

Heinz Duddeck

Über die Qualität des Modells entscheidet die Wirklichkeit

Historiker erzählen, wie es war, Philologen, was Texte meinen. Physiker und Biologen erklären uns, wie die Welt ist, Philosophen, wie sie sein soll. Mathematiker verknüpfen logische Gebilde, die es gar nicht gibt, und Astronomen sehen nur das, was längst Vergangenheit ist. Ingenieure jedoch arbeiten daran, was erst in der Zukunft sein wird. Sie setzen etwas in die Welt, das vorher nicht existierte. Ihre Modelle sind meist wesentlich anders als die der Naturwissenschaften. Da, wo Naturwissenschaftler technische Konstrukte planen und fertigen, die sich in der zukünftigen Realität bewähren müssen – Weltraumsonden, Fusionsreaktoren, Produktionsverfahren der Chemie –, sind sie eigentlich Ingenieure, sie wissen es oft nur nicht. Man erkennt es an den Bindestrich-Techniken: Laser-, Nano-, Bio- und Medizin-Technik.

Ingenieure müssen zuverlässig voraussagen, dass die entworfenen Werke ihren Zweck erfüllen und niemanden – auch nicht Natur und Gesellschaft – schädigen werden. Und sie haften dafür. Ganz im Gegensatz zu den Wirtschaftswissenschaftlern, den fünf Weisen des Bundeskanzlers, die jährlich die Ergebnisse ihrer Modellberechnungen vorlegen. Wenn Historiker – oder Hegel und Marx – es wagten, Modelle für die Zukunft zu entwerfen, scheiterten sie ›nachhaltig‹. Auch Religionen bieten Zukunftsaussagen an. Freilich, Heilsmodelle sind gegen Verifizierungsversuche immun.

Die technischen Modelle sind so vielfältig wie die technischen Projekte. Sie sind jeweils spezifisch an die technischen Ziele angepasst: biologisch-chemische für Abwassertechnik, computergesteuerte Fertigungstechnik in Produktionsstraßen, Modelle für black-out-sichere Verbundnetze der Stromversorgung und solche für Funktion und Fertigung von Mikrochips. Im Gegensatz zu den Naturwissenschaften, die kumulativ an Erklärungsmodellen arbeiten, sind Ingenieure vielfach gezwungen, jeweils speziell für ein einzelnes Projekt eigene Modelle zu ent-

wickeln. Das Finden zutreffender Modelle ist oft sogar Aufgabe der in der Praxis tätigen Ingenieure, weil Wissenschaft zwar das Methodische, nicht jedoch das örtlich Spezifische erfassen kann.

In Großprojekten, wie zum Beispiel dem künstlichen Hafen von Nagoya, ist alles, was man sieht, Technik. Alles war zunächst im Kopf, im Computer, auf Papier und wurde mit Modellen für das, was in 100, 200 Jahren geschehen kann, abgesichert. Auch die hypothetischen Gefährdungen: Explosion eines Gasbehälters, Schiffsstoß gegen Kai, Erdbeben. Technik erfordert neben den Entwurfsmodellen auch Modelle, um zu wissen, wie etwas funktioniert: für Logistik der Verladeprozesse, den Betrieb der Öl- und Gas- und Silo-Anlagen. Bei Brücken erfassen die Entwurfsmodelle unter anderem den Jahrhundertsturm mit Eisregen, Lkw-Staus und Stöße bei Schlaglöchern, Bruch einiger Kabel, Auskolkungsgefahr der Pfeilerfundamente im Fluss.

Entwurfsmodelle bilden nicht die tatsächliche zukünftige Wirklichkeit ab, sie überbieten sie mit Ansätzen in Fraktalen von Wahrscheinlichkeiten, mit Sicherheitsmargen. Wir untersuchen auch hypothetische Szenarien, für die es keine Erfahrungen gibt und für die wir keine Erfahrungen machen wollen: GAU im Kernkraftwerk, Erdbeben auf Staudamm, Brand im Tunnel, Jahrtausendhochwasser im Hamburger Hafen. Beim Entwurf von Bauwerken koppeln wir mehrere Teilmodelle: die für Einwirkungen (zum Beispiel Sturm, Erdbeben), das mechanische Strukturmodell, Modelle für Bruch- und Sicherheitshypothesen. Entwurfsmodelle sind keine Erklärungsmodelle der Realität, es sei denn, wir suchen Schadensursachen oder sind – wie bei Stoffmodellen – der Physik nahe. Sie ersetzen die gesamte komplexe Realsituation durch starke Reduktion auf wesentliche Phänomene. Naturgesetze findet man dagegen nur in künstlich geschaffener, auf einen Aspekt reduzierter Experimentiersituation. Technische Mo-



delle wollen nicht wahr, sondern nur hinreichend zuverlässig richtig sein. Sie liefern Entscheidungskriterien für das, was machbar und verantwortbar ist; leider liefern sie keine Kriterien für Wertefragen, für die Entscheidungen darüber, ob etwas, das technisch machbar ist, auch sinnvoll und wünschbar ist. Technische Modelle sind nicht auf Welterklärung aus, sondern auf In-die-Welt-Bringen. Sie sind ›wahr‹ oder besser ›richtig‹, wenn sie zu Artefakten führen, die alle technischen Erwartungen erfüllen.

Wer ist nun Richter über Adäquatheit der Modelle? Technische Modelle unterliegen einem harten Realitätstest. Das Laborexperiment liefert eigentlich nur die Parameter der Modelle. Wenn der Realitätstest der Scharfrichter über Modelle ist, dann wäre dies William James' Theorem »What works is correct«. ›True‹ sagte er nicht. Doch leider ist dies nicht so einfach: Für die Modelle hypothetischer Katastrophenfälle wollen wir auf keinen Fall Realitätstests erfahren (Flugzeugabsturz auf Kernkraftwerk?). Hierfür bleibt nur Plausibilität und logische Konsistenz als ›Richter‹, weil wir in Unerfahrenes hinaus extrapolieren. Die meisten Schadensfälle sind durch menschliches Versagen oder durch in den Modellen nicht erfasste Einflüsse verursacht. Also suchen Ingenieure verzweifelt nach Modellen, mit denen sie finden, was man später als vergessen oder übersehen erkennt.

Es kann eine sehr komplexe Aufgabe sein, wenn man die Zukunft mit Modellen einzufangen versucht: Im Salzstock Asse bei Wolfenbüttel wurde vor 30 Jahren (1967–1978) schwach radioaktiver Abfall eingelagert. Das Bergwerk muss mit Salz und Lauge gefüllt und abgeschlossen werden. Es wird das erste Endlager radioaktiver Abfälle in Deutschland. Die Ingenieure, die derzeit den Bergwerksabschluss planen, müssen Antworten auf Fragen wie die folgenden finden: Welche kritischen Szenarien sind in 10 000 Jahren mit welchen Wahrscheinlichkeiten möglich? Löst die Schutzlauge das Salz auf? Stürzt das Bergwerk ein? Wie viel kontaminierte Lauge wird durch die rheologische Salzkonzvergenz herausgepresst, 100 ... 500 m³ pro Jahr? Werden in 10, in 500, in 10 000 Jahren Nuklide in das Grundwasser austreten? Und in welcher Konzentration? Werden – fragt das Bergamt – Eiszeiten in zukünftigen 150 000 Jahren das Lager freilegen? Antworten auf solche Fragen sind nur mit Modellen, nicht mit Experimenten möglich. Es ist Aufgabe der Wissenschaften, solche Modelle zu liefern. Und die Ingenieure

müssen, um sie in der Praxis sinnvoll anwenden zu können, möglichst viele Fachgebiete integrieren und Zusammenhänge verstehen, die oft weit über ihr eigenes Fach hinausgehen.

Modelle, die das zukünftige Verhalten von Konstrukten beurteilen sollen, können leicht falsch sein, insbesondere, wenn sie sich nur wenig auf Erfahrungen stützen können. Doch es gibt auch noch andere Gefährdungen. ›Etablierte‹ Modelle verführen Ingenieure dazu, sie mit der Wirklichkeit zu verwechseln. Die blinde Anwendung von Berechnungsprogrammen lässt leicht das Denken verkümmern. Was einer erst einmal gelernt hat, versucht er, extensiv anzuwenden. »Wer einen Hammer hat, sieht überall Nägel«, sagt Neil Postman. Wer finite Elemente beherrscht, berechnet auch Herzklappenflattern mit finiten Elementen und den erlernten Modellen. Man kann auch – und nicht nur in der Technik – mit falschen Modellen richtige Ergebnisse erzielen, wenn man sie nur gut genug an Maßdaten kalibriert. Je ärmer an Erfahrung, desto reicher an Irrtümern im Modell.

Das Erfinden und das Entwickeln von geeigneten Modellen – oft für sehr spezielle Einzelprobleme – sind wesentliche Aufgaben der Technikwissenschaften. Daher träumen wir Ingenieure davon, dass die Informatik uns alle Mühen des Berechnens abnimmt, damit Ingenieure endlich das tun, was ihre eigentliche Aufgabe ist: das »authentisch Neue im Spielraum des Unverwirklichten« (Hans Blumenberg) zu erfinden. Und dazu die Modelle, die sichern, dass das Neue nicht nur richtig, sondern vielleicht sogar gut ist, das wären Modelle für Werteprobleme.