

Eine neue Tradition: Kunst im Ingenieurbau

Eine neue Kunstform

Während die Automatisierung rasant voranschreitet, verfallen unsere Straßen, Brücken und städtischen Bauwerke. Unsere Kinder steuern Computer, während die Erwachsenen sich zwischen Schlaglöchern hindurch schlängeln. Je kühnere Fortschritte die Hochtechnologie erzielt, desto trauriger sieht es mit der bodenständigen Infrastruktur für die Wasserversorgung, den Verkehr oder das Wohnen aus. Zivilisation basiert aber auf Bauwerken, und wenn diese zerfallen, zerfällt trotz aller Hochtechnologie auch unsere Gesellschaft. Wir vergessen gerne, dass Technik gleichermaßen Bauwerke wie Maschinen umfasst und dass Bauwerke ebenso unseren Alltag symbolisieren wie Maschinen unsere private Freiheit. Viel zu oft wird Technik mit Maschinen und Geräten gleichgesetzt – den Werkzeugen, die uns Arbeit abnehmen, unsere Kraft vervielfachen und unsere Mobilität erhöhen. In Wirklichkeit sind die Maschinen aber nur die eine – dynamische – Hälfte der Technik, die notwendig um die zweite – statische – Hälfte ergänzt werden muss: Bauwerke, die uns mit Wasser versorgen, den Verkehr fließen lassen oder in denen wir wohnen können.

Dieses Buch ist der Vorstellung gewidmet, dass Bauwerke, die vergessene Hälfte der modernen Technik, ein Schlüssel für den Aufschwung des öffentlichen Lebens sind. Der renommierte Historiker Raymond Sontag nannte sein Buch über die Zeit zwischen den beiden Weltkriegen *A Broken World* und charakterisierte die beständigen Hoffnungen dieser Zeit in seinem Schlüsselkapitel *The Artist in a Broken World* als „Vision, die gebrochene Welt durch die Einheit von Kunst und Technik zu heilen“. Dabei dachte er an Strömungen wie das vom Unglück verfolgte deutsche Bauhaus, aber er übersah wie alle anderen Historiker die Tatsache, dass eine derartige Einheit bereits lange Zeit existiert hatte. Es war eine Tradition ohne Namen, oft mit Architektur, manchmal auch mit angewandter Wissenschaft verwechselt, gelegentlich sogar fälschlich als *Machine Art* bezeichnet. Es ist die Kunst des Bauingenieurs, die sich am deutlichsten in Brücken, hohen Gebäuden und weitgespannten Dächern manifestiert.

Diese neue Tradition entstand mit der industriellen Revolution und ihrem Material, dem Industrieisen, das wiederum neue Annehmlichkeiten wie beispielsweise die Eisenbahn mit sich brachte. Diese Ereignisse führten direkt zur Entstehung einer neuen Berufsgruppe, die des modernen Ingenieurs, ausgebildet an speziellen Hochschulen, die wiederum eine Reaktion auf die Anforderungen der industriellen Revolution waren.

Diese Entwicklungen sind wohlbekannt und nahezu jedermann wird zustimmen, dass sie die westliche Zivilisation im Verlauf der vergangenen zweihundert Jahre radikal verändert haben. Weniger bekannt ist, dass diese Entwicklungen auch eine neue Kunstform hervorbrachten – ein Werk der Ingenieure und ihrer Vorstellungskraft. Mein Ziel ist in diesem Buch vor allem, diese neue Kunstform zu definieren und zu zeigen, dass manche Ingenieure diese Kunst seit dem späten 18. Jahrhundert bewusst praktizierten, dass sie parallel zur Architektur und vollständig unabhängig von dieser existiert und dass viele Ingenieur-Künstler auch in der Welt des späten 20. Jahrhunderts noch derartige Werke erschaffen. Es ist eine Bewegung, die auf eine Sprache wartet.

Die Ideale der *Structural Art*

Obwohl die *Structural Art* dezidiert modern ist, kann man sie nicht einfach als eine weitere Strömung in der modernen Kunst abtun. Dies einerseits deshalb, weil ihre Ideale sich nur wenig verändert haben, seit sie von Thomas Telford im Jahr 1812 erstmals formuliert wurden. Es ist kein Zufall, dass diese Ideale in Gesellschaften entstanden, die mit den Konsequenzen nicht nur industrieller, sondern auch demokratischer Revolutionen rangen. Die Tradition der *Structural Art* ist demokratisch.

In unserem eigenen Zeitalter, in dem die demokratischen Ideale stetig von den Verlockungen totalitärer Gesellschaften herausgefordert werden – sei es von kommunistischer oder faschistischer Seite –, legen die Arbeiten der *Structural Art* Zeugnis ab, dass das Leben immer dann am besten gedeiht, wenn Freiheit und Regeln im Gleichgewicht stehen. Die Regeln der *Structural Art* sind Effizienz und Wirtschaftlichkeit, und ihre Freiheit liegt in den Möglichkeiten, die sie dem Konstrukteur bietet, seinen persönlichen Stil auszudrücken, der aus der bewussten ästhetischen Suche nach Eleganz in seinen Konstruktionen entsteht. Diese drei wegweisenden Ideale der *Structural Art* – Effizienz, Wirtschaftlichkeit und Eleganz –, die ich im Verlauf des Buches erläutern werde, sollen zu Beginn kurz beschrieben werden.

Aufgrund des hohen Preises des neuen Industrieisens mussten die Ingenieure des 19. Jahrhunderts Wege finden, es so effizient wie möglich einzusetzen. Beispielsweise mussten sie für ihre Brücken Konstruktionen ersinnen, die bei minimalem Verbrauch an Metall größere Lasten – Lokomotiven – als jemals zu-

vor tragen konnten. Schon seit dem Beginn der neuen Eisenzeit war daher die erste Anforderung an die Ingenieure, so wenig natürliche Ressourcen wie möglich zu nutzen. Gleichzeitig sollten sie immer größere und längere Bauwerke erschaffen – längere Brücken, höhere Türme und noch weiter gespannte Dächer –, und all dies mit geringerem Materialeinsatz. Sie trieben ihre Konstruktionen an die Grenzen, suchten nach neuen Formen, die leicht waren und dies auch zeigten. Sie begannen, das Eisen zu strecken, dann den Stahl und schließlich den Stahlbeton, genau wie die Konstrukteure des Mittelalters den Stein gestreckt hatten, bis sie die Skelette der gotischen Kathedralen erschaffen hatten.

Nach dem Ideal der Erhaltung der natürlichen Ressourcen entstand das Ideal der Erhaltung der öffentlichen Ressourcen. In Großbritannien, dem Zentrum der frühen *Structural Art*, standen öffentliche Bauten stets unter Beobachtung des Parlaments, private Bauwerke dagegen unter Kontrolle von Aktionären oder Unternehmern. Für die Ingenieure bedeutete das, dass sie neben der Zweckmäßigkeit auch immer die Wirtschaftlichkeit im Auge haben mussten. Was die Öffentlichkeit forderte, war stets mehr Nutzen für weniger Geld. Daraus entstand das Ideal der Erhaltung der öffentlichen Ressourcen. Die großartigen Bauwerke, die ich in diesem Buch beschreiben werde, entstanden nur, weil die Baumeister lernten, sie für weniger Geld zu bauen. Des Weiteren war auch die Zusammenarbeit mit führenden Vertretern aus Politik und Wirtschaft ein entscheidender Teil der Arbeit dieser Künstler. Sie erschufen ihre Werke nicht einsam in einem Labor oder Atelier, sondern unter den rigiden wirtschaftlichen Bedingungen der Baustelle.

Interessanterweise gedieh diese Kunst nicht, wenn die öffentliche Hand oder Unternehmer bewusst entschieden, Bauwerke zu schaffen, bei denen die Kosten zweitrangig waren. Wirtschaftlichkeit war immer eine Voraussetzung für Kreativität in der *Structural Art*. Wieder und wieder werden wir feststellen, dass die besten Konstrukteure unter der Anforderung höchster Wirtschaftlichkeit über sich hinauswuchsen. Manchmal stießen sie auf unvorhergesehene Schwierigkeiten, die zu Kostensteigerungen führten, wenn sie gegen Ende ihrer Laufbahn an die Grenzen ihrer Konstruktionen stießen. Aber ihre Vorstellungen und ihr Stil entwickelten sich immer im Wettbewerb um die geringsten Kosten. Für die *Structural Art* ist Wirtschaftlichkeit nicht Hindernis, sondern Ansporn.

Nun mögen minimaler Materialeinsatz und geringe Kosten notwendig sein, sie reichen aber selbstverständlich nicht aus. Viele hässliche Bauwerke sind die Folge schlichter Planungen, die allzu einfachen Zusammenhängen zwischen Effizienz, Wirtschaftlichkeit und Eleganz folgen. Stattdessen muss ein drittes Ideal hinzukommen, um die finale Gestaltung zu schaffen: die bewusste ästhetische Entscheidung des Ingenieurs. Es ist ein wichtiges Ziel dieses Buches, den Spielraum aufzuzeigen, den Ingenieure haben, um ihren persönlichen Stil auszudrücken, ohne die Ideale der Effizienz und der Wirtschaftlichkeit zu verletzen. Seit Telfords Essay über Brücken aus dem Jahr 1812 sind sich die Ingenieur-Künstler

der ästhetischen Ideale bewusst, die ihre Arbeiten leiten, und schrieben sie auch nieder. Die Tradition der *Structural Art* wurde daher ebenso verbal wie visuell geformt. Die Grundsätze der neuen Kunstform waren demnach Effizienz (geringer Materialeinsatz), Wirtschaftlichkeit (geringe Kosten) und Eleganz (maximale ästhetische Wirkung). Das sind die Grundsätze, die der modernen Zivilisation zu Grunde liegen.

Zivilisation bedarf des bürgerlichen oder städtischen Lebens, und das städtische Leben entwickelt sich in und um Bauwerke: für die Wasserversorgung, den Verkehr und Wohnungen. Die Qualität des öffentlichen städtischen Lebens bemisst sich daher nach der Qualität öffentlicher Bauwerke, wie z. B. der Aquädukte, Brücken, Türme, Terminals oder Konferenzgebäude: nach der Effizienz ihrer Gestaltung, der Wirtschaftlichkeit ihrer Konstruktion und der Eleganz ihrer Formen. Im besten Fall erfüllen die Bauten ihre Funktionen zuverlässig, kosten die Öffentlichkeit wenig Geld und werden – wenn sie ansprechend gestaltet sind – zu Kunstwerken. Aber leider ist unsere moderne Welt voll mit Bauwerken, die fehlerhaft, kostspielig und überdies unfassbar hässlich sind.

Das muss nicht sein. Wenn die Öffentlichkeit und die Ingenieure die Reichweite und das Potenzial der *Structural Art* erkennen, können die Bauwerke des späten 20. Jahrhunderts effizienter, wirtschaftlicher und eleganter sein als jemals zuvor.

Die Geschichte der *Structural Art*

Ich werde das Potenzial der *Structural Art* anhand ihrer Geschichte erläutern und habe das Buch aus diesem Grund in zwei Teile geteilt, die die beiden wesentlichen geschichtlichen Perioden der *Structural Art* reflektieren. Der erste Teil spürt der Geschichte der *Structural Art* bis zur Vollendung des Eiffelturms nach, dem letzten großen Bauwerk aus Eisen. Der zweite Teil ist dem Einsatz von Stahl und Beton gewidmet und schließt mit einer Reihe von Bauten aus dem späten 20. Jahrhundert. Unsere Reise durch die Geschichte beginnt in Großbritannien gegen Ende des 18. Jahrhunderts. Wir können hier erkennen, wie die Entstehung neuer Formen direkt mit der Anwendung neuer Materialien als Reaktion auf die von der Industrialisierung aufgeworfenen Transportprobleme zusammenhängt. Die Verkehrswege – Kanäle, Straßen und Eisenbahnen – beschleunigten die technische Entwicklung und führten zu Urbanisierung und weiteren industriellen Veränderungen. Weil die Städte beengter wurden, wuchsen die Bürogebäude in die Höhe und Bahnhöfe und Brücken mit gewaltigen Ausmaßen wurden wirtschaftlich realisierbar.

Der zweite Abschnitt der *Structural Art* begann in den 1880er Jahren mit dem Sinken der Stahlpreise und der Entwicklung des Stahlbetons. Die Ingenieure begannen schnell, mit diesen neuen Materialien und entsprechenden neuen For-

men zu experimentieren, sodass noch vor der Katastrophe von 1914 in einem schwindelerregenden Tempo eine unglaubliche Vielfalt von Gebäuden entstand. Ihre Reife erreichten diese neuen Formen in Stahl und Beton jedoch erst später, als die westliche Zivilisation von wirtschaftlicher Blüte durch Wirtschaftskrise und Inflation vom Ersten in den Zweiten Weltkrieg taumelte. Während dieser Zeit versprachen Bewegungen in Kunst und Architektur Lösungen für den Verfall der Städte, wobei sie jeweils entweder die Gefahren oder die Verheißungen der Technik betonten.

Die bekannteste dieser Bewegungen war das deutsche Bauhaus mit seinem Ziel, „die Versklavung des Menschen durch die Maschine zu verhindern“, indem es Architektur und maschinelle Produktion zusammenführte und den Künstler ebenso von der Kunst um der Kunst willen befreien wollte wie den Geschäftsmann vom Geschäftemachen als Selbstzweck.² In den Worten des Bauhausgründers Walter Gropius sollte der Architekt der Zukunft ein „koordinierender Organisator sein, dessen Aufgabe es ist, alle formalen, technischen, soziologischen und wirtschaftlichen Probleme zu lösen“ und dessen Arbeit von Gebäuden hin zu Straßen, Städten und „schließlich bis zu den weiten Feldern der regionalen und nationalen Planung“ führt.³ Das Bauhaus und andere derartige Bewegungen erkannten die Tradition der *Structural Art* kaum. Beispielsweise enthielt ein klassisches Werk von Gropius über die Definition des Bauhaus 45 Illustrationen, darunter jedoch keine einzige, die ein Bauwerk der *Structural Art* zeigte. Als er die umfassende Ausbildung für den Architekten der Zukunft beschrieb, erwähnte Gropius, dass es keine Kurse über das Bauen mit Stahl oder Beton geben würde.⁴ Obwohl Gropius und andere die Reflexion über Technik und Gestaltung förderten, taten sie dies stets aus dem Blickwinkel der Architektur, nicht aus der Sicht des Ingenieurbaus. Der große Einfluss dieser Architekten auf die Ansichten über das Bauen nach dem Zweiten Weltkrieg hat teilweise dazu geführt, dass die Tradition der *Structural Art* verschleiert wurde. Zusätzlich zu der häufigen Vermischung von *Structural Art* und Architektur entstand ein Missverständnis in Bezug auf das Verhältnis von Ingenieurwesen zu Wissenschaft einerseits und Machine Art andererseits. Aus diesem Grund muss ich zuerst erläutern, was diese neue Ingenieur-Kunst *nicht* ist, bevor ich anhand ihrer Geschichte zeige, was sie ist.

Ingenieurbau und Wissenschaft

Die Vermischung der *Structural Art* mit Wissenschaft geht auf die Annahme zurück, dass das Ingenieurwesen als angewandte Wissenschaft nur die Vorstellungen und Entdeckungen des Wissenschaftlers in die Tat umsetzt. Die Anerkennung als kreatives Genie und der Vorrang der Erfindung gebührt demnach dem Wissenschaftler, dem Ingenieur bleibt nur die Rolle des Technikers, der Anweisungen von oben umsetzt. Diese Vorstellung ist ein häufiger Trugschluss des

20. Jahrhunderts. Ausgesprochen wurde er beispielsweise von Vannevar Bush, während des Krieges Direktor des *Office of Scientific Research and Development*, in seinem folgenreichen Bericht an Präsident Truman, der zur Einrichtung der *National Science Foundation* führte. Bush fasste seine Gedanken wie folgt zusammen:

Grundlagenforschung schafft neues Wissen. Sie erzeugt wissenschaftliches Kapital. Sie erschafft den Fundus, aus dem die praktischen Anwendungen des Wissens schöpfen müssen. Neue Produkte und neue Prozesse entstehen nicht in ausgereifter Form. Sie beruhen auf neuen Prinzipien und neuen Ideen, die wiederum mühsam durch Forschung in den reinsten Gefilden der Wissenschaft entwickelt werden.

Es ist heute richtiger als je zuvor, dass die Grundlagenforschung der Antrieb des technischen Fortschritts ist. Im 19. Jahrhundert konnte der amerikanische mechanische Erfindungsreichtum sich vor allem auf die grundlegenden Entdeckungen der europäischen Wissenschaftler verlassen und die Technik vorantreiben.⁵

Nicht nur Bushs Erklärung des amerikanischen Erfindungsgeists ist ungenau, dasselbe gilt auch für die allgemeine Aussage, dass „Grundlagenforschung der Antrieb des technischen Fortschritts“ sei. Auf einer Konferenz im Jahre 1973 präsentierten führende Technikhistoriker Arbeiten zum Thema „Die Wechselwirkung von Wissenschaft und Technik im Industriezeitalter“. Die Konferenz fasste die große Vielfalt aller damals zu diesem Thema existierenden Studien zusammen und „die Gruppe war sich geschlossen einig darin, dass sie nicht mit der konventionellen Ansicht (von Bush) übereinstimmte, wonach Technik angewandte Wissenschaft sei“.⁶

Es gibt einen grundlegenden Unterschied zwischen Wissenschaft und Technik. Das Ziel des Ingenieurwesens oder der Technik⁷ ist es, Neues zu erschaffen, während Wissenschaft darin besteht, bereits lange Vorhandenes zu entdecken. Das Ergebnis der Technik sind Dinge, die nur existieren, weil Menschen sie so geschaffen haben, während das Ergebnis der Wissenschaft Beschreibungen dessen sind, was unabhängig von menschlichen Bedürfnissen existiert. Die Technik beschäftigt sich mit dem Künstlichen, die Wissenschaft mit dem Natürlichen.

Am besten betrachtet man Wissenschaft und Technik als parallele Bestrebungen, die sich beide von Zeit zu Zeit aus dem Fundus der jeweils anderen bedienen, sich im Übrigen aber überwiegend unabhängig voneinander entwickeln. Ein Beispiel für diese Unabhängigkeit ist die Tatsache, dass sich von der Unzahl der seit dem Ende des Zweiten Weltkriegs gemachten militärischen Erfindungen nur etwa 0,3 % auf wissenschaftliche Erkenntnisse zurückführen lassen. Der große Rest wurde unabhängig entwickelt und entstand durch Impulse aus der Welt der Technik selbst.⁸ Ein führender britischer Gelehrter schloss vor kurzem, dass es „sehr wenige Indizien für eine klare oder enge Verknüpfung zwischen wissen-

schaftlicher Grundlagenforschung und der großen Masse der technischen Entwicklungen gibt“. Aus der Analyse einer großen Zahl von Fallstudien von der Chemie in Großbritannien bis zu Bauwerken in den USA folgte er, dass sich „die Wissenschaft vor allem aus der Wissenschaft der Vergangenheit entwickelt und die Technik aus der Technik der Vergangenheit“.⁹ In unserem aktuellen Kontext ist es wichtig, dass wir klar zwischen Wissenschaft und Technik unterscheiden, sodass wir den wahren Ursprung der Kreativität des Ingenieurs erkennen können.

Aus dem zuvor erwähnten grundlegenden Unterschied ergibt sich eine Reihe von weiteren Unterschieden. Die Wissenschaft arbeitet stets auf allgemeine Theorien hin, die das Wissen vereinheitlichen. Jedes einzelne Naturereignis muss sich letztlich aus einer allgemeinen Regel erklären lassen, damit es wissenschaftlich akzeptabel ist. Im Gegensatz dazu erschafft die Technik stets individuelle Objekte eines bestimmten Typs. Damit sie vom technischen Standpunkt aus akzeptabel ist, muss eine Konstruktion nur einzigartig sein und mit den speziellen Anforderungen für diese Art von Objekt im Einklang stehen. Es ist diese Einzigartigkeit, die die *Structural Art* möglich macht. Wären technische Objekte nur die direkte Folge allgemeiner wissenschaftlicher Entdeckungen, würden sie ihre Bedeutung als Ausdruck der Persönlichkeit ihres Konstrukteurs verlieren. Die Tatsache, dass diese Objekte nicht auf allgemeinen Theorien beruhen müssen – und dies in manchen Fällen noch nicht einmal sollten –, lässt sich anhand von konkreten Beispielen aus der Geschichte der Technik belegen. Ich will hierzu zwei Beispiele geben.

1923 entwickelte Robert Maillart, der schweizerische Brückenbauer, eine eingeschränkte Theorie für einen bestimmten Typus seiner Bogenbrücken, die grundsätzlich gegen allgemeine statische Prinzipien verstieß und daher zwischen den Kriegen viele schweizerische Wissenschaftler verärgerte. Trotzdem funktionierte Maillarts eingeschränkte Theorie für seine speziellen Formen gut. Für diesen Typus von Brücken war Maillarts Theorie nützlich und bot den zusätzlichen Vorteil großer Einfachheit. Er hatte die Theorie an die geforderten Formen angepasst, nicht die Formen an die vorhandene Theorie. In den Vereinigten Staaten verstanden dagegen viele Ingenieure die allgemeine Theorie sehr gut, aber da sie mit Maillarts spezieller Theorie nicht klarkamen, konnten sie nicht erkennen, wie sich daraus neue Formen ableiten ließen. Sie waren in einer ingenieurtechnischen Analyse gefangen, die so komplex war, dass sie neue Konstruktionsmöglichkeiten verschleierte. Heute kann das übertriebene Vertrauen auf komplexe Computertanalysen die Planung in gleicher Weise einschränken.

Ein zweites, noch dramatischeres Beispiel lieferte die Konstruktion von Hängebrücken etwa zu derselben Zeit. In den 1920er Jahren entstand eine neue, allgemeinere Methode zu ihrer Analyse. Durchdrungen von der Vorstellung, dass eine allgemeinere Theorie automatisch auch einen umfassenderen Einblick in das Verhalten einer Brücke liefern müsse, verwendeten damals alle führenden Kon-

strukturen diese Theorie, die in Wahrheit jedoch das Verständnis eher behinderte als beförderte. Sie führte so indirekt zu den fehlerhaften Konstruktionen einer ganzen Reihe von wichtigen Brücken in den 1930er Jahren und zum Einsturz der Tacoma-Narrows-Brücke im Jahr 1940.¹⁰

Solche Beispiele zeigen, dass die neue Auffassung des Ingenieurbaus als eine von der Grundlagenwissenschaft unabhängige Disziplin auch zu einer neuen Art von Forschung führt. Sie ist die Grundlage eines neuen Typs von Konstrukteuren und in ihr sind geschichtliche und soziologische Untersuchungen ebenso wichtig wie die Entwicklung wissenschaftlicher Analysen.

Bauwerke und Maschinen

Eng mit dem Trugschluss, Technik sei nur angewandte Wissenschaft, ist ein weiterer Trugschluss verwandt, nämlich dass Technik immer mit Maschinen zu tun haben müsse. Diese einseitige Sicht herrschte in Jacques Elluls oft zitiertem Werk *La technique ou l'enjeu du siècle* („Die Technik oder das Thema des Jahrhunderts“) vor, was es dem Autor ermöglichte, die moderne Welt als mechanistisch und dämonisch, frei von Persönlichkeit, Kunst oder Hoffnung zu beschreiben.¹¹ Entscheidend für Elluls Argumentation war dabei, dass er die Technik als „den einzigen, idealen Weg“ definierte, den ausschließlich und durchgängig rationalen Pfad zu der eindeutigen und optimalen Lösung einer gegebenen Aufgabe. Es gibt für die Menschen nach dieser Auffassung keine Möglichkeit, ihre Individualität auszudrücken, außer – wie Elluls es formuliert – durch Hinzufügen nutzloser Verzierungen zu der Maschine. Demzufolge kann der Ingenieur nur durch Einschränken der Leistungsfähigkeit oder Steigerung der Kosten (zwei Seiten derselben Medaille) künstlerische Elemente hinzufügen. Ellul spottete heftig über die Vorstellung einer Machine Art, die zwischen den Kriegen von Künstlern, Architekten und Kritikern vertreten wurde. Wie viele andere argumentierte Ellul, dass diese Kunst nur das Symbol eines maschinellen Zeitalters sei und keinesfalls die Effizienz des „einzigen, idealen Wegs“ widerspiegeln.

Aber die Technik besteht nicht nur aus Maschinen. Die Technik hat zwei Seiten: Bauwerke (statische, lokale und permanente Objekte) und Maschinen (dynamische, allgemeine und vergängliche Objekte). Der Eiffelturm (Abb. 1.1), das überdachte Stadion in Seattle (der Kingdome) und die Brooklyn Bridge (Abb. 1.2) sind Bauwerke; sie wurden dafür konstruiert, dass sie Lasten mit minimalen Bewegungen widerstehen können und so lange überdauern, wie die Gesellschaft selbst überdauert. Im Gegensatz dazu sind Aufzüge, Klimaanlage oder Autos Maschinen; ihre Funktion ist stets mit Bewegung verbunden und sie werden kontinuierlich ersetzt, wenn sie abgenutzt oder neue Modelle verfügbar sind. Technik umfasst stets Bauwerke *und* Maschinen; sie sind zwei Seiten derselben Medaille.¹²



Abb. 1.1

Der Eiffelturm (Paris/Frankreich, 1889) von Gustave Eiffel. Bei seiner Fertigstellung für die Pariser Weltausstellung von 1889 war dieser eiserne Turm mit seiner Höhe von 300 m das höchste von Menschen errichtete Objekt der Welt. Seine Form bringt das Ziel des Konstrukteurs, den Turm gegen alle Windlasten zu sichern, optisch zum Ausdruck.



Abb. 1.2

Die Brooklyn Bridge über den East River (New York/USA, 1883) von John A. Roebling. Bei ihrer Fertigstellung war diese davon aus, wie eine flexible Brücke versteift werden muss, um ein Versagen durch Schwingungen aufgrund von Wind zu