

Ein

m a t h e m a t i s c h e s

M o d e l l

für

L u f t

K A P I T E L

I V

„Das neunzehnte Jahrhundert ist wirklich das verwöhnte Kind der Wissenschaft“, formulierte ein französischer Journalist 1865, als er sich retrospektiv mit Medhursts pneumatischen Apparaturen befasste.²⁴ Die Wissenschaft war gerade in Bezug auf die Dampfmaschine ab der zweiten Hälfte des 18. Jahrhunderts gefordert, Modelle zu entwickeln, die die beobachteten Phänomene im Inneren der Maschinen erklären konnten. Die zuvor vom deutschen Chemiker Georg Ernst Stahl (1659–1734) eingeführte Phlogiston-Theorie war bis in die 1770er Jahre allgemein anerkannt und besagte, dass die hypothetische Substanz „Phlogiston“ allen Körpern bei der Verbrennung entweicht. Den Zusammenhang zwischen Wärme und Bewegung konnte das Modell nicht erklären. Erst in den 1780er Jahren gab es mit der Oxidationstheorie des französischen Chemikers Antoine Lavoisier (1743–1794) eine alternative Theorie, die zwar Sauerstoff erstmalig beschrieb, den sonderbaren Stoff Phlogiston im Prinzip aber nur durch die hypothetische „kalorische Substanz“ ersetzte.²⁵

Die Kalorische Theorie sah das anwendbare Kraftpotenzial der Watt'schen Dampfmaschine lediglich im Temperaturunterschied zwischen dem Dampfkessel und dem separaten Kondensator, in dem der Wasserdampf gekühlt wurde. In dieser Gleichung spielte der Dampfdruck keine Rolle – und so blieb die Niederdruckdampfmaschine, trotz ihres niedrigen Wirkungsgrades, State of the Art und hinderte nicht zuletzt die Entwicklung dampfbetriebener Eisenbahnen, da sie unter Niederdruck kaum in der Lage waren, ihr eigenes Gewicht zu bewegen. Lediglich auf dem Wasser kam es zu ersten Experimenten mit

Die neuen Wärmekraftmaschinen forderten sowohl in der Technik als auch in der Wissenschaft die gängigen Theorien und Paradigmen konstant heraus. Dass ihr Einsatz nicht auch den Verkehr beschleunigen und von der Bedingtheit durch das natürlich Gegebene, wie eben Wind und Wasser, entkoppeln sollte, wollten viele nicht hinnehmen. Medhurst und Vallance, die beide Druckluft als Mittel des mechanisierten Antriebes einsetzen wollten, waren nur zwei Vertreter dieser internationalen Anstrengung, andere forschten an Lokomotiven, Seilbahnen, Zahnradbahnen und der dampfmaschinengestützten Fahrt auf Kanälen. Aber erst die Hochdruckdampfmaschine machte den Durchbruch bei den Lokomotiven möglich, begleitet von vielen weiteren Erfindungen, neuen philosophischen und naturwissenschaftlichen Modellen, die Welt zu denken, und veränderten politischen Bedingungen, die, wie der Historiker William Rosen argumentierte, in ihrer Gesamtheit die Industrielle Revolution ausmachten.²⁶

1804 experimentierte Richard Trevithick (1771–1833) mit einer Lokomotive mit Hochdruckdampfmaschine für die Penydarren-Eisenhütte in Wales. Das Vorhaben war keineswegs banal, und Trevithick musste den vielen technischen Problemen, die der Einsatz einer bewegten Wärmekraftmaschine mit sich brachte, mit innovativen Lösungen begegnen. Trevithick entwickelte neue Sicherungsventile, er erweiterte die Oberfläche der Brennkammer, um möglichst viel Wärme zum Verdampfen des Wassers bereitzustellen, und setzte einen Rauchfang ein, der die Luftzufuhr verstärkte und damit die Hitze

in der Brennkammer erhöhte. So konnte der Ingenieur die Lokomotive schließlich in Gang setzen. Dennoch blieben viele Probleme vorerst unlösbar, was eine weitere Verbreitung der Maschine verhinderte; das größte davon: das Gewicht, das die Schienen arg beanspruchte.²⁷

In der zweiten Hälfte der 1820er Jahre machten es zwei Errungenschaften möglich, die Probleme in Technik und Wissenschaft so weit zu lösen, dass Lokomotiven endgültig auf Schiene gebracht werden konnten. 1824 veröffentlichte der französische Physiker Nicolas Léonard Sadi Carnot (1796–1832) seine Schrift *Réflexions sur la puissance motrice du feu*, in der er mit einem Gedankenexperiment den später so genannten Carnot-Kreisprozess beschrieb. Dies war das erste belastbare wissenschaftliche Modell einer Wärmekraftmaschine. Der Franzose begründete mit seinem Modell die Thermodynamik mit ihrem – 1865 vom deutschen Physiker Rudolf Clausius (1822–1888) eingeführten – zentralen Begriff der Entropie.²⁸ Carnot sah sein wissenschaftliches Modell immer schon für technische Anwendungen vor. Fünf Jahre später sollte sich sein Wunsch tatsächlich realisieren.

Im Oktober 1829 kam es auf einem Abschnitt der in Fertigstellung begriffenen Liverpool and Manchester Railway zu einem Wettrennen zwischen fünf Lokomotiven, die nach einer strengen Auslese aufgrund der Wettkampfgeln antreten durften. Um den ausgeschriebenen Preis von £ 500,– zu erringen, mussten insgesamt neun Bedingungen erfüllt werden, unter anderem eine Geschwindigkeit von mindestens 16 Stundenkilometer, ein Eigengewicht von nicht mehr als sechs Tonnen und eine Belastbarkeit von mindestens dem Dreifachen des eigenen

Gewichts. Die Idee für den Wettkampf, mit dem auch die Eignung einer Lokomotive für die neue Eisenbahnstrecke getestet werden sollte, stammte von dem englischen Maschinenbauer George Stephenson (1781–1848), der 1826 von der Liverpool and Manchester Railway mit der Durchführung der Arbeiten an den Gleisanlagen betraut worden war, die unter anderem den ersten urbanen Eisenbahntunnel, die Trockenlegung eines Torfmoorgebietes bei Manchester und die Überbrückung des Irwell umfassten.²⁹ An dem Wettbewerb beteiligte er sich selbst mit der von ihm konstruierten Lokomotive „The Rocket“. Stephenson, ursprünglich aus armen Verhältnissen kommend, war beim „Rennen von Rainhill“ kein Unbekannter mehr. Schon früh hatte er sich mit Erfindungen im Bergbau, wo er als Kind arbeitete, hervorgetan, und bereits um 1814 hatte er seine erste Lokomotive entworfen.

Am 14. Oktober befanden sich nur noch zwei Lokomotiven im Wettstreit. Die „Novelty“ der beiden Ingenieure John Ericsson (1803–1889) und John Braithwaite (1797–1870) vereinte mehr noch als Stephensons Maschine technische Neuerungen in einem Entwurf, der rasch die Zuschauer:innen und die Presse für sich begeistern konnte. So berichtete auch das *Mechanic's Magazine* nicht unvoreingenommen über die Versuche auf der Eisenbahnstrecke. Doch letztlich mussten Ericsson und Braithwaite ihre Lokomotive wegen technischer Probleme zurückziehen, womit nur noch „The Rocket“ im Rennen verblieb und den Wettbewerb für sich entscheiden konnte. Ein Journalist, der für den *Liverpool Mercury* vom Rennen berichtete und dabei ebenfalls seine Sympathie für Ericsson und Braithwaite offen zeigte, richtete in aller Fairness, wie

das *Mechanic's Magazine* anerkennend anmerkte, seine Glückwünsche an Stephenson aus. Stephenson gebühre der Preis, so hieß es etwas süffisant im *Liverpool Mercury* weiter, „denn er hat die altmodische Lokomotive zur Perfektion gebracht“. ³⁰ Stephenson gewann nicht nur das Preisgeld, er erhielt zudem den Auftrag, acht Lokomotiven vom Typ „The Rocket“ für die Liverpool and Manchester Railway zu bauen.

Das Rennen von Rainhill und Carnots Arbeit an der Thermodynamik markierten das Ende einer Ära, in der pneumatische Röhrenbahnen und windbetriebene Luftdruckspeicher zumindest denkbare Alternativen zur Lokomotive waren. Im Zeitraum der Experimente von 1800 bis 1829 schienen luftbetriebene Antriebe theoretisch erstrebenswert, erfuhren jedoch kaum praktische Umsetzung. Seit Beginn der 1830er Jahre war die Lokomotive das Betriebsmittel der Wahl, wenn es um den Transport von Gütern und Menschen ging. Ein Problem war beim Transport auf Schienen jedoch noch ungelöst, und dies hatte mit der Traktion der Lokomotiven zu tun, denen man nicht zutraute, größere Steigungen entlang der Strecke zu überwinden. Für Medhurst bedeutete das Rennen von Rainhill die Widerlegung seines Arguments, dass Dampfmaschinen aufgrund ihres Gewichts niemals auf Schienen fahren würden, aber im gleichen Moment tat sich für die Expert:innen der Pneumatik die Möglichkeit auf, sich im Feld der Gebirgsbahnen zu betätigen.