

# Reinhard Selten

## Eine Laudatio in fünf Sätzen

### Erster Satz: Wanderschaft

Reinhard Selten wurde 1930 in Breslau geboren. Seine Kindheit war nicht einfach. Bereits 1942 verstarb sein Vater. Reinhard selbst musste aufgrund der jüdischen Herkunft seines Vaters mit 14 Jahren das Gymnasium verlassen. Kurze Zeit später entschloss sich die Familie, Breslau den Rücken zu kehren. Nach einigen Zwischenstationen zog Reinhard mit seiner Mutter und seinen Geschwistern in die Nähe von Melsungen in Hessen. Dort machte Reinhard Selten 1951 das Abitur.

In seiner Autobiographie für das Nobelpreiskomitee schreibt Herr Selten, dass er sich auf seinen langen Schulwegen in Melsungen (hin und zurück immerhin  $3\frac{1}{2}$  Stunden) mit Geometrie und Algebra beschäftigte. “Auch heute wandere ich immer noch gern durch bewaldete Landschaften, und ich denke sehr gern nach, während ich wandere”.

Es war klar, dass Reinhard Selten Mathematik studieren würde. Dies tat er an der Universität Frankfurt von 1951 bis 1957. Während seines Studiums kam er mit Spieltheorie und Wirtschaftswissenschaften in Berührung. Er studierte das fundamentale Spieltheoriebuch von von Neumann und Morgenstern, und bei Professor Ewald Burger schrieb er eine Diplomarbeit über kooperative Spieltheorie.

Nach seinem Examen wurde Herr Selten Mitarbeiter bei Professor Heinz Saueremann, einem Ökonomen an der Universität Frankfurt. Bei diesem kam Reinhard Selten erstmals mit Laborexperimenten im Rahmen wirtschaftswissenschaftlicher Fragestellungen in Berührung. 1961 erhielt Herr Selten den Doktorgrad in Mathematik. Danach ergaben sich seine ersten Kontakte zu Oskar Morgenstern, Robert Aumann, Michael Maschler und, etwas früher schon, zu Herbert Simon, dessen Arbeiten über eingeschränkte Rationalität bei ihm, wie er schreibt, einen nachhaltigen Eindruck hinterließen.

1965 lernte Reinhard Selten John Harsanyi kennen, mit dem sich eine lebenslange Kooperation und Freundschaft ergeben sollten. 1968 erfolgte die Habilitation an der Universität Frankfurt mit einer Arbeit über die Preissetzung in Mehrproduktunternehmen. Herr Selten war von 1969 bis 1972 ordentlicher Professor an der FU Berlin, von 1972 bis 1984 ordentlicher Professor am Institut für mathematische Wirtschaftsforschung der Universität Bielefeld und ab 1984 Professor an der Universität Bonn. Während seiner Bielefelder Zeit war Herr Selten für einige Mitglieder unseres Fachbereichs, damals noch an der Universität Bielefeld, akademischer Leitstern, für einige Jüngere von uns ein faszinierender Universitätslehrer. Bis heute führt Herr Professor Selten das Laboratorium

für experimentelle Wirtschaftsforschung an der Universität Bonn. Erst kürzlich wurde ihm von der Nordrhein–Westfälischen Akademie der Wissenschaften ein auf zehn Jahre angelegtes Forschungsprojekt zur Analyse ökonomischer Entscheidungen bewilligt.

Herr Selten hat inzwischen eine Fülle von Ehrungen erfahren: eine große Anzahl von Ehrendoktorgraden sowie den Titel eines Professors ehrenhalber an verschiedenen chinesischen Universitäten. Wie ich hörte, sind nach ihm in China inzwischen mehrere Laboratorien für experimentelle Wirtschaftsforschung benannt worden. Und dann ist da natürlich und vor allem der Nobelpreis für Wirtschaftswissenschaften aus dem Jahre 1994, den Reinhard Selten zusammen mit John Harsanyi und John Nash erhielt. Viele von Ihnen, meine sehr verehrten Zuhörer, kennen den Film “A Beautiful Mind”. Vielleicht haben auch Sie einige der Passagen in diesem Film als sensationslüstern empfunden. Er enthält aber auch einige Fälschungen, vor allem meine ich die gegen Ende des Films, als während einer Zeremonie allein John Nash zugejubelt wurde, als wenn es die beiden anderen Preisträger nicht gegeben hätte. Für Drehbuchautor und Regisseur dieses Films passten die gegebenen Fakten wohl einfach nicht in das entworfene Bild  
....

### **Zweiter Satz: eine zündende Idee**

Im Rahmen der nicht–kooperativen Spieltheorie ist das sog. Nash–Gleichgewicht ein ganz wichtiges Lösungskonzept, vielleicht das wichtigste Lösungskonzept überhaupt. Ein solches Gleichgewicht ist eine Art Ruhepunkt insoweit, als jeder der Spieler seine beste Antwort auf die jeweils beste Antwort aller anderen Spieler gefunden hat. Mit anderen Worten, keiner der Spieler hat einen Anlass, aus einem solchen Punkt auszuscheren oder davon abzuweichen. Da dies für jeden der Spieler gilt, haben wir es – wie gesagt – mit einer Ruhelage zu tun.

Schön und gut. Aber in vielen Spielen existiert nicht nur *ein* Gleichgewichtspunkt i.S. von Nash sondern mehrere solcher Punkte. Kann man zwischen ihnen differenzieren und möglicherweise alle Gleichgewichtspunkte bis auf einen ausschließen? Oder wenn dies zuviel verlangt ist, kann man wenigstens die Zahl der in diesem Spiel “vernünftig” erscheinenden Gleichgewichtspunkte reduzieren?

Genau dies ist Reinhard Selten auf verblüffende Art und Weise im Rahmen sog. extensiver Spiele gelungen. Extensive oder sequentielle Spiele sind, wie der Name schon sagt, dadurch charakterisiert, dass es zwischen den Spielern nicht zu simultanen sondern zu aufeinanderfolgenden Aktionen bzw. Reaktionen kommt. Professor Seltens Konzept ist das der Teilspielperfektheit. Herr Selten hat diese Idee in seinem Aufsatz von 1965 “Spieltheoretische Behandlung eines Oligopolmodells mit Nachfrageträgheit” vorgestellt. Herr Selten zeigte, dass unter der Voraussetzung des Fehlens jeglicher Selbst-

bindungskraft nicht jeder Gleichgewichtspunkt eines Spiels als voll rationale nicht-kooperative Lösung angesehen werden kann. Der folgende Satz klingt äußerst technisch, er bedarf daher dringend einer Erklärung: “Ein teilspielperfekter Gleichgewichtspunkt ist ein Gleichgewichtspunkt, der auf allen Teilspielen Gleichgewichtspunkte induziert.”

Das folgende Beispiel aus der Industrieökonomik möge diese recht abstrakte Formulierung ein wenig illustrieren. Stellen Sie sich bitte einen Monopolmarkt vor. Der sog. Monopolist versucht, jeden potentiellen “Eindringling” durch die Androhung eines Preiskrieges davon abzuhalten, in den Markt einzutreten. Ein solcher Zustand kann ein Nash-Gleichgewicht sein: Falls der potentielle Mitbewerber die Drohung ernst nimmt, kann es für ihn optimal sein, die Finger von diesem Markt zu lassen, und für den Monopolisten verursacht diese Drohung keine Kosten, denn sie wird ja nicht ausgeführt. Die Crux ist nun, dass die Drohung des Monopolisten dann unglaublich erscheint, wenn ein Preiskrieg für ihn mit hohen Kosten verbunden ist. Ein potentieller Konkurrent, der dies durchschaut, wird in den Markt eintreten, und der Monopolist, mit dieser Tatsache konfrontiert, wird seine Drohung nicht wahr machen, da es für ihn günstiger ist, sich mit dem neuen Konkurrenten zu arrangieren. Dies ist auch ein Nash-Gleichgewicht, und es erfüllt Herrn Seltens Anforderung der Teilspielperfektheit. Wenn also kein Fall von glaubhaft gemachter Selbstbindung vorliegt, kann der zuerst beschriebene Gleichgewichtspunkt außer Acht gelassen werden. Er hat keine Bedeutung für die Lösung der gegebenen Situation.

Ein sequentielles Spiel wird i.allg. mit Hilfe von Knoten und Ästen dargestellt. Man spricht von einer Darstellung als Spielbaum. Am Ende der Äste werden die Auszahlungen oder Belohnungen angegeben. Was liegt näher in der gegenwärtigen Zeit, als einen Weihnachtsbaum heranzuziehen mit seinen Astgabelungen (Knoten) und Ästen. An den Astenden hängen die Belohnungen. Stellen wir uns ein Kind vor, das mit leuchtenden Augen diesen Weihnachtsbaum ansieht und natürlich dessen Auszahlungen (welch schreckliches Wort!), also die Christbaumkugeln, das Schaukelpferd, den Schneemann und ... eine strahlend rote Holzlokomotive. Das Kind läuft nur ganz kurz zwischen einer blauen Kugel mit Lametta, dem Schaukelpferd und dem Schneemann hin und her und greift dann nach der roten Holzlokomotive. Das Schaukelpferd ist sicher ein Nash-Gleichgewicht in einem Teilspiel des Gesamtspiels, sprich: die schönste Belohnung in einem Teil des Weihnachtsbaums. Gleiches gilt möglicherweise auch für den Schneemann, in einem anderen Teil des Weihnachtsbaumes. Aber die rote Holzlokomotive ist nicht nur ein Nash-Gleichgewicht in einem wiederum anderen Bereich des Baumes, sondern sie ist für unser Kind das Bezauberndste am ganzen Weihnachtsbaum. Oder wollen Sie jetzt noch einmal hören: “ein Gleichgewichtspunkt, der auf allen Teilspielen Gleichgewichtspunkte induziert”? Unser Kind hat das Problem sekunden-schnell erfasst. Vielleicht hat es ja das getan, was in der Spieltheorie als Lösung durch

Rückwärtsinduktion bezeichnet wird.

Professor Selten hatte das Konzept der Teilspielperfektheit zunächst, wie bereits erwähnt, in deutscher Sprache verfasst und veröffentlicht. Diese Publikation ist, meine sehr verehrten Damen und Herren, ein typisches Beispiel für die Verbreitung bzw. Nichtverbreitung der deutschen Sprache in den angelsächsischen Ländern. Die Arbeit wurde außerhalb des deutschen Sprachgebiets zunächst einmal kaum wahrgenommen.

Aufmerksam auf Seltens Gedanken wurden Spieltheoretiker weltweit schließlich durch einige Aufsätze in englischer Sprache, allen voran sein Aufsatz im *Journal of Game Theory* 1975, "Reexamination of the Perfectness Concept for Equilibrium Points in Extensive Games".

Sind die Handelnden vollkommen rational, können keine Fehler gemacht werden. Aber ist dies innerhalb extensiver Spiele eine befriedigende Annahme, so fragte Herr Selten. Ist vollständige Rationalität nicht eher ein Grenzfall unvollkommener Rationalität? Wenn aber Strategien zumindest mit einer gewissen, wenn auch kleinen Wahrscheinlichkeit durcheinander gebracht werden, kann im Prinzip jeder Teil des Baumes erreicht werden. Dann aber muss das Konzept der Teilspielperfektheit überarbeitet werden. Herr Selten nannte das neue Konzept ein perfektes Gleichgewicht, später hat sich der sehr plastische Ausdruck "trembling hand perfect equilibrium" herausgebildet. Ein solcher Gleichgewichtspunkt ist immer teilspielperfekt, aber ein teilspielperfektes Gleichgewicht muss nicht perfekt sein.

Die "zitternde Hand" (trembling hand) ist in der Tat eine schöne Metapher für das, was Reinhard Selten zu einer Verallgemeinerung seines Lösungskonzepts veranlasste. Menschen machen Fehler, weil sie in Eile sind, weil sie aufgeregt sind. Sie sagen "rechts" und meinten "links", sie treten aufs Gas statt, wie sonst immer, auf die Bremse. Sie machen Rechenfehler, wenn auch nur kleine, die vom Mitkonkurrenten oder Gegenspieler ins Kalkül einbezogen werden müssen. Robert Aumann, einer der Nobelpreisträger für Wirtschaftswissenschaften des vergangenen Jahres, meinte in Bezug auf die sog. "Verfeinerungen" des Nash-Konzepts, "daß diese Irrationalität verwenden, um zu einer starken Form von Rationalität zu gelangen". Wichtig und Wegweisend zugleich ist, dass in Professor Seltens Aufsatz von 1975 psychologische Momente Einzug halten, die in der Folgezeit immer weiter ausgebaut werden, in Seltens Schriften damit zunehmend an Raum gewinnen.

### **Dritter Satz: Filialen und Tausendfüßler**

Meine sehr verehrten Damen und Herren, bitte stellen Sie sich das folgende Szenario vor: Ein Firmenchef A besitze in zwanzig verschiedenen Städten Verkaufsfilialen seiner Firma. Er habe, so wollen wir annehmen, überall eine Monopolsituation inne.

Die aber möge nun in jeder dieser zwanzig Städte durch jeweils einen ortsansässigen Geschäftsmann bedroht sein, der sich überlegt, mit Hilfe von Bankkrediten ein eigenes Geschäft zu eröffnen. Nach und nach sieht sich in jeder der zwanzig Städte eine solche Person in der Lage, ein Konkurrenzgeschäft aufzumachen, erst Person 1, dann Person 2 und schließlich Person 20. Wir haben also ein Spiel mit Firmenchef A und zwanzig potentiellen Konkurrenten vor uns. Spieler k muss zu gegebener Zeit entscheiden, ob er ein Geschäft eröffnen will oder nicht. Und Firmenchef A muss sich bei Markteintritt des anderen überlegen, ob er sich in seiner Preispolitik kooperativ oder aggressiv verhalten soll. Agiert er kooperativ, haben beide, A und k, einen moderaten Gewinn. Aber A's Gewinn ist wesentlich höher, wenn k sich entschließt, dem Markt fern zu bleiben. Verfolgt Firma A eine aggressive Preisstrategie, fallen in beiden Läden keine Gewinne an. Es ist dann für Geschäftsmann k besser, sein Geld auf andere Art zu investieren.

Stellen wir uns nun vor, die zwanzig potentiellen Mitkonkurrenten haben, einer nach dem anderen, Runde für Runde über ihre mögliche Eintrittsentscheidung zu befinden.

Die Frage ist, ob die potentiellen Konkurrenten ihre Läden eröffnen sollten und was gegebenenfalls die beste Reaktion von Firmenchef A darauf wäre. Kann A durch eine aggressive Preisstrategie die Ladeneröffnungen verhindern und damit seine Monopol-situation verteidigen? Die Spieltheorie hat eine klare Antwort. Das einzige perfekte Gleichgewicht ergibt sich durch Rückwärtsinduktion. Wenn in der zwanzigsten Runde ein Laden eröffnet wird, lohnt eine eigene aggressive Preisstrategie offenbar nicht. Ein moderater Gewinn ist besser als gar keiner. Damit aber wird eine aggressive Reaktion in der vorletzten Runde nicht rational, weil eine solche nach dem eben Gesagten den potentiellen Konkurrenten der späteren Runde nicht abzuschrecken vermag. Nun können wir weiter rückwärts schreiten. Runde um Runde wird ein Laden eröffnet und Firmenchef A reagiert stets kooperativ.

Dies erscheint unplausibel, genau so wie in dem Fall des Tausendfüßler-Spiels, bei dem das einzige Nash-Gleichgewicht, ermittelt durch Rückwärtsinduktion, besagt, das Spiel bereits in der ersten Runde zu beenden. Reinhard Selten bezeichnet die theoretische Lösung in seinem chain-store Beispiel als Paradoxon (Theory and Decision 1978). Bezogen auf die letzten Runden des Spiels überzeugt die Induktionslösung, jedoch nicht über das ganze Spiel hinweg. Eine recht früh im Spiel dokumentierte und häufiger wiederholte Abschreckungsstrategie bei Markteintritt wird die potentiellen Konkurrenten Mores lehren – sie werden es dann tunlichst unterlassen, ein Geschäft zu eröffnen, und über viele, nicht alle Runden, wird sich Firmenchef A von der Sonne des Monopolgewinns bräunen lassen können. Das Problem ist, dass die Abschreckungstheorie keine präzisen Verhaltensregeln vorgibt – bestimmte Dinge werden der Intuition der Akteure überlassen. Reinhard Selten schlägt ein mehrstufiges Vorgehen vor: Routine als Lernmodell, Imagination und Urteil.

Nun sind wir bereits mitten in einem Modell eingeschränkter Rationalität. Über dieses Konzept wird uns der heute zu Ehrende in seinem Festvortrag ja gleich mehr berichten.

#### **Vierter Satz: Blütenstaub und Nektar oder: Zu anderen Ufern**

Verehrte Festversammlung, warum bieten Pflanzen bestäubenden Insekten, z.B. Bienen, ihre Ressourcen an? Natürlich verlangt ein System der Interaktion zwischen Pflanze und bestäubendem Insekt, dass Letzterem Ressourcen, also z.B. Futter zur Verfügung gestellt wird. Aber so trivial ist die eben gestellte Frage keineswegs. Warum?

Normalerweise kennen Insekten vor dem Besuch einer Blume nicht den Ertrag, der aus einem solchen Besuch erwächst. Dieser steht für das Insekt erst nach dem Besuch, wenn eine Bestäubung bereits stattgefunden hat, fest. Damit aber eröffnet sich die Gelegenheit zu einem Betrug. Eine Pflanze kann dadurch, dass sie dem bestäubenden Insekt nichts anbietet, Energie für andere Zwecke, z.B. für das eigene Wachstum, aufsparen. Welche aber sind die gegenläufigen Folgen für die Fitness einer solchen Pflanze? Warum ist es “vernünftig”, den bestäubenden Insekten doch Ressourcen, sprich Nektar anzubieten?

Dies ist vorteilhaft für eine Blume, wenn die nächste besuchte Blume von derselben Art ist. Falls dies geschieht, lässt sich mehr Blütenstaub als im anderen Fall erfolgreich zu anderen Blumen transportieren. Daher haben Pflanzen ein Interesse daran, bestäubende Insekten dazu zu bringen, in ihrer Nähe weiterzusuchen und nicht in einiger Entfernung. Denn dort wachsen möglicherweise ganz andere Blumen. Man kann also von einem Wettbewerb unter den blühenden Pflanzen sprechen.

Eine hohe Ertragsmenge signalisiert i.allg. eine hohe Qualität des Mikro-Lebensraums. Ein bestäubendes Insekt wird also in der näheren Umgebung bleiben, wenn beim letzten Besuch einer Blume hohe Erträge erzielt wurden. Ein hohes Ertragsniveau hängt aber u.a. von dem Investitionsniveau der Blume ab. Damit fördert eine hohe Investitionsbereitschaft auf Seiten der Pflanze über die induzierte Suche in der Nähe den erwarteten Pollentransfer. Die Investitionshöhe wird somit zu einer strategischen Variablen der Pflanze.

Wir entdecken hier einen aufschlussreichen Zusammenhang zwischen Zoologie und Botanik. Aber was hat dies alles mit Professor Selten zu tun, mögen Sie sich, meine verehrten Zuhörer, vielleicht die letzten Minuten gefragt haben. Sehr viel sogar. Reinhard Selten und Avi Shmida, ein Botaniker an der Hebrew University in Jerusalem, haben sich genau mit diesem Problem beschäftigt und Anfang der neunziger Jahre Bedingungen für ein evolutionär stabiles Gleichgewicht einer Population von Nektar offerierenden Pflanzen formuliert.

Ich möchte noch einmal die bereits erwähnte Autobiographie zitieren, in der Herr Selten schreibt, dass er *vor* seinen Kontakten zur Biologie bzw. Botanik kaum eine Blume von einer anderen unterscheiden konnte. Mir ergeht es ähnlich. Als er sich dann mit Bestäubungsproblemen beschäftigte, bekam er das Gefühl, dass er wenigstens einige wild blühende Blumen sollte identifizieren können. “Seit jener Zeit habe ich auf meinen Wanderungen stets ein Buch über Blumen bei mir, außer im Winter. Diese Aktivität, nämlich zu versuchen, Blumen zu bestimmen, öffnete meine Augen für die erstaunliche Vielfalt und die bewundernswerte Schönheit von Blüten tragenden Pflanzen.”

### **Fünfter Satz: Finale**

Meine sehr verehrten Damen und Herren! Mit den von mir heute Nachmittag angesprochenen Arbeiten ist die Spannweite des wissenschaftlichen Oeuvres von Reinhard Selten keineswegs angemessen beschrieben. Man könnte z.B. noch Arbeitsprojekte mit Politikwissenschaftlern zu internationalen Konflikten wie dem im Nahen Osten, diesem schier unlösbar erscheinenden politischen Problem, erwähnen. Oder eine Arbeit zum Phänomen des Kidnapping. Oder Herrn Seltens Engagement für Esperanto – übrigens gemeinsam mit seiner Frau Elisabeth.

Aber all diesem möchte ich nicht weiter nachgehen. Finale ist Finale. Erlauben Sie mir bitte abschließend, auf die großen Verdienste hinzuweisen, die sich Professor Selten für die Verbreitung der Wirtschaftstheorie, insbesondere der Spieltheorie und der experimentellen Wirtschaftsforschung an deutschen Universitäten erworben hat. Es erübrigt sich, näher auszuführen, dass selbstverständlich auch hier in Osnabrück Teilspielperfekteit und Perfektheit von Gleichgewichten zum Lehrplan der Wirtschaftstheorie gehören und dass auch bei uns auf der Spieltheorie basierende Experimente mehrfach durchgeführt worden sind.

Wenn heute von internationaler Seite der deutschen Forschung in diesen Bereichen große Aufmerksamkeit geschenkt wird, dann beruht dies in erster Linie auf den Forschungsinitiativen und Forschungserfolgen von Professor Selten.

Lassen Sie mich bitte enden mit dem Ausdruck größter Bewunderung für Reinhard Seltens Lebenswerk, das, wie mir scheint, noch längst nicht abgeschlossen ist.

Ich danke Ihnen, verehrte Anwesende, für Ihre Aufmerksamkeit und Geduld.

Wulf Gaertner

1.12.2006