



Unterschiedliche Freiheitsgrade: „Mailand, Mustermesse“, fünfziger Jahre

Foto Pietro Donzelli © Renate Siebenhaar, Frankfurt

ligten klar. Aber ein genialer Mathematiker ging mit ins Rennen, Henri Poincaré, damals vierunddreißig Jahre alt und auf dem Weg, zu einem der ganz Großen zu werden. Er tat, was man in der Mechanik abseits des kristallklaren Zweikörperproblems (in der Quantenmechanik entspricht ihm dann das Wasserstoffatom) immer machen muss: Er vereinfachte zuerst einmal radikal die Problemstellung, nahm sich drei Körper und die in einer recht speziellen Variante vor.

Dann entwickelte er wunderbare Methoden, mit denen sich das Systemverhalten – dargestellt als Trajektorie im sogenannten Phasenraum, aufgespannt durch die verbliebenen Freiheitsgrade des eigentlich übersichtlichen Systems – qualitativ beschreiben und klassifizieren ließ. Und entdeckte unvermutet, als er eine vermeintlich bloße Voreiligkeit seines Beweises geraderücken wollte, dass dieses System verrückt spielen konnte.

Die turbulente Geschichte, wie Poincaré chaotisches Verhalten in dynamischen Systemen entdeckte und dabei gleich die Theorie Letzterer begründete, ist bereits öfter erzählt worden, zuletzt in zwei Poincaré-Biographien (F.A.Z. vom 4. April 2013). Aber was man bisher vergeblich suchte, war eine halbwegs untechnisch erzählte weitere Geschichte des Drei- und Mehrkörperproblems: einerseits eine erstaunlich Lücke, weil das Problem doch sehr reizvoll ist, andererseits eine verständliche, denn die Sache wird nach Poincaré mathematisch nicht einfacher. Selbst wenn später, mit leistungsstarken Computern, auch hübsche Veranschaulichungen numerischer Erprobungen hinzukommen.

Pia Heidenreich hat sich nun aber an diese Geschichte gewagt, auf knappem Raum, in fast schon kecker Prosa und mit beachtlichem Geschick bei der Übersetzung der verwendeten mathematischen Instrumentarien und Beweiseideen. Von Poincaré geht es da also gleich weiter zu den Versuchen, der zuvor noch ausgeschlossenen Kollisionen Herr zu werden. Das ist der eine Zweig der Problemgeschichte, der andere hat es mit Singularitäten jenseits des Zusammenknallens zu tun, mit Massen die in endlicher Zeit ins Unendliche verschwinden, und auch mit der Frage, wie stabil und häufig „braves“ Systemverhalten im Phasenraum eigentlich ist. Diese Geschichte führt bis hinauf in die Gegenwart.

Man sollte nicht erwarten, dabei alles zu verstehen. Aber ob man mehr oder weniger Rüstzeug mitbringt: Man lernt bei Pia Heidenreich jedenfalls einiges über die klassische Physik – über die Methodik des vereinfachten Modells, tiefliegende Idealisierungen, die kapriziösen Verwicklungen chaotischen Verhaltens, die mathematischen Tricks, um trotzdem halbwegs Klarheit im Phasenraum zu gewinnen. Obwohl trotz beeindruckender Theoreme festzuhalten ist: Ein allgemeines Bild der Verhältnisse im Phasenraum des Dreikörpersystems haben wir auch heute nicht. Dafür kann man ingenieurmäßig konstruierte Spezialfälle kennenlernen, die mitunter sogar erstaunlich viele Massen ins Spiel bringen. Oder sich ansehen, wie Großrechner Vielteilchensysteme numerisch simulieren. Ein weites Feld, kurzweilig erschlossen von einem schmalen Buch.

Pia M. Heidenreich:
„Mehrkörperproblem“.
Immer Ärger mit dem
zweitältesten Gewerbe
der Welt.
Kulturverlag Kadmos,
Berlin 2015. 218 S., Abb.,
br., 16,90 €.



Wenn Massenpunkte taumeln

Ein Buch über Physik nicht nur für gelernte Mathematiker: Pia Heidenreich führt durch die vertrackte Geschichte des Mehrkörperproblems.

Von Helmut Mayer

Als der junge Max Planck im Jahr 1874 überlegte, ob er wirklich Physik studieren sollte, holte er sich Rat bei einem Münchner Professor dieses Fachs. Er bekam zu hören, dass es zwar „vielleicht in einem oder anderen Winkel noch ein Stäubchen oder ein Bläschen zu prüfen“ gebe, sich die Physik aber im Ganzen jener Vollendung nähere, wie sie die Geometrie schon seit Jahrhunderten aufweise. Das war 1874, und ein Vierteljahrhundert später extrapolierte Planck seine Strahlungsformel, mit der

die Quantentheorie auf den Weg kam, kurz darauf war auch die Relativitätstheorie in der Welt.

Nun war dieser Philipp von Jolly, der es durch Plancks Erinnerung fünfzig Jahre später zu anekdotischem Nachruhm brachte, kein verschrobener Sonderling, sein Bild der Physik auch nicht einfach abwegig. Es zeigte vielmehr die Überzeugungskraft des klassischen Bestands. Man gebot über die wunderbaren Maxwell'schen Gleichungen für die Elektrodynamik, hatte eine gut vorankommende Theorie der Wärmeerscheinungen und baute natürlich vor allem auf die Erfolgsgeschichte des physikalischen Leitparadigmas, der klassischen Mechanik. Die Rechnereien, um aus den schönen Differentialgleichungen der mathematisch feingeschliffenen Mechanik konkrete Ergebnisse zu gewinnen, mochten aufwendig sein – aber prinzipiell war da eben kaum ein „Stäubchen“ mehr.

Diese Selbstsicherheit kontrastiert natürlich auf das Schönste mit dem Umsturz durch die Quantenmechanik. Aber eigentlich liegt noch deutlich vor der Jahrhundertwende ein Datum, bei dem sich mehr als bloße Stäubchen im Getrie-

be der klassischen Mechanik verdingen. Sie zeigten, dass in ihr noch ganz andere Phänomene steckten, als man bis dahin gemeinhin erwartet hatte. Und zwar nicht etwa erst dann, wenn riesige Partikelmengen ins Spiel kamen. Es genügten ganze drei Massenpunkte – und mit der allgemeinen Berechenbarkeit der Trajektorien war es vorbei.

Mit der Entdeckung solch merkwürdigen Verhaltens im Jahr 1888 beginnt Pia Heidenreich ihre kleine Geschichte des Mehrkörperproblems in der klassischen Mechanik. 1885 hatte nämlich eine mathematisch prominent besetzte Jury unter anderem die Preisaufgabe gestellt, sich am Nachweis der Berechenbarkeit der Trajektorien in einem System von Massenpunkten zu versuchen. Zusammenstöße wurden zwar explizit ausgeschlossen, weil an solchen Singularitäten nicht weiterzukommen war, aber im Übrigen war die Erwartung, dass sich die Körper – beispielhaft und mit dem mechanischen Leitmodell seit langem eng verknüpft: unser Sonnensystem – halbwegs ordentlich und stabil benähmen.

Dass die Preisaufgabe die mathematische Latte sehr hoch legte, war den Betei-