

KALKSANDSTEIN

Industrie- und Gewerbebau

Planen und Bauen	3
1. Anforderungen im Industriebau	3
2. Anforderungen im Gewerbebau	4
3. Erweiterbarkeit als Grundvoraussetzung	4
4. Planung	5
5. Energieeffizienz im Industrie- und Gewerbebau	6
6. Vielseitigkeit von Materialien	7
Energieeffizienz und Energieeinsparung	8
1. Einführung	8
2. EnEV-Anforderungen an Nichtwohngebäude	8
3. Bestandteile der Bilanzierung nach DIN V 18599	8
4. Abschnitte der Bilanzierung	8
5. Mehrzonenmodell Zonierung	9
6. Gebäudehülle	10
7. Sommerlicher Wärmeschutz	13
8. Tageslichtnutzung und Beleuchtung	13
9. Ansätze für energieeffizientes Bauen	14
Literatur	14
Brandschutz	15
1. Baurechtliche Anforderungen	15
2. Brandschutzkonzepte	16
3. Nachweise auf der Grundlage der Muster-Industriebaurichtlinie	18
4. Feuerwiderstände und Ausbildung der Bauteile	25
Literatur	26
Schallabstrahlung von Gebäuden	27
1. Einführung	27
2. Allgemeines Berechnungsmodell	27
3. Schallquelle	28
4. Schallausbreitung im Freien	34
5. Immissionsort	35
Literatur	37
Kurzdarstellung von 12 Fallbeispielen	38
Projektbeispiele	
Raum für bereichsübergreifende Kommunikation: Forschungs- und Entwicklungszentrum der Webasto AG	40
Licht, Luft und Transparenz: Betriebshof Stadtreinigung Leipzig	44
Betrieb der kurzen Wege: Produktions- und Verwaltungsgebäude der Trokamed GmbH	48
Arbeiten und Leben unter einem Dach: Kostümwerkstatt Hagen	52
Funktionalität mit Corporate Design: Speditionsgebäude der Schwarz GmbH	56
Lebensmittel mit Heißluft trocknen: Sprühturm der Molda AG	60

KALKSANDSTEIN
Industrie- und Gewerbebau

Stand: März 2009

Redaktion:
Dipl.-Ing. K. Brechner, Haltern am See
Dipl.-Ing. B. Diestelmeier, Dorsten
Dipl.-Ing. G. Meyer, Hannover
Dipl.-Ing. W. Raab, Röhrenbach
Dipl.-Ing. D. Rudolph, Durmersheim
D. Scherer, Duisburg
Dipl.-Ing. H. Schulze, Buxtehude
Dipl.-Ing. H. Schwieger, Hannover

Alle nicht gekennzeichneten Fotos sind vom Autoren
des jeweiligen Beitrags oder vom Bundesverband Kalk-
sandsteinindustrie eV, Hannover

Herausgeber:
Bundesverband Kalksandsteinindustrie eV, Hannover

BV-9063-09/02

Alle Angaben erfolgen nach bestem Wissen
und Gewissen, jedoch ohne Gewähr.

Nachdruck, auch auszugsweise, nur mit
schriftlicher Genehmigung.

Schutzgebühr € 5,-

Gesamtproduktion und
© by Verlag Bau+Technik GmbH, Düsseldorf

Industrie- und Gewerbegebäude sind im Wesentlichen geprägt durch die funktionalen Anforderungen der Nutzung.

1. ANFORDERUNGEN IM INDUSTRIEBAU

Industriegebäude werden oft für einen bestimmten Zweck – eine bestimmte Produktion – erstellt. Läuft diese Produktion später aus, so ist das Gebäude wertlos und wird zurückgebaut. Für eine neue Produktion wird dann ein neues Gebäude errichtet. Aus diesem Grund ist bei den Lebenszykluskosten für diese Gebäude der Rückbau ein signifikanter Kostenfaktor.

Industriegebäude sollen daher so weit als möglich zweitverwendbar sein. Unter *Zweitverwendbarkeit* versteht man die Nutzung für eine ähnlich gelagerte Produktion.

Industriegebäude werden an Industriestandorten errichtet. Als Industriestandort wird i.d.R. ein geschlossenes Areal bezeichnet, auf dem ein Industrieunternehmen seine Produktionsgebäude errichtet. Industriestandorte haben Stadtstrukturen mit Baufeldern, Straßen und Infrastrukturen. Beispiele für Industriestandorte sind die ehemaligen Zechen im Ruhrgebiet und die Standorte der chemischen Industrie wie z.B. BASF in Ludwigshafen.

Neben reinen Industriegebäuden werden an Industriestandorten auch die Nichtproduktionsgebäude eines Unternehmens errichtet.

Man unterscheidet zwischen geschlossenen Industriestandorten, an denen ausschließlich die Gebäude eines Unternehmens angesiedelt sind, und offenen Industriestandorten, an denen neben den Gebäuden des Primärunternehmens auch die für die Produktion notwendigen Sekundärunternehmen wie Zulieferer und Dienstleistungsunternehmen ansässig sind. Beispiel für offene Industrieparks ist z.B. der Chemiepark von Evonik in Marl.

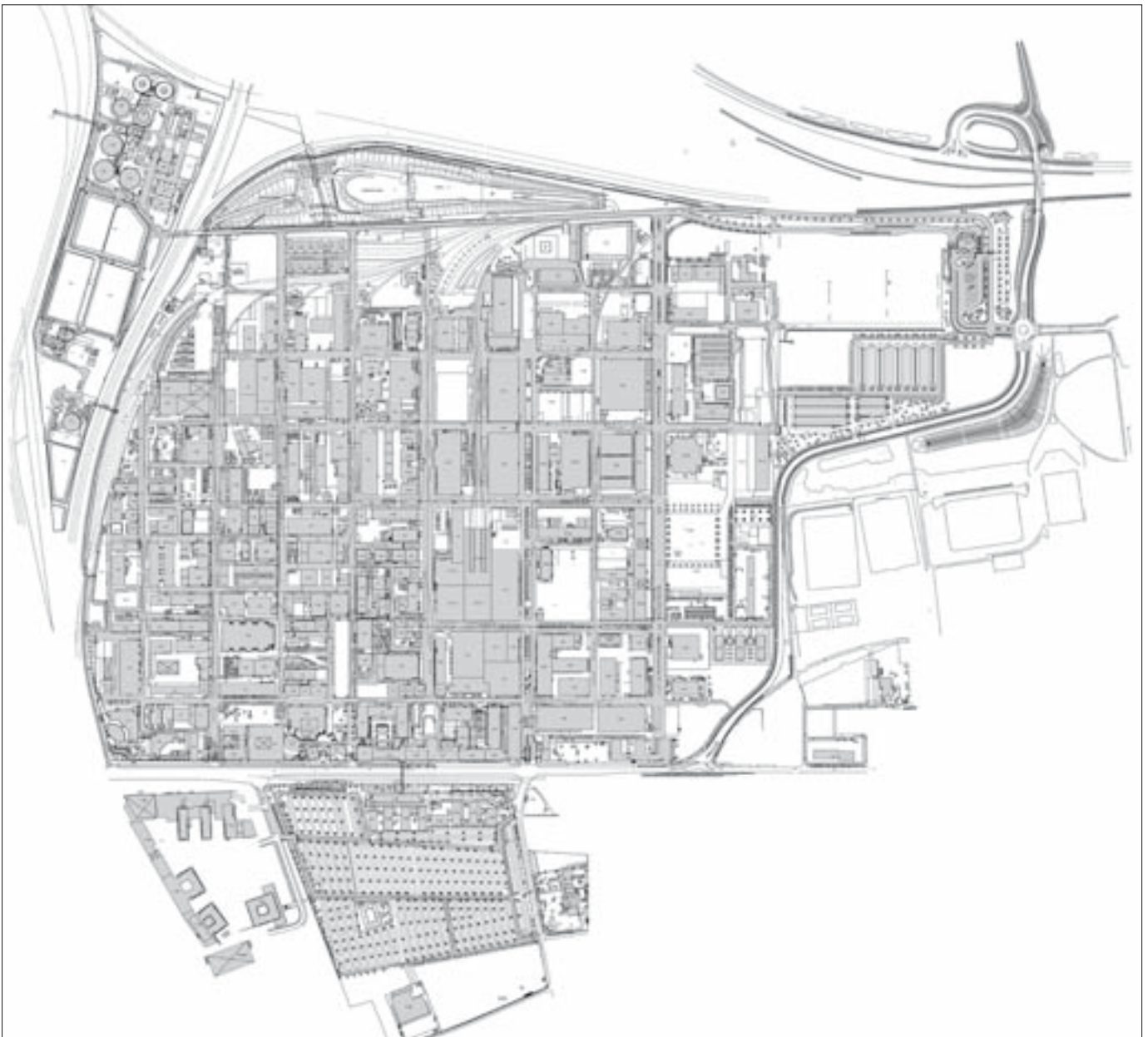


Bild 1: Lageplan eines Industriestandorts

2. ANFORDERUNGEN IM GEWERBEBAU

Gewerbegebäude decken ein vielfältiges Spektrum ab. Dieses reicht von einem Werkstattgebäude für einen Handwerksbetrieb mit 300 m² bis hin zu einer 100.000 m² großen Logistikanlage zur Warendistribution. Im Gegensatz zu Industriegebäuden ist eine der Kernforderungen bei der Planung von Gewerbegebäuden die Sicherstellung der Drittverwendbarkeit. Unter Drittverwendbarkeit wird die Sicherstellung einer vollständig anderen Nutzung als bei der Erst- oder Zweitverwendung verstanden. Hieraus resultiert im Regelfall eine deutlich höhere Lebensdauer von Gewerbegebäuden. So ist bei sehr speziellen Nutzungen, z.B. Umschlaghallen für

KEP-Dienstleistungsunternehmen¹⁾ (TNT, UPS, DHL u.a.) die Planung von vorneherein auf die *Drittverwendbarkeit* abzustimmen. KEP-Gebäude sind „torgetrieben“; sie ziehen ihre Leistungsfähigkeit aus der Anzahl der vorhandenen Tore in den Fassaden. Das sind sehr schnell 100 und mehr Tore. Eine Kennzahl von 60 m² je Tor ist üblich. Um viele Tore zu ermöglichen, muss eine große „Länge“ der Fassaden vorhanden sein. Welcher andere Gewerbebetrieb benötigt bei einer Drittverwendbarkeit aber so viele Tore? Selbst bei der artverwandten Nutzung durch ein Logistikunternehmen als Lager ist die Kennzahl 1.000 m² je Tor.

¹⁾ KEP = Kurierdienst, Expressdienst und Paketdienst

2.1 Flexibilität sichert Drittverwendbarkeit

Bei der Planung von Gewerbebetrieben ist eine hohe Flexibilität durch planerische und bauliche Maßnahmen sicherzustellen. So sind zentrale Einrichtungen, wie z.B. Zentralen für selbstständige Feuerlöschanlagen, Technikflächen für Raumlufttechnik und Stromversorgung etc., von vorneherein so auszuführen, dass diese bei einer Drittverwendung nachgerüstet werden können.

2.2 Flexibilität kostet Geld

Mindeststandards im Hinblick auf die Nutzhöhe von Gewerbegebäuden sind zu berücksichtigen. So kommen die zuvor genannten Gebäude für die Paketdienstleistungsunternehmen mit einer Nutzhöhe von 6,00 m aus. Was ist aber, wenn dieses Gebäude – wie in den Bildern 2 und 3 dargestellt – nun im Rahmen einer Drittverwendung als Lager genutzt wird? Die Grundrisskonfiguration ist in Ordnung, aber die Nutzhöhe passt nicht. Die Mindestanforderung für ein Lagergebäude ist eine Nutzhöhe von 10,00 m. Ohne die Mehrinvestition bei der Erstverwendung in die zunächst nicht benötigten 4,00 m Zusatzhöhe wäre das Gebäude für eine Drittverwendbarkeit verloren.

3. ERWEITERBARKEIT ALS GRUNDVORAUSSETZUNG

Nichts ist so sicher, wie die Unsicherheit. Fragen Sie heute einen Unternehmensverantwortlichen im Rahmen der Bedarfsplanung, welche Flächen das Unternehmen in fünf Jahren benötigt, so sind die Antworten meist dieselben: „Das können wir derzeit nicht sagen. Unsere Wachstumsprognose entspricht jährlich etwa 20 %, aber klar ist das nicht. Wir wissen auch noch nicht, wo wir das (Flächen-)Wachstum generieren werden, hier oder im Ausland.“ Wie richtig letztlich diese Aussagen sind, zeigen die globalen Auswirkungen der Bankenkrise in den Vereinigten Staaten von Amerika im Herbst 2008.

Neben der Grundvoraussetzung für eine Erweiterbarkeit von Industrie- und Gewerbegebäuden, nämlich der Bevorratung von freien Grundstücksflächen am Standort, geht es darum, möglichst wenig Investitionskosten für (ungewisse) Erweiterungsmaßnahmen zu bezahlen.

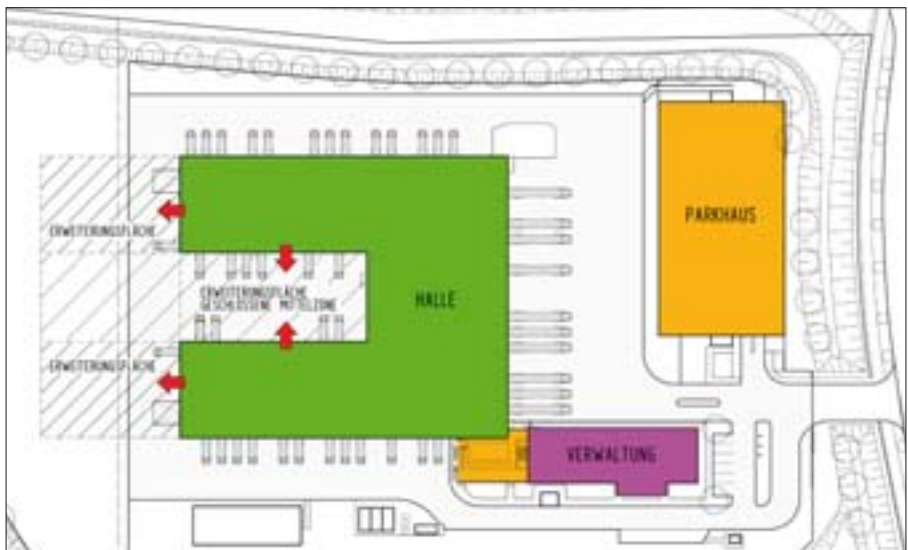


Bild 2: Ursprüngliche Nutzung mit Erweiterungsmöglichkeiten



Bild 3: Drittverwendbarkeit

4. PLANUNG

Die Planung folgt der Nutzung. Sowohl bei Industrie- als auch bei Gewerbegebäuden resultieren die Grundrisslayouts und die Gebäudekubaturen aus den Abläufen der inneren und äußeren Prozesse. Diese Programmierungsmethodik hat sich als Planungsinstrument weitestgehend etabliert.

Die klassische *sequenzielle Planung* ist geeignet für die Bearbeitung von klar strukturierten Aufgaben mit eindeutig definierten Zielen. Diese Methodik ist gekennzeichnet durch eine stufenweise (sequenzielle) Bearbeitung innerhalb der einzelnen Leistungsphasen und durch eine stufenweise Bearbeitung der einzelnen Leistungsphasen im gesamten Planungsprozess. Der Planungsprozess wird hier in den einzelnen, in sich abgeschlossenen Leistungsphasen sequenziell vorgegeben. Die wesentlichen Nachteile dieser Methodik liegen in einer unverhältnismäßig langen Planungsdauer, einem zähen Informationsfluss und in geringer Flexibilität im Hinblick auf Planungsänderungen. Dieses Planungsszenario wird im Industrie- und Gewerbebau in Deutschland daher kaum noch angewendet.

Eine deutliche Verbesserung wird durch die *Generalplanung* erreicht. Hier wird die erste Stufe, nämlich die stufenweise Bearbeitung innerhalb der einzelnen Leistungsphasen, durch eine parallele interaktive und prozessorientierte Planungsmethodik ersetzt. Die Flexibilität, insbesondere bei Planungsmodifikationen, erhöht sich merklich. Bei der Generalplanung stehen bereits zu Planungsbeginn alle Mitglieder des Planungsteams (Architekt, TGA-Planer, Statiker, Prozessplaner usw.) vollständig zur Verfügung. Durch diese geballte Kompetenz erhält das Projekt in seiner Startphase einen deutlichen „Informations-Schub“, der es beschleunigt. Die Bearbeitung der weiteren Leistungsphasen erfolgt wie bei der „klassischen“ Variante sequenziell.

4.1 Variabler Prozessführer

Bei der Generalplanung ist der Architekt nicht zwingend Prozessführer. Die Prozessführerschaft richtet sich vielmehr nach den das Projekt bestimmenden fachlichen Anforderungen. So kommt es hier häufig vor, dass Planer der Technischen Gebäudeausrüstung, Tragwerksplaner oder aber Betriebsplaner Prozessführer sind. Für den Auftraggeber bieten sich die folgenden Vorteile:

- ein verantwortlicher Ansprechpartner für alle Planungsbereiche
- Erhöhung der Planungsgeschwindigkeit
- Reduzierung des administrativen Aufwands
- höhere Qualität der Planungsvarianten

Erkauft werden diese Vorteile durch das dem Generalplaner zustehende Generalplanerhonorar.

4.2 Optimierung durch virtuelle Prozess- und Gebäudemodelle

Alle großen Industrie- und Gewerbeunternehmen planen heute, lange bevor das Gebäude erstellt oder das erste Produkt hergestellt ist, sowohl die Produktions- und Arbeitsabläufe als auch die daraus resultierende Gebäude in virtuellen Modellen. In den virtuellen Modellen können die unterschiedlichen Fachdisziplinen der Gebäudeplaner und die Produktionsplaner gemeinsam das Gesamtkonzept „modellieren“. Die Vorteile liegen auf der Hand: Positionen von Tragsystemen können optimal auf die Produktionstechnik angepasst werden. Kollisionsprüfungen von Rohrleitungssystemen verschiedener Medien und Trassen untereinander sowie mit der Prozesstechnik und sonstigen Baukonstruktion erfolgen in der Planungsphase und vermeiden später kostenträchtige Korrekturen bei der Ausführung.

4.3 Marktplatz versus Modulbauweise

Bei der Industrie- und Gewerbebauplanung konkurrieren zwei Modelle um die best-

mögliche Funktionalität und die geringsten Kosten:

- Der Marktplatz bietet eine komplette Infrastruktur.
- Die Modulbauweise verringert die Basisinvestition.

Das *Marktplatzmodell* geht von der Annahme aus, eine große möglichst stützenfreie Halle zur Verfügung zu stellen. In dieser Halle werden alle notwendigen infrastrukturellen Komponenten entweder im Boden oder unter den Decken bzw. dem Dach vorgehalten. Das Modell bietet eine hohe Flexibilität bei hohen Grundkosten. Der Grundgedanke ist den städtischen Marktplätzen entlehnt, die bei freier Platzeinteilung alle Infrastrukturen von Strom, über Wasser, Abwasser, Zählleinrichtungen und WC-Anlagen vorhalten. Eventuell notwendige Unterteilungen können aus nicht tragenden KS-Wänden erstellt werden.

Die *Modulbauweise* stellt ein kleineres Stützenraster zur Verfügung. Das ist kostengünstiger. Medieninfrastrukturen werden bis zu der Gebäudegrenze geführt. Hier schließt sich jedes Modul – auf eigene Kosten des jeweiligen Nutzers bzw. Mieters – an. Das Modell zwingt dazu, alle Prozessabläufe in einheitlich große Module zu „zwängen“. Der Vorteil liegt in der hohen Kostensicherheit für den Bauherren und in der Abwälzung von Kosten auf die Mieter/Nutzer. Das Modulmodell ist ein klassisches Investorenmodell. Auch die Trennwände dieser einzelnen Module werden aus Brandschutzgründen oft aus Kalksandstein hergestellt.



Bild 4: Nicht tragende Innenwände aus Kalksandstein unterteilen eine Halle in kleinere Einheiten.



Bild 5: Lageplan Logistikhalle in Modulbauweise

5. ENERGIEEFFIZIENZ IM INDUSTRIE- UND GEWERBEBAU

Die U-Werte der wesentlichen Bauteile können der jeweils gültigen Energieeinsparverordnung (EnEV) entnommen werden.

5.1 Herausforderung Bodenplatte

Die energieeffiziente Ausführung von Bodenplatten im Industrie- und Gewerbebau stellt eine Herausforderung dar. Während die Dämmung von Industriedächern in jedweder Dicke und in allen brandschutztechnischen Qualitäten ohne Probleme ist, ist die Dämmung von Bodenplatten – insbesondere wenn diese großflächig und fugenlos sein müssen – eine Herausforderung. Bodenplatten können natürlich so stark bewehrt werden, dass diese auch bei fugenloser Herstellung keine Risse

(keine Risse bedeutet: Risse $< 0,25$ mm) aufweisen. Das ist jedoch – insbesondere wegen der hohen Stahlkosten – ein nicht zu vertretender Aufwand. Eine solche rissebeschränkende Bewehrung ist aber erforderlich, wenn die Bodenplatte fugenlos und auf einer Dämmschicht aus herkömmlichen Dämmmaterialien aufgebracht werden soll. Die Längenänderungen des Betons – der mit einer geringen hochduktilen Bewehrung versehen wird – aus dem Abbindevorgang und den thermischen Belastungen während der Nutzungsphase wird durch eine vollflächige Verkrallung der Betonunterseite mit dem Grobschotter der Tragschicht und eine starre Anbindung an alle aufgehenden Bauteile kompensiert. Also völlig anders, als die bisherigen Ansätze, welche ein gleitende Lagerung auf Folien und Raumfugen an aufgehenden Bauteilen vorsahen. Das

Problem liegt nunmehr darin, dass bei einer unterseitigen Dämmung – wie sie nach EnEV gefordert wird, eben diese Verkrallung nicht erfolgt. Hier hat die Industrie das Produkt Schaumglasschotter entwickelt, das zum einen die Tragfähigkeit von herkömmlichem Schotter besitzt und zum anderen sowohl die Dämm- als auch die Verkrallungsfunktion übernimmt, Bild 6.

5.2 Herausforderung Wände

Wände sind wesentliche Bestandteile, die die Energieeffizienz des Gebäudes beeinflussen. Ob als ausfachendes oder tragendes Mauerwerk – die Außenwände tragen in erheblichem Maß zur Energiebilanz des Gebäudes bei. Mit dem Funktionsaufbau der KS-Außenwände lässt sich der U-Wert der Außenwand individuell einstellen, ohne das statische System zu verändern.



Bild 6: Fugenlose und gedämmte Bodenplatte



Bild 7: Produktionsgebäude mit nicht tragenden Außenwänden aus Kalksandstein.



Bild 8: Kleinformatisches, glattes KS-Sichtmauerwerk, Format 2 DF

6. VIELSEITIGKEIT VON MATERIALIEN

Insbesondere im Industriebau werden an die zu verwendenden Baumaterialien vielfältige Anforderungen gestellt. So werden immer wieder Materialien benötigt, welche in der Lage sind, sowohl klein- als auch großformatige Bauteile herzustellen. Hierzu bieten sich – sowohl im Neubau als auch bei Umbau- und Sanierungsmaßnahmen – Kalksandsteine an. Diese sehr exakten und maßhaltigen Steine mit hohem Schallschutz, hoher Festigkeit und der Brandschutzqualität A1 nach DIN 4102 – nicht brennbar – sind im Industriebau unverzichtbar. Sei es, um in chemischen Anlagen Abmauerungen auf Bodenplatten für Auffangwannen als Basis für die aufzubringenden Beschichtungssysteme zu erstellen, oder aber um ganze „Gerüstbauten“ auszufachen, also Stahlbetonskelettgebäude, deren Struktur fortwährend stehen bleibt und in denen lediglich die Nutzung und die Außen- und Innenwände umgebaut werden.

6.1 Kalksandstein-System: mehr als nur „reiner Stein“

Der Vorteil von Kalksandstein ist, dass die Hersteller ein komplettes System anbieten. Neben Kalksandsteinen in unterschiedlichen Größen und Steindruckfestigkeitsklassen werden nahezu alle für die Errichtung von Außen- und Innenwänden benötigten Komponenten bereitgestellt. Zusätzlich zu den wirtschaftlichen Vorteilen bei der Anwendung eines einzigen Systems in der Ausschreibung, Vergabe und Ausführung können durch die Homogenität des Materials bei sachgerechter Verarbeitung Bauschäden auf Grund von Materialwechseln vermieden werden.

6.2 Gestaltung und Wirtschaftlichkeit

Die Gestaltung von Industriegebäuden wirkt durch die Verwendung von den immer gleichen Metallfassaden häufig monoton. Hieran ändern auch luftig aufgebraute „Farbspiele“ wenig. Sieht man einmal von wirklich guten Beispielen für solche Farbgebungen ab, wie sie Ernst Friedrich von Garnier z.B. bei der Feuerverzinkungsanlage der Firma Thyssen Krupp Stahl in Dortmund realisiert hat, ist der Rest eher zu vernachlässigen. Hier bietet Kalksandstein eine wohltuende Abwechslung. Die unterschiedlichsten Formate lassen sich ebenso zu lebendigen, bewegten Flächen als auch zu unterkühlten und harten Baukörpern formen. Hierbei sind die Gestaltungsmöglichkeiten nahezu unendlich. Verschiedene Mauerwerksverbände, z.B. der Kreuz- und Läuferverband, können hochwirtschaftlich als Sichtmauerwerk erstellt werden.

Das Produkt ist dann ebenso oberflächenfertig wie Stahlblech und Beton. Es ist weder ein Putz noch ein Anstrich erforderlich. Ein weiterer Vorteil von Kalksandstein: Für alle Anforderungen gibt es wirtschaftliche Lösungen:

- Sichtmauerwerk: hochwertige fertige Oberflächen innen und außen
- Fugenglattstrich: geeignet für Anstrich und Bereiche ohne hohe Anforderungen
- rohes Mauerwerk: geeignet als Träger für Putze und Beschichtungssysteme, Vormauerungen und Anstriche sowie Bereiche ohne Anforderungen

Auch hier hat das vorgesehene Bestand: Alle Ausführungen lassen sich als System kombinieren und durch eine ausführende Firma verarbeitet. So ist die Wirtschaftlichkeit an jeder Stelle sichergestellt.

6.3 Menschlicher Maßstab

Ein nicht zu unterschätzender Vorteil bei der Verwendung von Kalksandstein als Baumaterial im Industriebau ist der menschliche Maßstab. Gerade bei großvolumigen Industriegebäuden bilden Teilbereiche mit Ausführungen aus kleinformatischem Mauerwerk eine willkommene Abwechslung und geben dem Menschen Sicherheit in der Einschätzung seiner Größe im Verhältnis zu dem Bauwerk.



Bild 9: Produktionsbetrieb: Feuerverzinkerei

1. EINFÜHRUNG

Die nach Energieeinsparverordnung (EnEV) 2002/2004 anzuwendenden Rechenverfahren zur Bewertung der Energieeffizienz von Gebäuden wurden im Wesentlichen für neu zu errichtende Wohngebäude entwickelt, jedoch auch zur energetischen Bewertung von Nichtwohngebäuden eingesetzt. Im Vergleich zum Wohnungsbau ist die Anlagentechnik bei Nichtwohngebäuden i.d.R. sehr viel komplexer; sie konnte durch die vorhandenen Rechenverfahren nicht abgebildet werden.

Das vorliegende Bewertungssystem entsprach somit nicht den Anforderungen der EU-Richtlinie 2002/91/EG zur Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden. Die DIN V 18599 ist seit Einführung der EnEV 2007 das zur energetischen Bewertung von Nichtwohngebäuden zugrunde zu legende Berechnungsverfahren. Damit können auch abweichende Randbedingungen und eine komplexere Anlagentechnik bei Industrie- und Gewerbegebäuden mit einer ausreichenden Genauigkeit berücksichtigt werden.

2. EnEV-ANFORDERUNGEN AN NICHTWOHNGBÄUDE

Gemäß Energieeinsparverordnung muss ein neu zu errichtendes Gebäude sowohl Anforderungen an die wärmeschutztechnische Qualität der Gebäudehülle als auch Anforderungen an den Primärenergiebedarf einhalten. Der spezifische Primärenergiebedarf zeigt an, wie viel Primärenergie – bezogen auf die Nutzfläche pro Jahr – ein Gebäude unter Normrandbedingungen zur Beheizung, Kühlung, Beleuchtung, Belüftung und für Trinkwarmwasser benötigt.

Die Anforderungen an die wärmeschutztechnische Qualität der Gebäudehülle sind in der EnEV als ein über die gesamte Hülle gemittelter Wert festgelegt. Der Grenzwert des Primärenergiebedarfs wird über das so genannte Referenzgebäude ermittelt. Das Referenzgebäude ist ein fiktives Gebäude mit gleicher Geometrie und Nutzung wie das zu errichtende Gebäude. Im Gegensatz zum tatsächlich zu errichtenden Gebäude entsprechen Qualität der thermischen Gebäudehülle und Anlagenausstattung des Referenzgebäudes den im Anhang der EnEV festgelegten Werten und Komponenten.

Ist beispielsweise die Qualität der thermischen Gebäudehülle des zu errichtenden Gebäudes besser als die des Referenzgebäudes, so kann die Anlagentechnik geringer dimensioniert werden. Da im Regelfall die jährlichen Betriebskosten (Klimatisierung, Reinigung etc.) die Herstellkosten bereits in kurzer Zeit überschreiten, ist dieses Vorgehen besonders wirtschaftlich.

renzgebäudes, so kann die Anlagentechnik geringer dimensioniert werden. Da im Regelfall die jährlichen Betriebskosten (Klimatisierung, Reinigung etc.) die Herstellkosten bereits in kurzer Zeit überschreiten, ist dieses Vorgehen besonders wirtschaftlich.

3. BESTANDTEILE DER BILANZIERUNG NACH DIN V 18599

Die DIN V 18599 umfasst gemäß den Anforderungen der EU-Richtlinie 2002/91/EG sämtliche für die Raumkonditionierung relevanten Energieverbraucher in einem Gebäude, d.h., es werden neben dem Heizwärmebedarf und der Energieaufwendung für Warmwasser auch die Energieaufwendungen für Raumklimatisierung und Beleuchtung sowie RLT-Technik berücksichtigt.

Die DIN V 18599 berücksichtigt in der Bilanz eines Gebäudes nicht nur separat einen einzelnen Energiestrom, sondern auch die Wechselwirkungen der Bilanzierungsteile. Aufgrund der umfassenden Bilanzierung sowie der daraus entstehenden Verknüpfungen zur Berücksichtigung der Wechselwirkung einzelner Bilanzanteile kann die energetische Bewertung von einem Nichtwohngebäude mit einem realistischen Aufwand nur noch rechnergestützt erfolgen.

4. ABSCHNITTE DER BILANZIERUNG

Die Bilanzierung eines Gebäudes erfolgt unter Normrandbedingungen, wie z.B. Klima und Standardnutzungsprofilen. Energetisch betrachtet ist die Bilanzierung eines Gebäudes in drei Abschnitte zu unterteilen. Beginnend bei der benötigten Energie zur Aufrechterhaltung der festgelegten Raumkonditionen, Beleuchtungsqualität etc. bis hin zur Energiemenge bei der die Gewinnung, Umwandlung sowie Bereitstellung der jeweiligen Energieträger berücksichtigt wird. Im Einzelnen wird bei der Gebäudebilanz wie folgt unterschieden:

1. Nutzenergie

Der Nutzenergiebedarf eines Gebäudes bzw. einer Gebäudezone ist der rechnerisch ermittelte Energiebedarf, der zur Aufrechterhaltung der festgelegten thermischen Raumkondition, Beleuchtungsqualität etc. von der Anlagentechnik und Gebäudeausstattung (ohne Verluste) aufgewendet werden muss.

2. Endenergie

Der Endenergiebedarf eines Gebäudes bzw. einer Gebäudezone ist die berechnete Nutzenergie zuzüglich der Verluste, die bei der Erzeugung, Verteilung und Übergabe eines Systems anfallen. Die Hilfsenergien für Steuerung, Pumpen etc. werden bei der Endenergie ebenfalls berücksichtigt.

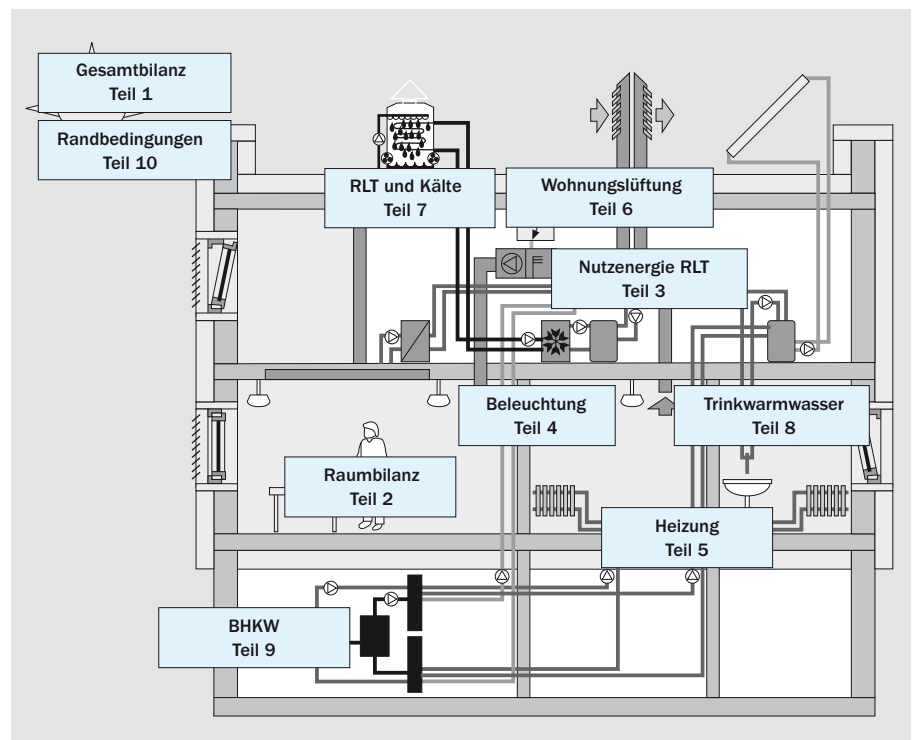


Bild 1: Übersicht über die Teile der DIN V 18599

3. Primärenergie

Der Primärenergiebedarf eines Gebäudes ist die primärenergetisch bewertete Endenergie eines Gebäudes durch einen – von dem jeweiligen Energieträger abhängigen – Faktor. In der Primärenergie sind Energieaufwendungen in vorgelagerten Prozessketten außerhalb des Gebäudes berücksichtigt, wie z.B. die Energieaufwendung zur Gewinnung, Verteilung und ggf. Umwandlung (Erdöl → Strom).

Gemäß DIN V 18599, Teil 1 haben beispielsweise folgende Energieträger einen Primärenergiefaktor für den nicht erneuerbaren Anteil von:

Heizöl/Erdgas	1,1
Holz	0,2
Strom	2,7

Als Hauptanforderungsgröße der EnEV darf der Gesamtprimärenergiebedarf des zu errichtenden Gebäudes den Gesamtprimärenergiebedarfs des Referenzgebäudes nicht überschreiten.

5. MEHRZONENMODELL ZONIERUNG

Die oben dargestellte Bilanzierung des Gebäudes und ebenso die Bilanzierung des beschriebenen Referenzgebäudes erfolgt für so genannte Nutzungszonen. Damit wird dem Umstand Rechnung getragen, dass sich unterschiedliche Nutzungszonen, wie sie im Nichtwohnungsbau und insbesondere bei Industriebauten vorliegen, stark voneinander unterscheiden können. Der Energiebedarf eines Produktionsbereichs mit hohen Anforderungen an die Raumkonditionierung kann z.B. sehr viel größer sein als der Energiebedarf eines

Lagers, welches nur geringe Anforderungen an die Raumkonditionierung hat.

Die Unterteilung des Gebäudes in die Nutzungszonen, als wesentlicher Bestandteil der Bilanzierung nach DIN V 18599, erfolgt auf der Grundlage so genannter Zonenteilungskriterien. Gemäß DIN V 18599 sollen zur Vereinfachung der Gebäudebilanz nur so viele Zonen gebildet werden, dass die wichtigsten energetischen Unterschiede in den vorliegenden Nutzungszonen angemessen berücksichtigt werden.

In DIN V 18599 sind derzeit 33 so genannte Nutzerprofile abgebildet. Insbesondere bei Industrie- und Gewerbegebäuden weichen die Nutzungen bzw. Nutzungszonen teilweise nennenswert von den in der DIN V 18599 abgebildeten Nutzerprofilen ab. Nach EnEV sind für solche Bereiche eigenständige Nutzerprofile zu entwickeln. Dies muss in enger Abstimmung zwischen dem zukünftigen Nutzer des Gebäudes, den an der Planung beteiligten Fachplanern und dem Ersteller des Nachweises erfolgen.

In einem Nutzungsprofil sind folgende Nutzungsrandbedingungen festgelegt:

- Nutzungszeiten
- Raumkonditionen (sofern eine Konditionierung vorgesehen ist)
- Mindestaußenluftvolumenstrom
- Beleuchtungsstärke
- Personenbelegung
- interne Wärmequellen

Nicht nur abweichende Nutzungsrandbedingungen verschiedener Gebäudebereiche können zu einer Unterteilung des Gebäudes in unterschiedliche Nutzungsbereiche führen, sondern auch die nachfolgenden weiteren Kriterien:

- unterschiedliche Konditionierung (Heizen, Kühlen, Beleuchten und Befeuchten)
- unterschiedliche Funktionen der RLT-Anlage (Heizen, Kühlen und Befeuchten)
- unterschiedliche Be- und Entlüftungssysteme (Zu- und Abluftanlage / nur Abluftanlage)
- unterschiedliche Kunstlichtsysteme (Leuchtstoffröhren, Halogenstrahler etc.)
- Gebäudetiefe (Innenzone/Außenzone)

In Ausnahmefällen kann vereinfachend für die Gebäudebilanzierung ein Einzonenmodell berechnet werden; so dass die oben dargestellte Zonierung entfallen kann. Dieses vereinfachte Verfahren darf angewendet werden, wenn beispielsweise:

- a) die Summe der Nettogrundfläche aus der Hauptnutzung und den Verkehrsflächen des Gebäudes mehr als zwei Drittel der gesamten Nettogrundfläche des Gebäudes beträgt,
- b) das Gebäude nur mit je einer Anlage zur Beheizung und Warmwasserbereitung ausgestattet ist,
- c) das Gebäude nicht gekühlt wird.

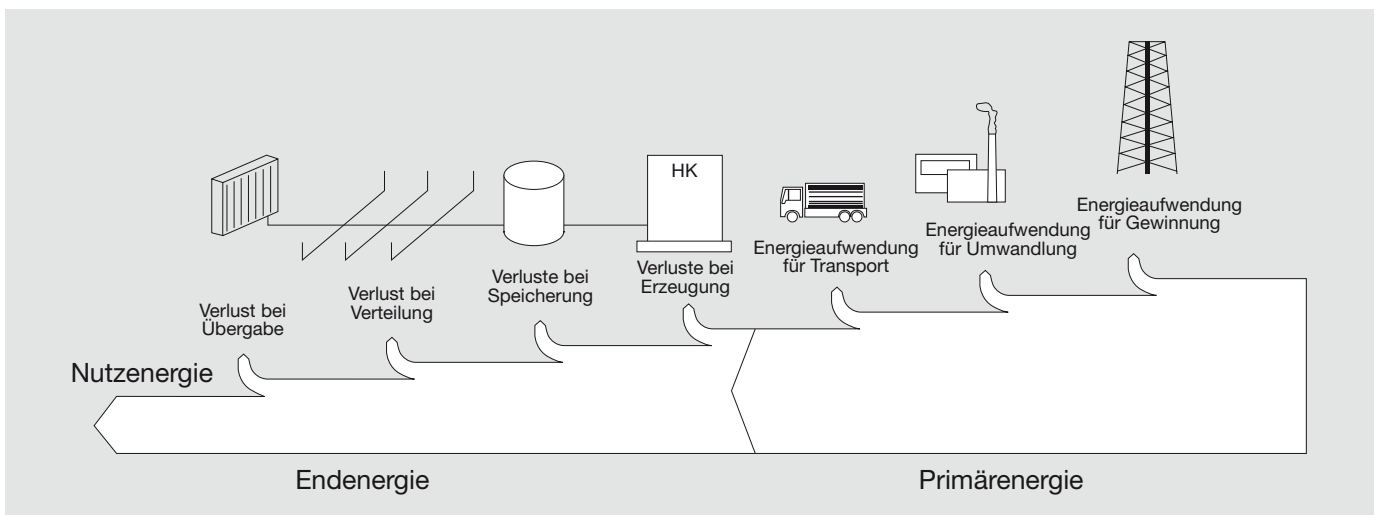


Bild 2: Prozesskette der Energie von der Primärenergie bis zur Nutzenergie am Beispiel der Raumheizung (ohne Hilfsenergie)

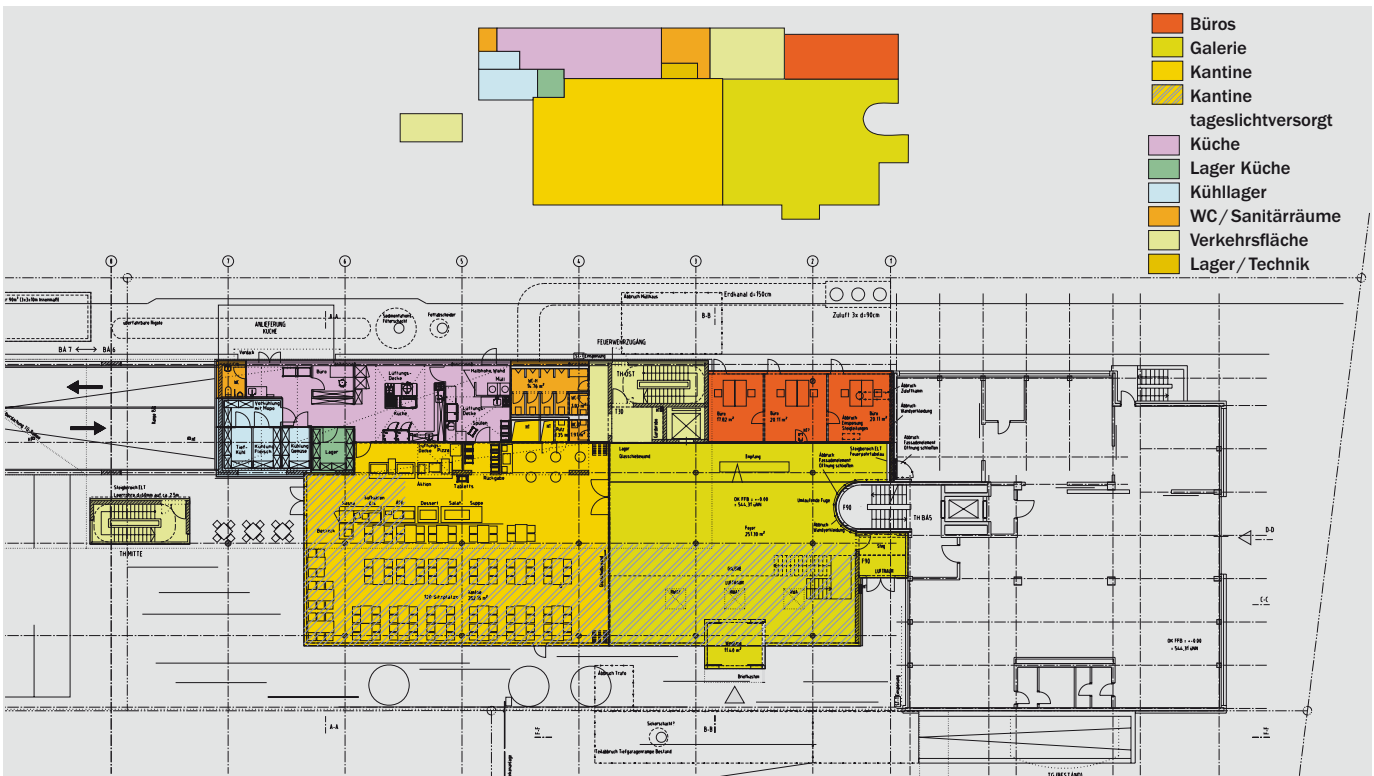


Bild 3: Zonierung eines Nichtwohngebäudes, Beispiel

Weitere Kriterien zur Beleuchtung und zur Belüftung müssen ebenfalls eingehalten werden.

Als Nutzungsprofil wird in diesem Fall die Nutzung der Hauptzone für das gesamte Gebäude angesetzt. Ob die Anforderungen zum Führen des „Vereinfachten Nachweises“ eingehalten werden, ist von einem Fachplaner zu bewerten.

6. GEBÄUDEHÜLLE

Die Gebäudehülle muss eine Vielzahl von Funktionen erfüllen. Neben der klassischen Funktion als architektonisches Gestaltungselement schützt sie Personen und Güter vor Witterungseinflüssen. Um den Energieaufwand auf der Anlagenseite (Heiz- und Kühlenergie) möglichst gering zu halten, muss die thermische Hülle einen möglichst hohen wärmeschutztechnischen Standard erreichen. Dabei muss die Hülle sowohl den Heizwärmebedarf in der Heizperiode als auch den Kühlenergiebedarf in der Kühlperiode begrenzen. Wärmequelle (Wärmeeintrag) und Wärmesenken (Wärmeabtrag) ergeben sich in Abhängigkeit von dem Temperaturgefälle zwischen außen und innen, Bild 4.

6.1 Wärmedämmung/

Transmissionswärmesenken/-quellen

Die Qualität eines Außenbauteils wird mit Wärmedurchgangskoeffizienten (U-Wert) angegeben. Dieser gibt an, wie viel Wärme in Watt bei einem Temperaturgefälle von $\Delta T = 1 \text{ K}$ durch 1 m^2 Fläche des Bauteils fließt. Je kleiner also der U-Wert, desto besser ist die thermische Qualität des Bauteils.

Gut gedämmte Außenbauteile führen nicht nur zu einer Verringerung der Transmissionswärmeverluste, sondern auch zu höheren Oberflächentemperaturen auf der Innenoberfläche. Dies führt zu einer höheren thermischen Behaglichkeit, da neben der Raumlufttemperatur auch die Oberflächentemperaturen Einfluss auf unser thermisches Befinden ausüben. Zur Steigerung der Energieeffizienz kann

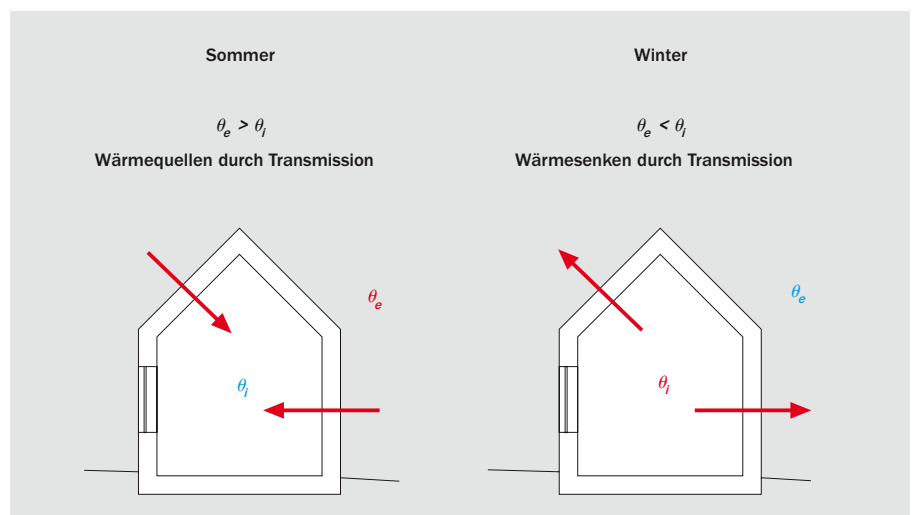
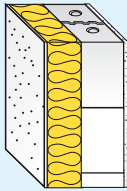
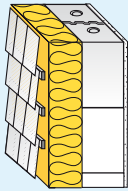
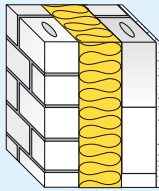


Bild 4: Wärmequellen/Wärmesenken durch Transmission

Tafel 1: Vergleich der bauphysikalischen Werte von Kalksandstein-Konstruktionen bei gleichem U-Wert

Konstruktion			
Konstruktionsaufbau	1 cm Innenputz 17,5 cm Tragschale ¹⁾ 14 cm WDVS	1 cm Innenputz 17,5 cm Tragschale ¹⁾ 14 cm Wärmedämmung 4 cm Hinterlüftung 1 cm Fassaden- bekleidung ²⁾	1 cm Innenputz 11,5 cm Tragschale ¹⁾ 14 cm Kerndämmung 11,5 cm Verblendschale
Konstruktionsdicke ³⁾	33,5 cm	37,5 cm	38 cm
Wärmeschutz (U-Wert)	0,23 W/(m ² ·K)	0,23 W/(m ² ·K)	0,22 W/(m ² ·K)
Wärmeleitfähigkeit des Mauerwerks (λ)	0,99 W/(m·K)	0,99 W/(m·K)	0,99 W/(m·K)
Wärmeleitfähigkeit der Wärmedämmung (λ)	0,035 W/(m·K)	0,035 W/(m·K)	0,035 W/(m·K)
Wärmespeicherefähigkeit (Q)	315 kJ/(m ² ·K)	315 kJ/(m ² ·K)	213 kJ/(m ² ·K)
wirksame Wärmespeicherefähigkeit (c _{wirk})	49 Wh/(m ² ·K)	49 Wh/(m ² ·K)	49 Wh/(m ² ·K)
Rohdichteklasse der Mauersteine (RDK)	1,8	1,8	1,8
Schallschutz (R' _w)	~ 49 dB	~ 49 dB	~ 59 dB
Grundwert der zulässigen Mauerwerksdruckspannung (σ ₀)	3,2 MN/m ²	3,2 MN/m ²	3,2 MN/m ²
Linienlast = (σ ₀ · d)	560 KN/m	560 KN/m	368 KN/m

¹⁾ Tragschale aus KS-Plansteinen und Dünnbettmörtel.
²⁾ Dicke nach Art der Bekleidung.
³⁾ Inklusive 1 cm für die Schlussbeschichtung bzw. 1 cm für den Fingerspalt.

somit die Raumlufttemperatur abgesenkt werden – bei annähernd gleich bleibender thermischer Behaglichkeit und sofern dies z.B. aus produktionstechnischer Sicht zulässig ist.

Bei Bauteilen, die nicht an die Außenluft, jedoch an unbeheizte Bereiche grenzen, wird der sich daraus ergebende verminderte Wärmestrom aufgrund der geringeren Temperaturdifferenz über einen Abminderungsfaktor berücksichtigt. Hierzu zählen beispielsweise Trennwände/Decken zu:

- nicht beheizten Kellern,
- nicht ausgebauten Dachgeschossen,
- nicht beheizten angebauten Treppenhäusern,
- Erdreich.

Nach DIN V 18599 sind Temperaturunterschiede von $\Delta T \leq 4$ K zwischen zwei Nutzungszonen eines Gebäudes vernach-

lässigbar. Bei größeren Temperaturunterschieden muss der sich einstellende Wärmestrom jedoch in der Bilanz berücksichtigt werden.

Hinweis Bodenplatten:

Ein sinnvolles wärmeschutztechnisches Konzept muss nicht zwangsläufig für alle Bauteile eine gleich dicke Dämmschicht vorsehen. Bei großflächigen Bodenplatten, wie sie bei großen Industrie- und Gewerbebauten ausgeführt werden, kann auf eine vollflächige Wärmedämmung verzichtet werden. Um in diesem Fall die Wärmeverluste gegen die Außenluft, die sich aus Wärmeströmen im Randbereich der Bodenplatte ergeben, zu verringern, ist eine Randdämmung vorzusehen. Diese kann entweder waagrecht (mindestens 5 m breit) oder senkrecht (mindestens 2 m tief) ausgeführt werden.

Wie in Bild 5 dargestellt, bildet sich unterhalb der Bodenplatte ein so genannter Wärmesee. Das Erdreich unmittelbar an der Bodenplatte und außerhalb des Ein-

flusses der Außenluft im Randbereich hat dabei nahezu Raumtemperatur.

Ebenso wie bei Transmissionswärmeverlusten zu unbeheizten Räumen, werden auch in diesem Fall die verminderten Verluste über einen Temperatur-Korrekturfaktor berücksichtigt. Die Größe des Temperatur-Korrekturfaktors ergibt sich aus dem Bodenplattenmaß $B' = A_G / (0,5 \cdot P)$, wobei A_G die Fläche der Bodenplatte und P der Umfang der Bodenplatte ist.

Fließendes Grundwasser, welches die Wärmeverluste erhöht, wird mit einem Zuschlag von 15 % auf den Temperatur-Korrekturfaktor berücksichtigt.

6.2 Wärmebrücken

Wärmebrücken gewinnen bei gut gedämmten Gebäuden erheblich an Bedeutung. Die Wärmeströme über Wärmebrücken sind im Verhältnis zu den Wärmeströmen über ungestörte Bereiche, d. h. Bereiche ohne Wärmebrücken, sehr viel größer als bei schlecht gedämmten

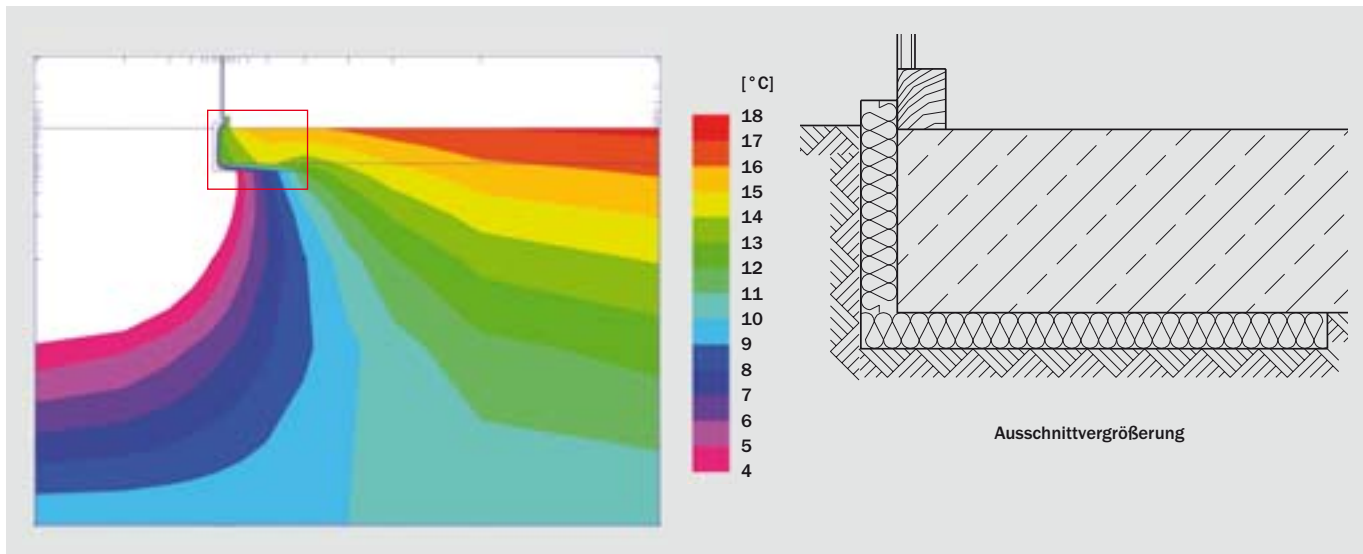


Bild 5: Temperaturverteilung im Erdreich unterhalb einer Bodenplatte mit Randdämmung

Gebäuden. Wärmebrücken treten beispielsweise im Bereich von Gebäudeecken (geometrische Wärmebrücken) oder bei Durchdringungen der thermischen Hülle auf, z.B. bei der Dübelbefestigung von WDVS oder bei Vorhangfassaden oder bei Stegen von Metallkassetten (konstruktive Wärmebrücken). Wärmebrücken sind daher in der Planung zu vermeiden oder zu minimieren. Erreicht werden kann das z.B. durch den Einsatz geklebter anstelle gedübelter WDVS. Kalksandstein-Mauerwerk ist dafür aufgrund seiner hohen Maßhaltigkeit und Festigkeit bestens geeignet.

Wärmebrücken bei der energetischen Bilanzierung von Gebäuden sind gemäß Energieeinsparverordnung wie folgt zu berücksichtigen:

- durch pauschale Erhöhung der Wärmedurchgangskoeffizienten (U-Werte) um $\Delta U_{WB} = 0,1 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ für die gesamte wärmeübertragende Hüllfläche
- oder durch Anwendung der Planungsbeispiele der DIN 4108, Beiblatt 2 zur konstruktiven Ausführung von Bauteilanschlüssen, sofern sie den Konstruktionen des zu errichtenden Gebäudes entsprechen oder eine Gleichwertigkeit nachgewiesen wird; in diesem Fall sind Wärmebrücken durch eine pauschale Erhöhung der Wärmedurchgangskoeffizienten um $\Delta U_{WB} = 0,05 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ für die gesamte wärmeübertragende Umfassungsfläche zu berücksichtigen
- alternativ zur pauschalen Berücksichtigung: genauer Nachweis der Wärmebrücken nach DIN V 4108, Teil 6 in Verbindung mit DIN EN ISO 10211

Ist im Wärmedurchgangskoeffizienten der Bauteile der Einfluss der Wärmebrücken berücksichtigt (z.B. bei Systemfassaden), so ist für diese Flächenanteile $\Delta U_{WB} = 0 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ zu setzen.

6.3 Luftdichtheit

Eine weitere wichtige Kenngröße bei Gebäuden ist eine hohe Gebäudedichtheit. Bei der energetischen Bilanzierung werden Lüftungswärmesenken/-quellen über den Wärmetransferkoeffizienten für Infiltration ermittelt. Dabei wird die Lage des Gebäudes berücksichtigt (offene Bebauung, innerstädtische Lage etc.) und auch, ob das Gebäude bzw. die Gebäudezone nur durch

freie Lüftung belüftet wird oder über eine RLT-Anlage verfügt.

Die Qualität der Gebäudedichtheit wird durch den n_{50} -Wert angegeben, der Auskunft über den Luftwechsel gibt – genauer gesagt über den Luftvolumenaustausch pro Stunde bei einer Druckdifferenz zwischen innen und außen von 50 Pa. Diese Größe kann mit dem so genannten Blower-Door-Messverfahren nachgewiesen werden.

Nach DIN V 18599 ist ein Gebäude in eine von vier Kategorien einzustufen. Für Neubauten gelten i.d.R. Kategorie I und II:

Kategorie I

Gebäude, bei denen nach ihrer Fertigstellung eine Dichtheitsprüfung durchgeführt wird

- a) bei Gebäuden mit einer raumluftechnischen Anlage: $n_{50} \leq 1 \text{ h}^{-1}$
- b) bei Gebäuden ohne eine raumluftechnische Anlage: $n_{50} \leq 2 \text{ h}^{-1}$

Kategorie II

alle neu zu errichtenden Gebäude:

$$n_{50} \leq 4 \text{ h}^{-1}$$

Kategorie III

Gebäude, die nicht unter die Kategorie I oder II fallen:

$$n_{50} \leq 6 \text{ h}^{-1}$$

Kategorie IV

bei Vorhandensein von offensichtlichen Undichtheiten in der Gebäudehülle:

$$n_{50} \leq 10 \text{ h}^{-1}$$

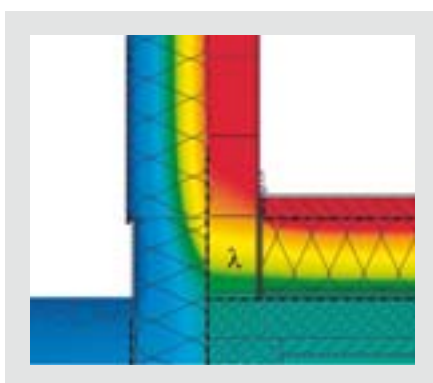


Bild 6: Geometrische Wärmebrücke beim Anschluss Bodenplatte–Außenwand, nicht unterkellert

7. SOMMERLICHER WÄRMESCHUTZ

Der sommerliche Wärmeschutz dient bei klimatisierten Gebäuden dem Ziel, die zur Kühlung der Räume erforderliche Kälteenergie möglichst gering zu halten, und bei Gebäuden ohne Klimaanlage, die Temperaturen im Sommer nicht zu hoch ansteigen zu lassen bzw. ein behagliches Raumklima zu erreichen.

Der Nachweis des sommerlichen Wärmeschutzes nach DIN 4108-2 ist immer zu führen – auch bei Gebäuden mit Klimaanlage.

Diese Zielsetzungen werden im Wesentlichen durch eine möglichst gute Begrenzung des solaren Wärmeeintrags umgesetzt.

Lochfassaden bieten in Bezug auf sommerlichen Wärmeschutz deutliche Vorteile gegenüber Band- oder Ganzglasfassaden, und sind zudem auch kostengünstiger hinsichtlich Erstellung und Reinigung [1].

Die Größe der Fenster darf jedoch nicht nur unter dem Aspekt des sommerlichen Wärmeschutzes gesehen werden, da den Fenstern zum einen ganz wesentliche gestalterische Funktionen zukommen – großer Anteil am äußeren Erscheinungsbild des Gebäudes (!) – und zum anderen der Tageslichteintrag durch die Fensterausgestaltung maßgeblich beeinflusst wird. Zu kleine Fenster führen zu einem erhöhten Kunstlichteinsatz und zu dunklen Räumen.

Neben der Fenstergröße kommt auch der Ausbildung der transparenten Fassadenbereiche eine wesentliche Bedeutung hinsichtlich des solaren Wärmeeintrags zu. Die Sonnenschutzwirkung der transparenten Fassaden hängt dabei im Wesentlichen von Verglasung und Sonnenschutz ab:

- Verglasung:
 - normale Wärmeschutzverglasung
 - Sonnenschutzverglasung
 - Verglasung mit Bedruckung
 - Verglasung mit veränderbaren Eigenschaften: gasochrom, elektrochrom, thermotrop, etc.
- Sonnenschutzsystem (Blendschutz):
 - vorhanden: ja/nein
 - Typus: starr/beweglich

- Lage: außen/integriert/innen
- Ausbildung: Gewebe/Lamellen
- Steuerung: manuell/automatisch

Eine gute Sonnenschutzwirkung der Fassade ist wesentlich für akzeptable sommerliche Raumtemperaturen, die zunehmend Gegenstand juristischer Auseinandersetzungen werden, wie z.B. beim „26-°C-Urteil“ des LG Bielefeld aus dem Jahre 2003¹⁾. In der Regel wird die beste Sonnenschutzwirkung mit einem beweglichen Außensonnenschutz erreicht. Dabei bietet die Ausbildung als seitlich geführter Behang mit horizontalen, drehbaren Lamellen tageslichttechnische Vorteile, welche durch optimierte Oberflächeneigenschaften noch weiter verbessert werden können. Darüber hinaus kommt der Windstabilität des Behangs und einer automatischen Steuerung des Außensonnenschutzes erhebliche Bedeutung hinsichtlich der korrekten Funktion des Sonnenschutzes zu.

Die zunehmende Bedeutung von Energieeinsparung bzw. Energieeffizienz wird hinsichtlich des sommerlichen Wärmeschutzes wegen unumstößlicher physikalischer Gesetzmäßigkeiten dazu führen, dass immer häufiger ein Außensonnenschutz unumgänglich sein wird. Der Erfolg zukünftiger Gebäude wird also u.a. davon abhängen, ob die Gestaltung den Außensonnenschutz als gestalterisches Element nutzt und erfolgreich in das architektonische Konzept einbindet.

¹⁾ LG Bielefeld, 16.04.2003 - 3 O 411/01; OLG Frankfurt, 19.01.2007 - 2 U 106/06

8. TAGESLICHTNUTZUNG UND BELEUCHTUNG

Der Energiebedarf für Kunstlicht als Bestandteil einer ganzheitlichen energetischen Betrachtung von Gebäuden stellt eine wichtige Größe dar, denn bei energieeffizienter Anlagentechnik nimmt der prozentuale Anteil des Energiebedarfs für Beleuchtung am Gesamtprimärenergiebedarf weiter zu. Der Nutzung von Tageslicht und der Einsatz von energiesparenden Beleuchtungssystemen kommt daher bei energieeffizienten Gebäuden eine zunehmende Bedeutung zu.

Der Tageslichteintrag in Räume hängt im Wesentlichen von folgenden Faktoren ab:

- Verschattung durch Nachbargebäude oder Eigenverschattung
- Fensteranordnung, -größe und Rahmenanteil
- Lichttransmissionsgrad der Verglasung (inkl. Verschmutzung)
- Sonnen-/Blendschutz (inkl. Steuerung)
- Licht lenkende Systeme
- Raumgeometrie und Oberflächeneigenschaften (Lichtreflexion)

Vom gesamten Tageslichteintrag in Räume stellt sich meist nur das Tageslicht als nutzbar dar, welches oberhalb der



Bild 7: Bürogebäude mit Lochfassade

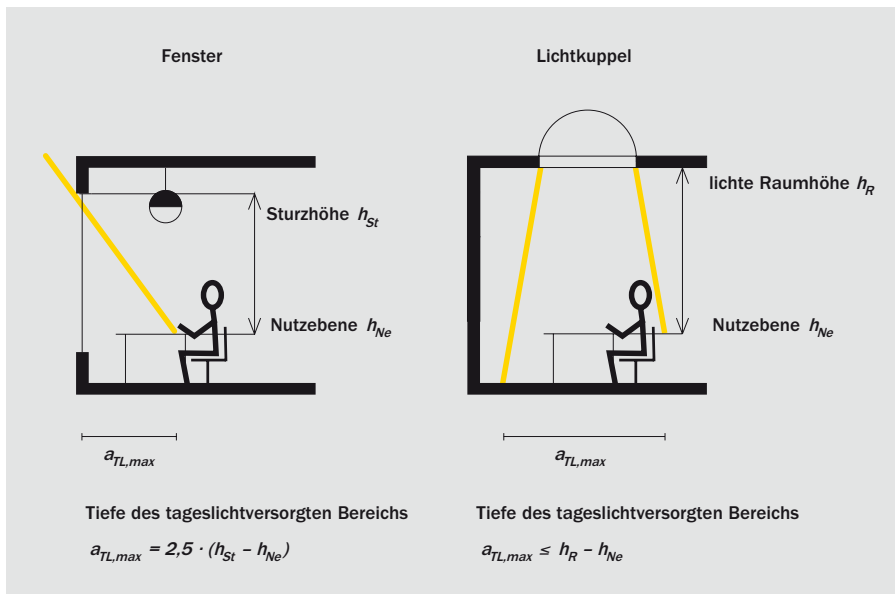


Bild 8: Zusammenhang zwischen Höhe Nutzebene, Sturzhöhe bzw. Raumhöhe und Tiefe des tageslichtversorgten Bereichs

Nutzebene (i.d.R. Schreibtischhöhe: ca. 0,85 m) einfällt – also das Tageslicht, das über die Fenster oberhalb der Brüstung und eventuell über Oberlichter in den Raum gelangt.

Der mit Tageslicht versorgte Anteil eines Raums kann vereinfacht mit Hilfe der DIN V 18599 (EnEV 2007) ermittelt werden. Dieses Rechenverfahren liefert simple Abschätzungen für die Tiefe ($a_{TL,max}$) tageslichtversorgter Bereiche.

Bei der Tageslichtversorgung von Arbeitsplätzen in Industrie- und Gewerbegebäuden spielen i.d.R. Dachoberlichter eine bedeutendere Rolle für die Tageslichtversorgung als die vertikalen Fensterflächen, da die Stärke des seitlich einfallenden Lichts mit zunehmendem Abstand zur Fassade stark abnimmt.

Die Ermittlung der tageslichtversorgten Fläche nach DIN V 18599 ersetzt allerdings nicht eine Tageslichtplanung nach DIN 5034 „Tageslicht in Innenräumen“. Die oben aufgeführten Berechnungsansätze dienen lediglich zur energetischen Bewertung des erforderlichen Kunstlichts.

Eine sinnvolle Verteilung von Fenstern und Dachoberlichtern ermöglicht eine ausgeglichene Helligkeitsverteilung im Raum. Dachoberlichter können auch die Funktion der Frischluftversorgung bei freier Lüftung oder einer Rauch-Wärmeabzugsanlage (RWA) übernehmen, was allerdings einer

speziellen Ausführung der Oberlichtkonstruktionen bedarf.

Bei guter Planung von Fenstern und Oberlichtern kann eine hohe Tageslichtautonomie erreicht werden, so dass der Strombedarf der Beleuchtung erheblich reduziert werden kann. Neben der Steigerung der Energieeffizienz durch optimierte Tageslichtnutzung – welche im Energieausweis dokumentiert wird – muss jedoch immer auch das sommerliche Raumklima durch eine gute Sonnenschutzwirkung der Fassade in der Planung mit berücksichtigt werden.

9. ANSÄTZE FÜR ENERGIEEFFIZIENTES BAUEN

Wesentlich bei der Planung von energieeffizienten Industrie- und Gewerbegebäuden ist es, sämtliche Fachplaner, wie Bauphysiker, Haustechniker etc., schon in die frühen Planungsphasen mit einzubeziehen. Dadurch können die einzelnen Konzepte z.B. der Haustechnik und des Wärmeschutzes aufeinander abgestimmt werden, um das größtmögliche Energieeinsparpotential zu erzielen.

Ziel der Gebäudegeometrie sollte ein möglichst kompakter Gebäudekörper sein, so dass einem möglichst großen beheizten Volumen eine kleine wärmeübertragende Hüllfläche gegenübersteht. Bei der Gebäudehülle lässt sich der Heizenergiebedarf durch Ausführung von großen Dämmschichtdicken und die Vermeidung von

Wärmebrücken reduzieren. Das Dämmen von großflächigen Bauteilen wie Außenwänden und Dachflächen weist dabei das beste Kosten-Nutzen-Verhältnis auf. Zur Verringerung von Wärmebrücken bei Außenwänden, wie z.B. gedübelten WDVS oder Stegen von Metallkassettenwänden, sind entsprechende Produkte auf dem Markt, die den Einfluss der Wärmebrücken auf ein geringes Maß reduzieren. Des Weiteren können Wärmebrücken durch optimierte Details, wie z.B. Anschlüsse nach Beiblatt 2 der DIN 4108-2 oder Details gemäß dem Wärmebrückenkatalog Kalksandstein [2], verringert werden.

Auf der Anlagenseite gibt es ein breites Spektrum an möglichen Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz. Die Nutzung der regenerativen Energien steht dabei an erster Stelle. Dazu gehören die Solarthermie zur Trinkwarmwassererwärmung oder auch Heizungsunterstützung, Photovoltaik und Geothermie. Bei der Geothermie wird die in der Erde vorhandene „Wärme“ mittels einer Wärmepumpe auf das zur Raumbeheizung erforderliche Temperaturniveau angehoben. Vorteil der Geothermie ist, dass sie im Kühllastfall auch zur Kühlung, z.B. mittels einer thermisch aktivierten Decke (TAD), herangezogen werden kann. Bei Industrie- und Gewerbebauten entstehen oftmals große Abwärmemengen bei den Produktionsprozessen. Diese können zur Raumbeheizung in das Haustechnikkonzept einbezogen werden.

LITERATUR

- [1] Effiziente Energienutzung in Bürogebäuden – Planungshilfen, Hrsg.: Bayerisches Landesamt für Umwelt, 2008
- [2] Wärmebrückenkatalog Kalksandstein, Hrsg. Kalksandstein-Dienstleistung GmbH, Hannover, 2006

Industrie- und Gewerbebauten werden in der Regel entsprechend der Muster-Bauordnung (MBO) [1] bzw. den darauf aufbauenden Landesbauordnungen (LBO) als Sonderbauten eingestuft. Sie stellen häufig Unikate dar, die sich von den Regelbauten der MBO (Wohngebäude, Bürogebäude, etc.) unterscheiden.

Industrie- und Gewerbebauten sind im Wesentlichen von ihrer unterschiedlichen Funktionalität und Nutzung her geprägt. Dabei werden Industriebauten in der Regel dem produzierenden und Gewerbebauten dem verarbeitenden Gewerbe zugeordnet. Hinsichtlich des Brandschutzes bedürfen beide Bereiche einer besonderen Betrachtung. Wegen dieser Gleichbehandlung aus brandschutztechnischer Sicht werden nachfolgend nur die Industriebauten namentlich aufgeführt.

Das Spektrum der Industriebauten reicht von den beiden Extremen Automobilindustrie einerseits zur Chemischen Industrie andererseits. Die Automobilindustrie arbeitet in meist eingeschossigen, großen Brandbekämpfungsabschnitten bis über 120.000 m² Größe und geringen Brandlasten (Bild 1). Die Bauten der Chemischen Industrie zeichnen sich meist durch eine kleine bis mittelgroße Grundfläche, Gebäude mit mehreren Ebenen, häufig oberhalb der Hochhausgrenze, und hohe Brandlasten aus (Bild 2).

Da für diese Industriebauten die in der MBO enthaltenen Regelungen zum Brandschutz nicht zutreffen, sind entsprechende Brandschutzkonzepte zu erstellen, mit denen die erforderlichen Ausnahmen vom allgemeinen Baurecht begründet werden. Die Erstellung der individuellen Brandschutzkonzepte setzt besondere Kenntnisse und

Befähigungen bei den Aufstellern voraus, die auf Erfahrungen und einer geübten Praxis basieren. Ziel dieser Abhandlung ist es, die mit der Konzepterstellung verbundenen Belange zusammenfassend darzustellen. Umfassende Informationen dazu finden sich in der Muster-Richtlinie über den baulichen Brandschutz im Industriebau (MIndBauRL) [2]. Gültig ist die Fassung aus dem Jahr 2000. Zum Teil wurde auf Regelungen aus dem derzeitigen Stand der Richtlinienüberarbeitung Bezug genommen.

1. BAURECHTLICHE ANFORDERUNGEN

1.1 Allgemeines

Grundlage für die Behandlung des Brandschutzes in Industriebauten ist die Kenntnis der baurechtlichen Anforderungen, insbesondere die der MBO bzw. der darauf basierenden LBO. Für die in der MBO in erster Linie behandelten Regelbauten ist durch die Vorgaben unmittelbar geregelt, welche Maßnahmen zu treffen sind, um den erforderlichen Brandschutz zu gewährleisten. Diese Angaben liegen für Industriebauten als Gebäude „besonderer Art und Nutzung“ nicht unmittelbar vor. Es sind nur allgemeine Hinweise gegeben, die durch besondere Brandschutznachweise im Rahmen von Brandschutzkonzepten zu konkretisieren sind. Nachfolgend werden die allgemeinen Anforderungen und die Ableitungen für Sonderbauten näher dargestellt.

1.2 Anforderungen gemäß MBO

Das vordringliche Ziel der MBO, die mit der Errichtung und dem Betrieb von Gebäuden und Anlagen verbundene Sicherheit und Ordnung zu gewährleisten, ist mit dem § 3 (1) Allgemeine Anforderungen näher definiert:

„Anlagen sind so anzuordnen, zu errichten, zu ändern und instand zu halten, dass die öffentliche Sicherheit und Ordnung, insbesondere Leben, Gesundheit und die natürlichen Lebensgrundlagen, nicht gefährdet werden.“

Diese allgemeinen Anforderungen sind durch die Anforderungen an die Bauausführung in der MBO konkretisiert:

- § 12 Standsicherheit
- § 13 Schutz gegen schädliche Einflüsse
- § 14 Brandschutz
- § 15 Wärme-, Schall-, Erschütterungsschutz
- § 16 Verkehrssicherheit

Für den Bereich Brandschutz gilt das Schutzziel:

„Bauliche Anlagen sind so anzuordnen, zu errichten, zu ändern und instand zu halten, dass der Entstehung eines Brandes und der Ausbreitung von Feuer und Rauch (Brandausbreitung) vorgebeugt wird und bei einem Brand die Rettung von Menschen und Tieren sowie wirksame Löscharbeiten möglich sind.“

Bei der Umsetzung der allgemeinen Anforderungen an Gebäude als Teil der baulichen Anlagen wird zwischen Regelbauten (u.a. Wohngebäude und Bürogebäude) und Sonderbauten (u.a. Hochhäuser, Verkaufsstätten, Versammlungsstätten und Industriebauten) unterschieden. Gegenstand der MBO ist im Wesentlichen die Behandlung von Gebäuden als Regelbauten, definiert in der MBO nach § 2 (2).



Bild 1: Gebäude der Automobilindustrie



Bild 2: Gebäude der Chemischen Industrie

Die sich von den Regelbauten im Hinblick auf ihre „besondere Art und Nutzung“ unterscheidenden Sonderbauten sind nach der MBO im § 2 (4) näher und auch abschließend definiert. Die für Industriebauten als Sonderbauten im Wesentlichen maßgebenden Sachverhalte sind:

- Bauliche Anlagen mit einer Höhe von mehr als 30 m
- Gebäude mit mehr als 1.600 m² Grundfläche des Geschosses mit der größten Ausdehnung
- Regallager mit einer Oberkante Lagergut von mehr als 7,50 m
- Bauliche Anlagen, deren Nutzung durch Umgang oder Lagerung von Stoffen mit Explosions- oder erhöhter Brandgefahr verbunden ist.

Die an Sonderbauten zu stellenden besonderen Anforderungen sind in der MBO im § 51 Sonderbauten allgemein beschrieben:

„An Sonderbauten können im Einzelfall zur Verwirklichung der allgemeinen Anforderungen nach § 3 Abs. 1 besondere Anforderungen gestellt werden. Erleichterungen können gestattet werden, soweit es der Einhaltung von Vorschriften wegen der besonderen Art oder Nutzung baulicher Anlagen und Räume oder wegen besonderer Anforderungen nicht bedarf.“

Zum Nachweis der bei Industriebauten häufig erforderlichen Erleichterungen gegenüber den allgemeinen Anforderungen an Regelbauten nach der MBO wird in der Regel auf die jeweils länderspezifische Industriebau-Richtlinie zurückgegriffen. Diese bauaufsichtlich eingeführten Richtlinien basieren auf der Muster-Industriebau-Richtlinie der Bauministerkonferenz. Neben der MIndBauRL sind darüber hinaus für Industriebauten in gegebenen Anwendungsfällen spezielle Richtlinien, z.B. für elektrotechnische Anlagen und Laborbereiche, zu beachten.

Falls ein Industriegebäude die speziellen Kriterien für Sonderbauten nach MBO § 2 (4) nicht erfüllt, jedoch die für Sonderbauten nach § 51 möglichen und zu begründenden Erleichterungen im Einzelfall erforderlich sind, können die Voraussetzungen dafür mit Bezug auf die MBO § 67 Abweichungen nachgewiesen und begründet werden. Gemäß MBO § 3 Abs. 3 Satz 3 kann von den Technischen Baubestimmungen abgewichen werden, wenn mit einer anderen Lösung in gleichem Maße die allgemeinen Anforderungen des Absatz 1 erfüllt werden.

Mit der im Bild 3 dargestellten Übersicht ist der Zusammenhang der für Industriebauten maßgebenden Richtlinien und Normen näher erläutert.

Mit der im Bild 3 dargestellten Übersicht ist der Zusammenhang der für Industriebauten maßgebenden Richtlinien und Normen näher erläutert.

2. BRANDSCHUTZKONZEPTE

2.1 Allgemeines

Wegen der fehlenden Grundlagen in der MBO für den brandschutztechnischen Nachweis von Industriebauten als Sonderbauten ist gemäß der MIndBauRL der Nachweis in Form eines Brandschutzkonzepts zu erbringen. In diesem Konzept sind neben den Nachweisgrundlagen insbesondere die zu treffenden konkreten Maßnahmen zum Brandschutz, einschließlich der Ergebnisse von rechnerischen Nachweisen, darzulegen. Nähere Angaben zur Erstellung von Brandschutzkonzepten sind in [3] dargelegt.

2.2 Nachweisgrundlagen

Eine wesentliche Aufgabe im Rahmen eines Brandschutzkonzepts ist es, gleich zu Beginn die zu berücksichtigenden wesentlichen Schutzobjekte zu definieren und als Schutzziele vorzugeben. In Abhängigkeit von den Schutzziele sowie von Gefahren und Risiken bei der Produktion und/oder Lagerung in Industriebauten müssen die Anforderungen an die baulichen und anlagentechnischen Komponenten definiert und entsprechend ausgebildet werden.

Bei Beachtung der bei Industriebauten vorhandenen unterschiedlichen Rahmenbedingungen ergeben sich verschiedene, in differenzierter Weise und Intensität zu schützende Objekte. Dabei wird folgenden Schutzziele besondere Bedeutung beigemessen:

- Personenschutz
- Umweltschutz
- Sachschutz

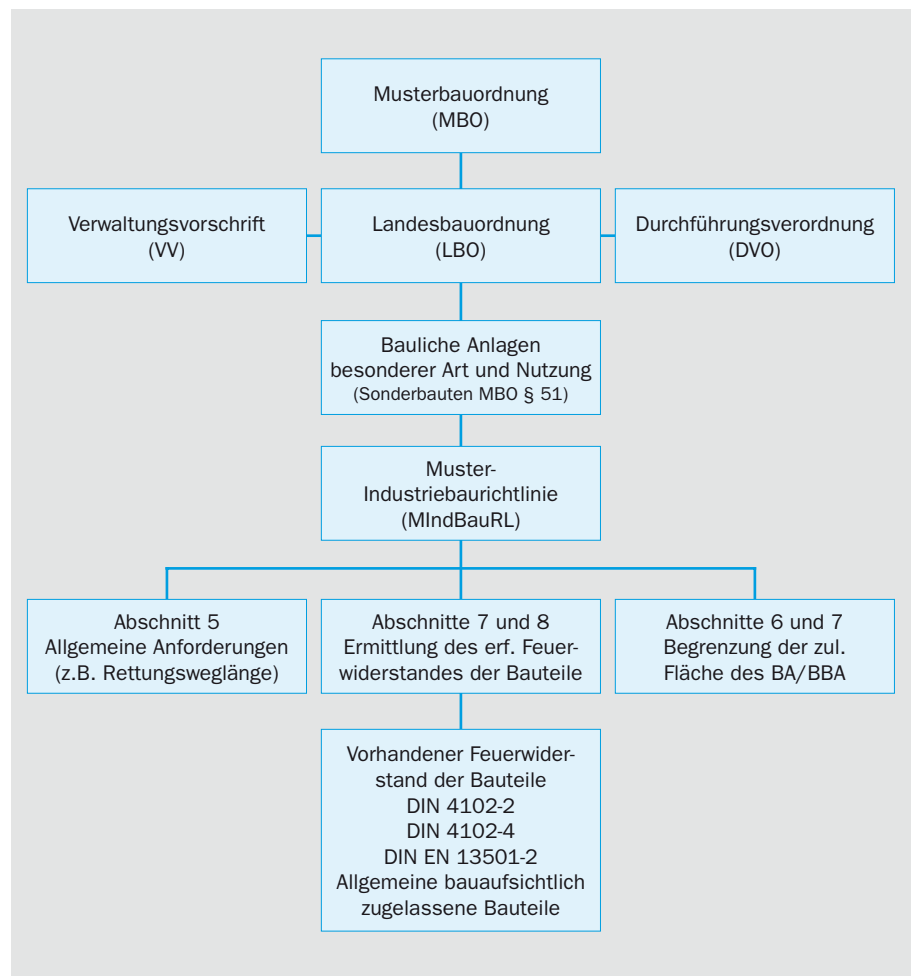


Bild 3: Übersicht über die brandschutzrelevanten Richtlinien und Normen bei Industriebauten

Je nach Schutzbedarf im konkreten Fall ist nur ein Schutzobjekt als Schwerpunkt zu beachten – oder es sind gleich mehrere Schutzbereiche zu berücksichtigen. Nach MBO § 3 (1) kommt dem Personenschutz eine besondere Bedeutung zu, aber auch der Umweltschutz ist in besonderer Weise angesprochen. Der Sachschutz ist mit zwei Komponenten ein wesentlicher Bestandteil des Versicherungsschutzes: Dabei geht es um den vorbeugenden Schutz der wirtschaftlichen bzw. finanziellen Interessen sowie um das Minimierungsgebot von Brand- und Brandfolgeschäden.

Mittels Gefahrenanalyse erfolgt eine Feststellung und Beschreibung des in einem Industriebetrieb vorhandenen Gefahrenpotentials. Hierbei werden im Wesentlichen die vorhandenen Stoffe, die Lagerungsart der Stoffe, die Prozesse sowie die vorhandenen technischen Schutzvorkehrungen analysiert. Das Ergebnis der Gefahrenanalyse bestimmt Art und Umfang der erforderlichen Brandschutzmaßnahmen.

Auf Grundlage der Gefahrenanalyse erfolgt eine Einschätzung der durch Explosionen, Brände, Havarien, Leckagen etc. infolge nicht bestimmungsgemäßen Betriebs entstehenden Risiken und Schäden. Dabei werden die Auftretenswahrscheinlichkeiten

und das mögliche Schadensausmaß behandelt, für die schadensminimierende Maßnahmen zu treffen sind.

2.3 Maßnahmen zum Brandschutz

Die im Rahmen eines Brandschutzkonzepts zu berücksichtigenden Maßnahmen und Komponenten lassen sich zunächst in zwei Bereiche gliedern: vorbeugender Brandschutz und abwehrender Brandschutz (Bild 4).

Unter *vorbeugendem Brandschutz* versteht man dabei alle Maßnahmen, die zur Verhinderung einer Brandentstehung und Brandausbreitung sowie zur Sicherung der Rettungswege erforderlich sind. Der vorbeugende Brandschutz schafft die Voraussetzungen für einen wirkungsvollen abwehrenden Brandschutz, z.B. durch eine wirksame Entrauchung. Alle Maßnahmen des vorbeugenden Brandschutzes können auch unter dem Begriff der Brandverhütung zusammengefasst werden. Sie werden entsprechend ihrer Wirkungsweise unterteilt:

- baulicher Brandschutz
- anlagentechnischer Brandschutz
- organisatorischer Brandschutz

Mit dem baulichen Brandschutz werden im Wesentlichen konstruktive und baustoffliche Anforderungen behandelt, wie sie bereits in der MBO angesprochen sind. Die wichtigsten Regelungen für Industriebäude sind in der MIndBauRL, Abschnitt 5, Allgemeine Anforderungen, aufgeführt. Sie werden auszugsweise nachfolgend näher verdeutlicht.

Im Rahmen des anlagentechnischen Brandschutzes werden mechanisch bzw. elektrotechnisch geprägte Komponenten behandelt, die den baulichen Brandschutz in der Regel ergänzen. Bei vorhandenen Gebäuden werden häufig anlagentechnische Elemente zur Kompensation von fehlenden baulichen Elementen verwendet. Der organisatorische Brandschutz schließlich rundet mit seinen Komponenten die erforderlichen Maßnahmen zur Gestaltung eines effizienten, vorbeugenden Brandschutzes ab.

Unter *abwehrendem Brandschutz* werden dagegen alle Maßnahmen zur Bekämpfung von Gefahren für Leben, Gesundheit und Sachwerten verstanden, die bei einem Brand entstehen. Sie werden bei einem Brand als Maßnahmen der Brandbekämpfung angewendet.

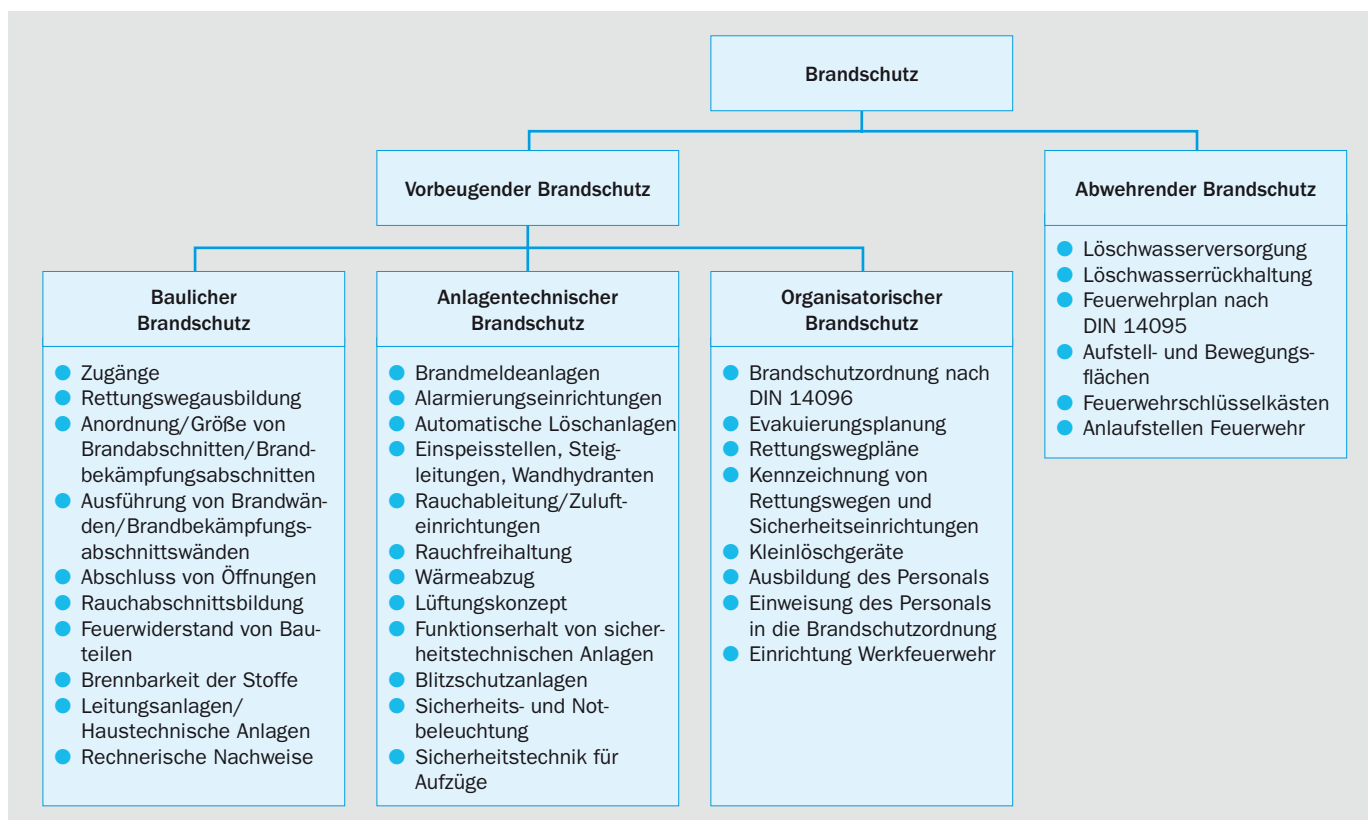


Bild 4: Übersicht zu den einzelnen Komponenten des Brandschutzes

3. NACHWEISE AUF DER GRUNDLAGE DER MUSTER-INDUSTRIEBAURICHTLINIE

3.1 Allgemeines

Die MIndBauRL bzw. die darauf basierenden länderspezifischen Industriebaurichtlinien bilden die Nachweisgrundlage zur Erlangung von Erleichterungen gegenüber den Regelungen der Bauordnung für die als Sonderbauten eingestuftes Industriegebäude.

Aktuell gilt die MIndBauRL, Fassung März 2000, die sich derzeit in der Überarbeitung befindet. Wesentlicher Grund für die beabsichtigte Neufassung ist zwischenzeitlich festgestellter Präzisionsbedarf sowie die Anpassung an die inzwischen erschienenen Normenfassungen bzw. Vorschriften. Dieser Überarbeitungsentwurf wird nachfolgend auszugsweise berücksichtigt.

3.1.1 Ziele

Ziel der MIndBauRL ist es, die Mindestanforderungen an den Brandschutz von Industriebauten zu regeln, insbesondere an

- die Feuerwiderstandsfähigkeit der Bauteile und die Brennbarkeit der Baustoffe,
- die Größe der Brandabschnitte bzw. Brandbekämpfungsabschnitte,
- die Anordnung und Lage der Rettungswege.

Industriebauten, die den Anforderungen der MIndBauRL entsprechen, erfüllen die Schutzziele des § 14 MBO. Insbesondere ist damit das Schutzziel des Personenschutzes durch die unterstellte Selbstrettung aufgrund der Rettungsweggestaltung erreicht. Infolge der im Brandfall umgehend erfolgten Selbstrettung werden auch keine Anforderungen an die Entrauchung in der Selbstrettungsphase gestellt.

3.1.2 Anwendungsbereich

Die Muster-Industriebaurichtlinie gilt für Industriebauten. Dies sind definitionsgemäß Gebäude oder Gebäudeteile im Bereich der Industrie und des Gewerbes, die der Produktion (Herstellung, Behandlung, Verwertung, Verteilung) oder Lagerung von Produkten oder Gütern dienen. Hierzu zählen auch untergeordnete, zugehörige betriebsnotwendige Räume, z.B. Meisterbüros, Sozialräume, Laborräume, Prüfstandsbereiche und Entwicklungsflächen. Sie gilt auch für Industriebauten, die nach § 2 Abs. 4 Nr. 1 MBO Hochhäuser sind, wenn sich in Geschossen oder

Ebenen oberhalb von 22 m keine dauerhaften Arbeitsplätze befinden. Für diese ist die Muster-Hochhausrichtlinie nicht anzuwenden.

Die Muster-Industriebaurichtlinie gilt nicht für

- Industriebauten wie überdachte Freianlagen oder Freiläger, die überwiegend offen sind oder aufgrund ihres Verhaltens im Brandfall diesen gleichgestellt werden können.
- Regallager mit brennbarem Lagergut und mit Höhen von mehr als 9 m (Oberkante Lagergut)
- Industriebauten, die lediglich der Aufstellung technischer Anlagen dienen und von Personen nur vorübergehend zu Wartungs- und Kontrollzwecken betreten werden: Einhausungen, z.B. aus Gründen des Witterungs- und Immissionsschutzes. Diese Anlagen sind aus dem Anwendungsbereich ausgenommen, weil für sie aufgrund eines geringeren Gefahrenrisikos im Einzelfall weitergehende Erleichterungen gestattet werden können. Wären sie im Anwendungsbereich der Muster-Industriebaurichtlinie geblieben, hätten ihre allgemeinen Anforderungen beachtet werden müssen.

Weitergehende Anforderungen an Industriebauten, die sich aus Regelwerken hinsichtlich des Umgangs oder des Lagerns bestimmter Stoffe ergeben, insbesondere der Betriebssicherheits- und Gefahrstoffverordnung, der Löschwasser-Rückhalte-Richtlinie (LÖRüRL) und der Muster-Kunststofflager-Richtlinie (MKRL), bleiben unberührt.

3.1.3 Begriffe

Die wesentlichen in der MIndBauRL verwendeten Begriffe sind im Abschnitt 3 der Richtlinie definiert. Hier werden zwei davon hervorgehoben, da sie für die Differenzierung von Stockwerksbauten bedeutsam sind:

Ein **Geschoss** umfasst alle auf gleicher Höhe liegenden Räume eines Industriebaus innerhalb eines Brandabschnitts sowie in der Höhe versetzte Raumteile. Geschossdecken sind für die erforderliche Feuerwiderstandsdauer raumabschließend und standsicher zu bemessen.

Ebenen sind Räume unterschiedlicher Höhenlagen innerhalb eines Brandbekämp-

fungsabschnitts. Decken von Ebenen sind für die erforderliche Feuerwiderstandsdauer standsicher zu bemessen. Sie dürfen freie Öffnungen oder nicht klassifizierte Abschlüsse bzw. Abschottungen haben.

Ob in der Höhe versetzte Raumteile (z.B. Galerien) innerhalb eines Geschosses oder einer Ebene eine eigenständige Ebene bilden, hängt von der Größe dieses Raumteils ab: Ist die Fläche eines Raumteils größer als 50 % der Grundfläche, liegt eine eigenständige Ebene vor.

3.1.4 Nachweise

Die wesentlichen Nachweise nach der MIndBauRL zur Erreichung der vorgenannten Ziele behandeln die Einhaltung von allgemeinen Anforderungen, von Anforderungen an Baustoffe und Bauteile sowie an die Größe der *Brandabschnitte (BA)* bzw. *Brandbekämpfungsabschnitte (BBA)*. Dabei betreffen die in Abschnitt 5 der MIndBauRL definierten allgemeinen Anforderungen die funktionale Ausbildung von Gebäuden sowie die konstruktive Ausbildung der Bauteile, analog der MBO, jedoch angewendet auf den Industriebau. Zur nachweislichen Erfüllung der Anforderungen an Baustoffe, Bauteile sowie Größe der Brandabschnitte bzw. Brandbekämpfungsabschnitte dienen die in Abschnitt 4 der MIndBauRL definierten Verfahren.

3.1.5 Allgemeine Anforderungen

Die allgemeinen Anforderungen nach Abschnitt 5 der MIndBauRL sind in erster Linie planerischer Art und müssen in Konstruktionen umgesetzt werden. Sie tragen der Erfahrung in Brandschutzbelangen Rechnung, dass zunächst einmal ein Gebäude brandschutztechnisch gut konzipiert und konstruiert sein muss, damit die dann noch erforderlichen rechnerischen Nachweise erbracht werden können. Die wesentlichen allgemeinen Anforderungen werden nachfolgend, gegliedert in die Bereiche Gebäudeumfeld, Gebäudekonzept sowie Gebäude- und Bauteile, näher verdeutlicht.

3.2 Gebäudeumfeld

3.2.1 Lage und Zugänglichkeit des Gebäudes

Nach Abschnitt 5.2.2 der MIndBauRL müssen freistehende sowie aneinander gebaute Industriebauten mit einer Grundfläche von insgesamt mehr als 5.000 m² eine für Feuerwehrfahrzeuge befahrbare Umfahrt haben und darüber hinaus ausreichende Aufstell- und Bewegungsflächen aufweisen.

Bei Gebäuden im Bereich der Chemischen Industrie ist aufgrund der Mehrgeschosigkeit die Grundfläche vergleichsweise klein, so dass mehrere Gebäude eine gemeinsame Umfahrt besitzen können. Im Bereich der Automobilindustrie dagegen sind mit Grundflächen von z.B. mehr als 60.000 m² die vorgenannten Kriterien nicht realisierbar. Daher sind als Kompensation für diese Abweichung die nach Abschnitt 7.5.2 der MIndBauRL definierten Randbedingungen einzuhalten, die jedoch zunächst nur für die Betrachtung der Brandbekämpfungsabschnitte gedacht sind.

Entsprechend Abschnitt 5.2.1 der MIndBauRL muss zudem jeder Brandabschnitt/Brandbekämpfungsabschnitt (BA/BBA) mit mindestens einer Seite an der Außenwand liegen und von dort aus für die Feuerwehr zugänglich sein. Ausgenommen von diesen Anforderungen sind BA/BBA, sofern sie mit einer selbsttätigen Feuerlöschanlage ausgestattet sind. Diese dürfen im Inneren eines Gebäudes ohne Kontakt zur Außenwand liegen. Das gilt auch für Räume innerhalb von BA/BBA.

3.2.2 Gebäudeabstand

Insbesondere im Bereich der Chemischen Industrie werden zur optimierten Ausnutzung der Infrastruktur die Gebäude innerhalb von Blockfeldern konzentriert angeordnet. In diesen Fällen ist zur Vermeidung strahlungsbedingter Brandübertragung bei Gebäudefassaden mit Fenstern ein Mindestabstand einzuhalten. Die in Bild 5 dargestellten Werte wurden durch Brandauswertungen im Bereich der Chemischen Industrie ermittelt. Als Empfehlung gilt ein Mindestabstand von 20 m. Andernfalls ist bei Unterschreitung des Abstandes einseitig auf Fenster zu verzichten.

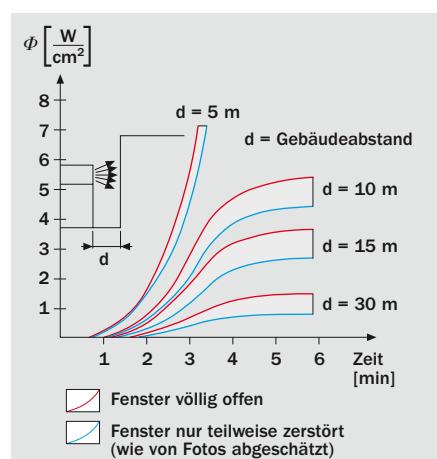


Bild 5: Wärmestrahlung im Brandfall ($T = 1.300 \text{ } ^\circ\text{C}$) als Funktion des Gebäudeabstandes

3.2.3 Löschwasserbedarf, Ringleitungen, Hydranten

Der Löschwasserbedarf für Industriebauten schwankt von Fall zu Fall und ist von der Größe der BA/BBA und den sich darauf befindenden Brandlasten abhängig. Nach Abschnitt 5.1 der MIndBauRL ist daher der Löschwasserbedarf in Abstimmung mit der für den Brandschutz zuständigen Dienststelle festzulegen. Die erforderliche Löschwassermenge kann dabei auf der Grundlage des DVGW-Arbeitsblattes W 405 – Bereitstellung von Löschwasser durch öffentliche Trinkwasserversorgung – ermittelt werden. Nach der MIndBauRL ist in Abhängigkeit von der Größe der BA/BBA-Fläche von folgendem Löschwasserbedarf auszugehen:

Fläche $\leq 2.500 \text{ m}^2 \rightarrow \text{erf } V \geq 96 \text{ m}^3/\text{h}$
 Fläche $\geq 4.000 \text{ m}^2 \rightarrow \text{erf } V \geq 192 \text{ m}^3/\text{h}$

Dabei ist der Löschwasserbedarf über einen Zeitraum von zwei Stunden zu gewährleisten. Bei Industriebauten mit selbsttätiger Feuerlöschanlage gelten reduzierte Werte.

In Abhängigkeit von der jeweiligen Infrastruktur erfolgt in Werken bzw. Industrieparks die Löschwasserversorgung über das Trinkwassernetz und/oder über ein eigenes dafür ausgelegtes Löschwassernetz mit z.B. aufbereitetem Flusswasser. Das Löschwassernetz besteht dabei aus Ringleitungen, die die Gebäude umgeben, und entsprechenden Hydranten. Die Anordnung der Hydranten und deren Schutzbereiche erfolgt in der Regel in Abstimmung mit der zuständigen Brandschutzdienststelle.

3.2.4 Löschwasserrückhaltung und -entsorgung

In der Regel erfolgt für Industriebauten innerhalb eines Werksgeländes bzw. Industrieparks die Löschwasserrückhaltung und -entsorgung anhand eines behördlich genehmigten Gesamtkonzepts. Entsprechend den Vorgaben ist von einer lokalen oder zentralen Löschwasserrückhaltung auszugehen. Insbesondere bei lokaler Löschwasserrückhaltung in Anlagen im oder nahe dem Gebäude ist anhand der Richtlinie zur Bemessung von Löschwasser-Rückhalteanlagen beim Lagern wassergefährdender Stoffe (LöRüRL) [4] das erforderliche Rückhaltevolumen zu ermitteln.

Für die Entsorgung des Löschwassers gelten die im Rahmen des Gesamtkonzepts festgelegten Maßnahmen. Diese reichen

in Abhängigkeit von der Stoffbeaufschlagung des Löschwassers von der Einleitung in den Vorfluter bis zur Verbrennung.

3.3 Gebäudekonzept

3.3.1 Trennung unterschiedlicher Bereiche

Bei der Trennung von Bereichen ist zu unterscheiden, ob diese aufgrund von unterschiedlichen Nutzungen – wie z.B. Produktion und Lagerung – oder Nutzern, z.B. zwei oder mehrere Firmen in einem Gebäude, erfolgt. Obgleich die Bereiche von Industriegebäuden mit unterschiedlichen Nutzungen und Risiken grundsätzlich durch Wände voneinander getrennt werden sollten, ist dies häufig prozessbedingt nicht möglich. Dieser Sachverhalt ist im Rahmen des Brandschutzkonzepts besonders zu berücksichtigen. Bereiche mit unterschiedlichen Nutzern sind gemäß Baurecht in unterschiedliche Nutzungseinheiten zu unterteilen und baulich voneinander zu trennen. Doch auch hier ist aus produktionstechnischen Gründen, z.B. bei verschiedenen Firmen in einer Automobil-Montagehalle, häufig eine bauliche Trennung nicht möglich. Daher ist dem Schutzziel der MBO durch andere, kompensierende Maßnahmen zu entsprechen.

3.3.2 Stabilisierung der Gebäude

In Abhängigkeit von Art und Nutzung der Gebäude erfolgt die Gebäudestabilisierung durch Kerne, Wand- und Deckenscheiben, horizontale bzw. vertikale Verbände oder Rahmenkonstruktionen. Mögliche Gebäudeerweiterungen und Nachrüstmöglichkeiten für die Anlage sind bei der Festlegung des Aussteifungssystems zwingend zu berücksichtigen.

Bei der konstruktiven Ausbildung der Bauteile sind die im Brandfall möglichen größeren Ausdehnungen zu berücksichtigen. Dabei sind insbesondere mögliche Zwangbeanspruchungen und Auflagerverschiebungen in ihren Auswirkungen zu verfolgen.

Im Falle einer Fugenausbildung mit zweischaliger BA- bzw. BBA-Wand müssen beide Schalen von einander unabhängig und auch im Brandfall standsicher sein. Dabei ist der Abstand so zu wählen, dass im Brandfall keine Zerstörung zu befürchten ist (Bild 6). Werden gegenüberliegende Außenwände wie zweischalige Brandwände (BW) ausgebildet und in einem größeren Abstand voneinander angeordnet, so lässt sich ein Systemversagen beider Außenwände infolge Brandeinwirkung vermeiden.

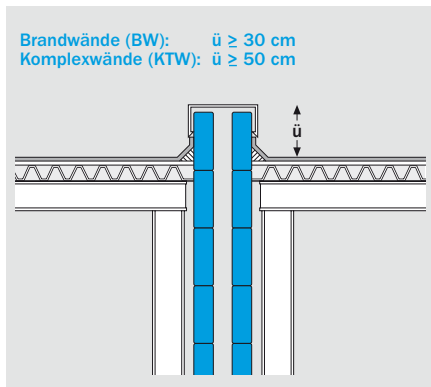


Bild 6: Zweischalige Wandausführung: standsticher im Brandfall [6]

3.3.3 Geschosse unter der Geländeoberfläche

Geschosse unterhalb der Geländeoberfläche (Kellergeschosse) stellen im Hinblick auf die Brandbekämpfung besondere Probleme dar, da die Zugänglichkeit in der Regel eingeschränkt ist. Wegen der häufig nur geringen Raumhöhen existiert nur kurze Zeit eine raucharme Schicht. Zudem werden Kellerräume häufig in ungeeigneter Weise zur Lagerung von Stoffen mit ungeschützten Brandlasten verwendet. Daher sollten Lagerstoffe möglichst nicht in Kellergeschossen oder nur geschützt in dafür ausgebildeten Räumen gelagert werden.

Nach Abschnitt 5.4 der MIndBauRL sind daher Geschosse von Brandabschnitten, die ganz oder teilweise unter der Geländeoberfläche liegen und bei denen nicht zumindest eine Seite auf voller Länge von außen für die Feuerwehr zugänglich ist, durch raumabschließende feuerbeständige Wände auszubilden. Für das erste Untergeschoss gelten Abschnitte von maximal 1.000 m², für alle tiefer gelegenen Untergeschosse 500 m².

Die Flächenbeschränkungen gelten in gleicher Größe für die Flächen von Brandbekämpfungsabschnitten.

Für den Fall der Anordnung einer selbsttätigen Feuerlöschanlage oder der Nutzung der Flächen ausschließlich zum Betrieb von Wasserklär- oder Wasseraufbereitungsanlagen dürfen die vorgenannten Flächenwerte auf das Dreieinhalbfache erhöht werden.

3.3.4 Brandabschnitte und Brandbekämpfungsabschnitte

Im Hinblick auf die Anwendung der MIndBauRL ist eine Differenzierung bei der Raumberücksichtigung in Geschossen

bzw. Ebenen erforderlich. Somit kann, je nach Ausbildung, ein Gebäude n-geschossig, n-ebenig oder gemischt geschossig bzw. ebenig sein (Bild 7). Dies hat entsprechende Auswirkungen auf die Anzahl der Brandbekämpfungsabschnitte in einem Gebäude.

Sobald Deckenöffnungen größer als 50 % der Grundfläche sind, z.B. bei umlaufenden Galerien, liegen keine eigenständigen Ebenen vor. Überschreiten die Flächenbereiche in der jeweiligen Ebene oder im Geschoss 50 % der Grundfläche, so ist diese Fläche als weitere Ebene zu berücksichtigen.

Während bei Geschossen die Deckenausbildung eindeutig geregelt ist, bedarf es bei Ebenen einer näheren Definition. Danach werden, entsprechend DIN 18230-1 [5] Abdeckungen von Öffnungen, Gitterroste sowie Blechabdeckungen wie Tränen- oder Riffelblech, die hinsichtlich ihrer Tragfähigkeit nicht für die erforderliche Feuerwiderstandsdauer bemessen sind, nicht bei der Flächenermittlung der BBA-Fläche angerechnet. Vor diesem Hintergrund ist die Berücksichtigung der Brandabschnitte bzw. Brandbekämpfungsabschnitte wie folgt geregelt:

Ein Brandabschnitt ist der Bereich eines Gebäudes zwischen seinen Außenwänden und/oder den Wänden, die als Brandwände (BW) oder Komplexwände (KTW) über alle Geschosse ausgebildet sind. Dementsprechend ist die BA-Fläche die Nettoflä-

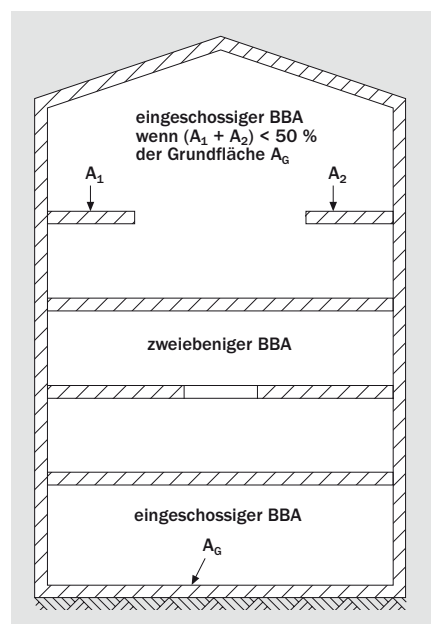


Bild 7: Gebäude mit drei Brandbekämpfungsabschnitten (BBA)

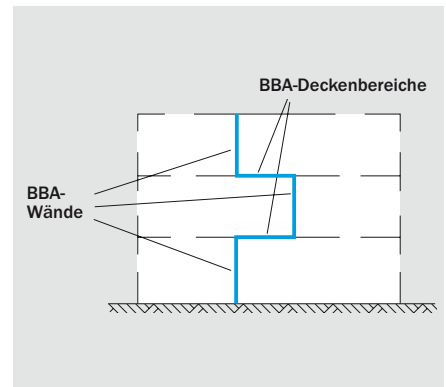


Bild 8: Dreiebeniges Gebäude mit zwei Brandbekämpfungsabschnitten (BBA)

che des Brandabschnitts innerhalb dessen Grundfläche. Die BA-Fläche ist begrenzt. Ihre zulässige Größe ist nach der MIndBauRL bei Anwendung des Verfahrens nach Abschnitt 6, Tabelle 1, in Abhängigkeit von der Anzahl der Geschosse des Gebäudes, der Feuerwiderstandsdauer der tragenden und aussteifenden Bauteile sowie der definierten Sicherheitskategorie festgelegt.

Bei der Berücksichtigung von Brandbekämpfungsabschnitten wird davon ausgegangen, dass diese die Brandabschnitte in „Unterabschnitte“ gliedern. Demnach ist ein Brandbekämpfungsabschnitt ein gegenüber anderen Gebäudebereichen brandschutztechnisch abgetrennter, ein- oder mehrebeniger Gebäudebereich mit spezifischen Anforderungen an Wände und Decken, die ihn begrenzen. Im Gegensatz zum Brandabschnitt können BBA-Wände versetzt angeordnet sein und werden durch verbindende BBA-Decken zu einem Begrenzungs-system ergänzt (Bild 8). Dementsprechend können die ebenenweise betrachteten BBA-Flächen eines Brandbekämpfungsabschnitts unterschiedliche Größen aufweisen. Die zulässige Größe der BBA-Flächen richtet sich nach Abschnitt 7.5 der MIndBauRL.

3.3.5 Ausbildung von Rauchabschnitten

Bei Industriegebäuden wird die Personenrettung in der Phase des Entstehungsbrandes durch Selbstrettung vorausgesetzt. Grundlage dazu ist die Ausbildung der Brandbekämpfungsabschnitte und Anordnung der Rettungswege. Daher dient die Rauchableitung in einem Brandbekämpfungsabschnitt im Wesentlichen der Sicherung der Brandbekämpfung durch die Feuerwehr. Entsprechend dem Überarbeitungsentwurf der MIndBauRL werden folgende Rauchabschnittsgrößen unterschieden und näher definiert:

- Räume kleiner als 200 m² bedürfen keiner Rauchabzugsanlagen.
- Im Bereich von 200 bis 1.600 m² müssen die Räume Wand- und/oder Deckenöffnungen haben, die eine Rauchableitung ins Freie ermöglichen. Falls keine selbsttätigen Feuerlöschanlagen vorhanden sind, sollten die Räume Öffnungsflächen haben, die mindestens 2 % der Grundfläche des Raums betragen.
- Räume, die einzeln eine Fläche von mehr als 1.600 m² bis zu 5.000 m² aufweisen, müssen Rauchabzugsanlagen haben. Die erforderliche Größe der Öffnungen ist im Abschnitt 5.6 der überarbeiteten MIndBauRL dargestellt.
- Für Räume > 5.000 m² gelten die vorgenannten Regelungen ebenso, wenn diese durch Rauchschürzen in höchstens 5.000 m² große Rauchabschnitte unterteilt sind. Größere Rauchabschnitte können bei Vorliegen der Voraussetzungen durch Anwendung von Verfahren des Brandschutzingenieurwesens nachgewiesen werden.

Bei Produktions- und Lagerräumen, die mit automatischer Brandmeldeanlage und Werkfeuerwehr oder selbsttätigen Feuerlöschanlagen geschützt sind, genügen natürliche Rauchabzugsanlagen mit mindestens 0,5 % aerodynamisch wirksamer

Rauchabzugsfläche, bezogen auf die Fläche des Raums.

Da für die Normalgeschosse in einem mehrgeschossigen Industriebau in der Regel keine vertikale Rauchableitung möglich ist – ausgenommen maschinelle Rauchableitung entsprechend DIN 18232-5 – erfolgt diese im Bereich der Außenwände als horizontale Rauchableitung über entsprechende vertikale Öffnungen – in der Regel Fenster. Nach der Arbeitsstättenrichtlinie müssen sich diese als Sichtverbindungen nach außen im unteren Wandbereich befinden. Dies steht der erforderlichen Anordnung von Öffnungen zur Rauchableitung im oberen Wandbereich entgegen. Deshalb kommen bei Industriegebäuden mit großen Geschosshöhen in der Regel die im Bild 9 dargestellten Öffnungsvarianten alternativ zur Anwendung. Dabei kann bei der Bandfassade an Stelle des oberen Fensterbandes z.B. auch eine ständig offene oder öffnenbare Lamellenkonstruktion zur Anwendung kommen.

3.3.6 Länge und Ausbildung von Rettungswegen

Zu den Rettungswegen in Industriebauten gehören nach Abschnitt 5.5 der MIndBauRL insbesondere die Hauptgänge in den Produktions- und Lagerräumen, die Ausgänge aus diesen Räumen, die notwendigen Flure und Treppen und die Ausgänge ins Freie. Dabei muss jeder Raum von mehr als 200 m² mindestens zwei Ausgänge haben.

Bei mehrgeschossigen oder mehr Ebenigen Industriebauten mit einer Grundfläche von mehr als 1.600 m² müssen pro Geschoss bzw. Ebene mindestens zwei möglichst entgegengesetzt liegende bauliche Rettungswege vorhanden sein. Dies müssen nicht unbedingt Ausgänge sein. Einer dieser Rettungswege darf über Außentreppen oder Treppenräume, über Rettungsbalkone, über Terrassen und/oder über begehbare Dächer auf das Grundstück führen, wenn er im Brandfall durch Feuer und Rauch nicht gefährdet werden kann.

Von jeder Stelle eines Produktions- oder Lagerraums soll mindestens ein Hauptgang mit mindestens 2 m Breite nach höchstens 15 m Lauflänge erreichbar sein. Diese sollen dabei geradlinig auf kurzem Wege zu Ausgängen ins Freie, zu notwendigen Treppenräumen, zu anderen Brandabschnitten und Brandbekämpfungsabschnitten (BA/BBA) führen. Diese anderen BA/BBA müssen Ausgänge unmittelbar ins Freie oder zu notwendigen Treppenräumen mit einem sicheren Ausgang ins Freie haben.

Die maximal zulässigen Rettungswege sind abhängig vom Vorhandensein einer Alarmierungseinrichtung, Tafel 1.

Bei Raumhöhen zwischen 5 m und 10 m darf interpoliert werden. Das Auslösen der Alarmierungseinrichtung muss alternativ erfolgen durch

- eine automatische Brandmeldeanlage oder mittels Handauslösung von der Feuermeldestelle
- mindestens einer Handauslösung bei einer selbsttätigen Feuerlöschanlage.

Die vorgenannten Entfernungen werden in der Luftlinie gemessen, jedoch nicht durch Bauteile hindurch. Die tatsächliche Lauflänge darf nicht mehr als das 1,5-fache der Entfernung betragen.

Tafel 1: Maximal zulässige Rettungsweglängen in Brandabschnitten (BA) bzw. Brandbekämpfungsabschnitten (BBA)

Alarmierungseinrichtung für die Nutzer	mittlere lichte Raumhöhe [m]	maximal zulässige Rettungsweglänge [m]
nicht vorhanden	5	35
	10	50
vorhanden	5	50
	10	70

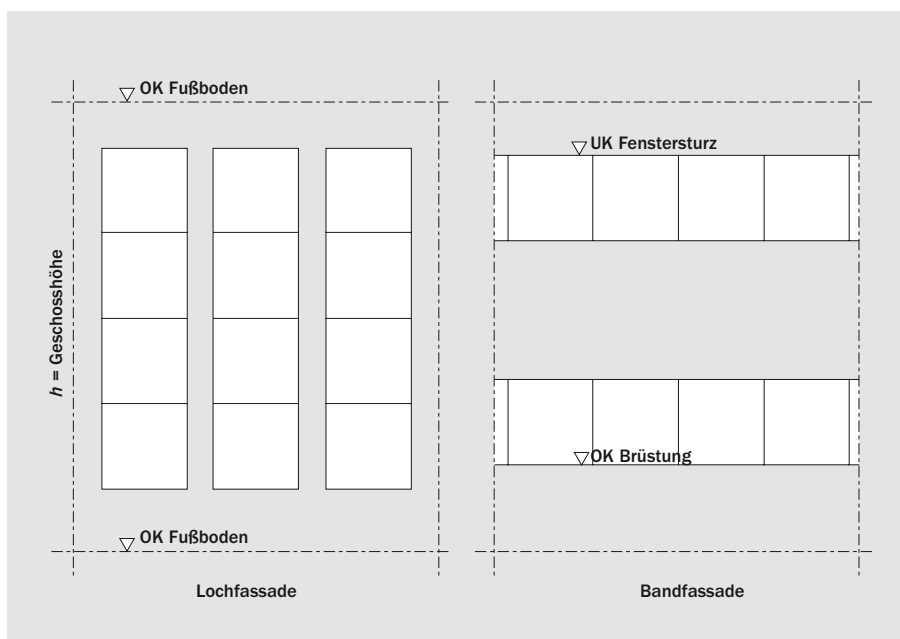


Bild 9: Öffnungsvarianten zur horizontalen Rauchableitung

3.4 Gebäudeteile und Bauteile

3.4.1 Brandwände und Brandbekämpfungsabschnittswände

Die Ausbildung von Brandwänden und Wänden zur Trennung von Brandbekämpfungsabschnitten (BBA-Wänden) erfolgt entsprechend Abschnitt 5.8 der MIndBauRL. Die dort genannten Elemente werden im VdS-Merkblatt „Brand- und Komplextrennwände“ [6] sehr anschaulich näher erläutert. Dessen Beispiele werden auszugsweise zur Illustration herangezogen.

Brandwände und BBA-Wände sind mindestens 50 cm über Dach zu führen. In Bild 10 sind gemäß MBO jedoch nur 30 cm dargestellt. Dies gilt insbesondere bei Dächern, die aus nichtfeuerbeständigen oder brennbaren Baustoffen ausgeführt sind. Brennbare Teile dürfen nicht über diese Überdachführungen hinweg geführt werden. Die in Bild 11 dargestellte Wandausführung bei feuerbeständigem Dach wurde nicht in der MIndBauRL vermerkt, ist jedoch als solche nicht ausgeschlossen.

Weitere Darstellungen von Brandwänden im Dachbereich sind in [7] aufgeführt. Im Bereich der Außenwände ist z.B. durch ein mindestens 50 cm vor der Außenwand vorstehendes Teil der Brandwand oder

BBA-Wand einschließlich der Bekleidung aus nichtbrennbaren Stoffen eine Brandübertragung auf andere BA oder BBA zu behindern (Bild 12).

Alternativ kann z.B. ein Außenwandabschnitt aus nichtbrennbaren Baustoffen einschließlich seiner Bekleidung mit einer Breite von mindestens 1 m zur Überbrückung der Stirnseiten von BW bzw. BBA-Wand ausgebildet werden. Bei einer brennbaren Außenwandbekleidung ist die Überbrückung der Stirnseite auf einer Länge von jeweils 1 m anzuordnen (Bild 13).

Sind Gebäude oder Gebäudeteile in einem Winkel von $\leq 120^\circ$ zueinander angeordnet, so besteht eine erhöhte Gefahr der Brandausbreitung über Eck. Der Gefahr kann durch eine in Bild 14 und Bild 15 dargestellte Anordnung der BW- bzw. BBA-Wand begegnet werden.

Anstelle einer inneren Brandwand können zwei sich gegenüberstehende Wände in F 90-A-Bauweise verwendet werden (s. Bild 6). Die diese Wände unterstützenden oder aussteifenden Bauteile sind in derselben Feuerwiderstandsklasse auszuführen wie die tragenden Bauteile des zugeordneten BBA.

Bauteile mit brennbaren Stoffen dürfen in BW bzw. BBA-Wände nur so weit eingreifen, dass der verbleibende Wandquerschnitt die erforderliche Feuerwiderstandsklasse aufweist.

Öffnungen in Brandwänden oder BBA-Wänden sind zulässig, wenn sie dicht- und selbstschließende Abschlüsse in der Feuerwiderstandsfähigkeit der Wände, höchstens jedoch solche wie für feuerbeständige Wände, haben. Sie müssen nach DIN 4102 klassifiziert sein. Sind Abschlüsse aus betrieblichen Gründen offen zu halten, müssen sie mit Feststellanlagen versehen sein, die bei Raucheinwirkung selbsttätig schließen. Lichtdurchlässige Teilflächen als Brandschutzverglasungen müssen mindestens die gleiche Feuerwiderstandsklasse wie die angrenzenden Wände aufweisen, Bild 16 und Bild 17.

Statisch erforderliche Anschlüsse zur Aufnahme von Stoßbeanspruchungen nach DIN 4102-3 sind so auszubilden, dass die erforderliche Standsicherheit und der Funktionserhalt der Brandwände gewährleistet werden. Beispiele zu Anschlüssen sind mit Bild 18 und in [7] exemplarisch dargestellt.

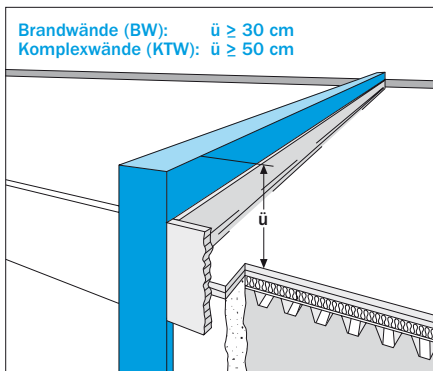


Bild 10: Brandwandausführung zwischen Gebäuden gleicher Höhe [6]

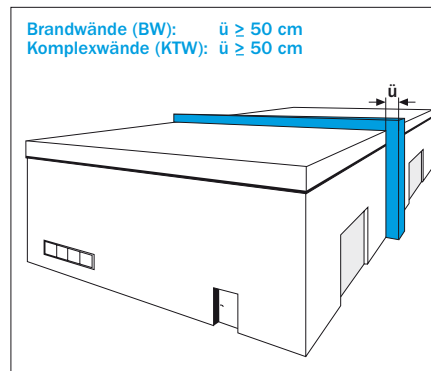


Bild 12: Brandwandausführung über die Außenwandebene hinaus [6]

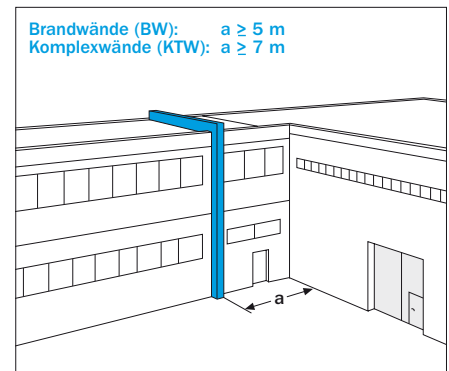


Bild 14: Brandausbreitung über Eck: Winkelbeeinflussung mit abgerückter Wand [6]

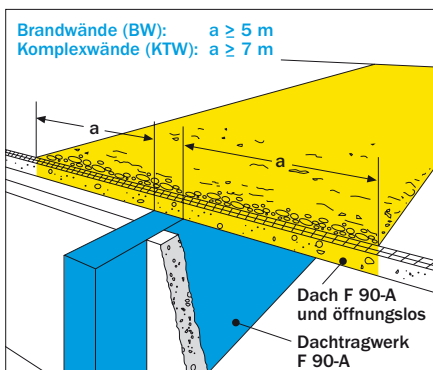


Bild 11: Brandwandausführung bei feuerbeständigem Dach [6]

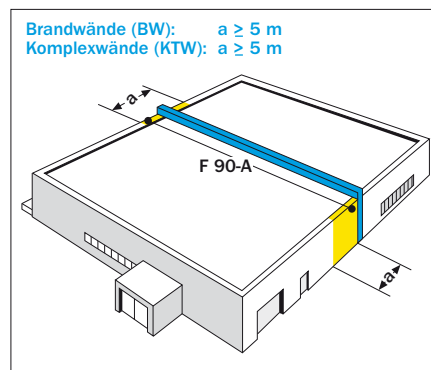


Bild 13: Brandwandausführung im Anschluss an feuerbeständige Außenwandebene [6]

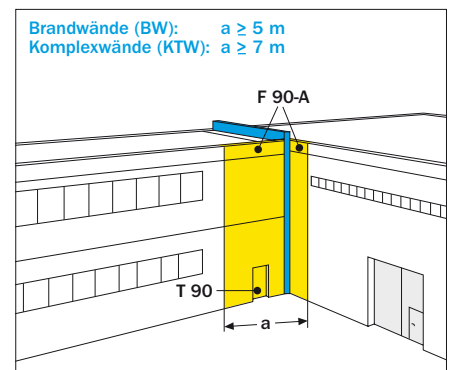


Bild 15: Brandausbreitung über Eck: Winkelbeeinflussung mit Wandabschnitt F 90-A [6]

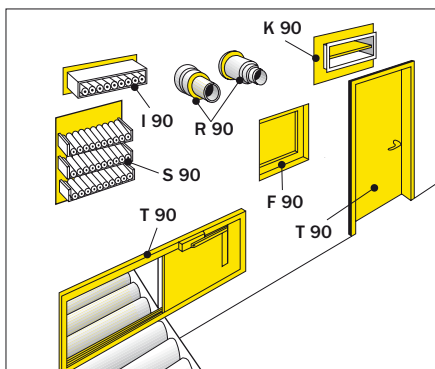


Bild 16: Feuerbeständig geschützte Öffnungen nach DIN 4102 [6]

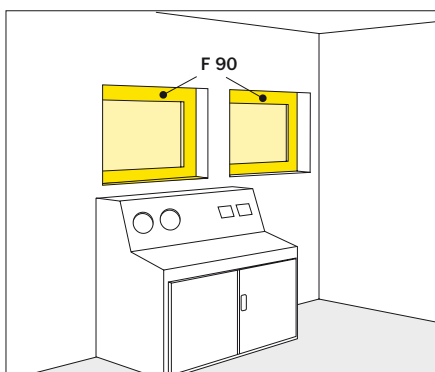


Bild 17: Lichtdurchlässige Teilflächen als Brandschutzverglasungen [6]

3.4.2 Nicht tragende Außenwände und Außenwandbekleidungen

Zur Verminderung des Risikos der Brandausbreitung bei großflächigen Außenwänden müssen bei Industriebauten mit ei-

ner Grundfläche von mehr als 2.000 m² die nichttragenden Außenwände und Außenwandbekleidungen einschließlich der Dämmstoffe und Unterkonstruktionen aus folgenden Baustoffen bestehen:

- bei erdgeschossigen Bauten ohne selbsttätige Feuerlöschanlagen und bei mehrgeschossigen sowie mehr-ebenen Bauten mit selbsttätigen Feuerlöschanlagen aus mindestens schwerentflammbaren Baustoffen der Baustoffklasse B 1
- bei mehrgeschossigen und mehr-ebenen Bauten ohne selbsttätige Feuerlöschanlagen aus nichtbrennbaren Baustoffen, Baustoffklasse A

Diese Anforderungen gelten nicht für Außenwandbekleidungen wie z.B. aus polymeren Werkstoffen, die planmäßig als Wärmeabzugsflächen nach DIN 18230-1 [5] eingesetzt werden.

3.4.3 Feuerüberschlagsweg

Zur Behinderung einer vertikalen Brandübertragung zwischen übereinander angeordneten BA bzw. BBA sind geeignete Vorkehrungen zu treffen, wie z.B.

- mindestens 1,5 m weit ausragende ausreichend feuerwiderstandsfähige Bauteile,
- ausreichend feuerwiderstandsfähige Bauteile mit einer Höhe von mindestens 1,5 m zwischen den Öffnungen. Bei Vorliegen höherer Sicherheitskategorien kann die Höhe auf 1 m reduziert werden.

Die Bauteile sind ausreichend feuerwiderstandsfähig, wenn sie entweder aus nichtbrennbaren Baustoffen bestehen und der Feuerwiderstandsfähigkeit der angrenzenden Decke entsprechen oder wenn sie – bei brennbaren Stoffen – mit einer brandschutztechnisch wirksamen Bekleidung aus nichtbrennbaren Baustoffen versehen sind.

3.4.4 Bedachungen

Zur Behinderung der Brandausbreitung bei großflächigen Dächern müssen Industriebauten mit einer Dachfläche von mehr als 2.500 m² im Bereich der Bedachung (Dachkante, Wärmedämmung, Dampfsperre, Träger der Dachhaut u.ä.) von BA bzw. BBA z.B. wie folgt alternativ ausgebildet sein:

- Aufbau entsprechend DIN 18234-1 einschließlich Beiblatt 1
- tragende Dachschale aus mineralischen Baustoffen
- andere Bedachungen aus nichtbrennbaren Baustoffen

Die vorstehenden Anforderungen gelten nicht für erdgeschossige Lagerflächen mit einer Fläche bis zu 3.000 m², wenn im Lager ausschließlich nichtbrennbare Stoffe oder Waren unverpackt gelagert sind. Dies gilt auch, wenn Verpackung und Lager- bzw. Transporthilfsmittel nicht zur Brandausbreitung beitragen.

Im Bereich von Dachdurchdringungen ist durch konstruktive Maßnahmen, z.B. entsprechend DIN 18234-4, eine Brandweiterleitung zu verhindern.

3.5 Technische Anlagen

3.5.1 Rauch- und Wärmeabzugsanlagen

Neben der DIN EN 12102-2 enthalten insbesondere die Teile 2, 4 und 7 der DIN 18232 die für die Rauch- und Wärmefreihaltung von Brandabschnitten bzw. Brandbekämpfungsabschnitten erforderlichen Angaben zur Auslegung der RWA-Anlagen. Wegen der Vielfalt der zu beachtenden Aspekte wird auf diese Normen verwiesen.

3.5.2 Brandmeldeanlagen

Automatische Brandmeldeanlagen dürfen nur berücksichtigt werden, wenn sie flächendeckend angeordnet sind und mit technischen Maßnahmen zur Vermeidung von Falschalarmen ausgeführt und betrieben werden. Brandmeldungen sind unmittelbar zur zuständigen Feueralarmierungsstelle zu übertragen. Brandmeldeanlagen können auch ohne besondere Maßnahmen zur Vermeidung von Falschalarmen ausgeführt werden, wenn die Anlage unmittelbar auf die Leitstelle der zuständigen Werkfeuerwehr aufgeschaltet ist. Unter gegebenen Voraussetzungen kann eine Sprinkleranlage eine Brandmeldeanlage ersetzen. Dabei muss jedoch die Weiterleitung der Brandmeldung an eine ständig besetzte Stelle sichergestellt sein.

Ist in Brandabschnitten oder Brandbekämpfungsabschnitten eine sofortige Brandentdeckung und Weitermeldung sichergestellt, so kann dies hinsichtlich der Branderkennung und -meldung einer automatischen Brandmeldeanlage gleichgesetzt werden.

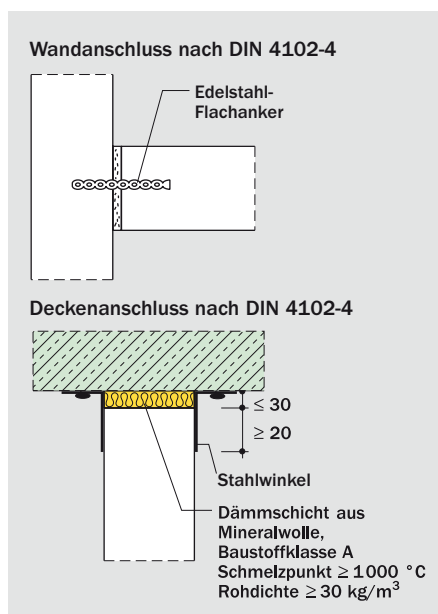


Bild 18: Beispiele für Wand- und Deckenanschlüsse an Brandwände nach DIN 4102-4 [7]

3.5.3 Feuerlöschanlagen

Selbsttätige Feuerlöschanlagen dürfen allgemein nur verwendet werden, wenn sie für das vorhandene Brandgut geeignet und mit über den Räumen flächendeckend verteilten Düsen o.ä. ausgestattet sind. Sofern sie als Einrichtungsschutzanlagen oder zur Beherrschung von erhöhten Brandlasten auf Teilflächen verwendet werden, ist auch eine nur lokale Anordnung statthaft. Halbstationäre Löschanlagen dürfen nur in Verbindung mit einer Werkfeuerwehr genutzt werden, wenn sie unter Beachtung der allgemeinen Regeln der Technik ausgelegt sind. Sie sind von der zuständigen Brandschutzbehörde zu begutachten und von einem Sachverständigen zu prüfen. Halbstationäre Löschanlagen dürfen ferner nur in Verbindung mit einer automatischen Branderkennung und -meldung sowie Weiterleitung an ei-

ne ständig besetzte Stelle angewendet werden.

3.6 Anforderungen an Baustoffe und Bauteile nach MIndBauRL

Neben den allgemeinen Anforderungen zur konstruktiven Gestaltung von Industrieanlagen sind nach MIndBauRL weitere Anforderungen an die Baustoffe und Bauteile sowie an die Größe der Brandabschnitte bzw. Brandbekämpfungsabschnitte gestellt. Zum Nachweis der Entsprechung dieser Anforderungen stehen drei Nachweisverfahren zur Verfügung, die nachfolgend näher erläutert werden.

3.6.1 Tabellenverfahren nach Abschnitt 6

Das so genannte Tabellenverfahren nach Abschnitt 6 der MIndBauRL dient der Ermittlung der zulässigen Größe der Brandabschnittsflächen von Geschoss-

bauten im Bereich des Industriebaus. Eingangswerte sind dabei die in Sicherheitskategorien erfasste brandschutztechnische Infrastruktur wie automatische Brandmeldeanlagen, Werkfeuerwehr und selbsttätige Feuerlöschanlagen. Auch die geplante Feuerwiderstandsdauer der tragenden und aussteifenden Bauteile sowie die Anzahl der oberirdischen Geschosse des Gebäudes gehören dazu. Das Verfahren setzt definierte Geschosse in allen Höhenlagen des Gebäudes voraus.

Müssen Wände die Feuerwiderstandsklasse (F 30/F 60/F 90) erfüllen und zusätzlich mechanischer Belastung (M) standhalten, so werden diese Anforderungen mit KS-Brandwänden (REI-M 90) nach DIN 4102-4 oder abZ sicher erfüllt.

Tafel 2: Erforderliche Feuerwiderstandsklassen von Bauteilen

1	2	3	4
rechnerisch erforderliche Feuerwiderstandsdauer $erf t_f$ nach DIN 18230-1 [min]	Feuerwiderstandsfähigkeit von 1. Wänden und Decken, die Brandbekämpfungsabschnitte trennen oder tragenden und aussteifenden Bauteilen, die Brandbekämpfungsabschnitte überbrücken, 2. Abschlüssen von Öffnungen in Bauteilen nach Nr. 1 3. Lüftungsleitungen, Installationsschächten und -kanälen oder Vorkehrungen gegen Brandübertragung bei Leitungen, Lüftungsleitungen, Installationsschächten und -kanälen ohne Feuerwiderstandsfähigkeit, die Brandbekämpfungsabschnitte überbrücken	Feuerwiderstandsfähigkeit von Bauteilen in der Brandsicherheitsklasse SK _b 3, die nicht in Zeile 1, Spalte 2, Nr. 1, einzuordnen sind	Feuerwiderstandsfähigkeit von 1. Bauteilen 2. Abschlüssen von Öffnungen in Bauteilen mit Feuerwiderstandsfähigkeit 3. Lüftungsleitungen, Installationsschächten und -kanälen oder Vorkehrungen gegen Brandübertragung bei Leitungen, Lüftungsleitungen, Installationsschächten und -kanälen ohne Feuerwiderstandsfähigkeit, die Bauteile mit Feuerwiderstandsfähigkeit überbrücken in der Brandschutzklasse SK _b 2 und SK _b 1
≤ 15	zu 1. feuerhemmend und aus nichtbrennbaren Baustoffen ¹⁾ zu 2. feuerhemmend, dicht- und selbstschließend zu 3. feuerhemmend	keine Anforderungen	keine Anforderungen
> 15 bis ≤ 30	zu 1. feuerhemmend und aus nichtbrennbaren Baustoffen ¹⁾ zu 2. feuerhemmend, dicht- und selbstschließend zu 3. feuerhemmend	feuerhemmend mit tragenden und aussteifenden Teilen aus nichtbrennbaren Baustoffen und bei raumabschließenden Bauteilen zusätzlich eine in Bauteilebene durchgehende Schicht aus nichtbrennbaren Baustoffen ²⁾³⁾	zu 1. feuerhemmend zu 2. feuerhemmend, dicht- und selbstschließend zu 3. feuerhemmend
> 30 bis ≤ 60	zu 1. hochfeuerhemmend und aus nichtbrennbaren Baustoffen ¹⁾ zu 2. hochfeuerhemmend, dicht- und selbstschließend zu 3. hochfeuerhemmend	hochfeuerhemmend ²⁾³⁾	zu 1. hochfeuerhemmend und aus brennbaren Baustoffen zu 2. hochfeuerhemmend, dicht- und selbstschließend zu 3. hochfeuerhemmend
> 60 ⁴⁾	zu 1. feuerbeständig und aus nichtbrennbaren Baustoffen ¹⁾ zu 2. feuerbeständig, dicht- und selbstschließend zu 3. feuerbeständig	feuerbeständig ³⁾	zu 1. feuerbeständig und aus brennbaren Baustoffen zu 2. feuerbeständig, dicht- und selbstschließend zu 3. feuerbeständig

¹⁾ Die Wände müssen raumabschließend sein. Deren Feuerwiderstandsfähigkeit muss auch unter zusätzlicher mechanischer Beanspruchung (wie bei Brandwänden) gewährleistet sein.

²⁾ Für Bauteile in Industriebauten bis zu zwei Ebenen feuerhemmend bzw. hochfeuerhemmend und aus brennbaren Baustoffen

³⁾ Mit einer brandschutztechnisch wirksamen Bekleidung aus nichtbrennbaren Baustoffen

⁴⁾ Die Werte der Spalten 2 bis 4 gelten auch für eine rechnerisch erforderliche Feuerwiderstandsdauer $erf t_f$ von mehr als 90 Minuten, die sich insbesondere aus einem Teilflächennachweis ergeben können.

3.6.2 Rechenverfahren nach Abschnitt 7

Im Abschnitt 7 der MIndBauRL ist die Anwendung des Rechenverfahrens nach DIN 18230-1 geregelt. Danach wird auf der Grundlage der ermittelten Brandlasten durch das Rechenverfahren aus dem globalen Nachweis oder aus dem Teilabschnittsnachweis

- die äquivalente Branddauer $t_{\bar{s}}$ zur Bestimmung der zulässigen Fläche und
- die rechnerisch erforderliche Feuerwiderstandsdauer $eff t_F$ zur Bestimmung der Anforderungen an die Bauteile nach den Feuerwiderstandsklassen für einen Brandbekämpfungsabschnitt bzw. Teilabschnitt ermittelt.

Während die Ermittlung der äquivalenten Branddauer bzw. erforderlichen Feuerwiderstandsdauer auf der Grundlage der DIN 18230-1 erfolgt, wird die zulässige Flächengröße von Brandbekämpfungsabschnitten unmittelbar nach Abschnitt 7.5 der MIndBauRL ermittelt. Bewertete Eingangsparameter dazu sind die äquivalente Branddauer, die brandschutztechnische Infrastruktur, die Höhe des Brandbekämpfungsabschnitts über der für die Feuerwehr anfahrbaren Ebene, die Anzahl der Ebenen des Brandbekämpfungsabschnitts sowie die Art der Ausführungen der Öffnungen in den Decken. Insbesondere zur Berücksichtigung der brandschutztechnischen Wirksamkeit von Emporen, Galerien etc. werden Angaben zur Ermittlung der Anzahl der Ebenen gemacht. Anforderungen an die Bauteile sowie Konstruktionsangaben ergänzen die Angaben zur Ermittlung der Rechenwerte.

Die Anwendung des Rechenverfahrens DIN 18230-1 ist vergleichsweise einfach, setzt jedoch „Ingenieurverstand“ voraus. Es ist auf eine erforderliche Feuerwiderstandsdauer von weniger als 90 Minuten beschränkt. Die erforderlichen Feuerwiderstandsdauern von Bauteilen sind in Tafel 2 dargestellt.

3.6.3 Rechenverfahren nach Abschnitt 8

Das nach Abschnitt 8 der MIndBauRL geregelte Rechenverfahren ist derzeit noch nicht normiert. Daher werden im Anhang 1 die Voraussetzungen für die Nachweise mit Methoden des Brandschutzingenieurwesens näher definiert, die bei der Anwendung der Rechenverfahren zu beachten sind. Die Berechnungsmethoden sind relativ komplex, so dass deren Anwendung nur durch entsprechende Sachverständige erfolgen kann.

4. FEUERWIDERSTÄNDE UND AUSBILDUNG DER BAUTEILE

Bauaufsichtliche Verwendbarkeitsnachweise zum vorhandenen Feuerwiderstand können erbracht werden durch:

- genormte Bauarten nach der DIN 4102
- allgemeine bauaufsichtliche Zulassungen (abZ)
- allgemeines bauaufsichtliches Prüfergebnis einer dafür anerkannten Prüfstelle (abP)
- Zustimmung im Einzelfall (ZiE) durch die zuständige oberste Bauaufsichtsbehörde

4.1 Benennungen der Feuerwiderstandsfähigkeit

Nach der MBO § 26 Abs. 2 und der Bauregelliste A, Teil 1, Anlage 0.1.1 [8], werden Bauteile nach den Anforderungen an ihre Feuerwiderstandsfähigkeit unterschieden in

1. feuerhemmend
2. hochfeuerhemmend
3. feuerbeständig

Die Feuerwiderstandsfähigkeit bezieht sich bei tragenden und aussteifenden Bauteilen auf deren Standsicherheit im Brandfall, bei raumabschließenden Bauteilen auf deren Widerstand gegen die Brandausbreitung. Hintergrund für diese Art der Bezeichnung der Feuerwiderstandsfähigkeit sind die europäischen Harmonisierungsbestrebungen für die Begrifflichkeiten. Ferner sind nach der MBO § 26, Abs. 2, die Bauteile im Hinblick auf ihr Brandverhalten in vier Gruppen voneinander zu unterscheiden.

Anders als nach MBO wird die Feuerwiderstandsfähigkeit der Bauteile gemäß der DIN 4102-2 durch Feuerwiderstandsklassen ausgedrückt (z.B. F 30, F 60, F 90), die nicht direkt mit den Angaben der MBO korrespondieren [9]. Auch die Bezeichnungen nach der DIN 4102-1 zur Beschreibung des Brandverhaltens, ausgedrückt durch Baustoffklassen (z.B. A, B, AB), weicht ab von der Gruppenbezeichnung nach MBO. Aus diesem Grund wurde eine Übersetzung der vorgenannten Begrifflichkeiten in der Bauregelliste A dargestellt, die hier mit Tafel 3 verdeutlicht wird.

4.2 Vorhandene Feuerwiderstände

Grundlage für die nachzuweisenden Feuerwiderstände ist im Allgemeinen die DIN 4102 mit ihren 17 Teilen. Sie ist im Wesentlichen eine Prüfnorm, nach deren Regelungen die vorhandenen Feuerwiderstände der Bauteile ermittelt werden können. Ausgenommen von dieser grundsätzlichen Charakterisierung ist Teil 4 der DIN 4102. Darin erfolgt eine Zusammenstellung und Anwendung klassifizierter Baustoffe, Anforderungen, Bauteile und Sonderbauteile.

Eingeflossen in die DIN 4102-4 sind auch alle im Laufe der Zeit nachgewiesenen Ausführungsarten von Kalksandstein-Konstruktionen (Tafel 4). Diese Ausführungsarten sind durch die dafür maßgebenden Baustoff- und Bemessungsnormen nachgewiesen und bilden mit den dabei gesammelten Erkenntnissen eine Grundlage für die abgeleiteten allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen für KS-Wände [7].


4.3 Ausbildung der Bauteile

Wie bereits im Abschnitt 3.1.5 ausgeführt, bildet eine gut durchdachte kons-

Tafel 3: Feuerwiderstandsfähigkeit entsprechend der Bauregelliste A, Teil 1, Anlage 0.1.1, Tabelle 1

Bauaufsichtliche Anforderungen	Klassen nach der DIN 4102-2	Kurzzeichen nach der DIN 4102-2
feuerhemmend	Feuerwiderstandsklasse F 30	F 30-B
feuerhemmend und aus nichtbrennbaren Baustoffen	Feuerwiderstandsklasse F 30 und aus nichtbrennbaren Baustoffen	F 30-A
hochfeuerhemmend	Feuerwiderstandsklasse F 60 und in den wesentlichen Teilen aus nichtbrennbaren Baustoffen	F 60-AB
	Feuerwiderstandsklasse F 60 und aus nichtbrennbaren Baustoffen	F 60-A
feuerbeständig	Feuerwiderstandsklasse F 90 und in den wesentlichen Teilen aus nichtbrennbaren Baustoffen	F 90-AB
feuerbeständig und aus nichtbrennbaren Baustoffen	Feuerwiderstandsklasse F 90 und aus nichtbrennbaren Baustoffen	F 90-A

Tafel 4: Brandschutz mit KS-Wandkonstruktionen¹⁾

Wandart 	Stein, Mörtel	Mindestdicke d [mm] bei Feuerwiderstandsklasse				
		F30-A	F 60-A	F 90-A	F 120-A	F 180-A
nichttragend, raumabschließend – Wände –	DIN V 106, NM	70 (50)	115 (70)	115 (100)	115 (115)	175 (150)
	DIN V 106, DM		70 (70)	115 (100)		
	DIN V 106, DM, RDK ≥ 1,8			100 (70)		
tragend, raumabschließend – Wände –	DIN V 106, NM / DM	115 (115)	115 (115)	115 (115)	115 (115)	175 (150)
	Ausnutzungsfaktor $\alpha_2 = 0,2$				150 (115)	200 (150)
	Ausnutzungsfaktor $\alpha_2 = 0,6$				200 (150)	240 (175)
tragend, nichtraum- abschließend – Wände – Wandlänge l ≥ 1,0 m	DIN V 106, NM / DM	115 (115)	115 (115)	115 (115)	150 (115)	175 (150)
	Ausnutzungsfaktor $\alpha_2 = 0,2$			140 / 115 ³⁾ (115)	150 (115)	200 (175)
	Ausnutzungsfaktor $\alpha_2 = 0,6$				200 (175)	240 (200)
	DIN V 106, NM / DM	115 (115)	115 (115)	115 (115)	150 (115)	175 (150)
	Ausnutzungsfaktor $\alpha_2 = 0,2$			140 / 115 ³⁾ (115)	150 (115)	200 (175)
	Ausnutzungsfaktor $\alpha_2 = 0,6$				200 (175)	240 (200)

Die ()-Werte gelten für Wände mit beidseitigem bzw. allseitigem Putz nach DIN 18550-2, MG PIV oder DIN 18550-4, Leichtmörtel. Der Putz kann ein- oder mehrseitig durch eine Verblendung ersetzt werden.

¹⁾ Nach DIN 4102-4, DIN 4102-4/A1, abZ und gutachterlichen Stellungnahmen.
²⁾ Bei $3,0 < \sigma \leq 4,5 \text{ N/mm}^2$ gelten die Werte nur für KS-Mauerwerk aus Voll-, Block- und Plansteinen.
³⁾ 115 mm mit Dünnbettmörtel

truktive Ausbildung und entsprechende qualifizierte Ausführung der Gebäude und Bauteile die Grundvoraussetzung für einen wirksamen konstruktiven Brandschutz. Neben der nach wie vor auch im Brandfall funktionierenden Tragfähigkeit der dafür vorgesehenen Konstruktion sind die im Brandfall auftretenden großen Verformungen in besonderer Weise zu beachten. Potentielle Zwangkräfte sind durch Verformungsmöglichkeiten zu verhindern. Entstehende Zwangkräfte müssen durch behinderte Verformungen bei der Bemessung der Bauteile berücksichtigt werden.

Für die konstruktive Ausbildung von KS-Bauteilen im Hinblick auf ihre Feuerwiderstandsfähigkeit im Brandfall liegen vertiefte Praxiskenntnisse und langjährige Erfahrungen vor [7].

LITERATUR

- [1] Musterbauordnung (MBO). Beuth Verlag, Berlin 2002
- [2] Muster-Richtlinie über den baulichen Brandschutz im Industriebau (Muster-Industriebaurichtlinie – MIndBauRL). Beuth Verlag, Berlin 2000, erweiterter Entwurf: 01.08
- [3] Brandschutzkonzepte für Industriebauten. Hrsg: Arbeitsgemeinschaft Industriebau (AGI). Callwey Verlag, München 2008
- [4] Richtlinie zur Bemessung von Löschwasser-Rückhalteanlagen beim Lagern wassergefährdender Stoffe (LÖRüRL). Beuth Verlag, Berlin 1993
- [5] DIN 18230-1 Baulicher Brandschutz im Industriebau, Teil 1: Rechnerisch erforderliche Feuerwiderstandsdauer. Ausgabe 5.98, erweiterter Entwurf: 06.08
- [6] Brandwände und Komplextrennwände, Merkblatt für die Anordnung und Ausführung. VdS 2234 Schadenverhütung GmbH-Verlag, Köln 2008
- [7] Hahn, C.: Brandschutz. Erschienen im Fachbuch Planung, Konstruktion, Ausführung. Hrsg.: Bundesverband Kalksandsteinindustrie e.V. Verlag Bau+Technik GmbH, Düsseldorf 2009
- [8] Bauregelliste A, Deutsches Institut für Bautechnik e.V., DIBt Mitteilungen Sonderheft 36, Berlin 2008
- [9] DIN 4102-2 Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen; Bauteile, Begriffe, Anforderungen und Prüfungen. Ausgabe 9.77

Tafel 5: Brandschutz mit KS-Brandwänden und KS-Komplextrennwänden

Wandart	Steinart, RDK d [mm]	Mörtel	Brandwände/ Komplextrennwände Mindestdicke [mm]	
			einschalig	zweischalig
Brandwand ¹⁾	DIN V 106 ³⁾ , RDK ≥ 0,9	MG II MG IIa MG III MG IIIa DM	300 (300)	2 x 200 (2 x 175)
	DIN V 106 ³⁾ , RDK ≥ 1,4		240	2 x 175
	DIN V 106 ³⁾ , RDK ≥ 1,8	DM	175	2 x 150
	KS XL nach abZ, RDK ≥ 1,8	DM	175 ⁴⁾ 214	2 x 150 ⁴⁾ 2 x 175
	KS XL nach abZ, RDK ≥ 2,0	DM	175 ⁴⁾ 200	2 x 150
Komplex- trennwand ²⁾	DIN V 106	MG II MG IIa MG III MG IIIa	365	2 x 240
	KS-Mauertafeln nach Z-17.1-338	MG III	240	–
	DIN V 106, SFK 12, RDK 1,8	DM	240	–

Die ()-Werte gelten für Wände mit beidseitigem bzw. allseitigem Putz nach DIN 18550-2, MG PIV oder DIN 18550-4, Leichtmörtel. Der Putz kann ein- oder mehrseitig durch eine Verblendung ersetzt werden.

¹⁾ Nach DIN 4102-4, abZ und gutachterlichen Stellungnahmen.
²⁾ Nach VdS 2234 und gutachterlichen Stellungnahmen.
³⁾ Bemessung nach DIN 1053-1, Exzentrizität $e \leq d/3$.
⁴⁾ Mit konstruktiver oberer Halterung.

1. EINFÜHRUNG

Die Verdichtung unseres Lebensraums macht es notwendig, einheitliche Regelungen zum Schutz einer gesundheitsförderlichen Umwelt zu treffen. Trotz der ständigen Weiterentwicklung lärmarmen Arbeitsgeräte und der Berücksichtigung des Umweltfaktors Schall bei der Raumplanung sind für die Planung einzelner Anlagen detaillierte Untersuchungen anzustellen. Die Erfordernis und der Umfang dieser Untersuchungen wird in Deutschland vom Gesetzgeber in einer Verwaltungsvorschrift, der TA Lärm [1], geregelt.

Zum Schallimmissionsschutz der Nachbarschaft z.B. gegenüber schallabstrahlenden Gewerbebetrieben wird auf der Basis der Flächennutzungsplanung, der Bauleitplanung bzw. von vorhabenbezogenen Baugenehmigungen die Einhaltung von Richtwerten gefordert. Diese können als Immissionsrichtwerte im Form von Beurteilungspegeln gegebenenfalls in Kombination mit flächenbezogenen Schalleistungspegeln oder als Schalleistung von Einzelschallquellen ausgedrückt werden. Neben den im Freien zu betrachtenden Schallemitenten, wie Fahrwegen, Parkierungen und sonstigen schallemitternden Anlagen und Gerätschaften, ist auch die Schallabstrahlung von Gebäuden für die Planung wesentlich. Dies betrifft nicht nur klassische Gewerbe- und Industriebetriebe, sondern aufgrund der oftmals innerstädtischen Lage z.B. auch die Schallabstrahlung von Kulturbauten bzw. Gaststätten mit lauten Darbietungen.

In der Regel werden Planungen zum Immissionsschutz heute mittels komplexer Rechenprogramme durchgeführt, wobei heranzuziehende nationale Regelungen die Basis bilden und europäische Rechenvorschriften berücksichtigt werden. Bild 1 zeigt anhand eines Lageplans das Modell eines Betriebs. Dabei sind unterschiedliche Schallquellen wie Fahrwege als Linienschallquellen, Abstellflächen als Flächenschallquellen und Punktschallquellen für Einzelquellen wie z.B. Lüftungsöffnungen dargestellt; der wesentliche Immissionsort ist ersichtlich.

Oftmals ist bereits in der frühen Planungsphase eine Abschätzung zur Schallabstrahlung von Gebäuden oder Gebäudeteilen erforderlich. Zur wirtschaftlichen Bewertung und Gestaltung von erforderlichen Außenbauteilen wird z.B. gefragt: „Wie hoch muss die Schalldämmung der Fassade sein, um auch bei Kreissägebetrieb vor dem Schlafzimmerfenster von Herrn Huber in der Entfernung x einen Pegel von y einzuhalten?“ oder „Kann der Rückkühler mit einem Pegel z in 5 m Entfernung auch im Freien aufgestellt werden?“. Zur Beantwortung bedarf es überschlägiger Näherungsmethoden, deren Ergebnisse in die Entscheidungsprozesse einfließen.

Auf der Basis der wesentlichen Elemente des Berechnungsverfahrens werden, unter Berücksichtigung der zurückgezogenen VDI-Richtlinie 2571 [2] sowie auf der Grundlage von DIN EN 12354-4 [3] und DIN ISO 9613-2 [4], Hilfsmittel für eine erste Dimensionierung der Schallschutz-

maßnahmen dargestellt. Diese vereinfachte Berechnungsmethode soll keinesfalls erforderliche detailliertere Berechnungsmodelle in vertieften Planungsprozessen ersetzen.

2. ALLGEMEINES BERECHNUNGSMODELL

Die Schallimmission in der Nachbarschaft von „lauten Gebäuden“ wird durch den zu erwartenden Gesamtschalldruckpegel am nächstgelegenen Immissionsort sowie dessen zeitliche Bewertung und Gewichtung beschrieben. Um den Gesamtschalldruckpegel bestimmen zu können, ist eine prinzipielle Betrachtungsweise erforderlich, wie im Bild 2 dargestellt.

Folgende Elemente sind dabei wesentlich:

- Schallquelle
Schall, der von der Gebäudehülle (d.h. von deren Bauteilen) im Folge des innen herrschenden Schalldruckpegels abgestrahlt wird;
Schall von einzelnen Schallquellen, die im oder außen am Gebäude montiert sind, wie z.B. Gebläse, Transformatoren, Kühlaggregate etc.
- Übertragungsweg
Der Übertragungsweg wird nach den Schallausbreitungsgesetzen im Freien gemäß den entsprechenden Normen beschrieben.
- Immissionsort
Anforderungen an zulässige Schalldruckpegel bzw. Schall-Leistungen können ab-

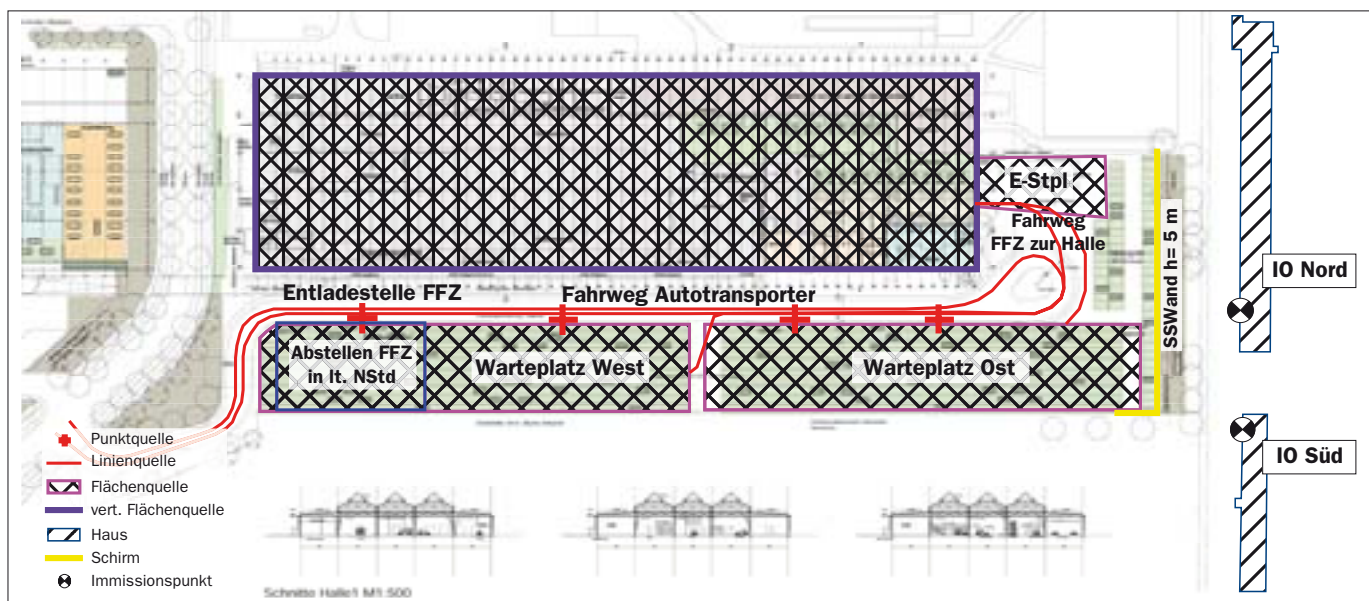


Bild 1: Lageplan zum Berechnungsmodell für die Schallabstrahlung eines Gewerbebetriebs

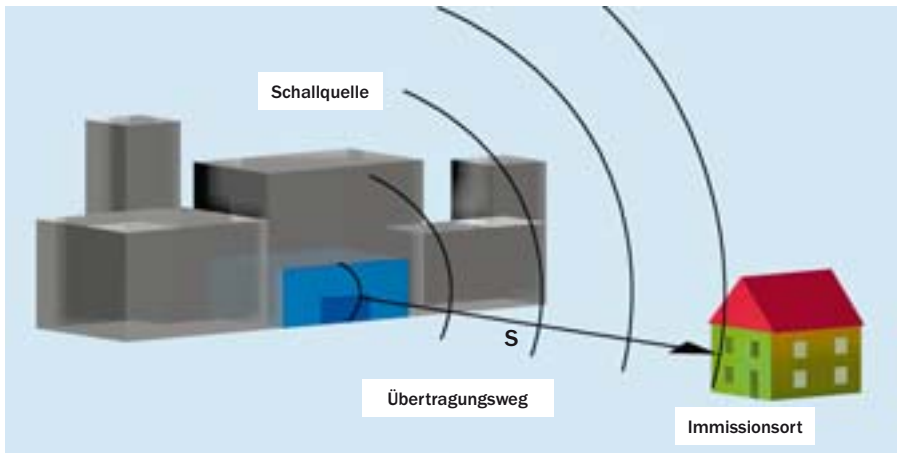


Bild 2: Prinzipielles Modell für die Schallabstrahlung von Gebäuden

hängig von der schutzbedürftigen Nutzung/ Gebietsausweisung des Immissionsorts (z.B. „reines Wohngebiet“ WR) definiert werden.

Die Schallausbreitung im Freien wird auf der Basis von in alle Richtungen gleichförmig abstrahlenden, punktförmigen Schallquellen berechnet. Das Modell fußt auf dem Konzept von Schallstrahlen. In erster Näherung kann somit der Schallstrahl analog zu Lichtstrahlen in der Optik betrachtet werden. An der Punktschallquelle beginnend stehen diese Schallstrahlen überall senkrecht auf den Wellenfronten. Diese Schallstrahlen sollen die Wege beschreiben, auf denen die Schallenergie transportiert wird. Die Schallabstrahlung einer Gebäudehülle wird daher mittels einer oder mehrerer repräsentativer, punktförmiger Ersatzschallquellen modelliert. Diese Ersatzschallquellen können das ganze Gebäude, den Beitrag eines Teils der Gebäudehülle oder eine Gruppe von einzelnen Schallquellen darstellen. Die Anzahl der erforderlichen Ersatzschallquellen, nachfolgend Punktschallquellen genannt, hängt von den Quelleneigenschaften, vom Abstand zwischen dem Immissionsort und dem Gebäude und von ggf. vorliegenden unterschiedlichen Ausbreitungsbedingungen, wie z.B. Teilabschirmungen, ab. Der zu ermittelnde Gesamtschalldruckpegel an einem Immissionsort wird durch energetische Addition der einzelnen Teilschalldruckpegel berechnet.

Der zu erwartende Schalldruckpegel bestimmt sich aus der Summe

- des Schalleistungspegels der punktförmigen Ersatzschallquellen z.B. einer Außenwand

- der Richtwirkungskorrektur der punktförmigen Ersatzschallquellen in Richtung des Aufpunkts
- der Gesamtausbreitungsdämpfung auf dem Schallausbreitungsweg.

Die energetische Addition einzelner Teilschalldruckpegel ergibt sich nach der Formel:

$$L_{ges} = 10 \cdot \lg \cdot \sum \left[10^{\frac{L_i}{10}} \right] \quad (1)$$

Bei der Überlagerung von zwei Schalldruckpegeln erhöht sich der größere der Teilschalldruckpegel abhängig von deren Differenz. Bei zwei gleichen Pegeln ist der Gesamtschalldruckpegel um 3 dB höher, bei einer Differenz von 1 bis 3 dB um 2 dB höher und bei einer Differenz von 4 bis 8 dB um 1 dB höher.

Prinzipiell ist die Berechnung getrennt für einzelne Frequenzbereiche (Terzen bzw. Oktaven) durchzuführen. Bei geringeren Ansprüchen an die Rechengenauigkeit kann die Berechnung jedoch auch vereinfacht werden. Dazu wird die Berechnung auf der Basis von frequenzbewerteten Einzahlgrößen, dem A-bewerteten Schalldruckpegel L , dem Schalleistungspegel L_w und von bewerteten Bau-Schalldämm-Maßen R'_w durchgeführt. Bei Verwendung von Einzahlwerten sollte der Schwerpunkt der Frequenzzusammensetzung der ursächlichen Schallquelle zwischen 300 Hz und 1 kHz liegen. Für die Schalldämmung der hauptsächlich übertragenden Bauteile sollte zusätzlich der nachfolgend beschriebene so genannte Spektrumanpassungs-

wert (zusätzliche Gewichtung abhängig vom Geräuschcharakter der Schallquelle) verwendet werden.

3. SCHALLQUELLE

Die charakteristische Kenngröße für eine Schallquelle ist deren Schalleistung. Diese wird bei Gebäuden im Wesentlichen durch den zu erwartenden Innenraumpegel und die schalltechnisch relevanten Gebäudeeigenschaften bestimmt. Bei Gerätschaften im Außenbereich ist die abgestrahlte Schalleistung als ein Produktmerkmal anzusehen, welches vom Hersteller anzugeben und zu verantworten ist.

Für schallabstrahlende Gebäudeteile kann der Schalleistungspegel aus folgenden Kenngrößen

- Innenschalldruckpegel $L_{p,in}$
- Schalldämm-Maß R' der Gebäudehülle unter Berücksichtigung flankierender Bauteile
- Norm-Schallpegeldifferenz eines kleineren Bauteiles ($< 1 \text{ m}^2$) $D_{n,e}$
- Einfügungsdämpfungsmaß eines Schalldämpferbauteils für die Öffnung D
- C_d der Diffusionsterm, eine Kenngröße für das Schallfeld innen
- Fläche S der Gebäudehülle, des Bauteiles oder der Öffnung

nach der folgenden Gleichung

$$L_w = L_{p,in} + C_d - R' + 10 \cdot \lg \frac{S}{S_0} \quad \text{mit } S_0 = 1 \text{ m}^2 \quad (2)$$

bestimmt werden. Entsprechend der Aufgabenstellung kann R' auch durch die

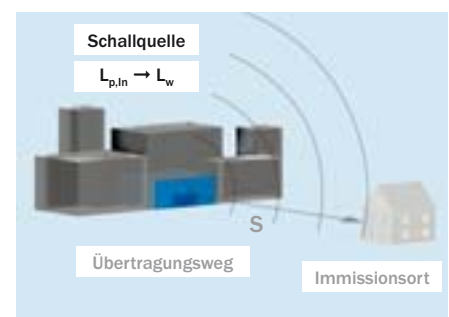


Bild 3: Schallquelle, Beispiel aus dem Industrie- und Gewerbebau

Norm-Schallpegeldifferenz ($D_{n,e}$), das Einfügungsdämmmaß (D) oder die resultierende Schalldämmung zusammengesetzter Bauteile ersetzt werden.

Eine Aufteilung der Gebäudehülle ist oftmals erforderlich und zulässig. Für die Bildung von Teilen der Gebäudehülle sind folgende Regeln zu beachten:

- Der Abstand zum nächsten interessierenden Immissionsort muss größer als das $\sqrt{2}$ -fache der größten Abmessung der betreffenden Teilfläche sein.
- Die Bauteile einer Teilfläche müssen mit demselben Innenschalldruckpegel beaufschlagt sein.
- Für die Bauteile einer Teilfläche ist dieselbe Richtwirkung anzusetzen.
- Die Ausbreitungsbedingungen bis zu dem nächsten interessierenden Immissionsort sind für alle Bauteile der Teilfläche gleich.

Es müssen alle Bedingungen gleichzeitig erfüllt sein. Sollte mindestens eine dieser Bedingungen nicht erfüllt werden können, sind andere Teilungen zu wählen. Im Sinne des Berechnungsmodells darf jedes Bauteil eines Gebäudes durch eine punktförmige Ersatzschallquelle dargestellt werden.

3.1 Innenschalldruckpegel

Als Innenschalldruckpegel ($L_{p,In}$) ist der Schalldruckpegel in einem Abstand von 1 m bis 2 m vor der Innenseite der betrachteten Gebäudehülle bzw. Teilfläche maßgebend. Der Pegel kann an einzelnen Stellen im Innenraum abhängig von der Raumform und den tatsächlich vor-

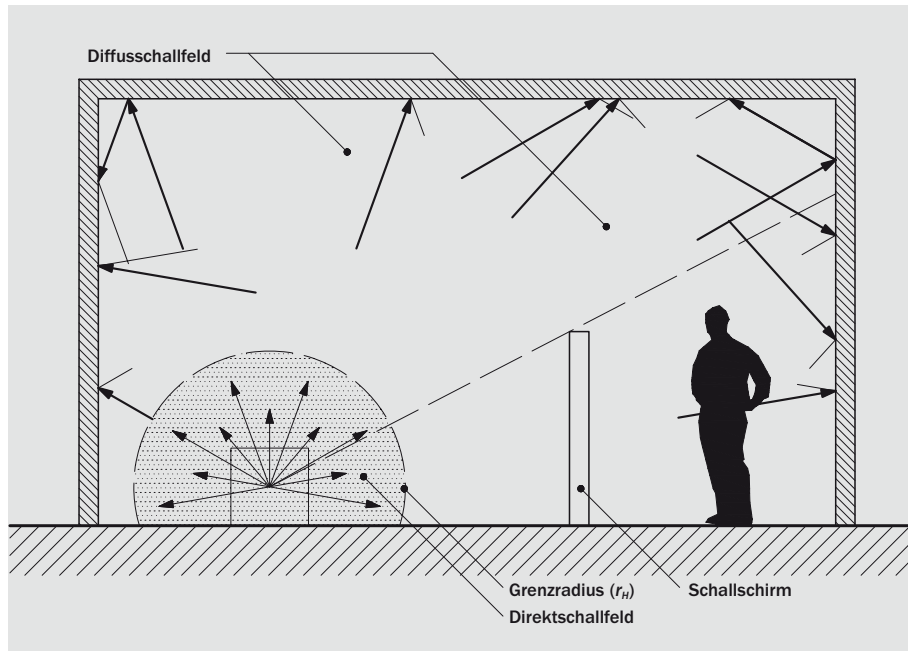


Bild 5: Diffuses Schallfeld

handenen Quellen unterschiedliche Größen haben. Für die hier betrachtete vereinfachte Berechnung wird jedoch in der Regel von einem mittleren Schalldruckpegel (Diffusfeldpegel in einem kubischen Raum) im Innenraum ausgegangen. Gemäß Bild 5 handelt es sich dabei um den

Pegel, der bei ausreichendem Abstand von den Schallquellen an beliebigen Stellen im Raum festgestellt werden kann.

Der Pegel kann aus Messungen in gleichartigen Betrieben messtechnisch ermittelt werden.

Tafel 1: Typischer Innenpegel (Gesamtpegel, Geräuschcharakter)

Betriebsort	A-Schalldruckpegel	Geräuschcharakter
Blechbearbeitung (Schleifen, Hämmern)	105 dB(A)	–
Mühlen (Rohrmühlen)	105 dB(A)	–
Rütteltische (Betonindustrie)	105 dB(A)	tieffrequent
Prüfstand für Dieselmotoren	95 – 105 dB(A)	tieffrequent
Textilherstellung	85 – 100 dB(A)	tieffrequent
Holzspan- und Hackmaschinen	100 dB(A)	tieffrequent
Druckerei (Rotationsdruckmaschinen)	95 dB(A)	tieffrequent
Getränkeabfüllanlage	95 dB(A)	–
Schreinerei	95 dB(A)	tieffrequent
Röhrenwerk	95 dB(A)	–
Kraftwerk	90 dB(A)	tieffrequent
Werkzeugschleiferei	90 dB(A)	–
Verpackungsmaschinerie	85 dB(A)	tieffrequent
Blechbearbeitung (Stanzerei)	95 dB(A)	tieffrequent
Büroarbeiten (Meisterbüro bzw. angrenzende Verwaltungsgebäude)	55 dB(A) (Beurteilungspegel)	–
Wohnraumähnliche Nutzung	≤ 75 dB(A)	–



Bild 4: Be- und Entladen sowie der damit verbundene Liefer- und Rangierverkehr sind typische Schallquellen eines Gewerbebetriebs.

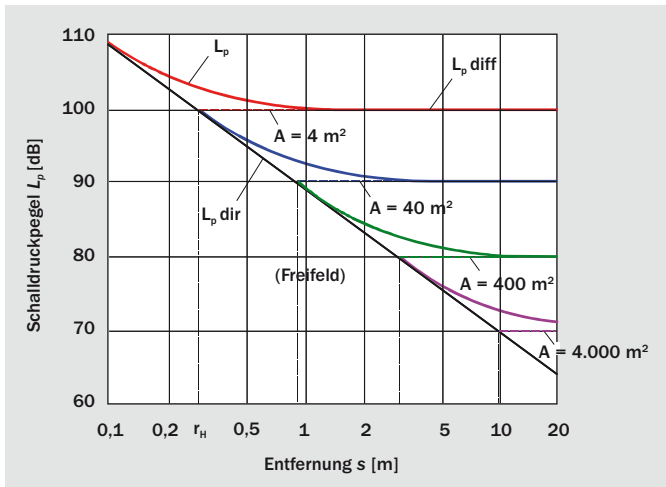


Bild 6: Schalldruckpegel einer Schallquelle in einem kubischen Raum



Bild 7: Schallschluckwand aus KS-Lochsteinen mit werkseitig durchstoßener Lochung

In Tafel 1 sind für einzelne Gewerbebetriebe typische Innenpegel (Diffusfeld) als Gesamtschalldruckpegel aufgeführt. Teilweise ist ein besonderer Geräuschcharakter dargestellt, der die spektrale Pegelverteilung kennzeichnet.

Die dargestellten Anhaltswerte für A-bewertete Schalldruckpegel stellen grobe Näherungswerte für erste Betrachtungen dar.

Anhand der Schalleistung L_{WIn} einzelner Schallquellen (Maschinen innerhalb des Raums) kann der Diffusschallfeldpegel in kubischen Räumen nach folgender Gleichung berechnet werden:

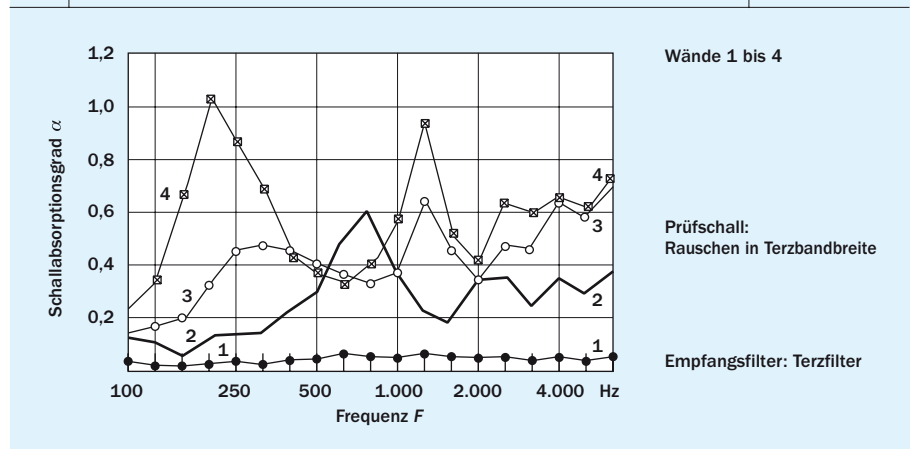
$$L_{pIn} = L_{WIn} + 10 \cdot \lg \cdot \left[\frac{4 \text{ m}^2}{A} \right] \quad (3)$$

Dabei bezeichnet A die äquivalente Schallabsorptionsfläche des Raums. Darunter ist die Summe aller schallschluckend wirkenden Flächen multipliziert mit deren Schallabsorptionsgrad zu verstehen. Die äquivalente Schallabsorptionsfläche kann auch durch Messung der Nachhallzeit bestimmt werden. Räume, welche als kubisch angesehen werden, weisen folgende Merkmale auf:

- Das Verhältnis der größten zur kleinsten Raumabmessung muss kleiner 3:1 sein.
- Das Raumvolumen sollte kleiner 5.000 m^3 sein. Ansonsten ist die Luftabsorption zu berücksichtigen.
- Eine gleichmäßige Verteilung von reflektierenden und absorbierenden Flächen ist anzustreben.

Tafel 2: Ausführungsvarianten schallabsorbierender Vorsatzschalen

Wand	Konstruktionsbeschreibung	mittlerer Schallabsorptionsgrad α
1	24 cm KS 12 – 1,8 – 2 DF	0,04
2	24 cm KS 12 – 1,8 – 2 DF 1 cm Mörtelfuge 11,5 cm KS L 12 – 1,4 – 2 DF Löcher sichtbar (nicht durchgestoßen) 36,5 cm	0,24
3	24 cm KS 12 – 1,8 – 2 DF 6 cm Luftschicht 11,5 cm KS L 12 – 1,4 – 2 DF Löcher sichtbar und durchgestoßen 41,5 cm	0,39
4	24 cm KS 12 – 1,8 – 2 DF 4 cm Mineralwolleplatten 11,5 cm KS L 12 – 1,4 – 2 DF Löcher sichtbar und durchgestoßen 39,5 cm	0,52



- Ggf. ist auch ein Direktschallanteil in Quellennähe zu berücksichtigen (siehe Bild 5). Hilfreich für diese Abschätzung ist der so genannte Grenz- oder Hallradius, auf welchem die Anteile des direkten und des diffusen Schallfelds gleich groß sind. Der Grenzdiameter bestimmt sich zu

$$r_H = \sqrt{\frac{A}{16 \cdot \pi}} \quad (4)$$

In Bild 6 ist der Schalldruckpegel einer Schallquelle mit einer Schalleistung von $L_w = 100$ dB in einem kubischen Raum in Abhängigkeit von der Entfernung dargestellt. Es ist ersichtlich, dass der Schalldruckpegel im Diffusfeld alleine von den absorbierenden Eigenschaften der Raumbooberflächen abhängt. Mit einer Verzehnfachung der Grundabsorption des Raums kann der Diffusfeldpegel um 10 dB gesenkt werden. Im direkten Umfeld der Schallquelle können höhere Pegel festgestellt werden.

Durch Vergrößerung der absorbierenden Flächen, d.h. der äquivalenten Absorptionsfläche A , in üblich eingerichteten Räumen kann in der Regel der Schalldruckpegel im diffusen Schallfeld um maximal 5 dB(A) vermindert werden.

3.1.1 Absorbierende Flächen

Absorbierende Oberflächen mit hoher mechanischer Stabilität und unterschiedlicher schallabsorbierender Eigenschaft können z.B. mit Kalksandsteinen geschaffen werden. Übliches Mauerwerk weist geringe schallabsorbierende Eigenschaften (bis $\sim 0,05$) auf. Mit einer zusätzlichen Schale aus KS-Lochsteinen mit sichtbarer durchgehender Lochung und dahinter liegendem Luftraum (siehe Bild 7) können höhere Schallabsorptionsgrade erzielt werden. In Tafel 2 sind für unterschiedliche Aufbauten erzielbare Schallabsorptionsgrade dargestellt.

3.1.2 Raumformen

Wesentliche Raumformen neben dem kubischen Raum sind aus schalltechnischer Sicht der Flachraum und der Langraum.

Ein Flachraum ist folgendermaßen gekennzeichnet:

- Die seitlichen Abmessungen überschreiten die Höhe um den Faktor 3.
- Es herrscht kein diffuses Schallfeld mehr; der Schalldruckpegel nimmt mit zunehmender Entfernung von der Quelle ab.
- Ein hoher Einfluss durch Streukörper ist gegeben.
- Jede Schallquelle muss zur Berechnung des Schallfelds nach VDI-Richtlinie VDI 3760 [5] betrachtet werden.

Als Langraum wird eine Raumform mit folgenden charakteristischen Bedingungen angesehen:

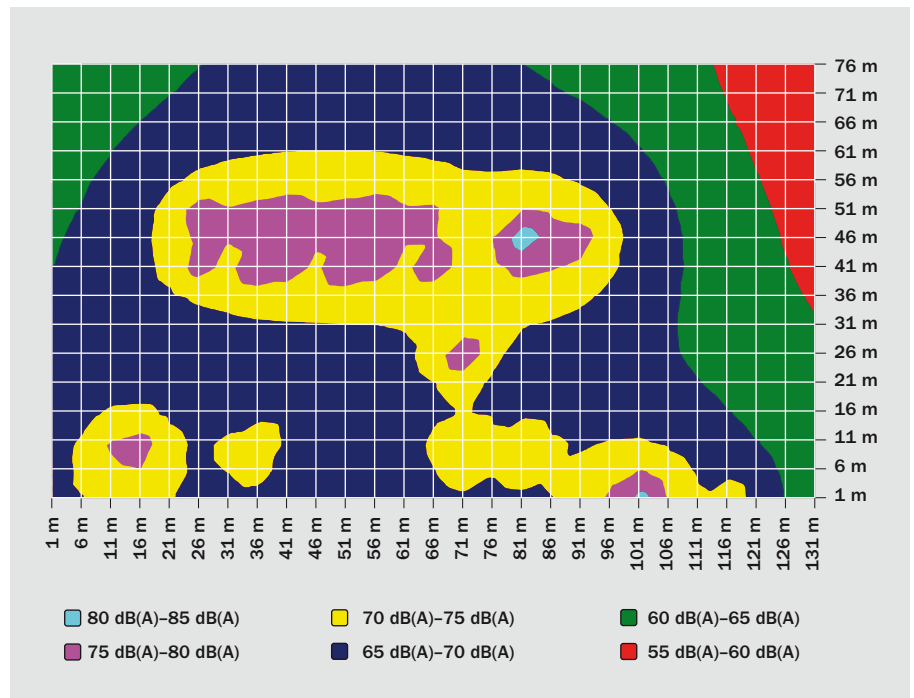


Bild 8: Berechnete Schalldruckpegel in einer Produktionshalle (Typ Flachraum), Raumhöhe ca. 10 m, Decke schallabsorbierend

- Korridor, Aufzugsschacht oder großer Kanal
- Der Schalldruckpegel in Langräumen nimmt geometrisch bedingt mit zunehmendem Abstand von der Schallquelle nicht ab.
- Schallabnahme kann nur durch Luftabsorption, schallabsorbierende Auskleidung und Streukörper geschaffen werden.

Detaillierte Berechnungen des Schallfelds innerhalb von größeren Hallen werden nach Modellen mit Spiegelschallquellen oder Strahlverfolgungstechniken durchgeführt. Ein Rechenergebnis ist in Bild 8 dargestellt.

Abhängig von der Lage der inneren Schallquellen zur Fassade und der Größe im Verhältnis zum Raumvolumen sind hier stark unterschiedliche Schalldruckpegel zu erwarten. Ein diffuses Schallfeld ist aufgrund der als Flachraum zu bezeichnenden Raumform nicht besonders ausgeprägt.

3.2 Diffusitätsterm C_d

Mit dem Diffusitätsterm werden das Schallfeld der betrachteten Räume und die örtlichen Oberflächeneigenschaften an der Innerseite der Gebäudehülle be-

rücksichtigt. Er stellt den Unterschied zwischen Diffusschallpegel und dem für die Abstrahlung wesentlichen Schall-Intensitätspegel senkrecht auf die Bauteilfläche dar.

In Tafel 3 sind Raumsituationen dargestellt, die den vorhergehenden Raum-Beschreibungen entsprechen.

Für grobe Näherungen ist der Ansatz $C_d = -5$ dB zu wählen.

Tafel 3: Diffusitätsterm gemäß DIN EN 12354-4 [3]

Raumsituation	C_d [dB]
Kubische Räume vor reflektierender Oberfläche	-6
Flachräume mit vielen Schallquellen (durchschnittliches Industriegebäude) vor reflektierender Oberfläche	-5
Kubische Räume vor absorbierender Oberfläche	-3
Industriegebäude mit wenigen dominierenden und gerichtet strahlenden Schallquellen vor reflektierender Oberfläche	-3
Industriegebäude mit wenig dominierenden und gerichtet abstrahlenden Schallquellen vor absorbierender Oberfläche	0

3.3 Schalldämm-Maß

Die Schalldämm-Maße von Bauteilen können sowohl durch Messungen im Prüfstand ($R/D_{n,e}$ nach DIN EN ISO 140-3 [6] oder DIN EN 140-10 [7]) als auch durch Messungen am Bau (R' nach DIN EN ISO 140-5 [8]) gewonnen werden. Insbesondere das Schalldämm-Maß aus Prüfstandsmessungen weist noch keine Einflüsse von flankierenden Bauteilen auf. Diese sind entsprechend DIN 4109 [9] oder DIN EN 12354-1 [10] zu berechnen.

Im Beiblatt 1 zu DIN 4109 [11] sind für Regelbauweisen heranzuziehende Schalldämm-Maße enthalten. Diese stellen ungünstige Fälle dar, da hierin flankierende Bauteile mit mittleren flächenbezogenen Massen von $m' = 300 \text{ kg/m}^2$ berücksichtigt sind.

Der Einzahlwert wird als bewertetes Schalldämm-Maß mit Spektrumanpassungswerten $R_w(C/C_{tr})$ angegeben. Bei Verwendung von bewerteten Schalldämm-Maßen R_w , ist bei der frequenzunabhängigen Einzahlberechnung der entsprechende Spektrumanpassungswert C/C_{tr} hinzuzurechnen. Durch diese zusätzliche Gewichtung wird eine bessere Näherung zur Berücksichtigung der Frequenzabhängigkeit der Schalldämmung und des anregenden Schallereignisses geschaffen.

Bei Einzahlberechnungen sind zu verwenden:

- C_{tr} für Innenpegel mit tieffrequentem Charakter
- C für sonstige.

Die in Tafel 4 dargestellten Schalldämmungen beziehen sich nur auf den Schalldurchgang durch das Bauteil. Für die Berechnungen sind die flankierenden Bauteile zu berücksichtigen. Lediglich bei schweren Bauteilen und massiven flankierenden Bauteilen innen wird eine Verminderung der dargestellten Werte um maximal 2 dB erwartet.

3.3.1 Einschalige Bauelemente

Einschalige Bauelemente werden in biegesteife und biegeweiche Bauteile unterschieden. Wesentlich dafür ist die so genannte Koinzidenzgrenzfrequenz. Bei dieser Frequenz ist die Schallwellenlänge und die Biegewellenlänge auf den Bauteilen gleich. Diese Grenzfrequenzen stellen die Bereiche mit niedriger Schalldämmung dar. Biegesteife Bauteile wei-

Tafel 4: Typische Schalldämm-Maße

Dicke	Art	$R_w(C/C_{tr})$ [dB]
Massive Außenwände		
150 mm	Kalksandstein RDK 1,8 (mit beidseitig 5 mm Putz)	51 (-1/-5)
240 mm	Kalksandstein RDK 2,0 (mit beidseitig 10 mm Putz)	58 (-2/-6)
200 mm	Porenbeton (Platten)	44 (-2/-6)
240 mm	Porenbeton Planstein Innen-/Außenputz	49 (-2/-7)
150 mm	Beton (Rohdichte = 2.300 kg/m³)	56 (-2/-8)
Leichte Außenwände		
> 220 mm	Holzständerwand, 160/60 (einfach beplankt, mit Wetterschutzschale außen)	41 (-4/-5)
> 255 mm	Holzständerwand, 160/60 (innen doppelt beplankt, außen mit WDVS)	50 (-4/-5)
200 mm	Stahlkassette 160/600, Wärmedämmung Mineralwolle, Stahltrapezblech	45 (-2/-7)
100 mm	Isopaneel (Wärmedämmung Hartschaum)	26 (-1/-3)
Dachkonstruktion		
> 220 mm	Stahltrapezblech 100/275, Wärmedämmung Polystyrol, PVC-Schale	31
> 220 mm	Stahltrapezblech 100/275, Wärmedämmung Mineralwolle, PVC-Schale	37
> 210 mm	Stahltrapezblech 110/275 Wärmedämmung Mineralwolle (150 kg/m³), Bitumendachbahn dreilagig	50
Türen/Tore		
	Rolltor einfach	10...15
	Rolltor mit Wärmedämmung	15...20
	Stahltür T30	25 (0/-1)
	Schallschutz-Stahltüre	43
Verglasungen		
10 mm	Einfachglas	35 (-2/-3)
10 mm	Verbundglas (SI)	39 (-1/-3)
32 mm	Isolierglas 6/16/10	37 (-1/-5)

sen in der Regel abhängig von der Masse auch bei tiefen Frequenzen eine relativ hohe Schalldämmung auf (siehe Bild 9). Typische biegesteife Bauteile sind Massivwände aus Kalksandstein oder Beton. Bei biegeweichen Bauteilen, wie dünneren Gläsern und Blechen, liegen kritische Grenzfrequenzen (f_g) oberhalb von wesentlichen Frequenzbereichen. Kritisch zu betrachten sind Bauteile mit Grenzfrequenzen zwischen 200 und 3.000 Hz (siehe Bild 10).

3.3.2 Doppelschalige Bauteile

Doppelschalige Bauteile verhalten sich wie zwei Platten, die über eine federnde

Schicht gekoppelt sind. Neben den Grenzfrequenzen f_g der einzelnen Platten ist auch die Koppelfrequenz oder auch Resonanzfrequenz f_0 für die frequenzabhängige Schalldämmung wesentlich. Beispielhaft wird in Bild 10 der Unterschied eines einschaligen Bauteils und eines zweischaligen Bauteils auf der Basis von Schalen mit gleichem Gesamtgewicht offensichtlich.

Um mit doppelschaligen, leichten Bauteilen gleiche oder bessere Schalldämmungen zu erzielen als mit schweren einschaligen Bauteilen, weisen diese in der Regel dickere Bauteilquerschnitte auf.

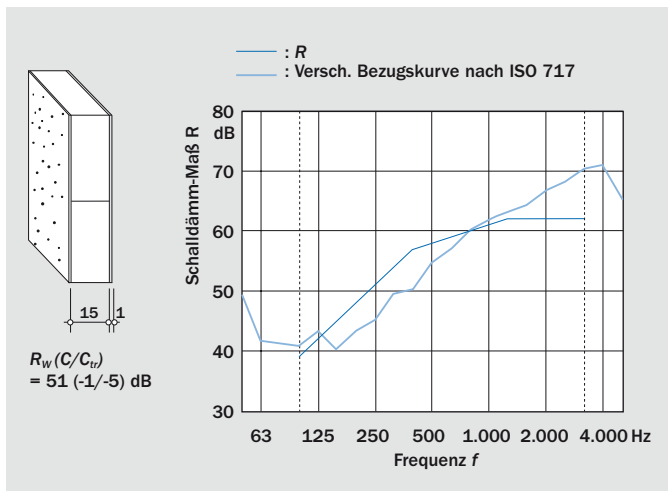


Bild 9: Beispiel KS-Wand mit $d = 150$ mm, RDK 1,8 und beidseitig 10 mm Putz

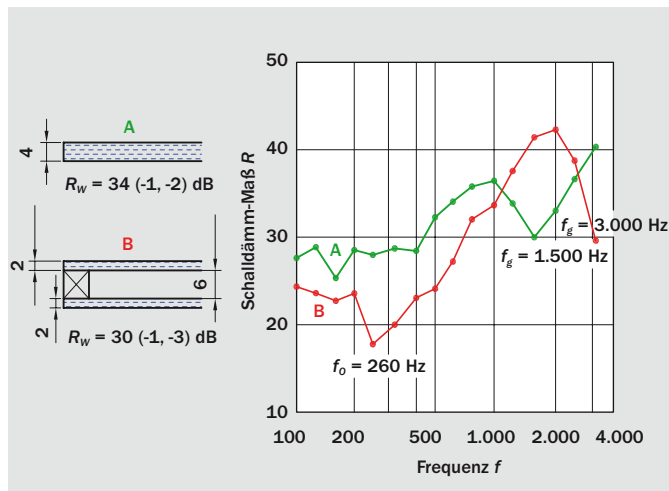


Bild 10: Beispiel Einfach-, Doppelglasscheibe

3.3.3 Zusammengesetzte Bauteile

Setzt sich ein Fläche aus unterschiedlichen Bauteilen zusammen, ist das resultierenden Schalldämm-Maß für das Bauteil nach folgender Gleichung zu ermitteln:

$$R'_{res} = -10 \cdot \lg \left(\sum \left[\frac{S_i}{S} 10^{\frac{-R_i}{10}} \right] + \sum \left[\frac{A_0}{S} 10^{\frac{-D_{n,e}}{10}} \right] \right) \quad (5)$$

Darin bedeuten:

- A_0 Bezugsabsorptionsfläche bei der Bestimmung der Norm-Schallpegeldifferenz von 10 m²
- $D_{n,e}$ Norm-Schallpegeldifferenz eines kleineren Bauteils (< 1 m²)
- S Gesamtfläche
- S_i Teilfläche

3.4 Öffnungen

Für Öffnungen ist ein Schalldämm-Maß von 0 dB anzusetzen. Sollten Schalldämpfer verwendet werden, ist die Einfügungsdämpfung D des Schalldämpfers zu berücksichtigen.

3.5 Körperschall

Durch gleichzeitige Anregung der Außenbauteile durch Körperschall können die Schalleistungen, die auf die Dämmung von Luftschall bezogen ermittelt sind, wesentlich erhöht werden. Die Außenhülle kann wie die Membran eines Lautsprechers wirken. Getrennt zu der hier beschriebenen Betrachtung zur Luftschallabstrahlung des Gebäudes ist zusätzlich eine Betrachtung für die Körperschallanregung der Außenbauteile zwingend erforderlich.

3.6 Vereinfachtes Modell/Beispiel

Es soll die Schallabstrahlung von einem Gewerbegebäude mit einer Werkstatt zur

Holzbearbeitung (Bild 2) betrachtet werden. Der Immissionsort ist 22 m von der wesentlich schallabstrahlenden Fassade entfernt. Die sonstigen Gebäudeteile werden als genügend hoch schalldämmend bzw. ihre Innenpegel als so gering eingestuft, dass lediglich die direkt zum Immissionsort orientierte Teilfassade betrachtet werden muss.

Grundsätzliche Voraussetzung ist, dass das Schallfeld im Inneren der Werkstatt diffus ist. Diese Bedingung wird in abgeschlossenen Räumen ohne besonders entartete Abmessungen und mit geringer Schallabsorption erfüllt.

Zur Bestimmung der Schalleistung von Gesamtgebäuden bzw. Teilen der Außenhülle der Gebäude werden dann lediglich der A-bewertete Innen-Schalldruckpegel und das bewertete Bau-Schalldämm-Maß, die dazu gehörigen Spektrumanpassungswerte C und C_{tr} sowie die schallabstrahlende Fläche benötigt.

Die Schalleistung wird dann gemäß der nachfolgenden Gleichung (6) berechnet.

$$L_w = L_{p,in} - 5 \text{ dB} - (R'_{w} + C/C_{tr}) + 10 \cdot \lg \frac{S}{S_0} \quad (6)$$

Die zu betrachtende Teilfassade weist eine Länge von 15 m und eine Höhe von 5 m auf. Da der Abstand zum Immissionsort größer als das $\sqrt{2}$ -fache der größten Ausdehnung der Teilfassade ist, ist keine Teilung erforderlich.

Der zu betrachtende Fassadenausschnitt ist anhand der Außenwandkonstruktionen

in drei gleiche je 5 x 5 m große Teilflächen zu unterteilen. Folgende Konstruktionen sind vorhanden:

- linkes Segment: 150 mm Kalksandstein (RDK 1,8), bewertetes Bau-Schalldämm-Maß $R'_{w} = 51$ (-1/-5) dB

- mittleres Segment: Fensterfassade, bewertetes Bau-Schalldämm-Maß $R'_{w} = 39$ (-2/-5) dB

- rechtes Segment: leichte Holzständerwand, mehrschalig, bewertetes Bau-Schalldämm-Maß $R'_{w} = 41$ (-4/-5) dB

Als resultierende Schalldämmung der Außenwand ergibt sich nach Gleichung (5) unter Berücksichtigung der Spektrumanpassungswerte ein Wert

$$R'_{w,res}(C_{tr}) = -10 \cdot \lg \cdot \left(\frac{25}{75} \cdot 10^{\frac{-46}{10}} + \frac{25}{75} \cdot 10^{\frac{-34}{10}} + \frac{25}{75} \cdot 10^{\frac{-36}{10}} \right) = 36 \text{ dB} \quad (7)$$

Gemäß Tafel 1 kann als Diffusfeldinnenpegel für eine Werkstatt bei Betrieb mit Kreissäge ein Wert von $L_{p,in} = 95$ dB(A) angesetzt werden.

Somit lässt sich die Schalleistung der Fassadenfläche berechnen zu

$$L_w = L_{p,in} - 5 \text{ dB} - (R'_{w,res}(C_{tr})) + 10 \cdot \lg \frac{S}{S_0} = 95 \text{ dB(A)} - 5 \text{ dB} - 36 \text{ dB} + 18,8 \text{ dB} = 72,8 \text{ dB(A)}$$

4. SCHALLAUSBREITUNG IM FREIEN

Für die Schallausbreitung werden die Schallquellen idealisiert als Punktschallquellen mit einer charakteristischen Schalleistung betrachtet. Diese sind gekennzeichnet durch eine gleichmäßige Schallabstrahlung in alle Richtungen. Auf dem Ausbreitungsweg verteilt sich die Schalleistung gleichmäßig auf eine Kugeloberfläche mit dem Radius s . Der wesentliche physikalische Zusammenhang und nützliche Umformulierungen sind im Bild 12 zusammengefasst dargestellt.

Abgeleitet aus dem grundsätzlichen Zusammenhang ist in der zweiten Formel ersichtlich, dass der Schalldruckpegel im Abstand s zum Mittelpunkt der Schallquelle lediglich von deren Schalleistung, den Schallausbreitungsbedingungen ($4 \cdot \pi$ für Schallabstrahlung in alle Richtungen) und dem Abstand von der Quelle abhängt.

Bei ungerichteter Schallabstrahlung der Punktschallquelle ist im Abstand s nach dem Abstandsgesetz der Pegel L_p zu erwarten:

$$L_p = L_w - 10 \cdot \lg \left[\frac{4 \cdot \pi \cdot s^2}{S_0} \right] \quad (8)$$

Der Schalldruckpegel nimmt – entsprechend Gleichung (8) – bei Abstandsverdoppelung um 6 dB ab.

Zusätzlich sind prinzipiell weitere Einflüsse auf die Schallausbreitung im Freien zu berücksichtigen, wie

- Luftabsorption
- Bodeneinfluss
- Bewuchs und Bebauung
- meteorologischer Einfluss

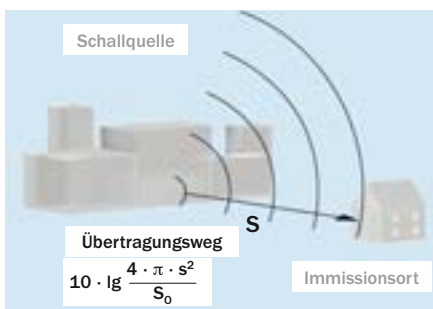


Bild 11: Schallausbreitung im Freien

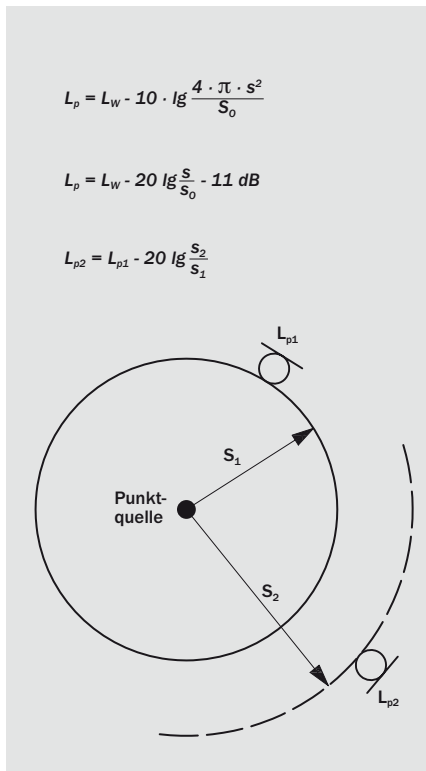


Bild 12: Punktschallquelle ($S_0 = 1 \text{ m}^2$; $s_0 = 1 \text{ m}$)

- Reflexion an Hindernissen
- Abschirmung

Die detaillierte Schallausbreitungsrechnung wird hier jedoch nicht betrachtet. Bei der näherungsweisen Berechnung (Entfernung zum Immissionsort 100 m) kommen für die Schallausbreitung lediglich zum Ansatz:

- das Abstandsgesetz,
- die Richtwirkungskorrektur und
- die Abschirmung.

4.1 Richtwirkungskorrektur

Unter der Richtwirkungskorrektur wird sowohl die Richtwirkung der schallabstrahlenden Bauteile und Öffnungen gesehen als auch die Einflüsse auf die Schallabstrahlung von benachbarten, schallharten Oberflächen, wie in Bild 13 dargestellt.

Die Richtwirkung von schallabstrahlenden Strukturen kann u.U. sehr stark schwanken, ist jedoch i.d.R. nicht von wesentlicher Bedeutung.

Wesentlich ist jedoch die Abweichung von der idealisierten Betrachtung einer Punktschallquelle, welche in alle Richtung gleichmäßig Schall abstrahlt. In der Gleichung 8 ist eine Abstrahlung in den Vollraum, wie z.B. von einem Kamin, berücksichtigt. Bei Abstrahlung einer Halbkugel (Gesamtgebäude/Flachdachfläche) sind durch die Reflexion (z.B. am Boden) um 3 dB höhere Werte als nach Gleichung 8 zu erwarten. Bei abstrahlenden Wänden (Viertelraum) sind um 6 dB höhere Werte zu berücksichtigen (siehe auch Bild 13).

Dieser Effekt wird bei Ausformulierung der Formel als Raumwinkelmaß beschrieben.

4.2 Abschirmung

Sollte vom Immissionsort aus gesehen keine direkte Sichtverbindung zu den betrachteten Schallquellen bestehen, ist der zu erwartende Schalldruckpegel niedriger

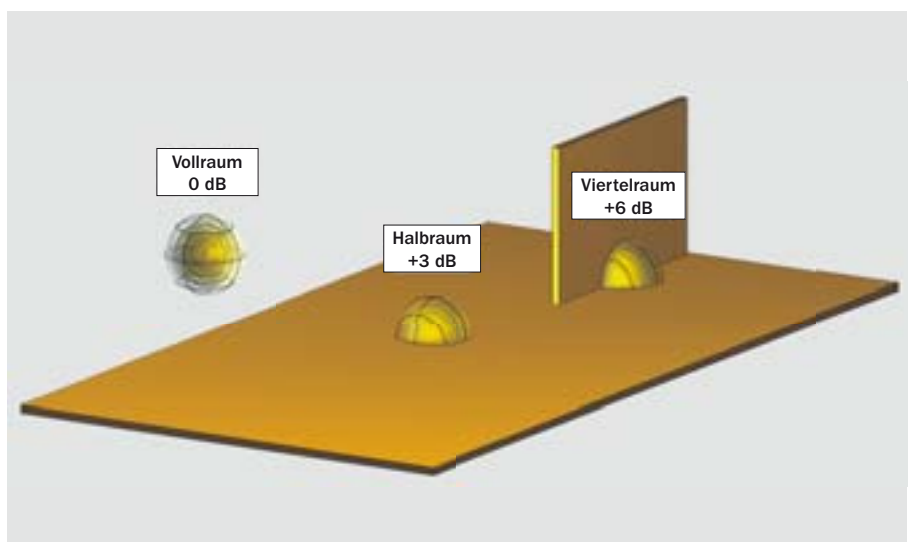


Bild 13: Schallabstrahlung; Einfluss benachbarter schallharter Oberflächen

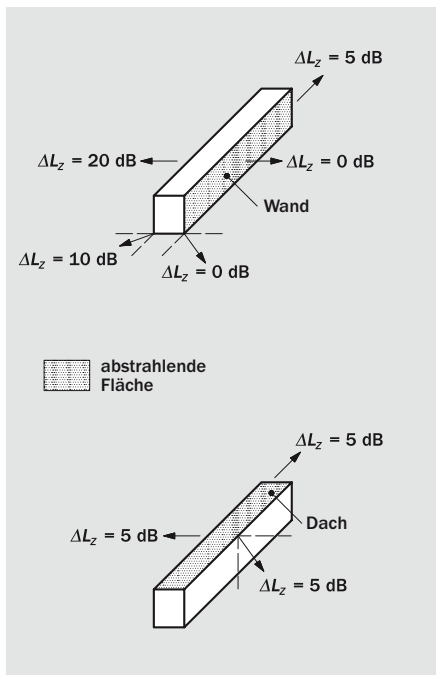


Bild 14: Abschirmung ΔL_z durch das Gebäude

als an Immissionsorten mit direkter Sichtverbindung.

Die Höhe der Abschirmwirkung hängt prinzipiell von der Frequenzzusammensetzung des Geräuschs und von geometrischen Bedingungen, wie der Lage der Schallquellen zum Immissionsort und den abschirmenden Bauelementen ab.

Es kann prinzipiell zwischen zwei Arten der Abschirmungen unterschieden werden:

- Abschirmung ΔL_z durch das Gebäude selbst
- Abschirmung durch andere Hindernisse

Die abschirmende Wirkung durch das Gebäude selbst ist in Bild 14 aufgezeigt.

Die Werte gelten nur, wenn in der Nähe der abstrahlenden Bauteile keine größeren, schallreflektierenden Flächen, wie z.B. andere Baukörper, vorhanden sind. Die dargestellten Werte gelten auch, wenn im Außenbereich direkt vor den dargestellten abstrahlenden Flächen zusätzliche Schallquellen aufgestellt sind.

Die Abschirmung durch Hindernisse, wie Mauern, Wälle oder sonstige Gebäude, ist prinzipiell gesondert nach einschlägigen Regelwerken zu berechnen. Besteht keine Sichtverbindung zwischen der Schallquelle

und Immissionsort, kann eine Abschirmwirkung von ca. $\Delta L_z = 5$ dB berücksichtigt werden. Die Abschirmwirkung ist größer, je höher das Hindernis ist und je näher sich die Schallquelle oder der Immissionsort am Hindernis befindet.

4.3 Vereinfachtes Modell/Beispiel

Die Näherung gemäß Gleichung (9) gilt eingeschränkt für Entfernungen vom Immissionsort von < 100 m. Im Gegensatz zur Grundgleichung (8) wird auf der sicheren Seite liegend die Schallabstrahlung in den Viertelraum (Viertelkugel) betrachtet, welche bei abstrahlenden Wänden zu berücksichtigen ist.

$$L_p = L_w - 10 \cdot \lg \left[\frac{\pi \cdot s^2}{S_0} \right] + \Delta L_z \quad (9)$$

In einem Beispiel soll der erwartende Schalldruckpegel, herrührend von der Schallabstrahlung der Teilfassade, bei einem Werkstattbetrieb mit Sägemaschinen berechnet werden.

Für dieses Beispiel kann mit den Eingangsgrößen

- Schallleistung Teilfassade $L_w = 72,8$ dB(A)
- Abstand $s = 22$ m
- Abschirmung (keine Eigenabschirmung / keine Abschirmung auf dem Ausbreitungsweg) $\Delta L_z = 0$ dB

gemäß Gleichung (9)

$$\begin{aligned} L_p &= L_w - 10 \cdot \lg \left[\frac{\pi \cdot s^2}{S_0} \right] + \Delta L_z \\ &= 72,8 \text{ dB(A)} - 31,8 \text{ dB} + 0 \text{ dB} \\ &= 41,0 \text{ dB(A)} \end{aligned}$$

der zu erwartende Schalldruckpegel am Immissionsort beim Betrieb mit Sägemaschinen zu

$$L_p = 41 \text{ dB(A)}$$

berechnet werden.

Hätte anstatt der hier betrachteten Fassade eine Dachfläche ohne schallreflektierende Umgebung den Schall abgestrahlt, wäre bei gleichem geometrischen Zusammenhang ein um 3 dB geringerer Pegel berechnet worden. Dies ist auf die Schallabstrahlung in den Halbraum (Halbkugel) zurückzuführen.

5. IMMISSIONSORT

Anforderungen an die Schallabstrahlung von Gebäuden, Gebäudeteilen oder mit dem Gebäude verbundenen schallabstrahlenden Aggregaten ergeben sich aus den einzuhaltenden Immissionsrichtwerten in der Nachbarschaft (Bild 15). Abhängig von sonstigen zu berücksichtigenden Schallquellen, wie Fahrwegen oder Ladeflächen im Freien, können unter der Berücksichtigung von Einwirkzeiten Anforderungen an den zulässigen Schalldruckpegel von einzelnen Schallquellen aufgestellt werden.

Für unser Beispiel könnte die Anforderung somit lauten:

Erforderlicher Schalldruckpegel am Immissionsort bei Betrieb mit Sägemaschinen

$$L_p \leq 35 \text{ dB(A)}.$$

Anhand des Rechenergebnisses ist ersichtlich, dass die Anforderung nicht eingehalten ist. Zur entsprechenden Verringerung des Pegels könnten folgende Maßnahmen ergriffen werden:

- Verlagerung der Werkstatt an eine Fassade, so dass das Abschirmmaß durch das Gebäude ΔL_z eine entsprechende Minderung erbringt. Gemäß Bild 14 würde sich bei Verschiebung des Raums an eine Seitenwand eine entsprechende Pegelminderung ergeben.
- Beibehaltung der Orientierung und Vergrößerung der Entfernung zum Immissionsort. Gemäß der unteren Formel in Bild 12 kann eine Vergrößerung des erforderlichen Abstands (s) mindestens um den Faktor 2, also auf 44 m, abgelesen werden.
- Erhöhung der absorbierenden Oberflächen in der Werkstatt, so dass eine entsprechende Senkung des In-

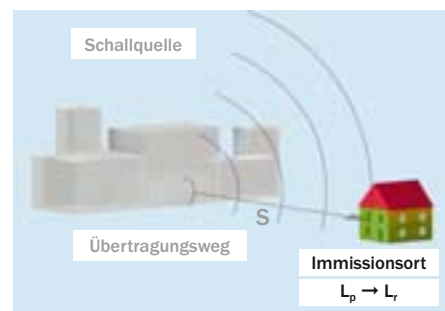


Bild 15: Immissionsort

Tafel 5: Rechenbeispiel

	linkes Segment 15 cm Kalksandstein- wand	mittleres Segment Fensterfassade	rechtes Segment Holzständerwand
Bestimmung Schalleistung (Innenpegel $L_{p,in} = 95$ dB(A))			
Segmentfläche S	25 m ²	25 m ²	25 m ²
$R'_w + C_{tr}$	51 – 5 = 46 dB	39 – 5 = 34 dB	41 – 5 = 36 dB
10 log S	14,0 dB	14,0 dB	14,0 dB
LW (Gleichung 9)	58 dB	70 dB	60 dB
Schallausbreitung/Schallimmission (Teilpegel)			
Abstand	22,6 m	22 m	22,6 m
$10 \cdot \log \left[\frac{\pi \cdot s^2}{S_0} \right]$	32,1 dB	31,8 dB	32,1 dB
Schallimmissions- teilpegel L_{pi}	25,9 dB(A)	38,2 dB(A)	35,9 dB(A)

nenpegels erwartet werden kann. Gemäß Gleichung (3) wäre dazu eine Erhöhung der vorhanden äquivalenten Absorptionsfläche um den Faktor 4 nötig. In der Regel ist dies nur mit hohem Aufwand realisierbar und würde durch die Berücksichtigung eines ungünstigeren Diffusitätsterms gemäß der 3. Zeile in Tafel 3 wieder gemindert.

- Erhöhung der Schalldämmung der betrachteten Fassade bzw. des ungünstigsten Fassadenteils um mindestens $R'_{w,res}(C_{tr}) = +6$ dB; zur wirtschaftlichen Optimierung sollte die Fassade in weitere bautechnisch zu unterscheidende Bauteile unterteilt werden.

Zur detaillierteren Betrachtung unserer Beispielfassade bietet sich eine Aufteilung

wie in Tafel 5 dargestellt an. Dadurch können Teilschalldruckpegel, herrührend von den einzelnen Bauteilen am Immissionsort, berechnet werden.

Durch energetische Addition dieser Schallpegel (Gleichung 1) für die einzelnen Teilflächen lässt sich wieder der zu erwartende Gesamtpegel von

Schalldruckpegel am Immissionsort $L_p = 40,4$ dB(A)

errechnen. Die Berechnung über die Gesamtfläche liefert tendenziell zu gute Werte.

Anhand Tafel 5 ist weiter ersichtlich, dass

- der Gesamt-Schalldruckpegel von der Fensterfläche und der leichten Außen-

wand bestimmt wird (Teilpegel um 10 dB über geringsten Pegel),

- eine Verbesserung nur der Fensterkonstruktion sicher nicht zum Ziel führt, da bereits die Schallabstrahlung der leichten Außenwand zu hohe Pegel liefert,
- eine Verbesserung der leichten Außenwand wohl wirtschaftlich sinnvoll ist. Bei Ausführung in Kalksandstein, wie die linke Teilfläche, ist von den massiven Bauteilen zusammen ein Pegel von $L_{pi} = 29$ dB(A) zu erwarten (zwei gleiche Pegel ergeben in der Summe einen 3 dB höheren Pegel).

Da bei einer Pegeldifferenz (Istpegel – Zielgröße) von > 6 dB erwartet werden kann, dass die Pegelsumme nicht mehr wesentlich erhöht wird, erscheint es im ersten Ansatz ausreichend, die Dämmung des Fensters um 3 dB zu erhöhen.

Es zeigt sich jedoch, dass dadurch lediglich ein Pegel von $L_p = 36,1$ dB(A) erzielbar ist. Es ist erforderlich, auch die Fensterkonstruktion um $R_w + C_{tr} = +4$ dB zu verbessern.

Um unter Berücksichtigung der Rechengenauigkeit (+/-2...5 dB) hinreichend sichere Aussagen abgeben zu können, müsste das Ergebnis den Anforderungswert um 5 dB unterschreiten.

Wie anhand der dargestellten, vorstellbaren Variation gezeigt wurde, ist bei Anwendung dieses Verfahrens zwingend zu berücksichtigen:

- Durch Parametervariation insbesondere bei den Schalldämmungen kann die Aussagekraft erhöht werden.
- Durch mehrere Teilflächen, als nach dem Kriterium für Punktschallquellen erforderlich sind, kann eine leichtere Identifizierung von für die Schallbelastung in der Nachbarschaft wesentlichen Bauteilen sowie eine erhöhte Rechengenauigkeit erzielt werden.
- Die Berechnung ist nur dann hinreichend, wenn das Rechenergebnis die einzuhaltenden Schalldruckpegel am Immissionsort wesentlich unterschreitet. Insbesondere bei hohem baulichen Aufwand kann es auch aus wirtschaftlicher Sicht sinnvoll sein, eine detailliertere Berechnung durch spezielle Fachleute durchführen zu lassen.



Bild 16: Guter Schallschutz ist für konzentriertes Arbeiten im Büro wichtig.

Foto: Burkhard Schurize Denup

LITERATUR

- [1] Sechste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm TA Lärm), Vom 26. August 1998 (GMBI Nr. 26/1998 S. 503)
- [2] VDI-Richtlinie 2571:1976-08 Schallabstrahlung von Industriebauten (zurückgezogen)
- [3] DIN EN 12354-4:2001-04 Bauakustik-Berechnung der akustischen Eigenschaften von Gebäuden aus den Bauteileigenschaften – Teil 4: Schallübertragung von Räumen ins Freie
- [4] DIN ISO 9613-2:1999-10 Akustik-Dämpfung des Schalls bei der Ausbreitung im Freien, Teil 2: Allgemeines Berechnungsverfahren
- [5] VDI-Richtlinie 3760:1996-02 Berechnung und Messung der Schallausbreitung in Arbeitsräumen
- [6] DIN EN ISO 140-3:2005-03 Akustik – Messung der Schalldämmung in Gebäuden und von Bauteilen, Teil 3: Messung der Luftschalldämmung von Bauteilen in Prüfständen
- [7] DIN EN 20140-10:1992-09 Akustik – Messung der Schalldämmung in Gebäuden und von Bauteilen, Teil 10: Messung der Luftschalldämmung kleiner Bauteile in Prüfständen
- [8] DIN EN ISO 140-5: 1998-12 Akustik Messung der Schalldämmung in Gebäuden und von Bauteilen, Teil 5: Messung der Luftschalldämmung von Fassadenelementen und Fassaden an Gebäuden
- [9] DIN 4109:1989-11 Schallschutz im Hochbau; Anforderungen und Nachweise
- [10] DIN EN 12354-1:2000-12 Bauakustik – Berechnung der akustischen Eigenschaften von Gebäuden aus den Bauteileigenschaften Teil 1: Luftschalldämmung zwischen Räumen
- [11] Beiblatt 1 zu DIN 4109:1989-11 Schallschutz im Hochbau; Anforderungen und Nachweise, Ausführungsbeispiele und Rechenverfahren



Foto: © Sven Döring/Globalfoundries

Globalfoundries Dresden, Produktionsstätte für Mikroprozessoren (1999), 01109 Dresden
Entwurf: HWP Planungsgesellschaft mbH, 70190 Stuttgart,
www.hwp-planung.de



Werkshallen BMW-Werk Leipzig (2004),
04349 Leipzig
Entwurf: schulz & schulz architekten gmbh, 04107 Leipzig,
www.schulzarchitekten.de



Conergy SolarModule GmbH & Co. KG (2006),
15236 Frankfurt/Oder
Entwurf: Pfeiffer, Ellermann, Preckel Architekten und
Stadtplaner BDA, 10179 Berlin



Autohaus Rudolf Petzhold GmbH (2001),
31275 Lehrte
Entwurf: Reiner Adomeit, 38118 Braunschweig,
www.adomeit.com



Druckfarbenfabrik Jänecke + Schneemann (2003),
31319 Sehnde
Entwurf: Architekturbüro Hartmut Zabel, 30657 Hannover,
www.architekt-zabel.de



Foto: Klaus Wehlmann, Köln

Werkstatt für behinderte Menschen (2007),
32051 Herford
Entwurf: rbb architekten GmbH, 32052 Herford,
www.rbb-architekten.de



Dahlhoff Feinkost GmbH (2007),
45721 Haltern am See



Lager und Abfüllhalle der Brachthäuser GmbH Co. KG (2004),
57413 Finnentrop
Entwurf: Bertold Luke, BDB, 57413 Finnentrop,
www.architekt-bertold-luke.de

Foto: Bertold Luke



Mischturm der aluplast GmbH Kunststoff-Fenstersysteme
(2005), 76227 Karlsruhe
Projektsteuerung: Eugen Wagner Bau- & ImmobilienDienstleistungen,
76131 Karlsruhe, www.bau.eugen-wagner.de



Neue Messe Stuttgart (2007),
70629 Stuttgart
Entwurf: wulf & partner, 70182 Stuttgart,
www.wulf-partner.de

Foto: Projektgesellschaft Neue Messe GmbH & Co. KG



Porsche-Zentrum Augsburg (2007),
86368 Gersthofen
Entwurf: omlor-mehring architekten und generalplaner GmbH,
93051 Regensburg, www.omlor-mehring.de



Logistikzentrum PUMA AG (1996),
96132 Schlüsselfeld
Entwurf: Architekturbüro Benno Heer, 90427 Nürnberg

RAUM FÜR BEREICHSÜBERGREIFENDE KOMMUNIKATION

Forschungs- und Entwicklungszentrum der Webasto AG

Die Webasto AG zählt zu den 100 größten Automobilzulieferern weltweit und ist in den Bereichen Convertible, Roof & Body (CRB) und Global Comfort Solutions (GCS) tätig. Die Kernkompetenzen umfassen Entwicklung, Produktion und Vertrieb kompletter Cabrio-, Dach- und Karosseriesysteme sowie Heiz-, Kühl- und Lüftungssysteme für Pkw und Nutzfahrzeuge. Das Unternehmen wurde 1901 gegründet und befindet sich noch heute in Familienbesitz. Es beschäftigt ca. 7.000 Mitarbeiter an 58 internationalen Standorten und verzeichnete 2007 einen Umsatz von ca. 1,8 Mrd. Euro. Die Firmenzentrale ist etwa 20 km von München entfernt in Stockdorf angesiedelt.



Architekten Andreas (links) und Friedrich Barth

Der Geschäftsbereich GCS ist weltweit führend in Entwicklung, Produktion und Vertrieb von Heiz- und Klimasystemen für Pkw, Lkw, Busse, Reisemobile, Boote und Spezialfahrzeuge. Um die vorher auf verschiedene Standorte verteilten Abteilungen unter einem Dach zusammenzufassen, fiel die Entscheidung, für den Bereich GCS eine neue Zentrale zu errichten.

Nutzungskonzept

Als Standort bot sich ein neu ausgewiesenes Industriegebiet im ebenfalls nahe München gelegenen Gilching an. Mit der Planung wurde das Architekturbüro Barth-Architekten GbR, Gauting, beauftragt. Seine Aufgabe bestand darin, einen Neubau zu entwerfen, der Entwicklung, Projektmanagement und -betreuung, Versuchseinrichtungen und Schulungswerkstätten beherbergt und die Kommunikation der Mitarbeiter durch alle Aufgabenbereiche hindurch fördert.

Vor diesem Hintergrund entwickelten die Architekten ein viergeschossiges Gebäude, dessen kommunikatives Herz ein dreigeschossiges Atrium bildet. Es liegt im ersten Obergeschoss und wird an der Westseite von einem Bistro und an der Ostseite von der Kantine begrenzt. An diese lichtdurchflutete Halle schließen im Norden vier Baukörper mit Großraumbüros für die Projektteams und im Süden drei Gebäudekörper mit Einzelbüros und Konferenzräumen an. Sämtliche Räume werden über freitragende Stahltreppen und -stege im Atrium erschlossen. Diese offene Konzeption fördert den natürlichen Bewegungsfluss der Mitarbeiter und schafft viel Raum für informelle Begegnungen und die bereichsübergreifende Kommunikation.

Der Haupteingang liegt im Osten des Gebäudes. Von hier aus gelangen Mitarbeiter und Kunden über eine Treppe in das Atrium und zu den im Erd- und Untergeschoss angeordneten Versuchseinrichtungen und Werkstätten. Auch hier ging es darum, die interne Kommunikation zu fördern. Gleichzeitig jedoch mussten die Werkstätten und Räume, in denen die Produktinnovationen bis zur Serienreife getestet werden, gegen neugierige Blicke von außen geschützt und aufgrund von Lärmentwicklungen von den anderen Räumen getrennt werden.

Diesen Widerspruch lösten die Architekten durch den Einsatz von massiven Kalksandsteinwänden, die sie mit verglasten Ausschnitten öffneten. Das Mauerwerk schirmt gegen Lärm ab, das Glas erlaubt – bei Bedarf – Ein- und Durchblicke in das Geschehen. So wurden im Schulungsbereich große Verglasungen für die bestmögliche Verbindung zwischen Schulungsräumen, Werkstattbereich und Ausstellung eingesetzt. Im Bereich der Versuchseinrichtungen sind die Öffnungen in den Innenwänden für eine Vielzahl an Sichtverbindungen zwischen den Funktionsbereichen und für die Schaffung von offenen und freundlichen Räumen realisiert worden.



Haupteingang



Versuchseinrichtungen und Werkstätten liegen im Erd- und Untergeschoss.



Verglasungen erlauben Ein- und Ausblicke.



Das Untergeschoss ist brandschutztechnisch nach den Vorgaben der Industriebaurichtlinie bewertet.

Gebäudekonstruktion

Das Forschungs- und Entwicklungszentrum hat eine Grundfläche von 4.600 m². Es ist 124 m lang, 40 m breit und 16 m hoch. Hinzu kommt das Untergeschoss mit einer Höhe von 4 m. Die Nutzfläche beläuft sich auf 18.200 m², von denen 2.750 m² für die Versuchseinrichtungen und Werkstätten genutzt werden und 7.900 m² Büro- und Konferenzräume beherbergen. Material- und Farbauswahl orientieren sich nicht nur an bautechnischen Erfordernissen und wirtschaftlichen Vorgaben, sondern auch am Corporate Design des Bauherrn, bei dem die Farben Grau (Beton und Stahl) und Weiß (Kalksandstein) dominieren.

Das Gebäude ist als fugenlos und mit einzelnen Wandscheiben kombiniertes Stahlbetonskelett konzipiert. Deckenscheiben übernehmen die Gebäudeaussteifung in horizontaler Richtung, die tragenden Wandscheiben mit den Treppenhäusern und Aufzugskernen die vertikale Aussteifung.

Die Wände im Atrium wurden auf der Nordseite in Sichtbeton mit der Klasse SB 4 ausgeführt, auf der Südseite wurden sie in Ziegelmauerwerk realisiert und mit vorgefertigten Holzelementen verkleidet. Die Stützen des Vordachs und die Geschossdecken sind in Sichtbeton der Qualität SB 2 ausgeführt und anschließend weiß gespachtelt. Die Trennwände in den Büro- und Konferenzetagen wurden in Trockenbauweise oder aus verputztem Mauerwerk erstellt.



Ausstellung der neuen Entwicklungen im Werkstattbereich.



Das dreigeschossige Atrium dient als kommunikatives Herz.



Freitragende Stege und Treppen erschließen die Büros.

Im Erd- und Untergeschoss bestehen sämtliche Trennwände aus Kalksandstein. Rund 4.200 m² Mauerwerksflächen wurden hier als Sichtmauerwerk im Läuferverband realisiert. Zum Einsatz kamen 24 cm dicke Kalksandsteine (4 DF) mit einer Rohdichte von 1,4. Die Wände wurden als Sichtmauerwerk ausgeführt, die Fugen in Anlehnung an das Corporate Design grau verfugt.

Die mehrgeschossige Eckverglasung im Eingangsbereich wurde als hängende, selbsttragende Pfosten-Riegel-Konstruktion mit Stahlprofilen ausgebildet. Die geschlossenen Bereiche der Fassade sind nach außen als hinterlüftete Blechfassade mit Dämmung ausgeführt. Die Fenster wurden mit einer Wärmeschutz- und Schallschutzverglasung in den Bürobereichen und mit Wärmeschutz- und Sonnenschutzverglasung in den anderen Bereichen versehen.

Das Glasdach des Atriums ist als Stahlkonstruktion ausgeführt. Die Verglasung besteht aus semitransparenten Dünnschichtmodulen, die nicht nur Strom liefern, sondern gleichzeitig als Sonnenschutz dienen.

Brandschutz und energetisches Konzept
Aufgrund eines innovativen Brandschutzkonzepts konnte das Forschungs- und Entwicklungszentrum ohne Sprinkleranlage gebaut werden. Möglich war dies durch

die Ausbildung der vier bzw. drei Baukörper, die im Norden und Süden an das Atrium grenzen. Die Flächen der einzelnen Baukörper liegen unter 400 m² pro Etage und sind durch 5 m breite Flure voneinander getrennt. Als Fluchtwege dienen die am Ende der Baukörper im Norden bzw. im Süden angeordneten Treppenhäuser. Da aus diesem Grund das Atrium kein notwendiger Rettungsweg ist, konnte die Cafeteria als offener Treffpunkt in der Halle ausgebildet werden. Anders gestaltete sich die Situation im Untergeschoss, das nach den Vorgaben der Industriebauvorschriften bewertet

und in entsprechende Brandabschnitte gegliedert wurde.

Beheizt bzw. gekühlt wird das Gebäude mit einer Hackschnitzelanlage und einer Grundwasserwärmepumpe. Vier Grundwasserbrunnen dienen als Wärmequelle für die Wärmepumpe. Die über das Brunnenwasser abgeführte Wärmeleistung der Versuchsstände wird im Bedarfsfall zur Gebäudebeheizung genutzt. Für einen geregelten Luftwechsel, der insbesondere für den Versuchsbereich notwendig ist, sorgen 13 Lüftungsgeräte, die auf dem



Raubbreite Glastüren sorgen für Transparenz.



Leitungsführung und KS-Mauerwerk wurden sichtbar belassen.

Dach aufgestellt sind. Das 1.150 m² große semitransparente Photovoltaikdach über dem Atrium liefert eine Stromleistung von 46 kW_{peak}. Rein rechnerisch ist der Neubau durch die Grundwassernutzung und die Hackschnitzelheizung CO₂-neutral.

Der Bauherr legte größten Wert auf ökonomische Aspekte – sowohl bei den Investitions- als auch bei den Betriebskosten. Aus diesem Grund wurden die Hackschnitzelheizung und das Photovoltaikdach hinsichtlich ihrer Wirtschaftlichkeit überprüft. Die Vorgaben für die Baukosten beliefen sich auf 1.000 €/m² Nutzfläche und wurden mit 998 €/m² für die Kostengruppen 300 (Bauwerk) und 400 (Haustechnik) eingehalten.

Wie das Budget war auch der Zeitrahmen für das neue Forschungs- und Entwicklungszentrum knapp bemessen. Die Planungen begannen im Oktober 2005, die Baugenehmigung lag im Mai 2006 vor und die Bauarbeiten wurden im Juni 2006 aufgenommen. Der Rohbau war im Dezember 2006 fertiggestellt und im November 2007 konnte das Gebäude bezogen werden. Möglich war dies durch die gute Zusammenarbeit zwischen den Beteiligten. Sie haben alle gemeinsam dazu beigetragen, ein ganzheitliches, flexibel nutzbares Gebäude zu schaffen, das eine angenehme Arbeitsatmosphäre bietet und die Kommunikation zwischen den Mitarbeitern fördert.

Projektdate

Objekt	Webasto Forschungs- und Entwicklungszentrum	
Ort	Friedrichshafener Str. 9, 82205 Gilching	
Baujahr	2007	
Bauherr	Webasto GmbH & Co. Immobilien KG	
Architektur/Planung	BarthArchitekten GbR, 82131 Gauting, www.barth-architekten.de	
Tragwerksplanung	ARGE Brunehs, Grünwald und Schrafstetter, Gilching	
Planung Heizung, Klima, Lüftung	Ingenieurbüro Hausladen GmbH, 85551 Kirchheim, www.ibhausladen.de	
Flächen	Grundstücksgröße:	39.594 m ²
	Überbaute Fläche:	4.600 m ²
	Nutzfläche:	18.200 m ² davon
	Versuchseinrichtungen/Werkstätten:	2.750 m ²
	Büroflächen:	6.900 m ²
	Besprechungsbereiche:	1.000 m ²
	Nettogrundfläche:	20.219 m ²
	Hauptnutzfläche:	15.987 m ²
	Bruttogeschossfläche:	6.100 m ²
	BRI:	86.275 m ³
Parkplätze	Pkw Mitarbeiter und Besucher:	329

Konstruktion

Außenwand (von innen nach außen)	<ul style="list-style-type: none"> – gespachtelte Betonoberfläche – Betonwand C35/30 25 cm – kaschierte Mineralwolle 10 cm, WLK 035 – hinterlüftete Systemfassade Fa. Domico Planum – Gesamtaufbau 21 cm
Innenwände	– KS-Mauerwerk als Sichtmauerwerk 11,5 bis 24 cm
Bodenplatte (von unten nach oben)	<ul style="list-style-type: none"> – Stahlbetoneinzelfundamente – Bodenplatte 20 cm – schwimmender Zementestrich – Industriparkett 22 mm
Dach (von unten nach oben)	<ul style="list-style-type: none"> – Stahlbetondeckenplatte 24 cm – Dampfsperre Bitumen – druckfeste EPS Gefälledämmung – Abdichtung zwei- oder dreilagig Bitumen – Gummigranulat Schutzmatte – Kiesschüttung
Fenster	<p>Büro: Holz-Pfosten-Riegel-Fassaden mit 6 x 15 cm Holzpfosten, U-Wert Verglasung 1,1 W/(m²·K)</p> <p>sonst: Stahl-/Glaspfosten-Riegel-Konstruktion aus Stahl-T-Profilen, Systemfassade, Glas 1,1 W/(m²·K)</p>

Gebäudetechnik

Heizung	Hackschnitzelheizung: 2 Kessel mit je 440 kW, Grundwasserwärmepumpe mit 400 kW	
Warmwasser	Warmwasseraufbereitung zentral, entweder Wärmepumpe oder Hackschnitzelheizung	
Photovoltaik	1.150 m ² monokristalline, semitransparente Module	elektrische Leistung: 46 kW _{peak}
Baukosten	Nach DIN 276 inkl. MwSt.	
	Kostengruppe 300:	16.770.000 €
	Kostengruppe 400:	7.420.000 €
	Gesamtkosten (KG 200–700):	27,5 Mio. € brutto
EnEV-Berechnung	Heizwärmebedarf:	1.294.000 kWh/a
	A/V-Verhältnis:	0,22
	Jahresprimärenergiebedarf:	6,12 kWh/(m ³ ·a)

LICHT, LUFT UND TRANSPARENZ

Betriebshof Stadtreinigung Leipzig

Auf einem Grundstück, das früher vom VEB Regionalverkehr genutzt wurde, hat die Stadt Leipzig für ihre als Eigenbetrieb geführte Stadtreinigung einen zentralen Betriebshof errichten lassen. Ziel war, die zwölf Zweigstellen an einem Standort zusammenzufassen, Arbeitsabläufe und Kommunikation zu verbessern, die Effizienz des Betriebs zu steigern und die Betriebskosten zu senken. Um eine wirtschaftliche und zugleich ökologische Lösung zu finden, lobte die sächsische Kommune einen Wettbewerb aus. Den ersten Preis gewannen Schulz & Schulz Architekten, denn sie hatten ein Konzept entwickelt, das Ökonomie und Ökologie sowohl beim Bau als auch im Betrieb auf ideale Weise miteinander kombinierte.

Nutzungskonzept

Ihr Entwurf sah vor, das über 50.000 m² große Grundstück in die Bereiche Info-Garten, Fahrhof und Diensthof zu gliedern. Damit konnten drei Areale entstehen, die durch Grünstreifen räumlich eingefasst sind und sich hinsichtlich der Anordnung an der Logistik des Eigenbetriebs orientieren. Der Bereich Info-Garten liegt an der Zufahrtsstraße, ist öffentlich zugänglich, informiert über die Aufgaben der Stadtreinigung und kann von den Mitarbeitern während der Pausen als Erholungsraum genutzt werden. Gleichzeitig bietet er Stellplätze für die Autos der Kunden und



Architekten Ansgar (links) und Benedikt Schulz

Beschäftigten. Dahinter liegen – über eine Schranke vom öffentlich zugänglichen Bereich abgetrennt – der Fahrhof für die Bereitstellung, Instandhaltung und Reparatur der Fahrzeuge und der Diensthof mit der Mülltrennung und dem Streugutlager. Die Architektur des Betriebshofs zeigt deutlich, dass sich die Stadtreinigung Leipzig ihrer Vorbildfunktion bewusst ist und selbstbewusst dem Vorurteil vom Schmutzimage der Stadtreinigung entgegen tritt.

Architektonisches Highlight des Betriebshofs ist das zentrale Werkstattgebäude, das im mittleren Teil die Büro- und Sozialräume beherbergt. Hier sind im Erdgeschoss die Meisterbüros und das Ersatzteillager untergebracht, im Obergeschoss die Verwaltungsbüros sowie die Umkleide- und Waschräume. Die östlich und westlich davon liegenden eingeschossigen, ca. 5,60 m hohen Hallen bieten Platz für

TÜV-Abnahme, Reifenwerkstatt, Tankstelle, Waschstraße sowie für die Reparatur und Instandhaltung der Fahrzeuge und Kehrmaschinen.

Gebäudekonstruktion

Konzipiert wurde das Gebäude als Stahl-Skelettbau, dessen 108 m lange Fassade das Tragwerk mit einer selbsttragenden Pfosten-Riegel-Konstruktion umhüllt. Ost- und Westgiebel sind in Kalksandstein errichtet und außen mit einer vorgehängten hinterlüfteten und wärmedämmten Fassade aus 3 mm dicken, pulverbeschichteten Aluminium-Kassetten verkleidet. Im Innern ist das Mauerwerk als Kalksandstein-Sichtmauerwerk ausgeführt. Gleiches gilt für die Trennwände zwischen den einzelnen Werkstattbereichen, den Büro- und Sozialräumen sowie für die Trennwände zum mittleren Trakt. Die Architekten entschieden sich für Kalksandstein, weil sich der Baustoff hervorragend für die Umsetzung der ökonomisch und ökologisch orientierten Architektur eignet. Er ermöglicht wirtschaftliche Wandkonstruktionen, sorgt für ein angenehmes Raumklima und bietet hohen Schallschutz. Außerdem unterstützt er mit seiner hellen Oberfläche das offene und lichtdurchflutete Konzept des Betriebshofs.

Die Fahrzeuge der Stadtreinigung können sowohl von Norden als auch von Süden über flächenbündig integrierte, elektrische Stahl-Faltdore in die verschiedenen Bereiche der Hallen gefahren werden. Die



Foto: Jörg Hempel

Südfassade



Foto: Jörg Hempel

Reifenwerkstatt

architektonische Umsetzung der Zentralwerkstatt ist als Spiegelbild der technologischen Arbeitsprozesse konzipiert und durch Präzision der Fertigung, exakte Fügung der Bauteile und unverhüllt ablesbare Konstruktionen gekennzeichnet. Licht, Luft und Transparenz schaffen eine angenehme Arbeitsatmosphäre und dienen als Ausgleich zu körperlicher Anstrengung und Schmutz. Die transparenten Gebäude er-

lauben zudem von außen Einblicke in die internen Abläufe der Werkstatt.

Das Farb- und Materialkonzept verstärkt den technischen Charakter des Gebäudes und unterstützt mit den Farben Weiß (Kalksandstein-Sichtmauerwerk) und Grau (Stahl, Sichtbeton der Zwischendecken im zweigeschossigen Mitteltrakt) die prägnante Farbigkeit der Fahrzeuge und

Maschinen. Die Installation der Medienleitungen (Strom und Druckluft) ist durch Exaktheit gekennzeichnet und bis hin zur letzten Schraube sichtbar.

Die eingesetzten Baustoffe wurden nach dem Prinzip „Rohbau gleich Ausbau“ ausgewählt. Das bedeutete, dass die Materialien des Rohbaus in ihrer Oberflächenqualität so beschaffen sein mussten, dass damit eine anspruchsvolle Ausbauqualität erzielt werden konnte. Ziel war, sie in ihrer natürlichen Oberflächenbeschaffenheit und Farbgebung zu belassen. Vor diesem Hintergrund fiel die Entscheidung für Kalksandstein. Hinzu kam, dass die hellen Oberflächen zusammen mit den großzügigen Verglasungen ein helles, freundliches Arbeitsklima schaffen.

Das Kalksandstein-Sichtmauerwerk wurde hydrophobiert, um bei Verschmutzung die Reinigung zu erleichtern.

Solarenergie und Tageslicht

Das Flachdach des Betriebshofs besteht aus Stahltrapezblechen mit oberseitiger Dämmung. Auf den Dächern der Kfz-Hallen wurde eine Solarhybridanlage installiert. Es handelt sich dabei um eine Kombination von Photovoltaikmodulen und solarthermischen Luftkollektoren, die aus parallel durchströmten Kollektoren besteht. Am Ende der Kollektorreihen befindet sich ein Ventilator, der die durch die Sonneneinstrahlung erwärmte Luft aus den Kollektoren ansaugt. Die Luft wird als Warmluft zu den einzelnen Lüftungsanlagen befördert und zu Heizzwecken an die Räume abgegeben. Ein positiver Effekt der Hybridanlage besteht darin, dass die Kollektoren durch die ständig nachströmende Luft abgekühlt werden. Da die Photozellen bei niedrigen Temperaturen effektiver arbeiten, erhöht diese dauernde Kühlung ihren Wirkungsgrad. Durch die Module wird eine maximale elektrische Leistung von $9 \text{ kW}_{\text{peak}}$ erzielt, was einem solaren Jahresertrag von ca. 7.500 kWh ($833 \text{ kWh/kW}_{\text{peak}}$) entspricht. Der erzeugte Gleichstrom wird in Wechselstrom transformiert, im Netzparallelbetrieb in das städtische Versorgungssystem eingespeist und von den Stadtwerken vergütet.

Durch die Duschanlagen besteht im Betriebshof ganzjährig ein hoher Wasserbedarf. Die Warmwasserbereitung erfolgt durch die solarthermische Anlage. Auf der Südseite der als Shed ausgebildeten Oberlichter wurden insgesamt 70 m^2 Flachkollektoren in einem Winkel von 45° montiert.



Fassadenausschnitt



Sichtbare Installationen

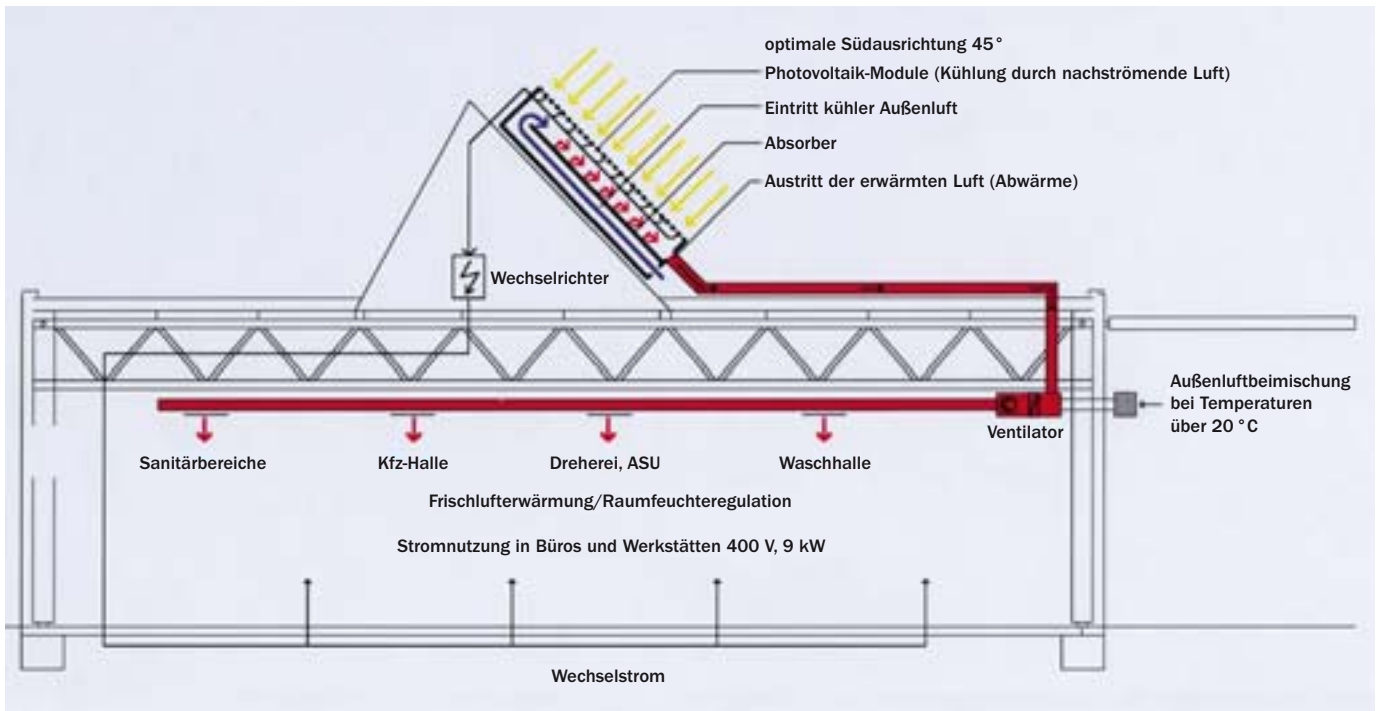


Bild: Schulz & Schulz Architekten

Konzept Solarhybridanlage

Drei Pufferbehälter mit einem Volumen von insgesamt 4.500 l speichern das von den Kollektoren erwärmte Wasser.

Zur optimalen Tageslichtbeleuchtung sind die Hallendächer jeweils mit einem 30 m

langen Oberlicht ausgestattet, die zum Norden mit einem durchlaufenden Lichtband versehen wurden. Die Festlegung der Neigungswinkel (60° zum Norden und 45° zum Süden) basiert auf den Erfordernissen der Solarkollektoren.

Brandschutz und energetisches Konzept
Das Werkstattgebäude ist brandschutztechnisch in drei Brandbekämpfungsabschnitte (BBA) gegliedert. Die östlich und westlich liegenden Hallenbereiche sind mit Brandmeldern ausgestattet und



Die Baustoffe wurden nach dem Prinzip „Rohbau gleich Ausbau“ eingesetzt.



Hydrophobiertes KS-Sichtmauerwerk sorgt bei Verschmutzung für leichte Reinigung.

durch zweischalige Trennwände aus Kalksandstein vom Büro- und Sozialtrakt abgetrennt.

Die Low-tech-Bauweise des Betriebshofs sorgt für einen niedrigen Energieverbrauch und schafft gleichzeitig ein optimales Raumklima. Durch die großflächig verglaste Fassade und die massive Bauweise im Innern erreichten die Architekten eine hohe passive Nutzung der Sonnenenergie. Das Mauerwerk aus Kalksandstein ist integrierter Bestandteil des energetischen Konzepts. Um eine möglichst hohe Speicherfähigkeit zu erreichen, haben die Architekten Kalksandsteine mit der Rohdichteklasse 1,8 eingesetzt. Im Winter werden die Speichermassen durch die schräg einfallende Sonne erwärmt und sorgen so für einen zusätzlichen Wärmeeintrag. Die Beheizung der Hallen erfolgt durch Deckenstrahler, die direkt über den Arbeitsplätzen installiert sind. Für die Beheizung der Büro- und Sozialräume ist das Werkstattgebäude mit Heizkörpern ausgestattet.

Im Sommer schützen die geschlossene Westfassade und ein 6 m auskragendes Dach vor Sonneneinfall und damit vor zu großer Erwärmung des Innenraums. Das Dach besteht aus einem Stahlrahmen mit feststehenden Lamellen, deren optimale Sonnenschutzstellung mit Hilfe von Computersimulationen ermittelt wurde. Der trotz des Daches nicht zu verhindernde Wärmeeintrag wird durch die Speicherfähigkeit des massiven Kalksandstein-Mauerwerks abgepuffert. Über die Phasenverschiebung wird die gespeicherte Wärme erst nach Feierabend an den Innenraum abgegeben und durch die nächtliche Kühlung über Oberlichter und Dreh-Kipp-Fenster abgeführt. Ein Simulationsvergleich von Innenwänden schwerer Bauart mit Leichtbauwänden ergab, dass selbst an sehr warmen Tagen die Wandtemperaturen der massiven Innenwände unterhalb der Raumtemperatur liegen. Die Erfahrungen im Betrieb belegen die Funktionsfähigkeit des Konzepts.

Projektdate

Objekt	Betriebshof des Stadtreinigungsamtes Leipzig	
Ort	Geithainer Str. 60, 04328 Leipzig	
Baujahr	2001	
Bauherr	Stadt Leipzig	
Architektur/Planung	Schulz & Schulz Architekten GmbH, Leipzig	
Tragwerksplanung	Staupendahl & Partner GmbH, Leipzig	
Flächen	Grundstücksgröße:	50.400 m ²
	Verkehrs- und Abstellflächen:	30.800 m ²
	Grünflächen inkl. Info-Garten:	13.600 m ²
	Überbaute Fläche:	6.000 m ²
	Hauptnutzfläche:	5.200 m ²
	Bruttogeschossfläche:	6.100 m ²
	BRI:	35.700 m ³
Parkplätze	Pkw Mitarbeiter und Besucher:	300
	Lkw und Spezialfahrzeuge:	250

Konstruktion Werkstattgebäude

Außenwand (von innen nach außen)	<ul style="list-style-type: none"> – KS-Sichtmauerwerk 24 cm – Wärmedämmung 8 cm – Luftschicht 4 cm – Aluminiumkassetten
Trennwände	<ul style="list-style-type: none"> – KS-Mauerwerk, 11,5 cm – Mineralwolle (Baustoffklasse A, Schmelzpunkt ≥ 1.000 °C, Rohdichte ≥ 30 kg/m³, 6 cm – KS-Mauerwerk 11,5 cm
Bodenplatte (von unten nach oben)	<ul style="list-style-type: none"> – Wärmedämmung XPS 8 cm – StB-Bodenplatte, WU, 25 cm – Industrieestrich 3 cm – Kunststoffbodenbeschichtung
Dach (von unten nach oben)	<ul style="list-style-type: none"> – Vollwandträger HEB 240 – Pfetten HEA 180 – Trapezblech – Gefälledämmung, im Mittel 14 cm – Drainschicht 3 cm – Substratschicht, 10 cm
Fenster	thermisch getrennte Aluminiumhohlkammerprofile

Gebäudetechnik Werkstattgebäude

Heizung	Niedertemperaturgaskessel	
Warmwasser	Aufbereitung durch Solarkollektoren, 3 Pufferbehälter mit einem Volumen von insgesamt 4.500 l	
Photovoltaik	elektrische Leistung:	9 kW _{peak}
	Jahresertrag:	7.500 kWh (833 kWh/kW _{peak})
Solarkollektoren	70 m ² Flachkollektoren, auf dem Dach montiert, im Winkel von 45° nach Süden ausgerichtet	
Baukosten	Nach DIN 276 inkl. MwSt.	
	Kostengruppe 300:	8,1 Mio. €
	Kostengruppe 400:	2,3 Mio. €
	Gesamtkosten (KG 200 - 700):	18,6 Mio. €
EnEV-Berechnung	keine Angabe möglich	

BETRIEB DER KURZEN WEGE

Produktions- und Verwaltungsgebäude der Trokamed GmbH

Der Name Trokamed steht für Innovation, Zuverlässigkeit, Kompetenz und Offenheit. Das Unternehmen wurde 1984 als Lohnfertiger gegründet und hat sich seitdem zum hochqualifizierten, leistungsstarken OEM-Systemlieferanten entwickelt. Die Trokamed GmbH produziert medizinische Instrumente für die minimal-invasive Chirurgie und für endoskopische Untersuchungen sowie geometrisch komplexe Teile für den Einsatz in der Luftfahrttechnik, im Apparatbau und in der Mess- und Regeltechnik. Sie verfügt über einen hochmodernen Maschinenpark mit verschiedensten CNC-Drehmaschinen, CNC-Fräs-, Bohr- sowie Komplettbearbeitungszentren. Hinzu kommen Einrichtungen für die Bearbeitung nahezu aller Metalle und Kunststoffe sowie Oberflächenbehandlung und Montage.

Die ersten Produkte hat der Firmengründer Ernst Hengstler in einer Garage hergestellt. 1987 erfolgte der Umzug in eine Fertigungshalle und weitere vier Jahre später



Architekt Dieter Merz

musste Trokamed seine Betriebsflächen erneut erweitern. Anfang des 21. Jahrhunderts zeichnete sich weiteres Wachstum ab, so dass die Entscheidung für einen Firmenneubau fiel. Acht Architekturbüros wurden zu einem Wettbewerb eingeladen. Sie hatten die Aufgabe, die Kompetenz und Offenheit des Unternehmens unter Berücksichtigung höchster Funktionalität und Flexibilität mit einem repräsentativen und innovativen Gebäude umzusetzen. Produktion und Verwaltung sollten deutlich voneinander abgesetzt und charakteris-

tisch voneinander differenziert sein, für die internen Abläufe hingegen waren Offenheit und kurze Wege gefordert. Den Zuschlag erhielten Merz Architekten aus Bad Dürrenheim. Sie hatten eine Gebäudestruktur entwickelt, die Corporate Identity, Funktionalität und Wirtschaftlichkeit auf ideale Weise miteinander kombiniert.

Nutzungskonzept

Das zur Verfügung stehende Baugrundstück befindet sich am westlichen Ortsrand von Geisingen, einem Ort, der zwischen Stuttgart und Zürich direkt an der Autobahn A 81 liegt und rund 20 km von Tuttlingen, dem Zentrum der Medizintechnik, entfernt ist. Für das etwa 7.000 m² große Areal entwickelten die Architekten einen repräsentativen, zweigeschossigen Verwaltungsriegel, der parallel zur Zufahrtsstraße in Nord-Süd-Richtung verläuft.

Die Notwendigkeit, aus baurechtlichen Gründen zur Straße einen Mindestabstand einhalten zu müssen, nutzten die Architekten für logistische Zwecke, indem sie den Bereich in die Umfahrung für die Waren- und -auslieferung integrierten.



Das Obergeschoss hat eine Länge von 79 m.



Die orangefarbene Brandwand trennt Verwaltung (links) und Produktion (rechts).

Gestalterisch gelungener Blickfang des Gebäudes ist das 79 m lange Obergeschoss. Es ist an der Nord- und an der Südseite geöffnet, während die zur Zufahrtsstraße hin orientierte Westseite nahezu komplett geschlossen ist. Lediglich ein Fensterband, durch das die Büros mit Tageslicht versorgt werden, und der Schriftzug mit dem Firmennamen unterbrechen die weiße Fläche. Der längliche Baukörper kragt zur Straßenseite 1,80 m und im Eingangsbereich 7,50 m über das Erdgeschoss hinaus und erhält dadurch eine Leichtigkeit, als würde er schweben. Im Süden des Obergeschosses sind der Besprechungs- und Ausstellungstrakt angeordnet, im Norden die Büros für Entwicklung und Konstruktion.

Das Erdgeschoss ist im südlich liegenden Bereich über eine Länge von 27 m raumhoch verglast. Hier sind der Empfang und die Büros für die Verwaltung angesiedelt. Der nördliche Teil ist in Massivbauweise ausgeführt und beherbergt Werkstatträume für das Schleifen, Polieren und Löten der Instrumente sowie Sanitär- und Sozialbereiche.

Hinter dem länglichen Verwaltungsbereich – von der Straße aus gesehen sozusagen als zweite Ebene – liegt der Produktionstrakt, der zum Süden hin ebenfalls zweigeschossig ausgebildet ist. Die vom Bauherrn geforderte Trennung zwischen Verwaltung und Produktion erreichten die

Architekten durch eine orangefarbene, 10 m hohe, 30 cm dicke und 80 m lange Betonscheibe, die zugleich als Brandwand fungiert. Dieser von außen deutlich wahrnehmbare Schnitt wird intern jedoch über großzügige Fenster und verglaste Türen aufgehoben. Sie schaffen Sichtverbindungen zwischen den Gebäudeteilen und damit – die ebenfalls gewünschte – große Transparenz zwischen Verwaltung und Produktion.

Der Produktionsbereich ist modular aufgebaut, so dass er durch den Anbau weiterer Module in Richtung Osten und Norden auf die vierfache Fläche vergrößert werden kann. Der Verwaltungstrakt kann durch Verlängerung in Richtung Norden auf die doppelte Größe erweitert werden. Der typische Charakter und das gewünschte Erscheinungsbild des Trokamed-Firmensitzes bleiben bei dieser Konzeption absolut erhalten.



Empfangsbereich

Gebäudekonstruktion

Das Produktions- und Verwaltungsgebäude hat eine Grundfläche von 3.000 m². Im Verwaltungstrakt wurden das Tragwerk des Obergeschosses sowie das Tragwerk des nördlichen Erdgeschossbereichs in Stahlbetonskelettbauweise realisiert. Die Ausfachung erfolgte mit Kalksandstein. Die Außenwände wurden außenseitig wärmegeklämt und mit hinterlüfteten Faserzementplatten verkleidet. Im Innern ist die Ausfachung als 17,5 cm dickes Sichtmauerwerk mit KS-Fasensteinen ausgeführt. Es handelt sich hierbei um Vollsteine aus Kalksandstein, deren Besonderheit in den abgefasten Kanten besteht. Die nahezu unsichtbare Fuge lässt das Mauerwerk optisch fugenlos erscheinen, während die Fuge der Fläche eine lebendige, gradlinige Struktur verleiht.

Der südliche Teil des Erdgeschosses ist konstruktiv mit Stahlstützen ausgebildet, auf denen der südliche Teil des Obergeschosses ruht. Die raumhohe Verglasung ist als nicht tragende Pfosten-Riegel-Fassade aus Aluminium ausgeführt.

Das Tragwerk des Produktionstraktes besteht komplett aus Stahlfachwerk, die Zwischendecke im zweigeschossigen Bereich aus Stahlbeton, das Dach aus Trapezblech-Sandwich-elementen. Für die Außenwände kamen Stahlkassetten mit einem Dämmkern aus Steinwolle zum Einsatz, für die Fassadenverkleidung ein Wellprofil aus Aluminium. Die Belichtung erfolgt durch Fensterbänder sowie durch nach Norden ausgerichtete Sheds, die auf der Südseite mit Photovoltaik-elementen ausgestattet sind.



Deckend gestrichene KS-Fasensteine setzen Akzente.

Der 1.900 m² große Produktionstrakt ist im Erdgeschoss in die Bereiche Werkzeugbau, Lager/Gebäudetechnik-Kern und Produktion gegliedert. Das Lager ist – wie der nördliche Teil des Verwaltungstraktes – als zweigeschossiger Massivbau in Stahlbetonskelettbauweise mit Ausfachung konzipiert. Im Erdgeschoss trennt er den Werkzeugbau und die Produktion räumlich, brandschutztechnisch und akustisch voneinander. Im zweiten Obergeschoss beherbergt er die Heizungs- und Lüftungsanlagen. Die Ausfachung besteht in beiden Etagen aus 17,5 cm dickem Sichtmauerwerk aus KS-Fasensteinen und ist Bestandteil des Brandschutzkonzepts.

Brandschutz und energetisches Konzept
Brandschutztechnisch wurden der Produktions- und der Verwaltungstrakt durch die 30 m hohe Brandwand aus Beton in mehrere Brandabschnitte gegliedert. Der eingestellte massive Kern im Produktionsbereich ist in der Feuerwiderstandsklasse F90 ausgeführt und gliedert den Produktionsbereich in zwei weitere, separate Brandabschnitte.

Das gesamte Gebäude ist mit einer Brandmeldeanlage und ca. 160 Brandmeldern ausgestattet, die sowohl die sichtbaren Räumlichkeiten als auch die Bereiche in den abgehängten Decken überwachen.



Installationen sind sichtbar und frei zugänglich.



Das Stahlbetonskelett ist mit KS-Fasensteinen ausfachung.

Das Konzept der Heizungs- und Lüftungsanlage basiert auf einer möglichst kompletten Nutzung interner Abwärmequellen: Produktions-, Beleuchtungs- oder Büromaschinenabwärme sowie die Wärmeabgabe der sich im Gebäude aufhaltenden Personen. Die aus allen Wärmequellen gewonnene Energie wird über ein zentrales Lüftungssystem erfasst und im Winterbetrieb über einen Wärmetauscher der von außen angesaugten Frischluft zugeführt. Der Anteil an zusätzlich benötigter Energie zur Aufheizung der Frischluft wird dadurch auf 15 % reduziert. Im Sommerbetrieb wird das Gebäude durch freie Nachtauskühlung bzw. durch die Kälteenergie des Regenwassers, das in einem großen unterirdischen Staukanal gesammelt wird, gekühlt.

Zur Wärmeerzeugung dient ein Gasbrennwertkessel. Die Heizflächen sind als Fußbodenheizung bzw. Industrieflächenheizung ausgeführt – bei einer Auslegung von 50/40 °C. Die Warmwasserbereitung erfolgt durch Wärmerückgewinnung aus Produktionsmaschinenabwärme bzw. mit Schichtladespeicher.

Ausgezeichnet

Das Produktions- und Verwaltungsgebäude der Trokamed GmbH wurde mit dem Preis „Beispielhaftes Bauen im Landkreis Tuttlingen 1993 – 2003“ der Architektenkammer Baden-Württemberg ausgezeichnet. Aus der Begründung der Jury: „Die eindeutig und gut ablesbare Gliederung in Verwaltungs- und Produktionsbereich ist baukörperlich wohltuend wie städtebaulich überzeugend. Dabei besticht der langgezogene Gebäudeteil entlang der Landstraße durch seine einfache, aber prägnante Ausbildung. Die klare Sprache setzt sich im Innern des Gebäudes fort und findet ihre Entsprechung in den verwendeten zurückhaltenden Materialien und Farben. Ein hervorragendes Beispiel für zeitgemäße Industriearchitektur.“



Auszeichnung der Architektenkammer

Projektdaten

Objekt	Produktions- und Verwaltungsgebäude	
Ort	Kleine Breite 17, 78187 Geisingen	
Baujahr	2003	
Bauherr	Trokamed GmbH	
Architektur/Planung	Merz Architekten, Bad Dürkheim	
Tragwerksplanung	Ingenieurbüro Schweizer, Blumberg	
Planung Heizung, Klima, Lüftung	Planungsbüro Zelsius, Donaueschingen	
Flächen	Grundstücksgröße:	7.000 m ²
	Überbaute Fläche:	3.000 m ²
	Lager:	500 m ²
	Produktion:	450 m ²
	Werkstätten:	450 m ²
	Büroflächen:	268 m ²
	Besprechungsbereiche:	60 m ²
	BGF Bruttogrundfläche	3.000 m ²
	BRI:	16.000 m ³
Parkplätze	Pkw Mitarbeiter und Besucher:	43
Konstruktion		
Außenwand (von innen nach außen)	Produktion: – Stahlkassette auf Stahlunterkonstruktion – Mineralwolle – Windsperre/Folie – Z-Profile/Hinterlüftung – Wellblechprofil liegend Verwaltung: – Innenputz – Stahlbetonwand – Wärmedämmung – Windsperre/Folie – Lattung/Hinterlüftung – Faserzementplatten	
Innenwände	– KS-Fasenstein 17,5 cm	
Bodenplatte (von unten nach oben)	– Stahlbetondecke – Folie – Wärmedämmung/Trittschalldämmung – Trennfolie – Zementestrich mit FB- Heizung – Belag Fliesen/Industrieparkett	
Dach (von unten nach oben)	Produktion: – Trapezblech auf Stahlunterkonstruktion – Dampfbremse – Gefälledämmung nach EnEV – Folienflachdach Verwaltung: – abgehängte Akustikdecke – Decke Stahlbeton – Dampfbremse – Gefälledämmung nach EnEV – Folienflachdach	
Fenster	Verwaltungstrakt: Pfosten-Riegel-Fassade und Fenster aus Aluminium Produktionstrakt: Aluminiumfenster	
Gebäudetechnik		
Heizung	Gasbrennwertkessel in modulierender Ausführung 40-70 kW	
Warmwasser	Warmwasserbereitung durch Wärmerückgewinnung aus Produktionsmaschinenabwärme bzw. mit Schichtladespeicher	

ARBEITEN UND LEBEN UNTER EINEM DACH

Kostümwerkstatt Hagen

Brinkabella, Willi Wiesental, Leseratte Lexi oder Silly Billy – so oder ähnlich heißen die mannsgrößen Figuren, die die Kostümwerkstatt in Hagen am Teutoburger Wald herstellt. Die Unternehmensgründerin Stefanie Ludwig machte sich 1993, direkt nach ihrer Ausbildung zur Modedesignerin, selbständig und produziert seitdem Maskottchen, laufende Logos und Produktkostüme. Zu ihren Kunden zählen Unternehmen wie Nokia, RWE und die Schweizer Kantonalbank sowie Touristikverbände, Verkehrsbetriebe und Bundesligavereine. Vom kleineren Gewerbebetrieb bis zum Weltkonzern ist alles dabei. Die ersten Kostüme entwarf und produzierte die Firmengründerin in ihrer Wohnung. Im 7. Jahr nach Firmengründung fiel die Entscheidung, für Entwurf und Fertigung der Kostüme ein eigenes Ateliergebäude zu errichten.

Als Standort bot sich ein Grundstück in Hagen am Teutoburger Wald an. Das Areal liegt am östlichen Ortsrand in einem



Familie Ludwig: In der Mitte Bauherrin und Nutzerin Stefanie Ludwig mit Sohn Laslo, links ihre Mutter, Architektin Emmi Ludwig, rechts ihr Vater, Bauunternehmer Friedhold Ludwig

Mischgebiet und war mit einer Größe von knapp 1.300 m² für einen normalen Gewerbebetrieb zu klein. Errichtet wurde die Produktionsstätte als zweigeschossiges, unterkellertes Ateliergebäude mit einer Grundfläche von jeweils 130 m² pro Etage. Herausragend ist – im wahrsten Sinne des Wortes – der dreigeschossige Turm. Er hat eine Grundfläche von 25 m² und ist im obersten Geschoss als überdachter Balkon konzipiert.

Nutzungskonzept

Nach Fertigstellung der Bau- und Ausbaurbeiten im August 2001 wurden zunächst nur das Erdgeschoss und der Keller genutzt. Das Obergeschoss war als „Raumhülle“ errichtet und diente als Erweiterungsfläche für die Werkstatt. Als sich jedoch Nachwuchs ankündigte und Stefanie Ludwig Beruf(ung) und Kindererziehung miteinander vereinbaren musste, bot es sich an, die leer stehende Etage zum Wohnraum auszubauen.

Anordnung und Ausrichtung des Gebäudes orientieren sich an den Gegebenheiten des Grundstücks, das an der Ost-, Süd- und Westseite von einem dicht bewachsenen Wall umgeben war. Um diese Situation zu erhalten, wurde das 10 x 13 m große Haus – unter Einhaltung des baurechtlich vorgeschriebenen Abstands zur Straße – soweit wie möglich am nördlichen Grundstücksrand und der Turm im Süden platziert.

Der Zugang zum Atelier erfolgt ebenerdig und führt am Treppenhaus vorbei direkt in das etwa 80 m² große Atelier. Hier befinden sich die großen Tische zum Zuschneiden der Schaumstoffe und Beklei-



Zweigeschossiges Ateliergebäude in massiver Kalksandstein-Bauweise



Foto: Alleen Rogge

Das Zeltdach scheint über dem Turm zu schweben.

dungsstoffe sowie die Nähplätze. Von hier aus gelangt man auch in einen Raum für Sonderarbeiten, in dem Stefanie Ludwig und ihre Mitarbeiter/innen beispielsweise



Foto: Alleen Rogge

KS-Verblendmauerwerk des Turms

se die zugeschnittenen Schaumstoff-Teile erstmals zusammensetzen und ihre künftige Form überprüfen. An der Südost-Seite des Ateliers liegt der Eingang zum Turm,

in dem im Erdgeschoss das Büro untergebracht ist.

Sämtliche Räume sind zum Süden und Osten mit 2 m hohen und überwiegend zweiflügeligen Balkontüren ausgestattet und verfügen somit über einen direkten Zugang in den Garten. Im Westen sorgt ein schmales, horizontal verlaufendes Fensterband für den Einfall von Tageslicht.

Das Obergeschoss ist offen gestaltet und für die gemischte Nutzung von Arbeiten und Wohnen konzipiert. Räumlich abgetrennt sind neben Gäste-WC und Bad lediglich das Schlafzimmer im Turm und das Kinderzimmer. Küche, die auch als Sozialbereich für die Mitarbeiter dient, und Wohnbereich gehen in diesem hallenähnlichen Raum ineinander über. Ein Balkon und großzügige Fenster sorgen auch hier für den direkten Bezug zum Außenraum.

Gebäudekonstruktion

Errichtet wurde die Kostümwerkstatt als Mauerwerksbau mit diagonaler Aussteifung durch das massive Treppenhaus und den ebenfalls massiven Turm sowie die zugsichere Verbindung durch den



Kostümwerkstatt

Ringanker in der Erdgeschossdecke. Die Kellerdecke wurde in Stahlbetonbauweise realisiert. Bei der Decke über dem Erdgeschoss handelt es sich um eine Holzbalkendecke aus Brettschichtholz mit unterseitig sichtbaren OSB-Platten. Die Decke liegt auf einem mittig angeordneten Stahlträger auf, die Lastabtragung erfolgt über zwei frei stehende Stahlstützen mit F30-Anstrich.

Für die Wände wurde Kalksandstein eingesetzt. Architektin und Bauunternehmer planen und bauen seit vielen Jahren mit Kalksandstein, weil sie mit dem Baustoff – neben seiner Qualität als Sichtmauerwerk – mit seiner hohen Druckfestigkeit, der guten Schalldämmung, den hervorragenden bauphysikalischen Eigenschaften und den positiven Brandschutzeigenschaften sehr gute Erfahrungen gemacht haben.

Das Gebäude ruht auf einer 20 cm dicken Bodenplatte aus Stahlbeton. Das Kellergeschoss besteht aus 36,5 cm dickem KS-Mauerwerk. Die Außenwände sind geputzt und auf der Außenseite mit einer Dickbeschichtung und 8 cm dicker Perimeterdämmung versehen.

Ab Erdgeschoss bestehen die Außenwände des Haupthauses aus einschaligem,



Foto: Alleen Fogge

Fußpunktausbildung mit Kiesstreifen

17,5 cm dickem Kalksandstein-Mauerwerk und sind mit 14 cm dicker Mineralwollendämmung mit Dampfbremse von außen abgedeckt. Der Wetterschutz besteht aus einer senkrecht montierten, kessel-druckimprägnierten Holzschalung (Boden-

Deckelschalung). Die Außenwände des Turms wurden als zweischaliges Sichtmauerwerk aus Kalksandstein mit Kerndämmung errichtet. Sämtliche Innenwände



Lebensgroße Maskottchen vor dem Haupthaus



Foto: Aliem Rogge

Das Kirschmonster und seine Schöpferin verabschieden die Besucher.

sind mit einem strukturierten Gipsputz versehen und nicht gestrichen.

Das Dach des Haupthauses ist als Schmetterlingsdach mit sichtbaren Holzsparren aus Brettschichtholz und ebenfalls sichtbaren OSB-Platten ausgebildet. Zur Lastabtragung dient ein Stahlträger mit frei stehender Mittelstütze. Der Dachüberstand beträgt allseitig 1 m, das Dach ist extensiv begrünt.

Die Zeltdachkonstruktion des Turms wird von einem Stahlrahmen mit vier Eckstützen getragen. Holzsparren und Profilholzschalung sind von unten sichtbar, als Dacheindeckung dienen rote Tonpfannen. Die Balkonbrüstung besteht aus gedämmtem Mauerwerk.

Brandschutz und energetisches Konzept

Durch den Einsatz der nichtbrennbaren Kalksandsteine, nichtbrennbarer Dämmung in den Geschossdecken, der F-30-Beschichtung sämtlicher Stahlstützen sowie der Ausführung des Treppenhauses als Sicherheitstreppenhaus erfüllt das Gebäude die Anforderungen, die die Niedersächsische Bauordnung (NBauO) an den baulichen Brandschutz stellt.

Die Warmwasserbereitung und die Beheizung des gesamten Gebäudes einschließlich Kellergeschoss erfolgen über eine Niedrigtemperatur-Gastherme, die im Obergeschoss installiert ist und mit Erdgas betrieben wird.

Projektdaten

Objekt	Theater- und Show-Kostümwerkstatt Hagen	
Ort	Haselieth 9, 49170 Hagen am Teutoburger Wald	
Baujahr	2001	
Bauherr	Stefanie Ludwig, Hagen am Teutoburger Wald	
Architektur/Planung	Dipl.-Ing. Architektin Emmi Ludwig, Hasbergen Bauleitung: Dipl.-Ing. Friedhold Ludwig, Hasbergen	
Tragwerksplanung	Dipl.-Ing. Hellfried Witt, Bramsche-Engter	
Planung Heizung, Klima, Lüftung	Thomas Kötter GmbH, Heizung/Lüftung, Osnabrück	
Flächen	Grundstücksgröße:	1.285 m ²
	Überbaute Fläche:	163 m ²
	Nutzfläche:	280 m ² davon
	Werkstätten:	90 m ²
	Büroflächen:	25 m ²
	Lagerflächen:	130 m ² (Keller)
	Wohnflächen:	111 m ²
	Gesamtfläche:	391 m ²
	Bruttogeschossfläche:	326 m ² (ohne Keller)
	BRl:	1.375 m ³
Parkplätze	Pkw Mitarbeiter und Besucher:	6

Konstruktion

Außenwand (von innen nach außen)	Haupthaus: – Gipsputz 1,5 cm – Kalksandstein-Mauerwerk (RDK 1,4) 17,5 cm – Dämmung zwischen senkrechten Hölzern (14/8) 14 cm – Querlattung 5 cm – Deckelschalung aus Glattkantbrettern 2 x 2,5 cm (Bodendeckelschalung) Turm: – Gipsputz 1,5 cm – Kalksandstein-Mauerwerk (RDK 2,0) 17,5 cm – Kerndämmung, $\lambda = 0,040 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ 10 cm – Kalksandstein-Sichtmauerwerk 2 DF (RDK 2,0) 11,5 cm
Innenwände	Sicherheitstreppenhaus: – Kalksandstein-Mauerwerk als Sichtmauerwerk 24 cm Erdgeschoss: – Kalksandstein-Mauerwerk 11,5 cm – Gipsputz 1,5 cm
Bodenplatte (von unten nach oben)	– Stahlbeton auf Feinplanum 20 cm – Kunststoffolie – Wärmedämmung, $\lambda = 0,045 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ 8 cm – Zement-Estrich 6 cm
Dach (von unten nach oben)	Schmetterlingsdach: – OSB-Platte – Dampfsperre – Dämmung 16 cm – wurzelfeste Eindichtung (Fibertite) – extensive Begrünung
Fenster	Holz mit offenporigem Anstrich, U-Wert Verglasung 1,1 W/(m ² ·K)

Gebäudetechnik

Heizung	– Niedrigtemperatur-Gastherme – Radiatoren
Warmwasser	Warmwasserbereitung durch gleiche Niedrigtemperatur-Gastherme
Baukosten	Nach DIN 276 inkl. 16 % MwSt. Kostengruppe 300: ~ 189.000 € Kostengruppe 400: ~ 47.450 € Gesamtkosten (KG 200 – 700): ~ 261.000 € brutto
(EnEV-Berechnung:) Wärmeschutznachweis nach Wärme-Schutzverordnung von 1995	Heizwärmebedarf: 22,1 kWh/a A/V-Verhältnis: 0,284

FUNKTIONALITÄT MIT CORPORATE DESIGN

Speditonsgebäude der Schwarz GmbH

Die oberpfälzische Stadt Nabburg ist verkehrstechnisch außerordentlich gut angebunden, denn sie liegt direkt an der A 93 und nur wenige Kilometer südlich von der A 6. Von dieser günstigen Anbindung an das bundesdeutsche Autobahnnetz profitiert die Spedition Schwarz, deren Standort sich nur wenige hundert Meter von der Autobahnauffahrt Nabburg befindet. Mit ihren Lkws ist die Spedition in Europa unterwegs, übernimmt Komplett- und Teiladungen sowie Stückgut für den gesamtdeutschen Raum und hat für die Gebiete Rhein/Ruhr und Nürnberg einen täglichen Linienverkehr aufgebaut.

Angesiedelt ist das Unternehmen in einem ansprechend gestalteten Gebäudeensemble, das auf einem etwa 12.000 m² großen Grundstück errichtet wurde und eine Güterumschlaghalle mit Logistikcenter, einen Verwaltungs- und Sozialtrakt sowie einen Werkstatt- und Servicebereich umfasst. Die Bauten befinden sich im hinteren Bereich des Grundstücks. Damit ist zum einen die im Einbahnverkehr geführte Umfahrung mit den Lkws sichergestellt, zum anderen war es dadurch möglich, die Parkplätze direkt an der Straße anzuordnen. Architektonisch werden die drei unterschiedlich großen Bereiche durch eine silber lackierte, waagrecht verlaufende Fas-



Architekt Franz Balzer

sadenbekleidung zusammengefasst. Auffallende Akzente setzen die Sektionaltore und Fensterrahmen, deren Flächen bzw. Profile – in Anlehnung an das Corporate Design der Spedition – in einem kräftigen Rotton beschichtet wurden.

Nutzungskonzept

Der 2-geschossige Verwaltungs- und Sozialtrakt fungiert als verbindendes Element zwischen Werkstatt im Osten und Güterumschlaghalle im Westen und ist deshalb in der Mitte des Gebäudeensembles angeordnet. Er hat durch vorgesetzte, blau lackierte Stahlstützen, die das weit hervorspringende Pultdach tragen und die ebenfalls blauen Rollladenkästen eine besondere Betonung erhalten. Im südlichen Teil dieses Traktes sind zentral im Erdgeschoss das Büro und die Sozialräume untergebracht. Im Obergeschoss befinden

sich das Büro des Betriebsleiters sowie einige Archiv- und die Sozialräume für die Mitarbeiter, im Keller die Räume für die Haustechnik. Im Bereich des Verwaltungs- und Sozialtrakts ist das Speditonsgebäude teilunterkellert.

Eine Besonderheit bildet ein innen liegender Lichthof, der im Erdgeschoss den zur Werkstatt gehörenden Lagertrakt von der Verwaltung trennt. Gleichzeitig versorgt er die im Westen liegende Güterumschlaghalle, das im Norden angrenzende Ersatzteillager sowie den im Süden liegenden Sozialtrakt, der zum Verwaltungsbereich gehört, mit Tageslicht.

Die Güterumschlaghalle hat eine Fläche von etwa 1.600 m² und ist im Norden mit drei großen Toren sowie einer überdachten Rampe ausgestattet. Im Süden befinden sich sieben wärme gedämmte Sektionaltore, an die die Lkws direkt andocken können. Die Halle dient der Spedition selbst als Lagerhalle und ist zum Teil vermietet. Für Kunden aus den Bereichen Antriebstechnik, Elektronik, Werkstechnik und der Papierindustrie werden hier Waren kommissioniert und für den Transport vorbereitet. Um das Dienstleistungsangebot zu erweitern, hat die Spedition Schwarz das vorhandene Gebäudeensemble in einem zweiten Bauabschnitt um ein 750 m² großes Logistikcenter erweitert. Es grenzt im Westen direkt an die Güterumschlaghalle an und ist intern über zwei Rolltore erschlossen.



Das mittig liegende Verwaltungsgebäude verbindet Werkstatt und Güterumschlaghalle.



Silbern gestrichene Wellblechprofile verbinden die unterschiedlichen Gebäude.

Im Osten des Ensembles befindet sich der Werkstatt- und Servicebereich. Er besteht aus einem eingeschossigen Gebäude, in dem eine Pflegehalle mit Grube, Reifenmontagegerät und Reifenwuchtmaschine sowie eine Waschhalle mit

einer Portalwaschanlage für Lkws untergebracht sind. Über die im Norden und Süden installierten wärmedämmten Sektionaltore ist es möglich, dass die Fahrzeuge nach Wartung oder Wäsche nicht zurückstoßen müssen, sondern

weiter nach vorn herausfahren können. Ergänzt wird dieser Bereich durch ein Reifen- und Ersatzteillager sowie die Werkstatt, die im hinteren Teil des Verwaltungs- und Sozialtrakts angeordnet wurden.



Durch raumhohe Fenster erhalten Büro und Besprechungsraum viel Tageslicht.



Pflegehalle mit Grube

Gebäudekonstruktion

Um zwischen Güterumschlaghalle einerseits und Werkstattbereich andererseits eine gute Schalldämmung zu erreichen, sind die tragenden Innen- und die Außenwände des Verwaltungs- und Sozialtrakts aus 24 cm dickem Kalksandstein-Mauerwerk errichtet. Zum Einsatz kamen großformatige Kalksandsteine (KS XL-RE) als E-Kanalsteine mit einer Schichthöhe von 50 cm, ein Bausystem mit integrierten Installationskanälen. Die Kanäle besitzen einen Durchmesser von 4 cm und sind senkrecht im Abstand von 12,5 cm angeordnet. Von innen wurden die Wände geputzt, von außen mit einem Wärmedämm-Verbundsystem versehen bzw. im Bereich der Südfassade mit 14 cm Mineralfaserdämmung und waagrecht verlegten, einbrennlackierten Wellblechprofilen verkleidet. Das Dach wurde als konventionelle Holzkonstruktion errichtet, mit Zwischensparrendämmung und Folienabdichtung auf Trennlage.

Die Güterumschlaghalle hat eine Grundfläche von etwa 1.500 m². Realisiert wurde sie als 8-achsige Stahlbetonskeletthalle und ist, um größtmögliche Nutzungsflexibilität zu gewährleisten, im Innenraum stützenfrei ausgeführt. Die Wetterschutzfunktion übernehmen die Wellblechprofile, die auf Distanzprofilen verlegt worden sind. Die Dachkonstruktion wurde als frei tragende Stahlbinderkonstruktion ausgeführt und überspannt in Nord-Süd-Richtung eine Distanz von 36 m. Das Dach besteht aus Stahltrapezblechen, ist mit 14 cm Mineralfaserdämmplatten gedämmt und mit einer mechanisch fixierten Dachabdichtung versehen. Die Belichtung der Güterumschlaghalle erfolgt über ein in West-Ost-Richtung durchlaufendes Band aus Oberlichtern.

Das im zweiten Bauabschnitt errichtete Logistikcenter hat eine Fläche von etwa 750 m² und setzt das stützenfreie Konstruktionsprinzip der Güterumschlaghalle sowie die Anordnung von Rampe und Sektionaltoren fort.

Die Wasch- und Pflegehalle wurde in Stahlrahmenkonstruktion erbaut und mit Kalksandstein-Mauerwerk ausgefacht. Die Wandoberflächen sind in der Waschkammer raumseitig mit einer Epoxydharzbeschichtung versehen und zum Schutz vor Spritzwasser mit senkrecht stehendem einbrennlackierten Stahlblech verkleidet. In der Pflegehalle sowie in der Werkstatt und im Reifen- und Ersatzteillager blieben sie unverputzt und sind mit einer Dispersionsfarbe gestrichen. Die Belichtung der Hallen



Deckend gestrichenes KS-Plansteinmauerwerk



Waschkammer mit stehender Stahlblechverkleidung



Güterumschlaghalle mit angrenzendem Verwaltungsgebäude

erfolgt durch Oberlichter und die verglasten Sektionaltore, die Lagerbereiche sind mit Fenstern ausgestattet. Das Dach besteht wie bei der Güterumschlaghalle aus einer tragenden Stahltrapezblechschale mit Mineralfaserdämmung und mechanisch fixierter Folienabdeckung.

Brandschutz und energetisches Konzept

Das Gebäudeensemble ist durch eine Brandwand in zwei Bereiche unterteilt, die zwischen Güterumschlaghalle und Verwaltungs- und Sozialtrakt verläuft. In der Güterumschlaghalle und im Logistikcenter, die mit automatischen Brandmeldern ausgestattet sind, fungieren die Oberlichter im Brandfall als Rauch- und Wärmeabzüge. Im Verwaltungs- und Sozialtrakt sowie im Werkstatt- und Servicebereich sind Handmelder installiert.

Für Beheizung und Warmwasserzeugung befinden sich im Keller zwei Gas-Brennwertkessel mit einer Leistung von 2 x 200 kW. Die Abgase werden mit feuchteunempfindlichen Edelstahlkaminen über das Dach abgeführt. Beheizt wird das Gebäudeensemble mit einer Industriebodenheizung. Dies hat insbesondere in der Güter- und Logistikhalle den Vorteil, dass die Luftmassen – ohne zusätzliche technische Einrichtungen – vom Fußboden bis zum Dach gleichmäßig erwärmt werden.



Das Nut-Feder-System der durchstoßenden Wand sowie Installationen bleiben sichtbar.

Projektdateien

Objekt	Firmengebäude der Spedition Schwarz GmbH	
Ort	Sauerzapfstr. 11, 92507 Nabburg	
Baujahr	1. Bauabschnitt: 2003 2. Bauabschnitt: 2008	
Bauherr	Spedition Schwarz GmbH	
Architektur/Planung	Franz Balzer, Architekt VFA, Amberg-Eglsee	
Tragwerksplanung	Ing.-Büro J. Wedemeyer, Amberg	
Planung Heizung, Klima, Lüftung	Ing.-Büro Wloka, Weiden	
Flächen	Grundstücksgröße:	12.000 m ²
	Überbaute Fläche:	3.220 m ²
	Güterumschlaghalle:	1.600 m ²
	Logistikcenter:	750 m ²
	Verwaltungs- und Sozialtrakt, Werkstatt- und Servicebereich:	840 m ²
	BGF:	3.900 m ²
	BRI:	26.500 m ³
Parkplätze	ca. 30 auf der Gesamtanlage	
Konstruktion		
Außenwand (von innen nach außen)	Verwaltungs- und Sozialtrakt sowie Wasch- und Pflegehalle – Putz – KS XL-RE als E-Kanalsteine (RDK 1,8) 24 cm – Wärmedämmung 14 cm – vorgehängte hinterlüftete Bekleidung mit Wellblechprofilen	
Innenwand	– Putz – KS XL-RE als E-Kanalsteine (RDK 1,8) 24 cm – Putz	
Bodenplatte (von unten nach oben)	– Schotter/ Filterschicht – Sauberkeitsschicht – Perimeterdämmung – Abdichtung – Stahlbetonbodenplatte beheizt	
Dach (von unten nach oben)	Güterumschlaghalle/Wasch- und Pflegehalle – Stahltrapezblech – Wärmedämmung – Dachabdichtung Verwaltungs- und Sozialtrakt – F30-Decke (Gipskarton) – Dachschalung – Wärmedämmung – Dachabdichtung	
Fenster	Verwaltung:	Aluminiumfenster
	Waschhalle:	Kunststofffenster
Gebäudetechnik		
Heizung und Warmwasser	– Gas-Brennwertkessel (2 x 200 kW)	
Baukosten	Gesamt ca. 3,7 Mio. Euro	

LEBENSMITTEL MIT HEISSLUFT TROCKNEN

Sprühturm der Molda AG

Die Molda AG, die im niedersächsischen Dahlenburg angesiedelt ist und 1892 als Molkereigenossenschaft gegründet wurde, zählt heute zu den weltweit führenden Unternehmen auf dem Gebiet der Trocknung von Lebensmitteln. Sie verarbeitet z.B. Früchte zu Granulat, produziert aus Quark, Honig und Rotwein Pulver und stellt aus Kaffeeextrakt lösliches Granulat her. Hinzu kommt eine breite Produktpalette aus den Bereichen Bäckerei/Convenience.

Vier Trocknungsverfahren, mit deren Hilfe den Produkten das Wasser entzogen wird und die in Abhängigkeit von den Eigenschaften des Ausgangs- und Endprodukts angewandt werden, setzt die Molda AG ein:

1. Gefriertrocknung: Das Ausgangsprodukt ist gefroren und die Wasserverdampfung erfolgt durch Sublimation¹⁾ im Hochvakuum.



Architekt Andreas Reinecke

2. Vakuumbandtrocknung: Das Produkt wird auf einem Förderband transportiert, während das Wasser mit Hilfe eines Vakuums entzogen wird.
3. Walzentrocknung: Das flüssige Ausgangsprodukt wird auf eine Walze aufgetragen, die so heiß ist, dass das Wasser verdampft.

¹⁾ Übergang eines Stoffs vom festen in den gasförmigen Aggregatzustand

4. Sprühtrocknung: Das flüssige Produkt und heiße Luft werden in einen Zylinder gesprüht. Die Wasserverdampfung erfolgt dabei durch die Zerstäubung der Flüssigkeit im Heißluftstrom.

Um die vorhandenen Kapazitäten auszubauen, wurde von der Molda AG 2007 ein weiterer Sprühturm errichtet. Als Standort bot sich unbebautes Areal an, das im Nordwesten des Firmengeländes liegt und genügend Platz für die neue Trockeneinrichtung sowie spätere Erweiterungen bietet.

Nutzungskonzept

Maße und Konstruktion des Turmgebäudes orientieren sich an den Ausmaßen und technischen Erfordernissen der Sprühtrocknung. Für den Trocknungsvorgang ist bei diesem Verfahren ein Edelstahlzylinder notwendig, der sich unten verjüngt. In den Zylinder wird über eine Sprühscheibe von oben das flüssige Produkt und umlaufend um die Sprühscheibe etwa 170 °C heiße Luft eingeblasen. Durch die Kombination von Zerstäubung und Heißluft verdampft das im Produkt enthaltene Wasser. Damit entsteht ein trockenes Pulver, das nach unten zum Austrag des Turmes fällt.

Das Gebäude des Turms hat eine Höhe von 30 m und beherbergt drei Obergeschosse, eine Zwischenebene und das Erdgeschoss. Im dritten Obergeschoss, lichte Höhe 6,50 m, wird das Rohmaterial in den Zylinder gesprüht. Außerdem ist hier die für den Einsprühprozess notwendige Mess-, Regel- und Steuerungstechnik untergebracht. Das zweite Obergeschoss weist eine Höhe von 10 m auf. Hier wird die Frischluft angesaugt, gefiltert, erhitzt und in den Zylinder eingeblasen. Im ersten Obergeschoss (lichte Höhe 6 m) wird das getrocknete Produkt ausgeschleust. Im 8 m hohen Erdgeschoss ist das Turmgebäude durch ein zweigeschossiges Bauwerk erweitert. Auf Ebene 0 sind Befüllanlagen für die Bigbags, die Palettenrollbahn, Verpackungsanlagen, Warenannahme und Warenauslieferung, Technikzentrale und Sozialräume angeordnet. In einem Zwischengeschoss befinden sich die Steuerungstechnik und ein Informationsraum für Besucher.

Gebäudekonstruktion und Brandschutz

Das Turmgebäude hat die Aufgabe, Edelstahlzylinder und Technik sicher zu umhüllen und vor Wind und Wetter zu schützen. Innerhalb des Bauwerks dürfen Wände und konstruktive Elemente aus hygie-



Die Konstruktion des Turms orientiert sich an den technischen Erfordernissen der Sprühtrocknung.



Das Produkt wird als Flüssigkeit eingesprüht und fällt als trockenes Pulver zum Austrag des Zylinders.

nischen Gründen keinerlei Versprünge aufweisen, auf denen sich Schmutz ablagern könnte. Vor diesem Hintergrund fiel die Entscheidung für eine Kombination aus Stahlbeton und 30 cm dickem Mauerwerk aus Kalksandstein. Zum Einsatz

kamen KS XL-Rasterelemente, die mit Dünnbettmörtel schnell und wirtschaftlich verarbeitet werden und eine hohe Ebenheit der Rohbauwand ermöglichen. Bei Steindruckfestigkeitsklasse 20 in Kombination mit Dünnbettmörtel werden

die höchsten Grundwerte der zulässigen Druckspannung ($\sigma_0 = 4,0 \text{ N/mm}^2$) erreicht. Die Wände sind dadurch in der Lage, die hohen Lasten aus dem Turmgebäude aufzunehmen. Gleichzeitig konnten durch die Wandscheiben aus KS XL-Ras-



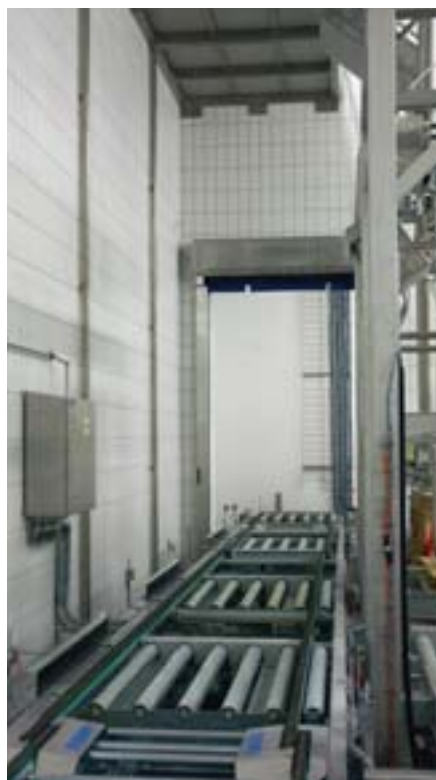
Beim Sprühturm kamen KS XL-Rasterelemente zum Einsatz.



Durch die Wandscheiben konnte die Windaussteifung des Turms kostengünstig realisiert werden. Aufwändige Rahmenkonstruktionen konnten entfallen.

terelementen die Windaussteifung des Turms kostengünstig realisiert werden und aufwändige Rahmenkonstruktionen entfallen. Die Anforderung der Feuerwiderstandsklasse F90 wird problemlos erfüllt. Die Außenwände sind hinterlüftet und wurden bis zu einer Gebäudehöhe von 8 m mit Vormauerziegel und darüber mit Wellprofilen verkleidet. Tauwasseranfall schließen Bauherr und Planer aufgrund der hohen Innenraumtemperaturen und der Erfahrungen mit vergleichbaren Gebäuden bei der Molda AG aus.

Die Decken über Erdgeschoss, Zwischengeschoss und erstem Obergeschoss sind als Filigrandecken mit einer Ortbetonschicht ausgeführt. Die Decke über dem zweiten Obergeschoss wurde wegen der großen Öffnungen für den Zylinder und die Filteranlagen komplett aus Ortbeton realisiert. Die Decken liegen auf Unterzügen aus Stahlbeton und auf der Außenwand aus Kalksandstein auf.



Auf Ebene 0 befinden sich Befüllanlagen, Palettenrollbahn, Verpackungsanlagen und Auslieferung.

Die Lastabtragung der Unterzüge erfolgt über zwei Innenstützen und Stützen in der Außenwand.

Hohe Anforderungen an den Brandschutz wurden auch an die Erschließungsräume gestellt. Die Erschließung der fünf Etagen erfolgt über einen Aufzug sowie ein Treppenhaus. Die raumumschließenden Innenwände für Aufzug und Treppenhaus bestehen aus 30 cm dicken KS XL-Rasterelementen, für alle anderen Räume wurde 17,5 cm dickes KS-Mauerwerk eingesetzt. Das Fluchttreppenhaus besteht

aus Stahl und ist außerhalb des Gebäudes angeordnet.

Der Sprühturm wurde mit Rauchmeldern und einer Brandmeldeanlage ausgestattet. Hinzu kommen Sicherheitsmaßnahmen im Bereich des Edelstahlzylinders. Das Flachdach ist mit einem Gefälle von 2 % und aus Brandschutzgründen in Porenbeton ausgeführt. Die Dachplatten liegen auf Stahlträgern auf, die F 90 entsprechend eingemauert und verputzt sind. Den oberen Abschluss bilden eine Wärmedämmung sowie die Dachabdichtung.

Projektdaten

Objekt	Trockensprühturm	
Ort	Gartenstr. 13, 21368 Dahlenburg	
Baujahr	2007	
Bauherr	Molda AG	
Architektur/Planung	Dipl.-Ing. Andreas Reinecke, Bleckede/Radegast	
Flächen	Nutzfläche:	2.055 m ² , davon:
	Erdgeschoss	860 m ²
	BRI:	12.000 m ³ (Turm + Nebengebäude)
Konstruktion		
Außenwand (von innen nach außen)	<ul style="list-style-type: none"> - Fliesen - KS XL-Rasterelemente (RDK 2,0) 30 cm - Luftschicht 10 cm - beschichtetes Wellblechprofil 	
Innenwände	<ul style="list-style-type: none"> - Putz, Fliesen oder Anstrich - KS XL-Rasterelemente (RDK 2,0) 17,5 cm bzw. 30 cm - Putz, Fliesen oder Anstrich 	
Bodenplatte (von unten nach oben)	<ul style="list-style-type: none"> - Streifen- und Einzelfundamente - Sohlplatte Beton C20/25, 25 cm - Verbundestrich 7 cm - Fliesen 	
Dach (von unten nach oben)	<ul style="list-style-type: none"> - Bitumen-Schweißbahn - Wärmedämmung 20 cm - Porenbeton Dachplatten F-90 A 20 cm 	
Fenster	- Kunststofffenster, U-Wert Verglasung 1,10 W/(m ² ·K)	
Gebäudetechnik		
Heizung	entfällt, da Anschluss an vorhandene Anlage	
Warmwasser	entfällt, da Anschluss an vorhandene Anlage	

Beratung:**Überreicht durch:****Kalksandsteinindustrie Bayern e.V.**

Rückersdorfer Straße 18
90552 Röthenbach a.d. Pegnitz
Telefon: 09 11/54 06 03-0
Telefax: 09 11/54 06 03-9
info@ks-bayern.de
www.ks-bayern.de

Kalksandsteinindustrie Nord e.V.

Lüneburger Schanze 35
21614 Buxtehude
Telefon: 0 41 61/74 33-60
Telefax: 0 41 61/74 33-66
info@ks-nord.de
www.ks-nord.de

Kalksandsteinindustrie Ost e.V.

Kochstraße 6 - 7
10969 Berlin
Telefon: 0 30/25 79 69-30
Telefax: 0 30/25 79 69-32
info@ks-ost.de
www.ks-ost.de

Verein Süddeutscher**Kalksandsteinwerke e.V.**

Heidelberger Straße 2 - 8
64625 Bensheim/Bergstraße
Telefon: 0 62 51/10 05 30
Telefax: 0 62 51/10 05 32
info@ks-sued.de
www.ks-sued.de

Kalksandsteinindustrie West e.V.

Barbarastraße 70
46282 Dorsten
Telefon: 0 23 62/95 45-0
Telefax: 0 23 62/95 45-25
info@ks-west.de
www.ks-west.de