

ERICH REGENER ALS „VATER DER EXTRATERRESTRISCHEN PHYSIK“?

F. Forkel, Institut für angewandte Raumfahrttechnik (IART), Fallenbrunnen 14, 88045
Friedrichshafen, Deutschland

Zusammenfassung

Erich Regener gehört zu den heute vergleichsweise wenig bekannten Wegbereitern der wissenschaftlichen Weltraumforschung. Bereits seit den späten 1920er Jahren entwickelte er Messinstrumente, mit denen die kosmische Strahlung, das ultraviolette Sonnenspektrum sowie die physikalische Zusammensetzung der Hochatmosphäre untersucht werden konnten. Seine Experimente führten von Messungen in den Tiefen des Bodensees über ballongetragene Apparaturen in Höhen von mehr als 30 Kilometern schließlich zur Konzeption einer wissenschaftlichen Nutzlast für die A4-Rakete. Die sogenannte Regener-Tonne sollte Druck, Temperatur und Luftzusammensetzung in bisher unerreichbaren Höhen erfassen und zugleich Daten liefern, die für die Flugbahnberechnung der Rakete von militärischem Interesse waren. Der Beitrag untersucht die wissenschaftlichen und instrumentellen Voraussetzungen dieses Projekts, seine Einbindung in die nationalsozialistische Rüstungsforschung sowie die Weiterverwendung der dabei entwickelten Ansätze nach 1945. Dabei wird argumentiert, dass die Regener-Tonne zwar nicht mehr zum Einsatz gelangte, aber konzeptionell den Übergang von der Stratosphärenforschung zur extraterrestrischen Physik markierte. Zugleich zeigt das Projekt exemplarisch, wie eng wissenschaftliches Erkenntnisinteresse und militärische Nutzbarkeit in der frühen Geschichte der Raumfahrt miteinander verbunden waren.

Keywords

Erich Regener, Regener-Tonne, extraterrestrische Physik, Stratosphärenforschung, kosmische Strahlung, A4 (V2), Peenemünde, Raumfahrtgeschichte

1. EINLEITUNG

„Das Lebenswerk von Erich Regener besteht in einer Reihe von Meßdaten und Fakten, die in der Literatur enthalten sind, es besteht darüber hinaus in wissenschaftlichen, vor allem experimentell-physikalischen Methoden, die von anderen Fachgenossen übernommen wurden und heute noch fruchtbar sind, und schließlich enthält es ein lebendiges geistiges Gebilde, das in unserer Mitte steht, und das seine Schüler, Mitarbeiter und Kollegen als die von Regener gegründete Stuttgarter Physik zu bezeichnen wagen.“ ~ *Ulrich Dehlinger bei der Trauerfeier für Erich Regener am 11. März 1955* [1]

Die populäre Erinnerung an die Anfänge der Raumfahrt ist bis heute stark von Raketenentwicklern und Visionären wie Konstantin Ziolkowski, Hermann Oberth, Robert Goddard oder Wernher von Braun geprägt. Im Mittelpunkt stehen dabei gewöhnlich die Entwicklung leistungsfähiger Antriebe, die Konstruktion von Raketen und der Übergang von militärischen Fernwaffen zu Trägerraketen und Raumfahrzeugen. Weniger Aufmerksamkeit erhält dagegen die Frage, welche wissenschaftlichen Instrumente überhaupt notwendig waren, um den durch die Rakete erschlossenen Raum physikalisch untersuchen zu können – den Traum, den Goddard eigentlich hegte [2]. Der Eintritt in große Höhen war nicht allein ein Problem des Antriebs. Er erforderte zugleich Messgeräte, die autonom arbeiteten, starke Beschleunigungen und Temperaturschwankungen überstanden und ihre Daten speichern oder an eine Bodenstation übermitteln konnten.

Eine zentrale, heute jedoch nur eingeschränkt bekannte Persönlichkeit dieser instrumentellen Vorgeschichte war der Experimentalphysiker Erich Regener. Warum er wenig bekannt ist, lässt sich nur mutmaßen. Der deutsche Geophysiker Walter Kertz schrieb zu Lebzeiten an einem biographischen Lexikon zur Geschichte der Geophysik sowie an einem Buch zur Geschichte der Geophysik selbst, die er aber vor seinem Tod nicht mehr zu Ende bringen konnte. Diese unvollständigen Manuskripte

wurden dann von Angehörigen der TU Braunschweig veröffentlicht, in denen Erich Regener jedoch fehlte [3]. Karl-Heinz Glaßmeier erwähnt, dass sich Kertz noch mit der Erforschung der oberen Atmosphäre sowie der Ionosphäre beschäftigen wollte, dies aber nicht mehr vor seinem Tod schaffte [4]. Dass Regener heute also sogar in Deutschland nahezu unbekannt ist, ist die Folge von solchen unglücklichen Ereignissen.

Seine Forschungen reichten von der Bestimmung der elektrischen Elementarladung über die Messung kosmischer Strahlung bis zur Untersuchung des Ozons und der physikalischen Zustandsgrößen der Hochatmosphäre. Zeitgenossen beschrieben Regener als außergewöhnlich vielseitigen Experimentalphysiker, für dessen Arbeitsweise die enge Verbindung zwischen physikalischer Fragestellung, handwerklicher Konstruktion und fortlaufender Verbesserung der Messinstrumente charakteristisch war [5]. Im Rahmen der Diskussionsrunde der Royal Society im Jahr 1931, an der Persönlichkeiten wie Geiger, Rutherford, Wilson und Bragg teilnahmen, wurde sowohl von Geiger als auch von Rutherford Regeners Arbeit lobend erwähnt [6]. Auch als der US-amerikanische Physiker Samuel Goudsmit 1936 an Walther Gerlach schrieb und die Meinung vertrat, die Physik würde (vermutlich wegen des Aufkommens der *Arischen Physik*) in Deutschland stagnieren, nannte Gerlach Regener als erstes Gegenbeispiel dafür, dass dies nicht der Fall sei [7].

Diese Verbindung aus physikalischer Fragestellung und handwerklicher Konstruktion von Messinstrumenten bildete die Voraussetzung dafür, dass Regener ab 1942 im Auftrag der Heeresversuchsanstalt Peenemünde eine wissenschaftliche Messapparatur für den Flug mit einer A4-Rakete entwickeln sollte.

Die später als „Regener-Tonne“ bezeichnete Apparatur sollte in der Raketenspitze

untergebracht werden und während des Fluges mehrere Eigenschaften der Hochatmosphäre messen. Obwohl das Gerät infolge technischer Verzögerungen und des Kriegsverlaufs nicht mehr gestartet wurde, kann seine Konzeption als bedeutender Schritt in der Entwicklung wissenschaftlicher Raketen-Nutzlasten angesehen werden. Der vorliegende Beitrag fragt deshalb, inwiefern die Regener-Tonne den Übergang von der ballongetragenen Atmosphärenforschung zur raketengestützten extraterrestrischen Physik darstellte und welche Kontinuitäten zur wissenschaftlichen Raketenforschung nach 1945 bestanden.

Unter extraterrestrischer Physik wird dabei nicht ausschließlich Forschung außerhalb der Erdatmosphäre verstanden. Der Begriff bezeichnet hier vielmehr die physikalische Erforschung jener Höhenbereiche, die mit bodengebundenen, flugzeuggestützten oder konventionellen ballongetragenen Verfahren nicht mehr zuverlässig erreichbar waren und daher neuartige Träger- und Instrumentensysteme erforderten. Entscheidend war somit weniger das Überschreiten einer nachträglich definierten Grenze des Weltraums als die instrumentelle Erschließung eines neuen physikalischen Messraums.

Die zentrale These lautet, dass Regeners Bedeutung nicht allein in einzelnen Messresultaten lag. Sein wesentlicher Beitrag bestand vielmehr in der Entwicklung einer experimentellen Praxis, in der wissenschaftliche Instrumente miniaturisiert, automatisiert, gegen extreme Umweltbedingungen geschützt und schließlich zu einer eigenständigen Raketen-Nutzlast zusammengeführt wurden. Die Regener-Tonne bildete damit ein konzeptionelles Bindeglied zwischen Registrierballon und späterer Höhenforschungsrakete. Sie war allerdings kein rein ziviles Wissenschaftsprojekt, sondern entstand innerhalb eines militärischen Raketenprogramms.

2. WISSENSCHAFTLICHE UND INSTRUMENTELLE VORAUSSETZUNGEN

Seine 1905 abgeschlossene Dissertation befasste sich bereits mit den Wechselwirkungen ultravioletter Strahlung mit Sauerstoff und Ozon. In seiner Habilitationsschrift widmete er sich der Bestimmung der elektrischen Elementarladung und entwickelte dafür verschiedene Methoden zur Zählung einzelner Teilchen. Nachdem er 1920 an die Technische Hochschule Stuttgart berufen wurde, konzentrierte sich ein großer Teil seiner Arbeit auf die damals sogenannte Höhen- oder Ultrastrahlung. Um ihren Ursprung und ihre Absorption zu untersuchen, mussten Messungen sowohl weit unterhalb der Erdoberfläche als auch in großen atmosphärischen Höhen vorgenommen werden. Regener verband daher zwei zunächst gegensätzlich erscheinende experimentelle Wege: Tiefenmessungen im Bodensee und Höhenmessungen mithilfe von Ballonen.

Für die Unterwassermessungen ließ er eine mit Kohlendioxid gefüllte Druckkammer mit einem Quarzfaserelektrometer in den Bodensee absenken. Auf diese Weise gelang es ihm, die Ionisationsrate bis in eine Tiefe von mehr als 230 Metern zu bestimmen. Die dafür verwendete stählerne Druckkammer wog etwa 130 Kilogramm und war für einen Innendruck von ungefähr 30 Atmosphären ausgelegt. Seine Messungen reichten damit erheblich tiefer als vergleichbare amerikanische Experimente [8].

Seit Beginn der 1930er Jahre entwickelte Regener Ballonsysteme, mit denen Messinstrumente in immer größere Höhen transportiert werden konnten. Frühere Höhenexperimente hatten unter anderem darunter gelitten, dass die Ballone durch das Ozon in der Atmosphäre beschädigt wurden. Regener begegnete diesem Problem, indem er ab 1934 die Ballone schließlich aus Zellophan konstruierte, mit denen er Höhen von zirka 30 km erreichte [9]. Nachdem Regener 1937 durch das *Gesetz zur Wiederherstellung des*

Berufsbeamtentums in den Ruhestand versetzt wurde, blieb diese Entwicklung nicht unberücksichtigt. Ludwig Weickmann schrieb beispielsweise an Max von Laue, dass Regeners Entwicklung von Zellophanballonen für das Reichsluftfahrtministerium von hoher Bedeutung gewesen sei und Deutschland durch Regeners Forschung anderen Ländern in der Meteorologie deutlich voraus wäre [10].

Gemeinsam mit Georg Pfozter setzte Regener zunächst Ionisationskammern und später Geiger-Müller-Zählrohre in den Ballonen ein. Die Messungen zeigten, dass die Ionisationsrate mit zunehmender Höhe zunächst anstieg, in etwa 16 Kilometern Höhe ein Maximum erreichte und anschließend wieder abnahm. Dieses Maximum wird heute häufig als „Pfozter-Maximum“ bezeichnet. Carlson und Watson haben jedoch darauf hingewiesen, dass die theoretische und experimentelle Vorarbeit maßgeblich von Regener geleistet wurde und zeitgenössische Physiker teilweise ausdrücklich von einer „Regener-Kurve“ oder einer „Regener-Pfozter-Kurve“ sprachen [11].

Regener beschränkte sich nicht auf die kosmische Strahlung. Die von ihm entwickelte Ballon- und Messtechnik wurde auch zur Untersuchung des ultravioletten Sonnenspektrums, der vertikalen Ozonverteilung, des Sauerstoff- und Wasserdampfgehalts sowie der Temperatur und der Kondensationsvorgänge in der Hochatmosphäre eingesetzt. 1934 gelang Erich Regener gemeinsam mit seinem Sohn Victor mithilfe eines selbst konstruierten Quarzspektrographen eine frühe direkte Bestimmung der vertikalen Ozonverteilung. Der nur etwa 2,7 Kilogramm schwere Spektrograph wurde mit einem Ballon auf eine Höhe von rund 31 Kilometern gebracht [12].

Die internationale Rezeption verdeutlicht, dass Regener in den 1930er Jahren keineswegs ein randständiger Forscher war. Seine Ergebnisse wurden von führenden Vertretern der Teilchen- und Strahlungsphysik diskutiert. Seine

Berechnung der Energiedichte der kosmischen Strahlung floss zudem in die Überlegungen von Walter Baade und Fritz Zwicky ein, die Supernovae als mögliche Quelle kosmischer Strahlung ansahen. 1937 gewann Regener den Grand Prix für Militärluftfahrt und Luftfahrtindustrie bei der Weltausstellung in Paris [13] und 1938 nominierte Erwin Schrödinger Regener für seine atmosphärischen und unterseeischen Ionisationsmessungen für den Nobelpreis für Physik [14].

Die wissenschaftliche Bedeutung dieser Arbeiten lag aber nicht nur in den gewonnenen Messwerten. Regener demonstrierte vielmehr, dass physikalische Messgeräte für den Einsatz in einer Umgebung konstruiert werden konnten, die für den Menschen selbst kaum zugänglich war. Der Experimentator blieb an der Oberfläche, während die Apparatur autonom unter extremen Druckbedingungen arbeitete. Dieses Grundprinzip wurde später auch für die Erforschung der Hochatmosphäre und schließlich für die Regener-Tonne entscheidend.

3. FORSCHUNG IM KONTEXT NATIONALSOZIALISTISCHER MILITÄRINTERESSEN

Nachdem Regener Ende 1937 in den Ruhestand versetzt wurde, weil er den Nationalsozialisten ein Dorn im Auge war, gründete er am Bodensee ein Privatlabor [15]. Dieses wurde noch 1938 – aufgrund der Fürsprache vieler Wissenschaftler wie beispielsweise von Peter Debye, Max von Laue sowie Hans Geiger – in die Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft (den Vorgänger der heutigen Max-Planck-Gesellschaft) eingegliedert [16].

Während des Krieges expandierte Regeners Forschungsstelle erheblich. Im März 1942 beschäftigte sie nach einem Bericht Regeners 18 Personen, darunter vier wissenschaftliche Mitarbeiter. Rund neun Zehntel ihres jährlichen Finanzbedarfs von ungefähr 100.000 Reichsmark wurden demnach durch militärische

Forschungsaufträge gedeckt; nur etwa ein Zehntel stammte aus dem regulären Etat der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft. Im April 1943 war das Personal bereits auf 35 Beschäftigte, darunter acht wissenschaftliche Assistenten, angewachsen [17].

Auch seine Forscherkartei des Reichsforschungsrates verdeutlicht die militärische Einbindung. Dort wurden für Regener unter anderem Aufträge zu physikalischen Untersuchungen der Stratosphäre, ballistischen Messungen, der Bestimmung atmosphärischer Zustandsgrößen und der Entwicklung von Ballonen aus heimischen Werkstoffen verzeichnet. Weitere, nur allgemein als „Entwicklung“ bezeichnete Aufträge kamen von Dienststellen des Heereswaffenamtes [18].

Diese Entwicklung darf weder als einfache ideologische Kooperation noch als bloße Fortsetzung politisch unabhängiger Grundlagenforschung beschrieben werden. Regener war einerseits selbst Opfer der nationalsozialistischen Hochschulpolitik. Andererseits nutzte er die militärische Nachfrage nach atmosphärischen und ballistischen Messungen, um sein Institut zu erhalten und auszubauen. Die nationalsozialistische Wissenschaftspolitik ließ einen solchen Widerspruch ausdrücklich zu, sofern der Nutzen eines verfolgten oder politisch unerwünschten Wissenschaftlers für die Kriegsführung als hinreichend groß eingeschätzt wurde. Hermann Göring erklärte im Juli 1942 vor dem Reichsforschungsrat, dass bei wissenschaftlich besonders nützlichen, „jüdisch versippten“ Forschern Ausnahmen möglich sein müssten, wenn ihre Arbeit für den Krieg benötigt werde [19].

4. DIE REGENER-TONNE

Im Frühjahr 1942 besuchte Wernher von Braun Regener in Friedrichshafen und am 8. Juli 1942 nahm Regener erstmals an einer Besprechung

in der Heeresversuchsanstalt Peenemünde teil [20]. Daraufhin erhielt die Forschungsstelle für Physik der Stratosphäre (wie das von Regener gegründete Institut hieß) von Wernher von Braun den Auftrag zur Entwicklung einer „Apparatur zur Höhenvermessung A4“. Die Funktionsweise dieser Apparatur, welche den Namen Regener-Tonne bekam, verewigte Regener in einem Bericht, der heute im Militärarchiv Freiburg liegt [21]. Notwendig war dies für von Braun, weil er bessere Atmosphärendaten benötigte, da seine A4-Rakete eine zu große Ungenauigkeit aufwies [22] und militärisch damit de facto nutzlos war.

Die geplante Messapparatur sollte als eigenständige Einheit in die Spitze der A4 eingesetzt (wo sich sonst der Sprengkopf befand) und nach dem Aufstieg von der Rakete auf zirka 60 km Höhe getrennt werden. Vorgesehen war ein Quarzbarograph zur Druckmessung, ein Drahtthermometer zur Temperaturbestimmung, ein Ultraviolett-Spektrograph (auf Bitte des Sonnenforschers Karl-Otto-Kiepenhauer [23]) sowie eine Vorrichtung zur Entnahme von Luftproben [24]. Zur Funkortung war ein Treppensender vorgesehen, dessen Signale von einer Wolman-Bodenanlage erfasst werden sollten [25]. Eine besondere Herausforderung stellte die Anpassung der ursprünglich für Ballonflüge entwickelten Geräte an die mechanischen Belastungen eines Raketenstarts dar. Während Balloninstrumente vergleichsweise langsam beschleunigt wurden, mussten die Komponenten der Regener-Tonne starke Beschleunigungen und Vibrationen überstehen. Auch die aerodynamischen Bedingungen nach der Trennung von der Rakete und die Bergung der Apparatur waren zu berücksichtigen. Für die Rückkehr zur Erde war ein Fallschirmsystem vorgesehen, das gemeinsam mit Erich Madelung von der Forschungsanstalt Graf Zeppelin entwickelt wurde [26]. Der vorgesehene Startort war die Greifswalder Oie [27].

Die Entwicklung der wissenschaftlichen Instrumente war Anfang 1944 weitgehend abgeschlossen. Die Fertigstellung des Gesamtsystems verzögerte sich jedoch. Ein Terminplan vom 5. Oktober 1944 sah zunächst die Fertigstellung einer Versuchsspitze für Windkanalmessungen, anschließend die Rohmontage, Eichung und Justierung der Instrumente und schließlich Versuche im Göttinger Windkanal vor. Dort sollten unter anderem jene Positionen an der Außenhaut bestimmt werden, an denen der Staudruck die Druckmessung möglichst wenig verfälschte [28].

Fehler an der vom Luftschiffbau Zeppelin gefertigten Stahlspitze machten jedoch einen Neubau erforderlich und verschoben den Zeitplan um etwa zwei Monate. Hinzu kamen die zunehmende Priorisierung des militärischen A4-Einsatzes und die zeitweise Abordnung von Mitarbeitern der Forschungsstelle zum Flugabwehrraketenprojekt „Wasserfall“. Unter der Leitung Hans Kammlers besaßen wissenschaftliche Versuchsflüge gegenüber dem operativen Raketeneinsatz nur noch geringe Priorität [29]. Der Zusammenbruch der deutschen Raketeninfrastruktur, die Verlagerung von Personal und Material sowie das Kriegsende verhinderten den Einsatz endgültig. Die Regener-Tonne blieb damit ein weit entwickeltes, aber nicht praktisch erprobtes Nutzlastsystem. Gerade dieser Umstand erschwert ihre historische Bewertung.

5. TRANSFER UND WEITERVERWENDUNG NACH 1945

Nach Kriegsende bemühten sich die alliierten Mächte, deutsche Raketen, technische Unterlagen und Fachkräfte zu sichern. Auch die Regener-Tonne gelangte (nach der Darstellung von Erhard Keppler) in die Vereinigten Staaten und wurde zum Aberdeen Proving Ground in Maryland gebracht. Dort untersuchten amerikanische Fachleute die Apparatur und entnahmen einzelne Komponenten.

Wissenschaftler um Ernst Krause sollen 1946 Schwierigkeiten gehabt haben, die Funktionsweise bestimmter Messmethoden vollständig nachzuvollziehen und deshalb auf die Unterstützung deutscher Spezialisten zurückgegriffen haben [30].

Wernher von Braun setzte sich demnach in den Vereinigten Staaten dafür ein, die von Regener begonnenen Arbeiten fortzuführen. Aus erbeuteten A4-Raketen entwickelte sich ein umfangreiches amerikanisches Programm zur Erforschung der Hochatmosphäre. Die Raketen wurden mit Instrumenten zur Messung von Druck, Temperatur, kosmischer Strahlung, ultravioletter und solarer Strahlung sowie weiteren physikalischen Größen ausgestattet. Das 1946 gebildete *V-2 Upper Atmosphere Research Panel* koordinierte einen Teil dieser Versuche. Der Astronom Donald Menzel bemerkte dabei in einem Brief am 20. Februar 1946 an Leo Goldberg: „Regeners ideas are excellent“ [31]. Die Bemühungen der USA waren von Erfolg gekrönt und führten unter anderem zur ersten fotografischen Dokumentation der Erde aus dem Weltall.

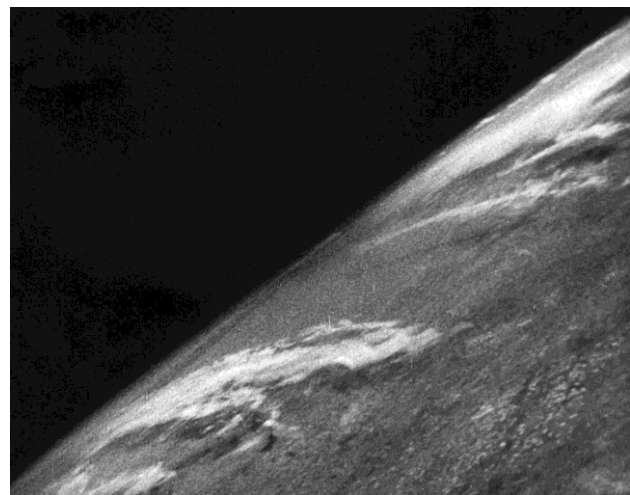


Abbildung 1: Erstes Foto der Erde aus dem Weltall [32]

Auch die Sowjetunion hat bis September 1946 versucht, erbeutete Raketen mit Messinstrumenten auszustatten [33]. Ob dies durch die Arbeiten von Regener inspiriert war, lässt sich jedoch nicht mehr eindeutig sagen.

Für die Frage nach der Weiterwirkung der Regener-Tonne sind deshalb drei Formen der Kontinuität zu unterscheiden. Erstens bestand eine materielle Kontinuität, da zumindest Teile der Apparatur und technische Unterlagen in die Vereinigten Staaten gelangten und dort untersucht wurden. Zweitens gab es eine personelle Kontinuität durch von Braun und weitere deutsche Raketenfachleute, die an der amerikanischen Weiterentwicklung der A4 beteiligt waren. Drittens bestand eine konzeptionelle Kontinuität: Die Rakete wurde nicht mehr allein als Waffe oder als Objekt technischer Erprobung verstanden, sondern als Träger einer eigenständigen wissenschaftlichen Nutzlast.

Auch Regener selbst wandte sich nach dem Krieg erneut der Höhenforschung zu. Keppler berichtet von einer Zusammenarbeit mit dem französischen Physiker Étienne Vassy, in deren Rahmen fünf Raketen bei Colomb-Béchar mit Messgeräten ausgerüstet worden seien und Höhen von etwa 70 Kilometern erreicht hätten [34]. Da bisher keine dokumentierten Ergebnisse dieser Versuche gefunden wurden, lässt sich ihre konkrete Bedeutung für die weitere Entwicklung bislang jedoch nicht abschließend bewerten.

Nach dem Krieg wurde Regener wieder auf seinen Lehrstuhl an der Technischen Hochschule Stuttgart berufen. 1948 wurde er erster Vizepräsident der neu gegründeten Max-Planck-Gesellschaft. Seine Forschungsstelle arbeitete in Weißenau bei Ravensburg weiter und wurde 1952 vollständig in die Max-Planck-Gesellschaft eingegliedert. Seine Mitarbeiter setzten unter anderem die Forschungen zu kosmischer Strahlung, atmosphärischem Ozon und Sonnenaktivität fort [35].

6. HISTORISCHE EINORDNUNG: DER BEGINN DER EXTRATERRESTRISCHEN PHYSIK?

Eugen Hintsches bezeichnete die geheime Besprechung vom 8. Juli 1942 als „Geburtsstunde der extraterrestrischen Physik“ und die Regener-Tonne als erste wissenschaftliche Nutzlast [36]. Michael P. Seiler wiederum plädiert dafür, Regener nicht als Vater der extraterrestrischen Physik anzusehen, weil er eigentlich an der Erdatmosphäre und nicht an der Sonnen- und Weltraumforschung interessiert war [37]. Die Frage, die sich bei dieser Argumentation stellt: Muss das „Kind“ beabsichtigt sein, damit der Erzeuger sein Vater ist?

Doch die Regener-Tonne selbst ist als Entwicklung hervorzuheben. Sie war eine systematische Zusammenstellung verschiedener wissenschaftlicher Messgeräte, besaß eine relative Eigenständigkeit gegenüber dem Trägersystem, es gab eine vorgesehene Trennung von der Rakete sowie ihre Bergung mit Hilfe eines Fallschirms.

Als wissenschaftliche Nutzlast besaß sie damit mehrere Merkmale späterer Höhenforschungsraketen und Raumfahrtmissionen:

- ein vom Trägersystem unterscheidbares wissenschaftliches Messprogramm,
- eine integrierte Instrumenteneinheit,
- einen automatisierten zeitlichen Ablauf,
- eine eigenständige Energie- und Steuerungstechnik,
- die Registrierung beziehungsweise Übermittlung der Messdaten,
- sowie ein geplantes Bergungssystem.

Der Anspruch, Regener als „Vater der extraterrestrischen Physik“ zu bezeichnen, sollte dennoch nicht als Behauptung einer alleinigen Urhebererschaft verstanden werden. Die wissenschaftliche Raketenforschung entstand aus mehreren nationalen, technischen und disziplinären Entwicklungslinien. Regener

entwickelte weder die A4 noch führte er selbst einen erfolgreichen raketengestützten Messflug durch. Seine besondere Leistung bestand vielmehr darin, die bereits hoch entwickelte Instrumentenkultur der Stratosphären- und Strahlungsforschung auf einen Raketräger zu übertragen.

Der Titel ist deshalb vor allem in einem instrumenten- und wissenschaftsgeschichtlichen Sinn gerechtfertigt. Regener erkannte, dass die Erschließung großer Höhen nicht mit dem Transport eines einzelnen Messgeräts abgeschlossen war. Notwendig war ein umfassendes Nutzlastsystem, in dem Sensoren, Steuerung, Registrierung, Funktechnik und Bergung aufeinander abgestimmt waren. Die Regener-Tonne nahm damit wesentliche Elemente jener wissenschaftlichen Nutzlasten vorweg, die nach 1945 in Höhenforschungsraketen und später in Satelliten verwendet wurden.

Gleichzeitig darf die militärische Entstehungsgeschichte nicht aus dieser Fortschrittserzählung ausgeblendet werden. Das A4-Programm war ein Waffenprogramm, dessen Entwicklung, Produktion und Einsatz mit Zwangsarbeit, Gewalt und massenhaftem Tod verbunden waren. Auch die Regener-Tonne wurde nicht unabhängig von diesen Strukturen entwickelt. Die Heeresversuchsanstalt interessierte sich für Regeners Messungen, weil bessere Kenntnisse der Atmosphäre die Flugbahn- und Zielberechnung der Rakete verbessern konnten.

Die Regener-Tonne war daher weder ein rein ziviles Forschungsprojekt noch lediglich ein militärisches Messgerät. Sie war ein Dual-Use-System, bei dem dieselben Daten sowohl wissenschaftliche Erkenntnisse über die Hochatmosphäre als auch militärisch verwertbare Berechnungsgrundlagen liefern sollten. Gerade diese Mehrdeutigkeit ist kein Nebenaspekt, sondern kennzeichnet die frühe Geschichte der Raumfahrt insgesamt.

7. FAZIT

Erich Regeners Weg zur Regener-Tonne begann nicht in Peenemünde, sondern in den Laboratorien, auf dem Bodensee und bei den Ballonaufstiegen der 1920er und 1930er Jahre. Seine Forschungen zur kosmischen Strahlung und zur Hochatmosphäre verlangten nach Instrumenten, die außerhalb der unmittelbaren Kontrolle des Experimentators zuverlässig arbeiteten.

Die A4 eröffnete Regener die Möglichkeit, diese Instrumente in neue Höhen zu bringen. In der Regener-Tonne wurden Instrumente zur Druck-, Temperatur-, Strahlungs- und Luftmessung mit Schalt-, Funk- und Bergungstechnik zu einer eigenständigen Nutzlast verbunden. Obwohl das Gerät nicht mehr gestartet wurde, markierte seine Konstruktion konzeptionell den Übergang von der ballongetragenen Atmosphärenforschung zur raketengestützten extraterrestrischen Physik.

Zugleich war dieser Übergang untrennbar mit dem militärischen A4-Programm verbunden. Die Messungen sollten nicht nur wissenschaftliche Fragen beantworten, sondern auch bessere Grundlagen für Flugbahnberechnungen und den Einsatz der Rakete liefern.

Nach 1945 wurden (vermutlich) Teile der Regener-Tonne in den Vereinigten Staaten untersucht. Das grundlegende Konzept, erbeutete A4-Raketen als Träger wissenschaftlicher Messinstrumente zu verwenden, wurde in den amerikanischen Höhenforschungsprogrammen praktisch umgesetzt. Deutlich erkennbar ist damit eine materielle, personelle und vor allem konzeptionelle Kontinuität.

Regener kann deshalb nicht als alleiniger Begründer der extraterrestrischen Physik gelten. Er war jedoch einer ihrer maßgeblichen Wegbereiter. Seine historische Bedeutung liegt in der Verbindung von physikalischer Forschung, experimenteller

Instrumentenentwicklung und der Konzeption einer autonomen Raketen-Nutzlast. Die Geschichte der wissenschaftlichen Raumfahrt begann damit nicht erst mit den Forschungsraketen und Satelliten der Nachkriegszeit. Wesentliche Grundlagen waren bereits in den Höhenexperimenten und in der Regener-Tonne angelegt.

Verweise

- [1] Dehlinger. 1956. Ansprachen, S. 39.
- [2] Vgl. Pulla. 2010. „Vorhaben Peenemünde“, S. 105.
- [3] Vgl. Glaßmeier. Ausblick, S. 346.
- [4] Vgl. Kertz. 1999. Geschichte; Kertz. 2002. Biographisches Lexikon.
- [5] Vgl. Bothe. 1951. Erich Regener, S. 565f.
- [6] Vgl. Carlson und Watson. 2014. Erich Regener, S. 176.
- [7] Vgl. Beyerchen. 1978, Scientists, S. 169.
- [8] Vgl. Carlson und Watson. 2014. Erich Regener, S. 176; Regener. 1933. Die Absorptionskurve.
- [9] Vgl. Hintsches. 1988. Regener-Tonne, S. 8; Paetzold et al. 1974. Erich Regener, S. 182.
- [10] Vgl. Brief vom 22. Oktober 1937 von Ludwig Weickmann an Max von Laue bezüglich des militärischen Nutzens der Forschung Erich Regeners, in: MPG-Archiv, I. Abt., Rep. 1A, Nr. 2895.
- [11] Vgl. Carlson und Watson. 2014. Erich Regener, S. 177ff.; Regener und Pfozter. 1934. Messungen, S. 779-784; Regener und Pfozter. 1935. Vertical Intensity, S. 718-719.
- [12] Vgl. Regener und Regener. 1934. Aufnahme, S. 788-793; Paetzold et al. 1974. Erich Regener, S. 178-182.
- [13] Vgl. Abschrift eines Briefes vom 23. November 1937 vom Reichskommissar für die internationale Ausstellung Paris 1937 an das physikalische Institut der Technischen Hochschule Stuttgart, in: MPG-Archiv, I. Abt., Rep. 1A, Nr. 2895.
- [14] Vgl. Carlson und Watson. 2014. Erich Regener, S. 175, 179.
- [15] Vgl. Becker und Nagel. 2017. Verfolgung, S. 374ff.
- [16] Vgl. Brief vom 5. Oktober 1937 von Erich Regener an Max von Laue bezüglich Regeners wissenschaftlicher Planungen nach seiner Versetzung in den Ruhestand, in: MPG-Archiv, I. Abt., Rep. 1A, Nr. 2895; Brief vom 18. Oktober 1937 von Hans Geiger an Max von Laue bezüglich Erich Regeners wissenschaftlicher Erfolge, in: MPG-Archiv, I. Abt., Rep. 1A, Nr. 2895; Brief vom 8. Juni 1938 von Ernst Telschow an Erich Regener bezüglich der Eingliederung von Regeners Institut in die KWG, in: MPG-Archiv, I. Abt., Rep. 1A, Nr. 2895; Brief vom 22. Oktober 1937 von Ludwig Weickmann an Max von Laue bezüglich des militärischen Nutzens der Forschung Erich Regeners, in: MPG-Archiv, I. Abt., Rep. 1A, Nr. 2895; Gutachten von Max von Laue sowie von Peter Debye bezüglich Erich Regeners wissenschaftlichen Leistungen, ohne Datum, in: MPG-Archiv, I. Abt., Rep. 1A, Nr. 2895.
- [17] Vgl. Brief vom 13. März 1942 von Erich Regener an Albert Vögler mit einem Bericht über Geschichte und Stand der Forschungsstelle für Physik der Stratosphäre, in: MPG-Archiv, I. Abt., Rep. 1A, Nr. 2896; Aktenvermerk vom 8. April 1943 der KWG zur Entwicklung der Forschungsstelle für Physik der Stratosphäre, in: MPG-Archiv, I. Abt., Rep. 1A, Nr. 2896; Freytag. 2007. „Bürogenerale“, S. 250.

- [18] Vgl. Forscherkartei von Erich Regener, in: BA-Lichterfelde, R 26-III/90407.
- [19] Ansprache von Hermann Göring beim Reichsforschungsrat am 6. Juli 1942, zitiert nach: Maier. 2007. *Forschung als Waffe*, S. 754f.
- [20] Vgl. Keppler. 2003. *Raketenentwicklung*, S. 26, 32f.; Hintsches. 1988. *Regener-Tonne*, S. 3.
- [21] Vgl. Kurzer Bericht über die zur atmosphärischen Höhenvermessung entwickelten Instrumente, in: BA-Freiburg, RH8/5613.
- [22] Vgl. Hintsches. 1988. *Regener-Tonne*, S. 19.
- [23] Vgl. Wolfschmidt. 1994. *Sonnenphysik*, S. 153.
- [24] Vgl. Kurzer Bericht über die zur atmosphärischen Höhenvermessung entwickelten Instrumente, in: BA-Freiburg, RH8/5613.
- [25] Vgl. Keppler. 2003. *Raketenentwicklung*, S. 47f.; Hintsches. 1988. *Regener-Tonne*, S. 17.
- [26] Vgl. Keppler. 2003. *Raketenentwicklung*, S. 47f.
- [27] Vgl. Keppler. 2003. *Raketenentwicklung*, S. 59.
- [28] Vgl. Keppler. 2003. *Raketenentwicklung*, S. 54, 59f.; Paetzold et al. 1974. Erich Regener, S. 183-186.
- [29] Vgl. Keppler. 2003. *Raketenentwicklung*, S. 60f.
- [30] Vgl. Keppler. 2003. *Raketenentwicklung*, S. 63.
- [31] Brief vom 20. Februar 1946 von Donald Menzel an Leo Goldberg, zitiert nach: Keppler. 2003. *Raketenentwicklung*, S. 64.
- [32] U.S. Army. 1946. First photo from space.
- [33] Jürgen Michels und Olaf Przybilski. *Peenemünde und seine Erben in Ost und West*. Bonn 1997: Bernard & Graefe. S. 193
- [34] Vgl. Keppler. 2003. *Raketenentwicklung*, S. 35.
- [35] Vgl. Bothe. 1951. Erich Regener, S. 566f.; Carlson und Watson. 2014. Erich Regener, S. 176; Bericht über die Tätigkeiten der Forschungsstelle für Physik der Stratosphäre im Krieg – geschrieben von Alfred Ehmert und von Erich Regener korrigiert – angehängt an einen Brief vom 22. Januar 1949 von Erich Regener an die MPG-Hauptverwaltung, in: MPG-Archiv, III Abt., Rep. 66, Nr. 5282.
- [36] Vgl. Hintsches. 1988. *Regener-Tonne*, S. 1, 3.
- [37] Seiler. 2007. Kommandosache "Sonnengott", S. 157f.

QUELLEN

Benutzte Archive

BA-Lichterfelde = Bundesarchiv Lichterfelde

BA-Freiburg = Bundesmilitärarchiv Freiburg

MPG-Archiv = Archiv der Max-Planck-Gesellschaft

Ungedruckte Quellen

Abschrift eines Briefes vom 23. November 1937 vom Reichskommissar für die internationale Ausstellung Paris 1937 an das physikalische Institut der Technischen Hochschule Stuttgart, in: MPG-Archiv, I. Abt., Rep. 1A, Nr. 2895.

Bericht über die Tätigkeiten der Forschungsstelle für Physik der Stratosphäre im Krieg – geschrieben von Alfred Ehmert und von Erich Regener korrigiert – angehängt an einen Brief vom 22. Januar 1949 von Erich Regener an die MPG-Hauptverwaltung, in: MPG-Archiv, III Abt., Rep. 66, Nr. 5282.

Brief vom 5. Oktober 1937 von Erich Regener an Max von Laue bezüglich Regeners wissenschaftlicher Planungen nach seiner in Ruhestandsversetzung, in: MPG-Archiv, I. Abt., Rep. 1A, Nr. 2895.

Brief vom 18. Oktober 1937 von Hans Geiger an Max von Laue bezüglich Erich Regeners wissenschaftlicher Erfolge, in: MPG-Archiv, I. Abt., Rep. 1A, Nr. 2895.

Brief vom 22. Oktober 1937 von Ludwig Weickmann an Max von Laue bezüglich des militärischen Nutzens der Forschung Erich Regeners, in: MPG-Archiv, I. Abt., Rep. 1A, Nr. 2895.

Brief vom 8. Juni 1938 von Ernst Telschow an Erich Regener bezüglich der Eingliederung von Regeners Institut in die KWG, in: MPG-Archiv, I. Abt., Rep. 1A, Nr. 2895.

Brief vom 13. März 1942 von Erich Regener an Albert Vögler mit einem Bericht über Geschichte und Stand der Forschungsstelle für Physik der Stratosphäre, in: MPG-Archiv, I. Abt., Rep. 1A, Nr. 2896.

Forscherkartei von Erich Regener, in: BA-Lichterfelde, R 26-III/90407.

Gutachten von Max von Laue sowie von Peter Debye bezüglich Erich Regeners wissenschaftlichen Leistungen, ohne Datum, in: MPG-Archiv, I. Abt., Rep. 1A, Nr. 2895.

Kurzer Bericht über die zur atmosphärischen Höhenvermessung entwickelten Instrumente, in: BA-Freiburg, RH8/5613.

Gedruckte Quellen

Ansprache von Hermann Göring beim Reichsforschungsrat am 6. Juli 1942, in: Maier, Helmut. 2007. Forschung als Waffe: Rüstungsforschung in der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft und das Kaiser-Wilhelm-Institut für Metallforschung 1900-1945/48, Band 2. Göttingen: Wallstein Verlag, S. 754f.

Brief vom 20. Februar 1946 von Donald Menzel an Leo Goldberg, zitiert nach: Keppler. 2003. *Raketenentwicklung*, S. 64.

Regener, Erich. 1933. „Die Absorptionskurve der Ultrastrahlung und ihre Deutung“ *Physikalische Zeitschrift* 34: 306–323.

Regener, Erich/ Pfozter, Georg. 1934. „Messungen der Ultrastrahlung in der oberen Atmosphäre mit dem Zählrohr“ *Physikalische Zeitschrift* 35: 779-784.

Regener, Erich/ Regener, Victor H. 1934. „Aufnahme des ultravioletten Sonnenspektrums in der Stratosphäre und vertikale Ozonverteilung“ *Physikalische Zeitschrift* 35: 788-793.

Regener, Erich/ Pfozter, Georg. 1935. „Vertical Intensity of Cosmic Rays by Threefold Coincidences in the Stratosphere“ *Nature* 136: 718-719.

LITERATURVERZEICHNIS

Becker, Norbert/ Nagel, Katja. 2017. *Verfolgung und Entrechtung: an der Technischen Hochschule Stuttgart während der NS-Zeit*. Stuttgart: Belser.

Beyerchen, Alan D. 1978. *Scientists under Hitler: Politics and the Physics Community in the Third Reich*. New Haven: Yale University Press.

Bothe, Walther. 1951. „Erich Regener 70 Jahre“ *Zeitschrift für Naturforschung* 6, no. 11: 565-567.

Carlson, P./ Watson, Alan Andrew. 2014. „Erich Regener and the Ionisation Maximum of the Atmosphere“ *History of Geo- and Space Sciences* 5, no. 2: 175-182.

Dehlinger, Ulrich. 1956. „Ansprachen bei der akademischen Trauerfeier für Professor Dr. Erich Regener am 11. März 1955“ In *Reden bei der Rektoratsübergabe am 4. Mai 1955*, hrsg. von der Technischen Hochschule Stuttgart, 39-44. Stuttgart: Offizin Chr. Scheufele.

Freytag, Carl. 2007. „„Bürogenerale“ und „Frontsoldaten“ der Wissenschaft: Atmosphärenforschung in der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft während des Nationalsozialismus“ In *Gemeinschaftsforschung, Bevollmächtigte und der Wissenstransfer: Die Rolle der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft im System kriegsrelevanter Forschung des Nationalsozialismus*, hrsg. von Helmut Maier, 215-276. Göttingen: Wallstein.

Glaßmeier, Karl-Heinz. 1999. „Ausblick“ In *Geschichte der Geophysik* von Walter Kertz, 346-352. Hildesheim: Georg Olms Verlag.

Hintsches, Eugen. 1988. „Mit der Regener-Tonne beginnt die Weltraumforschung“ *Forschungsberichte und Meldungen aus der Max-Planck-Gesellschaft* 25, no. 4.

Keppler, Erhard. 2003. *Raketenentwicklung und Weltraumforschung. Ein kurzer Abriß der Entwicklung der A4/V2-Rakete und deren erstmalige Anwendung für wissenschaftliche Zwecke durch Erich Regener*. Katlenburg-Lindau: Copernicus.

Kertz, Walter. 1999. *Geschichte der Geophysik*. Hildesheim: Georg Olms Verlag.

Kertz, Walter. 2002. *Biographisches Lexikon zur Geschichte der Geophysik*: Braunschweigische Wissenschaftliche Gesellschaft.

- Maier, Helmut. 2007. *Forschung als Waffe: Rüstungsforschung in der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft und das Kaiser-Wilhelm-Institut für Metallforschung 1900-1945/48*, Band 2. Göttingen: Wallstein Verlag.
- Michels, Jürgen/ Przybilski, Olaf. 1997. *Peenemünde und seine Erben in Ost und West*. Bonn: Bernard & Graefe.
- Paetzold, H. K./ Pfozter, G./ Schopper, E. 1974. „Erich Regener als Wegbereiter der extraterrestrischen Physik“ In *Zur Geschichte der Geophysik: Festschrift zu 50jährigen Wiederkehr der Gründung der Deutschen Geophysikalischen Gesellschaft*, hrsg. von H. Birett, K. Helbig, W. Kertz und U. Schmucker, 167-188. Heidelberg: Springer.
- Pulla, Ralf. 2010. „Die TH Darmstadt im raketentechnischen Netzwerk des ‚Dritten Reiches‘“ In *Selbstmobilisierung der Wissenschaft: Technische Hochschulen im ‚Dritten Reich‘*, hrsg. von Noyan Dinckal, Christof Dipper und Detlev Mares, S. 103-124. Darmstadt: WBG.
- Seiler, Michael P. 2007. *Kommandosache ‚Sonnengott‘: Geschichte der deutschen Sonnenforschung im Dritten Reich und unter alliierter Besatzung*. Frankfurt am Main: Verlag Harri Deutsch.
- U.S. Army. 1946. „First photo from space“. Zugriffen am 4. August 2026. https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:First_photo_from_space.jpg, CC BY-SA 4.0: <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>.
- Wolfschmidt, Gudrun. 1994. „Sonnenphysik im Zweiten Weltkrieg: Wissenschaft oder Kriegsforschung?“ In *Medizin, Naturwissenschaft, Technik und Nationalsozialismus: Kontinuitäten und Diskontinuitäten*, hrsg. von Christoph Meinel und Peter Voswinckel, 152-159. Stuttgart: GNT-Verlag.