

**Zeitschrift:** IABSE reports of the working commissions = Rapports des commissions de travail AIPC = IVBH Berichte der Arbeitskommissionen

**Band:** 20 (1975)

**Artikel:** Instandhaltung und Flexibilität der Nutzung von Industriebauten

**Autor:** Schindler, A.

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-18240>

### **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:** 16.10.2024

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

**Instandhaltung und Flexibilität der Nutzung von Industriebauten**

Maintenance and Flexibility of Use of Industry Buildings

Entretien et souplesse de l'utilisation des bâtiments industriels

**A. SCHINDLER**

Prof. Ing. Dr. sc.

Technische Hochschule Prag

Prag, CSSR

Im Unterbewusstsein der Ingenieure und Betriebsfachleute wird die Problematik der Instandhaltung und Flexibilität der Nutzung beliebiger Baukonstruktionen öfters als ein technisches und seltener als ein ökonomisches Phänomen angesehen. Wir werden deshalb absichtlich in den folgenden Ausführungen mehr den ökonomischen als den rein technischen Gesichtspunkt betrachten, schon deshalb, weil der ökonomische Nutzen fast ausschliesslich für die Weiterentwicklung der Wirtschaft massgebend ist.

Wir erwarten, dass am Symposium genügend Beiträge als praktische Beispiele vorgetragen werden.

1. ALLGEMEINES

Unsere Betrachtungen müssen ungewollterweise auf einer ziemlich allgemeinen Ebene bleiben und sind somit für beliebige Baukonstruktionen zutreffend und gültig. Da sich Dr. Iyengar mit den Stockwerksbauten befasst, werden wir uns auf die Problematik der Industriebauten konzentrieren, da die einfacheren Fragen der Brückenbauten, verschiedener Ingenieurkonstruktionen, technologischer Einrichtungen usw. damit auch miterfasst werden.

Dabei sei noch ausdrücklich betont, dass wir unter dem Begriff "der Bau" nicht nur, wie manchmal angenommen wird, die tragende Hauptkonstruktion verstehen, sondern alle Bauteile und Baueinrichtungen, die wir in folgende Gruppen einteilen können:

- A ... tragende Hauptkonstruktion, die zwar keine unendliche, jedoch bedeutend längere physische Nutzungsdauer aufweist, als es die moralische oder ökonomische Nutzungsdauer des gesamten Bauwerkes ist;
- B ... Bauteile und Baueinrichtungen, deren einwandfreie Funktion durch regelmässige Instandhaltung bis zum Ableben des Gebäudes gewährleistet werden kann;
- C ... Bauteile und Baueinrichtungen, deren physische Nutzungsdauer trotz der regelmässigen Instandhaltung kürzer als die moralische oder ökonomische Nutzungsdauer des Baues ist und die deshalb in bestimmten Zeitabschnitten ausgetauscht werden müssen.

Die Erfahrung zeigt, dass die unter A angeführte tragende Hauptkonstruktion meistens einen bedeutend kleineren Investitionskostenanteil in Anspruch nimmt, als die unter B und C angeführten Bauteile.

Der Begriff der "physischen Nutzungsdauer" braucht hier nicht definiert zu werden. Die "moralische Nutzungsdauer" wird mit jenem Augenblick begrenzt, in welchem das Objekt nicht mehr den sich ändernden Ansprüchen gewachsen ist (z.B. eine Fertigungshalle ermöglicht nicht den Einsatz einer neueren und wirtschaftlicheren Technologie, ein Wohnungs- oder Gesellschaftsbau entspricht nicht mehr den Ansprüchen der sich entwickelnden Gesellschaft usw.).

Schliesslich bezeichnen wir als die "ökonomische Nutzungsdauer" jene Dauer, welche den Gesamtaufwand der Gesellschaft pro Einheit des Erzeugnisses oder Einheit der Zeit der Funktion des Bauwerks minimalisiert, wie im Kap. 3 gezeigt werden soll.

Bevor wir auf die Problematik der moralischen und ökonomischen Nutzungsdauer näher eingehen werden, sei erwähnt, dass es sich in den letzten Jahrzehnten ganz eindeutig zeigt, dass die Weiterentwicklung der Industrie dank der wissenschaftlich-technischen Revolution immer schneller wird und deshalb sich die Fertigungstechnologie in immer kürzer werdenden Zeitabschnitten ändert (z.B. in der Chemie oder Farbmaterie entwickeln sich durchschnittlich in 5 - 10 Jahren vollkommen neue Technologien). Ähnliche stürmische Entwicklungstendenzen zeigen sich nunmehr auch im Wohnungs- und Gesellschaftsbau. Die erfahrenen Architekten und Soziologen sagen voraus, dass sich der Lebensstil der Menschheit schon in den nächsten Jahrzehnten so grundlegend ändern wird, dass eine vollkommen neue Auffassung über die Funktion der Wohnungs- und Gesellschaftsbauten auftreten wird.

Somit werden sowohl die modernsten Fertigungshallen von heute als auch die Wohnungs- und Gesellschaftsbauten moralisch überaltert und den Ansprüchen nicht mehr gewachsen sein.

Durch diese Tatsachen werden unsere weiteren Ausführungen in gewisser Masse unsicher.

## 2. ÖKONOMISCHE GRUNDBEGRIFFE

Die gesamten Kosten  $K$ , die während der ganzen Nutzungszeit eines industriellen Objektes entstehen, können wir in folgende Teilkosten gliedern:

- I ... Investitionskosten (Entwurf, Material, Fertigung, Montage);
- B ... Betriebskosten, die durch den Fertigungsprozess hervorgerufen, mit dem Objekt zusammenhängen und durch ihn in ihrer Höhe beeinflusst werden (z.B. Heizung, Lüftung, Beleuchtung u.ä.);
- E ... Erhaltungskosten, die die Instandhaltung des Objektes gewährleisten; sie sind teilweise regelmässig, teilweise wiederholen sie sich in bestimmten oder unbestimmten Zeitabschnitten;
- R ... Rekonstruktionskosten, die durch die geänderte Nutzung des Objektes erzwungen werden;
- A ... Abbaukosten, die man nach dem Ableben des Objektes aufwenden muss, um das Grundstück frei zu machen (Demontage und Beseitigung, bzw. Aufwertung der Abbaumaterialien).

Wir müssen feststellen, dass sehr oft vorwiegend die Investitionskosten im Schwerpunkt der Interessen der Investoren und der Baufachleute sich befinden, ungeachtet dessen, dass die Betriebs- und Erhaltungskosten fast immer viel höher als die Investitionskosten sind und dass die einzelnen Teilkosten weniger oder mehr voneinander abhängig sind und sich gegenseitig beeinflussen. Einfache Beispiele dafür: Ein Mehraufwand auf eine Aussenwand der Fertigungshalle mit besserem Wärmeisoliationsvermögen kann das vielfache an den Heizungskosten einsparen. Die Anwendung des korrosionsträgen Stahles (Cor-Ten) beseitigt fast völlig die Korrosionsschutzkosten. Eine grosszügigere Höhenführung einer Strasse ruft zwar höhere Baukosten hervor, erniedrigt jedoch auf die Dauer die Betriebskosten (Zeit-, Kraftstoff-, Reifen- und Fahrzeugsabnutzungsersparnis).

Die Rekonstruktion der tragenden Konstruktion aus Stahl ist verhältnismässig leicht und deshalb kostensparend, wogegen die Rekonstruktion eines Betonbaues umständlich und deshalb kostenaufwendig ist, manchmal sogar unmöglich.

Auch die Abbaukosten sollten immer in die ökonomischen Betrachtungen eingezogen werden. Bei dem Abbruch von Massivbauten entstehen oft erhebliche Kosten und für den grössten Teil des Abfalles gibt es keine vernünftige Anwendungsmöglichkeit, wobei man Sorgen hat, wohin die anwachsenden Abfallmengen unterzubringen. Bei einem Stahlbau können dagegen die Abbaukosten sogar unter Umständen negativ werden, d.h. der Preis des gewonnenen Stahlschrottes kann höher als die gesamten Abbaukosten sein.

Es ist also leicht einzusehen, dass wir genauer das Zusammenspiel der Teilkosten während des ganzen Nutzungszeitraumes des untersuchten Bauwerkes betrachten müssen. Wir werden jedoch dabei feststellen, dass manche Teilfragen dabei schwerlich eindeutig zu beantworten sind.

3. ANALYSE DER TEILKOSTEN

Die nachstehenden Ausführungen werden auf den Gedanken von Krofta, J.-Haas, Š. (Studie über die Erhaltung und Betrieb des zum Rekonstruieren fähigen Wohnungsfonds (tschechisch), VÚVA, Praha 1960) aufgebaut.

Wenn wir von dem Einfluss der Zeit und vorläufig auch von den Rekonstruktions- und Abbaukosten absehen, sind die Gesamtkosten  $K$  durch einfache Beziehung

$$K = I + B + E \quad (1)$$

gegeben. Wir können dabei annehmen, dass die Investitionskosten einmalig sind, die Betriebskosten regelmässig in gleicher Höhe anlaufen und somit pro Zeiteinheit konstant bleiben, wogegen sich die Erhaltungskosten mit dem Alter des Gebäudes wegen der Abnutzung und dem Verschleiss pro Zeiteinheit vergrössern. In der Abb. 1 ist die Summe der Gesamtkosten  $K$  in der Abhängigkeit von der Zeit  $T$  veranschaulicht.

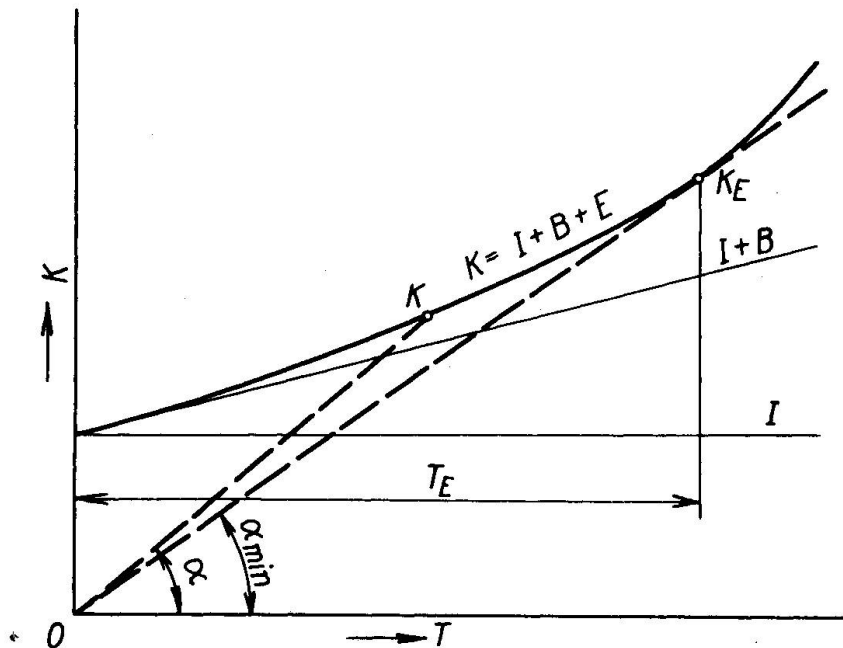


Abb. 1. Verhältnis der Gesamtkosten  $K$  zur Zeit  $T$

- I ... Investitionskosten
- B ... Betriebskosten
- E ... Erhaltungskosten

Der durchschnittliche Kostenanteil pro Zeit- oder Produktionseinheit im beliebigen Augenblick von der Inbetriebnahme

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{K}{T} \quad (2)$$

ist durch eine Geradenschar dargestellt, wo jede Gerade den Koordinatenanfang  $O$  mit dem zuständigen Punkt der Summenkurve  $K$  verbindet. Den minimalen Kostenanteil  $tg \alpha_{\min}$  erreicht man für die Nutzungsdauer  $T_E$ , wo die Kostenanteilgerade  $OA$  die Tangente der Summenkurve  $K$  wird. Sollte die Nutzung des Gebäudes sich über die Zeit  $T_E$  erstrecken, wachsen die durchschnittlichen Kostenanteile pro Zeit- oder Produktionseinheit wieder an. Für die Gesamtwirtschaft ist es also am vorteilhaftesten, in dem Zeitpunkt  $T_E$  den alten Bau durch einen neuen zu ersetzen. Der Zeitpunkt  $T_E$  ist somit mit der früher definierten "ökonomischen Nutzungsdauer" identisch.

Man kann die ökonomische Nutzungsdauer  $T_E$  auch durch die Analyse der Teilkostenanteile bestimmen (Abb. 2). Der durchschnittliche Kostenanteil im beliebigen Zeitpunkt

$$\frac{K}{T} = \frac{I}{T} + \frac{B}{T} + \frac{E}{T} \quad (1a)$$

ist durch die Entfernung der Punkte  $M, N$  festgelegt. Der minimale Wert  $(K/T)_{\min}$  wird wieder in dem Zeitpunkt  $T_E$  erreicht, in dem die Tangenten in den sich entsprechenden Punkten  $M_E, N_E$  parallel werden.

Den Graphen in den Abb. 1 und 2 kann man leicht entnehmen, wie sich die relativen Grössen von  $I, B$  und  $E$  auf die ökonomische Nutzungsdauer auswirken.

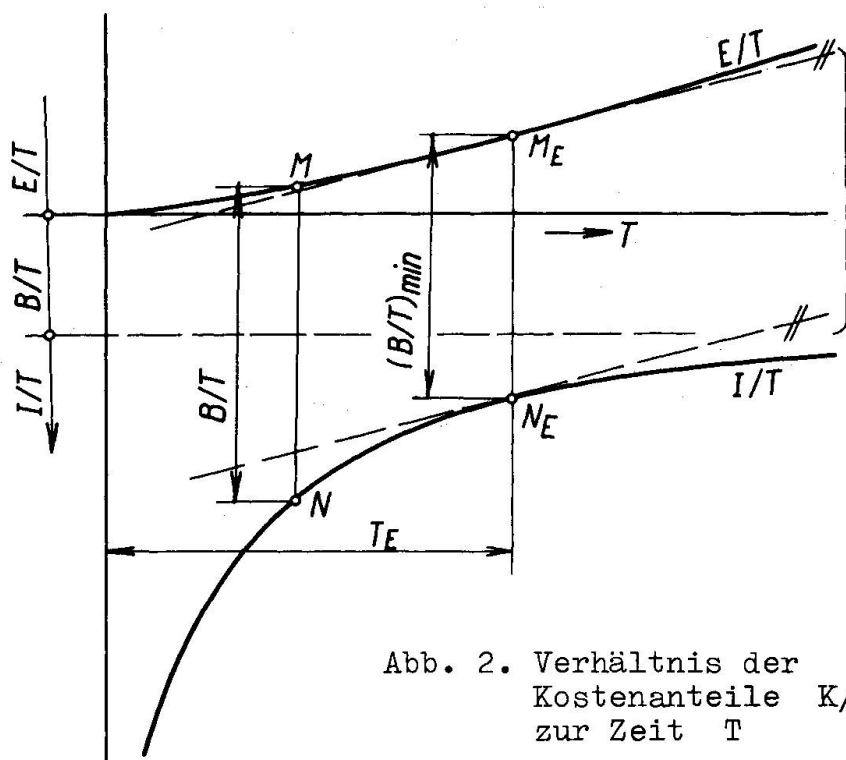


Abb. 2. Verhältnis der Kostenanteile  $K/T$  zur Zeit  $T$

Die Abbaukosten, soweit sie in ihrer Grösse von der Nutzungsdauer unabhängig sind, respektiert man leicht, indem man in den Abb. 1 oder 2 die Investitions- und Abbaukosten addiert (Abb. 3), evtl. bei negativen Abbaukosten subtrahiert. Je grösser die Abbaukosten sind, umso mehr vergrössert sich die  $T_E$ ; sind sie negativ, verkleinert sich der Wert der  $T_E$ . Sind die "Abbaukosten" von der Nutzungsdauer abhängig, also veränderlich (z.B. der erreichbare Verkaufspreis der auszureihenden alten Fertigungsmaschine, des PKW u.ä., der von der Abnutzung abhängt), subtrahiert man diesen Wert  $A$  von der Gesamtkurve  $K = I + B + E$  (Abb. 4). Der Einfluss der Grösse des Verkaufspreises  $A$  auf die Verkürzung der ökonomischen Nutzungsdauer ist deutlich zu erkennen.

Wenn das Gebäude in dem Zeitpunkt  $T_1$  nicht mehr den Anforderungen gewachsen ist, also moralisch veraltert ist, kann man dies entweder als das Ableben betrachten und die bisherigen Kostenanteile  $K_1/T_1$  in Kauf nehmen, oder sich für eine Rekonstruktion entscheiden.

Die Rekonstruktion, durch welche die Anpassung des Gebäudes für geänderte Nutzung erreicht wird, ruft einmalige Kosten hervor, die ähnlichen Charakter wie die Investitionskosten haben. Da die Rekonstruktion meistens mit gründlichen Erhaltungsarbeiten verbunden ist, verursacht sie meistens eine ähnliche Abminderung der nächsten Erhaltungskosten wie ein Neubau (Abb. 5). Man kann die Rekonstruktion als ökonomisch positiv bewerten, wenn die Gesamtkostenkurve in der Abb. 5 die Gerade  $OK_1$  schneidet (Fall 1) und zum niedrigeren Verhältnis  $K_i/T_i$  führt, und als ökonomisch negativ, unvorteilhaft, wenn die durchschnittlichen Kostenanteile  $K_i/T_i$  immer höher als  $K_i/T_i$  bleiben (Fall 2).

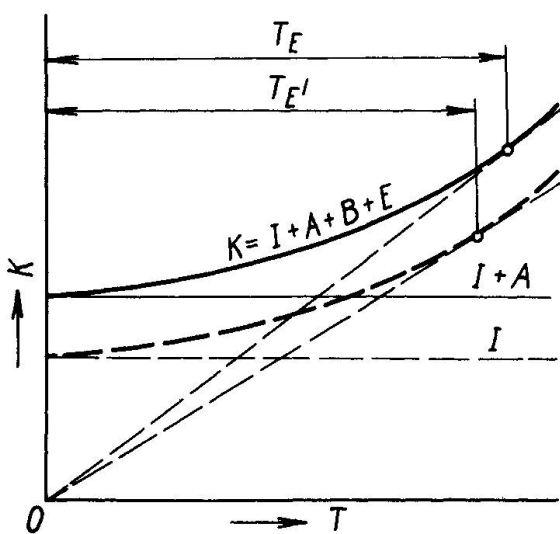


Abb. 3. Einfluss der konstanten Abbaukosten  $A$  auf die ökonomische Nutzungsdauer  $T_E$

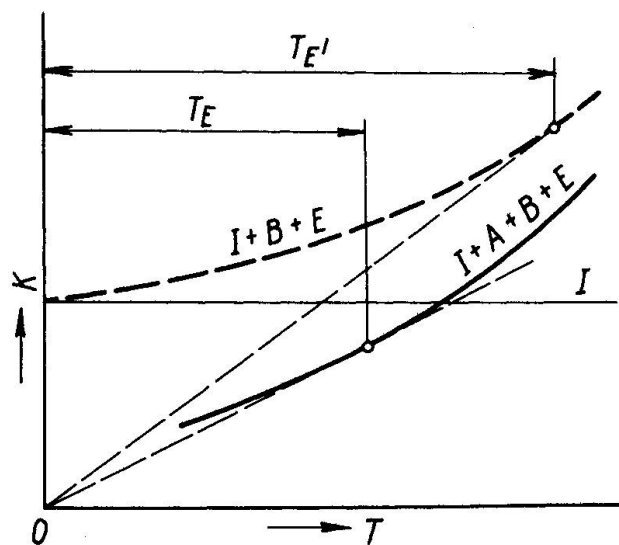


Abb. 4 Einfluss der veränderlichen Abbaukosten auf die ökonomische Nutzungsdauer  $T_E$

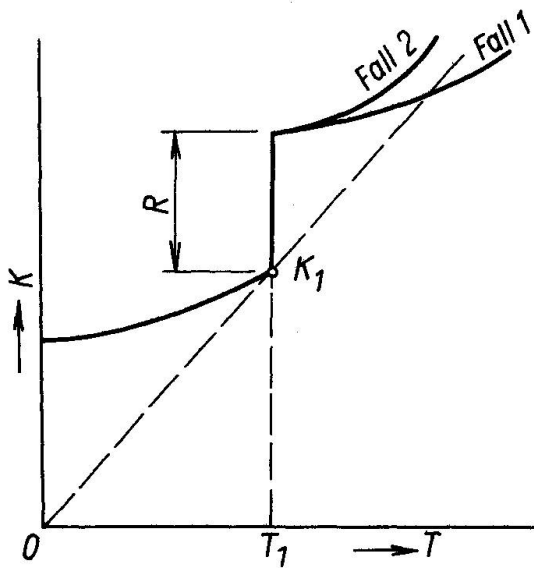


Abb. 5. Oekonomische Beurteilung einer Rekonstruktion  
R...Rekonstruktionskosten

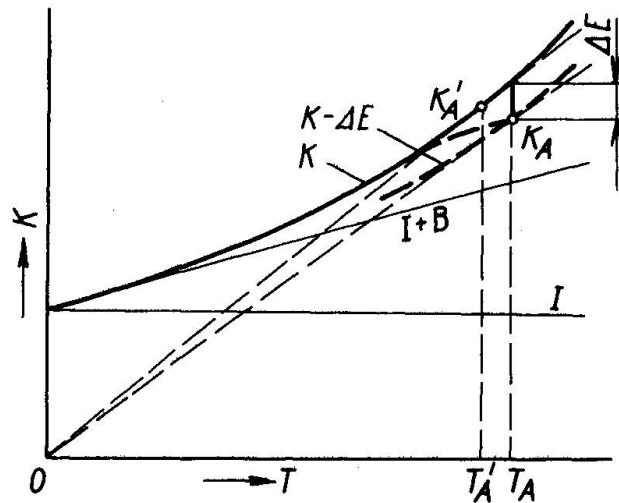


Abb. 6. Oekonomischer Einfluss des Ersparnisses  $\Delta E$  der Erhaltungskosten  
 $T_A$ ,  $T'_A$ ... Zeitpunkt des Ablebens oder der Rekonstruktion

Die Erhaltungskosten können planmässig in dem letzten Zeitabschnitt vor dem Ableben oder vor der Rekonstruktion beschränkt werden (Abb. 6). Dieses Erhaltungskostenersparnis  $\Delta E$  beeinflusst sowohl die ökonomische Nutzungsdauer, als auch die durchschnittlichen Kostenanteile, günstig.

$$T_A > T'_A \quad ; \quad \operatorname{tg} \alpha < \operatorname{tg} \alpha' .$$

#### 4. EINFLUSS DES ZEITFAKTOREN

Die Ausführungen des vorigen Kapitels wurden ohne Rücksicht auf die Tatsache dargestellt, dass nur die Investitionskosten zeitlich konzentriert und somit gut vergleichbar sind. Die Betriebskosten erstrecken sich (angenommen) regelmässig über die ganze Nutzungsdauer des Baues, die Erhaltungskosten wickeln sich in einer mehr oder weniger unregelmässigen Weise ab, die Rekonstruktion kann man nur mit einem grossen Unsicherheitsfaktor bezüglich Zeitpunkt und Ausmass im voraus abschätzen.

Dadurch ergibt sich die Frage, wie man für ein bestimmtes Bauvorhaben die Teilkosten, die zu verschiedenen Zeitpunkten anfällig sind, verlässlich vergleichen kann. Die Diskontrechnung scheint dafür die geeignetste Methode zu sein; jedoch wie hoch ist der passende Prozentsatz  $p$  einzusetzen, um den Verlust der Volkswirtschaft durch die blockierten Investitionsmittel und die Wichtigkeit der Ausgaben in der fernen Zukunft für den heutigen Vergleich und Entscheidung auszudrücken? In der nicht geplanten Wirtschaft wird dieser Prozentsatz  $p$  meistens identisch mit dem



Zinssatz der Investitionsbankankleihen sein, in der geplanten Wirtschaft scheint es angebracht zu sein, für diesen Prozentsatz  $p$  das durchschnittliche Mass der erweiterten Reproduktion des betreffenden Industriezweiges einzusetzen. Wenn man nur Investitions-, Betriebs- und Erhaltungskosten berücksichtigt, kann man in angenäherter Weise die Wirtschaftlichkeit der einzelnen Varianten auch mit Hilfe der einfachen Formel

$$\text{jährliche Vergleichskosten} = I \times p + \frac{B}{T} + \frac{E}{T} \quad (3)$$

vergleichen.

Der ökonomische Vergleich verschiedener Varianten ist noch durch das stetig sich ändernde Verhältnis der Löhne zu den Materialpreisen beeinflusst - die Löhne steigen in der ganzen Welt schneller als die Materialpreise; wo wir früher oft materialsparende Variante wählten, suchen wir heute eher eine arbeitssparende Variante der Konstruktion aus.

Von den Materialkosten entfällt heute ein bedeutender Teil auf die Energiekosten. Können wir schon heute annehmen, dass dieser Anteil in absehbarer Zukunft dank der billigen Atomenergie weitgehend abnimmt?

Wir müssen also feststellen, dass ein verlässlicher ökonomischer Vergleich mehrerer Varianten des untersuchten Bauvorhabens mit verschiedenen Teilkosten äusserst schwierig ist.

Es besteht noch die Frage, ob man vom Standpunkt der ganzen Volkswirtschaft her, die Ausführungen des vorigen Kapitels auch ohne Rücksicht auf den Zeitfaktor anwenden könnte, ohne einen bedeutenden Fehler zu begehen. Es stehen nebeneinander gleichzeitig viele Bauten, die einen im Bau, die anderen im Betrieb, in der Rekonstruktion oder im Abbau. Durch die grosse Zahl der Fälle ist es statistisch wahrscheinlich, dass das Kostenbild eines Jahres dem Kostenbild der ganzen Nutzungsdauer der Summe aller Bauvorhaben ähnelt. Deshalb könnten wir umgekehrt annehmen, dass die Minimalisierung der Summe der Teilkosten eines jeden Bauvorhabens für die ganze Nutzungsdauer auch ohne Einfluss des Zeitfaktors in der Summe zum Minimum der Jahreskosten der ganzen Volkswirtschaft, und somit zum maximalen Gesamtnutzen, führen würde.

## 5. EINFLUSS ANDERER FAKTOREN

Der Investor muss jedoch in der endgültigen Entscheidung zwischen mehreren Varianten noch manche andere Faktoren mitbeachten, die die Entscheidung oft bedeutend beeinflussen können. Es sind dies z.B.:

- a) die Investitionsmittel, die zum gegebenen Zeitpunkt zur Verfügung stehen;
- b) die bestehenden Kapazitäten der einzelnen Bauindustrieweigen;
- c) der evtl. Mangel an Arbeitskräften auf den Baustellen, der die Entscheidung zu Gunsten einer teureren Bauweise aus in Massen gefertigten Fertigteilen beeinflussen kann, wenn man dadurch die Inbetriebnahme schneller erzielen kann;
- d) die Tatsache, dass der Bauprozess eines Neubaus schon im weiten industrialisiert, also arbeitssparend ist, dagegen die Erhaltungsarbeiten überwiegend handwerkmäßig, also arbeitsaufwendig durchgeführt werden müssen;
- e) die Feststellung, dass manche Rohstoffe in der ganzen Welt in den letzten Jahrzehnten knapp werden oder ihr Gewinnen mit schnell steigenden Kosten verbunden ist;
- f) die wichtige Tatsache, dass manche Rohstoffe nach dem Ableben der Konstruktion fast vollkommen zurückgewonnen werden können und in einer Art des Kreislaufes wieder zur Verwendung kommen, sodass z.B. der Stahl in den Stahlkonstruktionen nach dem Ableben des Objektes wiederholt verwendet werden kann, dagegen ist die Stahlbewehrung im Beton nach dem Ableben des Baues für die weitere Verwendung so gut wie verloren.

## 6. PLANMAESSIGE INSTANDHALTUNG

Durch das Bestreben im Bauwesen, weitgehend die uneffektive arbeitsaufwendige handwerkliche Baustellenarbeit durch die fabrikmässige Massenfertigung von leicht montierten Bauteilen zu ersetzen, kommen der Stahl, die Leichtmetalllegierungen und in letzter Zeit sogar die Farbmalle immer mehr zur Geltung. Wo früher der Stahl vorwiegend für die tragende Hauptkonstruktion benützt wurde, be- gegenen wir heute dem Stahl und anderen Metallen in steigendem Mass auch in den Fassaden, Decken- und Dachkonstruktionen. Deshalb kommt es nunmehr nicht nur auf die Festigkeitseigenschaften der Metalle an, sondern auch auf deren Oberflächenbeschaffenheit, physische Nutzungsdauer und gute ästhetische Wirkung.

Somit spielt der Schutz des Stahles und anderer Metalle gegen die Korrosion eine bedeutend wichtigere Rolle als früher. Viele neue Probleme tauchen hier auf. Besonders bei den Fassaden wäre es sehr vorteilhaft, solche Lösungen zu finden, die bei tragbaren Investitionskosten minimale oder gar keine Erhaltung während der Nutzungsdauer des Objektes benötigen. Werden uns rostfreie Stähle, Cor-Ten-Stähle, Brandemal- oder andere Ueberzüge eine solche Lösung bringen? Werden sich diese und ähnliche Lösungen auch in der chemisch aggressiven Atmosphäre mancher Industriegebiete be- wahren? Wie wird sich die Nähe des Meeres dabei bemerkbar machen?

Von zwei Varianten der Stahlkonstruktion ist diejenige vorteilhafter, welche eine kleinere Anstrichsfläche aufweist.

Ein anderes Problem ist die Frage der verhältnismässig kurzen Nutzungsdauer der Oberflächenausbildung von Dächern. Wie ist die Wasserisolation des Daches und deren Schutzschichten durchzuführen, um wirtschaftlichere Resultate zu bekommen?

Auch die Dachrinnen und Ableitungsrohre sind oft Quelle von manchen Bauschäden, besonders in den Gegenden mit Winterfrost. Auch wenn man einen Teil dieser Schwierigkeiten durch die Beheizung der Dachrinne beseitigen kann, ist doch zu befürchten, dass die Kurzlebigkeit dieser Bauteile bisher nicht befriedigend gelöst wurde.

Ein anderes Problem, das noch auf seine Lösung wartet, ist das Erblinden der Gebäudeverglasung, besonders in aggressiver Atmosphäre.

Auch die Instandsetzung der Fussböden spielt in den Gebäuden keine kleine Rolle. Die Beschaffenheit der Fussbodenoberfläche muss den Ansprüchen des Betriebes gewachsen sein. Die evtl. Schäden sind zweierlei - erstens die zu reparierende Beschädigung des eigenen Fussbodens, zweitens die Schäden, welche durch die wegen Fussbodenmängel verursachten Unfälle während des Betriebes, verursacht werden können.

## 7. ERKENNEN UND BESEITIGEN VON BAUSCHÄDEN

Es lohnt sich, eine regelmässige sachgemässe Ueberwachung des Baues und aller Einrichtungen durchzuführen, auch wenn daraus anscheinend Mehrkosten entstehen. Durch rechtzeitiges Erkennen von kleinen anfänglichen Schäden und deren Beseitigung, kann man oft später hohe Reparaturkosten ersparen.

Die entstehenden Bauschäden sind so mannigfaltig und verschieden, dass man sie nicht auf einen gemeinsamen Nenner bringen kann.

Der prägnanteste Fall davon sind verschiedene Havarien der technologischen Einrichtungen, z.B. Explosionen, die sowohl die Einrichtungen als auch den Bau unter Umständen sehr schwer beschädigen evtl. vernichten können.

In eine andere Gruppe von Bauschäden-Ursachen können wir zusammenfassen:

- a) die zufälligen Fehler im Entwurf, in der Fertigung und Montage der tragenden Konstruktion, die der Kontrolle entgangen sind;
- b) ganz zufällige Ueberlastung, die der Statiker nicht annehmen konnte;
- c) planmässige Vergrösserung der Betriebsbelastung, ohne verantwortliche Ueberprüfung der bestehenden Konstruktion, ob diese für zusätzliche Belastung Tragreserven aufweist;

- d) die Unterschätzung des wirklichen Belastungsregims, z.B. von Vibrationen, dynamischen und Stosswirkungen u.ä.;
- e) zufällige Schwächung der tragenden Konstruktion, z.B. durch die Korrosion bei mangelhafter Erhaltung oder durch unsachgemässen Eingriff in die Konstruktion.

Diese Bauschäden können verschiedentlich signalisiert werden. Eine dauernde Durchbiegung macht auf die Ueberschreitung der Streckgrenze des Materials aufmerksam. Ein Sprödbruch kommt zwar ohne Vorwarnung, jedoch wird sein Vorkommen mit sich vertiefenden Kenntnissen der Materialeigenschaften seltener.

Auf dem Gebiet des Ermüdungsbruches ist noch viel zu erforschen. Es bleiben noch immer viele Fragen offen, z.B. Abhängigkeit der Zeitfestigkeit vom Belastungsregim, Einfluss der "Vortrainierung", wie einen beginnenden Ermüdungsbruch festzustellen, die Schnelligkeit seines Erweiterns zu bestimmen, seine Weiterentwicklung zu stoppen, u.ä. Einige Fragen davon werden in neuester Zeit durch die Bruchmechanik beantwortet, jedoch zur praktischen Anwendung dieser Erkenntnisse ist noch ein weiter Weg zu gehen.

Auch ungewöhnliche Werte der äusseren Belastung können zu Bauschäden führen. Es ist vor allem die Schneelast, die manchmal bei gewisser Kumulation ungünstiger Faktoren (abwechselndes Schneien und Regnen bei niedrigen Temperaturen) mehrmals grösser werden können, als die Belastungsnormen es annehmen, besonders wenn auch Schneesverwehungen bei ungünstiger geometrischer Dachform entstehen können. Aehnliche ungünstige Wirkung kann auch die Mehrbelastung durch die Flugasche ausüben, besonders wenn in den Betrieben das Beiseitigen der Flugasche von den Dächern vernachlässigt wird.<sup>2</sup> Es sind Fälle bekannt, wo Flugaschenbelastung mehrere tausend N/m<sup>2</sup> der Dachfläche ausmachte. Auch ein katastrophaler Windsturm kann unter Umständen, besonders bei der ungünstigen geometrischen Form, viel mehr als die angenommenen Normbestimmungen ausmachen und zum Einsturz der Konstruktionen führen. Die Fälle der aerodynamischen Instabilität bei einigen Masten, schlanken Brücken oder Brückenteilen sind allgemein bekannt, auch bei kleinen Windschnelligkeiten.

Ein ausgesprochener Sonderfall der äusseren Belastung ist die seismische Belastung. Die ökonomische Wichtigkeit dieser Problematik führte zur Entwicklung einer selbständigen Wissenschaftsdisziplin, wie die Konstruktionen zu bemessen und deren Details zu entwerfen sind, damit sie den seismischen Einwirkungen widerstehen können.

Eine weitere Gruppe der Bauschäden kann durch ungleichmässige Fundamentensetzung, besonders in den Bergbaugebieten, verursacht werden. Schon kleine Werte dieser Setzungen können bei den Fertigungshallen zum Ecken der Brückenkräne führen, wodurch, wenn nichts schlimmeres, vergrösserte dynamische Einwirkungen entstehen. Bei grösseren Setzungen kann der Kranbetrieb sogar unmöglich gemacht werden und es können auch Bauschäden vor allem in den nichttragenden Bauteilen, aber auch in der Hauptkonstruktion auftreten. Das rechtzeitige Erkennen der Setzungen kann durch die im voraus eingebauten Fixpunkte für die Nivellation erleichtert werden, das Beseitigen durch die Rektifikation der Stützen ist nur dann ökonomisch möglich, wenn man darauf schon beim Entwurf und Konstruieren des Stützenfusses gedacht und den evtl. nötigen Mehraufwand an Kosten im voraus in Kauf genommen hat.

Eine selbständige Gruppe von Bauschäden wird durch die trotz der planmässigen Instandhaltung unerwartet auftretenden Schäden an den verschiedensten Installationsleitungen (Wasser-, Abwasser-Dampf-, Oel- und andere Leitungen) verursacht. Entsteht der Schadenfall in den Räumen des Gebäudes, ist sein Erkennen und Beseitigen viel leichter und schneller, als wenn sich die Leitung in der Erde unter dem Objekt befindet. Die Kontrollen und Reparaturen dieser Leitungen können bedeutend erleichtert und dadurch die Erhaltungskosten gesenkt werden, durch das Verlegen dieser Leitungen in begehbbare Kanäle, selbstverständlich mit den erhöhten Investitionskosten gegenüber dem Verlegen in die Erde.

Unter bestimmten Bedingungen können wir noch mit anderen Ursachen den Bauschäden begegnen. Während sich der Creep vorwiegend bei technologischen Einrichtungen, die in hohen Temperaturen und Spannungen arbeiten, ungünstig auswirkt, und nicht bei Gebäuden, kann uns die unerwartet schnelle Korrosion der unterirdischen Stahlleitungen durch irrende Ströme unangenehm überraschen. Die Konstruktion und verschiedene Konstruktionsteile können auch durch aggressive Abgase beschädigt werden.

## 8. ANPASSUNG BEI ÄNDERUNG DER NUTZUNG

Wenn wir in den Kap. 3 und 4 die Investitions-, Betriebs-, Erhaltungs- und Abbaukosten in voller, oder verschiedentlich durch den Zeiteinfluss verzerrten Grösse vergleichen konnten, ist diese Problematik bei den Rekonstruktionskosten viel komplizierter und undurchsichtiger. Für den Kostenvergleich in der Zeit der Bauentscheidung sind die Ansprüche für evtl. nötige Rekonstruktionen sehr unsicher, und zwar bezüglich des Zeitpunktes und des Ausmasses. Die Entwicklung der Technologie und der daraus resultierenden Forderungen ändert sich sprunghaft und überraschend, sodass die Prognostik unzuverlässig ist, und es ist kaum abzuschätzen, welche Innovationen uns in den nächsten Jahrzehnten vor ganz neue Aufgaben stellen können.

Die ökonomischen Vergleiche sind noch durch die sich ändernden Verhältnisse zwischen den Löhnen und Materialpreisen und zwischen den Massenfertigungspreisen des Neubaus und Handwerksarbeitspreisen bei der Rekonstruktion und Erhaltungsarbeiten erschwert.

Deshalb scheint es ökonomisch vorteilhaft zu sein, wenn der Projektant die neuen Objekte so auslegt, dass sie auch andere Nutzungsweisen als die vorgesehenen ermöglichen, obwohl es eine bestimmte Kostenerhöhung bedingt.

Beim Vergleichen mehrerer Rekonstruktionsvarianten muss man auch den evtl. Ausfall der Fertigung, bzw. die Mehrkosten, die durch die Störung des Betriebes entstehen, mitbeachten.

Bei Industriehallen sind es vor allem grosse Spannweiten und Stützenentfernungen, damit sich die zukünftige beliebige Technologie frei entwickeln kann. Oft ist es vorteilhaft, bei der Bemessung der Dachkonstruktion auf die zukünftige Belastung durch leichte Laufkräne zu denken. Man soll bei der Konstruktion der Details der tragenden Konstruktion eine mögliche zukünftige Erweiterung voraussehend berücksichtigen.

Vom Standpunkt der Adaptabilität aus spielen die Stahlkonstruktionen eine ausserordentlich wichtige Rolle, da sie weitgehendst ermöglichen:

- a) eine ziemlich freie Entwicklung der zukünftigen Technologie durch grosse Spannweiten,
- b) ein leichtes Verstärken der bestehenden Konstruktion für vergrösserte Belastung,
- c) eine Verstärkungsmöglichkeit oft ohne Störung des Betriebs,
- d) ein ziemlich leichtes Anbauen, Zubauen, Erweitern usw.,
- e) einen grundsätzlichen Umbau der Konstruktion für eine ganz andere Nutzung,
- f) ein Demontieren der ganzen Konstruktion und deren Wiederverwendung an einer anderen Baustelle für dieselbe oder für eine andere Nutzung.

Wir erwarten, dass am Symposium über erfolgreiche grosse Rekonstruktionen berichtet wird.

## ZUSAMMENFASSUNG

Die Instandhaltung und Flexibilität der Baukonstruktionen ist nicht nur ein technisches, sondern auch ein wichtiges wirtschaftliches Phänomen. Die Investitions-, Betriebs-, Erhaltungs-, Rekonstruktions- und Abbruchkosten beeinflussen sich gegenseitig und sollen deshalb in abgewogenem Verhältnis stehen, wobei auch der Zeitfaktor mitzubeachten ist. In Anbetracht der steigenden Löhne ist es vorteilhaft, die arbeitsaufwendigen Erhaltungsarbeiten so weit als möglich zu reduzieren, auch wenn dadurch die Investitionskosten erhöht werden sollten.

## SUMMARY

Maintenance and flexibility of structures are not only a technical but an important economical problem as well. The costs for construction, operation, maintenance, reconstruction and demolition influence each other and therefore should be in a suitable mutual relationship, taking into account also the time factor. Considering the increasing wages it is advisable to reduce the maintenance work as much as possible, even to the debit of the investment costs.

## RESUME

L'entretien et la souplesse de l'utilisation des constructions représentent un phénomène tant technique qu'économique. Les frais d'investissement, d'exploitation, d'entretien, de transformation et de démolition sont interdépendants et il est nécessaire de tenir compte de leurs influences réciproques, en considérant aussi le facteur temps. Il est judicieux de réduire le plus possible les travaux d'entretien qui nécessitent une main d'oeuvre toujours plus coûteuse, même si cela devait avoir pour conséquence des frais de construction plus élevés.

Leere Seite  
Blank page  
Page vide