

Zur Standsicherheit vorgehängter Fassadenelemente

Dr. Norbert Rehle

Zur Tagung Fassade16

Opake Fassadenflächen – Konstruktion, Bauphysik, Abwicklung

Tagung am Donnerstag

25. Februar 2016

Inhalt

1	Zur Standsicherheit vorgehängter Fassadenelemente	4
1.1	Beschreibung	4
1.2	Fassadenarten	5
1.3	Lastannahmen - Belastungen	8
1.4	Fassadenbefestigungen.....	9
1.5	Ausblick.....	11
1.6	Literatur.....	11
2	Vortragende / Autoren	12
3	Impressum	13

1 Zur Standsicherheit vorgehängter Fassadenelemente

Dr. Norbert Rehle, Rehle Ingenieure GmbH

1.1 Beschreibung

Gebäude schützen die Menschen gegen Witterungseinflüsse, Einblicke und Geräusche. Die Gebäudehülle bildet die Schnittstelle zwischen dem rauen Außen und dem privaten Inneren. Daneben beeinflusst sie maßgeblich die Erscheinung des Bauwerks und der Räume. Die Anforderungen an die Gebäudehülle sind also vielfältig. Sie ist im Detail zuständig für Aussicht, Belichtung, Belüftung sowie thermisches und akustisches Wohlbefinden der Nutzer. Vereinzelt ist sie Bestandteil der Haustechnik und Element des Gebäudetragwerks. Immer beeinflusst sie die Außendarstellung des Gebäudes.

So mannigfaltig das Leistungsspektrum der Gebäudehülle ist, so ideenreich gestaltet sich auch ihre Ausführung. Ein wesentliches Element der Gebäudehülle ist die Fassade. In der Architekturgeschichte wird die Hauptansichtsseite oder Schauseite eines Gebäudes als Fassade beschrieben. Seit etwa einem Jahrhundert bezeichnet der Begriff Fassade auch das grundsätzliche Prinzip der Gebäudehülle, wie Ansicht, Funktion und Konstruktion. Aus tragwerksplanerischer Sicht lässt sich eine Fassade als lastabtragend oder nicht tragend einstufen. Meist ist die Fassade statisch nichttragend. Sie trägt jedoch immer die auf sie einwirkenden Witterungslasten ab. Eine Fassade wird heute zur Erfüllung ihrer Anforderungen mehrschichtig oder mehrschalig aufgebaut. Sie kann verputzt, als Stahl-, Holz-, Kunststoff- oder Aluminium-Glaskonstruktion, oder als Massivkonstruktion ausgebildet werden.



Abb. 1: links Natursteinmauerwerk und rechts vorgemauerte Fassade

Vorgehängte Fassaden werden in hinterlüftete Kaltfassaden und nicht hinterlüftete Warmfassaden unterschieden. Das Gewicht einer vorgehängten Fassade ist, besonders wenn sie in Massivbauweise hergestellt wird, nicht unerheblich für die Rohbaukonstruktion. Auch die Befestigungselemente der Fassade an die Rohbaukonstruktion sind hohen Belastungen ausgesetzt und meist nach erfolgter Montage nicht mehr einsehbar und damit auch nicht kontrollier- und wartbar. Deshalb sind qualitativ hochwertige Befestigungselemente zu bevorzugen. Die Hersteller bieten unterschiedliche Befestigungssysteme zur Verankerung von Fassaden am Rohbau an. Die Systeme sind auf die verwendeten Fassaden- und Rohbaumaterialien abzustimmen.

Dieser Vortrag möchte Befestigungen von Fassadenelementen zeigen und auf Abhängigkeiten hinweisen. Die singuläre Betrachtung nur des Fassadenelements ist bei der Planung schwerer, vorgehängter Fassaden nicht ausreichend. Der Rohbau hat für die Belastung aus der Fassade ausgelegt zu sein. Die Befestigung der Fassadenbauteile erfordert schon während der Planung des Gebäudes Aufmerksam-

keit. Die konstruktive Ausbildung der Befestigungsdetails nimmt einen wesentlichen Anteil an den Gesamtkosten der Fassade ein.

1.2 Fassadenarten

In einer Stadt findet man auf engem Raum viele unterschiedliche Fassadenvarianten. In klassischer Bauweise werden massive Wandkonstruktionen aus Natur- oder Kunststein sowie Holzwerkstoffen eingesetzt. Unsere historischen Bauwerke sind aus Stein oder Holz gefügt. Ihr Konstruktionsprinzip und die verwendeten Baustoffe bilden sich manchmal direkt auf der Fassade ab. Bis zum Beginn des 20. Jahrhunderts dominierte Naturstein als tragendes Mauerwerk im Hochbau. Danach reduzierte sich der Einsatz von Naturstein im Bauwesen zu Gunsten der zunehmenden Verwendung von Stahl- und Stahlbeton sowie Kunststein.

Massive Wände dienen meist, neben dem Schutz gegen Witterungseinflüssen, dem Abtrag der Gebäudelasten aus Dächern, Decken und Wänden. Moderne massive Wandkonstruktionen werden aus tragenden und wärmedämmenden Bauprodukten hergestellt oder mit Wärmedämmsystemen versehen. Diese können in Form einer Warmfassade, als wärmende Schicht direkt auf der Konstruktionsebene, oder in Form einer Kaltfassade, mit hinterlüftetem Hohlraum zwischen der Wetterschutzschicht und der Wärmedämmung, ausgebildet werden.

Kommerzielle und industrielle Gebäude werden meist als Skelettkonstruktionen aus Stahl- oder Stahlbeton erstellt. Die Tragwerke dieser Gebäude sind von der Fassade unabhängig. Sie benötigen für die Abtragung der Gebäudelasten lediglich Stützen und wenige Wände im Gebäudeinneren. Die Fassaden können aus tragwerksplanerischer Sicht maximal transparent und gestalterisch frei ausgeführt werden. Sie erhalten ein eigenständiges Tragwerk zur Sicherstellung ihrer Schutzfunktion gegen äußere und innere Einwirkungen und werden erst nach Fertigstellung des Rohbaus am Tragwerk des Gebäudes befestigt.



Abb. 2: Neubau Hochschulgebäude mit massiven Sichtbetonwänden

Als Massivkonstruktion wird Sichtbeton gerne eingesetzt. Bereits die Römer bauten mit Beton. Sie mischten vulkanischen Aschentuff, Kalkmörtel, Steinbrocken und Wasser. Nach dem römischen Imperium war Beton als Werkstoff jahrhundertlang vergessen, bis er Mitte des 19. Jahrhunderts wiederentdeckt wurde. Beton lässt sich in seiner Form und seinen technischen Eigenschaften den Erfordernissen jeder Bauaufgabe anpassen. Dank dieser Vielseitigkeit, gepaart mit den geringen Materialkosten, avancierte Beton zum meistverwendeten Baustoff des 20. Jahrhunderts.

Bauteile aus Stahlbeton sind allerdings von begrenzter Lebensdauer. Sie werden durch Zutritt von Luft, Wasser, Schadstoffen sowie durch mechanische Beanspruchung geschädigt. Oft werden entstandene

Schäden am Bewehrungsstahl erst durch die sichtbaren Korrosionsspuren an der Oberfläche der Bauteile wahrgenommen. Der Stahl korrodiert mit Sauerstoff unter Mitwirkung von Wasser. Unter den wechselnd feuchten Bedingungen im Außenbereich erfolgt die Korrosion zügig. Die Korrosionswahrscheinlichkeit verringert sich durch die Erhöhung der Betonqualität, der Betondeckung und durch die Minimierung von Rissen in den Stahlbetonbauteilen.

Der Baustoff Beton bietet vielfältige Möglichkeiten in Gestaltung, Form und Farbe. Der natürliche Grauton des Sichtbetons variiert je nach Auswahl des Zements, der Betonfestigkeit und des Wasserzementwertes. Farbiger Beton entsteht durch die Zugabe von Pigmenten. Fotobetone können durch die Übertragung von Bildinformationen auf die Betonoberfläche realisiert werden. Die fertige Betonoberfläche lässt sich nach dem Ausschalen durch Techniken wie Auswaschen, Sandstrahlen oder Flammstrahlen sowie durch Stocken, Spitzen, Scharrieren, Schleifen oder Polieren gezielt gestalten.

Echte Sichtbetonbauwerke (siehe Abb. 2) werden aus lastabtragenden Sichtbetonbauteilen erstellt. Die im Allgemeinen unverzichtbare Wärmedämmung wird an der Gebäudeinnenseite angebracht. Die Ausführung ist jedoch aufgrund unvermeidlicher Wärmebrücken an den Knotenpunkten, wie zum Beispiel der Übergang Wand – Decke, bauphysikalisch schwierig. Deshalb werden Sichtbetonfassaden gerne als kostengünstige Sandwichelemente aus Stahlbeton (siehe Abb. 3) oder als vorgehängte Platten (siehe Abb. 5) ausgebildet.

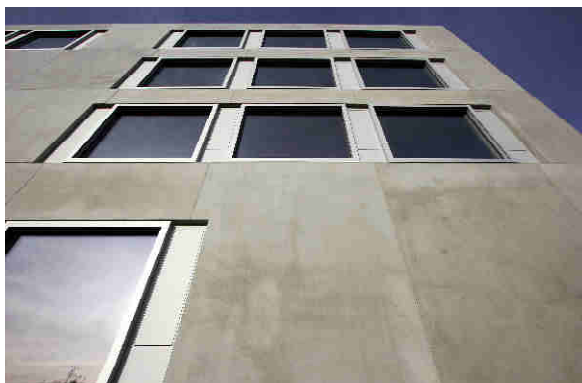


Abb. 3: Neubau Hochschulgebäude mit tragender Sandwichfassade aus Stahlbeton

Industriell vorgefertigte Stahlbetonbauteile erfüllen hohe Qualitätsanforderungen und sind vergleichsweise preiswert in der Herstellung und im Unterhalt. Stahlbetonsandwichelemente werden komplett im Fertigteilwerk hergestellt und als ein fertiges Bauteil mit werkseitig eingebauter Wärmedämmung zur Baustelle geliefert. In der Regel bestehen Sandwichelemente aus folgenden drei Schichten: Stahlbetontragschicht, Wärmedämmschicht und bewehrte Betonvorsatzschicht. Ihre Herstellung ist besonders wirtschaftlich. Deshalb werden sie gerne im Industriebau eingesetzt. Die Herstellung der Sandwichelemente erfolgt in der Regel liegend, mit der Außenseite an der Schalhaut. Dabei wird zuerst die bewehrte Vorsatzschicht mit den eingebauten Verbindungsmitteln betoniert. Anschließend wird die Dämmschicht aufgelegt und die Tragschicht aus Stahlbeton ergänzt. Zur Minimierung des Zwangs zwischen den Schalen werden die Verbindungsmittel statisch optimiert. Man unterscheidet Trag- und Halteanker. Die Traganker übertragen das Eigengewicht, die Halteanker die Einwirkungen aus Wind, Temperatur sowie Erdbeben der Vorsatzschicht auf die Tragschicht.

Großformatige, vorgehängte Fassadenplatten werden als einschichtige Elemente aus Stahlbeton industriell gefertigt. Auf der Baustelle werden sie in der Regel mit zwei Tragankern und Abstandsschrauben statisch bestimmt an der Tragkonstruktion befestigt. Eine Justierung der Elemente erfolgt durch Gewindeschrauben in den Zugankern. Vor Montage der Fassadenplatten wird die Wärmedämmschicht

an der Tragschicht befestigt. Zwischen der Wärmedämmschicht und den Fassadenplatten wird ein Abstand vorgesehen.

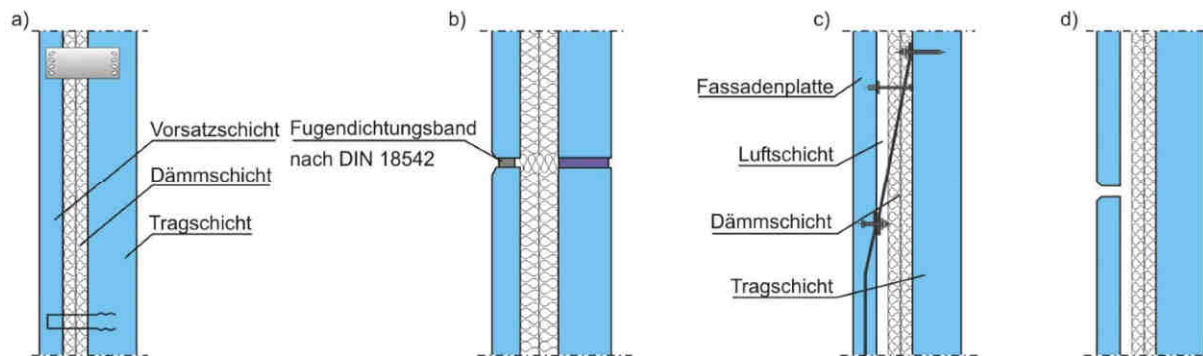


Abb. 4: Ausbildung Sandwichelemente (a+b) und vorgehängte Fassadenplatten (c+d) nach FDB Merkblatt Nr. 3

Vorgehängte Fassadenplatten bieten aufgrund der weitgehenden Unabhängigkeit vom Gebäudeträgerwerk ein hohes Maß an Gestaltungsfreiraum. Die Elementabmessungen orientieren sich weniger an den Gebäudeabmessungen, als an Herstellungs-, Transport-, Hebe- und Montagebedingungen.

Für kleinformatige Fassadenplatten kommt gerne Naturstein zum Einsatz. Unsere Wertschätzung für Naturstein beruht neben seiner Beständigkeit auf seiner reichen Vielfalt an Farben und Strukturen, die bisher von Kunstmaterial nicht erreicht wird. Auch in seiner Energiebilanz hat Naturstein gegenüber Kunststein einen deutlichen Vorteil, da er mit weniger Energieeinsatz gewonnen werden kann. Naturwerkstein wird vom Steinmetz, einem der ältesten handwerklichen Berufe, bearbeitet.



Abb. 5: Neubau einer Sporthalle mit vorgehängten Fassadenplatten aus Stahlbeton

Die heute im Bau verwendeten Naturwerksteine stammen aus Steinbrüchen in China, Indien, Südafrika, Brasilien, Italien und Spanien. Sie werden meist mittels Seilsägen und Schrämen als Blöcke gewonnen. Die Blöcke werden in steinverarbeitenden Betrieben von Gattersägen in zwei bis vier Zentimeter dicke Platten gesägt und deren Oberflächen in automatisierten Fertigungsstraßen bearbeitet. Die meist kleinformatigen, vorgehängten Fassadenplatten aus Naturstein oder Betonwerkstein werden in der Fuge mittels Ankerdornen an der Tragkonstruktion befestigt.

1.3 Lastannahmen - Belastungen

Fassaden sind unterschiedlichen Einwirkungen ausgesetzt:

- Fassadeneigengewicht, Wind, Sonne, Regen, Eis und Temperaturwechsel
- Thermosolarenergienutzung, Fotovoltaik, Wärmeschutz, Belichtung und Belüftung
- Distanz der Fassadenelemente vom Rohbau wegen Dämmstoffdicken oder Gestaltung

Die Fassade muss in der Lage sein, alle Einwirkungen aus Eigengewicht, Wind, Anprall, Eis, Erdbeben sowie aus Temperatureinflüssen schadensfrei aufzunehmen und über die Verbindungsmittel sicher in das Gebäudetragwerk abzuleiten. Vorgefertigte Fassadenelemente sind darüber hinaus für den Transport und die Montage zu bemessen.

Der Eurocode 1, Einwirkungen auf Tragwerke, bietet die für eine statische Berechnung erforderlichen Lastannahmen aus Eigengewicht, Wind, Schnee und Eis.

Für leichte Fassadenbauteile sind in erster Linie die Lastansätze aus Wind bemessungsrelevant. Die Größe der Windlasten hängt von der geographischen Lage eines Gebäudes, seiner Höhe und Geometrie sowie der Größe und geometrischen Anordnung des Fassadenelements am Gebäude ab. Besonders an den Gebäudeecken sind sehr große Windlasten zu erwarten. Eine komplexe Gebäudegeometrie ist durch den Eurocode 1 im Allgemeinen nicht mehr erfasst. Windkanalgutachten liefern konkrete Lastansätze für nichtgeregelte Gebäudegeometrien.

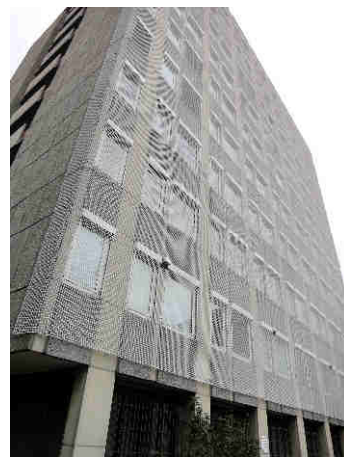


Abb. 6: links Verankerung vorgehängter Waschbetonplatten, rechts Bestandsgebäude mit Absturzsicherung

Fassadenbauteile aus Stahlbeton benötigen aufgrund ihres hohen Eigengewichts stabile Befestigungselemente. Die Einwirkungen aus Wind sind den Eigengewichtslasten zu überlagern. In Erdbebengebieten können die anzusetzenden Einwirkungen aus Erdbeben die Windlasten übertreffen. In Scheibenebene sind die Erdbebenlasten in horizontaler Richtung maßgebend. Der Eurocode 8, Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben, gilt für Entwurf, Bemessung und Konstruktion von Bauwerken des Hoch- und Ingenieurbaus in Erdbebengebieten. Er liefert Angaben zu Lastansätzen und Berechnungsverfahren.

Fassaden sind großen Temperaturschwankungen ausgesetzt. Gleichmäßige Temperaturveränderungen über die gesamte Bauteildicke führen zu Längenveränderungen von Fassadenelementen. Temperaturunterschiede an der Fassadenvorder- und rückseite bewirken Verkrümmungen. Ein Fassadenelement verformt sich in Richtung der wärmeren Seite, sofern es senkrecht zur Elementebene zwängungsfrei

gelagert ist. Andernfalls wird die Verkrümmung mittels Zwang verhindert. Dafür sind die Fassadenanker zu bemessen.

Fassadenelemente aus Stahlbeton werden durch Zutritt von Luft, Wasser, Schadstoffen sowie durch mechanische Beanspruchung geschädigt. Die Bewehrung im Stahlbeton ist zu Beginn durch die hohe Alkalität des ungestörten Betons vor Korrosion geschützt. Kohlensäure aus der Luft bewirkt im Laufe der Zeit im Beton eine Umwandlung von Calciumhydroxid zu Calciumcarbonat. Dabei sinkt der pH-Wert des Betons ab. Bei zu geringer Betonüberdeckung kann die Bewehrung korrodieren, das Volumen der Bewehrung vergrößert sich und die Betondeckung wird weggesprengt.

Fassadenelemente an mit Tausalz gestreuten Verkehrswegen sind besonders hohen Belastungen ausgesetzt. Mit dem Tausalz gelangen Chloride in den Beton. Der Chloridtransport erfolgt über das im Beton gespeicherte Porenwasser in Form von Diffusion. Je größer der Wassergehalt des Betons ist, desto schneller dringen die Chloridionen in den Beton ein und können Korrosion an der Bewehrung auslösen. Die elektrolytische Leitfähigkeit des Betons hängt von seinem Wassergehalt ab. Unter den wechselnd feuchten Bedingungen im Außenbereich erfolgt die Korrosion zügig. Je höher die Betonqualität und die Betondeckung sind und je weniger Risse das Stahlbetonbauteil hat, desto länger bleibt das Bauteil intakt.

1.4 Fassadenbefestigungen

Das Gewicht einer vorgehängten Fassade stellt, besonders bei Massivbauteilen, einen ernst zu nehmenden Anteil an der Auslegung der Rohbaukonstruktion dar. Die Befestigungselemente sind hohen Belastungen ausgesetzt und meist nach erfolgter Montage nicht mehr einseh-, prüf- oder wartbar. Deshalb ist die Befestigung einer Fassade gründlich zu planen. Die Hersteller bieten ein breites Programm unterschiedlicher Befestigungssysteme an, die auf die verwendeten Fassaden- und Rohbauelemente abgestimmt werden können.

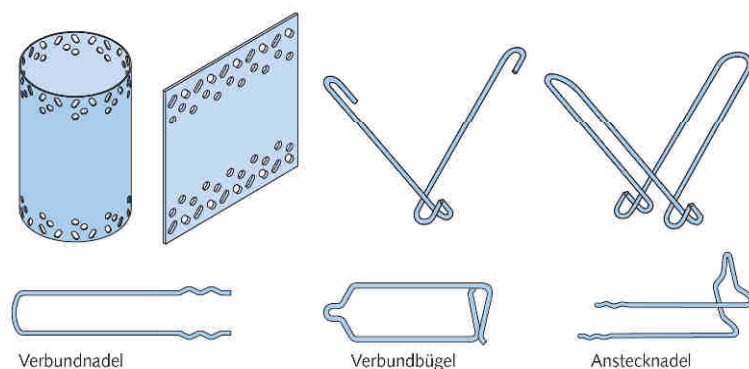


Abb. 7: Halfenker für Stahlbetonsandwichelemente: Traganker oben und Halteanker unten

Stahlbetonsandwichelemente werden in der Regel aus den drei Schichten Stahlbetontragschicht, Wärmedämmschicht und bewehrte Betonvorsatzschicht gebildet. Die Eigengewichtslasten der Vorsatzschicht eines Sandwichelements werden über statisch bestimmt angeordnete Traganker zur Tragschicht übertragen. Die Traganker sind so auszulegen, dass sie das Eigengewicht der Vorsatzschicht über die nichttragende Wärmedämmung hinweg transportieren können. Ferner müssen die Traganker Ausmitten, Erdbebenlasten und eventuelle Elementverdrehungen bei der Montage aufnehmen können. Häufig werden zwei Traganker in vertikaler und einer in horizontaler Richtung angeordnet.

Halteanker nehmen die senkrecht zur Plattenebene wirkenden Horizontallasten, wie Wind, die Verwölbung der Schichten aufgrund von Schwinden, Temperaturveränderungen oder Schalungshaftung auf.

Sie werden in geringen Abständen angeordnet. Die Herstellung der Sandwichelemente erfolgt im Allgemeinen liegend, mit der Außenseite an der Schalung. Dabei wird zuerst die bewehrte Vorsatzschicht mit den eingebauten Trag- und Halteankern betoniert. Anschließend wird die Dämmschicht aufgelegt und die Tragschicht aus Stahlbeton ergänzt.

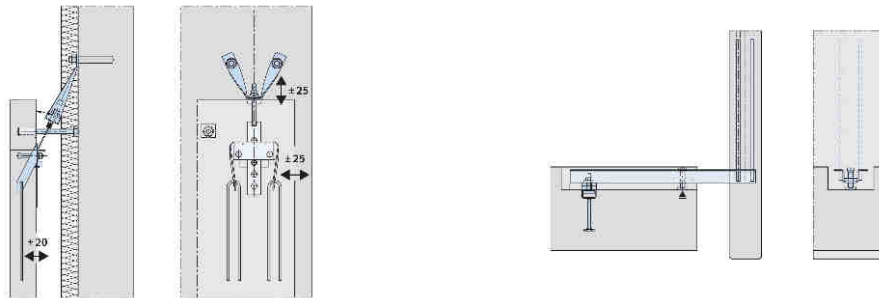


Abb. 8: Halben Anker für großformatige Fassadenplatten: links Fassadenplattenanker, rechts Brüstungsanker

Für die Befestigung großformatiger vorgehängter Fassadenplatten am Gebäudeträgerwerk werden unterschiedliche Befestigungssysteme angeboten. Allgemein werden dafür zwei Fassadenplattenanker als Traganker für die Vertikallasten, sowie vier Horizontalanker, je zwei Druckschrauben oben und unten, zur Sicherstellung des Wandabstands verwendet. Bei übereinander hängenden Fassadenplatten werden die unteren Druckschrauben gerne durch Verstiftungen zwischen den Fassadenplatten ersetzt. Bei großen Windsoglasten können zusätzliche Sogsicherungen eingebaut werden.

Natursteinfassaden werden meist als vorgehängte, hinterlüftete Fassaden ausgeführt. Zur Befestigung der Natursteinplatten am Rohbau sind sehr unterschiedliche Systeme verfügbar. Die klassische und kostengünstige Verankerung erfolgt durch Einmörtelanker. Zur Befestigung eines Ankers wird im Rohbau ein Loch von ca. 5 cm Durchmesser benötigt. Die Justierung des Ankers erfolgt über seinen Spielraum im mit frischem Zementmörtel gefüllten Bohrloch. Die Fugen zwischen den Natursteinplatten werden mit Keilen so lange offen gehalten, bis der Zementmörtel ausgehärtet ist und seine Tragfähigkeit erreicht hat.

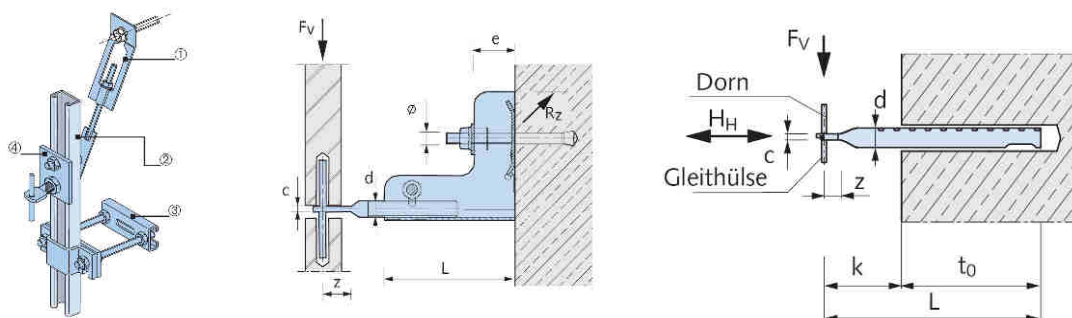


Abb. 9: Halben Anker für Natursteinplatten: links Ankerschienen, mitte Body Anker, rechts Einmörtelanker

Ankerschienensysteme stellen eine moderne Form der Befestigung von Natursteinplatten dar. Die Ankerschienen werden in der Regel senkrecht angebracht. Die Schienen können steif ausgebildet werden, so dass nur wenige Befestigungspunkte in großen Abständen erforderlich werden. Mit Schienen können nicht tragfähige Untergründe oder ganze Stockwerke überbrückt werden. Der Abstand der Natursteinplatten zum Rohbau kann, je nach Ausbildung der Schiene und deren Befestigung am Rohbau, sehr groß gewählt werden. Die Eingriffe in das Gebäudeträgerwerk sind aufgrund gedübelter Befestigung der Schienen geringer als bei Einmörtelankern. Sind die Schienen angebracht, erfolgt die Montage der Natursteinplatten sehr zügig.

1.5 Ausblick

Die klassische Bauweise stützt sich auf massive Wandkonstruktionen aus Natur- oder Kunststein sowie Holzwerkstoffen. Bis zum Beginn des 20. Jahrhunderts dominierte Naturstein als sichtbares Mauerwerk im Hochbau. Danach reduzierte sich der Einsatz von Naturstein im Bauwesen aufgrund des wirtschaftlichen Einsatzes von Stahl- und Stahlbeton sowie Kunststein.

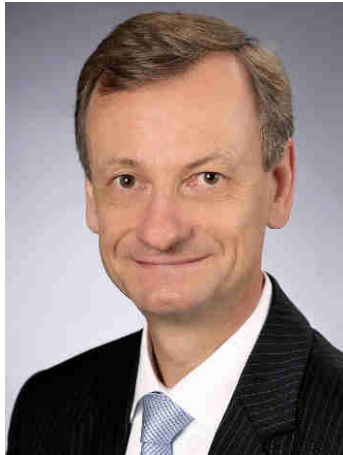
Kommerzielle und industrielle Gebäude werden heute meist als Skelettkonstruktionen aus Stahl- oder Stahlbeton erstellt. Die Tragwerke dieser Gebäude benötigen keine tragenden Wände und sind von der Fassade unabhängig. Bei der Gestaltung der Fassade besteht großer Freiraum. Eine Fassade kann maximal transparent und gestalterisch frei ausgeführt und an das Gebäudetragwerk gefügt werden. Der Markt bietet dafür eine reiche Auswahl unterschiedlicher Systeme an. Die konkrete Ausbildung der Fassaden- und Befestigungsdetails löst einen erheblichen Anteil an den Kosten einer Fassade aus.

Die Befestigung schwerer Fassadenelemente transportiert große Eigengewichtslasten in das Gebäudetragwerk. Dafür sind die Befestigungselemente und das Gebäudetragwerk ausreichend zu bemessen. Die singuläre Betrachtung nur des Fassadenelements ist bei der Planung schwerer, vorgehängter Fassaden nicht ausreichend. Nach erfolgter Montage sind die Befestigungselemente meist nicht mehr einsehbar. Es wäre wünschenswert, eine stichprobenweise Inspektionsmöglichkeit der Fassade vorzusehen.

1.6 Literatur

- [1] FDB-Merkblatt Nr. 3 „zur Planung vorgehängter Stahlbetonfassaden“ (2013).
- [2] FDB-Merkblatt Nr. 4 „über die Befestigung vorgehängter Betonfassaden“ (2011).
- [3] Geffert G.: „Verankerung großformatiger Betonfertigteilfeassaden“. Pressebericht HALFEN (2011).
- [4] Herzog T., Krippner R., Lang W.: „Fassaden Atlas“. Birkhäuser Verlag GmbH, Basel (2004).
- [5] Neusel A.: „Einführung in die Tragwerkslehre“, Institut für Tragkonstruktionen, Universität Stuttgart (1970).
- [6] Knaack U., Klein T., Bilow M., Auer T.: „Fassaden, Prinzipien der Konstruktion“. Birkhäuser Verlag GmbH, Basel (2014).
- [7] Rehle N.: „Möglichkeiten durch räumliche Berechnung von Tragwerken“. Tagungsband Fassade 12 (2012).
- [8] Sobek W., Rehle N.: „Beispiele für verglaste Vertikalseiffassaden“. Stahlbau 73, Heft 4 (2004).
- [9] Sobek W., Sundermann W., Rehle N., Reinke H.-G.: „Tragwerke für transparente Hochhäuser“, Bauingenieur 76, S. 326-335 (2001).
- [10] Steinle A., Bachmann H., Tillmann M.: „Bauen mit Betonfertigteilen im Hochbau“, BetonKalender, S. 237-467 (2016).

2 Vortragende / Autoren



Dr.-Ing. Norbert Rehle

Rehle Ingenieure GmbH
Reinsburgstraße 97
70197 Stuttgart
Tel.: +49 (0) 711 / 93 30 90-10
Fax: +49 (0) 711 / 93 30 90-20
Mail: norbert.rehle@rehle-ing.de

- Studium an der Universität Stuttgart, einjähriges Auslandstudium an der University of Calgary, Kanada.
- Dissertation bei Prof. E. Ramm am Institut für Baustatik der Universität Stuttgart.
- Vierjährige Tätigkeit im Ingenieurbüro Dr.-Ing. Klaus Tompert GmbH als Projektleiter.
- Siebenjährige Tätigkeit im Ingenieurbüro Werner Sobek Ingenieure, zuletzt als Büroleiter.
- Vierjährige Tätigkeit im Ingenieurbüro CBP Tragwerksplanung GmbH als Mitglied der Geschäftsleitung.
- Seit Oktober 2010 Beratender Ingenieur, Prüflingenieur für Bautechnik, Inhaber der Rehle Ingenieure GmbH.

Unter einer Vielzahl von Projekten aus dem Wohn-, Büro-, Hochschul- und Industriebau belegen die Projekte

- Konzernzentrale BAYER AG, Leverkusen,
- Studentenwohnheim IIT, Chicago
- Highlight Tower, München
- Porschemuseum, Stuttgart,
- Einkaufszentrum Loop 5, Weiterstadt

für den Autor eine besondere Schlüsselstellung.

3 Impressum

Hochschule Augsburg
Fakultät Architektur und Bauwesen
Institut für Bau und Immobilie
Prof. Dr. Elisabeth Krön
Prof. Manfred Schnell
Prof. Dr. Armin Schwab
Tel.: 0821/ 55 86 - 3148
Fax: 0821/ 55 86 - 3149
fachingenieur-fassade@hs-augsburg.de

Institut für Bau und Immobilie
Büros und Seminarräume:
Brunnenlechgässchen 1 (EG)
86161 Augsburg

Postadresse:
An der Hochschule 1
86161 Augsburg

www.hs-augsburg.de/ibi

ISSN 2191-6608 (Tagungsband Fassade)