

(12) **Österreichische Patentanmeldung**

(21) Anmeldenummer: A 50748/2021 (51) Int. Cl.: **C04B 33/04** (2006.01)
(22) Anmeldetag: 22.09.2021 **C04B 33/30** (2006.01)
(43) Veröffentlicht am: 15.08.2022 **C04B 33/32** (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen: DE 1796021 A1 EP 3875442 A1 GB 191306044 A US 5187125 A CN 106746958 A CN 104987034 A CN 102807392 A	(71) Patentanmelder: Wienerberger AG 1100 Wien (AT)
	(72) Erfinder: KURKA Andreas Mag. Dr. 1040 Wien (AT) Gaggl Wolfgang Mag. 2500 Baden (AT) FRÜH Gottfried 3034 Maria Anzbach (AT) RATH JOHANNES Dipl.-Ing. Dr. 1120 Wien (AT)
	(74) Vertreter: GIBLER & POTH PATENTANWÄLTE KG 1010 Wien (AT)

(54) **VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG VON ZIEGELN**

(57) Bei einem Verfahren zur Herstellung von Ziegeln wird vorgeschlagen, dass in einem Brennschritt ein Ziegelrohling gebrannt und in einem, dem Brennschritt nachfolgenden, Karbonaterzeugungsschritt der gebrannte Ziegel unter einem vorgebbaren Druck bei einer vorgebbaren Begasungsdauer mit Kohlenstoffdioxid begast wird.

Z U S A M M E N F A S S U N G

Bei einem Verfahren zur Herstellung von Ziegeln wird vorgeschlagen, dass in einem Brennschritt ein Ziegelrohling gebrannt und in einem, dem Brennschritt nachfolgenden, Karbonaterzeugungsschritt der gebrannte Ziegel unter einem vorgebbaren Druck bei einer vorgebbaren Begasungsdauer mit Kohlenstoffdioxid begast wird.

Verfahren zur Herstellung von Ziegeln

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung von Ziegeln gemäß dem Patentanspruch 1.

Es ist bekannt, dass bei der kommerziellen Ziegelherstellung große Mengen an Kohlenstoffdioxid freigesetzt und in die Umwelt emittiert werden. Einerseits wird bei dem Transport der Ausgangsstoffe von den Abbaustätten zu den Ziegeleien mittels Lastkraftwagen Kohlenstoffdioxid freigesetzt und andererseits wird bei der Herstellung der Ziegel selbst in den Ziegeleien, insbesondere in dem Brennschritt durch Dekomposition von Karbonaten in den Rohlingen, Kohlenstoffdioxid emittiert.

In Hinblick auf den Klimawandel und in Zeiten des steigenden Umweltbewusstseins ist es daher wichtig, die Kohlenstoffdioxidemissionen bei der Ziegelherstellung zu verringern.

Aufgabe der Erfindung ist es daher ein Verfahren eingangs genannter Art anzugeben, mit welchem die genannten Nachteile vermieden werden können, mit welchem Kohlenstoffdioxidemissionen bei der Ziegelherstellung verringert werden können.

Erfindungsgemäß wird dies durch die Merkmale des Patentanspruches 1 erreicht.

Dadurch ergibt sich der Vorteil, dass Kohlenstoffdioxidemissionen bei der Ziegelherstellung verringert werden können und eine bessere Kohlenstoffdioxidbilanz als bei der herkömmlichen Ziegelherstellung erreicht werden kann. Dadurch, dass in einem dem Brennschritt nachfolgenden Karbonaterzeugungsschritt der gebrannte Ziegel unter einem vorgebbaren Druck bei einer vorgebbaren Begasungsdauer mit Kohlenstoffdioxid begast wird, wird Kohlenstoffdioxid in Form von Karbonaten in dem Ziegel angereichert und dementsprechend wird der Karbonatgehalt des Ziegels erhöht und Kohlenstoffdioxid bei dieser chemischen Reaktion verbraucht. Hierdurch kann Kohlenstoffdioxid in der Massenware Ziegel effizient gebunden und ein Beitrag zur Bekämpfung des Klimawandels geleistet werden. Das zur Begasung der Ziegel eingesetzte Kohlenstoffdioxid kann aus Prozessen der Ziegelherstellung selbst oder aus anderweitigen Prozessen, bei welchen Kohlenstoffdioxid freigesetzt wird,

stammen. Das in unterschiedlichen Prozessen als Abfallprodukt erzeugte Treibhausgas Kohlenstoffdioxid kann somit sinnvoll in Form von Karbonaten in den Ziegeln gebunden werden.

Die Erfindung betrifft weiters einen Ziegel gemäß dem Patentanspruch 10.

Die Unteransprüche betreffen weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung.

Ausdrücklich wird hiermit auf den Wortlaut der Patentansprüche Bezug genommen, wodurch die Patentansprüche an dieser Stelle durch Bezugnahme in die Beschreibung eingefügt sind und als wörtlich wiedergegeben gelten.

Beansprucht wird ein Verfahren zur Herstellung von Ziegeln, wobei in einem Brennschritt ein Ziegelrohling gebrannt und in einem, dem Brennschritt nachfolgenden, Karbonaterzeugungsschritt der gebrannte Ziegel unter einem vorgebbaren Druck bei einer vorgebbaren Begasungsdauer mit Kohlenstoffdioxid begast wird.

Dadurch ergibt sich der Vorteil, dass Kohlenstoffdioxidemissionen bei der Ziegelherstellung verringert werden können und eine bessere Kohlenstoffdioxidbilanz als bei der kommerziellen Ziegelherstellung erreicht werden kann. Dadurch, dass in einem dem Brennschritt nachfolgenden Karbonaterzeugungsschritt der gebrannte Ziegel unter einem vorgebbaren Druck bei einer vorgebbaren Begasungsdauer mit Kohlenstoffdioxid begast wird, wird Kohlenstoffdioxid in Form von Karbonaten in dem Ziegel angereichert und dementsprechend wird der Karbonatgehalt des Ziegels erhöht und Kohlenstoffdioxid bei dieser chemischen Reaktion verbraucht. Hierdurch kann Kohlenstoffdioxid in der Massenware Ziegel effizient gebunden und ein Beitrag zur Bekämpfung des Klimawandels geleistet werden. Das zur Begasung der Ziegel eingesetzte Kohlenstoffdioxid kann aus Prozessen der Ziegelherstellung selbst oder aus anderweitigen Prozessen, bei welchen Kohlenstoffdioxid freigesetzt wird, stammen. Das in unterschiedlichen Prozessen als Abfallprodukt erzeugte Treibhausgas Kohlenstoffdioxid kann somit sinnvoll in Form von Karbonaten in den Ziegeln gebunden werden.

Der Ziegel ist bevorzugt eine Baukeramik, insbesondere ein Mauerziegel oder ein Dachziegel.

In dem Brennschritt wird wenigstens ein zuvor geformter Ziegelrohling gebrannt.

Es kann bevorzugt vorgesehen sein, dass in dem Brennschritt Brenntemperaturen von wenigstens 600°C, insbesondere wenigstens 650°C, bevorzugt wenigstens 700°C, verwendet werden. Die Dekomposition der in den Ziegelrohlingen befindlichen Karbonate beginnt bei Normaldruck bereits bei ca 600°C und sie wird durch steigende Temperaturen stark begünstigt.

Insbesondere kann vorgesehen sein, dass die Brenntemperaturen maximal 900°C, insbesondere maximal 850°C, bevorzugt maximal 800°C, betragen. Es hat sich hierbei gezeigt, dass bei derart niedrigen Temperaturen von kleiner gleich 900°C eine Silikatbildung nur in geringem Ausmaß stattfindet, wodurch eine höhere Menge an Kohlenstoffdioxid in dem Ziegel als Karbonat gebunden werden kann.

Alternativ kann der Brennschritt bei üblichen Brenntemperaturen von wenigstens 800°C, insbesondere wenigstens 1000°C, bevorzugt wenigstens 1200°C, erfolgen.

Der Ziegelrohling kann vor dem Brennschritt in einem Formschritt unter einem oder mehreren vorgegebenen Drücken gepresst worden sein.

In dem Karbonaterzeugungsschritt wird der gebrannte Ziegel mit Kohlenstoffdioxid begast, wodurch das Kohlenstoffdioxid in Form von Karbonaten in dem gebrannten Ziegel angereichert und gespeichert wird. Das Kohlenstoffdioxid wird mittels einer chemischen Reaktion insbesondere als Kalziumkarbonat aber auch als CaMg-Karbonat und/oder Mg-Karbonat in bzw. an dem Ziegel gebunden. Der Ziegel fungiert hierbei als Karbonatspeicher.

Es kann besonders bevorzugt vorgesehen sein, dass mehrere Ziegelrohlinge in einem dem Brennschritt vorhergehenden Stapelungsschritt auf einer Transportvorrichtung angeordnet, nachfolgend in einen Brennofen bewegt und in dem Brennschritt in dem Brennofen gebrannt werden. Hierbei sind die Ziegelrohlinge bereits vor dem Stapelungsschritt geformt.

Bevorzugt kann vorgesehen sein, dass die Transportvorrichtung ein Wagen ist,

welcher insbesondere mehrere Ebenen für die Ziegel aufweist.

Die Ziegelrohlinge werden auf dem Wagen insbesondere gestapelt. Gestapelt bedeutet hierbei, dass die Ziegelrohlinge auf den verschiedenen Ebenen des Wagens insbesondere beabstandet voneinander angeordnet werden, damit möglichst viel Oberfläche bzw. Reaktionsoberfläche der Ziegel mit dem gasförmigen Kohlenstoffdioxid in Kontakt kommt.

Der Wagen wird insbesondere in einem automatisierten Prozess in die Brennkammer gefahren. Es kann hierzu vorgesehen sein, dass mehrere Wägen in kontinuierlichen zeitlich voneinander getrennten Abständen automatisiert in den Brennofen gefahren werden.

Alternativ kann vorgesehen sein, dass mehrere Wägen diskontinuierlich in den Brennofen bewegt werden.

Es kann auch bevorzugt vorgesehen sein, dass sich während des Brennschrittes mehrere Wägen gleichzeitig in dem Brennofen befinden. Dies kann insbesondere bei der bevorzugten Verwendung eines Tunnelofens als Brennofen der Fall sein.

Es kann bevorzugt vorgesehen sein, dass nach dem Brennschritt die gebrannten Ziegel auf der Transportvorrichtung in dem Karbonaterzeugungsschritt mit Kohlenstoffdioxid begast werden. Hierbei können die gebrannten Ziegel auf der Transportvorrichtung, insbesondere auf dem Wagen, nach dem Brennschritt mit Kohlenstoffdioxid begast werden und die Ziegel müssen nicht extra von der Transportvorrichtung heruntergenommen und in dem Brennofen geschlichtet werden, wodurch Zeit eingespart wird.

Es kann bevorzugt vorgesehen sein, dass der Karbonaterzeugungsschritt in einer Druckkammer erfolgt. Die Begasung mit Kohlenstoffdioxid kann automatisch und programmgesteuert erfolgen, sofern sich die Transportvorrichtung in der Druckkammer befindet. Ob sich die Transportvorrichtung, insbesondere der Wagen, in der Druckkammer befindet, kann einfach mittels Sensoren überprüft werden. Solche Sensoren können beispielsweise optische Sensoren oder Drucksensoren umfassen.

Es kann bevorzugt vorgesehen sein, dass mehrere Wägen nacheinander über ein Schleusensystem in die Druckkammer bewegt werden. Hierdurch kann in der Druckkammer der vorgegebene Kohlenstoffdioxidpartialdruck im Wesentlichen kontinuierlich aufrechterhalten werden und muss nicht pro Wagen neu eingestellt werden, wodurch Zeit gespart werden kann und der Prozess einfach und effizient durchführbar ist.

Alternativ kann vorgesehen sein, dass Transportvorrichtungen, insbesondere Wägen, kontinuierlich in die Druckkammer bewegt werden. Dies kann insbesondere bei der Begasung mit Kohlenstoffdioxid unter Normaldruck der Fall sein. Der Karbonaterzeugungsschritt kann hierbei in einer einfachen Kammer durchgeführt werden.

Es kann besonders bevorzugt vorgesehen sein, dass der Kohlenstoffdioxidpartialdruck wenigstens 0,1 MPa, insbesondere wenigstens 0,5 MPa, bevorzugt wenigstens 1 MPa, beträgt. Unter solch erhöhten Drücken können Ziegel effizient mit Karbonaten angereichert werden.

Es kann weiters bevorzugt vorgesehen sein, dass die Begasungsdauer wenigstens 5 Minuten, insbesondere wenigstens 10 Minuten, bevorzugt wenigstens 15 Minuten, beträgt. Bereits bei diesen geringen Zeiträumen konnte eine - wirtschaftlich gesehen - in ökonomischen Zeiträumen durchführbare Karbonatanreicherung in den Ziegeln festgestellt werden.

Es kann bevorzugt vorgesehen sein, dass die gebrannten Ziegel am Anfang des Karbonaterzeugungsschrittes eine Restwärme von wenigstens 25°C, insbesondere wenigstens 50°C, bevorzugt wenigstens 75°C, aufweisen. Es hat sich gezeigt, dass die Anreicherung von Karbonaten in Ziegeln in dem Karbonaterzeugungsschritt besonders gut funktioniert, wenn die Ziegel erwärmt sind bzw. wenn die Ziegel eine Temperatur größer der Raumtemperatur, insbesondere größer 20°C, aufweisen.

Es kann hierzu bevorzugt vorgesehen sein, dass die Transportvorrichtung mit den darauf angeordneten Ziegeln nach dem Brennschritt automatisiert in die Druckkammer bewegt wird. Aufgrund der Geschwindigkeit der Transportvorrichtung

und dem Weg, welchen die Transportvorrichtung von dem Brennofen bis zu der Druckkammer zurücklegt, kann der Temperaturabfall der Ziegel pro Zeiteinheit beispielsweise empirisch ermittelt und die Temperatur der Ziegel im Wesentlichen unmittelbar vor der Druckkammer genau durch die Geschwindigkeit der Transportvorrichtung eingestellt werden. Hierzu können zu unterschiedlichen Brenntemperaturen an der Anlage Versuchsreihen durchgeführt werden.

Es können weiters Sensoren verwendet werden, um die Temperatur der Ziegel nach dem Brennschritt außerhalb des Brennofens oder bevorzugt in der Druckkammer selbst genau zu ermitteln. Es könnten zur kontaktlosen Messung hierbei beispielsweise Infrarotthermometer eingesetzt werden, um die Temperatur der Ziegel nach dem Brennschritt zu ermitteln.

Alternativ könnten auch Kontaktthermometer zur Ermittlung der Temperatur der Ziegel eingesetzt werden.

Es kann auch bevorzugt vorgesehen sein, dass der Karbonaterzeugungsschritt bei einer Temperatur von wenigstens 50°C erfolgt. Sofern die Restwärme der Ziegel unter 50°C liegt oder diese Mindesttemperatur über ein längeres Zeitintervall konstant aufrechterhalten werden soll, kann bevorzugt vorgesehen sein, dass die Ziegel in dem Karbonaterzeugungsschritt auf wenigstens 50°C aufgeheizt werden.

Es hat sich überraschender Weise gezeigt, dass die Karbonatanreicherung in den Ziegeln durch einen Synergieeffekt der zuvor genannten Mindesttemperaturen und Mindestdrücke besonders effizient erfolgt. Insbesondere bei Temperaturen von wenigstens 50°C konnte eine besonders effiziente Anreicherung von Karbonaten in den Ziegeln festgestellt werden. Erhöhte Drücke trugen weiters dazu bei, dass Karbonate besonders schnell und effizient in den Ziegeln angereichert werden konnten.

Sofern Restwärme aus dem Brennschritt in den Ziegeln vorhanden ist, kann weiters in dem Karbonaterzeugungsschritt Energie gespart werden, da die Ziegel entweder gar nicht oder nur geringfügig erwärmt werden müssen, um obig genannte Mindesttemperaturen zu erreichen.

Besonders bevorzugt kann vorgesehen sein, dass die gebrannten Ziegel vor dem Karbonaterzeugungsschritt angefeuchtet werden. Es hat sich hierbei gezeigt, dass durch das Anfeuchten der Ziegel, insbesondere mit Wasser, die Karbonatanreicherung an bzw. in den Ziegeln stark begünstigt wird.

Hierzu kann vorgesehen sein, dass die gebrannten Ziegel im Wesentlichen unmittelbar vor dem Karbonaterzeugungsschritt, demnach vor der Begasung mit Kohlenstoffdioxid, angefeuchtet werden.

Weiters ist ein Ziegel vorgesehen, welcher nach dem zuvor beschriebenen Verfahren hergestellt wurde und welcher einen Karbonatgehalt mit einem Masseanteil von mindestens 1%, bevorzugt mindestens 5%, insbesondere mindestens 10%, aufweist.

Nachfolgend werden Grundsätze für das Verständnis und die Auslegung gegenständlicher Offenbarung angeführt.

Merkmale werden üblicherweise mit einem unbestimmten Artikel „ein, eine, eines, einer“ eingeführt. Sofern es sich aus dem Kontext nicht anders ergibt, ist daher „ein, eine, eines, einer“ nicht als Zahlwort zu verstehen.

Das Bindewort „oder“ ist als inklusiv und nicht als exklusiv zu interpretieren. Sofern es sich aus dem Kontext nicht anders ergibt, umfasst „A oder B“ auch „A und B“, wobei „A“ und „B“ beliebige Merkmale darstellen.

Mittels eines ordnenden Zahlwortes, beispielweise „erster“, „zweiter“ oder „dritter“, werden insbesondere ein Merkmal X bzw. ein Gegenstand Y in mehreren Ausführungsformen unterschieden, sofern dies nicht durch die Offenbarung der Erfindung anderweitig definiert wird. Insbesondere bedeutet ein Merkmal X bzw. Gegenstand Y mit einem ordnenden Zahlwort in einem Anspruch nicht, dass eine unter diesen Anspruch fallende Ausgestaltung der Erfindung ein weiteres Merkmal X bzw. einen weiteren Gegenstand Y aufweisen muss.

P A T E N T A N S P R Ü C H E

1. Verfahren zur Herstellung von Ziegeln, wobei in einem Brennschritt ein Ziegelrohling gebrannt und in einem, dem Brennschritt nachfolgenden, Karbonaterzeugungsschritt der gebrannte Ziegel unter einem vorgebbaren Druck bei einer vorgebbaren Begasungsdauer mit Kohlenstoffdioxid begast wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass mehrere Ziegelrohlinge in einem dem Brennschritt vorhergehenden Stapelungsschritt auf einer Transportvorrichtung angeordnet, nachfolgend in einen Brennofen bewegt und in dem Brennschritt in dem Brennofen gebrannt werden.
3. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass nach dem Brennschritt die gebrannten Ziegel auf der Transportvorrichtung in dem Karbonaterzeugungsschritt mit Kohlenstoffdioxid begast werden.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Karbonaterzeugungsschritt in einer Druckkammer erfolgt.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Kohlenstoffdioxidpartialdruck wenigstens 0,1 MPa, insbesondere wenigstens 0,5 MPa, bevorzugt wenigstens 1 MPa, beträgt.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Begasungsdauer wenigstens 5 Minuten, insbesondere wenigstens 10 Minuten, bevorzugt wenigstens 15 Minuten, beträgt.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass die gebrannten Ziegel am Anfang des Karbonaterzeugungsschrittes eine Restwärme von wenigstens 25°C, insbesondere wenigstens 50°C, bevorzugt wenigstens 75°C, aufweisen.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Karbonaterzeugungsschritt bei einer Temperatur von wenigstens 50°C

erfolgt.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass die gebrannten Ziegel vor dem Karbonaterzeugungsschritt angefeuchtet werden.

10. Ziegel, hergestellt gemäß einem Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Ziegel einen Karbonatgehalt mit einem Masseanteil von mindestens 1%, bevorzugt mindestens 5%, insbesondere mindestens 10%, aufweist.