

# Chemie statt Mathematik - ein alternatives Programm zur Etablierung der Chemie als eine chemisch-physikalische Naturwissenschaft am Ende des 18. Jahrhunderts

Markus Seils, Universität Halle, Fachbereich Physik, Fachgruppe Geschichte der  
Naturwissenschaften und der Technik, Kröllwitzer Str. 44, 06120 Halle/Saale

Im Verlauf des 18. Jahrhunderts vollzogen sich entscheidende Schritte im Prozeß der Transformation der Chemie von einer medizinischen Hilfswissenschaft zu einer anerkannten chemisch-physikalischen Naturwissenschaft. Es ist bekannt, daß dabei die Annäherung der Chemie an die wissenschaftlich und universitär etablierte Physik (Naturlehre) eine entscheidende Rolle spielte.

Schon lange und immer wieder stellt sich die wissenschaftshistorische Forschung die Frage, welche Faktoren für diesen Prozeß der Hinführung der Chemie auf die Naturlehre (Physik) verantwortlich waren. Als Ertrag dieser Forschungen läßt sich eine wichtige Antwort auf diese Frage theseartig in etwa so formulieren:

Eine entscheidende Rolle spielte in diesem Prozeß die Übernahme des messenden, quantifizierenden Denkens und Experimentierens aus der Naturlehre in die Chemie. Als Wissenschaftler, die für dieses Programm standen, sind u.a. Isaac Newton (1643-1727), Hermann Boerhaave (1668-1738) und Antoine Laurent de Lavoisier (1743-1794) zu nennen.

Im vorliegenden Beitrag soll dieser Antwort eine andere These gegenübergestellt werden. Die These lautet:

Es gab ein alternatives und erfolgreiches Programm der Zusammenführung von Chemie und Naturlehre. Dieses Programm stellte die mit der Chemie zu erfassen den qualitativen Eigenschaften der Stoffe (Naturkörper) in den Mittelpunkt der Naturlehre. Für die Formulierung dieses Programms spielten sowohl wissenschaftstheoretische als auch soziale Faktoren eine Rolle. Maßgeblich entwickelt und vertreten wurde dieses Programm durch Wenceslaus Johann Gustav Karsten

(1732-1787), Friedrich Albrecht Carl Gren (1760-1798) und Georg Christoph Lichtenberg (1742-1799).

Diese These soll im folgenden am Beispiel von Wenceslaus Johann Gustav Karsten entwickelt werden, dessen Arbeitsrichtung um 1780 eine aus seiner Unterrichtserfahrung motivierte Wendung nahm. Seit etwas mehr als einem Jahr unterrichtete Karsten damals an der Universität Halle "Physik", oder sagen wir besser "Naturlehre". Mit verheerender Resonanz: In der Vorlesung schlafende Studenten, gähmend leere Hörsäle.

Dabei hatte alles so hoffnungsvoll angefangen, als Karsten kurze Zeit zuvor, im Jahre 1778, von der kleinen Universität Bützow (Herzogtum Mecklenburg-Schwerin) nach Halle gewechselt war<sup>1</sup>. Die Universität Halle und das Preußische Oberschulkollegium hatten es sich einiges kosten lassen, Karsten als Nachfolger von Johann Andreas Segner zu gewinnen. Immerhin war Karsten nicht irgendwer. Ihm ging der Ruf voraus, einer der bedeutendsten deutschen Mathematiker zu sein. Seit mehreren Jahrzehnten war er auf mathematischem Gebiet tätig. Sein achtbändiges Hauptwerk "Lehrbegriff der gesammten Mathematik" war in mehrere Auflagen erschienen und konnte erfolgreich mit den vergleichbaren Lehrbüchern Christian Wolffs und Abraham Gotthelf Kästners konkurrieren.

Mit dem Wechsel nach Halle hatte Karsten eine neue Aufgabe übernommen. Wie sein Vorgänger Segner hatte er Vorlesungen im Fach "Naturlehre" zu halten. Zunächst schien die Aufgabe, künftig "Naturlehre" zu unterrichten, nicht allzu schwierig und durch einen erfahrenen Mathematiker ohne weiteres zu bewältigen. Vielerorts waren die Fächer "angewandte Mathematik" und "Naturlehre" in ihren Inhalten ohnehin so dicht zusammengerückt, daß sie kaum noch zu unterscheiden waren. Karstens Vorgänger Segner hatte deshalb sogar darauf verzichtet, besondere Vorlesungen unter dem Namen "Mathesis Applicata" anzubieten.

Wie war es zu dieser merkwürdigen Überschneidung der beiden Fächer gekommen?<sup>2</sup> Noch zu Beginn des 18. Jahrhunderts waren Naturlehre und angewandte Mathematik zwei deutlich getrennte Unterrichtsfächer mit unterschiedlichen Zielen und unterschiedlichen Lehrtraditionen gewesen. Die Unterscheidung der Fächer folgte der aristotelischen Tradition. Die Naturlehre war danach auf die Erkenntnis des Wesens der Dinge gerichtet, sie fragte nach den Ursachen der Naturdinge und Erscheinungen. Die angewandte Mathematik dagegen war keine erklärende Wissenschaft, sondern strebte die möglichst exakte Beschreibung ihrer Gegenstände mit den Mitteln der Mathematik zum Zweck der Naturbeherrschung an. Unter angewandter Mathematik verstand man eine Reihe von Gebieten, die heute durchweg

der Physik zugeordnet werden: die Mechanik, die Optik, die Akustik, die Pneumatik und die Astronomie.

Vor allem unter dem Einfluß Newtons war die inhaltliche Unterscheidung der beiden Fächer allerdings fragwürdig geworden und sozusagen schleichend erodiert. Für die Anhänger Newtons unter den Physikern war die für das Naturverständnis der Zeit revolutionäre Gravitationstheorie geradezu das Musterbeispiel einer Theorie überhaupt. Bei den Newtonianern traten deshalb in der Physik die mathematisch formulierbaren Zusammenhänge in den Vordergrund. Ihr Ziel war es, die Natur messend zu erfassen, sie unter Maß und Zahl zu bringen. Für dieses Verfahren bildeten ihnen Newtons Hauptwerke "Principia" und die "Opticks" die nachahmenswerten Beispiele. Diesen Naturforschern erschien es nunmehr als unseriös, nach weitergehenden "Ursachen" der Erscheinungen zu fragen, das Suchen nach "Ursachen" führe zu völlig spekulativen Hypothesen. In diesem Konzept machte, zumindest theoretisch, eine eigene "angewandte Mathematik" keinen Sinn mehr. In der Folge wurden deshalb von vielen Physikern die Gebiete der angewandten Mathematik nun auch als Teile der Naturlehre abgehandelt.

Auch Karstens stellte sich mit seinem ersten eigenen Lehrbuch der Naturlehre, das 1780 erschien<sup>3</sup>, zunächst im wesentlichen in diese physikalisch-mathematische Tradition. In der Lehrpraxis ergaben sich allerdings aus einer derartig aufgefaßten Naturlehre erhebliche Probleme. Denn die allermeisten Studenten besaßen nur eine minimale mathematische Vorbildung. Sie waren deshalb der mathematischen Behandlung naturwissenschaftlicher Probleme schlicht nicht gewachsen. Frustrationen auf beiden Seiten waren die Folge. Es wäre allerdings verfehlt, diese mangelnden Mathematikkenntnisse einfach der Faulheit der Studenten oder einer schlechten Schulbildung zuzuschreiben. In Wirklichkeit gab es nämlich für eine wirklich durchmathematisierte Naturlehre an den Universitäten schlicht keinen Bedarf, also auch keine Studenten. Ein "Studium der Physik" wie wir es heute kennen, samt einem entsprechenden Berufsziel gab es schlicht nicht. Wer eine Vorlesung der Naturlehre besuchte, war damals im allgemeinen Student der Medizin, Theologie oder Jurisprudenz. Die Naturlehrevorlesung fungierte für diese Studenten lediglich als Bestandteil eines Art allgemeinbildenden Studienabschnittes, mehr nicht. Die sich aus diesem Umstand für die Naturlehreprofessoren ergebende sozialstrukturelle Vorgabe war derartig allgemein verbreitet und damit zwingend, daß ihr praktisch alle Autoren von Physiklehrbüchern der Zeit, selbst die entschiedensten und striktesten Newtonianer, Rechnung tragen mußten.

Faktische Folge davon war, daß eine wirkliche Integration der angewandten Mathematik in die Naturlehre keineswegs stattfand. Vielmehr wurde in den Physiklehrbüchern der Zeit das mathematische Credo lediglich in den entsprechenden

Vorworten verkündet, im inhaltlichen Teil aber mathematische Ableitungen und Beweise mehr behauptet als real verwirklicht - da die Beweise, wie z.B. der Physiker Erxleben schrieb, für den Leser "sehr ermüdend, langweilig und vermutlich auch unverständlich" seien<sup>4</sup>. Dem erfahrenen Mathematiker Karsten war das ganz und gar zuwider. Besonders in den kürzeren Handbüchern der Naturlehre werde das "physisch-mathematische", so beklagte sich Karsten, "sehr unvollkommen, oft ganz unrichtig und verstümmelt vorgetragen", es fehle der Mathematik an sich "ganz eigenthümliche Charakter der Evidenz"<sup>5</sup>. "Übrigens aber ist mir die Mathematik viel zu werth, als das ich sie Personen aufdringen sollte, die keine Fähigkeit, Neigung oder Zeit genug dazu haben, um sich darin zu üben".<sup>6</sup> Wie also war eine Situation aufzulösen, in der die Studenten eines engagierten Professors wie Karsten in der Naturlehre Mathematik weder hören wollten noch, wie dargelegt, "hören können wollten"?

In dieser Situation wandte sich Karsten der Chemie zu. Er beschrieb seine Hinwendung zur Chemie selbst ausführlich<sup>7</sup>, sie war ebenso neu wie ungewöhnlich. Auf die Chemie war er erstmals während seines Studiums bei der Beschäftigung mit dem Lehrbuch Georg Erhard Hambergers "Elementa Physices" von 1750 gestoßen. Hamberger hatte darin u.a. für die Berücksichtigung der Chemie in der Naturlehre, neben der Mathematik, plädiert. Allerdings war Karsten zunächst in der Beschäftigung mit der Chemie nicht sehr weit gekommen. "Lehrstunden" der Chemie wurden, so Karsten, während seines Studiums in Rostock nur sehr selten und im Rahmen der "Arzneywissenschaft" angeboten. Auch schien es fraglich, ob die Beschäftigung mit Chemie einer wissenschaftlichen Laufbahn wirklich förderlich sei. Noch immer hing der Chemie ein recht zweifelhafter Ruf an. Chemie betrieb man eher um pharmazeutischer oder metallurgischer Zwecke willen und nicht primär, um Naturzusammenhänge zu verstehen.

Später, während seiner Tätigkeit als Professor in Bützow, war er noch einmal auf die Chemie gestoßen. Im Jahre 1776, kurze Zeit vor seinem Wechsel nach Halle, sei er, wie schon häufiger zuvor, von der herzoglich-mecklenburgischen Verwaltungskammer um ein Gutachten gebeten worden. Erstmals aber handelte es sich dabei nicht um ein mathematisch-technisches, sondern um ein chemisches Gutachten. In diesem Gutachten sollte die Qualität des in Mecklenburg gewonnenen Kochsalzes mit "ausländischen" Kochsalzarten verglichen werden, um ersteres den inländischen Käufern zu empfehlen. Hier ging es also um chemische Kenntnisse und Fertigkeiten mit gewisser ökonomischer Tragweite, und man erwartete diese nicht von einem Handwerker, z.B. einem Salzsieder, sondern von dem in den Naturwissenschaften bewanderten Professor der Universität. Es war Karsten außerordentlich peinlich, diesem Auftrag nicht gewachsen zu sein und ihn deshalb zu-

rückweisen zu müssen. Danach faßte er den Entschluß, sich künftig intensiver der Chemie zuzuwenden.

Zusätzlich hatten ihn einige aufsehenerregenden Entdeckungen aus der Zeit um 1770 wieder auf die Chemie aufmerksam gemacht<sup>8</sup>. Besonders beschäftigten Karsten dabei die Entdeckungen neuer "Luftarten" durch Black, Priestley und Scheele, die wesentliche Naturvorstellungen der Zeit radikal in Frage stellten. Noch in Segners "Einleitung in die Naturlehre" aus dem Jahre 1754 zum Beispiel war die Luft, so wie seit Menschengedenken, ganz selbstverständlich als einheitlicher Stoff behandelt worden. Was für eine überraschende, unglaubliche Erkenntnis also, daß es verschiedene "Luftarten" gab. Gerade sie waren offenbar nicht in auffälliger Weise durch mathematische Methoden, sondern durch eine ausgefeilte chemische Experimentalmethode gewonnen worden. So also war offensichtlich Neues, Fundamentales über die Natur zu erfahren. Und, so darf man Karstens Gedankengang angesichts seiner Klagen über die an Mathematik uninteressierten Studenten wohl verstehen, hier gab es interessante und aufsehenerregende Experimente vorzuführen:

Es ist doch immer besser, daß man solchen angehenden Gelehrten... anstatt des mathematischen Theils, wobey sie gähnen und einschlafen, gewöhnlich auch die Lehrstunden bald aufzugeben bewogen werden, solche Lehren vortrage, die im ganz eigentlichen Sinne dahin gehören, die nicht weniger lehrreich und nützlich als das mathematische, ihnen aber verständlicher und angenehmer sind, auch eben darum ihre Aufmerksamkeit weit mehr auf sich ziehen.<sup>9</sup>

Was also wäre besser geeignet gewesen, Studenten für die Vorlesungen der Naturlehre zu begeistern? Wie wäre es also, so begann Karsten zu überlegen, wenn man die Chemie künftig zu einem Bestandteil der Naturlehre mache?

Ein schwerwiegendes Problem lag dabei allerdings auf der Hand. Wie nämlich sollte dies mit einer wenig beziehungsweise gar nicht mathematisierten Chemie angesichts des mathematischen Ideal der Newtonianer möglich sein? Für die methodische und inhaltliche Begründung der Einbeziehung der Chemie in die Naturlehre knüpfte Karsten deshalb an die Vorstellungen einer Gruppe von Naturwissenschaftlern an, die man, Gunter Lind folgend<sup>10</sup>, im Gegensatz zu den "strikten Newtonianer" als "Newtonsche Eklektizisten" bezeichnen kann. Zu dieser in sich wiederum heterogenen Gruppe von Physikern der Zeit zwischen 1750 und 1780 sind z.B. Personen wie der schon erwähnte Georg Erhard Hamberger, Christian Mayer, Christian Gottlieb Kratzenstein, Johann Polykarp Erxleben und Johann Peter Eberhard zu rechnen. Gemeinsam war ihnen, daß ihr Verständnis der Rolle der angewandten Mathematik in der Naturlehre grundsätzlich weniger auf Newton fixiert war. Einige von ihnen vertraten sogar die Auffassung, daß die Newtonsche Gravitationstheorie nicht als eine wirkliche Theorie gelten könne. Über die Ursa-

chen der Anziehung der Körper sage sie nichts aus, sie sei lediglich angewandte Mathematik, da sie eine bloße Beschreibung der Phänomene ohne Erklärungswert darstelle, somit also für eine philosophische Naturlehre peripher sei. Eine solche Auffassung stufte die in der Naturlehre behandelten Aspekte der angewandten Mathematik erkenntnistheoretisch wieder herab, ohne sie allerdings ganz auszuschließen. Gemeinsam war den "Newtonschen Eklektizisten" außerdem die Hochschätzung der "Erfahrung", des Experiments.

Karsten nahm die Intentionen dieser Physikergruppe auf, zog aber eine radikalere Konsequenz. Karsten plädierte nämlich nunmehr dafür, sich auf den eigentlichen philosophischen Charakter der Naturlehre zu besinnen und sich auf die Bestimmung und Erklärung der essentiellen Eigenschaften der Gegenstände der Körperwelt zu konzentrieren. In diesem Zusammenhang schlug Karsten vor, die klassische Einteilung der Merkmale der Körper in "qualitates" und "quantitates" wieder stärker hervorzuheben. Nach dieser Einteilung heiße "... die Wissenschaft von den Quantitäten ... Mathesis, die Wissenschaft von den Qualitäten ... Naturlehre"<sup>11</sup>. Gerade die Beschäftigung mit Qualitäten aber sei Gegenstand der Chemie. Charakteristisch für die Wissenschaft Chemie seien, so Karsten, "... die Untersuchungen über die Natur und Eigenschaften ... [der] Grundmateria, über die Mittel, sie von einander getrennt darzustellen, auch durch neue Verbindungen derselben theils eben solche Producte, als die Natur liefert, theils Producte der Kunst hervorzubringen", oder, wie er mit Bergmann und Erxleben sagte, "die Chemie ist eine Wissenschaft, welche die Bestandtheile der Körper nach ihrer Art, Menge und Vereinigung untersucht."<sup>12</sup>

Für die Naturlehre ergab sich damit für Karsten:

wenn sie nicht mit der angewandten Mathematik ganz einerley seyn soll, sucht [sie] die Gründe der Naturbegebenheiten auf, und überläßt das fernere Berechnen und Ausmessen der Mathematik. Hierher ... gehören vorzüglich diejenigen Lehren, welche zur Kenntniß der mehr oder weniger einfachen Grundstoffe in der Natur führen; und wenn man die wissenschaftliche Anleitung zur Kenntniß der Grundstoffe in der Natur und der Gesetze, nach welchen sie aufeinander wirken, Chymie oder Chemie nennen will, so sind Chymie und eigentliche Naturlehre einerley Wissenschaft.<sup>13</sup>

Wer bisher an der Wissenschaftlichkeit der Chemie gezweifelt haben mochte, wer möglicherweise von den Höhen der etablierten Wissenschaften milde väterlich lächelnd auf die eifrigen Bemühungen der Chemiker herabgesehen hatte, war jetzt herausgefordert. Die Chemie als das Zentrum der ehrwürdigen Wissenschaft von der Natur! Und dieser Entwurf wurde nicht etwa von der Peripherie her vorgetragen und ausgeführt, etwa von einem jungen, vorwitzigen Chemiker, sondern kam

direkt aus dem Herz der Wissenschaft, stammte von einem hoch anerkannten, bewährten Mathematiker mit Weltruf. Ein bis dahin ungekannter Triumph für die Chemie.

Karsten selbst begann seinen Neuentwurf der Naturlehre in einer Überarbeitung seines ursprünglich physikalisch-mathematischen Lehrbuchs zu verwirklichen. 1783 erschien seine "Anleitung zur gemeinnützlichen Kenntniß der Natur", in der er chemischen Themen breiten Raum einräumte. Sie machten etwa 16 der 28 Abschnitte aus. Er beschäftigte sich mit der "näheren Beschreibung ... der einfachen Grundstoffe in der Natur", mit den "allgemeinen Gründen der chymischen Zerlegung und neuen Zusammensetzung", mit der Zerlegung des Wassers, mit den "Luftarten", mit den Produkten der Gärung, mit Metallen, Erden, Salzen und Mineralien, mit Verglasen und Schmelzen, mit der Natur und den Wirkungen des Feuers und vielem mehr. Dazu gehörten, neben der Darstellung der Erkenntnisse über die Natur, relativ umfangreiche Beschreibungen der zu den jeweiligen Erkenntnissen führenden Experimente und Apparaturen. Inwieweit sich dieses neue Konzept noch auf den Erfolg seiner Vorlesungen bei den Studenten auswirkte, ist nicht sicher. Immerhin fühlte sich Karsten ermuntert, zwei Jahre später unter dem Titel "Kurzer Entwurf der Naturwissenschaft" eine Neubearbeitung herauszugeben, in der er anstrebte, alles "... in eine noch bessere systematische Verbindung zu bringen"<sup>14</sup>. Karsten starb 1787.

Belegbar ist der Erfolg, der Friedrich Albrecht Carl Gren (1760-1798) mit diesem Ansatz beschieden war. Gren, im Gegensatz zu Karsten von Hause aus Chemiker, war 1783 von Karsten nach Halle geholt worden. Gren blieb es vorbehalten, den Karstenschen Ansatz zu einem umfassenden Lehr- und Forschungsprogramm zu entwickeln<sup>15</sup>.

Die Entwicklung der Physik folgte letztlich der bei Karsten intendierten Art der "qualitas - quantitas"- Trennung nicht. Das Mathematisierungsprogramm setzte sich endgültig durch. Schon 1790 reagierte Johann Gehler in seinem "Physikalischen Wörterbuch" auf diese Seite des Karstenschen Entwurfs eher ablehnend<sup>16</sup>. Die Auseinandersetzung um diesen Aspekt schien Johann Carl Fischer in seiner "Geschichte der Physik" 1805 zwar noch als ein klärender Konflikt aus einer Krisenzeit der Naturlehre erwähnenswert, galt ihm aber historisch bereits als erledigt<sup>17</sup>.

Was die Einbeziehung der Chemie betraf, wirkte das Naturlehrekonzept von Karsten, Gren und Lichtenberg<sup>18</sup> richtungsweisend. So sah es Johann Gehler bereits 1790<sup>19</sup>. Eine ganze Reihe von Lehrbüchern der nachfolgenden Jahre nahmen dieses Konzept auf. Zu nennen sind hier unter anderem die Lehrbücher von Joseph We-

ber, Franz Achard, Georg Simon Klügel, Adam Wilhelm Hauch. Christian Heinrich Pfaff und vieler anderer<sup>20</sup>.

Die Chemie füllte für die Naturlehre (Physik)- zusammen mit der Meteorologie - in dieser Zeit der Wandlung und Unsicherheit der Physik über ihren Gegenstand, die empfindlichen Lücken im Zentrum des Faches aus und half ihm so, sich eine disziplinäre Identität zu bewahren. Die Naturlehre ihrerseits "half" der Chemie bei ihrer Verwissenschaftlichung. Dies galt sowohl für ihre Anerkennung im akademischen und gesellschaftlichen Bereich als auch für die philosophische, erkenntnistheoretische Durchdringung ihres Inhaltes und ihrer Methoden.

Für die bis dahin noch wesentlich qualitativ orientierte Chemie kann in diesem Zusammenhang vor allem der starke Impuls aus der Naturlehre in Richtung auf eine stärker quantitativ orientierte Denk- und Experimentierweise als wichtig gelten. Mit einigen Aspekten der häufig hervorgehobenen Wandlung der Chemie zu einer exakten, quantifizierenden Wissenschaft hat sich Christoph Meinel beschäftigt. Meinel weist darauf hin, daß man sich diesen Wandlungsprozeß nicht, wie häufig geschehen, so vorstellen kann, als sei es dabei bloß um die allmähliche Zunahme messender und zählender Verfahren, den zunehmenden Gebrauch präziser Instrumente, die graduelle Ablösung rein qualitativer Bestimmungsgrößen durch quantitative Daten gegangen. In Wirklichkeit galt es, in einem Gebiet, das seit der Antike ganz dem Qualitativen verpflichtet war, Zahlen und Quantitäten einen Platz im Kernbereich der Wissenschaft, d.h. in ihrer Theorienbildung, zu verschaffen. Von den konkurrierenden Quantifizierungsprogrammen war nur das erfolgreich, das die Chemie als Teil der allgemeinen Naturwissenschaft verstand und auf die Tradition des Newtonianismus hinführte<sup>21</sup>. Für diesen Prozeß bildete die Einbeziehung der Chemie in die Naturlehre einen außerordentlich wichtigen Schritt.

Karstens Ansatz erhellt ein interessantes Moment dieses Prozesses: Mit der tendenziellen Herabstufung der Mathematik in der Physik, z.B. bei Lichtenberg, ganz deutlich bei Karsten und Gren, die in ihrem Wesen zu dieser Zeit eigentlich nicht mehr "entmathematisierbar" war, kam die Physik in Deutschland der Chemie, in der erst Ansätze einer Quantifizierung im Entstehen waren, sozusagen ein Stück "entgegen". Um so wirkungsvoller konnte sich die Chemie in dieser Gesellschaft in den folgenden Jahrzehnten wandeln.

Der Blick in die Hörerstatistik zu den Grenschen Vorlesungen, die für die neunziger Jahre des 18. Jahrhunderts pro Semester 60 bis 90 Studenten ausweist<sup>22</sup>, und andere Zeugnisse über die Beliebtheit der Grenschen Vorlesungen belegen zudem, daß dem Programm einer chemisch-physikalischen Naturwissenschaft auch der durch Karsten gesuchte Erfolg bei den Studenten nicht verwehrt blieb.



**Summary:** Normally the transformation of chemistry from a medical auxiliary science into an acknowledged chemical-physical science is regarded as a process of assumption of measuring and quantifying into chemistry. The article presents an alternative program of unification of chemistry and physics from the end of the eighteenth century. This program placed the qualities of the substances (bodies), which were the subject of chemistry, into the centre of physics (Naturlehre). Theoretical as well as social factors played an important role in the process of formulation of this program.

- 1 Zu Karsten s.a. Markus Seils, *Friedrich Albrecht Carl Gren 1760-1798: Spekulant oder Selbstdenker?* (Stuttgart 1995), besonders S. 60-75.
- 2 Zum Verhältnis von Physik und angewandter Mathematik s.a. Fritz Krafft, "Der Weg von den Physikern zur Physik an den deutschen Universitäten", *Berichte zur Wissenschaftsgeschichte* 1 (1978), S. 135-162; Gunter Lind, *Physik im Lehrbuch 1700-1850* (Berlin 1992); aus disziplin-geschichtlicher Sicht Rudolf Stichweh, *Zur Entstehung des modernen Systems wissenschaftlicher Disziplinen: Physik in Deutschland 1740-1890* (Frankfurt/Main 1984).
- 3 Wenceslaus J.G. Karsten, *Anfangsgründe der Naturlehre* (Halle 1780).
- 4 Zit. nach Gunter Lind, *Physik im Lehrbuch 1700-1850* (Berlin 1992), S. 187.
- 5 Wenceslaus J.G. Karsten, *Anleitung zur gemeinnützlichen Kenntniß der Natur* (Halle 1783), S. 13.
- 6 Wenceslaus J.G. Karsten, *Kurzer Entwurf der Naturwissenschaft, vornemlich ihres chymisch-mineralogischen Theils* (Halle 1785), Vorrede.
- 7 Wenceslaus J.G. Karsten, Vom eigenthümlichen Gebiet der Naturlehre, durch eine Preisfrage vom Jahr 1781 veranlasst. In: *Wenceslaus Joh. Gustav Karstens physisch-chymische Abhandlungen*. Heft 1 (1786), S. 97-199, hier S. 109-114.
- 8 Wenceslaus J.G. Karsten, *Anfangsgründe der Naturlehre* (Halle 1780), Vorrede.
- 9 Wenceslaus J.G. Karsten, *Kurzer Entwurf der Naturwissenschaft ...* (Halle 1785), Vorrede.
- 10 Gunter Lind, *Physik im Lehrbuch 1700-1850* (Berlin 1992), S. 187.
- 11 Wenceslaus J.G. Karsten, Vom eigenthümlichen Gebiet der Naturlehre ... In: *Wenceslaus Joh. Gustav Karstens physisch-chymischen Abhandlungen*. Heft 1 (1786), S. 126.
- 12 Wenceslaus J.G. Karsten, Vom eigenthümlichen Gebiet der Naturlehre ... In: *Wenceslaus Joh. Gustav Karstens physisch-chymischen Abhandlungen*. Heft 1 (1786), S. 163f.

- 13 Wenceslaus J.G. Karsten, Vom eigenthümlichen Gebiet der Naturlehre ... In: *Wenceslaus Joh. Gustav Karstens physisch-chemischen Abhandlungen*. Heft 1 (1786), S. 165.
- 14 Wenceslaus J.G. Karsten, *Kurzer Entwurf der Naturwissenschaft* ... (Halle 1785), Vorrede.
- 15 Vgl. dazu Markus Seils, *Friedrich Albrecht Carl Gren in seiner Zeit 1760-1798: Spekulant oder Selbstdenker?* (Stuttgart 1995).
- 16 Johann S.T. Gehler, *Physikalisches Wörterbuch oder Versuch einer Erklärung der vornehmsten Begriffe und Kunstwörter der Naturlehre* ... (6 Bde., Leipzig 1787-1796) Bd. III (1790), S. 491-493.
- 17 Johann C. Fischer, *Geschichte der Physik* (Göttingen 1805), S. 1-6.
- 18 S. Johann C.P. Erxleben, *Anfangsgründe der Naturlehre*, mit Zusätzen von G.C. Lichtenberg (3. Aufl., Göttingen 1784).
- 19 Johann S.T. Gehler, *Physikalisches Wörterbuch oder Versuch einer Erklärung der vornehmsten Begriffe und Kunstwörter der Naturlehre* ... (6 Bde., Leipzig 1787-1796) Bd. III (1790), S. 491.
- 20 Gunter Lind, *Physik im Lehrbuch 1700-1850* (Berlin 1992), S. 195.
- 21 Christoph Meinel, Analyse und Quantifizierung in chemischen Forschungsprogrammen des 18. Jahrhunderts, *GDCH-Fachgruppe Geschichte der Chemie Mitteilungen* 8 (1993), S. 23-31.
- 22 Markus Seils, *Friedrich Albrecht Carl Gren 1760-1798: Spekulant oder Selbstdenker?* (Stuttgart 1995), S. 97.