Hochschule Aalen – Technik und Wirtschaft

Optik und Mechatronik

Human Centricity

User Experience

Niklas Straub

3003013

Immobilien aus dem

3D-Drucker

Hausarbeit

Hochschule Aalen – Technik und Wirtschaft

Fakultät: Optik und Mechatronik

Fachbereich: Human Centricity

Studiengang: User Experience

**Immobilien aus dem 3D-Drucker**

Und deren ökonomische und ökologische Zukunftsfähigkeit

Hausarbeit

Vorgelegt von Niklas Straub: 3003013

Erstprüfende/r: Prof. Dr. Karsten Wendland

Zweitprüfende/r: Prof. Dr. Constance Richter

Matrikelnummer: 3003013

Abgabedatum: 27.01.20

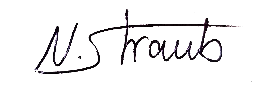
Eidesstattliche Versicherung

Straub, Niklas

3003013

User Experience

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig verfasst habe, dass ich sie zuvor an keiner anderen Hochschule und in keinem anderen Studiengang als Prüfungsleistung eingereicht habe und dass ich keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt habe. Alle Stellen der Arbeit, die wörtlich oder sinngemäß aus Veröffentlichungen oder aus anderweitigen fremden Äußerungen entnommen wurden, sind als solche kenntlich gemacht.



Plüderhausen, 25.01.2024

Ort, Datum Unterschrift

Inhalt

Eidesstattliche Versicherung 3

Abbildungsverzeichnis 5

Tabellenverzeichnis 5

1 Einleitung und Definition 6

2 Technische Möglichkeiten 7

2.1 Form des Endprodukts 7

2.2 Technische Features 7

2.3 Technische Barrieren 8

2.4 Normative Herausforderungen 9

3 Nachhaltigkeit 10

3.1 Effizienzstrategie 10

3.2 Konsistenzstrategie 11

4 Ökonomie 12

4.1 Personelle Ressourcen 12

4.2 Zeitmanagement 13

4.3 Finanzielle Ressourcen 14

4.4 Wohnraummangel 15

5 Zusammenfassung und Ausblick 17

6 Literaturverzeichnis 18

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Ablauf 3D-Druck (Niederhaus, 2022) 6

Abbildung 2: Querschnitt 3D-Druck-Wand mit Einblasdämmung (Niederhaus, 2022) 8

Abbildung 3: geförderte Wohnungen in Deutschland (Niederhaus, 2022, S. 33) 15

Tabellenverzeichnis

[Tabelle 1: nach: "Kostenaufstellung konventioneller Mauerwerksbau 1m² Wand" (Niederhaus, 2022, S. 51) 14](#_Toc157121062)

[Tabelle 2: nach: "Kostenaufstellung Beton-3D-Druck 1m² Wand“ (Niederhaus, 2022, S. 53) 15](#_Toc157121063)

1. Einleitung und Definition

„*3D-Druck ist ein Fertigungsverfahren zur schnellen und […] preisgünstigen Herstellung von Modellen, Mustern, Prototypen, Werkzeugen und Endprodukten. Grundlage für den Druck sind 3D-CAD-Modelle. 3D-Druck wird als generatives Fertigungsverfahren bezeichnet.*“ (Fastermann, 2014). Das Prinzip des 3D-Drucks ist es also, aus einem Baumaterial, basierend auf dreidimensionalen Modellen, ein fertiges Produkt herzustellen. Dabei wird pulverartiges oder flüssiges Material in Schichten, welche durch ein sogenanntes Slicer-Programm berechnet werden, nach und nach, aufgetragen und es entsteht das Endprodukt eines additiven Fertigungsprozesses[[1]](#footnote-1) (vgl. Fastermann, 2014). (vgl. Abbildung 1)



Abbildung 1: Ablauf 3D-Druck (Niederhaus, 2022)

Jedoch können nicht nur kleine Modelle, Werkzeuge und Prototypen, mithilfe von 3D-Druckern hergestellt werden, sondern auch Gebäudeteile oder gar ganze Gebäude. Im Fall des Gebäudedrucks werden spezielle Betongemische genutzt, welche durch einen großformatigen Betondrucker aufgeschichtet werden. Der Druck selbst findet entweder in einer Fertigungshalle oder direkt vor Ort statt (vgl. Hofmann, 2023).

Aufgrund der Neuheit dieses Verfahrens, behandelt die folgende Arbeit die Frage: Inwiefern sind Immobilien aus dem 3D-Drucker, in Bezug auf Ökonomie und Ökologie, zukunftsfähig?

1. Technische Möglichkeiten

Dadurch, dass die zu druckenden Gebäude mithilfe eines flexiblen Druckers hergestellt werden, eröffnen sich bei der Erstellung der 3D-CAD-Modelle neue Möglichkeiten, die bei herkömmlichen Bauprozessen nur schwer bis überhaupt nicht umzusetzen sind.

* 1. Form des Endprodukts

Aufgrund der Flexibilität der Drucker und des Raumes für Kreativität beim Erstellen der Modelle, sind der Form eines gedruckten Hauses, in der Theorie, keine Grenzen gesetzt. Es können geschwungene Wände wie auch Ecken gleichermaßen gedruckt werden. Allerdings „haben [die Häuser] bislang einen charakteristischen Look, vor allem bei den kreisförmigen Grundrissen“ (Hofmann, 2023). Das lässt sich einfach damit erklären, dass bislang nur wenige Projekte umgesetzt wurden.

Auch die äußere Erscheinungsform spielt eine, nicht zu vernachlässigende, Rolle. Denn: „[…] man erkennt gut die aus Beton einzeln gedruckten Linien“ (Hofmann, 2023). Dennoch wird die Anzahl an optischen Möglichkeiten nicht eigeschränkt – Im Gegenteil – „Betonwände können auch wie bei anderen Baustilen verputzt, gestrichen oder aber auch mit Holz verkleidet werden“ (Hofmann, 2023).

* 1. Technische Features

Durch den flexiblen Prozess des Druckens ist es auch möglich diverse technologische Features in Gebäude zu integrieren. So können beispielsweise Leerrohre, Entwässerungsöffnungen sowie und Aussparungen für Steckdosen und Schalter leichter eingebaut werden, da die Wände auch hohl gedruckt werden können. (vgl Röser GmbH)[[2]](#footnote-2) (vgl. Abbildung 2)

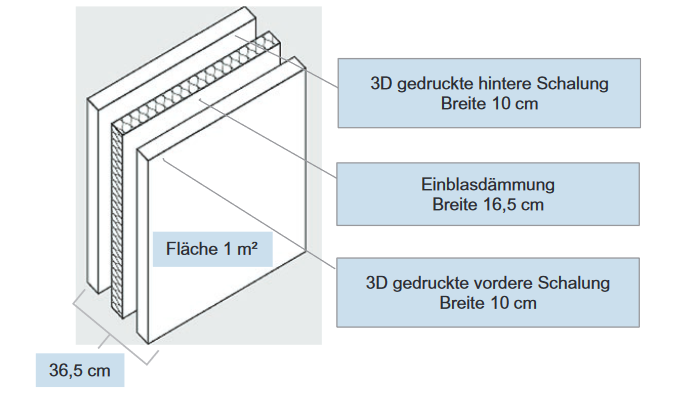
Durch das breite Spektrum an Design- und technologischen Optionen bietet sich ein hohes Potential für originelle Entwürfe was eine hohe Variabilität zur Folge hat, welche den Bau eines gedruckten Hauses wiederum attraktiv für Verbraucher macht. 

Abbildung 2: Querschnitt 3D-Druck-Wand mit Einblasdämmung (Niederhaus, 2022)

* 1. Technische Barrieren

Da der Betondrucker Schicht für Schicht aufeinander druckt müssen „Bodenplatte, Geschossdecken und das Dach müssen als eigene Bauteile eingebaut werden“ (Hofmann, 2023). Diese können entweder separat gedruckt oder auf herkömmliche Weise hergestellt und anschließend eingesetzt werden. Aufgrund der hohen Eigenlast von Beton, welche die unteren Schichten verformen würde, muss zudem spezieller Beton mit schnell aushärtenden Eigenschaften verwendet werden (vgl. H., 2018).

Zudem sind die Maße der Gebäude durch die Reichweite des Druckerarms und die Auswahl der Baugrundstücke eingeschränkt, wird das Objekt vor Ort gedruckt. Beispielsweise können keine Gebäude in Baulücken gedruckt werden, da der Druckerarm nicht direkt an die bereits bestehenden Gebäude drucken kann, sondern mindestens 3m Abstand benötigt (vgl. Korte, 2021)[[3]](#footnote-3).

Bei einer ‚Bauteile‘-Fertigung sind dem Ausmaß des fertigen Gebäudes prinzipiell keine Grenzen gesetzt, jedoch sollte bedacht werden, dass der Transport der Teile sehr kostspielig und vor Allem äußerst Umweltschädlich ist. Zudem müssen die Einzelteile vor Ort erst noch zusammengesetzt werden, was den Arbeitsaufwand und die damit verbundenen Kosten erhöht.

* 1. Normative Herausforderungen

Erschwerend kommt hinzu, dass „die DIN 18202 ‚Toleranzen im Hochbau – Bauwerke‘ […] die Ausführungsgenauigkeiten bei der Erstellung von Gebäuden [regelt]“ (Mechtcherine, et al., 2020, S. 14). „Beispielsweise sind bei Bauteilen mit einem Nennmaß von 1,0 m Maßabweichungen bis 10,0 mm […] gegenüber dem Grundriss zulässig“ (Mechtcherine, et al., 2020, S. 14 f.). Drucker sind zwar in der Lage so präzise zu drucken, dass die Norm eingehalten wird, jedoch muss dies vor Ort von einer Fachkraft überwacht werden, also erhöhten Ressourcenaufwand bedeutet. Mit fortschreitender Forschung hingegen ist eine Änderung der Normen, oder aber eine deutlich gesteigerte Präzision der Druckmaschinen, sehr gut denkbar.

1. Nachhaltigkeit

Wie zuvor bereits erwähnt, kann aufgrund seiner Beschaffenheit kein herkömmlicher Beton für den Druck verwendet werden. Für druckbaren Beton sind „eine hohe Grünstandfestigkeit und eine schnelle Erhärtung […], ohne dabei an Verarbeitbarkeit und Pumpbarkeit im frischen Zustand einzubüßen [notwendig]“ (Näther, et al., 2017, S. 47). In ihrem Forschungsprojekt kamen Näther et al. zu dem Schluss Normalbeton mit Erstarrungsbeschleunigern zu verwenden. (vgl. Näther, et al., 2017, S. 49)

Zunächst gilt es festzuhalten, dass es drei grundlegende Nachhaltigkeitsstrategien gibt, welche die Verminderung ökologischer Belastungen zur Folge haben: die Effizienzstrategie, die Konsistenzstrategie und die Suffizienzstrategie[[4]](#footnote-4). (vgl. Moring & Inholte, 2022, S. 79)

* 1. Effizienzstrategie

*„Die Effizienz-Strategie versucht, das bestmögliche Verhältnis von Input und Output zu erreichen. […] Diese Strategie ist ökonomisch wie ökologisch vorteilhaft, und ist besonders bei Unternehmen sehr beliebt. Kritisiert werden zum einen der […] große Technikoptimismus und der sogenannte […] Rebound-Effekt.“* (Kropp, 2019, S. 23) Bezüglich der Effizienzstrategie wurden im Bereich der nachhaltigen Baumaterialien bereits Erfolge erzielt. So wurde beim Bau des ersten 3D-gedruckten Hauses in Deutschland „Zementfreier 3D-Druckmörtel mit 70 % weniger CO₂-Emissionen“ (Mense Korte, 2023) genutzt. In Zusammenarbeit mit MC-Bauchemie wurde Trockenmörtel genutzt, der im Vergleich zu zementösen Mörtelprodukten 70% der CO2-Emissionen einspart. (vgl. Mense Korte, 2023) Zudem werden im Bauprozess deutlich weniger Materialien verschwendet als bei herkömmlichen Bautechniken, da es sich um ein additives Fertigungsverfahren handelt, wobei nur das Material genutzt wird, welches am Ende Teil der Konstruktion ist. So wird eine Wand beispielsweise Schalungsfrei gedruckt, wodurch Ausrüstung und Werkzeuge benötigt werden. Außerdem werden auch deutlich weniger Maschinen, die CO2 ausstoßen würden, benötigt, da lediglich der Drucker, sowie der Beton vor Ort sein müssen. Werden die Einzelteile des Hauses jedoch in einer Fertigungshalle gedruckt müssen die Emissionen durch den Transport mit bedacht werden. (vgl. Mense Korte, 2023)

* 1. Konsistenzstrategie

„Die Konsistenz-Strategie setzt vor allem auf den Einsatz umweltfreundlicher Technologien. Ziel ist es eine Kreislaufwirtschaft zu ermöglichen, [… wobei] alle ‚Abfälle‘ wieder Rohstoffe für neue Produkte bilden“ (Kropp, 2019). Recycling lässt sich im Betondruck leicht durchsetzen. „3D-Drucker nutzen erfolgreich Recycling-Materialien. Bauschutte aller Art, recyceltes Metall und Kunststoffe können verwendet werden.“ (bau-welt.de, 2023) Zum Beispiel wurde an der TU München ein Leichtbeton, bestehend aus einer Mischung aus Holzspänen, also einem Abfallprodukt, und Beton entwickelt, welcher sowohl statisch belastbar als auch wärmedämmend ist. (vgl. bau-welt.de, 2023)

Nicht nur Betongemische können als nachhaltiges Baumaterial dienen. In Amsterdam wurden bereits 2015 „Urban Cabins“ aus Bioplastik, bestehend aus Leinöl gedruckt, welches man gegebenenfalls schreddern und wiederverwenden kann. (vgl. bau-welt.de, 2023; houseofdus, kein Datum) Außerdem gibt es auch Drucker, die komplett mit erneuerbaren Energien, also Solar- Wind- oder Wasserkraft, betrieben werden. (vgl. H., 2018)

1. Ökonomie

Nicht nur die Betrachtung der ökologischen Aspekte spielt in dieser Angelegenheit eine Rolle, auch die wirtschaftlichen Auswirkungen müssen betrachtet werden, um die Auswirkungen dieser neuen Technologie einordnen zu können.

* 1. Personelle Ressourcen

Aktuell, geben 45% der im Baugewerbe tätigen Betriebe an, von Fachkräftemangel betroffen zu sein. Grund dafür ist zum einen der Überschuss an Aufträgen und zum anderen der Mangel an Bewerbern für Ausbildungsstellen. (vgl. Schmelzer, 2023)

Für den Hausbau mit einem 3D-Drucker müssen während des Bauprozesses nur zwei Stellen besetzt werden. In der Planung ist der Personalaufwand nach wie vor auf gleichem Niveau. Was jedoch noch ein Problem darstellt ist, dass für die Bedienung eines großformatigen Druckers besonders ausgebildetes Personal erforderlich ist, welches aktuell auf dem Markt noch nicht zur Verfügung steht. Waldemar Korte[[5]](#footnote-5) ist jedoch überzeugt, dass der Beruf durch den Einfluss der Digitalisierung, für junge Menschen an Attraktivität gewinnt. (vgl. Korte, 2021) Im Idealfall wird der Fachkräfte- und Personalaufwand also stark gesenkt.

Da der Immobiliendruck technisch noch nicht zu 100% ausgereift ist, fallen „[…] zudem Arbeiten wie die Wartung, die Reinigung, sowie Kontrollen, beziehungsweise manuelle Nachbearbeitung, und Instandhaltung und Instandsetzung der Immobilie in der Nutzungsphase“ an (Niederhaus, 2022, S. 59). Dabei werden wiederum neue Berufe geschaffen, die besetzt werden müssen. Ob auch diese eine erhöhte Attraktivität für Bewerber darstellen bleibt abzuwarten.

* 1. Zeitmanagement

Währen der Bau[[6]](#footnote-6) eines Einfamilienhauses, mit herkömmlicher Bauweise, circa 6 Wochen in Anspruch nimmt (vgl. Hammermeister, 2022) oder umgerechnet 0,9h/m² (Tabelle 1), benötigt ein Gebäude aus dem 3D-Drucker lediglich wenige Tage (ca. 50 Druckstunden) (vgl. Korte, 2021) oder umgerechnet 0,05h/m² (Tabelle 2). Anders ausgedrückt benötigt ein 3D-Drucker also nur ca. ein Achtzehntel der Zeit. Ein weiterer Vorteil: der Drucker kann die Nacht durcharbeiten, muss jedoch trotzdem überwacht werden. In der Planung wird im Vergleich allerdings mehr Zeit benötigt. Aufgrund der Tatsache, dass im 3D-Gebäudemodell bereits alle Informationen vorab enthalten sein müssen ist eine ausführliche Planung notwendig (vgl. Korte, 2021), welche im Umkehrschluss aber den Bau selbst beschleunigt. Es ist gut vorstellbar, dass Planungsabläufe in der Zukunft schneller von satten gehen, wenn die Methoden erprobter und die Architekten erfahrener im Umgang mit den Beton-Druckern sind.

Des Weiteren floss im Beispiel des ersten 3D-gedruckten Hauses Deutschlands sehr viel Zeit in die Optimierung des Druckers, da dieser sich zum damaligen Zeitpunkt noch in der Entwicklung befand (vgl. Korte, 2021). Dieses Problem dürfte in der Zukunft aber keine Rolle mehr spielen, sobald die Drucker den benötigten Standards entsprechen und nicht neu entwickelt werden müssen.

* 1. Finanzielle Ressourcen

Durch die in Punkt 0 aufgeführte Zeitersparnis in der Bauphase ergibt sich wiederum eine signifikante Kostenersparnis, welche durch die Menge an benötigtem Personal, wie in 4.1 aufgeführt, verstärkt wird. Bedacht werden muss hierbei, dass die benötigten Arbeitskräfte, zwar weniger an der Zahl, aber dennoch speziell ausgebildet sein müssen und deren Stundenlohn über dem eines gewöhnlichen Arbeiters liegt (vgl. Tabelle 1, Tabelle 2) Wird der Lohn pro Quadratmeter betrachtet, werden den Fachkräften im 3D-Druck, durch die große Zeitersparnis, nur noch knapp 6,6% dessen gezahlt, was Arbeiter mit konventioneller Bauweise verdienen. Ausgeglichen wird diese finanzielle Ersparnis durch die Kosten der Baumaterialien pro m². Hierbei ist vor Allem der Spezialbeton ausschlaggebend. Addiert belaufen sich die Kosten auf etwa doppelt so viel als bei konventioneller Bauweise, wodurch der Preis für einen Quadratmeter Wand aus dem 3D-Drucker leicht über dem der konventionellen Bauweise liegt. (vgl. Tabelle 1,Tabelle 2)

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Kostengruppe | Position | Berechnung/m² | Preis/m² | Zwischensumme |
| Material | Steine Hlz 36,5cm | 112€ | 112€ | **114,40€** |
| Dünnbettmörtel | 0,80€/kg\*3kg | 2,40€ |
| Lohn | 1 Facharbeiter\*in | 52€/h\*0,9h | 46,80€ | **90€** |
| 1 Hilfsarbeiter\*in | 48€/h\*0,9h | 43,20€ |
| **Endsumme** | | | | **204,40€** |

Tabelle 1: nach: "Kostenaufstellung konventioneller Mauerwerksbau 1m² Wand" (Niederhaus, 2022, S. 51)

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Kostengruppe | Position | Berechnung/m² | Preis/m² | Zwischensumme |
| Material | Hochleistungsbeton, bewehrt | 1000€/m³\*0,2m³ | 200€ | **215,35€** |
| Einblasdämmung | 93€/m³\*0,165m³ | 15,35€ |
| Lohn | 1 Geräteführer\*in | 70€/h\*0,05h | 3,50€ | **5,90€** |
| 1 Hilfsarbeiter\*in | 48€/h\*0,05h | 2,40€ |
| **Endsumme** | | | | **221,25€** |

Tabelle 2: nach: "Kostenaufstellung Beton-3D-Druck 1m² Wand“ (Niederhaus, 2022, S. 53)

* 1. Wohnraummangel

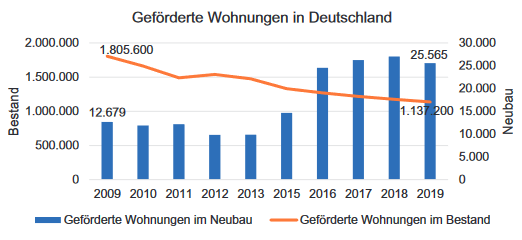
In den letzten Jahren steigerten sich die Preise Wohnimmobilien immer mehr. Zusätzlich werden immer weniger Wohnräume gebaut oder renoviert wodurch es zu einer hohen Nachfrage kommt, die vom geringen Angebot nicht gestillt werden kann (vgl. Niederhaus, 2022, S. 22 f.). Bei Sozialwohnungen lässt sich außerdem beobachten, dass neu gebaute Wohnungen immer mehr, und bereits bestehende immer weniger gefördert werden, was ein gefördertes Einsatzgebiet der neuen Technologie sein könnte (vgl. Niederhaus, 2022, S. 33) (siehe: Abbildung 3).

Abbildung 3: geförderte Wohnungen in Deutschland (Niederhaus, 2022, S. 33)

Mit Nutzung der 3D-Druck Technologie könnte der Staat in kürzester Zeit den Wohnraummangel lösen und würde nebenbei vermutlich das Baugewerbe und insbesondere die 3D-Druck-Technologie bewerben und fördern.[[7]](#footnote-7)

1. Zusammenfassung und Ausblick

Mit Blick auf die Forschungsfrage, nach den ökonomischen und ökologischen Auswirkungen der Immobilien aus dem 3D-Drucker und damit auch deren Zukunftsfähigkeit, lässt sich bezüglich der Ökologie, aufgrund einer Umweltfreundlichen Bauweise und vielversprechender Baumaterialien, eine sehr positive Prognose treffen. In Bezug auf die Ökonomie gibt es allerdings auch einige negative Aspekte. Zusammenfassen kann man diese damit, dass im Umgang, mit der noch neuen Technologie, bisher wenig Erfahrung gesammelt wurde. Zudem besteht noch kein preislicher Vorteil gegenüber der konventionellen Bauweise. Mit mehr Erfahrung könnte man den Kostenaufwand senken und Prozesse beschleunigen. Außerdem können gegenwärtige Probleme wie Fachkräfte- und Wohnraummangel gelöst werden. Auch ein Anstieg an Attraktivität der Bautechnik ist durch neue Design- und technische Möglichkeiten zu erwarten.

Zusammenfassen lässt sich also feststellen, dass die Technologie, mithilfe weiterer Forschung und Optimierung, sowohl ökologisch als auch ökonomisch, sehr gut zukunftsfähig ist.

1. Literaturverzeichnis

bau-welt.de. (April 2023). *bau-welt.de*. Abgerufen am 21. Januar 2024 von https://www.bau-welt.de/hausbau/hausplanung/bautrends/bauen-fuer-die-zukunft/3d-haus-drucken.html

Fastermann, P. (01. Januar 2014). *Was ist 3D-Druck.* Krefeld: Springer Vieweg. Abgerufen am 19. Januar 2024

H., A. (05. Februar 2018). *3D-Druck: Die Zukunft des Häuserbaus?* Abgerufen am 21. Januar 2024 von 3Dnatives: https://www.3dnatives.com/de/zukunft-des-hauserbaus-050220181/#!

Hammermeister, M. (10. November 2022). *einfamilienhaus.de*. Abgerufen am 22. Januar 2024 von Einfamilienhaus Bauzeit – wie lange dauert es?: https://www.einfamilienhaus.de/ratgeber/hausbau/bauzeit/

Hofmann, M. (06. August 2023). *Bauen wir künftig aus dem 3D-Drucker?* Abgerufen am 20. Januar 2024 von schroehof.com: https://www.schroehof.com/blog/bauen-wir-kunftig-aus-dem-3d-drucker

houseofdus. (kein Datum). *houseofdus.com*. Abgerufen am 21. Januar 2024 von https://houseofdus.com/#project-urban-cabin

Korte, W. (23. März 2021). Häuser aus dem 3-D-Drucker. (C. Kucharski, Interviewer) Münstersche Zeitung. Abgerufen am 20. Januar 2024 von https://www.muensterschezeitung.de/lokales/staedte/muenster/stadtgefluester/hauser-aus-dem-3-d-drucker-1018345

Kropp, A. (2019). *Grundlagen der Nachaltigen Entwicklung.* São Paulo, Brasilien: Springer Gabler. Abgerufen am 21. Januar 2024

Mechtcherine, V., Otto, J., Will, F., Markin, V., Schröfl, C., Nerella, V. N., . . . Näther, M. (2020). *CONPrint3D-Ultralight – Herstellung.* Fraunhofer IRB Verlag. Abgerufen am 20. Januar 2024

Mense Korte. (August 2023). Erstes 3d-Druck Modulbau-Gebäude. Beckum. Abgerufen am 21. Januar 2024 von https://mense-korte.de/3d-gebaeudedruck/

Moring, A., & Inholte, C. (2022). *Nachhaltigkeit und Digitalisierung in der Immobilienwirtschaft.* Hamburg: Springer Gabler. Abgerufen am 21. Januar 2024

Näther, M., Nerella, V. N., Krause, M., Kunze, G., Mechtcherine, V., & Schach, R. (2017). *Beton-3D-Druck –.* TU Dresden: Fraunhofer IRB Verlag. Abgerufen am 21. Januar 2024

Niederhaus, L. (2022). *Der Einfluss der 3D-Technologie auf sozialen Wohnungsbau und Wohnraummangel in Deutschland.* Neustadt an der Weinstraße: Springer Vieweg. Abgerufen am 22. Januar 2024

Röser GmbH. (kein Datum). *3D Betondrucker Übersicht*. Abgerufen am 20. Januar 2024 von https://roeser-gmbh.de/de/produkte/k-3d\_betondrucker\_uebersicht

Schmelzer, M. D. (24. November 2023). Fachkräftemangel am Bau: Fast jeder zweite Betrieb betroffen. Abgerufen am 22. Januar 2024 von https://www.ingenieur.de/fachmedien/hlh/wissen/fachkraeftemangel-am-bau-fast-jeder-zweite-betrieb-betroffen/

1. Prozess bei welchem nur Material hinzugegeben wird (nicht abgetragen) [↑](#footnote-ref-1)
2. Die Röser GmbH war am Bau des ersten 3D-gedruckten Hauses Deutschlands beteiligt. [↑](#footnote-ref-2)
3. Waldemar Korte war Teil des Architekten- und Planungsteams im Bau des ersten 3D-Druck-Hauses Deutschlands. [↑](#footnote-ref-3)
4. Im Rahmen dieser Arbeit wird nicht auf die Suffizienzstrategie eingegangen. [↑](#footnote-ref-4)
5. Waldemar Korte war Teil des Architekten- und Planungsteams im Bau des ersten 3D-Druck-Hauses Deutschlands. [↑](#footnote-ref-5)
6. Bezieht sich auf Fundament und Rohbau (gilt für beide Baumethoden) [↑](#footnote-ref-6)
7. Spekulation über möglichen Verlauf (keine belegenden Quellen & Daten) [↑](#footnote-ref-7)