

Vor 100 Jahren: Albert Einstein erhält den Nobelpreis für Physik 1921

Es ist nicht einfach, dieses Jubiläum zeitgerecht zu feiern. Das Nobelkomitee entschied sich im November 1922, Einstein den Nobelpreis für Physik für das Jahr 1921 zu verleihen und lud ihn ein, an den üblichen Festivitäten in Stockholm im Dezember 1922 teil zu nehmen. Wegen bereits fixer Reisepläne konnte Einstein dieser Einladung nicht Folge leisten. Im Rahmen einer speziellen Veranstaltung in Göteborg erfüllte er aber nachträglich, im Juli 1923, die übliche mit dem Nobelpreis verknüpfte Verpflichtung mit einem Vortrag in Anwesenheit des Schwedischen Königs Gustav V.

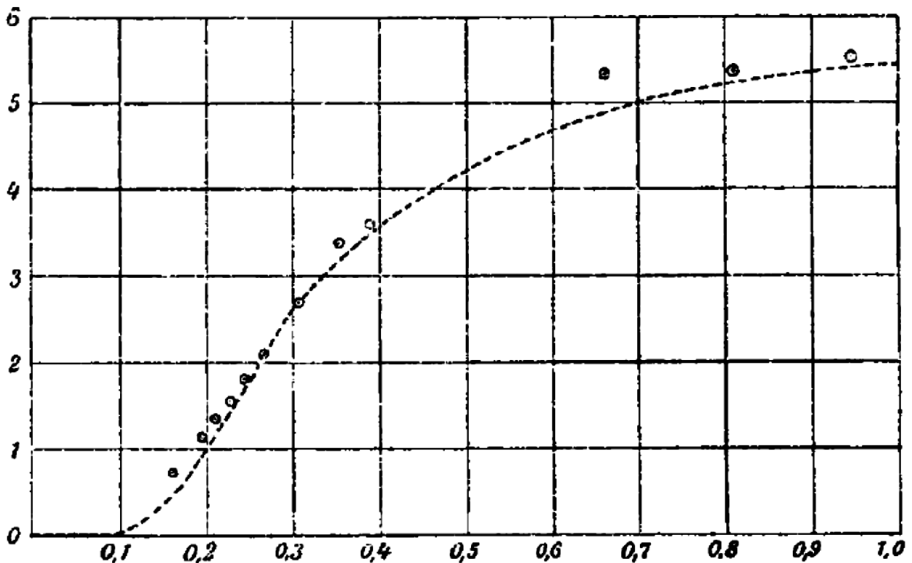
Die Geschichte um den Nobelpreis von Albert Einstein begann in der ersten Hälfte des Jahres 1905. Als technischer Experte beim Eidgenössischen Patentamt in Bern angestellt, reichte er damals innerhalb von etwas mehr als drei Monaten 4 Arbeiten zur Publikation bei der Zeitschrift *Annalen der Physik* ein. Rückblickend waren drei davon qualifiziert, ihm zumindest eine Nomination für den Nobelpreis für Physik einzutragen. Die vierte war seine Dissertation, die er Ende April bei der Universität Zürich einreichte und die, ein Jahr später, auch in den *Annalen* regulär publiziert wurde. Eine fünfte Arbeit, etwas später anfangs Herbst 1905 eingereicht, enthielt die heute in der Öffentlichkeit wohl bekannteste Gleichung der Physik, $E = mc^2$. Eingedenk der beruflichen Inanspruchnahme in Form einer 48-Stunden Woche im Amt, ist diese wissenschaftliche Parforce Leistung wohl noch immer derart erstaunlich, dass in diesem Zusammenhang die Bezeichnung *annus mirabilis 1905* nicht übertrieben ist. Die Titel der erwähnten drei Arbeiten mit Nobelpreis Potential lassen die jeweils grundlegenden und innovativen Inhalte nicht ohne weiteres errahnen. Die erste, eingereicht am 17. März, erschien unter dem Titel «Über einen die Erzeugung und Verwandlung des Lichtes betreffenden heuristischen Gesichtspunkt». Darin kam Einstein zur Überzeugung, dass Beobachtungen zur Wechselwirkung zwischen Licht und Materie die Existenz von Lichtquanten, heute Photonen genannt, nahelegt. Er fand, dass die Energie der einzelnen Photonen, \mathcal{E}_{ph} , = $h\nu$ nur von der Frequenz ν der Strahlung abhängt, wobei h die Konstante bedeutet, die Planck im Jahre 1900 in seiner Arbeit zum Spektrum der Strahlung schwarzer Körper eingeführt hat. Mit dieser Hypothese gelang es ihm,

vorher unverstandene Ergebnisse über die Eigenschaften von lichtelektrisch erzeugten Elektronen (Photoelektronen) aus Metalloberflächen sowie Aspekte der Lumineszenz, d.h., die bekannte Stokesche Regel, zu erklären. Die beiden experimentell untersuchten Phänomene konnten mit der damals vorherrschenden Vorstellung des Lichts (Strahlung) als elektromagnetische Welle zu verstehen, nicht in Einklang gebracht werden. Insbesondere folgerte Einstein, dass für die maximale Energie der einzelnen emittierten Photoelektronen die Beziehung (auch als Gesetz des Photoelektrischen Effekts bekannt) $\epsilon_{el}^{\max} = h\nu - P$ gelten müsse, wobei P die Energie darstellt, die ein Elektron zum Austritt aus der Oberfläche der Metallplatte aufwenden muss (Austrittsarbeit). Klassisch hätte man erwartet, dass diese Energie mit der Intensität des einfallenden Lichts korrelieren müsste, was aber experimentell nicht beobachtet wurde. Natürlich erkannte er die grundlegende Diskrepanz zwischen der Vorstellung individueller Lichtteilchen und der sehr erfolgreichen Maxwellschen Beschreibung der Lichtausbreitung in Form von elektromagnetischen Wellen, sah aber keinen Ausweg aus dem Dilemma. Wie er einem seiner Freunde brieflich mitteilte, betrachtete er selber diese Arbeit als sehr revolutionär; seine Einschätzung erwies sich als sehr berechtigt. Mehr dazu später.

In der zweiten Arbeit, eingereicht am 11. Mai, entwickelte Einstein die Folgerungen, die sich aus der von der molekularkinetischen Theorie der Wärme geforderten Bewegung von in ruhenden Flüssigkeiten suspendierten Teilchen ergaben. Mit seinen Überlegungen und Schlussfolgerungen sowie mittels Vergleich mit experimentellen Beobachtungen der bekannten aber nicht verstandenen Brownschen Bewegung gelang ihm ein indirekter Nachweis für die Existenz von kleinsten Einheiten der Materie in Form von Atomen und Molekülen. Diese Vorstellung war damals noch ein umstrittenes Konzept und Einsteins Resultat eine entscheidende grundlegende Erkenntnis. Sein Nachweis, dass man mit Beobachtungen mit einem Lichtmikroskop im Prinzip in der Lage ist, die Avogadro'sche Zahl zu ermitteln, ist auch heute noch eine überraschende Einsicht.

Ein Meisterstück bezüglich neuer Erkenntnisse und deren Darstellung stellte auch die dritte Arbeit, Ende Juni mit dem Titel «Elektrodynamik bewegter Körper» eingereicht, dar. Darin formulierte Einstein das sogenannte Relativitätsprinzip das unter anderem fordert, dass mit keinem physikalischen Experiment der Zustand der absoluten Ruhe identifiziert werden kann. Für mechanische Experimente war dies seit langem bekannt und Einstein setzte neu voraus, dass dies auch für optische oder andere elektrodynamische Phänomene gelten sollte. Insbesondere kann somit die Lichtgeschwindigkeit nicht durch eine sich mit konstanter Geschwindigkeit bewegende Lichtquelle beeinflusst werden, was rein intuitiv nur schwer nachvollziehbar ist. Des Weiteren wies er nach, dass

auch der Begriff der Gleichzeitigkeit von Vorgängen an verschiedenen Orten ein relatives Konzept ist. Dies hatte zur Folge dass Zeit und Raum nicht wie bis anhin als unabhängig voneinander betrachtet werden sollten. Diese neue Einsicht erregte unter dem Namen *Relativitätstheorie* (später, nach der Erarbeitung der Allgemeinen Relativitätstheorie, von Einstein selber als *spezielle Relativitätstheorie* bezeichnet) in den höchsten Fachkreisen sofort starkes Interesse und führte so zu Einsteins rasch steigender Bekanntheit. Die für ihn selbst wichtigste Folgerung der Relativitätstheorie, der Nachweis der Äquivalenz von Masse und Energie in Form der oben erwähnten Gleichung, wobei E als Ruheenergie der Masse m zu verstehen ist, reichte er Ende September 1905 zur Publikation ein. Im Verlaufe des folgenden Jahres (1906) benutzte Einstein zudem eine verallgemeinerte Auffassung der Lichtquantenhypothese zur Erklärung eines Phänomens bezüglich der thermodynamischen Eigenschaften kondensierter Materie. Mit einer aufgrund seiner Erkenntnisse aus dem Vorjahr sich aufdrängenden Modifikation der molekular-kinetischen Theorie der Wärme gelang es ihm, eine Erklärung für die bisher völlig unverstandene Temperaturabhängigkeit der spezifischen Wärme $C(T)$ von kondensierter Materie zu finden. Damit begründete er, nachträglich betrachtet, die moderne Festkörperphysik.



Spezifische Wärme $C_p(T)$ für Diamant (aus A. Einstein, Ann. d. Phys. **22**, 180 (1907). Offene Kreise: experimentelle Daten aus H.F. Weber, Ann. d. Phys. **154**, 367 & 533 (1875). Die horizontale Koordinate ist $x = T/(k/hv)$; vertikal ist $C(T)$ in Grammkalorien aufgetragen. Die beste Annäherung mit Einsteins Theorie (gestrichelte Linie) ergibt sich für $h\nu/k = 1300$ K; k = Boltzmann Konstante.

Alle diese Beiträge führten dazu, dass Einstein, obwohl noch keine 30 Jahre alt, sich innert kurzer Zeit zu einem der führenden theoretischen Physiker dieser Zeit entwickelte und ihm 1909, unter anderem, eine Einladung für einen Vortrag an der jährlich stattfindenden Versammlung Deutscher Naturforscher und Ärzte eintrug, die in jenem Jahr in Salzburg stattfand. Erwartet wurde ein Diskurs über die noch junge Relativitätstheorie. Seine Wahl fiel aber auf das Thema das ihn wirklich umtrieb und er präsentierte seine Überlegungen zur «Entwicklung unserer Ansichten über das Wesen und die Konstitution der Strahlung». Die Basis dazu war die oben erwähnte, im Jahre 1905 veröffentlichte Arbeit. Seine Ausführungen stiessen aber auf starke Skepsis oder gar Ablehnung, da die Auffassung der Quantennatur der Lichtteilchen sich so gar nicht mit dem erfolgreichen Bild der elektromagnetischen Strahlung von Maxwell vertrug.

Eine Einladung zur berühmten 1. Solvay Konferenz im Jahre 1911 in Brüssel, die vom belgischen Industriellen Ernest Solvay finanziert wurde, stellte einen weiteren Beweis seines zunehmenden Einflusses auf die Entwicklung der Physik dar. In Rahmen dieser Konferenz traf sich eine hochkarätige Auswahl von wenigen aber damals führenden Wissenschaftler – Marie Curie war als einzige Frau auch dabei – um über die neuesten Entwicklungen der Theorien der Wärme und Aspekte der noch neuen Quantenphysik zu debattieren. Der 32 jährige Einstein war der jüngste Teilnehmer, spielte aber in den Debatten eine führende Rolle. Persönlich empfand er die Diskussionen während der Konferenz als wenig erbaulich, da sie ihm nichts Neues offenbarten.

Nachträglich als bedeutendste Anerkennung kann man aber die erstmalige Nomination für den Physik Nobelpreis 1910 betrachten. Sie erfolgte durch den bekannten Deutschen Physikochemiker Wilhelm Ostwald, bei dem sich Einstein 1901 erfolglos für eine Assistentenstelle beworben hatte. Ostwald verwies auf die Bedeutung der Relativitätstheorie, die als mit der früher erfolgten Entdeckung des Prinzips der Erhaltung der Energie vergleichbar zu werten sei. In den folgenden Jahren wurde Einstein, mit Ausnahme von 1911 und 1915, von verschiedenen Personen mehrmals, mit verschiedenen Begründungen, für den Preis nominiert; es reichte aber nie, die Auszeichnung tatsächlich zu erhalten.

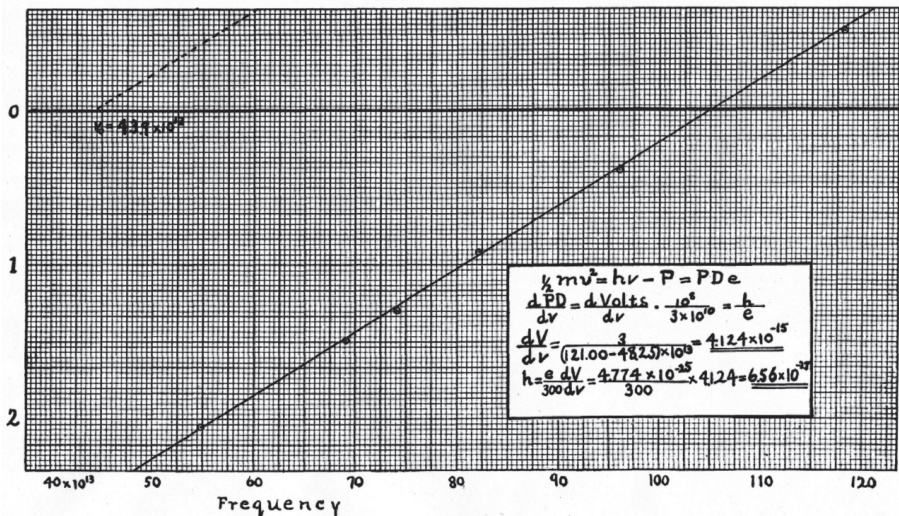
Auch im akademischen Bereich wurden Einsteins Leistungen in Form von Professuren (Uni Zürich von 1909 bis 1910, Deutsche Universität in Prag von 1910 bis 1912, ETH Zürich von 1912 bis 1914) anerkannt.

Während seiner Zeit an der ETH entwickelte Einstein, zusammen mit seinem Kollegen und Mathematiker Marcel Grossmann, die formalen Aspekte einer Verallgemeinerten Relativitätstheorie und einer Theorie der Gravitation. Ein erster zweiteiliger Entwurf der Theorie wurde im September 1913 präsentiert. Einstein schrieb den physikalischen Teil und Grossmann zeichnete für den mathematischen Teil verantwortlich. Aus verschiedenen Gründen waren sie aber

plötzlich nicht mehr sicher, ob sie die in allen Teilen richtige Theorie gefunden hatten.

Die Berufung an die Königliche Preussische Akademie der Wissenschaften in Berlin und die damit verbundene Professur an der Friedrich-Wilhelm Universität war der vorläufige Höhepunkt dieser Komponente der Karriere. Bemerkenswert ist die Tatsache, dass im Antrag zur Verpflichtung Einsteins an diese Institution explizit erwähnt wird, dass dieser bei seiner Postulierung von Lichtteilchen wohl über das Ziel hinaus geschossen habe, was ihm aber nicht zu negativ angelastet werde sollte. Einstein begann sein Wirken in Berlin im Frühjahr 1914. Anlässlich seiner Inauguralansprache an der Akademie im Juli würdigte Max Planck zwar Einsteins wissenschaftliche Meriten, stellte aber seine neuesten Einsichten zur verallgemeinerten Relativitätstheorie stark in Frage. Einstein erlebte also auch bei dieser Gelegenheit eine deutliche Ablehnung eines Teils seiner Ideen und deren Folgerungen.

Erstaunlicherweise änderte sich die ablehnende Meinung bezüglich der Lichtquanten auch dann nicht, als Robert Millikan 1916 das oben zitierte Gesetz des Photoelektrischen Effekts von Einstein experimentell überprüfte und eine völlige Übereinstimmung zwischen Theorie und Experiment feststellte.



Ergebnis des von Robert Millikan experimentell bestimmten Wertes der Planckschen Konstante h . Das Diagramm zeigt auch die exakte Übereinstimmung mit dem von Einstein entdeckten Gesetz des photoelektrischen Effekts (aus Phys. Rev. VII, 355 (1916)).

Millikan selber anerkannte zwar, dass seine experimentellen Resultate Einsteins Voraussage sehr genau erfüllten, glaubte aber nicht, dass Einsteins Erklärung des Effekts richtig sei. Er verstieg sich sogar zur Äusserung, dass auch Einstein selber nicht mehr an die damaligen Folgerungen glaubte, was natürlich überhaupt nicht der Fall war.

In Berlin gelang Einstein 1915 mit bis zur physischen Erschöpfung führenden intellektuellen Anstrengungen die Formulierung der Allgemeinen Relativitätstheorie und der Theorie der Gravitation mit deren Ausarbeitung er 1912 mit seinem Freund Marcel Grossmann an der ETH begonnen hatte. Die Theorie basierte auf damals noch wenig allgemein bekannten mathematischen Grundlagen und wurde daher nur von wenigen Spezialisten wirklich verstanden. Eine der Voraussagen betraf die Ablenkung des Lichts durch Gravitationszentren, also Massen. In speziell arrangierten astronomischen Expeditionen im Jahre 1919 wurde die Ablenkung der von Sternen ausgesandten Lichtstrahlen durch die Sonne während einer Sonnenfinsternis von englischen Teams nachgewiesen und die Resultate stimmten auch quantitativ mit den theoretischen Werten überein. Dieser Umstand wurde durch die englische Zeitung *The TIMES* im November 1919 etwas reisserisch bekannt gegeben und Einstein wurde, quasi über Nacht, auch für die breite Öffentlichkeit weltberühmt. Den Nobelpreis hatte er aber bis dahin, trotz etwa 60 Nominationen, noch immer nicht erhalten! Es erhoben sich vermehrt prominente Stimmen, die sich über diese Tatsache aufhielten und die Situation als zunehmend peinlich für das Nobelpreiskomitee empfanden. Die Gründe dafür sind vielschichtig und sollen hier nur am Rande erwähnt werden.

Gemäss des Testaments von Alfred Nobel soll der Preis je an Personen verliehen werden, die mit ihrem Wirken in den Gebieten Physik, Chemie, Physiologie oder Medizin, Literatur und Friedensförderung am meisten zum Wohlergehen der Menschheit beigetragen haben. Naturgemäss haben es deshalb Beiträge zur Theoretischen oder Mathematischen Physik, Einsteins hauptsächliche Arbeitsfelder, schwer diese Bedingung zweifelsfrei zu erfüllen. Dass es auch generell schwierig ist, eine Nomination für den Preis für Physik zu identifizieren die obige Forderung erfüllt zeigt sich darin, dass das zuständige Komitee in mehreren Jahren nach 1910 die Preisvergabe verschob oder ganz ausfallen liess. Dies war speziell 1916 der Fall, in dem der Preis gar nicht verliehen wurde. In den folgenden Jahren bis 1921 wurde die Preisvergabe mehrmals verschoben und erst nachträglich doch noch vollzogen. Nur Charles Edouard Guillaume (1920) und Niels Bohr (1922) erhielten den Preis im regulären Zyklus. Im Falle Einsteins wurde ihm die Auszeichnung für 1921 erst im Herbst 1922 zugesprochen. Als preiswürdig wurden nun Einsteins bisheriges Werk in Theoretischer Physik und insbesondere die Arbeit zur Lichtquanten Hypothese, die Einstein 1905, wie

oben erwähnt, in einem Brief an einen Freund als *sehr revolutionär* bezeichnet hatte, anerkannt. Die konkrete Formulierung der Laudatio lautet: *...für seine Verdienste um die Theoretische Physik, besonders für seine Entdeckung des Gesetzes des Photoelektrischen Effekts.*

Aus heutiger Sicht betrachtet etwas ungewöhnlich ist auch, wie Einstein schliesslich zu den Insignien des Preises, d.h., die Medaille und die Urkunde, sowie natürlich auch das Preisgeld, gelangte.

Einstein erhielt erstmals im September 1922 einen subtilen Hinweis, dass er den Preis nun doch erhalten würde. In einem Brief des Komiteemitglieds Svante Arrhenius wurde Einstein gebeten, sich Zeit für einen Aufenthalt in Stockholm im Dezember zu reservieren; eine offizielle Einladung dazu würde aber nicht vor dem 9. November erfolgen können. Arrhenius hatte aber auch schon erfahren, dass Einstein im Herbst eine längere Reise nach Japan anzutreten plante und er bat ihn, diese Reisepläne zu revidieren. Einstein wollte aber aus verschiedenen Gründen diese Reise antreten und schloss deren Aufschiebung in seinem Antwortbrief kategorisch aus. Immerhin drückte er die Hoffnung aus, dass die Einladung nur aufgeschoben aber nicht aufgehoben sein würde. Er und seine Frau verliessen Berlin am 3. Oktober 1922 und reisten via Zürich und Genf nach Marseille, wo sie sich am 6. Oktober an Bord des japanischen Dampfers SS Kitano Maru begaben. Die Reise führte durch den Suezkanal über Colombo, Singapur, Hongkong, Shanghai nach Kobe. In Shanghai erfuhr Einstein am 10. November per Telegramm, dass ihm der Nobelpreis für Physik für 1921 zuerkannt worden sei, alles weitere folge brieflich. Obwohl ihn diese Nachricht gefreut haben muss, fand sie keinen Eintrag in das Reisetagebuch. In einem weiteren Brief datiert am 11. Dezember, diesmal an eine Adresse in Japan geschickt, wurde er über finanzielle Aspekte des Preises informiert. Einstein antwortete auf diese Nachrichten erst am 10. Januar 1923 mit einem kurzen Brief an Arrhenius. Er befand sich bereits auf der Rückreise in der Nähe von Singapur und verfasste den Brief auf Papier des Schiffes Haruna Maru. Ein Satz dieses Briefes widerspiegelt Einsteins Gefühle bezüglich des Nobelpreises in amüsanter Weise: Ich bin sehr froh über die Erteilung des Nobelpreises – unter anderem auch deswegen, weil nicht mehr die vorwurfsvolle Frage an mich gerichtet werden kann:

Warum kriegen Sie den Nobelpreis nicht? (Ich antworte darauf jedes Mal: Weil *ich* den Preis nicht zu vergeben habe). Anlässlich der weiteren Rückreise besuchte Einstein auch Israel und Spanien, je für einige Tage.

Arrhenius beantwortete den Brief am 17. März. Darin teilte er mit, dass die Insignien bereits an der Vergabefeier am 10. Dezember 1922 durch den Deutschen Botschafter in Schweden entgegen genommen worden seien*). Zudem schlug

*) nach der Rückkehr Einsteins nach Berlin überbrachte ihm der Schwedische Botschafter in Deutschland, Baron Ramel, die Medaille und die Urkunde, persönlich.

er vor, im Sommer für Einstein eine spezielle Feier zu arrangieren und zwar anlässlich einer grossen skandinavischen Ausstellung in Göteborg (300 Jahre Göteborg) wo Einstein einen Festvortrag halten würde. Letzteres fand am 11. Juli 1923 im Beisein von König Gustav V. statt. Da der Vortrag nicht anlässlich der formalen Zeremonie der Preisvergabe gehalten wurde, war sein Inhalt nicht mit der preiswürdigen Entdeckung verknüpft; für den Titel des Vortrags wählte Einstein «Grundgedanken und Probleme der Relativitätstheorie».



Einsteins Nobelpreis Urkunde

Im Zusammenhang mit Einsteins Nobelpreis ist auch zu erwähnen, dass dieser im Rahmen der Scheidung von seiner ersten Frau Mileva Maric, die er im Januar 1903 in Bern geheiratet hatte und von der und seinen 2 Söhnen er seit 1914 getrennt lebte, eine wesentliche Rolle spielte*).

Am 31.1.1918 bat Albert Mileva per Brief zum zweiten Mal, eine Scheidungsklage gegen ihn einzureichen und offerierte ihr dazu verschiedene pekuniäre Vorteile. Insbesondere sicherte er ihr für diesen Fall zu, ihr das gesamte Preisgeld für den Nobelpreis, sollte er ihn tatsächlich einmal erhalten, zur finanziellen Absicherung seiner Familie abzutreten. Nach mehreren Briefwechseln in der 1. Hälfte 1918 deponierte Albert Ende Mai 1918, sozusagen als Vorleistung, Papiere im Wert von 40'000 Reichsmark beim Schweizerischen Bankverein in

**) anlässlich der 1914 erfolgten Trennung hatte Mileva sich geweigert, einer von Albert vorgeschlagenen formalen Scheidung zuzustimmen.*

Zürich und hinterlegte weitere 20'000 Reichsmark bei einer Bank in Berlin, beides zugunsten von Mileva, falls sie der Scheidung zustimmen würde. Gleichzeitig forderte er diese auf, jetzt die Scheidungsklage einzureichen und ihm einen Entwurf der vorher besprochenen Scheidungsvereinbarung zu schicken. Dies alles resultierte schliesslich am 12. Juni 1918 in einem Entwurf für eine Scheidungsvereinbarung, der beide Seiten zustimmten. Anfangs November erklärte sich Albert mit dem vorgesehenen Zahlungsmodus einverstanden und äusserte erstmals die Hoffnung, dass seine finanziellen Möglichkeiten nicht durch die Folgen des von Deutschland verlorenen Krieges zu sehr vermindert würden. Am 14. Februar 1919 fand die Verhandlung vor dem Bezirksgericht Zürich in Anwesenheit von Albert statt. Die Scheidung wurde offiziell vollzogen und die finanziellen Aspekte waren Teil des Urteils. Wichtig dabei war, dass Mileva ohne Zustimmung von Albert keinen direkten Zugriff auf die deponierten Kapitalien hatte, sondern nur auf die Zinsen.



Einstein anlässlich seines Fest-Vortrags in der Jubiläumshalle in Göteborg im Juli 1923

Im Verlauf von 1919 verschlechterte sich der Wechselkurs der Mark gegenüber dem Schweizer Franken in der Tat erheblich. Am 15. Oktober teilte Albert Mileva mit, dass er die vertraglich vereinbarten Geldtransfers in Schweizer Währung nicht mehr aufbringen könne. Seine etwas unrealistischen Vorschläge zur Behebung dieser Krise wurden, nach heftiger Intervention von Mileva, jedoch vorläufig verschoben.

Das Problem löste sich schliesslich mit der oben beschriebenen Vergabe des Preises an Einstein von selbst. Die Preissumme von 121'572.54 Schwedischen Kronen wurde am 11.12.1922. noch während sich Einstein in Japan aufhielt, auf einem Konto bei der Enskilda Bank in Stockholm deponiert und war zu diesem Zeitpunkt äquivalent mit ungefähr 49 Jahressalären Einsteins in Berlin! Um Währungsverluste zu vermeiden wurde das Preisgeld schliesslich bei Banken in Zürich und New York deponiert. Der Teil in Zürich wurde später für den Kauf eines Mehrfamilienhauses in Zürich verwendet; die Mieteinnahmen sicherten Mileva und den Kindern den Lebensunterhalt.

In diesem Licht betrachtet war die Vergabe des Nobelpreises 1921 nicht nur eine absolut verdiente Anerkennung der wissenschaftlichen Leistungen Einsteins. Sie verhinderte auch seinen drohenden finanziellen Ruin und das Preisgeld sicherte die finanzielle Unterstützung seiner ehemaligen Gattin und, vor allem und sein grösstes Anliegen, seiner beiden Kinder.

Hans Rudolf Ott