

## INHALTSVERZEICHNIS

<b>1 AUSGANGSSITUATION</b>	<b>2</b>
<b>2 PROJEKTZIELE</b>	<b>2</b>
<b>3 ARBEITSPROGRAMM</b>	<b>3</b>
3.1 Vorerhebungen	3
3.2 In-situ-Untersuchungen	3
3.2.1 Erhebungen zur Erfassung der in Österreich gebräuchlichen Systeme	3
3.2.2 Auswahl von Objekten, in situ-Untersuchungen und Zustandsfeststellungen	4
3.2.3 Ziel der Untersuchungen	4
3.2.4 Untersuchungsprogramm	5
3.3 Schlußfolgerungen	6
<b>4 ERGEBNISSE</b>	<b>7</b>
4.1 Vorbemerkungen zu Begriffen wie „Stand der Technik“ und „Regel der Technik“	7
4.2 Historische Entwicklung	9
4.3 Befestigungssysteme	10
4.3.1 Allgemeines	10
4.3.2 Wand- und Fassadenfertigteile	10
4.3.3 Verankerungs- und Befestigungssysteme	11
4.3.3.1 Standardisierte Konstruktionen	11
4.3.3.2 Einzelentwicklungen (Verankerungen)	15
4.4 Korrosionsverhalten der Stahlteile	16
4.5 Sicherheitsbetrachtungen	20
<b>5 KONSEQUENZEN UND HANDLUNGSBEDARF</b>	<b>21</b>

## 1 Ausgangssituation

In den letzten drei bis vier Jahrzehnten sind in Österreich zahlreiche Gebäude errichtet worden, die über unterschiedliche Verankerungen mit massiven Betonfassadenplatten verkleidet wurden. Viele davon sind mit dem gravierenden Mangel behaftet, daß ihr Erhaltungszustand und damit ihre Tragfähigkeit sich einer zerstörungsfreien Überprüfung entziehen. In vielen Fällen kann auch nicht damit gerechnet werden, daß ein Versagen der Aufhängung sich durch große Verformungen, die von außen mit freiem Auge erkennbar sind, vorankündigt. Darüber hinaus gibt es statisch bestimmte Lagerungen, die bei Versagen eines Aufhängepunktes zum Totalversagen der Befestigung eines oder unter Umständen auch mehrerer Fassadenelemente führen (Kettenreaktion). Daraus ergibt sich ein in der Regel nicht einschätzbares Gefährdungspotential für Personen und Sachen.

Bei vielen Objekten der Nachkriegszeit sind heute keine Konstruktionsunterlagen mehr auffindbar bzw. die ausführenden Firmen nicht mehr existent, sodaß ohne in situ-Überprüfung keine Informationen über die verwendeten Systeme und deren Werkstoffe verfügbar sind.

Dieses nicht kalkulierbare Gefährdungspotential war für das BMWA der Anlaß, gegenständliche Forschungsarbeit zu initiieren und zu fördern.

Das vorliegende Vorhaben befaßt sich primär mit vor die Tragkonstruktion gehängten, massiven Betonfassaden, die mit metallischen Befestigungselementen bzw. mit Betonkonsolen zur Abtragung von Eigengewicht und Windlasten ausgestattet sind. In Anbetracht der sehr ähnlich gelagerten Problematik wurden vereinzelt auch Fertigteilssysteme mit nachträglich vergossenen, bewehrten Fugen sowie als Brüstung dienende Blumentröge und Fertigteilparapete in die Untersuchungen am Rande mit einbezogen.

## 2 Projektziele

Generelles Ziel dieses Projekts ist es aufzuzeigen, wie künftig mit derartigen Fassaden umzugehen ist, da die voraussichtliche Nutzungsdauer solcher Fassaden nach dem heutigen Stand der Technik nicht kalkulierbar ist. Um jedoch eine entsprechende Nutzungssicherheit zu gewährleisten, sind folgende Subziele zu verfolgen, die in zwei Phasen gegliedert werden:

- Phase I (gegenständliches Forschungsprojekt)
  - Überblick über die in Österreich verwendeten Fassaden- und Befestigungssysteme
  - Analyse des Gefährdungspotentials

- Methoden der Bestandsaufnahme und Zustandsfeststellung
- Phase II (weiterführendes Forschungsprojekt)
  - Aufzeigen von Sanierungsmaßnahmen und grundsätzliche Vorgangsweise
  - Sicherheitsüberlegungen
  - Zusammenfassung in einem allgemein verständlichen Leitfaden für Baupraktiker.

Anhand der vorliegenden Kurzfassung soll die Phase 1 präsentiert und aufgezeigt werden, welcher Handlungs- und Forschungsbedarf besteht.

### 3 Arbeitsprogramm

#### 3.1 Vorerhebungen

Folgende Zielgebiete wurden im Zuge der Literaturrecherchen behandelt:

- Fassadensysteme/-typologie
- Korrosion
- Bauschäden
- Sicherheit und Zuverlässigkeit von Tragwerken.

Für diese Literaturrecherchen wurden die EDV-gestützten Datenbanken

- ICONDA
- RSWB
- SCHADIS

sowie IRB-Literaturauslesen (Fraunhofer-Informationszentrum Raum und Bau in Stuttgart) verwendet.

#### 3.2 In-situ-Untersuchungen

##### 3.2.1 Erhebungen zur Erfassung der in Österreich gebräuchlichen Systeme

Entsprechend den Bürostandorten Graz (Steiermark, Kärnten), Linz (Oberösterreich, Salzburg) und Wien (Wien, Niederösterreich, Burgenland) der Verfasser wurden folgende Aktivitäten gesetzt, um die in Österreich gebräuchlichen Verankerungssysteme zu erfassen:

- Literaturrecherche (siehe Abschnitt 3.1)
- Einschaltungen in Zeitschriften (konstruktiv, gbv-intern)
- Schreiben an verschiedene Bauträger

- Anfragen an Dienststellen des Bundeshochbaus (BBD) im Wege des BmWA und der Stadt Wien
- Kontakte zu den Herstellern von Verankerungssystemen.

Wie sich im Zuge der Recherchen herausstellte, ist ein Großteil der Gebäude mit massiven, vorgehängten Platten im Büro-, Verwaltungs- und Schulbau angesiedelt und nur ein geringer Teil im Wohnbau. Aus diesem Grunde wurde gemeinsam mit der fördernden Stelle (Bundesministerium für wirtschaftliche Angelegenheiten - Abteilung Wohnbauforschung) vereinbart, auch die Büro-, Verwaltungs- und Schulbauten in gegenständliche Studie miteinzubeziehen, ebenso wie auch Blumentröge und Attikaplaten, da die Probleme und das Gefährdungspotential dieser Verankerungen ähnlich gelagert sind.

### **3.2.2 Auswahl von Objekten, in situ-Untersuchungen und Zustandsfeststellungen**

Es wurden 25 erhobene Objekte besichtigt und teilweise photographiert, um eine erste Vorauswahl zu treffen.

Die in situ-Untersuchungen konzentrierten sich auf folgende Arbeitsschritte:

- Beschaffung von Konstruktionsunterlagen und Detailplänen
- Systemidentifizierung
- Stichprobenweise Detailuntersuchung (zerstörend/zerstörungsfrei):
  - verwendete Werkstoffe für die Befestigungselemente
  - Karbonatisierungsgrad und -tiefe
  - Korrosionserscheinungen metallischer Werkstoffe
  - allgemeines Schadensbild
  - mögliche Versagensmechanismen.

### **3.2.3 Ziel der Untersuchungen**

Folgende Ziele wurden mit den in situ-Untersuchungen verfolgt:

- Überblick über die in Österreich gebräuchlichen Fassaden- und Befestigungssysteme schwerer Fassadenplatten (tw. auch Blumentrog- bzw. Attikabefestigungen), vorrangig für den Wohnbau, aber auch Verwaltungs- und Schulbau, Serienprodukte oder Einzelentwicklungen
- Überblick über die verwendeten Werkstoffe
- Informationen über den Erhaltungszustand sowie bekannte oder noch nicht bekannte Schäden

- Einschätzung des Gefährdungspotentials
- Durchführung beschränkt zerstörender Untersuchungen (Betongefüge- und Überdeckung, Karbonatisierung, Korrosionsprodukte)

### 3.2.4 Untersuchungsprogramm

Das Untersuchungsprogramm wurde nach den gegebenen Möglichkeiten ausgerichtet. Dabei wurden Objekte ausgewählt, die typische Situationen nach den aus der Literaturrecherche resultierenden Bedingungen interessierender Zustände erkennen ließen.

Die bisher erzielten Untersuchungsergebnisse sind punktueller Natur und weisen selbstverständlich keine statistische Repräsentativität auf. Es war nicht möglich, statistisch abgesicherte quantitative Erfassungen vorzunehmen.

Bei der Untersuchung der Objekte zeigte sich, daß **sehr gefährliche Zustände** erkannt werden mußten, die ohne besondere zerstörende Untersuchungsmethoden nie aufgefunden hätten werden können. Dies bedeutet, daß künftig zumindest theoretische Überlegungen hinsichtlich der Schädigung statisch notwendiger Teile getroffen werden müssen, nach denen sich etwaige Untersuchungen ableiten lassen.

Grundsätzlich wurde angestrebt, bei allen Objekten, bei denen mehrere Untersuchungen möglich und zweckmäßig waren, folgenden Prüfumfang durchzuführen:

- Fotodokumentation
- Zustand des Betons:
  - Angaben zum Betongefüge (visuelle Beurteilung von Bruchflächen etc.), Abschätzung der Betondruckfestigkeit mit dem Rückprallhammer
  - Ermittlung der Karbonatisierungstiefe und -verteilung in den kritischen Bereichen
- Beschreibung der festgestellten Korrosionserscheinungen an den Stahloberflächen der Befestigungselemente, gegebenenfalls Entnahme von Korrosionsprodukten und Analyse im Labor
- Entnahme von Betonproben und Bestimmung des Gehalts an Chloriden, Sulfaten und Nitraten im Labor
- Lage der Prüfstellen bezüglich Himmelsrichtung, Exposition gegenüber schädlichen äußeren Einflüssen (z.B. Tausalzbereich etc.), gegebenenfalls Auffälligkeiten betreffend das örtliche Mikroklima.

### 3.3 Schlußfolgerungen

Die Erkenntnisse der bisherigen Untersuchungen lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- es wurden mehr öffentliche Bauten als Wohnbauten mit schweren Fassadenplatten verkleidet
- bei Objekten, die älter als ca. 10 Jahre sind, sind kaum mehr Konstruktionsunterlagen (Bewehrungspläne, statische Berechnungen, etc.) auffindbar
- viele Eigentümer bzw. Verwalter haben nur mäßiges Interesse am Gefährdungspotential ihrer Objekte (völlig unterentwickeltes Risikobewußtsein)
- statische Systeme sind häufig augenscheinlich nicht eindeutig definierbar
- die ersten Systeme wurden großteils aus verzinktem Baustahl hergestellt; etwa seit Ende der 70-er Jahre ist verstärkter Einsatz von nichtrostendem Stahl festzustellen
- bis Ende der 70-er Jahre wurden meist Einzelentwicklungen als Aufhängungssysteme verwendet (seither verstärkt standardisierte)
- Einzelentwicklungen sind meist nicht überprüfbar und meist nicht redundant (keine Mehrfachbefestigung)
- bei nicht-standardisierten Befestigungssystemen aus Baustahl/Betonstahl ist hohes Korrosionsrisiko zufolge karbonatisierten Betons vorhanden (erst bei fortgeschrittenem Zerstörungsgrad von außen erkennbar)
- einzelne Fassadenelemente sind häufig nicht demontierbar (sowohl bei Einzelentwicklungen als auch bei Standardsystemen)
- die wenigsten Systeme sind zerstörungsfrei prüfbar
- das Mikroklima hat erheblichen Einfluß auf den Zustand der Aufhängung
- es liegen keine ausreichenden Forschungsergebnisse betreffend den Einfluß von Luftschadstoffen auf korrosionsgefährdete Bauteile vor
- es liegen keine Forschungsergebnisse betreffend Grenzflächen der Umgebungsmedien von korrodierten Bauteilen vor
- es liegen keine systematischen Untersuchungen über die Sicherheit von Fassaden vor (außer Korrosion von Verankerungen)
- in den Bauordnungen existieren keine Vorschriften betreffend Zugänglichkeit und Kontrollierbarkeit von korrosionsgefährdeten Bauteilen
- kritische Zustände können auch aufgrund mangelhafter konstruktiver Ausbildung ohne Korrosion auftreten
- die Problematik der Natursteinfassaden wurde auftragsgemäß nicht behandelt.

Aufgrund der bei der Bestandsaufnahme gemachten Beobachtungen und gewonnenen Erkenntnisse sowie unter Berücksichtigung der Ergebnisse der Literaturlauswertung sind

folgende Fragestellungen bzw. Problembereiche derzeit als nicht ausreichend geklärt anzusehen:

- Unter welchen Randbedingungen (Mikroklima, äußere Einflüsse wie Tausalznebel etc.) ist auch bei Verwendung von nichtrostenden Stählen Korrosion nicht auszuschließen? Welchen Einfluß haben die einzelnen Sorten nichtrostender Stähle (Werkstoffnummern) auf die Korrosionsgefahr bzw. den Korrosionsfortschritt?
- Gibt es gesicherte Zusammenhänge zwischen der Konzentration von Luftschadstoffen und den jährlichen Abtragsraten von Zinkschichten auf Stahloberflächen? Was ist als kritische Zinkschichtdicke anzusehen (im Hinblick auf die verbleibende Restnutzungsdauer)?
- Mit welchen Abminderungsfaktoren für den Stahlquerschnitt ist in Abhängigkeit von den einzelnen Korrosionserscheinungen zu rechnen, um die Kerbwirkung bei einem statischen Nachweis für vorwiegend ruhende Lasten zu berücksichtigen?
- Voraussetzungen für das Auftreten von Korrosion an Stahloberflächen in karbonatisiertem Beton?
- Einfluß des Mikroklimas, insbesondere bei hinterlüfteten Fassaden, auf das Korrosionsverhalten von Stahloberflächen?

## 4 Ergebnisse

### 4.1 Vorbemerkungen zu Begriffen wie „Stand der Technik“ und „Regel der Technik“

Wenn man die Begriffe Stand der Wissenschaft, Stand der Technik und Regel der Technik richtig interpretiert, so kann man die Entwicklung der Betonfertigteilfassaden respektive deren Befestigungstechniken, solange es kein definitives Regelwerk dafür gab, als jeweiligen Stand der Technik bezeichnen.

Versteht man doch unter dem Begriff Stand der Technik den Zustand, der über das experimentelle Stadium, also den Stand der Wissenschaft hinaus, vielerorts bereits umgesetzt wird, worüber jedoch noch zu wenig Erfahrung, vor allem bezüglich Langzeitwirkung besteht. Hat sich eine Konstruktion oder ein Bausystem vielerorts und über längere Zeit gut bewährt, werden seine charakteristischen Eigenschaften vorwiegend in Normen festgehalten, so wird diese Konstruktion bzw. dieses Bausystem zur Regel der Technik.

Nach dieser Definition muß einem bewußt werden, daß nur wenige Entwicklungen sich im Laufe der Zeit so behaupten können, daß sie zur Regel der Technik werden.

Die Verfasser würden nach ihrem Erkenntnisstand den Begriff Regel der Technik noch schärfer fassen. Ein Konstruktions- oder ein Bausystem sollte zukünftig, wenn es zur Regel der Technik wird, nicht nur für eine bestimmte Nutzungsdauer gebrauchstauglich sein, die bei massiven, vorgehängten Fassaden wohl in der Größenordnung von 50 Jahren und darüber liegen sollte. Eine Gebrauchstauglichkeit über einen so langen Zeitraum erfordert jedoch insbesondere bei Verwendung von Werkstoffen, die ihre technologischen Eigenschaften durch chemische Prozesse verändern können, die Möglichkeit, ihren Erhaltungszustand in gewissen Abständen zu überprüfen. Das bedeutet, daß die wesentlichen Teile des Befestigungssystems ohne großen Aufwand zugänglich sind. Sollten bei derartigen Prüfungen nicht tolerierbare Veränderungen im Erhaltungszustand festgestellt werden, ergibt sich die nächste Forderung, nämlich daß diese Teile – ebenfalls ohne großen Aufwand – ausgetauscht werden können. Für ein den Regeln der Technik entsprechendes Bausystem sollten daher auch die Kriterien Kontrollierbarkeit und Reparierbarkeit gelten. Das Eingehen auf ökologisch relevante Kriterien wie z.B. die leichte Trenn- und Demontierbarkeit im Hinblick auf einen verwertungsorientierten Rückbau würde den Rahmen dieser Arbeit sprengen, was jedoch nichts an ihrer Bedeutung ändert.

Die individuell „handgestrickten“ Aufhängungstechniken in der Frühzeit der Betonfertigteilfassaden entsprachen gemäß unseren Untersuchungen dem jeweiligen damals gültigen Stand der Technik. Doch keines dieser Systeme hat „überlebt“ und wurde zur Regel der Technik.

Wenn bekanntlich auch Regelwerke manchmal den Fortschritt hemmen, so sind sie dennoch, wo die allgemeine Sicherheit zu gewährleisten ist, unabdingbare Voraussetzung. Durch sinnvolle Regeln sollen stets neue Erkenntnisse der Wissenschaft entstehen und den Stand der Technik beleben. Nach der Phase der Erprobung, also nach hinreichendem Sammeln von Erfahrungen mit den Neuerungen, soll dann ein geeignetes Regelwerk entstehen. Alle Neuentwicklungen, seien es neue Materialien oder Technologien, erfordern ein Vorgehen in dieser Reihenfolge. Dabei ist es unumgänglich, daß die Entwicklung und das Sammeln von Erfahrung eine gewisse Zeit benötigt. Neues einfach durch Werbung zum Besseren „hochzupuschen“, mag zu Verkaufserfolgen führen, bewährte, also langfristig taugliche Regelwerke werden dadurch nicht entstehen.

So hat keine der vorgefundenen Befestigungstechniken „der ersten Generation“ den Sprung zur Regel der Technik geschafft. Der derzeitige Erkenntnisstand ist, daß eigentlich sämtliche vom Projektteam untersuchten Fassaden auf irgend eine Art „Fehlkonstruktionen“ sind. In erster Linie sind sie deshalb als solche anzusehen, weil sich der derzeitige Zustand, vor allem die Verankerungstechnik betreffend, nicht entsprechend einfach, sprich zerstörungsfrei kontrollieren läßt.



## 4.2 Historische Entwicklung

Nach o.a. Sicht entsprechen die Anfänge der Betonfertigteilfeassaden dem jeweiligen damals üblichen Stand der Technik. Es gab noch gar nicht die Möglichkeit, nach einem allgemein gültigen Regelwerk, welches eben auf einer entsprechend langjährige Erfahrung aufbaut, solche Betonfertigteilfeassaden herzustellen – leiten sich doch solche Fassaden aus den aus der Tradition entwickelten Steinfassaden ab. Nachdem in das Steinmetzhandwerk die Steinsägetechniken eingeführt wurden, hat die Verkleidungstechnik die Steinmassivbauweise weitgehend abgelöst. Steinplatten in Formaten um ca. 1,00 m<sup>2</sup> und größer wurden auf T-förmigen Ankereisen befestigt. Nach einer entsprechenden Entwicklungszeit sind die Erkenntnisse sogar in ein Regelwerk, also in entsprechenden Normen (z.B. DIN 18515 aus 1970: Fassadenbekleidungen aus Naturstein, Betonwerkstein und keramische Baustoffe gebraucht; ÖNORM B3123-2 aus 1990: Prüfung von Naturstein, Verwitterungsbeständigkeit; ÖNORM B 3124-7 aus 1991: Ausbruchslast am Ankerloch) eingeflossen.

Nachdem die Betontechnologie immer ausgereifter wurde und die Natursteinbekleidungen, im Verhältnis zu Betonfertigteilplatten preislich nicht mehr konkurrenzfähig waren, begann Ende der sechziger und zu Beginn der siebziger Jahre deren Aufschwung. Die „neue Mode“ griff schnell um sich, war aber bereits in ihren Anfängen nicht mit den erprobten Steinbekleidungen zu vergleichen.

Die Fertigteilbetriebe wuchsen aus dem Boden und entwickelten ihre firmeneigenen Systeme. Dies galt vor allem in bezug auf die Befestigungstechnik. Es gab noch keine allgemeinen Richtlinien über die Befestigung solcher Elemente, speziell hierfür neue Entwicklungen, die auf wissenschaftlichen Überlegungen aufbauten. Sie waren noch zu wenig ausgereift und vor allem zu teuer. Aus diesem Grund griffen die einzelnen Firmen zu Eigenentwicklungen. Da jedoch die Betonfertigteilfeassaden in den verschiedensten Modetrends, bezogen auf Oberflächengestaltung, Formgebung und Dimensionen vor allem billig sein mußten, sparte man vielerorts an einer gediegenen und ausgereiften, vor allem aber erprobten Befestigungstechnik. Manchmal wurden Betonfertigteile, welche mit Schweißgründen versehen waren, förmlich an die Tragkonstruktion quasi „angeschlossert“, also Verbindung vor Ort durch Schweißung hergestellt.

Im wesentlichen kamen in der Frühzeit der Betonfertigteilbauweise entweder anbetonierte oder T-Stahl-Konsolen als Auflager auf den Geschoßdecken zur Anwendung oder eine Aufhängung auf dahinterliegenden Betonbrüstungen. Gegen Kippen sind diverse Halterungen vor Ort angeschweißt worden. Aber auch aus Stahl I geformte Laschen und

mittels Gewindestangen distanzierte Aufhängungen sind fabriziert und im Zuge unserer Untersuchungen entdeckt worden.

Als eklatante Fehlkonstruktion sind mit Schweißgründen vor Ort angeschweißte Befestigungslaschen zu bezeichnen, insbesondere bei statisch unbestimmten Systemen. Solche Konstruktionen sind unweigerlich, vor allem bei Fertigteilen mit einer horizontalen Ausdehnung über 6,00 m großen Zwängungsspannungen ausgesetzt. Wann sich eine solche „dubiose“ Verbindung löst, kann niemand seriös vorhersagen.

Weiters wurden oft Oberflächen gestockt, ohne sich dabei Gedanken zu machen, daß die ohnehin zu geringe Betonüberdeckung der Bewehrung, sehr bald zu mehr oder weniger irreparablen Schäden führen können. Dazu kam noch, daß Normen einen Mindestgehalt an Bewehrung vorschrieben, die in der Regel in den immer dünner werdenden Betonfertigteilplatten kaum unterzubringen waren. Heute rosten bevorzugt diese „Überschußeisen“ aus den Betonfertigteilen heraus.

### 4.3 Befestigungssysteme

#### 4.3.1 Allgemeines

Prinzipiell muß zwischen folgenden Konstruktionen unterschieden werden:

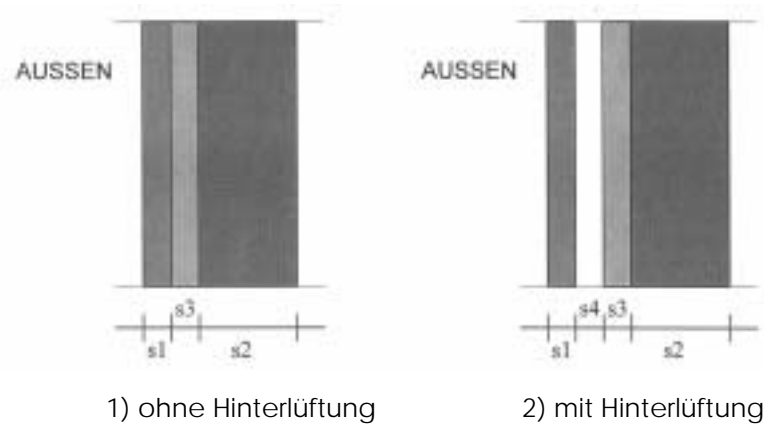
- Lochfassade - Mauermassenbau
- Fensterband-Brüstungsband-Fassade
  - außen bündig
  - mit Rücksprung
- Stahlbeton-Skelettbauweise
  - mit massiver Brüstungsausfachung
  - ohne massive Brüstungsausfachung
- Großplatten-Bauweise
- Nichttragende Vorhangwand
  - vor Betonskelett
  - vor Stahlskelett

#### 4.3.2 Wand- und Fassadenfertigteile

Prinzipiell können Wand- bzw. Fassadenfertigteile lasttragend oder nur eigenlasttragend sein.

Bei lasttragenden Konstruktionen wirken die Fertigteile als Raumbegrenzung bei gleichzeitiger Wirkung als Tragstruktur des Gebäudes. Eigenlasttragend sind solche Konstruktionen, welche nur der Raumbegrenzung bzw. der Verkleidung dienen und nur ihr eigenes Eigengewicht abtragen.

Grundsätzlich sind zwei Beton- und Wandfertigteil-Systeme gebräuchlich.



Als Sonderlösung sind auch Sandwichplatten mit Hinterlüftung (Abstandhalter) erhältlich.

### 4.3.3 Verankerungs- und Befestigungssysteme

Prinzipiell muß zwischen folgenden Ausführungsarten unterschieden werden:

- Standardisierte Konstruktionen, meist mit baupolizeilicher Zulassung
- Einzelentwicklungen.

Grundsätzlich sollten alle Systeme den zum Zeitpunkt der Planung gültigen einschlägigen Gesetzen, Normen und Verordnungen entsprechen.

#### 4.3.3.1 Standardisierte Konstruktionen

Befestigungssysteme, welche eine baupolizeiliche Zulassung besitzen, sind typengeprüft. D.h. es entfällt die Notwendigkeit eines statischen Nachweises des Einzelsystems im Detail. Allerdings sind auch die im folgenden angeführten Verankerungssysteme nicht nachträglich kontrollierbar oder einzelne Platten zu entfernen.

Im folgenden werden standardisierte Konstruktionen für

- 1) Hinterlüftete Fassade
- 2) Sandwichfassadenplatten und
- 3) Balkon- und Brüstungsverkleidungen

unterschieden.

#### 1) *Hinterlüftete Fassade*

Sowohl im Wohnungs- und Verwaltungsbau als auch im Industriebau kamen großflächige, hinterlüftete Stahlbetonfassadenplatten in den siebziger Jahren immer öfter zum Einsatz.

Die Verankerungen von vorgehängten Betonfassadenplatten sind meist weder zugänglich noch sichtbar. Diese Systeme sind in drei Richtungen justierbar und lassen damit ein Ausrichten der vorgehängten Fassade zu.

Bei Fassadenplatten ist neben den normgemäßen Lastannahmen der Einfluß von Zwangskräften, die durch Temperaturunterschiede hervorgerufen werden, besonders zu berücksichtigen. Eine Temperaturdifferenz von  $\Delta t = 100 \text{ }^\circ\text{C}$  ist bei der Berechnung anzusetzen.

Es sind daher Konstruktionen entwickelt worden, welche die Befestigungen solcher Fassadenplatten technisch einwandfrei ermöglichen und dabei eine einfache und zeitsparende Montage gestatten.

Es gibt verschiedene Arten der Befestigung:

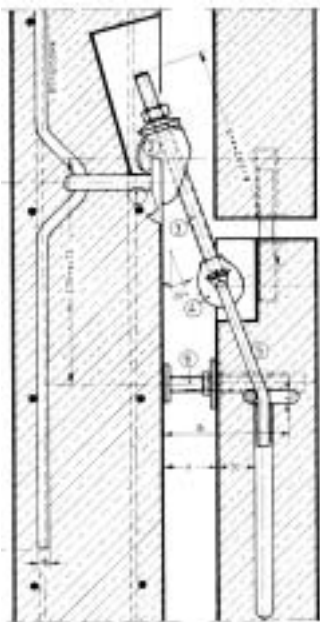
- a) Fassadenplattenanker (Hängeanker)
- b) Stehbolzen, Attika- od. Winkelplattenanker
- c) Konsolanker
- d) Zahnhalteanker
- e) Pendelhalteanker
- f) Halteanker mit Schaumgummi
- g) Kurbelhalteanker
- h) Druckschraube
- i) Durchbohranker
- j) Verdollungen

*ad a) Fassadenplattenanker (Hängeanker)*

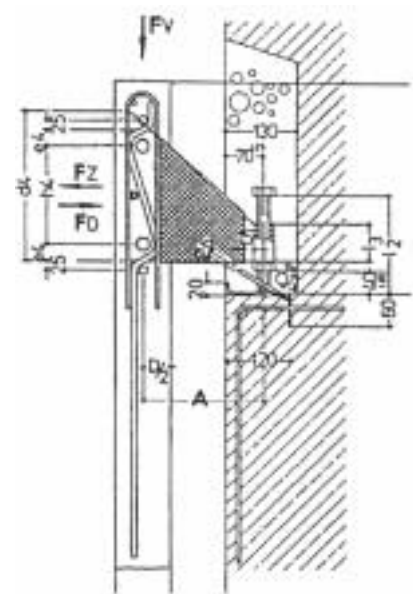
Bei dieser Aufhängung von Fassadenplatten müssen die auftretenden Kräfte, die im wesentlichen aus Eigengewicht und Windbeanspruchung bestehen, in geeigneter Weise aus der Fassadenplatte in die tragende Konstruktion übergeleitet werden.

Dabei werden bei diesem System die Kräfte vorzugsweise als Zug- und Druckkraft abgetragen. Ebenfalls sind erhebliche Temperaturdifferenzen und temperaturbedingte Bewegungen der Fassadenplatte gegenüber der tragenden Konstruktion aufzunehmen.

Beim Fassadenplattenankersystem wird das Eigengewicht der vorgehängten Platte in eine unter ca. 20° gegen die Senkrechte geneigte Zugkraft und eine horizontale Druckkraft aufgeteilt. Diese Druckkraft reicht in den meisten Fällen aus, die vorgehängte Fassadenplatte oder zumindest den oberen Teil mit ausreichender Sicherheit gegen den Windsog zu halten.

*Schrägzuganker*

(Quelle: Prospekt Fa. RISS G.m.b.H. (1976))

*Konsolanker*

(Quelle: Prospekt Fa. Bach G.m.b.H. (1994))

## 2) Sandwichfassadenplatten

Eine Sandwichplatte (Dreischichtplatte) besteht aus einer tragenden Stahlbetonschicht, einer zwischengeschalteten Wärmedämmschicht z.B. aus geschäumten Kunststoff von im allgemeinen 2 bis 6 cm Dicke und einer vorgehängten Stahlbetonaußenhaut.

Zwischen der Außenhaut und der tragenden Betonschicht muß mit großen Temperaturunterschieden gerechnet werden (ca.  $\pm 40^\circ\text{C}$ ). Es kommt zu gegenseitigen temperaturbedingten Verschiebungen der Platten. Spezielle Bewehrungssysteme haben nun die Aufgabe, die Kräfte aus dem Eigengewicht der vorgehängten Außenhaut in die tragende Schicht weiterzuleiten.

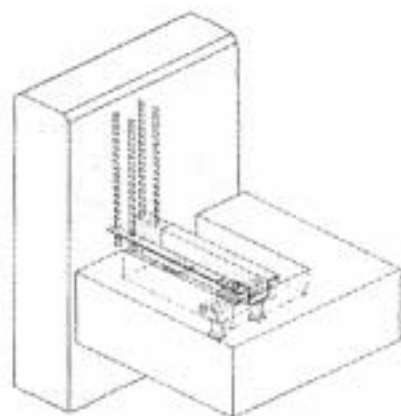
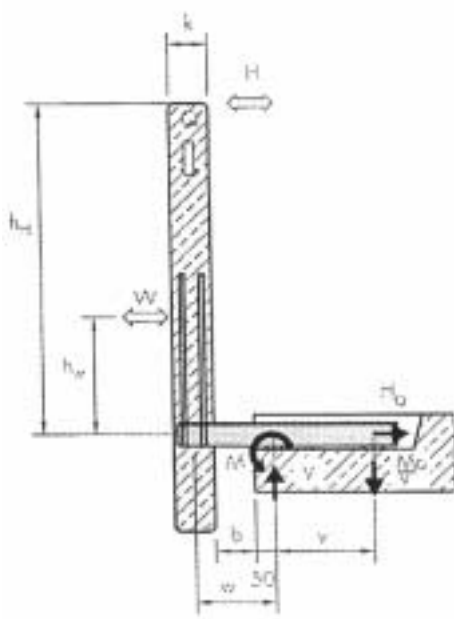
Diese beiden Schichten sind im sogenannten Verankerungszentrum (Flächenschwerpunkt) unverschieblich miteinander verbunden, so daß die Verschiebungen von diesem Punkt ausgehend radial nach außen stattfinden.

Da die Zwischenschicht (Wärmedämm- oder Isolierschicht bzw. Luftschicht) keinen Schutz gegen Korrosion bietet, müssen die Verbundanker und die Abstandhalter aus rost- und säurebeständigem Material bestehen.

Es müssen daher die „internen“ Verankerungssysteme der Sandwichplatten (Verbindung der verschiedenen Schichten einer Platte) und die Aufhängung an der tragenden Konstruktion des Bauwerkes betrachtet werden:

- Verankerungssysteme der Sandwichplatte
- Befestigung der Sandwichplatten am Tragwerk

## 3) Balkon- und Brüstungsverkleidungen



Brüstungsanker

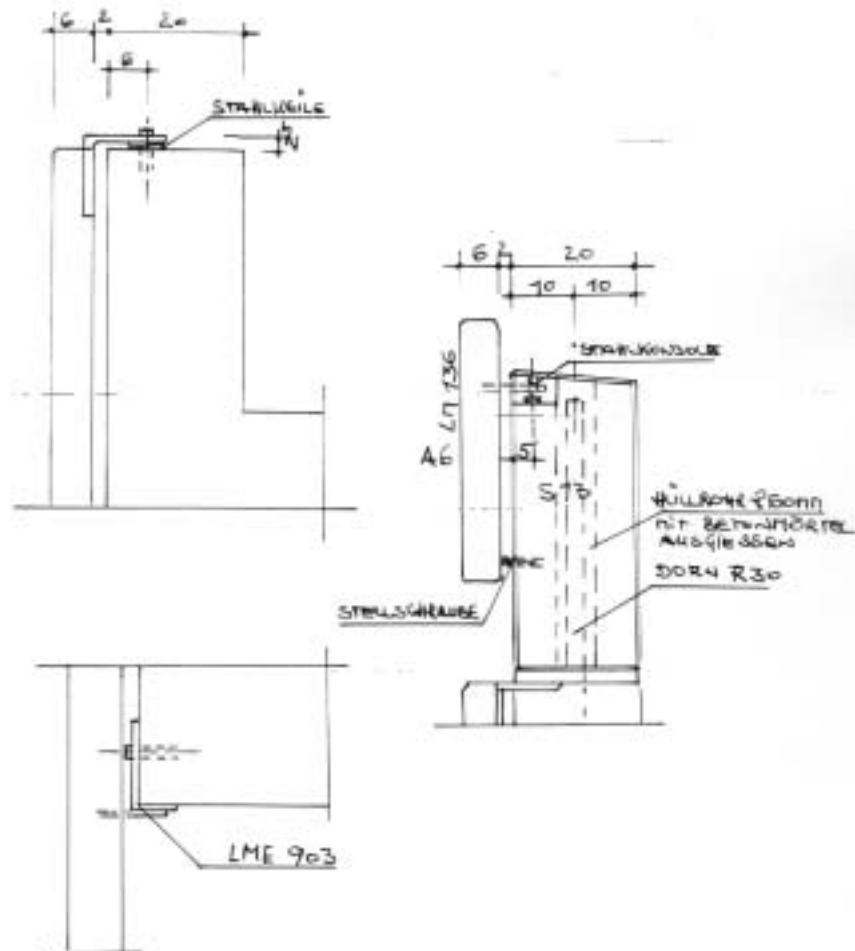
(Quelle: Prospekt Fa. Bach G.m.b.H. (1994))

#### 4.3.3.2 Einzelentwicklungen (Verankerungen)

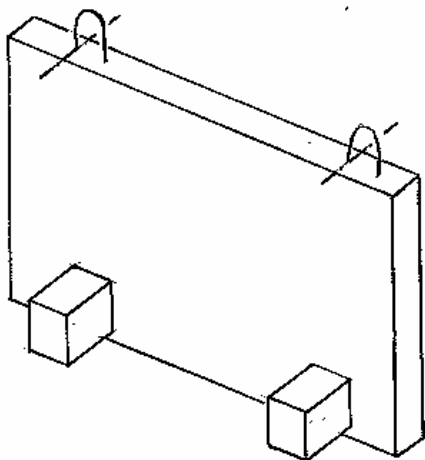
Anfänglich wurden die Betonfertigteile lediglich mit Rundstahlschlaufen oder einbetonierten Flacheisen (meist nur Betonstahl I) befestigt. Die Betonfertigteileplatten wurden mit Konsolen ausgestattet und auf die Decken aufgelagert.

Eine weitere oftmals angewendete Methode war das Einbetonieren diverser Schweißgründe am Fertigteil in der Fabrik. Diese wurden dann vor Ort „angeschlossert“.

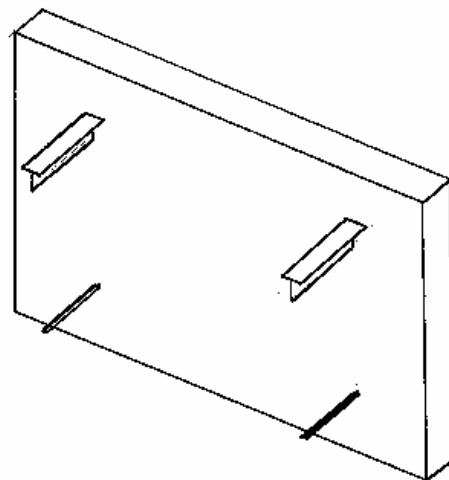
Ein unbedingt notwendiges konstruktives Berücksichtigen diverser Zwangsspannungen durch Temperatur- und Schwindvorgänge durch die Befestigung war damals noch nicht erkannt worden.



Brüstungsverankerung



Anbetonierte Konsolen



Einbetonierte Flacheisen

#### 4.4 Korrosionsverhalten der Stahlteile

Die Korrosion metallischer Fassadenanker ist als chemischer Vorgang zu sehen, der einen hohen Komplexitätsgrad besitzt. Im wesentlichen handelt es sich um elektrochemische Korrosionstypen, die in konkurrenzierenden Parallelreaktionen bzw. Folgereaktionen ablaufen können. Je nach chemischer Zusammensetzung der verwendeten Legierungsmaterialien ist die Korrosion nach dem Wasserstofftyp und nach dem Sauerstofftyp bzw. sowohl als auch möglich. Einflußgrößen dabei sind u.a.:

- chemische Zusammensetzung und technologisches Verhalten des metallischen Ankers
- Art und Beschaffenheit des Einbettungsmaterials bzw. Kontaktmaterials und seiner chemischen und technologischen Veränderung über die Nutzungsdauer
- atmosphärische Einflüsse des Makroklimas (Großwetterlagen)
- Einflüsse des Mikroklimas (Temperaturamplituden-Nachgang)
- Einflüsse der atmosphärischen Luftschadstoffe (Aerosole, gasförmige Luftschadstoffe, wash-out-Produkte, etc.), usw.

In der Interaktion des metallischen Fassadenankers mit der Umgebung sind mehrere Reaktionsmechanismen gemäß Literaturstudium vorstellbar, die jedoch nicht isoliert betrachtet werden dürfen.

Die atmosphärische Korrosion ist je nach Qualität und Quantität der angreifenden Substanzen als Flächenkorrosion bzw. Narbenkorrosion wirksam. Hier kommt der Konzentration der Luftschadstoffe Schwefeldioxid, Chlorid und Stickoxiden eine wesentliche Bedeutung



zu. Es gibt Hinweise, daß Schwefeldioxid durch katalytisch wirksame, oberflächenaktive Substanzen am Metall selbst bzw. durch oberflächenaktive anderwertige Luftschadstoffe eine Autooxidation zu Schwefeltrioxid erfährt. Das Schwefeltrioxid als hygroskopische Substanz reagiert unmittelbar mit Wasserdampf zu einem schwefelsauren Kondensat. Dieses besitzt eine wesentlich höhere Dissoziation als die dem Schwefeldioxid korrelierende schwefeligen Säure, wodurch eine Erhöhung der Aggressivität stattfindet. Findet eine Korrosionsreaktion mit dem Metallteil statt (Basis: Zink und Eisenwerkstoffe), ist eine Korrosion nach dem Wasserstofftypus mit Materialabtrag und vermutlich indizierter Wasserstoffsprödigkeit ableitbar. Andererseits ist bekannt, daß Säuren, die aus Luftschadstoffen gebildet werden, durch alkalisches Milieu anderwertiger Partikel (Aschenbestandteile etc.) Neutralisationsreaktionen vollziehen, wodurch der säure-indizierte Aggressivitätsgrad, auch im pH-Wert meßbar, beträchtlich reduziert werden kann.

Die Reaktionsprodukte sind jedoch nicht als ungefährlich zu betrachten, da sie durch ihre erhöhte Leitfähigkeit in wässriger Lösung ebenfalls zur Narbenkorrosion beitragen können. Die entstehenden Reaktionsprodukte sind je nach Metall nach einem atmosphärischen Korrosionszyklus chemisch vielfältig, sie bilden unterschiedlich stabile Korrosionsprodukte, wobei Reaktionsmechanismen wirksam werden können, die ihrerseits weitere Korrosionen auslösen. Bekannt ist dafür der Angriff von Chlorid auf Eisen, der zunächst zu Eisen II – Chlorid führt, dieses Eisen II-Chlorid wird durch Autoxidation zum Eisen-III geführt, wobei Chlorwasserstoff abgespalten wird, der seinerseits noch nicht reagiertes Eisen zu einem weiteren Korrosionsmechanismus führt. Die atmosphärische Korrosion hat nach Messungen an Eisenwerkstoffen auch ein temperaturbedingtes Maximum zwischen 30 und 40 ° C.

Die Lebensdauer von metallischen Konstruktionen werden als ordnungsgemäß bezeichnet, wenn sie in die Kategorie „dauerkorrosionsbeständig“ einzureihen sind. Dies sind solche Konstruktionen, die ohne Beeinträchtigung der Standsicherheit eine Lebensdauer von mindestens 50 Jahre gewährleisten. Als nicht-dauerkorrosionsbeständige Konstruktionen gelten:

- geschützte Stähle (organische Überzüge, Email)
- verzinkter Stahl
- Mischkonstruktionen unterschiedlicher Werkstoffe, bei denen auch ein Werkstoff dauerkorrosionsbeständig sein kann

Einer besonderen Bedeutung kommt die Grenzfläche Luft / Beton zu, die als eine besondere Übergangerschwernis eines metallischen Befestigungselementes gilt. Ist Stahl im alkalischen Milieu des Betons bei Ausschluß von Chloriden, Sulfaten und ähnlichen Substanzen gegenüber der Sauerstoffkorrosion ausreichend geschützt, wirkt die Verschiebung des pH-Wertes Richtung Neutralpunkt in der Karbonatisierungszone für ungeschützten Stahl

besonders korrosionsfördernd. Hier kommt die Reaktion der Luftschadstoffe als überlagerndes Moment dazu, zumal dadurch ein erhöhtes Narbenkorrosionsrisiko entsteht. Sind Risse im Übergangsbereich enthalten, ist damit zu rechnen, daß die Karbonatisierungszone ausufert und somit der korrosive Bereich erweitert wird.

Verzinkte Dübel weisen sowohl im alkalischen als auch im sauren Milieu eine besondere Anfälligkeit auf, wodurch eine beschränkte Einsatzfähigkeit gegeben ist.

Es ist jedoch möglich, durch spezielle Meßmethoden karbonatisierungsbedingte Stahlkorrosion darzustellen.

*Für den Anwender ergeben sich u.a. besondere Konsequenzen:*

- Bei bestehenden Ankersystemen sind die zum Einsatz gekommenen Werkstoffe auch retrospektiv zu definieren und bestmöglich hinsichtlich ihrer Korrosionsneigung abzuschätzen.
- Es wird dringend empfohlen, an Extremstellen zumindest punktuelle Untersuchungen über den Zustand zu führen.
- Nicht oder schwer zugängliche Stellen bedeuten nicht, daß sie korrosionsfrei sein müssen.
- Durch Studium baukonstruktiver Details können theoretisch örtlich situierte anfällige Stellen ermittelt werden, die zu untersuchen sind (Einschränkung der Risikostellen).
- Besonders anfällig sind:
  - verzinkte Teile
  - mit Anstrichen versehene unlegierte Stähle
  - Übergangszonen Metall / Karbonatisierungsbereich
  - Übergangszonen Metall / Karbonatisierungsbereich mit zusätzlichem Einfluß von Produkten nach der Reaktion des Befestigungsmaterials mit Luftschadstoffen
  - Bereiche mit Mikroklima
  - Situation des Objekts in Gebieten früherer oder heutiger Anhäufung von Luftschadstoffen
  - filigrane Befestigungen aus Metall oder Beton
  - örtliche Einflüsse (Einflußbereich von Abgasfängen etc.)

Erfahrungsgemäß sind in der Regel die nicht sichtbaren Flächen, also jene Flächen, die der hinterlüfteten Seite zugekehrt sind, an denen laufend Kondensat, also quasi destilliertes Wasser die dort abgelagerten Atmosphärrillen durch Kapillarwirkung in die kleinsten Risse einsaugt, gefährdet. Da bekanntlich unsere Umweltablagerungen chemisch vorwiegend

im sauren Bereich liegen und der basische „Mantel“ des Betons durch Karbonatisierung vom hochalkalischen in Richtung sauren Bereich verschoben wird, werden im Lauf der Zeit optimale Bedingungen für das Entstehen elektrochemischer Korrosion geschaffen, was sich als rostende Bewehrung mit allen Konsequenzen bemerkbar macht. Da Stahl, wenn er rostet, also oxydiert, eine Volumsvergrößerung erfährt, kommt es zwangsläufig bei diesem chemischen Vorgang zur Abspaltung der meist ohnehin zu geringen Betonüberdeckung. Der Anfang vom Ende des Betonfertigteiles hat dadurch begonnen. –

Eine qualifizierte Sanierung ist dann meistens aus mindestens zwei Gründen nicht möglich: Erstens sind diese Stellen unzugänglich, es müßte nämlich der gesamte Fertigteil demonstert werden, was in der Regel eine Zerstörung des Fertigteils zur Folge hat. Zweitens müßte die korrodierte Bewehrung, falls sie statisch notwendig ist, durch eine neue Bewehrung ersetzt werden. Ist sie statisch nicht erforderlich, erhebt sich die Frage, weshalb sie dann in den betroffenen Fertigteil eingebracht wurde? Wäre sie nämlich nicht vorhanden, könnte sie auch nicht „herausrosten“. Jedenfalls muß man im Zweifelsfall annehmen, daß eine stark korrodierte Bewehrung durch eine neue zu ersetzen sei. Wie dies wirtschaftlich zu bewerkstelligen ist, bleibt eine offene Frage. Weiters wurde bei diffusionsoffenen Außenwänden beobachtet, daß Luftfeuchtigkeit aus dem Rauminnen nach außen diffundiert und sich an den Rückseiten von hinterlüfteten Fassaden als Kondenswasser niederschlägt, welches dann dort korrosiv wirkt.

Daraus kann also der Schluß gezogen werden, daß eine teure Betonsanierung bei hinterlüfteten Betonfassadenplatten an den Sichtflächen nur Kosmetik ist und nicht für den zuverlässigen Erhalt der betreffenden Fassadentechnik beiträgt.

Bei den hier beschriebenen Schäden handelt es sich einerseits vorwiegend um erhebliche Einbußen der Nutzungsdauer, andererseits können in manchen Fällen aber auch einzelne Betonbrocken herabfallen und dadurch Personen- oder Sachschäden verursachen.

Wesentlich akuter und gefährlicher als Schäden an der Betonüberdeckung sind Schäden an der Verankerung mancher Betonfertigteiffassaden.

Wie eingangs festgestellt, haben die jeweiligen Erzeugerfirmen eigene Befestigungstechniken entwickelt, bei denen nicht stets die Sicherheit, Dauerhaftigkeit und vor allem Kontrollierbarkeit im Vordergrund Ihrer Überlegungen steht, sondern - getrieben durch den permanenten Konkurrenzkampf - die Billigkeit der Konstruktionen. Kaum ein kritischer Vordenker hat sich ernstlich Gedanken gemacht, wie dauerhaft diese Systeme sind und wie sie einst zu kontrollieren und gegebenenfalls zu reparieren sind.

Auch heute noch machen sich viel zu wenige, die für das Bauen verantwortlich sind, Gedanken, wie diverse Konstruktionen sich reparieren und einst entsorgen lassen. Daher

sind die Verfasser der Auffassung, daß erst Konstruktionen die den Regelkreis „Woher-Wozu-Wohin“ folgen, würdig sind, als Regel der Technik bezeichnet zu werden.

#### 4.5 Sicherheitsbetrachtungen

Mit dem vorliegenden Projekt sollte u.a. ein grundsätzliches Ablaufschema zur Fassadenprüfung ausgearbeitet werden, wie die Sicherheit von bestehenden Fassaden beurteilt werden kann, welche Maßnahmen notwendig und welche Anforderungen zu stellen sind, damit eine vorgehängte Betonfassade eines möglicherweise seit Jahrzehnten bestehenden Bauwerks auch heutigen Sicherheitsbedürfnissen entspricht.

Die Beurteilung bestehender Bauwerke ist in der Literatur nur teilweise behandelt, Fassadenbefestigungen und -verankerungen nur bezüglich der Bemessung. Schwerpunkt dabei sind Fragen der Dimensionierung von Dübelverankerungen (Schwerlastanker) sowie teilweise auch Korrosionsfragen von metallischen Verankerungselementen

Es sind daher nach Ansicht der Verfasser umfangreichere Überlegungen notwendig, um die Grundlagen aktueller Sicherheitsforschung im Bauwesen auf die gegenständliche Problematik zu übertragen. Dabei muß klar sein, daß in einigen Bereichen bestehende Lücken kurzfristig nicht geschlossen werden können: dazu zählt beispielsweise die Frage, wie nicht kontrollierbare Bauteile und deren zeitabhängig veränderliche Baustoffeigenschaften (z.B. durch Korrosionseinfluß) durch angemessene und entsprechend erhöhte Teilsicherheitsbeiwerte auf der Widerstandsseite erfaßt werden können. Um einen baupraktisch anwendbaren Leitfaden mit einheitlicher Vorgangsweise zu entwickeln, wird es auch notwendig sein, objektspezifische und individuelle Gefährdungsanalysen auf der Basis „logischer Bäume“ zu erstellen.

Für den Bereich „Sicherheit und Zuverlässigkeit“ erscheinen daher für eine Fortsetzung des Projekts im zweiten Forschungsjahr folgende Schwerpunkte zielführend:

- Analyse des Gefährdungspotentials einer Fassade mit Hilfe „logischer Bäume“,
- Identifizierung der kritischen Bereiche auf dieser Basis,
- Quantifizierung der Einwirkungsseite und der zugehörigen Teilsicherheitsbeiwerte, wenn sich die Regelwerke gegenüber den seinerzeitigen Vorschriften verschärft haben (z.B. die erheblichen Erhöhungen der gemäß ÖNORM B 4014, Ausgabe 1993 anzusetzenden Windlasten gegenüber früheren Ausgaben),
- Quantifizierung der Widerstandsseite und der zugehörigen Teilsicherheitsbeiwerte, wenn die Dauerhaftigkeit von Bauteilen über die voraussichtliche Nutzungsdauer nicht gesichert ist und die laufende Kontrolle des Zustands nicht möglich ist (z.B. bei Abmin-

derung der Tragfähigkeit von stählernen Verankerungen, deren Korrosionsschutz in einer Verzinkung oder sonstigen Beschichtung besteht).

Erst nach Beantwortung dieser Fragen und gegebenenfalls auch Aufzeigen von Wissenslücken als Hinweise für einen künftigen Forschungsbedarf kann der in den Projektzielen genannte Leitfaden zur Beurteilung der Sicherheit von Fassaden auf der Basis aktueller Sicherheitskonzepte erstellt werden. Grundlage dieses Leitfadens könnte das nachfolgende Ablaufschema einer Fassadenüberprüfung sein (siehe Abbildung):

Zum Wartungsplan ist anzumerken, daß das mit 1.7.1999 in Kraft getretene Bauarbeitenkoordinationsgesetz (BauKG) eine neue Situation geschaffen hat: §8 verlangt vom Bauherrn, dafür zu sorgen, daß - im Interesse der Arbeitnehmer - *eine Unterlage für spätere Arbeiten am Bauwerk erstellt wird. Diese hat für Sicherheit und Gesundheitsschutz der Arbeitnehmer bedeutende Angaben zu enthalten, die bei späteren Arbeiten wie Nutzung, Wartung, Instandhaltung, Umbauarbeiten oder Abbruch zu berücksichtigen sind.* Diese Unterlage ist in der Vorbereitungsphase zu erstellen und in geeigneter Weise aufzubewahren (Bauherrnverpflichtung).

Daraus kann der Schluß gezogen werden, daß künftig bei der Planung von Fassaden bzgl. Wartung, Instandhaltung und Abbruch Vorkehrungen zur Vermeidung einer Gefährdung von Arbeitnehmern getroffen werden. Im Hinblick auf Fassaden sollte man doch davon ausgehen können, daß Passanten zumindest der gleiche Schutzanspruch zuzubilligen ist wie Arbeitnehmern.

## 5 Konsequenzen und Handlungsbedarf

Aus unseren Recherchen kann man den Schluß ziehen, daß jedes Objekt individuell zu behandeln ist. Es stellt sich dann die Frage, von welchen dieser Objekte eine Gefahr ausgeht. Viele tausende solcher beschrifteten Fertigteile befinden sich auf unseren Gebäuden, die weder eine kontrollierbare Aufhängung noch ein dauerhaftes Verankerungssystem haben, dessen Lebensdauer durch seine Konstruktion und die verwendeten Werkstoffe mit der Nutzungsdauer des Gebäudes übereinstimmt oder diese gar überschreitet.

Wenn auch im Zuge dieser Forschungsarbeit nicht die Probleme gelöst werden konnten, gilt es dennoch, den Ernst der Lage aufzuzeigen. In den meisten der untersuchten Fälle war der Zustand der Verankerungen noch in einem erstaunlich guten Zustand, doch kann nicht ausgeschlossen werden, daß nicht in nächster Zeit jemandem eine Betonplatte, im wahrsten Sinn des Wortes „auf den Kopf“ fällt.

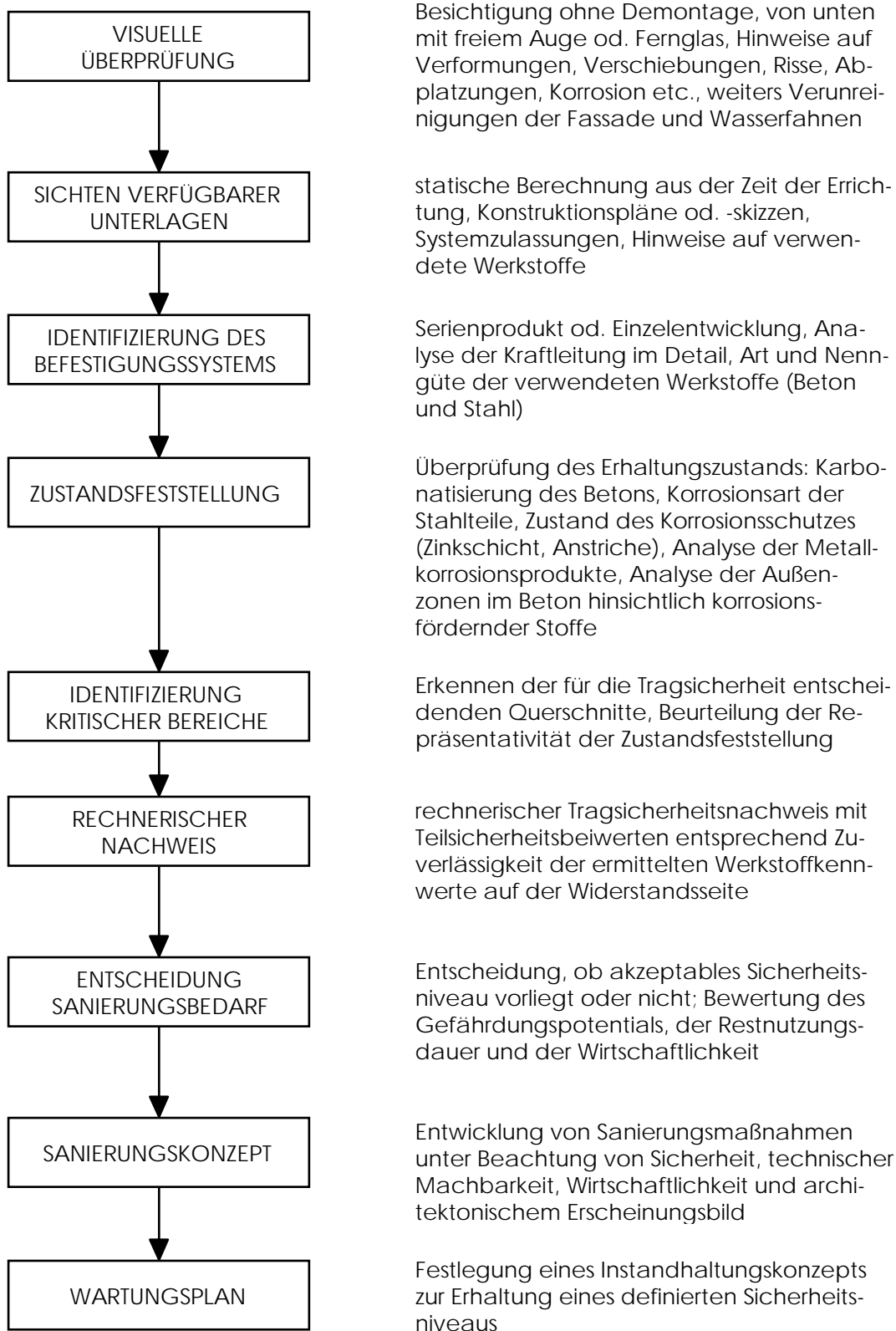


Abbildung: Grundsätzliches Ablaufschema einer Fassadenüberprüfung

Die chemischen Analysen haben mannigfaltige Korrosionserscheinungen aufgezeigt, dennoch kann kein eindeutiger Zusammenhang mit dem hinter einer Fassade herrschenden Mikroklima hergestellt werden, das je nach Gegend und Himmelsrichtung die diversen Korrosionserscheinungen begünstigt. Damit wurde ein zur Lösung anstehendes Problem aufgezeigt, das durch die heute herrschende Materialvielfalt im Hochbau und durch den Trend zur immer weiter gehenden Ausnützung der Baustoffe noch erheblich verschärft wird.

Wenn es auch heute bereits ausgereifte und in Regelwerken dokumentierte Verankerungssysteme aus weitgehend korrosionsbeständigem Material am Markt gibt, so haben auch diese dem Grundsatz der Kontrollierbarkeit zu folgen. Derzeit ist kaum ein System am Markt, das die zerstörungsfreie Demontage eines einzelnen Fertigteils ermöglicht. Ein gewisser Trend zur sichtbaren Befestigung als Gestaltungselement ist spürbar (z.B. Biochemiegebäude in Graz).

Da wir bei der Errichtung unserer Bauten in gutem Glauben annehmen können, daß diese höchstwahrscheinlich nicht durch kriegerische- oder Naturkatastrophen zerstört werden, so muß uns daraus bewußt werden, daß diese noch einer kalkulierten Nutzungsdauer wieder abgetragen werden. Bis zu diesem Zeitpunkt sind für die Zustandserhaltung gewisse Kontroll- und Reparaturzyklen einzuplanen.

Dazu ist juristisch eindeutig zu klären, ab wann auch für versteckte Mängel bzw. Konstruktionen, die aus heutiger Sicht als Fehlkonstruktionen zu bezeichnen sind, die Schadensersatzpflicht der Planer und Hersteller erlischt. Oder anders herum, ab wann der Eigentümer die Verantwortung über den technischen Zustand für seine alternde Bausubstanz alleine trägt. Da unsere Gebäude heute nicht nur durch außerplanmäßige Einwirkungen von außen, sondern insbesondere durch die latenten Kräfte der Erosion in ihrer Gebrauchstauglichkeit beeinträchtigt werden, also altern, muß die Nutzungsphase künftig stärker berücksichtigt werden. Dies muß auch seinen Niederschlag in den Bauordnungen finden. Bis heute steht primär die Errichtung des Gebäudes im Zentrum der Überlegungen von Planern, Investoren und Betreibern; dies betrifft sowohl die technische Konzeption als auch die Finanzierung. Künftig wird – ganz im Sinne von „nachhaltigem Bauen“ – die Nutzungsphase mit allen ihren Konsequenzen verstärkt bei der Planung berücksichtigt werden müssen. Die heute diskutierten und in Einzelfällen auch bereits umgesetzten Modelle einer umfassenden Gebäudebewirtschaftung (Stichwort „Facility-Management“) bieten erstmals eine Motivation, langfristig sichere und kostengünstig zu betreibende Gebäude zu planen, auch wenn dies mit geringen Mehrkosten in der Herstellung verbunden ist.

Ein neues Sicherheitsdenken bezüglich der Resttragfähigkeit von alternden Konstruktionen wird erforderlich. Dazu wird es notwendig werden, daß nicht nur Aufzüge und große Tore regelmäßige Kontrollchecks benötigen, sondern eben auch ab einer gewissen Größenordnung vorgehängte Fassaden und deren Befestigungen sowie Gesimse und Brüstungen. Es wird Aufgabe der Konstrukteure sein, künftig nur solche Konstruktionen zum Regelwerk zu machen, wo man bei Bedarf ohne Zerstörung ihren Zustand überprüfen kann. Nur solche Konstruktionen sollen eine Zulassung erhalten, ihre Überprüfungsintervalle sind gesetzlich zu regeln.

Es bleibt abschließend noch die Frage zu beantworten, was mit den vielen bestehenden Fassaden geschehen soll, die diesen Kriterien nicht entsprechen. Hier wird es über lang oder kurz notwendig sein, über die einschlägigen Medien an die betroffenen Eigentümer einen Appell zu richten, daß eben nichts „ewig hält“ und sie nun von sich aus tätig werden müssen, ihre Fassaden oder gegebenenfalls auch andere statisch relevante Bauwerkteile von einem zuständigen Fachmann mit dem dann jeweils individuell notwendigen Aufwand überprüfen zu lassen. Daß diese Prozedur in den meisten Fällen aufwendig und kostspielig sein wird, hat diese Forschungsarbeit eingehend und ausreichend aufgezeigt. Aufgabe der Wissenschaft in Zusammenarbeit mit innovativen Ingenieuren ist es, der Öffentlichkeit geeignete Instrumente zur Verfügung zu stellen, die die erforderlichen Überprüfungsmaßnahmen mit wirtschaftlich vertretbarem Aufwand ermöglichen und die richtigen Prioritäten der erforderlichen Maßnahmen setzen lassen. Dazu ist der für den zweiten Teil des Forschungsvorhabens vorgesehene „Leitfaden“ gedacht.

Dennoch wird es dazu oft nur eine Alternative geben, nämlich den Totalabbruch der Fassade. Dazu sei bemerkt, daß die meisten Skelette aber auch Scheibenbauweisen im Laufe ihrer Bestandsdauer die in den diversen Nutzungsdauerkatalogen mit 90-120 Jahren angegeben sind, ohnedies in der Regel 3-4 Ausbauzyklen überdauern. Ein vorsorglich konzipierter Hochbau trifft für solche Zyklen eben die geeigneten Vorkehrungen. Es ist daher selbstverständlich, daß auch die Fassaden diesen ca. 30-jährigen Zyklen angepaßt werden. Dies verschafft nicht nur jeder Generation Arbeit, sondern räumt auch die Möglichkeit ein, den dann veralteten Ausbau entsprechend der neuen Technologie anzupassen. Denken wir dabei an jene Fassaden, welche uns das neue "Energiebewußtsein" für neue Fassadentechnologien gebracht haben.

Etwas verallgemeinert kann also abschließend bemerkt werden, daß die meisten Fassaden, die älter als 30 Jahre sind, nicht kontrollierbar und unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten, nicht regenerierbar sind. Hier sind vor allem vorgehängte Fassaden gemeint, die durch neue zeitgemäße Fassaden zu ersetzen sind, also ihre technische Abbruchreife erlangt haben.



Im Zuge der laufenden Diskussion über die Beschäftigungspolitik wird auch immer wieder die Forderung erhoben, vor allem die zahlreichen Gebäude aus der Zeit nach dem zweiten Weltkrieg im Hinblick auf eine Senkung der CO<sub>2</sub> - Emissionen auf einen zeitgemäßen Standard der Außenwanddämmung zu bringen. Neben der Erreichung ökologischer Ziele ist damit auch ein massiver Beschäftigungseffekt verbunden. Bedenkt man dabei, auch die langfristige Sicherheit und Gebrauchstauglichkeit dieser Gebäude zu gewährleisten, kann eigentlich kein Weg an einer Sanierungsoffensive auf breiter Basis vorbeiführen. Schließlich ist es hier möglich, Sicherheit, Ökonomie und Ökologie innerhalb eines überschaubaren Zeitraums von 10-20 Jahren „unter einen Hut“ zu bringen.