

Achards Legierungskunde: Eine verpasste Chance

Dr. rer. nat. Wolfgang Hübner, Königsweg 58, 14163 Berlin,
<wfh.huebner@googlemail.com>

Franz Carl Achard gehört zu den prominentesten Chemikern des ausgehenden 18. Jahrhunderts. Er gehörte z.B. zu den fünf aktivsten Autoren der „Chemischen Annalen“ von Lorenz Crell.¹ 1875 bewertete die *Allgemeine Deutsche Biographie* Achards Arbeiten so:

Er behandelte höchst verschiedenartige Gegenstände, Elektricität, Verdunstungskälte, Adhäsion, Meteorologie, aber auch die Natur der fixen Luft, des Sauerstoffs, die Eigenschaften von Legierungen, die Zusammensetzung der Edelsteine usw. Die Bedeutung dieser Arbeiten steht hinter den praktischen Leistungen Achards zurück.²

Denn Achard sei „... berühmt als Begründer der fabrikmäßigen Gewinnung von Zucker aus Runkelrüben“, die wichtigste seiner „praktischen Leistungen“.³ Über 100 Jahre später wird im *Lexikon bedeutender Chemiker* im Wesentlichen das-selbe ausgesagt,⁴ und auch das *ABC Geschichte der Chemie* von 1989 hat keinen anderen Tenor,⁵ obwohl in der Zwischenzeit einige Autoren darauf aufmerksam gemacht hatten, dass Achard mit seinem Buch *Recherches sur les propriétés des alliages métalliques* Herausragendes auf metallurgischem bzw. metallkundlichem Gebiet geleistet hatte.⁶ Erst 1963 entdeckte Cyril Stanley Smith diese Arbeit wieder und kommentierte diese „monumental studies“ in seiner kleinen Schrift *Four outstanding researches in metallurgical history*.⁷ In Deutschland besprach Schaaber das Buch 1978 und bemerkte, dass „... es sicherlich wert [sei], es der Vergessenheit, der es aus unbekannten Gründen anheimgefallen ist, zu entreißen“.⁸ Die Veröffentlichungen über Achards metallurgisches Werk, neben der Schrift von Schaaber schließt dies auch Beiträge von Thomas, Löhberg und Hübner ein,⁹ blieben selbst in der 2002 erschienenen umfangreichen Achard-Biographie von Hans-Heinrich Müller unbeachtet. Dort liest man zu den *Recherches* lediglich:

Historiker der Naturwissenschaften, historisch interessierte Mineralogen, Kenner der Materie wären am ehesten berufen, die Arbeiten Achards auf dem

Gebiet der Mineralogie zu bewerten und historisch einzuordnen, ihren Stellenwert in der Geschichte der Mineralogie auszuweisen.¹⁰

Leider ordnet Müller die Legierungsexperimente also nicht einmal der Metallurgie-Geschichte, sondern der Mineralogie zu und vermutet, dass sie Vorarbeiten für Klaproths *Beiträge zur chemischen Kenntnis der Mineralkörper* gewesen sein könnten.¹¹

Achards Untersuchungen über die Eigenschaften metallischer Legierungen

Achards Buch *Recherches sur les propriétés des alliages métalliques* (Untersuchungen über die Eigenschaften metallischer Legierungen) erschien 1788 in Berlin, gedruckt in der Hofbuchdruckerei von Georg Decker. Die Arbeiten dazu waren schon einige Jahre alt. Am 8. März 1786 hatte Achard den Antrag gestellt, seine Ergebnisse nicht in den *Mémoires* der Akademie, sondern wegen des gewaltigen Umfangs getrennt drucken zu dürfen. König Friedrich II. lehnte aber ab mit dem Hinweis, der Verkauf eines Buches würde die Kosten allemal erstatten,¹² wohl der letzte Kontakt Achards mit dem König.

Achard war bereits in seiner Lehrzeit im Labor von Andreas Sigismund Marggraf mit Untersuchungen an Metallen und Legierungen vertraut gemacht worden. Er wusste, „daß es unmöglich ist, aus den Eigenschaften der reinen Metalle jene der Legierungen ... zu beurteilen“.¹³ Inzwischen erforderte jedoch der Entwicklungsstand von Handwerk und Gewerbe, metallische Werkstoffe für breitere Anwendungen zu erschließen, was offensichtlich Achards Anliegen war. Der Umfang des Legierungsprojekts war immens. Mit Kupfer, Eisen, Blei, Zinn, Zink, Wismut und Antimon sowie Arsen stellte Achard sowohl Zweistoff- als auch Mehrstoff-Legierungen her, insgesamt 840 Legierungen. Ergänzt wurde dieses gewaltige Programm durch 56 Legierungen aus den teureren Metallen Platin, Kobalt und Silber. Schließlich dienten Untersuchungen an den reinen Metallen als Basis zur Charakterisierung der Legierungs-Eigenschaften.

Für die Darstellung seiner Ergebnisse wählte Achard eine ungewöhnliche Form: Das Buch ist eine riesige Tabelle von 313 Seiten. Die Wiedergabe der Seiten 2 und 3 des Buches vermittelt davon einen Eindruck (Abb. 1). Auf lediglich 16 Seiten erläutert der Autor sein Anliegen und die Wahl der Werkstoffe. Auch die Herstellung der Legierungen, der Werkstoffproben sowie die Versuchsdurchführung werden in wenigen Zeilen abgehandelt. Auf Schlussfolgerungen verzichtet er ganz, denn „der Vergleich der Experimente [...] liefert eine große Zahl inter-

ressanter und sehenswerter Beobachtungen, die jeder Chemiker daraus [aus den Tabellen] entnehmen kann“.¹⁴

In den Tabellen des Buches sind die Legierungen durchnumeriert, Spalte 1 der Ansicht der Seiten 2 und 3 der *Recherches* gibt die laufende Nummer an. In den Spalten 2 bis 9 sind die Zusammensetzungen der Proben angegeben, die Ergebnisse der Material-Untersuchungen folgen in den Spalten 10 bis 22:

Spalte 10: Gleichmäßigkeit der Legierungsbildung, Durchmischung der Komponenten bzw. Seigerungen

Spalte 11: Gestalt von Bruchflächen, getrennt nach oberem bzw. unterem Teil der Probe

Spalte 12: Feil-Versuche, Prüfung auf Möglichkeit spanender Bearbeitung

Spalte 13: Dichtebestimmungen in Wasser (oberer und unterer Teil der Probe)

Spalte 14: Härtemessungen

Spalte 15: Zahl der Fallstöße bis zum Anriß (Zähigkeit)

Abb. 1: Achard Recherches S 2-3

Spalte 16: Zähigkeit (ermittelt aus Spalten 14 und 15)

Spalte 17: Trennfestigkeit bei Belastung auf Zug und Biegung

Spalte 18: Polierbarkeit

Die letzten vier Spalten beschreiben Korrosionsversuche an polierten Scheiben, und zwar:

Spalte 19: Korrosion an trockener Luft

Spalte 20: Korrosion an feuchter Luft

Spalte 21: Korrosion in Salzsäure-Dämpfen

Spalte 22: Korrosion in Schwefelwasserstoff-Atmosphäre

Diese Vielfalt der Experimente war nur möglich, wenn geeignete Proben dafür zur Verfügung standen. Den Grundstock bildeten zylindrische Gussproben, aus denen Achard Scheiben entnahm, um die Eignung für eine Politur und das Korrosionsverhalten zu untersuchen. Für die Härte-, Dehnungs- und Zähigkeitsuntersuchungen ließ er Kugeln aus den Legierungen herstellen. Die dünnen Proben für die Zug- und Biegeversuche mussten in feinen Sandformen gegossen werden, da sich zeigte, dass viele Legierungen sich nicht spanend formen ließen.

Mehrere dieser Experimente sind bereits detailliert beschrieben worden.¹⁵ Hier sollen kurz die Härtemessungen an den Zweistofflegierungen im System Kupfer-Antimon (Cu-Sb) beschrieben werden, um einen Eindruck von der Arbeitsweise und auch von der Bedeutung der Arbeit Achards zu vermitteln. Diese Ergebnisse konnte ich mit Experimenten vergleichen, die ich während meines Studiums an der Bergakademie Freiberg durchgeführt hatte.¹⁶

Die für die Härtemessung angefertigten Kugeln positionierte Achard auf einer Stahlplatte und ließ einen Hammer aus unterschiedlicher Höhe darauf fallen. Als Härte-Kriterium wählte er die Abplattung der Kugel. Achard notierte die Zahl der Hammerschläge und die Durchmesser der dadurch erzielten Abplattung (gemessen in Skalenteilen; 1 Skalenteil entsprach 1/200 Zoll, umgerechnet 0,1308 mm).¹⁷ Bei der Mehrzahl der Cu-Sb-Mischungen konnte Achard keine Härtemessung vornehmen, also keine Werte angeben. Spalte 14 ist daher leer für Legierungen der Cu-Sb-Zusammensetzungen 1:1, 1:2, 2:1, 1:3, 1:4 und 1:10. Eine Erklärung dafür gibt die nächste Spalte, in der die Zähigkeit beschrieben wird (wörtlich: „Bestimmung der Schläge, die die Legierung ertragen kann ohne zu zerbrechen“). Dort liest man: „Der 1. Schlag zerteilt die Kugel in kleine Stü-

cke“. Nur drei kupferreiche Legierungen zeigten duktiles Verhalten, das wie folgt dargestellt ist:

<u>Leg.-Nr. 42</u>		
<u>Cu</u>	<u>Sb</u>	<u>Härte</u>
3	1	2 - - 7
		2 - - 10
		3 - - 13
		4 - - 16
		5 - - 18

<u>Leg.-Nr. 44</u>		
<u>Cu</u>	<u>Sb</u>	<u>Härte</u>
4	4	2 - - 7
		2 - - 11
		3 - - 14
		4 - - 17
		5 - - 21
		6 dix coups 22

<u>Leg.-Nr. 45</u>		
<u>Cu</u>	<u>Sb</u>	<u>Härte</u>
10	1	2 - - 9
		2 - - 13
		3 - - 17
		4 - - 19
		5 - - 26
		6 dix coups 38
		12 dix coups 49

Tab. 1-3: Darstellung des duktilen Verhaltens verschiedener Legierungen.

Die Angabe 2 - - 7 bedeutet, dass aus 2 Zoll Höhe 1 Schlag erfolgte, der eine Abplattung mit einem Durchmesser von 7 Skalenteilen verursachte. Wurden mehrere Schläge durchgeführt, ist das in Worten angegeben („dix coups“).

Gleiches habe ich bei meinen Labor-Versuchen erlebt: Legierungen, die bei Achard zerbrachen, zerbröselten mir bei dem Versuch, vom Gussblock Proben abzutrennen. Metallographische Untersuchungen konnten nur an Bruchstücken vorgenommen werden. Dabei zeigten Mikrohärte-Messungen, dass einige Phasen extrem hohe Härtewerte aufweisen, was durch Gleitlinienbildung im Gefügebild sichtbar wurde. Ursache dessen ist, dass im System Cu-Sb einige intermetallische Phasen existieren, die sehr große Elementarzellen aufweisen. Dadurch ist Versetzungsbildung erschwert und demzufolge plastische Verformung nicht möglich.

Leider hat Achard seine Experimente nicht ausgewertet. Die Ergebnisse wurden nicht miteinander verglichen, es wurden keine Schlussfolgerungen gezogen, keine Handlungsempfehlungen für die Praxis gegeben, die ja möglich gewesen wä-

ren, wie z.B. die Härtemessungen zeigten. Dabei hatte Achard selbst in §16 seiner 1791 erschienenen *Vorlesungen über die Experimentalphysik* gefordert, dass stets Schlüsse aus Ergebnissen von Experimenten gezogen werden müssten.¹⁸ Aber nur in den *Vorlesungen* diskutierte er einige wenige Ergebnisse. Er stellte unter anderem Überlegungen an, worauf die großen Unterschiede in Härte und Sprödigkeit zurückzuführen sein könnten. Er vermutete, dass sie von „der gegenseitigen Lage der kleinsten Teile“ abhängig seien, die je nach Art ihrer Entstehung veränderlich ist.¹⁹ Als Beispiel dienten ihm Versprödungserscheinungen einiger metallischer Werkstoffe: Messing wird durch Kaltverformung spröde, Stahl durch schnelles Abkühlen und die an sich duktilen Metalle Kupfer und Zink, ebenso wie Kupfer und Antimon, in Legierungen mit bestimmten Mischungsverhältnissen.

Aus heutiger Sicht ist die Bedeutung dieser Experimente offensichtlich, sowohl was technische Anwendungen von Legierungen betrifft, als auch im Hinblick auf Erkenntnisgewinn. Ein Beispiel für eine mögliche technische Anwendung zu Achards Zeiten sind William Herschels große Anstrengungen, die er unternehmen musste, um eine geeignete Kupfer-Zinn-(Cu-Sn)-Legierung für seine Metallspiegel zu finden.²⁰ Sie musste möglichst hell sein und durfte in der feuchten Luft Englands nicht anlaufen. Die Sprödigkeit zinnreicher, fast weißer Bronzen war dabei ein großes Hindernis. Durch eine Zusammenarbeit mit Achard wäre vielleicht manches einfacher geworden. Der Gewinn an wissenschaftlicher Erkenntnis geht u.a. aus Spalte 10 hervor. Die Aussagen zur Homogenität der Metall-Mischungen hätten Aufschluss über gegenseitige Löslichkeit, ein damals noch unbekannter Sachverhalt, und damit grundlegende Kenntnisse zur Legierungsbildung vermitteln können. Darüber hinaus ist der Umfang des Prüfprogramms zu dieser Zeit unübertroffen. Für alle damals wichtigen Anwendungsfälle von metallischen Werkstoffen hatte Achard Experimente durchgeführt und dazu geeignete Apparaturen und Probenformen erprobt. Das Buch hätte eine hervorragende Quelle für die Werkstoffentwicklung und Werkstoffprüfung sein können. Es hat jedoch kaum ein Echo gehabt. Ehe ich darauf zu sprechen komme, möchte ich einen anderen wichtigen Aspekt betrachten.

Zur Genese von Achards Legierungs-Projekt

Wie kam Achard zu diesem Thema, zu diesem Riesenprojekt? Die Thematik des Buches erscheint als ungewöhnlich, wenn man sie mit den Titeln der bekannten Arbeiten Achards vergleicht. Aber dieser Eindruck ist falsch, denn er lässt einen wesentlichen Teil seiner Wissenschaftler-Karriere außen vor.

Achard begann, anders als seine berühmten Berliner Kollegen, seine Laufbahn nicht als Apotheker. Er erhielt seine Chemiker-Ausbildung bei Andreas Sigismund Marggraf im chemischen Labor der Akademie der Wissenschaften. Marggraf war ein berühmter Probierer, hatte also beste Erfahrungen mit der Analyse, mit der Chemie der Metalle und ihrer Erze. Ein Beispiel dafür ist ein Gutachten von 1766, in dem er bestimmte Reinheitsanforderungen für die Verzinnung empfahl, um Gesundheitsschäden durch Blei vorzubeugen.²¹ Darauf fußte ein entsprechendes Edikt des Königs von 1768, das Marggrafs Gutachten fast wörtlich übernimmt.²² Als wenig später, um 1770, Achard die Arbeit in Marggrafs Labor begann, war dieser mit „Zusammenschmelzungen“ beschäftigt, also mit Experimenten zu metallischen Legierungen. 1774 wurden diese Ergebnisse der Akademie der Wissenschaften vorgetragen.²³ Marggraf untersuchte dabei Homogenität und Farbe der Legierungen, ihr Verhalten unter dem Hammer und beim Feilen, die Schmiedbarkeit sowie Härte und Sprödigkeit. Diese Experimente hatte möglicherweise Marggrafs Assistent Achard durchgeführt.

Neuen Schwung erhielten metallurgische Arbeiten in Berlin, als dort 1770 die Bergakademie gegründet wurde.²⁴ Der Lehrplan war von Oberbergrat Carl Abraham Gerhard entworfen worden und umfasste die Fächer Geologie, Mineralogie, Bergbau, Aufbereitung und Hüttenwesen (die damals allerdings noch nicht diese Bezeichnungen trugen). Gerhard übernahm diese Fächer zum größten Teil selbst, die Grundlagenfächer Physik und Chemie wurden von Prof. Walter (vom Collegio Medico-Chirurgico) bzw. von Apotheker Rose gelehrt.²⁵ Prof. Walter meldete am 12. November 1770 den Beginn seiner Vorlesungen zur Experimentalphysik mit 21 Zuhörern, darunter Franz Karl Achard, der also einer der ersten Studenten der Bergakademie war.²⁶ Im August 1771 teilt Walter dann den Abschluss der Vorlesungen mit und beurteilt seine Studenten mit den Worten: „Unter denen übrigen meiner Zuhörer sind vortreffliche génies. Achard [und andere] ... versprechen sehr viel“.²⁷ 1776 war Achard offiziell zu Marggrafs Gehilfen berufen worden und offensichtlich so erfolgreich, dass seiner Bitte, als Nachfolger des erkrankten Apothekers Rose an der Bergakademie Chemie lesen zu dürfen, entsprochen wurde.²⁸ Am 1. Juli 1779 begann er mit der Arbeit, und bis 1784 blieb er in diesem Amt.²⁹ Als er sich auf Roses Professur bewarb, war ihm natürlich klar, dass die dort interessierende Chemie der Analyse von Erzen und metallischen Roh- und Werkstoffen dienen musste.

Metallurgische Themen beschäftigten Achard auch weiterhin im Laboratorium der Akademie der Wissenschaften. In diese Zeit fallen u.a. seine Experimente zum Erschmelzen von Platin mittels Sauerstoffgebläse, sogar zum Herstellen von Platingefäßen, was von großer Bedeutung für die Metallurgie war. Lavoisier be-

richtete, dass „Herr Achard von diesem Gedanken [der Wirkung des Sauerstoffs beim Verbrennen] bereits Anwendung gemacht hat“.³⁰

1774 gelang es Oberbergrat Gerhard, der Bergakademie ein Laboratorium anzugliedern, das praktische Aufgaben mit der Lehre verbinden sollte. Aufträge, die dem Laboratorium aus Bergwerken und Hüttenbetrieben übertragen wurden, sollten unter Mitwirkung der „Eleven“ bearbeitet werden.³¹ Am 5. Oktober 1775 erstattete Gerhard Bericht über die im ersten Jahr geleistete Arbeit und stellte seine weiteren Pläne vor, darunter Versuche „über die Zusammenschmelzung der Metalle und [die] daraus entstehenden Massen“.³² Eine Woche später konkretisierte er das Vorhaben und schrieb, dass verschiedene Metalle, insbesondere Eisen, mit Kupfer, Zinn, Zink und Wismut gemischt, untersucht werden sollen. Dabei interessierten insbesondere die folgenden Eigenschaften: Abbrand, Dichte, Kohäsion, Verformbarkeit, Polierbarkeit, Farbe, Bruchaussehen, Homogenität des Gusses.³³

Dieses Arbeitsprogramm ist aller Wahrscheinlichkeit nach nicht realisiert worden; denn am 27. Januar 1783 schlug Gerhard erneut derartige Arbeiten vor. Aus den Metallen Kupfer, Eisen, Blei, Zinn, Kobalt, Nickel, Mangan,³⁴ Antimon, Wismut und Zink sollten Legierungen hergestellt werden. Das jeweilige Mischungsverhältnis in den Zweistoff-Systemen sollte in 10er-Schritten variiert werden. Auch Mehrstofflegierungen waren vorgesehen, insgesamt errechnete Gerhard einen Arbeitsumfang von 1000 Versuchen. Er forderte: „Die gemachten Compositionen müssen untersucht werden auf ihre Härte und Elastizität, Schmiedbarkeit, Ziehbarkeit, Politur und Verhalten an Luft“.³⁵

Genau dieses Programm hat Achard mit seinem Buch abgearbeitet. Überraschenderweise stimmt nicht nur das Programm mit dem von Achard überein, auch die Art der Proben war von Gerhard schon vorgegeben worden: ein „Ingot von $\frac{1}{4}$ Pfund“, eine Kugel von $\frac{3}{4}$ Zoll Durchmesser, ein „kleiner Zylinder von etlichen Loth“ zum Drahtziehen nebst einem dünnen Plättchen zum Polieren sind herzustellen.

Damit stellt sich die Frage, weshalb Achards Buch kein Echo hatte, völlig neu. Das Projekt war ja offensichtlich nicht die Idee eines einzelnen Wissenschaftlers, es lag seit vielen Jahren auf dem Labortisch Berliner Forscher. Das hätte sich doch bei den vielen Marggraf-Schülern in Berlin und bei Gerhards und Achards Kollegen herumsprechen müssen.

Im Archiv der Akademie findet man eine Reihe von Unterlagen, die den Eindruck erwecken, Achard habe dieses immense Experimentierwerk heimlich durchgeführt. Ein Beispiel: 1788, also im Erscheinungsjahr der *Recherches*, be-

antragten die Herren Bauräte Silberschlag und Mönnich beim Akademie-Präsidium die Anschaffung einer „Cohäsions-Maschine“, einer Apparatur zur Festigkeitsprüfung, die der Schiffsbaumeister Louis Quantin in Stettin liefern soll. Sie begründeten diese Investition mit der Notwendigkeit, Festigkeit, Zähigkeit oder Sprödigkeit von Werkstoffen bestimmen zu wollen.³⁶ Kannten sie Achards Arbeit nicht? Sie verweisen auf eine Prüfapparatur von Musschenbroek und damit vorgenommene Experimente. Kannten sie Achards Prüfmaschine nicht? Thomas hat Achards Prüfapparatur nach den Notizen in den *Recherches* rekonstruiert,³⁷ sie entspricht genau der von Musschenbroek.³⁸ Zwar interessierten sich Silberschlag und Mönnich vor allem für die im Bauwesen wichtigen Werkstoffe Holz, Ziegel und Stein, aber die von Musschenbroek beschriebene Prüfmaschine konnte für alle diese Fälle eingerichtet werden. Die Quantinsche Maschine wurde schließlich gekauft, aber schon 1797 wieder abgegeben. Im Jahre 1817 erinnerte sich schließlich der Oberberghauptmann Gerhard jun. daran, dass im Vorsaal des Akademiegebäudes einmal eine „Cohäsions-Maschine“ gestanden hatte und erkundigte sich nach deren Verbleib. Niemand wusste darum, und Gerhard erhielt den Rat: „Vielleicht wäre es möglich, daß Ihr Herr Vater sich dessen erinnern möchte“.³⁹ Bei Achard fragte man in diesem Zusammenhang lediglich nach, ob er ein „genaues Fußmaas“ zur Verfügung stellen könne.⁴⁰

Den umfangreichen Legierungsuntersuchungen wurde also offensichtlich schon zu Lebzeiten der beiden Autoren kaum Beachtung geschenkt. Ein markanter Fall ist der des Berliner Oberbergrats Karsten, wie Achard und Gerhard Mitglied der Akademie. In dessen Buch über Legierungen des Eisens von 1816⁴¹ werden zwar Réaumur⁴² und Faraday⁴³ erwähnt, Achard jedoch mit keinem Wort. Auch Michael Faraday, der neuen Eisen-Legierungen erprobte, kannte die *Recherches* offensichtlich nicht. In seinen Tagebüchern erscheint der Name Achard nirgends.⁴⁴ Eine Chance wurde vertan. Ursachen dafür zu finden, ist nicht leicht. Die französische Sprache des Buches wird genannt, die im Preußen nach Friedrich II. keine Bedeutung mehr hatte. Auch die turbulente Zeit um die Französische Revolution wird als möglicher Störfaktor angenommen. Als weitere mögliche Ursache für das Vergessen vermutete E. von Lippmann eine geringe Verbreitung.⁴⁵ Er bezeichnet die *Recherches* als selten, die *Experimentalphysik* als unauffindbar.

Ort	Bibliothek	Signatur	Anmerkungen
Göttingen	SUB	4 ⁰ Chem II, 4601	
Greifswald	Ernst-Moritz-Arndt Universität	4 ⁰ Tb 127	
Freiberg	Bergakademie	IV 363	
Giessen	Universitätsbibliothek		(Kriegsverlust)
Uppsala	Universitätsbibliothek	Utl. Rar / 151	
London	The British Library	L 32/94	Vorbesitzer: Patent Office Library
St. Petersburg	Bibliothek der Akademie der Wissenschaften	Y Eb / 2	
St. Petersburg	Berginstitut	B 2640	
Wien	Universitätsbibliothek	II 158.668	
Toulouse	Bibliothèque Municipal	Rés B XVIII 245	
Berkeley	University of California	TN 671.A2	Herkunft unbekannt
München	Deutsches Museum	1941 B 364	Geschenk Twietmeyer, Leipzig

Tab. 4: Verbreitung der *Recherches*.

Aber das ist nicht ganz richtig, meines Erachtens scheidet auch dieses Argument aus. Ich habe nach beiden Büchern intensiv gesucht und die Verbreitung überprüft. Aus der Rechnung des Druckers Decker lässt sich ermitteln, dass von den *Recherches* ca. 500 Exemplare gedruckt wurden. Gefunden habe ich 12 Exemplare (s. Tab. 4). Das Buch ist heute also durchaus selten, aber doch an vielen Orten vorhanden, an denen seinerzeit die Wissenschaftler tätig waren, die die Ergebnisse hätten verstehen, interpretieren und überprüfen können. Das gilt insbesondere für Göttingen, Freiberg und Uppsala. Von der *Experimentalphysik*, in der Achard durch Selbstzitate auf die *Recherches* hinweist, konnte ich sogar 18 Exemplare ermitteln (s. Tab. 5). Es ist anzunehmen, dass beide Bücher ursprünglich häufiger in Bibliotheken zu finden waren.

Ort	Bibliothek	Signatur	Anmerkungen
Dresden	Sächs. Landesbibl.	H. Nat A977	
Gotha	Forschungsbibliothek	N 1265	
Berlin	Dt. Staatsbibliothek	Mv 4962	
Hannover	Universitätsbibliothek	Phys. 5	
München	Universitätsbibliothek	8 ⁰ Phys 114	
Dillingen	Studienbibliothek	IX 1164	
Neuburg/Donau	Staatliche Bibliothek	8 ⁰ H.Nat. 146	
Tübingen	Universitätsbibliothek	Be 207. 8 ⁰ - 1-4	
Hamburg	Staats- und Universitätsbibliothek	A / 25311	
München	Staatsbibliothek	Phys. G. 4	
Wien	Universitätsbibliothek	I 159.042	Bde1 u. 3
Wien	Österreichische Nationalbibliothek	77. K. 10	
Szczecin	Miejska Biblioteka	19078 / XVIII	
Poznań	Poznańskie Towarzystwo Przyjaciół Nauk	6780 I	Ges. d. Freunde d. Wissenschaften
Delft	Bibliothek der TH	09166016 +09166027	
Moskau	Leninbibliothek	H 719 / 147	
St. Petersburg	Saltykow-Stschedrin-Bibliothek	Rossika.5.1.3.5-8	
Chicago	Universitätsbibliothek	QC23.A175	Bd 1-3; (Deutscher Vorbesitzer)

Tab. 5: Verbreitung der *Experimentalphysik*.

Als Erklärung für die Nichtbeachtung von Achards Werk durch die Zeitgenossen ist auch dessen mehrfach beschriebene komplizierte Persönlichkeit nicht hinreichend,⁴⁶ da der Entwurf des Arbeitsprogramms ja maßgeblich von Gerhard stammte.

Wie bereits angemerkt hat Oberbergrat Karsten das Werk seines älteren Kollegen Achard nicht erwähnt. Karstens Thema war die Eisenhüttenkunde. Die von ihm zitierten Vorgängerarbeiten von Réaumur und Rinman befassen sich ebenso mit Eisen wie auch die erwähnten Experimente Faradays. Achards Eisenlegierungen geben zwar dem Metallkundler interessante Hinweise, waren in technischer Hinsicht jedoch leider völlig uninteressant. Die Zeit gegen Ende des 18. Jahrhunderts verlangte aber nach verbessertem *Eisen*, nach leistungsfähigem *Stahl*. Vielleicht hat also Karsten das Buch zwar gekannt, aber als irrelevant beiseite gelegt. Das war offensichtlich auch die Meinung des Königs. Auf Gerhards umfangreiche Pläne antwortete der ‚Alte Fritz‘ am 2. Februar 1783.⁴⁷

Was die zuerst vorzunehmenden Versuche betrifft, so habt Ihr besonders die über das Stahlschmelzen vorzüglich zu beendigen, ... diejenigen aber, welche Ihr zur Entdeckung neuer Metall-Compositionen in Vorschlag gebracht, haben wir, da sie wegen der Menge der erforderlichen Metalle ... theils zu kostbar, theils zu weitläufig, theils auch mehr speculatorisch als reell nützlich zu seyn scheinen, vor der Hand ... auszusetzen resolvirt.“⁴⁸

Für den ‚Alten Fritz‘ waren diese Experimente also ‚Spekulation‘. Das könnte sogar eine Erklärung dafür sein, wie das Gerhardsche Programm in Achards Hände kam: Das Labor der Bergakademie war für praxisorientierte Aufgaben zuständig, im Labor der Akademie der Wissenschaften aber war Grundlagenforschung, also ‚Spekulation‘, erlaubt. Sowohl Gerhards Plan als auch Achards Experimente waren herausragende Pionierleistungen. Doch wahrscheinlich hat Cyril Smith recht: „Achard was a century ahead of his time“.⁴⁹ Die Wege des Wissens führten in diesem Fall vorerst in eine Sackgasse, Vergleichbares wurde erst 1881 durch Thurston erreicht.⁵⁰

Summary: Achard's studies on alloys: an opportunity wasted

Franz Carl Achard (1753-1821) was one of the most influential German chemists of the late 18th century. He was renowned for industrialising the production of beet sugar. His studies on alloys are more or less unknown although his book *Recherches sur les propriétés des alliages métalliques* is an “outstanding research in metallurgical history” (C.S.Smith).

Achard's experimental programme covered all metals known in his time. He subjected more than 900 alloys to tests of all relevant properties (homogeneity, hardness, strength, corrosion resistance etc.). He published the results in the form of a table. 22 columns describe the compositions of the alloys as well as his experimental data. Unfortunately, the author did not give any interpretation of his findings.

This paper shows that metallurgical research was a main subject within Achard's scientific career, not just a sideline interest. Achard started as an assistant of Andreas Sigismund Marggraf, the famous director of the chemistry laboratory at the Academy of Sciences in Berlin, a specialist in the chemistry of metals. At the same time he was one of the first students at the Berlin Mining Academy. He later became a chemistry teacher at this school, working alongside its founder Carl Abraham Gerhard. Gerhard had started an ambitious programme on mixtures of all known metals; however the Prussian king Frederick II refused financial support, calling the project “speculative”. However, Achard's experiments appear to be the realisation of Gerhard's project; as Marggraf's successor leading the chemical branch of the Prussian Academy, Achard was given the opportunity to conduct fundamental research.

Finally, the distribution of Achard's book is studied and the cause for its neglect is discussed.

Erweiterte Fassung des Vortrages auf der Tagung der GDCh-Fachgruppe Geschichte der Chemie vom 12.-14. September 2011 in Rostock.

¹ Karl Hufbauer, *The Formation of the German Chemical Community (1720-1795)* (Berkeley u.a. 1982), S. 88.

- ² Alphons Oppenheim, „Achard, Franz Karl“, in: *Allgemeine Deutsche Biographie* 1 (1875), S. 27-28, hier S. 27.
- ³ Oppenheim, „Achard“, S. 27.
- ⁴ Wolfgang Müller, „Achard, Franz Karl“, in: Winfried R. Pötsch u.a., *Lexikon bedeutender Chemiker* (Leipzig 1988), S. 8.
- ⁵ Fritz Welsch, „Achard, Franz Karl“, in: S. Engels u.a. (Hg.), *ABC Geschichte der Chemie* (Leipzig 1989), S. 48.
- ⁶ F.C. Achard, *Recherches sur le propriétés des alliages métalliques* (Berlin 1788).
- ⁷ C.S. Smith, *Four outstanding researches in metallurgical history* (Baltimore 1963), S. 113.
- ⁸ O. Schaaber, „Ein 190 Jahre altes Handbuch metallischer Systeme aus Berlin: Franz Carl Achards „Recherches““, in: H.W. Hennicke (Hg.), *Mineralische Rohstoffe als kulturhistorische Informationsquelle* (Hagen 1978), S. 133-158.
- ⁹ Schaaber, „Handbuch“; K. Thomas, „Aus den Anfängen der Werkstoffprüfung. Besprechung einer im Jahre 1788 erschienenen Arbeit von Franz Carl Achard über die Untersuchungen der Eigenschaften von Metallegierungen“, *Fachausschussbericht VDEh* 9.004 (Düsseldorf 1974); K. Löhberg, „Legierungskundliche Arbeiten von Franz Carl Achard aus dem Jahre 1788“, *Zeitschrift für Metallkunde* 72 (1981) H. 10, S. 728-731; W. Hübner, „Korrosion und Korrosionsschutz – historisch betrachtet“, *Mitteilungen, GDCh Fachgruppe Geschichte der Chemie* 21 (2010), S. 133-145.
- ¹⁰ Hans-Heinrich Müller, *Franz Carl Achard, 1753-1821* (Berlin 2002), S. 60.
- ¹¹ Vgl. Martin Heinrich Klaproth, *Beiträge zur chemischen Kenntnis der Mineralkörper*, 6 Bde (Posen 1795-1815).
- ¹² Archiv der Berlin-Brandenburgischen Akademie der Wissenschaften (im Folgenden: BBAW) Akte Nr. I-XII, 22.
- ¹³ Achard, *Recherches*, S. IV.
- ¹⁴ Achard, *Recherches*, S. XVI.
- ¹⁵ Vgl. Schaaber, „Handbuch“; Thomas, „Anfängen“; Löhberg, „Arbeiten“, Hübner, „Korrosion“.
- ¹⁶ W. Hübner, unveröffentlichte Ergebnisse.
- ¹⁷ Vgl. Thomas, „Anfängen“, S. 20.
- ¹⁸ F.C. Achard, *Vorlesungen über die Experimentalphysik. Im [sic] Druck gegeben zum Gebrauch seiner Zuhörer* (Berlin 1791), S. 4.
- ¹⁹ Achard, *Vorlesungen*, § 93, S. 29.
- ²⁰ Vgl. R. Riekher, *Fernrohre und ihre Meister* (Berlin 1957).
- ²¹ A.S. Marggraf, Gutachten v. 17. Dez. 1766. BBAW, Archiv Akte I-V-53, Bl. 25.
- ²² „Edikt, daß die Verzinnung, mit einem Zusatz von Bley, gaentzlich abgeschaffet“ (14.4.1768): BBAW, Archiv Akte I-V-53, Bl. 17-24.

- ²³ A.S. Marggraf, „Expériences sur l'alliages de divers metaux & semi-metaux“, *Nouveaux Mém. de l'Académie Royale* (Berlin 1774), S. 108.
- ²⁴ P. Krusch, *Die Geschichte der Bergakademie zu Berlin von ihrer Gründung im Jahre 1770 bis zur Neueinrichtung im Jahr 1860* (Berlin 1904).
- ²⁵ Krusch, *Geschichte*.
- ²⁶ Geheimes Staatsarchiv, Stiftung Preußischer Kulturbesitz (im Folgenden: GSTA PK), Akte I HA, Rep. 121, Nr. 7957, Bl. 149.
- ²⁷ GSTA PK, Akte I HA, Rep. 121, Nr. 7958, Bl. 29.
- ²⁸ Müller, *Achard*, S. 57.
- ²⁹ GSTA PK, Akte I HA, Rep. 121, Nr. 7958, Bl. 111-112.
- ³⁰ Lavoisier zitiert nach: *Crells Chem. Annalen* 1788, 9. Stück, S. 262 (der Originaltext findet sich in den *Mémoires de l'Académie Royale des Sciences à Paris pour l'Année 1782* (gedruckt 1785)).
- ³¹ GSTA PK, Akte I HA, Rep. 121, Nr. 7958, Bl. 144-145.
- ³² GSTA PK, Akte I HA, Rep. 121, Nr. 7958, Bl. 56.
- ³³ GSTA PK, Akte I HA, Rep. 121, Nr. 7958, Bl. 64.
- ³⁴ Im Original ist von Magnesium die Rede. Gemeint ist aber Mangan, das damals auch Manganese genannt wurde. Magnesium wurde erst 1808 von Davy entdeckt.
- ³⁵ GSTA PK, Akte I HA, Rep. 121, Nr. 7958, Bl. 144-145.
- ³⁶ BBAW, Archiv Akte I-V, 86.
- ³⁷ Vgl. Thomas, „Anfängen“.
- ³⁸ Vgl. die auf <http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Musschenbroek_traction.jpg> wiedergegebene Abbildung aus P. v. Musschenbroek, *Physicae experimentales, et geometricae, de magnete, tuborum capillarium vitreorumque speculorum attractione, magnitudine terrae, cohaerentia corporum firmorum dissertationes: ut et ephemerides meteorologicae ultraiectinae* (Leiden 1729), Taf. XIX, Fig. 6 (besucht am 12.10.2012).
- ³⁹ BBAW, Archiv Akte II-XV, 15, Bl. 8.
- ⁴⁰ BBAW, Archiv Akte I-XIII, 16.
- ⁴¹ K.J.B Karsten, *Handbuch der Eisenhüttenkunde* (Halle 1816).
- ⁴² R.A.F. de Réaumur, *L'art de Convertir le Fer Forcé en Acier...* (Paris 1722), zit. nach Smith, *Researches*, S. 34.
- ⁴³ J. Stodart/M. Faraday, „Experiments on the Alloys of Steel made with a View to its Improvement“, *Quarterly Journal of Science* 9 (1820), 319-330.
- ⁴⁴ Persönliche Mitteilung von P. Brimblecombe (1988).
- ⁴⁵ E. v. Lippmann, „Achard als Physiker“, in: *Beiträge zur Geschichte der Naturwissenschaften und der Technik*, Bd II (Weinheim 1953), S. 300.

- ⁴⁶ Jürgen Wilke, „In Berlin ist es nichts Ungewöhnliches... ‘: Heirat und Leben in Lebensgemeinschaft am Ende des 18. Jahrhunderts – eine Fallstudie“, *Historical Social Research* 28, H. 3 (2003), S. 162-173.
- ⁴⁷ GSTA PK, Akte I HA, Rep. 1221, Nr. 7957, Bl. 144-145.
- ⁴⁸ GSTA PK, Akte I HA, Rep. 121, Nr. 7958.
- ⁴⁹ Smith, *Researches*, S. 17.
- ⁵⁰ C.S. Smith, *A History of Metallography* (Cambridge, Mass. – London 1988), S. 113.