Photovoltaik in Keramikfassade

Abschlussbericht über ein Entwicklungsprojekt

gefördert unter dem Az: 35369/01-25 von der
Deutschen Bundesstiftung Umwelt

von

Prof. Thomas Herzog
THOMAS HERZOG ARCHITEKTEN
mit Möding Keramikfassaden GmbH

München, Juni 2021

Photovoltaik in Keramikfassade
Abschlussbericht

Photovoltaik in Keramikfassade

Abschlussbericht über ein Entwicklungsprojekt

gefördert unter dem Az: 35369/01-25 von der
Deutschen Bundesstiftung Umwelt

von

Prof. Thomas Herzog
THOMAS HERZOG ARCHITEKTEN
mit Möding Keramikfassaden GmbH

München, Juni 2021

Moeding Keramikfassaden GmbH

Ludwig-Girnghuber-Straße 1
84163 Marklkofen

Fon 0049 87 32 24 60 0
Fax 0049 87 32 24 66 9

info@moeding.de
www.moeding.de

Thomas Herzog Architekten

Imhofstraße 3a
80805 München

Fon 0049 89 360 57 0
Fax 0049 89 360 57 139

info@thomasherzogarchitekten.de
www.thomasherzogarchitekten.de

06/02

Projektkennblatt
der
Deutschen Bundesstiftung Umwelt

DBU

Az **35369/01-25**	Referat **34**	Fördersumme	**121.705 €**

Antragstitel	**Photovoltaik in Keramikfassade**
Stichworte	Sonnenenergie, Photovoltaik, Fassade

Laufzeit	Projektbeginn	Projektende	Projektphase(n)
18 Monate	**02.09.2019**	**31.05.2021**	**1**
Zwischenberichte			

Bewilligungsempfänger	Thomas Herzog Architekten Imhofstraße 3a 80805 München	Tel 089 360 570 Fax 089 360 571 30 Projektleitung Prof. Thomas Herzog Bearbeiter V. Herzog-Loibl
Kooperationspartner	Moeding Keramikfassaden GmbH	

Zielsetzung und Anlaß des Vorhabens

Stromerzeugung auf der Gebäudehülle
Das Tonziegel- Fassadensystem, das sich für nahezu jede Art von geschlossener Außenwandoberfläche eignet, soll künftig neben seiner Wetterschutz- und Wärmedämmfunktion zusätzlich als Gewinnfläche für Umweltenergie, speziell Solarenergie, eingesetzt werden können. Die PV-Aktivtechnik wird so Bestandteil des in sich stimmigen „Fassadenbaukastens“. Es sollen zwei grundverschiedene Außenwandsysteme (S. 3) kombinierbar werden, die beide auf ganz unterschiedliche Weise zur Einsparung von fossiler Energie im Hochbau dienen - das eine mit aktiver, das andere mit passiver Wirkung. Sie sind „nicht tragend“, weitestgehend vorgefertigt, und vor geschlossenen (also nicht transparenten!) Wandflächen zu installieren. So kann die Außenwandfläche in doppelter Weise genutzt werden. Es ergeben sich baukonstruktive, energetische, gestalterische und Kostenvorteile.

Darstellung der Arbeitsschritte und der angewandten Methoden

In Form von grafischen Darstellungen sowie Montagen von Musterfassaden werden verschiedene Lösungsansätze und technische Einzelheiten untersucht:

Photovoltaik - Module

- Schichtenaufbau - Alternativen (tragende Platten mir rückseitiger Dämmung, Glas-Glasflächen, Glas-Folienflächen
- Unterschiedlich große Wafer und Anordnungsmuster
- Standardabmessungen, Mindest- und Maximaldimension, Längen, Breiten
- Bevorzugte Standardmaße. Maßschritte in der Höhe, Breite, Randabstände seitlich
- Erkennbare Tendenzen bei: Ausführung monokristallin, polykristallin, amorph, Dünnschicht auf Glasscheiben, Farben, Gräpel-Zellen, organische Solarzellen (ASI-Glas)

Es konnte bisher (Lieferschwierigkeiten) noch keine Optimierung der Integration von transparenten PV Elementen vorgenommen werden.

Ergebnisse und Diskussion

Vorteile der Neuentwicklung:

• Möglichkeit der Integration von PV-Flächen in Keramikfassaden aus großformatigen Elementen,

• keine zwangsläufige Kopplung an die maßlichen Bedingungen üblicher PV-Standard-Modulgrößen,

• feinstufige, sich auf die Gegebenheiten der in unzähligen Varianten bestehenden oder entstehenden Gebäudefassaden beziehenden Anpassungsmöglichkeit in den Abmessungen und Proportionen,

• Integrierbarkeit zweier flächiger Fassadensysteme, die bisher in ihrer Unterschiedlichkeit nicht auf sinnvolle und nachhaltige Weise technisch, funktional und ästhetisch kombinierbar sind,

Die Gebäudefassade als Ganzes „zerfällt“ nicht in zwei völlig unterschiedliche Bereiche, sondern bietet die Möglichkeit auf die gestalterischen Merkmale der baulichen Umgebung differenziert zu reagieren und damit die Akzeptanz bei Bauherren, Architekten, Genehmigungsbehörden und Öffentlichkeit ganz wesentlich zu erhöhen, was vorrangige Zielsetzung im Blick auf Energieeinsparung und Klimaschutz sein muss.

Die gefundenen tauglichen Lösungsprinzipien auf der Musterfassade werden in einer Eigenart und Einsetzbarkeit diskutiert und je nach Besonderheit getestet bezüglich Fähigkeiten zur Aufnahme von Lasten (Gewicht, Äußere Kräfte) Montage etc.

Öffentlichkeitsarbeit und Präsentation

Fotos von Testfassaden und Montageversuchen
Es wird angestrebt eine Musterfassade auf der nächsten Messe „Bau“ in München vorzustellen.

Fazit

Die Kombination der beiden Fassadenarten (PV und Keramik) kann künftig als variantenreiches, kostengünstiges gemeinsames System geplant und realisiert werden. Es ist für nahezu jede Art von geschlossener Außenwandoberfläche geeignet und soll künftig neben seinen Wetterschutz- und Wärmedämmfunktionen auch zusätzlich als Gewinnfläche für Umweltenergie eingesetzt werden können.

Die PV-Aktivtechnik wird so Bestandteil des in sich stimmigen „Fassadenbaukastens“ der Ziegelfassade.

Bisher erreichte Datenwerte und Ergebnisse erlauben die Interpretation bezüglich des Baus von Prototypen und Verbesserungen in einer Vorserie und eine darauf folgende Erstanwendung. Eventuell nötige Zulassungen sind noch zu klären.

Inhalt

Einleitung 8
Hauptteil 10
Solarenergiegewinnung in der Fassade 10
Bauprodukte PV 11
Anordnung unterschiedlicher PV Zellen Größen 12
Geometrische Studien PV und Keramik 13
PV Formate 14
Longoton Regelformate 15
Ausgewählte Maße Longoton Regelformate 16
Anordnung der Unterkonstruktion 18
Überlagerung Keramik und Photovoltaik 20
Detailausschnitte mit alternativer Bestückung 22
Fassadenvariationen 24
Beschreibung Produktionsfirma Möding 28
Konstruktive Fassadendetails 31
Fassadenhalterungen der PV Elemente 32
Musterfassaden 34

Verzeichnis der Abbildungen und Fotos

Abbildungen von Thomas Herzog Architekten 9 - 27
Abbildungen Firma Möding 30-37

Zusammenfassung

Stromerzeugung auf der Gebäudehülle

Das System der hinterlüftete Keramikfassade wurde durch PV-Module ergänzt.

Gegenstand der Untersuchungen waren die

- Möglichkeiten der geometrischen und maßlichen Koordinierung von den Keramikplatten und den PV-Elementen

- konstruktive Verbindung der bestehenden Befestigungstechnik der Keramikfassaden mit der Addierung von PV-Elementen

Erzielte Ergebnisse :

A Das opake PV Element ist statt Ziegelplatten in die Fassade flächenbündig integriert mit dem gleichen Prinzip der Befestigung wie die Keramikplatten.

B Die Möglichkeit eines vorgehängten opaken PV-Moduls

C Option eines transparenten vorgehängten Glas-PV-Glas Elementes

Die verfolgten Lösungen war erfreulicherweise erfolgreich aufgrund der in den verschiedenen Varianten beschriebenen Eigenschaften, die das System der Ziegelfassade optimal ergänzen.

Zentrales Erfolgsergebnis ist, dass eine Lösungen entwickelt und bis zum 1:1 Modell dafür erarbeitet wurde, wie unter den sich aus der für die jetzt möglichen großformatigen Ziegelplatten in konstruktiver Übereinstimmung stehender Befestigungstechnik an der existenten Unterkonstruktion die Halterungen der PV-Paneele besonders die aus Glas/Glas möglich sind – den statischen und montagetechnischen Erfordernissen entsprechen.

Empfehlung für das weitere Vorgehen:

Die erfolgreichen Versuche der Verbindung „Halter Ziegelfassade mit Halter PV-Element“ müssen noch mehrfachen Langzeit-Tests unterzogen werden bis eine Fassadenrealisierung möglich ist.

Einleitung

Vor über 30 Jahren hatte Thomas Herzog mit Möding die Ziegelfassade entwickelt.

Möding hat in den letzten Jahrzehnten das System stetig verbessert, und kostengünstig optimiert.

In neuen Produktionshallen konnten Fassadenplatten in sehr großen Formaten produziert werden. Es entstanden weitere Varianten auch in der tragenden Unterkonstruktion.

Durch diese Großformate entstand die Idee Fotovoltaik- Elemente zu integrieren

Stromerzeugung auf der Gebäudehülle:

Die Erforschung eines einheitlichen Systems der Gebäude- “bekleidung“, das es ermöglicht, auf ein und derselben Außenwand PV und Ziegelfassade zu mischen.

Dies ermöglicht es im städtischen Kontext auf architektonisch ansprechende Weise, nur den besonnten Teil der Fassade (aufgrund der wechselseitigen Verschattung der Gebäude im Winterhalbjahr zumeist die oberen Stockwerke) mit PV auszustatten. Die solare Nutzung der Fassaden der oberen Geschosse gewinnt in Folge der Verdichtung der Städte zunehmend an Bedeutung.

Die bei der Verwendung großformatiger Alphaton-Platten systemimmanente Technik aus Wärmedämmung, Aluminium- Unterkonstruktion und Plattenbehang dient als Trägerfläche. Hierfür wurde eine ganze Reihe von Variablen erfasst, analysiert und vielfach bezüglich Konstruktion, Werkstoffen, Durchführung bei der Produktion, Transport, Montage, Komponentenaustausch wegen technischer Neuerungen u.v.a. auf ihre Eignung zur Integration hin untersucht.

Die Herausforderung bestand darin, die gut funktionierende Ziegelfassaden-Unterkonstruktion mit einer Halterung für die PV Elemente zu verbinden

Neben sehr vielen Ideen wurde eine Marktrecherche bei Systemen vorgehängter Glasfassaden durchgeführt, um die dort gemachten Erfahrungen für eine neue PV-Fassade in Kombination mit der Ziegel-

fassade zu nutzen

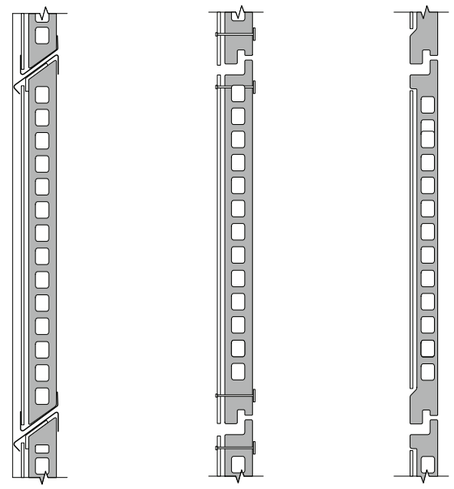
Die daraus entstehenden experimentell untersuchten Möglichkeiten wurden bei 3 verschieden Varianten in einem Musterfassaden Aufbau getestet.

1. Integration in die Ziegelfassade durch Ersatz mit einem PV- Modul

2. Aufbringen eines opaken PV-Moduls vor die Ziegelfassade mit Verbindung zu Ziegelfassaden-Unterkonstruktion

3. transparente Glas-Glas Module mit dazwischen integrierten PV Zellen

aufgehängt vor die Ziegelfassade, verbunden mit deren Unterkonstruktion.

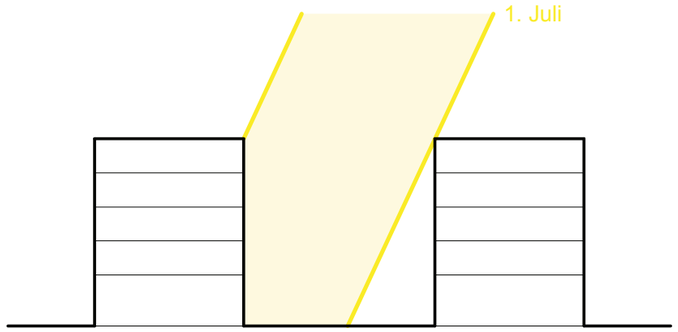


Variante 1
Module über Metallbänder eingehängt

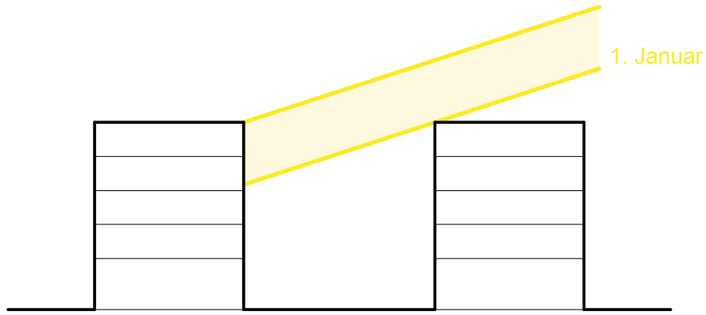
Variante 2
Module fixiert über punktuelle Halter

Variante 3
Module als „Intarsie“ eingelegt

Hauptteil



Sommer



Winter

Solarenergiegewinnung in der Fassade

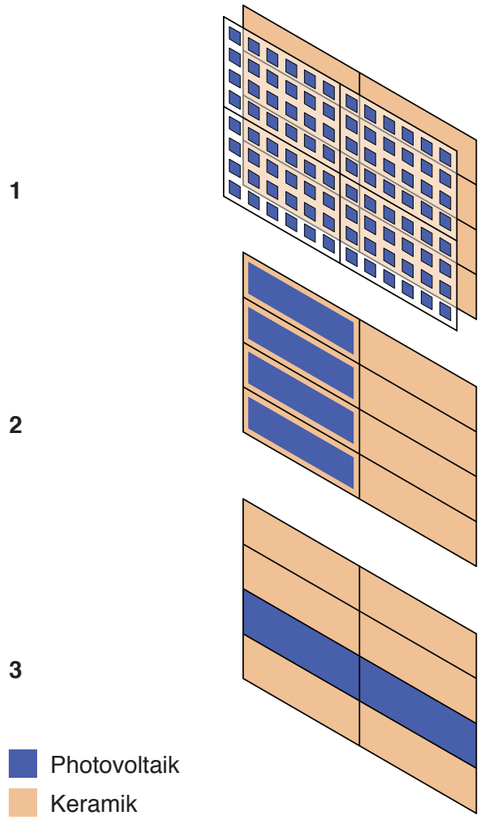
zwei nach Süden ausgerichtete fünfgeschossige Zeilen
Abstandsflächen mit 0,5*H

Wie die Diagramme zeigen, beschränkt sich die Anwendung der in die Fassade integrierten Photovoltaik im städtischen Kontext weitestgehend auf die oberen Geschosse. In den unteren Geschossen wird die Stromerzeugung insbesondere in den Wintermonaten November bis Februar, in denen der gewonnene Strom zum Heizen und zur Warmwassererzeugung verwendet werden könnte, durch die Verschattung von der gegenüberliegenden Bebauung stark eingeschränkt.

Bauprodukte PV

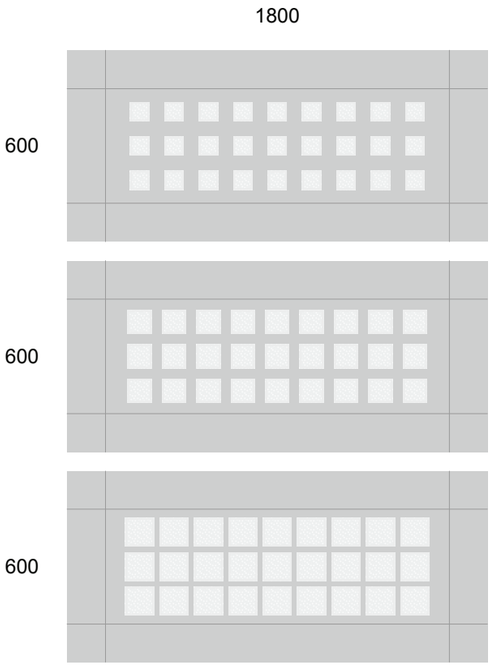
Ausgehend von den verschiedenen Möglichkeiten den Rohstoff Silizium zu verabeiten (Formgebungsverfahren), ihn somit nutzbar zu machen und den korrespondierenden Trägermaterialen, um das entstehende Bauteil transportieren und einbauen zu können bzw. um die photovoltaische Zelle vor Umwelteinflüssen zu schützen und damit für einen gewissen Zeitraum zu konservieren, als auch in Abhängigkeit von dem zugrunde gelegten Fassadensystem und seinen Eigenschaften, lassen sich drei wesentliche Kategorien benennen:

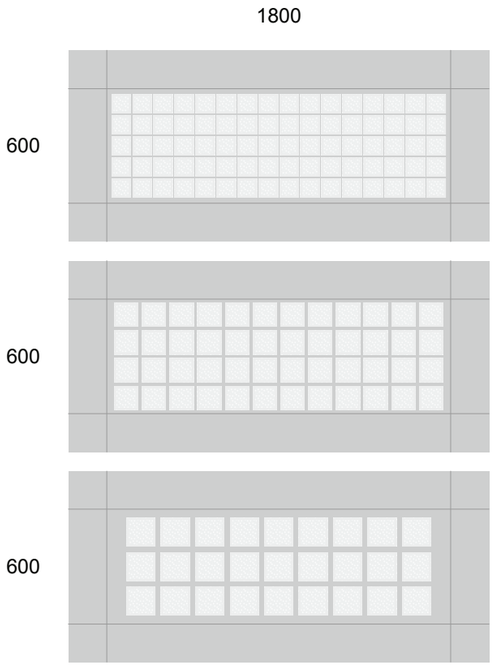
Schematische
Darstellung
der Kategorien



Anordnung PV-Zellen

Gleichbleibendes Plattenformat - Unterschiedlich Zellengröße





Gleichbleibende Anzahl

Photovoltaikfläche: 0,27 qm
0,42 qm
0,60 qm

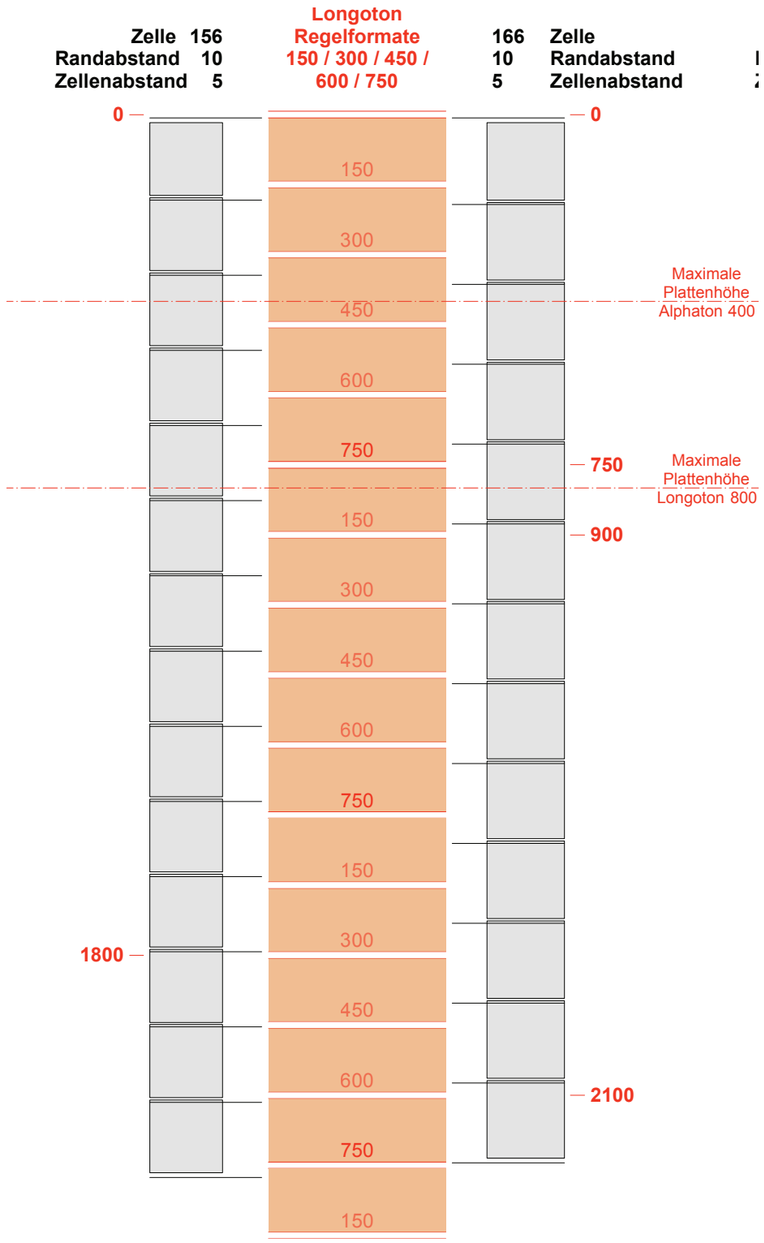
Anzahl Zellen: 27

Maße in mm
Maßstab 1:25

Maximale Belegung

Photovoltaikfläche: 0,80 qm
0,75 qm
0,60 qm

Anzahl Zellen: 80
48
27



Geometrisch maßliche Kongruenz zwischen PV und Keramik in Abhängigkeit von den gewählten Randbedingungen (Zellen und Abstände)

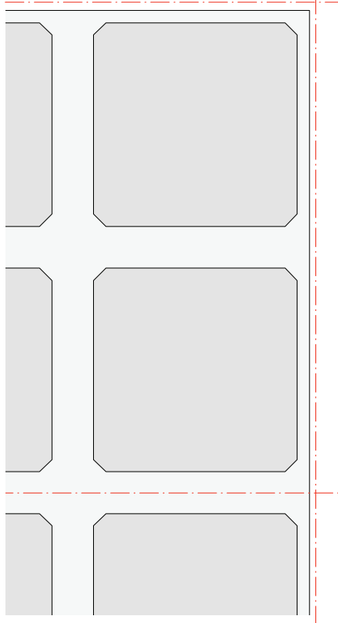
ausgewählte Maße

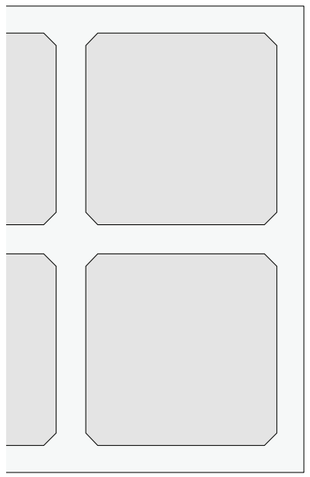
Maße in mm
Maßstab 1:10

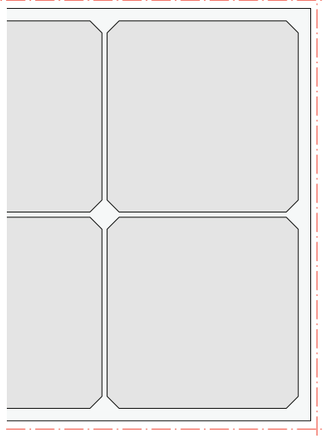
gilt in analoger Weise für die
Alphaton Regelformate
150 / 300 bzw. 200 / 400

PV Formate

bifacial | non bifacial







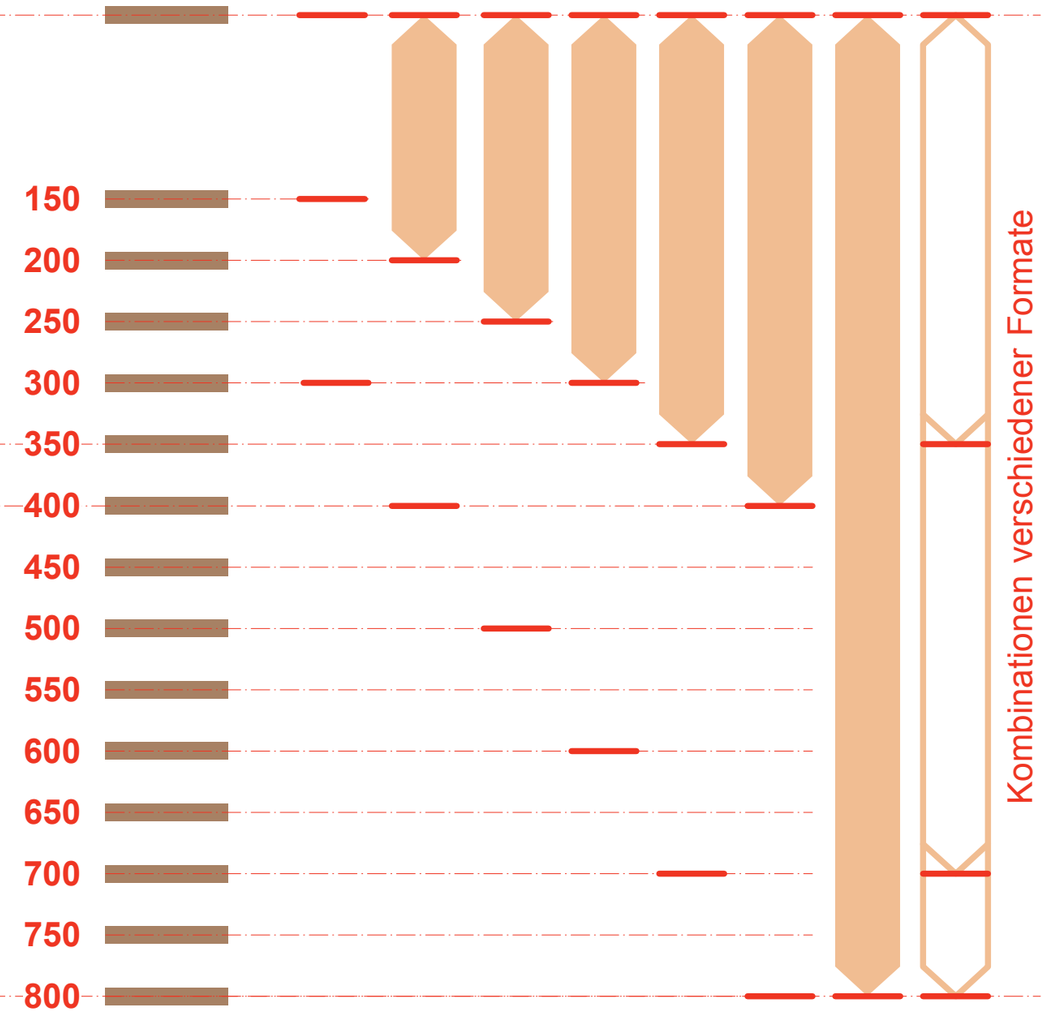
a	=	7	a	=	10	a	=	7
b	=	10	b	=	22	b	=	10
M6	=	166	M0	=	156	M0	=	156
c	=	34	c	=	24	c	=	4

a = Achsabstand
b = Randabstand
M0 = Zelle (gängige Formate M0, M2, M3, M4, M5, M6, ... Mx)
c = Zellenabstand

Maße in mm

THOMAS HERZOG ARCHITEKTEN
35369/01-25
MOEDING

Longoton Regelformate

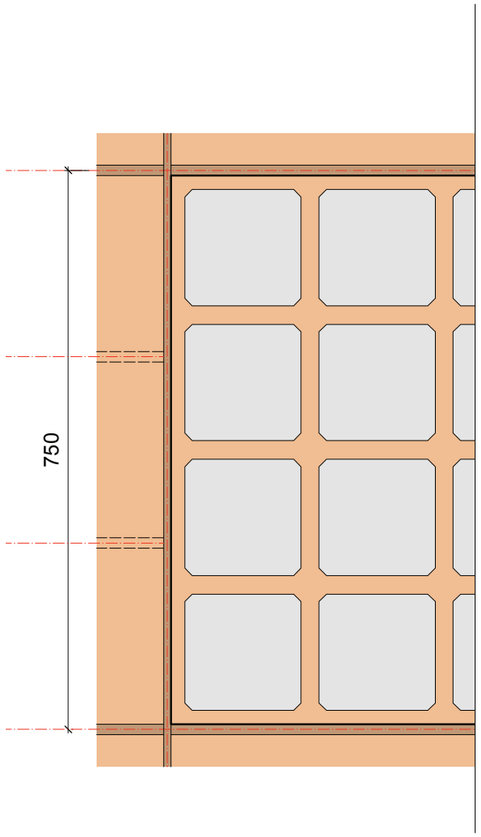


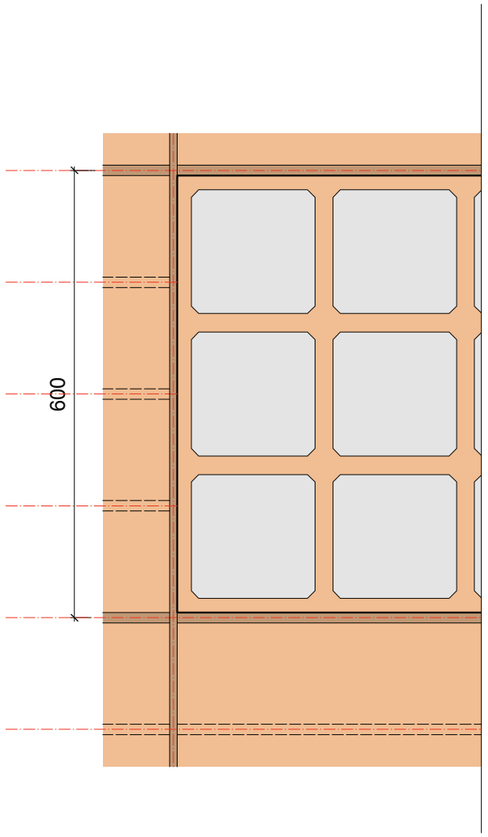
Ausgewählte Maße

Longoton
Regelformate

250 / 500 / 750
156 Zelle M0
18,5 Randabstand
25 Zellenabstand

150 / 300 / 450 / 600
166 Zelle M6
19 Randabstand
25 Zellenabstand





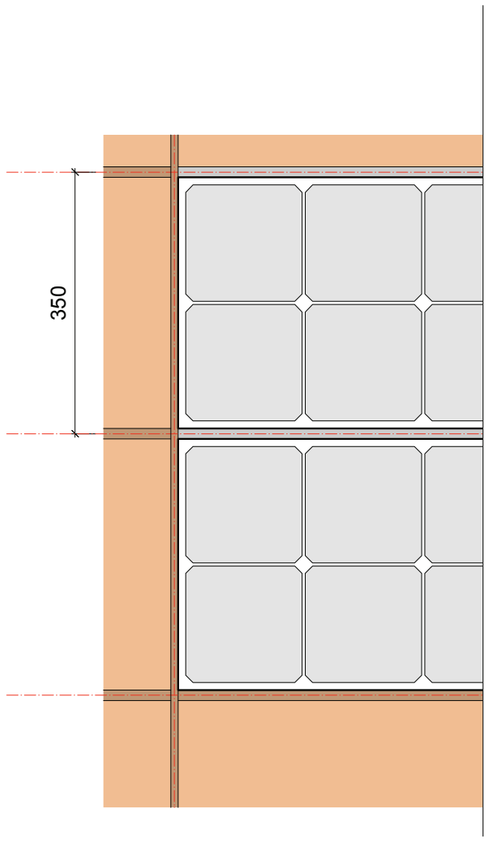
THOMAS HERZOG ARCHITEKTEN
35369/01-25
MOEDING

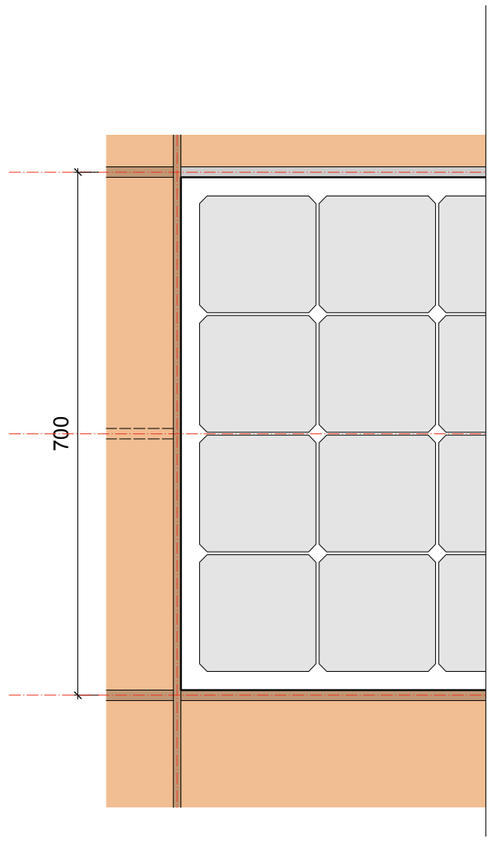
Ausgewählte Maße

Longoton
Regelformate

350 / 700
156 Zelle M0
10 Randabstand
4 Zellenabstand

350 / 700
156 Zelle M0
25 Randabstand
4 Zellenabstand





Anordnung der Unterkonstruktion

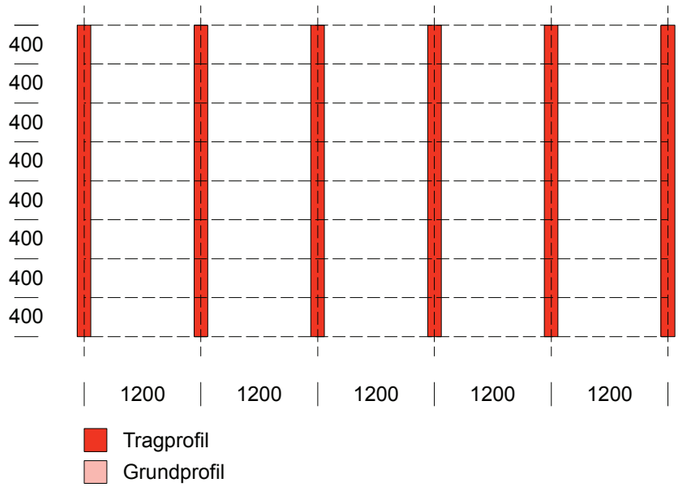
A

Vertikale Tragprofile
in der vertikalen Achse der Plattenstöße

Auswertung

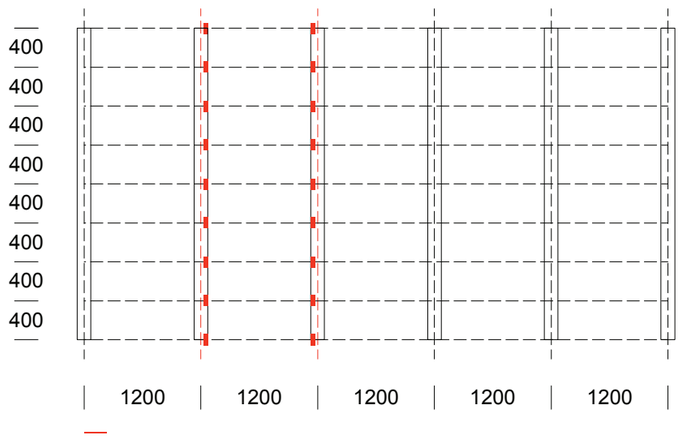
A:
deutlich geringerer Materialaufwand

B:
Aufdopplung Unterkonstruktion



A:
Vertikale Plattenfuge durchgehend - Horizontale Plattenfuge variabel

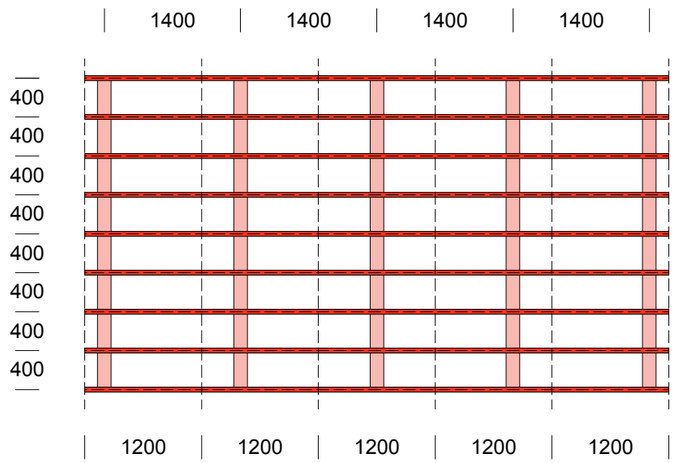
B:
Vertikale Plattenfuge variabel - Horizontale Plattenfuge durchgehend

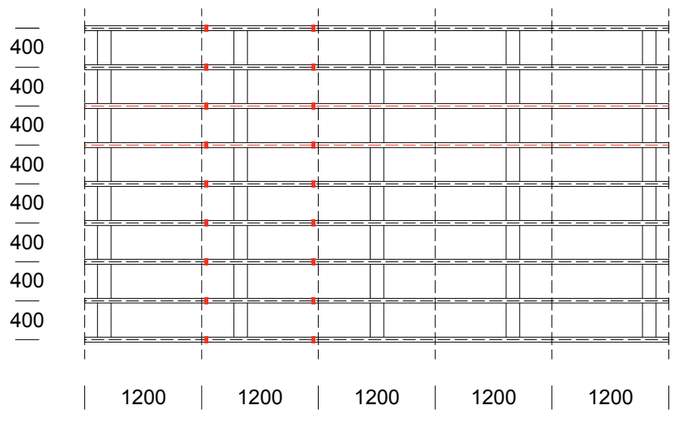


THOMAS HERZOG ARCHITEKTEN
35369/01-25
MOEDING

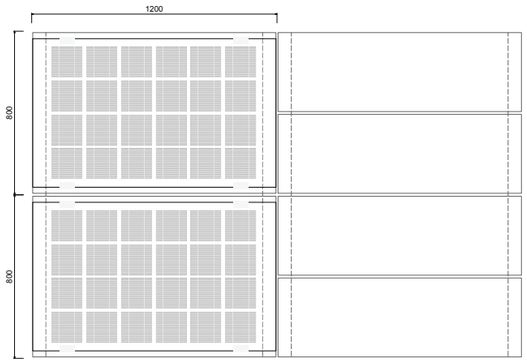
B

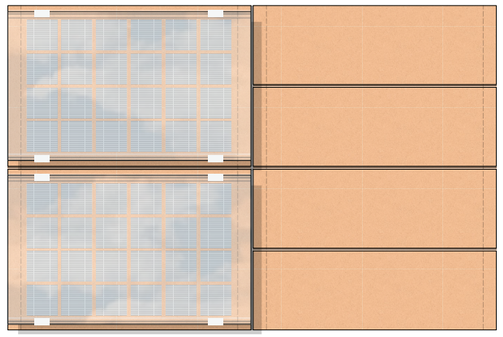
Horizontale Tragprofile und vertikale Grundprofile
in der horizontalen Achse der Plattenstöße und dahinter liegend gemäß der Spannweite der Tragprofile





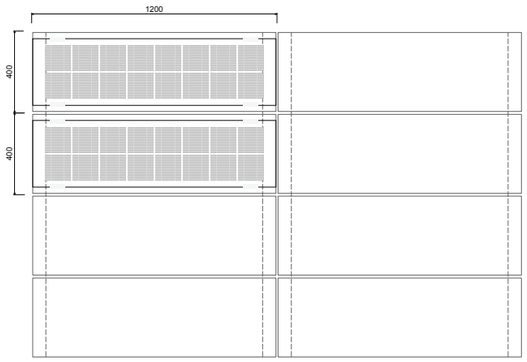
Photovoltaik | **Überlagerung Keramik und Photovoltaik**

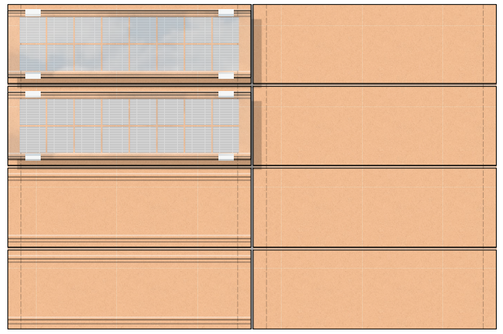




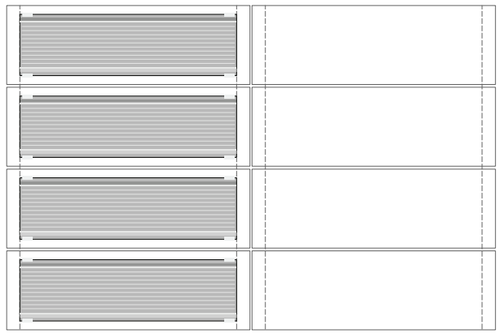
150*150 - 20/15

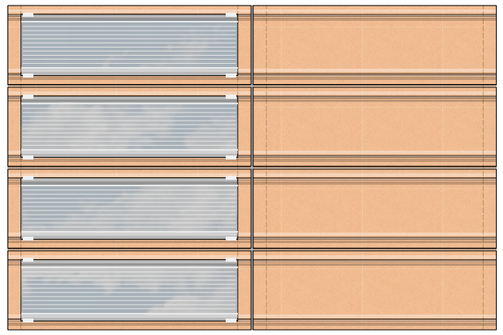
Abstand Horizontal / Vertikal
Wafergröße Photovoltaik





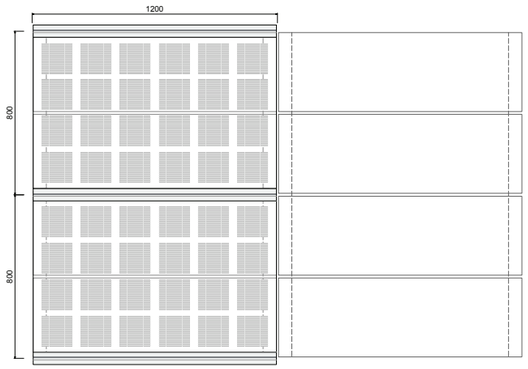
125*125 - 10/10

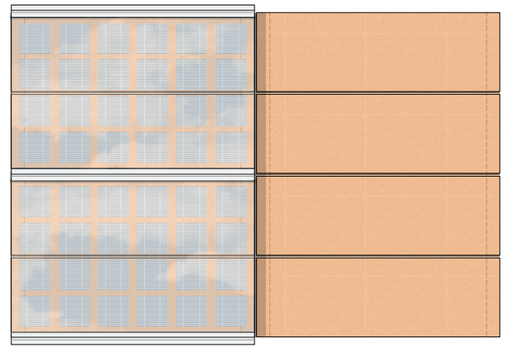




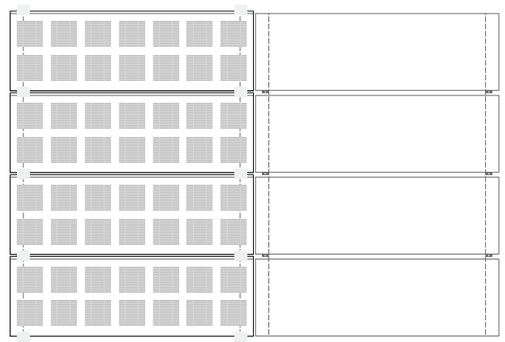
THOMAS HERZOG ARCHITEKTEN
35369/01-25
MOEDING

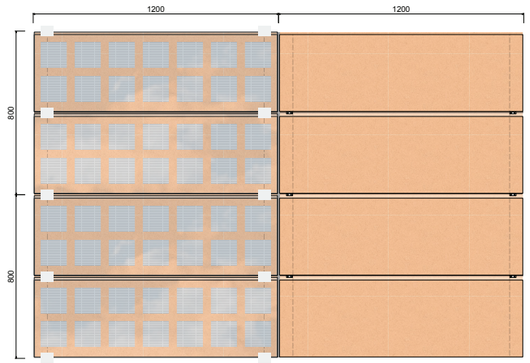
Photovoltaik | **Überlagerung Keramik und Photovoltaik**





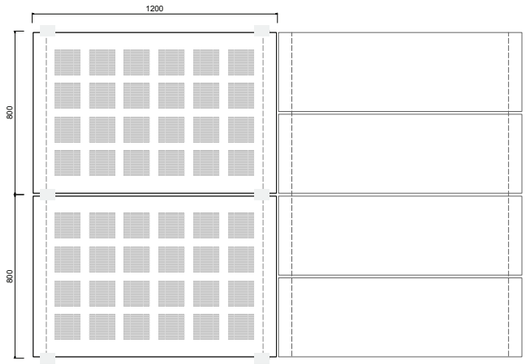
150*150 - 41/28

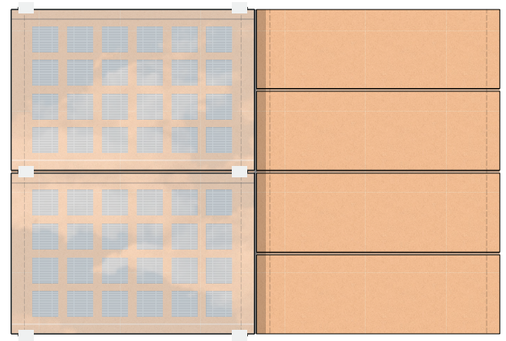




125*125 - 40/40

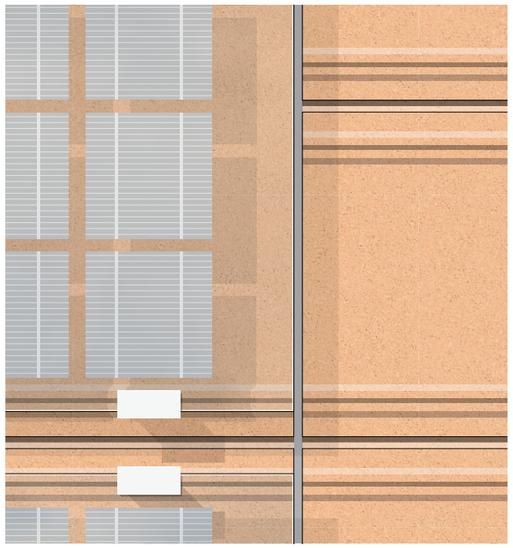
Ausgewählte Variante



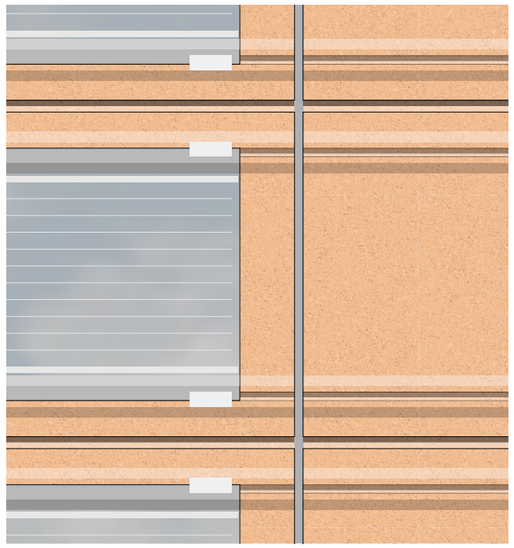


125*125 - 45/40

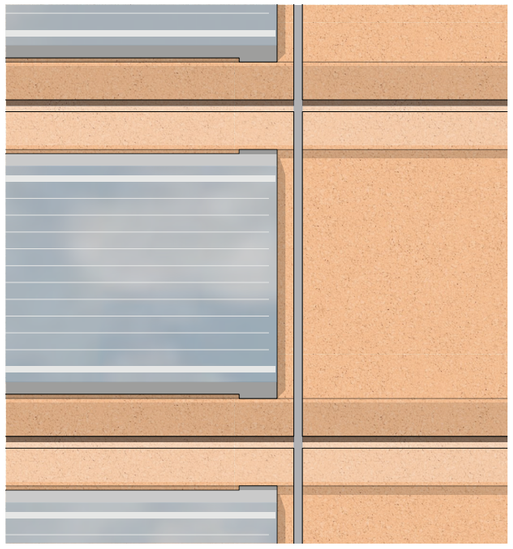
Detailansichten



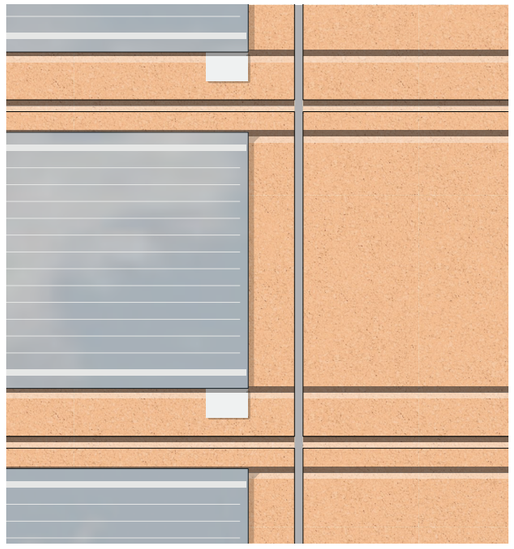
A1



A1 mit alternativer Bestückung



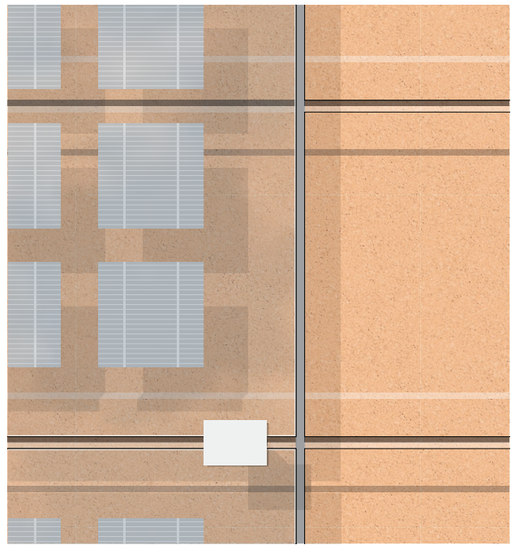
A2



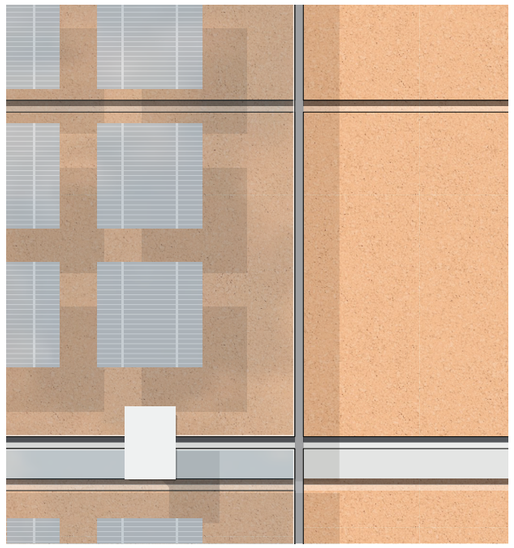
A3

THOMAS HERZOG ARCHITEKTEN
35369/01-25
MOEDING

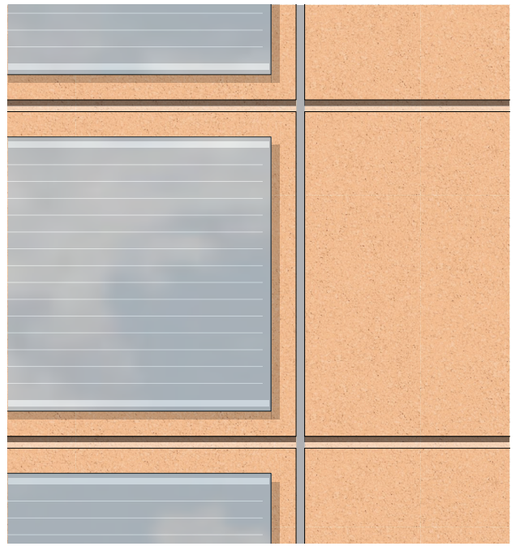
Detailansichten



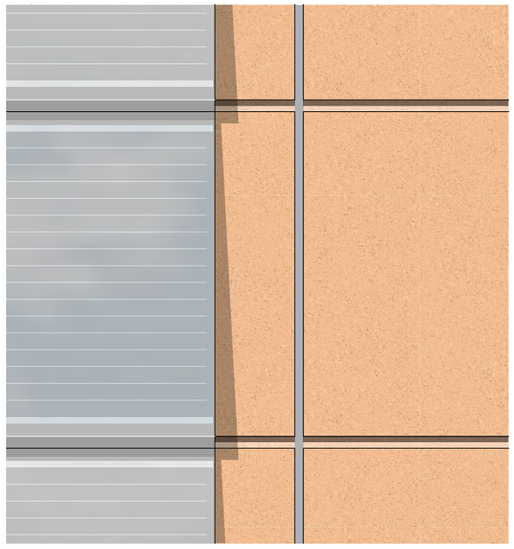
B2



B3

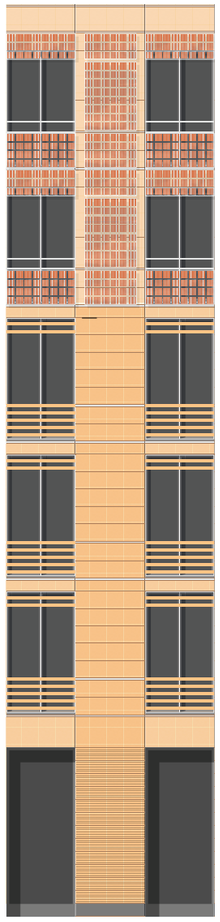


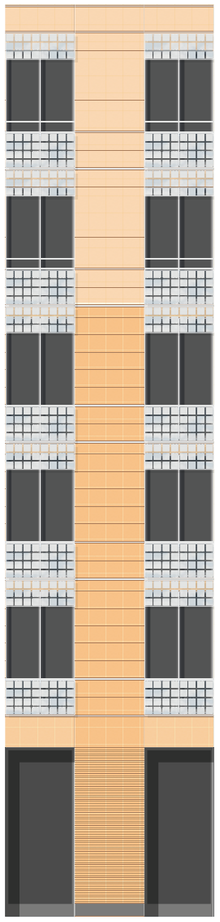
C1

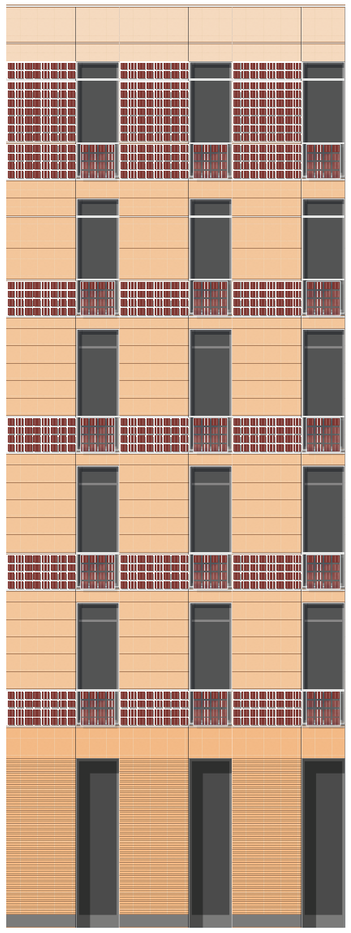


C2

Fassadenstudien mehrgeschossig

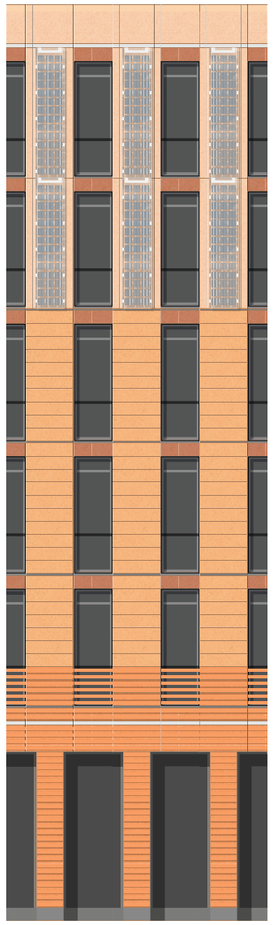


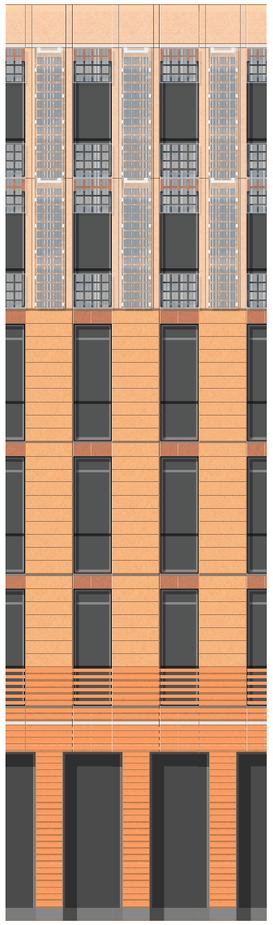


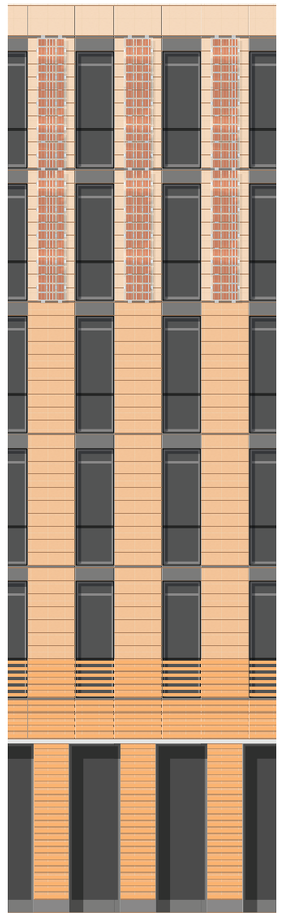


THOMAS HERZOG ARCHITEKTEN
35369/01-25
MOEDING

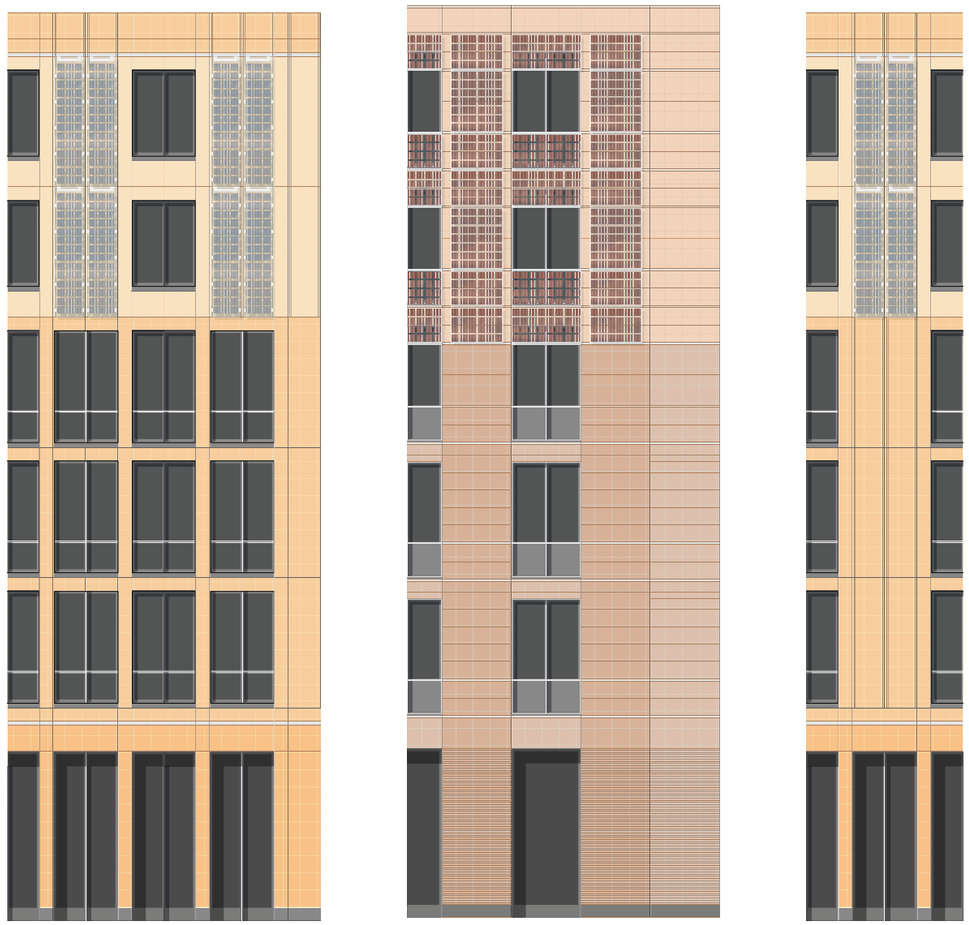
Fassadenstudien mehrgeschossig







THOMAS HERZOG ARCHITEKTEN
35369/01-25
MOEDING



Moeding

Keramikfassaden GmbH

Das System:

Moeding setzt mit ALPHATON® und LONGOTON® Standards im Segment vorgehängter, hinterlüfteter und wärmegedämmter Ziegelfassaden. Es handelt sich um das im einschlägigen Know-How führende deutsche Unternehmen.

Alle Produkte haben eine CE-Kennzeichnung. Für die Fassadensysteme bestehen allgemeine Bauartgenehmigungen durch das Deutsche Institut für Bautechnik (DIBt), sowie viele weitere länderspezifische Zulassungen.

Als hundertprozentige Tochter der Girnghuber GmbH garantiert Moeding am Standort Marklkofen höchste Qualität bei der Entwicklung und Fertigung; Um so Architekten und Bauherren perfekte Lösungen an die Hand zu geben.

MOEDING liefert individuelle Fassadenlösungen zusammen mit umfangreicher Planungshilfe, technischer Unterstützung in der Planungs- und Bauphase. Das bestätigen zahlreiche Auszeichnungen.

VORTEILE VON KERAMIKFASSADEN

Die vorgehängte, hinterlüftete und wärmegedämmte Ziegelfassade ist ein ideales Konstruktionsprinzip für Außenwände. Beim Fassadensystem von MOEDING werden bauphysikalisch-technische Funktionen getrennt und den verschiedenen Schichten der Wandkonstruktion zugeordnet, woraus sich zahlreiche Vorteile ergeben.

Isolierung, Schall- und Brandschutz:

Vorgehängte hinterlüftete Fassaden erzielen deutlich geringere Wärmeverluste im Winter ebenso wie zuverlässigen Wärmeschutz im Sommer. Zudem haben sie einen positiven Einfluss auf die schalldämmende Wirkung der Außenwand. Darüber hinaus lassen sich durch das System brandschutztechnische Anforderungen baurechtskonform erfüllen.

Farbtreue und Gestaltungsfreiheit:

Ziegelmaterial hat eine unbegrenzte Lebensdauer, es widersteht sämtlichen Umwelteinflüssen und bedarf keinerlei Wartung. Der gebrannte Ziegel ist farbecht, UV-beständig und bleicht nicht aus. Die

große Bandbreite an Farben, Formaten, Oberflächen und Formen der Ziegelplatten in Kombination mit der Flexibilität bei der Unterkonstruktion lassen dem Architekten und Planer große Freiheit in der Gestaltung und Ausarbeitung der Fassade.

Nachhaltigkeit und Wirtschaftlichkeit:

Besonder wichtig sind ökologische wie ökonomische Aspekte bei der Wahl des Fassadensystems. Ziegelmaterial ist zu hundert Prozent natürlich und enthält keine schädlichen Zusatzstoffe oder Bindemittel. Die Fassade ist diffusionsoffen und somit günstig für ein ausgeglichenes Raumklima. Durch die einfache Handhabung bei der Montage, die Dauerhaftigkeit der Materialien (Ziegelplatten und Aluminium-Unterkonstruktion) und die Wartungsfreiheit ist die MOEDING-Keramikfassade besonders wirtschaftlich und sowohl für den Neubau als auch speziell die thermische Ertüchtigung und für die Sanierung im Gebäudebestand von Fassaden sämtlicher Gebäudetypen geeignet.

FASSADENSYSTEM UND MONTAGE

Die ALPHATON® - Ziegelfassade ist in Plattenlängen von bis zu 1500 mm verfügbar. Sie ist anwendbar sowohl für Querformat- als auch für Hochformatfassaden, wodurch sich ein großer Gestaltungsspielraum bietet.

Fassadensystem:

Zur Montage der ALPHATON® - Ziegelplatten existieren zwei patentierte Systeme, bei denen horizontale oder vertikale Tragprofile zum Einsatz kommen. Bei beiden Systemen werden zunächst alle Tragprofile montiert, woraufhin die Plattenhalter in diese eingeklipst beziehungsweise an diesen angenietet werden.

Werkzeuglose Plattenmontage:

Nachdem die Unterkonstruktion mit allen Plattenhaltern angebracht ist, werden die Ziegelplatten ohne Werkzeug eingehängt. Denn alle Plattenhalter werden werkseitig mit einer Edelstahlfeder bestückt, die beim Einhängen der Platte in eine Nut auf der Plattenrückseite einrastet und so die Platte in ihrer Position sichert.

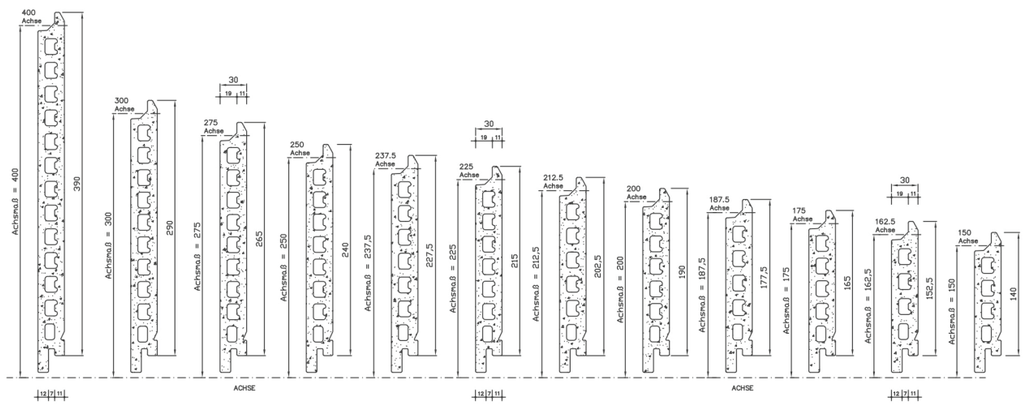
Flexibilität und Kostenreduktion:

Neben der daraus resultierenden reduzierten Montagezeit bringen die Systeme einen weiteren wichtigen Vorteil hinsichtlich Zeit und Flexibilität mit sich: Es gibt keine vorgeschriebene Montagefolge. Man kann auf der obersten Gerüstlage mit der Plattenmontage beginnen und sich geschossweise nach unten arbeiten. So kann das Gerüst Geschoss für Geschoss abgebaut werden, was sich in einer erheblichen Reduktion der Gerüstkosten niederschlägt.

(Textquelle: Firmeninformation)

ALPHATON®
L² Hochformat

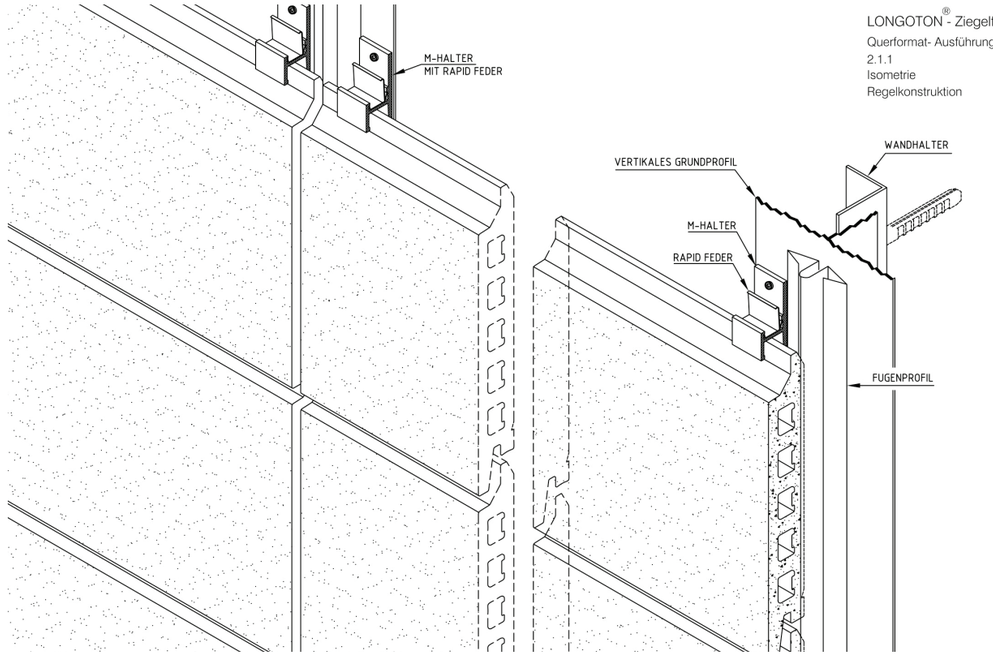
Regelformate
der Ziegelplatten im Schnitt



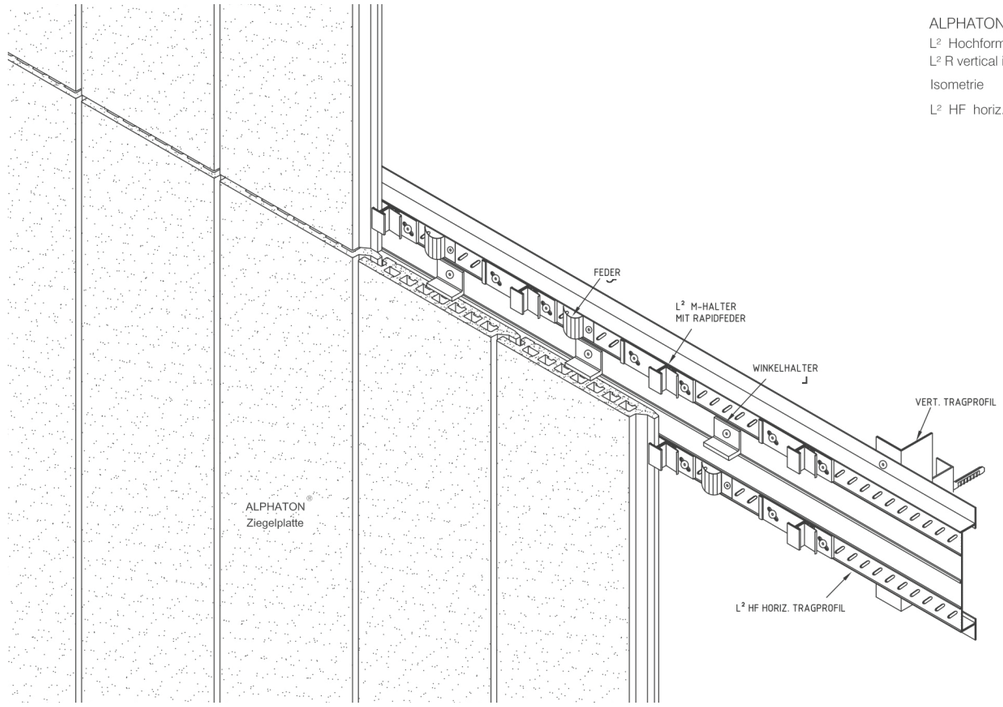
Plattenlänge bis 1500mm <Achsmaß>

Der Inhalt dieser Zeichnung bleibt unser geistiges Eigentum. Jede Verwendung, insbesondere die Weitergabe, Vervielfältigung, Veröffentlichung und Zurverfügungstellung bedarf unserer ausdrücklichen Zustimmung.

LONGOTON® - Ziegelfassade
Querformat- Ausführung
2.1.1
Isometrie
Regelkonstruktion

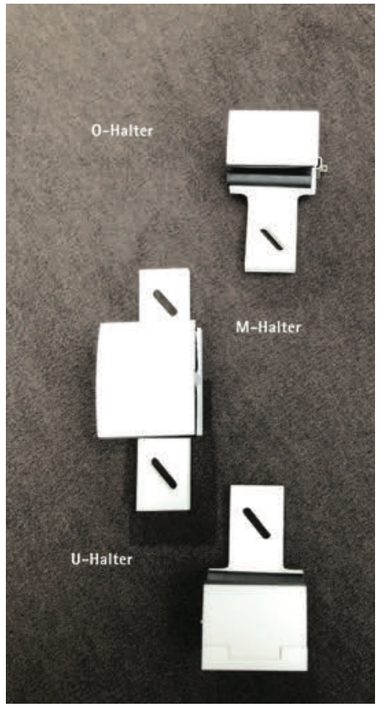


ALPHATON®
L² Hochformat
L² R vertical installation
Isometrie
L² HF horiz. Tragprofil



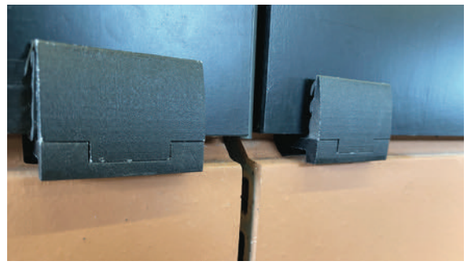
Halterung für PV Elemente

Die Photovoltaikelemente sind vor die geschlossene Fassade gehängt.
Die Befestigung erfolgt mit der Unterkonstruktion der Keramikfassade.



Halterung für PV Elemente

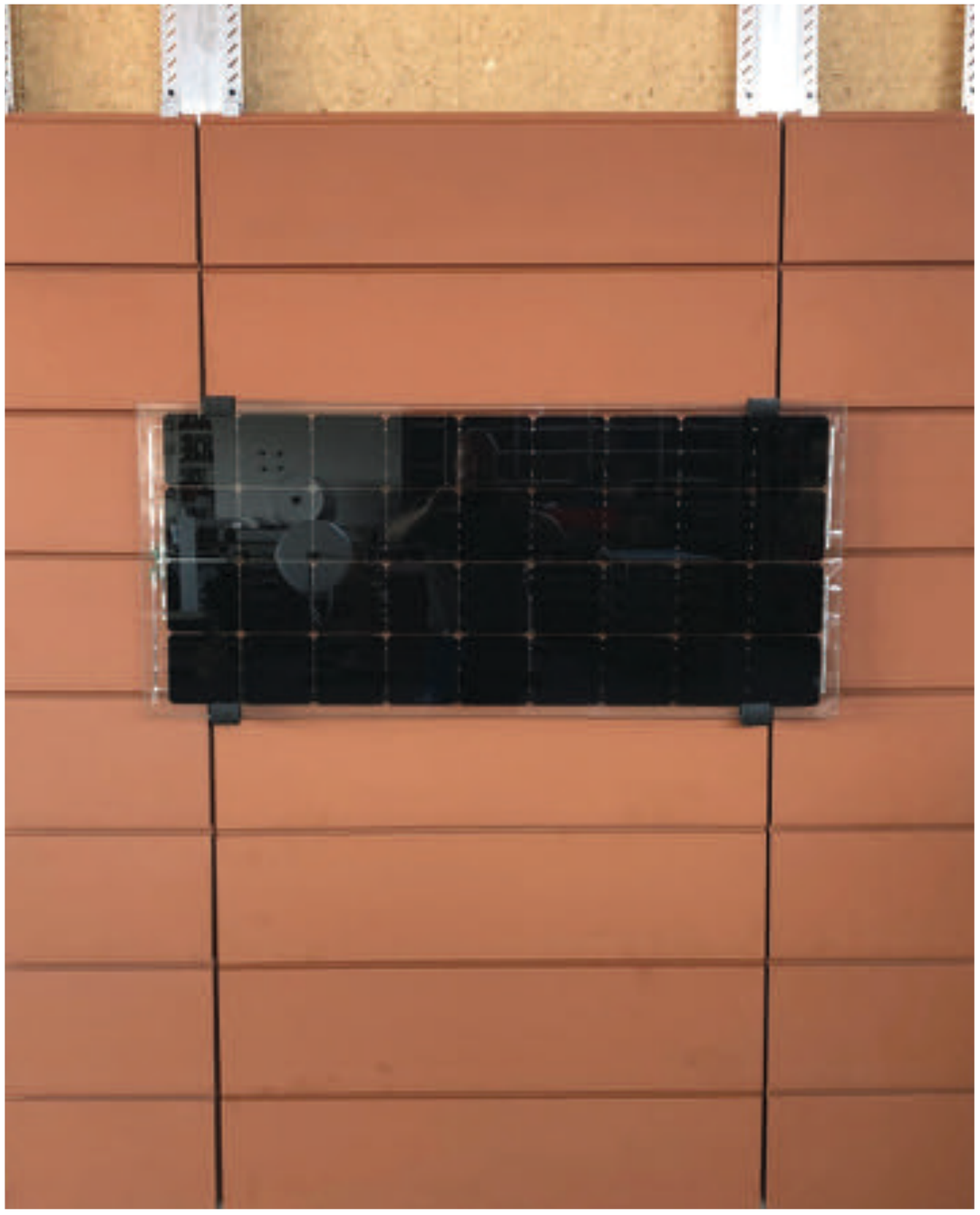
Das opake Photovoltaikelement ist statt der Keramikplatten flächen-
bündig in die Fassade integriert. Die Befestigung erfolgt mit dem
gleichen Prinzip wie die Keramikfassade.



Details der Musterfassadewand

Halterung für PV Elemente

Das Glas/Glas Photovoltaikelement wird vor der Fassade montiert. Die Befestigung erfolgt mit speziellen Haltern aber im gleichen System wie die Keramikfassade. (Hier Musterfläche L^2 Fassade)



THOMAS HERZOG ARCHITEKTEN
35369/01-25
MOEDING

Vorgesetzte Photovoltaik in Musterfassade

Die Photovoltaikelemente sind vor die geschlossene Fassade gehängt.
Die Befestigung erfolgt an den jeweiligen Keramikplatten.

THOMAS HERZOG ARCHITEKTEN
35369/01-25
MOEDING

Integrierte Photovoltaik in Musterfassade

THOMAS HERZOG ARCHITEKTEN
35369/01-25
MOEDING