

Nutzenmessung im Verkehr: Eine Nachlese

VON JOHANNES BRÖCKER

1 Einführung

Im Bewertungsverfahren der BVWP hat man sich vor einigen Jahren entschlossen, in einigen Bewertungsansätzen von dem seit den 70er Jahren praktizierten Konzept der Ressourcenkonsum-Rechnung (RK) abzurücken und stattdessen zum Konsumenten-Surplus (CS) überzugehen, einem vom französischen Ingenieur-Ökonom Dupuit bereits Mitte des 19. Jahrhunderts vorgeschlagenen und heute weltweit und schon seit langem angewandten und anerkannten Verfahren. Um die Berechnung zu vereinfachen, wird CS approximiert, indem die Nachfrage nach Verkehrsleistung im relevanten Preisbereich als linear unterstellt wird. Das führt auf die Ein-Halb-Regel (RoH), eine gängige und gute Näherung an CS. Dass dieser Übergang nicht generell und konsequent vollzogen wurde, sondern dass die Bewertung nun einer Mischung aus RK und CS folgt, trägt nicht gerade zur Transparenz bei und ist schwer nachvollziehbar. Im Jahrgang 2015 dieser Zeitschrift wurde die Verfahrensrevision teils zustimmend, teils kritisch diskutiert. Die Diskussion könnte, so hoffe ich, an Klarheit gewinnen, wenn sie in den Zusammenhang der mikroökonomisch fundierten Wohlfahrtsökonomik eingeordnet wird. Dem sollen die folgenden Bemerkungen dienen; sie sollen daher eine Nachlese zur genannten Diskussion sein.

Nagel, Kickhöfer und Winter (2015), im Folgenden kurz NKW, äußern sich zustimmend zur Verfahrensrevision, indem sie einen sehr speziellen Fall erklären, nämlich den Übergang von einem Verkehrsmittel zu einem alternativen Verkehrsmittel, das in der Ausgangssituation ungenutzt ist. Aus dem Vergleich zwischen CS und RK leiten sie einen impliziten Benefit ab, der zu dem nach RK zu berechnenden Benefit hinzuzuzählen ist, um auf den Benefit nach CS zu kommen. Das ist freilich nur eine höfliche Art zu sagen: „Werft RK auf den Müll und verwendet stattdessen CS!“ Kommt man nämlich mit einem ungeeigneten Verfahren auf das Resultat A , mit einem geeigneten dagegen auf das Resultat B , kann man natürlich dieses harsche Verdikt durch die freundliche Empfehlung ersetzen, man solle A um einen Zuschlag der Höhe $B - A$ korrigieren, sodass $B = A + (B - A)$ herauskommt. An der Sache ändert das nichts.

Anschrift des Verfassers:

Prof. Dr. Johannes Bröcker
Institut für Regionalforschung, Umwelt- und Ressourcenökonomik
Wilhelm-Seelig-Platz 1
24115 Kiel
E-Mail: broecker@economics.uni-kiel.de

Die Darstellung von NKW deutet allerdings auf Kommunikationsbarrieren zwischen Ingenieuren und Ökonomen hin. Zum einen erscheint es vielleicht anschaulich, sich auf den genannten speziellen Fall zu beschränken, aber für das Verständnis des allgemeinen Konzeptes und seiner generellen Anwendbarkeit ist es eher hinderlich. Zum anderen – und das ist viel wichtiger – behindern die Autoren durch die Erfindung oder Neudefinition von Begriffen für Konzepte, die in der Ökonomik seit langem in Gebrauch sind, sowohl das Verständnis des Problems als auch den Rückgriff auf die einschlägige Literatur. In den Referenzen taucht sie deswegen auch nicht auf.

Es mag, weil es anschaulich ist, noch angehen, vom Reengineering des Nutzens zu sprechen. Aber man sollte doch erwähnen, dass es dabei um das in der Ökonomik wohlbekanntes Integrabilitätsproblem geht. Es heißt so, weil die Rekonstruktion (das Reengineering) der Präferenzen eines Konsumenten¹ aus seiner Nachfrageentscheidung auf die Integration einer Differentialgleichung hinausläuft. Beginnend mit Antonelli (1886) ist dieses Problem Gegenstand der ökonomischen Theorie, und seit mindestens einem halben Jahrhundert ist es gelöst. Es ist nicht nur im Prinzip gelöst, sondern praktisch in dem Sinne, dass man weiß, wie die Integration auch für große Nachfragesysteme numerisch vollzogen werden kann und welche Fehler zu erwarten sind, wenn man Näherungsverfahren benutzt.

Was dazu in mikroökonomischen Lehrbüchern steht, hielt man bei der Konzeption der Bewertungsmethodik für schraffierte Flächen in Diagrammen idealisierter Märkte, wie Rothengatter (2015) es ausdrückt, und damit offenbar für praxisfern. Das ist wohl weniger den Lesern als den Schreibern der Lehrbücher anzulasten, die es versäumt haben, den Leser von der Praxistauglichkeit der Konzepte zu überzeugen, anstatt ihn in der Axiomatik der Rationalentscheidungstheorie verloren gehen zu lassen. Das Folgende soll zeigen, dass es um Messkonzepte geht, die nicht nur operational, sondern auch intuitiv sind und ohne Rückgriff auf den für den Praktiker wenig erquicklichen Formalismus zu Präferenzordnungen und Nutzenmaximierung verstanden werden können. Man muss dabei weder an idealisierte Märkte glauben noch sich unrealistischen Annahmen fügen wie z.B. der Annahme konvexer Präferenzen. Weder ist diese bei diskreten Entscheidungen, wie sie in der Verkehrsnachfrage die Regel sind, erfüllt, noch braucht man sie, um die Messkonzepte herzuleiten. Was man braucht, ist ein ebenso intuitives wie nützliches Konzept, die sogenannte Ausgabenfunktion und ihre Ableitung, zu denen die Standardausbildung in VWL meist leider nicht durchdringt.

Die wirklich irreführende Neudefinition eines etablierten Begriffs in NKW ist der Producer-Surplus (PS). Jeder kann alles nennen, wie er will, aber einen derart etablierten Begriff wie den PS für etwas anderes zu verwenden als für das, wofür er in der Literatur geprägt wurde und seit jeher verwendet wird, geht zu weit. Analog zum CS gibt der PS an, wie sich der Gewinn einer mengenanpassenden, das heißt mit keinerlei Monopolmacht ausgestatteten Firma verändert, wenn die Preise sich ändern. Steigt z.B. der Outputpreis von einem Benchmarkpreis zu einem höheren Alternativpreis bei sonst unveränderten

¹ Männliche Formen sollen für alle Geschlechter stehen.

Preisen, dann ist der Anstieg des PS die von den beiden Preisen begrenzte Fläche links von der Angebotskurve der Firma. Der Outputpreis ist hier *gleich* den Grenzkosten, nicht darüber. Wenn, was wir wohl so verstehen sollen, mit Ressourcenkonsum bei NKW die Grenzkosten der Produktion gemeint sind, ist PS bei diesen Autoren der monopolistische Preisaufschlag. Wenn es einen solchen gibt, muss der CS tatsächlich um diesen Aufschlag korrigiert werden, wie NKW es korrekterweise tun, aber nicht unter einer der etablierten Terminologie widersprechenden Bezeichnung. Allerdings ist die Korrektur unvollständig; denn monopolistische (und andere) Preisaufschläge gibt es nicht nur in der Produktion der gegeneinander substituierten Verkehrsleistungen, sondern überall in der Ökonomie. Ändern sich die Mengen auch im Rest der Ökonomie, muss dort dieselbe Korrektur vorgenommen werden. Das ist das Wider-Effects-Problem, auf das wir im Abschnitt 4.2 zurückkommen.

Kritisch äußert sich im selben Heft dieser Zeitschrift Rothengatter (2015) zur Revision des Bewertungsverfahrens, zwar nicht zum Übergang zum CS, aber zurecht dazu, mit der Abschaffung von RK auch die Bewertung von weiteren Effekten sowie von Verteilungswirkungen über Bord geworfen zu haben. CS quantifiziert die in Geld gemessene Nutzenänderung, die einem Konsumenten aus Preisänderungen der konsumierten Leistungen erwächst. Summiert man CS über alle Konsumenten, wird daraus ein gesamtgesellschaftliches Benefitmaß nur unter zwei essentiellen und in der Praxis untragbaren Bedingungen: Erstens, jeder Euro zählt gleich, egal wer ihn verliert oder gewinnt, und zweitens, alle Preise stimmen mit den sozialen² Grenzkosten überein. Wir diskutieren in Abschnitt 4.2, inwiefern diese Bedingungen verletzt sind und wie man damit umgeht.

Im Folgenden erklären wir zuerst, was es mit CS auf sich hat. CS ist eine Approximation. Deswegen zeigen wir, was mit CS approximiert werden soll und dann, ob die Approximation für praktische Zwecke gut genug ist. Dabei bedienen wir uns neoklassischer Methodik, nämlich des Rationalitätspostulats und der Idee des Marktgleichgewichts, aber ohne kritiklos der von Rothengatter angeprangerten neoklassischen Glaubenslehre zu verfallen. Dann geht es darum, wie man von CS zur sozialen Wohlfahrt kommt (Abschnitt 4). Dies ist der Punkt, an dem man auf das falsche Gleis gerät, wenn man der Neoklassik nicht nur als methodisches Prinzip, sondern als gesellschaftspolitisches Dogma anhängt, welches übrigens mit dem methodischen Prinzip der Neoklassik unverträglich ist. Vor dem Hintergrund des Dargelegten kommen wir dann noch einmal auf RK zurück und zeigen, was dabei falsch läuft (Abschnitt 5). Vorauszuschicken ist ein Abschnitt über Begriffe und Notation.

2 Notation

Ein Konsument, in unserem Falle ein Verkehrsteilnehmer, erfährt Nutzenzuwächse oder -verluste durch Änderungen seiner monetären Ausgaben pro erbrachte Leistungseinheit

² Unter „sozial“ verstehen wir nicht wie im üblichen Sprachgebrauch etwas, das Benachteiligte begünstigt, sondern sozial steht für den sperrigen Begriff „gesamtgesellschaftlich“.

sowie Änderungen des Zeitaufwandes und von allerlei Annehmlichkeiten und Ärgernissen. Wir fassen all das in einer einzigen monetären Größe zusammen, den in Geldeinheiten gemessenen Preis p_i für das Gut i , von welchem die Menge x_i konsumiert wird. Da es viele Güter gibt, fassen wir die Preise und Mengen jeweils in einer Liste zusammen, den Preisvektor $p = (p_1, \dots, p_n)$ und den Mengenvektor $x = (x_1, \dots, x_n)$. Für den Wert der Konsumausgaben schreiben wir der Kürze halber $p \cdot x = p_1 x_1 + \dots + p_n x_n$; das ist das innere Produkt der Vektoren p und x . Im Folgenden vergleichen wir eine als Benchmark bezeichnete Ausgangssituation mit einem alternativen Planfall, kurz als Alternative bezeichnet. Benchmarkpreise und -mengen heißen p^b und x^b , Alternativpreise und -mengen heißen p^a und x^a . Wenn wir nur ein einzelnes Gut i aus der langen Liste meinen, heißen seine Preise und Mengen p_i und x_i , jeweils mit dem Superskript b oder a versehen.

Die wichtigste Preiskomponente außer den Out-of-Pocket-Costs (OPC) ist der spezifische Zeitaufwand, das heißt der Zeitaufwand pro konsumierte Mengeneinheit. Wie üblich wird er durch Multiplikation mit einem geschätzten Value of Time (VoT) in einen Geldbetrag übersetzt. Im Allgemeinen ist der VoT eine endogene Größe, die auf Änderungen von Preiskomponenten reagiert. Der Zeitaufwand kann selbst neben den Konsummengen auch ein Argument der Nutzenfunktion des Konsumenten sein, was wir hier der Einfachheit halber außer Acht lassen, und bei der Nachfrageentscheidung ist außer der monetären Budgetrestriktion auch eine Zeitrestriktion zu beachten. Um nicht zu viele Fässer gleichzeitig zu öffnen, wollen wir aber Gary Becker (1965) folgen, dem Vater der Theorie der Zeitallokation, der darauf hingewiesen hat, dass wir die Zeitrestriktion in die Budgetrestriktion integrieren können, wenn Zeit auf dem Markt durch Reduktion der Arbeitszeit gekauft bzw. durch Mehrarbeit verkauft werden kann. Damit ist der VoT der Nettolohn, das Budget y ist der Nettolohn multipliziert mit der verfügbaren Gesamtzeit plus sonstiges (d.h. nicht von der Arbeitszeit abhängiges) Einkommen, und der Preis ist OPC plus spezifischer Zeitaufwand, bewertet mit dem Nettolohn. Andere Annehmlichkeiten oder Unannehmlichkeiten vernachlässigen wir hier, ohne behaupten zu wollen, sie seien bedeutungslos. Preise sind – das ist zu betonen und wird weiter unten ausgeführt – im Allgemeinen nicht gleich den sozialen Grenzkosten, weil es Preiskomponenten gibt, die keine sozialen Grenzkosten sind, und soziale Grenzkosten, die keine Preiskomponenten sind.

3 Konsumentensurplus und Hicks-Variationen

Wir betrachten einen einzelnen Konsumenten, der seinen Konsumvektor x derart wählt, dass er mit seinem verfügbaren Budget y den größtmöglichen Nutzen erzielt. Das Resultat ist die Marktnachfrage x . Sie hängt natürlich von den Preisen und dem Budget ab. Wie ändert sich sein Nutzen, und zwar gemessen in Geldeinheiten, wenn sein Budget unverändert bei dem Betrag y^0 bleibt, während Preise sich vom Benchmark p^b zur Alternative p^a verändern? Die Nutzenveränderung selbst ist kein geeignetes Maß; denn vom Nutzen wissen wir nur: mehr ist besser. Aber wir können dem Nutzenzuwachs keinen metrischen, geschweige einen geldmetrischen Betrag zuordnen. Wir können jedoch angeben, um welchen Betrag sich das Budget unterscheiden müsste, wenn der Konsument bei einem irgendwie sinnvoll gewählten Vektor von Bewertungspreisen den in der

Alternative erreichten Nutzen u^a anstelle des Benchmarknutzens u^b erzielen will. Der Betrag ist positiv genau dann, wenn $u^a > u^b$, d.h. wenn der Konsument die Alternative dem Benchmark vorzieht. Um wie viel die Alternative besser ist, wird nun durch einen Geldbetrag angezeigt. Dieser Geldbetrag heißt Hicks-Variation, formal definiert als (siehe z.B. Mas-Colell, Whinston, und Green 1995, Abschn. 3.I)

$$V(\tilde{p}) = e(\tilde{p}, u^a) - e(\tilde{p}, u^b). \quad (1)$$

Hier ist $e(p, u)$ die angekündigte Ausgabenfunktion. Sie gibt den kleinstmöglichen Betrag eines Budgets an, der dem Konsumenten gerade eben erlaubt, bei Preisen p den Nutzen u zu erzielen.

Die Theorie sagt nichts darüber, wie wir \tilde{p} wählen sollen. Naheliegend ist, $\tilde{p} = p^a$ oder $\tilde{p} = p^b$ zu wählen. Das führt auf die Kompensatorische Variation CV und die Äquivalente Variation EV. Jene ist der Budgetabzug, der einen bei Alternativpreisen p^a auf den Benchmarknutzen zurückwirft.³ Diese ist die Zulage zum Budget, die man braucht, um bei Benchmarkpreisen auf den Alternativnutzen zu kommen.

Wegen $y^0 = e(p^a, u^a) = e(p^b, u^b)$ gilt

$$\begin{aligned} \text{CV} &= V(p^a) = e(p^a, u^a) - e(p^a, u^b) \\ &= e(p^b, u^b) - e(p^a, u^b) \end{aligned} \quad (2)$$

und

$$\begin{aligned} \text{EV} &= V(p^b) = e(p^b, u^a) - e(p^b, u^b) \\ &= e(p^b, u^a) - e(p^a, u^a). \end{aligned} \quad (3)$$

Dies liefert eine andere Interpretation der beiden Konzepte. Beide messen die Ausgabeneinsparung, die man beim Übergang der Preise vom Benchmark zur Alternative erzielt, wenn man den Nutzen konstant hält, bei EV auf dem Alternativ- und bei CV auf dem Benchmarkniveau.

Was soll uns all das helfen, wo wir doch diese schöne Ausgabenfunktion, die dazu noch nicht nur von einem, sondern von allen Preisen abhängt sowie vom unsichtbaren Nutzen, nicht kennen? Nun, wir wollen ja nicht die ganze Funktion kennen, sondern nur die Differenz der Funktionswerte, wenn einige Preise sich ändern, während die anderen alle konstant bleiben. Dafür gibt es ein praxistaugliches Verfahren. Es erschließt sich aus der als Hotelling-Theorem bezeichneten partiellen Ableitung von e nach einem Preis,

$$\frac{\partial e(p, u)}{\partial p_i} = x_i[p, e(p, u)]. \quad (4)$$

³ Die verbalen Erläuterungen formulieren wir immer für den Fall $u^a > u^b$. Die formalen Definitionen gelten indes allgemein. EV und CV haben beide dasselbe Vorzeichen wie $u^a - u^b$.

Die Nachfrage auf der rechten Seite der Gleichung ist die sogenannte einkommens-kompensierte oder Hicks-Nachfrage für das Nutzenniveau u . Sie gibt an, wie die Nachfrage auf die Preise reagiert, wenn man mit der Preisänderung zugleich das Budget derart anpasst, dass der Nutzen unverändert auf dem Niveau u verharrt (Mas-Colell, Whinston, und Green 1995, 3.G).

Intuitiv gesprochen ist das Hotelling-Theorem fast trivial: Wenn der Preis für Gut i ceteris paribus um den marginalen Betrag dp_i ansteigt, um wie viel müsste dann das zum Erreichen des unveränderten Nutzens erforderliche Budget ansteigen? Antwort: Um den Betrag $dp_i \cdot x_i[p, e(p, u)]$. Auf den ersten Blick ist dabei vergessen, dass die Mengen ja auch reagieren, dass also noch $p \cdot dx$ hinzuaddiert werden müsste. Aber da x ja ausgabenminimal gewählt ist, ist $p \cdot dx$ gerade Null (Envelope-Theorem).

Beginnen wir mit dem einfachen Fall, dass nur einer der Preise sich ändert, p_1 . Er falle von p_1^b auf p_1^a , so dass der Konsument, sofern nicht $x_1 = 0$ in beiden Welten ist, gewinnt. Für CV suchen wir nach der Funktion $e(p, u^b)$, um die Differenz in Gl. (2) zu berechnen. Da nur p_1 variiert, haben wir es mit einer Funktion nur von p_1 zu tun. Nennen wir sie der Übersicht halber $f(p_1)$. Einen Funktionswert kennen wir schon, nämlich

$$f(p_1^b) = y^0. \quad (5)$$

Nach Gl. (4) muss ferner für die Ableitung gelten

$$f'(p_1) = x_1[p_1, \dots, f(p_1)]. \quad (6)$$

Die Punkte stehen für die unveränderten Preise. Gl. (6) ist eine gewöhnliche Differentialgleichung mit Randbedingung (5). In speziellen Fällen kennt man eine Lösung in geschlossener Form, aber wenn nicht, ist eine numerische Lösung mit moderner Standardsoftware ein Kinderspiel, sofern man die rechte Seite in Gl. (6) kennt. Die Lösung liefert $f(p_1)$ und damit

$$CV = f(p_1^b) - f(p_1^a) = y^0 - f(p_1^a).$$

Für EV verfährt man entsprechend. Ein Blick auf die Definitionen von EV und CV zeigt, dass EV für die Veränderung der Preise von p^b nach p^a dasselbe ist wie $-CV$ für eine Veränderung von p^a nach p^b . Man braucht also in der Operation nur die Superskripte a und b auszutauschen und das Vorzeichen umzukehren, um EV zu erhalten.

Aber kennt man die rechte Seite der Gl. (6)? Wenn nicht, ersetzt man näherungsweise f in Gl. (6) durch y^0 . Man vernachlässigt also die beim Übergang vom Benchmark zur Alternative nach Gl. (2) erforderliche Einkommensanpassung. Das liefert als Lösung

$$f(p_1^a) \approx y^0 + \int_{p_1^b}^{p_1^a} x_1(p_1, \dots, y^0) dp_1, \quad (7)$$

und demnach die Näherung

$$CV \approx CS = \int_{p_1^a}^{p_1^b} x_1(p_1, \dots, y^0) dp_1. \quad (8)$$

Für eine Preissenkung, also für $p_1^b > p_1^a$ ist CS die von den beiden Preisen begrenzte Fläche links von der Markt-Nachfragekurve, die Fläche A + B + C in Abbildung 1. CV ist die Fläche A + B links von der zu u^b gehörenden Hicks-Nachfrage, EV ist die Fläche A + B + C + D links von der zu u^a gehörenden Hicks-Nachfrage. In der Abbildung wird unterstellt, dass das Gut normal ist, d.h. dass der Einkommenseffekt positiv ist.

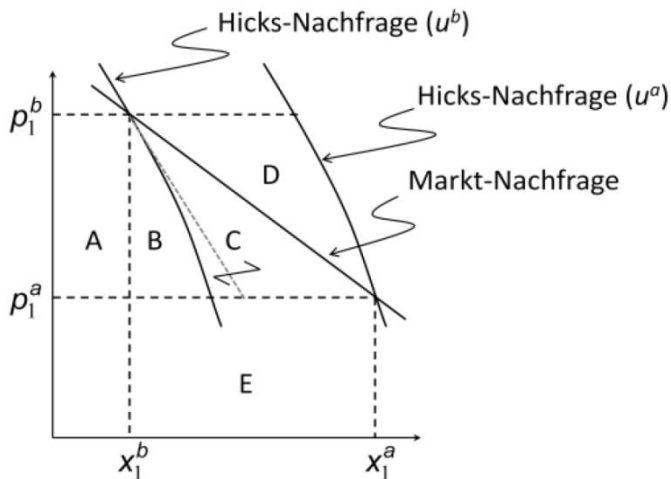


Abbildung 1. Benefitmaße für eine Preissenkung vom Benchmark-Preis p^b zum Alternativpreis p^a . $CV = A + B$, $CS = A + B + C$, $EV = A + B + C + D$, $RK = A - E$ (siehe unten).

Ist die Nachfrage linear, dann ist

$$CS = (p_1^b - p_1^a)(x_1^b + x_1^a) / 2.$$

Das ist die RoH. Ist sie konkav (bzw. konvex), wird CS mit RoH unterschätzt (bzw. überschätzt).

Der Fehler ist typischerweise unbedeutend.⁴ Zur Illustration betrachte man die Wahl zwischen zwei Verkehrsmitteln, die einem Logit-Modell folge. Im Benchmark seien beide Preise und Mengen gleich, und die Substitutionselastizität (relative Änderung der Mengenrelation durch relative Änderung der Preisrelation) sei eins. Im Übergang zur Alternative halbiere sich einer der beiden Preise. Das generiert einen Benefit nach RoH in Höhe von 28,06% und nach CS in Höhe von 28,09% der Benchmark-Ausgaben für beide Verkehrsmittel zusammengenommen, ein verschwindender Unterschied. Bei (unrealistischer) perfekter Substitutionalität wäre der Unterschied allerdings größer: Nach RoH ergäbe sich 37,5%, nach CS jedoch 50%, wie es sein soll, weil der oder die Nutzer gänzlich auf das billigere Verkehrsmittel wechseln würden, das jetzt für die Hälfte des Preises zu haben ist. Hier tritt der maximal denkbare Fehler auf, weil die Nachfrage nach dem Verkehrsmittel, das billiger wird, sozusagen maximal konkav ist, da es bei einem minimalen Preisvorteil ausschließlich gewählt wird. Ohne Substitution würden sich die Ausgaben natürlich nur um 25% (die Hälfte der Hälfte) verringern. Das ist weniger als im substitutionalen Fall, da der Nutzenzuwachs durch die Mengenanpassung wegfällt.

Die korrekte Berechnung der Hicks-Variationen nach Gl. (6) lässt sich auf die Veränderung vieler Preise verallgemeinern. Es ist naheliegend und möglich, die Preise nacheinander abzarbeiten. Wenn die Nachfrage Resultat einer Rationalentscheidung ist, was wir hier ja durchgehend unterstellen, ist das Resultat von der Reihenfolge, mit der man die Preise abarbeitet, unabhängig. Das folgt einfach daraus, dass jeder Schritt das korrekte Resultat für die Veränderung des jeweiligen Preises liefert. Eleganter ist es, den Preisraum z.B. diagonal zu durchlaufen. Sei $\pi(\tau) = (1-\tau)p^b + \tau p^a$, so dass $\pi(0) = p^b$ und $\pi(1) = p^a$, dann definieren wir $f(\tau) = e[\pi(\tau), u^b]$, so dass

$$f(0) = y^0 \quad (9)$$

und

$$f'(\tau) = x[\pi(\tau), f(\tau)] \cdot (p^a - p^b). \quad (10)$$

⁴ Der Absolutbetrag des relativen Fehlers ist das Verhältnis der Flächen $\frac{B+C}{A+B+C} = \frac{\varepsilon \hat{p}}{2 + \varepsilon \hat{p}}$ in Abbildung 1.

Darin bezeichnen ε die Nachfrageelastizität und \hat{p} die relative Preisänderung, jeweils in Absolutbeträgen. Das ist derselbe Fehler, den man macht, wenn man als Benefitmaß einfach die Menge mit der Preissenkung multipliziert und die Mengenänderung ignoriert. Es dürfte selten eine Maßnahme geben, bei der danach der maximale relative Fehler 10% übersteigt. Der tatsächliche relative Fehler verschwindet im Rauschen der Schätzungen.

⁵ Man beachte, dass hier Vektoren multipliziert werden; das Symbol „ \cdot “ steht wie in Abschnitt 2 für das innere Produkt.

Dies ist wieder eine gewöhnliche Differentialgleichung mit Randbedingung (9). Ihre Lösung liefert $f(\tau)$ und damit $CV = y^0 - f(1)$. Für EV verfährt man wieder entsprechend.

Für CS verallgemeinert man Gl. (8) zum Pfadintegral

$$CV \approx CS = \int_1^0 x[\pi(\tau), y^0] \cdot (p^a - p^b) d\tau. \quad (11)$$

Dieses Integral ist aber im Allgemeinen davon abhängig, welchen Pfad man wählt, es sei denn, der Einkommenseffekt ist wirklich Null.

Die Näherung CS anstelle von CV (oder EV) zu verwenden, wird üblicherweise mit der Behauptung gerechtfertigt, man könne die sogenannte Hicks-Nachfrage, d.h. die rechte Seite von Gl. (6) bzw. (10), nicht beobachten. Dieser Einwand ist irrig. Man kann sie ebenso gut oder ebenso wenig beobachten, wie die Markt-Nachfrage auf der rechten Seite von Gl. (8) bzw. (11). Die Marktnachfrage gibt ja an, wie die Menge reagiert, wenn der Preis sich ändert, das Einkommen (und die anderen Preise) aber konstant bleiben. Das kann man in keiner Statistik nachschauen, sondern nur aus der Schätzung einer Nachfragefunktion entnehmen. Selbst, wenn man sich für die RoH mit x_1^b und x_1^a zufriedengibt, kann man diese aus keiner Statistik entnehmen, weil mindestens x_1^a hypothetisch ist. x_1^a sagt, welche Menge nachgefragt *würde*, wenn man den Preis änderte, ceteris paribus. Selbst ex post steht das nicht in den Daten, da das Übrige nicht gleich bleibt. Die hypothetische Mengenänderung muss mit Hilfe eines geschätzten Nachfragesystems konstruiert werden. Für die Hicks-Nachfrage auf der rechten Seite in Gl. (6) bzw. (10) gilt dasselbe, nur mit dem Unterschied, dass die Schätzung nicht nur über den Einfluss des Preises, sondern auch den des Einkommens Aufschluss geben muss. Das aber wird jede vernünftige Schätzung tun. Denn in den Daten, ob Querschnitt oder Längsschnitt, variieren die Einkommen. Um den hypothetischen Fall unveränderter Einkommen zu ermitteln, muss man den Einkommenseffekt ohnehin schätzen. Schon eine einzige geschätzte Maßzahl, die Einkommenselastizität der Nachfrage, würde erlauben, die Formeln (6) oder (10) anzuwenden und damit die Hicks-Variation besser zu approximieren als mittels CS.⁶

Man könnte also auf CS ganz zugunsten der Hicks-Variationen verzichten. Aber diese haben einen Nachteil: Sie lassen sich nicht auf die aggregierte Nachfrage anwenden, wie wir im nächsten Abschnitt zeigen. CS jedoch ist aggregierbar: CS für die aggregierte Nachfrage ist gleich der Summe der CS der einzelnen Konsumenten. Deswegen lohnt es doch zu fragen, wie gut CS die Hicks-Variationen approximiert. Betrachten wir zuerst

⁶ Man erhält eine Korrekturformel in geschlossener Form, die von CS zu CV führt, $CV = y^0 \left[1 - (1 + (\eta - 1)CS / y^0)^{\frac{1}{1-\eta}} \right]$ (Willig 1976). η ist die Einkommenselastizität der Nachfrage. Man beachte, dass Willig die Maße mit umgekehrtem Vorzeichen definiert. Die quadratische Näherung dieser Formel liefert die unten genannte Fehlerabschätzung für die Annäherung von CV durch CS.

wieder die Variation nur des Preises p_1 . Sei \hat{p}_1 die relative Preisänderung, dann findet man für die prozentuale Abweichung von CS gegenüber CV oder EV die Näherung $\alpha\eta\hat{p}_1/2$ (Willig, 1976).⁷ Darin bezeichnet α den Anteil der Ausgaben für Gut 1 am Budget. Bei einer Preissenkung für ein normales Gut (d.h. eines mit $\eta > 0$) überschätzt CS die CV und unterschätzt die EV um diesen Prozentsatz. Wenn alle variierenden Preise vom Benchmark zur Alternative sinken (oder alle steigen)⁸, wie es bei Verkehrsprojekten üblicherweise der Fall ist, überträgt sich die Fehler-Abschätzung auf die Evaluation mehrerer Preise; da man die Preise sequentiell abarbeiten könnte, ist der relative Gesamtfehler die gewichtete Summe der relativen Fehler bei der Evaluation jeder einzelnen Preisänderung.

Der relative Fehler $\alpha\eta\hat{p}_1/2$ ist für typische praktische Fälle ein außerordentlich kleiner Prozentsatz. Nehmen wir als Beispiel eine sehr bedeutende Preissenkung, dass nämlich der Preis für die aggregierte Verkehrsleistung insgesamt um 10% sinkt. Die Verkehrsausgaben machten 2013 in Deutschland ungefähr 14% des BIP aus („Einkommens- und Verbrauchsstichprobe 2013“, 2015), und die Einkommenselastizität ist vermutlich kleiner als eins⁹. Daraus folgt ein relativer Fehler von weniger als einem Prozent! Zweifellos kann es einzelne Nachfragekomponenten mit höherer Einkommenselastizität geben, aber kaum zugleich mit hoher Einkommenselastizität und hohem Einkommensanteil.

Man muss auch noch bedenken, dass man in der Definition von CV und EV mit p^b oder p^a extreme Bewertungspreise \tilde{p} wählt, die die Endpunkte der Preispfade bilden, die von den Benchmarkpreisen zu den Alternativpreisen führen. Man könnte als Kompromiss eine mittlere Hicks-Variation $V(\bar{p})$ mit dem mittleren Preisvektor $\bar{p} = (p^b + p^a)/2$ wählen. Eine andere mittlere Variante einer Hicks-Variation ließe sich analog zu (2) bzw. (3) definieren als

$$MV = e(p^b, \bar{u}) - e(p^a, \bar{u}),$$

wobei das mittlere Nutzenniveau \bar{u} implizit durch $e(\bar{p}, \bar{u}) = y^0$ definiert ist. Diese mittleren Hicks-Variationen können für sich genauso Gültigkeit beanspruchen wie CV und EV. Man kann sie wie EV und CV explizit berechnen und findet, dass die Abweichung von CS praktisch ganz verschwindet.

Es ist abschließend noch zu bemerken, dass CS das korrekte Maß für den Fall ist, dass der Verkehrsnutzer nicht ein Konsument, sondern eine Firma ist, was ja für einen erheblichen Teil der Verkehrsnachfrage zutrifft. Ist die Firma Mengenanpasser auf den betrachteten Verkehrsmärkten, ist CS die Gewinnzunahme, weil die Nachfragefunktion die negative

⁷ Man kommt auf diese Formel auf einfache Weise, wenn man als relativen Fehler das Verhältnis der Flächen C/A in Abbildung 1 definiert und die Hicks-Nachfrage für u^b an der Stelle p_1^b linear approximiert, wie durch die blass gepunktete Gerade angedeutet. Für lineare Marktnachfrage, wie sie in der Abbildung angenommen ist, kann man die exakte Hicks-Nachfrage explizit berechnen. Sie verläuft leicht konkav.

⁸ Dieser Fall wäre für die Einführung einer Maut interessant.

⁹ Fouquet (2012) schätzt eine Elastizität von 0.8.

Ableitung des Gewinns nach dem Preis ist. Die Komplikation des Einkommenseffektes gibt es für Firmen nicht. Eine andere Frage ist, ob die Gewinnzunahme die Zunahme der sozialen Wohlfahrt misst. Das hängt davon ab, ob die Firma auf den anderen Märkten ebenfalls Mengenanpasser ist, ob dort die Preise die sozialen Grenzkosten widerspiegeln und wie die Verteilungswirkungen der Gewinnzunahme zu beurteilen sind. Dazu später.

4 Soziale Wohlfahrt

Im Bewertungsverfahren der BVWP werden wie selbstverständlich die individuellen Benefits zum sozialen Benefit aufsummiert. Dabei stellen sich drei Probleme. *Erstens* lässt sich die Summe der Hicks-Variationen nicht aus der aggregierten Nachfragefunktion rekonstruieren. Dies liefert wie gesagt einen guten Grund, sich mit CS zufriedenzugeben. *Zweitens* repräsentiert der individuelle Benefit nicht den individuellen Beitrag zum sozialen Benefit, weil Preise nicht die sozialen Marginalkosten repräsentieren. Und *drittens* setzt die Addition der geldmetrischen Benefits einen höchst zweifelhaften sozialen Wohlfahrtsbegriff voraus. Wir diskutieren die Probleme nacheinander.

4.1 AGGREGATION DER HICKS-VARIATIONEN

Möchte man, absehend von den weiteren genannten Problemen, den sozialen Benefit durch die Aggregation der individuellen Benefits, z.B. durch die Summe der individuellen CV_k quantifizieren, so geht das nur, indem man die individuellen CV_k wie oben berechnet und dann aufsummiert. Ein aggregiertes Analogon zu Gl. (6) derart, dass derselbe Formalismus auf die aggregierte Nachfrage angewendet wird, funktioniert nicht. Es ist wohl bekannt, dass sich die aggregierte Konsumnachfrage im Allgemeinen nicht als Nachfrage eines repräsentativen rationalen Agenten darstellen lässt. Die Eigenschaften, die die aus einer Rationalentscheidung resultierende Nachfrage eines Individuums kennzeichnet, überträgt sich nicht auf die Gesamtnachfrage¹⁰. Insbesondere ist sie keine Funktion des aggregierten Budgets. Individuelle Nachfragefunktionen ließen sich höchstens für Stichproben aus der Menge der Konsumenten schätzen und dann auf die Population hochrechnen – eine aufwändige Prozedur.

Ein Ausweg ist, von vornherein zu unterstellen, die individuelle Nachfrage sei einkommensunabhängig. Dann ist CS_k für alle Konsumenten k gleich den Hicks-Variationen und CS ist aggregierbar in dem Sinne, dass CS, berechnet durch Integration der aggregierten Nachfrage, gleich ist der Summe der CS_k , je berechnet durch Integration der individuellen Nachfragen.¹¹

¹⁰ Das ist das „Anything Goes“ Theorem (Mas-Colell, Whinston, und Green 1995, Abschn. 17.E).

¹¹ Aggregierbarkeit ist unter einer geringfügig allgemeineren, aber praktisch nutzlosen Bedingung, der sogenannten Gorman-Form möglich (Mas-Colell, Whinston, und Green 1995, Abschn. 4.D).

Man muss dabei allerdings beachten, dass nicht jede beliebige Nachfragefunktion mit der Annahme verträglich ist, Ergebnis einer Rationalentscheidung mit verschwindendem Einkommenseffekt zu sein. Der Nachfragevektor muss eine Monotonieeigenschaft haben, die die eindimensionale Monotonie (Nachfrage nicht-steigend im Preis) auf mehr Dimensionen verallgemeinert.¹² Ist sie für alle individuellen Nachfragen erfüllt, überträgt sie sich auf die aggregierte Nachfrage. Nachfrageentscheidungen werden häufig mit diskreten Entscheidungsmodellen vom AIRUM-Typ (McFadden und Manski 1981) (z.B. Logit oder Probit, auch verschachtelt) modelliert. Sie erfüllen die geforderte Eigenschaft; denn die derart modellierte Nachfrage kann ja als Aggregat der Nachfragen von Individuen aufgefasst werden, die Punkte in einem Wahrscheinlichkeitsraum sind. „AI“ in AIRUM heißt „Additive Income“ in der indirekten Nutzenfunktion. Das meint, dass die betrachtete Nachfrage der Individuen, und daher auch die des Aggregates, von Einkommensänderungen unberührt bleibt.

4.2 VERZERRTE PREISE

Abgesehen von den weiteren aufgezählten Problemen beim Übergang vom individuellen zum sozialen Benefit setzt die Aggregation der individuellen Benefits voraus, dass die bei ihrer Messung verwendeten Preise die sozialen Grenzkosten widerspiegeln. Tatsächlich enthalten Preise Komponenten, die keine sozialen Grenzkosten sind, und es gibt soziale Grenzkosten, die keine Preisbestandteile sind. Nennen wir jetzt, ohne in den Tiefen der allgemeinen Gleichgewichtstheorie zu versinken, X den Vektor der produzierten Mengen in der Ökonomie (im Unterschied zu x , das für den Konsum eines einzelnen Konsumenten steht), p nach wie vor den Vektor der Preise (aller Preise, nicht nur der für Transportleistungen) und c den Vektor der sozialen Grenzkosten, die sich zwischen Benchmark und Alternative unterscheiden können, aber als in den Mengen konstant unterstellt sind. Dann muss man von der Summe der wie oben berechneten individuellen Benefits eine Verzerrungskorrektur VK,

$$VK = (c^a - p^a) \cdot X^a - (c^b - p^b) \cdot X^b$$

subtrahieren. Verschieben sich z.B. die Produktionsmengen durch die evaluierte Maßnahme weg von Sektoren mit geringen externen (d.h. nicht in den Preisen reflektierten) Umweltkosten hin zu solchen mit hohen externen Umweltkosten, so vermindert sich der soziale Benefit. Verschieben sich andererseits die Mengen weg von Sektoren mit geringen Preisaufschlägen auf die Marginalkosten hin zu solchen mit hohen Preisaufschlägen, so erhöht sich der soziale Benefit. Preisaufschläge (bei NKW fälschlich als Producer Surplus bezeichnet) können insbesondere aus Monopolmacht oder Steuern resultieren oder daraus,

¹² Wenn die Nachfrage eine differenzierbare Funktion ist, muss ihre Jacobi-Matrix symmetrisch negativ-semidefinit sein. Allerdings ist sie bei diskreten Entscheidungen im allgemeinen keine Funktion, sondern eine mehrwertige Abbildung mit Sprungstellen bei Preisen, bei denen ein Konsument indifferent zwischen diskreten Optionen ist. Im allgemeinen muss sie zyklisch monoton sein (Rockafellar 2015, Kap. 24).

dass Angebot und Nachfrage nicht durch flexible Preise zum Ausgleich kommen. Dies ist für den Arbeitsmarkt essentiell; bei unfreiwilliger Arbeitslosigkeit sind die sozialen Grenzkosten der Arbeit kleiner als der Lohnsatz. Die Divergenz zwischen Preisen und sozialen Grenzkosten ist nicht allein im Verkehrssektor, sondern in der gesamten Ökonomie relevant.

Natürlich ist es in der Praxis außerordentlich schwierig, die Korrekturen zu quantifizieren. Was externe Umweltkosten betrifft, also den Fall $c_i > p_i$, gibt es etablierte, aber auch umstrittene Verfahren. Selten werden dabei allerdings induzierte Mengenänderungen auch außerhalb des Verkehrssektors in Betracht gezogen. Die Relevanz von Preisaufschlägen, also des umgekehrten Falles $p_i > c_i$, ist ein Aspekt der Diskussion über Wider Effects. Wider Effects können positiv oder negativ sein. Kommunikationsförderung durch Preissenkung im Personenverkehr führt zu Wider Benefits im Wachstum (Bröcker 2013). In der Literatur werden auch Wider Benefits durch Agglomerationsförderung postuliert. Die sind aber dubios, weil die Verluste in der Peripherie nicht gegengerechnet sind. Hier ist aber nicht der Ort, um zu diesem Thema in die Tiefe zu gehen (siehe z.B. Graham und Melo 2011).

4.3 DIE SOZIALE WOHLFAHRTSFUNKTION

Die soziale Wohlfahrt zu quantifizieren, indem man individuelle geldmetrische Benefits addiert, ist keine theoretisch begründete Forderung einer Effizienzanalyse, sondern eine gesellschaftliche Norm, und zwar eine höchst fragwürdige. Sie setzt nämlich den Beitrag eines Euros zur sozialen Wohlfahrt gleich, egal wer ihn verliert oder gewinnt. Kaum ein Mensch würde sich diese Norm zu eigen machen, sondern einen Euro in der Tasche eines Armen höher als einen Euro in der Tasche eines Reichen werten. Es widerspricht auch keinen wohlfahrtstheoretischen Prinzipien, Benefits in Rückstandsgebieten höher zu bewerten als solche in prosperierenden Regionen, um der Norm gleichwertiger Lebensbedingungen zu genügen. Die abwehrende Aussage, dies sei in der Bewertung irrelevant, da es nicht wohlfahrtstheoretischer sondern verteilungstheoretischer Natur sei (Intraplan und TUBS Berlin 2014), basiert auf der unhaltbaren Vorstellung, Wohlfahrt und Verteilung ließen sich separieren. Mit der Datenbasis, auf der die Bewertungen basieren (Origin-Destination-Ströme und deren Preise und Kosten) kann man die regionale Inzidenz der Maßnahmen schätzen¹³ und dann Gewichtungen der regionalen Benefits vornehmen, wenn die Norm es verlangt. Personelle Verteilungswirkungen zu identifizieren, ist allerdings schwierig, und die personellen sind anders als die regionalen Verteilungswirkungen diffus.

Versuche, eine strikte Trennung von Effizienz und Verteilung zu fundieren, können als gescheitert angesehen werden. Das Kaldor-Kriterium etwa, das einen Effizienzgewinn postuliert, wenn *potentiell* die Gewinner die Verlierer kompensieren könnten, ist ethisch

¹³ Zur Methodik siehe Bröcker und Rietveld (2009, Abschn. 7)

unhaltbar, ja geradezu eine Verhöhnung der Verlierer. Es induziert zudem keine konsistente Ordnung gesellschaftlicher Zustände. Ferner ist unklar, wie es getestet werden soll. Man müsste explizit ein Gleichgewicht mit Kompensation berechnen und auf diese Weise konstruktiv zeigen, dass es existiert. Das verlangt den Einsatz Allgemeiner Gleichgewichtsmodelle, die für routinemäßigen Einsatz in der Bewertung beim Stand der Dinge nicht in Frage kommen (Bröcker und Mercenier 2011).

Man könnte denken, das Kriterium sei erfüllt, wenn die Summe der CV_k positiv ist. Das ist aber nicht korrekt. Das Boadway-Paradox sagt, dass diese Summe immer positiv (oder im Spezialfall Null) ist, wenn man durch Umverteilung der Anfangsausstattung von einem Pareto-Optimum zu einem anderen übergeht. Dabei sind aber die Verlierer definitionsgemäß *nicht* kompensierbar (Blackorby 1990). Die ungewichtete Addition individueller Geldbeträge lässt sich nur pragmatisch rechtfertigen mit der Hoffnung, Umverteilungseffekte seien vernachlässigbar. Das ist eine empirische Frage und bedarf der Analyse. Resultate sind gemischt (siehe z.B. Valerio Mendoza 2017).

5 Ressourcenkonsum-Rechnung

Nach RK misst man den sozialen Benefit als Abnahme der Ressourcenkosten beim Übergang vom Benchmark zur Alternative, also

$$RK = c^b \cdot X^b - c^a \cdot X^a.$$

Eigentlich hätte das für die gesamte Ökonomie zu erfolgen, aber man erfasst in den Vektoren X und c tatsächlich nur die Verkehrsleistungen. In c stehen alle spezifischen Kosten einer Verkehrsleistung, gleich ob sie intern oder extern sind, also ob sie sich in den Preisen widerspiegeln oder nicht. Betrachten wir eine Verkehrsleistung (Gut 1), sehen vorerst von Verzerrungen ab und unterstellen, dass es keine Auswirkungen auf die Nachfrage anderer Verkehrsleistungen gibt, dann misst RK die Fläche A – E in Abbildung 1¹⁴. Also ist das korrekte Maß $CS = RK + E + B + C$. Die Fläche $E + B + C$ ist der geldmetrische Nutzenzuwachs, der aus der Expansion der Menge von X_1^b nach X_1^a resultiert. Das Dreieck $B + C$ (das sogenannte Harberger-Dreieck) zu vernachlässigen, ist dabei nicht das Problem. Es ist ein Effekt zweiter Ordnung. Wie oben dargelegt verschwindet es in Relation zu A, wenn die Preisänderung klein wird. Die fälschlich abgezogene Fläche E jedoch ist ein Effekt erster Ordnung. E/A ist $(dX_1 \cdot p_1) / (X_1 \cdot dp_1)$. Das ist ε , die Preiselastizität der Nachfrage (alles in Absolutbeträgen). Sie verschwindet nicht mit verschwindender Preisänderung. Ist die Nachfrage elastisch, dann ist E sogar größer als A und der Benefit wird kurioserweise negativ, obwohl kein Preis gestiegen ist, p_1 aber gesunken ist und es annahmegemäß keine Verzerrung gibt. RK zählt die Kosten

¹⁴ Auf der Abszisse denken wir uns jetzt nicht die individuelle, sondern die Gesamtnachfrage abgetragen.

der Mengenexpansion als Verlust, aber vergisst, dass man für die Kosten ja auch etwas bekommt. Das ist schlicht abwegig.

Nimmt man Auswirkungen auf die Nachfrage X_2 nach einem substitutiven Verkehrsmittel hinzu, wird der Fehler durch einen anderen Fehler reduziert, nämlich den, die Kosteneinsparung $p_2(X_2^b - X_2^a)$ hinzuzuaddieren. Nur zufällig würde er gerade ausgeglichen, z.B. wenn X_2 im gleichen Umfang reduziert wird, in dem X_1 erhöht wird, und $p_1^a = p_2$ ist. Wäre eine andere Leistung jedoch komplementär, so würde der Fehler sogar vergrößert.

Lassen wir nun wieder Verzerrungen zu. Sind die Mengen konstant, also $X^b = X^a = X$, dann ist CS einfach die Fläche A, oder allgemein $CS = X \cdot (p^b - p^a)$. Der soziale Benefit ist in diesem Falle $CS - VK = RK = X \cdot (c^b - c^a)$. Ohne Mengenänderung gibt es keinen Unterschied der Methoden. Ließe man allerdings die Verzerrungskorrektur weg, läge man mit CS allein falsch, mit RK jedoch richtig. Gibt es Verzerrungen und man vernachlässigt Mengenänderungen, obwohl sie in Wahrheit relevant sind, dann unterschlägt man in RK die Änderungen externer Kosten durch die Mengenänderungen. Die sind von erster Ordnung, also nicht zu vernachlässigen.

Abstract

In a non-distorted economy with rational decision makers one would ideally measure the benefits from transport infrastructure improvements by adding up compensating variations (CV) of individuals, provided one Euro has equal weights, irrespective of who gains or loses it. Contrary to commonly held wisdom, CV can well be quantified using the information provided by typical estimates of demand systems. The problem with CV is, however, that its aggregation cannot be inferred on from aggregated demand systems. Hence, consumer surplus (CS), can be used as an approximation and estimated from aggregate demand, provided individual demand is not affected by income changes in the relevant range. Fortunately, the relative error emerging from the use of CS instead of CV is negligible in practice. Furthermore, CS itself can be approximated by the rule of a half (RoH), and the approximation error is also typically small. As real markets are severely distorted, aggregate CS needs to be corrected for distortion by subtracting the net increase of external costs. Marginal external costs are marginal social costs not covered by the prices the individual decisions are based on. "Net increase" means that price components that are not social marginal costs count like negative external cost. It can furthermore well be argued that Euros should not count one to one and distributional impacts should be taken into account, without getting into conflict with the principles of neoclassical welfare economics. Finally, given that methods perfectly consistent with this approach are well established, the traditional German Resource Cost approach must be regarded as a historical oddity.

Literatur

- Antonelli, Giovanni Battista. 1886. *Sulla teoria matematica della economia politica*. Pisa: Tipografia Del Folchetto.
- Becker, Gary S. 1965. „A Theory of the Allocation of Time“. *The economic journal* 75 (299): 493–517.
- Blackorby, Charles. 1990. „The case against the use of the sum of compensating variations in cost-benefit analysis: a review article“. Herausgegeben von David Donaldson. *The Canadian journal of economics* 23 (3): 471–94.
- Bröcker, Johannes. 2013. „Wider economic benefits from communication-cost reductions: an endogenous growth approach“. *Environment and Planning B: Planning and Design* 40 (6): 971–86.
- Bröcker, Johannes, und Jean Mercenier. 2011. „General equilibrium models for transportation economics“. In *A handbook of transport economics*, herausgegeben von André de Palma, Robin Lindsey, Emil Quinet, und Roger Vickerman, 21–45. Cheltenham, UK: Edward Elgar.
- Bröcker, Johannes, und Piet Rietveld. 2009. „Infrastructure and regional development“. In *Handbook of regional growth and development theories*, herausgegeben von Roberta Capello und Peter Nijkamp, 152–181. Cheltenham, UK: Edward Elgar.
- „Einkommens- und Verbrauchsstichprobe Aufwendungen privater Haushalte für den Privaten Konsum 2013“. 2015. Heft 5. Fachserie 15, Wirtschaftsrechnungen. Wiesbaden: Statistisches Bundesamt.
- Fouquet, Roger. 2012. „Trends in Income and Price Elasticities of Transport Demand (1850–2010)“. *Energy Policy* 50 (November): 62–71. .
- Graham, Daniel, und Patricia Melo. 2011. „Assessment of wider economic impacts of high-speed rail for Great Britain“. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, Nr. 2261: 15–24.
- Intraplan, Planco, und TUBS Berlin. 2014. „Grundsätzliche Überprüfung und Weiterentwicklung der Nutzen-Kosten-Analyse im Bewertungsverfahren der Bundesverkehrswegeplanung“.
- Mas-Colell, Andreu, Michael Dennis Whinston, und Jerry R. Green. 1995. *Microeconomic theory*. New York, NY [u.a.]: Oxford Univ. Press.
- McFadden, Daniel, und Charles F. Manski. 1981. *Structural Analysis of Discrete Data with Econometric Applications*. Cambridge, Mass.: MIT Press.
- Nagel, Kai, Benjamin Kickhöfer, und Martin Winter. 2015. „Reverse-engineering of the rule-of-half in order to retrofit an assessment procedure based on resource consumption“. *Zeitschrift für Verkehrswissenschaft : ZfV* 86 (3): 219–39.

- Rockafellar, Ralph Tyrell. 2015. *Convex Analysis*. Princeton, New Jersey: Princeton University Press.
- Rothengatter, Werner. 2015. „BVWP-Bewertungsverfahren: volle Fahrt zurück in die orthodoxe Neoklassik“. *Zeitschrift für Verkehrswissenschaft : ZfV* 86 (3): 181–204.
- Valerio Mendoza, Octasiano M. 2017. „Infrastructure Development, Income Inequality and Urban Sustainability in the People’s Republic of China“. 713. ADBI Working Paper. Asian Development Bank Institute.
- Willig, Robert D. 1976. „Consumer’s surplus without apology“. *American Economic Review* 66 (4): 589–97.