

# Ein Nomade der Wissenschaft

Zum 250. Geburtstag von Chladni, dem Mann, der den „Schall sichtbar gemacht hat“

Hans-Jürgen Stöckmann

Trotz einer allzu gut behüteten Kindheit und einer vorgezeichneten Juristenkarriere entwickelte sich Chladni zum weltgewandten Pionier der Akustik und Meteoritenforschung. Seine zahlreichen Reisen führten ihn durch ganz Europa bis an den Hof von Kaiser Napoleon.

**A**n einem Februarabend des Jahres 1809 fuhr in Paris ein Wagen beim Tuilerien-Palast vor, dem Amtssitz von Napoleon Bonaparte, Kaiser der Franzosen. Unter den Insassen befanden sich der Graf de la Place, Kanzler des Senats, besser bekannt als Laplace, La Cépède, Großkanzler der Ehrenlegion, und Bertholet, Reichssenator. Ebenfalls im Wagen: ein Dr. Chladni aus Wittenberg, bekannt geworden durch seine Experimente an schwingenden Platten. An einer Vorführung dieser Experimente zeigte der Kaiser höchstselbst Interesse, und daher lud er Chladni, vermittelt durch Laplace, in die Tuilerien ein. Einladungen von Künstlern an den Hof von Herrschern waren keine Seltenheit, aber eine solche an einen Naturforscher war äußerst bemerkenswert.

Chladni befand sich im Rahmen einer Vortragsreise durch Europa für längere Zeit in Paris. Bis zum Abschluss seines Studiums hatte nichts darauf hin gedeutet, dass der am 30. November 1756 in Wittenberg geborene Chladni einmal eine rege Reisetätigkeit in Sachen Wissenschaft entfalten würde.

Zur Zeit seiner Geburt war Wittenberg von einem kulturellen Zentrum Europas im Zuge der Reformation auf den Status einer kursächsischen Kleinstadt abgesunken. Chladnis Vater war Professor



der Rechte und kurfürstlich sächsischer Hofrat von hohem Ansehen. Chladni verbrachte eine behütete, vielleicht sogar zu behütete Jugend. Von ihm selbst wissen wir, dass er zunächst „von braven und geschickten Lehrern guten Unterricht“ erhielt und „nur selten, und nie allein, aus dem Hause gehen“ durfte. Altersgenossen sah er bestenfalls in der Kirche, und es war ihm „sogar, aus übertriebener Sorgfalt für ... den einzigen Sohn, nur bei sehr guter Witterung gestattet, in dem am Hause befindlichen Hofe und Garten in die freie Luft zu gehen.“

Der Knabe nutzt bereits seit seinem sechsten Jahr die zwangsweise im Haus verbrachte Zeit zum Lesen von geografischen Büchern und Reisebeschreibungen. Mit vierzehn Jahren wird Chladni auf die Landschule nach Grimma geschickt und beklagt auch hier eine starke Einschränkung der Freizügigkeit.

Im Alter von 18 Jahren beginnt Chladni 1774 das Studium der

Rechtswissenschaften in Wittenberg. Viel lieber hätte er Medizin studiert, beugt sich aber dem Druck seines Vaters. Wenigstens erreicht er, dass er das Studium in Leipzig fortsetzen kann, wo er es mit gleich zwei Dissertationen in den Fächern Philosophie (1781) und Jurisprudenz (1782) abschließt.

Erst der Tod des Vaters befreite Chladni von dessen Bevormundung. Nun konnte er endlich seinen eigenen Interessen nachgehen. Statt eine juristische Laufbahn einzuschlagen, beschließt er, sich dem Studium der Naturkunde zuzuwenden, mit der er sich schon vorher zu seinem Vergnügen beschäftigt hatte. Sein Interesse konzentriert sich bald auf die Schwingungen von Stäben und Platten, und hier macht er die Entdeckung, die bis zum heutigen Tag untrennbar mit seinem Namen verbunden ist. Er selbst schreibt dazu: „Unter anderem hatte ich bemerkt, daß jede nicht gar zu kleine Glas- oder Metallscheibe mannigfaltige Töne gab, wenn ich sie an verschiedenen Stellen hielt und anschlug, und wünschte den Grund dieser von noch niemanden untersuchten Verschiedenheit der Töne zu wissen. Ich spannte eine messingene Scheibe, die zu einer Schleifmaschine gehörte, an einem in ihrer Mitte befindlichen Zapfen in einen Schraubstock, und bemerkte, daß durch Striche mit dem Violinbogen sich darauf verschiedene Töne hervorbringen ließen, die stärker und anhaltender waren, als man sie durch Anschlagen erhalten kann.“

Chladni kannte die Experimente von Lichtenberg, der die Spuren elektrischer Entladungen in Isolatoren durch Bestreuen der entsprechenden Stellen mit einem Pulver sichtbar gemacht hatte. Dies brachte

◀ Ernst Florens Friedrich Chladni (1756–1827) gilt zu recht als der Vater der Akustik [1]. Er prägte auch nachhaltig das Gebiet der Meteoritenforschung.

Prof. Dr. Hans-Jürgen Stöckmann, Fachbereich Physik, Philipps-Universität Marburg, Renthof 5, 35032 Marburg

1) Tatsächlich war Chladni nicht der erste, der die Schwingungsmuster beobachtete. Bereits bei Leonardo da Vinci findet sich eine Bemerkung darüber in seinen Notizen, und Galilei widmet ihnen in seinem „Dialog über die zwei wichtigsten Weltsysteme“ eine längere Passage. Es ist aber unstrittig, dass Chladni als erster das Phänomen systematisch untersuchte.

2) Vom griechischen Wort *εὐφών* für Wohlklang.

ihn auf die Idee, bei seiner schwingenden Messingscheibe ein Gleiches zu versuchen. Er streute Sand auf die Scheibe, strich sie mit dem Violinbogen an, und in wenigen Sekunden formte sich der Sand zu einem zehnstrahligem Stern. Die Chladnischen Klangfiguren waren geboren. Seine Erfahrungen veröffentlichte Chladni 1787 in seiner ersten akustischen Arbeit „Entdeckungen über die Theorie des Klanges.“<sup>(1)</sup>

Durch den Verzicht auf eine sichere Juristenlaufbahn war Chladni zum Privatgelehrten ohne festes Einkommen geworden. Die Hörergelder, die er aus Gastvorlesungen an der Universität Wittenberg erhielt, reichten nicht als Lebensunterhalt. Mehrere Bewerbungen auf eine feste Anstellung als Professor blieben erfolglos. Dies brachte ihn auf die Idee, sich sein Geld durch Vortragsreisen zu verdienen: „Ich hatte dabei den Gedanken, daß ein Künstler, der einige Aufmerksamkeit zu erregen weiß, weniger an einen bestimmten Ort gebunden ist und mehrere Gelegenheiten hat, fast überall Vortheil und eine gute Aufnahme zu finden, als ein Gelehrter, der sich dem akademischen Leben widmet, und hoffte, es auch dahin zu bringen, zwar nicht durch Virtuosen-talent, weil ich so spät angefangen hatte, Musik zu erlernen, aber doch durch Erfindung eines neuen Instrumentes, welches

ich eher, als ein Anderer, auszuführen glaubte, weil ich die Natur so mancher klingenden Körper zuerst untersucht hatte.“

Chladni scheint zunächst überhaupt nicht auf die Idee gekommen zu sein, dass allein schon die Vorführung der Klangfiguren für ein breiteres Publikum von Interesse sein könnte. Nach längerem Probieren und mehreren vergeblichen Versuchen vollendet Chladni 1790 die Erfindung seines ersten Instruments, dem er den anspruchsvollen Namen Euphon<sup>2)</sup> gibt. Die Klang-erzeugung erfolgte durch Glasstäbe, die durch senkrecht zur Achse angebrachte Reibestäbe zu Schwingungen angeregt werden konnten. Mit dem Euphon und seinen Platten im Gepäck machte sich Chladni 1793 auf seine erste Vortragsreise, die ihn durch Europa führte. Das Reisen sollte ihn für den Rest seines Lebens nicht mehr loslassen. Stets dabei war entweder sein Euphon oder der später entwickelte Clavicylinder, bei dem die schwingenden Stäbe auf Tastendruck über eine rotierende Walze angeregt wurden.

Sehr bald zeigte sich, dass das eigentliche Interesse des Publikums nicht dem neuen Instrument, sondern den Klangfiguren galt. Dem Publikum ging es dabei meist weniger um die Physik, sondern einfach um eine gute Schau. Durch Fixieren der Platte an bestimmten Stellen

zwischen Zeigefinger und Daumen konnte Chladni ganz bestimmte Schwingungsmuster erzwingen. Dabei entwickelte er eine beeindruckende Fertigkeit.

## Das Hauptwerk

1802 erscheint Chladnis Hauptwerk, die „Akustik“, in der er alles zusammenfasst, was auf diesem Gebiet bisher bekannt war [2]. Wesentliche Entdeckungen stammen dabei von ihm selbst. Neben den Klangfiguren sind dies die Longitudinalschwingungen von Stäben, die er erstmals beobachtete. Es ist nicht zu viel gesagt, dass durch dieses Werk die Akustik als eigenständige Disziplin begründet wurde.

Da die Theorie der Schwingungen biegesteifer Platten noch nicht existierte, musste die Beschreibung der Klangfiguren qualitativ bleiben. Chladni klassifiziert die gefundenen Figuren rechteckiger Platten nach Zahl der Knotenlinien parallel zu den beiden Seiten und ordnet den Frequenzen halbtongenaue die entsprechenden Töne der Tonleiter zu, wobei er der Figur mit der niedrigsten Frequenz willkürlich den Ton G zuordnet. Bei kreisförmigen Platten geht er entsprechend vor.

Anlässlich eines Besuchs in Weimar im Jahre 1803 trifft Chladni



Chladni 1800 bei einer Vorführung seiner Klangfiguren im Palais des Fürsten von Thurn und Taxis in Regensburg (links). Das Musikinstrumentenmuseum in Leipzig besitzt noch einen Clavicylinder, der nach Chladnis Angaben hergestellt wurde (oben, aus: B. Heise, Membranophone und Idiophone, Leipzig 2002).

Goethe und lässt ihm ein Exemplar des Buches zukommen [3]. Goethe schreibt darüber an Schiller, dass er „über Inhalt, Gehalt, Methode und Form manches Erfreuliche“ sagen könne. Seine Charakterisierung von Chladni fällt indes wenig schmeichelhaft aus: „Er gehört ... unter die Glückseligen, welche auch nicht eine Ahnung haben, daß es eine Naturphilosophie gibt, und die nur, mit Aufmerksamkeit, suchen die Phänomene gewahr zu werden, um sie nachher so gut zu ordnen und zu nutzen, als es nur gehen will und als ihr angebornes, in der Sache und zur Sache geübtes Talent vermag.“

Vielleicht hatte Goethe versucht, Chladni von seiner „Farbenlehre“ zu überzeugen, und nicht den Enthusiasmus gefunden, den er erhofft hatte? Goethe betrachtete sich bekanntlich selbst als Naturforscher und sah auf diesem Gebiet nicht die geringsten seiner Leistungen. Später äußerte sich Goethe öffentlich aber wiederholt sehr positiv über Chladni. Und nicht zuletzt charakterisiert das Bemühen, „Phänomene gewahr zu werden und gut zu ordnen“, den Experimentalphysiker und kann aus moderner Sicht kaum als Vorwurf gewertet werden.

1806 begibt sich Chladni wieder auf eine lange Reise, die ihn über Holland und Brüssel nach Paris führt, wo er von 1808 bis 1810 bleibt. Dort lernt er nicht nur Napoleon, sondern auch die führenden Gelehrten seiner Zeit persönlich kennen. Ihre Namen klingen auch heute noch vertraut: Poisson, Biot, Savart und Alexander von Humboldt, der sich damals gerade in Paris aufhielt.

### Klangfiguren am Kaiserhof

Chladni berichtete selbst von seiner denkwürdigen Begegnung mit Napoleon [4]: „Als ich eintrat, empfing er mich, in der Mitte des Zimmers stehend, mit Aeusserungen des Wohlwollens. Ausser ihm waren noch zugegen seine Gemahlin Josephine, eine damals noch sehr wohlgebildete, liebenswürdige Dame, seine Mutter Lätitia, deren Ansehen und Benehmen Gutmüthigkeit verriet, und“ andere. „Ich spielte

erst einiges auf dem Clavicylinder, welches den Anwesenden zu gefallen schien; Napoleon wollte hierauf auch einige Töne angeben, aber wie wohl ich ihm gesagt hatte, dass die Tasten nur sehr gelind müssten niedergedrückt werden, und er sie auch nur sehr schwach niederzudrücken glaubte, so geschah es doch mit solcher Stärke, dass meines Erachtens auch hierin seine mehrere Energie als Sanftheit sich zu erkennen gab.“

Anschließend führt Chladni die Klangfiguren vor: „Napoleon bezeugte meinen Experimenten und Erklärungen viele Aufmerksamkeit, und verlangte, als Kenner mathematischer Gegenständen, dass ich ihm Alles von Grund aus erklären sollte, so dass ich die Sache also nicht gerade von der leichten Seite nehmen durfte. Er wusste auch recht wohl, dass man noch nicht im Stande ist, Flächen, die nach mehr als einer Richtung auf verschiedene Art gekrümmt sind, so dem Calcul zu unterwerfen, wie krumme Linien, dass, wenn man hierin weitere Fortschritte machen könnte, es auch zur Anwendung auf manche andere Gegenstände nützlich sein würde.“

Napoleons Verhältnis zur Wissenschaft macht deutlich, warum er einen Wissenschaftler wie Chladni einlud: Wie wir aus seinen Schulzeugnissen wissen, kannte er sich tatsächlich in der Mathematik bestens aus. Und als seine Truppen 1796 Pavia plünderten, ordnete er als noch junger General an, die Häuser der Professoren der Universität, unter ihnen das von Alessandro Volta, zu verschonen. Auch Volta erhielt 1801 in Paris die Gelegenheit, Napoleon Bonaparte, damals noch erster Konsul der Republik, seine Experimente vorzuführen.

Am nächsten Morgen erhält Chladni eine Gratifikation von 6000 Francs, verbunden mit dem Wunsch, die „Akustik“ in französischer Sprache herauszugeben. Hierbei stößt Chladni auf ein Problem [5]. Die französische Sprache kennt für die Begriffe „Schall“, „Klang“ und „Ton“, die Chladni in unterschiedlichen Bedeutungen verwendet, nur das eine Wort „son“. Ein Franzose, zu dieser Gelegenheit befragt, kann ihm nur

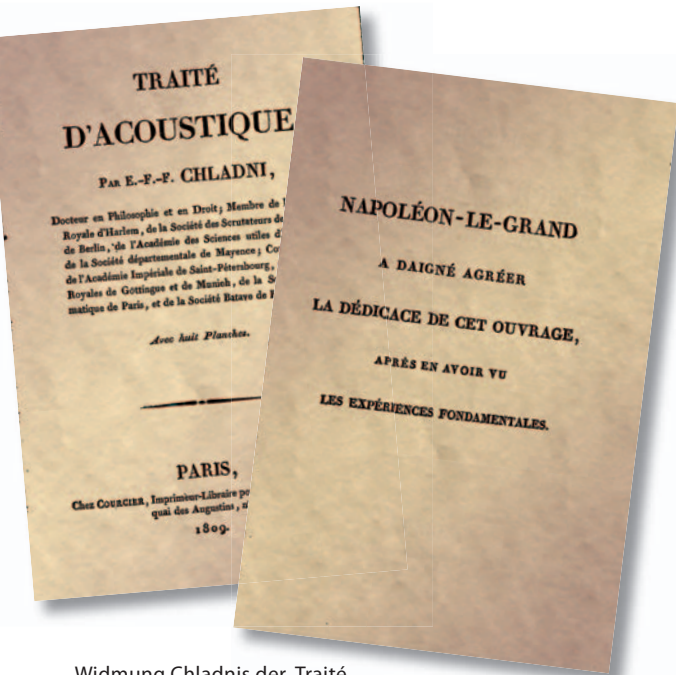


Am Hofe von Kaiser Napoleon Bonaparte (1769 – 1821) bekleideten führende Naturwissenschaftler wie der Mathematiker Laplace oder der Biologe La Cépède hohe Ämter.

mit der wenig hilfreichen Antwort dienen: „Notre diablesse de langue ne veut pas se prêter à l'expression de toutes les idées possibles. Il faut même quelquefois sacrifier une idée aux caprices de la langue.“<sup>3)</sup> Eine wörtliche Übersetzung ist also nicht möglich. Chladni nutzt dies zu einer gründlichen Umarbeitung, lässt manches Ältere weg und fügt dafür Neues hinzu. Im November 1809 erscheint das Buch unter dem Titel „Traité d'Acoustique“.

Chladni widmet das Buch Napoleon, nachdem ihm Laplace nahegelegt hatte, ihn um Erlaubnis dafür zu bitten. Damit tut sich Chladni schwer: „Es wollte mir ... nicht gelingen eine épître dédicatoire abzufassen, mit der man recht wäre zufrieden gewesen, und in der man auf der einen Seite alle Schmeichelei (die meine Sache nicht ist) vermieden, und auf der anderen Seite doch alle gebührende Achtung und Dankbarkeit ausgedrückt hätte. Endlich zog ich mich aus der Verlegenheit auf eine Art, mit der man allgemein zufrieden war, nämlich durch folgende Dedication im Lapi-

3) „Teuflich ist an unserer Sprache, das sich mit ihr nicht alle möglichen Gedanken ausdrücken lassen. Manchmal muss man den Launen der Sprache sogar eine Idee opfern.“



Widmung Chladnis der „Traité d'Acoustique“ an Napoleon.

darstyl: Napoléon le Grand a daigné agréer la dédicace de cet ouvrage, après en avoir vu les expériences fondamentales.“<sup>4)</sup>

Es sind Zweifel angebracht, ob sich dies tatsächlich so abgespielt hat. Als Chladni seinen Erlebnisbericht 1826 verfasste, hatten sich die Verhältnisse in Europa dramatisch verändert. Napoleon war ein paar Jahre zuvor auf St. Helena gestorben, und in ganz Europa herrschte eine Atmosphäre der Repression. Die Widmung war damit zum Problem geworden.

Zusätzlich zur persönlichen Gratifikation für Chladni setzte Napoleon einen Preis in Höhe von 3000 Francs aus, der für die mathematische Theorie der Klangfiguren vergeben werden sollte. Den Preis erhielt 1816 Sophie Germain zuerkannt für eine Abhandlung mit dem Titel „Recherches sur la théorie des surfaces élastiques“. Sophie Germain war von ihren Vorkenntnissen her Mathematikerin. Da ihr als Frau eine ordnungsgemäße Ausbildung versagt war, eignete sie sich die nötigen Kenntnisse im Selbststudium an. Sie leistete einige wichtige Beiträge zur Zahlentheorie und führte einen wissenschaftlichen Briefwechsel mit Gauss, anfänglich unter einem männlichen Pseudonym, da sie fürchtete, als Frau nicht ernst genommen zu werden [6]. Sophie Germain's Erklärung

4) „Napoleon der Große hatte die Güte die Widmung dieses Werks zu genehmigen, nachdem er die zugrundeliegenden Experimente davon gesehen hatte.“

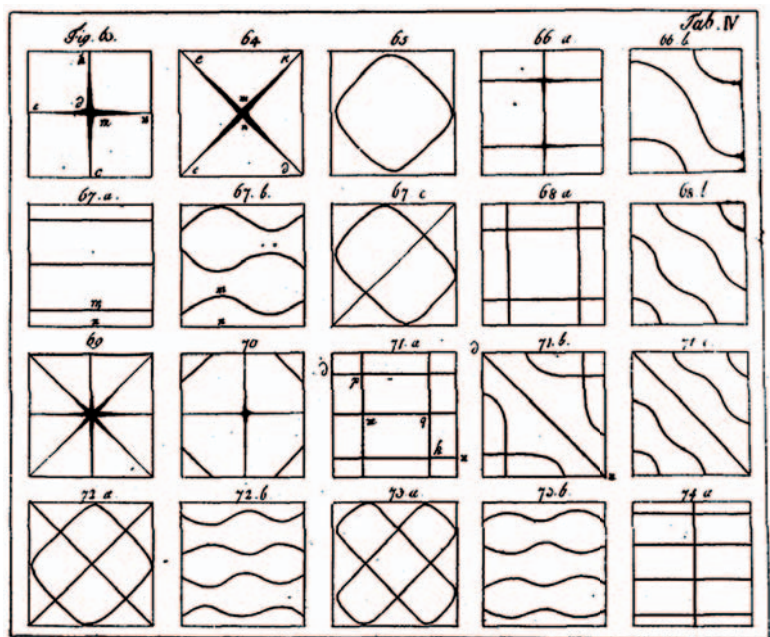
5) Das 368. Wilhelm-und-Else-Heraeus-Seminar in Wittenberg widmete sich genau diesen Fragen (s. Physik Journal, Oktober 2006, S. 63). Ausgewählte Beiträge, einschließlich einer ausführlicheren Version des vorliegenden Textes werden Anfang 2007 im *European Physical Journal – Special Topics* erscheinen.

zung der Klangfiguren war zwar unvollständig, doch mit dem Preis wurde anerkannt, dass ihre Abhandlung einen wesentlichen Fortschritt bedeutete. Das Problem erwies sich als hartnäckig. Die vollständige Lösung für kreisförmige Platten gelang erst 1850 durch Robert Kirchhoff, und noch 1891 liest man im Handbuch der Physik: „Was die strenge mathematische Theorie betrifft, so ist sie wohl erst nur in wenigen Fällen dahingelangt, Resultate zu liefern, die allseitig eine Anwendung auf das Experiment gestatten.“

Chladni-Figuren unregelmäßig geformter Platten haben in unseren Tagen eine überraschende Aktualität erfahren. Ursache ist die Äquivalenz zwischen der stationären Wellengleichung, der Helmholtz-Gleichung, und der stationären Schrödinger-Gleichung für ein Teilchen, das sich in einem Kasten mit reflektierenden Wänden frei bewegt. Das ermöglicht die Untersuchung solcher Quantenbillards und, bei unregelmäßig geformten Wänden, des Quantenchaos' mit Hilfe schwingender Platten [7]. Auch auf ganz anderen Gebieten spielen Knotenmuster eine zentrale Rolle, in Lichtfeldern, den Gezeitenströmen, ja sogar bei der Musterbildung im visuellen Kortex.<sup>5)</sup> Die Vorhersage Napoleons,

dass, wenn man im Verständnis der Chladni-Figuren unregelmäßig geformter Platten „weitere Fortschritte machen könnte, es auch zur Anwendung auf manche andere Gegenstände nützlich sein würde“, kann man im Lichte dieser Entwicklung nur als visionär bezeichnen.

Im Sommer 1812 kehrt Chladni über die Schweiz und Italien nach langer Abwesenheit nach Deutschland zurück. Rom und Neapel lässt er aus, „weil die Wege dahin wegen der vielen Straßenräuber und Mörder gar zu unsicher waren.“ Wieder zu Hause, greift Napoleon ein letztes Mal in sein Leben ein, diesmal indirekt und mit unerfreulichen Folgen. Im Sommer 1813, die Reste der *grande armée* sind nach dem Rückzug aus Moskau in Sachsen in zahllose Kämpfe und Scharmützel verstrickt, wird Wittenberg von den Preußen belagert. Dies zwingt Chladni zur Umsiedlung in das 15 km weiter südlich gelegene Städtchen Kemberg. Im Herbst des Jahres brennt seine zurückgelassene Wohnung in Wittenberg aus, entzündet durch eine Brandrakete, die das Nachbarhaus getroffen hatte. Chladni beklagt den Verlust vieler Gegenstände, die ihm teuer waren, ist aber glücklich, das meiste retten zu können, darunter Euphon und Clavicylinder.



Dieser Ausschnitt einer Tafel mit Klangfiguren einer quadratischen Platte stammt aus Chladni's Hauptwerk, „Die Akustik“ von 1802.

In Kemberg verbringt Chladni den Rest seines Lebens, unterbrochen nur durch die immer noch häufigen Vortragsreisen. Auf einer solchen ereilt ihn am 4. April 1827 in Breslau der Tod.

Chladni gilt zu Recht als Vater der Akustik. Dabei wird oft übersehen, dass er auch auf einem völlig anderen Gebiet eine Pionierleistung erbracht hat. Im ausgehenden 18. Jahrhundert wurde heftig diskutiert, ob Meteoriten terrestrischen oder kosmischen Ursprungs seien. Chladni nutzte seine Reisen dazu, um in Bibliotheken alles Bekannte über Meteoriten zusammenzutragen und fasste seine Erkenntnisse 1794 in einer Schrift zusammen, in der er sich eindeutig für den kosmischen Ursprung ausspricht. Nach anfänglicher Skepsis schließen sich alle bedeutenden Geister seiner Zeit dieser Auffassung an, so Lichtenberg und Alexander von Humboldt. Letzterer schreibt: „Obgleich seit dritthalbtausend Jahren die Annalen der Völker von Steinfällen erzählen, mehrere Beispiele derselben durch unverwerfliche Augenzeugen ausser allem Zweifel gesetzt waren, ... so ist doch bis auf Chladni, der schon durch die Entdeckung seiner Klangfiguren sich ein unsterbliches Verdienst um die Physik erworben hatte, ein so grosses Phänomen fast unbeobachtet, in seinem innigen Zusammenhange mit dem übrigen Planetensystemen unerkannt geblieben.“

## Chladnis Persönlichkeit

Chladni ist, wie er sagt, oft für sein unstetes Leben bedauert worden: „Mehrere sind so gutmüthig gewesen, mich wegen meiner etwas nomadischen Lebensweise zu bedauern, wie ich denn auch wirklich nie einen Ruf, am wenigsten einen annehmlchen Ruf auf eine Stelle erhalten habe. Ich finde aber, daß dieses weder ein Schade für die Wissenschaft, noch für mich gewesen ist. Wäre ich an einem bestimmten Orte .... angestellt worden, so würde ich weder die Akustik, noch die Lehre von den Meteormassen haben gehörig bearbeiten können, weil es dazu schlechterdings

erforderlich war, mich selbst von allen früheren Beobachtungen und Untersuchungen Anderer möglichst zu unterrichten.“

Was war Chladni für ein Mann? Ein begnadeter Vermittler von Physik, wie er Napoleon erschien? Ein genialer Wissenschaftler, wie es bei Alexander von Humboldt zum Ausdruck kommt? Oder gemäß Goethe eher eine mediokre Persönlichkeit?

Es spricht einiges dafür, dass Chladni, bedingt durch Fehler in seiner Erziehung, persönliche Defizite besaß. Auch wenn er es bestreitet, scheint er die wiederholten vergeblichen Versuche, eine feste Anstellung zu erhalten, nicht verwunden zu haben. Seine Art, Physik einem Laienpublikum zu präsentieren, blieb einzigartig und starb mit ihm. Seine Musikinstrumente sind heute nur noch von historischem Interesse. Was bleibt sind seine Beiträge zur Akustik [8] und zur Meteoritenkunde, die bis heute nachwirken.

## Literatur

- [1] D. Ullmann, Ernst Florens Friedrich Chladni, Teubner, Leipzig (1983)
- [2] E. F. F. Chladni, Die Akustik, Breitkopf und Härtel, Leipzig (1802)
- [3] O. Krätz, Goethe und die Naturwissenschaften, Callwey, München (1998)
- [4] F. Melde, Chladni's Leben und Werk, Elwert, Marburg (1888)
- [5] E. F. F. Chladni, Neue Beiträge zur Akustik, Breitkopf und Härtel, Leipzig (1817)
- [6] A. D. Dalmédico, Sophie Germain, Scientific American, Dezember 1991, S. 77
- [7] H.-J. Stöckmann, Quantum Chaos – An Introduction, Cambridge University Press, Cambridge (1999)
- [8] D. Ullmann, Chladni und die Entwicklung der Akustik von 1750 – 1860, Birkhäuser, Basel (1996)

## DER AUTOR

**Hans-Jürgen Stöckmann** ist seit 1979 Professor für Experimentalphysik an der Philipps-Universität Marburg. Er entwickelte mit seinen Mitarbeitern die Mikrowellenmesstechnik zum experimentellen Studium des Quantenchaos in chaotischen und ungeordneten Billards. Er ist Autor einer einführenden Monographie zum Quantenchaos [7].

