen, ist einfach im Modell zu ändern und kann in zusätzlichen Szenarien analysiert werden

jetzt simulierten Szenarien sind die subjektiven Nutzen/Kosten im Zeitverlauf als konstant angenommen (diese könnten aber auch geändert werden, beispielsweise im Sinne einer Erhöhung des Energie-/Umweltbewusstseins durch Informationskampagnen oder Bildung).

8.2 Allgemeine Annahmen für alle Szenarien

Technische Effizienzverbesserung

Bis zum Jahr 2050 sollte es zu einer erheblichen Effizienzsteigerung bei den in den Haushalten verwendeten Technologien kommen. Dem MoZert-Modell liegen Daten bis 2050 für folgende Geräte zugrunde:

- Weisswaren (hier wurden deutliche Effizienzverbesserungen von bis zu 70 % bis 2050 angenommen)
- PKWs eingeteilt nach 3 Größenklassen und drei Antriebsklassen
 - fossil (inklusive Mild-Hybride)
 - fossil und elektrisch (Plug-in Hybrid, etc.)
 - rein elektrisch
- Standards der thermischen Sanierung (Standardsanierung, NEH-Sanierung, Passivhaussanierung). Diese Standards verbessern sich laufend (niedrigere HWB-Werte).

Sektor Industrie und Gewerbe

Der Sektor Industrie und Gewerbe, der nicht durch ein eigenes Modell abgebildet wird, wird hinsichtlich seiner CO₂-Emissionen als konstant angenommen (diese Annahme könnte für weitere Szenarien aber auch leicht geändert werden). Eine Steigerung der Emissionen in diesem Sektor würde bedeuten, dass die anderen Sektoren (Elektrizitätswirtschaft, Haushalte) noch stärker ihre Emissionen reduzieren müssten, um ein gesamtes Cap einhalten zu können.

Kosten

Kostenreduktionen wurden vor allem im Bereich der PV-Anlagen angenommen, weiters bei Hybrid- und Elektrofahrzeugen, die im Startjahr noch wesentlich teurer als fossil betriebene Fahrzeuge sind.

Für PV-Anlagen betragen die angenommen Kosten für die Installation einer 5 kW_{Peak}-Anlage

in Österreich inklusive aller Nebenkosten im Jahre

- 2010: 15.180 Euro
- 2020: 10.000 Euro
- 2050: 6.000 Euro

Bei thermischer Sanierung wurden die Kosten je Sanierungsklasse konstant angenommen, jedoch sinkt der erzielte HWB-Wert je Sanierungsklasse.

Tendenz

Aufgrund dieser Annahmen wirken in allen Szenarien steigende Energieträgerpreise und die (vorgegebene) Entwicklung der technischen Effizienzen (PKW-Flottenverbräuche, Energieeffizienz Haushaltsgeräte etc.) auf den Energieverbrauch der Haushalte und führen, wenn keine gegenwirkenden Rebound-effekte auftreten, zu merkbaren Energie- und CO₂-Einsparungen.

Generell ist zur Parametrisierung des Modells anzumerken, dass durch die Verknüpfung mit einer Datenbank und dem einfachen Import und Export der Ausgangsdaten (Kosten, Effizienzen, etc.) eine sehr flexible Basis geschaffen wurde um neue Szenarien zu analysieren.

8.3 Auswertungen

In allen Szenarien wurden Auswertungen hinsichtlich folgender Ergebnisparameter vorgenommen (strukturiert entweder für alle Haushalte oder nach Milieu):

1) Diffusion der Effizienztechnologien:

- Verhältnis Strom fossil zu regenerativ produziert
- Anzahl der Photovoltaikanlagen
- Stromverbrauch gesamt
- Veränderung des Heizwärmebedarfs pro Fläche (HWB/m²)
- Thermische Sanierungsrate (und Qualität der Sanierung)
- Anteil Gebäude nach HWB-Klassen (Passiv-, Niedrigenergie, Standardhäuser)
- Energieträgerverteilung Heizen

2) Mobilität:

- Energieverbrauch
- Anteil elektro/hybrid/fossile Antriebe
- Modal Split: Anteile MIV, ÖV, Fuß/Rad

3) Ökon.-soziale Situation der HH

- Notwendigkeit zum Absenken der Raumtemperatur
- „Energiearmut“: Notwendigkeit zum Verzicht auf Heizen mancher Räume; Notwendigkeit, Mobilität deutlich zu reduzieren
- Reduktion des nichtenergetischen (sonstigen) Konsums
- Veränderung des Bankkontos
- Zertifikatseinnahmen versus Zertifikatsanteil an Energieausgaben (auch pro Einkommensquintil und Haushaltsgröße)
- Veränderung des Anteils der Energieausgaben am Einkommen (auch pro Einkommensquintil und Haushaltsgröße)
- Veränderung des Anteils der gesamten Ausgaben am Einkommen (auch pro Einkommensquintil und Haushaltsgröße)

9. Ergebnisse und Schlussfolgerungen

9.1 Ergebnisse im Überblick

9.1.1. CO₂ Emissionen Szenariovergleich

In den Basic Szenarien kommt es bis 2050 bereits zu signifikanten Reduktionen der CO₂-Emissionen im Haushaltssektor (im Vergleich zu 2008). Die Ursache dafür sind Preissteigerungen bei fossilen Energieträgern sowie technologische Effizienzverbesserungen vor allem in den Bereichen Mobilität/ PKW (Flottenvorgaben der EU, Hybridisierung) sowie Raumwärme (Baustandardvorgaben) von 50 % und mehr. Diese starken technischen Verbesserungen werden jedoch durch Reboundeffekte (PKW-Anteil am Modal Split erhöht sich, Steigerung bei Fernreisen, Innenraumtemperaturerhöhung bei 25% der Haushalte) abgeschwächt und führen letztendlich zu CO₂-Reduktionen, die einen Faktor 2 und mehr über dem allgemein als Minimalziel angesehen Pfad von -80% CO₂-Emissionen bis 2050 gegenüber 2008 liegen (siehe Abb. 9.1). Dies zeigt, dass technischer Fortschritt alleine nicht ausreicht und dass zusätzliche politische Instrumente notwendig sind.

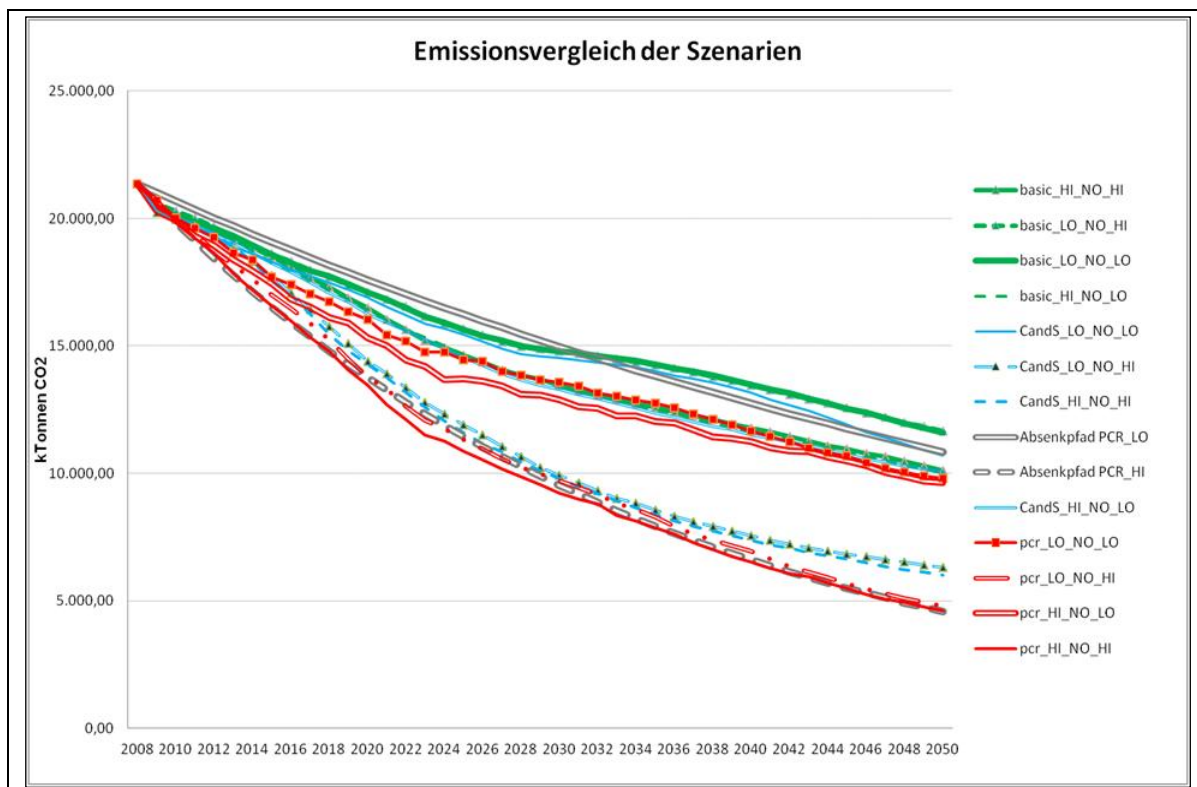


Abb. 9.1: Emissionsvergleich der 12 Szenarien

Durch Einsatz von PZIs kommt es zu einer signifikanten Senkung der Emissionen. Durch ein PCR-System gelingt es, das 80%-Ziel an CO₂-Minderung (2050 im Vergleich zu 2008) vollständig zu erreichen. Dies gelingt durch wesentliche Verhaltensänderungen (Modal split, Raumtemperatur, etc.), aber auch durch einen gegenüber dem Basic-Szenario deutlich verstärkten Einsatz von Effizienztechnologien (Sanierung, Plug-In-Hybride, etc.).

Im PCR Cap High (-80% CO₂-Em. bis 2050) Szenario (CO₂-Verlauf siehe pcr_hi_no_hi in Abb. 9.2) wächst der (Plug-In) Hybridanteil auf über 80% (siehe Kapitel 9.3), es gibt sowohl eine höhere Sanierungsrate als auch einen höheren Anteil ambitionierterer Sanierungen, der Anteil von Gasheizungen ist im Vergleich zu den Basic Szenarien deutlich geringer, während die Anteile von Wärmepumpen- und Pelletsheizungen deutlich höher sind als in den Basic Szenarien. Es treten auch Verhaltensänderungen in Richtung zu CO₂-Reduktion auf: eine Verschiebung des Modal Splits von PKW-Verkehr zu mehr ÖV/Fuß/Rad, weniger Flugreisen. Jedoch sind die Anteile von Energiearmut hier deutlich höher, insbesondere bei Mobilitätsarmut (ca. 35% der Haushalte schränken Mobilität deutlich ein, was einer Verdoppelung im Vergleich zu Basic entspricht).

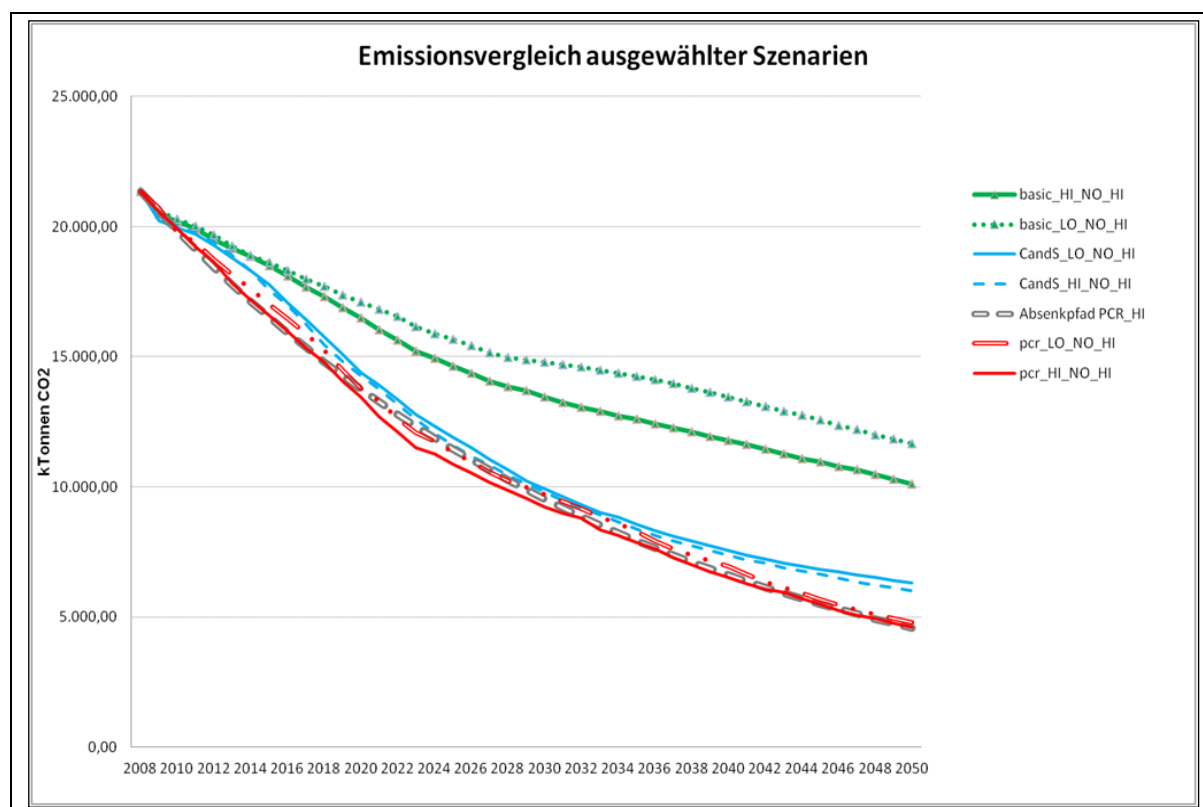


Abb. 9.2: CO₂ Emissionen ausgewählter Szenarien

Im Cap&Share-Szenario sinken die CO₂-Emissionen um 70 % (bis 2050 im Vergleich zu 2008), getriggert durch den Einfluß des C&S-Zertifikatssystems auf das Verhalten der Haushalte. Da in diesem System die Wirkung auf das Verhalten nur indirekt über die starke Erhöhung der fossilen Energiepreise funktioniert, ist der Druck nicht so groß wie in einem

PCR-System, das Verhalten zu ändern. Selbst die drastische Erhöhung der Zertifikatspreise auf 500 Euro reicht nicht aus, um das Cap-Ziel zu erreichen. Haushalte, die es sich leisten können, zahlen die höheren Energiepreise ohne größere Verhaltensänderungen. Zusätzlich gleichen, die Zertifikatseinnahmen der Haushalte, die höheren Energiekosten tlw. aus. Im Gegensatz dazu muss beim PCR-System jeder Haushalt, solange er handeln kann, entweder CO₂ einsparen oder die nötigen Zertifikate erwerben, ansonsten kann er keine fossile Energie beziehen.

D.h. in Bezug auf die CO₂-Zielerreichung schneidet C&S unter den im Projekt getroffenen Annahmen schlechter ab als ein PCR-System, jedoch sind die sozialen Verteilungsaspekte deutlich besser. Die Energiekosten und Ausgaben für reichere Haushalte mit 1-2 Personen steigen deutlich, sie erhalten dafür anteilmäßig nur wenige Einnahmen aus den Zertifikatsverkäufen. Bei ärmeren Mehrpersonenhaushalten zeigt sich das umgekehrte Bild. Hier steigen die Zertifikatseinnahmen auf 10 % des Einkommens, d.h. sie bilden ein relevantes zusätzliches Einkommen und erreichen damit beinahe die Höhe der Energiekosten - d.h. die ärmeren kinderreichen Haushalte sind Nettogewinner dieses Systems, die reicheren kinderlosen Haushalte Nettoverlierer (siehe auch Kapitel 9.5).

Bereich	Gesamt	Mobilität		Wohnen			Strom	Verteilung
Key Parameter 2050		Hybrid & Elektro	PKW-Modal split	Heizen Gas+Öl	HWB ²	Gebäude Saniert	Öko-strom-anteil ³	Sozial-problematik
Szenario	CO ₂ über Cap ⁴							
Basic Low ¹	150%	50%	77%	37%	91	70%	44%	gering
Basic High	120%	75%	76%	30%	84	75%	45%	groß
PCR High	0%	83%	63%	18%	65	81%	95%	sehr groß
Cap & Share High	30%	85%	79%	15%	85	75%	91%	geringer als in PCR

Tab. 9.1: Übersicht über die wesentlichen Key Parameter für die 4 Hauptszenarien im Jahre 2050
 1...(Low und High bezieht sich auf exogene Energieträgerpreise), alle Szenarien beziehen sich auf high CAP.

2... Durchschnitt über alle Agenten

3... Anteil nur die Haushalte betreffend

4.... High Cap: Ziel -80% 2050 im Vergleich zu 2008

9.1.2. Wirkung und Sensibilität des subjektiven Nutzens/Kosten

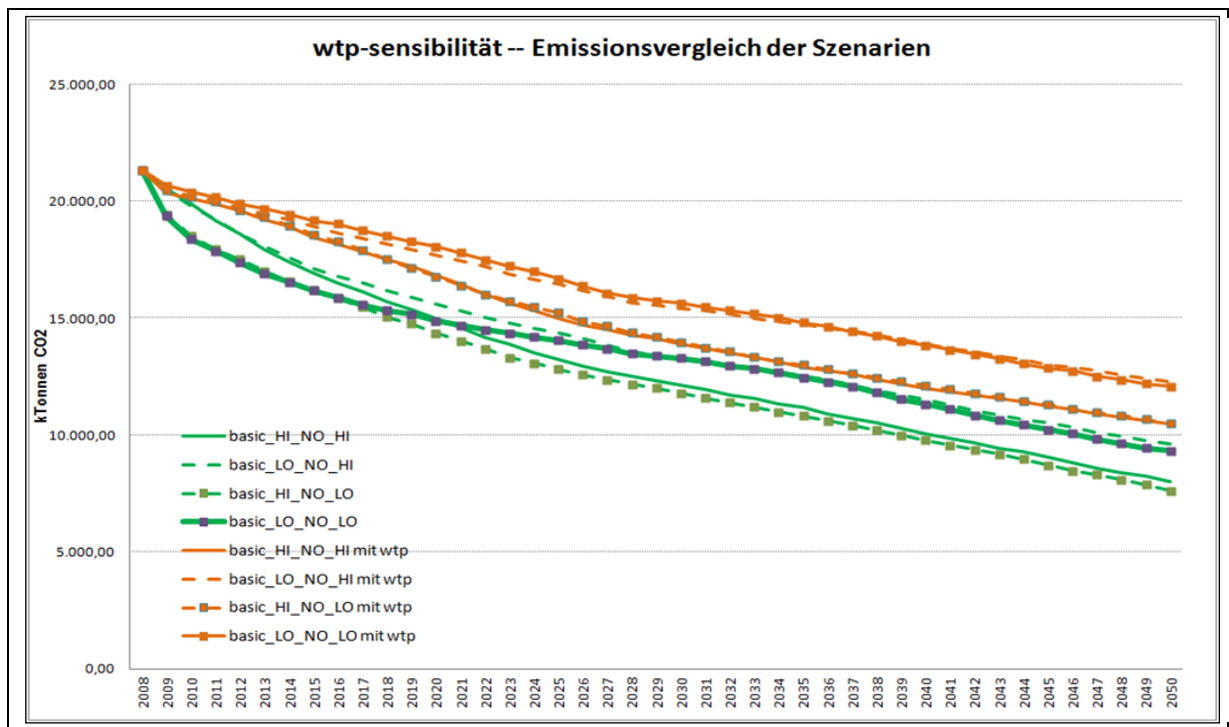


Abb. 9.3: Wirkungen der subjektiven Nutzen/Kosten

Die Berücksichtigung des subjektiven Nutzens dämpft die CO₂-Reduktion: Wenn alle Werte für subjektive Nutzen/Kosten auf 0 gesetzt werden, sind die CO₂-Emissionen im Basic Szenario um ca. 20 % höher. D.h. subjektive Nutzen-Überlegungen verhindern oftmals die Entscheidung für Handlungsoptionen, die objektiv sinnvoll sind und zu CO₂-Reduktionen führen²¹.

²¹ Diese Tendenz zur Unterinvestition hängt u.a. mit einer (wahrgenommenen) Komplexität der Materie, mit hohen Transaktions- und Suchkosten sowie Mangel an Markttransparenz und hohen Unsicherheiten bzgl. zukünftiger Energiepreise und Zinssätze zusammen (Achtnicht 2010, Stieß et al. 2010, Friedrich et al. 2007).

9.1.3. Wirkung des Zufalls auf Ergebnisse

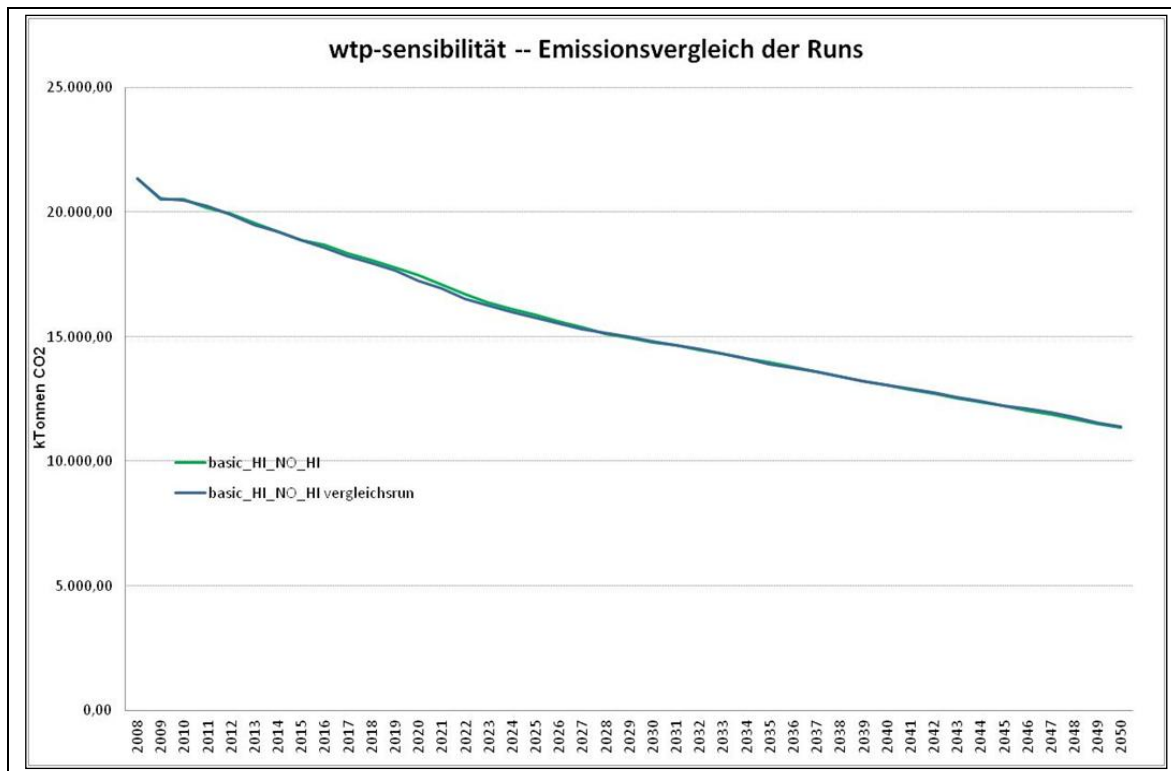


Abb. 9.4: Sensibilität der subj. Kosten und Nutzen

In Mozert gibt es einige zufallsbedingte Entscheidungen, wie z.B. Zuteilung des subjektiven Nutzens auf den einzelnen Agenten innerhalb der Bandbreite (mit einer stat. Gleichverteilung innerhalb der Bandbreite) des Haushaltstyps. Abbildung 9.4 zeigt jedoch, dass die Anzahl der Agenten groß genug ist, sodass der „Zufall“ beim subjektiven Kosten/Nutzen kaum Auswirkungen auf das Gesamtergebnis eines Laufs hat.

9.2 Szenario Basic, ET Preis Low, EU-ETS Cap Hi (-80%)

9.2.1. Emissionen

Die Emissionsreduktionen in den Basic Szenarien sind durch technologische Änderungen (Einsatz energieeffizienterer und CO₂-ärmerer Technologien), und nicht durch Verhaltensänderungen, getrieben. In den Basic Szenarien werden sogar manche Energiedienstleistungsniveaus erhöht: Anstieg bei Flugreisen, Modal Split in Richtung mehr PKW-Verkehr, Innenraumtemperaturerhöhung bei 25% der Haushalte.

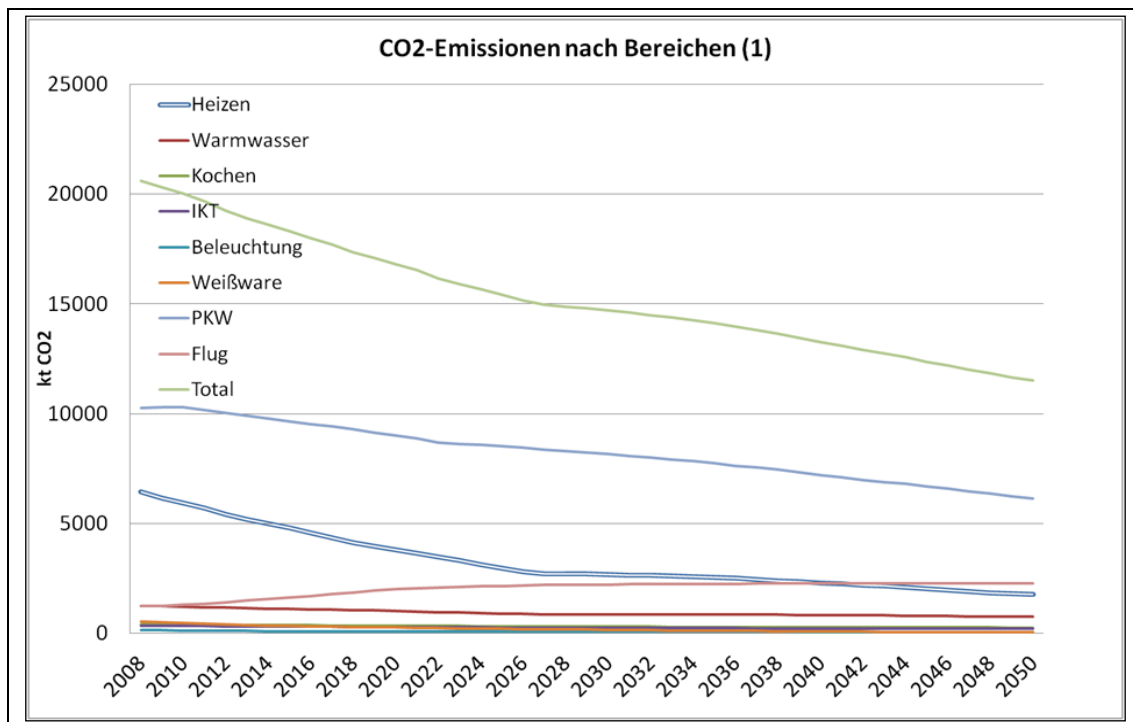


Abbildung: 9.5:CO₂ Emissionen nach Bereichen; Basic Low²², Hi

Die Emissionen von PKW-Mobilität und Heizung sinken, die Flugemissionen steigen jedoch deutlich an. Insgesamt sinken die CO₂-Emissionen um ca. 40 %, liegen damit aber um einen Faktor 2,5 über dem allgemein als Minimalziel angesehen Pfad von -80% (2050), gegenüber 2008. Dies zeigt, dass technischer Fortschritt alleine nicht ausreicht und dass zusätzliche politische Instrumente notwendig sind (siehe Abb.9.5).

²² Basic Low, Histeht für Low ET-Preisszenario und High CO₂ Cap Szenario

9.2.1. Mobilität

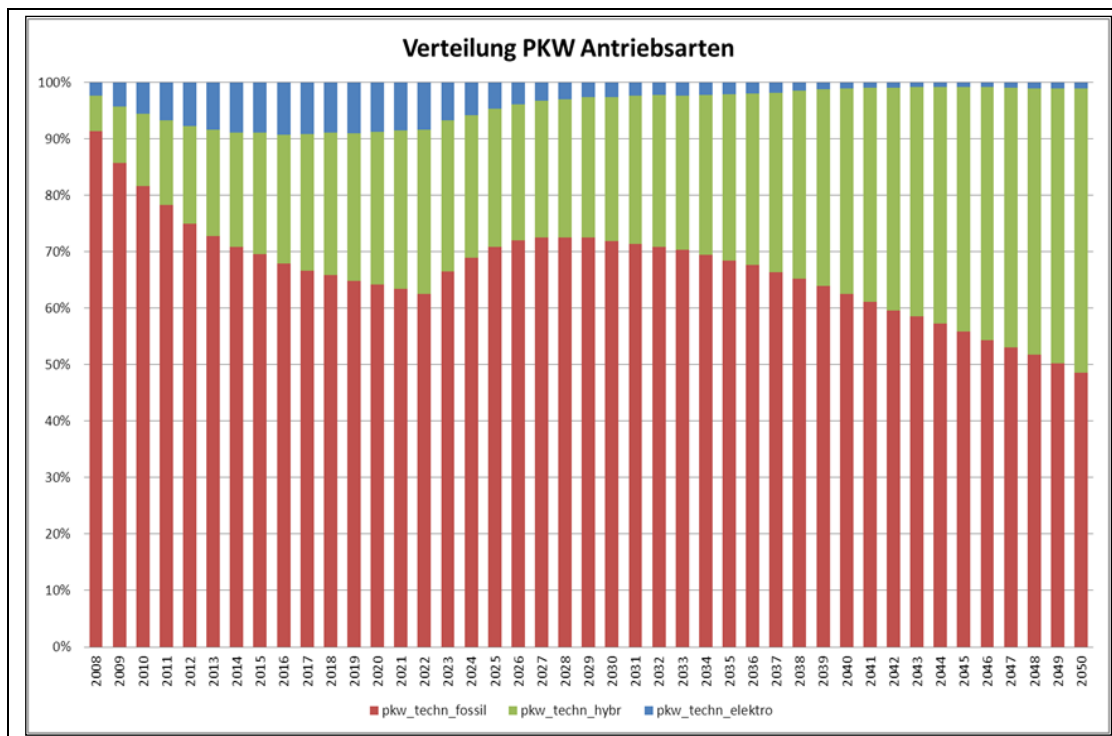


Abbildung 9.6: Verteilung der PKW Antriebsarten; Basic Low, Hi

Im Basic Low Szenario liegt der Anteil von Plug-In Hybrid Fahrzeugen (grün dargestellt) im Jahr 2050 bei knapp 50%, Elektromobilität (blau dargestellt) kann sich kaum durchsetzen (vgl. Abb. 9.6).

Beim Modal-Split kommt es aus ökologischer Sicht sogar zu einer deutlichen Verschlechterung. Der Anteil an PKW-Wegen erhöht sich quer über alle Haushalte um beinahe 10 % (siehe Abb. 9.7)

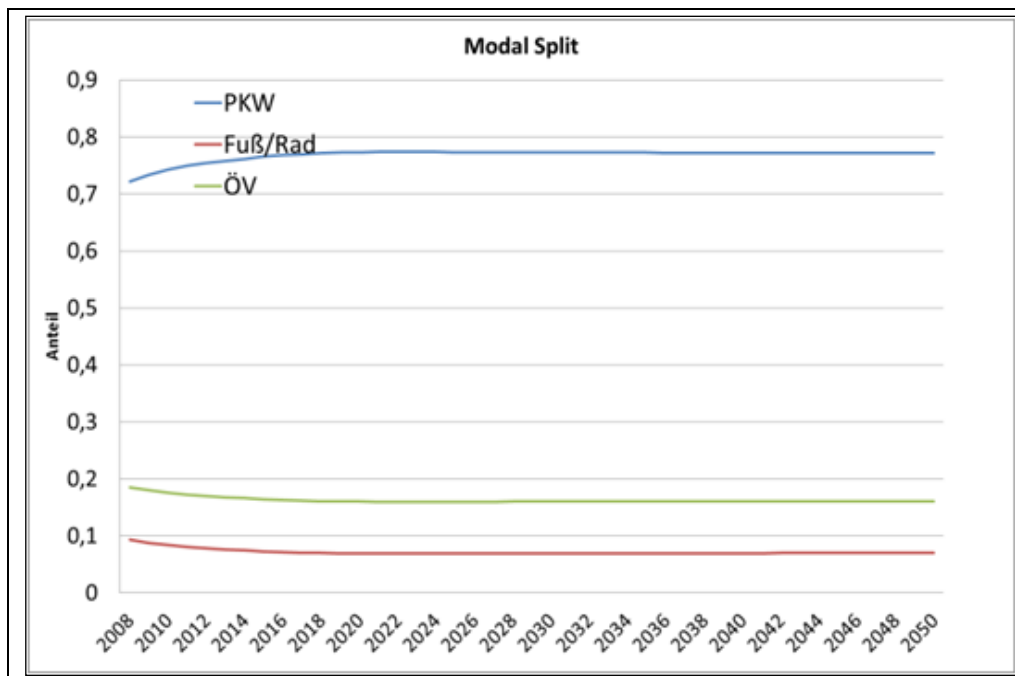


Abb. 9.7: Modal-Splitänderung; Basic Low, Hi

9.2.2. Sanierung und Heizen

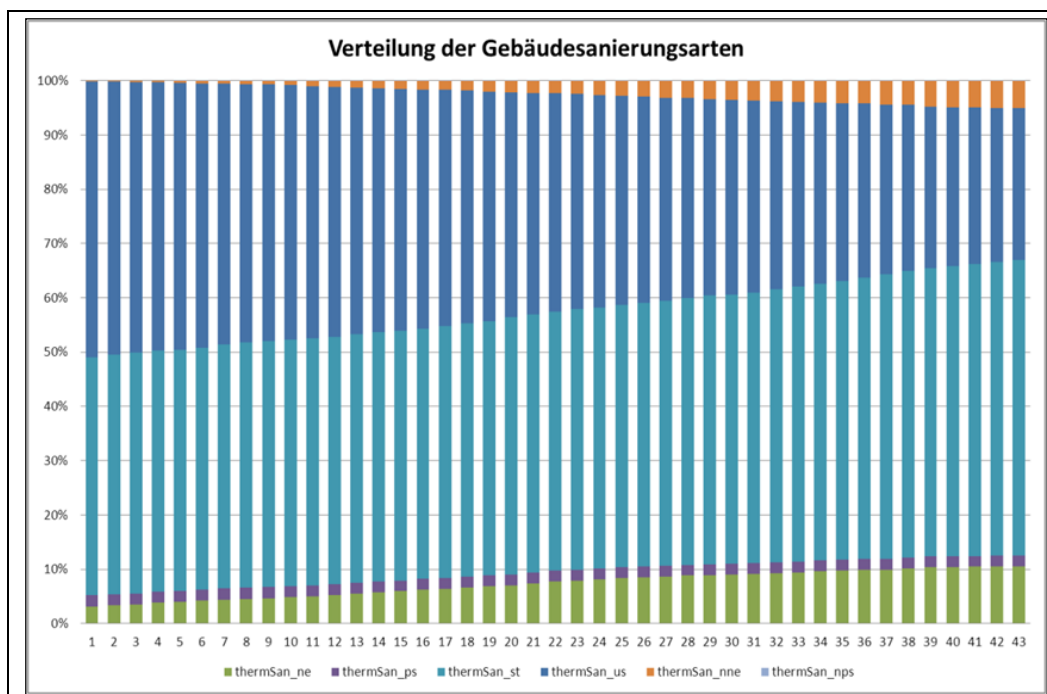


Abb. 9.8: Veränderung der Sanierungsarten; Basic Low, Hi

Im Szenario Basic Low dominiert die Standardsanierung bis 2050, es finden nur wenige darüber hinausgehende Sanierungen statt. Da sich jedoch in der jeweiligen Gebäudeklasse die HWB-Werte bis 2050 signifikant verbessern, ergibt dies dennoch einen deutlichen Beitrag zur Energieeinsparung.

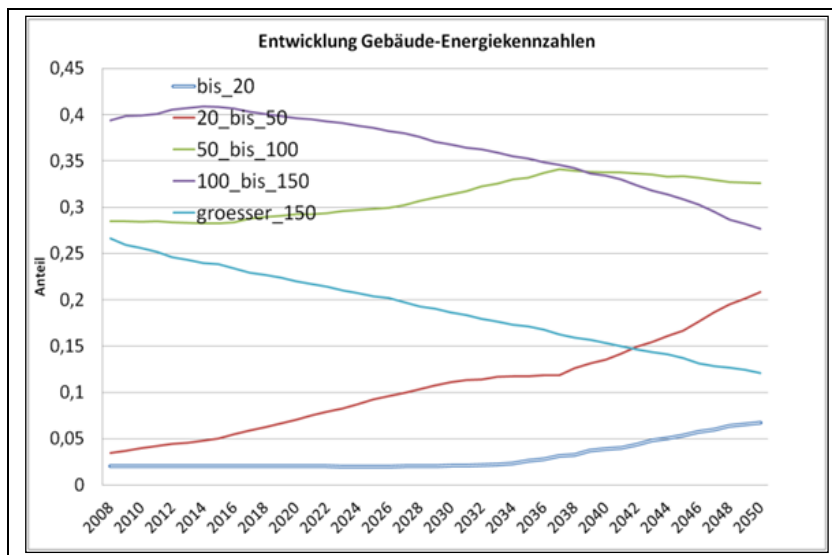


Abb. 9.9: Veränderung der Gebäude-Energiekennzahlen; Basic Low, Hi

Dies zeigt sich deutlich in Abbildung 9.9: Die heutige NE-Klasse hat die größte Steigerung bis 2050, da eine Standardsanierung (gemäß den Modellannahmen) im Jahre 2040 einen HWB erreicht, der heute für Niedrigenergiehausstandard gilt.

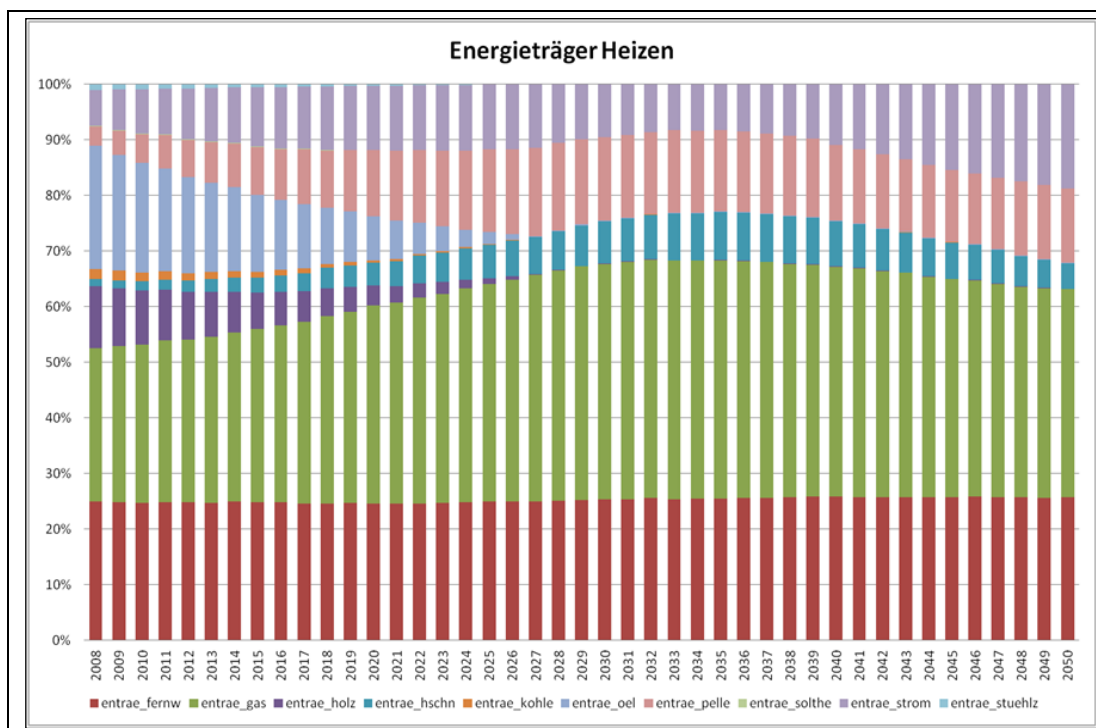


Abb. 9.11: Veränderung der Energieträger für Heizen; Basic Low, Hi

Im Bereich der Energieträger für Raumheizung dominiert Erdgas weiterhin, die Nutzung der Wärmepumpe gewinnt ebenfalls Anteile. Erneuerbare Energien aus Biomasse, Pellets und (Stück-)Holz, bleiben in Summe konstant. Energiearmut, Mobilitätsarmut und (gesamte) Armut spielen eine sehr geringe Rolle (siehe Abbildung 9.11)

Ein typischer Rebound-Effekt zeigt sich in einer Innenraumtemperatur-Erhöhung bei 25 % der Haushalte.

9.2.3. Energiebedarf nach Energieträgern

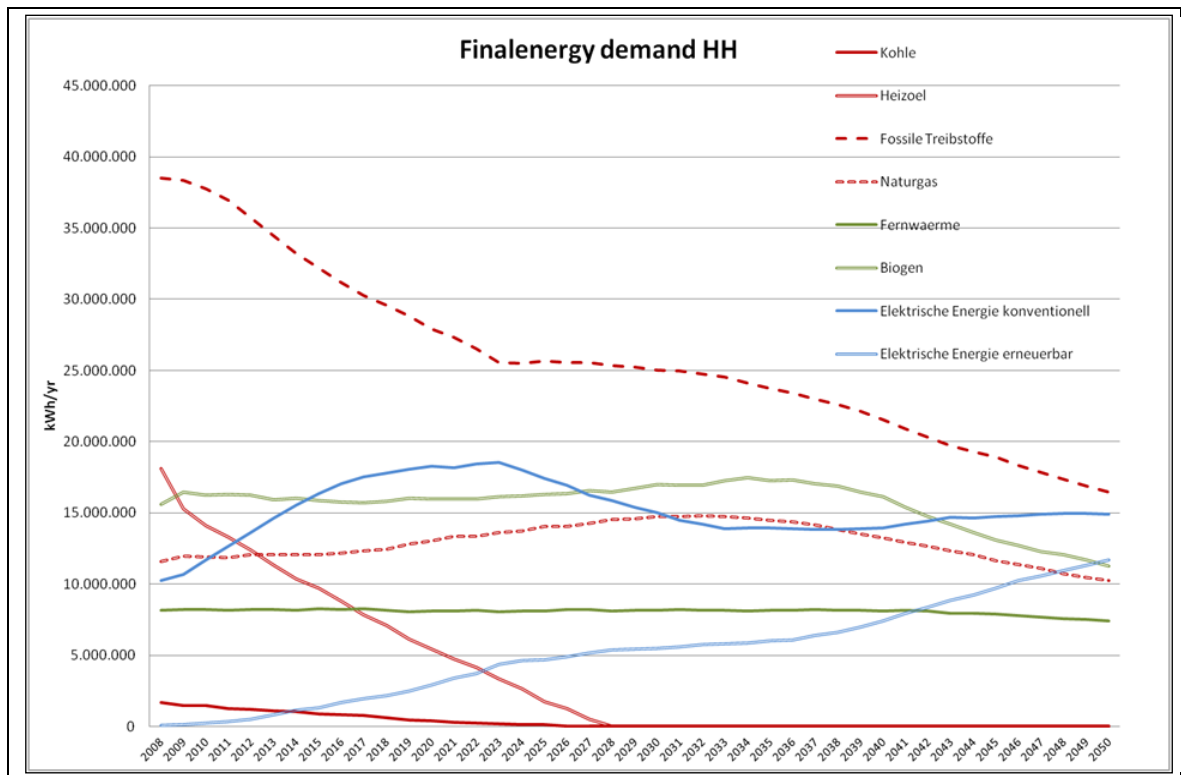


Abb. 9.12: Energiebedarfsveränderung nach Energieträgern; Basic Low, Hi

Das Energiesystem insgesamt verändert sich folgendermaßen: Fossile Treibstoffe und Heizöl sinken deutlich. Erneuerbarer Strom steigt an, beides durch die Verschiebungen im PKW-Bereich. Im Jahre 2050 sind damit die Hauptenergieträger konventioneller Strom, Gas, Fossile, Treibstoffe und etwa gleichauf biogene Energieträger wie Pellets.

Fossile Treibstoffe sinken durch Mobilitätseffizienz, es findet ein Ausstieg aus Ölheizungen statt. Gas bleibt insgesamt konstant, da die Effizienzgewinne der Haushalte durch einen Marktanteilsgewinn von Erdgas im Heizungsbereich ausgeglichen werden. Weiters steigt der Anteil an PV-Anlagen auf knapp 30 % bis 2050.

9.2.4. Verteilungsaspekte

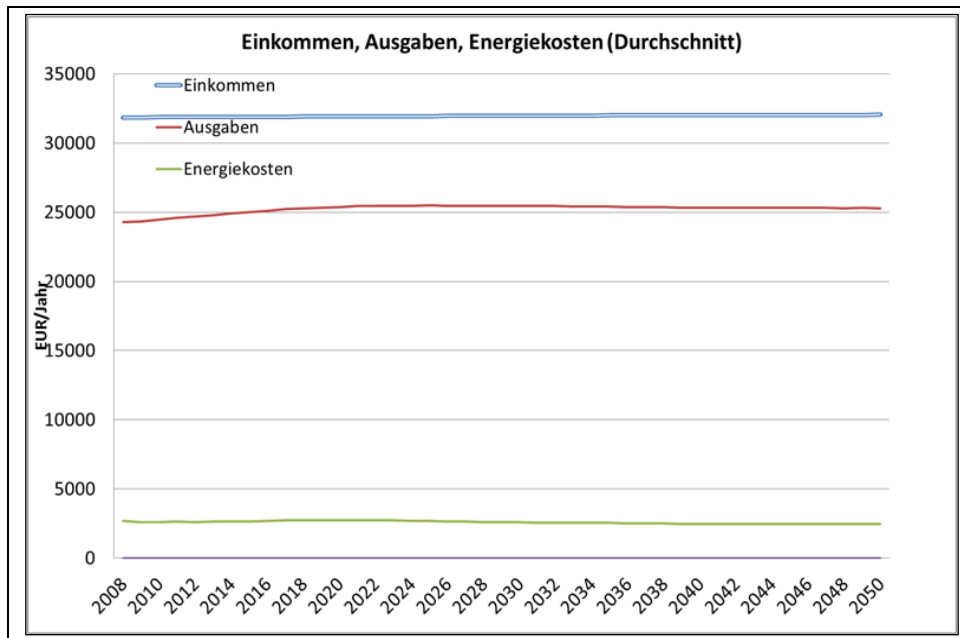


Abb. 9.13: Einnahmen , Ausgaben und Energiekosten; Basic Low, Hi

Der Anteil der Energiekosten am Einkommen steigt im Mittel kaum an, da der moderate Preisanstieg bei fossilen Energien durch verbesserte Technologien ausgeglichen wird (Abb. 9.13).

Dennoch gibt es Haushalte, für die die steigenden Energiekosten ein Problem sind, da sie sich die Anschaffung von Hybrid- oder Elektroautos nicht leisten können. Die Mobilitätsarmut steigt auch in diesem Szenario stark an und erreicht 17 %, d.h. 17 % der Haushalte können ihren Mobilitätsbedarf nicht decken:

„Energiearmut“²³: 0,2 %

Mobilitätsarmut²⁴: 17 %

Gesamte Armut²⁵: 2 %

²³ Annahme Agent reduziert seinen aktuellen Energieverbrauch für Heizen um 40%

²⁴ Annahme Agent reduziert seine aktuelle Gesamtmobilität um 40%

²⁵ Annahme Agent reduziert seinen aktuellen sonstigen Konsum um 50%

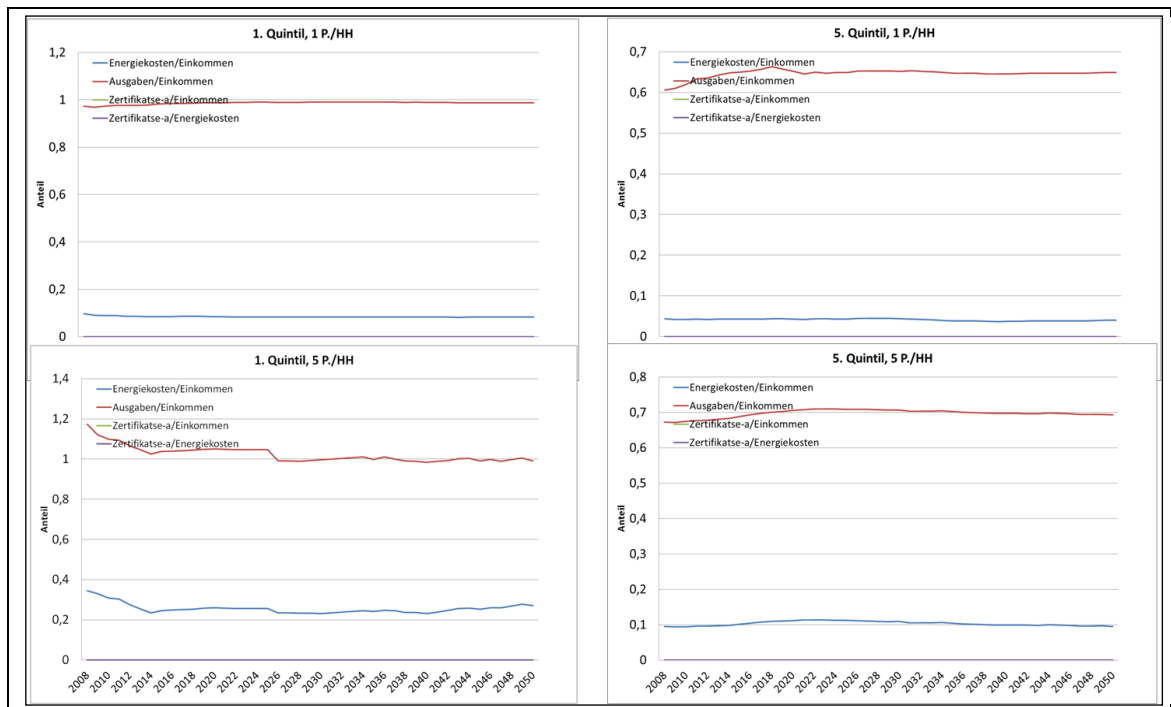


Abb. 9.14: Verteilungsaspekte nach Einkommensquintilen; Basic Low, Hi

Bei den Verteilungsaspekten nach Einkommensquintilen zeigen sich in diesem Szenario keine signifikanten Effekte. Dies zeigt umso mehr, dass die Betrachtung auf einer aggregierten Ebene nicht alle wesentlichen Effekte aufzeigt, die erst auf der Einzelhaushaltsebene zum Vorschein kommen (siehe Mobilitätsarmut).

9.3 Szenario Basic, ET Preise Hi, EU-ETS Cap Hi (-80%)

9.3.1 Emissionen

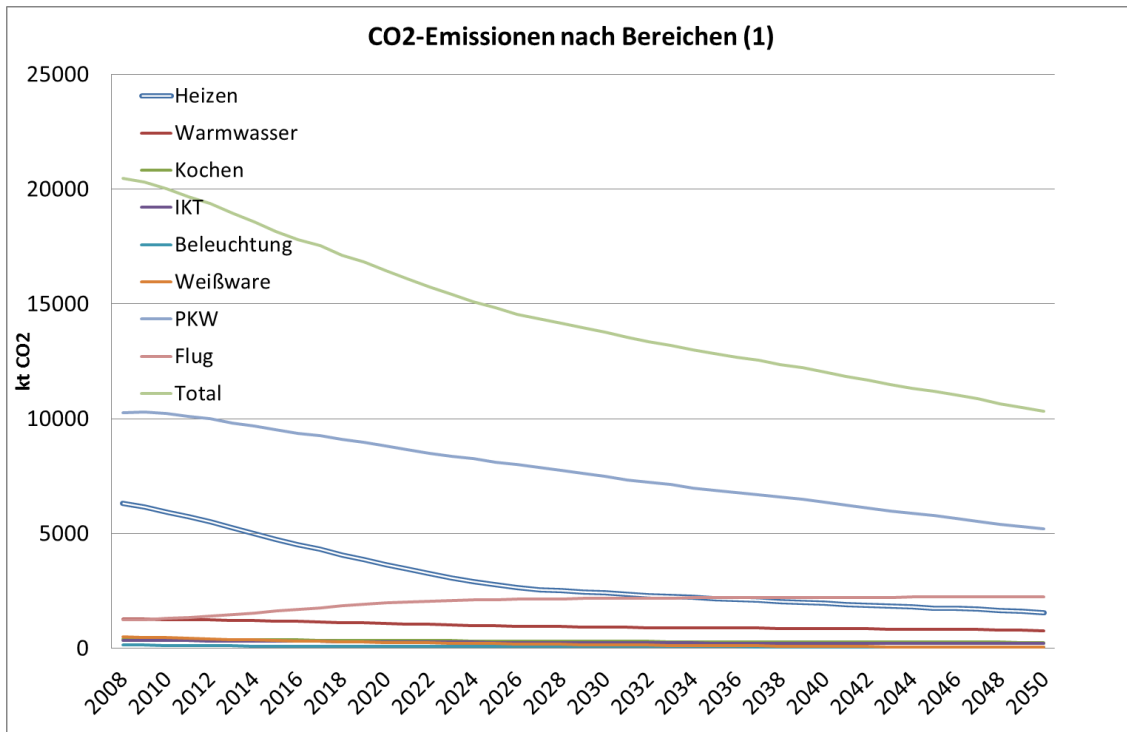


Abb. 9.15:CO₂ Emissionen nach Bereichen; Basic Hi, Hi

Die Emissionen von PKW und Heizung sinken, die Flugemissionen steigen auch im Basic Szenario mit stärkerer fossiler Preiserhöhung an. Insgesamt sinken die CO₂-Emissionen um ca. 50 % (2050 im Vergleich zu 2008), liegen damit aber um einen Faktor 2,2 über dem allgemein als Minimalziel angesehen Pfad von -80% (2050) gegenüber 2008. Dies zeigt, dass technischer Fortschritt sowie ein stärkeres Preissignal der fossilen Energien bei weitem nicht zur Erreichung von Klimazielen ausreichen und dass zusätzliche politische Instrumente notwendig sind.

9.3.2 Mobilität

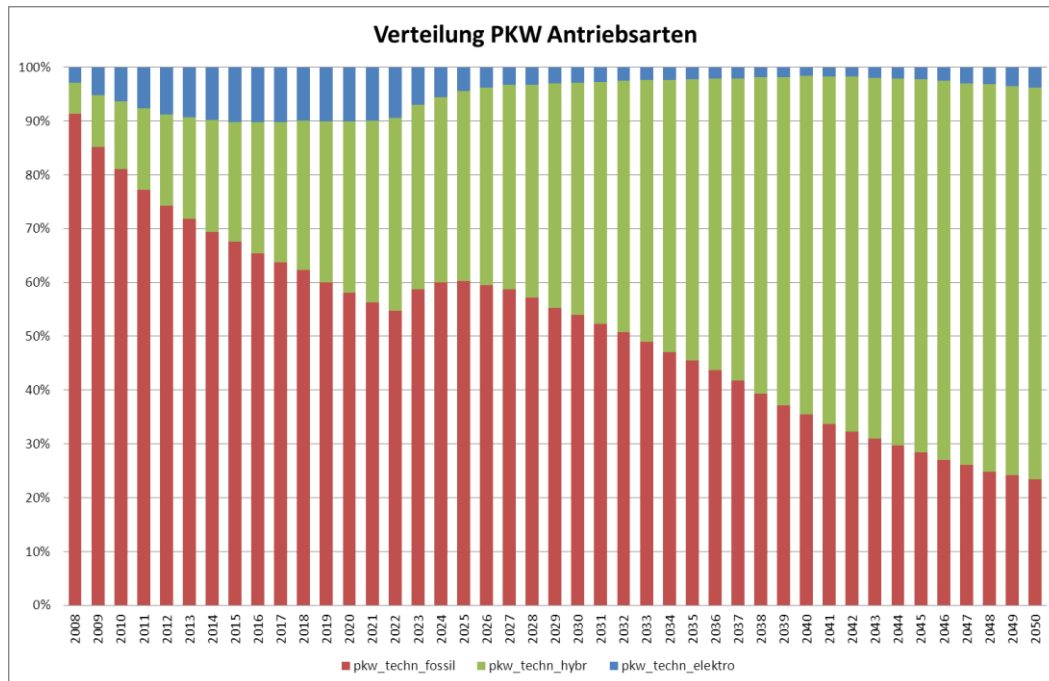


Abb. 9.16: Verteilung der PKW Antriebsarten; Basic Hi, Hi

Im Basic-Szenario mit einer Verdopplung der Endkundenpreise für fossile Energien bis 2050 (basic hi) kommt es im Bereich der Mobilität zu einer deutlichen „Hybridisierung“ der PKW-Flotte, der Anteil von „echten“ Hybridfahrzeugen ((Plug-in, nicht mild Hybrid) liegt im Jahre 2050 bei über 70%. Reine Elektroautos können sich kaum etablieren (Abb. 9.16).

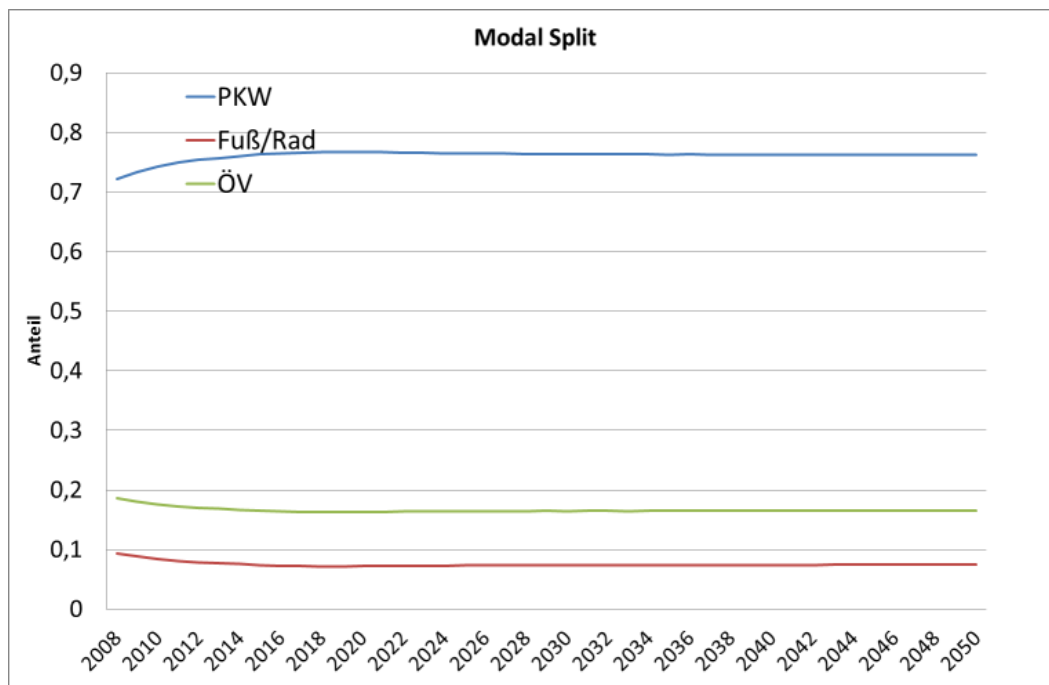


Abb. 9.17: Entwicklung Modal Split; Basic Hi, Hi

Auch bei diesem Szenario steigt der PkW-Anteil am Modal-Split leicht an, die Nutzung von Rad/Öffentlichen Verkehrsmitteln sinken leicht.

9.3.3 Sanierung und Heizen

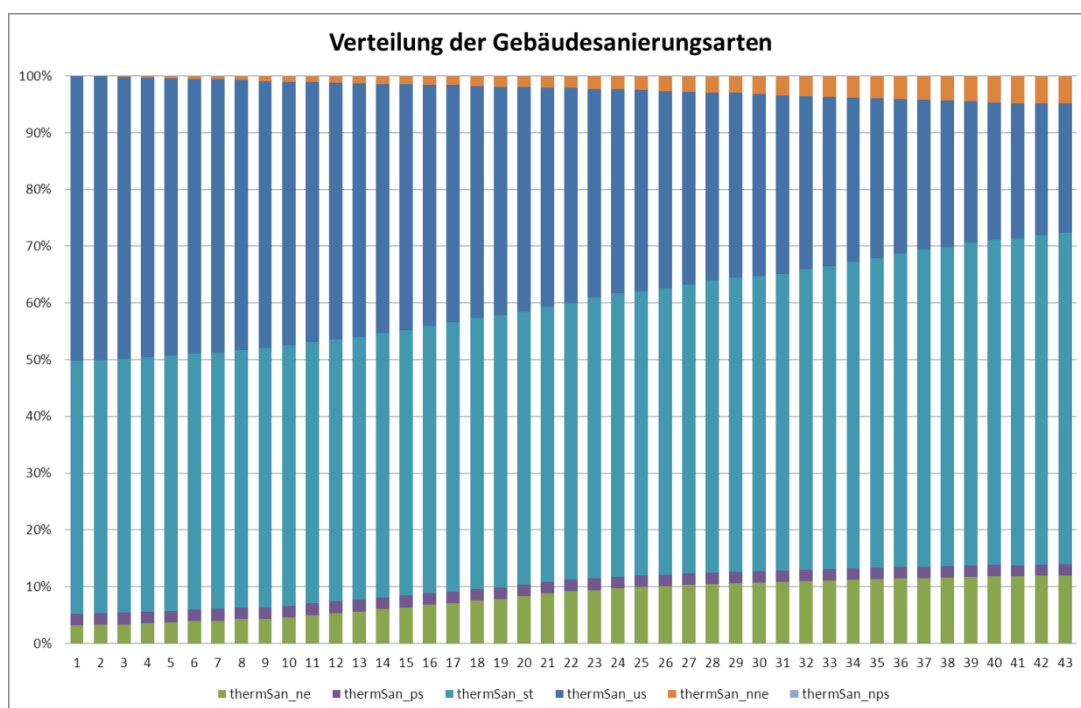


Abb. 9.18: Verteilung der Gebäudesanierungsarten; Basic Hi, Hi

Wie in Abbildung 9.18 ersichtlich, steigt die Sanierungsrate aufgrund der höheren fossilen Preise leicht an, im Jahre 2050 sind weniger Häuser unsaniert als im basic lo Szenario. Ebenfalls ansteigend ist die Anzahl der Niedrigenergie-Sanierungen (grün in der Abbildung)

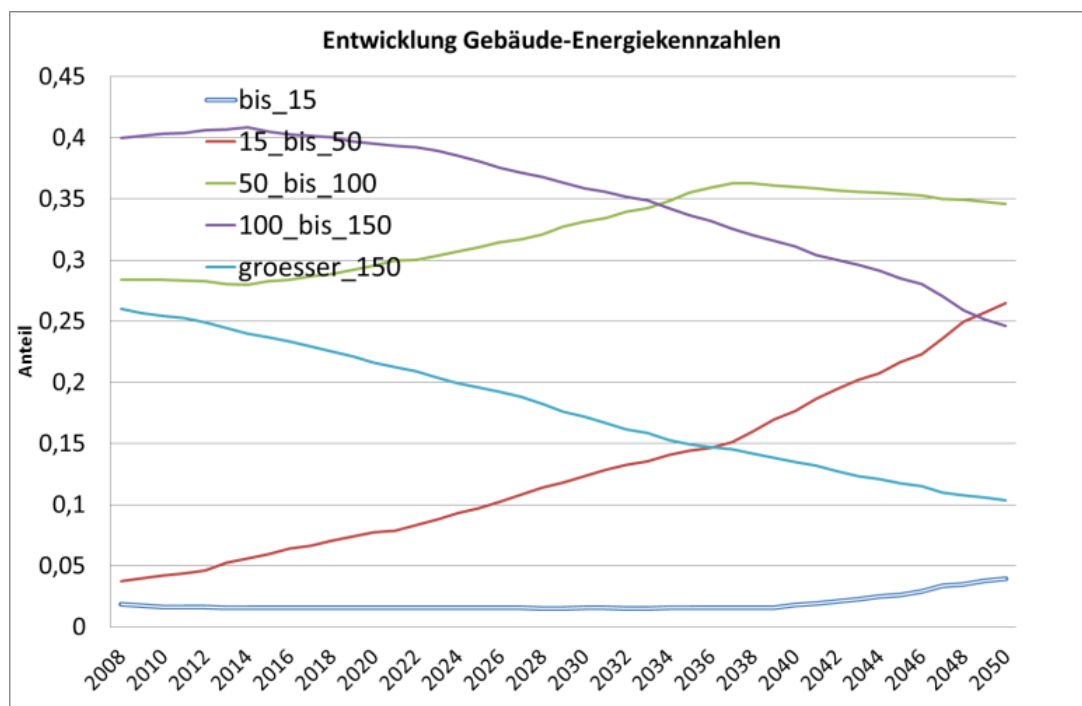


Abb. 9.19: Entwicklung der Gebäude-Energiekennzahlen; Basic Hi, Hi

Dies wirkt sich auch bei der Entwicklung der Gebäude-Energiekennzahlen aus: Der Anteil an Gebäuden in heutigem NE-Standard steigt signifikant an und übertrifft den schlecht sanierten Standard (rote Linie vs. violette Linie in Abbildung 9.19).

9.3.4 Energiebedarf nach Energieträgern

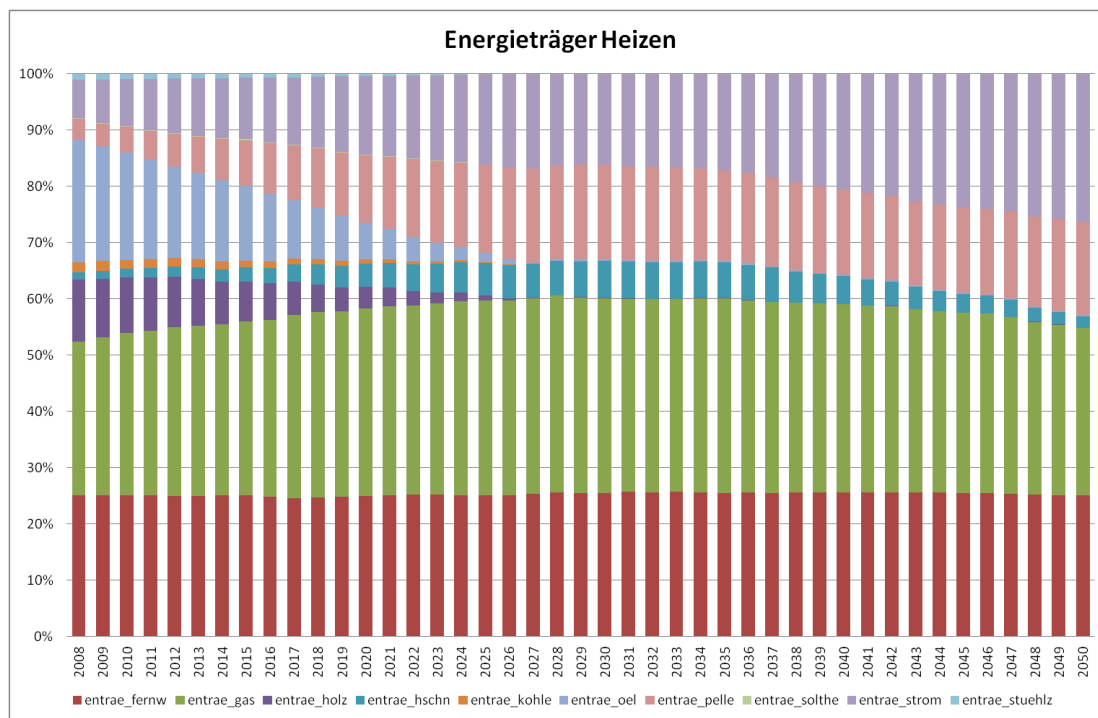


Abb. 9.20: Energieträger für Heizen; Basic Hi, Hi

In diesem Szenario stagniert der Marktanteil von Erdgas bei den Heizanlagen und steigt nicht an wie bei basic lo, es gibt einen deutlichen Trend zu Wärmepumpen und Pellets (Abb.9.20).

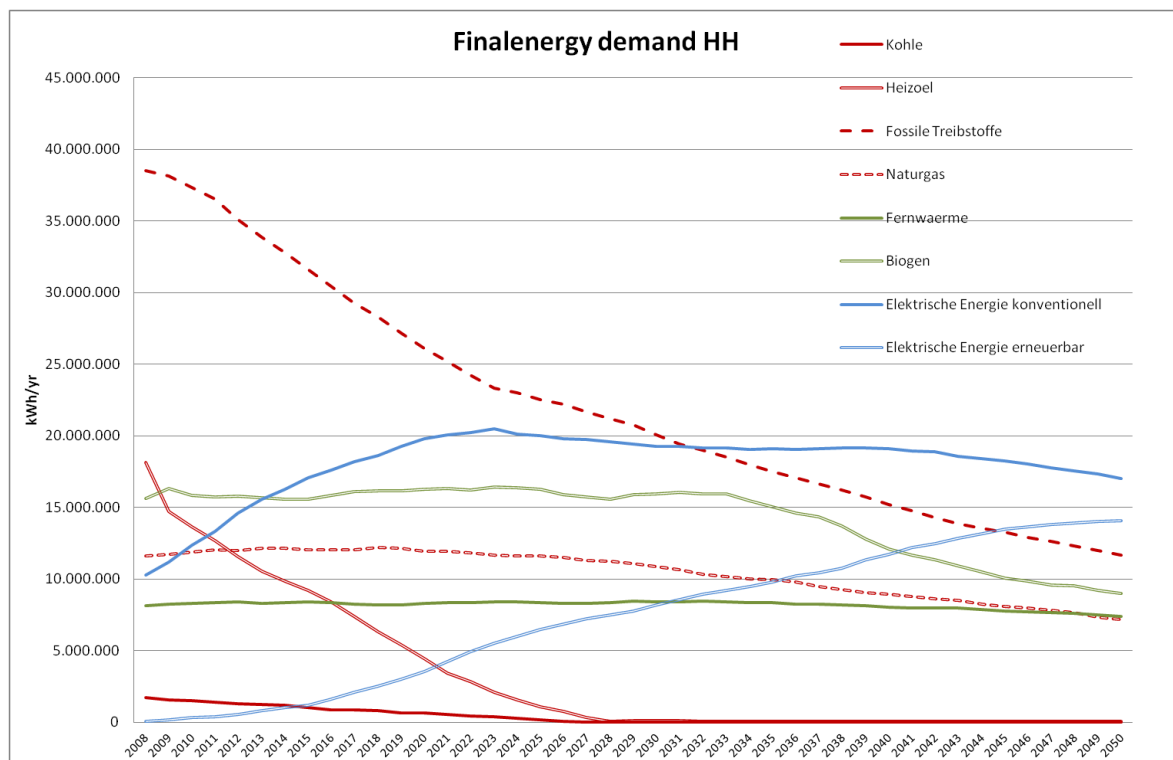


Abb. 9.21: Energieträgerverteilung gesamt; Basic Hi, Hi

Die Auswirkungen dieser Haushaltsentscheidungen im PKW, Heizungs- und Baubereich auf das Energiesystem sind prägnanter als im lo-Szenario: Konventioneller Strom und Ökostrom werden die Hauptenergieträger, wobei konventioneller Strom noch überwiegt. Gründe dafür sind die starke Hybridisierung der PKW-Flotte und der vermehrte Einsatz von Wärmepumpen zur Beheizung. Gas und fossile Treibstoffe sinken stärker als im lo-Szenario, eine klare Reaktion der Haushalte auf steigende Preise, jedoch auch biogene Energien sinken leicht aufgrund der höheren thermischen Sanierungsrate.

9.3.5 Auswirkungen auf die Stromaufbringung

Die Verwendung des TIMES Energiemodells ermöglicht es, Detailanalysen der Wirkung der Entscheidungen der Haushalte auf die Strom- und Fernwärmeproduktion zu machen. Exemplarisch seien hier die Wirkungen auf die Stromaufbringung dargestellt. Im Szenario Basic mit höheren Energieimportkosten kommt es zu einem starken Anstieg der Stromnachfrage, die in den ersten Jahren durch Importe und später durch PV und Wind gedeckt wird; Erdgas als Energieträger zur Stromerzeugung verliert aufgrund der höheren Kosten an Bedeutung. Die Nachfrage nach Fernwärme bleibt dagegen weitgehend konstant; jedoch geht auch hier der Einsatz von Erdgas zurück und wird durch feste Biomasse ersetzt.

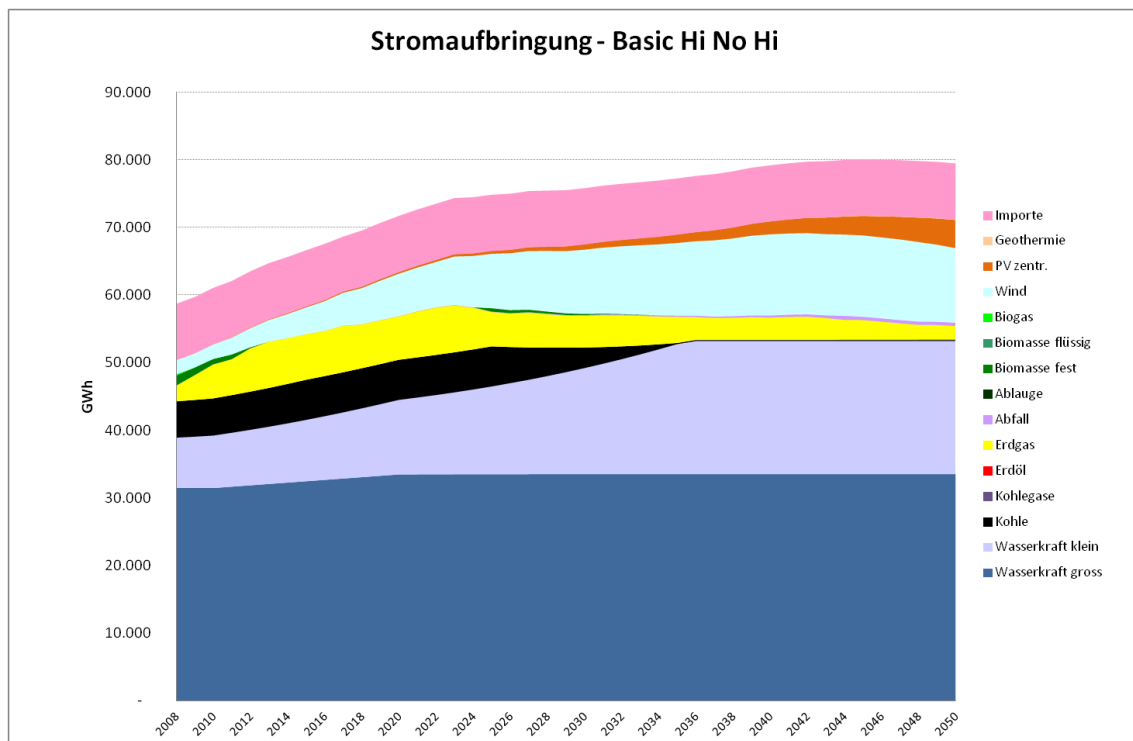


Abb. 9.22: Zusammensetzung der Stromaufbringung; Basic Hi, Hi

9.3.6 Verteilungsaspekte

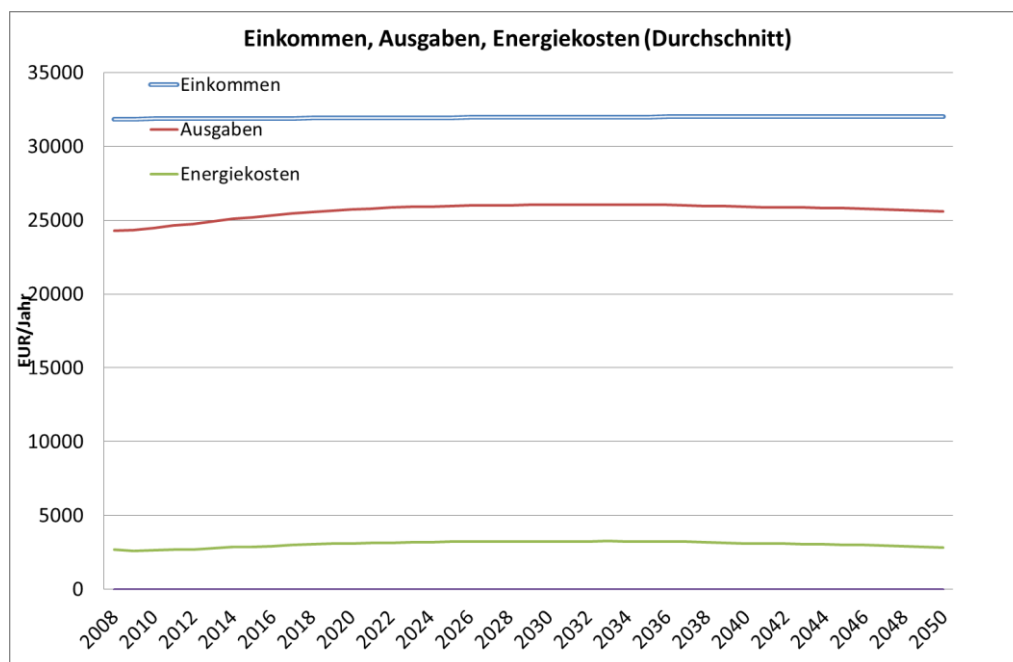


Abb. 9.23: Eingaben, Ausgaben, Energiekosten; Basic Hi, Hi

Energiekosten und Ausgaben steigen im Mittel der Haushalte leicht an. Ein stärkerer Anstieg wird durch Effizienzgewinne verhindert. Die Energiearmut bleibt gering, im Bereich der Mobilitätsarmut steigt der Anteil jedoch auf 20 %, d.h. 20 % der Haushalte können aufgrund der steigenden Energiepreise ihre Mobilitätsbedürfnisse nicht erfüllen. Dies wäre bei einer Analyse auf einer höher aggregierten Ebene nicht sichtbar, kann jedoch auf der individuellen Haushaltsebene in MoZert erkannt werden. Die Auswirkungen von Energiepreiserhöhungen sind sehr unterschiedlich je nach individueller Lebenssituation.

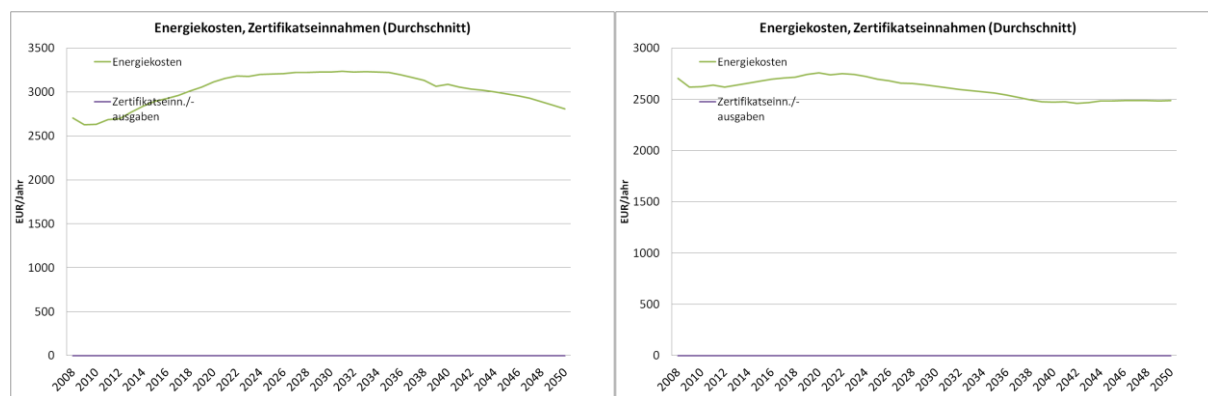


Abb. 9.24: Energiekostenvergleich zwischen Basic Hi (li) und Basic Low Preis-Szenario (re)

Energiekosten steigen v.a. in der Anfangsphase stark an, nach dem Umstieg (weg von fossilen ET) wird der Unterschied geringer (links hi, rechts lo ET-Preise in Abb. 9.24).

9.4 Szenario PCR, ET Preise Hi, EU-ETS Cap Hi (-80%)

9.4.1 Emissionen

Die Emissionsreduktionen im PCR-Szenario betragen 80 % (2050) gegenüber 2008 Werten, damit werden die Emissionsziele in diesem Szenario voll erreicht.

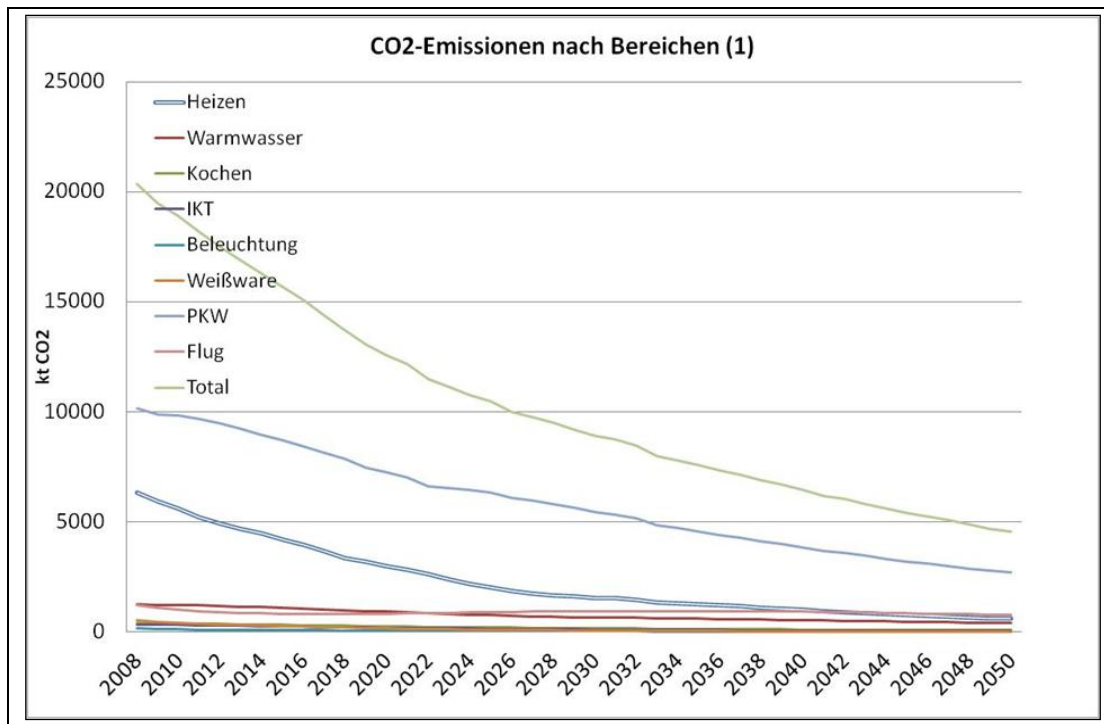


Abb.: 9.25:CO2 Emissionen nach Bereichen; PCR Hi, Hi

Die Emissionen von PKW und Heizungsanlagen sinken drastisch, die Flugemissionen steigen kaum. Insgesamt sinken die CO₂-Emissionen um 80 %, getriggert durch den markanten Einfluss des PCR-Zertifikatssystems auf das Verhalten der Haushalte (Abb. 9.25). Dies zeigt, dass die Einführung eines PCR-Systems die Erreichung der CO₂-Ziele ermöglicht. Doch zu welchen Kosten (siehe Verteilungsaspekte) ?

9.4.1. Mobilität

Ein Vergleich der PCR mit den Basic Szenarien zeigt, dass die technischen Entwicklungen ähnlich verlaufen, wenn auch in den PCR Szenarien stärker ausgeprägt:

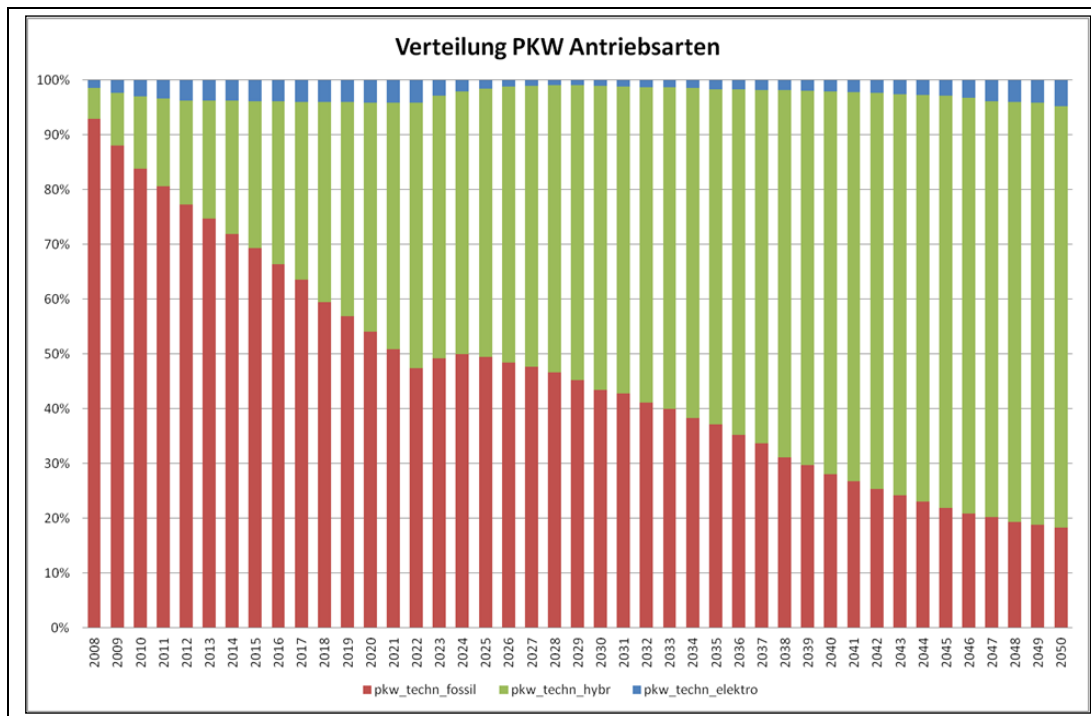


Abb. 9.26: Verteilung der PKW Antriebsarten; PCR Hi, Hi

Im PCR Cap High (-80% CO₂-Em., 2050) Szenario wächst der (Plug-In) Hybridanteil auf über 80 %.

Es gibt auch Verhaltensänderungen in Richtung zu einer CO₂-Reduktion: eine Verschiebung des Modal Splits von PKW-Verkehr zu mehr ÖV/Fuß/Rad, weniger Flugreisen. Der PKW-Anteil am Modal Split sinkt um 10 % (siehe Abbildung 9.27).

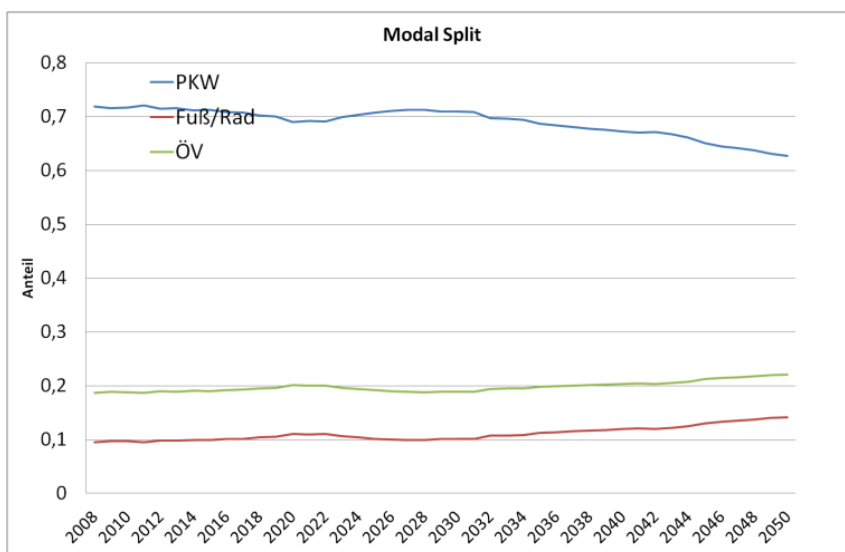


Abb. 9.27: Modal Split-Änderung; PCR Hi, Hi

9.4.2. Sanierung und Heizen

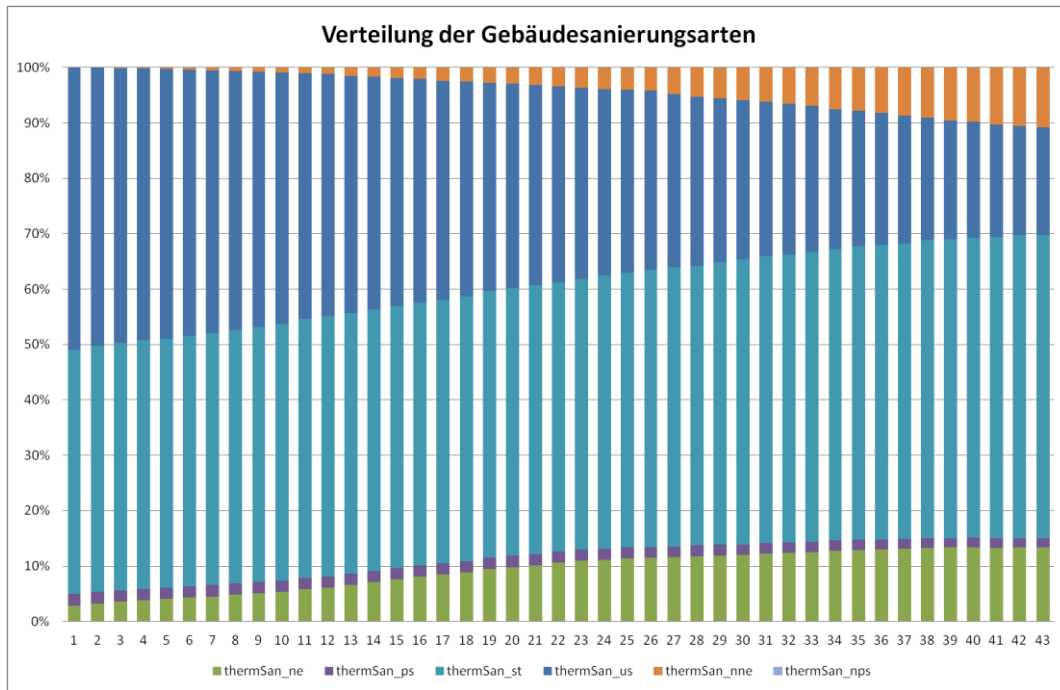


Abb. 9.28: Veränderung der Sanierungsarten; PCR Hi, Hi

Auch im Bereich der thermischen Sanierung kommt es zu einer deutlichen Erhöhung der Sanierungsrate (im Jahre 2050 sind nur noch knapp 20 % der Gebäude unsaniert), sowie der Neubaurate im Niedrigenergiestandard (orange in Abbildung 9.28).

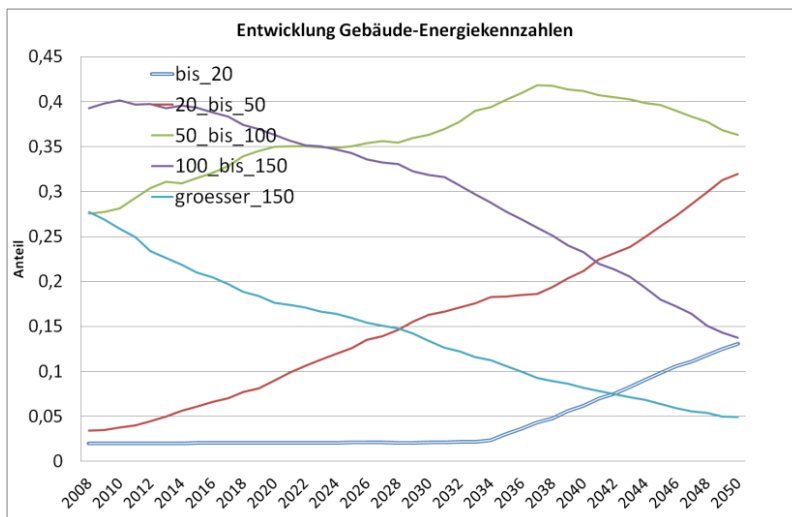


Abb. 9.29: Veränderung der Gebäude-Energiekennzahlen; PCR Hi, Hi

Dies zeigt sich deutlich in Abbildung 9.29. Die heutige NE-Klasse wird schrittweise zur dominierenden Bauklasse, auch der Gebäude im heutigen Passivhausstandard erreichen einen Anteil von über 15 % am gesamten Baubestand.

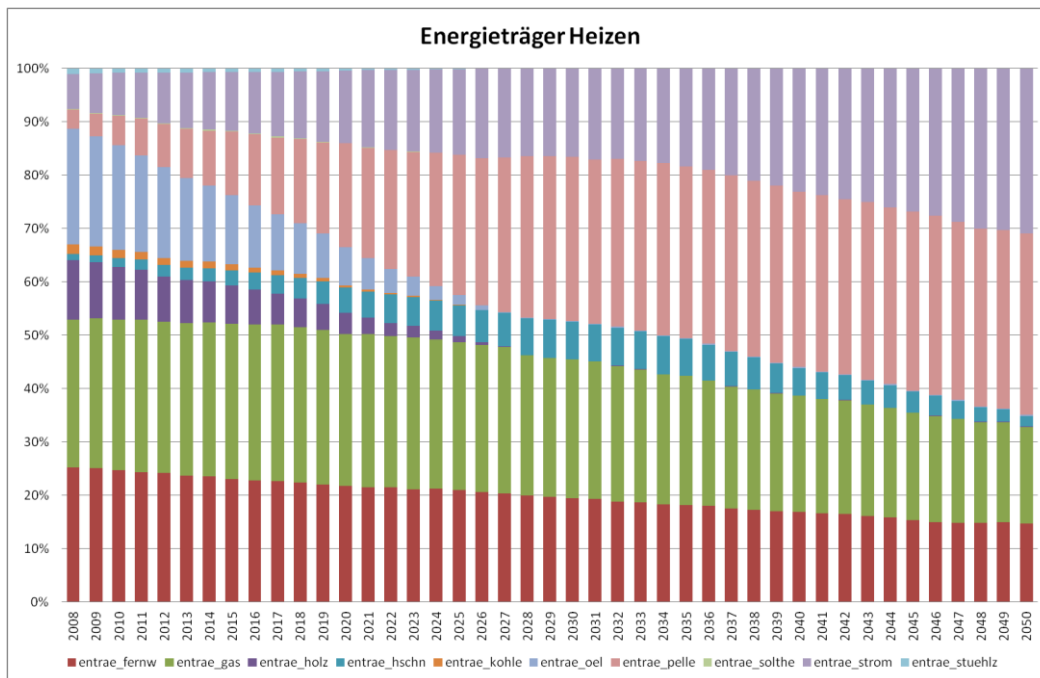


Abb. 9.30: Veränderung der Energieträger für Heizen; PCR Hi, Hi

Im Bereich der Energieträger für Raumheizung verliert Erdgas an Marktanteilen. Dominant werden Wärmepumpe, sowie erneuerbare Energien aus Biomasse, Pellets und (Stück-)Holz.

9.4.3. Energiebedarf nach Energieträgern

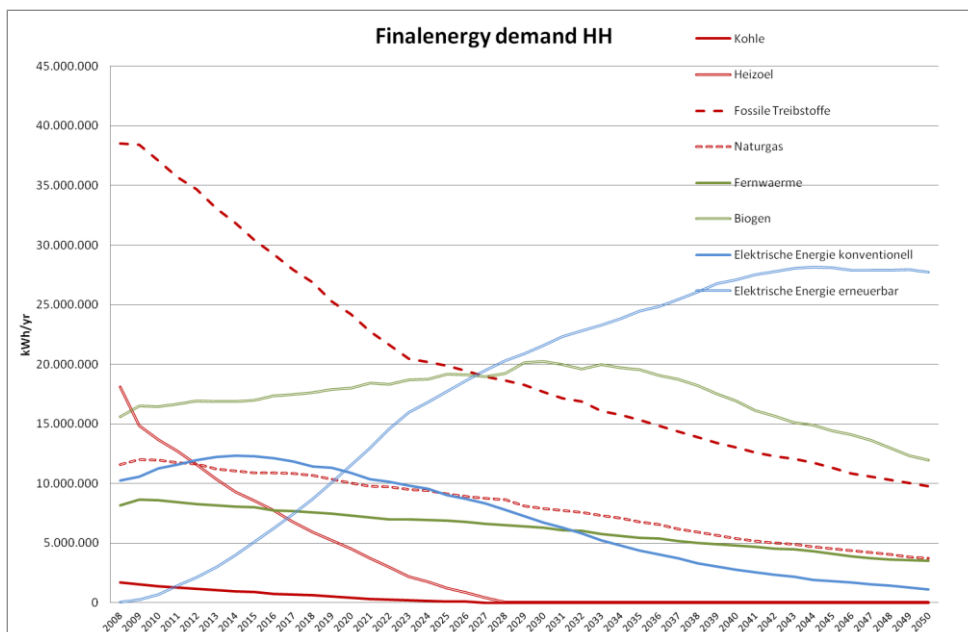


Abb. 9.31: Energiebedarfsveränderung nach Energieträgern; PCR Hi, Hi

Das Energiesystem insgesamt verändert sich drastisch: Es dominiert deutlich Strom aus

erneuerbaren Energien, da sowohl im Mobilitätsbereich als auch im Baubereich (Wärmepumpe) es einen deutlichen Switch zum Energieträger Strom gibt. Durch den Druck der PCR-Zertifikate wechselt der Großteil der Haushalte von konventionellem Strom zu Ökostrom. Es folgen mit deutlichem Abstand fossile Treibstoffe und biogene Energieträger wie Pellets (Abb. 9.31). Weiters steigt der Anteil an PV-Anlagen auf über 40 % bis 2050, d.h. praktisch alle Haushalte, die die Möglichkeit haben, installieren PV-Anlagen.

9.4.4 Auswirkungen auf die Stromaufbringung

Im Szenario PCR kommt es (im Vergleich zum Szenario Basic Hi, siehe Abb. 9.22) zu einem Rückgang der Nachfrage nach Strom und auch nach Fernwärme, absolut steigt auch hier der Strombedarf im Vergleich zu 2008. Der Stromnachfragerückgang wirkt sich hauptsächlich auf den Einsatz von Erdgas und den Ausbau von Windkraftanlagen aus. Preisbedingt geht bei der Fernwärmeaufbringung der Einsatz von Erdgas und fester Biomasse zurück, stattdessen wird hier mit der Verbrennung von Abfall kompensiert.

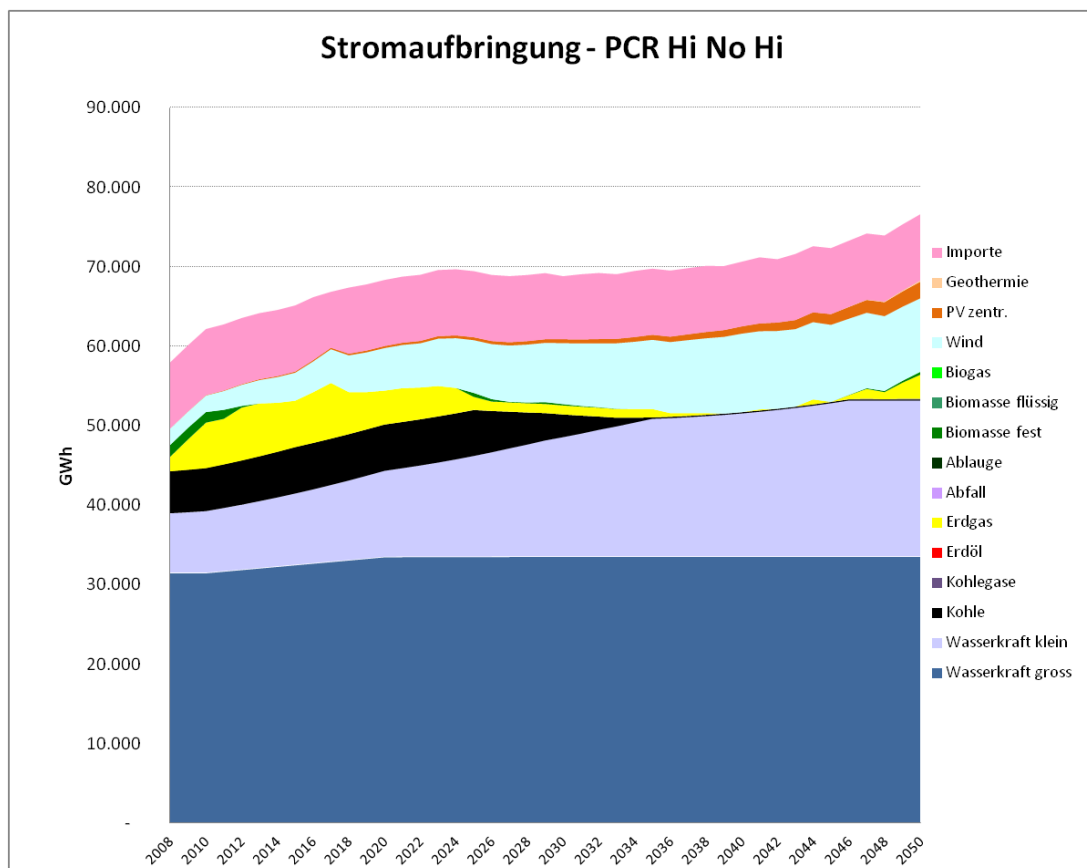


Abb. 9.32: Zusammensetzung der Stromaufbringung; PCR Hi, Hi

9.4.5. Verteilungsaspekte

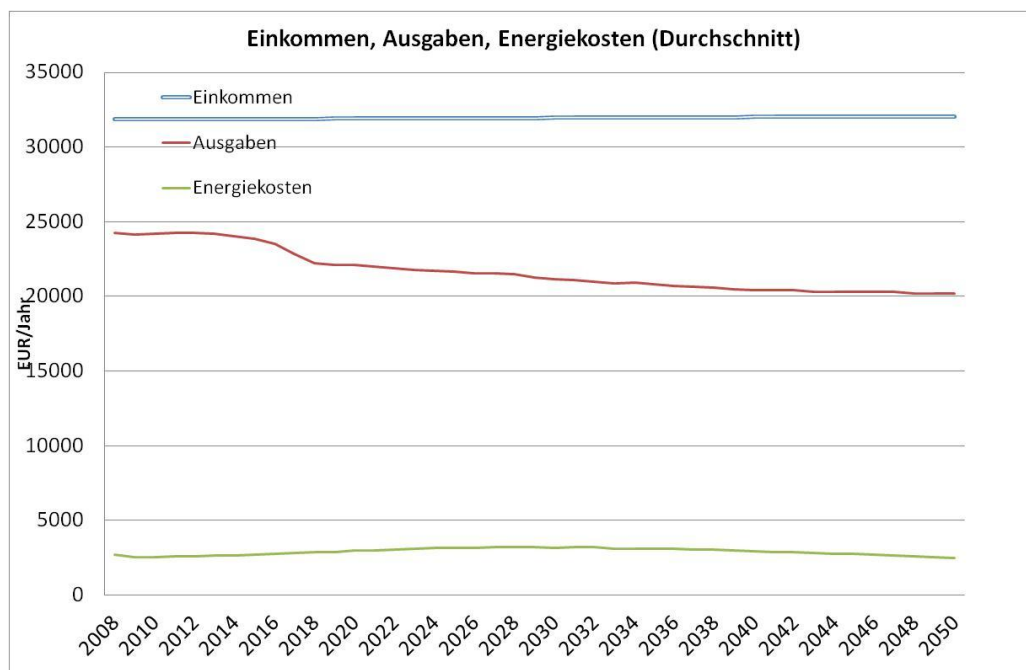


Abb. 9.33: Einnahmen, Ausgaben und Energiekosten; PCR Hi, Hi

Der Anteil der Energiekosten am Einkommen steigt im Mittel nur wenig an, da der Druck aus dem Zertifikatssystem zu drastischen Einsparungen über Verhaltensänderungen, sowie Investitionen in Effizienztechnologien führt (Abb. 9.33).

Dies hat auf der individuellen Haushaltsebene jedoch seinen Preis: Die Energiearmut steigt gegenüber dem Basic-Szenario an und vor allem die Mobilitätsarmut steigt drastisch.

„Energiearmut“: 0,6 % (verdreifacht gegenüber basic)²⁶

Mobilitätsarmut: 35 % (Verdoppelung gegenüber basic)

²⁶ Auch die Tendenz zur Raumtemperaturabsenkung steigt stark an

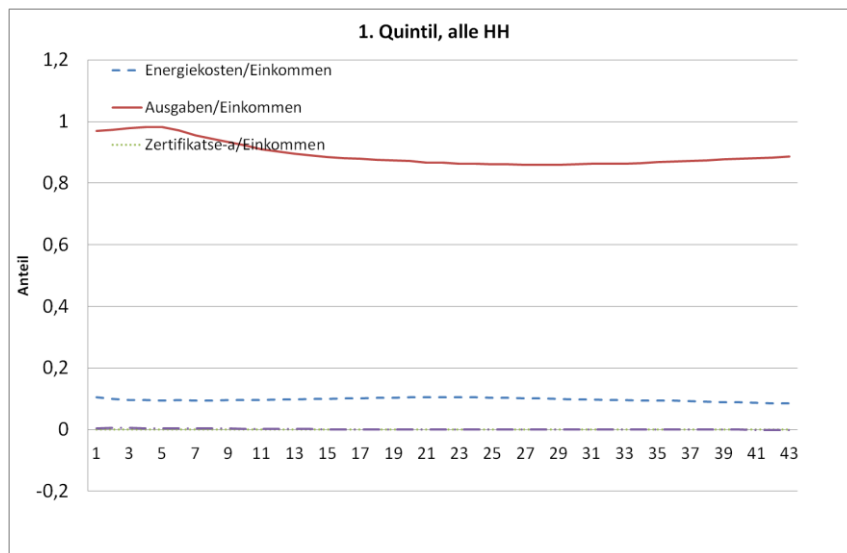


Abb. 9.34: Ärmstes Einkommensquintil; PCR Hi, Hi

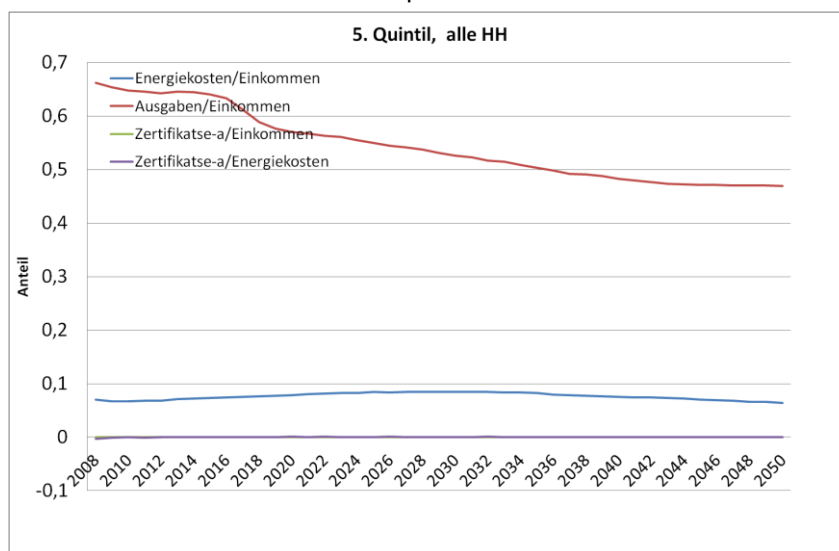


Abb. 9.35: Reichstes Einkommensquintil; PCR Hi, Hi

Ein interessanter Effekt zeigt sich auf der Ausgaben/Einkommen-Ebene bei der Betrachtung nach Quintilen. Der Anteil der Ausgaben am Einkommen sinkt für arme Haushalte weniger stark (Abb. 9.34) als für reiche (Abb. 9.35), da ärmere Haushalte weniger Optionen zur Energiereduktion haben. Sie leben oft in Mietwohnungen und können aufgrund der höheren Investitionskosten nicht auf Hybridautos umsteigen. Dies zeigt den Bedarf nach zusätzlichen politischen Maßnahmen, die ärmere Haushalte unterstützt und vor der Energie/Mobilitätsarmut bewahrt.

9.5 Szenario C&S ET-Preis Hi, EU-ETS Cap Hi (-80%)

In einem Szenario, bei dem in Österreich ein Cap&Share-System eingeführt wird, wird das Cap-Ziel knapp verfehlt. Die CO₂-Emissionen reduzieren sich um 70 % gegenüber dem Startwert.

9.5.1 Emissionen

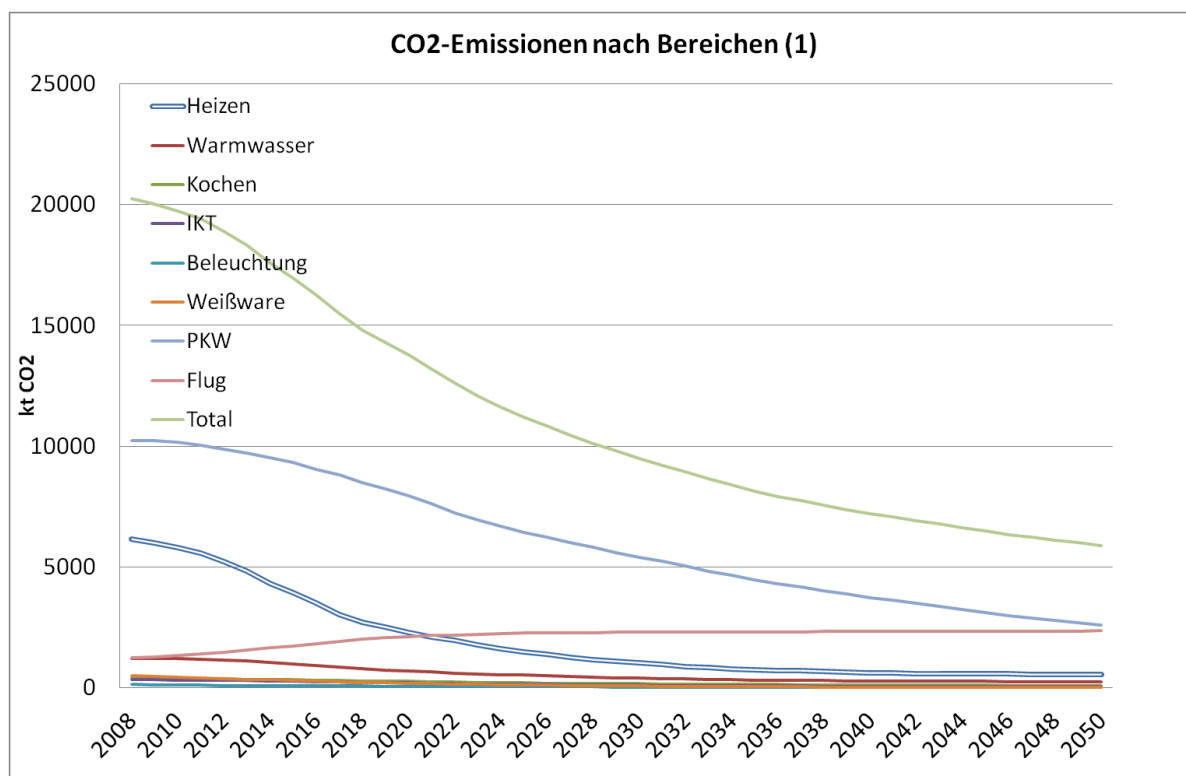


Abb. 9.36: CO₂-Emissionen nach Bereichen, C&S Hi Cap

Die Emissionen von PKW und Heizungsanlagen sinken drastisch, die Flugemissionen steigen als einzige an. Insgesamt sinken die CO₂-Emissionen um 70 % (2050 im Vergleich zu 2008), getriggert durch den Einfluss des C&S-Zertifikatssystems auf das Verhalten der Haushalte. Da in diesem System die Wirkung auf das Verhalten nur indirekt über die starke Erhöhung der fossilen Energiepreise funktioniert, ist der Druck nicht so groß wie in einem PCR-System, das Verhalten zu ändern. Selbst die drastische Erhöhung der Zertifikatspreise auf 500 Euro reicht nicht aus, um das Cap-Ziel zu erreichen. Haushalte, die es sich leisten können, zahlen die höheren Energiepreise. Zusätzlich gleichen, die Zertifikatseinnahmen der Haushalte, die höheren Energiekosten tlw. aus. Im Gegensatz dazu muss beim PCR-System jeder Haushalt entweder CO₂ einsparen oder die nötigen Zertifikate erwerben, ansonsten kann er keine fossile Energie beziehen. D.h. in Bezug auf CO₂-Zielerreichung schneidet C&S

zumindest unter den im Projekt getroffenen Annahmen schlechter ab als ein PCR-System, jedoch sind die sozialen Verteilungsaspekte deutlich besser (siehe weiter unten).

9.5.2 Mobilität

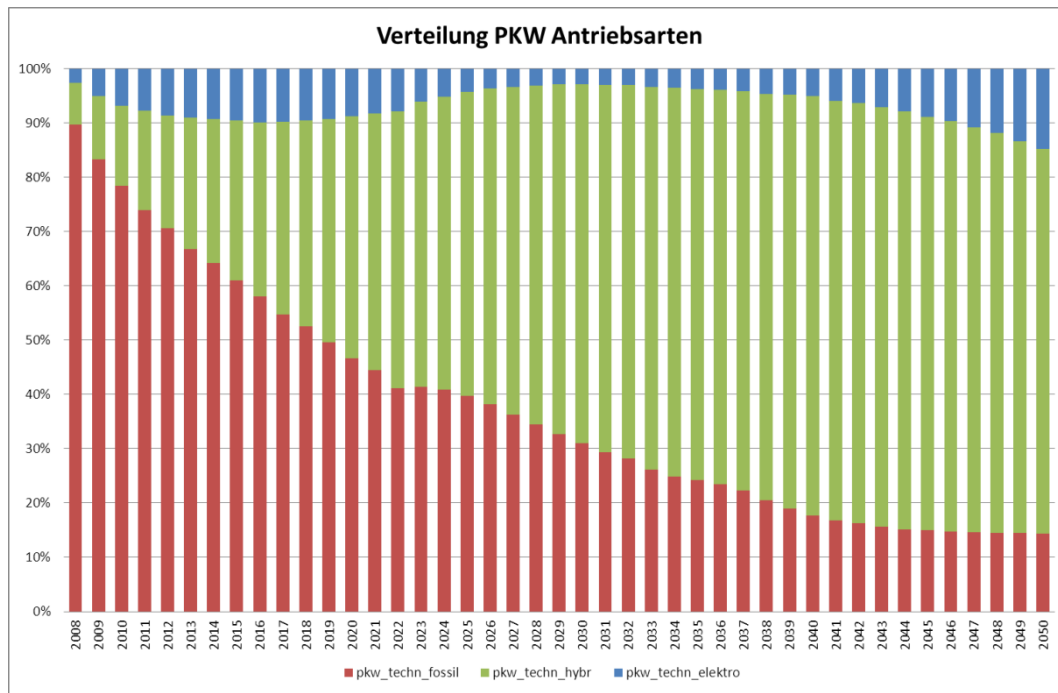


Abb. 9.37: Verteilung PKW Antriebsarten; C&S Hi Cap

Ähnlich wie im PCR-Szenario setzt sich die hybride Mobilität bis 2050 klar durch. Sogar der Elektroautomarkt erreicht 15 % und damit die gleiche Größe wie der Markt der fossil betriebenen Autos (inkludiert auch Mild und Mikro-Hybridfahrzeuge, die ausschließlich fossil betrieben werden).

9.5.3 Sanierung und Heizen

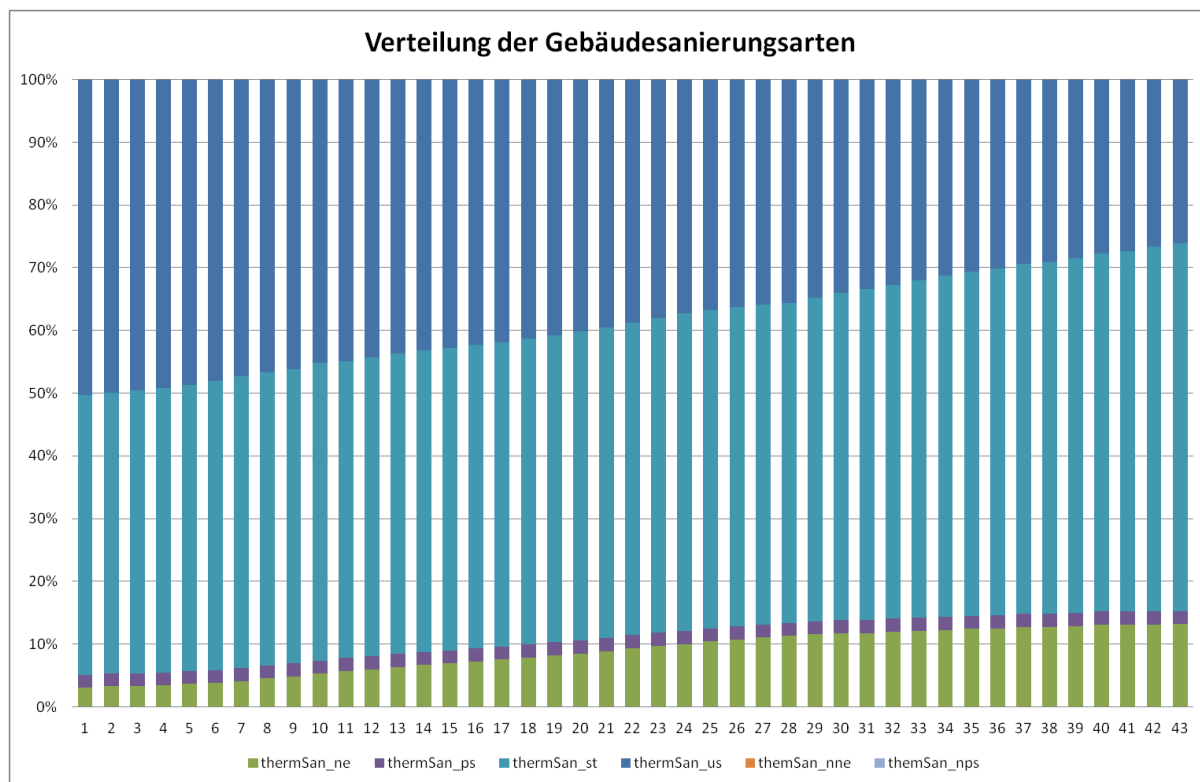


Abb. 9.38: Verteilung der Gebäudesanierungsarten; C&S Hi Cap

Auch im C&S-Szenario zeigt sich eine stark gestiegene Sanierungsrate, der Anteil der unsanierten Gebäude sinkt auf ca. 25 % (dunkelblauer Bereich in Abbildung 38). Damit ist er jedoch höher als im PCR-Szenario.

9.5.4 Energiebedarf nach Energieträgern

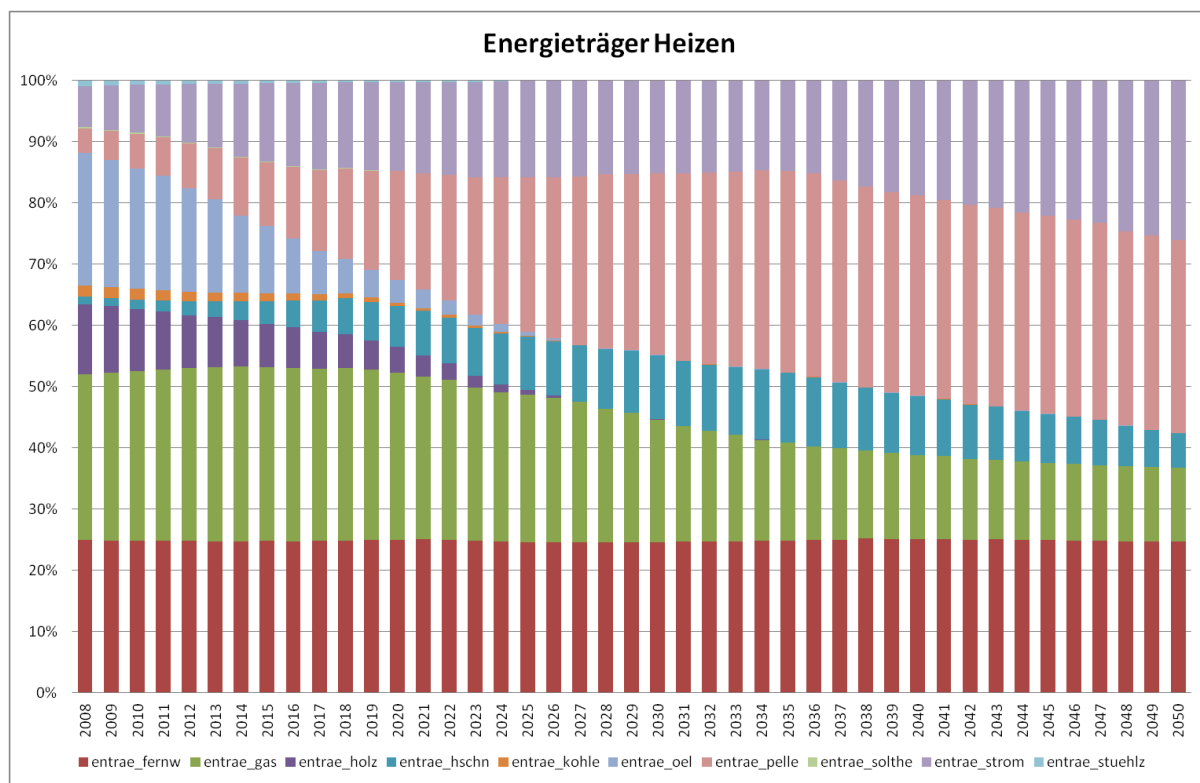


Abb. 9.39: Energieträgerverteilung Heizen; C&S Hi Cap

Im Bereich der Energieträger für Raumheizung verliert Erdgas deutlich an Marktanteilen. Dominant werden Wärmepumpe, sowie erneuerbare Energien aus Biomasse, Pellets und (Stück-)Holz, Fernwärme bleibt anteilmäßig konstant.

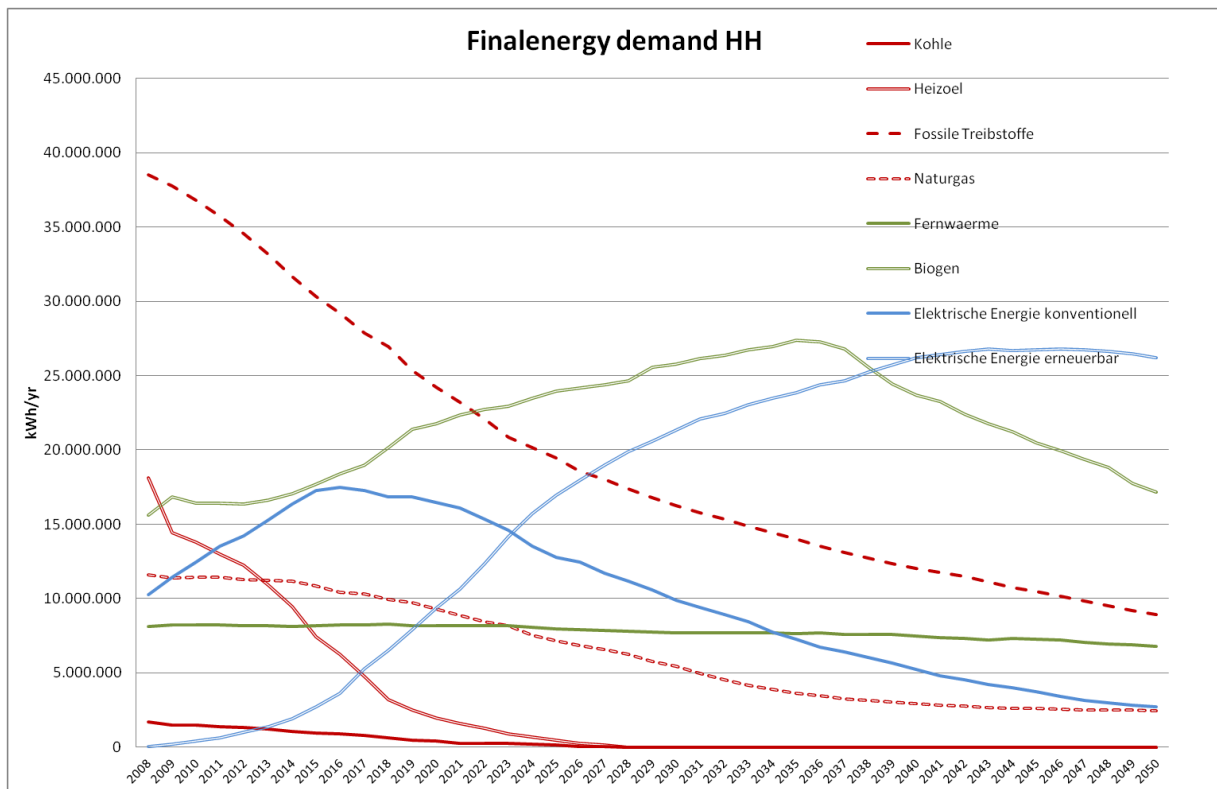


Abb. 9.40: Energieträgerverteilung gesamt; C&S Hi Cap

Ökostrom und biogene Energien sind die Hauptenergieträger in diesem Szenario. Die Steigerung der Marktanteile geht zulasten von Gas und fossilen Treibstoffen, deren Nachfragen extrem stark sinken. Auch die Gesamtnachfrage nach Energie sinkt in der Phase ab 2040 deutlich, da hier weitere technologische Effizienzgewinne realisiert werden, ohne dass es zu starken Rebound-Effekten kommt (PKW-Anteil-erhöhung am Modal-split, etc.)!

9.5.5 Verteilungsaspekte

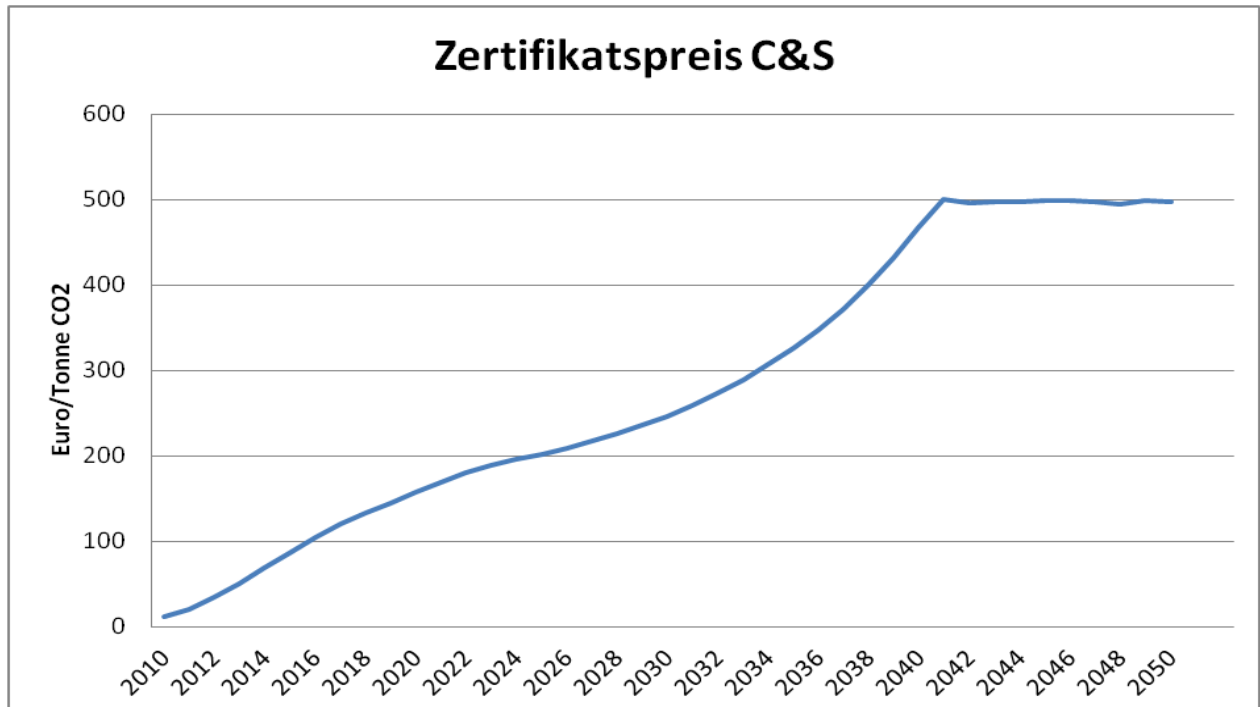


Abb. 9.41: Zertifikatspreisentwicklung; C&S Hi Cap

In C&S steigt der Zertifikatspreis auf 500 Euro, dem im Modell maximal zugelassenen Preis. Dies führt zu einer drastischen Erhöhung der fossilen Energiepreise auf das 2-3 fache des ohnehin durch fossile Energieverknappung am Weltmarkt steigenden Preises (dies ergibt ca. 3-4 Euro pro Liter Benzin zu heutigem Geldwert). Wie wirkt sich dies auf die Energiekosten unterschiedlicher Haushalte aus?

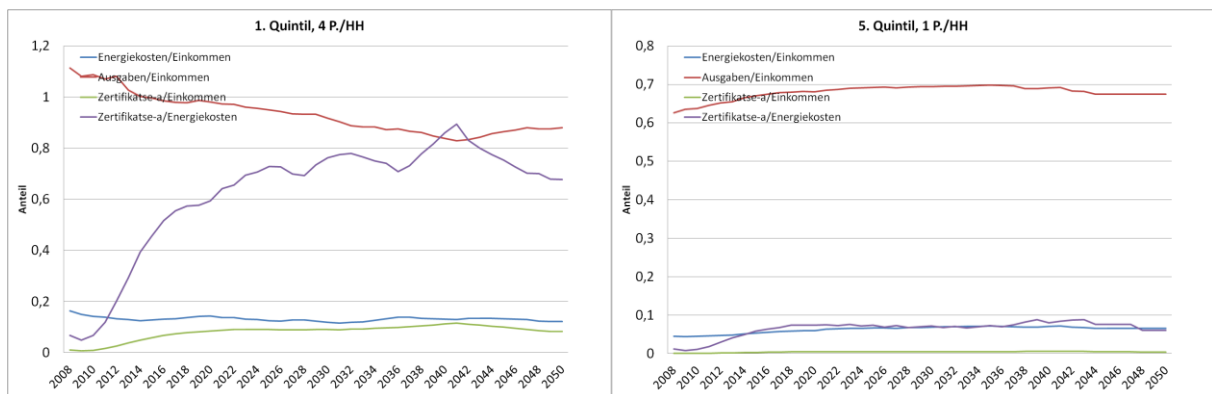


Abb. 9.42: Einnahmen/Ausgaben, nach Einkommensquintilen; C&S Hi Cap

Die Energiekosten und Ausgaben für reichere Haushalte mit 1-2 Personen steigen deutlich, sie erhalten dafür anteilmäßig nur wenige Einnahmen aus den Zertifikatsverkäufen (ca. 0,5 % Zertifikatseinnahmen gegenüber 15 % Energiekosten im Vergleich zu ihrem Einkommen –siehe Abbildung 9.42 rechtes Bild).

Bei ärmeren Mehrpersonenhaushalten zeigt sich das umgekehrte Bild. Hier steigen die Zertifikatseinnahmen auf 10 % des Einkommens, d.h. sie bilden ein relevantes zusätzliches Einkommen und erreichen damit beinahe die Höher der Energiekosten - d.h. trotz deutlicher fossiler Energiepreiserhöhung sind die ärmeren kinderreichen Haushalte Nettogewinner dieses Systems, die reicheren kinderlosen Haushalte Nettoverlierer Abbildung 9.42 linkes Bild.

10. Ausblick und Empfehlungen

Die *Basis für einen Klimapolitiksimulator* wurde im Projekt MoZert geschaffen.

Die ersten Ergebnisse zeigen eine Detailebene der Analysemöglichkeiten, die nur mit einem agentenbasierten Bottom-up Ansatz zu verwirklichen ist. Außerdem bietet das Simulationstool die Möglichkeit, weitere politische Instrumente wie CO₂-Steuer rasch einzubauen und vergleichende Analysen durchzuführen und damit den Erkenntnisstand in Bezug auf Wirksamkeit von klimapolitischen Instrumenten zu vertiefen.

Im Detail könnten in Folgeprojekten beispielsweise folgende Punkte/Fragestellungen analysiert werden:

- Feintuning der PZIs: Wie könnte das Instrument für sich am besten wirken? Was bewirkt eine andere Zertifikatszuteilung (und andere Feintuning-Möglichkeiten)?
- Analyse anderer klimapolitischer Instrumente: Wie wirkt eine CO₂-Steuer oder Fördermodelle²⁷? (z.B. stärkere Förderung von E-Autos)
- Effekte von Preisentwicklungen: T.B. was bewirkt eine stärkere Preisreduktion bei Hybridautos?
- Effekte von geänderten Rahmenbedingungen: Wie wirkt eine Sanierungsoffensive?
- Dynamische Entwicklung der subjektiven Präferenzen der Haushaltsagenten.
- U.a.

Auch eine *allgemeine Weiterentwicklung des Simulationstools* ist in Folgeprojekten möglich. Dies betrifft beispielsweise eine weitere Automatisierung der Ergebnisauswertungen, oder die Integration zusätzlicher Module (z.B. Industrie-/Gewerbemodul).

Um die in MoZert gewonnenen Erkenntnisse auf wissenschaftlicher Ebene zu verbreiten, sind *weitere Publikationen* (z.B. im Rahmen der IAEE (International Association oder in Journalen wie „Energy Policy“, „Ecological Economics“, „Journal of Artificial Societies and Social Simulation“) geplant.

Die Inhalte auf der Projekthomepage werden noch ergänzt und aktualisiert. Für das Erreichung einer breiteren Öffentlichkeit ist die Kooperation mit Medien sinnvoll (z.B. Erstellen eines Ö1 Radiobeitrags).

Die Anwendung des MoZert Tools für energiepolitische Strategien und Analysen ist ein mögliches Anwendungsfeld. Mit anderen Gruppen (außerhalb des MoZert Projektteams) können im Rahmen von Forschungsk Kooperationen Fragestellungen mit Hilfe des MoZert Tools bearbeitet werden (das Modell in der derzeitigen Version kann nur vom MoZert Projektteam verwendet werden).

²⁷ derzeit ist eine konstante Förderquote implementiert

11. Literaturverzeichnis

Achtnicht Martin (2010): Do Environmental Benefits Matter? A Choice Experiment Among House Owners in Germany. Draft Working Paper No. 10 within the project: Soziale, ökologische und ökonomische Dimensionen eines nachhaltigen Energiekonsums in Wohngebäuden.

APPGOPO (2009): Tradable Energy Quotas (TEQs): A Policy Framework For Peak Oil And Climate Change. Hrsg. von All Party Parliamentary Group on Peak Oil and The Lean Economy Connection, London, <http://teqs.net/APPGOPO.pdf>, zuletzt abgerufen am: 10.1.2011

Ayres Robert (1997): Environmental Market Failures: Are there any local market-based corrective mechanisms for global problems? Mitigation and Adaption Strategies for Global Change 1: 289 – 309: 1997.

Banfi Silvia, Farsi Mehdi, Filippini Massimo, Jacob Martin (2008): Willingness to Pay for Energy Saving Measures in Residential Buildings. Energy Economics, 30 (2): 503-516

Barnes, P. (2008): Climate Solutions. A Citizen's Guide. Chelsea Green Publishing. White River Junction, Vermont.

Bening Catharina (2009): Grundlagen der ökonomischen Analyse. Institut für Umweltentscheidungen (IED), http://www.euus.ethz.ch/docs/2009/091008_oekonGrundlagen_Kap6.pdf, zuletzt abgerufen am: 26.5.2012

Bohunovsky Lisa, Grünberger Sigrid, Frühmann Johannes, Hinterberger Fritz (2011): Energieverbrauchsstile. Datenbank zum Energieverbrauch österreichischer Haushalte: Erstellung und empirische Überprüfung, Endbericht, Programmlinie „Neue Energien 2020“, http://www.energisch.at/Downloads/Endbericht_Aug11.pdf, zuletzt abgerufen am: 23.5.2012

Bohunovsky Lisa, Grünberger Sigrid, Haslinger Julia (oD.): Österreichische Energieverbrauchsstile. Ergebnisdarstellung des Projektes „Energieverbrauchsstile“, http://www.energisch.at/Downloads/FactSheet_Energieverbrauchsstile.pdf, zuletzt abgerufen am: 23.5.2012

Boyce, J.K. Riddle, M. (2007): Cap and Dividend: How to Curb Global Warming While Protecting the Incomes of American Families. Political Economy Research Institute. University of Massachusetts Amherst. Working Paper Number 150.

Bratman Michael (1987): Intention, Plans, and Practical Reason. Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts

Bürbaumer H., Gebetsroither E., E. Schriegl et al., 2011: "MOZERT – Modelling personal carbon allocation schemes and analysing their impacts in households and energy system.". Online Proceedings of the 34th IAEE International Conference, Stockholm School of Economics, Schweden.

Convery Frank, Denny Ellerman and Christian De Perthuis (2008): The European Carbon Market in Action: Lessons from the First Trading Period - Interim Report. MIT Joint Program on the Science and Policy of Global Change.

DEFRA (2008a): Synthesis report of the findings from Defra's pre-feasibility study into personal carbon trading. Department for Environment, Food and Rural Affairs, London, http://www.decc.gov.uk/assets/decc/what%20we%20do/global%20climate%20change%20and%20energy/tackling%20climate%20change/ind_com_action/personal/pct-synthesis-report.pdf, zuletzt abgerufen am: 10.1.2011

DEFRA (2008b): Assessment of the potential effectiveness and strategic fit of personal carbon trading. Department for Environment, Food and Rural Affairs, London.

DEFRA (2008c): Distributional Impacts of Personal Carbon Trading. Department for Environment, Food and Rural Affairs, London.

DEFRA (2008d): Personal Carbon Trading: Public Acceptability. Department for Environment, Food and Rural Affairs, London.

DEFRA (2008e): An analysis of the technical feasibility and potential cost of a personal carbon trading scheme. Department for Environment, Food and Rural Affairs, London.

Egenhofer Christian, Noriko Fujiwara, Markus Åhman, Lars Zetterberg (2006): The EU Emissions Trading Scheme: Taking Stock and Looking Ahead. European Climate Platform (ECP), A joint initiative of CEPS and CLIPORE.

Ekins, P. Dresner, S. (2004): Green taxes and charges: reducing their impact on low-income households. Joseph Rowntree Foundation, York.

Ellerman Denny A., Barbara Buchner (2006): Over-Allocation or Abatement? A Preliminary Analysis of the EU Emissions Trading Scheme Based on the 2006 Emissions Data. MIT Joint Program on the Science and Policy of Global Change.

Europäische Kommission (2003): Richtlinie 2003/87/EG des Europäischen Parlaments und

des Rates vom 13. Oktober 2003 über ein System für den Handel mit Treibhausgasemissionszertifikaten in der Gemeinschaft und zur Änderung der Richtlinie 96/61/EG des Rates.

Europäische Kommission (2008a): Vorschlag für eine Entscheidung des Europäischen Parlaments und des Rates über die Anstrengungen der Mitgliedstaaten zur Reduktion ihrer Treibhausgasemissionen mit Blick auf die Erfüllung der Verpflichtungen der Gemeinschaft zur Reduktion der Treibhausgasemissionen bis 2020.

Europäische Kommission (2008b): Questions and Answers on the Decision on effort Sharing. Download am 21.12.2009 unter <http://europa.eu/rapid/pressReleasesAction.do?reference=MEMO/08/797&format=HTML&aged=0&language=EN&guiLanguage=en>

Europäische Kommission (2009): Richtlinie 2009/29/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. April 2009 zur Änderung der Richtlinie 2003/87/EG zwecks Verbesserung und Ausweitung des Gemeinschaftssystems für den Handel mit Treibhausgasemissionszertifikaten.

Farsi Mehdi (2010): Risk Aversion and Willingness to Pay for Energy Efficient. Systems in Rental Apartments. Energy Policy, 38(6): 3078-88

Fawcett, T. Bottril, C. Boardman, B. Lye, G. (2007) Trialling personal carbon allowances. UK Energy Research Centre. Environmental Change Institute, Oxford University, UK.

FEASTA, The Foundation for the Economics of Sustainability (2008): Cap & Share. A fair way to cut greenhouse gas emissions, Dublin, Ireland, <http://www.feasta.org/documents/energy/Cap-and-Share-May08.pdf> (zuletzt abgerufen am: 10.1.2011)

Fleming David (2007): Energy and the Common Purpose. Descending the Energy Staircase with Tradable Energy Quotas (TEQs), 3rd edition, The Lean Economy Connection. London, UK, <http://www.teqs.net/book/teqs.pdf> (zuletzt abgerufen am: 10.1.2011)

Friedrich Malte, Becker Daniela, Grondy Andreas, Laskowski Franziska, Erhorn Hans, Erhorn-Kluttig Heike, Hauser Gerd, Sager Christina, Weber Hannah (2007): CO₂-Gebäudereport 2007. Im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS).

Gerpott Torsten J., Mahmudova Ilaha (2010): Determinants of Price Mark-Up Tolerance for Green Electricity – Lessons for Environmental Marketing Strategies from a Study of Residential Electricity Customers in Germany. Business Strategy and the Environment, Vol.

Hansla André, Gamble Amelie, Juliusson Asgeir, Gärling Tommy (2008): Psychological determinants of attitude towards and willingness to pay for green electricity. *Energy Policy* 36 (2008) 768–774

IPPR (2009): Plan B? The prospects for personal carbon trading. Institute for Public Policy Research, London.

Johnson M., Harfoot M., Musser C., Wiley T. (2008a): Cap and Share: Phase 1; Policy options for reducing greenhouse gas emissions. Interim Final Report. Report to Comhar Sustainable Development Council Ireland. By AEA Energy & Environment.

Johnson, M. Harfoot, M. Musser, C. Tricia, W. Pollitt, H. Chewpreecha, U. Tarafdar, J. (2008b): A Study in Personal Carbon Allocation: Cap and Share. A Report to Comhar SDC Sustainable Development Council, Ireland. By AEA Energy & Environment and Cambridge Econometrics, http://www.feasta.org/documents/energy/AEA_cap_and_share.pdf, zuletzt abgerufen am: 10.1.2011

Kalt Gerald, Kranzl Lukas , Haas Reinhard (2010): Long-term strategies for an efficient use of domestic biomass resources in Austria. *Biomass and Bioenergy* 34 (2010), 449 - 466.

Karmasin Motivforschung (oD.): Die Erlebnismilieus. Ein Zielgruppenmodell von Karmasin Motivforschung. <http://www.gallup.at/kmo/images/stories/Erlebnismilieus.pdf>, zuletzt abgerufen am: 23.5.2012

Market (2010): Persönliche Handlungsbereitschaft für verschiedene Maßnahmen für den Klimaschutz. Der Standard, Tageszeitung für Österreich, Printausgabe vom 27./28. November 2010, S.4

Murphy James J., Allen P. Geoffrey, Stevens Thomas H., Weatherhead Darryl (2005): A Meta-Analysis of Hypothetical Bias in Stated Preference Valuation. *Environmental and Resource Economics* (2005) 30: 313–325

Matthews, L. (2007): Memorandum to the Environmental Audit Committee Inquiry into Personal Carbon Allowances “Cap and Share”.

Ong Paul, Hasselhoff Kim (2005): High interest in hybrid cars. SCS Fact Sheet, Vol. 1, No. 5, UCLA Lewis Center for Regional Policy Studies. <http://escholarship.org/uc/item/1f01d3mr.pdf>, zuletzt abgerufen am: 26.5.2012

Potoglou Dimitris, Kanaroglou Pavlos S. (2007): Household demand and willingness to pay

for clean vehicles. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, Vol. 12, Issue 4 (2007) 264–274

Poortinga Wouter, Steg Linda, Vlek Charles, Wiersma Gerwin (2003): Household Preferences for energy-saving measures: A conjoint analysis, *Journal of Economic Psychology* 24 (2003) 49-64

Prescott, M. (2008): *A Persuasive climate. Personal trading and changing lifestyles*. The Royal Society for the encouragement of Arts, Manufactures and Commerce. London, UK.

Rogall, Holger (2008): *Ökologische Ökonomie*. Wiesbaden: Verlag für Sozialwissenschaften.

Roberts, S., Thumim, J. (2006): *A Rough Guide to Individual Carbon Trading*. Report to Defra. Centre for Sustainable Energy.

Sammer Katharina, Wüstenhagen Rolf (2006): The Influence of Eco-Labeling on Consumer Behaviour – Results of a Discrete Choice Analysis for Washing Machines. *Business Strategy and the Environment*, Vol. 15, Issue 3, 185–199 (2006)

Scarpa Riccardo, Willis Ken (2010): Willingness-to-pay for renewable energy: Primary and discretionary choice of British households' for micro-generation technologies. *Energy Economics* 32 (2010) 129–136

Schulze Gerhard (2005): *Die Erlebnisgesellschaft. Kultursoziologie der Gegenwart* (2. Auflage). Frankfurt

Seyfang, G. Lorenzoni, I. Nye, M. (2009): *Personal Carbon Trading: a critical examination of proposals for the UK*. Tyndall Centre for Climate Change Research. Tyndall Working Paper 136.

Sonntag Axel, Schubert Uwe (2008): Input-output-analysis as a holistic approach to evaluate and rank energy policy actions. In *Towards a holistic approach based on science and humanity*, Hrsg. Schnitzer Hans, Ulgiati Sergio, 351-359. Graz, Austria: Verlag der technischen Universität Graz.

Starkey, R. Anderson, K. (2005): *Domestic Tradable Quotas: A policy instrument for reducing greenhouse gas emission from energy use*. Tyndall Center for Climate Change Research. Technical Report 39.

Stieß Immanuel, van der Land Victoria, Birzle-Harder Barbara, Deffner Jutta (2010): *Handlungsmotive, -hemmnisse und Zielgruppen für eine energetische Gebäudesanierung. Ergebnisse einer standardisierten Befragung von Eigenheimsanierern*. Frankfurt am Main

Strandbakken Pal (2009): Sociology fools the technician? Product durability and social constraints to eco-efficiency for refrigerators and freezers. International Journal of Consumer Studies, Vol. 33, Issue 2, 146-150

The Lean Economy Connection (2008): DEFRA's pre-feasibility study into Personal Carbon Trading - A missed opportunity. The Lean Economy Connection, London, <http://teqs.net/DEFRAPFSresponse.pdf>, zuletzt abgerufen am: 10.1.2011

Weimann, Joachim (1991): Umweltökonomik. Berlin: Springer.

Wippermann Carsten, Berthold Bodo Flaig, Calmbach Marc, Kleinhüchelkotten Silke (2009): Umweltbewusstsein und Umweltverhalten der sozialen Milieus in Deutschland. Im Auftrag des Umweltbundesamts. Berlin. <http://www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-l/3871.pdf>, zuletzt abgerufen am: 5.6.2012