BUNDESVERBAND
PORENBETON

POREN BETON BERICHT 16

Bewehrte Wandplatten
Hinterlüftete Außenwandbekleidungen

B U N D E S V E R B A N D

P O R E N B E T O N

BEWEHRTE WANDPLATTEN HINTERLÜFTETE AUSSENWANDBEKLEIDUNGEN

Dieser Bericht wurde erstellt unter Mitwirkung von:
Fachverband Baustoffe und Bauteile für vorgehängte hinterlüftete Fassaden e.V. (FVHF), Wiesbaden; CSZ Ingenieursgesellschaft GmbH, Darmstadt; Studiengemeinschaft für Fertigbau e.V. Wiesbaden

Dipl.-Ing. Michael Eckart, Darmstadt; Dipl.-Ing. Georg Flassenberg, Wiesbaden; Dipl.-Ing. Jürgen Heymach, Münchnen; Dr.-Ing. Peter Langer, Fürstenfeldbruck; Dipl.-Ing. Josef Märkl, Fürstenfeldbruck; Peter und Klaus Reinwarth, Wiesbaden; Dr.-Ing. Peter Schwarz, Darmstadt; Dr.-Ing. Thomas Stankowski, Darmstadt

Herausgeber: Bundesverband Porenbeton
Vertrieb: BVP Porenbeton Informations-GmbH
Postfach 18 26, 65008 Wiesbaden, Dostojewskistr. 10, 65187 Wiesbaden
Telefon: 06 11 / 98 50 44-0, Telefax 06 11 / 80 97 07
Druck: Druck- und Verlagshaus Chmielorz GmbH, Ostring 13, 65205 Wiesbaden-Nordenstadt
Nachdruck Januar 2002
Veröffentlichungen, auch auszugsweise, bedürfen der schriftlichen Genehmigung des Herausgebers

Inhaltsverzeichnis

1. Vorbemerkung 5

2. Allgemeines 5

3. Anwendungsbereich 6

4. Bekleidungen 6

5. Unterkonstruktion 7

5.1 Metall-Unterkonstruktion mit zentrischer Verankerung 9
5.2 Metall-Unterkonstruktion mit exzentrischer Verankerung 10
5.3 Holz-Unterkonstruktion mit Trag- und Konterlattung 11
5.4 Holz-Unterkonstruktion mit Metall-Abstandhaltern 12

6. Verankerungen 13

7. Zusatzdämmung 15

8. Bewehrte Wandplatten aus Porenbeton als Verankerungsgrund 15

8.1 Produktkenndaten 15
8.2 Tragverhalten von Porenbeton-Wandplatten mit hinterlüfteten Außenwandbekleidungen . 17
8.3 Modellrechnungen 19
8.3.1 Profilierte Tafeln 19
8.3.2 Holz-Bekleidung 22
8.3.3 Keramik-Bekleidung 24
8.3.4 Naturstein-Bekleidung 29
8.4 Bauphysik 33

9. Normen und Zulassungen 35

10. Literatur 35

Merkblatt für hinterlüftete Außenwandbekleidungen an bewehrten Wandplatten aus Porenbeton

1. Vorbemerkung

Für die Oberflächengestaltung von Porenbeton-Wandplatten steht ein breites Spektrum unterschiedlicher Oberflächenausführungen zur Verfügung. Bevorzugt erhalten die Porenbeton-Wandplatten eine Beschichtung, deren Aufgabe es ist, die Außenwandoberfläche vor Witterungseinflüssen zu schützen. Die Auswahl der Oberflächenausführung richtet sich nach der späteren Nutzung des Gebäudes sowie gestalterischen Kriterien.

Zusätzlich zur üblichen Oberflächenausführung in Form einer Beschichtung besteht auch die Möglichkeit, die Porenbeton-Wandplatten mit hinterlüfteten Außenwandbekleidungen zu kombinieren. Diese Konstruktions- und Gestaltungsmöglichkeiten werden in diesem Merkblatt dargestellt. Der Bundesverband Porenbetonindustrie e. V. will damit Hinweise und Lösungsvorschläge für eine fach- und materialgerechte Ausführung von hinterlüfteten Außenwandbekleidungen an bewehrten Wandplatten aus Porenbeton geben.

Dieses Merkblatt gibt einen Überblick über die Anwendungsmöglichkeiten von hinterlüfteten Außenwandbekleidungen an bewehrten Wandplatten aus Porenbeton. Weiterhin soll es dem Planer als Arbeitsunterlage und Entscheidungshilfe dienen. Erfasst sind Außenwandbekleidungen, Unterkonstruktionen, Verbindungen, Befestigungen und Verankerungen unter Berücksichtigung einer Innen-Gebäudenutzung bei normalen Bedingungen.

Für die Ausführung sind normengerechte Systeme bzw. Systeme mit allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungsbescheiden zu verwenden. Zusätzlich zu den Ausführungen sind die technischen Informationen der Hersteller und die gültigen technischen Baubestimmungen zu beachten.

In Sonderfällen können sich jedoch Abweichungen in der Ausführung ergeben, so dass sich die jeweils aufgeführten Zuordnungen ändern können. In derartigen Sonderfällen sind die Porenbetonhersteller sowie die Hersteller von Bekleidungen, Unterkonstruktionen, Verbindungen, Befestigungen und Verankerungen zu Rate zu ziehen.

2. Allgemeines

Die Zeiten der gesichtslosen Fassaden für Verwaltungsbauten, Produktionshallen und Industriekomplexe sind endgültig vorbei. Der Begriff Fassade bezeichnet im engeren Sinne die sichtbare und repräsentative Seite eines Gebäudes. Im modernen Fassadenbau gewinnen daher hinterlüftete Außenwandbekleidungen immer mehr an Bedeutung.

Die Technik der vorgehängten hinterlüfteten Fassaden bietet dem Planer freie Gestaltungsmöglichkeiten mit verschiedenen Bekleidungsmaterialien. Eine attraktive Fassadenoptik ist ein wesentliches Kriterium bei Planern und Bauherren.

Für die Erfüllung verschiedener Funktionen, wie Lastabtragung, Wärmeschutz, Wärmespeicherung, Brandschutz und Schallschutz, sind bewehrte Wandplatten aus Porenbeton als tragender Verankerungsgrund für einen mehrschichtigen Wandaufbau besonders geeignet.

Bild 1: Kiltec, Buchholz; Architekt: Birger Hüsing

Neben den erwähnten bau physikalischen Anforderungen sind bei der Auswahl und Ausführung einer Fassade die Kriterien der Nutzung. Konstruktion, Form, Ökonomie und Ökologie zu berücksichtigen.

3. Anwendungsbereich

Der Anwendungsbereich bezieht sich auf das Anbringen von hinlerlüfteten Außenwandbekleidungen an bewehrten Wandplatten aus Porenbeton (Tragwerk) für einen mehrschichtigen Wandaufbau.

Die Porenbeton-Wandplatten sind Rohbauteile und müssen durch geeignete Maßnahmen gegen Witterungseinflüsse geschützt werden. Außenwandbekleidungen gewährleisten durch festgelegte Planungs-, Bemessungs- und Konstruktionsbedingungen die Erfüllung dieser Anforderungen.

Maßgebend für die Berechnung von Porenbeton-Wandplatten sind die DIN 4223 und die jeweils gültigen Zulassungen für bewehrte Wandplatten aus dampfgehärtetem Porenbeton der Festigkeitsklassen 2,2, 3,3 bzw. 4,4 der Porenbetonhersteller FELS/HEBEL und YTONG.

Die Anforderungen und Prüfgrundsätze für hinterlüftete Außenwandbekleidungen sind in der DIN 18156-1 dargestellt. Weiterhin sind die technischen Merkblätter sowie Anwendungshinweise für Bekleidungen, Unterkonstruktionen, Verbindungen, Befestigungen und Verankerungen der jeweiligen Herstellerfirmen zu beachten.

Bei den Lastannahmen sind neben den Eigenlasten der Porenbeton-Wandplatten und der Außenwandbekleidung vor allem die Windlasten nach DIN 1055-4 mit den jeweiligen Einbaubereichen zu berücksichtigen. Die Aufnahme der Windlasten ist für Porenbeton-Wandplatten sowie für alle Teile der Außenwandbekleidung nachzuweisen.

Eine dauerhafte Standsicherheit und Gebrauchsfähigkeit der Fassade (Porenbeton-Wandplatten und Außenwandbekleidung) ist unter Berücksichtigung der jeweiligen Anforderungen und Ausführungen im Planungsvorlauf zu gewährleisten. Hierfür stehen dem Planer und Bauherrn die anwendungstechnischen Abteilungen der Porenbetonhersteller sowie fachkundige Statik- und Planungsbüros zur Verfügung

4. Bekleidungen

Fassadenbekleidungen stellen ein gestalterisches Element für die Erscheinungsform der Außenwand dar und dienen dem Schutz des Bauwerkes vor bauphysikalischen Einflüssen.

Im Folgenden wird ein kurzer Überblick über die hauptsächlich für Bekleidungen verwendeten Materialien gegeben.

Metalle

Metallische Bekleidungen können aus Stahl-, Aluminium-, Kupfer-, Titanzinkblech oder aus verschiedenen Legierungen bestehen.

Die gebräuchlichsten Lieferformen für metallische Fassadenelemente sind Trapezbleche, ebene und profilierte Tafeln, Kassetten, Paneele, Lamellen oder Sonderprofile.

Je nach Eigenschaften und Anforderungen können diese mit einer Beschichtung versehen werden.

Bild 2: Kiltec, Buchholz; Architekt: Birger Hüsing

Holz, Holzwerkstoffe

Als traditionelles Baumaterial wird Holz auch als Gekleidungsrnatenal für hinterlüftete Fassaden verwendet. Einfache Verarbeitung, hohe Tragfähigkeit, wenig Energieeinsatz und geringe Kosten lassen Holz als bedeutungsvollen Werkstoff erscheinen. Eine Vielzahl von Laub- und Nadelhölzern kommt im Bauwesen zum Einsatz.

Vollholz wird in Form von Brettern für Schalungen als hinterlüftete Fassaden verwendet. Die Schalungen können dabei vertikal, horizontal oder diagonal ausgeführt werden. Als Schalungsarten können z. B. Stülpschalung. Deckbrettschalung oder Profilschalung mit Nut- und Federverbindung zur Anwendung gelangen. Zu erwähnen ist auch die traditionelle Außenwandbekleidung in Form von Holzschindeln

Weiter sind von den Holzwerkstoffen Span- und Furnierholzplatten im Fassadenbau von Bedeutung. Diese werden als oberflächenversiegelte Spanplatten oder auch als Melamin-Schicht-Platten (HPL-Platten) geliefert. Zu nennen ist schließlich noch die zementgebundene Spanplatte.

Bild 3 Naturkost-Großhandel Weiß, München

Faserzement

Faserzement ist ein Verbundwerkstoff aus mit Fasern armiertem Zement. Im frischen Zustand ist der Werkstoff beliebig formbar, in erhärtetem Zustand ist er formstabil, witterungsbeständig, fäulnisresistent und nicht brennbar. Die Festigkeit lässt sich durch Pressen und Dampfhärten noch steigern.

Faserzement-Fassadenelemente sind als ebene oder gewellte Platten oder als Formteile erhältlich. Der Einbau kann sowohl in Form von großformatigen Platten als auch in kleinformatigen Teilen erfolgen.

Glas

In zunehmendem Maße wird bei vorgehängten Fassaden Glas eingesetzt. Glas weist hohe Zug- und Biegefestigkeiten auf, zeigt jedoch ein sprödes Verhalten. Glasscheiben werden als großformatige Fassadenelemente, als Einscheiben-Sicherheitsglas, Verbund-Sicherheitsglas oder als Drahtglas geliefert. Die Scheiben sind vierseitig zu lagern. Für Fassadenbekleidungen werden folgende Materialien eingesetzt: Fensterglas, Dickglas, überdickes Dickglas, Kristallglas, farbiges Spiegelglas.

Bild 4: Ragaller KG, München; Architekt Dipl.-Ing. Klaus Bachmann

Keramik

Keramische Platten sind farb- und frostbeständig, resistent gegen Schmutz und Umweltbelastungen und weisen einen geringen Unterhalts- und Pflegeaufwand auf. Keramikplatten sind in vielerlei Formaten bis zu einer Plattengröße von 120/120 cm, evtl. auch großer, lieferbar.

Naturstein

Seit altersher werden Natursteinfassaden an Bauwerken ausgeführt. Sie dienen im wesentlichen repräsentativen Zwecken sowie auch als Witterungsschutz. Als verwendete Gesteinsarten sind hier vor allem Granit, Marmor und Schiefer zu nennen.

Kleinformatige Schieferplatten werden nach handwerklich bewährten Verlegemethoden verarbeitet.

Großformatige Elemente stellen Fassadenplatten aus Naturwerkstein dar. Die Dicke der Platten beträgt in der Regel mindestens 30 mm.

Kunststoffe

Bei Fassadenbekleidungen aus Kunststoffplatten sind vor allem ebene Platten aus Hart-PVC, Acryl-Glas und Licht-Platten aus glasfaserverstärkten Kunststoffen zu nennen. Darüber hinaus gibt es auch Mischkonstruktionen, wie z. B. die bereits erwähnten HPL-Platten.

Zu beachten ist bei Kunststoffplatten die hohe thermische Ausdehnung und die evtl. damit verbundene Verformung.

Verbundplatten

Um die technischen Eigenschaften unterschiedlicher Stoffe zu nutzen, werden Verbundplatten hergestellt. Die Trägerschicht kann im Kern oder auf der Rückseite angeordnet sein und besteht bevorzugt aus Metall, Kunststoff oder zement- bzw. harzgebundenen Platten. Die Sichtseite der Verbundplatten besteht z. B. aus Naturstein oder Aluminium.

Bild 5: Krones AG, Neutraubling; Architekt: J. B. Hafner

5. Unterkonstruktion

Unterkonstruktionen bestehen im Regelfall aus senkrecht oder waagerecht angeordneten Tragprofilen sowie Kombinationen aus beiden. Die Tragprofile werden im erforderlichen Raster der verschiedenen Bekleidungsmaterialien angeordnet und über Gleit- und Festpunkte an den tragenden Untergrund angeschlossen. Über die Unterkonstruktionen werden die Windlasten sowie die Eigenlasten der Bekleidungen aufgenommen und in das Tragwerk (bewehrte Wandplatten aus Porenbeton), überwiegend mittels Dübel, eingeleitet. Die

Gleitpunkte ermöglichen die zwängungsfreien, thermisch bedingten Längenveränderungen der Tragprofile. Die Tragprofile müssen eine den statischen Anforderungen entsprechende Mindeststeifigkeit aufweisen. Notwendige Anordnungsbedingungen der verschiedenen Formate, Befestigungspunkte sowie Unterkonstruktionen sind in den jeweiligen allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen geregelt bzw. sind durch gültige Normen und Richtlinien statisch nachzuweisen.

Für die im Trend liegenden Mischbauweisen, insbesondere die Kombinationen von Stein-, Aluminium- und Glasbekleidungen, sind Systeme zu favorisieren, die gewünschte Kombinationen verschiedener Bekleidungen ermöglichen.

Im Wesentlichen unterscheidet man 3 Systeme:

- U-Wandhalterungen
- Wandwinkel
- Punktsysteme (Dübel)

Als gebräuchlichstes System ist die U-Wandhalterung zu nennen, da diese statisch und anwendungstechnisch dem Planer optimale Voraussetzungen bietet

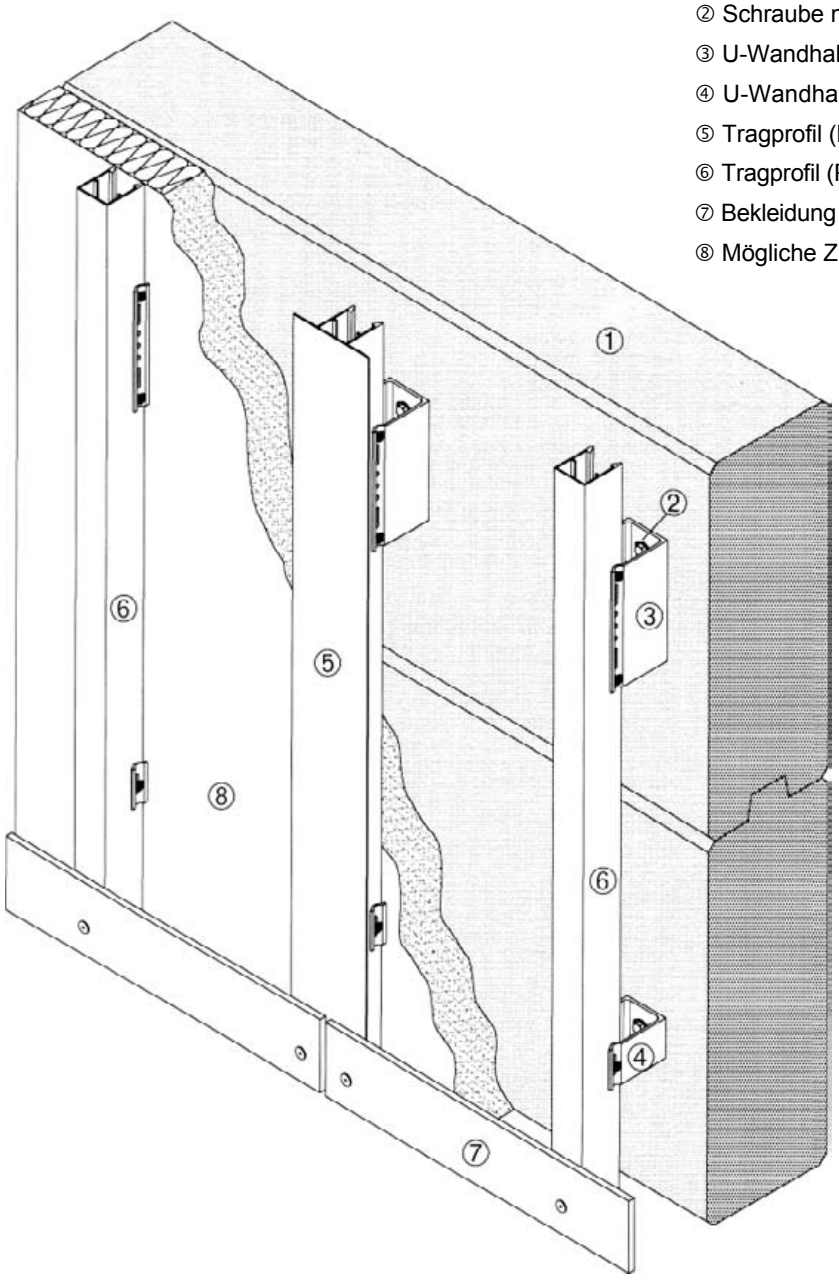
Bei den Systemen der U-Wandhalterungen sowie der Wandwinkel besteht die Möglichkeit einer nicht sichtbaren oder sichtbaren Befestigung der Außenwandbekleidung. Eine nicht sichtbare Befestigung, z B. bei keramischen Platten, kann über rückseitig aufgesinterte Befestigungsmittel oder Hinterschnittanker realisiert werden. Sichtbare Befestigungen erfolgen in der Regel mit Klammern aus Edelstahl, weiterhin durch Vernietungen, Verschraubungen sowie Vernagelungen der Außenwandbekleidungen an die Unterkonstruktion.

Bild 6: Süd-Import, Maisach; Architekt: G H Schmidt

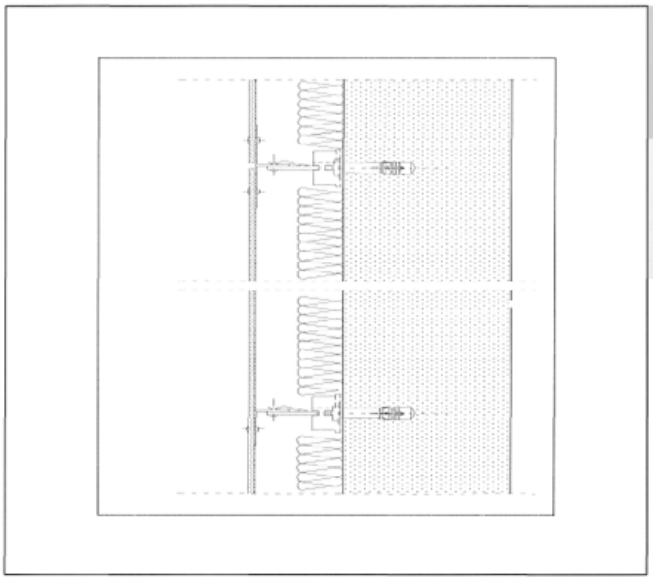
Bild 7: Stoben & Wittlinger, Schwerin. Architekt, v. Horvath

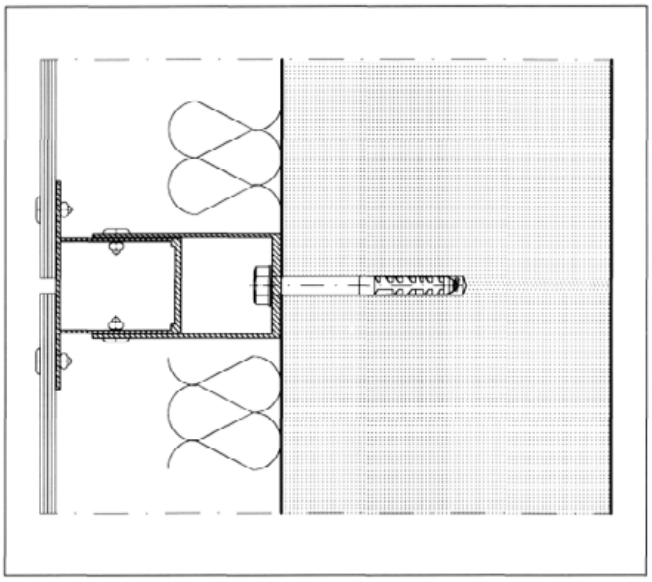
5.1 Metall-Unterkonstruktion mit zentrischer Verankerung
Alternativ

① Porenbeton-Wandplatten
② Schraube mit Dübel
③ U-Wandhalter (Festpunkt)
④ U-Wandhalter (Gleitpunkt)
⑤ Tragprofil (Plattenstoß)
⑥ Tragprofil (Plattenmitte, Plattenabschluss)
⑦ Bekleidung
⑧ Mögliche Zusatzdämmung



Alternativ

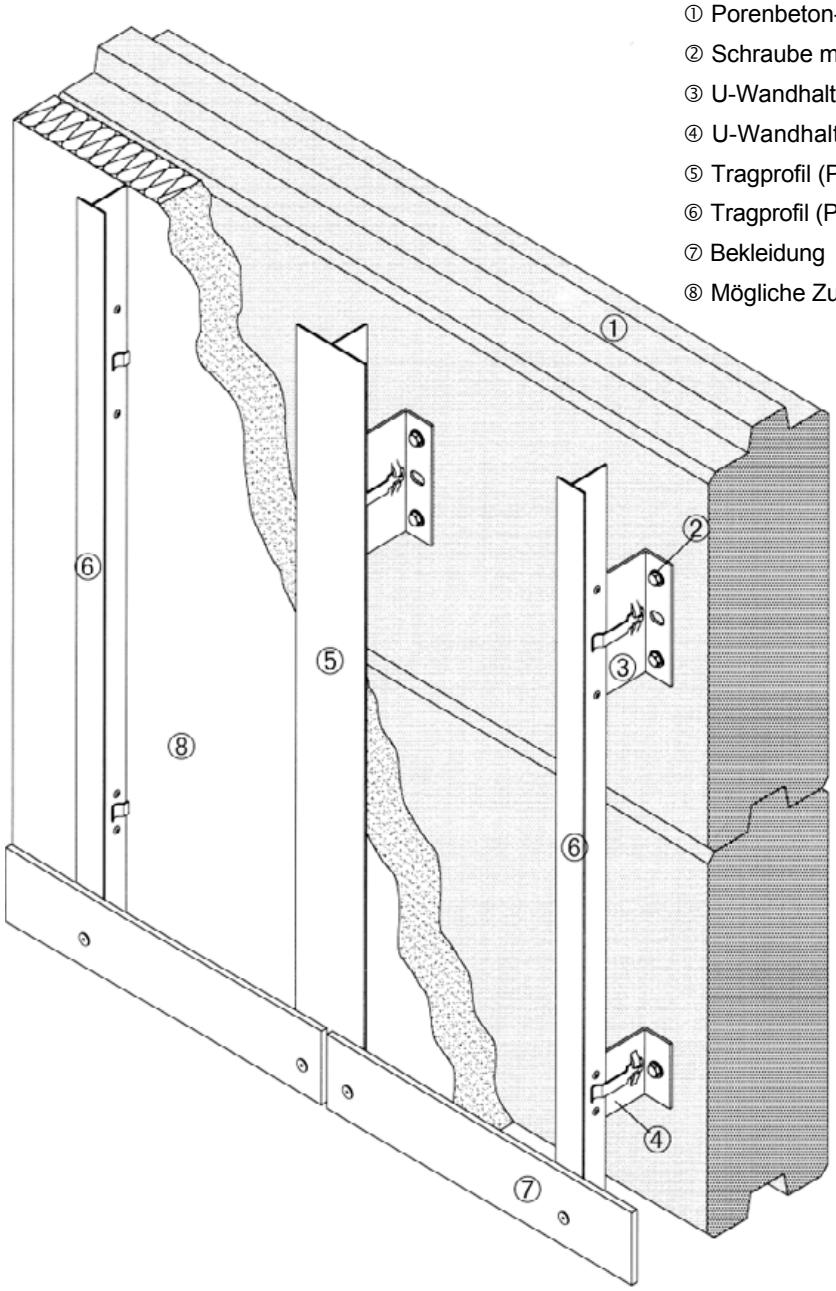




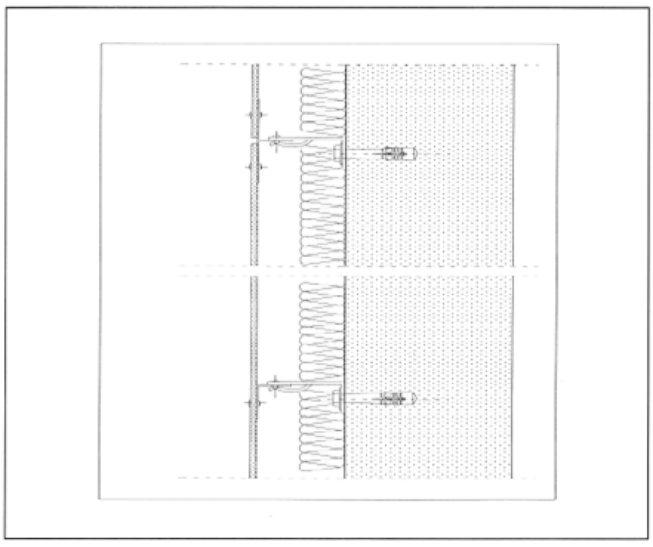
5.2 Metall-Unterkonstruktion mit exzentrischer Verankerung

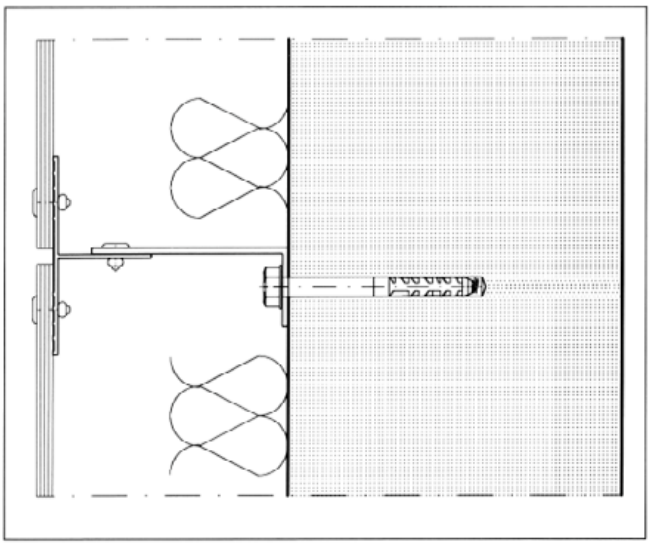
Alternativ

① Porenbeton-Wandplatten
② Schraube mit Dübel
③ U-Wandhalter (Festpunkt)
④ U-Wandhalter (Gleitpunkt)
⑤ Tragprofil (Plattenstoß)
⑥ Tragprofil (Plattenmitte, Plattenabschluss)
⑦ Bekleidung
⑧ Mögliche Zusatzdämmung

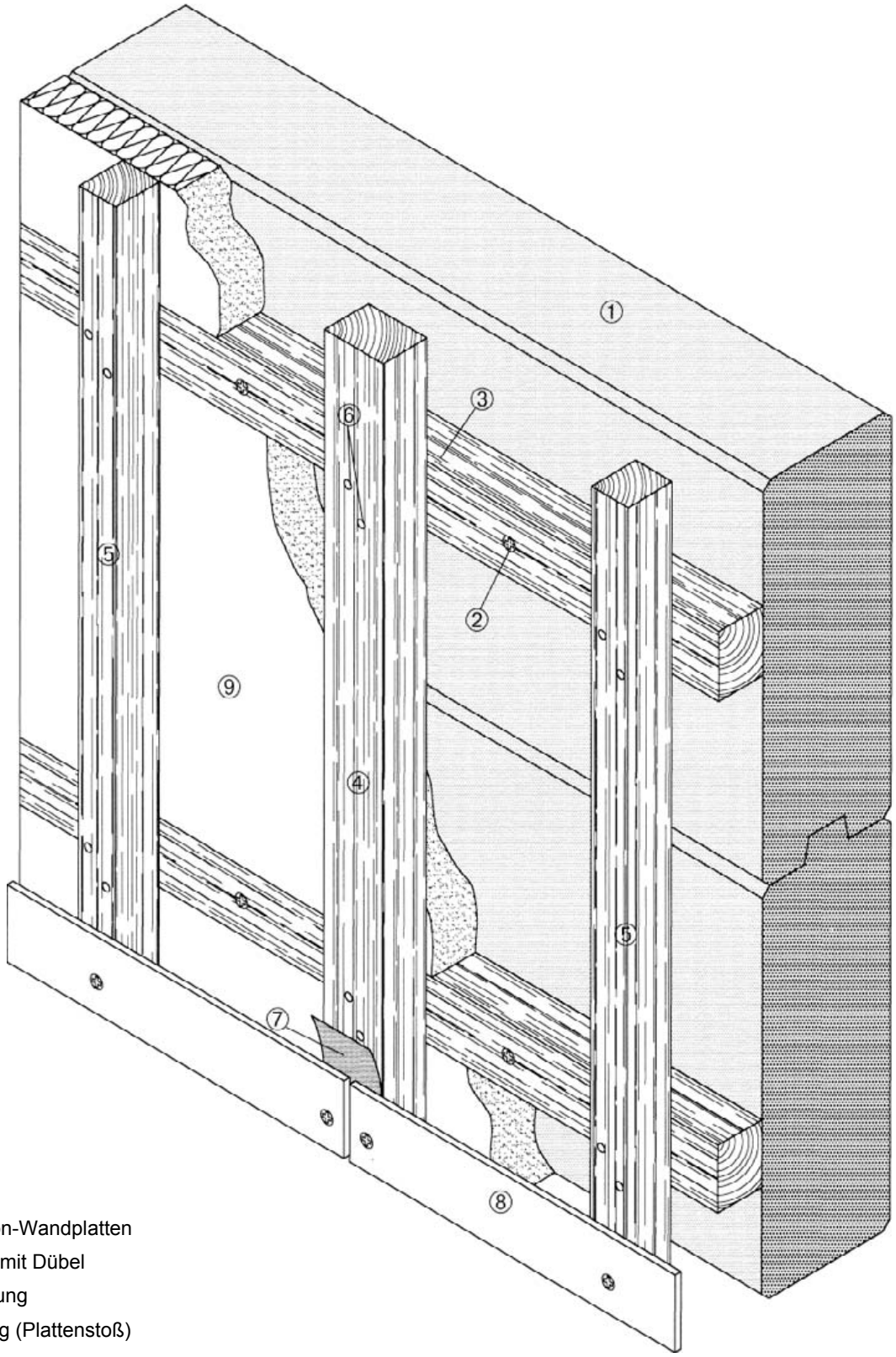


Alternativ





5.3 Holz-Unterkonstruktion mit Trag- und Konterlattung



① Porenbeton-Wandplatten

② Schraube mit Dübel

③ Konterlattung

④ Traglattung (Plattenstoß)

⑤ Traglattung
(Plattenmitte, Plattenabschluss)

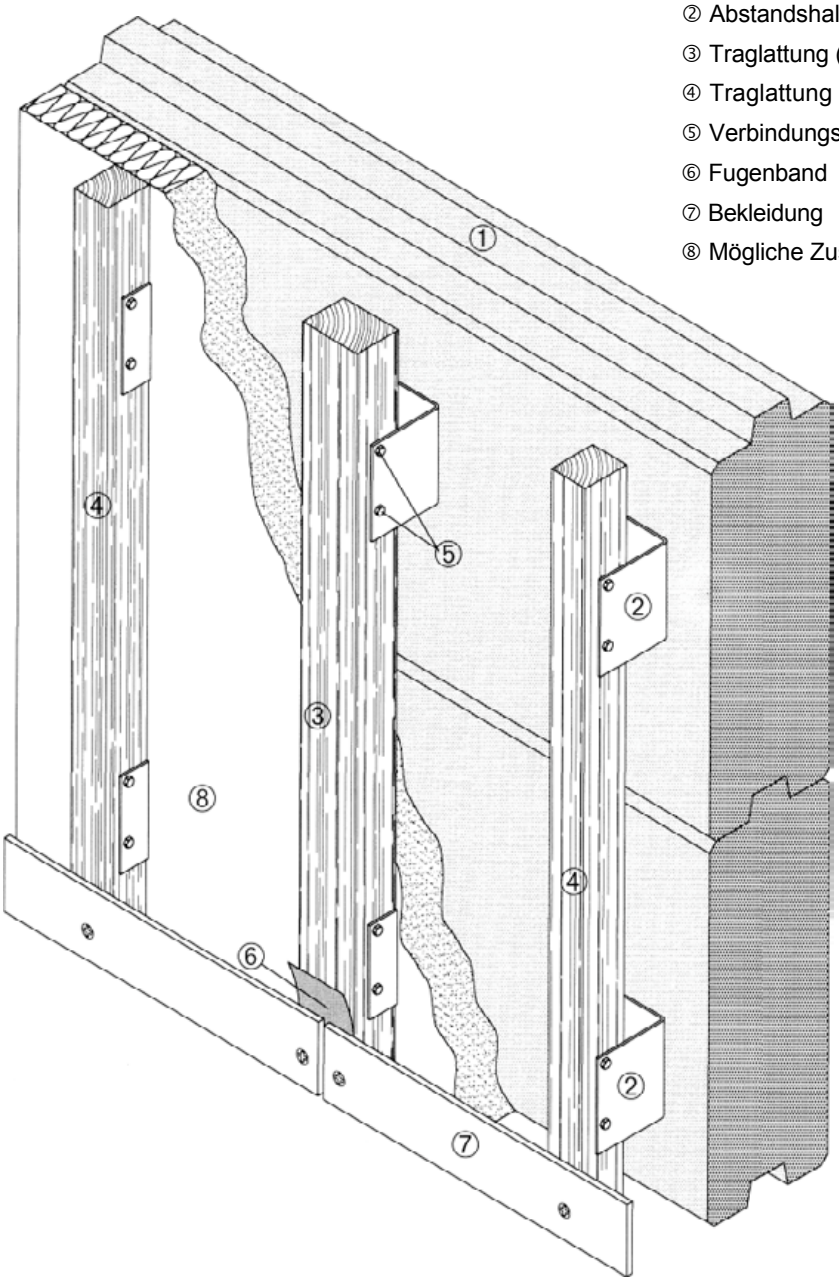
⑥ Befestigung der Traglattung
z. B. mit Schraubnägeln

⑦ Fugenband

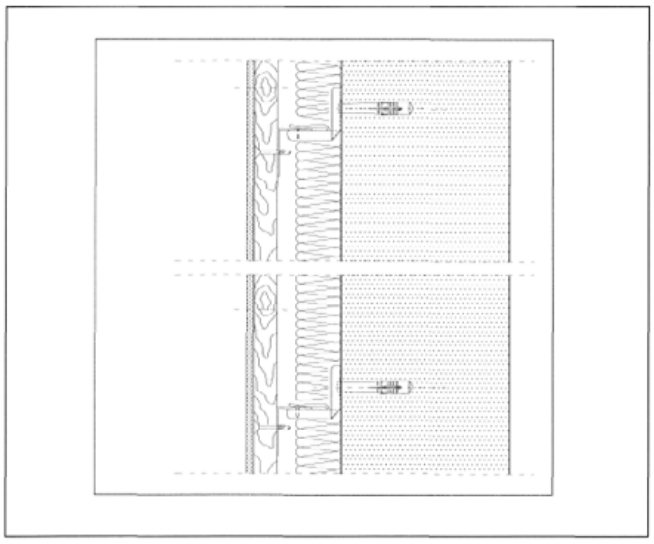
⑧ Bekleidung

5.4 Holz-Unterkonstruktion mit Metall-Abstandhaltern
Alternativ

① Porenbeton-Wandplatten
② Abstandshalter mit Schraube und Dübel
③ Traglattung (Plattenstoß)
④ Traglattung (Plattenmitte, Plattenabschluss)
⑤ Verbindungsschrauben
⑥ Fugenband
⑦ Bekleidung
⑧ Mögliche Zusatzdämmung



Alternativ



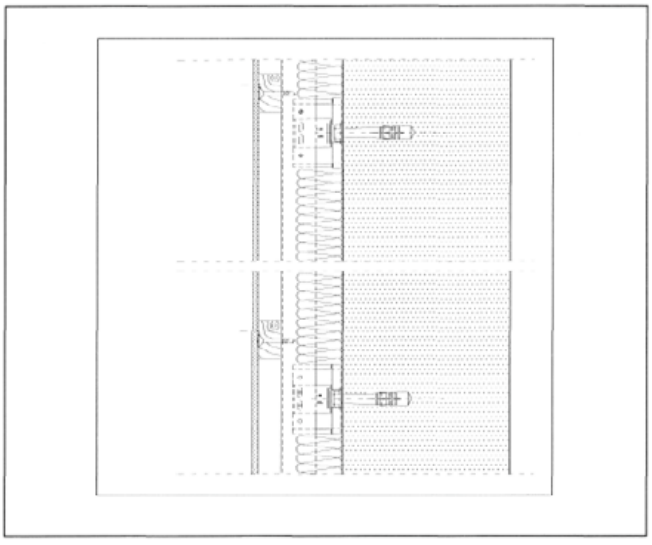


Bild 8: Staatl. Hofbräuhaus, München: Architekt: Dipl.-Ing. Gabor Benedek; Projektpartner: Dipl.-Ing. Klaus Bachmann

6. Verankerungen

Allgemeines

Zur Verankerung von Außenwandbekleidungen in Wänden aus bewehrten Wandplatten aus Porenbeton kommen fast ausschließlich Kunststoffdübel und Verbundanker (Injektionsanker mit eingepresster Mörtelmasse) und keine Metalldübel zur Anwendung. Diese Befestigungselemente erzeugen geringe (Kunststoffdübel) bzw. keine (Injektionsanker) Spreizkräfte bei der Montage und beanspruchen somit den Ankergrund erst bei der Einleitung einer äußeren Belastung, hervorgerufen durch den Befestigungsgegenstand.

Auswahlkriterien

Die wichtigsten Kriterien für die Wahl des richtigen Dübels sind neben der Zuordnung zum vorhandenen Ankergrund die Montageart, die Art der Belastung sowie die Belastungsgröße.

Tragmechanismen

Unter Tragmechanismus ist die Art der Übertragung der äußeren am Befestigungselement angreifenden Last in das als Ankergrund dienende Bauteil zu verstehen. Diese Tragmechanismen beruhen auf

a) Reibschluss durch Spreizung
b) Formschluss aufgrund der Geometrie (im eingebauten Zustand)
c) Stoffschluss durch Verbund

des Befestigungselementes mit dem Ankergrund.

Kunststoffdübel

Zur Erzeugung einer reibschlüssigen Verbindung bei Kunststoffdübeln wird, wie auf Abb. 6.-1 dargestellt, eine als Spreizelement dienende Spezialschraube um einen definierten Weg in die Dübelhülse eingedreht. Der Dübel ist dann ordnungsgemäß verankert, wenn die Schraubenspitze die Dübelhülse vollständig durchdringt und weder ein Drehen der Dübelhülse auftritt, noch ein Weiterdrehen der Schraube möglich ist Bei diesem Montagevorgang findet durch das Spreizelement eine Materialverdrängung im Inneren der Dübelhülse statt, wodurch die Hülse gegen die Bohrlochwandung gepresst wird. Durch diesen Anpressdruck wird in den Kontaktflächen zwischen Dübelhülse und Bohrlochwandung aus Porenbeton ein Reibschluss mit zusätzlichem Formschluss erzeugt. Dieser Formschluss vergrößert sich, wenn die Bohrlöcher nicht gebohrt, sondern mit einem Porenbeton-Stößel hergestellt sind.

Bei der Anwendung nur in Porenbeton sind wegen der Eigenschaften dieses Baustoffes Kunststoffdübel entwickelt worden, die eine speziell auf den Baustoff abgestimmte Außenkontur besitzen. Bei dem auf Abb. 6.-2 dargestellten Kunststoffdübel wird dabei die Dübelhülse mit spiralförmig profilierter Außenkontur in das Bohrloch, welches einen geringeren Durchmesser als die Außenkontur der Dübelhülse besitzt, oberflächenbündig eingeschlagen. Bei diesem Einbau kommt eine formschlüssige Verbindung zwischen Dübelhülse und Ankergrund zustande. Durch das anschließende Eindrehen der Schraube um einen definierten Weg in die Dübelhülse wird zusätzlich ein Reibschluss zwischen Dübelhülse und Bohrlochwandung hergestellt.

Für die verschiedenen Größen der Kunststoffdübel sind die zulässigen Anwendungsbedingungen (wie zulässige Last, Achs- und Randabstand sowie Mindestbauteildicke) in Abhängigkeit von der Festigkeit des Porenbetons in den jeweiligen Zulassungsbescheiden angegeben. Die zulässigen Lasten liegen dabei in einem Bereich von 0,2 bis 1,2 kN je Dübel und sind für die Verankerung von Fassadenbekleidungen ausreichend.

Für die Beanspruchung aus dem Bereich der Außenwandbekleidungen werden zugelassene Befestigungselemente verlangt, die aus nicht rostendem Stahl hergestellt sein müssen, es sei denn, im Zulassungsbescheid wird eine andere Ausführung für diesen Bereich geregelt. So genügt es bei Rahmendübeln, den Schraubenkopf gegen Feuchtigkeit so zu schützen, dass ein Eindringen von Feuchtigkeit in die Dübelhülse nicht möglich ist. Dies kann durch einen geeigneten Schutzanstrich des Schraubenkopfes erfolgen. Bei der Verwendung von Stockschrauben oder Kunststoffdübeln, die in Vorsteckmontage oberflächenbündig in den Porenbeton eingebaut werden, müssen für diesen Anwendungsbereich die Schrauben aus korrosionsbeständigem Stahl bestehen.

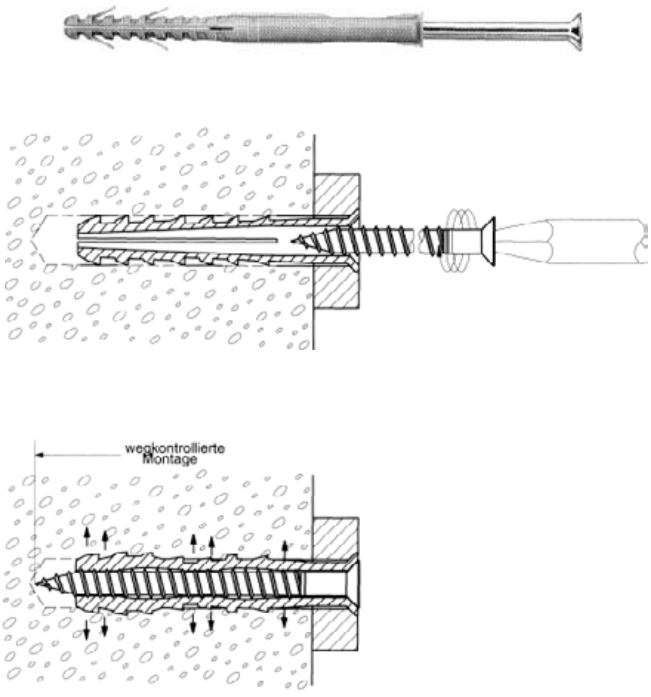


Abb. 6.-1: Beispiel für Kunststoffdübel (Rahmendübel mit verlängertem Spreizteil), Montageart: Durchsteckmontage

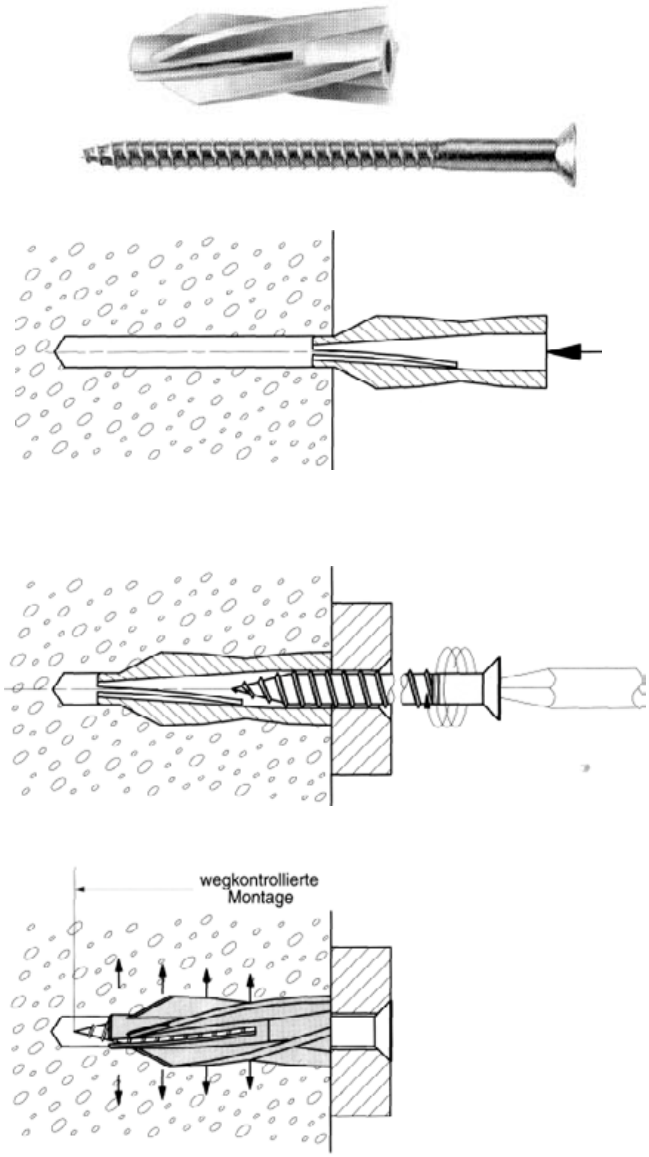


Abb. 6.-2: Beispiel für Kunststoffdübel (speziell für Porenbeton), Montageart: Vorsteckmontage

Verbundanker mit eingepresster Mörtelmasse

Bei der Montage des auf Abb. 6.-3 dargestellten Injektionsankers wird zuerst das Befestigungselement (gewellte Rohrhülse mit Innengewinde) in das im Porenbeton erstellte Bohrloch gesteckt. Anschließend wird die Injektionsmasse (Trockenmörtel unter Wasserzugabe zu Schnellzementmörtel vermischt) durch das Befestigungselement in das Bohrloch gepresst, wobei die Masse in die Zwischenräume zwischen Befestigungselement und Bohrloch fließt. Bei der Bohrlochherstellung in Porenbeton wird, was mit diesem Baustoff sehr gut zu bewerkstelligen ist, mit einem Spezialbohrer ein konisch hinterschnittenes Bohrloch hergestellt. Eine ausreichende Verpressung ist dann erreicht, wenn an den Entlüftungsöffnungen im Dichtflansch Injektionsmasse austritt. Nach Einhaltung einer entsprechenden Aushärtezeit wird ein Verbund zwischen Befestigungselement und Injektionsmasse sowie ein Formschluss mit dem Ankergrund erreicht. Die

eingepresste Injektionsmasse bildet nach dem Aushärten eine Mörtelplombe im Porenbeton, die sich großflächig im Baustoffinnern formschlüssig abstützt Äußere Lasten, hervorgerufen durch den Befestigungsgegenstand, können nach dieser Aushärtezeit in den Ankergrund übertragen werden.

Für die verschiedenen Ankergrößen eines Injektionsankers mit einem mineralischen Mörtel als Injektionsmasse sind die zulässigen Anwendungsbedingungen in Abhängigkeit von der Festigkeit des Porenbetons und der Ankergröße ebenfalls in den jeweiligen Zulassungsbescheiden dargestellt. Die Bandbreite der zulässigen Belastbarkeit schließt an die der Kunststoffdübel an und reicht dabei von 0,6 bis 1,6 kN je Anker.

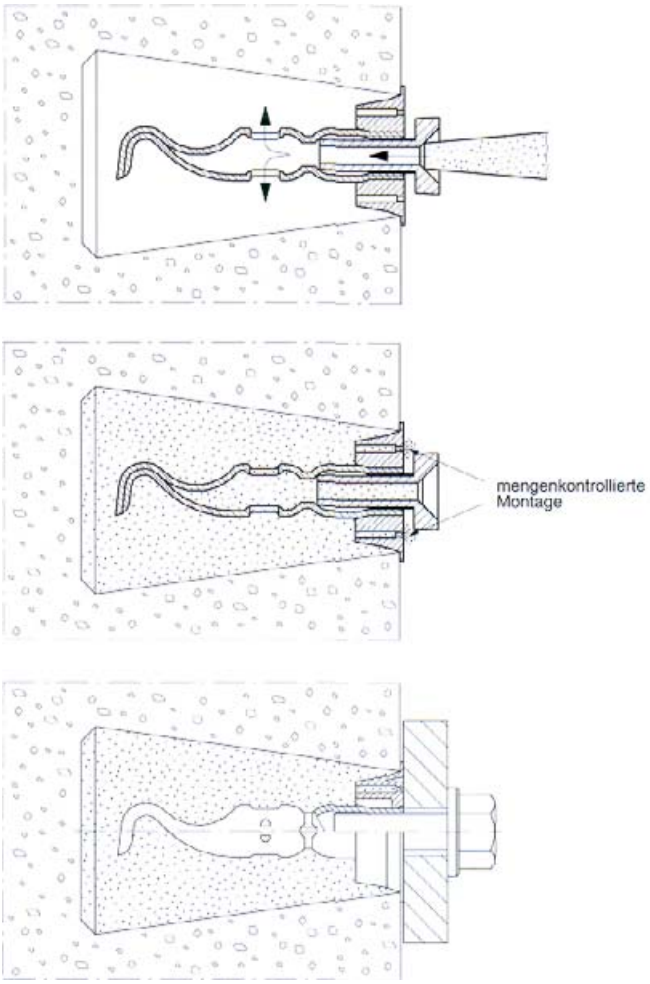


Abb 6.-3 Beispiel für Verbundanker (Injektionsanker mit einzupressender Injektionsmasse), Montageart: Vorsteckmontage

7. Zusatzdämmung

Generell ist bei Porenbeton-Wandplatten aufgrund ihrer hervorragenden Wärmedämmeigenschaften keine zusätzliche Dämmung zur Erfüllung der Anforderungen nach EnEV erforderlich. Sollte jedoch eine Zusatzdämmung gewünscht werden, ist diese problemlos realisierbar.

Wie bei allen anderen Dämm-Maßnahmen dürfen auch bei der Dämmung von Außenwänden nur genormte oder bauaufsichtlich zugelassene Dämmstoffe verwendet werden. Generell bieten sich zur Dämmung organische und anorganische Dämmstoffe an. Zunehmend werden jedoch Mineralwolldämmstoffe im Außenwandbereich eingesetzt.

Wesentliche Eigenschaften, wie Diffusionsoffenheit und die Nichtbrennbarkeit der Dämmstoffe, sind zu nennen. Diffusionsoffene Dämmstoffe ermöglichen eine ungehinderte Wasserdampfwanderung durch die Konstruktion, so dass einerseits feuchte Wände schnell austrocknen können, andererseits die Wand Feuchtigkeit aus der (inneren) Raumluft nach außen abgeben kann. Bei Gebäuden mit außergewöhnlichen klimatischen Bedingungen ist eine Diffusionsberechnung anzuraten. Ein wichtiger Bestandteil des vorbeugenden Brandschutzes ist die Nichtbrennbarkeit der Dämmstoffe (Baustoffklasse A nach DIN 4102).

Bei hinterlüfteten Fassaden werden die Dämmstoffe in der Regel fugenversetzt verlegt und mechanisch mittels Dämmstoffhalter fixiert. Um eine gleichmäßig verteilte, flächige Befestigung zu erhalten, sollten die Dämmstoffe so fixiert werden, dass sie eventuellen Sogkräften so wenig wie möglich Angriffsfläche bieten.

Bild 9. Staatl. Hofbräuhaus, München
Architekt: Dipl.-Ing Gabor Benedek;
Projektpartner: Dipl.-Ing. Klaus Bachmann

8. Bewehrte Wandplatten aus Porenbeton als Verankerungsgrund

8.1 Produktkenndaten

Allgemeines

Porenbeton gehört zur Gruppe der Leichtbetone. Sein Vorteil liegt vor allem darin, dass er massive monolithische Konstruktionen ermöglicht, welche gleichzeitig die Anforderungen an

die Tragfähigkeit, den Wärmeschutz, den Schallschutz und den Brandschutz erfüllen. Porenbeton-Wandplatten haben bei geringem Gewicht eine hohe Festigkeit. Sie sind besonders umweltfreundlich.

Porenbeton wird immer häufiger eingesetzt, nicht nur in Europa. Weltweit sind die Vorteile des Materials und der daraus entwickelten Bausysteme bekannt; es stehen selbstverständlich Fertigungseinrichtungen und Anwendungs-Know-how zur Verfügung.

Porenbeton-Wandplatten werden stationär in industriellen Verfahren hergestellt. Durch exakte Einhaltung gleicher Herstellungsbedingungen und durch regelmäßige Eigen- und Fremdüberwachung (entsprechend den technischen Baubestimmungen) wird eine hohe Zuverlässigkeit in Bezug auf die Materialeigenschaften garantiert.

Zur Gütesicherung der Porenbeton-Wandplatten gehört die Prüfung der Rohstoffe sowie Rohdichte, Druckfestigkeit, Nachschwinden, Rostschutz des Bewehrungsstahls und die Maßhaltigkeit der Bauteile. Bei Porenbeton-Wandplatten werden außerdem die statischen Eigenschaften überwacht.

Die Bemessung der großformatigen Porenbeton-Wandplatten wird in der Regel durch den Hersteller übernommen. Dies bietet nicht nur Gewähr für eine optimale konstruktive und bauphysikalische Auslegung, sondern auch für eine wirtschaftliche Planung.

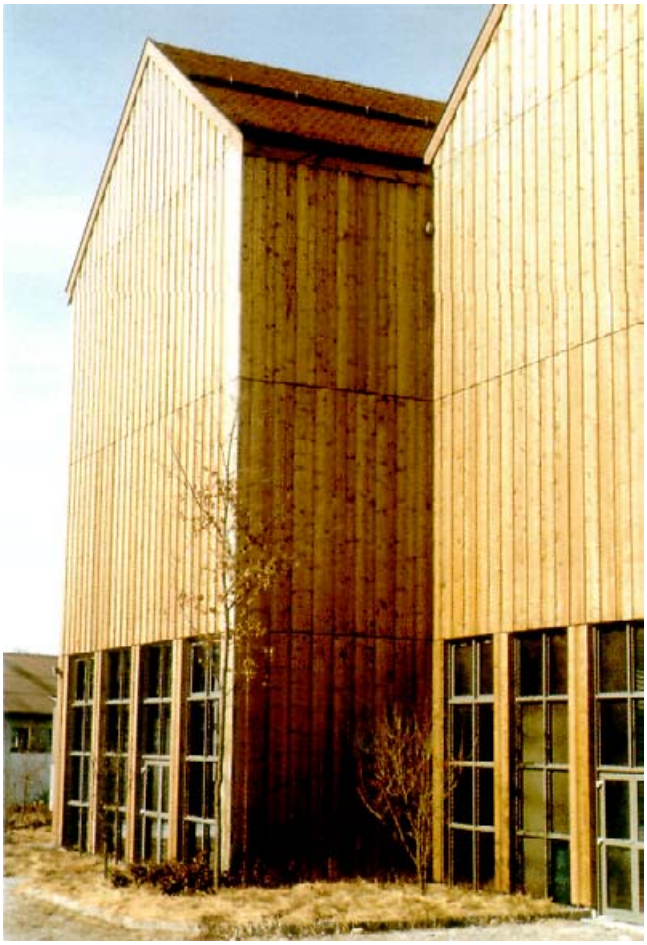


Bild 10 Andechser Klosterbrauerei, Andechs:
Architektur-Büro Dipl.-Ing. Sommersberger

Tabelle 8.1-1:
Grunddaten für bewehrte Porenbeton-Wandplatten

Rohdichte-klasse [-]	Festigkeits-klasse [-]	Trockenrohdichte ρ [kg/dm³]		Rechenwert der Eigenlast [kN/m³]
		Mindestwert	Höchstwert	
0,40	2,2	0,35	0,40	5,2
0,45	2,2	0,40	0,45	5,7
0,50	3,3	0,45	0,50	6,2
0,55	3,3 oder 4,4	0,50	0,55	6.7
0,60	3,3 oder 4,4	0,55	0,60	7,2
0,65	4,4	0,60	0,65	7,8
0,70	4,4	0,65	0,70	8,4

Tabelle 8.1-2:
Maximal zulässige Druckspannungen bei Porenbeton-Wandplatten

Einbausituation	Festigkeitsklassen		
	P 2,2	P 3,3	P 4,4
Zwischen den Wandplatten mit glatter Plattenlängsseite n und Dünnbettmörtel bzw. zwischen Wandplatten mit Nut und Feder[1]) oder zwischen der unteren Wandplatte und kontinuierlich unterstützendem Bauteil bei Versetzen in Mörtelbett der Mörtelgruppe III oder mit Dünnbeltmörtel nach DIN 1053-1	0,3 MN/m²	0,5 MN/m²	3,7 MN/m²
Zwischen den Wandplatten bei Versetzen mit Dispersions-Klebemörtel oder ohne Mörtelbett (bei Wandplatten mit Nut und Feder[1])	0,2 MN/m²	0,3 MN/m²	3,4 MN/m²
Zwischen Wandplatte und Auflagerkonsole (örtliche Pressung) bei Versetzen in Mörtelbett der Mörtelgruppe III nach DIN 1053-1	0,5 MN/m²	3,7 MN/m²	0,9 MN/m²
Zwischen Wandplatte und Auflagerkonsole oder Verankerungsmittel (örtliche Pressung) mit Dünnbettmörtel, ohne Mörtelbett, mit Dispersions-Klebemörtel oder mit Elastomerlager	0,2 MN/m²	0,4 MN/m²	0,6 MN/m²

[1]) Bei liegenden Wandplatten mit Nut-und-Feder-Ausbildung der Plattenlängsseiten dürfen als Aufstandsfläche nur die Flächen außerhalb von Nut und Feder in Anrechnung gebracht werden.

Zulässige Schub-bzw. Scherspannung
bei Festigkeitsklasse P 2,2: 0,05 MN/m²
bei Festigkeitsklasse P 3,3: 0,07 MN/m²
bei Festigkeitsklasse P 4,4: 0,10 MN/m²
Querdehnungszahl (Rechenwert) μ = 0,25

Elastizitätsmodul (Rechenwert)
$E_b = 5000 \cdot (R_d - 0{,}15)$ N/mm²
R_d = Rohdichteklasse

Tabelle 8.1-3:
Maximal mögliche Abmessungen von liegend angeordneten Porenbeton-Wandplatten in Abhängigkeit von der Plattenschlankheit

Plattendicke d [mm]	Plattenbreite b [mm]	Plattenlange L [mm]	Wandbereich	
			mit Passplatten	ohne Passplatten
≥ 75 bis ≤ 400	500-750[1])	<8000[1])	L/d ≤ 35	L/d ≤ 40[2]) bzw. ≤ 38[3])

[1]) Bei Plattenlängen ≥ 6700 mm und Plattendicken ≥ 200 mm darf die Plattenbreite 750 ≤ b ≤ 2000 mm betragen Bei P 2,2 500 bis 2000 mm

[2]) Bei Plattendicke d ≤ 175 mm

[3]) Bei Plattendicke d ≥ 200 mm

Bild 11: Andechser Klosterbrauerei, Andechs; Architektur-Büro Dipl.-Ing. Sommersberger

8.2 Tragverhalten von Porenbeton-Wandplatten mit hinterlüfteten Außenwandbekleidungen

Die Verwendung von Porenbeton-Wandplatten zur Wandausführung ist über einen Zulassungsbescheid geregelt. Zur Zeit beinhaltet dieser die Verwendung von hinterlüfteten Außenwandbekleidungen noch nicht. Deshalb ist in jedem Einzelfall für Porenbeton-Wandplatten mit vorgehängter hinterlüfteter Außenwandbekleidung eine prüffähige statische Berechnung der Bauaufsicht vorzulegen. Eine bauaufsichtliche Zustimmung im Einzelfall kann erforderlich werden. Wie eine statische Berechnung aussehen kann, zeigen die Beispiele im Kapitel 8.3 Modellrechnungen.

Porenbeton-Wandplatten werden durch das Eigengewicht der Außenwandbekleidung, die punktweise eingeleiteten horizontalen Lasten (Wind) und ggf. durch Zwängungen belastet. Die Größe der Lasten wird durch das Eigengewicht, den Abstand der Außenwandbekleidung zur tragenden Porenbeton-Wandplatte sowie durch das Befestigungsraster der Unterkonstruktion an den Porenbeton-Wandplatten bestimmt. Bei leichten Außenwandbekleidungen mit einem Flächengewicht von weniger als 0,2 kN/m^2 ist die Abtragung der Vertikallasten einfach. Die Vertikallastabtragung erfolgt in der Regel für eine hängende, eventuell auch stehende, Außenwandbekleidung. Bei der hängenden Außenwandbekleidung wird das gesamte Eigengewicht im oberen Bereich eines Wandabschnittes eingeleitet. Bei der stehenden Außenwandbekleidung wird die Last direkt in ein Bankett eingeleitet. Die Ausbildung der Aufhängung für die hängende Außenwandbekleidung bedarf einer sorgfältigen Detaillierung.

Die Abtragung der horizontalen Lasten (Winddruck und Windsog) erfolgt in jeder zweiten oder dritten liegend angeordneten Porenbeton-Wandplatte. Sind die Porenbeton-Wandplatten durch Nut und Feder gekoppelt, beteiligen sich auch die benachbarten nicht direkt belasteten Porenbeton-Wandplatten an der Lastabtragung (siehe Abb. 8.2-1).

Für die Befestigung der Porenbeton-Wandplatten stehen die üblichen Nagellaschen (Abb. 8.2-2 und 8.2-3) nach Zulassungsbescheid oder Druckplattenverankerungen (Abb. 8.2-4) zur Verfügung, je nachdem welche Verankerungskräfte aufgenommen werden müssen. Ein entsprechender statischer Nachweis ist zu führen (siehe auch Beispiele in Kapitel 8.3 Modellrechnungen)

Zur Vermeidung von Zwangsbeanspruchungen sind ausreichende Bewegungsmöglichkeiten in der Außenwandbekleidung bzw. in der Unterkonstruktion vorzuhalten. Das Maß hierfür ergibt sich aus den Dehnungsdifferenzen zwischen Porenbeton-Wandplatten und dem System der Außenwandbekleidung infolge Temperatur sowie aus Langzeitverformungen (Kriechen und Schwinden).

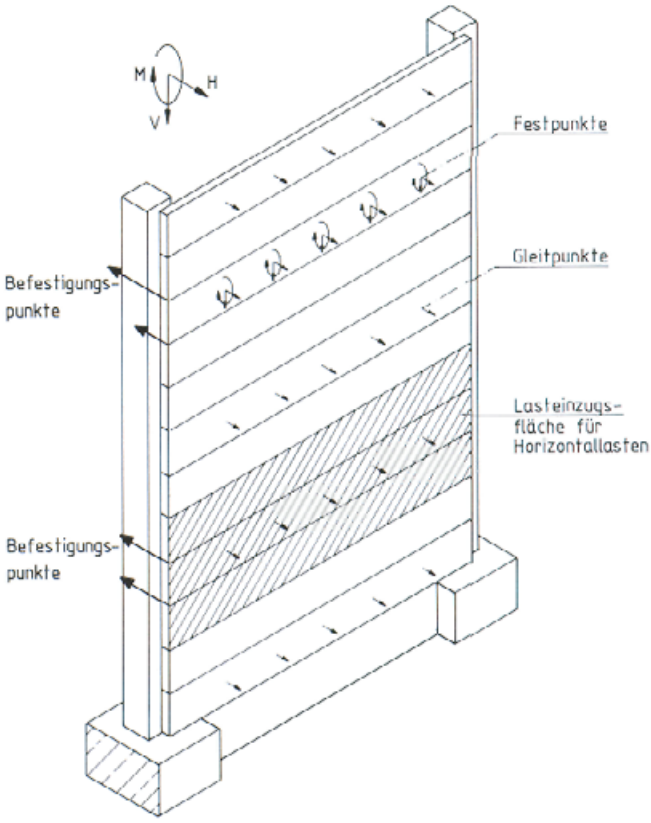


Abb. 8.2-1: Belastung und Lasteinzugsflächen für Porenbeton-Wandplatten durch Eigengewicht und Windsog

① Stahl- bzw. Stahlbetonkonstruktion

② Porenbeton-Wandplatte

③ Ankerschiene

④ Nagellasche (Verankerungstyp 1)

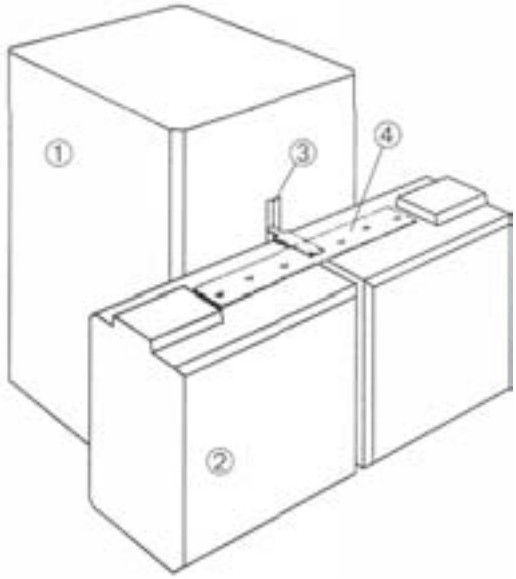


Abb. 8.2-2: Nagellaschenverankerung der Porenbeton-Wandplatten an Stahl- bzw. Stahlbetonkonstruktion

① Stahl- bzw. Stahlbetonkonstruktion

② Porenbeton-Wandplatte

③ Ankerschiene

④ Druckplatte
Hinweis: Die Größe sowie die Anordnung der Druckplatten richten sich nach den jeweiligen statischen Erfordernissen.

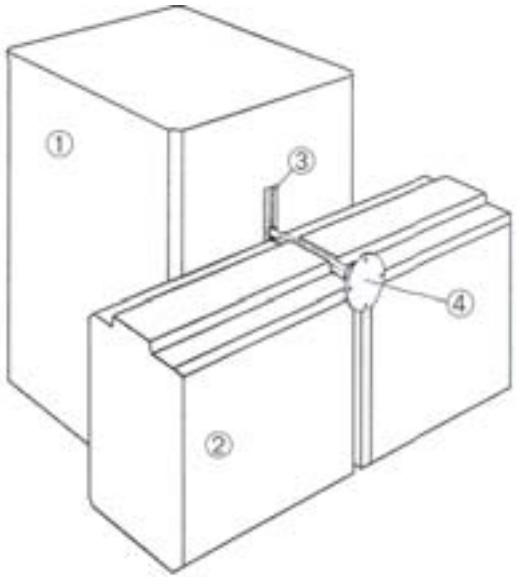


Abb. 8.2-4: Druckplattenverankerung der Porenbeton-Wandplatten an Stahl- bzw. Stahlbetonkonstruktion

① Stahl- bzw. Stahlbetonkonstruktion

② Porenbeton-Wandplatte

③ Ankerschiene

④ Nagellasche (Verankerungstyp 1.1)

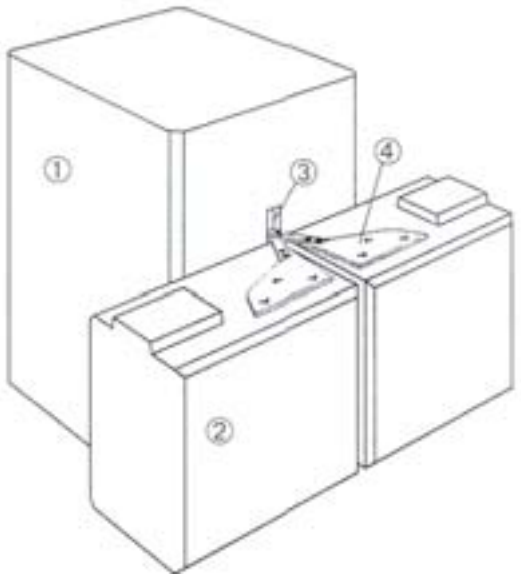


Abb. 8.2-3: Nagellaschenverankerung der Porenbeton-Wandplatten an Stahl- bzw. Stahlbetonkonstruktion

Bild 12: Poligrat München, Planungsbüro Neumaier & Fragner

8.3 Modellrechnungen

Die in diesem Kapitel aufgeführten Modellrechnungen geben einen Überblick über die statische Berechnung für das System der hinterlüfteten Außenwandbekleidungen an bewehrten Wandplatten aus Porenbeton.

8.3.1 Profilierte Tafeln

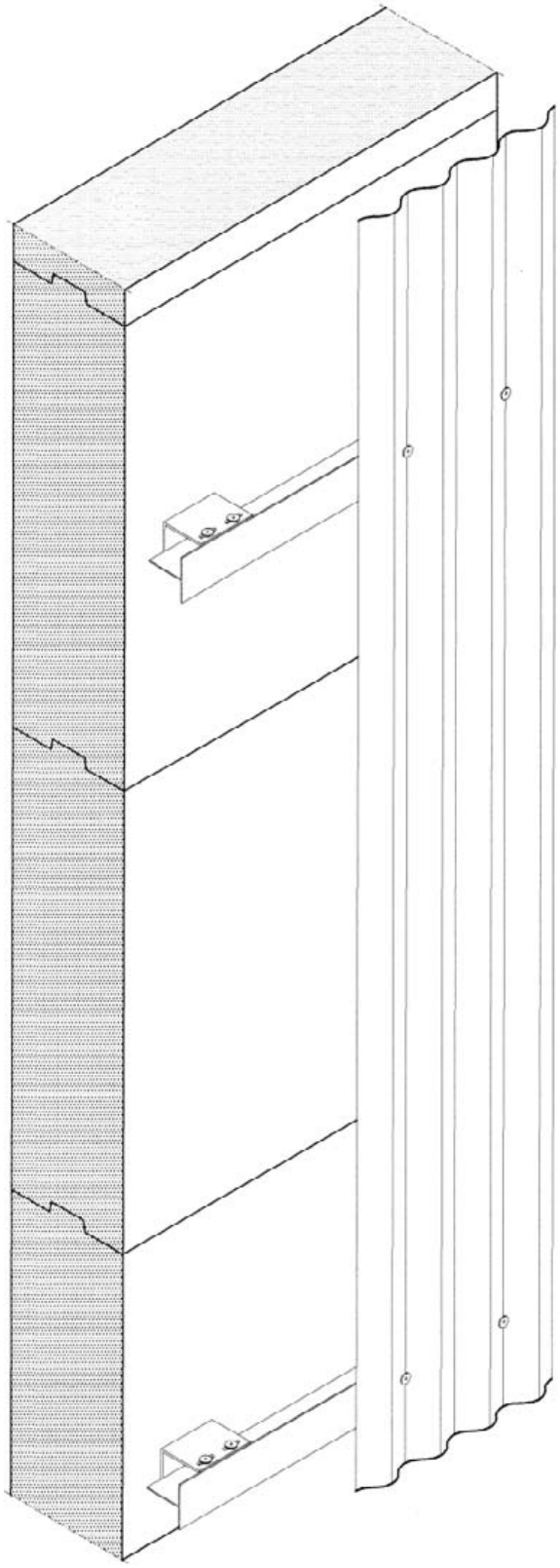


Abb. 8.3.1-1: Perspektive

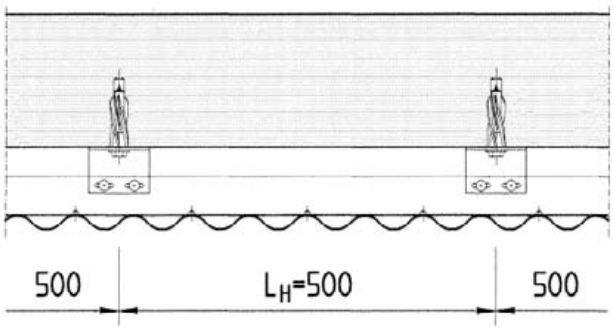


Abb. 8.3.1-2: Horizontalschnitt

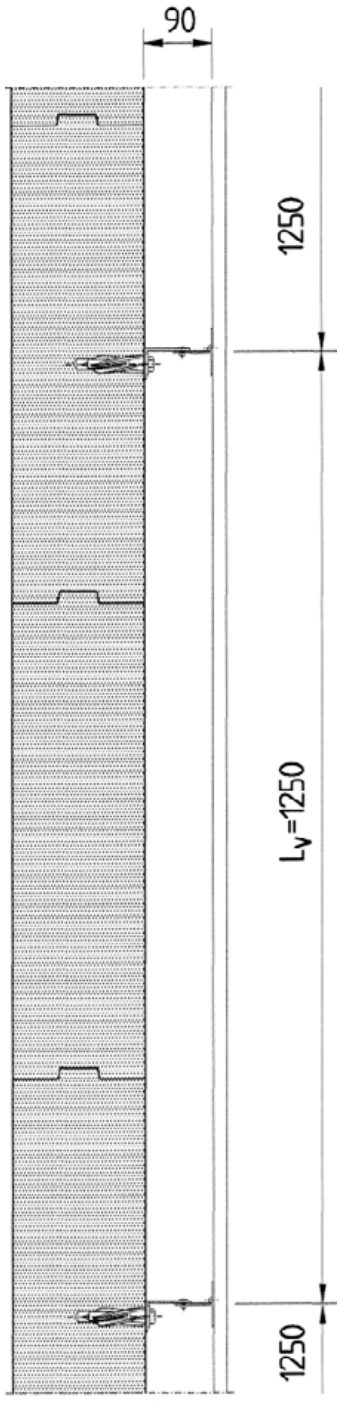


Abb. 8.3.1-3: Vertikalschnitt

Bekleidung:	Alu-Welle 18/76-0,7 mm, „schwimmend" auf der Unterkonstruktion befestigt als Mehrfeldträger (≥ 3 Felder).
Unterkonstruktion:	Aluminium-Unterkonstruktion mit Wandwinkeln, horizontal verlegt.
Dämmung:	ohne zusätzliche Wärmedämmung
Wandgrund:	Porenbeton-Wandplatten P 3,3
Wandabstand:	90 mm bis Vorderkante Tragprofil (20 mm Lotabweichung durch Wahl der Wandwinkel berücksichtigt)
Dübel:	Porenbetondübel Schrägzug: zul. S = 0,80 kN

Bemessung für Gebäude-Normalbereich < 20 m über Geländeoberkante (GOK)

Gewicht Alu-Welle:	22,4 N/m²
Gewicht Alu-Tragprofil:	6,0 N/m
Achsabstand der horizontalen Tragprofile L_v	= 1250 mm
Gewählter Dübelabstand/Halterabstand L_H	= 500 mm

Kräfte auf die Verankerungspunkte und Nachweis der Verankerung:

Winddruck: Kontakt

Windsog: w_s = 560 N/m²

Linienlast infolge Gewicht auf das Profil:

q_G = 22,4 · 1,25 + 6,0 = 34 N/m

Querzugbeanspruchung infolge Gewicht pro Halter:

Q_G = 34,0 · 0,50 = 17 N

Zugbeanspruchung des Dübels infolge Gewicht:

Z_G = 17,0 · 90 / (20 · 5/6) = 92 N

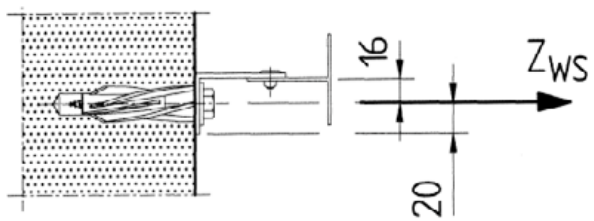
Linienlast infolge Windsog auf das Profil:

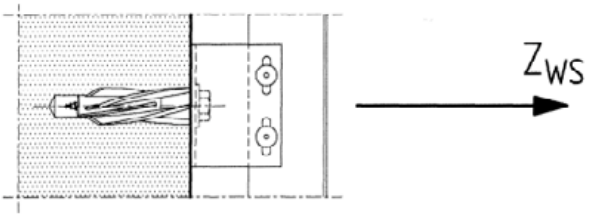
q_{ws} = 560 · 1,25 = 700 N/m

Zugbeanspruchung infolge Windsog pro Halter:

Z_{Ws} = 700 · 0,50 = 350 N

Zugbeanspruchung des Dübels infolge Windsog:





Z = 350 · 16 / (20 · 5/6)+ 350 = 686 N

Gesamt-Zugkraft am Dübel: Z_G + Z = 92 + 686 = 778 N
Querzugkraft am Dübel: Q_G 17 N
Schrägzug:

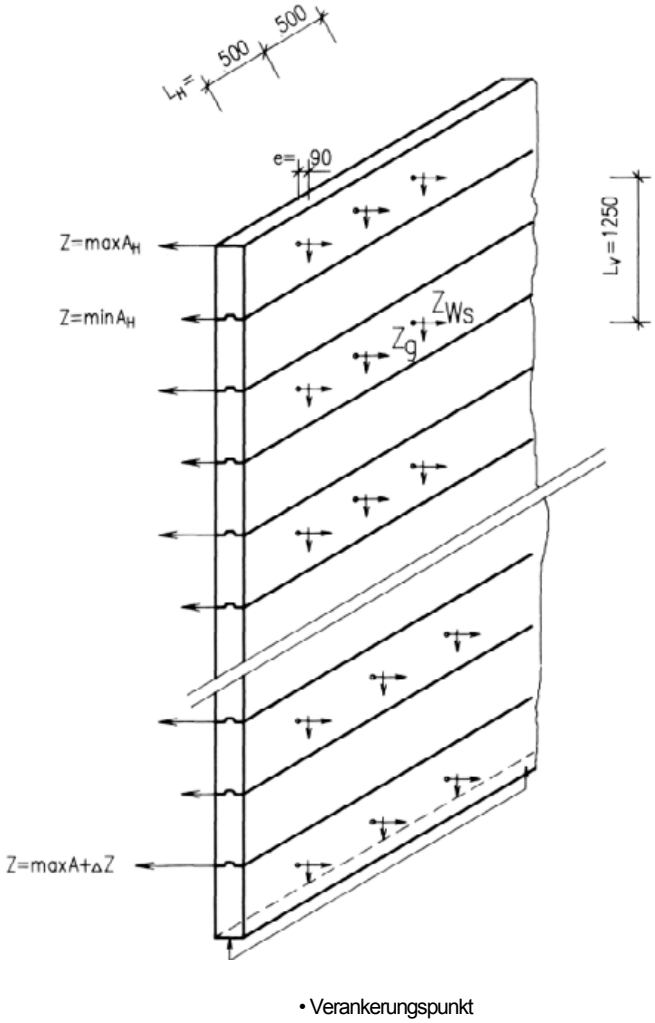
$S_{DÜ} = (778^2 + 17^2)^{0,5}$ = 779 N

800 N

(Nachweis der Profile und der Verbindung der Profile mit den Wandwinkeln ist für den maßgebenden Lastfall Winddruck zu führen)

Weiterleitung der Kräfte aus der Unterkonstruktion in die liegend angeordneten Porenbeton-Wandplatten

Der Nachweis erfolgt für Porenbeton-Wandplatten der Festigkeitsklasse 3,3. Die Spannweite der Porenbeton-Wandplatten beträgt 6,0 m, die Höhe der Wand beträgt h > 8,0 m. Es werden exemplarisch eine obere Porenbeton-Wandplatte mit geringer Auflast und eine untere Porenbeton-Wandplatte mit hoher Auflast nachgewiesen.



• Verankerungspunkt

Abb. 8.3.1-4: Einwirkende Kräfte auf die Porenbeton-Wandplatten

Porenbeton-Wandplatte oben:

Wegen der geringen abfangungsfreien Wandhöhe ist der Lasterhöhungsfaktor $\alpha_q \approx 0{,}0$.

Schnittkräfte:

aus Windsog: $A_H = B_H = \frac{350}{0{,}5} \cdot \frac{6{,}0}{4} = 1050$ N

Abstand der Fassade zur Porenbeton-Wandplatte:

e = 90 mm

Moment aus Exzentrizität des Fassadeneigengewichtes:

$$M = 12 \cdot 17 \cdot (90 + \frac{250}{2}) = 43860 \text{ Nmm}$$

$$\Delta A_H = \frac{43860}{625 \cdot 2} = 35{,}0 \text{ N}$$

Auflagerkraft je Plattenecke:

oberer
Befestigungspunkt: $A_{H,max}$ = 1050 + 35,0 = 1085,0 N

unterer

Befestigungspunkt: $A_{H,min}$ = 1050 - 35,0 = 1015,0 N

Biegemoment: $M = \frac{350 \cdot 10^{-3}}{0{,}5} \cdot \frac{6{,}0^2}{8} = 3{,}15$ kNm

Querkraft: $Q_{max} = A_{H,max}$ = 1,09 kN

Für Biegemoment und Querkraft ist die übliche Bemessung nach DIN 4223 durchzuführen.

Das Moment aus Exzentrizität des Fassadeneigengewichts ist geringfügig und kann über Querbiegung durch die ohnehin vorhandenen Querstäbe aufgenommen werden. Die hieraus resultierende größere Längsbiegung am oberen Plattenrand ist vernachlässigbar ($\Delta M \sim \Delta A_H$= 35/1050 = 3,3%).

Nachweis der Befestigung:

Wegen der geringen abfangungsfreien Wandhöhe ist der Lasterhöhungsfaktor α_z vernachlässigbar.

Maximale Zugkraft für Halterung am Stoß von 2 Platten:

Z_{max}= 2 · 1085,0 = 2170,0 N

Gemäß Zulassung für Befestigungsmittel, z. B. gewählt:
Verankerungstyp 1, Porenbeton Festigkeitsklasse 3,3:

Z_{zul} = 3,6 kN > Z_{max}

Porenbeton-Wandplatte unten:

In diesem Fall sind die Lasterhöhungsfaktoren α_q und α_z gemäß der Zulassung zu beachten. Die zusätzliche Auflast aus Fassadeneigengewicht ist, verglichen mit dem Eigengewicht der Porenbeton-Wandplatte, gering (Δg < 1,5%) und daher vernachlässigbar für die Lasterhöhungsfaktoren. Der Windsog ist für die untere Porenbeton-Wandplatte jedoch in der Regel geringer.

(W_S = 350 N/m²)

Beispiel: Stapelhöhe H - h = 10 m

α_q = 0,09

α_z = 0,62

Biegemoment: M = 3,15 · (1,0 + 0,09) · 350/560 = 2,14 kNm

Querkraft: Q = 1,09 · (1,0 + 0,09) · 350/560 = 0,74 kNm

Die Querbiegung der Porenbeton-Wandplatte durch das Moment aus Exzentrizität des Fassadeneigengewichts ist wiederum vernachlässigbar (siehe zuvor).

Nachweis der Befestigung:

Die Lasterhöhungsfaktoren werden in der Zulassung als Erhöhungsfaktoren auf die flächig angreifende Windlast angegeben. Da die Fassade nur an jeder zweiten Porenbeton-Wandplatte befestigt ist, sind diese Zusatzlasten nun gesondert zu ermitteln und zu den Haltekräften der linienförmig belasteten Porenbeton-Wandplatte zu addieren.

ΔZ = 0,7 · 0,5 · 0,625 · 6,0/2 · (1 + 0,62 -1) = 0,407

$A_{H,max}$ = 1085,0 · 350/560 = 678,1 N

Z = 2 · (0,678 + 0,407) = 2,17 kN < Z_{zul}

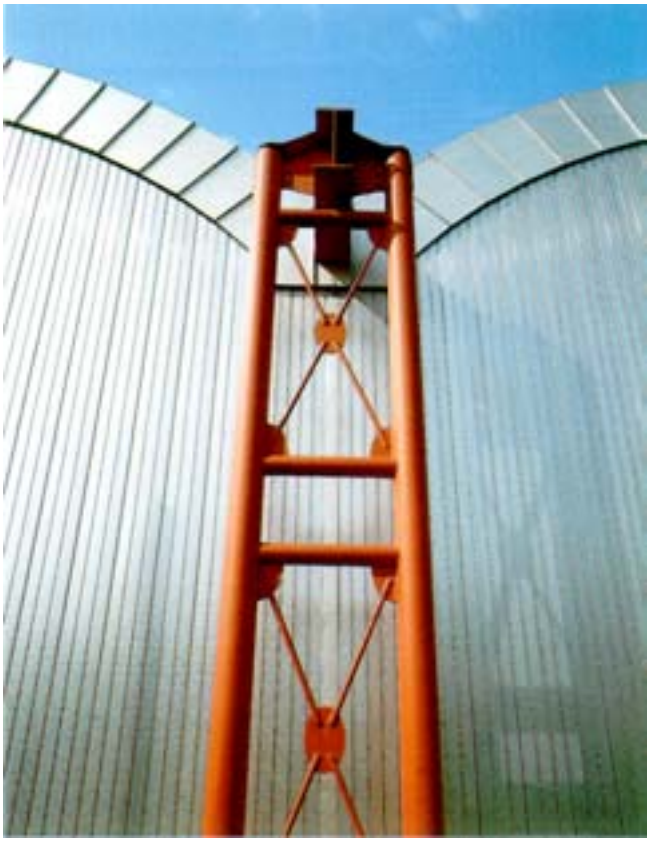


Bild 13: Brauerei Bischofshof, Regensburg; Architekt: Peithner

8.3.2 Holz-Bekleidung

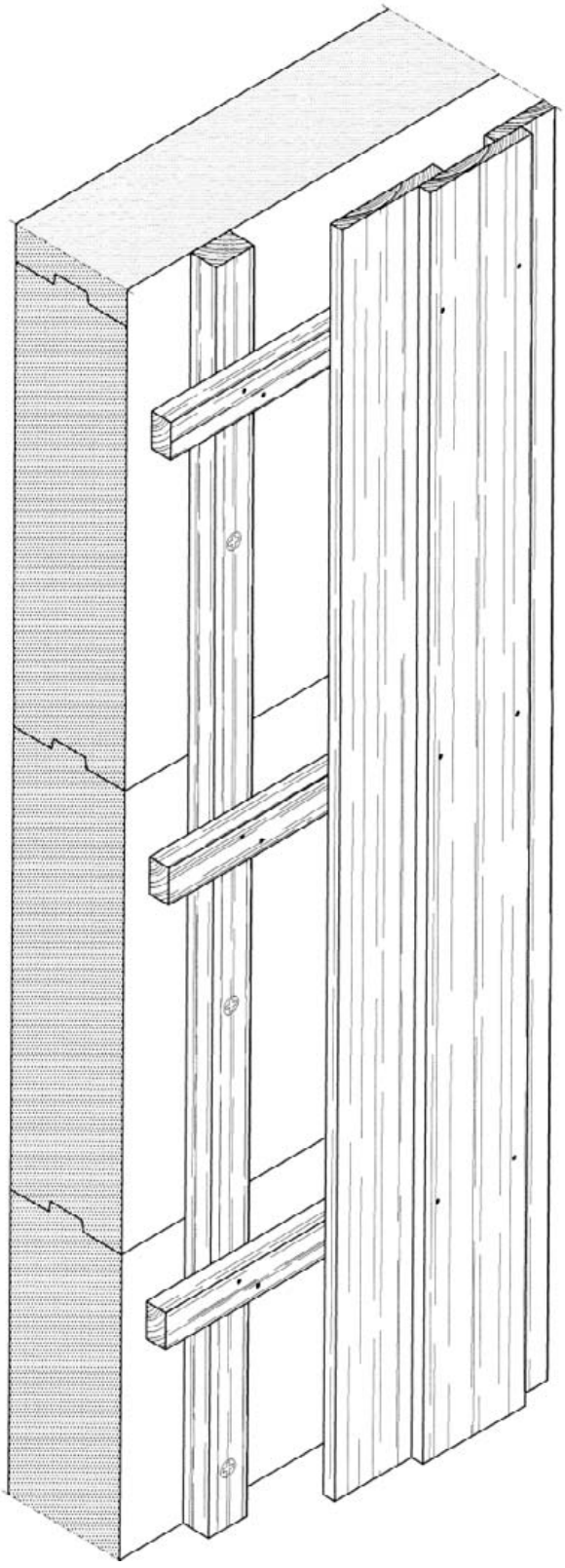


Abb. 8.3.2-1: Perspektive

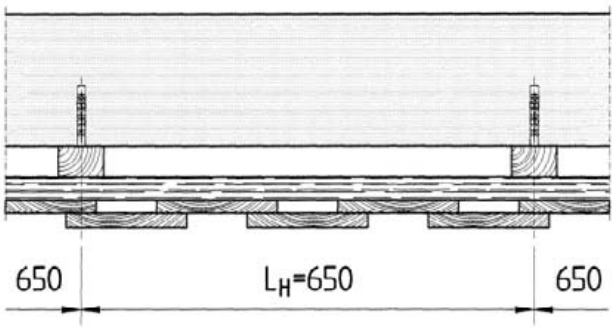


Abb. 8.3.2-2: Horizontalschnitt

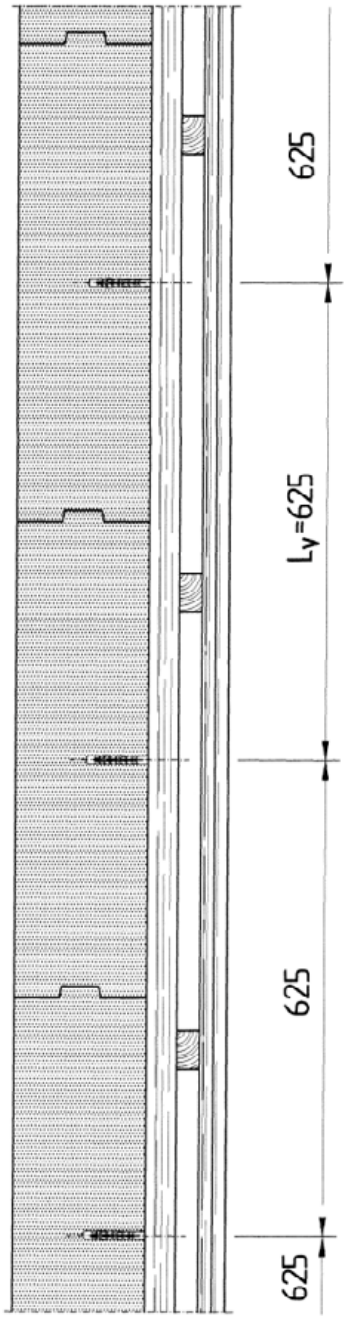


Abb. 8.3.2-3: Vertikalschnitt

Bekleidung:	Vertikale Holzschalung 160/18 mit 40 mm Überdeckung
Unterkonstruktion:	Horizontale Traglattung 30/50 auf vertikaler Konterlattung 40/60
Dämmung:	ohne zusätzliche Wärmedämmung
Wandgrund:	Porenbeton-Wandplatten P 3,3
Wandabstand:	70 mm
Lotabweichung:	≤ 20 mm
Dübel:	Fassadendübel 10/135
	Schrägzug: zul. S = 0,30 kN
	Biegemoment: zul. M = 4,5 Nm

Bemessung für Gebäude-Normalbereich < 20 m ü. GOK

Achsabstand Konterlattung L_H	=	650 mm
Achsabstand Traglattung L_{Tragl}	=	600 mm
Gewählter Dübelabstand L_v	≤	625 mm

Fassadengewicht incl. Unterkonstruktion:

$G_{Bekleid.}$ = 6000 • 0,16 • 0,018 • 1/0,12	=144 N/m²
$G_{Tragl.}$ = 6000 • 0,03 • 0,050 • 1/0,60	= 15 N/m²
$G_{Konterl.}$ = 6000 • 0,06 • 0,040 • 1/0,65	= 22 N/m²
Fassadengewicht G	= 181 N/m²

Winddruck: Kontakt

Windsog: w_s = 560 N/m²

Zugbeanspruchung des Dübels infolge Windsog:

$Z_{DÜ}$ = 560 • 0,65 • 0,625 • 1,0 • 1,0 = 228 N

Querzugbeanspruchung des Dübels infolge Gewicht:

$Q_{DÜ}$ =181 • 0,65 • 0,625 • 1,0 • 1,0 = 74 N

Schrägzug:

$S_{DÜ} = (228^2 + 74^2)^{0,5}$ = 240 N

< 300 N

Biegemoment auf die Dübelschraube:

Durchmesser Dübelschraube:		7 mm
Abstand Wand/Lastangriffspunkt: 40/2	=	20 mm
2 cm Lotabweichung:		20 mm
e		47 mm
M = $Q_{DÜ}$. e = 74 • 0,047	=	3,50 Nm
	<	4,50 Nm

Weiterleitung der Kräfte aus der Unterkonstruktion in die liegend angeordneten Porenbeton-Wandplatten

Der Nachweis erfolgt für Porenbeton-Wandplatten der Festigkeitsklasse 3,3. Die Spannweite der Porenbeton-Wandplatten beträgt 6,0 m, die Höhe der Wand beträgt h > 8,0 m. Es werden exemplarisch eine obere Porenbeton-Wandplatte mit geringer Auflast und eine untere Porenbeton-Wandplatte mit hoher Auflast nachgewiesen.

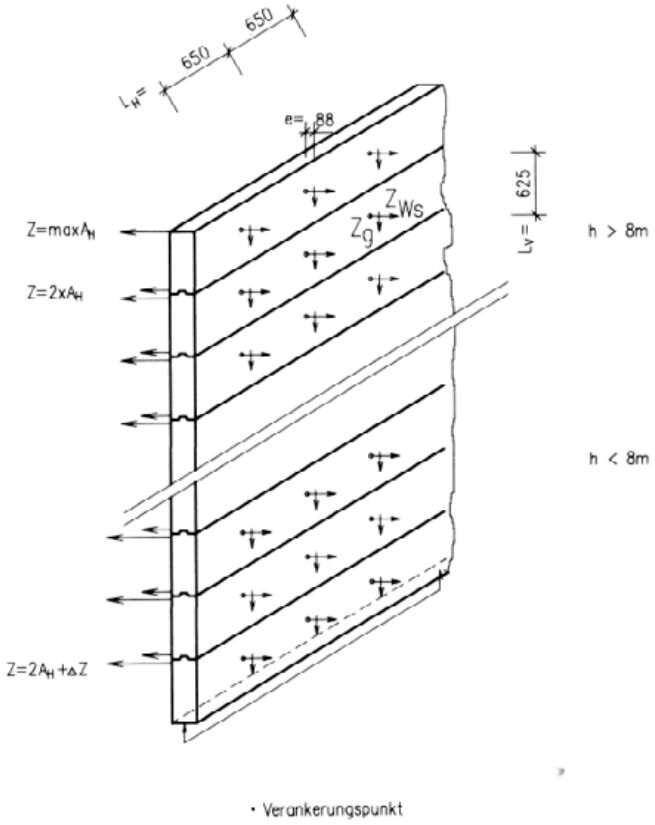


Abb. 8.3.2-4: Einwirkende Kräfte auf die Porenbeton-Wandplatten

Porenbeton-Wandplatte oben:

Wegen der geringen abfangungsfreien Wandhöhe ist der Lasterhöhungsfaktor $\alpha_q \approx 0,0$.

Schnittkräfte: aus Windsog:

$$A_H = B_H = \frac{228}{0,65} \cdot \frac{6,0}{4} = 526,1\,N$$

Abstand der Fassade zur Porenbeton-Wandplatte:

e = 40 + 30+ 18 = 88 mm

Moment aus Exzentrizität des Fassadeneigengewichtes:

$$M = \frac{74}{0,65} \cdot 6,0 \cdot (88 + \frac{250}{2}) = 145 \cdot 10^3 \text{ Nmm}$$

$$\Delta A_H = \frac{145 \cdot 10^3}{625 \cdot 2} = 116,4\,N$$

Auflagerkraft je Plattenecke:

oberer
Befestigungspunkt: $A_{H,max}$ = 526,1 + 116,4 = 642,5 N

unterer
Befestigungspunkt: $A_{H,min}$ = 526,1-116,4 = 409,7 N

Biegemoment $M = 560 \cdot 10^{-3} \cdot 0,625 \cdot 1/8 \cdot 6,0^2 = 1,57$ kNm

Querkraft: $Q_{max} = A_{H,max} = 0,64$ kN

Für Biegemoment und Querkraft ist die übliche Bemessung nach DIN 4223 durchzuführen.

Das Moment aus Exzentrizität des Fassadeneigengewichts kann über Querbiegung durch die ohnehin vorhandenen Querstäbe aufgenommen werden. Die hieraus resultierende größere Längsbiegung am oberen Plattenrand ist bei der Biegebemessung zu berücksichtigen:

$$\Delta M \sim \Delta A_H = 116{,}4/526{,}1 = 22\%.$$

Nachweis der Befestigung:

Wegen der geringen abfangungsfreien Wandhöhe ist der Lasterhöhungsfaktor α_z vernachlässigbar.

Maximale Zugkraft für Halterung am Stoß von 2 Platten:

Dies sind in diesem Fall, da die Fassade an jeder Platte befestigt wird, die Porenbeton-Wandplatten am oberen Rand

$$Z_{max} = 2 \cdot 642{,}5 = 1285{,}0 \text{ N}$$

Gemäß Zulassung für Befestigungsmittel, z. B. gewählt: Verankerungstyp 1, Porenbeton Festigkeitsklasse 3,3:

$$Z_{zul} = 3{,}6 \text{ kN} > Z_{max}$$

Porenbeton-Wandplatte unten:

In diesem Fall sind die Lasterhöhungsfaktoren α_q und α_z gemäß der Zulassung zu beachten. Die zusätzliche Auflast aus Fassadeneigengewicht ist, verglichen mit dem Eigengewicht der Porenbeton-Wandplatte, gering ($\Delta g < 10\%$) und daher vernachlässigbar für die Lasterhöhungsfaktoren. Der Windsog ist für die untere Porenbeton-Wandplatte jedoch in der Regel geringer.

$$(W_S = 350 \text{ N/m}^2)$$

Beispiel: Stapelhöhe H - h = 10 m

$\alpha_q = 0{,}09$

$\alpha_z = 0{,}62$

Biegemoment: $M = 1{,}57 \cdot (1{,}0 + 0{,}09) \cdot 350/560 = 1{,}07$ kNm

Querkraft: $Q = 0{,}64 \cdot (1{,}0 + 0{,}09) \cdot 350/560 = 0{,}44$ kNm

Die Querbiegung der Porenbeton-Wandplatte durch das Moment aus Exzentrizität des Fassadeneigengewichts ist beim Nachweis der Längsbiegung zu berücksichtigen.

Nachweis der Befestigung:

Die Lasterhöhungsfaktoren werden in der Zulassung als Erhöhungsfaktoren auf die flächig angreifende Windlast angegeben. In diesem Beispiel ist die Fassade an jeder Porenbeton-Wandplatte befestigt. Das Verfahren zur Ermittlung der Haltekräfte kann somit direkt angewendet werden.

Da im unteren Bereich jeweils 4 Platten an einem Punkt zusammentreffen, heben sich die Haltekräfte aus der Exzentrizität des Fassadengewichts auf. Somit ergeben sich die gleichen Haltekräfte für die Porenbeton-Wandplatte mit vorgehängter Außenwandbekleidung wie für eine baugleiche Wand ohne vorgehängte Außenwandbekleidung.

8.3.3 Keramik-Bekleidung

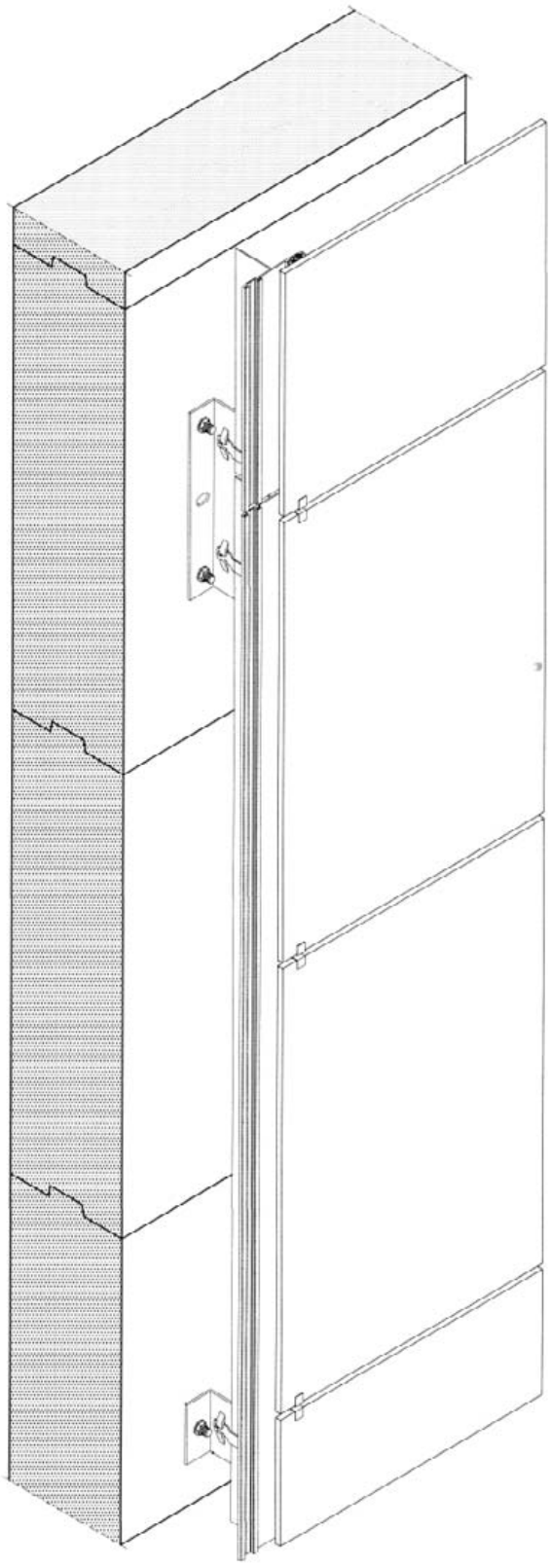


Abb. 8.3.3-1: Perspektive

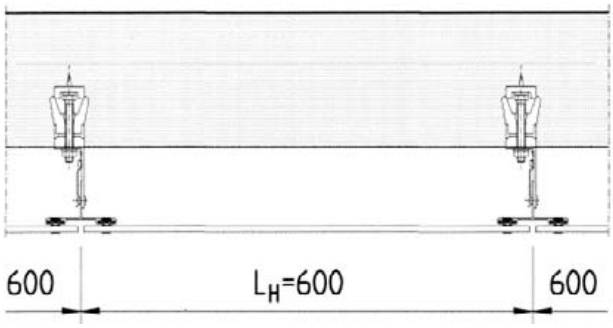


Abb. 8.3.3-2: Horizontalschnitt

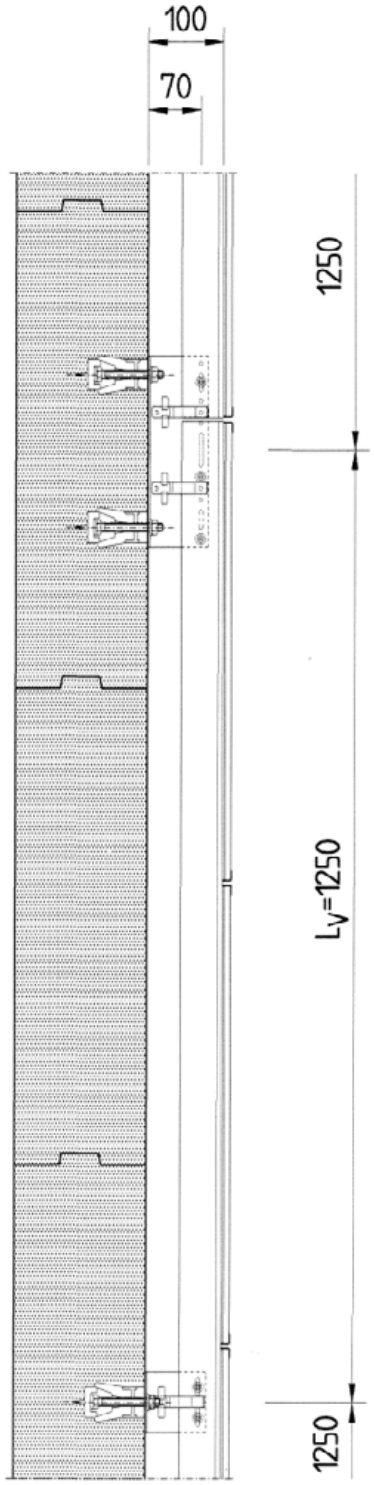


Abb. 8.3.3-3: Vertikalschnitt

Bekleidung:	Keramikplatten 600/600/10 mm
Unterkonstruktion:	Aluminium-Unterkonstruktion mit Wandwinkeln, vertikal verlegt.
Dämmung:	mit zusätzlicher Wärmedämmung
Wandgrund:	Porenbeton-Wandplatten P 4,4
Wandabstand:	100 mm bis Vorderkante Tragprofil (20 mm Lotabweichung durch Wahl der Wandwinkel berücksichtigt)
Dübel:	Porenbetondübel
	Schrägzug: zul. S = 1,00 kN

Bemessung für Gebäude-Normalbereich < 20 m ü. GOK

Gewicht Keramikplatten:	225,0 N/m^2
Gewicht Alu-Tragprofil:	10,0 N/m
Achsabstand der vertikalen Tragprofile L_H	= 600 mm
Gewählter Dübelabstand/Halterabstand L_v	=1 250 mm
Profillänge L_{max}	≤ 3,75 m

Kräfte auf die Verankerungspunkte und Nachweis der Verankerung:

Winddruck: Kontakt

Windsog: w_s = 560 N/m^2

Gleitpunkt:

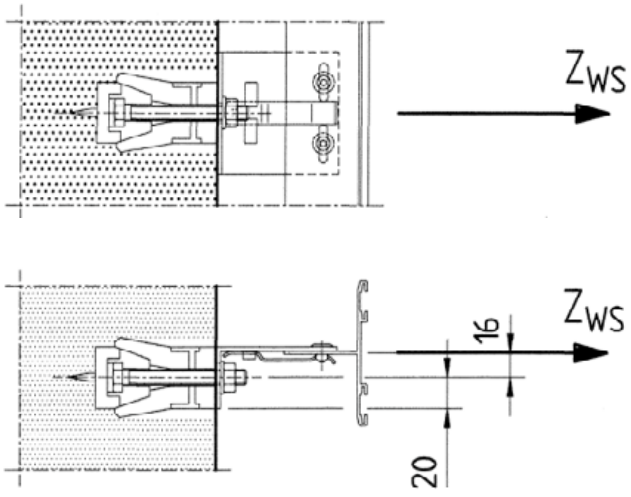
Linienlast infolge Windsog auf das Profil:

q_{ws} = 560 · 0,60 = 336 N/m

Zugbeanspruchung infolge Windsog pro Halter:

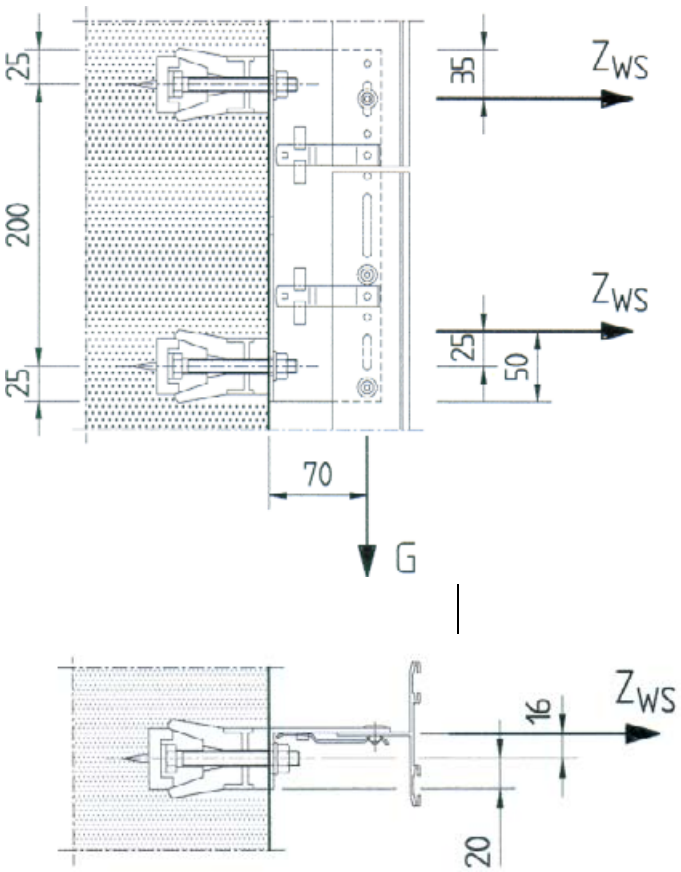
Z_{Ws} = 336 · 1,25 = 420 N

Zugbeanspruchung des Dübels infolge Windsog:



Z	= 420 · 16 / (20 · 5/6) + 420	= 823 N
$S_{DÜ}$	= Z	= 823 N
		<1 000 N

Fest-/Gleitpunkt:



Linienlast infolge Gewicht auf das Profil:

q_G = 225 · 0,60+10,0 = 145 N/m

Gesamtgewicht pro Profilstab:

G = 145 · 3,75 = 544 N

Linienlast infolge Windsog auf das Profil:

q_{ws} = 560 • 0,60 = 336 N/m

Dübel oben:

Zugbeanspruchung des oberen Dübels infolge Gewicht:

$Z_{G,o}$ = 544 · 70/200 = 191 N

Zugbeanspruchung infolge Windsog pro Halterseite:

Z_{Ws} = 336 · 1,25 · 0,50 = 210 N

Zugbeanspruchung in Höhe des oberen Dübels infolge Windsog:

$Z_{Ws,o}$ =210 · (25/200 +190/200) = 226 N

Zugbeanspruchung des oberen Dübels infolge Windsog:

Z_0 = 226 • 16 / (20 • 5/6) + 226 = 443 N

Zugkraft am Dübel: $Z_{G,o} + Z_0$ = 191 + 443 = 634 N

Querzugkraft am Dübel: $Q_G = G \cdot 0,50$ = 272 N

Schrägzug:

$S_{DÜ} = \sqrt{(634^2 + 272^2)}$ = 690 N

< 1 000 N

Dübel unten:

Zugbeanspruchung des unteren Dübels infolge Gewicht:

$Z_{G,u}$ = -544 • 70/200 = -191 N

Zugbeanspruchung infolge Windsog pro Halterseite:

Z_{Ws} = 336 · 1,25 · 0,50 = 210 N

Zugbeanspruchung in Höhe des unteren Dübels infolge Windsog:

$Z_{Ws,u}$ = 210 · (10/200 + 175/200) = 194 N

Zugbeanspruchung des unteren Dübels infolge Windsog:

Z_u = 194 · 16 / (20 · 5/6) +194 = 381 N

Zugkraft am Dübel: $Z_{G\,u} + Z_u$ = -191 + 381 = 190 N

Querzugkraft am Dübel: $Q_G = G \cdot 0,50$ = 272 N

Schrägzug:

$S_{DÜ} = \sqrt{(634^2 + 272^2)}$ = 332 N

< 600 N

(Nachweis der Profile und der Verbindung der Profile mit den Wandwinkeln ist für den maßgebenden Lastfall Winddruck zu führen)

Bild 14: Brauerei Bischofshof, Regensburg; Architekt: Peithner

Weiterleitung der Kräfte aus der Unterkonstruktion in die liegend angeordneten Porenbeton-Wandplatten

Der Nachweis erfolgt für Porenbeton-Wandplatten der Festigkeitsklasse 4,4. Die Spannweite der Porenbeton-Wandplatten beträgt 6,0 m, die Höhe der Wand beträgt h > 8,0 m. Es werden exemplarisch eine obere Porenbeton-Wandplatte mit geringer Auflast und eine untere Porenbeton-Wandplatte mit hoher Auflast nachgewiesen.

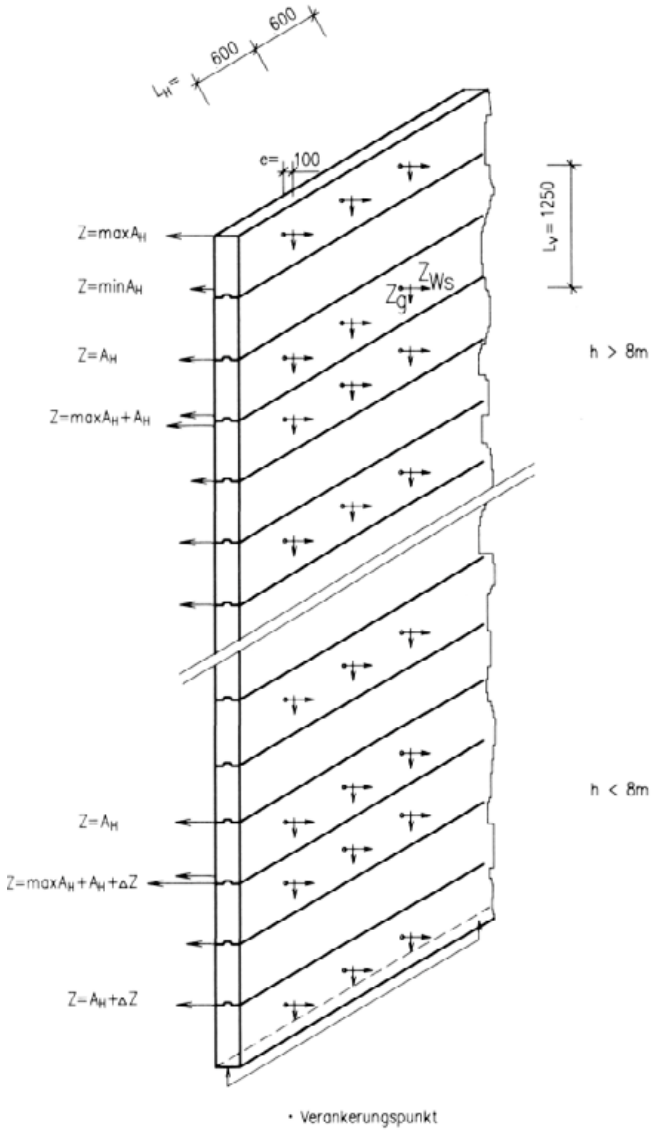


Abb. 8.3.3-4: Einwirkende Kräfte auf die Porenbeton-Wandplatten

Nachweis an den Festpunkten:

Porenbeton-Wandplatte oben:

Wegen der geringen abfangungsfreien Wandhöhe ist der Lasterhöhungsfaktor $\alpha_q \approx 0{,}0$.

Schnittkräfte: aus Windsog:

$$A_H = B_H = \frac{420}{0{,}6} \cdot \frac{6{,}0}{4} = 1050 \text{ N}$$

Abstand der Fassade zur Porenbeton-Wandplatte:

e = 100 mm

Moment aus Exzentrizität des Fassadeneigengewichtes:

$$M = \frac{544}{0{,}6} \cdot 6{,}0 \cdot (100 + \frac{250}{2}) = 1{,}224 \cdot 10^6 \text{ Nmm}$$

$$\Delta A_H = \frac{1{,}224 \cdot 10^6}{625 \cdot 2} = 979{,}2 \text{ N}$$

Auflagerkraft je Plattenecke:

oberer
Befestigungspunkt: $A_{H,max}$ = 1050 + 979,2 = 2029,2 N

unterer
Befestigungspunkt: $A_{H,min}$ = 1050 - 979,2 = 70,8 N

Biegemoment: $M = \frac{420 \cdot 10^{-3}}{0{,}6} \cdot \frac{6{,}0^2}{8} = 3{,}15$ kNm

Querkraft: $Q_{max} = A_{H,max} = 2{,}03$ kN

Für Biegemoment und Querkraft ist die übliche Bemessung nach DIN 4223 durchzuführen.

Das Moment aus Exzentrizität des Fassadeneigengewichts kann über Querbiegung durch die ohnehin vorhandenen Querstäbe aufgenommen werden. Die hieraus resultierende größere Längsbiegung am oberen Plattenrand ist bei der Biegebemessung zu berücksichtigen:

$\Delta M \sim \Delta A_H$ = 979,2/1050 = 93%, d. h. die

Biegebeanspruchung verdoppelt sich nahezu. Nachweis der

Befestigung:

Wegen der geringen abfangungsfreien Wandhöhe ist der Lasterhöhungsfaktor α_z vernachlässigbar.

Maximale Zugkraft für Halterung am Stoß von 2 Platten:

Z_{max} = 2 · 2029,2 = 4058,4 N

Gemäß Zulassung für Befestigungsmittel, z. B. gewählt: Verankerungstyp 1, Porenbeton Festigkeitsklasse 4,4:

Z_{zul} = 5,05 kN > Z_{max}

(maximale Zugkraft für Halterung am Stoß von 4 Platten, Festpunkt und Gleitpunkt, siehe Nachweis am Gleitpunkt)

Porenbeton-Wandplatte unten:

In diesem Fall sind die Lasterhöhungsfaktoren α_q und α_z gemäß der Zulassung zu beachten. Die zusätzliche Auflast aus Fassadeneigengewicht ist, verglichen mit dem Eigengewicht der Porenbeton-Wandplatte, gering (Δg < 12,8%) und daher vernachlässigbar für die Lasterhöhungsfaktoren. Der Windsog ist für die untere Porenbeton-Wandplatte jedoch in der Regel geringer.

(W_S = 350 N/m²)

Beispiel: Stapelhöhe H - h = 10 m

α_q = 0,09

α_z = 0,62

Biegemoment: $M = 3{,}15 \cdot (1{,}0 + 0{,}09) \cdot \frac{350}{560} = 2{,}15$ kNm

Querkraft: $Q = 2{,}03 \cdot (1{,}0 + 0{,}09) \cdot \frac{350}{560} = 1{,}38$ kNm

Nachweis der Befestigung:

Die Lasterhöhungsfaktoren werden in der Zulassung als Erhöhungsfaktoren auf die flächig angreifende Windlast angegeben. Da die Fassade nur an jeder zweiten Porenbeton-Wandplatte befestigt ist, sind diese Zusatzlasten nun gesondert zu ermitteln und zu den Haltekräften der linienförmig belasteten Porenbeton-Wandplatte zu addieren.

$$\Delta Z = 0{,}7 \cdot 0{,}5 \cdot 0{,}625 \cdot 6{,}0/2 \cdot (1 + 0{,}62 - 1) = 0{,}406 \text{ kN}$$

$$A_{H,max} = 1{,}27 \text{ kN}$$

Maximale Zugkraft für Halterung am Stoß von 4 Platten, Festpunkt und Gleitpunkt:

$$Z = 2 \bullet (1{,}27 + 0{,}406) + 1{,}31 = 4{,}7 \text{ kN} < Z_{zul}$$

Nachweis an den Gleitpunkten:

Porenbeton-Wandplatte oben:

Wegen der geringen abfangungsfreien Wandhöhe ist der Lasterhöhungsfaktor $\alpha_q = 0{,}0$.

Schnittkräfte:

aus Windsog: $A_H = B_H = \frac{420}{0{,}6} \cdot \frac{6{,}0}{4} = 1050 \text{ N}$

Biegemoment: $M = \frac{420 \cdot 10^{-3}}{0{,}6} \cdot \frac{6{,}0^2}{8} = 3{,}15 \text{ kNm}$

Querkraft: $Q_{max} = A_{H,max} = 1{,}05 \text{ kN}$

Für Biegemoment und Querkraft ist die übliche Bemessung nach DIN 4223 durchzuführen.

Querbiegung tritt an den Gleitpunkten nicht auf, sofern die Verankerung der Unterkonstruktion mittig auf der Porenbeton-Wandplatte angeordnet ist.

Nachweis der Befestigung:

Wegen der geringen abfangungsfreien Wandhöhe ist der Lasterhöhungsfaktor α_z vernachlässigbar. Da sich über dem Gleitpunkt ein Festpunkt befindet, ist dieser bei der Berechnung der Haltekräfte zu berücksichtigen.

Maximale Zugkraft für Halterung am Stoß von 4 Platten, Festpunkt und Gleitpunkt:

$$Z_{max} = 2 \bullet 1050 + 4058,\ 4 = 6158{,}4 \text{ N}$$

Die Aufnahme dieser Zugkraft ist nachzuweisen, z. B. für einen Anschluss mit Druckplatte.

Porenbeton-Wandplatte unten:

In diesem Fall sind die Lasterhöhungsfaktoren α_q und α_z gemäß der Zulassung zu betrachten. Der Windsog ist jedoch in der Regel geringer.

($W_S = 350 \text{ N/m}^2$)

Biegemoment: $M = 3{,}15 \cdot (1{,}0 + 0{,}09) \cdot \frac{350}{560} = 2{,}15 \text{ kNm}$

Querkraft $Q = 1{,}05 \cdot (1{,}0 + 0{,}09) \cdot \frac{350}{560} = 0{,}72 \text{ kNm}$

Nachweis der Befestigung:

Maximale Zugkraft für Halterung am Stoß von 2 Platten (oberer Befestigungspunkt):

$$\Delta Z = 0{,}406 \text{ kN} \cdot \frac{350}{560} = 656{,}3 \text{ N}$$

$$A_{H,max} = 1050$$

$$Z = 2 \bullet (0{,}656 + 0{,}406) = 2{,}12 \text{ kN} < Z_{zul}$$

(Nachweis der Befestigung am Stoß von 4 Platten, Festpunkt und Gleitpunkt, siehe Nachweis Festpunkt)

Bild 15: Renault-Autohaus, Hannover; Architekten: Dipl. -Ing. Kniggendorf & Müller

8.3.4 Naturstein-Bekleidung

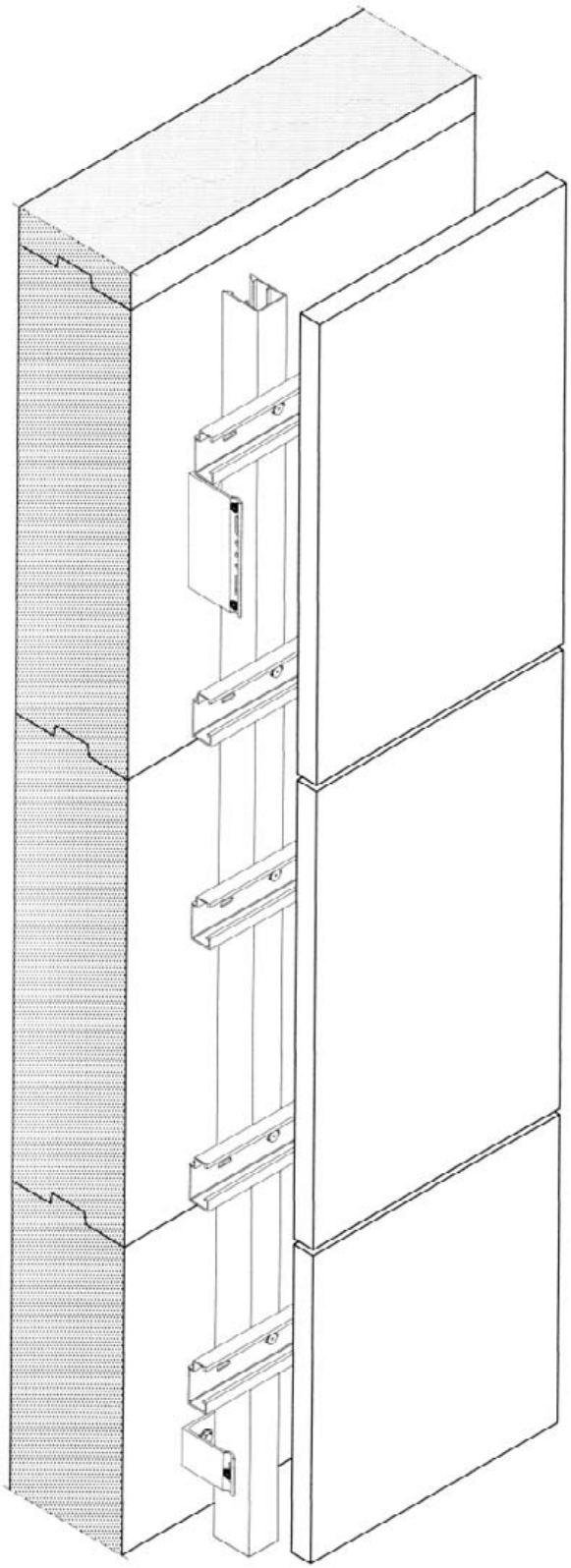


Abb. 8.3.4-1: Perspektive

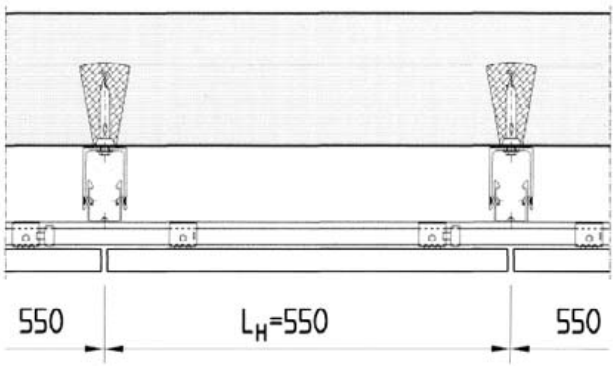


Abb. 8.3.4-2: Horizontalschnitt

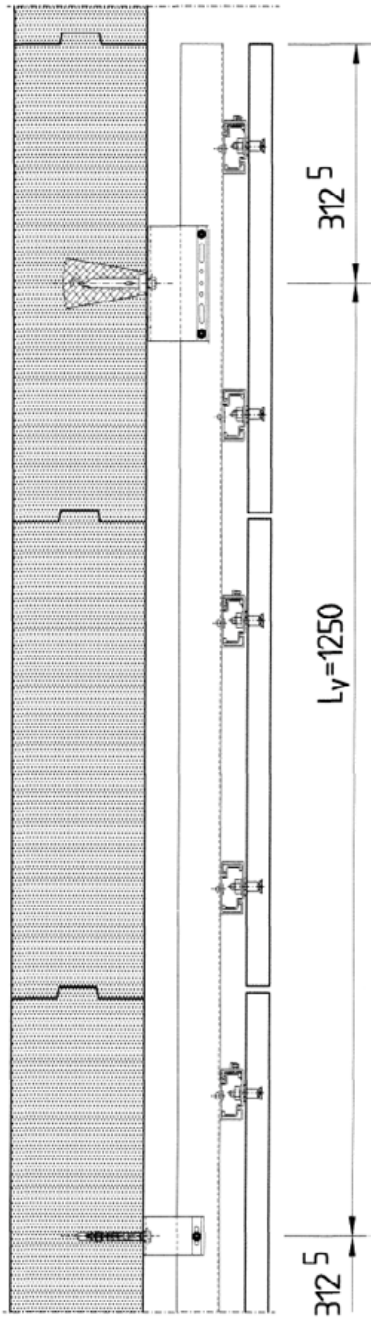


Abb. 8.3.4-3: Vertikalschnitt

Bekleidung:	Granitplatten, Abmessungen B x H x T = 550 x 625 x 30 mm
Unterkonstruktion:	Horizontale Aluminium-Tragkonstruktion für zentrische Agraffeneinhängung, befestigt auf vertikaler, zentrischer Unterkonstruktion mit U-Wandhaltern
Dämmung:	ohne zusätzliche Wärmedämmung
Wandgrund:	Porenbeton-Wandplatten P 4,4
Lotabweichung:	≤ 20 mm. Ausgleich durch Justiermöglichkeit der Unterkonstruktion.
Dübel:	
Am Festpunkt:	Injektionsanker mit Schraube M 12/A4-70
	Schrägzug: zul. S = 1,60kN
	Biegemoment: zul. M = 24,9 Nm
Am Gleitpunkt:	Fassadendübel 10/80
	Schrägzug: zul. S = 0,60 kN

Bemessung für Gebäude-Normalbereich < 100 m ü. GOK

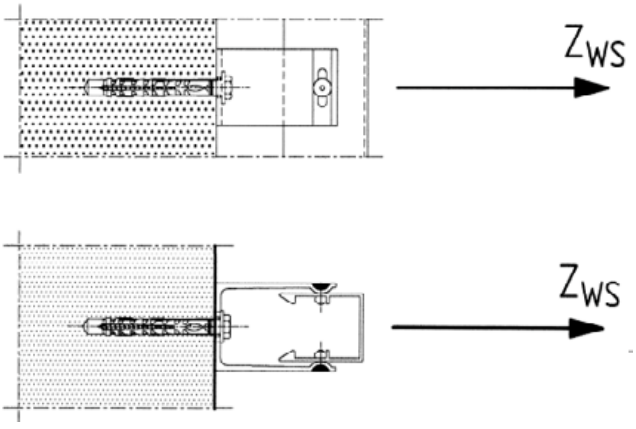
Fassadengewicht incl. Unterkonstruktion:	890 N/m^2
Profillänge (Einfeld-Träger):	1 875 mm
Achsabstand Tragprofile:	550 mm
Halter- bzw. Dübelabstand:	1 250 mm

Kräfte auf die Verankerungspunkte und Nachweis der Verankerung:

Winddruck: Kontakt

Windsog: w_s = 770 N/m^2

Gleitpunkt:

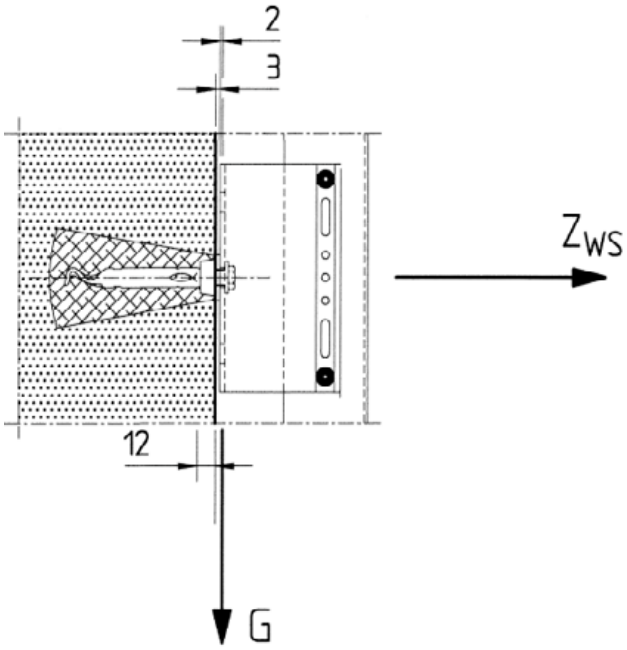


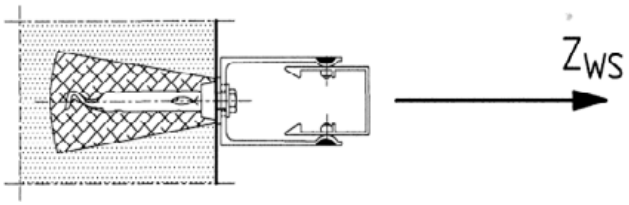
Zugbeanspruchung des Dübels infolge Windsog:

$Z_{DÜ}$ = Z_{Ws} = 770 • 0,55 • 1,875 / 2 = 397 N

< 600 N

Festpunkt:





(Versatzkräfte aus Eigengewicht werden durch Nietpaare am U-Halter aufgefangen)

Zugbeanspruchung des Dübels infolge Windsog:

$Z_{DÜ}$ = Z_{Ws} = 770 • 0,55 • 1,875 / 2 = 397 N

Querzugbeanspruchung des Dübels infolge Gewicht:

$Q_{DÜ}$ = G = 890 • 0,55 • 1,875 = 918 N

Schrägzug:

$S_{DÜ}$ = $(397^2 + 918^2)^{0,5}$ = 1 000 N

< 1 600 N

Biegemoment auf den Dübelbolzen:

Durchmesser Dübelbolzen:	12 mm
Stärke der U-Scheibe:	3 mm
Lastangriffspunkt	
am Wandhalterboden: 4/2	= 2 mm
e =	17mm
M = $Q_{DÜ}$ • e = 918 • 0,017	= 15,6Nm
	< 24,9 Nm

Kontrolle der zulässigen Zugkraft bei Biegung:

zul. F_z, red. = zul. F • (1 -M/zul. M)

= 1600 • (1 -15,6/24,9)

= 597 N

> 397 N - vorh. Z

(Nachweis der Profile und der Verbindung der Profile mit den Wandwinkeln ist für den maßgebenden Lastfall Winddruck und Gewichtsversatz zu führen)

Weiterleitung der Kräfte aus der Unterkonstruktion in die liegend angeordneten Porenbeton-Wandplatten

Der Nachweis erfolgt für Porenbeton-Wandplatten der Festigkeitsklasse 4,4. Die Spannweite der Porenbeton-Wandplatte beträgt 6,0 m, die Höhe der Wand beträgt h > 20,0 m. Es werden exemplarisch eine obere Porenbeton-Wandplatte mit geringer Auflast und eine untere Porenbeton-Wandplatte mit hoher Auflast nachgewiesen.

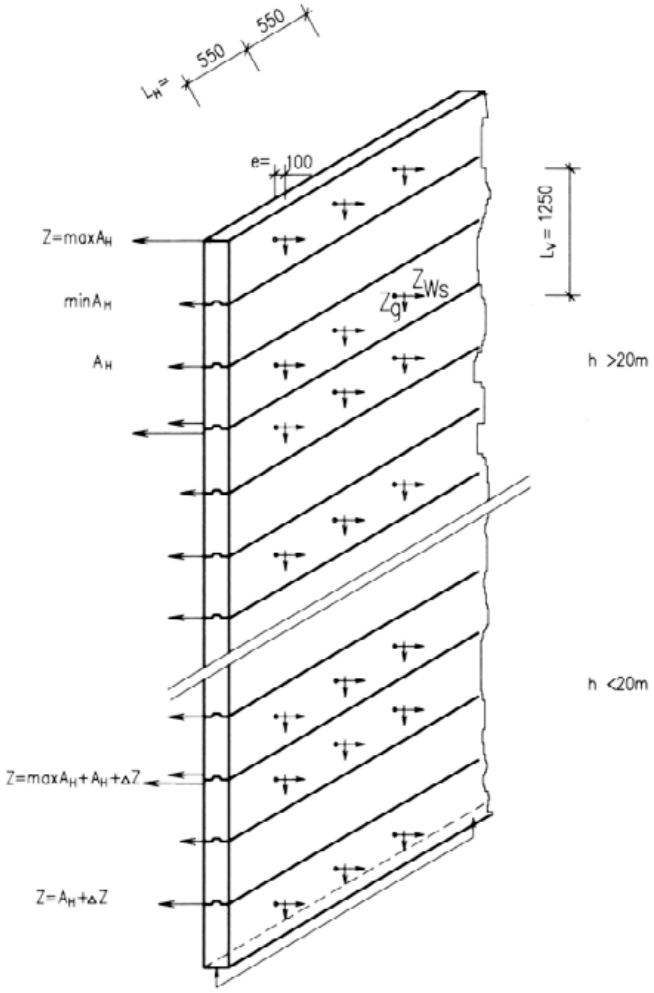


Abb. 8.3.4-4: Einwirkende Kräfte auf die Porenbeton-Wandplatten

Nachweis an den Festpunkten:

Porenbeton-Wandplatte oben:

Wegen der geringen abfangungsfreien Wandhöhe ist der Lasterhöhungsfaktor $\alpha_q \approx 0{,}0$.

Schnittkräfte: aus Windsog:

$$A_H = B_H = \frac{397}{0{,}55} \cdot \frac{6{,}0}{4} = 1082{,}7 \text{ N}$$

Abstand der Fassade zur Porenbeton-Wandplatte:

e = 100 mm

Das Moment aus Exzentrizität des Fassadeneigengewichtes wird zum Teil in der vertikalen Unterkonstruktion zentriert. Daraus ergibt sich eine (geringfügige) zusätzliche Horizontalbelastung.

$$M_g = \frac{918}{0{,}55} \cdot 6{,}0 \cdot (100 + \frac{250}{2}) = 2{,}53 \cdot 10^6 \text{ Nmm}$$

davon auf die Porenbeton-Wandplatte wirksam:

$$e_g = 3 \text{ mm}$$

$$M_{PL} = \frac{918}{0{,}55} \cdot 6{,}0 \cdot (3 + \frac{250}{2}) = 1{,}282 \cdot 10^6 \text{ Nmm}$$

$$\Delta A_H = \frac{1{,}282 \cdot 10^6}{625 \cdot 2} = 1025{,}5 \text{ N}$$

und auf Unterkonstruktion

$$M_{UK} = 2{,}253 \cdot 10^6 - 1{,}282 \cdot 10^6 = 0{,}971 \cdot 10^6 \text{ Nmm}$$

Dieses Moment erzeugt eine zusätzliche Kraft an den Halterungen von

$$A_{HUK} = \frac{0{,}971 \cdot 10^6}{1250} = 194{,}3 \text{ N}$$

bzw. als Linienlast

$$a_{HUK} = 194{,}3 \cdot \frac{4}{6} = 129{,}5 \frac{\text{N}}{\text{m}}$$

Auflagerkraft je Plattenecke:

oberer Befestigungspunkt:

$A_{H,max}$ = 1082,7 + 194,3 + 1025,5 = 2302,5 N

unterer Befestigungspunkt:

$A_{H,min}$ = 1082,7 + 194,3 - 1025,5 = 251,5 N

Biegemoment und Querkraft:

$$M \approx (\frac{397}{0{,}55} \cdot 10^{-3} + 129{,}5 \cdot 10^{-3}) \cdot \frac{6{,}0^2}{8} = 3{,}83 \text{ kNmm}$$

Q_{max} = 2,3 kN

Für Biegemoment und Querkraft ist die übliche Bemessung nach DIN 4223 durchzuführen.

Der Momentenanteil M_p aus Exzentrizität des Fassadeneigengewichts kann über Querbiegung durch die ohnehin vorhandenen Querstäbe aufgenommen werden. Die hieraus resultierende größere Längsbiegung am oberen Plattenrand ist bei der Biegebemessung zu berücksichtigen:

$$\Delta M \sim \Delta A_H = \frac{1025{,}5}{(1082{,}7 + 194{,}3)} = 80{,}3\%$$

d. h. die Biegebeanspruchung verdoppelt sich nahezu.

Nachweis der Befestigung:

Wegen der geringen abfangungsfreien Wandhöhe ist der Lasterhöhungsfaktor α_z vernachlässigbar.

Maximale Zugkraft für Halterung am Stoß von 2 Platten:

Z_{max} = 2 • 2302,5 = 4605 N

Gemäß Zulassung für Befestigungsmittel, z. B. gewählt: Verankerungstyp 1, Porenbeton Festigkeitsklasse 4,4:

Z_{zul} = 5,05 kN > Z_{max}

(Nachweis der Befestigung am Stoß von 4 Platten, Festpunkt und Gleitpunkt, siehe Nachweis Gleitpunkt)

Porenbeton-Wandplatte unten:

In diesem Fall sind die Lasterhöhungsfaktoren α_q und α_z gemäß der Zulassung zu beachten. Für die in diesem Beispiel gewählte Höhe des Gebäudes 20 m < h < 100 m wird der Windsog für den unteren Bereich 8 m < h < 20 m angesetzt. Die Zusatzlasten aus Fassadeneigengewicht werden durch eine Erhöhung der Stapelhöhe im Verhältnis des Gesamtgewichts zum Porenbetoneigengewicht berücksichtigt.

Beispiel: Stapelhöhe (H - h) = 10,0 m

Gewicht der Porenbeton-Wandplatten:

(ρ = 700 kg/m³)

$g_p = 0{,}25 \cdot 7{,}0 = 1{,}75$ kN/m²

Gewicht der Fassade: $g_F = 0{,}89$ kN/m²

Erhöhte Stapelhöhe:

$\alpha_q = 0{,}124$

$\alpha_z = 0{,}97$

Nachweis der Befestigung:

Die Lasterhöhungsfaktoren werden in der Zulassung auf die flächig angreifende Windlast angegeben. Die Zusatzlasten sind nur gesondert zu ermitteln und zu den Haltekräften der linienförmig belasteten Porenbeton-Wandplatten zu addieren.

$$\Delta Z = 0{,}7 \cdot 0{,}8 \cdot 0{,}625 \cdot \frac{6{,}0}{2} \cdot (1 + 0{,}97 - 1) = 1{,}02 \text{ kN}$$

$$A_{H,max} = 1082{,}7 \cdot \frac{560}{770} + 194{,}3 + 1025{,}5 = 2007{,}2 \text{ N}$$

4 Platten siehe A_H an Gleitpunkt

Z_{max} = 2 • (2,01 + 1,02) + 2 • 0,78 = 7,62 kN

Die Aufnahme dieser Zugkraft ist nachzuweisen, z. B. für einen Anschluss mit Druckplatte.

Nachweis an den Gleitpunkten:

Porenbeton-Wandplatte oben:

Wegen der geringen abfangungsfreien Wandhöhe ist der Lasterhöhungsfaktor α_q = 0,0.

Schnittkräfte:

aus Windsog: $A_H = B_H = 1082{,}7$ N

aus Zentrierung der Fassade: $\Delta A_H = \Delta B_H = -194{,}3$ N

Auflagekraft je Plattenecke: $A_H = B_H = 1082{,}7\text{-}194{,}3 = 888{,}4$ N

Biegemoment und Querkraft:

$$M \approx \left(\frac{397}{0{,}55} \cdot 10^{-3} + 129{,}5 \cdot 10^{-3}\right) \cdot \frac{6{,}0^2}{8}) = 2{,}67 \text{ kNmm}$$

$Q_{max} \approx 0{,}89$ kN

Für Biegemoment und Querkraft ist die übliche Bemessung nach DIN 4223 durchzuführen.

Nachweis der Befestigung:

Wegen der geringen abfangungsfreien Wandhöhe ist der Lasterhöhungsfaktor α_z vernachlässigbar. Da sich unter dem Gleitpunkt ein Festpunkt befindet, ist dieser bei der Berechnung der Haltekräfte zu berücksichtigen.

Maximale Zugkraft für Halterung am Stoß von 4 Platten:

Z_{max} = 2 • 888,4 + 2 • 2302,5 = 6381,2 N

Gemäß Zulassung für Befestigungsmittel, z. B. gewählt: Verankerungstyp 1, Porenbeton Festigkeitsklasse 4,4:

Z_{zul} = 5,05 kN < Z_{max}

Die Aufnahme dieser Zugkraft ist nachzuweisen, z. B. Anschluss mit Druckplatte.

Porenbeton-Wandplatte unten:

In diesem Fall sind die Lasterhöhungsfaktoren α_q und α_z gemäß der Zulassung zu beachten. Für die in diesem Beispiel gewählte Höhe des Gebäudes 20 m < h < 100 m wird der Windsog für den unteren Bereich 8 m < h < 20 m angesetzt. Die Zusatzlasten aus Fassadeneigengewicht werden durch eine Erhöhung der Stapelhöhe im Verhältnis des Gesamtgewichts zum Porenbetoneigengewicht berücksichtigt.

Biegemoment und Querkraft:

$$M = \left(\frac{397}{0{,}55} \cdot 10^{-3} \cdot \frac{560}{770}(1{,}0 + 0{,}24) - 129{,}5 \cdot 10^{-3}\right) \cdot \frac{6{,}0^2}{8}$$
$$= 2{,}34 \text{ kNmm}$$

$$Q = 1082{,}7 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{560}{770}(1{,}0 + 0{,}24) - 194{,}3 \cdot 10^{-3} = 0{,}78 \text{ kN}$$

Für Biegemoment und Querkraft ist die übliche Bemessung nach DIN 4223 durchzuführen.

Nachweis der Befestigung:

Die Haltekraft für die Porenbeton-Wandplatte mit Gleitpunkten beträgt:

$A_{H,max}$ = 0,78 kN

Am Stoß von 4 Platten (2 Gleitpunkte, 2 Festpunkte) treten dem gemäß:

Z_{max} = 2 • 0,78 + 2 (2,01 + 1,02) = 7,62 kN

auf. Die Aufnahme dieser Zugkraft ist nachzuweisen, z. B. Anschluss mit Druckplatten.

Am Stoß von 2 Platten (erste Platte über der vertikalen Stützung) beträgt die Haltekraft:

Z_{max}= 2 · (0,78+1,02) = 3,6kN < Z_{zul}

Bild 16 Brauerei Bischofshof, Regensburg, Architekt: Peithner

8.4 Bauphysik

Wachsende Ansprüche an die Qualität von Gebäuden erfordern exakte Dimensionierung und sorgfältige Durchbildung zur Erfüllung bauphysikalischer Eigenschaften:

- Wärmeschutz für hohen Komfort bei sparsamem Energieeinsatz
- Feuchteschutz zur Vermeidung von Bauschaden
- Brandschutz zur Sicherheit von Personen und Sachen
- Schallschutz zur Erhaltung der physikalischen und psychischen Gesundheit der Nutzer

Wärmeschutz

Die Wärmedämmung der Außenbauteile ist im Wirtschaftsbau die wichtigste Einflussgröße für den Heizenergiebedarf und -verbrauch beim Betrieb der Gebäude.

Die Rechenwerte der Wärmeleitfähigkeit λ_R sind zusammen mit den Richtwerten der Wasserdampfdiffusionswiderstandszahlen in DIN 4108-4 mit laufenden Ergänzungen im Bundesanzeiger für die gebräuchlichen Baustoffe zusammengestellt.

Tabelle 8.4-1:
Rechenwerte der Wärmeleitfähigkeit λ_R von bewehrten Wandplatten aus Porenbeton

Rohdichteklasse	0,40	0,45	0,50	0,55	0,60	0,65	0,70
λ_R [W/(mK)]	0,10	0,12	0,13	0,14	0,16	0,16/ 0,18	0,18

Aus diesen Ausgangsdaten ergeben sich für übliche Wanddicken die in der Tabelle 8.4-2 dargestellten U-Werte

Tabelle 8.4-2:
Wärmedurchgangskoeffizienten U für bewehrte Wandplatten aus Porenbeton

Wanddicke d[2]) [mm]	U[1]) m [W/m²K] bei Rohdichteklasse [-]			
	0,4	0,5	0,8	0,7
175	0,52	0,66	0,79	0,88
200	0,46	0,59	0,70	0,78
250	0,38	0,48	0,58	0,64
300	0,32	0,40	0,49	0,54

[1]) Wärmeübergangswiderstände: $R_{si} + R_{se}$ = 0,17 mK/W

[2]) ohne Putz, Bekleidungen und sonstige Belage

Gerade für den im Wirtschaftsbau bedeutsamen Markt für zu errichtende Gebäude mit niedrigen Innentemperaturen ist bei Verwendung von Porenbeton-Wandplatten bei durchaus üblichen Wanddicken keine zusätzliche Wärmedämmung für den Nachweis entsprechend der WSVO notwendig. Auch bei Gebäuden mit normalen Innentemperaturen ist eine einschichtige Außenwand möglich.

Feuchteschutz

Bei der hohen Wärmedämmung von Porenbetonaußenbauteilen ist die Bildung von Oberflächentauwasser bei üblichen „normalen Innenraumverhältnissen" nicht zu erwarten. Porenbeton bildet als anorganisches Material keinen Nährboden für Schimmelpilze.

Mangelhafter Regenschutz von Außenwänden beeinflusst deren Wärmeschutz (höhere Wärmeleitfähigkeit) und die Feuchtigkeitsverhältnisse im angrenzenden Raum (erhöhte Raumluftfeuchte). Bei Feuchteeinwirkung von außen durch Schlagregen unterscheidet die DIN 4108-3 drei Beanspruchungsgruppen, nach denen ein geeigneter Regenschutz zu wählen ist. In der Praxis ist der ausreichende Regenschutz für die in diesem Berichtsheft angesprochenen Konstruktionen durch die hinterlüftete Bekleidung gewährleistet. Grundsätzlich gilt für Konstruktionen aus Porenbeton, dass sie nach mindestens einer Seite austrocknen können, damit aufgenommene Feuchtigkeit auch kontinuierlich wieder abgegeben werden kann. Dies ist bei hinterlüfteten Außenwandbekleidungen immer der Fall.

Brandschutz

Übergeordnete Aufgaben des Brandschutzes sind, der Entstehung von Bränden und ihrer Ausbreitung vorzubeugen und im Brandfall die Möglichkeit einer Rettung von Personen, Tieren und Sachgütern zu gewährleisten und die Voraussetzung für eine wirksame Brandbekämpfung zu schaffen.

Aufgrund seiner mineralischen Zusammensetzung gehört Porenbeton zur Brandschutzklasse A1, d. h. er ist nicht brennbar. Er erfüllt die Anforderungen aller Feuerwiderstandsklassen von F 30 bis F 180 ohne jegliche Zusatzmaßnahmen, wie Bekleidung oder Beschichtung. Bereits eine 10 cm dicke nichttragende Wand aus bewehrtem Porenbeton erreicht die Feuerwiderstandsklasse F 90. Weiter besitzt Porenbeton den Vorzug, im Brandfall keinen Rauch und keine toxischen Gase zu bilden.

Brandwände dienen zur Trennung oder Abgrenzung von Brandabschnitten. Sie müssen mindestens die Feuerwiderstandsklasse F 90 erfüllen und gleichzeitig im Brandfall eine bestimmte Stoßbelastung aufnehmen können. Dabei muss der Raumabschluss gewahrt bleiben.

Komplextrennwände werden von den Schadensversicherern gefordert und müssen höhere Anforderungen als Brandwände nach DIN 4102-4 erfüllen. Sie müssen der Feuerwiderstandsklasse F 180 entsprechen. Aufgrund von Prämieneinsparungen amortisieren sie sich innerhalb kürzester Zeit. Im Industriebau haben sich Komplextrennwände als so widerstandsfähig erwiesen, daß die Schadensversicherer sie zu einer Grundlage der Tarifierungspolitik machen konnten.

Tabelle 8.4-3:
Zulässige Schlankheit und Mindestwanddicke von ein- und zweischaligen Brandwänden (nach DIN 4102 Teil 4) und Komplextrennwänden aus nichttragenden bewehrten Porenbeton-Wandplatten

Zeile	Nichttragende Wandplatten aus bewehrtem Porenbeton der Festigkeit/Rohdichte	Zulässige Schlankheit h_s/d	Mindestdicke d [mm]	
			einschalig	zweischalig
1	Brandwände			
1.1	P 4,4 / ≥ 0,6	nach Zulassung	175	2 x 175
1.2	P 3,3 / ≥ 0,6		200	2 x 200
2	Komplextrennwände			
2.1	P 4,4 / ≥ 0,6	nach Zulassung	240	2 x 200

Schallschutz

Da Porenbeton im Hinblick auf den Wärmeschutz möglichst leicht - Raumgewicht etwa 500 kg/m^2 - ist, könnte man schlussfolgern, dass die Aussichten bezüglich des Schallschutzes nicht allzu günstig sind. Dem entgegen hat sich jedoch bei umfangreichen Untersuchungen an Porenbetonwänden gezeigt, dass sie sich um etwa 2-4 dB günstiger verhalten als gleichschwere Wände aus anderen Baumaterialien.

Dokumentiert ist dieses günstige schalltechnische Verhalten zur Zeit für verputztes Porenbetonmauerwerk durch die Fußnote der Tabelle 1 im Beiblatt 1 zur DIN 4109, Ausgabe November 1989, die besagt: Bei verputzten Wänden aus dampfgehärtetem Porenbeton mit einer Steinrohdichte < 0,8 kg/dm^3 bei einer flächenbezogenen Masse bis zu 250 kg/m^2 darf das bewertete Schalldämm-Maß um 2 dB höher angesetzt werden. Es kann davon ausgegangen werden, dass bewehrter Porenbeton ein gleiches schalltechnisches Verhalten aufweist.

Aufgrund seiner Oberflächenstruktur besitzt Porenbeton die Eigenschaft, auftreffende Schallwellen teilweise zu absorbieren. Die Ursache dafür sind Reibungsverluste, bei denen mechanische Energie in Wärmeenergie umgewandelt wird. Nach vorliegenden Messergebnissen besitzt der Schallabsorptionsgrad einer nichtbehandelten Porenbetonoberfläche bzw. einer Porenbetonoberfläche mit porösem Anstrich etwa fünf- bis zehnmal höhere Werte als eine absolut glatte oder schallharte Oberfläche.

Die Absorptionsfähigkeit ist zum Beispiel bei einer Industriehalle von ausschlaggebender Bedeutung für den resultierenden Innengeräuschpegel. Da automatisch mit der Absenkung des Innengeräuschpegels - gleiche Schalldämmwerte der Außenbauteile vorausgesetzt - auch die Immissionswerte abgemindert werden, können mit den leichten, aber massiven Porenbetonbauteilen im Industriebau Immissionsrichtwerte eingehalten werden, die im allgemeinen schweren Wandbaustoffen vorbehalten sind.

Durch das Aufbringen hinterlüfteter Bekleidungen wird das Schalldämm-Maß des Außenbauteils nochmals erheblich verbessert. Laufende Untersuchungen lassen die Tendenz eines möglichen Verbesserungsmaßes von max. 14 dB bei Aufbringen von vorgehängten hinterlüfteten Außenwandbekleidungen erwarten.

Tabelle 8.4-4:
Schalldämm-Maße R'_w in [dB] nach DIN 4109 für bewehrte Wandplatten aus Porenbeton ohne Putz, Bekleidung oder sonstige Beläge

Plattendicke d [mm]	Schalldämm-Maß R'_w [dB] bei Rohdichteklasse [-]		
	0,5	0,6	0,7
150	34	36	38
175	36	38	40
200	38	39	41
225	39	41	43
250	40	42	44
300	42	44	46

Bild 17: Pohgrat, München; Planungsbüro Neumaier & Fragner

9. Normen und Zulassungen

Normen

DIN 1045 Beton und Stahlbeton; Bemessung und Ausführung

E DIN 1045 Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton; Teile 1 bis 3

DIN 1052 Holzbauwerke

DIN 1055 Lastannahmen für Bauten; Teile 1, 3, 4 und 5

DIN 1748 Strangpressprofile aus Aluminium

DIN 4102 Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen

DIN 4108 Wärmeschutz im Hochbau; Teile 1 bis 6 und Beiblätter

DIN 4109 Schallschutz im Hochbau

DIN 4113 Aluminiumkonstruktionen; Teil 1

DIN 4223 Bewehrte Dach- und Deckenplatten aus dampfgehärtetem Gas- und Schaumbeton

DIN 4223 Vorgefertigte bewehrte Bauteile aus dampfgehärtetem Porenbeton, Teile 1 bis 5 (neue Norm erscheint in Kürze)

DIN 18164 Schaumkunststoffe für das Bauwesen

DIN 18165 Faserdämmstoffe für das Bauwesen

DIN 18516 Außenwandbekleidungen, hinterlüftet, Teil 1

DIN 18517 Außenwandbekleidungen aus kleinformatigen Fassadenplatten; Teil 1

Zulassungen

Bewehrte YTONG-Wandplatten W aus dampfgehärtetem Porenbeton der Festigkeitsklasse 2,2 und der Rohdichteklassen 0,40 und 0,45;
Zulassungsnummer: Z-2.1-35

Bewehrte HEBEL-Wandplatten W aus dampfgehärtete m Portenbeton der Festigkeitsklasse 2,2 und der Rohdichteklassen 0,40 und 0,45;
Zulassungsnummer: Z-2.1-34

Bewehrte HEBEL-Wandplatten W aus dampfgehärtetem Porenbeton der Festigkeitsklassen 3,3 und 4,4;
Zulassungsnummer. Z-2.1-10.3

Bewehrte YTONG-Wandplatten W aus dampfgehärtetem Porenbeton der Festigkeitsklassen 3,3 und 4,4;
Zulassungsnummer: Z-2.1-10.2

10. Literatur

[1] Bundesverband Porenbetonindustrie e. V. (Hrsg.):
Weber, Helmut:
Das Porenbeton Handbuch (5. Auflage)
Wiesbaden, 2002

[2] Bundesverband Porenbetonindustrie e. V. (Hrsg.):
Kordina, K.; Meyer-Ottens, C.:
Brandverhalten von Porenbetonbauteilen
Erläuterungen zu DIN 4102. Teil 4 (Bericht 4)
Wiesbaden, 1997

[3] Bundesverband Porenbetonindustrie e. V. (Hrsg.).
Bewehrte Wandplatten - Fugenausbildung (Bericht 6)
Wiesbaden, 1997

[4] Bundesverband Porenbetonindustrie e. V. (Hrsg.):
Künzel, H.:
Porenbeton - Wärme- und Feuchteschutz (Bericht 11)
Wiesbaden, 1997

[5] Bundesverband Porenbetonindustrie e. V. (Hrsg.):
Fugendichtstoffe auf Dispersionsbasis für Porenbetonbauteile (Bericht 12)
Wiesbaden, 1991

[B] Bundesverband Porenbeton Industrie e. V. (Hrsg.):
Gösele. K.:
Schallschutz (Bericht 13)
Wiesbaden, 1999

[7] Bundesverband Porenbetonindustrie e. V. (Hrsg.):
Einbau von Feuerschutztüren und -loren (Bericht 17}
2. Auflage
Wiesbaden 2001

[8] Bundesverband Porenbetonindustrie e. V. (Hrsg.):
Befestigungsmittel (Bericht 18)
Wiesbaden, 1998

[9] FELSWERKE/HEBEL PORENBETON (Hrsg.):
Hebel Porenbeton-Handbuch. 9. Auflage
Goslar, 2001

[10] YTONG AG (Hrsg.)
Planungsunterlagen Wirtschaftsbau
München. 1999