Technischen Reichsanstalt. Die Aufsätze im Buch befassen sich mit den Schwerpunkten Helmholtz'scher Tätigkeit. Den Autoren gelang es, aus der Fülle der Materie eine «runde Sache» zu machen. Sie bietet Einsteigern eine gute Handhabe zur Wissenschaftsgeschichte des 19. Jahrhunderts. Eine Anschaffung, die sich lohnt.

Alfred G. Kauertz, Naters

Einstein, Albert: **The collected papers of Albert Einstein**, vol. 6: **The Berlin years: writings, 1914–1917**. A. J. Kox, Martin J. Klein, and Robert Schulmann, editors. Princeton, Princeton University Press, 1996. XXV, 626 p. \$ 85.–; £ 66.50. ISBN 0-691-01086-2.

Der sechste Band der *Einstein-Gesamtausgabe* wird eine ähnlich herausragende Stellung einnehmen wie der zweite, welcher die Beiträge aus dem «annus mirabilis» in Bern enthält. In der Zeit von Ende 1915 bis zum Februar 1917 erreichte Einsteins Schaffen nochmals eine ähnlich fruchtbare Phase. Zu den fünfzehn wissenschaftlichen Arbeiten aus dieser fünfzehnmonatigen Zeitspanne gehören zwei seiner wichtigsten Beiträge zur Quantentheorie und als absoluter Höhepunkt die Vollendung der Allgemeinen Relativitätstheorie.

Über seine erneute Beschäftigung mit der Quantentheorie der Strahlung schrieb Einstein im August 1916 an Besso: «Mir ist ein prächtiges Licht über die Absorption und Emission der Strahlung aufgegangen. Eine verblüffend einfache Ableitung der Planckschen Formel, ich möchte sagen, die Ableitung. Alles ganz quantisch.» Einstein studiert in diesen quantentheoretischen Arbeiten das thermodynamische Gleichgewicht zwischen dem Strahlungsfeld und einem Gas von Atomen oder Molekülen. Dabei führt er erstmals die Aufteilung in spontane und stimulierte Emission ein und erhält aus der Gleichgewichtsbedingung auf direkteste Weise die Plancksche Strahlungsformel (Dok. 34). Dies ist auch heute der einfachste Zugang, wobei wir es freilich – dank späteren Entwicklungen durch Dirac – nicht mehr nötig haben, uns auf den klassischen Grenzfall bei hohen Temperaturen zu berufen. Die Überlegungen enthalten auch die Theorie des Lasers, der freilich erst ein halbes Jahrhundert später realisiert wurde.

In einer unmittelbar anschliessenden Arbeit (Dok. 38), die dem Andenken Alfred Kleiners – seines früheren Kollegen an der Universität Zürich – gewidmet ist, zeigt Einstein auf raffinierte Weise, dass das Lichtquant nicht nur Energie sondern auch Impuls besitzt, sich also in jeder Hinsicht wie ein Teilchen verhält. Seine Begründung beruht auf einer Untersuchung der Brownschen Bewegung der Moleküle im Strahlungsfeld, bei der er wieder seine bewährten Schwankungsmethoden einsetzt. Zum gefundenen Resultat sagt er: «Diese (...) Eigenschaften der Elementarprozesse lassen die Aufstellung einer eigentlich quantenhaften Theorie der Strahlung fast unvermeidlich erscheinen.» Daran anschliessend warnt er aber: «Die Schwäche der Theorie liegt einerseits darin, dass sie uns dem Anschluss an die Undulationstheorie nicht näher bringt, andererseits darin, dass sie Zeit und Richtung der Elementarprozesse dem «Zufall» überlässt; trotzdem hege ich das volle Vertrauen in die Zuverlässigkeit des eingeschlagenen Weges.»

Im November 1915 gelang Einstein die Vollendung der Allgemeinen Relativitätstheorie. Mit der Arbeit «Die Feldgleichungen der Gravitation» (Dok. 25) legte er am 25. November der Berliner Akademie der Wissenschaften die endgültigen Gravita-

tionsgleichungen vor. Im Schlussabschnitt der Arbeit sagt er: «Damit ist endlich die allgemeine Relativitätstheorie als logisches Gebäude abgeschlossen.» Ein Brief an Heinrich Zangger enthält den Satz «Die Theorie ist von unvergleichlicher Schönheit», und Besso berichtet er: «Ich habe mit grossem Erfolg gearbeitet in diesen Monaten. Allgemein kovariante Gravitationsgleichungen. Perihelbewegungen quantitativ erklärt (...) Du wirst staunen. Gearbeitet habe ich schauderhaft angestrengt; sonderbar, dass man das aushält!»

Bald darauf schrieb Einstein auf Drängen von Lorentz seine erste zusammenfassende Darstellung der Allgemeinen Relativitätstheorie (Dok. 30). Es ist zu hoffen, dass auch die heutige Studentengeneration, die vom Zauber dieser Theorie wieder ganz besonders angezogen wird, gelegentlich auf diesen Übersichtsartikel zurückgreift. Bei dessen Abfassung erreichte Einstein die Nachricht über den Tod von Ernst Mach. Er unterbrach die Arbeit und schrieb ein eindrucksvolles Porträt dieses grossen Mannes (Dok. 29), dem er nach eigenen Aussagen viel verdankte.

Dies bringt mich zu Einsteins Arbeit «Kosmologische Betrachtungen zur allgemeinen Relativitätstheorie» (Dok. 43), mit der er einmal mehr ein neues Kapitel der Physik einleitete. In dieser ist der Einfluss von Machschen Ideen ganz besonders deutlich. Das ganz Neue des vorgeschlagenen kosmologischen Modells ist, dass das Weltall zwar unbegrenzt, aber dennoch endlich ist. Ansonsten sagt er, «würde die Trägheit durch die Materie zwar *beeinflusst* aber nicht bedingt», und das wäre gegen die Machschen Vorstellungen. Wegen der Kleinheit der damals bekannten Pekuliargeschwindigkeiten der Sterne, wollte Einstein einen statischen Kosmos beschreiben, was seine Feldgleichungen zu seiner Bestürzung nicht zuließen. Deshalb sah er sich gezwungen, das seither viel diskutierte kosmologische Glied hinzufügen, welches dem Vakuum eine repulsive gravitative Wirkung zuschreibt. Ironisch berichtet er Ehrenfest am 4. Februar aus Berlin: «Ich habe wieder etwas verbochen in der Gravitätstheorie, was mich ein wenig in Gefahr bringt, in einem Tollhaus interniert zu werden.»

Einsteins kosmologisches Modell war in wesentlichen Teilen ein provisorischer Vorschlag; es ist aber, wie sein späterer Mitarbeiter Infeld meinte, ein Beispiel dafür «wie eine falsche Lösung eines fundamentalen Problems unvergleichlich bedeutsamer sein kann als die richtige eines unerheblichen und uninteressanten Problems». Der Einstein-Kosmos ist, wie Lemaître zehn Jahre später zeigte, instabil und deshalb ist auch für die erweiterten Feldgleichungen kein statisches Universum möglich. Schliesslich bedauerte Einstein die Einführung des kosmologischen Gliedes als «die grösste Dummheit meines Lebens». Tatsächlich hat er damit aber ein grundlegendes Problem aufgeworfen, das zu den tieflegendsten Rätseln der heutigen Physik gehört.

Die im vorliegenden sechsten Band enthaltenen 49 hervorragend annotierten Dokumente gehören zu den eindrucksvollsten Zeugnissen der Wissenschaftsgeschichte.

Norbert Straumann, Zürich

Epple, Ruedi; Schnyder, Albert: **Wandel und Anpassung. Die Landwirtschaft des Baselbiets im 19. Jahrhundert.** Liestal, Verlag des Kantons Basel-Landschaft, 1996. 378 S. Tab. (Quellen und Forschungen zur Geschichte des Kantons Basel-Landschaft, 58). ISBN 3-85673-246-2.

Das Buch überrascht. Vieles von heute wird (wieder) erklärbar. Die Autoren haben die Ereignisse des letzten Jahrhunderts gründlich untersucht und subtil beschrieben.