

Klaus Hentschel

DER EINSTEIN-TURM

Erwin F. Freundlich und die Relativitätstheorie –
Ansätze zu einer „dichten Beschreibung“ von institutionellen,
biographischen und theoriengeschichtlichen Aspekten

Mit 44 Abbildungen und 7 Tabellen



Spektrum Akademischer Verlag Heidelberg · Berlin · New York, 1992

Anschrift des Autors:

Dr. Klaus Hentschel
Institut für Wissenschaftsgeschichte
der Universität Göttingen
Humboldtallee 11
W-3400 Göttingen

Bildnachweis: Hannemann (Foto S. 8); Ullstein Bilderdienst (18, 19a, 19b (Hünich), 31 (Stone), 33 (Stone), 38, 39)

Die Deutsche Bibliothek – CIP-Einheitsaufnahme

Hentschel, Klaus:

Der Einstein-Turm : Erwin F. Freundlich und die Relativitätstheorie ; Ansätze zu einer „dichten Beschreibung“ von institutionellen, biographischen und theoriengeschichtlichen Aspekten ; Klaus Hentschel. – Heidelberg ; Berlin ; New York : Spektrum, Akad. Verl., 1992
ISBN 3-86025-025-6

© 1992 bei Spektrum Akademischer Verlag GmbH Heidelberg · Berlin · New York

Alle Rechte, insbesondere die der Übersetzung in fremde Sprachen, vorbehalten. Kein Teil des Buches darf ohne schriftliche Genehmigung des Verlages photokopiert oder in irgendeiner von Maschinen verwendbare Sprache übertragen oder übersetzt werden.

Lektorat: Peter Ackermann
Produktion und Umschlaggestaltung: Karin Kern
Gesamtherstellung: Druckerei Bitsch, Birkenau

Gedruckt auf umweltfreundlichem Papier

Inhalt

1. Einführung: Probleme einer 'dichten Beschreibung'	9
2. Erwin Finlay Freundlich (1885 – 1964)	15
3. Freundlich und Einstein seit 1911	23
4. Die Relativitätstheorie und ihre experimentellen Tests	30
5. Freundlichs Fixsternstatistik [1915 – 16] als ein Versuch der Neudeutung früher gewonnener Daten	38
6. Wissenschaftspolitik in Berlin und die Förderung Freundlichs seit 1913	51
7. Astrophysik im internationalen Vergleich	59
8. Der Bau des Einstein-Turms	69
9. Einige Forschungsergebnisse von Freundlich und Mitarbeitern am Einstein-Turm	107
10. Querelen zwischen Freundlich und Ludendorff	127
11. Der Machtwechsel 1933	143
12. Der Einstein-Turm aus der Vogelperspektive	162
Danksagungen	170
Abkürzungen	171
Literatur	172
Namensregister	190

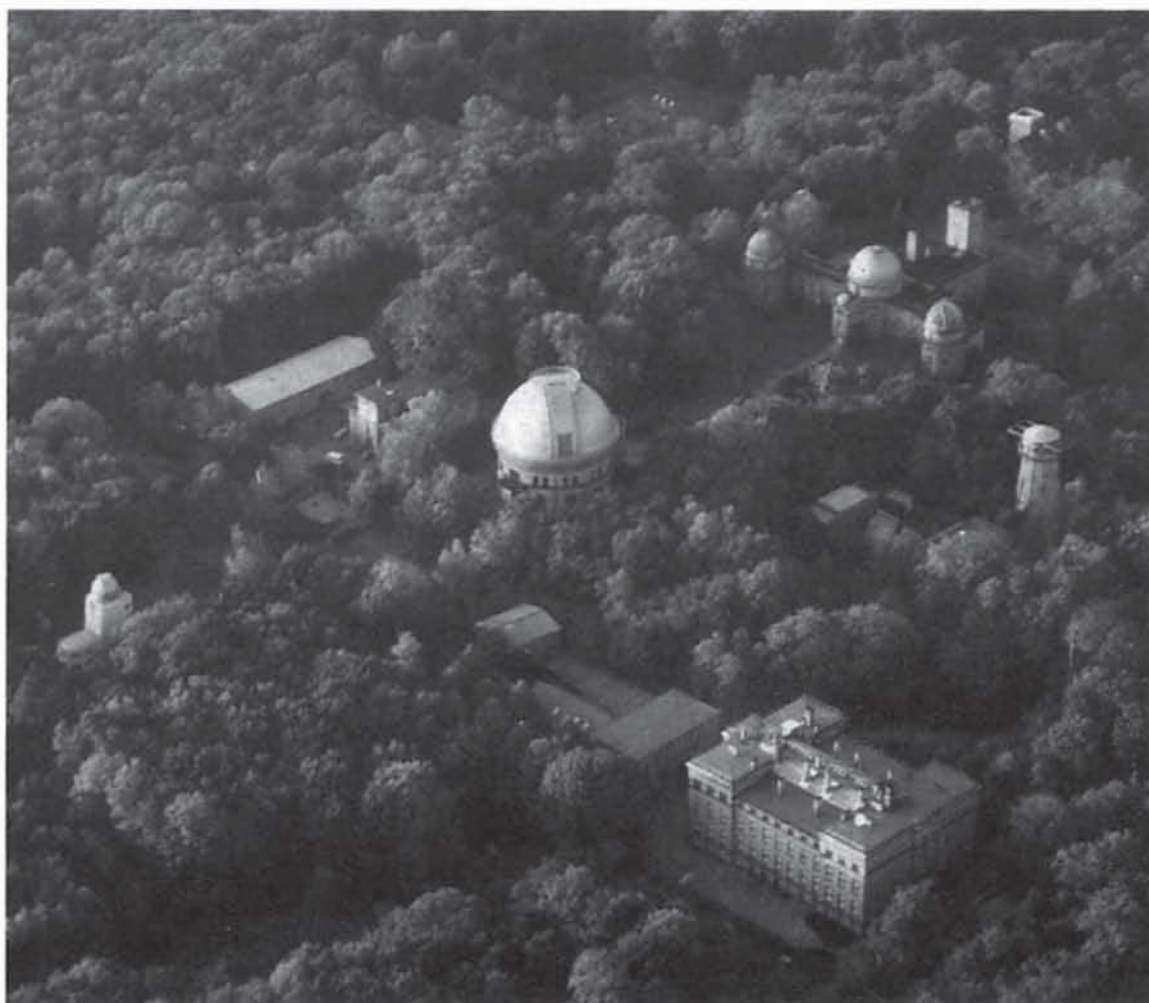
Abbildungen

1. Schema zur Lichtablenkung im Gravitationsfeld	18
2. Gruppenaufnahme mit Erwin F. Freundlich, 1913	21
3. Die <i>Königliche Sternwarte Berlin-Babelsberg</i>	21
4. Der Meridiankreis der Babelsberger <i>Königlichen Sternwarte</i>	22
5. Albert Einstein um 1911	28
6. Freundlichs Photographie der Sonnenfinsternis in Sumatra, 1929, zum Test der Lichtablenkung im Gravitationsfeld und ihre Auswertung	36
7. Das <i>Astrophysikalische Observatorium</i> , Potsdam	58
8. Ein Fernrohr mit angesetztem Spektralapparat	62
9. Frühe astrophysikalische Observatorien in den USA	64
10. Das 150-Fuß Turm-Teleskop des Mt. Wilson Observatoriums	65
11. Liste der Donatoren für die <i>Einstein-Spende</i> , 1920	68
12. Mendelsohn beim Zeichnen	72
13. Mendelsohns früheste Skizzen zum Thema Sternwarte	72
14. Drei Skizzen Mendelsohns zum Einstein-Turm, ca. 1920	73
15. Faksimile einer Seite des Briefes von Freundlich an Mendelsohn, 2. Juli 1918, mit Skizzen	75
16. Photographie des Sonnenspektrums mit Fraunhoferlinien und eines Vergleichsspektrums mit Emissionslinien	76
17. Konstruktionszeichnungen mit horizontalen und vertikalen Schnitten durch den Einstein-Turm	77
18. Der Einstein-Turm in der <i>Berliner Illustrierten Zeitung</i> , 1921	80
19. Andere Turm-Bauten der Zeit	82
20. Der Lichtweg im Einstein-Turm	83
21. Blick durch den inneren Holzturm nach oben gegen das Objektiv des Coelostaten	84
22. Entwurf des Briefes von Mendelsohn an Einstein, 1941	88
23. Photographien vom Einstein-Turm	92
24. Weitere Detail-Photographien zum Einstein-Turm	97
25. Mendelsohns Gipsmodell des Einstein-Turmes, 1920	100
26. Innenaufnahmen und die originale Einrichtung des Arbeitszimmers im Erdgeschoß	102
27. Photographie aus der Bauphase des Einstein-Turms	105
28. Der Einstein-Turm am Ende des 2. Weltkrieges	106

29.	Ausdehnungseigenschaften von Pyrex-Glas im Vergleich mit anderen Materialien	108
30.	Der Umlenkspiegel im Laboratoriumsraum	108
31.	Coelostat und Hauptspiegel in der Kuppel	109
32.	Die originale instrumentelle Ausstattung	111
33.	Freundlich vor der Spaltwand des Einstein-Turms	114
34.	Freundlich vor der Horizontalkamera zur Messung der Lichtablenkung im Gravitationsfeld der Sonne anläß- lich der Sonnenfinsternis in Sumatra, 1929	116
35.	Aus dem Bericht über den Fortgang der Forschungs- arbeiten der <i>Einstein-Stiftung</i> , 1926	119
36.	Hermann Alexander Brück vor dem in die Trennwand eingebauten Schlitz im Arbeitsraum des Einstein-Turmes	123
37.	Hans Ludendorff (1873-1941)	130
38.	Einstein im Gespräch mit Ludendorff	133
39.	Ludendorff et al. während der Expedition nach Mexiko, 1923	135
40.	Umlauf Ludendorffs vom 5. Okt. 1933 betr. Hitlergruß	149
41.	Faksimile des Artikels von Freundlich im <i>Pariser Tageblatt</i> , 25. III. 1934: "Auch im Einstein-Turm gilt der Hitler-Gruß"	150
42.	Porträtbüste Einsteins und 'ein Stein' im Eingangsbereich des Einstein-Turms	153
43.	Mitteilung an die Stifter der <i>Einstein-Stiftung</i> , 1925	166
44.	Der Einstein-Turm in der <i>Berliner Illustrierten Zeitung</i> , 1928	168

Tabellen

1.	Übersicht zu Versuchen Freundlichs, die Relativitätstheorie zu testen	37
2.	Asymmetrie der Linienverschiebungen von Fixsternen, für zwei verschiedene Gruppen von Spektralklassen	40
3.	Mittlere Linienverschiebungen von Fixsternen, differenziert nach Spektralklassen	41
4.	Kuratorium des <i>Astrophysikalischen Observatoriums</i> , Potsdam, 1922-1934 (bzw. 1933)	61
5.	Die Finanzierung des Einstein-Turms	69
6.	Übersicht zur finanziellen Förderung Freundlichs in Berlin	122
7.	Kuratorium der <i>Einstein-Stiftung</i> 1922-1931	128



Der Telegraphenberg in Potsdam mit Einstein-Turm, großem Refraktor und Astrophysikalischem Observatorium

1. Einführung: Probleme einer 'dichten Beschreibung'

Für die Mehrzahl der Leser dieses Buches sind die drei Themenkomplexe, um die es hier gehen soll, gleichermaßen obskur: die **Relativitätstheorie** hat seit jeher den (unverdienten) Ruf absoluter Unverständlichkeit, und **Erwin F. Freundlich**, der erste deutsche Astronom, der Einsteins Theorien ernst nahm und sich dafür unter seinen Fachgenossen so unbeliebt machte, daß es der massiven Fürsprache Einsteins bedurfte, damit er seine Forschungen zur experimentellen Bestätigung der allgemeinen Relativitäts- und Gravitationstheorie fortsetzen konnte, ist heute nur noch Spezialisten bekannt. Nach einer zeitweisen Anstellung Freundlichs als erster hauptamtlicher Mitarbeiter des 1914 gegründeten *Kaiser-Wilhelm-Institut für Physik* wurde schließlich 1920 beschlossen, ihm ein eigenes Institut einzurichten, in dem Freundlich speziell die von Einstein geforderte Gravitations-Rotverschiebung im Sonnenspektrum untersuchen wollte. Das Institut bestand im wesentlichen aus einem Beobachtungsturm mit integriertem Laboratorium und war bald unter dem informellen Namen **Einstein-Turm** bekannt. Es gelang, für die Gestaltung des Turmbaues den mit Freundlich befreundeten Architekten **Erich Mendelsohn** zu gewinnen, der durch diesen Bau bald Weltruhm erlangte. Doch nur die wenigsten werden die Gelegenheit gehabt haben, an einer der gelegentlich angebotenen Führungen teilzunehmen und das architekturhistorisch so bedeutende Gebäude mit seiner abgeschiedenen Lage auf dem Telegraphenberg in Potsdam von außen und innen näher in Augenschein zu nehmen.

Diese Ausgangslage, in der sich die Mehrzahl meiner Leser also befinden wird, ist zwar für alle Beteiligten äußerst unglücklich, doch erleichtert sie mir immerhin die Adaptation des Vokabulars, daß der Ethnologe Clifford Geertz in seinen *Beiträgen zum Verstehen kultureller Systeme* vom Philosophen Gilbert Ryle übernommen hat. Geertz illustriert das chronische Problem des Ethnologen, eine Kultur zu verstehen, die ihm beim ersten Kontakt ganz fremd ist, mit einer Episode aus seinem Feldtagebuch. Er zeigt daran auf, wie diese scheinbar ganz unvoreingenommene Berichterstattung durchwoben ist von einer "Vielzahl komplexer, oft übereinandergelagerter oder ineinander verwobener Vorstellungsstrukturen, die fremdartig und zugleich ungeordnet und verborgen sind".¹ Solange die "Dichte" dieser Beschreibung und das Zusammenwirken der ihr aufgehenden Schichten nicht erkannt sind, wird

¹Geertz [1987] S. 15.

der Ethnologe nicht verstehen, sondern immer wieder, auch wenn er längst glaubt, zu verstehen, plötzlich überrascht werden von Beobachtungen und Fakten, die sich diesem Interpretationsrahmen nicht einfügen.

Analoges werden wir auch in unserem Fall beobachten können. Auch hier durchdringen sich mehrere Schichten, die sich als zum Verständnis des Gesamtkomplexes unabkömmlich erweisen werden, und jeder Versuch der Reduktion auf eine von ihnen würde zu einer unausgewogenen Schilderung der historischen Ereignisse führen. Zu diesen miteinander verflochtenen Erzählebenen gehören biographische, institutions-, disziplinen- und theoriegeschichtliche Anteile, insbesondere die folgenden:

- Eine **biographische** Schicht: zum Protagonisten Freundlich (Herkunft, Eltern und Geschwister, Konfession, schulische Ausbildung, Studium, Beschäftigungsverhältnisse).
- Eine **soziale** Schicht: Wechselwirkungen Freundlichs mit anderen Personen (Kommilitonen und akademische Lehrer [F. Klein], frühe Mitarbeiter [v.Klüber, v.Brunn, Brück, v.d.Pahlen, Grotrian, Unsöld], Rivalen, Förderer [Einstein, Planck] und Opponenten in der scientific community [Struve, v.Seeliger, Ludendorff]).
- Eine **kognitive** Schicht: die wissenschaftlichen Interessen Freundlichs, besonders an Tests der allgemeinen Relativitätstheorie.
- Eine **wissenschaftspolitische** Schicht mit einer Einbettung Freundlichs in die Forschungslandschaft der Physik und Astronomie Berlins 1910-1933 und einem internationalen Vergleich, insbesondere zur Astrophysik in den USA (Mt. Wilson).
- Eine **bau- und architekturgeschichtliche** Schicht: zum Einstein-Turm (technische Auslegung, architektonische Planung und Gestaltung, Stilzuordnung und Vergleich mit anderen Bauten der Zeit).
- Eine **ökonomische und sozialpsychologische** Schicht: zum Einstein-Turm (Motive und Argumente für seinen Bau, Finanzierungsfragen, auch im Zusammenhang mit der Nachkriegsinflation).
- Eine **Breitenwirkungsschicht** mit einem Rezeptionsvergleich zwischen Einstein-Turm und Relativitätstheorie – zukunftsweisende Symbole der anbrechenden Moderne oder bizarre Auswüchse einer degenerierten Kultur?

- Eine **wissenschaftshistorische** Schicht mit einem Überblick zu Forschungsergebnissen von Freundlich und Mitarbeitern am Einstein-Turm, auch im Kontrast zu dem ursprünglichen Programm.
- Eine **zeitgeschichtliche** Schicht: die Machtübernahme der Nationalsozialisten und ihre Auswirkungen auf das *Einstein-Institut*: Ludendorffs Revanche, Freundlichs Emigration und sein weiterer Lebensweg.

Wie einem Ethnologen am Beginn seiner Arbeit wird auch uns nichts übrig bleiben, als bei einer der Schichten [und zwar der frühen Biographie der Figur, die zunächst der Protagonist zu sein scheint] anzufangen, und uns nach und nach in andere Schichten des Falles vorzuarbeiten. Eine besondere Rolle wird dabei ein Blick auf die antagonistischen Gruppen der Förderer bzw. Gegner Freundlichs in der Berliner Wissenschaftsszene spielen – der Bau des Einstein-Turmes wird sich dann als die Schaffung einer Art Forschungs-Nische für E. F. Freundlich erweisen, der um 1920 letztlich wegen seines entschiedenen Einsatzes für die experimentelle Prüfung der allgemeinen Relativitätstheorie Einsteins unter den politisch wie in ihrer Forschungsausrichtung überwiegend konservativen Astronomen und Astrophysikern bereits jegliche Sympathie verloren hatte.

Die Schilderung des Lebensweges von Freundlich während seiner Berliner Zeit (und auch darüber hinaus) gewinnt durch die Herstellung solch eines sozialen und institutionsgeschichtlichen Kontextes eine vertiefte Bedeutung: Freundlich wird zu einer Art 'Testteilchen', das die 'attraktiven und repulsiven Potentiale' der Berliner Forschungslandschaft durch die vielfachen Krümmungen seiner Lebenslinie offenlegt. Anders als etwa Einstein, der, um im Bilde zu bleiben, zuviel Eigenmasse hat (d.h. übersetzt, der zu berühmt und zu gut abgesichert war), als daß ihm die Anfeindungen in seinen Aktivitäten bis 1933 irgendwie maßgeblich beeinträchtigen können, schlagen sich die Machtverhältnisse der verschiedenen Wissenschaftler-Klüngel in Freundlichs Lebensweg während seiner gesamten Berliner Zeit unmittelbar nieder.

Erst 1933 werden die politischen Umwälzungen in ganz Deutschland so massiv, daß sie nicht nur den wissenschaftspolitischen 'Zwerg' Freundlich, sondern auch den 'Giganten' Einstein ebenso wie Tausende anderer nicht-opportunistisch gesinnter Intellektueller (darunter auch den Architekten des Einstein-Turms, Erich Mendelsohn) in das Exil zwingen. Mit der Machtübernahme der Nazis ändert sich auch das Forschungsprogramm am Einstein-Turm, der prompt in 'Institut für Sonnenphysik' umbenannt wurde. Die Abschnitte 10 und 11 dieses Buches werden klarmachen, daß diese schroffe Umorientierungen der Forschungen auf dem Potsdamer Telegraphenberg ihre

Wurzeln haben in dem Konflikt Freundlich mit Ludendorff, der weit in die Zeiten der Weimarer Republik zurückreicht. Nur war nach 1933 eben der Nationalsozialist Ludendorff am Ruder, der *vor* 1933 bei Konflikten zumeist dem übermächtigen Einfluß Einsteins und v. Laues auf die Entscheidungen im Kuratorium der *Einstein-Stiftung* und des *Astrophysikalischen Observatoriums* unterlegen war, *nun* aber um so mehr die neue Machtfülle auskostete. Die von Freundlich langsam aufgebauten internationalen Beziehungen (vgl. Abschn. 7) wurden gekappt, das Forschungsprogramm (vgl. Abschn. 9) umgestülpt, und nach 1939 auch auf die Bedürfnisse des Militärs nach Vorhersage von Störungen im Sendewesen durch regelmäßige Beobachtung von Sonnenfleckenhäufigkeit, Flares u.ä. auf der Sonne abgestimmt.²

Nicht nur für die dichte Beschreibung der Ereignisse des Jahres 1933 wird ein Blick auf allgemein politische, ökonomische und sozialpsychologische Rahmenbedingungen erforderlich sein - gleiches gilt auch schon für die Phase kurz vor dem Bau des Einstein-Turmes. Daß es ausgerechnet in der zerrütteten Nachkriegswirtschaft gelang, so viele Gelder von privaten Spendern und beträchtliche Zuschüsse auch aus Staatskassen (Abschn. 8) für den Bau und Unterhalt eines Instituts mit derart esoterischer Zielsetzung zu erhalten, muß zunächst verwundern. Es erklärt sich nur aus einer eigenartigen Kombination von mehreren Faktoren, die in dieser Konstellation erstmals 1919 vorlagen:

- der unter Wissenschaftlern weitverbreiteten Befürchtung, den Forschungen des Auslandes (speziell der aufstrebenden Vereinigten Staaten von Amerika) mehr und mehr hinterherzuhinken,
- verstärkt noch durch den Schock der Bestätigung der Lichtablenkungsprognose Einsteins (vgl. S. 17) durch eine *englische*, nicht eine deutsche Expedition zur Sonnenfinsternis 1919,³
- einer geschickt initiierten Werbestrategie, die (vielleicht erstmals in Deutschland) die Mittel der modernen Massenmedien einsetzte, die zuvor gerade erst durch die Nachrichten zur Lichtablenkungsmessung überflutet worden waren (auch dies ein zuvor nie gekanntes Phänomen),
- ein erhebliches Interesse für Einsteins Relativitätstheorie seitens einer breiten Öffentlichkeit⁴ und schließlich,

²Für Überblicke zur astrophysikalischen Forschung während der NS-Zeit siehe Kuiper [1946], Kiepenheuer [1946/48].

³Siehe Dyson, Eddington u. Davidson [1920] sowie Earman u. Glymour [1980]b.

⁴Vgl. dazu z.B. Hentschel [1989].

- ein schon seit Anfang dieses Jahrhunderts sich entwickelndes privates Spenderwesen im Bereich der Wissenschaftsförderung, speziell für die Kaiser-Wilhelm-Institute,⁵ das die staatlich getragene Forschung an Universitäten immer wesentlicher ergänzte und für die Spender vor allem mit Imagepflege verbunden war (vgl. Abb. 31, S. 109 unten).

Gerade die zuletzt angeführten Gründe für die rege Spendenbereitschaft von Bankiers und Industrieunternehmen für den Einstein-Turm erfordern den Blick auf Faktoren weit außerhalb des Kernbereiches der Wissenschaftsgeschichte, der zumindest in Ansätzen auch unternommen werden soll.

Die Schilderung der Biographie Freundlichs, die diese Studie wie ein roter Faden durchzieht, wird immer wieder zusammenspielen mit einer Skizzierung der Charakteristiken der Denkkollektive (im Sinne Ludwik Flecks) bzw. Wissenschaftler-Gemeinschaften (im Sinne Ben-Davids oder Kuhns), in die seine Aktivitäten eingebettet waren oder gegen die sie sich gewendet haben. Am Ende wird aus diesen vielen Einzelsträngen ein Gewebe aus biographischen, sozialen, institutionellen und kognitiven Komponenten geknüpft sein, das zumindest die Skizze einer 'dichten Beschreibung' des Themenkomplexes 'Einstein-Turm, Freundlich und Relativitätstheorie' darstellt. Denn, auch wenn ich mir darüber klar bin, daß eigentlich noch weitere Schichten anzufügen wären, um zu einer wirklich 'dichten' Beschreibung zu gelangen, so mußte ich mich hier jedoch auf die oben aufgeführten neun Schichten beschränken. Die Wechselwirkung, die zwischen einer Wissenschaftsinstitution (Einstein-Turm) und einer bedeutenden Firma der optischen Industrie (Carl Zeiss, Jena) bei der Planung und Ausstattung des Einstein-Turmes stattfand, mußte z.B. ausgespart werden, weil sich laut Auskunft der Firmenarchivare leider weder in Jena noch in Oberkochen noch irgendwelche Dokumente dazu fanden.⁶ Architekturhistorisches zum Architekten des Einstein-Turmes Erich Mendelsohn wurde hier ziemlich knapp gefaßt, da umfangreiche Studien zum Gesamtwerk Mendelsohns aus architekturhistorischer Perspektive bereits vorliegen oder in Arbeit befindlich sind.⁷ Die Briefe der Einstein-Freundlich-Korrespondenz sind vor einiger Zeit versteigert worden und liegen

⁵Siehe dazu Vierhaus und vom Brocke [1990].

⁶Das Jenaer Zeisswerk wurde nach dem Zweiten Weltkrieg in einen ost- und einen westdeutschen Teil aufgeteilt; zur Firmengeschichte bis 1946 vgl. Schomerus [1952].

⁷Vgl. z.B. Achenbach [1987], Banham [1954], Beyer [1961], Eckhardt [1960], Köster [1941], Mendelsohn [1930], Whittick [1940/56], Zevi [1963], [1985] sowie Sharp [1966] und Pehnt [1981] für Überblicke zur Architektur des Expressionismus. Ferner sind Frau Sigrüd Achenbach (Berlin), Herr Joachim Krause (Berlin) und Frau Prof. Kathleen James (Minnesota) gegenwärtig dabei, architekturhistorische Studien über Erich Mendelsohn bzw. den Einstein-Turm zu erstellen.

als Kopien in den *Collected Papers of Albert Einstein*, wo sie mir zugänglich waren. Andere Briefe Freundlichs fanden sich in den Nachlässen verschiedener Wissenschaftler, mit denen er in Kontakt stand, doch über den Verbleib von Freundlichs Tagebüchern, seiner Privatkorrespondenz u.a. ist mir nichts bekannt geworden. Hingegen gibt es eine Fülle von Dokumenten von und über Freundlich und Mendelsohn bzw. zum Einstein-Turm in den Archiven verschiedener Institutionen, auf denen diese Studie basiert:

Zentralarchiv der Akademie der Wissenschaften der ehemaligen DDR, Berlin, insb. Akten der Sternwarte Babelsberg sowie des Astrophysikalischen Observatoriums (im folgenden abgekürzt: AAW),
 Mary Lea Shane Archives of the Lick Observatory, Santa Cruz (ALO),
 Archive for Scientific Philosophy in the 20th Century, Pittsburgh (ASP),
 Archiv der Max-Planck-Gesellschaft, Berlin-Dahlem (AMPG),
 Bundesarchiv, Abteilung Potsdam (BAP),
 Collected Papers of Albert Einstein, Boston University (Editorial Archive) bzw. Hebrew University of Jerusalem (Originale des Einstein-Nachlasses) (CPAE),
 Deutsches Architektur-Museum, Frankfurt (DAM),
 Bibliothek der Eidgenössisch-Technischen Hochschule, Zürich, insb. Nachlaß Hermann Weyl (ETH),
 Humboldt-Universität zu Berlin, Universitätsarchiv, Personalakte Prof. Dr. Erwin Finlay Freundlich (HUBU),
 Staatliche Museen Preußischer Kulturbesitz, Kunstbibliothek Berlin, Mendelsohn-Nachlaß(KJ),
 Johannes Gutenberg-Universität Mainz, Archiv (JGUM),
 Royal Astronomical Society, London (RAS),
 Royal Society, London, insb. Larmor-Papers (RS),
 Universitätsbibliothek Göttingen, Handschriftenabteilung (UBG).

Die Herkunft der nachfolgend zitierten Dokumente wurde jeweils in den zugehörigen Fußnoten mit diesen Kürzeln und der jeweiligen Signatur belegt.

2. Erwin Finlay Freundlich (1885-1964)

Protagonist dieser Fallstudie ist nicht etwa der nach 1919 jedem Schulkind bekannte Albert Einstein¹ (1879-1955), Autor einer – wie damals gelegentlich scherzhaft berichtet wurde – nur von 3 Menschen in der Welt verstandenen, aber von jedem im Munde geführten Theorie der Relativität und der Gravitation,² sondern ein heute ziemlich wenig bekannter Wissenschaftler: der Astronom und Astrophysiker Erwin Finlay Freundlich (1885-1964).³ Sechs Jahre jünger als Einstein, wurde Freundlich 1885 als Sohn eines deutschen Fabrikanten, Friedrich Philipp Ernst Freundlich, und einer Engländerin, geborene Finlayson aus Cheltenham, in Biebrich am Rhein geboren.

Freundlichs Großmutter war jüdischen Glaubens, doch Freundlichs Vater war zum Zeitpunkt seiner Heirat mit Ellen Finlayson aus Assimilierungsbestreben zur protestantischen Kirche konvertiert, und alle ihre sieben Kinder wurden getauft und evangelisch erzogen. Erwähnenswert ist vor allem sein ältester Bruder, Herbert Max Freundlich (1880-1941), der später ein bedeutender Kolloidchemiker wurde, und wie sein Bruder Erwin seine wichtigsten Arbeiten in Berlin und nach 1933 im Exil in England verfaßte.⁴ Erwin durchlief eine normale Ausbildung (bis zur Quarta Realgymnasium, danach bis zum Abitur Ostern 1903 auf einem humanistischem Gymnasium). Ein halbjähriges Volontariat auf der Schiffswerft 'Vulkan' in Stettin erweckte zunächst seinen Wunsch, Schiffsbau zu studieren. Dieses Studium gab er jedoch im Herbst 1905 ganz auf, um Mathematik und Astronomie in Göttingen zu studieren. Betreut durch den berühmten Mathematiker und Wissenschaftsorganisator Felix Klein⁵ (1849-1925) schloß er am 26. Januar 1910 seine Doktorarbeit über "Analytische Funktionen mit beliebig vorgeschriebenem, unendlich-blättrigem Existenzbereiche" ab. Durch Vermittlung von Klein erhielt er Ende Juli 1910 eine Stelle an der *Königlichen Sternwarte, Berlin* als Assistent des Direktors Karl Hermann Struve⁶ (1854-1920). Eine nicht gesicherte aber immerhin plausible Anekdote hierzu besagt, daß

¹Zu Einstein siehe z.B. Frank [1949/79], Pais [1982] und dort zit. Literatur.

²Zu Details der Rezeption der Relativitätstheorie Einsteins siehe z.B. Hentschel [1989] Kap. 2 und dort zit. Literatur.

³Zu Freundlich vgl. z.B. v.Klüber [1964/65], Forbes [1972], Pyenson [1974] S. 313-337, [1985] S. 228-238, Batten [1985]. Für Hinweise zur familiären Situation Freundlichs danke ich seinem Neffen, Herrn Winfried F. Freundlich (Wiesbaden).

⁴Zu Herbert Freundlich siehe Donnan [1942/44], Reitstätter [1954].

⁵Zu Klein siehe z.B. Rowe [1989] sowie dort genannte Literatur.

⁶Struve entstammte einer Astronomen-Dynastie und war seit 1904 Nachfolger Försters als Direktor der Berliner Sternwarte. Zu Struve siehe z.B. Courvoisier [1920], Dyson [1921].

sich Freundlich Klein gegenüber wegen dieser Ernennung beschwert habe, da er zuwenig von praktischer Astronomie verstehe, woraufhin er von Klein die kategorische Antwort bekommen habe: "Sie sind nicht zur Universität gekommen, um alles zu lernen, sondern um zu lernen, wie man alles lernen kann. Sie werden nach Berlin gehen."⁷ Faktischer Kern dieser Anekdote ist, daß Felix Klein tatsächlich sehr an einer engen Beziehung zwischen Mathematik und Physik bzw. anderen Naturwissenschaften interessiert war – er selbst wie auch viele seiner Schüler erbrachten in beiden Disziplinen und ihren Grenzgebieten wichtige Leistungen.⁸ Insofern ist der Werdegang Freundlichs seit seinem Studium in Göttingen ein gutes Beispiel für die Auswirkungen der breiten (manche würden vielleicht sagen 'imperialistischen') Auffassung von Mathematik und die Offenheit allen Anwendungsfächern gegenüber, wie sie Freundlichs akademische Lehrer in Göttingen zeitigten. 'Die Physik ist zu wichtig, als daß man sie den Physikern überlassen darf' – dieser berühmte Ausspruch David Hilberts ist (wenn man einmal Physik durch Astronomie vertauscht) auch bestens dazu geeignet, die Vermittlung des mathematisch ausgebildeten Freundlich an die Berliner Sternwarte zu begründen.

Der Wechsel von Göttingen nach Berlin muß für Freundlich wie ein Sprung ins kalte Wasser gewesen sein: er wurde sofort an den nicht gerade anregenden Routinearbeiten der Sternwarte beteiligt (z.B. Erstellung eines Zonenkatalogs von Polsternen und photometrische Beobachtungen sowie Arbeiten am Meridiankreis – vgl. Abb. 4).⁹

Eine Anfrage des Prager Astronomen Leo Wenzel Pollak¹⁰ im August 1911 im Auftrage des frisch gebackenen Ordinarius für theoretische Physik an der Deutschen Universität Prag, Albert Einstein, brachte ihn dazu, sich mit der Frage auseinanderzusetzen, wie die neue Theorie Einsteins 'über den Einfluss der Schwerkraft auf die Ausbreitung des Lichtes'¹¹ auf astronomischem Wege geprüft werden könne.¹² Einstein war zwar der Meinung, daß zwei seiner Vorhersagen, die sogenannte Rotverschiebung von Spektrallinien

⁷Siehe Batten [1985] S. 33.

⁸Siehe z.B. Pyenson [1974], [1985] speziell mit Augenmerk auf die Relativitätstheorie sowie Rowe [1989] und Sigurdsson [1991] zum Göttinger Denkkollektiv.

⁹Diese Informationen über Freundlichs frühen Werdegang beruhen teils auf einem von ihm selbst verfaßten Lebenslauf (aus AAW, Sign. Sternwarte Babelsberg, Mappe 64, Bl. 1-2), teils auch auf dem Lebenslauf in seiner Dissertation [1910].

¹⁰Geboren 1888; Demonstrator am Institut für kosmische Physik der Deutschen Universität Prag, an der seit 1911 auch Einstein lehrte.

¹¹So der Titel eines Aufsatzes von Einstein, der 1911 in den *Annalen der Physik* erschien und seine sog. Prager Theorie konstituierte.

¹²Pollak an Freundlich, 24. VIII. 1911, CPAE, Sign. 11 181.

und die sog. Lichtablenkung im Gravitationsfeld "einer Nachprüfung durch die Astronomie dringend bedürfen", aber er bezweifelte, daß die Prognosen aufgrund ihrer Abhängigkeit von der Größe des Gravitationspotentials "ausser bei der Sonne, von irgend welchem Erfolge begleitet sein könnten".¹³

Mit den beiden angeführten physikalischen Effekten der Relativitätstheorie hat es folgendes auf sich:¹⁴ anders als in den Theorien zu Raum, Zeit und Gravitation *vor* Einstein ergab sich aus seiner Theorie, daß die Anwesenheit von Massen einen gewissen Einfluß auf die Ausbreitung des Lichtes und die durch diese angezeigte Raum-Zeit-Struktur haben sollte,¹⁵ und zwar desto mehr Einfluß, desto größer die Massen und desto näher das Licht an diesen Massenzentren vorbeifliegt. Die größte Masse, an der dies mit damaligen Mitteln noch halbwegs gut beobachtet werden konnte, ist die der Sonne als dem Zentralkörper unseres Planetensystems. Ein Teil des sog. **Ablenkungseffektes**, den Licht, welches von fernen Fixsternen kommend, beim Passieren des Sonnenrandes laut Einstein erfährt, war bereits verständlich aus der von Einstein seit 1905 vertretenen Annahme, daß Energie und Masse physikalisch gleichwertig sind. Schon seit dem Ende des 19. Jahrhunderts war bekannt, daß Licht Energie E proportional zu seiner Frequenz ν transportiert. Dann sollte es sich auch verhalten wie ein Strom von Teilchen der Masse $m = E/c^2$ (mit c : Lichtgeschwindigkeit), d.h. beim Passieren nahe der Sonnenoberfläche ähnlich wie vorbeifliegende Kometen leicht zur Sonne hin abgelenkt werden. Nach 1913 ergänzte Einstein diesen Lichtablenkungseffekt noch um einen zweiten Anteil, der in gleichem Sinne wirkte, aber auf die veränderte Raum-Zeit Struktur nahe großen Massen, die sog. Raumkrümmung, zurückzuführen ist. Dieser Ablenkungseffekt war enttäuschend klein: $0",85$, d.h. weniger als eine Bogensekunde für Einsteins Theorie von 1911, bzw. $1",75$ für die Theorie von 1915/16,¹⁶ jeweils bezogen auf Sonnenrandstrahlen – bei größer werdendem Abstand r nahm der Effekt wie $1/r^2$ ab (vgl. Abb. 1).

Nicht nur die Raumstruktur, sondern auch die Zeitmessung wird laut Einstein durch die Anwesenheit von Massen beeinflusst. Uhren und überhaupt jede Form periodischer Vorgänge verlangsamten sich, wenn man diese in die

¹³Ibid.

¹⁴Für weitere Informationen zu den experimentellen Konsequenzen seiner Theorie vgl. u.a. Forbes [1963], Earman u. Glymour [1980]a,b, Hentschel [1991]c, [i.V.] und dort zit. Lit. sowie z.B. Freundlich's Übersichten [1916]b, [1919]b, [1955]a.

¹⁵Den Physikern bleibt nichts anderes übrig, als Geraden für astronomische Größenordnungen über die 'geradlinige' Bahn von Lichtstrahlen zu definieren.

¹⁶Vgl. Einstein [1911], [1912], [1915]a-c, [1916], [1917] und [1920] sowie Abschn. 4 für eine knappe Übersicht zur Entwicklung der allgemeinen Relativitätstheorie.

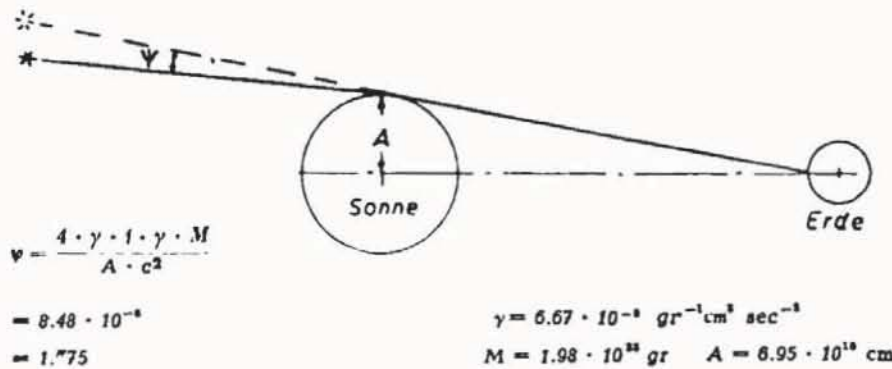


Abb.1 Schema zur Ablenkung des Lichtes im Schwerefeld der Sonne, stark übertrieben gezeichnet, aus Grotrian [1952] S. 84.

Umgebung von Massen bringt. Auch gasförmige Atome, die bestimmte genau festgelegte Schwingungseigenfrequenzen aufweisen, die man in dem von ihnen ausgesandten bzw. absorbierten Licht in Form scharfer Linien im Spektrum wiederfindet, lassen sich als Uhren auffassen, die eben nicht sechzig, sondern Hunderttausende von Schwingungen pro Minute ausführen. Nun wußte man bereits lange vor Einstein aus der Analyse des Spektrums der Sonne, daß dort viele Elemente existieren, die auch auf der Erde bekannt waren. Daraus ergab sich für Einstein die Hoffnung, daß sich vielleicht bei einem sehr genauen Vergleich der Spektren der Sonne mit Laborspektren zeigen würde, daß die Sonnenlinien gegenüber den irdischen Vergleichslinien zu niedrigeren Schwingungszahlen hin, d.h. zum roten Ende des Spektrums, verschoben sind (vgl. Abb. 16). Doch auch dieser Effekt, die sog. **Rotverschiebung von Spektrallinien im Gravitationsfeld**, ist winzig: relative Verschiebungen von weniger als einem Hunderttausendstel ($2 \cdot 10^{-6}$) festzustellen, ging an die Grenze der damaligen Meßgenauigkeit,¹⁷ obwohl es Einstein gelang, in der Literatur einige Indizien für solche Rotverschiebungen im Sonnenspektrum aufzutreiben.

In Anbetracht der Kleinheit der Effekte wundert es nicht, daß Einstein anfangs bei den Astronomen praktisch kein Gehör fand – in Deutschland gab es zunächst nur eine einzige Ausnahme: Erwin F. Freundlich! Wie Freundlich in seinem oben angeführten Lebenslauf in der Handakte Struve um 1915 selbst schreibt, konnte er sich mit seinen "Untersuchungen theoretischer Natur" speziell zur "Prüfung moderner physikalischer Theorien auf astrophysikalischem Wege" nur "in den Stunden freier Zeit" beschäftigen.¹⁸ Dennoch liegt der Schwerpunkt seiner Forschungen seit 1913 eindeutig nicht mehr auf den wissenschaftlichen Routinearbeiten, für die er an der Sternwarte eingestellt

¹⁷Vgl. dazu Hentschel [1991]b, [1991]c.

¹⁸AAW, Sternwarte Babelsberg, 64, Bl. 2.

worden war, sondern auf der Auseinandersetzung mit den diversen astronomisch relevanten Konsequenzen der Theorien Einsteins, die Freundlich eben gerade wegen dieses Göttinger Ausbildungsprofils im Unterschied zu anderen Astronomen in Berlin und andernorts sofort ernst nahm.¹⁹

Wie kommt der Assistent Struves an der Berliner Sternwarte dazu, seine astronomischen Routine-Aufgaben, für die er angestellt wurde, sträflich zu vernachlässigen und sich derart intensiv mit den lächerlich kleinen Effekten einer Theorie auseinanderzusetzen, die kein Astronom außer ihm in Berlin geschweige denn andernorts ernst nimmt? Eine recht offenherzige Begründung dafür sich der Prüfung von können wir einem Brief an William Wallace Campbell (1862-1938), dem Direktor des *Lick Observatory* auf Mt. Hamilton in Kalifornien, entnehmen, dem er nach einer Kurzbeschreibung des Effektes der Lichtablenkung im Gravitationsfeld folgendes berichtete:

[...], and Mr. Einstein asked me, if I would try to proof his results by observations. I naturally assented as I have been studying these questions allready for a long time.

At the same time observations of Mr. Courvoisier at Berlin seem to guaranty an influence of the sun-distance upon the position of a star in Rightascension and declination; but this effect is not yet quite explainable and surly of a different nature than the effect deduced by Mr. Einstein. Therefore I have began to investigate these rather important questions.²⁰

Die Gründe für Freundlichs Handeln sind also zumindest teilweise in dem starken Einfluß Einsteins auf Freundlich zu suchen, wie er in ihrer Korrespondenz seit 1911 nachweisbar ist. Und dieser Einfluß wiederum konnte nur deshalb so entscheidend sein, weil Freundlich durch seine zu dieser Zeit betriebenen Untersuchungen über Sternpositionen zusammen mit Leo Courvoisier²¹ (1873-1955) gerade an möglichen Schwankungen von scheinbaren Fixsternörtern interessiert war.²² Courvoisier hatte bereits seit 1905 wiederholt darauf

¹⁹Pyenson betont in seinen Bemerkungen über Freundlich dessen Ausbildung in Göttingen und stellt ihn in eine Reihe mit Minkowski, F. Klein und Hilbert, die alle Interesse an Einsteins Theorien gezeigt haben. Hingegen betonte Freundlich, ganz anders als die erwähnten Göttinger Mathematiker, in seinen Darstellungen der Relativitätstheorie stets die experimentelle Seite.

²⁰Freundlich an Campbell, 25. XI. 1911, ALO, Orthographie original; vgl. auch S. 24 sowie Crelinsten [1983] zu Campbell.

²¹Courvoisier war seit 1905 Observator, seit 1914 Hauptobservator der Berliner Sternwarte. Zu Courvoisier vgl. die Porträtgalerie der Astronomischen Gesellschaft, Budapest, 1931, S. 16 sowie Poggendorff V-VIIa.

²²Siehe dazu Freundlich [1913]d sowie [1916]i.

hingewiesen, daß die Positionen von Fixsternen in geringem sphärischem Abstand von der Sonne einer kleinen aber systematischen Schwankung unterworfen waren, die er **jährliche Refraktion** nannte.²³ Im Zusammenhang mit seinen untergeordneten Handlangerdiensten, die Freundlich in Babelsberg versah, war er dazu abgestellt worden, die von Courvoisier zusammengetragenen Daten zu vervollständigen und auszuwerten. Courvoisier und Einstein sagten zwar für Sterne in größerem Sonnenabstand einen anderen Verlauf der scheinbaren Verschiebung ihrer Örter voraus, doch bestand zwischen beiden Effekten eine gewisse qualitative Ähnlichkeit: beide nahmen mit zunehmendem scheinbaren Sonnenabstand ab. Bemerkenswerterweise wurde übrigens diese "jährliche Refraktion" von Courvoisier ganz im Sinne der klassischen Elektrodynamik als eine Lichtbrechung in einem die Sonne umgebenden dichteren Medium, dem Äther gedeutet. Aus seinen Daten leitete Courvoisier eine Bewegung der Erde gegen den ruhenden Äther von etwa 650 km/sec ab.²⁴ Demgegenüber hatte Einstein ja bereits in seiner Arbeit über die Elektrodynamik bewegter Körper von 1905 die Annahme der Existenz eines Äthers als "überflüssig" dargestellt. Insofern war die Klärung der Frage, welcher dieser Effekte nun wirklich vorlag, für Freundlich auch viel interessanter als die Untersuchung irgendeines anderen Detailproblems – es ging um die Entscheidung zwischen der traditionellen Äther-Physik Courvoisiers einerseits und der 'modernen' Relativitätstheorie Einsteins andererseits. Aus der Theorie Courvoisiers ergaben sich im Vergleich mit den vorliegenden Beobachtungsdaten für das Dichteabnahmegesetz des zirkumsolaren Mediums (und damit für dessen Lichtbrechungsverhalten), für dessen Widerstand bei Bewegung und für dessen Absorption lauter Befunde, die Courvoisiers Theorie nicht gerade sehr plausibel machten.²⁵ Daraus ergibt sich ein wichtiges Motiv Freundlichs, sich immer tiefer in die Theorie Einsteins und deren experimentelle Konsequenzen einzuarbeiten: vielleicht konnten mit dieser Theorie die unplausiblen Resultate vermieden werden, zu denen Courvoisiers Ansatz bei der Interpretation der 'jährlichen Refraktion' zwingen würde!

²³Siehe Courvoisier [1905], [1913], [1919], [1920], [1932]; Hopmann [1923], Kienle [1924].

²⁴Noch nach dem Ersten Weltkrieg wurden die Arbeiten Courvoisiers durch die Notgemeinschaft gefördert; vgl. dazu Richter [1971] S. 500.

²⁵Freundlich erhielt u.a. eine "kleinste unter Voraussetzung bekannter Verhältnisse" zu erreichende Dichte des kosmischen Mediums von 1/10000 der normalen Luftdichte, einen Druck des zirkumsolaren Mediums auf die Stirnfläche der Erde von 46 Atmosphären pro cm^2 , eine untere Grenze für die Gesamtmaße des zirkumsolaren Mediums von $18,4 \cdot 10^{32} \text{g}$ und enorme Absorptionen des Lichtes im kosmischen Medium für längere Distanzen. Siehe den Anhang Freundlichs zu Courvoisier [1913], S. 70-75.



Abb.2 Frühe Aufnahme von Freundlich im Kreis von Mitgliedern der *Astronomischen Gesellschaft* während des Jahrestreffens in Hamburg-Bergedorf, 1913; Freundlich ist genau in der Bildmitte, der fünfte von links Stehende. Abb. aus dem *International Portrait Catalogue of the Archenhold Observatory*.

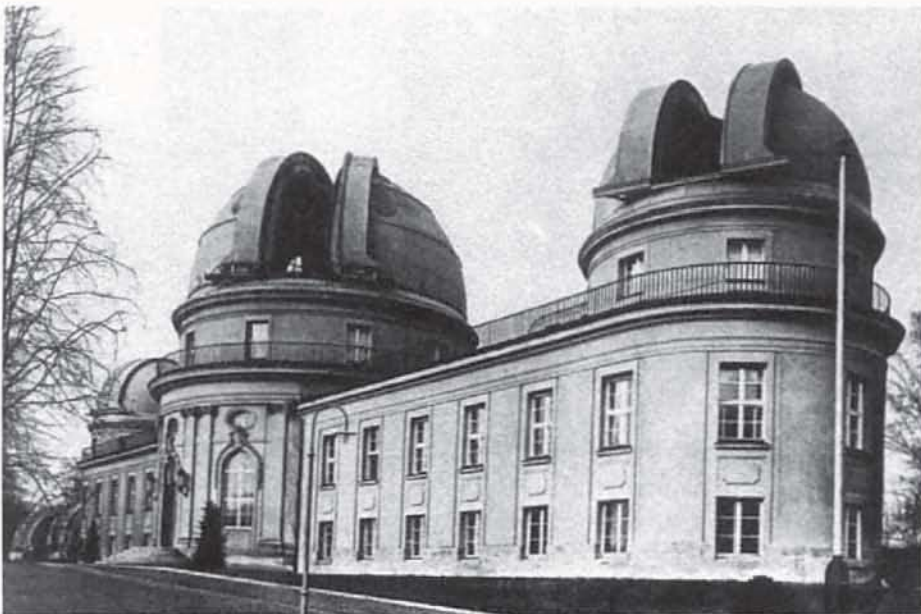


Abb.3 Die *Königliche Sternwarte Berlin-Babelsberg*; aus Struve [1919].

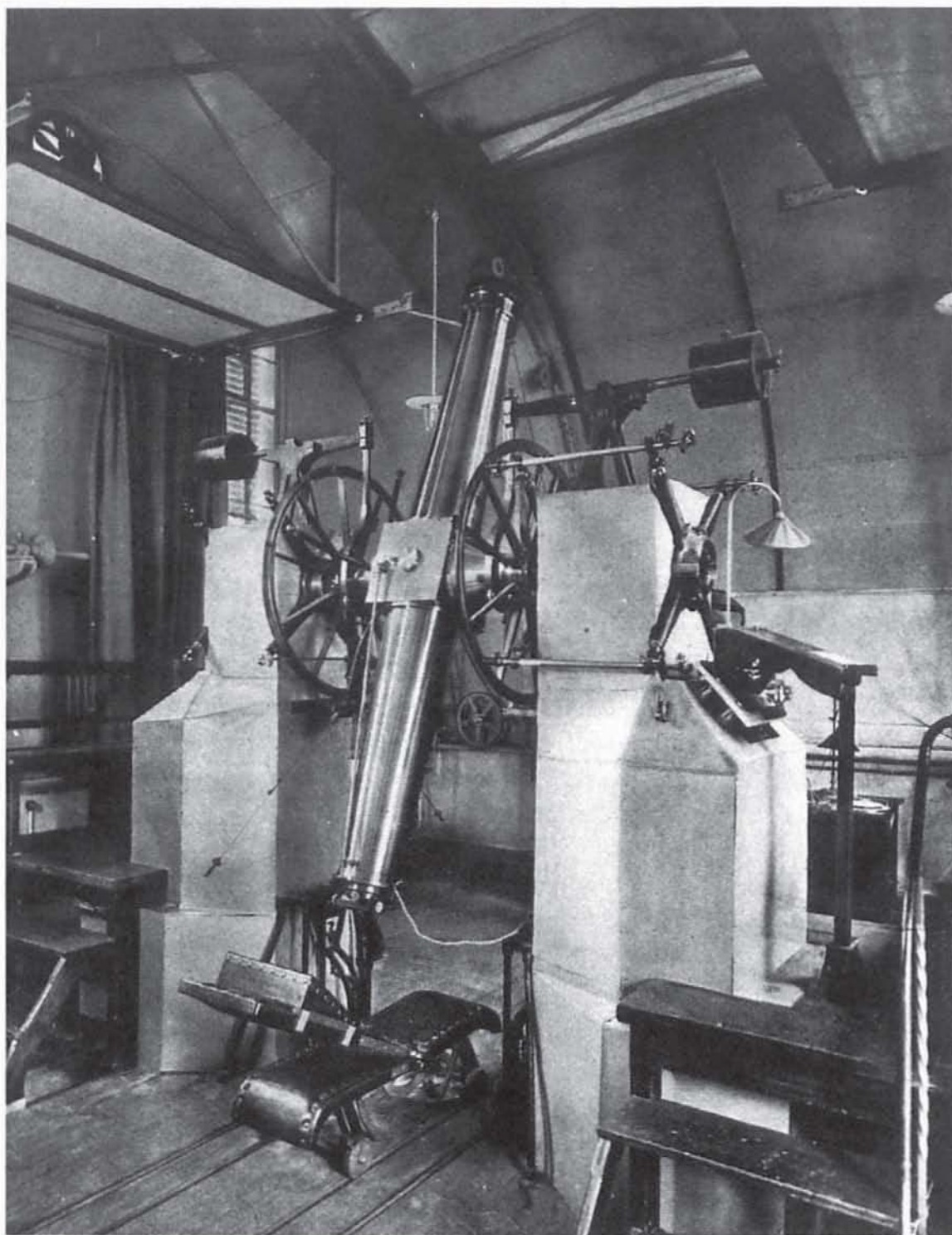


Abb.4 Der Meridiankreis der *Königlichen Sternwarte Berlin-Babelsberg*, an dem Freundlich nach 1910 Routinearbeiten auszuführen hatte; aus Struve [1919].

3. Freundlich und Einstein seit 1911

Freundlich muß auf die Anfrage Pollaks im Auftrage Einsteins sofort reagiert haben, geradezu so, als habe er nur auf eine derartige Ablenkung gewartet, die ihn endlich einmal wegbrachte von den endlosen Zahlenkolonnen seiner Meridianbeobachtungen. Aber auch Einstein freute sich über die prompte Reaktion Freundlichs. Der Ordinarius aus Prag schrieb an den kleinen Assistenten in Berlin:

Ich danke Ihnen herzlich für Ihr Schreiben, das mich natürlich sehr interessierte. Es ist mir sehr lieb, wenn Sie sich dieser interessanten Frage annehmen.¹

Freundlich erörtert Einstein gegenüber die Möglichkeit, durch die Auswertung älterer Photographien von Sonnenfinsternissen die von Einstein vorausgesagten kleinen Verschiebungen von sonnennahen Fixsternen in Richtung des Sonnenrandes auffinden zu können. Daraufhin bekundete Einstein wiederholt sein nachhaltiges Interesse am Ausgang dieser Prüfung:

Ich freue mich ausserordentlich darüber, dass Sie sich der Frage der Lichtkrümmung mit so grossem Eifer annehmen und bin sehr neugierig, was die Untersuchung des vorliegenden Plattenmaterials ergeben wird. Es handelt sich um eine Frage von ganz fundamentaler Bedeutung^[2]. Vom theoretischen Standpunkt aus besteht eine ziemliche Wahrscheinlichkeit dafür, dass der Effekt wirklich existiert.³

Mit dem letzten Satz spielte Einstein auf die folgende Überlegung an: bereits seine spezielle Relativitätstheorie implizierte die Äquivalenz von Energie und Masse ($E = mc^2$). Darum lag es für Einstein nahe, schon sehr bald nach Fertigstellung der speziellen Relativitätstheorie zu vermuten, daß Licht auch Eigenschaften der physikalischen Trägheit, so wie sie Massen in Gravitationsfeldern zeigen, aufweisen sollte, und seine Arbeit von 1911 brachte diesen Gedanken in eine systematische Form und gab erstmals auch eine Abschätzung für die Größe dieses Effektes von Schwerefeldern auf die Ausbreitung von Licht, das von Fixsternen dicht am Rande der Sonne vorbeigeht (vgl. S. 17 u. Abb. 1). Eine direkte Möglichkeit, diese Voraussage zu überprüfen, bestand darin, auf eine Sonnenfinsternis zu warten und dann die der verdunkelten Sonnenscheibe nächsten Fixsterne in ihrer Position genau zu vermessen. Doch

¹Einstein an Freundlich, 1. IX. 1911, CPAE, Sign. 11 199.

²Nämlich die Frage, ob Licht der Gravitation unterworfen ist oder nicht.

³Einstein an Freundlich, 8. I. 1912, CPAE, Sign. Nr. 11 202; vgl. auch den Brief vom 1. IX. 1911, CPAE 11 199.

Sonnenfinsternisse ereignen sich nur selten und günstige Beobachtungsmöglichkeiten ergeben sich zumeist nur in entlegenen Regionen der Erdkugel, die spezielle aufwendige und kostenintensive Expeditionen notwendig machen. Daher erklärt sich zunächst Freundlich's Idee, auf das Material, das von früheren Sonnenfinsternisexpeditionen mitgebracht wurde, zurückzugreifen. Nachdem sich das in Potsdam liegende Plattenmaterial als für seine Zwecke völlig unzureichend herausgestellt hatte (s.u.), schrieb Freundlich nun die wichtigsten Zentren der Astronomie in der ganzen Welt an, und bat um die Übersendung guter Glasskopien älterer Aufnahmen von Sonnenfinsternissen. Erhalten hat sich seine Anfrage an Campbell vom *Lick Observatory*, datiert 25. Nov. 1911:

I apply to you on account of a question of surly high scientific interest, in which I depend from the kind support of astronomers, who possess eclipse-plates, if I shall hope to get any results. The modern theory of relativity of Mr. Einstein predicts an influence of any field of gravitation upon light passing near to the sun. The gravitation would have according to the investigation of Einstein the effect of deflecting the ray of the star, and Mr. Einstein asked me, if I would try to proof his results by observations. [...].

Now eclipse-plates of the sun showing at the same time a few stars are the only material to be used till now, and I would be very much obliged to you for your kind support to get such plates. A few days ago I had the opportunity to talk to Mr. Perrine at Cordoba on his way through Berlin and he gave me the advise to apply to you on account of this question.⁴

Nachdem Freundlich viele Wochen lang keine Antwort erhalten hatte, wiederholte er am 24. Febr. 1912 seine Anfrage nach Californien, woraufhin er am 13. März 1912 von Campbell eine Antwort erhielt, aus der hervorging, daß man den Verlust des ersten Briefes in der Post sehr bedauere und sein Forschungsprogramm gerne nach Kräften unterstützen wolle.⁵ Tatsächlich schickte man ihm hochwertige Glas-Kopien von Aufnahmen, die bei den Sonnenfinsternissen 1901 in Sumatra, 1905 in Spanien und 1908 in Flint Island erstellt worden waren, sowie Vergleichsaufnahmen von dem jeweiligen Sternhintergrund kurz

⁴Freundlich an W.W. Campbell, 25. XI. 1911; ALO (Orthographie original). C.D. Perrine, seit 1909 der Direktor des Argentinischen Staatsobservatoriums, wurde durch Freundlich angeregt, 1912 selbst eine Sonnenfinsternis-Expedition nach Brasilien zu machen, die aber wegen Regenfällen erfolglos blieb: siehe Perrine [1923], Stachel [1986] S. 226. Weitere Kontakte Freundlich's behandelt Crelinsten [1983] S. 12ff.

⁵Campbell an Freundlich, 13. III. 1912, ALO: "we have [read] Einstein's paper [...], and we shall be glad to assist you as far as possible in testing the question."

zuvor. Besonders die letzte Sonnenfinsternis fand vor dem Hintergrund vieler hunderter Fixsterne statt. Doch hatten alle von früheren Expeditionen für andere Zwecke erstellten Platten vier gravierende Nachteile:

- keine der Platten hatte die Sonne in der Mitte, sondern stets war sie am Rande;
- die Fokussierung war auf die Sonnenkorona, nicht auf die nahezu unendlich fernen Fixsterne eingestellt;
- die Mitführung während der Aufnahmen war auf die Sonne, nicht auf die Fixsterne dahinter eingestellt;⁶
- es war nicht möglich, etwaige Kontraktionen der Photoplatte während der Sonnenfinsternis-Aufnahmen (bedingt durch den plötzlichen Temperaturabfall) zu untersuchen.⁷

Was den ersten Umstand angeht, so hatte Freundlich anfangs noch die Hoffnung, den Einstein-Effekt isolieren zu können, indem er dessen $1/r^2$ -Abhängigkeit berücksichtigte,⁸ doch bald mußte er die Hoffnung aufgeben, das ältere Plattenmaterial für eine Auffindung der Lichtablenkung im Gravitationsfeld der Sonne brauchen zu können: Aberrationen der Kamera-Linse gerade am Rande der Aufnahmen sowie die Verwaschung der Sternörter durch ungeeignete Nachführung machten dies völlig unmöglich.⁹ Über sein (negatives) Ergebnis berichtete Freundlich in den *Astronomischen Nachrichten* von 1913:

Mit Hilfe eines Meßapparates von Toepfer (Potsdam), den mir Prof. K. Schwarzschild in liebenswürdiger Weise zur Verfügung stellte, begann ich zuerst eine Platte der Smithsonian Institution [...] auszumessen. Ich maß die rechtwinkligen Koordinaten aller Sterne auf der Platte in der Nähe der Sonne. Da aber die Platte ungenügend scharf zentriert

⁶Vgl. z.B. Campbell an Freundlich, 6. VI. 1912, ALO, S. 2: "For an adequate treatment of the problem which you have in hand, plates should be taken with the sun central, and the cameras should be rated to a stellar rate instead of the solar rate, as was the case in all these eclipse plates".

⁷In späteren Expeditionen wurden zu diesem Zweck u.a. stets Vergleichsaufnahmen von der gleichen Himmelsgegend mit den gleichen Instrumenten vor oder nach der Finsternis angefertigt.

⁸Siehe Freundlich an Campbell, 3. IV. 1912, ALO.

⁹Siehe Freundlich [1913] sowie z.B. Campbell an Freundlich, 6. III. 1913, ALO, S. 1: "Your experience with the eclipse plates is about what we had expected: not only is the sun's image near the edge of the plate, but the aberrations of the camera lens at the edge of the plate are unavoidable; and, further, the clock was regulated to follow the sun and not the stars".

und fokussiert war, die Sternbilder infolgedessen sehr verwaschen waren, ergaben sich derartig starke Verschiedenheiten in den Einstellungen der Sternbilder an verschiedenen Tagen, daß ich die Verwendung dieser Platte aufgeben mußte. Es zeigte sich aber bald, daß auf allen Aufnahmen, auch auf den sehr wertvollen des Lick Observatory, die eben alle zu ganz anderen Zwecken, hauptsächlich zur Auffindung intramerkurieller Planeten gewonnen waren, die ungenügende Schärfe der Sternbilder eine erfolgreiche Ausmessung der Platten illusorisch machte. [...]. Ich habe darum die Untersuchung der ganzen Frage verschoben, bis wirklich brauchbares Material vorliegt [...].¹⁰

Nachdem er von diesem Mißerfolg erfuhr, älteres Datenmaterial für die Überprüfung seiner Theorie umzufunktionieren, schrieb Einstein an Freundlich:

Ich danke Ihnen herzlich für Ihre ausführlichen Nachrichten und für das ungemein lebhaftes Interesse, das Sie unserem Problem entgegenbringen. Es ist ungemein schade, dass die bisher vorliegenden Photographien nicht scharf genug sind für eine derartige Ausmessung.¹¹

Auch wenn Freundlich nicht wie von Einstein ursprünglich vielleicht erhofft, auf die Schnelle eine Bestätigung seiner Theorie sozusagen aus dem Schrank zaubern konnte, erfüllte er dennoch wichtige Dienste. Denn Freundlich brachte die Prager Theorie Einsteins durch seine Hinweise auf ihre astronomische Relevanz in Veröffentlichungen z.B. in den *Astronomischen Nachrichten*¹² und anderen Fachzeitschriften erstmals vor das Publikum der deutschen astronomischen scientific community, lange bevor de Sitter durch seine Übersichtsartikel 1917 das gleiche für die englischsprachigen Leser der *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* erreicht. Diese für die Durchsetzung einer Theorie unentbehrliche Werbung anerkennt Einstein nach Erscheinen der ersten deutschsprachigen Publikation Freundlichs, in der er seine Fachgenossen um Mitarbeit bei der Aufgabe bat, die Voraussagen Einstein zu überprüfen, in einem Brief an seinen hoch geehrten Herrn Kollegen, den zu diesem Zeitpunkt einzigen Mitstreiter im Lager der Fachastronomen:

Ich danke Ihnen herzlich für Ihren interessanten Brief. Ihrem Eifer ist es zuzuschreiben, wenn die wichtige Frage nach der Krümmung der Lichtstrahlen nun auch die Astronomen zu interessieren beginnt.¹³

¹⁰ Freundlich [1913]b Sp. 371; zu Schwarzschild siehe Fußnote 18.

¹¹ Einstein an Freundlich, 27. X. 1912, CPAE, Sign. 11 205-1.

¹² Siehe Freundlich [1913]b; vgl. mit Freundlich [1914]c.

¹³ Einstein an Erwin F. Freundlich, 1913; CPAE, Sign. 11 203-1; vgl. den fast identischen Wortlaut in einem späteren Brief, Aug. 1913, CPAE, Sign. 11 204: "Es freut mich sehr, dass es Ihnen gelingt, für unsere Frage nach einer Krümmung der Lichtstrahlen so großes Interesse wachzurufen."

Doch Freundlich hatte noch eine weitere Idee, wie man zu einem Test des Vorhandenseins der Lichtablenkung kommen könne, nämlich Tagesbeobachtungen an sonnennahen Fixsternen, für die man nicht auf die seltenen Sonnenfinsternisse angewiesen wäre.¹⁴ Einstein war begeistert, daß er jemand gefunden hatte, mit dem er seine theoretischen Spekulationen durchsprechen und auf ihre astronomische Überprüfbarkeit hin abklopfen konnte. Das zeigt auch ein anderer Absatz seines ersten Briefes an Freundlich, in dem er auf die Rotverschiebung von Spektrallinien im Gravitationsfeld der Sonne als zweite wichtige Konsequenz seiner Theorie verweist, die nach seiner Theorie die Größenordnung von nur 0,01 Angström [= 10^{-12}m] habe.¹⁵ Doch gab es für solch eine geringfügige Verschiebung (bzw. asymmetrische Verbreiterung) von Spektrallinien auch andere mögliche Ursachen:¹⁶

Leider hängt aber die Verbreiterung der Spektrallinien nach beiden Seiten von verschiedenen Ursachen ab (Druck - Lichtzerstreuung (Julius) - Bewegung (Doppler)), sodass eine zwingende Interpretation kaum zu erzielen ist. Gibt es denn unter den Linien der Sonne nicht auch äusserst scharfe (d.h. nicht über 0,02 Angström dick)? Ich schreibe Ihnen übrigens hie[r]von nur nebenbei, weil ich nicht glaube, dass auf diesem Wege eindeutige Resultate zu erzielen sind.

Indem ich Sie bitte, mich stets über Ihre Untersuchungen auf dem Laufenden zu halten, zu denen ich Ihnen alles Glück wünsche, verbleibe ich mit besten Grüßen¹⁷

Es ist bemerkenswert, daß Einstein mit dieser frühen Einschätzung der Schwierigkeiten, über die Gravitations-Rotverschiebung aus dem Sonnenspektrum eine eindeutige Aussage ableiten zu können, entgegen den Versuchen von Freundlich, Evershed, Julius, St. John und vielen anderen versierten Sonnenbeobachtern an so verschiedenen Orten wie Potsdam, Madras, Utrecht und

¹⁴Dies geht hervor aus dem Antwortbrief Einsteins an Freundlich vom 8. Januar 1912; vgl. auch Einstein an Freundlich, 21. IX. 1911, CPAE Sign. 11 201-2 sowie den späteren Brief Einsteins vom Aug. 1913, in dem er selbst weitere Abschätzungen zu diesem Problem macht: "Ausserordentlich interessiert mich Ihr Plan, sonnennahe Sterne bei Tage zu beobachten. Dies müsste möglich sein, wenn es nicht überall in der Atmosphäre suspendierte Körperchen von der Grössenordnung des Lichtwellenlängen gibt, die das Licht nur wenig abbeugen. Ich fürchte, dass daran Ihr Plan scheitern könnte. Aber Sie werden über diese Verhältnisse besser orientiert sein als ich." (CPAE, Sign. Nr. 11 204).

¹⁵Siehe Einstein [1911] S. 904f.; vgl. auch Forbes [1963], Earman and Glymour [1980]a, Hentschel [1991]c.

¹⁶Für zeitgenössische Diskussionen von Druck- und Doppler-Verschiebungen siehe z.B. Humphreys [1908], Fabry and Buisson [1910]. Zu Julius' Interpretation dieser Verschiebungen siehe Hentschel [1991]a sowie z.B. Julius [1910].

¹⁷Einstein an Freundlich, 8. I. 1912, CPAE, Sign. 11 202-2; Orthographie Orig.

Mt. Wilson bei Los Angeles für viele Jahre, ja Jahrzehnte, Recht behalten sollte.¹⁸



Abb.5 Albert Einstein um 1911

Entsprechend diesem eher skeptischem Ausblick Einsteins auf den zweiten der beiden eventuell testbaren Effekte der Prager Theorie konzentrierte sich Freundlich auch weiterhin zunächst auf die Suche nach Beweisen für die Einsteinsche Lichtablenkung im Gravitationsfeld, auch wenn er hatte feststellen müssen, daß ältere Aufnahmen für seine Zwecke ungeeignet waren, weil sie dafür nicht ausgelegt waren. Ein wichtiger Nebeneffekt der Bemühungen Freundlichs war schließlich der, daß ihn die vielen Anschreiben mit der Bitte um Zusendung von Glaskopien in Kontakt mit Astronomen aus aller Welt

¹⁸Vgl. dazu Forbes [1963], Earman u. Glymour [1980]a, Hentschel [1991]a, [1991]c, [i.V.] sowie z.B. St. John [1928].

gebracht hatten – er war dadurch, ohne es zu merken, zum Sprachrohr Einsteins in der astronomischen scientific community geworden. Durch diese verstreuten Umfragen Freundlichs verlagert sich bereits zu diesem Zeitpunkt (ab etwa 1913) die Frage der Rezeption der Relativitätstheorie Einsteins unter den Astronomen von der nationalen zur internationalen Ebene. Dies unterscheidet sie deutlich von anderen Theorieansätzen dieser Zeit, die sehr viel länger zunächst in lokalem Kontext diskutiert und ausgebaut wurden, bevor sie internationale Beachtung gefunden haben (z.B. Courvoisiers Theorie der jährlichen Refraktion, die außerhalb des *Astrophysikalischen Observatoriums* in Potsdam kaum diskutiert wurde).

Daß eine Theorie nicht alleine dadurch Fuß fassen kann, daß ihr Begründer allein sie Mitgliedern einer scientific community, der er selbst nicht angehört, vorträgt und anpreist, ist ein verallgemeinerbarer Befund, den ich z.B. auch in meiner Studie über Willem Henri Julius¹⁹ (1860-1925) konstatiert habe. Insofern war Freundlich für Einstein der Mann, über den er erreichen konnte, daß die Astronomen von seiner Theorie und ihrer Relevanz für astronomische Präzisionsmessungen Notiz nahmen. Daraus erklärt sich die Beharrlichkeit, mit der Einstein Freundlich geradezu dazu antrieb, nach Möglichkeiten der astronomischen Prüfung der allgemeinen Relativitätstheorie zu suchen, selbst dann noch, als sich das persönliche Verhältnis beider bereits merklich abgekühlt hatte (siehe S. 137). Die für die Theoretiker oft so schwere Rekrutierung von Experimentatoren, die bereit sind, die von neuen Theorien hervorgesagten Effekte zu untersuchen, war im Falle Freundlichs bestens gelungen – Freundlichs eigene Arbeiten, insbesondere der semipopuläre Übersichtsartikel für *Die Naturwissenschaften* von 1916, der im gleichen Jahr noch als schmales Bändchen bei Julius Springer erschien und später auch ins Englische übersetzt wurde, zeigen, daß Freundlich in die Einsteinsche Gravitationstheorie zu diesem Zeitpunkt bereits vollstes Vertrauen hatte.

Die experimentelle Begründung der Einsteinschen Gravitationstheorie ist also noch nicht weit gediehen. Wenn die Theorie aber trotzdem schon heute den Anspruch auf allgemeine Beachtung erheben kann, so hat dies in der ungewöhnlichen Einheit und Folgerichtigkeit ihrer Grundlagen seinen berechtigten Grund. Sie löst in Wahrheit mit einem Schlage alle Rätsel, welche die Bewegung der Körper seit Newtons Zeit [...] für die Beschreibung der Naturvorgänge aufgegeben hatte.²⁰

¹⁹Siehe Hentschel [1991]a.

²⁰Freundlich [1916]a S. 391f.

4. Die Relativitätstheorie und ihre experimentellen Tests

Bislang war immer von 'der' Theorie Einsteins die Rede, an deren experimentellen Konsequenzen Freundlich solches Interesse entfaltete. Doch tatsächlich waren die *Theorien*, die Einstein seit 1907 in Verallgemeinerung seiner Arbeit von 1905 formulierte, in ziemlich rascher Entwicklung begriffen. Das Relativitätsprinzip hatte er 1905 nur für geradlinig gleichförmige Bewegungen formuliert, und die Suche nach einer verallgemeinerten Theorie der Relativität, die auch beschleunigte Bewegungen erfasse und, wie er schon bald erkannte, auch die Gravitation umfassen müsse, dauerte von 1907 bis zum November 1915.¹ Bis auf 1907 zurück geht die Einsicht Einsteins, daß die Einbeziehung ungleichförmiger Bewegungsformen in eine verallgemeinerte Theorie nur möglich sein wird, wenn man ein **Äquivalenzprinzip** zwischen Kraft- und Beschleunigungsfeldern fordert. Anders gesagt, in einem geschlossenen Kasten kann man durch lokale Experimente nicht feststellen, ob eine Kraft, die man in eine Richtung dieses Kastens, z.B. nach unten, erfährt, auf eine Gravitationsanziehung in diese Richtung, oder eine gleichgroße entgegengesetzte Beschleunigung, z.B. in einer Rakete, zurückzuführen ist.

Alle im vorigen zitierten Briefe Einsteins an Freundlich beziehen sich bereits auf die zweite Entwicklungsstufe dieser verallgemeinerten Relativitätstheorie: die sogenannte Prager Theorie von 1911, in der er insbesondere zwei Effekte näher untersucht hat: die Gravitations-Rotverschiebung der Spektrallinien bzw. die Lichtablenkung im Gravitationsfeld der Sonne (vgl. S. 17f.). Die Ausdehnung des Relativitätsprinzips auch auf rotierende Bezugssysteme brachte Einstein nach 1911 die Einsicht, daß die Voraussetzung der Euklidizität des Raumes, die er bislang gemacht hatte, fallengelassen werden muß. Dies bedeutete, daß Einstein auf das **Tensorkalkül** zurückgreifen mußte, welches ihm sein ehemaliger Studienkollege Marcel Grossmann erst noch beizubringen hatte. Noch bevor er zusammen mit Grossmann 1913 die erste Variante dieser tensoriellen Theorie der Relativität und Gravitation, die sog. Entwurfs-Theorie, vorlegte, schrieb er an Freundlich:

Meine theoretischen Bemühungen schreiten nun nach unbeschreiblich mühseligem Suchen rüstig[?] fort, sodass alle Aussicht vorhanden ist, dass die Gleichungen der allgemeinen Dynamik der Gravitation bald aufgestellt sein werden. Das Schöne an der Sache ist, dass man sich von

¹Für wissenschaftshistorisch fundierte Darstellungen des Entwicklungsweges dieser Theorien vgl. z.B. Beiträge von Norton und Stachel in Howard u. Stachel (Hrsg.) [1989].

willkürlichen Annahmen freihalten kann, sodass es nichts zu „flicken“ gibt, sondern das Ganze wahr oder falsch sein wird.²

Übrigens wurden die endgültigen Gleichungen der allgemeinen Dynamik der Gravitation, die sog. Feldgleichungen, in denen die Raum-Zeit-Metrik in Beziehung gesetzt wird zu der Materie- und Energieverteilung, erst Ende 1915, unabhängig voneinander durch Einstein und Hilbert gefunden; somit waren die „Aussichten“ Einsteins vom Oktober 1912 also recht trügerisch. Doch worauf es mir hier ankommt, ist der zweite Satz des vorangehenden Zitats, der in der Tat für die von Einstein angestrebte Schlußweise recht charakteristisch ist. Denn Einstein versuchte, die gesuchte Theorie aus einigen wenigen, ihm plausibel erscheinenden Forderungen heraus zu konstruieren: dazu zählten unverzichtbare Forderungen wie die Erfüllung von Erhaltungssätzen und mathematische Widerspruchsfreiheit, aber auch Forderungen wie die der näherungsweisen Übereinstimmung mit den klassischen Formeln oder die nach Erfüllung des Machschen Prinzips [letztere wurde später fallengelassen]. Die logische Verbindung mehrerer solcher, für sich genommen recht allgemein aussehender Forderungen, schränkte Einsteins Konstruktionsfreiheit stets so stark ein, daß recht spezifische Voraussagen für die Größe der Verschiebung von Spektrallinien oder die Lichtablenkung im Gravitationsfeld der Sonne resultierten. Beide astronomisch relevanten Effekte hingen nur von der Masse und dem Radius (bzw. der Dichte) der Sonne ab, und diese Parameter waren für die Sonne recht genau bekannt. Das heißt: Einsteins Gravitationstheorien produzierten Voraussagen, an denen er zumindest bei ihrer Anwendung auf die Sonne nicht mehr nachbessern konnte. Es gab keinen freien Parameter mehr, mit denen sich etwaige Diskrepanzen zwischen Beobachtungen und seiner Theorie aus der Welt schaffen lassen würden; seine Effekte waren ‘alles-oder-nichts’ Effekte: entweder es gab sie in voller Stärke, oder nicht, und wenn nicht, dann war seine Theorie von Grund auf falsch. So schreibt er z.B. über die Lichtablenkung im Gravitationsfeld:

eines kann mit Sicherheit gesagt werden: Existiert keine solche Ablenkung, so sind die Voraussetzungen der Theorie nicht zutreffend: Man muss nämlich im Auge behalten, dass diese Voraussetzungen, wenn sie schon naheliegen, doch recht kühn sind.³

Schon seine spezielle Relativitätstheorie von 1905 war eine solche ‘Prinziptheorie’ (wie Einstein diesen Theorientypus im Unterschied zu ‘konstruktiven

²Einstein an Freundlich, 27. X. 1912, CPAE, Sign. 11 205-3,4; Orthographie Original.

³Einstein an Freundlich, 1. IX. 1911, CPAE, Sign. 11 199.

Theorien' wie z.B. der statistischen Mechanik später nannte, die auf 'nahe-
liegenden', aber eben doch 'kühnen' Axiomen basierte. Einstein machte we-
der in seinen Briefen noch in seinen Publikationen einen Hehl daraus, daß
diese Theorien mit den Prinzipien, auf denen sie quasi-axiomatisch basier-
ten, standen und fielen. Eben darum war es für ihn so wichtig, zu experi-
mentellen Konsequenzen dieser Prinzipien vorzudringen, und im Falle von
Widerspruch war er sehr wohl bereit, seine Theorie völlig aufzugeben.⁴ In
Bezug auf das Axiom seiner speziellen Relativitätstheorie, daß die Vakuum-
Lichtgeschwindigkeit unabhängig von der Geschwindigkeit des Emitters ist,
schrieb er an Freundlich, daß er auf die Ergebnisse von dessen Untersuchen-
gen über Doppelsterne sehr neugierig sei, denn:

Wenn die Lichtgeschwindigkeit auch nur im Geringsten von der Ge-
schwindigkeit der Lichtquelle abhängt, dann ist meine ganze Relati-
vitätstheorie inklusive Gravitationstheorie falsch.⁵

Dies klingt überraschend, wenn man weiß wie leicht Einstein in anderen
Situationen auch experimentelle Resultate hinwegklären oder gar für un-
erheblich erklären konnte, wenn sie ihm nicht paßten. Eine gleiche cruciale
Bedeutung wies Einstein auch der Lichtablenkung im Gravitationsfeld so-
wie der Gravitations-Rotverschiebung zu, da eine direkte Abhängigkeit zwi-
schen seinem Äquivalenzprinzip und der Gravitations-Rotverschiebung bzw.
zwischen der Energie-Massen-Äquivalenz und der Lichtablenkungshypothese
besteht. *Wenn* die theoretischen Prinzipien, in die Einstein tiefes Vertrauen
hatte, physikalisch richtig sind, so *müßten* die aus diesen ableitbaren Effekte
auch vorhanden sein.

Theoretisch ist nun die Angelegenheit zu einem gewissen Abschluss
gelangt.⁶ Ich bin *im Stillen ziemlich fest überzeugt*, dass die Licht-
strahlen thatsächlich eine Krümmung erfahren.⁷

Soweit dies also auf der Basis von Gedankenexperimenten und Abwägen zwi-
schen theoretischen Prinzipien möglich war, hatte Einstein im August 1913

⁴In der Tat ist dies in Vorläuferschaft von Poppers Falsifikationismus zu sehen: man
vergleiche dazu Einsteins Artikel über 'Induktion und Deduktion in der Physik', *Berliner
Tageblatt*, 25. XII. 1919, Nr. 617, 4. Beiblatt!

⁵Einstein an Freundlich, Aug. 1913, CPAE, Sign. 11 204-2; vgl. dazu auch Freundlich
[1913]c und de Sitter [1913]a,b.

⁶Dies war ein Trugschluß: vgl. dazu die Beiträge von Norton und Stachel in Howard u.
Stachel (Hrsg.) [1989].

⁷Einstein an Freundlich, Aug. 1913, CPAE, Sign. 11 204-1, Hervorhebung K.H.; Or-
thographie Original.

also *seine* Entscheidung bereits gefällt, als er mit Freundlich zwecks astronomischer Prüfungen Kontakt aufnahm – voller Ungeduld suchte Einstein jetzt nach Wegen, herauszubekommen, ob seine Intuition physikalisch richtig war. Der einzige Weg dahin waren empirischer Untersuchungen über die wenigen Effekte, die sich aus seiner Theorie ergaben. Diese geringen Abweichungen im Verhalten von Probekörpern und Licht nahe großer Massen entschieden darüber, ob er von seinem liebgewonnenen Vertrauen auf diese Prinzipien Abschied nehmen und nach neuen Prinzipien Ausschau halten müsse, oder ob er auf ihnen weiter aufbauen konnte. Und dieser Weg führte über Freundlich.

Man halte dieser Situationsbeschreibung eines von intellektueller Unruhe gezeichneten Einstein das nicht zufällig von einer Neukantianerin (Ilse Rosenthal-Schneider) kolportierte Bild eines Einstein entgegen, der, als er 1919 von der Bestätigung seiner Lichtablenkungshypothese durch die englische Expedition erfährt, nur abwinkend erwidert, daß er es ja doch gewußt habe, und wenn nicht: um so schlimmer für die Experimentatoren. Entgegen diesem Mythos erweist sich Einstein, nicht nur in seiner Korrespondenz mit Freundlich, sondern z.B. auch mit den Bonner Physikern Grebe und Bachem,⁸ als geradezu begierig auf empirische Prüfungen.⁹

Abgesehen von dem intuitiven Vertrauen in die von ihm ausgezeichneten physikalischen Fundamentalprinzipien wurde Einstein in seiner Zuversicht auch bestärkt durch den Vergleich mit den theoretischen Alternativen, wie sie zu seiner Zeit vor allem durch Max Abraham,¹⁰ Gunnar Nordström¹¹ und Gustav Mie¹² ausgelotet wurden.¹³

⁸Siehe dazu Hentschel [1991]c.

⁹Man vergleiche z.B. den Brief Einsteins an Schwarzschild, 9. I. 1916, CPAE, Sign. 21 561-4, Abschn. 3, in dem Einstein Zweifel Schwarzschilds über eine Meßbarkeit der Lichtablenkung an Jupitermonden mit den Worten kontert: "Es muss gehen" ['muss' zweifach unterstrichen]; gleiches gilt auch für die belegbare Reaktion Einsteins auf das Resultat der Eddington/Crommelinschen Messungen: noch am gleichen Tag schickte er mehrere triumphierende Briefe ab, darunter einen an seine Mutter und einen an Planck (CPAE 19 286), sowie ein Telegramm an *Nature*: all dies paßt wenig zu der vermutlich frei erfundenen Anekdote von Rosenthal-Schneider.

¹⁰(1875-1922), zu dieser Zeit *Professore Straordinario* an der Polytechnischen Hochschule Milan. Siehe z.B. Abraham [1912] sowie Einstein [1912]c-d sowie zu Abraham ferner Cattani und De Maria in: Howard/Stachel (Hrsg.) [1989], S. 160-174.

¹¹(1881-1923), finnischer Physiker, seit 1910 (-1918) Dozent an der Univ. von Helsingfors; siehe z.B. Nordström [1912] bzw. für zeitgenössische Beurteilungen Einstein und A.D. Fokker [1914], v.Laue [1917].

¹²(1868-1957), seit 1905 (-1916) Ordinarius für Physik an der Universität Greifswald; siehe z.B. Mie [1912/13], [1914].

¹³Vgl. dazu die folgenden zeitgenössischen Übersichtsartikel: Abraham [1914], Einstein [1913]b; siehe auch Pais [1982]b Kap. 13, S. 228ff.

Über die übrigen gegenwärtigen Theorien der Gravitation ist meine Ansicht folgende. Die Theorie von Abraham, nach welcher das Licht ebenfalls ebenso wie bei mir gekrümmt ist, ist vom invariantentheoretischen Standpunkt inkonsequent. Es bestehen noch die Relativitätstheorien der Gravitation von Mie und Nordström. Erstere ist phantastisch und hat meiner Meinung nach eine verschwindend kleine innere Wahrscheinlichkeit. Letztere aber ist sehr vernünftig und zeigt einen widerspruchsfreien Weg an, um ohne Äquivalenzhypothese durchzukommen. Nach Nordström besteht wie bei mir eine Rotverschiebung der Sonnenspektrallinien, aber keine Krümmung der Lichtstrahlen im Gravitationsfeld. Die Untersuchungen bei der nächsten Sonnenfinsternis müssen zeigen, welche von beiden Auffassungen den Thatsachen entspricht. Auf theoretischem Wege lässt sich da nichts machen. In dieser Sache könnt ihr Astronomen nächstes Jahr der theor. Physik einen geradezu unschätzbaren Dienst leisten. Wir werden eine sichere Auskunft erlangen darüber, ob es richtig ist, die Relativitätstheorie weiter zu verallgemeinern, oder ob wir bei dem ersten Schritt stehen bleiben müssen.¹⁴

Der einzige ernsthafte theoretische Konkurrent zu Einsteins damaliger Theorie war seiner eigenen Überzeugung zufolge die skalare Nordströmsche Theorie. Gerade Einsteins Voraussage der Lichtablenkung im Gravitationsfeld war in dieser Theorienkonstellation von besonderem Interesse, da seine Theorie diesen Effekt unumgänglich in definitiver Größenordnung voraussagte, während Nordströms Theorie diesen Effekt nicht zuließ. Somit wuchs der Lichtablenkung in dieser Situation geradezu die Bedeutung eines experimentum crucis zu: ihr Vorliegen, so läßt Einstein uns wissen, entschied darüber, ob Nordströms konservativer Weg, unter Beibehaltung von Euklidizität und skalarem Gravitationspotential, oder Einsteins radikaler Weg, mit nichteuklidischer Raumzeit und tensoriellen Gravitationsfeldern der richtige Weg war.

Wenige Monate vor dem Aufbruch Freundlichs zur vielleicht alles entscheidenden Sonnenfinsternis-Expedition nach Rußland bekräftigte Einstein Freundlich gegenüber nochmals sein tiefes Vertrauen in die Richtigkeit seiner Hypothese: "Die Theorie habe ich noch nach allen Kanten überlegt und kann nicht anders sagen, als dass ich alles Vertrauen in die Sache habe."¹⁵ Diese Einschätzung Einsteins wurde auch dadurch bestärkt, daß er in den theoretischen Alternativen keine ernsthaften Konkurrenten sehen konnte. Nordströms skalare Theorie der Gravitation etwa, die eine geradlinige Ausbreitung der Lichtstrahlen voraussagte, sei zwar zunächst "viel naheliegender", basiere

¹⁴Einstein an Freundlich, 1913, CPAE, Sign. 11 203; Orthographie Orig.

¹⁵Einstein an Freundlich, März 1914, CPAE, Sign. 11 207-2.

jedoch auf dem apriorischen euklidischen vierdimensionalen Raum, "an den zu glauben für mein Gefühl so etwas wie Aberglauben bedeutet." Und auch aus Mies neuester, "recht hitziger Polemik" gegen seine Theorie¹⁶ wurden Einstein nur die "Unzulänglichkeiten" des früheren, auf euklidischer Raum-Zeit basierenden Standpunktes", den er bis 1911 selbst eingenommen hatte, deutlich. Etwas sarkastisch schreibt er dann weiter:

Ich freue mich darüber, dass die Fachgenossen sich überhaupt mit der Theorie beschäftigen, wenn auch vorläufig nur in der Absicht, dieselbe totzuschlagen.¹⁷

Weitere Theorie-Debatten schienen Einstein zu diesem Zeitpunkt offenbar müßig – das cruciale Experiment sollte an diesem Verzweigungspunkt den weiteren Weg weisen. Doch die Sonnenfinsternis-Expedition Freundlichs, an der außer ihm noch ein Angestellter der Sternwarte (Dr. W. Zuhellen) und ein Mechaniker der Zeiss-Werke (R. Mechau) teilnahmen, scheiterte an dem simplen Umstand, daß der Erste Weltkrieg ausbrach und Freundlich samt Mitarbeitern als Ausländer unter Spionageverdacht in Odessa für mehrere Wochen interniert wurden, noch bevor sie ihre Messungen ausführen konnten. Überdies wurden ihre Instrumente beschlagnahmt.¹⁸ Aber als Freundlich am 3. September 1914 wieder nach Berlin zurückkehren durfte, war sein Eifer, mit dem er nach Prüfungsmöglichkeiten der allgemeinen Relativitätstheorie suchte. ungebrochen: 1922, 1925/26 und 1929 unternahm er wiederum Expeditionen zum Test der Lichtablenkung bei Sonnenfinsternissen. Eine von der letztgenannten Expedition mitgebrachte Photoplatte und deren Auswertung wird in der nachfolgenden Abbildung wiedergegeben. Die darauffolgende Übersicht in Tabelle 1 erfaßt die einschlägigen Unternehmungen Freundlichs bis 1933.

¹⁶Siehe Mie [1914].

¹⁷Einstein an Freundlich, März 1914, CPAE, Sign. 11 207-2.

¹⁸Vgl. dazu den Bericht Freundlichs an die *Preußische Akademie der Wissenschaften* vom 7. X. 1914, AAW, II-VII-158, Bd. 19ff. u. den Brief Plancks an Einstein, 19. III. 1918, CPAE, Sign. 19 273-1: "Freundlich soll sich nur mit einer Eingabe an die Akademie wenden, in welcher er die Verhältnisse schildert und die Akademie bittet, Schritte bei den zuständigen Behörden zu tun, damit die in Odessa beschlagnahmten Instrumente so bald als möglich ausgeliefert werden. Ich werde dann alles tun, um dieses Gesuch zu unterstützen."

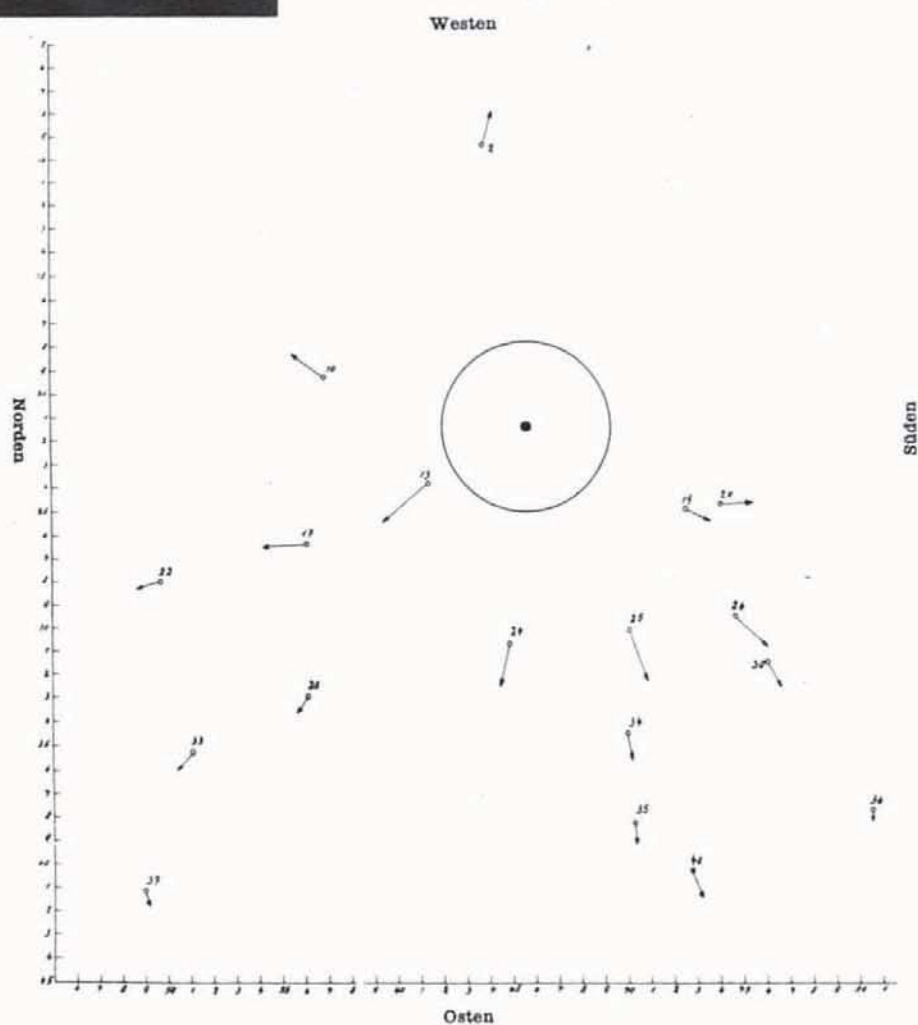
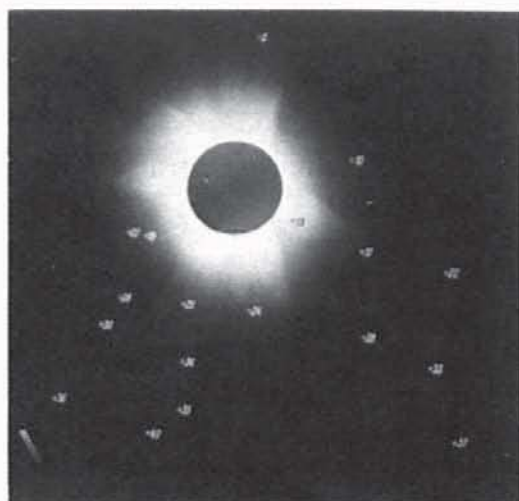


Abb.6 Freundlichs Photographie der Sonnenfinsternis in Takengon, Sumatra, 1929, zum Test der Lichtablenkung im Gravitationsfeld sowie ihre Auswertung (um Faktor 1000 überzeichnet und spiegelverkehrt); aus Freundlich, v.Klüber und v.Brunn [1931]b Tafeln V und VIII.

Ende 1911-Okt. 1912: Untersuchung des vorliegenden Plattenmaterials von Sonnenfinsternis-Expeditionen auf etwaige Lichtablenkung im Gravitationsfeld der Sonne (LAGS); Platten nicht scharf genug!

1912-1913: Überlegungen zu eventuellen Tagesbeobachtungen von sonnennahen Sternen; aber: zu viel Streulicht!

1913: Untersuchungen an Doppelsternen: Test des $c=\text{const.}$ -Axioms der speziellen Relativitätstheorie versus Ritz' Emissionstheorie des Lichtes.

1914: Analyse der Fraunhoferlinien-Messungen von Evershed (1913) und Fabry/Buisson [1910] im Hinblick auf etwaige Gravitations-Rotverschiebung (GRV); These: GRV vorhanden. Aber noch 1914 veröffentlicht Schwarzschild neue Daten, die eher gegen die GRV sprechen.

1914: Expedition in die Krim zum ausschließlichen Test der LAGS während einer Sonnenfinsternis; wegen Kriegsausbruch werden die Expeditionsteilnehmer interniert und ihre Instrumente beschlagnahmt.

Febr. 1915: Widerlegung von v.Seeligers Zodiakallichthypothese zur Erklärung von Anomalien im Planetensystem; im Nov. 1915 wird Einstein die Merkurperihelionomalie mit seiner neuen Theorie erklären.

1915ff.: Statistische Untersuchungen zur GRV bei Fixsternen in Abhängigkeit von ihrer Spektralklasse; beobachtete Rotverschiebungen werden mit geschätzten mittleren Massen und Radien der Fixsterne korreliert. These: GRV vorhanden. Aber: v.Seeliger und Ludendorff weisen F. noch im gleichen Jahr sachliche Fehler und 'wishful thinking' nach [siehe nächster Abschnitt]. Wiederaufnahme dieser Untersuchungen: 1919, 1922, 1924, 1928, 1930.

1920-24: Bau des Einstein-Turmes, zunächst mit der speziellen Zielsetzung die GRV für Spektrallinien der Sonne zweifelsfrei nachzuweisen; schon während der Bauphase Erweiterung des Aufgabengebietes – tatsächlich wird am Einstein-Turm die GRV niemals schlüssig nachgewiesen.

1922: Sonnenfinsternis-Expedition nach Christmas-Island, betr. LAGS.

1923: Sonnenfinsternis-Expedition nach Mexiko, u.a. zum Test der LAGS

1926: Sonnenfinsternis-Expedition nach Benkoelen, Südsumatra, u.a. LAGS

1929: Sonnenfinsternis-Expedition nach Takengon, Nordsumatra, u.a. zum Test der LAGS; im Unterschied zu den vorangehenden Expeditionen erstmals gutes Wetter und erfolgreiche Sicherung von Beobachtungsmaterial; die Auswertung ergibt einen zu großen Effekt der LAGS ($2''{,}2$ statt $1''{,}75$ am Sonnenrand).

1931ff.: Die Reanalyse älterer Daten anderer Sonnenfinsternisexpeditionen von 1922 und 1924 bestätigt die Tendenz: die LAGS ist größer als von der allgemeinen Relativitätstheorie (ART) vorhergesagt.

1931-1965: Entwicklung einer phänomenologischen Theorie zur Erklärung der Diskrepanzen zw. Beobachtungen und ART (Photon-Photon-Wechselwirkung?).

Tab.1 Übersicht zu Versuchen Freundlichs, die Relativitätstheorie zu testen

5. Freundlichs Fixsternstatistik [1915-16] als ein Versuch der Neudeutung früher gewonnener Daten

Dieser Abschnitt behandelt in feinerer Auflösung *einen* von Freundlichs Versuchen, eine Re-Interpretation älterer Daten unter dem neuen Gesichtspunkt vorzunehmen, ob in ihnen nicht vielleicht bislang unerkannte relativistische Effekte versteckt sind. Wie die vorstehende Übersicht gezeigt hat, bemühte Freundlich diese Strategie seit 1911 mehrmals und an völlig verschiedenen Datensätzen, einerseits an älteren Photoplaten, die bei Sonnenfinsternissen gewonnen wurden, andererseits an Messungen von Spektrallinien der Sonne, die ursprünglich für die Ermittlung der Konvektionsströme auf der Sonne durchgeführt worden waren.

Daß diesem Verfahren einer nachträglichen Neudeutung älterer Daten hier so großes Gewicht beigemessen wird, liegt aber nicht nur an der Häufung dieses Vorgehens in Freundlichs Arbeiten, sondern auch an dem systematischen Interesse, daß sich für mich mit genau diesem Fall verbindet. Denn während man bei Messungen mit dem Ziel der Überprüfung irgendeiner Theorie *eo ipso* den Verdacht hegen könnte, daß die durch diese Theorie bestimmten Erwartungen wesentlich in die Erzeugung und Auswahl dieser Daten eingehen (Verdacht der Theorienbeladenheit im starken Sinne), stellt sich dieses Problem in unserem Fall offenbar so nicht. Da die in Rede stehende Theorie (hier die allgemeine Relativitätstheorie) noch nicht aufgestellt, bzw. bei den Astrophysikern noch nicht bekannt war, als die älteren Daten ermittelt wurden, können sie nicht mit Elementen dieser Theorie belastet sein (wenngleich natürlich bis zum Beweis des Gegenteils zumindest möglicherweise sehr wohl mit denen anderer, insbesondere früherer Theorien). Durch die zeitliche Trennung von Datenerzeugung und -interpretation läßt sich somit im Falle der späteren Neudeutung Genaueres lernen über die **Bedeutung der Theorie beim Selektieren** des Materials aus den bereits vorhandenen Daten, das jeweils als relevant angesehen wird. Das sonst ebenfalls vorhandene Problem des möglichen Einflusses auf deren **Erzeugung** ist hierbei entkoppelt.

Die Idee von Freundlich muß gesehen werden im Kontext einer Situation, in der eine Bestätigung des relativistischen Rotverschiebungseffektes am Sonnenspektrum aufgrund von deren Verschmutzung mit anderen überlagernden Effekten von den Fachleuten für sehr unwahrscheinlich gehalten wurde. Die allgemeine Überzeugung schien zu sein, daß "eine endgültige Entscheidung dieser Frage erst aufgrund langjähriger Spezialuntersuchungen möglich sein"

wird.¹ In dieser Situation konnte man nun, wenn man noch an einer 'Verifikation' der Voraussage der allgemeinen Relativitätstheorie interessiert war, entweder versuchen, raffiniertere Experimente anzustellen (was Freundlich mangels geeigneter Instrumente zu diesem Zeitpunkt nicht möglich war), oder man konnte nach "weiteren wichtigen Angriffspunkten für diese wichtige Frage suchen".² Voraussetzung für das Vorliegen experimentell nachweisbarer Gravitations-Rotverschiebungen war das Vorhandensein eines starken Gradienten des Gravitationspotentials, und somit großer Masse der Lichtquelle. Außer der Sonne boten sich also insbesondere Fixsterne an, die der Sonne vergleichbare, oft um ein vielfaches größere Massen aufweisen. Aber im Unterschied zur Sonne war bei diesen a priori nichts über deren Relativbewegung zur Erde bekannt, so daß sich hier sofort das Problem der Trennung zwischen Doppler- und Gravitations-Rotverschiebung ergab. Die Relativbewegungen der Fixsterne weg von der Erde wurden erst via Spektroskopie, also via Doppler-Rotverschiebung bestimmt – nun sollten in diesen beobachteten Rotverschiebungen auch noch *Gravitations*-Rotverschiebungen unbekanntem Ausmaßes mit enthalten sein. Wie sollte man hier beide Anteile eindeutig und unanfechtbar voneinander trennen können? Freundlich überlegte sich, sobald er von dem relativistischen Effekt erfahren hatte, ein statistisches Verfahren, das dazu seiner Auffassung nach in der Lage sein müßte. Er tabellierte die bekannten Linienverschiebungen aller ihm erreichbaren Fixsterne, gleichförmig verteilt und um die Apexbewegung der Sonne korrigiert. Die Isotropie des Weltalls vorausgesetzt, sollte eine Verteilung der Sternengeschwindigkeiten resultieren, die "symmetrisch nach positiven und negativen Geschwindigkeiten um den Betrag Null gruppiert" sei. Doch sein Resultat war ein anderes:

Vielmehr häufen sich die aus den gemessenen Linienverschiebungen abgeleiteten Geschwindigkeiten für die Sterne gegen einen von Null abweichenden positiven Wert, d.h. es ergeben sich ausgesprochen mehr positive Geschwindigkeiten als negative und zwar besonders ausgesprochen für die kleineren Geschwindigkeiten zwischen -15 und +15 km und für die Sterne frühen Spektralcharakters.³

Sehr sinnfällig wird dieses Ergebnis einer ersten groben Sichtung des Datenmaterials durch folgende Tabelle, in der Freundlich die von Campbell u.a. gemachten Einzelbeobachtungen in "verkürzter Anordnung" zusammenstellte:

¹Freundlich [1915/16]a S. 115.

²Freundlich [1915/16]b Sp. 17.

³Freundlich [1915/16]b Sp. 18.

Beob. Geschw.	# (Typus B - F ₄)	# (F ₅ - M)	Summe
> +30 km/s	6	57	63
+ 15 bis 30 km/s	39	104	143
+ 0 bis + 15 km/s	170	210	380
- 0 bis - 15 km/s	86	207	293
- 15 bis - 30 km/s	27	89	116
< -30 km/s	9	56	65

Tab.2 Asymmetrie der beobachteten Linienverschiebungen von Fixsternen, differenziert nach Doppler-Äquivalentgeschwindigkeiten für zwei verschiedene Gruppen von Spektralklassen; # heißt Anzahl. (Freundlich [1915/16]b Sp. 19.)

Interpretiert man die beobachteten Linienverschiebungen als Dopplerverschiebungen, so zeigen also deutlich mehr Fixsterne von der Erde weggerichtete Bewegung als zur Erde hinggerichtete Bewegung. Vor dem Hintergrund einer **statischen Kosmologie**, wie sie damals allgemein vorausgesetzt wurde,⁴ war dies höchst unplausibel. Darum deutete Freundlich diesen Befund so, daß sich einer zufälligen Streuung der Dopplerverschiebungen symmetrisch um den Wert Null eine Gravitations-Rotverschiebung, unsymmetrisch verschoben, überlagere, die größenordnungsmäßig einer Expansion des Sternsystems von 4-5 km/sec entspräche.⁵ Zur Klärung der Frage, ob es sich bei diesem Befund nur um einen systematischen Fehler handelte,⁶ diskutierte Freundlich die Linienverschiebungen dann separat für verschiedene Spektraltypen anhand der Klassifikation von Campbell [1911].⁷

⁴Und zwar auch noch von Einstein bei dessen erster kosmologischer Anwendung seiner Feldgleichungen von Ende 1915, bis zur Durchsetzung dynamischer Lösungen der Feldgleichungen von Friedman, Lemaître u.a. in den 30er Jahren – vgl. dazu z.B. Hentschel [1989] Abschn. 1.4., die Beiträge von Ellis und Kerszberg in Howard/Stachel (Hrsg.) [1989] und dort genannte Literatur.

⁵Auch Gravitations-Rotverschiebungen können natürlich in Einheiten von Dopplerverschiebungen angegeben werden – man gibt dann an, welche Relativbewegung erforderlich wäre, um die beobachtete Rotverschiebung zu erzeugen ('Doppler-Äquivalentgeschwindigkeiten').

⁶Der z.B. aus nicht-berücksichtigter Verschiedenheit der Lichtquellen von irdischen Lichtquellen herrühren könnte (z.B. Druck-, Temperatur- oder Feldeinflüsse).

⁷Detaillierter behandelte Freundlich dann nur die Spektralklassen A und B, seiner eigenen Begründung zufolge, "weil das vorhandene Beobachtungsmaterial noch nicht vollständig genug ist". Vgl. dazu Ludendorff [1916].

Typus	# (Sterne)	v (km/s)
B-Bs	177	4,7
A	177	1,0
F	185	0,1
G	251	0,0
K	751	2,6
M	143	4,3

Tab.3 Mittlere Linienverschiebungen von Fixsternen in Doppler-Äquivalentgeschwindigkeiten v , differenziert nach Spektralklassen; # heißt wieder Anzahl (nach Campbell [1911]; abgedruckt z.B. in Freundlich [1915/16]b Sp. 19.)

Um diese Rotverschiebungen mit den Voraussage der allgemeinen Relativitätstheorie in Zusammenhang bringen zu können, mußte Freundlich aber auch noch die mittleren Massen der Fixsterne dieser Spektralklassen bestimmen. Aufgrund spektroskopischer Untersuchungen von Campbell u.a. an Doppelsternsystemen des B-Typus setzte Freundlich $(m_1 + m_2) = 14m_{\odot}$ [Sonnenmasse = (m_{\odot})]. Unter der weiteren Prämisse, daß "aller Wahrscheinlichkeit nach der Prozentsatz spektroskopischer Doppelsterne unter den B-Sternen ein so großer [ist], daß man berechtigt ist, die für unseren Zweck aus den Doppelsternen abgeleiteten Daten auf die Gesamtheit aller bekannten B-Sterne auszudehnen",⁸ war dies auch möglich. Wenn die für B-Sterne beobachtete mittlere Rotverschiebung zur Gänze ein Gravitationseffekt sei, ließe sich daraus ja das mittlere Gravitationspotential bzw. deren Masse rückrechnen. Freundlich kam auf $20m_{\odot}$, eine immerhin größenordnungsmäßige Übereinstimmung mit seiner Abschätzung der mittleren Masse der B-Sterne aus der ihrer Doppelsternsysteme. Mit gleichem Verfahren errechnete er für die Massen der A-Sterne aus Doppelstern- bzw. Gravitations-Rotverschiebungen Abschätzungen mittlerer Massen des 4- bis 5fachen von m_{\odot} , wobei beide Verfahren erfreulicherweise immerhin auf die gleichen Größenordnungen führten, worin er ein Indiz für das tatsächliche Vorliegen der Gravitations-Rotverschiebung sah. Einstein begrüßte dieses Ergebnis und schätzte diese Arbeit Freundlich's in einem Brief an Sommerfeld als "sicher fundamental" ein.⁹

⁸ Freundlich [1915/16]b Sp. 21.

⁹ Einstein an Sommerfeld, 15. VII. 1915, abgedruckt in Hermann (Hrsg.) [1968], S. 30.

Der wundeste Punkt in Freundlichs Argumentation (einmal abgesehen von der freischwebenden Extrapolation von Doppelsternsystemen auf alle Sterne einer Sternklasse und lückenhaftem Beobachtungsmaterial) war versteckt in einer Formel, die den relativistischen Zusammenhang von beobachteter Linienverschiebung f mit der Dichte ρ und Masse m in Einheiten der Sonnenmasse m_{\odot} bzw. der Sonnendichte ρ_{\odot} bestimmte. In seiner ersten kurzen Notiz hatte Freundlich $m = f/\sqrt{\rho}$ angesetzt und nach Einsetzen der beobachteten Verschiebung f und der geschätzten Dichte $\rho = 1/10\rho_{\odot}$ daraus ermittelt:¹⁰

$$m = f \cdot \frac{1}{\sqrt{\rho}} = 15m_{\odot}. \quad (1)$$

Der Astronom Ritter Hugo von Seeliger¹¹ (1849-1924) bemerkte die Fehlerhaftigkeit dieser Formel. Denn es gilt ja für den Zusammenhang zwischen relativer Linienverschiebung f mit Gravitationspotential ϕ , Radius r , Dichte ρ und Masse m laut allgemeiner Relativitätstheorie: $f = \phi/c^2 \sim \phi = m/r$; $\rho \sim m/r^3 \Rightarrow f = (m \cdot \sqrt{\rho})^{2/3} \Rightarrow$

$$m = f^{3/2} \cdot \frac{1}{\sqrt{\rho}} \simeq 65m_{\odot}. \quad (2)$$

Diese korrekte Formel teilte er Freundlichs Vorgesetztem, Herrmann Struve mit,¹² der Freundlich davon in Kenntnis setzte. Daß v. Seeliger hierfür diesen unter Angehörigen ein und derselben community eigentlich unüblichen indirekten Weg über Struve wählte, anstatt ihn gleich selbst zu informieren, hängt damit zusammen, daß Freundlich und v. Seeliger bereits in anderer Angelegenheit aneinander geraten waren, denn Freundlich hatte 1915 gerade eine kritische Arbeit zu v. Seeligers Zodiakallichthypothese veröffentlicht, in der er belegt hatte, daß dessen Hypothese die beobachteten Anomalien insbesondere von Merkur und Venus im Planetensystem nicht zu erklären vermöge.¹³ Insofern war diese Entdeckung eines Flüchtigkeitsfehlers in der Arbeit von Freundlich für v. Seeliger eine willkommene Gelegenheit der Revanche. Am 7. August 1915 schrieb Freundlich an Struve, daß er "sehr niedergeschlagen sei", daß ihm "ein so grobes und unnötiges Versehen noch

¹⁰Siehe Freundlich [1915/16]a S. 117.

¹¹Seit 1882 Prof. für Astronomie und Direktor des Observatoriums der Univ. München sowie von 1897 bis 1921 Präsident der *Astronomischen Gesellschaft*. Zu v. Seeliger siehe Eddington [1925].

¹²Am 27. VI. 1915; siehe AAW, Sternwarte Babelsberg, 65, Bl. 16-17.

¹³Siehe dazu Freundlich [1915]a; vgl. auch v. Seeliger [1915], Pyenson [1974].

passieren kann", daß er v. Seeliger für die Mitteilung danke und eine Richtigstellung vornehmen werde.¹⁴

Diese Richtigstellung erschien in den *Astronomischen Nachrichten* [1916], allerdings ohne Nennung v. Seeligers, unter folgendem Kommentar:

Ich möchte an dieser Stelle nicht vergessen einzuschalten, daß in der vorläufigen Mitteilung über diese Frage [...] ein Fehler unterlaufen ist, indem dort eine Formel abgedruckt ist, die ich zu Anfang nur zu Überschlagsrechnungen verwandt hatte [...].¹⁵

Freundlich erwähnte dort auch, daß sich mit der Änderung der Formel auch die Übereinstimmung zwischen Relativitätstheorie und Beobachtungen verschlechtere, zumindest, wenn man die alten Schätzwerte für die Dichte der B-Sterne übernehme.

Führt man in diese Formel als mittlere Dichte der B-Sterne 0.1 Sonnendichten ein, wie sie aus einer Untersuchung von H. Shapley (AP.J. 38.158) herauskommt, so ist das Resultat kein günstiges. Unsere Kenntnis über die Dichten der Sterne reichen aber noch nicht entfernt aus, diesen Wert für alle B-Sterne zu fordern.¹⁶

Unter etwas vagem Verweis auf Untersuchungen von Henry Norris Russell "und anderen" über die mittleren Massen in Abhängigkeit vom Spektraltypus, denen zufolge die B-Sterne eine "mittlere Stellung" einnehmen, begründete Freundlich dann die Neuschätzung der in die Formel für die beobachtete Verschiebung als Funktion der Masse so kritisch eingehende Dichte als 0,5 Sonnendichten. Damit ergaben sich dann wieder "ungefähr 25-30 Sonnenmassen" in immerhin größenordnungsmäßiger Übereinstimmung mit den theoretisch nahegelegten $15 m_{\odot}$.¹⁷

Drei Hefte später monierte, wie man schon fast erwarten konnte, Freundlich's Opponent, Hugo v. Seeliger, nicht nur Freundlich's Neufassung, in der seine Korrektur ohne Danksagung eingebaut worden war, sondern überdies nun auch die gesamte Argumentationsführung. Freundlich's Aufsatz wurde nun sozusagen öffentlich in Stücke gerissen. Unter Zugrundelegung der korrekten Formel (2) für die Verschiebung als Funktion der Dichte ρ und der Masse m : $[m = f^{3/2} \cdot (1/\sqrt{\rho})]$ ergebe sich mit den von Freundlich ursprünglich benutzten Zahlen $f = 4,5/0,6$ und $\rho = 1/10\rho_{\odot}$ für die Massen der B-Sterne 65 Sonnenmassen, und keinesfalls die angegebenen aus der Relativitätstheorie

¹⁴Siehe AAW, Sternwarte Babelsberg, Mappe 65, Bl. 19.

¹⁵Freundlich [1915/16]b Sp. 21.

¹⁶Freundlich [1915/16]b Sp. 21-22.

¹⁷Alle Zitate wiederum aus Freundlich [1915/16]b Sp. 22.

folgenden 14 Sonnenmassen: "und die gewünschte Übereinstimmung hat sich in einen vollständigen Mißerfolg verwandelt".¹⁸

Nach dieser Korrektur zeigte v.Seeliger dann weiter auf, wie Freundlich, um einen mit dem Massenwert aus der Doppelsternabschätzung für Sterne vom B-Typus kompatiblen Wert zu erhalten, an der Dichte ρ gedreht und statt $\rho = 1/10\rho_s$ (wie zuerst) in seiner 'verbesserten Arbeit' angesetzt hatte: $\rho = 0,5\rho_s$, um auf 20-30 m_s (übrigens "nach der für ihn günstigeren Seite abgerundete Werte") zu kommen. Wie v.Seeliger weiter ausführte, müßte, um auf die von Campbell durchgeführte Doppelsternabschätzung für B-Sterne von 14 m_s zu kommen, eine hypothetische Dichte von 2,2 angenommen werden, was ihm schlicht "nicht annehmbar" schien.¹⁹ Für v.Seeliger zeigten diese ganzen willkürlichen Anpassungen nur indirekt bestimmbarer Parameter, "wie willkürlich und nichtssagend die ganze Rechnung ist".²⁰ Er resümierte wie folgt:

Das Resultat der ganzen Betrachtung ist also, daß, so lange man die Ludendorffschen und Campbellschen Zahlen beibehält, nicht nur keine Andeutung für das Vorhandensein einer Gravitationswirkung nachzuweisen ist, vielmehr nur ein vollkommener Widerspruch gegen die letztere. Eine Kritik der angenommenen Daten liegt diesen Zeilen ebenso fern wie eine solche an der Einsteinschen Theorie. Es sollte nur die Betrachtungsmethode des Herrn Freundlich und die Art, wie er ihm übermittelte Aufklärungen verwertet, geschildert werden.²¹

So schlampig Freundlich in seinen Aufsätzen auch argumentiert haben mochte, so erstaunlich war doch die Emphase, mit der der sonst eher gediegen schreibende v.Seeliger hier auf Freundlich 'einhackte'. Das ganze Ausmaß der Erregung, mit der er in dieser Sache beteiligt war, wird erst deutlich aus einem nicht zur Veröffentlichung bestimmten Privatbrief, den v.Seeliger in dieser Zeit an Struve richtete, unmittelbar, nachdem er Freundlichs 'verbesserte Arbeit' gelesen hatte. Die genannten Stellen in Freundlichs Aufsatz stellten, v.Seeliger zufolge,

eine wissenschaftliche *Unaufrichtigkeit* - um ein mildes Wort zu gebrauchen - dar, wie sie mir in gleichem Grade während meines 40-jährigen wissenschaftlichen Tätigkeit noch nicht vorgekommen ist. Der

¹⁸V.Seeliger [1916] Sp. 84.

¹⁹Daß sich die Theorie der Sternentwicklung in den Jahrzehnten nach dieser Debatte in eine Richtung bewegte, die noch weitaus höhere Dichten zuließ, konnte v.Seeliger natürlich nicht wissen.

²⁰V.Seeliger [1916] Sp. 85.

²¹Ibid., Sp. 86.

wissenschaftliche Anstand, der sonst ausnahmslos geübt wird, hätte erfordert, die Quelle anzugeben, von wo die Richtigstellung erfolgt ist, und die wissenschaftliche Aufrichtigkeit hätte vor solchen Verdrehungen des wahren Sachverhaltes abhalten sollen. Auch die weiteren Rettungsversuche mit der offenbaren Tendenz zu verschleiern sind durchaus verfehlt. [...]. Das ganz unerhörte Verfahren des Herrn F. kann ich aber im Interesse unserer Wissenschaft nicht stillschweigend hinnehmen u. ich werde es in irgend einer Form vor die Öffentlichkeit bringen, obwohl ich es lebhaft bedaure, einen Ihrer Beamten mit so schwerem Vorwurf zu belasten.²²

Die in diesem Brief hochspülende Erregung erklärt sich nur, wenn man weiß, daß v.Seeliger als Gegner der Relativitätstheorie bekannt war. Insofern war allen Lesern dieser Notiz trotz der ausdrücklichen Beteuerung des Gegenteils zunächst klar, daß v.Seeliger auch der 'relativistischen Mode' kräftig eins ausgewischt zu haben behaupten durfte. Dies ist direkt belegbar in einem anderen Brief v.Seeligers an Struve, in dem er Struve gegenüber begründete, warum er überhaupt Repliken auf Freundlich schreibe:

Die Sache war übrigens nur insofern dringend, als ich zufällig hörte, daß Einstein auf die Beweisführung des Herrn Dr. F. großen Wert legt. Sie wissen, daß ich vielen Hypothesen der neuesten Physik äusserst skeptisch gegenüberstehe und deshalb schien mit die besprochene Frage einiges Interesse zu haben.²³

Das heißt, v.Seeliger (und auch andere nach ihm) schlugen auf Freundlich ein, aber sie meinten Einstein. Letzterer wußte genau, wer gemeint war: an seinen Münchner Kollegen Sommerfeld schrieb Einstein: "Sagen Sie Ihrem Kollegen [von] Seeliger, dass er ein schauerliches Temperament hat. Ich genoss es neulich in einer Erwiderung, die er an den Astronomen Freundlich richtete".²⁴ Durch seine rückhaltlose Parteinahme für die Relativitätstheorie, also für die Sache Einsteins, wurde Freundlich seit 1915 der Prügelknabe der großteils anti-relativistischen Wissenschaftler-Gemeinde der Astronomen in Deutschland. Hier wird also deutlich, wie in die bislang als Drama mit mehreren Akteuren (Freundlich, Einstein, Struve und v.Seeliger), also immer noch personenbezogen inszenierte Geschichte nun kognitive und soziale Komponenten hinzutreten, wie hier die überwiegend kritische Rezeption der Relativitätstheorie innerhalb der scientific community vor 1919.

²²V.Seeliger an Struve, 12. I. 1916, AAW, Sternwarte Babelsberg, Mappe 65, Bl. 41-42; abgedruckt in Kirsten/Treder (Hrsg.) [1979] S. 181f.

²³V.Seeliger an Struve, 15. VIII. 1915, AAW, Sternwarte Babelsberg, 65, Bl. 15.

²⁴AE an Sommerfeld, 9. XII. 1915, in Hermann (Hrsg.) [1968] S. 37.

Im Hinblick auf das Verhältnis Theorie-Experiment zeigt dieses Fallbeispiel, wie sehr Freundlich bei der Analyse älteren Beobachtungsmaterials von dem Wunsch geleitet worden war, den Gravitations-Rotverschiebungseffekt nachzuweisen – noch nicht definitiv festgelegte Parameter wie hier die mittlere Dichte von Sternen des B-Typus wurden von ihm nach Gutdünken so festgesetzt, daß in etwa Übereinstimmung mit den von der allgemeinen Relativitätstheorie gesetzten Erwartungen erzielt wurde. Dieses 'fine-tuning' von Parametern, in der Elementarteilchenphysik ein durchaus gängiges Verfahren, um hypothetische Modelle von Prozessen den Beobachtungen anzupassen, erzeugt für sich genommen keine auf Dauer glaubhaften Resultate.²⁵ Um andere überzeugen zu können, müßte Freundlich begründen können, warum er die relative Dichte gleich 0,1 bzw. ein Jahr später plötzlich gleich 0,5 setzt. Damit ist er, nicht zuletzt angesichts des noch sehr unzureichenden Beobachtungsmaterials, aber überfordert. Das sich in der community rasch durchsetzende Ergebnis dieser Betrachtungen Freundlichs war also, daß der Effekt darin u.a. involviert sein *könnte*, aber *nicht sein muß*.

Doch dies war sowohl für Freundlich als auch für Einstein zu wenig, denn genau das ließ sich ja bereits auch schon für die Sonnen-Verschiebungsmessungen sagen. Noch bevor sich dieser eher enttäuschende Tenor innerhalb der astronomischen community durchgesetzt hatte, versuchte Einstein, aus den Arbeiten Freundlichs zur Fixsternstatistik einen etwas positiveren Befund zu destillieren. In seine Betrachtungen über die *Grundlagen der Allgemeinen Relativitätstheorie* [1916] fügte er die folgende geschickt formulierte Anmerkung ein, in der er kein eigenes Risiko übernahm, weil das Ergebnis allein *Freundlich* zugesprochen wurde:

Für das Bestehen eines derartigen Effektes [der Gravitations-Rotverschiebung: K.H.] sprechen nach E. Freundlich spektrale Beobachtungen an Fixsternen bestimmter Typen. Eine endgültige Prüfung dieser Konsequenz steht indes noch aus.²⁶

Nach dem im vorigen geschilderten Kontroversen um die freizügige Anpassung von Parametern durch Freundlich darf diese Feststellung als hochgradig euphemistisch betrachtet werden. Als Struve ihm im Februar 1916 das Heft der *Astronomischen Nachrichten* zukommen ließ, in dem v.Seeligers Replik auf Freundlich und eine Übersicht zu dem damaligen Wissen über die 'Massen

²⁵Dies gilt auch für die heutige Hochenergiephysik, deren Theorie-Departments u.a. die Aufgabe haben, Gründe dafür zu finden, warum bestimmte Parameter (wie z.B. Kopplungsstärken bei bestimmten Energien) genau diesen und keinen anderen Wert haben – erst diese Einbindungen in größere Theoriennetze machen die Modelle dann glaubhaft.

²⁶Einstein [1916] S. 123.

spektroskopischer Doppelsterne' von Ludendorff enthalten waren, antwortete Einstein, von den niederschmetternden Resultaten v.Seeligers offensichtlich wenig beeindruckt, und nach wie vor von der prinzipiellen Gangbarkeit des von Freundlich aufgezeigten Weges überzeugt:

Ich danke Ihnen bestens für die Nummer der Astronomischen Nachrichten [...]. Der Seliger'sche [!] Artikel zeigte mir nichts Neues. Sehr interessant war mir der Ludendorff'sche, aus dem ich ersehe, wie unvollkommen das bisherige Beobachtungsmaterial noch ist. Das Erfreuliche aber ist, dass man den Eindruck gewinnt, dass sich nach und nach Material wird gewinnen lassen, welches eine sichere Entscheidung zulassen wird.

An den Artikel von Ludendorff lässt sich die Frage knüpfen:

Sind schwächere Sterne desselben Spektraltypus durchschnittlich auch von kleinerer Masse? Dies wäre bei Doppelsternen beantwortbar, bei denen man die Grösse der Masse mitteln kann. Ergäbe sich eine bedeutende Abhängigkeit, so könnte die Ludendorff'sche Betrachtungsweise in der Zukunft [sich] als sehr wertvoll erweisen. Solange der mittlere Fehler die ermittelte Rotverschiebung übersteigt [...], ist das Resultat ganz unsicher [...].

Jedenfalls sehe ich, dass Freundlich's Ergebnis keineswegs gesichert ist (nicht einmal qualitativ).²⁷ Dagegen muss man Freundlich zugute halten, dass er zuerst auf einen gangbaren Weg zur Prüfung der Frage aufmerksam gemacht hat.²⁸

Doch auch wenn Einstein *sachlich* von den Einwänden v.Seeligers und Ludendorffs noch nicht überzeugt war, so wurde ihm anlässlich dieser unschönen Kontroverse zwischen Freundlich und seinen Opponenten doch klar, wie sehr sich Freundlich durch seine [über?]jeifrigen Versuche, Bestätigungen für die allgemeine Relativitätstheorie zu finden, bereits ins Abseits gesetzt hatte. Selbst Fürsprecher Einsteins wie z.B. Arnold Sommerfeld in München stellten sich in Bezug auf die Kontroverse Freundlich-v.Seeliger auf die Seite v.Seeligers und rieten Einstein, sich von Freundlich zu distanzieren. Einstein befolgte diesen Ratschlag: er rückte in *persönlicher* Hinsicht zunehmend von Freundlich, seinem intellektuellen Zögling, ab, ohne jedoch ganz mit ihm zu brechen, denn nach wie vor brauchte er Freundlich.

²⁷Die Klammer ist eine handschriftliche Einfügung Einsteins, K.H.

²⁸Einstein an Hermann Struve, 13. II. 1916, CPAE Sign. 22 299 bzw. AAW, Sternwarte Babelsberg, Mappe 65, Bl. 54, abgedruckt in Kirsten/Treder (Hrsg.) [1979] Bd. 1, S. 173; Orthographie Original (zu Ludendorff siehe S. 133).

Von meinem Standpunkt aus betrachtet sieht die Angelegenheit so aus. Freundlich]. war der einzige Fachgenosse, der mich bis jetzt in meinen Bestrebungen auf dem Gebiete der allgemeinen Relativität wirksam unterstützte. Er hat dem Problem Jahre des Nachdenkens und auch der Arbeit gewidmet, soweit dies neben dem anstrengenden und stumpfsinnigen Dienst an der Sternwarte möglich war. [...]. Mir fehlt eben der Kontakt zur Astronomie.²⁹

Wir finden neben vorsichtigen Versuchen der Anerkennung von Freundlich's Bemühungen auch erstaunlich abfällige Äußerungen Einsteins über Freundlich's Qualitäten als Wissenschaftler und als Mensch in Briefen an Dritte wie z.B. im Januar 1916 an Schwarzschild (siehe S. 54), im Februar 1916 an Sommerfeld (siehe oben) und im letzten Absatz des vorher zitierten Briefes an Struve, dem direkten Opponenten Freundlich's, der ihm die Arbeit im Dienste der Prüfung der Relativitätstheorie bereits seit Jahren so schwer wie möglich gemacht hatte:

Für Ihr freundliches Verhalten bei unserem Besuche bei Ihnen danke ich Ihnen sehr. Ich bin sehr froh, daß das persönliche gute Verhältnis durch die Verschiedenheit unserer Ansichten in gewissen wissenschaftlichen Fragen nicht leidet. Ich bin auch froh, daß sich nun eine Möglichkeit bietet, das unerquickliche Verhältnis zu Freundlich auf eine befriedigende Weise zu lösen.³⁰

Nachdem Freundlich mit seinem Versuch eines statistischen Nachweises der Gravitations-Rotverschiebung in Fixsternspektren so eine Bauchlandung erfahren hatte, sah Einstein offenbar die Gefahr, daß auch seine eigene Reputation und die der Theorie, für die Einstein wie Freundlich eintraten, darunter Schaden nahm. Wenn er sich Struve gegenüber von Freundlich etwas distanzierte, so verhinderte er damit, daß sich etwaige Fehlleistungen Freundlich's unmittelbar auch auf ihn als geistigem Ziehvater Freundlich's übertrugen.³¹ Wie realistisch diese Einschätzung Einsteins war, zeigt etwa folgender Ausschnitt eines Briefes von Sommerfeld an Hermann Weyl, der zeigt, daß Sommerfeld zu diesem Zeitpunkt die experimentelle Situation in Bezug auf die Gravitations-Rotverschiebung trotz der Bemühungen Freundlich's für sehr schlecht hielt und daß Freundlich wegen seiner Versuche, trotz mangelhaften Beobachtungsmaterials und teilweise mit fragwürdigen Methoden zu einer

²⁹Einstein an Arnold Sommerfeld, 2. II. 1916, nur teilweise abgedruckt in Hermann (Hrsg.) [1968], S. 38-39; vgl. auch Pyenson [1974] S. 330-332.

³⁰Einstein an Struve, 13. II. 1916, s.o.

³¹Mit dieser Strategie fuhr Einstein später auch Hans Ludendorff gegenüber, als dem wichtigsten Opponent Freundlich's seit 1920 – zu Ludendorff vgl. S. 133.

Bestätigung der allgemeinen Relativitätstheorie zu kommen, ihn bei Sommerfeld bereits in Mißkredit gebracht hatten.

Vor allem aber möchte ich Sie [...] auf die Rotverschiebung der Spektrallinien hinweisen. Bisher hat sich keine Andeutung davon gezeigt. Schwarzschild hat sie nicht gefunden, neue sorgsamste amerikanische Messungen auf dem Mt. Wilson ebenfalls nicht. Es würde mich interessieren, gelegentlich von Ihnen zu erfahren, ob die Rotverschiebung auch in Ihrer Theorie unvermeidlich ist. *Was Freundlich darüber publiziert hat, als angebliche Bestätigung derselben, ist mehr oder minder Schwindel.*³²

Wenn ein entschiedener Anhänger der Relativitätstheorie in Bezug auf Freundlich's Versuche bereits so unumwunden von 'Schwindel' sprach, war in der Tat Not am Mann. 1919 hatte sich denn auch die Tonlage, in der Einstein sich Dritten (auch Anhängern) gegenüber zu Freundlich äußerte, stark verändert. An Eddington schrieb er am 15. Dez. 1919 u.a., daß es ihn sehr gefreut habe, daß Eddington über Freundlich anerkennende Worte gefunden habe. "Er ist sehr eifrig, hat aber infolge sachlicher und persönlicher Hindernisse noch nicht viel zur Prüfung der Theorie beitragen können".³³ Und in der 10. Auflage seines populärwissenschaftlichen Büchleins *Über die spezielle und die allgemeine Relativitätstheorie* vermerkte Einstein ohne Nennung des Namens von Freundlich in Anspielung auf dessen Fixstern-Statistiken:

Bei den statistischen Untersuchungen an den Fixsternen sind mittlere Linienverschiebungen nach der langwelligen Spektralseite sicher vorhanden. Aber die bisherige Bearbeitung des Materials erlaubt noch keine sichere Entscheidung darüber, ob jene Verschiebungen wirklich auf die Gravitation zurückzuführen sind.³⁴

Als Abschluß dieser Detailstudie zu *einem* der vielen Versuche Freundlich's, die Relativitätstheorie zu bestätigen, muß ich noch einen knappen Ausblick auf die weitere Entwicklung des Wissens in dieser Frage anfügen: Entgegen den optimistischen Erwartungen Freundlich's und Einsteins über die grundsätzliche Prüfbarkeit der allgemeinen Relativitätstheorie über diesen

³²Sommerfeld an Weyl, 7. VII. 1918, ETH, Zürich, Sign. HS 91: 751, Hervorhebung K.H. Den Hinweis auf diesen Brief verdanke ich Sigurdsson [1991] S. 160.

³³CPAE, Sign. 9-263; mit den sachlichen Hindernissen wird auf die materiell schlechte Situation im Nachkriegsdeutschland und die unzureichende instrumentelle Ausstattung des Berliner Observatoriums angespielt [die mit dem Bau des Einstein-Turmes speziell für Sonnenbeobachtungen später dann entscheidend verbessert werden sollte].

³⁴Einstein [1917]b, S. 90; c)S. 194f.; ferner verwies Einstein dann auf einen neueren Überblick von Freundlich [1919]b.

Weg zeigte sich, daß die Sache noch sehr viel komplizierter war als sie wissen konnten. Beide waren zu diesem Zeitpunkt von der Voraussetzung eines **statischen** Kosmos ausgegangen, für den sich im Mittel keine Dopplerverschiebung von weit entfernten Objekten relativ zur Erde zeigen sollte, und in den ersten Jahren der Anwendung der allgemeinen Relativitätstheorie auf kosmologische Probleme wies Einstein die von Friedman aufgezeigte Möglichkeit **dynamischer** Lösungen der Feldgleichungen kategorisch zurück.³⁵ Hingegen zeigte sich mit Hubbles Untersuchungen in den zwanziger Jahren, daß der Kosmos tatsächlich in einer Expansion begriffen ist, so daß weit entfernte Fixsterne mit einer zu ihrer Entfernung proportionalen Geschwindigkeit sich von der Erde wegbewegen.³⁶ Damit waren den beobachteten Rotverschiebungen in den Spektren der Fixsterne Probleme der Kosmologie und der Sternentwicklung überlagert, und die Hoffnung einer Abtrennbarkeit der Gravitations-Rotverschiebung hatte sich bis auf weiteres zerschlagen.

Festzuhalten bleibt, daß die hastige und von dem starken Wunsch nach Bestätigung der Relativitätstheorie bestimmte Untersuchung Freundlichs, in der ganz offensichtlich bestimmte Parameter ad hoc immer so angesetzt wurden, wie man sie für die Übereinstimmung mit den Beobachtungen brauchte, eher das Gegenteil dessen erreichte, was sie intendiert hatte. Statt Vertrauen in das Vorliegen des 'Einstein-Effektes' bestand die Reaktion in einem geschärften Mißtrauen gegenüber simplistischen (monokausalen) Erklärungsansätzen. Als die dominante Erwartungshaltung von Theoretikern und Experimentatoren schälte sich die Skepsis in die Aussagekräftigkeit bestehender bzw. früherer Experimente heraus, gepaart mit der Hoffnung auf quantitativ zuverlässigere Experimente, mit denen störende Nebeneffekte ausgeschlossen werden könnten – es gab neben Druckeinflüssen ja auch noch Temperaturschwankungen im Spektroskop, den Einfluß elektrischer und magnetischer Felder (Stark- bzw. Zeeman-Effekte) sowie der Parameter des Stromkreises (Poleffekt), der für die Erzeugung von Funken- und Bogenspektren als Vergleichsspektren erforderlich war. Und alle diese im Labor gesichert nachgewiesenen Effekte ebenso wie weitere, von Theoretikern vermutete Effekte (wie z.B. ein möglicher Einfluß der anomalen Dispersion) mußten ausgeschlossen bzw. aus den Daten herausgerechnet werden, bevor man die Gravitations-Rotverschiebung 'sehen' konnte.³⁷

³⁵Vgl. dazu z.B. die Belege in Hentschel [1989] Abschn. 1.4.

³⁶Siehe dazu z.B. Hetherington [1982].

³⁷Siehe dazu z.B. Hentschel [1991]c, [1992].

6. Wissenschaftspolitik in Berlin und die Förderung Freundlichs seit 1913

In den vorangegangenen Abschnitten hatten wir zunächst gesehen, wie sehr Einstein an einer Mitarbeit des an der Sternwarte beschäftigten Astronomen Freundlich interessiert war, wie er nach dem Scheitern der naheliegendsten Möglichkeiten einer experimentellen Überprüfung der allgemeinen Relativitätstheorie alternative Testmöglichkeiten mit Freundlich diskutierte (Tagesbeobachtungen und spektrale Untersuchungen) und Freundlich in seinem eifrigen Bemühen¹ zu einem brauchbaren Test zu kommen, ermunterte.

Doch auch Freundlich war umgekehrt für die Durchführung dieses Forschungsprogrammes auf die Unterstützung Einsteins angewiesen. Dieser war 1914 ja nur nach Berlin gekommen, weil Max Planck (1858-1947) und Walther Nernst (1864-1941) es verstanden hatten, ihn mit einem attraktiven Angebot zu ködern.² Einstein hatte in Berlin zwar die Möglichkeit, Vorlesungen an der Universität zu halten, mußte dies aber nicht; er war (seit Oktober 1917) Direktor eines nur auf dem Papier bestehenden *Kaiser-Wilhelm-Instituts für physikalische Forschung*, das bis zur nachträglichen Erbauung eines Gebäudes in den 30er Jahren nur die Aufgabe hatte, Forschungsförderung zu betreiben,³ bezog dafür ein Gehalt von 12 000 Mark und schließlich war er Mitglied der *Preußischen Akademie der Wissenschaften*.⁴

Diesen massiven Einfluß auf die Berliner Wissenschaftsszene wußte Einstein für seinen bislang einzigen Anhänger in der Astronomenschaft zu nutzen. Erstmals sichtbar wird dies am Jahresende 1913, als Freundlich ernsthaftere Schritte unternahm, Gelder für eine von ihm geplante Expedition nach Russland zu bekommen, auf der die Lichtablenkungshypothese während einer Sonnenfinsternis dort am 21. August 1914 getestet werden sollte. Als Einstein die näheren Details dazu von Freundlich mitgeteilt bekam,⁵ setzte er sofort die Hebel in Bewegung, von denen er annehmen durfte, daß sie zum Erfolg führen würden. Über Planck, der sich "wirklich ernsthaft für die Sache" ein-

¹Das Wort 'Eifer' kommt fast in jedem Brief Einsteins an Freundlich seit 1911 vor.

²Vgl. dazu Kirsten/Treder (Hrsg.) [1979] Bd. 1, S. 7ff., 95ff. sowie den Aufsatz von Fritz Stern in: R. Vierhaus u. B. vom Brocke (Hrsg.) [1990] S. 516-551.

³Vgl. dazu z.B. Heisenberg [1971], Macrakis [1986].

⁴Das ganze Ausmaß der Bedeutung Einsteins für die Berliner Wissenschaftslandschaft zwischen 1914 und 1933 wird dokumentiert in Kirsten/Treder (Hrsg.) [1979].

⁵Für weitere Details zu der Vorbereitung dieser Expedition vgl. Kirsten und Treder (Hrsg.) [1979], Bd. 1, Kap. IV, insb. Freundlichs "Gesuch an die Akademie der Wissenschaften um Unterstützung für die Teilnahme an der Sonnenfinsternisexpedition auf die Krim", *ibid.*, S. 164-166.

setzte und es auch übernahm, mit dem Astrophysiker Karl Schwarzschild⁶ (1873-1916) zu reden, stellte er einen Antrag auf Förderung des Expeditionsvorhabens von Freundlich durch die *Preußische Akademie*. Doch selbst deren Bezuschussung war keine *conditio sine qua non*, wie er Freundlich gegenüber andeutete:

Wenn die Akademie nicht gerne dran will, dann kriegen wir das bisschen[!] Mammon von privater Seite. Ich werde mit Habers Hilfe sofort nachdem die Akademie negativen Bescheid gegeben hat, Herrn Koppel⁷ anpumpen, der ja das Geld für meinen[!] Gehalt als Akademiker hergegeben hat. Sollte alles versagen, so zahle ich die Sache selber aus meinem bischen Erspartem, wenigstens die ersten 2000 M. Bestellen Sie also nach reiflicher Überlegung nur ruhig die Platten und lassen Sie die Zeit⁸ nicht wegen der Geldfrage weglaufen.⁹

Einstein brauchte die 2000 Mark schließlich nicht aus eigener Tasche zu bezahlen, da sich die Akademie der Wissenschaften nach Befürwortung durch ihren ständigen Sekretär Planck, sowie durch Nernst u.a. zur Unterstützung des Kaufs von wissenschaftlichen Instrumenten und Photoplatten im Wert von 2000 Mark entschloß.¹⁰ Auch von Seiten privater Stifter bekam Freundlich für seine Expedition Zuwendungen in gleicher Größenordnung.¹¹ Aber allein der Umstand, daß Einstein notfalls sein eigenes Sparguthaben angegriffen hätte, um Freundlich die Expedition in jedem Fall zu ermöglichen, zeigt, wie wichtig ihm Freundlichs Vorhaben von 1914 war.

Nachdem er im März 1914 von der Befürwortung seines Gesuches durch die Akademie erfahren hatte, schrieb Einstein umgehend an Freundlich:

Sie können sich denken, wie sehr ich mich darüber freue, dass die äusseren Schwierigkeiten Ihrer Unternehmung nun sozusagen überwunden sind. Nicht minder schön ist es, dass sich alle Beteiligten so

⁶Seit 1909 Direktor des *Astrophysikalischen Observatoriums* in Potsdam und Mitglied der *Preußischen Akademie der Wissenschaften*. Zu Schwarzschild siehe z.B. Einstein [1916]d, Sommerfeld [1916], Hertzsprung [1917], Blumenthal [1918], Oppenheim [1923], ten Bruggencate [1955], Treder [1974], Diecke [1975].

⁷Leopold Koppel (um 1854 - 1933) war der Bankier, der die *Preußische Akademie* mit dem sogenannten 'Stiftungsfond der mathematisch-physikalischen Klasse' ausgestattet hatte - vgl. dazu Kirsten/Treder (Hrsg.) [1979] Bd. 1, S. 102-103.

⁸Nur noch 9 Monate Zeit verblieben bis zur Sonnenfinsternis.

⁹Einstein an Freundlich, 7. XII. 1913, CPAE, Sign. Nr. 11 206-1.

¹⁰Vgl. den nächsten zitierten Brief sowie z.B. Treder/Kirsten (Hrsg.) [1979] Bd. 2, Dokumente A 307; B 9, 11.

¹¹Nämlich je 3000 Mark von Emil Fischer und von Krupp von Bohlen und Halbach, dessen Bekanntschaft Freundlich durch Fischer vermittelt worden war; vgl. dazu den Brief von Käte Freundlich an L. Pyenson, 29. IV. 1913, Kopie in CPAE, Sign. 11 241.

gut bei der Angelegenheit verhalten haben. Besonders kann ich Planck nicht genug rühmen. [...].

Anfang April komme ich nach Berlin und bin sehr neugierig, die Sache von der Nähe zu verfolgen. Dann wollen wir uns, wenn die Zeiten wieder ruhiger geworden sind, auch das geplante Streichquartett einrichten. Wohnung haben wir schon, ganz nahe bei Habers Institut, also auch nicht so weit von Ihnen weg.¹²

Einstein schloß diesen Worten dann noch einige persönliche Bemerkungen an, die mit seinem bevorstehenden Umzug nach Berlin zu tun hatten. Er freute sich, daß seine Wohnung nicht so weit von Freundlichs Domizil entfernt sei und daß man ja dann auch das geplante Streichquartett einrichten könne.

Auch der unglückliche Ausgang der Expedition, über den bereits auf S. 36 berichtet worden war, trübte das gute persönliche Verhältnis zwischen Einstein und Freundlich nicht. Für die Zwecke unserer dichten Beschreibung ist die vorstehende Episode jedoch noch aus einem anderen Grund lehrreich: in den Manövern, die der Entscheidung der Akademie die Expedition zu fördern vorausgegangen waren, fanden sich erstmals auch **Anzeichen von Widerständen gegen die Protektionierung Freundlichs durch Einstein**. So hatte Einstein beispielsweise in seinem Brief an Freundlich vom 7. Dez. 1913 dick unterstrichen, daß er an Struve in dieser Angelegenheit *nicht* schreiben werde. Hermann Struve war seit 1904 der Direktor der *Königlichen Sternwarte* und somit Freundlichs Vorgesetzter.¹³ Warum sollte Einstein ihn so brüsk übergehen? Weil von ihm keine Unterstützung des Vorhabens von Freundlich zu erwarten war!¹⁴ Struve war in seinen eigenen Forschungen voll und ganz aufgegangen im Geist der tradierten Positionsastonomie, die in dem Erstellen möglichst vollständiger Sternenkataloge oder der Entwicklung rein phänomenologischer Spektralklassen ihr ein und alles sah.¹⁵ In den hochgradig theoretisch motivierten Untersuchungen Freundlichs zu den arg kleinen Effekten einer Theorie, von der er überdies nichts verstand, konnte und wollte Struve keinen Sinn sehen, und er versuchte Freundlich soweit es in seiner Macht stand, zurück zu seinen Routinearbeiten am Meridiankreis zu bringen, doch ohne viel Erfolg.¹⁶ Nachdem der Assistent Freundlich auch noch

¹²Einstein an Erwin F. Freundlich, März 1914, CPAE, Sign. 11 207-1.

¹³Zu Struve siehe S. 15f.

¹⁴Man vergleiche das Gutachten Struves über einen Antrag Einsteins an Naumann, Freundlich fünf Jahre lang für Forschungen zur Prüfung der allgemeinen Relativitätstheorie freizustellen; abgedruckt in Kirsten/Treder (Hrsg.) [1979] Bd. 1, S. 169f. Dok. 91.

¹⁵Im übrigen waren die Berliner Sternwarten stets für solche bienenfleißigen Datensammlungen bekannt – vgl. dazu z.B. Hassenstein [1941], Herrmann [1975], [1981].

¹⁶Vgl. die Dokumente Nr. 90ff. in Treder/Kirsten (Hrsg.) [1979] Bd. 1, S. 168-175.

mit dem unter Astronomen hochangesehenen Ritter Hugo von Seeliger, einem engen Freund Struves, wie oben geschildert in öffentlichen Streit geraten war und seinen Fehler [so stellte sich dies wenigstens für Struve und v.Seeliger dar] zu vertuschen versucht hatte (vgl. letzter Abschnitt), hatte Freundlich in den Augen Struves vollends sein Gesicht verloren. Von München aus erregte es Befremden, daß Freundlich aufgrund des Skandals in den *Astronomischen Nachrichten* (s.o.) nicht einfach gefeuert worden war, doch auch Struve hatte im wissenschaftspolitischen Feld in Berlin Rücksichten zu nehmen, z.B. auf Planck als ständigen Sekretär der *Preußischen Akademie der Wissenschaften*, der wiederum Einstein deckte.¹⁷

Dieser institutionelle Konflikt zwischen Struve und Freundlich an der Berliner Sternwarte, die gerade in ein neues Gebäude nach Babelsberg umgezogen war, fand auch seinen Niederschlag in der Einstein-Korrespondenz. Als Schwarzschild auf die Schwierigkeiten Freundlichs an der Babelsberger Sternwarte zu sprechen kam, und die Möglichkeit andeutete, daß man Freundlich wegen dieser Konflikte und aufgetretener Zweifel an seiner instrumentellen Qualifikation entlassen müsse, antwortete ihm Einstein:

Es ist mir nie eingefallen, an eine Clique gegen Freundlich zu denken. An solche Dinge zu denken, liegt mir überhaupt ferne. Struves Haltung ist mir begreiflich. Er ist ein alter Mann und hat nicht mehr die Elastizität, die dazu gehört, sich in neue Fragen zu versenken. Deshalb nimmt er eine ablehnende Haltung in sachlicher Beziehung ein, und diese ablehnende Haltung überträgt sich auch auf Freundlich, der ihm gewissermassen als Inkarnation dieser Dinge vor Augen ist. Gerne will ich dabei glauben, dass Freundlich seinerseits über wenig Takt und Geschick im Umgang, überhaupt über wenig psychologisches Verständnis des Nebenmenschen verfügt, wodurch die Verhältnisse sich noch unerfreulicher gestalten.

Ich halte Freundlich nicht für ein sehr starkes Talent, aber für einen Menschen von glühendem Interesse und von bemerkenswerter Ausdauer. Er war der erste Astronom, der die Bedeutung der allgemeinen Relativitätstheorie begriffen und sich mit den damit zusammenhängenden astronomischen Fragen mit Eifer befasst hat. *Deshalb würde es mich mit tiefem Bedauern erfüllen, wenn ihm die Arbeit auf diesem Gebiete unmöglich gemacht würde.* Ich weiss aus meiner eigenen Erfahrung, dass man sich das nötige technische Können erwerben kann,

¹⁷Vgl. dazu auch v.Seeliger an Struve, 12. 1. 1916 u. 26. 1. 1916; AAW, Sternwarte Babelsberg, Mappe 65, Bl. 45: "Mit Herrn Fr. bin ich nach den gemachten Erfahrungen fertig. Ich kann mir nur denken, daß die 'nervösen und unruhigen' Umstände sich bei ihm noch gesteigert haben. Sonst stünde ich vor einem psychologischen Rätsel. Ich bedaure Sie sehr, daß Sie einen solchen Mann nicht einfach abschieben können".

wenn das nötige Verständnis und starkes Interesse zusammenwirken. Falls aber solche Mängel trotzdem der Unternehmung hindernd in den Weg träten, würde wohlwollende Hilfe von erfahrener Seite zur Erzielung eines wertvollen Ergebnisses führen können.¹⁸

Möglicherweise kannte Schwarzschild Freundlich sogar noch aus dessen Studienzeit in Göttingen, denn zwischen 1901 und 1909 hatte er in Göttingen eine Professur für Astronomie und die Leitung der Sternwarte innegehabt – möglicherweise war dieser gemeinsame Göttinger Hintergrund beider Astrophysiker wesentlich für ihre unter deutschen Astronomen so ungewöhnliche Offenheit der Relativitätstheorie gegenüber.¹⁹ Doch Schwarzschild, der solche „wohlwollende Hilfe von erfahrener Seite“ hätte bieten können, starb noch in diesem Jahr an den Spätfolgen einer Hautkrankheit, die er sich während seines Militärdienstes zugezogen hatte, und die Querelen zwischen Struve und Freundlich nahmen solche Ausmaße an, daß eine andere Lösung für Freundlich gefunden werden mußte. Nachdem verschiedene andere ins Auge gefaßte Optionen nicht durchführbar waren,²⁰ nutzte Einstein schließlich seine Machtstellung als Direktor des *Kaiser-Wilhelm-Instituts für physikalische Forschung* aus: unter Abstimmung mit den anderen Mitgliedern des Kuratoriums dieser Forschungsförderungsorganisation, die in der Wohnung Einsteins zu tagen pflegte, weil sie im Unterschied zu den anderen KWIs ohne eigenes Institutsgebäude war, schließt er mit Freundlich einen Vertrag ab, der ihn ab 1. Januar 1918 „im Interesse der Durchführung experimenteller und theoretischer astronomischer Untersuchungen zur Prüfung der allgemeinen Relativitätstheorie und angrenzender Fragen“ zum ersten und einzigen „wissenschaftlichen Mitarbeiter“ dieses Instituts machte.²¹ Dieser Vertrag versetzte Freundlich in die glückliche Lage, sich nach dem Ende des Krieges,²²

¹⁸Einstein an Schwarzschild, 9. I. 1916, CPAE, Sign. 21 561-4,5; Hervorhebung im Orig.: Unterstreichung.

¹⁹Die Bedeutung des Göttinger Denkkollektives (im Sinne Flecks) für Weyl wird aufgezeigt von Sigurdsson [1991].

²⁰Einstein wandte sich u.a. an den Kultusminister Naumann, mit der Frage, ob Freundlich für Forschungen zum Test der Relativitätstheorie von seinen dienstlichen Verpflichtungen in Babelsberg freigestellt werden könnte, und an das *Astrophysikalische Observatorium* mit der Anfrage, ob dort vielleicht eine Stelle für Freundlich frei sei; Freundlich selbst scheiterte mit Anfragen bei Sternwarten und Observatorien außerhalb Berlins (z.B. Heidelberg) und auch ein erster Habilitationsplan wurde von seinem Vorgesetzten wie nicht anders zu erwarten niedergeschmettert.

²¹Ein Exemplar dieses Vertrags befindet sich im AMPG, Abt. I, Rep. 34, Mappe 2. Vgl. zu den Hintergründen auch Freundlich in Mendelsohn, 1. VII. 1917, S. 3-4 (KJ).

²²Freundlich hatte seit 1917 für die Artillerie-Prüfungskommission an Verfahren zur Richtungsbestimmung gearbeitet. Vgl. AAW, Sternwarte Babelsberg, Mappe 64, Bl. 28-

nun endlich ganz seinen eigenen Interessen widmen zu können: der Suche nach Bestätigungen der wenigen experimentell prüfaren Voraussagen der allgemeinen Relativitätstheorie.

An diesem Punkt angelangt, fragt man sich vielleicht, inwieweit diese Umschreibung eigentlich zutrifft: 'eigene Interessen'? Waren es nicht vielmehr die Interessen seines Ziehvaters, Einsteins, der an einer Bestätigung seiner Theorie 'Interesse' hatte? War es nicht Einsteins Einfluß gewesen, unter dem er seit 1911, seit diese erste unscheinbare Anfrage Pollaks ihn erreicht hatte, seine beruflichen Aufgaben sträflich vernachlässigt hatte, um diesem kniffligen Problem des Auffindens von Effekten am Rande der experimentellen Meßgenauigkeit zu dieser Zeit nachzugehen? Auf das Drängen Einsteins hin hatte er diese Rußland-Expedition organisiert und mehrere Monate in Kriegsgefangenschaft gesessen, und wegen seines Einsatzes für die unter Astronomen speziell in Berlin wenig geliebte Relativitätstheorie war er an seiner Arbeitsstelle zum Außenseiter geworden, dem man ständig die demütigende Alternative vorgehalten hatte, entweder reumütig zu den Arbeiten am Meridiankreis zurückzukehren, oder sich doch lieber eine Beschäftigung zu suchen, die "seinen Fähigkeiten mehr entspricht".

Nun hatte Einstein zwar solch einen Posten für ihn geschaffen, der ihm etwas mehr Bewegungsfreiheit ließ, aber auch hierin war er wieder abhängig, abhängig von dem weiteren Wohlwollen seines Ziehvaters, von dessen Unterstützung Gelingen oder Nichtgelingen seiner Projekte abhingen. Diese weitgehende Abhängigkeit Freundlichs von Einstein ist dokumentarisch belegbar: vor der Vertragsschließung mit Freundlich korrespondierten Einstein und Planck über die Details des Arbeitsvertrages mit Freundlich, der ja der erste dieser Art für das KWI für Physik war. Neben der Forderung nach regelmäßiger Berichterstattung an das Direktorium der KWG, "spätestens nach Abschluß der Vorarbeiten" für jede umfangreichere Untersuchung, mindestens jedoch einmal jährlich, und der Auflage, "jede von dem Direktorium vorgeschlagene Änderung sowie sonstige Anregungen des Direktoriums nach Möglichkeit zu berücksichtigen", war vor allem umstritten, ob Freundlich auch vor Publikation seiner Ergebnisse das Einverständnis des Direktoriums einholen müsse (§2 des Vertragsentwurfs).

Diese Forderung ging selbst Einstein zu weit, und so schlug er Planck vor, diesen zweiten Paragraph des Vertragsentwurfes zu streichen. Daraufhin antwortete Planck:

Natürlich bin ich mit Ihrer Absicht, den §2 des Vertrages mit Freund-

30 sowie Freundlichs Korrespondenz mit Mendelsohn von 1917, KJ.

lich wegzulassen, ganz einverstanden. [...]. Doch ich möchte in grundsätzlicher Beziehung doch noch betonen, dass ich im Allgemeinen, bei anderen derartigen Verträgen, einigen Wert auf eine dem §2 entsprechende Bestimmung lege. Denn ich könnte mir sehr wohl den Fall denken, daß Jemand, der von dem Kaiser-Wilhelm-Institut unterstützt worden ist, schließlich nichts rechtes herausbringt und dann auf eigene Hand seine wertlosen Resultate veröffentlicht, unter Berufung auf seine Beziehungen zum K.W.-Institut, und in der Hoffnung, damit Reklame zu machen. Das könnte uns in Verlegenheit bringen, und deshalb sollten wir im Allgemeinen uns vor solchen Vorkommnissen zu schützen suchen.

Aber im Falle Freundlich liegt die Sache insofern ungefährlich, als Sie ja ihn sozusagen in der Hand haben.²³

In der Tat, Freundlich war noch immer in der Hand Einsteins, von dessen Wohlwollen für ihn alles abhing. Daß er aufgrund seines Vertrages für alle Ausgaben, die 50[?] Mark überstiegen, um Genehmigung dieses Postens bitten mußte, trug ihm bei Planck und Einstein bald den Ruf des ständig quängelnden 'Schmerzenskindes' ein.²⁴ Verschiedene Versuche Freundlichs, diese unerquickliche Situation zu verändern, scheiterten zunächst.²⁵ In dem Bericht, den Freundlich seinem Doktorvater Felix Klein im Jahr 1918 nach Göttingen schickt, klangen zwischen den Zeilen auch drei weitere Nachteile seines neuen Engagements an – es war auf einige Jahre (zunächst 3, mit 2 Jahren möglicher Verlängerung) beschränkt, und was danach kam, war weiterhin ganz offen, die Brücken zu seiner früheren Beschäftigung waren irreversibel abgebrochen, und er war auf das Wohlwollen der Leiter des 1875 gegründeten *Astrophysikalischen Observatoriums, Potsdam* angewiesen.²⁶

Ich werde in kommender Zeit wohl kaum Gelegenheit finden, theoretisch über diese Fragen [der Relativitätstheorie, K.H.] zu arbeiten, da ich mein ganzes Interesse auf die experimentelle Prüfung der Theorie konzentriere, nachdem das Kaiser Wilhelm Institut für physikalische Forschung mich für einige Jahre selbständig gemacht hat, so dass ich meine Stellung an der Kgl. Sternwarte niederlegen konnte. Ich arbeite

²³Planck an Einstein, 29. XII. 1917, CPAE, Sign. 19 262. Zur Bedeutung Plancks als Wissenschaftsorganisator und -sprecher siehe Heilbron [1986].

²⁴Siehe z.B. Planck an AE, 20. VII. 1919, Sign. CPAE 19 283: "Das Schmerzenskind Freundlich brauchte Geld, und zwar dringend, erstens 300 M für sein Mikrophotometer, und dann zweitens eine Teuerungszulage zu seinem Gehalt."

²⁵So z.B. eine Bewerbung nach Wien; vgl. den Brief Freundlichs an Mendelsohn, 9. VII. 1917, Mendelsohn-Nachlaß, Kunstbibliothek Jehenstraße, Berlin (KJ).

²⁶Zur Geschichte dieser Institution vgl. Scheiner [1890], Ludendorff [1942], Scholz [1975], Wempe [1975], Herrmann [1975], [1981]b.

zur Zeit ausschließlich am astrophysikalischen Institut in Potsdam und arbeite mehrere Methoden aus, einmal um die Gravitationsverschiebung der Spektrallinien sicher zu stellen, falls sie existieren sollte, sodann um die Lichtablenkung im Gravitationsfelde nachzuweisen.²⁷

Die (schließlich erfolgreiche) Eingabe, mit der sich Freundlich Ende 1919 um die Schaffung eines neuen Instituts einsetzte, an dem er das Sagen haben würde, muß im Kontext dieser bis dato für Freundlich nicht befriedigenden Abhängigkeit von Einstein gesehen werden, aus der er sich durch Schaffung längerfristiger Perspektiven wie eben einer Dauerstelle als wissenschaftlicher Leiter an einem *Einstein-Institut* zu befreien suchte. Daher erklärt es sich auch, daß Freundlich später von diesem Institut des öfteren wie von seinem Eigentum sprach, ohne die Beiträge aller anderen Beteiligten zu erwähnen.²⁸

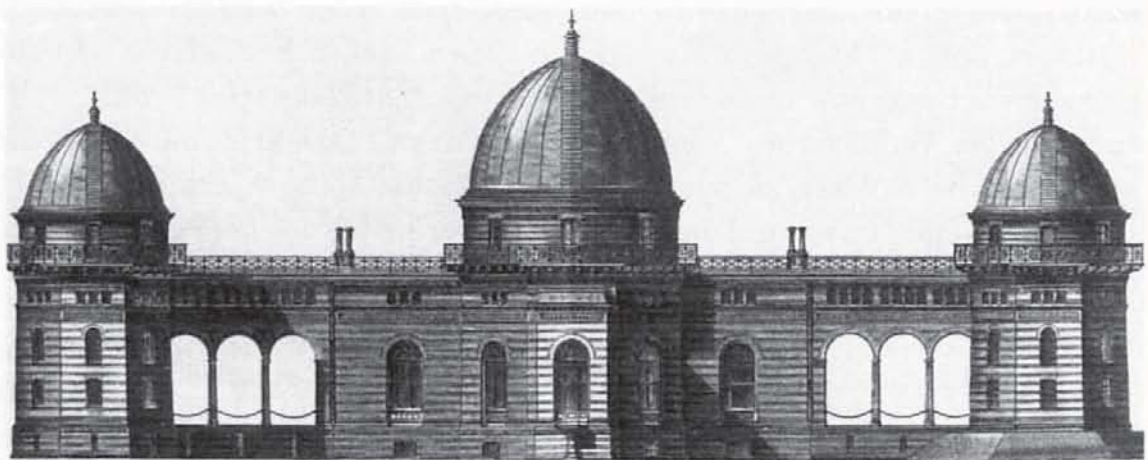


Abb.7 Das *Astrophysikalische Observatorium*, Potsdam; Tafel V aus Scheiner [1890].

²⁷ Freundlich an Klein, 11. III. 1918, UBG, Nachlaß 22B.

²⁸ Siehe die auf S. 151 zitierten Dokumente. Freundlichs Pläne dazu reichen bis Anfang 1917 zurück – siehe seinen Brief an Mendelsohn vom 18. I. 1917 (KJ.) S. 2, zu dem „Plan einer Stiftung aus privaten Mitteln zu dem Zweck, dass ich hier frei arbeiten kann.“

7. Astrophysik im internationalen Vergleich

Seit den Pionierarbeiten von Kirchhoff und Bunsen zur Spektralanalyse haben die Astronomen in rasch zunehmendem Maße von der neuen Möglichkeit Gebrauch gemacht, das Licht von fernen Himmelskörpern nicht nur registrieren, sondern auch analysieren zu können. Durch die Möglichkeit, deren spektral zerlegtes Licht mit irdischen Spektren vergleichen zu können, ergaben sich zunächst Aufschlüsse über deren chemische Zusammensetzung und ihre Relativgeschwindigkeiten zur Erde (via Doppler-Verschiebungen). Durch weiter verfeinerte spektralanalytische Verfahren und unter Ausnutzung neu entdeckter Effekte wie z.B. dem Zeeman- oder dem Starkeffekt erfuhr man auch genaueres über physikalische Bedingungen in den leuchtenden Atmosphären der Sterne. Die Disziplin der **Astrophysik** entstand,¹ in der die elektromagnetische Strahlung von astronomischen Objekten physikalischen Analysemethoden unterworfen wurde. Zwei vormals völlig verschiedene Wissenschaften, die katalogisierende und klassifizierende [Positions-]Astronomie, und die analysierende und erklärende Physik, rückten näher zusammen.² Als Karl Schwarzschild 1916 überraschend an den Spätfolgen einer Kriegsverletzung starb, fand diese neue disziplinäre Allianz auch anderweitig Niederschlag: in der Kommission der Berliner Akademie, die einen Nachfolger auszuwählen hatte, schlug Emil Warburg vor, die Direktorenstelle einem Physiker zu geben.³ Einstein, der auch dieser Kommission angehörte, unterstützte diesen Vorschlag, doch noch war er in Berlin nicht einflußreich genug und die Astronomen sperrten sich dieser Möglichkeit gegenüber kategorisch. Ernannt wurde der bei Wilhelm Förster zum Astronom ausgebildete und Einstein gegenüber wohlwollend gesonnene Gustav Müller⁴ (1851-1925), für den "außer seinen wissenschaftlichen Leistungen die Vertrautheit mit den lokalen Verhältnissen" sprach. Wesentlich unter Müllers Ägide wurde zwischen 1886 und 1906 die sogenannte Potsdamer photometrische Durchmusterung des nördlichen Sternenhimmels durchgeführt, bei der insg. über 14000 Sterne

¹Das Wort wurde geprägt von Zöllner (1866), der mit seinen Pionierarbeiten auf diesem Gebiet die Entwicklung der Astronomie bes. in Berlin stark beeinflusste - vgl. dazu Herrmann [1975], [1981] sowie zur Astrophysik Lankford [1981], Krafft [1981].

²Vgl. dazu z.B. Gingerich (Hrsg.) [1984]. Zum quantitativen Vergleich der Beiträge aus Deutschland und Amerika siehe Herrmann [1974].

³Siehe Kirsten/Treder (Hrsg.) [1979] Bd. 1, Dok. Nr. 94-95, S. 173ff.

⁴Seit 1877 als Assistent von Hermann Vogel am *Astrophysikalischen Observatorium*, wo er sich bis zur Direktorenstelle emporarbeitete, die er von 1917-1921 einnahm; zu Müller, den seine Zeitgenossen für seine "Gründlichkeit, Planmäßigkeit und Gewissenhaftigkeit" schätzten, siehe Ludendorff [1925] S. 163, 172, R.Müller [1925], Herrmann [1974].

bis zur Größe 7,5 erfaßt wurden, zweifellos ein hervorragendes Beispiel für die am *Astrophysikalischen Observatorium* durchgeführten Forschungsaufgaben, für die vielfach "außergewöhnliche Arbeitskraft, Gewissenhaftigkeit und Pflichttreue", aber nicht unbedingt Originalität erforderlich waren. In einem seiner Nachrufe wird Müller wie folgt charakterisiert:

Es war nicht der Mann überraschender neuer Ideen [...]. Müller war durchaus Astronom der alten, exakten Schule; die neuere Entwicklung der astronomischen Forschung war ihm daher nicht immer unbedingt sympathisch, aber er war doch weit davon entfernt, ihr schroff ablehnend gegenüberzustehen.⁵

Trotz dieses von Temperamenten wie denen Freundlichs oder auch Einsteins so gänzlich verschiedenen Charakterprofils Müllers muß er mit beiden relativ gut ausgekommen sein – vermutlich aufgrund seiner ihm allseits bestätigten Toleranz.⁶ Als Müller 1921 pensioniert wurde, versuchten die Physiker in der Stellenbesetzungskommission, der Einstein neben Müller, Hellmann, Rubens, Warburg, Planck und Nernst wiederum angehörte, aufs Neue, diesmal mit verstärktem Nachdruck, einen der ihren durchzubringen.⁷ Im Gespräch waren Einstein, der aber kein Interesse an diesem Posten zeigte, und Max von Laue⁸ (1879-1960), ein theoretischer Physiker und guter Freund Einsteins. Wiederum protestierten die Astronomen, doch es kam zu der Ausarbeitung eines Kompromißvorschlages an die *Preußische Akademie der Wissenschaften* bei dem v. Laue gleichberechtigt neben dem Fachastronomen Ludendorff⁹ an die erste Stelle ihrer Wahlvorschläge für den Nachfolger gerückt wurde, und zwar mit folgender Begründung:

Die Entwicklung der modernen Astrophysik hat es mit sich gebracht, daß die Verbindung der Astronomie und der Physik immer enger geworden ist. Die Astronomen können an den theoretischen und experimentellen Untersuchungen von Männern wie Einstein, Eddington, Michelson u.a., die zu den bedeutendsten Erfolgen geführt haben, nicht

⁵Ludendorff [1925]a S. 173; s.a. [1925]b Sp. 199-200.

⁶Ludendorff [1925]a S. 173: "Als Vorgesetzter war Müller bestrebt, seinen Untergebenen möglichst viel Freiheit zu lassen, da er der Überzeugung war, daß jeder am meisten leisten werde, wenn er Arbeiten ausführen könnte, die ihm Vergnügen bereiteten." Wie sehr unterschied er sich darin doch von Struve (s.o.) oder Ludendorff (siehe S. 133).

⁷Siehe Kirsten/Treder (Hrsg.) [1979] Bd. 1, Dok. Nr. 104-106, S. 183-187.

⁸Geb. in Pfaffendorf bei Koblenz, Promotion 1903 bei Planck in Berlin, Habilitation 1906 über Thermodynamik der Interferenzerscheinungen; nach Prof. in Zürich und Frankfurt seit 1919 o.Prof. für theoretische Physik an der Univ. Berlin und Mitglied der Preußischen Akademie der Wissenschaften; zu v.Laue siehe z.B. Ewald [1960], Franck [1960], Hermann [1973], Herneck [1979].

⁹Zu Ludendorff siehe S. 133 und Abb. 37.

stillschweigend vorübergehen, und andererseits haben die Physiker das allergrößte Interesse an den Fortschritten der Astronomie. Nur durch intimes Zusammenarbeiten der besten Kräfte auf beiden Gebieten ist etwas Vollkommenes zu erwarten.¹⁰

Der anvisierte Kompromiß, Ludendorff als geschäftsführenden Direktor einzusetzen und ihm v.Laue als ranggleichen zweiten Direktor an die Seite zu setzen, wurde nun aber vom Preußischen Kultusministerium abgelehnt. Letztendlich wurde Ludendorff als Direktor eingesetzt, der regelmäßig einem neueingesetzten Kuratorium Bericht zu erstatten hatte, in das sein Amtsvorgänger Müller ebenso wie v.Laue, Einstein und Planck als theoretische Physiker gewählt wurden. Die Aufgabe dieses Kuratoriums sollte neben einer allgemeinen Kontrollfunktion insbesondere die Beratung der Astronomen in physikalischen Fragen sein. Um "möglichste Arbeitsfähigkeit" dieses Gremiums zu garantieren und "recht häufiges Zusammentreten zu ermöglichen", wurden zu seinen Mitgliedern "nur Personen ernannt, die im Bereiche des Berliner Vorortverkehrs ansässig sind."¹¹ Der Vorsitzende dieses Kuratoriums war durchgängig Max von Laue; außerdem gab es jeweils auch einen Vertreter der *Physikalisch-Technischen Reichsanstalt*: bis 1925 der antirelativistisch gesonnene Optiker Ernst Gehrcke (1878-1960), danach der Spektroskopiker Friedrich Paschen (1865-1947).¹²

Zeitraum	Mitglieder des Kuratoriums
27. 2. 1922 - 31. 3. 1925	Einstein, v.Laue, Müller, Nernst, Gehrcke
1. 4. 1925 - 31. 3. 1928	Einstein, v.Laue, Ludendorff, (Müller, †1925), Nernst, Paschen
1. 4. 1928 - 31. 3. 1931 ab Juni 1929 zusätzlich	Einstein, v.Laue, Ludendorff, Nernst, Paschen Erwin Schrödinger
1.4. 1931 - 31. 3. 1934	Einstein, v.Laue, Ludendorff, Nernst, Paschen, Schrödinger
Nov. 1933:	Vorzeitige Auflösung des Kuratoriums

Tab.4 Die Zusammensetzung des Kuratoriums des *Astrophysikalischen Observatoriums*, Potsdam, 1922-1934 (bzw. 1933)

¹⁰AAW, II-XIV, 6, Bl. 7d.

¹¹Siehe Treder/Kirsten (Hrsg.) [1979] Bd. 1, Dok. 107, S. 187: Niederschrift über eine Besprechung im Kultusministerium vom 10. I. 1922.

¹²Vgl. dazu Kirsten/Treder (Hrsg.) [1979] Bd. 1, Dok. 107, 116 sowie Bd. 2, Dok. Nr. 374-376, 378f., 414-416, 456, 467, 474, 476, 483, 502, 505.

Nicht nur in personeller und institutioneller, sondern auch in instrumenteller Hinsicht war die Entwicklung der Astrophysik mit einigen Schwierigkeiten verbunden. Die Fusion von astronomischen und physikalischen Beobachtungsformen findet sich zunächst in Instrumenten wieder, bei denen z.B. an die wohlbewährten Fernrohre am Ende einfach physikalische Analysegeräte wie insbesondere Prismen angehängt wurden, mit denen das empfangene Licht spektral zerlegt wurde und dadurch physikalischer Analyse zugänglich gemacht wurde. Dabei entstand zunehmend das Problem, die Fernrohre mit immer schwerer und umfangreicher werdenden Zusatzapparaturen ausstatten zu müssen, um all die für die astrophysikalische Analyse notwendigen Daten sammeln zu können. Andererseits limitierte dies die erforderliche Genauigkeit in der Montierung und Justierung ihrer Geräte, die immer unhandlicher wurden.

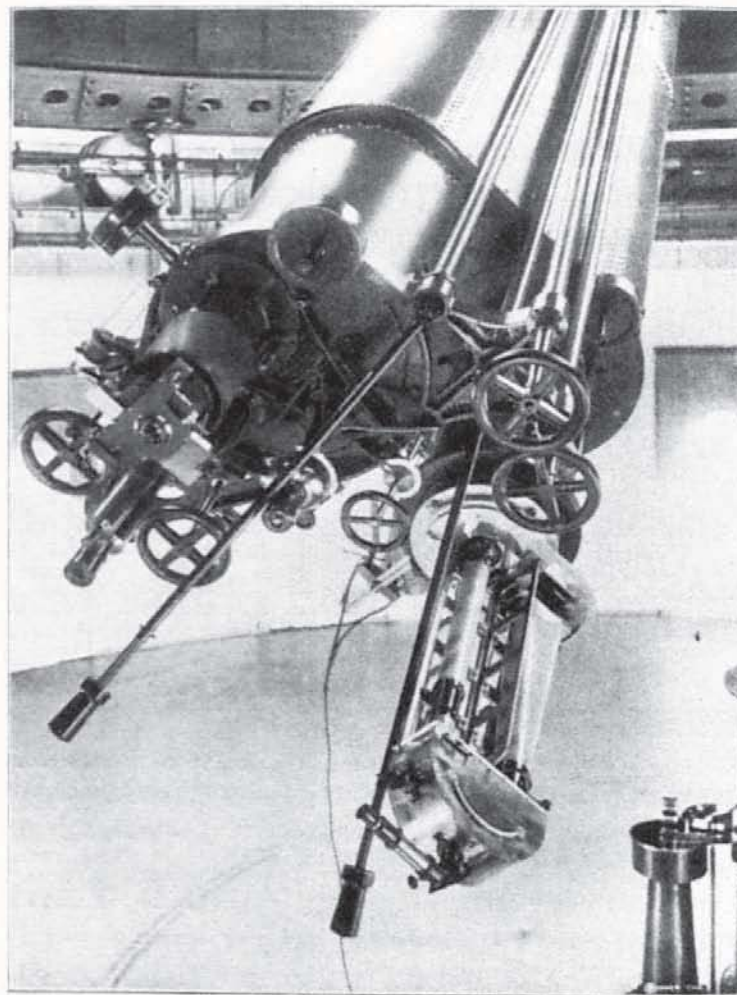


Abb.8 Fernrohr mit angesetztem Spektralapparat, *Astrophysikalisches Observatorium, Potsdam*, aus Vogel [1900] Tafel IX bzw. Abb. 1.

Der erste, der dieses sich ständig verschärfende Problem durch eine radikale Neukonzeption eines Observatoriums, das nach seinen Plänen gebaut wurde, anging, war der Amerikaner George Ellery Hale (1868-1938).¹³ Auf seine Initiative geht der Bau von drei großen Observatorien in den USA zurück, die jeweils Meilensteine in der Geschichte astrophysikalischer Observatorien darstellten. 1897 wurde in Williams Bay das *Yerkes Observatory* eingeweiht, dessen wichtiges Beobachtungsgerät, das sog. Snow-Teleskop, das Bild der Sonne über ein Zwei-Spiegel-System (einen sog. Coelostat – siehe Abb. 31)¹⁴ in einen horizontalen Schacht lenkte, an dessen Ende das Licht dann weiter analysiert wurde. Aufgrund seiner dort gemachten Erfahrungen entschied sich Hale für die Erprobung einer noch weiter veränderten Anordnung von Spiegeln, Linsen und Analysegeräten. Am Snow-Teleskop hatte sich des öfteren störender Einfluß von bodennahen Temperaturschwankungen und Luftzugsbewegungen bemerkbar gemacht. Um diesen bodennahen Störungen zu entgehen, wurde (finanziert durch die *Carnegie-Institution* in Washington und andere private Spender) 1904 bei Pasadena auf dem Mt. Wilson das erste Turm-Teleskop für astrophysikalische Untersuchungen gebaut, bei dem der Coelostat auf der Spitze eines 20 Meter-(60 foot)-Turmes stand und das Sonnenlicht senkrecht nach unten in einen ebenerdigen Laborraum warf. Um der Krümmung der Spiegel durch Aufheizung Einhalt zu gebieten, wurden die Linsen aus besonders dickem Glas hergestellt und während der Messungen teils auch mit elektrischen Ventilatoren gekühlt.

Nach ersten Erfolgen mit diesem neuen Typ wurde 1912 auch ein 50 Meter hoher Turm (150 foot) nach gleichem Konstruktionsprinzip gebaut, bei dem die Laborräume unterirdisch waren, so daß sie noch leichter auf konstanter Temperatur gehalten werden konnten.¹⁵ Bei beiden Turm-Teleskopen des *Mount Wilson Solar Observatory* wird also das eigentliche Fernrohr nicht mehr bewegt, sondern in senkrechter Stellung mit dem Objektiv nach oben fest (als Turm) installiert. Nachgeführt wird nur noch der Coelostat in der Kuppel, der von einem durch eine Sternzeitpendeluhr genau kontrolliertem Triebwerk entgegen der Drehung der Erde mit halber Winkelgeschwindigkeit der Erdrotation entgegengedreht wird, so daß das Licht von Sonne und Gestirnen stets in derselben Richtung reflektiert wird. Ein weiteres Markenzeichen aller Observatorien, die durch Hale gegründet wurden, war die hervorragende

¹³Zu Hale vgl. u.a. Adams [1938], Wright [1972], Hufbauer [1991] S. 73ff.

¹⁴Vgl. Lippmann [1895], Stoney [1896], Villiger [1926], Hale u. Nicholson [1938] S. 3ff. zu den Vorzügen von Coelostaten sowie Hale [1905], Briggs [1991] zum Snow-Teleskop.

¹⁵Vgl. hierzu u.a. Hale [1908], [1915], Hale u. Nicholson [1938] S. 5-15 sowie z.B. Schmitz [1984] S. 291ff zur weiteren Entwicklung von Turm-Teleskopen.

Ausstattung des angegliederten Laboratoriums, u.a. mit Elektromagneten zur Messung von Zeeman-Aufspaltungen, elektrischen Öfen zur Erzeugung von Emissionsspektren leuchtender Gase von hoher Temperatur und hochauflösenden Spektralanalysegeräten.

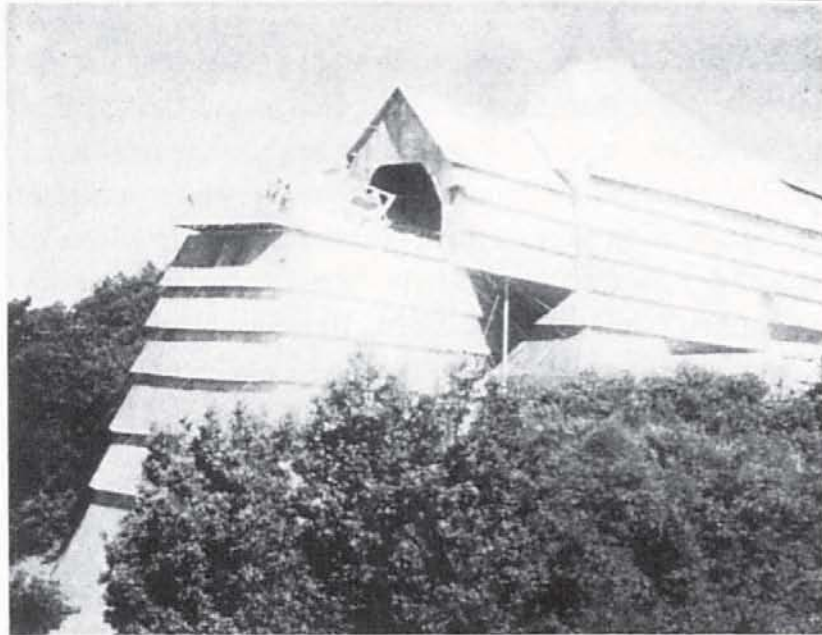


Abb.9 Frühe astrophysikalische Observatorien in den USA. Oben: das Snow-Teleskop des Yerkes Observatorium; unten: das erste 60-Fuß Turm-Teleskop in Mt. Wilson. Beide Abb. aus Hale [1915].

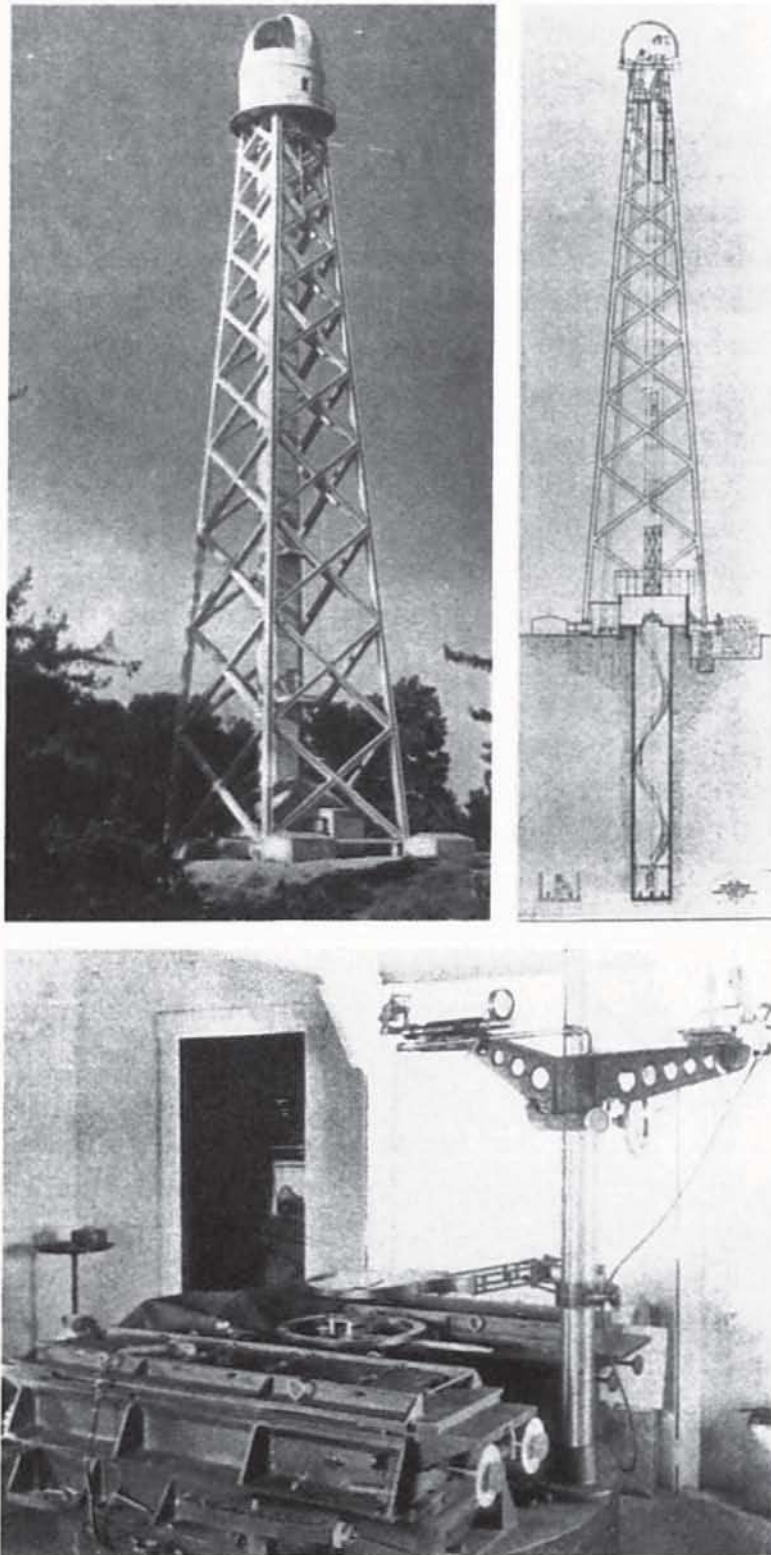


Abb.10 Das 150-Fuß Turm-Teleskop des Mt. Wilson Observatoriums. Links oben eine Photographie und rechts oben eine schematische Konstruktionszeichnung; unten: Laboratoriumsdetails. Alle Abb. aus Hale [1915].

An diesem Observatorium arbeitete Hale z.B. an seiner Analyse der magnetischen Felder in Sonnenflecken durch minutiöse Analyse der Zeemanaufspaltung von Spektrallinien; hier studierte Arthur Scott King (1876-1957) die Temperaturabhängigkeit von Spektren an den modernen elektrischen Öfen; hier analysierte Walter Sydney Adams (1876-1956) mit Mitarbeitern die merkwürdige Mitte-Rand-Variation der Verschiebungen von Spektrallinien der Sonne; und hier arbeitete auch Charles Edward St. John (1857-1935), der international anerkannte Experte für Hochpräzisionsmessungen aller Arten von Verschiebungseffekten im Fraunhoferspektrum der Sonne.¹⁶

Die vorzügliche instrumentelle Ausstattung des amerikanischen Zentrums für Astrophysik nach 1904, des *Mount Wilson Observatory*, ließ bei deutschen Forschern den Eindruck aufkommen, daß man den instrumentellen Vorsprung so schnell wie möglich aufholen müsse, wenn man den Anschluß an die spektroskopische Forschungsfront nicht endgültig verlieren wolle: "Mit vollster Bewunderung und einem gewissen Neid muß es erfüllen, wenn man von den großartigen Hilfsmitteln hört, welche die Sternwarte des Mount Wilson für solche Versuche bietet."¹⁷ Doch dies allein reichte noch nicht – eine von Gustav Müller 1918 zusammen mit einer Projektskizze von Freundlich beim Ministerium eingereichte Gedenkschrift mit der Bitte um einen Zuschuß von 30-50 000 Mark versandete zunächst in der Bürokratie.¹⁸ Als dann Ende November 1919 auch noch in allen Tageszeitungen verbreitet wurde, daß eine englische Expedition unter der Leitung von Eddington und Crommelin den von Einstein vorhergesagten Lichtablenkungseffekt während einer Sonnenfinsternis bestätigt hatte, war vielerorts erneut Empörung über die Nicht-Beteiligung Deutschlands an dieser Frage zu hören. Freundlich und Einstein entschlossen sich, den günstigen Augenblick zu nutzen.¹⁹ Freundlich entwarf einen "Aufruf zur Einstein-Spende", der im Dezember 1919 diversen finanzkräftigen Geldgebern in Industrie und Handel zugeschickt wurde, und in dem für die Bereitstellung von 500 000 Mark geworben wurde, die dem astrophysikalischen Observatorium die Möglichkeit verschaffen sollten, an dem Problem der experimentellen Prüfung der allgemeinen Relativitätstheorie mitzuwirken. Geschickt wurde auch mit dem Ausblick auf das

¹⁶Zu Hales und Adams Arbeiten siehe z.B. Hufbauer [1991] S. 76ff, zu St. John siehe Earman u. Glymour [1980]a, Hentschel [1992] sowie dort genannte weitere Literatur.

¹⁷So referiert v.Laue 1920 einen Passus im Referat des Würzburger Physikers Glaser über neuere Messungen des 'Einstein-Effektes im Spektrum'; vgl. Schwarzschild [1910].

¹⁸Vgl. dazu die Postkarte Freundlichs an Mendelsohn, 17. VIII. 1918, KJ.

¹⁹Man vergleiche den Zusatz von W. Nernst zum Entwurf des Aufrufes vom 31. XII. 1919: "Der Zeitpunkt für die Aktion ist gewiß günstig!" Kirsten/Treder (Hrsg.) [1979] Bd. 1, S. 177 bzw. AAW, Bestand Astrophysikalisches Observatorium, Akte Nr. 147, .

Ausland operiert:

Die Akademien Englands, Amerikas und Frankreichs haben unter Ausschluß Deutschlands vor kurzem eine Kommission eingesetzt zur energischen Durchführung der experimentellen Grundlegung der Allgemeinen Relativitätstheorie. Es ist Ehrenpflicht derer, denen an der Kulturstellung Deutschlands gelegen ist, nach Maßgabe ihres Könnens die Mittel aufzubringen, um wenigstens *einer* deutschen Sternwarte die Prüfung der Theorie in unmittelbarer Zusammenarbeit mit ihrem Schöpfer möglich zu machen.²⁰

Dieser Aufruf erbrachte innerhalb eines Jahres stattliche 350 000 Reichsmark aus privater Hand sowie von industriellen Verbänden, die auch durch den *Reichsverband der deutschen Industrie* mobilisiert worden waren.²¹ Die Mitwirkung der Industrie machte sich nicht nur dadurch bemerkbar, daß der Geschäftsführer des *Reichsverbandes*, Dr. Rudolf Schneider, in das neueingesetzte Kuratorium zur Verwaltung der Spendengelder miteinbezogen wurde, sondern auch durch Sachmittelunterstützung durch Firmen wie Carl Zeiss in Jena und Schott u. Co., die die Lieferung der Optik bzw. der instrumentellen Einrichtung zu Herstellungspreisen zusicherten und ein besonders wertvolles Objektiv Freundlich zunächst für mehrere Jahre leihweise überließen.

Die Zusammensetzung der Spender wird durch die nachstehende Spenderliste aus den Akten des Einstein-Turmes noch weiter illustriert. Die normalerweise fällige Schenkungssteuer für die an die *Einstein-Spende* überwiesenen Beträge wurde nach einigem Hin und Her nicht erhoben.²² Und auch als im Mai 1920, nachdem so viel Geld durch private Spender aufgetrieben worden war, noch immer die Zusage der Regierung fehlte, im Preußischen Staatshaushalt 150 000 Mark Zuschuß für das Projekt bereitzustellen, winkte Freundlich erneut mit dem Zaunpfahl, daß etwas geschehen müsse, "um zu verhindern, daß der weitere Ausbau dieses wichtigen Forschungsgebietes der deutschen Wissenschaft verloren ginge, waren doch nicht nur die Konzeption der neuen Anschauungen ausschließlich geistiges Eigentum eines Deutschen, sondern auch die ersten Versuche ihrer Prüfung an der Erfahrung und die Verfolgung der weiteren Konsequenzen in Deutschland zuerst in Angriff genommen worden".²³ -

²⁰Ibid., Hervorhebung Orig.

²¹Vgl. u.a. die Druckschrift zum Stand des Aufrufs 'Albert-Einstein-Spende', AAW, Astrophysik. Obs., Akte Nr. 147, 1920.

²²Siehe Kirsten/Treder (Hrsg.) [1979] Bd. 2, Dok. Nr. 367f., 382, 393.

²³Freundlich im Auftrage der Einstein-Spende an Kultusminister Haenisch, 5. V. 1920, abgedruckt in Kirsten/Treder [1979] Bd. 1, Dok. Nr. 100, S. 178.

Auszug aus der Spender-Liste zur Einstein-Spende.

Badische Anilin- und Sodafabrik, Ludwigshafen a/Rh.	M. 24 000.—
Farbwerke vorm. Meister, Lucius & Brüning, Höchst a/Main ..	24 000.—
Hauptkasse d. Farbenfabriken vorm. Friedr. Bayer & Co., Leverkusen ..	24 000.—
*) Carl Zeiss-Stiftung Jena	20 000.—
Robert Bosch, Stuttgart	20 000.—
F. Herrmann & Co., Luckenwalde	20 000.—
N. N.	20 000.—
Mendelssohn & Co., Berlin	20 000.—
Otto Wolff, Berlin, Paulstr. 20	20 000.—
Berliner Handelsgesellschaft	15 084.40
Wolf Netter & Jacobi, Berlin	10 000.—
Großloge für Deutschland, Berlin W 62, Kleiststr. 12	10 000.—
Firma Leopold Cassella & Co. G. m. b. H., Frankfurt a/M.	10 000.—
Außenhandelsstelle für Eisen- u. Stahlerzeugnisse	10 000.—
N. N.	10 000.—
A. G. für Anilinfabrikation, Berlin SO	9 000.—
Chemische Fabrik Griesheim-Elektron, Frankfurt a/M.	6 000.—
Vereinigte Spitzen- und Klöppel-Industrie	6 000.—
***) Firma Siemens & Halske A. G., Siemensstadt	5 000.—
Verein deutscher Maschinenbau-Anstalten	5 000.—
***) Sekretariat der Allgemeinen Elektrizitätsgesellschaft, Berlin ..	5 000.—
Gebrüder Junghans A. G., Schramberg	5 000.—
Bankdirektor Dr. Dannenbaum, hier	5 000.—
Max M. Warburg, Hamburg	5 000.—
Adolf Pitsch Berlin C 19, Hausvogteiplatz 6/7	5 000.—

*) Die Firma C. Zeiß hat Optik im Werte von Mk. 300.000 gestiftet und baut die geplante Anlage, einen Turmspektrograph, zu Gestehungskosten. Unter den gleichen Bedingungen liefert die Firma Schott & Genossen das ganze Glas.

**) Es ist von Seiten der großen Elektrizitätswerke ein Zusatzbeitrag zur Spende in Form der Lieferung der elektrischen Anlage zu besonderen Bedingungen in Aussicht genommen, die als Leistung einem Vielfachen des obigen Betrages entspricht.

Abb.11 Liste der Donatoren für die *Einstein-Spende*, 1920. Aus AAW, *Astrophys. Obs.*, Akte Nr. 147.

8. Der Bau des Einstein-Turms

Tabelle 5 gibt eine Übersicht zur Bilanz für die Finanzierung der Errichtung des Einstein-Turmes bis Oktober 1921:¹

Einnahmen und Unkosten	bis Okt. 1921	insg. (in Mark)
<i>Einstein-Spende</i>	+1 410 582,96	+1 190 000
Zuschuß von Preuß. Regierung	+150 000,00	+ 200 000
Bau und Einrichtung des Turmteleskops	-794 675,68	-850 000
Apparate und Optik	-73 421,13	-220 000
Elektr. Experimentieranlage	-14 387,80	-260 000
Frachten, Montagelöhne, Druckerei	-44 619,30	-45 000
	+ 633 479,05	Σ= + 15 000

Tab.5 Die Finanzierung des Einstein-Turms

In den Kosten für Bau ist auch eingeschlossen ein Betrag von 65 000 Mark für den Architekten (Mendelsohn, s.u.), den dieser im Oktober 1921 erhielt. Den größten Teil des Postens 'Apparate und Optik' verschlang ein Vorschuß von 66 667 M an die Firma Zeiss für den Einbau des Turmspektrographen, der nach der Geldaufwertung 1924 noch um eine Nachforderung von 23 250 (Renten)mark ergänzt wurde.² Warum sich der Aktivposten der *Einstein-Spende* zwischen Oktober 1921 und 1922 bereits um mehrere Hunderttausend Mark verkleinerte, ist mir nicht klar geworden, da die Steuern für 1921 bereits vom ersten Betrag abgezogen waren. Vielleicht handelt es sich hierbei um Inflationsverluste. Zum Vergleich: für die *Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft* wurde nach ihrer Gründung 1920 bis Ende 1921 75 Millionen Mark (umgerechnet 1,6 Millionen Goldmark), bis Ende 1922 insg. ca. 100 Millionen Mark gespendet.³

Wegen der seit 1920 galoppierenden Inflation war nach dem Zusammentrommeln der Gelder Eile geboten gewesen, um diese nicht vorzeitig wertlos werden zu lassen, und als im September 1920 dann schließlich zwischen dem

¹Vgl. AAW, *Astrophys. Obs*, Nr. 147, Aufrechnung der Unkosten bis 1921; *ibid.*, Nr. 147, Mitteilung des Kuratoriums der Einstein-Spende durch E.F. Freundlich, 1922.

²Siehe Kirsten/Treder (Hrsg.) [1979] Bd. 2, Dok. Nr. 364f., 407.

³Siehe Schlicker [1979] S. 434. Die Inflationsrate betrug 1919 noch 58,1 % , 1920 immerhin 113,1 % , 1921 28,1 % , 1922 1024,6 % und 1923 105,8 Millionen % ! Daten aus *Brockhaus Enzyklopädie*, 19. Aufl. 1989, Bd. 10, S. 492.

Kultus- und dem Finanzminister Einigkeit über eine (inzwischen auf 200 000 Mark gestiegene) Staatsbeteiligung erreicht worden war,⁴ und damit von der Finanzierungsseite her grünes Licht für das Projekt gegeben war, machte es sich bezahlt, daß Freundlich schon länger mit einem Architekten Kontakt hatte, der die Pläne schon bald darauf fertig ausgearbeitet hatte.

Dieser Architekt war Erich Mendelsohn⁵ (1887-1953), geb. in Allenstein (Ostpreußen) als Sohn jüdischer Eltern in bescheidenen Verhältnissen als zweitjüngstes von insg. 6 Kindern. Nach dem Besuch der Grundschule und des humanistischen Gymnasiums in Allenstein nahm Mendelsohn zunächst 1907 ein Studium der Volkswirtschaft an der Universität München auf, wechselte aber schon 1908 zum Architekturstudium über und besuchte zwischen 1908 und 1910 die Technische Hochschule Berlin-Charlottenburg, von 1910-1912 die TH München, wo er sein Studium bei Theodor Fischer mit dem Diplom abschloß. Die nächsten zwei Jahre verbrachte er in München, kam in dieser Zeit aber nicht an Bauaufträge heran und verdiente sich seinen Lebensunterhalt durch Plakat-, Bühnen- und Schaufenstergestaltungen. Gegen Ende seiner Münchner Zeit kam er in Kontakt zu Künstlern des 'Blauen Reiters' und war beteiligt am Projekt eines 'Expressionistentheaters'. Nach Ausbruch des Ersten Weltkrieges zog er nach Berlin um – vom Heeresdienst blieb er zunächst wegen seiner schlechten Augen zurückgestellt. Über seine Freundin Luise Maas, die er 1915 heiratete, kam er in Kontakt mit Erwin F. Freundlich, der auch nach seiner Einberufung zur Wehrmacht Ende 1915 in Form von Korrespondenz fortgeführt wird.

Die Briefe Freundlichs an Mendelsohn seit 1917 haben sich im Nachlaß des Architekten zusammen mit einigen Entwürfen von Schreiben Mendelsohns an Freundlich erhalten. Während ihre ersten Briefe vorwiegend die Kriegserlebnisse und die politische Lage reflektieren, kommen in den Briefen seit Mai 1917 auch die zu dieser Zeit sich formierenden Pläne Freundlichs zur Sprache, mit denen er sich aus seiner mißlichen Lage als ein von den Berliner Astronomen ungeliebter Astrophysiker zu befreien versuchte. Schon in seinem Brief vom 18. Mai 1917 spricht Freundlich davon, daß "neue Möglichkeiten" aufgetaucht sind und er vielleicht die Leitung einer Sternwarte übernehmen könne. Das Thema Sternwarte reizt den zu dieser Zeit an der Rußland-Front stehenden Mendelsohn zu ersten spielerischen Skizzen auf dem kleinen Handblock.

Die frühesten erhalten gebliebenen Skizzen zeigen noch sehr deutlich den fließenden Übergang von anderen Bauformen (insbesondere Theater) in die

⁴Vgl. Treder/Kirsten (Hrsg.) [1979] Bd. 1, S. 180f.

⁵Zu Mendelsohn vgl. Mendelsohn [1930] (auch als Reprint). Siehe ferner Whittick [1940/56], Banham [1954], v.Eckhardt [1960], Zevi [1963], [1985], Achenbach [1987].

sich allmählich, sozusagen beim Zeichnen formende Vorstellung von einer möglichen Gestaltung des Äußeren einer solchen Sternwarte. In einem Brief an Luise Mendelsohn vom 24. Juni 1917 spricht Mendelsohn vom "Tellurischen und Planetarischen", das sich in diesen Visionen vereint fände.⁶

Auch Freundlich erhielt einige dieser schwungvollen Zeichnungen zugesandt, äußerte allerdings leichte Zweifel an der Brauchbarkeit dieser Ideen-skizzen für reale Bauten. Daraufhin schrieb ihm Mendelsohn:

Bis es mir vergönnt ist, die Brauchbarkeit meiner Arbeit durch die Ausführung zu beweisen, kann ich mich nur grundsätzlich äussern, gewissermassen programmatisch, wobei die differenzierten Schwingungen meist völlig aufgesogen werden. ||

Meine Skizzen sind Daten, Kontourfixierungen eines plötzlichen Gesichtes. | Ihrer baukünstlerischen Natur nach erscheinen sie unmittelbar als Ganzes | und wollen so gehalten werden. || [...]. ||

Nun beruht jeder künstlerische Eindruck auf eigener energetischer | Steigerung. | Teile reihen sich, neigen sich, überragen. |

Ihr Kräftespiel erst vermittelt den Gesamtausdruck. |

Dazu gehört die Steigerung in der Masse und in der Fläche. |

Die Massensteigerung bedeutet: |

Staffelung – liegende – steigende Massen |

Bewegung – gespannte (tragende) – entspannte (lastende) Eisen (Stein)

Massen | – Konstruktion! | Massenausgleich ist Massenrhythmus. ||

Die Flächensteigerung bedeutet: |

Funktion – schliessende – einlassende Flächen |

Reichtum – geschlossene – aufgelöste Flächen, Dekoration! |

Flächenausgleich ist Flächenrhythmus. | Rhythmische Relativität ist

Charakter, Harmonie. | Beide haben vom Grundriss ihr Leben, von

beiden kann der Grundriss abgelesen | werden. | Das ist Bekenntnis

zum Grundgesetz aller Baukunst.⁷

Diese fast gedichtartig gesetzten Zeilen Mendelsohns erläutern nicht nur seine meisterhaften Architekturskizzen, von denen 1919 übrigens eine Auswahl in der Galerie Paul Cassirers in Berlin und dann auch andernorts unter dem Titel 'Architektur in Eisen und Beton' ausgestellt wurde,⁸ sondern auch die Konzeption Mendelsohns für den Einstein-Turm.

⁶Siehe die Briefauswahl Mendelsohns von Beyer (Hrsg.) [1961], S. 40.

⁷Mendelsohn an Freundlich, 29/30. X. 1917, KJ. '|' bedeutet Zeilenumbruch, '||' Absatz im originalen, maschinenschriftlichen Dokument, dessen Umlaute dort als 'oe' etc. geschrieben wurden.

⁸Siehe dazu Achenbach [1987] S. 16, 52ff.



Abb.12 Mendelsohn beim Zeichnen. Aus Mendelsohn [1930].



Abb.13 Mendelsohns früheste Skizzen zum Thema Sternwarte (1917-1919), aus Whittick [1940/56], Abb. 54-55.

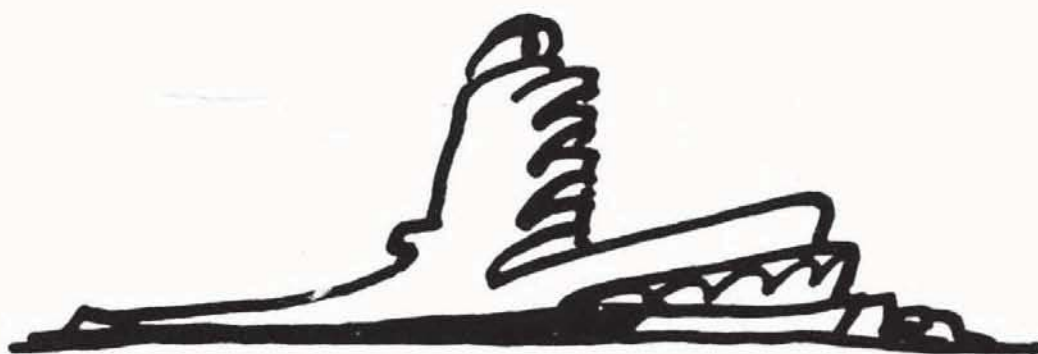
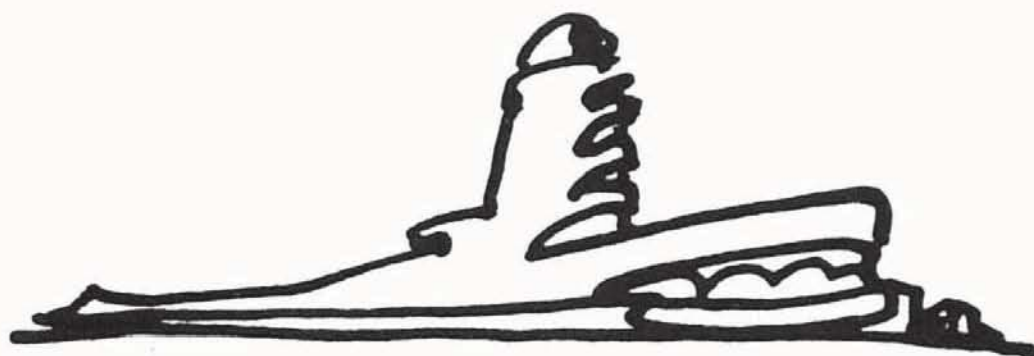
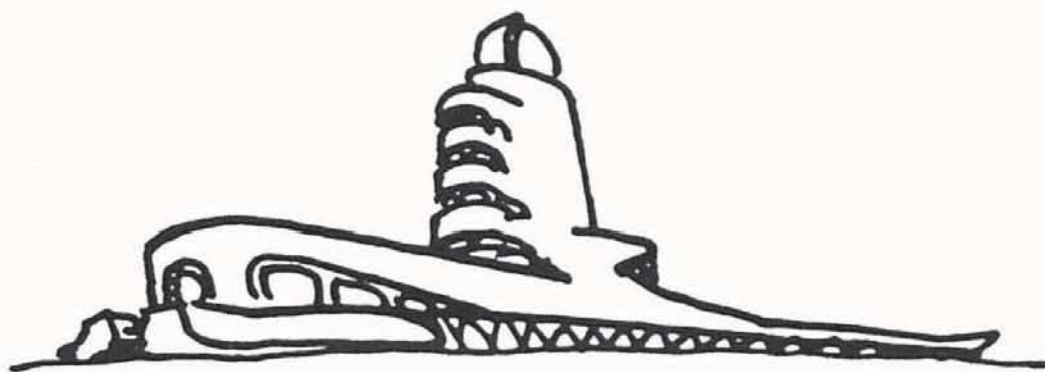


Abb.14 Drei skizzenartige Entwürfe Mendelsohns zum Einstein-Turm, ca. 1920, aus Achenbach (Hrsg.) [1987] S. 63.

Besonders aufschlußreich ist ein Brief Freundlichs vom 2. Juli 1918, mit dem die heiße Phase der Planung beginnt. Nachdem er seine Assistentenstelle an der Sternwarte Babelsberg verloren hatte, berichtete Freundlich:

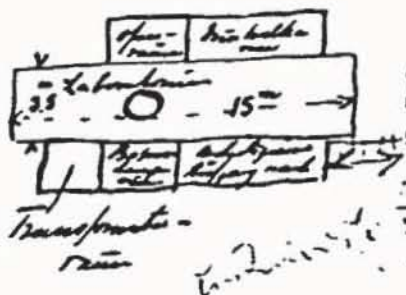
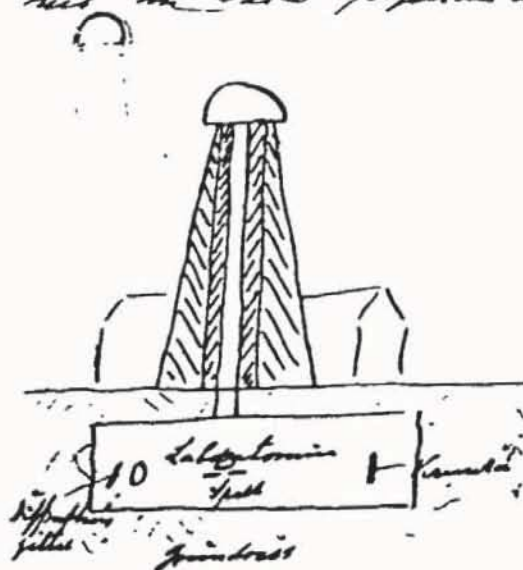
Ich trage mich mit dem Projekt, ein kleines Institut für meine Arbeiten zu bauen, nachdem mir die massgebenden Persönlichkeiten des Kaiser-W. Inst. ihre Zustimmung zu meinen Plänen gegeben haben und ich direkt aufgefordert worden bin, eine Gedenkschrift mit Entwürfen vorzulegen. [...] der Direktor der Potsdamer Sternwarte hat mir auf dem Terrain seiner Sternwarte ein sehr günstiges Grundstück als Bauplatz angeboten. Wenn es sich einrichten läßt, so werde ich versuchen, dass Sie die Entwürfe für die äussere Architektur machen können, obwohl es sich um keine sehr lohnende Arbeit für Sie handeln wird. Ich habe mir die Sache folgendermaßen gedacht.

Ein Betonturm von 15m Höhe trägt oben die kleine Kuppel von 1,5-2,0 Meter Durchmesser. Der Turm ist doppelwandig d.h. sein äusserer Mantel umfasst einen ganz isolierten Schornstein von vielleicht 500 m/m freier Öffnung und 500 m/m Wandstärke. Auf diesem einen Schornstein steht ein Coelostat (Heliostat), der mit Hilfe seiner Spiegel das Bild der Sonne senkrecht nach unten in ein unterirdisches Laboratorium wirft, so dann auf einem horizontalen Betonfundament (isoliert) Spalt, Kamera, Diffraktionsgitter zur Erzeugung des Spektrums montiert sind. Das unterirdische Laboratorium ist etwa 15 m lang und nur so hoch und breit als unbedingt nötig, da es auf konstanter Temperatur gehalten werden soll. An das Laboratorium grenzen nur durch Fensterchen bzw. Doppeltüren mit ihm verbunden, mehrere Räume und zwar 1) d. Raum für den elektrischen Ofen, 2) Raum für elektrische Bogenlampen; beide für sich gut ventiliert und mit Anschlüssen an die Starkstromanlage bzw. Luftpumpen versehen. Ferner liegt dort eine Dunkelkammer und ein Arbeitszimmer mit Ausgang in die Oberwelt. Am Fusse des Turmes steht nur ein kleines Häuschen, das vielleicht ein oder 2 Räume hat und nach unten ins Laboratorium führt. Meine Skizze ist natürlich nur schematisch zu verstehen [...].⁹

Insbesondere beim Anblick der kleinen Skizze, die in diesen Brief integriert war (vgl. Abb. 15) wird nochmals klar, wie stark sich Freundlich bei der technischen Auslegung des 'kleinen Instituts' an dem Vorbild Mt. Wilson orientiert hat. Er erwog also 1918 auch genau die Konstruktionseigenart, die von Hale mit dem 50-Meter Turmteleskop realisiert worden war (vgl. Abb. 10), nämlich die Verlegung der Laboratorien in einen unterirdischen Raum

⁹ Freundlich an Mendelsohn, 2. VII. 1918, Kunstbibliothek Jebenstr., Mendelsohn-Nachlaß, zitiert nach Achenbach (Hrsg.) [1987] S. 61f.

Betrachtet kommen, haben nach der ersten Besprechung mich
 mit der Erläuterung gelitten, nach der von mir gemacht
 Skizzen genau Plan machen für diejenige sind die Dächer
 der Potsdamer Stenwert hat mich auf dem Terrain die-
 ses Stenwert ein 16-jähriges Grundstück als Bau-
 platz angeboten. Wenn es sich einrichten lässt, so werde
 ich ersuchen, dass Sie die Erläuterung für die ausstehen-
 der Architekturbüro machen können, obwohl es sich nicht
 ohne Rücksicht belästigt für Sie handeln wird. Ich habe
 mich bei Sie folgende machen gedacht.



Ein Bonturm von 15 m Höhe
 trägt oben ein kleiner Kuppel von
 1.5 - 2.0 miter Durchmesser. Der
 Turm ist doppelwandig d.h. zwei
 äusseren Mantel verfertigt
 mit feig isolierte Korkstein
 von dichte 500% feine Öffnung
 mit 500% Korkstärke. Auf
 dem inneren Korkstein stellt
 ein Gestein (Kalkstein), das mit
 einem feinen Spiegel des Bild

Abb.15 Faksimile einer Seite des Briefes von Freundlich an Mendelsohn von 2. Juli 1918
 mit Skizzen, aus KJ; vgl. Achenbach (Hrsg.) [1987] S. 62.

tief unter dem Turm,¹⁰ doch aus Gründen der leichteren Zugänglichkeit entschied er sich dann für **die schließlich in Potsdam realisierte Ausführung**: In der drehbaren Kuppel von 4,5 m Innendurchmesser sind zwei Coelostatspiegel von 85 cm Durchmesser und 17 cm Dicke eingebaut, die das Licht senkrecht nach unten in die Linse des senkrecht stehenden Fernrohrs mit 60 cm Durchmesser und 14 m Brennweite (etwa die Höhe des Turms) umlenken. Das Sonnenbild von etwa 14 cm Größe wird dort durch einen Umlenkspiegel in die Horizontale abgelenkt und fällt dann auf die Spaltwand zwischen Arbeits- und Dunkelraum (vgl. Abb. 36). In der Spaltwand ist ein feiner Präzisionsspalt angebracht, durch den der vom Beobachter ausgewählte Teil des Sonnenbildes in einen thermoisolierten Dunkelraum eintritt, in dem ein Prismenspektralapparat (mit Prismen von 320 mm Länge, 145 mm Höhe, 30° brechendem Winkel sowie einer Dispersion von $2\text{Å}/\text{mm}$ für Licht mittlerer Wellenlänge (4000 Å), von Schott u. Co. in Jena gegossen und von den Zeisswerken geschliffen) sowie ein Gitterspektrograph (mit 100 000 Furchen und einer Gitterkonstante von 600 Furchen pro mm) stehen, die beide vom Arbeitsraum vor der Spaltwand aus durch Drucktasten oder Kurbeln gesteuert werden (vgl. Abb. 33), um den Dunkelraum während der Messung nicht betreten zu müssen. Von diesen Spektrographen wird das spektral zerlegte Licht dann zur Spaltwand zurückgeleitet und dort mit einer in eine Kasette eingelegten photographischen Platte für die weitere Auswertung registriert. Wegen der großen Dispersion erreichten die untersuchten Spektren vom roten bis zum violetten Farbbereich eine Gesamtbreite von 4-12 m.

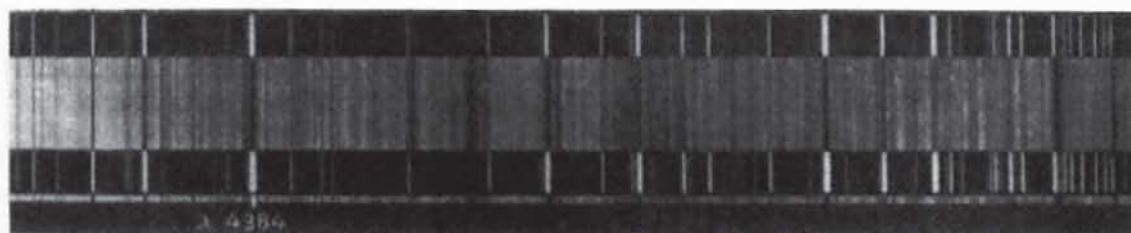


Abb. 9a. Aufnahme des Sonnenspektrums

mit dem Flangitter in 1. Ordnung (natürliche Größe) $\rightarrow 1\text{ Å} \approx 0,75\text{ mm}$ — gleichzeitig mit dem Emissionsspektrum des Eisens aus einer Bogenlampe. Man sieht deutlich wie den hellen Emissionslinien des Eisens im Bogenlampenlicht dunkle Absorptionslinien im Sonnenspektrum entsprechen, hervorgerufen von den in der Sonnenatmosphäre das Licht dieser Farbe absorbierenden Eisenatomen.

Abb.16 Photographie des Sonnenspektrums mit Fraunhoferlinien (horizontaler Mittelstreifen) und eines Vergleichsspektrums mit Emissionslinien (oberer und unterer horizontaler Streifen). Aus Freundlich [1927]b S. 22, mit Original-Bildunterschrift.

¹⁰Siehe *ibid.*, S. 61, 63, Abb. 20 sowie die vorstehende Abbildung.

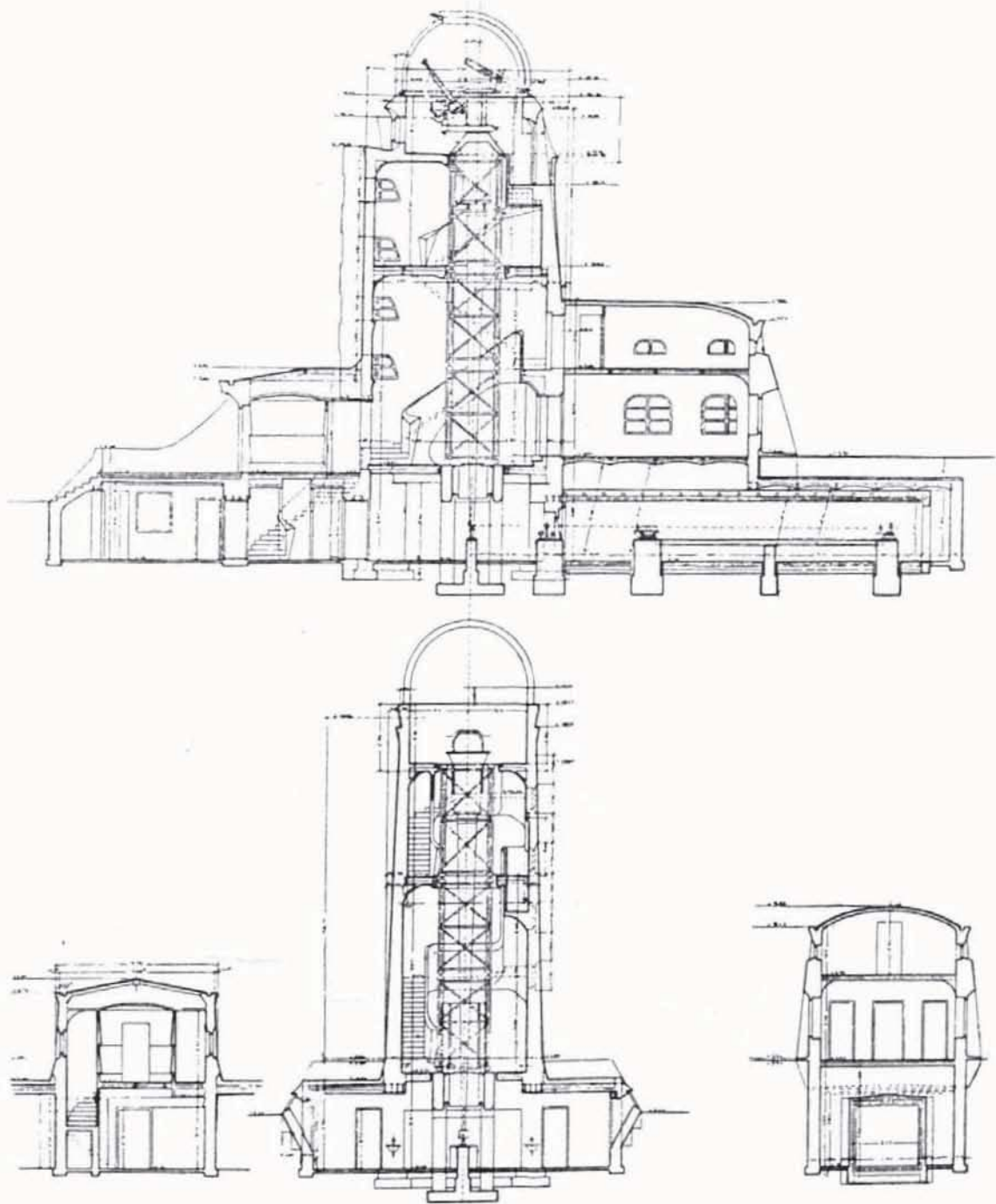
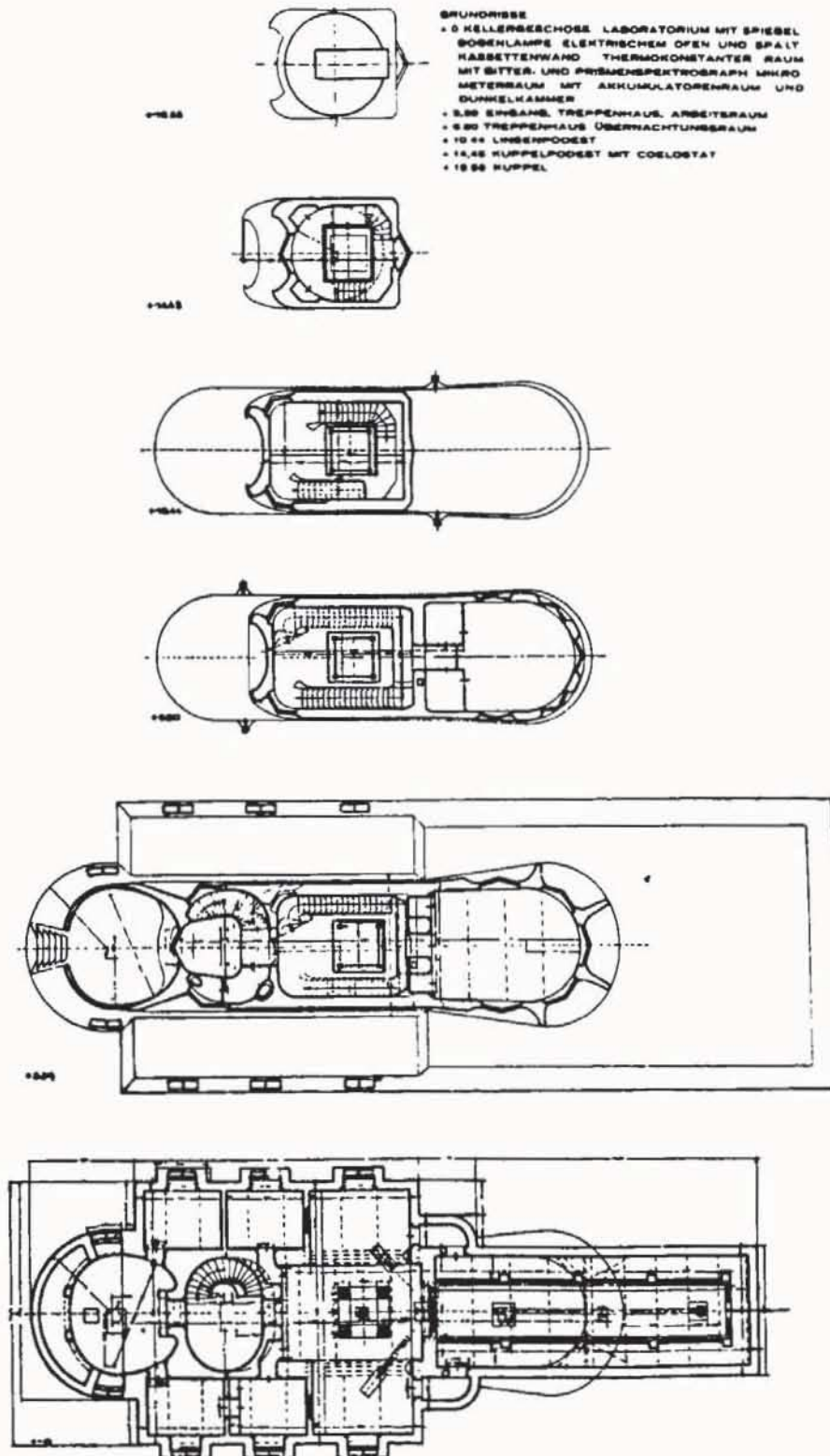


Abb.17 Konstruktionszeichnungen mit horizontalen und vertikalen Schnitten durch den Einstein-Turm. Aus Sharp [1966] S. 114ff.



In seiner technischen Auslegung ist der Einstein-Turm also dem amerikanischen Vorbild nachgebaut worden.¹¹ Doch in ihrer äußeren Gestaltung könnten die Turmteleskope von Mt. Wilson bzw. Potsdam gar nicht verschiedener sein (vgl. Abb. 10 mit Abb. 23).

Der wenig erfahrene Architekt Mendelsohn erhielt diesen Auftrag wohl überhaupt nur, weil zunächst niemand wissen konnte, wie sehr gerade dieses Gebäude Architekturgeschichte schreiben könnte – darum widersprach niemand, als der mit ihm in Kontakt stehende Freundlich ihn als ausführenden Architekten vorschlug. Doch Mendelsohn wußte diese Chance zu nutzen: rückblickend gesehen war es dieser Auftrag und die damit verbundene ungeahnte Wirkung in einer breiten Öffentlichkeit, die Mendelsohn zum Durchbruch verhalf und ihm in den 20er Jahren eine zahlungskräftige Klientel und sogar den Ruf eines Stararchitekten eintrug, der zeitweise in seinem Büro bis zu 40 Mitarbeiter beschäftigte.¹² Als Beleg dafür, wie groß die Beachtung war, die dem Einstein-Turm in der Presse geschenkt wurde, sei hier nur erwähnt, daß z.B. der Verleger Mosse durch ein Photo des Einstein-Turmes auf der Titelseite der *Berliner Illustrierten Zeitung* von 1921 (vgl. die nachfolgende Abb.) auf Mendelsohn aufmerksam geworden war, woraufhin er ihm den Auftrag zum Umbau seines Verlagshauses gab.¹³

Was Mendelsohn beim Einstein-Turm durch seine Auftraggeber vorgegeben war, betraf ausschließlich den technischen Kern, in der äußeren Gestaltung war ihm (anders als bei Büro-, Kaufhaus- oder Industriebauten) alle Freiheit gelassen, und die noch bestehenden Bedenken der Baubehörde wurden durch höchst-ministerlichen Erlaß, den Baubeginn nicht weiter zu verzögern (weil die rasende Inflation den Wert der bereitgestellten Gelder schnell reduziert hätte), vom Tisch gefegt.¹⁴ Nur dieses Interesse, das von höherer Seite an diesem Projekt gezeigt wurde, erklärt, wieso in einer Zeit direkt nach dem Verlust eines Weltkrieges, in der neue Projekte wenn überhaupt normalerweise nur in kärglichster Ausführung realisiert werden konnten, der Einstein-Turm als das weltweit vielleicht bedeutendste Bauwerk der unmittelbaren Nachkriegszeit ohne jeden Abstrich hochgezogen werden konnte.¹⁵

¹¹1929 existierten bereits 6 Turmteleskope: 2 auf Mt. Wilson, je eines in Potsdam und Arcetri (alle Refraktoren) und eines (vom Reflektor-Typus) in Pasadena sowie ein kleines am Heliophysikalischen Institut, Utrecht; vgl. z.B. Abetti [1929] S. 62-71.

¹²Darunter auch der junge Richard Neutra; siehe N.N.[1963].

¹³Siehe Pehnt [1981] S. 117.

¹⁴Siehe Kirsten/Treder (Hrsg.) [1979] Bd. 2, Dok. Nr. 339, 351, 356, 358.

¹⁵Vgl. Whittick [1940/56] S. 54: "Little could be spared beyond the demand of necessity; and the ironical fact is that with these economic restrictions Germany produced the greatest post-war architecture in the world".

4. September
1921
Nr. 36
30. Jahrgang

Berliner

Einzelpreis
des Heftes
75 Pfg.

Illustrierte Zeitung

Verlag Ullstein, Berlin SW 68

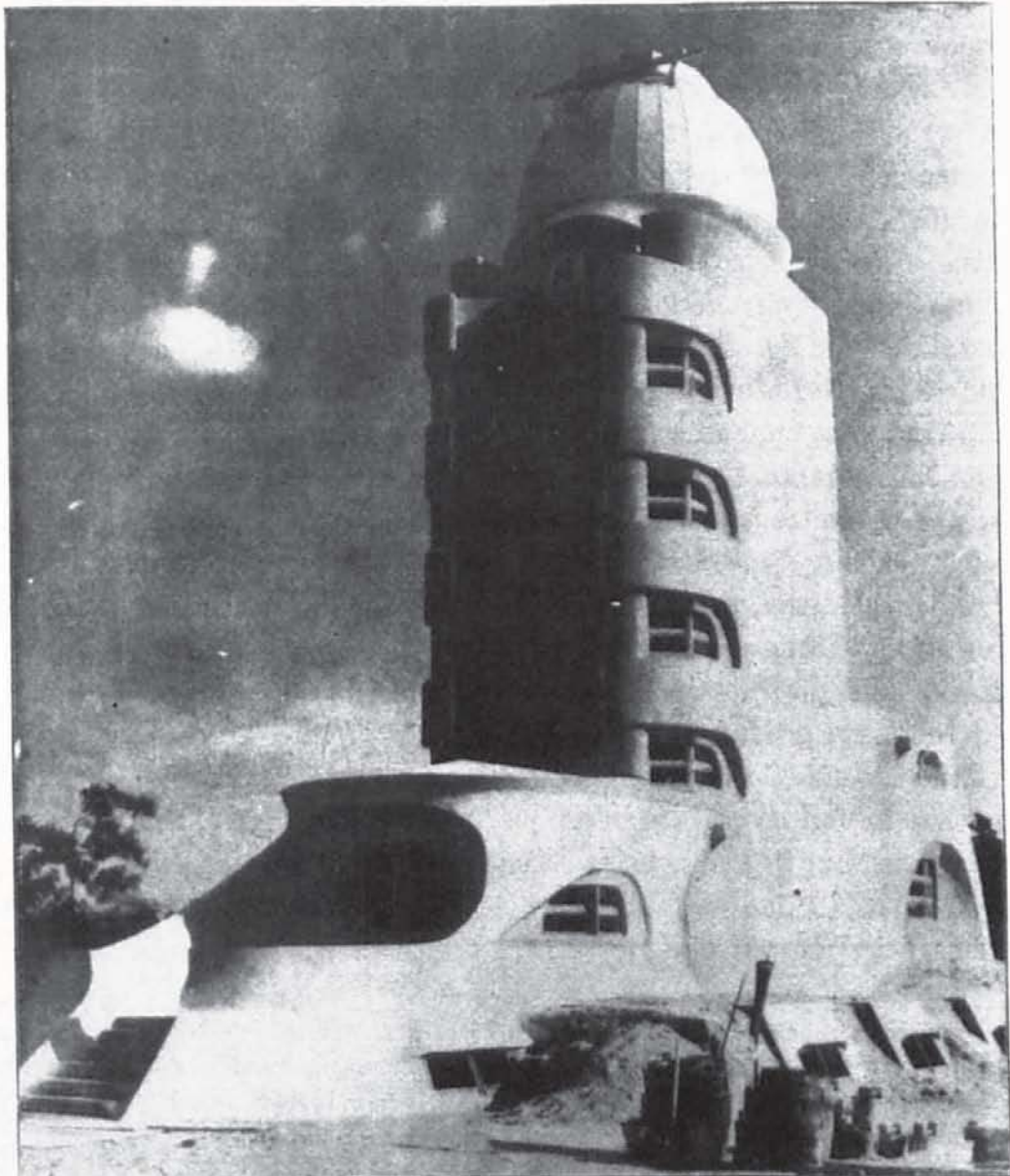


Abb.18 Der Einstein-Turm in der *Berliner Illustrierten Zeitung* vom 4. IX. 1921, Nr. 36, Jg. 30, Titelblatt, kurz nach der Fertigstellung des Gebäudes – im Vordergrund stehen noch die Utensilien der Bauarbeiter und Maler.

In diesem Monument verkörperte sich der Stolz einer Nation auf die ihr noch verbliebene Bedeutung in der Wissenschaft, nachdem ihr auf dem Felde der Politik eine bittere Niederlage verbunden mit Machtverlust und ökonomischer Krise beschert worden war.¹⁶ Wie bereits mehrmals zuvor in der deutschen Geschichte wurde äußerer Machtverlust kompensiert in einer Glorifizierung der Geistesgröße. Nachdem Bismarck und Wilhelm II. historisch obsolet geworden waren, erhielten nun die Relativitätstheorie und ihr so gar nicht national empfindender Erdenker Einstein ihr Denkmal.

Auch der Ort, an dem dieses Prestigeprojekt der Nachkriegszeit durchgezogen wurde, Potsdam bei Berlin, war bezeichnend. Denn gerade Berlin war damals, nach Paris, die "zweite künstlerische Hauptstadt Europas", in der sich neben Mendelsohn noch eine ganze Reihe weitere Nachwuchstalente tummelten, die den Löwenanteil des deutschen Beitrages zur Entwicklung der modernen Architektur beisteuerten: Bruno und Max Taut, Mies van der Rohe, Walter Gropius, Hans Scharoun, Hugo Häring, Hans Poelzig, Artur Korn um nur einige aus einer Gruppe von mehr als einem Dutzend fortschrittlich gesinnter Architekten von "überdurchschnittlicher Befähigung" zu nennen.¹⁷ Viele konnten ihre besten Entwürfe niemals über das Stadium einer Reißbrettzeichnung oder eines Gipsentwurfes hinausbringen, und nur ganz selten konnten sie ihre Visionen so ungegänzelt von Auftraggeber und Kontrollbehörden verwirklichen wie Mendelsohn beim Einstein-Turm.

Die Vorgabe, die Außengestaltung eines Turmgebäudes vorzunehmen, war für Mendelsohn auch in anderer Hinsicht glücklich, da gerade das Turm-Motiv z.B. durch Bauten wie den sog. 'Hochzeitsturm' als Teil der Künstlerkolonie auf der Darmstädter Mathildenhöhe sowie in zahlreichen visionären Entwürfen von Mendelsohn und seinen Kollegen sich zu einem der Leitmotive der Architektur dieser Zeit entwickelt hatte, in dem "Dynamik, Höhentrieb und vertikaler Aufstieg", "die Sehnsucht nach dem Erhöhten und Entrückten, die größere Nähe zu den Elementen, die Erhebung über die Menge, das Ekstatische im wörtlichen Sinne" ausgedrückt werden konnten.¹⁸

Abb. 19 (nächste Seite) Andere Turm-Bauten der Zeit, und zwar der Darmstädter Hochzeitsturm von Joseph Olbrich (1907/08), der Posener Wasserturm von Hans Poelzig (1911), der Münchener Hubertustempel Adolf Hildebrands (ca. 1918) und der Entwurf Wladimir J. Tatlins für das Monument der 3. Internationale (1919/20).

¹⁶Vgl. dazu Forman [1973], Heilbron [1986] S. 86-93, Sigurdsson [1991] S. 82.

¹⁷Siehe z.B. Hüter [1987] sowie Banham [1960/64]b Kap. 5, Abschn 19, S. 225ff. zur 'Berliner Schule' sowie S. 230ff. zum 1925 gegründeten 'Ring'.

¹⁸Vgl. dazu Pehnt [1981] S. 17ff. 119ff., 178.

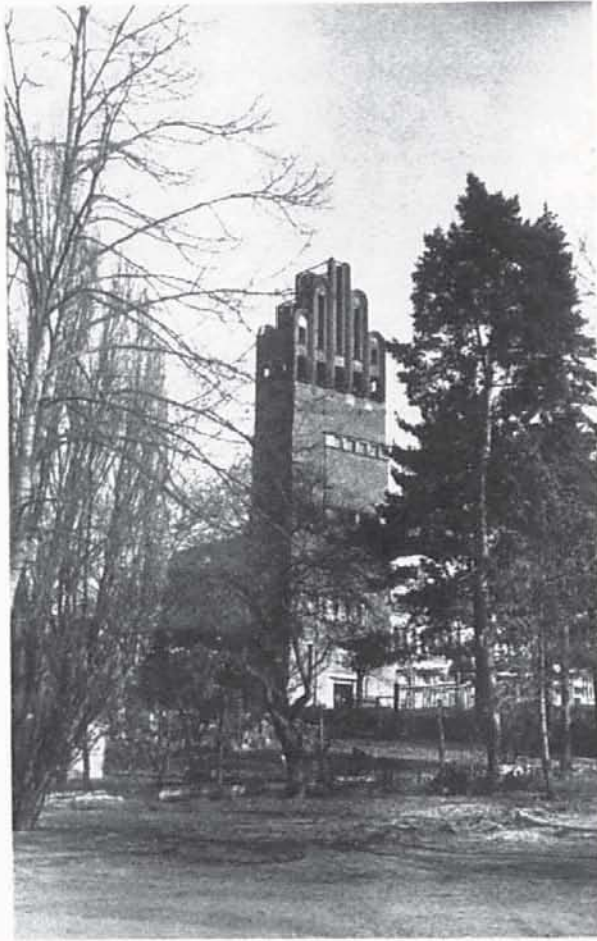
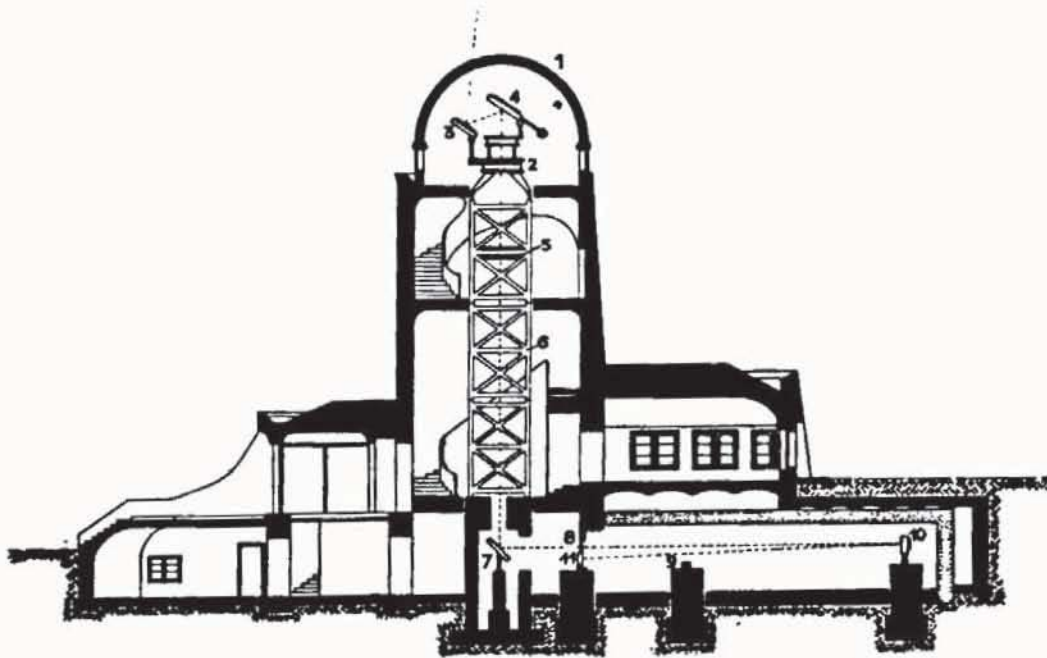


Abb.19 Andere Turm-Bauten der Zeit, und zwar der Darmstädter Hochzeitsturm von Joseph Olbrich (1907/08), der Posener Wasserturm von Hans Poelzig (1911), der Münchener Hubertustempel Adolf Hildebrands (ca. 1918) und der Entwurf Wladimir J. Tatlins für das Monument der 3. Internationale (1919/20).

Vergleicht man die Skizzen Mendelsohns von 1919 oder seinen Gipsentwurf (Abb. 25) mit der späteren Ausführung, so sieht man, wie sehr Mendelsohn seiner ursprünglichen Vision treu geblieben ist, bzw. wie wenig Abstriche von seiner Konzeption in der Ausführung des Baues durch die Bauherren verlangt worden waren.¹⁹ Vorgegeben war ihm nur der *Kern* des Gebäudes sowie die Größenordnung, die Gestaltung der für die Wirkung des Gebäudes allein entscheidenden *Hülle* blieb ihm überlassen, ohne daß ihm die Auftraggeber in seine Konzeption hineinredeten. Diese weitgehende Trennung zwischen Funktion und Gestaltung wird besonders deutlich in Abb. 20, bei der der Lichtweg in gestrichelten Linien angedeutet ist: unter der Kuppel (1) ist das Spiegelsystem von Coelostat und Nebenspiegel (3 bzw. 4), die den Lichtstrahl durch ein fokussierendes Objektiv (5) auf einen Umlenkspiegel (7) leiten. Von dort wird der Lichtstrahl auf einen adjustierbaren Spalt (8) geworfen, durch den der erwünschte Teil in den unterirdischen und thermoisolierten Laborraum dringt und dort spektroskopisch analysiert wird (9-11).



Aufbau des Teleskops mit Hilfsspiegeln und Spektrograph: 1. Kuppel; 2. Drehring für die Spiegel; 3. Coelostat, 4. Nebenspiegel, 5. Objektiv; 6. Holzgerüst; 7. Umlenkspiegel; 8. Spalt; 9. Prismenapparat; 10. Beugungsgitter; 11. Photographische Kamera

Abb.20 Der Lichtweg im Einstein-Turm, aus Fürst [1926] S. 31.

¹⁹F. Hellwag [1925/26] S. 158 berichtet allerdings von einem Plan Mendelsohns, den inneren Holzturm nur mit einer glasgedeckten Wendeltreppe zu umkleiden, ein Plan, den er aus Gründen der notwendigen äußeren Sicherung der hochempfindlichen Optik nicht verwirklichen konnte.

Der Clou bei der Konstruktion des Gebäudes ist, daß das gesamte optische System auf einem Holzgerüst ruht (weiß im Zentrum der Abb.), das nicht mit dem Rest des Gebäudes verbunden ist, sondern separat verankert ist. Dadurch werden etwaige Schwankungen des Gebäudes, hervorgerufen z.B. durch Windböen, die auf die (in der Abb. dunkel dargestellten) Außenmauern des Gebäudes einwirken, nicht auf die Optik übertragen. Kern und Hülle, die Metaphorik könnte also nicht passender sein.

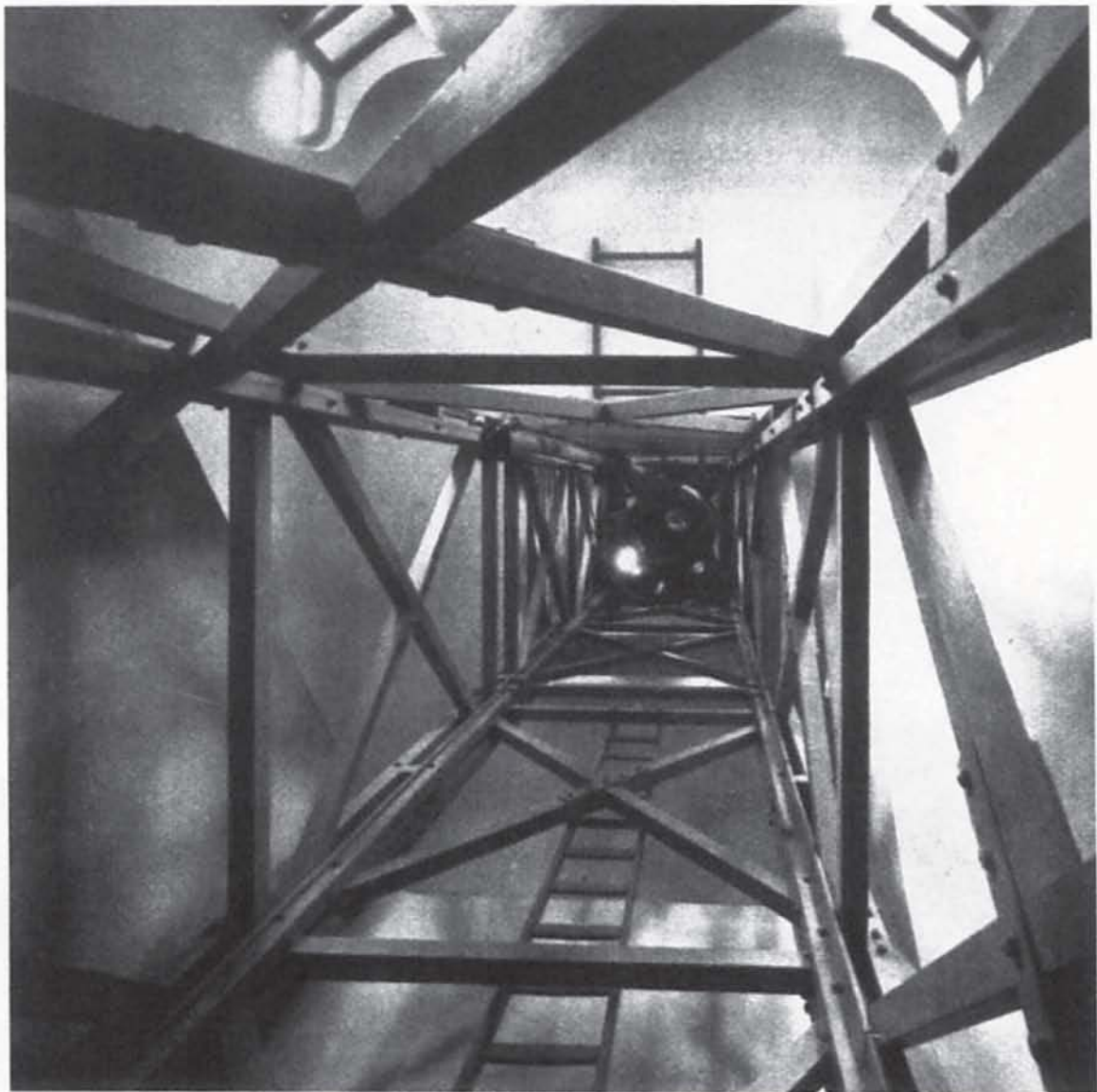


Abb.21 Blick durch den inneren Holzturm nach oben gegen das Objektiv des Coelostaten; aus Mendelsohn [1930].

Wie sehr dies von den normalerweise anzutreffenden Verhältnissen, denen ein Architekt sonst unterworfen war (und ist) abweicht, können wir von Mendelsohn selbst erfahren:

Tatsächlich ist der Architekt so sehr an den Zweck, Material und Konstruktion gebunden, so sehr abhängig vom Willen des Baulustigen und seinen verfügbaren Mitteln, daß das endgültige Werk deutlich davon spricht. [...]. Die heutige Zeit – Wirtschaft, Industrie, Verkehr – stellt oft Aufgaben, bei denen das reale Moment 99 % der Gesamtarbeit ausmacht. Aber erst der Zuschlag von 1 % Intuition macht aus dem ‘Material’ ein Werk.²⁰

Hier war Mendelsohn also die Chance eröffnet, mehr als die sonst üblichen 1% Intuition beizusteuern – wie vielleicht niemals wieder in seinem späteren Werk durfte er dem ersten visionären Entwurf, seiner architektonischen Idee, ohne Abstriche zur Verwirklichung helfen.²¹

Doch wodurch war dieser erste Einfall seinerseits bestimmt worden? Welcher Idee wurde in den ersten Skizzen und deren späteren Abwandlungen zum Ausdruck verholfen? Sicher war es mehr als das bloße Sich-Selbst-Ausdrücken, das die Motivation für viele Vertreter des Expressionismus gerade in den bildenden Künsten dargestellt hatte – Mendelsohn sah deutliche Bezüge seiner Vision zu dem, was er über die Relativitätstheorie wußte:

Seit der Erkenntnis, daß die zwei bisher von der Wissenschaft streng getrennten Begriffe – Materie und Energie – nur zwei verschiedene Erscheinungsformen des gleichen Grundstoffes sind und daß nichts im Universum ohne Bezug zum Kosmos, ohne Zusammenhang mit dem Ganzen ist – seither haben die Ingenieure die Theorie vom leblosen Stoff aufgegeben – und sich dem ehrerbietigen Dienst an der Natur verschrieben. In den elementarsten Erscheinungsformen finden sie regelmäßig aufeinander bezogene Zusammenhänge, und ihre frühere Arroganz weicht einer freudigen Teilnahme am schöpferischen Prozeß. Die Maschine, bisher ein untergeordnetes Mittel zu unerschöpflicher Ausnutzung, wird zu einem konstruktiven Element in einem neuen lebendigen Organismus.²²

Der Einstein-Turm mit seinen “entspannten horizontalen Formen” als Ausgleich zu den “Aufregungen unseres temporeichen Lebens”, als frühe Inkarn-

²⁰Antwort Mendelsohns auf einen Fragebogen, zit. in Plaut [1929] S. 318.

²¹Siehe *ibid.* S. 319: “letzten Endes behält die erste Skizze ihr Recht. Behält sie Recht, so ist das ein untrügliches und befreiendes Zeichen, daß die Arbeit auf dem Wege ist, ein Kunstwerk zu werden”.

²²Mendelsohn, zit. in Banham [1960/64]b S. 150.

nation einer Suche nach ganzheitlichen Alternativen.²³

Durch Anspielungen auf Ergebnisse der Relativitätstheorie (wie im vorigen Zitat zur Masse-Energie-Äquivalenz) bestärkt, sahen viele Zeitgenossen in seinem Bauwerk wohl nicht zu Unrecht eine Art architektonischer Interpretation der Einsteinschen Theorien. Ob diese Deutung dem Gehalt der Theorie tatsächlich angemessen war oder nicht, ist dann noch eine andere Frage. Für Manning Robertson, der sich 1925 Gedanken über das Verhältnis zwischen Laien und der modernen Architektur machte,²⁴ bestand ein krasses Mißverhältnis zwischen beiden und Mendelsohn hatte die Relativitätstheorie nur in krasser Weise mißverstanden. Das seiner Meinung nach exzentrische, bizarre und groteske Gebäude schreie vor lauter Inkohärenz:

It appears as a gaunt and curvilinear tower, with a base resembling a crazy concrete battleship, apparently independent of geometry and its derivatives. Its 'purpose' we may take it, is to express the spirit of Einstein's theory. The expression may reflect the popular imagination of that theory, but it is not one that could be accepted by the world of science. [...]. Instead of using a structure of revolutionary simplicity, the architect has designed a building of excessive complexity, not so difficult to understand as it must have been complicated to build. Hence, it exists, a travesty of Einstein's actual contribution and a monument to complication and bewilderment.²⁵

Der bizzare Einstein-Turm als Ausdruck der Absurdität der für viele ebenso bizzar klingenden Relativitätstheorie? Ohne den biederen Fellow der *Royal Architectural Society* unterstützen zu wollen, scheint er mir doch in dem Hinweis darauf, daß Mendelsohn die Relativitätstheorie nicht wirklich verstanden hatte, Recht zu haben. Der Einstein-Turm entstand in einer Zeit, als allerhand verworrene Diskussionen und Spekulationen über nicht-euklidische Geometrien, die vierte Dimension und den Gehalt der Einsteinschen Raum-Zeit angestellt wurden, die auch in die Architektur hineingetragen wurden.²⁶ Eine spätes Beispiel ist das 1941 von Siegfried Giedion veröffentlichte Buch *Space, Time, and Architecture*,²⁷ in dem er die modernen Strömungen in

²³Ibid. In Arbeit befindliche Studien von Anne Harrington und Mitchell Ash befassen sich mit dem etwa zeitgleichen Aufkommen holistischer Tendenzen in der Philosophie und Psychologie.

²⁴Dabei von der Prämisse ausgehend: "the laymen is frightened of architecture as he is frightened of Einstein" (Robertson [1925] S. 72).

²⁵Robertson [1925] S. 74f. Auch Lane [1966]b S. 53 nennt den Einstein-Turm 'bizzar'.

²⁶Vor allem durch van Doesburg und die frühe de Stijl Bewegung sowie durch El Lissitzky und den russischen Futurismus bzw. Suprematismus: siehe dazu Henderson [1983].

²⁷Vom Titel her eine deutliche Anspielung auf das Buch *Space, Time, and Gravitation*

den bildenden Künsten und der Architektur als den radikalen Ausdruck einer neuen Raumauffassung darstellte und gewagte Parallelen zwischen Apollinaire und Einstein, zwischen den Futuristen und Minkowski, aufzuzeigen versuchte.²⁸

Als Mendelsohn im November 1941 Auszüge aus diesem Buch an Einstein mit der Bitte um eine Stellungnahme übersandte (vgl. Abb. 22), antwortete ihm Einstein, der von einer Übertragung des Vokabulars oder einzelner Gedanken der Relativitätstheorie auf andere sachfremde Gebiete nichts hielt, weil er von den kaum zu vermeidenden Mißverständnissen in den unzähligen Fehlinterpretationen der Relativitätstheorie durch Philosophen und Journalisten²⁹ bereits genügend abgeschreckt war, mit einem witzigen Vier-Zeiler und folgender Erläuterung: "Es ist einfach Klug-Scheisserei ohne jede vernünftige Basis!"

Nicht schwer ist's Neues auszusagen,
wenn jeden Blödsinn man will wagen.
Doch selt'ner füget sich dabei,
dass Neues auch Vernünftig sei.³⁰

Auch Mendelsohn hat den Deutungen Giedions reserviert gegenübergestanden, wie insbesondere der Entwurf seines Schreibens an Einstein zeigt, in dem er auf die unter der jungen Architektenschaft ausgelöste "große Verwirrung" hinweist, die durch die Vermengung von vierdimensionaler Raumzeit (in Einsteins Relativitätstheorie), dreidimensionalem Raum (Architektur) und zweidimensionaler Fläche (Malerei) in Giedions Analogien entsteht.³¹

von Eddington. Giedions Buch erfuhr seither 5 weitere Auflagen und ca. 16 Neudrucke – siehe Chaitkin [1979] S. 139.

²⁸Siehe Giedion [1941/67]b S. 430ff.: "The New Space Conception: Space Time", insbesondere S. 436, 443.

²⁹Vgl. dazu Hentschel [1989].

³⁰Einstein an Mendelsohn, 13. XI. 1941, KJ, DIN A2 Korrespondenzmappe Einstein-Mendelsohn.

³¹Entwurf des Briefes von Mendelsohn an Einstein, 6. XI. 1941, KJ, DIN A2 Korrespondenzmappe Einstein-Mendelsohn.

Lieber, verehrter Herr Professor Einstein,
~~Ich habe eine gewisse Bitte an Sie, die~~
~~Sie mir mitteilen könnten~~
~~gibt es doch, bin kein Mann von freier~~
~~Opinion~~
 Space, Time and Architecture
 the growth of a new tradition
 The Harvard University Press, 1941 / ~~habe~~ bei mir
 auf eine Auslegung gestanden, die ~~einige~~ Arbeit
 ist, eine gute Verbindung mit der jungen
 Architektur ~~und~~ ~~beunruhigt~~. ~~und~~
 Ich lege ~~das~~ die praktische Stelle in
 Abdrift bei und wäre Ihnen sehr dankbar,
 wenn Sie ~~es~~ sich ~~für~~ ~~die~~ ~~Zeit~~ ~~mit~~ ~~Interesse~~
 wollten, ~~was~~ ~~Sie~~ ~~zu~~ ~~beurteilen~~ ~~könnten~~ ~~und~~
~~anfragen~~ ~~wollten~~ ~~zu~~ ~~meiner~~ ~~Frage~~ ~~antworten~~
 wollten:
 Kann Ihrer Meinung nach der Begriff der 4
 Dimensionalen Space-time (Raumzeit)
 angewendet werden auf Architektur (i. h. auf
 ein Objekt ~~mit~~ ~~in~~ ~~Bewegung~~ ~~fixes~~ ~~Objekt~~ (also
 nicht in Bewegung), das nur 3 Dimensionen
 eindeutig dargestellt werden kann?
 Die Vermischung von Aussagen über Melorei
 (Kunst in 2 Dimensionen) und Architektur
 (Kunst in 3 Dimensionen) scheint völlig
 verwirrend gerade in Bezug auf Space and
 Space-time, ~~z. B. würde Sie~~
~~hoffentlich~~ ~~Sie~~ ~~versichern~~, ~~dass~~ ~~Sie~~ ~~meine~~ ~~Frage~~
 von mir als völlig privat behandelt werden wird.
 Mit herzlichen Grüßen von meiner Frau und
 Herrn
 sehr ergebener
 Jiri Mendelsohn

Nov. 6th 1941.

Abb.22 Entwurf des Briefes von Mendelsohn an Einstein, 6. Nov. 1941; aus KJ, Korrespondenzmappe Einstein-Mendelsohn.

Von den zeitgenössischen Architekten war es gerade Mendelsohn, der durch seinen intensiven Kontakt mit dem in die Geheimnisse der Relativitätstheorie eingeweihten Fachmann Freundlich, der zu den ersten und besten Popularisatoren der Einsteinschen Theorien zählt, Gelegenheit hatte, sich über die Relativitätstheorie aus erster Hand zu informieren – eine Option, der er sich nach allem was wir wissen zwischen 1917 und 1920 auch eifrigst bedient hat. Und das, was Freundlich ihm über die in der speziellen Relativitätstheorie geforderte Union von Raum und Zeit bzw. die nichteuklidische Struktur der Raum-Zeit in der allgemeinen Relativitätstheorie sowie die geschlossenen aber dennoch unendlichen kosmologischen Lösungen von deren Feldgleichungen erzählt haben mag, versuchte Mendelsohn dann eben auf seine Art umzusetzen. Was entstand, war jedenfalls kein nüchterner Zweckbau wie etwa das Turmteleskop des *Mt. Wilson Solar Observatory*, sondern ein **Denkmal für die Relativitätstheorie**,³² ein Sinnbild der durch Einstein erkannten Zeithaftigkeit des Raumes. Der Architekturhistoriker Bruno Zevi über den Einstein-Turm:

We are far away from cubism here, from a "fourth dimension" which refused to recognize the thickness of building materials. Here the time factor was intrinsic to the autogenesis of the building, making it an earthly event, passionately conquering its space.³³

Was Mendelsohn wollte, war nicht die "funktionelle Konstruktion" wie sie etwa im Bauhaus gesucht wurde, sondern die "dynamische Konstruktion", in der die Funktion des Baues zwar als eine Quelle der Anregung, nicht aber schon als seine Wesensform aufgefaßt wurde. Mendelsohn selbst über das Verhältnis von Funktion und Gestaltung:

Wir Architekten haben von vornherein die stofflichen Erfordernisse und konstruktiven Zusammenhänge als *selbstverständlich* unserer Planung zu unterlegen, wie haben sie einfach als *Voraussetzungen* der gesamten Organisation eines Baues anzusehen.- Aber wir müssen wissen, daß sie nur der eine Komponent[!] des produktiven Prozesses sind. Er allein schafft trotz großer Abmessungen und klarer Beziehung der technischen Mittel noch keine Architektur.³⁴

Mit seinen fließenden, auffällig abgerundeten Formen stach der Einstein-Turm in seiner Gestaltung sehr markant ab gegen die übliche Baukultur der

³²Vgl. Chaitkin [1979] S. 133f.

³³Zevi [1985] S. 41.

³⁴Mendelsohn in einem Vortrag über 'die internationale Übereinstimmung des neuen Baugedankens oder Dynamik und Funktion' in Amsterdam, "Architecture et Amicitia", 1923, abgedr. in Mendelsohn [1930] S. 31. Vgl. auch Pehnt [1981] S. 20.

frühen Nachkriegsphase in Deutschland. Es stand den zeitgenössischen Betrachtern durch seine Gestaltung für das radikal neue, exotische, 'moderne', genau wie die Relativitätstheorie selbst, die, wenn auch nicht von Einstein selbst, so doch zumindest von der breiten Öffentlichkeit als ein radikaler Bruch mit Denktraditionen verstanden wurde. Begeisterung der Avantgardisten und Ablehnung durch konservative Kreise: ein Muster, das wir in der Rezeption der Relativitätstheorie ebenso wie beim Einstein-Turm finden. Der Zeitzeuge Philipp Frank beschreibt die Eindrücke des 'Durchschnittsbürgers' angesichts des Einstein-Turmes:

Das Institut hatte die Gestalt eines Turmes und war in einem modernen Berliner Stile erbaut, der dem Durchschnittsbürger wie ein Mittelstück zwischen einem New Yorker Wolkenkratzer und einer ägyptischen Pyramide vorkam. Der Turm war allgemein als Einsteinturm bekannt und erregte schon durch sein Aussehen den Ärger der nationalistischen Kreise, die damals einen Stil vorzogen, der sich mehr an deutsche mittelalterliche Vorbilder oder wenigstens an das klassische Altertum anschloß.³⁵

Dieser Kontrast zwischen rückwärtsgewandter Architektur der Jahrhundertwende und den Nachkriegsbauten war nirgendwo deutlicher ablesbar als auf dem Potsdamer Telegraphenberg. Der Einstein-Turm mit seiner einheitlich weißen und glatten Beton-Fassade stand direkt benachbart den klassizistischen Bauten aus rötlichem Backstein, die für das *Astrophysikalische Observatorium* in der Periode 1890 erbaut worden waren. Die schmucklose 'durchgestylte' Bauplastik Mendelsohns von 1920 kontrastierte mit dem schwerfälligen, preußisch akkurat verzierten großen Refraktor-Kuppelbau von 1899/1900 und dem Hauptgebäude von 1876-79 (man vergleiche die nachfolgenden Abbildungen mit Abb. 7).

Schon bald wurde der neue Bau in den Fremdenführern von Potsdam als Attraktion empfohlen und Scharen von Touristen überfluteten das Gelände des Potsdamer Telegraphenberg. Weil sich darunter oft englische oder amerikanische Touristen befanden, wurde zumeist v. Klüber wegen seiner guten English-Kenntnisse für die Führungen abgestellt. Über seine Erfahrungen mit den Besuchern berichtete er später der Witwe von Erich Mendelsohn:

I soon had to discover that to my slight disappointment the interest of the visitors was not so much captured by the interest for astronomy or as a matter of fact for Einstein's famous theory, as I had hoped for. The visitors wanted to see the new interesting and controversial building

³⁵ Frank [1949/79]b S. 305.

and its famous architecture. Eventually, and in order to make the best of the situation, I learned to turn my usual explanatory talk from modern solar physics to one of comparative architecture. I used to point out with hopeful emphasis that much of the surrounding buildings were constructed and styled at the end of the last century in the cool, sobre Prussian style with the red bricks of the Mark Brandenburg. They well fitted to the classical Euclidean concept of mathematics and to the atomic structure of matter, consisting of discrete units, as one understood it at the time of the outgoing century. Whereas the new style of Mendelsohn reflected very well the aspects of quite modern technology, mathematics and physics with their complicated, nevertheless highly esthetic and attractive ideas, with transcendent functions, complicated swinging forms and elegant curvatures. This contrasted to the much simpler, orthogonal Euclidean system of older days and it reflected in some way the just now starting break-down of the simpler atomic models in favour of the new more transcendental conception of a smooth change-over between matter and energy as first pointed out by Einstein.³⁶

Im Stillen war von Klüber von diesen gewagten Parallelen, die er den Besuchern in seiner Not da anbot, damals gar nicht so überzeugt, doch bemerkenswerter Weise hat sich diese Skepsis in späteren Jahren doch stark abgeschwächt, wie wir ebenfalls aus dieser Quelle erfahren:

By myself I thought this all to be probably a fair nonsense and that the architect might in reality never have contemplated his creation under such parallels. [...].

Today, after decades, and after having seen myself so many more different architectures all over the world, I am no more so sure that my comments at that time were quite so wrong as I thought them to be. Certainly, an artist or a first class architect, as Mr. Mendelsohn was, does not need to think or even know much and in detail about rationalistic relationships or justifications. He probably feels and experiences the idea and the style and the trend of his time on an even better and certainly more sensitive level than rationalistic analysis could do.³⁷

³⁶v.Klüber an Luise Mendelsohn, Beilage zum Brief vom 4. XI. 1970, KJ, Sign. I/f/39, S. 1-2. Einige Tipp- und Schreibfehler v.Klübers wurden hier stillschweigend korrigiert.

³⁷Ibid.



Abb.23 (diese und die folgende Seite) Photographien des Einstein-Turms.



Einige Architektur-Historiker sehen im Einstein-Turm das Hauptwerk des **architektonischen Expressionismus**,³⁸ und führen zur Stützung dieser stilistischen Zuordnung u.a. an, daß Mendelsohn während seiner Münchner Studienzeit in intensivem persönlichen Kontakt zu Vertretern des Expressionismus in der Malerei (Blauer Reiter) gestanden hat, ebenso wie später zur holländischen Expressionisten-Generation mit ihrem Forum *Wendingen*, die Mendelsohn bereits im Heft 10 ihres 3. Jahrgangs 1920 ein eigenes Sonderheft einräumte.³⁹ Dabei muß zunächst auch erst geklärt werden, in welchem Sinn dabei jeweils überhaupt von Expressionismus in der Architektur gesprochen wird. Joedike z.B. definiert unter Betonung der Verbindung zur Malerei:

Expressionistische Architektur war der Versuch, die starke Ausdrucksgebärde der gleichzeitigen Flächenkunst auf das dreidimensionale architektonische Gebilde zu übertragen. Das mächtig ausladende Profil, die plastisch bewegte Baumasse waren Mittel, die dem Bauwerk expressive Wirkung gaben. Vorallem wurde das Licht, das natürliche wie das künstliche, effektiv einbezogen.⁴⁰

Starke Ausdrucksgebärde, plastisch bewegte Baumasse und Einbeziehung der Lichtführung sind nun freilich alles Kriterien, die im Falle des Einstein-Turmes vorliegen. Auch Pehnt definiert den Expressionismus in der Architektur über formale Charakteristiken, die gerade auf den Einstein-Turm sehr gut passen:

- die "Ausformung des Bauwerkes zu einem raumplastischen, von allen Dimensionen her erlebbaren Gebilde",⁴¹
- die plastische Behandlung des Baumaterials, das geradezu "geknetet, eingeschnitten, ausgehöhlt und durchschluchtet" wird,
- nicht zuletzt auch die Einmaligkeit des Entwurfs, dies in schroffem Gegensatz zu der Suche nach rationalen, vervielfachbaren für den Massenvohnungsbau geeigneten Bauformen insbesondere durch das Bauhaus.

Von anderer Seite hingegen wurde diese Stilzuordnung zum Expressionismus unter Verweis auf die Wesensverschiedenheit zwischen Mendelsohns 'harmonischen' Entwürfen und Ausführungen mit den eher 'disharmonischen, oft

³⁸Vgl. insbesondere Banham [1960/64]a S. 173: "the canonical building of expressionist architecture", Sharp [1966] S. 111: "the climax of his own expressionism"; Pehnt [1981] S. 121-124; vgl. Zevi [1985] S. 54ff: "Expressionist Functionalism".

³⁹Siehe Staal [1920], Beyer [1920]; Vgl. dazu z.B. Pehnt [1981] S. 117, 184f.

⁴⁰Joedicke [1958/66]a S. 64.

⁴¹Pehnt [1981] S. 198.

schreiend dissonantenen' Werken des Expressionismus in anderen Künsten wie insbesondere der Malerei, auch angefochten.⁴² Mendelsohn selbst hat sich nie als Expressionist bezeichnet, und hat der Idee des Sich-Selbst-Ausdrückens, wie sie mit den Werken Kokoschkas, Noldes oder Barlachs verbunden wird, zeitlebens die Vorstellung entgegengesetzt, etwas über die Natur oder über das Wesen eines Bauwerkes zum Ausdruck zu bringen.⁴³ Er sah seine Arbeiten zu dieser Zeit als eine Art Fortsetzung des Werkes von van der Velde, als dessen geistigen Schüler er sich betrachtete.⁴⁴ Die Deutung des Einstein-Turms als Bauwerk des Expressionismus finde auch ich eher verwirrend – es wäre vorzuziehen, wenn für den Baustil Mendelsohns mit seiner Verwandtschaft zu den Bauten Rudolf Steiners in Malsch und insbesondere in Dornach (ca. 1911 - ca. 1924) und Antoni Gaudis in Katalanien (nach 1900) eine eigene Stilbezeichnung gefunden würde, z.B. 'utopische' oder 'fantastische Architektur'⁴⁵ oder vielleicht noch angemessener 'Dynamismus' – ein Terminus, den Mendelsohn gelegentlich selbst in Bezug auf die Spannungsverhältnisse und das nach-Vorwärts-Streben des Einstein-Turmes gebraucht hat.⁴⁶ Jedoch unterschied sich Mendelsohns Auffassung zu Dynamik und Form auch wieder von dem im 'Manifest der futuristischen Architektur' geforderten "dinamismo architettonico", so daß es auch verfehlt erscheinen muß, den Einstein-Turm als "the only authentic Futurist building" anzusehen, wie Eddy [1990] dies vorschlug. Betrachtet man den Grundriß des Einstein-Turms (Abb. 17), so fällt die vollständige Symmetrie des Gebäudes entlang einer Hauptachse sowie eine angenäherte Symmetrie bezüglich einer dazu senkrechten Nebenachse auf, die den antisymmetrischen Entwürfen etwa der Amsterdamer Architektur dieser Zeit kontrastiert.⁴⁷

Unzweifelhaft weist die Formgebung des Einstein-Turmes viel **Organisches** auf – diese Metapher zieht sich durch die gesamte Rezeptionsgeschichte des Einstein-Turmes, von dem Tag angefangen, an dem Einstein von Mendelsohn durch das fertiggestellte Gebäude geführt wurde. Nachdem er während der ganzen Führung wortlos, aber interessiert den Ausführungen Men-

⁴²So z.B. König [1966]b unter Punkt 4 über den Einstein-Turm: "Expressionism. Are we really sure? [...]. Well, this swiss-watch-precise little organism could not conceivably be more remote from the nebulously social thematics of the Novembergruppe."

⁴³Siehe z.B. Banham [1960/64]b S. 151 (Anm), 148.

⁴⁴Siehe den Brief Luise Mendelsohns an Prof. G.K. König, 16. VIII. 1966, KJ, Sign. I/f/8, Punkt 3 und König [1966] Abschn. 4f.

⁴⁵Wie dies von Lane [1966]b S. 55 vorgeschlagen wurde.

⁴⁶Siehe Banham [1960/64]b S. 147, Chaitkin [1979] S. 136f., Krausse [1989] S. 61.

⁴⁷Banham [1960/64]b S. 146 spricht von einem "akademischen System von Haupt- und Nebenachsen".

delsohns gefolgt war, ging er einer überlieferten Anekdote zufolge während einer sich anschließenden Sitzung der Kommission der *Einstein-Stiftung* plötzlich auf Mendelsohn zu und flüsterte ihm nur das eine Wort ins Ohr: "organisch".⁴⁸

In der Tat ist alles an diesem Bauwerk wie aus einem Guß, einem Gestaltungswillen entsprungen, der in einem Bauwerk zuallererst eine Großplastik sieht, deren Positiv- und Negativformen, Horizontalen und Vertikalen, zueinander im Hinblick auf eine Harmonie des Ganzen komponiert werden. Mendelsohn selbst prägte das Wort von einer 'monolithischen' Behandlung des gesamten Baukomplexes und sprach gern in Metaphern des Organischen:

Es muß dem Einsteinturm sicher zugegeben werden, daß er ein klarer architektonischer Organismus ist. Ganz abgesehen davon, welche Gründe er gehabt hat, gleichzeitig kein reiner Zweckorganismus zu sein. Aber man kann ihm, scheint mir, nicht einen Teil fortnehmen, ohne das Ganze zu zerstören, weder an der Masse, an der Bewegung, noch an seinem logischen Ablauf.⁴⁹

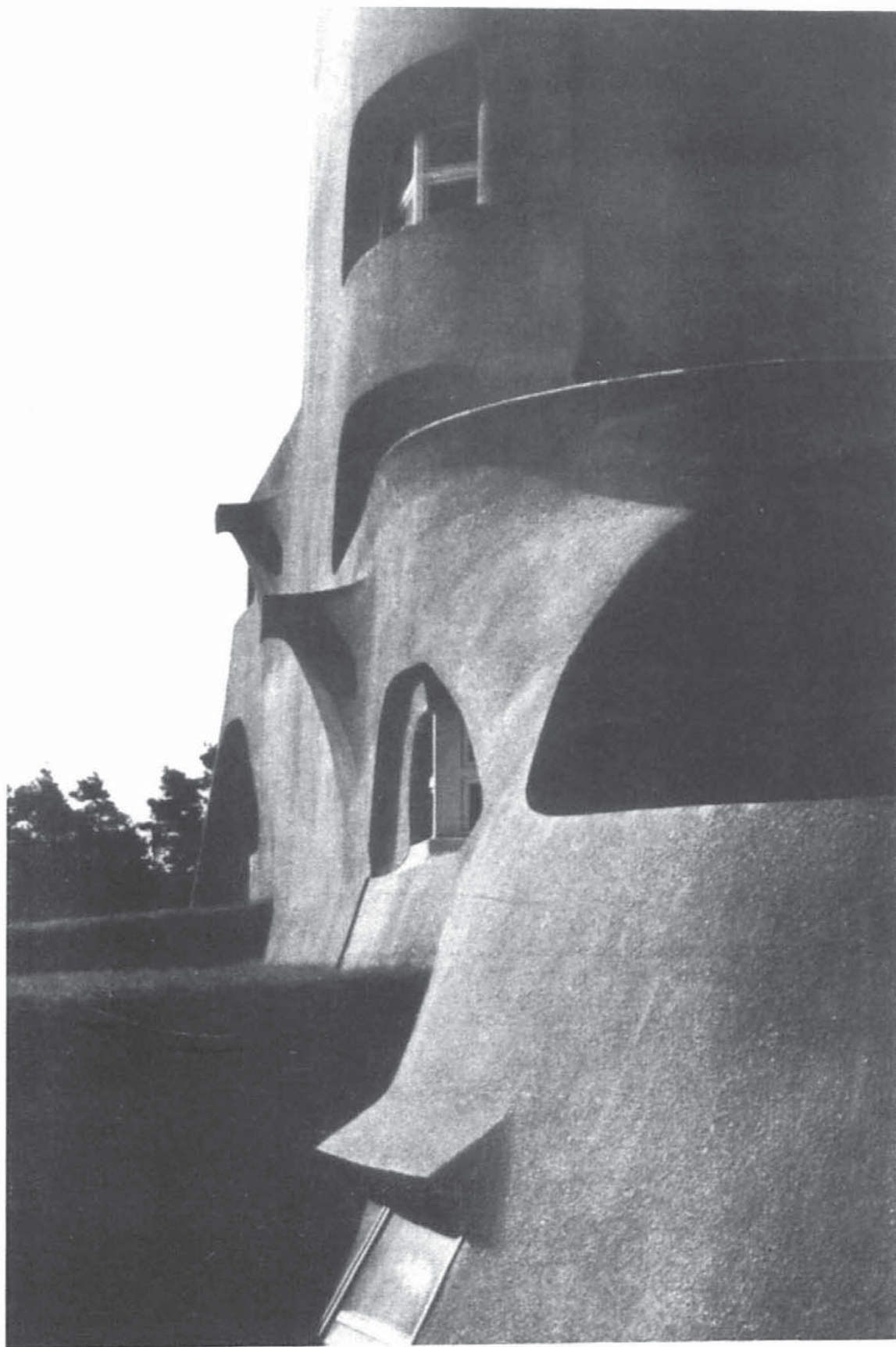
Jedes Detail war auf das Ganze hin abgestimmt worden, von den Regenablaufrippen, deren hervorquellendes Halbrund die konkaven Rundungen der Außenwand untergliederten⁵⁰ bis zum Schwung des Eingangsgeländers, das den Rhythmus der Fassadengestaltung aufnimmt und die Turm-Form im Kleinen wiederholt, von der strengen Innenmöblierung der Arbeits- und Übernachtungszimmer, die an ähnliche Entwürfe von Bauhaus-Vertretern erinnert, bis zu deren Lampen. Die Außenbeschichtung des Turmes mit Beton verlieh ihm eine hautartige Oberfläche, deren spannungsreiche Form durch die raffinierte Kontrastierung von Licht- und Schattenpartien auf den gekrümmten Außenflächen noch betont wird. Man beachte etwa die Schattenswirkung des ungewöhnlich weit vorstehenden, skulptural gestalteten Wasserspeier auf die nebenstehenden freien Flächen oder die kegelschnittartigen Schatten in den konkaven Höhlungen der Fenster, die teilweise auch über Eck laufen.

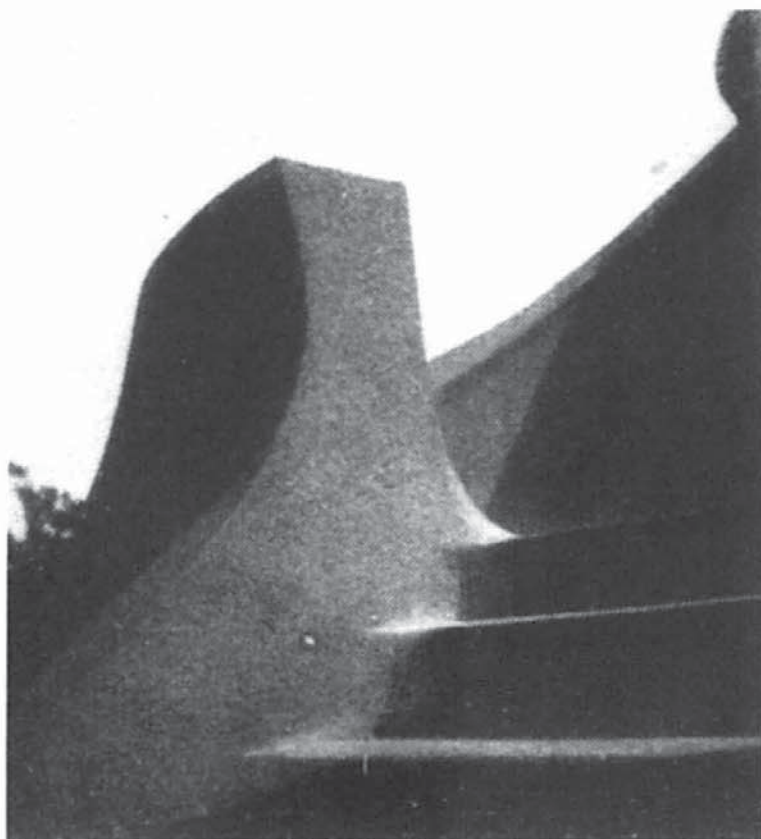
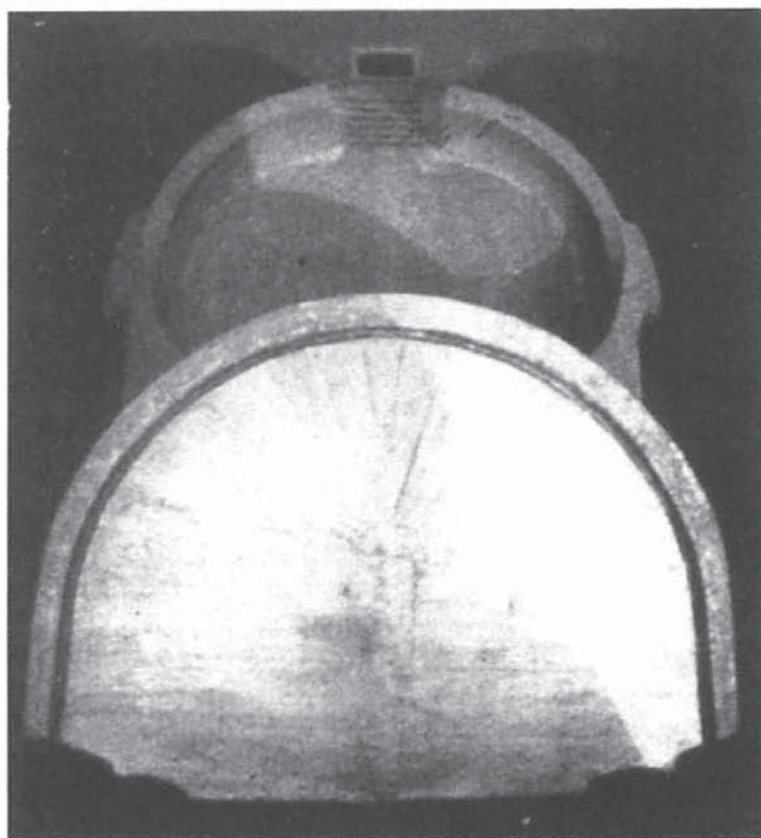
Abb.24 (nächste Seiten) Weitere Detail-Photographien zum Einstein-Turm, aus Hellwag [1925/26], Sharp [1966] und Köster [1974].

⁴⁸Siehe Whittick [1940/56]b S. 57, 194ff.; vgl. Platz [1927] S. 70, Chaitkin [1979] S. 139.

⁴⁹Mendelsohn im Vortrag von 1923 (s.o.); laut Mendelsohn [1930], S. 33.

⁵⁰Vgl. dazu König [1966]b Punkt 6: "water-spots [...] fused into the wall-mass".





Beim Betrachten des zylindrischen Turmsegmentes mit seiner straffen horizontalen Untergliederung durch die vorgezogenen Fensterbögen wird man z.B. unwillkürlich erinnert an die photographischen Detail-Pflanzenstudien eines Karl Blossfeld.⁵¹ Andererseits hat die Periodizität des 16 Meter hohen Turmes auch Elemente der Maschinenästhetik, die im Futurismus zu Beginn dieses Jahrhunderts verbreitet war: die strenge Periodizität der Fensterwölbungen im Turm etwa oder die stromlinienförmige Kante, zu der die glatte Südfront des Turmes sich zuspitzt.

Aus manchen Betrachtungswinkeln, besonders aber wenn man im Innern des Gebäudes im Arbeitszimmer steht, stellt sich unwillkürlich die Assoziation einer Schiffsbrücke ein, auf die man sich versetzt fühlt: Anspielungen auf Stilelemente von Kommandobrücke, Fensterreihungen, bullaugenartigen Fenstern und die starke Stromlinienform des gesamten, sehr langgestreckten Rumpf-Baues stilisieren den Einstein-Turm zu dem 'Raumschiff', mit dem die modernen Astrophysiker durch das Universum der Einsteinschen Raum-Zeit streifen. Einen sehr interessanten Bezug zur Bauweise von U-Booten stellte erstmals Kurt Joël her, als er vom Einstein-Turm sprach, "der ein wenig an das Periskop eines U-Bootes erinnert".⁵² Der Turm wird analog zu einem Periskop, das dem langgestreckten und zum Großteil unter der Oberfläche befindlichem Rumpf das Licht zuführt, unter weitestmöglicher Abkopplung des übrigen Sensoriums von der Umwelt: "Gleichmäßige, präzise gesteuerte Beheizung und Belüftung, licht- und luftdichte Abschließbarkeit nach außen, Raumminimierung nicht nur im Grundriß, sondern auch in der Raumhöhe, zentrale elektrische Energieversorgung – alles Merkmale von Räumen, die als steuerbare künstliche Environments zuerst in Unterseebooten und Luftschiffen aktuell geworden sind".⁵³

Aus der Perspektive des Außenbetrachters wiederum erscheint das Gebäude wie die monumentale Vergrößerung einer Tonplastik. Bereits für Gustav Adolf Platz in seinem Handbuch zur Baukunst der neuesten Zeit von 1927 war der Einstein-Turm, diese "Kühnheit des jugendlich unbekümmerten Plastikers", ein "weich in Beton gegossenes (fast geknetetes) Gebilde",⁵⁴ und auch für Banham und Pehnt scheint der Einstein-Turm "in der Hand eines Schöpfer-Demiurgen geknetet worden zu sein".⁵⁵ Dieser Eindruck wird verstärkt beim Betrachten des kurz vor Baubeginn angefertigten Modells:

⁵¹ Siehe dessen *Urformen der Kunst*, publ. 1928 (auch als Reprint).

⁵² Joël [1923], 2. Spalte.

⁵³ Krause [1989] S. 64.

⁵⁴ Platz [1927] S. 70.

⁵⁵ Pehnt [1981] S. 121, vgl. *ibid.* S. 102 sowie Banham [1960/64]b S. 146.

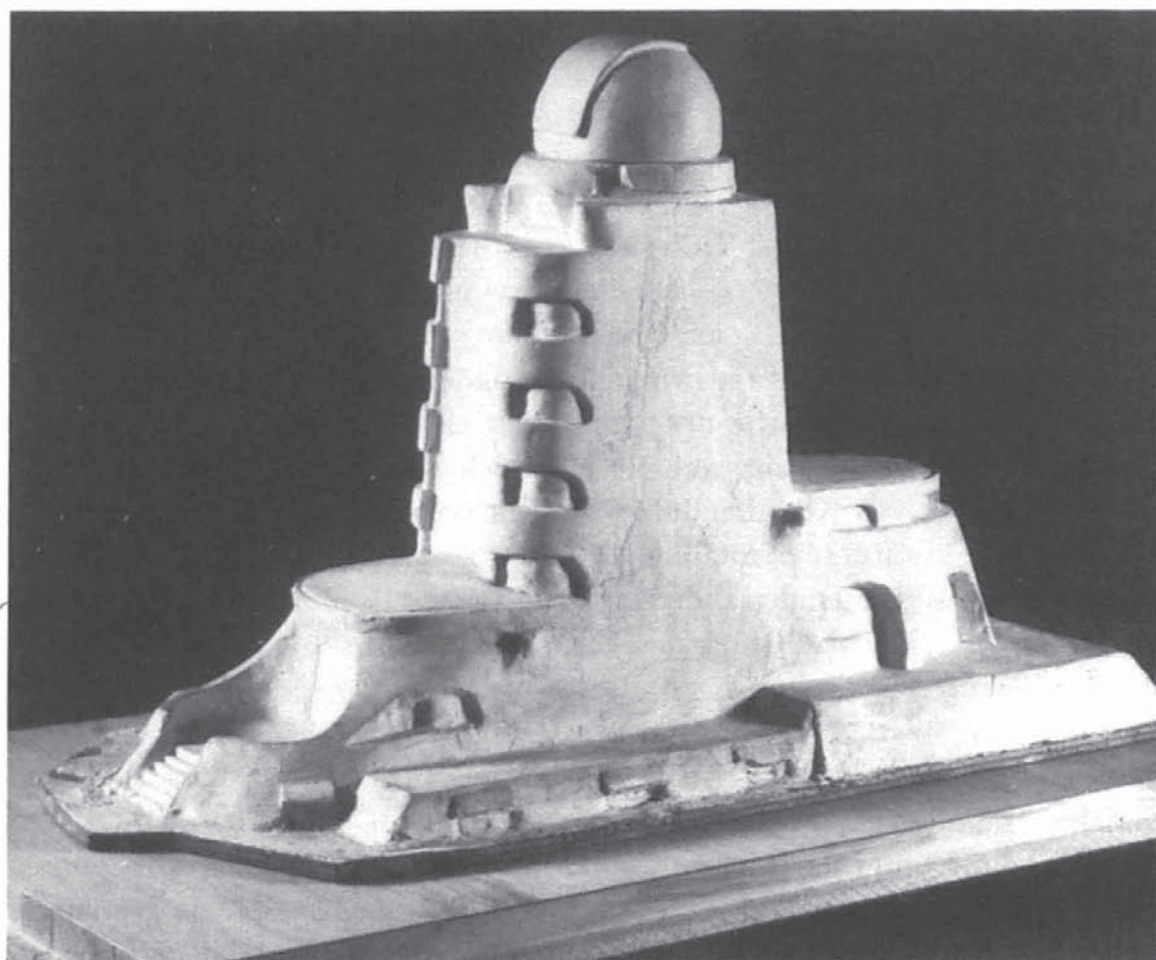


Abb.25 Gipsmodell des Einstein-Turmes, erstellt von Mendelsohn, ca. 1920; Photographie von Frau Ursula Seitz-Gray, Abdruck mit freundlicher Genehmigung des Deutschen Architekturmuseums, Frankfurt/Main, wo sich das Gipsmodell jetzt befindet.

Einem zeitgenössischen Sachverständigen kam gar der witzige Einfall, die Geschlossenheit seines Erscheinungsbildes mit dem Namenspatron des Turmes in Verbindung zu bringen: "Ein Stein",⁵⁶ ein weiteres Indiz dafür, daß der Einstein-Turm weithin als ein Denkmal für Einstein aufgefaßt wurde, der seit den spektakulären Lichtablenkungsmessungen Eddingtons und Crommelins Weltberühmtheit erlangt hatte.

Das Gebäude ist auf seine Außenwirkung hin konzipiert worden. Aus Gesprächen mit Forschern, die im Einstein-Turm gearbeitet haben oder noch arbeiten, weiß ich, daß der Arbeitsraum wegen der weit in die Fassade eingerückten Fenster am Tage nur im Frühjahr, wenn das Laub der umstehenden Bäume noch nicht voll entfaltet ist, ausreichend hell ist.

⁵⁶ Platz [1927] S. 70; vgl. auch Pehnt [1981] S. 124.

Das strenge, durchgängig in Grauwerten gehaltene Mobiliar des Arbeitsraumes ist bis in die Details (Lampen, Heizkörper, Schreibtischfächer) durchgeplant, aber zum Sitzen auf Dauer eher unbequem – glücklicherweise vollzieht sich die meiste Arbeit im Turm ohnehin im unterirdischen Laborraum. Hein Köster schreibt zur Innenausstattung:

In der Innenausstattung forciert Mendelsohn ein asketisch-aristokratisches Wissenschaftspathos: Möbel, Beleuchtungskörper, Farbgebung sind von höchster Kargheit, sich völlig der Forderung angestrebter Arbeit unterordnend. Kein Luxus. Keine Ablenkung. Tempel der Wissenschaft.

In den Möbeln werden die plastischen Schwingungen und Formungen des Baukörpers aufgenommen, jedoch in der ausschließlichen Verwendung der Geraden und sich brechender Geraden verstrengt.⁵⁷

Stilistisch fällt der schroffe Kontrast auf zwischen den gerundeten Formen der Außenwände und der streng geometrischen Komposition des Arbeitsraumes, der von Architekturhistorikern wie G.K. König mit der zwischen der Planung und Fertigstellung des Rohbaues (1919-22) und des Interieurs (1924) vergangenen Zeitspanne erklärt wird, während der eine neue Sachlichkeit (insbesondere durch die Bauhaus-Experimente mit industriellem Design) Einzug gehalten hat.⁵⁸ Verschiedentlich wurde auch auf Ähnlichkeiten des Interieurs mit Filmkulissen (etwa von "Dr. Caligari", 1920 in Bezug auf den Treppenaufgang) oder der UFA-Produktionen ab 1924 (wie etwa "Metropolis") hingewiesen.⁵⁹

Wie auch in anderen Fällen der Avantgarde der Innenarchitektur wurde der Mensch durch diese neue Baukunst als 'Wiedervereinigung aller werk-künstlerischen Disziplinen' (Walter Gropius, 1919) hoffnungslos überfordert: nur einer Art denkmalpflegerischer Pietät der dort arbeitenden Astrophysiker ist es zu verdanken, daß noch heute wenigstens Teile des Mobiliars im Arbeitszimmer in ursprünglicher Form stehen; Heizkörper und Lampen im Arbeitsraum wurden aufgrund ihrer Disfunktionalität ebenso wie das Mobiliar im Übernachtungsraum bereits vor geraumer Zeit vollständig ersetzt.

⁵⁷Köster [1974] S. 66.

⁵⁸Siehe König [1966] Abschn. 8 sowie in Erwiderung hierzu Luise Mendelsohn an König, 16. VIII. 1966, KJ, Sign. I/f/8, Punkt 4.

⁵⁹Siehe z.B. König [1966]a S. 45, Chaitkin [1980], Krause [1989].



Abb.26 Innenaufnahmen und die originale Einrichtung des Arbeitszimmers im Erdgeschoß, Photographien aus Hellwag [1925/26].

Aber die Unterwerfung der Bewohner eines Hauses unter dessen Ästhetik kennen wir auch aus anderen Fällen, etwa von den Jugendstil-Gesamtkunstwerken der Darmstädter Mathildenhöhe, in die manchmal sogar die Kleidung der Bewohner einbezogen worden war, oder von den Entwürfen der Bauhaus-Architekten.

Was die Programmatik Mendelsohns betrifft, so möchte ich ihn lieber selbst zu Worte kommen lassen als den Versuch zu unternehmen, die Aufbruchsstimmung zu umschreiben, in der er sich ebenso wie viele andere junge Intellektuelle in der Zeit nach dem Zusammenbruch von Staat und Wirtschaft 1918 befand.⁶⁰

Die Gleichzeitigkeit der revolutionären politischen Erscheinungen und der grundsätzlichen Veränderung der menschlichen Beziehungen in Wirtschaft und Wissenschaft, Religion und Kunst, gibt von vornherein den Glauben an neue Form – Recht und Kontrolle, bezeugt die Gesetzlichkeit neuer Geburt in der Not weltgeschichtlicher Katastrophen.

Wenn Formen zerbrechen, so sind sie nur ausgehoben von neuen, die längst da sind, nur jetzt erst ans Licht kommen.

Für die besonderen Bedingungen der Architektur bedeutet die zeitgeistige Umschichtung: neue Aufgaben durch die veränderten Bauzwecke des Verkehrs, der Wirtschaft und des Kultes, neue Konstruktionsmöglichkeiten in den neuen Baustoffen: Glas – Eisen – Beton. [...]. Wir stehen am frühen Beginn, aber doch schon unter den Möglichkeiten ihrer Entwicklung. [...]. Was geschehen wird, hat *nur* Wert, wenn es im Rausch der Vision entsteht.⁶¹

Speziell diese neuen Konstruktionsmöglichkeiten mit den Baustoffen Eisen und Beton hatten es Mendelsohn angetan - in ihnen lag das Potential für ein Überschreiten der Schranken des statischen Aufbaues von Gebäuden durch gemauerte Wände, die starr, eckig und schwerfällig ruhten, während er Dynamik, "Spannungsbewegtheit" seiner "Raumstudien" anstrebte.

Mendelsohn wußte sich mit diesen Gedanken als ein Revolutionär der Baukunst, der den "Umsturz" weg von der "archaischen Befangenheit" versuchte, wohl wissend, daß er den "Beweis der konstruktiven Bindung" seiner "Visionen" erst noch zu erbringen hatte:

⁶⁰Vgl. aber auch Pehnt [1981], Kapitel 'Voraussetzungen'.

⁶¹Mendelsohn in einem Vortrag im *Arbeitsrat für Kunst* über 'Das Problem einer neuen Baukunst', Berlin, 1919, abgedruckt in Mendelsohn [1930] S. 8. Zum 'Arbeitsrat' vgl. Pehnt [1981] S. 89ff.

Die Einstellung unseres statischen Gefühls auf die Eisen-Betonspannung anstatt wie bisher auf das Prinzip von Stütze und Last bedarf einer langen Reihe allmählicher Näherung. [...].

Erst mit der Kenntnis des Betons als Füllbaustoff - erst in der Verbindung beider Konstruktionselemente - Beton nimmt die Druckspannungen auf, Eisen die Zugspannungen - stößt das Eisen den zwitterhaften, nur technischen Charakter ab, erreicht damit die Geschlossenheit einer Fläche, die Räumlichkeit einer Masse, erhält nun erst die Möglichkeit, Problem einer neuen Form zu werden.⁶²

Der Bau des Einstein-Turmes war für Mendelsohn *die* Gelegenheit, seine Vision in Wirklichkeit zu verwandeln – eine Chance, die er allerdings nur unvollkommen nutzen konnte. Denn es gab bei der Ausführung seines ursprünglichen Planes, den Turm *nur* in Eisenbeton und Stahl hochzuziehen, technische Schwierigkeiten. Wie Photos aus der Bauphase belegen, wurden die Hauptwände des Gebäudes mit Ausnahme des obersten Abschnittes unter der Kuppel doch in konventioneller Backstein-Bauweise hochgezogen und nur nachträglich mit einer dünnen Betonaußenschicht überzogen. Dazu existieren zwei Versionen der Erklärung:⁶³

1. Auf Mendelsohns Witwe geht die Behauptung zurück, daß während der Bauphase der Zement rationiert gewesen sei, so daß man nicht ausreichend Zement für das Gesamtvolumen des Baues zur Verfügung hatte.
2. Andere Quellen besagen aber, daß die Bauarbeiter sich außer Stande sahen, die komplizierten Verschalungen der vielen gekrümmten Außenflächen anzufertigen.

Mir persönlich scheint eher die zweite Variante plausibel, denn mindestens eine der Zement liefernden Firmen (Dykerhoff) war am Einstein-Turm auch in anderer Weise mitbeteiligt (Dykerhoff lieferte auch die Kälteisolier-Verschaltung des Meßraumes) und dürften bei allem Prestige, was mit der Beteili-

⁶² Alle Zitate im vorigen wiederum aus Mendelsohns Vortrag von 1919, abgedruckt in Mendelsohn [1930] S. 8-11.

⁶³ Vgl. zu beiden Versionen z.B. Whittick [1940/56]b S. 57, König [1966] Punkt 3 sowie folgende Notiz, die bei den Photographien des Einstein-Turmes in KJ, Mappe Bauten D-4, zu finden ist: "Einsteinturm völlig in Eisenbeton entworfen. Mangel an Stahl und Zement erforderte allein den Ersatz dieser Materialien durch Ziegel (Stahl und Zement waren rationiert). Alle englischen, palästinensischen und amerikanischen Bauten [Mendelsohns, K.H.] waren Eisenbeton. Einige deutsche Bauten, Leningrad und andere, waren Eisenbeton und Stahlskelett-Konstruktionen."

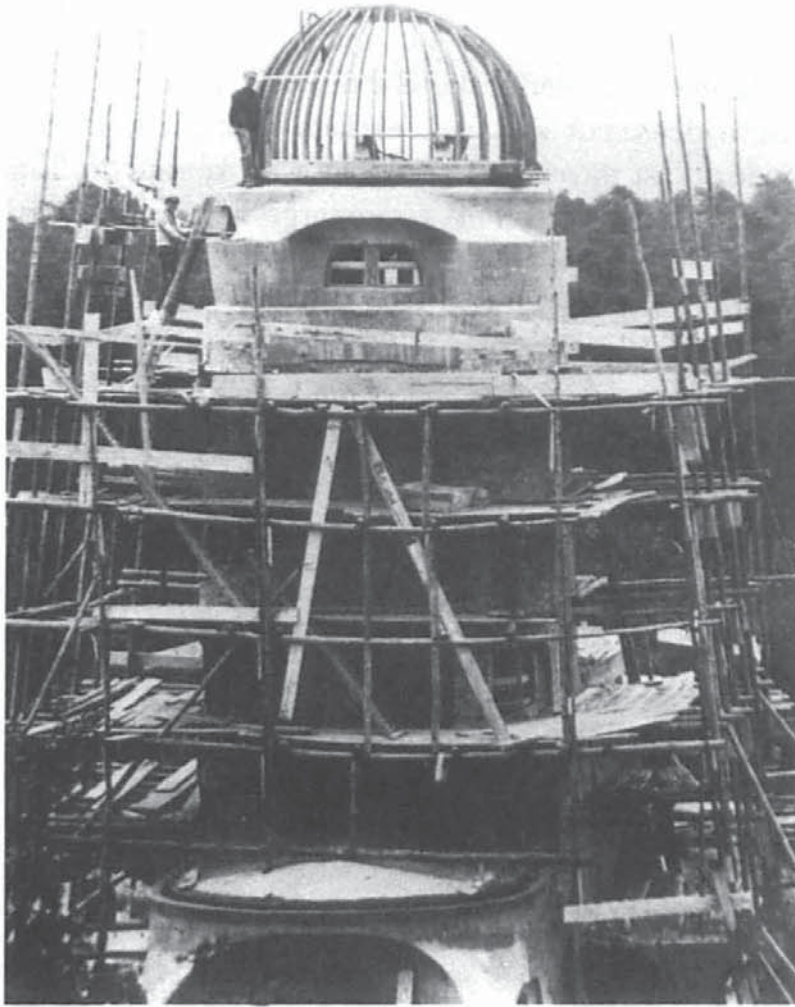


Abb.27 Photographie aus der Bauphase des Einstein-Turms, KJ.

gung an diesem Bau verbunden war, wohl kaum an Versorgung mit Zement (notfalls auch außer der Reihe) gespart haben. Gegenüber anderen Ausgaben waren die Auslagen für Baumaterialien ohnehin gering, so daß auch das Kostenargument entfällt. Umgekehrt bestanden aber von Seiten der Baukolonnen noch wenig Erfahrungen mit der neuen Beton-Verschalungs- und Gußtechnik, speziell was gerundete Formen angeht.⁶⁴ Die Schalenbauweise wurde tatsächlich erst 1923 beim Bau des Planetariums in Jena durch die Firmen Carl Zeiss bzw. Dyckerhoff erfolgreich eingesetzt.⁶⁵

⁶⁴Vgl. ferner Zevi [1985] S. 38: "There are numerous arguments in favor of brick reinforcement of a volume conceived in terms of molded and poured concrete".

⁶⁵Siehe z.B. Schomerus [1952] S. 145; vgl. auch Gössel u. Leuthäuser [1990] S. 104 und Krause [1989] S. 61-62.

Der Einstein-Turm hat den Zweiten Weltkrieg überstanden, wenngleich während des Bombenangriffs vom 14. April 1945 in seiner unmittelbaren Nähe eine Luftmine explodierte, die einen Nachbarbau total zerstörte und auch ihn in Mitleidenschaft zog (vgl. nächste Abb.). Da die instrumentelle Einrichtung jedoch fast unversehrt geblieben war, konnte der Einstein-Turm bereits bis zum Herbst 1945 soweit wiederhergestellt werden, daß eine Wiederaufnahme der Beobachtungen möglich war. Bis 1950 war er bereits vollständig renoviert. Noch heute wird der Einstein-Turm für Messungen des Sonnenspektrums, insbesondere zur Ermittlung der Magnetfelder in und um Sonnenflecken, benutzt. Doch wie steht es mit seiner ursprünglichen Aufgabe, die Gravitations-Rotverschiebung nachzuweisen?



Abb.28 Der Einstein-Turm am Ende des Zweiten Weltkrieges, schwer beschädigt durch eine in der Nähe explodierende Luftmine. Abb. aus KJ.

9. Einige Forschungsergebnisse von Freundlich und Mitarbeitern am Einstein-Turm

Der Rohbau des Einstein-Turmes wurde 1921 fertiggestellt. Doch verzögerte sich der Einbau der Optik (also des gesamten Turm-Teleskops einschließlich Coelostat in der Kuppel, der Gitter- und Prismenspektrographen) noch bis Jahresende 1924. Aus den Berichten Freundlichs an die *Einstein-Spende* für die Jahre 1920-1923 geht hervor, daß Freundlich die Zeit u.a. dadurch überbrückte, daß er seine mikrophotometrischen Arbeiten fortsetzte, die er schon seit 1919 begonnen hatte. Diese Arbeiten waren auch für die Bonner Physiker Grebe und Bachem von Bedeutung, zumal Freundlich ihnen 1920 die Möglichkeit gab, an seinem Kochschen Mikrophotometer Messungen durchzuführen, die ihnen in Bonn nicht möglich waren.¹ Des Weiteren arbeitete Freundlich an einem von der *Badischen Anilin- und Sodafabrik* (BASF) im Auftrag von deren Direktor Carl Bosch (1874-1940) bereitgestellten elektrischen Ofen, und zwar zusammen mit einem Wissenschaftler der Ludwigshafener Laboratorien, Dr. Ernst Hochheim.² Anfangs fuhr Freundlich dafür nach Ludwigshafen in das Industrielabor von BASF,³ später wurde ein Spektralofen im Labor des Einstein-Turmes installiert.⁴ Beide arbeiteten insbesondere über die für die Diskussionen zur Gravitations-Rotverschiebung wichtige Cyanbande, deren Ursprung noch immer umstritten war,⁵ und diskutierten das Auftreten der Linien verschiedener Elemente bei verschiedenen Temperaturen sowie den Einfluß von Kohlenstoff. Als der elektrische Ofen für den Einstein-Turm eingebaut war, ermöglichte er die Erzeugung von Spektren glühender Körper (ohne elektrischer Entladungen, wie bislang für die Erzeugung von Laborspektren zumeist üblich) bis zu einer Temperatur von ca. 3000 Grad Celsius sowie bei Drucken von 1/1000 bis 1/10000 atm., womit man den physikalischen Bedingungen in den Oberflächen wenigstens der kühleren Sterne nahezukommen hoffte.⁶

¹Vgl. dazu Hentschel [1991]c.

²Geb. 1876, Promotion 1909 in Marburg mit einer Arbeit zur *Bestimmung der Dielektrizitätskonstanten von Kalium*; vgl. Kirsten/Treder (Hrsg.) [1979] Bd. 2, Dok. 387.

³Siehe z.B. den Brief Freundlichs an Reichenbach, 13.V.1921, ASP, Sign. HR-15-53-12.

⁴Siehe AAW, *Astrophys. Obs.*, Nr. 135, Jahresberichte 1920/21, 21/22, Arbeiten im Laboratorium des Einstein-Instituts, 1923, sowie Freundlich/Hochheim [1924].

⁵Siehe dazu Schwarzschild [1916], St. John [1917], Grebe/Bachem [1919], Bachem [1920], Kratzer [1921], Birge [1924].

⁶Vgl. das Dankschreiben an die Badische Anilin- u. Sodafabrik, z.H. Herrn Generaldirektor Prof. Bosch, o. Datum (1924) über die "vorzügliche Mitarbeit" Hochheims, AAW, *Astrophysik. Obs.*, Akte Nr. 147.

Für das gesamte Linsen- und Spiegelsystem wählte man sog. Pyrex-Glas, das gegenüber herkömmlichen Glasarten sehr entscheidend verbesserte Materialeigenschaften hatte, da es sich auch bei mehrstündiger Exposition unter Sonnenlicht und damit verbundener Erwärmung kaum mehr ausdehnte und somit konstante Abbildungen lieferte.

Abb.29 Ausdehnungseigenschaften von Pyrex-Glas im Vergleich mit anderen Materialien; aufgetragen sind Änderungen der Brennweite gegen die Dauer des Exposition des Gesamtsystems (Coelostat und Spiegel) in Sonnenlicht.

Aus Pettit [1923] S. 210.

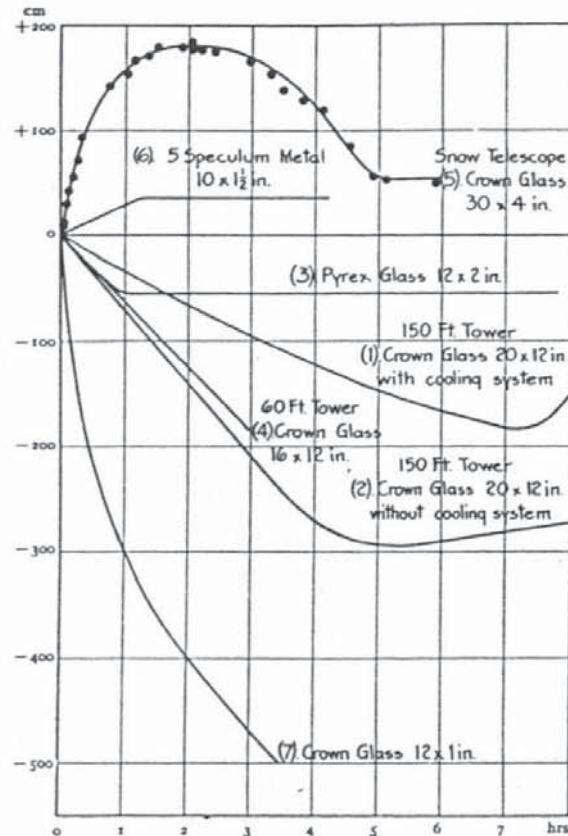


Abb. 13. Ansicht des kleinen, unter 45° geneigten Planspiegels, der das vom Turmteleskop in das Laboratorium fallende Licht nach der Spaltwand ablenkt. An demselben Pfeiler links das Pointierfernrohr für den Beobachter bei langen Expositionen. Die beiden Backen des Spaltes sind hoch poliert und die Ebene des Spaltes leicht geneigt, so daß der nicht durch den Spalt fallende, sondern an den Spaltbacken reflektierte Anteil des Lichtes eines Sternes in das Objektiv des Pointierfernrohrs geworfen wird. Der am Pointierfernrohr sitzende Beobachter hat daselbst alle Schalter zur Regulierung des Teleskops zur Hand, kann also einerseits durch Änderung der Kippung des Gegenspiegels dafür sorgen, daß das Sternbild in der gewünschten Höhe den Spalt passiert, andererseits durch Beschleunigung oder Verlangsamung des Regulators, der den Zolostatenspiegel der Drehung der Himmelssphäre nachführt, verhindern, daß das Sternbild vom Spalt abwandert. Schließlich kann er die große Linse des Turmteleskops von hier aus in Höhe verstellen, um das Bild des Sternes auf dem Spalt zu fokussieren.

Abb.30 Der Umlenkspiegel im Laboratoriumsraum des Einstein-Turms.

Aus Freundlich [1927]b S. 29 mit Original-Bildunterschrift.

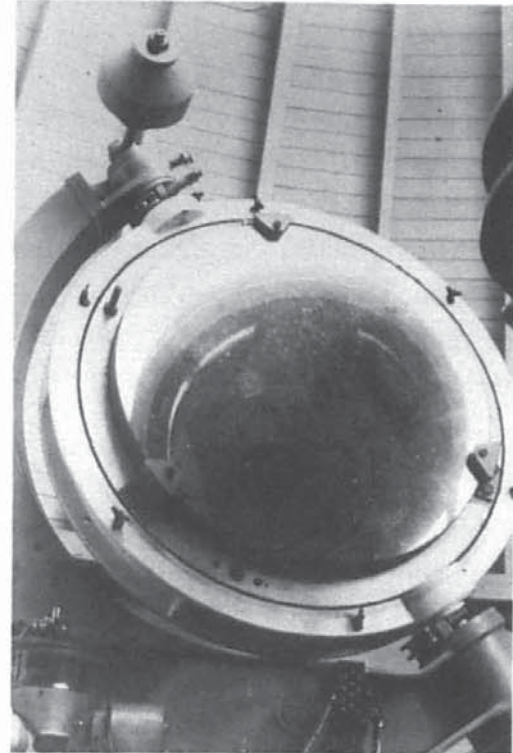
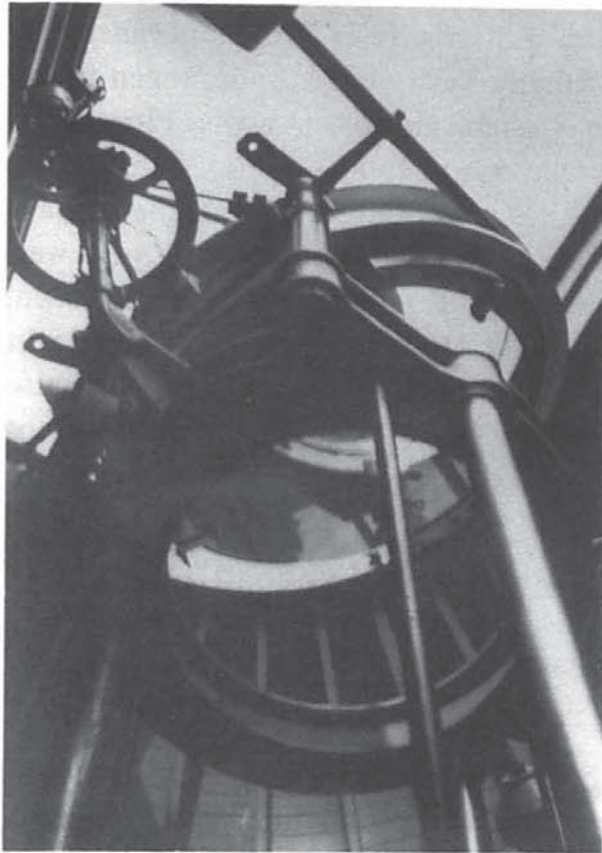


Abb.31 Coelostat und Hauptspiegel in der Kuppel des Einstein-Turms, die auf das Sonnen- bzw. Sternenlicht ausgerichtet werden und es dann senkrecht nach unten projizieren. Zwei Photographien von Sasha Stone, aus Freundlich [1928]d. Rechts unten eine Abbildung aus Villiger [1926] S. 6, die zeigt, wie die Firma Zeiss mit der von ihr hergestellten Ausstattung Werbung machte.

Nach dem Ende 1924 abgeschlossenen Einbau der Optik verstrich noch erhebliche Zeit mit der Aufstellung und Justierung der Gitter, die einem Bericht Freundlichs zufolge, gleich zu Anfang auch einige Änderungen in der Konstruktion erforderten.⁷ Die neue Technologie, die von der Firma Carl Zeiss aus Jena in Potsdam installiert wurde, war so ungewohnt, daß sich weniger versierte Experimentatoren völlig verloren fühlten. Obwohl die Grundidee des Turmteleskops von dem Vorbild Mt. Wilson abgekupfert worden war, mußten die genauen technischen Details wie z.B. Spiegel- und Linsengrößen, Wahl der Meßinstrumente und der Labor-Lichtquellen, usw. neu durchdacht werden. Die Planungsphase der Optik reicht bis in das Jahr 1921 hinein, also in die Zeit nach der Fertigstellung des Rohbaues. In einem Brief an Hans Reichenbach (1891-1953) schreibt Freundlich:

Der Bau des neuen Instituts in Potsdam steht vor dem Abschluß. Der Entwurf der Anlage insbesondere des neuen Teleskops nimmt mich zeitweilig voll in Anspruch; denn wir schaffen einen neuen Typ und ich muss die Verantwortung für alles übernehmen; d.h. soviel wie bis ins Kleinste alles doppelt und dreifach überlegen.⁸

Nicht nur Freundlich als verantwortlicher Wissenschaftler, sondern auch die Angestellten der optischen Firmen, mit denen er Verhandlungen führte, mußten sich auf die Anforderungen, die dieser neue Typus des Turmteleskops mit sich brachte, einstellen. Daraus erklärt sich zum Teil dann auch die späte Fertigstellung der Optik. Die nachfolgenden Seiten geben einen Eindruck von der damaligen instrumentellen Ausstattung des Einstein-Turmes.

Abb.32 (folgende Seiten) Die originale instrumentelle Ausstattung im Kellergeschoß des Einstein-Turmes; im Laborraum des Kellergeschosses rechts eine elektrische Bogenlampe, links der elektrische Spektralofen, deren Licht durch Linsensysteme auf die Spaltwand in der Mitte hinter dem Umlenkspiegel abgebildet wird. Nachfolgend andere Photographien, alle aus Freundlich [1927]b, teils mit Originalkommentar.

⁷Freundlich an das Kuratorium der Einstein-Stiftung, 6. XII. 1924, abgedruckt in Kirsten/Treder (Hrsg.) [1979] Bd. 1, S. 190f. Vgl. auch v.d. Pahlen [1926].

⁸Freundlich an Reichenbach, 13. V. 1921, ASP, Sign. HR-15-53-12.

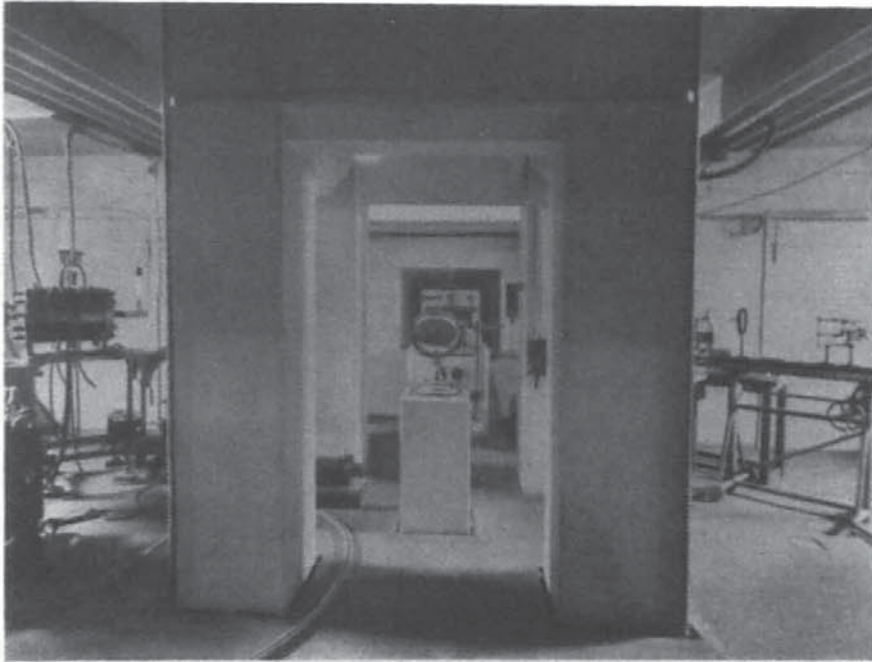


Abb. 7. Blick in das Laboratorium.

In der Mitte zwischen den vier Pfeilern des Turmteleskops, auf dem niedrigen Pfeiler, der kleine unter 45° geneigte Spiegel zum Abfangen des von oben kommenden Sonnen- bzw. Sternlichtes. Rechts von ihm auf demselben kleinen Pfeiler das Pointierfernrohr zum Anvisieren des im Hintergrund sichtbaren Spaltes. Links auf dem Bilde der Spektralofen, rechts die Bogenlampe.

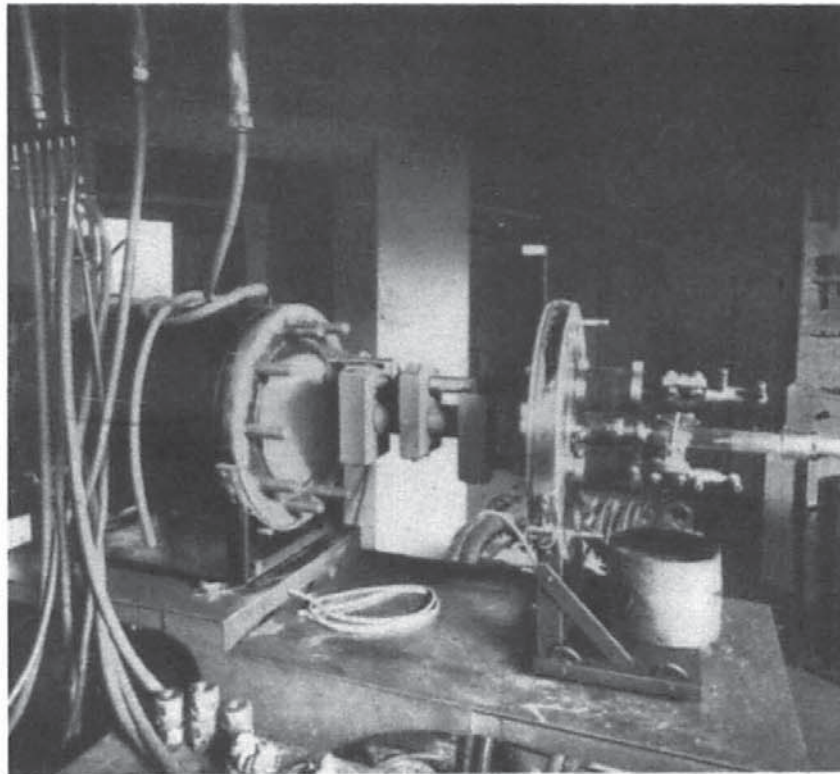


Abb. 15. Ansicht des geöffneten Spektralofens.

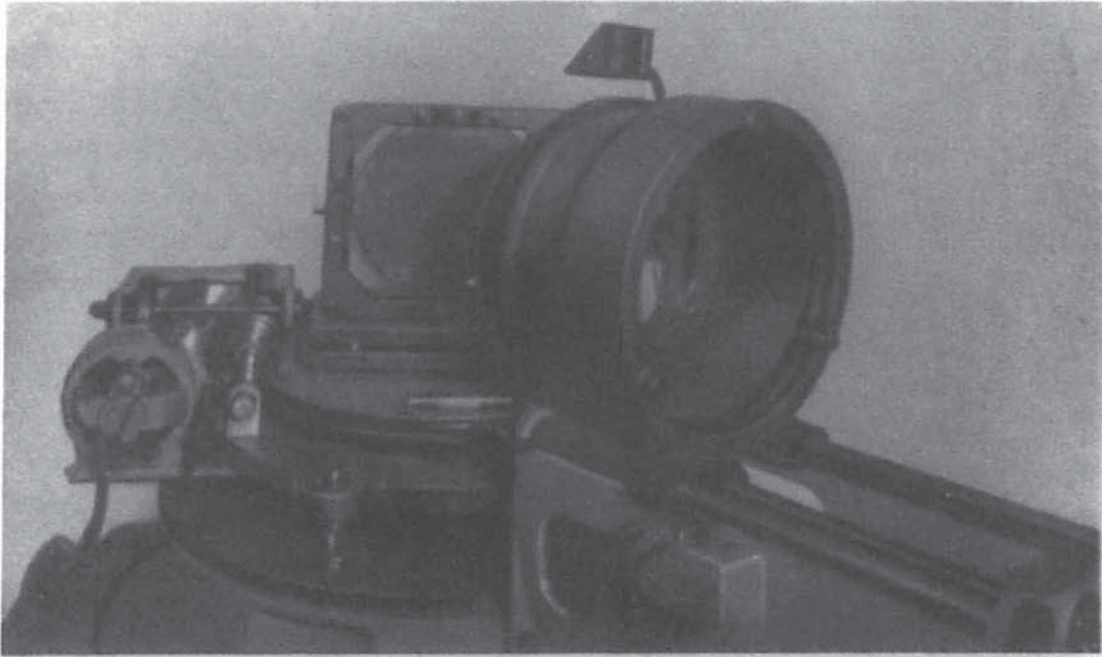


Abb. 9b. Gitterspektrograph.

Das Plangitter ist auf einer Fläche $12,5 \times 9$ cm geteilt und weist 20000 Linien pro Zoll auf. Die Kamera-Kollimeterlinse hat 12 m Brennweite und wird zwecks Fokussierung längs eines Schlittens verschoben. Der Antriebsmotor zum Fokussieren, desgleichen derjenige zum Drehen des Gitters werden von der Spaltwand aus betätigt.

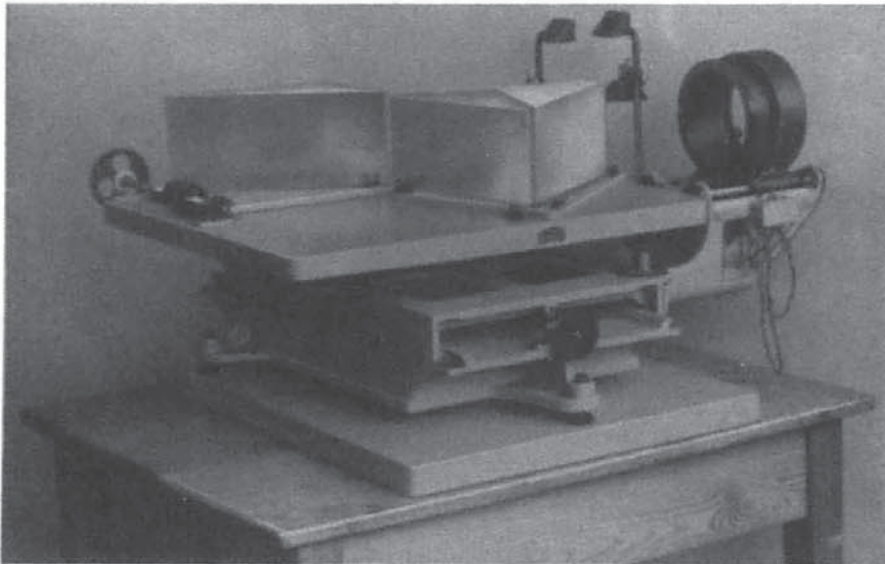


Abb. 10b. Ansicht des Prismenspektrographen von der Seite.

Das Licht, das vom Spalt in 3 m Entfernung auf die Linse fällt, tritt parallel aus, durchsetzt die drei Prismen, wird an der versilberten Rückwand des dritten, linken Prismas reflektiert, durchläuft zum zweiten Male alle Prismen; das entstehende Spektrum wird von derselben Linse alsdann in der Kassette zur Abbildung gebracht. Damit das zurückkehrende Licht unterhalb des Spaltes in die Kassette fällt, ist der ganze Prismentisch leicht geneigt. Das dritte, an der Rückseite versilberte Prisma kann vom Laboratorium aus gedreht werden, so daß die verschiedenen Farbbezirke des Spektrums die Linse passieren; auf der äußersten linken Kante der Tischplatte sieht man den Mechanismus zum Drehen des Prismas. Zum Fokussieren wird die Linse durch einen 12 Volt-Motor längs eines Schlittens parallel zu sich verschoben.

Ein Assistent Freundlichs, Felix Stumpf,⁹ sah sich während der Einbauphase außerstande, mit der Anlage klarzukommen und erklärte das Turmteleskop 1922, nachdem Freundlich von einer Auslandsreise zurückgekommen war, ihm gegenüber für eine Fehlkonstruktion, woraufhin ihm Freundlich kündigen wollte.¹⁰ Stumpf wandte sich über diese Ungerechtigkeit protestierend an Einstein, der seinerseits andere um Rat fragte. James Franck, seit einiger Zeit auswärtiges Mitglied des Kuratoriums der *Einstein-Stiftung* (vgl. Tabelle 7), schrieb daraufhin eine Art Gutachten über Stumpf, aus dem deutlich wird, welche Herausforderung in der erstmaligen Inbetriebnahme eines Turm-Teleskops lag, für die in Deutschland noch keinerlei Erfahrung bestand:

Meine Auffassung ist die, dass Herr Stumpf vor ein Problem gesetzt ist, dass er nicht lösen konnte, aber ebensowenig ein anderer jüngerer Physiker lösen könnte. Denn es ist klar, dass hier zu der Bewältigung der gestellten grossen Aufgabe der beste Spektroskopiker, der viele Jahre lang Erfahrungen auf diesem Gebiete besitzt, gerade eben gut genug sein kann. Man muss doch bedenken, dass hier Feinheiten bestimmt werden sollen, die an der Grenze der möglichen Beobachtung liegen, und dass man z.B. mit diesen Beobachtungen im Wettbewerb mit einem Mann wie Snt. John [!] treten will. Das kann natürlich auch Herr Freundlich nicht, ohne dass ich seine Fähigkeiten als theoretischer Astronom irgendwie unterschätzen will.¹¹

Daraufhin mußte Freundlich sich selbst in das optische System des Turmteleskops einarbeiten – innerhalb einiger Wochen gelang es ihm, die Anlage arbeitsfähig zu machen.¹² Nach der Bewältigung dieser für ein nationales Pilotprojekt wie dieses Turmteleskop nicht untypischen technischen Schwierigkeiten war der weitere Arbeitsplan folgender: tagsüber analysierte man das Licht der Sonne im Vergleich mit dem des elektrischen Ofens mit dem Gitterspektrographen, mit dem Fernziel eines Tests der relativistischen Voraussage der Gravitations-Rotverschiebung sowie neuerer Theorien der Sonnenatmosphäre. Nachts arbeiteten andere Beobachter an der Analyse des Lichtes heller Sterne mithilfe des lichtstarken Prismenspektrographen.

Das Licht wurde dabei jeweils vom Coelostaten eingefangen, auf den

⁹Geb. 1885, Dr. phil. Univ. Göttingen 1911; 1920-30 Privatdozent TH Berlin und Mitglied des Reichspatentamtes, Berlin.

¹⁰Vgl. z.B. den Brief von Luise Mendelsohn an Prof. Dr. F.W. Jäger, 24. X. 1970, KJ, I/f/30, gelbe Mappe Bauten D-Archivmaterial 2 mit Korrespondenz von Luise Mendelsohn über den Einstein-Turm.

¹¹J. Franck an AE, 29. III. 1923, CPAE, Sign. 11 268-1.

¹²Vgl. dazu den Brief von Luise Mendelsohn an Prof. F.W. Jäger, 24. X. 1970, KJ, Sign. I/f/30.

Hauptspiegel geleitet, der es senkrecht nach unten auf einen kleinen Umlenkspiegel am Fuß des Turms lenkte, von wo aus es direkt auf die Spaltwand zwischen Labor- und thermoisoliertem Spektroskop-Raum fiel. Dort hatte der Beobachter alle Schalter und Kurbeln in Reichweite, mit denen die optischen Komponenten in der Kuppel und im Dunkelraum ausgerichtet und feinjustiert wurden, so daß jeweils der gewünschte Teil des Bildes (z.B. ein Sonnenfleck auf der Sonnenscheibe) genau auf den Spalt fokussiert wurde.

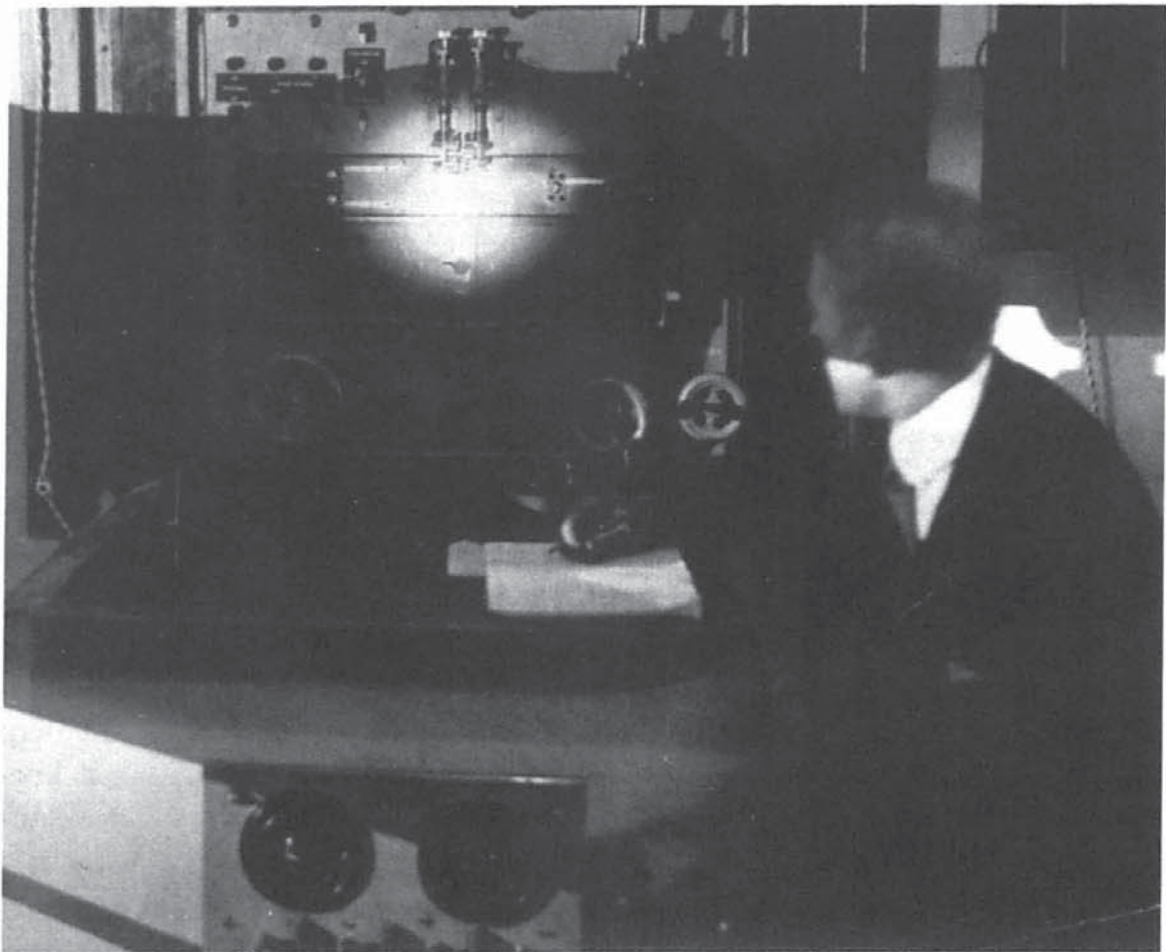


Abb.33 Freundlich vor der Spaltwand, auf die ein Bild der Sonne projiziert ist; am unteren Teil der Spaltwand, vor und hinter Freundlich sind einige der Feinjustierungskurbeln und -schalter zu sehen. Abb. aus Freundlich [1928]d.

Einige Forschungsergebnisse, die unter Freundlichs Leitung entweder mit dem Turmteleskop oder im angeschlossenen Laboratorium oder in der Theoretikergruppe erzielt wurden, verdienen hier besondere Erwähnung:

Der aus Rußland stammende Emmanuel von der Pahlen¹³ (1882-1952) unternahm beispielsweise 1925/26 eine Neubestimmung der schichtenabhängigen Rotationsdauer der Sonne sowie 1928 zusammen mit Freundlich den Versuch einer dynamischen Deutung des sog. K-Effektes in der Stellarspektroskopie,¹⁴ während Harald von Klüber¹⁵ (1901-1978) und ab 1928 auch Hermann Alexander Brück¹⁶ (geb. 1905) sich mit mikrophotometrischen Untersuchungen von Absorptionslinien im Sonnenspektrum beschäftigten. Im Zuge dieser Studien wurde auch eine gewisse Kooperation mit der Forschungsgruppe um Minnaert und Houtgast in Utrecht hergestellt.¹⁷ Der auf Molekülspektren spezialisierte Physiker Karl Wurm¹⁸ (1899-1975) führte erstmals quantitative Methoden in die Analyse der astrophysikalischen molekularen Bandenspektren ein und spezialisierte sich nach 1933 auf Kometen und interstellare Materie.

Ende 1928 erhielt das Team um Freundlich grünes Licht für die Vorbereitung einer Expedition zur Beobachtung der Sonnenfinsternis am 9. Mai 1929

¹³Schüler von Karl Schwarzschild, bei dem er in Göttingen 1909 promovierte. Nach der Oktoberrevolution verließ er Rußland endgültig, lebte zunächst in Schweden und war 1923-29 Observator am *Einstein-Institut*, laut Freundlich [1953]b "einer der maßgeblichsten Wissenschaftler in diesem Kreis" mit Spezialgebiet Stellarstatistik. 1929 wurde er ord. Prof. sowie Vorsteher der Astronomisch-Meteorologischen Anstalt der Universität Basel.

¹⁴Es handelt sich dabei um eine ungleiche Verteilung der aus Dopplerverschiebungen ermittelten Radialgeschwindigkeiten von Sternen der Spektralklasse B; Freundlich hatte den Verdacht, daß die Einsteinsche Gravitations-Verschiebung erklären könnte, warum das arithmetische Mittel dieser Radialgeschwindigkeiten einen von Null verschiedenen Wert von +4 bis +5km/sec aufwies. Siehe Freundlich und v.d. Pahlen [1923], v.d. Pahlen und Freundlich [1928].

¹⁵Geb. in Potsdam, studierte an der TH Berlin-Charlottenburg und an der Berliner Universität, wo er 1924 bei Guthnick u. Mietho promovierte. Mit dem *Einstein-Institut* war v. Klüber seit 1923 als Assistent, seit 1933 als Observator verbunden; 1941 wurde er Prof. für Astrophysik in Potsdam und 1946 Hauptobservator und Abteilungsleiter für Astrophysik. 1946 ging v. Klüber wegen zunehmender Schwierigkeiten mit den russischen Besatzern zunächst in die Schweiz, dann nach Cambridge als Observator für solare Magnetfelder. Zu v. Klüber siehe Blackwell u. Dewhirst [1978].

¹⁶Nach Studien in Kiel, Bonn und München 1928 bei Sommerfeld promoviert und zwischen 1928 und 1936 in Potsdam angestellt. 1936 ging Brück zunächst nach Rom, dann 1937 an das *Solar Physics Observatory*, Cambridge, wo er zunächst John Couch Adams Astronomer, 1944-47 auch amtierender Direktor war, bis er 1947 einen Ruf nach Dublin an das *Institute for Advanced Study* sowie als Direktor des *Dunsink Observatory* erhielt. Später arbeitete er am *Royal Edinburgh Observatory*.

¹⁷Siehe v. Klüber [1927], St. John [1929] sowie Hentschel [1991]a zur Utrechter Gruppe.

¹⁸Geb. in Siegen, studierte in Bonn, promovierte dort 1926, blieb bis 1938 in Potsdam, und wurde nach einem Studienaufenthalt am *Yerkes Observatory*, Chicago, 1941 Hauptobservator an der Hamburger Sternwarte sowie 1951 nach verschiedenen Gastaufenthalten ao. Prof. f. Astronomie an der Univ. Hamburg; zu Wurm siehe Vanysek [1976].

in Takengon, Nordsumatra. Anders als bei Freundlichs früheren Expeditionen zu Orten totaler Sonnenfinsternis, die entweder (wie 1914) an mißlichen politischen Umständen oder (wie 1922 und 1926) am schlechten Wetter gescheitert waren, gelang es diesmal, mit der von Freundlich und seinem Mechaniker Erwin Strobusch zu hoher Vollkommenheit ausgebildeten Horizontalkamera ausgezeichnete Photoplatten sowohl von den Sternfeldern um die Sonne als auch von der Sonnenkorona zu machen. Die komplizierte Auswertung der Ergebnisse zog sich trotz Hinzuziehung einer weiteren Hilfskraft für Rechenarbeiten (L. Borchheim) bis in das Jahr 1930 hinein und erbrachte, was den Test der Einsteinschen Lichtablenkungshypothese betrifft, einen etwas zu großen Ablenkungswinkel am Sonnenrand ($2''{,}24$ statt $1''{,}75$).¹⁹

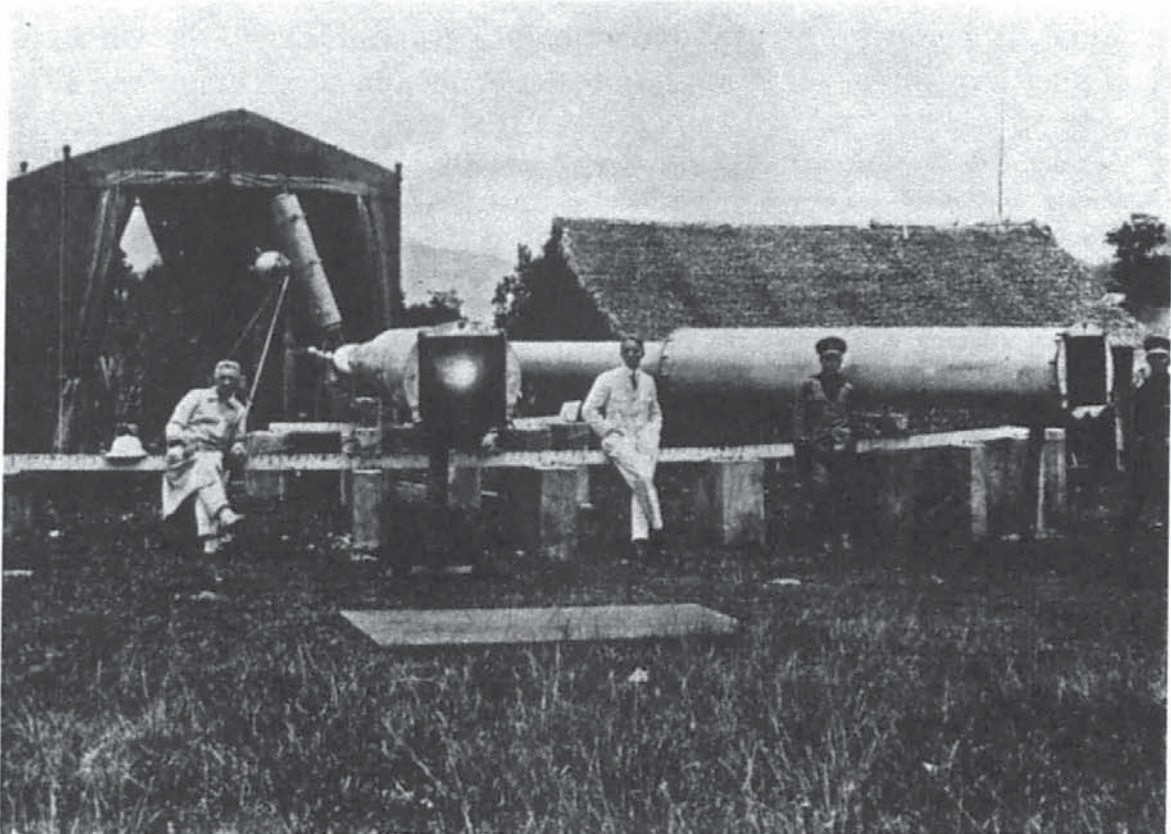


Abb.34 Freundlich vor der Horizontalkamera zur Messung der Lichtablenkung im Gravitationsfeld der Sonne anlässlich der Sonnenfinsternis in Sumatra, 1929; aus Freundlich, v.Klüber u. v.Brunn [1931]b.

¹⁹Siehe v.Klüber [1929], Freundlich, v.Klüber u. v.Brunn [1931], Freundlich [1931]c; vgl. Trümpler [1932], Courvoisier [1932] für andere Reduktionen der Daten.

Da auch eine mit der gleichen aufwendigen Reduktion des Datenmaterials und unter weitestmöglichem Ausschluß systematischer Fehler erstellte Reanalyse der älteren Daten der Expedition der *Lick*-Sternwarte von 1922 einen gleich großen Wert ergab, kamen Freundlich ernsthafte Zweifel an der uneingeschränkten Richtigkeit der allgemeinen Relativitätstheorie für die Beschreibung der Lichtausbreitung in Sonnennähe. Die Auswertung Freundlichs blieb natürlich nicht unwidersprochen: Ludendorff und unabhängig davon auch Trümpler wiesen auf die große Fehlerquelle hin, die durch die unsymmetrische Verteilung von lichtstarken Sternen in der Nähe des Sonnenrandes gegeben war; Trümpler leitete dann mit anderen Reduktionsmethoden einen Wert von ($1'',75 \pm 0'',13$), Ludendorff eher $1'',95$, Danjon hingegen $2'',06$ ab. Schließlich wiesen Freundlich und v.Brunn 1933 selbst darauf hin, daß zukünftige Platten eine damals noch völlig utopische Skalengenauigkeit von $1/100000$ haben müßten, um geeignete Daten zu liefern.²⁰ Trotzdem hielt Freundlich die von ihm aufgefundene Abweichung von der Einsteinschen Voraussage zur Lichtablenkung der Tendenz nach für real – seine durch ebenso hartnäckige Probleme mit der Auffindung der von Einstein vorhergesagten Gravitations-Rotverschiebung im Sonnenspektrum noch verstärkte Suche nach möglichen zusätzlichen Effekten führte ihn auf die bis zu seinem Lebensende verfolgte Idee einer Photon-Photon-Wechselwirkung,²¹ mit der er schließlich nicht nur die abweichenden Lichtablenkungsmessungen, sondern auch die von Hubble und anderen beobachtete kosmologische Rotverschiebung in den Spektren ferner Galaxien zu erklären können glaubte, ohne damit seine Zeitgenossen zu überzeugen.²²

Weitaus weniger kontrovers waren die Ergebnisse der Potsdamer Expedition, die die spektroskopischen und photometrischen Untersuchungen an der Sonnenkorona betrafen und die vorallem von Walter Grotrian (1890-1954) und Harald von Klüber ausgeführt wurden.²³ Besonders Grotrians Arbeiten zur Sonnenkorona, die Ende der dreißiger Jahre auch zur Aufklärung des Ko-

²⁰Siehe Ludendorff [1932], Freundlich, v.Klüber u. v.Brunn [1932], Trümpler [1932], Danjon [1932] sowie Freundlich u. v.Brunn [1933].

²¹Das ist eine wechselseitige Beeinflussung von Lichtquanten aufeinander.

²²Vgl. dazu z.B. Freundlich [1953]a, [1954] sowie die Kommentare von Born [1953], McCrea [1954] und ter Haar [1954].

²³Siehe Grotrian [1931], [1933], v.Klüber [1931]. Zu Grotrian, der 1946 die Leitung des Einstein-Turmes und 1950 die des gesamten *Astrophysikalischen Observatoriums* übernahm, dem er seit 1922 zunächst als reiner Spektroskopiker angehört hatte, siehe Freundlich [1954]g, Kienle [1955], Ritschl [1955]; zu v. Klüber siehe Fußnote 15. v.Klüber partizipierte insg. an 2 Expeditionen zum Test der Lichtablenkung nach Sumatra (1925/26 und 1929) sowie nach dem Krieg noch an 5 weiteren Expeditionen zu Orten totaler Sonnenfinsternis; siehe v.Klüber [1926], [1929], [1931], [1960].

ronaspektrums führten, in dem einige Spektrallinien partout keinen irdischen Emissionslinien zuordenbar waren, erlangten Weltruf.²⁴

Bei diesem Überblick zu den erfolgreich verlaufenen Forschungsprojekten am Einstein-Turm fällt die weitestgehende Aussparung der Prüfung der Gravitations-Rotverschiebung auf. In vielen Jahresberichten des *Einstein-Instituts* klingt an, daß man sich in Potsdam zu einem Angehen dieser eigentlichen Hauptaufgabe des Einstein-Turmes noch nicht ausreichend gerüstet fühlte:

Die Arbeiten zur Prüfung der Rel.-Theorie sind noch nicht aus dem Stadium der vorbereitenden Untersuchungen herausgetreten. Eine grössere Forschungsarbeit mit gleichem Ziel, die sehr namhafte Physiker in Amerika in den letzten Jahren durchgeführt hatten, ohne zum Ziele zu gelangen, hat wieder gezeigt, daß es zwecklos ist, ohne umfangreiche systematische Voruntersuchungen der Frage der Verschiebung der Spektrallinien im Sonnenspektrum gegenüber den gleichen Linien einer irdischen Lichtquelle nähertreten zu wollen. Wir haben uns deshalb vor allem bemüht, eine irdische Lichtquelle zu schaffen, von der man erwarten darf, daß sie als geeignete Vergleichslichtquelle gelten kann und haben eine besondere ausgedehnte Untersuchung über die Struktur der Spektrallinien im Sonnenspektrum begonnen. [...]. Erst wenn wir vollen Einblick in alle in Betracht zu ziehenden Faktoren gewonnen haben, werden wir an die eigentliche Prüfung der Rel.-Theorie herantreten.²⁵

Im Hintergrund stand hier die rasche Folge, in der auf Mt. Wilson über diesen Gegenstand insbesondere durch St. John publiziert wurde – nach anfänglichen negativen Ergebnissen war St. John seit 1923 zu der These gekommen, daß die Gravitations-Rotverschiebung im Sonnenspektrum nachweisbar sei, und diese 'Konversion' St. Johns war von den Fachleuten auch akzeptiert wurden.²⁶ Gegenüber den amerikanischen Experten, die bereits jahrzehntelange Erfahrung mit ihren Geräten und den komplexen Problemen der Sonnenphysik hatten, war man in Potsdam noch nicht wettbewerbsfähig, und die rasche Weiterentwicklung dort drohte das deutsche Laboratorium weiter ins Abseits zu drängen. Während man in den USA bereits definitive Aussagen über die im Fraunhofer-Spektrum der Sonne so lange vergeblich

²⁴Siehe Grotrian [1939]; vgl. z.B. Hufbauer [1990] S. 112-114.

²⁵Freundlich, Bericht über den Fortgang der Forschungsarbeiten der Einstein-Stiftung im Turmteleskop und Laboratorium in der Zeit vom 1. Oktober 1926 bis 1. April 1928, AAW, *Astrophys. Obs.* Nr. 147.

²⁶Siehe St. John [1917], [1922], [1924], [1928]; vgl. zu St. John: Earman u. Glymour [1980] und Hentschel [1992].

Bericht

über den

Fortgang der Forschungsarbeiten der Einstein-Stiftung im Turmteleskop und Laboratorium

in der Zeit vom 1. April 1925 bis 1. Oktober 1926.

I. ALLGEMEINES.

Die Herausgabe des Berichtes über die Arbeiten im Turmteleskop und Laboratorium der Einstein-Stiftung während der verflossenen $1\frac{1}{2}$ Jahre hat sich etwas verzögert, weil der Unterzeichnete sich neun Monate auf der Sonnenfinsternis-Expedition nach Sumatra mit dem anschließenden Besuch des Mount Wilson Observatoriums in Kalifornien befand.

An den wissenschaftlichen Arbeiten im Institut nahmen in der Zeit, die der Bericht umfaßt, außer dem Unterzeichneten zwei Astronomen, Dr. E. v. d. Pahlen und Dr. H. v. Klüber, und zwei Physiker, Dr. H. Schüler und Dr. L. Wolf, nebst einer technischen Assistentin, Fräulein G. Schroder, und einem Feinmechaniker, E. Strobusch, teil. Von den beiden Astronomen übernahm während der Dauer der Expedition Dr. v. d. Pahlen die Vertretung für Dr. E. F. Freundlich. Der zweite Astronom, Dr. H. v. Klüber, nahm an der Expedition nach Sumatra teil; ihn vertrat in der Zeit vom 1. September 1925 bis 1. April 1926 cand. phil. Delbrück. Im Sommersemester 1926 schloß sich cand. phil. Fuchs den Arbeiten im Institut an in der Absicht, eine Dissertation im Rahmen derselben auszuführen. Ende September nahm Dr. H. Kroepelin, Assistent im physikalisch-chemischen Institut der Universität Erlangen, für einige Wochen an den Arbeiten im Turm teil.

II. FORSCHUNGSERGEBNISSE.

Die Arbeiten im Institut zerfallen in drei Gruppen: 1. die astronomischen Beobachtungen mit dem Turmteleskop an der Sonne und den Sternen, 2. die physikalischen Untersuchungen im Laboratorium des Turmteleskops im engen Anschluß an die astronomischen Beobachtungen, 3. die astrophysikalischen Untersuchungen allgemeiner Natur. Zu diesen Arbeiten trat im verflossenen Jahr 4. die Sonnenfinsternis-Expedition zur Prüfung der Relativitätstheorie.

1. Die astronomischen Arbeiten mit dem Turmteleskop standen im ersten Jahr natürlich noch ganz im Stadium der vorbereitenden und orientierenden Beobachtungen. Es ist nicht möglich, ohne stetigen Anschluß an eine bestehende Erfahrung und Tradition in die Probleme eines großen Forschungsgebietes wie die Sonnenforschung, über das in Amerika mit großen Mitteln mehr als 25 Jahre intensiv gearbeitet worden ist, sofort einzuspringen, ohne vorher ein gewisses Maß von Erfahrungen und Kenntnissen gesammelt zu haben. Unser neues Institut ist augenblicklich wohl das einzige europäische Institut, an welchem wieder Sonnenforschung mit Forschungsmitteln betrieben werden kann, die denjenigen der großen amerikanischen Sternwarten in Kalifornien vollkommen gleichwertig sind. Es bedarf aber natürlich einiger Jahre, bis sich die Mitglieder des Instituts mit der Handhabung der großen und komplizierten Apparatur eines Turmteleskops vollkommen vertraut gemacht und die Beobachtungen den Grad von Genauigkeit erreicht haben, der zu einer wirklich wesentlichen Förderung der vorliegenden Probleme erforderlich sein wird.

Die Methode der Forschung ist nur die der Spektroskopie. Es werden die physikalischen Zustände an der Oberfläche der Sonne und der Sterne aus dem Vergleich der Spektren des Sonnenlichtes mit den Spektren irdischer Lichtquellen erschlossen. Das Studium der in den Spektren auftretenden Spektrallinien der verschiedenen chemischen Elemente gibt dem Astrophysiker die Möglichkeit, aus der Intensität der Spektrallinien und aus der relativen Lage der sich entsprechenden Spektrallinien in den verschiedenen kosmischen oder irdischen Lichtquellen weitgehenden Einblick in die physikalischen und chemischen Verhältnisse der in der Lichtquelle leuchtenden Materie zu gewinnen.

Abb.35 Aus dem Bericht über den Fortgang der Forschungsarbeiten der *Einstein-Stiftung* im Turmteleskop und Laboratorium, Ende 1926, aus AAW, Astrophysik. Obs., Akte Nr. 147, Blatt Nr. 161.

gesuchte Gravitations-Rotverschiebung machen zu können glaubte, hatte man in Potsdam noch nicht einmal damit begonnen, Meßreihen für ihren Nachweis zu machen. Auch die Stifter mußten zunächst hingehalten werden, indem sie auf die Notwendigkeit solch eines "Stadiums der vorbereitenden und orientierenden Beobachtungen" hingewiesen wurden (siehe Abb. 35). In dem nahestehenden Ausschnitt des Berichts von Ende 1926 ist der Nachholebedarf gegenüber der astrophysikalischen Forschung in den USA recht drastisch dargestellt, wodurch das Fehlen eigener vorweisbarer Forschungsergebnisse entschuldigt wird. Freundlich versuchte, zwischen Potsdam und Pasadena verstärkte Kooperation zu initiieren, weil er sich davon eine schnelle Angleichung der Forschungsfronten erhoffte. In einem Reisekostenantrag für einen Besuch in Mt. Wilson, gerichtet an die *Notgemeinschaft* im Jahr 1925, schreibt Freundlich:

Seitdem in Potsdam das Turmteleskop errichtet worden ist, besteht auch in Deutschland die Möglichkeit an der modernen Sonnenforschung teilzunehmen, die mit Hilfe des Turmteleskops auf dem Mt. Wilson Solar Observatory während des letzten Jahrzehnts entwickelt worden ist. Insbesondere kann die Prüfung der Relativitäts-Theorie an dem neuen Potsdamer Institut mit Mitteln in Angriff genommen werden, die denen der amerikanischen Sternwarte gleichwertig, wenn nicht überlegen sind. Es eröffnet sich damit zugleich die Notwendigkeit, den Anschluß der Messmethoden zur genauen Vergleichung von Wellenlängen mit dem Potsdamer Teleskop an die amerikanischen Methoden zu gewinnen.²⁷

Wie ein Generalbaß durchzieht die durch die analoge technische Auslegung selbstgeschaffene Konkurrenz zum *Mount Wilson Solar Observatory* die Petitionen, Eingaben und Berichte, die Freundlich an die Wissenschaftsförderungs-Institutionen richtete. Und er verfehlte damit nicht seine Wirkung. Nachdem ihm der Antrag bewilligt worden war, reiste Freundlich von der Sonnenfinsternis in Java aus weiter nach Mt. Wilson und verbrachte dort mehrere Wochen.²⁸ Nachdem er zurückgekehrt war, kündigte er in seinem Jahresbericht für das Kuratorium der *Einstein-Stiftung* "vergleichende Messungen mit entsprechenden Beobachtungen auf dem Mount Wilson" an,²⁹

²⁷ Freundlich an Notgemeinschaft, 7. III. 1925[?], AAW, Astrophys. Obs. Nr. 151.

²⁸ Das *Yearbook of the Carnegie Institution of Washington* 25 [1925/26] S. 105 vermerkt diesen Besuch Freundlichs: "He took part in some of the solar observations on Mount Wilson and lectured on ionization and theories of radiation before the members of the staff".

²⁹ Siehe Freundlich: 'Bericht über den Fortgang der Forschungsarbeiten der Einstein-

doch resultierte aus diesem Plan entgegen Freundlichs Hoffnungen keine intensivere Zusammenarbeit beider Observatorien.³⁰

Ab dem 1. Januar 1927 war Freundlich auch im 'Fachausschuß Physik' der *Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft*,³¹ und zwar zusammen mit seinen Kollegen Eberhard, Münch, Wilsing, Biehl, Birk, Hassenstein und von der Pahlen vom *Astrophysikalischen Observatorium* sowie mit Courvoisier, Struve, Goldstein u. Prager von der *Sternwarte Babelsberg*. Daraus erklärt sich wohl auch die auffällige Zunahme von Bewilligungen der Anträge Freundlichs auf finanzielle Unterstützung und Sachbeihilfen bei der *Notgemeinschaft* seit 1927 (vgl. die nachfolgende Tabelle), und dies, obwohl er oft nicht mehr zu bieten hatte als den folgenden Gemeinplatz in einem Dankschreiben an Schmidt-Ott von der *Notgemeinschaft*:

Ich danke Ihnen aufrichtig für die erneute Bewilligung des namhaften Zuschusses von Mk 2500 zu unseren Arbeiten. Wir sind in den letzten Monaten sehr wesentlich vorangekommen, wenn auch die Frucht mancher großen Mühen oft nur die Erkenntnis gewesen ist, daß die Probleme eigentlich schwieriger sind, als man bisher angenommen hatte.³²

In einer Broschüre von 1927 über das *Turmteleskop der Einstein-Stiftung* machte Freundlich dann eine Flucht nach vorne, erklärte die Namensgebung der *Einstein-Stiftung* rein historisch und wies auf die sehr viel "breitere Basis" hin, auf der die wissenschaftlichen Forschungen des Instituts aufbauten.³³

Stiftung im Turmteleskop und Laboratorium in der Zeit vom 1. April 1925 bis 1. Oktober 1926', AAW, *Astrophys. Obs.* Nr. 147, S. 2: "Anläßlich eines Besuches des Unterzeichnenden auf dem Mount Wilson Observatorium in Kalifornien, wo die intensivste Sonnenforschung seit 20 Jahren betrieben wird, wurde eine Arbeitsgemeinschaft mit unserem Institut in Anregung gebracht und beschlossen, besonders wichtige Messungsreihen beider Institute durch parallele Messungen des anderen Instituts zu stützen."

³⁰Vgl. die Jahresberichte des Mt. Wilson Observatory, in *Yearbook of the Carnegie Institution of Washington* der folgenden Jahre.

³¹Siehe BAP, Akten des Reichsministeriums des Innern, Nr. 26769/1, Blatt 201.

³²Freundlich an Schmidt-Ott, ohne Datum, AAW, *Astrophysik. Obs.*, Akte Nr. 151, Blatt 6.

³³Freundlich [1927]d S. 4: "Sie erhielt aber in Erinnerung an die Relativitätstheorie, welche die Astrophysik wieder mit großen Problemen befruchtet und zu Ehren ihres Schöpfers, Albert Einstein, den Namen: Einstein-Spende, später Einstein-Stiftung."

Datum	Zweck	Quelle	Betrag	Modus
1914	Krim-Expedition (re Lichtablenkung)	PA	2 000	e
		E.Fischer	3 000	e
		G.Krupp	3 000	e
1918-1920	Vertrag über Forschungen über Tests zur ART	KWIP	6 000	a
Febr.1919	Mikrophotometer (Toepfer)	KWIP	500	e
Juli 1919	Elektrometer-Zuschuß	KWIP	300	e
Dez.1919	Teuerungszulage zu Jahresgehalt	KWIP	300	e
Dez.1919	dito, (für 1920)		2 000	e
1920-1921	<i>Einstein-Spende für Einstein-Institut</i>	Privat	1 190 000	e
1920-1921	Zuschuß der Preußischen Landesregierung	MWiss	200 000	e
1921	Zuschuß für laufende Kosten	MWiss	20 000	a
ab 1921	Spenden für laufende Kosten	Private	6 000	a
1921	Reisekostenzuschuß (Jena,Ludwigshafen,England)	MWiss	3 000	e
1922	Zuschuß für laufende Kosten	MWiss	30 000	a
1923	Nachprüfung der astrophysik. Folgerungen der ART	NG	-?-	e
1924	Zuschuß für Montagearbeiten (Turmteleskop)	MWiss	7 000	e
1925	Löhne f. Mechaniker u. 1/2-tags Laborantin	NG	3 000	e
1925	Reisekostenzuschuß (Fahrt nach Mt. Wilson)	MWiss	4 500	e
bis 1926	Zuschuß für wiss. Arbeiten	MWiss	4 000	a
ab 1926	Zuschuß für Besoldung des Personals	MWiss	9 000	a
1927	Ausbau eines Plattenmeßapparates zur Auswertung von Sonnenfinsternisaufnahmen von 1926	NG	900	e
1927-1933	Stipendien für Mitarbeiter: H.Brück	NG	150	m
	dito; A. Unsöld	NG	250	m
Febr.1928	Zuschuß für Instrumente (Ergänzung zu neuem Vakuum-Ofen [BASF])	NG	7 720	e
Aug.1928	Zuschuß für die Präzisionsbestimmung von Wellenlängen und ihrer Feinstruktur (u.a. Pumpen, Monochromator, Fabry-Pérot-Interferometer)	NG	1 540	e
Dez.1928	Kompl. photogr. Ausrüstung f. Finsternisexp.	C.Bosch	ca. 3 000	e
Mai 1930	Kredit f. Bearb. d. Sonnenfinsternisplatten (als Gehalt f. Hilfskraft [L.Borchheim])	NG	900	e
Juni 1930	dito	NG	150	m
Okt.1930	Nachschlag f. Zusatzunters. (Korona)	NG	1 500	e
Febr.1931	Gehaltserhöhungen f. Hilfskraft	NG	1 000	e
März 1932	Kredit f. Lichtablenkungsmessungen	NG	200	m
Sept.1932	Reisekostenzuschuß (Jena)	NG	1 800	e
1932-1933	Kredit für Perihelanomalienuntersuchung	MWiss	100	e
		NG	10 000	e

Tab. 6 Übersicht zur finanziellen Förderung Freundlichs in Berlin; Zeichenerklärung: PA = Preußische Akademie der Wissenschaften, KWG = Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft, KWIP = Kaiser-Wilhelm Institut für physikalische Forschung, NG = Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft, MWiss = Ministerium für Wissenschaft, Kunst und Volksbildung; Beträge in (Reichs)Mark; a = jährlich, m = monatl., e = einmalig. ART = allgemeine Relativitätstheorie.

In der Tat gab es bei den anderen im Turmteleskop und im angeschlossenen Laboratorium ausgeführten Arbeiten, die viele Bereiche der Astrophysik und Spektroskopie betrafen, sehr viel mehr Erfolge als bei den Versuchen Freundlich's und seiner Mitarbeiter, die subtilen Effekte der allgemeinen Relativitätstheorie nachzuweisen. Wie die vorangegangene Übersicht zeigt, war Freundlich organisatorisch sehr geschickt im Anwerben von Geldern für die Unterstützung seiner eigenen Projekte. Gleiches gilt für die Projekte seiner Mitarbeiter, von denen viele Arbeiten von Weltgeltung verfaßten und bald in Direktorenstellungen an deutschen oder englischen Sternwarten aufrückten.

Under Freundlich's enthusiastic and stimulating leadership the Institute soon became a most lively centre of research and attracted a large number of visitors from all over the world. [...]. The team-spirit there under Freundlich was a fine and most happy one.³⁴



Abb.36 Brück vor dem in die Trennwand eingebauten Schlitze im Arbeitsraum des Einstein-Turmes, Photographie von Prof. Brück.

³⁴v.Klüber [1965]b S. 82; vgl. auch den Brief v.Klübers an Luise Mendelsohn, 19. I. 1971, KJ, Sign. I/f/31.

So arbeiteten sowohl der v.Laue-Schüler Johannes Picht (1897-1973) als auch der Sommerfeld-Schüler Albrecht Unsöld (geb. 1905) jahrelang am *Einstein-Institut* mit Stipendien der *Notgemeinschaft*, und Freundlich stellte für beide mehrmals erfolgreich Anträge auf Verlängerung.³⁵ Gerade die Arbeiten dieser Stipendiaten, u.a. diejenigen Albrecht Unsölds zur Theorie der Sternatmosphären, zählen zu dem wichtigsten, oft zitierten Leistungen, die am *Einstein-Institut* während der Ära Freundlich erzielt wurden. Indirekt bestätigt wird diese Einschätzung übrigens durch eines der Gutachten, das Freundlich über seinen Forschungsstipendiaten Unsöld für die *Notgemeinschaft* in Berlin schrieb:

Dr. Unsöld ist – was ich ohne Übertreibung sagen darf, da es auch der Ansicht von Herrn Sommerfeld entspricht und durch das Interesse, das seine Arbeiten sofort gefunden haben, gerechtfertigt wird – seit vielen Jahren die erste wirklich grosse theoretische Begabung, die sich in den Dienst der Astrophysik gestellt hat und es ist bei dem leider *ausserordentlichen Tiefstand der deutschen sowohl theoretischen wie praktischen Astrophysik* für diese direkt von vitaler Bedeutung, dass dieses Talent der Astrophysik erhalten bleibt.³⁶

Durch Arbeiten wie die Unsölds zu Sternatmosphären und Linienprofilen oder die des theoretischen Physikers Picht wurde ein enger Kontakt der Institutsmitglieder zu den Fortschritten in der Atom-Theorie hergestellt,³⁷ wieder ganz ähnlich dem Vorbild des *Mt. Wilson Observatory*, das sich führende Theoretiker wie Fowler und Russell zu Konsultationen und Gastaufenthalten einlud. Diese intensive Kooperation zwischen Atomphysik und Astrophysik verkörpert sich beispielhaft in der Person Unsölds, der jeweils von März bis November, also in der astronomischen Beobachtungssaison, am *Einstein-Institut* tätig war, im Wintersemester jedoch Vorlesungen in München hielt und somit einen “dauernde[n] wissenschaftliche[n] Kontakt der Arbeiten am Einsteinturm mit dem wissenschaftlichen Kreise von Prof. Sommerfeld” herstellte.³⁸

³⁵Siehe Kirsten/Treder (Hrsg.) [1979] Bd. 2, Nr. 445. Die Stipendien beliefen sich damals auf 150-250 Mark monatlich, was genau dem Rahmen entsprach, in dem die *Notgemeinschaft* auch in anderen Sachgebieten Stipendien für studentische Mitarbeiter vergab. Vgl. z.B. die Liste der Stipendien der NG, 1926/27, BAP, RMI, 15.01, Akte Nr. 26770/1, Blatt 275 sowie das nachfolgend zitierte Dokument.

³⁶Freundlich an die Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft, 7. I. 1929, AAW, Astrophysik. Obs., Akte Nr. 151. Zu Unsöld vgl. Unsöld [1972].

³⁷Vgl. die Eingabe Freundlichs an Einstein, 8. VI. 1927, CPAE, Sign. 11 292 über Picht.

³⁸Ibid.

Neben der Hilfestellung für Gastwissenschaftler, die längere Zeit am Einstein-Institut verbrachten, machte Freundlich auch durch eigene Vorträge im Ausland³⁹ und Vortragseinladungen an auswärtige Wissenschaftler sein Institut überregional bekannt. Als ein Beispiel, das hier stellvertretend für viele stehen muß, sei der Eindruck geschildert, den der junge indische Astrophysiker Subrahmanyan Chandrasekhar (geb. 1910) anlässlich eines zehntägigen Berlin-Aufenthaltes im Jahr 1931 mitnahm. Nachdem er verschiedene Sehenswürdigkeiten der Stadt, die er als "big, clean, beautiful and magnificent" beschrieb besichtigt hatte und einen Tag am *Kaiser-Wilhelm Institut für physikalische Chemie* verbracht hatte, besuchte er auch das *Astrophysikalische Observatorium* sowie das *Einstein-Institut* in Potsdam.

He was thrilled to meet Erwin Finlay Freundlich, an astronomer and astrophysicist of considerable reknown. While Chandra was familiar with Freundlich's work, he did not expect the reverse to be true. On the contrary, as Chandra noted in a letter to his father on 22 September 1931, "... it was such a pleasant surprise for me when I found that Prof. Freundlich not only recognized me, but was familiar with my work! He wanted me to make a small 'Vortrag' (unofficial lecture) on my work 'Stellar Absorption Coefficients'. I spoke for an hour or more on the work I had done at Göttingen ... Prof. Freundlich congratulated me very much on my latter work [...]. Prof. Freundlich and his wife were 'at home' to me that evening."⁴⁰

Ebenso wie Freundlich hier zu dem Fellow des *Trinity College*, Cambridge, und späteren Nobelpreisträger Subrahmanyan Chandrasekhar eine Verbindung knüpfte, hatte er auch ähnliche Kontakte zu anderen führenden Astrophysikern wie z.B. Milne, Eddington, Hale und Adams. Wie das obige Zitat zeigt, war Freundlich gut informiert über den Stand der wissenschaftlichen Literatur nicht nur in Deutschland, und wurde von den einschlägigen Experten durchaus geschätzt. 1928 war Freundlich einer der wenigen deutschen Vertreter auf dem dritten Treffen der *International Astronomical Union* in Leiden – wie auch bei anderen internationalen wissenschaftlichen Organisationen waren auch hier die Nachwirkungen der wechselseitigen Wissenschaftsblockaden während des ersten Weltkrieges in einer gewissen Unterrepräsentierung deutscher Wissenschaftler noch deutlich zu spüren.⁴¹ In der Kommission für Sonnenphysik, der neben Freundlich u.a. auch Abetti (Arcetri), Evershed (Ewhurst), Newall (Cambridge), Deslandres u. d'Azambuja (Meudon) sowie

³⁹So z.B. 1921 in London – vgl. z.B. Freundlich an Mendelsohn, 13. VI. 1921, KJ.

⁴⁰Wali [1991] S. 94.

⁴¹Vgl. dazu z.B. Schroeder-Gudehus [1978].

St. John (Mt. Wilson) angehörten, berichtete er über die Fortschritte in der photometrischen Analyse der Fraunhofer-Linien, die in Potsdam durch Arbeiten von v.Klüber und Unsöld erzielt worden waren, aber auch über die noch bestehenden Schwierigkeiten beim Vergleich eigener Messungen mit theoretischen Prognosen, die aus Einsteins Theorie besonders für die Mitte-Rand-Variationen⁴² und aus Milnes Theorie in Bezug auf die Chromosphärenlinien folgerten. Edward Arthur Milne⁴³ (1896-1950), der 1932 wissenschaftlicher Gast Freundlichs in Potsdam war, fühlte sich schon im voraus wie "in the heart of the Einstein territory", so sehr war der Name Freundlichs auch im Ausland mit dem Albert Einsteins verknüpft.⁴⁴ Demgegenüber scheint Lüdendorff und seine Crew nicht in gleichem Maße internationale Beziehungen aufgebaut zu haben – wenn überhaupt, dann bestenfalls zu den Vertretern des klassischen Astronomieverständnisses im Ausland (etwa zu Shapley in Harvard oder in Bezug auf ihr Projekt der systematischen Erfassung der auf der Südhalbkugel sichtbaren Sterne). Übrigens gab es ebenso wie in Potsdam im Vergleich der Forschungsaktivitäten des *Astrophysikalischen Observatoriums* mit denen am Einstein-Turm auch in den USA einen vergleichbaren **Konflikt um Forschungsgegenstand und -methoden in der Astrophysik**, der dort etwa seinen Ausdruck in dem Machtkampf zwischen der 'Western gang' (Mt. Wilson, d.h. Hale) und der 'Eastern gang' (Shapley und das Harvard Observatory) gefunden hat.⁴⁵

⁴²Siehe Freundlich, v.Brunn u. Brück [1930] für eine Studie der genauen Wellenlänge von Spektrallinien eines Eisenmultipletts an 72 verschiedenen Stellen der Sonnenoberfläche im Vergleich mit der Sonnenmitte, die Doppler-Verschiebungen durch Konvektionsströme und Comptoneffekte als Erklärung für die Mitte-Rand-Variationen ausschloß.

⁴³Zu Milne siehe z.B. McCrea [1951], Chandrasekhar [1980].

⁴⁴Vgl. Milne an Larmor, 24. VIII. 1932, RS, Larmor papers, Mappe Milne, Nr. 1433: "I shall be in the heart of the Einstein territory, + really want to see him and stand up to him on some matters".

⁴⁵Man vergleiche Crelinsten [1981] für ein Porträt der US-amerikanischen Forschungslandschaft in der Astrophysik nach 1900 sowie Hetherington [1982] zu Hubbles Kampf gegen die "Eastern gang", die seine Behauptung eines linearen Zusammenhang zwischen Rotverschiebung und Abstand von kosmischen Objekten bestritt.

10. Querelen zwischen Freundlich und Ludendorff

Die "durch die Einstein-Stiftung geschaffene wissenschaftliche Einrichtung", der Einstein-Turm, war formal keine selbständige Forschungseinrichtung, sondern bildete "in der Geschäftsführung gegenüber der Aufsichtsbehörde einen Bestandteil des Astrophysikalischen Observatoriums". Die vom Syndikus der *Einstein-Stiftung* Ludwig Ruge kunstvoll konstruierte Rechtsstellung des *Einstein-Instituts* gegenüber dem *Astrophysikalischen Observatorium* war sogar für Insider nur schwer durchschaubar. So fragte z.B. 1932 der Ausschuß der deutschen Astronomen beim Kultusministerium an, ob das *Einstein-Institut* eine eigenständige Institution sei, da ihm in diesem Falle die Entsendung eines eigenen Fachvertreters auf die Versammlung der *International Astronomical Union* zugestanden hätte. Der Vorsitzende dieses Ausschusses erhielt daraufhin die salomonische Antwort, "daß das Einstein-Institut in Potsdam weder selbständig noch abhängig sei und daß die der Astrophysik dienenden Institute in Potsdam die gemeinsame Bezeichnung 'Astrophysikalisches Observatorium und Einstein-Institut' führen."¹ Klar war jedoch, daß Erlaße des Ministeriums, auch wenn sie *nur* das *Einstein-Institut* betrafen, ebenso die Arbeits- und Jahresberichte des *Einstein-Instituts* und Unterstützungsanträge, alle über den Schreibtisch Ludendorffs zu laufen hatten. Umgekehrt mußte bei Anträgen des *Astrophysikalischen Observatoriums*, die das *Einstein-Institut* in irgend einer Weise mitbetrafen, zuerst das Kuratorium der *Einstein-Stiftung* angehört und dessen Bewilligung eingeholt werden. Dieses war aus dem Kuratorium der *Einstein-Spende* hervorgegangen, das 1920/21 die sachgemäße Verwendung der zusammengetragenen Spendengelder zu kontrollieren hatte und ist nicht mit dem Kuratorium des *Astrophysikalischen Observatoriums* zu verwechseln, obwohl mehrere Wissenschaftler Mitglieder beider Kuratorien waren (vgl. Tab. 4 mit Tab. 7). Im Kuratorium der *Einstein-Stiftung* war Einstein Vorsitzender "auf Lebenszeit"; ferner waren darin der Syndikus der *Einstein-Stiftung* Rechtsanwalt Ludwig Ruge, je ein Vertreter des *Reichsverbandes der Deutschen Industrie* (bis Juli 1925 dessen Geschäftsführer Dr. Rudolf Schneider, danach Dr. Max Fischer von der Firma Zeiss), sowie zwei Repräsentanten des Preußischen Kultusministeriums (Ministerialdirigent Hugo Andres Krüss und Wilhelm Westphal).² Mit

¹Schreiben des Preußischen Ministers für Wissenschaft, Kultur und Volksbildung an Max Wolf, 20. VI. 1922, Kirsten/Treder (Hrsg.) [1979] Bd. 2, Dok. Nr. 495, S. 127.

²Siehe dazu Kirsten/Treder (Hrsg.) [1979] Bd. 1 Dok. Nr. 112 und Bd. 2, Dok. Nr. 362, 364, 369f, 372f., 377, 380-385, 388-391, 398, 402, 413, 420f., 424-427, 432-434, 478ff.

diesem Kuratorium als dem direkten Kontrollorgan für das *Einstein-Institut* hatte Freundlich seit 1922 einen Arbeitsvertrag als Institutsleiter und diesem Gremium fühlte er sich auch allein verpflichtet.

Zeitraum	Mitglieder des Kuratoriums
Seit Dez. 1920	Einstein, Freundlich, Ludendorff, Müller
Seit 22. VI. 1922	Einstein, Freundlich, Ludendorff, Müller, Franck, Bosch, Schneider, Jeidels, Ruge
Ab 5. XI. 1924 zusätzlich	Friedrich Paschen (Präsident der PTR)
Um 1931	Einstein, v.Laue, Schrödinger, E. von der Pahlen
Am 1. I. 1932:	Übergang des <i>Einstein-Instituts</i> in den Besitz des Preußischen Staates

Tab.7 Die Zusammensetzung des Kuratoriums der *Einstein-Stiftung* 1922-1931

Obwohl vom Rechnungsjahr 1925 an das *Einstein-Institut* innerhalb des "Geschäftsbedürfnisfonds" des *Astrophysikalischen Observatoriums* einen eigenen Posten hatte, über den nur das Kuratorium des *Einstein-Instituts* zu verfügen hatte, mußte bei allen Anschaffungen, die nicht zur Aufrechterhaltung des laufenden Betriebes dienten (z.B. bei Geräteankäufen, die "Substanzvermehrung" darstellten), "zur Vermeidung von Doppelbeschaffungen" die Genehmigung des Direktors des *Astrophysikalischen Observatoriums* eingeholt werden.³ Durch diese doch recht enge Verzahnung der Verwaltungsangelegenheiten beider Institutionen waren ständige Querelen zwischen Freundlich, dem Leiter des *Einstein-Instituts*, und Ludendorff, für die Jahre 1921 bis 1939 der Direktor des *Astrophysikalischen Observatoriums* in Potsdam, vorprogrammiert.

(Friedrich Wilhelm) Hans Ludendorff⁴ (1873-1941) war der Sprößling einer Familie, "in der Wissenschaft und Soldatentum zur Tradition gehörten", ein "Urenkel des Generals Tempelhof, der sich neben seiner militärischen Tätigkeit auch astronomischen Problemen gewidmet hatte",⁵ und ein jüngerer

³Alle im vorigen aufgeführten Details aus der Regelung der Geschäftsführung zwischen dem Astrophysikalischen Observatorium und dem Einstein-Institut, Entwurf, gez. Medicus, datiert 15. XII. 1924, AAW, Astrophysik. Obs., Akte Nr. 149; vgl. Endausfertigung, datiert 19. II. 1925, CPAE, Sign. 11 280.

⁴Zu Ludendorff, der zwischen 1921 und 1939 Direktor des *Astrophysikalischen Observatoriums* wurde, siehe Ludendorff [1923], [1931] und Plaut [1929] S. 285-286; siehe ferner Becker [1941], Brück [1942], Münch [1941], Weber [1941], Kopff [1941] (mit Bibliographie der Schriften Ludendorffs), Schoenberg [1944/48] sowie S. 133 und Abb. 37.

⁵Becker [1941] S. 167.

Bruder des Generals Erich Ludendorff, dem berühmten Feldherr im Ersten Weltkrieg und danach ein lange Zeit mit Hitler kooperierender Politiker. Ludendorff paßte natürlich die 'janze Richtung nich', die Freundlichs Forschungen einschlugen: ihm, der sich seit seinem Eintritt ins Potsdamer *Astrophysikalische Observatorium* langsam von der Position eines einfachen Assistenten bis zur Direktorenstelle hochgedient hatte, war es nie in den Sinn gekommen, Routinearbeiten wie z.B. die Erstellung der photographischen Himmelskarte (bis 1899) und die mühselige Ausmessung und Reduktion dieser Platten (bis Nov. 1900) zurückzuweisen, und die ungewöhnliche Protektion, die Freundlich von Leuten außerhalb seiner Institution erfuhr, irritierte ihn sehr. Darüber hinaus aber fühlte er sich durch die Eigenmächtigkeit Freundlichs übergangen, der ihn zumeist nicht einmal im Voraus zu Rate zog und gelegentlich unter Verletzung des Dienstweges auch bewußt zu umgehen versuchte.⁶ Kurz, Ludendorff machte Freundlich das Leben so schwer wie nur irgend möglich und versuchte, seine Projekte wenn irgend möglich zu behindern oder gar zu Fall zu bringen und ihn im übrigen bei jeder sich bietenden Gelegenheit anzuschwärzen.⁷ Angesichts dieses permanenten Kriegszustandes zwischen beiden Kontrahenten erscheinen Passagen wie die folgende in einem Nachruf auf Ludendorff plötzlich in einem anderen Licht:

Als Leiter des Observatoriums erwarb sich Ludendorff durch ein wahrhaftes und aufrichtiges Menschentum und durch seine hohe Auffassung vom Wert wissenschaftlicher Arbeit große Sympathien. Entsprechend dieser Auffassung ließ er alle wissenschaftlichen Talente seiner Mitarbeiter in selbstgewählter Arbeit sich frei entfalten. Für das Wohlergehen und das wissenschaftliche Ansehen des Observatoriums scheute er keine Mühen, und manchen Kampf hat er in seinem Interesse bestehen müssen.⁸

Freundlich bewerkstelligte aus der Sicht Ludendorffs eben *keine* 'wertvolle wissenschaftliche Arbeit', weshalb ihm auch nicht die Freiheiten einzuräumen waren, die andere Mitarbeiter offenbar genossen, und die täglichen Konflikte mit Freundlich waren aus der Sicht Ludendorffs sicherlich gute Beispiele für diese 'Kämpfe um das wissenschaftliche Ansehen des Observatoriums', das er durch Freundlichs Aktivitäten unterminiert sah.

⁶Vgl. z.B. den Protest Ludendorffs vom 16. XI. 1926 über die Zusendung eines Berichtes Freundlichs "unter Umgehung meiner Person direkt an das Ministerium" (AAW, Astrophysik. Obs., Akte Nr. 149).

⁷"Da Prof. Freundlich eben wiederholt seinen bösen Willen mir gegenüber bewiesen hat, so beschwere ich mich über seine Handlungsweise" (ibid.).

⁸Becker [1941] S. 167.



Abb.37 Hans Ludendorff (1873-1941), späte Photographie aus Kopff [1941] verso S. 225.

Andererseits muß auch Freundlich seinerseits ein im Umgang mit anderen nicht gerade diplomatischer Zeitgenosse gewesen sein, und so sind die beiden in ihren Forschungsinteressen, die sie mit so verschiedenen Maximen verfolgten, in einem täglichen Kleinkrieg aufeinandergeprallt. Beispiele dafür finden sich in den Akten zuhauf - einige Schlaglichter müssen hier genügen.

Im Januar 1925 beschwerte sich Ludendorff einigen Verwaltungsbeamten gegenüber über den unbotmäßig hohen Stromverbrauch während der vorangegangenen Weihnachtsfeiertage, woraufhin Freundlich wie folgt konterte: "Ich halte es nicht für richtig, daß solche unkontrollierbare Hintertreibungen von irgend welchen Beamten mir erst nach Wochen, wenn[?] jede Klarlegung des Sachverhaltes unmöglich geworden ist, zu Ohren kommen, ohne dass ich die Möglichkeit zur Stellungnahme vorher erhalte".⁹

⁹Freundlich an Ludendorff, 7. I. 1925, AAW, Astrophysik. Obs., Akte Nr. 149.

1931 plante Freundlich Untersuchungen über die Reflexionsfähigkeit von Spiegeln bei einem neuen Versilberungsverfahren, wofür er auch das preußische Kultusministerium um Unterstützung bat, da für die versuchsweise Versilberung ein gebrauchtes Spiegelteleskop des phototechnischen Laboratoriums der *Technischen Hochschule Berlin-Charlottenburg* etwa zum halben Marktwert (ca. 14 000 Reichsmark) anzuschaffen wäre. Diesen Antrag des *Einstein-Institutes* zur Beschaffung eines Spiegelteleskops kommentierte Ludendorff, über dessen Schreibtisch dieser Antrag lief, in einem Begleitschreiben an das Ministerium wie folgt:

Die Bewilligung einer so bedeutenden Summe zu dem angegebenen Zweck kann meines Erachtens nicht empfohlen werden. Die von Prof. Freundlich geplanten Untersuchungen [...] lassen sich mit viel geringeren Mitteln im Laboratorium anstellen [...]. Schließlich muss noch darauf hingewiesen werden, dass die von der Fa. Zeiss bewilligte Frist für die Bezahlung des 60 cm-Objektives des Turmteleskops bald abläuft. Es werden dann für diesen Zweck seitens des Staates sehr bedeutende Mittel aufgebracht werden müssen. Wenn nun bei der gegenwärtigen Finanzlage überhaupt noch an die Hergabe weiterer Summen gedacht werden kann, so muss ich bitten diese zur Verbesserung des veralteten Instrumentenbestandes des Astrophysikalischen Observatoriums zu verwenden. Ich habe auf die dringende Notwendigkeit einer solchen Verbesserung zuletzt in meinen Anträgen zum Staatshaushalt 1931 hingewiesen. Speziell die Abteilung Einstein-Institut des Observatoriums besitzt in dem Turmteleskop ein modernes Instrument, mit dem aber bisher erst sehr wenige Ergebnisse erzielt worden sind. Verbesserungen des Instrumentariums müssen nunmehr vor allem dem älteren Teile des Observatoriums zu gute kommen.¹⁰

Dieses 'Gutachten' Ludendorffs über Freundlichs Antrag macht klar, daß es hier für beide Beteiligten in letzter Instanz um die Zuteilung der seit der Weltwirtschaftskrise von 1929 wieder äußerst knappen Mittel zum Ausbau ihrer Institute ging – Freundlich wie Ludendorff kämpften dabei naturgemäß um die ihnen unterstellten Institutionen, und angesichts der Knappheit der Mittel, auch direkt gegeneinander. Dabei hatte Ludendorff sachlich insofern recht, als seit der Gründung der *Einstein-Stiftung* 1920 tatsächlich weitaus mehr Gelder für den Ankauf neuer Instrumente in das *Einstein-Institut* geflossen waren, während das Instrumentarium des *Astrophysikalischen Observatoriums* beim status quo geblieben war und somit zu veralten drohte.

¹⁰Ludendorff an den Preußischen Minister für Wissenschaft, Kunst u. Volksbildung, 29. VI. 1931 als Beilage zum Antrag Freundlichs vom 29. VI. 1931, beide Quellen aus AAW, Astrophysik. Obs., Akte Nr. 149.

Auch der Seitenhieb auf die mageren Ergebnisse, die das *Einstein-Institut* trotz der modernen Ausstattung bislang erzielt hatte, war, wie oben gezeigt wurde, durchaus nicht unberechtigt. Andererseits muß darauf hingewiesen werden, daß das *Astrophysikalische Observatorium* in seinen dort laufenden Forschungsprojekten derart konventionell arbeitete, daß dort kein direkter Bedarf für neue Geräte vorlag.¹¹ Doch wie berechtigt das ein oder andere Argument in diesem immer wieder aufs neue ausgefochtenen Streit um Gelder auch gewesen sein mag, obige Ausschnitte aus den Akten zeigen vor allem, wie scharf der Ton war, in dem dieser Kampf ausgetragen wurde. Die rückhaltlose Diskreditierung der Projekte des Opponenten ging dabei nahtlos über in pauschale Verunglimpfungen.

Im Juli 1928 gab es Streit wegen eines neuen Etat-Antrages von Freundlich an das Kuratorium der *Einstein-Stiftung*, den dieser so terminiert hatte, daß Ludendorff wenige Tage vor Antritt einer Auslandsreise kaum Gelegenheit zur Stellungnahme haben sollte. Ludendorff ließ es sich nicht nehmen, dennoch "in sachlicher und redaktioneller Hinsicht gewisse Bedenken gegen den Antrag" anzumelden, im übrigen aber insbesondere wegen der Terminierung scharfen Protest anzumelden. Einstein gegenüber drückte Ludendorff sein Befremden über dieses Vorgehen aus, das er "als – gelinde gesagt – grosse Unfreundlichkeit" empfand und das ihn umso mehr erstaunte, als Einstein in privaten Briefen an Ludendorff früher bereits seine "Meinung über Freundlich als Menschen und als Gelehrten in nicht mißzuverstehender Weise zum Ausdruck" gebracht hatte. Diesen Brief setzte Ludendorff nun als Waffe gegen Freundlich ein, indem er kurzerhand eine Abschrift davon an den zuständigen Oberregierungsrat im Kultusministerium versandte, "mit der Bitte, von dem Inhalt freundlichst Kenntnis nehmen zu wollen".¹² Einsteins abfällige Bemerkungen über Freundlich, streng vertraulich Ludendorff gegenüber geäußert (wer weiß mit welchen strategischen Absichten im Hinterkopf), wurden so unversehens zum Mittel der Diskreditierung Freundlichs beim Preußischen Kultusministerium. Die sachlichen Differenzen waren von persönlicher Todfeindschaft kaum mehr trennbar.

¹¹Das Anschreiben Ludendorffs vom 29. VI. 1931 zeigt denn auch, daß es Ludendorff vorrangig um Mittel für das noch völlig in der Luft schwebende "Projekt eines Riesenspiegelteleskops für eine deutsche Sternwarte in Spanien" ging, bei dem Herr Bosch "gar nicht daran denke, die nötigen enormen Summen zu stiften" (ibid.).

¹²Ludendorff an Einstein bzw. an das Preußischen Ministerium für Wissenschaft, Kunst und Volksbildung, 2 VII. 1928, CPAE, Sign. 11 281f. Zu dem erwähnten früheren Brief Einsteins an Ludendorff siehe S. 139.



Abb.38 Einstein im Gespräch mit Ludendorff

Dieser tiefe persönliche Konflikt zwischen Freundlich und Ludendorff findet sich aber auch wieder in einem **Vergleich ihrer Arbeitsgebiete und bevorzugten Arbeitsmethoden**: Während Freundlich sich in seiner gesamten Berliner Zeit fast ausschließlich mit seinen Versuchen zur experimentellen Bestätigung der allgemeinen Relativitätstheorie beschäftigte, von deren Richtigkeit er zumindest bis 1931 fest überzeugt war, war Ludendorff umgekehrt ebenso felsenfest von der Falschheit dieser Theorie überzeugt und konnte sich demzufolge nur mühsam entschließen, ihrer experimentellen Überprüfung Zeit zu widmen. Das durch die sensationslüsterne Berichterstattung 1919 allerorten entfachte Interesse für Sonnenfinsternisse machte sich Ludendorff zu Nutze, um Gelder für seine Untersuchungen der Form der Sonnenkorona zu bekommen, die ebenso wie die von Einstein vermutete Lichtablenkung im Gravitationsfeld zufriedenstellend nur während der seltenen totalen Sonnenfinsternisse vermessen werden konnte. 1923 unternahm sein Team und nicht etwa Freundlich und seine Crew eine Expedition nach Mexiko zur dortigen totalen Sonnenfinsternis am 10. Sept. (außer ihm noch A. Kohlschütter und der Obermechaniker W. Herrmann vom *Astrophysikalischen Observatorium*, Potsdam, sowie Prof. R. Schorr und F. Dolberg von der *Hamburger Sternwarte*),¹³ wobei die nochmalige Prüfung der Einsteinschen Lichtablenkung seinem Kollegen Arnold Kohlschütter (1883-1969) überlassen wurde,¹⁴ einem Schüler von Karl Schwarzschild, der nach einem Forschungsaufenthalt am *Mt. Wilson Observatory* (1911-1914) seit 1918 Observator am *Astrophysikalischen Observatorium* in Potsdam war.¹⁵ Für diese Expedition wurden Ludendorff allein vom Kuratorium des *Kaiser-Wilhelm-Instituts für Physik* (in der Hochphase der Inflation) 2 Millionen Mark bewilligt.¹⁶ Die Finsternis wurde (im Unterschied zu den Expeditionen, bei denen Freundlich persönlich beteiligt war) unter günstigen Bedingungen beobachtet: "weithin um die Sonne herum war der Himmel während der Totalität völlig klar und von tiefster Bläue".¹⁷

¹³Vgl. dazu Joël [1923], Ludendorff [1923/24], [1925]; s.a. Ludendorff [1928] sowie die nachfolgende Abbildung.

¹⁴Siehe Ludendorff [1932].

¹⁵Zu Kohlschütter siehe das *Reichshandbuch der Deutschen Gesellschaft* 1 [1931] S. 981.

¹⁶Siehe AMPG, Abt. 1, Rep. 1A, Nr. 1659, Bewilligung vom 17. V. 1923, unterzeichnet von Max v. Laue, Bewilligung des Ministerialdirektors Krüss vom 2. VI. 1923 und Dankschreiben Ludendorffs vom 4. VI. 1923.

¹⁷Ludendorff [1923/24] Sp. 77.



Die ersten Aufnahmen von der Expedition zur Beobachtung der totalen Sonnenfinsternis, die deutsche Astronomen, beauftragt Prof. Ludendorff, Direktor der Potsdamer Sternwarte, nach Mexiko unternommen haben. Das Montieren der Sorjantel-Kameras. Oben links: Das photographische Bild des totalen Sonnenfinsternis. (Weltsee-Anstalten Gritz 433.) Welt-Photo-Bericht.

Abb.39 Ludendorff und Mitarbeiter während der Expedition nach Mexiko zur Sonnenfinsternis am 10. Sept. 1923; aus *Berliner Illustrierte Zeitung*, Jahrgang 33, Nr. 17, 27. April 1923.

Dennoch wurden Kohlschüppers Ergebnisse, soweit ich sehe, im Unterschied zu Ludendorffs Bestimmungen der Intensitätskurve des kontinuierlichen Koronaspektrums niemals publiziert. Ich vermute, daß der Grund dafür schlicht der ist, daß Kohlschütter 1925 auf einen Lehrstuhl für Astronomie der Universität Bonn berufen wurde und gleichzeitig Direktor der Bonner Sternwarte wurde und daß er in dieser Doppelfunktion, die er bis zu seiner Emeritierung 1946 ausfüllte, keine Zeit mehr für die Datenauswertung gefunden hat, zumal er schon 1926/27 noch zusätzlich zum Leiter der Deutschen astronomischen Beobachtungsstation auf der Südhalbkugel in La Paz, Bolivien, ernannt wurde.

Andere Schwerpunkte der Forschungen Ludendorffs umfaßten die in Potsdam seit Vogel traditionell betonte Bestimmung der Radialgeschwindigkeiten der Sterne, spektroskopische Doppelsterne sowie veränderliche Sterne, seit 1930 auch Studien zur Geschichte der Astronomie,¹⁸ sowie die Zusammenstellung umfassender Sternenkataloge insbesondere auch für die Südhalbkugel, wofür er 1926 eine deutsche astronomische Beobachtungsstation in La Paz, Bolivien, ins Leben rief und zusammen mit Kohlschütter aufbaute.¹⁹ Daß gerade das letztere, die klassischste Aufgabe der Astronomie seit ihren Anfängen, eine für Ludendorff charakteristische Forschungsaktivität ist, wird bestätigt durch ein bemerkenswertes Dokument, das der Psychologe Paul Plaut im Anhang seines Buches über die *Psychologie der produktiven Persönlichkeit* abdruckte. Plaut hatte an viele Gelehrte einen Fragebogen verschickt, in dem sie über Art und Weise sowie die Motivation ihrer Forschung befragt wurden. Ludendorffs Antworten in Ausschnitten:

Meine Arbeit ist insofern stark auf Sammlung und Anordnung von (Beobachtungs-)Ergebnissen gerichtet, als diese die Vorstufen zu einer Diskussion der Erscheinungen bilden. Diese Diskussion ist mir die *Hauptsache* und dasjenige, was mir Vergnügen bereitet. Letzteres (das m.E. bei der Forscherarbeit eine ganz besondere Rolle spielt) entsteht bei mir in hohem Grade, wenn es mir gelingt, aus dem gesammelten und geordneten Material neue Tatsachen abzuleiten oder verschiedene Erscheinungen, die bis dahin als zusammenhangslos galten, in Beziehung zueinander zu setzen oder dieser Beziehungen zu erklären. Bei einer derartigen Arbeit erlangt man natürlich oft auch *Einzel*ergebnisse, die gleichfalls Befriedigung erwecken.²⁰

¹⁸ Vgl. die Bibliographie der Schriften Ludendorffs in Kopff [1941].

¹⁹ Siehe z.B. Ludendorff [1930].

²⁰ Ludendorff, zit. in Plaut [1929], S. 285, Hervorhebung Original. Den Hinweis auf Plauts Umfrage verdanke ich Herrn Bernd Ulrich.

Ludendorff fand also Erfüllung durch die Sammlung, Anordnung und anschließende Diskussion von Beobachtungsergebnissen, somit vorrangig in der Erschließung neuen *Materials* im Unterschied etwa zu einer methodisch neuen Auswertung vorhandenen Materials, wie es etwa Freundlich immer wieder unternahm. Wie ein Mitarbeiter von ihm es in seinem Nachruf ausdrückte: „Ludendorff war Astronom mit ganzer Seele. Seine Erfolge beruhten auf seiner großen Arbeitskraft, der Gediegenheit seines Wissens und auf der meisterhaft kritischen Auswertung des vorliegenden Beobachtungsmaterials. Spekulativen Betrachtungen war er weniger geneigt.“²¹ Selbstkritisch vermerkt Ludendorff zu Plauts Frage nach der Bedeutung methodischer Reflexion für seine Arbeit: „Für Methodik habe ich wenig Interesse und betrachte das als einen Mangel meiner wissenschaftlichen Persönlichkeit. Wenn bei Lösung einer mir vorliegenden wissenschaftlichen Aufgabe methodisch Neues nötig ist, so betrachte ich die Entwicklung der Methode lediglich als eine nicht zu umgehende Notwendigkeit. Für das Wesentliche halte ich stets die positiven Ergebnisse der Arbeit“.²² Stärker könnte der Kontrast zwischen Ludendorff, dem klassischen Astronomen, und Freundlich, dem Anhänger des revolutionären Einstein, kaum sein – ersterer sucht nach ergänzenden Bausteinen für die Vervollständigung des in seinen Grundzügen für vollendet gehaltenen Gebäudes des Wissens, letzterer untersucht die Grundmauern auf ihre Standfestigkeit. Ludendorff selbst zu dem kumulativen Modell von Erkenntnisfortschritt, dem er sich verpflichtet fühlt: „Meine Arbeiten erwachsen ganz unbedingt nur aus dem Wunsche, Lücken auszufüllen bzw. an der Wissenschaft weiter zu bauen. Der Wunsch, falsche Ansichten richtig zu stellen, hat bei mir stets nur eine ganz sekundäre Rolle gespielt“.²³ Auch wenn Freundlichs Antworten leider nicht auch in ihrem Wortlaut von Plaut wiedergegeben wurden,²⁴ so ist es doch klar, daß er sich eben nicht solch einem Wissenschaftsideal verschrieben hatte, sondern seinen Beitrag höher einschätzte als ein bloßes ‘Ausfüllen von Lücken’, denn das Lehrgebäude der Astronomie und Astrophysik müßte umgebaut werden, wenn Einsteins Hypothesen sich bewahrheiten würden.

Freundlichs Verhältnis mit Einstein hatte sich seit einem Riesenkrach 1921 um ein Manuskript Einsteins erheblich abgekühlt. Freundlich hatte

²¹Münc [1941] S. 296; vgl. ähnliches in Schoenberg [1944/48].

²²Ludendorff, zit. in Plaut [1929] S. 285. Offenbar hat Plaut Ludendorffs vertrauliche Antworten auf seinen Fragebogen ohne Einholung der Publikationserlaubnis veröffentlicht.

²³Ibid.

²⁴Auch Freundlich ist in der Liste derjenigen Personen, die laut Plaut seinen Fragebogen beantwortet haben, mit aufgeführt; leider gibt er im Anhang seines Buches nur einige wenige Antworten ihrem Wortlaut nach wieder und Freundlichs Replik ist nicht dabei – es ist mir fernerhin bislang nicht gelungen, Plauts Nachlaß aufzufinden.

dieses Manuskript, seinen Erklärungen zufolge in Rücksprache mit Einstein, zur Finanzierung von Forschungen zu Geld machen wollen, während Einstein plötzlich behauptete, ihm das Manuskript nur geliehen zu haben und auf der Rückgabe bestand.²⁵ Vermittlungsversuche in dem Streit zwischen Freundlich und Einstein wie z.B. derjenige Arnold Berliners, dem Herausgeber der Zeitschrift *Die Naturwissenschaften*, in der Einstein wie Freundlich gelegentlich publizierten, blieben erfolglos;²⁶ Einstein antwortete dem Vermittelnden, der Ludendorffs cholерischen Wutausbruch auf einer Kuratoriumssitzung gegen Freundlich immerhin als "ungehörig" und "verletzend" bezeichnete und die Form dieser Angriffe auf Freundlich verurteilte:

Einerseits freue ich mich, dass Sie eine so kräftige moralische Ader haben. Andererseits tut es mir leid, dass Sie Ihre Gefühle an so wenig würdige Objekte verschwenden. Immerhin muss ich sagen, dass mir L[udendorff]. zwar als der wesentlich ungeschicktere, aber doch als der weitaus anständigere von Beiden erscheint. Ich meinerseits halte es nicht für erspriesslich, mich irgendwie in diese Streiterei einzumischen, nehme aber Ihren Brief respektvoll zu demjenigen, was bei mir dem entspricht, was Sie Akten nennen.²⁷

An dem weiteren Fortgang der Dinge beteiligte sich Einstein in der längsten Zeit seines Berliner Aufenthaltes nur mehr als Beobachter: wichtige Ämter wie etwa die Direktorenstelle des *Kaiser-Wilhelm-Instituts für Physik* und die Leitung von Kuratorien wie etwa dem der *Einstein-Stiftung* wurden *de facto* von Max von Laue und anderen Personen in seinem Umfeld ausgeübt.²⁸ Kurz vor der Sitzung des Kuratoriums der *Einstein-Stiftung* im Januar 1929 etwa, die Anlaß zu den eben zitierten Briefen gegeben hatte, schrieb Einstein einen knappen Brief an Max von Laue, in dem er diesen offiziell zur Teilnahme an dieser Sitzung einlud und dann fortfuhr:

Offiziös versichere ich Dir, dass du auf Deine Kosten kommen wirst; denn es wird 'hoch hergehen'. Ich freue mich auch darauf. Der Mensch kann nicht nur von der Logik leben. Er braucht auch etwas für sein schwarzes Herz.²⁹

Wie schwarz das Herz von Einstein in Punkto Freundlich schon seit längerem war, zeigt u.a. ein Brief, den er bereits 1925 anlässlich einer der vielen Strei-

²⁵ Vgl. die Korrespondenz Freundlich-Einstein, CPAE, Sign. 11 318 - 11 321 sowie Freundlich an Reichenbach, 2. III. 1922, ASP, Sign. HR-15-53-04.

²⁶ Siehe Berliner an Einstein, 26. I. 1929, CPAE, Sign. 11 301.

²⁷ Einstein an Berliner, 30. I. 1929, CPAE, Sign. 11 302.

²⁸ Vgl. dazu die Materialien in Treder u. Kirsten (Hrsg.) [1979].

²⁹ Einstein an v.Laue, 21. I. 1929, CPAE, Sign. 11 300.

tereien zwischen beiden an Freundlichs Erzfeind Ludendorff geschickt hatte, vielleicht, um ihn damit kompromißbereiter zu stimmen, vielleicht auch einfach aus dem Gefühl der Verärgerung, das auch er für Freundlich empfand.

Was Herrn Freundlich betrifft, so wissen Sie ja meine Meinung. Ich habe ja jedenfalls die persönlichen Beziehungen zu ihm abgebrochen und hätte dem von Ihnen verlesenen Sündenregister noch recht hübsche "Piecen" hinzufügen können. Er gehört zu den ganz wenigen, bei denen ich eine so schroffe Haltung für nötig erachte. Ich achte aber sein organisatorisches Verdienst und handle demgemäß, wie Sie es in anerkanntester Weise bei Gelegenheit seiner Ernennung auch getan haben. So dienen wir beide der Sache, wenn wir auch den Menschen und Wissenschaftler gering einschätzen. Er ist es nicht wert, daß man sich über ihn ärgert.³⁰

Das Jahr 1931 brachte eine weitere Verschärfung der Situation mit sich. Nach der Stiftungssatzung des *Einstein-Instituts* ging dieses am 1. Oktober 1931, also 10 Jahre nach seiner formellen Gründung, in die Hand des Staates über. Damit drohte dem Institut Freundlichs der endgültige Verlust der Selbständigkeit durch Eingliederung in das *Astrophysikalische Observatorium* und somit unter die Fuchtel von Ludendorff. Etwa ein halbes Jahr vor dem Stichdatum 1. Oktober erhielten die Mitglieder des Kuratoriums im *Astrophysikalischen Observatorium* ein Schreiben des Sachbearbeiters im Kultusministerium, in dem dazu folgender Vorschlag unterbreitet wurde:

Einer der Stifter hat den Wunsch ausgesprochen, dem Institut in Würdigung seiner Entstehungsgeschichte die Selbständigkeit auch als staatliches Institut zu belassen und es nicht, wie das naheliegend wäre, in das Astrophysikalische Observatorium einzugliedern. Mit Rücksicht auf die weitere Entwicklung des Turmes ziehe ich in Erwägung, diesem Wunsche entgegenzukommen und die faktisch bis jetzt bestehende Selbständigkeit des Einsteinturmes auch weiterhin zu gewährleisten. Von den am Einsteinturm tätigen Persönlichkeiten würde nur Professor Freundlich als Leiter des Turmes aus dem Personalbestand des Astrophysikalischen Observatoriums ausscheiden. Die ausser ihm im Turm tätigen Persönlichkeiten würden der Stelle nach dem Astrophysikalischen Observatorium verbleiben.³¹

³⁰Einstein an Ludendorff, 15. IX. 1925, abgedruckt in Kirsten/Treder (Hrsg.) [1979] Bd. 1, S. 196; dieser Brief ist nur in Abschrift von Ludendorff erhalten, aber ein in den CPAE erhaltener Antwortbrief Ludendorffs läßt seinen Inhalt glaubhaft scheinen. Der Brief liegt ganz im Tenor des 10 Jahre früheren Briefes von Einstein an Struve (s.o.).

³¹Ministerialdirektor Richter i.A. des Preußischen Ministers für Wissenschaft, Kunst und Volksbildung, ca. 17. III. 1931, zit. nach dem Rundschreiben M.v. Laues an die Kuratoriumsmitglieder vom 18. III. 1931, CPAE, Sign. 11 309.

Im Kuratorium des *Astrophysikalischen Observatoriums* saßen zu dieser Zeit Einstein, von Laue, Schrödinger, Nernst und der Präsident der *Physikalisch-Technischen Reichsanstalt*, Friedrich Paschen. Sie alle wurden zu dieser Zeit auch erneut in die am 1. April 1931 beginnende Amtsperiode berufen,³² so daß Ludendorff gegen die Riege der Einstein-Befürworter und -Verteidiger mit seinen Versuchen, nunmehr am Einstein-Turm das Regiment zu übernehmen, trotz des günstigen Zeitpunkts einfach keine Chance hatte. Dennoch erhob er im Hinblick auf "zukünftige Personalveränderungen" Bedenken bei einem ersten Kompromißvorschlag, der dem *Einstein-Institut* einen Abteilungsleiter und 2 etatsmäßige Stellen garantierte, die wie die Stellen an der PTR zum Beispiel dem Ministerium unterstellt werden sollten. Ludendorffs Gegenvorschlag, dem *Einstein-Institut* lediglich allgemein "keine Verschlechterung" zu garantieren, widersprach aber wiederum Freundlich,³³ dem dies wohl mit Recht zu sehr dehnbar formuliert war und mithin ihm und seinen Mitarbeitern keine ausreichende Sicherheit hätte bieten können. Ende April trug Max von Laue, der in dieser Angelegenheit federführend agierte, den Vorschlag über die Neuorganisation des Einstein-Turmes im Preußischen Kultusministerium vor, "und zwar in der Fassung, welche dem *Einstein-Institut* eine Abteilungsleiterstelle und zwei etatsmäßige Stellen garantiert. Die Herren [Ministerialdirektoren Richter und Leist] waren mit den Vorschlägen einverstanden und freuten sich sehr, dass dadurch der Friede in Potsdam gewahrt zu bleiben scheint; nur hatten sie Bedenken bezüglich der Stelle, dass die Inhaber der beiden etatsmäßigen Stellen des Einsteinturmes dem Direktor des *Astrophysikalischen Observatoriums* disziplinarisch unterstellt sein sollen."³⁴ Nachdem das Ministerium daraufhin am 23. Mai zu einem Vorschlag gekommen war, der dem Kuratorium wie auch Ludendorff einigermaßen akzeptabel vorkam, bat v.Laue Freundlich eindringlich, weitere Vorstöße dahingehend, daß seine "Selbständigkeit als Leiter des Einstein-Instituts in dem neuen Statut noch stärker betont werden solle" zu unterlassen, da damit nur der gefundene Kompromiß insgesamt gefährdet würde.

Bedenken Sie bitte: Die Auslegung dieses neuen Statuts, soweit es sich um das Verhältnis zwischen dem Ministerium, Ihnen und Ludendorff handelt, liegt beim Ministerium. Herr [Ministerialdirektor] Leist wird sich bald mit Ihnen in Verbindung setzen und Ihnen versichern, daß

³²Siehe das Schreiben von Ministerialdirektor Richter i.A. des Preußischen Ministers für Wissenschaft, Kunst und Volksbildung an die Preußische Akademie der Wissenschaften, 20. III. 1933, AAW II-XIV-6, Bl. 33.

³³Vgl. v. Laue an Freundlich, 21. 4. 1931, AAW, Astrophysik. Obs., Akte Nr. 148.

³⁴M. v. Laue an Freundlich, Ende April 1931, AAW, Astrophysik. Obs., Akte Nr. 148.

das Ministerium das Statut durchaus in Ihrem Sinne auffaßt. Also erheben Sie bitte keine Einwendungen! Sie gefährden sonst Alles.³⁵

Bemerkenswert bei diesem Vorgang ist, daß Freundlich trotz der eben besprochenen persönlichen Verstimmungen zwischen ihm und Einstein mit seinem Ansinnen, ihm und seinen Mitarbeitern Eigenständigkeit zu sichern, im Kuratorium des *Astrophysikalischen Observatoriums*, beim *Reichsministerium des Innern* und bei der *Notgemeinschaft* deutliche Unterstützung fand. Noch am 1. April hatte er sich gegenüber Oppenheim, von dem er wußte, daß er mit Einstein auf gutem Fuß stand, über Einstein beklagt:

In den nächsten Monaten soll das von mir ihm zu Ehren geschaffene Institut von dem Ministerium übernommen werden. *Ein Wort von seiner Seite*, dass er es begrüßen würde, wenn dem Institut seine bisherige wissenschaftliche Selbständigkeit gewahrt und mir das gesichert würde, was ich in 10 Jahren weis der Teufel mühevoller Arbeit geschaffen habe, würde genügen. Aber Einstein scheint die Möglichkeit, hier helfend einzugreifen, garnicht zu ahnen.³⁶

Und nach diesem Wink mit dem Zaunpfahl an eine Person im engen Umfeld Einsteins, mit der er es noch nicht verdorben hatte, setzte er noch eins drauf, indem er damit droht, bei einem Scheitern seiner Pläne ein auswärtiges Angebot anzunehmen:

Wenn ich die Sache nicht allein durchkämpfe, dann ergreife ich die mir sich anbietende Gelegenheit nach dem Auslande zu gehen [...]. Bei der eisigen Atmosphäre hiesiger Verständnislosigkeit kann es im Norden nur wärmer werden.³⁷

Freundlichs Rechnung ging auf: Oppenheim, ein "aufrichtiger Freund der 3 Beteiligten: das sind Sie [Einstein] und Freundlich sowie die Wissenschaft",³⁸ sandte Freundlichs Brief postwendend an Einstein mit der Bitte weiter, die von ihm angestrichenen Passagen wohlwollend zu lesen und etwas für Freundlich zu tun. Dies muß Einstein dann auch getan haben, denn bereits Mitte April 1931 dankt Freundlich ihm persönlich dafür, daß er "sich so intensiv um die Sicherung meines Instituts bemüht" habe und hofft, daß die anvisierte Regelung "beide Teile befriedigen wird und dass die wissenschaftliche Entwicklung meiner Abteilung auch weiterhin Ihren Ansprüchen genügen

³⁵M. v. Laue an Freundlich, 3. VII. 1931, AAW, Astrophysik. Obs., Akte Nr. 148.

³⁶Freundlich an Oppenheim, 1. IV. 1931, CPAE, Sign. 11 312, Hervorhebung im Orig., aber in anderem Stift (von Oppenheim).

³⁷Ibid.

³⁸Oppenheim an Einstein, 3. IV. 1931, CPAE, Sign. 11 312, Rückseite (Briefentwurf).

wird.”³⁹ Dennoch verkniff er es sich auch Einstein gegenüber nicht, auf die sich ihm anbietenden Chancen im Ausland anzuspüren: immerhin wurde ihm der Lehrstuhl für Astronomie und die Leitung der Sternwarte in Oxford angeboten. Diese Auslands-Option wurde für Freundlich zu einem Trumpf, den er gegen Einstein auch gehörig auszuspielen wußte, indem er den Untergang des *Einstein-Instituts* im Falle seines Wegganges an die Wand malt:

Darum liegt mir so viel an einer befriedigenden Regelung der hiesigen Verhältnisse; es fiel mir doch nicht leicht, das zu verlassen, was ich hier aufgebaut habe und was aller Voraussicht nach „in Trümmer gehen würde“, wie sich Kopff ausdrückte, wenn ich fortginge. Ich habe Oxford allerdings nicht abgesagt und warte den Gang der weiteren Verhandlungen ab.⁴⁰

Freundlichs Drohen mit der Annahme einer Auslandsprofessur hat noch eine andere Dimension. Denn anders als z.B. sein erfolgreicherer Bruder⁴¹ und als viele seiner eigenen Mitarbeiter am Einstein-Turm (z.B. Grotrian) taucht Erwin Freundlich in seiner Berliner Zeit nicht in den Vorlesungsverzeichnissen der beiden großen Berliner Universitäten auf – Anläufe zur Habilitation, der erste schon um 1920, scheiterten an dem Widerstand von Ludendorff und anderen Beteiligten. Das Berliner *Reichshandbuch der Deutschen Gesellschaft* von 1931 führt ihn dennoch als “Dr., Prof. am Astrophysikalischen Observatorium und Leiter des Einstein-Institutes in Potsdam” aus.⁴² Vermutlich wurde Freundlich im Zuge seiner Pflichten als Direktor des *Einstein-Instituts* der Titel ‘Professor’ ohne Lehrverpflichtung verliehen. Auch wenn ihm dies mehr Freiraum für eigene Forschungen ließ, so muß er es doch als Zurücksetzung empfunden haben, nicht wie viele seiner Mitarbeiter habilitieren zu können und Studenten ausbilden zu dürfen.

³⁹Freundlich an Einstein, 13. IV. 1931, CPAE, Sign. 11 311-1.

⁴⁰Ibid., Sign. 11 311-2. Im Brief erwähnt ist August Kopff (1882-1960); siehe zu Kopff Gondolatsch [1961].

⁴¹Herbert Freundlich war in den 20er Jahren Mitglied und stellvertretender Direktor des *Kaiser-Wilhelm-Instituts für Chemie und Elektrochemie* sowie außerdem Honorarprofessor an der *Friedrich-Wilhelm-Universität und der Technischen Hochschule*.

⁴²Und auch die *List of Displaced Scholars* von 1936/37 weist aus: “Till 1933: Prof. Astrophysikalisches Observatorium” (wiederabgedruckt in: *Emigration. Deutsche Wissenschaftler nach 1933. Entlassung und Vertreibung*, Herausgegeben von H.A. Strauss u.a., Berlin, Technische Univ., 1987; siehe dort S. 96).

11. Der Machtwechsel 1933

In allen Schichten unserer dichten Beschreibung stellt die Machtübernahme der Nationalsozialisten 1933 einen Einschnitt dar: biographisch verband sich damit der Zwang ins Exil für Freundlich, Mendelsohn und Einstein, und institutionsgeschichtlich bedeutete er eine Umorientierung der Forschungen am Einstein-Turm, der bald nicht nur seines Namens, sondern auch seiner ihm ursprünglich zugewiesenen Funktion beraubt werden sollte. Eine Schilderung der politischen Ereignisse des Jahres 1933 in Deutschland muß an dieser Stelle natürlich unterbleiben – zu bekannt sind die Ereignisse um den Reichstagsbrand, die letzte freie Wahl zum Reichstag, die im Falle der KPD sofortige, sonst zügige Ausschaltung der anderen Parteien, sowohl durch das Ermächtigungsgesetz (24. März) als auch durch späteres ausdrückliches Verbot (14. Juli). Die politische ‘Säuberung’ wurde auch in den Beamtenapparat hinein fortgesetzt, vorallem durch das sog. ‘Gesetz zur Wiederherstellung des Berufsbeamtentums’ (7. April) sowie seine Durchführungsbestimmungen, denen zufolge “Beamte, die nicht arischer Abstammung” sind oder “die nach ihrer bisherigen politische Betätigung nicht die Gewähr dafür bieten, daß sie jederzeit rückhaltlos für den nationalen Staat eintreten”, in den Ruhestand zu versetzen waren – die anfänglichen Ausnahmeregelungen für Frontkämpfer des ersten Weltkrieges und ihre Angehörigen wurden später auch zurückgenommen. Eingriffe in die Hochschulautonomie wurden durch das Gesetz ‘gegen die Überfüllung deutscher Schulen und Hochschulen’ (25. April) vorbereitet und bald durch rigide Durchsetzung des Führerprinzips und politischer Kontrolle in allen Instanzen des öffentlichen und geistigen Lebens verschärft.¹ Am 10. Mai brannten unter dem Motto ‘Wider den un-deutschen Geist’ in ganz Deutschland verfemte Bücher: Einstein und Freud, Tucholski, Heinrich und Thomas Mann und viele andere der unliebsam gewordenen Autoren, die durch die von den Nationalsozialisten ausgehende Bedrohung für Leib und Seele ins Exil gezwungen wurden.

Wir werden hier nur die Auswirkungen dieser nationalen Politik auf das lokale Forscherkollektiv auf dem Potsdamer Telegraphenberg betrachten, wobei letzteres gleichsam als eine Linse eingesetzt wird, die uns die ‘große Politik’ im kleinen Maßstab gebrochen abbildet. So wie auch die politischen Ereignisse in Deutschland, insbesondere der Aufstieg der NSDAP, nur verständlich werden, wenn wir die Leistungen und Fehlleistungen der anderen Parteien der

¹Für die Architektur siehe Lane [1966] Kap. VI-VIII, für die Astronomie siehe Kuiper [1946], Kiepenheuer [1946/48]; zur antisemitischen Polemik gegen die Relativitätstheorie siehe Hentschel [1989] Abschn. 3.2.

Weimarer Republik und all das angestaute Konfliktpotential (Versailler Vertrag, Minoritätenprobleme, Verarmung der Bevölkerung durch zwei schwere wirtschaftliche Krisen, Parteienzersplitterung in der Weimarer Demokratie, etc.) ins Auge fassen, so kann auch der forschungspolitische Umschwung, der in Potsdam 1933 eingeleitet wurde, nur durch einen Rückblick auf die schon lange schwelenden Konflikte zwischen Freundlich und Ludendorff verstanden werden (vgl. Abschn. 10). An das Ruder kamen auf nationaler wie auf lokaler Ebene Leute, die sich jahrelang nur als fünftes Rad am Wagen gefühlt hatten und deren Denken von Revanche und Ranküne beherrscht war – ihre Maxime war in erster Linie alles anders zu machen als in der verhaßten ‘Systemzeit’ der Weimarer Republik.

Über den Gegenspieler Freundlichs, Hans Ludendorff, läßt sich in politischer Hinsicht zunächst folgendes feststellen: die militaristische Familientradition und die nationalistische Grundeinstellung Ludendorffs² machten es ihm leicht, nach 1933 zu einem Befürworter der nationalsozialistischen Machtübernahme und der dadurch eingeleiteten Änderungen zu werden. Wie ein Nachruf formuliert: “So besaß er weiten Blick und Menschenkenntnis und fand daher leicht den Weg zum Nationalsozialismus, zu dessen Weltanschauung im besonderen sich sein unbedingter Wahrheitswille hingezogen fühlte.”³ Auch in den äußeren Ehren und Anerkennungen schlug sich die ‘neue Zeit’ für Ludendorff nieder: seit 1933 war er ein politisch opportuner, bis 1939 zweimal wiedergewählter Vorsitzender der *Astronomischen Gesellschaft*. Auch am Potsdamer Observatorium sorgte Ludendorff dafür, daß die nationalsozialistische Revolution ihren äußeren Niederschlag fand: wiederum müssen wenige Beispiele genügen.

Wie wir aus einer späteren Niederschrift wissen, fand am 17. März 1933 im Dienstzimmer Ludendorffs ein Gespräch zwischen Ludendorff und Grotrian statt, in dem die an diesem Morgen bekannt gewordene Tatsache erörtert wurde, daß verschiedene für die Belange des *Astrophysikalischen Observatoriums* zuständige Herren des *Preußischen Ministeriums für Wissenschaft, Kunst und Volksbildung* beurlaubt und durch andere ersetzt worden waren.⁴ Daraufhin sagte Ludendorff triumphierend:

Freundlich soll mich jetzt nicht reizen, ich habe nunmehr verschiedene Möglichkeiten, um gegen ihn vorzugehen.⁵

²Die ihn z.B. im Bereich seiner historischen Studien dazu motiviert hatte, ‘nachzuweisen’, daß Kopernikus ein Deutscher und nicht etwa ein Pole war.

³Münch [1941] S. 296.

⁴Dies betraf z.B. Dr. Leist und Prof. Windelband, beide im Amt für Wissenschaft.

⁵Brief von Prof. W. Grotrian an Professor v. Laue, 7. IV. 1933, als Anlage 1 zu einem

Im weiteren Verlauf des Gesprächs wurde Ludendorff dann auch noch deutlicher, an welche 'neuen Möglichkeiten' er im besonderen denke. Wie Grotrian gegenüber v.Laue vertraulich offenbarte, deutete Ludendorff an, daß er Beziehungen zum (nationalsozialistischen) *Kampfbund* aufgenommen habe.

Er erklärte, daß es ihm an und für sich widerstrebe, solche Mittel anzuwenden. Wenn er aber gereizt werde, so sehe er sich genötigt, auch solche Wege zu beschreiten.

Hierauf erwiderte ich, daß es in solchen Fällen meiner Ansicht nach das Richtige sei, so vornehm wie möglich zu handeln. Herr Professor Ludendorff antwortete, daß dabei die Voraussetzung sei, daß auch die Gegenseite mit anständigen Mitteln vorgehe; er aber sei bisher bei Anwendung anständiger Kampfmittel stets hereingefallen.⁶

Besonders der letzte Passus dieses Zitats zeigt deutlich, daß es lange aufgestaute Ressentiments gegen Freundlich und andere Vertreter der 'Gegenseite' waren, die sich bei Ludendorff zu diesen Zeitpunkt in skrupellosem Benutzen der nunmehr machtvollen NS-Organisationen für seine Zwecke entluden. Diese Beziehungen zum Kampfbund führten dazu, daß Ludendorff am 5. April die Vertreter von dessen Zeitung *Der Angriff* zu einer Besichtigung des Observatoriums erwartete. Doch kurz vor dem geplanten Treffen erschien wie aus heiterem Himmel Max von Laue, der darauf bestand, bei der Unterredung Ludendorffs mit den Herren vom 'Angriff' anwesend sein zu dürfen. Ludendorff wies dieses "tiefempörende [...] geradezu beleidigende Ansinnen mit aller Entschiedenheit zurück" und beschwerte sich umgehend beim Herrn Minister über diesen "Übergriff seitens des Vorsitzenden des Kuratoriums" und bat, ihn in Zukunft vor solchen Übergriffen "nach Möglichkeit zu schützen", was immer das heißt. Besonders scheinheilig in diesem Beschwerdebrief ist noch folgender Satz: "Offenbar wollte er [v.Laue] auf diese Weise verhindern, dass unliebsame Dinge zur Sprache kämen, deren Erörterung in Wirklichkeit selbstverständlich durchaus nicht in meiner Absicht lag."⁷ Wirklich nicht?

Trotz des mutigen Auftretens insbesondere von Laues war aufgrund der neuen Machtverhältnisse im Staat natürlich auf Dauer nicht zu verhindern, daß die Stellung Freundlichs gegenüber Ludendorff mehr und mehr geschwächt

Brief Max von Laues an den vorsitzenden Sekretar der Preußischen Akademie der Wissenschaften sowie an das Kuratorium des Astrophysikalischen Observatoriums, Potsdam, in: AAW, Sign. II-XIV-6, Bl. 34.

⁶Ibid.

⁷Abschrift eines Briefes von Ludendorff an den Minister für Wissenschaft, Kunst und Volksbildung, 6. IV. 1933, AAW, Sign. II-XIV-6, Bl. 36 (= Anlage 3 zu dem oben zitierten Brief v.Laues).

wurde und der nationalsozialistische Geist Einzug auch in die Potsdamer Institutionen hielt. Im Sommer 1933 fand eine Umbenennung des Instituts von Freundlich statt, da der Name 'Einstein-Institut' spätestens seit der Affäre im Zusammenhang mit Einsteins Austritt aus der *Preußischen Akademie der Wissenschaften* am 28. März 1933, mit dem er einem geplanten Ausschluß etwa zum 'Tag des Judenboykotts' am 1. April zuvorkam, untragbar geworden war. Sofort nach Bekanntwerden von Einsteins Austritt aus der Berliner Akademie schrieb Karl Theodor Vahlen (1869-1945), von Hause aus Mathematiker, frühes NSDAP-Mitglied und SS-Oberführer mit brauner Vergangenheit bereits in Zeiten der Weimarer Republik, die ihn 1927 seine Professur gekostet hatte, ihn aber nach 1933 umgehend zum Ministerialrat zunächst im Preußischen Kultusministerium, danach im *Reichserziehungsministerium* beförderte,⁸ an den Reichskommissar Bernhard Rust (1883-1945):

Der Name 'Einsteinturm' muß verschwinden, und ich schlage dafür vor, daß Sie den Namen 'Institut für Sonnenphysik' durch eine Verfügung festsetzen, die möglichst umgehend herauszukommen hätte. Ich habe bereits mit dem Direktor dieses Institutes, Herrn Prof. Dr. Freundlich gesprochen, der sich mit dieser Änderung einverstanden erklärte.⁹

Freundlich hatte also klein beigegeben, als der Einstein-Turm im April 1933 in 'Institut für Sonnenphysik' umbenannt wurde – er mag sich gesagt haben: Namen sind Schall und Rauch. Doch seine Hoffnungen, durch Abstriche in Äußerlichkeiten die Sache noch retten zu können, die er mit so vielen Wissenschaftlern in diesen ersten Wochen und Monaten nach dem nationalsozialistischen *coup d'état* teilte, waren vergeblich – der anfängliche Opportunismus, mit dem staatlichen Eingriffen in die akademische Autonomie begegnet wurde, machte es den Nazis nur noch leichter, ihre Ziele weiter zu verfolgen. Der Namensumbenennung folgten bald die vollständige verwaltungsmäßige Eingliederung in das *Astrophysikalische Observatorium* und auch die inhaltliche Umorientierung,¹⁰ auch wenn sich Freundlich dagegen mit allen Kräften zu wehren versuchte.¹¹ Doch die Zeit lief gegen ihn.

⁸Vahlen war seit 1924 erster Gauleiter der NSDAP von Pommern und wurde 1927 vom Dienst suspendiert, weil er die Schwarz-Rot-Goldene Nationalflagge vom Greifswalder Universitätsgebäude holen ließ. Zu Vahlen siehe Siegmund-Schultze [1984].

⁹Vahlen an Rust, 28. III. 1933, zit. nach Kirsten/Treder (Hrsg.) [1979] Bd. 1, Dok. Nr. 115, S. 196.

¹⁰und zwar in Richtung von Untersuchungen zur Granulation und seit Herbst 1941 in regelmäßigen Beobachtungsreihen zum Magnetfeld der Sonne, insbesondere zum Zeeman-effekt in Sonnenflecken; siehe v. Klüber [1944/48], Grottrian [1952] S. 89ff.

¹¹Dies belegt z.B. sein Gesuch an den Preußischen Kultusminister vom 2. X. 1933 [!],

Zum Fallstrick für Freundlich wurde ein Umlauf, den Ludendorff im Oktober 1933 allen Mitarbeitern in Potsdam zur Unterschrift vorlegte (vgl. nachfolgendes Faksimile). Darin wies Ludendorff seine Untergebenen, gleichwohl ob beamtet oder angestellt, auf die Dienstpflicht hin, den Hitlergruß auch im "inneren Dienstbetrieb" den bestehenden Vorschriften gemäß anzuwenden, "und zwar auch im Verkehr mit Juden". Um dieser Forderung noch zusätzlichen Nachdruck zu verleihen, wies Ludendorff überdies auf das abschreckende Beispiel eines nicht namentlich genannten Beamten des geodätischen Instituts hin, der wegen der Verweigerung dieses Grußes entlassen werden sollte. Sämtliche Beamten, Angestellte und Lohnempfänger Ludendorffs unterzeichneten den Umlauf wie gewünscht, nur Freundlich tanzte (wieder einmal) aus der Reihe. Anstelle seiner Unterschrift setzte er folgenden Text:

Ich bitte um Mitteilung, von welcher Seite eine solche Mitteilung er-
gangen sein soll. Meines Wissens hat kein Mitglied meines Instituts
die Ausführung irgend einer dienstlichen Anweisung verweigert.
Dr. E. Finlay Freundlich¹²

Die Reaktion auf diese uneingeschüchterte Notiz Freundlichs ließ nicht lange auf sich warten. Sie machte zudem klar, daß schon mit dem Umlauf ein direkter Angriff auf Freundlich vorbereitet worden war, der unzweifelhaft durch Ludendorff selbst initiiert wurde, der sich aber diesmal geschickt hinter anderen versteckte. Zwei Tage später, am 7. Oktober, erhielt Freundlich von Ludendorff eine gepfefferte Antwort, in der sich letzterer die Frage nach der Veranlassung dieses Umlaufs zunächst verbat, da er (Ludendorff) Freundlich gegenüber keine Rechenschaft schuldig sei. Ferner wurde ihm dann mitgeteilt, daß bereits zwei Tage zuvor durch den Direktor des geodätischen Instituts eine Beschwerde gegen ihn wegen "Nichterwiderung des deutschen Grusses gegenüber einer Person aus seinem Institut" erhoben worden sei.¹³ Diese Beschwerde habe Ludendorff, angeblich "auf Ersuchen" von Vahlen, an das Ministerium weitergeleitet.

Daß Ludendorff später in einer Richtigstellung zu einer Zeitungsnotiz über diesen Vorgang (vgl. Abb. 41, letzter Absatz) spitzfindig bemerkte, daß Freundlichs "Versetzung in den Ruhestand (nicht 'Entlassung') auf Grund

eine freigewordene außerordentliche Observatorenstelle mit einem seiner Mitarbeiter, Prof. Dr. Albert von Brunn zu besetzen: AAW, Bestand Astrophysik. Observatorium, Akte Nr. 149.

¹²Notiz Freundlichs unter den Umlauf Ludendorffs vom 5. X. 1933, AAW, Astrophys. Obs., Akte Nr. 149.

¹³Ludendorff an Freundlich, 7. X. 1933, aus AAW, Sign. II-XIV-6, Bl 45, vgl. auch Abb. 41.

des sogenannten Arierparagraphen (§3 des Gesetzes zur Wiederherstellung des Berufsbeamtentums)“ erfolgte, und nicht wegen der Verweigerung des Hitlergrußes,¹⁴ ist wenig mehr als Rechthaberei: Freundlich war in mehrfacher Hinsicht nach 1933 untragbar geworden: (1) als Ehemann einer “Volljüdin” in einem Staat, der Antisemitismus zu einer zentralen Komponente seiner Ideologie gemacht hatte, (2) als Protegé Einsteins und engagierter Verteidiger der Relativitätstheorie gegen ungerechtfertigte Angriffe in einer Forschungslandschaft, in der gerade die Relativitätstheorie von den ans Ruder gekommenen Vertretern der ‘Deutschen Physik’ als Paradebeispiel einer formalistischen, inhaltsleeren, absurden ‘jüdischen Theorie’ verschrieen wurde und schließlich (3) als ein stets gegen den Strom schwimmender Wissenschaftler, der sich dem neuen, dem Führerprinzip verpflichteten Geist an allen akademischen Institutionen Deutschlands nicht unterordnen wollte, speziell, wenn dieser lokale Führer Ludendorff hieß. Die sarkastische Antwort Freundlichs auf Ludendorffs ‘Richtigstellung’ der Umstände seiner Entlassung macht diesen Punkt denn auch überdeutlich:

Die Zeitungen haben [...] auf Grund nicht zureichender Informationen Folgerungen aus dem Notenwechsel gezogen, die nicht ganz richtig sind, und auf deren Richtigstellung Potsdam bei dem hochentwickelten Rechtsgefühl, das ja viele Deutsche heute besonders auszeichnet, großen Wert legt. [...].

Inwiefern nämlich ein so wesentlicher Unterschied vorliegt, ob man einen Wissenschaftler, dem sein Land ein großes Forschungsinstitut verdankt, nach 23 Dienstjahren entläßt, wie es ursprünglich tatsächlich beabsichtigt war, oder aber ihn erst unter zugestandener Verwendung von Denunziationen deren häufige Folgen in Deutschland die Welt ja heute kennt, aus seiner Stellung und seinem Lande drängt, um ihn dann, mit einer vagen Aussicht auf ein Ruhegehalt, auf Grund sogen. Gesetze zu pensionieren, die sich vor keinem Sittengesetz der Welt ethisch rechtfertigen lassen – inwiefern also zwischen diesen zwei Vorgängen ein so wesentlicher sittlicher Wertunterschied bestehen soll, das zu verstehen vermag in der Tat nur ein überverfeinertes Rechtsempfinden.¹⁵

Die nachfolgenden Abbildungen führen den Auslöser für Freundlichs Vertreibung aus Berlin ebenso wie dessen späteren Niederschlag in der Exilpresse vor Augen.

¹⁴Siehe Ludendorff an Freundlich (in Istanbul), 23. VI. 1934, AAW, Astrophysik. Obs., Akte Nr. 152.

¹⁵Freundlich an das Astrophysik. Observatorium Potsdam, 3. VII. 1934, AAW, Bestand Astrophysik. Observatorium, Akte Nr. 152.

ophysikalisches Observatorium.

Potsdam, den 5. Oktober 1933

D. 251

U m l a u f.

Wie mir gemeldet wird, ist in ^{innern} einem Dienstbetrieb des Instituts für Sonnenphysik der deutsche Gruss noch nicht allgemein üblich. Ich mache es allen Beamten, Angestellten und Lohnempfängern des Astrophysikalischen Observatoriums zur Pflicht, diesen Gruss den bestehenden Vorschriften entsprechend, auch dort grundsätzlich anzuwenden, und zwar auch im Verkehr mit Juden. Zuwiderhandlungen, von denen ich Kenntnis erhalte, werde ich unnachsichtlich zur Meldung bringen. Ich mache darauf aufmerksam, dass ein wissenschaftlicher Beamter des Geodätischen Instituts wegen anfänglicher Verweigerung des deutschen Grusses entlassen werden sollte.

H. Ludendorff

Telephon:
 f. Müller
 Müller
 Schüler
 G. Schüler
 v. Bonin
 v. Grottel
 H. Ulrich
 R. Ross
 v. Steinmann
 v. Steinmann
 Engemann
 v. Grottel
 v. Grottel
 v. Grottel
 v. Grottel

Grottel
 Grottel
 Müller
 Müller
 Hasenstein
 v. d. Pahlen

Ich bitte um Mitteilung, von wem Sie mir solche Mitteilung entgegen
 Sie soll. Mein Name hat die
 Tätigkeit meines Instituts bei
 Führung gegen meine dienstlichen
 Verantwortung verweigert

H. F. Fiedler Friedrichstr. 110.

Abb.40 Umlauf Ludendorffs vom 5. Oktober 1933 betr. Hitlergruß. Aus AAW, Astrophys. Obs., Akte Nr. 149.

Auch im Einstein-Turm gilt nur der Hitler-Gruss

Weshalb Gelehrte ihre Stellung verlassen mussten

Wie man im dritten Reich Gelehrte behandelt, die nicht vollkommen kuschen und sich dem braunen Regime unterwerfen, geht aus einem sehr interessanten Briefwechsel hervor, den der „Neue Vorwärts“ veröffentlicht. Es handelt sich um die Entfernung eines bekannten Gelehrten aus der Potsdamer Sternwarte.

Als Vorstand des Einsteinsturms in Potsdam war Prof. Dr. E. Finlay Freundlich tätig und aus aller Welt kamen Gelehrte und Studenten dahin, um an dieser Forschungsanstalt für Sonnenphysik zu arbeiten.

Am 5. Oktober 1933 ergoht nun von dem administrativen Leiter, dem Astronomen Ludendorff, einem Bruder des Generals, folgender

UMLAUF:

Wie mir gemeldet wird, ist im inneren Dienstbereich des Instituts für Sonnenphysik der deutsche Gruss noch nicht allgemein üblich. Ich mache es allen Beamten, Angestellten und Lohnempfängern des Astrophysikalischen Observatoriums zur Pflicht, diesen Gruss, den bestehenden Vorschriften entsprechend, auch dort grundsätzlich anzuwenden, und zwar auch im Verkehr mit Juden. Zuwiderhandlungen, von denen ich Kenntnis erhalte, werde ich un-nachsichtlich zur Meldung bringen. Ich mache darauf aufmerksam, dass ein wissenschaftlicher Beamter des Geodätischen Instituts wegen anfänglicher Verweigerung des deutschen Grusses entlassen werden sollte.

Gez. H. Ludendorff.

Darauf schreibt Prof. Freundlich an Prof. Ludendorff:

Ich bitte um Mitteilung, von welcher

Seite eine solche Meldung ergangen sein soll. Meines Wissens hat kein Mitglied meines Instituts die Ausführung einer dienstlichen Anweisung verweigert.

Gez. Dr. E. Finlay Freundlich.

Auf diesen Brief erhielt Prof. Freundlich folgende Antwort:

Potsdam, den 7. Oktober 1933.

Herrn

Hauptobservator Prof. Dr. Freundlich.

Auf Ihre Anfrage, auf wessen Meldung hin mein Zirkular betr. deutschen Gruss in Umlauf gesetzt wurde, erwidere ich, dass ich keinem Beamten des Observatoriums Rechenschaft über meine Massnahmen als Direktor schuldig bin. Der Beschwerdeweg steht Ihnen offen.

Ich teile Ihnen ferner mit, dass von seiten des Direktors des Geodätischen Instituts vorgestern eine Beschwerde über Sie wegen Nichterwidern des deutschen Grusses gegenüber einer Person aus seinem Institut eingelaufen ist. Auf Ersuchen von Herrn Professor Vahlen habe ich diesem gestern bei einem Besuch im Ministerium diese Beschwerde übergeben. Die Angelegenheit wird also vom Ministerium direkt weiter behandelt werden.

Gez. H. Ludendorff.

Die ministerielle Erledigung bestand darin, dass Professor Freundlich entlassen wurde. Wer grüssend nicht die rechte Hand hochstreckt, ist nicht mehr geeignet, dem Einsteinurm in Potsdam und der darin betriebenen wissenschaftlichen Forschung über die Bewegung der Gestirne vorzustehen.

Freundlich wurde also 1933, ebenso wie Hunderte anderer Hochschul-lehrer, durch die nationalsozialistische Machtübernahme und die nachfolgende Diskriminierung von Juden und Andersdenkenden in die Emigration gezwungen.¹⁶ Wie etwa Hundert andere Dozenten wählte er nicht den Weg nach England, Rußland oder in die USA, sondern in die Türkei, die durch Kemele Pascha (= Atatürk) 1923 in eine Republik umgewandelt worden war und in der eine von Atatürk im Frühjahr 1933 beschlossene Universitätsreform an der Istanbuler Universität mit Hilfe des massiven Zustroms von politischen Flüchtlingen aus Deutschland in die Wege geleitet wurde.¹⁷ Im Unterschied zu den meisten Emigranten scheint sich Freundlich aber noch einige Zeit einen Rückweg nach Deutschland offengehalten zu haben, denn er reichte am 3. Oktober 1933 unter Verweis auf seinen Ruf nach Istanbul lediglich ein Gesuch auf zweijährigen Urlaub ein, wobei er unter Rückgriff auf durchaus patriotische Töne den Aufbau einer Sternwarte im Mittelmeer als eine der Voraussetzungen dafür, daß "die deutsche Astronomie wieder den Anschluß an die führende Front in der astronomischen Forschung gewinnt" bezeichnete.¹⁸ Des weiteren schlug er dem Ministerium vor, bei Interesse Einfluß auf die Gestaltung der neuen Sternwarte zu nehmen, "aber nur dann, wenn der Unterzeichnete, der von Anfang an der Urheber des Planes gewesen ist, in einem gewissen dienstlichen Verhältnis zu Deutschland belassen wird."¹⁹ Nur in dem Falle, daß er weiter mit seinem ehemaligen Institut verbunden bleibe, sei mit weiteren Zuwendungen für das 'Institut für Sonnenphysik' etwa von Seiten Boschs (das heißt: der IG Farben) zu rechnen. Nach Ausspielung dieses Argumentes, das die faktische Abhängigkeit des kleinen Institutes von Mitteln privater Spender geschickt zu nutzen verstand, konnte Freundlich nicht anders als die folgende schon recht unverfrorene Erklärung an den Abschluß seines Briefes zu stellen:

Ich persönlich lege nachdrücklich darauf Wert, dass mir der Gebrauch der Forschungsmittel am Institut für Sonnenphysik in Potsdam garantiert wird - des Instituts, das ich aus privaten Mitteln gebaut, das ich ausgestaltet und dem ich seine internationale wissenschaftliche Geltung verschafft habe. Das Recht an diesen Forschungsmitteln kann mir zwar entzogen, aber niemals bestritten werden.²⁰

¹⁶ Zur Emigration von Naturwissenschaftlern allgemein siehe etwa Hoch [1983].

¹⁷ Über die Umstände, unter denen deutsche Gelehrte, Politiker und Künstler nach 1933 Zuflucht am Bosphorus gefunden haben, berichten Neumark [1980] u. Widmann [1973].

¹⁸ Siehe die Abschrift des Schreibens von Freundlich an den Preußischen Minister für Wissenschaft, Kunst und Volksbildung, 3. X. 1933, AAW, II-XIV-6, Bl. 46, Anlage 2.

¹⁹ Ibid.

²⁰ Ibid.

Mir ist kein anderer Fall bekannt, wo ein Wissenschaftler nach seiner faktischen Emigration noch derart selbstbewußt, ja fordernd mit der deutschen Wissenschaftsbürokratie zu verhandeln versuchte. Doch er war ja nicht der einzige, der sich in der Art und Weise, wie man mit den neuen Machthabern umzugehen hatte, deutlich verschätzte. Auch von Seiten der Vertreter der demokratischen Parteien waren die NSDAP und ihre Unterorganisationen gegen Ende der Weimarer Republik und zu Anfang der 'neuen Ära' entscheidend unterschätzt worden.

Freundlich's ungewöhnliche Vorschlag wurde von Seiten des Ministeriums natürlich *nicht* aufgegriffen – er erhielt nicht einmal Antwort auf sein Gesuch auf zweijährige Beurlaubung²¹ und andere Maßnahmen sind gegen ihn wohl nur deshalb nicht eingeleitet worden, weil er ohnehin außer Landes war. Den Akten ist zu entnehmen, daß zwar kein Dienststrafverfahren gegen den Freundlich eingeleitet wurde, daß ihm aber die Dienstbezüge seit 1. November 1933 gesperrt wurden und ihm auch keine Ruhegelder ins Ausland ausgezahlt wurden.²² Noch im Februar 1934 legte Freundlich in einem Brief an die *Preußische Akademie der Wissenschaften*, die ja an der Verwaltung seines Institutes stets mitbeteiligt gewesen war, Protest ein:

[Es] wird versucht, das aus Privatmitteln von mir gegründete, sowie in allen Einzelheiten ausgebaute und alsdann dem Preußischen Staat zum Geschenk gemachte Institut für Sonnenphysik (Einstein-Institut) mir zu entreißen und mich um alle Rechte an ihm zu berauben.²³

Die von Freundlich verfaßten Schreiben in dieser Zeit machen es klar, daß er all diese Ereignisse als speziell gegen ihn gerichtete "Machenschaften" Lüdendorffs und seiner Clique (spez. Vahlen) angesehen hat und die darin zum Ausdruck kommenden systematischen Tendenzen der Gleichschaltung wissenschaftlicher Institutionen scheinbar (noch) nicht gesehen hat. In den Naturwissenschaften, nicht anders als in anderen Bereichen des geistigen Lebens, hatte 1933 ein Machtwechsel stattgefunden: Einstein, eine der Zentralfiguren der Berliner Wissenschaftsszene, war von einem Aufenthalt in Princeton seit

²¹ Vgl. dazu die Abschrift des Schreibens von Freundlich an den Preußischen Minister für Wissenschaft, Kunst und Volksbildung, 6. II. 1934, AAW, Sign. II-XIV-6, Bl. 48, Anlage 4.

²² "Ein Bescheid ist ihm hierüber nicht zu erteilen. Sollte er Ansprüche dort geltend machen, so ist zunächst mir zu berichten": Vahlen i.A. des Preuß. Ministers für Wissenschaft, Kunst und Volksbildung, 3. IV. 1934, AAW, Astrophys. Obs., Akte Nr. 152. Vgl. ferner die Personalakte Freundlich in HUBU, die seinen bis in Jahr 1934 hineinreichenden Kampf um die Auszahlung seiner Dienst- bzw. Versorgungsbezüge betrifft.

²³ Freundlich (in Istanbul) an die Preußische Akademie der Wissenschaften, 6. II. 1934, AAW, Sign. II-XIV-6, Bl. 44.

1932 nicht mehr zurückgekehrt und hatte in zahlreichen Interviews und Stellungnahmen keinen Hehl aus seinem Mißbehagen über die neuen Zustände in Deutschland gemacht; Fritz Haber, der Direktor des *Kaiser-Wilhelm Instituts für Chemie* etwa, bis 1933 einer der einflußreichen Männer der Wissenschaftspolitik in Berlin, wurde ebenfalls zur Aufgabe seines Postens und in die Emigration getrieben; Nernst, Planck und v. Laue wurden in ihrem Einfluß zurückgedrängt; umgekehrt bekamen Philipp Lenard und Johannes Stark als Vertreter der Deutschen Physik und Sympathisanten Hitlers seit 1924 führende Rollen zugewiesen, aber auch Figuren wie Ludendorff, bis 1933 stets am kürzeren Hebel, konnten nun endlich durchsetzen, was ihnen schon lange vorgeschwebt hatte, woran sie die 'Einstein-Clique' aber bislang oft gehindert hatte. Kurz: das ganze Gefüge der Wissenschaftspolitik der Weimarer Republik brach zusammen oder wurde doch nach 1933 drastisch verändert. Nur wenige wissenschaftliche Institutionen konnten sich der nationalsozialistischen Gleichschaltung erfolgreich widersetzen.



Abb.42 Porträtbüste von Einstein und 'ein Stein' im Eingangsbereich des Einstein-Turms, Aufnahme des Autors; vgl. den folgenden Text.

Als ein Beispiel für die von einigen wenigen im Stillen betriebene Obstruktion der ungeliebten Anweisungen 'von oben' sei hier folgende (wahre) Anekdote angeführt: als von Ludendorff angeordnet wurde, daß die seit der Einweihung des Einstein-Turms im Eingangsbereich aufgestellte Porträtbüste Einsteins sofort zu entfernen sei, verwahrte der Mechaniker Freundlich, Erwin Strohbusch, der anders als Freundlich nicht rassistisch verfolgt war und somit hatte bleiben können, die Büste an einem sicheren Ort und legte an ihre Stelle auf den Sockel einen einzelnen Stein; jeder Eingeweihte wußte, wofür 'ein Stein' dort stand.

Doch zurück zu Freundlich: es blieb dem 58-jährigen nun also nichts als der nochmalige Neuanfang in einem Land, in dem die Astronomie nach einigen Ansätzen im späten 14. und 15. Jahrhundert durch den Abbruch der 1577 errichteten Sternwarte und Vernichtung ihrer sämtlichen Instrumente auf Geheiß des abergläubischen Sultans Murat III im Jahr 1580 Hunderte von Jahren brach gelegen hatte.²⁴ Freundlich wirkte an der Istanbuler naturwissenschaftlichen Fakultät als Professor für Astronomie²⁵ und baute dort ein astronomisches Institut auf, ab 1934 unterstützt durch Wolfgang Gleissberg als Assistent, der vorher an der Univ. Breslau gearbeitet hatte.²⁶ Über die Umstände dieses kräftezehrenden Institutsaufbaus aus dem Nichts berichtete später Gleissberg:

Für astronomische Lehre und Forschung fehlten an der Universität Istanbul anfangs auch alle materiellen Voraussetzungen: weder ein astronomisches Institut noch irgendwelche astronomische Literatur, geschweige denn Apparate oder Beobachtungsinstrumente waren vorhanden. Diese Mängel konnten jedoch dank der grosszügigen Förderung, die die Universität seitens der türkischen Regierung erfuhr, verhältnismässig rasch behoben werden. Schon im Januar 1935 erfolgte die Grundsteinlegung für ein Sternwartengebäude im Park der Universität im Stadtteil Beyazit, an einem der höchstgelegenen Punkte der Stadt, und der Bau schritt so rüstig fort, dass wir noch im Herbst desselben Jahres die Arbeitszimmer einrichten konnten. Im darauffolgenden Jahr wurde das Gebäude von einer Zeisskuppel von 6,5 m Durchmesser gekrönt und unter ihr ein Zeiss-Astrograph (Vierlinser, $d=30\text{cm}$, $f = 150\text{ cm}$) montiert. Zur Beschaffung von Literatur stellte die Universität ausreichende Mittel bereit, und viele ausländische Kol-

²⁴Siehe dazu Gleissberg [1967] S. 275.

²⁵Nach ihm folgte Hans Rosenberg von der Univ. Kiel, der allerdings schon 1940 an den Folgen eines Hitzschlags in der Türkei starb; vgl. Neumark [1980] S. 100 u. Widmann [1973] S. 95.

²⁶Vgl. Gleissberg [1967] für einen Bericht zur Situation der Astronomie in der Türkei.

legen halfen uns durch kostenlose Überlassung von Zeitschriftenreihen und Veröffentlichungen, so dass schon nach kurzer Zeit eine brauchbare Institutsbibliothek zur Verfügung stand. Auch Uhren und Hilfsapparate wurden angeschafft.²⁷

In Erfüllung seines Vertrages verfaßte Freundlich ein türkisches Lehrbuch der Astronomie und veröffentlichte darüber hinaus in dieser Zeit auch mehrere Artikel in Fachzeitschriften, teilweise in türkischer Übersetzung, teilweise in Französisch, teils sogar in Deutsch.²⁸ Unter seinen Studenten in dieser Zeit ragte besonders Paris Pismis hervor, der später nach Mexiko ging und dort zu den bekanntesten Astronomen des Landes gezählt wird. Trotz zügigem Aufbau des Sternwartegebäudes und harmonischer Zusammenarbeit der deutschen Professoren mit türkischen Assistenten und Übersetzern²⁹ verließ Freundlich Istanbul 1937 und ging an als Professor für Astronomie an die deutsche Universität in Prag.³⁰ Auch dort entfaltete er vor allem als akademischer Lehrer Einfluß auf die jüngere Generation von Astronomen: sein Schüler Zdeněk Kopal wurde später für drei Jahrzehnte Professor der Astronomie in Manchester.³¹

Aus Prag wurde Freundlich allerdings schon im Januar 1939 durch die Expansionspolitik der Nazis, die ja auch den Zweiten Weltkrieg auslöste, wieder vertrieben.³² Freundlich folgte dann einem Ruf an die schottische *University of St. Andrews*, wo er bis 1959 blieb und erneut eine Abt. für Astronomie aufbaute sowie ein Observatorium einrichtete.³³ Auch eine der Schwestern Freundlichs, Mrs. Elisabeth F. Wardale, begleitete Freundlich nach St. Andrews; zwei weitere Geschwister, darunter sein Bruder Herbert, lebten bereits seit 1933 in England.³⁴

Der Bau eines Observatoriums und eines Institutsgebäudes in St. Andrews mußte wegen des Zweiten Weltkrieges allerdings zunächst zurückgestellt wer-

²⁷ Gleissberg [1967] S. 277; vgl. Widmann [1973] S. 95 und zum Zeiss-Astrograph: Schomerus [1952] S. 139.

²⁸ Siehe Freundlich [1934/35], [1935]b-d, [1936], [1937]b.

²⁹ Freundlichs Lehrbuch der Astronomie [1937]b wurde in Kooperation mit seinem Assistenten Gleissberg und mit dem späteren Physikprofessor Yenicay ins Türkische übersetzt.

³⁰ Siehe den einzigen Aufsatz Freundlichs in tschechischer Sprache: Freundlich [1937]a.

³¹ Siehe Batten [1985] S. 33. Batten bewertet Freundlichs Lehrtätigkeit insg. wie folgt: "While he [Freundlich] has achievements to his credit in other fields of research, I believe that his influence on his students was one of his most important contributions to astronomy, and I have tried to emphasize how that spread to many countries". (ibid., S. 35).

³² Vgl. Forbes [1972] S. 183.

³³ Siehe die Tätigkeitsberichte zu seinem dortigen Aufenthalt: Freundlich [1943-59] sowie die Briefe an Mendelsohn seit 1946 (in KJ).

³⁴ Siehe dazu Donnan [1942/44] S. 30, 32.

den: bis zum Ende des Krieges hielt Freundlich Vorlesungen über Astronomie für Anfänger-Studenten sowie über Navigation für Kadetten der *Royal Air Force* – seine Broschüre über *Air Navigation* erschien allerdings zu spät (erst 1945), um noch, wie ursprünglich geplant, als Hintergrundwissen vermittelndes Handbuch für die Piloten der *Royal Air Force* dienen zu können.

Erst nachdem die Alliierten Hitler-Deutschland 1945 in die totale Kapitulation gezwungen hatten, konnte Freundlich wieder daran denken, den Aufbau seines Instituts und des geplanten Observatoriums in St. Andrews voranzutreiben – für ihn, den mittlerweile 60-jährigen, immerhin bereits das dritte! Er entschied sich, was die Optik des Observatoriums betrifft, für ein neuartiges sog. Schmidt-Cassegrain-Teleskop, projiziert auf eine Öffnung von 36 inches (ca. 91 cm). Nach einem Konstruktionsprinzip, das Bernhard Schmidt 1932 erdachte, werden hier Abbildungsschwächen des Teleskops mit parabolischem Spiegel dadurch gemildert, daß eine Korrekturplatte zwischen das einfallende Licht und den Parabolspiegel eingeführt wird, die so geformt ist, daß sie die sphärische Aberration des Spiegels genau kompensiert.³⁵ Um Erfahrungen mit dem neuen Teleskop-Design zu gewinnen, wurde 1949 zunächst ein 18 inch-Pilotmodell in den Werkstätten von St. Andrews fertiggestellt, das dann erst am *Mills Observatory*, Dundee, ausgetestet wurde, bevor es 1951 in St. Andrews eingebaut wurde.

Das Pilotmodell war so vielversprechend, daß 1950 die Arbeiten für ein größeres Teleskop von 91 cm Durchmesser aufgenommen wurden. Nach seiner Pensionierung im Jahr 1959 wurde ihm allerdings von seinem Nachfolger, D.W.N. Stibbs, jeder weitere Zugang zum Observatorium verwehrt, so daß Freundlich an der letzten Phase des Aufbaues des großen Schmidt-Cassegrain-Teleskops nicht mehr teilhaben konnte. Im Zuge dieser Spannungen kündigte schließlich auch der von Freundlich entdeckte Mechaniker Robert L. Waland,³⁶ noch bevor die optischen Komponenten fertig installiert waren – dies erklärt wenigstens zum Teil, warum das 36-inch Schmidt-Cassegrain-Teleskop in St. Andrew lange Zeit überhaupt nicht funktionsfähig war und letztendlich nie die nach seiner Auslegung eigentlich erreichbare Abbildungsqualität erbrachte.³⁷ Was die Ausbildung von Studenten betrifft, so hatte Freundlich seit 1939 als Napier lecturer zunächst nur Anfänger-Studenten (undergraduates), seit dem 1. Januar 1951, als er offiziell erster Napier Professor of Astronomy in St. Andrew wurde, aber auch Doktoran-

³⁵Siehe Freundlich [1950]b sowie Jack [1951].

³⁶Laut Batten [1985] S. 34 ursprünglich ein Amateur-Astronom, der durch Freundlich ermuntert wurde, sich als Instrumentenmacher selbständig zu machen.

³⁷Siehe Forbes [1972] S. 184.

den, darunter insb. L.T. Searle, W. Nicholson, Eric Gray Forbes und Allen H. Batten.³⁸ An dieser Stelle sei eine Bemerkung über Freundlich als akademischer Lehrer von einem seiner erfolgreichsten Studenten eingefügt, die Stärken *und* Schwächen seiner Lehrauffassung und auch seines persönlichen Umgangs mit seinen Mitarbeitern und Studenten deutlich macht:

Freundlich was a stimulating teacher who expected his students to stretch their minds. He was impatient with authority, especially if he felt it to have been exercised arbitrarily, and perhaps sometimes hasty in his decisions. These qualities, on occasion, made him a difficult colleague. His students saw another side of him, however, unless (indeed) those same characteristics were used on their behalf. [...]. He was never quite at home in the British university system, which seemed to him to place too much emphasis on examination result and to lead to spoon-feeding. [...].

A few days before sitting my own final examinations, I met him at the observatory. No doubt with the intention of encouraging me, he remarked that he did not agree with examinations and believed that the decision should be made on a student's record. "But," he added, "you still have the chance to spoil your record!" He proceeded down the stairs, thoroughly enjoying his little joke – rather more than I did at that particular time. A week or ten days later, when I had not spoiled my record, his delight was obvious.³⁹

Bei den Bemerkungen Battens über den gelegentlich schwierigen Kollegen Freundlich denkt man freilich unwillkürlich zurück an die in Abschnitt 10 referierten Streitereien zwischen Freundlich und seinem Kollegen Ludendorff, und es überrascht dann auch kaum mehr, daß sich Freundlich auch mit seinem Nachfolger total überwarf.

Auch wissenschaftlich war Freundlich nach dem Krieg zunehmend in Isolation geraten: seit 1931 war er sich sicher, daß mindestens zwei der drei experimentellen Voraussagen der allgemeine Relativitätstheorie nicht in vollständiger Übereinstimmung mit den Beobachtungsdaten stehen,⁴⁰ und noch in den 50er Jahren richtete er alle seine Energie auf die Untersuchung einer von ihm selbst vorgeschlagenen theoretischen Alternative,⁴¹ die Photon-Photon-Wechselwirkungen in Strahlungsfeldern zuließ und auf diesem Wege u.a. die Gravitations-Rotverschiebung der Fraunhofer-Linien im Sonnenspek-

³⁸Siehe Batten [1985] S. 34 für Details.

³⁹Batten [1985] S. 34.

⁴⁰Siehe z.B. Freundlich [1952]a,b, [1955]a, [1959].

⁴¹Siehe Freundlich [1954], [1961].

trum ebenso wie die durch Hubble u.a. gemessenen kosmologischen Rotverschiebungen erklären sollte, letzteres *ohne* die damals noch umstrittene Annahme eines expandierenden Universums. Über diese Arbeiten Freundlich entbrannten heftige Kontroversen, u.a. mit E. Margaret u. G.R. Burbidge, W.H. McCrea, D. ter Haar sowie mit Max Born⁴² – Kontroversen, die Freundlich erneut in wissenschaftliche Isolation führten.⁴³ Einstein hatte zu diesem Zeitpunkt das Interesse an experimentellen Tests seiner Theorie völlig verloren. Nachdem ihm Born von den neueren Ergebnissen Freundlich zur Lichtablenkung und zur Gravitations-Rotverschiebung berichtet hatte,⁴⁴ antwortete ihm Einstein:

Die Prüfung der Theorie ist leider viel zu schwierig für mich. Der Mensch ist ja doch nur ein armes Luder! Der Freundlich aber rührt mich nicht ein bißchen. Wenn überhaupt keine Lichtablenkung, keine Perihelbewegung und keine Linien-Verschiebung bekannt wäre, wären die Gravitationsgleichungen doch überzeugend, weil sie das Inertialsystem vermeiden (dies Gespenst, das auf alles wirkt, auf das aber die Dinge nicht zurückwirken). Es ist eigentlich merkwürdig, daß die Menschen meist taub sind gegenüber den stärksten Argumenten, während sie stets dazu neigen, Meßgenauigkeiten zu überschätzen.⁴⁵

Wie verschieden ist der Einstein des Jahres 1952 doch von dem des Jahres 1911, der Freundlich so gedrängt hatte, alles ihm nur mögliche zu versuchen, um zu einem Test seiner Voraussagen zu kommen (vgl. Abschnitt 3)!

Dabei hatte Einstein mit dieser Skepsis gegenüber der mit damaligen Mitteln erreichbaren Meßgenauigkeit durchaus einen wunden Punkt getroffen, wenngleich er den Rationalismus seiner Spätphase hier natürlich sehr

⁴²(1882-1970). Mit Born verbanden Freundlich übrigens einige biographische Parallelen: beide waren zeitweise enge Vertraute Einsteins, flohen vor den Nazis ins Exil und landeten schließlich in Schottland, beide gingen gegen Ende ihres Lebens nach Deutschland zurück.

⁴³Siehe Freundlich [1954]b und Born [1954] und vgl. Batten [1985] S. 35 für eine Schilderung einer erregten Debatte zwischen Born und Freundlich anlässlich von Borns Abschiedsvorlesung in St. Andrews, die mit einem "fever-pitch of his excitement" und einer nachfolgenden Herzattacke Freundlich's endete. Born schrieb an Einstein lakonisch: "Freundlich war übrigens sehr krank, Herz-Arterien-Thrombose" (20. I 1954, in Born (Hrsg.) [1969] S. 286.

⁴⁴Vgl. Born an Einstein, 4. V. 1952, S. 255f.: "Gestern war Freundlich hier und hat uns einen klaren Vortrag über den Stand der Lichtablenkung durch die Sonne gehalten. Es sieht wirklich so aus, als ob Deine Formel nicht ganz stimmt. Bei der Rotverschiebung sieht es noch schlimmer aus; im Innern der Sonnenscheibe ist sie viel kleiner, am Rande größer als der theoretische Wert. Was ist da los? Kann es eine Andeutung von Nicht-Linearität (Streuung von Licht durch Licht) sein? Hast Du Dich damit beschäftigt?"

⁴⁵Einstein an Born, 12. V. 1952, in Born (Hrsg.) [1969] S. 258.

überspitzt formulierte, so, als ob es überhaupt keiner Experimente bedürfe, um gute Theorien aufzustellen. Wie in Abschnitt 9 erwähnt, war die experimentelle Situation gerade, was die Lichtablenkung im Gravitationsfeld der Sonne angeht, in der Tat alles andere als eindeutig. Noch 1954 hatte darum Freundlich an einer Expedition zur Beobachtung der totalen Sonnenfinsternis in Schweden teilgenommen, bei der er von 2 Mitarbeitern des Potsdamer *Astrophysikalischen Observatoriums* sowie durch Geräte der *Deutschen Akademie* in Berlin unterstützt wurde.⁴⁶ Leider trat auch bei dieser Gelegenheit einer erneuten Überprüfung der Lichtablenkung sonnennaher Fixsterne starke Bewölkung zum Zeitpunkt der Sonnenfinsternis auf. So blieb Freundlich auch diese für ihn letzte Möglichkeit verwehrt, mit eigenen Daten nachprüfen zu können, ob die Lichtablenkung *de facto* größer war als von Einstein für sonnennahe Lichtstrahlen prognostiziert. Die späteren Verbesserungen der Technik zur Messung der Lichtablenkung im Gravitationsfeld, speziell im Radarbereich, sowie das Aufkommen weiterer quantitativer Tests der allgemeinen Relativitätstheorie, z.B. durch die mit der Lichtablenkung gekoppelte Zeitverzögerung, erlebte Freundlich nicht mehr.

Seinen Lebensabend verbrachte Freundlich zusammen mit seiner Frau, die ihn um viele Jahre überlebte, in Wiesbaden, nachdem ihm von der *Johannes Gutenberg-Universität Mainz* eine Honorarprofessur angeboten worden war, die er seit 1957 innehatte.⁴⁷ Freundlich verstarb am 24. Juli 1964 in Mainz.

Auf den Lebenslauf von Freundlich zurückblickend fällt vor allem auf, daß Freundlich mehrmals in seinem Leben sich Mehrheitsmeinungen entgegengestellt hat und unbeirrt von allen Nachteilen, die dies für seinen wissenschaftlichen Ruf hatte, seine Überzeugungen offensiv vertrat. Zunächst, als früher Anhänger Einsteins, tatsächlich sogar als dessen erster Exeget in deutschen Astronomenkreisen, wurde er zum Prügelknaben der konservativen und antirelativistisch gesonnenen Astronomen vom Schlage v.Seeligers, die an ihm ihre Ressentiments abreagieren konnten, die eigentlich Einstein zugedacht waren. Dann, nachdem die scientific community ab 1919 mehr und mehr zu einer Anerkennung, ja Bewunderung der Relativitätstheorien Einsteins durchgerungen hatte, fing Freundlich ab 1931 an, mehr und mehr Zweifel

⁴⁶Siehe RAS Papers 81/2, Minutes of the Joint Eclipse Committee, 14. XI. 1952, 2. VII. 1953, 27. VIII. 1954 und 14. I. 1955. Von der *Royal Astronomical Society* erhielt Freundlich Zuschüsse von 600 und 500 Pfund. Vgl. auch den Brief Freundlichs an Mendelsohn, 2. I. 1952, KJ, sowie Freundlich [1954]g S. 441 für die geplante Teilnahme Grotrians.

⁴⁷Leider wurde im Universitätsarchiv laut Auskunft von Dr. Jürgen Siggemann keine eigene Personalakte angelegt und nur einige Presseauschnitte sowie eine unwesentliche Korrespondenz über die Unkosten für Freundlichs Beförderung von seiner Wohnung in Wiesbaden-Biebrich zur Univ. Mainz haben sich dort erhalten.

an der Richtigkeit dieser Theorie zu äußern und genau die Experimente, die nun allorten als triumphale Bestätigung Einsteins angesehen wurden (die Lichtablenkung und die Gravitations-Rotverschiebung), anders zu interpretieren als die Majorität der Physiker, Astrophysiker und Astronomen dies tat. Zweimal wurde er dadurch in seinem Ruf so stark geschädigt, daß sich ihm viele Entfaltungsmöglichkeiten nicht boten – seine relativ sichere Beschäftigung als Leiter des *Einstein-Instituts* zwischen 1921 und 1933 muß als eine nach schwerem Ringen erkämpfte Enklave inmitten einer insg. eher feindlich gesonnenen Umgebung verstanden werden, und seine Positionen in Istanbul ebenso wie später in St. Andrew waren solche an der Peripherie, in geographischer nicht anders als in sachlicher Hinsicht. So sind die zahlreichen Brüche in Freundlichs Leben und Wirken, die wir im Laufe dieser Studie nachvollzogen haben, eine direkte Folge dieser eigenartigen Gegenströmigkeit dieses nicht-konformen Forschers, dessen Beiträge heute zu Unrecht weitestgehend vergessen sind:

There was certainly an element of paradox about his life [...]. He deserves his place in the history of attempts to test general relativity by observation, yet much of his time and energy near the end of his life were devoted to opposing the theory and exploring what now seems to have been a blind alley. [...]. Although it now appears that he was wrong about general relativity, his scepticism of wide-ranging theories was in good scientific spirit, and it is the part of his legacy to me that I value the most.⁴⁸

Die Arbeiten Freundlichs demonstrieren exemplarisch die Schwierigkeiten, mit denen die Bestätigung einer Theorie faktisch verbunden ist. Die Erkenntnistheorie der Zeit sah die Beziehung des Experimentes zur Theorie irreführenderweise weitgehend als unproblematisch an: die logischen Empiristen z.B. sahen darin eine geradlinige Bestätigung (Verifikation) der theoretischen Voraussage durch das experimentelle Resultat, und auch Freundlich scheint mit dieser empiristischen Ansicht sympathisiert zu haben, da er den Berliner Kreis um Reichenbach z.B. durch einen Vortrag 1931 über die Endlichkeit des Weltraums ebenso unterstützte wie 1951 die *Unity of Science*-Bewegung um Neurath, Carnap und Morris, für deren *International Encyclopedia of Unified Science* er einen Beitrag über Kosmologie schrieb.⁴⁹

Doch anstelle der simplen Verifikation und anstelle der ebenso geradlinigen Falsifikation unrichtiger Theorien durch Beobachtungsmaterial, die Karl

⁴⁸Batten [1985] S. 35.

⁴⁹Siehe Freundlich [1931/32] und [1951]a. Vgl. Hentschel [1990].

Popper an deren Stelle setzen wollte, fand im Falle der allgemeinen Relativitätstheorie über Jahrzehnte hinweg eine ständige gegenseitige Anpassung und Verfeinerung von experimentellen Messungen, instrumentellen Komponenten und theoretischen Ansätzen zur Beschreibung der sehr komplexen Vorgänge in und um die Sonne statt, in die auch Entwicklungen auf anderen Gebieten der Technik, Physik und Astrophysik einfließen.⁵⁰ Erst am Ende dieses Prozesses, in den 60er und 70er Jahren, also 6 Jahrzehnte nach der Veröffentlichung der Relativitätstheorie durch Einstein und erst nach dem Tode Freundlichs wurde es mit den modernsten Mitteln der Experimentiertechnik möglich, eine einigermaßen befriedigende 'Bestätigung' der experimentellen Voraussagen der allgemeinen Relativitätstheorie vorzulegen.⁵¹ Die früher für entscheidend gehaltenen Experimente wie z.B. Massenzuwachs von Elektronen (bezüglich der speziellen), Lichtablenkungsmessungen und Rotverschiebungsmessungen im Sonnenspektrum (bezüglich der allgemeinen Relativitätstheorie) erwiesen sich hingegen als völlig unzureichend, weil die Meßgenauigkeit überschätzt wurde, andererseits die systematischen Fehlerquellen zu groß waren, als daß man sie mit den damals zur Verfügung stehenden Instrumenten hätte in den Griff bekommen können. Dies gilt im Rückblick auch für diejenigen Experimente, die von der Mehrzahl der kompetenten Zeitgenossen Einsteins als schlüssige Bestätigungen der Relativitätstheorie akzeptiert worden waren, wie etwa Eddingtons und Crommelins Messungen der Lichtablenkung im Gravitationsfeld der Sonne 1919 oder St. Johns Resultate zur Gravitationsrotverschiebung von 1923/24. Insofern ist Freundlich wegen des Scheiterns seines Unterfangens, präzisere Tests der allgemeinen Relativitätstheorie zu bewerkstelligen, kein Versagen vorzuwerfen – er kam mit seinen ehrgeizigen Vorhaben schlicht einige Jahrzehnte zu früh.

⁵⁰ Beispielsweise Radartechnologie, Sonnentheorie (Atmosphärenmodelle), Quantenmechanik (Statistik), Festkörperphysik (Mössbauereffekt).

⁵¹ Für heutige Hochpräzisions-Tests zur allgemeinen Relativitätstheorie siehe z.B. Will [1989] und die dort genannte Literatur.

12. Der Einstein-Turm aus der Vogelperspektive

The essential task of theory building here is not to codify abstract regularities but to make thick description possible, not to generalize across cases but to generalize within them.

Clifford Geertz: *The Interpretation of Cultures*, Basic Books, New York, S. 26.

Wagen wir am Ende dieser Studie noch einen Rückblick, auf der Suche nach Befunden, die über das hinaus, was sie zum Einstein-Turm erbracht haben, aussagefähig sind: können wir daraus etwas Verallgemeinerbares lernen, z.B. über die Wissenschaftspolitik unmittelbar nach dem Ersten Weltkrieg, oder über die sozialen Mechanismen, die der Gründung dieser Institution vorgeschaltet waren, über die Wechselbeziehungen des *Einstein-Instituts* mit anderen Wissenschaftsorganisationen (national und international) oder die Verzahnung der Forschungsinteressen von Wissenschaftlern mit den sozialen und politischen Rahmenbedingungen, unter denen sie arbeiten?

Betrachten wir also unseren Fall noch einmal, diesmal sozusagen aus der Vogelperspektive, mit mehr Abstand vom historischen Detail. Diese Studie rekonstruierte anhand des beträchtlichen erhaltenen Aktenmaterials u.a. den nervenzermürenden Kleinkrieg, dem ein Individuum (Freundlich) in einer seinen Interessen gegenüber ablehnend gesinnten Umgebung (Berliner *Sternwarte* unter Struve, später das *Astrophysikalische Observatorium* unter Ludendorff) ausgesetzt war. Ebenso wurde gezeigt, wie seine einflußreichen Förderer ihm nach dem Scheitern des ersten Anlaufes in anderen, neugeschaffenen Institutionen das weitere Arbeiten ermöglichten, ja ihm schließlich sogar mitten in einer Zeit der 'Not der deutschen Wissenschaft'¹ unter Aufwendung von insg. ca. 1,5 Millionen Mark 1920 ein eigenes Institut (den Einstein-Turm) in die Hand gaben, an dem er sein Forschungsprogramm verwirklichen konnte. Freundlich erscheint uns jetzt wie ein 'Probekörper', dessen Lebensweg uns, den historischen Betrachtern, den Verlauf der 'anziehenden und abstoßenden Potentiale', die er durchlief, deutlich machen kann. Im Unterschied etwa zu Albert Einstein ist eine historische Figur wie Freundlich deswegen als ein solches 'Testteilchen' so geeignet, weil sie selbst sozusagen 'verschwindende Masse' besitzt, also unauffälliger und typischer ist für den 'Normalwissenschaftler', der uns für die Erfassung von Zeittypischem

¹Vgl. dazu z.B. die *Internationale Monatschrift für Wissenschaft, Kunst und Technik* 15 [1920], Heft 1 u. 2.

speziell interessieren sollte. Und wie die zahlreichen Knicke in Freundlichs Lebenslauf uns beweisen, waren die abstoßenden Potentiale, denen er sich 1917 an der Sternwarte, ab 1922 in den täglichen Querelen mit Ludendorff und nach 1933 dann mit den nationalsozialistischen Machthabern und ihren wissenschaftlichen Vollzugshelfern entgensah, erheblich genug, um ihn jeweils ganz aus der Bahn zu werfen oder doch erheblich 'umzulenken'. Die Vogelperspektive erinnert uns auch daran, daß die Unterscheidung von 'Hauptakteuren' und 'Nebenfiguren', die dem Biographen stets so klar und problemlos scheint, weitgehend sinnlos wird. Wir verstehen unsere Hauptfigur, Freundlich, nur, wenn wir das gesamte Beziehungsnetz, in dem er in jeder Episode unserer Fallstudie steht, kennen: seine Opponenten ebenso wie die wenigen Förderer. Darum war auch Ludendorff, obwohl er mit dem Einstein-Turm *direkt* nichts zu tun hat, für uns zu einer heimlichen Hauptfigur geworden. Woraus sich für die Wissenschaftsgeschichtsschreibung eine erste 'Moral von der Geschichte' ergibt: weitaus mehr Augenmerk als bisher auf die scheinbar nebensächlichen 'Randfiguren' zu richten, die *nicht* in die Kompendien über die 'Großen Wissenschaftler' aufgenommen wurden und die heute bestenfalls noch Spezialisten bekannt sind. Nur selten wird dabei die Aktenlage eine vergleichsweise so günstige sein wie im Falle Freundlichs, doch selbst bei spärlicherer Quellenlage kann der Lerneffekt bei näherer Betrachtung der Lebenslinien just dieser 'lütje lü' der Welt der Wissenschaft erheblich sein.

Der nächste Schritt, der in dieser Studie leider nur in Ansätzen praktiziert werden konnte, da die Quellenlage hierzu nicht ausreicht (Fehlen von Laborbüchern und Tagebüchern), wäre dann eine Rekonstruktion dessen, was das wissenschaftshistorische Äquivalent der Alltagsgeschichte darstellt: die Schilderung der Tagesabläufe und Routinen in den Laboratorien des *Einstein-Instituts* und des *Astrophysikalischen Observatoriums*. Wir kamen dem bestenfalls bei der Schilderung der Querelen zwischen Freundlich und Ludendorff etwas näher, (leider) für Freundlich eine fast täglich aufs neue sich abspielende Angelegenheit. Doch sie wäre wünschenswert gerade für ein näheres Verständnis der astrophysikalischen Forschungen, die im Laboratorium des Einstein-Turmes zwischen 1924 und 1933 betrieben wurden (vgl. Abb. 36). Am Ende einer solchen Rekonstruktion stünde ein vertieftes Verständnis dafür, warum es am Einstein-Turm nicht zur Bestätigung der Gravitations-Rotverschiebung im Sonnenspektrum kam, die doch den Anlaß für seinen Bau abgegeben hatte. Leider kann dies hier nur als Desiderat benannt werden, und der Leser muß sich einstweilen mit dem, was hier in Abschn. 9, spez. auf S. 118, dazu ausgeführt wurde, begnügen.

Doch die distanzierte Perspektive, die wir einzunehmen uns entschlos-

sen haben, bringt uns immerhin in anderer Hinsicht noch weiter, denn sie legt uns plötzlich einen Vergleich mit anderen Fällen der Wissenschaftsgeschichte nahe. Weder der 'Stellungskrieg' zwischen Anhängern und Gegnern einer neuen Theorie noch die Gründung neuer Institutionen aufgrund sich wandelnder Forschungsinteressen, die in den bestehenden nicht mehr umgesetzt werden können, ist spezifisch für unseren Fall oder für die Zeit um 1920. Im Gegenteil: für eine Historiographie, die Phasen 'revolutionären' Umschwungs unterscheidet von solchen 'normaler Wissenschaft' sind die z.B. in den Abschnitten 5 und 10 geschilderten Phänomene ganz typisch für Phasen wissenschaftlicher Revolutionen, in denen die Anhänger des Alten und des Neuen unvermittelt aufeinanderprallen, und sich gegenseitig den Vorwurf des Dogmatismus machen. Freilich, in Hinsicht auf diese Polarität sind alle drei 'Hauptdarsteller' meiner Geschichte (Freundlich, Mendelsohn und Einstein) dezidierte Anwälte der Suche nach Neuem; sie lamentieren nicht von 'Krisen' wie die 'gelehrten Mandarine', deren Niedergang Fritz Ringer so vielschichtig beschrieben hat, sondern sie suchen nach tragfähigen Fundamenten des Neuen. Insofern sind sie völlig wesensverschieden von der fin-de-siècle 'Weltuntergangs-Moderne' eines Böcklin oder Schiele, eher vergleichbar der 'Moderne des Aufbaus' Kandinskis oder Klees etwa.

Was von alledem, über das hier berichtet wurde, hätte grundsätzlich (strukturell) nicht auch fünfzig Jahre früher hätte passiert sein können? Mir fallen vor allem zwei Punkte als Kandidaten für das spezifisch Moderne ein:

1. Das im Vergleich zu früheren Episoden sehr viel komplexere **Zusammenspiel verschiedener Institutionen** am gleichen Ort (hier Berlin). Unter den wissenschaftlichen Institutionen² die altehrwürdige *Preußische Akademie der Wissenschaften* im Zusammenspiel mit der neuen *Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft* und ihren einzelnen Instituten, die tradierte *Königliche Sternwarte, Berlin* zusammen mit den Neugründungen des *Astrophysikalischen Observatoriums*³ und des *Einstein-Institutes*.⁴ Auch in den USA zeichnet sich ein ähnliches Muster ab: dort entsteht kurz vor der Jahrhundertwende die *Carnegie-Institution*, ebenso wie die 1911 gegründete *Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft*, für die sie eines der wichtigsten Vorbilder war, eine staatsunabhängige Organisation mit der Rechtsform eines eingetragenen Vereins.⁵ Des

²Für Überblicke vgl. z.B. T. Buddensieg u.a. (Hrsg.) [1987] Bd. Disziplinen, S. 44-49, Bd. Objekte, S. 262-263.

³Gegr. 1879 nach Vorschlag von W. Förster 1871; vgl. dazu Herrmann [1975].

⁴Den bislang besten Überblick zur Gründungsgeschichte und Funktion bietet Freundlich [1927]b; vgl. Freundlich [1925]b.

⁵Einen interessanten Vergleich zwischen den USA und Deutschland gibt Herrmann

weiteren noch die Forschungsförderungsorganisationen *Notgemeinschaft* bzw. *Deutsche Forschungsgemeinschaft* und nicht zu vergessen die industriellen Großbetriebe (Zeiss, Badische Anilin- u. Sodafabrik, Siemens und Halske) mit jeweils eigenen Forschungsabteilungen und -interessen. Dieser Punkt scheint sich mit dem zu decken, was Thomas Hughes mit 'the emergence of modern forms: networks, grids and interconnections' meint:⁶ der Einstein-Turm ist ein Produkt der engen Verzahnung der Interessen dieser aufgezählten Institutionen mit denen einzelner Individuen (wie Freundlich, Planck und Einstein); keiner der Knotenpunkte in diesem Interessen-Netz für sich genommen hätte dieses Projekt für sich alleine realisieren können. So gesehen stellt der Einstein-Turm ein frühes Beispiel für eine 'moderne' Großforschungseinrichtung dar, für die Mischfinanzierung und (nach dem Zweiten Weltkrieg zunehmend auch Internationalität) typisch sind.⁷ Das Fehlen der Internationalität dieses noch rein deutschen Projektes erwies sich übrigens als eines seiner größten Schwachpunkte, da man den Resultaten der Mt. Wilson Sternwarte eigentlich nur noch nachlief, ohne ihren Forschungsstand jemals zu erreichen oder gar überbieten zu können. Die 1926 beschlossene vergleichende Messung von Spektrallinien in Kooperation mit Mt. Wilson war ein später und gescheiterter Versuch, die nationale Schranke aufzuheben.

2. Der Blick auf die Finanzierung des Einstein-Turmes zeigte noch ein weiteres: nämlich die große, ja überragende **Bedeutung privater Spender**, die insg. über eine Millionen Reichsmark aufbrachten und damit das gesamte Gebäude und wichtige Teile der Instrumente sowie teilweise auch die laufenden Kosten für Forschungen übernahmen. Damit derart viel Geld von privater Seite gespendet wurde, war in einem zuvor nie gesehenen Ausmaß **Öffentlichkeitsarbeit** notwendig, die in Form von vervielfältigten Spendenaufrufen, in die Presse lancierter Artikel und in den Wochenzeitungen auf den Titelseiten abgedruckten (Werbe)photos weitestgehend in der Regie von Freundlich geleistet wurde.⁸

[1973]; vgl. Herrmann u. Hamel [1975].

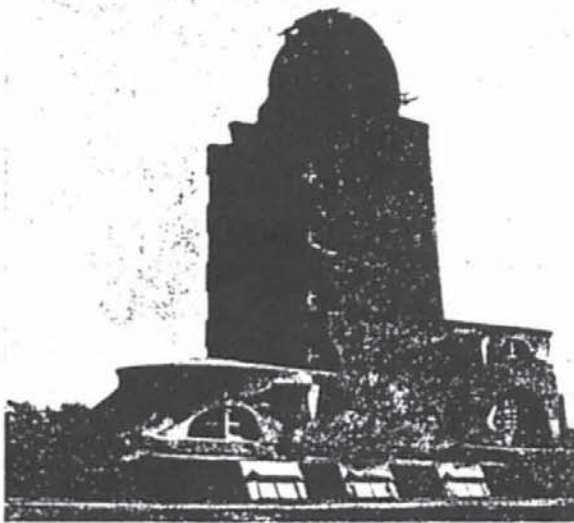
⁶Siehe Hughes [1986].

⁷Einstein, Mendelsohn und Freundlich waren alle drei überzeugt von der Internationalität bzw. Übernationalität von Wissenschaft und Kultur.

⁸Vgl. z.B. Kirchberger [1925] in der *Frankfurter Zeitung* und Fürst [1926] für *Die Koralle. Magazin für alle Freunde von Natur und Technik* sowie die nachfolgenden Abb.

Mitteilung an die Stifter der Einstein-Stiftung und Aufforderung zur Bildung einer „Freien Vereinigung der Freunde der Einstein-Observatoriums.“

Am 6. Dezember des verflossenen Jahres hat in den Räumen des Turmteleskops der Einstein-Stiftung die Eröffnungssitzung des Kuratoriums der Stiftung mit anschließender Besichtigung der in Potsdam neu entstandenen Anlage stattgefunden. Fünf Jahre sind seit der Begründung der Stiftung verflossen, und mancher Stifter, der vor fünf Jahren seinen Beitrag stiftete, wird dieses Unternehmen vielleicht ganz aus dem Auge verloren haben.



Diese fünf Jahre sind ganz mit dem Entwurf und Bau ~~des~~ neuen Forschungs-~~instituts~~ ausgefüllt gewesen, ~~das~~ sich der astronomischen Prüfung der Relativitätstheorie und den vielen ihr angrenzenden Problemen zu widmen gedenkt. Erst jetzt ist das Unternehmen so weit gediehen, daß den Stiftern nicht allein Rechnung über die Verwendung der Stiftungsmittel abgelegt werden, sondern ihnen auch das Geschaffene vor die Augen geführt und über die künftigen Aufgaben des neuen Institutes berichtet werden kann.

Das hier wiedergegebene Bild gibt den äußeren Anblick des von dem Architekten Erich Mendelsohn entworfenen

Baues des Turmteleskops wieder. Eine ausführliche Beschreibung der neuen Anlage wird den Stiftern überreicht werden, sobald das große Teleskop selbst in allen Teilen fertiggestellt und erprobt sein wird. Nur soviel mag schon an dieser Stelle mitgeteilt werden, daß in dem von einer Kuppel gekrönten Turm, von diesem vollkommen isoliert, noch ein zweiter Turm bis in die Kuppel hineinragt, in der sich ein System großer Spiegel und eine Linse von etwa 15 Meter Brennweite befinden. So wird in einer Höhe von etwa 20 Metern über dem Erdboden das Licht der Gestirne aufgefangen und lotrecht nach unten in ein unterirdisches Laboratorium geworfen, wo es durch große Prismen und andere das Licht zerlegende Apparate in Spektren aufgelöst werden kann, die im Farbbereich vom Roten zum Violetten eine Länge von 4 bis 12 Metern erreichen. In dem Laboratorium selbst werden in einem Spektralofen bei Temperaturen von 3000 und mehr Grad die chemischen Elemente in gleicher Weise zum Leuchten gebracht wie auf den Oberflächen der Gestirne und so vergleichende Studien über das Wesen ihres Leuchtens getrieben. Die Arbeiten im Laboratorium sind schon seit



Abb.43 Mitteilung an die Stifter der Einstein-Stiftung, 1925, Druckfahne mit Marginalien aus AAW, Astrophys. Obs., Akte Nr. 147, Blatt 100.

Wie erfolgreich diese Pressearbeit im Falle des Einstein-Turms war, zeigt schon der Umstand, daß sogar Zeitungen wie die nationalistische *Germania. Zeitung für das deutsche Volk*, in denen sonst eher antirelativistische Autoren über Physik berichteten, wohlwollende Berichterstattung über den Einstein-Turm betrieben.⁹ Dazu beigetragen haben mag freilich auch die stilistische Mehrdeutigkeit des Einstein-Turms, die ihm trotz aller 'Modernität' durchaus auch Züge der 'Gegenmodernen' (im Sinne von Herbert Mehrtens) verleiht.

Die **Rezeption**, die der Bau und die Inbetriebnahme des Einstein-Turmes sowie die Projekte seiner Mitarbeiter (wie insbesondere die Sonnenfinsternis-Expeditionen) in der breiten Öffentlichkeit erfuhren, steht in deutlicher Parallele zu der Wirkung der Relativitätstheorie selbst, die ebenfalls wie keine wissenschaftliche Theorie zuvor, seit 1919 in das Rampenlicht gerückt war. Die außergewöhnliche, ja spektakuläre Gestaltung, die das Äußere des Turmes durch den Architekten Erich Mendelsohn erfuhr, war für die Erzielung großer Publizität nicht nur hilfreich, sondern geradezu unabkömmlich. Die außergewöhnliche Außengestaltung lockte bedeutende Photographen an wie z.B. Sasha Stone,¹⁰ dessen Aufnahmen einen Bericht über einen 'Besuch im Einstein-Turm' von 1928 bebilderten. Den mondänen Kreisen der Weimarer Republik, die sich mit dem Verstehen der Relativitätstheorie Einsteins so schwer taten, bot der Einstein-Turm ein eingängigeres, 'kunstvolles' Surrogat. Wäre der Einstein-Turm mit dem Charme eines überdimensionalen Telegraphenmastes ausgestattet gewesen wie noch das 150-Fuß Turmteleskop des *Mt. Wilson Solar Observatory*, so wäre er sicher *nicht* 1921 auf das Titelblatt der *Berliner Illustrierten Zeitung* gekommen (vgl. Abb. 18) und noch 1928 eines 'Besuches' für würdig befunden worden (vgl. die folgende Abb.).

What could have well become a sobre, vapid, chimney-like structure became in his [Mendelsohn's] design a most interesting and in that time quite revolutionary building. With its curvilinear skyline, but nevertheless fitting so well to its task and to the surrounding landscape, it pointed far into future architectural developments.¹¹

Abb.44 (nächste Seite) Der Einstein-Turm in der *Berliner Illustrierten Zeitung* mit Aufnahmen von Sasha Stone, in Nr. 51, Jg. 37, 1928.

⁹Siehe *Germania* Jg. 56, Nr. 464, B 264, 6. X. 1926.

¹⁰Vgl. zu Stones photographischem Werk in den Jahren 1925-39: Stone [1990].

¹¹v.Klüber in einer Beilage zu einem Brief an Luise Mendelsohn, 4. XI. 1970, KJ, Sign. I/f/39, S. 2.

DAS GROSSE TURM- TELESKOP *in* POTSDAM

Ein Besuch im Einstein-Turm

Der Astronom steht in einer eigenartigen Beziehung zum Gegenstand seiner Forschung. Er ist für immer davon ausgeschloffen, ihn ganz in seine Gewalt zu bekommen, ihn zu messen, zu wägen, zu zerlegen, wie ein Naturforscher sonst mit seinen Opfern umzugehen gewohnt ist. Der Astronom sieht nur das, was er erforschen möchte; ja er empfängt im allgemeinen nicht einmal so viel Licht von ihm, daß sein Auge ihn sehen könnte, wenn nicht die mächtigen Hilfsmittel der modernen Teleskope die raumburchdringende Kraft seiner Augen um das Tausendfache erhöhten.

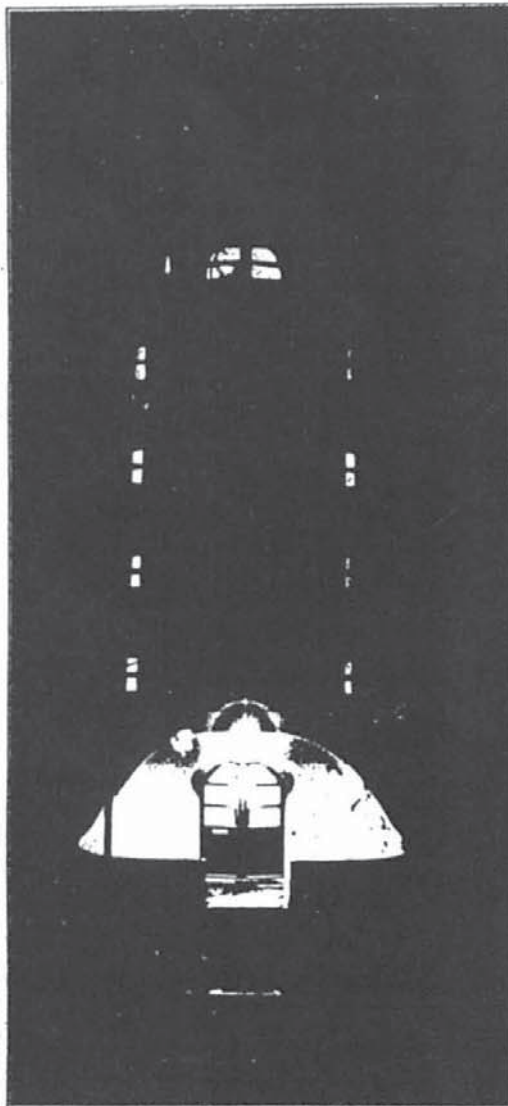
Man sollte darum meinen, daß bei dieser Beschränkung auch der Ertrag des Fleißes der Astronomen nur lässig sein könne. In der Tat gab es auch eine Zeit, da schien der Kosmos außerhalb des Sonnensystems ein uns für immer verschlossenes Buch zu sein. Aber die menschliche Neugierde ruhte nicht; so wie der Metallist mit dem Wasserapparat den Abstand seiner Batterien aus der stereoskopischen Verdrückung der Dinge bei genügend vergrößerter Augenabstand mißt, gelang es dem Astronomen, nach dem gleichen Prinzip den Abstand der nächsten Sterne zu messen; als Basis diente der Durchmesser der Erdbahn. Aber diese Basis, obschon sie 300 Millionen

Kilometer mißt, erwies sich als viel zu klein für die überwiegende Mehrzahl der Gestirne, von denen die uns allernächsten schon Zehntausende von Milliarden von Kilometern entfernt stehen. So mußten immer feinere Methoden erfunden und die Fernrohre immer größer und komplizierter ausgestattet werden. Etwas anderes als Sternenlicht steht aber dem Astronomen niemals zur Verfügung. Seine Forschungswege sind deshalb notgedrungen Schleichwege, mühsame Umwege, um das Ziel auch nur ein wenig weiter zu stellen. Nur eine bis ins einzelne gehende Erforschung der Lichtvorgänge kann ihm das nötige Handwerkszeug, die Hand liefern.

Wenn es nun auch anfangs so schien, als bedinge die Beschränkung auf das Licht eine verhängnisvolle Festlegung der Astronomie, so hat doch die Entwicklung der Physik in den letzten Jahrzehnten eindringlich gelehrt, daß keine Erscheinungen uns tiefer in das Wesen der Materie zuweisen und in Vorgänge hineinzuschauen gestatten, welche im Innern der einzelnen Atome sich abspielen, als die Strahlungsercheinungen. Die Natur gibt also dem Astronomen in dem Licht doch das wesentlichste Werkzeug zu ihrer Erforschung in die Gewalt. Wir müssen nur lernen, dieses Werkzeug voll auszunutzen. Wir kennen heute schon weitgehend die chemische Zusammensetzung der Sterne und finden, daß die chemischen Elemente,



Bild auf den Einstein-Turm.
Eisenstein.



Der Einstein-Turm in Potsdam bei Nacht.
Phot. Astcher Stone.



Seitenansicht des Turms.

Der Einstein-Turm wurde von den Zeitgenossen einhellig als das Symbol eines "neuen Zeitalters" aufgefaßt, ganz im Gegensatz zu den in der Anwendung historisierender Stilarten wie z.B. romanischer Bogen schwelgenden Bauten des *Astrophysikalischen Observatoriums*, gleichfalls auf dem Telegraphenberg in unmittelbarer Nachbarschaft des Einstein-Turmes. Einsteins Relativitätstheorie ebenso wie das nach ihm benannte Turmteleskop wurden weithin als Bruch mit der Tradition verstanden, übrigens unter der für solche Phasen revolutionären Umschwungs typischen Verkennung der gleichsam subkutanen historischen Kontinuitäten.

Wie die Entdeckung Einsteins durch einen scharfen Schnitt von der bisher möglichen wissenschaftlichen Forschertätigkeit geschieden ist, so hat auch dessen Architekt neue Bauweisen verwendet, die mit den früher geübten kaum noch etwas gemeinsam haben.¹²

Daß dieser vielverheißenden Berichterstattung im Falle des Einstein-Turmes nicht auch die diesem Stellenwert entsprechenden Resultate folgten, ist eine Pointe am Rande dieser Geschichte.

Das Ziel von Geertz' 'dichter Beschreibung' ist letztendlich ein genaueres Verständnis von Kultur, die er bewußt unscharf definiert als das "selbstgesponnene Bedeutungsgewebe, in das der Mensch verstrickt ist."¹³ Wenn es erlaubt ist, die 'Wissenskulturskultur im Berlin der 20er Jahre' für die Zwecke dieser Studie als einen Teilbereich von der 'Kultur im Deutschland zu dieser Zeit' aufzufassen und Geertz' methodische Zielsetzung hierauf zu übertragen, so sollte jetzt, am Ende dieses Buches, das Gewebe aus personellen, institutionellen und kognitiven Komponenten, das sich dem- oder derjenigen darbietet, der (bzw. die) sich mit dem Einstein-Turm, Erwin F. Freundlich und der Relativitätstheorie beschäftigt, mitsamt seinen sozialen und politischen, architektur- und wissenschaftsgeschichtlichen Seitensträngen, transparenter geworden sein. Um mit einem Wort Erich Mendelsohns zu schließen:

Aber vergeßt nicht, daß das einzelne Schaffen nur aus der Gesamtheit der Zeiterscheinungen zu begreifen ist. Es ist an die Relativität ihrer Tatsachen ebenso gebunden wie Gegenwart und Zukunft an die Relativität der Geschichte.¹⁴

¹²Hellwag [1925/26] S. 157.

¹³Geertz [1987] S. 9.

¹⁴Mendelsohn [1930] S. 34.

Danksagungen

In der Diskussion im Anschluß an einen Vortrag über dieses Thema auf der Sommerakademie des Verbundes für Wissenschaftsgeschichte im Juli 1990 erfuhr ich mannigfache Anregungen für den Ausbau dieser Studie. Herrn Prof. Hermann A. Brück, Schottland, danke ich neben seinen hilfreichen Bemerkungen über seine Zeit am Einstein-Turm auch für die freundliche Überlassung zweier Kopien von Photographien und die Erteilung der Veröffentlichungsgenehmigung. Herrn Winfried F. Freundlich danke ich herzlich für Hinweise zur familiären Situation Freundlichs. Frühere Fassungen dieses Buches haben Ann Lehar und meine Mutter, Ruth Hentschel, korrektur-gelesen, denen ich für die Beseitigung einiger Schreibfehler und stilistische Verbesserungen herzlich danke. Hilfreiche Verbesserungsvorschläge empfing ich ferner von Frau Prof. Lorraine Daston (Göttingen), Herrn Dipl. phys. Jost Lemmerich (Berlin), Prof. Christoph Meinel und Dr. Skuli Sigurdsson. Dr. John W. Briggs danke ich für seine beeindruckende Demonstration des Coelostat-Systems am Snow-Teleskop des *Mt. Wilson Observatory*.

Die Genehmigung zum Zitieren aus bislang unveröffentlichten Dokumenten erteilten mir freundlicherweise Frau Schaumberg für die Mary Lea Shane Archives of the *Lick Observatory*, USA; Herr Dr. Henning für das Archiv der Max-Planck-Gesellschaft, Berlin-Dahlem, Herr Dr. Knobloch vom Zentralen Akademie-Archiv der Akademie der Wissenschaften der ehemaligen DDR, Dr. Glaus von der ETH-Bibliothek, Zürich, Herr Wagner vom Deutschen Architekturmuseum, Frankfurt am Main, Herr Heverly vom Archive for Scientific Philosophy in the 20th Century, Pittsburgh, Herr Dr. Rohlfing von der Handschriftenabteilung der Staats- und Universitätsbibliothek Göttingen, Herr Prof. Dr. Evers von der Kunstbibliothek, Staatliche Museen Preußischer Kulturbesitz, Berlin, Herr Rosenkranz vom Albert Einstein Archive, Hebrew University of Jerusalem sowie Frau Edwards im Namen der *Royal Society*, London.

Ferner danke ich Herrn v. Knobelsdorff von der *Technischen Universität Berlin*, Herrn Dr. Schultze von der *Humboldt-Universität zu Berlin* und Herrn Dr. Siggemann von der *Johannes Gutenberg Universität Mainz* für ihre Recherchen zu Spuren Freundlichs im den jeweiligen Hochschularchiven. Allen Archivaren sei ferner gedankt für die hilfreiche Betreuung während meiner dortigen Forschungsaufenthalte bzw. für die Zusendung von Kopien.

Besonderer Dank gebührt allen Mitarbeitern von *Spektrum Akademischer Verlag*, insbesondere Herrn Dr. Ackermann und Frau Wendland, für die engagierte und kompetente verlegerische Betreuung.

Abkürzungen für das Literaturverzeichnis

Abh.Berlin: Abhandlungen der Preußischen Akademie der Wissenschaften, Berlin
AdA: Annales d'Astrophysique
AN: Astronomische Nachrichten
BEKSB: Beobachtungs-Ergebnisse der Königlichen Sternwarte Berlin
DF: Deutsche Forschung
DSB: Dictionary of Scientific Biography
EEN: Ergebnisse der exakten Naturwissenschaften
HdA : Handbuch der Astrophysik
HdP: Handbuch der Physik
HSPS: Historical Studies in the Physical Sciences
MAG: Mitteilungen der Astronomischen Gesellschaft
MNRAS: Monthly Notices of the Royal Astronomical Society
Natw.: Die Naturwissenschaften
NTNI: Natuurkundig Tijdschrift voor Nederlandsch-Indie
Obs: The Observatory
ONFRS: Obituary Notices of Fellows of the Royal Society
PB: Physikalische Blätter
Phil.Mag.: The London, Edinburgh and Dublin Philosophical Magazine
Phys.Rev.: Physical Review
Phys.Z.: Physikalische Zeitschrift
PIUO: Publikationen der Istanbuler Universität, Observatorium
PNAS: Proc. National Academy of Sciences
Pop.Astr.: Popular Astronomy
PPSL: Proc. Physical Society London
QJRAS: Quarterly Journal of the Royal Astronomical Society
SB.Berlin: Sitzungsberichte der Preußischen Akademie der Wissenschaften, Berlin
SDM: Süddeutsche Monatshefte
VAG: Vierteljahresschrift der Astronomischen Gesellschaft
ViA: Vistas in Astronomy
VZ: Vossische Zeitung
Wiss.Ann.: Wissenschaftliche Annalen
ZAP: Zeitschrift für Astrophysik
ZfI: Zeitschrift für Instrumentenkunde
Z.Phys.: Zeitschrift für Physik

Literatur

Abraham, Max [1912] 'Zur Theorie der Gravitation', *Phys.Z.* **13**, S. 1-14.

— [1914] 'Neuere Gravitationstheorien', *JRE* **11**, S. 470-520.

Achenbach, Sigrid [1987] *Erich Mendelsohn 1887-1959. Ideen Bauten, Projekte*, Berlin, Staatliche Museen Preußischer Kulturbesitz (= Ausstellungskatalog zum 100. Geburtstag aus den Beständen der Kunstbibliothek).

Adams, Walter S.[1938] 'George Ellery Hale', *AP.J.* **87**, S. 369-388.

Banham, Reyner [1954] 'Mendelsohn', *The Architectural Review* **116**, Heft Nr. 692, August, S. 84-93.

— [1960/64] a) *Theory and Design in the First Machine Age*, New York, Praeger, 1960, insb. S. 173ff. zum Einstein-Turm; b) in dt. Übers. *Die Revolution der Architektur. Theorie und Gestaltung im Ersten Maschinenzeitalter*, Reinbek, Rowohlt, rde 209/210, 1964; darin insb. S. 94f., 141-152 zum Einstein-Turm.

Batten, Alan H.[1985] 'Erwin Finlay-Freundlich, 1885-1964', *Journal of the British Astronomical Association* **96**, S. 33-35.

Becker, W.[1941] 'Professor Dr. Hans Ludendorff †', *Sterne* **21**, S. 166-167.

Bentwich, Norman [1953] *The Rescue and Achievement of Refugee Scholars. The Story of Displaced Scholars and Scientists, 1933-1952*, The Hague, Nijhoff, 1953, darin insb. S. 53-56 zur Emigration in die Türkei).

Beyer, Oskar [1920] 'Architectuur in Ijzer en Beton', *Wendingen* **3**, Heft 10, S. 4-14 (s.a. Staal [1920]).

— (Hrsg.) [1961] *Erich Mendelsohn. Briefe eines Architekten*, München, Prestel.

Blackwell, D.E. u. Dewhirst, D.W.[1978] 'H. von Klüber', *Nature* **273**, S. 414.

Blumenthal, Otto [1918] 'Karl Schwarzschild', *Jahresberichte der Deutschen Mathematiker-Vereinigung* **26**, S. 56-75.

Born, Max [1954] 'On the interpretation of Freundlich's redshift formula', *PPSL A* **67**, S. 193-194 (= Erw. auf Freundlich [1954]b, S. 192-193).

— (Hrsg.) [1969] *Albert Einstein - Hedwig und Max Born Briefwechsel 1916-1955*, München, Nymphenburger.

Briggs, John W.[1991] 'Rebirth of the Snow Telescope', *Sky and Telescope* **81**, S. 206-211.

Brück, Hermann Alexander [1936] 'Spektralphotometrie', *HdA* **7**, S. 51-70.

— [1942] 'Friedrich Wilhelm Hans Ludendorff', *MNRAS* **102**, S. 78-79.

ten Bruggencate, Paul [1930] 'The radial velocities of globular clusters', *PNAS* **16**, S. 111-118 (s.a. Komm. v. Pahlen u. Freundlich [1930]).

— [1955] 'Karl Schwarzschild', in Schwerte, Hans u. Spengler, Wilhelm (Hrsg.) *Forscher und Wissenschaftler im heutigen Europa*, Oldenburg [1955], S. 232-239.

v. Brunn, Albert [1930] 'Zur Frage der 'Rotverschiebung'', *Sterne* **10**, S. 166-171 (s.a. Freundlich u. v.Brunn).

Buddensieg, Tillman u.a. (Hrsg.) [1987] *Wissenschaft in Berlin*, Berlin, Mann, 3 Bände.

Burbridge, E. Margaret u. G.R.[1954] 'On the observational data relating to Freundlich's proposed red-shift law', *Phil.Mag.* (7) 45, S. 1019-1022 (= Replik auf Freundlich, *ibid.*, s.a. ter Haar [1954], Kirschstein [1954]).

Campbell, William Wallace [1911]a 'On the motions of the brighter class B stars', *BLO* 6, S. 101-124 (Nr. 195).

— [1911]b 'Some peculiarities in the motion of stars', *ibid.*, S. 125-135.

— [1914] 'Note on evidences of rapid convection in stellar atmospheres', *BLO* 8, Nr. 257, S. 82.

Campbell, W.W. u. Trumpler, R.J.[1923/24] 'Observations on the deflection of light in passing through the sun's gravitational field', *LOB* 11, S. 41-54 (Nr. 346).

— [1928] 'Observations made with a pair of five-foot cameras on the light deflections in the sun's gravitational field at the total solar eclipse of Sept. 21, 1922', *LOB* 13, S. 130-160 (Nr. 397).

Chaitkin, Bill [1979] 'Einstein and Architecture', in: Maurice Goldsmith et al. (Hrsg.) *Einstein, the First Hundred Years*, Oxford et al., Pergamon Press, S. 131-144.

Chandrasekhar, Subrahmanyan [1980] 'Edward Arthur Milne: his part in the development of modern astrophysics', *QJRAS* 21, S. 93-107.

Courvoisier, Leo [1932] 'Sonnenfinsternis-Aufnahmen 1919, 1922, 1929 und jährliche Refraktion', *AN* 244, Nr. 5845, Sp. 275-288 (= Komm. zu Freundlich, v.Klüber u. Brunn [1932]).

Crelinsten, Jeffrey Michael [1981] *The Reception of Einstein's General Theory of Relativity among American Astronomers 1910-1930*, Diss., Université de Montreal.

— [1983] 'William Wallace Campbell and the "Einstein Problem": An observational astronomer confronts the theory of relativity', *Historical Studies in the Physical Sciences* 14, S. 1-92.

Cunningham, Ebenezer [1920]: Rez. v. Freundlich [1916]c, *Nature* 105, S. 350-351.

Danjon, A.[1932] 'Le déplacement apparent des étoiles autour du soleil éclipsé', *Le Journal de Physique* (7) 3, S. 281-301.

Diecke, Sally H.[1975] 'Schwarzschild, Karl', *DSB* 12, S. 247-253.

Donnan, F.G.[1942/44] 'Freundlich, Herbert', *ONFRS* 4, S. 26-50.

Dyson, F.W. u. Eddington, A.S. u. Davidson, C.[1920] 'A determination of the deflection of light of the sun's gravitational field from observations made at the total eclipse of May 29, 1919', *Philosophical Transactions of the Royal Society, London, A* 220, S. 291-334.

Earman, John u. Glymour, Clark [1980]a 'The gravitational redshift as a test of general relativity: history and analysis', *SHPS* 11, S. 251-278.

— [1980]b 'Relativity and eclipses: the British eclipse expeditions of 1919 and their predecessors', *HSPS* 11, S. 49-85.

Eckhardt, Wolf v.[1960] *Eric Mendelsohn*, New York, Braziller, insb. um S. 14 zum Einstein-Turm.

Eddington, Arthur Stanley [1915] 'Some problems of astronomy: XIX. Gravitation', *Obs* 38, S. 93-98 (s.a. Komm. v. Freundlich [1916]f).

- [1925] *Relativitätstheorie in mathematischer Behandlung*, Berlin, Springer.
- Eddy, David Hamilton [1990] 'Perspective. The secret futurist [Erich Mendelsohn]', *The Times Higher Education Suppl.*, 24. Aug., S. 11, 13.
- Einstein, Albert [1905] 'Zur Elektrodynamik bewegter Körper', a) *Ann.Phys.* (4) 17, S. 891-921; b) in Sommerfeld (Hrsg.) [1923]c S. 26-50.
- [1906] 'Ist die Trägheit eines Körpers von seinem Energieinhalt abhängig?', a) *Ann.Phys.* (4) 18, S. 639-641; b) in Sommerfeld (Hrsg.) [1923]c S. 51-53.
- [1906]c 'Das Prinzip von der Erhaltung der Schwerpunktsbewegung und die Trägheit der Energie', *ibid.* 20, S. 627-633.
- [1907]a 'Über die vom Relativitätsprinzip geforderte Trägheit der Energie', *ibid.* 23, S. 371-384.
- [1907]b 'Über das Relativitätsprinzip und die aus demselben gezogenen Folgerungen', *JRE* 4, S. 411-462.
- [1908] Berichtigungen zu AE[1907]b, *ibid.* 5, S. 98-99.
- [1911] 'Über den Einfluß der Schwerkraft auf die Ausbreitung des Lichtes', a) *Ann.Phys.* (4) 35, S. 898-908; b) in Sommerfeld (Hrsg.) [1923]c S. 72-80.
- [1912]a 'Lichtgeschwindigkeit und Statik des Gravitationsfeldes', *ibid.* 38, S. 355-369.
- [1912]b 'Zur Theorie des statischen Gravitationsfeldes', *ibid.*, S. 443-458.
- [1912]c 'Relativität und Gravitation: Erwiderung auf eine Bemerkung von M. Abraham', *ibid.*, S. 1059-1064 (= Replik auf Abraham [1912]).
- [1912]d 'Bemerkung zu Abrahams Auseinandersetzung: Nochmals Relativität und Gravitation', *ibid.* 39, S. 704.
- [1912]e 'Die Relativitätstheorie' *VNGZ*, 56, S. 1-14.
- [1913]a 'Physikalische Grundlagen einer Gravitationstheorie', *VNGZ* 58, S. 284-290.
- [1913]b 'Zum gegenwärtigen Stande des Gravitationsproblems', *Phys.Z.* 14, S. 1249-1266 sowie 15, S. 108.
- [1914]a 'Prinzipielles zur verallgemeinerten Relativitätstheorie und Gravitationstheorie', *ibid.* 15, S. 176-180.
- [1914]b 'Zum Relativitätsproblem', *Scientia* 15, S. 332-348 (Reprint *ibid.* 112 [1977], S. 1-16).
- [1914]c 'Zur Theorie der Gravitation', *VNGZ* 59, S. iv-vi.
- [1914]d 'Formale Grundlagen der Allgemeinen Relativitätstheorie', *SB.Berlin*, S. 1030-1085.
- [1915]a 'Zur allgemeinen Relativitätstheorie', *ibid.*, 4.Nov. 1915, S. 778-786 sowie 'Nachtrag', *ibid.*, S. 799-801.
- [1915]b 'Erklärung der Perihelbewegung des Merkur aus der allgemeinen Relativitätstheorie', *ibid.*, S. 831-839.
- [1915]c 'Die Feldgleichungen der Gravitation', *ibid.*, S. 844-847.
- [1915/25] 'Die Relativitätstheorie', in: *Kultur der Gegenwart. Die Physik*, Leipzig u. Berlin, a) 1. Aufl. 1915, S. 703-713; 2. Aufl. 1925, S. 783-797.

- [1916] *Die Grundlage der allgemeinen Relativitätstheorie*, a)in: *Ann.Phys.* (4) 49, S. 769-822; b)als Sep.: Leipzig, 1916; c)in: Sommerfeld (Hrsg.) [1923]c S. 81-124.
- [1916]d 'Gedächtnisrede auf Karl Schwarzschild', *SB.Berlin*, S. 768-770.
- [1917] *Über die spezielle und die allgemeine Relativitätstheorie*, Braunschweig, Vieweg; a)1. Aufl. 1917 (= Tagesfragen aus den Gebieten der Naturwissenschaften und der Technik, Heft 38); b) 10. Aufl. 1920; c)Reprint der 21. Aufl. 1969: 1979; d)in engl. Übers. als *Relativity, the Special and General Theory*, New York, Crown, 1961; e)in franz. Übers. v. J. Rouvière *La théorie de la relativité restreinte et généralisée à la portée de tout le monde*, Paris, Gauthier-Villars, 1921.
- [1917]d 'Kosmologische Betrachtungen zur Allgemeinen Relativitätstheorie', *SB. Berlin*, 8. Febr. 1917, S. 142-152 (vgl. *Natw.* 7, S. 232); e)in Sommerfeld (Hrsg.) [1923]c S. 130-139.
- [1920] *Relativity*, New York, Holt (s.a. Rez. v. Harrow [1921]).
- Einstein, A. u. Fokker, A.D.[1914] 'Die Nordströmsche Gravitationstheorie vom Standpunkt des absoluten Differentialkalküls', *Ann.Phys.* (4) 44, S. 321-328.
- Ewald, Peter Paul [1960] 'Max von Laue', *BMRS* 6, S. 135-156.
- Fabry, Charles u. Buisson, Henri [1910] 'Application de la méthode interférentielle à la mesure de très petits déplacements de raies, comparaison du spectre solaire avec le spectre d'arc du fer. Comparaison du centre et du bord du soleil', *AP.J.* 31, S. 97-119.
- Forbes, Eric Gray [1963] 'A history of the solar red shift problem', *Ann.Sci.* 17, S. 129-164.
- [1972] 'Freundlich, Erwin Finlay', *DSB* 5, S. 181-184.
- Forman, Paul [1973] 'Scientific Internationalism and the Weimar physicists', *ISIS* 64, S. 151-180.
- Franck, James [1960] 'Max von Laue', *Yearbook of the American Philosophical Society*, S. 155-159.
- Frank, Philipp [1949/79] *Einstein. Sein Leben und seine Zeit*, a)1. Aufl., München et al, List, 1949; b)2. Aufl. Braunschweig, Vieweg, 1979.
- Freundlich, Erwin F. (später: Erwin Finlay-Freundlich) [1911]: *Analytische Funktionen mit beliebig vorgeschriebenem unendlich vielblättrigem Existenzbereiche*, Diss. Univ. Göttingen, betreut v. F. Klein.
- [1913]a 'Die Lichtkurve der Nova Geminorum 2 nach den Beobachtungen auf der königlichen Sternwarte Berlin', *AN* 193, Nr. 4624, Sp. 291-296.
- [1913]b 'Über einen Versuch, die von Einstein vermutete Ablenkung des Lichtes in Gravitationsfeldern zu prüfen', *AN* 193, Nr. 4628, Sp. 369-372.
- [1913]c 'Zur Frage der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit', *Phys.Z.* 14, S. 835-838.
- [1913]d 'Anhang' [= Bemerkung zu L. Courvoisiers Arbeit 'Über systematische Abweichungen der Sternpositionen im Sinne einer jährlichen Refraktion], *BEKSB* Nr. 15, Anhang, S. 75-79.
- [1914]a 'Über die Verschiebung der Sonnenlinien nach dem roten Ende auf Grund der Hypothesen von Einstein und Nordström', *Phys.Z.* 15, S. 369-371.
- [1914]b 'Positionen und Eigenbewegungen von 154 Sternen', *AN* 197, Nr. 4722, Sp. 297-302.

- [1914]c 'Bedeckung des Sterns BD +12.2138 durch den Mond während der totalen Sonnenfinsternis am 21. August 1914', *AN* 197, Nr. 4724, Sp. 335-336.
- [1914]d 'Über die Verschiebung der Sonnenlinien nach dem roten Ende auf Grund der Äquivalenzhypothese von Einstein', *AN* 198, Nr. 4742, Sp. 265-270.
- [1915]a 'Ueber die Erklärung der Anomalien im Planetensystem durch die Gravitationswirkung interplanetarer Massen', *AN* 201, Nr. 4803, Sp. 49-56 (= Komm. zu Seeliger [1906]b; s.a. dessen Replik [1915]).
- [1915]b 'Über neue Fortschritte im Dreikörperproblem', *Natw.* 3, S. 213-217.
- [1915]c 'Die Bedeutung der Spektroskopie für die Stellarastronomie im Anschluß an W.W. Campbell: 'Stellar motions' ', *Natw.* 3, S. 401-403.
- [1915/16]a 'Über die Gravitationsverschiebung der Spektrallinien bei Fixsternen', a)Kurzf. in *Phys.Z.* 16, S. 115-117; b)*AN* 202, Nr. 4826, Sp. 17-24 (s.a. Forts.: Freundlich [1916]g, [1919]c).
- [1916] *Die Grundlagen der Einsteinschen Gravitationstheorie*, a)*Natw.* 4, S. 363-372, 386-392; b)als Separatum: Berlin, Springer; c)in engl. Übersetzung durch Brose: Cambridge, Cambridge Univ. Press, 1920; s.a. Cunningham [1920], Harrow [1921]); d)in franz. Übers., Paris, Gauthier-Villars, 1922.
- [1916]e 'Über die Bestimmung der Solarkonstante und die dabei zutage getretenen Lichtwechsel der Sonne', *Natw.* 3, S. 606-609.
- [1916]f 'Comments on A.S. Eddington's article on gravitation', *Obs.* 39, S. 70-71 (= Komm. zu Eddington [1915]).
- [1916]g 'Bemerkungen zu meinem Aufsatz in A.N. 4826', *AN* 202, Sp. 147-148.
- [1916]h 'Über die Dynamik der Sternhaufen', *Natw.* 4, S. 672.
- (Bearb.) [1916]i 'Katalog von 1886 Sternen zwischen +79° und +90° Deklination. Beobachtet von L. Courvoisier und E. Freundlich, bearbeitet von E. Freundlich', *VSBB* 2, Heft 1 (71 S.).
- [1917] 'Die Einsteinsche Gravitationstheorie der allgemeinen Relativitätstheorie zu den Hypothesen der klassischen Mechanik', *VAG* 52, S. 129-151.
- [1918] 'Über die singulären Stellen der Lösungen des n-Körper-Problems. 1. Mitteilung', *SB.Berlin*, S. 168-188 (sowie Ankündigung S. 79; Fortsetzung nie erschienen).
- [1919]a 'Albert Einstein. Zum Siege seiner Relativitätstheorie', *VZ*, S., 30. Nov., Beilage.
- [1919]b 'Zur Prüfung der allgemeinen Relativitätstheorie', *Natw.* 7, S. 629-636 sowie 'Bemerkungen', *ibid.*, S. 696.
- [1919]c 'Ueber die Gravitationsverschiebung der Spektrallinien bei Fixsternen. II. Mitteilung', *Phys.Z.* 20, S. 561-570 (= Forts. v. Freundlich [1915/16]).
- [1919]d 'Über ein Paradoxon in der Jacobischen Vorlesung über Dynamik', *AN* 208, Nr. 4982, Sp. 209-212.
- [1920] 'Die Entwicklung des physikalischen Weltbildes bis zur allgemeinen Relativitätstheorie', a)in: *Die weißen Blätter* 7, S. 174-191; b)in: *Sitzungsberichte des Vereins zur Förderung des Gewerbefleißes* 99, 1. März, S. 45-59 (mit Disk.; s.a. Replik v. Glaser [1920]d, *ibid.*, Heft 6).

- [1920]c *Relativitätstheorie; drei Vorträge (gehalten auf Einladung der Badischen Anilin- u. Soda-Fabrik in Ludwigshafen)*, ca. 1920; d)in engl. Übers.. *The Theory of Relativity: Three Lectures for Chemists*, mit Einf. v. V. Haldane, New York, Dutton [war mir nicht zugänglich].
- [1920]d 'Ein Bericht der englischen Sonnenfinsternisexpedition über die Ablenkung des Lichtes im Gravitationsfelde der Sonne', *Natw.* 8, S. 667-673 (= Referat von Dyson et al.[1920]).
- [1921] 'Über die Durchmesser der Fixsterne', *Natw.* 9, S. 191-192.
- [1922]a 'Über die Träge- und Schwere-Masse der Materie und Energie', *NTNI* 82, S. 271-273.
- [1922]b 'Über die Grundprobleme der Relativitätstheorie', *NTNI* 82, S. 274-275.
- [1923]a 'Über die Beobachtung der Lichtablenkung während der totalen Sonnenfinsternis am 21. Sept. 1922', *Natw.* 11, S. 762-765.
- [1923]b 'Holländisch-Deutsche Sonnenfinsternis nach Christmas Island', *AN* 218, Sp. 13-16.
- [1923]c 'Zur Dynamik der kugelförmigen Sternhaufen', *Phys.Z.* 24, S. 221-224 (s.a. Freundlich u. Heiskanen [1923]).
- [1923]d 'Über die Bedeutung der Physik des Unmeßbarkleinen für die physikalische Forschung', *Natw.* 11, S. 399-402.
- [1925]a 'Der Michelsonsche Versuch über den Einfluß der Gravitation auf die Ausbreitung des Lichts', *Natw.* 13, S. 485-486.
- [1925]b 'Das neue Einstein-Observatorium in Potsdam', *Die Sterne* 5, S. 33-41.
- [1926] 'Thermodynamik der Gestirne', *HdP* 11, S. 201-237.
- [1927]a 'Die Energiequelle der Sterne', *EEN* 6, S. 27-43.
- [1927]b *Das Turmteleskop der Einstein Stiftung*, Berlin, Springer.
- [1928]a 'Über die Quelle der Sonnenstrahlung', *Scientia* 44, S. 239-246.
- [1928]b 'Die Tagung der Intern. Astron. Union in Leiden', *Natw.* 16, S. 730.
- [1928]c 'Denkschrift über Förderung der deutschen astronomischen Forschung', *DF* 2, S. 152-170.
- [1928]d 'Das große Turm-Teleskop in Potsdam - Ein Besuch im Einstein-Turm', *Berliner Illustrierte Zeitung* 37, Nr. 51, S. 2195-2196.
- [1929]a 'Über die Bedeutung der durchdringenden kosmischen Strahlung für die Astrophysik', *NTNI* 89, S. 21-27.
- [1929]b 'Die totale Sonnenfinsternis am 9. Mai. Keine endgültigen Resultate', *Berliner Tageblatt* 58, Do., 1. Aug., Nr. 358, 1. Beiblatt, S. 1.
- [—] [1929]c 'Theory supported, Einstein declares. Observers in Sumatra cable him check of star's rays near eclipse was good', *NYT* 11. Mai 1929, S. 21, Sp. 6.
- [1930]a 'Bericht über die Potsdamer Sonnenfinsternis-Expedition nach Tokengon - Nordsumatra 1929', *Natw.* 18, S. 313-323.
- [1930]b 'Heutiger Stand des Nachweises der relativistischen Rotverschiebung der Fraunhoferschen Linien', *Natw.* 18, S. 513-519 (s.a. Ankündigung in *VDPG* 11, S. 10).

- [1930]c 'The 200 inch telescope', *Natw.* 18, S. 707-708.
- [1930]d 'Die Erforschung der Sonne', *SDM* 28, S. 100-104.
- [—] [1930]e [Kurzbiographie], *RDG* 1, S. 481.
- [1930]f 'Über die Bedeutung der totalen Sonnenfinsternisse', *DF* 12, S. 57-78.
- [1931]a: Rez. v. H. Shapley: *Star Clusters* [1930], *Natw.* 19, S. 40.
- [1931]b: Rez. v. Gleich [1930], *Natw.* 19, S. 252-253.
- [1931]c 'Über die Ablenkung des Lichtes im Schwerefeld der Sonne', *FuF* 21, S. 292-293 (erwähnt auch in *SB. Berlin*, math.phys. Kl., 1931, S. 317).
- [1931]d 'Der innere Aufbau der Sterne nach E.A. Milne', *Natw.* 19, S. 685-688.
- [1931]e 'Über Probleme der Astrophotographie', *Bericht über den 8. Int. Kongreß für Photographie*, Dresden, 1931 [war mir noch nicht zugänglich].
- [1931/32] 'Die Frage nach der Endlichkeit des Weltraums als astronomisches Problem behandelt', *Erkenntnis* 2, S. 42-60.
- [1933]a 'Ein neuartiger Versuch von E.A. Milne, das kosmologische Problem zu lösen und die Expansion der Spiralnebel zu deuten', *Natw.* 21, S. 54-59.
- [1933]b 'Die gegenwärtige Anschauung vom Aufbau des Weltgebäudes', *Natw.* 21, S. 86-93.
- [1934]a 'Der Aufbau des Sternsystems', in: Grotrian u. Kopff (Hrsg.) [1934], S. 168-212.
- [—] [1934]b 'Auch im Einsteinturm gilt nun der Hitler-Gruß . Weshalb Gelehrte ihre Stellung verlassen mußten', *Pariser Tageblatt*, 25. März.
- [1934/35]a 'Schwere des Lichtes', *Actes du Congrès Interbalkanique de Mathématiciens*, Athen, 1934 (erschienen 1935), S. 143-146.
- [1934/35]b 'Die Expansion der Spiralnebel und die Metrik des Weltraumes', *ibid.*, S. 153-156.
- [1934/35]c 'Über den heutigen Stand der Prüfung der Relativitätstheorie', *Sofijski Universitet Kliment Ochridski: Godisnik na Sofijskija Universitet Officialen del ... [Jahrbuch der Univ. Sofia]* 31, math.physik. Reihe, S. 309-321.
- [1935]a 'Das Alter der Welt und die Energiequelle der Gestirne', *Erkenntnis* 5, S. 323-336.
- [1935]b 'Zur Theorie des 'limb-Effektes' auf der Sonne', *PIUO* 1, S. 1-6; c)ditto, in *Archives Soc. Turque Sci. physiques naturelles* 1, S. 85-91 [waren mir noch nicht zugänglich]; d)in engl. Übers. v. J. Evershed: 'On the theory of 'limb effect' in the sun', Royal Astronomical Society, Evershed Papers (= Replik auf Hunter [1934]).
- [1935]d 'Entartung der Ausgleichsg. in dem Problem der Bestimmung der Lichtablenkung im Schwerefeld der Sonne', *PIUO* 1, S. 44-49 [dito].
- [1936] 'Struktureigenschaften der Sternensysteme', *PIUO* 5, S. 85-91.
- [1937]a 'O vnitřni starbe teles nebeslyeh', ['On the interior constitution of the stars' tschechisch], *Rise Hvezd* 18, S. 25-30, 52-54, 80f., 103f.; vgl. auch Freundlich [1927]a, [1931]c].
- [1937]b *Lehrbuch der Astronomie* (türkisch), Istanbul [war mir nicht zugänglich].

- [1943-59] 'Annual Reports of the University Observatory St. Andrews (Scotland)', *MNRAS* **103** [1943], S. 82; **105** [1945], S. 115; **107** [1947], S. 73; **108** [1948], S. 68-69; **109** [1949], S. 165-166; **110** [1950], S. 151-152; **111** [1951], S. 201; **112** [1952], S. 306-308; **113** [1953], S. 332-333; **114** [1954], S. 324-325; **115** [1955], S. 157-158; **116** [1956], S. 188-189; **117** [1957], S. 285-286; **118** [1958], S. 337-338; **119** [1959], S. 380-381.
- [1945]a 'The structure of the globular star clusters', *MNRAS* **105**, S. 237-243.
- [1945]b *Air Navigation*, Edinburgh u. London, Oliver and Boyd.
- [1947] 'On the theory of globular star clusters', *MNRAS* **107**, S. 268-273.
- [1950]a 'On the measurement of the relativistic light deflection', *A.J.* **55**, S. 245-247 (= Replik auf v. Biesbroek [1950]a; s.a. dessen Erw., *ibid.*, S. 247).
- [1950]b 'Schmidt-Cassegrain telescope at Dundee', *Nature* **165**, S. 703-704.
- [1950]c 'The development of the astronomical telescope', *J.Sci.Instr.* **27**, S. 233-237.
- [1951]a *Cosmology*, Chicago, Univ. of Chicago Press (= International Encyclopedia of Unified Science, Bd. 1, Nr. 8).
- [1951]b 'Albert von Brunn †', *AN* **280**, Sp. 142.
- [—] [1952]a 'Über den gegenwärtigen Stand der Prüfung der allgemeinen Relativitätstheorie', *Sterne* **28**, S. 220-222 (referiert durch E. u. R. Ahnert).
- [1952]b 'Der gegenwärtige Stand der Prüfungen der allgemeinen Relativitätstheorie', *Wiss. Ann.* **1**, S. 35-42.
- [1953]a 'Über die Rotverschiebung der Spektrallinien', *NAWG* (IIa) Nr. 7, S. 96-102 (auch als *C.O.St.A.* 4; s.a. Replik v. Born [1953]).
- [1953]b 'E. von der Pahlen †', *Natw.* **40**, S. 589.
- [1953]c 'The educational value of the study of astronomy', *The Alumnus Chronicle* (*Univ. of St. Andrews*), No. 40, S. 2-14.
- [1953]d 'Die Entwicklung des astronomischen Fernrohrs', *Wiss. Ann.* **2**, S. 657-668 (= Repr. Obs. St. Andrew, No. 13).
- [1954] 'Red shifts in the spectra of celestial bodies', a) *Phil. Mag.* (7) **45**, S. 303-319; b) in Kurzfassung auch in: *PPSL* **A67**, S. 192-193; c) Kurzreferat in *Phys. Rev.* (2) **95**, S. 654. d) als *C.O.St.A.* 5 (s.a. Repliken v. McCrea u. ter Haar [1954]).
- [1954]e 'The general red shift of spectral lines in the spectra of celestial bodies', *LUA* N.F. **50**, S. 106.
- [1954]f 'Über Rotverschiebungen der Spektrallinien kosmischer Lichtquellen', *FuF* **28**, S. 353-357.
- [1954]g 'Zum Gedächtnis. Prof. Dr. phil. Walter Grotrian, ordentl. Mitglied der Deutschen Akademie der Wissenschaften zu Berlin', *Wiss. Ann.* **3**, S. 439-441.
- [1955]a 'On the empirical foundation of the general theory of relativity', *VtA* **1**, S. 239-246.
- [1955]b 'Wird Einsteins Voraussage in Ceylon bestätigt werden?', *Neue Zeitung*, So., 9. Jan. 1955, Nr. 7, S. 16, Sp. 1-5.
- [1957] 'Du déplacement général vers le rouge des raies du spectre solaire', *Ann.de Phys.* (13) **2**, S. 765-777.

- [1958] *Celestial Mechanics*, London u. New York, Pergamon Press.
- [1959] 'The empirical foundation of the general theory of relativity', *Scientia* 94 (Annus 53), S. 181-187.
- [1960] 'Der Nachweis der Schwere des Lichtes', *Natw.* 47, S. 123-127.
- [1961] 'Über eine allgemeine Rotverschiebung der Fraunhoferschen Linien', *Natw.* 48, S. 709-711.
- [1964] 'Betrachtungen zu dem Problem der Schwere des Lichtes', *ZAP* 58, S. 283-287.
- [1969] 'Wie es dazu kam, daß ich den Einsteinturm errichtete', *PB* 25, S. 538-541.
- Freundlich, E.F. u. Brunn, A.v.[1933] 'Über die Theorie des Versuchs der Bestimmung der Lichtablenkung im Schwerefeld der Sonne', *ZAP* 6, S. 218-235.
- Freundlich, E.F. u. Brunn, A. v. u. Brück, H.[1930] 'Über den Verlauf der Wellenlängen der Fraunhoferschen Linien längs der Sonnenoberfläche', *ZAP* 1, S. 43-57.
- Freundlich, E.F. u. Forbes, E.G.[1956] 'On the red shift of solar lines', *AdA* 19, I: S. 183-198, II: 215-222.
- [1959] dito, III., *AdA* 22, S. 727-732.
- Freundlich, E.F. u. Heiskanen, W.[1923] 'Über die Verteilung der Sterne verschiedener Masse in den kugelförmigen Sternhaufen', *Z.Phys.* 14, S. 226-239.
- Freundlich, E.F. u. Herrmann, W.[1931] 'Beschreibung eines großen Plattenmeßapparates', *Z.f.Instr.* 51, S. 582-586.
- Freundlich, E.F. u. Hochheim, E.[1924] 'Über den Ursprung der sog. Cyanbande bei 3883 Å', *Z.Phys.* 26, S. 102-105.
- Freundlich, E.F. u. Hopf, E. u. Wegener, U.[1927] 'On the integral equation for radiative equilibrium', *MNRAS* 88, S. 139-142.
- Freundlich, E.F. u. Klüber, H.v. u. Brunn, A.v.[1931]a 'Ergebnisse der Potsdamer Expedition zur Beobachtung der Sonnenfinsternis von 1929, Mai 9, in Takengon (Nordsumatra). 5. Mitteilung: Über die Ablenkung des Lichtes im Schwerefeld der Sonne', *ZAP* 3, S. 171-198.
- [1931]b 'Die Ablenkung des Lichtes im Schwerefeld der Sonne', *Abh. Berlin*, Nr. 1, S. 1-61 u. Tafeln.
- [1932]a 'Bemerkung zu Herrn Trümpfers Kritik', *ZAP* 4, S. 221-223 (= Replik auf Trümpler [1932]).
- [1932]b 'Bemerkung zu Herrn Ludendorffs Ausführungen in Nr. 5848 dieser Zeitschrift', *AN* 244, Nr. 5853, Sp. 145 (= Replik auf Ludendorff [1932]b).
- [1933] 'Weitere Untersuchungen über die Bestimmung der Lichtablenkung im Schwerefeld der Sonne', *ABSL* 5, S. B1-B64.
- Freundlich, E.F. u. Kühne, K. 'Über die Messung von Sterndurchmessern nach Pokrowski', *AN* 233, Nr. 5584, Sp. 271-274.
- Freundlich, E.F. u. Kurth, R.[1955] 'Über die Grundlagen, Ziele und Möglichkeiten einer mechanischen Theorie der Sternsysteme', *Natw.* 42, S. 167-169.
- Freundlich, E.F. u. Ledermann, W.[1944] 'The problem of the accurate determination of the relativistic light deflection', *MNRAS* 104, S. 40-47.

Freundlich, E.F. u. Pahlen, E. van der [1923] 'Untersuchung des K-Effektes auf Grund des Katalogs von Radialgeschwindigkeiten von J. Voute', *AN* 218, Nr. 5529/30, Sp. 369-400.

Freundlich, E.F. u. St. John, C.E. u. AE [1931] 'New proofs found of an Einstein idea. He is told findings show rays of star light bend in passing near sun', *NYT*, 21. Febr., S. 3, Sp. 3.

Friedrich, K.[1984] 'The International portrait catalogue (IPC) of the Archenhold-Observatory', *Veröffentlichungen der Archenhold-Sternwarte* 11.

Fürst, Artur [1926] 'Der Sternenstrahl im Keller. Ein Besuch im Einstein-Turm zu Potsdam', *Die Koralle* 2, Heft 11, S. 28-37.

Fürth, R. u. Finlay-Freundlich, E.[1955] 'On a possible improvement of Michelson's method for the determination of stellar diameters in poor visibility', *ViA* 1, S. 395-400.

Gay, Peter [1968/87]a) *Weimar Culture: the Outsider as Insider*, New York, Harper u. Row, 1968; b)in dt. Übers. *Die Republik der Außenseiter. Geist und Kultur der Weimarer Zeit*, Frankfurt, Fischer, 1987, insb. S. 131f. zu Mendelsohn.

Geertz, Clifford [1987] *Dichte Beschreibung. Beiträge zum Verstehen kultureller Systeme*, Frankfurt, Suhrkamp.

Giedion, Siegfried [1941/67] *Space, Time and Architecture; The Growth of an Idea*, Cambridge, Harvard Univ. Press, a)1. Aufl. 1941; b)5. Aufl. 1967 (darin insb. S. 436 zu Einstein).

Gingerich, Owen [1984] *Astrophysics and Twentieth-Century Astronomy to 1950*, Cambridge, Cambridge Univ. Press.

Glaser, Ludwig C. [1920]d 'Bemerkungen zu dem im Verein zur Beförderung des Gewerbefleißes am 1. März 1920 von Herrn Dr. Freundlich gehaltenen Vortrage "Die Entwicklung des physikalischen Weltbildes bis zur allgemeinen Relativitätstheorie" ', *Sitzungsberichte des Vereins zur Beförderung des Gewerbefleißes* 99, S. 105-106.

Gleich, Gerold v.[1930] *Einsteins Relativitätstheorie und physikalische Wirklichkeit*, Leipzig, Barth (s.a. Rez. v. Freundlich [1931]b).

Gleissberg, Wolfgang [1967] 'Astronomie in der Türkei', *Sterne und Weltraum* 6, S. 275-279.

Gössel, Peter u. Leuthäuser, Gabriele [1990] *Architektur des 20. Jahrhunderts*, Köln, Taschen, darin insb. S. 118ff. zu Mendelsohn und zum Einstein-Turm).

Gondolatsch, F.[1961] 'August Kopff', *MAG*, S. 5-16.

Grottrian, Walter [1931] 'Ergebnisse der Potsdamer Expedition zur Beobachtung der Sonnenfinsternis von 1929, Mai 9 in Takengon (Nordsumatra)', a)'1. Mitteilung: Spektroskopische Untersuchungen an Korona und Protuberanzen', *ZAP* 2, S. 106-132; b)'6. Mitteilung: Über die Intensitätsverteilung des kontinuierlichen Spektrums der inneren Korona', *ZAP* 3, S. 199-226.

— [1933] 'Die Beobachtung der Sonnenkorona außerhalb totaler Sonnenfinsternisse', *Sterne* 13, S. 73-80.

— [1934] 'Über die physikalische Natur der Sonnenkorona', *Sterne* 14, S. 145-157.

— [1939]a 'Zur Frage der Deutung der Linien im Spektrum der Sonnenkorona', *Natw.* 27, S. 214.

- [1939]b 'Sonne und Ionosphäre', *Natw.* 27, S. 555-563, 569-577.
- [1952] '30 Jahre Forschungsarbeit im Einsteinturm in Potsdam', *Wiss. Ann.* 1, S. 79-93.
- u. Kopff, A. (Hrsg.) [1934] *Zur Erforschung des Weltalls. Acht Vorträge über Probleme der Astronomie und Astrophysik*, Berlin, Springer.
- Grüning, Michael [1990] *Ein Haus für Albert Einstein*, Berlin, Verlag der Nation.
- Haar, D. ter [1954] 'On some more remarks on Freundlich's red-shift', *Phil. Mag.* (7) 45, S. 1023-1024 (= Komm. zu Freundlich [1954]a u. McCrea [1954]; s.a. Burbridge [1954], Kirschstein [1954]).
- Hale, George Ellery [1905] 'The solar observatory of the Carnegie Institution of Washington', *AP.J.* 21, S. 151-172.
- [1908] 'The tower telescope of the Mount Wilson Solar Observatory', *AP.J.* 27, S. 204-212 (= C.Mt.W., Nr. 23).
- [1915] *Ten Year's work of a Mountain Observatory. A Brief Account of the Mount Wilson Solar Observatory of the Carnegie Foundation of Washington*, Washington, D.C., Carnegie Institution Publ. Nr. 235.
- Harrow, Benjamin [1921] Rez. v. Eddington [1920], Freundlich [1916]c, AE [1920], *NYT* 17. April, Sect. III, S. 3, Sp. 1-5 u. S. 30.
- Heilbron, John [1986] *The Dilemmas of an Upright Man: Max Planck as Spokesman for German Science*, Berkeley et al, Univ. of California Press.
- Hellwag, Fritz [1925] 'Einstein-Turm', *Dekorative Kunst* 29 (= *Die Kunst. Monatshefte für freie und angewandte Kunst* 54), S. 156-160.
- Henderson, Linda Dalrymple [1983] *The Fourth Dimension and Non-Euclidean Geometry in Modern Art*, Princeton, Princeton Univ. Press.
- Hentschel, Klaus [1985] Rez. v. Pyenson [1985], *AIHS* 35, S. 496-498.
- [1988] Rez. v. Eddington [1926]b, *AIHS* 38, S. 341-342.
- [1989] *Interpretationen und Fehlinterpretationen der speziellen und allgemeinen Relativitätstheorie durch Zeitgenossen Albert Einsteins*, a) Diss., Univ. Hamburg, 1989; b) Basel et al., Birkhäuser Verlag 1990 (= *Science Networks*, Bd. 6).
- [1990] *Die Korrespondenz Petzoldt-Reichenbach: zur Entwicklung der 'wissenschaftlichen Philosophie in Berlin*, Berlin, Sigma (= *BBGNT*, 12).
- [1991]a 'Julius und die anomale Dispersion - eine Fallstudie zu einer gescheiterten Theorie'. *Studien aus dem Philosophischen Seminar*, Reihe 3, Heft 6.
- [1991]b 'The Discovery of the Redshift of Solar Spectral Lines by Rowland and Jewell in Baltimore around 1890', *Studien aus dem Philosophischen Seminar*, Reihe 3, Heft 8.
- [1991]c 'Grebe/Bachems photometrische Analyse der Linienprofile und die Gravitations-Rotverschiebung: 1919-1922', *Annals of Science* 48, 1991.
- [1992] 'Die Konversion von St. John - eine Fallstudie zum Wechselspiel von Theorie und Experiment', erscheint in *Science in Context*.
- Hermann, Armin (Hrsg.) [1968] *Albert Einstein/Arnold Sommerfeld Briefwechsel*, Basel u. Stuttgart, Schwabe.

- [1973] 'Laue, Max von', *DSB* 8, S. 50-53.
- Herneck, Friedrich [1979] *Max von Laue*, Berlin.
- Herrmann, Dieter B. [1973] 'Zur Vorgeschichte der Astrophysik in Deutschland und in den USA. Ein quantitativer Vergleich', *NTM* 10, S. 38-44.
- [1974] 'Müller, Gustav', *DSB* 9, S. 563-564.
- [1975] 'Zur Vorgeschichte des Astrophysikalischen Observatoriums, Potsdam (1865-1874)', *AN* 296, S. 245-259.
- [1976] 'Vogel, Herrmann Carl', *DSB* 14, S. 54-57.
- [1981]a 'Karl Friedrich Zöllner und sein Einfluß auf das Forschungsprogramm des Astrophysikalischen Observatoriums Potsdam', *BWK* 22, S. 49-54.
- [1981]b 'Das Astrophysikalische Observatorium Potsdam oder: Vom Zeitfaktor in der Wissenschaftsgeschichte', *BWK* 24, S. 196-204.
- [1984] *Geschichte der modernen Astronomie*, Köln Aulis.
- u. Hamel, J. [1975] 'Zur Frühentwicklung der Astrophysik. Das internationale Forscherkollektiv 1865-1899', *NTM* 12, S. 25-30.
- Herrmann, W. u. Freundlich, E.F. [1931] 'Beschreibung eines großen Plattenmeßapparates', *ZfJ* 51, S. 582-586.
- Hertzprung, Ejnar [1917] 'Karl Schwarzschild', *AP.J.* 45, S. 285-292.
- Hetherington, Norris S. [1982] 'Philosophical values and observations in Edwin Hubble's choice of a model of the universe', *HSPS* 13, S. 41-67.
- Hoch, Paul K. [1983] 'The Reception of Central European Refugee Physicists of the 1930s: U.S.S.R., U.K., U.S.A.', *Annals of Science* 40, S. 217-246.
- Hopmann, H. [1922] 'Die Sonnenfinsternis-Expedition. Zur Prüfung der Relativitätstheorie', *Vossische Zeitung*, Fr. 9. Juni, Nr. 269 (M), 1. Beilage.
- Hopmann, Josef [1923] 'Die Deutung der Ergebnisse der amerikanischen Einstein-Expedition', *Phys.Z.* 24, S. 476-485.
- Howard, Don u. Stachel, John (Hrsg.) [1989] *Einstein and the History of General Relativity*, Birkhäuser, Basel et al. (= Einstein Studies, 1).
- Hüter, Karl-Heinz [1987] *Architektur in Berlin 1900-1933*, Dresden, VEB Verlag der Kunst, insb. S. 94-106, 321-355.
- Hufbauer, Karl [1991] *Exploring the Sun: Solar Science since Galileo*, Baltimore, Johns Hopkins Univ. Press.
- Hughes, Thomas [1986] 'The seamless web: technology, science, etcetera, etcetera', *Social Studies of Science* 16, S. 281-292.
- Humphreys, William Jackson [1908] 'Bericht über die Verschiebung von Spektrallinien durch Druck', *JRE* 5, S. 324-374.
- Hunter, A. [1934] 'The solar limb effect', *MNRAS* 94, S. 594-603 (s.a. Replik v. Freundlich [1935]b-d).
- Jack, D. [1951] 'The Schmidt-Cassegrain Telescope', *The Alumnus Chronicle (Univ. of St. Andrews)*, No. 36, S. 23-28 [dieser Artikel wird oft fälschlicherweise Freundlich zugeschrieben].

- Joedicke, Jürgen [1958/66] a) *Geschichte der modernen Architektur. Synthese aus Form, Funktion und Konstruktion*, Stuttgart, Hatje, 1958 (darin insb. S. 65 zum Einstein-Turm); in engl. Übers. *A History of Modern Architecture*, New York, Praeger, 1966, insb. S. 65.
- Joël, Kurt [1923] 'Deutsche Forscher nach Mexiko. Zur Sonnenfinsternis am 10. Sept.', *Vossische Zeitung*, 6. Juli.
- Julius, Willem Henri [1910] 'Les raies de Fraunhofer et la dispersion anormale de la lumière', *Le Radium* 7, S. 281-284.
- Kienle, Hans [1924] 'Kosmische Refraktion', *Phys.Z.* 25, S. 1-6 (s.a. Kopff [1924]).
- [1955] 'Walter Grotrian', *MAG*, S. 5-9.
- Kiepenheuer, K.O.[1946/48] 'Solar-terrestrische Erscheinungen', in: *Fiat-Review of German Sciences. Astronomy, Astrophysics and Cosmogony*, Wiesbaden, Klemm, S. 230-284.
- Kirchberger, Paul [1925] 'Der Einstein-Turm', *Frankfurter Zeitung* 70, Nr. 904, Fr., 4. Dez., Abendblatt.
- Kirschstein, G.[1954] 'Zur Rotverschiebung der Sternspektren', *PB* 10, S. 376 (= Komm. zu Freundlich [1954] u. ter Haar [1954]).
- Kirsten, Christa u. Treder, Hans-Jürgen (Hrsg.) [1979] *Albert Einstein in Berlin 1913-1933*, Berlin, Akademie-Verlag, 2 Bde.
- Klüber, Harald v. [1926] 'Die Deutsch-Niederländisch-Indische Sonnenfinsternis-Expedition nach Sumatra 1925/26', *Sterne* 6, S. 157-164.
- [1927]a 'Quantitative Untersuchungen an Absorptionslinien im Sonnenspektrum', *Z.Phys.* 44, S. 481-516.
- [1927]b 'Photometrie von Absorptionslinien im Sonnenspektrum', *AN* 231, Nr. 5544, S. 417-424.
- [1929] 'Ausfahrt zur Sonnenfinsternis', *Sterne* 9, S. 85-89.
- [1931] 'Ergebnisse der Potsdamer Sonnenfinsternisexpedition 1929. Mai 9. Photographische Photometrie der Sonnenkorona', *ZAP* a)2, S. 289-328 (2. Mitteilung) bzw. b) 3, S. 142-162 (4. Mitteilung).
- [1931]c 'Die astronomische Nachprüfung der Lichtablenkung im Schwerefeld der Sonne', *Sterne* 11, S. 141-155.
- [1936] 'Kalorimetrie', *HdA* 7, S. 71-83.
- [1944/48]a 'Zum Nachweis schwacher Magnetfelder auf der Sonnenoberfläche', *ZAP* 24, S. 1-21 (= MAOP, Nr. 16).
- [1944/48]b 'Über den Nachweis und die Messung lokaler Magnetfelder auf der Sonnenoberfläche', *ZAP* 24, S. 150-180 (= MAOP, Nr. 19).
- [1960] 'The determination of Einstein's light-deflection in the gravitational field of the sun', *VIA* 3, S. 47-77.
- [1965] 'Erwin Finlay-Freundlich †', a) *AN* 288, S. 281-286; b) Kurzfassung in *QJRAS* 6, S. 82-84.
- Koenig, G.K.[1966]a 'Mendelsohn e l'Einsteinturm', *Casabella* 303, S. 40-45; b)in engl. Übers. v. L. Mendelsohn: 'Mendelsohn and the Einsteinturm', in KJ, Nachlaß Mendelsohn, Sign. I/f/6.

- Köster, Hein [1974] 'Der Einstein-Turm', *Form und Zweck* 6, Heft 11, S. 44-46.
- Kopal, Zdeněk [1964] 'Prof. E.F. Freundlich', *Nature* 204, S. 727-728.
- Kopff, August [1924] 'Courvoisier-Effekt und Einstein-Effekt', *Phys.Z.* 25, S. 95-96 (= Komm. zu Kienle [1924]).
- [1941] 'Gedächtnisrede auf Hans Ludendorff', *Jahrbuch der Preußischen Akademie der Wissenschaften*, S. 225-233.
- Krafft, Fritz [1981] 'Astrophysik contra Astronomie. Das Zurückdrängen einer alten Disziplin durch die Begründung einer neuen', *Berichte zur Wissenschaftsgeschichte* 4, S. 89-110.
- Krause, Joachim [1989] 'Vom Einsteinturm zum Wunder von Jena. Einsteins Weltbild und die Architektur', in: Thomas Neumann (Hrsg.) *Albert Einstein*, Berlin, Elefant Press, S. 58-67.
- Kuiper, Gerard P.[1946] 'German astronomy during the war', *Pop.Astr.* 54, S. 263-287.
- Lane, Barbara Miller [1968] *Architecture and Politics in Germany, 1918-1945*, Cambridge, MA u. London, Harvard Univ. Press, a)1. Aufl. 1968; b)2. Aufl. 1985, darin insb. zum Einstein-Turm: S. 53-55; c)in dt. Übers.: *Architektur und Politik in Deutschland, 1918-1945*, Braunschweig, Vieweg, 1986.
- Lankford, John [1981] 'Amateurs and astrophysics', *Social Studies of Science* 11, S. 275-303.
- Laue, Max von [1917] 'Die Nordströmsche Gravitationstheorie', *JRE* 14, S. 263-313.
- Lippmann, G.[1895] 'Sur un coelostat, ou appareil à miroir, donnant une image du ciel immobile par rapport à la terre', *CRAS* 120, S. 1015-1019.
- Ludendorff, Hans [1916] 'Bemerkungen über die Radialgeschwindigkeiten der Helium-Sterne', *AN* 202, Nr. 4829, Sp. 75-84 (= Replik auf Freundlich [1915], s.a. Seeliger [1916]).
- [1920]a 'Weitere Untersuchungen über die Massen der spektroskopischen Doppelsterne', *AN* 211, Nr. 5046, Sp. 105-120.
- [1920]b 'Über die Verschiebung der Emissionslinien bei den Mira-Sternen', *AN* 212, Nr. 5087, Sp. 483-484.
- (Hrsg.) [1921] *Newcomb-Engelmanns populäre Astronomie*, Leipzig, Engelmann, 6. Aufl. 1921; herausgeg. v. Ludendorff "in Gemeinschaft mit den Herren Prof. Dr. Eberhard, Dr. Freundlich und Dr. Kohlschütter"; darin insb. Freundlichs Referate in den Abschnitten über 'Die Grundgesetze der Mechanik und ihre Entwicklung seit Newton', S. 60-76, 'Das Dreikörperproblem und die Bewegung der Planeten', S. 76-83, 'Die Sonne', S. 271-338, 'Neue Sterne', S. 662-678.
- [1923] 'Antrittsrede', *SB.Berlin*, S. LXXXIV.
- [1923/24] 'Vorläufiger Bericht über die deutsche Sonnenfinsternis-Expedition nach Mexiko', *AN* 220, S. 77-78.
- [1925]a 'Gustav Müller', *VAG* 60, S. 124-174; b)Kurzfassung in *AN* 225, Nr. 5387, Sp. 199-200.
- [1925]c 'Spektralphotometrische Untersuchungen über die Sonnenkorona', *SB.Berlin*, S. 83-113.
- [1928] 'Über die Abhängigkeit der Form der Sonnenkorona von der Sonnenfleckenhäufigkeit', *SB.Berlin* S. 185-214.

- [1932]a 'Über die Ablenkung des Lichtes im Schwerefeld der Sonne', *AN* 244 Nr. 5848, S. 321-330 (s.a. Replik v. Freundlich, v. Klüber u. v. Brunn [1932] und L.s Erwiderung [1932]b).
- [1932]b 'Erwiderung auf die vorstehende Bemerkung', *ibid.*, Sp. 415.
- [1934] *Zur Frühgeschichte der Astronomie in Berlin*, Berlin, de Gruyter (= Vorträge und Schriften der Preußischen Akademie der Wissenschaften, 9).
- [1936] 'Die veränderlichen Sterne', *HdA* 7, S. 614-670.
- McCrea, William H. [1951] 'Edward Arthur Milne', *ONFRS* 7, S. 421-443.
- [1954] 'Astrophysical considerations regarding Freundlich's red-shift', *Phil. Mag.* (7) 45, S. 1010-1018 (= Komm. zu Freundlich [1954]; s.a. ter Haar [1954]).
- Mendelsohn, Erich [1930] *Erich Mendelsohn. Das Gesamtschaffen des Architekten. Skizzen, Entwürfe, Bauten*, Berlin, Mosse, 1930 (Reprint Braunschweig, Vieweg).
- Mie, Gustav [1912/13] 'Grundlagen einer Theorie der Materie', *Ann. Phys.* (4) 37, S. 511-534, 39, S. 1-40, 40, S. 1-60.
- [1914] 'Bemerkungen zur Einsteinschen Gravitationstheorie', *Phys. Z.* 15, S. 105-122, 169-196.
- Milne, Edward Arthur [1924/26]a 'Recent work in stellar physics', *PPSL* 36, S. 94-113; b) in dt. Übers. 'Neuere Arbeiten auf dem Gebiete der Stellarphysik', *Natw.* 14, S. 701-706, 725-731 (s.a. Freundlich [1933]).
- Müller, Rolf [1925] [Verzeichnis der Arbeiten von Gustav Müller], *VAG* 60, S. 174-177 (s.a. Ludendorff [1925]a).
- Münch, W. [1941] 'Hans Ludendorff †', *AN* 271, S. 294-296.
- N.N. [1922] 'Die Einstein-Expedition nach der Weihnachtsinsel. Nachprüfung der Relativitätstheorie', *Berliner Tageblatt*, Di. 18. Juli, Nr. 313, 1. Beiblatt.
- N.N. [1926] 'Der Einstein-Turm', *Germania*, Mi. 6. Okt., Nr. 464, Morgenausg., S. 5.
- N.N. [1952] 'Nachruf (auf Dr. phil. Emmanuel von der Pahlen)', *ZAP* 31, S. 97-98.
- N.N. [1959] 'Astronomy at St. Andrews: Prof. E.F. Freundlich', *Nature* 184, S. 768.
- N.N. [1963] 'Technische Formen altern schnell – vor zehn Jahren starb Erich Mendelsohn', *Die Welt*, Sonnabend, 14. Sept.
- N.N. [1989] 'Wiesbadener war ein Weggefährte Einsteins', *Allgemeine Zeitung Mainz*, 22. VII. 1989, S. 37.
- Neumark, Fritz [1980] *Zuflucht am Bosphorus. Deutsche Gelehrte, Politiker und Künstler in der Emigration 1933-1953*, Frankfurt, Knecht, darin insb. S. 100 zu Freundlich.
- Nordström, Gunnar [1912] 'Relativitätsprinzip und Gravitation', *ibid.* 13, S. 1126-1129 (s.a. Freundlich [1914]a).
- Nostitz, Helene von [1966] *Potsdam*, Frankfurt, Weidlich, darin insb. S. 61-62: 'Die Sternwarten'.
- Oppenheim, S. [1923] 'Karl Schwarzschild, zur 50. Wiederkehr seines Geburtstages', *VAG* 58, S. 191-209.
- Pahlen, Emmanuel von der [1924] 'Der unendliche Weltraum und die Relativitätstheorie', *Sterne* 4, S. 1-23.

- [1926] 'Der Cölostat des Einsteinturmes in Potsdam', *ZfI* 46, S. 49-67.
- u. Freundlich, E.F.[1928] 'Versuch einer dynamischen Bestimmung des K-Effektes sowie der Bewegungen im lokalen Sternsystem', *PAOP* 26, 3 (= Nr. 86).
- [1930] 'Bemerkung zu einem Aufsatz von P. ten Bruggencate 'the radial velocities of globular clusters'', *ZAP* 1, S. 200-208 (= Komm. zu ten Bruggencate [1930]).
- Pais, Abraham [1982]a) *Subtle is the Lord - the science and the life of Albert Einstein*, Oxford et al. Oxford Univ. Press; b) in dt. Übers. *Raffiniert ist der Herrgott. Eine wissenschaftliche Biographie*, Braunschweig, Vieweg, 1986.
- Parchomenko, P.[1926] 'Über das Strahlungsgleichgewicht der oberen Schichten der Sonne', *AN* 227, Nr. 5443, Sp. 305-316 s.a. Replik v. Freundlich [1927]).
- Pehnt, Wolfgang [1981] *Architektur des Expressionismus*, Stuttgart, Hatje, 2. Aufl., insb. S. 117-126 zu Mendelsohn.
- Perrine, C.D.[1923] 'Contribution to the history of attempts to test the theory of relativity by means of astronomical observations', *AN* 219, Nr. 5249, Sp. 281-284.
- Pettit, Edison [1923] 'Focal changes in mirrors', *AP.J.* 58, S. 208-214 (= C.Mt.W. Nr. 266; zu Pyrex-Glas).
- Platz, Gustav Adolf [1927] *Die Baukunst der neuesten Zeit*, Berlin, Propylaen-Verlag (= Propylaen-Kunstgeschichte, Ergänzungsband, darin insb. um S. 70 zum Einstein-Turm).
- Plaut, Paul [1929] *Die Psychologie der produktiven Persönlichkeit*, Stuttgart, Enke, darin insb. S. 285-286 zu Ludendorff, S. 318-319 zu Mendelsohn.
- Pyenson, Lewis [1974] *The Goettingen Reception of Einstein's General Theory of Relativity*, Johns Hopkins Univ. Press, Baltimore (= Ph.D. Diss.).
- [1985] *The Young Einstein. The Advent of Relativity*, Bristol, Hilger (s.a. Rez. v. Hentschel [1985]).
- Reitstätter, J.[1954] 'Freundlich, Herbert', *Kolloid-Zeitschrift* 139, S. 1-11.
- Ritschl, Rudolf [1955] 'Walter Grotrian als Spektroskopiker', *Wiss. Ann.* 4, S. 561-571.
- Robertson, Manning [1925] *Laymen and the New Architecture*, London, Murray, insb. S. 74-75 zum Einstein-Turm.
- Rowe, David E.[1989] 'Klein, Hilbert, and the Göttingen mathematical tradition', *OSIRIS* 5, S. 186-213.
- S[ain]t. John, Charles Edward [1917] 'The principle of generalized relativity and the displacement of Fraunhofer lines in the red', *Ap.J.* 46, S. 249-269.
- [1922] 'Bemerkung zur Rotverschiebung', *Phys.Z.* 23, S. 197.
- [1924] 'Zur Gravitationsverschiebung im Sonnenspektrum', *Z.Phys.* 21, S. 159-162.
- [1928] 'Evidence for the gravitational displacement of lines in the solar spectrum predicted by Einstein's theory', *AP.J.* 67, S. 195-239.
- et al. [1929] 'Commission 12. Physique Solaire', *Transactions of the International Astronomical Union* 3, S. 231-236.
- Scheiner, Julius [1890] 'Das königliche astrophysikalische Observatorium bei Potsdam', in: *Die königlichen Observatorien für Astrophysik, Meteorologie und Geodäsie bei Potsdam*, Berlin, Mayer u. Müller, S. 1-36 u. Tafeln II-V.

- Schmitz, E.-H.[1984] *Handbuch zur Geschichte der Optik*, Bonn, 1984, Bd. 4, Teil A, insb. S. 291ff zu Turm-Teleskopen.
- Schoenberg, Erich [1948] 'Hand Ludendorff †', *Jahrbuch der Bayerischen Akademie der Wissenschaften* 1944/48, S. 236-239.
- Scholz, G.[1975] '100 Jahre astrophysikalisches Observatorium Potsdam - Arbeiten zur Spektroskopie', *Die Sterne* 51, S. 207-218 (s.a. Wempe [1975]).
- Schornerus, Friedrich [1952] *Geschichte des Jenaer Zeisswerkes 1846-1946*, Stuttgart, Piscator, insb. S. 138 zum Einstein-Turm.
- Schroeder-Gudehus, Brigitte [1978] *Les scientifiques et la paix: La communauté scientifique internationale au cours des années 20*, Montreal, Presses de l'Université de Montréal.
- Schwarzschild, Karl [1910] 'Die großen Sternwarten der Vereinigten Staaten', *Internationale Wochenschrift für Wissenschaft, Kunst und Technik* 4, Sp. 1531-1544.
- [1914] 'Über die Verschiebung der Banden bei 3883 Å im Sonnenspektrum', *SB.Berlin*, S. 1201-1213.
- Seeliger, Hugo v.[1891]a 'Notiz über die Strahlenbrechung der Atmosphäre', *SB.München* 21, S. 239-246.
- [1891]b 'Ueber die Extinction des Lichtes in der Atmosphäre', *ibid.*, S. 247-272.
- [1893] 'Bemerkung über Strahlenbrechungen', *AN* 133, Nr. 3187, Sp. 311-316
- [1906]a 'Über die sogenannte absolute Bewegung', *SB.München* 36, S. 85-137.
- [1906]b 'Das Zodiaklicht und die empirischen Glieder in der Bewegung der innern(!) Planeten', *ibid.*, S. 595-622 (s.a. Zusammenfass. *ibid.*, S. 594 sowie Freundlich [1915]a und Seeligers Replik [1915]).
- [1913] 'Bemerkungen über die sogenannte absolute Bewegung, Raum und Zeit', *VAG* 48, S. 195-201.
- [1915] 'Über die Anomalien in der Bewegung der innern Planeten', *AN* 201, Sp. 273-280 (= Replik auf Freundlich [1915]a.).
- [1916] 'Über die Gravitationswirkung auf die Spektrallinien', *AN* 202, Nr. 4829, Sp. 83-86.
- [1920/21] 'Fortschritte der Astronomie', *SDM* 18, S. 2-7.
- Sharp, Dennis [1966] *Modern Architecture and Expressionism*, London, Longmans, Green u. Co. (insb. S. 109-123 zum Einstein-Turm).
- Siegmund-Schultze, Reinhard [1984] 'Theodor Vahlen - zum Schuldanteil eines deutschen Mathematikers am faschistischen Mißbrauch der Wissenschaft', *NTM-Schriftenreihe* 21, S. 17-32.
- Sigurdsson, Skuli [1991] *Hermann Weyl, Mathematics and Physics, 1900-1927*, ph.d. diss., Harvard Univ.
- de Sitter, Willem [1913]a 'Ein astronomischer Beweis für die Konstanz der Lichtgeschwindigkeit', *Phys.Z.* 14, S. 429.
- [1913]b 'Über die Genauigkeit, innerhalb welcher die Unabhängigkeit der Lichtgeschwindigkeit von der Bewegung der Quellen behauptet werden kann', *Phys.Z.* 14, S. 1267.

- Staal, Jan Frederick [1920] 'Naar aanleiding van Erich Mendelsohn's ontwerpen', *Wendingen* 3, Heft 10, S. 3 (s.a. Beyer [1920]).
- Stachel, John [1986] 'Eddington and Einstein', in: E. Ullmann-Margalit (Hrsg.) *The Prism of Science*, Dordrecht, Reidel, S. 225-250.
- Stone, Sasha [1990] *Fotografien 1925-1939*, herausgeg. v. E. Köhn, Berlin, Nishen, darin insb. S. 38-41, 103-104 zum Einstein-Turm.
- Strömngren, Elis [1942] 'Hans Ludendorff †', *Natw.* 30, S. 53-55.
- Struve, Hermann [1919] *Die neue Berliner Sternwarte in Babelsberg*, Berlin, 1919 (= Veröffentlichungen der Universitätssternwarte zu Berlin Babelsberg, 8. Bd., 1. Heft).
- Treder, Hans-Jürgen [1974] 'Karl Schwarzschild und die Wechselbeziehungen zwischen Astronomie und Physik', *Die Sterne* 50, S. 13-19.
- Trümpler, Robert J. [1932]a 'The deflection of light in the sun's gravitational field', *Publ. Astr. Soc. Pacific* 44, S. 167-173.
- [1932]b 'Die Ablenkung des Lichtes im Schwerefeld der Sonne', *ZAP* 4, S. 208-220 (= Komm. zu Freundlich, v.Klüber u. v.Brunn [1931]; s.a. deren Erwiderung [1932]a).
- Unsöld, Albrecht [1972] *Sterne und Menschen: Aufsätze und Vorträge*, Berlin, Springer.
- Vanýsek, V.[1976] 'Karl Wurm', *MAG* 38, S. 14-16.
- Vierhaus, Rudolf u. vom Brocke, Bernhard [1990] *Forschung im Spannungsfeld von Politik und Gesellschaft – Geschichte und Struktur der Kaiser-Wilhelm/Max-Planck-Gesellschaft*, Stuttgart, DVA.
- Villiger, Walter [1926] 'Das lichtstärkste Turmteleskop der Welt', *Zeiss Werkzeitung*, Neue Folge, 2, Heft 1, S. 5-6.
- Vogel, Hermann Carl [1900] 'Description of the spectrographs for the great refractor at Potsdam', *AP.J.* 11, S. 393-399 u. Tafel IX.
- Vogt, H.[1920] 'Masse- und Dichteverhältnisse bei Doppelsternveränderlichen', *AN* 211, Nr. 5047, Sp. 123-128.
- Wali, Kameshwar C.[1991] *Chandra. A Biography of S. Chandrasekhar*, Chicago, Univ. of Chicago, darin insb. S. 94, 122 zu Freundlich.
- Weber, J.[1941] 'Prof. Dr. H. Ludendorff †', *Himmelswelt* 51, S. 126 (s.a. *ibid.* 52 [1942], S. 56-57).
- Wempe, J.[1975] 'Zum 100. Jahrestag der Gründung des Astrophysikalischen Observatoriums Potsdam', *Die Sterne* 51, S. 193-206 (s.a. Scholz [1975]).
- Whittick, Arnold [1940/56] *Eric Mendelsohn*, London, Hill; a)1. Aufl. 1940; b)2. Aufl. 1956, darin insb. S. 54-58 zum Einstein-Turm.
- Widmann, Horst [1973] *Exil und Bildungshilfe. Die deutschsprachige akademische Emigration in die Türkei nach 1933*, Bern u. Frankfurt, Lang.
- Will, Clifford M.[1989] *Und Einstein hatte doch Recht*, Berlin et al., Springer.
- Wright, Helen [1972] 'Hale, George Ellery', *DSB* 6, S. 26-34.
- Zevi, Bruno (Hrsg.) [1963] Sonderheft über Erich Mendelsohn, *L'Architettura - Cronache e Storia* 95 (= 9. Année, Nr. 5, Sept.).
- [1985] *Eric Mendelsohn*, a) London, The Architectural Press; b)New York, Rizzoli.

Namensregister

Verzeichnet alle im *Haupttext* von S. 9 bis S. 169 vorkommenden Nachnamen außer für Einstein und Freundlich; Vornamen-Initialen sind nur angeführt, wenn mehrere Personen gleichen Nachnamen haben. Kursive Seitensahlen beziehen sich auf *Passagen*, in denen biographische Daten erwähnt werden.

- Abetti 79, 125
Abraham 33, 34
Achenbach 13, 70-71, 73-75
Adams 63, 66, 125
Atatürk 151
d'Azambuja 126
- Bachem 33, 107
Banham 13, 70, 81, 85, 94-95, 99
Barlach 95
Batten 15-16, 155-160
Bayer 68
Ben-David 13
Berliner 138
Biehl 121
Birge 107
Birk 121
Bismarck 81
Blossfeld 99
Böcklin 164
Borchheim 116, 122
Born 117, 158
Bosch 68, 107, 128, 132, 151
Brück 10, 115, 122-123, 126, 128, 170
ten Bruggencate 52
v.Brunn 10, 36, 116-117, 126, 147
Buisson 27, 37
Bunsen 59
Burbridge 158
- Campbell 19, 24-25, 39-41, 44
Carnap 160
Cassella 68
Chaitkin 87, 89, 95-96, 101, 133
Chandrasekhar 125, 126
Compton 126
Courvoisier 15, 19, 20, 29
Crommelin 33, 66, 100, 161
- Danjon 117
Dannenbaum 68
Deslandres 126
v.Doesburg 86
- Dolberg 134
Doppler 27, 40-41, 50, 59, 115, 126
Dyckerhoff 104-105
- Eberhard 121
Eddington 12, 33, 42, 49, 66, 86, 100, 125, 161
Eddy 95
Euklid 91
Evershed 28, 37, 125
- Fabry 27, 37, 122
Finlayson 15
Fischer, E. 52
Fischer, M. 127
Fischer, T. 70
Fleck 13, 55
Förster 15, 59, 164
Forbes 15, 17, 27-28, 155-157
Fowler 124
Franck 60, 113, 128
Frank 15, 90
Fraunhofer 37, 118, 126, 158
Freud 143
Freundlich, F.P.E. 15
Freundlich, H.M. 15, 142, 155
Freundlich, K. 52, 159
Freundlich, W.F. 15, 170
Friedman 40, 50
Fürst 83, 165
- Gaudi 95
Geertz 9, 162, 169
Gehrcke 61
Giedion 86-87
Glaser 66
Gleissberg 154-155
Goldstein 121
Grebe 33, 107
Grossmann 36
Gropius 81, 101
Grotian 10, 18, 117, 118, 142, 144-146, 159

- ter Haar 117, 158
 Haber 52-53, 153
 Haenisch 67
 Haering 81
 Hale 63, 64-66, 125-126
 Hassenstein 53, 121
 Hellmann 60
 Hellweg 83, 96, 102, 169
 Herrmann, D.B. 53, 57, 59, 164-165
 Herrmann, F. 68
 Herrmann, W. 134
 Hertzprung 52
 Hilbert 16, 19, 31
 Hildebrand 81-82
 Hitler 129
 Hochheim 107,
 Houtgast 115
 Hubble 50, 117, 126, 158
 Hughes 165
 Humphreys 27

 Jacobi 68
 Jäger 113
 James 13
 Jeidels 128
 Joedicke 94,
 Joël 99, 134
 Julius 27-28, 29
 Junghans 68

 Kandinski 164
 Kienle 20, 117
 King 66
 Kirchberger 165
 Kirchhoff 59
 Klee 164
 Klein 10, 15, 16, 19, 57-58
 v.Klüber 10, 15, 36, 90-91, 115, 116-117,
 123, 126, 145, 167
 Koch 107
 König 95-96, 101, 104,
 Köster 13, 96, 101
 Kohlschütter 134, 136
 Kokoschka 95
 Kopal 155
 Kopernikus 144
 Kopff 130, 142
 Koppel 52
 Korn 81

 Krausse 13, 95, 99, 101, 105
 Krüss 127, 134
 Krupp 52

 Lane 86, 95
 Larmor 14, 126
 v.Laue 12, 33, 60, 61, 124, 128, 134, 138-
 141, 144-145, 153
 Lemaître 40
 Leist 140-141, 144
 Lenard 153
 El Lissitzky 86
 Ludendorff, E. 129
 Ludendorff, H. 10-12, 37, 40, 44, 47-48,
 57, 59-61, 117, 126-127, 128, 129-
 153, 162-163

 Maas: siehe Mendelsohn, L.
 Mach 31
 Mann, H. u. Th. 143
 McCrea 117, 126, 158
 Mechau 35
 Mendelsohn, E. 9, 11, 13-14, 56-58, 66,
 69, 70, 72-75, 79, 81, 83-91, 94-
 96, 103-104, 143, 149, 164-165,
 167, 169
 Mendelsohn, L. 70, 90-91, 95, 101, 104,
 113, 123, 167
 Mie 33, 34-35
 Milne 124, 126
 Minkowski 19, 87
 Minnaert 115
 Morris 160
 Mössbauer 161
 Mosse 79
 Müller 59, 60-61, 66, 128
 Münch 121, 128, 137
 Murat III: 154

 Naumann 55
 Nernst 51, 52, 60-61, 66, 139, 153
 Netter 68
 Neurath 160
 Neutra 79
 Newall 126
 Nicholson, S.B. 63
 Nicholson, W. 157
 Nolde 95
 Nordström 33, 34

- Olbrich 81-82
 Oppenheim 52, 141

 v.d.Pahlen 10, 110, 115, 121, 128
 Paschen 61, 128, 139
 Pehnt 13, 79, 81, 89, 94, 99-100, 103
 Perrine 24
 Pettit 108
 Pérot 122
 Picht 124
 Pismis 155
 Pitsch 68
 Planck 10, 35, 51, 52, 54, 56-57, 60, 153, 165
 Plaut 85, 136-137
 Platz 96, 99-100
 Poelzig 81-82
 Pollak 16, 23, 56
 Prager 121
 Popper 32, 160-161
 Pyenson 15-16, 19, 42, 52

 Reichenbach 107, 110, 138, 160
 Richter 140
 Ringer 164
 Ritz 37
 Robertson 86
 v.d.Rohe 81
 Rosenberg 154
 Rosenthal-Schneider 33
 Rubens 60
 Ruge 127-128
 Russell 43, 124
 Rust 146

 St. John 28, 66, 107, 115, 118, 126, 161
 Scharoun 81
 Scheiner 57-58
 Schiele 164
 Schmidt 156
 Schmidt-Ott 121
 Schneider 67, 127-128
 Schott 67, 76
 Schrödinger 61, 128, 139
 Schwarzschild 25, 33, 37, 48-49, 52, 54-55, 59, 66, 107, 115, 134
 Searle 157
 v.Seeliger 10, 37, 42, 43-45, 47, 54, 159
 Shapley 43, 126

 Sharp 13, 77, 96
 Siemens 68, 165
 Sigurdsson 16, 55, 81, 170
 de Sitter 26, 32
 Sommerfeld 41, 45, 47-49, 52, 115, 124
 Springer 29
 Stark 50, 59, 153
 Steiner 95
 Stibbs 156
 Stone 109, 167-168
 Strohbush 116, 154
 Struve 10, 15, 18-19, 21-22, 42, 44-48, 53-54, 60, 121, 139, 162
 Stumpf 113

 Tatlin 81-82
 Taut, B. u. M. 81
 Tempelhof 128
 Toepfer 122
 Trümpler 116-117
 Tucholski 143

 Unsöld 10, 122, 124, 126

 Vahlen 146, 147, 152
 Villiger 63, 109
 Vogel 59, 62, 136

 Waland 156
 Warburg, E. 59-60
 Warburg, M. 68
 Wardale 155
 Westphal 127
 Weyl 14, 48-49, 55
 Whittick 13, 70, 72, 79, 96, 104
 Wilhelm II: 81
 Wilsing 121
 Windelband 144
 Wolf 127
 Wolff 68
 Wurm 115

 Yenicay 155

 Zeeman 50, 59, 64
 Zeiss 13, 35, 67-69, 76, 105, 109-110, 127, 131, 154, 165
 Zevi 13, 70, 89, 94, 105
 Zöllner 59
 Zurhellen 35