

Zeitschrift: Bauen + Wohnen = Construction + habitation = Building + home : internationale Zeitschrift

Herausgeber: Bauen + Wohnen

Band: 22 (1968)

Heft: 6: Flächentragwerke und Seilnetzkonstruktionen = Constructions en surfaces porteuses et en réseaux de câbles = Light-weight surface and cable net structures

Artikel: Bauen mit Kunststoffen : Kunstharz als Konstruktionsmaterial

Autor: Kruppa, Dieter

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-333288>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 02.02.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Bauen mit Kunststoffen

Dieter Kruppa, Evanston, Illinois

Kunstharz als Konstruktionsmaterial

Die sprunghafte Entwicklung der Technologie und der modernen Produktionsmethoden haben entscheidenden Einfluß auf die Architektur ausgeübt. Die Erfindung des Stahlbetons und die industriellen Methoden der Stahlerzeugung als Massenartikel brachten bekanntlich die beiden typischen Erscheinungsformen der modernen Architektur hervor: den gegossenen Stahlbetonbau und das montierte Stahlgerüst. Beide Bauformen haben bei aller Verschiedenheit im Ausdruck gemeinsam, daß es erstmals möglich wurde, Einspannungs- und Zugkräfte vorher nicht beherrschbarer Größenordnung zu bewältigen. Als weiterer wichtiger Einfluß auf die moderne Architektur kommt hinzu, daß durch die soziale Umschichtung der Menschheit den Architekten ungeheure Aufgaben gestellt sind, die nur mit den Methoden industrieller Massenfertigung zu lösen sind. Maschine und Werkzeug formen heute unsere Bauten ebenso wie Idee und Formwille. Die Standardisierung ist notwendig, damit die Fülle der Aufgaben überhaupt bewältigt werden kann. Ein anderer Grund, der diese Entwicklung voran-

treibt, ist die ständige Verknappung und somit Verteuerung der Handarbeit, die uns vor die Aufgabe stellt, im Montagevorgang einfache, im Aufbauprinzip möglichst ähnliche Bauten mit Normteilen zu entwerfen.

Die Grenzen, die uns mit Stahl und Beton gesetzt sind

Betonfertigteile haben einen großen Nachteil: Sie sind meist sehr unhandlich und schwer. Großdimensionierte Hebezeuge sind notwendig, um die Betonteile zu versetzen. Die Ausbildung von Stößen und Fugen, die sich aus dem großen Eigengewicht ergeben, sind stets Quelle von schadhafte Stellen. Der Stahlwurzprofilträger ist im Vergleich dazu zwar leichter zu handhaben, jedoch ist er nur ein Teil des Ganzen und bedarf noch zusätzlich der Ausfachung mit Decken und Außenwand. Auch darf nicht vergessen werden, daß jedes Stahlteil, das den Witterungseinflüssen ausgesetzt ist, nach der Montage in Handarbeit mit dem Wetterschutzanstrich versehen werden muß. Das widerspricht dem Prinzip der industriellen Fertigung ohne Behandlungen am Bau.

Stahl und Beton ist zudem ein schlechter Wärmedämmwert eigen, der zusätzlicher Wärmeschutzmaßnahmen bedarf, die oftmals schwer zu lösen sind und die meist recht teuer sind.

Die Forderungen, die an ein Bauelement zu stellen sind

Wir brauchen am Bau industriell gefertigte Standardteile, die eine rasche und einfache Montage ermöglichen. Die Teile sollen auch in großen Stücken, die Zimmergröße erreichen können, leicht zu handhaben sein, ohne daß umständliche und teure Großhebezeuge nötig

sind. Die Verbindung der Einzelteile soll einfach und schnell sein, mit möglichst wenig Verbindungsvarianten. Die Montage soll mit möglichst wenig Arbeitsgängen verbunden sein und von ungelerten Arbeitskräften schnell und sicher ausgeführt werden können. Wärmeschutz, Schallschutz, Wetterschutz sollen aus der Fabrik kommen. Sämtliche Installationen sollen, wenn möglich, schon vorher eingebaut sein. Die Kupplung der elektrischen Installation, der Wasser- und Heizungsanschlüsse soll in einem Steckerprinzip gelöst sein, das es erlaubt, die Bauteile ohne teure Spezialmontage am Bau zusammenzufügen und gebrauchsfertig zu machen.

Kunststoff als neues Baumaterial

Auch im Bausektor haben sich Kunststoffe durchgesetzt, jedoch fast ausschließlich als Ausbaumaterial. In den nächsten Jahren wird wahrscheinlich die Entwicklung von Kunststoffen als Konstruktionsmittel einsetzen.

Glasfaserverstärkter Polyester

a) Allgemeine Eigenschaften: Glasfaserverstärkter Polyester scheint besonders günstige Eigenschaften für die Forderungen des Bauens zu haben. Das Material kann unter normalen atmosphärischen Bedingungen an jedem beliebigen Ort leicht hergestellt werden. Es ist dem Beton ähnlich, da es in flüssigem Zustand nach einem vorhergegangenen Mischvorgang auf eine Form aufgebracht wird, die nach dem Abbinden entfernt werden muß. Das bedeutet, daß gvP (glasfaserverstärkter Polyester) nahezu jede Gestalt annehmen kann, solange diese in einer negativen Schalung

darstellbar ist. Er ist unter normalen Temperaturen zu verarbeiten.

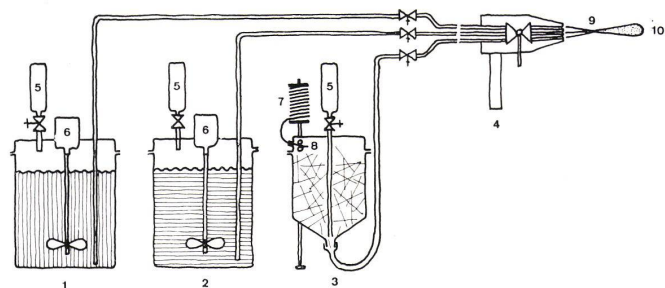
GvP kann gegossen, gestrichen, gespritzt und gepreßt werden. Er ist gut ausbesserbar. Als Form kann Holz, Gips, Beton, Kunststoff oder Stahl verwendet werden.

Das Material besteht aus Glasfasern, die mit der Bewehrung von Beton zu vergleichen sind, und aus doppelplastischem Kunstharz; die heute üblichen Harze sind ungesättigter Polyester oder Epoxydharz. Das Material wird bei der Verarbeitung aus dem Harz, einem Katalysator und einem Beschleuniger im rechten Verhältnis zusammengemischt, wobei das Mischungsverhältnis Abbindezeit und Eigenschaften des fertigen Harzes bestimmt.

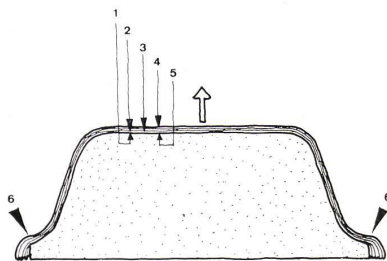
Die Glasfaserverstärkung kann als Glasfasermatte in die flüssige Harzmasse eingebettet werden, wobei das Harz mit Pinsel oder Spachtel aufgestrichen wird. Das ist die einfachste und schnellste Herstellungsart (Bild 2).

Eine zweite Methode der Kunstharzherstellung ist das Spritzverfahren, bei dem die Glasfasern als kleingehackte Stücke aus einer speziell entwickelten Spritzpistole zusammen mit dem flüssigen Harzmaterial (eine Düse Harz mit Katalysator, eine andere Harz mit Beschleuniger) auf die Schalung gespritzt werden. Diese Art der Herstellung ermöglicht eine schnelle und einwandfreie Serienherstellung (Bild 1).

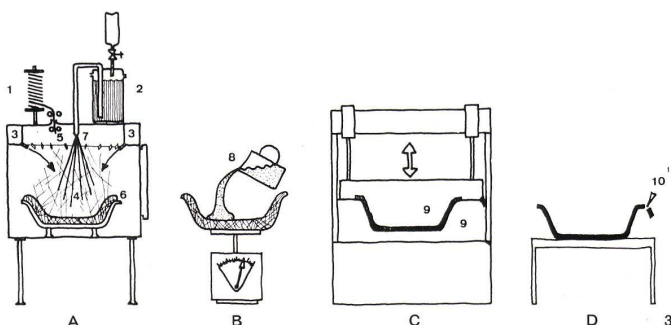
Als dritte Herstellungsart ist die qualitativ beste Harzherstellung zu nennen, die Herstellung unter Druck und Wärme in einer hydraulischen Formpresse. Dieses Verfahren ergibt die derzeit festeste und genaueste Kunstharzart; sie ist jedoch an eine große Zahl in der Dimension beschränkter Teile gebunden. Die



1



2



VI 4

Physikalische Charakteristik	Stahl	Beton	gvP
Spezifisches Gewicht g/cm ³	7,85	2,3	1,5
Zugspannung kg/cm ²	2300	30	1200
Gewichtsbezogene Zugfestigkeit	290	13	800
Druckfestigkeit kg/cm ²	2300	340	2500
Gewichtsbezogene Druckfestigkeit	290	150	1600
Biegespannung kg/cm ²	2500	60	2300
E-Modul	2 × 10 ⁶	3,4 × 10 ⁵	9 × 10 ⁴
Härte kg/mm ²	140	-	50
Grenztemperatur	1520	225	500
Wärmeleitfähigkeit kcal/mh°C	50	1,2	0,19
linearer Ausdehnungskoeffizient m/m°C	0,000 012	0,000 011	0,000 025
Lichtdurchlässigkeit	-	-	90%

1

Herstellen von Kunstharzkonstruktionen mit einer speziellen Spritzpistole.

- 1 Vermischen des ungesättigten Polyesterharzes mit Katalysator
- 2 Vermischen des ungesättigten, verdünnten Polyesterharzes mit Beschleuniger
- 3 Zerhacken von Glasfaserseil zu Glasfaserstücken gewünschter Länge
- 4 Spritzpistole mit drei auf einen Brennpunkt justierbaren Düsen
- 5 Druckluft
- 6 Mischer
- 7 Spule mit Glasfaserseil
- 8 Zerhacker
- 9 Endgültiges Vermischen der drei Kunstharzkomponenten im Fokuspunkt der Spritzpistole
- 10 Fertiges Glasfaser-Kunstharz-Gemisch

- 5 Nach dem Ablösen von der Form Reinigen der Innenseite und Auftragen einer letzten, dicken Kunststoffschicht
- 6 Abschneiden und Feilen der Ränder

3

Herstellen kleinformatiger Fertigteile in einer Hochdruckpresse unter Hitze.

- A Ofen zum Herstellen eines Glasfaserformlings
- B Waage zum Bemessen der ungesättigten Kunstharzmischung
- C Hydraulische Hochdruckpresse
- D Arbeitstisch zum Finish des Fertigteil
- 1 Spule mit Glasfaserseil
- 2 Kunstharzbinder
- 3 Heißluft ringgebläse
- 4 Heißluftgemisch mit Glasfasern und Binder
- 5 Zerhacker
- 6 Form
- 7 Sprühdüse
- 8 Ungesättigtes Polyesterharz
- 9 Geheizte Gußstahlpreßform (zweiteilig), Formflächen hochglanzpoliert
- 10 Reinigen der Kanten von den Preßbärten

Formpressen und die Stahlform sind sehr kostspielig. Ist die Presse vorhanden, kann man für kleine Serien auf billigere Preßformen ausweichen, wie zum Beispiel aus Kunststoff (Bild 3).

Das fertige Material, das übrigens sehr rasch abbindet, kann leicht nachträglich mit Säge und Feile bearbeitet werden. GvP ist leicht miteinander zu verkleben und durch Vergußfugen aus kleineren Teilen zu einer großen Einheit zu vergießen. Das fertige Material ist bei entsprechender Dünne sehr gut lichtdurchlässig. Die Wärmeleitzahl von gvP ist außerordentlich gut; gvP-Membranen können mit eingegossenen Wabenkernplatten zu wärmetechnisch hervorragenden Paneelen verbunden werden. Die Konstruktion von Flugzeugkörpern sollte zum Vorbild dienen. Die Lamellenkonstruktion mit solchem Aufbau bringt eine größere Steife der Platte mit sich, die ihrerseits für die Verwendung von selbsttragenden Kunstharzmembranen vorteilhaft ist.

b) Physikalische Eigenschaften von gvP: Da Kunstharzkonstruktionen nach den Methoden der allgemeinen Baustatik berechnet werden können, soll zur Orientierung eine vergleichende Tabelle zwischen Stahl, Beton und gvP gebracht werden.

c) Analyse: Versucht man, aus diesen charakteristischen Angaben einige Rückschlüsse auf die beste Anwendung des Materials zu ziehen, so kann man sagen:

GvP ist halb so schwer wie Beton und dürfte somit für großformatige Fertigteile gut geeignet sein.

Zugspannung und E-Modul sind den Vergleichswerten des Stahls unterlegen. Da beim einfachen Balken – frei aufliegend oder eingespannt, auskragend und durchlaufend – die Dimensionierung der Tragglieder entscheidend vom E-Modul abhängt, ist gvP sicherlich nicht sonderlich gut geeignet, lineare Struktursysteme zu bilden, die stets eine Konzentration der Lasten auf ein je nach Material mehr oder minder schlankes Gerüst bilden. Die Weichheit, die Durchbiegung der horizontalen Skelletteile ist umgekehrt proportional zum E-Modul. Der E-Modul von gvP beträgt etwa nur ein Zwanzigstel des E-Moduls von Stahl. Der einfache Balken aus gvP benötigt also wahrscheinlich zu viel Konstruktionshöhe. Zugglieder aus gvP sind ebenfalls nicht materialgerecht; dafür ist

Stahl sicher noch unbestritten gut. Biege- und Druckspannung sind ausgezeichnet. Wenn man nun dafür sorgt, daß wegen der Gefahr zu großer lokaler Durchbiegungen das Material wenn möglich an allen Stellen gleichmäßig beansprucht wird, so ist ein günstiges Verhältnis von Materialaufwand und Spannweite zu erwarten. Da gleichzeitig die Glasfaserbewehrung allerorten gleichermaßen vorhanden ist, führen diese Eigenarten zusammen mit der guten Formbarkeit des Baustoffes zur selbsttragenden Membran geringer Stärke. Der gute Wärmeleitfaktor macht diese Leichtbauweise ebenfalls möglich. Man sollte sich die erwähnten Konstruktionsprinzipien von Flugzeugkörpern zunutze machen.

Ein Punkt bedarf allerdings der genauen Beachtung, inwieweit nämlich gvP den Forderungen des Feuer-schutzes ohne gesonderte Schutzmaßnahmen gerecht wird. Dazu ist ein getrenntes Prüfungsverfahren mit der Behörde nötig.

Anwendungsbeispiele für gvP-Konstruktionen

Die leichte Membran mit kaum in Rechnung zu stellendem Eigengewicht und daraus folgender optimaler Spannweite ohne besondere Schutzmaßnahmen der wetterexponierten Teile gegen Meteorwasser und Kondensation ist das Anwendungsgebiet von gvP-Konstruktionen. Es ergeben sich die im folgenden näher geschilderten Beispiele:

a) GvP-Konstruktionen, die am Ort hergestellt werden,

- aa) Kunststoffmembranen über konventioneller Schalung,
- ab) Kunststoffmembranen über pneumatischen Formen;
- b) Vorgefertigte Kunststoffbauelemente,
- ba) Standardelemente kleiner Dimension,
- bb) Standardelemente großer Dimension, Kunststoffwaben,
- bc) Schalen aus «eingefrorenen» Kettennetzen.

aa) Kunststoffmembranen über konventioneller Schalung: Lichtdurchlässige, weitgespannte Hallenüberspannungen sind mit einem homogenen Baustoff bisher nicht zu lösen. Mit gvP werden sich viele lichttechnisch interessante Überspannungen ergeben. Das geringe Eigengewicht des Materials wird zudem eine Ver-

billigung der Unterkonstruktionen und Schalungen ergeben. Ebenso interessant dürfte das Wegfallen der gesonderten Dachhaut sein. Es sind auch gvP-Bauteile beträchtlicher Ausdehnung möglich. Das Arbeiten mit der Spritzpistole läßt viele Einrichtungen am Bau kleiner und einfacher werden. Schwere Hebezeuge entfallen.

ab) Kunststoffmembranen über pneumatischen Formen: Dank dem schnellen Abbinden von Kunstharzen, das man auch noch speziell beschleunigen kann – nach einigen Minuten wird das Kunstharz bereits wie Gelee –, ist eine ganz neue Methode der Herstellung von Schalen möglich. Über einen aufgeblasenen Kunststoffballon wird eine gvP-Haut gespritzt. Nachdem das Kunstharz abgebinden hat, wird der Ballon durch Ablassen der Luft herausgelöst. Aus einem solchen luftgefüllten Kissen lassen sich beliebig viele Schalen herstellen. Die Schalung wird im Gegensatz zur konventionellen, zimmermannsmäßig kunstvoll gezimmerten Holzschalung ein leicht und ohne viel Einrichtung schnell aufbaubares Hilfsmittel, das in der Werkstatt herstellbar und ohne Luftfüllung leicht zu transportieren ist. Die Preßluftflasche läßt in Sekundenschnelle die vorher errechnete Form der Kunststoffkonstruktion entstehen.

ba) Standardelemente kleiner Dimension: Eine zweite Gruppe von Kunstharzbauelementen ist als Industrieprodukt möglich, das als genormtes Baukastensystem unabhängig vom speziellen Bedarf in Serie gefertigt wird.

Je nach Seriengröße kann ein solches Element über eine oft wiederverwendbare Form gespritzt oder aber in dem oben geschilderten Preßverfahren in qualitativ besten Eigenschaften hergestellt werden. Diese Herstellung verlangt jedoch eine große Anzahl von gleichen Teilen, um die Kosten der teuren Formen herauszuwirtschaften. Es ist denkbar, daß genormte Kunststoffkassetten entwickelt werden, die von einem Mann leicht zu heben und zu versetzen sind. Ein stapelbares Element hätte den Vorteil der platzsparenden Lagerung und Verfrachtung. Die Kassetten werden am Bau jeweils auf der schon erstellten, vorhergehenden Decke ausgelegt und miteinander mit flüssigem Polyester vergossen. Bei größeren Spannweiten ist die Möglichkeit der Vorspannung mit Stahlsaiten zu untersuchen.

Nach dem Abbinden eines solchen Tragwerkes wird die gesamte Fläche mittels hydraulischer Hebezeuge gehoben, auf die Stützen gesetzt und mit diesen verbunden. Durch das geringe Eigengewicht des Materials sind weite Spannweiten zu bewältigen.

bb) Kunststoffwaben (Bild 4): Neben diesen kleinformigen Elementen, deren vielfache Addition zu interessanten Raumtragwerken führt, ist nicht minder interessant, aus zimmergroßen Waben ganze Häuser zusammensetzen. Eine Wabe, die – einem Flugzeugkörper ähnlich – ein selbsttragendes, mit Honigwabenkern versteiftes und wärmetechnisch einwandfreies Rohr aus Kunststoff wäre, kann zum Beispiel Wohnzimmereinheit, Eßzimmereinheit mit Küche und Schlafzimmereinheit mit Bad sein. Die in Größe und Anschluß genau unter-

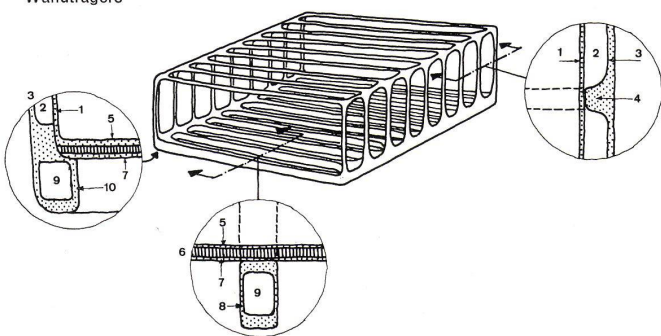
suchten Typen können dann beliebig miteinander kombiniert werden. Jede Wabe ist so weit als möglich fertiggestellt, das heißt, die Fenster sind ähnlich dem Autofenster schon fix und fertig in Neoprene eingeklemmt, die Türen sind montiert, die Küchen und Bäder aus Kunststoff angeformt und sämtliche Installationen im Fabrikationsfortgang eingebaut. Beim Zusammenbau werden die Verbindungen der Installationen ähnlich zusammengesteckt, wie der elektrische Stecker die Verbindung zum Elektrogerät herstellt. Dieses Einstecken der Bauelemente erlaubt ein späteres Auswechseln oder Erweitern jeder Wohneinheit. Bei Eigentumswohnungen wäre sogar der heute typische Nachteil von Eigentumswohnungen, die Unbeweglichkeit, zu vermeiden. Eine Wohneinheit aus ein- und aussteckbaren Einheitswaben wäre bei entsprechenden vorhandenen Hebezeugen und Transportfahrzeugen sicherlich an einen anderen Ort transportabel. Bei entsprechender Normung ist auch die Einzelzelle als Handels- und Tauschobjekt interessant, was bei Vergrößerung oder Schrumpfung der modernen Stadtfamilie sicher nicht unwichtig ist. Für Hochhäuser, bei denen die Lasten der darüberliegenden Elemente für das Material der erdgeschößnahen zu groß würden, kann man die Kunststoffboxen wie Schubfächer in ein Stahl- oder Betonskelett einschieben, wobei besonders für diesen Fall eine ganz einfache Verbindung der Installationsanschlüsse durch Rolldichtungen und Steckkupplungen nötig ist.

bc) Großformatige Schalen aus eingefrorenen Kettennetzen: Es werden Glasfaserseile in Form momentenfreier Kettenlinien gehängt. Aus einer Vielzahl von Seilen, die in genau vorher ermittelter Folge gehängt werden, bildet sich ein Netzwerk von lauter Kettenlinien. Anschließend wird von der Innenseite Glasfasergewebe aufgelegt. Dieses noch lose und instabile Gebilde wird nun mit Glasfaser-Polyester-Gemisch aus der oben erwähnten Spritzpistole verfestigt, «eingefroren». Nach kurzer Abbindezeit ist die Kunststoffschale in exakter Kettenlinienform fest, wird gewendet und kann nun je nach Größe mit einem Transportfahrzeug oder auch per Hubschrauber an die Baustelle gebracht werden. Sie ist leicht, wetterfest und lichtdurchlässig und bietet somit Vorteile, die heute von keinem Material nur annähernd erreicht werden, wobei besonders zu bemerken ist, daß auch für Schalen großer Abmessungen keine – später nicht mehr verwendbare – Schalung zum Herstellen dieser Membranen nötig ist. Aus dieser kurzen Übersicht möglicher Kunststoffkonstruktionen sieht man, daß glasfaserverstärkter Polyester viele Möglichkeiten erschließt, die mit den traditionellen Baumethoden ungleich schwerer zu erreichen, wenn nicht gar unmöglich sind.

Leichtbau, Überdachungen großer Räume ohne Stützwände oder Säulen und die daraus folgende Flexibilität sind heute wichtige Aufgaben, und ich glaube, daß glasfaserverstärkte Polyesterstrukturen uns neue und interessante Horizonte erschließen, denen wir als Techniker und Formgeber aufgeschlossen und neugierig gegenüberstehen sollten.

4 Isometrie des strukturellen Rippengerüsts (ohne die tragenden Kunstharzmembranen) einer zimmergroßen Baueinheit.

- 1 Innere Kunstharzmembran mit Wandfinish und Installationseinheiten als vorgefertigtes Paneel
- 2 Isolation
- 3 Äußere, wetterfeste Kunstharzfläche
- 4 Senkrechtes Glied des Vierendele-Wandträgers



- 5 Besonders abriebfeste Kunstharzbodenplatte
- 6 Isolierende Honigwabenkernschicht
- 7 Untere, wetterexponierte Tragschicht aus vorgefertigten Kunstharzplatten
- 8 Hohler Kunstharzrippenbalken
- 9 Gewicht- und materialsparender Hohlkörper
- 10 Verbindungsbalken zwischen Vierendele-Wandträger und Rippendecke