

# Erinnerungen eines Assistenten Einsteins

Von VALENTIN BARGMANN

Ich hatte das Glück, für eine Reihe von Jahren ein Assistent EINSTEINS zu sein. Im Sommer 1937, ein Jahr nachdem ich an der Universität Zürich promoviert hatte, kam ich als Emigrant nach Amerika. Zunächst hatte ich keine festen Pläne. Auf den Rat einiger amerikanischer Physiker ging ich an das Institute for Advanced Study in Princeton, an dem ja EINSTEIN Professor war. Am Institut wurde jedem Professor ein Assistent zugeteilt, der jeweils ein oder mehrere Jahre beim Professor blieb. EINSTEINS Assistent, als ich nach Princeton kam, war PETER BERGMANN, heute Professor an der Universität Syracuse im Staate New York. EINSTEIN hatte damals noch einen weiteren Mitarbeiter – sozusagen noch einen inoffiziellen Assistenten –, den seither verstorbenen bekannten polnischen Physiker LEOPOLD INFELD.

Als Student in Berlin – bevor ich an die Universität Zürich kam – hatte ich EINSTEIN in Seminaren und im physikalischen Kolloquium öfters gesehen und auch vortragen hören, aber ich war ihm nicht nähergekommen und hatte nie mit ihm gesprochen.

Der Mathematiker HERMANN WEYL, EINSTEINS Kollege am Institut, der sich sehr um die Emigranten am Institut kümmerte, stellte mich EINSTEIN vor. EINSTEIN forderte mich auf, bald darauf zu einer ausführlicheren Unterhaltung in sein Büro zu kommen, und in ein paar Tagen erschien ich, wie verabredet. Anwesend waren ausser EINSTEIN seine Mitarbeiter BERGMANN und INFELD, und es war eine Unterhaltung über allgemeine Fragen der Physik im Gange. Als ich ins Zimmer trat, war ich mir natürlich dessen bewusst, dass ich vor einem der grössten Wissenschaftler aller Zeiten stand, und es wäre nicht verwunderlich gewesen, wenn ich kein Wort herausgebracht hätte. So kam es aber nicht. EINSTEIN zog mich in die Unterhaltung hinein, und nach kurzer Zeit war meine anfängliche Verlegenheit völlig verschwunden. Der freundschaftliche Geist, in dem die Unterhaltung geführt wurde, hatte sein Werk getan. Viele haben Ähnliches mit EINSTEIN erlebt.

Auf diesen ersten Besuch folgten weitere, und nach einer Weile kam ich ziemlich regelmässig – etwa einmal wöchentlich – zu ihm. Zwei Abhandlungen von EINSTEIN und seinen Mitarbeitern waren damals im Druck. Die erste war von EINSTEIN, INFELD und HOFFMANN geschrieben (HOFFMANN hatte inzwischen das

Institut verlassen) und behandelte das Thema «Gravitationsgleichungen und das Bewegungsgesetz», ein Thema, das EINSTEIN schon seit vielen Jahren beschäftigte und das ihn noch weiter beschäftigen sollte.

Die zweite Abhandlung stammte von EINSTEIN und BERGMANN und hatte den Titel «Generalization of KALUZAS Theory of Electricity», Verallgemeinerung von KALUZAS Theorie der Elektrizität.

Die Untersuchungen über das Bewegungsgesetz waren zu einem vorläufigen Abschluss gekommen, aber in bezug auf das zweite Problem stand es anders. In der Abhandlung von EINSTEIN und BERGMANN waren die Grundgleichungen einer neuen einheitlichen Feldtheorie aufgestellt worden. Jetzt handelte es sich darum, Folgerungen aus den Grundgleichungen zu ziehen und die Theorie auszubauen. (Ich möchte hier betonen, dass während der nächsten drei Jahre alle Bemühungen EINSTEINS um die einheitliche Feldtheorie auf dieser Abhandlung beruhten.) So kam es, dass bei meinen Besuchen bei EINSTEIN hauptsächlich über die einheitliche Feldtheorie gesprochen wurde, grossenteils über die mathematischen Fragen, die zu lösen waren. Ich wurde mit der Theorie vertraut und konnte mich an den Diskussionen beteiligen.

Im Frühjahr 1938 fragte mich EINSTEIN, ob ich bereit wäre, regelmässig mitzuarbeiten – als inoffizieller Assistent –, und ich sagte freudig zu. (INFELD hatte inzwischen eine Berufung an die kanadische Universität Toronto angenommen).

Für die nächsten drei Jahre arbeiteten PETER BERGMANN und ich mit EINSTEIN; 1941 ging BERGMANN aus Princeton fort.

Seit der Berliner Zeit hatte sich EINSTEIN sehr verändert. Während er in Berlin äusserst aktiv an Seminaren und Kolloquien teilgenommen hatte, war er in Princeton sehr zurückhaltend und nicht viel ausserhalb seines Büros zu sehen. Das heisst durchaus nicht, dass es schwer war, an ihn heranzukommen. Gewiss musste er schon aus Selbsterhaltungstrieb viele aufdringliche Besucher abweisen. Aber ich habe immer gefunden, dass jeder, der sich ernsthaft für Wissenschaft interessierte, willkommen war und äusserst freundlich empfangen wurde. Zu der Zeit, von der ich spreche, war EINSTEIN etwa 60 Jahre alt.

Zunächst einmal ein paar Worte über den äusseren Rahmen der Zusammenarbeit EINSTEINS mit uns Assistenten: Morgens trafen wir uns zu gemeinsamer Arbeit am Institut, nachmittags sass jeder für sich an seinem Schreibtisch. Jeden Morgen gegen 10.00 Uhr holten wir EINSTEIN in seinem Hause ab und gingen mit ihm ins Institut – das war ein hübscher Weg von etwa 20 Minuten, das Institut liegt etwas ausserhalb des Ortes Princeton. Die eigentliche Arbeit begann oft schon auf unserem Wege zum Institut, soweit es nicht nötig war, unsere Notizen zu Rate zu ziehen oder die Wandtafel zu benutzen. Erst kamen der Vergleich und die Diskussion der Rechnungen oder Überlegungen vom letzten Nachmittag, darauf die schwierigere Frage, was weiter geschehen sollte. Was sollte berechnet werden, welche Methoden sollte man versuchen usw.

Nachdem das gründlich besprochen war, brachen wir gegen 13.00 Uhr auf, und BERGMANN und ich begleiteten EINSTEIN nach Hause zurück.

Es ist nun an der Zeit, die Probleme, mit denen wir beschäftigt waren, etwas

genauer zu beschreiben. Als EINSTEIN 1915 die allgemeine Relativitätstheorie aufstellte, war die Vereinheitlichung der Kraftfelder, die in der Physik auftreten, ziemlich weit vorgeschritten. Insbesondere hatte es die Erforschung der atomaren Phänomene sehr wahrscheinlich gemacht, dass sich mit Ausnahme der Gravitation alle Kraftfelder auf elektromagnetische reduzieren liessen. (Wohlgemerkt, ich spreche davon, wie die Lage den Physikern um 1915 erschien.) Die allgemeine Relativitätstheorie selbst brachte die äusserst überraschende Vereinheitlichung der Gravitation mit dem metrischen Feld des Raum-Zeit-Kontinuums, das die Struktur eines vierdimensionalen sogenannten RIEMANNschen Raums hatte. Der Versuch lag nun sehr nahe, die Synthese weiterzutreiben und auch noch die beiden übriggebliebenen Felder – das Gravitationsfeld und das elektromagnetische Feld – zu vereinigen, wenn möglich zu geometrisieren, das heisst durch eine einheitliche geometrische Struktur darzustellen. Auch EINSTEIN begann bald sehr eifrig an diesem Problem zu arbeiten, und es hat ihn bis ans Ende seines Lebens beschäftigt. Abgesehen von einer vertieften Auffassung der beiden Felder und ihrer Wechselwirkung hoffte man vor allem, die Existenz und die Struktur der Elementarteilchen aus der Theorie zu begreifen, wobei als Elementarteilchen damals nur das Elektron und das Proton bekannt waren. In der klassischen Elektronentheorie waren die Elementarteilchen Fremdkörper geblieben, und daran hatte zunächst auch die allgemeine Relativitätstheorie nichts geändert. Eine Modifikation der Theorie erschien daher notwendig.

Während die allgemeine Relativitätstheorie sich auf das Äquivalenzprinzip und das Prinzip der Kovarianz aller Naturgesetze gründet, hat bisher noch niemand ein ähnlich allgemeines Prinzip gefunden, welches der einheitlichen Feldtheorie als Grundlage dienen könnte. Das macht jeden Fortschritt auf diesem Gebiet besonders schwierig.

Die erste einheitliche Feldtheorie wurde 1918 von HERMANN WEYL aufgestellt, die zweite im Jahre 1921 vom Mathematiker KALUZA. Ich möchte die KALUZASche Theorie in der verbesserten Form skizzieren, die ihr OSKAR KLEIN 1926 gegeben hat.

Die einheitliche Struktur, die das kombinierte Gravitations- und elektromagnetische Feld der vierdimensionalen Welt darstellt, ist hier das rein metrische Feld eines fünfdimensionalen RIEMANNschen Raums. Es wird postuliert, dass in einem geeigneten Bezugssystem jenes rein metrische Feld nur von den vier Koordinaten abhängt, die die physikalische Welt beschreiben, aber nicht von der fünften Koordinate; und mit Hilfe dieser Darstellung wird die Zuordnung der physikalischen Feldgrössen zu den neuen geometrischen Grössen definiert. Darüber hinaus ergibt sich, dass die Gleichungen der allgemeinen Relativitätstheorie sich in besonders einfacher und eleganter Weise durch die Grössen der fünfdimensionalen Geometrie ausdrücken lassen. Allerdings bringt die Theorie keinen Fortschritt in der Frage der Elementarteilchen, da die elektromagnetischen Gleichungen ungeändert bleiben.

Hier setzt die Abhandlung von EINSTEIN und BERGMANN ein, von der schon die Rede war. In ihr wird die Geometrie des fünfdimensionalen Raums verallgemeinert. Es wird nicht mehr verlangt, dass in einem geeigneten Bezugssystem die Metrik dieses Raums von der fünften Koordinate überhaupt nicht abhängt, sondern nur,

dass sie in der fünften Koordinate periodisch ist, und zwar mit einer festen Periode, die dadurch eine Konstante der fünfdimensionalen Geometrie wird. Die Interpretation einer solchen Theorie wird allerdings komplizierter – abgesehen von den Grössen, die dem elektromagnetischen Feld entsprechen; diese bleiben nach wie vor von der fünften Koordinate unabhängig. Auf Grund einfacher geometrischer Bedingungen werden die Feldgleichungen aufgestellt.

Als ich meine Assistententätigkeit begann, hatten EINSTEIN und BERGMANN einen ziemlich weitgehenden Plan entworfen, an dessen Grundlagen wir lange festhielten. Das Ziel war, eine stationäre Lösung der Feldgleichungen zu finden, die ein elektrisch geladenes Teilchen beschreiben würde, und zwar sollte die einfachste Lösung dieser Art gefunden werden. Das hiess: In einer gewissen Reihe, durch die man die Lösung ausdrücken konnte, sollten möglichst wenig Glieder auftreten. Da die Lösung stationär sein sollte, hing sie sinusoidal von der Zeit ab, und die betreffende Frequenz erschien als ein Eigenwert des Gleichungssystems. EINSTEIN und BERGMANN waren somit auf ein kompliziertes nichtlineares Eigenwertproblem gestossen. In unserer Arbeit wurde die wesentliche Richtung, in der wir vorgingen, fast immer von EINSTEIN vorgeschlagen, die Rechenmethoden im einzelnen, wenn ich mich recht erinnere, manchmal von ihm und manchmal von uns Assistenten. In all unseren Diskussionen waren wir freundschaftlich und aufrichtig. Wenn einer von uns mit einem Gedankengang EINSTEINS nicht übereinstimmte, war es selbstverständlich, dass er ihn offen kritisierte. Es ist, glaube ich, interessant zu bemerken, dass EINSTEIN öfters in einer Art vorging, die einfach in einem Ausprobieren bestand, das heisst, er schlug vor, herauszufinden, ob es eine Lösung von der und der Beschaffenheit gäbe, ohne dass die Existenz einer solchen Lösung durch eine allgemeine Überlegung nahegelegt wurde. Solche Versuche führten nicht oft zum Ziel. Wenn sie aber doch Erfolg hatten, dann gewannen wir in vielen Fällen wertvolle und überraschende Einsichten.

Besonders eindrucksvoll waren die ausserordentliche Intensität und Beharrlichkeit, mit der EINSTEIN an seinen wissenschaftlichen Ideen arbeitete. In dieser Hinsicht hatte er sich offenbar wenig geändert. Aus seinen Publikationen wissen wir ja, mit welcher Intensität und Beharrlichkeit er zum Beispiel an der Ausgestaltung der allgemeinen Relativitätstheorie arbeitete, bis er sie schliesslich Ende 1915 in ihre endgültige Form brachte. Dabei führte diese Intensität der Arbeit zu keinerlei Nervosität. Ich kann mich nicht entsinnen, EINSTEIN jemals gereizt oder nervös gesehen zu haben. Im Gegenteil, es waren immer eine wunderbare Ruhe und Heiterkeit um ihn.

Zur Bewunderung für den Wissenschaftler kamen mit der Zeit die Bewunderung und die Liebe für den Menschen und den väterlichen Freund. Ich habe niemanden näher gekannt, der wie EINSTEIN nach seinen Überzeugungen lebte und handelte. Er kümmerte sich um uns, oft ohne dass wir es wussten, und in Schwierigkeiten konnten wir Rat und Hilfe bei ihm finden. Neben unserer sehr zielbewussten Arbeit blieb bei unseren Zusammenkünften genügend Zeit, über anderes zu sprechen. EINSTEIN war ungemein vielseitig interessiert, und unsere Unterhaltungen berührten entsprechend viele Gebiete.

EINSTEIN liebte es, seine Ideen epigrammatisch zu formulieren. Lassen Sie mich ein paar Beispiele anführen. Ein berühmtes EINSTEIN-Zitat lautet: «Raffiniert ist der Herrgott, aber boshaft ist er nicht.» Dieses Zitat ist, in Stein gemeisselt, im früheren Mathematikgebäude der Universität Princeton zu sehen. Die Interpretation ist gewöhnlich die: «Die Lösung eines Rätsels der Natur ist oft sehr schwierig, aber doch nicht unmöglich.» Die Interpretation kann aber auch etwas verschieden sein. So sagte uns einmal EINSTEIN, er hätte Zweifel, ob der Herrgott am Ende nicht doch boshaft wäre. Und zwar bestände die Bosheit darin, dass er uns glauben liesse, wir hätten etwas wirklich verstanden, wenn wir in Wahrheit weit davon entfernt wären. Es war für EINSTEIN ein ernstes Anliegen, sich nicht durch Kritiklosigkeit in einer solchen Falle fangen zu lassen. In den Jahren unserer Zusammenarbeit mehrten sich die experimentellen Befunde für die Existenz neuer Elementarteilchen. EINSTEIN schien sich nicht übermässig dafür zu interessieren, und er sagte einmal darüber: «Es wäre ausreichend, das Elektron wirklich zu verstehen.» Das erklärte er folgendermassen genauer. «Das Elektron ist so sehr ein Fremdkörper in der bisherigen Theorie, dass wir es nur aus einer sehr wesentlich modifizierten und vertieften Theorie begreifen können. Wenn uns aber das gelingt, dann werden wir auch die anderen Elementarteilchen verstehen können.» Das muss nicht als EINSTEINS endgültige Auffassung dieser Frage betrachtet werden. Ganz gewiss behielt er sich vor, bei weiterem Nachdenken seine Meinung zu ändern. Über seine Einstellung zur Quantenmechanik sprach EINSTEIN mit uns von Zeit zu Zeit. Aber ich kann mich nicht an irgendwelche Argumente entsinnen, die nicht schon in seinen Publikationen enthalten waren.

Vorhin habe ich von dem Plan zur Untersuchung der einheitlichen Feldtheorie gesprochen, der auf ein kompliziertes Eigenwertproblem geführt hatte. Diese Arbeiten beschäftigten uns etwa drei Jahre, und sie führten schliesslich zu dem Ergebnis, dass es keine Lösung gab, die den physikalischen Erfahrungen entsprach. Dieses Ergebnis fanden wir nicht durch raffinierte mathematische Methoden; unsere Methoden waren verhältnismässig einfach. Wir wussten ja ziemlich viel über den Charakter der gewünschten Lösung, die ein geladenes Teilchen darstellen sollte. Daher konnten wir die Gleichungen daraufhin untersuchen, ob solche Lösungen mit den Gleichungen verträglich wären. Schliesslich gelangten wir zu dem Resultat, dass die Theorie keine solchen Lösungen zulies, und unsere Arbeiten an der Theorie waren hiermit beendet.

Gerade um diese Zeit – es war Mai oder Juni 1941 – hatte PETER BERGMANN eine Lehrstelle am Black Mountain College in North Carolina angenommen, und ich blieb als einziger Assistent EINSTEINS in Princeton. Leider konnte ich aber sehr bald nur noch einen Teil meiner Zeit der Arbeit mit EINSTEIN widmen. Der Eintritt der Vereinigten Staaten in den Krieg rückte näher. Verschiedene Professoren an der Universität Princeton hatten Aufträge für das Militär übernommen, und ich wurde gebraucht, um vertretungsweise zu unterrichten. 1943 begann ich selbst für das Militär zu arbeiten, und meine Arbeit mit EINSTEIN musste aufhören. In den zwei Jahren 1941 bis 1943 befassten wir uns weiter mit Fragen der einheitlichen Feldtheorie. Aber diesmal handelte es sich nicht darum, aus einer gegebenen Theorie

Folgerungen zu ziehen; es handelte sich darum, eine Theorie zu finden. EINSTEIN machte mehrere äusserst geistvolle Versuche, die in sehr verschiedene Richtungen wiesen. Er suchte, wie er selbst sagte, innerhalb einer gegebenen Klasse nach der «logisch einfachsten» Theorie. EINSTEIN gab gern zu, dass das ohne nähere Erläuterung eine zu vage Charakterisierung wäre. Er war aber davon überzeugt – und das scheint mir äusserst interessant –, dass man diese Andeutung in eine präzise Definition umgestalten könnte. Ich weiss nicht, ob er damals oder später irgendwelche Ansätze in dieser Richtung gemacht hat.

Zunächst waren wir darauf aus, eine geeignete mathematische Struktur für eine einheitliche Feldtheorie zu finden; der Ausbau der Theorie sollte später erfolgen.

Ich kann mich an zwei Versuche genauer entsinnen. Einer führte auf differentialgeometrische Begriffsbildungen, blieb also innerhalb des traditionellen Rahmens. Der zweite führte auf eine Struktur, die vermutlich algebraische Relationen eigenartiger Form als einfachste Feldgleichungen zulassen würde, grundverschieden von allem, was bisher auf diesem Gebiet probiert worden war. Die Analyse dieser algebraischen Relationen war eine reizvolle und nicht sehr schwierige mathematische Aufgabe. Aber es war durchaus nicht klar, wie man diese Struktur mit der Physik in Beziehung bringen konnte.

So stand es, als ich meine Arbeit als EINSTEINS Assistent aufgeben musste. Die Suche nach einer einheitlichen Feldtheorie hatte noch nicht zum Ziel geführt. Selbstverständlich setzte EINSTEIN die Suche unermüdlich fort, und ein Jahr später waren die Grundlagen derjenigen Theorie im wesentlichen gefunden, an der er bis ans Ende seines Lebens festhalten sollte, der sogenannten «Theorie des nichtsymmetrischen Feldes». Sie wurde mit seinen späteren Assistenten, zuerst mit ERNST STRAUS und dann mit BRURIA KAUFMAN, ausgearbeitet. Der mathematische Formalismus wurde ausgefeilt, und er war durchsichtig und elegant geworden. Doch war keine singularitätenfreie Lösung gefunden, und nach EINSTEINS Meinung konnte man nicht beurteilen, ob Lösungen existierten, die Elementarteilchen entsprachen. An der Ausarbeitung der Theorie nahm ich nicht mehr teil. Doch von Zeit zu Zeit besuchte ich EINSTEIN in seinem Arbeitszimmer, und er liebte es, mir dann von den Fortschritten in seiner Arbeit zu erzählen. Das waren ausserordentlich schöne Stunden. Ich denke oft an sie zurück.

Adresse des Autors:  
Prof. VALENTIN BARGMANN  
Princeton University  
Dept. of Physics  
Jadwin Hall  
Princeton, N.J. 08540, USA