

WIKIPEDIA

Hanfkalk

Hanfkalk, auch **Hanfbeton** (englisch Hempcrete), ist ein natürlicher Verbundwerkstoff, der im Wesentlichen aus dem Leichtholz der Hanfpflanze (*Cannabis Sativa L.*), den Schäben und einem kalkhaltigen Bindemittel besteht.^[1] Er wird aufgrund der fehlenden Gesteinskörnung den Agrarbetonen zugeordnet.^[2] Hanfkalk wird hauptsächlich als Naturdämmstoff für Wände, Dächer und Böden benutzt und kann außerdem als Dämmputz eingesetzt werden. Durch die offenporige Struktur der Schäben und des Kalks hat dieses Material eine niedrige Wärmeleitfähigkeit und wirkt hygroskopisch.^[3] Aufgrund der Kohlenstoffbindung während des Wachstums der Hanfpflanze besitzt der Baustoff eine negative CO₂-Bilanz und fungiert somit als CO₂-Senke.^[4]



Struktur von Hanfkalk

Hanfkalk kann in Schalungen eingebracht und durch Spritzverfahren aufgetragen werden oder in der Vorfertigung als Stein oder Fertigbauteil hergestellt werden.^[3] Der Baustoff ist formstabil und fest, weist jedoch nur geringe Druckfestigkeiten auf und kann für monolithische, mehrgeschossige Massivbauweisen nur in Verbindung mit einem lastabtragenden Ständerwerk eingesetzt werden.^[5]

Inhaltsverzeichnis

Zusammensetzung

Eigenschaften

- Mechanisches Verhalten
- Hygrothermisches Verhalten
- Schallabsorptionsgrad
- Brandverhalten
- CO₂-Absorption

Verarbeitungsverfahren für Massivbauteile

- Händisches Einbringen
- Spritzverfahren
- Steine
- Vorgefertigte Wandelemente

Anwendungsgebiete

- The Bright Building

Weblinks

Einzelnachweise

Zusammensetzung

Die Ausgangsstoffe von Hanfkalk sind Hanfschäben und ein kalkhaltiges Bindemittel. Oft verwendete Bindemittel sind unter anderem natürlich hydraulische Kalke wie NHL 5, Naturschnellzemente, oder Kalkhydrate mit puzzolanischem Zuschlag (z. B. Metakaolin, Flugasche & Hüttensand).^[2] Die länglichen Schäben sind der organische Zuschlagsstoff für das Bindemittel. Ihr Anteil beträgt ungefähr 75 % der Masse.^[1] Sie sind platt und länglich geformt. Ihre Eigenschaften für den Hanfkalk hängen einerseits von der Geometrie (hauptsächlich der Länge) und andererseits dem enthaltenen Faser- und Staubanteil ab.^[2]



Frisch gemischter Hanfkalk. Zusammengesetzt aus Hanfschäben, Kalkhydrat und Wasser

Hanfkalk kann in unterschiedlichen Verhältnissen zwischen Bindemittel und Zuschlagsstoff hergestellt werden. Je höher der Bindemittel Anteil ist, desto höher ist die Rohdichte des Hanfkalks und desto niedriger sind die wärmedämmenden Eigenschaften. Je nach Verwendungszweck wird Hanfkalk üblicherweise in Rohdichten von 200–500 kg/m³ hergestellt. Mischungen für Dachdämmung liegen bei Rohdichten von 200–250 kg/m³, für Wand- und Bodenanswendungen steigt die Rohdichte auf 400 bzw. 500 kg/m³. In diesen Bereichen hat der Baustoff eine Wärmeleitfähigkeit von ca. 0,06 W/m·K - 0,12 W/m·K. Weiterhin hat die Zusammensetzung Auswirkungen auf die feuchteregulierenden sowie schallabsorbierenden Eigenschaften und die Belastungsfähigkeit.

Die Rohdichte wird neben dem Bindemittelanteil von Faktoren wie der Schäbengröße, und der beim Einbau ausgeübten Verdichtung beeinflusst.^[2] Sie ist auch maßgebend für den Porenanteil in Hanfkalk, der bei einer Rohdichte von 400 kg/m³ bei ca. 70 Vol.% liegt. Die Art der Poren unterteilt sich entsprechend der Größe in drei Kategorien:

- Makroporen (ca. 1 cm) entstehen aufgrund der unstrukturierten Anordnung der Schäben im Mischgut
- Mesoporen (0,01–1 mm) finden sich in der Schäbenstruktur und als Lufteinschlüsse im Bindemittel
- Mikroporen (< 0,01 µm) befinden sich zwischen Hydraten der Bindemittelmatrix^[6]

Eigenschaften

Die Hanfschäben und das Bindemittel stehen in unterschiedlicher Weise in Wechselwirkung zueinander. Abhängig von der Zusammensetzung werden die mechanischen Eigenschaften, das hygrothermische Verhalten, die akustischen Eigenschaften, das Brandverhalten, sowie das CO₂-Bindevermögen beeinflusst. Folgend sind diese Parameter verallgemeinernd beschrieben.

Mechanisches Verhalten

Die mechanischen Eigenschaften hängen einerseits von der Art des Bindemittels und seiner mechanischen Festigkeit ab. Andererseits werden diese Bindemittleigenschaften von der Flexibilität und Zusammensetzung und Qualität der Schäben geprägt, da die Schäben das Ansteifverhalten der Bindemittel beeinflussen.^[2]

Die Porosität mit der einhergehenden Kompressibilität d. h. Zusammendrückbarkeit der Schäben limitiert die maximal erreichbare Festigkeit des Baustoffs stark und sorgt gleichzeitig für ein unübliches duktilen bzw. elastoplastisches Verformungsverhalten. Untersuchungen verschiedener Hanfkalk Rezepturen ergaben, dass die Druckfestigkeit von Hanfkalk nach 28 Tagen stets zwischen 0,25–3 MPa lag (ca. 1/20 von Normalbeton), einhergehend mit großen Verformungen, je nach Bindemittelart und -anteil.^[7] Auch wenn die Festigkeit von Hanfkalk aufgrund stetiger Karbonatisierung zunimmt ist sie im Vergleich zu anderen Baustoffen sehr gering. Diese Eigenschaft limitiert den Einsatz von Hanfkalk im Bauwesen und setzt die Kombination mit einem lastabtragenden Ständerwerk voraus.^[3]

Auf das Ständerwerk wirkt Hanfkalk als aussteifende Unterstützung, da es Lasten bei Horizontalbelastung von instabilen Bereichen innerhalb der Konstruktion ableiten kann. Dadurch wird ein Versagen der Holzkonstruktion stark verzögert. Durch das duktile Verhalten von Hanfkalk eignet sich sein Einsatz besonders in erdbebengefährdeten Gebieten, weil der Punkt des Versagens der Konstruktion durch die große Verformung, die dieses Material zulässt, weit hinausgezögert wird.^[5]

Hygrothermisches Verhalten

Hanfkalk ist ein hygroskopisches Material mit stark schwankenden Porendurchmessern in Bereichen von Nanometer bis Millimeter. Aufgrund dieses offenen Porennetzwerks ist der Baustoff in der Lage Wasserdampf mit der Umgebungsluft auszutauschen. Bei hoher Luftfeuchtigkeit kann der Wasserdampf an den Oberflächen der Poren zu flüssigem Wasser kondensieren, wohingegen sich das Gegenteil bei trockener Luft einstellt. Dieses Phänomen des Phasenübergangs (Verdunstung/Kondensation) hat eine Absorption bzw. Abgabe von Wärmeenergie zur Folge, welches einen direkten Einfluss auf die Wärmedämmeigenschaften des Materials hat. Aufgrund dieses Phänomens wird Hanfkalk auch den Phasechange Materials (PCM) zugeordnet.^[2]

Die Wärmeleitfähigkeit liegt bei den gängigen Rohdichten für Hanfkalk (200 – 500 kg/m³) zwischen 0,06 – 0,11 W/m*K (bei 20 °C; 50 % RH). Die Wärmekapazität von Hanfkalk liegt bei ca. 1000 J/kg*K.^[2]

Schallabsorptionsgrad

Der Schallabsorptionsgrad von Hanfkalk kann stark variieren, da dieser von verschiedenen Parametern wie der Art des Bindemittels, dem Mischungsverhältnis und dem Verarbeitungsverfahren abhängig ist. Von diesen Parametern hat das Schäben/Bindemittel-Mischungsverhältnis den größten Einfluss auf die Schallabsorption.^[2]

Brandverhalten

Nach europäischer Norm (DIN EN 13 501) hat Hanfkalk das Brandverhalten: B-s1-d0. Die Hanfschäben werden nach derselben Norm in Euroklasse E eingeteilt.^[8] Dieses Brandverhalten kann durch die Ummantelung mit einem mineralischen Bindemittel verbessert werden. Bei

Feuerwiderstands-Tests wurde nachgewiesen, dass Wände aus Hanfkalk einen Feuerwiderstand von F90 erbringen können.^[9]

CO₂-Absorption

Verschiedene Ökobilanzen belegen die Nachhaltigkeit dieses Baustoffs und das Potential CO₂ zu binden. Je nach Produktionsszenario und Zusammensetzung werden Werte von 70 kg CO₂/m³ bis 307,26 kg CO₂/m³ genannt. Diese Werte übersteigen die für die Herstellung und Transport ausgestoßenen CO₂-Mengen (ca. 50 kg CO₂/m³) und geben Hanfkalk eine negative CO₂-Bilanz.^[5]

Zwei verschiedene Mechanismen sind für die CO₂-Aufnahme von Hanfkalk verantwortlich. Einmal nimmt die Hanfpflanze bei der Photosynthese CO₂ aus der Atmosphäre auf und bildet daraus Pflanzenmasse. Genauer gesagt besteht Hanf aus ca. 46 % Kohlenstoff. Dieser hohe Gehalt, verbunden mit dem schnellen Wachstum, und der guten landwirtschaftlichen Verträglichkeit, machen Hanf zu einer idealen Speicherpflanze.^{[1][10]}

Das zweite Phänomen der Kohlenstoffbindung tritt durch die Karbonatisierung des kalkhaltigen Bindemittels ein. Wenn Calciumcarbonat durch einen Brennvorgang zu Calciumoxid reagiert, entsteht neben den Emissionen durch den Brennprozess auch zusätzlich CO₂ durch die Dekarbonisierung aus dem Kalkstein. Letzteres kann zu gewissen Mengen in der Nutzungsphase des Hanfkalk-Baustoffs durch Karbonatisierung wieder gebunden werden. Im Vergleich dazu ist das CO₂-Bindungspotential bei der Hanfpflanze allerdings weitaus höher.^[2]

Verarbeitungsverfahren für Massivbauteile

Hanfkalk kann auf verschiedene Weisen hergestellt werden. Zum einen gibt es Vor-Ort angemischte „In-Situ Verfahren“ die sich in das händische Einbringen des Materials in Schalungen und das Sprühen mittels Spritzmaschine unterteilen. Zum anderen können Hanfkalk-Körper in Form von Steinen oder Wandelementen vorgefertigt werden und auf der Baustelle verbaut werden.

Händisches Einbringen

Die Entwicklung des Hanfkalks und dessen Einbringverfahren fußt maßgeblich auf der Sanierung historischer Fachwerkhäuser in Frankreich. Daher ist die ursprüngliche Methode Hanfkalk zu verbauen, ihn in eine formgebende Schalung zu füllen. Die Mischung wird in einem Zwangsmischer hergestellt und muss dann vom Verarbeiter mittels Schubkarre oder Eimer zur Einfüllstelle gebracht werden. Die leichte, unzusammenhängende Konsistenz des feuchten Hanfkalks lässt sich zudem weder als Schüttgut verarbeiten noch durch Vibration bzw. rütteln in den Schalungen verdichten und muss daher durch vertikalen Druck, von Hand oder mittels eines Werkzeugs, verdichtet werden. Das Material muss schichtweise eingebaut und verdichtet werden, um Hohlräume und verbundschwache Bereiche in der Wand zu vermeiden. Um eine ausreichende Verdichtung zu gewährleisten, soll die Einfüllhöhe des Baustoffs pro Lage nicht mehr als 0,2 Meter betragen.^[11] Mit Zwangsmischern lassen sich bis zu 24 m³ Hanfkalk pro Tag herstellen. Aufgrund der manuellen Einbringarbeit beschränkt sich die Menge, die mit diesem Verfahren eingebaut werden kann, jedoch auf etwa 10 m³ pro Tag.^[12]

Spritzverfahren

Beim Spritzverfahren werden Hanfschäben und Bindemittel mit einer speziell für den Baustoff entwickelten Spritzmaschine verarbeitet. Die Verfahrensarten werden in Nass- und Trockenspritzverfahren unterschieden. Mit den Verfahren geben Hersteller an, ca. 6 m³ pro Stunde verarbeiten zu können.^[13] Als Schalungssystem wird in der Regel eine einhäutige, verlorene Schalung benutzt. Das Ständerwerk wird zur verlorenen Schalung hin versetzt, da das Hinterfüllen von dahinter liegenden Hohlräumen bei diesem Verfahren nicht realisierbar sind.^[3]

Bei horizontaler Projektion wird Hanfkalk durch Luftdruck auf die Schalung gespritzt, an welcher er haftet und zugleich verdichtet wird. So werden mehrere Schichten aufgetragen bis die gewünschte Wandstärke erreicht ist. Eine gleichmäßige Verteilung des Baustoffs und eine ebene Wandoberfläche werden durch das Abziehen mittels großer Kartätschen erreicht. Beim Spritzen bleibt nicht der gesamte Anteil an Hanfschäben an der Wand kleben und fällt, mit Bindemittel ummantelt, als Rückprallanteil auf den Boden. Um dieses Material wieder zu benutzen muss das Material mit frischem Hanfkalk gemischt werden, damit es nicht zu trocken eingebaut wird.^[13]

Steine

Bei der Herstellung von Steinen wird der Hanfkalk in Formen gegeben und über Vibration verdichtet. Zusätzlich kann der so hergestellte Stein auch noch einer konstanten Belastung durch Zusammendrücken ausgesetzt werden.^[2] Die Steine kommen neben herstellerspezifischen Formen in verschiedenen Abmessungen (meist variabel in der Breite) um für verschiedene Anwendung benutzt werden zu können. So können mit besonders breiten Steinen monolithische Wandaufbauten realisiert werden, mittelgroße



Hanfkalkwand aus Steinen

Formate können in Kombination mit anderen Hanfkalk Bauweisen wie z. B. dem Spritzen verbunden werden und die dünnsten Abmessungen können für Sanierungen im Innen- und Außenbereich verwendet werden.

Durch die werkseitige Trocknung der Steine kann, im Vergleich zu In-Situ Verfahren, Zeit im Bauprozess gespart werden. Der Stein wird beim Verbauen in eine dünne Schicht aus Kalk-Sandmörtel gelegt und muss an den Kontaktstellen angefeuchtet werden. Um die Steine an das Ständerwerk anzupassen oder andere Formabweichungen, wie beispielsweise Rundungen auszuführen, können die Steine mit einer Säge auf die gewünschten Maße geschnitten werden.^[2]

Vorgefertigte Wandelemente

Um Wandelemente herzustellen, wird Hanfkalk werkseitig in einen Ständerwerkabschnitt gefüllt und nach Trocknung auf die Baustelle geliefert. Dies ist eine Bauweise, die sich gerade bei sehr großen Projekten, wie z. B. Lagerhäusern, Industriehallen, und großen öffentlichen Gebäuden rentiert. Im Vergleich zu Steinen ist noch das Wegfallen der Mörtelfugen zu

erwähnen, wodurch eine verbesserte Wärmedämmung der Gebäudehülle erzielt werden kann.^[2]

Anwendungsgebiete

Weltweit sind die meisten Gebäude aus Hanfkalk Wohngebäude wie Ein- oder Mehrfamilienhäuser. Doch auch größere, öffentliche und industrielle Gebäude lassen sich mit dem Baustoff realisieren.

The Bright Building

The Bright Building ist ein Campus Gebäude der Universität of Bradford. Es wurde von den Architekten Farrell und Clark entworfen^[14] und 2016 errichtet und ist bis jetzt das größte Hanfkalk Projekt in monolithischer Bauweise, das weltweit realisiert wurde. Das Gebäude hat vier Stockwerke und eine Grundfläche von 1800 m². Alle Wandelemente bestehen aus Hanfkalk und wurden per Spritzverfahren ausgeführt. Auf der Baustelle wurden zwei Spritzmaschinen gleichzeitig benutzt, um den Bauprozess zu beschleunigen. Außerdem wurde mit einer zweihäuptigen Schalung gearbeitet, die von den Sprühmaschinen vertikal befüllt wurden. Das Ständerwerk wurde zur Innenwand hin angeordnet.^[15]

Das Gebäude erreichte eine BREEAM-Bilanz von 95,2 %, wodurch es das nachhaltigste Gebäude der Welt im Bildungssektor ist.^[16] Die Architekten von Farrell & Clark und der Bauherr achteten von Anfang an darauf das Gebäude mit so vielen passiven Energiequellen wie möglich auszustatten. Daher kann die überaus positive Umwelt Bilanz neben hoch effizienter technischer Gebäudeausrüstung auf die umweltschonenden und raumklimaverbessernden Eigenschaften des Hanfkalks zurückgeführt werden.

Weblinks

- Warum Hanfbeton der bessere Baustoff ist - Baustoffe aus Hanf - Hanf Magazin (<https://www.hanf-magazin.com/nutzhanf/baustoffe-aus-hanf/warum-hanfbeton-der-bessere-baustoff-ist/>)

Einzelnachweise

- Allin, Steve.: *Building with hemp*. Seed Press, Kenmare, Co. Kerry 2005, [ISBN 0-9551109-0-4](#).
- Arnaud, Laurent; Amziane, S.: *Bio-aggregate-based Building Materials*. In: *Civil engineering and geomechanics series*. 1. Auflage. 2013, [ISBN 978-1-84821-404-0](#).
- Sparrow, Alex.: *The hempcrete book : designing and building with hemp-lime*. Cambridge, [ISBN 978-0-85784-224-4](#).
- Schönthaler / Hanf-Kalk-Ziegel / Bauen mit Hanf*. (<https://www.hanfstein.eu/>) Abgerufen am 28. Dezember 2019 (deutsch).
- Jami, Tarun; Karade, S. R.; Singh, L. P.: *A review of the properties of hemp concrete for green building applications*. Hrsg.: Journal of Cleaner Production. 2019, S. 17.
- Arnaud, Laurent; Gourlay, Etienne: *Experimental study of parameters influencing mechanical properties of hemp concretes*. Hrsg.: Construction and Building Materials. 2012, S. 50–56.
- Niyigena, César; Amziane, Sofiane; Chateauneuf, Alaa; Arnaud, Laurent: *Variability of the mechanical properties of hemp concrete*. Hrsg.: Materials Today Communications. 2016, S. 122–133.

8. *Materialprüfanstalt Universität Stuttgart*: CE Bafa Neu. Hanfschäben-Kalk-Dämmputz (2018)
9. Amziane, Sofiane; Collet, Florence: *Bio-aggregates Based Building Materials*. Band 23. Springer Netherlands, ISBN 978-94-024-1030-3.
10. Alessandro Arrigoni, Renato Pelosato, Paco Melià, Gianluca Ruggieri, Sergio Sabbadini: *Life cycle assessment of natural building materials: the role of carbonation, mixture components and transport in the environmental impacts of hempcrete blocks*. In: *Journal of Cleaner Production*. Band 149, 15. April 2017, ISSN 0959-6526 (<https://zdb-katalog.de/list.xhtml?t=iss%3D%220959-6526%22&key=cql>), S. 1051–1061, doi:10.1016/j.jclepro.2017.02.161 (<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.02.161>) (sciencedirect.com (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652617303876>) [abgerufen am 16. November 2021]).
11. Magwood, Chris: *Essential hempcrete contruction: the complete step-by-step guide*. Gabriola Island, BC, Canada, ISBN 978-1-55092-613-2.
12. *Hempcrete Mixer*. (<http://www.multi-marque.co.uk/LargeHempcreteMixer>) Abgerufen am 3. April 2020.
13. *Hanfkalk sprühen mit EREASY - effektive Verarbeitung von Hanfkalk*. (<https://hanfkalk-spruehen.de/>) Abgerufen am 3. April 2020 (deutsch).
14. *Bright Building for the University Bradford*. (<http://www.farrellandclark.co.uk/bright-building-for-the-university-of-bradford/2015/10/25/obs62vzwv8zotvg98knwn4s9rrbot5>) Abgerufen am 24. April 2021 (englisch).
15. Green Gown Award: *The Bright Building*. (https://www.sustainabilityexchange.ac.uk/green_gown_awards_2015_built_environment_univer) Abgerufen am 12. März 2020.
16. *University of Bradford - The Bright Building*. (<https://www.fgould.com/uk-europe/projects/university-bradford-bright-building/>) Abgerufen am 3. April 2020 (englisch).

Abgerufen von „<https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Hanfkalk&oldid=219497901>“

Diese Seite wurde zuletzt am 24. Januar 2022 um 12:08 Uhr bearbeitet.

Der Text ist unter der Lizenz „Creative Commons Attribution/Share Alike“ verfügbar; Informationen zu den Urhebern und zum Lizenzstatus eingebundener Mediendateien (etwa Bilder oder Videos) können im Regelfall durch Anklicken dieser abgerufen werden. Möglicherweise unterliegen die Inhalte jeweils zusätzlichen Bedingungen. Durch die Nutzung dieser Website erklären Sie sich mit den Nutzungsbedingungen und der Datenschutzrichtlinie einverstanden.

Wikipedia® ist eine eingetragene Marke der Wikimedia Foundation Inc.