

Max Kistler

Zur Transfer-Theorie der Kausalität

in: Georg Meggle (ed.), *Analysomen 2: Perspectives in Analytical Philosophy*, Vol. 1: Logic, Epistemology and Philosophy of Science, pp. 421-429. Berlin/New York, De Gruyter, 1997.

Abstract: Causation can be reduced to transmission in the following way:

(K) Two events c and e are linked as cause and effect iff there is a conserved quantity P which is exemplified in both events and of which an amount Q is transferred from c to e .

This conception permits to overcome difficulties faced by earlier versions of the transference theory and by "process theories" of causation, such as Salmon's and Dowe's. In particular, it can explain the asymmetry of causality without relying on the asymmetry of time, and the difference between causal and pseudo-processes.

Statt eine Bestandsaufnahme sämtlicher Versuche¹ in Angriff zu nehmen, die seit Humes (1978) und Russells (1912) Attacken unternommen wurden, um dem Begriff der Kausalität als objektiver Beziehung zwischen Ereignissen wieder zu philosophischer Respektabilität zu verhelfen, möchte ich folgenden Vorschlag verteidigen:

(K) Zwei Ereignisse c und e sind genau dann wie Ursache und Folge miteinander verbunden, wenn es eine Erhaltungsgröße P gibt, die in beiden Ereignissen vorhanden ist, und von der eine bestimmte Quantität Q von c auf e übertragen wird.

Der hier verwendete Ereignisbegriff identifiziert ein Ereignis mit dem Inhalt einer Raumzeit-Zone. Ereignisse sind also konkrete Individuen, deren Identität aufgrund eines räumlichen *und zeitlichen* Kriteriums festgelegt ist. Dagegen hängt im allgemeinen die Identität eines Gegenstands, z.B. eines Tisches, nur von seinen *räumlichen* Grenzen ab².

Die auf (K) aufbauende Transfer-Theorie³, d.h. die Theorie der Kausalität, die sie auf die Übertragung⁴ einer Quantität einer Erhaltungsgröße zurückführt, soll nun am Beispiel der Erklärung des Ursprungs der Asymmetrie der Kausalität näher erläutert werden.

1. Der Ursprung der Asymmetrie der Kausalbeziehung

Ist die Transfer-Theorie unverträglich mit einer kausalen Theorie der Zeit? Der Vorwurf, daß dem so sei, wird damit begründet, daß die Theorie keinen Ansatz enthalte, der es erlauben würde, den asymmetrischen Charakter der Kausalbeziehung direkt, d.h. aus der Natur dieser Beziehung selbst, abzuleiten.

Im Folgenden soll herausgearbeitet werden, daß es in Wirklichkeit ein Vorteil der Reduktion (K) ist, daß die Asymmetrie zwischen Ursache und Wirkung in ihr nicht als begrifflicher Bestandteil der Kausalität erscheint. Dazu muß man sich zunächst die Grundidee der Übertragung klarmachen: Die zeitliche Dimension und die räumlichen Dimensionen haben in der Transfer-Theorie denselben Status. Insbesondere ist die Zeit an sich selbst genausowenig asymmetrisch wie der Raum. Wo Asymmetrie auftritt, liegt sie in den spezifischen Prozessen begründet, die *in* der Zeit und *im* Raum ablaufen. Eine ausgezeichnete Richtung *in* der Zeit gibt es nur aufgrund der ausgezeichneten Richtung asymmetrischer Prozesse.

Soviel ist an dem Vorwurf, daß nach der Transfer-Theorie die Kausalbeziehungen selbst keine Grundlage für Asymmetrie bieten, richtig: Es ist in der Tat der Fall, daß es Kausalprozesse gibt, deren asymmetrischer Charakter *indirekt* bestimmt ist, d.h. durch die Beziehung des betreffenden Prozesses zu anderen Kausalbeziehungen, wobei die Asymmetrie der letzteren von ihrer physikalischen Eigenart herrührt. Das heißt folgendes: Gehen wir davon aus, daß es zwei grundsätzlich verschiedene Arten von kausalen Prozessen gibt. Die einen sind vollständig von reversiblen Naturgesetzen determiniert: Zu diesem Typ gehören die Bewegung der Planeten und die Bewegung von Billardbällen - unter der Voraussetzung, daß sie reibungsfrei vor sich geht. Die Prozesse der zweiten Gruppe sind irreversibel, das heißt sie besitzen eine intrinsische zeitliche Asymmetrie. Ein Spezialfall dieses Typs umfaßt praktisch alle Vorgänge, die auf der Erde ablaufen: Es ist der Fall der Entropie erzeugenden (oder dissipativen) Prozesse⁵. Diese Prozesse sind so zahlreich, daß sie eine ausreichende Basis für die Asymmetrie *aller* kausalen Prozesse darstellen, und zwar auf die folgende Weise. Gehen wir davon aus, daß es keine Ereignisse gibt, die kausal vollständig isoliert sind, das heißt, die in überhaupt keiner kausalen Verbindung zu anderen Ereignissen stehen. Diese Annahme ist deshalb plausibel, weil die kausalen Auswirkungen eines

Ereignisses überhaupt den einzigen Grund darstellen, seine Existenz anzunehmen. Was wäre ein Gegenstand oder ein Ereignis "ohne Eigenschaften"? Wir könnten nicht nur nichts von ihm wissen, sondern es bestünde kein guter Grund anzunehmen, daß er (oder es) existiert. Wenn ein Gegenstand aber Eigenschaften hat, dann steht er auch in Wechselwirkung mit seiner Umgebung⁶. Wir können uns nun die kausalen Verbindungen, die zwischen den Ereignissen bestehen, in der Form eines Netzes vorstellen, wobei die Knoten die Ereignisse repräsentieren⁷.

Wir haben jetzt fast alle Voraussetzungen für die Schlußfolgerung, daß es möglich ist, allen kausalen Beziehungen eine eindeutige Richtung zuzuschreiben. Erstens sind alle Ereignisse und ihre Kausalverbindungen in ein Netz eingebunden. Zweitens gibt es in diesem Netz zumindest einige - und in unserer näheren Umgebung, auf der Erde, sogar zahllos viele - Verbindungen von Ursache und Wirkung, die aufgrund ihrer physikalischen Eigenart in sich selbst asymmetrisch sind. Wir wollen nun vorläufig zwei weitere Voraussetzungen machen⁸: Die dritte Voraussetzung ist, daß es nur *ein* solches Netz gibt, das heißt, daß alle Ereignisse tatsächlich in einem einzigen Netz eingebunden sind. Die vierte Voraussetzung ist, daß es in jeder Region der Welt eine klare Mehrheit von Kausalverbindungen gibt, deren intrinsische Asymmetrie (siehe Voraussetzung 2) in dieselbe Richtung weist. Auf der Erde scheint es zum Beispiel der Fall zu sein, daß die Richtung der Asymmetrie aller energetisch isolierten irreversiblen Prozesse dieselbe ist.

Unter der Annahme, daß diese Voraussetzungen erfüllt sind, können wir nun das kausale Netz dazu benutzen, um denjenigen Kausalbeziehungen, die keine intrinsische Asymmetrie aufweisen, die also in sich selbst symmetrisch sind, indirekt doch eine Richtung zuzuschreiben: Die vierte Voraussetzung erlaubt es nämlich, die Richtung der Mehrheit der in sich asymmetrischen Prozesse *dem ganzen Netz* zuzuschreiben. Dann kann man die Richtung des Netzes einfach auf alle in ihm enthaltenen und in sich symmetrischen Kausalbeziehungen übertragen.

Die Konstruktion eines kausalen Netzes erlaubt es der Transfer-Theorie, den Einwand (cf. Dieks 1986:95; Dowe 1992b:181; Sosa and Tooley 1993:3f.) zurückzuweisen, sie mache eine kausale Theorie der Zeit unmöglich. Sie kann einerseits daran festhalten, daß die Asymmetrie nicht zum Begriff der Kausalität selbst gehört. Dies ist in der Tat eine der zentralen Einsichten, die die Theorie möglich macht. So wie der Begriff der Übertragung in ihr verstanden wird, ist die Beziehung zwischen den beiden Ereignissen, zwischen denen die Übertragung stattfindet,

vollständig symmetrisch. Sie kann deshalb die Asymmetrie einer bestimmten spezifischen Gruppe von Kausalverbindungen als eine kontingente Eigenschaft auffassen, die von ihrer physikalischen Eigenart herrührt. Andererseits, und das erlaubt es schließlich, den in Frage stehenden Einwand zurückzuweisen, gelingt es ihr, den anderen, das heißt in sich selbst symmetrischen Prozessen, einen asymmetrischen Charakter zuzuschreiben, *ohne* dabei auf die Asymmetrie der Zeit zurückgreifen zu müssen. Sie tut das, indem sie statt dessen auf die Asymmetrie des kausalen Netzes zurückgreift, die ihrerseits ebenfalls auf der Präsenz von intrinsisch asymmetrischen Prozessen beruht, deren Mehrheit in dieselbe Richtung ablaufen. Im Sinn einer kausalen Theorie der Zeit kann die "Richtung der Zeit" mit der Richtung des kausalen Netzes identifiziert werden. In diesem Rahmen hat die Zeit selbst als Dimension keine Richtung, sondern ist ebenso isotrop wie der Raum (cf. Horwich 1987). Es ist korrekter, statt von der Richtung *der Zeit*, von der Richtung der Vorgänge, die *in* der Zeit ablaufen, zu sprechen. Es genügt natürlich auch, die geläufige Sprechweise auf die dargestellte Weise neu zu interpretieren, ohne sie gleich eliminieren zu müssen.

Ein weitverbreitetes Argument gegen die Akzeptabilität einer Transfer-Theorie beruht auf der Behauptung, diese schliesse die Möglichkeit rückwärtsgerichteter Kausalität aus (cf. Ehring 1986:255; Dowe 1992b:181f.). Dieses Argument trifft aber nur solche Versionen der Theorie, die die Asymmetrie jeder einzelnen Kausalbeziehung direkt von der objektiven Zeitrichtung ableiten. Unter dieser Voraussetzung kann es allerdings wirklich *per definitionem* keine rückwärtsgerichtete Kausalität geben. Letzterer Begriff beinhaltet ja genau die Idee einer kausalen Beziehung, deren Richtung der der Zeit entgegelläuft, das heißt, in der die Ursache später stattfindet als die Wirkung.

Aber im Rahmen unserer auf dem Begriff des kausalen Netzes beruhenden Konzeption erscheint die Möglichkeit solcher rückwärts in der Zeit ablaufenden kausalen Prozesse nicht als paradox. Es könnte nämlich folgende Situation eintreten: In einer bestimmten Region der Welt läuft die große Mehrheit der irreversiblen, d.h. intrinsisch asymmetrischen, Prozesse in der gleichen Richtung ab. Das reicht aus, um dem ganzen Netz in diesem Gebiet eine Vorzugsrichtung zu geben, die man dann auch als die "positive Zeitrichtung" auffassen kann. Wenn es aber in demselben Netz auch solche Prozesse gibt, die einerseits intrinsisch asymmetrisch sind und die andererseits in die

andere Richtung verlaufen, dann kann man von ihnen sagen, ihre Kausalrichtung sei "rückwärtsgerichtet", d.h. laufe der Haupt-Zeitrichtung entgegen. Ein solcher Fall könnte zum Beispiel dann eintreten, wenn das betreffende Gebiet der Welt thermodynamische Systeme enthält, in denen sich die Entropie spontan verringert (ohne daß dies auf einer entsprechenden Entropievermehrung der mit dem System in Kontakt stehenden Umgebung beruht).

Ist es möglich, unsere Theorie mit einer bestimmten Sorte von Kausalurteilen in Einklang zu bringen, bei denen die Zuschreibung von Ursache und Wirkung *nicht* der Richtung der objektiven Asymmetrie bei der Übertragung entspricht? Dies ist zum Beispiel bei der Aussage der Fall, daß ein Eiswürfel, der im Wasser schwimmt, das ihn umgebende Wasser abkühlt (cf. Fair 1979). Nachdem der Energiefluß vom Wasser zum Eis führt, ist es klar, daß die einzige Aussage, die die Richtung von Ursache zur Wirkung korrekt widerspiegelt, diejenige ist, nach der das Wasser die Erwärmung des Eiswürfels bewirkt. Das andere Urteil ist trotzdem eine gültige *Erklärung*, nur ist es eine solche, in der die Richtung der Erklärung nicht mit der Richtung der Kausalität übereinstimmt. Man kann durchaus die *Tatsache*, daß sich das Wasser abkühlt, mit der *Tatsache*, daß sich der Eiswürfel erwärmt, *erklären*. Es handelt sich dabei aber nicht um eine kausale Erklärung in dem Sinn, daß darin das *Explanans* nicht die Ursache benennt und das *Explanandum* nicht die Wirkung. Sobald man versucht, es als Ereignisurteil⁹ zu verstehen oder umzuformulieren, wird es falsch: Die Erwärmung des Eiswürfels bewirkt eben *nicht* die Abkühlung des Wassers.

2. Die Unterscheidung von kausalen Prozessen und Pseudo-Prozessen

Salmon (1984) charakterisiert kausale Prozesse durch ihre Fähigkeit, Kennzeichen übertragen zu können (cf. Reichenbach 1928, 1956). Ich möchte nun zeigen, daß die Transfer-Theorie in diesem Zusammenhang einen Vorsprung an Erklärungskraft gegenüber den von Salmon und Dowe (1992a, 1992b) vertretenen Theorien besitzt.

In Salmons (1984) Theorie erscheint die Eigenschaft kausaler Prozesse, Kennzeichen übertragen zu können, einfach als Teil ihrer Definition. Indem die Theorie ihnen diese Eigenschaft per Stipulation zuschreibt, ist die Möglichkeit, ihre Grundlage zu *erklären*, von vorneherein

ausgeschlossen. Die Transfer-Theorie erlaubt genau das, und zwar auf die folgende Weise¹⁰: In der Transfer-Theorie ist die fundamentale Kategorie das Ereignis. Ein Kennzeichen ist dann eine Eigenschaft eines Ereignisses, genauer gesagt einer ganzen Serie von Ereignissen. Falls das Kennzeichen die Manifestation einer Erhaltungsgröße ist, kann sie auf andere Ereignisse innerhalb einer Weltlinie übertragen werden. Eine Weltlinie ist dabei als (räumlich und zeitlich) lückenlose Kette von Ereignissen definiert. Ein akustisches Signal besteht zum Beispiel typischerweise entweder in einem Schallwellenpaket oder in einer lokalen Modifikation einer kontinuierlichen Schallwelle. Beide stellen Manifestationen von Energie dar. Die Eigenschaft, die das Signal ausmacht, kann übertragen werden, weil die zugrundeliegende Erhaltungsgröße, nämlich die Energie, übertragen werden kann. Die Übertragung eines Kennzeichens erscheint folglich in diesem Rahmen als ein Spezialfall der Übertragung einer Menge einer Erhaltungsgröße. Ein besonders wichtiger Fall ist die "kausale Linie" (Russell 1948), auf der die "Genidentität" der physikalischen Gegenstände beruht. Ein Gegenstand besteht über die Zeit hinweg, weil die Kettenglieder der Ereignisse, aus denen er besteht, untereinander per Übertragung kausal verbunden sind. Man kann also sagen, daß ein Gegenstand aus seinen zeitlichen Abschnitten besteht, bzw. daß er von diesen konstituiert wird.

Nach Dowe ist ein Kausalprozeß eine "Weltlinie eines Gegenstands, die eine Erhaltungsgröße manifestiert" (Dowe 1992a, 210; 1992b, 184). Nun ist aber der Begriff der *Manifestation* zu schwach, um die Unterscheidung zwischen Prozeß und Pseudo-Prozeß zu rechtfertigen. Der Grund, warum Dowe auf den Begriff der Manifestation ausweicht, ist, daß er die Idee der diachronischen Identität von Mengen von Erhaltungsgrößen für unvertretbar hält.

Aber Doves Voraussetzungen machen den Pseudo-Prozeß *par excellence*, nämlich die Bewegung des von einer zentralen Lichtquelle auf eine Zylinderwand projizierten Lichtflecks (cf. Salmon 1984:141ff.), zum Kausalprozeß. Es handelt sich erstens um eine Weltlinie, das heißt eine zeitlich und räumlich lückenlose Kette von Ereignissen. Das ist eine unabkömmliche Voraussetzung für einen Pseudo-Prozeß: Er muß ja den Anschein erwecken, kausal zu sein. Hätte er Lücken, würde dieser Anschein nicht entstehen. Zweitens dürfen wir dem Ausdruck "Gegenstand" (*object*) in Doves Definition nicht dessen Standardbedeutung geben, weil Dowe die diachronische Identität von Erhaltungsgrößen, und damit auch die der aus diesen bestehenden Gegenständen

ablehnt. In dem dieser Auffassung entsprechend schwachen Sinn kann man dann auch den Lichtpunkt, der die Wand entlangläuft, als "Gegenstand" bezeichnen. Drittens manifestieren alle Ereignisse, die durch das Erscheinen des Lichtpunkts auf der Wand zu einem bestimmten Zeitpunkt konstituiert sind, die gleiche Menge und Art von Energie. Demzufolge impliziert Doves Reduktion, daß der Pseudo-Prozeß des Erscheinens des Lichtpunkts auf der Zylinderwand letztlich doch kausal ist. Diese Schlußfolgerung ist geeignet, Doves Vorschlag den Boden zu entziehen.

4. Zusammenfassung

Meine Darlegung zielt darauf ab, die Transfer-Theorie der Kausalität als einen vielversprechenden Versuch einer objektiven Reduktion der Kausalbeziehung zu verteidigen.

Der erste Teil soll belegen, daß es ein Vorteil der Transfer-Theorie ist, daß sie die Asymmetrie der Kausalbeziehung nicht als Bestandteil des *Begriffs* der Kausalität auffaßt. Die Asymmetrie der Kausalbeziehungen in der realen Welt erscheint in ihr vielmehr als Folge der kontingenten Tatsache, daß es intrinsisch asymmetrische (nämlich irreversible) Vorgänge gibt. Dadurch wird es möglich, der ausgezeichneten Richtung (in) der Zeit dieselbe Grundlage zuzuschreiben wie der Asymmetrie der Kausalität, nämlich die Existenz der irreversiblen Prozesse. Die Transfer-Theorie ist also mit einer kausalen Theorie der Zeit nicht unvereinbar. Außerdem haben wir gesehen, daß die Transfer-Theorie die Möglichkeit rückwärtsgerichteter Kausalität nicht ausschließt, sondern im Gegenteil dazu beitragen kann, diesen Begriff zu präzisieren.

In einem zweiten Teil habe ich versucht zu zeigen, daß die Transfer-Theorie bei der Erklärung des Unterschieds zwischen Prozessen und Pseudo-Prozessen besser abschneidet als zwei alternative Theorien: zum einen die von Salmon, in der die Fähigkeit der Kausalprozesse, Kennzeichen übertragen zu können, als Teil ihrer Definition einfach postuliert wird, zum anderen die von Dowe, die die Annahme einer diachronischen Identität von Mengen von Erhaltungsgrößen ablehnt. Die Transfer-Theorie kann nämlich zum einen *erklären, warum* ein kausaler Prozeß Kennzeichen übertragen kann, ein Pseudo-Prozeß aber nicht. Zum anderen kommt nur die Transfer-Theorie in dem Fall des von Salmon konstruierten Pseudo-Prozesses zum richtigen Ergebnis, während die Theorie von Dowe diesen als kausal einstufen muß.

Literatur

Aronson, Jerrold J. (1971a): On the Grammar of 'Cause', *Synthese* 22 (1971)

Aronson, Jerrold J. (1971b): The Legacy of Hume's Analysis of Causation,
Stud.Hist.Phil.Sci. 2 (1971)

Aronson, Jerrold J.: Unentangling Ontology from Epistemology in Causation. *Erkenntnis* 18
(1982)

Cummins, Robert: *The Nature of Psychological Explanation*. Cambridge, MA 1983

Davidson, Donald, Causal Relations (1967), in: *Essays on Actions and Events*. Oxford 1980

Dowe, Phil (1992a): Wesley Salmon's Process Theory of Causality and the Conserved
Quantity Theory, *Phil. of Science* 59(1992)

Dowe, Phil (1992b): Process Causality and Asymmetry, *Erkenntnis* 37 (1992)

Dieks, D.: Physics and the Direction of Causation, *Erkenntnis* 25 (1986)

Ehring, D.: The Transference Theory of Causation, *Synthese* 67 (1986)

Fair, David: Causation and the Flow of Energy. *Erkenntnis* 14 (1979)

Grünbaum, Adolf: *Philosophical Problems of Space and Time*. Dordrecht 1973

Horwich, Paul: *Asymmetries in Time*. Cambridge, MA 1987

Hume, David: *A Treatise of Human Nature*, ed. L.A. Selby-Bigge, Oxford 1978.

Lee, T., Oehme, Reinhard, & Yang, C.N.: Remarks on Possible Noninvariance under Time
Reversal and Charge Conjugation. *Physical Review* 106(1957)

Mackie, J.L.: *The Cement of the Universe*. Oxford 1974

Quine, Willard van Orman: *The Roots of Reference*, LaSalle, Ill. 1973

Quine, Willard van Orman: Events and Reification. In: *Actions and Events: Perspectives on
the Philosophy of Donald Davidson*, eds. Ernest LePore and Brian McLaughlin, Oxford 1985

Reichenbach, Hans: *Philosophie der Raum-Zeit-Lehre*. Berlin 1928

Reichenbach, Hans: *The Direction of Time*. Berkeley 1956

Russell, Bertrand: On the Notion of Cause (1912), in: *Mysticism and Logic*. London 1986

Russell, Bertrand: *Human Knowledge: Its Scope and Limits* (1948). London 1966

Sachs, R.: *The Physics of Time Reversal*. Chicago 1987

Salmon, Wesley: *Scientific Explanation and the Causal Structure of the World*. Princeton 1984

Sosa, Ernest and Tooley, Michael: Introduction. In: *Causation*, eds. Ernest Sosa and Michael Tooley, Oxford 1993

Tooley, Michael: *Causation*. Oxford 1987

Vendler, Zeno: Facts and Events, in: *Linguistics and Philosophy*. Ithaca, N.Y. 1967

Zucchi, Alessandro: *The Language of Proposition and Events*. Dordrecht 1993

¹Zwei der wichtigsten modernen Versuche dieser Art wurden von Mackie (1974) und Tooley (1987) unternommen.

²Quine (1985) vertritt einen ähnlichen Ereignisbegriff.

³Versionen einer solchen Theorie wurden von Aronson (1971a, 1971b, 1982), Quine (1973), Fair (1979) und Dowe (1992a, 1992b) vorgeschlagen.

⁴Um zu vermeiden, daß die Transfer-Theorie in fast trivialer Weise zirkulär erscheint, müssen wir den Begriff der *Übertragung* so auffassen: Von einer Menge Q einer Erhaltungsgröße P sagen wir also genau dann, daß sie von einem Ereignis *c* auf ein anderes Ereignis *e* übertragen wird, wenn dieselbe Menge Q in beiden Ereignissen auftritt. Diese Charakterisierung zieht starke Einschränkungen für die raumzeitliche Distanz nach sich, durch die zwei Ereignisse maximal von einander getrennt sein dürfen, um noch kausal verbunden sein zu können. Aus Platzgründen können wir hier nicht auf folgenden Einwand eingehen: Quine (1973), Salmon (1984), Ehring (1986), Dieks (1986) und Dowe (1992a, 1992b) halten es entweder für unmöglich, den Begriff der Identität zweier Mengen einer Erhaltungsgröße ontologisch zu rechtfertigen oder sie halten eine Reduktion im Stil von (K) für erkenntnistheoretisch unzulänglich oder beides.

⁵Diese Prozesse können auch zur Erklärung des Ursprungs der Asymmetrie der Zeit dienen (cf. Reichenbach 1956, Grünbaum 1973). Ein relativ seltenes Phänomen, das eine Verletzung der Zeitinvarianz (d.h. Invarianz in Bezug auf Umkehrung der Zeitrichtung) beinhaltet und deshalb eine weitere objektive Basis für die Asymmetrie der Zeit darstellt, ist der Kaonen-Zerfall (cf. Lee et al. 1957, Sachs 1987, Dowe 1992b).

⁶Wir können die These, daß es keine absolut inerte intrinsische Eigenschaft gibt, hier nicht näher begründen.

⁷Der Begriff eines kausalen Netzes wurde von Reichenbach (1956) entwickelt.

⁸Wir müssen es aus Platzgründen unterlassen zu untersuchen, wohin die Aufgabe dieser Annahmen führt.

⁹zur Unterscheidung zwischen Tatsache und Ereignis, cf. Davidson (1980), Vendler (1967), Zucchi (1993).

¹⁰Es handelt sich also um die "analytische" Erklärung einer Eigenschaft, in Cummins' (1983) Sinn.