

# Innovative Brandschutzbemessungsmethoden in bestehenden Gebäuden in Massivbauweise

Dr.-Ing. Lars Kützing, Dr.-Ing. Dirk Lorenz, Prof. Dr.-Ing. Klaus Holschemacher

## 1 Einleitung

In zunehmendem Maße verdrängt die Planung von Generalsanierung bestehender Immobilien die Planungsaufgaben zur Entwicklung von Neubauprojekten. Diese Tendenz erfordert auch auf den Gebieten der Tragwerks- und Brandschutzplanung eine Änderung der Planungstätigkeit. Dabei zeigt sich immer häufiger eine enge Verbindung dieser beiden Disziplinen, aus der sich bei einer guten Verzahnung wirtschaftliche, risikogerechte und nutzungsorientierte Lösungen für bestehende Gebäudetragwerke ergeben können. Dabei kann der Nachweis des konstruktiven Brandschutzes auf Basis der objektspezifischen Risikobetrachtung der konzeptionellen Brandschutzplanung geführt werden.

Zur Verdeutlichung der Zusammenhänge zwischen konstruktivem und konzeptionellem baulichen Brandschutz wird im vorliegenden Beitrag anhand eines konkreten Projekts eine mögliche Vorgehensweise zur Erarbeitung eines Brandschutzkonzeptes für den Bauwerksbestand dargelegt.

---

*Dr.-Ing. Lars Kützing, IBC Ingenieurbau - Consult GmbH, Mainz - Leipzig*  
*Dr.-Ing. Dirk Lorenz, IBC Ingenieurbau – Consult GmbH, Mainz – Leipzig*  
*Prof. Dr.-Ing. Klaus Holschemacher, IBC Ingenieurbau – Consult GmbH, Mainz*

## 2 Aufgabenstellung

Im Jahr 2005 erhielt die IBC Ingenieurbau-Consult GmbH einen umfassenden Planungs- und Überwachungsauftrag im Zuge der Erweiterung und Sanierung des Hauptsitzes der Stadtwerke Mainz AG. Dieser Auftrag umfasste unter anderem die Tragwerksplanung sämtlicher auf dem innerstädtischen Firmenareal angeordneter Neu- und Erweiterungsbauten.

Die innerstädtische Liegenschaft bestand u.a. aus einem 11-geschossigen, voll unterkellerten Hochhaus in Stahlbetonbauweise, das in den Jahren 1955/56 geplant und im Jahre 1958 bezugsfertig hergestellt war. Dieser Gebäudekomplex soll nachfolgend Gegenstand der weiteren Erläuterungen sein.

Das Hochhaus wurde seinerzeit in Ortbetonbauweise hergestellt, wobei die Geschossdecken als einachsig gespannte Stahlbetonrippendeckenkonstruktionen konzipiert wurden. Diese lasten sich über Haupt- und Sekundärträger auf massive Stahlbetonstützen ab, die die Lasten in vertikaler Richtung weiterleiteten. Der Flur wird durch eine 10 cm starke Stahlbetonplatte überspannt. Gegründet ist das Hochhaus auf massiven Stahlbetonstreifenfundamenten, die in Längs- und Querrichtungen zu einem Trägerrostsystem verbunden sind. Dazwischenliegend spannen sich Stahlbetonbodenplatten, die lediglich zum Lastabtrag der Ausbau- und Verkehrslasten im Kellergeschoss konstruiert wurden.

Erschließung des Gebäudes wurde über einen hofseitig angeordneten Treppenraum mit zwei Aufzugskernen organisiert. Die hier angeordneten Deckenscheiben waren als einachsig gespannte Stahlbetoneinfeldträger berechnet und bewehrt.

Die Aussteifung des Gebäudes, die seinerzeit lediglich für horizontale Lasten aus Windbeanspruchung berechnet wurde, war rechnerisch über die beiden außenliegenden, geschlossenen Stahlbetongiebelwandscheiben sowie eine orthogonal hierzu angeordnete Stahlbetonwandscheibe im Treppenraumbereich nachgewiesen. Horizontale Beanspruchungen aus Gebäudeschiefstellungen bzw. Erdbebenbeanspruchungen waren aufgrund der seinerzeit gültigen DIN 1045 nicht erforderlich.

Der Auftraggeber, die Stadtwerke Mainz AG, plante das Gebäude durch einen straßenseitig angeordneten, repräsentativen Erschließungskern zu ergänzen und damit die Verkehrs- und Büroflächen innerhalb des Gebäudes gänzlich neu zu ordnen. Weiterhin sollte das oberste Geschoss des Bestandsgebäudes als Vorstandsetage repräsentativ umgestaltet werden, was eine Neuordnung der Stützen und Wandkonstruktionen zur Folge hatte. Zusätzlich hierzu wurde eine eingeschossige Aufstockung der Gebäudekonstruktion geplant. In diesem Geschoss sollte ein stützenfreier, repräsentativer Konferenzraum mit auskragendem, umlaufendem Freigang errichtet werden.

Die vorhandene Fassadenkonstruktion wurde ausgetauscht.

Die Umorganisation und Neuordnung der Gebäudestruktur erforderte unter anderem die Erarbeitung einer Brandschutzkonzeption, die bauordnungsrechtliche Schutzziele des Brandschutzes berücksichtigt und dabei die Anforderungen an die Feuerwiderstandsdauer der tragenden Konstruktion neu definierte.

An das Hochhaus angrenzend erstreckt sich eine in drei Teilbauabschnitten errichtete Tiefgarage, die nahezu das gesamte Areal der Liegenschaft unterfährt.

Neben der Sanierung bestehender Garagen und Lagergebäude, wurde unter anderem das bestehende Kantinegebäude, das an die erwähnte Tiefgarage angrenzt, abgerissen und durch einen neuen, fünfgeschossigen Verwaltungsbau ersetzt, in dem die Kantinennutzung nunmehr integriert werden sollte.

Der nachfolgende Aufsatz beschäftigt sich mit den Anforderungen an die bestehende Massivkonstruktion des Verwaltungshochhauses, die sowohl statisch konstruktiv, als auch hinsichtlich des neuen Brandschutzkonzeptes zu überarbeiten und neu zu definieren war.

## **2.1 Konstruktive Bestandsaufnahme**

Zu Beginn des Planungsprozesses wurde das 11-geschossige Verwaltungsgebäude im Rahmen einer Voruntersuchung der Baukonstruktion hinsichtlich seines Zustandes überprüft. Zu diesem Zweck wurde das Gebäude von außen und innen begangen, um die Baukonstruktion in Ergänzung zu den partiell vorliegenden Bestandsunterlagen in Augenschein zu nehmen und etwaige bauliche Veränderungen zu dokumentieren. Da zu diesem Zeitpunkt das Verwaltungsgebäude noch voll genutzt wurde, konnte die Begutachtung der Konstruktion an sorgfältig ausgewählten, repräsentativen Bauteilen in verschiedenen Geschossen erfolgen. Bestandserfassungen konnten lediglich zerstörungsfrei vorgenommen werden. Der Vorbereitung dieses Untersuchungsprogrammes kam deshalb besondere Bedeutung zu, da anhand der wenigen, logistisch abgestimmten Messstellen ein möglichst repräsentatives Bild der 50 Jahre alten Gebäudestruktur gewonnen werden musste.

Erschwerend kam hinzu, dass mit Ausnahme des Kellergeschosses in den aufgehenden Geschossen die tragende Konstruktion verkleidet (Fassade), abgehängt (Decken) bzw. in vorhandenen Möbeleinbauten (Stützen) integriert und damit verdeckt waren. Gemeinsam mit der Bauabteilung des Auftraggebers wurde ein Untersuchungsprogramm abgestimmt und vorbereitet.

Insgesamt wurden ca. 50 Bauteilöffnungen an Stützen, Wänden- und Deckenbereichen in unterschiedlichen Geschossen vorgenommen. Nach Freilegen der Konstruktion wurde das Tragwerk zunächst optisch begutachtet und hinsichtlich seiner Druckfestigkeiten tendenziell mit dem Rückprallhammer (Schmidt'scher Hammer)

überprüft. Da eine gezielte statische Ausnutzung der Betonnacherhärtung zunächst nicht geplant war, wurde die tendenzielle Überprüfung hier als ausreichend eingestuft. Die Überdeckung der Bewehrung wurde elektromagnetisch eingemessen und dokumentiert, um einen Vergleich mit den nur auszugsweise vorhandenen Bestandsausführungsplänen zu ermöglichen. An ca. 30 Stellen wurde darüber hinaus durch Entnahme von Bohrmehlproben bis in eine Tiefe von ca. 5 cm der Verlauf des Karbonatisierungsfortschrittes bzw. partiell auch einer etwaigen Chloridkontamination bauchemisch überprüft.

Die überschlägige Auswertung der Aussteifungsberechnung zeigte, dass durch den seitlichen Anbau des Treppenhauses und die Aufstockung und damit verbunden die Vergrößerung der Windangriffsflächen, die statischen Nachweise neu zu führen waren. Der Ansatz unplanmäßiger Schiefstellungen des Tragwerks und die großflächigen Öffnungen in den bestehenden Giebelwandflächen führten zu einer derartigen Reduzierung der Tragwiderstände, dass die horizontale Gebäudestabilisierung neu zu erarbeiten war.

## **2.2 Ergebnisse der Bestandsaufnahme**

Die Bestandsaufnahme ergab sehr unterschiedliche Ergebnisse hinsichtlich der Beschaffenheit der Konstruktion. Insbesondere im Untergeschoss wurden teilweise erhebliche Durchfeuchtungen im Bereich von Bauwerksfugen bzw. Wanddurchdringungen der haustechnischen Anlagen, festgestellt. Betonabplatzungen infolge korrodierender Bewehrungen waren die Folge. Die Betondeckungen wurden hier zu ca. 5 – 25 mm eingemessen, wobei die bauchemischen Untersuchungen der Bohrmehlproben erwartungsgemäß ergab, dass die Karbonatisierungsfront des Betons aufgrund des ausreichenden Feuchte- und CO<sub>2</sub> Angebotes sich an der Bewehrungslage längst vorbei entwickelt hat. Die auch augenscheinlich festzustellenden Korrosionsmechanismen deuteten auf erforderliche Betonsanierungsmaßnahmen hin. Der festgestellte Chloridgehalt war in den Kellerinnenräumen erwartungsgemäß gering und lag unterhalb des in DIN 1045-2 vorgeschriebenen kritischen Schwellenwerts, der dort für Stahlbeton mit 0,4 M-% (bezogen auf das Zementgewicht) angegeben ist. Lediglich im Bereich der angrenzenden Tiefgarage wurde – allerdings auch nur partiell – eine geringfügige Überschreitung der zulässigen Chloridgehalte festgestellt.

Im Gegensatz zu den Feststellungen im Kellergeschoss zeigte sich die Betonkonstruktion in den aufgehenden Geschossen in optisch gutem Zustand. Auch Bauteilöffnungen in kritischen Bereichen maximaler statischer Beanspruchungen zeigten keine auffälligen, über die zulässigen Grenzwerte hinausreichenden Rissbilder; Betonabplatzungen konnten in keinem geöffneten Bereich festgestellt werden.

Die mit dem Rückprallhammer eingemessenen tendenziellen Druckfestigkeiten bestätigten die auf den Ausführungsplänen angegebenen Festigkeiten im Wesentlichen. Es wurde keine signifikante Nachhärtung festgestellt.

Die Betondeckungen wurden zu ca. 10 – 40 mm (Stützen), bzw. ca. 15 – 30 mm (Wänden) und ca. 5 – 25 mm (untere Betondeckung der Stahlbetonrippendecken) eingemessen. Erwartungsgemäß spiegelten die niedrigen Betonüberdeckungen im unteren und seitlichen Bereich der Stahlbetonrippendecken die Philosophie früherer Bemessungsnormen wieder, wonach hier insbesondere die größtmögliche Ausnutzung der statischen Höhe angestrebt wurde, um den Stahlverbrauch zu minimieren. Besondere Anforderungen infolge der Umweltbelastungen (Expositionsklassen) bzw. des Brandschutzes waren seinerzeit nicht bekannt und wurden nicht berücksichtigt.

Die bauchemischen Untersuchungen zeigten ebenfalls erwartungsgemäß, dass die Karbonatisierungsfront die Bewehrungslagen großflächig erreicht bzw. überschritten hat, eine nennenswerte Beaufschlagung durch schädigende Chloridionen wurde nicht festgestellt. Die Stahlbewehrung liegt demzufolge in den aufgehenden Geschossen großflächig in Korrosionsbereitschaft. Diese wird jedoch aufgrund der klimatischen Verhältnisse in den Büorinnenräumen und insbesondere hier des eher reduzierten Feuchteangebotes (lediglich Luftfeuchtigkeit normaler Innenräume) nicht gefördert. Es wurde hier in Abstimmung mit dem Auftraggeber festgelegt, dass nach Freiräumen des Verwaltungsgebäudes und Entfernung der Inneneinbauten eine optische Bewertung der tragenden Stahlbetonkonstruktion vorgenommen wird und durch mechanische Überprüfungen (Abklopfen) mögliche Indizien eines gestarteten Korrosionsmechanismus zu erhalten.



Bild 1: Ansicht des bestehenden Hochhauses

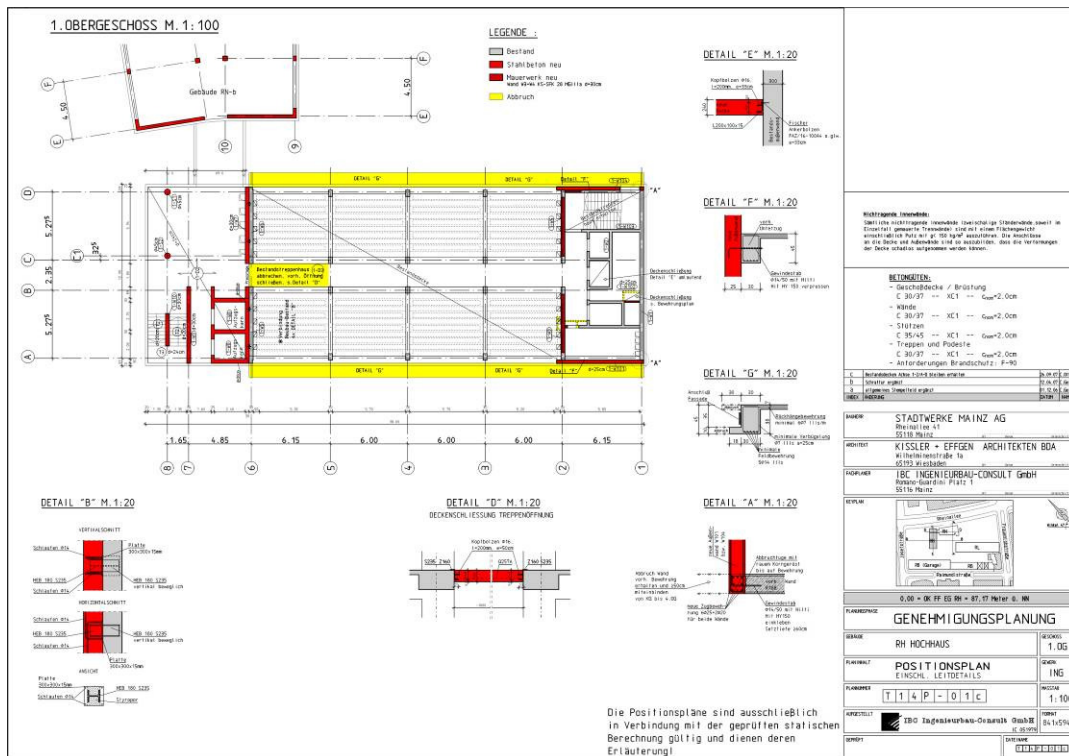


Bild 2: Grundriss eines Regelgeschosses

### 3 Konzeptioneller Brandschutz

#### 3.1 Gebäudebeschreibung

##### 3.1.1 Gebäude- und Nutzungsbeschreibungen

Im vorliegenden Fall waren ein geplanter Neubau sowie das bestehende Hochhaus zu bewerten. Der geplante Neubau wird in den folgenden Betrachtungen nur am Rande berücksichtigt, da er im hier ausgeführten Zusammenhang nicht von Bedeutung ist.

Das Hochhaus weist eine bebaute Grundfläche von ca. 630 m<sup>2</sup> auf. Es verfügt im Kellergeschoss über Technik- und Lagerräume; hier besteht auch eine Anbindung an eine Tiefgarage, die nicht Gegenstand dieser Betrachtungen sein soll. Im Erdgeschoss wird der Haupteingang entstehen. Die 11 Obergeschosse des Hochhauses werden, vorwiegend durch Büro und Verwaltung genutzt. Im 11. Obergeschoss soll ein Konferenzbereich entstehen. Die maximalen Abmessungen eines Regelgeschosses sind ca. 38 m in der Länge mal 16 m in der Breite. Der Fußboden des obersten Geschosses – 11. Obergeschoss – liegt etwa 38 m über dem Niveau der Erdgleichen. An der nördlichen Stirnseite erhält das bestehende Hochhaus eine neue Erschließungszone mit Treppenraum und Aufzügen.

An der nordöstlichen Seite des Hochhauses soll ein Gebäudeflügel neu errichtet werden. Die maximalen Abmessungen dieses Gebäudeteils betragen in der Länge ca. 42 m und in der Breite ca. 20 m. Auch hier ist im Untergeschoss eine Anbindung an die vorhandene Garage geplant. Im Erdgeschoss soll das Mitarbeiterrestaurant entstehen. Die drei Obergeschosse beherbergen überwiegend Büro- und Verwaltungsnutzungen.

### **3.1.2 Konstruktionsweise**

Das Hochhaus ist in den 1950er Jahren als Stahlbeton- Skelettbau errichtet worden. Für dieses Gebäude wurden die vorhandenen statischen Berechnungen auch im Hinblick auf den baulichen Brandschutz gesichtet und es wurde eine Überprüfung der Bauteile vorgenommen. Diesbezüglich wird in den folgenden Kapiteln eine detaillierte Bewertung erfolgen.

Die Umplanung sieht vor, dass das bestehende 10. OG zurückgebaut und durch ein neues, in Massivbauweise errichtetes, ersetzt wird. Dafür wird im Rahmen der statischen Berechnungen nachgewiesen, dass die Anforderungen der Feuerwiderstandsklasse F90 eingehalten werden.

Die Fassade des Gebäudes wird neu ausgeführt, so dass die bauordnungsrechtlichen Anforderungen eingehalten werden können.

### **3.1.3 Bauliche Merkmale**

#### Gesamtkomplex

Der Gesamtkomplex, der sich aus dem bestehenden Hochhaus sowie dem Neubau zusammensetzt, weist insgesamt Abmessungen auf, die eine innere Brandabschnittsbildung grundsätzlich nicht erforderlich machen. Allerdings besteht die Option einen weiteren Anbau an das Hochhaus vorzunehmen. Aus diesem Grund werden insgesamt 2 Brandabschnitte, die durch eine Brandwand nach DIN 4102 Teil 3 abgegrenzt werden, ausgebildet. Die erforderliche Brandwand wird im Zuge des Neubaus errichtet, so dass die konstruktive Ausbildung nach den gültigen technischen Regeln erfolgen kann.

Außerdem ist der hier betrachtete Gebäudekomplex längs seiner südlichen Seite auf dem Niveau des Untergeschosses direkt mit der im Bestand vorhandenen Garage verbunden. Somit sind die Rettungswege der Garage, die derzeit und auch künftig in die hier betrachteten Gebäude führen, in die konzeptionelle Planung mit einzubeziehen.

## Hochhaus

In der südlichen Gebäudeecke ist im Bestand ein notwendiger Treppenraum angeordnet, der alle Geschosse erschließt und einen sicheren Ausgang in das Freie auf der Ostseite aufweist. Außerdem wird hier ein neuer Aufzug in einem bestehenden Schacht errichtet.

Die zwei weiteren, im Bestand vorhandenen Fahrschächte, werden umgenutzt. Einer wird durch Einziehen von massiven Geschossdecken zum Putzmittelraum. Der andere dient als Installationsschacht.

Im Rahmen der Baumaßnahmen wird auf der Gebäudenordseite eine neue Erschließungszone errichtet. Diese umfasst einen notwendigen Treppenraum, einen herkömmlichen und einen Feuerwehraufzug. Bei dieser Erweiterung wird gleichzeitig in jedem Geschoss ein Besprechungsraum errichtet.

Im Erdgeschoss wird ein repräsentativer Empfang entstehen, der den Haupteingang der Stadtwerke AG bildet. Dazu sollen Teile der Geschossdecke über EG – auf der Gebäudewestseite – entfernt werden; es entsteht ein geschossübergreifender Luftraum, an den im 1. Obergeschoss auf der Gebäudeostseite Besprechungsräume angebunden sind. Schließlich soll das Hochhaus um ein Geschoss aufgestockt werden. Aus statischen Gründen soll dieses in Stahlbauweise geschehen.

## 3.2 Bauordnungsrechtliche Anforderungen

Zur Umsetzung bzw. Einhaltung von brandschutztechnischen Schutzziele sind in der Landesbauordnung materielle Anforderungen definiert. Diese beziehen sich jedoch im Allgemeinen auf Wohngebäude und vergleichbare Nutzungen. Im konkreten Fall unterscheiden sich die Nutzung sowie die Gebäudegeometrie und damit die Risikosituation von der in der Landesbauordnung zugrunde gelegten. Unter anderem deshalb wird eine individuelle, schutzzielorientierte Beurteilung und Bewertung erforderlich.

Da der zu beurteilende Gebäudekomplex überwiegend Büro- und Verwaltungsnutzungen und ein Mitarbeiterrestaurant beherbergt sowie als Hochhaus zu bezeichnen ist, muss er insgesamt als bauliche Anlage besonderer Art oder Nutzung im Sinne des § 50 der Landesbauordnung Rheinland-Pfalz eingeordnet werden. Gemäß § 50 der Landesbauordnung können für bauliche Anlagen und Räume besonderer Art oder Nutzung je nach Risikolage, besondere Anforderungen gestellt, aber auch Erleichterungen gestattet werden. Zur Konkretisierung der besonderen Anforderungen bzw. Erleichterungen wurden für diverse bauliche Anlagen besonderer Art oder Nutzung Sonderbauverordnungen von der obersten Bauaufsichtsbehörde bauaufsichtlich eingeführt.



Für das Hochhaus liegt in Rheinland- Pfalz keine bauaufsichtlich eingeführte Sonderbauverordnung vor. Allerdings kann auf das Muster der Hochhausrichtlinie zur Bewertung zurückgegriffen werden. Außerdem wird im Folgenden eine objektspezifische Risikobetrachtung als weitere Basis für die brandschutztechnische Bewertung erarbeitet.

Im Sinne des § 2 Absatz 3 LBauO handelt es sich bei dem zentralen Gebäudeteil um ein Hochhaus, da der oberste zum Aufenthalt dienende Fußboden des Gebäudes höher als 22 m über der Erdgleichen liegt. Der geplante Neubau ist nach § 2 Absatz 2 der LBauO als „Gebäude der Gebäudeklasse 4“ einzustufen, da das Objekt aufgrund seiner Ausdehnung und Nutzung als „sonstiges“ Gebäude zu bezeichnen ist.

### **3.3 Objektspezifische Risikobetrachtung**

Im Sinne des § 50, Absatz 2, Nr. 1, 3, 4, 9 und 10 der LBauO handelt es sich bei dem beurteilungsrelevanten Gebäude insgesamt um einen Sonderbau. Bei Sonderbauten können unter Berücksichtigung des objektspezifischen Risikos und einer ggf. bauaufsichtlich eingeführten Sonderbauvorschriften im Rahmen eines Brandschutzkonzeptes Abweichungen von den Vorgaben der Landesbauordnung begründet werden. Als Voraussetzung hierfür soll im Folgenden das objektspezifische Risiko des bestehenden Gebäudes dargelegt werden.

Das objektspezifische Risiko eines Sonderbaus kann sich aus verschiedenen Aspekten ergeben. Dazu zählen z.B. die bauliche Ausführung, die anlagentechnischen Einrichtungen, die geometrische Gestalt, die Nutzungen und die betrieblichen Voraussetzungen. Im konkreten Fall besteht nach derzeitigem Kenntnisstand bezüglich der Anlagentechnik und der betrieblichen Randbedingungen keine Risikosituation, die sich wesentlich von der in der Landesbauordnung oder der Sonderbauschrift vorausgesetzten unterscheidet.

Anlagentechnische Belange des Brandschutzes sind als günstig zu bewerten, da:

- Sämtliche Anlagen – Lüftungstechnik, elektrische Anlagen und Heizungsanlage – neu errichtet werden und somit die Übereinstimmung mit den technischen Regeln hergestellt werden können;
- In Teilbereichen des Gebäudekomplexes eine automatische Feuerlöschanlage bzw. eine automatische Brandmeldeanlage errichtet werden soll.

Bleiben die bauliche Ausführung, die Geometrie des Gebäudekomplexes und die Nutzung, die eine gesonderte Betrachtung erfordern.

#### Gebäudegeometrie und Nutzung

Der Gesamtkomplex verfügt über eine Ausdehnung, die eine Unterteilung in Brandabschnitte erforderlich macht. Deshalb wurden zwei Brandabschnitte geplant, wobei das Hochhaus einen Brandabschnitt bildet.

Im Hochhaus wird das Erdgeschoss, durch entfernen von Teilen der Geschossdecke, mit dem 1. Obergeschoss zu einem Luftraum verbunden. Zur Kompensation der Geschossverbindung sind automatische Brandmelde- und Feuerlöscheinrichtungen vorhanden. In dieser Situation entstehen Nutzungen im 1. Obergeschoss, die über eine Galerie erschlossen werden. Der Rettungsweg dieser Nutzungen führt auf die Galerie – in den Luftraum – und von hier nach zwei Seiten in einer Distanz von weniger als 15 m zu einem notwendigen Treppenraum. Außerdem sind auf der Gebäudeostseite für das 1. Obergeschoss anleiterbare Stellen vorhanden.

### Bauliche Ausführung

Einleitend wurde bereits darauf hingewiesen, dass das neue 10. Obergeschoss in seiner tragenden und aussteifenden Struktur aus Stahlbeton errichtet wird. Für diese Konstruktion wird im Rahmen der statischen Berechnungen der Nachweis geführt, dass insgesamt die Anforderungen der Feuerwiderstandsklasse F 90 erfüllt werden.

Für die übrigen Geschosse des Hochhauses wurde im Rahmen der Grundlagen-ermittlung auch der konstruktive Brandschutz der tragenden Stahlbetonkonstruktion untersucht. Dabei wurden in Stichproben die tatsächliche Betondeckung der Bauteile gemessen und die statischen Berechnungen des Bestandsgebäudes ausgewertet.

Eine Bewertung ausschließlich nach den Vorgaben von DIN 4102 Teil 4 kommt zu folgendem Ergebnis:

- Die Bauteilabmessungen im Vergleich zu DIN 4102 Teil 4 lassen sich wie folgt bewerten:
  - eine Einstufung in die Feuerwiderstandsklasse F 90 zu.
  - eine Ausnahme hiervon bilden die Stahlbeton- Rippendecken, die aufgrund ihrer Abmessungen lediglich in die Feuerwiderstandsklasse F 60 einzustufen sind.

Tabelle: Bauteildicke

Mindestdicken bzw. -breiten von Bauteil	vorhandene Dicke bzw. Breite [cm]	erforderliche Dicke bzw. Breite für F 90 <sup>2)</sup> [cm]	erforderliche Dicke bzw. Breite für F 60 <sup>2)</sup> [cm]	erforderliche Dicke bzw. Breite für F 30 <sup>2)</sup> [cm]
Flurdecke EG	10	10	8	8
Flurdecke 1. – 10 OG	8	10	8	8
Decke KG	15	10	8	8
Rippenbreite	11	12	10	8
Druckplatte der Rippendecke inkl. Estrich	13,5 <sup>1)</sup>	5 + 5 = 10	5 + 3 = 8	5 + 3 = 8
Treppenläufe und -podeste	13/18	10	8	8
Unterzüge	30/55	15/17	12/12	11/11
Stützen	30/30	24	20	15

Legende zur Tabelle:

1) = d Druckplatte inklusive Estrich von 4,50 cm

2) = nach DIN 4102- Teil 4


 = Anforderung erfüllt

- Die gemessenen Betondeckungen lassen sich im Vergleich mit DIN 4102 Teil 4 wie folgt bewerten:
  - die Stahlbetonwände lassen sich in die Feuerwiderstandsklasse F 90 einordnen;
  - die Stahlbetonstützen weisen zunächst geringfügig geringere Abweichungen von der Mindestbetondeckung nach der gültigen DIN 1045 auf. Allerdings beträgt der Wert  $u$ , der für die brandschutztechnische erforderliche Betondeckung maßgeblich ist, 42 mm. Der Vergleich dieses Wertes mit dem erforderlichen Wert  $u$  für Stützen der Feuerwiderstandsklasse F 120 ( $u = 40$  mm) zeigt, dass die Stützen mindestens die Anforderungen der Feuerwiderstandsklasse F 90 erfüllen;
  - die Kellergeschossdecke weist geringfügige Abweichungen (1 mm) von den Mindestvorgaben für die Feuerwiderstandsklasse F 60 auf;
  - die Decken der Obergeschosse von unten die Anforderungen der Feuerwiderstandsklasse F 30 nicht erfüllen.

Tabelle: Betondeckung

Bauteil	Ist- Betondeckung [mm] i.M.	erf. Betondeckung nach DIN 4102 für F 90 [mm]	erf. Betondeckung nach DIN 4102 für F 60 [mm]	erf. Betondeckung nach DIN 4102 für F 30 [mm]
KG Decken	24 (u)	35 (u)	25 (u)	10 (u)
KG Stützen	$u_{\text{Stütze}} = 42 = 18 \text{ (Bd)} + 10 \text{ (Bü)} + 14 \text{ (Stütze)}$	20 (Bd) oder $u \geq 40 \text{ mm für F } 120^{1)}$	20 (Bd) oder $u \geq 40 \text{ mm für F } 120^{1)}$	20 (Bd) oder $u \geq 40 \text{ mm für F } 120^{1)}$
KG Wände	37 (u)	25 (u)	10 (u)	10 (u)
OG Rippendecke	22	55 (65)	40 (50)	25 (35)

Legende zur Tabelle:

- 1) = Tabelle 31 DIN 4102:  $u \geq 40 \text{ mm für F } 120$
- u Stütze = Betondeckung +  $\varnothing$  Bügel +  $\frac{1}{2} \varnothing$  Stützenbewehrung
- Bd = Betondeckung bis Bügel
- u = Betondeckung auf Stabachse bezogen gem. DIN 4102
-  = Anforderung erfüllt

Der ausschließliche Vergleich mit den Vorgaben von DIN 4102 Teil 4 führt also zu dem Ergebnis, dass insbesondere die Geschossdecken, bei einer Brandeinwirkung von unten, die bauordnungsrechtlich vorgegebene feuerbeständige Eigenschaft nicht aufweisen.

Aufgrund dieser Ergebnisse können zunächst Ertüchtigungsmaßnahmen erarbeitet werden, die im Ergebnis dazu führen, dass die bestehende tragende Konstruktion im Abgleich mit DIN 4102 Teil 4 als feuerbeständig klassifiziert ist. Solche Ertüchtigungsmaßnahmen lassen sich grob in zwei Gruppen unterteilen.

Einerseits ist eine unmittelbare Verbesserung der Feuerwiderstandsfähigkeit des Bauteils durch Aufbringen von z.B. mineralischen Putzen oder Putzsystemen möglich. Andererseits können Trockenbausysteme zum Einsatz kommen, die indirekt als „Vorsatzschale“ die erforderliche brandschutztechnische Ertüchtigung bringen. Beide Arten der Ersatzmaßnahmen beinhalten zum Teil erhebliche Nachteile.

In beiden Fällen werden in das Tragwerk zum Teil erhebliche zusätzliche Lasten eingeleitet, die wenn überhaupt nur mit großem Aufwand von der bestehenden Konstruktion übernommen werden können. Im Fall der Ertüchtigung mit den vorgesetzten Trockenbausystemen kommt hinzu, dass die Befestigungen der heute häufig sehr aufwendigen haustechnischen Installationen, die brandschutztechnisch wirksame und erforderliche „Vorsatzschale“ durchdringen müssen, was nur in geringem Umfang zulässig ist.

Diese Randbedingungen führen dazu, dass die Tragfähigkeit einer Gebäudestruktur im Brandfall, unter den Vorgaben des konzeptionellen Brandschutzes mit seinen anlagentechnischen Ersatzmaßnahmen, mit heute zur Verfügung stehenden Methoden und experimentellen Erfahrungen nachgewiesen werden muss. Dabei ist sehr hilfreich, dass eine objektspezifische Risikobetrachtung für ein Hochhaus auf Basis der neueren Erkenntnisse, welche sich in der Muster- Hochhausrichtlinie niedergeschlagen haben, den Einsatz einer automatischen Feuerlöschanlage erforderlich macht. Diese Voraussetzung versichert systembedingt die Eindämmung eines Entstehungsbrandes und reduziert folglich die Temperaturentwicklung und damit die Temperatureinwirkungen auf die tragende Konstruktion.

Auf dieser konzeptionellen Basis erfährt der im Folgenden dargelegte konstruktive Brandschutznachweis eine zusätzliche Absicherung.

## **4 Konstruktiver Brandschutz**

### **4.1 Beschreibung und Bewertung der bestehenden Gebäudekonstruktion**

Die Auswertungen der stichprobenartigen Begutachtung der Bestandskonstruktion wurde zusammenfassend in Abschnitt 2.3 des vorliegenden Beitrages vorgenommen. Hier wurden die eingemessenen Betondeckungen tabellarisch aufgeführt und – sofern Bestandsunterlagen zusätzlich zur Verfügung standen – mit den dort angegebenen Bewehrungsbiegeformen und Bauteilabmessungen verglichen, um auch mögliche Einbautoleranzen während der Herstellung in die Bewertung mit einbeziehen zu können.

Dabei zeigte sich, durch Vergleich mit den Tabellenwerken der technischen Baubestimmungen gemäß DIN 4102-4, dass die geforderte Feuerwiderstandsdauer F90 für einzelne Bauteile sowohl hinsichtlich der geforderten Mindestabmessungen als auch der Mindestbetonüberdeckungsmaße als gegeben angenommen werden kann.

Insbesondere der Nachweis der Deckenkonstruktionen im Kellergeschoss (linienförmig gelagerte Flachdecke) aber auch in den aufgehenden Geschossdecken (Ortbetonrippendeckenkonstruktion) konnte mittels einer Nachweisführung gemäß DIN 4102-4 hier jedoch nicht erfolgreich geführt werden.

Erste Überlegungen bezüglich der konventionellen Ertüchtigungen dieser Bauteile wurden angestellt und konzeptionell ausgearbeitet. In anschließenden Fachdiskussionen mit allen an der Planung Beteiligten, d.h. Vertretern der Bauherrschaft, der Projektsteuerung, des Objektplaners, der Fachplaner der technischen Ausbaugewerke und dem Tragwerksplaner, wurden die entsprechenden Ertüchtigungsstrategien bewertet.

Die konventionelle Querschnittsverstärkung der horizontalen Bauteile, die auch die geforderten Mindestbetonüberdeckungsmaße erzielt hätten, mussten aus statischen Gründen infolge der Lastbilanzen verworfen werden. Insbesondere die Erhöhung des Eigengewichtes und die zusätzlichen Horizontalbeanspruchungen (siehe Abschnitt 1), hätten zu unverhältnismäßig hohen zusätzlichen Ertüchtigungsmaßnahmen im Gründungsbereich geführt.

Eine Abminderung der zulässigen Verkehrslasten hätte andererseits eine zu große Einschränkung der Nutzungsflexibilität nach sich gezogen und wurde aus diesen Gründen verworfen.

Auch nicht unerheblich wären außerdem die zusätzlichen Kosten dieser flächigen Bauteilverstärkungen gewesen, da hier auch die entsprechende Bauzeitverlängerung dieser Arbeitsschritte und die damit einhergehenden zusätzlichen Mietkosten des Ausweichquartiers kalkuliert werden müssen.

Auch der Einbau feuerwiderstandsfähiger Verkleidungen (abgehängte Decken) wurden finanziell bewertet und insbesondere hinsichtlich der späteren Einschränkungen im Nutzungsbetrieb verworfen. Beim Einbau dieser Verkleidungen muss dauerhaft während der Nutzung sichergestellt bleiben, dass nachträgliche Montagen/Demontagen im Bereich dieser Bauteilverkleidungen unterbleiben.

Durch die Autoren dieses Beitrages wurde dann vorgeschlagen, die vorhandenen Brandszenarien im Gebäudebestand zu beschreiben und mit realistischeren Steifigkeitsansätzen der Konstruktion in Vergleich zu stellen. Neben diesen technischen Betrachtungen war jedoch weiterhin auch die baurechtliche Situation im Genehmigungsverfahren zu beachten. Entsprechende Diskussionen mussten mit der Berufsfeuerwehr und der unteren Bauaufsichtsbehörde abgestimmt und konsensual beschieden werden. Diese Diskussionsansätze wurden durch geeignete thermische Analysen untermauert.



Bild 3: Rippendecke im Gebäudebestand

## **4.2 Abgleich mit technischen Regeln aus der Zeit der Gebäudeerrichtung**

Zum Zeitpunkt der Errichtung des Gebäudes wurde die Feuerwiderstandsdauer nach Vorgaben der damals gültigen DIN 4102, Blatt 2 in der Ausgabe 1940 vorgenommen. Durch Abgleich der Konstruktionskenntnisse aus der eigenen gutachterlichen Überprüfung bzw. den fragmentarisch vorhandenen Bestandsunterlagen konnte hier festgestellt werden, dass die Konstruktion zum Zeitpunkt ihrer Errichtung den in der damals gültigen Norm vorgegebenen Konstruktionsgrundsätzen entsprach und aus damaliger Sicht eine Einstufung in die Feuerwiderstandsklasse F90 vorgenommen werden konnte. Die in dieser Norm festgelegten Einstufungsparameter haben weitaus pauschaleren Charakter als die Vorgaben der derzeit gültigen Norm. Hier wurden damals insbesondere konstruktive Randbedingungen des Tragwerkes mitberücksichtigt, so dass die Mindestabmessungen von Bauteilen wesentlich günstiger angesetzt werden konnten.

## **4.3 Abgleich mit dem heute gültigen Regelwerk (DIN 4102)**

Die Vorgaben der zum Zeitpunkt des Baugenehmigungsverfahrens gültigen Norm DIN 4102-4 (Ausgabe 1994) resultieren im Wesentlichen aus umfangreichen Bauteilforschungen, die in den 70iger und 80iger Jahren federführend an der MPA in Braunschweig durchgeführt wurden.

Die Ergebnisse dieser Bauteilversuche sind technisch jedoch dahingehend auf der sicheren Seite zu bewerten, als dass die realistischen Verhältnisse in räumlichen Tragwerken nur unzureichend erfasst sind. Insbesondere Randeinspannungen von Decken und Unterzügen, die sich herstellungsbedingt ergeben, bleiben unberücksichtigt. Auch wurde bei den o.a. Bauteilversuchen meist der konstruktiv vorhandene zweiachsige Lastabtrag flächiger Bauteile auf der sicheren Seite liegend nicht erfasst. Dehnungsbehinderungen infolge thermischer Verformungen, die unter Umständen auch eine Erhöhung der Feuerwiderstandsdauer mit sich führen, sind bei den Bauteilversuchen im Prüfofen ebenfalls nicht messbar.

Abschließend bleibt insbesondere auch festzuhalten, dass sämtlichen Bauteilversuchen, die Grundlage der o.a. Brandschutznormen sind, auf Basis einer Beflammung im Prüfofen gemäß ETK (Einheitstemperaturkurve) erfolgte. Die realistischen Brandbeaufschlagungen in Tragwerken sind jedoch meist niedriger, da die Brandlasten in herkömmlichen Hochbauten zwar eine länger einwirkende Temperaturbeaufschlagung nach sich führen können, jedoch die maximale Temperatur der ETK-Kurve selten erreicht wird.

Eine Abschätzung dieser begünstigenden Randbedingungen im vorliegenden Fall wurde vorgenommen und zur Beschleunigung des Genehmigungsprozesses durch ein Obergutachten von Herrn Prof. Dr.-Ing. Wesche (Regierungsdirektor a.D. der MPA Braunschweig) prinzipiell belegt.

#### **4.4 Klassifizierung der Gebäudekonstruktion**

Auf Grundlage der gemäß der ursprünglichen Normvorgaben erreichten Feuerwiderstandsdauer F90 der Konstruktion konnte baurechtlich der Charakter des Bestandschutzes formuliert werden.

In Abstimmung mit der unteren Bauaufsicht, der Berufsfeuerwehr und dem Obergutachter, konnte von den Abteilungen für Tragwerksplanung und Brandschutzplanung der IBC Ingenieurbau – Consult GmbH nachgewiesen werden, dass die Rippendeckenkonstruktionen eine Feuerwiderstandsdauer von F60 sicher überschreiten und die geforderte F90 Qualität annähernd erreichen.

Durch Diskussionen des ganzheitlichen Brandschutzkonzepts wurde gemeinsam mit der Berufsfeuerwehr die Genehmigungsfähigkeit bestätigt und eine Baugenehmigung dieser 50 Jahre alten Bestandsimmobilie ohne Brandschutzertüchtigungsmaßnahmen des Tragwerks erreicht.





Bild 4: Bauphase Aufstockung des Hochhauses

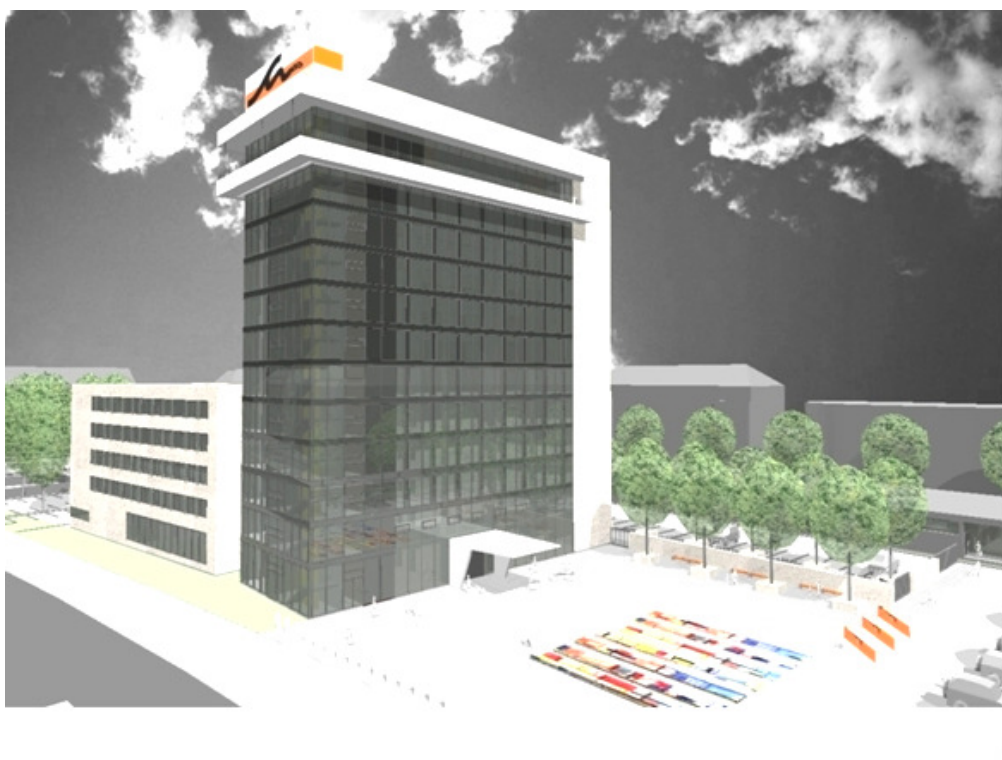


Bild 5: Modell des Hauptverwaltungsgebäudes

## **5 Zusammenfassung und Ausblick**

Die Veränderungen der letzten Jahre im Bau- und Immobiliensektor haben ein Betätigungsgebiet - Bauen im Bestand - gestärkt und in Teilen neu- bzw. fortentwickelt. Von allen Planungsbeteiligten wird mehr und mehr der Umgang mit bestehender Bausubstanz gefordert. Dabei soll einerseits ein bestehendes Gebäude in seiner Struktur erhalten bleiben und andererseits zeitgemäße und wirtschaftliche Nutzungen ermöglicht werden.

In diesem Umfeld werden insbesondere Tragwerksplaner und Brandschutzplaner, deren Arbeit in den vergangenen Jahren aus unterschiedlichen Gründen vermehrt in das Bewusstsein der Planer und Bauherren gerückt ist, vor die Aufgabe gestellt, möglichst flexible und wirtschaftliche Lösungen für ein Gebäudekonzept zu erarbeiten. In der Planungspraxis hat sich gezeigt, dass diese beiden Planungsdisziplinen bei einer engen Zusammenarbeit und inhaltlich abgestimmten Vorgehensweise, besonders sparsame Lösungen erarbeiten können. Dabei werden die Vorgaben der technischen und rechtlichen Normen selbstverständlich eingehalten. Findet diese verknüpfte Arbeitsweise nicht statt, sondern plant jede der Disziplinen unabhängig und nach den Vorgaben der eigenen Normen, entstehen zwar auch fachlich korrekte, aber wenig realisierbare Planungsansätze.

Mit dem vorliegenden Beitrag wird die in der Praxis geübte Vorgehensweise exemplarisch an einem konkreten Projekt vorgestellt. Auch die textliche Abfassung soll zeigen, dass das Projekt zwar durch zwei verschiedene Ingenieurdisziplinen bearbeitet wurde, ohne dabei die Belange der jeweils anderen Disziplin aus dem Auge zu verlieren.

Da auch in der Zukunft das Bauen im Bestand, sei es in Form von Generalsanierungen mit der Entkernung eines Gebäudes oder in Form von Änderungen in Nutzung und Struktur, die Arbeit der Planer prägen wird, ist die enge Verzahnung der Disziplinen von großer Bedeutung. Es wird vermehrt darum gehen, einerseits wirtschaftliche und flexible Gebäude verwirklichen und andererseits der Verpflichtung auf Einhaltung technischer und rechtlicher Normen nachkommen zu können.

## Literatur

- [1] Bauphysik Kalender 2006, Hersg. N.A. Fouad, Ernst & Sohn, Berlin;
- [2] Landesbauordnung Rheinland-Pfalz (LBauO) vom 24. November 1998, in der Fassung vom 26.11.2008;
- [3] Muster-Richtlinie über den Bau und Betrieb von Hochhäusern, Muster-Hochhaus-Richtlinie (M-HHR), Stand April 2008;
- [4] DIN 4102-2: Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen – Teil 2: Bauteile Begriffe, Anforderungen und Prüfungen 09.1977;
- [5] DIN 4102-4: Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen – Teil 4: Zusammenstellung und Anwendung klassifizierter Baustoffe, Bauteile und Sonderbauteile 03.1994;
- [6] DIN 4102-22: Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen – Teil 22: Anwendungsnorm zu DIN 4102-4 auf der Bemessungsbasis von Teilsicherheitsbeiwerten 11.2004;
- [7] pr EN 1991-1-2: Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 1-2: Allgemeine Einwirkungen, Brandeinwirkungen auf Tragwerke 2002;
- [8] Brandversuche Lehrte; Brandversuche an einem zum Abbruch bestimmten viergeschossigen modernen Wohnhaus, Bundesminister für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau, Nr. 04.037 Bonn 1978.