

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 87 (1969)
Heft: 1

Artikel: Über den Rang der Entscheidung in der Arbeit des Ingenieurs:
Einführungsvorlesung, gehalten am 23. November 1968 an der ETH
Autor: Schneider, Jörg
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-70573>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 30.01.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Unserem langjährigen freien Mitarbeiter Jörg Schneider danken wir herzlich für die Überlassung dieses Textes, der heute besonders aktuell ist, enthält er doch Ansatzpunkte für die Formulierung eines Ausbildungszieles, also eines Anliegens, das die Studentenschaft brennend beschäftigt.

Red.

Über den Rang der Entscheidung in der Arbeit des Ingenieurs

DK 62.007.2

Einführungsvorlesung, gehalten am 23. November 1968 an der ETH von Prof. Jörg Schneider

1. Zur Situation des Ingenieurs

Der Mensch verändert mit seiner Arbeit die Welt. Der Ingenieur verändert die sichtbare Umwelt, er formt das äussere Gesicht der Erde. Der ihn leitende Gedanke ist das Streben nach Verbesserung des bestehenden Zustands. Keine Veränderung ohne Ziel. Aber auch keine Veränderung ohne die Machtmittel, sie durchzuführen.

Die dem Ingenieur zur Verfügung stehenden Mittel sind im Laufe der Zeit stetig gewachsen. Sie haben heute ein Ausmass erreicht, das grosse und einschneidende Veränderungen möglich macht. Diese Tatsache gibt Anlass zur Besinnung auf die Entscheidung, die am Anfang jeder Veränderung steht.

Die Entscheidung in der Arbeit des Ingenieurs

Die ganze Tätigkeit des Ingenieurs ist auf die Entscheidung ausgerichtet. Oft freilich sind es Entscheidungen von kleiner Tragweite – die Wahl von Fe^1) zum Beispiel. Auch die Annahme eines statischen Systems oder die Festlegung der Belastung ist ein Entscheid, hier bereits bedeutsamer, was die Konsequenzen anbelangt. Und schliesslich sind gelegentlich auch folgenschwere Entscheidungen zu fällen, zum Beispiel jene zu einem Eingriff in das Gleichgewicht der Natur.

Am Beginn der Arbeit des Ingenieurs steht jeweils das Bemühen um das Erkennen der Situation, der Lage: suchend, tastend, locker, offen und aufgeschlossen, Intuition ermöglichend, sich orientierend im Raum zwischen angestrebtem Ziel und zu beachtenden Randbedingungen. Die Entscheidung wird vorbereitet. Dann folgt der Entscheid: unmessbar im Zeitmassstab, doch unendlich gewichtig durch die bewusste Haltung des Entscheidenden. Und darauf die Mitteilung des Inhalts der Entscheidung: klar, eindeutig, präzise, keinen Raum lassend für widersprüchliche Interpretation: der Befehl, die Handlung.

Es lassen sich demnach drei Phasen unterscheiden: Erkennen der Lage – Entscheiden – Mitteilen. Wie wir gesehen haben, können diese drei Phasen nicht chronologisch in den Tageslauf oder in den Ablauf eines Auftrags eingeordnet werden. Jedes Zeitelement, wie gross oder wie klein wir es auch immer wählen, enthält sie.

Der Rang der Entscheidung

Soviel zur zentralen Stellung der Entscheidung in der Arbeit des Ingenieurs. Doch ich will über den Rang der Entscheidung sprechen. Unter diesem Rang möchte ich hier nicht verstehen die Bedeutung oder die Wichtigkeit der Entscheidung im Rahmen einer Aufgabe; auch nicht ausschliesslich die Tatsache, dass die Entscheidung richtig ist oder falsch sein kann. Ich möchte den Rang eher an dem Grad des Vertrauens messen, das wir ihr entgegenbringen können. Auch eine richtige Entscheidung kann in diesem Sinn von niedrigem Rang sein, und ebenso eine untergeordnete Entscheidung von geringer Tragweite durchaus von hohem Rang. Der Rang der Entscheidung ist eine Folge der Vorbereitung der Entscheidung, ist abhängig von der Sicherheit und Vollständigkeit, mit der die Lage erkannt wird, und wird immer auch durch den Grad des Bewusstseins bestimmt sein, mit dem die Entscheidung getroffen wird. Eine Entscheidung, unbemerkt oder leichtfertig herbeigeführt, ist von niedrigem Rang. Jede rasch bereite Antwort ist von niedrigem Rang, hat die Frage nicht auf sich wirken lassen, hat die Konsequenzen nicht bedacht.

Die Verantwortung des Ingenieurs

Als Entscheidender trägt der Ingenieur die Verantwortung für seine Entscheide. Dabei darf diese Verantwortung nicht im engen Rahmen der eigentlichen Ingenieur-Arbeit allein gesucht werden. Der Ingenieur ist nicht nur für seine begrenzten Werke verantwortlich, sondern ganz allgemein für seine Handlungen und die aus diesen entstehenden Folgen.

Man könnte einwenden, dass in dieser Beziehung das Erscheinungsbild des Ingenieurs sich nicht wesentlich von demjenigen

anderer Berufe unterscheidet, vom Wissenschaftler zum Beispiel, vom Handwerker, vom Kaufmann. Auch diese sind für ihre Entscheide verantwortlich. Doch die Konsequenzen der Entscheidung prägen das Bild schärfer: Der Ingenieur – hier nicht vom Ausbildungsgang her verstanden, sondern von seiner Tätigkeit aus definiert als Veränderer der Umwelt (damit also auch der Planer, der Architekt, der Staatsmann) – trägt eine ausserordentlich direkte Verantwortung für seine Entscheide. Nicht so zum Beispiel der Wissenschaftler. Er will wissen, was ist – mit vollem Recht gleichgültig gegenüber den Folgen. Er sucht Erkenntnisse und Einsichten über Zusammenhänge und Tatbestände zu erlangen. Diese Erkenntnisse und Einsichten entziehen sich moralischer Wertung, erst in der Anwendung durch den Ingenieur werden sie qualifiziert.

Als Widerlegung des soeben Geäusserten könnte die Entwicklung der Atombombe gelten, wo die Wissenschaft ihre Verantwortung zu spüren glaubte. Aber wie wollen wir die Verantwortung zum Beispiel eines *Otto Hahn* werten, dem im ausserordentlich bescheiden eingerichteten Laboratorium die erste Kernspaltung gelang? Das war Forschung. Der Bau der Atomwaffe jedoch war Anwendung der wissenschaftlichen Erkenntnis und damit technische Entwicklung, war Ingenieurarbeit. Und es sind Ingenieure und Staatsmänner, die Hiroshima mit allen den dazumal zu wenig beachteten Folgen zu verantworten haben.

Der Ingenieur trägt die Verantwortung für seine Entscheidungen, doch nicht in erster Linie im Sinne von Prozess und Urteil, sondern in weit stärkerem Masse im Sinne von Erkennen der Schuld, anerkennen der Schuld, nicht nur objektiver Schuld allein, sondern auch moralischer Schuld. So ist die objektiviert Schuld gering, wenn jemand als hundertster die Abwässer ungeklärt dem See zuleitet; die moralische Schuld hingegen, die er damit auf sich nimmt, wiegt gleich schwer wie die Schuld desjenigen, der dieses als erster tut.

Und dann auch Verantwortung im Sinne von Tragen der Folgen: wie Professor *Gerhard Huber* in seinem Vortrag «Von der Verantwortung des Wissens» sagte: «...indem er mit den anderen, die in derselben Lage sind, die Verantwortung in einem prospektiven Sinn teile, nämlich in der gemeinsamen Anstrengung, die Gefahren zu bewältigen, die uns bedrohen». Tragen der Verantwortung in diesem Sinne heisst handeln, in gewissem Sinn sich selbst entgegenhandeln, heisst unter Umständen Verzicht. Und heisst auf jeden Fall Aufforderung zum Dienst in der Öffentlichkeit, zum politischen Engagement. Der Ingenieur darf sich nicht auf sein Fachgebiet zurückziehen, er muss sich auch als Mensch der Gemeinschaft verpflichtet fühlen.

2. Zur Entscheidungsbasis

Aspekte

In seiner Arbeit muss der Ingenieur die verschiedensten Gesichtspunkte, die vielfältigsten Aspekte berücksichtigen: Baustatik, Festigkeit, Sicherheit, Ausführung, Wirtschaftlichkeit und so weiter, wenn ich im engeren Fachbereich bleibe, aber auch Ästhetik, auch Fragen der Soziologie, auch Fragen der Landesplanung, geologische, geographische, klimatische, entwicklungsgeschichtliche Aspekte – um nur einige wenige zu nennen. Das Feld der Aspekte ist unendlich gross.

Ein Teil dieser Aspekte ist massgebend für die sichere Beurteilung einer konkreten Situation. Die Menge dieser massgebenden Aspekte kennzeichnet die Komplexität der Aufgabe.

Was wir in unsere Überlegungen nun tatsächlich einbeziehen, ist immer nur ein Bruchteil dieser massgebenden Aspekte. Diesen einbezogenen Teil möchte ich im folgenden Entscheidungsbasis nennen, denn nur von dieser wird die Entscheidung geprägt. Die Entscheidungsbasis ist beschränkt und immer kleiner als das Feld der massgebenden Aspekte, welches im übrigen selten in seiner ganzen Vollständigkeit erkennbar ist.

¹⁾ Fläche der Bewehrung in einem Stahlbeton-Querschnitt.

Fehler heisst Fehlen massgebender Aspekte

Das Schwierigste in der Ingenieur-Arbeit ist nun nicht etwa das rationale Erfassen der einzelnen erkannten Aspekte, sondern das Erkennen des Einflusses weiterer Aspekte auf das Angestrebte. So sind bekanntlich die meisten Fehler nicht Fehler im üblichen Sinn, sondern im eigentlichen Sinn des Wortes Anzeichen für das Fehlen massgebender Aspekte: Man rodet den Urwald im Tennessee-Valley, um das gewonnene Land der Landwirtschaft zuzuführen. Die Folge ist Steppenbildung durch Winderosion – daran hatte man nicht gedacht. Wir vernichten eine bestimmte Gruppe von Schädlingen und merken erst zu spät, dass wir mit ihnen auch die natürlichen Feinde anderer, bis dahin unterdrückter Schädlinge eliminiert haben. Das Problem ist nicht gelöst, sondern nur verlagert. Es fehlte ein Aspekt. Wir bemessen einen Bauteil unter Beachtung einer ganzen Reihe von Aspekten. Es stürzt trotzdem ein. Fragen der Stabilität wurden nicht beachtet, ein erschreckend häufiger Fehler auch heute noch, 200 Jahre nach Euler und 60 Jahre nach Tetmajer. Die Beispiele liessen sich beliebig vermehren. Neu auftretende Probleme sind fast immer die zu spät erkannten Folgen von Entscheidungen, die auf zu schmaler Basis gefällt wurden.

Die sogenannte Lösung eines Problems ist im übrigen häufig den Erkenntnissen voraus, die eigentlich ihre Grundlage bilden sollten. Ein überzeugendes Beispiel hierfür ist der Einsturz der Hängebrücke über die Meerenge von Tacoma im Jahre 1940. Die im Verhältnis zur Spannweite ausserordentlich schmale Brücke zeigte sich gegenüber Windeinflüssen als sehr empfindlich und stürzte vier Monate nach ihrer Indienststellung bei mässiger Windgeschwindigkeit ein. Die Einsturzursache wurde in einer bis dahin nicht beachteten, aerodynamischen Instabilität gefunden. Der Bau der Brücke ging dieser Erkenntnis voraus.

Die Dringlichkeit einer Veränderung treibt oft zur Eile. Man hat nicht die Ruhe, alle massgebenden Aspekte zu bedenken. Man entscheidet rasch und voreilig. Die gebotene Eile ist dann häufig die dankbar benutzte Entschuldigung für eine sich als unvollständig herausstellende Entscheidungsbasis. Beispiel: fast alle Improvisationen erweisen sich als mehr oder weniger mangelhaft.

Ein ganz wesentlicher Aspekt, der in jeder Entscheidungsbasis enthalten sein muss, könnte umschrieben werden mit den Worten: «Nichts verunmöglichen!» Wir brauchen ein Minimum an Fixiertem, ein Maximum an Möglichkeiten, denn die Zukunft wird ihre Forderungen an das von uns Gebaute stellen. Die Strassen leben länger als die Verkehrskonzeption, die ihnen zugrunde liegt, vielleicht länger als die heutige Verkehrstechnik selbst. Alles Spezifische ist kurzfristig. Wir dürfen die Zukunft nicht verpflichten. Wir müssen im Gegenteil utopischen Gedanken Raum lassen, utopisches Denken schulen. Die Utopie von heute kann die reale Situation von morgen sein. Wir müssen der Zukunft Platz lassen.

Kriterien

Wir haben gesehen, dass eine Reihe von Aspekten für die sichere Beurteilung einer Situation massgebend ist. Jeder dieser Aspekte enthält nun eine Anzahl von Kriterien, an denen wir konkret unsere Vorschläge messen.

Wir haben absolute Kriterien, die unbedingt und auf jeden Fall erfüllt sein müssen. In der Statik ist zum Beispiel die Forderung nach dem Gleichgewicht aller an einem Körper angreifenden Kräfte ein absolutes Kriterium. Demgegenüber ist es lediglich wünschbar, dass die Formänderungen von Tragwerksteilen an ihren Kontaktstellen miteinander verträglich sind; ein absolutes Kriterium ist dieses aber nicht. Ein wünschbares Kriterium mag auch sein, dass die Durchbiegung eines Bauteils gewisse, als zulässig angesehene Werte nicht überschreitet.

Weiter ist zu unterscheiden zwischen primären und abgeleiteten, rein formalen Kriterien. Diese Unterscheidung ergibt sich aus der konkreten Situation: bei der Beurteilung einer Holzbalkendecke zum Beispiel ist von primärer Wichtigkeit eher die Frage, wie stark ein an der Wand stehender Schrank wackelt, wenn jemand in Zimmermitte von einem Stuhl springt, als die Frage nach ihrer Durchbiegung unter rechnerischer Nutzlast oder nach ihrer Eigenfrequenz. Wir dürfen die Dinge nicht unkontrolliert aus ihrem jeweiligen Zusammenhang herausheben, isolieren und in rein formale Kriterien zwingen.

Vorsicht bei ortianal erfassbaren Kriterien

Eine grosse Anziehungskraft auf uns Ingenieure üben die rational erfassbaren Kriterien aus: Weg, Zeit, Geschwindigkeit, Preis, Festigkeit, Spannung. Sie faszinieren weit mehr als Qualität, Vertrauen oder auch Schönheit. Wir sind bestrebt, alles in messbaren Grössen auszudrücken. Wir rechnen, auch dort, wo andere Kriterien mass-

gebend werden. So hat zum Beispiel die an sich logische Verknüpfung zwischen Stahlaufwand und Streckgrenze der Stähle im Stahlbetonbau einen Wettlauf nach immer höherer Streckgrenze in Gang gesetzt, bei der andere – für den Bestand des Bauwerks vielleicht wichtigere – Eigenschaften unbeachtet blieben. Offensichtliche Eindeutigkeit einer Aussage ist immer Grund zu Zweifeln; ausgeschlossen bleibt vermutlich die Komplexität der Natur.

Ein gefährliches Charakteristikum rational erfassbarer Kriterien ist sodann ihre Verführungsgewalt zur Extrapolation. Die Unsicherheit wächst, je weiter wir uns aus dem gesicherten Erfahrungsbereich hinausbewegen. Ein grosser Teil der Aspekte und Kriterien sind weitgehend an bestimmte soziale, ethische, entwicklungsgeschichtliche, kulturelle, klimatische oder geographische Situationen gebunden. Beispielsweise kann ein Schweizer Ingenieur nur in eingehender Kenntnis der spezifischen Verhältnisse für die USA oder Persien projektieren. Bezieht man Materialpreise auf den ausbezahlten Handlangerlohn, entsprechen den Kosten eines Kubikmeters Beton in den USA die Kosten von 4 Handlangerstunden, in der Schweiz von 8 und in Persien von 30. Diese Tatsache ist nicht nur wichtig für die Preisgestaltung, sondern sie hat auch ganz bedeutenden Einfluss zum Beispiel auf die günstigste Form von Stahlbetonquerschnitten. Die hier und dort gültigen Kriterien sind eng an die hier und dort vorhandenen Verhältnisse gebunden.

Der Zweifel

Die rational nicht erfassbaren Kriterien schliesslich werden von uns rational geschulten Ingenieuren oft als unwissenschaftliche Kriterien abgetan. Eines der wichtigsten Kriterien, welches immer wieder in unserer Arbeit auftaucht und durchaus nicht rational fassbar ist, ist der Zweifel, ist das Gefühl, dass etwas nicht stimmt. Meldet sich der Zweifel im Verlauf unserer Arbeit, ist grösste Aufmerksamkeit nötig und eine sorgfältige Prüfung des bereits Erarbeiteten. Fast immer werden sich dann die rational erfassten Kriterien als unvollständig oder unrichtig herausstellen. Wir müssen üben, dem Zweifel genügend Raum zu lassen: Die Katastrophe von Vajont zum Beispiel, wäre vielleicht zu vermeiden gewesen, wenn man laut gewordenen Zweifeln mehr Gewicht beigemessen hätte. Das den Zweifel Nährende kann nicht durch Auswechseln der Experten beseitigt werden. Im Zweifel äussert sich die Erfahrung, Erfahrung, hier als dasjenige verstanden, was übrig geblieben ist, nachdem die konkreten Beispiele längst vergessen sind.

3. Zu den Anforderungen an den Entscheidenden

Entscheidungsbasis verbreitern

Das Feld der massgebenden Aspekte ist durch das Problem selbst gegeben, ist objektiv und völlig unabhängig von den Ansichten und Einsichten der an der Lösung des Problems Beteiligten. Das Feld der massgebenden Aspekte ist gross und in der Regel sehr komplex. Aus dem bereits Gesagten ergibt sich, dass es die vornehmste Pflicht des Ingenieurs ist, seine Entscheidungsbasis durch Eingliedern neuer Erfahrung zu verbreitern und soweit wie irgendmöglich dem Feld der massgebenden Aspekte anzugleichen. Die Breite seiner Entscheidungsbasis charakterisiert die Komplexität des Entscheidenden und schlägt sich nieder in der Gültigkeit seiner Aussagen, im Rang seiner Entscheidungen. In der Beschränkung auf wenige Aspekte, auf eine schmale Entscheidungsbasis, zeigt sich der Spezialist im negativen Sinn des Worts.

Einige wenige Aspekte genügen nicht als Legitimation. So ist zum Beispiel der statische Aspekt für einen Bauingenieur noch nie ausreichend gewesen; er mag allenfalls für einen sogenannten Statiker genügen, auf dessen Stufe wir uns leider unbewusst immer mehr zurückziehen. Grosse Bauingenieurleistungen kommen immer nur dann zustande, wenn zu diesem statischen Aspekt mindestens noch der konstruktive tritt, eng verbunden mit der soliden Kenntnis der materialtechnologischen und ausführungstechnischen Möglichkeiten. Bezeichnenderweise sind die meisten Ingenieure des konstruktiven Ingenieurbaus von Rang gleichzeitig Unternehmer oder doch sehr eng mit der eigentlichen Ausführung verbunden.

Kriterien vermehren

Der Ingenieur ist des weiteren verpflichtet, im Rahmen derjenigen Aspekte, die er kompetent vertreten will, auch die Beurteilungskriterien zu vermehren und in ihrer Aussagekraft zu bereichern, damit er diese Aspekte auch in ihrer ganzen Tiefe ausloten kann. Eine breite Entscheidungsbasis, verbunden mit einer bewussten Beschränkung auf einige ausgewählte Aspekte, die kompetent vertreten werden können, kennzeichnen den Spezialisten im positiven Sinn des Begriffs.

Werten und Abwägen

Die dritte Anforderung an den Ingenieur ist vielleicht am schwierigsten fassbar: Er muss die Aspekte und Kriterien richtig werten, zutreffend gegeneinander abwägen. Wertung ist jedoch notwendigerweise subjektiv. In der Wertung zeigt der Ingenieur seine Vorliebe, seine Stärken und seine Schwächen. Nur im Bewusstsein dieser eigenen Vorlieben, Stärken und Schwächen ist eine weitgehend zutreffende Wertung möglich. Unterschiedliche Auffassungen deuten auf unterschiedliche Wertung hin. Wertung ist subjektiv, doch müssen wir von einem Ingenieur fordern, dass sie in dem Sinne objektiv ist, dass sie auf keinen Fall bewusst Aspekte beiseite drängt, die dem Erreichen des Ziels entgegenstehen, und nie bewusst Aspekte vorzieht, die das Erreichen des Ziels begünstigen. Der Ingenieur muss sich um Wahrhaftigkeit bemühen.

Die eigenen Bestände

Damit treten wir in einen Bereich ein, der rein subjektiven Charakter hat. In unserem ganzen Tun, vor allem aber bei der Vorbereitung unserer Entscheidungen, müssen wir die eigenen Möglichkeiten, Kenntnisse, Fähigkeiten, Schwächen und Fehler vor Augen haben. Wir müssen von unseren Beständen ausgehen. Überschätzung der eigenen Fähigkeiten zieht Überforderung nach sich. Im Bewusstsein eigener Überforderung entscheiden und handeln, heisst fahrlässig handeln, heisst vielleicht schlimmeres. Aber auch Unterschätzung der eigenen Fähigkeiten, Zaghaftigkeit und Furcht vor Entscheidungen ist unwürdig. Wir sind verpflichtet, unsere eigenen Bestände zu nutzen, bis an ihre Grenzen bewusst vorzustossen, sie zu erweitern, bis an jene Linie, an welcher wir die jedem von uns gesetzte Grenze erkennen.

Was wir brauchen

Was gebraucht wird, ist demnach der Ingenieur, der dank einer breiten Entscheidungsbasis und dank seiner Offenheit und Aufgeschlossenheit gegenüber den Notwendigkeiten der Zeit in Kenntnis seiner eigenen Bestände die richtigen Entscheide fällt. Wir müssen die komplexe Situation vernünftig bewältigen. Wir dürfen sie nicht auf einen vorbedachten Fall reduzieren und diesen auf schulmässiger Basis behandeln. Wir brauchen die komplexe Persönlichkeit, nicht den einfachen, den vereinfachenden Menschen.

Der Schritt zurück

Und eine letzte Anforderung an den Entscheidenden sei noch besprochen, gekennzeichnet hier durch die Forderung nach dem Schritt zurück. Oft ist die uns gestellte Aufgabe beschränkt. Über einen Teil der die Lösung beeinflussenden Aspekte wurde bereits verfügt. Wir tragen jedoch Verantwortung vor mehr als nur dem Auftraggeber. Die Technik ist nicht Dienerin zur Lösung der technischen oder wirtschaftlichen Probleme eines schmalen Personenkreises allein. Der Ingenieur darf sich nicht auf die in der Aufgabenstellung noch offengehaltenen Aspekte beschränken. Er muss aus besserer Sachkenntnis und tieferer Einsicht in die Probleme die Entscheidungsbasis um das bereits Vorweggenommene ergänzen. Er muss zurücktreten, Abstand nehmen, und die Frage aufwerfen, ob das Gewollte auch in einem grösseren Rahmen noch sinnvoll ist. Als erstes das Umfassendere, das Allgemeine bedenken. «Wer nicht das Ferne bedenkt, dem ist Betrübnis nahe», sagt Kungfutse.

Probleme der Gemeinde sind bald Probleme der Region, solche der Region vielleicht die des Kantons. Firmeneigene Ansichten können volkswirtschaftlich bedenklich sein. Die billigste Lösung ist selten die wirtschaftlichste. Auch Arbeitszeitverschwendung ist Verschwendung, gewiss; ein Grund zum Beispiel für das Einwegglas, die Wegwerfpackung. Doch was geschieht mit dem sich anhäufenden Müll, vor allem mit dem, der nicht verrottet? Was die Natur in 20 Jahren nicht absorbieren kann, ist das Problem der nächsten Generation, vielleicht dann das sogenannte nationale Problem. Heute Gewässerverschmutzung, Luftverunreinigung, Lärmbelästigung, Abfallbeseitigung. Es fehlte der Schritt zurück in das Umfassendere; man diente der Lösung eines technischen Problems allein.

Was werden wir der nächsten Generation an nationalen, vielleicht Weltproblemen überlassen? Möglicherweise eine im Verkehr erstickte Umwelt. Möglicherweise eine durch kurzfristige Entscheide blockierte Entwicklung. Möglicherweise eine durch Insektizide, eigentlich Biozide — alles Leben vernichtende Gifte — abgetötete Welt. Wir sind auf dem Weg dazu. Wir müssen den Schritt zurück tun, sobald wir erkennen, dass wir ein Teilproblem zu lösen im Begriff sind. Die richtige Lösung eines Teilproblems kann im grösseren und umfassenderen Rahmen vollständig falsch sein.

Team und Computer

Wir haben festgestellt, dass eine breite Entscheidungsbasis, gegliedert in eine Vielzahl von Aspekten, diese jeweils präzisiert durch eine Anzahl von Kriterien, massgebend ist für die sichere Beurteilung einer Situation. Nun hat zweifellos auch ein hochqualifizierter Ingenieur keine umfassende Entscheidungsbasis. Jeder ist in einem mehr oder weniger grossen Masse Spezialist.

In dieser Tatsache sehe ich die Berechtigung der vielgepriesenen Arbeit im Team. Ein sinnvoll, das heisst aus gleichwertigen Fachleuten verschiedener Fachrichtungen zusammengesetztes Team ist eine höher qualifizierte Einheit, deren Entscheidungsbasis beträchtlich grösser ist als diejenige jedes einzelnen Mitglieds. Doch ein Team kann meines Erachtens nicht arbeiten und als Einheit auch keine Verantwortung übernehmen. Jedes einzelne Team-Mitglied bleibt für die Beherrschung der von ihm vertretenen Aspekte voll und persönlich verantwortlich. Ein Team hat meines Erachtens auch kaum schöpferische Kraft, doch im sogenannten Brain-Storming zu Beginn einer langen und intensiven Auseinandersetzung des Einzelnen mit den gemeinsam aufgeworfenen Fragen sehe ich eine interessante Möglichkeit, schöpferische Arbeit des Einzelnen vorzubereiten.

Auch der Computer könnte als Speicher einer möglichst umfassenden Entscheidungsbasis herangezogen werden. In der Medizin wird von dieser Möglichkeit bereits Gebrauch gemacht. Der Computer ist Gedächtnis und logischer Apparat, er kann nicht Verantwortung übernehmen und deshalb auch nicht verantwortlich entscheiden. Aber er kann sehr wohl Elemente der Entscheidungsbasis zusammensetzen, auch einzelne Aspekte und Kriterien logisch durchdringen und die Konsequenzen möglicher Entscheidungen aufzeigen.

Ich will mich hier auf diesen Hinweis beschränken. Die Entscheidungstheorie, mathematisch formuliert, heute durch statistische Begriffe erweitert und mit Computern der Praxis nutzbar gemacht, hat eine grosse Faszination unter Ingenieuren ausgelöst. Mancher unter Ihnen wird unter dem Titel meines Vortrags ein Eingehen auf diese neuen Erkenntnisse und Möglichkeiten erwartet haben. Ich muss jedoch bekennen, dass ich den Schwerpunkt eigentlicher Ingenieurarbeit an anderem Ort sehe.

4. Zur Vorbereitung der Entscheidung

Wir haben gesagt, die Sorgfalt der Vorbereitung kennzeichne den Rang der Entscheidung. Nun könnte man nach all dem Vorhergegangenen meinen, es käme allein auf eine trockene, sachliche Zusammenstellung der die Lösung beeinflussenden Aspekte an, und mit ein wenig sogenanntem Denken ergäbe sich die richtige Lösung.

Nein, ich glaube, jeder Ingenieur arbeitet anders. Doch jeder auch wieder verschieden. So gestatten Sie, dass ich aus meiner persönlichen Erfahrung heraus den für mich gangbaren Weg aufzuzeigen versuche:

Ein Weg

Zu Beginn versuche ich mich freizumachen von allen Vorstellungen. Ich nehme Abstand, schiebe voreilig sich aufdrängende Aspekte und Kriterien beiseite. Ich stecke die Situation ab, den Raum zwischen den vorgegebenen Randbedingungen und dem angestrebten Ziel. Das gibt Freiheit, Freiheit im Denken und Gestalten — freilich innerhalb des Zwingenden der Naturgesetze. Das ist die Lage. Und diese Lage lasse ich auf mich wirken, sorgsam bedacht darauf, sie nicht durch voreiliges Beschreiten von sich aufdrängenden Gedankengängen einzuschränken. Langsam fügt sich ein Bild zusammen. Ich hüte mich, in diesen Prozess vorzeitig einzugreifen.

Doch dann wird es Zeit. Ich ergreife das Bild, beginne zu arbeiten, bin kritisch, konfrontiere das Bild mit den mir massgebend erscheinenden Aspekten. Das Bild modifiziert sich, passt sich den Aspekten an, wirkt auf das Feld der Aspekte zurück, dieses erweiternd. Kriterien präzisieren die Anforderungen. Sie bedrängen sich, manche widersprechen sich, der Lösungsspielraum ist schmal. Ich beginne zu werten, gefühlsmässig zunächst, dann versuche ich zu objektivieren. Unscharfe Kriterien werden schärfer, andere rational erfasst, in Zahlen ausgedrückt. Die Abstraktion geht weit. Und oft bleibe ich auf halbem Weg stehen mit der Frage, ob sich der Weg etwa als Sackgasse erweisen könnte.

Doch wohl kaum eine Antwort, kaum eine Lösung kommt zustande ohne den Einfall, ohne die Eingebung, ohne Intuition. Intuition als innere Schau der Lösung. Nicht Gedachtes, sondern Inhalt und Endprodukt ohne Denken. Intuition hilft, erweitert die Entscheidungsbasis, füllt gelegentlich eine schlimme Lücke. Doch Intuition kommt immer im unbedachten Augenblick. Ich muss ihr Zeit lassen.

Und schliesslich steht die Lösung scharf umrissen vor mir: nur so kann sie aussehen. Doch sie bedarf noch der Prüfung in allen

Details. Was folgt, ist harte Arbeit, sind Sorgen und Zweifel auf dem langen Weg bis zur sicheren und auch rechnerisch bewiesenen Lösung. Zum Schluss erscheint diese so selbstverständlich, dass ich mich über die Umwege wundere, auf denen sie gefunden wurde. Und dann fällt der Entscheid leicht. Zurück bleibt eine tiefe geistige Bindung an das Werk. Ich fühle es als Lebewesen, als meines Geistes Kind. Ich spüre, wo es ihm wehtut, wo noch letzte helfende Hand angelegt werden muss.

Wer es nicht selbst erlebt hat, wer nicht ein Werk in liebevoller Anpassung an schwierige Verhältnisse ins Leben gebracht hat, wird hier vielleicht nur zögernd gefolgt sein. Aber wir müssen wohl auch dem Ingenieur, dem wir oft nur karge Berechnung zutrauen, die Identifikation mit seinen Werken zugestehen. Wir müssen der Ansicht Prof. *Gustav Eichelbergs* zustimmen, die er in seiner Abschiedsvorlesung 1960 äusserte: «Kein technisches Werk kann aus rein rationaler Berechnung heraus entstehen, so sehr es auch des mathematischen Instruments und der naturwissenschaftlichen Erkenntnisse bedarf, immer muss doch der Berechnung die realisierende Schau des zu Berechnenden vorausgehen. Die Naturgesetze fixieren die möglichen Züge und erlaubten Sprünge im erregenden Schachspiel technischen Gestaltens. Gespielt werden aber muss vom bauenden Ingenieur mit vorausschauender Phantasie, mit Realitätssinn, Realisationssinn und intuitivem Erfassen verborgener Möglichkeiten und mit letzter Einsatz-, Verantwortungs- und Entschlussfreudigkeit».

Zum Wagnis

Doch wo steht in diesem Zusammenhang das Wagnis? Das Wagnis, der Mut, vielleicht gelegentlich auch die Kühnheit als Steigerungen gehören doch unzweifelhaft zur geistigen Organisation des Ingenieurs. Das Wagnis nimmt Entscheide vorweg. Es verzichtet zunächst auf die Konfrontation der Lösung mit den sie im Grunde beeinflussenden Aspekten. Das Wagnis macht die Prämisse, dass das Entscheidene richtig ist und dass es später im Detail auch richtig zu Ende geführt werden kann. Wir gehen nicht in die Einzelheiten. Wir kennen nicht die Details, aber wir wissen uns auf dem richtigen Weg. Wir passen den Massstab an, wir lösen das Ganze in grossen Zügen.

Militärische Planung und Forschung

Im Rahmen des Kolloquiums über Probleme der *Infrastruktur*, das vom Institut für Orts-, Regional- und Landesplanung an der ETH während des Wintersemesters durchgeführt wird (SBZ 1968 H. 43, S. 772), referierte am 14. Nov. 1968, Oberstdivisionär *H. Wildbolz*, Unterstabschef Planung im Eidg. Militärdepartement, über das Thema «Ziele des Infrastrukturausbaus – Spekulationen».

Von der militärischen Planung aus gesehen, gelten für den Begriff «Infrastruktur» hinsichtlich Gegenstand und Methodik Gesichtspunkte, welche von den Begriffen unseres zivilen Planens abweichen. Militärisch bedingte Erfordernisse wie beispielsweise die stetige Anpassung an die fortschreitende Entwicklung oder die Schaffung von Entscheidungsgrundlagen im Hinblick auf neue Konzeptionen sind aber ideelle Elemente, die sich auch für die Infrastruktur-Planung auf örtlicher, regionaler, kantonaler und Bundesebene interessant und nutzbar erweisen können. Mit der nachfolgenden Zusammenfassung dient der *Presse- und Informationsdienst der ETH* der heute sehr wünschenswerten Verbindung zwischen Hochschule und Praxis.

G. R.

Im militärischen Bereich wird als Infrastruktur die Gesamtheit der firmsten Anlagen bezeichnet, die ihrer Bestimmung nach der Landesverteidigung dienen. Die institutionellen Voraussetzungen für die Planung und Realisierung von militärischen Infrastrukturaufgaben werden im Rahmen einer vierstufigen Trägerschaft geschaffen. Die oberste Stufe liegt beim Gesamt-Bundesrat, dem die Konzeption der Gesamt-Landesverteidigung obliegt, sowohl die zivile als auch die militärische Landesverteidigung. Die zweite, für die militärische Infrastrukturplanung entscheidende Stufe, liegt beim Eidg. Militärdepartement. Die dritte Stufe, in welcher die funktionale Gesamtplanung bearbeitet wird, umfasst die Gruppen für Generalstabsdienste, Ausbildung und Rüstungsdienste. Die letzte und vierte Stufe der Planung erfolgt als Teil-Planung in den einzelnen Dienst-Abteilungen.

Die Gesamtplanung der Infrastruktur ist auf kurz-, mittel- und langfristige Ziele ausgerichtet. Für das methodische Vorgehen ist es charakteristisch, dass immer zwei wesentlich verschiedene Aufgabenkreise vorliegen: 1. Die kontinuierliche Anpassung an die fortschreitende Entwicklung, 2. die Schaffung von Entscheidungsgrundlagen im

Aber, soll das Wagnis gültig sein, braucht es geistige Reserven. Was für den einen Wagnis, ist beim anderen bereits Fahrlässigkeit und Frevel. Beides liegt nahe beisammen, und der Wagende muss sich dessen bewusst sein. Und er muss auch wissen, dass das Wagen ins Wägen gewandelt werden muss. Sichere Erfahrung und intuitive Einsicht in die grundsätzliche Richtigkeit des Entscheids rechtfertigen das Wagnis. Doch es darf nicht ein Wagnis bleiben! Geduld, Beharrlichkeit und Gewissenhaftigkeit müssen das Vorausgenommene verantwortbar machen. Das Wagnis ist nötig, es gehört zum Charakter des Ingenieurs. Wir führen mit ihm einen Zwang zur Lösung ein. Wir bejahen das Ziel, wir entschliessen uns zum Aufbruch, wir wählen den Weg, vertrauend auf unsere Fähigkeit, mit den Schwierigkeiten auf dem Wege fertig zu werden. Doch dieses Vertrauen müssen wir im Laufe der Arbeit rechtfertigen.

5. Zur persönlichen Situation

Eine Einführungsvorlesung, die sich wie diese um eine allgemeinere Aussage bemüht, wäre nicht vollständig, würde sie nicht auch die Folgerungen ziehen, die sich für den Unterricht aus dem Gesagten ergeben. Gestatten Sie mir deshalb zum Schluss die auf meine eigene Arbeit hier an der Abteilung für Kulturingenieurwesen bezogenen Bemerkungen:

Wir geben die Aspekte. Wir wollen versuchen, diese zu einer wohlgeformten, tragfähigen Entscheidungsbasis zusammenzuschliessen. Wir wollen diese Aspekte mit den wichtigsten Kriterien füllen. Wir wollen uns hüten vor Postulaten, vor rein theoretischen Voraussetzungen und formalen Kriterien. Wir wollen dem Zweifel Raum lassen. Wir wollen geistige Kanalisierung meiden, viel eher utopisches Denken schulen, utopische Möglichkeiten ordnen. Wir wollen die komplexe Situation üben, wo immer es geht. Wir wollen Entscheidungen von hohem Rang vorbereiten und diese Entscheidungen bewusst fällen. Und schliesslich wollen wir die hinter uns liegenden Tatbestände ordnen und auswerten. Erfahrung ist die Wegleiterin der Menschheit. Wir stehen auf den Schultern unserer Vorgänger, wir wollen die erweiterte Aussicht nutzen.

Adresse des Verfassers: Prof. *Jörg Schneider*, In der Hub 16, 8057 Zürich.

DK 623.001.6

Hinblick auf neue Konzeptionen. Mit Erfolg kann eine Planung nur dann angepackt werden, wenn die Bindung an das Vorhandene, die Kapazität der planenden und ausführenden Instanzen und der finanziellen Mittel realistisch beurteilt werden. Wer plant, muss Kompromisse suchen zwischen dem Wünschenswerten und dem Möglichen. Planung gründet immer auf Erwartungen, die entweder statistisch gesichert, prognostisch gestützt oder spekulativ frei sind. Im letztgenannten Bereich spielt das schöpferische Denken und das prognostische Urteil eine entscheidende Rolle (z. B. bei der Beurteilung der militärpolitischen Lage oder bei der Abschätzung der Kriegsdauer). Hier ist, nach einem Wort Einsteins, das Vorstellungsvermögen wichtiger als das Wissen.

Für die Beurteilung der Lage, welche Ausgangspunkt von Spekulationen bildet, eignet sich die «generalstäbliche Methode»: ein systematisches Abwägen von Vor- und Nachteilen im Rahmen von verschiedenen wahrscheinlichen Möglichkeiten. Um das Wahrscheinliche im Bereich des Möglichen zu erkennen, ist ein geistiges Aus-exerzieren von Modellfällen erforderlich. Zunächst wird ein Inventar aller vorhandenen Möglichkeiten aufgestellt, das auch alle erkennbaren Extremfälle beinhalten soll. Durch Typisierung werden dann bestimmte Möglichkeiten herausgegriffen und im Rahmen von Annahmen, Thesen, Randbedingungen und Varianten durchgespielt.

Das Problem, konkrete Massnahmen für den Fall einer unbekannt Bedrohung rechtzeitig vorzubereiten, kann nur gelöst werden, wenn richtige Fragestellungen vorliegen. Daher müssen alle bekannten Verfahren, vom Kriegsspiel und Simulationsmodell über operations research, cost effectiveness Rechnung bis zur rein spekulativen Beurteilung kombiniert angewendet werden.

In diesem Sinne gleichen die Führungs- und Planungsprobleme einer modernen Armee, die laufend auf alle Möglichkeiten der Verteidigung eingespielt sein und dem ständigen Wechsel der Waffentechnik Rechnung tragen müssen, denjenigen eines grossen Industrieunternehmens, dessen Fortbestand ebenfalls von einer richtigen Einschätzung der künftigen technischen und wirtschaftlichen Entwicklung abhängt. Der Unterschied liegt aber darin, dass die Planung bei einem Industrieunternehmen die Möglichkeit hat, aus der Erfahrung