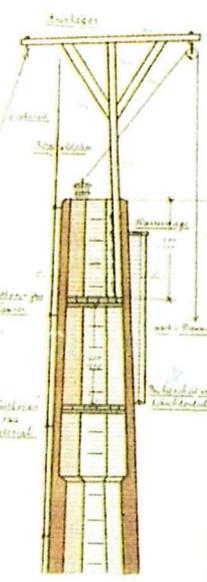
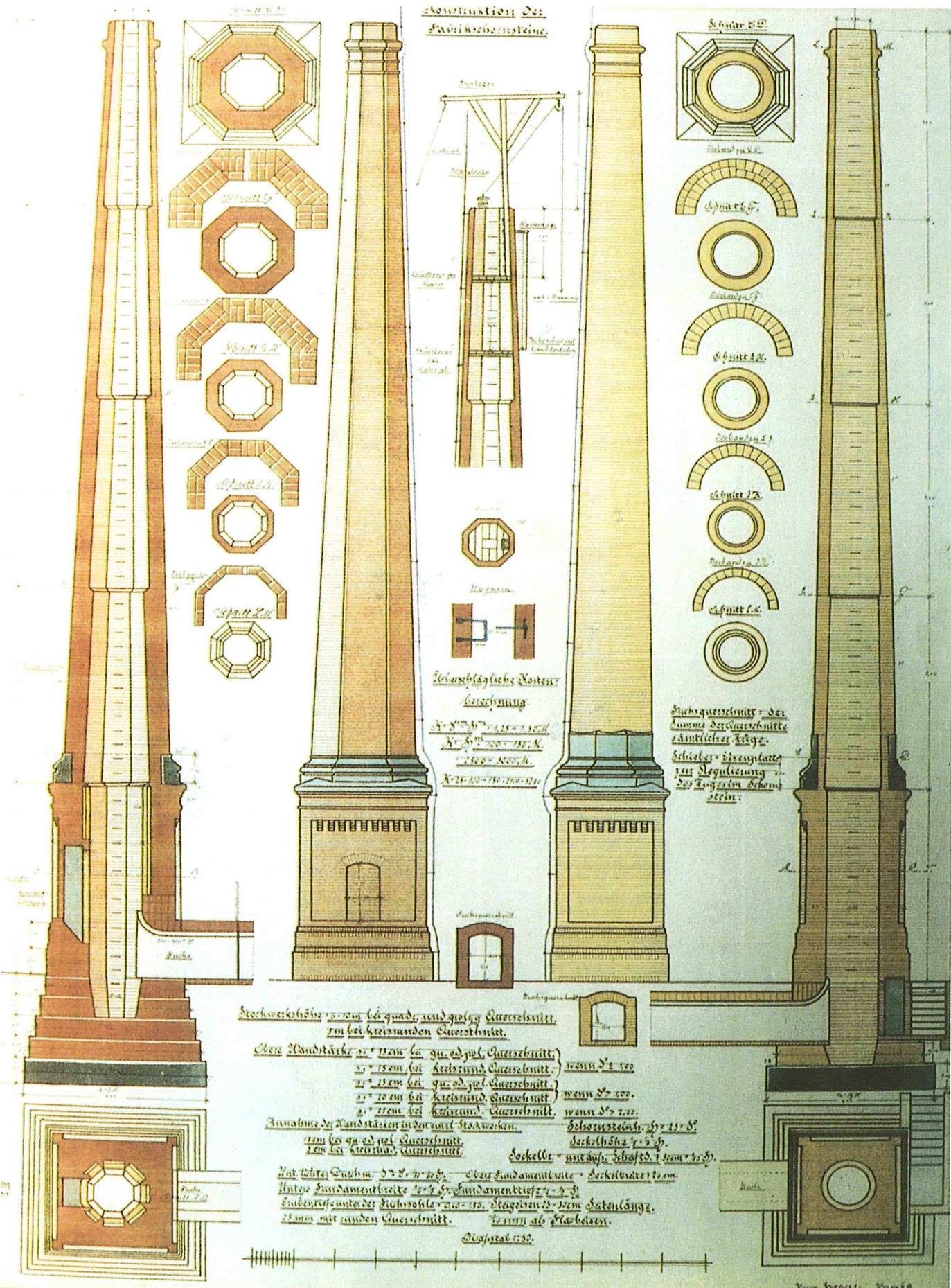


Historische Industrieschornsteine

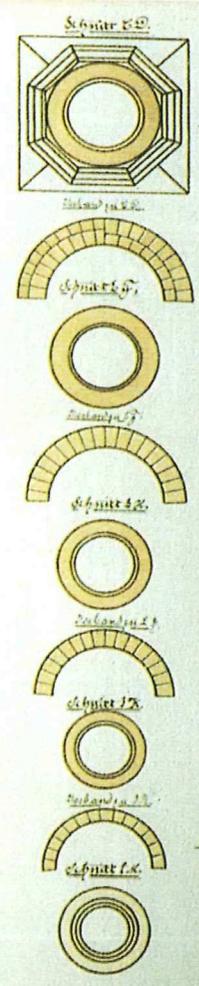
Richtlinie für die Erhaltung der Bausubstanz

Abstraktion der
Saure Kobenstein.



Wasserschlagliche Konstruktion
Zeichnung

- K¹ 10' 3" 11' 1" 12' 1" 13' 1"
- K² 10' 3" 11' 1" 12' 1" 13' 1"
- K³ 10' 3" 11' 1" 12' 1" 13' 1"
- K⁴ 10' 3" 11' 1" 12' 1" 13' 1"



Durchquerchnitt des
Summe der Querschnitte
entsprechendes Klotz.
Schiefer die Regulierung
des Klotzes im Schorn
stein.

Stoßwerkstärke 12-15 cm bei quadr. und 10-12 cm bei Kreisrunden Querschnitt.

- Oberer Randstärke 12-15 cm bei quadr. und 10-12 cm bei Kreisrunden Querschnitt.
- 12-15 cm bei Kreisrunden Querschnitt wenn d > 100.
- 12-15 cm bei quadr. und 10-12 cm bei Kreisrunden Querschnitt wenn d > 100.
- 12-15 cm bei Kreisrunden Querschnitt wenn d > 100.

Annahme der Randstärke in der Regel 10-12 cm.
12-15 cm bei quadr. und 10-12 cm bei Kreisrunden Querschnitt.
12-15 cm bei Kreisrunden Querschnitt wenn d > 100.

12-15 cm bei quadr. und 10-12 cm bei Kreisrunden Querschnitt.
12-15 cm bei Kreisrunden Querschnitt wenn d > 100.
12-15 cm bei quadr. und 10-12 cm bei Kreisrunden Querschnitt.
12-15 cm bei Kreisrunden Querschnitt wenn d > 100.

12-15 cm bei quadr. und 10-12 cm bei Kreisrunden Querschnitt.
12-15 cm bei Kreisrunden Querschnitt wenn d > 100.
12-15 cm bei quadr. und 10-12 cm bei Kreisrunden Querschnitt.
12-15 cm bei Kreisrunden Querschnitt wenn d > 100.

Vorwort

Die Deutsche Gesellschaft Feuerfest- und Schornsteinbau e.V. (DGFS) fördert unter anderem fachspezifische und wissenschaftliche Arbeiten in den Fachbereichen Feuerfest- und Schornsteinbau. Veröffentlichungen der Gesellschaft oder solche von Mitgliedern u. a., die für diesen Sachverhalt von Bedeutung sind, zeigen u. a. Literaturhinweise des Anhangs.

Auf der 11. Mitgliederversammlung der Deutschen Gesellschaft Feuerfest- und Schornsteinbau e.V. (DGFS) 1991 in Bad Dürkheim hat Herr Kämper die Anregung zur Thematisierung von historischen Schornsteinen gegeben. 1993 haben dann die Herren Becker und Kämper in Weimar, anlässlich der 16. Mitgliederversammlung der DGFS, eine Ausstellung von Fotos historischer Schornsteine gezeigt, die großes Interesse fand. Die Folge war die Gründung des Arbeitskreises 'Erhaltung und Sanierung von historischen Industrieschornsteinen'.

Diese Richtlinie wurde von der Arbeitsgruppe der DGFS ausgearbeitet. Mitglieder der Arbeitsgruppe sind die Herren:

F. Henseler, Vorsitzender; D. Behnke, H. Hoffmeister,
H. Kämper, Dr. P. Noakowski, H.-W. Scholz, W. Schwanz.

Die Geschäftsführung der DGFS, Herr Steuer, hat sowohl die Arbeitsgruppe als auch deren Tätigkeit betreut; dafür sei ihm von den Mitgliedern herzlich gedankt.

Die Darlegungen der Arbeitsgruppe wurden abgestimmt mit der

- BauBG Rheinland und Westfalen;
- Bundesfachabteilung Feuerfest- und Schornsteinbau im Hauptverband der Deutschen Bauindustrie e. V.;
- Bundesfachgruppe Feuerungs-, Schornstein- und Industrieofenbau im Zentralverband des Deutschen Bau-gewerbes e.V.
- Vereinigung der Landesdenkmalpfleger in der Bundesrepublik Deutschland, Arbeitsgruppe Industriedenkmalpflege.

Wir danken den Institutionen für die vielen wertvollen Hinweise und Anregungen, die zu einer bemerkenswerten Vervollkommnung dieser Richtlinie beigetragen haben. Das Thema wird uns sicherlich noch weiter beschäftigen.

Deutsche Gesellschaft Feuerfest- und Schornsteinbau e.V.

Düsseldorf im Januar 1999

Friedhelm Henseler
Vorsitzender der Arbeitsgruppe
Erhaltung und Sanierung von
historischen Industrieschornsteinen.

1. Inhaltsverzeichnis

2. Anwendungsbereich	10
3. Einführung	10
4. Denkmalwert	11
4.1 Denkmalbegriff	11
4.2 Künstlerische Begründungswerte	11
4.1 Wissenschaftliche Begründungswerte	11
4.4 Volkskundliche Begründungswerte	12
4.5 Städtebauliche Begründungswerte	12
5. Bedeutung der Originalkonstruktion	12
6. Schornsteinbauarten	13
6.1 Mauerwerkschornsteine	13
6.2 Stahlbetonschornsteine	14
6.3 Gemischtbauarten	14
6.4 Betonfertigteilschornsteine	14
6.5 Stahlschornstein	14
7. Schornsteinfunktion	15
8. Bautechnische Unterlagen	15
9. Bauzustandsbeurteilung	16
10. Qualifikation und Verantwortung	17
11. Baumaßnahmen	18
11.1 Notreparatur	18
11.2 Stillsetzungsreparatur	18
11.3 Sanierung	19
11.4 Restaurierung	19
12. Ausführung der Arbeiten	20
12.1 Allgemeines zur Standfestigkeit	20
12.2 Objekt- und Ortsbesichtigung	20
12.3 Baustelleneinrichtung	21
12.3.1 Maßnahmen vor Arbeitsbeginn	22
12.3.2 Arbeitsplätze und Verkehrswege	22
12.3.3 Absturzsicherungen	22
12.3.4 Gefahrenbereich	22
12.3.5 Befördern von Personen und Lasten	23
12.4 Voruntersuchungen	23
12.4.1 Reinigen von mineralischen Flächen	23
12.4.2 Neufertigung von Baumaterialien	23
12.4.3 Kontamination der Baumaterialien	23
12.4.4 Verantwortlichkeiten	24
12.5 Abbruch und Wiederaufbau	25
12.5.1 Abbrucharbeiten	25
12.5.2 Wiederaufbau	25
13. Überwachung, Qualitätssicherung, Abnahme	26

14. Baustoffe	26
14.1 Natursteine	26
14.2 Mauerziegel	27
14.3 Futtersteine	27
14.4 Mörtel	27
14.5 Ver fugungen	28
14.6 Metalle	28
14.7 Dämmstoffe.....	28
14.8 Beschichtungen	28
15. Kennzeichnung als Luftfahrthindernis	29
16. Blitzschutz	29
17. Fortsetzung des Betriebs	30
17.1 Unveränderter Betrieb	30
17.2 Veränderter Betrieb	30
18. Umnutzung	31
19. Dokumentation	31
19.1 Teilabbruch	31
19.2 Totalabbruch	32
20. Deutsche Gesellschaft Feuerfest- und Schornsteinbau e.V.	33
21. Definitionen	34
22. Abkürzungen	36
23. Literaturhinweise	37
24. Anlagen	
Beispiele erfolgreicher Arbeit an historischen Industrieschornsteinen:	
1. Erneuerung des Schornsteinkopfes der Landskron-Brauerei in Görlitz.....	39
2. Schornstein der ehemaligen Nordwolle-Kämmerei & Kammgarnspinnerei in Delmenhorst	42
3. Durchführung einer Gefahrenbeseitigung verbunden mit einer inneren und äußeren Inspektion, Salinenmuseum Halle / S.....	45
4. Schornsteinkopferneuerung bei der Privatbrauerei Ernst Barre, Lübbecke	48
5. Erneuerung eines Mauerwerkschornsteins für die Berliner Wasser Betriebe, Wasserwerk Friedrichshagen, Berlin-Köpenick	50
6. Sanierung eines historischen Schornsteins im Schöpfebachtal in Bad Säckingen	54
7. Mauerwerkschornstein der Rheinischen Landesklinik Bedburg	58

2. Anwendungsbereich

Diese 'Richtlinie für die Erhaltung der Bausubstanz', nachfolgend 'Richtlinie' genannt, informiert über Baumaßnahmen, die zur Erhaltung von historischen Mauerwerkschornsteinen erforderlich sind. Hier besprochene Bauarbeiten umfassen das Reparieren, Sanieren und Restaurieren von historischer Bausubstanz, und zwar nach Kriterien des Denkmalschutzes.

Es wird Bezug genommen auf Vorschriften und normative Richtlinien des Schornsteinbaus, insbesondere auf DIN 1056; die Darlegungen entsprechen dem derzeitigen Stand der Technik.

Eine Richtlinie für Baumaßnahmen an denkmalgeschützten *Industrieschornsteinen* ist notwendig, weil hier unübliche Erhaltungsarbeiten erforderlich sind. Derartige Schornsteine wurden in der Regel über viele Jahre mit *Rauchgas* beaufschlagt; *Ablagerungsprodukte* der Rauchgase können, beim sogenannten 'Kaltstehen', Bauschäden verursachen. Andererseits kann die Ertüchtigung zu neuen Zwecken Behinderungen bedeuten, die unter Denkmalschutzgesichtspunkten zu bewerten sind.

3. Einführung

Handwerk und Industrie gründen ihre Kenntnisse auf tradierte Fähigkeiten. Das Leben mit der Geschichte ist eine vornehme Unternehmernaufgabe. Mithin sind auch unsere und die vor uns gebauten Bauwerke ein Beitrag der Geschichtlichkeit. Wir wollen die uns überantworteten wertvollen Industrieschornsteine erhalten und an unsere Nachfolger weitergeben. Dazu möge diese Richtlinie dienen.

Die Ausarbeitung wurde so abgefaßt, daß für alle wesentlichen Arbeiten zur Ertüchtigung von historischen Industrieschornsteinen hinreichende Hinweise gegeben werden. Es ist selbstverständlich, daß der sachverständige Beitrag bei notwendigen Baumaßnahmen nicht ausgeschlossen werden darf, ja sogar notwendig ist. Nur gemeinsames Planen von Eigentümer, Architekt, Denkmalbehörde und Schornsteinbauunternehmer führen zum Erfolg.

Die Richtlinie gibt nicht nur Hinweise für praktisches Wirken, sondern sie zeigt auch Beispiele gut ausgeführter Arbeiten an historischen Industrieschornsteinen. Sie gibt auch Hinweise zur geeigneten Literatur. Alles in allem, sie ist eine gute Grundlage für Arbeiten an historischen Industrieschornsteinen: dazu ist sie gedacht.

Für Leser, die mit den Fachbegriffen des Schornsteinbaus nicht vertraut sind, sind im Abschnitt 'Definitionen' die Begriffe erläutert, die im Text kursiv gedruckt sind.

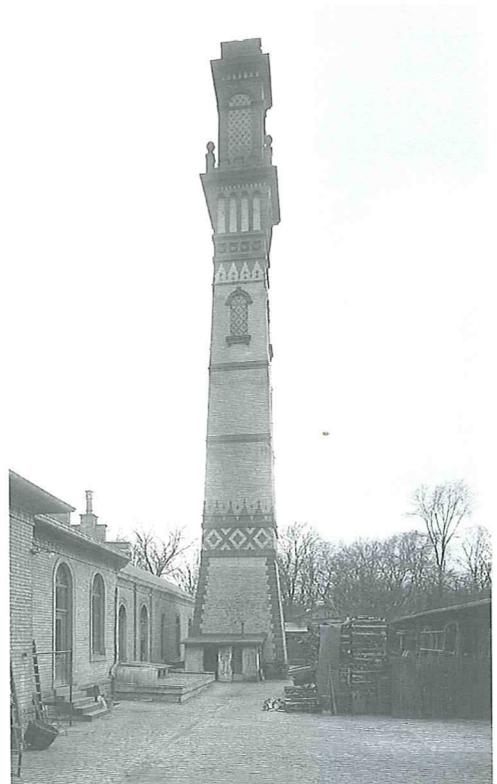


Bild 2a: Schornstein Vierortsbad, Karlsruhe, Aufnahme 1889
Foto: Gebrüder Hof

Diese Richtlinie ist keine Norm. Es liegt im Ermessen des Anwenders, die technischen Ratschläge zu übernehmen oder in angepaßter Form zu nutzen. Die DGFS, oder Mitglieder der DGFS, haben nach vorhandenem Fachwissen die technischen Ratschläge zusammengetragen; sie haften jedoch nicht für evtl. Schäden aus unrichtiger oder richtiger Anwendung dieser Richtlinie.

4. Denkmalwert

Historische Industrieschornsteine sind, wie andere Bauwerke, Referenzen menschlicher Tätigkeit. Sie zeigen handwerkliche Fähigkeiten und Gestaltungsabsichten bestimmter Epochen. Sie tradieren Kulturgut, das unserer Zeit überantwortet wurde.

4.1 Denkmalbegriff

Begriffsbestimmungen für Kulturdenkmale enthalten die Ländergesetze der Bundesrepublik Deutschland, und hier die Denkmalschutzgesetze (DSchG). Diese definieren ganz allgemein: Denkmale sind Zeugnisse menschlichen Lebens aus vergangener Zeit; an ihrer Erhaltung und Nutzung besteht ein öffentliches Interesse. Ein öffentliches Interesse besteht immer dann, wenn Denkmale für die Geschichte des Menschen, für Städte und Siedlungen als Leitbilder oder für eine wertende Entwicklung der Arbeits- und Produktionsverhältnisse bedeutend sind, und, wenn für die Erhaltung und Nutzung künstlerische, wissenschaftliche, volkskundliche oder städtebauliche

Gründe vorliegen. Bei Vorlage einer oder mehrerer Eigenschaften erfolgt zunächst die Aufnahme des Bauwerks in die Denkmalliste, womit dann dem absoluten Schutz die erste Priorität eingeräumt wird. Der Denkmalbegriff eines historischen Schornsteins wird mithin durch attributive Begründungswerte normativ bestimmt.

4.2 Künstlerische Begründungswerte

Herausragende Schornsteinarchitektur im ganzen sowie Formgestaltung, Materialverwendung und Entwurfs-elemente im einzelnen, sind Wertkriterien, und zwar unter Würdigung funktionaler Bestimmungszwecke. Schornsteine dominieren in einem bebauten Umfeld; sie sind daher wesentliches Objekt einer Baugruppe, eines Ensembles, und wirken so gemeinhin, als städtebauliche Markzeichen. Darüber hinaus bilden Schornsteine so etwas wie die 'Leitfossilien' der mit der Dampfmaschine einhergehenden Industriellen Revolution.

4.3 Wissenschaftliche Begründungswerte

Sie sind Kriterien der Baukonzeption, aber auch die der Bauausführung; weiter ist es die Art des inneren Schornstein-Ausbaus, nämlich die Anordnung von *Schutzfutter*, *Trennzungen* und Baukonstruktionen zur Rauchgaseinleitung mit ihren Eintrittsöffnungen.



Bild 2b: Schornstein Vierortsbad, Karlsruhe, Aufnahme 1998
Foto: F. Germann

Das gilt auch für Schornstein-*Kopfausbildungen* und Unterbauten, die als Schornsteinbasis zu Standsicherheitszwecken gebaut wurden. Die hier angesprochene ‘Wissenschaft’ ist die der Ingenieurbaukonstruktionen.

4.4 Volkskundliche Begründungswerte

Dominierende Bauwerke, so auch Schornsteine, sind vielfach weithin sichtbare topographische Merkmale. Darum können sie zu ortsbezogenen Symbolen werden, mit der Folge von lokal-kultureller Bedeutung: Das Gedächtnis der Bevölkerung verknüpft Erinnerungen mit dem Bauwerk, das ja seinerseits selbst markantester Teil einer technischen Unternehmung ist.

4.5 Städtebauliche Begründungswerte

Wenn Schornsteine prägende Elemente eines Bauensembles sind, zum Beispiel zugehörig zu einem Kesselhaus, das wiederum als Kraft- und Dampflieferant einer Fabrikanlage diente, dann kann dieses Ensemble nur als eine in sich geschlossene Einheit seinen Denkmalwert bezeugen, das wiederum gestaltsvisuelle und funktionelle Bezüge zu ihrem städtebaulichen Umfeld aufweist.

5. Die Bedeutung der Originalkonstruktion

Historische Industrieschornsteine wurden ursprünglich nach betrieblichen Erfordernissen bemessen, u. a. höhenmäßig nach dem *Zugbedarf*. Auch die baukünstlerische Ausprägung diente, nach dem Verständnis der Zeit, der Hervorhebung der Bedeutung einer wirtschaftlichen oder technischen Unternehmung.

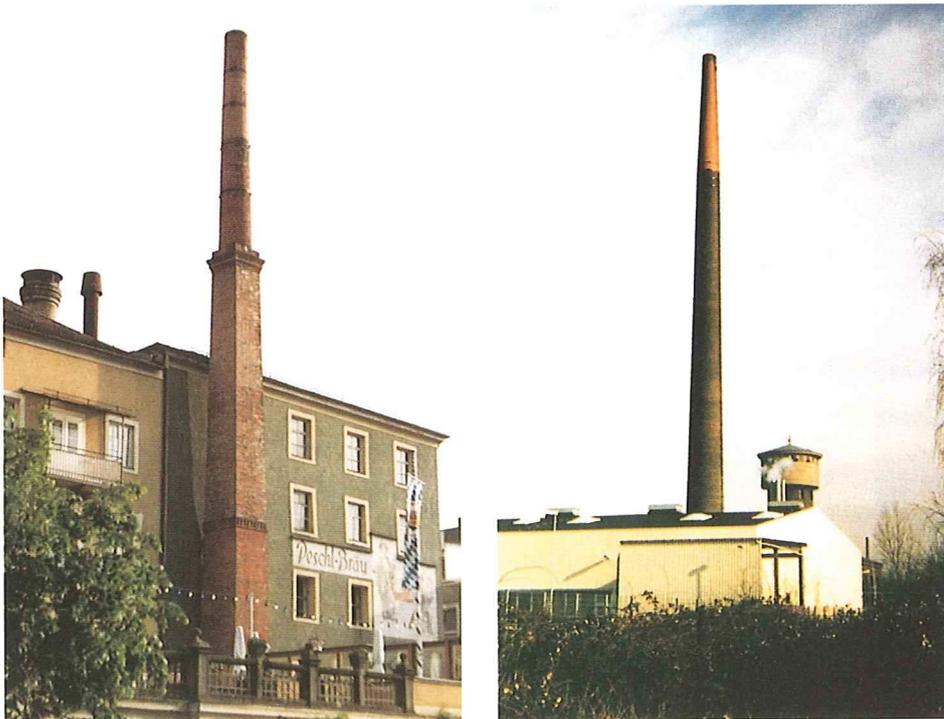


Bild 3: Nachträgliche Schornstein-
erhöhung, durch rundes Rohr.
Foto: H.-W. Scholz

Bild 4: Nachträgliche Schornsteiner-
höhung, durch Düse.
Foto: W: Schwanz

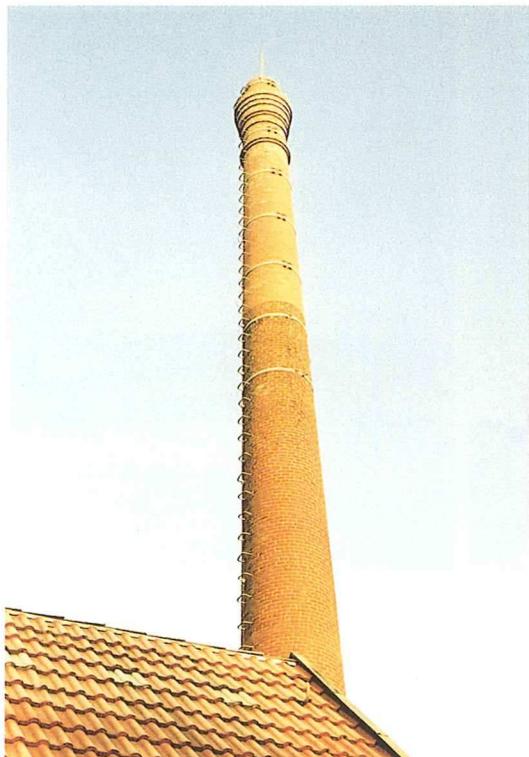


Bild 5: Mauerwerkschornstein
Foto: F&S Spezialbau Magdeburg GmbH

Eine spätere Veränderung der Betriebsbedingungen, oder Erneuerungsreparaturen, bewirkten vielfach bauliche Konstruktionsanpassungen, zum Beispiel konstruktive Veränderungen am *Schornsteinkopf* oder eine Erhöhung des Schornsteins, um ein noch zulässiges Maß. Derartige Veränderungen der originären Schornsteinkonstruktion und -form stellen keinesfalls den Denkmalwert des Objekts in Frage, sondern erfordern eine sachkundige Überprüfung der Denkmalkriterien. Denn es ist zu entscheiden, ob die Herstellung der ursprünglichen Originalkonstruktion vorzunehmen ist oder der Schornstein mit konstruktiven Epochespuren erhalten werden soll. Ablesbare Geschichtlichkeit an einem Schornstein kann durchaus denkmalwürdig sein; dazu zwei Beispiele:

Zum Vergleich zwei Bilder, und zwar jeweils mit nachträglicher Schornsteinerhöhung. Der eckige Schornstein im Bild 3 erhielt später eine kreisförmige Erhöhung des *Schafts*: Eine Konstruktionsart, die denkmalwürdig ist, weil sie die Zeitfolge der technischen Entwicklung sichtbar macht. Die Erhöhung des Schornsteins im Bild 4 wurde vorgenommen, um die *Zugbedürfnisse* den neuen Betriebsverhältnissen anzupassen. Dazu wurde der obere Querschnitt des Schornsteins verkleinert. Die somit gebaute *Düsenform* verändert die Schornsteinform so erheblich, daß eine Herstellung des Originalzustands empfehlenswert sein kann. Die Veränderung der ursprünglichen Entwurfskonstruktion hat das Schornsteinbild verunstaltet.

Für einzelne Bauteile, die den aktuellen Sicherheitsvorschriften unterliegen, ist eine Anpassung an den Stand der Technik erforderlich. Dabei sind Veränderungen an den von außen sichtbaren ursprünglichen Bauelementen nicht zu vermeiden. Dies trifft zu für Blitzschutz, *Steigeinrichtungen* und Lampen zur Kennzeichnung als Luftfahrthindernis. Es kann aber auch von außen nicht wahrnehmbare Einzelheiten, wie die Innenauskleidung, betreffen.

6. Schornsteinbauarten

Industrieschornsteine werden nach betriebs-funktionalen Anforderungen, den Standortbedingungen und bedingten Vorschriften, entworfen; sie bestehen daher in mannigfaltigen Ausführungsarten. Eine Einordnung und Benennung erfolgt nach der Art des *Tragwerks*.

6.1 Mauerwerkschornsteine

Das *Tragwerk* der Mauerwerkschornsteine besteht aus vermauertem Backsteinen, geeignet für den Schornsteinbau. Das sichtbare Mauerwerk ist Gestaltungselement.

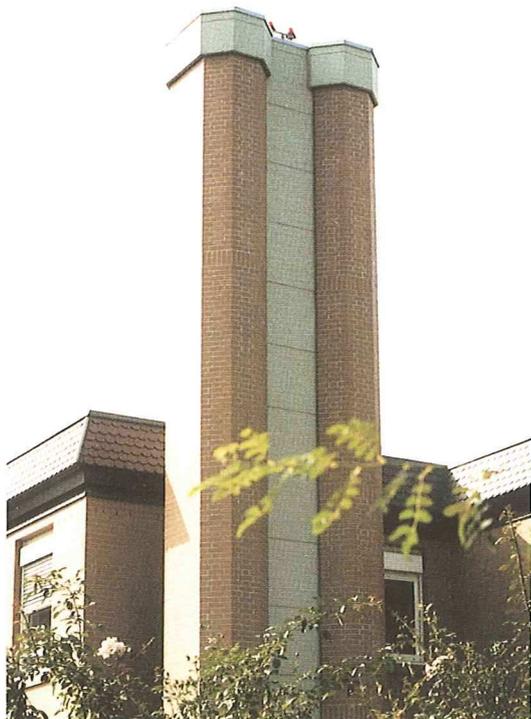


Bild 6: Mauerwerkschornstein
Foto: SBG Schornsteinberatungsges.mBH



Bild 7: Stahlbetonschornstein
Foto: Ooms-Ittner-Hof GmbH



Bild 8: Gemischtbauart
Foto: KARRENA GmbH

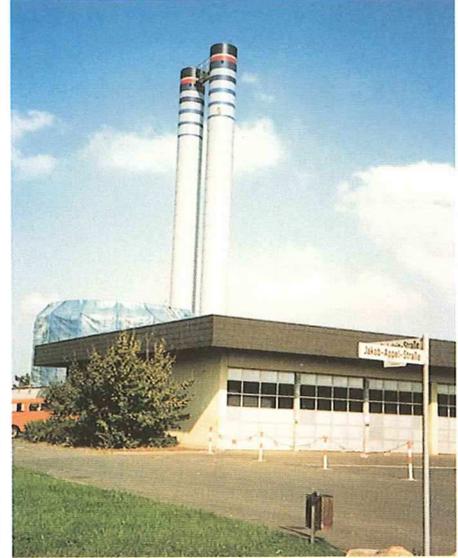


Bild 9: Betonfertigteilschornstein
Foto: SBG-Schornsteinberatungsges. mbH

Die Form, rund oder eckig, kann architektonisch beabsichtigt sein; vielfach waren es jedoch Gründe eingeschränkter Materialmöglichkeiten, z. B. das Fehlen von Formsteinen, die eine eckige Form empfehlen.

(Bilder 5 und 6)

6.2 Stahlbetonschornsteine

Stahlbeton ist der Baustoff des *Tragwerks*. Die Herstellungsart, in 'Kletterschalung' oder in 'Gleitschalung', prägt die Oberfläche des Schornsteins. Die vertikale Form folgt vorwiegend den konstruktiven Erfordernissen; die horizontale Querschnittsform dagegen den funktionalen Anforderungen. (Bild 7)

6.3 Gemischtbauarten

Die konstruktiven Vorteile des Mauerwerks und die des Stahlbetons finden in dieser Bauart ihre vorteilhafte Anwendung; es sind vorwiegend wirtschaftliche Gründe, die diese Schornsteinbauart befürworten. Der sichtbare Mauerwerksbereich entspricht konstruktiv einem Mauerwerkschornstein, und der untere Schornsteinabschnitt aus Stahlbeton dem eines Stahlbetonschornsteins. (Bild 8)

6.4 Betonfertigteilschornsteine

Vorgefertigte Stahlbetonelemente bilden das *Tragwerk*; sie werden bei dem Aufbau des Schornsteins zu einer *Schaft-Einheit* zusammengefügt. Fugenstruktur und Formgestaltung prägen die Architektur dieser Bauart. (Bild 9)

6.5 Stahlschornsteine

Stahlblechkonstruktionen, die ausschließlich in runder Querschnittsform miteinander verschweißt oder verflanscht sind, außen *isoliert* und mit Isolierblechen abgedeckt, kennzeichnen diese Schornsteinbauart. Sie sind freistehend oder abgespannt. Die profilierte oder gekantete Form der Isolierbleche prägt die Architektur dieses Schornsteintyps. (Bild 10)



Bild 10: Stahlschornsteine
Foto: Ooms-Ittner-Hof GmbH

Im Innern der Schornsteine sind Einbauten, die der *Rauchgas*-Ableitung dienen. Diese können aus Schamotte-, Ziegelmauerwerk, Beton, Stahlblech oder aus Kunststoffmaterialien hergestellt sein. Historische Schornsteine aus dem 19. Jahrhundert und aus dem ersten Drittel dieses Jahrhunderts erhielten im Innern ausschließlich Einbauten aus Mauerwerk.

7. Schornsteinfunktion

Die funktionale Aufgabe des Schornsteins ist es, *Rauchgase* abzuleiten. In früheren Jahren, als mechanische Zugerzeugung noch nicht möglich war, bewirkte der *Auftrieb* im Schornstein die Frischluftzuführung im Feuerungssystem; der notwendige Zugbedarf des Feuerungssystems bestimmte mithin die Schornsteinhöhe. Heute bedingen Umwelt und Emissionsgrenzwerte die Schornsteinhöhe.

Betriebsbedingte strömungsdynamische, chemische und thermische *Rauchgas*-Kennwerte sind Grundlagen für die Art der Baukonstruktion des Industrieschornsteins. Weiterhin ist die Betriebsart mit ihren An- und Abfahrzyklen von großer Bedeutung, da Temperaturwechsel nicht nur wechselndes Spannungsverhalten in den Konstruktionsmaterialien bewirken, sondern auch *Taupunktunterschreitungen* der Rauchgase verursachen, und zwar mit der Folge von aggressiver *Kondensatbildung*. Für bauliche Erhaltungsmaßnahmen sind daher die ursprünglichen, realen Betriebsverhältnisse eine beachtenswerte Ausgangsgröße.

8. Bautechnische Unterlagen

Bautechnische Unterlagen sind Bestandteil des Bauantrages; Bauanträge sind erforderlich sowohl für die Erstauführung eines Schornsteins, als auch für bauliche Veränderungen. Wesentlicher Bestandteil bautechnischer Unterlagen sind: Bauzeichnungen, statische Berechnung, wärmetechnische und vielfach auch strömungstechnische Berechnungen, Baubeschreibung und geplante Betriebsbedingungen.

Bautechnische Unterlagen unterliegen der Aufbewahrungspflicht; sie sind vom Antragsteller aufzubewahren: In der Regel ist dies der Eigentümer des Schornsteins. Aufzeichnungen, die während der Bauausführung vorgenommen werden, zum Beispiel über die Güte der Baustoffe oder über die Maßhaltigkeit des Bauwerks, sollten vom Bauunternehmer mindestens 5 Jahre aufbewahrt werden.

9. Bauzustandsbeurteilung

Schornsteine, die ihre funktionale Aufgabe erfüllen, sollen nach DIN 1056, Abs. 14, regelmäßig, mindestens im Abstand von 2 Jahren, durch einen Fachmann überprüft werden. Auch der begehbare Raum zwischen *Schaft* und *Futter* soll in die Prüfung einbezogen werden. Hierüber ist ein Protokoll anzufertigen.

Eine Bauzustandsbeurteilung ist auch für solche Schornsteine erforderlich, die stillgelegt werden und als bautechnische Denkmäler zu schützen sind. Das Prüfergebnis ist wesentliche Grundlage für Baumaßnahmen, die zur Erhaltung des Bauwerks notwendig werden.

Ein im Schornsteinbau erfahrener Fachmann soll die Befahrung ausführen. Zur Beurteilung ist eine innere und äußere Prüfung der Schornsteinstruktur vorzunehmen. Eine nur visuelle Überprüfung der Bausubstanz ist nicht ausreichend; daher ist notwendig, vom Futtermauerwerk Bohrkerne zu nehmen, und dort, wo kein Futtermauerwerk vorhanden ist, diese vom rauchgasberührten Schaftmauerwerk zu ziehen, um über chemische Zersetzung der Materialstruktur Aussagen machen zu können. Wenn Materialuntersuchungen vorzunehmen sind, ist eine anerkannte Prüfinstitution zu beauftragen. Prüfergebnisse sind schriftlich aufzuzeichnen; sie werden Bestandteil der Bauzustandsbeurteilung.

Vor der Aufwertung zum Baudenkmal sind alte und ungenutzte Schornsteine meistens in schlechtem Zustand. Dies ist in konstruktiven Schwächen, natürlicher Alterung, früheren drastischen Betriebsänderungen und mangelnder Wartung begründet. Zu den häufigsten Schäden gehören:

Schaft

- Vertikale Trennrisse infolge übermäßiger Temperaturdifferenz;
- Offene Lagerfugen durch Unverträglichkeit mit starren Stahlbandagen;
- Steinkopfabplatzungen durch Betriebsunterbrechungen, allzu wassersaugfähige Steine, diffusionsarme Beschichtungen usw.;
- Auflösung des Fugenmörtels durch Kondensateinwirkung bei dauerhaftem Rauchgasüberdruck;
- Auflösung des Fugenmörtels und Steinabplatzungen durch Feuchtigkeitzufuhr von außen und Frost-Tau-Wechsel;
- Schaftschiefstellung durch das Mörtelwachsen an der Westseite.

Schornsteinkopf

- Drastische Reißbildung durch erhöhte Zugspannungen, fehlende Auflast, Witterungseinflüsse, dünne Wände und ungeeignete Stahlbandagen;
- Stein- und Mörtelabtragungen durch Säureangriff bei lokalem Rauchgasüberdruck, infolge einer eingebauten *Düse*;

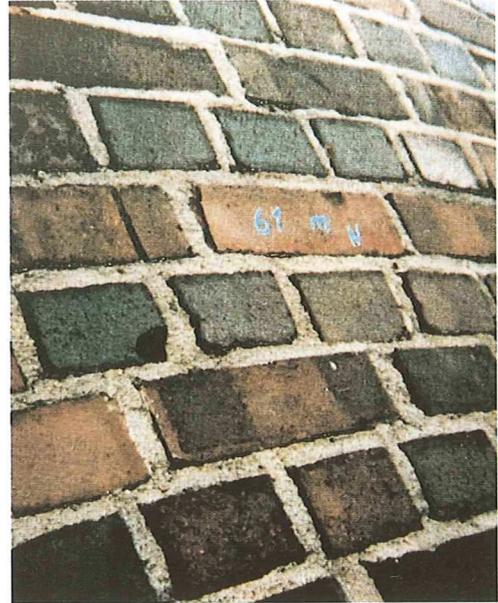


Bild 11: Reparaturbedürftiges, äußeres Fugennetz

Foto: Ooms-Ittner-Hof GmbH

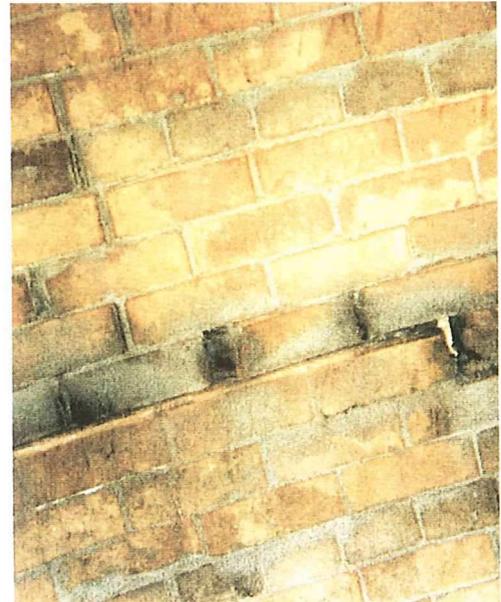


Bild 12: Reparaturbedürftiges, inneres Fugennetz

Foto: Ooms-Ittner-Hof GmbH

- Aufgelöste Mörtelfugen infolge von Rissen, eindringender Feuchtigkeit und Frost-Tau-Wechsel.

Futter

- Ablagerungen von Flugasche bei nassem Kohlebetrieb und Überdruck;
- Vertikale Trennrisse infolge übermäßiger *Temperaturdifferenz*;
- Abtragungen durch Temperatursprünge bei unruhigem Betrieb;
- Ausbrüche bei Alterung und fehlenden Reparaturen;
- Auflösung des nicht säurefesten Fugenmörtels;
- Undichte Futterübergänge durch fehlende Kompensatoren.

Ausrüstung

- Korrosion der Stahlelemente.

Es ist zu empfehlen, über den zu begutachtenden Schornstein eine Dokumentation zu erstellen. Als Grundlage können die vorhandenen bautechnischen Unterlagen dienen; bauliche Abweichungen von diesen Unterlagen sind zu korrigieren und besonders hervorzuheben.

Das Merkblatt Nr.1 der Deutschen Gesellschaft Feuerfest- und Schornsteinbau e.V. ist eine gute Leitlinie für eine örtliche Zustandsüberprüfung.

10. Qualifikation und Verantwortung

Arbeiten an einem Schornstein sind vielseitig; sie erfordern darum ein breites Fähigkeitsspektrum. An historischen Bauwerken werden darüber hinaus auch tradierte Ingenieurarbeit, Handwerksfertigkeiten und eine bedachte Sorgfalt im Umgang mit historischen Bauteilen und Materialien gefordert.

Der Schornstein ist ein Turmbauwerk; Arbeiten am Schornstein bewirken ein immanentes Gefährdungspotential. Darum ist nur zulässig, geeignete Fachfirmen an Schornsteinen arbeiten zu lassen.



Bild 13 und 14:
Reparaturbedürftiges Schaftmauerwerk
Foto: F. Henseler

11. Baumaßnahmen

Vielfach ist erforderlich, Baumaßnahmen in Arbeitsschritten vorzunehmen. Es ist jedoch nicht zu empfehlen, notwendige Arbeiten zur Erhaltung der Bausubstanz in mehreren Abschnitten auszuführen: einmal gefährdet die zeitliche Verzögerung die noch gesunde Bausubstanz und weiterhin ist eine abschnittsweise Arbeit am Schornstein kostenaufwendiger. Die vier nachstehenden Baumaßnahmen unterscheiden sich durch Aufgabenstellung und Leistungsanforderungen; jede sollte jedoch als eine geschlossenen Leistungseinheit ausgeführt werden.

11.1 Notreparatur

Diese Art der Reparatur ist notwendig, wenn Gefahren zu beseitigen sind. Es ist daher erforderlich, die Arbeiten unverzüglich zu erledigen. Gleichsam ist der Zeitrahmen für präzise durchzuführende Reparaturmaßnahmen zu planen und einzuleiten.

Notreparaturen können erforderlich werden, wenn

- die Luftfahrthindernisbefehrerung ausgefallen ist,
- Blitzschutz nicht mehr gewährleistet ist,
- ein äußerer *Spannring* gesprungen ist und abzustürzen droht,
- der Schornstein im Mündungsbereich eine starke Verkrümmung zeigt,
- Schäden an der Kopfabdeckung auftreten,
- Risse oder Fugenausbrüche im *Schaft* sichtbar werden,
- Steinabplatzungen herunterzufallen drohen,
- Futtereinstürze vermutet werden.

All diese Gefahren erfordern, den Gefahrenbereich um den Schornstein unverzüglich zu kennzeichnen und für Personen und Verkehr zu sperren.

11.2 Stillsetzungsreparatur

Wenn der Schornstein seine funktionalbetriebliche Aufgabe nicht mehr zu erfüllen hat, aber als Denkmal zu erhalten ist, dann sind einerseits Maßnahmen erforderlich, nämlich das Innere des Schornsteins vor Feuchtigkeitseinwirkungen zu schützen; andererseits sind die notwendigen Baumaßnahmen auszuführen, die man bei der Bauzustandsbeurteilung festgestellt hatte.

Beispielhaft werden zunächst Maßnahmen aufgeführt:

- Die Rauchgasöffnung des Schornsteinkopfs ist regen- und wasserdicht und ebenso sturm- und korrosionsfest zu schließen.
- Am Schornsteinfuß sind die ehemaligen *Rauchgaseintrittsöffnungen* ebenfalls dicht zu verschließen.
- Sofern andere Lüftungsöffnungen im Schaft oder Futter vorhanden sein sollten, sind diese abzudichten.
- Eine Luftzirkulation, vertikal durch den Schornstein, ist zu gewährleisten, und zwar mit einer Luftgeschwindigkeit von ca. 1,0 m/s oder 0,1-fachem Luftwechsel je Stunde.



Bild 15: Sanierter historischer Industrieschornstein

Foto: F. Henseler

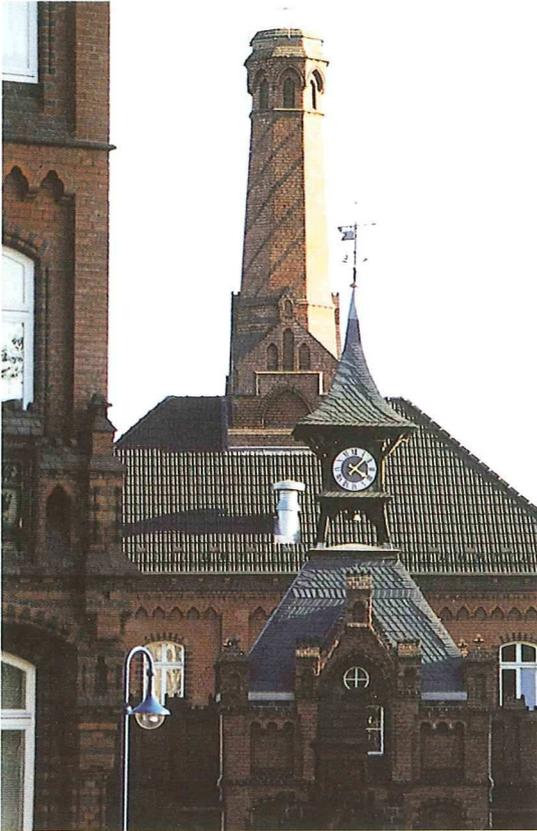


Bild 16: Ein saniertes Bauensemble

Foto: F. Henseler

- Die Schornsteinaußenflächen mit der Fugenstruktur haben Regendichtigkeit zu gewährleisten.

Und nun die notwendigen Baumaßnahmen:

- All die Arbeiten, die bei der Bauzustandsbeurteilung festgestellt wurden.
- Insbesondere aber: Blitzschutzertüchtigung; weiterhin Wartung und Nachrüstung der besteig- und begehbaren Gänge mit *Steigschutzeinrichtungen*.

Es wird empfohlen, diese Reparaturart bereits unmittelbar nach Stillsetzung des Schornsteins auszuführen.

11.3 Sanierung

Kulturdenkmäler sind nach den Denkmalschutzgesetzen so zu schützen, daß ihr Erhalt auf Dauer gesichert ist. Deshalb konzentrieren sich die Arbeiten dieser Kategorie auf den Schutz ursprünglicher Bausubstanz. Mithin: Baukonstruktionen, Mauerwerk, Stahlteile u. a. sind nach Möglichkeit, in ihrer ursprünglichen Bauart, wieder herzustellen. Dazu ist substanzschonende handwerkliche Fertigkeit gefordert.

Diese Arbeiten dienen der Erhaltung des Schornsteins, und zwar dergestalt, daß keine weitere Zerstörung an geschädigter Bausubstanz eintritt. Es wird vorausgesetzt, daß die empfohlenen Arbeiten der Stillsetzungsreparatur, aufgeführt im Abschnitt 11.2, bereits ausgeführt wurden.

11.4 Restaurierung

Restaurierung eines Schornsteins oder Bauteile von diesem meint, den Gestaltwert des Bauwerks wieder instandzusetzen, und zwar unter weitgehender Erhaltung der ursprünglichen Bausubstanz. Wenn Bausubstanz oder Konstruktionselemente zu erneuern sind, so ist erforderlich, diese mit Originalmaterialien oder rekonstruierten Materialien, in traditioneller Handwerksart, zu restaurieren.

Der Zielkonflikt zwischen Wiederherstellung der ursprünglichen Bauart einerseits und Erhaltung von baulichen Epochen Spuren andererseits, ist vor Inangriffnahme der Arbeiten abzuklären; hierzu mögen die dargelegten Gesichtspunkte im Abschnitt 5 dienen.

Restaurierungswürdige Bauelemente, die den Gestaltwert eines Schornsteins kennzeichnen, sind

- *Schornsteinköpfe*: sie waren funktional-begründete Gestaltungselemente mit formprägendem Ausdruck;
- Eintrittsbereiche und Anschlußkanäle: sie relativieren vielfach den Übergang zu Bezugsbauwerken und zeigen eine betonte Architektur;
- Zierverbände aus glasierten Backsteinen, Terracotten und Fayencen in Blendarkaden der Schornstein-Basis, sie alle sind gestaltungsrelevant.

12. Ausführung der Arbeiten

12.1 Allgemeines zur Standfestigkeit

Der Schornstein gilt als standfest, wenn entsprechend DIN 1056 nachgewiesen wird, daß seine einzelnen Komponenten tragfähig sind. Zum Beispiel: Zur statischen Berechnung des Schornsteinschaftes gehört der nachstehende Nachweisprozeß:

- Wahl der Baustoffe wie Steine, Mörtel;
- Ansetzung der Abmessungen wie Schaftdurchmesser 'D' und Wanddicke 't';
- Festlegung der Lasten wie Eigengewicht, Wind, Temperatur;
- Ermittlung der Schnittgrößen wie Normalkräfte, Horizontalkräfte und Biegemomente sowie Auslenkung;
- Überprüfung der Spannungen und der Kippgefahr.

Bei Überschreitung der zulässigen Spannungen oder bei vorhandener Kippgefahr wird die Bemessung unter Erhöhung der Abmessungen 'D' bzw. 't' oder der Festigkeiten solange wiederholt, bis die Bemessungskriterien erfüllt sind.

Historische Schornsteine wurden seinerzeit nach weniger wirklichkeitsnahen Vorschriften als die jetzige DIN 1056 bemessen. Mit Tragreserven im jetzigen Sinne dieses Wortes kann im Landesinneren mit mäßigen Windlasten gerechnet werden. Die Überprüfung der Standfestigkeit ist häufig bei Schäden, Umbauten und Umnutzungen von alten Schornsteinen notwendig. Bei Tragdefiziten muß das Bauwerk verstärkt werden.

12.2 Objekt- und Ortsbesichtigung

Zur Vorbereitung der Baumaßnahmen ist eine Objekt- und Ortsbegehung notwendig. Zuständige Verantwortliche, einerseits der Auftraggeber und die Denkmalschutzbehörde und andererseits der Auftragnehmer, sollten an dem ersten Ortstermin teilnehmen. Der mit der Ausführung beauftragte Baubetrieb ist mit dem Gutachten, der Fotodokumentation, einem Leistungsverzeichnis, Konstruktionsunterlagen und/oder anderen Vorgabeschriften zur Realisierung der Baumaßnahme auszustatten.



Bild 17: Konsolgerüst

Foto: Ooms-Ittner-Hof GmbH



Bild 18: Konsolgerüst

Foto: Ooms-Ittner-Hof GmbH



Bild 19: Obere Verankerung des Seilsteigschutzes



Bild 22: Steigschutz mit Weiche



Bild 23: Horizontaler Steigschutz

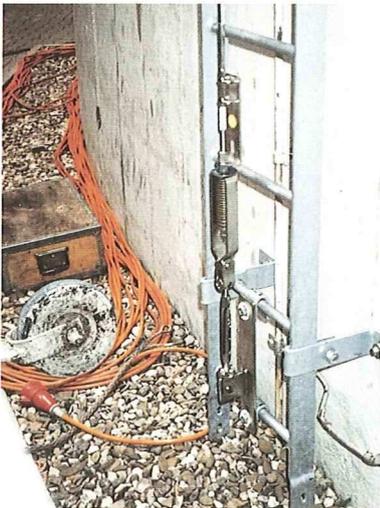


Bild 20: Untere Verankerung des Seilsteigschutzes

Fotos 19,20,22,23:

SBG-Schornsteinberatungsges. mbH

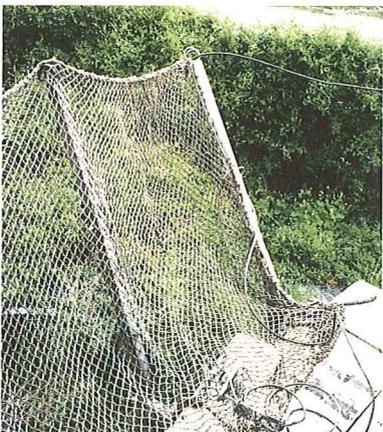


Bild 21: Sicherheitsnetze auf Konsolgerüst

Foto: Ooms-Ittner-Hof GmbH

Bei der Objekt- und Ortsbesichtigung sind im wesentlichen zu definieren:

- Leistungsumfang und Arbeitsumfeld des Auftrags;
- Schutzmaßnahmen und besondere Sicherungsarbeiten an bewirtschafteten bzw. bewohnten Gebäuden und/oder denkmalgeschützten Bauelementen;
- Zufahrt(en), Freiflächen für Baustelleneinrichtung und Standorte für Kran, Hubbühne, Rüstungen, Container, Bauzäune, Einhausungen u. dgl.;
- Einlagerungsmöglichkeiten für einzubauende bzw. wiederzuverwendende Materialien;
- Festlegung der geeigneten Rüstverfahren.

12.3 Baustelleneinrichtung

Der Ort der Arbeitsausführung, die Baustelle, ist mit Einrichtungen auszustatten, die der Arbeitsausführung, insbesondere aber auch der Sicherheit und dem Gesundheitsschutz dienen; dabei sind die normativen Regeln zu beachten, wie

- 'Allgemeine Vorschriften' der Unfallverhütung (VBG 1),
- Unfallverhütungsvorschrift 'Bauarbeiten' (VBG 37),
- 'Regeln für Sicherheit und Gesundheitsschutz beim Turm- und Schornsteinbau', Abruf-Nr. 321,
- Sicherheitsregeln für Arbeits- und Schutzgerüste,
- Allgemeiner Teil mit Anhang, DIN 4420, Teil 1- 4,
- 'Regeln für Sicherheit und Gesundheitsschutz im Traggerüst- und Schalungsbau', Abruf-Nr. 320,
- 'Sicherheitsregeln für hochziehbare Personenaufnahmemittel', Abruf-Nr. 303,
- Gefahrstoffverordnung': Die für die Bauausführung erforderlichen Maßnahmen für einen vorbeugenden Arbeitsschutz ergeben sich aus der Ermittlung und Beurteilung der Gefährdungen,
- Gefährdungs- und Belastungsanalyse 'Schornsteinbauer', Abruf-Nr. 901.22.

12.3.1 Maßnahmen vor Arbeitsbeginn: Zu schützende Anlagen oder Anlagenteile, die gemäß Abschnitt 12.2 definiert werden, sind so zu sichern, daß Beschädigungen bei der Arbeitsausführung vermieden werden. Dabei benötigen einen besonderen Gefahrenschutz: Elektrische Anlagen, Rohrleitungen und Kanäle, Schächte, explosionsgefährdete Anlagenteile, Kran- und Fördereinrichtungen sowie maschinelle Anlagen und deren Einrichtungen. Mit gleicher Sorgfalt sind Bereiche des öffentlichen Verkehrs zu schützen. Ebenso ist Vorsorge gegen Brände und Explosionen und Blitzschutz für den Zeitraum der Arbeitsausführung zu treffen; fernerhin ist für ausreichende Beleuchtung der Arbeits- und Verkehrswege und für arbeitsmedizinische Erste Hilfe zu sorgen.

12.3.2 Arbeitsplätze und Verkehrswege: Arbeitsplätze müssen so eingerichtet und vorgehalten werden, daß sie sicher benutzt werden können. Das gilt auch für Verkehrswege, wie Leitern, Steiggänge, Laufstege und Einrichtungen zur Personenbeförderung. Arbeitsgerüste und Arbeitsbühnen, sowie verfahrbare Arbeitsbühnen, sind nach den jeweils gültigen Sicherheitsbestimmungen zu bauen bzw. einzurichten (ZH 1/534.0 - 534.8 und ZH 1/461, DIN 4420).

12.3.3 Absturzsicherungen: Einrichtungen, die ein Abstürzen von Personen verhindern sollen, unterliegen, je nach der Art der vorzusehenden Einrichtung, den nachfolgend genannten Vorschriften:

- ‘Sicherheitsregeln für Seilschutz und Schutzwände als Absturzsicherung bei Bauarbeiten’, Abruf-Nr. 302;
- ‘Sicherheitsregeln für Auffangnetze’, Abruf-Nr. ZH 1/560;
- ‘Regeln für den Einsatz von persönlichen Schutzausrüstungen gegen Absturz’, Abruf-Nr. 343.

12.3.4 Gefahrenbereich: Der Gefahrenbereich, rund um den Schornstein, der gegen herabfallende Gegenstände durch Absperrung zu sichern ist, hängt von der Höhe ‘h’ der baulichen Anlage ab. Der erforderliche Mindestradius in ‘m’ für den Schutzbereich ist der nachfolgenden Tabelle zu entnehmen.

Jeweilige Höhe ‘h’ der baulichen Anlage ‘m’	Erforderlicher Radius abhängig von ‘h’	Erforderlicher Mindestradius in ‘m’
h bis 60	$h/5$	8,00
h > 60 bis 100	$h/5$	12,50
h > 100 bis 150	$h/6$	20,00
h > 150 bis 200	$h/7$	25,00
h > 200	$h/8$	30,00

Tabelle 1: Radius des Gefahrenbereichs um die jeweiligen Arbeitsplätze

Quelle: ‘Regeln für Sicherheits- und Gesundheitsschutz beim Turm- und Schornsteinbau’

Der Gefahrenbereich, der durch eine feste Absperrung nach VBG 125 zu sichern ist, darf von Arbeitskräften nur kurzfristig - nach Einweisung - betreten werden. Kurzzeitige Warnposten sollen dann hier die Sicherheit gewährleisten. Sind Arbeitsplätze und Gehwege im Gefahrenbereich erforderlich, sind diese durch Schutzdächer entsprechend DIN 4420 zu sichern.

12.3.5 Befördern von Personen und Lasten: Einrichtungen zum Befördern von Lasten müssen nach der Maschinenverordnung beschaffen sein und nach den Unfallverhütungsvorschriften betrieben werden, und zwar nach 'Winden, Hub- und Zuggeräte' (VBG 8), 'Krane' (VBG 9), 'Lastaufnahmeeinrichtungen im Hebezeugbetrieb' (VBG 9a) und 'Baufzüge' (VBG 35). Wenn Personenbeförderung vorgesehen ist, sind zusätzlich die Anforderungen aus den 'Sicherheitsregeln für hochziehbare Personenaufnahmemittel', Abruf-Nr. 303, zu erfüllen. Beim Ersteinsatz von hochziehbaren Personenaufnahmemitteln ist die Maschinenverordnung zu beachten und eine EG-Baumusterprüfung erforderlich.



Bild 24:
Gestalteter Schornsteinkopf
Foto: P. Gärtner

12.4 Voruntersuchungen

Umwelteinflüsse und Einwirkungen von Abluft und Abgase beeinflussen die Haltbarkeit der Baumaterialien. Alle physikalischen, chemischen und biochemischen Faktoren wirken zusammen, wenn Baustoffe korrodieren oder auf andere Weise zerstört werden. Es sind daher Voruntersuchungen erforderlich, um einerseits den Umfang des notwendigen Abbruchs und andererseits die wiederverwendbaren Materialien bestimmen zu können. Dazu sollten Materialproben (Kernbohrungen) entnommen und untersucht werden. Danach sind endgültige Festlegungen zur Ausführung vorzunehmen.

12.4.1 Reinigen von mineralischen Flächen: Zahlreiche Reinigungsverfahren ermöglichen, mit und ohne Chemikalienunterstützung, eine wirkungsvolle Säuberung der Oberflächen. Das geeignete Verfahren ist vor Beginn der Arbeiten, auf Grund einer sorgfältigen Prüfung, objektspezifisch festzulegen. Wirkung und Nebenwirkung sind an Musterflächen zu überprüfen.

12.4.2 Neufertigung von Baumaterialien: Im Bedarfsfall sind Musterexemplare zu entnehmen; diese dienen als Vorlage für den Formenbau. Farbe und Materialstruktur der neuangefertigten Baumaterialien sollen mit den vorhandenen übereinstimmen.

12.4.3 Kontamination der Baumaterialien: Das 'Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz' (KrW-/AbfG), mit seinen untergesetzlichen Bestimmungen regelt die einheitliche Behandlung (Vermeidung, Verwertung, Lagerung und Entsorgung) von Bauschutt und Baustellenabfällen. Die Prüfung und Analysierung dieser Stoffe zum Zweck der Klassifizierung muß durch ein zugelassenes Institut erfolgen.

Bei den auszuführenden Arbeiten sind die ‘Regeln für Sicherheit und Gesundheitsschutz bei der Arbeit in kontaminierten Bereichen’, Abruf-Nr. 201, zu beachten.

12.4.4 Verantwortlichkeiten: Waren im bisherigen Abfallrecht alle Verpflichtungen ausschließlich an den Besitz von Abfällen gekoppelt, wird im KrW-/AbfG auch der Erzeuger (§3 Abs. 5) von Abfällen angesprochen:

“Erzeuger von Abfällen im Sinne dieses Gesetzes ist jede natürliche oder juristische Person, durch deren Tätigkeit Abfälle anfallen oder eine Veränderung der Natur oder der Zusammensetzung von Abfällen vorgenommen wird.”

Diese Definition ist für die Bauwirtschaft unbefriedigend, weil nach dem Verursachungsprinzip dem Bauherrn (Betreiber) damit nicht eindeutig die vorrangige Verantwortung zugesprochen wird

Erste Klärungen sind jedoch den ‘Arbeitshilfen Recycling’ zu entnehmen. Diese sind vom Bundesministerium für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau und dem Bundesministerium für Verteidigung in Absprache mit dem Bundesministerium für Umwelt und Reaktorsicherheit herausgegeben worden. Hier heißt es bei den Regelungen zu den Zuständigkeiten wie folgt:

“Der Veranlasser hat die Entsorgungsverantwortung. Er ist Besitzer der angefallenen Bauabfälle und bis zur endgültigen Entsorgung für diese verantwortlich. Eine Eigentumsübertragung und eine damit verbundene Entsorgungsverantwortung an den Auftragnehmer ist nicht zulässig.”

Ursächlich verantwortlich für die Entstehung der Abfälle ist der Bauherr, denn seine Willensentscheidung, beispielsweise ein Bauwerk zurückzubauen, ist für den Anfall der Abfälle primär entscheidend. Der Bauunternehmer ist in dieser Konstellation als Auftragnehmer bzw. Dienstleister nur der Ausführende und kann daher nicht als Erzeuger angesehen werden.

Dies begründet sich wie folgt:

- **Die Umsetzung des Verursacherprinzips:**
In wessen Einfluß steht die Umweltbelastung?
- **Eine ausdrückliche Willensentscheidung ist maßgeblich:**
Diese Willensäußerung kommt nur vom Bauherren.

- **Verschiedene Verantwortungsbereiche aus der VOB:**
Dienstleister ist der Auftragnehmer.
- **Einflußnahmemöglichkeit:**
Im Rahmen des Vertrages.

12.5 Abbruch und Wiederaufbau

Über Art und Umfang der Bauleistungen sind Aufzeichnungen zu führen. Dazu sind abzubrechende/teilabzubrechende und in gleicher Form wieder zu erneuernde Schornsteine (Rauchkanäle) exakt aufzumessen und zu skizzieren. Weitere Hilfsmittel für eine Dokumentation sind Detailfotos und/oder Videoaufnahmen.

12.5.1 Abbrucharbeiten: Werden bei den Abbrucharbeiten standsicherheitsrelevante/statische Probleme sichtbar, so sind die Arbeiten einzustellen. Der Bauleiter hat Auftraggeber, Planungsbearbeiter und die Denkmalschutzbehörde in Kenntnis zu setzen. Er entscheidet nach Abstimmung über die weitere Verfahrensweise.

Die Abbrucharbeiten sind mit großer Sorgfalt auszuführen. Wiederverwendbare Materialien dürfen grundsätzlich nicht abgeworfen werden. Diese sind zu nummerieren oder zu klassifizieren und, entsprechend der Abbruchfolge, witterungsgeschützt und übersichtlich zwischenzulagern. Bei größerer Einlagerungsmenge und Sortenvielfalt ist ein Einlagerungsplan (Materiallageplan) zu erstellen. Die Einlagerungslogik hat der späteren Wiederaufmauerungsfolge zu entsprechen. Alle übrigen Abbruchmaterialien sind zu entsorgen.

Bei kleinflächigen Abbruch- bzw. Ausbesserungsarbeiten ist die wiederverwendbare Altbausubstanz vor Ort zu belassen. Dabei darf die zulässige Belastung der Rüstung, Hubbühne u. a. nicht überschritten werden.

Die Verfahrensart für Abbruch/Teilabbruch, Behandlung/Aufarbeitung der Verwendungsmaterialien, erforderliche Zwischentransporte und Einlagerung bestimmt der dem Betreiber gegenüber verantwortliche Koordinator, und zwar in Form von schriftlichen Ausführungsanweisungen.

12.5.2 Wiederaufbau: Der Wiederaufbau erfolgt nach den vorgegebenen bzw. den im Verlauf der Abbruchtätigkeit erstellten Unterlagen. Einzusetzende Bindemittel, deren Verarbeitung und die möglicherweise notwendigen Nachbehandlungen, sind als Verarbeitungsrichtlinie vorzugeben.

Der Wiederaufbau ist dokumentarisch aufzunehmen. Besondere Bauteile der Wiederaufmauerung sollten bildlich aufgenommen werden. Das sind insbesondere solche Bauabschnitte, bei denen stabilisierende Stahlteile, bewehrte Ringanker und sonstige Verankerungen in das Mauerwerk eingebettet werden und später nicht mehr sichtbar sind.



Bild 25: Wiederaufbau eines historischen Schornsteins
Foto: P. Gärtner

13. Überwachung, Qualitätssicherung, Abnahme

Nur Baubetriebe, die über die notwendige Erfahrung verfügen, siehe Abschnitt 10, dürfen die hier dargelegten Arbeiten ausführen, denn sie gewährleisten die fachgerechte Bauleistung. Trotzdem ist eine Eigenüberwachung und Qualitätskontrolle zu fordern.

An Abnahmen ist die Denkmalschutzbehörde zu beteiligen. Die Abnahme ist formal zu bestätigen. Zwischenabnahmen sind immer dann vorzunehmen, wenn Bauabschnitte oder Bauteile, nach Fertigstellung der Abschnittsarbeiten, nicht mehr zugänglich sind.

Eine lückenlose Dokumentation/Fotodokumentation ist im Rahmen der Vertragsverhandlungen zu vereinbaren und nach Beendigung der Leistungsverpflichtungen, zusammengestellt, dem Auftraggeber zu übergeben. Abschnitt 19 enthält weitere Hinweise zur notwendigen Dokumentation.



Bild 26: Radialstein von 1860
Foto: Wiener Zieglmuseum

14. Baustoffe

Verbesserte Güteeigenschaften der Baustoffe ermöglichen heute, in einem breiteren Anwendungsspektrum, gezielt ausgesuchte Materialien einsetzen zu können. Die Auswahlmöglichkeit setzt aber auch entsprechende Materialkenntnisse voraus, insbesondere dann, wenn Materialien der heutigen Zeit mit denen der früheren Jahre kombiniert werden sollen, oder diese sogar zu ersetzen haben.

Hinweise für heute eingesetzte Baustoffe können u.a. der DIN 1056, dem zugehörigen Kommentar "Industrieschornsteine in Massivbauart" und dem Fachkundebuch für den Feuerungs- und Schornsteinbau, Teil 2, entnommen werden.

14.1 Natursteine

Natürlich vorkommende Steine, Natursteine, fanden bei historischen *Industrieschornsteinen* nur eingeschränkt Verwendung. Granit und Basalt für Fundamente und Sockel, Sandsteine, wie Grauwacke, mit fester Struktur waren auch für Sockelmauerwerk verwendbar, dagegen wurden kohlen saure Kalksteine für rauchgasberührtes Mauerwerk nicht empfohlen, da Kalkbestandteile zur Auflösung neigen. Basalt und Sandsteine wurden vielfach für Schornsteinabdeckungen eingesetzt.

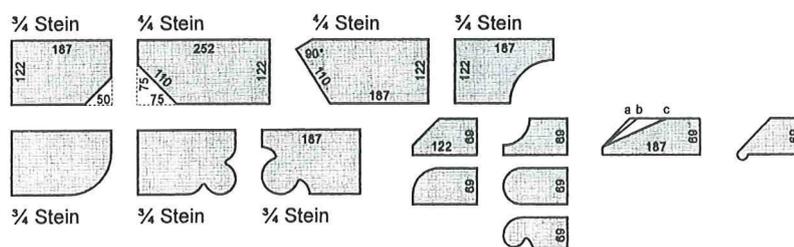


Bild 27: Ziegel-Formsteine
Quelle: Bergmann, H.: Historische Bautabellen, Werner-Verlag, 1993

14.2 Mauerziegel

Form und Abmessungen hatten landesspezifische Prägung. Die regional benutzten "Streichkästen" ermöglichten auch, in eingeschränktem Umfang, Formsteine zu formen. In der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts wurden ausschließlich Mauerziegel im Feldbrand hergestellt, später in Brennöfen.

Mit Rechteckformaten und Formziegel wurden vorwiegend eckige Schornsteine gebaut, runde Schornsteine mit kleinerem Durchmesser mußten aus *Radialsteinen* hergestellt werden, die jedoch erst ab Beginn dieses Jahrhunderts zunehmend ihren Einsatz fanden. Es wurden zunächst Vollziegel, später auch Hohlziegel hergestellt.

Alte Ziegel-Formsteine sind im Bild: 27 dargestellt. Heute sind Formen, Abmessungen und Qualitäten in DIN 1056, DIN 1057, DIN 105, DIN 106 und DIN 398 dargelegt.

14.3 Futtersteine

Seit Beginn des 20. Jahrhunderts werden Schornsteine mit einem innenliegenden, abgasführenden Rohr, dem *Schutzfutter*, gebaut. Je nach chemischer Beanspruchung werden unterschiedliche Anforderungen an die Steintypen des Schutzfutters gestellt. Zunächst wurden die gleichen Materialien wie für den Außenschaft genutzt. Heute werden bei starker und sehr starker chemischer Beanspruchung Steintypen S3 und S4 nach DIN 1057 eingesetzt. Futterformsteine nach dieser Norm können Radialformsteine, Formplatten oder Eckformsteine mit umlaufender Nut und Feder sein. Hierbei werden nicht mehr hydraulisch abbindende Mörtel vermauert, sondern säurebeständige Wasserglaskitte.

14.4 Mörtel

Für den Mauerwerkschaft wurde nach dem Ministerial-Erlaß von 1902 ein verlängerter Zementmörtel (1 Raumanteil Zement + 2 Raumanteile Kalk + 6 bis 8 Raumanteile Sand) bei Einsatz von Hartbrandsteinen vorgeschrieben, bei dem eine Druckfestigkeit von 12 bis 15 kg/cm² erreicht werden mußte. Bei Schornsteinen ohne zusätzliches *Innenfutter* wurde das *Schaftmauerwerk* aus Kalkzementmörtel gemauert, welches der Temperaturbeanspruchung der *Rauchgase* besser widerstand.



Bild 28: Schornsteinkopf mit Blendarkaden
Foto: H. Kämper

Nach DIN 1056, April 1927 und August 1969, war für das Schaftmauerwerk ein Kalkzementmörtel (1 Z + 3 bis 4 K + 10 bis 12 S) vorgesehen. Bei Verwendung anderer Kalkzementmörtel mußte eine Mindestdruckfestigkeit von 2,5 N/mm² und eine Höchstdruckfestigkeit von 8,0 N/mm² im Alter von 28 Tagen eingehalten werden.

Nach der jetzigen Ausgabe von DIN 1056 kann Rezeptmauerwerk nach Tabelle 3, DIN 1056, oder Mauerwerk nach Eignungsprüfung, nach DIN 1053, Teil 2, verwendet werden. Während für Mauerwerk nach Eignungsprüfung nur Mörtel der Mörtelgruppe IIa verarbeitet werden darf, kann für Rezeptmauerwerk Mörtel der Mörtelgruppe II verwendet werden. Bei diesen Mörteln kann sowohl Kalkhydrat (K) als auch Hochhydraulischer Kalk (HK) genutzt werden. Die Mischungsverhältnisse in Raumteilen sind bei der Mörtelgruppe II wie folgt, 1 Z + 2 K + 8 S oder 1 HK + 3 S und bei der Mörtelgruppe IIa, 1 Z + 1 K + 6 S oder 1 Z + 2 HK + 8 S.

14.5 Verfugungen

Für die Außenverfugung wird der Mauerwerkschaft außen normalerweise mit Mörtel der Mörtelgruppe III nach DIN 1053 Teil 1 (1 Z + 4 S) verfugt. Wegen des geringen Kalkanteils wird heute reiner Hochofenzement (HOZ) oder einer mit Plastifizierungsmitteln versetzter Mörtel bevorzugt.

Ab der zweiten Hälfte dieses Jahrhunderts wurden Kunstharzkitte auf Epoxidharzbasis und Phenolharzbasis entwickelt, die besonders an den Schornsteinmündungen eingesetzt werden. Diese Verfugungsmaterialien kommen heute in modifizierter Zusammensetzung zur Anwendung.

14.6 Metalle

Gußeisen wurde häufig für Abdeckplatten an Mauerwerkschornsteinen verwendet, die auf der Mündung des Schornsteins zusammengesraubt wurden. Diese gußeisernen Abdeckplatten wurden gleichzeitig mit der Montage von Fangstangen als Blitzschutzeinrichtung genutzt, die über bleiummantelte Kupferkabel an die Erdung des Schornsteinfundamentes angeschlossen wurde. Bei Verwendung von keramischen Abdeckplatten sind heute an der Mündung Blitzschutzringe aus Edelstahl montiert, die mit Fangstangen versehen werden. Siehe hierzu Abschnitt 16.

Als wirksame Maßnahme der Wärmeeinwirkung auf den *Schaft* sind an Mauerwerkschornsteinen metallische Schornsteinbandagen zu sehen. Bei Wanddicken < 365 mm und bei Temperaturdifferenzen innerhalb der Schaftwand von mehr als 30 Kelvin müssen Schornsteinbandagen aus Stahl angeordnet werden. Auch die Einrichtungen zum Besteigen von Schornsteinen, wie Steigeisengänge und Steigleitern, werden in Stahl ausgeführt. Einzelheiten sind der DIN 1056 zu entnehmen. Im Bereich der Mündung sollten grundsätzlich geeignete Edelstähle eingesetzt werden. In den chemisch nicht so stark beanspruchten Bereichen sind feuerverzinkte oder beschichtete Stähle vertretbar.

14.7 Dämmstoffe

Bei der Konstruktion der Schornsteine mit einem innenliegenden Schornsteinfutter wurden früher lose Schüttmassen (z.B. Perlite) eingesetzt. Später dienten feste Dämmstoffe in Form von Steinen und Platten aus Molererde oder Kieselgurerde. Heute werden Mineralfasermatten oder Schaumglas verwendet.

14.8 Beschichtungen

Schutzschichten gegen chemischen Angriff aus den Abgasen oder der Atmosphäre werden besonders am Schornsteinkopf, den Abstützkonstruktionen des Futters, der Trichterplatte, den inneren Schaftflächen bei anliegendem Futtermauerwerk und bei der Oberfläche des Fundamentes aufgetragen. Diese Dickbeschichtungen enthalten Beschichtungsstoffe auf der Basis von Kunststoff, Kunstharz oder Bitumen. Beim Korrosionsschutz von Metallen sind Beschichtungen auf Bitumenbasis oder Kunstharzbasis zweckmäßig. Als Minimum ist eine Feuerverzinkung nach DIN 50976 vorzusehen.

15. Kennzeichnung als Luftfahrthindernis



Bild 29: Flugwarnbefeuerung
Foto: KARRENA GmbH

Die Kennzeichnung von *Industrieschornsteinen* als Luftfahrthindernis ist eine Sicherheitsmaßnahme, die in einem Abkommen über die Internationale Zivilluftfahrt festgelegt wurde. In der Bundesrepublik ist die zuständige Administration die Bundesanstalt für Flugsicherung, Frankfurt/Main. Art und Umfang, oder notwendige Abweichungen, werden von dieser Behörde festgelegt.

Historische Industrieschornsteine sind entweder nach TGL 23344 oder nach den Richtlinien der Bundesanstalt gekennzeichnet. Nachträgliche Änderungen sind nur vorzunehmen, wenn die Sicherheit gefährdet sein sollte.

16. Blitzschutz

Für freistehende Schornsteine in Massivbauart sind gemäß DIN 1056 die Richtlinien für das Errichten von Blitzschutzanlagen, vom November 1982, gültig, und zwar

- DIN 57185-1, Blitzschutzanlage: Allgemeines für das Errichten;
- DIN 57185-2, Blitzschutzanlage: Errichten besonderer Anlagen; so auch freistehende Schornsteine.

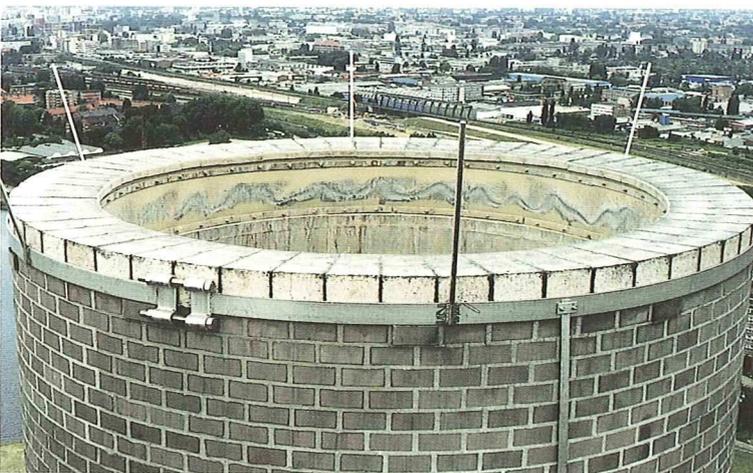


Bild 30: Blitzschutzring an einem gemauerten Kopf
Foto: KARRENA GmbH

Nach dieser Richtlinie genügt ein Auffangband unterhalb der Schornsteinmündung ohne Fangvorrichtung nicht mehr. Zusätzlich sind jetzt Fangstangen anzuordnen, deren Maximalabstand 2 m, über dem Umfang gemessen, nicht überschritten werden darf. Mindestens sind jedoch drei Fangstangen erforderlich. Die Fangstangen müssen einen Mindestdurchmesser von 20 mm haben und werden mit dem Auffangband leitend verbunden. Das Auffangband, mit einem Mindestquerschnitt von 80 mm x 10 mm, muß entsprechend DIN 1056, Abschnitt 10.9.5 gefertigt werden.

Schornsteine mit einer Höhe bis zu 20 m oberhalb Gelände sind mit mindestens einer Ableitung zu versehen. Sonst sind zwei Ableitungen erforderlich. Eine elektrisch leitfähige, durchgehende äußere *Steigleiter* ersetzt zwei Ableitungen.

Blitzschutzanlagen sind regelmäßig auf Funktionsfähigkeit zu überprüfen. Durch Besichtigung und Messung sind zu prüfen, ob die Blitzschutzanlage die

Anforderungen nach DIN VDE 0185, Teil 1 und Teil 2, erfüllt. Nicht mehr DIN-gerechte Blitzschutzanlagen sind zu demontieren und zu entsorgen.

17. Fortsetzung des Betriebs

Zur Fortsetzung des Betriebs muß der Schornstein in einem gebrauchsfähigen Zustand sein. Die Dauer der Stillsetzung und die Art der zukünftigen Nutzung ist für die Beurteilung von Ertüchtigungsarbeiten von entscheidender Bedeutung. Folgende Maßnahmen sollten vor Fortsetzung des Betriebs überdacht bzw. durchgeführt werden:

17.1 Unveränderter Betrieb

Nach einem längerem Stillstand sind vor einer Wiederinbetriebnahme die Aspekte der zukünftigen Beanspruchung zu überprüfen. Diese Überprüfung sollte unter Einbeziehung der Prüfkriterien gemäß Abschnitt 9 erfolgen.

Stillsetzungsmaßnahmen gemäß Abschnitt 11.2 sind zu beseitigen, wie zum Beispiel die Abdeckung des Schornsteinkopfes und Abdichtungen an Rauchgaseintritten und sonstigen Lüftungsöffnungen.

Das Aufheizen des Schornsteins hat unter Berücksichtigung einer Aufheizkurve zu erfolgen. Hierdurch soll erreicht werden, daß die Spannungen infolge Temperatur (Zwangsspannungen) kleiner bleiben als die zulässigen Spannungen für das Mauerwerk. Hinweise zur Aufheizkurve enthalten einerseits die vorhandene Schornsteindokumentation, andererseits der Kommentar zur DIN 1056, Industrieschornsteine in Massivbauart, Abschnitt 13. Das Aufheizen ist von geschultem Personal zu überwachen und zu protokollieren.

17.2 Veränderter Betrieb

Die Fortsetzung des Betriebs mit veränderten Betriebsparametern kann nur mit einer Überprüfung der konstruktiven Auslegung des Schornsteins erfolgen. Rauchgastemperatur, Rauchgasvolumina und Rauchgaszusammensetzung sind mit den früheren Betriebsbedingungen zu vergleichen und bei einer Veränderung ist planmäßiger Unter- und Überdruck nachzuweisen. Dabei sind *Auftrieb*, Reibung, besondere Strömungswiderstände, Beschleunigungsverluste und Mischungsvorgänge zu berücksichtigen. Dies kann mit Hilfe von Bemessungstabellen oder nach DIN 4705, Teil 1, geschehen.

Nach längerer Stillstandszeit und bei verändertem Betrieb ist eine Überprüfung der Genehmigung zur Nutzung des Schornsteins erforderlich. Hierzu ist ein Gespräch mit dem zuständigen Bauamt zur Klärung aller genehmigungsrelevanten Fragen notwendig. Dieses schließt auch die Beachtung des Bundesimmissionschutzgesetzes (BimSchG) und der dazu erlassenen Verordnungen ein.



Bild 31: Ehemaliger Schornstein in Magdeburg, heute Wasserturm
Foto: F. Henseler

Die Auslegungsüberprüfung kann zur Folge haben, daß Baumaßnahmen durchgeführt werden müssen. Diese können sein:

- Einbau eines *Innenfutters*,
- Einbau einer *Düse* oder eines Diffusors,
- Veränderung der Einleitung der *Rauchgase* in den Schornstein,
- Teilabbruch.

18. Umnutzung

Historische Schornsteine können durchaus geeignete Bauobjekte für einen neuen Verwendungszweck darstellen, ohne den Denkmalwert in seiner Aussagekraft verändern zu müssen. Auch wenn ein Schornstein denkmalgeschützt ist, kann er z.B. als Antennenträger eine neue Funktion erhalten. In jedem Fall ist jedoch ein Antrag auf Umnutzung an die zuständige Baubehörde zu stellen. Bestandteil des Antrags sind auch die notwendigen Nachweise der Konstruktions- und Standsicherheit. Ebenso sind Nachrüstungen erforderlich für Aspekte der Sicherheit, z.B. *Steiggänge*. Besteht die Absicht, Schornstein-Denkmale einer neuen Nutzung zuzuführen und sind bauliche Veränderungen erforderlich, so ist die zuständige Denkmalschutzbehörde zusätzlich um Zustimmung anzufragen.

19. Dokumentation

Um die Geschichtlichkeit des Schornsteins verfolgen zu können, ist erforderlich, alle baulichen Veränderungen und Erneuerungen zu dokumentieren. Darzulegen sind nicht nur Ort und Art der Veränderung, sondern auch Güteeigenschaften und Hersteller von Materialien. Vor jeder Veränderung (Umbau, Umnutzung, Teilabbruch usw.) ist eine detaillierte Aufnahme des Istzustandes vorzunehmen. Hierzu gehört insbesondere eine zeichnerische Darstellung. In gleicher Weise ist nach erfolgter Änderung eine Dokumentation anzulegen. Darüber hinaus wird empfohlen, ein Schornsteinbuch zu führen, in dem alle Daten chronologisch und dokumentarisch gesammelt werden.

Bausubstanz, die durch Abbruch beseitigt werden muß, verliert ihre originäre historische Eigenschaft. Daher ist mit großer Sorgfalt eine Dokumentation anzulegen. Art und Umfang der zu dokumentierenden Bauteile im einzelnen und die Darstellung des Schornsteins im ganzen sind gemeinsam auf Veranlassung des Eigentümers und von Denkmalschützern sowie Schornstein-Fachleuten zu bestimmen. Mithin ist rechtzeitig vor Beginn der Abbruchmaßnahme das notwendige Abstimmungsgespräch zu führen.

Schornstein-Abbrüche oder Teilabbrüche erfordern eine derartige Dokumentation; dazu kann bei Teilabbrüchen ein fortzuschreibendes Schornsteinbuch dienen. Bei Totalabbruch sollte der gegenwärtige Bauzustand vor der Geschichtlichkeit des Schornsteins gespiegelt und dazu auch das Schornstein-Umfeld angesprochen werden.

19.1 Teilabbruch

Um zu einem späteren Zeitpunkt die Baugeschichte des Schornsteins verfolgen zu können, ist erforderlich, alle baulichen Veränderungen und Erneuerungen zu dokumentieren. In einem Schornsteinbuch sind alle Daten chronologisch und dokumentarisch zu sammeln.

19.2 Totalabbruch

Es sind mit Sorgfalt anzulegen und zusammenzutragen:

- Eine Zeichnungsmappe, die alle wesentlichen Konstruktionszeichnungen mit den Bauteilabmessungen enthält. Hierzu zählen Grundrisse, Quer- und Längsschnitte, Detailpunkte der Rauchgaseinführung und des Schornsteinkopfes. Soweit Zeichnungen vorhanden sind, sind diese mit der vorgefundenen Realität zu vergleichen und, soweit erforderlich, zu berichtigen;
- Die Baubeschreibung mit den Materialqualitäten an den verschiedenen Einbauorten ist zu aktualisieren;
- Die statische Berechnung mit den Grundwerten, Bezugswerten und den zugrunde gelegten Normen;
- Eine Fotodokumentation, die den Gesamtschornstein aus verschiedenen Perspektiven, ihn aber auch in seinem Umfeld zeigt; Detailaufnahmen von Konstruktions- und Gestaltungselementen, und weiter, von Einzelheiten, wie Mauerwerksverband, Zierverbände, Bühnen-, Befeuungs- und Leiteranlagen;
- Beschreibungen und Kennzeichnungen über Ort und Lage. Diese sind vorzunehmen, wenn Mauerziegel mit 'Stempel' oder Verzierungen gefunden werden.

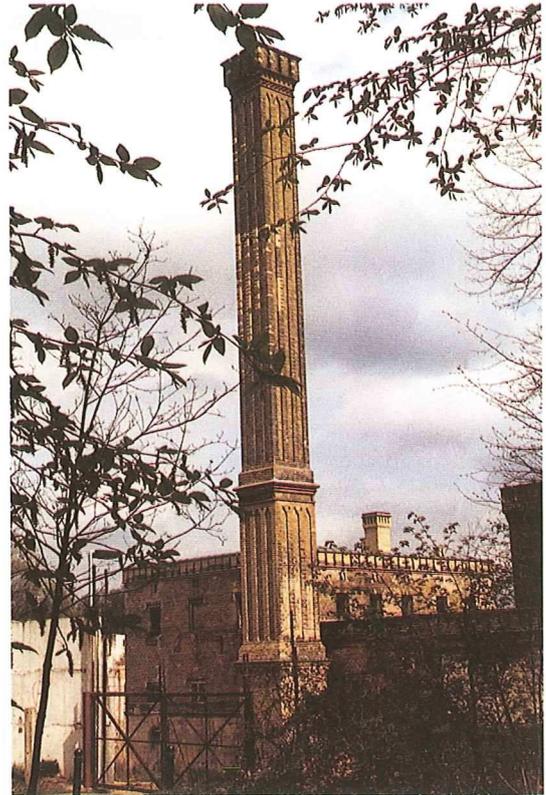


Bild 32: Schornstein der Meierei in Potsdam,
Baujahr 1862

Foto: G. W. von Frydag

Bild 33: Stahlbeton-Schornstein in Hamburg,
Baujahr 1992

Foto: HEW/KARRENA GmbH



20. Deutsche Gesellschaft Feuerfest- und Schornsteinbau e.V.

Die Deutsche Gesellschaft Feuerfest- und Schornsteinbau e.V. (DGFS) ist ein Zusammenschluß der bauausführenden Fachfirmen des Feuerfest- und Schornsteinbaus, die in der Bundesfachgruppe Feuerungs-, Schornstein- und Industrieofenbau im Zentralverband des Deutschen Baugewerbes e.V. oder in der Bundesfachabteilung Feuerfest- und Schornsteinbau im Hauptverband der Deutschen Bauindustrie e.V. organisiert sind. Des weiteren ist eine große Anzahl von Produzenten als außerordentliche Mitglieder in die DGFS aufgenommen worden.

Zweck der DGFS ist es, Gemeinschaftsaufgaben im Feuerfest- und Schornsteinbau zu fördern.

Hierzu zählen:

- Herausgabe technischer Schriften und Fachliteratur, insbesondere technischer Merkblätter und Lehrgangsunterlagen
- Dokumentation der vorhandenen Fachliteratur, Normen und sonstigen Vorschriften
- Forschungs- und Entwicklungsvorhaben
- Überwachung von Patentanmeldungen

Zu den wesentlichen Veröffentlichungen der DGFS zählen das Fachbuch 'Feuerfestbau; Stoffe-Konstruktion-Ausführung' in der 2. Auflage, sowie die Fachkundebücher für den Feuerungs- und Schornsteinbau. Des weiteren gibt es von der DGFS herausgegebene Arbeitsmappen zu den Bereichen Kalkulation und Gefahrstoffe. Auch werden Forschungs- und Entwicklungsvorhaben sowie Seminare durchgeführt.

21. Definitionen

Ablagerungsprodukte: Festteile, die sich bei der Kondensation von Rauchgasen absetzen.

Aschetrichter: Der Aschetrichter schließt das Futter nach unten dicht ab und sammelt den auftretenden Flugstaub.

Ausrüstungen: Zu den Ausrüstungen gehören neben den Steigeinrichtungen noch die Umgänge, die das Anrücken mittels Anrüstösen unmittelbar unter der Schornsteinmündung ermöglichen. Dabei ist - das ist neu - auch rundum ein Steigschutz zu gewährleisten.

Auftrieb: Natürlicher Zug des Rauchgases, verursacht durch den Gewichtsunterschied der Rauchgassäule und der Umgebungsluft, außerhalb des Schornsteins.

Bühnen: Die Bühnen dienen der Kontrolle von Meß-, Flugsicherungs- und Blitzschutzeinrichtungen.

Diffusion: Rauchgase streben, infolge ihrer molekularen Bewegung, von Orten höherer zu solchen niedriger Temperatur, um einen Konzentrationsausgleich zu erreichen. Zwischen der Innenseite des Rauchgasrohrs und der Außenseite besteht ein Temperaturgefälle, mithin ein Gas-Druckgefälle; Rauchgase diffundieren. Da alle porösen Baustoffe nicht gasdicht sind, findet eine Rauchgasdiffusion von der 'warmen' zur 'kalten' Seite der Baustoffe statt; und in weiterer Folge, dort, wo der Taupunkt des Gasgemisches unterschritten wird, kondensiert das Rauchgas.

Dossierung: Dossierieren von 0,015 / 1,00 heißt:

- daß der Schornstein sich allseitig, konisch um 1,5 cm nach oben verjüngt,
- daß sich die Mauerstärken abschnittsweise vermindern und
- daß beim Loten eine Schablone mit dem gewählten Verjüngungswinkel befestigt ist, so daß die Wasserwaagenlibelle stets das Lot anzeigt.

Düse: Einengung des Rauchgasrohres, um eine Rauchgasbeschleunigung zu bewirken.

Etagenfutter: Das Etagenfutter ist in Abschnitten unterteilt. Seine Lasten werden über Tragkonstruktionen auf den Schaft übertragen.

Der Bereich der Auflagerkonstruktion wird als Futterstoß bezeichnet.

Gemauerte, mehrzügige Futter sind als in sich geschlossene Rauchgasrohre oder auch mit Leitwänden in den einzelnen Rohren konzipiert.

Fuchs: Gemauerter Rauchgaskanal, der vorwiegend unterirdisch angeordnet ist.

Futter: Abgasführendes Innenrohr, welches das Tragwerk durch gleichzeitige Wärmedämmung vor thermischen und chemischen Belastungen schützt und Rauchgase abführt. Schornsteinfutter sind vorwiegend aus Schamotte material oder aus säurebeständigen Steinen hergestellt. Alte Schornsteine haben in der Regel kein durchgehendes Futter oder es wurde nur im unteren Bereich zum Wärmeschutz eingebaut.

Gleitschalung: Schalungssystem, das ein kontinuierliches Arbeiten bei der Herstellung des Stahlbetonschaftea ermöglicht.

Industrieschornstein: Vielfach, landschaftlich unterschiedlich, werden Schornsteine auch als Essen, Kamine oder Schlotte bezeichnet. Wenn er, der Schornstein, einem gewerblichen oder industriellen Zweck dient/diente, d. h. einer industriellen Feuerungsanlage, dann wird er Industrieschornstein genannt. Somit unterscheidet er sich von einem Hausschornstein und, sehr eindeutig, von einem Wohnzimmer-Kamin. Die attributive Ergänzung 'historisch' erhält der Schornstein, wenn er epochale Merkmale besitzt.

Isolierung: Schützt das Futter oder Mauerwerk oder Stahl vor einem großen Temperaturgradienten.

Kondensat: Bildet sich an Flächen, deren Temperatur den Taupunkt unterschreitet. Das Kondensat ist in der Regel sehr aggressiv.

Kaltstehen des Schornsteins: Ein Schornstein, der nicht in Betrieb ist und daher erkaltet.

Kletterschalung: Bei diesem Schalungssystem werden nach jedem Betonierabschnitt die Arbeiten unterbrochen. Die Arbeitsunterbrechungen hinterlassen Arbeitsfugen.

Kopf: Schornsteinkopf, auch als Mündung bezeichnet, ist der obere Abschnitt des Schornsteins. Er wird beeinflusst durch Rauchgas und atmosphärischer Luft. Das Zusammenwirken beider Gase wirkt aggressiv. Deshalb bedarf es hier besonderer Schutzmaßnahmen, wie zum Beispiel,

- der Abdeckung des Schaftea und des Futters mit Edelstahl oder keramischen Materials. Früher wurden vornehmlich Gußplatten oder Natursteine verwendet. Die Ausdehnung des Futters ist bei der Anordnung der Abdeckung zu berücksichtigen
- einer besonderen Beschichtung dieses Bereichs gegen chemische Angriffe, verursacht durch das Anlegen des Rauchgases an der Leeseite des Schornsteins.

Radialziegel oder Radialklinker: Radialziegel sind Mauerziegel, die sich in ihrer Form auf bestimmte Durchmesser des zu mauernden Rohres beziehen. Die verschiedenen Formate erlauben das saubere Erstellen von Schornsteinrohren mit kleinen Durchmessern. Der Außenbogen der Bindersteine mißt immer 16 cm, während das Innenmaß der Steinköpfe dem erforderlichen Durchmesser des Schaftmauerwerks angepaßt ist. Diese Steinformate sind notwendig, um ein gleichmäßiges Maß der Stoßfuge zu gewährleisten.

Rauchgas: Abgas, das Verbrennungsgas einer Feuerungsanlage, das in die freie Atmosphäre abzuleiten ist; es enthält toxische Bestandteile, die sich in einem gasförmigen Aggregatzustand befinden.

Rauchgaseintritt: Der Bereich, in dem der Fuchsanschluß an den Schornstein erfolgt. Hier sind zu meist geschwächte Schaftstärken vorhanden. Über Pfeilervorlagen werden die Kräfte in das Bauwerk abgetragen.

Rauchgaskanal oder Fuchs: Verbindung zwischen Heizaggregat und Schornstein. Früher als Fuchs gemauerte Ausführung und heute als Rauchgaskanal, vorwiegend in Stahl, oberirdisch ausgeführt.

Schaft oder Schornsteinschaft: Es ist die statisch tragende Konstruktion des Schornsteins.

Schamottematerialien: Schamottematerialien wurden früher zur Herstellung des Futteres verwendet. Heute ist säurebeständiges Material nach DIN 1056, Teil 2, zu verwenden, da mit Taupunktunterschreitungen zu rechnen ist.

Schornsteinzug: Schornsteinzug entsteht durch die unterschiedliche Dichte von Rauchgas und Außenluft, und zwar primär hervorgerufen durch die unterschiedlichen Temperaturen der Gase. Da Rauchgase in der Regel leichter sind als Außenluft, entsteht ein Unterdruck im Schornsteinrohr, der einen Auftrieb bewirkt. Es sind mehrere Bezeichnungen für den gleichen Begriff 'Schornsteinzug' geläufig: Einerseits wird von Unterdruck, Auftrieb und Schornsteinzug gesprochen und andererseits ist formal nach DIN-Norm die Bezeichnung Ruhedruck zu wählen.

Schutzfutter: Historische Schornsteine besitzen in der Regel kein Futter. Um jedoch im Einströmungsbereich der Rauchgase in den Schornstein unerwünschte Wärmespannungen im Schaftmauerwerk reduzieren zu können, wurden Schutzfutter eingebaut. Die Höhe der Futterkonstruktion betrug etwa ein Drittel der Schornsteinhöhe.

Spannbänder: Der Einsatz von Spannbändern ist bei hohen Temperaturdifferenzen und kleineren Wanddicken erforderlich; aber auch bei Reparaturen von Mauerwerksrissen werden sie als ein geeignetes Hilfsmittel verwandt.

Standfutter: Das Standfutter führt von der Schornsteinsohle, ohne Lastenübertragung auf den Schaft, bis zur Schornsteinmündung.

Steigeisengänge und Steigleitern: Diese Ausrüstungsteile sind für in Betrieb befindliche Schornsteine unentbehrlich. Sie müssen außen und, wenn zwischen Futter und Schaft begehbare Zwischenräume vorhanden sind, auch Innen vorhanden sein. Sie unterliegen den Bestimmungen der DIN 1056, Schornsteine in Massivbauart, und der DIN 18799, Teil 3, Ortsfeste Leitern, und der VBG 74, Leitern und Tritte.

Steigschutzeinrichtungen: Diese Ausrüstungsteile können als Rückenschutzkorb, bei einer Fallhöhe von 5,00 m bis 10,00 m, dienen; oder es muß ein Steigschutz, in Form eines Steigschutzsystems, ausgebildet sein, und zwar bei Fallhöhen größer 10,00 m.

Steigeisen, Steigleitern und Steigschutz werden in der Regel in feuerverzinkter und im Mündungsbereich in Edelstahlausführung hergestellt.

Ohne diese Schutzausrüstungen ist es untersagt, Schornsteine zu besteigen.

Taupunkt: Rauchgase, die von einem gasförmigen Aggregatzustand in einen flüssigen Zustand überwechseln, haben eine Abkühlung erfahren: sie haben ihren Taupunkt unterschritten. Der Taupunkt kennzeichnet die Temperatur von Gas-Dampf-Gemischen, bei der gerade Gassättigung eingetreten ist und keine weitere Dampfaufnahme mehr erfolgen kann. Mithin hat das Gasgemisch am Taupunkt seine maximale Feuchtigkeitsättigung erreicht, sein relativer Feuchtigkeitsgehalt beträgt 100 %. Einzelne Gaselemente eines Gasgemisches besitzen nicht nur unterschiedliche Taupunkte, sondern sie beeinflussen in erheblichem Maße auch den Taupunkt des Gasgemisches. Siehe auch 'Diffusion'.

Trennzunge: Siehe Zunge.

Temperaturdifferenz: Der Unterschied zwischen Rauchgastemperatur und Umgebungsluft, außerhalb des Schornsteins.

Tragwerk: Der Schaft ist das Tragwerk. Er nimmt die nachstehenden Kräfte auf und leitet sie in den Baugrund oder in das Bauwerk ab:

- seine Eigenlasten,
- die Windlasten,
- die Lasten des Futteres und
- z.T. die Lasten der angeschlossenen Rauchgaskanäle.

Wärmespannung: Die Festigkeitsbeanspruchungen von Baustoffen (Zwangsspannungen), bedingt durch Temperatur und Temperaturwechsel; sie sind in Schornsteinbauteilen von besonderer Wichtigkeit. Temperaturdifferenzen in monolithischen Baukonstruktionen führen zu Wärmespannungen, verursacht durch die Dehnungsunterschiede der 'kalten' und 'warmen' Seite des Baustoffes.

Unterdruck: Siehe Schornsteinzug.

Zugbedarf: Notwendiger Auftrieb im Schornstein, der zur Überwindung der Widerstände im Rauchgassystem erforderlich ist.

Zunge oder Rauchgasleitwand: Die Zunge ist ein Element der Futterkonstruktion im Einströmungsbereich der Rauchgase. Wenn Rauchgaskanäle in gleicher Höhe, in gegenüberliegender Position in den Schornstein einmünden, werden diese, im vertikalen Futter, durch eine Zunge getrennt.

22. Abkürzungen

DGFS	- Deutsche Gesellschaft Feuerfest- und Schornsteinbau e.V.
DIN	- Deutsches Institut für Normung
DSchG	- Denkmalschutzgesetz
KrW-/AbfG	- Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz
TGL	- Technische Normen, Gütevorschriften und Lieferbedingungen (Abkürzung für staatliche Standards der ehemaligen DDR)
VBG	- Verzeichnis berufsgenossenschaftlicher Vorschriften
VGB	- VGB Technische Vereinigung der Großkraftwerksbetreiber e.V.
VOB	- Verdingungsordnung für Bauleistungen

23. Literaturhinweise

Deutsche Gesellschaft Feuerfest- und Schornsteinbau e.V.: Fachkunde für den Feuerungs- und Schornsteinbauer, Teil 2: Schornsteinbau; Düsseldorf 1998.

DIN 1056: Freistehende Schornsteine in Massivbauart, Berechnung und Ausführung. Beuth-Verlag, Berlin.

DIN 1053: Mauerwerk, Rezeptmauerwerk, Berechnung und Ausführung; Beuth-Verlag, Berlin, 1990.

DIN 4705: Berechnung von Schornsteinabmessungen, Begriffe, Berechnung und Ausführung, Beuth-Verlag, Berlin, Ausgabe September 1994.

Failure Analysis Associates: Tragfähigkeit von Mauerwerksschornsteinen unter Zugrundelegen von DIN 1056 (08/69) und DIN 1056 (I0/84). Deutsche Gesellschaft für Feuerfest- und Schornsteinbau e.V., Düsseldorf, März 1995.

Failure Analysis Associates: Mauerwerksschornstein, Höhe 85 m, Rheinische Landesklinik Bedburg. Tragfähigkeits- Dokumentation, Laboruntersuchungen, Bewertung; Düsseldorf, April 1993.

Föhl, A.: Bauten der Industrie und Technik, Deutsches Nationalkomitee für Denkmalschutz, Bundesministerium des Innern, Graurheindorfer Straße 198, Bonn.

Freyburg, S.: Historisches Ziegelmaterial - Charakteristik, Schadensbilder und Schadensursachen. Wiss. Z. Hochsch. Archit. Bauwes., Hefte 5/6/7, Weimar 40, 1994.

Freyburg, S.: Die Ziegelqualität im Ofenquerschnitt eines Feldbrandofens, Ziegelindustrie International, Heft 12/96.

Freyburg, S.: Backsteine und Ziegel - Was man aus Kennwerten ableiten kann, Ziegelindustrie International; Heft 12/96.

Funk, P.: Mauerwerk-Kalender 1997, Verlag Ernst und Sohn, 1996.

Heckmann, F.: Zerstörungsfreie Methoden bei der Untersuchung von Baudenkmalern, Zum Stand der Diskussion in der Bundesrepublik Deutschland unter besonderer Berücksichtigung der Stadtsanierung in Bamberg, Bamberg, 1995.

Henseler, F.: Denkmaleigenschaften historischer Industrieschornsteine, Ziegeleigeschichte - Ziegemuseen in Flintzbach, Ratingen, 1997.

Hofmann, P.; Stöckl, S.: Versuche zum Haftscherverhalten der Lagerfugen von Mauerwerk, Informationszentrum

RAUM und BAU der Fraunhofer Gesellschaft, IRB Verlag, September 1981.

Institut für Denkmalpflege der ehemaligen DDR: Merkblatt, 1986.

Institut für Ziegelforschung Essen, e.V.: Schlußbericht zum Forschungsvorhaben "Tragfähigkeit und Tragverhalten von hochfestem Mauerwerk", Informationszentrum RAUM und BAU der Fraunhofer-Gesellschaft, Stuttgart 1982.

Kiesow, G.: Einführung in die Denkmalpflege, Wissenschaftliche Buchgesellschaft, Darmstadt, 1995.

Nieser, H.; Engel, V.: Industrieschornsteine in Massivbauart, Kommentar zu DIN 1056, Bemessungshilfen, Beuth-Verlag, Berlin 1986.

Noakowski, P.; van Dornick, K.: Bewertung der Bausubstanz anhand der zugrunde gelegten Bemessungsvorschriften, eine Untersuchung für Industrieschornsteine, VGB Kraftwerkstechnik 72, 1992.

Putmans, A.: Der Schornsteinbau, Dr. Max Jänecke, Verlagsbuchhandlung, Hannover, 1908.

Schrader, M.: Mauerziegel als historisches Baumaterial, Ein Materialeitfaden und Ratgeber, Edition: anderweit Verlag GmbH, 1997.

Slotta, R.: Einführung in die Industriearchäologie, Wissenschaftliche Buchgesellschaft Darmstadt, 1982.

TGL 30448: Bau, Instandsetzung und Abbruch von Industrieschornsteinen.

Versuchsanstalt für Stahl, Holz und Steine: Ermittlung genauer Zahlenwerte für den Elastizitätsmodul, die Wärmedehnzahl und die maximal zulässige Wärmespannung, Säureschutzfuttermauerwerk, Universität (TH) Karlsruhe, 1974.

VGB-Kraftwerkstechnik: Bautechnik in Wärmekraftwerken, Band 9, VGB-Kraftwerkstechnik GmbH, Essen, 1. Ausgabe 1993.

24. Anlagen

Dieser Richtlinie sind Anlagen beigelegt, die einerseits beispielhaft zeigen sollen, wie Bausubstanz von historischen Industrieschornsteinen erfolgreich bearbeitet werden kann; andererseits dienen die beigelegten Anlagen zur Unterstützung fachlicher Aufgaben oder sie bieten eine thematische Vertiefungsmöglichkeit.

Es folgen Beispiele von ausgeführten Arbeiten an historischen Schornsteinen:

- 1. Beispiel:** Erneuerung des Schornsteinkopfes der Landskron-Brauerei in Görlitz. (Anlage 1)
- 2. Beispiel:** Schornstein der ehemaligen Nordwolle-Kämmerei & Kammgarnspinnerei in Delmenhorst. (Anlage 2)
- 3. Beispiel:** Durchführung einer Gefahrenbeseitigung verbunden mit einer inneren und äußeren Inspektion; Mauerwerkschornstein Salinenmuseum Halle/S. (Anlage 3)
- 4. Beispiel:** Schornstein-Kopferneuerung bei der Privatbrauerei Ernst Barre, Lübbecke. (Anlage 4)
- 5. Beispiel:** Erneuerung eines Mauerwerkschornsteins für die Berliner Wasser-Betriebe, Wasserwerk Friedrichshagen, Berlin. (Anlage 5)
- 6. Beispiel:** Sanierung eines historischen Schornsteins im Schöpfebachtal in Bad Säckingen. (Anlage 6)
- 7. Beispiel:** Sanierung eines Mauerwerkschornsteins für die Rheinische Landesklinik Bedburg. (Anlage 7)

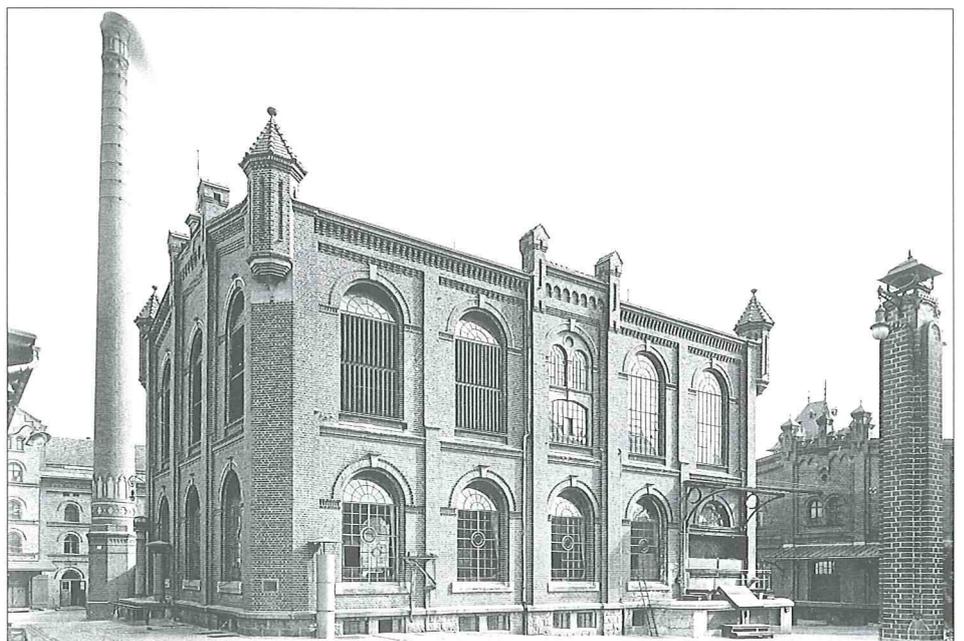
1. Beispiel: Erneuerung des Schornsteinkopfes der Landskron-Brauerei in Görlitz-Niederschlesien

Die Görlitzer Aktienbrauerei wurde Mitte des 19. Jahrhunderts gegründet. Erst in 1910 wurde der jetzt noch vorhandene, 50 m hohe Schornstein von der Firma Heinicke, Chemnitz, eines damals namhaften Feuerfest- und Schornsteinbauunternehmens, erbaut.

Die äußere Gestaltung wurde einerseits den umliegenden Brauereigebäuden angepaßt, andererseits aber auch dem um die Jahrhundertwende verbreiteten Jugendstil Rechnung getragen. (Bild 1.1). Es ist mit Interesse zu vermerken, daß die heutige Genehmigungsbehörde auf dem Bauplan einen Stilbruch bevorzugte. Der Betreiber hat sich aber davon nicht leiten lassen, sondern sich unbeirrt an die Planung gehalten und den Schornstein so, wie er vorgesehen war, wieder errichten lassen.

Zu Zeiten der deutschen Teilung wurden die Kessel weitgehend mit der in unmittelbarer Nähe vorkommenden Oberlausitzer Braunkohle beheizt. Wegen der Schäden im Mündungsbereich des Schornsteins wurde das schadhafte Mauerwerk abgebrochen und mit gelben Radialklinkern wieder aufgemauert. (Bild 1.2) Nach der Wiedervereinigung kam die Brauerei wieder in den Besitz der Familie Scheller. Herr Scheller legte großen Wert darauf, Bauwerke und Schornstein wieder ordentlich zu restaurieren, um die Anlage im Originalstil zu zeigen.

Bild 1.1: Bauensemble
der Brauerei
Foto: Landskron-Brauerei



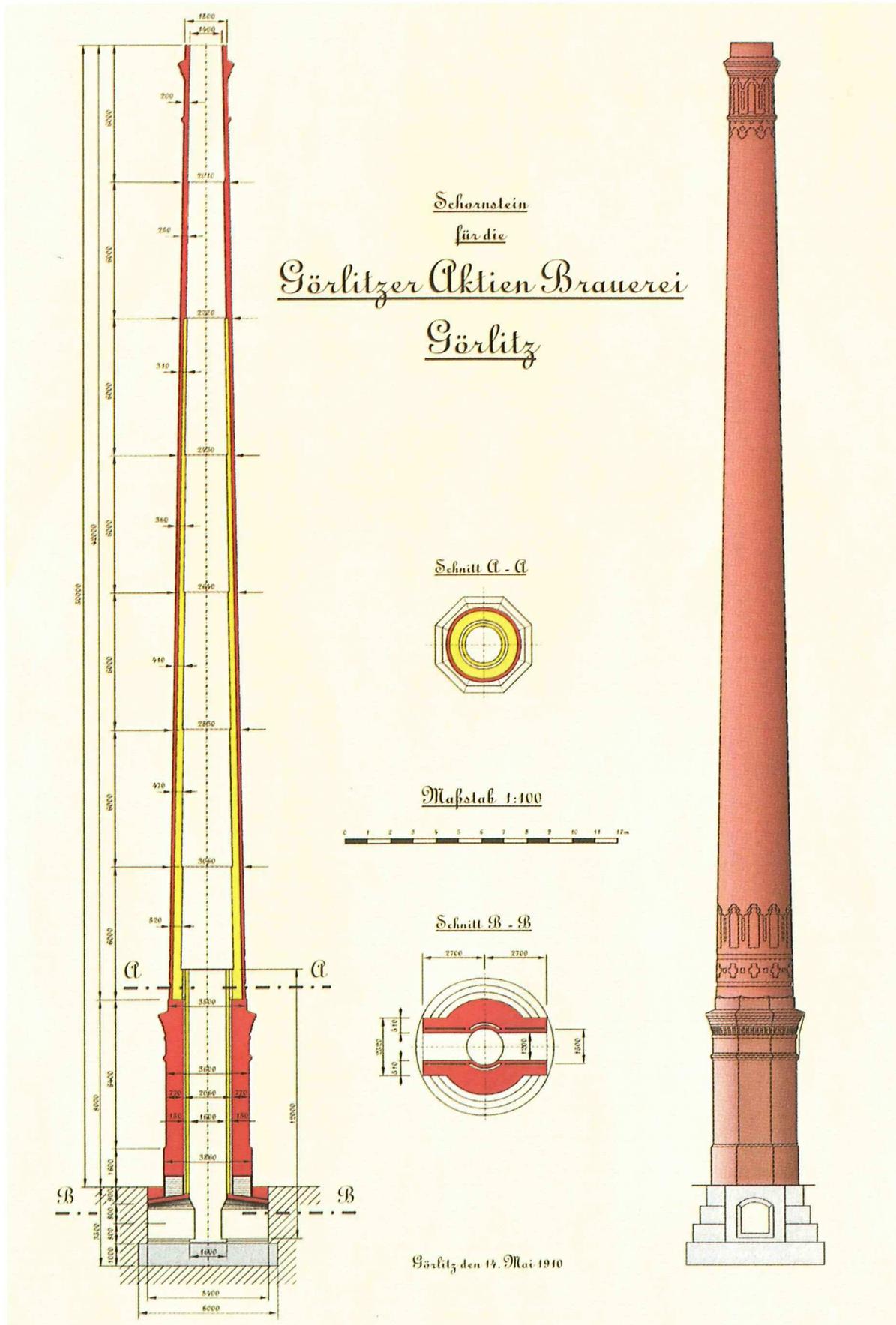


Bild 1.2: Detailzeichnung Schornstein

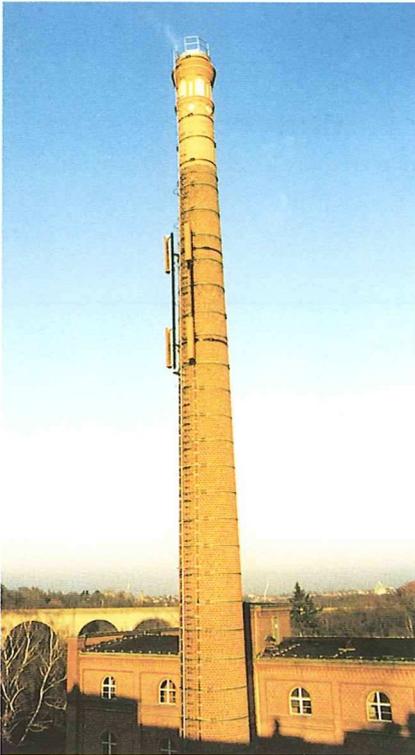


Bild 1.3: Schornstein mit Antennenträger
Foto: H.-W. Scholz

In Zusammenarbeit mit der Denkmalbehörde wurde sichergestellt, daß die Antennenträger eine Mauerwerkcaschierung erhielten. (Bild 1.3). Die Umstellung der Dampfkesselanlage, nämlich mit einem neuen Kessel auf Oel-Erdgasbetrieb mit 6,5 MW Leistung, erforderte den Einbau eines Edelstahlfutters im Schornstein, mit einem Durchmesser von 800 mm und einer Wanddicke von 3 mm. (Bild 1.4).

Das mit der Ausführung beauftragte Feuerungs- und Schornsteinbauunternehmen hat, ohne die alten Zeichnungen zu kennen, nur aus alten Fotos mühsam die Schichten und Faschen des Schornsteinkopfes rekonstruiert. In einer Halle wurden insgesamt zwei Fertigteile, je ca. 1,60 m hoch, vorgefertigt, diese zur Baustelle transportiert und mittels Autokran montiert. (Bilder 1.5 und 1.6)

Die gesamte Brauereianlage, samt Schornstein, stellt damit, zurückgehend auf die Initiative des Besitzers, ein beeindruckendes Zeugnis für denkmalbewußtes Handeln dar. (Bild 1.7).



Bild 1.4: Einbau des Edelstahlrohrs
Foto: W. Hoelzel

Bild 1.6: Aufsetzen des Kopfes
Foto: H.-W. Scholz



Bild 1.5: Verladen des Schornsteinkopfes
Foto: W. Hoelzel

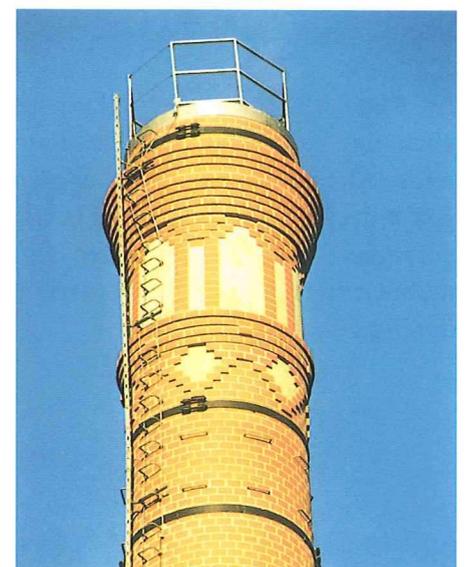


Bild 1.7: Fertiger Schornsteinkopf
Foto: H.-W. Scholz

2. Beispiel: Schornstein der ehemaligen Nordwolle-Kämmerei & Kammgarnspinnerei in Delmenhorst

In 1905 wurde der Schornstein für die 'Nordwolle' - so wird dieser Betrieb in Delmenhorst genannt - von dem Schornsteinbauunternehmen Friedrich von Hadeln, mit Sitz in Hannover, errichtet. Das Maschinenhaus, der Schornstein und alle benachbarten Industriehallen zeigen hier, angelehnt an den Jugendstil, ein beeindruckendes Ensemble norddeutscher Klinkerbaukultur. (Bild 2.1)

Der Schornsteinsockel, 3,10 m hoch, 1,10 m unter Terrain, beginnt mit einer Mauerwanddicke von 3,30 m und treppt dann bis zum Schaftansatz auf eine Wanddicke von 0,90 m ab. (Bilder 2.2 und 2.3). Die weiteren, jeweils 9,00 m hohen Abschnitte, sind 0,90 m, 0,78 m, 0,65 m, 0,52 m, 0,39 m, 0,30 m und 0,25 m dick aus Radialklinkern gemauert worden. Die Futterhöhe beträgt nur 20,00 m (Schutzfutter). Die Gesamthöhe des Schornsteins von +0,00 m betrug seinerzeit mithin 65,00 m. Die Zierkonsolen und -schichten wurden von ca. +9,00 m bis 11,00 m und nochmals von +56,00 m bis +65,00 m erstellt. Etwa 1955 wurde der Schornstein um 9,00 m gekürzt; somit entfiel leider auch die obere Zierkrone.

Der Eigentümer, der inzwischen liquidierten 'Nordwolle', hatte das gesamte Fabrikgelände der Stadt Delmenhorst unentgeltlich übereignet, wobei dann sofort Kontakt zur unteren Denkmalschutzbehörde aufgenommen wurde, mit dem Ziel, diesen Industriekomplex insgesamt als Industriedenkmal auszuweisen. Jetzt wird die Anlage als Industriemuseum, für die Aus- und Fortbildung deutscher und ausländischer Interessenten und für die Volkshochschule, genutzt.

Im März 1994 war der Schornstein zu begutachten und ein Sanierungsvorschlag zu unterbreiten. Das Hauptproblem bestand darin, daß durch zahlreiche Steinabplatzungen die angrenzenden Gebäude und Verkehrswege stark gefährdet waren und der auf den Bildern 2.4 und 2.5 erkennbare Zustand vorzufinden wurde. Ein Besteigen des Schornsteins war zu gefährlich. Mit einer mobilen Leiter der Delmenhorster Berufsfeuerwehr wurde die Untersuchung durchgeführt.

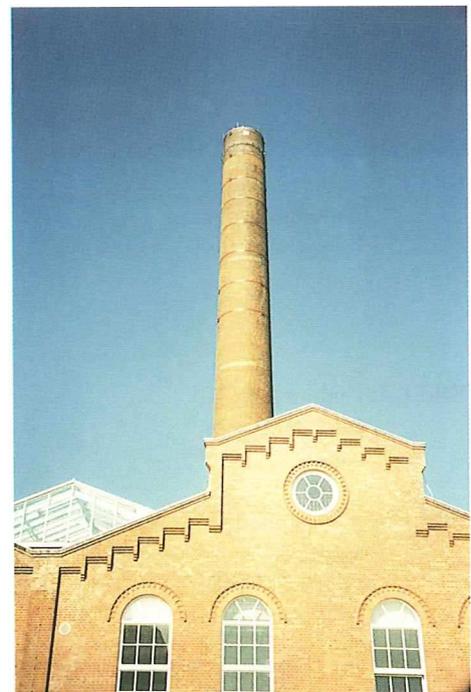


Bild 2.1: Der sanierte Schornstein

Foto: H.-W. Scholz

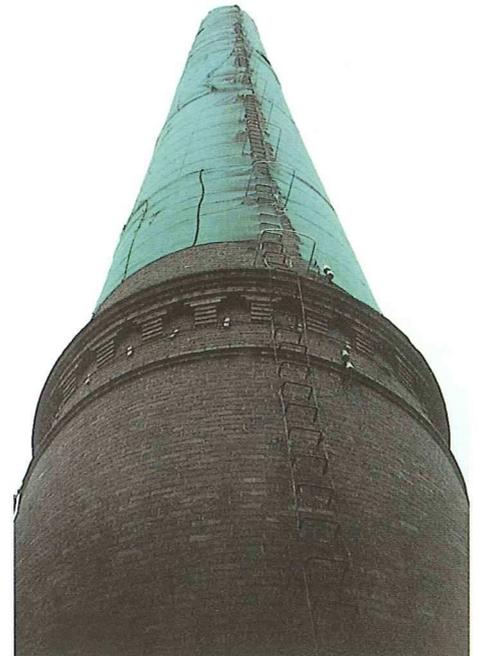


Bilder 2.2 und 2.3:

- Schornsteinsockel vor Sanierung
- Der sanierte Sockel

Bilder 2.4 und 2.5:

- Schornstein mit Netzen umspannt



Bilder 2.6 und 2.7:

- Ausgebohrte Steinköpfe
- Edelstahlabdeckung am Kopf

Fotos 2.2 bis 2.7: H.-W. Scholz



Als Ergebnis der Untersuchungen wurde vorgesehen, den Schornstein mit einem Konsolgerüst zu berüsten, die Außenflächen von losen Teilen zu befreien und diese mit Heißdampf zu reinigen. Weiter, beschädigte Steinköpfe 12 cm tief auszubohren und zu erneuern; die ausgewitterten Fugen freizulegen, mit Haftemulsion zu behandeln und bündig zu verfugen.

(Bild 2.6).

Es wurde außerdem beschlossen, da der Schornstein nicht mehr für den Betrieb vorgesehen ist, ihn mit einer Edelstahlplatte abzudecken (Bild 2.7). Damit eine Luftzirkulation stattfinden kann, wurden an der Schornsteinsohle Belüftungen und unterhalb der Abdeckung Entlüftungen eingebaut. Bild 2.8 zeigt den nachmontierten Steigeisengang mit Steigschutz.

Die Sanierung wurde im Juli/August 1995 ausgeführt. Die durchgeführten Baumaßnahmen bewirkten, daß es bisher zu keinen weiteren Abplatzungen gekommen ist. Dieser Sachverhalt wird bestätigt durch die gründliche Überprüfung im September und November 1997.

Der Schornsteinfuß kann für personelle Veranstaltungen genutzt werden. Ein Gutachten eines chemischen Labors aus Hannover stellte fest, daß gegen das Integrieren der Schornsteinwand in einen von Personen genutzten Raum keine Bedenken bestehen.

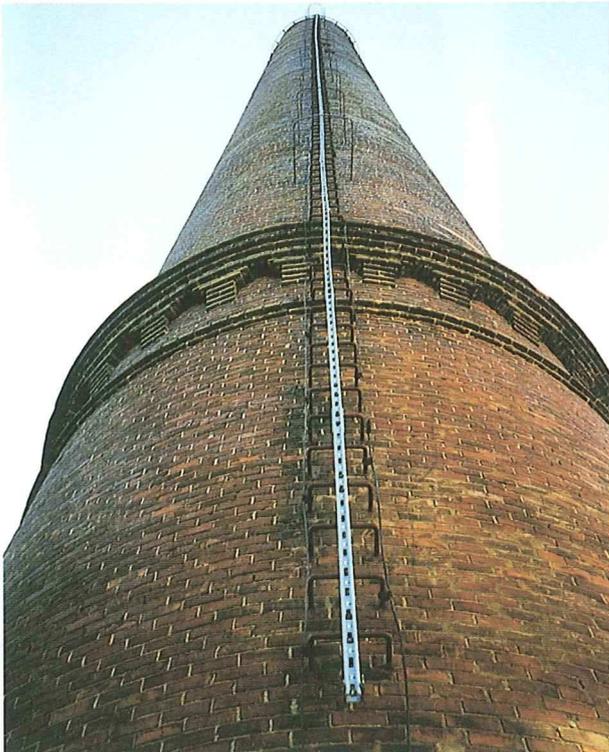


Bild 2.8: Steigeisengang mit Steigschutz
Foto: H.-W.Scholz

3. Beispiel: Durchführung einer Gefahrenbeseitigung, verbunden mit einer inneren und äußeren Inspektion am Mauerwerk- schornstein des Salinemuseums in Halle/S.

Aufgaben

Teilabbruch von 33,50 m auf 27,00 m zur Abwendung von Gefahren und Bewertung des Zustandes.

Konstruktive Beschreibung des Schornsteins

- Konstruktionsart	Mauerwerkschornstein
- Schornstein errichtet	1874
- ursprüngliche Bauhöhe	vermutl. 40,00 m
- Höhe vor Teilabbruch	33,50 m
- Teilabbruch am 06.05.1996 auf	27,00 m
- Ziegelfarbe	blaßgelb
- quadratischer Sockel	3,80 x 3,80 x 7,75 m
- Wanddicke quadratischer Sockel	ca. 1,00 m
- achteckiger Übergangsbereich	3,30 x 3,30 x 4,50 m
- Wanddicke achteckiger Bereich	ca. 0,70 m
- Rundteil Schaft	Höhe 14,75 m
- Wanddicke Schaft (Mündung)	0,425 m
- Futtermauerwerk	keines
- Steigeisen, nachträglich eingesetzt	ab 8,00 m
- Blitzableitungen	2 Stück

Baubeschreibung

Der über 120 Jahre alte Schornstein stellt eine architektonisch reich betonte Konstruktion dar. Er hat durch die Verkürzung an Form verloren; jedoch seine Ästhetik wirkt noch überzeugend. (Bild 3.1)

Der hauptsächlich durch Abgasbelastung (Temperaturschwankungen und Kondensat), Witterungseinflüsse und mangelnde Wartung mehr oder weniger verschlissene Schornstein ist erhaltungswürdig und sanierungsfähig zugleich.

Aufgrund der architektonisch ansprechenden Gestaltungsfülle, dem Alter, seinem exponierten Standort und der gegebenen Standsicherheit plädiert auch die Schornsteinbaufirma für den Erhalt des Schornsteins, wenngleich mit einer verminderten Gesamthöhe von vorerst 27,00 m.

Erschwerend würde sich allerdings eine Forderung auswirken, den Schornstein wieder auf die ursprüngliche Gesamthöhe von 40 m aufzustocken. Dazu müßte das Bauwerk präzise vermessen, wahrscheinlich noch einmal um 6,00 bis 8,00 m abgetragen und das Fundament untersucht werden, da keine ursprünglichen Bauunterlagen mehr vorhanden sind. Generell ist eine erneute Wiederaufmauerung möglich.

Erhaltungsmaßnahmen

1. Äußere Bausubstanz

- Berüsten des Schornsteinschaftes auf ganzer Höhe mit schornsteinspezifischen Rüstsystemen. Im Sockelbereich wurde mit Standrüstungen gearbeitet.
- Hochdruckreinigung der Außenflächen.
- Instandsetzung aller Schadensbereiche in ursprünglicher Bauform und Konstruktion.
- Entfernen des schadhafte Mauerwerks, der Sockelaußenflächen und Gesimse.
- Verwendung gleichfarbiger Ziegelformate, ebenso verträglicher Mörtel.
- Ausbildung der Sockelschrägen aus kunststoffmodifiziertem Mörtel mit spezieller Beschichtung.

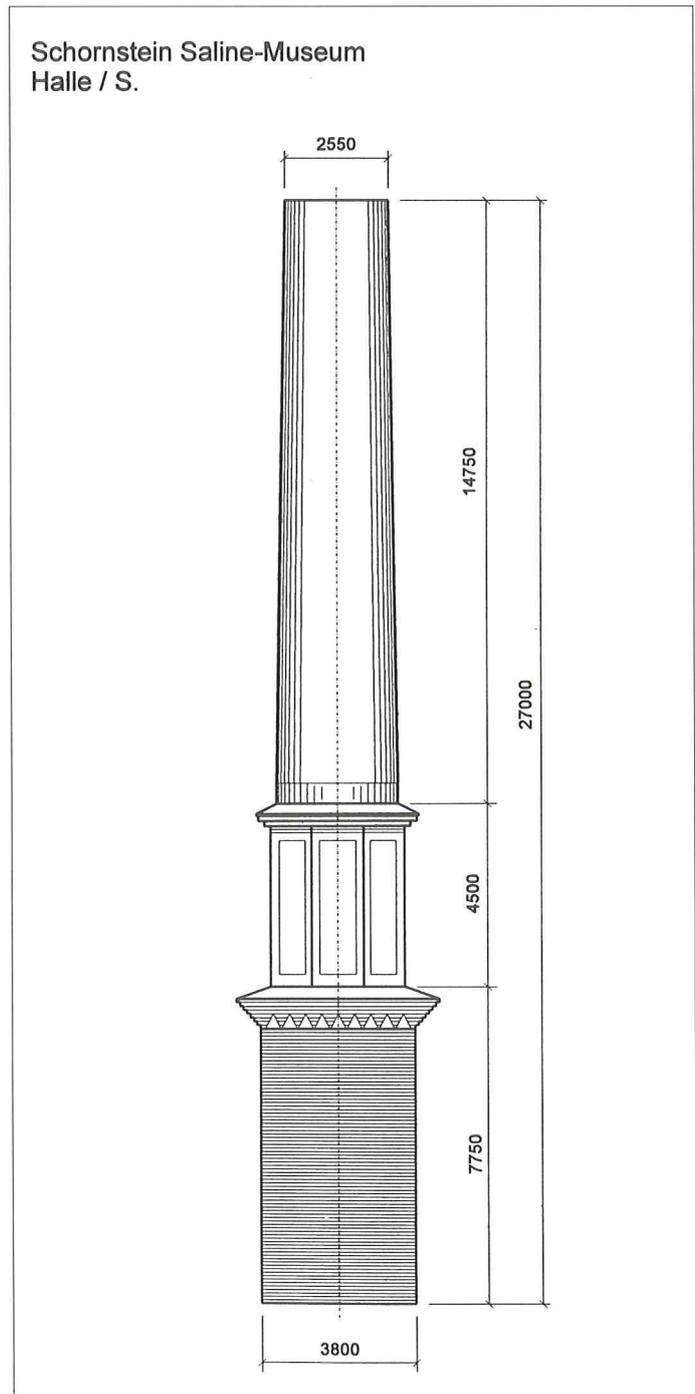


Bild 3.1: Übersichtszeichnung

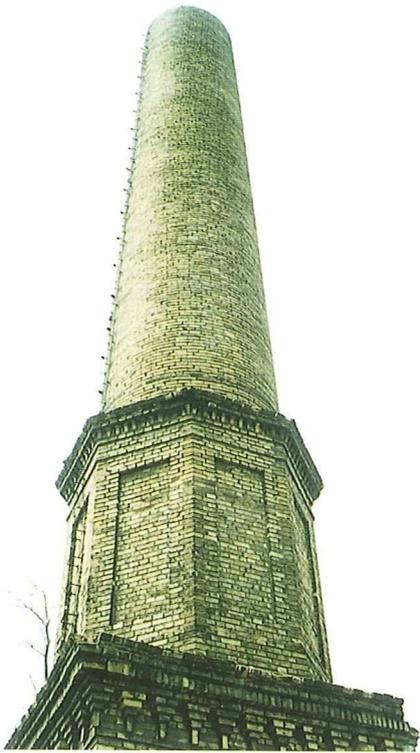


Bild 3.2: Gesamtansicht des Schornsteins
Foto: F&S Spezialbau Magdeburg GmbH

- Nachverfugung aller ausgewitterten bzw. schadhaften Fugen.
- Entfernen und Erneuerung des Steigeisenganges und Montage einer Steigschutzschiene.
- Erneuerung der Blitzschutzanlage mit Blitzfangring.
- Abdeckung der Schornsteinmündung. Weil die Durchlüftung des kaltstehenden Schornsteins garantiert sein muß, erhielt die Mündungsöffnung eine Edelstahlabdeckung mit Lüftungsschlitzen und ein Gefälle nach außen.

2. Innere Bausubstanz

- Entfernen des angesammelten Bauschutts aus dem Schornstein.
- Montieren und Befahren der Schornsteininnenseite mit beweglicher Arbeitsbühne.
- Hochdruckreinigung der Mauerflächen; Instandsetzung der Fugenstruktur, soweit erforderlich.
- Zumauern der vormaligen Rauchgaseintrittsöffnungen.

Bild 3.3: Sockelbereich des Schornsteins
Foto: F&S Spezialbau Magdeburg GmbH



3. Sonstiges

- Entfernen des auf der Westseite nachträglich errichteten Anbaus, um dem Schornstein die ursprüngliche freie Ansicht wiederzugeben.



Der Sanierungsablauf wurde durchgängig dokumentiert und mit einer umfassenden Fotodokumentation belegt. Hierzu eine Auswahl: Bilder 3.2 bis 3.4.

Bild 3.4: Luftbild

4. Beispiel: Schornsteinkopferneuerung bei der Privatbrauerei Ernst Barre, Lübbecke

1842 gründete Ernst Johann Barre in Lübbecke eine 'Bayerische Brauerei', die sich als älteste untergärrige Brauerei im Gau Westfalen-Nord einen Namen machte. 1852 wurde die erste Dampfmaschine eingebaut, die natürlich einen Schornstein benötigte. Mithin lag zwischen 1842 und 1852 die Bauzeit des Schornsteins, der bis heute in Betrieb ist.

Ein mächtiger Blitzschlag spaltete den Schornsteinkopf im Jahr 1971. Also war eine Erneuerung erforderlich. Architekt und Versicherung schlugen vor, die Kopfverzierung nicht mehr ausführen zu lassen. Die Schornsteinkrone solle achteckig, in glatter Art gemauert werden. Dieser Vorschlag mißfiel Herrn Ernst Ludwig Barre, er lehnte ihn kategorisch ab. Seine Traditionsbrauerei habe eine Identität, die sich mit dem Baustil der Vergangenheit decke. Daher sei die Schornsteinkrone in alter Formensprache wieder aufzubauen. Er sei seinen Vorfahren gegenüber verpflichtet, die Brauerei im alten Stil zu erhalten, und zwar so weit wie möglich: Und dazu sei der Schornstein ein weithin sichtbares Wahrzeichen.

Nun galt es den Schornsteinkopf zu konstruieren. Zeichnungen über die alte Konstruktion lagen nicht vor. So wurden bei dem Abbau der einzelnen Mauerwerkschichten Fotos erstellt und ein Aufmaß gefertigt. Für die Wiederherstellung gab es 1972 noch keine Auflagen über die Wiederverwendung der abgebrochenen Steine. Um jedoch die Achteckform wieder bauen zu können, wurden säurefeste Formsteine gewählt. Die hellen Steine wurden nach dem Wiederaufbau mit einer Acrylharzdispersion beschichtet. Wenn diese Farbe auch nicht als Anstrich für den Rauchgasbereich geeignet erschien, so wurde der Einfachheit halber doch darauf zurückgegriffen, und zwar im Hinblick darauf, daß dieser Anstrich im rotbraunen Ton sich kostengünstig nach Jahren wiederholen ließe. Der Schornstein wurde 1997 begutachtet, mit dem Ergebnis: Der Anstrich hat 25 Jahre ohne Schädigung gehalten. (Bilder 4.1 u. 4.2)

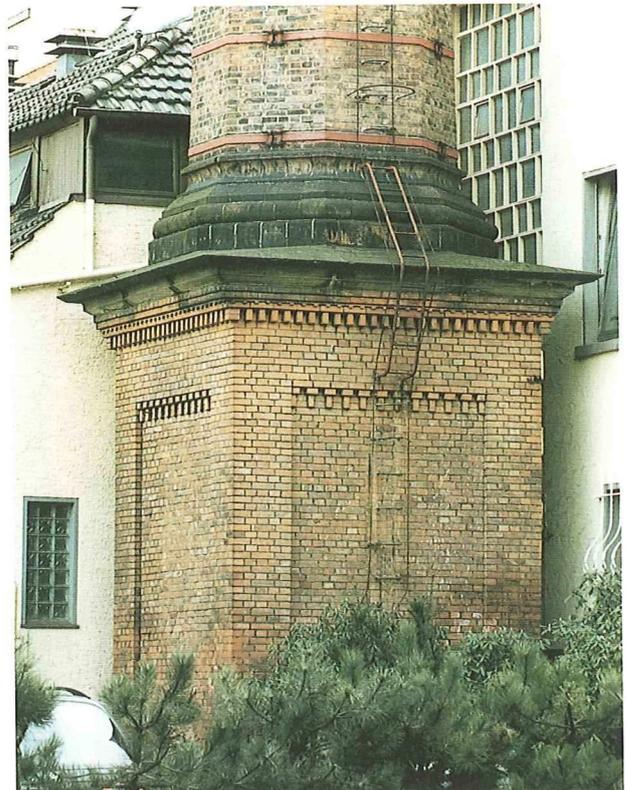


Bild 4.1: Schornsteinsockel
Foto: H. Kämper



Bild 4.2: Das Wahrzeichen
der Barre-Privat-
brauerei
Foto: Barre Brauerei

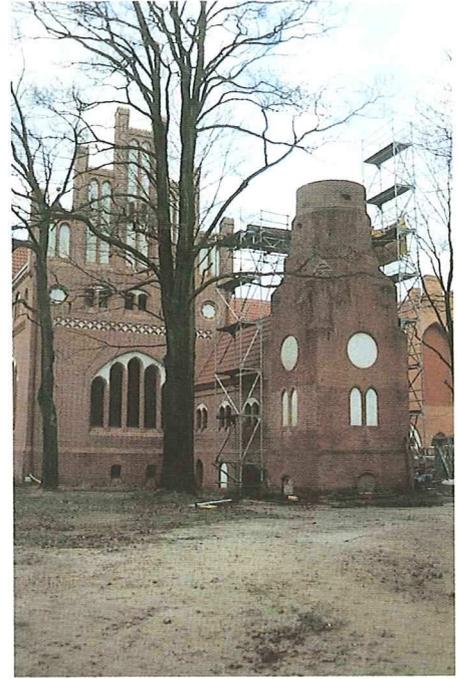
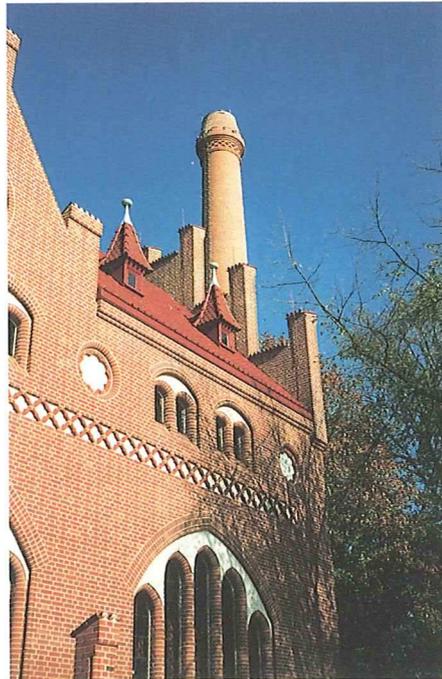
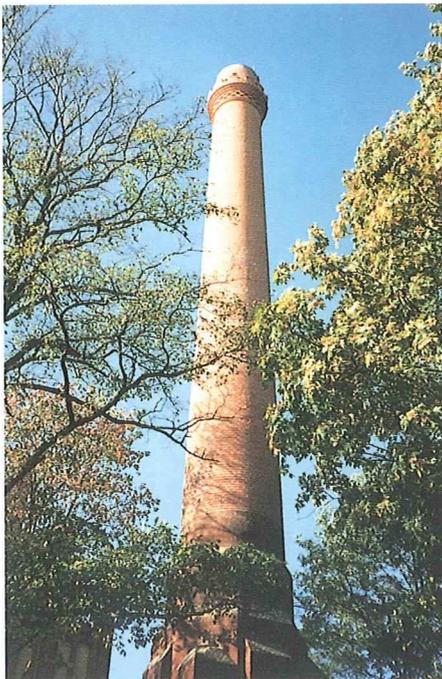
5. Beispiel: Erneuerung eines Mauerwerkschornsteins für die Berliner Wasser-Betriebe, Wasserwerk-Friedrichshagen

Eines der ältesten und in märkischer Backsteingotik gebauten Wasserwerke mit zeitgemäßen technischen Inneneinrichtungen ist das Wasserwerk Friedrichshagen in Berlin-Köpenick. Henry Gill, der englische Direktor der städtischen Wasserwerke, baute diese Anlage 1893, zusammen mit dem Architekten Richard Schulz, in die märkische Landschaft. Ein markantes Bauensemble. Es war bis 1978 als Wasserwerk in Betrieb und 1987 wurde das Schöpfmaschinenhaus B eine Schauanlage, d. h. ein technisches Museum. Hier ist auch eine Dampfkolbenpumpe installiert, die den Besuchern vorgeführt werden kann; sie stammt aus dem Jahre 1893.

Der Schornstein befand sich in einem desolaten Bauzustand; nur die Schornsteinkrone war in den Kriegsjahren zerstört worden. Er mußte grundlegend saniert, besser erneuert werden. Er sollte aber als dominierendes Wahrzeichen erhalten werden. Eine Sanierung der Baustruktur des Schornsteins, oder ein selektiver Rückbau unter Wiederverwendung der alten Mauerziegel war nicht zu realisieren. Folglich war ein Abriß bis zum viereckigen Sockel und Wiederaufbau erforderlich.

Bilder 5.1 bis 5.3:

- Der fertige Schornstein
- Das Bauensemble
- Beginn zum Wiederaufbau
Fotos: P. Gärtner



Wasserwerk
Berlin-Friedrichshagen

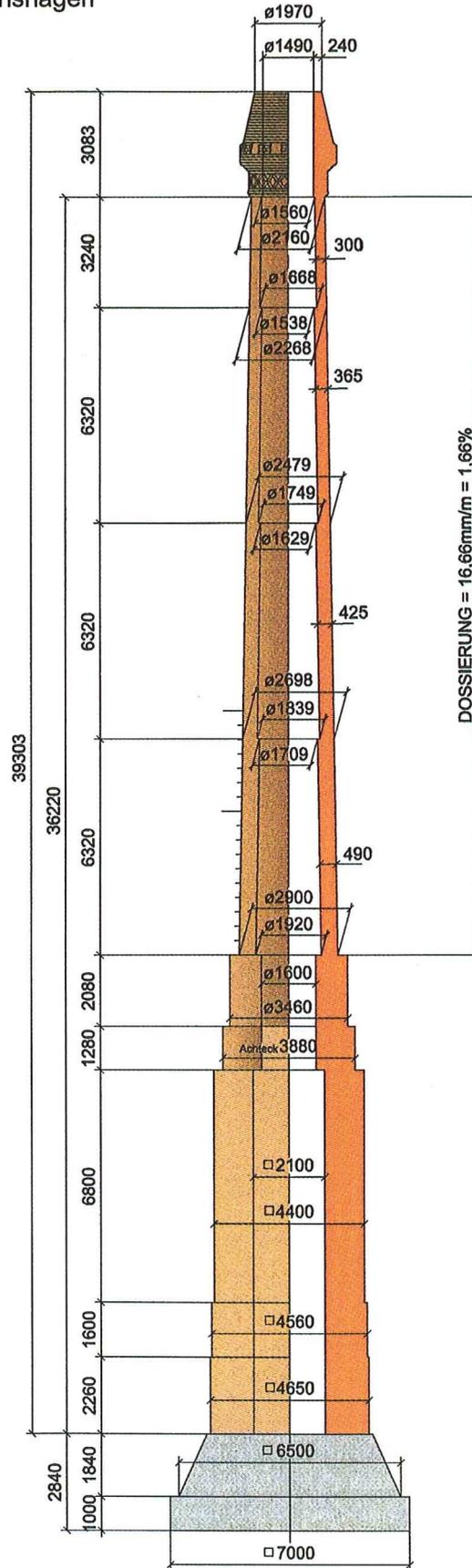


Bild 5.4: Schornsteinzeichnung

Wasserwerk
Berlin-Friedrichshagen

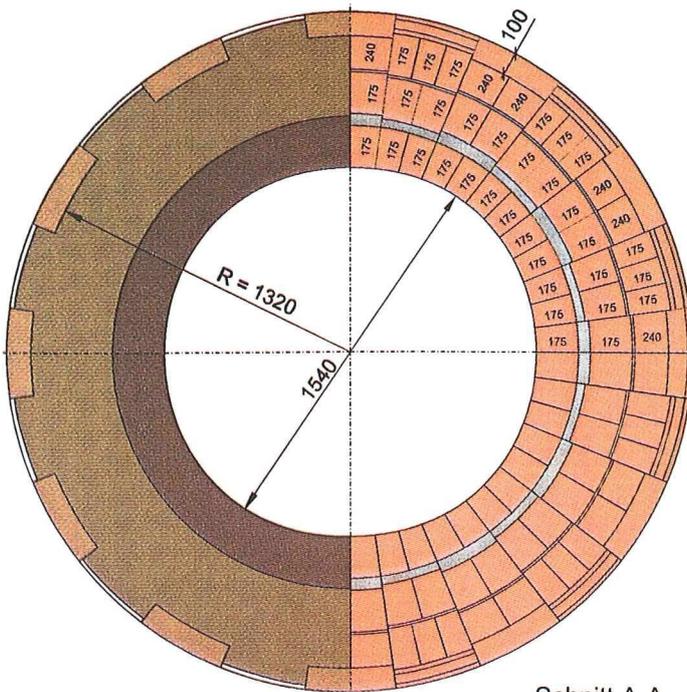
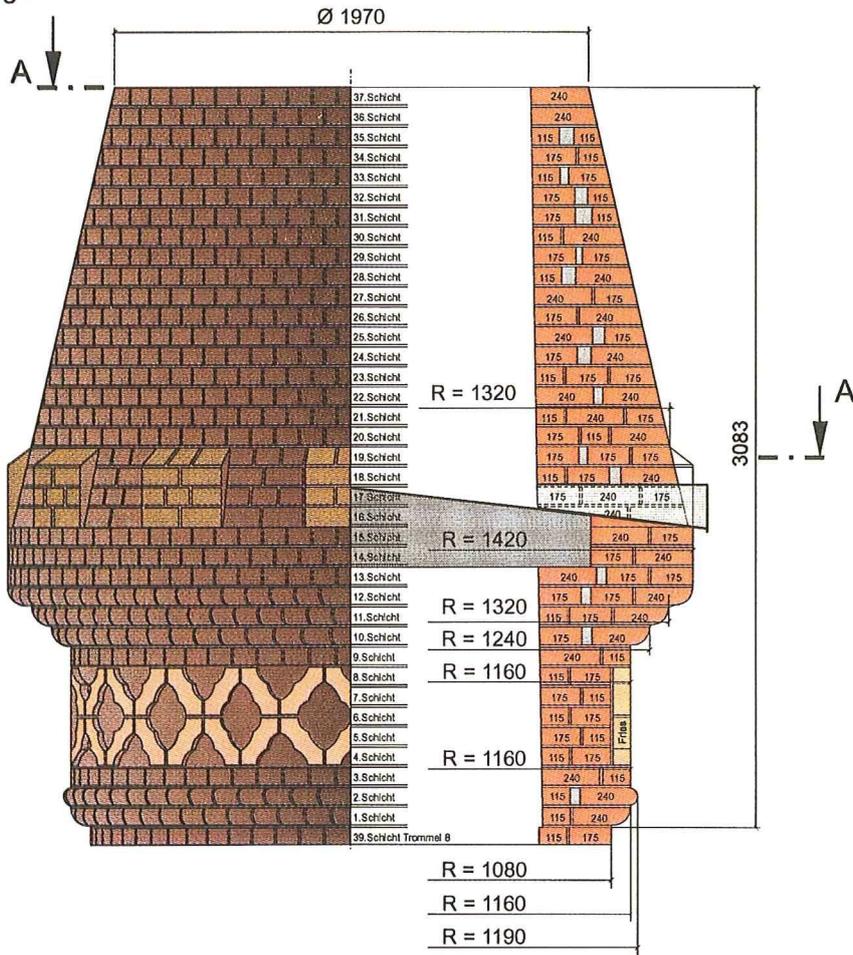


Bild 5.5: Detail-Schornsteinkopf



Bild 5.6: Schornsteinkopf

Bild 5.7: Schornsteinkopf-
Abdeckung

Bild 5.8: Zierverblendung am
Kopf

Fotos 5.6 - 5.8: P. Gärtner

Industriell gefertigte Radialklinker nach heutigen Farbmustern schieden nach Forderung des Denkmalschützers und der Berliner Wasser-Betriebe aus. Nach einiger Suche wurde ein kleines Formziegelwerk in Sieversdorf bei Brandenburg gefunden, daß in der Lage war, die gewünschten Radialklinker in Form, Farbe und Handarbeit herzustellen und mit Prüfungszeugnis zu liefern.

Das äußere, sichtbare Schaftmauerwerk wurde mit den handgefertigten Radialklinkern und die inneren Bereiche mit handelsüblichen Radialklinkern gemauert. Da der Schornstein nur noch Bestandteil des Museums ist, also keine Betriebsfunktion mehr zu erfüllen hat, kann er kalt stehen. Es ist jedoch sicherzustellen, daß eine permanente Durchlüftung des Innenraumes stattfindet. Zu diesem Zweck wurde ca. 1,50 m unterhalb der Schornsteinmündung eine Betonabdeckung eingebaut und für die Belüftung der inneren Schornsteinröhre eine Abluft vorgesehen. Der Lufteintritt ist im Schornsteinsockel. Um Laubansammlungen im Mündungssack zu verhindern, wurde 3 Schichten unterhalb der Mündung ein Lochblech aus Edelstahl, mit Einstiegsklappe, eingebaut (Bild 5.5).

Das Sockelmauerwerk wurde dampf- und sandgestrahlt, die Mauerwerksfugen ca. 2-3 cm tief ausgekratzt/ausgeschnitten und mit speziellem Fugenmörtel in der Farbe der vorhandenen Fugen den Gebäudeteilen angepaßt verfugt (Bild 5.3).

In den Zeichnungen sind Querschnitt und Schornsteinkopf des Schornsteins dargelegt. Bild 5.1 zeigt den erneuerten Schornstein und Bild 5.2 den Schornstein mit dem Gebäude - eine angepaßte Architekturharmonie. Die Bilder 5.4 und 5.6 verdeutlichen die vielfältigen Formsteine und das Mauerwerk am Schornsteinkopf.

6. Beispiel: Sanierung eines historischen Schornsteins im Schöpfebachtal in Bad Säckingen

Die Stadt Bad Säckingen hat in Verbindung mit dem Landesdenkmalamt Freiburg beschlossen, eine Restaurierung des historischen, gemauerten Schornsteines durchzuführen. Bei dem Schornstein handelt es sich um ein Industriedenkmal aus den Jahren 1899 bis 1900 mit einer ursprünglichen Höhe von ca. 20 bis 25 m.

Der gemauerte Schornstein wurde zur Ableitung der Rauchgase aus dem Kesselhaus der Firma Engels in Bad Säckingen benutzt. Die Firma Engel war eine Färberei. In der Fabrik wurden Stoffe, Tücher und Garne gefärbt. Die Ansiedlung der Firma Engels im Schöpfebachtal hatte als Hintergrund die Verwendung des Schöpfebaches als Vorfluter für die Abführung der Abwässer aus der Färberei. Der Schöpfebach entspringt im Hotzenwald und fließt über einen künstlichen Speichersee, oberhalb des ehemaligen Werkes, in den Rhein. Die Wasserrechte liegen heute noch bei der Firma Engels.

Nach Stilllegung und Abbruch des Werkes wurde nur noch der Schornstein erhalten. Witterungseinflüsse und mangelnde Wartung führten zur Zerstörung der Bausubstanz des Schornsteins. So wurde dann im Frühjahr / Sommer 1997 die Sanierung vorgenommen. Folgende Arbeiten waren erforderlich, die dann mit den Verantwortlichen der Stadt Bad Säckingen durchgesprochen und ausgeführt wurden:

- **Rüstarbeiten**
Einrösten des Schornsteins mit Stahlrohrgerüst und nach Beendigung wieder abbauen.
- **Außenreinigung**
Entfernen der Verwachsungen und Sandstrahlen dieser Flächen. Sandstrahlen nur zu Reinigungszwecken und zum Entfernen loser Farbe.

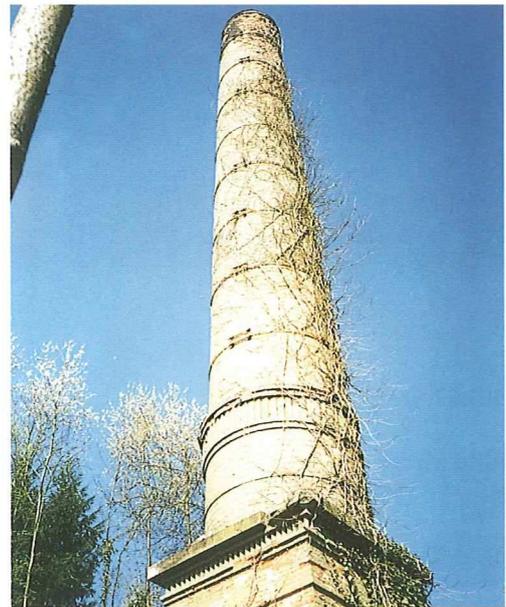


Bild 6.1: Vor der Sanierung
Foto: Ooms-Ittner-Hof GmbH

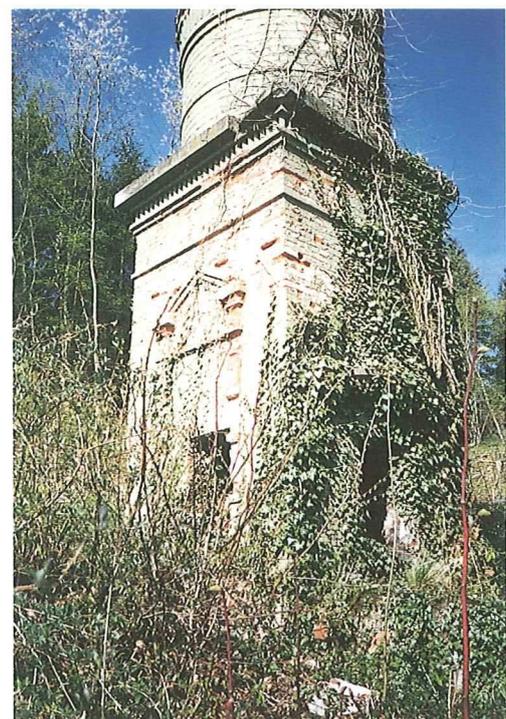


Bild 6.2: Schornsteinsockel
Foto: Ooms-Ittner-Hof GmbH

Historischer Schornstein im "Schöpfbachtal" Bad Säckingen

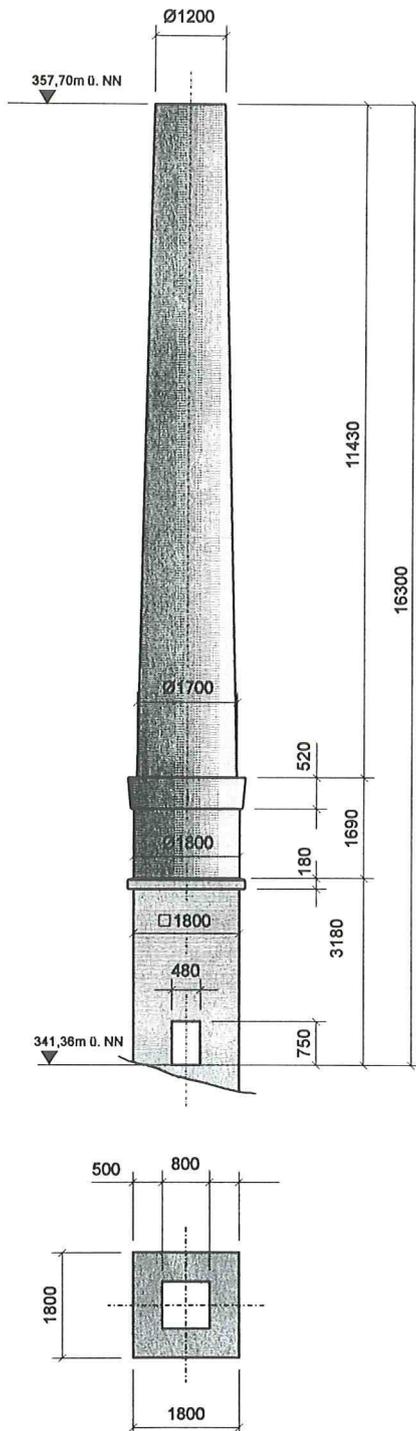


Bild 6.3: Übersichtszeichnung

- Instandsetzen der stark geschädigten Mauerwerksoberflächen des Rechtecksockels**
Insgesamt ca. 400 Steinköpfe ausstemmen und durch neue, handgefertigte Schamottesteine ersetzen, so daß der ursprüngliche Zustand weitestgehend wieder hergestellt ist. Ausbessern der offenen Mauerwerkfugen. Instandsetzen der 3 Öffnungen und verputzen der Laibungen mit kunststoffvergütetem Saniermörtel.
- Sanierung des Sandsteingesimses und der Sockelabdeckung**
Entfernen aller losen Sandsteinteile bzw. Betonteile bis auf den festen Untergrund. Aufbringen einer Haftgrundierung und feucht in feucht reprofiliert mit kunststoffvergütetem Saniermörtel; ausbessern der offenen Mauerwerksfugen.
- Sanieren des runden Schaftteils bis zum ersten Zierring**
Insgesamt ca. 100 Steinköpfe ausstemmen und durch neue, handgeformte Schamottesteine ersetzen, ausbessern der offenen Mauerwerksfugen.
- Sanierung oberhalb des ersten Zierrings bis etwa + 12,30 m**
Insgesamt etwa 30 % aller Steinköpfe, das sind ca. 1250 Stück ausstemmen und durch neue, handgefertigte Schamottesteine ersetzen, ausbessern der offenen Mauerwerksfugen.
- Nachverfugen**
Vorhandene Hohlfugen ausstemmen und wieder mit reinem Zementmörtel verschließen.
- Bandagen**
Die Schornsteinbandagen sind zum Teil an den Schlössern bereits durchgerostet und sollten durch neue ersetzt werden. Demontage der alten Schornsteinbänder und Lieferung und Montage von insgesamt 9 Stück neuen Bandagen, zweifach beschichtet wie die Schornsteinflächen.
- Erneuerung der oberen ca. 4,00 m des Schaftmauerwerks**
Die oberen 4,00 m, die durch starke Krümmung und teilweise Zerstörung gekennzeichnet sind,

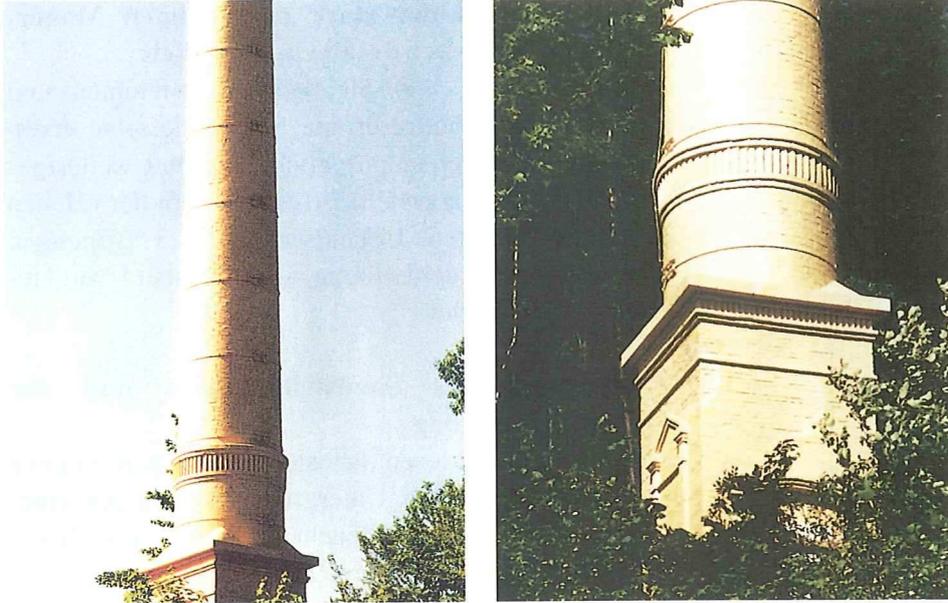


Bild 6.4: Nach der Sanierung

Foto: Ooms-Ittner-Hof GmbH

Bild 6.5: Sockel nach der Sanierung

Foto: Ooms-Ittner-Hof GmbH

werden erneuert. In Handarbeit abtragen des Mauerwerks unter Erhaltung der Radialsteine, abtransportieren derselben und zur Wiederverwendung von anhaftendem Mörtel befreien. Etwa ein Drittel der Steine sind bereits zerstört und stehen für den Wiederaufbau nicht zur Verfügung.

Wiederaufbau von etwa 2,70 m mit den noch vorhandenen Radialsteinen in MG IIa und die Außenseite mit reinem Zementmörtel verfugen.

- **Mündungsabdeckung.**

Lieferung und Montage einer Mündungsabdeckung aus 3 mm Edelstahlblech mit Lüftungshaube und 2 Blitzauffangstangen.

- **Anstrich.**

Durch das Abstrahlen der Mauerwerksflächen erscheint die Oberfläche gescheckt und sollte deshalb komplett neu beschichtet werden. Aufbringen eines zweifachen Anstrichs auf Acrylharzbasis (gute Haftung), Farbton nach Absprache und nachzeichnen der Fugen im Farbton des Schornsteins.

- **Blitzschutz.**

Demontage der alten Blitzableitung, Lieferung und Montage einer neuen Ableitung aus 8 mm Rundkupfer und ca. 12 Stück neuer verzinkter Stützen, Anschluß an die Edelstahlmündungsabdeckung und die vorhandene Erdung.

Der gesamte Sanierungsverlauf wurde durchgängig dokumentiert und durch eine Fotoserie belegt.



Bild 6.6: Eingerüsteter Schornstein

Foto: Ooms-Ittner-Hof GmbH



Bild 6.7:
Ungesäuberte Mauerwerksflächen
Foto: Ooms-Ittner-Hof GmbH



Bild 6.8:
Ungesäubertes Mauerwerksockel
Foto: Ooms-Ittner-Hof GmbH



Bild 6.9: Abdeckhaube
Foto: Ooms-Ittner-Hof GmbH

7. Beispiel: Sanierung eines Mauerwerkschornsteins Rheinische Landeslinik Bedburg

Aufgaben, (Bild 7.1)

Der Landschaftsverband Rheinland hat beschlossen, den 85 Jahre alten unter Denkmalschutz stehenden Schornstein zu sanieren. Dazu wurden der FaAA die nachstehenden Aufgaben übertragen:

- Bewerten des Zustands,
- Überprüfen der Tragfähigkeit,
- Entwickeln von Sanierungsmaßnahmen,
- Ausarbeiten der Ausführungsunterlagen.

Zustandsbewertung, (Bilder 7.2 und 7.3)

Die Ergebnisse der Bauwerksuntersuchungen waren:

- Fehlendes Futter im mittleren Schornsteinbereich
- Schiefstellung am Schornsteinkopf, $\delta = 20$ cm
- Ausblühungen auf der Schaftoberfläche
- Vertikaler Trennriß, $w \approx 20$ mm
- Katzenkopfbildung im futterlosen Bereich an der Schaftinnenseite
- Mörtelschwächung durch Lockerungen und Abtragungen

Tragfähigkeitsüberprüfung

Der geschwächte Schornstein hatte ein Tragfähigkeitsdefizit von 20 %. Die Rechengrundlagen waren:

- Schiefstellung von 20 cm
- Steinabtragungen an der Innenseite
- Festigkeiten und E-Moduli gemäß Untersuchungsergebnissen an Bohrkernen

Sanierungskonzept, (Bild 7.4)

Der Schornstein wurde durch eine teilweise bewehrte Spritzbetonschale verstärkt:

- $18 \text{ m} < z < 30 \text{ m}$, Spritzbeton $t = 3.5$ cm
- $30 \text{ m} < z < 53 \text{ m}$, Spritzbeton $t = 7.0$ cm, Bewehrung zur Beschränkung der Breiten der Zwangrisse
- $53 \text{ m} < z < 65 \text{ m}$, Spritzbeton $t = 3.5$ cm

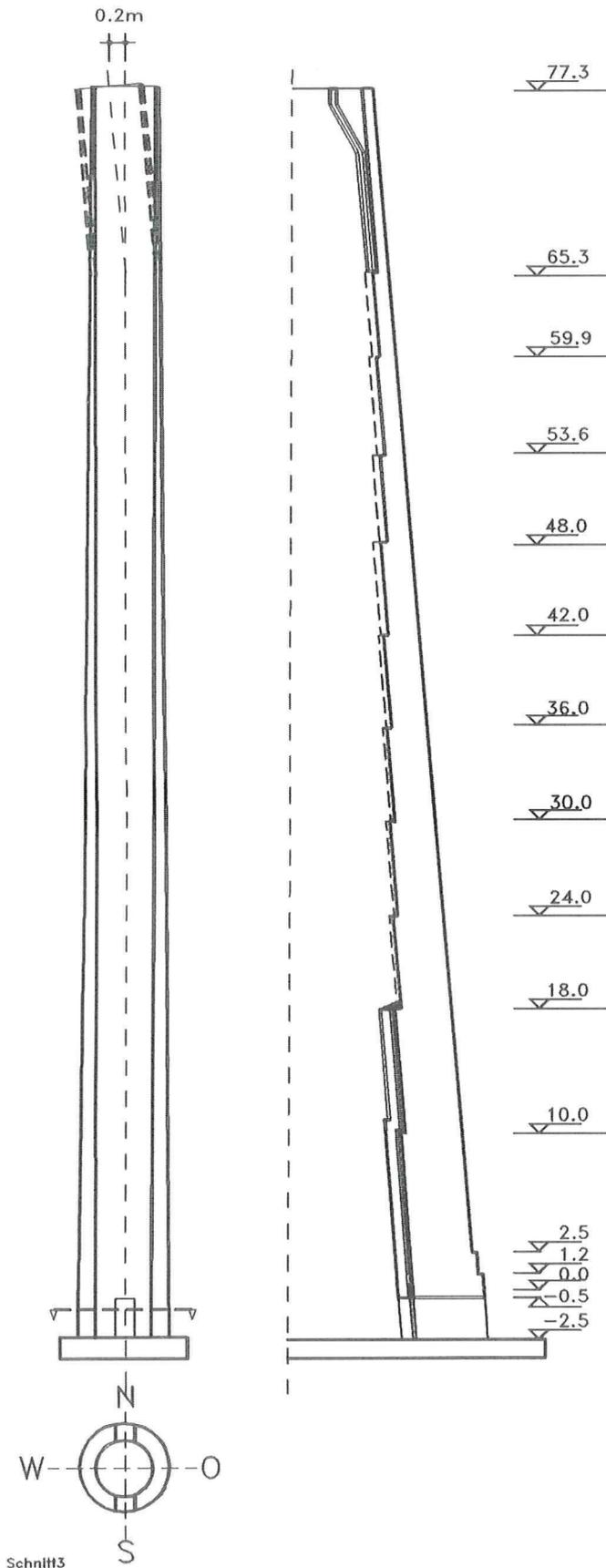
Die Aufgaben der Spritzbetonschale sind:

- Abwendung der Kippgefahr durch Vergrößerung des Eigengewicht
- Verringerung der Spannungen durch Vergrößerung der Querschnittsfläche

Ausführungsunterlagen, (Bild 7.5)

Die Rißeigung des Spritzbetons wurde durch die nachstehenden Maßnahmen verringert:

- Bewehren der dickeren Schale
- Wählen eines geringen Wasser/Zement-Wertes und niedrigen Zementgehalts
- Nässen der Verbundfläche vor dem Spritzen
- Abdecken und Feuchthalten des Spritzbetons über mindestens 7 Tage



angesetzte Abtragung [m] Tragfähigkeit	Wanddicken [m]		
	Soll	angesetzt Gewicht	angesetzt Tragfähigkeit
0.00	0.175	0.175	0.175
	0.365	0.285	0.245
	0.430	0.350	0.310
	0.490	0.410	0.370
0.08	0.555	0.525	0.475
	0.615	0.585	0.535
	0.675	0.675	0.635
0.04	0.740	0.740	0.700
	0.805	0.805	0.765
	0.865	0.865	0.865
	0.940	0.940	0.940
0.00	1.030	1.030	1.030
	1.115	1.115	1.115

Bild 7.1: BAUWERK, Abmessung und Schiefstellung

	Bohrkern Nr. ∅ 9.5 cm (ANLAGE 4)	1	2	3	4	5	6
1	Höhe der Entnahmestelle [m]	62.0			42.0		19.0
2	Länge [cm]	24.0	24.0	23.0	54.0	54.0	75.0
3	Steinabtragung Innenseite [cm]	≈10	≈10	≈10	0	0	0
4	Mörtellockerung Innenseite [cm]	3.0	3.0	2.5	3.5	1.5	3.0
5	Risse	nein	nein	ja*	ja**	nein	nein
6	Steinquerschnitt innen [cm ²] außen [cm ²]	61.2 62.7	61.3 62.7	51.7 61.3	33.3 50.9	34.0 40.6	35.6 62.3
7	Druckfestigkeit innen [MN/m ²] außen [MN/m ²]	54.5 38.2	43.7 22.0	49.6 40.3	15.9 16.1	28.9 16.4	28.9 35.7
8	Druckfestigkeit β _{mittel} [MN/m ²] β _{min} *** [MN/m ²]	41.4			19.3		32.3
					15.9		28.9

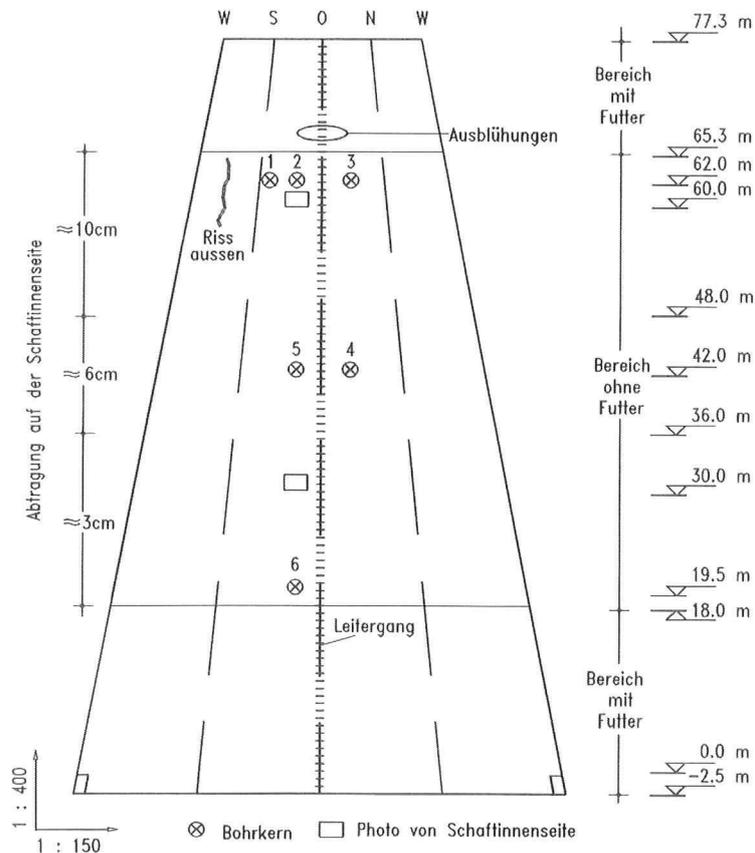
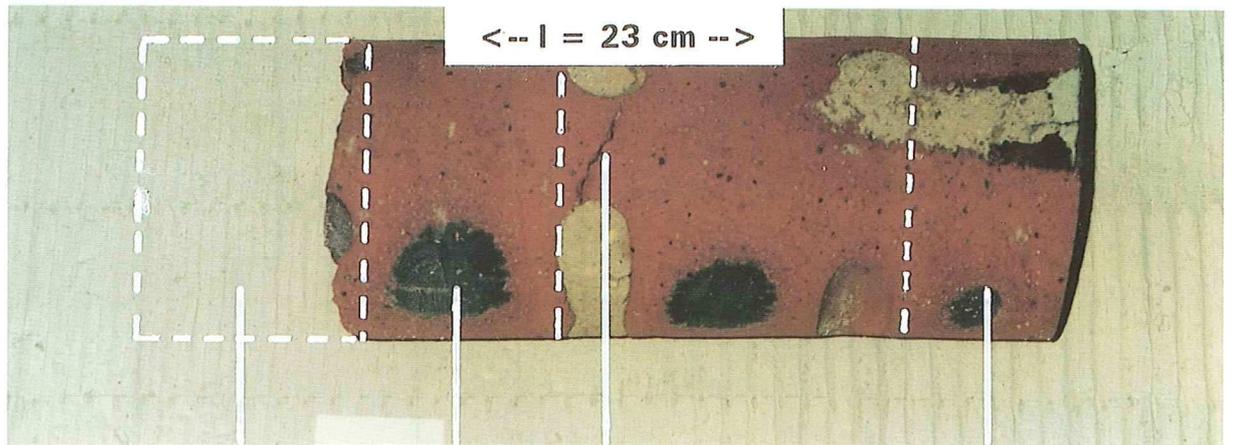
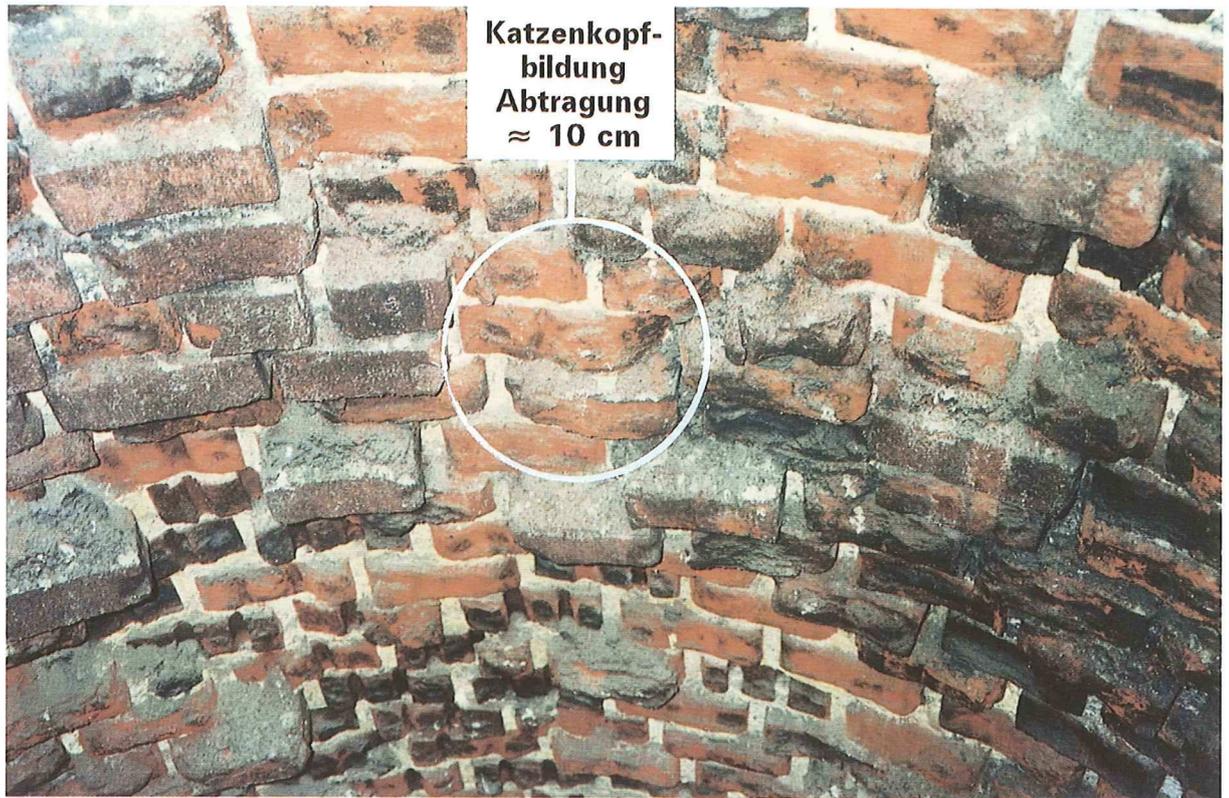


Bild 7.2: DOKUMENTATION:
Defizite und Druckfestigkeiten



Abtragung
≈ 10 cm

Probe 3
innen

Riß zwischen
den Löchern

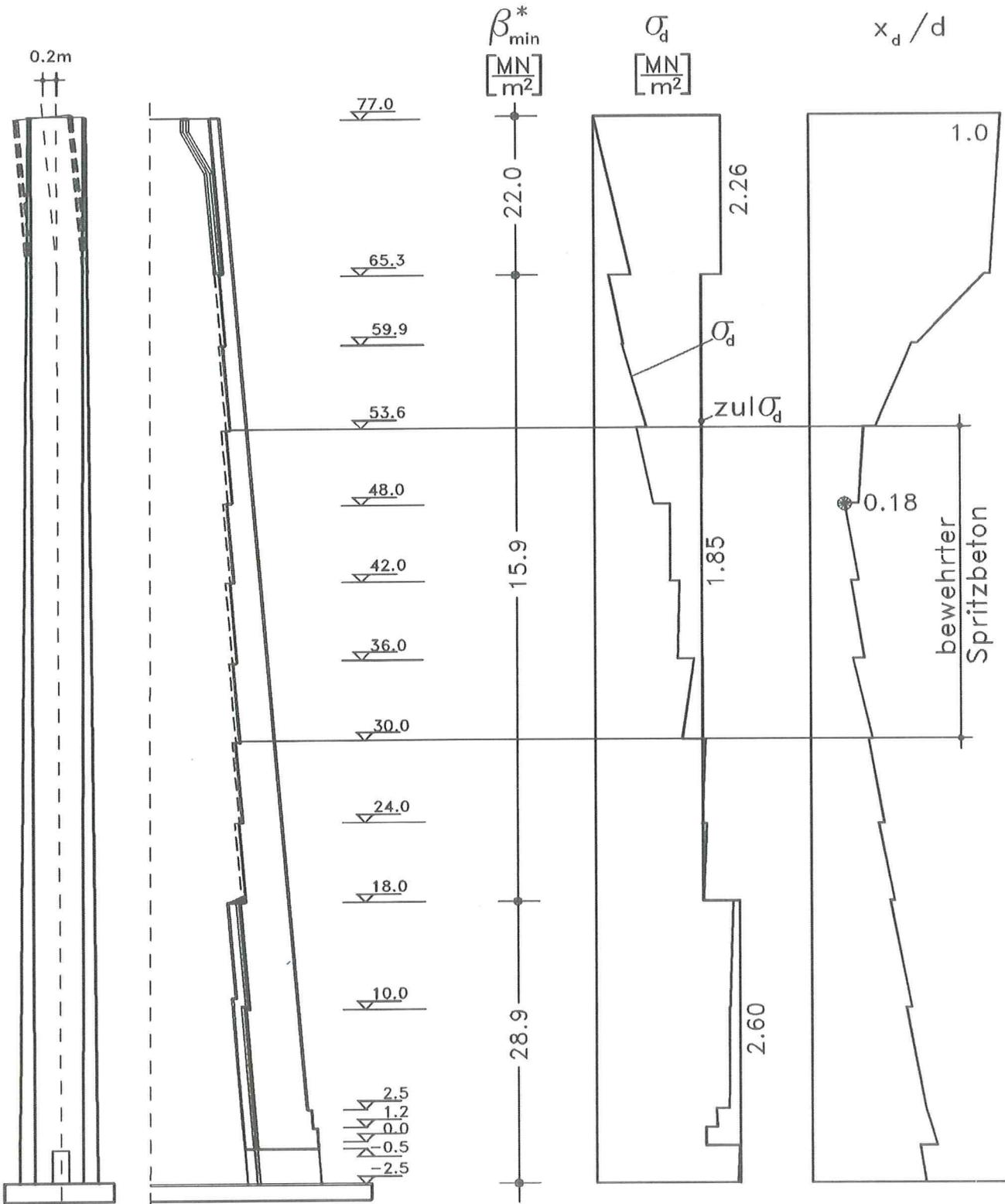
Probe 3
außen

Höhe z = 62.0 m

Bild 7.3: SCHAFTZUSTAND
Schaftinnenseite und Bohrkern

Windsicherheit

$\gamma = 1.47 \approx \gamma_{\text{erf}} = 1.50$



* gemäss Laborergebnissen

Bild 7.4: VERSTÄRKTER SCHORNSTEIN, Tragfähigkeit

BEWEHRTER BEREICH: 30.0 m < z < 53.6 m**1. Vorbereiten:**

Arbeitsrichtung von oben nach unten
 Abschlagen von losen und herausragenden Mauerwerksteilen
 Entfernen lockeren Fugenmörtels und Aufrauen der Stein-
 oberfläche durch Strahlen und Reinigen
 Ausgleichen der Vertiefungen durch Anbringen der
 Haftbrücke und Verfüllen mit Reparaturmörtel

2. Einbauen der Bewehrung:

Die Arbeitsabschnitte, ca. 2 m, werden von oben nach unten unter
 Beachtung der Aushärtezeit des Kunstharzmörtels wie folgt ausgeführt:

- Einbauen und Befestigen der obersten Horizontalstablage
- Sukzessives Einbauen und Befestigen der Vertikalstäbe an der obersten Horizontalstablage
- Einbauen und Befestigen der weiteren Horizontalstabilagen
- Verankern durch Anziehen der Muttern nach dem Aushärten des Kunstharzmörtels

Bewehrung:

- Vertikalstäbe: $d_s=8\text{mm}$, $s=22.5\text{cm}$
- Horizontalstäbe: $d_s=6\text{mm}$, $s=15.0\text{cm}$

Verankerung:

- Anordnung: jeder 4. Kreuzungspunkt der Bewehrung
- Bohrloch: $d_B=13\text{mm}$, $l=17.0\text{cm}$, mit Kunstharzmörtel
- Gewindestäbe: $d_s=12\text{mm}$, $l=20.0\text{cm}$,
- Befestigung: Klemmen und Muttern

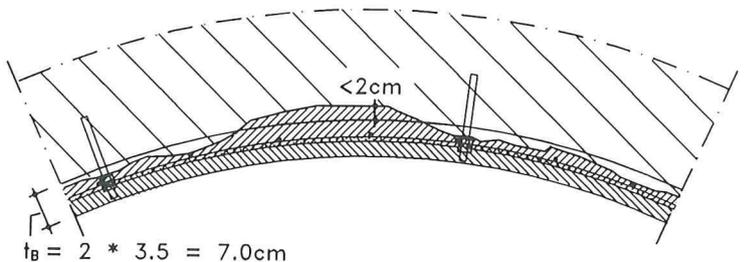
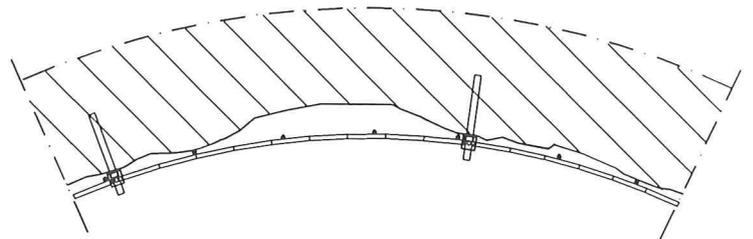
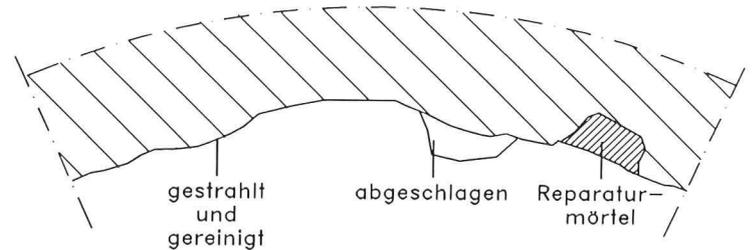
3. Einbringen des Spritzbetons:

Die Arbeitsabschnitte, ca. 2 m, werden von unten nach oben
 in zwei Schichten "frisch in frisch" wie folgt ausgeführt:

- Nässen des Mauerwerks unmittelbar vor dem Spritzen
- Spritzen der 1. Schicht, bündig mit den Horizontalstäben
- Spritzen der 2. Schicht, $t=3.5\text{cm}$ = Betondeckung
- Spritzen der Ausgleichsschicht an den Wanddickensprüngen

4. Nachbehandeln des Spritzbetons

Abdecken und Feuchthalten des Spritzbetons über mindestens 7 Tage

**UNBEWEHRTE BEREICHE: 18.0 m < z < 30.0 m und 53.6 m < z < 65.3 m**

Die Schritte 1., 3. und 4. werden analog durchgeführt.
 Eine Spritzbetonschicht $t = 3.5\text{cm}$

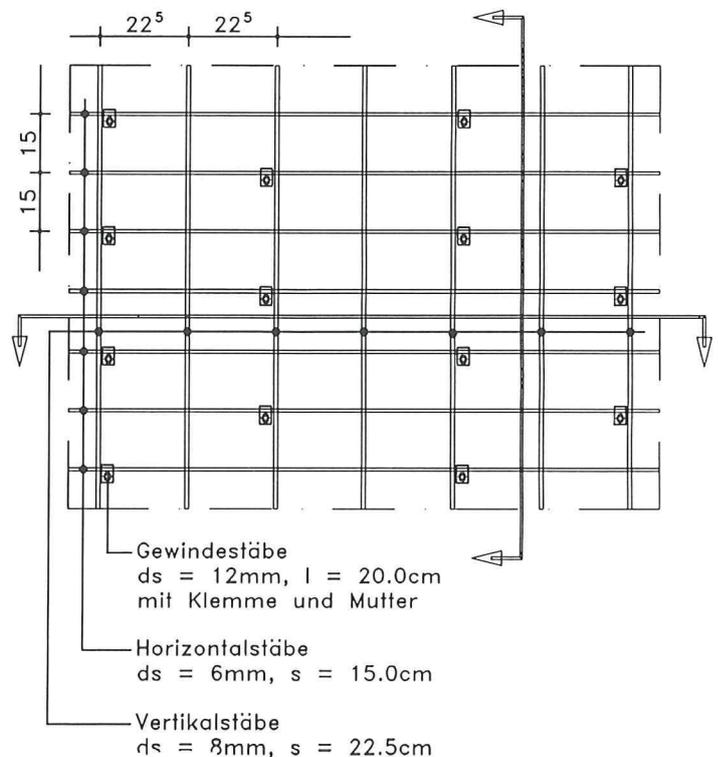
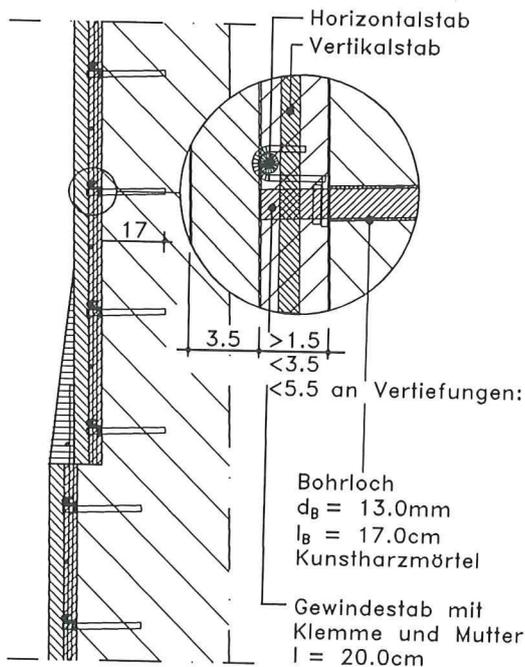
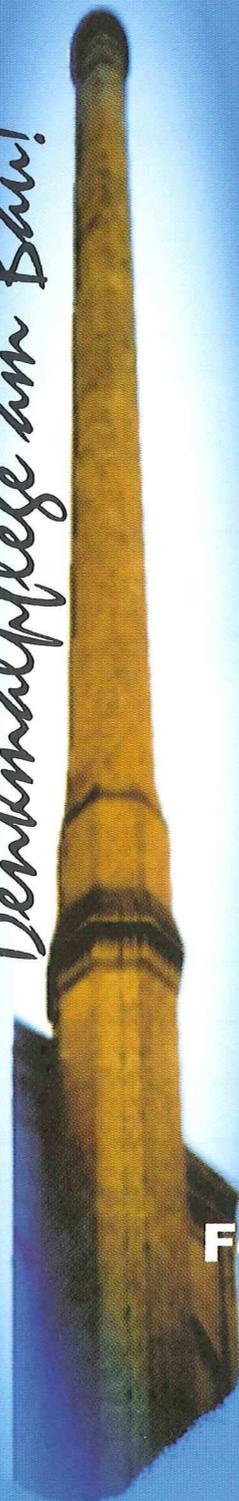
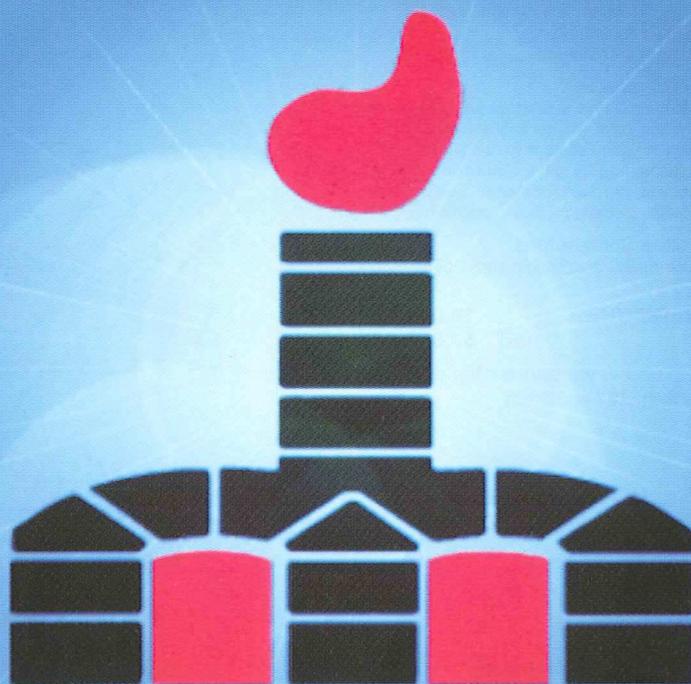
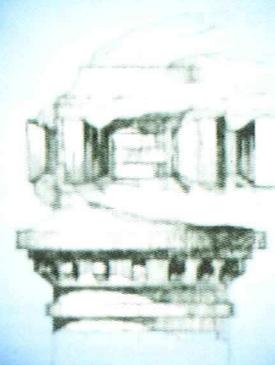


Bild 7.5: KONSTRUKTION UND AUSFÜHRUNG
 Verstärkungsmaßnahmen

Denkmalpflege am Bau!



**Neubau
Reparatur
Sanierung
Gutachten
Abbruch
von
Industrieschornsteinen**



Wilfried Becker

**Feuerfest- und Schornsteinbau
Spezialbauunternehmen**

Rückerstraße 18

Tel.: 03 41/9 01 53 83

Fax: 03 41/9 01 53 91

Becker