



(10) **DE 10 2019 007 581 A1 2020.10.01**

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2019 007 581.1**
 (22) Anmeldetag: **31.10.2019**
 (43) Offenlegungstag: **01.10.2020**

(51) Int Cl.: **C12N 5/04 (2006.01)**
C12M 3/00 (2006.01)
E04B 1/00 (2006.01)
E04B 1/35 (2006.01)

(71) Anmelder:
Berdellé, Nicol-André, 65183 Wiesbaden, DE

(72) Erfinder:
gleich Anmelder

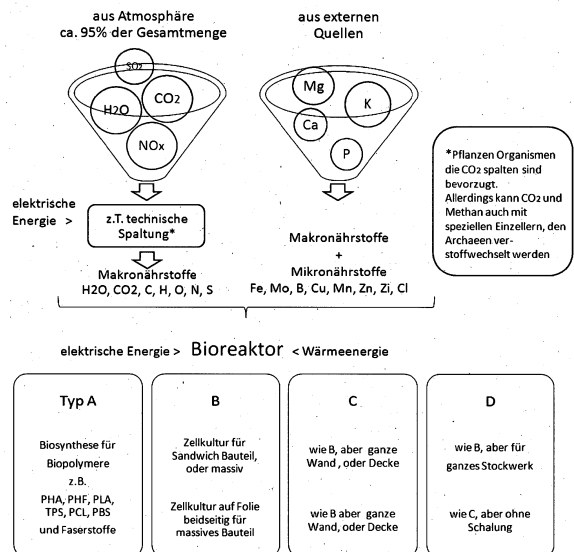
Mit Einverständnis des Anmelders offengelegte Anmeldung gemäß § 31 Abs. 2 Ziffer 1 PatG

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **Wachsende Massen-Baustoffe und Gebäude durch Zellkultivierung zur Verringerung der Treibhausgase**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung ermöglicht die Bindung von sehr großen Mengen an Treibhausgasen und Feinstaub aus der Atmosphäre und deren sichere, langfristige Speicherung. Der Umsetzung der Erfindung sind keine wirtschaftlichen Grenzen gesetzt, da keine besonderen Mittel, oder Fachpersonal erforderlich sind. Die Erfindung ermöglicht neuartige: Materialien, Fertig- und Verbund-Bauteile, Verbundwerkstoffe, Rohstoffgewinnung, Verfahren, sowie industrielle Fertigungs-Qualität und Automation auf der Baustelle. In der richtigen Kombination stellen diese jetzt schon einen wirtschaftlichen und profitablen Prozess zur Herstellung von Massenbaustoffen mit Zellkultivierung dar. Die Erfindung löst 18 der größten Probleme im Bauwesen. Darunter Steigerung des Automations-Grades und der Fertigung auf industriellem Niveau, direkt auf der Baustelle. Die Erfindung bietet 17 große Innovationen. Darunter wachsende Baustoffe, -Bauteile und Stockwerke auf Basis von Zellkultivierung. Dies ermöglicht eine Kombination der besten Materialeigenschaften von Stahl, Holz und Faserstoffen. Z.B. die Zugfestigkeit von Stahl mit der Feuerfestigkeit von massiven Holz-Wandplatten, oder natürlich gewachsene Superholz Massivbauteile mit Faser-verstärkung 3x so zugfest wie Baustahl zu erhalten.

Schema der Rohstoffgewinnung aus Treibhausgasen und Verwendung in Bioreaktoren zur Herstellung von organischen Materialien und Bauteilen



Beschreibung

Einleitung

[0001] Die Erfindung beschreibt neuartige Materialien, Fertig-Bauteile, Verbund-Bauteile, Faserverbundwerkstoffe, sowie neuartige Rohstoffgewinnung und Verfahren für das Bauwesen. Die Erfindungen stellen bereits jetzt, in der richtigen Kombination, einen wirtschaftlichen und profitablen Prozess zur Herstellung von Massenbaustoffen mit Zellkultivierung dar. Außerdem einen Prozess zur Verringerung der Treibhausgase in der Erdatmosphäre. Voraussetzung für die Erfindung sind weitere Innovationen für Automation und kontrollierte Klimabedingungen auf der Baustelle. Die Erfindungen sind leicht anhand der beiliegenden Zeichnungen zu verstehen.

Beschreibung

Zellkultivierung

[0002] Die Erfindung, im Bereich des Bauwesens und der Materialwissenschaft (Biosynthese und Phytochemie), bezieht sich auf neuartige, organische Materialien, welche durch Zellkultivierung bestimmter Organismen (im Text wird meistens Bambus als Beispiel verwendet), in einem Bioreaktor hergestellt werden. Dabei werden entweder ganze Zellen auf die Oberflächen einer Schalung appliziert, die sich im Bioreaktor (Typ B) befindet, oder Biopolymere, die zuvor aus den Zellen eines weiteren Bioreaktors (Typ A) gewonnen wurden. Dieser Bioreaktor kann auch alle Bestandteile von faserverstärkten Biopolymeren (Faserverbundwerkstoff, Composite) synthetisieren. Nach der Applikation wachsen die Zellschichten unter Nährstoffzufuhr und unter kontrollierten klimatischen Bedingungen, zu stabilen Platten heran.

Neue Bauteile

[0003] Anschließend wird der Raum zwischen den Platten mit einem beliebigen Füllmaterial aufgefüllt, das die beiden Platten kraftschlüssig verbindet. Zuletzt wird das fertige Bauteil aus der Schalung entfernt. So kann ein fertiges Bauteil für ein Gebäude, wie z.B. eine Wand entstehen. Somit beschreibt die Erfindung auch eine neuartige Fertig-Bauteil Klasse mit der sich unter anderem einfache Sandwich-Bauteile herstellen lassen, die über hochwertige Außenschichten aus den organischen Materialien verfügen. Die Mittelschichten der Sandwich-Bauteile können aus den üblichen Baustoffen bestehen.

[0004] Wenn die Platten großflächig genug sind können sie auch wie übliche Verschalungselemente beim Betonbau verwendet werden und gleich in der endgültigen Position des Bauteils, z.B. auf einer Geschossdecke stehend, verfüllt werden. Danach wird die Schalung entfernt.

[0005] Die Sandwich Bauteile, sowie die massiven Bauteile sind stabiler wie herkömmliche Bauteile aus mineralischen Baustoffen oder Holz und erlauben so eine Einsparung in der absoluten Menge an verwendeten Baustoffen durch reduzierte Bauteildicke. Dies ist relevant wenn die Energiemenge berechnet wird, die für den Bioreaktor notwendig ist und einer der Gründe warum selbstwachsende Massenbaustoffe tatsächlich schon jetzt konkurrenzfähig sind.

Neue Massen-Baustoffe

[0006] Auch die Füllung kann mit den Materialien aus dem Bioreaktor hergestellt werden. Dabei entstehen massive Bauteile, die nur aus einer Schicht bestehen. Dies wäre für die Verringerung der Treibhausgase in der Atmosphäre von Bedeutung da so dutzende von Tonnen Kohlendioxid und andere Treibhausgase wie Methan, Stickoxide und Schwefeldioxid bei dem Bau von nur einem Gebäude gespeichert werden.

[0007] Stützen werden massiv im Bioreaktor Typ C1 und Riegel massiv in Typ C3 gefertigt. Dabei werden kürzere Varianten der Verschalung verwendet entsprechend der Stärke von Stützen, bzw. Riegeln.

Neue Verbund-Bauteile

[0008] Die neue Fertig-Bauteil Klasse zeichnet sich auch durch die Möglichkeit zur Fabrikation von massiven Verbunddecken und Wänden, ohne metallische Verbindungsmittel aus, die im Brandfall so sicher sind wie massive Holzbauten aus großen Platten. Holz-Beton, Holz-Zellkultur, sowie Zellkultur-Zellkultur Verbunddecken sind möglich. Die inhärenten Bindungskräfte zwischen Zellen entstehen auch zwischen den Zellen und dem Material auf das diese wachsen. Darüber hinaus kann eine vergrößerte Kontakt-Oberfläche die Übertragung der gewünschten (nicht notwendigen) Schubkräfte leisten. Eine vergrößerte Kontakt-Oberfläche wird in der verlorenen Schalung (z.B. für Geschossdecken) durch Höhenunterschiede in der Oberfläche der Schalung erreicht. Die Zellkultur wächst dann um das Relief herum und verbindet sich mit der Verschalung kraftschlüssig. An dieser Stelle wird deutlich dass es sich bei der vorliegenden Erfindung um eine ganze Sammlung von Erfindungen handelt inklusive vieler Detail-Lösungen. Diese sind nur zum Teil vom Erfinder in der Patentanmeldung ausgeführt.

Neue Rohstoff-Gewinnung

[0009] Durch das Zellkultivierungs-Verfahren aus der Biochemie, zur Herstellung der organischen Materialien, kann das natürliche Gasgemisch der Erdatmosphäre als Rohstoff verwendet werden. Vor allem Kohlendioxid. Allerdings können, je nach Auswahl des Organismus und der Kombinationen, alle

Treibhausgase und auch Feinstaub gebunden werden.

Neues Verfahren

[0010] Da es sich hier um molekulare und zelluläre Prozesse handelt, die in der Nanometer- und Mikrometer Größenordnung in kleinen Geräten ablaufen, können die Materialien, bzw. die Zellschichten und die Fertig-Bauteile, in einer kleinen Anlage direkt auf der Baustelle hergestellt werden (welche modular und containerbasiert sein kann). Dadurch wird ein Beitrag dazu geleistet das Massenproduktion mit industrieller Qualität und Automatisierung auf der Baustelle stattfindet, was eine Revolution für das Bauwesen bedeutet.

Neue Materialien

[0011] Bei der Verwendung von DNA, in dem oben beschriebenen Fabrikations-Ablauf, entstehen für das Bauwesen neue Materialien aus natürlichen Organismen welche den üblichen Baustoffen um ein Vielfaches im Festigkeits/Gewichtsverhältnis überlegen sind. Somit beschreibt die Erfindung auch ein neuartiges Verfahren bei dem das Potential bislang ungenutzter Organismen erschlossen wird, z.B. für die Herstellung von biologisch abbaubaren Biokunststoffen, sogenannten Biopolymeren aus schnell nachwachsenden regionalen Rohstoffen und sogar der Umgebungsluft. Oder die Herstellung von Holzplatten mit Druck- und Zugfestigkeiten die höher sind wie bei den üblichen Konstruktions-Holzarten aus Nadelbäumen. Die Vielzahl von möglichen Materialien, Eigenschaften, Kombinationen und Manipulationen um Design-Eigenschaften zu erlangen, ist unbegrenzt.

Applikation

[0012] Die Applikation der Nährstofflösung bei senkrechten Bauteilen kann von oben, unten, oder durch Sprühen auf die gesamte Zellfläche stattfinden. Auch durch die Schalung hindurch, also von innen. Besonders wichtig ist dabei die Ausrichtung der Zellen. Diese müssen bei faserigen Baustoffen wie Holz in Richtung der Zug- und Druckkräfte verlaufen.

Bei horizontalen Bauteilen bestehen die gleichen Möglichkeiten, aber ein Besprühen, oder Applizieren von Nährstoff-Flüssigkeit von oben, erscheint als die sinnvollste Variante. Die Schwerkraft verteilt die Nährstoffe in diesem Fall gleichmäßig. Überschüssige Nährstoff-Flüssigkeit wird in allen Varianten am Boden des Bioreaktors aufgefangen und wiederverwendet.

[0013] Die Zellkultivierung kann auch auf beiden Seiten einer einzigen Oberfläche stattfinden. Diese Oberfläche ist eine Biopolymerfolie und verbleibt im fertigen Bauteil. Hier ist keine Verschalung notwendig

wie bei der Sandwich-Bauteil Fabrikation. Diese Variante eignet sich besonders für die Herstellung von vollständigen Mauern und Stockwerken, da kein Bewegen von großen Schalungsplatten erforderlich ist.

Neue Faserverbundwerkstoffe

[0014] Die freie Auswahl von Organismen ermöglicht eine Kombination der besten Materialeigenschaften von Stahl und Beton. Z.B. die Zugfestigkeit von Stahl und die Sicherheit von Holz im Brandfall, wenn massive Wände oder Geschossdecken, z.B. aus Flachs- und, oder Bambuszellen, oder differenzierten Zellen für Zugbeanspruchung fabriziert werden. Dazu kommen die, in den Patentansprüchen beschriebenen Möglichkeiten, die natürlichen Eigenschaften der Organismen durch bestimmte Kombinationen und Eingriffe noch zu verbessern.

Wiederverwendung

[0015] Die so hergestellten Gebäude bestehen aus hochwertigen Stoffen, die bei einem Abriss des Gebäudes herausgenommen werden können und in einem neuen Gebäude Verwendung finden. Dieses direkte Recycling ist besonders effizient. Auch für das übliche Recyceln eignen sich die hochwertigen Fasern.

Kompostierung

[0016] Allerdings lässt sich solch ein Gebäude auch kompostieren. Dies bedeutet dass der Abbau ebenfalls automatisch ist und von Mikroorganismen durchgeführt wird. Bei den gewachsenen Zellschichten und Biopolymeren handelt es sich nicht um Kunststoffe, die aus organischen Reststoffen hergestellt werden und deswegen mit Bio bezeichnet werden, die aber nicht verrotten. Die natürlich gewachsenen Stoffe sind natürliche Polymere, die vollständig von Mikroorganismen zersetzt werden können und reine, fruchtbare Erde hinterlassen. Natürlich sind die gewählten Organismen z.B. von resistenten Holzarten sehr langsam bei Zersetzungsprozessen und benötigen mechanische Zerkleinerung, oder Hilfe durch Enzyme damit ein Gebäude zeitnah kompostiert.

Bauablauf

A) Geschossdecken können an einem Stück, oder streifenweise auf Verlorener Schalung wachsen. Dies geschieht mit gewachsenen Verschalungsplatten aus der Fabrikation auf der Baustelle, oder beliebigen anderen Systemen.

B) Auch das übliche Betonieren mit aufwendiger Verschalung, die wieder abgebaut werden muss, ist leicht möglich. Falls Fertigbauteile (Fülligandecken) zum Vergießen mit Ortbeton verwendet werden, ist die Streifenbreite nicht maßgeblich durch den möglichen Abstand der Stüt-

zen begrenzt, sondern durch die Logistik beim Handhaben der langen Fertigteile. Die Systeme, mit den meisten Vorteilen sind Holz-Beton Verbund-Decken der Firma TiComTec und Massivholzdecken aus Holz 100 der Firma Thoma Holzbau (sämtliche anderen Systemdecken, die als verlorene Schalung dienen, funktionieren ebenfalls. Für den weiteren Text werden HBV decken als Beispiel verwendet). Die steigenden Stützen des Universellen Baustellendaches stehen vor dem Betonieren auf der fertigen Holzdecke. Die Stützen haben dabei Bolzen als Verlängerungen aus Stahlbeton, Hartholz, oder Bambus, die nach dem Betonieren in der fertigen Geschossdecke verbleiben.

C) Wenn die Streifenelemente für Geschossdecken mit Zellkultivierung fabriziert werden, muss ein liegender Bioreaktor Typ C3 verwendet werden (**Fig. 5**). Dafür müssen zuerst Platten als verlorene Schalung verlegt werden, die gleichzeitig die Unterseite der Geschossdecke sind. Wenn die Platten ebenfalls mit Zellkultivierung fabriziert werden sollen muss dies im senkrechten Bioreaktor Typ C1, oder C2 geschehen. Dafür muss die Folie allerdings längs hängen, da die Raumhöhe nicht ausreicht (**Fig. 2** und **Fig. 3**). Die langen Platten können direkt neben ihrem Verwendungsort wachsen und nach Fertigstellung umgeklappt werden.

D) Das Wachstum der Platten für die Geschossdecke des Kellers kann gleichzeitig zum Wachstum der ersten Wände, die auf der fertigen Bodenplatte wachsen, geschehen. Während die Geschossdecken-Platten auf den fertigen Kellerwänden umgeklappt und befestigt werden, steigen die einzelnen Stützen ein Stockwerk nach oben und stehen danach auf den fertigen Kellerwänden. Dann können die Geschossdecken fertig wachsen, oder mit Ortbeton fertig gestellt werden. Währenddessen wachsen die nächsten Platten, für die nächste Geschossdecke und die nächsten Wände. Durch dieses gleichzeitige Wachstum aller Bauteile eines Stockwerkes wird auch der ganze Platz auf der Baustelle ausgenutzt, die Wärmeenergie und die höchste Fertigungs Geschwindigkeit für den Rohbau erreicht.

E) Bei diesem Prozessablauf können die Bauteile in der endgültigen Position wachsen und sogar im Anschlussbereich von Mauer zu Geschossdecke zusammenwachsen. Dies ist möglich da die hölzernen Bauteile ein geringes Längenänderungs-Verhalten bei Temperaturschwankungen aufweisen und weil die Bauteile nicht brüchig sind wie mineralische Bauteile (z.B. Beton). Deshalb sind Dehnungsfugen nicht zwingend notwendig. Durch das Wachsen an einem Stück kann eine höhere Gesamtstabilität eines Gebäudes mit weniger Material erreicht wer-

den und ohne kritische Verbindungsmittel, vor allem nicht solchen aus Metall.

F) Alle Bauteile, die als Platten wachsen können, in der einfachsten Form, an einem Stück fabriziert werden. Danach werden Aussparungen für Fenster, Türen und alles Weitere herausgesägt.

[0017] Selbstverständlich ist es auch eine Option Geschossdecken ganz, oder teilweise in einem Bioreaktor wachsen zu lassen, der neben dem eigentlichen Gebäude steht. Dies kann z.B. ein üblicher Frachtcontainer sein. Dieser würde dann dem Bioreaktor Typ D entsprechen mit dem Unterschied das die Bauteile nicht in der endgültigen Position wachsen.

Universelles Baustellendach

[0018] Dächer für Baustellen sind nichts Neues. Um aber dem Anspruch der Vollautomation genüge zu tun ist ein modulares System basierend auf einem Fracht Container angedacht. Bei dem Container klappen sich die langen Seiten herunter und überdecken so die gesamte Baustelle (allerdings benötigt der Container nicht die kurzen Seiten, kein Dach und sollte aus Holz gebaut sein). Alle Stützen sind im Container und werden als erstes vom Autokran auf die Bodenplatte der Baustelle gestellt. Die Stützen sind dabei zusammen befestigt und stehen sicher. Danach wird der Container über die Stützen gehoben. Nun können sich die Magnetwagen, die sich im Container befinden, mit den Stützen verbinden und diese unter dem Container verteilen. Hierfür müssen sich die Stützen auch automatisch ein- und ausfahren können. Dann kann sich das Dach voll entfalten (im vereinfachten Schema Fig:1 ist die Container-Lösung nicht dargestellt).

Technik-Ebene

[0019] Nur die Lösung mit Magneten ermöglicht den Einsatz verschiedener und einfacher Maschinen zur Fabrikation verschiedenartiger Gebäude Grundrisse. Ein Schienensystem an der Unterseite der Technik-Ebene würde nicht funktionieren. Ebenfalls nicht Maschinen, die auf der Geschossdecke fahren.

Die Beweglichkeit der Maschinen, welche alle auf derselben Ebene fahren, ist nicht durch eine mögliche Aufhängung der Technik-Ebene eingeschränkt (wie in **Fig. 1** dargestellt). Die Technik-Ebene hängt an Trägern des Daches. Ebenfalls kein Hindernis für die Magnetwagen sind kleine Löcher in der Technik-Ebene, durch die Schläuche gesteckt werden, um Nährstofflösung, Zellkulturmaterial, Biopolymere und Kohlendioxid in die Bioreaktoren zu sprühen.

Falls Bioreaktor Typ 1 für kleinere Module verwendet wird können sich Durchreichen an den Seiten der Technik-Ebene befinden (**Fig. 2**). Die langen Folienrollen, bzw. Folienreaktoren hängen im Container und werden einen nach dem anderen durch die Technik-Ebene nach unten gelassen. Dafür brauchen sie

eine lange Durchreiche. Da diese sehr zentral ist benötigt sie eine Klappe, so dass alle Maschinen, nach dem Schließen der Klappe, über diese Stelle fahren können.

Vollautomatischer Bauablauf

[0020] Die Steuerung der Maschinen, die Vernetzung, Fernwartung etc. ist keine Innovation und wird in der Patentschrift nicht im Detail erklärt. Wichtig ist aber zu erwähnen das ein Subunternehmer sich um den reibungslosen Ablauf der autonomen Maschinen auf der Baustelle kümmert und nicht das Bauunternehmen. Es besteht also keine Notwendigkeit für Weiterbildung von Mitarbeitern für die Bauunternehmen und es sind wirklich keine Bauarbeiter mehr notwendig. Der Subunternehmer ist über den Zustand der Maschinen informiert, die Leistungsdaten in die Zentrale schicken, wo sie statistisch ausgewertet werden und kann Wartungsarbeiten vornehmen bevor Defekte und Ausfall entstehen (Aufzüge von Thyssenkrupp können jetzt schon Ersatzteile autonom bestellen, die dann für den eintreffenden Techniker bereitliegen).

Gelöste Probleme

1. Es gibt so gut wie keine Automation auf der Baustelle, auch wenn in den letzten Jahren immer mehr Demonstrations-Projekte dazu vielversprechend abgeschlossen wurden. Auch hier besteht der große Vorteil darin wenig menschliche Arbeit im Hausbau zu benötigen. Die Erfindung ermöglicht die automatische Fabrikation von Massenbaustoffen und Fertig-Bauteilen auf der Baustelle.
2. Es gibt bislang keine Fabrikation von Baustoffen, oder Bauteilen mit industrieller Qualität, auf der Baustelle. Alles wird zentral fabriziert und aufwendig zur Baustelle transportiert. Es wäre von großem Vorteil die Wetter-Unabhängigkeit, die Produktionsbedingungen in beheizten Räumen, die Qualität, Geschwindigkeit, Intelligenz, Sensorik, Vernetzung und Datenverarbeitung von industrieller Fertigung direkt auf der Baustelle zu erreichen bzw. zur Verfügung zu haben. Die Erfindung ermöglicht die vollständige Fabrikation von Massenbaustoffen auf industriellem Niveau auf der Baustelle.
3. Die Herstellung von Zement ist einer der größten CO₂ Verursacher in der Industrie. Ähnlich sieht es aus bei der Herstellung von mineralischen Baustoffen und Kunststoffen. Die Erfindung extrahiert CO₂ und die anderen Treibhausgase, je nachdem welcher Organismus verwendet wird und speichert diese langfristig in der Bausubstanz.
4. Die Gewinnung von Rohstoffen durch Bergbau und Tagebau, der Transport von Roh-

stoffen zu den Fabriken und die Umwandlung von Rohstoffen sind sehr aufwendig. Die Erfindung ermöglicht die Rohstoffgewinnung aus der Umgebungsluft einer Baustelle für ca. 95% der Bausubstanz. Die dafür notwendige Energie kann z.T. auf dem Universellen Baustellendach mit Perowskit-Solarzellen gewonnen werden (**Fig. 1**).

5. Es gibt nur wenige organische Materialien aus Zellkultivierung, Forst- oder Landwirtschaft im Bauwesen. Holz ist bislang der einzige Massenbaustoff. Organische Materialien sind von großem Vorteil für die Bauphysik, Baubiologie (Wohnklima) von Gebäuden und die Kompostierbarkeit von Bauteilen. Die Erfindung bietet eine Möglichkeit die Menge dieser Materialien im Bauwesen beliebig auszuweiten ohne an Grenzen wie den Flächen- und Ressourcenverbrauch in der Forst- und Landwirtschaft zu stoßen.

6. Die meisten Häuser aus Beton, Mineralien und Kunststoffen und sind nicht kompostierbar. Der Abbau und das Recycling dieser Gebäude sind energie- und ressourcenintensiv. Die Erfindung beschreibt Gebäude, die an Ort und Stelle kompostierbar sind, das heißt, ohne industrielle Kompostieranlagen und vollständig von Mikroorganismen verstoffwechselbar. Es handelt sich nicht um „Oxo-abbaubare“ Kunststoffe die durch die Zugabe von Additiven in kleinere Kunststofffragmente zerfallen können, die ihrerseits nicht kompostierbar sind.

7. Es gibt keine Verwendung von DNA für die Herstellung von Massenbaustoffen. Die Verwendung von DNA wäre von Vorteil, weil viel mehr Materialien mit mehr Vorteilen zur Verfügung stehen würden. Die Erfindung basiert auf DNA als die Blaupause für neue Materialien, sowie der notwendigen Werkzeuge (molekulare Verbindungen wie z.B. Proteine) und Nano-Fabriken (organische Zellen) um diese Materialien zu erzeugen. Besonders die DNA von Archaeen ist interessant, da sie Zellen erzeugt welche Treibhausgase aus der Luft extrahieren können. Dies wird als große Hoffnung im Geo-Engineering gehandelt um die Atmosphäre in den „vorindustriellen“ Zustand zurück zu bringen.

8. Es gibt bislang keine selbstwachsenden Materialien im Bauwesen. Selbstwachsende Materialien würden einen großen Vorteil bedeuten, da weniger Bauarbeiter notwendig wären und weniger manuelle Arbeit, die mit vielen Problemen wie „Fusch am Bau“ verbunden ist. Der zweite Vorteil ist neue Materialien zur Verfügung zu stellen, die mit den bisherigen Methoden nicht wirtschaftlich zu produzieren sind.

9. Die Recyclingquote von Gebäude ist nicht ausreichend in der Bauwirtschaft. Zudem ist direktes Recycling notwendig bei dem keine

Ressourcen für das Zerkleinern von Baustoffen und die Neufabrikation von Baustoffen notwendig sind. Bei den üblichen Massenbaustoffen ist direktes Recycling nur schwer machbar. Es könnte einen zweistelligen Prozentsatz zur Verringerung der verbrauchten Ressourcen in der Deutschen Wirtschaft bedeuten wenn die Recyclingquote, speziell durch Direkt-Recycling, erhöht wird. Die gewachsenen Bauelemente lassen sich leicht zersägen, sind leicht im Transport und lassen sich wie Holz mit Verbindungstechnik aus dem Holzbau, wie neue Bauteile direkt wiederverwenden. Auch können sie mit Klebstoff aus dem Bioreaktor (Typ A) zusammengefügt werden.

10. Es gibt keine Gebäude die sich selbst abbauen können. Es würde viel Wasser, Energie, Maschinen- und Personal-Einsatz sparen wenn dies möglich wäre. Die Gebäude, die aus organischen, Zellkulturen bestehen, können vollständig von Mikroorganismen zersetzt werden und hinterlassen reine, fruchtbare Erde. Eine vollständige Verrottung müsste nicht einmal abgewartet werden, da keine Schadstoffe abgebaut werden müssen. Eine Oberflächen-gestaltung mit Landschaftsarchitektur, oder gärtnerische Nutzung kann sofort nach dem Abriss und Einebnen stattfinden. Der Abriss, bzw. das Zersägen der hölzernen Bauteile, kann mit dem Universellen Baustellendach geschehen.

11. Stahl-Skelettbauten, Stahlbetonbauten sowie Holz-Beton, Stahl-Beton, und HSK (Holz-Stahl-Klebeverbindungen) Verbund Bauteile sind im Brandfall hoch gefährdet da Stahl schon bei sehr geringen Brändtemperaturen von 500°C die Hälfte seiner Festigkeit verliert und da sich Stahl ausdehnt und Spannungen erzeugt. Stahl-Skelettbauten kollabieren ohne Vorwarnung. Bei Stahl-Betonbauten wird das Gefüge, durch den sich ausdehnenden Bewehrungsstahl gesprengt. Bei Holz-Beton Verbund versagen die metallischen Verbindungsteile und Klebefugen (schon bei 70°C).

Mit der Erfindung sind massive Verbunddecken und Wände ohne metallische Verbindungsmittel möglich die im Brandfall so sicher sind wie massive Holzbauten. Holz verliert im Brandfall nicht seine Tragfähigkeit und dehnt sich nicht aus. Zudem brennen massive Holzbauten nicht von alleine, sondern nur solange die Gegenstände im Inneren brennen, so wie bei anderen Massivbauarten.

Holz-Beton, Holz-Zellkultur, sowie Zellkultur-Zellkultur Verbunddecken sind möglich. Die inhärenten Bindungskräfte zwischen Zellen entstehen auch zwischen den Zellen und dem Material auf das diese wachsen. Darüber hinaus kann eine vergrößerte Kontakt-Oberfläche die Übertragung der gewünschten (nicht notwendi-

gen) Schubkräfte leisten. Eine vergrößerte Kontakt-Oberfläche wird in der verlorenen Schalung (z.B. für Geschossdecken) durch Höhenunterschiede in der Oberfläche der Schalung erreicht. Die Zellkultur wächst dann um das Relief herum verbindet sich mit der Verschalung kraftschlüssig.

12. Das Problem vom Versagen der Verbindungsmitteln aus Metall und Schweißnähten im Brandfall, welches bei sämtlichen Baumaterialien eine große Rolle spielt, ist bei der zusammengewachsenen Bauweise mit den wachsenden Bauteilen kein Problem.

13. Das Problem vom Versagen der Verbindungsmitteln im Erdbebenfall, das bei sämtlichen Baumaterialien eine große Rolle spielt, ist bei der zusammengewachsenen Bauweise kein Problem.

14. Das Problem von Pilzen im Holzbau, z.B. dem Hausschwamm kann nicht entstehen wenn das reine Zellkultur-Verfahren angewandt für Fabrikation von hölzernen Zellschichtplatten angewandt wird. Auch nicht ohne Chemikalien.

15. Das Problem des Wohnraummangels, welches durch Nachverdichtung und Aufstocken behoben werden kann, ist auf leichtgewichtige Konstruktionsarten angewiesen. Deswegen werden vor allem mit Holzkonstruktionen Aufstockungen realisiert. Allerdings ermöglicht die Erfindung noch 11.7x leichtere Konstruktionen und erlaubt somit die Aufstockung mit mehr Geschossen und auf mehr Gebäuden, die bislang aus Mangel an Tragfähigkeit, nicht in Frage gekommen sind.

16. Das Problem des Effizienz mangels von Bauteilen, bzw. die Limitierungen in der Baukonstruktion durch hohe Eigengewichte der Baustoffe, wird durch die Erfindung behoben. Bauteile aus Bambus verfügen über ein 11,8x höheres Festigkeits- zu Gewicht Verhältnis wie Baustahl im direkten Vergleich. Bei gewachsenen und optimierten Zellschichtplatten kann dieser Wert noch höher sein da differenzierte Zellen von den zugfestesten Bambus-Außenfasern verwendet werden können. Wenn Stahlbauteile eine, mit Holz vergleichbare, Feuerschutz-Verkleidung bekommen sind sie schwerer und das Verhältnis von Festigkeit- zu Gewicht fällt noch günstiger im Bambus Beispiel aus. Natürlich erzeugt eine Feuerschutzverkleidung auch noch zusätzliche Kosten. Diese sind bei hölzernen Konstruktionen und den gewachsenen Bauteilen, wie in der Erfindung beschrieben, nicht zu veranschlagen. Mit den Baustoffen und Bauteilen aus Zellkultivierung kann also wesentlich schlanker, leichter und günstiger gebaut werden.

17. Die Gesteungskosten für Gebäude sind zu hoch. Die meisten Menschen können sich kein Haus leisten, obwohl sie arbeiten und vielleicht sogar Kinder haben, die den Platz brauchen. Dies ist ein fundamentales Problem in unserer Kultur.

A) Ein entscheidender Faktor für Rohstoffpreise ist die eingesetzte Herstellungs-Energie pro Spannungseinheit des endgültigen Baumaterials. Dieser Wert ist bereits bei Konstruktionsholz und natürlichem Bambus, weil sie wachsen und nicht in der Schwerindustrie hergestellt werden müssen, um ein Vielfaches besser wie bei Stahl (Faktor 50 bei Bambus). Bei gewachsenen hölzernen Platten aus Zellkultivierung mit Bambuszellen ist der Unterschied noch größer, da alle Rohstoffe (der nicht-vorhandenen Verarbeitungskette) kostenlos sind und das Material hohe Spannungen aushält. Auch weil der (Wärme-) Energiebedarf zum Betrieb der Bioreaktoren nicht hoch ist.

B) Ein weiterer Faktor sind Lohn- und Gehaltskosten. Die Automation von Baustellen verspricht hier eine Preissenkung.

18. Die Bauindustrie ist nicht Zukunftsfähig. Zu viele fossile Rohstoffe werden verbraucht und zu viel Natur- um Umweltzerstörung bei der Gewinnung von Massenbaustoffen verursacht. Die Erfindung benötigt keinen Kies aus Fluss-Ökosystemen, keinen Quarzsand aus küstennahen Ökosystemen, kein Frischwasser wie beim Betonbau, keine Bäume aus dem Ökosystem Wald und kein Erdöl für den Transport von Baustoffen. Der beschriebene Prozess ist die Zukunft da er auf nicht materiellen Dingen beruht: elektrischer Energie, elektronischer Steuerung, IT und dem Verwenden von Treibhausgasen. Durch den Einsatz von Sensorik und dem Erheben von großen Datenmengen ist der Prozess auch KI-fähig (offen für die Optimierung durch künstliche Intelligenz).

Relevanz

1. Die Erfindung ist eine Schlüsseltechnologie-Kombination bei der unter anderem der fehlende Bestandteil der Nanotechnologie genutzt wird, welcher in der Natur bereits vorhanden ist. Der fehlende Bestandteil sind Nano-Fabriken, die große Mengen von Molekülen sortieren, verändern, ausrichten und verbinden können. Über all diese Mechanismen verfügen organischen Zellen. Nano-Fabriken wären äußerst kompliziert in der Herstellung, wenn es sie gäbe und müssten sich deshalb im besten Fall autonom und für die jeweilige Aufgabe individuell herstellen. Organische Zellen tun genau dies, auf Basis eines perfekten Bauplanes im Zellkern, einer hochkomplexen Kopiermaschinerie und atemberau-

bend schneller molekularer Logistik im Zellplasma. Die dritte und herausragende Eigenschaft ist die Replikation. In der Nanotechnologie fehlen molekulare Fabriken, die sich mit exponentieller Geschwindigkeit autonom, fehlerfrei und mit gleichbleibender Qualität reproduzieren können. Auch dies ist eine Eigenschaft aller organischen Zellen. Erst mit Nano-Fabriken kann Nanotechnologie in größeren Maßstäben genutzt werden, z.B. für die Herstellung von Baustoffen im Tonnen Bereich (dies ist eine Millionen mal mehr wie in der Biochemie, mit Petrischalen). Diese Erklärung trifft auch auf Bäume zu, der einzige wachsende Massenbaustoff

2. Die organischen Nanofabriken, bzw. Zellen verfügen über Biochemische Prozessabläufe, bzw. einen Stoffwechsel bei dem Treibhausgas aus der Luft aufgenommen werden und in nützliche Produkte (z.B. Biopolymere) und Zellschichten umgebaut wird, die als Baumaterial dienen können.

3. Weiterhin besteht die Relevanz darin, dass sich die organischen Materialien ohne umweltschädliche Ressourcen herstellen und abbauen lassen. Die organischen Materialien sind Teil des natürlichen Stoffkreislaufes und beziehen ihre Substanz aus der Luft, Licht, Wasser und Mineralien, genau wie Pflanzen.

4. Dabei wird die Konzentration von Kohlendioxid in der Atmosphäre reduziert und Kohlendioxid langfristig und sicher in den Gebäuden gespeichert. Es existieren Holzbauten die Jahrtausende alt sind. Die CO₂ Sequestrierung aus der Luft und Speicherung in Material geschieht auch in einem Wald. Allerdings je längerfristiger die Speicherung (alter Wald) desto weniger CO₂ wird gebunden. Entweder alter, artenreicher Wald, oder gute CO₂ Sequestrierung.

5. Das Ökosystem Wald ist als Ganzes wesentlich wertvoller, wie Holz als ökologischer Baustoff. Deswegen besteht eine Relevanz der Erfindung darin dass der Wald erhalten bleiben kann und gleich- oder höherwertigere Ersatzmaterialien, zusätzlich CO₂ aus der Atmosphäre binden und speichern.

6. Die Erfindung kann einen großen Beitrag dazu leisten die Atmosphäre zu reinigen, da sie weltweit in der Bauwirtschaft einsetzbar ist und die Bauwirtschaft fast die Hälfte aller Ressourcen in der Weltwirtschaft verbraucht. Die Umsetzung der Erfindung ist auch nicht durch die üblichen Faktoren wie Materialverfügbarkeit, Preis oder Fachpersonal begrenzt. So kann die Erfindung schnell einen großen Marktanteil erlangen.

7. Gebäude, die mit den beschriebenen Materialien gewachsen sind können vollständig recycelt werden und eignen sich sogar für eine di-

rekte Wiederverwendung. Damit können Anteile im zweistelligen Prozentbereich aller verbrauchten Ressourcen in der Deutschen Wirtschaft eingespart werden, die ansonsten zur Herstellung neuer Baustoffe verwendet werden. Außerdem verbleiben die Treibhausgase so gespeichert (was bei Kompostierung nicht der Fall ist).

8. Die Gebäude können sich durch Kompostierung an Ort und Stelle selbst abbauen. Im Abrissgewerbe werden große Mengen an Energie, Wasser und Fachpersonal gebraucht, die so eingespart werden können. Hierfür muss bei der Verwendung von Folien für den Folienreaktor auf biologisch abbaubare Folien geachtet werden. Diese können mit dem Bioreaktor Typ C1 hergestellt werden.

9. Hausbau ist schwere körperliche Arbeit, gefährlich und auch gesundheitsschädlich. Der Beruf des Bauarbeiters ist deswegen unbedingt von Maschinen zu ersetzen. Für die arbeitende Bevölkerung müssen angemessene, zeitgemäße Berufe auf dem Arbeitsmarkt entstehen.

10. Bauunternehmen, die weniger qualifizierte Facharbeiter beschäftigen müssen, finden, oder anlernen müssen, können schneller arbeiten und wachsen. Der Facharbeitermangel ist einer der größten Wachstumsbremsen in der Bauwirtschaft. Die Erfindung kommt aber ohne Bauarbeiter aus. Wenn der mögliche Automationsgrad mit intelligenter Steuerung ausgenutzt wird, sind auch keine weiteren Mitarbeiter im Büro notwendig. So wie Ortbeton fertig auf die Baustelle geliefert wird kann das Universelle Baustellen-dach, inklusive der Technik-Ebene, autonomen Maschinen und modularen Bioreaktoren gemietet werden. Da es sich um autonome Prozesse auf der Baustelle handelt und nicht um ferngesteuerte Maschinen entsteht für das Bauunternehmen keine Arbeit. Vergleichbar mit einer Copiermaschine im Büro, die geleast ist und bevor ein Defekt auftritt vom Anbieter gewartet wird, der über den Zustand des Gerätes, durch eingesendete Leistungsdaten der Maschine, informiert ist (Industrie 4.0, IOT).

11. „Maschinen können alles besser“, denn dafür werden sie speziell konzipiert. Die beschriebenen Technologien und der schlaue Prozessablauf werden in der Lage sein umweltfreundlichere, wirtschaftlichere und hochwertigere Gebäude zu errichten, als es mit menschlichem Zutun überhaupt möglich ist. Die Prozesse auf der Baustelle sind zur Zeit noch auf die Möglichkeiten der Bauarbeiter ausgerichtet. Dies limitiert die Möglichkeiten sehr. Die Erfindung zeigt ein dramatisches Beispiel auf wie Gebäude ohne menschliche Limitierungen entstehen können.

12. Die Erfindung ermöglicht sehr leichtgewichtige Konstruktionen aus den natürlich gewachse-

nen holzartigen Platten und Bauteilen. Dadurch können Aufstockungen zur Nachverdichtung in Städten durchgeführt werden. Dies kann einen großen Beitrag zur Lösung des Wohnraumman-gels leisten.

13. Alle Aspekte der Leichtgewichtigkeit treffen auch im Holzbau zu, allerdings weniger stark da das Verhältnis von Zugfestigkeit zu Gewicht bei den neuen Materialien ca. 19,5x höher ist wie bei Holz, wenn charakteristische Zugfestigkeit von C24 Nadelholz (mit 14 MPA) und Bambus (mit 328 MPA) verglichen werden (328 MPA ist Mittelwert für die Bambus Matrix mit Fasern, aber 610 MPA Bruchspannung wurde gemessen für reine (Außen-)fasern die für den Zellkulturan-satz eigentlich die Berechnungsgrundlage wären). Besonders bei Aufstockungen, bei denen der Schallschutz eine nicht so große Rolle spielt, können die Vorteile der Leichtgewichtigkeit ausgenutzt werden, um das Flächengewicht der Geschossdecken und des Daches zu reduzieren.

14. Die so erreichbaren ultra-leichtgewichtigen zusätzlichen Stockwerke machen Aufstockungen auf weiteren Gebäuden möglich, die für normalen Holzbau nicht tragfähig genug sind. Dies kann einen weiteren Beitrag zur Wohnraumerhöhung direkt in Städten ermöglichen.

15. Durch die Leichtgewichtigkeit, ca. ein Drittel von Stahlbeton, sind weniger große Fundamente notwendig. Das spart viele Ressourcen in der Baubranche, da ein Vermögen in den Untergrund gesetzt wird.

16. Das Verhältnis von Zugfestigkeit zu Gewicht ist bei Bambus 11,8x höher wie bei Bau-Stahl S-235. Das heißt Stahl-Skelettbauten, mit ihrem typischen Anforderungsprofil, könnten wesentlich leichter mit den neuen Bauteilen hergestellt werden. In einem direkten Vergleich, bei dem Stahlträger noch feuerfest ummantelt werden müssten, um sich mit holzartigen Baustoffen vergleichen zu können, wäre das Verhältnis von Festigkeit zu Steifigkeit noch höher. Dazu kommt das die gewachsenen Bambus Zellschichten nicht über die Nodien von Bambus verfügen werden, die geringere Zugfestigkeiten besitzen.

17. Ebenfalls auf Grund der Leichtgewichtigkeit können mehr Stockwerke auf begrenzt tragfähigem Untergrund gebaut werden. Auch dies trägt dazu bei den Wohnungsmangel zu beseitigen.

18. Die Feuerfestigkeit ist bei Bauwerken aus Holz wesentlich besser wie im Stahl- und Stahlbetonbau, weil Holz bei hohen Temperaturen keinen Festigkeitsverlust erfährt und fast keine Längenausdehnung. Diese Eigenschaften treffen auch auf die gewachsenen, hölzernen Bauteile zu. Darüber hinaus ist die Abbrandrate ge-

ringer wie bei Bauholz aufgrund der höheren Dichte der gewachsenen Hölzer.

19. Die Feuerfestigkeit ist auch aufgrund der gewachsenen Verbindungen höher als im üblichen Holzbau, wo metallische Verbindungsmittel unter Hitze-Einwirkung versagen. Dies ist auch das Kernproblem mit Holz-Beton Verbund, der schubfest durch metallische Verbindungsmittel ist. In sofern beschreibt die Erfindung eine neue Dimension in Feuerfestigkeit, die in keiner anderen Bauweise erreicht wird außer massivem Holzbau mit großen Platten (wie z.B. von Thoma Holzbau mit Holz 100 und der Firma Magnum-board).

20. Holz verfügt über ein gutmütiges Materialverhalten im Erdbebenfall und ist sicherer im Erdbebenfall als Stahlskelettbauten, Stahlbetonbauten, oder gemauerte Gebäude. Dies trifft auch auf gewachsenen Gebäude mit den neuen Materialien zu.

21. Die notwendige Verbindungstechnik in der Baukonstruktion, also Schrauben und Schweißverbindungen sind anfällig im Erdbebenfall. Solche Verbindungen können ein Komplettversagen aufweisen, da sie aus nur einem Teil bestehen. Im Vergleich dazu bestehen faserige Materialien aus einem großen Bündel von tragenden Fasern, die nie alle auf einen Schlag versagen. Diese Gefahr vom Versagen der Verbindungstechnik im Erdbebenfall trifft nicht bei den Bauteilen zu, die mit vielen Fasern zusammengewachsen sind.

22. Die Feuchtigkeitsaufnahme von Gebäudeteile ist ein großes Problem, vor allem im Holzbau. Die holzartigen Bauteile aus Organismen wie Hartholz, oder Bambus haben eine stark verringerte Feuchtigkeitsaufnahme und daraus stark erhöhte Langlebigkeit wie sie im Holzbau bislang unerreicht ist. Dies liegt daran das sie eine höhere Dichte haben, nicht gesägt sind und keine Fugen, oder Zwischenräume aufweisen. Diese Eigenschaft ist so ausgeprägt das die Verrottung des Gebäude sehr lange dauern würde, wenn nicht durch einen speziellen Abriss, nachgeholfen werden würde.

23. Es ist denkbar das Biopolymere Fensterscheiben mit dem beschriebenen Prozess wachsen können. Die großen Folien-Bioreaktoren eignen sich dafür. Dies würde das globale Problem der Verknappung von Quarzsand angehen, welches für die Herstellung von Fensterglas notwendig ist.

24. Auch die Produktion in privaten Wohnräumen ist so denkbar. Papier, Taschentücher, Kunststoff-Folien, oder Platten für Möbel können so hergestellt werden und dabei gleichzeitig die Luft in den Wohnräumen reinigen.

25. Da die mechanischen Eigenschaften und Bindungskräfte bestimmter Zellen mit Konstruktions Klebstoffen vergleichbar sind eignen sich die beschriebenen organischen Materialien auch für Reperaturzwecke.

26. Unzählige neue Arbeitsplätze, neue Produkte und Dienstleistungen können so entstehen.

27. Der Hausbau wird so günstig das sich jeder ein Haus, oder eine große Wohnung leisten kann.

28. Die Baubranche wird durch die Erfindung zukunftsfähig indem sie

A) weg kommt vom Erdöl und dem Verbrauch an Umwelt. Dies bedeutet das sie unabhängig wird von fossilen Energien und nicht wiederbringlichen Naturbaustoffen wie Sand und Kies die im Betonbau verwendet werden, aber in Flüssen Lebensräume darstellen.

B) auf Elektrifizierung, Elektronik, Vernetzung und Datenverarbeitung setzt welche eine unbegrenzte Steigerung der Möglichkeiten Materialien und Qualität am Bau erschließen.

29. Die Unabhängigkeit von begrenzten Baustoffen aus Ökosystemen befreit die Bauindustrie von verschiedenen Restriktionen und sie kann besser wachsen.

30. Der Ansatz von Zellkultivierung zur Herstellung von Produkten, mit kostenlosen Rohstoffen aus der Umgebungsluft lässt sich auf unzählige andere Produkte übertragen. Eine neue Industrie kann so entstehen.

Innovationen

1. Zusammenführung aller notwendigen Technologien und Möglichkeiten um Materialien für Massenbaustoffe aus Treibhausgasen, durch Zellkultivierung, direkt auf der Baustelle wachsen zu lassen. Die Technologien sind zum Teil schon auf dem Markt, als technische Lösungen, oder als qualifizierte Dienstleistung erhältlich. Durch die rein kriterienbasierte, ingenieurstechnische Kombination der Technologien, bei der Vorteile ausgearbeitet wurden und Nachteile ausgeklammert werden konnten, entstand ein völlig neuer, aber realisierbarer Prozess für Bauunternehmen.

Die Innovationen sind einzeln bislang nicht zur wirtschaftlichen Herstellung von Massenbaustoffen tauglich, da sie zu langsam, kleinteilig und energie-intensiv sind und oder nicht finanzierbar in den Labormaßstäben wie sie bisher verwendet werden.

2. Zellkultivierung zur Fabrikation von wachsenden Materialien und Massenbaustoffen

3. Fabrikation von Sandwich-Bauteilen mit den wachsenden Materialien für die Außenschichten
4. Fabrikation von massiven Fertig-Bauteilen aus den wachsenden Materialien
5. Fabrikation von Verschalung für das Erstellen von Bauteilen, die solche benötigen (wie z.B. Beton). Die Verschalungsplatten sind massiv und aus den wachsenden Materialien entstanden
6. Fabrikation ganzer Stockwerke an einem Stück mit den wachsenden Materialien
7. Geschwindigkeit, mit der ganze Stockwerke entstehen (es gibt Bambus der mehr als einen Meter pro Tag wächst und Algen die ihre Biomasse um 400% an einem Tag steigern können)
8. Fabrikation mit industriellem Qualitätsniveau auf der Baustelle
9. Fabrikation von faserverstärkten Kunststoffen auf der Baustelle
10. Automatische Fabrikation derselben
11. Vollständig kompostierbare Bausubstanz
12. Fabrikation mit dem Universellen Baustellendach, das die Baustelle allseitig abdichtet und die beschriebene industrielle Fertigung ermöglicht
13. Vollautomatischer Baustellenbetrieb, da sämtliche Maschinen in einer Technikebene und darunter untergebracht werden können
14. Glatte Unterseite der Technikebene, über die starke Elektromagnete fahren können
15. Modularität und Flexibilität für Industrie 4.0 auf der Baustelle
16. Verbunddecken und Wände möglich ohne metallische Verbindungsmittel
17. Holz-Beton, Holz-Zellkultur, sowie Zellkultur-Zellkultur Verbunddecken möglich

Forschung bis zur Marktreife

- Einfache Versuche zur Applikation der Mikronährstoffe sind notwendig um die Effekte auf das Zellwachstum zu bestimmen. Dabei kann die Applikation bei senkrechten Bauteilen durch eine Zugabe der Nährstofflösung von oben, unten, oder durch Sprühen auf die gesamte Zellfläche stattfinden. Auch durch die Schalung hindurch, also von innen. Besonders wichtig ist dabei die Ausrichtung der Zellen. Diese müssen bei faserigen Baustoffen wie Holz in Richtung der Zug- und Druckkräfte verlaufen. Bei horizontalen Bauteilen bestehen die gleichen Möglichkeiten, aber ein Besprühen, oder Applizieren von Nährstoff-Flüssigkeit von oben erscheint als die sinnvollste Variante. Die

Schwerkraft verteilt die Nährstoffe in diesem Fall gleichmäßig. Überschüssige Nährstoff-Flüssigkeit wird in allen Varianten am Boden des Bioreaktors aufgefangen und wiederverwendet.

- Das Wachstum der Zellschichten kann unterschiedlich schnell verlaufen. Dies kann bei manchen Bauteilen zu unerwünschten Oberflächen führen. Um dies zu verhindern kann das Zellwachstum mit UV-Licht kontrolliert, oder unterbrochen werden. Die genaue Umsetzung dieser Technik muss noch erprobt werden.
- Die Stabilität der Verbindung von Verbund-Bauteilen kann erforscht werden um die Möglichkeiten für den Leichtbau auszuloten. Theoretisch müsste ein schubsteifer Verbund zwischen den einzelnen Schichten zustande kommen da die Zellen starke Bindungskräfte ausbilden, wenn sie über eine Oberfläche wachsen. Allerdings können auch schon geringfügig schubstreife Verbindungen ausreichen, da im normalen Hausbau kein Leichtbau nötig ist und steife, schlanke Geschossdecken kein Optimierungsziel darstellen. Der Schallschutz und die Heißbemessung erfordern eine relativ hohe Bauteilstärke.
- Die Kombinations-Möglichkeiten von druckfesten Zellschichten und solchen die sehr hohe Zugfestigkeiten ausbilden, kann erforscht werden. So könnte natürliches Holz mit Flachsfaser Zwischenschichten fabriziert werden, das 3x so hohe Zugfestigkeiten ausweist wie S-235 Baustahl.
- Die Verwendung von differenzierten Zellen, z.B. denen von Bambus in den Außenschichten des Bambusrohres, welche 610 MPA Zugfestigkeit parallel zur Faser aufweisen, was der 2,4-fachen Zugfestigkeit von Baustahl entspricht, kann getestet werden.
- Druck- und Zugbelastung, die während des Wachstums bei Gehölzen und Bambus besonders hohe mechanische Festigkeiten erzeugt, können im Bioreaktor appliziert werden. Dadurch können maximale Baustofffestigkeiten erzeugt werden. Hierzu fehlen allerdings Versuche. Außerdem akustische-, elektrische-, magnetische-, nanolithographische- und Laser-Manipulation zur Steuerung der Wachstumsrichtung und Ausprägung bestimmter Zellen.

Bezugszeichenliste

- | | |
|---|--|
| 1 | Universelles Baustellendach um Fertigung unter kontrollierten Bedingungen zu ermöglichen |
| 2 | Technikraum begehbar, enthält Rollen mit Schutzplanen und freibewegliche Maschinen |

- | | |
|---|---|
| <p>3 Magnetwagen zum Tragen der Stützen, frei beweglich</p> <p>4 Technikebene, Magnetwagen können Löcher in der Ebene über- und umfahren</p> <p>5 Stütze für Dach, automatisch teleskopierbar frei beweglich</p> <p>6 Textile Schutz-Planen, ermöglichen kontrollierbare Klima Bedingungen</p> <p>7 Stützenverlängerungen falls vollst. Geschossdecken betoniert werden, verbleiben in Beton</p> <p>8 Roboterarme ersetzen Kleinkran/Mauerhilfe, magnetisch befestigt, automatisch, vernetzt</p> <p>9 Modularer Bioreaktor Typ A zur Fabrikation organischer Materialien z.B. Bio-Polymere, alle Bioreaktoren enthalten auch die Nährstoff-Lösung</p> <p>10 Applikation von Biopolymeren, Zell-Organismen, oder Faserstoffen beim Ausrollen</p> <p>11 Folienrolle für Folienreaktor Typ C2, ermöglicht einfaches und automatisches Platzieren</p> <p>12 Folienreaktor Typ C2 in C1 schnelles Wachstum 4-seitig, Fabrikation ganzer Wände</p> <p>13 Einschichtiges Bauteil aus Folienreaktor Typ C, Folie verbleibt im Inneren</p> <p>14 Geschossdecke z.B. Holz-Beton Verbund, oder Fabrikation mit Bioreaktor Typ C3</p> <p>15 Modularer Bioreaktor Typ B zur Fabrikation organischer Bauteile</p> <p>16 Durchreiche an den vier Seiten der Technikebene</p> <p>17 Verbindung mit Polymer-Klebstoff aus Bioreaktor A</p> <p>18 Mauer, Sandwich Fertigteile, oder Fertigteile einschichtig</p> <p>19 Sandwich Wand beliebig gefüllt, oder einschichtig mit Bioreaktor <u>Typ C1</u>, Fabrikation ganzer Wände und Stützen</p> <p>20 Wachstum von Platten für Verlorene Schalung für Geschossdecke mit C2 in C1</p> <p>21 schmale Aufhängung um ganz an den Rand fahren zu können</p> <p>22 Bioreaktor Typ D zur Fabrikation von ganzen Stockwerken, Zellkultivierung auf allen Oberflächen. Fenster, Türen etc. können nachträglich herausgeschnitten werden</p> <p>23 Einbringen/Aufbringen der Nährstofflösung</p> | <p>24 Wände und Geschoss-decke wachsen zusammen</p> <p>25 Folienreaktor Typ C2, Zellwachstum beidseitig innerhalb Typ D</p> <p>26 Wachstum von Platten für Verlorene Schalung für Geschossdecken mit C2</p> <p>27 Folienreaktor Typ C1 und C2 kombiniert, Zellwachstum vierseitig</p> <p>28 Einspritzen von Zell-kulturen, Biopolymeren, oder Faserstoffen</p> <p>29 B1 mit Schalung, Füllung beliebig z.B. Beton, Bio-polymerschaum, eingeblasene Dämmung</p> <p>30 B2 mit Folie</p> <p>31 Typ C1</p> <p>32 Typ C2. B1 und B2, sowie C1 und C2 sind kombinierbar. Das ergibt 4 Wachstumschichten. C1 (schmal) auch für Stützen</p> <p>33 Typ C3 für Geschossdecken, innerhalb Typ D mit Schalung aus C2 - massive Platte, oder Verbunddecke. Geschossdecken können für Holz-Beton, oder Holz-Holz Verbund fabriziert werden. C3 auch für Unterzüge/Riegel</p> <p>34 Schalung, kann aus gewachsenen Platten bestehen</p> <p>35 Zellkultur und Wachstumsrichtung</p> |
|---|---|

Patentansprüche

1.
 - A) Konstruktives Bauteil für Gebäude, hergestellt durch organisches Zellwachstum auf der Oberfläche einer Schalung. Die Schalung wird mit Stammzellen, Callus, oder differenzierten Zellen eines ausgewählten Organismus besprüht. Der Vorgang findet in einem Bioreaktor mit den notwendigen Wachstumsbedingungen für den jeweiligen Organismus statt.
 - B) Als Rohstoff wird Kohlenstoffdioxid, Stickoxide, Schwefeldioxid und Wasserdampf aus der Umgebungsluft gewonnen (Zeichnungen **Fig. 4**). Die Rohstoffe werden zu einem optimierten Gasgemisch für das Wachstum des jeweiligen Organismus aufbereitet.
 - C) Sind die Zellschichten fertig gewachsen wird das Wachstum durch Unterbrechen der Nährstoffzufuhr und evtl. UV Bestrahlung gestoppt. Danach wird durch Trocknung eine Erhöhung der strukturellen Stabilität der organischen Zellschicht erreicht. Dieser Schritt entspricht der Trocknung von Bauholz. Die fertige, organische Schicht ist natürliches Holz in einer künstlichen Form.
 - D) Das Bauteil kann eine vollständige Wand, Decke, Säule, oder Teil davon sein. Es kann ein Sandwich-Bauteil sein, bei dem nur die äußeren Flächen

aus den Zellmaterialien bestehen, oder ein massives Bauteil das vollständig aus den Zellmaterialien besteht. Das Bauteil kann allerdings auch ein komplettes Stockwerk sein. Dabei würde der Bioreaktor das komplette Stockwerk umschließen. Da die wirtschaftliche Umsetzbarkeit an der Wachstumsgeschwindigkeit der Zellen liegt müssen wahrscheinlich viele kleine Bauteile gleichzeitig, oder große Bauteile, wie eine vollständige Wand, oder Stockwerk an einem Stück hergestellt werden (Zeichnungen **Fig. 2**, **Fig. 3** und **Fig. 5**).

E) Bei der Herstellung von Sandwich-Bauteilen wird der verbleibende Zwischenraum mit dem gewünschten Material für die Wand aufgefüllt. Dies kann ein tragendes Material wie Beton sein, oder ein isolierendes Material wie Schaumstoff, oder einer Einblasdämmung. Entscheidend ist das es einen kraftschlüssigen Verbund mit den beiden Oberflächen eingeht.

F) Wenn es sich um ein zweischaliges Mauerwerk handelt muss kein kraftschlüssiger Verbund mit den Oberflächen hergestellt werden. Die so hergestellte Wand, Decke, oder das so hergestellte Teil einer Wand, oder Decke wird auf der bestehenden Struktur des Gebäudes platziert und befestigt, wie es die jeweiligen Gegebenheiten von Materialauswahl und Bauteil erfordern.

G) Das Zellmaterial sollte von schnell wachsenden Organismen wie Bakterien, Archaeen, Algen, oder Pflanzen wie Bambus gewonnen werden. Also Zellmaterial phytologischer, eukaryotisch oder prokaryotischer Organismen. Es können mehrere verschiedene Organismen kombiniert werden.

- Ein passendes Bakterium ist *Hydrogenomonas 16* für die Synthese des Biopolymers P3HB welches über die notwendigen Eigenschaften für Baukonstruktionen verfügt und Kohlendioxid als Nährstoff benötigt. Eine passende Bambusart ist *Phyllostachys pubescens*, ebenfalls gut erforscht und äußerst schnell wachsend. Zudem verfügt diese Art über eine Zellstruktur die im getrockneten Zustand bis zu 328 MPa Zugfestigkeit aufweist. Dies ist fast so hoch wie üblicher S-235 Baustahl mit 360 MPa. Wenn Zellen der äußeren Fasern im Bambusrohr verwendet werden kann 610 MPA erreicht werden, oder mehr mit den in den Patentansprüchen beschriebenen Manipulationsmöglichkeiten.

- Zur Kombination eignet sich z.B. Flachs, der eine bis zu 3x höhere Zugfestigkeiten wie S-235 Baustahl entwickelt, aber keine druckfesten Zellmembranen ausbildet wie Gehölze. Zellschichten aus Flachs können wie eine Faserverstärkung als Zwischenschicht eines Bauteils wachsen. Dabei wird das Zellwachstum der unteren Schicht abgeschlossen, damit es keine Probleme mit den unterschiedlichen Stoffwechsellvorgängen der Organismen gibt

- Eine Domäne von Organismen, die für die Rohstoffgewinnung aus Treibhausgasen besonders geeignet ist, sind die Archaeen. Diese können CO₂ wie Pflanzen und Methan verstoffwechseln. Geeignet wäre die Spezies *Eurvarchaeota* und *Hadesarchaeota*.

H) Die gewonnenen Treibhausgase aus der Luft müssen je nach verwendeten Organismen, evtl. umgewandelt werden in Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff, Schwefel und Ammonium und als Makro-Nährstoffe für das Wachstum von schnell wachsenden Organismen verwendet werden, die Biopolymere herstellen. Z.T. ist aber auch Photosynthese im Bioreaktor beteiligt, der über interne LED Beleuchtung verfügen kann, sowie die direkte Bio-Synthese der Gase in den Organismen (siehe Zeichnungen **Fig. 4**).

I) Mikronährstoffe wie z.B. Eisen, Zink, Kupfer und Nickel, die für Organismen in Spuren notwendig sind, müssen zugegeben werden. Die Notwendigkeit für die Zugabe von Mikronährstoffen verändert aber nichts an der herausragenden Möglichkeit die Makronährstoffe aus der Umgebungsluft zu gewinnen, denn diese sind für ca. 95% der Biomasse verantwortlich.

J) Die erzeugten Polymere müssen mechanische Eigenschaften aufweisen welche für die Festigkeit und Langlebigkeit des gewünschten Bauteils ausreichen. Wände müssen vor allem Druckfestigkeit aufweisen, Geschossdecken und Säulen müssen über Druck- und Zugfestigkeit verfügen.

K) Die erzeugten Polymere können aus den Organismen extrahiert werden, aber auch die vollständigen Organismen können verwendet werden, wenn sie über ausreichend Festigkeit verfügen.

L) Bei manchen Organismen kann die gesamte, auf der Schalungsoberfläche gewachsene Zellstruktur verwendet werden, so wie bei einem Baum, die gesamte Zellstruktur für die Herstellung von Bauholz verwendet wird. Dies ist der beste Ansatz und die eigentliche Erfindung. Eine Trocknung der Biomasse, während diese auf der Schalung bleibt, ist immer notwendig, zum Teil weitere Nachbehandlung.

2.

A) Bauteil nach Patentanspruch 1, wobei zuerst Proteine, Polymere, oder andere Stoffe mit Organismen durch Biosynthese hergestellt und dann extrahiert werden. Dies findet im Bioreaktor Typ A statt (Zeichnungen **Fig. 4**). Nach der Extraktion der Stoffe werden diese dann im Bioreaktor Typ B bis D appliziert und gegebenenfalls nachbehandelt.

B) Ebenso können zuerst ganze Zellen, oder Zellstrukturen wie Fasern hergestellt werden, die dann aufbereitet werden um im Bioreaktor Typ B bis D appliziert zu werden.

C) Aus der Kombination von Fasern und Biopolymeren als Matrix ergeben sich Verbundstoffe. Nicht zu verwechseln mit Verbundbauteilen wie Holz-Beton Verbund.

3. Bauteil nach Patentanspruch 1 bei dem ein massives Bauteil aus den Zellen, oder dem Polymer hergestellt wird. Also eine durchgehende, gewachsene Schicht und nicht ein Sandwich-Bauelement nach Patentanspruch 2. Dies kann auch auf einer einfachen Folie geschehen, die auf beiden Seiten mit Zellmaterial beaufschlagt wird (siehe Zeichnungen **Fig. 2**

bis **Fig. 5** Bioreaktor Typ C und Folienreaktor Typ C). Die Folie, oder der Folienreaktor ist dann wie eine verlorene Schalung die im fertigen Bauteil verbleibt.

4.

A) Bauteil nach Patentanspruch 1-3, speziell Patentanspruch 2, wobei der Zwischenraum mit einem veredelten, nichttragenden Material aufgefüllt wird. Die Veredelung wird mit einem Material nach Patentanspruch 1 vorgenommen und evtl. durch weitere Maßnahmen wie Durchwachsen des Füllmaterials mit differenzierten Wurzel Zellen, oder anderen Organismen die genetisch, biologisch, chemisch, physikalisch oder technisch verändert sind und evtl. durch das Einbringen zusätzlicher Nährstoffe, oder anderer biosynthetischer Faktoren wie Enzyme. Ideal wäre Rest-Cellulose, aus der Papierproduktion, die nicht mehr recycelt werden kann. Durch die Veredelung wird das Material, z.B. die Cellulose beliebig stark mit dem neuen Material verstärkt. Hierdurch wird eine noch höhere CO₂ Speicherung ermöglicht.

B) Weiterhin besteht hierbei die Möglichkeit, das Zellwachstum, oder chemische Prozesse die CO₂ binden, weiter laufen zu lassen während das Bauteil schon fertig gestellt ist. Dies kann für kurze Zeit, oder über Jahre hinweg der Fall sein. Das Bauteil wäre somit eine CO₂ Senke und kann die Raumluft verbessern (für das längerfristige Zellwachstum wären evtl. weitere Mikronährstoffe notwendig. Dies hängt davon ab wie viel Mikronährstoffe bereits im Füllmaterial enthalten sind und welchen Zell-Organismen für die weitere Verdichtung Füllmaterial enthalten sind und welchen Zell-Organismen für die weitere Verdichtung ausgewählt werden. Die zusätzlichen Nährstoffe könnten in der erforderlichen Menge beim Einbringen des Füllmaterials zugegeben werden).

5. Bauteil nach Patentanspruch 4, wobei das Durchwachsen des Füllmaterials mit differenzierten Wurzel Zellen geschieht. Wurzelzellen von Bäumen erzeugen eine harte Zellstruktur, bzw. hartes, druckfestes Holz.

6. Bauteil nach Patentanspruch 1-5, wobei die Organismen genetisch, biologisch, chemisch, physikalisch oder technisch verändert werden.

7. Bauteil nach Patentanspruch 1-6, wobei die Organismen zusätzliche Nährstoffe, oder andere biosynthetische Faktoren wie Enzyme während des Wachstums erhalten, um die Biosynthese der gewünschten Polymere, Materialien, oder Zellstrukturen zu erhalten, sowie um Zellteilung und Wachstum künstlich zu beschleunigen.

8. Bauteil nach Patentanspruch 1-7, wobei die Organismen während des Wachstums manipuliert werden um künstliche Veränderungen zu erfahren wie z.B. eine erhöhte Druckfestigkeit durch das Einbringen von Mineralien. Da Mineralien Schlüsselnähr-

stoffe darstellen werden diese von den Organismen im Zellplasma eingelagert. Auch akustische-, elektrische-, magnetische-, nanolithographische-, mechanische- und Laser-Manipulation zur Steuerung der Wachstumsrichtung und Ausprägung bestimmter Zellen, ist gemeint.

9.

A) Bauteil nach Patentanspruch 1-8, wobei die Organismen während des Wachstums ergänzt werden um künstliche Veränderungen zu erfahren, wie z.B. eine erhöhte Wärmespeicherfähigkeit durch das Einbringen von Wachskugeln in den Intrazellularen Raum.

B) Eine Ergänzung kann auch durch einen weiteren Organismus geschehen. Z.B. Können Zellschichten aus Flachs wie eine Faserverstärkung als Zwischenschicht eines Bauteils wachsen. Dabei wird das Zellwachstum der unteren Schicht abgeschlossen, bevor die nächste Schicht mit einem anderen Organismus anfängt zu wachsen. So gibt es keine evtl. Probleme mit den unterschiedlichen Stoffwechselfvorgängen der Organismen.

10. Bauteil nach Patentanspruch 1-4, wobei die fertigen Schichten, oder Zellschichten verbessert werden. Dies geschieht durch Zugabestoffe, z.B. von Mineralien, um die mechanischen Festigkeiten, oder die Langlebigkeit zu erhöhen. Die Zugabestoffe können in der Schalung aufgetragen werden, oder nach Fertigstellung des Bauteils in Form einer Oberflächen-Nachbehandlung. Dieser Patentanspruch kann mit den Patentansprüchen 5-9 kombiniert werden.

Es folgen 5 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

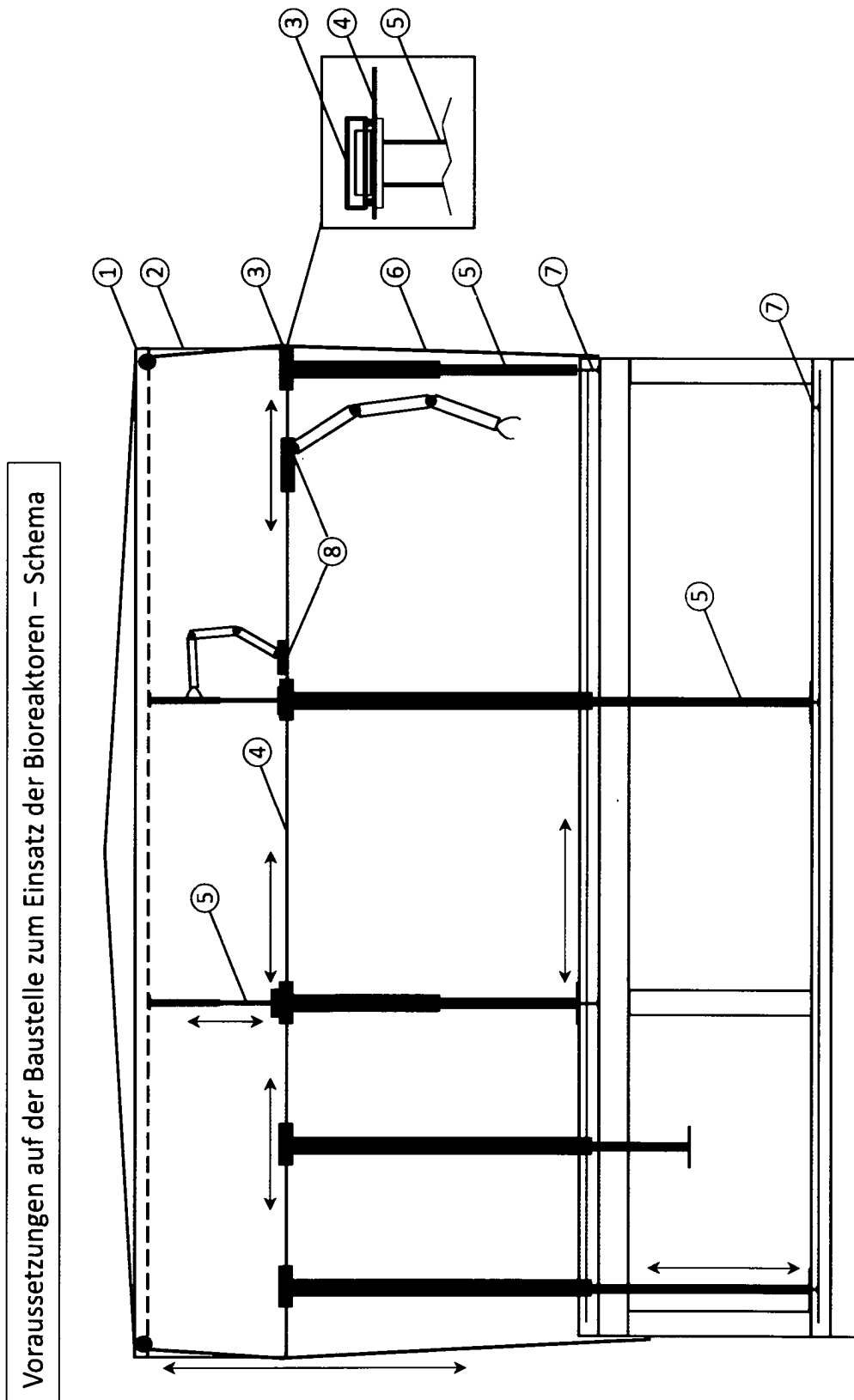


Fig. 1 Schema für Universelles Baustellendach – Seitenansicht

Bioreaktoren Typ A, B, C und C2 in C1 - Schema

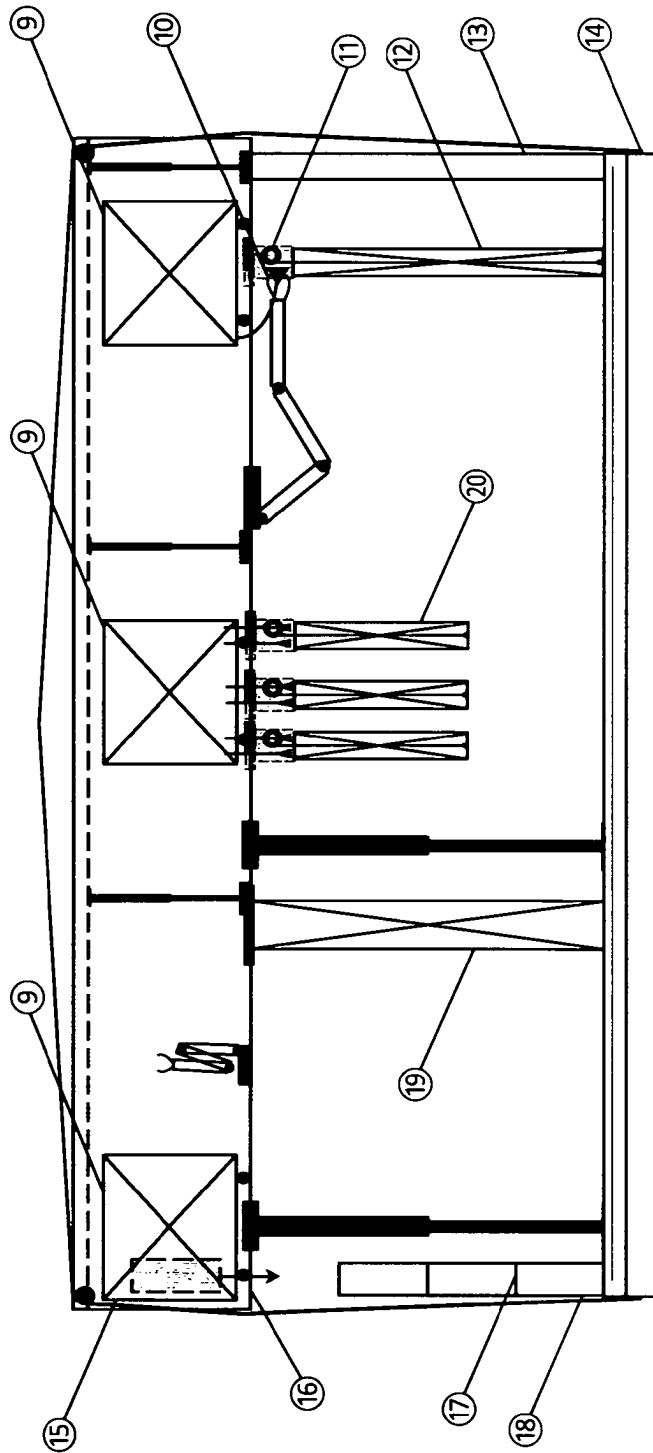


Fig. 2 Varianten A bis C der möglichen Bioreaktoren – Seitenansicht

Bioreaktoren A, C, C1+C2 und C3 innerhalb Typ D - Schema

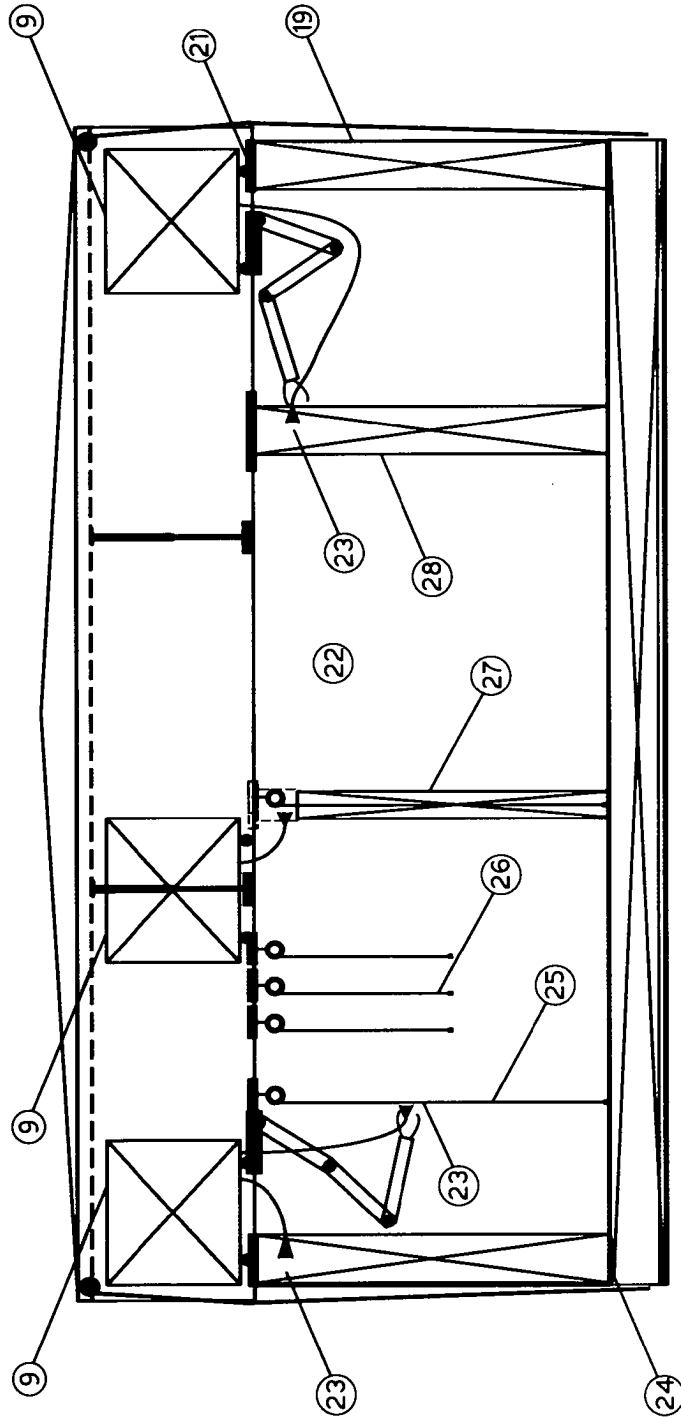
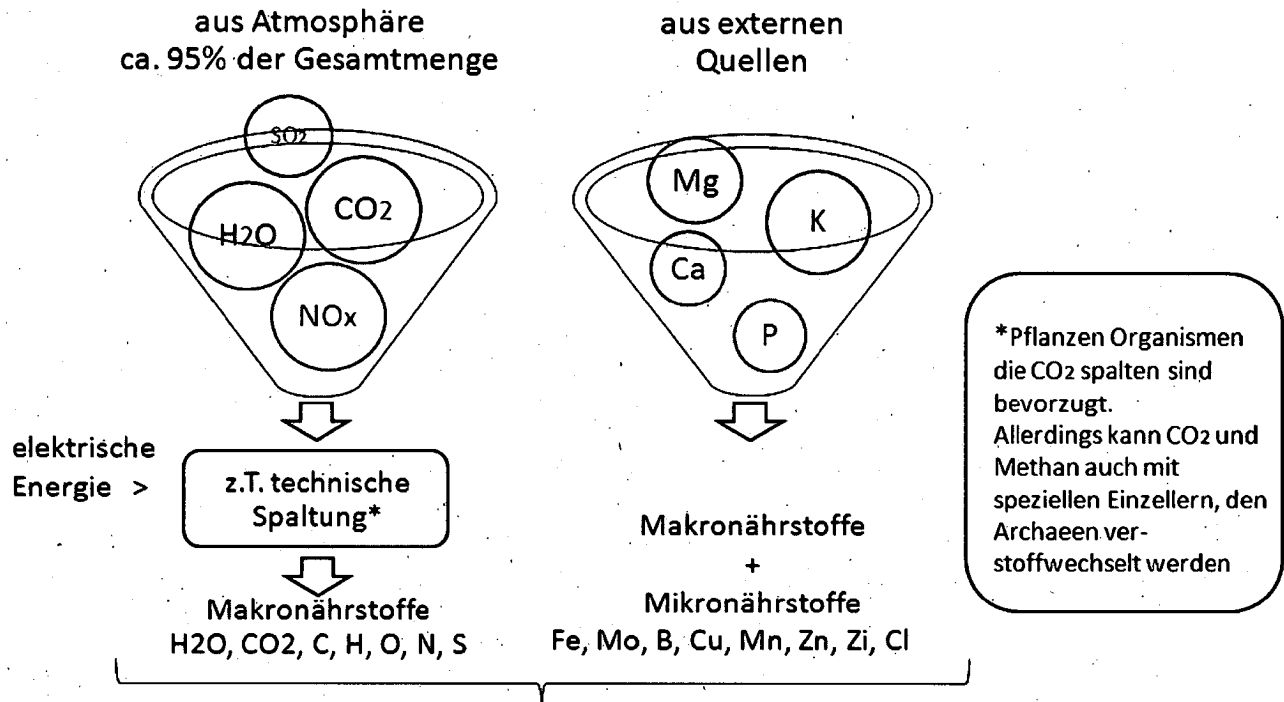


Fig. 3 Variante D - Bioreaktor zur Fertigung von ganzen Stockwerken - Seitenansicht

Schema der Rohstoffgewinnung aus Treibhausgasen und Verwendung in Bioreaktoren zur Herstellung von organischen Materialien und Bauteilen



elektrische Energie > **Bioreaktor** < Wärmeenergie

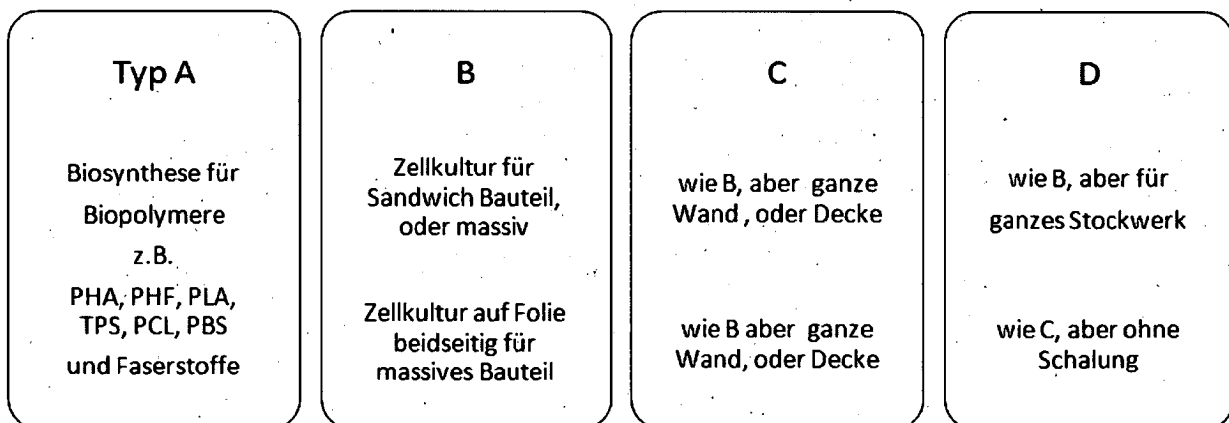


Fig. 4 Rohstoffgewinnung und Bioreaktoren Schema

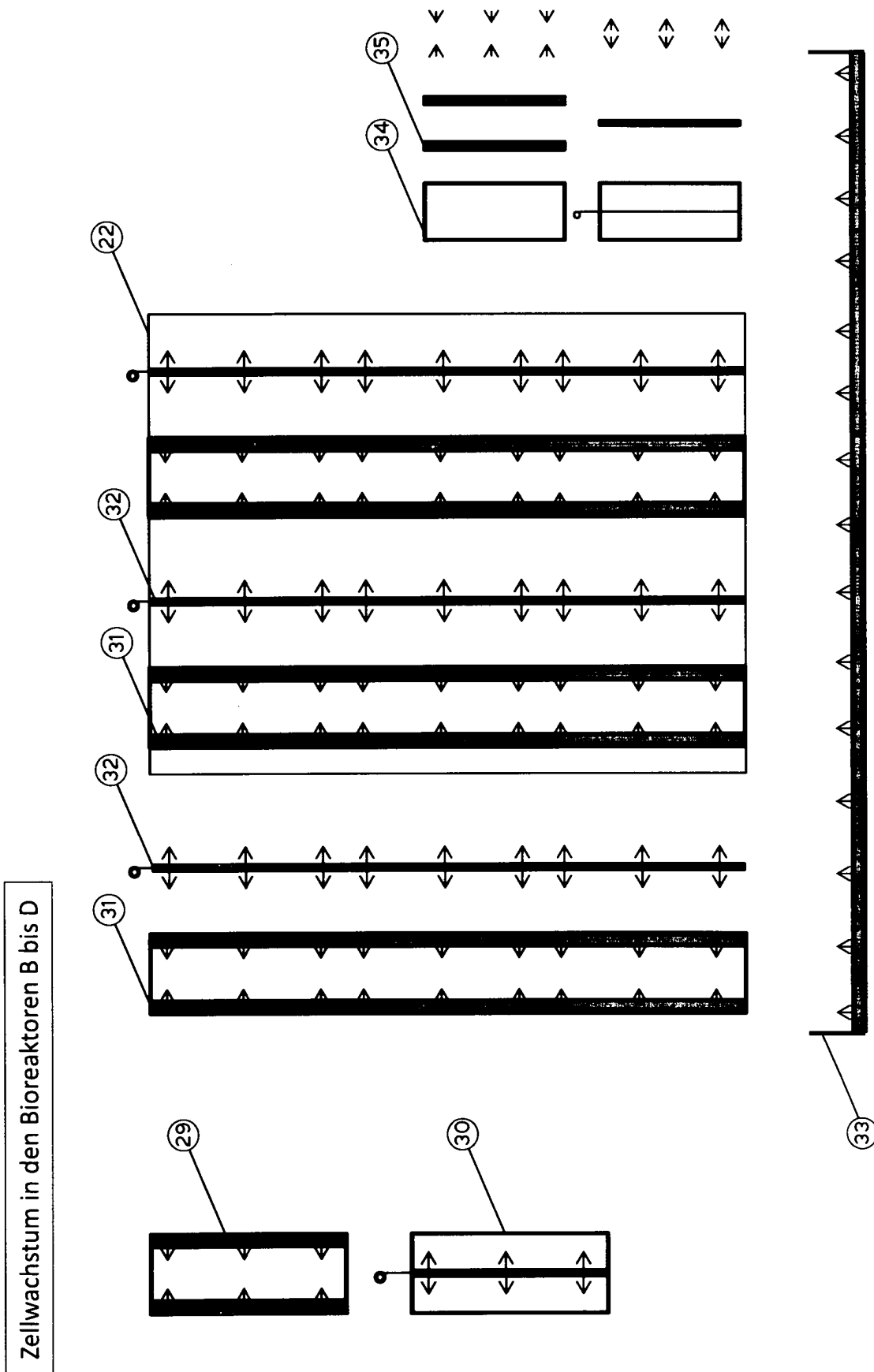


Fig. 5 Wachstumsschema in Bioreaktoren – Seitenansicht