

# CO<sub>2</sub>-Emissionsstandards für Personenkraftwagen als Instrument der Klimapolitik im Verkehrssektor – Rationalität, Gestaltung und Wechselwirkung mit dem Emissionshandel

von Carl-Friedrich Elmer

**Zusammenfassung:** Der Pkw-Verkehr ist einer der wesentlichen Emittenten von Treibhausgasen. Daher werden mittlerweile in nahezu allen Industrieländern die spezifischen CO<sub>2</sub>-Emissionen beziehungsweise der spezifische Kraftstoffverbrauch der Fahrzeuge reguliert. Dieser Aufsatz gibt einen Überblick über die Eignung von Emissionsstandards als Instrument der Klimapolitik. Um ihre grundsätzliche ökonomische Rationalität zu diskutieren, werden zunächst mögliche Erklärungsansätze für eine systematische Unterbewertung von Kraftstoffkosten durch die Konsumenten sowie potenzielle Hemmnisse für Investitionen in effiziente Technologien seitens der Hersteller erörtert. Anschließend erfolgt eine Bewertung der verschiedenen Ausgestaltungsoptionen von Emissionsstandards: Flexibilitätsmechanismen, attributbasierte oder einheitliche Standards, Sonderregelungen für alternative Energieträger nutzende Fahrzeuge. Abschließend werden Emissionsstandards in den klimapolitischen Gesamtkontext eingeordnet. Das auf Fahrzeugmärkten beobachtete Nachfrage- und Angebotsverhalten legt die Existenz von Marktunvollkommenheiten nahe, die bei Verzicht auf staatliche Eingriffe in Form von Emissionsstandards einen gesamtwirtschaftlich zu hohen Kraftstoffverbrauch implizieren. Bei effizienter Ausgestaltung der Regulierung kann diesen Unvollkommenheiten entgegengewirkt und eine Umverteilung der Emissionsreduktionslasten erreicht werden, von der letztlich alle Sektoren der Volkswirtschaft profitieren.

**Summary:** Light-duty vehicles are a major source of greenhouse gas emissions. Toward that end, most industrialized countries established fuel economy regulations or vehicle CO<sub>2</sub>-emission standards. This essay provides an overview of the adequacy of these instruments as means of climate policy. First, we will discuss potential explanations for consumers' and manufacturers' reluctance to invest in more efficient vehicles. We will distinguish between market failures that are ascribed to the institutional framework governing the vehicle purchase decision and more general sources of biases in such decisions. Afterwards, crucial factors that determine the environmental efficacy and economic efficiency of this regulatory approach are highlighted: flexibility mechanisms, uniform versus attribute-based standards, and preferential treatments for alternative fuel vehicles. Finally, noticing that vehicle emission standards are not stand alone measures, the embedding of such standards in the broader context of climate policy is explored. The observed behaviour in the vehicle market suggests the presence of market imperfections that imply distortions towards fuel economy levels lower than optimal. Supposing an efficient regulatory design, vehicle emission standards can correct these distortions and yield a re-allocation of emission abatement efforts that benefits all emitting sectors of the economy.

JEL Classifications: Q48, Q54, R48  
Keywords: Transport Policy, Climate Policy, Fuel Economy Regulation,  
Vehicle Emission Standards

## 1 Einleitung

Der Verkehrssektor konsumiert große Mengen fossiler Energie und ist einer der größten Emittenten von Treibhausgasen. In Deutschland liegt sein Anteil an den gesamten CO<sub>2</sub>-Emissionen gegenwärtig bei ca. 20 Prozent, auf europäischer Ebene bei etwa einem Viertel und in den USA bei knapp einem Drittel. Innerhalb des Sektors dominiert der Straßenverkehr deutlich, wobei der Personenverkehr stärker als der Güterverkehr zum CO<sub>2</sub>-Ausstoß beiträgt. Während in Deutschland in den letzten Jahren eine Stagnation der Verkehrsemissionen beobachtet werden konnte, ist auf globaler Ebene auch weiterhin mit einem schnellen Emissionswachstum zu rechnen.

Angesichts seines erheblichen Beitrags zur Anreicherung der Atmosphäre mit Treibhausgasen geriet der Straßenpersonenverkehr zunehmend in den Fokus der klimapolitischen Diskussion. Ein bevorzugtes Politikinstrument stellt dabei die Regulierung der spezifischen CO<sub>2</sub>-Emissionen beziehungsweise des spezifischen Kraftstoffverbrauchs dar.<sup>1</sup> Die Vereinigten Staaten führten bereits im Jahre 1975, in Folge der ersten Ölkrise 1973, Verbrauchsstandards für Pkws ein;<sup>2</sup> Fokus der Maßnahme war jedoch vorrangig eine Verringerung der Abhängigkeit von Ölimporten, ökologische Aspekte standen nicht im Vordergrund. Mittlerweile werden solche Verbrauchs- und/oder Emissionsstandards auf allen wichtigen Automärkten weltweit eingesetzt.

In der europäischen Union gilt ein Standard von 130 Gramm CO<sub>2</sub> je Kilometer, der ab dem Jahr 2015 von der Gesamtheit aller neu verkauften Fahrzeuge im Durchschnitt erreicht werden muss. Die spezifischen Zielvorgaben eines Herstellers sind dabei gemäß des durchschnittlichen Gewichts seiner Fahrzeuge gestaffelt; schweren Wagen werden höhere Emissionswerte zugestanden (EG 2009). In den Vereinigten Staaten müssen neue Fahrzeuge im Jahr 2016 eine durchschnittliche Flottenemission von 155 Gramm CO<sub>2</sub> je Kilometer erreichen.<sup>3</sup> Die Grenzwerte sind differenziert nach Fahrzeugkategorie (passenger cars und light trucks) und der Grundfläche („footprint“) der Fahrzeuge (EPA et al. 2009).

Ziel dieses Aufsatzes ist es, einen Überblick über die Eignung von Emissionsstandards als Instrument der Klimapolitik zu geben. Dazu wird zunächst die generelle Rechtfertigung eines solchen Markteingriffs ausführlich diskutiert. Anschließend erfolgt eine Bewertung der verschiedenen Ausgestaltungsoptionen, wobei hier auf die in der Europäischen Union und den Vereinigten Staaten gewählten Ansätze Bezug genommen wird. Der letzte Teil widmet sich der Einordnung von Emissionsstandards in den klimapolitischen Gesamtkontext, insbesondere ihrem Wechselspiel mit Emissionshandelssystemen. Eine knappe Zusammenfassung der wesentlichen Schlussfolgerungen schließt den Aufsatz ab.

**1** Aufgrund der relativ einfachen Konversion von Verbrauchsstandards in Emissionsstandards werden beide im Folgenden einheitlich betrachtet.

**2** Verbrauchs- beziehungsweise Emissionsstandards sind Grenzwerte für den spezifischen Kraftstoffverbrauch beziehungsweise die spezifischen CO<sub>2</sub>-Emissionen je Fahrzeugkilometer, deren Überschreitung zu Strafzahlungen führt.

**3** Die Grenzwerte sind angesichts unterschiedlicher Messprozeduren und Testzyklen allerdings nur eingeschränkt vergleichbar.

## 2 Rationalität von Emissionsstandards

Der Verkehrssektor ist Verursacher einer Vielzahl von Externalitäten, die korrigierende Markt Eingriffe rechtfertigen, unter anderem Staukosten, Lärm, Emission von Luftschadstoffen und Treibhausgasen (Harrington et al. 2007). Angesichts der Heterogenität der verkehrsinduzierten Externalitäten sind verschiedenartige Instrumente erforderlich, um sämtlichen externen Effekten angemessen zu begegnen. Emissions- beziehungsweise Verbrauchsstandards können nur zur Minderung jener Externalitäten effektiv sein, die unmittelbar auf die Verbrennung fossilen Kraftstoffs zurückzuführen sind, das heißt vor allem Klimawirkungen sowie externe Effekte der Abhängigkeit von Ölimporten.<sup>4</sup> Es stellt sich jedoch die Frage nach der ökonomischen Effizienz eines solchen Markt Eingriffs, da die Begrenzung des (durchschnittlichen) Kraftstoffverbrauchs sowohl eine Einschränkung der Freiheit der Produzenten als auch der Konsumentensouveränität darstellt.

In einem vollkommenen Markt mit vollständiger Information, unbeschränkt rationalen Akteuren und ohne Transaktionskosten führt eine Internalisierung der externen Kosten über den Preismechanismus unweigerlich zum gesamtwirtschaftlich effizienten Ergebnis. Eine relativ unkomplizierte Anlastung externer Klimakosten kann beispielsweise über Kraftstoffsteuern, eine explizite Kohlenstoffsteuer oder die Einbindung der Kraftstoffproduzenten in den Emissionshandel (sogenannter „Upstream“-Ansatz) erfolgen. In einem vollkommenen Markt würden die Konsumenten Fahrzeuge mit jener Kraftstoffeffizienz nachfragen, welche die Summe aus anfänglicher Investition und abdiskontierten laufenden Kosten – im Wesentlichen Kraftstoffkosten (inklusive der internalisierten externen Kosten) – über die Lebensdauer des Fahrzeugs minimieren; die Hersteller würden auf diese Nachfrage reagieren und entsprechende Fahrzeuge anbieten. Ein weitergehender Markt eingriff lässt sich ökonomisch nur rechtfertigen, wenn der Preismechanismus nicht zum gesamtwirtschaftlich optimalen Ergebnis führt. Dies kann gegeben sein, falls die notwendige Bepreisung politisch nicht durchsetzbar ist oder falls die Internalisierung der externen Kosten nicht zu effizienten Verhaltensanpassungen führt. Die mögliche Problematik unzureichend hoher Kraftstoffpreise hat für die Vereinigten Staaten mehr Relevanz als für Europa, wo deutlich höhere Steuersätze die Regel sind.

Selbst eine vollständige Internalisierung sämtlicher Externalitäten garantiert jedoch keine optimale Wahl der Fahrzeugeffizienz, wenn Marktunvollkommenheiten und Verhaltensanomalien<sup>5</sup> das Entscheidungsverhalten verzerren. Befürworter von Verbrauchsstandards argumentieren mit einer systematischen Unterbewertung der zukünftigen Kraftstoffkosten durch die Konsumenten, sodass der Effekt einer Bepreisung des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes nicht voll zum tragen käme. Empirische Studien zeigen, dass Konsumenten bei Kaufentscheidungen zwischen verschiedenen Energie konsumierenden Gütern mit unterschiedlichen Effizienzniveaus sehr kurze Amortisationsdauern für eine Mehrinvestition in höhere Energieeffizienz und somit sehr hohe implizite Diskontraten verlangen (Greene et al. 2005a, 2005b, Steiner 2003, Howarth et al. 1995, Dubin 1992, Atonides et al. 2001, Moxnes 2004, Hausman 1979, Gately 1980).<sup>6</sup> Zunächst werden nun Marktunvollkommenheiten

<sup>4</sup> Auf andere Externalitäten (zum Beispiel Stau, Unfälle, lokale Schadstoffbelastung) kann sich die Einführung von Emissions- beziehungsweise Verbrauchsstandards aufgrund des Reboundeffektes sogar negativ auswirken.

<sup>5</sup> Unter Verhaltensanomalien wird hier spezifisches Konsumentenverhalten verstanden, das vom Modell des Homo Oeconomicus abweicht.

<sup>6</sup> Es sollte jedoch nicht unerwähnt bleiben, dass die Annahme, Entscheidungen bezüglich der Kraftstoffeffizienz eines Pkws seien durch exzessive implizite Diskontraten gekennzeichnet, nicht unstrittig ist. So verorten

und institutionelle Anreizstrukturen dargestellt, die zu suboptimalen Entscheidungen bei der Fahrzeugwahl führen können. Anschließend wird der Einfluss verhaltenspsychologischer Charakteristika des Entscheidungsprozesses, die von der Annahme unbeschränkt rationaler Akteure abweichen, auf die Fahrzeugwahl diskutiert.

## 2.1 Unzureichende Information

Um eine wirtschaftlich optimale Entscheidung zu treffen, sind Informationen bezüglich des Anschaffungspreises des Fahrzeugs und der über die Nutzungsdauer anfallenden laufenden Kosten, insbesondere der Kraftstoffkosten, notwendig. Prinzipiell sind die Kraftstoffkosten unkompliziert durch Multiplikation des spezifischen durchschnittlichen Verbrauchs mit der erwarteten Laufleistung sowie den erwarteten Kraftstoffkosten zu berechnen, allerdings sind sämtliche Variablen durch erhebliche Unsicherheit gekennzeichnet. Hinsichtlich des spezifischen Verbrauchs sind die Hersteller zwar zur Angabe der Testwerte verpflichtet, diese entsprechen jedoch meist nicht den tatsächlichen Verbrauchswerten unter realen Bedingungen. Zum einen bilden die Testprozeduren das tatsächliche Fahrverhalten nur mangelhaft ab und zum anderen wird der Verbrauch von Nebenaggregaten (beispielsweise Klimaanlage) nicht erfasst. Ferner können die Fahrzeuge von den Herstellern gezielt auf die Testbedingungen ausgelegt werden, sodass sie niedrige offizielle Verbrauchswerte erreichen, die auf der Straße nicht zu erzielen sind. Folglich unterschreiten die dem Käufer zugänglichen Herstellerangaben im Regelfall den tatsächlichen Verbrauch, der zudem aufgrund von Verschleißerscheinungen mit der Nutzungsdauer zunimmt. In der Realität fehlt demnach die notwendige Informationsgrundlage für einen akkuraten Kostenvergleich verschiedener Fahrzeugmodelle. Sofern die Konsumenten ihre Kaufentscheidung dennoch auf Basis offizieller Werte treffen, ist die Art der Abweichung entscheidend für die Frage, ob suboptimale Entscheidungen die Folge sind. Während eine über alle Fahrzeugtypen gleiche absolute Abweichung vom Testwert zu keinen Verzerrungen führt, würde ein einheitlicher prozentualer Mehrverbrauch die Wahl eines Fahrzeugs mit geringerer Effizienz als optimal implizieren.

## 2.2 Steuerliche Fehlanreize

In Deutschland beträgt der Anteil von Firmenwagen an den gesamten Pkw-Neuzulassungen mittlerweile mehr als 50 Prozent. Die steuerlichen Regelungen für diese Fahrzeuge führen zu Verzerrungen, die sich tendenziell nachteilig auf ihre Verbrauchseigenschaften auswirken. Zum einen sind sowohl die Anschaffungskosten als auch die laufenden Kosten der Firmenwagen für das Unternehmen steuerlich abzugsfähig, was dazu beiträgt, dass Firmenwagen in der Regel aus den eher hochpreisigen und verbrauchsintensiven Segmenten stammen. Zum anderen werden die Firmenwagen häufig auch für die private Nutzung durch die Angestellten zur Verfügung gestellt.<sup>7</sup> Privat anfallende Kraftstoffkosten werden dabei regelmäßig ebenfalls über das Unternehmen abgerechnet, wodurch sie steuerlich abzugsfähig werden. Dafür ist vom Angestellten ein Fixbetrag in Abhängigkeit vom Neuwert des Fahrzeugs zu versteuern. Für die Angestellten bestehen – sofern sie

Dreyfus et al. (1995), Espey et al. (2005) und Verboven (1999) die impliziten Diskontraten in der Bandbreite üblicher privater Diskontraten.

<sup>7</sup> Die Bereitstellung von Firmenwagen als Gehaltsbestandteil hat aus steuerlichen Gründen zunehmend an Attraktivität gewonnen.

einen Einfluss auf die Fahrzeugwahl haben – keine Anreize zur Anschaffung Kraftstoff sparender Wagen. Zusätzliche Effizienztechnologien, die den Anschaffungspreis des Fahrzeugs erhöhen, würden das zu versteuernde Einkommen ebenfalls erhöhen, während die daraus resultierenden Kraftstoffeinsparungen dem Nutzer nicht zugute kommen und daher für ihn weitgehend entscheidungsirrelevant sind. Somit dürften andere Fahrzeugeigenschaften bei der Zusammenstellung des Fuhrparks ein relativ größeres Gewicht haben.

Zudem verstärkt die in der Regel kurze Haltezeit von Firmenfahrzeugen Anreize zur Anschaffung von Fahrzeugen mit relativ geringen Anschaffungskosten (hinsichtlich verbrauchssenkender Technologien) und vergleichsweise höheren Betriebskosten. Die kurze Haltezeit kann darüber hinaus die bereits beschriebene Informationsproblematik weiter verschärfen: Während für Neuwagen Verbrauchswerte zwingend angegeben werden müssen, gilt dies nicht für Gebrauchtwagen. Spiegeln sich bessere Verbrauchseigenschaften aufgrund von Informationsmängeln beziehungsweise Informationsasymmetrien auf dem Sekundärmarkt nicht in den Gebrauchtwagenpreisen wider, wird die Wahl der wirtschaftlich optimalen Fahrzeugeffizienz zusätzlich erschwert.

### 2.3 Unzureichende Anreize für Forschung und Entwicklung

Während sich die Diskussion über die ökonomische Rechtfertigung von Emissionsstandards vorwiegend auf das Konsumentenverhalten konzentriert, sprechen auch Argumente für ein gesamtwirtschaftlich zu zurückhaltendes Investitionsverhalten seitens der Fahrzeughersteller. Ein verbreitetes Problem im Bereich der Entwicklung neuer Technologien, das auch hier zum Tragen kommt, sind nicht internalisierte positive Externalitäten; dies betrifft sowohl die unmittelbare Forschung als auch gewonnene Erfahrungen aus deren Anwendung (Jaffe et al. 1994a, 1994b). Da solche positiven externen Effekte in der Regel unkompensiert bleiben, liegt das Investitionsniveau unter der gesamtwirtschaftlich optimalen Höhe.

Angesichts des hohen benötigten finanziellen Forschungs- und Entwicklungsaufwands können weiterhin unsichere Rahmenbedingungen ein wichtiges Investitionshemmnis darstellen, da sie zu hohen Kapitalkosten oder grundsätzlichen Finanzierungsschwierigkeiten führen. Um Forschungsinvestitionen in Effizienztechnologien zu induzieren, sind gesicherte Erwartungen hinsichtlich der zukünftigen Klimapolitik essentiell; Zweifel an deren Verlässlichkeit erhöhen das Risiko von Investitionen in klimafreundliche Fahrzeuge und mithin die notwendige erwartete Rendite, damit diese getätigt werden.<sup>8</sup>

### 2.4 Beschränkt rationales Konsumentenverhalten („Satisficing“)

Angesichts der Komplexität realer Entscheidungssituationen sowie der Existenz von Transaktionskosten, unvollständiger Informationen, begrenzter menschlicher Informationsverarbeitungskapazitäten und begrenzter Zeitbudgets scheint das Konzept der beschränkten Rationalität menschliches Verhalten besser erklären zu können als die

<sup>8</sup> Auf Seiten der Konsumenten dürften Finanzierungsprobleme hingegen ein geringeres Gewicht haben. Zum einen sind die Aufschläge sowohl in absoluter als auch in relativer Höhe in der Regel überschaubar, zum anderen werden den Käufern im Autohandel häufig günstige Finanzierungsbedingungen angeboten.

Annahme unbeschränkter Rationalität.<sup>9</sup> In einer komplexen multikriteriellen Entscheidungssituation, wie sie die Fahrzeugwahl darstellt, ist eine Optimierung über sämtliche Attribute (Preis, Komfort, Leistung, Sicherheit, Verbrauch et cetera) nur mit sehr hohem Aufwand – falls überhaupt – für den Käufer möglich. Gemäß des „Satisficing“-Konzepts wird ein beschränkt rationaler Konsument ein Fahrzeug wählen, das in jeder relevanten Bewertungskategorie jeweils seinen Mindestanforderungen entspricht und bei den für den Käufer wichtigen Kriterien besonders gut abschneidet. Untersuchungen bestätigen, dass Konsumenten bei ihrer Kaufentscheidung keine systematische Optimierung über alle Kriterien vornehmen und für ihre Entscheidung zudem häufig nur über sehr grobe Abschätzungen ihrer tatsächlichen Kraftstoffkosten verfügen (Turrentine et al. 2007, Greene 1998, Kempton et al. 1994, Steiner 2003).

Angesichts der genannten Einschränkungen ist dieses Verhalten zwar aus der Sicht des einzelnen Entscheiders rational, die gewählte Kraftstoffeffizienz des erworbenen Fahrzeugs bleibt dabei jedoch möglicherweise unterhalb des objektiv optimalen Niveaus, das heißt des Niveaus, das ohne Beschränkung der menschlichen Optimierungskapazitäten gewählt worden wäre. Diese im Einzelfall begrenzten Abweichungen vom Optimum können sich in Summe zu einem gesamtwirtschaftlich signifikanten Wohlfahrtsverlust akkumulieren. Die Bewertung wichtiger Fahrzeugeigenschaften – Kraftstoffeffizienz oder beispielsweise auch Sicherheitsaspekte – durch eine zentrale Stelle, die über bessere Informationen und größere Ressourcen verfügt, und eine anschließende Standardsetzung könnten in solchen Fällen potenziell die gesamtwirtschaftliche Wohlfahrt erhöhen – auch wenn die individuelle Entscheidungsfreiheit der Konsumenten dadurch eingeschränkt würde.

Im Folgenden werden Abweichungen vom Modell des unbeschränkt rationalen, seinen Nutzen maximierenden und stabile Präferenzen aufweisenden „Homo Oeconomicus“ erläutert, die einen Erklärungsbeitrag zum beobachteten Verhalten bei der Fahrzeug-Kaufentscheidung leisten können.

## 2.5 Neue Erwartungstheorie (Prospect Theory)

Wie bereits oben beschrieben, handelt es sich bei der Wahl der Kraftstoffeffizienz eines Fahrzeuges um eine Entscheidung unter Unsicherheit. Während die Unterschiede im Anschaffungspreis zwischen einem Auto mit innovativer Effizienztechnologie und einem weniger energieeffizienten Modell beim Kauf relativ gut ersichtlich sind, sind die damit erzielbaren Einsparungen an Kraftstoffkosten von einer Vielzahl unsicherer Faktoren abhängig (beispielsweise Kraftstoffpreis, tatsächlicher Verbrauch, Fahrleistung). Gemäß der Erwartungsnutzentheorie sollten (risikoaverse)<sup>10</sup> Autokäufer zum Erwerb der effizienteren Fahrzeugvariante tendieren, sofern die Summe der abgezinsten zukünftigen Kraftstoffeinsparungen dem anfänglich zu zahlenden Aufpreis entspricht. Die bei der Anschaffung anfallenden Mehrkosten für die Effizienztechnologie ließen sich als Versicherungsprämie gegen unerwartet steigende Kraftstoffkosten interpretieren; steigen die Kraftstoffpreise oder die Fahrleistung, bremst der geringere spezifische Verbrauch den Kostenanstieg. Hohe implizite Diskontraten für effizientere Fahrzeuge lassen sich auf Basis der Erwartungsnutzentheorie mithin nicht erklären.

<sup>9</sup> Das Konzept der beschränkten Rationalität geht auf Herbert A. Simon (1957, 1972, 1976) zurück.

<sup>10</sup> Die in der traditionellen Erwartungsnutzentheorie angenommene konkave Nutzenfunktion impliziert Risikoaversion.

Die neue Erwartungstheorie (Prospect Theory) bietet einen alternativen Ansatz zur Erklärung menschlichen Verhaltens in Entscheidungssituationen unter Risiko beziehungsweise Unsicherheit.<sup>11</sup> Ihre wesentliche Annahme ist, dass Menschen in unsicheren Entscheidungssituationen durch Verlustaversion charakterisiert sind. Ein weiteres konstituierendes Merkmal dieser Theorie ist die Annahme, dass die einzelnen Ergebnissen subjektiv bemessenen Entscheidungsgewichte nicht ihren objektiven Wahrscheinlichkeiten entsprechen: Mittlere und hohe Wahrscheinlichkeiten werden im Vergleich zu sicheren Ergebnisse unterbewertet.

Betrachtet der Konsument ein bekanntes, konventionelles Fahrzeug als Ausgangspunkt seiner Kaufentscheidung, führt ein solches Beurteilungsmuster zu einer Präferenz für das konventionelle Auto gegenüber der verbrauchsärmeren Alternative. Der höhere Anschaffungspreis eines Kraftstoff sparenden Autos impliziert einen sicheren unmittelbaren Verlust gegenüber der Referenzsituation, wohingegen das Ausmaß der höheren Kraftstoffkosten bei Kauf des konventionellen Fahrzeugs unsicher ist. Auch eine andere Strukturierung der Entscheidungssituation durch den Autokäufer, das heißt die Bewertung von effizienzbedingten Kraftstoffeinsparungen als Gewinn im Vergleich zur Wahl eines konventionellen Fahrzeugs, impliziert gleiche Präferenzen. Bei dieser Bewertungsstruktur stehen unsicheren Gewinnen aus der Entscheidung für ein effizientes Fahrzeug mögliche Verluste – aufgrund höherer Anschaffungskosten – im Falle niedriger Kraftstoffpreise oder geringer Fahrleistungen gegenüber; Verlustaversion lässt dieses Risiko unattraktiv erscheinen.

Verlustaversion und die Präferenz für sichere Ergebnisse sind auch mit Blick auf den multikriteriellen Charakter der Entscheidungssituation von Relevanz. In der Regel findet die Wahl nicht zwischen weitestgehend identischen Fahrzeugen, die sich nur hinsichtlich ihrer Verbrauchseigenschaften unterscheiden, statt. Vielmehr wird parallel über eine Vielzahl von Merkmalen mit unterschiedlichen Ausprägungen entschieden. Ein Verzicht auf mit hoher Sicherheit zu ersessende Fahrzeugmerkmale (beispielsweise Größe, Komfort, Motorleistung) im Austausch für in ihrer Höhe relativ unsichere Kraftstoffeinsparungen würde daher skeptisch beurteilt; dies gilt insbesondere dann, wenn diese relativ sicheren Merkmale bereits im bisherigen Fahrzeug vorhanden waren beziehungsweise ihr Erwerb antizipiert wird und ein Verzicht damit als Verlust empfunden wird (Greene et al. 2009).

## 2.6 Anomalien in intertemporalen Entscheidungssituationen

Auch für intertemporale Entscheidungssituationen hält die Verhaltensökonomik einen alternativen, an die Prospect Theory angelehnten deskriptiven Erklärungsansatz bereit (Loewenstein et al. 1992, Frederick et al. 2002, Loewenstein et al. 1989). Demnach ist die Diskontrate zukünftiger Zahlungen oder anderer nutzenstiftender Ereignisse maßgeblich vom (subjektiv wahrgenommenen) Kontext abhängig; ihre Bewertung wird ebenfalls durch Referenzwerte beziehungsweise einen Referenzpfad bestimmt. So werden künftige Verluste regelmäßig weniger stark abdiskontiert als zukünftige Gewinne. Ferner spielt die absolute Höhe künftiger Gewinne oder Verluste – jeweils relativ zum Referenzwert – eine wichtige Rolle; je niedriger deren Höhe, desto größer ist die angesetzte Diskontrate. Der Gegenwartswert eines Investments in bessere Verbrauchseigenschaften fällt in Form von über

<sup>11</sup> Zur neuen Erwartungstheorie und ihren Implikationen vgl. Kahnemann et al. (1979, 1992), Tversky et al. (1986), Thaler (1999, 1980).

Jahre verteilten, jeweils eher geringen Einsparungen von Kraftstoffkosten an, die häufig als Gewinne gegenüber dem Referenzszenario wahrgenommen werden, und weisen dementsprechend einen relativ geringen Gegenwartswert auf.

## 2.7 Fazit

Führen die oben diskutierten Marktunvollkommenheiten und Verhaltensanomalien tatsächlich zu einer systematischen übermäßigen Diskontierung zukünftiger Kraftstoffkosten, lässt sich durch Vorgabe verbindlicher Verbrauchsstandards die gesamtwirtschaftliche Wohlfahrt steigern (Fischer 2009). Die Fahrzeugkäufer/-nutzer würden demnach von einer Einschränkung ihrer Entscheidungsfreiheit profitieren, da sie diese ansonsten zu suboptimalen Entscheidungen nutzen könnten. Zudem erhöhen langfristige ordnungsrechtliche Zielvorgaben die Investitionssicherheit der Unternehmen und vermindern mithin ihre Risikokosten.

Die ökonomische Berechtigung von Emissions- oder Verbrauchsstandards ist jedoch nicht unumstritten. So ist zwischen einer tatsächlichen systematischen Unterbewertung der Fahrzeugeffizienz und legitimen Konsumentenpräferenzen zu unterscheiden; dies gilt insbesondere, wenn ein Trade-Off zwischen der Effizienz und anderen Eigenschaften des Fahrzeugs besteht. Auch lassen sich einige der institutionellen Probleme relativ unkompliziert durch weniger massive Eingriffe als Emissionsstandards lindern, beispielsweise durch neue Verbrauchstests, ausgeweitete Informationsbereitstellungspflichten (inklusive Angaben über erwartete Kraftstoffkosten) und veränderte steuerliche Rahmenbedingungen für die private Dienstwagennutzung.

Doch selbst nach Beseitigung institutioneller Fehlanreize und einer Verbesserung der Informationsgrundlagen ist nicht mit einer optimierten Wahl der Kraftstoffeffizienz zu rechnen. Vielmehr zeigen empirische Studien, dass die Mehrzahl privater Konsumenten über geringe Kenntnisse hinsichtlich ihrer Kraftstoffkosten verfügt und keine systematische Analyse der Entscheidungssituation vornimmt; dementsprechend ist bestenfalls eine beschränkt rationale Entscheidungsfindung zu erwarten. Mit Blick auf die diskutierten verhaltenspsychologischen Aspekte der intertemporalen Entscheidung unter Unsicherheit ist eine Abweichung vom Optimum eher in Richtung zu geringer Fahrzeugeffizienz zu erwarten.<sup>12</sup>

Eine grundsätzliche Gefahr ordnungspolitischer Eingriffe, wie sie Emissionsstandards darstellen, besteht in der Vorgabe unangemessener Grenzwerte oder unzureichender Vorlaufzeiten aufgrund ungenügender Informationen seitens des Regulierers; die Kosten der Einhaltung des Standards könnten in einem solchen Fall deren Nutzen übertreffen. Zudem kann die gesamtwirtschaftliche Effizienz der Regulierung unter einer zu starken Beeinflussung durch Partialinteressen einzelner Lobbygruppen („regulatory capture“) leiden.<sup>13</sup>

**12** Unter Umständen kann der Effekt beschränkter Rationalität allerdings auch in die andere Richtung wirken: Wenn Fahrzeuge (öffentlich) als besonders kraftstoffsparend wahrgenommen werden (beispielsweise Toyota Prius), kann eine Überschätzung späterer Einsparungen bei den Kraftstoffkosten die Folge sein. Es ist hier allerdings zu berücksichtigen, dass solche Fahrzeuge dem Käufer neben den Kraftstoffeinsparungen weiteren Zusatznutzen durch ihre Symbolfunktion für einen nachhaltigen Lebensstil stiften.

**13** Die Auseinandersetzung zwischen italienischen und französischen Herstellern auf der einen Seite und vor allem deutschen Herstellern auf der anderen Seite bei der Ausgestaltung der europäischen Emissionsstandards kann als ein Beispiel hierfür angeführt werden. Während die nationalen Regierungen in den Verhandlungen



Ferner ist zu prüfen, in welchem Verhältnis die Kosten der politischen Durchsetzung, bürokratischen Durchführung und Überprüfung zum erzielbaren Nutzen stehen.

### 3 **Ausgestaltungsoptionen von Emissionsstandards**

Im Nachfolgenden werden grundlegende Gestaltungsfragen und ihre Handhabung in der europäischen und US-amerikanischen Gesetzgebung erörtert. Das angemessene Niveau eines Emissionsstandards wird hier nicht diskutiert, da hierzu eine umfangreiche technisch-ökonomische Analyse notwendig ist, welche die Zielsetzung dieses Aufsatzes übersteigt.

#### 3.1 Flexibilitätsmechanismen

Zunächst stellt sich die Frage, auf welcher Ebene die Einhaltung des Standards eingefordert wird. Dies ist generell auf Ebene des einzelnen Fahrzeugs, auf Herstellerebene oder auf Ebene der gesamten Industrie möglich. Angesichts der stark divergierenden Grenzvermeidungskosten verschiedener Fahrzeugmodelle führt die Pflicht zur individuellen Standardeinhaltung für jedes einzelne Fahrzeug in einem diversifizierten Markt zu hohen gesamtwirtschaftlichen Kosten – und impliziert ein Quasi-Verbot bestimmter Fahrzeuge. Selbst wenn die Grenzwerte nicht für alle Fahrzeuge einheitlich sind, sondern modellspezifische Grenzwerte nach Maßgabe eines bestimmten Zuordnungsmechanismus zugewiesen werden, verbleiben erhebliche Unterschiede in den Grenzvermeidungskosten.<sup>14</sup>

Größere Flexibilität erlaubt ein herstellerspezifischer Ansatz. Jedem Hersteller wird ein Emissionsgrenzwert zugewiesen, der vom Durchschnitt seiner verkauften Fahrzeuge eingehalten werden muss. Überschreitungen des Standards durch einzelne Fahrzeuge können durch Unterschreitungen an anderer Stelle kompensiert werden. Demzufolge werden keine Modelle durch die Regulierung vom Markt verbannt; Emissionsminderungen erfolgen bei den Modellen, bei denen die Grenzvermeidungskosten am niedrigsten sind.<sup>15</sup>

Am anderen Ende der Skala liegt ein gemeinsames Emissionsziel für die gesamte Autoindustrie, das im Durchschnitt sämtlicher Fahrzeuge erreicht werden muss. Als problematisch bei diesem Ansatz können sich vor allem die unklaren Verantwortlichkeiten für tatsächliche Reduktionen des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes erweisen. Sofern keine klaren und durchsetzbaren Regeln für die Lastenverteilung innerhalb der Branche existieren, bestehen Trittbrettfahrerprobleme. Die gescheiterte Selbstverpflichtung der Autoindustrie (vertreten durch die Verbände ACEA, JAMA, KAMA) zur Begrenzung der durchschnittlichen CO<sub>2</sub>-Emissionen auf 140 Gramm je Kilometer bis zum Jahr 2008/09 verdeutlicht diese Schwäche (IEEP 2008).

vor allem die Interessen ihrer jeweiligen Hersteller vertraten, trat die Gesamteffizienz der europäischen Regulierung in den Hintergrund.

**14** In China gelten die Grenzwerte – differenziert nach Gewichtsklassen – für jedes einzelne Fahrzeug. Autos, die den jeweiligen Mindeststandard nicht einhalten, dürfen nicht produziert werden.

**15** In den meisten Staaten liegt die Einhaltungspflicht von Emissions- beziehungsweise Verbrauchsstandards auf Ebene der Hersteller, jedoch unterliegt das „Averaging“ häufig Einschränkungen. So erlauben die Corporate Average Fuel Economy (CAFE) Regulations in den USA keine Verrechnung zwischen den Segmenten „Cars“ und „Light Trucks“; in Japan sind Kompensationen zwischen verschiedenen Gewichtsklassen nur mit Abschlägen möglich.

Die Einführung eines Handels mit Effizienz-Credits kombiniert klare Verantwortlichkeiten mit gemeinschaftlicher Zielerreichung. Credits werden für jedes Fahrzeug generiert, dessen spezifischer CO<sub>2</sub>-Ausstoß unterhalb des für dieses Modell gültigen Grenzwerts liegt. Hersteller mit hohen Grenzvermeidungskosten können diese kaufen, um kostenaufwändige Vermeidungsaktivitäten zu reduzieren. Abhängig von den weiteren Ausgestaltungsmerkmalen der Regulierung gewährleistet die Einführung des Handels mit solchen Credits – durch die Annäherung der Grenzvermeidungskosten – in der Regel die Erreichung des gegebenen Effizienzziels zu niedrigeren Kosten je Fahrzeug (Elmer et al. 2010, Fischer 2008).

Die europäische Gesetzgebung sieht für Hersteller die Möglichkeit vor, ihre Flotten gemeinsam veranschlagen zu lassen („Pooling“-Option). Da Hersteller mit durchschnittlichen Emissionen unterhalb des Grenzwertes nur gegen finanzielle Kompensation dazu bereit sein werden, entspricht dieses Modell einem eingeschränkten Quasi-Credit-Handel, der jedoch geringere Flexibilität als der künftige US-amerikanische Ansatz aufweist. Die ab 2012 geltenden neuen Kraftstoffverbrauchs- und Emissionsstandards, die derzeit gemeinsam von der Environmental Protection Agency und der National Highway Traffic Safety Administration erarbeitet werden, enthalten die Möglichkeit, Credits sowohl zwischen Herstellern als auch zwischen verschiedenen Fahrzeugsegmenten zu handeln.

### 3.2 Einheitliche oder attributbasierte Standards

Grundsätzlich können CO<sub>2</sub>-Emissionsstandards entweder für alle Fahrzeuge einheitlich oder differenziert nach Maßgabe eines Referenzparameters festgesetzt werden. Es ist offensichtlich, dass ein einheitlicher Grenzwert, der für alle Fahrzeugtypen gilt, in einem heterogenen Automarkt keine kostenminimale Lösung zur Erreichung des Flottenemissionsziels darstellt. Im Normalfall sind die Grenzvermeidungskosten zur Erreichung eines einheitlichen Standards für schwere Limousinen deutlich höher als für Kleinwagen.

Solche Unterschiede in den Grenzvermeidungskosten sollen über den Einsatz einer Grenzwertkurve berücksichtigt werden, die jedem Modell in Abhängigkeit von der Ausprägung eines als Referenzparameter gewählten Fahrzeugattributs (beispielsweise Gewicht oder Grundfläche<sup>16</sup>) einen spezifischen Grenzwert zuweist. Das hierfür gewählte Fahrzeugattribut sollte ein möglichst guter Indikator für die Grenzvermeidungskosten sein und ihre Angleichung ermöglichen; eine möglichst hohe empirische Korrelation zwischen Ausprägung des Referenzattributs und anfänglicher Emissionsintensität spricht für dessen Eignung.

Andererseits implizieren attributbasierte Standards in der Regel auch eine Verzerrung der Vermeidungsentscheidung seitens der Hersteller. Maßnahmen zur Emissionsminderung, die mit Veränderungen des Referenzattributes einhergehen (beispielsweise Gewichtsreduktionen), werden durch die Ausgestaltung der Regulierung künstlich verteuert: Die Veränderung (Reduktion) der Ausprägung des Referenzattributs zieht eine Verschärfung des spezifischen Standards nach sich, wodurch die erzielte Emissionsminderung partiell neutralisiert wird und die Kosten der Maßnahme je vermiedenem Gramm CO<sub>2</sub> aus Sicht

<sup>16</sup> Gemäß der hier verwendeten Definition wird die Grundfläche (oder auch der „Footprint“) durch Multiplikation des Radstands mit der Spurweite berechnet.

des Herstellers steigen. Aus Herstellersicht ist es demnach rational, vorrangig solche Vermeidungsmaßnahmen zu ergreifen, die seinen Grenzwert unverändert lassen.<sup>17</sup> Die suboptimale Allokation von Vermeidungsaktivitäten erhöht die gesamtwirtschaftlichen Vermeidungskosten.

Der Nettoeffekt des Übergangs von einem einheitlichen zu einem attributbasierten Standard hängt von der Auswahl des Referenzparameters, der Heterogenität des Marktes und dem Verlauf der Grenzwertkurve<sup>18</sup> ab (Elmer et al. 2010). Je stärker der Effekt des Referenzattributs auf die herstellereinspezifischen Grenzwerte, das heißt je steiler der Verlauf der Grenzwertkurve, desto stärker ist auch die Verzerrungswirkung. Die Grenzwertkurve sollte so gestaltet sein, dass sie die Differenz aus Effizienzgewinnen, die durch die Annäherung der Grenzvermeidungskosten verschiedener Herstellern erzielbar sind, und Verzerrungsverlusten maximiert. Je homogener der regulierte Automarkt, desto geringer sind die Einbußen durch einen einheitlichen Standard und desto flacher ist die Steigung der optimalen (das heißt die gesamtwirtschaftlichen Vermeidungskosten minimierenden) Grenzwertkurve. Hinsichtlich der Auswahl des Referenzattributs gilt, dass ein Parameter umso besser geeignet ist, je höher seine empirische und je geringer seine physikalische Emissionskorrelation ist sowie je höher die Kosten der Veränderung seiner Ausprägung sind: Je geringer die physikalische Emissionskorrelation (und je höher die Kosten der Veränderung) eines Fahrzeugattributes, desto geringer ist seine Bedeutung als kosteneffiziente Option der Emissionsvermeidung und dementsprechend auch der Verzerrungsverlust.

Im Falle eines funktionierenden Systems handelbarer Effizienz-Credits werden die Grenzvermeidungskosten zwischen den Herstellern bereits durch den Handelsmechanismus ausgeglichen; die Zuweisung herstellereinspezifischer Grenzwerte auf Basis der Ausprägung eines Referenzparameters wirkt sich dementsprechend zwingend effizienzmindern aus, da die Verzerrungswirkung bestehen bliebe. Um ungewollte distributive Wirkungen eines Credit-Handelssystems zu vermeiden,<sup>19</sup> könnten anstelle attributbasierter Standards zunächst auf Vergangenheitswerten basierende herstellereinspezifische Grenzwerte festgesetzt werden, die sich einem festgelegten Schema folgend angleichen; der Verzicht auf den Bezug auf die aktuelle Ausprägung eines Fahrzeugattributes eliminiert die Verzerrung.

Mit Blick auf den gewählten Referenzparameter werden in den Vereinigten Staaten und der EU unterschiedliche Ansätze verfolgt. In der EU greift – als politischer Kompromiss – ab dem Jahr 2012 eine vom Fahrzeuggewicht abhängige, lineare Grenzwertkurve, die in Abbildung 1 grafisch dargestellt ist. Das Gewicht ist eine der wichtigsten Determinanten der spezifischen Emissionen eines Fahrzeugs, seine Reduktion ist mithin ein effektives Mittel der Emissionsminderung. Durch die gewählte Steigung der Grenzwertkurve werden circa 50 Prozent der mit einer Gewichtsreduzierung erzielbaren Emissionseinsparungen durch die folgende Verschärfung des Grenzwerts für den Hersteller neutralisiert (Elmer et al. 2010). Der Effizienzverlust durch die damit einhergehende Verzerrung der Vermeidungsentscheidung ist somit beträchtlich. Die künftigen US-Grenzwerte basieren

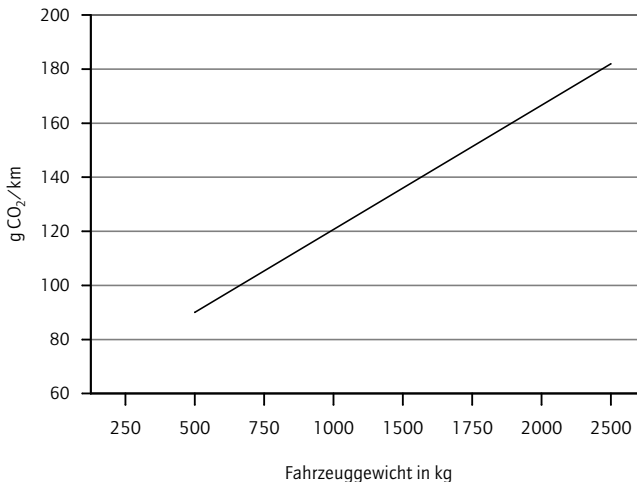
**17** Der Fall, dass Anreize zur bewussten Veränderung des Fahrzeugdesigns mit dem Ziel einer absoluten Lockerung des Grenzwerts bestehen, bleibt hier unbetrachtet, da eine solche Regelung eine grobe Fehlkonstruktion darstellen würde.

**18** Die Grenzwertkurve weist jedem Fahrzeug beziehungsweise jedem Hersteller einen spezifischen Emissionsgrenzwert in Abhängigkeit von der Ausprägung des Referenzattributs zu; ihr liegt eine entsprechende mathematische Funktion zugrunde.

**19** Für den europäischen Automarkt würde die Einführung eines Handelssystems mit einheitlichen Grenzwerten erhebliche Zahlungen deutscher Fahrzeughersteller an französische und italienische Konkurrenten bedeuten.

Abbildung 1

### Europäische Grenzwertkurve der spezifischen CO<sub>2</sub>-Emissionen von Pkw



hingegen auf einer s-förmigen Kurve in Abhängigkeit von der Fahrzeuggrundfläche. Die Grundfläche weist eine eher empirische Korrelation mit den spezifischen CO<sub>2</sub>-Emissionen auf.<sup>20</sup> Ferner sind Variationen der Grundfläche aufwändiger als Maßnahmen zur Änderung des Gewichts, da sie in der Regel ein komplett neues Design erfordern. Auch ist die Konsumentenakzeptanz eines Autos stärker größen- als gewichtsabhängig. Aus der Kombination einer weniger verzerrungsanfälligen Grenzwertkurve und der geplanten Etablierung eines Credit-Handelssystems lässt sich die Prognose geringerer Effizienzverluste der US-amerikanischen Regulierung ableiten.

### 3.3 Bonifikationen für alternative Energieträger

Bisher basiert der motorisierte Individualverkehr nahezu ausschließlich auf fossilen Kraftstoffen, die aus der Raffinierung von Erdöl gewonnen werden. Zukünftig ist ein verstärkter Einsatz alternativer Energieträger (Biokraftstoffe, Elektrizität, Wasserstoff, erdgasbasierte Kraftstoffe) und entsprechender Fahrzeuge zu erwarten. Es stellt sich die Frage, wie solche Fahrzeuge in die Regulierung eingebunden werden sollten. In Europa und den Vereinigten Staaten wird alternativen Fahrzeugtypen eine bevorzugte Behandlung eingeräumt, um ihre Markteinführung und -durchdringung zu unterstützen. Für die Förderung solcher Fahrzeuge werden im Wesentlichen zwei Ansätze genutzt:

- Bei Fahrzeugen, die Biokraftstoffe verbrennen, wird ihr tatsächlicher direkter CO<sub>2</sub>-Ausstoß („tailpipe emissions“) für die Berechnung der Grenzwert-Einhaltung um einen fixen prozentualen Faktor nach unten korrigiert.

<sup>20</sup> So lassen sich beispielsweise durch Verwendung leichter Materialien CO<sub>2</sub>-Emissionen bei unveränderter Fahrzeuggröße vermeiden.

- **Elektrizitäts- und wasserstoffbasierte Fahrzeuge** erfahren häufig sogar eine doppelte Förderung: Zum einen werden ihnen nur die unmittelbaren CO<sub>2</sub>-Emissionen angelastet, die im Fall von reinen Brennstoffzellen- oder Elektroautos bei null liegen, nicht aber die Treibhausgasemissionen der Elektrizitäts- beziehungsweise Wasserstoffherzeugung. Zum anderen werden sie noch mit einem Multiplikator berücksichtigt. Letzteres bedeutet, dass jedes Elektro- oder Wasserstofffahrzeug bei der Bestimmung der durchschnittlichen Emissionen seines Herstellers mehrfach als emissionsfreies Fahrzeug in die Berechnung einfließt.

Diese impliziten Fördermaßnahmen gehen jedoch mit schwerwiegenden Nebenwirkungen einher, welche die eigentlichen Ziele der Kraftstoffverbrauchs- beziehungsweise Emissionsstandards konterkarieren. Die Produktion alternativer Fahrzeugtypen gewinnt für die Hersteller erheblich an Attraktivität, da sie die Notwendigkeit mindert, die spezifischen Emissionen ihrer übrigen Flotte zu reduzieren. Demzufolge sinkt mit jedem alternativen Fahrzeug die Kraftstoffeffizienz der konventionellen Flotte, solange der Standard bindend ist. Angesichts der Tatsache, dass alternative Fahrzeuge zumeist nur für kurze Strecken genutzt werden, dürfte die tatsächliche Effizienzverschlechterung unter Berücksichtigung der Fahrleistungen noch stärker ausfallen als der rechnerische Effekt. Steht die Korrektur einer Unterbewertung zukünftiger Kraftstoffkosten im Vordergrund der Standardsetzung, wird diese Zielsetzung durch die Sonderbehandlung nichtkonventioneller Fahrzeuge massiv unterwandert.<sup>21</sup>

Von der Integration solcher Fördermaßnahmen in den Regulierungsrahmen ist jedoch auch abzuraten, wenn die Reduktion der absoluten CO<sub>2</sub>-Emissionen oder des Mineralölverbrauchs das Ziel ist. Im günstigsten Fall blieben beide Zielgrößen durch die Produktion alternativer Fahrzeuge unverändert. Der spezifische Mineralölverbrauch je Kilometer bliebe konstant, wenn Elektro- und Wasserstoffautos lediglich einfach (das heißt ohne Anwendung eines Multiplikators) als Null-Emissions-Fahrzeuge bei der Emissionsberechnung berücksichtigt würden.<sup>22</sup> Emissionsneutralität wäre nur dann gegeben, wenn i) biokraftstoffbasierte Fahrzeuge ausschließlich nach Maßgabe ihrer effektiven Netto-CO<sub>2</sub>-Einsparungen gefördert und ii) Elektro- und Wasserstofffahrzeuge einfach zählen würden sowie tatsächlich vollkommen emissionsneutral wären.<sup>23</sup>

Die europäische Gesetzgebung sieht die Anwendung eines Multiplikators für besonders emissionsarme Fahrzeuge lediglich bis zum Jahr 2015 vor; die Förderung biokraftstoffbasierter Fahrzeuge ist vernachlässigbar. Demgegenüber werden in den Vereinigten Staaten sowohl Autos mit Elektromotoren (mittels Multiplikatoren) als auch bioethanolbetriebene Fahrzeuge (mittels Abschlägen auf die gemessenen spezifischen Emissionen) massiv gefördert. Dies liegt auch an traditionell anderen Politikzielen: In den USA wird der Förderung und Markteinführung alternativer Energieträger im Transportsektor – unter

**21** Zu den negativen Effekten einer solchen Förderung siehe auch Liu et al. (2009), Rubin (2000), Elmer (2009).

**22** Dies ändert sich selbstredend, wenn für die Strom- oder Wasserstoffproduktion Mineralölprodukte eingesetzt werden.

**23** Damit Elektro- und Wasserstofffahrzeuge als emissionsneutral gelten können, müssen sie ausschließlich mit CO<sub>2</sub>-freien erneuerbaren Energien gespeist werden, die nicht alternativ zur Substitution fossiler Energieträger in stationären Anwendungen genutzt werden können. Anders ausgedrückt, wenn durch kontrolliertes Laden sowie die Nutzung von Elektro- und Wasserstoffautos als Zwischenspeicher ein Kapazitätsausbau der erneuerbaren Energien ermöglicht wird, der die zusätzlich geschaffene Nachfrage des Transportsektors übersteigt, haben sie als CO<sub>2</sub>-frei zu gelten. De facto CO<sub>2</sub>-neutral sind die Fahrzeuge auch, wenn die CO<sub>2</sub>-Emissionen der Strom- oder Wasserstoffproduktion vollständig in einem Cap-and-Trade-Emissionshandelssystem erfasst sind.

dem Aspekt einer Verringerung der Abhängigkeit von Erdölimporten – größeres Gewicht beigemessen.

#### 4 Emissionsstandards und Emissionshandel

Mit dem europäischen Emissionshandelssystem (EU ETS) startete im Jahr 2005 das bis heute umfangreichste Treibhausgas-Handelssystem für private Emittenten. Es umfasst bisher stationäre CO<sub>2</sub>-Quellen aus dem Elektrizitäts- und Industriesektor, während Kraftstoffe für den Transportsektor nicht erfasst werden. Demgegenüber sieht der aussichtsreichste Entwurf für ein US-amerikanisches Klimaschutzgesetz die Integration von Kraftstoffen mittels des Upstream-Ansatzes vor, demzufolge Raffinerien und Importeure Zertifikate im Umfang des CO<sub>2</sub>-Potenzials ihrer in Verkehr gebrachten Kraftstoffe vorhalten müssen.<sup>24</sup>

Die Wechselwirkungen von Emissionshandel und Pkw-Emissionsstandards hängen maßgeblich von der Integration der Kraftstoffe in das Handelssystem ab. Diese werden im Folgenden für beide Varianten skizziert. Dabei wird auch explizit auf den Vorschlag von Ellerman et al. (2006) eingegangen, ein Cap-and-Trade-Handelssystem<sup>25</sup> mit einem System handelbarer Effizienz-Credits für Pkws zu verknüpfen; diese Empfehlung zur Integration beider Systeme wird unabhängig von der Berücksichtigung von Kraftstoffen im Emissionshandel ausgesprochen. Um die Handelbarkeit von Effizienz-Credits und CO<sub>2</sub>-Zertifikaten zu gewährleisten, würden die spezifischen Fahrzeugemissionen durch Multiplikation mit der erwarteten Fahrleistung in absolute Emissionsmengen umgerechnet.

##### 4.1 Variante 1: Kraftstoffe unterliegen dem Emissionshandel

Unterliegen Kraftstoffe dem Emissionshandel, hat die Einführung oder Verschärfung von Pkw-Emissionsstandards keinen Einfluss auf den gesamtwirtschaftlichen CO<sub>2</sub>-Ausstoß. Es erfolgt lediglich eine Umverteilung der Reduktionslasten: Während der Transportsektor höhere Vermeidungsleistungen erbringt, werden die stationären Sektoren angesichts der verminderten Zertifikatsnachfrage aus dem Kraftstoffsektor – und somit fallender Zertifikatspreise – entlastet. Wird eine Verringerung der volkswirtschaftlichen CO<sub>2</sub>-Emissionen angestrebt, müsste die Standardsetzung mit einer parallelen Reduktion des Caps einhergehen.<sup>26</sup>

Der Effekt auf die gesamtwirtschaftliche Wohlfahrt wird davon bestimmt, ob der Pkw-Markt tatsächlich durch eine zu starke Diskontierung zukünftiger Kraftstoffkosten gekennzeichnet ist. Ist dies der Fall, profitieren auch die Autokäufer von der Maßnahme, da ihre zunächst höhere Belastung aufgrund steigender Anschaffungspreise durch nachfolgende Kraftstoffeinsparungen überkompensiert wird. Es ergäbe sich somit eine effiziente inter-sektorale Neuverteilung der in Summe konstanten Emissionsreduktionen, von der

<sup>24</sup> Der American Clean Energy and Security Act wurde am 26. Juni 2009 vom Repräsentantenhaus angenommen; es fehlt jedoch noch die Zustimmung des Senats.

<sup>25</sup> In einem Cap-and-Trade-System wird eine absolute Höchstmenge („Cap“) für die Emission eines Schadstoffs festgesetzt; die Rechte zur Emission dieser Menge werden verbrieft und sind auf einem Markt handelbar.

<sup>26</sup> In globaler Perspektive kann die Einführung von Emissionsstandards durchaus einen emissionsmindernden Effekt haben: Durch sinkende Zertifikatspreise könnte Verlagerungstendenzen von energieintensiven Industrien, dem so genannten Carbon Leakage, entgegen gewirkt werden. Das Inverkehrbringen von Pkws weist dagegen eine vernachlässigbare Anfälligkeit für Carbon Leakage auf.

letztlich beide Seiten profitieren. Jegliche Formen von Sonderregelungen für alternative Fahrzeugtypen lassen den gesamten CO<sub>2</sub>-Ausstoß ebenfalls unverändert, stellen jedoch – wie oben erläutert – die erfolgreiche Korrektur von Marktunvollkommenheiten und Verhaltensanomalien in Frage.

Die von Ellerman et al. befürwortete Integration von Cap-and-Trade-Handel und Baseline-and-Credit-System<sup>27</sup> in der Autoindustrie würde nahezu entgegengesetzte Effekte nach sich ziehen. Der Annahme einer Unterbewertung zukünftiger Kraftstoffkosten folgend, würde die Pflicht zur Verminderung des spezifischen CO<sub>2</sub>-Ausstoßes zumindest partiell durch den Kauf von Credits abgedeckt. Durch die gesteigerte Zertifikatsnachfrage aus der Autoindustrie und – im Vergleich zum Fall nicht verbundener Systeme – aus dem Kraftstoffsektor, entsteht ein doppelter Druck auf den Zertifikatspreis. Emittenten aus energieintensiven Industrien sind zu größeren Vermeidungsanstrengungen gezwungen, was Verlagerungstendenzen verstärken könnte. Werden die Grenzwerte hingegen (infolge erfolgreichen Lobbyings) zu großzügig festgesetzt oder durch Bonifikationen für alternative Fahrzeuge stark aufgeweicht, so dass der tatsächlich erreichte durchschnittliche Kraftstoffverbrauch den Standard unterschreitet, entwickeln sich die Fahrzeughersteller zu Netto-Verkäufern von Credits. Da diese Credits auf keiner faktischen Emissionsreduktion beruhen, wird der volkswirtschaftliche Cap überschritten. Generell ist zu bemängeln, dass sich jede Änderung der spezifischen Fahrzeugeffizienz doppelt auf dem Zertifikatsmarkt niederschlägt, sowohl über die Nachfrage der Fahrzeughersteller als auch indirekt über den Kraftstoffverbrauch; in Abhängigkeit davon, ob sich die Fahrzeughersteller zu Netto-Käufern oder -Verkäufern von Credits entwickeln, wird der Cap unter- oder überschritten.

#### 4.2 Variante 2: Kraftstoffe unterliegen nicht dem Emissionshandel

Werden die Kraftstoffe nicht im Emissionshandel erfasst, bleiben die stationären Emissionsquellen von der Etablierung von Pkw-Emissionsstandards zunächst unberührt. Die Gesamtemissionen ändern sich nach Maßgabe der Veränderungen im Transportsektor; Standardverschärfungen ziehen – korrigiert um den Reboundeffekt<sup>28</sup> – eine Verminderung des volkswirtschaftlichen CO<sub>2</sub>-Ausstoßes nach sich. Eine Wechselwirkung entsteht erst dann, wenn die Regulierung der Pkw-Emissionsintensität aufgrund entsprechender Anreize eine zunehmende Elektrifizierung des Transportsektors induziert. Diese impliziert eine Lastenverschiebung zu Ungunsten energieintensiver Industrien, da die Bereitstellung zusätzlicher Elektrizität beziehungsweise von Wasserstoff mit einer zunehmenden Verknappung und Verteuerung der CO<sub>2</sub>-Zertifikate einhergeht.<sup>29</sup>

Die Verknüpfung handelbarer Effizienz-Credits mit einem Cap-and-Trade-System (exklusive Kraftstoffe) wird auch als Midstream-Ansatz bezeichnet. Durch den Ausschluss der Kraftstoffe werden die Transportemissionen zwar nur einfach, jedoch ungenau im Emissi-

**27** Mit einem Baseline-and-Credit-System wird die Emissionsintensität reguliert. Der Regulierer legt eine tolerierte Emissionsmenge je Outputeinheit („Baseline“) fest. Wird die Baseline unterschritten, werden Credits generiert. Emittenten, welche die Baseline überschreiten, können diese Credits kaufen, um damit die umweltpolitischen Vorgaben rechnerisch einzuhalten. Im Gegensatz zu einem Cap-and-Trade-System ist die absolute Emissionsmenge damit nicht begrenzt.

**28** Der Reboundeffekt beschreibt die Erhöhung der Fahrleistung aufgrund niedrigerer Kraftstoffkosten je gefahrenem Kilometer in Folge einer Verbesserung der spezifischen Kraftstoffeffizienz.

**29** Dies gilt, solange die hinzukommende Nachfrage nicht vollständig aus zusätzlichen erneuerbaren Energien gedeckt werden kann.

onshandel erfasst, da ihre Berechnung auf Ebene der Hersteller auf mehreren unsicheren Variablen beruht (beispielsweise Fahrleistung, Verkehrsverhältnisse, genutzte periphere Geräte). Dient die Korrektur von Marktunvollkommenheiten als Rechtfertigung für den Markteingriff, wird diese Zielsetzung durch die Möglichkeit der Pflichterfüllung mittels Kauf von Zertifikaten untergraben; das als optimal erachtete und im Standard festgeschriebene Effizienzniveau wird voraussichtlich verfehlt. Ferner muss ein Teil der Emissionsreduktionen, die ohne Verknüpfung der Systeme vom Transportsektor zu erbringen wären, nun angesichts steigender Zertifikatspreise durch stationäre Emittenten erbracht werden. Eine suboptimale Lastenverteilung und höhere Wahrscheinlichkeit von Carbon Leakage sind mögliche Folgen. Wird die Existenz von Marktunvollkommenheiten hingegen negiert, stellt die Internalisierung externer Klimakosten mittels des Upstream-Ansatzes eine effizientere Alternative dar, da dieser durch die exakte Bepreisung der tatsächlichen Emissionen auch auf das Fahrverhalten einwirkt.

## 5 Schlussfolgerungen

Für verschiedene technische Maßnahmen zur Verbesserung der spezifischen Kraftstoffeffizienz von Pkws attestieren Studien negative CO<sub>2</sub>-Vermeidungskosten, das heißt, anfänglich höhere Anschaffungskosten werden durch spätere Einsparungen von Kraftstoffkosten überkompensiert (NRC 2002; TNO 2006).<sup>30</sup> Die vorhandenen, als kosteneffizient eingestuften Potenziale zur Emissions- und Verbrauchsreduktion werden jedoch nur unvollständig erschlossen. Erklärt wird dieses Verhalten mit einer unzureichenden Investitionsbereitschaft der Hersteller, jedoch vor allem mit einer systematischen Unterbewertung zukünftiger Kraftstoffkosten seitens der Fahrzeugkäufer, welche die Wirksamkeit von klimapolitischen Preisinstrumenten einschränkt.<sup>31</sup> Die Komplexität realer Entscheidungssituationen, die Existenz von Transaktionskosten sowie die Begrenztheit von verfügbaren Informationen und Informationsverarbeitungskapazitäten verhindern eine optimierte Fahrzeugwahl. Weiterhin können verhaltenspsychologische Faktoren und rechtliche Rahmenbedingungen zu einer Verzerrung der Entscheidung beitragen.

Zu letzteren gehört beispielsweise die steuerliche Privilegierung von Firmenwagen, deren Änderung zwar im Prinzip relativ unkompliziert möglich wäre, jedoch in der Realität aufgrund starker Lobbyinteressen mit hohen Kosten der politischen Durchsetzung verbunden ist. Zur grundsätzlichen Lösung des Problems der beschränkten Rationalität steht kein wirksamer Lösungsansatz bereit. Daher können Emissions- beziehungsweise Verbrauchsstandards ein effektives Mittel zur Erschließung von ansonsten ungenutzten, gesamtwirtschaftlich nutzbringenden Effizienzpotenzialen sein. Auch können sie auf die Normen- und Bewusstseinsbildung in Richtung einer intrinsischen Wertschätzung eines Ressourcen schonenden Wirtschaftens einwirken.

Andererseits stellen Emissionsstandards einen massiven Eingriff in das Marktgeschehen dar, der mit erheblichen Risiken verbunden ist. Sowohl Informationsdefizite seitens der

**30** Im Gegensatz zu den Potenzialen zur Verbesserung der Kraftstoffeffizienz von auf Verbrennungsmotoren basierenden Fahrzeugen, die bereits heute für die Konsumenten einen positiven Gegenwartswert aufweisen, amortisieren sich die deutlich höheren Anschaffungskosten für alternative Antriebsformen hingegen derzeit nicht durch Einsparungen bei den Kraftstoffkosten.

**31** Preissignale, die in voller Höhe unmittelbar beim Fahrzeugkauf anfallen (beispielsweise CO<sub>2</sub>-abhängige Kaufsteuern, gegebenenfalls kombiniert mit Rabatten für besonders effiziente Modelle), haben in der Regel einen stärkeren Einfluss auf die Fahrzeugwahl als eine laufende Bepreisung der CO<sub>2</sub>-Emissionen.



regulierenden Behörde als auch an Partialinteressen orientierte Beeinflussung der Regulierung können die Kosteneffizienz der Grenzwertsetzung negativ beeinflussen. Es ist sicherzustellen, dass die Kosten des Designs, der politischen Durchsetzung, der Verwaltung und Überwachung der regulatorischen Maßnahme den erwarteten Nutzen nicht übersteigen. Folglich ist die Bewertung der gesamtwirtschaftlichen Effizienz verbindlicher Emissionsstandards maßgeblich von der konkreten Ausgestaltung im Einzelfall bestimmt.

So sollte die Vorlaufzeit der Einführung neuer beziehungsweise der Verschärfung bereits existierender Standards die Produktentwicklungszyklen der Autobranche berücksichtigen. Im Rahmen der gesetzten Vorgaben sollte den Herstellern ein hohes Maß an Flexibilität gewährt werden, um die Zielwerte in möglichst kostenminimaler Weise zu erreichen; hierzu bietet sich insbesondere die Etablierung eines (geschlossenen) Handelssystems von Effizienz-Credits an. Wenn zur Vermeidung ungewollter distributiver Wirkungen auf attributbasierte Grenzwerte zurückgegriffen wird, ist deren verzerrende Wirkung auf die Vermeidungsstrategien der Hersteller zu minimieren.

Die Zielsetzung des Politikinstruments Verbrauchs- beziehungsweise Emissionsstandard sollte zudem auf die Verbesserung der spezifischen Kraftstoff- beziehungsweise Emissionseffizienz und somit auf die Korrektur einer systematischen Unterbewertung zukünftiger Kraftstoffkosten – sofern diese im jeweiligen Markt attestiert wird – beschränkt bleiben. Verquickungen mit anderen Politikzielen, wie der Förderung alternativer Antriebstechnologien, können Effektivität und Effizienz der Standards entgegenwirken; im Rahmen der Regulierung mittels Standards sollten alternative Fahrzeugtypen nur im Rahmen ihres effektiven Beitrags zur Verbesserung der Emissionseffizienz berücksichtigt werden. Zur weitergehenden Unterstützung der Markteinführung alternativer Antriebe stehen eigenständige Instrumente – finanzielle Kaufanreize, F&E-Förderung, Unterstützung beim Infrastrukturaufbau et cetera – zur Verfügung.

Auch für die Steuerung des absoluten CO<sub>2</sub>-Ausstoßes sind Emissionsstandards ungeeignet. Hierzu bietet sich eher die Integration von Kraftstoffen in ein Emissionshandelssystem mittels des Upstream-Ansatzes an; aufgrund der damit einhergehenden exakten Internalisierung der externen Klimakosten kann auch das konkrete Fahrverhalten in Richtung einer kraftstoffsparenden Fahrweise und umweltbewussten Mobilität beeinflusst werden.

## Literaturverzeichnis

- Atonides, Gerrit und Sophia R. Wunderink (2001): Subjective Time Preference and Willingness to Pay for an Energy Saving Durable Good. *Zeitschrift für Sozialpsychologie*, 32, 133–141.
- Dreyfus, Mark. K. und W. Kip Viscusi (1995): Rates of Time Preference and Consumer Valuations of Automobile Safety and Fuel Efficiency. *Journal of Law and Economics*, 38, 79–98.
- Dubin, Jeffrey A. (1992): *Market Barriers to Conservation: Are Implicit Discount Rates too High?* California Institute of Technology, Social Science Working Paper 802. Pasadena, CA.
- EG (2009): Verordnung (EG) Nr. 443/2009 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. April 2009 zur Festsetzung von Emissionsnormen für neue Personenkraft-

- wagen im Rahmen des Gesamtkonzepts der Gemeinschaft zur Verringerung der CO<sub>2</sub>-Emissionen von Personenkraftwagen und leichten Nutzfahrzeugen.
- Ellerman, A. Denny, Henry D. Jacoby und Martin B. Zimmerman (2006): *Bringing Transportation into a Cap-and-Trade Regime*. MIT Joint Program on the Science and Policy of Global Change Report No. 136.
- Elmer, Carl-Friedrich (2009): Mitigating Transport CO<sub>2</sub> Emissions in the United States and Europe – An Assessment of Recent Fuel Economy and Vehicle Emission Regulations. *AICGS Transatlantic Perspectives*.
- Elmer, Carl-Friedrich und Carolyn Fischer (2010): Designing Vehicle CO<sub>2</sub> Emission Standards – Uniform vs. Weight-Based Standards. Resources for the Future Discussion Paper.
- EPA – Environmental Protection Agency und Department of Transportation – National Highway Traffic Safety Administration (2009): Proposed Rulemaking To Establish Light-Duty Vehicle Greenhouse Gas Emission Standards and Corporate Average Fuel Economy Standards. Federal Register, Vol. 74, No. 186.
- Espey, Molly und Santosh Nair (2005): Automobile Fuel Economy: What Is it Worth?. *Contemporary Economic Policy*, 23, 317–323.
- Fischer, Carolyn (2008): Comparing Flexibility Mechanisms for Fuel Economy Standards. *Energy Policy*, 36, 3106–3114.
- Fischer, Carolyn (2009): Are Consumers or Fuel Economy Policies Efficient? In: Daniel Sperling und James S. Cannon (Hrsg.): *Reducing Climate Impacts in the Transportation Sector*. Springer, 173–179.
- Frederick, Shane, George Loewenstein und Ted O’Donoghue (2002): Time Discounting and Time Preference – A Critical Review. *Journal of Economic Literature*, 40, 351–401.
- Gately, Dermot (1980): Individual Discount Rates and the Purchase and Utilization of Energy-Using Durables: Comment. *Bell Journal of Economics*, 11, 373–374.
- Greene, David L. (1998): Why CAFE worked. *Energy Policy*, 26, 595–613.
- Greene, David L. et al. (2005a): Feebates, Rebates, and Gas Guzzler Taxes – A Study of Incentives for Increased Fuel Economy. *Energy Policy*, 33, 757–775.
- Greene, David L. et al. (2005b): Corrigendum to ‘Feebates, Rebates, and Gas Guzzler Taxes – A Study of Incentives for Increased Fuel Economy’. *Energy Policy*, 33, 1901–1902.
- Greene, David, John German und Mark A. Delucchi (2009): Fuel Economy: The Case for Market Failure. In: Daniel Sperling und James S. Cannon (Hrsg.): *Reducing Climate Impacts in the Transportation Sector*. Springer, 181–205.
- Harrington, Winston, Ian W.H. Parry und Margaret Walls (2007): Automobile Externalities and Policies. *Journal of Economic Literature*, 45, 374–400.
- Hausman, Jerry A. (1979): Individual Discount Rates and the Purchase and Utilization of Energy-using Durables. *The Bell Journal of Economics*, 10, 33–54.
- Howarth, Richard B. und Allan H. Sanstad (1995): Discount Rates and Energy Efficiency. *Contemporary Economic Policy*, 13, 101–109.
- IEEP – Institute for European Environmental Policy (2009): Passenger Cars and CO<sub>2</sub> – The Legislative Process and Future Developments. [www.ies.be/files/repo/Patrick\\_Prozent20ten\\_Prozent20Brink\\_Prozent20221008.pdf](http://www.ies.be/files/repo/Patrick_Prozent20ten_Prozent20Brink_Prozent20221008.pdf). Stand 12. Mai 2010.
- Jaffe, Adam B. und Robert N. Stavins (1994a): The Energy Paradox and the Diffusion of Conservation Technology. *Resource and Energy Economics*, 16, 91–122.
- Jaffe, Adam B. und Robert N. Stavins (1994b): The Energy-efficiency Gap – What Does it Mean? *Energy Policy*, 22, 804–810.

- Kahnemann, Daniel, Jack L. Knetsch und Richard H. Thaler (1991): Anomalies: The Endowment Effect, Loss Aversion, and Status Quo Bias. *Journal of Economic Perspectives*, 5, 193–206.
- Kahnemann, Daniel und Amos Tversky (1979): Prospect Theory – An Analysis of Decision Under Risk. *Econometrica*, 47, 263–291.
- Kahnemann, Daniel und Amos Tversky (1992): Advances in Prospect Theory – Cumulative Representation of Uncertainty. *Journal of Risk and Uncertainty*, 5, 297–323.
- Kempton, Willet und Linda Layne (1994): The Consumer’s Energy Analysis Environment. *Energy Policy*, 22, 857–866.
- Liu, Yimin und Gloria E. Helfand (2009): The Alternative Motor Fuels Act, Alternative-fuel Vehicles, and Greenhouse Gas Emissions. *Transportation Research Part A*, 43, 755–764.
- Loewenstein, George und Drazen Prelec (1992): Anomalies in Intertemporal Choice – Evidence and an Interpretation. *The Quarterly Journal of Economics*, 107, 573–597.
- Loewenstein, George und Richard H. Thaler (1989): Anomalies: Intertemporal Choice. *Journal of Economic Perspectives*, 3, 181–193.
- Moxnes, Erling (2004): Estimating Consumer Utility of Energy Efficiency Standards for Refrigerators. *Journal of Economic Psychology*, 25, 707–724.
- NRC – The National Research Council (2002): Effectiveness and Impact of Corporate Average Fuel Economy (CAFE) Standards. Washington, D. C.
- Rubin, Jonathan und Paul Leiby (2000): An Analysis of Alternative Fuel Credit Provisions of US Automotive Fuel Economy Standards. *Energy Policy*, 13, 589–601.
- Simon, Herbert A. (1957): *Models of Man – Social and Rational*. New York, Wiley.
- Simon, Herbert A. (1972): Theories of Bounded Rationality. In: C.B. McGuire und Roy Radner (Hrsg.): *Decision and Organization*. Amsterdam und London, North-Holland Publishing Company, 161–176.
- Simon, Herbert A. (1976): From Substantive to Procedural Rationality. In: Spiro, J. Latsis (Hrsg.): *Methods and Appraisal in Economics*. Cambridge, Cambridge University Press.
- Steiner, E. (2003): *Consumer Views on Transportation and Energy*. National Renewable Energy Laboratory Report NREL/TP-620-34468. Golden.
- Thaler, Richard H. (1980): Toward a Positive Theory of Consumer Choice. *Journal of Economic Behavior and Organization*, 39, 39–60.
- Thaler, Richard H. (1999): Mental Accounting Matters. *Journal of Behavioral Decision Making*, 12, 183–206.
- TNO (2006): *Review and Analysis of the Reduction Potential and Costs of Technological and Other Measures to Reduce CO<sub>2</sub>-emissions from Passenger Cars*. Delft.
- Turrentine, Thomas S. und Kenneth S. Kurani (2007): Car Buyers and Fuel Economy? *Energy Policy*, 35, 1213–1223.
- Tversky, Amos und Daniel Kahneman (1986): Rational Choice and the Framing of Decisions. *Journal of Business*, 59, S251–S278.
- Verboven, Frank (1999): *Implicit Interest Rates in Consumer Durables Purchasing Decisions – Evidence from Automobiles*. Antwerpen.