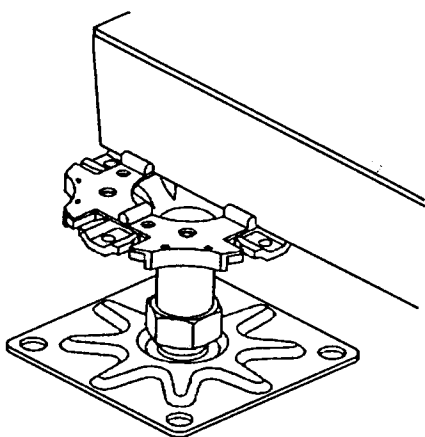




EXECUTIVE SUMMARY

Vergleichsmodellrechnung Gebäude mit bzw. ohne Systemfußböden

am Beispiel einer Neu- und Umbaumaßnahme



Eine gemeinsame Studie

des

Center for Building Performance and Diagnostics

Carnegie Mellon University, Pittsburgh, PA

Direktor: Prof. Dr.-Ing. Volker Hartkopf

und der

Technischen Universität *Carolo Wilhelmina* zu Braunschweig

Fachgebiet für Numerische Methoden und Bauinformatik

vertreten durch: Dr.-Ing. Karsten Menzel

Auftraggeber:

Bundesverband Systemböden e.V.
Kaiserswertherstraße 135
40474 Düsseldorf

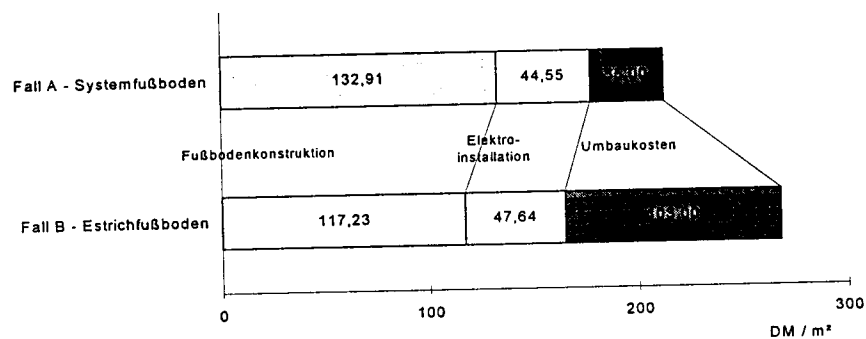
Bearbeiter:

M. Karr, F. Krüger, K. Menzel
TU Braunschweig, Fachbereich Bauingenieur- und Vermessungswesen
FG Numerische Methoden und Bauinformatik

In der gemeinsamen Studie *Vergleichsmodellrechnung Gebäude mit bzw. ohne Systemfußböden* des Center for Building Performance and Diagnostics der Carnegie Mellon University, Pittsburgh, PA und der Technischen Universität *Carolo Wilhelmina* zu Braunschweig, Fachgebiet für Numerische Methoden und Bauinformatik werden qualitative und quantitative Vergleiche zur Nutzung von Systemfußböden erbracht. Die Vergleiche erfolgen auf der Grundlage zweier ausgeführter Projekte, dem Neubau des Commerzbank-Gebäudes in Frankfurt/Main bzw. der Nachrüstung eines Verwaltungsgebäudes eines Industrieunternehmens im süddeutschen Raum. Die Ergebnisse sind in Kurzform in der folgenden Tabelle zusammengestellt.

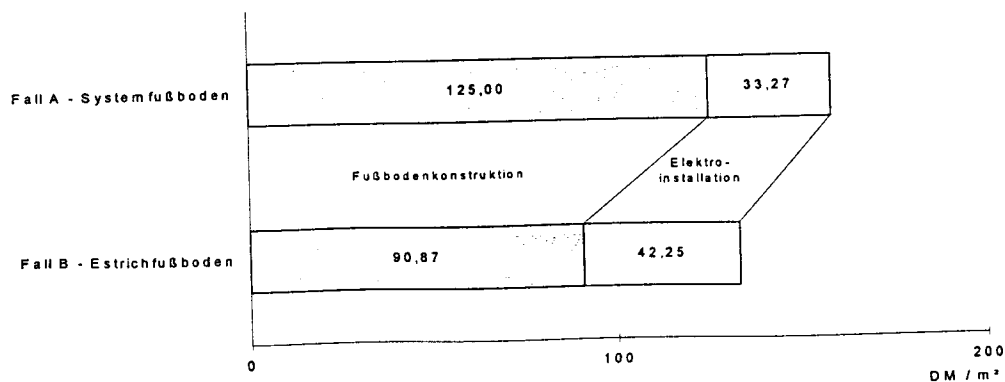
Beispiel 1 - Neubaumaßnahme

Pos		Fall A - Systemfußboden		Fall B - Estrichfußboden	
			Summe		Summe
1	Fußbodeneinbau	52.101,20 DM		26.560,85 DM	
1a	Preis pro m ²	132,91 DM		117,23 DM	
2	Elektroinstallation	17.909,09 DM		19.149,95 DM	
2a	Preis pro m ²	44,55 DM	Pos. 1a und 2a ca. 177 DM	47,64 DM	Pos 1a und 2a ca. 165 DM
2b	Versorgungsgrad (versorgte Fläche pro Elektrand)	8,55 m ²		8,55 m ²	
3	Umbaukosten nach 5 Jahren	ca. 14.000,- DM		41.542,- DM	
3a	Preis pro m ²	35 DM	Pos 1a, 2a und 3a 221 DM	ca. 103 DM	Pos 1a, 2a und 3a 269 DM



Beispiel 2 - Nachrüstungskosten

Pos		Fall A - Systemfußboden		Fall B - Estrichfußboden	
			Summe		Summe
1	Fußbodeneinbau	125.875,- DM		91.503,83 DM	
1a	Preis pro m ²	125,- DM		90,87 DM	
2	Elektroinstallation	33.499,40 DM		42.541,30 DM	
2a	Preis pro m ²	33,27 DM	Pos. 1a und 2a ca. 158 DM	42,25 DM	Pos. 1a und 2a ca. 133 DM
2b	Versorgungsgrad (versorgte Fläche pro Elektrand)	11,2 m ²		11,2 m ²	

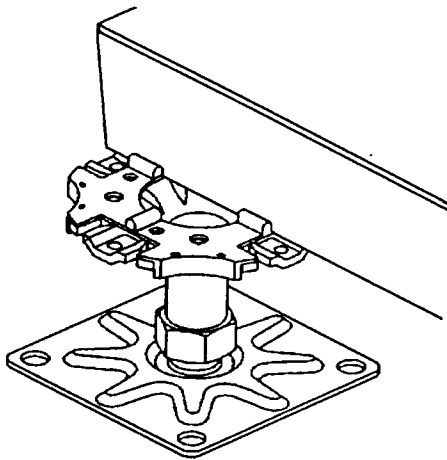




Manuskript zur Studie *Vergleichsmodellrechnung* *Gebäude mit bzw. ohne Systemfußböden*

am Beispiel einer
Neu- und Umbaumaßnahme

zur Vorlage bei ausgewählten
Mitgliedern des
Bundesverbandes Systemböden e.V.



Eine gemeinsame Studie
des
Center for Building Performance and Diagnostics
Carnegie Mellon University, Pittsburgh, PA
Direktor: Prof. Dr.-Ing. Volker Hartkopf

und der

Technischen Universität *Carolo Wilhelmina* zu Braunschweig
Fachgebiet für Numerische Methoden und Bauinformatik
vertreten durch: Dr.-Ing. Karsten Menzel

Auftraggeber:

Bundesverband Systemböden e.V.
Kaiserswertherstraße 135
40474 Düsseldorf

Bearbeiter:

M. Karr, F. Krüger, K. Menzel
TU Braunschweig, Fachbereich Bauingenieur- und Vermessungswesen
FG Numerische Methoden und Bauinformatik

1 Einleitung	1
2 Haustechniksysteme in Installationsräumen	3
2.1 Elektroinstallationen	3
2.1.1 Konventionelle Leitungsverlegung	3
2.1.2 Industrielle Installationssysteme	4
2.2 Lüftung und Klimatisierung	7
2.2.1 Aufgaben und Arten von Lüftungssystemen	7
2.2.2 Luftführung im Raum	7
2.3 Wasserver- und -entsorgung	10
2.3.1 Verbrauchsleitungen	10
2.3.2 Entsorgungsleitungen	11
3 Fußbodenkonstruktionen	12
3.1 Massive Fußbodenkonstruktionen	12
3.1.1 Anforderungen an massive Fußbodenkonstruktionen	13
3.2 Doppelboden	16
3.2.1 Allgemeines	16
3.2.2 Anforderungen an Doppelbodensysteme	17
3.2.3 Vor- und Nachteile von Doppelbodensystemen	19
3.3 Hohlraumboden	22
3.3.1 Allgemeines	22
3.3.2 Anforderungen an Hohlraumbodensysteme	24
3.3.3 Vor- und Nachteile von Hohlraumbodensystemen	25
4 Vergleichsmodellrechnung am Beispiel eines Neubaus	28
4.1 Darstellung des Gebäudes	28
4.2 Kostenermittlung bei Ausführung mit Doppelboden - Variante A	31
4.2.1 Randbedingungen und Annahmen	31
4.2.2 Kostenermittlung	33
4.3 Kostenermittlung bei Ausführung ohne Doppelboden - Variante B	37
4.3.1 Randbedingungen und Annahmen	37
4.3.2 Kostenermittlung	40
4.4 Zusammenfassung und Kostenbewertung	42

5 Vergleichsmodellrechnung am Beispiel einer Umbaumaßnahme	45
5.1 Darstellung des Gebäudes	45
5.2 Kostenermittlung bei Ausführung mit Doppelboden - Variante A	48
5.2.1 Randbedingungen und Annahmen	48
5.2.2 Kostenermittlung	49
5.3 Kostenermittlung bei Ausführung ohne Doppelboden - Variante B	52
5.3.1 Randbedingungen und Annahmen	52
5.3.2 Kostenermittlung	53
5.4 Zusammenfassung und Kostenbewertung	55
6 Schlußbetrachtung	57
Literaturverzeichnis	61
Darstellungsverzeichnis	63

1 Einleitung

Inhalt der Studie ist eine Wirtschaftlichkeitsbetrachtung von Systemfußböden. Auftraggeber ist der Bundesverband für Systemfußböden e.V.

Der Installationsgrad eines modernen Büroarbeitsplatzes hat sich in den letzten dreißig Jahren mehr als verdoppelt, weil sich in den letzten Jahren einschneidende technische Veränderungen in der Kommunikationstechnik sowie in der Ver- und Entsorgungstechnik ergaben. In komplexen Bürogebäuden und Fertigungsstätten hat sich das Anforderungsprofil an Arbeitsbereiche geändert. Die heutigen Anforderungen werden zusätzlich durch häufige Nutzungsänderungen und wechselnde Raumaufteilung bestimmt. Bei einem für moderne Bürogebäude anzunehmenden Nutzungszeitraum für Büroflächen von ca. 5 Jahren ergeben sich 13 Nutzungsänderungen bei einer Lebensdauer des Gebäudes von ungefähr 70 Jahren.

Dieser Umstand erfordert Bau- und Installationssysteme, die wirtschaftliche und problemlose Erweiterungs- und Umbaumaßnahmen gewährleisten. Im Bereich der Fußbodentechnik haben sich Doppelboden- und Hohlraumbodensysteme als ideale Lösung bewährt.

In der vorliegenden Studie soll zunächst ein Überblick über die haustechnischen Installationen gegeben werden. Für die einzelnen Gewerke der Haustechnik werden Ausführungsvarianten und Anforderungen dargestellt.

Es werden die verschiedenen Fußbodenkonstruktionen vorgestellt. Dabei sollen Anforderungen und Ausführungsvarianten beschrieben werden. Da die Studie sich im wesentlichen mit der Wirtschaftlichkeit von Systemfußböden beschäftigt, werden diese einer ausführlicheren Untersuchung unterzogen.

Im Rahmen dieser Studie soll die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung von Systemfußböden anhand einer Neubaumaßnahme sowie einer Umbaumaßnahme durchgeführt werden. Dabei wird jeweils eine Ausführungsvariante mit Doppelboden einer Ausführungsvariante ohne Doppelboden gegenübergestellt. Die Kostenermittlung wird exemplarisch anhand eines Geschosses durchgeführt. Anschließend erfolgt eine Bewertung beider Varianten, wobei nicht nur reine Investitionskosten, sondern auch eventuelle Nutzungsänderungen in Betracht gezogen werden.

Als Grundlage für die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung einer Neubaumaßnahme dient das Commerzbank-Hochhaus in Frankfurt am Main. Diese Baumaßnahme steht beispielhaft für die hohen Anforderungen an den Installationsgrad in modernen Bürogebäuden, die dort unter anderem durch den Einsatz eines Doppelbodensystems umgesetzt worden sind.

Ein Büro- und Verwaltungsgebäude im süddeutschen Raum, bei dem eine Nachrüstung mit einem Doppelbodensystem erfolgte, dient als Beispiel, um auch die Einsatzmöglichkeiten von Systemfußböden bei Erweiterungsmaßnahmen aufzuzeigen.

Das letzte Kapitel enthält eine zusammenfassende Bewertung der Ergebnisse.

Die Verfasser möchten sich an dieser Stelle noch einmal bei folgenden Personen und Institutionen bedanken:

Der Nervus Generalübernehmer GmbH, insbesondere bei den Herren Dr. Grüneis sowie Herrn Kalkstein, für die zur Verfügung gestellten Materialien zum Commerzbank-Hochhaus. Der Firma HOCHTIEF AG, insbesondere Herrn Becker und Mitarbeitern.

Herrn Würth und Herrn Zimmermann, Mitarbeiter der Bauverwaltung und Haustechnikabteilung eines süddeutschen Unternehmens für hilfreiche Informationen und Diskussionen.

2 Haustechniksysteme in Installationsräumen

2.1 Elektroinstallationen

Die elektrischen Installationen müssen „zukunftsicher“ angelegt sein. Sie sollten nicht nur den Betrieb der heute benötigten Geräte sicherstellen, sondern die zukünftig wachsenden Bedürfnisse berücksichtigen.

Die Verteilung der elektrischen Energie in einem Bauwerk wird in nachstehender Reihenfolge realisiert:

- Hauptverteiler
- ggf. Unterverteiler
- Stockwerksverteiler
- ggf. Verteiler für besondere Abnehmer
- Stromkreis für Beleuchtung, Steckdosen und Einzelverbraucher

Hauptstromversorgungsleitungen verbinden, vertikal und horizontal geführt, den Hauptverteiler mit den nachgeschalteten Verteilern.

2.1.1 Konventionelle Leitungsverlegung

Vertikale Leitungsverteilung:

Für die vertikale Leitungsverteilung werden mehrere Kabel in gesonderten Installationsschächten verlegt. Die Schächte bilden eigene Brandabschnitte und sind einschließlich ihrer Revisionsöffnungen feuerbeständig auszubilden.

Die Bereiche der Gebäudekerne (Treppen und Aufzugsanlagen) eignen sich für die Anordnung von Installationsschächten. Jedes Geschoß besitzt Stockwerksverteiler im Bereich der Installationsschächte oder auch kleinere Betriebsräume. Von dort aus erfolgt die horizontale Verteilung.

Horizontale Leitungsverteilung:

Abgehängte Decken und Installationsböden erlauben eine verdeckte Leitungsführung in horizontaler Ebene.

Gewählt wird im allgemeinen eine dezentrale Verteilungsform mit mehreren Unterverteilungen in Wänden, Decken und Installationsböden. Hiervon ausgehend, wird mit kurzen Anbindungen jeweils eine kleine Anzahl von Verbrauchern versorgt. Eine Dezentralisierung gestattet ein leichteres Anpassen der Elektroinstallation bei Änderung der räumlichen Konzeption. Zwei herkömmliche Verteilungsarten sind in Abbildung 2.1-1 und 2.1-2 beispielhaft dargestellt. Die Verlegung der Leitungen erfolgt dabei auf oder unter Putz.

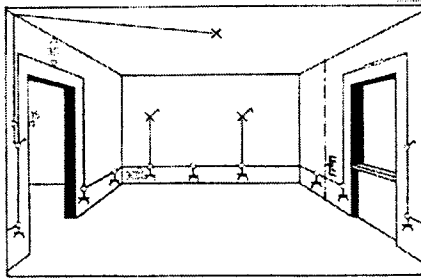


Abbildung 2.1-1: Untere Verteilung [DIN110]

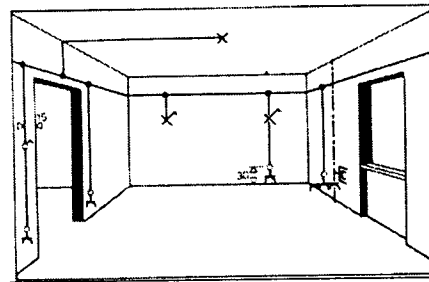


Abbildung 2.1-2: Obere Verteilung [DIN110]

In modernen Verwaltungsgebäuden mit großräumigen Büroflächen und flexiblen Trennwänden können im allgemeinen die Wände nicht mehr für Zuleitungen zu Steckdosen und Anschlüssen herangezogen werden. Feste Installationen behindern Änderungen von Funktionsabläufen und Umgestaltungen von Arbeitsplätzen in Verwaltung und Produktion. Daher wird in diesen Fällen eine elektrische Versorgung über Installationsböden angestrebt. Lediglich besondere Elektroeinrichtungen wie Lichtschalter sind in leichte Trennwandkonstruktionen zu integrieren. Der Umbauaufwand kann somit minimiert werden. Flexible Konstruktions- und Installationssysteme sind daher wichtige Voraussetzungen in zukunftsorientierten Bauwerken. Im folgenden sollen einige Installationsalternativen kurz dargestellt werden.

2.1.2 Industrielle Installationssysteme

Unterflurkanalsystem:

Für die Installation von Bürobauten mit variabler Nutzung, vor allem aber für Großraumbüros, bei denen eine Elektrizitätsversorgung von der Außenwand nicht ausreichend ist, stellt das Unterflurkanalsystem ein anpassungsfähiges Verteilungssystem dar.

In einem bestimmten Raster werden flache Blech- oder Kunststoffkanäle auf der Rohdecke montiert und in den Fußbodenaufbau integriert. Die Rastermaße liegen je nach Nutzungskonzept zwischen 1,20m x 1,20m und 1,80m x 1,80m.

Die Unterflurkanäle liegen im Verbundestrich entweder

- oberflächenbündig (Estrichdicke ab etwa 40mm) oder
- mindestens 30-35mm unter der Estrichoberfläche (Estrichdicke 55-100mm).

Oberflächenbündige Kanäle werden in der Regel vom Bodenbelag überdeckt. Anschlüsse oberflächenbündiger Kanäle sind nur mittels kastenförmiger Aufsätze (Zapfsäulen) möglich. Dabei entstehen häufig durch Überstände Stolperstellen, die eine erhöhte Unfallgefahr darstellen. Estrichüberdeckte Kanäle können ab 65mm Estrichdicke fußbodenbündige Anschlußpunkte (Elektranten) erhalten. Bewährt haben sich hierbei Klappdeckelanschlüsse. Auch nachträglich lassen sich Anschlußstellen gegebenenfalls durch Aufbohren von Kanal und Estrich mit Hilfe einer speziellen Bohrglocke herstellen.

Diese Installationsart ist aufgrund der festen Einbauweise inflexibel gegenüber Nutzungsänderungen. Weiterhin ist die Leitungsverlegung an existierende

Installationsquerschnitte gebunden, so daß Erweiterungen nur bedingt möglich und mit großen Aufwand verbunden sind.

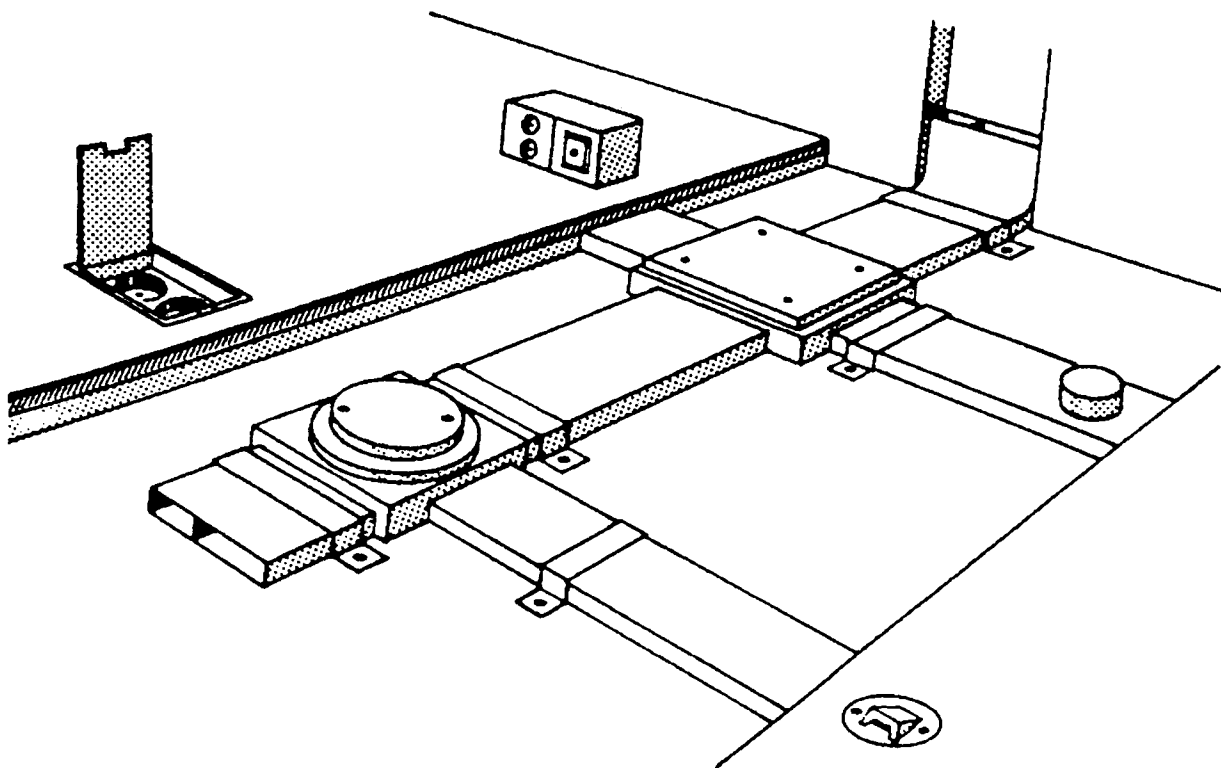


Abbildung 2.1-1: Unterflurkanalsystem mit Abzweigdosen, Kanalauslaß- und Anschlußdosen (Elektranten)
[Wei94]

Aufboden-Installationssystem:

Diese Installationssysteme eignen sich zur Nachrüstung in Räumen mit geringer Raumtiefe und fensterseitig orientierten Arbeitsplätzen. Sie bestehen aus flachen Blechkanälen, die entlang der Fensterfront geführt werden und auf der vorhandenen Fußbodenkonstruktion befestigt werden. Sie stellen ein rationelles und günstiges, wenn auch nicht immer optisch ansprechendes System der Leitungsverlegung dar. Änderungen und Erweiterungen sind ohne großen technischen Aufwand jederzeit möglich. Sofern bei Renovierungsarbeiten auch der Bodenbelag zu erneuern ist, kann ein flaches Kanalsystem eingebaut werden.

Fensterbankkanalsystem:

Wenn die Bauweise des Gebäudes eine Unterputzinstallation nicht zuläßt und/oder eine große Anzahl von Leitungen zu verlegen sind, eignet sich ein Fensterbankkanalsystem zur Leitungsverlegung. Ist die Anlage außerdem häufigen Veränderungen unterworfen, erweist sich die Ausführung eines Fensterbankkanalsystems als vorteilhaft. Es ist aber auch als Ergänzung eines Unterflurkanalsystems und für Einzelbüros mit begrenzter Raumtiefe einsetzbar.

Das System besteht aus Stahlblech- oder Kunststoffkanälen, die im Bereich der Fensterbank horizontal verlaufend angebracht werden. Die Kanäle nehmen sowohl Starkstrom- als auch

Schwachstromleitungen auf. Je nach Bedarf können Steckdosen, Schalter und Kommunikationsanschlüsse installiert und ergänzt werden.

Senkrechte Stichkanäle zu abgehängten Decken oder zu Fußbodenkanälen ermöglichen den Anschluß an das Versorgungsnetz.

Nachteilig wirkt sich jedoch die Schallübertragung durch die Kanäle aus. Deshalb sollten sie an Trennwanddurchführungen mit Dämmmaterialien abgedichtet sein.

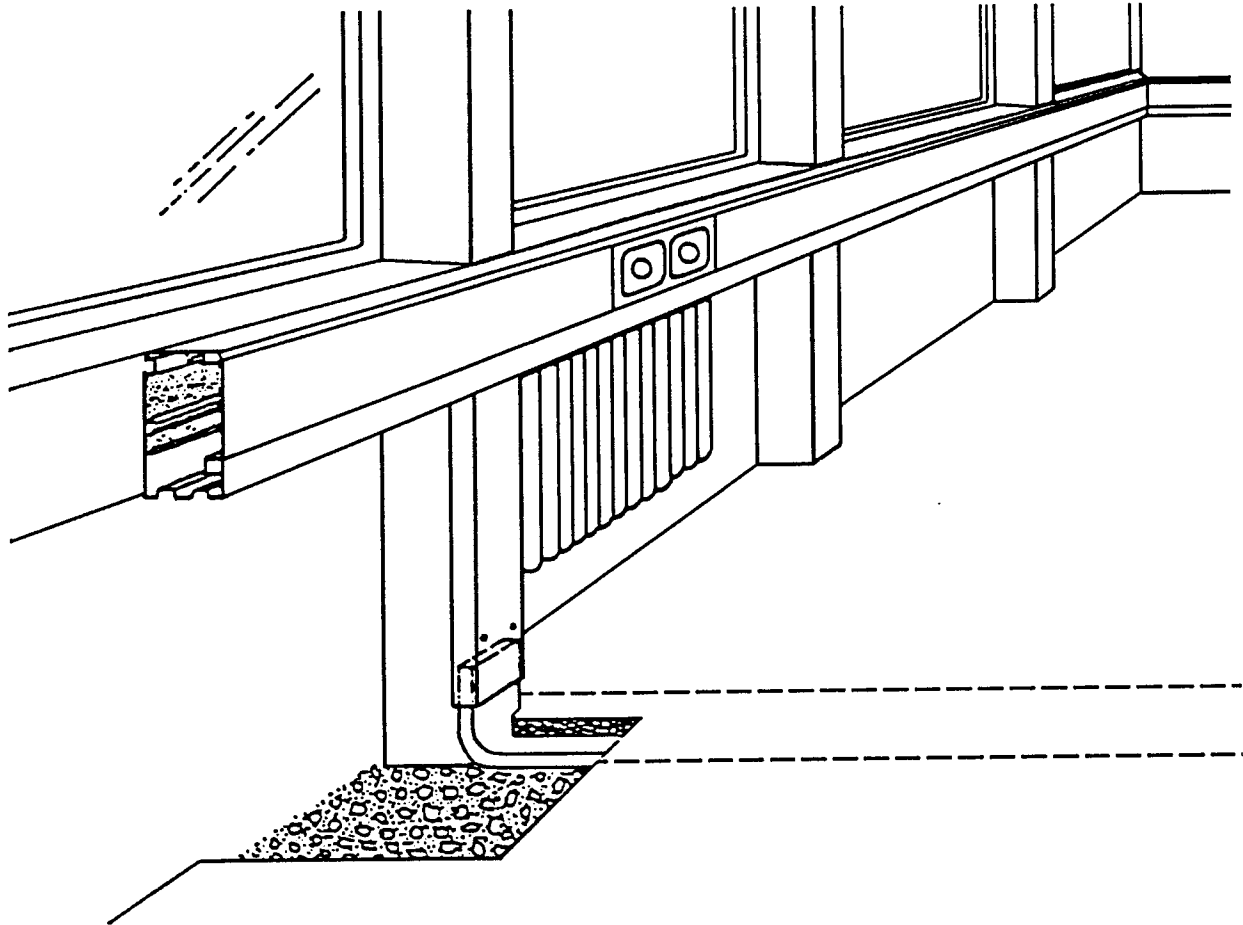


Abbildung 2.1-2: Fensterbankkanalsystem [SRI89]

Elektroinstallationen in Doppelböden:

Diese Installationsvariante wird in Räumen verwendet, in denen Geräteaufstellungen häufiger wechseln und für die eine einfache Revision von Kabeln, Rohrleitungen etc. erforderlich ist. Eine genaue Darstellung von Doppelböden befindet sich in Kapitel 3.2.

Elektroinstallationen in Hohlraumböden:

Sie bieten ähnliche Vorteile wie die Installation in Doppelböden. In Kapitel 3.3 wird das Hohlraumbodensystem genauer dargestellt.

2.2 Lüftung und Klimatisierung

2.2.1 Aufgaben und Arten der Lüftungssysteme

Die Hauptaufgabe der Lüftungstechnischen Anlagen ist die Erneuerung der Raumluft. Gegebenenfalls erfolgt eine zusätzliche Aufbereitung der Zuluft. In einigen Fällen ist es außerdem notwendig, im Raum einen Überdruck oder Unterdruck gegenüber den Nachbarräumen oder dem Außenklima zu erzeugen, um unerwünschte Luftströmungen innerhalb dieser Raumbereiche zu verhindern.

Die Lufterneuerung ist aus zwei Gründen erforderlich:

- Es sollen alle Verunreinigungen der Raumluft in Form von Gasen, Dämpfen und Stäuben durch Zuführen von unverbrauchter Luft entfernt werden.
- Es soll eine behagliche Temperatur und Feuchte innerhalb der Räume erhalten werden. Ist dies durch Heizungsanlagen nicht zu erreichen, muß die zugeführte Luft entsprechend aufgewärmt bzw. aufbereitet werden.

Je nach Grad der erforderlichen Behandlung kann man verschiedene Anlagen unterscheiden. Einen Überblick zeigt die Tabelle 2.2-1.

Gruppe	Anlagenarten	Beschreibung
Freie Lüftung	Fugenlüftung Fensterlüftung Schachtlüftung Dachaufsatzlüftung	Lufterneuerung nur durch Temperaturunterschiede oder Wind. Keine Luftaufbereitung und freie Luftbewegung
Lüftungsanlagen	Belüftungsanlagen Entlüftungsanlagen Lüftungsanlagen	Lufterneuerung durch Ventilatoren Erzwungene Luftbewegung
Lüftungsanlagen mit zusätzlicher Luftbehandlung	Luftheizanlagen Luftkühlanlagen Luftheiz- und Luftkühlanlagen Luftbefeuchtungsanlagen Luftentfeuchtungsanlagen Teilklimaanlagen (Be- und Entfeuchtungsanlagen)	Erzwungene Luftbewegung
Klimaanlagen		Lufttemperatur und -feuchtigkeit werden selbsttätig auf vorgeschriebenen Werten gehalten

Tabelle 2.2-1: Arten von Lüftungsanlagen

2.2.2 Luftführung im Raum

Der Luftführung im Raum erfordert besondere Beachtung, um eine gute Verteilung der eingeblasenen Luft zu erreichen und die Strömungsgeschwindigkeit im Raum möglichst gering zu halten. Eine generelle Regel für die Lage der Zu- und Abluftöffnungen läßt sich nicht aufstellen, da die Öffnungen immer den Raum- und Betriebsbedingungen angepaßt werden müssen.

Die Führung der aufbereiteten Luft zur Ausblasstelle und der verbrauchten Luft zur Klimazentrale erfolgt in Rohrkanälen. Diese müssen dicht sein und innen eine glatte Oberfläche aufweisen, um einen geringen Strömungswiderstand zu erreichen. Die Unterbringung erfolgt entweder in einer abgehängten Decke oder in Installationsfußböden¹⁾. Generell lassen sich drei verschiedenen Arten der Luftführung im Raum unterscheiden, auf die im folgenden kurz eingegangen wird.

Luftführung von unten nach oben:

Diese Luftführung ist besonders für Versammlungsräume geeignet, aus denen verbrauchte Luft abzuführen ist. Prinzipiell bietet dieses System eine günstige Anordnung für das Einblasen von wärmerer Luft, da die Bewegung parallel zu dem natürlichen Auftrieb gerichtet ist. Wird kalte Luft eingeblasen, so sinkt diese ab und Luftzug tritt auf. Niederdruckanlagen erreichen die beste Durchmischung mit Raumluft, obwohl die Luftführung den natürlichen Auftriebskräften entgegen ausgerichtet ist. Das Prinzip wird Abbildung 2.2-2 verdeutlicht.

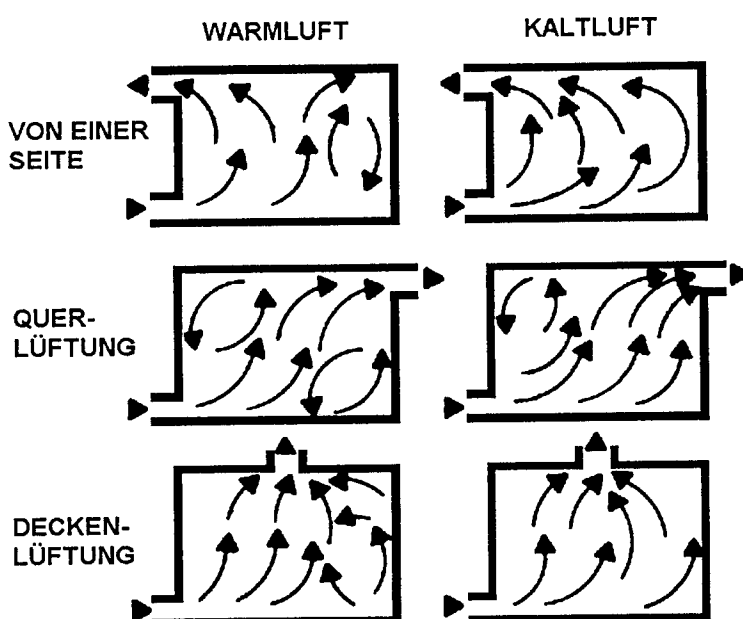


Abbildung 2.2-1: Luftführung von unten nach oben [Ric3-85]

Luftführung von oben nach unten:

Die gekühlte oder erwärmte Luft wird bei diesem System nicht direkt in die Aufenthaltszone geblasen, sondern kann sich vorher mit der Raumluft vermischen. Damit kein unangenehmer Luftzug durch Strömungen herabfallender kalter Luft hervorgerufen wird, ist eine gute Verteilung z.B. durch Rieseldecken notwendig. Dadurch können bei Bedarf auch höhere Einblasgeschwindigkeiten realisiert werden.

¹⁾ siehe Kapitel 3

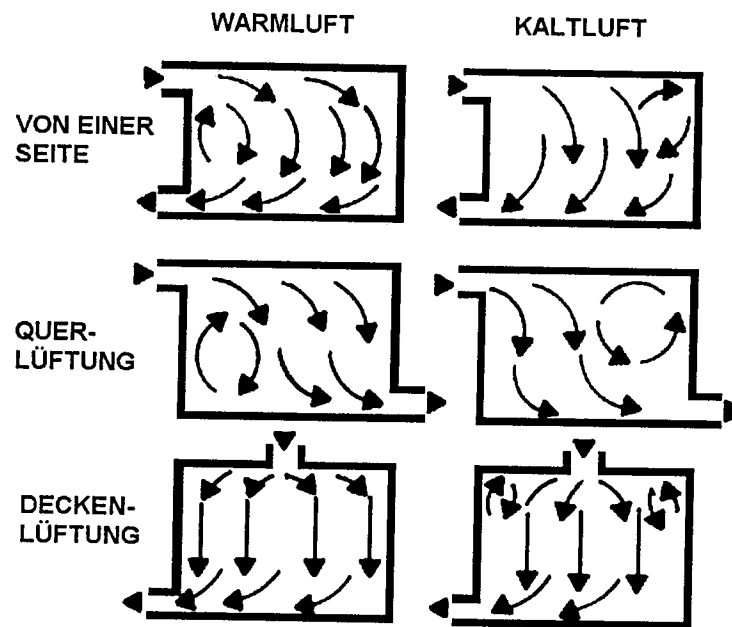


Abbildung 2.2-2: Luftführung von oben nach unten [Ric3-85]

Luftführung von oben nach oben:

Mit Strahllüftungen, bei denen das Einblasen der Luft von einer Seite erfolgt, wird eine gute Durchmischung der Luft erreicht. Bei einer Querlüftung kann eine adäquate Durchmischung der Luft erreicht werden, wenn kühlere als die Raumluft eingeblasen wird. Andernfalls würde die Frischluft an der Decke entlangstreichen und wieder abgesaugt werden. Ebenfalls eine gute Durchmischung wird bei Decken oder Fußbodenlüftung erreicht (Abbildung 2.2-3).

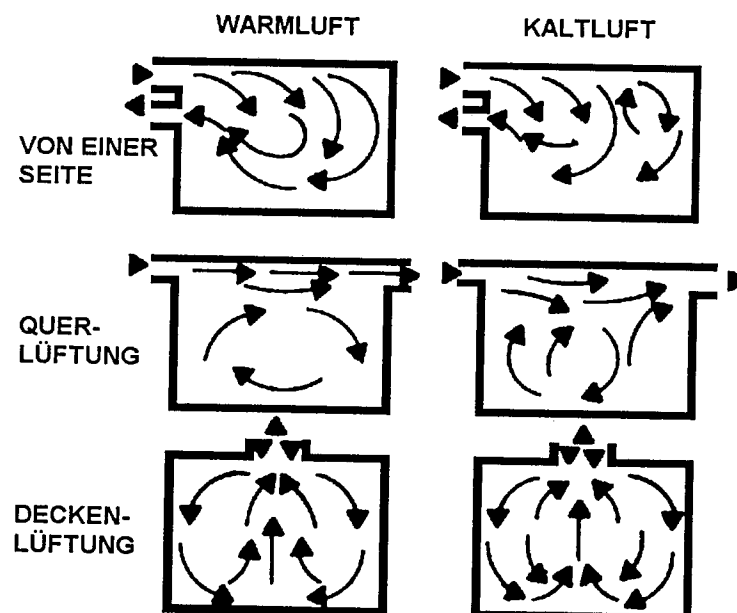


Abbildung 2.2-3: Luftführung von oben nach oben [Ric3-85]

2.3 Wasserver- und -entsorgung

2.3.1 Verbrauchsleitungen

Als Verbrauchsleitungen werden alle horizontalen Verteilungsleitungen, vertikalen Strangleitungen und Stockwerksleitungen bezeichnet, die sich hinter Absperrventil und dem Wasserzähler in einem Gebäude befinden. Eine horizontale und vertikale Verlegung ist nicht nur auf Putz, sondern auch in Wänden möglich.

Als Schutz vor unzulässiger Erwärmung sind Kaltwasserrohre in entsprechendem Abstand von Warmwasser- und Heizrohren zu verlegen. Die Leitungen sind bei zu geringen Abständen zu isolieren.

Eine Dämmung ist in den meisten Fällen allein aus ökonomischen Gründen erforderlich, um bei Warmwasserrohren den Wärmeverlust zu minimieren. Bei Kaltwasserrohren soll das Einfrieren und das Entstehen von Kondenswasser vermieden werden.

Für die Rohrverlegung existieren drei grundsätzliche Arten, auf die an dieser Stelle kurz eingegangen wird:

Verlegung auf Putz:

Eine Verlegung auf Putz wird meist in Kellern und Nebenräumen bei Verteilerleitungen ausgeführt. Aufgrund der großen Längenänderungen, insbesondere bei Kunststoffrohren, müssen die Rohre gleitend befestigt werden. Ferner sind Ausdehnungsmöglichkeiten, die Richtungsänderungen und Dehnungsbogen zwischen den Fixpunkten erlauben, einzuplanen.

Verlegung unter Putz:

Bei einer Unterputzverlegung sollten die Aussparungen im Mauerwerk nicht gestemmt werden, sondern bereits bei der Planung berücksichtigt und bei Errichtung des Mauerwerks ausgeführt werden. Nachträglich anzufertigende Aussparungen führen nicht nur durch erhöhten Personaleinsatz zu erheblichen Mehrkosten. Die Materialkosten und die Zeit, die für die nachträglichen Arbeiten aufzuwenden sind, müssen ebenfalls berücksichtigt werden. Nach der Rohrverlegung werden die Aussparungen mit Putzträger überspannt und verputzt.

Verlegung in Schächten:

Häufig werden alle Steigleitungen an den Stützen in Schächten zusammengefaßt. Dies hat sich gerade im Skelettbau und neuerdings auch im Wohnungsbau als zweckmäßig erwiesen. Die Schächte müssen aus brandschutztechnischen Gründen nach dem Verlegen der Leitungen bei jeder Geschoßdecke nachträglich betoniert werden.

Die horizontale Leitungsführung kann bei Bedarf auch in einem Systemfußboden erfolgen, so daß aufwendige Verlegekonstruktionen eingespart werden können. Zu beachten sind jedoch die Anforderungen an Kalt- und Warmwasserleitungen bezüglich der bauphysikalischen und funktionellen Erfordernisse.

2.3.2 Entsorgungsleitungen

Im Gebäude anfallende Abwässer müssen abgeführt und geklärt werden. Dies sollte auf kürzestem Wege störungsfrei erfolgen. Die Leitungen müssen aus hygienischen Gründen wasser- und gasdicht sein und ein ausreichendes Gefälle aufweisen, um ein selbständiges Abführen zu gewährleisten. Bei der Verlegung der Entsorgungsleitungen sind prinzipiell die gleichen Bedingungen wie bei den Versorgungsleitungen zu berücksichtigen.

Bei der Verlegung in einem Systemfußboden ist insbesondere auf das Mindestgefälle der Entsorgungsleitungen zu achten. Kann ein Mindestgefälle nicht eingehalten werden, besteht die Möglichkeit einer Vakuumentsorgung. Zu beachten sind jedoch die Mehrkosten, die durch derartige Zusatzmaßnahmen erforderlich werden.

3 Fußbodenkonstruktionen

Fußböden sind Bauteile, an die verschiedenartige, wichtige Anforderungen gestellt werden. Fußbodenkonstruktionen müssen in den zum dauernden Aufenthalt von Menschen vorgesehenen Räumen ausreichend verschleißfest, sicher und angenehm begehbar, fußwarm, trittschalldämmend sowie einfach zu reinigen und zu pflegen sein. Bei Schulen, Krankenhäusern, Industriebauten und Bürogebäuden werden meistens zusätzliche Anforderungen gestellt.

Die Auswahl und Festlegung des gesamten Fußbodenaufbaus muß daher mit großer Umsicht vorgenommen und bei der Planung eines Gebäudes rechtzeitig berücksichtigt werden. Die in Frage kommenden Fußbodenkonstruktionen müssen unter Beachtung

- baukonstruktiver
- bauphysikalischer
- wirtschaftlicher
- raumgestalterischer

Gesichtspunkte miteinander verglichen und je nach Zweckbestimmung eingestuft werden.

Der Fußboden setzt sich aus vielen übereinandergelagerten Schichten zusammen, die jeweils eine ganz bestimmte Funktionen erfüllen. Da sich viele Eigenschaften nur unter Einbeziehung des gesamten Fußbodenaufbaus - einschließlich Deckenkonstruktion und Unterdecke - beurteilen lassen, wird im folgenden die Einteilung in Installationsböden und massive Fußbodenkonstruktionen vorgenommen. Zu den Installationsböden gehören die Doppelböden und die Hohlraumböden.

3.1 Massive Fußbodenkonstruktionen

Bei den Massivdeckenkonstruktionen besteht die Tragschicht aus der eigentlichen Massivdecke, auf der sich die Deckenaufgabe befindet. Entsprechend den jeweiligen Anforderungen, die an den Fußboden gestellt werden, können folgende Zwischenschichten notwendig werden:

- Glätte- oder Ausgleichsschichten
- Gefälleschichten
- Abdichtungen gegen Feuchtigkeit
- Wärme- und Schalldämmschichten
- Trennschichten (hafthindernde Trennlagen)
- Lastverteilende Schichten

In der Abbildung 3.1-1 ist eine schematische Darstellung einer Massivdeckenkonstruktion mit der Benennung der wichtigsten Bauteile dargestellt.

Die Deckenbekleidung wird direkt an der Tragschicht befestigt oder als abgehängte Unterdecke ausgeführt. Die abgehängte Unterdecke dient zugleich als Funktions- und Installationsträger für Beleuchtung, Klima- und Heizungstechnik, Sprinkleranlage, Transportsysteme sowie der Schallabsorption.

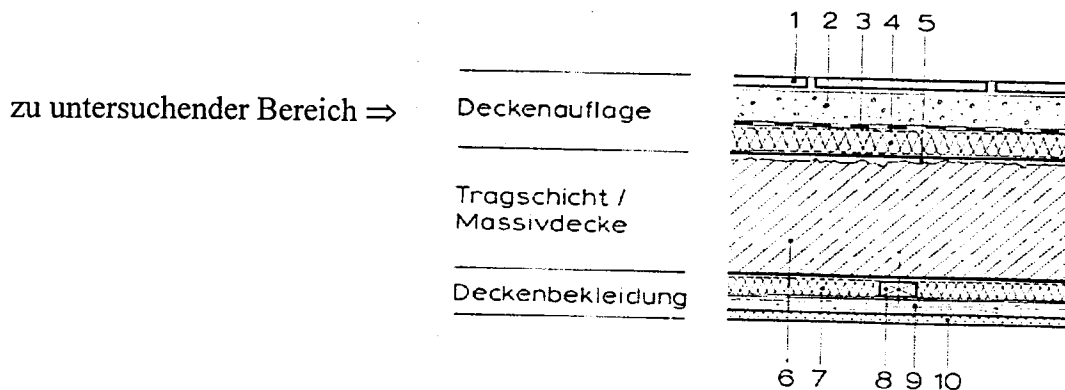


Abbildung 3.1-1: Schematische Darstellung einer Massivdeckenkonstruktion mit Benennung der wichtigsten Bauteile [Czi93]

- 1 Nuttschicht (z.B. Hartbelag)
- 2 lastverteilende Schicht (Naßestrich, schwimmend verlegt)
- 3 Abdeckung (z.B. Bitumenbahn, Ölpapier, PE-Folie)
- 4 weichfedernde Schall- und Wärmedämmschichten (ein- oder zweilagig im Verband verlegt)
- 5 Glätteschicht (z.B. Spachtelung)
- 6 Tragschicht (Massivdecke)
- 7 schallschluckende Einlage (z.B. Faserdämm-Matten)
- 8 Grundlattung
- 9 Traglattung
- 10 Decklage (Sichtdeckenplatten)

3.1.1 Anforderungen an massive Fußbodenkonstruktionen

Schallschutz:

Die Rohdecke allein genügt meist nicht den Schallschutzanforderungen. Es sind deshalb zusätzliche luftschall- und trittschalldämmende Maßnahmen in der Fußbodenkonstruktion oder der abgehängten Decke zu treffen. Die in der DIN 4109 gestellten Anforderungen an die Luft- und Trittschalldämmung umfassen die gesamte Deckenkonstruktion: Tragschicht (Massivdecke), einschließlich Deckenauflage und Unterdecke. Zur Bewertung dienen das Luftschallschutzmaß (LSM) und das Trittschallschutzmaß (TSM). Mindestanforderungen und Vorschläge für einen erhöhten Schallschutz bei Aufenthaltsräumen werden in der DIN 4109, T2 geregelt. Die Tabelle 3.1-1 gibt einen Überblick über die Mindestanforderungen.

Grundsätzlich erhöht sich die Luftschalldämmung einer Decke durch die Erhöhung des Gewichtes, der Trittschallschutz wird jedoch nicht wesentlich verbessert. Deshalb wählt man zur Verbesserung des Trittschallschutzes geeignete Deckenauflagen. Dies sind schwimmender Estrich oder weichfedernde Gehbeläge.

Wärmeschutz:

Die Fußbodenkonstruktion übernimmt ebenfalls die Aufgabe der Wärmedämmung. Häufig wird bereits durch die Verwendung geeigneter Trittschalldämmplatten nach DIN 18164 und DIN 18165 gleichzeitig auch eine geeignete Wärmedämmung erreicht. Als Maß gelten nach DIN 4108, T2 der Wärmedurchlaßwiderstand und Maximalwerte des Wärmedurchlaßkoeffizienten von Bauteilen.

1.1 Geschoßhäuser mit Aufenthaltsräumen (Wohnungen und Arbeitsräume)

Zeile	Bauteile	Mindestanforderungen			Vorschläge für einen erhöhten Schallschutz		
		Luftschallschutzmaß LSM in dB	Trittschallschutzmaß TSM in dB		Luftschallschutzmaß LSM in dB	Trittschallschutzmaß TSM in dB	
			unmittelbar	> 2 Jahre nach Fertigstellung des Bauwerks		unmittelbar	> 2 Jahre nach Fertigstellung des Bauwerks
1	Decken unter nicht nutzbaren Dachräumen						
2	Decken unter nutzbaren Dachräumen z.B. unter Trockenböden, Waschküchen, Bodenkammern und ihren Zugängen	0	3	0	>3	>13	>10
3	Wohnungstrenndecken und Decken zwischen fremden Arbeitsräumen	0	3	0	>3	>13	>10
4	Decken über Keller, Hausflure, Treppenträume unter Aufenthaltsräumen	0	3	0	>3	>13	>10
5	Decken über Durchfahrten, Einfahrten von Sammelgaragen u.ä. unter Aufenthaltsräumen	3	3	0	>3	>13	>10
6	Decken unter Terrassen, Loggien und Laubengängen über Aufenthaltsräumen		3	0		>13	>10
7	Decken unter Laubengängen		3	0		>13	>10
8	Decken zweigeschossiger Wohneinheiten		3	0	0	>13	>10

Tabelle 3.1-1: Luft- und Trittschallschutz von Decken. Mindestanforderungen und Vorschläge für einen erhöhten Schallschutz bei Aufenthaltsräumen (nach DIN 4109, T2)

Brandschutz:

In ausgedehnten Bauwerken muß der Ausbreitung eines Brandes durch Brandwände und Massivdecken entgegengewirkt werden. Diese Bauteile, die das Gebäude in vertikale und horizontale Brandabschnitte teilen, müssen den Durchgang des Feuers verhindern und wärmedämmend sein, so daß sich Stoffe, die auf der dem Feuer abgewandten Seite lagern, nicht entzünden können.

Massivdecken sind im Brandfall im wesentlichen dadurch gefährdet, daß infolge der hohen Temperatur Betonschichten abplatzen. Dadurch wird die Stahlbewehrung dem Feuer direkt ausgesetzt und verliert teilweise oder ganz ihre Tragkraft, so daß dies zu starken Verformungen oder zu Bauteilversagen führt. Die umfangreichen Bestimmungen über den Brandschutz tragender und nichttragender Stahlbetonbauteile sind für Regelfälle in DIN 4102 T4, Abschnitt 3, 4.2 und Anhang B zusammengefaßt.

Alternativkonstruktionen - warum?:

Das Anforderungsprofil an Arbeitsbereiche in Verwaltungsgebäuden und Fertigungsstätten einschließlich Laborbereichen für Forschung und Entwicklung hat sich in den letzten Jahren aufgrund einschneidender technischer Veränderungen in der Kommunikationstechnik sowie in der Medienver- und Medienentsorgung drastisch verändert. Hinzu kommen häufige Nutzungsänderungen durch wechselnde Raumaufteilungen oder veränderte Produktherstellung. Kurzfristig umrüstbare Installationssysteme sind deshalb Voraussetzung für einen wirtschaftlichen Betrieb. Im folgenden wird daher auf Doppelböden und Hohlraumböden als mögliche Alternativen eingegangen.

3.2 Doppelboden

3.2.1 Allgemeines

Überall dort, wo ein großer oder spezieller Installationsbedarf besteht, werden Doppelböden eingesetzt. Doppelböden bieten die idealen Voraussetzungen, um Raumfunktionen flexibel zu gestalten. Sie helfen Kosten und Umbauzeiten einzusparen, wenn eine spezielle Raumnutzung nicht festgelegt werden soll bzw. der Installationsbedarf noch nicht absehbar ist.

Ein Doppelboden ist ein auf der Rohdecke aufgeständertes System von Doppelbodenplatten. Diese Platten decken den durchgehenden Bodenhohlraum sicher ab, sind an beliebiger Stelle herausnehmbar und ermöglichen jederzeit den Zugriff zu allen Installationen.

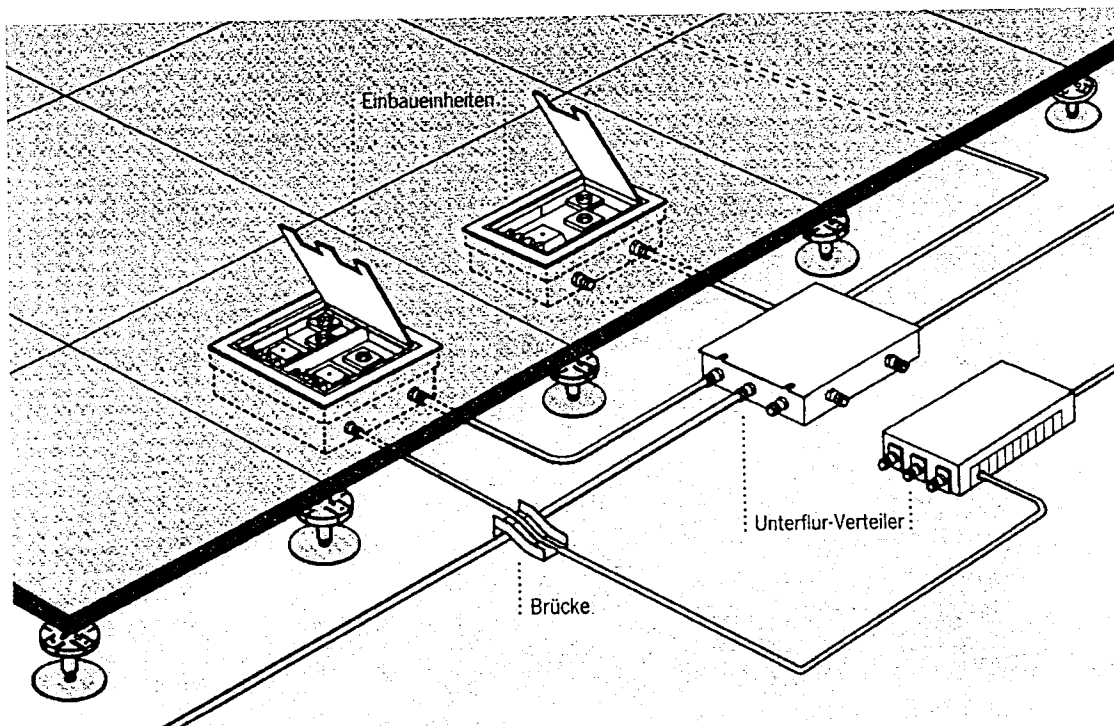


Abbildung 3.2-1: Doppelbodensystem mit Zusatzausrüstungen [BVS97]

Plattentypen:

Die Doppelbodenanlagen werden für unterschiedliche Anforderungen jeweils mit speziellen Plattentypen ausgestattet. Entscheidend für die Auswahl des geeigneten Plattentyps sind vor allem die je nach Einsatzbereich geforderten Leistungswerte der Tragfähigkeit sowie Brand- und Schallschutz. Aufgrund des günstigen Verhältnisses von Materialgewicht zu Steifigkeit und Festigkeit kommen im Bauwesen häufig Holzwerkstoffplatten zum Einsatz. Höchste Brandschutzeigenschaften und ein sehr gutes akustisches Verhalten gelten als Hauptargumente für den Einsatz von mineralischen Werkstoffen im Ausbau. Extreme klimatische Bedingungen, besonders in Feuchtbereichen, erfordern den Einsatz von Metallplatten.

Unterkonstruktionen:

Für unterschiedliche Anforderungen gibt es verschiedenartige höhenjustierbare Stahl- oder Anhydritstützen, die den Doppelboden tragen. Diese Stützen werden mit Spezialkleber auf dem Rohboden fixiert und bei erhöhten Anforderungen zusätzlich verdübelt. Verstärkte Konstruktionen ermöglichen den Einsatz von Doppelböden auch bei außergewöhnlichen Lastfällen, wie z.B. in erdbebengefährdeten Gebieten.

Zusatzausrüstung:

Einige Doppelbodensysteme gestatten es, auch spezielle Einrichtungen für die Raumklimatisierung zu installieren. Dazu gehören Lüftungseinbauten und Lüftungsplatten. Als Heizung wird ein System verwendet, das dem der Belüftung sehr ähnlich ist. Zur Temperaturabsenkung werden die Lüftungseinsätze geschlossen, so daß die Luft lediglich im Hohlraum des Doppelbodens zirkuliert. Auf Heizung, Klima und Lüftung soll in dieser Studie jedoch nicht weiter eingegangen werden.

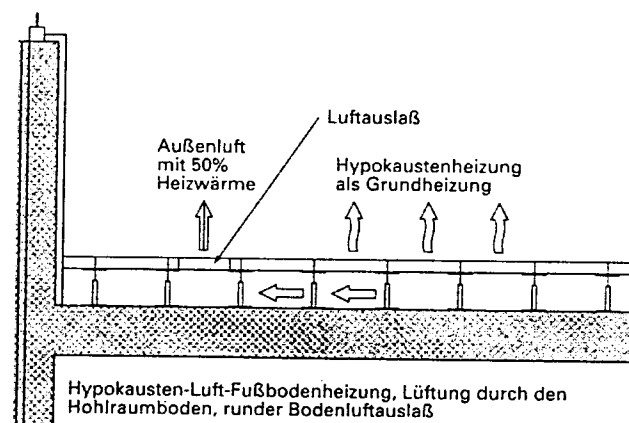


Abbildung 3.2-2: Prinzip eines Heizungssystems [BVS97]

Um die variable Versorgung der Büroarbeitsplätze mit Elektro- und Kommunikationsanschlüssen zu gewährleisten, existieren elektrische Einbaueinheiten für die Montage in Doppelbodenplatten. Markierungselemente, Unterflurverteiler für den Bodenhohlraum, sowie Hebwerkzeuge, die den fachgerechten und problemlosen Zugang zum Installationshohlraum ermöglichen, gehören ebenfalls zur Zusatzausrüstung.

3.2.2 Anforderungen an Doppelbodensysteme

Seit Anfang 1988 haben sich Hersteller von Doppelbodensystemen zu einer Gütegemeinschaft Doppelboden zusammengeschlossen und einen Entwurf für Güte- und Prüfbestimmungen von Doppelböden erarbeitet. Prüfverfahren haben das Ziel, durch gleiche Anforderungen und Prüfmethoden, vergleichbare Qualität zu schaffen. In der AGI (Arbeitsgemeinschaft Industriebau e.V.) besteht seit Mitte 1988 ein Arbeitskreis Doppelboden, der sich unter der Mitwirkung von Herstellern und Nutzern das Ziel gesetzt hat, Anforderungen und technische Ausführungsbestimmungen von Doppelboden-Konstruktionen zu vereinheitlichen.

Tragfähigkeit:

Für die Bemessung eines Doppelbodensystems sind die Verkehrslasten maßgebend. Für den Nachweis der Standsicherheit sind die maximal auftretenden Einzellasten in ungünstigster Laststellung maßgebend und nicht die Flächenlast.

Entsprechend den Lastannahmen werden Doppelböden in 4 Tragfähigkeitsklassen eingeteilt. Die nachstehende Tabelle zeigt die zulässigen Belastungen.

Tragfähigkeitsklassen	1	2	3	4
Platte Einzellast	3000 N	4000 N	5000 N	auf Nachweis
Vertikale Belastung der Stütze:				
zentrisch	6000 N	10000 N	10000 N	auf Nachweis
exzentrisch	4000 N	6500 N	6500 N	

Tabelle 3.2-1: Tragfähigkeitsklassen und zulässige Belastungen

Akustik:

Die schalltechnischen Begriffe, Anforderungen, Nachweise und Rechenverfahren sind in den bekannten Normen festgelegt.

Bei Doppelbodensystemen wird die Schallausbreitung in vertikaler und horizontaler Ausbreitungsrichtung beurteilt.

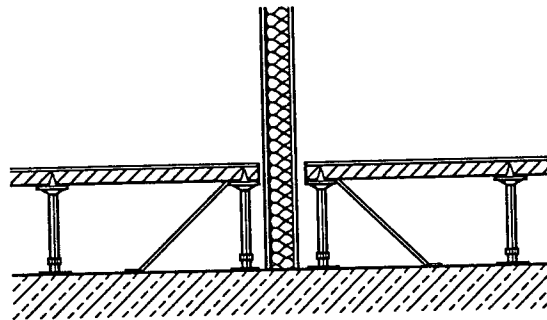


Abbildung 3.2-3: Entkopplung des Doppelbodens an der Trennwand [AGI96]

Das Maß der Schalldämmverbesserung durch ein Doppelbodensystem hängt für die vertikale Ausbreitungsrichtung von dem Schallschutz der Rohdecke selbst ab, und zwar ist die wertmäßige Verbesserung um so höher, je geringer der eigentliche Schallschutz der Rohdecke ist. Der Schallschutz der Rohdecke ist abhängig von deren Masse und Bauart. Die vertikale Luftschalldämmung kann durch den Einbau eines Doppelbodens verbessert werden.

Verbesserungen hinsichtlich der Luftschall-Längsdämmung sind durch folgende Maßnahmen möglich:

- Abschottung des Doppelbodens unter der Trennwand
- Akustische Entkopplung des Doppelbodens an der Trennwand

Mögliche Maßnahmen zur Verbesserung der Trittschalllängsdämmung sind:

- Wahl des Belages
- Abschottung des Doppelbodens unter der Trennwand
- Akustische Entkopplung des Doppelbodens an der Trennwand

Brandschutz:

Brandschutztechnische Anforderungen werden bei Doppelböden im Normalfall nur für den Personenschutz gestellt. Hier können im Rahmen der behördlichen Genehmigung folgende Auflagen erfolgen:

- Stoffe und Bauteile der Baustoffklasse A oder B nach DIN 4102
- Feuerwiderstandsklasse F30 (-A, -AB, -B), bezogen auf die Gesamtkonstruktion, nach DIN 4102

Abschottungen im Doppelboden sind nach den gleichen Anforderungen auszubilden wie die auf dem Doppelboden stehenden Wände. Die Abschottungen sind ein- oder mehrschalige Konstruktionen und bestehen je nach Anforderung aus Gipskartonplatten oder Porenbeton. Die Dicke einer Brandabschottung beträgt ungefähr 10 bis 15 cm. Bei der Auswahl der Baustoffe und Konstruktion ist auf die Installationsfähigkeit zu achten.

3.2.3 Vor- und Nachteile von Doppelbodensystemen

Vorteile:

- **in Trockenbauweise errichteter Boden**

Der Aufwand für die Montage kann auf ein Minimum an Vorbereitung und Geräteeinsatz beschränkt werden.

- **vorgefertigte Bauelemente**

Eine Fertigung der Konstruktion auf der Baustelle ist nicht erforderlich. Die gefertigten Platten und Stützenfüße müssen nur montiert und können in kürzester Zeit belastet werden. Dadurch lassen sich schnellere Bauzeiten erzielen.

- **geringes Gewicht der Gesamtkonstruktion**

Das Gewicht der Fußbodenkonstruktion aus Bodenplatten und Stützenfüßen liegt je nach Material zwischen 30 kg/m² für Holzwerkstoffplatten und 60 kg/m² für Platten aus nicht brennbaren Materialien (ca. 0,3 bis 0,6 kN/m²). Bei ausreichender Bemessung der Tragkonstruktion sind diese ständigen Lastanteile ohne Probleme aufnehmbar.

- **1-2 Tage nach Herstellung belastbar (je nach Kleber)**

Werden die Stützenfüße auf die Rohdecke geklebt, so ist eine Aushärtungsdauer von 1-2 Tagen einzukalkulieren. Vorher kann die Übertragung von Schubkräften durch Benutzung der Konstruktion nicht gewährleistet werden. Erfolgt die Fixierung der Stützenfüße durch Aussteifungsstreben ²⁾, kann die Fußbodenkonstruktion unmittelbar nach Montage belastet werden.

²⁾ vgl. die in Kapitel 5.1 beschriebene Umbaumaßnahme

- **Bodenplatten sind einzeln austauschbar**

Es besteht die Möglichkeit, einzelne Bodenplatten je nach Bedarf auszutauschen. Aufgrund geringer Seitenlängen von meistens 600mm, können kleine Flächen innerhalb kürzester Zeit problemlos und ohne großen Aufwand ausgewechselt werden. Die Beeinträchtigung des laufenden Betriebes kann auf ein Minimum reduziert werden.

- **beliebige Zuordnung von Installationselementen zum Arbeitsplatz**

In Kapitel 3.2.1 wurde bereits auf die vielfältigen Integrationsmöglichkeiten von Installationssystemen in Doppelböden eingegangen.

- **arbeitsplatzabhängige Verlegung der Installation durch Plattentausch**

Das engmaschige Verlegeraster von Doppelböden erlaubt eine individuelle Nutzung der Betriebsflächen. Änderungen im Betriebsablauf und der Organisation können ohne größeren Aufwand und Zusatzinvestitionen im Vergleich zu anderen Fußbodenvarianten realisiert werden ³⁾.

- **Installationsraum jederzeit zugänglich**

Die einzelnen Doppelbodenplatten sind nicht untereinander verbunden, so daß die Fußbodenkonstruktion jederzeit an einer beliebigen Stelle geöffnet werden kann. Revisionen und Erweiterungen der Installationssysteme sind ohne aufwendige Vorarbeiten durchführbar.

- **Vermeidung von oberflächigen Leitungsführungen**

Die Leitungsführung erfolgt komplett im Doppelboden. Dabei werden Stolperfallen durch Kabel in Verkehrsbereichen vermieden, die eine große Unfallgefahr darstellen können. Weiterhin ist die Verlegung durch keine geometrischen Randbedingungen wie Trennwände beschränkt. Ausnahmen bilden jedoch beispielsweise Abschottungen, die aufgrund von brandschutztechnischen Bestimmungen im Hohlraum des Doppelbodens integriert werden müssen. Es besteht die Möglichkeit, an bestimmten Stellen Leitungsdurchführungen auszubilden. Die Verlegung von Leitungen kann somit auf dem kürzesten Wege erfolgen.

- **Möglichkeit der Erneuerung verschlissener Bodenbeläge**

Stark beanspruchte Bereiche können ohne Schwierigkeiten während des laufenden Betriebes ausgetauscht und erneuert werden. Die meisten Hersteller von Doppelböden bieten die Erneuerung von Plattenbelägen als zusätzliche Dienstleistung an. Dabei wird lediglich der Oberbelag entfernt und fachgerecht entsorgt. Mit neuen Belägen werden die Platten wieder eingebaut. Dieses Verfahren vermeidet Abfall und schont somit die Umwelt.

- **Rohdecke gereinigt und gestrichen**

Die gereinigte und versiegelte Rohdecke ermöglicht ein sauberes und staubfreies Verlegen von Installationsleitungen. Ferner besteht die Möglichkeit der Nutzung des Hohlraums bei versiegelter Deckenfläche als Lüftungskanal.

³⁾ Die Möglichkeit des Austausches von Platten aufgrund von Nutzungsänderungen und Arbeitsplatzwechsel wird in Kapitel 4 und 5 unter dem Begriff Flexibilität erörtert.

Nachteile:

- **Klangverhalten**

Da die Doppelbodenplatten nicht das gleiche Gewicht und folglich nicht die schallabsorbierende Wirkung wie z.B. Estrich haben, können Trittschallgeräusche leichter entstehen. Bei Holzwerkstoffböden erhöht sich dieser Effekt zusätzlich. Verwendet man schallabsorbierende Bodenbeläge und werden alle Richtlinien zum Trittschallschutz eingehalten, so kann die Schallbeeinträchtigung reduziert werden. Große Hohlräume im Doppelboden erfordern spezielle akustische Abschottungen, die häufig unter leichten Trennwänden eingebaut werden müssen.

- **Brennbarkeit von Bodenplatten**

Neben unbrennbaren Platten aus mineralischen Baustoffen finden auch Bodenplatten aus Holzwerkstoffen Verwendung. Die brandschutztechnischen Anforderungen werden auch mit diesen Platten erfüllt. Feuerwiderstandsklassen der Größe F30 und F60 können erreicht werden. Aufgrund nicht abgedichteter Fugenstöße kann es trotz feuerfester Bodenplatten zu einer Rauchausdehnung im gesamten Raum kommen. Spezielle Fugenabdichtungen können eine Rauchaubreitung weitestgehend eindämmen.

- **Boden besteht aus Einzelementen**

Die Verlegung der Bodenplatten erfordert exaktes Arbeiten insbesondere im Höhennivellement. Falsch ausgerichtete Platten können Stolperstellen erzeugen. Das Design des Bodenbelages kann in manchen Fällen Fliesencharakter aufweisen. Daher ist eine eindeutige Kennzeichnung der Verlegerichtung erforderlich, um unerwünschte Schattierungen der Oberfläche zu vermeiden. Weiterhin existieren hohe Anforderungen an die Festigkeit der Bodenbelagsschnittkanten, um Verschleißerscheinungen durch Revisionsarbeiten möglichst gering zu halten.

- **Aufstellung von Trennwänden**

Die Aufstellung von Trennwänden kann beliebig im Raum erfolgen. Es ist jedoch die Lastverformung der Platten zu beachten, wenn die Lasteintragung aus den Trennwänden nicht direkt in die Stützenfüße eingetragen werden. Ferner sind Bodenschwingungen aus Schallwellen beim konstruktiven Anschluß der Trennwände zu berücksichtigen.

- **technische Nachrüstungen**

Aufgrund von Änderungen und Nachrüstungen kann es vorkommen, daß Bodenplatten vertauscht werden. Die dadurch entstehenden optischen Beeinträchtigungen und gegebenenfalls konstruktiven Nachteile durch Wackeln und Klappern der Platten müssen auf ein Mindestmaß reduziert werden. In gewissen zeitlichen Abständen ist eine Kontrolle der Höhenlage und gegebenenfalls eine Korrektur notwendig.

- **Schutzabdeckungen**

Während der Bauzeit sind die bereits fertiggestellten Flächen mit Schutzabdeckungen zu versehen. Gegebenenfalls sind die Abdeckungen für das Befahren mit Rollgerüsten zu konzipieren.

3.3 Hohlraumboden

3.3.1 Allgemeines

Der Hohlraumboden vereint die Vorteile des Doppelbodens mit denen des Estrichbodens. Höhenverstellbare Stützfüße zum Ausgleich von Rohbodenunebenheiten tragen Schalungselemente aus gipsgebundenen Systemplatten, auf die ein selbstnivellierender Estrich gegossen wird. Die Besonderheit daran ist die höhenverstellbare Stützenkonstruktion. Dadurch ergibt sich eine sehr gleichmäßige Estrichdicke, die wiederum konstante Eigenschaften für Brand- und Schallschutz, Belastung und Austrocknung gewährleistet.

Als Schalungselemente werden ca. 15-20mm dicke gipsgebundene Spezialplatten, die oberseitig kaschiert werden, verwendet. Diese Platten sind mit Bohrungen in einem bestimmten Raster versehen.

Die Stützfüße werden in die Bohrungen der Schalungselemente gesteckt oder das Schalungselement auf die Stützfüße gelegt und durch Schrauben auf die gewünschte Höhe gebracht. Die Stützfüße sind über Gewinde stufenlos verstellbar. Das Schalungselement kann somit exakt justiert werden und Toleranzen des Rohbodens werden problemlos aufgefangen.

Die Tragschicht wird durch einen sich selbst nivellierenden Fließestrich gebildet. Eine aufkaschierte Trennlage verhindert ein Durchlaufen des Fließestriches.

Im Randanschluß ist ein Randdämmstreifen mit selbstklebender Folie vorgesehen. Dieser hat die Aufgabe, die Körperschallübertragung an den Wänden zu unterbinden und die Abdichtung des Hohlraums während der Estricharbeiten zu gewährleisten. Der Randdämmstreifen erstreckt sich mindestens bis zur Oberkante des Belages und darf erst nach Fertigstellung des Fußbodenbelages abgeschnitten werden. Die Abbildung 3.3-1 zeigt beispielhaft den Aufbau eines Hohlraumbodens.

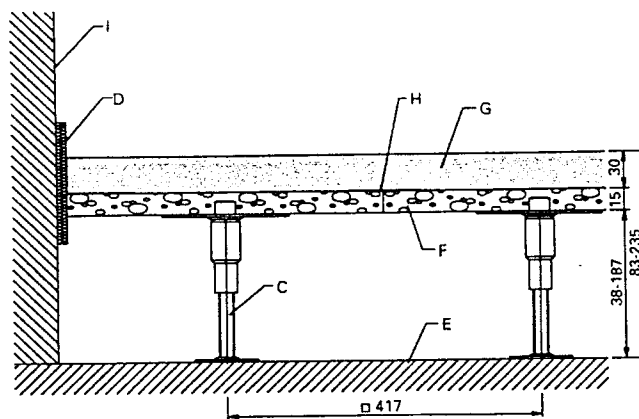


Abbildung 3.3-1: Beispiel eines Hohlraumbodensystems [BVS97]

C	Stützfuß	G	Fließestrich
D	Randdämmstreifen	H	Kleband
E	Rohboden	I	Wand
F	Schalungselement		

Zusatzausrüstungen:

Mit Hilfe standardisierter Zusatzausrüstungen - auf einige wird im folgenden kurz eingegangen - sind individuelle Problemlösungen leicht zu realisieren.

Übergang Hohlraumboden-Doppelboden:

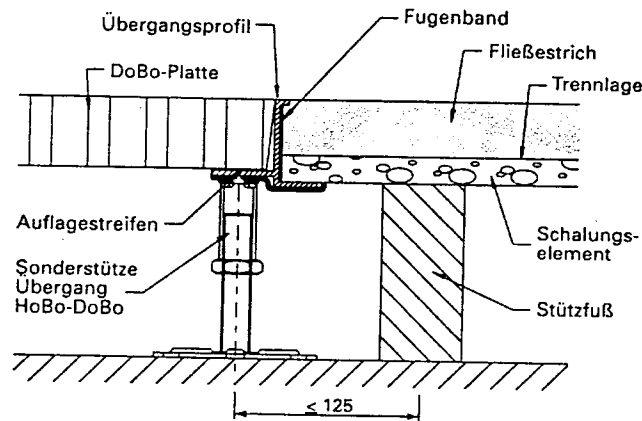


Abbildung 3.3-2: Übergangskonstruktion Hohlraumboden - Doppelboden [BVS97]

Mit dem Einsatz eines speziellen Übergangsprofils ist es möglich, Doppelbodenkanäle zu schaffen und problemlos einen Übergang vom Hohlraumboden auf einen Doppelboden herzustellen. Das Übergangsprofil bildet ein stabiles Auflager für die Platten des Kanals.

Dehnfugen:

Um horizontale Verschiebungen und vertikale Setzungen bei Bauwerksfugen des Baukörpers unauffällig aufzufangen, sind im Bereich des Hohlraumbodens ebenfalls Dehnfugen vorgesehen. Das Dehnfugenprofil wird vor dem Vergießen mit der Gipskartonplatte so verschraubt, daß sich der Dehnfugengummi mit der Oberkante des Belages auf einer Höhe befindet.

Revisionsöffnungen:

Auch für die im Boden notwendigen Revisionsöffnungen existieren spezielle Revisionsrahmen. Aufwendige Schneidarbeiten nach Fertigstellung des Hohlraumbodens entfallen, da der Rahmen bereits vor dem Vergießen eingebaut wird.

Elektranten:

In vielen Bereichen der Nutzfläche muß die Möglichkeit des direkten Anschlusses von elektrischen Leitungen geschaffen werden. Dies wird ermöglicht durch den Einbau von Elektranten, da hier ein Anschluß an die im Bodenhohlraum verlegten Leitungen erfolgen kann.

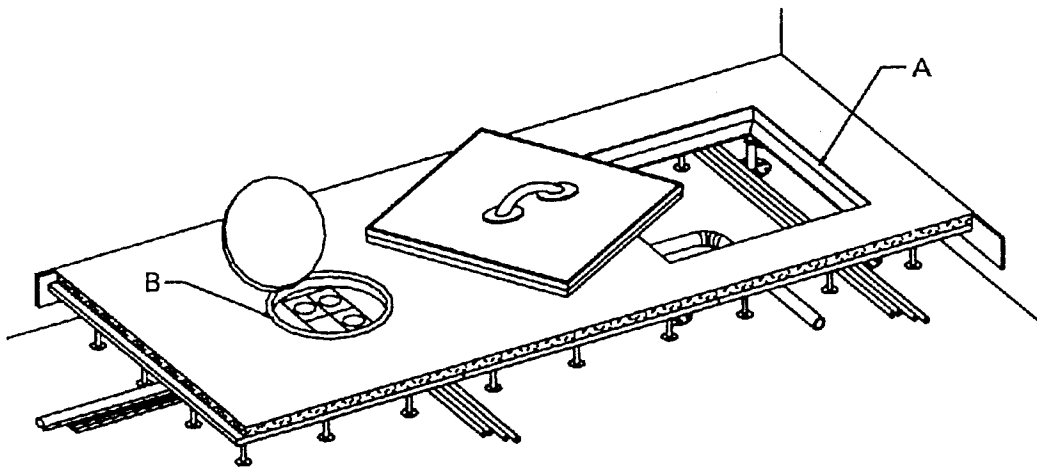


Abbildung 3.3-3: Zusatzausrüstung eines Hohlraumbodensystems [BVS97]

A Revisionsöffnung

B Elektrant

Integration von Lüftung und Kühlung:

Der Hohlraum des Bodens kann nach dem gleichen Prinzip wie beim Doppelboden für die Belüftung und Beheizung der Büroräume genutzt werden. Der Hohlraumboden bietet dabei durch seinen fugenlosen geschlossenen Hohlraum eine ideale Möglichkeit, den gesamten Bodenhohlraum als Druckboden zu benutzen. An einigen Stellen des Hohlraums wird Frischluft eingeblasen und durchströmt den gesamten Hohlraum, um durch die in der Nähe des Arbeitsplatzes angebrachten Luftauslässe auszutreten.

Integration der Heizungstechnik:

Auch die Beheizung der Räume kann über den Hohlraumboden erfolgen. Das System der Beheizung ist durch den Hohlraumboden mit dem System der Belüftung identisch.

3.3.2 Anforderungen an Hohlraumbodensysteme

Tragfähigkeit:

Ähnlich wie bei Doppelböden ist auch beim Hohlraumboden die kritische Lasteintragung die Punktlast. Die Zuordnung des Hohlraumbodens zu einer Tragfähigkeitsklasse erfolgt aufgrund einer zu erwartenden statischen Belastung. Streifen- und Flächenlasten werden generell nicht berücksichtigt, da die Tragfähigkeit der Hohlraumbodenkonstruktion in der Regel die Tragfähigkeit der Rohdecke übersteigt. Im Bereich von Anschlußpunkten und Ausschnitten weist der Hohlraumboden eine geringere Festigkeit auf. Da diese Bereiche (z.B. Wandanschluß, Elektrant unter dem Schreibtisch, Fassadenanschluß mit darüberliegendem Heizkörper) geringer belastet sind, ergeben sich daraus keine Schwierigkeiten. Die Ermittlung der zulässigen Belastbarkeit erfolgt durch Versuche und Berechnungen unter Miteinbeziehung von Amtlichen Stellen (Materialprüfanstalten).

Akustik:

Es gelten die Anforderungen an die Luftschall- und Trittschalldämmung nach DIN 4109. Die akustischen Eigenschaften der Bodenkonstruktion werden anhand eines genormten Prüfbodens ermittelt. Die bauüblichen Schallnebenwege werden dabei unterdrückt. Die

Meßergebnisse am Bau beinhalten aber immer die Schallnebenwege, so daß zur Vorausberechnung der Schalldämmung am Bau die Prüfzeugniswerte nach DIN 4109 um 2dB abzumindern sind. Unter Umständen sind höhere Vorhaltemaße zu berücksichtigen.

Brandschutz:

Der Hohlraumboden muß einen sicheren Schutz gegen Entstehung, Ausbreitung und Auswirkung eines Brandes bieten. Dabei sind folgende Faktoren entscheidend:

- die Brennbarkeit der Baustoffe
- die Feuerwiderstandsdauer der Konstruktion

Dieser Sachverhalt wird in der DIN 4102 geregelt.

Beim Betrieb von Kabel- und Kanalsystemen ist nicht auszuschließen, daß infolge Überhitzung ein Brand entsteht. In diesem Fall muß die Konstruktion dieser Brandbelastung widerstehen. In der Praxis ist es allerdings so, daß aufgrund des relativ kleinen Hohlraums und dem dadurch bedingten Mangel an Sauerstoff kein Vollbrand entstehen kann. Deshalb ist eine Richtlinie erarbeitet worden, die beinhaltet, daß bei Hohlräumen < 20 cm auf Anforderungen bei Beflammung von unten generell verzichtet wird, falls mineralische Estriche und nichtbrennbare Tragfüße verwendet werden.

Bei Beflammung von oben kommt es vor allem auf folgende Kriterien an:

- Schutz von angrenzenden Rettungswegen
- Schutz von benachbarten „anderen Nutzungseinheiten“
- Aufrechterhaltung der Stabilität von Trennwänden auf dem Hohlraumboden

Um diese Schutzwirkung sicherzustellen und nachzuweisen werden Brandversuche durchgeführt, die durch Prüfzeugnisse dokumentiert werden.

3.3.3 Vor- und Nachteile von Hohlraumbodensystemen

Vorteile:

- **hohe Widerstandsfestigkeit der Estrichoberfläche**

Die Estrichoberfläche ist abriebfest und besitzt eine hohe Festigkeit gegen mechanische Beanspruchungen. Da der Bodenbelag erst nach Beendigung aller Ausbauarbeiten auf den Untergrund aufgebracht wird, können zusätzliche Schutzabdeckungen vermieden werden.

- **planebene Oberfläche**

Die Verwendung von selbstnivellierenden Estrichen ermöglicht die Herstellung von planebenen Fußbodenoberflächen. Eine Höheneinstellung wie beim Doppelboden entfällt. Die Oberfläche des Estrichs ist großflächig fugenlos. Lediglich Dehnfugen müssen aufgrund von Materialeigenschaften und bei Bauwerksdehnfugen angeordnet werden. Eine optische Beeinträchtigung der Bodenbeläge durch Fugen ist nicht mehr gegeben.

- **Brandschutz**

Estrich wird nach DIN 4102 als unbrennbar eingestuft. Eine Rauchausbreitung wie beim Doppelboden kann aufgrund der fehlenden Fugen nicht stattfinden.

- **akustische Eigenschaften**

Das relativ hohe Gewicht im Vergleich zu Doppelböden und die monolithische Struktur begünstigt die schallschutztechnischen Eigenschaften des Hohlraumbodens. Die Schalldämmung zu Nachbarräumen ist sehr günstig. Daher sind keine zusätzlichen Schotte im Hohlraumboden notwendig.

- **Aufstellung von Trennwänden**

Die Errichtung von Trennwänden ist ohne Schwierigkeiten realisierbar. Die Hohlraumbodenkonstruktion ermöglicht die beliebige Anordnung von leichten Trennwänden auch mit Feuerwiderstandsklasse F30 und höher. Verformungen aufgrund von Belastungen aus Eigengewicht der Trennwände können vernachlässigt werden.

- **Bodenbeläge**

Als Bodenbeläge können kostengünstige Bahnenware und auch Parkett verwendet werden. Die großflächige Verlegung erlaubt die Verwendung von beliebigen Mustern im Teppichboden.

- **Einbau von Elektrogeräten**

Elektrische Gerätschaften können an beliebiger Stelle ebenerdig im Hohlraumboden eingebaut werden. Nachträgliche Öffnungen können mit Spezialbohrgeräten in den Boden eingefügt werden. Das Verlegen von Leitungen kann inklusive Stecker erfolgen und ist auch nach Fertigstellung des Fußbodenaufbaus ohne Schwierigkeiten möglich.

Nachteile:

- **hohe Anforderungen während der Ausführung**

Die Fertigung des Hohlraumbodens und des Estrichs erfordern ein hohes Maß an Genauigkeit während der Ausführung. Ein nachträgliches Ändern der Konstruktion ist nicht möglich. Die Herstellung erfolgt nicht wie beim Doppelboden in Trockenbauweise, sondern in Naßbauweise. Die dabei in das Bauwerk eingebrachte Feuchtigkeit darf keine anderen Gewerke beschädigen.

- **Inbetriebnahme**

Aufgrund der materiell bedingten Aushärtezeit kann der Hohlraumboden erst nach einigen Tagen betreten werden. Ferner ist bei Sanierungsmaßnahmen daran zu denken, daß der Einbau von Hohlraumböden nur kostengünstig realisiert werden kann, wenn größere Flächen auszurüsten sind. Die Störung des laufenden Betriebs ist gegenüber dem Doppelboden erheblich.

- **nachträgliche Öffnungen**

Das Bohren von nachträglichen Öffnungen ist erheblich teurer als der Austausch von Bodenplatten in einem Doppelbodensystem. Ferner können nur runde Aussparungen erstellt werden, die wiederum runde Einbaugerätschaften erfordern.

- **konstruktive Maßnahmen**

Bei Altbausanierungen ist auf die Einhaltung der geforderten lichten Raumhöhe zu achten. Dies gilt für Hohlraumböden wie auch für Doppelböden in gleichem Maße. Besonders bei Türen und Fenstern ist die Berücksichtigung der korrekten Abmessungen wichtig. Gegebenenfalls sind Türen höher zu setzen und Fenster aufgrund der notwendigen Brüstungshöhe zu verkleinern. Sind in den betreffenden Räumen zusätzliche Ausrüstungsgegenstände (Waschbecken, Heizungskörper, etc.) eingebaut, so müssen auch diese Einrichtungen den neuen Erfordernissen angepaßt werden. Der Aufwand für derartige Umrüstungen darf auf keinen Fall unterschätzt werden. In Fahrstuhlbereichen kann in den meisten Fällen eine Umrüstung auf einen Systemfußboden entfallen, da der Installationsgrad im Gegensatz zu normalen Büroflächen sehr gering ist und eine Änderung zu kostenintensiv wäre.

4 Vergleichsmodellrechnung am Beispiel eines Neubaus

4.1 Darstellung des Gebäudes

Das alte Anfang der siebziger Jahre erbaute Hochhaus der Commerzbank-Zentrale in Frankfurt am Main kann schon lange nicht mehr den Platzbedarf aller Zentralabteilungen decken. Die Bank expandierte in den letzten Jahren so stark, daß ihre Funktionsbereiche mittlerweile auf über 30 Standorte im gesamten Frankfurter Stadtgebiet verteilt sind.



Abbildung 4.1-1: Außenansicht des Neubaus

Um diese unbefriedigende Situation zu bereinigen, wurde neben der bisherigen Zentrale im Frankfurter Bankenviertel ein neues Hochhaus errichtet. Geplant wurde das neue 299m hohe Hochhaus von Sir Norman Foster & Partner. Den Turm umgibt eine Blockrandbebauung, bestehend aus einem Veranstaltungsgebäude mit Auditorium, einem Parkhaus, Läden und Wohnungen sowie eine glasüberdachte Plaza.

Die Grundrißform des Hochhauses ist ein gleichseitiges Dreieck mit abgerundeten Spitzen und gekrümmten Flächen von ca. 60m Länge (Abbildung 4.1-2). In den Dreiecksspitzen befinden sich die der Erschließung dienenden, aussteifenden Gebäudekerne mit Aufzugs- und Treppenanlagen sowie Versorgungseinrichtungen. Die Grundfläche eines Regelgeschosses besteht aus zwei Büroflügeln mit einem Gartengeschöß an der dritten Dreiecksseite. Im Zentrum des Turms erhellt ein dreieckiges Atrium die innenliegenden Büroräume mit Tageslicht.

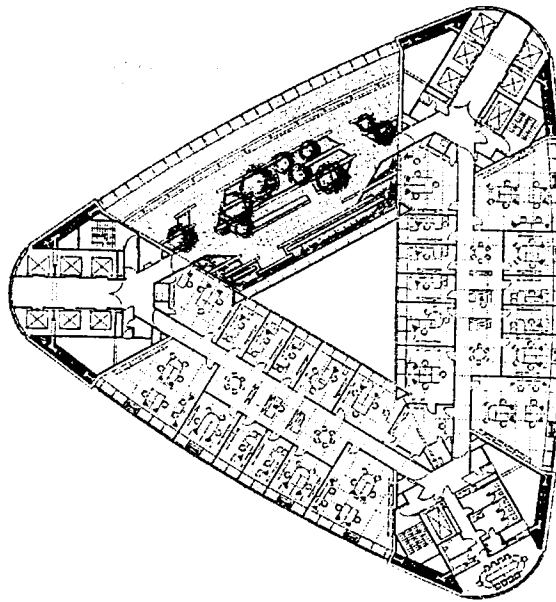


Abbildung 4.1-2: Grundriß mit zwei Büroflügeln und Gartengeschoß [CB97]

Eine besondere Note erhält das Hochhaus durch die insgesamt neun, von außen verglasten Gärten mit einer Geschoßhöhe von 14m. Diese sind spiralförmig zueinander versetzt angeordnet und dienen den Mitarbeitern als Pausen- und Erholungszonen. Zusammen mit dem Atrium ist über die Gärten der Außenbezug, der natürliche Lichteinfall und die natürliche Lüftung der zum Atrium gerichteten Büros gegeben. Drei verschiedene Bürotypen, abgestimmt auf die jeweiligen Nutzungsanforderungen, stehen zur Verfügung: Großraum-, Kombi- und Flurbüro. Der Anteil an Kombibüros überwiegt und beträgt ca. 92% der als Bürofläche genutzten Bereiche.



Abbildung 4.1-3: Innenansicht eines Bürogeschosses

Das Versorgungskonzept ist wesentlich geprägt durch eine optimale energiewirtschaftliche Gebäudetechnik, die alle behördlichen und sicherheitstechnischen Anforderungen erfüllt. Für die Schaffung des Raumklimas in einem Büroturm mit 85.000m² Bruttogeschoßfläche mußten für die Lüftung innovative Lösungen gefunden werden. Die außenliegenden Büroflächen werden natürlich belüftet. Die atriumseitigen Büros beziehen ihre Luft indirekt

über die 14m hohen Gartenglaswände. Diese Glaswände sind im oberen Teil zu öffnen, um sowohl die notwendige Frischluft für die Büros sicherzustellen, als auch das Mikroklima der Gärten und des Atriums zu steuern. In der Mittelzone jedes Büroflügels ist für eine stetige mechanische Be- und Entlüftung gesorgt.

Über die „intelligente“ Gebäudeleittechnik (GLT) kann die natürliche Lüftung während der Stillstandszeiten in der Nacht oder an Feiertagen aktiviert werden. Die erforderliche Speicherwirkung der Bauteile zur Deckung des Kühlbedarfs kann somit in Spitzenzeiten reduziert werden. Die GLT überwacht die verschiedenen Außenklimafühler und kann sämtliche Konditionen zur Energieoptimierung steuern.

Da Heizung und Kühlung nicht wie in klassischen Klimaanlage über die Lüftung gesteuert sind, kann die Luftwechselfrequenz auf das hygienisch erforderliche Minimum reduziert werden. Die Kühlung erfolgt über statische wassergefüllte Kühldecken, die in den abgehängten Deckenpaneelen integriert sind. Die Beheizung des Gebäudes erfolgt über konventionelle statische Heizkörper an der Außen- und an der Atriumfassade.

In den Geschosßbereichen der Büro- und Flurzonen ist ein auf dem Rohboden aufgeständertes Einzelplatten-System verlegt, das einen durchgängigen Installationsraum mit größerer Flexibilität für Leitungen und Einbaugeräte bietet. Im Doppelboden eingelassene Unterflur-Auslässe sind von einem Stromschienensystem mit einer Gesamtlänge von rund 5000m getrennt netz- und netzersatzseitig gespeist. Die in den Doppelbodenplatten vorgesehenen Unterflur-Auslaßdosen können der jeweiligen Arbeitsplatzaufteilung angepaßt werden.

4.2 Kostenermittlung bei Ausführung mit Doppelboden - Variante A

4.2.1 Randbedingungen und Annahmen

Das gesamte Gebäude besteht aus 58 Bürogeschossen mit jeweils zwei Flügeln Bürofläche; der dritte Flügel wird als Gartengeschoß benutzt. Als Berechnungsmodell dient ein Flügel mit einer Grundfläche von 402m^2 . Die Ergebnisse aus der folgenden Berechnung lassen sich daher leicht auf ein Geschöß bzw. auf das gesamte Gebäude übertragen, da alle Bürogeschosse ähnlich aufgebaut sind. Die einzelnen Büros sind durch leichte Trennwände voneinander abgegrenzt; eine genaue Aufteilung zeigt die Abbildung 4.2-2.

Die Leitungsführung der Medien Heizung/Klima/Lüftung erfolgt in der abgehängten Decke. Ausnahmen bilden die Versorgungsleitungen der statischen Heizungselemente in den Randbereichen der Innen- und Außenfassade. Die Leitungen verlaufen hier im Doppelboden. Die Elektroinstallationen, die Kommunikations- und Datenleitungen sind vollständig im Doppelboden integriert. Durch die Doppelbodenhöhe von 125mm wird ein Installationsquerschnitt geschaffen, der voraussichtlich die Installation der nächsten 30 Jahre aufnehmen soll. Im gesamten Flügelbereich sind 66 Elektranten (33 je Seite vom Flur aus gesehen) angeordnet, so daß eine ausreichende Versorgung der Büros gewährleistet ist. Die Elektranten werden über Stromschienen versorgt. Der Anschluß an eine Stromschiene erfolgt über sogenannte Abgreifer, die einfach je nach Bedarf an vordefinierten Abgängen angeklemt werden können.

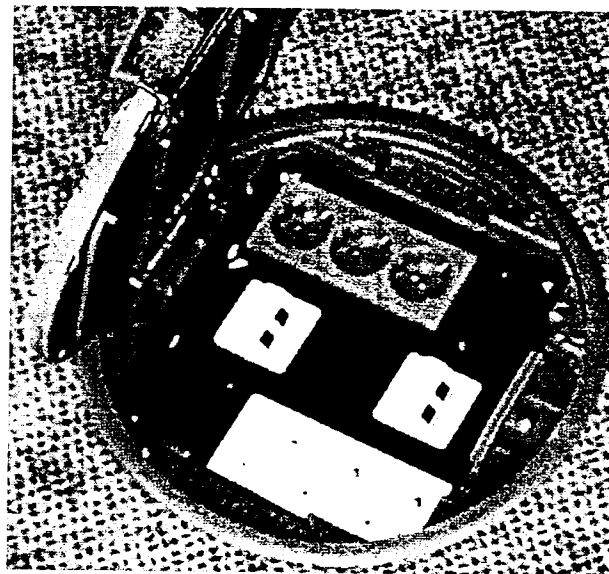


Abbildung 4.2-1: Installierter Elektrant im Doppelboden

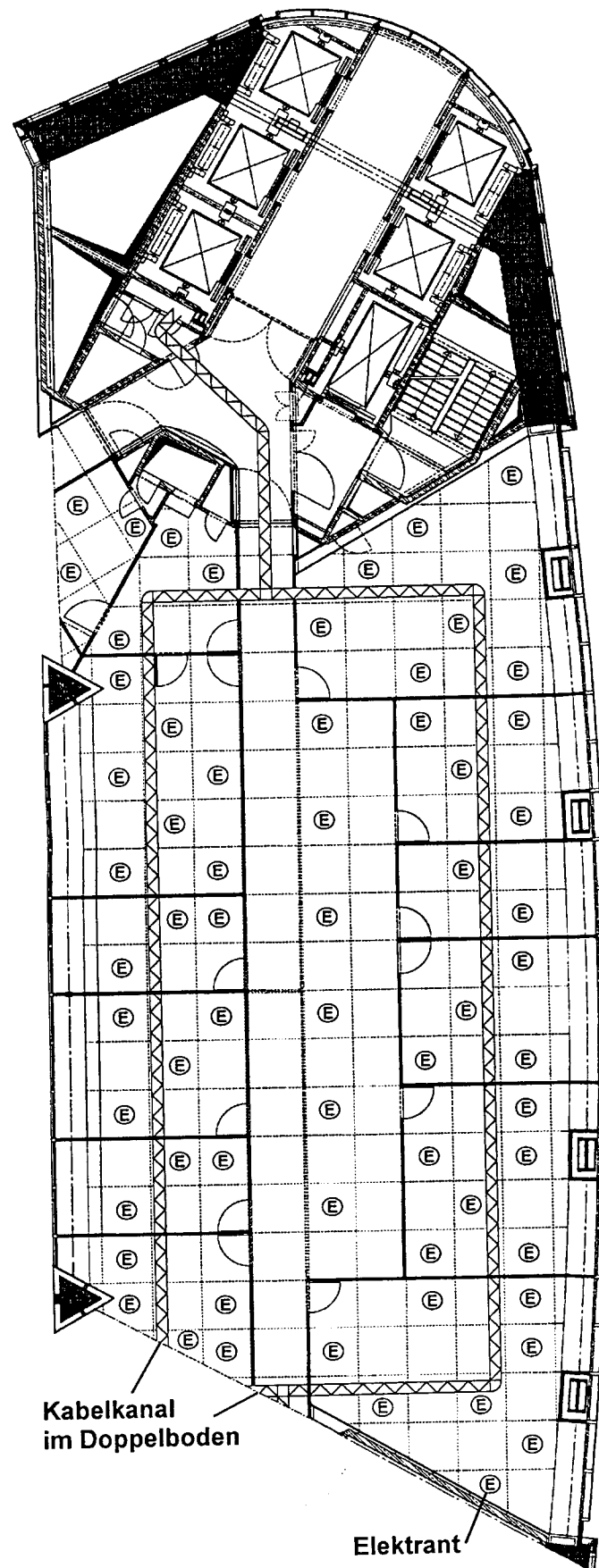


Abbildung 4.2-2: Angenommene Raumaufteilung und Verteilung der Versorgungseinheiten in Modellvariante „A“ - Doppelboden

Besondere Aufmerksamkeit ist dem Brandschutz zu widmen. Der Flur besitzt eine Feuerwiderstandsklasse von F90, da er im Brandfall als Flucht- und Rettungsweg zur Verfügung stehen soll. Deshalb sind im Bereich des Flures sogenannte Brandschotte untergebracht, die den Übergang von einer Feuerwiderstandsklasse zur anderen abtrennen. Die Brandschotte sind jeweils im Doppelboden und in der abgehängten Decke vorgesehen (siehe Abbildung 4.2-3).

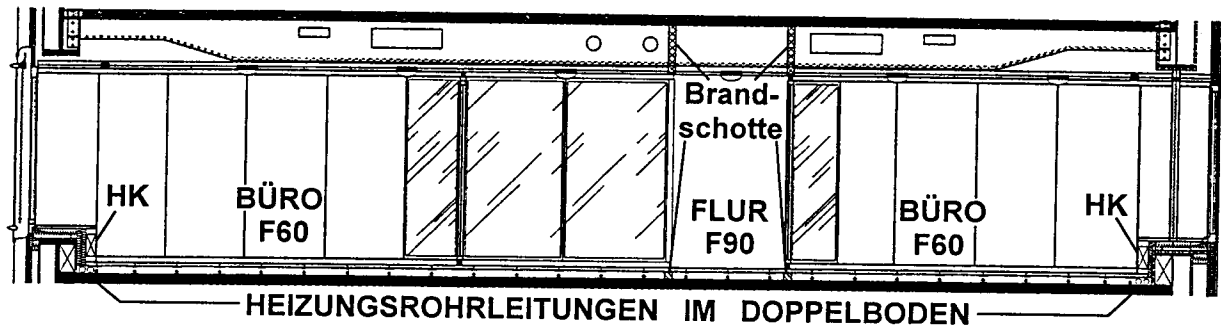


Abbildung 4.2-3: Schnitt durch einen Büroflügel
(HK = Heizkörper) ,

Die weiteren bauphysikalischen Anforderungen an den Doppelboden sind durch Prüfzeugnisse des Systemanbieters zu belegen. Bei der Planung und Ausführung der Elektroinstallationssysteme werden die nachstehenden Verordnungen, Richtlinien und Rechtsvorschriften eingehalten:

- Bauordnung mit Brandschutzordnung
- Arbeitsstättenverordnung mit Arbeitsstätten-Richtlinien
- VDE-Bestimmungen
- Unfallverhütungsvorschriften der Berufsgenossenschaften

Bei der folgenden Kostenermittlung werden nur die Gewerke Doppelboden und Elektroinstallation berücksichtigt. Die weiteren Gewerke sind nicht Gegenstand der Betrachtung, da diese in beiden Modellvarianten in der abgehängten Decke untergebracht sind und kostenmäßig keine Auswirkungen auf das Gewerk Doppelboden und Elektroinstallation haben.

4.2.2 Kostenermittlung

Die Kostenermittlung bezieht sich auf die reinen Investitionskosten, die bei der Erstellung der Doppelbodenkonstruktion in einem Beispielflügel des Neubaus notwendig sind. Als Grundlage dienen die marktüblichen Baupreise von April 1997 nach [WEK96] und Angaben des Generalübernehmers.

Bei Modellvariante A wird von einem Gesamtpreis aller Doppelbodenkonstruktionen inklusive Zusatzmaterial von DM 6.043.739,00 ausgegangen. Dividiert man diese Summe durch die Anzahl der Geschosse und Flügel, erhält man die Kosten je Flügel.

$$\text{Investitionskosten je Flügel} = \frac{\text{DM 6.043.739,00}}{58 \text{ Geschosse} \cdot 2 \text{ Flügel}} = \text{DM 52.101,20}$$

Eine gesonderte Aufteilung der Einzelkosten erfolgt nicht. Das Ergebnis ist in Tabelle 4.2-1 abgebildet. Sämtliche Einheitspreise und Angebotssummen sind in DM angegeben. Die angenommene Nutzfläche je Geschößflügel beträgt 402 m². Die tatsächliche Doppelbodenfläche ist aufgrund von Aussparungen etc. nur 392 m² groß.

Doppelbodeninstallationsarbeiten - Modellvariante A

Position	Beschreibung	Menge	Einheit	Einheitspreis	Angebotssumme
1	Stahlbetonrohboden besenrein (Haarbesen) säubern und anschließende Absaugung mit Industriestaubsauger.	402	m ²		
2	Doppelboden im Rastermaß von 600/600 mm herstellen, liefern und montieren. Mindestdicke 36 mm. Brandschutz nach DIN 4102: F30/A (Gesamtkonstruktion) Material der Doppelbodenplatten: Kalziumsulfat	392	m ²		
3	Kabelabschottungen von Elektrodurchführungen mit Kabelabschottungsboxen, in Flurwänden. Wänden zur Herstellung von F 90 Kabelabschottungen nach DIN 4102	12	Stck		
4	Schutzabdeckung für die Doppelbodenflächen mit Teppichbelag, aus Hartfaserplatten 3-4 mm stark, für die Belastung von Rollgerüsten geeignet.	392	m ²		
5	Plattenschott, F 90, nach DIN 4102, aus 1 – 2 mm dickem Brandschutz-Coating, im Doppelbodenbereich der Abschottung im Flur.	100	lfm		
6	Reserve-Bodenplatten, 600/600 mm, ohne Oberbelag sach- und fachgerecht verpackt, zum Einlagern liefern.	100	Stck		
7	Zulage für die Verlegung von Doppelboden in Teilflächen bzw. in kleinen Räumen.	9	m ²		
8	Zulage für das nachträgliche Öffnen (Herausnehmen) und Schließen (wieder einlegen) von Doppelbodenplatten für bauseitige Installationsarbeiten.	43	Stck		
9	Stahlwinkel, verzinkt, als Abschluß an freien Rändern bzw. als Übergang zu anderen Fußbodenaufbauten einschl.	6	lfm		
10	Absorberschott innerhalb des Doppelbodens für den Schallschutz im Bereich der Bürotrennwände	5	lfm		
11	Auffahrtsrampe mit seitlicher Verkleidung und Sicherheitsriffelgummibelag.	1	m ²		
12	Wärmedämmung aus Mineralfaser A1, in Bahnen, zum Einlegen in den Doppelboden über Außenluftbereichen.	1	m ²		
13	Profilstahl in kleinen Abmessungen als L, U oder Rohrprofil, grundiert und auf Stahlbetondecke montiert.	9	kg		
14	Doppelbodenbekleidung (Fabr. Promatect oder gleichwertig), F90, d=2x30 mm, aus L-Feuerschutzplatten, Fibersilikat	12	m ²		
15	Revisionsklappen, Größe: ca. 0,80x0,40 cm	6	Stck		
16	Saugheber für Bodenplatten	2	Stck		
17	Herstellen von Öffnungen für den bauseitigen Einbau von Elektranten, Abmessungen ca. 200x200 mm	66	Stck		
					52.101,20

Tabelle 4.2-1: Investitionskosten Modellvariante „A“ - Doppelbodenkonstruktion

Aufgrund der Gesamtsumme ergibt sich der Quadratmeterpreis zu:

$$\frac{\text{Gesamtkosten DM 52.101,20}}{\text{Fußbodenfläche 392 m}^2} = \mathbf{132,91 \text{ DM / m}^2}$$

Die Aufstellung der Investitionskosten für die Elektroinstallationen wird nach Einzelpositionen vorgenommen. Grundlage der Preise sind Annahmen aus [WEK96]. Tabelle 4.2-2 repräsentiert die Kosten des Gewerkes Elektroinstallation.

Elektroinstallationsarbeiten - Modellvariante A

Position	Beschreibung	Menge	Einheit	Einheitspreis	Angebotssumme
1	Steckdose mit Schutzkontakt VDE 0620, 2polig 16 A, 250 V AC in Standardausführung in vorh. Leerdose montieren	396	Stck	8,64	3.421,44
2	Telefonanschlußdose für 1 Telefon als TAE 6F in Standardausführung mit Klappdeckel in vorh. Leerdose mont.	66	Stck	22,10	1.458,60
3	Datenanschlußdose für 1 DV-Anschluß als RJ 45 in Standardausführung mit Klappdeckel in vorh. Leerdose mont.	132	Stck	21,17	2.794,44
4	Kunststoffkabel NYY 1 x 6 re, Cu-Zahl 58 liefern und auf vorhandene Kabelleiter oder -rinnen verlegen	460	m	3,04	1.398,40
5	Fernsprechkabel A 2Y (LG) 2Y, u. Putz in vorh. Schlitz, Installationsrohren u. dgl., 4 x 2 x 0,6 mm Leiterquerschnitt	230	m	7,35	1.690,50
6	Datenleitungskabel ANSI/IEEE 802.3 10 BASE 2-20 AWG, unter Putz in vorh. Schlitz, Installationsrohren u. dgl. 4 x 2 x 0,6 mm Leiterquerschnitt	230	m	9,75	2.242,50
7	Kunststoffkabel NYY 1 x 150 rm, Cu-Zahl 1440 liefern und auf vorhandene Kabelleiter oder -rinnen verlegen	88	m	13,79	1.213,52
8	Kabelrinne aus Stahl, feuerverzinkt DIN 17162 Teil 1, Zinkauflagegruppe 275 oder DIN 50976	84	m	29,83	2.505,72
9	Trennsteg für Kabelrinne aus Stahl, feuerverzinkt DIN 17162 Teil 1, Zinkauflagegruppe 275 oder DIN 50976	168	m	7,01	1.177,68
10	Form- und Zubehörteile für Kabelrinne aus Stahl, als Kabelrinnenbogen starr 90° mit integriertem Stoßstellenverbinder	4	Stck	51,86	207,44
11	Form- und Zubehörteile für Kabelrinne aus Stahl, als Kabelrinnenbogen starr 45° mit integriertem Stoßstellenverbinder	1	Stck	45,17	45,17
12	Form- und Zubehörteile für Kabelrinne aus Stahl, als T-Stück mit integriertem Stoßstellenverbinder	2	Stck	70,05	140,10
13	Fabrikfertiger Verteiler für Unterflur-Anschlußtechnik im Doppelboden, mit 2 Einführungsöffnungen 16 mm für Einspeiseleitungen für Starkstromtechnik	12	Stck	86,05	1.032,60
14	Fabrikfertiger Verteiler für Unterflur-Anschlußtechnik im Doppelboden, mit 2 Einführungsöffnungen 16 mm für Einspeiseleitungen für Fernmeldetechnik	12	Stck	86,05	1.032,60
15	Fabrikfertiger Verteiler für Unterflur-Anschlußtechnik im Doppelboden, mit 2 Einführungsöffnungen 16 mm für Einspeiseleitungen für Datentechnik	12	Stck	86,05	1.032,60
					21.393,31

Tabelle 4.2-2: Investitionskosten Modellvariante „A“ - Elektroinstallationsarbeiten
(Mengen nach Commerzbank, Preise nach [WEK96])

In diesem Fall ergibt sich ein Quadratmeterpreis von:

$$\frac{\text{Gesamtkosten DM 21.393,31}}{\text{Nutzfläche 402 m}^2} = 53,22 \text{ DM / m}^2$$

Betrachtet man den Versorgungsgrad mit Elektranten im gesamten Geschößflügel, ergibt pro Elektrant eine Fläche von 6,1 m².

Im folgenden wird für Vergleichszwecke ein abgeminderter Installationsgrad angenommen, der dem Installationsgrad der Modellvariante B entspricht. In Variante B können aufgrund der geometrischen Randbedingungen nur 47 Elektranten (Anschlußeinheiten) eingebaut werden. Das in Tabelle 4.2-3 dargestellte Leistungsverzeichnis enthält die Mengen und Preise für die Elektroinstallationsarbeiten im Doppelboden bei vermindertem Installationsgrad.

Elektroinstallationsarbeiten - Modellvariante A2

Position	Beschreibung	Menge	Einheit	Einheitspreis	Angebotssumme
1	Steckdose mit Schutzkontakt VDE 0620, 2polig 16 A, 250 V AC in Standardausführung in vorh. Leerdose montieren	282	Stck	8,64	2.436,48
2	Telefonanschlußdose für 1 Telefon als TAE 6F in Standardausführung mit Klappdeckel in vorh. Leerdose mont.	47	Stck	22,10	1.038,70
3	Datenanschlußdose für 1 DV-Anschluß als RJ 45 in Standardausführung mit Klappdeckel in vorh. Leerdose mont.	94	Stck	21,17	1.989,98
4	Kunststoffkabel NYY 1 x 6 re, Cu-Zahl 58 liefern und auf vorhandene Kabelleiter oder -rinnen verlegen	350	m	3,04	1.064,00
5	Fernsprechkabel A 2Y (LG) 2Y, u. Putz in vorh. Schlitz, Installationsrohren u. dgl., 4 x 2 x 0,6 mm Leiterquerschnitt	175	m	7,35	1.286,25
6	Datenleitungskabel ANSI/IEEE 802.3 10 BASE 2-20 AWG, unter Putz in vorh. Schlitz, Installationsrohren u. dgl. 4 x 2 x 0,6 mm Leiterquerschnitt	175	m	9,75	1.706,25
7	Kunststoffkabel NYY 1 x 150 rm, Cu-Zahl 1440 liefern und auf vorhandene Kabelleiter oder -rinnen verlegen	88	m	13,79	1.213,52
8	Kabelrinne aus Stahl, feuerverzinkt DIN 17162 Teil 1, Zinkauflagegruppe 275 oder DIN 50976	84	m	29,83	2.505,72
9	Trennsteg für Kabelrinne aus Stahl, feuerverzinkt DIN 17162 Teil 1, Zinkauflagegruppe 275 oder DIN 50976	168	m	7,01	1.177,68
10	Form- und Zubehörteile für Kabelrinne aus Stahl, als Kabelrinnenbogen starr 90° mit integriertem Stoßstellenverbinder	4	Stck	51,86	207,44
11	Form- und Zubehörteile für Kabelrinne aus Stahl, als Kabelrinnenbogen starr 45° mit integriertem Stoßstellenverbinder	1	Stck	45,17	45,17
12	Form- und Zubehörteile für Kabelrinne aus Stahl, als T-Stück mit integriertem Stoßstellenverbinder	2	Stck	70,05	140,10
13	Fabrikfertiger Verteiler für Unterflur-Anschlußtechnik im Doppelboden, mit 2 Einführungsöffnungen 16 mm für Einspeiseleitungen für Starkstromtechnik	12	Stck	86,05	1.032,60
14	Fabrikfertiger Verteiler für Unterflur-Anschlußtechnik im Doppelboden, mit 2 Einführungsöffnungen 16 mm für Einspeiseleitungen für Fernmeldetechnik	12	Stck	86,05	1.032,60
15	Fabrikfertiger Verteiler für Unterflur-Anschlußtechnik im Doppelboden, mit 2 Einführungsöffnungen 16 mm für Einspeiseleitungen für Datentechnik	12	Stck	86,05	1.032,60
					17.909,09

Tabelle 4.2-3: Investitionskosten Modellvariante „A2“ - Elektroinstallationsarbeiten

Anhand der Gesamtkosten kann folgender Quadratmeterpreis errechnet werden:

$$\frac{\text{Gesamtkosten DM } 17.909,09}{\text{Nutzfläche } 402 \text{ m}^2} = 44,55 \text{ DM / m}^2$$

4.3 Kostenermittlung bei Ausführung ohne Doppelboden - Variante B

4.3.1 Randbedingungen und Annahmen

Die Berechnungsgrundlage der Alternative B basiert auf einem Geschoßflügel des beschriebenen Bürogebäudes. Die Ergebnisse lassen sich ohne Schwierigkeiten auf ein Geschoß bzw. auf das Gesamtgebäude übertragen. Anstelle des Doppelbodens wird in Alternative B ein Zementestrichboden mit einer angenommenen Dicke von 45mm ausgeführt. Der Aufbau des Estrichbodens entspricht der gebräuchlichen Ausführung, wie sie in Kapitel 3.1 beschrieben ist. Die Aufteilung der Büroräume bleibt gegenüber Variante A unverändert. Eine Trennung der einzelnen Büros erfolgt jedoch nicht durch leichte Trennwände. Anstelle der Trennwände werden Porenbetonwände mit einer Wanddicke von 11,5cm eingebaut. Eine zusätzliche Verstärkung der Rohdecke wird trotz erhöhter Eigenlasten der Wände nicht notwendig, da ausreichend Reserven vorhanden sind.

Für den Estrich wird eine geringere Grundfläche aufgrund der Aufstandsflächen des Mauerwerks benötigt. Die verminderte Grundfläche ergibt sich durch einen Abzug von 29m² zu 369m².

Besondere konstruktive Maßnahmen im vorbeugenden Brandschutz wie Brandschotte sind im Vergleich zu Variante A aufgrund der Einstufung des Estriches in die Brandklasse A1 nicht erforderlich.

Die Installation der Gewerke Heizung/Klima/Lüftung und Sanitär erfolgt in gleicher Weise wie in Modellvariante A, so daß sie im weiteren Vorgehen nicht berücksichtigt wird.

Die Verlegung der Elektro-, Datenverarbeitungs- und Telefonkabel zwischen abgehängter Decke und Geräteeinbaukanal erfolgt als Stegleitungen. Es wird angenommen, daß auf einer Länge von ca. 2,80m (Unterdecke bis Fensterbankkanal) die Kabel im Mauerwerk verlegt werden müssen.

In horizontaler Richtung wird die Verteilung in Fensterbankkanälen realisiert ⁴⁾. Die gewählten Fensterbankkanäle haben einen Querschnitt von 150mm x 60mm. Sie gewährleisten somit eine ausreichende Versorgung mit Elektro-/Datenverarbeitungs- und Telefonanschlüssen. Die Fensterbankkanäle sind in einer Höhe von ca. 1m über Oberkante fertiger Fußboden verlegt und erstrecken sich entlang den Mauerwerkstrennwänden in den einzelnen Büroräumen. Ein beispielhafte Darstellung der Anordnung zeigt die Abbildung 4.3-1.

⁴⁾ vgl. Kapitel 2.1.2

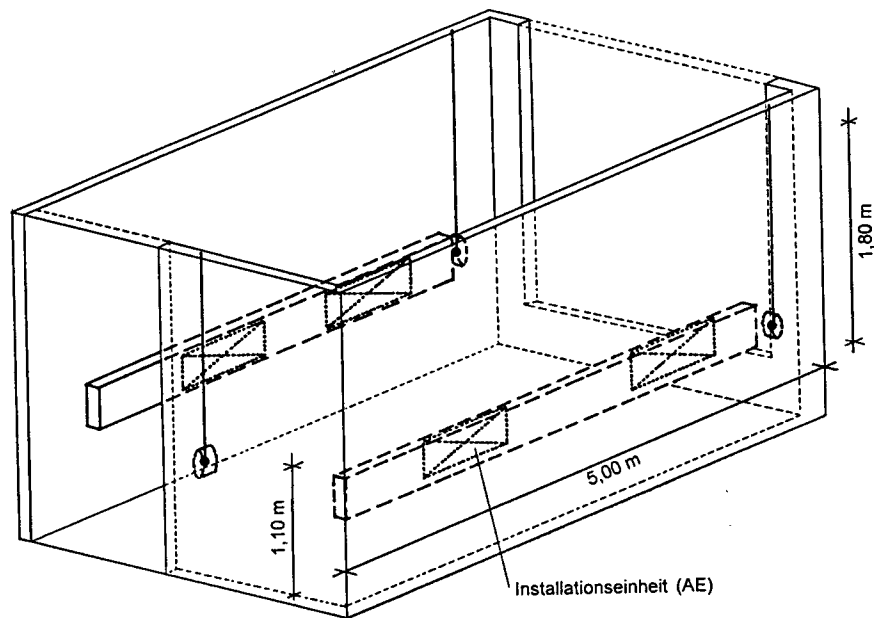


Abbildung 4.3-1: Schematische Aufteilung der Elektroinstallationen eines Büroraumes

Um eine ausreichende Versorgung der einzelnen Büros zu gewährleisten, werden 47 Elektranten auf die einzelnen Büros verteilt (siehe Abbildung 4.3-2). In einer Anschlußeinheit sind 3 Netzstecker, 3 EDV-Netzanschlüsse, 2 Datenanschlüsse und 1 Telefonanschluß integriert. Die Elektroversorgung für Netze erfolgt gemäß VDE-Richtlinien getrennt vom EDV-Netz.

Im Vergleich zur Doppelbodenvariante wird ein geringerer Versorgungsgrad erreicht, da systembedingt weniger Versorgung untergebracht werden kann.

Um dennoch einen Kostenvergleich beider Varianten zu ermöglichen, wird in der Modellvariante A2 derselbe Installationsgrad wie in Modellvariante B angenommen.

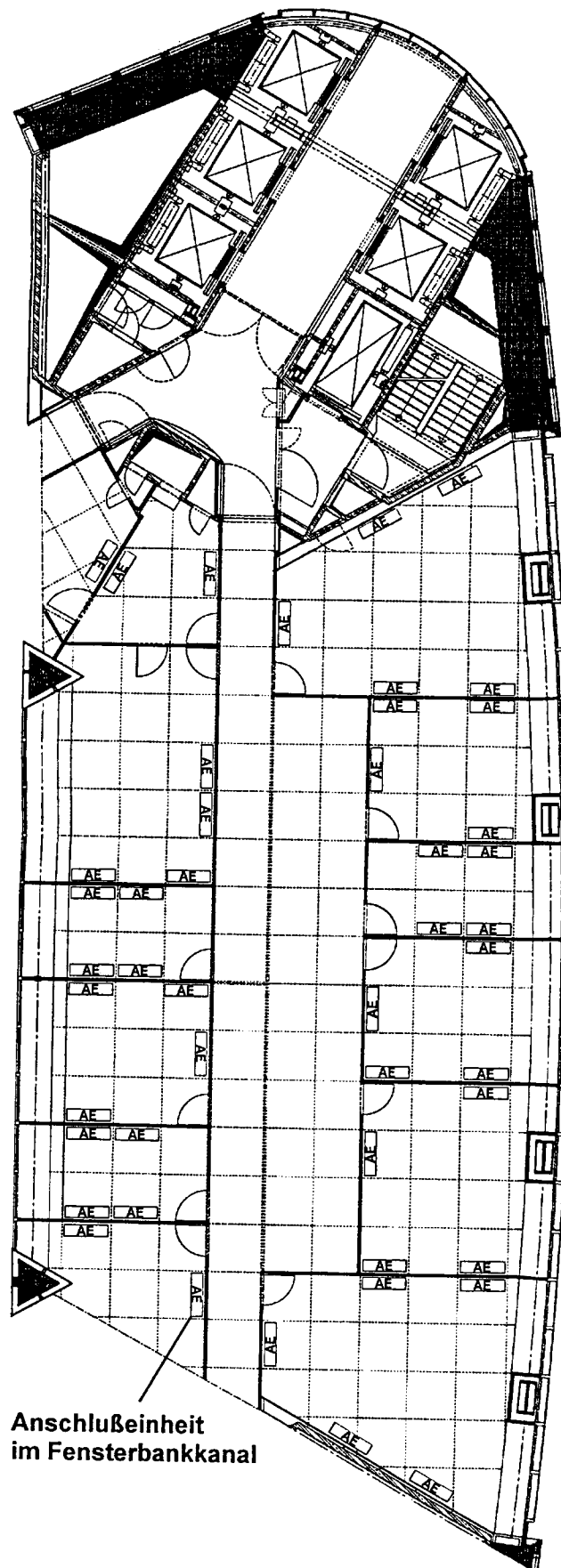


Abbildung 4.3-2: Angenommene Anordnung der elektrischen Versorgungseinheiten in Modellvariante „B“ - Estrich

4.3.2 Kostenermittlung

Die Kostenermittlung erfolgt analog zu Kapitel 4.2.2 jedoch mit der Ausnahme, daß sämtliche Preisangaben auf der Grundlage von [WEK96] basieren. Es werden die marktüblichen Baupreise vom April 1997 angesetzt.

Die folgenden Tabelle 4.3-1 und 4.3-2 zeigen die Investitionskosten für den Fußbodenaufbau aus Estrich und die Elektroinstallationsarbeiten.

Da die angenommenen massiven Trennwände direkt auf der Rohdecke errichtet werden, ergibt sich die Estrichfläche zu 363m².

Estricharbeiten - Modellvariante B

Position	Beschreibung	Menge	Einheit	Einheitspreis	Angebotssumme
1	Reinigen des Untergrundes von Verschmutzungen und Entfernen loser Teile durch Wasserstrahlen, anfallender Schutt wird Eigentum des AN und ist zu beseitigen.	363	m ²	18,07	6.559,41
2	Aufbringen einer Haftbrücke.	363	m ²	4,89	1.775,07
3	Trittschalldämmschicht mit Randstreifen als Unterlage für schwimmenden Estrich, aus Schaumkunststoff DIN 18164 Teil 2.	363	m ²	9,58	3.477,54
4	Abdeckung als besonderer Schutz des Estrichs liefern und herstellen, einschl. der späteren Beseitigung, Abdeckung aus Kunststoff-Folie, Dicke 0,2 mm.	410	m ²	9,58	3.927,80
5	Zementestrich (ZE) DIN 18560, Festigkeitsklasse ZE 20, Estrichnenndicke 45 mm.	363	m ²	23,02	8.356,26
6	Nachträgliches Herstellen von Aussparungen in vorbeschriebenem Zementestrich, Festigkeitsklasse ZE 20, Volumen der Aussparung bis 1 dm ³ .	25	Stck	19,57	489,25
7	Bewegungsfuge in vorbeschriebenem Estrich ausbilden und füllen, Fugenfüllstoff elastische Zweikomponenten- Fugendichtungsmasse,	29	m	23,78	689,62
8	Abdeckung begehrbar, als besonderer Schutz des Estrichs liefern und herstellen, einschl. der späteren Beseitigung	70	m ²	18,37	1.285,90
9	Unterlage für Bodenbeläge auf vorhandenem Untergrund, Unterlage aus Filz, aufkleben, Dicke 5,0 mm,	363	m ²	10,05	3.648,15
10	Elastischer Bodenbelag aus PVC, homogen, ohne Träger, DIN 16951, Dicke 2,0 mm, Bahnbreite 1,5 m,	363	m ²	34,01	12.345,63
					42.554,63

Tabelle 4.3-1: Investitionskosten Modellvariante „B“ - Estricharbeiten

Anhand der Gesamtangebotssumme kann der Quadratmeterpreis errechnet werden.

$$\frac{\text{Gesamtkosten DM } 42.554,63}{\text{Nutzfläche } 363 \text{ m}^2} = 117,23 \text{ DM / m}^2$$

Elektroinstallationsarbeiten - Modellvariante B

Position	Beschreibung	Menge	Einheit	Einheitspreis	Angebotssumme
1	Steckdose mit Schutzkontakt VDE 0620, 2polig 16 A, 250 V AC in Standardausführung in vorh. Leerdose montieren	282	Stck	8,64	2.436,48
2	Telefonanschlußdose für 1 Telefon als TAE 6F in Standardausführung mit Klappdeckel in vorh. Leerdose mont.	47	Stck	22,10	1.038,70
3	Datenanschlußdose für 1 DV-Anschluß als RJ 45 in Standardausführung mit Klappdeckel in vorh. Leerdose mont.	94	Stck	21,17	1.989,98
4	Kunststoffkabel NYY 1 x 6 re, Cu-Zahl 58 liefern und auf vorhandene Kabelleiter oder -rinnen verlegen	300	m	3,04	912,00
5	Fernsprechkabel A 2Y (LG) 2Y, u. Putz in vorh. Schlitz, Installationsrohren u. dgl., 4 x 2 x 0,6 mm Leiterquerschnitt	201	m	7,35	1.477,35
6	Datenleitungskabel ANSI/IEEE 802.3 10 BASE 2-20 AWG, unter Putz in vorh. Schlitz, Installationsrohren u. dgl. 4 x 2 x 0,6 mm Leiterquerschnitt	201	m	9,75	1.959,75
7	Stegleitung NYIF-J 4 x 1,5 Cu-Zahl 58 liefern und nach DIN 18382 u. Putz, einschl. Fräsen im Mauerwerk verlegen	78	m	4,48	349,44
8	Installationsschalter VDE 0632 als Wipptaster für Beleucht. tropfwassergeschützt IP 44 für Ausschaltung 1 polig 10 A, 250 V AC mit Wippe in vorhandene Schalterdose mont.	12	Stck	28,33	339,96
9	Installationskanal als Geräteeinbaukanal (Fensterbankkanal) aus PVC hart Farbe weiß Gr. 60/150 mm auf Mauerwerk o. Betonwand montieren	150	m	35,02	5.253,00
10	Endstück für vorstehenden Geräteeinbaukanal (Fensterbankkanal) nach DIN VDE 0604 aus PVC hart, Farbe weiß, Gr. 60/150 mm liefern und montieren	25	Stck	7,27	181,75
11	Kanal-Geräteeinbaudose leer für handelsübliche Einbaugeräte in Geräteeinbaukanal (Fensterbankkanal) einbauen	423	Stck	6,34	2.681,82
12	Gerätedose DIN VDE 0606 als Unterputzdose DIN 49073 aus Isolierstoff, als Einfachdose für Schraubbefestigung, Innendurchmesser 58 mm liefern und in Mauerw. einfräsen	38	Stck	13,94	529,72
					19.149,95

Tabelle 4.3-2: Investitionskosten Modellvariante „B“ - Elektroinstallationen

Aus den Gesamtkosten errechnet sich der Preis je Quadratmeter wie folgt:

$$\frac{\text{Gesamtkosten DM 19.149,95}}{\text{Nutzfläche 402 m}^2} = 47,64 \text{ DM / m}^2$$

Der Versorgungsgrad für den Geschoßflügel in Estrichbauweise ergibt sich zu 8,55 m² je Anschlußeinheit.

4.4 Zusammenfassung und Kostenbewertung

Die beiden beschriebenen Installationssysteme erfüllen in unterschiedlichem Maße die an Installationssysteme gestellten Anforderungen. Um neben der quantitativen Bewertung auch eine qualitative Beurteilung durchzuführen, werden im folgenden Anforderungen angeführt, die nicht quantifizierbar sind und einer qualitativen Betrachtung unterzogen werden.

- **Installationssysteme müssen vorausschauend und ausreichend bemessen sein.**

Die Modellvariante B weist generell einen geringeren Versorgungsgrad gegenüber dem Doppelboden auf. Da selbst erfahrene Planer den voraussichtlichen Installationsaufwand nicht genau abschätzen können, ist der Doppelboden eine zukunftssträchtigere Variante als das Fensterbankkanalsystem.

- **Das Installationsnetz muß flexibel nutzbar sein.**

Es soll flächendeckend konzipiert sein, so daß es sich jederzeit den Bedürfnissen und Nutzungswünschen anpassen lassen kann.

Neue Anschlüsse, Auslässe, Verbindungen, Veränderungen sollten zu jedem beliebigen späteren Zeitpunkt ohne größeren Arbeitsaufwand und ohne besondere bauliche Maßnahmen herzustellen sein. Das Fensterbankkanalsystem weist im Gegensatz zum Doppelboden kürzere Bauzeiten auf und ermöglicht auch während der Nutzungsphase Revisionsarbeiten. Bei Nachinstallationen ist jedoch das Öffnen der gesamten Kanalwege erforderlich. Dies führt zu Störungen in den Nachbarräumen und hat Auswirkungen auf die Nutzung. Auch die unter Putz verlegten Stegleitungen erweisen sich bei einer Nutzungsänderung als inflexibel und erhöhen die notwendigen Kosten.

Beim Doppelboden hingegen ist eine Verlegung der Installation bei Nutzungsänderung durch Plattenaustausch möglich. Die ausgeführte Methode der Versorgung des Geschosses über Stromschienen mit definierten Abgängen erlaubt es, die Kosten bei einer Umnutzung erheblich zu reduzieren.

- **Die Anschlußstellen sollen den Arbeitsplätzen möglichst unmittelbar zugeordnet sein.**

Diese Anforderung wird durch die variable Austauschbarkeit der Bodenplatten erreicht. Eine Zuordnung von beliebigen Installationselementen in Arbeitsplatznähe wird durch den Einbau eines Doppelbodens gewährleistet. Bei Fensterbankkanalsystemen ist dies aufgrund der Befestigung an den Wänden nur in geringem Maße möglich.

Die Ermittlung der Kosten für den Doppelboden inklusive Elektroarbeiten hat einen Quadratmeterpreis von DM 186,13 ergeben. Im Gegensatz hierzu sind die Investitionskosten für Variante B um 11% niedriger. Der Quadratmeterpreis beträgt hier nur 164,87 DM.

Werden hingegen die Investitionskosten bei gleichem Installationsgrad verglichen, ergeben sich für einen Quadratmeter Doppelboden inklusive Elektroinstallationen Kosten in Höhe von 177,46 DM. Die Investitionskosten der Variante B liegen damit um 7% niedriger als bei Variante A2.

Die Kosten für die Elektroinstallationsarbeiten sind jedoch in Variante A2 niedriger als in Modellvariante B, da aufgrund der flexiblen Leitungsführung im Doppelboden weniger Material benötigt wird.

Neben den Investitionskosten sind weiterhin die Instandhaltungs- und Betriebskosten, sowie die Kosten einer Umbaumaßnahme für die wirtschaftliche Betrachtung der Fußbodenkonstruktion wichtig. Da die Instandhaltungs- und Betriebskosten bei beiden Modellvarianten im wesentlichen gleich sind, werden nur die Umbaukosten anhand einer kurzen Beispielrechnung erörtert. Dieses Beispiel soll aufzeigen, inwiefern eine zeitliche Betrachtung der Fußbodeninstallation von wirtschaftlicher Bedeutung ist. In dem Beispiel wird deutlich, daß bereits bei der ersten Umnutzung eine Egalisierung der Gesamtkosten erfolgt ist. In modernen Bürogebäuden wird jedoch davon ausgegangen, daß ungefähr alle 5 Jahre Nutzungsänderungen vorgenommen werden. Hierauf wird in Kapitel 6 noch eingegangen.

Für eine geplante Nutzungsänderung der Variante B wird eine fiktive Umbaumaßnahme geplant. Der folgenden beispielhaften Betrachtung einer Umbaumaßnahme sind mehrere Randbedingungen zu Grunde gelegt. Es wird davon ausgegangen, daß 50% aller Trennwände im Büroflügel versetzt werden sollen. Dazu werden die alten Wände abgebrochen und neue an anderer Stelle aufgebaut. Weiterhin ist ein Aufstemmen des Estriches zum Abbruch der alten Wände erforderlich. Da die neuen Wände direkt auf die Rohdecke aufgesetzt werden sollen, muß der Estrich an diesen Stellen ebenfalls entfernt werden. Die Fensterbankkanäle werden vor dem Wandabbruch entfernt und nach Fertigstellung der Wandkonstruktion wieder montiert. Bei der Montage der Leitungskanäle wird ein Aufschlag von 5% für Erweiterungen der Elektroinstallationen eingerechnet. In Abbildung 4.4-1 ist schematisch der aufzubrechende Estrich als beispielhafte Aufwandsbeschreibung dargestellt. Die Tabelle 4.4-1 enthält alle zusammenfassenden Aufwendungen in Kosten je laufenden Meter zu erneuernder Wand und die Beispielkosten für eine Umbaumaßnahme.

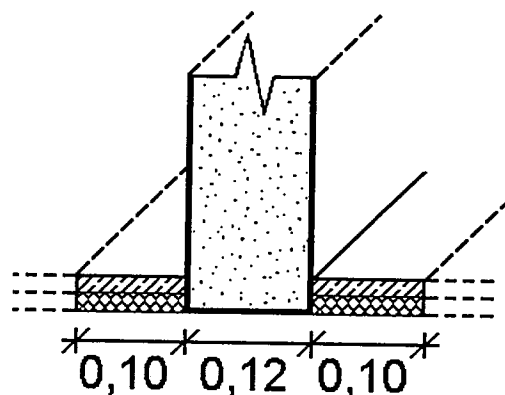


Abbildung 4.4-1: Auszubessernder Estrich am Wandanschluß (Angaben in Meter)

Bei einem Versetzen von nur 50% der vorhandenen Wände ergeben sich folglich Kosten von ca. 41.542,00 DM. Dies entspricht einem Aufwand von ca. 339,00 DM/lfd. m Wand. Für das Umsetzen der leichten Trennwände beim Doppelbodensystem liegt der Aufwand wesentlich niedriger. Präzise Aussagen über den Aufwand können nicht gemacht werden, da die Aufwendungen nur grob abgeschätzt werden. Schätzungen zu Folge kann von einem Aufwand ausgegangen werden, der bei ungefähr 30% der Umbaukosten für die festen Trennwände liegt.

Umbaumaßnahme	Einheit	Preis/Einheit	Einheit/lfd. m	Preis/lfd. m	Annahme: 50% der Trennwände [m] hier: 125m	Preis [DM]
Abriß der vorhandenen Wände und Entsorgung des Schutts	m ³	7,60	0,32	2,43	125	304,00
Estrich entfernen und entsorgen	m ³	14,00	0,01	0,18	125	22,75
Estrich erneuern	m ²	62,70	0,32	19,75	125	2468,81
Trennwand erneuern	m ²	56,00	2,80	156,80	125	19600,00
Neuen Estrich verlegen	m ²	62,70	0,20	12,54	125	1567,50
Putzarbeiten	m ²	22,00	5,60	123,20	125	15400,00
Abmontage der Kanäle	m	11,20	0,60	6,72	125	840,00
Anbau der Kanäle	m	11,20	0,65	7,28	125	910,00
Unterputzleitungen verlegen	m	4,48	0,30	1,34	125	168,00
Unterputzdosen	Stck.	13,94	0,15	2,09	125	261,38
						41.542

Tabelle 4.4-1: Zusammenstellung aller Kosten der Umbaumaßnahme

Die niedrigeren Umbaukosten resultieren zum einen aus dem geringeren Zeitaufwand bei der Umstellung der flexiblen Trennwände und zum anderen durch den Wegfall von lohnintensiven Arbeiten. Weitere Vorteile bei einer Neukonzeption der Raumaufteilung mit flexiblen Trennwänden ist die Verkürzung des Unterbrechungszeitraumes. Störungen bzw. Unterbrechungen der Produktionsprozesse können auf ein Minimum reduziert werden. Ferner können die Umbaumaßnahmen im Umfang variabel festgelegt werden. D.h. es sind beispielsweise keine Räumungen großer Geschoßflächen notwendig um den Umbau durchzuführen, sondern auch kleinflächige Geschoßbereiche können umgerüstet werden. Außerdem entstehen bei einer Umbaumaßnahme kaum Verschmutzungen in Form von Schutt und Staub. Aufwendige Schutzmaßnahmen zur Durchführung der Baumaßnahme sind daher nicht erforderlich.

Die Ergebnisse verdeutlichen die Tatsache, daß eine zukunftsorientierte Infrastruktur in Verwaltungsgebäuden durch einen Doppelboden geschaffen wird. Umbaumaßnahmen lassen somit bei Bedarf rationeller und wirtschaftlicher durchführen. Auf lange und mittlere Sicht können Mehrkosten für Umbauarbeiten und längere Installationszeiten eingespart werden.

Bei der Planung eines neuen Verwaltungsbäudes obliegt dem Planer in der Entwurfsphase die Verantwortung einer möglichst optimalen Integration aller haustechnischen Gewerke im Kontext des Bauwerkes. Von zunehmender Bedeutung sind heutzutage aber auch die Planung der möglichen Umbaumaßnahmen, um zur Auswahl eines adäquaten Installationssystems zu gelangen. Bei einem zeitgemäßen Bürogebäude wie dem neuen Commerzbank-Hochhaus ist daher unter Abwägung der qualitativen und der kostenmäßigen Gesichtspunkte nur die Auswahl eines Doppelbodensystems sinnvoll und zukunftssicher gewesen.

5 Vergleichsmodellrechnung am Beispiel einer Umbaumaßnahme

5.1 Darstellung des Gebäudes

Das zweite Gebäude, das im Rahmen der Studie betrachtet werden soll, ist ein Büro- und Verwaltungskomplex eines großen deutschen Unternehmens in Süddeutschland. Die Aufgabenbereiche sind Kraftfahrzeugausrüstung, Kommunikationstechnik und Herstellung von Produktions- und Gebrauchsgütern.



Abbildung 5.1-1: Außenansicht des Gebäudes

Das Gebäude wurde 1970 erbaut. Der Komplex besteht aus drei Flügeln mit einer Bruttogesamtfläche von ungefähr 32.640m^2 . In jedem Flügel stehen rund 1010 m^2 Nettonutzfläche pro Geschoß zur Verfügung. Die einzelnen Flügel besitzen eine unterschiedliche Anzahl an Stockwerken. Der Hauptflügel besteht aus 13 Stockwerken, während die anderen Flügel je 6 und 8 Stockwerke hoch sind. Erschlossen werden die Stockwerke über einen zentralen Kern mit Fahrstühlen und drei Treppenhaukernen an den Flügelenenden.

Der Nutzungszweck dieses Bauwerks besteht in der Unterbringung der Hauptverwaltung des Unternehmens. Der hauptsächliche Anteil der genutzten Fläche beschränkt sich daher auf Büroflächen. Die Stockwerke sind als Nutzflächen für Großraumbüros konzipiert. Daher sind keine fest eingebauten Zwischenwände vorhanden. Die Geschoßlasten werden über Innenstützen abgetragen. Die lichte Raumhöhe beträgt ungefähr 3,5m.

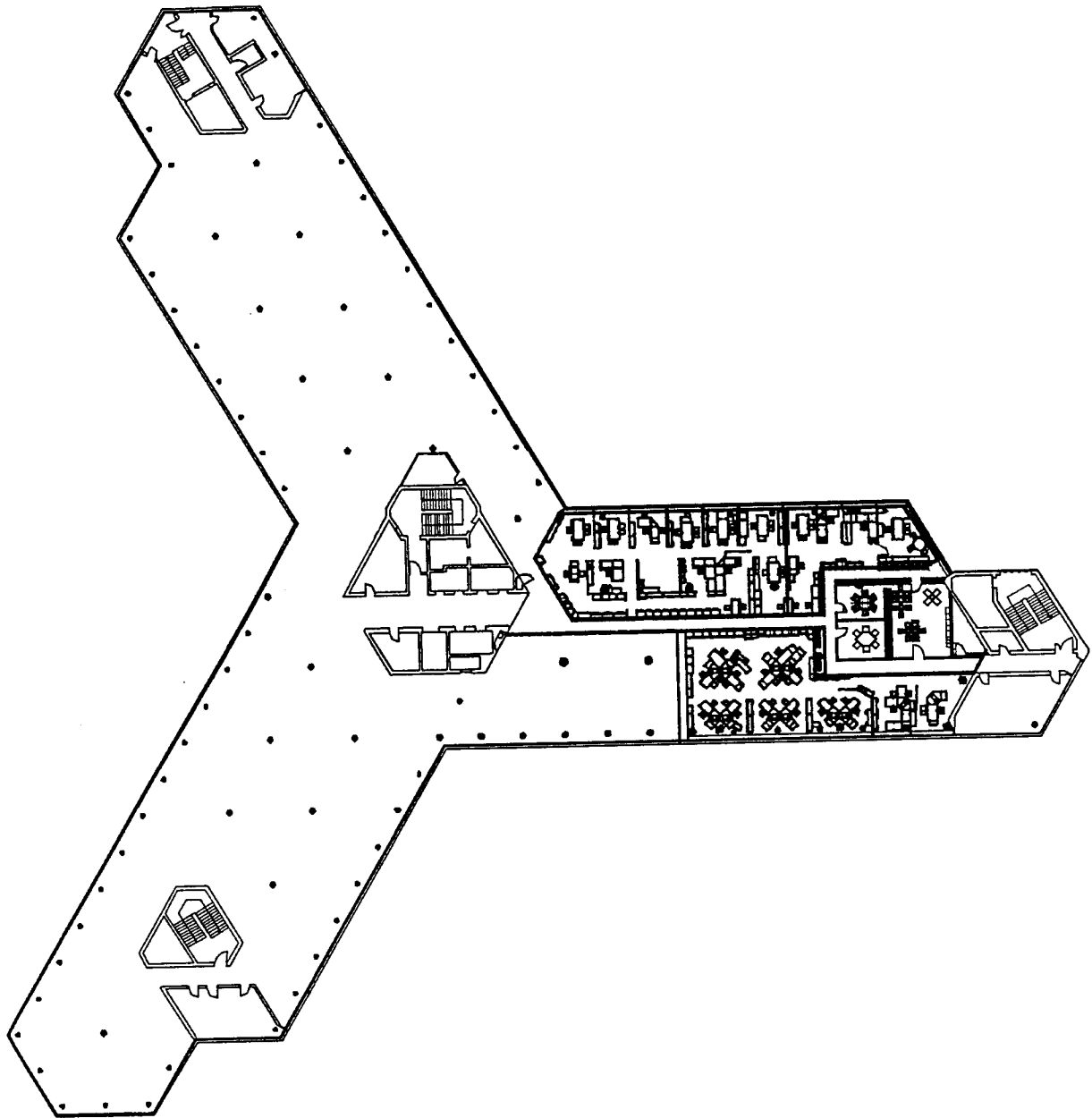


Abbildung 5.1-2: Grundrißplan des Bürogebäudes und beispielhafte Möblierung als Großraumbüro

Die Haustechnikinstallationen unterscheiden sich von anderen Verwaltungsgebäuden nicht wesentlich. Die Leitungen der Klima- und Lüftungstechnik befinden sich in einer abgehängten Decke und in den Fensterbereichen. Die Heizkörper sind unter den Außenfenstern angeordnet. Sanitärinstallationen befinden sich nur in den Treppenhaukernen und beeinflussen nicht die Nutzung der Büroflächen. Im Gegensatz zu vielen anderen Bauwerken gleichen Typs ist in diesem Verwaltungsbau bereits ein Systemboden eingebaut. Bereits 1970 entschied man sich für den Einbau eines Hohlraumbodens. Die wirtschaftlichen Gründe sprachen bereits damals für diese Konstruktionsvariante. Sie erlaubte die Verlegung von Versorgungsmedien im Fußboden mit großer Flexibilität. Im Hohlraumboden sind nur die Elektroleitungen integriert. Aufgrund der ständig anwachsenden Installationsdichte genügt der in diesem Fall zur Verfügung stehende Querschnitt nicht mehr den Anforderungen. Der steigende Bedarf an Installationsquerschnitten und -fläche ist der Hauptgrund, warum sich das Unternehmen für eine Erweiterung der Installationsmöglichkeiten auf Basis eines

Doppelbodens entschlossen hat. Zur Auswahl standen mehrere Alternativen, die untersucht worden sind. Es wurde sich für die Ausbauvariante mit Doppelboden entschieden.

Im folgenden werden exemplarische Kostenkalkulationen für eine Modellvariante A mit Doppelboden und eine Modellvariante B ohne Doppelboden durchgeführt und anschließend verglichen.

5.2 Kostenermittlung bei Ausführung mit Doppelboden - Variante A

5.2.1 Randbedingungen und Annahmen

Bei der folgenden Kostenermittlung wird der in Abbildung 5.2-1 dargestellte Teil des Bürogebäudes zugrunde gelegt. Es handelt sich hierbei um eine Grundfläche von 1007m^2 . Das besondere an dieser Umbaumaßnahme ist die Tatsache, daß der vorhandene Hohlraumboden nicht entfernt wird, so daß keine zusätzlichen Kosten für Abbrucharbeiten entstehen. Auf dem vorhandenen Bodenbelag des Hohlraumbodens wird der neue Doppelboden installiert. Da die Stützen auf dem vorhandenen Bodenbelag nicht geklebt werden können, ist es notwendig ein Schienensystem zu verlegen. Dieses soll die auftretende Horizontalbeanspruchung des Doppelbodens aufnehmen. Das Rastermaß des Doppelbodens beträgt $600\text{mm} \times 600\text{mm}$. Da der Bereich, in dem der Doppelboden installiert wird, keine festen Trennwände aufgestellt werden, gibt es bei der Installation bezüglich der Türhöhen etc. keine Probleme. Weiterhin ist die Raumhöhe bei der Errichtung des Gebäudes 1970 so ausreichend bemessen worden, daß es durch Aufstockung der Fußbodenkonstruktion keine Schwierigkeiten mit der lichten Raumhöhe gibt. In die Umbaumaßnahme eingeschlossen sind nur die reinen Nutzflächen für Büro- und Verwaltungstätigkeiten. Die Höhenunterschiede in den Übergangsbereichen (Büro-Fahrstuhlschacht) werden durch Anrampungen realisiert. Diese werden in der Kostenermittlung jedoch nicht berücksichtigt.

Die Abtrennung der einzelnen Nutzungsbereiche erfolgt durch leichte Trennwände, um eine beliebige Nutzungsänderung zuzulassen (s. Abbildung 5.2-1).

Die Leitungsführung der Medien Heizung/Klima/Lüftung erfolgt in der abgehängten Decke.

Die Versorgung mit Kommunikations- und Datenleitungen erfolgt vollständig im Doppelboden.

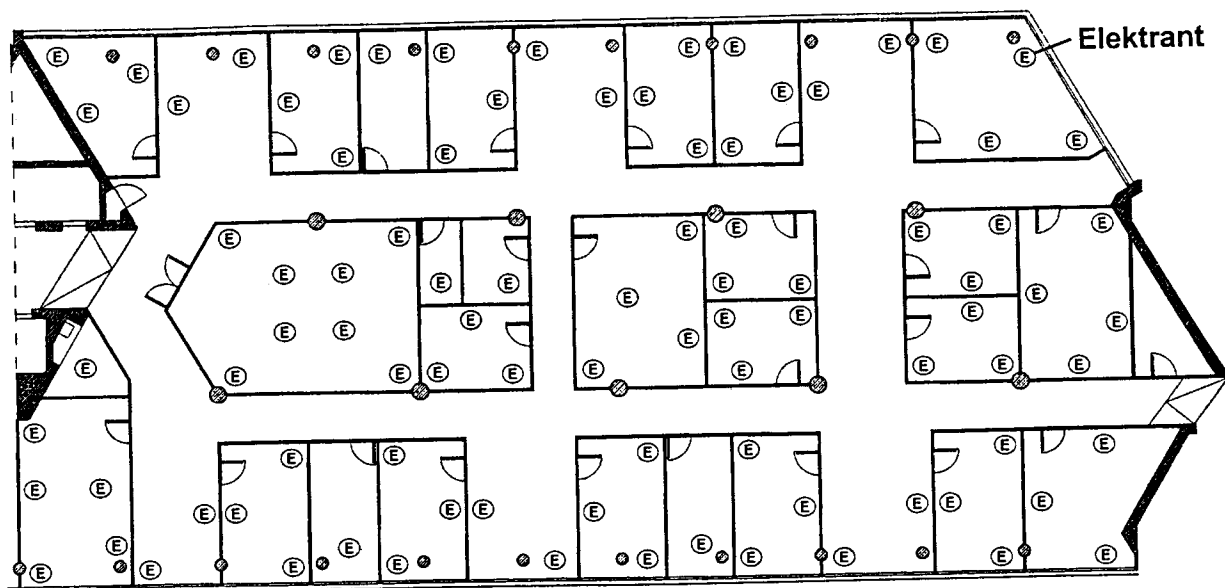


Abbildung 5.2-1: Angenommene Raumaufteilung und Anordnung von Elektranten

Im gesamten Betrachtungsbereich sind 90 Elektranten verteilt, so daß jeder Elektrant einen Einzugsbereich von ca. 11m^2 hat. Ein Elektrant bietet Anschlußmöglichkeiten für zwei Steckdosen und jeweils eine Datenverarbeitungs- und Telefonanschlußeinheit. Die Räume in

Geschoßmitte dürfen aufgrund der Arbeitsstättenrichtlinien nicht als Büroarbeitsplätze genutzt werden. Diese Räume enthalten Nebenfunktionen wie Besprechungsräume, Kopierstationen, Teeküchen, etc. Der Installationsgrad dieser Räume kann mit denen der Büroarbeitsplätze verglichen werden. Daher sind Elektranten ebenfalls im Innenbereich der Geschosse angeordnet.

Über die gesamte Fläche sind zehn Verteilerbereiche angeordnet, die jeweils neun Elektranten versorgen. Die Versorgung mit Elektrizität erfolgt sternförmig von einem im Doppelboden integrierten Verteiler aus, während für jede Datenverarbeitungseinheit eine separate Leitung zum übergeordneten Netzwerkknoten besteht.

Dadurch ergeben sich insgesamt 2110m Datenverarbeitungskabel und 500m Elektro- und Telefonleitungskabel in dem betrachteten Gebäudeflügel.

Die Einzelpreise sind marktübliche Nettopreise und beziehen sich auf das Jahr 1997.

5.2.2 Kostenermittlung

Für die Kostenermittlung werden nur die Investitionskosten berücksichtigt, die bei Erstellung der Fußbodenkonstruktion und der Elektroinstallation entstehen. Die Preise für die Doppelbodenkonstruktion beschränken sich auf einen Einheitspreis, der aufgrund von Mitarbeiteraussagen und aus [SRI89] festgelegt werden kann. Der Quadratmeterpreis für die gesamte Fußbodenkonstruktion liegt bei 125,00 DM/m². Eine gesonderte Aufteilung in Einzelkosten je Position erfolgt nicht. Das Ergebnis der Kostenermittlung ist in Tabelle 5.2-1 zusammengefaßt. Die eingetragenen Preise sind Kosten in DM.

Bei der Kostenermittlung für die Elektroarbeiten wird sich auf Angaben aus [WEK96] bezogen. Die Tabelle 5.2-2 zeigt die ermittelten Preise.

Doppelbodeninstallationsarbeiten - Modellvariante A

Position	Beschreibung	Menge	Einheit	Einheitspreis	Angebotssumme
1	Doppelboden im Rastermaß von 600/600 mm herstellen, liefern und montieren.Mindestdicke 36 mm.Brandschutz nach DIN 4102: F30/A (Gesamtkonstruktion) Material der Doppelbodenplatten:Kalziumsulfat	1007	m²	125,00	125.875,00
2	Kabelabschottungen von Elektrodurchführungen mit Kabelabschottungsboxen, in Flurwänden.Wänden zur Herstellung von F 90 Kabelabschottungen nach DIN 4102	12	Stck		
3	Schutzabdeckung für die Doppelbodenflächen mit Teppichbelag,aus Hartfaserplatten 3-4 mm stark,für die Belastung von Rollgerüsten geeignet.	500	m²		
4	Plattenschott, F 90, nach DIN 4102.aus 1 – 2 mm dickem Brandschutz-Coating, im Doppelbodenbereich der Abschottung im Flur.	100	lfm		
5	Reserve-Bodenplatten, 600/600 mm, ohne Oberbelag sach- und fachgerecht verpackt,zum Einlagern liefern.	10	Stck		
6	Zulage für die Verlegung von Doppelboden in Teilflächen bzw.in kleinen Räumen.	9	m²		
7	Zulage für das nachträgliche Öffnen (Herausnehmen) und Schließen (wieder einlegen) von Doppelbodenplatten für bauseitige Installationsarbeiten.	20	Stck		
8	Stahlwinkel, verzinkt, als Abschluß an freien Rändern bzw.als Übergang zu anderen Fußbodenaufbauten einschl.	6	lfm		
9	Absorberschott innerhalb des Doppelbodens für den Schallschutz im Bereich der Bürotrennwände	5	lfm		
10	Wärmedämmung aus Mineralfaser A1, in Bahnen, zum Einlegen in den Doppelboden über Außenluftbereichen.	1	m²		
11	Profilstahl in kleinen Abmessungen als L, U oder Rohrprofil, grundiert und auf Stahlbetondecke montiert.	9	kg		
12	Doppelbodenbekleidung (Fabr. Promatect oder gleichwertig), F90, d=2x30 mm, aus L-Feuerschutzplatten, Fibersilikat	10	m²		
13	Revisionsklappen, Größe: ca. 0,80x0,40 cm	6	Stck		
14	Saugheber für Bodenplatten	2	Stck		
15	Herstellen von Öffnungen für den bauseitigen Einbau von Elektranten, Abmessungen ca. 200x200 mm	90	Stck		
					125.875,00

Tabelle 5.2-1: Investitionskosten Modellvariante „A“ - Doppelbodenkonstruktion

Der Quadratmeter Doppelbodenfläche kostet **125,00 DM/m²**.

Elektroinstallationsarbeiten - Modellvariante A

Position	Beschreibung	Menge	Einheit	Einheitspreis	Angebotssumme
1	Steckdose mit Schutzkontakt VDE 0620, 2polig 16 A, 250 V AC in Standardausführung in vorh. Leerdose montieren	180	Stck	8,64	1.555,20
2	Telefonanschlußdose für 1 Telefon als TAE 6F in Standardausführung mit Klappdeckel in vorh. Leerdose mont.	90	Stck	22,10	1.989,00
3	Datenanschlußdose für 1 DV-Anschluß als RJ 45 in Standardausführung mit Klappdeckel in vorh. Leerdose mont.	90	Stck	21,17	1.905,30
4	Kunststoffkabel NYY 1 x 6 re, Cu-Zahl 58 liefern und auf vorhandene Kabelleiter oder -rinnen verlegen	500	m	3,04	1.520,00
5	Fernsprechkabel A 2Y (LG) 2Y, u. Putz in vorh. Schlitzten, Installationsrohren u. dgl. 4 x 2 x 0,6 mm Leiterquerschnitt	500	m	7,35	3.675,00
6	Datenleitungskabel ANSI/IEEE 802.3 10 BASE 2-20 AWG, unter Putz in vorh. Schlitzten, Installationsrohren u. dgl. 4 x 2 x 0,6 mm Leiterquerschnitt	2110	m	9,75	20.572,50
7	Geräteeinbaudose für Doppelbodenelektrant mit Vorrichtung zur Aufnahme von 4 Versorgungseinheiten Einbaugeräte passend zum angebotenen Schalterprogramm	90	Stck	25,36	2.282,40
					33.499,40

Tabelle 5.2-2: Investitionskosten Modellvariante „A“ - Elektroinstallationsarbeiten

Anhand der Gesamtsumme kann folgender Quadratmeterpreis errechnet werden:

$$\frac{\text{Gesamtkosten DM 33.499,40}}{\text{Nutzfläche 1007 m}^2} = \mathbf{33,27 \text{ DM / m}^2}$$

Auf der gesamten Nutzfläche von 1007 m² sind 90 Elektranten angeordnet. Daraus ergibt sich ein Versorgungsgrad von 11,2 m² pro Elektrant.

5.3 Kostenermittlung bei der Ausführung ohne Doppelboden - Variante B

5.3.1 Randbedingungen und Annahmen

Zur Berechnung dient als Grundlage nur ein Teil des gesamten Bürogebäudes, von dem aus sich die Ergebnisse auf die gesamte Umbaumaßnahme übertragen lassen. Für die Kostenermittlung wird die Grundfläche eines Gebäudeflügels herangezogen. Die Treppenhaukerne sind dabei nicht in der Flächenermittlung enthalten. Auf einer Grundfläche von 1007m^2 wird ein Zementestrich mit einer Dicke von 80mm aufgebracht. Diese Dicke ist aufgrund des in den Estrich integrierten Unterflurkanals notwendig. Abzüge für Trennwandkonstruktionen werden nicht angerechnet, da auf dem Estrich die Wände errichtet werden. Bei der tatsächlich ausgeführten Umbaumaßnahme wurde der vorher installierte Hohlraumboden nicht entfernt. Es wird davon ausgegangen, daß der neue Fußboden auf der alten Konstruktion aufsitzt und somit keine Entsorgungsaufwendungen entstehen. Die einzelnen Büros sind durch leichte Trennwände voneinander abgeteilt. Eine genaue Aufteilung der Büroräume zeigt Abbildung 5.3-1.

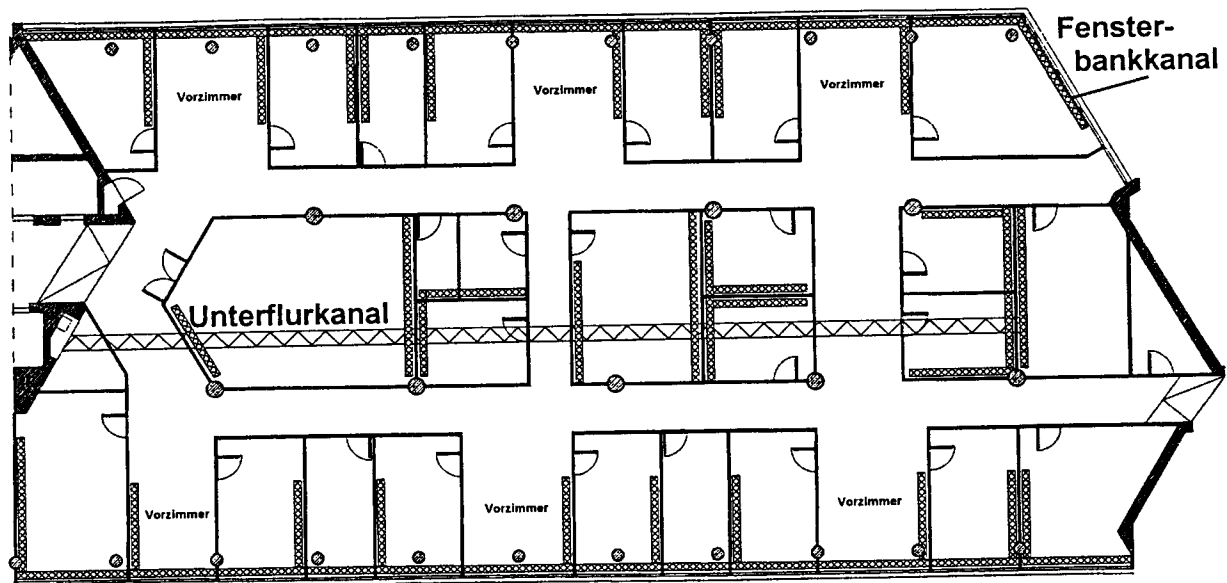


Abbildung 5.3-1: Angenommene Anordnung der elektrischen Versorgungseinheiten in Modellvariante „B“ - Estrich

Bei der Kostenberechnung wird nur auf die Elektroinstallationen eingegangen, da die übrigen Gewerke Heizung/Klima/Lüftung und Sanitär in der abgehängten Decke untergebracht sind. Die Versorgung mit Elektroinstallationen der im inneren Bereich liegenden Büroräume erfolgt über einen Unterflurkanal. Die außenliegenden Büroräume werden direkt über Fensterbankkanäle versorgt. Der verwendete Fensterbankkanal hat einen Querschnitt von $60\text{mm} \times 190\text{mm}$. Die Querschnittsabmessungen des Unterflurkanals betragen $350\text{mm} \times 33\text{mm}$. Insgesamt ergeben sich 267m Fensterbankkanal und 45m Unterflurkanal für die gesamte Versorgungsleitung. Die Verteilung wird in Abbildung 5.3-1 gezeigt.

Die Ausstattung besteht aus 90 Anschlußgruppen, die sich gleichmäßig über die gesamte Länge verteilen. In dem Unterflurkanal befinden sich 8 Unterflurdosen, die den Anschluß an den Fensterbankkanal in den Innenbüros gewährleisten.

Eine Anschlußgruppe besteht aus zwei Steckdosen und jeweils einer Datenverarbeitungs- und Telefonanschußeinheit. Eine ausreichende Versorgung der einzelnen Arbeitsplätze sollte somit sichergestellt sein.

5.3.2 Kostenermittlung

Die Kostenermittlung für die Estricharbeiten und Elektroinstallationen erfolgt auf Grundlage der in [WEK96] angegebenen Einheitspreise. Die Einzelpreise entsprechen den Nettomarktpreisen und beziehen sich auf das Jahr 1997.

In den Tabelle 5.3-1 und 5.3-2 sind die Einheitspreise für die Gewerke Estricharbeiten und Elektroinstallationsarbeiten aufgeführt.

Die Fläche für die Bodenbelagsarbeiten errechnet sich aus der gesamten Nutzfläche abzüglich der Fläche für die Trennwände.

Estricharbeiten - Modellvariante B

Position	Beschreibung	Menge	Einheit	Einheitspreis	Angebotssumme
1	Reinigen des Untergrundes von grober Verschmutzung durch Mörtel, Farbe, Klebstoff, Öl u.dgl., sowie alter Teppichbodenbelag; anfallender Schutt wird Eigentum des AN und ist zu beseitigen.	1007	m ²	1,76	1.772,32
2	Aufbringen einer Haftbrücke.	1007	m ²	4,89	4.924,23
3	Zementestrich (ZE) DIN 18560, Festigkeitsklasse ZE 20, Estrichnenndicke 80 mm.	1007	m ²	30,52	30.733,64
4	Trittschalldämmschicht mit Randstreifen als Unterlage für schwimmenden Estrich, aus Schaumkunststoff DIN 18164 Teil 2,	1007	m ²	9,58	9.647,06
5	Bewegungsfuge in vorbeschriebenem Estrich ausbilden und füllen, Fugenfüllstoff elastische Zweikomponenten-Fugendichtungsmasse,	71	m	23,78	1.688,38
6	Unterlage für Bodenbeläge auf vorhandenem Untergrund, Unterlage aus Filz, aufkleben, Dicke 5,0 mm,	970	m ²	10,05	9.748,50
7	Elastischer Bodenbelag aus PVC, homogen, ohne Träger, DIN 16951, Dicke 2,0 mm, Bahnbreite 1,5 m,	970	m ²	34,01	32.989,70
					91.503,83

Tabelle 5.3-1: Investitionskosten Modellvariante „B“ - Estricharbeiten

Aus der Gesamtsumme läßt sich folgender Quadratmeterpreis ableiten:

$$\frac{\text{Gesamtkosten DM } 91.503,83}{\text{Nutzfläche } 1007 \text{ m}^2} = \mathbf{90,87 \text{ DM / m}^2}$$

Elektroarbeiten - Modellvariante B

Position	Beschreibung	Menge	Einheit	Einheitspreis	Angebotssumme
1	Steckdose mit Schutzkontakt VDE 0620, 2polig 16 A, 250 V AC in Standardausführung in vorh. Leerdose montieren	180	Stck	8,64	1.555,20
2	Telefonanschlußdose für 1 Telefon als TAE 6F in Standardausführung mit Klappdeckel in vorh. Leerdose mont.	90	Stck	22,10	1.989,00
3	Datenanschlußdose für 1 DV-Anschluß als RJ 45 in Standardausführung mit Klappdeckel in vorh. Leerdose mont.	90	Stck	21,17	1.905,30
4	Kunststoffkabel NYY 1 x 6 re, Cu-Zahl 58 liefern und auf vorhandene Kabelleiter oder -rinnen verlegen	630	m	3,04	1.915,20
5	Fernsprechkabel A 2Y (LG) 2Y, u. Putz in vorh. Schlitz, Installationsrohren u. dgl. 4 x 2 x 0,6 mm Leiterquerschnitt	505	m	7,35	3.711,75
6	Datenleitungskabel ANSI/IEEE 802.3 10 BASE 2-20 AWG, unter Putz in vorh. Schlitz, Installationsrohren u. dgl. 4 x 2 x 0,6 mm Leiterquerschnitt	1400	m	9,75	13.650,00
7	Installationskanal als Geräteeinbaukanal (Fensterbankkanal) aus PVC hart Farbe weiß Gr. 60/190 mm auf Mauerwerk o. Betonwand montieren	267	m	42,76	11.416,92
8	Kanal-Geräteeinbaudose leer für handelsübliche Einbaugeräte in Geräteeinbaukanal (Fensterbankkanal) einbauen	360	Stck	6,34	2.282,40
9	Endstück für vorstehenden Geräteeinbaukanal (Fensterbankkanal) nach DIN VDE 0604 aus PVC hart, Farbe weiß, Gr. 60/190 mm liefern und montieren	43	Stck	7,27	312,61
10	Inneneck für vorstehenden Geräteeinbaukanal (Fensterbankkanal) nach DIN VDE 0604 aus PVC hart, Farbe weiß, Gr. 60/190 mm liefern und montieren	4	Stck	22,48	89,92
11	Unterflur-Elektroinstallationskanal DIN VDE 0634 Teil 1, estrichüberdeckt, als geschlossenes Rechteckprofil mit systembedingtem Verbindungs- und Befestigungsmaterial, aus verzinktem Stahl	45	m	61,00	2.745,00
12	Bauteil für Unterflur-Installationskanal DIN VDE 0634 Teil 1, estrichüberdeckt, Einzelangaben nach DIN 18382 Bodendose, als Unterflurleerdose, geeignet zur Aufnahme einer fußbodenebenen rechteckigen Einbaueinheit	8	Stck	121,00	968,00
					42.541,30

Tabelle 5.3-2: Investitionskosten Modellvariante „B“ - Elektroinstallationsarbeiten

Aus den Gesamtkosten errechnet sich der monetäre Aufwand je Quadratmeter wie folgt:

$$\frac{\text{Gesamtkosten DM } 42.541,30}{\text{Nutzfläche } 1007 \text{ m}^2} = 42,25 \text{ DM / m}^2$$

Der Versorgungsgrad ergibt sich aufgrund gleicher Elektranzenzahl ebenfalls zu 11,2 m² je Elektrant.

5.4 Zusammenfassung und Kostenbewertung

Bei einer Umbaumaßnahme existieren grundsätzlich, ähnlich einer Neubaumaßnahme, qualitativ und quantitativ zu betrachtende Gesichtspunkte. Als qualitative Merkmale können im wesentlichen der zur Verfügung stehende Installationsquerschnitt, die Flexibilität bezüglich der Nutzung und die Verfügbarkeit von Anschlußeinheiten pro Quadratmeter angesehen werden.

In beiden Modellvarianten sind 90 Elektranten zur Versorgung eines Büroflügels untergebracht. Während sich die Elektranten in Variante A flächendeckend über das Geschloß verteilen, können in Variante B die Versorgungseinheiten nur in fest eingebauten Installationskanälen untergebracht werden. Dadurch ergibt sich bei Variante B eine geometrisch bedingte geringere Verfügbarkeit von Anschlußmöglichkeiten in Raumtiefe.

Ein weiterer wichtiger Punkt ist die Nutzungsflexibilität. Änderungen in der Raumnutzung können problemloser und wirtschaftlicher mit einem Systemfußboden realisiert werden als mit fest eingebauten Installationssystemen. Hinzu kommt die Tatsache, daß beim Entfernen und Versetzen von Trennwänden eventuelle Beschädigungen an den Kanälen nicht auszuschließen sind.

Systembedingt bietet das Fensterbankkanalsystem einen geringeren Installationsquerschnitt als ein Doppelboden, so daß dieser den schnell wachsenden Anforderungen auf lange Sicht nicht genügt. Nachträgliche Erweiterungen führen zu erheblichen Mehrkosten. Ferner vermindern eingebaute Gerätedosen den nutzbaren Installationsquerschnitt.

Eine direkte Gegenüberstellung der Investitionskosten ergibt für Variante A einen Quadratmeterpreis von 158,27 DM. Demgegenüber stehen Kosten von 133,12 DM pro Quadratmeter für eine Ausführung mit Fensterbankkanalsystem. Die Investitionskosten für einen Doppelboden sind demnach 19% höher. Dennoch wurde für die beschriebene Umbaumaßnahme ein Doppelbodensystem ausgeführt. Betrachtet man die oben genannten qualitativen Merkmale, so erscheint diese Entscheidung trotz höherer Investitionskosten zweckmäßig zu sein.

Wie bereits in Kapitel 4.4 beschrieben, sind die Aufwendungen für eine Umbaumaßnahme bei Variante B höher, so daß sich bereits nach wenigen Nutzungsänderungen die höheren Investitionskosten des Doppelbodens amortisiert haben.

Bereits bei der Errichtung des Verwaltungsgebäudes 1970 wurde ein Systemfußboden eingebaut. Der große Installationsraum im Hohlraumboden sollte den momentanen und zukünftigen Installationsbedarf abdecken. Anfang der neunziger Jahre wurde allerdings ein Umbau der Geschosse notwendig, da weitere Installationen im Hohlraumboden nicht mehr möglich waren. Der Installationsgrad hat sich innerhalb der zwanzig Jahre derart erweitert, daß neue Installationsräume geschaffen werden mußten. Der Bedarf an diesen Installationsräumen wird sich ständig erhöhen, da die Entwicklung, insbesondere auf dem Kommunikationssektor, stetig fortschreitet. In der Zukunft wird jeder Arbeitsplatz mit eigenen Anschlüssen für Telefon, Telefax, Personalcomputer, Internet u.a. ausgestattet sein. Neue Technologien erfordern neue Leitungsarten, die im Installationsraum zu integrieren sind.

Selbstverständlich werden durch den Einsatz dieser neuen Techniken ältere Systeme außer Betrieb gesetzt, und somit können Leitungen entfernt werden, die nicht mehr genutzt werden.

In der Praxis zeigt es sich jedoch, daß in den meisten Fällen keine genauen Informationen und Bestandsdaten vorhanden sind, welche Leitungen zu welchen Systemen gehören. Dadurch kann unter Umständen keine Festlegung der nicht mehr benötigten Leitungen erfolgen, die bei eindeutiger Identifikation aus den bestehenden Installationsräumen entfernt werden könnten. Werden Leitungen aufgrund Vermutungen außer Betrieb gesetzt, so können dadurch gegebenenfalls gesamte Produktionsbereiche ausfallen. Die entstehenden Ausfallzeiten würden zusätzliche Kosten verursachen.

Daher wird sich in den meisten Fällen für eine Aufrüstung der Installationsquerschnitte entschieden. Die in diesem Kapitel betrachtete Umbaumaßnahme ist unter dem eben beschriebenen Sachverhalt einzustufen.

Im Rahmen dieser Umbaumaßnahme bestand die Möglichkeit, den neuen Systemfußboden direkt auf den alten Fußboden aufzusetzen, ohne diesen zu entfernen. Die Verlagerung von Arbeitsstätten konnte weitestgehend vermieden werden, da der zu installierende Doppelboden eine partielle Verlegung der Arbeitsplätze innerhalb der Geschosse erlaubte. Weiterhin konnten Entsorgungskosten eingespart werden.

Bei einer Aufstockung des Fußbodens ist die Mindestraumhöhe einzuhalten. Im Fall dieser Umbaumaßnahme gab es keine Schwierigkeiten, da der zur Verfügung stehende Freiraum ausreichend war. Ferner ist auf Tür- und Brüstungshöhen zu achten, da diese gegebenenfalls unterschritten werden und nachzubessern sind. Diese zusätzlichen Aspekte sind bei Umbaumaßnahmen generell mit in Betracht zu ziehen. Aufgrund derartiger Zusatzmaßnahmen erhöhen sich der Umbauaufwand, die Bauzeit und die Kosten.

Von besonderer Bedeutung für die wirtschaftliche Betrachtung eines Installationssystems ist der umbaubedingte Ausfall von Betriebs- und Produktionszeiten, die bei einer Neubaumaßnahme nicht auftreten.

Betrachtet man die jährlichen Kosten je Quadratmeter Nutzungsfläche, so ergeben sich folgende Kostenanteile nach [SRI89]:

96,0%	Personalkosten
2,1%	Investition Bauwerk
1,1%	Investition EDV und Elektrotechnik
0,8%	Sonstiges

Die Umbaumaßnahme kann mit Hilfe eines Doppelbodens mit wesentlich weniger und kürzeren Ausführungszeiten erfolgen. Die Beeinträchtigung des Betriebsablaufes kann somit auf ein Minimum reduziert werden. Die Ausführung mit Estrich hingegen erfordert eine weitestgehende Auslagerung von Produktionskapazitäten.

Da der technische Ausbau nur einen Anteil von 3,2% (Investition Bauwerk, EDV und Elektrotechnik) der Jahreskosten verursacht, ist eine Kostenminimierung mit einem minderwertigen technischen Konzept nur zu Lasten der Personalkosten möglich.

Ein adäquates, zukunftssträchtiges Technikkonzept ist daher für ein langfristig planendes Unternehmen die Voraussetzung für optimale und wirtschaftliche Nutzung seiner Betriebsressourcen.

6 Schlußbetrachtung

In diesem Kapitel soll eine zusammenfassende Betrachtung der in den vorangegangenen Kapiteln erörterten Aspekte gegeben werden. Es werden Gründe für die Verwendung von Systemfußböden in Neubau- und Umbaumaßnahmen aufgezeigt.

Betrachtet man die Ergebnisse der Zusammenfassung aus Kapitel 4.4 und 5.4, kann festgestellt werden, daß die Systemfußbodenkonzepte den wissenschaftlichen und praxisbezogenen Anforderungen an Fußbodenkonstruktionen am besten genügen. Diese Konstruktionen bieten ein derart breitgefächertes Anwendungsspektrum und Integrationsmöglichkeiten, die den technischen Ausrüstungskonzepten von zeitgemäßen Verwaltungs- und Industriebauwerken entsprechen. Dennoch sollte dem ausführenden Planer bewußt sein, daß die Verwendung von Doppel- und Hohlraumböden kein „Allheilmittel“ für jedes Problem von Haustechnikinstallationen darstellt. Vielmehr soll diese Studie dazu beitragen, dem Lesenden bei seiner Entscheidungswahl zu unterstützen und hilfreiche Ansatzpunkte für eine umfassende Planung zur Verfügung stellen. Im folgenden wird ein Überblick über die Bedeutung von zukunftsorientierten technischen Gebäudeausrüstungen gegeben.

Die heutigen Anforderungen an die technische Gebäudeausrüstung können nur durch ausgereifte Technikkonzepte und entsprechende Gerätschaften erfüllt werden. Betrachtet man die Modernisierungs- und Umbauintervalle bei Verwaltungs- und Industriebauten, so sind relativ kurze Nutzungszeiträume zwischen Baumaßnahmen nichts Ungewöhnliches. Die Meinungen in der Praxis gehen von Umbauintervallen aus, die zwischen fünf und sieben Jahren liegen. Nachfragen an den Generalübernehmer für die in Kapitel 4 beschriebene Neubaumaßnahme bestätigen diesen Sachverhalt.

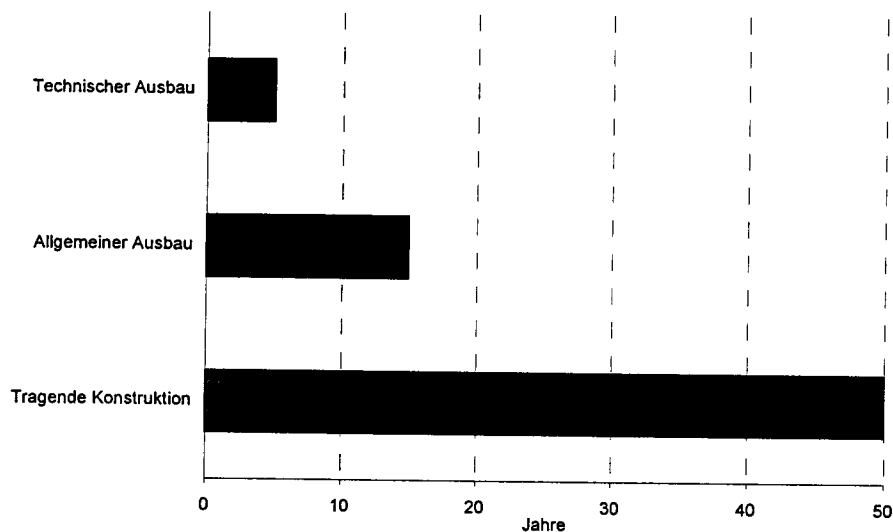


Abbildung 6-1: Nutzungsdauer bei Verwaltungs- und Industriebauten [Kra92]

Die Abbildung 6-1 zeigt die zu erwartenden Modernisierungs- und Umbauintervalle bei Bauwerken. Während Baumaßnahmen an der Tragkonstruktion in Abständen von ungefähr 50 Jahren vorgenommen werden, erfolgen in diesem Zeitraum bereits fast zehnmal so viele Änderungen an der technischen Gebäudeausrüstung. Den damit verbundenen Aufwendungen

kann nur durch ein intelligentes Haustechnikkonzept begegnet werden. Die Begrenzung der Kosten für Umbaumaßnahmen ist daher ein lohnenswertes Ziel, das durch Einsatz von flexiblen, weitgehend nutzungsunabhängigen Installationssystemen erreicht werden kann. In der heutigen Zeit ist es nur bedingt möglich, Aussagen über die Entwicklung von Haustechniksystemen und die Anforderungen an Arbeitsplatzumgebungen zu treffen, da nicht absehbar ist, wohin die in immer kürzeren Intervallen stattfindenden rasanten Veränderungen gehen werden. Insbesondere in der Kommunikationstechnologie ist die fortlaufende Entwicklung kaum absehbar. Daher ist es bei Neubau- und bei Umbaumaßnahmen geboten, eine möglichst zukunftsichere Installationstechnik wie Doppel- und Hohlraumböden zu verwenden. In Abbildung 6-2 werden die prozentualen Anteile der Instandhaltungskosten für die Gebäudetechnik, insbesondere die Elektroinstallation, aufgezeigt.

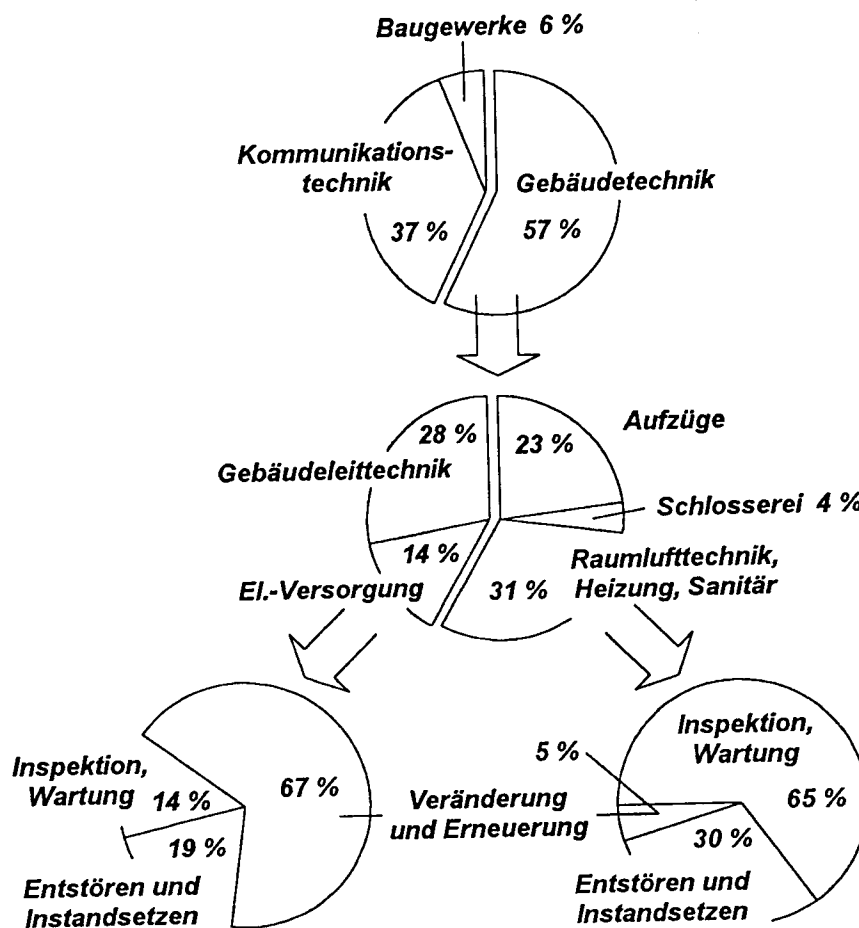


Abbildung 6-2: Anteil der Fachgewerke an Instandhaltungskosten [Bal92]

Es entfallen 57% der Instandhaltungskosten auf die Gebäudetechnik und 37% allein auf die Kommunikationstechnik, wobei ein wesentlicher Teil der Kommunikationstechnik die Erneuerung und Erweiterung des Bestandes ist. Betrachtet man die traditionelle Gebäudetechnik genauer, so teilt sich der Gesamtkomplex in die Gewerke Gebäudeleittechnik, Förderanlagen, Elektroversorgung und Raumluftechnik auf. Während im Bereich der Raumluftechnik der Großteil der Instandhaltungskosten auf die Wartung und Inspektion entfällt, liegt das Hauptaufgabenfeld der Elektroversorgung in der Erneuerung und Änderung von bestehenden Anlagen.

Da insbesondere die Verlegung der Kommunikationstechnik und der elektrischen Versorgungsleitungen optimal in einem Systemfußboden realisiert werden kann, besteht die Möglichkeit, enorme Kosten durch zukunftsweisende Installationssysteme einzusparen.

Anhand der in Kapitel 4 ermittelten Kosten soll im folgenden eine kurze Gegenüberstellung der Kosten aus beiden Modellvarianten gegeben werden. Dieser Überblick verdeutlicht den für eine Planung zu betrachtenden Zusammenhang zwischen Investitionskosten und Folgekosten (Umbau, Modernisierung, Instandsetzung, etc.). In Abbildung 6-3 sind die verschiedenen Kosten graphisch dargestellt.

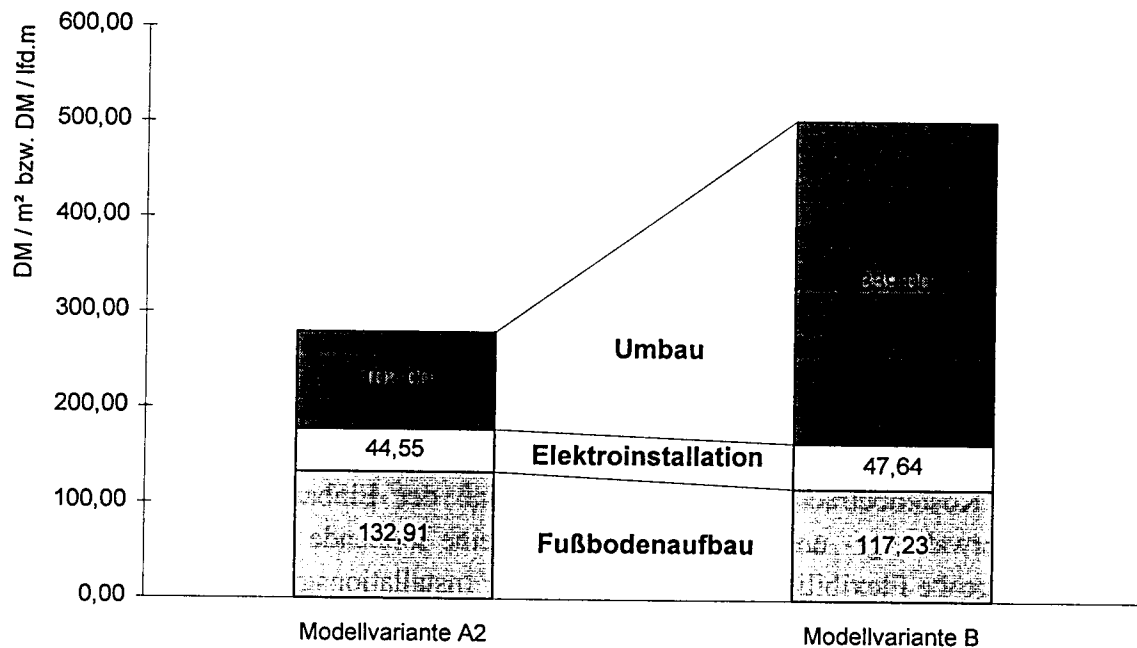


Abbildung 6-3: Darstellung der einzelnen Kostengruppen

Die beiden Säulen repräsentieren die Investitionskosten für die Modellvarianten A und B. Die Preise sind den Kostenkalkulationen aus Kapitel 4.2 und 4.3 entnommen. Abgebildet sind jeweils die Kosten für die Fußbodenkonstruktionen, die Elektroinstallationen und die Umbaukosten ⁵⁾.

In der Kostenbewertung sind keine zeitabhängige Kosteneinflussfaktoren (Preissteigerungen, etc.) enthalten. Ferner werden kleinere Reparaturen und Umnutzungen innerhalb des betrachteten Zeitraums von fünf Jahren vernachlässigt, da keine präzisen Angaben über Art und Umfang vorliegen. Daher ergeben sich konstante Kostengeraden über den angenommenen Zeitraum. Die Abbildung 6-4 zeigt die Verläufe der Kostengeraden. Beachtet man jedoch kleinere Änderungen und Umnutzungen, so springt die Kostenkurve um den jeweiligen Betrag. Infolgedessen erhöht sich die Differenz zwischen Gesamtkosten und Investitionskosten.

⁵⁾ Ausführliche Annahmen zu Art und Umfang der Baumaßnahme werden in Kapitel 4.4 geschildert.

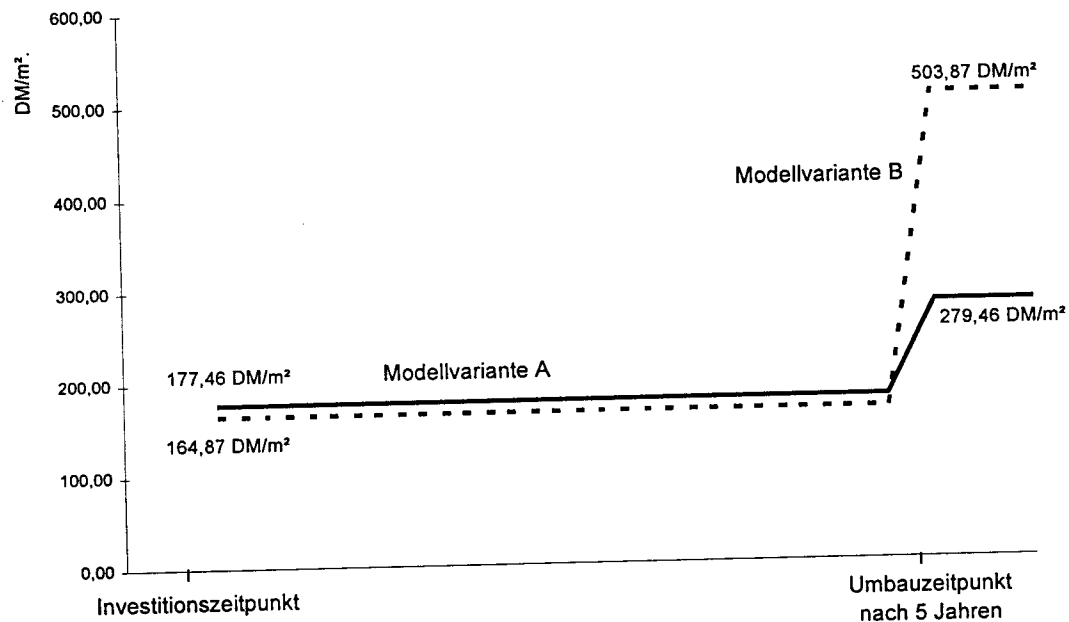


Abbildung 6-4: Kostenverlauf zwischen der Investition und dem Umbau

Unter den angenommenen Randbedingungen hat sich die Verwendung eines Doppelbodensystems gegenüber einer konventionellen Fußbodenkonstruktion bereits innerhalb des Betrachtungszeitraums wirtschaftlich amortisiert.

Anhand der Kostenbetrachtung ist ersichtlich, daß der Einbau von Systemfußböden in modernen Verwaltungs- und Industriebauwerken eine lohnende Investition darstellt. Hinzu kommen die große Flexibilität, ein hoher möglicher Installationsgrad, sowie weitere genannte Vorzüge der Systemfußböden, die eine Verwendung in Neubauten als auch bei Sanierungsmaßnahmen rechtfertigen. Bei jedem Bauvorhaben sollten jedoch im Vorfeld die Erwartungen und Zielsetzungen genau analysiert werden, um im Einzelfall die richtige Wahl der Fußbodenkonstruktion zu treffen.

Literaturverzeichnis

- [AGI96] Arbeitsgemeinschaft Industriebau e.V. (Hrsg.): Arbeitsblatt A20 : Doppelbodensysteme. Köln, Hannover : Vincentz Verlag, 1996
- [Bal92] Balck, Henning: Evolution im Betreiben von Gebäuden : eine Zukunftsperspektive. in: Instandhaltung - Realität 1992 Vision 2002. 1.Internationaler Fachkongreß Instandhaltung : Verlag TÜV Rheinland, 1992
- [BPT96] Becker, Klausjürgen ; Pfau, Jochen ; Tichelmann, Karsten: Trockenbau Atlas : Grundlagen, Einsatzbereiche, Konstruktionen, Details. Köln : Verlagsgesellschaft Rudolf Müller Bau-Fachinformationen GmbH & Co. KG, 1996
- [BVS97] Diverses Informationsmaterial von Mitgliedern des Bundesverbandes Systemböden e.V., 1997
- [CB97] Commerzbank (Hrsg.): Informationsmaterial zum Neubau der Commerzbank in Frankfurt. 1997
- [Czi93] Cziesielski, Erich (Hrsg.): Lehrbuch der Hochbaukonstruktionen. 2.,überarbeitete und erweiterte Aufl. Stuttgart : B.G. Teubner, 1993
- [DIN95] DIN, Deutsche Institut für Normung e.V. (Hrsg.): DIN-Taschenbuch 95 : Gas- und Wasserinstallationen : Normen, Richtlinien. 5. Aufl. Berlin, Wien, Zürich : Beuth Verlag, 1996
- [DIN98] DIN, Deutsche Institut für Normung e.V. (Hrsg.): DIN-Taschenbuch 98 : Elektrotechnische Installationen in Gebäuden : Normen, Richtlinien. 6. Aufl. Berlin, Wien, Zürich : Beuth Verlag, 1994
- [DIN110] DIN, Deutsche Institut für Normung e.V. (Hrsg.): DIN-Taschenbuch 110 : Wohnungsbau : Normen, Richtlinien. 7. Aufl. Berlin, Wien, Zürich : Beuth Verlag, 1993
- [FKN83] Frick, Knöll, Neumann: Baukonstruktionslehre Teil 1. 28., neubearbeitete und erweiterte Aufl. Stuttgart : B.G. Teubner, 1983
- [Kra92] Kracht, Olaf: Untersuchung zur Prozeßkette Anlagenwirtschaft im Werk 10. Ergänzende Studie zur Diplomarbeit an der TU Dresden in Zusammenarbeit mit der Mercedes-Benz AG Werk Untertürkheim. Dresden, Stuttgart, 1992, unveröffentlicht
- [Loß95] Loftness, V. : Hartkopf, V. : Mahdavi, A. : Lee, S. : Shankavaram, J. : Tu, K.J. : Aziz, A. : Mathew, P.: Flexible Density - Flexible Closure Officing. The Intelligent Workplace. U.S. Army Construction Engineering Laboratories (USACERL); Contract DACA 88-93-D-0004 - Phase 1, Januar 1995

- [Ric2-85] Riccabona, Christof: Baukonstruktionslehre 2 : Ausbauarbeiten. Wien : Manzsche Verlags- und Universitätsbuchhandlung Österreichischer Bundesverlag Gesellschaft mbH, 1985
- [Ric3-85] Riccabona, Christof: Baukonstruktionslehre 3 : Haustechnik. Wien : Manzsche Verlags- und Universitätsbuchhandlung Österreichischer Bundesverlag Gesellschaft mbH, 1985
- [SRI89] Radtke, Wolfgang: Beitrag zum Bosch-Bürobau-Konzept, Schmidt Reuter Ingenieurgesellschaft, Stuttgart, 1989, unveröffentlicht
- [StLB042] DIN, Deutsche Institut für Normung e.V. (Hrsg.): Standardleistungsbuch für das Bauwesen : Leistungsbereich 042 : Gas- und Wasserinstallationsarbeiten . Leitungen und Armaturen. Ausgabe Mai 1994. Berlin, Wien, Zürich : Beuth Verlag, 1994
- [StLB025] DIN, Deutsche Institut für Normung e.V. (Hrsg.): Standardleistungsbuch für das Bauwesen : Leistungsbereich 025 : Estricharbeiten. Ausgabe Mai 1994. Berlin, Wien, Zürich : Beuth Verlag, 1994
- [WEK96] Mittag, Martin (Hrsg.). VOB/C-konforme Auswahlpositionen mit aktuellen Baupreisen. Augsburg : WEKA Baufachverlage GmbH, 1996
- [Well94] Wellpott, Edwin: Technischer Ausbau von Gebäuden. 6. Überarbeitete Aufl. Stuttgart, Berlin, Köln : W.Kohlhammer, 1994

Darstellungsverzeichnis

Abbildung 2.1-1: Untere Verteilung [DIN110]	4
Abbildung 2.1-2: Obere Verteilung [DIN110]	4
Abbildung 2.1-3: Unterflurkanalsystem mit Abzweigdosen, Kanalauslaß- und Anschlußdosen (Elektranten) [Wel94]	5
Abbildung 2.1-4: Fensterbankkanalsystem [SRI89]	6
Abbildung 2.2-1: Luftführung von unten nach oben [Ric3-85]	8
Abbildung 2.2-2: Luftführung von oben nach unten [Ric3-85]	9
Abbildung 2.2-3: Luftführung von oben nach oben [Ric3-85]	9
Abbildung 3.1-1: Schematische Darstellung einer Massivdeckenkonstruktion mit Benennung der wichtigsten Bauteile [Czi93]	13
Abbildung 3.2-1: Doppelbodensystem mit Zusatzausrüstungen [BVS97]	16
Abbildung 3.2-2: Prinzip eines Heizungssystems [BVS97]	17
Abbildung 3.2-3: Entkopplung des Doppelbodens an der Trennwand [AGI96]	18
Abbildung 3.3-1: Beispiel eines Hohlraumbodensystems [BVS97]	22
Abbildung 3.3-2: Übergangskonstruktion Hohlraumboden - Doppelboden [BVS97]	23
Abbildung 3.3-3: Zusatzausrüstung eines Hohlraumbodensystems [BVS97]	24
Abbildung 4.1-1: Außenansicht des Neubaus	28
Abbildung 4.1-2: Grundriß mit zwei Büroflügeln und Gartengeschoß [CB97]	29
Abbildung 4.1-3: Innenansicht eines Bürogeschosses	29
Abbildung 4.2-1: Installierter Elektrant im Doppelboden	31
Abbildung 4.2-2: Angenommene Raumaufteilung und Verteilung der Versorgungseinheiten in Modellvariante „A“ - Doppelboden	32
Abbildung 4.2-3: Schnitt durch einen Büroflügel (HK = Heizkörper)	33
Abbildung 4.3-1: Schematische Aufteilung der Elektroinstallationen eines Büroraumes	38
Abbildung 4.3-2: Angenommene Anordnung der elektrischen Versorgungseinheiten in Modellvariante „B“ - Estrich	39
Abbildung 4.4-1: Auszubessernder Estrich am Wandanschluß (Angaben in Meter)	43
Abbildung 5.1-1: Außenansicht des Gebäudes	45
Abbildung 5.1-2: Grundrißplan des Bürogebäudes und beispielhafte Möblierung als Großraumbüro	46
Abbildung 5.2-1: Angenommene Raumaufteilung und Anordnung von Elektranten	48
Abbildung 5.3-1: Angenommene Anordnung der elektrischen Versorgungseinheiten in Modellvariante „B“ - Estrich	52
Abbildung 6-1: Nutzungsdauer bei Verwaltungs- und Industriebauten [Kra92]	57
Abbildung 6-2: Anteil der Fachgewerke an Instandhaltungskosten [Bal92]	58
Abbildung 6-3: Darstellung der einzelnen Kostengruppen	59
Abbildung 6-4: Kostenverlauf zwischen der Investition und dem Umbau	60

Tabelle 2.2-1: Arten von Lüftungsanlagen	7
Tabelle 3.1-1: Luft- und Trittschallschutz von Decken. Mindestanforderungen und Vorschläge für einen erhöhten Schallschutz bei Aufenthaltsräumen (nach DIN 4109, T2)	14
Tabelle 3.2-1: Tragfähigkeitsklassen und zulässige Belastungen	18
Tabelle 4.2-1: Investitionskosten Modellvariante „A“ - Doppelbodenkonstruktion	34
Tabelle 4.2-2: Investitionskosten Modellvariante „A“ - Elektroinstallationsarbeiten (Mengen nach Commerzbank, Preise nach [WEK96])	35
Tabelle 4.2-3: Investitionskosten Modellvariante „A2“ - Elektroinstallationsarbeiten	36
Tabelle 4.3-1: Investitionskosten Modellvariante „B“ - Estricharbeiten	40
Tabelle 4.3-2: Investitionskosten Modellvariante „B“ - Elektroinstallationen	41
Tabelle 4.4-1: Zusammenstellung aller Kosten der Umbaumaßnahme	44
Tabelle 5.2-1: Investitionskosten Modellvariante „A“ - Doppelbodenkonstruktion	50
Tabelle 5.2-2: Investitionskosten Modellvariante „A“ - Elektroinstallationsarbeiten	51
Tabelle 5.3-1: Investitionskosten Modellvariante „B“ - Estricharbeiten	53
Tabelle 5.3-2: Investitionskosten Modellvariante „B“ - Elektroinstallationsarbeiten	54