

■ «Mutual Learning»
und Probabilistischer
Funktionalismus –
Was Hochschule und
Gesellschaft vonein-
ander und von Egon
Brunswik lernen
können

Roland W. Scholz

Mai 1999

UMS

Umweltnatur- und Umweltsozialwissenschaften
Natural and Social Science Interface
Sciences naturelles et sociales de l'environnement

Herausgeber/Autor:
Prof. Dr. Roland W. Scholz
Umweltnatur- und
Umweltsozialwissenschaften (UNS)

Haldenbachstrasse 44
CH-8092 Zürich

Postadresse: ETH Zentrum, HAD, 8092 Zürich
Tel 01 – 632 58 92
Fax 01 – 632 10 29
E-mail: scholz@uns.umnw.ethz.ch

Roland W. Scholz

«Mutual Learning» und Probabilistischer Funktionalismus – Was Hochschule und Gesellschaft voneinander und von Egon Brunswik lernen können¹

Zusammenfassung

Die Theorie des probabilistischen Funktionalismus von Egon Brunswik wird als ein Rahmenmodell vorgestellt, in dem sich wahrnehmungsnaher Urteile, höhere kognitive Prozesse (wie soziale Urteilsbildung oder analytisches Problemlösen), Gruppenentscheidungen sowie Prozesse des Theorie-Praxis-Verhältnisses konzeptionalisieren lassen.

Die wesentlichen Komponenten des Rahmenmodells werden charakterisiert und an Beispielen werden spezifische Prozesse, Modelle und Experimente dargestellt und die Kommunalitäten und Unterschiede der Modellannahmen auf den verschiedenen Komplexitätsebenen diskutiert.

Es wird vorgeschlagen, die Prozesse in einem hierarchischen Modell zu verknüpfen und auf diesem Hintergrund Schwierigkeiten und Barrieren des Theorie-Praxis-Verhältnisses zu überwinden.

Vorbemerkung²

Meine Beschäftigung mit Egon Brunswik begann vor mehr als fünfzehn Jahren.

In einem technischen Bericht skizzierte Kenneth Hammond (1981) – unter Bezug auf Brunswik – den Umriss einer Theorie der Wissensorganisation, in der *Intuition* und *Analysis* als funktional und begrifflich komplementäre Typen der Informationsverarbeitung gegenübergestellt wurden.

Für mich persönlich stellte die Arbeit einen wesentlichen Impuls für meine Habilitationsschrift dar und veranlasste mich vor allem dazu, mich mit dem seinerzeit weitgehend unbekanntem Brunswik zu beschäftigen.

¹ Beim vorliegenden Text handelt es sich um eine geringfügig veränderte Version der Einführungsvorlesung an der Philosophischen Fakultät der Universität Zürich infolge der Umhabilitation der *Venia Legendi* in Psychologie von der Universität Mannheim.

² Ich danke Herrn Márton Varga für die umsichtige Literaturrecherche und Korrekturarbeit sowie Herrn Sandro Bösch für Grafik und Layout.

Der Begriff des «*mutual learning*» ist neuer. Ich habe ihn vor zwei Jahren auf der Abschlussveranstaltung zur *ETH-UNS Fallstudie im Klettgau* eingeführt (siehe Scholz, 1998, S. 8). «*Mutual Learning*» – wechselseitiges Lernen – stellt für mich die Quintessenz aus fünf Jahren Tätigkeit in den Umweltnaturwissenschaften der ETH im Bereich der umweltwissenschaftlichen Problemlösung dar.

Ich möchte herausarbeiten, dass «*mutual learning*» und die *Theorie des Probabilistischen Funktionalismus* von Brunswik geeignete theoretische Grundlagen für ein Verständnis der Schwierigkeiten *transdisziplinärer Arbeit* und des *Theorie-Praxis-Verhältnisses* darstellen.

Wer war Egon Brunswik?

Aber wer war nun dieser Egon Brunswik? In welchen intellektuellen Kontexten ist sein Werk entstanden?

Egon Brunswik wurde 1903 als Kind einer österreichischen Beamten- und Offiziersfamilie in Budapest geboren. Das Gymnasium absolvierte er am exklusiven Theresianum in Wien und erlernte dort die Geschichte des Kaiserreichs zweisprachig. Mit grosser Schärfe erkannte er die Diskrepanzen beider Versionen. Rückblickend stellt dies vermutlich die biographische Grundlage für seine spätere Unterscheidung zwischen «intentionalen-wirklichen» und «intendierten-subjektiv vorhandenen» (Ash, 1997, S. 52) Gegenständen dar.

Nach seiner Matura immatrikulierte er im Jahre 1921 in Ingenieurwissenschaften (Wolf, 1995, S. 16) an der Technischen Hochschule zu Wien, und schloss mit dem 1. Staatsexamen in Mathematik und Physik ab. Danach wechselte er an die Universität, um im Umkreis von Karl und Charlotte Bühler, den Mitbegründern der Denk- und Gedächtnispsychologie (Bühler, 1907, 1908a, b) und bei Moritz Schlick, dem Initiator des Wiener Kreises und Inhaber des Lehrstuhls für Philosophie der induktiven Wissenschaften, zu studieren.

Brunswik's Dissertation *Strukturmonismus und Physik* (Brunswik, 1927) ist eine interdisziplinäre Arbeit. Ganz in der Tradition des Neopositivismus und Logischen Empirismus der 20er Jahre beschäftigte er sich mit den erkenntnistheoretischen und logischen Problemen, die mit der Gültigkeit wissenschaftlicher Aussagen in Zusammenhang standen. Die Arbeit ist heute als Versuch anzusehen, «philosophische Reflexion auf wissenschaftstheoretischem und erkenntnistheoretischem Gebiet mit empirisch-psychologischer Forschung schöpferisch zu verbinden» (Ash, 1997, S. 53).

Auf der Tagesordnung des wissenschaftlichen Disputs der zwanziger Jahre stand – neben den aufregenden Erfindungen der Quantenphysik, an deren Stelle heute die Molekularbiologie getreten ist – auch die Erklärung des Gestaltphänomens bzw. die vermeintliche Übersummativität von ganzheitlichen Sinneseindrücken. Brunswik bezog in diesem Disput Position und leistete seinem Chef Karl Bühler Schützenhilfe. Seine Kritik an den Gestaltpsychologen zielt auf deren einseitigen Strukturmonismus und Sensualismus, d.h. auf die einseitige Betonung von Gestalt erzeugenden Empfindungsprozessen und Kognitionen. Indem er auf den aristotelischen Dualismus zwischen *Form* und *Stoff* bezug nimmt, rekurriert er auf Bühler (1926, S.150) und verweist auf die materiellen Grundlagen der Wahrnehmung, die auch für die Gestaltwahrnehmung notwendig sind. So schreibt er (Brunswik, 1927, S. 5–6): *Während einseitiger Sensualismus*

«den Wald vor lauter Bäumen nicht zu sehen vermochte» sieht der Strukturmonismus «vor lauter Wald die Bäume nicht mehr».

Karl Bühler zumindest schien die Dissertation zu gefallen, denn er beförderte Brunswik – wir wissen, akademische Karrieren sind lang – zum ausserordentlichen *Assistenten* am *Wiener Psychologischen Institut*. Dieses Institut gehörte im übrigen nicht der Universität, sondern der Gemeinde Wien und wurde der Universität lediglich zur «Mitbenutzung» zur Verfügung gestellt (Benetzka, 1997, S. 16).

Die Errichtung eines psychologischen Instituts war ein Anliegen der damaligen Schulreform. Unter dem Schlagwort «Pädagogik vom Kinde aus» wurde eine fundamentale Neugestaltung von Schule und Unterricht gefordert. Ausgegangen werden sollte von den natürlichen, physischen und eben psychischen Entwicklungsmöglichkeiten und -bedürfnissen der Schulkinder. Jedoch sollten pädagogische Massnahmen wissenschaftlich begründet werden. Gesucht wurde somit zu Anfang dieses Jahrhunderts nach einer «Verwissenschaftlichung der Praxis». Gemeinden und Lehrerschaften gründeten so kurzer Hand an manchen Orten (vgl. etwa Katz, 1913, S.113) wissenschaftliche Plattformen wie Psychologische Institute, um drängende Fragen der Gesellschaft zu klären.

Als ausserordentlicher Assistent bestand die Aufgabe Brunswiks in der Durchführung des Experimentalpraktikums. Er war dabei offenbar recht erfolgreich, wie in der Aussage: «Brunswik war ein ganz ausgezeichneter Experimentator, seine Demonstrationen misslangen nie» (Fieandt, 1986, S. 278) zum Ausdruck kommt, die einer seiner Schüler dokumentierte.

Es ist nun eigentlich naheliegend zu vermuten, dass sich Brunswik den seinerzeit in der experimentellen Psychologie aufkommenden varianzanalytischen Versuchsplänen zuwandte. Diese wissenschaftliche Methode erhielt bei ihm jedoch nie eine absolute Bedeutung. Der Grund dafür liegt darin, dass er – von Fritz Heider angeregt – von einem phänomenologischen Ansatz ausgeht und das Experiment nur in bestimmten, wohlüberlegten Phasen des theoretischen Entscheidungsprozesses einsetzt, «um Antworten zu erhalten, von denen jeweils abhängt, auf welchem Entscheidungsast die theoretischen Überlegungen weiter verfolgt werden sollen» (Benetzka, 1997, S.23).³

Bevor ich auf den Kern meiner heutigen Vorlesung komme, möchte ich die Biographie Brunswiks mit drei Anmerkungen abschliessen.

Im Sommer 1933 reichte Brunswik an der Philosophischen Fakultät seine Habilitation zum Thema *Wahrnehmung und Gegenstandswelt* ein. Dabei ersuchte er um die Erteilung der *venia legendi* für Psychologie. Brunswik war in der Geschichte der Universität Wien übrigens der erste Habilitationsbewerber, der die *venia legendi* ausdrücklich und ausschliesslich für das Gebiet der Psychologie definiert haben wollte – ein, im Hinblick auf die Loslösung des Faches Psychologie von der Mutterdisziplin Philosophie, nicht unbedeutendes Faktum.

³ Im Gegenteil, Brunswik wandte sich später aktiv gegen die auch heute noch vorherrschenden vollständig überkreuzten Versuchspläne (vgl. Hammond, 1997). Eine künstliche Manipulation von Umweltzuständen, bei der alle Bedingungen gleich bleiben und lediglich ein Faktor verändert wird, wurde von ihm als ökologisch unvalid betrachtet. Stattdessen bevorzugte er das Repräsentative Design (vgl. Hammond, 1951, 1954; Brunswik, 1951, Wolf, 1995), bei dem die natürliche Kontextvalidität erhalten bleibt (vgl. hierzu insbesondere Brunswik & Kamiya, 1953).

Ab 1933 orientierte sich Brunswik in die USA. Obwohl im Jahre 1937 zum Ausserordentlichen Professor an der Philosophischen Fakultät in Wien ernannt, siedelte er mit der Entwicklungspsychologin und Jüdin Else Frenkel Lierte Brunswik im Jahre 1937 nach Berkeley in die Umgebung des behavioristischen Lerntheoretikers Edward Tolman.

Tolman verstärkte ein wichtiges Element in Brunswik's Theoriengebäude, nämlich die Idee des *intentionalen, absichtsvollen, zielbewussten Handelns* (*purposive behavior*, Tolman, 1932).⁴ Es erscheint jedoch bemerkenswert, dass Brunswik, trotz der verhaltenswissenschaftlichen Ausrichtung der Psychologie in den USA bis zu seinem Selbstmord im Jahre 1956 der schwierigen Aufgabe treu blieb, die er sich in Wien gestellt hatte, nämlich empirische Psychologie und erkenntnistheoretisch orientierte Philosophie miteinander zu verbinden (Ash, 1997).

Die Theorie des probabilistischen Funktionalismus

Das Sehen ist eine besondere, aussergewöhnlich komplexe Form menschlicher Informationsverarbeitung. Das menschliche Auge ist ein *hoch* entwickeltes, aber auch ein *hoch* unvollständiges Sinnesorgan (siehe Abbildung 1). So stören der blinde Fleck sowie ein Blutgefässnetz die Wahrnehmung der Lichtimpulse auf den nur 6 Millionen für das Helligkeitssehen zuständigen Zapfen.

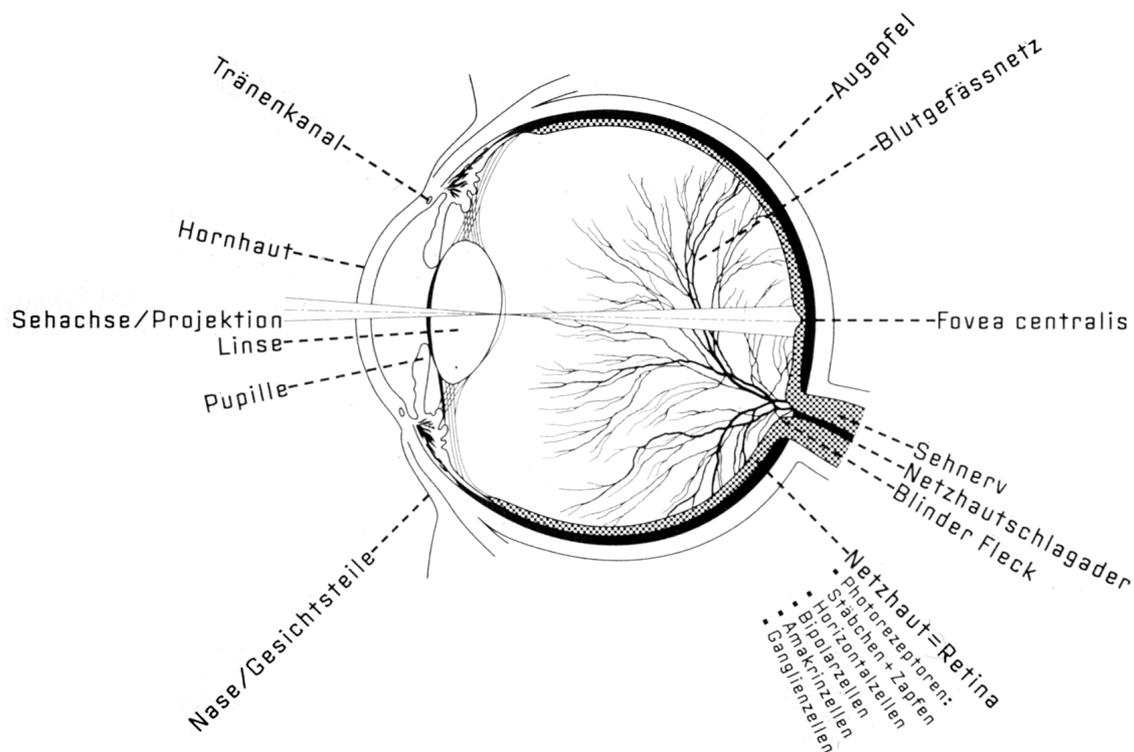


Abbildung 1: Das menschliche Auge (aus Kleeb, 1997)

⁴ Wie sehr Tolman und Bühler ihre theoretischen Sprachen angingen, kann aus dem Titel des Aufsatzes «*The organism and the Causal Texture of the Environment*» (Tolman & Brunswik, 1935) erschlossen werden.

Wie schaffen wir es aber dennoch, ein scharfes Bild zu erzeugen, und auch dann noch, wenn wir mit dem Kopf wackeln?

Ich möchte diese Frage beantworten, indem ich auf die Rekonstruktionen der Sehleistung mittels Computersimulation durch Neurologen der Universität Zürich und die Präsentationen von Ulrich Kleebs zurückgreife (Kleeb, 1997). Die Abbildung (2a) zeigt eine wunderschöne Blumenwiese, welche Sie – falls die Reproduktion technisch einwandfrei ist – klar und scharf sehen. Das rechte Bild (Abbildung 2b) ist nun eine Computerrekonstruktion dessen, was auf der Netzhaut abgebildet wird, wenn man annimmt, dass diese starr im Raum fixiert ist. Die Augenmuskeln erzeugen jedoch einen permanenten Verwacklungsprozess, den wir Mikro-Nystagmus nennen. Wird dieser miteinbezogen, so resultiert physikalisch das in Abbildung 2c gezeigte Bild.



Abbildung 2: Rekonstruktionen der Sehleistung nach Kleeb 1997. Abbildung 2a präsentiert das Originalbild. Abbildung 2b stellt die physikalische Vergrößerung dar, welche durch die endliche Anzahl von Rezeptoren gegeben ist, die sich auf der Netzhaut befinden. Abbildung 2c schliesslich repräsentiert den Verwacklungsprozess durch den Mikro-Nystagmus.

Die allgemeine Frage, der sich Brunswik nun am Beispiel des Sehens genauer widmete, lautete: Wie schafft es nun unser Organismus, bei einer derart unvollkommenen, arbiträren Aufnahme von Informationen ein scharfes, robustes Bild zu erzeugen?

Vicarious mediation (mutual substitutability)

Die Antwort lautet *vicarious mediation*. Brunswik betrachtet das Prinzip des *vicarious mediation*, für welche er auch die Bezeichnungen *vikarierendes bzw. stellvertretendes Vermitteln* oder *wechselseitiges Ersetzen* (engl. *vicarious functioning, mutual substitutability*) verwendete, als das zentrale, die Leistung des Organismus stabilisierende Grundprinzip.⁵

Etwas frei interpretiert können wir *vicarious mediation* als ein Funktionsprinzip von Organismen bezeichnen, in welchem Stimulus-Response-Verbindungen in einem Netzwerk im Rahmen von logischen «*oder-Verbindungen*» verknüpft sind, so dass der Organismus eine robuste Balance erhält.⁶ Kennzeichnend für den Prozess des *vicarious mediation* ist die grundsätzliche Gleichwertigkeit und die gegenseitige Ersetzbarkeit bestimmter Aktivitäten, Gewohnheiten, Sinnesbereiche oder anderer Organe. Mit dem Begriff des Vicarious Mediation stellt er die «ungeheuer vielseitige und variationsreiche menschliche Klaviatur des Auswechselns in den Mittelpunkt» (Wolf, 1995, S. 77–78).

Vicarious mediation fusst auf dem von Clark Hull eingeführten Modell der *habit family hierarchy*, dessen Grundprinzip in Abbildung 3 dargestellt wird.

Ein *habit* ist als eine Verhaltensgewohnheit bzw. als eine Kette von Reiz-Reaktions Verbindungen zu begreifen. Wie diese Originalabbildung zeigt, werden zwischen dem Anfangs-Stimulus S_A und dem Gesamt-Response R_G eine Reihe von Transformationen postuliert, die hier durch zwischengeschaltete Reiz-Reaktions-Mechanismen modelliert werden (Hull, 1934, S. 38).

Es sei angemerkt, dass bei dem Begriff der *Familie*, wie aus einer Fussnote von Hulls Arbeiten zu entnehmen ist (Hull, 1934, S. 39), auf eine von den Mathematikern genutzte Bezeichnung rekurriert wird, mit der Klassen von Funktionen bezeichnet werden, *wenn* sie unter strukturellen Gesichtspunkten ähnlich sind. Als Beispiel können wir Funktionsfamilien betrachten, die sich lediglich in bestimmten Parametern unterscheiden (vgl. Steiner, 1964, S. 268).

⁵ «This is the more to be noted, as we know, from other fields and from the all-over theory of psychology that vicarious functioning is one of the most fundamental principles, if not *the* most fundamental principle, of behavior. When Hunter (1928) introduced the term, this was done in search of a [...] defining criterion.» (Brunswik, 1957, S.22). Die Wertschätzung dieses Prinzips ging sogar so weit, dass auf dem berühmten Colorado Kolloquium 1955, auf dem er eine spannende Auseinandersetzung mit Fritz Heider und Leon Festinger führte, äusserte, dass für ihn der Begriff der *vicarious mediation* den Status eines von wenigen Definiens für den Gegenstand der Psychologie besitze.

⁶ In gewisser Weise werden hier die Grundgedanken der Fuzzy Set Theory (Zadeh, 1992; Spies, 1993) skizziert.

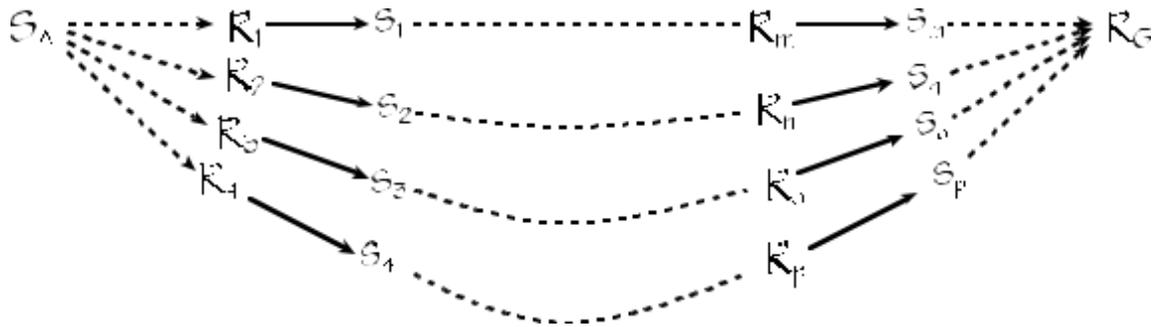


Abbildung 3: Das Prinzip der habit family hierarchy nach Hull (Originalabbildung, 1934, S. 39).

Das Hull'sche Konzept wird aber von Brunswik mit einem Gedanken von Fritz Heider verknüpft. Heider unterscheidet in einem 1930 erschienenen Aufsatz «Ding und Medium»:

D – die lebensrelevante Umwelt (wir nennen sie oft «Dingwelt», es gehören aber natürlich auch die anderen Menschen, Vorgänge usw. dazu);

V – das vermittelnde Geschehen im Medium, die das Organ unmittelbar treffenden Reize.

Auf Seite des Organismus

V' – das Geschehen im Organismus, das dem Reiznahen adäquat ist (...);

D' – Erlebnisse, die auf die Dinge abzielen. (Heider, 1930, S.381)

Ich möchte auf das Adjektiv «adäquat» aufmerksam machen, sowie auf die postulierte Fähigkeit des Organismus, seine Informationsverarbeitung in geeigneter Weise zu adaptieren und die Notwendigkeit einer umfassenden Betrachtung der Mensch-Umwelt-Beziehung, wie sie in der Psychologie vom Gegenstand her gefordert wird, an einem Beispiel illustrieren.



Abbildung 4: Ein schnell bewegtes Objekt wird zeitlich synchron an dem Ort wahrgenommen, an dem es wirklich ist, obwohl durch die geringe Nervenleitgeschwindigkeit eine verzögerte Wahrnehmung resultieren müsste. Welche kogni-

tiven Prozesse und welche Lernprozesse sind für diese erstaunliche Leistung verantwortlich?

Sie sehen in Abbildung 4 Michael Schumacher in einem Ferrari.

Die kritische Frage ist, warum Sie ihn in der Regel dort sehen, wo er wirklich ist.

Das mag trivial klingen. Aber wir wissen, dass Lichtsignale wegen der langsamen Prozesse der Photorezeptoren und der Nerven das Gehirn mit einer Verzögerung von 30–100 Millisekunden erreichen. Die nun lange Zeit vorherrschende Meinung war, dass unser visueller Cortex post-hoc Korrekturarbeit leistet und im Rahmen einer Nachbewertung das Bild zurechtgerückt wird. Diese Annahme wurde aber durch eine am 25. März dieses Jahres in der Zeitschrift *Nature* erschienene Arbeit widerlegt (Berry, Brivanlou, Jordan & Meister 1999). Die Abbildungen 5 zeigen Ihnen auf der y-Achse die Reizstärke von Ganglien von Tigersalamander und Holländerkaninchen bei einem bewegten Lichtreiz. Auf der x-Achse finden Sie die Zeitdifferenzen bis zum Zeitpunkt des Auftreffens auf dem besagten Ganglion. Wie Sie erkennen können, feuert das Ganglion lange bevor der Lichtimpuls auftrifft. Unser Perzeptorensystem «denkt also mit» und weist ganz offensichtlich eine hervorragende Koordinationsleistung auf.

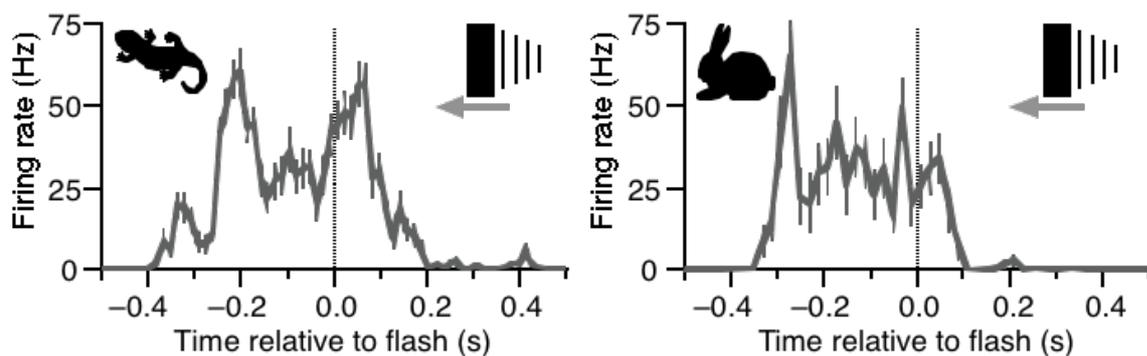


Abbildung 5: Reaktionsstärken eines Ganglion (in Hz) eines Tigersalamanders (Abb. 5a) und eines Holländerkaninchens (Abb. 5b) in Abhängigkeit des Zeitpunkts des Auftreffens des Lichtimpulses auf der Netzhaut (Berry et al. 1999, S. 335).

Wir lernen aus diesem kleinen Experiment etwas ganz Wesentliches: Nämlich, dass ein isoliertes Studium des Innenlebens ökologischen Verhaltens zwangsläufig zu Fehlschlüssen führen muss und der Psychologe mehr als gut daran tut, die Mensch-Umwelt-Beziehung als Ganzes zu betrachten. Ein Psychologe, der nur die Ganglien analysiert und die Mensch-Umwelt-Beziehung und die vom Individuum erbrachte Leistung nicht in seine Analysen einbezieht, wird menschliches Verhalten und menschliche Reaktionen nicht verstehen können. Dies ist aber genau die Botschaft eines anderen Grundpostulats Brunswiks, die als *Psychologie vom Gegenstand her* bezeichnet wird.

Psychologie vom Gegenstand her

Abbildung 6 zeigt das *Brunswik'sche Linsenmodell*. In der Mitte finden Sie die nach dem Prinzip der *vicarious mediation* funktionierenden Perzeptoren. Die linke Seite modelliert die Beziehung des Individuums zu seiner Umwelt, zur Initial Focal Variable,

und wird von Brunswik *Psychologische Ökologie* genannt.⁷ Die *Psychologische Ökologie* modelliert die Wechselbeziehungen innerhalb der Umwelt (vgl. Brunswik, 1943, S.259) und zeigt, inwieweit ein Perzeptorensystem überhaupt in der Lage ist, die Umwelt adäquat zu erforschen.⁸ Brunswik schreibt dazu: «Die Psychologie vom Gegenstand her gibt dafür Verrechnungsmethoden an, durch die dann quantitativ ein «Grad der intentionalen Erreichung» der betreffenden Gegenstandsart und der Anteil der sachfremden gegenständlichen Verunreinigungen angegeben werden kann» (Brunswik, 1936, S. 842).

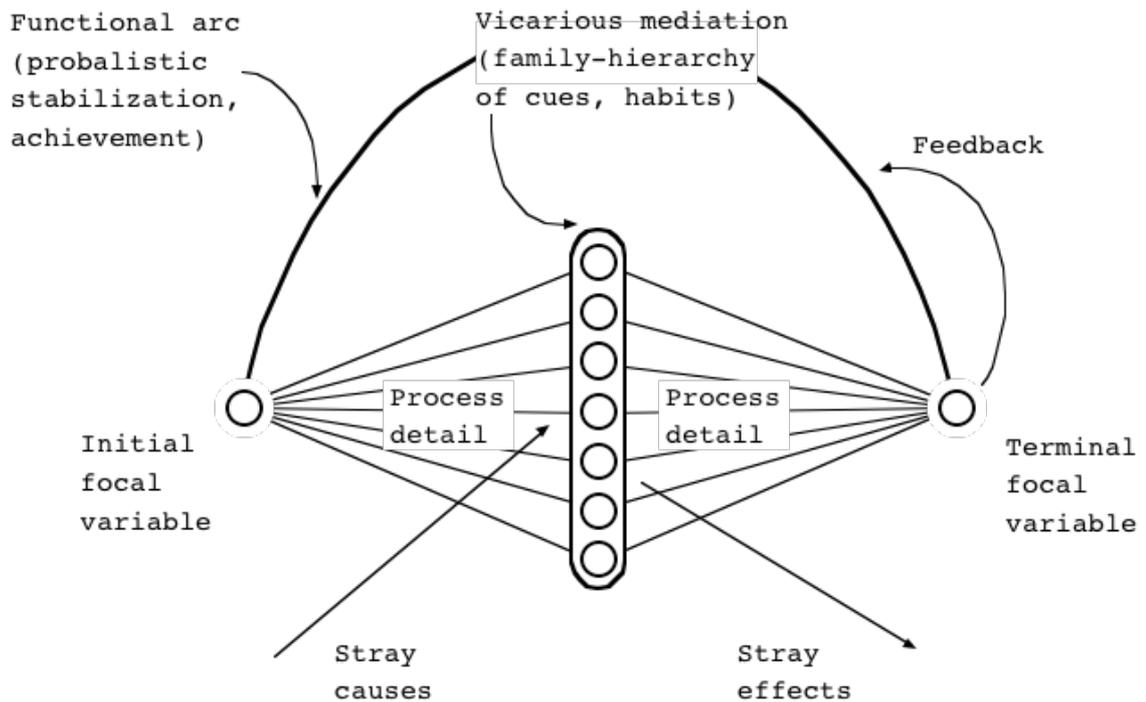


Abbildung 6: Brunswiks Linsenmodell in seiner Originalabbildung

Die *Ökologische Psychologie* hingegen beschäftigt sich mit dem Erleben und der Informationsverarbeitung von Umweltinformationen im Individuum.

Focal Variables und Intentionalbeziehungen

Die Reizaufnahme, die *Informationsverarbeitung im Organismus* und das Prinzip des *Vicarious Mediation* sind funktional. Eine Optimierung erfolgt unter dem Aspekt der Leistung; der Organismus hat sich so zu entwickeln, dass im Mittel eine stabile und hinreichend gute Leistung gezeigt wird.

Diese *Intentionalbeziehung*, d.h. das Streben nach hinreichend guten Leistungen im Rahmen einer Optimierung der Mensch-Umwelt-Beziehung und das zentrale Prinzip

⁷ Ein Gegenstand oder ein Ding ist somit immer nur mittelbar über verschiedene Zeichen (cues) erschliessbar. Brunswiks Ansatz ist somit mit der Unterscheidung Kants zwischen *Ding an sich* und *Ding für sich* kompatibel.

⁸ Die Unterscheidung zwischen *Psychologischer Ökologie* und *Ökologischer Psychologie* wurde übrigens von Brunswik im Rahmen des 6. Internationalen Kongresses für Einheitswissenschaften in Chicago in einer Kontroverse mit Hull und Lewin geprägt (Wolf, 1997).

der *vicarious mediation* werden von Brunswik als «eigentlicher Gegenstand der Psychologie» angesehen (Brunswik, 1936, S.844)⁹. Damit reicht Brunswiks Verständnis von Psychologie meines Erachtens weit über die die Lehrbücher dominierende Standarddefinition (Zimbardo, 1992; Kretch, Crutchfield, Livson, Wilson & Parducci, 1992) hinaus, in der *Psychologie* lediglich *als die Wissenschaft vom Erleben und Verhalten des Menschen* verstanden wird.

Nach Brunswik konstituieren «Erleben, Verhalten und Werk [...] auch in ihrer Gesamtheit lediglich den Ausgangszustand der Psychologie. [...] Erst durch Bezugnahme auf ein korrespondierendes Gegenständliches, das den Erfolg an einen «richtigen» als Leistungsideal zu messen gestattet, offenbaren sie die wesentliche zweigliedrige intentionale Sinnesstruktur alles Psychischen» (Brunswik, 1936, S.845).

Social Judgment Theory – Revisited and Extended

Hier ist nicht der Ort, Brunswiks Theorie in seiner Breite darzulegen. Ich möchte aber Anwendungen und zeitgemässe Nutzungen der Theorie des *Probabilistischen Funktionalismus* skizzieren. Am bekanntesten ist die *Social Judgment Theory*. Sie bedient sich des klassischen linearen Modells und kann als «literale Übersetzung» des Linsenmodells angesehen werden.

Abbildung 7 zeigt zwei Linsen. Im oberen Teil das Modell für das Individuum, d.h. den urteilenden Menschen. Im unteren Teil das mathematische Vorhersagemodell, d.h. die mittels der Korrelationsstatistik vorhergesagten Urteile des Menschen (Elstein, Shulman, & Sprafka, 1978, S. 37). Die Mathematik dazu besteht aus der linearen Korrelationsrechnung, der zu Brunswiks Zeiten aufkommenden und dominierenden Modellierungssprache.

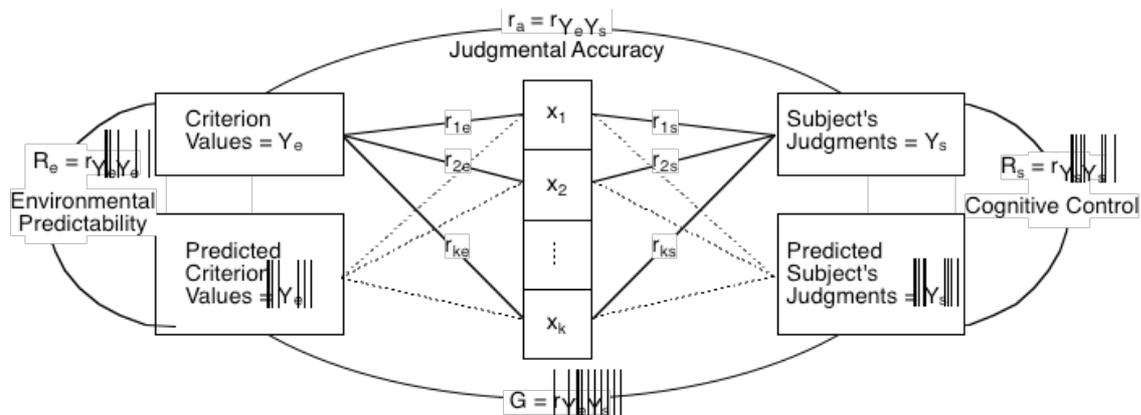


Abbildung 7: Das zweigeschichtete Linsenmodell illustriert das Prinzip der Social Judgment Theory und der Bootstrapping Methode. Im oberen Teil wird das Urteil Y_S des Entscheiders modelliert. Der Entscheider und das Modell akquirieren (r_{ke}) und synthetisieren (r_{ks}) Zeichen (cues) probabilistisch. Deshalb resultieren notwendigerweise Differenzen zwischen dem Urteil und den Vorhersagen. Die (bedingte) Vorhersagbarkeit im Rahmen der *Psychologischen Ökologie* wird durch die Kor-

⁹ «A stabilized or relatively stabilized connection between focal variables taken as classes of events rather than as individual occurrences, as established through vicarious functioning either in perception or in overt behavior, may be characterized as an «accomplishment» or «achievement» (Leistung)».

relation R_e erfasst, welche den Zusammenhang zwischen den Zeichen (cues, Y_e) und den vorhergesagten Zeichen (\hat{Y}_e). Die vier wichtigsten Terme können zur Linsengleichung $r_a = GR_eR_s$ zusammengefasst werden. Die Urteilergenauigkeit ist folglich beschränkt durch R_e , d.h. die probabilistische Struktur des Gegenstands, das beschränkte Wissen über den Gegenstand (G) und durch die kognitive Kontrolle, d.h. den Grad des Wissens (R_s), den ein Urteiler über den Gegenstand besitzt.

Für einige Furore sorgten Anwendungen dieses Modells unter der Bezeichnung Bootstrapping-Methode (Dawes, 1971) in den sechziger Jahren, als durch einige Studien von Meehl (1954), Goldberg (1968, 1971) und anderen¹⁰ gezeigt wurde, dass sich

- mit diesem Modellen das diagnostische Urteilsverhalten von Ärzten (z.B. bei einer Diagnose einer Tonsilitis) nicht nur recht gut vorhersagen lässt, sondern dass sich
- die Modelle in Reliabilität und Validität dem klinischen Urteil sogar überlegen erweisen.

Im Rahmen der *Social Judgement Theory*, werden schnelle, intuitive Urteile mittels der Korrelationsstatistik des linearen Modells beschrieben.

Wie ich bereits in meiner Einführung sagte, hat nun Ken Hammond (1981) die mittels der Social Judgment Theory beschreibbaren intuitiven Urteile mit dem analytischen Denkmodus kontrastiert.¹¹ Das analytische Denken wird dabei als ein spezifischer *Informationsverarbeitungsmechanismus* zwischen den Perzeptoren begriffen.

Die Urteile des Individuums, d.h. die Synthese der Informationen lassen sich beim analytischen Denken nicht mehr mit dem linearen Korrelationsmodell beschreiben. Stattdessen wird aus den gesammelten Informationen x_1 bis x_k das Urteil mittels numerischer, sequentieller, regelbasierter oder begrifflich-logischer Operatoren in einem anders gearteten Syntheseprozess abgeleitet.

Die Struktur der Theorie des probabilistischen Funktionalismus bleibt bei dieser Erweiterung erhalten. Wir betrachten aber höhere kognitive Prozesse und nicht nur intuitive schnelle Urteile.

Wie ich nun durch eine Reihe von Experimenten zeigen konnte (Scholz, 1987), unterscheiden sich diese Denkmodi durch qualitativ verschiedene Gedächtnisinhalte, die aktiviert werden, und Typen von kognitiven Operatoren, die bei der Informationsverarbeitung und Synthese verwendet werden.

Eine wichtige Botschaft aus diesen Experimenten ist nun, dass das analytische Denken keineswegs als etwas besseres und dem intuitiven Denken als überlegen zu betrachten ist.

¹⁰ Einen Überblick liefern Elstein, Shulman, & Sprafka (1978) oder Dawes, Faust, & Meehl (1989).

¹¹ Der von Hammond vorgeschlagene Ansatz, der in dem Papier von Hammond (1981) und einer ebenfalls nur als technischer Report erschienenen Monographie veröffentlicht wurde, liegt meiner Habilitationsschrift zugrunde (Scholz, 1987). In ihr wird die Unterscheidung zwischen den Denkmodi operationalisiert, empirisch zugänglich gemacht und im Rahmen eines Prozess-Struktur-Modells der Informationsverarbeitung reinterpretiert. Hammond hat seine Arbeiten zu diesem Thema nur partiell publiziert. Er bekennt: «Because of the imposing philosophical work on this topic, and some hard criticism, I was faint-hearted about publishing this monograph» (Hammond, 1997, S. 95).

Lassen Sie mich dies an Daten illustrieren.

Abbildung 8 zeigt im oberen Bereich jeweils Urteile, die im intuitiven Denkmodus erzeugt worden sind und im unteren Bereich Urteile, die im analytischen Modus erzielt wurden. Abbildung 8a zeigt Daten von Brunswik (1948) zur Wahrnehmungsleistung, Abbildung 8b (Scholz, 1987) Urteile zu bedingten Wahrscheinlichkeiten. Die rechte Skala ist bechränkt, da Wahrscheinlichkeiten zwischen 0 und 1 skaliert sind. Bei dem Brunswikschen Experiment ist das intuitive Urteil besser, bei den Wahrscheinlichkeits-schätzungen sind die Leistungen etwa gleich gut; der intuitive Modus ist nur unwesentlich besser.¹²

Wie wir wissen, sind die Algorithmen, die der Bestimmung bedingter Wahrscheinlichkeiten zugrunde liegen, ausserhalb der analytischen Fähigkeiten einer normalen Versuchsperson.

Wie wir wissen, sind die Vorgänge, die einem Wahrnehmungsurteil zugrunde liegen so komplex, dass sie dem Individuum nicht zugänglich sind.

¹² «Analyticity may lead astray» (Scholz, 1987, S. 129). Dies gilt auch für Wahrscheinlichkeitsurteile. Die Abweichungen lassen sich auf einer linearen Skala schlecht darstellen und drücken sich häufig durch Zehnerpotenzen von Abweichungen und somit in den Randwahrscheinlichkeiten aus.

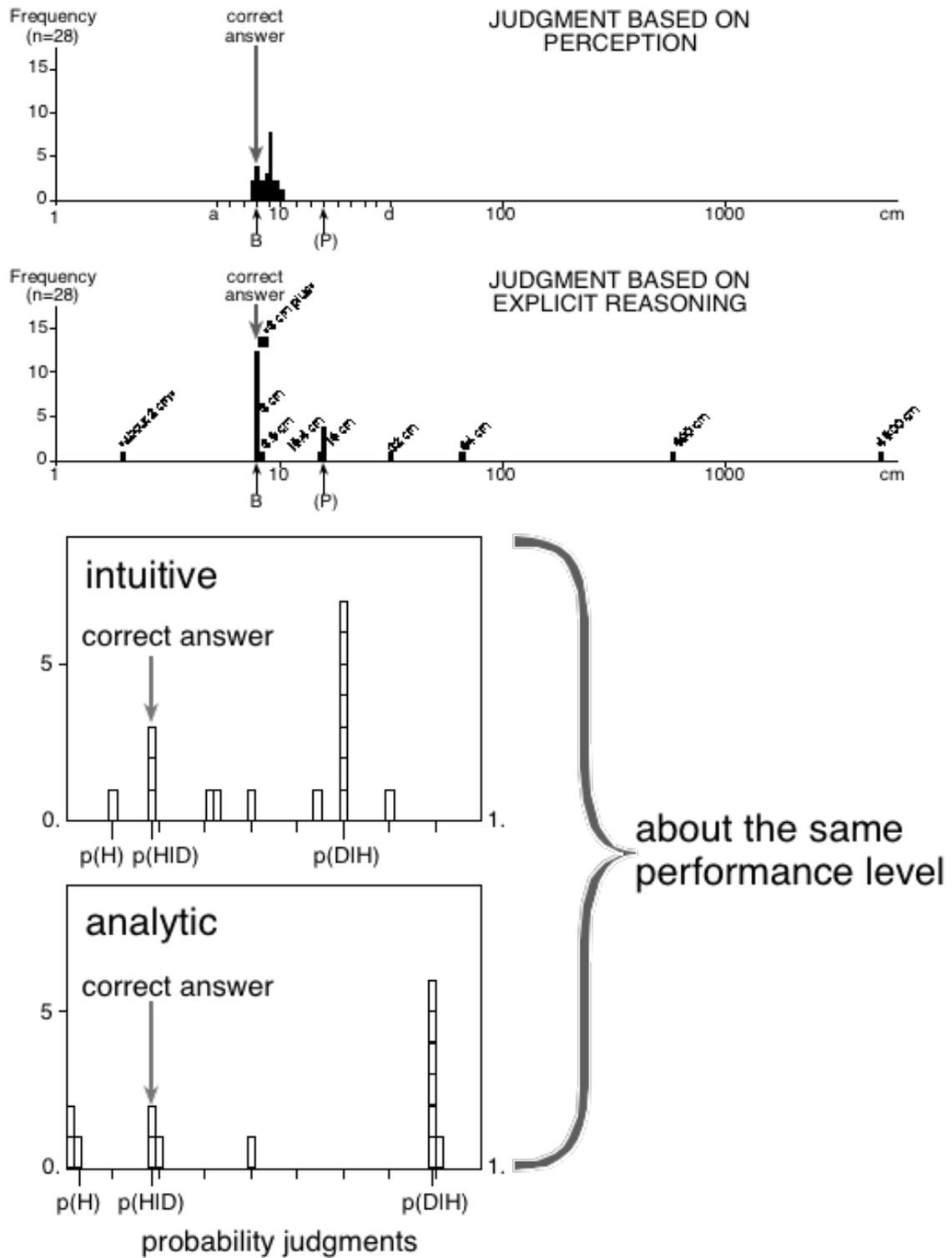


Abbildung 8: Urteile im analytischen und intuitiven Denkmodus für Wahrnehmungsurteile (Brunswik, 1948) und Urteile zu bedingten Wahrscheinlichkeiten bei textlich vorgegebenen Problemen (Scholz, 1987).

In beiden Fällen liefern die im intuitiven Modus erzielten Urteile im Durchschnitt bessere oder gleich gute Ergebnisse. Jedoch im Einzelfall erzeugt der analytische Modus verheerend falsche Aussagen und um Zehnerpotenzen vom richtigen Wert abweichende Urteile¹³.

Diese Daten widerlegen zum einen Aussagen, die eine generelle Überlegenheit des intuitiven Modus postulieren.

Die Daten motivieren jedoch auch eine Fähigkeit, die ich als *kognitive Didaktik* bezeichne. Unter kognitiver Didaktik verstehe ich die Fähigkeit eines Individuums, seine Mittel zur Informationsverarbeitung, d.h. die kognitiven Repräsentationen und Operatoren – in der Sprache von Brunswik – die *family-hierarchy of habits* so zu wählen, dass situationsangemessen eine optimale, oder – genauer gesagt – adäquate Lösung resultiert. Wir müssen also lernen, zu wissen und bewusst oder unbewusst zu entscheiden, ob wir bei einer Aufgabe eher analytisch oder intuitiv denken sollen.

Das *Lernen* besteht hier aus zwei Dingen:

Zum einen muss das Individuum Einsicht in qualitativ unterschiedliche Arten seiner eigenen Informationsverarbeitung und seines Denkens erhalten.

Zum zweiten kann dann mittels der kognitiven Didaktik gelernt werden, wann welche Art erfolgreich ist, d.h. wann intuitives bzw. analytisches Denken angebracht ist. Zu diesem Schritt gehört, dass sich das Individuum ein Bild oder ein Modell von seiner eigenen Mensch-Umwelt-Beziehung verschafft.

Bevor ich zum nächsten Anwendungsbereich übergehe, möchte ich als Essenz festhalten, dass den bislang betrachteten psychologischen Prozessen sehr unterschiedliche Lernprozesse zugrunde liegen. Betrachten wir die unbewussten Wahrnehmungsprozesse der Ganglien, so ist das Lernen und die Koordination der Perzeptoren primär phylogenetisch als evolutionärer biologischer Prozess zu verstehen. Betrachten wir aber die kognitive Didaktik beim Problemlösen oder bei höheren kognitiven Prozessen, bei der das Individuum sich in bewusster Weise auf eine Situation vorbereitet und bei der es zwischen verschiedenen Informationsverarbeitungstypen wählen kann, so steht dieser Lernprozess zumindest teilweise unter der potentiellen Kontrolle des Individuums.

Group Decision Making

Die Theorie des *Brunswikschen Probabilistischen Funktionalismus* lässt sich aber auch vorzüglich als ein Rahmenmodell zur Beschreibung von Gruppenprozessen und Gruppenentscheidungen nutzen (Hammond, 1965; McGrath, 1984; Brehmer, 1976; Rohrbaugh, 1997).

Betrachten wir als Beispiel eine Gruppe von Stadtplanern, die sich über die zukünftige Entwicklung eines Stadtteils, z.B. des Zentrum Zürich Nord Gedanken macht. Als Perzeptoren sind hier die Mitglieder dieser Gruppe zu begreifen (Abbildung 9). Die *stray causes*, d.h. die Störeffekte auf der linken Seite (vgl. hierzu auch Abbildung 6) in den verschiedenen Medien – und hier erlangt der Heidersche «Term» Medium sogar eine

¹³ Die aus kognitionspsychologischer Sicht formulierte Komplementarität zwischen Intuition und Analysis findet ihre Differenzierung in der stärker epistemologisch begründeten Trias von Bestehen, Begreifen und Erklären (vgl. Scholz, 1988, S. 16), mit der verschiedene Typen menschlicher Erkenntnis differenziert werden können.

passende zweite Bedeutung – sind die unterschiedlichen Informationen, welche die Mitglieder über den Fall akquiriert haben.

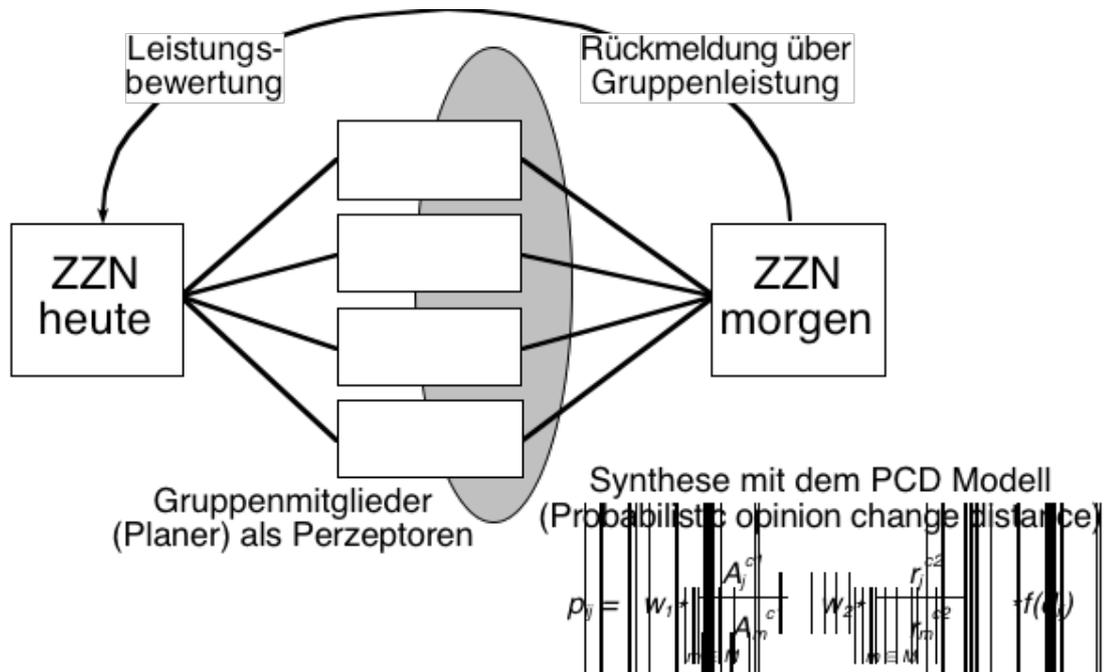


Abbildung 9: Gruppenentscheidungen im Rahmen des Modells des probabilistischen Funktionalismus. Anstelle des linearen Korrelationsmodells wird von Crott et. al (Crott & Werner, 1994; Crott, Werner & Hoffmann, 1996; Crott, Grotzer, Hansmann, Miege & Scholz, 1999) beispielsweise das *Probabilistic Model of Opinion Change Including Distances* (PCD-Modell) angenommen. In diesem Modell wird angenommen, dass die Wechselwahrscheinlichkeit p_{ij} zwischen zwei Alternativen i und j von der Stärke der Untergruppe abhängt, die für j plädieren und vom «Abstand» zwischen i und j sowie vom Attraktivitätswert A_j einer Alternative. Der Attraktivitätswert bestimmt sich empirisch nach dem mittleren eingeschätzten Attraktivitätswert vor Interaktionsbeginn. Das Modell postuliert, dass sich die Distanzen zwischen den Alternativen (z.B. über Nutzen-, Wahrheits-, Wahrscheinlichkeitsabstände etc.) messen lassen. Die Parameter c_1 und c_2 geben aufgabenspezifisch die Stärken der beiden Einflussfaktoren Gruppenstärke und Attraktivität an; $f(d_{ij})$ ist ein Funktionswert, der die Distanzbewertung repräsentiert, w_1 und w_2 sind Gewichte.

Als *Streuungs-Effekte*, als Störungseffekte in der Synthese, d.h. im Rahmen der Ökologischen Psychologie kommt hier eine Reihe von Dingen in Frage. Zunächst ist zu hinterfragen, ob die *Terminal Focal Variable*, d.h. das Ziel für alle Gruppenmitglieder identisch ist. Ist dies nicht der Fall und verfolgen die Mitglieder unterschiedliche Ziele, so kann keine geeignete Zusammenarbeit und somit auch keine effiziente Leistung resultieren.

Ein weiteres Problem jedoch ist der *Process Detail*, d.h. der Interaktionsprozess zwischen den Mitgliedern im Prozess der Problembearbeitung und Synthese. Aus vielen sozialpsychologischen Untersuchungen wissen wir (Steiner, 1972; McGrath, 1984; Witte, 1994), dass die Gruppenleistung häufig sehr schlecht ist und Gruppen sogar häufig unter dem Leistungsniveau des besten Gruppenmitglieds verbleiben.

In Zusammenarbeit mit dem Lehrstuhl für Sozialpsychologie der Universität Freiburg um Helmut Crott versuchen wir in einem Forschungsprogramm, einige Grundfragen zur Verbesserung der Gruppenleistung zu bearbeiten und eine «*kognitive Didaktik für Gruppen*» zu entwickeln.

In diesem Programm wird folgenden Fragen nachgegangen:

1. Wie müssen sich Gruppenmitglieder auf die *Initial Focal Variable* und auf die Zielfindung vorbereiten, damit sie eine optimale Leistung erbringen? Speziell, wie sind Grösse und Zusammensetzung von Gruppen zu wählen, damit sie effizient arbeiten?
2. Welche *Gruppenentscheidungsregeln* sind bei welchem Typ von Gruppenwissen am besten? Sollte etwa diejenige Lösung, welche die Mehrheit erhält, oder eher eine mittlere Alternative gewählt werden? Ansatzpunkt sind hier die *Social Decision Schemes* von Davis (1973, 1996), mit denen die von den Gruppen gewählten *Entscheidungsregeln* mit Matrizen modelliert werden können.¹⁴
3. Um den Prozess der Gruppendiskussion und -entscheidung besser zu verstehen, testen wir das sogenannte PCD Modell (siehe Abbildung 9). Dieses Modell überprüft, wie in einem Gruppenprozess der Gruppendruck, der von einer Mehrheit ausgeht, wirkt. Neben dem Gruppendruck wird mit dem Modell auch erfasst, wie stark die Argumente, die mit der offensichtlich richtigen Lösung verbunden sind, wirken.

¹⁴ Diese beiden Punkte sind auch Bestandteil der Nominal Group Technique, einer in der Praxis häufig empfohlenen Verfahrensregel zur Verbesserung von Gruppenentscheidungen.



Laboratory peer pressure

Abbildung 10: Gruppendruck (Larson, 1998).

Das Dilemma in vielen Gruppenprozessen, welches durch das PCD Modell erfasst wird, wird in einem Cartoon von Larson (1998) treffend dargestellt (Abbildung 10). Zur Darstellung des Modells sei auf Crott et al. (1996, 1999) verwiesen: Wichtig ist jedoch, dass das sog. PCD-Modell, d.h. das *Probabilistic Opinion Change Model* – ganz im Sinne Brunswiks – eine probabilistische Interaktion von verschiedenen Typen von Informationen postuliert, welche auf die Lösungsalternative wirken.¹⁵

Mutual Learning: Collective Rationality and Transdisciplinarity

Ich möchte nun direkt auf das Problem des *wechselseitigen* Lernens zwischen Hochschule und Praxis eingehen.

Beim Übergang zu diesem Schritt erhöht sich die Komplexität, indem wir von Gruppen, die mikrosoziale Einheiten darstellen, zu gesellschaftlichen Interessengruppen übergehen. Wir betrachten somit ein geschichtetes oder fraktales Linsenmodell (Abbildung

¹⁵ Das Modell erlaubt auch eine Unterscheidung zwischen Psychologischer Ökologie und Ökologischer Psychologie.

11), in welchem (möglicherweise überlappende) Interessengruppen die Perzeptoren bilden.

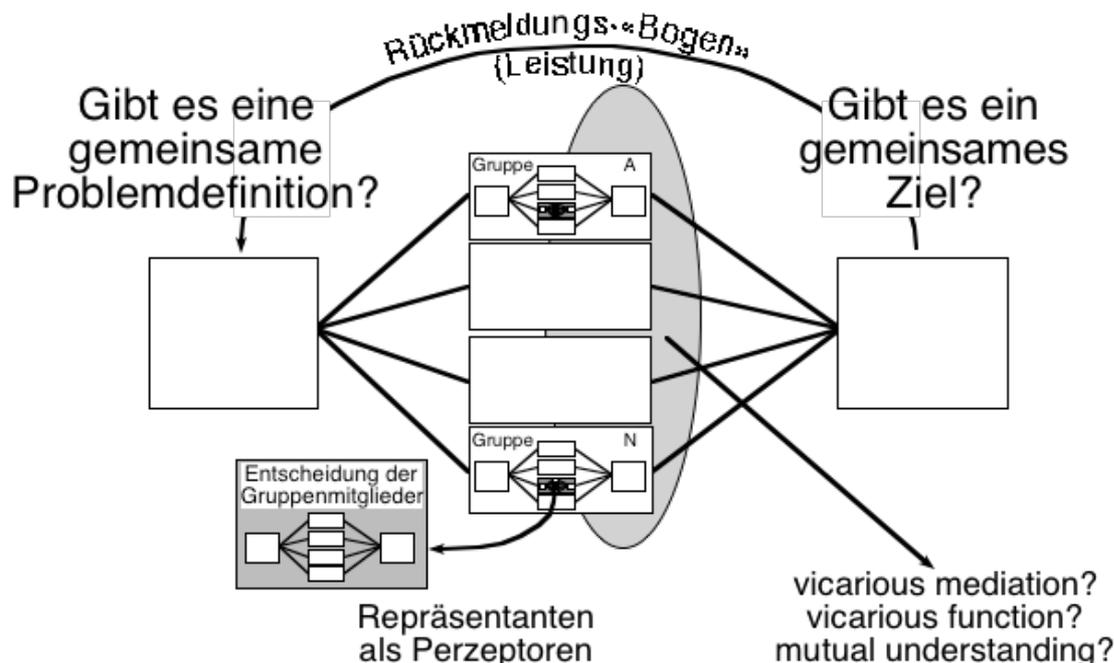


Abbildung 11: «Mutual Learning» zwischen Gruppen der Gesellschaft. Auch Entscheidungen auf gesellschaftlicher Ebene lassen sich mit der Theorie des *Probabilistischen Funktionalismus* darstellen. Postuliert wird hier eine hierarchische, fraktale Struktur, auf deren Ebenen Gesellschaft (mit verschiedenen Interessensperspektiven, bzw. -gruppen), Gruppen und Individuen unterschieden werden.

Innerhalb der Interessengruppen sind Abstimmungsprozesse gemäss dem Prinzip des *vicarious mediation* zu betrachten. Die Interessengruppen selbst sind als Gruppen zu begreifen, die im Sinne eines zielgerichteten, aber auch eines probabilistischen Prozesses einzelne Repräsentanten wählen. Die gewählten¹⁶ Repräsentanten interagieren und sind als für die Zielerreichung aktivierte Perzeptoren zu begreifen.

Wichtig ist hier, dass das Prinzip der *vicarious mediation* auf mehreren Ebenen, in einer hierarchischen Struktur zu verstehen ist.¹⁷

¹⁶ Somit agieren die gewählten Personen in der Stellvertreterrolle, die zu bestimmten Akzentuierungen des Verhaltens führt.

¹⁷ Ausgegangen wird also von einer Hierarchie von Umwelten, in einer ähnlichen Art, in der Bronfenbrenner (vgl. Nolting und Paulus, 1994, S. 119) zwischen Sozialen Strukturen, Institutionen/Organisationen, Soziale Umwelten/Gruppen/Familien und individuelles Verhalten unterscheidet. Eine schwierige Aufgabe, wie mit dem vorliegenden Papier skizziert, besteht nun darin, verschiedene Regelungsebenen (bzw. Ebenen unterschiedlicher sozialer Komplexität und Abstraktion; vgl. hierzu etwa Jaques, 1976) voneinander zu unterscheiden und (universelle) Strukturmerkmale zu bestimmen, von denen angenommen werden kann, dass diese auf allen Ebenen postulierbar sind. Als noch schwieriger wird betrachtet, ein hierarchisches Modell zu konstruieren, in dem die Regelungsebenen miteinander verknüpft sind, so dass Optimierungen auf «unteren Ebenen» relativ zu Optimierungsalgorithmen auf höherer Ebene verstanden und beschrieben werden können. Eine solche Modellierung wird auch als ein Schlüssel zu einem

Wir haben mit Hilfe der Theorie des *Probabilistischen Funktionalismus* im Rahmen der umweltnaturwissenschaftlichen Fallstudien (Scholz & Tietje, in press) an der ETH-Zürich eine Reihe grundsätzlicher Probleme modellieren und empirisch bearbeiten können:

Dazu gehören

- Mediationsprozesse, wie sie bisweilen zwischen Repräsentanten von Interessengruppen und Akteuren, z.B. in Stadtentwicklungsprozessen notwendig werden (Hulliger et al., 1997)
- Die Organisation von interdisziplinären Arbeitsprozessen – insbesondere die Integration von natur- und sozialwissenschaftlichen Wissen in komplexen Problemlösungen (Mieg & Scholz, 1999).

Aber auch ein altes und möglicherweise eines der schwierigsten und bis heute ungelösten Probleme, d.h. des wechselseitigen Lernens kann besser verständlich gemacht werden, nämlich die Organisation des Theorie-Praxis Verhältnisses.

Mutual Learning between Science and Society

Die Wissenschaften leiden heute darunter, dass sie sich häufig nicht den relevanten gesellschaftlichen Fragestellungen widmen. Viel schlimmer, selbst dann, wenn sie diesen Fehler nicht begehen und sich mit den Gegenständen beschäftigen, die in der Praxis als Problem betrachtet werden, sind sie häufig nicht in der Lage, etwas zu einer gesellschaftlichen Problemlösung beizutragen.

Was aber können wir nun diesbezüglich von Brunswik lernen?

Um einen Prozess des Mutual Learning zwischen Hochschule und Praxis zu organisieren, bedarf es – wie wir gesehen haben – in einem *ersten Schritt* der Definition einer von allen gemeinsam «ins Auge gefassten» *Initial Focal Variable*, d.h. einer gemeinsamen Problemdefinition. Bestimmt werden sollten Probleme, die wir durch eine Kooperation mehrerer Gruppen aus Wissenschaft und Praxis gewinnen können. Wird darüber kein Konsensus gefunden, was als ein gemeinsames Problem zu betrachten ist und wo genau der Aufmerksamkeitsfokus liegt, so kann nicht erwartet werden, dass eine erfolgreiche gemeinsame Problemlösung initialisiert werden kann.

In einem *zweiten Schritt* braucht es eine klare und gemeinsam konsentierete Zielfindung, d.h. eine Zieldefinition oder Zielvorgabe. Fokussieren die Perzeptoren in einer Linse nicht die gleiche Zielvariable, so kann nicht erwartet werden, dass die Kooperation eine Leistung erbringt, die besser ist, als die Einzelleistungen.

In einem *dritten Schritt* gilt es, das Perzeptorensystem so zu konfigurieren, dass eine *family-hierarchy of habits or functions* entstehen kann, die – ähnlich wie bei Kleingruppen – eine erfolgreiche Interaktion der Perzeptoren ermöglichen. Und hier liegt meiner Überzeugung nach die grösste Schwierigkeit.

besseren Verständnis der kollektiven Rationalität (vgl. Shulman & Carey, 1984; Scholz, 1991) und von transdisziplinären Prozessen betrachtet.

Ein Perzeptoren-System versagt und es kommt zu keiner erfolgreichen Wissensintegration, wenn die *habits* oder die Gewohnheiten zu unterschiedlich sind und somit die stray-effects in der Problembearbeitung zu gross werden. Dies wurde im übrigen von Churchman und Schainblatt (1965) in den sechziger Jahren in einem Artikel in der Zeitschrift *Management Science* mit dem vielsagenden Titel «*The Researcher and the Manager: A Dialectic Implementation*» zum Ausdruck gebracht. Das Kernproblem bildet hier das Problem des *mutual understanding*, oder – in der Brunswikschen Terminologie – die Konfiguration von gegenseitig lernfähigen und sich unterstützenden Perzeptoren- oder Agentensystemen.

Gesucht wird also eine Art «kognitiver Didaktik» für das Theorie-Praxis-Verhältnis oder – in anderen Worten ausgedrückt – eine Theorie transdisziplinärer Prozesse, welche es erlaubt, gesellschaftliche Wissensressourcen im Sinne einer kollektiven Rationalität besser zu nutzen.

Dies ist eine interessante und wissenschaftlich überaus reizvolle Aufgabe, der ich mich in den nächsten Jahren widmen möchte.

Schlussbemerkung

Die Entwicklung von neuen Strategien des Theorie-Praxis-Verhältnisses ist Gegenstand der vom Schweizerischen Nationalfonds, der Professur ETH-UNS sowie der ABB-Forschung im Jahr 2000 veranstalteten *Transdisziplinaritätstagung*. Aufgabe dieser Tagung wird es sein, neue Wege der Diffusion und Integration von Wissen zu vermitteln. Der vorliegende Artikel ist hierzu als Beitrag zu verstehen.

Literatur

- Ash, M. G. (1997). Egon Brunswik vor und nach der Emigration – wissenschaftshistorische Aspekte. In K. R. Fischer & F. Stadler (Eds.), *"Wahrnehmung und Gegenstandswelt": Zum Lebenswerk von Egon Brunswik (1903-1955)*, (pp. 49-77). Wien: Springer.
- Benetka, G. (1997). Vor der Emigration: Zum wissenschaftlichen Werdegang Egon Brunswiks. In K. R. Fischer & F. Stadler (Eds.), *"Wahrnehmung und Gegenstandswelt": Zum Lebenswerk von Egon Brunswik (1903-1955)*, (pp. 15-47). Wien: Springer.
- Berry, M. J., Brivanlou, I. H., Jordan, T. A., & Meister, M. (1999, March 25). Anticipation of moving stimuli by the retina. *Nature*, 398, 334-338.
- Brehmer, B. (1976). Social Judgement Theory and the analysis of interpersonal conflict. *Journal of Behavioral Decision Making*, 5, 233-252.
- Brunswik, E. (1927). *Strukturmonismus und Physik*. Unveröffentlichte Dissertation, Universität, Wien.
- Brunswik, E. (1936). Psychologie vom Gegenstand her, *Actes du Huitième Congrès International de Philosophie à Prague, 2-7 Septembre 1934*, (pp. 840-845). Prag: Obris.
- Brunswik, E. (1943). Organismic achievement and environmental probability. *Psychological Review*, 50, 255-272.
- Brunswik, E. (1948). Statistical separation of perception, thinking and attitudes. *The American Psychologist*, 3, 342.
- Brunswik, E. (1951). Note on Hammond's analogy between "relativity and representativeness". *Philosophy of Science*, 18, 212-217.
- Brunswik, E. (1957). Scope and aspects of the cognitive problem. In J. S. Bruner & al. (Eds.), *Contemporary approaches to cognition: a symposium held at the University of Colorado*, (pp. 5-31). Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Brunswik, E., & Kamiya, J. (1953). Ecological cue validity of 'proximity' and of other Gestalt factors. *The American journal of psychology*, 66, 20-32.
- Bühler, K. (1907). Tatsachen und Probleme einer Psychologie der Denkvorgänge: I. Über Gedanken. *Archiv für die gesamte Psychologie*, 9, 297-365.
- Bühler, K. (1908a). Tatsachen und Probleme einer Psychologie der Denkvorgänge: III. Über Gedanken, Erinnerungen. *Archiv für die gesamte Psychologie*, 12, 24-92.
- Bühler, K. (1908b). Antwort auf die von W. Wundt erhobenen Einwände gegen die Methode der Selbstbeobachtung an experimentell erzeugten Erlebnissen. *Archiv für die gesamte Psychologie*, 12, 92-122.
- Bühler, K. (1926). Die "neue Psychologie" Koffkas. *Zeitschrift für Psychologie*, 99.

- Churchman, C. W., & Schainblatt, A. H. (1965). The researcher and the manager: A dialectic of implementation. *Management Science*, 11 (4), B 69-B 87.
- Crott, H. W., Grotzer, T., Hansmann, R., Mieg, H. A., & Scholz, R. W. (1999). Prozessanalyse von Gruppenentscheidungen zu Aspekten ökologischer Stadtplanung. *Zeitschrift für Sozialpsychologie*, 30 , 77-91.
- Crott, H. W., & Werner, J. (1994). The Norm-Information-Distance-Model: A stochastic approach to preference change in group interaction. *Journal of Experimental Social Psychology*, 30 , 68-95.
- Crott, H. W., Werner, J., & Hoffmann, C. (1996). A probabilistic model of opinion change considering distance between alternatives: An application to mock jury data. In E. H. Witte & J. H. Davis (Eds.), *Understanding group behavior. Consensual action by small groups*, (Vol. 1, pp. 15-33). Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Davis, J. H. (1973). Group decision and social interaction: A theory of social decision schemes. *Psychological Review*, 80 , 97-125.
- Davis, J. H. (1996). Group decision making and quantitative judgements: A consensus model. In E. H. Witte & J. H. Davis (Eds.), *Understanding group behavior. Consensual action by small groups*, (Vol. 1, pp. 35-59). Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Dawes, R. M. (1971). A case study of graduate admissions: Application of three principles of human decision making. *American Psychologist*, 26 , 180-188.
- Dawes, R. M., Faust, D., & Meehl, P. (1989,). Clinical vs. actuarial judgment. *Science*, 243, 1668-1673.
- Elstein, A. S., Shulman, L. S., & Sprafka, S. A. (1978). *Medical problem solving*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Fieandt, K. v. (1986). Wien 1935. Augenzeuge bei Egon Brunswik und Karl Bühler. In G. Gimpl (Ed.), *Weder – Noch. Tangenten zu den finnisch-österreichischen Kulturbeziehungen*, (pp. 277-286). Helsinki: o. V.
- Goldberg, L. R. (1968). Simple models or simple processes? Some research on clinical judgments. *American Psychologist*, 23 , 483-486.
- Goldberg, L. R. (1971). Five models of clinical judgment: An empirical comparison between linear representations of the human inference process. *Organisation, Behavior and Human Performance*, 6 (458-479).
- Hammond, K. R. (1951). Relativity and representativeness. *Philosophy of Science*, 18 , 208-211.
- Hammond, K. R. (1954). Representative vs. systematic design in clinical psychology. *Psychological Bulletin*, 51 , 150-159.
- Hammond, K. R. (1965). New directions in research on conflict resolution. *Journal of Social Issues*, 21 , 44-66.
- Hammond, K. R. (1980). *The integration of research in judgement and decision theory* (Centre for Research, Judgement and Policy, Working paper Nr. 226). Unpublished manuscript. Boulder, CO: University of Colorado, Institute of Behavioral Science.

- Hammond, K. R. (1981). *Principles of organisation in intuitive and analytical cognition* (Centre for Research, Judgement and Policy, Report Nr. 231). Boulder, CO: University of Colorado, Institute of Behavioral Science.
- Hammond, K. R. (1997). Expansion of Egon Brunswik's Psychology. In K. R. Fischer & F. Stadler (Eds.), "*Wahrnehmung und Gegenstandswelt*": *Zum Lebenswerk von Egon Brunswik (1903-1955)*, (pp. 79-105). Wien: Springer.
- Heider, F. (1930). Die Leistung des Wahrnehmungssystems. *Zeitschrift für Psychologie*, *114*, 371-394.
- Hull, C. L. (1934). The concept of the habit-family hierarchy and maze learning. *Psychological Review*, *41*, 33-53 and 134-142.
- Hulliger, T., & al. (1997). Raum-Nutzungs-Verhandlungen. In R. W. Scholz, S. Bösch, T. Koller, H. A. Mieg, & J. Stünzi (Eds.), *Industriearreal Sulzer-Escher Wyss. Umwelt und Bauen: Wertschöpfung durch Umnutzung*, (pp. 253-284). Zürich: vdf.
- Hunter, W. S. (1928). *Human Behavior*. Chicago: University of Chicago Press.
- Jaques, E. (1976). *A general theory of bureaucracy*. London: Heineman.
- Katz, D. (1913). *Psychologie und mathematischer Unterricht*. Leipzig: Teubner.
- Kleeb, U. (1997). *Blumenwiese zwischen Wahrnehmung und Wirklichkeit*. Zürich: Museum für Gestaltung.
- Krech, D., Crutchfield, R. S., Livson, N., Wilson, W. A., & Parducci, A. (1992). *Grundlagen der Psychologie*. Weinheim: Beltz, Psychologie Verlags Union.
- Larson, G. (1998). The Far Side theme-a-month 1999 off-the-wall calendar. Kansas City: Andrews McMeel Publishing.
- McGrath, J. E. (1984). *Groups: Interaction and performance*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
- Meehl, P. (1954). *Clinical vs. statistical prediction. A theoretical analysis and a review of the evidence*. Minneapolis, MN: University of Minneapolis Press.
- Mieg, H. A., & Scholz, R. W. (1999). *Methoden zur Integration und Diffusion von Wissen: Die ETH-UNS-Fallstudien zur nachhaltigen Entwicklung in der Schweiz*. Manuscript in preparation. Zürich: Eidgenössische Technische Hochschule Zürich.
- Nolting, H.-P., & Paulus, P. (1994). *Psychologie lernen. Eine Einführung und Anleitung*. (5th ed.). Weinheim: Beltz, Psychologie Verlags Union.
- Rohrbaugh, J. (1997). Beyond the triple system case: Cognitive conflict tasks and small group processes. In K. R. Fischer & F. Stadler (Eds.), "*Wahrnehmung und Gegenstandswelt*": *Zum Lebenswerk von Egon Brunswik (1903-1955)*, (pp. 107-120). Wien: Springer.
- Scholz, R. W. (1987). *Cognitive strategies in stochastic thinking*. Dordrecht: Reidel.
- Scholz, R. W. (1988). Muss man den Formalismus begerrschen, um die Formalisten zu schlagen? UNS-Working Paper 1. Zürich: Eidgenössische Technische Hochschule, Professur für Umweltnatur- und Umweltsozialwissenschaften.

- Scholz, R. W. (1991). Psychological research in probabilistic understanding. In R. Kapadia & M. Borovcnik (Eds.), *Chance encounters: Probability in education*, (pp. 213-254). Dordrecht: Reidel.
- Scholz, R. W. (1998). Verantwortungsvoller Umgang mit Boden: Eine Herausforderung. In R. W. Scholz, S. Bösch, H. A. Mieg, & J. Stünzi (Eds.), *Region Klettgau: Verantwortungsvoller Umgang mit Boden*, (p. 8). Zürich: Rüegger.
- Scholz, R. W., & Tietje, O. (in press). *Integrating knowledge with case studies. Formative methods for better decisions*. Newbury Park, CA: Sage.
- Shulman, L. S., & Carey, N. B. (1984). Psychology and the limitations of individual rationality. Implications for the study of reasoning and civility. *Review of Educational Research*, 54, 501-524.
- Spies, M. (1993). *Unsicheres Wissen: Wahrscheinlichkeit, Fuzzy-Logik, neuronale Netze und menschliches Denken*. Heidelberg: Spektrum.
- Steiner, H. G. (1964). Mathematik I.: Mengen-Abbildung-Strukturen. In H. Behnke, R. Remmert, H. G. Steiner, & H. Tietz (Eds.), *Fischer Lexikon 29/1*, (pp. 246-292). Frankfurt a. M.: Fischer Bücherei.
- Steiner, I. D. (1972). *Group processes and productivity*. New York: Academic Press.
- Tolman, E. C. (1932). *Purposive behavior in animals and men*. New York: Century.
- Tolman, E. C., & Brunswik, E. (1935). The organism and the casual texture of the environment. *Psychological Review*, 42, 43-77.
- Witte, E. H. (1994). *Lehrbuch zur Sozialpsychologie*. (2nd ed.). Weinheim: Beltz, Psychologie Verlags Union.
- Wolf, B. (1995). *Brunswik und ökologische Perspektiven in der Psychologie*. Weinheim: Deutscher Studien Verlag.
- Wolf, B. (1997). Vicarious functioning as a central process-characteristic of human behavior. In K. R. Fischer & F. Stadler (Eds.), *"Wahrnehmung und Gegenstandswelt": Zum Lebenswerk von Egon Brunswik (1903-1955)*, (pp. 121-135). Wien: Springer.
- Zadeh, L. A., & Kacprzyk, J. (Eds.). (1992). *Fuzzy logic for the management of uncertainty*. New York: Wiley.
- Zimbardo, P. G. (1992). *Psychologie* (Hoppe-Graff, S., Keller, B., Trans.). (5th ed.). Berlin: Springer.