

# Baubetriebliche Managementaspekte bei der Instandsetzung von Bauwerken

Die Anforderungen der Gesellschaft an die Nutzung von hochfrequentierten Bauwerken und Infrastrukturnetzen während der Instandsetzung steigen weiter. Aus diesem Grund ist ein sorgfältiges, baubetriebliches Management hinsichtlich Planung und Ausführung solcher Projekte erforderlich, um die Störungen der Benutzer so gering wie möglich zu halten und gleichzeitig eine effiziente Durchführung der Arbeiten zu ermöglichen. Dieser Beitrag beleuchtet die speziellen Anforderungen an die

- Ausschreibung
  - Arbeitsvorbereitung
  - Baustelleneinrichtung
  - Baustellenabwicklung
- sowie an die Umweltverträglichkeit und Planungsgrundsätze solcher Aufgaben.

**Aspects of construction management for reinstatement of structures.** *The demands made by the public, upon the minimization of disturbance of high frequent used buildings and infrastructures during reinstatement, keep increasing. For this reason a very sensitive construction management is required during planning as well as execution. This is the only possibility to minimize the disturbance for all users and clients and to maximize the efficiency of work in the same time. This paper highlights the specific requirements for:*

- tender documents
- work preparation
- site facilities
- operational sequence

*It also shows some aspects of environment compatibility and planning principles for the future.*

## 1 Einleitung

Ein Großteil der europäischen Länder besitzt eine weitreichend komplette Bausubstanz. Diese umfaßt ein umfangreiches und nahezu vollständiges Infrastrukturnetzwerk der Ver- und Entsorgung sowie des Verkehrs und der Kommunikation. Bedingt durch den mit der Globalisierung einhergehenden Strukturwandel der gesamten Industrie werden sich zukünftige Bauaufgaben auf folgende Gebiete konzentrieren:

- Instandhaltung der milliarden-teuren Bausubstanz
- Ergänzung der vorhandenen Bausubstanz.

Die Instandsetzungsaufwendungen werden heute, ohne genauere systematische Kostenanalyse, auf ca. 1,5 bis 2,5 % des Zeitwertes pro Jahr geschätzt.

Die Baubranche wird dadurch im Inlandsmarkt verstärkt gefordert, die volkswirtschaftliche Aufgabe mit zu übernehmen, um die Bausubstanz ökonomisch zu erhalten. Dadurch eröffnen sich für die Bauunternehmungen Chancen zur Neuorientierung und zum weitreichenden Ausbau neuer Geschäftsfelder, verbunden mit neuen prozessorientierten Leistungsangeboten. Dieses Leistungsangebot kann sowohl

- Überwachung
- Instandhaltung
- Instandsetzung

für Objekte umfassen, aber auch die Planung von Instandsetzungsprojekten mit oder ohne externe Ingenieurfirmen beinhalten. Im Wohn-, Büro- und Industriebau kann dies in Verbindung mit Anlagenbauern bzw. Anlageinstandhaltungsfirmen erfolgen. Die Baufirmen besitzen, bedingt durch die Planung des Bauprogramms (Termine, Leistungen, Ressourcen, Sicherungssysteme, etc.) sowie durch den Umgang mit den Materialien und Bauverfahren, die eigentliche Kompetenz und das Know-how in bezug auf Instandhaltung und Instandsetzung von Bauwerken. Diese Kompetenzen sollten von den Bauunternehmungen in Zukunft gezielt genutzt und ausgebaut werden, um einen Einstieg in neue Geschäftsfelder zum Vorteil der Auftraggeber zu erlangen. Die Bausubstanz sollte in definierten Intervallen wie bei einer Fahrzeuginspektion überprüft, gewartet und instandgesetzt werden. Dies

könnte in Form von Systeminstandhaltungsaufträgen erfolgen.

## 2 Anforderungen an die Ausbildung

Das Thema Ausbildung im Rahmen der Instandsetzung umfaßt alle an der Ausführung beteiligten Personen, wie z. B. gewerbliche Mitarbeiter (Poliere, Betonwerker, Bauarbeiter, Maler, Maurer, etc.) und Ingenieure.

Die gewerblichen Mitarbeiter müssen fachlich, neben ihren Kenntnissen im allgemeinen Beton- und Mauerwerksbau, für folgende neue praktische Kernkompetenzen der Material- und Bauverfahrenstechnik, ausgebildet werden:

- substanzschonendes Abtragen von schadhaften Strukturen
- Vorbereitung der Oberfläche der gesunden restlichen Struktur für die neuen Ergänzungsschichten durch Haftbrücken, etc.
- Auftragen von Ergänzungsschichten zur Realisierung eines möglichst monolithischen dauerhaften Verhaltens des instandgesetzten Baugliedes
- Sicherheitsverhalten bei Arbeiten unter Aufrechterhaltung der Nutzung sowohl auf die eigene Gefährdung durch die Benutzer (Straßenverkehr) als auch Schutz der Benutzer vor den Bauarbeiten.

Von den Ingenieuren der Bauausführung werden zusätzlich zu dem oben genannten Grundwissen und dem allgemeinen theoretischen und praktischen Fachwissen folgende spezifische Fähigkeiten und Kenntnisse verlangt:

- detaillierte, meist sogar minutöse Planung des Bauprogramms unter Berücksichtigung der einzelnen Arbeitsschritte, meist unter Aufrechterhaltung der Nutzung
- Kommunikations- und Motivationsfähigkeit, um die Akzeptanz der Benutzer während der Instand-

setzungsarbeiten aufrecht zu erhalten

– Planung von Sicherungsmaßnahmen bzw. deren Durchführung vor Beginn der Abtragsarbeiten in bezug auf

- die Standsicherheit des Bauwerks, z.B. temporäre Ersatzstützen bei der Sanierung von Stahlbetonstützen
- den Schutz der Benutzer vor den Gefahren, die von den Instandsetzungsarbeiten ausgehen, bzw. Schutz der Beschäftigten vor den Benutzern (Autobahn-, Tunnel- oder Brückenbaustellen, etc.)

– materialtechnologisches und verfahrenstechnisches Know-how in bezug auf das Abtragen von Baubsubstanz sowie Bau- und Instandsetzungstoffe

– weitestgehende bauphysikalische Kenntnisse.

Die vorgenannten Anforderungen unterscheiden sich erheblich von denen, die bei der Herstellung eines Neubaus gestellt werden. Bei Neubauvorhaben werden die einzelnen Bauelemente meist monolithisch hergestellt, so daß sie nach dem Erhärten oder der Fertigstellung ihre Tragfähigkeit erreicht haben. Die Tragfähigkeit muß natürlich unter Berücksichtigung der Bauzustände gesichert sein. Ist dies nicht der Fall, sind Hilfskonstruktionen vorzusehen, was bei besonderen Bauverfahren häufig erforderlich ist.

Bei der Instandsetzung werden zuerst die geschädigten Schichten eines Bauteils entfernt. Dabei werden meist die tragenden Querschnittselemente geschwächt oder abgetragen. Um in solchen Fällen die Tragsicherheit zu gewährleisten, muß das Tragelement durch Hilfskonstruktionen unterstützt werden, und/oder es müssen Nutzungseinschränkungen festgelegt werden, um den Kraftfluß in dem Tragelement entsprechend dem verringerten Querschnitt anzupassen.

An dieser Stelle erkennt man die interdisziplinäre Zusammenarbeit zwischen der Ausführung und der Baustatik und -konstruktion. Die Ausführenden müssen präzise Vorgaben für die Bauarbeiten erhalten, damit keine Gefährdung

der Standsicherheit auftritt. Dies wäre z.B. der Fall, wenn die Karbonatisierungstiefe in der Betondruckzone wesentlich tiefer wäre als nach den Annahmen, die aus den Voruntersuchungen abgeleitet wurden, und auf die sich die festgelegten temporären Standsicherheitsmaßnahmen stützen. Dann nämlich wären zusätzliche Hilfskonstruktionen erforderlich. Der zuständige Ingenieur muß Bauarbeiten, die vorübergehend zu einer Schwächung der Konstruktion führen, besondere Beachtung schenken durch

– Vorgaben an die Ausführenden in bezug auf Sicherungsmaßnahmen, Umfang der Abtragsarbeiten, Verhalten bei tieferer Schädigung, Konsequenzen in bezug auf die Tragsicherheit

– Überwachung von sensiblen Abtragsarbeiten in bezug auf die Tragsicherheit durch einen Fachingenieur.

Im Bereich der Instandsetzung werden sich neue interessante Ingenieuraufgaben in einer Kombination bestehend aus Baumanagement und -verfahrenstechnik, Baustatik, Materialtechnologie und Bauphysik ergeben. Diese müssen vermehrt im Ausbildungsspektrum der Hochschulen ihren Schwerpunkt finden. Die Aufgaben sind im Rahmen von Instandsetzungsprojekten während der Ausführungsphase stark interaktiv. Daher bieten sich bei der Ingenieurausbildung folgende Schwerpunkte für Instandsetzungsaufgaben an:

– Baustatik und Bauphysik mit Materialtechnologie und Bauverfahrenstechnik

– Bauabwicklungsmanagement und -verfahrenstechnik mit Infrastrukturtechnik und -management sowie Materialtechnologie und Baustatik.

Bei der Planung von Neubauten können statische Berechnungen und Konstruktionspläne oft in Niedriglohnländern vor und während der Ausführung angefertigt werden. Diese Tendenz hat bereits in Deutschland bei Großprojekten in Kooperation mit Ingenieurfirmen aus den Ländern wie Ungarn, Tschechien, etc. das Probierstadium weit überschritten. Dies ist in

der Regel bei Instandsetzungsprojekten, bedingt durch den nur relativ wenig bekannten Schädigungsgrad des Bauwerks vor Beginn der Arbeiten, nicht möglich. Der Schädigungsgrad tritt meist erst vollumfänglich während der Bauausführung zutage. Daher ist eine statisch-konstruktive Betreuung während der Bauausführung unumgänglich.

Für die Instandsetzung, die meist durch eine Sandwichtechnik oder Verbundkonstruktion erfolgt, sind Kenntnisse über folgende Sachverhalte von größter Bedeutung:

– chemische und physikalische Haftung sowie Verbund der Werkstoffe untereinander

– Alterungsbeständigkeit und Dauerhaftigkeit

– Umweltverträglichkeit und Wiederverwertbarkeit der Werkstoffe im Fall einer späteren Sanierung

– bauphysikalische Grundsätze.

### 3 Sanierungsrandbedingungen

Im Regelfall erfolgen die Instandsetzungsarbeiten im Gegensatz zu den Bauarbeiten zur Erstellung eines Neubaus in enger Wechselbeziehung mit den Benutzern. Der Ablauf der Instandsetzung im Rahmen des Nutzungszyklus eines Bauwerks ist in Bild 1 dargestellt.

Die Sanierungsaufgaben lassen sich u.a. in folgende Kategorien unterteilen:

**Infrastrukturbauwerke:** Sie dienen der öffentlichen Versorgung und müssen meist unter Aufrechterhaltung des Betriebs instandgesetzt werden.

**Industriebauwerke:** Sie dienen der Produktion von Gütern; es ist notwendig, die Bausubstanz auf Kontaminierung zu überprüfen.

**Geschäfts- und Bürobauten:** Die Sanierungsabläufe und Bauverfahren sind auch in bezug auf die Nutzung so zu wählen, daß nur ein Minimum an Beeinträchtigungen (Staub, Lärm, etc.) auf die Kunden bzw. auf die Angestellten einwirkt. Die Baustelle wird oft als abschnittsweise wandernde Baustelle angelegt, die durch Staub- bzw. Staub- und Schallwände vom Kundenraum abgeteilt wird.

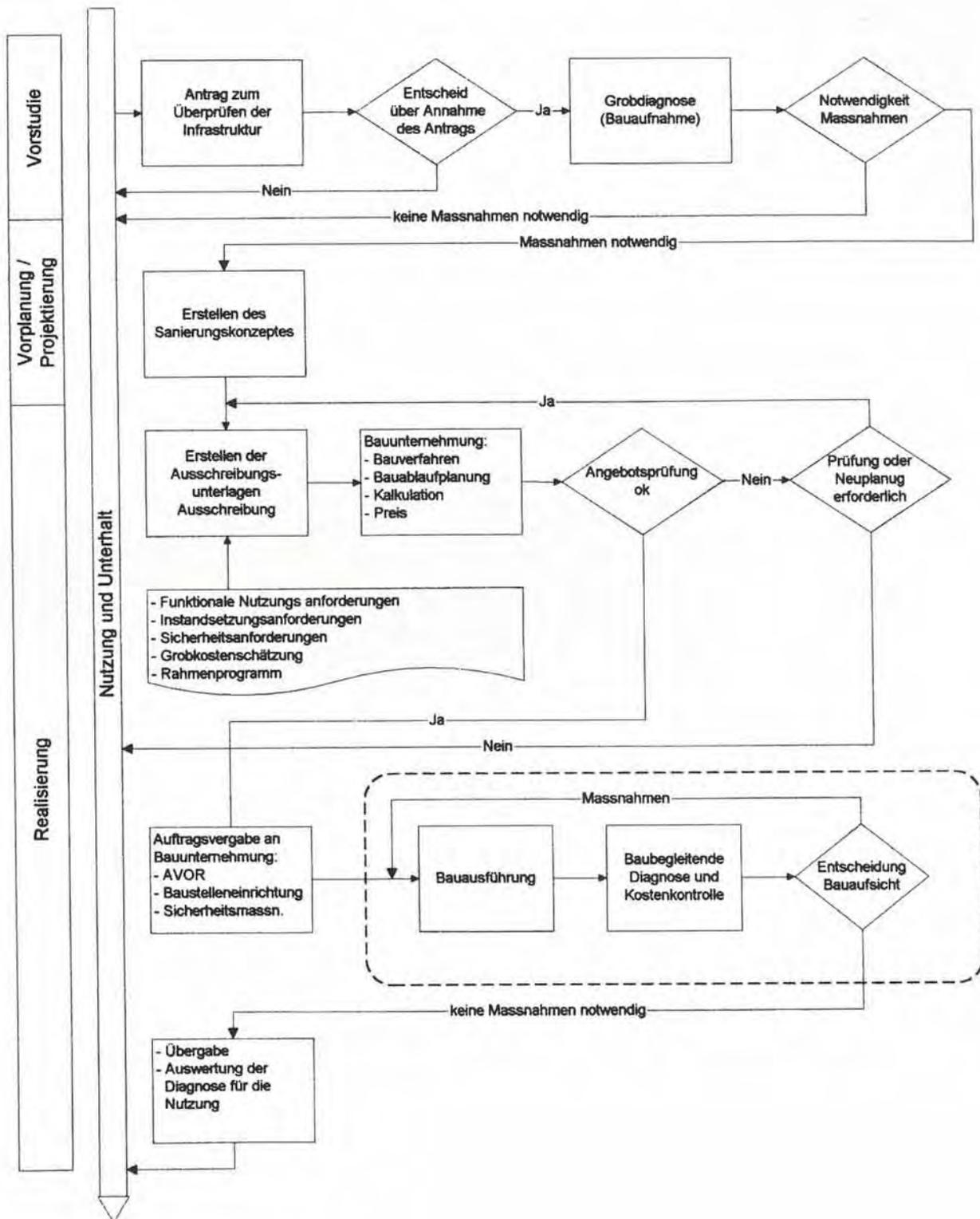


Bild 1. Ablauf der Instandsetzung  
Fig. 1. Sequence of reinstatement

**Wohngebäude:** Die Sanierungsabläufe und Bauverfahren sind so zu wählen, daß nur ein Minimum an Nutzungsstörungen sowie an Einwirkungen (Staub, Lärm, etc.) für die Wohnungsbenutzer auftritt. Die Bewohnbarkeit und Sicherheit der Bewohner muß jederzeit ge-

währleistet sein, wenn nicht andere Maßnahmen vorgesehen sind.

Bei Infrastrukturprojekten tritt meist eine öffentliche Behörde als Besteller für den Benutzer auf. Der Benutzer finanziert indirekt durch Abgaben und Gebühren die Erstellung sowie den Unterhalt des Net-

zes. Der betroffene Benutzer kann nur indirekt den Umfang der Maßnahmen beeinflussen; jedenfalls ist er betroffen.

Der Umfang des Eingriffs in den öffentlichen Verkehr bzw. in die Ent- und Versorgung zur Instandsetzung richtet sich nach

der Bedeutung des Infrastruktursystems für den Benutzer (Kunden) sowie nach den Möglichkeiten der nahen oder regionalen Netzumleitung. Die regionale Umleitung des Verkehrs während der Instandsetzung eines Straßenabschnittes oder einer Brücke im Landes- oder Gemeindestraßennetz ist sicherlich zumutbar. Es muß allerdings sichergestellt werden, daß die Kapazität der Umleitungen ausreichend ist. Der Anliegerverkehr muß dabei aufrechterhalten werden. Die Erschwernisse dürfen ein erträgliches Maß nicht übersteigen. Eine viel befahrene Autobahn kann meist nicht innerhalb des Straßennetzes umgelenkt werden, da die Kapazität des untergeordneten Netzes nicht ausreicht. Bei Hochleistungs-Infrastruktursystemen ist es unabdingbar, schon bei der Planung den Betriebsfall Instandsetzung für die Dimensionierung der Leistungsfähigkeit adäquat zu berücksichtigen.

Bei der Instandsetzung eines Wassernetzes ist die Versorgung aufrecht zu erhalten, mittels

- Unterbrechung im Rahmen von wenigen Stunden durch Vorkündigung (Betrieben mit hoher prozeßbedingter Wasserabhängigkeit ist besondere Beachtung zu schenken)
- Tankwasserversorgung bei Unterbrechung bis zu einigen Tagen
- temporäres oberirdisches Versorgungsnetz bei längerer Unterbrechung.

Das gleiche gilt in analoger Weise für Abwassernetze.

Auch bei der Instandsetzung des öffentlichen Netzes muß der Kunde im Mittelpunkt stehen unter Beachtung des Nutzen-Kostenverhältnisses der direkten sowie der indirekten Kosten der Benutzer. Diese volkswirtschaftliche Analyse wird in der Umsetzung dann erleichtert, wenn die Kostenträger der Aufwendungen für die Sanierung und temporären Begleitmaßnahmen auch gleichzeitig vollumfänglich Nutznießer sind. Dann sind die Aufwendungen für die Direktmaßnahmen auf der einen Seite durch Verringerung der Softkosten beim Individuum auf der anderen Seite nachvollziehbar. Diese Situation wird stark verän-

dert, wenn die Kostenträger einer Maßnahme nicht oder nur teilweise Nutznießer sind. Zum Beispiel müßte eine Gemeinde eine Hilfsbrücke bauen, um die Instandsetzung einer Brücke zu ermöglichen, da eine großräumige Umleitung wesentlich höhere Softkosten bei den überregionalen Verkehrsteilnehmern verursachen würde. Da die überregionalen Teilnehmer keine Gemeindesteuern zahlen, müßten die Gemeindesteuerzahler eine volkswirtschaftlich sinnvolle Kostenoptimierung bezahlen, ohne daß sie direkt einen Vorteil davon hätten. Aus verständlichen Gründen reicht die Einsicht der Kostenträger dafür nicht aus. Zur Realisierung solcher volkswirtschaftlich sinnvoller Maßnahmen muß man neue kundenbezogene Modelle entwickeln, die auf dem direkten Kosten-Nutzenverhältnis aufgebaut sind, so daß der Kunde bzw. Nutzer seinen Vorteil bei der Erhebung eines Kostenbeitrags erkennt. Bei dieser Konzeption muß man den Besonderheiten von Infrastrukturnetzen im innerstädtischen Raum besondere Beachtung widmen, da z.B. bei der Instandsetzung eines Abwassersammlers die Kostenträger nicht identisch sind mit den Verkehrsteilnehmern der Straße. Daher besteht bei den Kostenträgern des Abwasserkanals keine große Motivation, besondere temporäre Maßnahmen für die Qualität des Verkehrsflusses zu treffen. Man muß sicherlich bei neuen Modellen vom Verursacherprinzip ausgehen, mögliche Mietmodelle könnten ein volkswirtschaftliches Handeln begünstigen. Man könnte z.B. die Straße für den Zeitraum der Instandsetzung des Kanals an den Abwasserbetrieb unter bestimmten Auflagen vermieten. Dadurch könnte man einerseits den Zeitraum der Störung steuern, bzw. zusätzliche temporäre Maßnahmen erzwingen (unterirdische Bauweisen, etc.), um die Mietkosten für die Beanspruchung verkehrsbehindernder Straßenflächen zu reduzieren.

Bei der Instandsetzung von Infrastrukturbauwerken, besonders bei den Hochleistungssystemen, ist eine Redimensionierung

vorzusehen, um in Zukunft ausreichend für den Nutzungsfall Instandsetzung gerüstet zu sein, falls dies noch nicht vorgesehen wurde. Bei Fahrbahn- und Brückensanierungen der Autobahnen werden oft die Standspuren verbreitert, um im Fall zukünftiger Erneuerungen einen ausreichenden Verkehrsfluß mit geringerer Unfallhäufigkeit während solcher Arbeiten zu gewährleisten.

Die Instandsetzung von Industrieobjekten geht häufig einher mit der Erneuerung der Produktionsanlagen. Im Gegensatz zur Instandsetzung von Infrastrukturbauten, die meist von einer öffentlichen Behörde stellvertretend für den Benutzer in Auftrag gegeben werden, ist bei Industrieobjekten der Besteller gleichzeitig Benutzer. Somit bestimmen Besteller und Benutzer den Störungsgrad ihrer Produktion nach betriebswirtschaftlichen Kriterien, indem sie selbst oder zusammen mit der Baufirma die Randbedingungen für den Ablauf der Instandsetzungsarbeiten sowie den Grad der Abstimmung bzw. der zeitlichen Entflechtung mit dem Produktionsprozeß festlegen.

Bei der Instandsetzung von Produktionseinrichtungen ist eine besonders sorgfältige, minutiöse Abstimmung des Bauprogramms und der Arbeitsabläufe der Instandsetzung mit dem Produktionsablauf und Materialflüssen der Produktion erforderlich, da sonst hohe Kosten für ausfallende Arbeitsstunden des Produktionspersonals sowie für Lieferverzögerungen auftreten können.

Oft müssen Instandsetzungsarbeiten, die den Produktionsbereich betreffen, außerhalb der Produktionszeiten erfolgen. Das gleiche gilt für den An- und Abtransport von Baugeräten und -materialien sowie das Umstellen von einzelnen Produktionsgeräten in Zusammenarbeit mit dem Anlagen- oder Maschinenhersteller. Der ideale störungsfreie Ablauf erfolgt, wenn möglichst alle produktionsunterbrechenden Arbeiten nachts durchgeführt werden können. Diese extreme Randbedingung verursacht auch entsprechende Kosten, die nach betriebswirt-

schaftlichen Gesichtspunkten kleiner sein sollten als die Produktionsausfallkosten. Zudem werden oft hohe Anforderungen an den passiven bzw. aktiven Staubschutz aus produktionstechnischen und hygienischen Gründen gestellt. Die Anforderungen an den Lärmschutz sind dagegen meist geringer.

In bezug auf die Sicherheit sind höchste Anforderungen zum Schutz der am Produktionsprozeß Beteiligten vor den Bauarbeiten und -geräten, offenen Reparaturöffnungen, etc. und zum Schutz der Bauarbeiter vor den Gefahren des Produktionsprozesses zu erfüllen. Innerhalb dieses Problemkreises müssen Baustellenleitung und Bauleitung besondere Anstrengungen zur Verhütung von Unfällen unternehmen. Jeder kennt die in seinem Arbeitsbereich prozeßbedingten Gefahren, jedoch meist nicht die neuen Risiken. Daher sollte man die Arbeitsbereiche der Produktion und der Instandsetzung in allen Phasen trennen durch 1) zeitliches Versetzen der Arbeitsabläufe und 2) örtliches Versetzen und Trennen der Arbeitsabläufe, z.B. durch sukzessives Umsetzen der Produktionsanlage gemäß Arbeitsfortschritt.

Bei der Sanierung von Industriebauwerken ist besonders auf eine mögliche Kontaminierung der Bausubstanz zu achten. Diese kann durch bereits lang zurückliegende Produktionsprozesse verursacht worden sein. Zur Vorbereitung einer Instandsetzungsmaßnahme sowie begleitend zur Bauausführung sollten stichprobenartig chemische Analysen durchgeführt werden. Hier liegt besondere Verantwortung bei der Baustellenleitung. Sie muß geeignete Maßnahmen ergreifen, um das Baustellenpersonal und das Umfeld vor den während der Abbrucharbeiten freiwerdenden Stäuben zu schützen und so einer gesundheitlichen Gefährdung vorzubeugen. Zudem muß kontaminiertes Abbruchmaterial speziell transportiert und fachgerecht entsorgt werden.

Bei der Instandsetzung von Geschäftsgebäuden müssen besonders die Auswirkungen auf die Kunden und Angestellten gering

gehalten werden. Das Kundenverhalten wird relativ stark durch psychologische Faktoren des Wohlbefindens beeinflusst. Wer kauft schon gerne seinen Anzug dort, wo es staubt und lärmt, oder wer kauft sein Porzellan in einem Geschäft, in dem die Regale mit einer dicken Staubschicht überzogen sind. Daher muß bei der Planung der Instandsetzung, die meist auch mit einer Umgestaltung im oder am Gebäude verbunden ist, auch sofort ein Attraktionsprogramm für die Verkaufsförderung geplant und mit dem Bauprogramm abgestimmt werden. Wenn das Geschäft schon nicht mit einer angenehmen Atmosphäre während der Instandsetzung bzw. des Umbaus anziehend wirken kann, müssen attraktive Aktionen wie z.B. Sonderverkäufe, Kindermalaktionen am Bauzaun, Presseberichte über Geschäft und Firma mit Spende z.B. für einen Kindergarten für behinderte Kinder u. dgl. geplant und umgesetzt werden.

Von dem Bauprogramm wird oft gefordert, daß die unterschiedlich störenden Arbeitsabläufe weitgehend dem zeitlichen Profil der Kundenströme angepaßt werden sollen. Besonders störende Arbeiten, wie z.B. Abbruch- und Abstemmarbeiten, Verdichtungsarbeiten mittels Innenrüttler beim Betonieren (Lärm, etc.) sollten möglichst in Zeiten mit niedriger Kundenfrequenz durchgeführt werden, wie z.B.

- montags, dienstags ganztags
- mittwochs, donnerstags bis 15<sup>00</sup> Uhr
- freitags bis 12<sup>00</sup> Uhr.

Diese Anforderungen sind oft baubetrieblich schwierig umsetzbar. Zudem erfordert dies eine im wahrsten Sinn minutiöse Planung der Arbeitsabläufe in bezug auf

- Abschnittsplanung
- Personaleinsatz
- Bereitstellung von Geräten sowie Bauhilfsmaterialien (Betonpumpen, Abtransport von Schutt, Schalung, Bewehrung, etc.)
- Materiallieferungen (Beton, etc.)
- Bauhilfsmaßnahmen (Staubwände, Kundenführung, Sicherheitsmaßnahmen).

Bei der Instandsetzung von Geschäftsgebäuden gilt der Grund-

satz, daß die Kuh, die die Milch gibt, nicht geschlachtet werden darf, d.h., die Bauabläufe müssen so gewählt werden, daß die Störung des Verkaufs sowie der Kundenströme möglichst gering ausfällt. Dies muß in den allgemeinen Bedingungen der Ausschreibung in einer Funktionsbeschreibung möglichst klar festgelegt werden. Die ausschreibenden Architekten und Ingenieure nutzen oft ganz allgemeine Rückversicherungsklauseln, ohne präzise Angaben über den Störungsgrad sowie die Festlegung von Zeiten zu machen. Dies ist meist ein nicht unerheblicher Streitpunkt zwischen Geschäftsinhaber/Bauaufsicht und der ausführenden Baufirma. An dieser Stelle ist es erforderlich, daß die Baufirma in ihrem Angebot die Randbedingungen definiert, unter denen sie die Instandsetzungsarbeiten ausführt. Dies gilt im besonderen für die Instandsetzung und den Umbau von Industrieanlagen. Den Bauingenieuren muß klar sein, daß die Akzeptanz für die beauftragten Bauarbeiten nicht wie bei der Herstellung eines Neubaus von selbst gegeben ist, sondern daß der Auftraggeber seine geschäftlichen Aktivitäten mit der Aufrechterhaltung des Umsatzes im Vordergrund sieht und somit von der Baufirma

- zügig abwickelbare
  - geräusch- und staubarme
  - unfallsichere
- Bauverfahren verlangt.

Hier muß besonders der Sicherheitsaspekt hervorgehoben werden. Er umfaßt folgende Punkte:

- Unfallsicherheit für die Kunden und Angestellten
- psychologische Sicherheit für den Kunden (Überquerung von Öffnungen mit Blick in die Tiefe vermeiden etc.)
- Einbruchsicherheit.

Die Einbruchsicherheit bei Arbeiten an Geschäftsbauten wird von den Baufirmen häufig unterschätzt. Bei Neubauten ist meist nur die Sicherung des eigenen Gerätes von Bedeutung. Bei Arbeiten an Geschäftsgebäuden entstehen durch die Instandsetzungs- und Umbauarbeiten oft temporäre Öffnungen am Gebäude, die nach Arbeitsende jeden Tag speziell ge-

sichert werden müssen. Zudem sind solche kritischen Abschnitte mit der örtlichen Polizei abzusprechen, damit eine höhere Präsenz, möglichst durch Polizeistreifen, in der Nacht gewährleistet ist. Die Baustelle sollte jeden Abend von einem Geschäftsvertreter inspiziert werden, um sicherzustellen, daß sich keine Person einschließen läßt.

Aus dem Dargestellten läßt sich erkennen, daß von dem Baustellenleiter Einfühlungsvermögen, gutes Durchsetzungsvermögen sowie ausgezeichnete Kommunikationsfähigkeit verlangt wird.

Die Randbedingungen für die Instandsetzung von Büro- und Wohngebäuden sind oft sehr ähnlich. Auch ist die Instandsetzung gekoppelt mit einer Erneuerung von Hygiene-, Versorgungs-, Entsorgungs- und Kommunikationseinrichtungen. Die Strategie des Bauprogramms wird meist wie folgt angelegt:

- Zentrale Ver- und Entsorgungssysteme werden abschnittsweise gemeinsam saniert ( z.B. Wasser, Abwasser, etc.), so daß einzelne Wohnungen nicht mehrmals nacheinander betreten und gestört werden müssen.
- Die Instandsetzung der Wohnungen erfolgt dann meist nacheinander und zimmerweise. In keiner Phase sollten die Wohnungen unbewohnbar werden.

Die verschiedenen Gewerke müssen pro Raum aufeinander abgestimmt sein. Für die Sanierung eines Bades ist eine einwandfreie Abstimmung zwischen Sanitärinstallateur, Maurer, Fliesenleger und Maler notwendig. Folgende Grundsätze sollten für die Planung der Arbeiten beachtet werden, da die Mieter bzw. Eigentümer sich in diesen Wohnungen während der Instandsetzungsphase weiter aufhalten müssen:

- alle Einrichtungen in Küche und Bad mindestens jeden Abend wieder funktionstüchtig machen, in besonderen Situationen sind Nottoiletten tagsüber einzurichten
- jeweils nur einen Raum in einer Wohnung sanieren und somit die Wohnung bewohnbar halten
- den nächsten Raum sofort nach Fertigstellung des vorherigen und Umstellen der Möbel beginnen

- einzelne Räume möglichst ohne zeitliche Unterbrechung fertigstellen (präzise Abstimmung der aufeinanderfolgenden Gewerke)

- die Gesamtinstandsetzungszeit pro Wohnung möglichst kurz halten.

Diese Randbedingungen müssen bei der Ausschreibung unter dem Kriterium Funktionalanforderungen gestellt werden, andernfalls wird und muß der Bauunternehmer das für ihn optimale betriebswirtschaftliche Bauprogramm umsetzen, mit möglichen unangenehmen Auswirkungen für die Benutzer.

Der Baustellenleiter sollte ein möglichst optimales Verhältnis zu den Bewohnern aufbauen. Dabei sind kleine Gesten oft sehr wirksam, wie z.B. ein kleiner Blumenstrauß einige Tage vor Beginn der Arbeiten, nachdem die Arbeiten nach einer schriftliche Vorankündigung nochmals mündlich kurz erläutert wurden.

Die Baustelle muß besonders hohen Sicherheitsanforderungen genügen, da die Bauabläufe im Lebensraum der Bewohner stattfinden. Diesen ist aber meist der Umgang mit Gefahren, die auf Baustellen auftreten, unbekannt, und damit steigt auch das Unfallrisiko. Besonders auf die Gefahren für spielende Kinder muß hingewiesen werden, die die Baustelle gerne als Abenteuerspielplatz nutzen. Daher ist es notwendig, die Bewohner auf diese Gefahren durch Handzettel und Schilder aufmerksam zu machen. Abends ist die Baustelle so abzusichern, daß z.B. die Gerüste nicht einfach bestiegen werden können (Leitern hochziehen, etc.).

Die Anforderungen an den Ablauf der Arbeiten sind bei der Instandsetzung und dem Umbau von Bürobauten vergleichbar mit denen von Wohngebäuden. Auch hier müssen die Arbeiten etappenweise durchgeführt werden, so daß der Bürobetrieb aufrechterhalten werden kann. Hier sind besondere Maßnahmen in bezug auf den Staubschutz notwendig, um die Computeranlagen, etc. nicht zu beeinträchtigen. Wichtig ist, daß die Räume, in denen die Bauarbeiten stattfinden, täglich besenrein und aufgeräumt verlassen werden. Bei

Bohr- und Stemmarbeiten sollte der Staub möglichst sofort an der Entstehungsquelle abgesaugt werden.

#### 4 Arbeitsvorbereitung

In den Randbedingungen für die verschiedenen Kategorien von Instandsetzungsarbeiten wurden die wesentlichen Aspekte und Besonderheiten genannt, die bereits bei der Arbeitsvorbereitung zu berücksichtigen sind. Der terminliche Druck, bedingt durch die Aufrechterhaltung der Nutzung, unter dem solche Arbeiten ablaufen müssen, ist extrem hoch. Die Arbeitsvorbereitung hat bei Instandsetzungs- und Umbauprojekten zwei oft sich widersprechende Ziele zu erfüllen:

- möglichst geringe Störung der Benutzer unter Aufrechterhaltung der Nutzung (Produktion, Wohnen, Verkehr, etc.)
- optimale baubetriebliche Abwicklung (Ressourcen, minimale Kosten).

Diese Ziele beinhalten meist widerstreitende ökonomische Interessen zwischen Benutzern und der Bauunternehmung.

Da in der Ausschreibung die bindend einzuhaltenden funktionalen Randbedingungen zur Aufrechterhaltung der Nutzung vorgegeben sein sollten, müssen diese bei der Planung des Bauprogramms sorgfältig berücksichtigt werden. Das Bauprogramm wird durch die möglichen betriebsbedingten Leistungsschwermisse, Unterbrechungen etc. stark beeinflusst. Diese sind bereits in der Angebotskalkulation zu berücksichtigen, da sie sich auf den Preis der Bauleistung wesentlich auswirken können. Die Arbeitsvorbereitung gliedert sich auch hier in drei Phasen:

- Angebotsphase
- Ausführungsvorbereitungsphase
- Ausführungsphase.

Schon in der **Angebotsphase** müssen im Rahmen der Arbeitsvorbereitung die wichtigen Rahmenbedingungen aus der Aufrechterhaltung der Nutzung in Taktstudien ausreichend untersucht werden, um

- terminliche Auswirkungen
- Ressourcenstärke

- Leistungen unter Berücksichtigung von täglichen Aufräum- und Säuberungsarbeiten
- Zeitkorridore zur Ausführung bestimmter Arbeiten
- den zeitlichen Aufwand zur Erstellung und zum Umsetzen von Staubwänden, etc. zu bestimmen. Durch solche Studien kann man den zeitlichen Aufwand, die benötigten Ressourcen und damit die Kosten ermitteln. Ferner bietet eine solche Untersuchung die Möglichkeit, Schwachstellen in der Ausschreibung aufzudecken. Daraus ergeben sich folgende Strategien:
  - die Nachtragsstrategie bereits in der Angebotsphase zu berücksichtigen
  - die Formulierung von Vorbehalten für die Angebotsabgabe vorzubereiten.

Man sollte kein Angebot ohne Vorbehalt akzeptieren, das nur globale Formulierungen hinsichtlich der Aufrechterhaltung der Nutzung enthält, wie z.B. „Der Betriebs- bzw. der Geschäftsablauf muß jederzeit ungestört erfolgen können“. Ein gutes Gegenmittel von seiten der Bauunternehmung ist eine kurze Beschreibung, unter welchen Annahmen die Preise ermittelt wurden. Diese indirekten Vorbehalte müssen so abgefaßt werden, daß im Fall von permanent erhöhten Anforderungen an die Abwicklung der Arbeiten von seiten des Auftraggebers unter extremer Berücksichtigung der Geschäftsinteressen des Benutzers Nachtragsforderungen für die klar dokumentierten höheren Aufwendungen gestellt werden können.

Nach Auftragsvergabe sollte ein ausreichender Zeitraum vorgegeben werden bis zu Beginn der Baustelleneinrichtung und zum Start der Bauarbeiten. Dieser ist unbedingt notwendig, um eine gute, effiziente und **detaillierte Auftrags- und Arbeitsvorbereitung** durchzuführen. Dazu sind je nach Größe des Projekts 3 Wochen bis zu 3 Monate notwendig. Nur eine gute detaillierte Arbeitsvorbereitung, basierend auf der Angebots-Arbeitsvorbereitung, ermöglicht eine störungsfreie und für die Benutzer und Baufirma befriedigende und erfolgreiche Instandsetzung.

- Während dieser Phase ist meist auch die detaillierte Abstimmung der Gewerke mit Subunternehmern notwendig, wie z.B.
- Gerüsterstellung
  - Teildemontage von Ver- und Entsorgungssystemen (z.B. Elektro-, Kommunikations- und – Sanitärinstallationen, etc.)
  - Instandsetzungsarbeiten am Bauwerk (Abstemmarbeiten, Reprofilierung, etc.)
  - Neu- und Reinstallation von Ver- und Entsorgungssystemen
  - Herstellung des „Finishings“
  - Anlagenbauer, Innenausbau, etc.
  - Lieferanten
  - Demontage des Gerüsts.

Die Arbeitsschritte müssen viel detaillierter erarbeitet werden als bei Neubauten üblich. Diese Detaillierung ist unbedingt notwendig, um Leerlaufzeiten der einzelnen Arbeitsgruppen und Subunternehmer zu vermeiden. Treten solche Fehlzeiten auf, werden die meisten Subunternehmer diese Kosten dem Hauptunternehmer getrennt in Rechnung stellen. Dies kann sehr schnell das Baustellenergebnis des Hauptunternehmers verderben. Daher ist es wichtig, für solche Fälle Ausweicarbeiten zu bestimmen, die in einzelnen Bauabschnittsphasen ersatzweise von diesen Subunternehmern ausgeführt werden können. Ist das nicht möglich, sind diese Arbeitsabschnitte als ressourcenkritisch einzustufen und bedürfen besonderer Sorgfalt und Kennzeichnung für die Baustelle und die Beteiligten.

Die Subunternehmerverträge sollten nach dem Prinzip des „back to back“ erfolgen, um die Anforderungen und Risiken aus dem Hauptvertrag auf die Subunternehmer zu übertragen, und mögliche Nachtragsforderungen auf wesentliche, aber klar definierte Ursachen zu beschränken. In dieses detaillierte Bauprogramm werden alle Randbedingungen des Auftrags in bezug auf die Aufrechterhaltung der Nutzung nach **zeitlichen und örtlichen** Bedingungen eingearbeitet. Dazu gehören auch die notwendigen Schutz- und Sicherheitsmaßnahmen.

Der Sicherheitsplan für die Instandsetzungs- und Umbauarbeiten nimmt einen besonderen

- Stellenwert ein. Dieser multifunktionale Sicherheitsplan muß in jedem Arbeitsabschnitt und in jeder Arbeitsphase eine adäquate Antwort auf die Sicherheit der Benutzer und der Bauarbeiter geben können in bezug auf
- Unfallsicherheit
  - Diebstahlsicherheit
  - Kontrolle der Sicherheitseinrichtungen.

Die Gefahren für die Bauarbeiter, die von der Nutzung und dem Betrieb des instandzusetzenden Bauwerks ausgehen, müssen möglichst sorgfältig erfaßt und die dazugehörigen Sicherungsmaßnahmen entwickelt und festgelegt werden. Die Bauarbeitsgruppen sind in der Regel nicht für die Gefahren, die vom fließenden Verkehr, von Produktionsanlagen etc. ausgehen, sensibilisiert. Umgekehrt sind Verkehrsteilnehmer, Industriearbeiter, Büroangestellte, Familien, etc. nicht für die Gefahren, die von den Bauarbeiten ausgehen, sensibilisiert, die direkt in ihrem Umfeld oder an ihrem Arbeitsplatz stattfinden. Jeder konzentriert sich auf seinen eigenen Arbeitsprozeß. Dieser wird nun während jener interaktiven Phase mit den jeweiligen Gefahren des anderen Bereichs überlagert. Dies ruft eine potentielle Erhöhung der Gefährdung hervor, die möglichst durch eine systematische Trennung der Arbeits- bzw. Verkehrsabläufe reduziert werden sollte. Dazu sind klare Leitungs- und Trennungsmaßnahmen erforderlich. Im Rahmen eines solchen Sicherheitsplanes sind Maßnahmen, Hilfsmittel, Anweisungen und Informationsumfang für Benutzer und Bauarbeiter festzulegen. Die Hilfskonstruktionen und Spezialgeräte werden während der Ausführungsarbeitsvorbereitung endgültig detailliert und in Auftrag gegeben.

Zusammenfassend müssen folgende Aufgaben während der Auftragsarbeitsvorbereitung erledigt werden:

- detailliertes Bauprogramm mit Sicherheitsplan erstellen
- Baustellenorganisation erstellen, inklusive der Bestimmung des Führungspersonals sowie der unteren Mitarbeiterenebene (Poliere, etc.)

- Bauarbeitsgruppen und Einsatzdisponierung festlegen
- Subunternehmer beauftragen
- Material- und Hilfsmaterialien bestellen
- Baugeräte disponieren
- Absprache des Bauprogramms mit dem Bauherrn und Behörden.

Während der **Bauphase** wird das detaillierte Bauprogramm in Wochenprogramme für die einzelnen Arbeitsgruppen untergliedert. Hier ist es wichtig, die Abhängigkeiten der einzelnen Arbeitsgruppen (Tag, Uhrzeit und nachfolgende Gruppe) jeder Gruppe deutlich zu machen. Dies sollte in einer kurzen Baubesprechung wöchentlich (freitags) überprüft und für die Folgeweche neu festgelegt werden. Dabei ist es wichtig, die einzelnen Gruppen so zu motivieren, daß sie pünktlich und zielgenau ihre Vorgaben erfüllen (Ehrenkodex, Prämie, etc.). Eine präzise Abstimmung der Arbeiten ist notwendig, um die Reibungsverluste so gering wie möglich zu halten. Dazu gehört, daß man die Arbeitsgruppen zu einem Team zusammenschweißt, das miteinander und nicht gegeneinander arbeitet. Neben der Abstimmung der Arbeitsgruppen müssen die Bewohner informiert werden über das jeweilige Arbeitsprogramm und über einhergehende Störungen der Nutzung oder deren kurzfristige Einschränkung. Das Wochenprogramm wird täglich stichprobenartig überprüft. Jede Gruppe ist verpflichtet, grobe Abweichungen, die möglicherweise die Erfüllung des Wochenprogramms gefährden oder Probleme bei den Benutzern verursachen könnten, der Baustellenleitung zu melden.

Zusätzlich muß das Basis-Bauprogramm **wöchentlich** bezüglich des Soll-Ist Zustandes überprüft werden um

- Abweichungen festzustellen
- Korrekturmaßnahmen vorzubereiten und einzuleiten
- Nachunternehmer hinsichtlich veränderter Dispositionen im voraus zu informieren
- eigene Mannschaftsstärken kurzfristig anzupassen
- bestellte Materialien abzurufen
- Veränderungen gegenüber vorgegebenem Arbeitsumfang zu

berücksichtigen (Nachtragsforderungen sofort stellen)

Das Basis-Bauprogramm wird **monatlich** zur Leistungsmeldung sowie zum Kosten-Soll-Ist herangezogen. Zudem werden die Änderungen, die bereits bei der wöchentlichen Überprüfung festgestellt und deren Korrekturen eingeleitet wurden, in bezug auf den kritischen Weg genauer untersucht, sowie die Wirkung der Gegenmaßnahmen kontrolliert.

Eine solche hochdetaillierte Arbeitsvorbereitung unter Berücksichtigung der Anforderungen der Benutzer und der zeitlich engen Kontrolle ist für Neubauten nicht üblich.

## 5 Baustelleneinrichtung

Mit der Baustelleneinrichtung kann natürlich auch bereits während der Arbeitsvorbereitungsphase begonnen werden, dann jedoch stets zeitversetzt, d.h. jeweils mit Vorlauf für die Arbeitsvorbereitung. Vor Beginn dieser Arbeiten müssen das Konzept und die Bauverfahren festgelegt werden, damit eine ausreichende Dimensionierung der Baustelleneinrichtung erfolgen kann. Zudem muß sichergestellt werden, daß es durch die Installationen weder für die Benutzer noch im Hinblick auf die Instandsetzungsarbeiten zu Behinderungen kommen kann. Dies ist ein besonders wichtiger Aspekt bei Geschäftsbauten im innerstädtischen Bereich zur Sicherstellung des Kundenflusses und der An- und Auslieferungen und bei Industriegebäuden zur Sicherstellung des Material- und Produktionsflusses, damit keine zeit- und kostenaufwendigen Umzugsaktionen während der Bauphase notwendig werden.

Die Baustelleneinrichtung sollte wie folgt durchgeführt werden:

- freundliche Information der Benutzer über die anstehenden Arbeiten in allgemeiner Form
- Montage der Sicherungsmaßnahmen zum Schutz der Benutzer und des Baubetriebs (Umleitungshinweise, Markierungen, Verkehrsschilder und Signale, Umleitungen, Sicherungsbauzaun, Ab-

sperrungen, Sicherheitsbeleuchtung mit Notstromversorgung, etc.)

- Vorbereitung der Nutzerumleitung oder Produktionsveränderungen (dies geht einher mit den Sicherungsmaßnahmen)
- Errichtung der Installationen für die Instandsetzungs- und Umbauarbeiten.

## 6 Bauabwicklung und Instandsetzungsbauverfahren

### 6.1 Einleitung

Die Baustellenführung sollte das Umfeld der Instandsetzungsarbeiten vor Beginn der Arbeiten vor Ort genau studieren, um die

- Nutzungsabläufe
- Prozesse
- Verkehrsflüsse
- Gefahren (etc.) genau kennenzulernen.

Die Bauarbeitsgruppen müssen vor dem Start der Arbeiten informiert werden über

- die Abläufe der Nutzung während der Instandsetzungsarbeiten
- die Gefahren, die von den Verkehrsanlagen, Produktionsprozessen, etc. ausgehen können
- Verhaltensweisen und Sicherungsmaßnahmen zum Schutz der Benutzer
- Verhalten bei Gefahren, sowie über die zu treffenden Sicherheitsmaßnahmen und deren Kontrolle.

Die Arbeitsabläufe bei der Instandsetzung bzw. Umbau verlaufen meist in folgender Reihenfolge:

- endgültige Festlegung der Instandsetzungsarbeiten in Absprache mit der Bauleitung vor Ort
- Entfernung von geschädigter Substanz durch Abtragarbeiten oder Teilabbrucharbeiten von vorhandener Substanz zur Veränderung und Ergänzung des Bauwerks
- Untergrundvorbehandlung zur Herstellung des sicheren und dauerhaften Verbundes zwischen vorhandener gesunder Bausubstanz und Ergänzungsschichten/Ergänzungsbauanteilen (Haftbrücke)
- Aufbringung der Ergänzungsschichten in Verbundbauweise
- Oberflächenbehandlung durch Anstriche, etc.

### 6.2 Bauverfahren für Abtrags- und Teilabbrucharbeiten

Im Regelfall gehen allen Instandsetzungsarbeiten Abtragsarbeiten

und Teilabbrucharbeiten (Bild 2) voraus. Die Teilabbrucharbeiten werden meist mit herkömmlichen Verfahren durchgeführt, z.B. mittels

- Hydraulikbagger mit hydraulischen Abbruchhämmern und Abbruchzangen
- Hydraulikbagger mit Tieflöffel
- Seilbagger mit Abbruchbirne zum Abbruch von Gebäudeteilen
- Schlagguillotine zum Zerstören von Straßendecken
- Belagsfräsen zum Abtragen von Hallenböden und Straßenbelagschichten
- erschütterungsarmes Sprengen (mit herkömmlichen Sprengstoffen geringerer Brisanz, Expansions-sprengstoffe, hydraulische Keile, etc.)
- handgeführte Preßluft- und Hydraulikhämmer
- Betonsägen, Seilsägen etc.
- Sauerstofflanzen und Hochdruckwasserstrahl etc.

Das Einsatzspektrum der Verfahren ist in Bild 3 dargestellt.

Die Abtragsarbeiten [1], [2] von geschädigter, geschwächter oberflächennaher Bausubstanz erfolgen meist mit folgenden Bauverfahren:

**Hochdruckwasserstrahlverfahren** (Bild 4): ein sehr wirksames und zeitsparendes Verfahren [3] zum Abtragen von Oberflächenschichten und zum Freilegen der Bewehrung, die dabei gleichzeitig entrostet wird. Da der Strahl mit einem Druck von bis zu 1200 bar appliziert wird, erfordert die flächige Bearbeitung sehr viel Erfahrung und Fingerspitzengefühl, um tiefe Krater im „gesunden“ Beton zu vermeiden. Der starke Wasseranfall (bis zu 100 l/min) erfordert besondere Schutz- und Entsorgungsmaßnahmen (Bild 5). Zudem können bei diesem Verfahren lose Betonteile mehrere Meter weit geschleudert werden. Diese Arbeiten müssen mit spezieller Schutzkleidung ausgeführt werden.

**Frästechnik:** Diese Technik wird zum partiellen Entfernen von Straßenbelägen angewendet. Die Fräsmaschinen sind je mit einem walzenförmigen Fräskopf ausgerüstet, der dem Schrämkopf einer Teilschnittmaschine (TSM) im Tunnelbau entspricht. Dieser

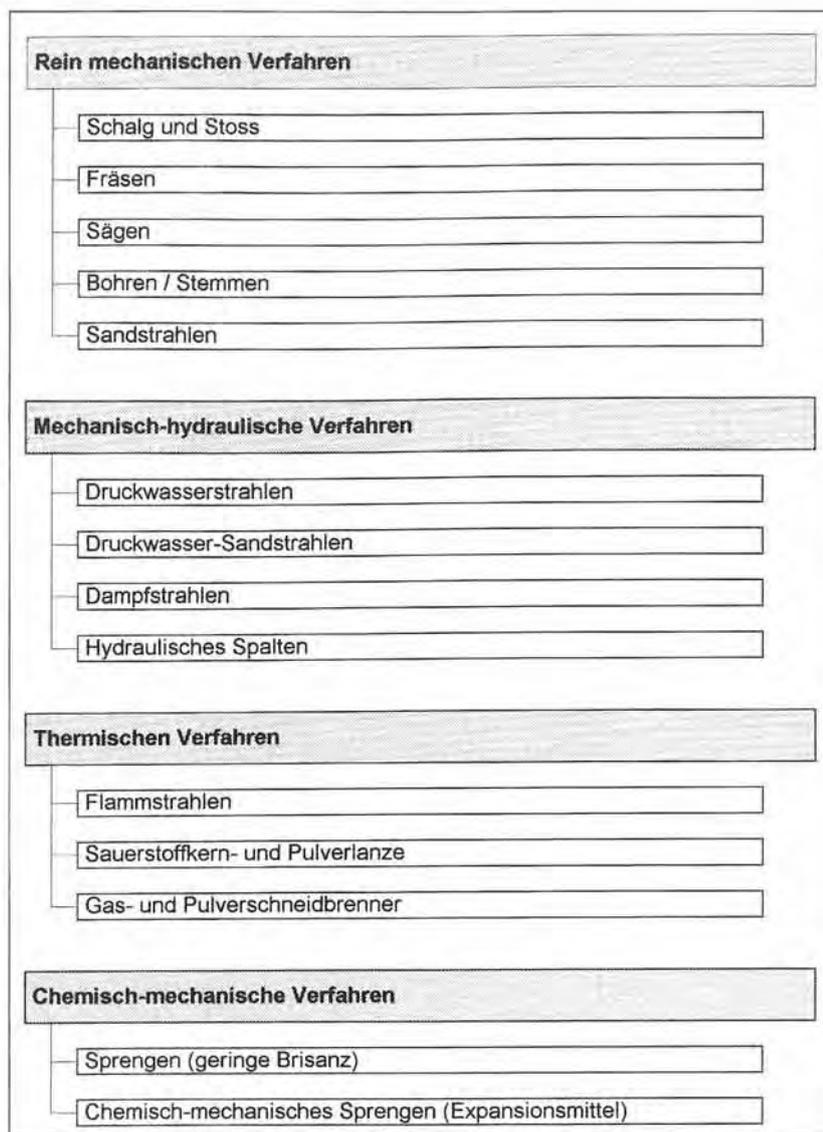


Bild 2. Abbruch- und Abtragstechnik  
Fig. 2. Demolition and surface stripping techniques

Schrämkopf ist meist mit einer Vielzahl auswechselbarer Hartstahlrundkopfmeißeln bestückt. Zudem sind diese Maschinen mit einer Staubabzugsanlage ausgerüstet, die den Staub am Schrämkopf absaugt. Das zerkleinerte Material wird direkt über ein Förderband auf parallelfahrende LKW verladen.

**Abstimmverfahren** mittels elektrischem Stemmhämmer und Flachmeißelbestückung: Dieses Verfahren wird hauptsächlich zum Abtragen von kleineren Schädigungsflächen und zum Nacharbeiten verwendet.

**Flammstrahlen:** Gute Tiefenwirkung beim Abtragen stärkerer Mörtelschichten. Das Abtragen ungleichmäßig tief geschädigter

Oberflächen ist schwieriger und erfordert meist mechanische Nachbehandlung. Zum Entrosteten der Bewehrung darf das Flammstrahlen wegen der Gefahr des Ausglühens nicht angewandt werden. Bei diesem Verfahren muß beachtet werden, daß durch die plötzlichen und hohen Temperaturen hohe lokale Wärmespannungen entstehen. Diese verursachen bei dem extrem steilen Temperaturgradienten lokal hohe Schubspannungen zwischen den Bereichen mit direkter Flammbestrahlung und den Bauwerksteilen und -schichten unter Normaltemperatur. Durch diesen Prozeß der thermisch verursachten Schubspannungen brechen die schwachen und geschwächten Oberflächenpartien

aus. Das Verfahren muß mit hohem Sachverstand durchgeführt werden, um keine Schädigungen der gesunden Bauwerksbereiche zu verursachen. Das Flammstrahlen mit Gas ist relativ umweltschonend.

**Sandstrahlen:** Mittels Sandstrahlverfahren werden die besten Reinigungs- und Entrostungseffekte erzielt. Das Sandstrahlverfahren eignet sich nicht zum Abtragen von dickeren geschädigten Beton- oder Mauerwerksschichten. Man kann mit diesem Verfahren nur die Oberfläche aufrauen. Das Verfahren eignet sich gut zum Entrosten von Stahlkonstruktionen und Bewehrungen, sowie zum Entfernen von Lackschichten und Zementschlämmen, aber auch zum Aufrauen von Beton-Arbeitsfugen zur Verbesserung der Verzahnung der Aggregate und damit zur Erhöhung der Verbundwirkung. Der Nachteil bei diesem Verfahren liegt in der großen Staubentwicklung sowie in den beträchtlichen Mengen von Strahlgut, das zu-

und abgeführt werden muß. Diese Arbeiten müssen mit spezieller Schutzkleidung und Schutzmaske (Silikat- und Gesteinsstaub schädigen die Lunge) ausgeführt werden. Man unterscheidet das Trocken- und das Feuchtsandstrahlen.

Beim **Trockensandstrahlen** wird mit einer Spritzmaschine Trockenquarzsand mittels Luftförderung durch einen Schlauch, der mit einer Düse bestückt ist, gefördert. Dieses Verfahren ist mit großer Staubentwicklung verbunden.

Das **Feuchtsandstrahlen**, das auch als Nebelsandstrahlen bezeichnet wird, bindet das Strahlgut mit Wasser- oder Wasserdampf. Dadurch wird die Umgebung weniger stark mit Staubemissionen belastet.

Weitere mechanische Methoden (Handarbeit), die für kleine Flächen eingesetzt werden, sind **Stocken, Stemmen** etc.

Bei den Betonabtragsmethoden hat sich das Hochdruckwasserstrahlverfahren als das effizienteste und gefügeschonendste erwie-

sen. Durch die intensive flächige Oberflächenbearbeitung wird sichergestellt, daß alle Schwachstellen aufgebrochen und abgetragen werden. Muß bei Linienbauwerken die Oberfläche großflächig abgetragen werden, bietet sich der Einsatz von teilautomatisierten Maschinen an, die als Multifunktionalsystem wirken. Zur Robotisierung eignen sich folgende Techniken:

- Hochdruckwasserstrahlverfahren
- Frästechnik
- Flammstrahlverfahren

Die Geräte arbeiten mit der Abtragtechnik (Fräsen, mechanisch, Jetten, mittels Wasser, Brennen, thermisch mittels Gasflamme), saugen oder kehren das Material auf und übergeben es in Fahrzeuge oder fördern es zur Aufbereitung und Wiederverwendung als Rohmaterial bzw. Spritzmaterial.

### 6.3 Untergrundvorbereitung zur Herstellung des Haft- und Schubverbundes

Nachdem alle schadhafte Bauwerksteile entfernt worden sind, kann mit der Vorbereitung des Untergrundes zur Herstellung eines möglichst monolithischen Verbundes zwischen restlicher Bausubstanz und Ergänzungsstruktur begonnen werden.

Bei Betonkonstruktionen ist der Kontaktuntergrund wie folgt zu behandeln:

- Die Oberfläche des Betons muß von allen artfremden Stoffen wie Staub, etc. gereinigt werden.
- Alle losen Teile sowie gelockertes Gefüge müssen entfernt werden.
- Die Oberfläche muß vor dem Aufbringen des Ergänzungsbetons ausreichend lange genäßt werden, damit der alte Beton dem Ergänzungsbeton nicht die notwendige Hydrationswassermenge entzieht. Außerdem sollte die Oberfläche sehr stark aufgeraut sein (Freilegen des Korngerüsts), um eine möglichst starke mechanische Schubverzahnung zu erzeugen.
- Der Ergänzungsbeton muß in ausreichender Dicke aufgebracht werden, um eine einwandfreie Verdichtung zu ermöglichen und ein ausreichend abgestuftes Korn-

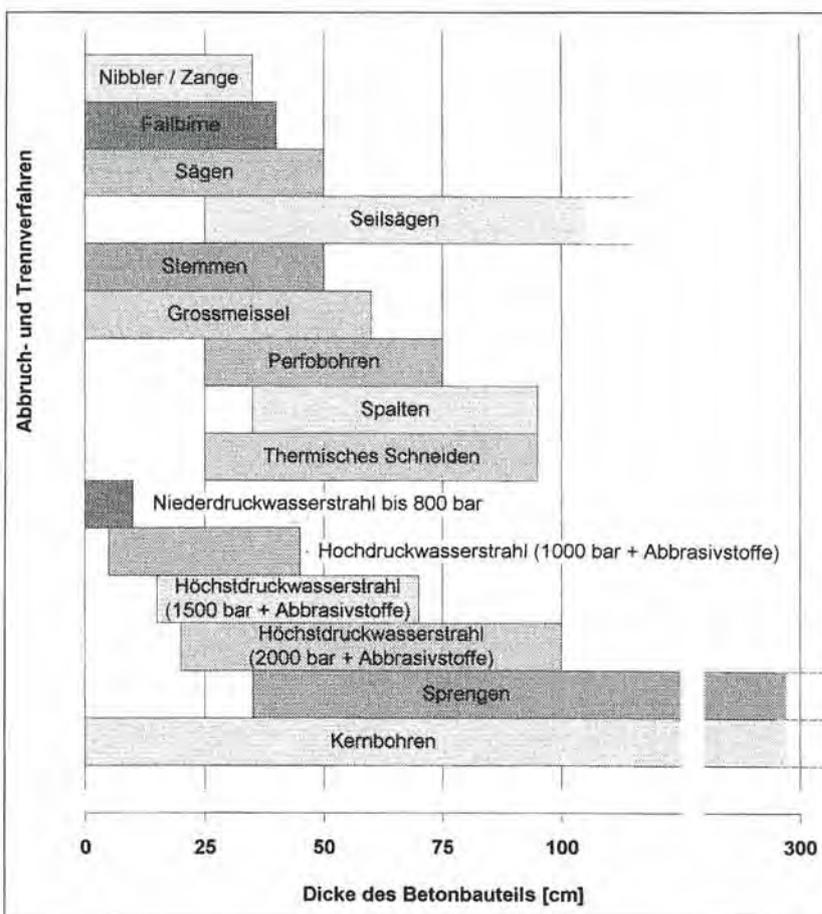


Bild 3. Einsatzspektrum von Abbruch- und Trennverfahren  
 Fig. 3. Application spectrum of demolition and cutting techniques

gerüst zu gewährleisten, so daß der Feinkorn- und somit der Zementanteil nicht 300 bis 350 kg/m<sup>3</sup> übersteigt und damit einen dichten und schwindarmen Ergänzungs beton ermöglicht. Denn wenn die Schwindspannungen in der Haftpuge zu groß werden, kann ein flächiger Längsriß auftreten und die ganze Sanierung zunichte machen. Die Schichtdicke richtet sich nach folgenden Faktoren:

- Verfahren zum Einbringen und Verdichten des Betons (konventionell in die Schalung betoniert und mittels Nadelinnenrüttler oder Trockenspritzbeton verdichtet)
- Lage der Einbaustelle zum Einbringen und Verdichten des Betons (über Kopf, Bodenplatte, Wand- und Stützenbereich)
- mögliche Anforderungen an die Dichtigkeit des Ergänzungs betons in bezug auf die späteren Einwirkungen.

Bei der Bewehrung müssen zwei Fälle unterschieden werden, die sich durch die Tiefe der Beton schädigung ergeben:

- Ist die Schädigung nicht bis zur Bewehrung vorgedrungen, dann ist meist keine Instandsetzung erforderlich oder nur im Rahmen einer Global sanierung. In diesem Fall sollte die Bewehrung nicht freigelegt werden oder allenfalls bis zur Oberfläche. Damit wird der Verbund weitgehend erhalten und die Kraftübertragung kaum beeinflusst. Das Abtragen der Oberfläche muß unbedingt gefügeschonend erfolgen.
- Ist die Schädigung bis in die Tiefe der Bewehrung fortgeschritten und somit bereits die Korrosion in Gang gesetzt worden, ist die Bewehrung rundum freizulegen. Dies ist notwendig, um die Restrukturierungsarbeiten zuverlässig durchführen zu können und die Längstrennrisse entlang der Bewehrung zu eliminieren, die durch die Korrosion oder die Abtragarbeiten entstanden sind. Der Freiraum hinter der Bewehrung sollte aus arbeits-technischen Gründen mindestens  $10 \text{ mm} < \Delta l < 0,75 \varnothing_{\text{Bewehrung}}$  betragen, um die Bewehrung durch Sandstrahlen einwandfrei metallisch entrostet zu können, wobei  $\Delta l > 1,5$  bis  $2 \varnothing_{\text{Größtkorn}}$  sein soll, um den Reprofilierungsbeton einwandfrei, vollständig und somit

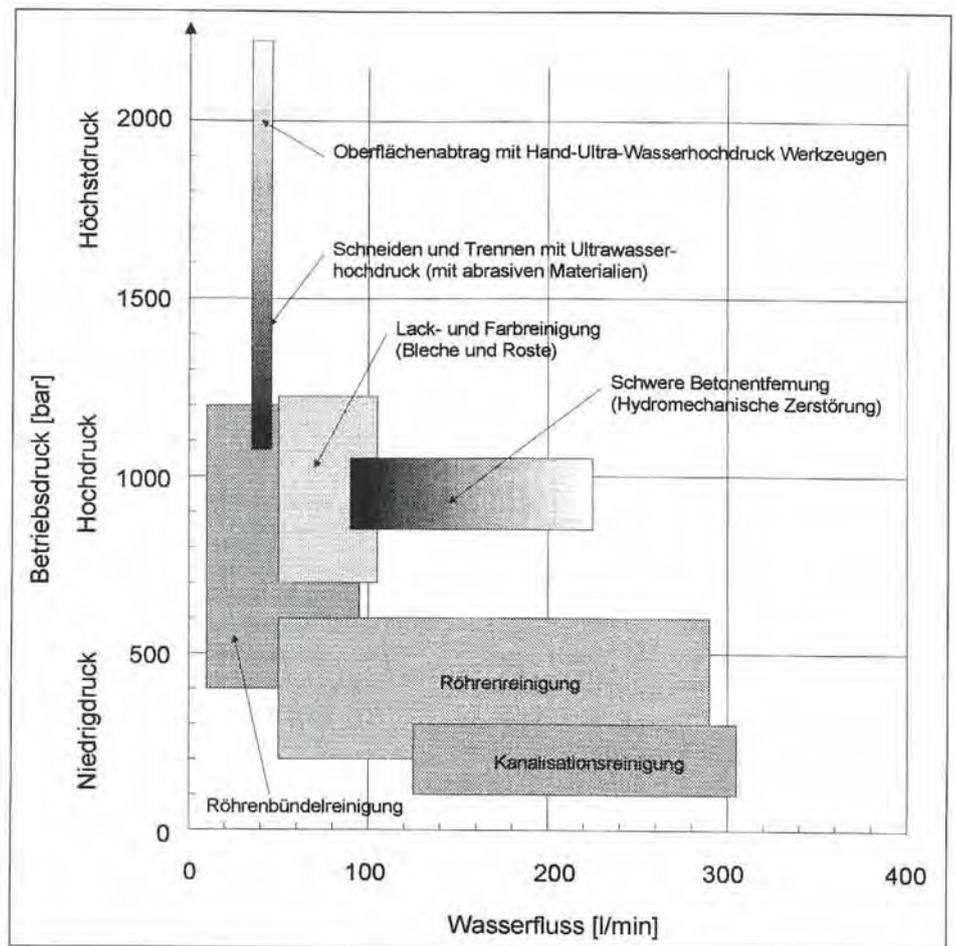


Bild 4. Einsatzspektrum von Wasserstrahlverfahren  
Fig. 4. Application spectrum of water jet techniques

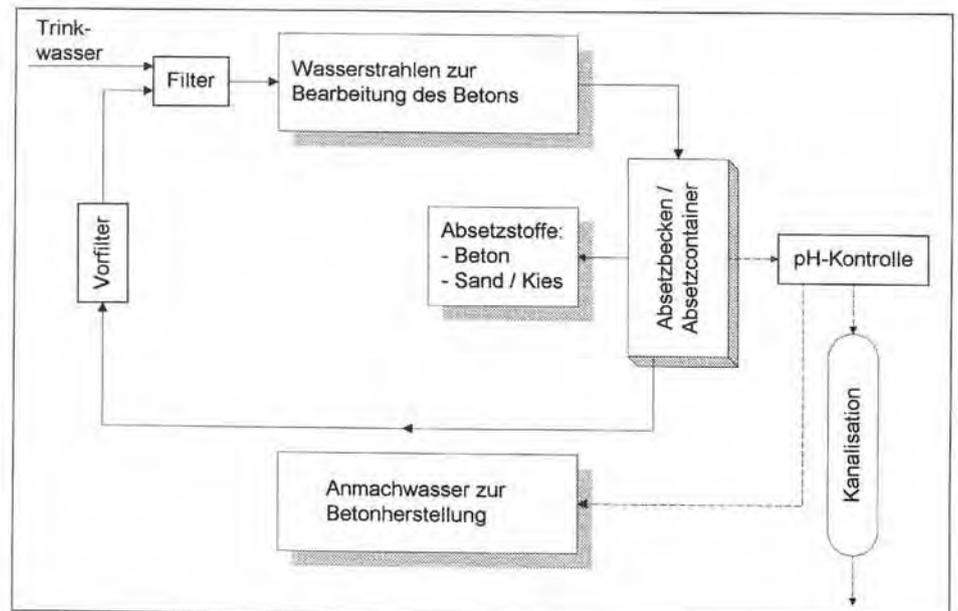


Bild 5. Wasserkreislauf beim Wasserstrahlverfahren  
Fig. 5. Water recycling by water jet techniques

kraftschlüssig und dicht einbringen zu können.

In besonderen Fällen ist ein Korrosionsschutzanstrich der Bewehrung erforderlich, falls die Re-

profilierungsschicht nicht ausreichend dick und dicht aufgebracht werden kann, um eine langfristige Passivierung der Bewehrung sicherzustellen. Die Bewehrung

sollte nach der Beschichtung, solange diese noch klebrig ist, zur Verbesserung der Haftung des Reprofilierungsmörtels mit Quarzsand abgestreut werden.

Das Aufbringen von Haftbrücken wird meist bei kleineren Instandsetzungsflächen angewandt. Diese Haftbrücken müssen intensiv auf den ausreichend durchfeuchteten Untergrund gebürstet werden. Der Reprofilierungsmörtel sollte dann auf die noch frische Haftbrücke aufgebracht werden. Dies ist jedoch bei großflächigen Arbeiten nicht möglich. Wichtig ist es zu wissen, daß bei einer falschen Anwendung des Haftbrückenverfahrens eine wirkliche Trennfläche entstehen kann. Daher sollte man die Haftbrücke nur in speziellen Fällen anwenden.

Ein besonderes Problem stellen die Enden von nur partiell freigelegten Bewehrungsstäben dar. Es muß sichergestellt werden, daß der freigelegte Krater nicht flach ausläuft, da sonst der Reprofilierungsbeton oder -mörtel nicht verdichtet werden könnte und nur eine Zementhaut übrig bliebe. Dies wäre dann die zukünftige neue Schwachstelle.

#### 6.4 Aufbringen der Reprofilierungsschichten

Zum Aufbringen von Reprofilierungsschichten und zum Schließen von Rissen eignen sich u.a. folgende Verfahren [4], [5]:

- Normalbeton in Schalung
- Spritzbeton
- Auftragen von Reprofilierungsmörtel und Ausfugen von Mauerwerk
- Auftragen von Beschichtungen
- Füllen von Rissen und Mauerwerksfugen mittels Injektionstechnik.

**Normalbeton** wird eingesetzt, wenn eine gute Zugänglichkeit und ausreichende Schichtdicke zur guten Abstufung der Sieblinie und zum Verdichten der Reprofilierungsschicht gewährleistet sind. Als Beispiele können Deckenüberzugsbeton und allgemein hochbelastete Druck-Tragglieder (Stützen, etc. mit stark abgetragenen Teilen) angeführt werden.

**Spritzbeton** ist für Sanierungszwecke das verfahrenstechnisch

geeignetste Bauverfahren zum Auftragen großflächiger Reprofilierungsflächen. Der Spritzbeton wird ohne Schalung auf Bauteile in allen möglichen Lagen, z.B. auf vertikale Bauteile (Wände, Stützen, etc.) oder über Kopf auf Deckenunterseiten aufgespritzt. Dabei können auch geringe Schichtdicken von 2 bis 5 cm mit ausreichender Verdichtung aufgebracht werden. Zur Sanierung eignet sich das Trockenspritzverfahren, da die Spritzbetonmengen oft relativ klein sind und der Spritzvorgang öfter unterbrochen werden kann.

Das Auftragen von **Reprofilierungsmörtel, -spachtelung und Beschichtungen** erfolgt meist in relativ dünnen Schichten für Flächenbeschichtungen sowie zum punktförmigen Auftragen bei Einzelschäden. Diese Auftragstechnik eignet sich für:

- Reprofilierung von Ausbruchstellen
- dünne flächenhafte Überzüge
- Ausfugen von Mauerwerk etc.

Meist verwendet man zementgebundene, kunststoffvergütete Produkte. Diese Stoffe können überall dort eingesetzt werden, wo die Oberfläche versiegelt werden soll und von dieser Schicht keine statische Tragwirkung erwartet wird. Die Instandsetzungsmörtel werden mit Hand oder mittels Putzmaschine aufgetragen. Auf die verschiedenen Materialien [6] wird hier nicht weiter eingegangen.

Zur Verpressung von tieferen Einzelrissen verwendet man die Injektionstechnik mittels Packern. Die Injektionsgeräte bestehen aus:

- Druckerzeuger (Pumpe)
- Materialbehälter
- Transport- oder Förderschlauch
- Misch- und Dosiereinrichtung
- Aufgabereinrichtung.

Folgende Rißfüllstoffe stehen zur Verfügung:

**Epoxidharz:** Für kraftschlüssige Verbindungen werden lösungsmittelfreie, kalthärtende, niedrigviskose Zweikomponenten-Epoxidharze angewandt. Diese werden zum Schließen und Abdichten von Rissen verwendet.

**Polyurethanharz:** Für begrenzt dehnfähige Verbindungen werden lösungsmittelfreie, kalthärtende, niedrigviskose Zweikomponenten-

Polyurethane verwendet. Diese Harze haben eine große Dehnfähigkeit bei gleichzeitig ausreichender Haftfestigkeit. Zudem ermöglicht der Schaum die schnelle Abdichtung bei starkem Wasserantrag (Sekundenschäume). Die Verbindungen sind jedoch nicht kraftschlüssig.

**Zementleim:** Für das Schließen und Abdichten von Rissen > 3 mm. Die Rißbereiche sollten vorgenäßt werden.

Das Einbringen von Injektionsharzen in Risse erfolgt unter Druck mit Hilfe von Packern [7]. Folgende Injektionsverfahren werden angewandt:

**Klebepacker:** Diese werden bis zu einem Verpreßdruck von 60 bar eingesetzt. Sie bestehen aus einer kleinen Platte mit Verpreßnippel, die auf den Riß aufgeklebt wird. Der Riß muß vorher vollständig verdämmt werden. Vorzugsweise verwendet man Polyurethanklebstoff für die Verklebung und Verdämmung, der dem Verpreßdruck standhalten muß. Nach Beendigung der Verfüllarbeiten werden Verdämmung und Klebepacker entfernt. Bei Verwendung von PU-Schaum kann meist auf eine Verdämmung verzichtet werden.

**Bohrpacker:** Der Bohrpacker besteht aus einem zylindrischen Rohr, das am oberen Ende mit einem Verpreßnippel versehen und am unteren Ende seitlich mit Schlitzen ausgerüstet ist. Die Schlitze sind mit einer Verpreßmanschette, die gleichzeitig als Rückschlagventil wirkt, überzogen. Die Bohrpacker werden in Bohrlöcher gesetzt, die unter 45° den Rißbereich kreuzen, damit sich das Harz dort verteilen kann. Die Anordnung der Bohrpacker erfolgt abwechselnd von beiden Rißufern aus. Der Abstand zwischen den Packern richtet sich u.a. nach der Bauteildicke. Diese Packer können mit sehr hohem Druck beaufschlagt werden.

Die Injektionen erfolgen stets von unten nach oben. Sobald das Harz am nächsthöheren Einfüllstutzen austritt, wird der Verpreßvorgang vom nächsten Packer aus fortgesetzt. Am oberen Ende sollte eine Entlüftungsöffnung vorhanden sein.

**6.5 Spezialgeräte zur Instandsetzung von Linienbauwerken**

Zur Instandsetzung von Ingenieur-Linienbauwerken, wie z.B. Brücken und Tunnel, werden oft zur rationellen und effizienten Abwicklung der Arbeiten folgende Fahrrichtungen, wie Brücken- und Tunnelinstandsetzungswagen verwendet.

Der **Brückeninstandsetzungswagen** wird bei Brücken eingesetzt, die von unten her nicht zugänglich sind. Das Gerät steht meist auf der Standspur und krägt über den Rand aus. Es ist mit einer Bühne ausgestattet, mit der die Unterseite der Brücke besichtigt und instandgesetzt werden kann. Der Geräte- teil auf der Standspur wird mit Ballast versehen, um das Gleichgewicht zu dem Material und den Arbeitsgeräten auf der Arbeits- bühne herzustellen.

Die **Tunnelinstandsetzungswagen** bestehen aus normalen Flachwagen der Bahn oder Radfahrzeugen, die mit Spezialgeräten bestückt

sind. Im folgenden soll eine gleis- gebundene Ausführung erläutert werden (Bild 6).

Die verschiedensten Bauwagen können für die effiziente Erledi- gung folgender Spezialarbeiten ausgerüstet werden:

- Sohlausbruch mit Förderband- lader und Hydraulikbagger
- Bohren der Rühlwandträger,
- Versetzen von Fertigelementen für die Entwässerung,
- Schneid- und Schrämarbeiten,
- Sandstrahlarbeiten,
- Spritzbeton und Trockengemisch- aufbereitung
- Betonarbeiten (Betonierzug)
- Staubabsaugen (Rotovent)
- Hebebühnen, Montagegeräte etc.

Diese werden vom bestehen- den oder vom neuen Gleis einge- setzt.

**Materialaushub:** Die Wagen für z.B. den Widerlageraushub beste- hen aus einer Wagenkombination von Förderbandladevorrichtung zur Aufnahme des Aushubmateri- als und einem Wagen mit vor Kopf

montiertem Hydraulikbagger mit Knickarm oder mit Teleskopbag- ger.

**Bohr- und Versetzwagen für Rühlwandträger:** Auf jedem Wag- en sind zwei Bohrgeräte im Abstand der Bohrungen und ein Trägerversetzgerät für die Rühl- wandträger montiert. Die Bohrun- gen werden zuerst verrohrt, mit der ersten Rotationsbohrmaschine durch den Bahnschotter gebohrt, und dann erfolgt durch die Verroh- rung mit einem Imlochhammer die Felsbohrung. Zur Staubbekämp- fung wird eine Staubabsauganlage installiert.

**Versetzwagen für vorfabrizierte Rigolenelemente:** Für das Ver- setzen der tonnenschweren Ent- wässerungselemente wird ein kom- binierter Transport- und Ver- setzwagen benutzt. Das Element- versetzgerät kann mit den hydrau- lischen Hebe- und Vershubarmen die Elemente, die sich auch auf dem Plattformwagen befinden, fas- sen und sie an die Versetzstelle transportieren und einbauen ohne

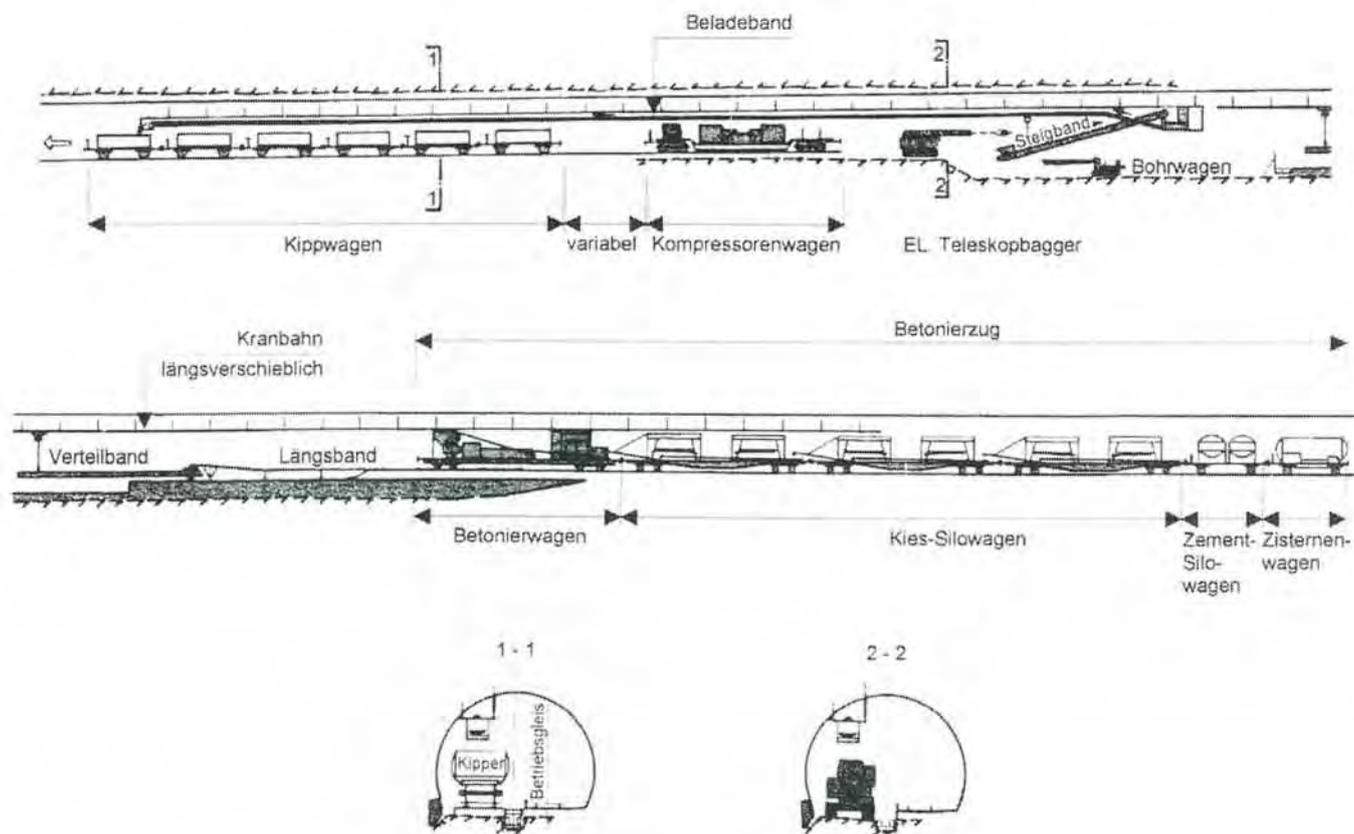


Bild 6. Konfiguration des Tunnelinstandsetzungszuges [8]  
 Fig. 6. Configuration of tunnel reinstatement train [8]

das Lichtraumprofil des Betriebsgleises zu berühren (Bewegungsbegrenzung).

**Schrämwagen:** Auf einem Flachwagen wird der teleskopierbare Schrämarm und das Antriebsaggregat (TSM) oder ein laffetierter Rotationsbohrhammer mit Spezialkrone und der nötigen Installation für die Schrämmaterialaufnahme und Materiallagerung montiert. Je nach Umfang und Reichweite der Schrämarbeiten ist auch die Größe dieses Wagens zu dimensionieren.

**Sandstrahlwagen:** Für die Sandstrahlarbeiten zur Aufräuhung des Tunnelgewölbes wird ein spezielles Gerüst mit Staubwand konstruiert, welches diese Arbeiten von den übrigen Arbeitsstellen trennt. Das Sandstrahlgerät sollte mit einer Naßstrahldüse und einer Entstaubungsanlage ausgerüstet sein. Als Strahlmittel kann entstaubte Schmelzkammerschlacke (1,5 bis 2,5 mm) verwendet werden. Weiter sind eine unabhängige Wasser- und Sandversorgung mit entsprechenden Dosieranlagen auf dem Wagen zu installieren.

**Spritzbetonarbeiten:** Der Wagen für die Sandstrahlarbeiten kann in Kombination mit dem Transportwagen für das Trockengemisch auch für Spritzbetonarbeiten am Gewölbe verwendet werden. Entsprechend wird er mit Schnellbindertanks und Spritzbetonmaschinen ergänzt. Zur Aufbereitung des Trockengemischs wird auf einem zweiten Bahnwagen eine Zentrale mit Mischer, Zementsilo und Zuschlagstoffen eingerichtet.

**Betonzug:** Für die Instandsetzungs- und Umbauarbeiten in Sohlgewölbe, Gewölbe, Parapete, Nischen etc. wird eine moderne Betonzentrale in Form eines Betonierzuges zusammengestellt: Auf dem ersten Wagen befinden sich Mischzentrale mit Zementsilos und Wassertanks, Dosieranlagen und Zwangsmischer. Es folgen die Zuschlagstoffe in je einem Komponentenwagen, welche über Förderbänder mit dem Wagen der Beton-Mischzentrale verbunden sind. Der Betonzug hat eine Kapazität von meist über 100 m<sup>3</sup>.

**Entstaubungsanlagenwagen:** Neben der fest installierten Ventila-

tionsanlage kann es bei Arbeitsstellen mit starker Staubentwicklung (Schrämen, Reinigen etc.) erforderlich sein, einen speziellen Staubabsaugwagen zum Einsatz zu bringen. Er besteht aus einer Naßentstaubungsanlage (Rotovent) und zwei Ventilatoren, um von den Arbeitsstellen über Saugleitungen den Staub direkt dem Rotovent zuzuleiten.

Je nach Tagesprogramm resp. Schichtprogramm der Instandsetzung eines Tunnels werden diese Spezialwagen zu einem Bauzug zusammengestellt und auf der Sanierungsstrecke entsprechend den Bauarbeiten verteilt. Sie werden bei Schichtende wieder zusammengestoßen, um das Arbeitsgleis wieder für den Betrieb oder für weitere Arbeiten freizugeben.

Die Bauzüge dürfen zu keinem Zeitpunkt den Zugverkehr beeinträchtigen. Deshalb unterliegen diese Wagen sehr strengen Sicherheitsanforderungen. (Die technische Betreuung und Überwachung der 125 Spezialwagen bei der Sanierung des Hauenstein-Basistunnels oblag dem „technischen Wagendienst“ (TW) der SBB, der dafür eigens einen Spezialvisiteur und einen Reparatur auf der Baustelle stationiert hatte.)

Alle Aufbauten müssen vor dem Einsatz durch die Bahn kontrolliert und abgenommen werden in bezug auf Belastung, Lichtraumprofil, Erdung, Stabilität und zulässige Geschwindigkeit und gemäß den geltenden Vorschriften überprüft werden. Alle Bauwagen stehen in härtestem Untertageinsatz und müssen starken Vibrationen, Schlägen, Verschmutzungen und Exzentrizitäten standhalten. Dies stellt außerordentlich hohe Anforderungen an die Instandhaltung der Wagen.

## 6.6 Sicherheitsanforderungen an die Bauabwicklung

Die an die Abwicklung von Instandsetzungs- und Umbauarbeiten zu stellenden Sicherheitsanforderungen wurden bereits erläutert. Die Bedeutung eines funktionalen integralen Sicherheitsplans soll nochmals hervorgehoben werden. In einem solchen Plan müssen die Gefährdungspotentiale für

- Benutzer
  - Bauarbeiter
  - die Standsicherheit des Bauwerks
  - Umwelt
- identifiziert und die adäquaten Schutz- und Informationsmaßnahmen für alle Phasen der Bauausführung geplant werden. Auf folgende baubetriebliche Sondermaßnahmen soll hingewiesen werden:
- Bei Verkehrs- oder Produktionsanlagen, die sich in direkter Reichweite von Baugeräten befinden, müssen visuelle Profilbegrenzungen angebracht werden, damit die Baumaschine nicht unbeabsichtigt in den Nutzerraum vordringen kann. Dies ist besonders bei Geräten mit Dreh- und Schwenkeinrichtungen notwendig, wie z.B. Bagger, Bohrgeräte, Lader, etc. Die modernen Baugeräte können mit Drehwinkelbegrenzer ausgerüstet werden, damit z.B. ein Hydraulikbagger nicht in den Verkehrsraum der Straße oder das Lichtraumprofil einer Bahnanlage eindringen kann. Im Bahnbetrieb werden optische und akustische Warnanlagen verwendet, um die Bauarbeiter vor herannahenden Zügen zu warnen.

Besondere Sicherungsmaßnahmen sind auch bei Sprengarbeiten sowie bei Instandsetzungs- und Umbauarbeiten von Tunnelbauten einzuleiten. Damit das gesprengte Material nicht unkontrolliert herumfliegen kann, sind Gummi- oder Kettenmatten unbedingt erforderlich. Besonders effizient erweisen sich bei solchen Linienbaustellen rollbare Sprengschutzelemente. Diese Maßnahme reduziert gleichzeitig das Absuchen der Nutzerflächen nach möglicherweise noch herumliegenden Gesteinsbrocken.

Zur Gewährleistung der **Arbeits- und Umweltsicherheit**, d.h. zum Schutz der Bauarbeiter und Benutzer sowie des Verkehrs, sind Gerüste und Schutzabdeckungen notwendig. Diese müssen folgende Anforderungen erfüllen:

- sicheres Ausführen der Arbeiten mit ausreichendem Arbeitsraum ermöglichen
- Auffangen des gelösten und abgebrochenen Materials.

Der persönlichen Arbeitssicherheit der Bauarbeiter dienen folgende Maßnahmen:

- Sicherheitskleidung beim Umgang mit gefährlicher Abtrags- und Abbruchtechnik
- Schutzmaßnahmen beim Umgang mit löslichen Bauchemieprodukten.

Die **Bauwerkstragsicherheit** muß beim Abtragen von Konstruktionselementen gewährleistet sein, z.B. bei der Sanierung von

- Stützen- und Wänden
- Druckzonen von Balken, Decken, Brückentägen, etc.
- Schalen
- Fundamenten (bei größeren Eingriffen) etc.

ebenso bei Eingriffen in die Aussteifungselemente eines Bauwerks, z.B.

- Trennen von Deckenscheiben vom Kern eines Gebäudes
- Heraustrennen von Wandscheiben, die als Windaussteifung dienen, etc.

## 7 Umweltverträglichkeit der Instandsetzung

### 7.1 Umweltverträglichkeit der verwendeten Produkte in bezug auf zukünftige Sanierungen

Neben der eigentlichen Instandsetzung stehen die Fragen der Umweltverträglichkeit und späteren Entsorgung sowie auch der Wiederaufbereitung der verschiedenen Sanierungs- und Vergütungsmaterialien im Vordergrund. Heute werden von der Baustoffchemie in großem Umfang neue Produkte auf den Markt gebracht, um einen Entwicklungssprung mit dem einhergehenden Marktvorteil für sich zu sichern. Dabei sind die Fragen hinsichtlich Langzeitbeständigkeit oder umweltfreundlicher Entsorgung bei späterer Instandsetzung im Regelfall unzureichend oder auch gar nicht geklärt. Es macht keinen Sinn, Betonbeschichtungen einzubauen, die im Fall späterer

Sanierung als Sondermüll entsorgt werden müssen.

### 7.2 Umweltverträglichkeit der Instandsetzungsarbeiten

Zur umweltverträglichen Entsorgung bzw. Wiederverwendung von Abstemm- und Abbruchmaterial gehört die systematische Trennung der Materialien. Zu diesem Zweck ist es erforderlich, den Bauschutt zu selektieren und zu prüfen, welche Materialien recycled und welche der Deponie zugeführt werden müssen. Erfolgt das Abtragen von schadhafter Bausubstanz mit einem Trägermedium für die Energie (Wasserstrahl-, Sandstrahltechnik, etc.), so muß dies auf der Baustelle sorgfältig aufgefangen werden und in einen Kreisprozeß geführt werden (Recycling). Dazu benötigt man effiziente Separationsanlagen.

## 8 Planungsgrundsätze für zukünftige Instandsetzungen

In der Vergangenheit wurden die meisten Bauwerke nicht für den Nutzungsfall „Instandsetzung“ unter Betrieb dimensioniert. Diese Untersuchung sollte sich jedoch heute jeder planende Ingenieur in sein Pflichtenheft schreiben. Die Gebrauchstauglichkeit von neuen Bauten, insbesondere solcher von hoher wirtschaftlicher Bedeutung, sollte für alle relevanten Nutzungsfälle nachgewiesen werden. Dabei sind Instandhaltung und Instandsetzung unter wachsender Nutzung einzubeziehen. Ferner ist die Instandsetzungsfähigkeit der Konstruktion kritisch zu überprüfen. Zu diesem Zweck sollten folgende Untersuchungen durchgeführt werden:

- Bemessung des Bauwerks für den Nutzungsfall „Instandsetzung“
- Bemessung des Bauwerks unter Berücksichtigung des Platzbedarfs für die Bauverfahrenstechnik der Instandsetzung

– Kosten-Nutzenrechnung in bezug auf die größere Instandsetzungsdimensionierung des Bauwerks und der über die Nutzungsdauer eingesparten Softkosten der Benutzer.

Die Instandsetzung von Bauwerken wird in Zukunft eine wesentlich bedeutendere Rolle bei unseren Bauaufgaben einnehmen. Daher müssen wir ihr im Rahmen der Ausbildung, Projektvorbereitung und Ausführung erhöhte Aufmerksamkeit zukommen lassen.

## Literatur

- [1] *Linder* : Schälen, Trennen und Abbrechen von Betonbauteilen. Verlag Ernst & Sohn, Berlin (1982).
- [2] *Der Betontrennfachmann*. Hrsg.: SVBS Schweizer Verband der Betonbohr- und Betonschneidunternehmen. (1993).
- [3] *Momber, A.*: Handbuch Druckwasserstrahltechnik. Beton-Verlag, Düsseldorf (1993).
- [4] *Wolfseher R.*: Die Sanierung von Stahlbetonbauteilen. Baufachverlag, Dietikon (1994).
- [5] ZTV-SIB 87 Zusätzliche Technische Vorschriften und Richtlinien für den Schutz und Instandsetzung von Bauteilen. Bundesministerium für Verkehr Abt. Strassenbau, Bonn (1987).
- [6] *Luley, H., Kampen, R.*, u.a.: Instandsetzen von Stahlbetonoberflächen. Ein Leitfaden für den Auftraggeber. Hrsg.: Bundesverband der Deutschen Zementindustrie, Köln (1994).
- [7] ZTV-RISS 88 Zusätzliche Technische Vorschriften und Richtlinien für das Füllen von Rissen in Betonbauteilen. Bundesministerium für Verkehr Abt. Strassenbau, Bonn (1987).
- [8] *Etterlin, A.*: Rekonstruktion Hauenstein Basistunnel, Luzern.
- [9] *Galli, W.*: Sanierung Rosentunnel St. Gallen, Vorlesung ETH: IBB Höggerberg Zürich 1997.

### Autor dieses Beitrages:

Prof. Dr.-Ing. Gerhard Girmscheid, Baubetriebswissenschaft und Bauverfahrenstechnik, ETH Höggerberg, CH-8093 Zürich