

Carl Auer von Welsbach und seine Zeit

Als Carl Auer von Welsbach am 01. September 1858 in Wien geboren wurde, war die Hauptstadt der Donaumonarchie noch kein Zentrum der Wissenschaft und Forschung, zu dem es einige Jahrzehnte später aufsteigen sollte. Zwar begann der Abbruch der alten Befestigungsanlagen und damit deutete sich die Gründerzeit mit einem Bauboom entlang der Ringstrasse an, aber die Monarchie war von außenpolitischen Abenteuern geprägt, d.h. im Krieg verwickelt. Der schweren Niederlage 1859 bei Solferino folgte der Frieden von Zürich mit der Abtretung der Lombardei an Napoleon III.. Wie so oft in der Geschichte sind solche Ereignisse ein Wendepunkt. Mit Verkündung des Oktoberdiploms 1860 wurde das Scheitern des neoabsolutistischen Systems eingestanden. Das Februarpatent 1861 führte den aus zwei Kammern bestehenden Reichsrat ein, dessen Abgeordnete nicht direkt vom Volk, sondern von Landtagen gewählt wurde. Aber es wurde auch die Gemeindeordnung von 1850 wieder in Kraft gesetzt. So kam es in Wien im März 1861 zur Wahl eines Gemeinderates. Allerdings galt noch das Zensuswahlrecht und von den ca. 550.000 Tausend Einwohnern der Stadt waren nur ca. 3,3 % wahlberechtigt. Deswegen überrascht es nicht, dass das liberale Bürgertum den klaren Sieg davontrug. Dieser Start wurde aber durch hohe Staatsschulden begleitet und die Rezession konnte durch den Bauboom (Ringstraße) nur begrenzt gedämpft werden. Neben dem Ausbau der Ringstraße wurden große Infrastrukturprojekte geplant, wie eine moderne Wasserversorgung der Stadt, der Donauregulierung für den Schiffsverkehr, schienengebundener Verkehr und (Eisenbahn-) Brückenbau. Diese Projekte zogen sich bis Anfang und Mitte der 70ziger Jahre hin. Zweifelsohne hatte Wien in diesen Zeiten eine starke Zunahme der Bevölkerung und Industrie zu verzeichnen. Gefordert war deshalb auch, die Energieversorgung der Stadt sicherzustellen. Die Gasversorgung war ein Schwerpunkt und wurde einer britischen Firma übertragen. Die Stadt kassierte einen Teil der Reingewinne.

Die verlorene Schlacht bei Königgrätz gegen Preußen 1866 war schmerzlich für das Selbstbewusstsein der österreichischen Monarchie und viele Bürger. Sie schaffte aber auch relative Ruhe in der Außenpolitik. Die Einflussphären waren abgesteckt. Der deutsche Bund wurde aufgelöst und Bismarck machte sich auf, das Deutsche Reich zu gründen. Aus wirtschaftlicher Sicht wirkte sich die „Schmach“ von 1866 nicht gravierend aus. Die „Gründerzeit“ hielt bis 1873, bescherte Wien einen Aufschwung und die Herausbildung und den Aufstieg des Bürgertums, wobei die obersten Schichten einen großen Einfluss auf die Gestaltung der Stadt und das kulturellen Leben hatten. Aber Wien war auch eine Metropole der Banken geworden, so dass der Boden für Spekulationen bereitet wurde. Am 9. März 1873 fielen die Börsenkurse rapide. Die Folgen waren u.a. Konkurs bzw. Liquidation von 60 Industriefirmen, 48 Banken und 8 Versicherungsgesellschaften. Die liberale Wirtschaftspolitik war in eine Krise geraten. Die einsetzende Rezession brachte selbst Wien als Stadt in Zahlungsschwierigkeiten. Die Begeisterung über die kurz vorher eröffnete Weltausstellung verflieg. Hinzu kam ein weiteres Unglück: Die Cholera brach Anfang Juli

plötzlich aus und forderte 3000 Todesopfer. Kaum hatte sich die Stadt erholt, brach das nächste Unglück herein. Am 8. Dezember kam es vor Beginn der Aufführung von *Hoffmanns Erzählungen* im Ringtheater zu einem folgenschweren Brand mit 386 Todesopfern. Die Brandschutzvorschriften wurden drastisch verschärft. Trotzdem, der (liberale) Bürgermeister Julius Newald trat schließlich wegen schwerer Vorwürfe zurück. Sein Nachfolger Eduard Uhl hielt sich bis 1889 im Amt, war aber schwer in die Defensive geraten. Längst waren die Vorboten einer neuen Zeit öffentlich in Erscheinung getreten: Die Massenparteien und die Arbeiterbewegung.^{1, 2}

Ein symbolisches Zeichen für eine Trendwende kann aber auch die Inbetriebnahme des ersten Telefonnetzes in Wien im Dezember 1881 mit bescheidenen 154 Anschlüssen gewertet werden³. Das Newton'sche Zeitalter hatte mit den Höhepunkten der Entdeckungen von Faraday (Elektrizität) und Maxwell (elektromagnetische Wellen) sowie den Gesetzen der Thermodynamik die Basis für ein Aufblühen der Industrie geschaffen und damit den o.g. gesellschaftlichen Wandel stark begünstigt.

Im folgenden Jahr 1882 kam der frisch in Heidelberg ausgebildete Chemiker Carl Auer von Welsbach nach Wien zurück.

In der nun folgenden Zeit der politischen Umwälzungen schickte sich Carl Auer von Welsbach an, in Wien seine Erfindungen in marktfähige Produkte (Gasglühlampen) umzusetzen und wurde Unternehmer mit erheblichem Kapitaleinsatz tätig (1892). Offensichtlich waren die Standortbedingungen in Wien und die Absatzchancen in dieser Metropole doch so vielversprechend, dass er das Risiko nicht scheute. Bereits 1897 wurde er auch in Kärnten unternehmerisch aktiv (Entwicklung des Auermetalls und der Osmium-OSRAM-Glühlampe). Ob dies eine Risikostreuung war oder tatsächlich die Landschaft und das Leben fern ab der Hektik einer Großstadt für ihn insbesondere als Forscher den Ausschlag gegeben hat, darüber gibt es keine persönlichen Aufzeichnungen, sondern nur Vermutungen. Auer von Welsbach war als Unternehmer außerordentlich erfolgreich, auch wenn er einen großen Teil seines Vermögens, das er zu etwa 1/3 im 1. Weltkrieg als Kriegsanleihe festgelegt hatte, verlor. Im Krieg und in den Krisen der 20er Jahre des 20. Jahrhunderts hat sich Auer von Welsbach gerade auch in seiner unmittelbaren Umgebung in Kärnten als wohlthätiger Spender und Helfer in der Not auch in Einzelfällen ausgezeichnet^{4,5}

¹ Sachsenlehner, Johannes, : „Wien. Eine Geschichte der Stadt.“ (Wien u.a. 2006), 213—234.

² Scendes, Peter: „Geschichte Wiens“ (Wien 1981), 115 – 123.

³ Sachsenlehner, Johannes, : „Wien. Eine Geschichte der Stadt.“ (Wien u.a. 2006), 234.

⁴ Schöffmann, Peter: Eine Region im Wandel der Zeit. Gemeinde Mölbling (Gemeinde Mölbling 1995), 92.

⁵ Mündliche Überlieferungen durch Sophia Ruhdorfer (geb. 1920), ehemals Köchin auf Schloss Welsbach, Niederschrift am 13.10.2007 durch den Verfasser, Archiv Auer von Welsbach Forschungsinstitut, Ordner: Sonstige Dokumente; Standort: Auer von Welsbach Museum Althofen (Kärnten).

Kaum einer konnte 1858 ahnen, dass am Ende des 19. Jahrhunderts im Geistesleben und in der Vorstellung von der Welt, in der sich der Mensch zurechtfinden musste, eine Epoche zu Ende gehen und ein neues Zeitalter im Denken über den Raum, die Zeit und die Materie anbrechen würde. Die Wissenschaftler waren auch im letzten Jahrzehnt dieses Jahrhunderts Vielerorts der Ansicht, dass das naturwissenschaftliche Weltbild, soweit es im Wesentlichen durch die Physik geprägt worden war, weitgehend abgeschlossen war und keine grundlegenden neue Erkenntnisse mehr zu erwarten waren. Das änderte sich dann aber doch fast schlagartig durch die Entdeckung der Röntgenstrahlen 1895 sowie der Radioaktivität 1896 durch Henri Becquerel und , wenn auch in der breiten Öffentlichkeit vorerst noch unbemerkt, am 14. Dezember 1900 durch den Vortrag von Max Planck zur Strahlung des „schwarzen Körpers“, mit der er zwei neue Naturkonstanten, das Plancksche Wirkungsquantum (h) und die Boltzmann-Konstante (k) eingeführt und damit das Zeitalter der Quantenphysik einläutete. Es folgte die Formulierung der speziellen Relativitätstheorie und die Erklärung des Photoeffekts durch Albert Einstein (1905). Die ersten Modellierungen des Atoms durch Ernest Rutherford und Niels Bohr (1911-1913) verdrängten dann immer mehr noch vor dem 1. Weltkrieg das klassische Newton'sche Weltbild und ersetzten es durch ein neues, das – überschauen wir die Zeitspanne für ca. weitere 50 Jahre - durch mathematisch oft anspruchsvolle Beschreibungen der Relativitätstheorie und Atom- bzw. der Quantenphysik mit der Folge abermals tiefgreifender Auswirkungen auf die Gesellschaft das Leben der Menschen weltweit beeinflusste. Beide Zeitabschnitte, bis ca. 1900 und ab 1900, sind durch Industrialisierungsphasen gekennzeichnet, die zu Umwälzungen und Entwicklungen, wie es Mitte des 19. Jahrhunderts nicht für möglich gehalten wurde, geführt haben. Im positiven Sinn sind zu verzeichnen die Steigerung des Wohlstandes breiter Bevölkerungsschichten vorwiegend in den Industriestaaten. Zur negativen Bilanz gehören die beiden Weltkriege im 20. Jahrhundert mit ihren verheerenden Folgen.

Auch Carl Auer von Welsbach, hochgebildet, als Chemiker seiner Zeit an der vorderen Front der Naturwissenschaften tätig, als Unternehmer überaus erfolgreich und über seine Unternehmen europaweit und darüber hinaus bis in die USA mit der Welt verflochten, also mit Weitblick und Erfahrungen ausgestattet, hat sich die Umwälzungen in der Gesellschaft und den Zusammenbruch der Habsburger Monarchie und des Deutschen Reiches nicht vorstellen können. Er hat die Monarchie wie kaum ein anderer in Österreich unterstützt (s. u.a. Kriegsanleihen, oben) und Kaiser Franz Josef gegenüber damit seine Verehrung zum Ausdruck gebracht. Der Kaiser hatte ihn bereits 1900 als Auszeichnung für seine Leistungen in den Freiherrnstand erhoben⁶.

⁶ Schöffmann, Peter: Eine Region im Wandel der Zeit. Gemeinde Möbling (Gemeinde Möbling 1995), 90.

Ein anderer Forscher dieser Zeit, nämlich der o.g. Physiker Max Planck in Deutschland, der ebenso wie Carl Auer von Welsbach 1858 geboren wurde, ebenso obrigkeitstreu war und sich den Zusammenbruch der (deutschen) Monarchie nicht vorstellen konnte, hatte andererseits mit seiner Quantenhypothese einen entscheidenden Einfluss auf den Wandel des klassischen Weltbildes und auf die industrielle Entwicklung bis in unserer Zeit. Seiner Weitsicht ist es zu verdanken, dass Einstein 1914 nach Berlin berufen und diese Stadt immer mehr zum Wissenschaftszentrum in den ersten beiden Jahrzehnten des 20. Jahrhunderts wurde. Deswegen soll es hier nicht unerwähnt bleiben, dass Planck auch Carl Auer von Welsbach 1913 als korrespondierendes Mitglied der Preußischen Akademie der Wissenschaften nach Berlin berufen hat ⁷.

Im Zuge dieser Entwicklung war die Strahlenphysik um 1900 ein Schwerpunkt der Forschung in Berlin geworden. Der Druck war groß, das Beleuchtungsproblem zu lösen. So war die Forschung von der Industrie gleichsam „gedrängt“ worden, die naturwissenschaftlichen Grundlagen des Lichtes bzw. der Beleuchtungstechnik zu klären ⁸. Dazu musste Grundlagenforschung betrieben werden. Auer von Welsbach war nicht in der Lage seine Erfindung des so imposant strahlenden Gasglühstrumpfes physikalisch zu erklären. Auch die Physiker verstanden die Strahlung glühender Körper nur unvollkommen. Hier setzen die ersten Vernetzungen zwischen den Forschern in Wien und Berlin ein, die sich später auch auf das Phänomen der Radioaktivität und damit auf das Gebiet der Quantenphysik ausbreiten sollten.

Fast alle naturwissenschaftlichen Erkenntnisse haben und hatten eine Vorlaufphase oder sogar parallel laufende Vorlaufphasen. Soweit es die Erkenntnis über das Wesen des Lichtes angeht, sei jetzt daran erinnert, dass unabhängig von der Frage, ob das Licht als elektromagnetische Welle oder Korpuskel aufzufassen ist, die Erzeugung von Licht, z.B. durch Erhitzen bzw. Glühen eines Körpers, also durch Energiezufuhr, modellhaft erklärt werden musste. Es ist mindestens naheliegend, dass man diese Frage nicht einfach Ausblenden konnte. Grundlegende Erklärungen dafür lieferte schon Robert Kirchhoff (1824 - 1887), der zusammen mit Robert Bunsen 1859/ 60 ^{9, 10, 11} die ersten Spektralapparate baute, an denen sich Carl Auer von Welsbach in Heidelberg (1880/82) Expertenwissen in der Spektralanalyse aneignete. Die Kirchhoff'schen Strahlungsgesetze klärten den Zusammenhang zwischen dem Emissions- und Absorptionsverhalten von Körpern bei einer bestimmten Temperatur: Jede von einem Element bzw. Körper emittierte Strahlung wird auch von diesem Element bzw. Körper absorbiert.

⁷ Ernennungsurkunde für Carl Auer von Welsbach zum korrespondierenden Mitglied der Preussischen Akademie der Wissenschaften vom 22.05.1923, Archiv Auer von Welsbach Forschungsinstitut, Ordner: Sonstige Dokumente; Standort: Auer von Welsbach Museum Althofen (Kärnten).

⁸ Kumar, Manjit: „Quanten“ (deutsche Übersetzung, Berlin 2008), 15.

⁹ Hennig, Jochen: „Der Spektralapparat Kirchhoffs und Bunsens“ (Diepholz 2003), 16.

¹⁰ Lockemann, Georg: „Robert Wilhelm Bunsen“ (Stuttgart 1948), 147-164.

¹¹ Helmholtz, Robert von: „Gustav Robert Kirchhoff“, Deutsche Rundschau 5 (1888), 239-242.

In Wien konnten die Theoretiker Stefan und sein Schüler Boltzmann Fortschritte in der Thermodynamik verzeichnen. Das Gesetz von Stefan- Boltzmann, zeigt auf, dass die gesamte von einem Körper abgestrahlte Energie proportional der vierten Potenz der Temperatur ist ¹². Der Physiker Josef Stefan wurde dort wenige Kilometer entfernt 1835 geboren, wo Auer von Welsbach später seine großen Erfolge mit dem Auermetall (s. oben) erzielte und seine Radioaktivitätsforschung betrieb, nämlich in Ebenthal in Kärnten (Gemeinde angrenzend an Klagenfurt). Er entdeckte das Gesetz auf dem experimentellen Weg. Der Physiker Ludwig Boltzmann (1844 – 1906) war der Forscher, der in Wien ausgehend von statistischen Betrachtungen über das Verhalten von punktförmigen Gebilden (statistische Mechanik), also von „Atomen“, in Abhängigkeit von der Temperatur, aber ohne die atomaren Eigenschaften dieser Gebilde festzulegen oder zu definieren, untersuchte und als Theoretiker auf dem mathematischen Wege das vorgenannte Gesetz ableitete. Es ist naheliegend, dass sich in der Bibliothek von Carl Auer von Welsbach veröffentlichte Vorlesungen des berühmten Physikers Boltzmann befinden.¹³

In Deutschland war es der Physiker Wilhelm Wien (1864 – 1924) und in England der Physiker Rayleigh (1842 – 1919; John William Strutt, 3. Baron Rayleigh), die für bestimmte Temperaturbereiche, mal für kleinere Wellenlängen, mal für größere Wellenlängen das Emissionsverhalten (Strahlungsintensität) von strahlenden Körpern in Abhängigkeit von der Temperatur einigermaßen richtig berechnen konnten. Max Planck war es dann, der durch einen völlig neuen Ansatz, aber unter Rückgriff auf die Ergebnisse der vorgenannten Physiker (von Kirchhoff bis Wien und Boltzmann) im Dezember 1900 in Berlin seine Strahlungsformel vorstellte, wobei er das berühmte Plancksche Wirkungsquantum einführte. Er ging von Oszillatoren eines Hohlraumstrahlers - eines idealisierten schwarzen Körpers - aus, der schon von Kirchhoff eingeführt worden war. In diesem Modell geben die Oszillatoren ihre (Strahlungs-) Energie in Form von Energiepaketen, den Quanten, ab bzw. nehmen die Energie in gleicher Weise auf. Es stellte sich heraus, dass die früheren Ergebnisse von Rayleigh und Wien sich als Grenzfälle der Planck´schen Strahlungsformel ableiten ließen.

Dieser kleine Exkurs in die Frühzeit der Quantenphysik ist notwendig, weil der Aufbau des Periodensystems der Elemente ohne die Quantenphysik nicht modellhaft erklärt werden kann. Sie musste aber für Auer von Welsbach auch deswegen besondere Aufmerksamkeit ausgelöst haben, da sie - spätestens als der dänische Physiker Niels Bohr (1885 - 1962) das Rutherford´sche Atommodell durch Festlegung bestimmter, ganzzahliger Quantenzahlen für die Elektronen eines bestimmten Elements weiterentwickelte - die Spektrallinien dieser Elemente im Prinzip erklärt werden

¹² Simonyi, K.: „Kulturgeschichte der Physik, Von den Anfängen bis heute“ (Frankfurt a.M. 2004) 427.

¹³ Boltzmann, Ludwig: „Vorlesungen über Gastheorie“, (Leipzig 1895 (Teil 1) u. 1898 (Teil 2)), ungebundene Ausgabe, Buchbestand: Carl Auer von Welsbach, Bibliothek des Auer von Welsbach Forschungsinstitut, Althofen.

konnten, allerdings vorerst begrenzt auf das Wasserstoffatom. Bis dahin gab es keine widerspruchsfreie Erklärung für das Auftreten dieser Linien, obwohl die experimentelle Nutzung der Spektren schon erstaunliche Erkenntnisse für den Aufbau des

Abb. 1

COMMISSION INTERNATIONALE DES ÉTALONS DE RADIUM.

CERTIFICAT.

Préparat für die Vereinigten Staaten von Amerika

Das als Chlorid dargestellte Radiumpräparat Nr. 6 entstammt St. Joachimstaler Uranpechblende und ist demnach praktisch frei von Mesothor.

Es enthält 21.50 Milligramm Salz.

Es wurde am 1/11.1913 eingeschlossen in ein Glasröhrchen (Thüringer Glas) von 0.27 mm Wandstärke, äußerem Durchmesser 3.2 mm, Länge 22 mm, (an dessen Ende ein feiner Platindraht eingeschmolzen ist.

Dasselbe wurde als **Secundärer Standard** an den Wiener Etalons und an dem internationalen Standard in Paris nach mehreren γ -Strahlungsmethoden unabhängig voneinander geeicht.

Der γ -Strahlung nach ist es im Jahre 1913 äquivalent 20.28 mg RaCl_2 . (Die jährliche Abnahme beträgt etwa 0.4 Promille.)

Unter Zugrundelegung der Atomgewichte von

226	für Radium
35.457	für Chlor
79.916	für Brom

entspricht dies

<u>15.44</u>	mg Ra-Element,
<u>20.28</u>	mg RaCl_2 ,
<u>26.36</u>	mg RaBr_2 .

Die Genauigkeit dieser Angabe wird auf 0.2 % für gesichert gehalten.

La Préparation de Chlorure de Radium contenue dans l'ampoule Nr. 6 provient de la pechblende de St. Joachimsthal. Elle est donc pratiquement exempte de Mésothorium.

Elle contient 21.50 Milligrammes de sel.

Le sel a été enfermé le 1/11.1913 dans un tube de verre (Verre de Thuringe.) Epaisseur du verre 0.27 mm; Diamètre extérieur 3.2 mm; Longueur 22 mm. Un fil de platine fin a été soudé à l'extrémité du tube.

En qualité d'**Étalon secondaire** l'ampoule a été comparée à l'Étalon de Vienne et à l'Étalon International de Paris, au moyen de méthodes de mesures basées sur le rayonnement γ . La comparaison a été faite indépendamment à Vienne et à Paris.

D'après son rayonnement γ , la Préparation équivaut en l'année 1913 à 20.28 mg. RaCl_2 . (La diminution par année est de 0.4 pour mille.)

En adoptant les poids atomiques suivants:

Radium . . .	226
Chlore . . .	35.457
Brome . . .	79.916

on déduit la teneur correspondante en Radium élément et en Bromure de Radium:

Ra	<u>15.44</u> mg,
RaCl_2	<u>20.28</u> mg,
RaBr_2	<u>26.36</u> mg.

La précision de ces résultats est considérée comme assurée à une approximation de 0.2 %.

Specimen No. 6 of Radium is prepared as chloride from pitchblende of St. Joachimsthal and is consequently practically free from Mesothorium.

It contains 21.50 Milligrammes of salt.

It was enclosed the 1/11.1913 in a glass tube (Thuringian glass) of 0.27 mm thickness, exterior diameter 3.2 mm, length 22 mm, a thin platinum wire being fused into the end of the tube.

It is calibrated as **Secondary Standard** by comparison with the Vienna-Standard and with the International Standard at Paris, several independent γ -ray methods being used.

Measured by the γ -radiation, it is in the year 1913 equivalent to 20.28 mg. RaCl_2 . (The yearly decay is about 0.4 per mille.)

Taking the atomic weights

226	for Radium
35.457	for Chlorine
79.916	for Bromine

this corresponds to

<u>15.44</u>	mg Ra-element,
<u>20.28</u>	mg RaCl_2 ,
<u>26.36</u>	mg RaBr_2 .

These statements are considered correct to 0.2 %.

Für die Wiener Messung

Stefan Meyer

Pour les mesures faites à Paris

M. Curie m.p.

The President of the Commission

E. Rutherford

Periodensystems der Elemente hervorgebracht hatte und zum Aufspüren von Elementen in Stoffgemischen die Spektralanalyse sich schon bestens bewährt hatte.

Dazu hatte Carl Auer von Welsbach mit der Entdeckung von 4 Elementen der Seltenen Erden schon bis 1895 seinen Beitrag geleistet.

Das erste Jahrzehnt des 20. Jhd. hat aber auch weitere Entwicklung zu verzeichnen. Dafür war Österreich prädestiniert, weil es die erforderliche Rohstoffquelle, nämlich Uranoxid (U_3O_8 : Pechblende) in St. Joachimsthal besaß. Die Abfallprodukte bei der Pechblendeproduktion dienten schon Madame Curie bei der Entdeckung des Radiums und Poloniums und nun traten beherzt einige Persönlichkeiten wie der Mäzen Kar Kuppelwieser (1841-1925), die Physiker Franz Serafin Exner (1849-1926) und Stefan Meyer (1872-1949) auf um das seinerzeit weltweit erste und modernste Radiuminstitut aus dem Boden zu stampfen, das dann 1910 seinen Forschungsbetrieb aufnahm¹⁴. Der Beitrag des Carl Auer von Welsbach bestand u.a. darin, über die von ihm mitbegründete Auergesellschaft (Österreichische Gasglüh- und Elektrizitätsgesellschaft) die ersten in Österreich hergestellten Radiumpräparate dem Institut zu liefern. Der Weltruf dieser Einrichtung lässt sich auch daran messen, dass das Institut ein Etalon des Radiumstandards aufbewahrte und Radium-Standardpräparate für andere Staaten herstellte (s. Abb.1). Derer Leiter dieser Forschungseinrichtung, Stefan Meyer, war zusammen mit Madame Marie Curie und Ernest Rutherford Mitglied der internationalen Radiumkommission. Gleichzeitig war er über mehr als 2 1/2 Jahrzehnte einer der engsten Korrespondenzpartner von Auer von Welsbach.

Mit der Entdeckung der Radioaktivität begann auch das Forschungsgebiet der Kernphysik. Die Untersuchung der verschiedenen Strahlenarten (α , β , γ - Strahlen) und deren Eigenschaften, zuletzt der Streuversuch von Rutherford (1871-1937) im Jahr 1911 (Beschuss einer dünnen Aluminium-Folie mit alpha-Strahlen) führte dann recht schnell zum Rutherford'schen Atommodell. Der Durchmesser eines positiven Atomkerns lag in der Größenordnung von 10^{-12} cm. Im großen Abstand „umkreisen“, damals nach der klassischen Elektrodynamik völlig unvollständig, Elektronen diesen Kern. Diese Elektronenhülle hat einen Durchmesser von ca. 10^{-8} cm. Wie unten weiter ausführlicher dargelegt hat der Physiker Niels Bohr (1885-1962) mit einem quantentheoretischen Ansatz in Diskussion mit Rutherford an der Universität in Cambridge, wo er seit 1911 bis 1916 tätig war¹⁵, das Rutherford-Bohr'sche Atommodell in den ersten Ansätzen entwickelt. In den folgenden Jahren wurden dann die radioaktiven Zerfallsreihen schrittweise entdeckt. Es kristallisierte sich heraus, dass diese Zerfallsreihen ausgehend vom Uran-238 (Uran-Radium-Zerfallsreihe) und vom Thorium-232 (Thoriumzerfallsreihe) natürliche, d.h. in der Erdgeschichte über Milliarden von Jahren ablaufende Prozesse waren. Ihre genaue Analyse, nicht zuletzt die Bestimmung der Halbwertszeiten der Zerfallsprodukte mit den aus heutiger Sicht einfachsten Instrumenten (Spinthariskop, Elektroskop, später Geiger-Müller-Zählrohr) kann nur Bewunderung auslösen. Diese Halbwertszeiten

¹⁴ http://www.oeaw.ac.at/home/thema/thema_201006_2.html (Stand 07.06.2010)

¹⁵ <http://www.dhm.de/lemo/html/biografien/BohrNiels/index.html> (Stand 23.01.2010)

schwanken zwischen mehreren Milliarden Jahren und dem millionsten Anteil einer Sekunde.

Während der Lebenszeit des Carl Auer von Welsbach waren die natürlichen Zerfallsreihen aber keineswegs vollständig analysiert. Hier sei nur erwähnt, dass die Existenz einer eigenständigen Uran- Actinium- Zerfallsreihe erst 1935 erkannt wurde als das Uran- Isotop Uran²³⁵ von Arthur Dempster (1886-1950) mittels der Massenspektroskopie entdeckt wurde. Bis dahin spekulierten die Physiker und Chemiker auf einen „Seitenarm“ in der Uran- Radium- Zerfallsreihe. Einige Zerfallsprodukte (und Isotope) in den Zerfallsreihen sind erst Ende der 40ziger und Anfang der 50ziger Jahre entdeckt worden.

Über die Ursache und den Mechanismus, der zum Zerfall einiger Atomkerne führte, herrschte bis zum Lebensende des Carl Auer von Welsbach weitgehende Unklarheit. Die Verschiebungsregeln von Rutherford und dem englischen Chemiker Frederik Soddy beim α - bzw. β - Zerfall, die aus Experimenten abgeleitet worden waren, beschleunigten zwar die Einordnung der beim Zerfall entstehenden Elemente in das Periodensystem der Elemente und waren so für weitere Aufklärung eine wertvolle Hilfe, aber sie konnten über die Kräfte, die den Zerfall auslösen, keine Auskunft geben.

Eine 1913 und vom englischen Physiker H.G.J. Mosely empirisch gefundener linearer Zusammenhang zwischen der Röntgenfrequenz eines Elements und der Ordnungszahl (Kernladungszahl), also der Stellung des Elements im Periodensystem war für die Radioaktivitätsforschung und Atomphysik gerade in den Anfängen besonders wertvoll, da er die Existenz von Elementen und das Auffinden bisher nicht identifizierter Elementen erleichterte.

Wie groß die Unsicherheit über die Vorgänge im Atomkern selbst waren, der ja eine Ansammlung von Protonen (im Rutherford'schen Modell) sein sollte, ergibt sich aus einem Standardwerk aus dem Jahr 1927 zur Radioaktivität¹⁶ der Physiker Stefan Meyer (1872-1949) und Egon Schweidler (1873-1948), beide führende Mitarbeiter im Institut für Radiumforschung in Wien, das eine weite Verbreitung gefunden hatte. Dort heißt es:

„Die Kräfte, welche die Bestandteile eines Kerns zusammenhalten, sind dem Grundgedanken der modernen Atomphysik entsprechend als elektrische aufzufassen; ob aber im Kern selbst und in seiner unmittelbaren Umgebung noch das einfache Coulombsche Gesetz gilt, ist zweifelhaft. Auch ist es naheliegend, die Vorstellungen der Quantentheorie auf die Berechnung der Kernbestandteile anzuwenden.“

¹⁶Meyer, Stefan, Schweidler, Egon R. von:“ Radioaktivität“ (Leipzig, Berlin 1927),30.

Es war eine richtige Vermutung., dass für das Verständnis der Kernkräfte die Quantentheorie und ihre Weiterentwicklung eine wichtige Rolle spielen sollte. Bis zur Aufklärung vergingen aber abermals 20 bis 30 Jahre.

Die Weiterentwicklung der Quantenphysik bis zum Lebensende des Carl Auer von Welsbach lief fast parallel mit den weiteren Erkenntnissen zur Radioaktivität bzw. mit dem Zerfall einiger Elemente. Beide Forschungsrichtungen verschmolzen miteinander, wobei erinnert werden soll, dass es der österreichische Physiker Arthur Haas (1884-1941) war, der 1910 die Quantisierung auf die Elektronen eines Atoms (nach dem Thomson'schen Atommodell des Wasserstoffatoms, wonach sich die Elektronen auf der Oberfläche einer positiven Kugel bewegte) anwendete¹⁷, aber in Wien nicht ernst genommen wurde und dann Niels Bohr unabhängig davon diesen Gedanken ein bis zwei Jahre später aufgriff und dann konsequent beim Rutherford'schen Atommodell verfolgte.

Der Hinweis auf die Quantenphysik ist aber auch deswegen aus österreichischer Sicht interessant, weil der Ruhm, den Max Planck sich mit seiner neuen Theorie erworben hatte, dazu beitrug, dass sich die österreichische Physikerin Lise Meitner (1878 – 1968), die ihre ersten Arbeiten zur Radioaktivität im Institut für Radiumforschung in Wien unter der Leitung des Physikers Stefan Meyer angefertigt hatte, 1907 nach Berlin ging, um ihre theoretischen Kenntnisse in Physik bei Max Planck zu erweitern. Sie wurde schließlich von Max Planck an den Physiker Heinrich Rubens (1865 - 1922), zu der Zeit Professor für Experimentalphysik an der Berliner Universität „weitergereicht“. Dieser führte Lise Meitner mit Otto Hahn zusammen¹⁸. So begann zwischen beiden Forschern eine überaus erfolgreiche Zusammenarbeit bis 1938. Lise Meitner hielt engen Kontakt mit ihrer Heimat und mit dem Radiuminstitut in Wien, speziell mit Stefan Meyer. Durch diesen Kontakt war sie auch über die Tätigkeit von Carl Auer von Welsbach in Kärnten informiert.¹⁹

Der Physiker Rubens war mit Max Planck eng befreundet und einer der Experimentalphysiker an seiner Seite. Er testete im Dezember 1900 unmittelbar die Strahlungsformel von Planck und bestätigte sie. Rubens ist der Fachwelt bekannt durch die von ihm entwickelte Reststrahlmethode²⁰, mit der Infrarotstrahlen relativ genauer Wellenlänge aus dem Lichtspektrum einer Quelle herausgefiltert werden

¹⁷ Haas, Arthur: „Über die elektromagnetische Bedeutung des Planckschen Strahlungsgesetzes und über eine neue Bestimmung des elektrischen Elementarquantums und der Dimensionen des Wasserstoffatoms“, in: Sitzungsberichte d. Akademie d. Wissenschaften in Wien. Mathem.-naturw. Kl. Abt. 2a, Bd. 119, (1910),119-144.

¹⁸ Lemmerich, Jost, Otto Hahn zum 125. Geburtstag, Festvortrag, Hahn- Meitner- Institut (Berlin), 2004

Ebd. : http://hmi.de/hmi/biographie_otto_hahn_125.pdf (Datum: 09.04.2009))

¹⁹ Ernst, Sabine, Lise Meitner an Otto Hahn, Briefe aus den Jahren 1921 bis 1924,(1992),62,68,144 – 145.

²⁰ Hoffmann, Dieter; Lemmerich, Jost: „100 Jahre Quantentheorie. Die Vor- und Frühgeschichte“ (Berlin 2000) 25.

kann, was damals für die Experimente der „Strahlungsphysiker“ eine hilfreiche Technik war. Er wies auch nach, dass das Strahlungsgesetz von Wien für große Wellenlängen des Lichts im Infraroten nicht mit den Beobachtungen übereinstimmte.²¹ Rubens ist nach dem jetzigen Kenntnisstand und der veröffentlichten Literatur auch der einzige Physiker, der sich intensiv mit dem von Auer von Welsbach konstruierten Gasglühlicht beschäftigt hat und durch Variation der Cer- Anteils versuchte, das Fluid (Flüssigkeit zum Imprägnieren) für den Glühstrumpf zu optimieren²².

Planck und Auer von Welsbach waren also Zeitgenossen. Beide mussten sich in ihrer wissenschaftlichen Laufbahn von „lieb gewordenen“ Vorstellungen verabschieden. Beide haben sich dabei manchmal schwer getan. Beide waren religiös geprägt und die Grundsatzfrage „Würfelt Gott?“, die durch die Quantentheorie aufgeworfen wurde, muss beiden Forschern schlaflose Nächte bereitet haben.

Aber dabei blieb es nicht. Für Auer von Welsbach, der es gelernt hatte mittels der Spektralanalyse Elemente zu analysieren und ihren Platz im Periodensystem der Elemente zu bestimmen, war die Aufgabe des klassischen Elementbegriffes durch die Entdeckung der Isotopie (vorhergesagt durch Frederic Soddy 1909, nachgewiesen mittels eines ersten Massenspektrometers durch Sir Joseph Thomson ca. 1912²³) die Konfrontation mit einem völlig neuen Weltbild. Das Rutherford'sche Atommodell hatte 1911 schon einen Erkenntnissprung über den Aufbau eines Elements gebracht²⁴. Der Elementbegriff wurde aber noch nicht angetastet. Aber ein bis zwei Jahre später waren die chemischen Eigenschaften nicht mehr eindeutig an die atomar bzw. molekulare Struktur der Materie gekoppelt. Gleiche chemische Eigenschaften waren unterschiedlichen Atomgewichten zuzuordnen. Für einen Chemiker des 19. Jhd. war das ein Umsturz seines Weltbildes. Aber es war gerade diese Entwicklung der Quantenphysik, die dann durch die Physiker Niels Bohr (Dänemark), Arnold Sommerfeld (Deutschland), Werner Heisenberg (Deutschland), Erwin Schrödinger (Österreich), Wolfgang Pauli (Österreich) und Paul Dirac (England) – um einige wichtige Forscher zu nennen - vorangetrieben wurde und die das ursprünglich so genial von Chemikern angedachte Periodensystem der Elemente (durch D.I. Medelejew und J. L. Mayer, 1869) zu einem (nach der Quanten- und Relativitätstheorie) logisch nachvollziehbaren Aufbauprinzip unserer materiell fassbaren Welt machte.

Arnold Sommerfeld führte die Nebenquantenzahlen als eine neben der Hauptquantenzahl charakteristische Größe ein, die die elliptischen Bahnen der Elektronen (im Sommerfeld-Bohr'schen-Atommodell) um den Atomkern erlaubten. Dabei konnten die Elektronen Geschwindigkeiten (in Perihelnnähe) annehmen, die die Berücksichtigung der Relativitätstheorie erforderlich machte und den Elektronen

²¹ <http://users.physik.tu-muenchen.de/kressier/Bios/Rubens.html> (Datum: 07.04.2009)

²² Rubens, Heinrich, Über das Emissionsvermögen des Auerbrenners bei verschiedenen Cergehalt, Annalen der Physik 323,(1905),725-738.

²³ Microsoft Encarta 2008, Enzyklopädie

²⁴ Microsoft Encarta 2008, Enzyklopädie

konnte ein unterschiedliches magnetisches Bahnmoment (bzw. magnetische Quantenzahl) zugeordnet werden. Das war (1915/16) für die Quantentheorie ein ungemeiner Fortschritt, konnte doch der (einfache) Stark- und Zeeman- Effekt für das Wasserstoffatom erklärt werden. (Aufspaltung der Spektrallinien im elektrischen und magnetischen Feld) ²⁵. Sommerfelds Publikation „Atombau und Spektrallinien“ wurde wenige Jahre später zur „Bibel der Atomphysik“²⁶.

Die „Hochstimmung“ unter den Physikern wich aber bald einer Ernüchterung. Die Mehrelektronensysteme, mit denen man es mit den übrigen Elementen im Periodensystem zu tun hatte, konnten in manchen Details nicht widerspruchsfrei erklärt werden. Auch die Hyperfeinstrukturen der Spektrallinien in elektrischen und magnetischen Feldern selbst beim Wasserstoff waren nicht verständlich. Weitere Gebiete, wie z.B. die Molekülphysik und die chemischen Bindungen waren ein Rätsel. Aber die Gruppe um Arnold Sommerfeld am Institut für Theoretische Physik in München, junge Physiker und spätere Nobelpreisträger wie W. Heisenberg, W. Pauli, H. Bethe und P. Debye waren ungezwungen und mutig genug, neue Wege zu beschreiten. Die Quantenmechanik im eigentlichen Sinn als Fortführung und Anwendung der Quantentheorie zur Erklärung nur der messbaren physikalischen Größen – das ist der Ansatz von Heisenberg mit der von ihm angewandten mathematischen Methode, der sogenannten „Matritzenmechanik“, also der Interpretation der Frequenzen und der Intensitäten der Spektrallinien. Dabei wurde klar, dass im atomaren Bereich das Produkt von Impuls- und Ortskoordinaten im Unterschied zur klassischen Mechanik nicht kommutative Größen sind ²⁷. Vereinfacht gesagt war der Erkenntnisstand folgender: Die Quantenmechanik gilt dort wo das Plancksche Wirkungsquantum größer Null ist. Die klassische Mechanik gilt dort wo dieses Wirkungsquantum gleich Null ist, d.h. keine Rolle spielt. - Diese Auffassung, die nicht nur in München, sondern auch in Göttingen, Kopenhagen und Berlin durch regen Austausch von Meinungen und Wissenschaftlern entwickelt wurde, war dann auch die Mehrheitsmeinung der Wissenschaftler 1927 auf der Solvay- Konferenz in Brüssel (s. unten). Die auch noch heute überzeugendsten experimentellen Ergebnisse zur Gültigkeit der Quantenmechanik im atomaren Bereich sind neben den Spektren der Atome im sichtbaren und im Röntgen- Bereich der Frank- Hertz- Versuch (1911) ²⁸ und der Stern- Gerlach- Versuch (1921).²⁹

Am Lebensende des Carl Auer von Welsbach (1929) hatte sich die Quantenphysik im Grundsatz als eine Modellvorstellung durchgesetzt. Auch die Chemiker hatten die parallel entwickelte Messtechnik (Röntgenspektralanalyse und Mas-

²⁵ Hoffmann, Dieter; Lemmerich, Jost: „100 Jahre Quantentheorie. Die Vor- und Frühgeschichte“ (Berlin 2000), 115.

²⁶ Sommerfeld, Arnold: „Atombau und Spektrallinien“ (Braunschweig 1919)

²⁷ Hoffmann, Dieter; Lemmerich, Jost: „100 Jahre Quantentheorie. Die Vor- und Frühgeschichte“ (Berlin 2000), 93, 110- 115.

²⁸ Ebd. 81-83.

²⁹ Ebd. 98-103.

senspektrometrie) eingesetzt und die beiden Naturwissenschaften Chemie und Physik waren näher zusammengedrückt, wobei sie sich, nicht zuletzt auch bei der Atomgewichtsbestimmung, gegenseitig befruchtet haben, um eine möglichst genaue Präzision der Ergebnisse zu erreichen. Auer von Welsbach war nicht im Besitz dieser neuen Techniken nicht und schickte deswegen seine Präparate ab ca. 1918 zwecks weiterer Untersuchung zu den Instituten in Wien, Kopenhagen, Cambridge und Lund. Dabei war er aber nicht Bittsteller, sondern Kooperationspartner. In den meisten Fällen wurden seine Präparate wegen ihrer Reinheit angefordert. Die klassischen Methoden der Analysen und Atomgewichtsbestimmungen, die bis dahin weitgehend durch Chemiker erfolgten, blieben aber in der Übergangsphase unersetzlich. Deswegen sei hier auch auf den österreichischen Chemiker Otto Hönigschmid (1878-1945) verwiesen, der wie andere Wissenschaftler mit Auer von Welsbach im Kontakt stand und u.a. seine Präparate der Seltenen Erden zur Atomgewichtsbestimmung nutzte.

Nach 1929 machte sich der Einfluss der Relativitätstheorie (Einstein) auf die Quantenphysik immer stärker bemerkbar und führte dann zur Quantenfeldtheorie³⁰, mit der das Atom- und Kernmodell von Rutherford und Bohr unter Einbeziehung neuer experimenteller Entdeckungen (Positron, Neutron, Neutrino, Höhenstrahlung, Elementarteilchen) und der Wechselwirkung verschiedener Kräfte (neben der elektromagnetischen, die starke und schwache Wechselwirkung) weiterentwickelt wurde. Schwerpunkt der Forschung wurde die Kern- und Teilchenphysik und damit die Quantenphysik als „Kern“ der Naturwissenschaften überhaupt³¹.

Das Schaffen und Wirken des Carl Auer von Welsbach – auch seine Forschungen im Bereich der Radioaktivität – folgten weitgehend der damaligen Auffassung über die einzuschlagende Richtung, allerdings nicht als Theoretiker, sondern als Praktiker unter Einsatz chemischer und chemisch-physikalischer bis hin zu rein physikalischen Arbeitsmethoden. In seiner Lebenszeit fanden 5 Solvay-Konferenzen statt. Auf Initiative des deutschen Physikochemikers Walter Nernst (1864 – 1941) organisierte der Unternehmer und Chemiker Ernest Solvay (1838 – 1922) aus Belgien zuerst 1911 ein Treffen verschiedener Wissenschaftler von Madame Curie bis Ernest Rutherford, von Max Planck bis Albert Einstein. Weiter nahmen an diesen Treffen auch Werner Heisenberg, Niels Bohr sowie auch österreichische Wissenschaftler teil (1911: Der Physiker Friedrich Hasenöhrle als Nachfolger von Ludwig Boltzmann, 1927: Der Physiker Wolfgang Pauli, 1937: Der Physiker Erwin Schrödinger). Sie konferierten und berieten über die Schwerpunkte notwendiger Forschung in den jeweils nächsten Jahren. Folgende Aktivitäten wurden vereinbart:

³⁰ Microsoft Encarta Enzyklopädie 2008

³¹ Weizsäcker von, Carl Friedrich: „Die Philosophie eines Physikers“, Vortrag an der Universität Bamberg am 22.06.1992., Cd-Produktion des Südwestfunks (München 2009)

1911 *Theorie der Strahlung*, 1913 *Die Struktur der Materie*, 1921 *Atome und Elektronen*, 1924 *Elektrische Leitfähigkeit der Metalle*, 1927 *Elektronen und Photonen* ³².

Die 5. Konferenz 1927 – deutsche und österreichische Physiker waren nach dem 1. Weltkrieg wieder eingeladen - stellte einen Höhepunkt der Entwicklung der Quantentheorie und Quantenmechanik zur Lebenszeit des Auer von Welsbach dar. Die Konferenzteilnehmer entschieden sich nach heftigen Diskussionen mehrheitlich für die sogenannte „Kopenhagener Deutung der Quantenmechanik“ (von Niels Bohr, Heisenberg u.a.)^{33, 34} Damit wurde die Komplementarität des Lichtes als elektromagnetische Welle oder als Korpuskel festgeschrieben, je nach der experimentellen Methode, mit der ein Beobachter ein Messergebnis feststellte. Die Unschärferelation von Heisenberg und die Wahrscheinlichkeitsinterpretation der Wellenfunktion (Quadrat der Amplitude) von Schrödinger waren nach 1920 entwickelte Eckpfeiler dieser Auffassung. Weiterhin wurde dem Kausalitätsprinzip - eine Auffassung mit weitreichender philosophischer Bedeutung - nur im statischen Sinn Gültigkeit zugesprochen. Der Bohr'sche „Fingerabdruck“ dieser Deutung ist das Korrespondenzprinzip, das besagt, dass für sehr große Quantenzahlen wieder die Gesetze der Makrophysik gelten.

Wir können nachweisen, dass Carl Auer von Welsbach den „Quantenphysikern“ gedient hat, mit dem Ziel ihre Theorien experimentell zu beweisen. Auch die röntgenspektralanalytische Untersuchungen seiner Präparate in Wien, die er durch Unterstützung der dort notwendigen apparativen Ausrüstung veranlasste, zeigt, dass ihm die Möglichkeiten, mit dieser Technik Weiteres über die Struktur der Atomhülle eines Elements, insbesondere über die inneren „Elektronenbahnen“ zu erfahren, bekannt waren und er auf die Aussagekraft dieser Experimente, die ganz wesentlich auf Bestätigung der Quantenmechanik ausgerichtet waren, vertraute. In besonderer Weise hat ihn der Besuch des Physikers und Chemikers George de Hevesy (1885-1966, Nobelpreis für Chemie 1943), enger Vertrauter und großer Verehrer von Niels Bohr, im Jahr 1923 in seinem Wohnsitz und Labor in Kärnten motiviert, seine Fähigkeiten als Chemiker der quantenphysikalischen Forschungsrichtung zu Verfügung zu stellen. Wir haben allerdings keine eindeutigen Belege dafür, wieweit sich Carl Auer von Welsbach letztendlich den o.g. Folgerungen aus der Quantentheorie und Quantenmechanik, die ja das Fundament für ein neues Weltbild wurden, ganz persönlich aus Überzeugung angeschlossen hat oder ob er wie z.B. Albert Einstein dann doch dieser Entwicklung mit aller Konsequenzen zum Schluss gegen Ende seines Lebens nicht mehr ganz folgen wollte.

³² Simonyi, K.: „Kulturgeschichte der Physik, Von den Anfängen bis heute“ (Frankfurt a.M. 2004), 426, 454, 470, 2004.

³³ Kumar, Manjit: „Quanten. Einstein, Bohr und die große Debatte über das Wesende der Wirklichkeit“ (deutsche Übersetzung, Berlin 2008), 310-335.

³⁴ Hoffmann, Dieter; Lemmerich, Jost: „100 Jahre Quantentheorie. Die Vor- und Frühgeschichte“ (Berlin 2000), 115.

Carl Auer von Welsbach erlebte seinen 70. Geburtstag trotz seiner extremen Schwerhörigkeit in guter Gesundheit und wurde bei diesem Anlass mit vielen Ehrungen im Rahmen einer großen Veranstaltung auf Schloss Welsbach ausgezeichnet. Zum Gratulationschor gehörten natürlich auch die Vertreter der umliegenden Gemeinden. Zu ihnen und zur Politik muss er immer ein distanzierendes Verhältnis gehabt haben. In den für sein Anwesen zuständigen Gremien ließ er sich vertreten. Im Jahr der ausbrechenden Weltwirtschaftskrise 1929 verstarb er am 4. August. Er wurde auf dem Hietzinger Friedhof in Wien beerdigt.³⁵

Gerd Löffler
09.06.2010

³⁵ Schöffmann, Peter: Eine Region im Wandel der Zeit. Gemeinde Möbling (1995 Gemeinde Möbling), S.93.