

(12) **Österreichische Patentanmeldung**

(21) Anmeldenummer: A 50826/2021 (51) Int. Cl.: **F27B 9/02** (2006.01)  
(22) Anmeldetag: 15.10.2021 **F27B 9/04** (2006.01)  
(43) Veröffentlicht am: 15.07.2022 **F27B 9/14** (2006.01)  
**C01B 32/97** (2017.01)  
**C21D 9/00** (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:  
EP 2717008 A2  
DE 3506131 C1

(71) Patentanmelder:  
EBNER Industrieofenbau GmbH  
4060 Leonding (AT)

(74) Vertreter:  
Anwälte Burger und Partner Rechtsanwalt  
GmbH  
4580 Windischgarsten (AT)

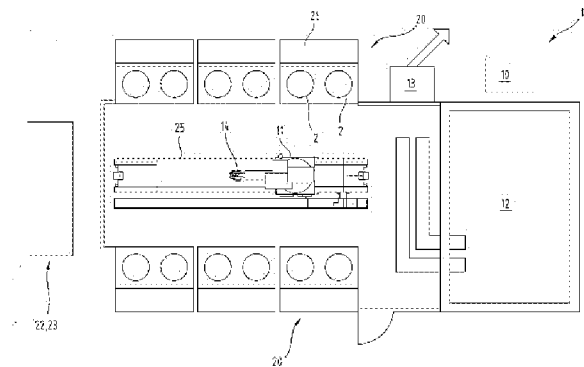
(54) **Industrieofenanlage**

(57) Die Erfindung betrifft eine Industrieofenanlage (1), insbesondere zur Herstellung von keramischen Werkstoffen und/oder Karbiden, umfassend

- zumindest einen Ofen (2) mit einer Kammer (3), die eine Beschickungsöffnung (4) zum Beschicken der Kammer (3) aufweist, einer Heizeinrichtung (9) und einer Verschlusseinrichtung (6) für die Beschickungsöffnung (4),
- eine Steuereinrichtung (10) und
- eine Transfereinrichtung (11) zum Transferieren eines in die Kammer (3) einbringbaren Tiegels (5) zu dem und/oder von dem Ofen (2),

wobei die Steuereinrichtung (10) eingerichtet ist, zur Entnahme eines Tiegels (5) aus der Kammer (3) die Verschlusseinrichtung (6) - durch Betätigung der Transfereinrichtung (11) und/oder in Abhängigkeit von der Position der Transfereinrichtung (11) und/oder eines Endeffektors (14) der Transfereinrichtung (11) - in die freigebende Stellung zu bringen und/oder

bei freigebender Stellung der Verschlusseinrichtung (6) einen Tiegel (5) - durch Betätigung der Transfereinrichtung (11) und/oder vorzugsweise in Abhängigkeit von der Position der Transfereinrichtung (11) und/oder eines Endeffektors (14) der Transfereinrichtung (11) durch Betätigung einer von der Transfereinrichtung (11) gesonderten Entnahmeeinrichtung - durch die Beschickungsöffnung (4) aus der Kammer (3) entnehmen zu lassen.



## Zusammenfassung

Die Erfindung betrifft eine Industrieofenanlage (1), insbesondere zur Herstellung von keramischen Werkstoffen und/oder Karbiden, umfassend

- zumindest einen Ofen (2) mit einer Kammer (3), die eine Beschickungsöffnung (4) zum Beschicken der Kammer (3) aufweist, einer Heizeinrichtung (9) und einer Verschlusseinrichtung (6) für die Beschickungsöffnung (4),
- eine Steuereinrichtung (10) und
- eine Transfereinrichtung (11) zum Transferieren eines in die Kammer (3) einbringbaren Tiegels (5) zu dem und/oder von dem Ofen (2),

wobei die Steuereinrichtung (10) eingerichtet ist, zur Entnahme eines Tiegels (5) aus der Kammer (3)

die Verschlusseinrichtung (6) - durch Betätigung der Transfereinrichtung (11) und/oder in Abhängigkeit von der Position der Transfereinrichtung (11) und/oder eines Endeffektors (14) der Transfereinrichtung (11) - in die freigebende Stellung zu bringen

und/oder

bei freigebender Stellung der Verschlusseinrichtung (6) einen Tiegel (5) - durch Betätigung der Transfereinrichtung (11) und/oder vorzugsweise in Abhängigkeit von der Position der Transfereinrichtung (11) und/oder eines Endeffektors (14) der Transfereinrichtung (11) durch Betätigung einer von der Transfereinrichtung (11) gesonderten Entnahmeeinrichtung - durch die Beschickungsöffnung (4) aus der Kammer (3) entnehmen zu lassen.

Fig. 1

Die Erfindung betrifft eine Industrieofenanlage, insbesondere zur Herstellung von keramischen Werkstoffen und/oder Karbiden, insbesondere Siliziumkarbid, umfassend

zumindest einen Ofen, insbesondere Reaktionsofen, mit einer - vorzugsweise evakuierbaren und/oder mit inerter Atmosphäre beaufschlagbaren - Kammer, insbesondere Reaktionskammer, die eine, vorzugsweise an ihrer Unterseite angeordnete, Beschickungsöffnung zum Beschicken der Kammer mit einem mit - vorzugsweise pulverförmigem - Ausgangsmaterial befüllten Tiegel aufweist, einer Heizeinrichtung, vorzugsweise in Form einer Induktionsspule und/oder Induktionsheizung, zum Erwärmen eines in die Kammer eingebrachten Ausgangsmaterials und einer Verschlusseinrichtung für die Beschickungsöffnung, welche Verschlusseinrichtung zwischen einer geschlossenen Stellung und einer freigebenden Stellung betätigbar ist, und eine Steuereinrichtung zum Steuern des zumindest einen Ofens.

Die Erfindung bezieht auch auf ein Verfahren zum Betreiben einer Industrieofenanlage und ein Verfahren zur Herstellung von keramischen Werkstoffen und/oder Karbiden.

Die Herstellung von Materialien und Hochleistungs-Werkstoffen, wie z.B. Keramiken, erfordern Industrieofenanlagen. Unter den Begriff Herstellung fällt auch die (Nach-)Behandlung von (Zwischen-)Produkten, wie z.B. das Sintern. In Industrieanwendungen stellt insbesondere das Beschicken solcher Öfen eine große Herausforderung dar. Einerseits muss beim Entladen der Öfen auf die hohen Temperaturen Rücksicht genommen werden, andererseits sollte die Zeitspanne des Entladens und Wieder-Beladens des Ofens möglichst kurz sein. Es besteht daher der

Bedarf einer schnellen, zuverlässigen und temperaturresistenten Ent-/Beladen. Dabei wird ein außerhalb des Ofens vorbereiteter Tiegel mit Ausgangsmaterial in eine Kammer des Ofens eingebracht und dort aufgeheizt. Nach dem Erwärmen bzw. Erhitzen des Ausgangsmaterials, wodurch z.B. eine (exotherme) Reaktion oder ein (Reaktions-)Sintervorgang ausgelöst wird, muss der Tiegel mit dem (Reaktions-)Produkt wieder aus der Kammer entfernt werden.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung war es, die Nachteile des Standes der Technik zu überwinden und eine Industrieofenanlage und ein Verfahren zu deren Betrieb zur Verfügung zu stellen, mittels derer ein schnelles und zuverlässiges Entladen des Tiegels aus der Kammer des Ofens bewerkstelligt werden kann. Dabei soll auch die Möglichkeit geschaffen werden, die Entladung möglichst bald nach der Behandlung des Materials, d.h. bei noch erhöhten Temperaturen, vornehmen zu können. Der erforderliche Eingriff einer Bedienperson soll dabei auf ein Minimum beschränkt werden.

Diese Aufgabe wird durch eine Industrieofenanlage und Verfahren gemäß den Ansprüchen gelöst. Die Industrieofenanlage umfasst eine Transfereinrichtung, vorzugsweise in Form eines Roboters, zum Transferieren eines durch die Beschickungsöffnung in die Kammer einbringbaren Tiegels zu dem und/oder von dem Ofen, vorzugsweise zwischen dem Ofen und einer Belade- und/oder Entladestation zum Be- und/oder Entladen eines Tiegels oder einer Übergabestation, wobei die Steuereinrichtung dazu eingerichtet ist, zur Entnahme eines Tiegels aus der Kammer

die Verschlusseinrichtung - durch Betätigung der Transfereinrichtung und/oder in Abhängigkeit von der Position der Transfereinrichtung und/oder der Position eines Endeffektors der Transfereinrichtung – (aus der geschlossenen Stellung) in die freigebende Stellung zu bringen

und/oder

bei freigebender Stellung der Verschlusseinrichtung einen Tiegel - durch Betätigung der Transfereinrichtung und/oder vorzugsweise in Abhängigkeit von der Position der Transfereinrichtung und/oder der Position eines Endeffektors der Transfereinrichtung durch Betätigung einer von der Transfereinrichtung gesonderten

Entnahmeeinrichtung, insbesondere Absenkeinrichtung - durch die Beschickungsöffnung aus der Kammer entnehmen, insbesondere absenken, zu lassen.

Durch die erfindungsgemäßen Maßnahmen wird der Entnahmevorgang automatisiert, wobei besonders die Schnelligkeit und Zuverlässigkeit des Entladens der Kammer (Reaktionskammer und/oder Sinterkammer) erhöht wird.

Die Verschlusseinrichtung kann in einer Variante direkt durch die Transfereinrichtung, insbesondere durch einen Endeffektor der Transfereinrichtung, betätigt werden (in diesem Fall könnte die Verschlusseinrichtung als solche passiv ausgebildet sein).

In einer anderen Variante ist die Verschlusseinrichtung selbst aktiv, d.h. umfasst zumindest einen eigenen (von der Transfereinrichtung gesonderten bzw. ofenseitigen) Aktuator, der die Betätigung bewirkt. Jedoch erfolgt auch in dieser Variante die Betätigung der Verschlusseinrichtung in Abhängigkeit von der Position der Transfereinrichtung und/oder der Position eines Endeffektors der Transfereinrichtung. Die Steuereinrichtung, die in dieser Variante mit dem Aktuator steuerungstechnisch verbunden ist, kennt die Position der Transfereinrichtung bzw. ihres Endeffektors (z.B. aus Sensordaten und/oder weil die Steuereinrichtung auch die Transfereinrichtung ansteuert) und steuert den zumindest einen Aktuator der Verschlusseinrichtung in Abhängigkeit dieser Position. Die Verschlusseinrichtung wird durch die Steuereinrichtung insbesondere dann in eine freigebende Stellung gebracht, wenn sich die Transfereinrichtung und/oder deren Endeffektor in einer Position befindet, in der sie für eine Aufnahme des Tiegels bzw. einen den Tiegel tragenden Träger bereit ist. Dies ist z.B. der Fall, wenn die Transfereinrichtung im Bereich der Beschickungsöffnung angekommen ist und/oder an die Kammer oder den Träger andockt hat.

Ähnliches kann für die Entnahme des Tiegels durch die Beschickungsöffnung aus der Kammer gelten. Befindet sich die Verschlusseinrichtung in freigebender Stellung kann in einer Variante der Tiegel durch Betätigung der Transfereinrichtung aus der Kammer entnommen werden. In einer anderen Variante geschieht dies

durch Betätigung einer von der Transfereinrichtung gesonderten Entnahmeeinrichtung, insbesondere Absenkeinrichtung, vorzugsweise ebenfalls in Abhängigkeit von der Position der Transfereinrichtung und/oder der Position eines Endeffektors der Transfereinrichtung. Z.B. könnte bei Annäherung der Transfereinrichtung in Richtung Ofen bzw. Kammer (z.B. ab einer bestimmten Position), die Entnahmeeinrichtung aktiviert werden, um den Tiegel aus der Kammer zu entnehmen. Alternativ könnte die Entnahmeeinrichtung auch unabhängig von der Transfereinrichtung zur Entnahme des Tiegels aktiviert werden.

Das Öffnen der Verschlusseinrichtung und/oder das Entnehmen des Tiegels aus der Kammer kann entweder durch die Transfereinrichtung selbst (hier ist die Transfereinrichtung der Betätiger) oder vorzugsweise in Abhängigkeit von der Position der Transfereinrichtung und/oder ihres Endeffektors (hier wirkt die Transfereinrichtung als Trigger für den Betätigungs- und/oder Entnahmeprozess) erfolgen.

Die Verschlusseinrichtung kann einen mechanischen Verriegelungsmechanismus und/oder Fixiermechanismus aufweisen und z.B. aus einem oder mehreren Hebeln, insbesondere einem Kniehebel, aufgebaut sein. Selbstverständlich können auch andere mechanische Verriegelungselemente (z.B. Schieber, Zapfen, od. dgl.) zur Anwendung kommen.

Das Auslösen der oben genannten Vorgänge (Verschlusseinrichtung, Entnahmeeinrichtung) kann z.B. dann erfolgen, wenn die Transfereinrichtung oder deren Endeffektor in eine Übernahmeposition gelangen (in der sie den Tiegel und/oder einen Tiegelträger übernehmen kann) oder wenn sich die Transfereinrichtung oder deren Endeffektor auf dem Weg zur Kammer befindet bzw. sich der Kammer nähern (Annäherungsposition). In beiden Fällen kann die Position der Transfereinrichtung oder deren Endeffektors ausschlaggebend sein. Unter dem Begriff Position wird weiters auch eine Stellung der Transfereinrichtung oder deren Endeffektors und eine allfällige Kontaktierungsposition (Andocken im Bereich der Beschickungsöffnung der Kammer) verstanden.

Die Position der Transfereinrichtung und/oder ihres Endeffektors kann mit einem oder mehreren Sensoren, z.B. einem Annäherungssensor und/oder einem Berührungssensor und/oder einem Bilderfassungssensor (Kamera), erfasst werden. Die Sensordaten können von der Steuereinrichtung ausgewertet werden und die Steuereinrichtung generiert daraufhin Steuersignale für die Verschlusseinrichtung und/oder eine Entnahmeeinrichtung.

Das Entnehmen kann je nach Ausgestaltung des Ofens und der Beschickungsöffnung z.B. durch ein Absenken und/oder jede beliebige andere Bewegung bewerkstelligt werden. Bevorzugt ist, wenn die Kammer zylinderförmig ist und der Tiegel bzw. Tiegelträger entlang der Zylinderachse in bzw. aus der Kammer bewegt werden.

Im Falle einer von der Transfereinrichtung gesonderten Entnahmeeinrichtung kann es sich z.B. um eine Absenkeinrichtung handeln (z.B. eine absenkbare Plattform, welche den Tiegel und/oder einen Tiegelträger auf ein tieferes Niveau (unterhalb der Kammer absenkt). Die Entnahmebewegung kann durch einen Antrieb der Entnahmeeinrichtung, z.B. durch einen Motor und/oder einen Zylinder, bewerkstelligt werden.

Die erfindungsgemäße Industrieofenanlage ist für sämtliche Arten der Behandlung von in einem Tiegel bereitgestellten (Ausgangs-)Materialien geeignet. So kann es sich bei dem Ofen z.B. um einen Reaktionsofen oder einen Sinterofen handeln. Auch Reaktionssintern, bei dem ein Sintervorgang mit einer chemischen Reaktion überlagert ist, wäre in einem erfindungsgemäßen Industrieofen denkbar. Es handelt sich - insbesondere bei der Durchführung von Reaktionsvorgängen - um einen Industrieofen, bei dem in der Kammer Temperaturen von über 1000°C, insbesondere auch über 2000°C oder mehr entstehen können. Es handelt sich somit insbesondere um Hochtemperaturöfen.

Die Ausgangsmaterialien wiederum können von jeglicher Beschaffenheit sein, umfassend pulverförmiges, körniges und/oder festes Material. Bevorzugte Anwendungsbeispiele sind z.B. die Herstellung von Siliziumkarbid aus Siliziumoxid und

Kohlenstoff, die Herstellung von Borkarbid aus Boroxid und Kohlenstoff, grundsätzlich die Herstellung verschiedener anderer Karbide, Nitride, Boride, usw.. Beispiele für Reaktionssintern wäre z.B. die Herstellung von Spinell aus Magnesiumoxid und Aluminiumoxid, die Herstellung von Aluminiumtitanat aus Aluminiumoxid und Titanoxid, die Herstellung von Fluorapatit aus Fluorit und Tricalciumphosphat, und viele mehr. Schließlich eignet sich der erfindungsgemäße Industrieofenanlage auch zum Sintern bzw. Wärmebehandlung verschiedener Zwischenprodukte. Die grundlegenden chemischen Reaktionen sind dem Fachmann bekannt. Lediglich als Beispiel wird daher auf die EP0000661A1 verwiesen, welche die Reaktion zu Siliziumcarbid beschreibt.

Der Begriff Tiegel ist breit zu verstehen und umfasst Behältnisse, die geeignet sind, Ausgangsmaterialien aufzunehmen. Während der Behandlung im Ofen befindet sich das/die Ausgangsmaterial(ien) bzw. das/die entstehende(n) End- oder Zwischenprodukt(e) im Tiegel. Die Form und/oder das Material des Tiegels unterliegt keinen Beschränkungen und kann je nach Anwendung variieren. So kann der Tiegel z.B. zylinderförmig oder topfförmig oder schalenförmig oder kistenförmig, usw. ausgebildet sein. Der Tiegel kann offen oder verschließbar sein. Ebenso kann er Öffnungen (z.B. Schlitze, Löcher, usw.) aufweisen, um eine Evakuierung und/oder Beaufschlagung des Tiegellinneren mit Prozessgas (z.B. inerte Atmosphäre) zu ermöglichen. Das Material des Tiegels wird so gewählt, dass es den Temperaturen, die für eine spezielle Anwendung in der (Reaktions-)Kammer erreicht werden, standhält.

Im Falle einer Induktionsheizung ist der Tiegel vorzugsweise aus elektrisch leitfähigem Material, wie z.B. Graphit, gebildet. Die von einer Induktionsspule ausgehende elektromagnetische Energie wird durch das Material des Tiegels in Wärme, die an das im Tiegel befindliche Material übertragen wird, umgewandelt.

Unter Belade-, Entlade- bzw. Übergabestationen sind Stationen der Industrieofenanlage gemeint, in denen der Tiegel mit Ausgangsmaterial befüllt wird oder entladen wird (z.B. bei pulverförmigem Gut vorzugsweise durch Absaugen) oder an einen Zwischenspeicher oder eine weiterführende Transporteinrichtung (z.B. Shuttles, Fließband, od. dgl.) übergeben wird.

Selbstverständlich kann der Ofen auch eine Kühleinrichtung zum Kühlen bestimmter Komponenten, insbesondere einer äußeren Umhüllung der Kammer, mit einem Kühlmedium, insbesondere Wasser, aufweisen.

Eine bevorzugte Ausführungsform zeichnet sich dadurch aus, dass die Verschlusseinrichtung zumindest einen - vorzugsweise pneumatischen oder hydraulischen - Aktuator, der durch die Steuereinrichtung betätigbar ist, aufweist. In dieser Ausführungsform ist die Verschlusseinrichtung selbst aktiv und wird von der Steuereinrichtung angesteuert, um von der geschlossenen Stellung in die freigebende Stellung zu gelangen und vice versa. Die Transfereinrichtung dient in diesem Fall als Trigger, derart, dass bei Erreichen einer bestimmten Position (relativ zur Kammer bzw. Beschickungsöffnung) die Aktivierung der Verschlusseinrichtung von der geschlossenen in die freigebende Stellung ausgelöst wird.

Eine bevorzugte Ausführungsform zeichnet sich dadurch aus, dass die Verschlusseinrichtung in der geschlossenen Stellung und/oder in der freigebenden Stellung selbstarretiert ist. Die einzelnen Stellungen zeichnen sich durch hohe Zuverlässigkeit aus, d.h. ein unbeabsichtigtes Überspringen von einer Stellung in die andere wird effektiv vermieden. Die Selbstarretierung kann dabei derart verwirklicht sein, dass zwei stabile Zustände (geschlossene Stellung einerseits und freigebende Stellung andererseits) durch Überwindung eines (Betätigungs-)Widerstandes ineinander übergeführt werden können.

Eine bevorzugte Ausführungsform zeichnet sich dadurch aus, dass die Verschlusseinrichtung zumindest einen Kniehebelmechanismus aufweist, der durch den zumindest einen Aktuator betätigbar ist.

Eine bevorzugte Ausführungsform zeichnet sich dadurch aus, dass die Steuereinrichtung dazu eingerichtet ist, zur Entnahme eines Tiegels aus der Kammer die Verschlusseinrichtung durch Betätigung des zumindest einen Aktuators in die freigebende Stellung zu bringen, wenn ein Endeffektor der Transfereinrichtung vor und/oder unterhalb der Beschickungsöffnung angeordnet ist und/oder wenn ein Endeffektor der Transfereinrichtung den Ofen im Bereich der Beschickungsöffnung kontaktiert und/oder wenn ein Endeffektor der Transfereinrichtung einen -

sich in der Kammer befindlichen Tiegel tragenden - Träger von außen kontaktiert. Die Transfereinrichtung dient als Trigger für das Auslösen des Öffnens bzw. Freigebens der Kammer bzw. des darin befindlichen Tiegels. Dadurch wird die freigebende Stellung der Verschlusseinrichtung erst angenommen, wenn sich die Transfereinrichtung in einer Position befindet, in der sie bereit ist, den Tiegel oder einen Tiegelträger aufzunehmen und/oder in weiterer Folge zu handhaben.

Eine bevorzugte Ausführungsform zeichnet sich dadurch aus, dass der Ofen zumindest einen Sensor, vorzugsweise einen Berührungssensor und/oder Annäherungssensor, zur Detektion der Position der Transfereinrichtung und/oder der Position eines Endeffektors der Transfereinrichtung aufweist, wobei vorzugsweise der Sensor im Bereich der Beschickungsöffnung angeordnet ist. Durch diese Maßnahme wird die Zuverlässigkeit weiter erhöht, weil sichergestellt ist, dass die Position auch detektiert wird. Die Detektion der Position durch einen Sensor kann zusätzlich zu einer Übertragung und/oder Registrierung von Bewegungsdaten der Transfereinrichtung (an oder durch die Steuereinrichtung) erfolgen. Die Prozesssicherheit wird dadurch stark erhöht.

Eine bevorzugte Ausführungsform zeichnet sich dadurch aus, dass die Steuereinrichtung dazu eingerichtet ist, Daten über die Position der Transfereinrichtung und/oder die Position eines Endeffektors der Transfereinrichtung von einem Sensor und/oder von der Transfereinrichtung selbst zu empfangen, und/oder dass die Steuereinrichtung dazu eingerichtet ist, Daten von einem Temperatursensor des Ofens zu empfangen und in Abhängigkeit der Daten des Temperatursensors die Transfereinrichtung und/oder die Verschlusseinrichtung anzusteuern. Diese Ausführungsformen sind bevorzugt, weil die Steuereinrichtung zuverlässige Positionsdaten erhält, in deren Abhängigkeit sie die Verschlusseinrichtung und/oder eine (von der Transfereinrichtung gesonderte) Entnahmeeinrichtung ansteuert.

Eine bevorzugte Ausführungsform zeichnet sich dadurch aus, dass der Ofen einen - vorzugsweise sockelartigen - Träger zum Tragen eines in der Kammer befindlichen Tiegels aufweist, wobei der Träger in seiner Betriebsposition die Beschickungsöffnung (vorzugsweise luftdicht) verschließt und durch die Verschlussein-

richtung fixiert ist und wobei der Träger bei freigebender Stellung der Verschlusseinrichtung aus seiner Betriebsposition von der Kammer - vorzugsweise durch die Transfereinrichtung - entnehmbar, insbesondere absenkbar, ist. Der Träger dient einerseits zum Tragen des Tiegels, sodass beim Entnahmeprozess nicht der (möglicherweise noch zu heiße) Tiegel selbst kontaktiert werden muss, und andererseits zum Verschließen der Beschickungsöffnung. Der Träger bildet somit gleichzeitig den Verschluss der Kammer. Dadurch, dass der Träger diese beiden Funktionen aufweist, sind die Schritte zur Handhabung des Tiegels im Zuge der Entnahme besonders einfach.

Eine bevorzugte Ausführungsform zeichnet sich dadurch aus, dass ein Endeffektor der Transfereinrichtung ausgebildet ist, den Träger im Bereich seiner Unterseite aufzunehmen und/oder einen auf dem Träger befindlichen Tiegel aufzunehmen, vorzugsweise mittels eines Greifers. Der Endeffektor kann z.B. ein (Parallel-)Greifer sein, der entweder den Träger und/oder den Tiegel selbst greifen und in weiterer Folge an eine andere Stelle bewegen kann.

Eine bevorzugte Ausführungsform zeichnet sich dadurch aus, dass der Träger in seiner Betriebsposition in das Innere der Kammer ragt. Auf diese Weise dient er auch der Positionierung des Tiegels innerhalb der Kammer, sodass sich der Tiegel auf der richtigen Stelle in Bezug zur Heizeinrichtung (z.B. Induktionsheizung) befindet.

Eine bevorzugte Ausführungsform zeichnet sich dadurch aus, dass der Träger an seiner Unterseite durch eine Bodenplatte abgeschlossen ist. Die Bodenplatte dient als Verschluss der Beschickungsöffnung und wird durch die Verschlusseinrichtung gegen den Rand der Beschickungsöffnung gedrückt.

Eine bevorzugte Ausführungsform zeichnet sich dadurch aus, dass der Träger an seiner Unterseite nach unten ragende Füße aufweist. Diese Füße haben den Zweck, dass beim Abstellen des Trägers durch die Transfereinrichtung (auf dem Boden oder auf einer Zwischenplattform) der Endeffektor (ähnlich der Gabel eines Gabelstaplers) problemlos unter dem Träger herausbewegt werden kann.

Eine bevorzugte Ausführungsform zeichnet sich dadurch aus, dass in oder an dem Träger zumindest ein Temperatursensor, vorzugsweise in Form eines Thermoelements, zur Messung einer Temperatur in der Kammer angeordnet ist. Dieser Temperatursensor kann mit der Steuereinrichtung verbunden sein, sodass dessen Temperaturdaten ebenfalls zur Steuerung der Verschlusseinrichtung und/oder der Transfereinrichtung verwendet werden können.

Durch die weiteren Ausführungsformen des Trägers werden diese weitere Funktionen übertragen: Eine bevorzugte Ausführungsform zeichnet sich dadurch aus, dass der Träger zumindest ein Wärmeschild, welches in einem Hohlraum des Trägers angeordnet ist, aufweist. Eine bevorzugte Ausführungsform zeichnet sich dadurch aus, dass in dem Träger zumindest ein Hohlraum, vorzugsweise in Form eines Kanals oder einer Wassertasche, zum Aufnehmen und/oder zur Durchführung eines Kühlmittels ausgebildet ist. Eine bevorzugte Ausführungsform zeichnet sich dadurch aus, dass in dem Träger eine Durchführung für eine Gasleitung und/oder Vakuumentleitung und/oder elektrische Leitung und/oder ein Thermoelement ausgebildet ist.

Eine bevorzugte Ausführungsform zeichnet sich dadurch aus, dass die Industrieofenanlage zumindest zwei, zu einer Einheit zusammengefasste und durch die Steuereinrichtung steuerbare Öfen aufweist, und dass die Steuereinrichtung eingerichtet ist, einen Ofen der Einheit durch Ansteuerung der Transfereinrichtung und/oder Ansteuerung der Verschlusseinrichtung zu entladen und/oder zu reinigen und/oder neu zu beschicken, während sich ein anderer Ofen der Einheit im Produktionsmodus befindet. Dadurch können die Taktzeiten reduziert und Leerläufer vermieden werden.

Eine bevorzugte Ausführungsform zeichnet sich dadurch aus, dass die Industrieofenanlage zumindest zwei, zu einer Einheit zusammengefasste und durch die Steuereinrichtung steuerbare Öfen aufweist, wobei die Einheit eine gemeinsame – vorzugsweise elektrische – Versorgungseinrichtung, vorzugsweise in Form eines Induktionsgenerators, für die – vorzugsweise in Form von Induktionsspulen ausgebildeten – Heizeinrichtungen aufweist, welche Versorgungseinrichtung zwischen

den Heizeinrichtungen der Öfen umschaltbar ist, und/oder die Einheit eine gemeinsame, zwischen den Kammern umschaltbare Pumpen- und/oder Gasbeschickungseinrichtung aufweist. Der Konstruktionsaufwand wird dadurch verringert, da bestimmte Komponenten nur einmal verbaut werden müssen.

Eine bevorzugte Ausführungsform zeichnet sich dadurch aus, dass die Transfer- einrichtung auf einer Führungsbahn geführt ist und/oder dass die Transfereinrichtung zumindest einen Roboterarm umfasst und/oder dass ein Endeffektor der Transfereinrichtung einen Greifer, vorzugsweise einen Parallelgreifer, umfasst und/oder dass ein Endeffektor der Transfereinrichtung eine Reinigungseinrichtung umfasst und/oder trägt, wobei vorzugsweise die Reinigungseinrichtung eine – vorzugsweise (durch einen Antrieb) in Rotation versetzbare - Bürste und/oder eine Absaugereinrichtung und/oder eine Druckluftzufuhr und/oder eine Abdeckung, durch welche die Beschickungsöffnung verschließbar ist, umfasst. Die Transfereinrichtung erlangt dadurch eine weitere Funktion, nämlich die Reinigung der Kammer nach einem Reaktions- bzw. Behandlungsprozess. Dadurch wird die Automatisierung weiter erhöht und ist es im Betrieb nicht mehr erforderlich, dass Bedienpersonen im Bereich der Öfen bzw. deren Beschickungsöffnung hantieren müssen. Das Gefahrenpotential für Personen wird dadurch erheblich reduziert.

Das Ziel wird auch erreicht mit einem Verfahren zum Betreiben einer Industrieofenanlage, insbesondere zur Herstellung von keramischen Werkstoffen und/oder Karbiden, insbesondere Siliziumkarbid, wobei die Industrieofenanlage

- zumindest einen Ofen, insbesondere Reaktionsofen, mit einer - vorzugsweise evakuierbaren und/oder mit inerter Atmosphäre beaufschlagbaren - Kammer, insbesondere Reaktionskammer, die eine, vorzugsweise an ihrer Unterseite angeordnete, Beschickungsöffnung zum Beschicken der Kammer mit einem mit - vorzugsweise pulverförmigem - Ausgangsmaterial befüllten Tiegel aufweist, einer Heizeinrichtung, vorzugsweise in Form einer Induktionsspule und/oder Induktionsheizung, zum Erwärmen eines in die Kammer eingebrachten Ausgangsmaterials und einer Verschlusseinrichtung für die Beschickungsöffnung, welche Verschlusseinrichtung zwischen einer geschlossenen Stellung und einer freigebenden Stellung betätigbar ist,

- eine Steuereinrichtung zum Steuern des zumindest einen Ofens und
  - eine Transfereinrichtung, vorzugsweise in Form eines Roboters, zum Transferieren eines durch die Beschickungsöffnung in die Kammer einbringbaren Tiegels zu dem und/oder von dem Ofen, vorzugsweise zwischen dem Ofen und einer Belade- und/oder Entladestation zum Be- und/oder Entladen eines Tiegels oder einer Übergabestation,
- wobei zur Entnahme eines Tiegels aus der Kammer die Verschlusseinrichtung - durch Betätigung der Transfereinrichtung und/oder in Abhängigkeit von der Position der Transfereinrichtung und/oder der Position eines Endeffektors der Transfereinrichtung - in die freigebende Stellung gebracht wird und/oder bei freigebender Stellung der Verschlusseinrichtung ein Tiegel - durch Betätigung der Transfereinrichtung und/oder vorzugsweise in Abhängigkeit von der Position der Transfereinrichtung und/oder der Position eines Endeffektors der Transfereinrichtung durch Betätigung einer von der Transfereinrichtung gesonderten Entnahmeeinrichtung, insbesondere Absenkeinrichtung - durch die Beschickungsöffnung aus der Kammer entnommen, insbesondere abgesenkt, wird.

Die Vorteile und Weiterbildungen der oben beschriebenen Ausführungsformen gelten gleichermaßen auch für die nachfolgenden Ausführungsformen des erfindungsgemäßen Verfahrens und sind daher auch auf diese übertragbar.

Eine bevorzugte Ausführungsform des Verfahrens zeichnet sich dadurch aus, dass die Industrieofenanlage gemäß der Erfindung bzw. einer der oben beschriebenen Ausführungsformen ausgebildet ist.

Eine bevorzugte Ausführungsform zeichnet sich dadurch aus, dass nach dem Verbringen des Tiegels aus der Kammer die Kammer mittels der Transfereinrichtung gereinigt wird, wobei vorzugsweise ein Endeffektor der Transfereinrichtung eine Reinigungseinrichtung umfasst und/oder während der Reinigung eine Reinigungseinrichtung trägt, wobei vorzugsweise die Reinigungseinrichtung eine Bürste und/oder einen Sauger und/oder eine Druckluftzufuhr umfasst.

Eine bevorzugte Ausführungsform zeichnet sich dadurch aus, dass die Industrieofenanlage zumindest zwei, zu einer Einheit zusammengefasste und durch die Steuereinrichtung steuerbare Öfen aufweist und dass ein Ofen der Einheit durch Ansteuerung der Transfereinrichtung und/oder Ansteuerung der Verschlusseinrichtung entladen und/oder gereinigt und/oder neu beschickt wird, während sich ein anderer Ofen der Einheit im Produktionsmodus befindet.

Eine bevorzugte Ausführungsform zeichnet sich dadurch aus, dass die Industrieofenanlage eine Vielzahl von Öfen aufweist, wobei vorzugsweise jeweils zwei Öfen zu einer Einheit zusammengefasst sind, und dass die Öfen durch dieselbe Transfereinrichtung entladen und/oder gereinigt und/oder beschickt werden, wobei die Öfen jeweils zeitversetzt zueinander, vorzugsweise durch Evakuierung der Kammer und/oder durch Einbringen einer inerten Atmosphäre und/oder durch Aktivierung der Heizeinrichtung, in den Produktionsmodus gebracht werden.

Eine bevorzugte Ausführungsform zeichnet sich dadurch aus, dass zur Entnahme eines Tiegels aus der Kammer die Transfereinrichtung mit einem Endeffektor an die Beschickungsöffnung heranfährt und die Verschlusseinrichtung - durch die Transfereinrichtung und/oder zumindest einen Aktuator der Verschlusseinrichtung - in eine freigebende Stellung gebracht wird.

Eine bevorzugte Ausführungsform zeichnet sich dadurch aus, dass die Transfer-einrichtung den Tiegel aus der Kammer entnimmt, insbesondere absenkt.

Eine bevorzugte Ausführungsform zeichnet sich dadurch aus, dass der Ofen einen - vorzugsweise sockelartigen - Träger zum Tragen eines in der Kammer befindlichen Tiegels aufweist, wobei der Träger in seiner Betriebsposition die Beschickungsöffnung verschließt und durch die Verschlusseinrichtung fixiert ist und wobei die Transfereinrichtung den Tiegel aus der Kammer entnimmt, indem die Transfereinrichtung den Träger zusammen mit dem Tiegel aus seiner Betriebsposition von der Kammer entnimmt, insbesondere absenkt.

Eine bevorzugte Ausführungsform zeichnet sich dadurch aus, dass ein Endeffektor der Transfereinrichtung den Tiegel von dem entnommenen, insbesondere abgesenkten, Träger entnimmt, wobei vorzugsweise die Transfereinrichtung den entnommenen Träger zu einer Belade- und/oder Entladestation zum Be- und/oder Entladen des Tiegels oder einer Übergabestation transferiert.

Das Ziel wird auch erreicht mit einem Verfahren zur Herstellung von keramischen Werkstoffen und/oder Karbiden, insbesondere zur Herstellung von Siliziumkarbid aus Siliziumoxid und Kohlenstoff, durch exotherme Reaktion und/oder zum Sintern von Werkstoffen, wobei vorzugsweise pulverförmige Ausgangsmaterialien, insbesondere ein Oxid und Kohlenstoff, in einen Tiegel gefüllt werden, wobei der befüllte Tiegel in einen Ofen einer Industrieofenanlage verbracht wird, wobei die Industrieofenanlage gemäß der Erfindung bzw. einer der oben beschriebenen Ausführungsformen ausgebildet ist und/oder dass die Industrieofenanlage gemäß einem Verfahren gemäß der Erfindung bzw. einer der oben beschriebenen Ausführungsformen betrieben wird.

Zum besseren Verständnis der Erfindung wird diese anhand der nachfolgenden Figuren näher erläutert.

Es zeigen jeweils in stark vereinfachter, schematischer Darstellung:

- Fig. 1 eine Ausführungsform einer Industrieofenanlage von oben;
- Fig. 2 zwei Öfen einer Einheit der Industrieofenanlage in aufgeschnittener Darstellung;
- Fig. 3 zwei Öfen einer Einheit, wobei bei einem Ofen der Tiegel und der Tiegelträger abgesenkt sind;
- Fig. 4 die Unterseite einer Kammer im Detail;
- Fig. 5 zwei Öfen einer Einheit der Industrieofenanlage in perspektivischer Darstellung;

- Fig. 6 die Transfereinrichtung mit Endeffektor in einer Übernahmeposition relativ zur Kammer;
- Fig. 7 die Transfereinrichtung mit Endeffektor in einer abgesenkten Position;
- Fig. 8 die Transfereinrichtung mit Endeffektor in einer den Tiegel greifenden Stellung;
- Fig. 9 die Steuereinrichtung sowie die mit der Steuereinrichtung verbundenen Komponenten;
- Fig. 10 die Transfereinrichtung mit einer Reinigungseinrichtung bei der Reinigung der Kammer;
- Fig. 11 eine Ausführungsform mit von der Transfereinrichtung gesonderter Entnahmeeinrichtung (hier Absenkeinrichtung) ;
- Fig. 12 eine Ausführungsform, bei der die Transfereinrichtung die Verschlusseinrichtung betätigt.

Einführend sei festgehalten, dass in den unterschiedlich beschriebenen Ausführungsformen gleiche Teile mit gleichen Bezugszeichen bzw. gleichen Bauteilbezeichnungen versehen werden, wobei die in der gesamten Beschreibung enthaltenen Offenbarungen sinngemäß auf gleiche Teile mit gleichen Bezugszeichen bzw. gleichen Bauteilbezeichnungen übertragen werden können. Auch sind die in der Beschreibung gewählten Lageangaben, wie z.B. oben, unten, seitlich usw. auf die unmittelbar beschriebene sowie dargestellte Figur bezogen und sind diese Lageangaben bei einer Lageänderung sinngemäß auf die neue Lage zu übertragen.

Die Ausführungsbeispiele zeigen mögliche Ausführungsvarianten, wobei an dieser Stelle bemerkt sei, dass die Erfindung nicht auf die speziell dargestellten Ausführungsvarianten derselben eingeschränkt ist, sondern vielmehr auch diverse Kombinationen der einzelnen Ausführungsvarianten untereinander möglich sind und diese Variationsmöglichkeit aufgrund der Lehre zum technischen Handeln durch gegenständliche Erfindung im Können des auf diesem technischen Gebiet tätigen Fachmannes liegt.

Der Schutzbereich ist durch die Ansprüche bestimmt. Die Beschreibung und die Zeichnungen sind jedoch zur Auslegung der Ansprüche heranzuziehen. Einzelmerkmale oder Merkmalskombinationen aus den gezeigten und beschriebenen unterschiedlichen Ausführungsbeispielen können für sich eigenständige erfinderische Lösungen darstellen. Die den eigenständigen erfinderischen Lösungen zugrundeliegende Aufgabe kann der Beschreibung entnommen werden.

Der Ordnung halber sei abschließend darauf hingewiesen, dass zum besseren Verständnis des Aufbaus Elemente teilweise unmaßstäblich und/oder vergrößert und/oder verkleinert dargestellt wurden.

Fig. 1 zeigt eine Ausführungsform einer Industrieofenanlage 1 von oben. Eine solche kann insbesondere zur Herstellung von keramischen Werkstoffen und/oder Karbiden, insbesondere Siliziumkarbid, verwendet werden, eignet sich aber grundsätzlich für jegliche Art von Reaktions- und/oder Sintervorgängen.

Wie aus den Fig. 2-4 zu sehen umfasst ein Ofen 2, insbesondere Reaktionsofen, der Industrieofenanlage 1 eine - vorzugsweise evakuierbare und/oder mit inerter Atmosphäre beaufschlagbare – Kammer 3, insbesondere Reaktionskammer, die eine (in der dargestellten Ausführungsform an ihrer Unterseite angeordnete) Beschickungsöffnung 4 zum Beschicken der Kammer 3 mit einem befüllten Tiegel 5 aufweist. Eine Heizeinrichtung 9, vorzugsweise in Form einer Induktionsheizung, dient zum Erwärmen eines in die Kammer 3 eingebrachten Ausgangsmaterials. Der Ofen 2 weist auch eine Verschlusseinrichtung 6 für die Beschickungsöffnung 4 auf. Die Verschlusseinrichtung 6 ist zwischen einer geschlossenen Stellung und einer freigebenden Stellung betätigbar. Eine Steuereinrichtung 10 steuert den Ofen 2 bzw. seine Komponenten.

Die Industrieofenanlage 1 weist weiters eine Transfereinrichtung 11, vorzugsweise in Form eines Roboters, auf zum Transferieren eines durch die Beschickungsöffnung 4 in die Kammer 3 einbringbaren Tiegels 5 zu dem und/oder von dem Ofen 2. Der Transfer erfolgt vorzugsweise zwischen dem Ofen 2 und einer Belade- und/oder Entladestation 12 zum Be- und/oder Entladen eines Tiegels 5 oder einer Übergabestation 13 zum Zwischenlagern und/oder Weitertransport (Fig. 1).

Die Steuereinrichtung 10 ist dazu eingerichtet ist, zur Entnahme eines Tiegels 5 aus der Kammer 3 die Verschlusseinrichtung 6 in die freigebende Stellung zu bringen.

Dies kann dadurch erfolgen, dass die Steuereinrichtung die Transfereinrichtung 11 derart ansteuert, dass die Transfereinrichtung 11 die Verschlusseinrichtung betätigt (also die Verschlusseinrichtung von der geschlossenen Stellung in die freigebende Stellung bringt). Z.B. kann in dieser Ausführungsform eine Endeffektor an die Verschlusseinrichtung 6 andocken bzw. diese in die freigebende Stellung bewegen. Mit anderen Worten: die Transfereinrichtung wirkt hier als Betätiger einer (passiven, d.h. selbst nicht aktiven) Verschlusseinrichtung. Eine solche Variante ist in Fig. 12 schematisch dargestellt.

Dis kann aber auch dadurch erfolgen, dass die Steuereinrichtung die Verschlusseinrichtung ansteuert und zwar in Abhängigkeit von der Position der Transfereinrichtung 11 und/oder der Position eines Endeffektors 14 der Transfereinrichtung. Die Transfereinrichtung bzw. deren Position wirkt hier lediglich als Trigger. Die Verschlusseinrichtung weist zumindest einen eigenen Aktuator, der von der Steuereinrichtung (z.B. bei Erreichen einer bestimmten Position der Transfereinrichtung) angesteuert wird, sodass die Verschlusseinrichtung aus der geschlossenen in die freigebende Stellung gelangt.

Ist die Verschlusseinrichtung nun freigebender Stellung erfolgt die Entnahme des Tiegels 5 durch die Beschickungsöffnung 4 aus der Kammer 3 nach ähnlichem Prinzip: entweder durch Betätigung der Transfereinrichtung 11 (siehe den Übergang von Fig. 6 zu Fig. 7) und/oder vorzugsweise in Abhängigkeit von der Position der Transfereinrichtung 11 und/oder der Position eines Endeffektors 14 der Transfereinrichtung 11 durch Betätigung einer von der Transfereinrichtung 11 gesonderten Entnahmeeinrichtung 26, insbesondere Absenkeinrichtung (siehe Fig. 11). Die Entnahmeeinrichtung 26 kann ebenfalls mit der Steuereinrichtung 10 kommunikationsverbunden und durch letztere ansteuerbar sein (Fig. 9).

Aus den Fig. 4, 6-7 und 9 ist ersichtlich, dass die Verschlusseinrichtung 6 zumindest einen - vorzugsweise pneumatischen oder hydraulischen - Aktuator 15, der

durch die Steuereinrichtung 10 betätigbar ist, aufweisen kann. Die Steuereinrichtung 10 kann dann dazu eingerichtet ist, zur Entnahme eines Tiegels 5 aus der Kammer 3 die Verschlusseinrichtung 6 durch Betätigung des zumindest einen Aktuators 15 in die freigebende Stellung zu bringen, wenn ein Endeffektor 14 der Transfereinrichtung 11 vor und/oder unterhalb der Beschickungsöffnung 4 angeordnet ist und/oder wenn ein Endeffektor 14 der Transfereinrichtung (11) den Ofen 2 im Bereich der Beschickungsöffnung 4 kontaktiert und/oder wenn ein Endeffektor 14 der Transfereinrichtung 11 einen - sich in der Kammer 3 befindlichen Tiegel 5 tragenden - Träger 7 von außen kontaktiert (Fig. 6).

Wie aus den Fig. 6-11 ersichtlich kann der Ofen 2 zumindest einen Sensor 8, vorzugsweise einen Berührungssensor und/oder Annäherungssensor, zur Detektion der Position der Transfereinrichtung 11 und/oder der Position eines Endeffektors 14 der Transfereinrichtung 11 aufweisen. Der Sensor 8 ist vorzugsweise im Bereich der Beschickungsöffnung 4 angeordnet ist.

Die Steuereinrichtung 10 kann nun dazu ausgelegt sein, Daten über die Position der Transfereinrichtung 11 und/oder die Position eines Endeffektors 14 der Transfereinrichtung 11 von einem Sensor 8 und/oder von der Transfereinrichtung 11 selbst zu empfangen. In Abhängigkeit dieser Sensordaten kann nun die Transfereinrichtung 11 und/oder die Verschlusseinrichtung 6 angesteuert werden.

Der Ofen 2 kann weiters einen Temperatursensor 16 aufweisen (siehe Fig. 2, 3 und 9). Die Steuereinrichtung 10 kann dazu ausgelegt sein, Daten von dem Temperatursensor 16 zu empfangen und in Abhängigkeit der Daten des Temperatursensors 16 die Transfereinrichtung 11 und/oder die Verschlusseinrichtung 6 anzusteuern. Z.B. kann die Steuerung ausgelegt sein, dass die Transfereinrichtung 11 erst dann zum Ofen 2 bewegt wird und/oder die Verschlusseinrichtung 6 erst dann in die freigebende Stellung gebracht wird, wenn die Temperatur in der Kammer unter einen kritischen Wert abgekühlt ist.

Wie aus den Figuren ersichtlich kann der Ofen 2 einen - vorzugsweise sockelartigen - Träger 7 zum Tragen eines in der Kammer 3 befindlichen Tiegels 5 aufweisen, wobei der Träger 7 in seiner Betriebsposition die Beschickungsöffnung (4)

verschließt und durch die Verschlusseinrichtung (6) fixiert ist (siehe rechter Ofen in Fig 3) und wobei der Träger 7 bei freigebender Stellung der Verschlusseinrichtung 6 aus seiner Betriebsposition von der Kammer 3 - vorzugsweise durch die Transfereinrichtung 11 - entnehmbar, insbesondere absenkbar, ist (siehe linker Ofen in Fig. 3). Ein Endeffektor 14 der Transfereinrichtung 11 kann ausgebildet sein, den Träger 7 im Bereich seiner Unterseite aufzunehmen (siehe Fig. 6) und/oder einen auf dem Träger 7 befindlichen Tiegel 5 aufzunehmen, vorzugsweise mittels eines Greifers (siehe Fig. 8).

Der Träger 7 kann in seiner Betriebsposition in das Innere der Kammer 3 ragen (siehe Fig. 2, 3 und 6). Weiters kann der Träger 7 an seiner Unterseite durch eine Bodenplatte 17 abgeschlossen sein (siehe Fig. 4 und 6). Die Bodenplatte 17 dichtet in der Betriebsposition die Kammer 3 ab und liegt an dem Rand der Beschickungsöffnung 4 an. Wie bereits erwähnt kann in oder an dem Träger 7 zumindest ein Temperatursensor 16, vorzugsweise in Form eines Thermoelements, zur Messung einer Temperatur in der Kammer 3 angeordnet sein (Fig. 2 und 3). Der Träger 7 könnte auch zumindest ein Wärmeschild, welches in einem Hohlraum des Trägers (7) angeordnet ist, aufweisen (nicht dargestellt). In Fig. 2 ist angedeutet, dass in dem Träger 7 zumindest ein Hohlraum 18, vorzugsweise in Form eines Kanals oder einer Wassertasche, zur Aufnahme und/oder Durchführung eines Kühlmittels ausgebildet ist. Weiters könnten in dem Träger 7 zumindest eine Durchführung für eine Gasleitung und/oder Vakuumleitung und/oder elektrische Leitung und/oder ein Thermoelement ausgebildet sein (nicht dargestellt).

Bereits aus Fig. 1 ist ersichtlich, dass die Industrieofenanlage 1 jeweils zumindest zwei, zu einer Einheit 20 zusammengefasste und durch die Steuereinrichtung 10 steuerbare Öfen 2 aufweist. Dabei ist die Steuereinrichtung 10 vorzugsweise derart ausgelegt, einen Ofen 2 der Einheit 20 durch Ansteuerung der Transfereinrichtung 11 und/oder Ansteuerung der Verschlusseinrichtung 6 zu entladen und/oder zu reinigen und/oder neu zu beschicken (linker Ofen in Fig. 3), während sich ein anderer Ofen 2 der Einheit 20 im Produktionsmodus befindet (rechter Ofen in Fig. 3).

Die Einheit 20 kann eine gemeinsame – vorzugsweise elektrische – Versorgungseinrichtung 21, vorzugsweise in Form eines Induktionsgenerators, für die Heizeinrichtungen 9 aufweisen, welche Versorgungseinrichtung 21 zwischen den Öfen 2 bzw. zwischen den Heizeinrichtungen 9 der Öfen 2 umschaltbar gestaltet sein kann. Im Falle einer Induktionsheizung wird - in Zusammenhang mit diesem Ausführungsbeispiel - unter Heizeinrichtung die Induktionsspule (gegebenenfalls zusammen mit dem Außenschwingkreis) verstanden. Als Versorgungseinrichtung dient dann ein Induktionsgenerator und/oder eine Wechselstromquelle.

Ebenso kann die Einheit 20 oder mehrere Einheiten 20 eine gemeinsame Pumpen- und/oder Gasbeschickungseinrichtung 22, 23 aufweisen (siehe ebenfalls Fig. 1). Alternativ könnte jeder Ofen 2 oder jede Einheit 20 eine eigene Pumpen- und/oder Gasbeschickungseinrichtung aufweisen.

Die Transfereinrichtung 11 kann auf einer Führungsbahn 25, z.B. auf Schienen, geführt sein, zumindest einen Roboterarm umfassen und/oder einen Endeffektor 14 in Form eines (Parallel-)Greifers umfassen.

Fig. 10 zeigt eine besonders bevorzugte Ausführungsform, bei der die Transfereinrichtung bzw. deren Endeffektor 14 eine Reinigungseinrichtung 19 umfasst und/oder trägt, wobei vorzugsweise die Reinigungseinrichtung 19 eine Bürste und/oder einen Sauger und/oder eine Druckluftzufuhr umfassen kann. Die Reinigungseinrichtung 16 könnte einen zusätzlichen, vom Greifer gesonderten Endeffektor der Transfereinrichtung 11 darstellen, oder als Hilfseinrichtung bei Bedarf vom Endeffektor gegriffen und gehalten werden. In letzterem Fall könnte die Reinigungseinrichtung 19 in einer Parkposition geparkt werden und bei Bedarf von der Transfereinrichtung aufgenommen werden. Allen diesen Varianten ist gemein, dass die Transfereinrichtung zusätzlich zu ihrer Funktion der Entnahme des Tiegels 5 aus der Kammer 3 die Funktion der Reinigung der Kammer übernimmt.

In der in Fig. 10 dargestellten Ausführungsform umfasst die Reinigungseinrichtung 19 neben einer rotierenden Bürste eine Abdeckung 19a in Form einer Bodenplatte, welche im Reinigungsmodus die Beschickungsöffnung 4 abdeckt bzw. verschließt, und eine Absaugereinrichtung 19b, welche die Rückstände (Staub, Ruß,

etc.) aus der Kammer aussaugt. Durch die Abdeckung 19a wird während der Reinigung der Kammer verhindert, dass die Rückstände unkontrolliert aus der Kammer fallen und die Industrieofenanlage verschmutzen.

Fig. 9 zeigt schließlich in schematischer Weise, dass die Steuereinrichtung 10 mit einzelnen Komponenten der Industrieofenanlage 1 kommunikationsverbunden ist und diese ansteuert und/oder von diesen (Sensor-)Daten empfängt.

Schließlich bezieht sich die Erfindung auch auf ein Verfahren zum Betreiben einer Industrieofenanlage 1, insbesondere zur Herstellung von keramischen Werkstoffen und/oder Karbiden, insbesondere Siliziumkarbid, wobei zur Entnahme eines Tiegels 5 aus der Kammer 3

die Verschlusseinrichtung 6 - durch Betätigung der Transfereinrichtung 11 und/oder in Abhängigkeit von der Position der Transfereinrichtung 11 und/oder der Position eines Endeffektors 14 der Transfereinrichtung 11 - in die freigebende Stellung gebracht wird und/oder

bei freigebender Stellung der Verschlusseinrichtung 6 ein Tiegel 5 - durch Betätigung der Transfereinrichtung 11 und/oder vorzugsweise in Abhängigkeit von der Position der Transfereinrichtung 11 und/oder der Position eines Endeffektors 14 der Transfereinrichtung 11 durch Betätigung einer von der Transfereinrichtung 11 gesonderten Entnahmeeinrichtung, insbesondere Absenkeinrichtung - durch die Beschickungsöffnung 4 aus der Kammer 3 entnommen, insbesondere abgesenkt, wird.

Wie bereits erwähnt kann nach dem Verbringen des Tiegels 5 aus der Kammer 3 die Kammer 3 mittels der Transfereinrichtung 11 gereinigt werden, wobei vorzugsweise ein Endeffektor 14 der Transfereinrichtung 11 eine Reinigungseinrichtung 19 umfasst und/oder während der Reinigung eine Reinigungseinrichtung 19 trägt, wobei vorzugsweise die Reinigungseinrichtung 19 eine Bürste und/oder einen Sauger und/oder eine Druckluftzufuhr umfasst.

In einer besonderen Ausführungsform weist die Industrieofenanlage 1 eine Vielzahl von Öfen 2 auf, wobei vorzugsweise jeweils zwei Öfen 2 zu einer Einheit 20

zusammengefasst sind, und die Öfen 2 durch dieselbe Transfereinrichtung 11 entladen und/oder gereinigt und/oder beschickt werden, wobei die Öfen 2 jeweils zeitversetzt zueinander durch Aktivierung der Heizeinrichtung 9 in den Produktionsmodus gebracht werden.

Zur Entnahme eines Tiegels 5 aus der Kammer 3 fährt die Transfereinrichtung 11 mit einem Endeffektor 14 an die Beschickungsöffnung 4 heran und die Verschlusseinrichtung 6 wird - durch die Transfereinrichtung 11 und/oder zumindest einen Aktuator 15 der Verschlusseinrichtung 6 - in eine freigebende Stellung gebracht. Anschließend kann die Transfereinrichtung 11 den Tiegel 5 aus der Kammer 3 entnehmen, insbesondere absenken.

Der Industrieofen und das Verfahren zu dessen Betrieb eignet sich insbesondere zur Herstellung von keramischen Werkstoffen und/oder Karbiden, insbesondere zur Herstellung von Siliziumkarbid aus Siliziumoxid und Kohlenstoff, durch exotherme Reaktion und/oder zum (Reaktions-)Sintern.

**Bezugszeichenliste**

- 1 Industrieofenanlage
- 2 Ofen
- 3 Kammer
- 4 Beschickungsöffnung
- 5 Tiegel
- 6 Verschlusseinrichtung
- 7 Träger
- 8 Sensor
- 9 Heizeinrichtung
- 10 Steuereinrichtung
- 11 Transfereinrichtung
- 12 Belade- und/oder Enladestation
- 13 Übergabestation
- 14 Endeffektor
- 15 Aktuator
- 16 Temperatursensor
- 17 Bodenplatte
- 18 Hohlraum
- 19 Reinigungseinrichtung
- 19a Abdeckeinrichtung
- 19b Absaugeinrichtung
- 20 Einheit
- 21 Versorgungseinrichtung
- 22 Pumpeneinrichtung
- 23 Gasbeschickungseinrichtung
- 24 Füße
- 25 Führungsbahn
- 26 Entnahmeeinrichtung (Absenkeinrichtung)

## P a t e n t a n s p r ü c h e

1. Industrieofenanlage (1), insbesondere zur Herstellung von keramischen Werkstoffen und/oder Karbiden, insbesondere Siliziumkarbid, und/oder zum Sintern von Werkstoffen, umfassend

- zumindest einen Ofen (2), insbesondere Reaktionsofen, mit einer - vorzugsweise evakuierbaren und/oder mit inerter Atmosphäre beaufschlagbaren - Kammer (3), insbesondere Reaktionskammer, die eine, vorzugsweise an ihrer Unterseite angeordnete, Beschickungsöffnung (4) zum Beschicken der Kammer (3) mit einem mit - vorzugsweise pulverförmigem - Ausgangsmaterial befüllten Tiegel (5) aufweist, einer Heizeinrichtung (9), vorzugsweise in Form einer Induktionsspule und/oder Induktionsheizung, zum Erwärmen eines in die Kammer (3) eingebrachten Ausgangsmaterials und einer Verschlusseinrichtung (6) für die Beschickungsöffnung (4), welche Verschlusseinrichtung (6) zwischen einer geschlossenen Stellung und einer freigebenden Stellung betätigbar ist, und
- eine Steuereinrichtung (10) zum Steuern des zumindest einen Ofens (2) dadurch gekennzeichnet, dass die Industrieofenanlage (1) eine Transfereinrichtung (11), vorzugsweise in Form eines Roboters, zum Transferieren eines durch die Beschickungsöffnung (4) in die Kammer (3) einbringbaren Tiegels (5) zu dem und/oder von dem Ofen (2), vorzugsweise zwischen dem Ofen (2) und einer Belade- und/oder Entladestation (12) zum Be- und/oder Entladen eines Tiegels (5) oder einer Übergabestation (13), aufweist, wobei die Steuereinrichtung (10) dazu eingerichtet ist, zur Entnahme eines Tiegels (5) aus der Kammer (3)

die Verschlusseinrichtung (6) - durch Betätigung der Transfereinrichtung (11) und/oder in Abhängigkeit von der Position der Transfereinrichtung (11) und/oder der Position eines Endeffektors (14) der Transfereinrichtung (11) - in die freigebende Stellung zu bringen

und/oder

bei freigebender Stellung der Verschlusseinrichtung (6) einen Tiegel (5) - durch Betätigung der Transfereinrichtung (11) und/oder vorzugsweise in

Abhängigkeit von der Position der Transfereinrichtung (11) und/oder der Position eines Endeffektors (14) der Transfereinrichtung (11) durch Betätigung einer von der Transfereinrichtung (11) gesonderten Entnahmeeinrichtung (26), insbesondere Absenkeinrichtung - durch die Beschickungsöffnung (4) aus der Kammer (3) entnehmen, insbesondere absenken, zu lassen.

2. Industrieofenanlage nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Verschlusseinrichtung (6) zumindest einen - vorzugsweise pneumatischen oder hydraulischen - Aktuator (15), der durch die Steuereinrichtung (10) betätigbar ist, aufweist.

3. Industrieofenanlage nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Steuereinrichtung (10) dazu eingerichtet ist, zur Entnahme eines Tiegels (5) aus der Kammer (3) die Verschlusseinrichtung (6) durch Betätigung des zumindest einen Aktuators (15) in die freigebende Stellung zu bringen, wenn ein Endeffektor (14) der Transfereinrichtung (11) vor und/oder unterhalb der Beschickungsöffnung (4) angeordnet ist und/oder wenn ein Endeffektor (14) der Transfereinrichtung (11) den Ofen (2) im Bereich der Beschickungsöffnung (4) kontaktiert und/oder wenn ein Endeffektor (14) der Transfereinrichtung (11) einen - sich in der Kammer (3) befindlichen Tiegel (5) tragenden - Träger (7) von außen kontaktiert.

4. Industrieofenanlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Ofen (2) zumindest einen Sensor (8), vorzugsweise einen Berührungssensor und/oder Annäherungssensor, zur Detektion der Position der Transfereinrichtung (11) und/oder der Position eines Endeffektors (14) der Transfereinrichtung (11) aufweist, wobei vorzugsweise der Sensor (8) im Bereich der Beschickungsöffnung (4) angeordnet ist.

5. Industrieofenanlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Steuereinrichtung (10) dazu eingerichtet ist, Daten über die Position der Transfereinrichtung (11) und/oder die Position eines

Endeffektors (14) der Transfereinrichtung (11) von einem Sensor (8) und/oder von der Transfereinrichtung (11) selbst zu empfangen, und/oder dass die Steuereinrichtung (10) dazu eingerichtet ist, Daten von einem Temperatursensor (16) des Ofens (2) zu empfangen und in Abhängigkeit der Daten des Temperatursensors (16) die Transfereinrichtung (11) und/oder die Verschlusseinrichtung (6) anzusteuern.

6. Industrieofenanlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Ofen (2) einen - vorzugsweise sockelartigen - Träger (7) zum Tragen eines in der Kammer (3) befindlichen Tiegels (5) aufweist, wobei der Träger (7) in seiner Betriebsposition die Beschickungsöffnung (4) verschließt und durch die Verschlusseinrichtung (6) fixiert ist und wobei der Träger (7) bei freigebender Stellung der Verschlusseinrichtung (6) aus seiner Betriebsposition von der Kammer (3) - vorzugsweise durch die Transfereinrichtung (11) - entnehmbar, insbesondere absenkbar, ist, wobei vorzugsweise ein Endeffektor (14) der Transfereinrichtung (11) ausgebildet ist, den Träger (7) im Bereich seiner Unterseite aufzunehmen und/oder einen auf dem Träger (7) befindlichen Tiegel (5) aufzunehmen, vorzugsweise mittels eines Greifers.

7. Industrieofenanlage nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass der Träger (7) in seiner Betriebsposition in das Innere der Kammer (3) ragt und/oder dass der Träger (7) an seiner Unterseite durch eine Bodenplatte (17) abgeschlossen ist und/oder dass der Träger (7) an seiner Unterseite nach unten ragende Füße (24) aufweist und/oder dass in oder an dem Träger (7) zumindest ein Temperatursensor (16), vorzugsweise in Form eines Thermoelements, zur Messung einer Temperatur in der Kammer (3) angeordnet ist und/oder dass der Träger (7) zumindest ein Wärmeschild, welches in einem Hohlraum des Trägers (7) angeordnet ist, aufweist und/oder dass in dem Träger (7) zumindest ein Hohlraum (18), vorzugsweise in Form eines Kanals oder einer Wassertasche, zum Aufnehmen und/oder zur Durchführung eines Kühlmittels ausgebildet ist und/oder dass in dem Träger (7) eine Durchführung für eine Gasleitung und/oder Vakuumleitung und/oder elektrische Leitung und/oder ein Thermoelement ausgebildet ist.

8. Industrieofenanlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Industrieofenanlage (1) zumindest zwei, zu einer Einheit (20) zusammengefasste und durch die Steuereinrichtung (10) steuerbare Öfen (2) aufweist, und dass die Steuereinrichtung (10) eingerichtet ist, einen Ofen (2) der Einheit (20) durch Ansteuerung der Transfereinrichtung (11) und/oder Ansteuerung der Verschlusseinrichtung (6) zu entladen und/oder zu reinigen und/oder neu zu beschicken, während sich ein anderer Ofen (2) der Einheit (20) im Produktionsmodus befindet.

9. Industrieofenanlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Industrieofenanlage (1) zumindest zwei, zu einer Einheit (20) zusammengefasste und durch die Steuereinrichtung (10) steuerbare Öfen (2) aufweist, wobei die Einheit (20) eine gemeinsame – vorzugsweise elektrische – Versorgungseinrichtung (21), vorzugsweise in Form eines Induktionsgenerators, für die - vorzugsweise in Form von Induktionsspulen ausgebildeten - Heizeinrichtungen (9) aufweist, welche Versorgungseinrichtung zwischen den Heizeinrichtungen (9) der Öfen (2) umschaltbar ist, und/oder die Einheit (20) eine gemeinsame, zwischen den Kammern (3) umschaltbare Pumpen- und/oder Gasbeschickungseinrichtung (22, 23) aufweist.

10. Industrieofenanlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Transfereinrichtung (11) auf einer Führungsbahn (25) geführt ist und/oder dass die Transfereinrichtung (11) zumindest einen Roboterarm umfasst und/oder dass ein Endeffektor (14) der Transfereinrichtung (11) einen Greifer, vorzugsweise einen Parallelgreifer, umfasst und/oder dass ein Endeffektor (14) der Transfereinrichtung (11) eine Reinigungseinrichtung (19) umfasst und/oder trägt, wobei vorzugsweise die Reinigungseinrichtung (19) eine – vorzugsweise durch einen Antrieb in Rotation versetzbare - Bürste und/oder eine Absaugeinrichtung (19b) und/oder eine Druckluftzufuhr und/oder eine Abdeckung (19a), durch welche die Beschickungsöffnung (4) verschließbar ist, umfasst.

11. Verfahren zum Betreiben einer Industrieofenanlage (1), insbesondere zur Herstellung von keramischen Werkstoffen und/oder Karbiden, insbesondere Siliziumkarbid, wobei die Industrieofenanlage (1)

- zumindest einen Ofen (2), insbesondere Reaktionsofen, mit einer - vorzugsweise evakuierbaren und/oder mit inerter Atmosphäre beaufschlagbaren - Kammer (3), insbesondere Reaktionskammer, die eine, vorzugsweise an ihrer Unterseite angeordnete, Beschickungsöffnung (4) zum Beschicken der Kammer (3) mit einem mit - vorzugsweise pulverförmigem - Ausgangsmaterial befüllten Tiegel (5) aufweist, einer Heizeinrichtung (9), vorzugsweise in Form einer Induktionsspule und/oder Induktionsheizung, zum Erwärmen eines in die Kammer (3) eingebrachten Ausgangsmaterials und einer Verschlusseinrichtung (6) für die Beschickungsöffnung (4), welche Verschlusseinrichtung (6) zwischen einer geschlossenen Stellung und einer freigebenden Stellung betätigbar ist,
- eine Steuereinrichtung (10) zum Steuern des zumindest einen Ofens (2) und
- eine Transfereinrichtung (11), vorzugsweise in Form eines Roboters, zum Transferieren eines durch die Beschickungsöffnung (4) in die Kammer (3) einbringbaren Tiegels (5) zu dem und/oder von dem Ofen (2), vorzugsweise zwischen dem Ofen (2) und einer Belade- und/oder Entladestation (12) zum Be- und/oder Entladen eines Tiegels oder einer Übergabestation (13),

wobei zur Entnahme eines Tiegels (5) aus der Kammer (3)

die Verschlusseinrichtung (6) - durch Betätigung der Transfereinrichtung (11) und/oder in Abhängigkeit von der Position der Transfereinrichtung (11) und/oder der Position eines Endeffektors (14) der Transfereinrichtung (11) - in die freigebende Stellung gebracht wird

und/oder

bei freigebender Stellung der Verschlusseinrichtung (6) ein Tiegel (5) - durch Betätigung der Transfereinrichtung (11) und/oder vorzugsweise in Abhängigkeit von der Position der Transfereinrichtung (11) und/oder der Position eines Endeffektors (14) der Transfereinrichtung (11) durch Betätigung einer von der Transfereinrich-

tung (11) gesonderten Entnahmeeinrichtung (26), insbesondere Absenkeinrichtung - durch die Beschickungsöffnung (4) aus der Kammer (3) entnommen, insbesondere abgesenkt, wird.

12. Verfahren nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Industrieofenanlage (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 10 ausgebildet ist.

13. Verfahren nach Anspruch 11 oder 12, dadurch gekennzeichnet, dass nach dem Verbringen des Tiegels (5) aus der Kammer (3) die Kammer (3) mittels der Transfereinrichtung (11) gereinigt wird, wobei vorzugsweise ein Endeffektor (14) der Transfereinrichtung (11) eine Reinigungseinrichtung (19) umfasst und/oder während der Reinigung eine Reinigungseinrichtung (19) trägt, wobei vorzugsweise die Reinigungseinrichtung (19) eine – vorzugsweise durch einen Antrieb in Rotation versetzbare - Bürste und/oder eine Absaugeinrichtung (19b) und/oder eine Druckluftzufuhr und/oder eine Abdeckung (19a), durch welche die Beschickungsöffnung (4) verschließbar ist, umfasst.

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass die Industrieofenanlage (1) zumindest zwei, zu einer Einheit (20) zusammengefasste und durch die Steuereinrichtung (10) steuerbare Öfen (2) aufweist und dass ein Ofen (2) der Einheit (20) durch Ansteuerung der Transfereinrichtung (11) und/oder Ansteuerung der Verschlusseinrichtung (6) entladen und/oder gereinigt und/oder neu beschickt wird, während sich ein anderer Ofen (2) der Einheit (20) im Produktionsmodus befindet.

15. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass die Industrieofenanlage (1) eine Vielzahl von Öfen (2) aufweist, wobei vorzugsweise jeweils zwei Öfen (2) zu einer Einheit (20) zusammengefasst sind, und dass die Öfen (2) durch dieselbe Transfereinrichtung (11) entladen und/oder gereinigt und/oder beschickt werden, wobei die Öfen (2) jeweils zeitversetzt zueinander, vorzugsweise durch Evakuierung der Kammer (3) und/oder

durch Einbringen einer inerten Atmosphäre in die Kammer (3) und/oder durch Aktivierung der Heizeinrichtung (9), in den Produktionsmodus gebracht werden.

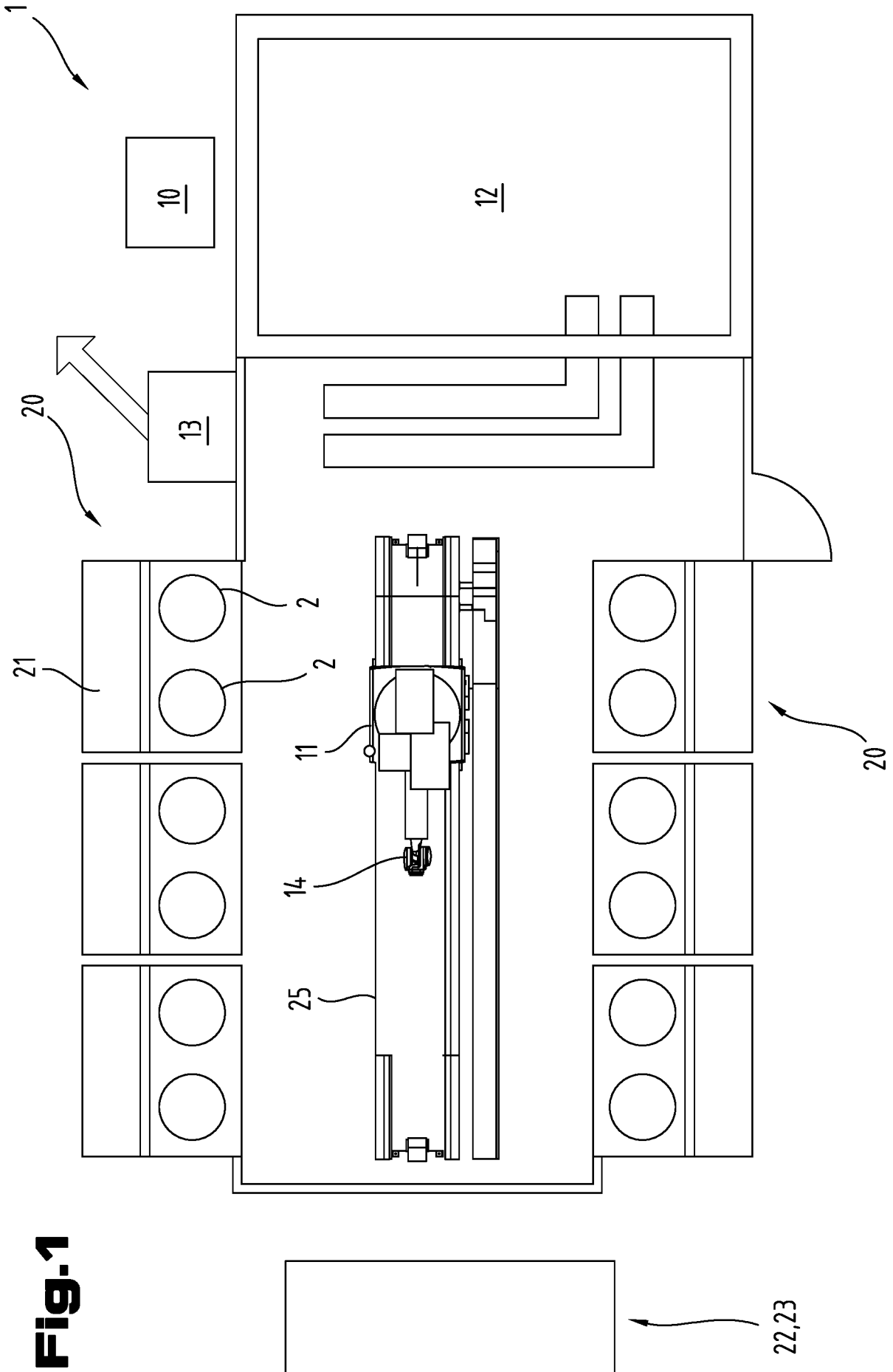
16. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 15, dadurch gekennzeichnet, dass zur Entnahme eines Tiegels (5) aus der Kammer (3) die Transfereinrichtung (11) mit einem Endeffektor (14) an die Beschickungsöffnung (4) heranzfährt und die Verschlusseinrichtung (6) - durch die Transfereinrichtung (11) und/oder zumindest einen Aktuator (15) der Verschlusseinrichtung (6) - in eine freigebende Stellung gebracht wird.

17. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 16, dadurch gekennzeichnet, dass die Transfereinrichtung (11) den Tiegel (5) aus der Kammer (3) entnimmt, insbesondere absenkt.

18. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 17, dadurch gekennzeichnet, dass der Ofen (2) einen - vorzugsweise sockelartigen - Träger (7) zum Tragen eines in der Kammer (3) befindlichen Tiegels (5) aufweist, wobei der Träger (7) in seiner Betriebsposition die Beschickungsöffnung (4) verschließt und durch die Verschlusseinrichtung (6) fixiert ist und wobei die Transfereinrichtung (11) den Tiegel (5) aus der Kammer (3) entnimmt, indem die Transfereinrichtung (11) den Träger (7) zusammen mit dem Tiegel (5) aus seiner Betriebsposition von der Kammer (3) entnimmt, insbesondere absenkt.

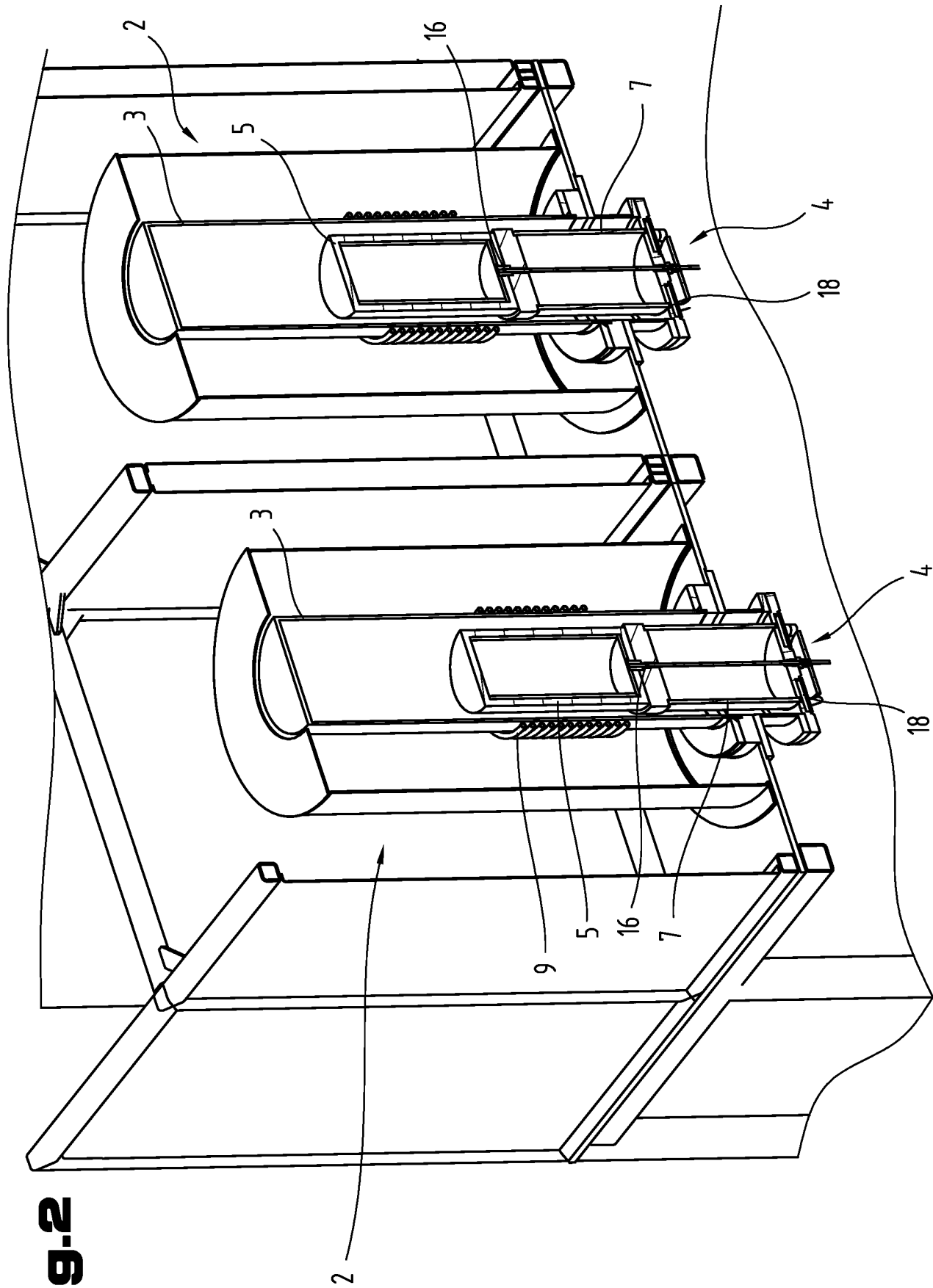
19. Verfahren nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, dass ein Endeffektor (14) der Transfereinrichtung (11) den Tiegel (5) von dem entnommenen, insbesondere abgesenkten, Träger (7) entnimmt, wobei vorzugsweise die Transfereinrichtung (11) den entnommenen Träger (7) zu einer Belade- und/oder Entladestation (12) zum Be- und/oder Entladen des Tiegels (5) oder einer Übergabestation (13) transferiert.

20. Verfahren zur Herstellung von keramischen Werkstoffen und/oder Karbiden, insbesondere zur Herstellung von Siliziumkarbid aus Siliziumoxid und Kohlenstoff, durch exotherme Reaktion und/oder zum Sintern von Werkstoffen, wobei vorzugsweise pulverförmige Ausgangsmaterialien, insbesondere ein Oxid und Kohlenstoff, in einen Tiegel (5) gefüllt werden, wobei der befüllte Tiegel (5) in einen Ofen (2) einer Industrieofenanlage (1) verbracht wird, dadurch gekennzeichnet, dass die Industrieofenanlage (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 10 ausgebildet ist und/oder dass die Industrieofenanlage (1) gemäß einem Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 19 betrieben wird.



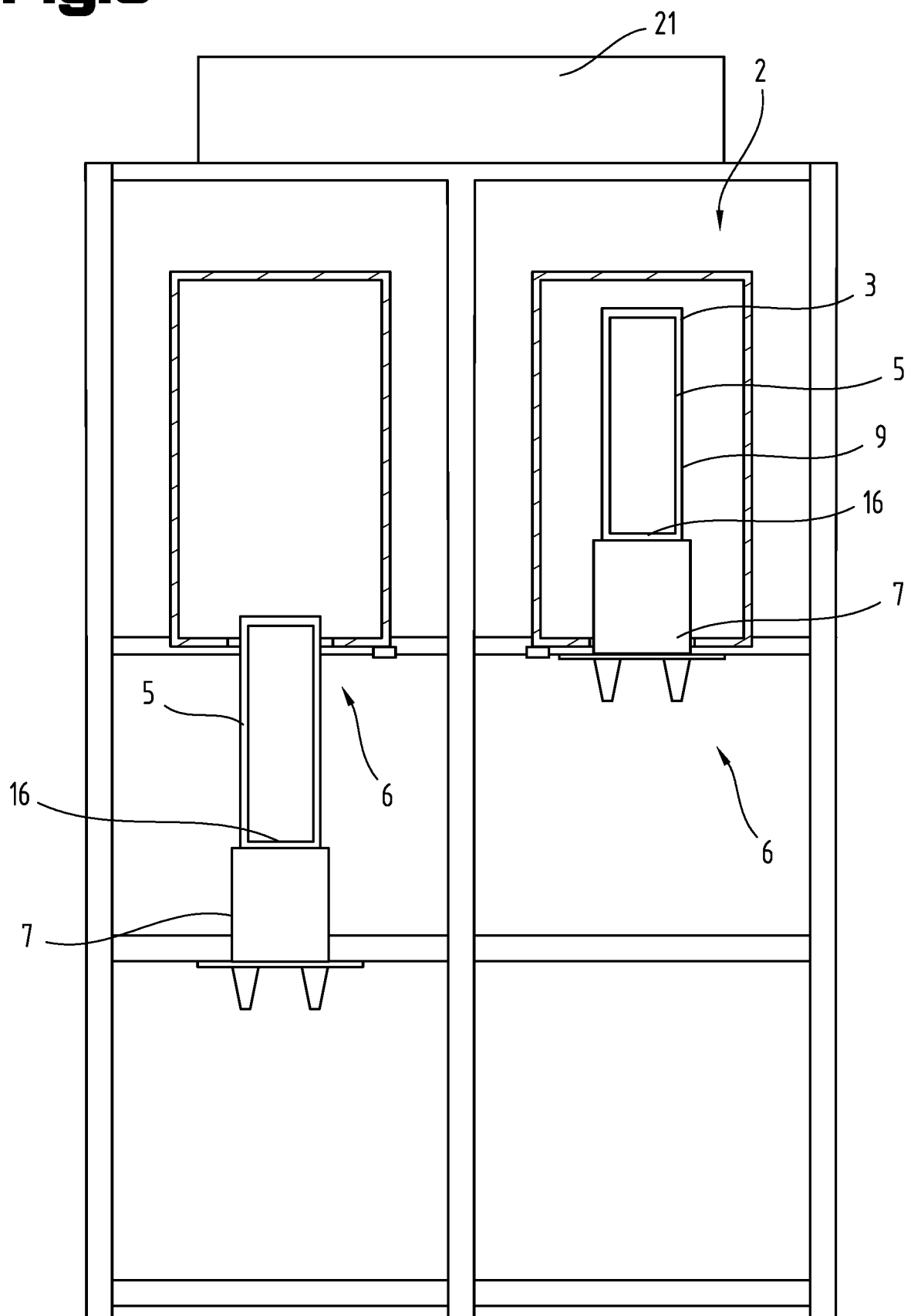
**Fig.1**

EBNER Industrieofenbau GmbH

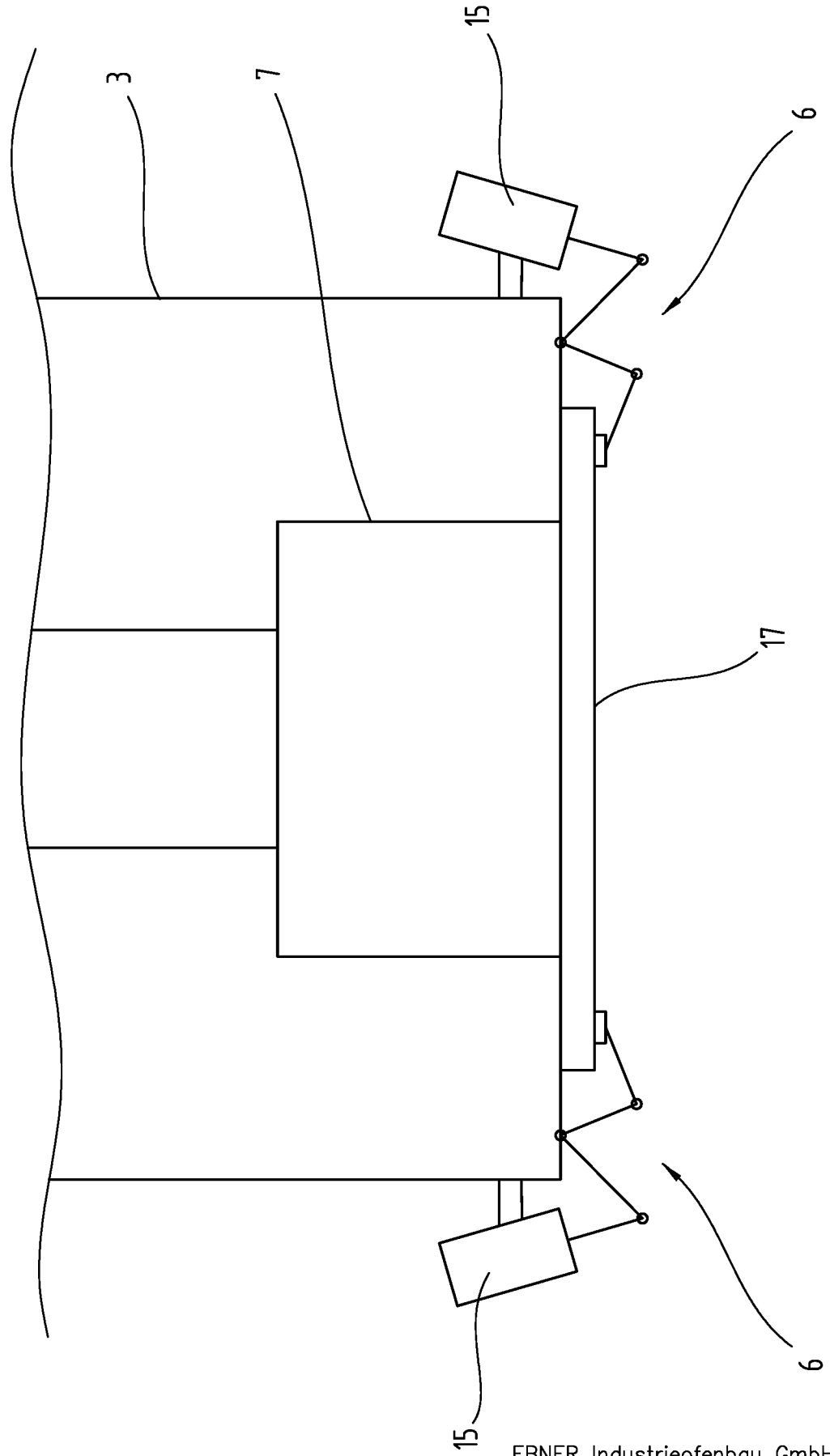


**Fig.2**

**Fig.3**

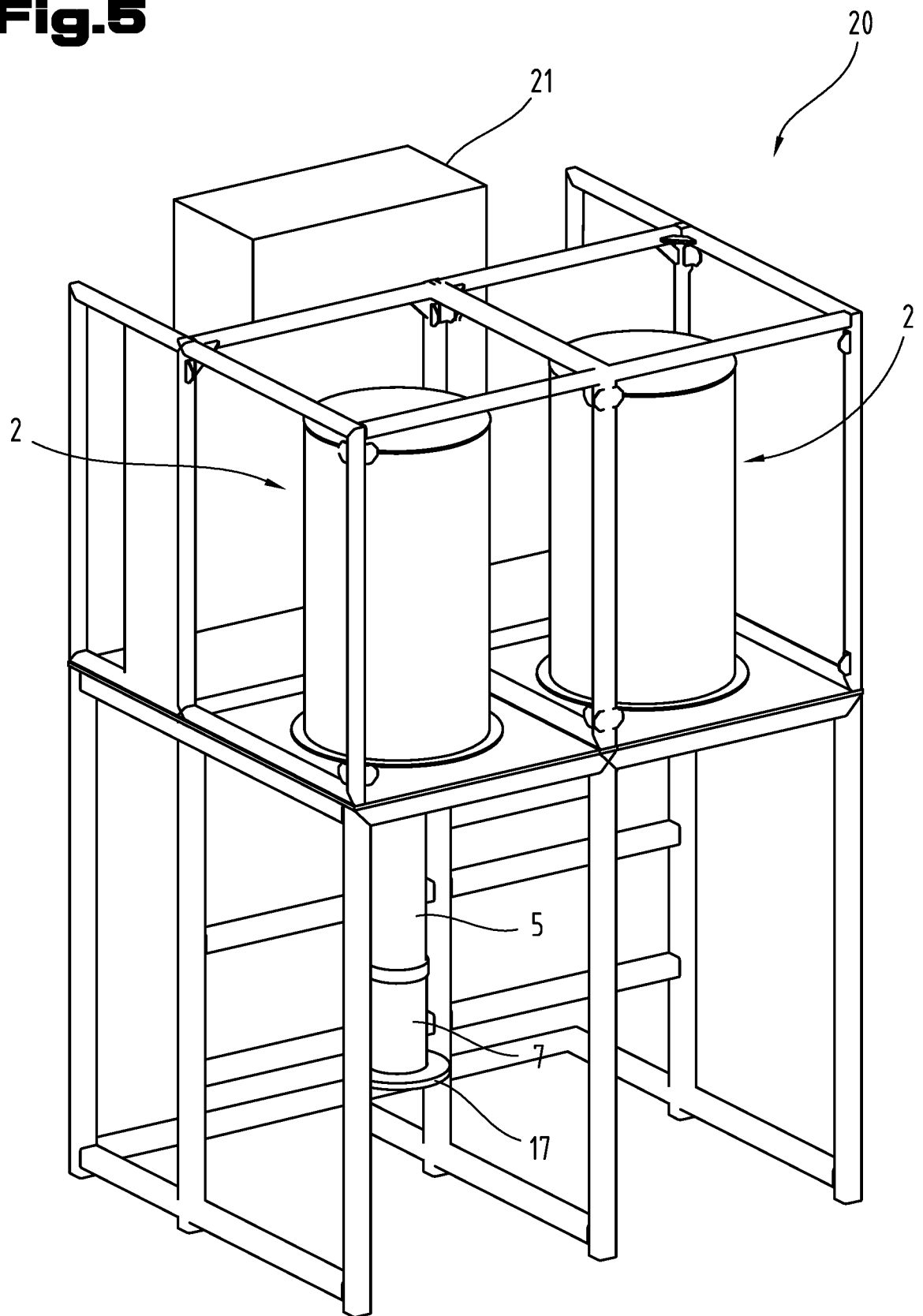


**Fig.4**

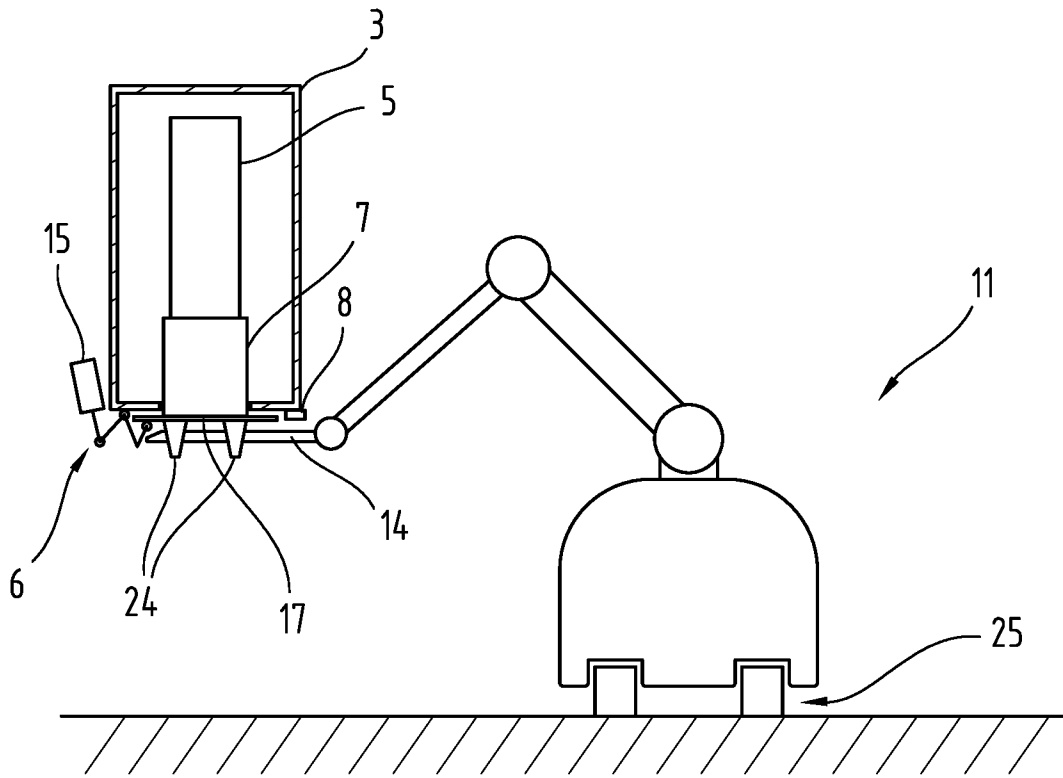


EBNER Industrieofenbau GmbH

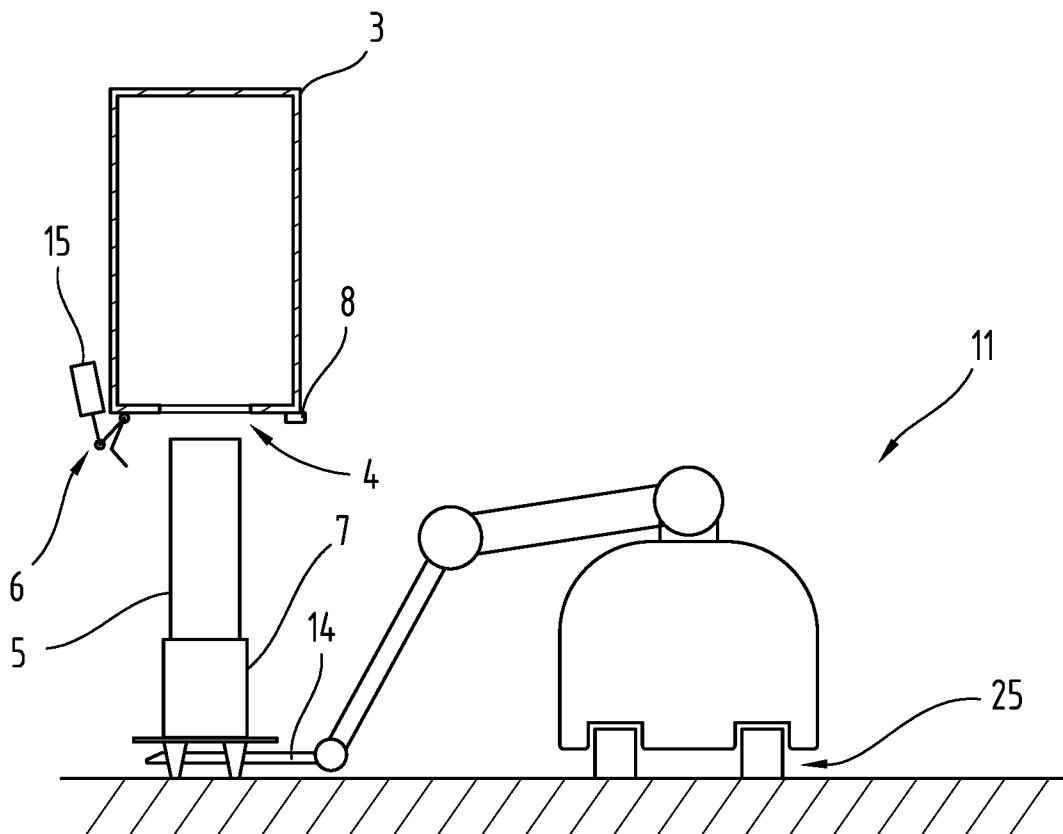
**Fig.5**



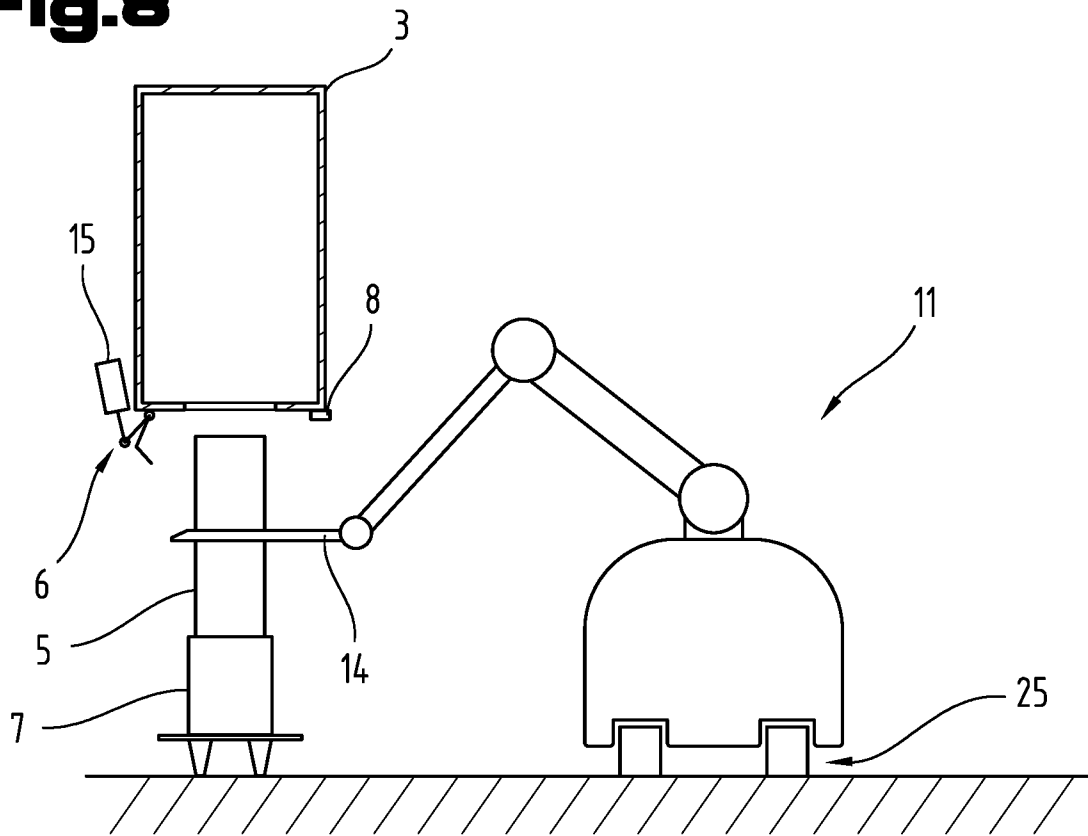
**Fig.6**



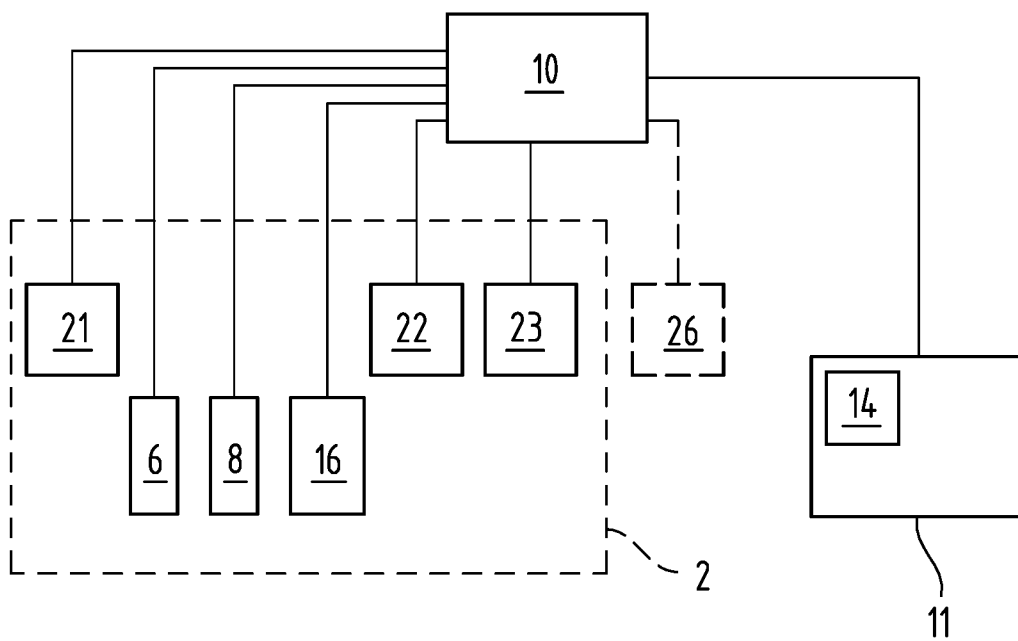
**Fig.7**



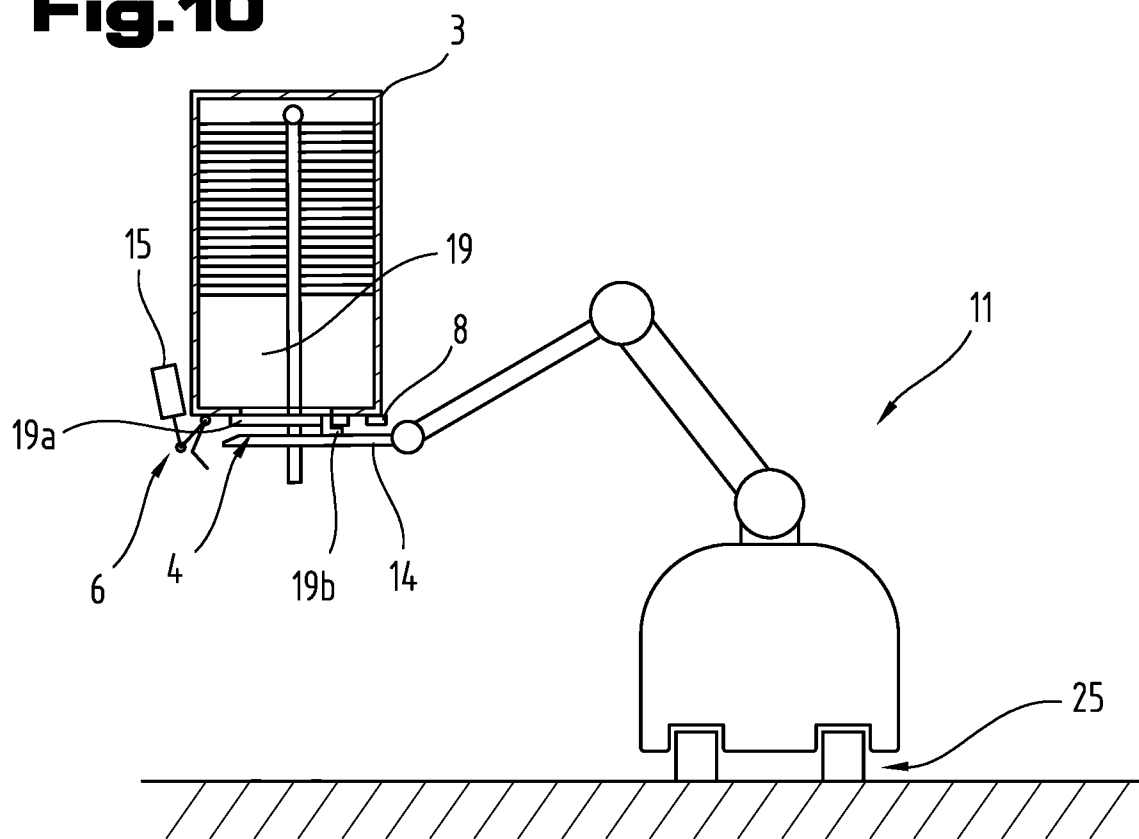
**Fig.8**



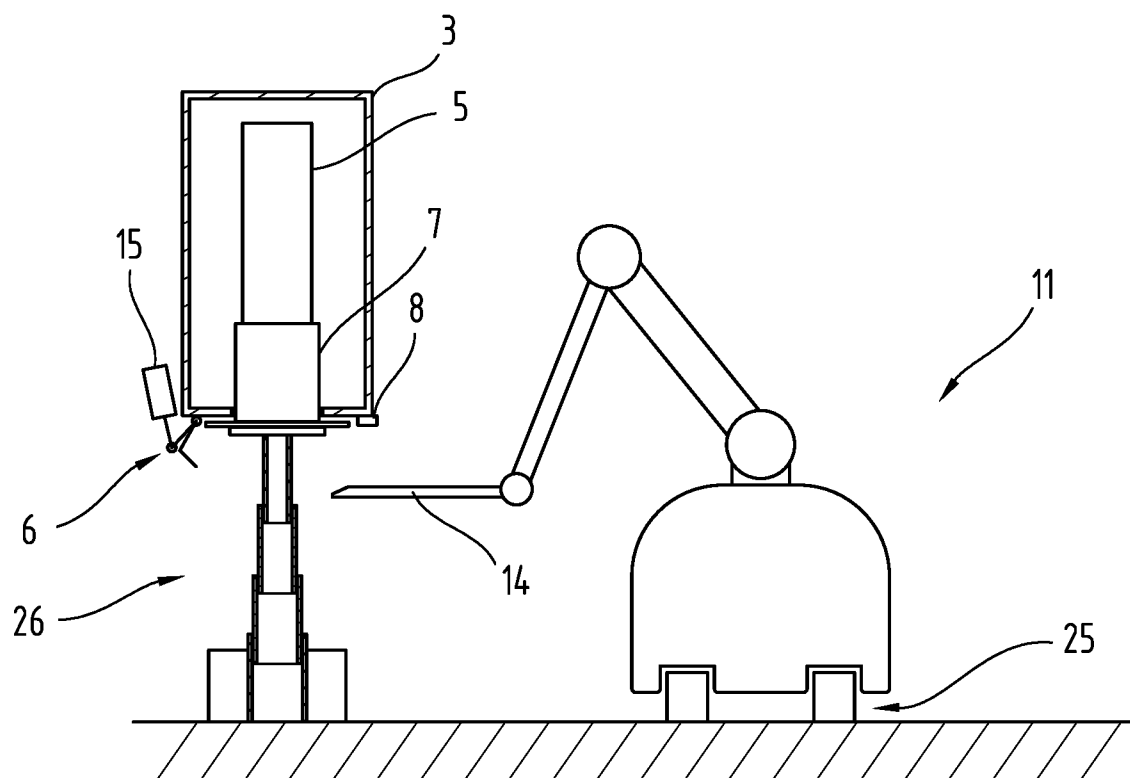
**Fig.9**



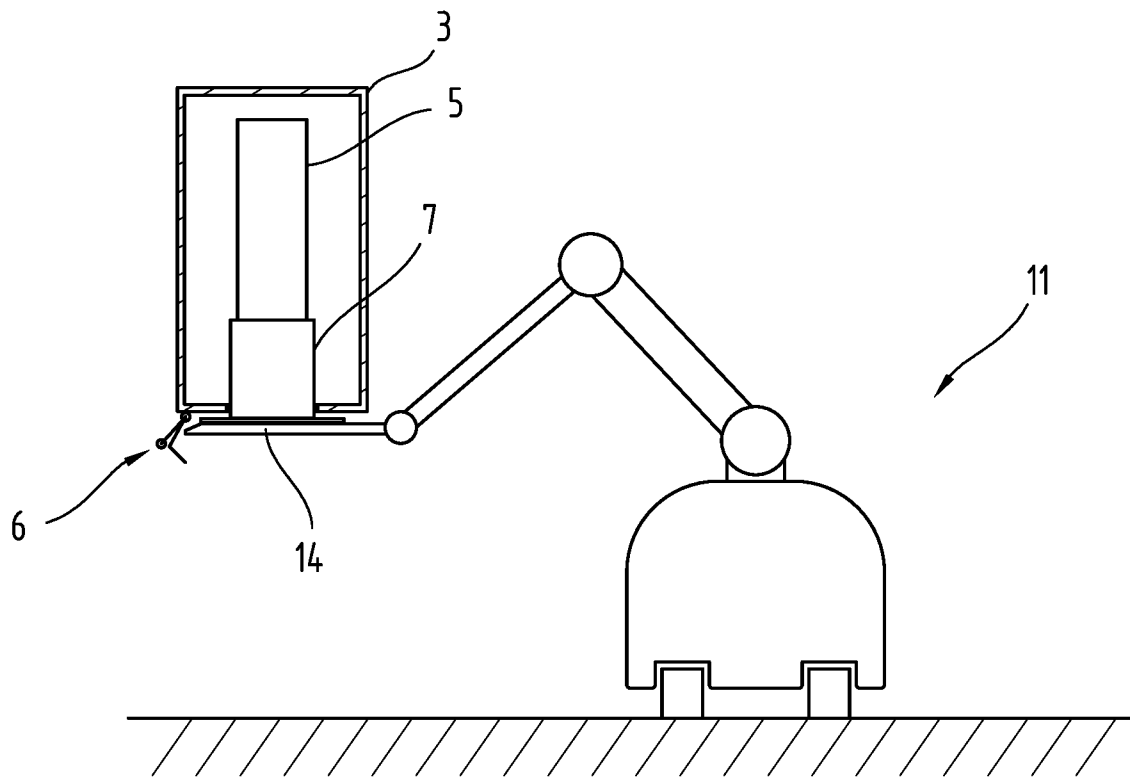
**Fig.10**



**Fig.11**



**Fig.12**



## Patentansprüche

1. Industrieofenanlage (1), insbesondere zur Herstellung von keramischen Werkstoffen und/oder Karbiden, insbesondere Siliziumkarbid, und/oder zum Sintern von Werkstoffen, umfassend

- zumindest einen Ofen (2), insbesondere Reaktionsofen, mit einer - vorzugsweise evakuierbaren und/oder mit inerter Atmosphäre beaufschlagbaren - Kammer (3), insbesondere Reaktionskammer, die eine, vorzugsweise an ihrer Unterseite angeordnete, Beschickungsöffnung (4) zum Beschicken der Kammer (3) mit einem mit - vorzugsweise pulverförmigem - Ausgangsmaterial befüllten Tiegel (5) aufweist, einer Heizeinrichtung (9), vorzugsweise in Form einer Induktionsspule und/oder Induktionsheizung, zum Erwärmen eines in die Kammer (3) eingebrachten Ausgangsmaterials und einer Verschlusseinrichtung (6) für die Beschickungsöffnung (4), welche Verschlusseinrichtung (6) zwischen einer geschlossenen Stellung und einer freigebenden Stellung betätigbar ist, und
- eine Steuereinrichtung (10) zum Steuern des zumindest einen Ofens (2) dadurch gekennzeichnet, dass die Industrieofenanlage (1) eine Transfereinrichtung (11), vorzugsweise in Form eines Roboters, zum Transferieren eines durch die Beschickungsöffnung (4) in die Kammer (3) einbringbaren Tiegels (5) zu dem und/oder von dem Ofen (2), vorzugsweise zwischen dem Ofen (2) und einer Belade- und/oder Entladestation (12) zum Be- und/oder Entladen eines Tiegels (5) oder einer Übergabestation (13), aufweist, wobei die Steuereinrichtung (10) dazu eingerichtet ist, zur Entnahme eines Tiegels (5) aus der Kammer (3)

die Verschlusseinrichtung (6) - durch Betätigung der Transfereinrichtung (11) und/oder in Abhängigkeit von der Position der Transfereinrichtung (11) und/oder der Position eines Endeffektors (14) der Transfereinrichtung (11) - in die freigebende Stellung zu bringen

und/oder

bei freigebender Stellung der Verschlusseinrichtung (6) einen Tiegel (5) - durch Betätigung der Transfereinrichtung (11) und/oder vorzugsweise in

Abhängigkeit von der Position der Transfereinrichtung (11) und/oder der Position eines Endeffektors (14) der Transfereinrichtung (11) durch Betätigung einer von der Transfereinrichtung (11) gesonderten Entnahmeeinrichtung (26), insbesondere Absenkeinrichtung - durch die Beschickungsöffnung (4) aus der Kammer (3) entnehmen, insbesondere absenken, zu lassen.

2. Industrieofenanlage nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Verschlusseinrichtung (6) zumindest einen - vorzugsweise pneumatischen oder hydraulischen - Aktuator (15), der durch die Steuereinrichtung (10) betätigbar ist, aufweist.

3. Industrieofenanlage nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Steuereinrichtung (10) dazu eingerichtet ist, zur Entnahme eines Tiegels (5) aus der Kammer (3) die Verschlusseinrichtung (6) durch Betätigung des zumindest einen Aktuators (15) in die freigebende Stellung zu bringen, wenn ein Endeffektor (14) der Transfereinrichtung (11) vor und/oder unterhalb der Beschickungsöffnung (4) angeordnet ist und/oder wenn ein Endeffektor (14) der Transfereinrichtung (11) den Ofen (2) im Bereich der Beschickungsöffnung (4) kontaktiert und/oder wenn ein Endeffektor (14) der Transfereinrichtung (11) einen - sich in der Kammer (3) befindlichen Tiegel (5) tragenden - Träger (7) von außen kontaktiert.

4. Industrieofenanlage nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass der Ofen (2) zumindest einen Sensor (8), vorzugsweise einen Berührungssensor und/oder Annäherungssensor, zur Detektion der Position der Transfereinrichtung (11) und/oder der Position eines Endeffektors (14) der Transfereinrichtung (11) aufweist, wobei vorzugsweise der Sensor (8) im Bereich der Beschickungsöffnung (4) angeordnet ist.

5. Industrieofenanlage nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Steuereinrichtung (10) dazu eingerichtet ist, Daten über die Position der Transfereinrichtung (11) und/oder die Position eines Endeffektors

(14) der Transfereinrichtung (11) von einem Sensor (8) und/oder von der Transfereinrichtung (11) selbst zu empfangen, und/oder dass die Steuereinrichtung (10) dazu eingerichtet ist, Daten von einem Temperatursensor (16) des Ofens (2) zu empfangen und in Abhängigkeit der Daten des Temperatursensors (16) die Transfereinrichtung (11) und/oder die Verschlusseinrichtung (6) anzusteuern.

6. Industrieofenanlage nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass der Ofen (2) einen - vorzugsweise sockelartigen - Träger (7) zum Tragen eines in der Kammer (3) befindlichen Tiegels (5) aufweist, wobei der Träger (7) in seiner Betriebsposition die Beschickungsöffnung (4) verschließt und durch die Verschlusseinrichtung (6) fixiert ist und wobei der Träger (7) bei freigegebener Stellung der Verschlusseinrichtung (6) aus seiner Betriebsposition von der Kammer (3) - vorzugsweise durch die Transfereinrichtung (11) - entnehmbar, insbesondere absenkbar, ist, wobei vorzugsweise ein Endeffektor (14) der Transfereinrichtung (11) ausgebildet ist, den Träger (7) im Bereich seiner Unterseite aufzunehmen und/oder einen auf dem Träger (7) befindlichen Tiegel (5) aufzunehmen, vorzugsweise mittels eines Greifers.

7. Industrieofenanlage nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass der Träger (7) in seiner Betriebsposition in das Innere der Kammer (3) ragt und/oder dass der Träger (7) an seiner Unterseite durch eine Bodenplatte (17) abgeschlossen ist und/oder dass der Träger (7) an seiner Unterseite nach unten ragende Füße (24) aufweist und/oder dass in oder an dem Träger (7) zumindest ein Temperatursensor (16), vorzugsweise in Form eines Thermoelements, zur Messung einer Temperatur in der Kammer (3) angeordnet ist und/oder dass der Träger (7) zumindest ein Wärmeschild, welches in einem Hohlraum des Trägers (7) angeordnet ist, aufweist und/oder dass in dem Träger (7) zumindest ein Hohlraum (18), vorzugsweise in Form eines Kanals oder einer Wassertasche, zum Aufnehmen und/oder zur Durchführung eines Kühlmittels ausgebildet ist und/oder dass in dem Träger (7) eine Durchführung für eine Gasleitung und/oder Vakuumleitung und/oder elektrische Leitung und/oder ein Thermoelement ausgebildet ist.

8. Industrieofenanlage nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Industrieofenanlage (1) zumindest zwei, zu einer Einheit (20) zusammengefasste und durch die Steuereinrichtung (10) steuerbare Öfen (2) aufweist, und dass die Steuereinrichtung (10) eingerichtet ist, einen Ofen (2) der Einheit (20) durch Ansteuerung der Transfereinrichtung (11) und/oder Ansteuerung der Verschlusseinrichtung (6) zu entladen und/oder zu reinigen und/oder neu zu beschicken, während sich ein anderer Ofen (2) der Einheit (20) im Produktionsmodus befindet.

9. Industrieofenanlage nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Industrieofenanlage (1) zumindest zwei, zu einer Einheit (20) zusammengefasste und durch die Steuereinrichtung (10) steuerbare Öfen (2) aufweist, wobei die Einheit (20) eine gemeinsame – vorzugsweise elektrische – Versorgungseinrichtung (21), vorzugsweise in Form eines Induktionsgenerators, für die - vorzugsweise in Form von Induktionsspulen ausgebildeten - Heizeinrichtungen (9) aufweist, welche Versorgungseinrichtung zwischen den Heizeinrichtungen (9) der Öfen (2) umschaltbar ist, und/oder die Einheit (20) eine gemeinsame, zwischen den Kammern (3) umschaltbare Pumpen- und/oder Gasbeschickungseinrichtung (22, 23) aufweist.

10. Industrieofenanlage nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Transfereinrichtung (11) auf einer Führungsbahn (25) geführt ist und/oder dass die Transfereinrichtung (11) zumindest einen Roboterarm umfasst und/oder dass ein Endeffektor (14) der Transfereinrichtung (11) einen Greifer, vorzugsweise einen Parallelgreifer, umfasst und/oder dass ein Endeffektor (14) der Transfereinrichtung (11) eine Reinigungseinrichtung (19) umfasst und/oder trägt, wobei vorzugsweise die Reinigungseinrichtung (19) eine – vorzugsweise durch einen Antrieb in Rotation versetzbare - Bürste und/oder eine Absaugeinrichtung (19b) und/oder eine Druckluftzufuhr und/oder eine Abdeckung (19a), durch welche die Beschickungsöffnung (4) verschließbar ist, umfasst.

11. Verfahren zum Betreiben einer Industrieofenanlage (1), insbesondere zur Herstellung von keramischen Werkstoffen und/oder Karbiden, insbesondere Siliziumkarbid, wobei die Industrieofenanlage (1)

- zumindest einen Ofen (2), insbesondere Reaktionsofen, mit einer - vorzugsweise evakuierbaren und/oder mit inerter Atmosphäre beaufschlagbaren - Kammer (3), insbesondere Reaktionskammer, die eine, vorzugsweise an ihrer Unterseite angeordnete, Beschickungsöffnung (4) zum Beschicken der Kammer (3) mit einem mit - vorzugsweise pulverförmigem - Ausgangsmaterial befüllten Tiegel (5) aufweist, einer Heizeinrichtung (9), vorzugsweise in Form einer Induktionsspule und/oder Induktionsheizung, zum Erwärmen eines in die Kammer (3) eingebrachten Ausgangsmaterials und einer Verschlusseinrichtung (6) für die Beschickungsöffnung (4), welche Verschlusseinrichtung (6) zwischen einer geschlossenen Stellung und einer freigebenden Stellung betätigbar ist,
- eine Steuereinrichtung (10) zum Steuern des zumindest einen Ofens (2) und
- eine Transfereinrichtung (11), vorzugsweise in Form eines Roboters, zum Transferieren eines durch die Beschickungsöffnung (4) in die Kammer (3) einbringbaren Tiegels (5) zu dem und/oder von dem Ofen (2), vorzugsweise zwischen dem Ofen (2) und einer Belade- und/oder Entladestation (12) zum Be- und/oder Entladen eines Tiegels oder einer Übergabestation (13),

wobei zur Entnahme eines Tiegels (5) aus der Kammer (3)

die Verschlusseinrichtung (6) - durch Betätigung der Transfereinrichtung (11) und/oder in Abhängigkeit von der Position der Transfereinrichtung (11) und/oder der Position eines Endeffektors (14) der Transfereinrichtung (11) - in die freigebende Stellung gebracht wird

und/oder

bei freigebender Stellung der Verschlusseinrichtung (6) ein Tiegel (5) - durch Betätigung der Transfereinrichtung (11) und/oder vorzugsweise in Abhängigkeit von der Position der Transfereinrichtung (11) und/oder der Position eines Endeffektors (14) der Transfereinrichtung (11) durch Betätigung einer von der Transfereinrich-

tung (11) gesonderten Entnahmeeinrichtung (26), insbesondere Absenkeinrichtung - durch die Beschickungsöffnung (4) aus der Kammer (3) entnommen, insbesondere abgesenkt, wird.

12. Verfahren nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Industrieofenanlage (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 10 ausgebildet ist.

13. Verfahren nach Anspruch 11 oder 12, dadurch gekennzeichnet, dass nach dem Verbringen des Tiegels (5) aus der Kammer (3) die Kammer (3) mittels der Transfereinrichtung (11) gereinigt wird, wobei vorzugsweise ein Endeffektor (14) der Transfereinrichtung (11) eine Reinigungseinrichtung (19) umfasst und/oder während der Reinigung eine Reinigungseinrichtung (19) trägt, wobei vorzugsweise die Reinigungseinrichtung (19) eine – vorzugsweise durch einen Antrieb in Rotation versetzbare - Bürste und/oder eine Absaugeinrichtung (19b) und/oder eine Druckluftzufuhr und/oder eine Abdeckung (19a), durch welche die Beschickungsöffnung (4) verschließbar ist, umfasst.

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass die Industrieofenanlage (1) zumindest zwei, zu einer Einheit (20) zusammengefasste und durch die Steuereinrichtung (10) steuerbare Öfen (2) aufweist und dass ein Ofen (2) der Einheit (20) durch Ansteuerung der Transfereinrichtung (11) und/oder Ansteuerung der Verschlusseinrichtung (6) entladen und/oder gereinigt und/oder neu beschickt wird, während sich ein anderer Ofen (2) der Einheit (20) im Produktionsmodus befindet.

15. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass die Industrieofenanlage (1) eine Vielzahl von Öfen (2) aufweist, wobei vorzugsweise jeweils zwei Öfen (2) zu einer Einheit (20) zusammengefasst sind, und dass die Öfen (2) durch dieselbe Transfereinrichtung (11) entladen und/oder gereinigt und/oder beschickt werden, wobei die Öfen (2) jeweils zeitversetzt zueinander, vorzugsweise durch Evakuierung der Kammer (3) und/oder

durch Einbringen einer inerten Atmosphäre in die Kammer (3) und/oder durch Aktivierung der Heizeinrichtung (9), in den Produktionsmodus gebracht werden.

16. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 15, dadurch gekennzeichnet, dass zur Entnahme eines Tiegels (5) aus der Kammer (3) die Transfereinrichtung (11) mit einem Endeffektor (14) an die Beschickungsöffnung (4) heranzfährt und die Verschlusseinrichtung (6) - durch die Transfereinrichtung (11) und/oder zumindest einen Aktuator (15) der Verschlusseinrichtung (6) - in eine freigebende Stellung gebracht wird.

17. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 16, dadurch gekennzeichnet, dass die Transfereinrichtung (11) den Tiegel (5) aus der Kammer (3) entnimmt, insbesondere absenkt.

18. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 17, dadurch gekennzeichnet, dass der Ofen (2) einen - vorzugsweise sockelartigen - Träger (7) zum Tragen eines in der Kammer (3) befindlichen Tiegels (5) aufweist, wobei der Träger (7) in seiner Betriebsposition die Beschickungsöffnung (4) verschließt und durch die Verschlusseinrichtung (6) fixiert ist und wobei die Transfereinrichtung (11) den Tiegel (5) aus der Kammer (3) entnimmt, indem die Transfereinrichtung (11) den Träger (7) zusammen mit dem Tiegel (5) aus seiner Betriebsposition von der Kammer (3) entnimmt, insbesondere absenkt.

19. Verfahren nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, dass ein Endeffektor (14) der Transfereinrichtung (11) den Tiegel (5) von dem entnommenen, insbesondere abgesenkten, Träger (7) entnimmt, wobei vorzugsweise die Transfereinrichtung (11) den entnommenen Träger (7) zu einer Belade- und/oder Entladestation (12) zum Be- und/oder Entladen des Tiegels (5) oder einer Übergabestation (13) transferiert.

20. Verfahren zur Herstellung von keramischen Werkstoffen und/oder Karbiden, insbesondere zur Herstellung von Siliziumkarbid aus Siliziumoxid und Kohlenstoff, durch exotherme Reaktion und/oder zum Sintern von Werkstoffen, wobei vorzugsweise pulverförmige Ausgangsmaterialien, insbesondere ein Oxid und Kohlenstoff, in einen Tiegel (5) gefüllt werden, wobei der befüllte Tiegel (5) in einen Ofen (2) einer Industrieofenanlage (1) verbracht wird, dadurch gekennzeichnet, dass die Industrieofenanlage (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 10 ausgebildet ist und/oder dass die Industrieofenanlage (1) gemäß einem Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 19 betrieben wird.