GRUNDLAGENKURS

3DCP_101

Grundlagenkurs 3D-Betondruck

Verfahren, Materialien und Begriffe verständlich erklärt

Für wen	Einsteigerinnen und Einsteiger ohne Vorkenntnisse: Bauherren, Planende, neue Teammitglieder
Was	Die Grundlagen des 3D-Betondrucks: Wie ein Gebäude Schicht für Schicht entsteht, welche Verfahren es gibt und worauf es beim Material ankommt
Wie lange	Etwa 45 Minuten Lesezeit; die Kapitel lassen sich einzeln lesen
Wenn was hakt	Unbekannte Begriffe stehen im Glossar (Anhang B), häufige Fragen in Anhang A

3D-Bautec Solutions UG (haftungsbeschränkt) · Gänsemarkt 33 · 20354 Hamburg · www.3d-bautec.com · Stand: November 2026

Inhalt

1 Worum es geht 3

2 Der Weg vom Modell zur Wand 4

3 Die Verfahren im Überblick 5

4 Der Werkstoff: Druckbeton 6

5 Bewehrung, Statik und Genehmigung 8

6 Qualität: Was schiefgehen kann 9

7 Wirtschaftlichkeit ehrlich betrachtet 10

8 Wie 3D-Bautec das Thema angeht 11

Anhang A – Häufige Fragen 12

Anhang B – Glossar 13

Anhang C – Notizen 14

1 Worum es geht

Stellen Sie sich eine Zahnpasta-Tube vor, die sich von allein bewegt und die Paste in einer sauberen Raupe ablegt. Raupe auf Raupe, Lage auf Lage, wächst daraus eine Wand. Genau das macht ein 3D-Betondrucker.



Abbildung 1: Wie Zahnpasta aus der Tube: Die Düse legt den Betonstrang ab (KI-generierte Illustration).

3D-Betondruck (englisch *3D Concrete Printing*, kurz **3DCP**) ist ein Bauverfahren, bei dem ein Roboter Beton computergesteuert in Schichten ablegt. Fachleute nennen das **additive Fertigung**: Es wird Material hinzugefügt, statt es wie beim Fräsen abzutragen. Eine Schalung, in die der Beton gegossen wird, entfällt bei vielen Bauteilen.

Der Kurs beantwortet vier Fragen. Sie folgen der Reihenfolge der Kapitel.

Die Antwort auf: Was lerne ich in diesem Kurs?

Frage	Kapitel
Wie entsteht aus einem Modell am Rechner eine Wand?	2 – Der Weg vom Modell zur Wand
Welche Maschinen gibt es, und wofür taugen sie?	3 – Die Verfahren im Überblick
Was ist das Besondere am Beton, der sich drucken lässt?	4 – Der Werkstoff
Was muss stimmen, damit das Bauwerk trägt und genehmigt wird?	5 bis 7 – Bewehrung, Qualität, Wirtschaftlichkeit

TIPP Alle Fachbegriffe werden beim ersten Auftreten erklärt. Wer später einen Begriff sucht, findet ihn im Glossar in Anhang B.

2 Der Weg vom Modell zur Wand

Ein Drucker versteht keine Baupläne. Er versteht Fahrbefehle. Der Weg dorthin hat sechs Stationen, ähnlich wie bei einem Rezept: erst die Idee, dann die Zutaten, dann das Kochen.

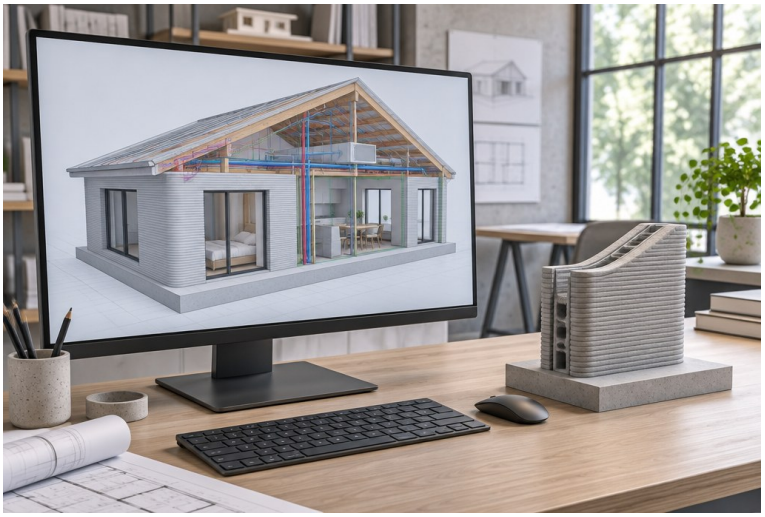


Abbildung 2: Am Anfang steht das digitale Modell, hier neben einem gedruckten Wandmuster (KI-generierte Illustration).

1

Entwerfen

Ein Gebäude wird als digitales Modell gezeichnet, meist als **BIM-Modell** (Building Information Modeling: ein 3D-Modell, das zusätzlich Material und Maße der Bauteile enthält).

2

In Schichten zerlegen

Eine Software schneidet das Modell in waagerechte Scheiben, ähnlich wie man einen Brotlaib in Scheiben schneidet. Das heißt **Slicing**. Jede Scheibe entspricht einer Schicht der späteren Wand.

3

Fahrbefehle erzeugen

Aus den Scheiben entsteht ein **G-Code**: eine Liste von Befehlen wie „fahre zu diesem Punkt, mit dieser Geschwindigkeit“. Der Roboter liest diese Liste Zeile für Zeile.

4

Material anmischen

Trockenmörtel und Wasser werden in einer Mischpumpe vermengt. Das Verhältnis ist genau vorgegeben, denn schon wenig Wasser mehr oder weniger verändert, wie der Beton sich verhält (Kapitel 4).

5

Pumpen

Eine Pumpe fördert den Beton durch einen Schlauch zum Druckkopf. Die Fördermenge muss zur Fahrgeschwindigkeit passen. Sonst wird der Strang zu dünn oder staut sich.

6

Drucken

Der Roboter fährt den Pfad ab und legt den Strang ab. Nach jeder Schicht hebt sich der Druckkopf um eine Schichthöhe. Typisch sind Stränge von einigen Zentimetern Breite und ein bis zwei Zentimetern Höhe.

So sieht ein stark vereinfachter Ausschnitt eines G-Codes aus:

```
G1 X1200 Y300 Z20 F6000   ; fahre zu Punkt X, Y, Z mit Vorschub F
G1 X1800 Y300 Z20 F6000   ; gerader Strang, 600 mm lang
G1 X1800 Y900 Z20 F6000   ; Ecke: 90 Grad nach links
G1 Z35                    ; nächste Schicht: Druckkopf 15 mm höher
```

WICHTIG

Der Beton wird nicht „gegossen“, sondern in einem engen Zeitfenster abgelegt. Pumpe, Mischer und Roboter müssen deshalb aufeinander abgestimmt laufen. Wartet ein Glied der Kette, wird der Beton im Schlauch steif.

3 Die Verfahren im Überblick

Ein Backofen kann Brot backen, ein Dampfgarer Gemüse dämpfen: Beide kochen, aber für verschiedene Aufgaben. Ähnlich ist es bei den Druckverfahren. Es gibt zwei Grundprinzipien und mehrere Maschinenbauformen.

Beim häufigsten Prinzip, der **Extrusion**, drückt eine Düse den Beton als Strang heraus (*to extrude* bedeutet „herauspressen“). Beim **Pulverbett** wird eine dünne Pulverschicht ausgebreitet und an ausgewählten Stellen mit Bindemittel verfestigt. Das Pulverbett kommt vor allem in Fabriken zum Einsatz.



Portal



Knickarm



SCARA, mobil



Pulverbett

Abbildung 3: Vier typische Bauformen: Portal, Knickarm, mobiler SCARA-Roboter und Pulverbett (KI-generierte Illustrationen).

Die Antwort auf: Welche Maschine passt zu welcher Aufgabe?

Bauform	So arbeitet sie	Stärke	Grenze
Portal	Rahmen über dem Baufeld, Druckkopf fährt in drei Achsen	Sehr genau, einfache Steuerung	Auf- und Abbau; das Baufeld ist durch den Rahmen begrenzt
Knickarm	Industrieroboter mit mehreren Gelenken, fest oder auf Fahrwerk	Beweglich, auch geneigte Flächen	Begrenzte Reichweite; Gelenke sind Fehlerquellen
SCARA, mobil	Waagerecht schwenkende Arme (Selective Compliance Assembly Robot Arm), die mit der Basis mitfahren	Große Fläche aus einer Position; steif in der Waagerechten	Weniger Freiheit bei starken Überhängen
Pulverbett	Pulver und Bindemittel, Schicht für Schicht	Komplexe Formen, freie Gestaltung	Meist Vorfertigung; Bauteilgröße begrenzt

TIPP

Zwei Orte sind möglich: Der Druck **auf der Baustelle** spart Transport, braucht aber Wetterschutz und Aufbauzeit. Die **Vorfertigung in der Halle** bietet gleichmäßige Bedingungen, die fertigen Teile müssen danach transportiert und montiert werden.

4 Der Werkstoff: Druckbeton

Gewöhnlicher Beton verhält sich wie Wasser mit Steinen: Er fließt in die Schalung und härtet dort. Druckbeton muss sich anders verhalten, eher wie Joghurt. Er lässt sich pumpen, bleibt aber nach dem Ablegen in Form.



Abbildung 4: Druckbeton fließt cremig wie Joghurt in den Druckkopf (KI-generierte Illustration).

Dieses Verhalten nennt man **Thixotropie**: Der Beton ist flüssig, solange er in Bewegung ist, und wird steif, sobald er ruht. Man kennt es von Ketchup, der erst nach kräftigem Schütteln aus der Flasche kommt. Dazu kommen drei Eigenschaften, die den Alltag am Drucker bestimmen.

Pumpbarkeit: Der Beton lässt sich durch den Schlauch fördern, ohne zu entmischen. **Formstabilität:** Der abgelegte Strang trägt die nächsten Schichten, ohne sich zu verformen. **Offene Zeit:** Die Zeitspanne, in der frisch abgelegter Beton sich noch mit der nächsten Schicht verbindet.



Abbildung 5: Das Druckfenster: Zwischen „zu flüssig“ und „zu steif“ liegt nur ein schmaler Zeitbereich (schematisch).

Die Antwort auf: Woraus besteht Druckbeton, und wofür ist jeder Bestandteil da?

Bestandteil	Aufgabe	Hinweis
Zement	Bindemittel; härtet durch Reaktion mit Wasser (**Hydratation**)	Geopolymere sind eine Alternative mit anderem Bindemittel; sie werden noch erforscht
Zuschlag (Sand)	Füllstoff, gibt dem Beton Volumen und Festigkeit	Meist sehr fein, Größtkorn oft unter 4 mm; Wert je nach Hersteller
Wasser	Macht die Mischung verarbeitbar	Menge ist eng toleriert; Schwankungen verändern das Druckfenster
Zusatzmittel	Steuern Fließen, Ansteifen und Erhärten	Fließmittel, Verzögerer und Beschleuniger müssen zusammenpassen

WICHTIG

Temperatur verschiebt das Druckfenster. Bei Hitze steift der Beton schneller an, bei Kälte langsamer. Hersteller geben ihre Werte für eine bestimmte Temperatur an; auf der Baustelle muss man nachjustieren.

5 Bewehrung, Statik und Genehmigung

*Beton ist wie ein Stapel Bücher: Er trägt Druck hervorragend, auf Zug reißt er leicht. Deshalb braucht jede tragende Wand zusätzlich Stahl, der die Zugkräfte aufnimmt. Er heißt **Bewehrung**.*



Abbildung 6: Gedruckte Wand mit Hohlkammern, in die die Bewehrung gestellt wird (KI-generierte Illustration).

Beim Drucken gibt es das Problem, dass die klassische Bewehrung (Stahlkörbe) nicht ohne Weiteres zwischen die Schichten passt. Drei Wege sind üblich.

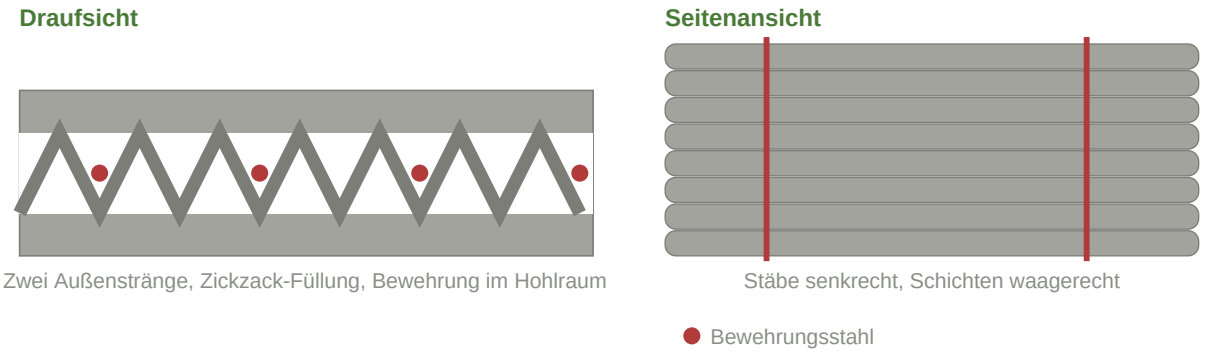


Abbildung 7: Gedruckte Wand mit Hohlräumen: Die Bewehrung wird nachträglich in die Kammern gestellt (schematisch).

Die Antwort auf: Wie kommt der Stahl in eine gedruckte Wand?

Weg	Prinzip	Offene Frage
Stäbe in Hohlkammern	Wand mit Hohlräumen drucken, Stahlstäbe einstellen, mit Beton verfüllen	Zusätzlicher Arbeitsschritt von Hand
Netze und Matten zwischen den Schichten	Bewehrung wird während des Drucks eingelegt	Eingriff in den laufenden Druck
Fasern im Beton	Kurze Stahl- oder Kunststofffasern in der Mischung	Trägt nicht in jedem Bauteil genug Zug

Genehmigung. Für gedruckte tragende Bauteile gibt es nach unserem Kenntnisstand keine allgemeine Norm. Üblich ist bisher der Weg über eine Zustimmung im Einzelfall oder eine vorhabenbezogene Bauartgenehmigung, abgestimmt mit der Bauaufsicht des jeweiligen Landes. Die Regeln entwickeln sich, der Stand ist vor jedem Projekt zu prüfen.

ACHTUNG

Ob ein Bauwerk tragen darf, entscheiden Tragwerksplanung und Bauaufsicht, nicht dieser Kurs. Er erklärt die Grundlagen. Er ersetzt keinen Standsicherheitsnachweis.

6 Qualität: Was schiefgehen kann

Wer eine Tapete klebt, sieht jede Blase sofort. Beim Betondruck sind Fehler oft erst später sichtbar, deshalb lohnt der Blick auf die typischen Ursachen. Fast alle gehen auf ein gestörtes Druckfenster zurück.



Abbildung 8: Feine Schichtlinien auf der Oberfläche einer gedruckten Wand (KI-generierte Illustration).



Abbildung 9: Drei typische Fehlerbilder (schematisch).

Die Antwort auf: Woran erkenne ich einen Fehler, und was hilft dagegen?

Fehlerbild	Meist die Ursache	Gegenmaßnahme
Einsacken	Beton zu weich oder Schichten zu schnell übereinander	Wasseranteil prüfen, Druckgeschwindigkeit senken, Pausen zwischen den Schichten
Kaltfuge (schwache Verbindung)	Untere Schicht war beim Auflegen zu steif	Offene Zeit beachten, Pfad kürzen, Temperatur messen
Risse	Zu schnelles Austrocknen, Wind, Sonne	Frischen Beton abdecken oder feucht halten (Nachbehandlung)
Schwankende Strangbreite	Pumpe und Roboter nicht abgestimmt	Fördermenge zur Fahrgeschwindigkeit nachführen

GESCHAFFT Wer die vier Fehlerbilder kennt und das Druckfenster im Blick behält, erkennt die meisten Probleme, bevor sie ins Bauteil wandern.

7 Wirtschaftlichkeit ehrlich betrachtet

Ein schnelles Auto gewinnt kein Rennen, wenn die Boxenstopps lang sind. Beim Betondruck ist die Wand nur ein Teil der Rechnung. Ob sich das Verfahren lohnt, entscheidet die gesamte Baustelle.

Gedruckt wird in der Regel nur der Rohbau der Wände. Fundament, Dach, Fenster, Technik und Ausbau laufen weiter konventionell. Einsparungen bei der Schalung stehen Kosten für Maschine, Druckbeton, Bewehrung und Nacharbeiten gegenüber. Belastbare Zahlen hängen stark von Projekt und Ort ab. Der Kurs nennt deshalb keine Pauschalwerte.

Die Antwort auf: Wo kann sich 3D-Betondruck rechnen?

Hebel	Wirkt wie	Bedingung
Keine Schalung	Spart Material und Arbeitszeit	Nur bei Wänden, die sich als Strang drucken lassen
Planbare Bauzeit	Weniger Abhängigkeit von Fachkräften	Stabile Abläufe, geübtes Team
Gestaltungsfreiheit	Gekrümmte Wände ohne Mehrpreis für die Schalung	Statik und Genehmigung müssen passen
Materialkosten	Druckbeton ist teurer als Standardbeton	Mengen und Lieferweg entscheiden

WICHTIG Seit Jahren zeigen Pilotprojekte, dass es technisch geht. Offen bleibt oft, ob es auf einer echten Baustelle im Maßstab günstiger ist als die herkömmliche Bauweise. Genau diese Frage muss jedes Projekt für sich beantworten.

8 Wie 3D-Bautec das Thema angeht

Ein Bauunternehmen fährt nicht mit einem Roboter vor, den es erst auf der Baustelle zusammensetzen muss. Der Ansatz von 3D-Bautec setzt deshalb auf eine Maschine, die als Ganzes ankommt und von einem Standort aus eine große Fläche bedient.



Abbildung 10: Ein fertiges gedrucktes Haus (KI-generierte Illustration).

Das **BuildBot SCARA** ist ein mobiles System für den großformatigen Betondruck. Es kombiniert ein Fahrwerk mit einem SCARA-Arm in neun Achsen (siehe Kapitel 3). Ziel ist, dass sich Wohnraum wieder bezahlbar bauen lässt.

Die Antwort auf: Wo steht das Projekt heute?

Thema	Stand	Einordnung
Maschine	Im Aufbau und in der Inbetriebnahme	Leistungsdaten sind erwartet, nicht belegt
Vorfertigung	In der Werkstatt in Hamburg-Rothenburgsort möglich	Ergänzt den Druck auf der Baustelle
Genehmigung	Einzelfallweg wie in Kapitel 5	Termine hängen von der Bauaufsicht ab und gelten als erwartet

TIPP

Aktuelle Informationen finden Sie unter www.3d-bautec.com. Dort stehen auch Ansprechpersonen für Rückfragen.

Anhang A – Häufige Fragen

Antworten auf die Fragen, die zum Einstieg am häufigsten gestellt werden.

Wie lange dauert es, eine Wand zu drucken?

Das hängt von Wandlänge, Schichthöhe und Druckgeschwindigkeit ab. Der Druck selbst ist nur ein Teil der Bauzeit; Aufbau, Bewehrung und Aushärten kommen dazu.

Muss der Beton danach noch aushärten?

Ja. Die Normfestigkeit erreicht Beton erst nach etwa 28 Tagen. Gedruckte Wände tragen aber früher erste Lasten, wenn die Tragwerksplanung es zulässt.

Kann man alles drucken?

Nein. Senkrechte Wände und sanfte Kurven gelingen gut. Starke Überhänge, Decken und Dächer sind schwierig und werden meist konventionell oder vorgefertigt gelöst.

Ist gedruckter Beton schwächer als gegossener?

Nicht grundsätzlich. Kritisch sind die Fugen zwischen den Schichten. Gut verbundene Schichten erreichen ähnliche Werte wie gegossener Beton.

Braucht man noch Handwerker?

Ja. Bewehrung, Fenster, Dach, Haustechnik und Ausbau bleiben Handarbeit. Der Drucker ersetzt vor allem die Schalung der Wände.

Anhang B – Glossar

Die wichtigsten Begriffe in einfachen Worten, alphabetisch sortiert.

Begriff	Bedeutung
Additive Fertigung	Bauen durch Hinzufügen von Material, Schicht für Schicht.
BIM	Building Information Modeling: 3D-Modell mit Angaben zu Material und Maßen.
Bewehrung	Stahl im Beton, der Zugkräfte aufnimmt.
Extrusion	Herauspressen des Materials durch eine Düse.
G-Code	Liste von Fahrbefehlen für die Maschine.
Hydratation	Chemische Reaktion von Zement und Wasser, durch die Beton erhärtet.
Kaltfuge	Schwache Verbindung zwischen zwei Schichten, die zu spät aufeinandertrafen.
Offene Zeit	Zeitspanne, in der eine Schicht sich noch mit der nächsten verbindet.
Pumpbarkeit	Fähigkeit des Betons, sich ohne Entmischen durch den Schlauch fördern zu lassen.
SCARA	Roboterbauart mit waagerecht schwenkenden Armen.
Slicing	Zerlegen eines 3D-Modells in Schichten.
Thixotropie	Flüssig in Bewegung, steif in Ruhe.
Zuschlag	Sand und Kies im Beton.
Zusatzmittel	Stoffe, die Fließen oder Erhärten des Betons steuern.

Anhang C – Notizen

Platz für eigene Fragen, Beobachtungen und Merkpunkte.

Meine Fragen

Was ich nachlesen möchte

Notizen zum Projekt