

Risiko und Sicherheit im Bauingenieurwesen

Prof. Dr. Michael Havbro Faber, ETH Zürich, Institut für Baustatik und Konstruktion.

Die gebaute Infrastruktur zu planen, zu bemessen und zu unterhalten, dies sind die Hauptaufgaben der Bauingenieure. In der heutigen Zeit betrachten die meisten von uns diese Infrastruktur als Selbstverständlichkeit, denn ohne uns zu sorgen erfüllt sie unsere Bedürfnisse. Zwar werden einige Brücken (Abbildung 1) oder sehr hohe Bauten, z.B. Petronas Twin Towers in Kuala Lumpur, als spektakulär wahrgenommen - der Rest der gebauten Umwelt wird jedoch kaum beachtet. Dieser „Rest“ umfasst u.a. die leistungsstarke Trinkwasserversorgung, die Abwassersysteme wie auch funktionierende Verkehrssysteme, Brücken, Tunnels, etc. Infrastruktur, ohne die eine moderne Gesellschaft nicht funktioniert. Bauingenieure liefern und managen die Basis für moderne Gesellschaften und deren kontinuierliche Entwicklung.

Fällen Bauingenieure Entscheide bezüglich Planung, Bemessung oder Unterhalt der Infrastruktur, so sind die Grundlagen dafür in den Naturwissenschaften zu finden – also die Erkenntnisse der Grundlagenforschung z.B. der Physik, der Chemie und der Biologie. Bekannte Beispiele dafür sind das Gesetz der Gravitation oder die Hauptsätze der Thermodynamik. Auch in der Planung und im Unterhalt von Tragwerken spielen sie eine entscheidende Rolle. In den meisten Fällen können diese Gesetze jedoch nicht direkt auf ein spezifisches Ingenieurproblem übertragen werden. Daher müssen Modelle entwickelt werden, die Grundlagenforschung mit numerischen Berechnungen und Experimenten kombinieren.



Abb.1: Nachhaltige Entscheidungsfindung beim Bau und Unterhalt von Infrastrukturbauwerken (COWI).

Ingenieurwissenschaftliche Modelle, so wie auch alle anderen Modelle, sind immer mit Unsicherheiten behaftet.

In vielen Fällen bei denen natürliche Phänomene, z.B. das Wetter, unsere Modelle beeinflussen, sind Vorhersagen in der Tat sehr unsicher. Dies gilt insbesondere für Vorhersagen von Naturgefahren wie z.B. Erdbeben, Steinschlag oder Tsunamis. Sie alle aber stellen eine aussergewöhnliche Einwirkung für unsere Infrastruktur dar. Die Ingenieurwissenschaftlichen Modelle müssen aber auch die Unsicherheit bezüglich des Verhaltens der Menschen berücksichtigen. Zum Beispiel wenn die Tragfähigkeit eines Gebäudes bestimmt werden soll. Diese ist stark vom handwerklichen Geschick und dem Einsatz der Menschen abhängig, die am Bau beteiligt sind. Aufgrund dieser Unsicherheiten gibt es keine absolute Sicherheit für Entscheide im Ingenieurwesen. Das bedeutet, dass es auch keine absolute Sicherheit bezüglich der Sicherheit von Gebäuden gibt.

Der theoretische Rahmen, der die Basis für Entscheidungen im Ingenieurwesen darstellt, ist die Entscheidungstheorie. Zusammen mit der Bayes'schen Wahrscheinlichkeitstheorie bildet sie eine konsistente und rationale Basis für die Entscheidungsfindung. Man spricht dabei auch von risikobasierter Entscheidungsfindung. Ingenieure nutzen diesen theoretischen Rahmen, wenn sie Entscheide über die Sicherheit fällen. Grundlage von Entscheidungsfindungen im Ingenieurbau sind häufig Kosten-Nutzen Analysen. Für die Planung einer Brücke bedeutet

dies, dass der Nutzen durch die Brücke während ihrer Nutzungsdauer optimiert wird. Dazu müssen neben dem Nutzen, der durch das Tragwerk entsteht, auch die Kosten für Bau, Unterhalt, Abbruch nach der Nutzungsdauer (Abbildung 2) und auch die potentiellen Kosten durch Tragwerksversagen berücksichtigt werden. Das heisst: Die Lebenszykluskosten einer geplanten Struktur – ausgehend von der Planung über den Bau bis hin zur Stilllegung – werden optimiert. Es ist wichtig zu verstehen, dass aufgrund der verschiedenen Unsicherheiten Ausfälle durch Versagen nicht vollständig ausgeschlossen werden können! Ingenieuren stehen aber oben genannte Werkzeuge zur Verfügung um die Risiken zu kontrollieren. Man kann die Risiken auf ein von der Gesellschaft akzeptiertes Niveau begrenzen. Risikoreduktion ist immer möglich – aber sie kostet! Da jede Gesellschaft über limitierte Ressourcen verfügt, stellt sich die Frage, was sich eine Gesellschaft wirklich leisten kann und will.

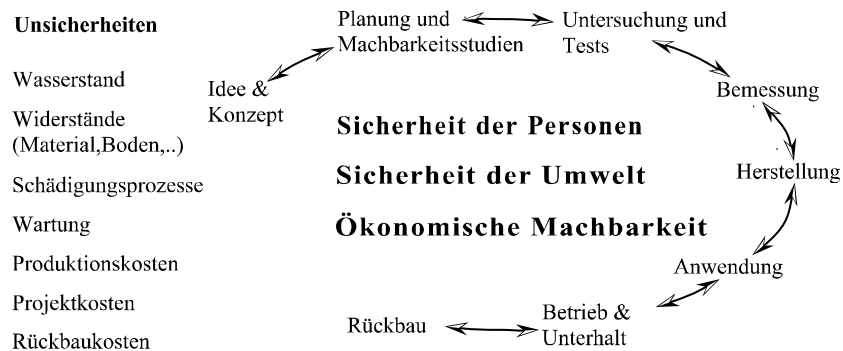


Abb.2: In der Planung berücksichtigte Risiken der verschiedenen Lebenszyklusphasen (Faber).

Entscheiden Ingenieure im Namen der Gesellschaft, so ist es wichtig, dass sich die Präferenzen einer Gesellschaft in diesen Entscheiden wider spiegeln. Grundsätzlich lassen sich Präferenzen feststellen, z.B. in dem Mass in dem eine Gesellschaft ihre Ressourcen aufwendet um die Lebensbedingungen ihrer Bürger zu erhöhen. Offensichtlich spielen dabei die ökonomischen Möglichkeiten einer Gesellschaft eine entscheidende Rolle. Denn auch die wirtschaftliche Situation bestimmt, wie viel Mittel z.B. für Bildung, das Gesundheitswesen oder den Strassenunterhalt aufgewendet werden. Es ist durchaus möglich ein Modell zu formulieren und zu verifizieren, das die sozialen Präferenzen in Abhängigkeit zu den Investitionen in Lebenserhaltungsmassnahmen aufzeigt. Gegenwärtig wird an solchen Modellen intensiv geforscht.

Unlängst erhielt die Diskussion bezüglich gesellschaftlicher Präferenzen eine neue Dimension: die Nachhaltigkeit (vgl. Bruntland-Bericht). Sie wird aktuell thematisiert und in der Entscheidungsmodellierung berücksichtigt. So müssen nicht nur die Präferenzen unserer, sondern auch die von zukünftigen Generationen in die Entscheidungsfindung einfließen – vor allem dann, wenn wir Heute Entscheide fällen, die sich auf zukünftige Generationen auswirken. Neben Lebenssicherheit und Wohlstand ist auch die Umwelt ein Schlüsselkriterium für die gesellschaftliche Entscheidungsfindung. Die Gesellschaft und ihre Ingenieure arbeiten hart daran, diese neue ethische Regel in unserem täglichen Leben einfließen zu lassen. Schwierigen Fragen müssen beantwortet werden wie z.B.: „Wie bewertet die Gesellschaft die Existenz einzelner Tier- oder Pflanzenarten im Vergleich zu verbesserten Lebensbedingungen für Menschen?“. Erst dann ist eine vollständige Integration nachhaltiger Entscheide in unser tägliches Leben möglich.

Die genannte Problemstellung stellt im Wesentlichen den Focus der Forschungsgruppe „Risiko und Sicherheit im Bauingenieurwesen“ an der ETH Zürich dar.