

*Uli Meyer*  
*Ingo Schulz-Schaeffer*

## **Drei Formen interpretativer Flexibilität**

Technical University Technology Studies  
Working Papers

**TUTS-WP-1-2005**

# Drei Formen interpretativer Flexibilität

Vortrag für die GWTF-Jahrestagung 2004: „Was kommt nach dem Konstruktivismus in der Wissenschafts- und Technikforschung?“

*Uli Meyer / Ingo Schulz-Schaeffer*

## 1. Einleitung

Ziel des vorliegenden Beitrages ist es, das Konzept der interpretativen Flexibilität in der sozialkonstruktivistischen Wissenschafts- und Technikforschung zu präzisieren. Die Basisannahme des sozialkonstruktivistischen Denkens lautet: Das betrachtete Phänomen „X hätte nicht existieren müssen oder müßte keineswegs so existieren, wie es ist. X – oder X, wie es gegenwärtig ist – ist nicht vom Wesen der Dinge bestimmt; es ist nicht unvermeidlich.“ (Hacking 1999: 19) Die Phänomene, auf die diese Basisannahme in der sozialkonstruktivistischen Wissenschafts- und Technikforschung angewendet wird, sind wissenschaftliche Aussagen und technische Artefakte. Nun beziehen sich Wissenschaftler, wenn sie neue wissenschaftliche Aussagen erarbeiten, und Ingenieure, die neue technische Wirkungszusammenhänge entwickeln, in gewisser Weise durchaus auf ein „Wesen der Dinge“: auf die vorgegebenen empirischen Sachverhalte der natürlichen oder sozialen Welt, auf die ihre wissenschaftlichen Aussagen gerichtet sind, oder auf die vorgegebenen Zwecksetzungen und Mittel-Zweck-Relationen ihrer technischen Konstruktionen.

Sozialkonstruktivismus in der Wissenschafts- und Technikforschung beruht deshalb auf der zusätzlichen Annahme, dass diese, der wissenschaftlichen Forschung bzw. der Technikentwicklung zu Grunde gelegten Sachverhalte ununterschiedlich gedeutet werden können. Dies bezeichnet der Begriff der interpretativen Flexibilität. Das bedeutet nicht, dass die betreffenden Sachverhalte tatsächlich unterschiedlich gedeutet werden. Das Rad wird nicht jedesmal neu erfunden. Viele mögliche Deutungsunterschiede haben – als Resultat vorgängiger Prozesse der sozialen Konstruktion – gemeinsam geteilten und unproblematisch verwendeten Deutungen Platz gemacht. Wo aber interpretative Flexibilität eine Rolle spielt, werden Begründungen zirkulär und führen in einen unendlichen Regress. Denn die Bedeutung des zu Grunde gelegten Sachverhaltes, etwa als Begründung der Wahrheit einer wissenschaftlichen Aussage, beruht dann auf einer selbst wieder begründungsbedürftigen Deutung.

Unser Versuch der Präzisierung des Konzepts der interpretativen Flexibilität besteht darin, zwischen drei unterschiedlichen Regressen dieser Art zu unterscheiden, die wir als Regress der Wahrheit, Regress der Nützlichkeit und Regress der Relevanz bezeichnen. Korrespondierend unterscheiden wir zwischen drei Formen interpretativer Flexibilität (3FiF): Für den Regress der Wahrheit und die zugehörige wahrheitsbezogene interpretativen Flexibilität können wir direkt auf Collins' *Empirical Programme of Relativism* (EPOR) zurückgreifen. Die Überlegungen zum Regress der Nützlichkeit und zur nützlichkeitsbezogenen interpretativen Flexibilität resultieren aus einer Revision des recht ungenauen Verständnisses interpretativer Flexibilität im Programm der *Social Construction of Technology* (SCOT) von Pinch und Bijker. Den Begriff des Regresses der Relevanz gewinnen wir aus einer Studie zur Kontroverse um Neuronale Netze, die einer von uns angefertigt hat (vgl. Meyer 2004).

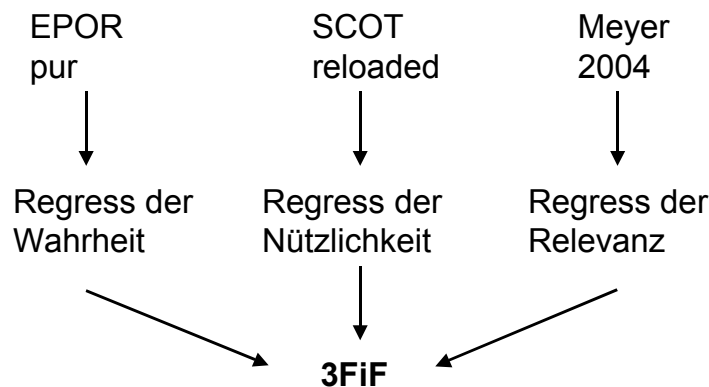


Abb. 1: Drei Formen interpretativer Flexibilität

Wir werden argumentieren, dass es für die Art und Weise der Aushandlung von Deutungsunterschieden in Prozessen der sozialen Konstruktion wissenschaftlichen Wissens oder technischer Artefakte einen Unterschied macht, ob die zu Grunde liegende interpretative Flexibilität auf einem Regress der Wahrheit, der Nützlichkeit oder der Relevanz beruht. Einen Vorteil der Differenzierung der drei Formen interpretativer Flexibilität sehen wir dementsprechend darin, diese Unterschiede für die Zwecke der soziologischen Analyse in den Blick zu bekommen. Darüber hinaus sind wir der Ansicht, dass weder der sozialen Konstruktion wissenschaftlichen Wissens allein der Regress der Wahrheit zu Grunde liegen muss, noch der sozialen Konstruktion technischer Artefakte allein der Regress der Nützlichkeit. Vielmehr zeigt sich zum einen, dass in beiden Fällen relevanzbezogene interpretative Flexibilität eine Rolle spielen kann. Zum anderen zeigt sich, dass nützlichkeitsbezogene Deutungsunterschiede in die soziale Konstruktion wissenschaftlichen Wissens und wahrheitsbezogene Kontroversen in die soziale Konstruktion technischer Artefakte einfließen können. Dies lässt sich bereits an den klassischen Beispielen des EPOR bzw. des SCOT demonstrieren, mit denen wir unsere Überlegungen im Folgenden illustrieren wollen, und spricht, so meinen wir, für das höhere Auflösungsvermögen der hier vorgeschlagenen Konzeption im Vergleich zu den dortigen Konzepten interpretativer Flexibilität.

## 2. Der Regress der Wahrheit

Das *Empirical Programme of Relativism* (EPOR) basiert auf der Grundannahme, dass die natürliche Welt nur eine kleine oder gar keine Rolle bei der Konstruktion wissenschaftlichen Wissens spielt (vgl. Collins 1981: 3), da die Sachverhalte, auf die die wissenschaftlichen Aussagen bezogen werden, unterschiedliche Deutungen zulassen. Daten wird eine Bedeutung somit erst zugeschrieben; sie ergibt sich nicht aus ihnen selbst. Weil Collins seine Überlegungen an Beispielen der Erzeugung naturwissenschaftlichen Wissens entwickelt, interessiert ihn vor allem die interpretative Flexibilität von Experimenten und experimentell gewonnenen Ergebnissen. In den meisten Fällen stellt die grundsätzliche Deutungsoffenheit von Experimenten und deren Ergebnissen kein Problem dar, weil der Deutung konsentiertes Wissen zu Grunde liegt. In diesen Fällen ist die Bedeutung von vornherein unumstritten. Man denke nur an Experimente im Schulunterricht, bei denen das Ergebnis und dessen Interpretation feststehen. Bedeutsam wird die interpretative Flexibilität wis-

senschaftlicher Ergebnisse erst dann, wenn die produzierten Ergebnisse nicht mit Rückgriff auf unstrittiges wissenschaftliches Wissen erklärt werden können. Dies kann aus der Perspektive der Wissenschaftler zwei Gründe haben: Das Experiment wurde kompetent durchgeführt, aber der erreichte Stand des Wissens reicht nicht aus, um die Ergebnisse zu erklären. Oder aber die Durchführung des Versuchs war fehlerhaft und hat falsche Ergebnisse produziert, stellt also den etablierten Stand des Wissens nicht in Frage. Das Problem daran ist nun, dass die Qualität eines Experiments als ‚kompetent durchgeführtes Experiment‘, letztendlich nur daran gemessen werden kann, ob es richtige Ergebnisse liefert. Als Beispiel sei wieder auf Experimente im Schulunterricht hingewiesen: Hier steht nicht das Ergebnis des Experimentes zur Debatte, sondern ob die Schüler in der Lage sind, es kompetent durchzuführen. Wenn nun aber der wissenschaftliche Status der Ergebnisse noch unsicher ist und die Ergebnisse nur durch die kompetente Durchführung des Experiments belegt werden könnten, entsteht ein infinites Regress: Über die kompetente Durchführung der Experiments kann nur aufgrund der Richtigkeit der Ergebnisse entschieden werden, die aber wiederum davon abhängt, ob das Experiment kompetent durchgeführt wurde. Diesen Zustand bezeichnet Collins als „experimenter’s regress“ (Collins 1985).

Das Kriterium der Richtigkeit von Forschungsergebnissen ist in der Wissenschaft das Kriterium wissenschaftlicher Wahrheit. Der experimenter’s regress von Collins ist dementsprechend ein *Regress der Wahrheit*. Eine zentrale Spielregel wissenschaftlicher Forschung lautet, dass nicht zwei konkurrierende wissenschaftliche Aussagen gleichzeitig wahr sein können. Wo diese Regel befolgt wird, führen Deutungsunterschiede, die auf der Grundlage eines Regresses der Wahrheit entstehen, zu wissenschaftlichen Kontroversen. Wissenschaftliche Kontroversen sind Situationen der Auseinandersetzung unter Entscheidungszwang: Nur eine der konkurrierenden Positionen wird sich am Ende durchsetzen können. Da nun aber – als Eigenschaft wahrheitsbezogener interpretativer Flexibilität – der wissenschaftliche Weg experimentellen Nachweises als Mittel der Entscheidungsfindung ausfällt, bleibt nur die Möglichkeit der sozialen Aushandlung der konkurrierenden Wahrheitsansprüche. An diesem, von Collins als Schließung einer wissenschaftlichen Kontroverse bezeichneten Prozess sind vor allem die direkt in diesem Forschungsgebiet involvierten Wissenschaftler beteiligt. Sie bezeichnet Collins als das *core set* (vgl. Collins 1983: 95).

Collins bevorzugtes Beispiel zur Illustration des EPOR ist die wissenschaftliche Kontroverse um die Messung von Gravitationswellen. Bei Gravitationswellen handelt es sich um minimale, kurzfristige Verschiebungen in der Struktur des Raumes, die durch die Bewegung großer Massen im Weltall hervorgerufen werden. Die Existenz von Gravitationswellen kann aus der Allgemeinen Relativitätstheorie von Einstein abgeleitet werden. Ihr Nachweis wäre somit ein Beleg für deren Richtigkeit. Im Jahr 1969 behauptete nun Joseph Weber, Professor an der University of Maryland, mit Hilfe eines selbst entwickelten Detektors die Existenz großer Mengen von Gravitationswellen nachgewiesen zu haben. Problematisch daran war, dass die beobachtete Menge nicht in Einklang stand mit dem gültigen Wissen über die Struktur des Universums: Gäbe es Gravitationswellen in dem von Weber behaupteten Ausmaß, dann müsste, unter der Annahme, dass das Wissen über das Universum zutreffend ist, dieses eine Dynamik aufweisen, aufgrund derer es in relativ kurzer Zeit verbrennen würde (vgl. Collins/Pinch 1999: 119).

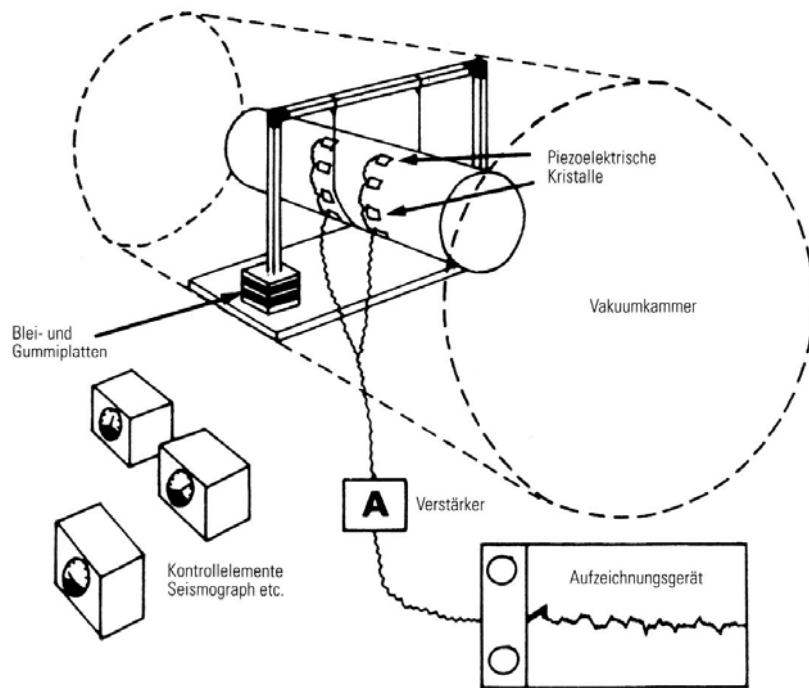


Abb. 2: Gravitationswellendetektor von Weber, aus (Collins/Pinch 1999)

Forschungsgruppen mehrerer Forschungseinrichtungen sahen sich durch dieses Problem veranlasst, die Messapparatur Webers nachzubauen und die Ergebnisse zu reproduzieren. Keiner Gruppe gelang dies. Die Kritiker Weber sahen dies als Beleg dafür, dass seine Messapparatur fehlerhaft sein müsste, bzw. die Daten falsch interpretiert worden waren. Weber wiederum sah die fehlende Detektion von Gravitationswellen durch seine Kollegen als Beweis dafür an, dass es ihnen nicht gelungen war, Messapparate zu entwickeln, die über die gleiche Sensitivität wie sein Detektor verfügten. Mehrere Forschergruppen veröffentlichten Artikel, die besagten, dass es ihnen nicht möglich war, Gravitationswellen zu detektieren. Keine der Veröffentlichungen erhob jedoch explizit den Anspruch, Weber wissenschaftlich widerlegt zu haben.

Allerdings führten diese Artikel zu einem langsamen Stimmungswandel, die Skepsis gegenüber Webers Ergebnissen nahm zu. Der entscheidende Umschwung wurde jedoch von einem Artikel herbeigeführt, der zwar keine nennenswerten neuen wissenschaftlichen Erkenntnisse lieferte. Dafür war er rhetorisch umso stärker: Im Gegensatz zu den vorhergehenden Artikeln wurden Weber und seine Forschung direkt angegriffen. Ein Mitarbeiter von Garwin, Autor des Artikels, sagte später dazu: „an diesem Punkt ging es nicht mehr um Physik. [...] Wir wollten einfach sehen, ob wir das Ganze nicht gleich stoppen konnten, bevor es sich am Ende noch weiter zwanzig Jahre hinzog“ (Collins/Pinch 1999: 134). Diese primär rhetorische Intervention deutet Collins als die entscheidende Aktion in der sozialen Aushandlung der Kontroverse. Spätestens ab 1975 galt es bei den involvierten Wissenschaftlern als konsentiertes Wissen, dass Weber im Unrecht und seine Experimente fehlerhaft waren. Weitere Experimente, die Gravitationswellen nachgewiesen haben wollten, mussten daher konsequenter Weise ebenso fehlerhaft sein. Die Kontroverse war geschlossen.

### 3. Der Regress der Nützlichkeit

Im SCOT, dem von Trevor Pinch und Wiebe Bijker vorgeschlagenen Programm der *Social Construction of Technology* (vgl. Pinch/Bijker 1984; 1987), bezeichnet interpretative Flexibilität den Umstand, dass ein und demselben technischen Artefakt grundlegend unterschiedliche Bedeutungen verliehen werden können (vgl. Pinch 1996: 24). Eine Gruppe von Akteuren, für die ein technisches Artefakt übereinstimmend ein bestimmtes Bündel von Bedeutungen besitzt, nennen Pinch und Bijker eine relevante soziale Gruppe, sofern diese Gruppe mit ihrer Meinung im Prozess der Entwicklung dieses Artefaktes eine Rolle spielt. Zusammengenommen nehmen die relevanten sozialen Gruppen in der Konzeption des SCOT die Position ein, die im EPOR das core-set der an einer wissenschaftlichen Kontroverse beteiligten Forscher innehat. Sie bilden die Akteurskonstellation, innerhalb derer die soziale Aushandlung interpretativer Flexibilität erfolgt.

Mit dem EPOR teilt das SCOT weiterhin die Auffassung, dass die interpretative Flexibilität von Artefakten nicht beliebig fortbesteht. „Was man beobachtet, ist, dass eine Schließung und Stabilisierung erfolgt, dergestalt dass einige Artefakte weniger Probleme zu haben scheinen und zunehmend zur dominanten Form der Technik werden. Es sollte angemerkt werden, dass dies nicht dazu führen muss, dass alle Rivalen verschwinden. Häufig können zwei sehr unterschiedliche Techniken nebeneinander existieren (zum Beispiel Düsen- und Propellerflugzeuge).“ (ebd.: 25) Grundsätzlich verlaufen die Prozesse der Schließung, so Pinch und Bijker, nicht anders als im Fall wissenschaftlicher Kontroversen: Es sind soziale Mechanismen der Veränderung der jeweiligen Bedeutungszuschreibungen am Werk, die dazu führen, dass ein bestimmtes Artefakt schließlich von immer mehr relevanten sozialen Gruppen als die angemessenere Problemlösung angesehen wird.

Am Beispiel der Fahrradentwicklung, an dem Pinch und Bijker ihren programmatischen Vorschlag illustrieren: „Das Hochrad hatte die Bedeutung einer ‚Macho-Maschine‘ für trainierte und risikofreudige junge Männer, aber für ältere Menschen und für Frauen“ – eine zweite relevante soziale Gruppe – „hatte es die radikal unterschiedliche Bedeutung einer ‚unsicheren Maschine‘. Solche interpretative Flexibilität betrifft gegebenenfalls nicht nur das Artefakt als Ganzes, sondern auch einzelne seiner Bestandteile. Als zum Beispiel der Luftreifen zuerst eingeführt wurde, war er für einige Gruppen ein Objekt des Spotts, ästhetisch abstoßend und eine Quelle ständigen Ärgers (Reifenschäden). Für Dunlop andererseits stellte er die perfekte Lösung für das Vibrationsproblem der Fahrräder dar.“ (ebd.: 24f.) Die Schließung erfolgt hier unter anderem durch einen Vorgang der Redefinition des Problems: Das Hochrad wird buchstäblich aus dem Rennen geworfen, als die zunächst für die Lösung des Sicherheitsproblems entwickelte Luftbereifung den sichereren niedrigradrigen Fahrrädern bei Radrennen den entscheidenden Geschwindigkeitsvorteil verschaffte. Denn riskant hinterherzufahren macht auch dem Macho weniger Spaß als sicher zu gewinnen.

Ein wesentlicher Unterschied zum EPOR besteht darin, dass zentrale Begriffe: interpretative Flexibilität, relevante soziale Gruppen, Schließung, inhaltlich sehr viel unschärfer gefasst sind als die korrespondierenden wissenschaftssoziologischen Begriffe und sehr viel weniger auf den Gegenstand des Interesses, die Technikentwicklung, zugespitzt sind. Die Aussage, dass sich mit Gegenständen oder Erzeugnissen unterschiedliche Bedeutungen verbinden lassen und dass sich dann Prozesse der Neu- oder Umdefinition dieser Bedeutungszuschreibungen beobachten lassen, durch die jene Heterogenität der Sichtweisen verringert oder beseitigt wird, lässt sich eben auf alle Gegenstände oder Erzeugnisse beziehen, die zunächst ein bestimmtes Maß an Bedeutungsoffenheit aufweisen. Sie ist damit in keiner Weise eine spezifisch techniksoziologische Aussage. Dies liegt daran, dass die Bestimmung

des Begriffs der interpretativen Flexibilität im SCOT lediglich darin besteht, den Begriff zu wiederholen, nicht aber darin, ihn inhaltlich zu qualifizieren.

Das halten wir für unbefriedigend und wollen deshalb einen eingeschränkteren, und spezifisch auf die Entwicklung technischer Arrangements bezogenen Begriff der interpretativen Flexibilität vorschlagen. Im EPOR wird die besondere Form der interpretativen Flexibilität wissenschaftlicher Aussagen auf den Regress der Wahrheit zurückgeführt. Wir müssen also fragen: Gibt es einen Regress, der in vergleichbarer Weise eine der Technikentwicklung eigene Form der interpretativen Flexibilität begründet? Dies ist unseres Erachtens der Fall. Wir bezeichnen diesen Regress als *Regress der Nützlichkeit*. Wie kommen wir zu dieser These? Ausgangspunkt ist die Frage, was technische Artefakte (und allgemeiner: technische Arrangements) von wissenschaftlichen Aussagen einerseits, andererseits von sonstigen kulturellen Artefakten unterscheidet. Unsere Antwort: Das spezifisch Technische technischer Artefakte ist die Eigenschaft, mit ihrer Hilfe hinreichend zuverlässig und wiederholbar erwünschte Wirkungen erzielen zu können, die ohne ihre Hilfe nicht oder nur mit größerem Aufwand erreicht werden könnten (Schulz-Schaeffer 1999: 410). Daraus folgt: So wie das Kriterium der Beurteilung wissenschaftlicher Aussagen ihr Wahrheitsgehalt ist, ist das Kriterium der Beurteilung technischer Artefakte deren Nützlichkeit für die Realisierung bestimmter Zwecke.

Interpretative Flexibilität ist hier dementsprechend Bedeutungsoffenheit mit Blick auf die Frage, ob, wie, für wen und in welchen Verwendungszusammenhängen ein technisches Artefakt sich aufgrund seiner jeweiligen Funktionsmerkmale als nützlich erweisen wird. Sie entsteht dadurch, dass die Frage der Nützlichkeit angesichts divergierender Nutzungszwecke unterschiedlicher Nutzergruppen und angesichts der verschiedenartigen Anforderungen unterschiedlicher Nutzungskontexte verschieden beantwortet werden kann. Wenn diese Form interpretativer Flexibilität auftritt, so deshalb, weil auch hier ein unauflösbarer Regress zu Grunde liegt: Ob ein technisches Artefakt eine nützliche Funktionalität aufweist, entscheidet sich letztlich erst dann, wenn es seine Nutzer gefunden hat und erfolgreich in einen Nutzungskontext eingebaut worden ist. Aber ob das der Fall sein wird, kann man noch nicht wissen, wenn es zu entscheiden gilt, mit welchen Funktionsmerkmalen das in der Entwicklung befindliche Artefakt ausgestattet werden soll. Dies bezeichnen wir als den Regress der Nützlichkeit.

Dieses Verständnis nützlichkeitsbezogener interpretativer Flexibilität erlaubt es uns, eine Ähnlichkeit und eine Differenz zur Situation der wissenschaftlichen Kontroverse genauer in den Blick zu bekommen als im SCOT: In der Technikentwicklung gibt es eine Form der vorgängigen Begrenzung interpretativer Flexibilität: Wo es für ein in Entwicklung befindliches technisches Artefakt hinreichend stabile Nutzungszwecke, Nutzergruppen und Nutzungskontexte bereits gibt, insbesondere dort also, wo ein neues technisches Artefakt die Nachfolge eines anderen Artefaktes antreten kann, das sich bereits als nützlich erwiesen hat, stellt sich das Problem des Regresses der Nützlichkeit sehr viel weniger als im gegenteiligen Fall. Ähnlich begrenzt bei wissenschaftlichen Aussagen das bereits konsenterte wissenschaftliche Wissen das Auftreten interpretativer Flexibilität. Tritt aber dennoch eine wissenschaftliche Kontroverse auf, so herrscht zugleich auch Einigungszwang, da eben zwei einander widersprechende wissenschaftliche Aussagen nicht gleichzeitig wahr sein können. Ein vergleichbarer Einigungszwang bei divergierenden Nützlichkeitsvorstellungen technischer Artefakte besteht dagegen nicht. Grundsätzlich spricht nichts dagegen, dass für unterschiedliche Nutzungszwecke, Nutzergruppen oder Nutzungskontexte unterschiedliche Artefaktvarianten entwickelt werden. Die im SCOT unterstellte Analogie zwischen wissenschaftlichen und technologischen Kontroversen trifft deshalb nicht umstandslos zu. Genauer gesagt: Es lässt sich zeigen, dass dort, wo technologische Kontroversen mit Eini-

gungszwang bestehen, das Bezugsproblem der Regress der Wahrheit ist und nicht der Regress der Nützlichkeit. Doch dazu später mehr.

#### 4. Der Regress der Relevanz

Eine dritte Form interpretativer Flexibilität tritt auf, wenn zur Debatte steht, welche möglichen Entwicklungspfade in Wissenschaft und Technikentwicklung eingeschlagen werden können und sollen. Interpretative Flexibilität entsteht in diesem Fall dadurch, dass aufgrund begrenzter Ressourcen darüber entschieden werden muss, welche Forschungsansätze es sich lohnt weiterzuverfolgen und welche Ansätze in einer Sackgasse enden werden oder aus anderen Gründen keine Ergebnisse in der Zukunft versprechen, die eine Weiterverfolgung rechtfertigen würden. Diese Frage lässt sich letztendlich nur dadurch entscheiden, dass man die Leistungen eines Forschungsansatzes bewertet. Um dies zuverlässig tun zu können, müsste man ihn allerdings weiterverfolgen. Ob dies geschehen soll, gilt es jedoch gerade zu klären. Auch hier besteht somit ein infinites Regress, den wir als *Regress der Relevanz* bezeichnen, da in diesem Fall das entscheidende Kriterium ist, welche Forschungsergebnisse relevant zur Beurteilung des Potentials eines Forschungsansatzes sind und welche nicht.

Als Beispiel für einen solchen Regress und die daraus resultierende Kontroverse kann die Forschung über Neuronale Netze (NN) in den 1960er Jahren gelten. Neuronale Netze wurden als Möglichkeit gesehen, menschliche Intelligenz nachzubilden. Dazu sollten – in abstrahierter Form – die Strukturen des Gehirns in Maschinen abgebildet werden. Ein konkurrierender Ansatz, die symbolische Künstliche Intelligenz (KI), versuchte Regeln zu identifizieren, die intelligentem Schlussfolgern zu Grunde liegen und auf diesem Wege Intelligenz auf Computern zu entwickeln. Vertreter dieser Forschungsrichtung, allen voran Marvin Minsky und Seymour Papert stellten nun die Behauptung auf, dass es niemals möglich sein würde, mit Hilfe Neuronaler Netze Künstliche Intelligenz zu entwickeln. Sie präsentierten Beweise, die dies belegen sollten. Im Unterschied zu einer wissenschaftlichen Kontroverse im Sinne von Collins wurden diese wissenschaftlichen Ergebnisse jedoch von den Vertretern des NN-Ansatzes nicht in Frage gestellt. Allerdings bezweifelten sie die Relevanz der Ergebnisse für die Beurteilung der Zukunftsaussichten ihres Forschungsansatzes (vgl. Meyer 2004: 75ff).

Ein prägnantes Beispiel für diese divergierenden Bewertungen findet sich bereits auf dem Umschlag des von Minsky und Papert veröffentlichten Buches *Perceptrons* (Minsky/Papert 1969). Dort sind zwei Figuren abgebildet, von denen die eine aus einer Linie, die andere dagegen aus zwei Linien besteht. Minsky und Papert beweisen in dem Buch mathematisch, dass Neuronale Netze in bestimmten Fällen – und so auch in diesem Fall – nicht in der Lage sind, zu entscheiden, ob eine Figur verbunden ist, also aus einem Teil besteht, oder unverbunden ist, also aus mehreren Teilen besteht. Gleichzeitig legen sie dar, dass diese Unterscheidung mit Hilfe der symbolischen KI ohne weiteres möglich ist.



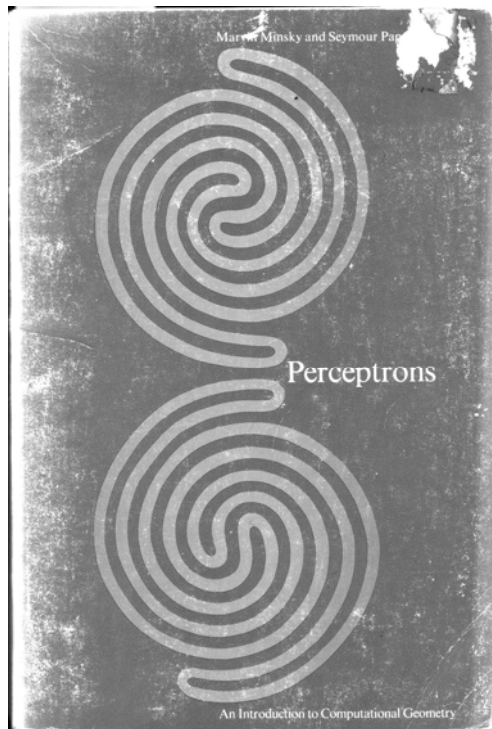


Abb. 3: Cover „Perceptrons“ (Minsky/Papert 1969)

Rosenblatt als einer der vehementesten Vertreter der Forschung an Neuronalen Netzen gab ihnen Recht, verwies jedoch darauf, dass dies nicht relevant dafür sei, entscheiden zu können, ob die Forschung an Neuronalen Netzen zukünftige Erträge verspreche oder nicht. Sein Argument war schlicht: Neuronale Netze sollen menschliches Denken und Erkennen nachbilden. Menschen aber sind kaum in der Lage, schon bei so einfachen Objekten wie den abgebildeten Figuren zu entscheiden, ob sie verbunden sind oder nicht. Wenn Menschen dies nicht können, müssen auch die sie imitierenden Neuronalen Netze dies nicht beherrschen, argumentierte Rosenblatt (vgl. Meyer 2004: 77f).

Bis zum Ende der 1960er Jahre konnten sich jedoch Minsky und Papert mit ihrer Interpretation der Bedeutung ihrer Analysen durchsetzen. Ihnen gelang es, Geldgeber davon zu überzeugen, dass die Förderung der symbolischen KI in der Zukunft wesentlich mehr Ergebnisse bringen würde als die an Neuronalen Netzen. Dabei nutzen sie geschickt persönliche Kontakte zu Akteuren in den relevanten Fördereinrichtungen und fokussierten ihre Kritik an der Leistungsfähigkeit Neuronaler Netze auf solche Elemente, für die die symbolische KI bereits Lösungen gefunden hatte. Das Verbundenheitsproblem gehört dazu. Ende der 1960er Jahre war die Forschung an NN von einigen 100 Forschergruppen in der Hochphase Ende der 1950er Jahre auf einige wenige Projekte zusammengeschrumpft. Diese Projekte wurden in anderen Forschungsgebieten ‚versteckt‘, da es nicht möglich war, eine direkte Förderung zu erhalten. Die Kontroverse war geschlossen.

## 5. Die empirische Relevanz der Unterscheidung zwischen drei Formen interpretativer Flexibilität

Wissenschaftlichen Kontroversen kann also statt wahrheitsbezogener auch relevanzbezogene interpretative Flexibilität zu Grunde liegen. Wie wir gleich sehen werden, kann aber auch nützlichkeitsbezogene interpretative Flexibilität eine Rolle spielen. Darüber hinaus lässt sich zeigen, dass in Auseinandersetzungen um die Bedeutung technischer Artefakte ebenfalls alle drei Formen interpretativer Flexibilität zur Grundlage von Deutungsunterschieden werden können. Deutungsprozesse, die als Kontroversen über Wahrheitsfragen begonnen haben, können als Relevanz- oder Nützlichkeitsfragen entschieden werden und umgekehrt. Die vorgeschlagene Differenzierung unterschiedlicher Formen interpretativer Flexibilität erlaubt es, Überlagerungen und Transformationen dieser Art in den Blick zu bekommen. Bedeutsam ist dies insbesondere deshalb, weil, wie in den letzten drei Abschnitten angesprochen, mit den jeweiligen Formen interpretativer Flexibilität unterschiedliche Bedingungen ihrer Aushandlung verbunden sind, die es bei der Analyse zu berücksichtigen gilt.

Die These, dass in Deutungsprozesse über wissenschaftliches Wissen oder technische Artefakte unterschiedliche Formen interpretativer Flexibilität gleichzeitig oder einander ablösend einbezogen sein können, soll im Folgenden zuerst anhand dreier allgemeiner Überlegungen eingeführt werden. Anschließend wollen wir zeigen, dass sie bereits für die klassischen Beispiele des EPOR und des SCOT zutrifft und plausibilisieren, dass die Unterscheidung zwischen drei Formen interpretativer Flexibilität die jeweiligen Aushandlungsprozesse genauer aufzuschlüsseln erlaubt.

### 5.1 Drei allgemeine Überlegungen

- (1) Das Konzept des Paradigmenwechsel, d.h. der Ablösung eines etablierten Paradigmas durch ein neues, noch unausgearbeitetes Paradigma, wie Kuhn (1976) es für wissenschaftliche Paradigmen und Dosi (1982) es für technologische Paradigmen aufgestellt haben, beschreibt auf einem hohen analytischen Abstraktionsniveau Prozesse, in denen von Wahrheitsbezug oder Nützlichkeitsbezug auf Relevanzbezug umgestellt wird: Würde die Auseinandersetzung zwischen dem etablierten und dem im Entstehen begriffenen Paradigma als Kontroverse über Wahrheitsfragen bzw. im Fall technologischer Paradigmen: als Kontroverse über Nützlichkeitsfragen geführt, so würde jeweils das etablierte Paradigma den Sieg davon tragen. Wenn dennoch für das im Entstehen begriffene neue Paradigma optiert wird, dann deshalb, weil ihm eine größere Relevanz mit Blick auf zukünftige wissenschaftliche bzw. technologisch-technische Innovationen zugemessen wird. Seine Attraktivität besteht darin, dass es als vielversprechender erscheint, weshalb es mit Blick auf zukünftige Erträge der wissenschaftlichen Forschung oder der Technikentwicklung lohnender erscheint, in das neue Paradigma zu investieren als in das etablierte.
- (2) Wahrheitsbezogene Kontroversen können in nützlichkeitsbezogene Deutungsunterschiede transformiert werden. Dies lässt sich dort gut beobachten, wo sich eine wissenschaftliche Kontroverse entweder auf absehbare Zeit nicht lösen lässt oder wo dies grundsätzlich als aussichtslos angesehen wird. Als grundsätzlich unlösbar gilt vielen Wissenschaftlern beispielsweise die wissenschaftstheoretische Frage, ob eine Erkenntnis der Welt, wie sie wirklich ist, möglich ist oder nicht. Vertreter beider Seiten gehen deshalb dazu über, ihre Positionen nützlichkeitsbezogen zu begründen, also forschungs-

praktische Gründe anzuführen. So beruht etwa Essers Theorie der soziologischen Erklärung erkenntnistheoretisch auf realistischen Prämissen, Luhmanns autopoietische Systemtheorie dagegen auf konstruktivistischen Basisannahmen. Beide gehen dabei explizit davon aus, dass sich die erkenntnistheoretische Grundfrage wissenschaftlich nicht entscheiden lässt (vgl. Esser 1993: 53; Luhmann 1990: 531). Beide aber führen nützlichkeitsbezogene Argumente für die von ihnen zu Grunde gelegte Position an. Esser hält dem Realismus zu Gute, „daß er die einfachere Hypothese“ (Esser 1993: 54, 56) darstelle. Luhmann dagegen geht es nicht um Einfachheit, sondern um „Auflösevermögen“ (Luhmann 1990: 510) und er sieht unter diesem Nützlichkeitskriterium im Konstruktivismus eine „für die moderne Gesellschaft adäquate Reflexionstheorie“ (Luhmann 1990: 531). Über den Umweg der Transformation in nützlichkeitsbezogene Deutungsunterschiede können wahrheitsbezogene Kontroversen dann zumindest einstweilen auch gelöst werden, wie im Fall des Welle-Teilchen-Dualismus des Lichts.

- (3) Umgekehrt können aber auch Deutungsunterschiede, die die Nützlichkeitsfunktion betreffen, in wissenschaftliche Kontroversen transformiert werden. Dazu muss man nichts anderes tun als den Gegenstand der nutzungsbezogenen Deutungsunterschiede – etwa die Frage, ob sich ein bestimmtes technisches Funktionsmerkmal in einem bestimmten Nutzungszusammenhang als nützlich erweisen wird – zum Gegenstand empirischer Forschung zu machen. Es geht hier in den Worten von Donald MacKenzie (1989: 411) darum, „Fakten über Artefakte zu produzieren“. Der Vorgang, mittels dessen dies geschieht, ist das Testen. Technik zu testen bedeutet, Hypothesen über die Nützlichkeitsfunktion bestimmter technischer Funktionsmerkmale wissenschaftlich kontrolliert empirisch zu überprüfen. Erst durch diese Transformation werden aus nützlichkeitsbezogenen Deutungsunterschieden gegebenenfalls technologische Kontroversen. Technologische Kontroversen sind Kontroversen über die Wahrheit von Nützlichkeits-hypothesen. MacKenzie stellt fest, dass „alles, was die neuere Wissenschaftssoziologie über das *Experiment* in der Wissenschaft gesagt hat, auch über das *Testen* in der Technikentwicklung gesagt werden kann.“ (ebd.) Insbesondere gebe es einen zum Regress des Experimentators analogen Regress des Testers (vgl. ebd.: 414). MacKenzie hat Recht, denn in beiden Fällen geht es um den Regress der Wahrheit.

## 5.2 Relevanzbezogene interpretative Flexibilität in der Gravitationswellen-Kontroverse

In der weiteren Entwicklung der Kontroverse um den Nachweis von Gravitationswellen kann man eine Verschiebung hin zu einer relevanzbezogenen Kontroverse beobachten. 1982, etwa sieben Jahre nach Schließung der Kontroverse, wartete Weber mit einer neuen Erklärung auf, warum er mit seinen Apparaten seit Ende der 1960er Jahre Gravitationswellen nachweisen konnte. Das Argument lautete, dass er gar nicht die zunächst angenommene Menge an Gravitationswellen gemessen hatte. Vielmehr sei seine Apparatur wesentlich sensibler als bis zu diesem Zeitpunkt vermutet. Auf Basis seiner neuen Theorie nahm er an, dass seine Apparate sechs bis neun Zehnerpotenzen, also ein Millionen bis eine Milliarden Mal, empfindlicher waren als bis dahin angenommen. Damit wäre auch die Intensität der nachgewiesenen Gravitationswellen um den gleichen Faktor geringer und stünde damit nicht mehr im Widerspruch zu geltenden Theorien. Weber begründete die höhere Sensibilität mit quantentheoretischen Effekten in dem Metallzylinder, dem Kern seiner Messapparatur. Durch diese Effekte wäre die Reaktion des Metallbarrens auf Gravitationswellen um die genannte Größenordnung höher als bis dahin vermutet. Diese Ergebnisse veröffentlichte Weber 1982 in einem Artikel in *Physical Review*. Das Paper wurde schlicht ignoriert. Nach

der Schließung der Kontroverse Mitte der 1970er Jahre wurden Beiträge von Weber in der *Scientific Community* nicht mehr wahrgenommen. Die Kontroverse war entschieden, weitere Diskussion unnötig. Die Exklusionsmechanismen funktionierten. Umso erstaunlicher ist es, dass ein Artikel, den Weber zu dem gleichen Thema im Jahre 1989 in einem wesentlich unbedeutenderen Journal (*Il Nuovo Cimento*) veröffentlichte, zu massiven Angriffen von Seiten der ‚etablierten‘ Forscher führte. Was war geschehen?

Forschungseinrichtungen am MIT hatten eine neue Methode zum Nachweis von Gravitationswellen entwickelt, die wesentlich sensibler sein sollte als die bis dahin verwendeten Metallbarren. Die neuen Messanlagen bestanden aus zwei orthogonal zueinander angeordneten Lasermessstrecken, auf denen kontinuierlich die Längen der Strecken gemessen wurden. Wenn nun Gravitationswellen die Anlage durchlaufen würden, würde sich die Länge der Arme verändern und zwar ungleichmäßig. Diese Veränderung kann gemessen werden und dient als Nachweis für Gravitationswellen. Die größten dieser Einrichtungen, die Laser Interferometer Gravitational Observatories (LIGO) sollten in den USA entstehen. Jeder der Arme hat eine Länge von 4 km.



Abb. 4: Barren von Weber, aus (Collins 2004)

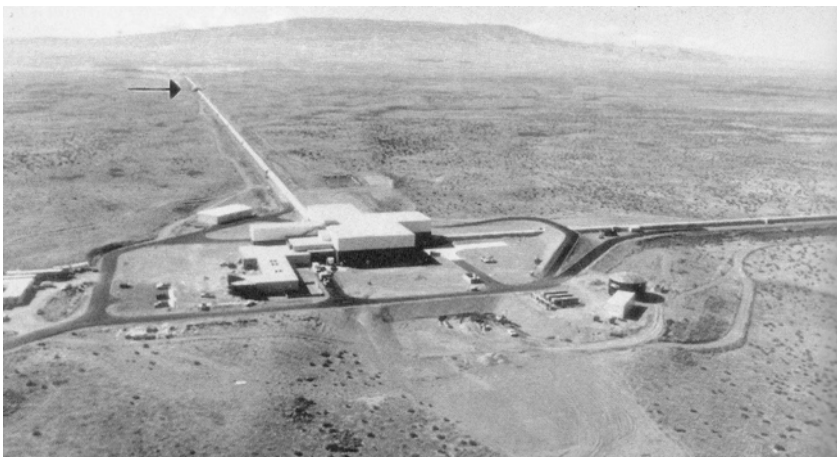


Abb. 5: LIGO Mess-Strecke, aus (Collins 2004)

Allein die Kosten dieser Anlagen betragen etwa 300 Millionen \$. Finanziert werden sollte die Anlage von der US-Regierung. Genau in der Zeit, in der über die Finanzierung von LIGO verhandelt wurde, stellte Weber erneut seine Behauptung auf, dass seine wesentlich billigere Messapparatur Gravitationswellen deutlich sensibler messen könnten als LIGO.

Um seiner Position Gehör zu verschaffen, schrieb er zahlreiche Briefe an Akteure, die an der Entscheidung über die Finanzierung von LIGO beteiligt waren und legte ihnen dar, dass aus seiner Perspektive das gesamte LIGO-Projekt eine Verschwendung von Steuergeldern darstellt (Collins 2004: 360ff). Er bezog somit Akteure mit ein, die nicht zum core set, zum engen Kreis der beteiligten Wissenschaftler gehörten. Er transformierte die schon verlorene Kontroverse um wissenschaftliche Wahrheit in eine Kontroverse um wissenschaftliche Relevanz. Dies erklärt die Reaktionen auf Webers Paper von 1989. Es handelte sich dabei nicht primär um eine wissenschaftsinterne Auseinandersetzung, diese Kontroverse war und blieb geschlossen, d.h. als potenziell wahrheitsfähige Position wurden die neuen Argumente Webers nicht ernst genommen. Vielmehr ging es Kontrahenten Webers nun darum, wichtigen Akteuren der Forschungsförderung deutlich zu machen, dass Webers Position die eines Außenseiters war und er nicht zur wissenschaftlichen Kern der Gravitationswellenforscher gehörte.

### 5.3 Wahrheitsbezogene interpretative Flexibilität in der Fahrradentwicklung

In Pinch und Bijkers Rekonstruktion der Fahrradentwicklung findet sich eine Episode, in der eine Transformation nützlichkeitsbezogener Deutungsunterschiede in wahrheitsfähige Nützlichkeitshypothesen stattfindet. Die angesprochenen Radrennen, in denen sich der Interpretation von Pinch und Bijker zufolge die Geschwindigkeitsvorteile der luftbereiften, niedrigrädriigen Fahrräder erwies, sind ja nichts anderes als eine Form (wenn auch keine sehr wissenschaftliche Form) des Testens technischer Funktionsmerkmale mit Blick auf Nützlichkeitsgesichtspunkte.

So wie experimentelle Ergebnisse Gegenstand wissenschaftlicher Kontroversen werden können, hätte dieses Testergebnis Gegenstand einer technologischen Kontroverse werden können – in beiden Fällen auf Grund des Regresses der Wahrheit. So hätten die Befürworter des Hochrades vielerlei Möglichkeiten gehabt, die Aussagekraft dieses Testergebnisses zu bezweifeln (ein Überblick über die möglichen Gründe, Testergebnisse im Rahmen technologischer Kontroversen zu bezweifeln, findet sich bei MacKenzie (1989: 413ff.)). Sie hätten argumentieren können, dass die Situation des Radrennens ihrer tatsächlichen Nutzungssituation des Hochrades zu unähnlich ist, um die Ergebnisse übertragen zu können; dass es nicht auf die in diesen Rennen gemessene Durchschnittsgeschwindigkeit über die gesamte Strecke ankommt, sondern um die erreichbare Spitzengeschwindigkeit; dass die Ergebnisse für die Luftbereifung sprechen, aber nicht zugleich auch für niedrigrädriige Fahrräder usw. Argumente dieser Art verdeutlichen den Wahrheitsregress technologischer Kontroversen. In MacKenzies Untersuchung der technologischen Kontroverse um die Zielgenauigkeit von Langstreckenraketen wird dies ganz hervorragend vorgeführt. Der Erzählung von Pinch und Bijker zufolge verzichteten die Befürworter der Hochräder aber darauf, eine technologische Kontroverse anzuzetteln und akzeptieren das Testergebnis. Somit führte die Überführung der nützlichkeitsbezogenen Kontroverse in eine wahrheitsbezogene sofort zur Schließung, da die Befürworter der Hochräder die Interpretative Flexibilität im Bezug auf die Wahrheit nicht thematisierten, sondern die Auslegung ihrer Kontrahenten akzeptierten. Und so reicht die Transformation der nützlichkeitsbezogenen Deutungsunterschiede in die im Radrennen getestete Nützlichkeitshypothese aus, um jene Deutungsunterschiede zu reduzieren.

#### 5.4 Nützlichkeitsbezogene interpretative Flexibilität in der Kontroverse um Neuronale Netze

Bei der Kontroverse um Neuronale Netze kann dagegen eine Ergänzung der Diskussion um die Relevanz von Forschung durch eine Diskussion um die Nützlichkeit bestimmter Methoden beobachtet werden. Das Besondere an der Kontroverse um Neuronale Netze ist, dass die Ende der 1960er Jahre geschlossene Kontroverse zu Beginn der 1980er Jahre wieder geöffnet wurde. Die größtenteils gleichen Akteure stritten erneut mit den gleichen Argumenten über die Relevanz von Forschungsergebnissen. Diesmal war der Ausgang jedoch ein völlig anderer. Die Ende der 1960er Jahre für bedeutungslos erklärte Forschung an Neuronalen Netzen erlebte ein Revival und etablierte sich bis Ende der 1980er Jahre als fester Bestandteil der KI-Forschung. Es gibt mehrere Gründe, warum es den NN-Forschern in den 1980ern gelang, die Kontroverse für sich zu entscheiden (vgl. Meyer 2004: 97ff). Ein wichtiges Element war dabei, dass die Kontroverse um die Frage nach der Nützlichkeit konkreter Produkte als Ergebnis der Forschung an Neuronalen Netzen bzw. Symbolischer Künstlicher Intelligenz erweitert wurde.

Wie schon angedeutet, hatten einige wenige NN-Forschergruppen in anderen wissenschaftlichen Disziplinen, z.B. Biologie und Physik, ‚überwintert‘ und konnten aufgrund der dort gemachten Erfahrungen Mitte der 1980er Jahre erste Anwendungsbeispiele für den Einsatz von Neuronalen Netzen präsentieren. So erregte 1987 ein Programm großes Aufsehen, das allein mit Hilfe von Neuronalen Netzen Text in Sprache verwandeln konnte. Auf der Basis dieser Erfolge verschoben die Befürworter der Forschung an Neuronalen Netzen den Fokus der Kontroverse. Anstatt einer theoretischen Auseinandersetzung um das langfristige Potential des Forschungsansatzes, wie es sie in den 1960er Jahren gegeben hatte, forcierten sie ein Debatte um die konkrete Nützlichkeit bereits existierender Anwendungen für konkrete Probleme. Dabei konzentrierten sie sich auf Gebiete, die sich für die Symbolische KI als problematisch herausgestellt hatten, z.B. das der Mustererkennung. Minsky und Papert veröffentlichten im Gegenzug ihr Buch *Perceptrons* aus dem Jahr 1969 erneut, lediglich versehen mit einer neuen Einleitung und einem erweiterten Schlusskapitel. Ihr Ziel war es aufzuzeigen, dass ihre mathematischen Beweise des mangelnden Potenzials Neuronaler Netze weiterhin gültig waren. Sie versuchten, der Kontroverse die gleiche Struktur zu verleihen, die sich bereits einmal als für sie erfolgreich erwiesen hatte. Sie argumentierten, dass alle vorgestellten Lösungen nur vereinfachte Modelle waren, die der Komplexität der praktischen Nutzung nicht gewachsen sein würden und diese weiterhin den von ihnen mathematisch bewiesenen Einschränkungen unterliegen würden. Aufgrund der Verankerung der Neuronalen Netze Forschung in anderen Bereichen und der Verfügbarkeit konkreter Produkte hatten diese theoretischen Argumente jedoch bei Weitem nicht mehr die Überzeugungskraft wie noch zwei Jahrzehnte zuvor. Die Kontroverse um die Nützlichkeit konkreter Anwendungen verloren Minsky und Papert, da sie in ihrer Argumentation auf der Ebene der langfristigen, theoretischen Potenzialabschätzung blieben, während es ihren Kontrahenten gelang, durch die Verknüpfung konkreter Probleme mit konkreten Lösungen ihr Verständnis der Nützlichkeit Neuronale Netze bei den relevanten sozialen Gruppen, allen voran Forschern der KI und Förderinstitutionen, zu etablieren.

## 6. Schluss

Das hier vorgestellte Konzept der drei Formen interpretativer Flexibilität (3FiF) basiert auf zwei zentralen Elementen: Zum einen der Präzisierung der verschiedenen Typen interpretativer Flexibilität und der Unterscheidung von drei verschiedenen Regress-Logiken, die diesen zu Grunde liegen; zum anderen auf der Sensibilisierung für die Möglichkeit, dass diese verschiedenen Typen innerhalb einer Kontroverse in Erscheinung treten können. Von dieser Erweiterung bzw. Präzisierung des Konzepts der interpretativen Flexibilität erhoffen wir uns zwei Dinge. Erstens ermöglicht die präzisere Unterscheidung zwischen den verschiedenen Formen ein besseres theoretisches Verständnis der Dynamik wissenschafts- und technikbezogener Kontroversen. Verschiedene (Ideal-) Typen lassen sich genauer beschreiben und voneinander unterscheiden.

Zweitens wird es auf der Ebene empirischer Studien so möglich, den Verlauf von Kontroversen wesentlich detaillierter zu fassen und zu beschreiben. Der Blick wird geschärft für mögliche Übergänge oder Parallelitäten von verschiedenen Formen interpretativer Flexibilität. Mit der Möglichkeit der Existenz mehrerer Formen interpretativer Flexibilität in einer Kontroverse liefert das Konzept zudem eine Erklärung für die Wiederöffnung bereits geschlossener Kontroversen wie im Falle der Neuronalen Netze.

## Literatur

- Aron, Raymond/Dominique Schnapper (1988): *Power, modernity, and sociology : selected sociological writings*. Aldershot, Hants, England  
Brookfield, Vt., USA: E. Elgar ;
- Collins, Harry (2004): *Gravity's shadow : the search for gravitational waves*. Chicago: University of Chicago Press.
- Collins, Harry M. (1981): Stages in the Empirical Programme of Relativism. In: *Social Studies of Science*, 11 S. 3-10.
- Collins, Harry M. (1983): An Empirical Relativist Programme in the Sociology of Scientific Knowledge. In: K.D. Knorr-Cetina/M. Mulkay (Hrsg.): *Science observed. Perspectives on the social study of science*. London. Sage: S: 85-113
- Collins, Harry M. (1985): *Changing order : replication and induction in scientific practice*, London u.a.: Sage.
- Collins, Harry/Trevor Pinch (1999): *Golem der Forschung (Der)*. Wie unsere Wissenschaft die Natur erfindet. Berlin: Berlin Verlag.
- Dosi, Giovanni (1982): Technological Paradigms and Technological Trajectories. A Suggested Interpretation of the Determinants and Directions of Technical Change. In: *Research Policy*, 11 S. 147-162.
- Esser, Hartmut (1993): *Soziologie. Allgemeine Grundlagen*, Frankfurt/Main u.a.: Campus.  
Gower Pub. Co.
- Hacking, Ian (1999): *Was heißt 'soziale Konstruktion'? Zur Konjunktur einer Kampfvokabel in der Wissenschaft*, Frankfurt/Main: Fischer.
- Kuhn, Thomas S. (1976): *Die Struktur wissenschaftlicher Revolutionen*. Frankfurt/Main: Suhrkamp.
- Luhmann, Niklas (1990): *Die Wissenschaft der Gesellschaft*, Frankfurt/Main: Suhrkamp.
- MacKenzie, Donald (1989): From Kwajalein to Armageddon? Testing and the Social Construction of Missile Accuracy. In: D.G.e. al. (Hrsg.): S: 409-435
- Meyer, Uli (2004): *Die Kontroverse um Neuronale Netze. Zur sozialen Aushandlung der wissenschaftlichen Relevanz eines Forschungsansatzes*. Wiesbaden: Deutscher Universitätsverlag.
- Minsky, Marvin Lee/Seymour Papert (1969): *Perceptrons; an introduction to computational geometry*. Cambridge, Mass.,: MIT Press.
- Pinch, Trevor (1996): The Social Construction of Technology: A Review. In: R. Fox/P. Scranton (Hrsg.): *Technological Change: Methods and Themes in the History of Technology*. Amsterdam u.a.: Harwood. S: 17-35

- Pinch, Trevor J./Wiebe E. Bijker (1984): The Social Construction of Facts and Artefacts: Or How the Sociology of Science and the Sociology of Technology might Benefit Each Other. In: *Social Studies of Science*, 14 S. 399-441.
- Pinch, Trevor J./Wiebe E. Bijker (1987): The Social Construction of Facts and Artifacts: Or How the Sociology of Science and the Sociology of Technology Might Benefit Each Other, in: W. E. Bijker et al. (Hrsg.), S. 17-50.
- Schulz-Schaeffer, Ingo (1999): Technik und die Dualität von Ressourcen und Routinen, in: *Zeitschrift für Soziologie* 28(6), S. 409-428.