

Heinz Duddeck

Braucht das Bild das Wort?

Zur Visualisierung in der Technik

Im Göttinger Rathaus werden fünf Entwürfe von Brücken für Autobahn und ICE ausgestellt: Ansichten, Konstruktion, technische Details, Bau- und Verkehrsumlegungsphasen, Landschaftsschutz und in die reale Talsituation gesetzte Fotomontagen (Abb. 1). Ich bin Mitglied der Jury. Beim ersten Rundgang: Oh Schreck, eine Nibelungenburg mit Türmen und Zinnen vor dem Brückensprung über das Tal. Die Ingenieure überlassen ihrem mitwirkenden Architekten die Präsentation. Der hält ein eloquentes, furioses, enthusiastisches Plädoyer für diese Aussichtsburg: »Dies ist ein weit sichtbares Zeichen in der Landschaft: Hier kommt etwas ganz Besonderes. Papa, da müssen wir anhalten zum Sehen, Schauen, Staunen.« Die Jury ist fasziniert: »Überzeugend. Ja, warum nicht einmal etwas so ganz anderes?« – Zwei Stunden später ohne die Suada des Architekten: »Ist ja doch reichlich kitschig.«

Verändert die Rhetorik des Wortes das visuell Wahrgenommene? Sieht man nur, was der Kopf sich dabei denkt? Gesehenes kann offenbar auch in der Technik verschieden interpretiert werden. Die Beurteilung nach Werten ist nicht so eindeutig wie die der Zeichnungen einer Stahlkonstruktion. Hat bei Fakten das Gesehene mehr Überzeugungskraft, das Wort dagegen mehr bei Werten? Galilei musste die päpstlichen Gelehrten durchs Teleskop blicken lassen, damit sie seinen Mondbeobachtungen Glauben schenkten. Der junge Filippo Brunelleschi (1377–1446) setzte seine gesamte Eloquenz ein, um die Dombauherrn in Florenz nicht nur mit einem Holzmodell (Maßstab 1:8) und mit Zeichnungen (in der von ihm entdeckten Zentralperspektive) zu überzeugen: Nur er könne die 100 Meter hohe Domkuppel bauen, und dies sogar – wie nie zuvor – ohne Lehrgerüste¹. Und mit welchen Argumenten ist der Entwurf des Glasbaus für die Nord/LB in Hannover (2002) von Günter und Stefan Behnisch Sieger geworden (Abb. 2)? Waren Zeitgeist, Machtsymbolik, Beredsamkeit, Avantgarde-Sein-Wollen

die Kriterien? War diese Dominanz-Gebärde im Stadtbild so gewollt?

Technik ist voraus-→schauendes Planen

Ingenieure setzen in die Welt, was bisher nicht existierte. Sie gestalten damit sehr intensiv die Zukunft. Daher muss Technik vorab- und vorausschauend in Ideenskizzen und Entwurfsvarianten, in iterativen Verdichtungs- und Vervollständigungszyklen, in Berechnung und Zeichnung, in Bild und Wort planen, wie etwas werden soll: die Brücke, die Stadtfahrt, das Innen und Außen einer Fabrik. Hierzu liefern die Technikwissenschaften das Grundwissen, die Neuentwicklungen, die Methoden und Verfahren. Bei den wissenschaftlichen Arbeiten und bei technischen Planungen ist die visuelle Darstellung unverzichtbar, denn in Sprache allein lassen sich Bauprojekte, Maschinen, technische Systeme nicht beschreiben. Die Aussagekraft technischer Visualisierungen (zum Beispiel schon die Zeichnungen für ein Wohnhaus) ist wegen der räumlichen und funktionellen Zuordnungen, wegen der Angaben in Maß und Zahl, in rein sprachlichen Darstellungen überhaupt nicht erreichbar. Das Bild ist hier dem Wort tausendfach überlegen.

Den ägyptischen Pyramiden ist im heutigen Zustand nicht anzusehen (daher wissen wir es nicht), wie sie entstanden sind. Doch gewiss gab es vor deren Bau detaillierte Visualisierungen in Zeichnungen, Modellen, Bauphasenbildern, in genauen Anweisungen für Herstellung, Transport und Platzierung der Steinquader. Technik im wissenschaftlichen und im real planenden Entstehungszustand ist stets Technik in Bildern und Zeichnungen, vom Bau mittelalterlicher Kathedralen bis zu den Entwürfen von Verkehrs- und Energiesystemen, den Entwicklungen in den Mechatronik-, Mikro- und Medizintechniken unserer Zeit.

Technik, die unter Laborbedingungen entsteht oder in Serienfertigung produziert (etwa Siliziumtechnik, Auto-



1) Fotomontage Werrabrücke



industrie) wird, kann oft mit Prototypen erprobt werden. Wenn jedoch die technischen Werke Einzel- oder Großprojekte sind, muss die Gesamtheit aller tatsächlichen oder auch nur möglichen Szenarien in der Nutzungs- und ›Lebens‹-Zeit vorausschauend erfasst werden: die 150 Jahre einer Brücke, das U-Bahn-Netz einer Stadt, die Produktions- und Fertigungsstraße eines Stahlwerkes, die Hafenerweiterung für einen Containerkai, der Hochwasserschutz Hamburgs. Die technische Planung muss die gesamte Komplexität (einschließlich hypothetischer Katastrophenfälle) vorab in Entwurfs- und Berechnungsmodellen einfangen. Bei der Beurteilung der Ergebnisse für die Freigabe zur Ausführung sind Visualisierungen unerlässlich. So hängen die Entwurfsbilder für den Ersatz eines Ringstraßenteils durch einen Tunnel wochenlang im Rathaus, um Bürgern Einsprüche zu ermöglichen.

Vor der Verfügbarkeit von Computern mussten Ingenieure die reale Welt sehr stark reduzieren, um zu beurteilbaren Verhaltensprognosen ihrer Werke zu kommen. Geniale Ingenieure beherrschten die Kunst des richtigen Weglassens von Nebeneinflüssen, des einfachen und dennoch zutreffenden Denkmodells. Die anderen Ingenieure wurden oft erst durch Schadensfälle klüger. Dies können wir uns bei den heute oft gewachsenen Schadenspotenzialen nicht mehr leisten. Mit der heute verfügbaren Informationstechnologie haben die Ingenieure einen riesigen Entwicklungssprung gemacht. Es lassen sich nicht nur hochkomplexe Szenarien berechnen und in Alternativen untersuchen. Die bildgebenden Verfahren ermöglichen auch eine Visualisierung technischer Prozesse und Gefährdungsszenarien, die vor wenigen Jahren noch kaum vorstellbar war.

Einige Beispiele technischer Visualisierungen

- ✦ Die Flug- oder Fahrsimulation für Piloten oder Laien in Flugzeug oder Pkw in virtuellen Realitäten, einschließlich optischer und akustischer Umgebungen und Gefährdungen
- ✦ Die Simulation von Erdbeben mit Variation der Parameter, einschließlich des Epizentrums. Wo muss San Franciscos Golden Gate Bridge verstärkt werden?
- ✦ Dreidimensionale Bilder einer Grundwasserströmung: Kontaminieren die Nitrate der gedüngten Felder die Trinkwasserbrunnen?
- ✦ Die Flugsimulation mit aerodynamischen Wirbelstraßen von neuen Flugzeugkonstruktionen und der Einfluss

auf die nachfolgenden Flugzeuge (statt der wenig aussagekräftigen Windkanalversuche)

- ✦ Virtuelle Crash-Experimente mit Dummies in Autos, auch in Kombination von virtuellen und realen Teilen (Augmented Reality)
- ✦ Virtuelle Simulation von Prozessketten, Materialfluss und die Logistik bei Fertigungsstraßen (Optimierung einer Produktion)
- ✦ Virtuelle Montagevorgänge (Digital-Mock-up) mit Einbauphasen und ergonomischen Abfolgen sowie Explosionszeichnungen im 3D-CAD. Wie müssen die Roboter in ihren Bewegungen und Sensoren programmiert werden?
- ✦ Simulation eines Feuers im Tunnel, einschließlich thermisch-aerodynamischer Rauchentwicklungen, und die Sicherung von Fluchtwegen
- ✦ Dreidimensionale Deformationsvorgänge (Kriechen und Relaxation) in Salzgebirgen mit Hohlräumen in den nächsten 1000 Jahren
- ✦ Simulation von Unfällen: Wie und warum entgleiste der ICE in Eschede? Bewegungsphasen der Wagen, der einstürzenden Brücke

Hätte schon Michelangelo die Visualisierungstechniken der Architekten unserer Zeit gehabt, um wie viel leichter hätte er 1549 von Papst Paul III. die Generalvollmacht erhalten, dass sein Entwurf von Sankt Peter, »damit er nicht bewegt, reformiert oder verändert werden könne, in allen zukünftigen Zeiten befolgt und beachtet werden« müsse.² Mit den virtuellen Augen einer Schwalbe hätte er dem Papst seine virtuelle Peterskirche gezeigt. Die Ton- und Holzmodelle wären überflüssig gewesen. Er ließe die Schwalbe durch die heilige Pforte fliegen, die 211 Meter lange Basilika im Quer- und Kreuzflug. Dann die 132 Meter hohe Kuppel empor: So gewaltig groß und herrlich und erhaben wäre der Raum unter der Kuppel (noch ohne Berninis Tabernakel). Mit Zooming ganz nahe an die Kuppelkonstruktion heran. Durch ein Fenster im Tambour rund um die Laterne, hoch über dem gesamten Platz und im Sturzflug durch die Portale wieder in die Basilika, wo seine Pietà stünde. Das Spiel von Sonne und Schatten im Zeitraffer zu allen Tageszeiten. Und hätte er die Ingenieurtechniken unserer Zeit zur Verfügung gehabt, er hätte an den bunten Bildern der Computerberechnung entdeckt, dass seine Kuppel zu steil ist, sehr große, die Tragfähigkeit gefährdende Risse bekommen würde, dass Zuganker nötig wären.



2) Nord/LB Hannover

In den Wissenschaften und in der Praxis der Technik ist der Gewinn durch die Visualisierung von Ergebnissen und Prozessen groß: Die Datenfluten können auf Verstehbares (stehende und bewegte Bilder, Diagramme für Abhängigkeiten) reduziert werden. Insbesondere in Entscheidungsprozessen sind bildgebende Verfahren wegen der Sichtbarmachung von Unterschieden in Varianten und Alternativen willkommen. Doch die Komplexität, die in den Problemen steckt, bleibt in Ergebnisbildern oft verborgen.

Was man sieht, ist richtig, sogar wahr?

Der Mensch: ein Augentier, das sich die Welt so auslegt, wie es sie sieht? Über Jahrtausende in der Menschheitsgeschichte zog täglich ein Sonnengott (Re oder Helios oder Sol) über den Himmel. Noch heute erleben wir einen Sonnen-»Untergang«, nicht eine Erddrehung. Die Tausende, so leibhaftigen Engel in Kirchen und Gemälden lassen glauben, dass es sie so, wie sie dort aussehen, gibt. Seit das Atommodell von Niels Bohr (1913) in die Schulbücher gezeichnet wird, sehen wir (die Nichtphysiker) ein Planetensystem von Elektronen um den Atomkern kreisen. Warum eigentlich sollten wir Heutigen nicht ebenso anfällig sein, Gesehenes für wahr zu halten? Die Bilder, die wir uns von der Welt machen, prägen unser Denken. Sie können helfen, die Welt zu verstehen, sie können aber auch zur Fixierung von Fehlvorstellungen beitragen. Das mag in den Wissenschaften nur etwas versteckter und weniger offensichtlich sein.

In der Technik gilt dies vor allem für die Modelle, auf die wir die komplexe Realität reduzieren. Nicht nur dass »im Labor die Natur draußen bleibt«, wie es schon Francis Bacon wusste, und dass die Gesetzmäßigkeiten erst unter Weglassen aller Nebeneinflüsse gefunden werden können. Auch die Berechnungsmodelle (heute meist Computersimulationen), mit denen wir zukünftige Szenarien technischer Artefakte untersuchen, sind oft stark idealisierte Abbildungen der Realsimulationen. Erweitert man den Begriff des Bildes auf solche Modelle, dann gilt auch hier, dass Ingenieure dazu neigen, ihre Modelle vorschnell für die Wirklichkeit zu halten. Ein reales Fachwerk hat keine reibungsfreien Gelenke, wie im Modell angenommen. Das Computermodell des Produktionsprozesses einer Fabrik ist nicht die reale Fertigungsstraße. Das prognostizierende Modell eines Stadtverkehrs kann die späteren Zustände leicht verfehlen. Doch diese Modelle werden, weil sie in der Regel so gut funktionieren,

für die wirkliche Welt genommen. Dass dies so nicht ist, erleben Ingenieure und die Öffentlichkeit, wenn Technik versagt, wenn Schadensfälle, gar Katastrophen eintreten.

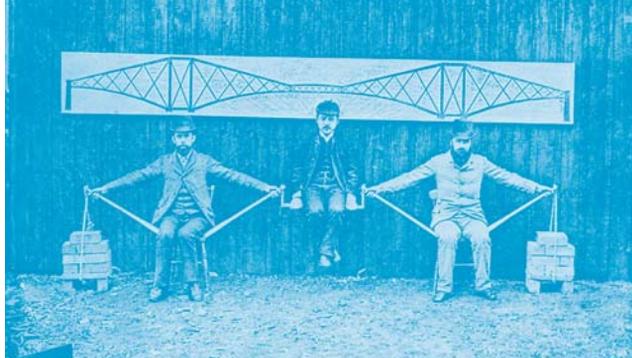
Ein Doktorand legt mir Teilergebnisse seiner Forschungsarbeit über hochkomplexe Probleme mit zeit- und temperaturabhängigen nichtlinearen Stoffmodellen vor. Wir diskutieren Ausgangssituation und untersuchen einen Spezialfall, überspringen den ganzen komplizierten Berechnungsweg und schauen schließlich nur die Ergebnisse an. Sind diese Bilder der Spannungen und Deformationen, die zeitabhängigen Diagramme plausibel? Könnte es so sein? Sind damit auch Theorie und Berechnungsweg richtig? Weil mir die Überprüfung der vielen Einzelschritte, der Ansätze und Computerberechnungen nicht möglich ist, verlasse ich mich auf die Überzeugungskraft der Bilder, auf mein intuitives Verstehen. Und »leuchtet alles ein«, halte ich die gesamte Forschungsarbeit für richtig. Doch der Kopf findet gar leicht auch für falsche Ergebnisse eine einleuchtende Plausibilität. Er lässt sich durch glaubhafte Bilder leicht täuschen, selbst deren »Schönheit« spricht für Wahrscheinlichkeit (wie bei Beweisen in der Mathematik). Dieses Beispiel will die Fallstricke zu Selbsttäuschungen aufzeigen. Selbstverständlich kann man auch in den Wissenschaften – wie in den Massenmedien – auf raffinierteste Weise mit Bildern fälschen. Die Manipulation gelingt umso mehr, je mehr bei Beurteilungen allein Bilder entscheiden. Auch Bilder in der Technik haben ein Verführungspotenzial, das für richtig zu halten, was man sieht. Architekten wissen, wie sehr »schöne« Visualisierungen bei Wettbewerben helfen.

Wann die technische Visualisierung das Wort braucht

Ingenieure arbeiten ergebnisorientiert. Die Ausführungspläne sind Endprodukte von Denk-, Entwicklungs- und Berechnungsprozessen. Die Ergebnisbilder erzählen

- ✘ nichts von der Entstehungsgeschichte des Werkes,
- ✘ nichts von den Prämissen, Veranlassungen, Begründungen
- ✘ nicht, welche Entscheidungskriterien maßgebend waren,
- ✘ nicht, welche Alternativen verworfen wurden,
- ✘ nicht, welche Wertevorstellungen eingingen.

Um diese Aspekte darzulegen, braucht das Bild das Wort, die Interpretation, die Gründe und Rechtfertigungen, oft auch die notwendige Überzeugungsarbeit. Dies gilt weniger für industrielle Produkte. Doch eine Brücke, ein Kraftwerk, eine Verkehrsstraße, Infrastrukturprojekte, die



in die Lebenswelt eingreifen – die brauchen das ergänzende Wort. Warum gerade so und nicht anders? Warum hier und nicht woanders? Welche Folgen ergeben sich für Anlieger und die nächsten Generationen? Wenn Ingenieure – etwa bei Bürgerinformationen – hier nicht überzeugen können, hier »sprachlos« sind, dann scheitern sie mit ihrem Projekt. Dabei kann das Wort (wie beim Einleitungsbeispiel des eloquenten Architekten) die Wahrnehmung von Gesehenem stark beeinflussen. »Richtiges« Sehen setzt Wissen voraus. Das im Kopf in ein Verstehen umgesetzte Sehen drücken wir – auch im Dialog mit uns selbst – in Worten aus. Dieses »Nach-Denken« über Gesehenes ist jedoch durch Urteilen geprägt. Daher kann man leicht bei gleichen Bildern zu sehr unterschiedlichen Interpretationen gelangen.

Die Kontroverse um den Entwurf der Waldschlößchen-Brücke in Dresden ist ein aktuelles Beispiel. Die einen sehen die lang ersehnte staufreiere, schnellere Verkehrsanbindung, die anderen die Verschandelung der Elbauen und den Verlust des Status »Weltkulturerbe«. Die Pläne zeigen nicht, was sich langfristig als die »richtigere« Lösung erweist, ob ein so viel teurer Tunnel technisch verantwortbar und politisch vernünftiger ist. Es herrscht ein heftiger, mit rationalen Argumenten nicht lösbarer Streit um Technik und Ästhetik. Doch niemand darf wagen, das »blaue Wunder« – wie die Dresdner das Streitobjekt nennen – wegen des monströsen Zuviels an Stahlteilen für eine grundhässliche Brücke zu halten. Dazu ist sie viel zu sehr mit Werten befrachtet, schon seit den Malern in der Vereinigung »Die Brücke«. Das »blaue Wunder« gehört zum seelischen Gleichgewicht der Dresdner Bürger.

Braucht das technische Bild das Wort? Ja, ganz besonders dann, wenn Technik im Wertekonflikt steht.

1 U. Peil: Die große Kuppel von Florenz – Statik und Intuition im 15. Jahrhundert, in: *Bautechnik* 84/2007, S. 47–59

2 H. Bredekamp: *Bau und Abbau von Bramante bis Bernini, Sankt Peter in Rom*. Berlin 2002, S. 72