



(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

- (43)

Veröffentlichungstag:
13.12.2023 Patentblatt 2023/50
- (51)

Internationale Patentklassifikation (IPC):
C13B 20/00 (2011.01) C13B 20/02 (2011.01)
C13B 20/06 (2011.01)
- (21)

Anmeldenummer: 23178130.3
- (52)

Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
C13B 20/007; C13B 20/02; C13B 20/06
- (22)

Anmeldetag: 07.06.2023

- (84)

Benannte Vertragsstaaten:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB
GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC ME MK MT NL
NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA
Benannte Validierungsstaaten:
KH MA MD TN
- (71)

Anmelder: Südzucker AG
68165 Mannheim (DE)

(72)

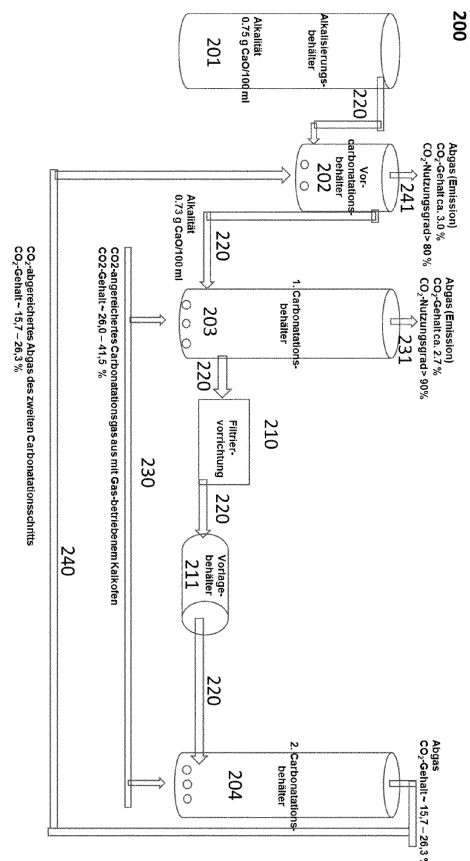
Erfinder: Ajdari Rad, Mohsen
67283 Obrigheim (DE)

(74)

Vertreter: Schrell, Andreas et al
Gleiss Große Schrell und Partner mbB
Patentanwälte Rechtsanwälte
Leitzstrasse 45
70469 Stuttgart (DE)

(30)

Priorität: 08.06.2022 DE 102022205801
- (54)

VERBESSERTES CARBONATATIONSVERFAHREN UND VORRICHTUNG ZU DESSEN DURCHFÜHRUNG
- (57) Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung von einem Carbonatationsprodukt aus einem Carbonatationsedukt und eine Vorrichtung zur Herstellung von einem Carbonatationsprodukt aus einem Carbonatationsedukt, insbesondere geeignet und ausgelegt zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens.
- Figur 4:
- 
- EP 4 289 974 A1
- Processed by Luminess, 75001 PARIS (FR)

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung von einem Carbonatationsprodukt aus einem Carbonatationsedukt und eine Vorrichtung zur Herstellung von einem Carbonatationsprodukt aus einem Carbonatationsedukt, insbesondere geeignet und ausgelegt zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens.

[0002] Im Verlauf der technologischen Prozessschritte einer Rübenzucker- oder Zuckerrohrzuckerfabrik oder einer Rohzuckerraffinerie spielt eine Carbonatation eine zentrale Rolle. Die Carbonatation umfasst üblicherweise einen ersten Carbonatationsschritt und einen zweiten Carbonatationsschritt. Die Carbonatation ist ein Reinigungsschritt der Saftreinigung, insbesondere der Zuckerrohssaftreinigung, sei es ein Zuckerrohssaft aus der Rübe oder dem Zuckerrohr, oder der Zuckerraffination, insbesondere einer Rohzuckerlösung. Vor der Carbonatation wird der für die Carbonatation verwendete Zuckerrohssaft oder die Rohzuckerlösung durch eine Extraktion aus Zuckerrüben, insbesondere Rübenschnitzeln, oder Zuckerrohr beziehungsweise durch Lösen von Rohzucker in Wasser und einer anschließenden Vor- und/oder Hauptkalkung, auch als Alkalisierung bezeichnet, erhalten. Bei der Vor- und Hauptkalkung wird der extrahierte Zuckerrohssaft oder die Rohzuckerlösung mit Kalkmilch, also Calciumhydroxiddispersion in Wasser, versetzt. Dies führt zu einem Ausflocken von im extrahierten Zuckerrohssaft oder der Rohzuckerlösung enthaltenen Schwebstoffen. Durch die Alkalisierung wird ein alkalischer Zuckerrohssaft oder eine alkalische Rohzuckerlösung erhalten. Durch die Hauptkalkung wird im Zuckerrohssaft oder der Rohzuckerlösung eine Hauptkalkungsalkalität von circa 0,6 bis 1,2 g CaO/100 ml erreicht, was einem pH-Bereich von pH 12 bis 12,8 bei 20 °C entspricht.

[0003] Mit dem so erhaltenen alkalischen Zuckerrohssaft oder der alkalischen Rohzuckerlösung wird die Carbonatation durchgeführt. Im ersten Carbonatationsschritt, durchgeführt in einem ersten Carbonatationsbehälter, wird die in der Hauptkalkung im Überschuss zugesetzte und im alkalischen Zuckerrohssaft oder der alkalischen Rohzuckerlösung vorhandene Calciumhydroxiddispersion durch das Einleiten von frisch erzeugtem Kalkofengas, also einem kohlendioxidhaltigem Gas, neutralisiert, wobei der alkalische Zuckerrohssaft oder die alkalische Rohzuckerlösung bis zu einem pH-Endpunkt von circa 11,4 bis 10,8 bei 20 °C, was einer End-Alkalität von ca. 0,06 bis 0,1 g CaO/100 ml entspricht, neutralisiert und das Calciumhydroxid als Calciumcarbonat ausgefällt wird. Das ausgefällte Calciumcarbonat, insbesondere ausgefällt in Form von Calciumcarbonat-Kristallen, hat eine aktive positiv geladene Oberfläche. Ohne an die Theorie gebunden sein zu wollen, ist das ausgefällte Calciumcarbonat, insbesondere in Form von Calciumcarbonat-Kristallen, durch die aktive Oberfläche in der Lage, einen Reinigungseffekt durch Adsorption von gefällten Kolloiden sowie anderen nicht fällbaren Nicht-Zuckerstoffen auszuüben. Gleichzeitig fungiert das ausgefällte Calciumcarbonat, insbesondere Calciumcarbonat-Kristalle, als Filterhilfsmittel. In dem zweiten Carbonatationsschritt, durchgeführt in einem zweiten Carbonatationsbehälter, wird durch Einleiten von frisch erzeugtem Kalkofengas der alkalische Zuckerrohssaft beziehungsweise die alkalische Rohzuckerlösung bis zu einem pH-Endpunkt von circa 9,4 bis 8,6 bei 20 °C, was einer End-Alkalität von ca. 0,005 bis 0,015 g CaO/100 ml entspricht, neutralisiert und das Calciumhydroxid möglichst vollständig bis zur Einstellung der optimalen Alkalität als Calciumcarbonat, insbesondere in Form von Calciumcarbonat-Kristallen, gefällt.

[0004] CO₂-Gasnutzungsgrade, also die Ausnutzungsgrade des CO₂-Gehalts im Kalkofengas, können mit neuartigen Carbonatationsbehältern aus dem Stand der Technik einen maximalen Wert von circa 90 bis 95 % im ersten Carbonatationsschritt und einen maximalen Wert von circa 70 bis 75 % im zweiten Carbonatationsschritt erreichen. Es befindet sich daher trotz vergleichsweise hoher CO₂-Gasnutzungsgrade immer noch ein bedeutender Teil des im Kalkofen freigesetzten CO₂ im sogenannten Carbonatationsbrüden, also dem Abgas des jeweiligen Carbonatationsschritts. Der CO₂-Gasnutzungsgrad in den Carbonatationsschritten ist vor allem vom alkalischen Zuckerrohssaftstand beziehungsweise alkalischen Rohzuckerlösungsstand, Temperatur, Durchmischung, Alkalität des Zuckerrohssaftes beziehungsweise der Rohzuckerlösung und CO₂-Gehalt im Kalkofengas abhängig. Bekannt ist es, dass sich mit der Abnahme des CO₂-Gehalts im Kalkofengas die Gasnutzungsgrade in den Carbonatationsschritten reduzieren beziehungsweise sich die CO₂-Verluste erhöhen. Dies ist zum Beispiel bei einem Wechsel von einem mit Koks-betriebenen Kalkofen auf einen mit Gas-betriebenen Kalkofen zu beobachten. Die dabei eintretende Reduktion des CO₂-Gehalts im Kalkofengas sowie die damit verbundene Reduktion des Gasnutzungsgrads, insbesondere in dem zweiten Carbonatationsschritt, (CO₂-Gehalt Abgas circa 15 bis 25 Vol.-% bezogen auf Gesamtvolumen Abgas) können zu einem CO₂-Mangel in der Zuckerfabrikation beziehungsweise Zuckerraffination und zu signifikanten Schwankungen beim Betrieb der Carbonatationsschritte führen. Je niedriger der Gesamtgasnutzungsgrad beziehungsweise je höher die CO₂-Verluste der Carbonatation, desto mehr CO₂ wird in die Umwelt freigesetzt, was zu Schäden der Umwelt führt und insbesondere den Treibhauseffekt fördert.

[0005] Daher liegt das der vorliegenden Erfindung zugrundeliegende technische Problem darin, die vorgenannten Nachteile zu überwinden. Insbesondere liegt das der vorliegenden Erfindung zugrundeliegende technische Problem darin, Verfahren und Mittel bereitzustellen, die es ermöglichen, den CO₂-Gesamtgasnutzungsgrad einer Carbonatation, insbesondere einer Carbonatation in einem Rübenzucker- oder Zuckerrohrzuckerherstellungsverfahren oder einer Rohzuckerraffination, zu erhöhen. Bevorzugt liegt das technische Problem darin, Verfahren und Mittel bereitzustellen, die es ermöglichen, die CO₂-Emission einer Carbonatation, insbesondere einer Carbonatation in einem Rübenzucker- oder Zuckerrohrzuckerherstellungsverfahren oder einer Rohzuckerraffination, zu reduzieren. Darüber hinaus ist ein techni-

sches Problem der vorliegenden Erfindung, derartige Verfahren und Mittel bereitzustellen, die kostengünstig, umwelt-schonend und leicht handhabbar sind.

[0006] Das technische Problem wird durch die Lehre der unabhängigen Ansprüche, der abhängigen Ansprüche sowie der Lehren der Beschreibung gelöst, insbesondere durch ein Verfahren zur Herstellung von einem Carbonatationsprodukt aus einem Carbonatationsedukt, umfassend die Verfahrensschritte:

- a) Alkalisierung von einem Carbonatationsedukt unter Erhalt eines alkalischen Carbonatationsedukts und
- b) Carbonatation des alkalischen Carbonatationsedukts umfassend einen ersten und mindestens einen weiteren Carbonatationsschritt b1) und b2) unter Erhalt des Carbonatationsprodukts, im Rahmen derer jeweils ein CO₂-angereichertes Carbonatationsgas in das alkalische Carbonatationsedukt eingeleitet und ein CO₂-abgereichertes Abgas ausgeleitet wird, gekennzeichnet durch
- c) Einleiten mindestens eines Anteils des CO₂-abgereicherten Abgases des mindestens einen weiteren Carbonatationsschritts in das alkalische Carbonatationsedukt vor dem ersten Carbonatationsschritt b1).

[0007] Das erfindungsgemäße Einleiten mindestens eines Anteils des CO₂-abgereicherten Abgases des mindestens einen weiteren Carbonatationsschritts in das alkalische Carbonatationsedukt vor dem ersten Carbonatationsschritt b1) stellt erfindungsgemäß also einen Vorcarbonatationsschritt b0) dar, der am Carbonatationsedukt und damit vor dem ersten Carbonatationsschritt b1) durchgeführt wird.

[0008] Das technische Problem wird also durch ein Verfahren zur Herstellung von einem Carbonatationsprodukt aus einem Carbonatationsedukt gelöst, umfassend die Verfahrensschritte:

- a) Alkalisierung von einem Carbonatationsedukt unter Erhalt eines alkalischen Carbonatationsedukts und
- b) Carbonatation des alkalischen Carbonatationsedukts umfassend einen ersten und mindestens einen weiteren Carbonatationsschritt b1) und b2) unter Erhalt des Carbonatationsprodukts, im Rahmen derer jeweils ein CO₂-angereichertes Carbonatationsgas in das alkalische Carbonatationsedukt eingeleitet und ein CO₂-abgereichertes Abgas ausgeleitet wird, gekennzeichnet durch
- c) Einleiten mindestens eines Anteils des CO₂-abgereicherten Abgases des mindestens einen weiteren Carbonatationsschritts in das alkalische Carbonatationsedukt vor dem ersten Carbonatationsschritt, so daß vor dem ersten Carbonatationsschritt b1) ein Vorcarbonatationsschritt b0) durchgeführt wird.

[0009] Demgemäß ist erfindungsgemäß vorgesehen, dass in einem ersten Verfahrensschritt a) ein Carbonatationsedukt alkalisiert wird, insbesondere durch Einbringen von alkalischen Substanzen, insbesondere Calciumhydroxid, insbesondere Kalkmilch, insbesondere in einer Vor- und/oder Hauptkalkung, und ein alkalisches Carbonatationsedukt erhalten wird. Das alkalische Carbonatationsedukt weist demnach durch die Alkalisierung eingebrachte alkalische Substanzen, insbesondere Calciumhydroxid, auf. Mit dem in Verfahrensschritt a) erhaltenen alkalischen Carbonatationsedukt wird in einem Verfahrensschritt b) eine Carbonatation durchgeführt und ein Carbonatationsprodukt erhalten. Die in Verfahrensschritt b) durchgeführte Carbonatation umfasst einen ersten Carbonatationsschritt b1) und mindestens einen weiteren Carbonatationsschritt b2). Es werden in Verfahrensschritt b) demnach mindestens zwei Carbonatationsschritte b1) und b2) durchgeführt.

[0010] Während eines jeden Carbonatationsschritts wird jeweils ein CO₂-angereichertes Carbonatationsgas in das alkalische Carbonatationsedukt eingeleitet und ein CO₂-abgereichertes Abgas aus dem dadurch erhaltenen alkalischen Carbonatationszwischenprodukt oder Carbonatationsprodukt ausgeleitet. Ohne an die Theorie gebunden sein zu wollen, reagiert durch das Einleiten des CO₂-angereicherten Carbonatationsgases in das alkalische Carbonatationsedukt CO₂ des CO₂-angereicherten Carbonatationsgases mit dem aufgrund der Durchführung von Verfahrensschritt a) im alkalischen Carbonatationsedukt vorhandenen alkalischen Substanzen, insbesondere Calciumhydroxid, zu Calciumcarbonat, wobei das Calciumcarbonat als Feststoff, insbesondere in Form von Calciumcarbonat-Kristallen, aus dem alkalischen Carbonatationsedukt ausfällt und ein alkalisches Carbonatationszwischenprodukt oder Carbonatationsprodukt erhalten wird. Insbesondere wird durch die Reaktion von CO₂ mit Calciumhydroxid zu Calciumcarbonat der pH-Wert des alkalischen Carbonatationszwischenprodukts oder Carbonatationsprodukts im Vergleich zu dem alkalischen Carbonatationsedukt gesenkt. Bevorzugt weist das ausgefällte Calciumcarbonat, insbesondere in Form von Calciumcarbonat-Kristallen, eine positiv geladene Oberfläche auf. Bevorzugt wird durch Adsorption von in dem alkalischen Zuckerrohsaft vorhandenen gefällten Kolloiden und/oder nicht-fällbaren Nicht-Zuckerstoffen an die positiv geladene Oberfläche des ausgefällten Calciumcarbonats ein Reinigungseffekt erzielt. Bevorzugt fungiert das ausgefällte Calciumcarbonat als Abtrennhilfsmittel. Insbesondere fungiert das ausgefällte Calciumcarbonat als Abtrennhilfsmittel, da durch das gefällte Calciumcarbonat nicht durch beispielsweise Filtration abzutrennende Stoffe, beispielsweise Schwebstoffe und/oder nichtfällbare Nicht-Zuckerstoffe, adsorbiert werden und so zusammen mit dem gefällten Calciumcarbonat abgetrennt, insbesondere abfiltriert, werden können. Durch die Reaktion des CO₂ aus dem CO₂-angereicherten Carbonatationsgas mit dem im alkalischen Carbonatationsedukt vorhandenen Calciumhydroxid wird der CO₂-Gehalt im CO₂-angereicherten

Carbonatationsgas verringert und ein CO₂-abgereichertes Abgas erhalten und ausgeleitet. Das aus dem jeweiligen Carbonatationsschritt ausgeleitete CO₂-abgereicherte Abgas weist einen geringeren CO₂-Gehalt als das in den jeweiligen Carbonatationsschritt eingeleitete CO₂-angereicherte Carbonatationsgas auf, insbesondere mindestens einen um den in der Reaktion von CO₂ mit Calciumhydroxid zu Calciumcarbonat im alkalischen Carbonatationsedukt verbrauchten CO₂-Gehalt. Das nach dem ersten Carbonatationsschritt b1) erhaltene alkalische Carbonatationszwischenprodukt weist eine geringere Menge auszufällender Stoffe, insbesondere Calciumhydroxid, als das im ersten Carbonatationsschritt b1) eingesetzte alkalische Carbonatationsedukt auf. Das nach dem ersten Carbonatationsschritt b1) erhaltene alkalische Carbonatationszwischenprodukt entspricht dem Carbonatationsedukt des mindestens einen weiteren Carbonatationsschritt b2). Erfindungsgemäß wird nach dem letzten des mindestens einen weiteren Carbonatationsschritts b2), insbesondere nach dem zweiten Carbonatationsschritt, ein Carbonatationsprodukt erhalten. Das nach dem letzten Carbonatationsschritt, insbesondere zweiten Carbonatationsschritt, erhaltene Carbonatationsprodukt weist eine geringere Menge auszufällender Stoffe, insbesondere Calciumhydroxid, insbesondere keine auszufällenden Stoffe, als das in den letzten Carbonatationsschritt, insbesondere zweiten Carbonatationsschritt b2), eingesetzte alkalische Carbonatationszwischenprodukt des ersten Carbonatationsschritts b1), das heißt das Carbonatationsedukt des letzten, insbesondere zweiten Carbonatationsschritts b2), auf.

[0011] Erfindungsgemäß wird in einem erfindungsgemäßen Verfahrensschritt c) mindestens ein Anteil des aus dem mindestens einen weiteren Carbonatationsschritt, insbesondere zweiten Carbonatationsschritt, ausgeleiteten CO₂-abgereicherten Abgases in das alkalische Carbonatationsedukt, vorzugsweise in einen Zuckerrohsaft oder eine Rohzuckerlösung, vor dem ersten Carbonatationsschritt, eingeleitet. Die Einleitung des Anteils des aus dem mindestens einen weiteren Carbonatationsschritt, insbesondere zweiten Carbonatationsschritt, ausgeleiteten CO₂-abgereicherten Abgases in das alkalische Carbonatationsedukt vor dem ersten Carbonatationsschritt b1) in einem vorgelagerten Verfahrensschritt b0) führt zu einem besonders vorteilhaften besonders erhöhten CO₂-Gesamtausnutzungsgrad, da die Alkalität und damit der CO₂-Bedarf im Carbonatationsedukt vor der ersten Carbonatation deutlich höher ist als während der ersten Carbonatation.

[0012] Erfindungsgemäß wird also in Verfahrensschritt c) mindestens ein Anteil des Abgases eines nach dem ersten Carbonatationsschritt durchgeführten weiteren Carbonatationsschritts, insbesondere zweiten Carbonatationsschritts, in das alkalische Carbonatationsedukt eines vor dem ersten Carbonatationsschritt durchgeführten Vorcarbonatationsschritts eingeleitet.

[0013] Bevorzugt wird erfindungsgemäß mindestens ein Anteil des Abgases eines nach dem ersten Carbonatationsschritt durchgeführten weiteren Carbonatationsschritts, insbesondere zweiten Carbonatationsschritts, in das alkalische Carbonatationsedukt des ersten Carbonatationsschritts und mindestens ein weiterer Anteil des Abgases des nach dem ersten Carbonatationsschritt durchgeführten weiteren Carbonatationsschritts, insbesondere zweiten Carbonatationsschritts, in das alkalische Carbonatationsedukt eines vor dem ersten Carbonatationsschritt durchgeführten Vorcarbonatationsschritts b0), eingeleitet.

[0014] Bevorzugt wird erfindungsgemäß in Verfahrensschritt c) mindestens ein Anteil des Abgases eines nach dem ersten Carbonatationsschritt durchgeführten weiteren Carbonatationsschritts, insbesondere zweiten Carbonatationsschritts, in das alkalische Carbonatationsedukt des ersten Carbonatationsschritts eingeleitet. In dieser Ausführungsform werden in den ersten Carbonatationsschritt also zwei Ströme an Carbonatationsgasen eingeleitet, nämlich ein CO₂-angereichertes Carbonatationsgas und ein CO₂-abgereichertes Carbonatationsgas, also das CO₂-abgereicherte Abgas, aus dem zweiten oder mindestens einen weiteren Carbonatationsschritt.

[0015] Bevorzugt wird durch das Einleiten im erfindungsgemäßen Verfahrensschritt c) des mindestens einen Anteils des Abgases des mindestens einen weiteren Carbonatationsschritts, insbesondere zweiten Carbonatationsschritts, in das alkalische Carbonatationsedukt des ersten oder einem vor dem ersten Carbonatationsschritt durchgeführten Carbonatationsschritt, insbesondere Vorcarbonatationsschritt, mindestens ein Anteil des nicht verbrauchten CO₂-Gehalts im Abgas des mindestens einen weiteren Carbonatationsschritts, insbesondere zweiten Carbonatationsschritts, zur Umsetzung mindestens eines Teils des im alkalischen Carbonatationsedukt vorhandenen Calciumhydroxids des ersten oder einem vor dem ersten Carbonatationsschritt durchgeführten Carbonatationsschritt, insbesondere Vorcarbonatationsschritt, zu Calciumcarbonat genutzt. Bevorzugt wird vorteilhafterweise durch den erfindungsgemäßen Verfahrensschritt c) der CO₂-Gesamtgasnutzungsgrad der Carbonatation gemäß Verfahrensschritt b), erhöht, insbesondere gegenüber eines vergleichbaren Verfahrens (im Folgenden auch Vergleichsbeispiel genannt).

[0016] Bevorzugt führt die zusätzliche Nutzung von mindestens einem Anteil des CO₂ im Abgas des mindestens einen weiteren Carbonatationsschritts, insbesondere zweiten Carbonatationsschritts, durch Einleiten mindestens eines Anteils des Abgases in das alkalische Carbonatationsedukt des ersten oder einem vor dem ersten Carbonatationsschritt durchgeführten Carbonatationsschritt, insbesondere Vorcarbonatationsschritt, gemäß erfindungsgemäßen Verfahrensschritt c) zu einer Verbesserung des CO₂-Gesamtgasnutzungsgrades der Carbonatation gemäß Verfahrensschritt b) der vorliegenden Erfindung und zu einer Reduktion der CO₂-Emission der Carbonatation gemäß Verfahrensschritt b) der vorliegenden Erfindung im Vergleich zu vergleichbaren Verfahren. Bevorzugt führt der erfindungsgemäße Verfahrensschritt c) vorteilhafterweise zu einer Reduktion der CO₂-Emission der Carbonatation gemäß Verfahrensschritt b), da mindestens

ein Anteil des nicht verbrauchten CO₂ des als CO₂-abgereichertes Abgas ausgeleiteten CO₂-angereicherten Carbonatationsgases des mindestens einen weiteren Carbonatationsschritts, insbesondere zweiten Carbonatationsschritt, durch den erfindungsgemäßen Verfahrensschritt c) der Carbonatation gemäß Verfahrensschritt b) der vorliegenden Erfindung zurückgeführt wird, insbesondere mit Calciumhydroxid zu Calciumcarbonat reagiert, und somit nicht, insbesondere wie

bei vergleichbaren Verfahren, in die Umwelt emittiert wird.

[0017] Gemäß der vorliegenden Erfindung wird vor dem ersten Carbonatationsschritt b1) ein Vorcarbonatationsschritt b0) durchgeführt.

[0018] Die vorliegende Erfindung betrifft daher insbesondere ein Verfahren zur Erhöhung des CO₂-Gesamtgasnutzungsgrades in einem Verfahren umfassend die Verfahrensschritte a), b) und c), insbesondere umfassend Verfahrensschritt b0).

[0019] Die vorliegende Erfindung betrifft daher insbesondere auch ein Verfahren zur Reduktion der CO₂-Emission in einem Verfahren zur Herstellung von einem Carbonatationsprodukt aus einem Carbonatationsedukt, umfassend die Verfahrensschritte a), b) und c), insbesondere b0).

[0020] In einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird nach dem ersten Carbonatationsschritt b1) ein zweiter Carbonatationsschritt b2) durchgeführt.

[0021] In einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird nach dem zweiten Carbonatationsschritt b2) mindestens ein zusätzlicher weiterer Carbonatationsschritt durchgeführt.

[0022] In einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung werden in Verfahrensschritt b) insgesamt mindestens 2, insbesondere 2, insbesondere mindestens 3, insbesondere 3, insbesondere 4, insbesondere 5, insbesondere 6, Carbonatationsschritte durchgeführt.

[0023] In einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird vor dem ersten Carbonatationsschritt b1) ein Vorcarbonatationsschritt b0) und nach dem ersten Carbonatationsschritt b1) ein zweiter Carbonatationsschritt b2) durchgeführt.

[0024] In einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist das Carbonatationsedukt ein Zuckerrohsaft und das Carbonatationsprodukt ein Dünnsaft.

[0025] In einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist das Carbonatationsedukt eine Rohzuckerlösung und das Carbonatationsprodukt eine aufgereinigte Rohzuckerlösung.

[0026] In einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist das Carbonatationsedukt ein Zuckerrohsaft und das Carbonatationsprodukt ein Dünnsaft oder das Carbonatationsedukt eine Rohzuckerlösung und das Carbonatationsprodukt eine aufgereinigte Rohzuckerlösung.

[0027] In einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird in Verfahrensschritt b) nach jedem Carbonatationsschritt ein ausgefällter Feststoff, insbesondere umfassend Calciumcarbonat, erhalten.

[0028] In einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung umfasst der jeweils nach einem Carbonatationsschritt erhaltene ausgefällte Feststoff Calciumcarbonat und organische Bestandteile, insbesondere Kolloidstoffe, insbesondere Pektin, Proteine, Cellulose und Hemicellulose, insbesondere besteht aus diesen.

[0029] In einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird in Verfahrensschritt b) jeweils nach einem Carbonatationsschritt der ausgefällte Feststoff, insbesondere umfassend Calciumcarbonat, von dem alkalischen Carbonatationszwischenprodukt, insbesondere Zuckerrohsaft, oder von dem Carbonatationsprodukt, insbesondere Dünnsaft abgetrennt.

[0030] In einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird in Verfahrensschritt b) nach dem ersten Carbonatationsschritt b1) der ausgefällte Feststoff, insbesondere umfassend Calciumcarbonat, durch eine Filtration oder Dekantieren von dem alkalischen Carbonatationszwischenprodukt, insbesondere Zuckerrohsaft abgetrennt.

[0031] In einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung umfasst der nach dem ersten Carbonatationsschritt b1) von dem alkalischen Carbonatationszwischenprodukt, insbesondere Zuckerrohsaft, abgetrennte Feststoff Calciumcarbonat, insbesondere 50 bis 80 Gew.-%, insbesondere 55 bis 75 Gew.-%, insbesondere 60 bis 70 Gew.-%, Calciumcarbonat und organische Bestandteile, insbesondere 20 bis 50 Gew.-%, insbesondere 25 bis 45 Gew.-%, insbesondere 30 bis 40 Gew.-% (jeweils bezogen auf Trockensubstanz des abgetrennten Feststoffs).

[0032] In einer bevorzugten Ausführung der vorliegenden Erfindung umfasst der nach dem zweiten Carbonatationsschritt b2) von dem alkalischen Carbonatationszwischenprodukt oder dem Carbonatationsprodukt, abgetrennte Feststoff Calciumcarbonat, insbesondere 90,0 bis 99,9 Gew.-%, insbesondere 95,0 bis 99,9 Gew.-%, insbesondere 98,0 bis 99,9 Gew.-%, Calciumcarbonat und organische Bestandteile, insbesondere 0,1 bis 10,0 Gew.-%, insbesondere 0,1 bis 5,0 Gew.-%, insbesondere 0,1 bis 2 Gew.-% (jeweils bezogen auf Trockensubstanz des abgetrennten Feststoffs), insbesondere besteht aus diesen.

[0033] In einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung umfasst der nach dem Vorcarbonatationsschritt b0) von dem alkalischen Carbonatationszwischenprodukt, insbesondere Zuckerrohsaft, abgetrennte Feststoff Calciumcarbonat, insbesondere 50 bis 80 Gew.-%, insbesondere 55 bis 75 Gew.-%, insbesondere 60 bis 70 Gew.-%, Calciumcarbonat und organische Bestandteile, insbesondere 20 bis 50 Gew.-%, insbesondere 25 bis 45 Gew.-%, insbesondere 30 bis 40 Gew.-% (jeweils bezogen auf Trockensubstanz des abgetrennten Feststoffs).

[0034] In einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird in Verfahrensschritt b) nach dem zweiten Carbonatationsschritt b2) der ausgefällte Feststoff, insbesondere umfassend Calciumcarbonat, durch eine Filtration von dem alkalischen Carbonatationszwischenprodukt oder dem Carbonatationsprodukt abgetrennt.

[0035] In einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird in Verfahrensschritt b) nach dem ersten Carbonatationsschritt b1) der ausgefällte Feststoff, insbesondere umfassend Calciumcarbonat, durch eine Filtration von dem alkalischen Carbonatationszwischenprodukt, insbesondere Zuckerrohssaft, und nach dem zweiten Carbonatationsschritt b2) der ausgefällte Feststoff, insbesondere umfassend Calciumcarbonat, durch eine Filtration von dem alkalischen Carbonatationszwischenprodukt, insbesondere Zuckerrohssaft, oder dem Carbonatationsprodukt, insbesondere Dünnsaft, abgetrennt.

[0036] In einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird in Verfahrensschritt b) nach dem ersten Carbonatationsschritt b1) der ausgefällte Feststoff, insbesondere umfassend Calciumcarbonat, durch ein Dekantieren von dem alkalischen Carbonatationszwischenprodukt, insbesondere Zuckerrohssaft, und nach dem zweiten Carbonatationsschritt b2) der ausgefällte Feststoff, insbesondere umfassend Calciumcarbonat, durch eine Filtration von dem alkalischen Carbonatationszwischenprodukt, insbesondere Zuckerrohssaft, oder Carbonatationsprodukt, insbesondere Dünnsaft, abgetrennt.

[0037] In einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird in Verfahrensschritt b) nach dem ersten Carbonatationsschritt b1) der ausgefällte Feststoff, insbesondere umfassend Calciumcarbonat, nicht von dem alkalischen Carbonatationszwischenprodukt abgetrennt und mindestens ein weiterer Carbonatationsschritt b2) durchgeführt, wobei der ausgefällte Feststoff aller durchgeführten Carbonatationsschritte nach dem letzten Carbonatationsschritt von dem Carbonatationsprodukt, insbesondere von der aufgereinigten Rohzuckerlösung, abgetrennt wird, insbesondere durch eine Filtration.

[0038] In einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird in Verfahrensschritt b) nach dem ersten Carbonatationsschritt b1) der ausgefällte Feststoff, insbesondere umfassend Calciumcarbonat, nicht von dem alkalischen Carbonatationszwischenprodukt, insbesondere von der Rohzuckerlösung, abgetrennt und ein zweiter Carbonatationsschritt b2) durchgeführt, wobei der ausgefällte Feststoff, insbesondere umfassend Calciumcarbonat, des ersten Carbonatationsschritts b1) und der ausgefällte Feststoff, insbesondere umfassend Calciumcarbonat, des zweiten Carbonatationsschritts b2) nach dem zweiten Carbonatationsschritt von dem Carbonatationsprodukt, insbesondere von der aufgereinigten Rohzuckerlösung, abgetrennt werden, insbesondere durch eine Filtration.

[0039] In einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird der mindestens eine Anteil des Abgases des mindestens einen weiteren Carbonatationsschritts aus Verfahrensschritt b) gemäß Verfahrensschritt c) in das alkalische Carbonatationsedukt des ersten Carbonatationsschritts oder des Vorcarbonatationsschritts eingeleitet.

[0040] In einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird der mindestens eine Anteil des Abgases des zweiten Carbonatationsschritts gemäß Verfahrensschritt c) in das alkalische Carbonatationsedukt des ersten Carbonatationsschritts eingeleitet.

[0041] In einer besonders bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird der mindestens eine Anteil des Abgases des zweiten Carbonatationsschritts gemäß Verfahrensschritt c) in das alkalische Carbonatationsedukt des Vorcarbonatationsschritts eingeleitet.

[0042] Durch das Einleiten des mindestens einen Anteils des Abgases des mindestens einen weiteren Carbonatationsschritts, insbesondere zweiten Carbonatationsschritts, in das alkalische Carbonatationsedukt des Vorcarbonatationsschritts wird vorteilhafterweise der CO_2 -Gesamtgasnutzungsgrad der Carbonatation erhöht, insbesondere ist der CO_2 -Gesamtgasnutzungsgrad der Carbonatation des erfindungsgemäßen Verfahrens höher als der Gesamtgasnutzungsgrad von vergleichbaren Verfahren. Bevorzugt und vorteilhafterweise ist der CO_2 -Gesamtgasnutzungsgrad der Carbonatation des bevorzugten erfindungsgemäßen Verfahrens, bei dem das Abgas des mindestens einen weiteren Carbonatationsschritts, insbesondere zweiten Carbonatationsschritts, gemäß erfindungsgemäßen Verfahrensschritt c) in das alkalische Carbonatationsedukt eines Vorcarbonatationsschritts eingeleitet wird höher als bei einer Carbonatation, bei dem das Abgas des mindestens einen weiteren Carbonatationsschritts, insbesondere zweiten Carbonatationsschritts, in das alkalische Carbonatationsedukt des ersten Carbonatationsschritts eingeleitet wird, insbesondere da der Gasnutzungsgrad eines ersten Carbonatationsschritts bereits mindestens 80 % beträgt. Dies deshalb, da bevorzugt das im alkalischen Carbonatationsedukt des ersten Carbonatationsschritts enthaltene Calciumhydroxid weitestgehend mit dem CO_2 des für den ersten Carbonatationsschritt eingesetzten, insbesondere frischen, also frisch durch beispielsweise einen Kalkofen gewonnenen oder als Kesselhausgas vorliegenden, CO_2 -angereicherten Carbonatationsgas zu Calciumcarbonat umgesetzt wird, weshalb durch erfindungsgemäßes Einleiten, insbesondere zusätzlich zu dem frischen CO_2 -angereicherten Carbonatationsgas, des mindestens einen Anteils des Abgases des mindestens einen weiteren Carbonatationsschritts, insbesondere zweiten Carbonatationsschritts, in das alkalische Carbonatationsedukt des ersten Carbonatationsschritts, der CO_2 -Gesamtgasnutzungsgrad der Carbonatation gemäß Verfahrensschritt b) der vorliegenden Erfindung nicht in dem Maße erhöht werden kann, wie durch ein Einleiten des mindestens einen Anteils des Abgases des mindestens einen weiteren Carbonatationsschritts, insbesondere zweiten Carbonatationsschritts, in das alkalische Carbonatationsedukt des Vorcarbonatationsschritts, als einziges, alleiniges, also in das kein frisches CO_2 -angereichertes

Carbonatationsgas eingeleitet wird. Das in dem alkalischen Carbonatationsedukt vorliegende Calciumhydroxid des Vorcarbonatationsschritts zeichnet sich dadurch aus, dass es nicht mit CO₂ eines frischen CO₂-angereicherten Carbonatationsgases in Kontakt kommt, insbesondere nicht dadurch zu Calciumcarbonat umgesetzt wird. Bevorzugt wird also durch den Vorcarbonatationsschritt mindestens ein Anteil von einem bereits verwendeten Carbonatationsgas aus dem mindestens einen weiteren Carbonatationsschritt b2), insbesondere zweiten Carbonatationsschritt, als einziges, alleiniges CO₂-angereichertes Carbonatationsgas, in ein frisches alkalisches Carbonatationsedukt, also ein alkalisches Carbonatationsedukt, in das kein frisches CO₂-angereichertes Carbonatationsgas eingeleitet wurde, eingeleitet und das darin vorhandene Calciumhydroxid zu Calciumcarbonat umgesetzt. Bevorzugt wird in das aus dem Vorcarbonatationsschritt erhaltene alkalische Carbonatationszwischenprodukt beziehungsweise alkalische Carbonatationsedukt in einem ersten Carbonatationsschritt frisches CO₂-angereichertes Carbonatationsgas, welches kein CO₂-angereichertes Carbonatationsgas ist, das zuvor als CO₂-abgereichertes Abgas mindestens eines weiteren Carbonatationsschritts gemäß Verfahrensschritt b2) erhalten wurde, eingeleitet. Insbesondere wird dadurch in besonders vorteilhafter Weise der CO₂-Gesamtgasnutzungsgrad der Carbonatation gemäß Verfahrensschritt b) der vorliegenden Erfindung erhöht, insbesondere auch im Vergleich zu vergleichbaren Verfahren.

[0043] In einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird nach dem Vorcarbonatationsschritt b0) ein alkalisches Carbonatationszwischenprodukt erhalten, das weniger auszufällende Stoffe, insbesondere umfassend Calciumhydroxid, aufweist als das alkalische Carbonatationsedukt vor dem Vorcarbonatationsschritt.

[0044] In einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird nach dem ersten Carbonatationsschritt b1) ein alkalisches Carbonatationszwischenprodukt erhalten, das weniger auszufällende Stoffe, insbesondere umfassend Calciumhydroxid, aufweist als das alkalische Carbonatationsedukt vor dem ersten Carbonatationsschritt.

[0045] In einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird nach dem letzten Carbonatationsschritt ein Carbonatationsprodukt erhalten.

[0046] In einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird nach dem zweiten Carbonatationsschritt b2) ein Carbonatationsprodukt erhalten.

[0047] In einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung betrifft die Erfindung ein Verfahren zur Herstellung von einem Carbonatationsprodukt aus einem Carbonatationsedukt, umfassend die Verfahrensschritte:

- a) Alkalisierung von einem Carbonatationsedukt unter Erhalt eines alkalischen Carbonatationsedikts und
- b) Carbonatation des alkalischen Carbonatationsedikts umfassend, insbesondere bestehend aus, einen ersten und einen zweiten Carbonatationsschritt b1) und b2) unter Erhalt eines Carbonatationsprodukts, im Rahmen derer jeweils ein CO₂-angereichertes Carbonatationsgas in das alkalische Carbonatationsedukt eingeleitet und ein CO₂-abgereichertes Abgas ausgeleitet wird, gekennzeichnet durch
- c) Einleiten mindestens eines Anteils des Abgases des zweiten Carbonatationsschritts in das alkalische Carbonatationsedukt während dem ersten Carbonatationsschritt.

[0048] In dieser Ausführungsform werden in den ersten Carbonatationsschritt also zwei unterschiedliche Carbonatationsgase eingeleitet, nämlich ein CO₂-angereichertes Carbonatationsgas und ein CO₂-abgereichertes Carbonatationsgas, insbesondere Abgas, aus dem zweiten oder weiteren Carbonatationsschritt.

[0049] In einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung betrifft die Erfindung ein Verfahren zur Herstellung von einem Carbonatationsprodukt aus einem Carbonatationsedukt, umfassend die Verfahrensschritte:

- a) Alkalisierung von einem Carbonatationsedukt unter Erhalt eines alkalischen Carbonatationsedikts und
- b) Carbonatation des alkalischen Carbonatationsedikts umfassend, insbesondere bestehend aus, einen Vorcarbonatationsschritt b0), einen ersten Carbonatationsschritt b1) und einen zweiten Carbonatationsschritt b2) unter Erhalt eines Carbonatationsprodukts, im Rahmen derer jeweils ein CO₂-angereichertes Carbonatationsgas in das alkalische Carbonatationsedukt eingeleitet und ein CO₂-abgereichertes Abgas ausgeleitet wird, gekennzeichnet durch
- c) Einleiten mindestens eines Anteils des Abgases des zweiten Carbonatationsschritts in das alkalische Carbonatationsedukt vor dem ersten Carbonatationsschritt, insbesondere in das alkalische Carbonatationsedukt während des Vorcarbonatationsschritts, insbesondere als einziges, alleiniges CO₂-angereichertes Carbonatationsgas.

[0050] In einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird das Verfahren in einer Vorrichtung zur Herstellung von einem Carbonatationsprodukt aus einem Carbonatationsedukt umfassend mindestens einen ersten Carbonatationsbehälter und mindestens einen weiteren Carbonatationsbehälter durchgeführt.

[0051] In einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird das Verfahren in einer Rübenzucker- oder Zuckerrohrzuckerherstellungsvorrichtung zur Herstellung von Dünnsaft aus Zuckerrohrsafte umfassend mindestens einen ersten Carbonatationsbehälter und mindestens einen weiteren Carbonatationsbehälter durchgeführt.

[0052] In einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird das Verfahren in einer Zuckerraffina-

tionsvorrichtung zur Herstellung von einer aufgereinigten Rohzuckerlösung aus einer Rohzuckerlösung umfassend mindestens einen ersten Carbonatationsbehälter und mindestens einen weiteren Carbonatationsbehälter durchgeführt.

[0053] In einer bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens der vorliegenden Erfindung weist die Vorrichtung mindestens einen dem ersten Carbonatationsbehälter vorgeschalteten Vorcarbonatationsbehälter auf.

[0054] In einer bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens der vorliegenden Erfindung weist die Vorrichtung einen dem ersten Carbonatationsbehälter nachgeschalteten zweiten Carbonatationsbehälter auf.

[0055] In einer bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens der vorliegenden Erfindung weist die Vorrichtung einen dem ersten Carbonatationsbehälter vorgeschalteten Vorcarbonatationsbehälter und einen dem ersten Carbonatationsbehälter nachgeschalteten zweiten Carbonatationsbehälter auf.

[0056] In einer bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens der vorliegenden Erfindung wird jeder Carbonationsschritt in einem eigenen Carbonatationsbehälter durchgeführt.

[0057] In einer bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens der vorliegenden Erfindung werden alle Carbonationsschritte in einem Carbonatationsbehälter durchgeführt.

[0058] In einer bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens der vorliegenden Erfindung wird der erste Carbonationsschritt in einem ersten Carbonatationsbehälter und der zweite Carbonationsschritt in einem zweiten Carbonatationsbehälter durchgeführt.

[0059] In einer bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens der vorliegenden Erfindung wird der erste Carbonationsschritt in einem ersten Carbonatationsbehälter, der zweite Carbonationsschritt in einem zweiten Carbonatationsbehälter und der Vorcarbonationsschritt in einem Vorcarbonatationsbehälter durchgeführt.

[0060] In einer bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens der vorliegenden Erfindung wird der erste Carbonationsschritt, der zweite Carbonationsschritt und der Vorcarbonationsschritt in jeweils einem Carbonatationsbehälter durchgeführt.

[0061] In einer bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens der vorliegenden Erfindung weist die Vorrichtung mindestens eine Leitung von dem mindestens einen weiteren Carbonatationsbehälter, insbesondere zweiten Carbonatationsbehälter, zu einem vorgeschalteten Carbonatationsbehälter, insbesondere ersten Carbonatationsbehälter oder Vorcarbonatationsbehälter, auf, um zumindest einen Teil des Abgases des mindestens einen weiteren Carbonatationsschritts, insbesondere zweiten Carbonationsschritts, in das alkalische Carbonatationsedukt vor oder während des ersten Carbonationsschritts einzuleiten.

[0062] In einer bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens der vorliegenden Erfindung weist die Vorrichtung mindestens eine Leitung von dem zweiten Carbonatationsbehälter zu dem ersten Carbonatationsbehälter auf, um zumindest einen Teil des Abgases des zweiten Carbonationsschritts in das alkalische Carbonatationsedukt während des ersten Carbonationsschritts, insbesondere zusätzlich zu durch in einem Kalkofen gewonnenem oder als zumindest anteilig in einem Kesselhausgas vorhandenem CO₂-angereichertem Carbonatationsgas, einzuleiten.

[0063] In einer bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens der vorliegenden Erfindung weist die Vorrichtung mindestens eine Leitung von dem zweiten Carbonatationsbehälter zu dem mindestens einen Vorcarbonatationsbehälter auf, um zumindest einen Teil des Abgases des zweiten Carbonationsschritts in das alkalische Carbonatationsedukt vor dem ersten Carbonationsschritt, insbesondere des Vorcarbonationsschritts, insbesondere als einziges, alleiniges CO₂-angereichertes Carbonatationsgas, einzuleiten.

[0064] In einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung weist das Abgas des ersten Carbonationsschritts einen CO₂-Gehalt von 1 bis 10 Vol.-%, insbesondere 1 bis 8 Vol.-%, insbesondere 2 bis 6 Vol.-%, insbesondere 3 bis 4 Vol.-%, (bezogen auf Gesamtvolumen Abgas erster Carbonationsschritt) auf.

[0065] In einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung weist das Abgas des mindestens einen weiteren Carbonationsschritts, insbesondere zweiten Carbonationsschritts, einen CO₂-Gehalt von 1 bis 40 Vol.-%, insbesondere 5 bis 35 Vol.-%, insbesondere 10 bis 30 Vol.-%, insbesondere 15 bis 27 Vol.-%, insbesondere 26,3 Vol.-%, insbesondere 21,4 Vol.-%, insbesondere 17,9 Vol.-%, insbesondere 15,7 Vol.-%, (bezogen auf Gesamtvolumen Abgas mindestens einen weiteren Carbonationsschritt) auf.

[0066] In einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung weist das Abgas des Vorcarbonationsschritts einen CO₂-Gehalt von 1 bis 10 Vol.-%, insbesondere 2 bis 8 Vol.-%, insbesondere 3 bis 6 Vol.-%, (bezogen auf Gesamtvolumen Abgas Vorcarbonationsschritt) auf.

[0067] In einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird das Abgas des mindestens einen weiteren Carbonationsschritts, insbesondere zweiten Carbonationsschritts nach Verfahrensschritt b) und vor Verfahrensschritt c) mit einem CO₂-angereichertem Carbonatationsgas gemischt.

[0068] In einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird das CO₂-angereicherte Carbonatationsgas einer Rübenzucker- oder Zuckerrohrzuckerverarbeitungsvorrichtung durch einen mit Koks- oder Gas-betriebenen Kalkofen gewonnen.

[0069] In einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist das CO₂-angereicherte Carbonatationsgas einer Zuckerraffinationsvorrichtung zumindest ein Anteil eines Kesselhausgases.

[0070] In einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird das CO₂-angereicherte Carbonati-

onsgas durch einen mit Koks- oder Gas-betriebenen Kalkofen gewonnen oder ist zumindest ein Anteil eines Kesselhausgases.

[0071] In einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung weist das durch einen mit Koks- oder Gas-betriebenen Kalkofen gewonnene CO₂-angereicherte Carbonatationsgas einen CO₂-Gehalt von 1 bis 99 Vol.-%, insbesondere 10 bis 70 Vol.-%, insbesondere 20 bis 50 Vol.-%, insbesondere 25 bis 45 Vol.-%, insbesondere 26 bis 42 Vol.-%, insbesondere 41,5 Vol.-%, insbesondere 35,0 Vol.-%, insbesondere 30,1 Vol.-%, insbesondere 26,0 Vol.-%, (bezogen auf Gesamtvolumen CO₂-angereicherte Gas) auf.

[0072] In einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung weist das CO₂-angereicherte Carbonatationsgas des zumindest einen Anteils des Kesselhausgases einen CO₂-Gehalt von 1 bis 99 Vol.-%, insbesondere 10 bis 70 Vol.-%, insbesondere 20 bis 50 Vol.-%, insbesondere 25 bis 45 Vol.-%, insbesondere 26 bis 42 Vol.-%, insbesondere 41,5 Vol.-%, insbesondere 35,0 Vol.-%, insbesondere 30,1 Vol.-%, insbesondere 26,0 Vol.-%, insbesondere 20,0 Vol.-%, insbesondere 15,0 Vol.-%, insbesondere 10,0 Vol.-%, (bezogen auf Gesamtvolumen CO₂-angereicherte Gas) auf.

[0073] In einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird das durch einen mit Koks- oder Gas-betriebenen Kalkofen gewonnene CO₂-angereicherte Carbonatationsgas oder das CO₂-angereicherte Carbonatationsgas des zumindest einen Anteils des Kesselhausgases mit Luft, insbesondere Umgebungsluft, gemischt, insbesondere um den CO₂-Gehalt des CO₂-angereicherten Carbonatationsgases einzustellen.

[0074] In einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung beträgt die Retentionszeit des CO₂-angereicherten Carbonatationsgases im jeweiligen Carbonatationsbehälter, insbesondere Vorcarbonatationsbehälter, ersten Carbonatationsbehälter und/oder mindestens einen weiteren Carbonatationsbehälter, insbesondere zweiten Carbonatationsbehälter, 1,0 bis 15,0 Minuten, insbesondere 2,0 bis 12,0 Minuten, insbesondere 2,5 bis 10,0 Minuten, insbesondere 2,5 Minuten, insbesondere 4 Minuten, insbesondere 6 Minuten, insbesondere 8 Minuten, insbesondere 10 Minuten.

[0075] In einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird der Zuckerrohsaft aus Zuckerrüben oder Zuckerrohr gewonnen.

[0076] In einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird eine Rohzuckerlösung durch Lösen von Rohzucker in Wasser erhalten.

[0077] In einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung weist eine Rohzuckerlösung 10 bis 95 Gew.-%, insbesondere 20 bis 90 Gew.-%, insbesondere 30 bis 85 Gew.-%, insbesondere 40 bis 80 Gew.-%, insbesondere 50 bis 70 Gew.-%, insbesondere 55 bis 65 Gew.-%, insbesondere 60 Gew.-%, Rohzucker und 5 bis 90 Gew.-%, insbesondere 10 bis 80 Gew.-%, insbesondere 15 bis 70 Gew.-%, insbesondere 20 bis 60 Gew.-%, insbesondere 30 bis 50 Gew.-%, insbesondere 35 bis 45 Gew.-%, insbesondere 40 Gew.-%, Wasser (jeweils bezogen auf Gesamtgewicht Rohzuckerlösung) auf.

[0078] In einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung beträgt der CO₂-Gasnutzungsgrad des ersten Carbonatationsschritts mindestens 80 %, insbesondere mindestens 85 %, insbesondere mindestens 90 %, insbesondere 90 bis 95 %, insbesondere 92 %, insbesondere 95 %.

[0079] In einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung beträgt die Retentionszeit des CO₂-angereicherten Carbonatationsgases im ersten Carbonatationsbehälter 1,0 bis 15,0 Minuten, insbesondere 2,0 bis 12,0 Minuten, insbesondere 2,5 bis 10,0 Minuten, insbesondere 2,5 Minuten, insbesondere 4 Minuten, insbesondere 6 Minuten, insbesondere 8 Minuten, insbesondere 10 Minuten und der Gasnutzungsgrad des ersten Carbonatationsschritts mindestens 80 %, insbesondere mindestens 85 %, insbesondere mindestens 90 %, insbesondere 90 bis 95 %, insbesondere 92 %, insbesondere 95 %.

[0080] In einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung beträgt der CO₂-Gasnutzungsgrad des mindestens einen weiteren Carbonatationsschritts, insbesondere zweiten Carbonatationsschritts, mindestens 20 %, insbesondere mindestens 30 %, insbesondere mindestens 40 %, insbesondere mindestens 45 %, insbesondere 47 bis 60 %, insbesondere 47 %, insbesondere 49 %, insbesondere 50 %.

[0081] In einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung beträgt die Retentionszeit des CO₂-angereicherten Carbonatationsgases im mindestens einen weiteren Carbonatationsbehälter, insbesondere zweiten Carbonatationsbehälter, 1,0 bis 15,0 Minuten, insbesondere 2,0 bis 12,0 Minuten, insbesondere 2,5 bis 10,0 Minuten, insbesondere 2,5 Minuten, insbesondere 4 Minuten, insbesondere 6 Minuten, insbesondere 8 Minuten, insbesondere 10 Minuten und der Gasnutzungsgrad des mindestens einen weiteren Carbonatationsschritts, insbesondere zweiten Carbonatationsschritts, mindestens 20 %, insbesondere mindestens 30 %, insbesondere mindestens 40 %, insbesondere mindestens 45 %, insbesondere 47 bis 60 %, insbesondere 47 %, insbesondere 49 %, insbesondere 50 %.

[0082] In einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung beträgt der CO₂-Gasnutzungsgrad des Vorcarbonatationsschritts mindestens 70 %, insbesondere mindestens 75 %, insbesondere mindestens 80 %, insbesondere mehr als 80 %, insbesondere 80 bis 88 %, insbesondere 80 %, insbesondere 81 %, insbesondere 82 %, insbesondere 83 %, insbesondere 84 %, insbesondere 85 %, insbesondere 86 %, insbesondere 87 %, insbesondere 88 %.

[0083] In einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung beträgt die Retentionszeit des CO₂-angereicherten Carbonatationsgases im Vorcarbonatationsbehälter, 1,0 bis 15,0 Minuten, insbesondere 2,0 bis 12,0 Minuten, insbesondere 2,5 bis 10,0 Minuten, insbesondere 2,5 Minuten, insbesondere 4 Minuten, insbesondere 6 Minuten, ins-

besondere 8 Minuten, insbesondere 10 Minuten und der Gasnutzungsgrad des Vorcarbonatationsschritts mindestens 70 %, insbesondere mindestens 75 %, insbesondere mindestens 80 %, insbesondere mehr als 80 %, insbesondere 80 bis 88 %, insbesondere 80 %, insbesondere 81 %, insbesondere 82 %, insbesondere 83 %, insbesondere 84 %, insbesondere 85 %, insbesondere 86 %, insbesondere 87 %, insbesondere 88 %.

5 **[0084]** In einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung beträgt der CO₂-Gesamtgasnutzungsgrad der Carbonatation gemäß Verfahrensschritt b) mindestens 50 %, insbesondere mindestens 55 %, insbesondere mindestens 60 %, insbesondere mindestens 70 %, insbesondere mindestens 80 %, insbesondere mindestens 90 %, insbesondere 50 bis 99 %, insbesondere 60 bis 98 %, insbesondere 70 bis 97 %, insbesondere 80 bis 96 %, insbesondere 90 bis 95 %, insbesondere 92 %, insbesondere 95 %.

10 **[0085]** In einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist der CO₂-Gesamtgasnutzungsgrad der Carbonatation gemäß Verfahrensschritt b) gegenüber einem vergleichbaren Verfahren ohne Durchführung von erfindungsgemäßigem Verfahrensschritt c) um mindestens 3 %, insbesondere mindestens 5 %, insbesondere mindestens 7 %, insbesondere 7 %, insbesondere 8 %, insbesondere 9 %, verbessert.

15 **[0086]** In einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist die CO₂-Emission der Carbonatation gemäß Verfahrensschritt b) gegenüber einem vergleichbaren Verfahren ohne Durchführung von erfindungsgemäßigem Verfahrensschritt c) um mindestens 20 %, insbesondere mindestens 30 %, insbesondere mindestens 40 %, insbesondere 43 %, insbesondere 44 %, insbesondere 46 %, insbesondere 54 %, insbesondere 56 %, insbesondere 57 %, verringert.

[0087] Die vorliegende Erfindung betrifft auch eine Vorrichtung zur Herstellung von einem Carbonatationsprodukt aus einem Carbonatationsedukt, insbesondere geeignet und ausgelegt zur Durchführung eines erfindungsgemäßen Verfahrens, umfassend mindestens einen ersten Carbonatationsbehälter, mindestens einen weiteren Carbonatationsbehälter und mindestens eine Leitung von dem mindestens einen weiteren Carbonatationsbehälter in einen vorgeschalteten Carbonatationsbehälter, insbesondere Vorcarbonatationsbehälter, die geeignet ist, zumindest einen Teil eines Abgases aus dem mindestens einen weiteren Carbonatationsbehälter in ein alkalisches Carbonatationsedukt vorliegend in einem vorgeschalteten Carbonatationsbehälter, insbesondere Vorcarbonatationsbehälter, einzuleiten.

25 **[0088]** In einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung umfasst die erfindungsgemäße Vorrichtung mindestens einen Alkalisierungsbehälter, insbesondere mindestens einen Kalkungsbehälter, insbesondere einen Vorkalkungsbehälter und einen Hauptkalkungsbehälter.

[0089] In einer bevorzugten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung ist dem ersten Carbonatationsbehälter ein Vorcarbonatationsbehälter vorgeschaltet.

30 **[0090]** In einer bevorzugten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung ist dem ersten Carbonatationsbehälter ein zweiter Carbonatationsbehälter nachgeschaltet.

[0091] In einer bevorzugten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung ist dem ersten Carbonatationsbehälter ein Vorcarbonatationsbehälter vorgeschaltet und ein zweiter Carbonatationsbehälter nachgeschaltet.

35 **[0092]** In einer bevorzugten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung ist der vorgeschaltete Carbonatationsbehälter der erste Carbonatationsbehälter oder der Vorcarbonatationsbehälter.

[0093] In einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung umfasst die erfindungsgemäße Vorrichtung insgesamt mindestens 2, insbesondere 2, insbesondere mindestens 3, insbesondere 3, insbesondere 4, insbesondere 5, insbesondere 6, Carbonatationsbehälter.

40 **[0094]** In einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung weist die erfindungsgemäße Vorrichtung mindestens eine Leitung von dem zweiten Carbonatationsbehälter in den ersten Carbonatationsbehälter auf, die geeignet ist, zumindest einen Teil eines Abgases aus dem zweiten Carbonatationsbehälter in ein alkalisches Carbonatationsedukt vorliegend in dem ersten Carbonatationsbehälter einzuleiten.

45 **[0095]** In einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung weist die erfindungsgemäße Vorrichtung mindestens eine Leitung von dem zweiten Carbonatationsbehälter in den mindestens einen Vorcarbonatationsbehälter auf, die geeignet ist, zumindest einen Teil eines Abgases aus dem zweiten Carbonatationsbehälter in ein alkalisches Carbonatationsedukt vorliegend in dem Vorcarbonatationsbehälter, insbesondere als einziges, alleiniges CO₂-angereichertes Carbonatationsgas, einzuleiten.

50 **[0096]** In einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung umfasst die Vorrichtung zur Herstellung von einem Carbonatationsprodukt aus einem Carbonatationsedukt, insbesondere geeignet und ausgelegt zur Durchführung eines erfindungsgemäßen Verfahrens, einen ersten Carbonatationsbehälter, einen dem ersten Carbonatationsbehälter nachgeschalteten zweiten Carbonatationsbehälter und eine Leitung von dem zweiten Carbonatationsbehälter in den dem zweiten Carbonatationsbehälter vorgeschalteten ersten Carbonatationsbehälter, die geeignet ist, zumindest einen Teil eines Abgases aus dem zweiten Carbonatationsbehälter in ein alkalisches Carbonatationsedukt vorliegend in den dem zweiten Carbonatationsbehälter vorgeschalteten ersten Carbonatationsbehälter, insbesondere zusätzlich zu durch in einem Kalkofen gewonnenem oder als zumindest anteilig in einem Kesselhausgas vorhandenem CO₂-angereichertem Carbonatationsgas, einzuleiten.

[0097] In einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung umfasst die Vorrichtung zur Herstellung von einem Carbonatationsprodukt aus einem Carbonatationsedukt, insbesondere geeignet und ausgelegt zur Durchführung

eines erfindungsgemäßen Verfahrens, einen ersten Carbonatationsbehälter, einen dem ersten Carbonatationsbehälter nachgeschalteten zweiten Carbonatationsbehälter, einen dem ersten Carbonatationsbehälter vorgeschalteten Vorcarbonatationsbehälter und eine Leitung von dem zweiten Carbonatationsbehälter in den dem ersten Carbonatationsbehälter vorgeschalteten Vorcarbonatationsbehälter, die geeignet ist, zumindest einen Teil eines Abgases aus dem zweiten Carbonatationsbehälter in ein alkalisches Carbonatationsedukt vorliegend in den dem ersten Carbonatationsbehälter vorgeschalteten Vorcarbonatationsbehälter, insbesondere als einziges, alleiniges CO₂-angereichertes Carbonatationsgas, einzuleiten.

[0098] In einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist die erfindungsgemäße Vorrichtung eine Rübenzucker- oder Zuckerrohrzuckerverarbeitungsvorrichtung zur Herstellung von Dünnsaft aus Zuckerrohssaft.

[0099] In einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist die erfindungsgemäße Vorrichtung eine Zuckerraffinationsvorrichtung zur Herstellung von einer aufgereinigten Rohzuckerlösung aus einer Rohzuckerlösung.

[0100] In einer bevorzugten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung, insbesondere Rübenzucker- oder Zuckerrohrzuckerverarbeitungsvorrichtung, ist jedem Carbonatationsbehälter eine Abtrennvorrichtung, insbesondere Filtriervorrichtung, nachgeschaltet.

[0101] In einer bevorzugten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung, insbesondere Rübenzucker- oder Zuckerrohrzuckerverarbeitungsvorrichtung, ist jeder Abtrennvorrichtung, insbesondere Filtriervorrichtung, ein Vorlagebehälter nachgeschaltet.

[0102] In einer bevorzugten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung, insbesondere Rübenzucker- oder Zuckerrohrzuckerverarbeitungsvorrichtung, ist jedem Carbonatationsbehälter ein Vorlagebehälter vorgeschaltet.

[0103] In einer bevorzugten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung, insbesondere Rübenzucker- oder Zuckerrohrzuckerverarbeitungsvorrichtung, ist dem zweiten Carbonatationsbehälter ein Vorlagebehälter vorgeschaltet.

[0104] In einer bevorzugten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung, insbesondere Rübenzucker- oder Zuckerrohrzuckerverarbeitungsvorrichtung, ist dem ersten Carbonatationsbehälter eine erste Abtrennvorrichtung, insbesondere Filtriervorrichtung, nachgeschaltet.

[0105] In einer bevorzugten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung, insbesondere Rübenzucker- oder Zuckerrohrzuckerverarbeitungsvorrichtung, ist dem ersten Carbonatationsbehälter eine erste Abtrennvorrichtung, insbesondere Filtriervorrichtung, nachgeschaltet und der ersten Abtrennvorrichtung ein Vorlagebehälter nachgeschaltet.

[0106] In einer bevorzugten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung ist dem zweiten Carbonatationsbehälter eine zweite Abtrennvorrichtung, insbesondere Filtriervorrichtung, nachgeschaltet.

[0107] In einer bevorzugten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung, insbesondere Rübenzucker- oder Zuckerrohrzuckerverarbeitungsvorrichtung, ist dem Vorcarbonatationsbehälter eine Abtrennvorrichtung, insbesondere Filtriervorrichtung, nachgeschaltet.

[0108] In einer bevorzugten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung, insbesondere Zuckerraffinationsvorrichtung, ist dem Vorcarbonatationsbehälter keine Abtrennvorrichtung, insbesondere Filtriervorrichtung, nachgeschaltet.

[0109] In einer bevorzugten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung, insbesondere Rübenzucker- oder Zuckerrohrzuckerverarbeitungsvorrichtung, ist dem ersten Carbonatationsbehälter, mindestens ein Vorcarbonatationsbehälter vorgeschaltet und zwischen dem ersten Carbonatationsbehälter und dem Vorcarbonatationsbehälter eine Abtrennvorrichtung, insbesondere Filtriervorrichtung, zwischengeschaltet.

[0110] In einer bevorzugten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung, insbesondere Rübenzucker- oder Zuckerrohrzuckerverarbeitungsvorrichtung, ist dem ersten Carbonatationsbehälter, ein Vorcarbonatationsbehälter vorgeschaltet, zwischen dem ersten Carbonatationsbehälter und dem Vorcarbonatationsbehälter eine Abtrennvorrichtung, insbesondere Filtriervorrichtung, zwischengeschaltet, nach dem ersten Carbonatationsbehälter ein zweiter Carbonatationsbehälter nachgeschaltet und zwischen dem ersten Carbonatationsbehälter und dem zweiten Carbonatationsbehälter eine erste Abtrennvorrichtung zwischengeschaltet, insbesondere wird ein Vorlagebehälter zwischen der ersten Abtrennvorrichtung und dem zweiten Carbonatationsbehälter zwischengeschaltet.

[0111] In einer bevorzugten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung ist dem ersten Carbonatationsbehälter, ein Vorcarbonatationsbehälter vorgeschaltet, zwischen dem ersten Carbonatationsbehälter und dem Vorcarbonatationsbehälter keine Abtrennvorrichtung zwischengeschaltet, nach dem ersten Carbonatationsbehälter ein zweiter Carbonatationsbehälter nachgeschaltet und zwischen dem ersten Carbonatationsbehälter und dem zweiten Carbonatationsbehälter eine erste Abtrennvorrichtung zwischengeschaltet, insbesondere wird ein Vorlagebehälter zwischen der ersten Abtrennvorrichtung und dem zweiten Carbonatationsbehälter zwischengeschaltet.

[0112] In einer bevorzugten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung, insbesondere Rübenzucker- oder Zuckerrohrzuckerverarbeitungsvorrichtung, ist dem ersten Carbonatationsbehälter, ein Vorcarbonatationsbehälter vorgeschaltet, zwischen dem ersten Carbonatationsbehälter und dem Vorcarbonatationsbehälter eine Abtrennvorrichtung, insbesondere Filtriervorrichtung, zwischengeschaltet, nach dem ersten Carbonatationsbehälter ein zweiter Carbonatationsbehälter nachgeschaltet, zwischen dem ersten Carbonatationsbehälter und dem zweiten Carbonatationsbehälter eine erste Abtrennvorrichtung, insbesondere Filtriervorrichtung, zwischengeschaltet und nach dem zweiten Carbonatationsbehälter eine zweite Abtrennvorrichtung, insbesondere Filtriervorrichtung, nachgeschaltet.

tationsbehälter eine zweite Abtrennvorrichtung, insbesondere Filtriervorrichtung, nachgeschaltet.

[0113] In einer bevorzugten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung ist dem ersten Carbonatationsbehälter, ein Vorcarbonatationsbehälter vorgeschaltet, zwischen dem ersten Carbonatationsbehälter und dem Vorcarbonatationsbehälter keine Abtrennvorrichtung zwischengeschaltet, nach dem ersten Carbonatationsbehälter ein zweiter Carbonatationsbehälter nachgeschaltet, zwischen dem ersten Carbonatationsbehälter und dem zweiten Carbonatationsbehälter eine erste Abtrennvorrichtung, insbesondere Filtriervorrichtung, zwischengeschaltet und nach dem zweiten Carbonatationsbehälter eine zweite Abtrennvorrichtung, insbesondere Filtriervorrichtung, nachgeschaltet.

[0114] In einer bevorzugten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung, insbesondere Zuckerraffinationsvorrichtung, ist dem ersten Carbonatationsbehälter, ein Vorcarbonatationsbehälter vorgeschaltet, zwischen dem ersten Carbonatationsbehälter und dem Vorcarbonatationsbehälter keine Abtrennvorrichtung zwischengeschaltet, nach dem ersten Carbonatationsbehälter ein zweiter Carbonatationsbehälter nachgeschaltet, zwischen dem ersten Carbonatationsbehälter und dem zweiten Carbonatationsbehälter keine erste Abtrennvorrichtung zwischengeschaltet und nach dem zweiten Carbonatationsbehälter eine zweite Abtrennvorrichtung, insbesondere Filtriervorrichtung, nachgeschaltet.

[0115] In einer bevorzugten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung, insbesondere Rübenzucker- oder Zuckerrohrzuckerverarbeitungsvorrichtung, ist dem ersten Carbonatationsbehälter ein zweiter Carbonatationsbehälter nachgeschaltet und zwischen dem ersten Carbonatationsbehälter und dem zweiten Carbonatationsbehälter eine erste Abtrennvorrichtung, insbesondere Filtriervorrichtung, zwischengeschaltet.

[0116] In einer bevorzugten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung, insbesondere Zuckerraffinationsvorrichtung, ist dem ersten Carbonatationsbehälter ein zweiter Carbonatationsbehälter nachgeschaltet, zwischen dem ersten Carbonatationsbehälter und dem zweiten Carbonatationsbehälter keine erste Abtrennvorrichtung zwischengeschaltet und dem zweiten Carbonatationsbehälter eine zweite Abtrennvorrichtung, insbesondere Filtriervorrichtung, nachgeschaltet.

[0117] In einer bevorzugten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung, insbesondere Rübenzucker- oder Zuckerrohrzuckerverarbeitungsvorrichtung, ist dem ersten Carbonatationsbehälter ein zweiter Carbonatationsbehälter nachgeschaltet, zwischen dem ersten Carbonatationsbehälter und dem zweiten Carbonatationsbehälter eine erste Abtrennvorrichtung, insbesondere Filtriervorrichtung, zwischengeschaltet und nach dem zweiten Carbonatationsbehälter eine zweite Abtrennvorrichtung, insbesondere Filtriervorrichtung, nachgeschaltet.

[0118] In einer bevorzugten Ausführungsform umfasst die erfindungsgemäße Vorrichtung, insbesondere Rübenzucker- oder Zuckerrohrzuckerverarbeitungsvorrichtung, einen mit Koks- oder Gas-betriebenen Kalkofen.

[0119] In einer bevorzugten Ausführungsform umfasst die erfindungsgemäße Vorrichtung, insbesondere Zuckerraffinationsvorrichtung, ein Kesselhaus, insbesondere ein Gas-betriebenes Kesselhaus.

[0120] Das technische Problem wird auch gelöst durch insbesondere ein Verfahren zur Herstellung von einem Carbonatationsprodukt aus einem Carbonatationsedukt, umfassend die Verfahrensschritte:

- a) Alkalisierung von einem Carbonatationsedukt unter Erhalt eines alkalischen Carbonatationsedukts und
- b) Carbonatation des alkalischen Carbonatationsedukts umfassend einen ersten und mindestens einen weiteren Carbonatationsschritt b1) und b2) unter Erhalt des Carbonatationsprodukts, im Rahmen derer jeweils ein CO₂-angereichertes Carbonatationsgas in das alkalische Carbonatationsedukt eingeleitet und ein CO₂-abgereichertes Abgas ausgeleitet wird, gekennzeichnet durch
- c) Einleiten mindestens eines Anteils des CO₂-abgereicherten Abgases des mindestens einen weiteren Carbonatationsschritts in das alkalische Carbonatationsedukt vor oder während dem ersten Carbonatationsschritt, bevorzugt vor dem ersten Carbonatationsschritt.

[0121] Im Zusammenhang mit der vorliegenden Erfindung wird unter "Carbonatationsedukt" das für die Durchführung einer Carbonatation vorgesehene Edukt verstanden. Bevorzugt ist das Carbonatationsedukt ein Zuckerrohsaft. Bevorzugt ist das Carbonatationsedukt eine Rohzuckerlösung. Bevorzugt weist ein Carbonatationsedukt eine größere Menge an fällender Stoffe und/oder Schwebstoffe als das aus dem Carbonatationsedukt durch die Durchführung einer Carbonatation erhaltene Carbonatationsprodukt auf.

[0122] Im Zusammenhang mit der vorliegenden Erfindung wird unter "Carbonatationsprodukt" das durch die Durchführung einer Carbonatation erhaltene Produkt verstanden. Bevorzugt ist das Carbonatationsprodukt ein Dünnsaft. Bevorzugt ist das Carbonatationsprodukt eine aufgereinigte Rohzuckerlösung. Bevorzugt weist ein Carbonatationsprodukt aufgrund einer durchgeführten Carbonatation eine geringere Menge an fällender Stoffe, insbesondere umfassend Calciumhydroxid, und/oder Schwebstoffe als das Carbonatationsedukt auf.

[0123] Bevorzugt weist das Carbonatationsprodukt aufgrund einer durchgeführten Carbonatation keine zu fällenden Stoffe, insbesondere kein Calciumhydroxid, und/oder Schwebstoffe auf. Bevorzugt wird das Carbonatationsprodukt nach dem letzten Carbonatationsschritt, insbesondere zweiten Carbonatationsschritt, erhalten. Bevorzugt liegt nach dem letzten Carbonatationsschritt in dem Carbonatationsprodukt nicht abgetrennter durch den letzten Carbonatationsschritt ausgefallter Feststoff, insbesondere Calciumcarbonat, vor.

[0124] Im Zusammenhang mit der vorliegenden Erfindung wird unter "Rohzuckerlösung" in Wasser gelöster Rohzucker verstanden. Bevorzugt weist eine Rohzuckerlösung eine größere Menge zu fällender Stoffe und/oder Schwebstoffe als die aus der Rohzuckerlösung durch die Durchführung einer Carbonatation erhaltene aufgereinigte Rohzuckerlösung auf.

[0125] Im Zusammenhang mit der vorliegenden Erfindung wird unter "Rohzucker" nicht raffinierter Zucker verstanden. Bevorzugt wird der Rohzucker in einer Zuckerraffination zu raffiniertem Zucker verarbeitet. Bevorzugt weist Rohzucker eine bräunliche Färbung auf.

[0126] Im Zusammenhang mit der vorliegenden Erfindung wird unter "raffiniertem Zucker" ein aus einem Rohzucker durch Raffination erhaltener Zucker verstanden. Bevorzugt hat raffinierter Zucker eine weiße Farbe.

[0127] Im Zusammenhang mit der vorliegenden Erfindung wird unter "aufgereinigte Rohzuckerlösung" die aus einer Rohzuckerlösung nach der Durchführung einer Carbonatation erhaltene Rohzuckerlösung verstanden. Bevorzugt weist eine aufgereinigte Rohzuckerlösung aufgrund einer durchgeführten Carbonatation eine geringere Menge zu fällender Stoffe, insbesondere umfassend Calciumhydroxid, und/oder Schwebstoffe als die in der Carbonatation verwendete Rohzuckerlösung, insbesondere alkalische Rohzuckerlösung, auf. Bevorzugt weist die aufgereinigte Rohzuckerlösung aufgrund einer durchgeführten Carbonatation keine zu fällenden Stoffe, insbesondere kein Calciumhydroxid, und/oder Schwebstoffe auf. Bevorzugt wird die aufgereinigte Rohzuckerlösung nach der Durchführung des letzten Carbonatationsschritts erhalten. Bevorzugt liegt nach dem letzten Carbonatationsschritt in der aufgereinigten Rohzuckerlösung nicht abgetrennter durch den letzten Carbonatationsschritt ausgefällter Feststoff, insbesondere Calciumcarbonat, vor.

[0128] Im Zusammenhang mit der vorliegenden Erfindung wird unter "Zuckerrohsaft" der nach einer Extraktion aus einer festen Zuckerquelle, insbesondere Zuckerrüben, insbesondere Zuckerrübenschnitzel, oder Zuckerrohr, gewonnene Saft verstanden. Bevorzugt wird der Zuckerrohsaft aus Zuckerrüben, insbesondere Zuckerrübenschnitzel, oder Zuckerrohr mit heißem, insbesondere 70 °C heißem, Wasser in einem Extraktionsturm extrahiert. Bevorzugt ist der Zuckerrohsaft trüb. Bevorzugt sind nach Extraktion bis zu 99 Gew.-% des Zuckers der Zuckerrübe oder des Zuckerrohrs (bezogen auf Gesamtgewicht Zucker in der Zuckerrübe oder im Zuckerrohr) in dem Zuckerrohsaft vorhanden. Bevorzugt umfasst der Zuckerrohsaft neben Zucker weitere Stoffe, insbesondere Schwebstoffe und nicht fällbare Nicht-Zuckerstoffe.

[0129] Im Zusammenhang mit der vorliegenden Erfindung wird unter "Schwebstoffe" feste Stoffe, insbesondere mineralische oder organische Feststoffe, verstanden die in einem Umgebungsmedium, insbesondere Wasser, nicht in Lösung gehen und wegen ihrer geringen Größe und ihres geringen Gewichts in der Schwebelösung gehalten werden.

[0130] Im Zusammenhang mit der vorliegenden Erfindung wird unter "nicht fällbare Nicht-Zuckerstoffe" Nicht-Zuckerstoffe, also Stoffe die nicht Zucker sind, verstanden, die durch die in der Zuckerherstellung oder Zuckerraffination durchgeführte Kalkung, insbesondere Vor- und Hauptkalkung, nicht fällbar sind.

[0131] Im Zusammenhang mit der vorliegenden Erfindung wird unter "Kalkung" ein Verfahrensschritt vor einer Carbonatation verstanden. Bevorzugt umfasst eine Kalkung eine Vor- und/oder eine Hauptkalkung, insbesondere besteht aus diesen. Bevorzugt wird in einer Kalkung ein Carbonatationsedukt zu einem alkalischen Carbonatationsedukt alkalisiert. Bevorzugt wird unter Kalkung auch Alkalisierung verstanden.

[0132] Im Zusammenhang mit der vorliegenden Erfindung wird unter "Vorkalkung" ein Verfahrensschritt in der Zuckerherstellung, insbesondere Saftreinigung, oder Zuckerraffination verstanden, bei dem der pH-Wert eines Carbonatationsedukts, insbesondere Zuckerrohsaft oder Rohzuckerlösung, durch die Verwendung von Kalkmilch auf pH 10,6 bis 11,6 erhöht wird. Bevorzugt werden durch die Vorkalkung Kolloide und unlösliche Salze aus dem Carbonatationsedukt gefällt.

[0133] Im Zusammenhang mit der vorliegenden Erfindung wird unter "Hauptkalkung" ein Verfahrensschritt in der Zuckerherstellung, insbesondere Saftreinigung, oder Zuckerraffination verstanden, bei dem der pH-Werts eines aus einer Vorkalkung erhaltenen Carbonatationsedukts durch die Verwendung von Kalkmilch auf pH 12 bis 12,6 unter Erhalt eines alkalischen Carbonatationsedukts weiter erhöht wird. Bevorzugt werden durch die Hauptkalkung die im Carbonatationsedukt vorliegenden Invertase und Säureamide gespalten.

[0134] Im Zusammenhang mit der vorliegenden Erfindung wird unter "Kalkmilch" eine Calciumhydroxiddispersion in Wasser verstanden. Bevorzugt wird Kalkmilch in der Vor- und Hauptkalkung einer Zuckerherstellung oder Zuckerraffination eingesetzt. Bevorzugt wird Kalkmilch zur Fällung von Nicht-Zuckerstoffen und Schwebstoffen eingesetzt. Bevorzugt werden die Nicht-Zuckerstoffe und Schwebstoffe von dem in der Kalkmilch vorliegenden festen Calciumhydroxid adsorbiert.

[0135] Im Zusammenhang mit der vorliegenden Erfindung wird unter "Dünnsaft" auch Zuckerdünnsaft verstanden. Im Zusammenhang mit der vorliegenden Erfindung ist "Dünnsaft" ein Zwischenprodukt in der Zuckerherstellung, insbesondere gewonnen aus Zuckerrüben oder Zuckerrohr. Bevorzugt wird Dünnsaft durch das erfindungsgemäße Verfahren aus Zuckerrohsaft erhalten. Bevorzugt enthält der Dünnsaft 10 bis 20 % Rohzucker (bezogen auf Gesamtzusammensetzung Dünnsaft). Bevorzugt ist der Dünnsaft klar und die Farbe des Dünnsaftes hellgelb.

[0136] Im Zusammenhang mit der vorliegenden Erfindung wird unter "Zucker" ein Mono- oder Disaccharid, insbesondere Glucose und Saccharose, insbesondere Saccharose, verstanden.

[0137] Im Zusammenhang mit der vorliegenden Erfindung wird unter "Alkalisierung" eine Erhöhung des pH-Werts

eines Carbonatationsedukts verstanden. Bevorzugt wird durch die Alkalisierung des Carbonatationsedukts der pH-Wert des Carbonatationsedukts auf pH 11 bis 12 erhöht. Bevorzugt umfasst die Alkalisierung eine Vorkalkung und/oder eine Hauptkalkung, insbesondere besteht aus diesen. Bevorzugt wird in der Alkalisierung der pH-Wert des Carbonatationsedukts durch die Verwendung von Kalkmilch erhöht. Bevorzugt wird durch die Alkalisierung eines Carbonatationsedukts ein alkalisches Carbonatationsedukt erhalten. Bevorzugt wird durch die Alkalisierung von Zuckerrohsaft alkalischer Zuckerrohsaft erhalten. Bevorzugt wird durch die Alkalisierung von einer Rohzuckerlösung eine alkalische Rohzuckerlösung erhalten.

[0138] Im Zusammenhang mit der vorliegenden Erfindung wird unter "Adsorption" die Anreicherung, insbesondere Anhaftung, eines Stoffes, insbesondere eines Nicht-Zuckerstoffes und/oder Schwebstoffes, an der Oberfläche eines Festkörpers, insbesondere Calciumhydroxid und/oder Calciumcarbonat, verstanden. Bevorzugt wechselwirken die Stoffe durch nicht-kovalente Wechselwirkungen mit der Oberfläche des Festkörpers. Erfindungsgemäß wird somit unter Adsorption auch Physisorption verstanden.

[0139] Im Zusammenhang mit der vorliegenden Erfindung wird unter "Hauptkalkungsalkalität" die Alkalität des durch eine Hauptkalkung erhaltenen alkalischen Carbonatationsedukts verstanden. Bevorzugt wird unter Hauptkalkungsalkalität eine Alkalität von 0,6 bis 1,2 g CaO/100 mL verstanden.

[0140] Im Zusammenhang mit der vorliegenden Erfindung wird unter "alkalisches Carbonatationsedukt" ein nach der Alkalisierung gemäß Verfahrensschritt a) des erfindungsgemäßen Verfahrens erhaltenes Carbonatationsedukt verstanden. Bevorzugt wird zum Erhalt eines alkalischen Carbonatationsedukts eine Vor- und/oder eine Hauptkalkung durchgeführt. Bevorzugt enthält ein alkalisches Carbonatationsedukt Calciumhydroxid. Bevorzugt ist ein alkalisches Carbonatationsedukt ein alkalischer Zuckerrohsaft. Bevorzugt ist ein alkalisches Carbonatationsedukt eine alkalische Rohzuckerlösung.

[0141] Im Zusammenhang mit der vorliegenden Erfindung wird unter "alkalisches Carbonatationszwischenprodukt" ein erhaltenes alkalisches Zwischenprodukt nach der Durchführung eines Vorcarbonatationsschritts, eines ersten Carbonatationsschritts oder eines mindestens einen weiteren Carbonatationsschritts, der nicht der letzte Carbonatationsschritt ist, verstanden. Im Zusammenhang mit der vorliegenden Erfindung ist das nach dem jeweiligen durchgeführten Carbonatationsschritt, insbesondere Vorcarbonatationsschritt, erster Carbonatationsschritt oder mindestens eine weitere Carbonatationsschritt, der nicht der letzte Carbonatationsschritt ist, erhaltene alkalische Carbonatationszwischenprodukt gleichzeitig das in dem folgenden Carbonatationsschritt eingesetzte alkalische Carbonatationsedukt.

[0142] Im Zusammenhang mit der vorliegenden Erfindung wird unter "Carbonatation" eine Reinigung von einem alkalischen Carbonatationsedukt unter Erhalt von einem Carbonatationsprodukt verstanden, insbesondere durch Einleiten von CO₂ und Abtrennung von einem ausgefällten Feststoff. Bevorzugt umfasst die Carbonatation der vorliegenden Erfindung mindestens zwei Carbonatationsschritte. Bevorzugt umfasst die Carbonatation der vorliegenden Erfindung einen ersten Carbonatationsschritt, einen zweiten Carbonatationsschritt und optional einen Vorcarbonatationsschritt. Bevorzugt umfasst die Carbonatation der vorliegenden Erfindung mindestens einen Abtrennschritt eines durch einen Carbonatationsschritt ausgefällten Feststoffs von einem alkalischen Carbonatationszwischenprodukt unter Erhalt von einem alkalischen Carbonatationsedukt, insbesondere das weniger auszufällende Stoffe aufweist als das alkalische Carbonatationsedukt vor der Durchführung des Carbonatationsschritts. Bevorzugt umfasst die Carbonatation der vorliegenden Erfindung einen Abtrennschritt eines durch einen Carbonatationsschritt ausgefällten Feststoffs von einem Carbonatationsprodukt unter Erhalt des vom durch den Carbonatationsschritt entstandenen Feststoff abgetrennten Carbonatationsprodukts. Bevorzugt wird unter "Carbonatation" Verfahrensschritt b) der vorliegenden Erfindung umfassend ein mindestens zweimaliges Einleiten von einem CO₂-angereichertem Carbonatationsgas in ein alkalisches Carbonatationsedukt, ein mindestens zweimaliges Ausleiten von einem CO₂-abgereichertem Abgas, ein Abtrennen eines Feststoffs von einem Carbonatationsprodukt unter Erhalt des Carbonatationsprodukts und optional ein Abtrennen eines Feststoffs von einem alkalischen Carbonatationszwischenprodukt verstanden.

[0143] Im Zusammenhang mit der vorliegenden Erfindung wird unter "Carbonatationsschritt" ein Einleiten eines CO₂-angereicherten Carbonatationsgases in ein alkalisches Carbonatationsedukt und ein Ausleiten eines CO₂-abgereicherten Abgases aus dem durch den Carbonatationsschritt entstandenen alkalischen Carbonatationszwischenprodukt oder Carbonatationsprodukt verstanden. Bevorzugt wird ein Carbonatationsschritt in einem Carbonatationsbehälter durchgeführt. Bevorzugt wird in einem Carbonatationsschritt durch Einleiten eines CO₂-angereicherten Carbonatationsgases in ein alkalisches Carbonatationsedukt ein Feststoff aus dem alkalischen Carbonatationsedukt ausgefällt. Bevorzugt weist der aus dem alkalischen Carbonatationsedukt ausgefällte Feststoff Calciumcarbonat und optional nicht fällbare Nicht-Zuckerstoffe und/oder Schwebstoffe auf. Bevorzugt reagiert in einem Carbonatationsschritt das CO₂ des eingeleiteten CO₂-angereicherten Carbonatationsgases mit dem im alkalischen Carbonatationsedukt enthaltenen Calciumhydroxid zu Calciumcarbonat, wodurch ein CO₂-abgereichertes Abgas und ein alkalisches Carbonatationszwischenprodukt aufweisend eine geringere Menge auszufällender Stoffe als vor dem Carbonatationsschritt oder ein Carbonatationsprodukt erhalten wird. Bevorzugt wird das im Carbonatationsschritt erhaltene CO₂-abgereicherte Abgas aus dem Carbonatationsbehälter ausgeleitet.

[0144] Im Zusammenhang mit der vorliegenden Erfindung wird unter "CO₂-angereichertes Carbonatationsgas" ein

für die Carbonatation erzeugtes CO_2 aufweisendes Gas verstanden. Bevorzugt wird das CO_2 -angereicherte Carbonatationsgas durch einen mit Koks- oder Gas-betriebenen Kalkofen erzeugt. Bevorzugt ist das CO_2 -angereicherte Carbonatationsgas zumindest ein Anteil eines Kesselhausgases. Bevorzugt kann das CO_2 -angereicherte Carbonatationsgas mindestens ein Anteil des aus dem mindestens einen weiteren Carbonatationsschritt, insbesondere zweiten Carbonatationsschritt, ausgeleiteten Abgas sein und wird gemäß erfindungsgemäßem Verfahrensschritt c) in das alkalische Carbonatationsedukt vor oder während dem ersten Carbonatationsschritt eingeleitet. Dieses CO_2 -abgereicherte Abgas beziehungsweise Carbonatationsgas kann deshalb als CO_2 -angereichertes Carbonatationsgas verstanden werden, da sich während des Durchführens des ersten Carbonatationsschritts oder eines Carbonatationsschritts vor dem ersten Carbonatationsschritt, insbesondere Vorcarbonatationsschritt, der CO_2 -Gehalt im Carbonatationsgas verringert. Bevorzugt kann der CO_2 -Gehalt des CO_2 -angereicherten Carbonatationsgases durch Zugabe von Luft eingestellt werden. Bevorzugt weist das CO_2 -angereicherte Carbonatationsgas ohne Zugabe von Luft einen CO_2 -Gehalt von mindestens 40,0 Vol.-%, insbesondere 41,5 Vol.-%, (bezogen auf das Gesamtvolumen Carbonatationsgas) auf. Bevorzugt wird das CO_2 -angereicherte Carbonatationsgas in ein in einem Carbonatationsbehälter vorliegendes alkalisches Carbonatationsedukt während eines Carbonatationsschritts eingeleitet. Bevorzugt reagiert das CO_2 des CO_2 -angereicherten Carbonatationsgas mit dem im alkalischen Carbonatationsedukt vorhandenen Calciumhydroxid zu Calciumcarbonat wodurch ein CO_2 -abgereichertes Abgas erhalten wird. Bevorzugt weist das CO_2 -angereicherte Carbonatationsgas einen höheren CO_2 -Gehalt als das CO_2 -abgereicherte Abgas (jeweils bezogen auf Gesamtvolumen Carbonatationsgas oder Abgas) auf.

[0145] Im Zusammenhang mit der vorliegenden Erfindung wird unter " CO_2 -abgereichertes Abgas" auch Carbonatationsbrüden verstanden. Bevorzugt wird unter " CO_2 -abgereichertes Abgas" ein in einem Carbonatationsschritt erhaltenes Abgas verstanden. Bevorzugt wird unter " CO_2 -abgereichertes Abgas" ein CO_2 -abgereichertes Abgas verstanden, das nach einer Reaktion von in einem CO_2 -angereicherten Carbonatationsgas vorhandenem CO_2 mit in einem alkalischen Carbonatationsedukt vorhandenem Calciumhydroxid zu Calciumcarbonat erhalten wird. Bevorzugt wird das CO_2 -abgereicherte Abgas in einem Carbonatationsschritt gemäß erfindungsgemäßen Verfahrensschritt b) aus einem in einem Carbonatationsbehälter vorliegenden alkalischen Carbonatationszwischenprodukt oder Carbonatationsprodukt ausgeleitet. Bevorzugt wird erfindungsgemäß das aus einem in einem Carbonatationsbehälter vorliegende alkalische Carbonatationszwischenprodukt oder Carbonatationsprodukt gemäß Verfahrensschritt b) ausgeleitete CO_2 -abgereicherte Abgas in ein in einem dem Carbonatationsbehälter vorgeschalteten Carbonatationsbehälter vorliegendes alkalisches Carbonatationsedukt als CO_2 -angereichertes Carbonatationsgas gemäß erfindungsgemäßem Verfahrensschritt c) eingeleitet. Bevorzugt wird das aus einem zweiten Carbonatationsbehälter ausgeleitete CO_2 -abgereicherte Abgas gemäß erfindungsgemäßem Verfahrensschritt c) in ein in einem ersten Carbonatationsbehälter vorliegendes alkalisches Carbonatationsedukt als CO_2 -angereichertes Carbonatationsgas, insbesondere zusätzlich zu durch in einem Kalkofen gewonnenem oder als zumindest anteilig in einem Kesselhausgas vorhandenem CO_2 -angereichertem Carbonatationsgas, eingeleitet. Bevorzugt wird das aus einem zweiten Carbonatationsbehälter ausgeleitete CO_2 -abgereicherte Abgas gemäß erfindungsgemäßem Verfahrensschritt c) in ein in einem Vorcarbonatationsbehälter vorliegendes alkalisches Carbonatationsedukt als CO_2 -angereichertes Carbonatationsgas, insbesondere als einziges, alleiniges CO_2 -angereichertes Carbonatationsgas, eingeleitet.

[0146] Im Zusammenhang mit der vorliegenden Erfindung wird unter " CO_2 -angereichertem Carbonatationsgas" ein durch einen, insbesondere mit Koks- oder Gas-betriebenen, Kalkofen gewonnenes oder als zumindest anteilig in einem Kesselhausgas vorhandenes CO_2 -angereichertes Carbonatationsgas verstanden, das nicht bereits in einem Carbonatationsschritt verwendet wurde. Bevorzugt wird unter " CO_2 -angereichertem Carbonatationsgas" ein CO_2 -angereichertes Carbonatationsgas verstanden, das nicht auch als ein CO_2 -abgereichertes Abgas, insbesondere Erhalten aus einem Carbonatationsschritt, verstanden werden kann.

[0147] Im Zusammenhang mit der vorliegenden Erfindung wird unter " CO_2 -Gehalt" auch CO_2 -Konzentration verstanden. Bevorzugt wird unter " CO_2 -Gehalt" der CO_2 -Volumenanteil eines Gases bezogen auf das Gesamtvolumen des Gases verstanden.

[0148] Im Zusammenhang mit der vorliegenden Erfindung wird unter "Vorcarbonatationsschritt" ein Carbonatationsschritt verstanden, der vor dem ersten Carbonatationsschritt durchgeführt wird und in dem ein CO_2 -abgereichertes Abgas eines weiteren, insbesondere zweiten Carbonatationsschritts als einziges, alleiniges CO_2 -angereichertes Carbonatationsgas in ein alkalisches Carbonatationsedukt eingeleitet wird.

[0149] Im Zusammenhang mit der vorliegenden Erfindung wird unter "mindestens ein weiterer Carbonatationsschritt" mindestens ein weiterer Carbonatationsschritt verstanden, der oder die nach dem ersten Carbonatationsschritt durchgeführt wird oder werden. Bevorzugt ist der mindestens eine weitere Carbonatationsschritt ein zweiter Carbonatationsschritt und es wird nach dem zweiten Carbonatationsschritt kein weiterer Carbonatationsschritt durchgeführt.

[0150] Im Zusammenhang mit der vorliegenden Erfindung wird unter "Rübenzucker- oder Zuckerrohrzuckerverarbeitungsvorrichtung" eine Vorrichtung verstanden, die Rüben- und/oder Zuckerrohrzucker zu Rohzucker verarbeitet. Bevorzugt wird in der erfindungsgemäßen Rübenzucker- oder Zuckerrohrzuckerverarbeitungsvorrichtung das erfindungsgemäße Verfahren durchgeführt. Bevorzugt wird in der Rübenzucker- oder Zuckerrohrzuckerverarbeitungsvorrichtung

Dünnsaft aus Zuckerrohsaft hergestellt. Bevorzugt umfasst die erfindungsgemäße Rübenzucker- oder Zuckerrohrzucker-
 5 kerverarbeitungsvorrichtung einen ersten Carbonatationsbehälter, mindestens einen weiteren Carbonatationsbehälter
 und mindestens eine Leitung von dem mindestens einen weiteren Carbonatationsbehälter in einen vorgeschalteten
 Carbonatationsbehälter, wobei die mindestens eine Leitung geeignet ist, zumindest einen Teil eines Abgases aus dem
 mindestens einen weiteren Carbonatationsbehälter in einen alkalischen Rohsaft vorliegend in einem vorgeschalteten
 Carbonatationsbehälter einzuleiten. Bevorzugt weist die erfindungsgemäße Rübenzucker- oder Zuckerrohrzucker-
 arbeitungsvorrichtung einen Alkalisierungsbehälter auf.

[0151] Im Zusammenhang mit der vorliegenden Erfindung wird unter "Zuckerraffinationsvorrichtung" eine Vorrichtung
 10 verstanden, die Rohzucker zu raffiniertem Zucker raffiniert. Bevorzugt wird in der erfindungsgemäßen Zuckerraffina-
 tionsvorrichtung das erfindungsgemäße Verfahren durchgeführt. Bevorzugt wird in der erfindungsgemäßen Zuckerraffi-
 nationsvorrichtung erfindungsgemäß eine aufgereinigte Rohzuckerlösung aus einer Rohzuckerlösung hergestellt. Be-
 vorzugt umfasst die erfindungsgemäße Zuckerraffinationsvorrichtung einen ersten Carbonatationsbehälter, mindestens
 einen weiteren Carbonatationsbehälter und mindestens eine Leitung von dem mindestens einen weiteren Carbonata-
 15 tionsbehälter in einen vorgeschalteten Carbonatationsbehälter, wobei die mindestens eine Leitung geeignet ist, zumin-
 dest einen Teil eines Abgases aus dem mindestens einen weiteren Carbonatationsbehälter in eine alkalische Rohzu-
 ckerlösung vorliegend in einem vorgeschalteten Carbonatationsbehälter einzuleiten. Bevorzugt weist die erfindungsge-
 mäße Zuckerraffinationsvorrichtung einen Alkalisierungsbehälter auf.

[0152] Im Zusammenhang mit der vorliegenden Erfindung wird unter "Carbonatationsbehälter" ein Behälter verstan-
 20 den, in dem ein Carbonatationsschritt durchgeführt wird. Bevorzugt wird unter "Carbonatationsbehälter" auch Carbona-
 tationsreaktor verstanden. Bevorzugt liegt in einem Carbonatationsbehälter ein alkalisches Carbonatationsedukt, ein
 alkalisches Carbonatationszwischenprodukt oder ein Carbonatationsprodukt vor. Bevorzugt ist einem Carbonatations-
 behälter eine Abtrennvorrichtung nachgeschaltet. Bevorzugt wird in einen Carbonatationsbehälter über eine Leitung ein
 CO₂-angereichertes Carbonatationsgas ein- und über eine weitere Leitung ein CO₂-abgereichertes Abgas ausgeleitet.

[0153] Im Zusammenhang mit der vorliegenden Erfindung wird unter "Vorcarbonatationsbehälter" ein Behälter ver-
 25 standen, in dem ein Vorcarbonatationsschritt durchgeführt wird, insbesondere in den ein CO₂-abgereichertes Abgas
 aus einem weiteren, insbesondere zweiten Carbonatationsschritt beziehungsweise weiteren, insbesondere zweiten
 Carbonatationsbehälter als einziges Carbonatationsgas in ein alkalisches Carbonatationsedukt eingeleitet wird. Ein
 Vorcarbonatationsbehälter kann auch eine Leitung oder sonstiger Behälter sein, in den das CO₂-abgereicherte Abgas
 30 aus einem weiteren, insbesondere zweiten Carbonatationsschritt beziehungsweise weiteren, insbesondere zweiten
 Carbonatationsbehälter als einziges Carbonatationsgas in ein alkalisches Carbonatationsedukt eingeleitet werden kann.
 Der Vorcarbonatationsbehälter ist dem ersten Carbonatationsbehälter vorgeschaltet und so ausgelegt, daß ein Carbo-
 natationsedukt von dem Vorcarbonatationsbehälter in den ersten Carbonatationsbehälter geleitet werden kann.

[0154] Im Zusammenhang mit der vorliegenden Erfindung wird der "Gasnutzungsgrad" eines Carbonatationsschritts
 mit folgender Formel berechnet:

$$10000 * ((\text{CO}_2\text{-Gas} - \text{CO}_2\text{-Abgas}) / (\text{CO}_2\text{-Gas} * (100 - \text{CO}_2\text{-Abgas}))),$$

wobei der Wert des CO₂-Gases dem CO₂-Gehalt im CO₂-angereicherten Carbonatationsgas (bezogen auf Gesamtvo-
 40 lumen CO₂-angereichertes Carbonatationsgas) und der Wert des CO₂-Abgases dem CO₂-Gehalt im CO₂-abgereicherten
 Abgas des Carbonatationsschritts (bezogen auf Gesamtvolumen CO₂-abgereichertes Abgas) entspricht.

[0155] Im Zusammenhang mit der vorliegenden Erfindung wird unter "CO₂-Gesamtgasnutzungsgrad" der Gesamt-
 gasnutzungsgrad der erfindungsgemäßen Carbonatation verstanden und mit folgender Formel berechnet:

$$100 - (((\text{Gesamt-CO}_2\text{-Gehalt in den Abgasen [kg/h]} / (\text{Gesamt-CO}_2\text{-Gehalt im Kalkofengas} \\ \text{[kg/h]})) * 100).$$

[0156] Sofern im Zusammenhang mit der vorliegenden Erfindung quantitative Angaben, insbesondere Prozentanga-
 50 ben, von Komponenten eines Produktes oder einer Zusammensetzung angegeben sind, addieren diese, sofern nicht
 explizit anders angegeben oder fachmännisch ersichtlich, zusammen mit den anderen explizit angegeben oder fach-
 männlich ersichtlichen weiteren Komponenten der Zusammensetzung oder des Produktes auf 100 % der Zusammen-
 setzung und/oder des Produktes auf.

[0157] Im Zusammenhang mit der vorliegenden Erfindung wird unter dem Begriff "mindestens eine" eine Mengenan-
 55 gabe verstanden, die eine Anzahl von 1 oder 2 oder 3 oder 4 oder 5 oder 6 oder 7 oder 8 oder 9 oder 10 und so weiter
 ausdrückt. In einer besonders bevorzugten Ausführungsform kann die Bezeichnung "mindestens eine" genau die Anzahl
 1 darstellen. In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform kann die Begrifflichkeit "mindestens eine" auch 2 oder 3

oder 4 oder 5 oder 6 oder 7 bedeuten.

[0158] Sofern im Zusammenhang mit der vorliegenden Erfindung ein "Vorhandensein", ein "Enthalten", ein "Aufweisen" oder ein "Gehalt" einer Komponente ausdrücklich erwähnt oder impliziert wird bedeutet dies, dass die jeweilige Komponente vorhanden ist, insbesondere in messbarer Menge vorhanden ist.

[0159] Sofern im Zusammenhang mit der vorliegenden Erfindung ein "Vorhandensein", ein "Enthalten" oder ein "Aufweisen" einer Komponente in einer Menge von 0 [Einheit], insbesondere mg/kg, µg/kg oder Gew.-%, ausdrücklich erwähnt oder impliziert wird, bedeutet dies, dass die jeweiligen Komponenten nicht in messbarer Menge vorhanden, insbesondere nicht vorhanden ist.

[0160] Die Zahl der angegebenen Nachkommastellen entspricht der Präzision der jeweils angewandten Messmethode.

[0161] Sofern im Zusammenhang mit der vorliegenden Erfindung für eine Zahl die erste und zweite Nachkommastelle oder die zweite Nachkommastelle nicht angegeben sind/ist, sind/ist diese als Null zu setzen.

[0162] Unter dem Begriff "und/oder" wird in Zusammenhang mit der vorliegenden Erfindung verstanden, dass alle Mitglieder einer Gruppe, welche durch den Begriff "und/oder" verbunden sind, sowohl alternativ zueinander als auch jeweils untereinander kumulativ in einer beliebigen Kombination offenbart sind. Dies bedeutet für den Ausdruck "A, B und/oder C", dass folgender Offenbarungsgehalt darunter zu verstehen ist: a) A oder B oder C oder b) (A und B), oder c) (A und C), oder d) (B und C), oder e) (A und B und C).

[0163] Im Zusammenhang mit der vorliegenden Erfindung wird unter den Begriffen "umfassend" und "aufweisend" verstanden, dass zusätzlich zu den von diesen Begriffen explizit erfassten Elementen noch weitere, nicht explizit genannte Elemente hinzutreten können. Im Zusammenhang mit der vorliegenden Erfindung wird unter diesen Begriffen auch verstanden, dass allein die explizit genannten Elemente erfasst werden und keine weiteren Elemente vorliegen. In dieser besonderen Ausführungsform ist die Bedeutung der Begriffe "umfassend" und "aufweisend" gleichbedeutend mit dem Begriff "bestehend aus". Darüber hinaus erfassen die Begriffe "umfassend" und "aufweisend" auch Zusammensetzungen, die neben den explizit genannten Elementen auch weitere nicht genannte Elemente enthalten, die jedoch von funktioneller und qualitativ untergeordneter Natur sind. In dieser Ausführungsform sind die Begriffe "umfassend" und "aufweisend" gleichbedeutend mit dem Begriff "im Wesentlichen bestehend aus".

[0164] Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen ergeben sich aus den Unteransprüchen.

[0165] Die Erfindung wird nachstehend ohne Einschränkung des allgemeinen Erfindungsgedankens anhand von Beispielen und dazugehöriger Zeichnungen näher beschrieben.

Bezugszeichenliste:

[0166]

100	Vergleichsvorrichtung
200	Erfindungsgemäße Vorrichtung
101, 201	Alkalisierungsbehälter
202	Vorcarbonatationsbehälter
103, 203	erster Carbonatationsbehälter
104, 204	zweiter Carbonatationsbehälter
110, 210	Filtriervorrichtung
111, 211	Vorlagebehälter
120, 220	Zuleitung
130, 230	frisches CO ₂ -angereichertes Carbonatationsgas transportierende Leitung
131, 231	Abgasleitung
240	Erfindungsgemäße Leitung
241	Abgasleitung

[0167] Die Figuren zeigen:

Figur 1 einen schematischen Aufbau einer Vergleichsvorrichtung (100), in dem kein erfindungsgemäßes Verfahren durchgeführt werden kann,

Figur 2 ein Balkendiagramm, das drei CO₂-Gasnutzungsgrade von drei ersten Carbonatationsschritten zeigt, bei denen drei verschiedene CO₂-Gehalte, 41,5 Vol.-%, 30,1 Vol.-% oder 26,0 Vol.-% (jeweils bezogen auf Gesamtvolumen Carbonatationsgas) aufweisende CO₂-angereicherte Carbonatationsgase verwendet wurden,

Figur 3 ein Balkendiagramm, das CO₂-Gasnutzungsgrade von drei zweiten Carbonatationsschritten zeigt, bei denen drei unterschiedliche CO₂-Gehalte, 41,5 Vol.-%, 30,1 Vol.-% oder 26,0 Vol.-% (jeweils bezogen auf Gesamtvolumen

Carbonatationsgas) aufweisende CO₂-angereicherte Carbonatationsgase verwendet wurden,

Figur 4 einen schematischen Aufbau einer erfindungsgemäßen Vorrichtung (200), in dem ein erfindungsgemäßes Verfahren durchgeführt werden kann, und

Figur 5 ein Diagramm, das CO₂-Gasnutzungsgrade von vier Vorcarbonatationsschritten bei unterschiedlichen Retentionszeiten, 10, 8, 6, 4 und 2,5 Minuten, des CO₂-angereicherten Carbonatationsgases im Vorcarbonatationsbehälter zeigt, bei denen vier unterschiedliche CO₂-Gehalte, 41,5 Vol.-%, 35,0 Vol.-%, 30,0 Vol.-% und 26,0 Vol.-% (jeweils bezogen auf Gesamtvolumen Carbonatationsgas) aufweisende CO₂-angereicherte Carbonatationsgase verwendet wurden.

Beispiele:

Beispiel 1: CO₂-Gasnutzungsgrade eines ersten und eines zweiten Carbonatationsschritts als Vergleichsbeispiel

[0168] In Figur 1 ist eine Vergleichsvorrichtung (100) gezeigt. Nach der Alkalisierung von Zuckerrohsaft unter Erhalt eines alkalischen Zuckerrohsafts in einem Alkalisierungsbehälter (101) (Alkalität 0,75 g CaO/100 ml), wurden drei Carbonationen jeweils umfassend zwei Carbonatationsschritte, insbesondere erster und zweiter Carbonatationsschritt, mit unterschiedlichem CO₂-Gehalt aufweisendem CO₂-angereichertem Carbonatationsgas durchgeführt, und jeweils der CO₂-Gasnutzungsgrad berechnet und miteinander verglichen. Ein erfindungsgemäßer Verfahrensschritt c) wurde nicht durchgeführt.

[0169] Die drei einen unterschiedlichen CO₂-Gehalt aufweisenden CO₂-angereicherten Carbonatationsgase wurden mittels eines mit Koks-betriebenen Kalkofens und durch Zugabe von Luft hergestellt. Der CO₂-Gehalt der drei CO₂-angereicherten Carbonatationsgase wurde mittels eines Gasanalysators, welcher die CO₂-Gehalte über einen nicht-dispersiven Infrarotsensor analysiert, zu 41,5 Vol.-%, 30,1 Vol.-% und 26,0 Vol.-% (bezogen auf Gesamtvolumen Carbonatationsgas) bestimmt. Die drei CO₂-angereicherten Carbonatationsgase werden im Folgenden als 41,5 % CO₂-Gas, 30,1 % CO₂-Gas und 26,0 % CO₂-Gas beziehungsweise allgemein als CO₂-Gase bezeichnet.

[0170] Die Analyse der CO₂-Gase wurde mittels eines Gas Analyser Horiba Pg350 und der NDIR-Methode (nicht-dispersiver Infrarotsensor) durchgeführt.

[0171] Die jeweiligen CO₂-angereicherten Carbonatationsgase werden über eine frisches CO₂-angereicherte Carbonatationsgas transportierende Leitung (130) zu dem jeweiligen Carbonatationsbehälter und in den entsprechenden alkalischen Zuckerrohsaft geleitet. Der alkalische Zuckerrohsaft wird über Zuleitungen (120) zwischen den jeweiligen Behältern beziehungsweise der Filtriervorrichtung (110), die dem ersten Carbonatationsbehälter (103) nachgeschaltet und einem Vorlagebehälter (111) vorgeschaltet ist, transportiert.

[0172] Mit den drei CO₂-Gasen wurde jeweils ein erster Carbonatationsschritt in einem ersten Carbonatationsbehälter (103) und anschließend ein zweiter Carbonatationsschritt mit frischem CO₂-Gas in einem zweiten Carbonatationsbehälter (104) durchgeführt und der jeweilige CO₂-Gehalt des CO₂-abgereicherten Abgases, erhalten im jeweiligen Carbonatationsschritt, gemessen sowie der CO₂-Gasnutzungsgrad über die nachfolgende Formel berechnet:

$$10000 * ((\text{CO}_2\text{-Gas} - \text{CO}_2\text{-Abgas}) / (\text{CO}_2\text{-Gas} * (100 - \text{CO}_2\text{-Abgas}))),$$

wobei der Wert des CO₂-Gases dem CO₂-Gehalt im CO₂-angereicherten Carbonatationsgas des jeweiligen Carbonatationsschritts (bezogen auf Gesamtvolumen CO₂-angereichertes Carbonatationsgas) und der Wert des CO₂-Abgases dem CO₂-Gehalt im CO₂-abgereicherten Abgas des jeweiligen Carbonatationsschritts (bezogen auf Gesamtvolumen CO₂-abgereichertes Abgas) entspricht.

[0173] Die Ergebnisse sind in Tabelle 1 und Figur 2 für den ersten Carbonatationsschritt sowie Tabelle 2 und Figur 3 für den zweiten Carbonatationsschritt zusammengefasst.

[0174] Tabelle 1 zeigt, dass mit geringerem CO₂-Gehalt des CO₂-Gases am Eingang des ersten Carbonatationsbehälters des ersten Carbonatationsschritts der CO₂-Gehalt des CO₂-abgereicherten Abgases am Ausgang des ersten Carbonatationsbehälters des ersten Carbonatationsschritts abnimmt (zweite Zeile, Tabelle 1: 3,6 Vol.-%, 3,4 Vol.-% und 2,7 Vol.-% CO₂-Gehalt im Abgas des 41,5 Vol.-% CO₂-Gas, 30,1 Vol.-% CO₂-Gas und 26,0 Vol.-% CO₂-Gas). Der CO₂-Gasnutzungsgrad nimmt ebenfalls ab (dritte Zeile Tabelle 2: 95 %, 92 % und 91 % CO₂-Gasnutzungsgrad vom 41,5 % CO₂-Gas, 30,1 % CO₂-Gas und 26,0 % CO₂-Gas).

Tabelle 1: CO₂-Gehalt im CO₂-angereicherten Carbonatationsgas am Eingang und CO₂-abgereicherten Abgas am Ausgang des ersten Carbonatationsbehälters des ersten Carbonatationsschritts sowie jeweils berechnete Werte des CO₂-Gasnutzungsgrads.

	1. Carbonatationsschritt	1. Carbonatationsschritt	1. Carbonatationsschritt
CO ₂ -Gehalt (Eingang) [Vol.-%]	41,5	30,1	26
CO ₂ -Gehalt (Ausgang) [Vol.-%]	3,6	3,4	2,7
CO ₂ -Gasnutzungsgrad [%]	95	92	92

[0175] In Figur 2 ist ein Balkendiagramm gezeigt, wobei ein Balken den jeweiligen CO₂-Gasnutzungsgrad (y-Achse) des ersten Carbonatationsschritts jeweils unter Verwendung eines CO₂-angereicherten Carbonatationsgases (x-Achse, 41,5 % CO₂-Gas, 30,1 % CO₂-Gas und 26,0 % CO₂-Gas) zeigt. Der CO₂-Gasnutzungsgrad des ersten Carbonatationsschritts, bei dem das 41,5 % CO₂-Gas verwendet wurde, beträgt 95 %, der des ersten Carbonatationsschritts, bei dem das 30,1 %-CO₂-Gas verwendet wurde beträgt 92 % und der des ersten Carbonatationsschritts, bei dem das 26,0 % CO₂-Gas verwendet wurde beträgt 92 %.

[0176] Ein geringerer CO₂-Gehalt des CO₂-Gases im ersten Carbonatationsschritt führt zu einem geringeren CO₂-Gasnutzungsgrad des ersten Carbonatationsschritts. Das gleiche Verhalten zeigt sich im zweiten Carbonatationsschritt (Tabelle 2 und Figur 3). Im zweiten Carbonatationsschritt ist der CO₂-Gehalt des CO₂-abgereicherten Abgases am Ausgang des zweiten Carbonatationsbehälters ebenfalls geringer bei geringerem CO₂-Gehalt des CO₂-Gases am Eingang des zweiten Carbonatationsbehälters. Der CO₂-Gasnutzungsgrad nimmt mit abnehmendem CO₂-Gehalt des CO₂-Gases ab.

Tabelle 2: CO₂-Gehalt im CO₂-angereicherten Carbonatationsgas am Eingang und CO₂-abgereicherten Abgas am Ausgang des zweiten Carbonatationsbehälters des zweiten Carbonatationsschritts sowie jeweils berechnete Werte des CO₂-Gasnutzungsgrads.

	2. Carbonatationsschritt	2. Carbonatationsschritt	2. Carbonatationsschritt
CO ₂ -Gehalt (Eingang) [Vol.-%]	41,5	30,1	26,0
CO ₂ -Gehalt (Ausgang) [Vol.-%]	26,3	17,9	15,7
CO ₂ -Gasnutzungsgrad [%]	50	49	47

[0177] In Figur 3 ist ein Balkendiagramm gezeigt, wobei ein Balken den jeweiligen CO₂-Gasnutzungsgrad (y-Achse) des zweiten Carbonatationsschritts jeweils unter Verwendung eines CO₂-angereicherten Carbonatationsgases (x-Achse, 41,5 % CO₂-Gas, 30,1 % CO₂-Gas und 26,0 % CO₂-Gas) zeigt. Der CO₂-Gasnutzungsgrad des zweiten Carbonatationsschritts, bei dem das 41,5 % CO₂-Gas verwendet wurde, beträgt 50 %, der des zweiten Carbonatationsschritts, bei dem das 30,1 %-CO₂-Gas verwendet wurde, beträgt 49 % und der des zweiten Carbonatationsschritts, bei dem das 26,0 % CO₂-Gas verwendet wurde, beträgt 47 %.

[0178] In Tabelle 3 ist jeweils das eingesetzte Gesamtgasvolumen der CO₂-Gase in den Carbonationen sowie die Volumenaufteilung des jeweiligen Gesamtgasvolumens des CO₂-Gases auf den ersten und zweiten Carbonatationsschritt gezeigt. In den letzten beiden Zeilen von Tabelle 3 ist der CO₂-Verbrauch sowie das Abgasvolumen des zweiten Carbonatationsschritts in m³ gezeigt.

Tabelle 3: Carbonatationsgasvolumen und Abgasvolumen der Carbonationen

CO ₂ -Gehalt (Eingang) [Vol.-%]	41,5	30,1	30,1	26,0
Gesamt-Kalkofengasvolumen für Carbonatation [m ³ /h]	2900	3500	4200	5200
Kalkofengasvolumen erster Carbonatationsschritt [m ³ /h]	2470	2980	3593	4470
Kalkofengasvolumen zweiter Carbonatationsschritt [m ³ /h]	430	520	607	730
CO ₂ -Verbrauch zweiter Carbonatationsschritt [m ³ /h]	89	89	89	89
Abgas zweiter Carbonatationsschritt [m ³ /h]	341	431	518	641

Beispiel 2: CO₂-Gasnutzungsgrade und CO₂-Gesamtgasnutzungsgrade eines erfindungsgemäßen Verfahrens in einer erfindungsgemäßen Vorrichtung

[0179] In Beispiel 2 wurden, nach dem Erhalt von alkalischem Zuckerrohsaft gemäß Verfahrensschritt a) der vorliegenden Erfindung, eine Carbonatation gemäß Verfahrensschritt b) der vorliegenden Erfindung umfassend einen Vorcarbonatationsschritt, einen ersten und einen zweiten Carbonatationsschritt und ein erfindungsgemäßer Verfahrensschritt c) in einer erfindungsgemäßen Vorrichtung (200) gemäß Figur 4 durchgeführt.

[0180] Figur 4 zeigt eine erfindungsgemäße Vorrichtung (200). Gemäß der erfindungsgemäßen Vorrichtung (200) ist einem Alkalisierungsbehälter (201) (Alkalität 0,75 g CaO/100 ml), in dem Verfahrensschritt a) gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren durchgeführt wird, ein Vorcarbonatationsbehälter (202), in dem ein Vorcarbonatationsschritt b0) gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren durchgeführt wird, nachgeschaltet, wobei der Alkalisierungsbehälter (201) über eine Zuleitung (220), durch die das alkalische Carbonatationsedukt beziehungsweise alkalische Carbonatationszwischenprodukt überführt wird, mit dem Vorcarbonatationsbehälter (202) verbunden ist. Dem Vorcarbonatationsbehälter (202) ist ein erster Carbonatationsbehälter (203), in dem ein erster Carbonatationsschritt b1) gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren durchgeführt wird, nachgeschaltet, wobei der Vorcarbonatationsbehälter (202) mit dem ersten Carbonatationsbehälter (203) über eine Zuleitung (220) verbunden ist, in der an dieser Position eine Alkalität von 0,73 g CaO/100 ml vorliegt. Dem ersten Carbonatationsbehälter (203) ist eine Filtriervorrichtung (210) nachgeschaltet, wobei der erste Carbonatationsbehälter (203) mit der Filtriervorrichtung (210) über eine Zuleitung (220) verbunden ist. Der Filtriervorrichtung (210) ist ein Vorlagebehälter (211) nachgeschaltet, wobei die Filtriervorrichtung (210) mit dem Vorlagebehälter (211) über eine Zuleitung (220) verbunden ist. Dem Vorlagebehälter (211) ist ein zweiter Carbonatationsbehälter (204), in dem ein zweiter Carbonatationsschritt b2) gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren durchgeführt wird, nachgeschaltet, wobei der Vorlagebehälter (211) über eine Zuleitung (220) mit dem zweiten Carbonatationsbehälter (204) verbunden ist. In das alkalische Carbonatationsedukt vorliegend im ersten Carbonatationsbehälter (203) wird über eine ein frisches CO₂-angereicherte Carbonatationsgas transportierende Leitung (230) frisches CO₂-angereichertes Carbonatationsgas eingeleitet und über eine Abgasleitung (231) CO₂-abgereichertes Abgas ausgeleitet. In das alkalische Carbonatationsedukt vorliegend im zweiten Carbonatationsbehälter (204) wird über eine frisches CO₂-angereicherte Carbonatationsgas transportierende Leitung (230) frisches CO₂-angereichertes Carbonatationsgas eingeleitet und über eine erfindungsgemäße Leitung (240) das CO₂-abgereicherte Abgas aus dem zweiten Carbonatationsbehälter (204) ausgeleitet und als CO₂-angereichertes Carbonatationsgas in das alkalische Carbonatationsedukt vorliegend in dem Vorcarbonatationsbehälter (202) gemäß erfindungsgemäßem Verfahrensschritt c) eingeleitet und als CO₂-abgereichertes Abgas aus dem Vorcarbonatationsbehälter (202) über eine Abgasleitung (241) ausgeleitet.

[0181] Für den ersten und zweiten Carbonatationsschritt wurden jeweils frische CO₂-angereicherte Carbonatationsgase verwendet, wobei die CO₂-Gehalte der CO₂-angereicherten Carbonatationsgase des ersten und zweiten Carbonatationsschritts jeweils 41,5 Vol.-%, 35,0 Vol.-%, 30,0 Vol.-% und 26,0 Vol.-% (bezogen auf Gesamtvolumen Carbonatationsgas) betrugen. Erfindungsgemäß wurde das aus dem zweiten Carbonatationsschritt erhaltene CO₂-abgereicherte Abgas aus dem zweiten Carbonatationsbehälter (204) ausgeleitet, in einen alkalischen Zuckerrohsaft vorliegend im Vorcarbonatationsbehälter (202) als einziges und alleiniges CO₂-angereichertes Carbonatationsgas (CO₂-Gas) gemäß erfindungsgemäßem Verfahrensschritt c) eingeleitet, ein Vorcarbonatationsschritt durchgeführt und ein CO₂-abgereichertes Abgas aus dem Vorcarbonatationsbehälter (202) ausgeleitet.

[0182] Der CO₂-Gehalt des CO₂-abgereicherten Abgases des zweiten Carbonatationsschritts, welches das CO₂-angereicherte Carbonatationsgas des Vorcarbonatationsschritts (nachfolgend als CO₂-Gas bezeichnet) darstellt, wurde zu 26,3 Vol.-%, 21,4 Vol.-%, 17,9 Vol.-% und 15,7 Vol.-% (bezogen auf Gesamtgasvolumen CO₂-abgereichertes Abgas des zweiten Carbonatationsschritts beziehungsweise des CO₂-angereicherten Carbonatationsgas des Vorcarbonatationsschritts), insbesondere mittels eines Gasanalysators, welcher die CO₂-Gehalte über einen nicht-dispersiven Infrarotsensor analysiert, bestimmt. Dieses wurde über eine Leitung (240) aus dem zweiten Carbonatationsbehälter in einen alkalischen Zuckerrohsaft vorliegend im Vorcarbonatationsbehälter (202) als einziges und alleiniges CO₂-angereichertes Carbonatationsgas eingeleitet und ein Vorcarbonatationsschritt durchgeführt (siehe Figur 4). Die Retentionszeit des jeweiligen CO₂-Gases im Vorcarbonatationsbehälter (202) während des Vorcarbonatationsschritts betrug 10, 8, 6, 4 oder 2,5 Minuten. Anschließend wurde der CO₂-Gehalt des CO₂-abgereicherten Abgases des Vorcarbonatationsschritts (nachfolgend als CO₂-Abgas bezeichnet) bestimmt und der CO₂-Gasnutzungsgrad über die nachfolgende Formel berechnet:

$$10000 * ((\text{CO}_2\text{-Gas} - \text{CO}_2\text{-Abgas}) / (\text{CO}_2\text{-Gas} * (100 - \text{CO}_2\text{-Abgas}))),$$

wobei der Wert des CO₂-Gases dem CO₂-Gehalt im CO₂-angereicherten Carbonatationsgas des Vorcarbonatationsschritts (bezogen auf Gesamtvolumen CO₂-angereichertes Carbonatationsgas) und der Wert des CO₂-Abgases dem CO₂-Gehalt im CO₂-abgereicherten Abgas des Vorcarbonatationsschritts (bezogen auf Gesamtvolumen CO₂-abgerei-

chertes Abgas) entspricht.

[0183] Die jeweiligen CO₂-Gasnutzungsgrade sind in Figur 5 zusammengefasst.

[0184] In Figur 5 ist ein Diagramm gezeigt, in dem jeweils ein Datenpunkt einem CO₂-Gasnutzungsgrad (y-Achse) eines Vorcarbonatationsschritts bei entsprechender Retentionszeit (x-Achse) des CO₂-angereicherten Carbonatationsgases während des Vorcarbonatationsschritts in einem Vorcarbonatationsbehälter (202) entspricht.

[0185] Die Berechnungen sowie das Diagramm in Figur 5 zeigen, dass der CO₂-Gasnutzungsgrad des erfindungsgemäßen Vorcarbonatationsschritts ≥ 80 % ist.

[0186] Figur 5 zeigt zudem die Tendenz, dass sich der CO₂-Gasnutzungsgrad im erfindungsgemäßen Vorcarbonatationsschritt, insbesondere bei einer Retentionszeit von 8 Minuten, mit Erhöhung des CO₂-Gehalts im CO₂-angereicherten Carbonatationsgas verringert. Weiter ist in Figur 5 die Tendenz zu sehen, dass sich der CO₂-Gasnutzungsgrad im erfindungsgemäßen Vorcarbonatationsschritt bei geringerer Retentionszeit verringert.

Beispiel 2 zeigt insbesondere:

[0187]

- Der CO₂-Gehalt im CO₂-abgereicherten Abgas des Vorcarbonatationsschritts beträgt von 2,5 bis 5,5 Vol.-% (bezogen auf Gesamtvolumen CO₂-Abgas).
- Der CO₂-Gehalt im CO₂-abgereicherten Abgas des Vorcarbonatationsschritts verringert sich mit der Verringerung des CO₂-Gehalts im CO₂-angereicherten Carbonatationsgas des Vorcarbonatationsschritts. Der CO₂-Gehalt im CO₂-abgereicherten Abgas des Vorcarbonatationsschritts verringert sich mit der Zunahme der Retentionszeit des CO₂-angereicherten Carbonatationsgases im Vorcarbonatationsbehälter (202) während des Vorcarbonatationsschritts.
- Die Alkalität im alkalischen Zuckerrohsaft eingesetzt im erfindungsgemäßen Vorcarbonatationsschritt reduzierte sich um 0,02 g CaO/100 mL (von 0,75 g CaO/100 mL auf 0,73 g CaO/100 mL).

Beispiel 3: Vergleich der Ergebnisse aus Beispiel 1 und Beispiel 2

[0188] In Tabelle 4 sind die CO₂-Gasnutzungsgrade und CO₂-Gesamtgasnutzungsgrade des erfindungsgemäßen Beispiels (Beispiel 2) und des Vergleichsbeispiels (Beispiel 1) gegenübergestellt.

		Erfindungsgemäß (Beispiel 2)			Vergleich (Beispiel 1)		
CO ₂ -Gehalt im Kalkofengas	%	41,5	30,1	26,0	41,5	30,1	26,0
Gesamt-Kalkofengas pro Stunde	m ³ /h	2900	4200	5200	2900	4200	5200
CO ₂ -Dichte	kg/m ³	1,98	1,98	1,98	1,98	1,98	1,98
Gesamt-CO ₂ -Gehalt im Kalkofengas	kg/h	2383	2503	2677	2383	2503	2708
Kalkofengas im 1. Carbonatationsschritt	m ³ /h	2470	3593	4470	2470	3593	4470
CO ₂ -Gehalt im Kalkofengas im 1. Carbonatationsschritt	kg/h	2030	2141	2301	2030	2141	2328
CO ₂ -Gasnutzungsgrad des 1. Carbonatationsschritt	%	95	92	92	95	92	92
CO ₂ -Gehalt im Abgas des 1. Carbonatationsschritts	kg/h	101	171	184	101	171	186
Kalkofengas im 2. Carbonatationsschritt	m ³ /h	430	607	730	430	607	730
CO ₂ -Gehalt im Kalkofengas im 2. Carbonatationsschritt	kg/h	353	362	376	353	362	380
CO ₂ -Gasnutzungsgrad des 2. Carbonatationsschritts	%	50	49	47	50	49	47
CO ₂ -Gehalt im Abgas des 2. Carbonatationsschritts	kg/h	177	184	199	177	184	201

(fortgesetzt)

		Erfindungsgemäß (Beispiel 2)			Vergleich (Beispiel 1)		
5	Abgas des 2. Carbonationsschritts für den Vorcarbonatationsschritt	m ³ /h	341	517	641	-	-
	CO ₂ -Gehalt im Carbonatationsgas des Vorcarbonatationsschritts	%	26,3	17,9	15,7	-	-
10	CO ₂ -Gehalt im Carbonatationsgas des Vorcarbonatationsschritts	kg/h	177	183	199	-	-
	CO ₂ -Gasnutzungsgrad des Vorcarbonatationsschritts (Mittelwert der Verweilzeiten von 2,5 bis 10 min)	%	84,5	83,4	83,2	-	-
15	CO ₂ -Gehalt im Abgas des Vorcarbonatationsschritts	kg/h	28	30	33	-	-
	Gesamt-CO ₂ -Gehalt (also Emission) in den Abgasen der Carbonatation	kg/h	129	202	218	278	356
20	CO ₂ -Gesamtgasnutzungsgrad der Carbonatation	%	95	92	92	88	86

[0189] Aus Tabelle 4 ist ersichtlich, dass die CO₂-Emission der Carbonationen durchgeführt nach dem erfindungsgemäßen Verfahren und in einer erfindungsgemäßen Vorrichtung bei der Carbonatation mit dem 41,5-CO₂-Gas um 54 %, mit dem 30,1-CO₂-Gas um 43 % und mit dem 26,3-CO₂-Gas um 44 % verringert ist.

[0190] Der CO₂-Gesamtgasnutzungsgrad der jeweiligen Carbonationen wird mit nachfolgender Formel berechnet:

$$100 - (((\text{Gesamt-CO}_2\text{-Gehalt in den Abgasen [kg/h]} / (\text{Gesamt-CO}_2\text{-Gehalt im Kalkofengas [kg/h]})) * 100),$$

[0191] Der CO₂-Gesamtgasnutzungsgrad der Carbonationen nach dem erfindungsgemäßen Verfahren und durchgeführt in einer erfindungsgemäßen Vorrichtung ist bei der Carbonatation mit dem 41,5-CO₂-Gas um 8 %, mit dem 30,1-CO₂-Gas um 7 % und mit dem 26,3-CO₂-Gas um 7 % verbessert.

[0192] Es ist also ersichtlich, dass eine Herstellung eines Carbonatationsprodukts aus einem Carbonatationsedukt mittels eines erfindungsgemäßen Verfahrens, insbesondere durchgeführt in einer erfindungsgemäßen Vorrichtung, im Vergleich zu einem Vergleichsverfahren, insbesondere durchgeführt in einer Vergleichsvorrichtung, einen höheren CO₂-Gesamtgasnutzungsgrad und eine verringerte CO₂-Emission aufweist.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung von einem Carbonatationsprodukt aus einem Carbonatationsedukt, umfassend die Verfahrensschritte:

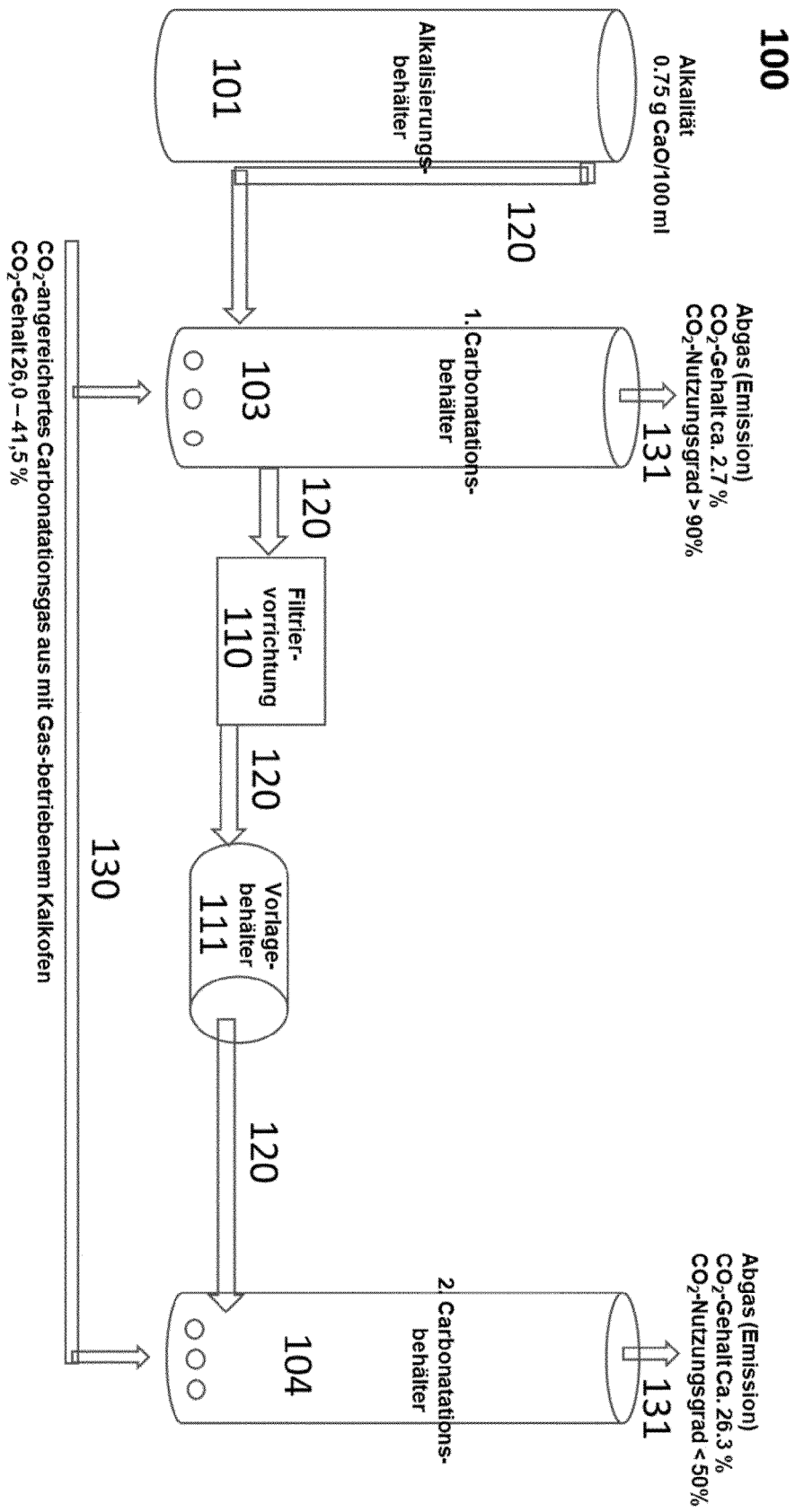
- Alkalisierung von einem Carbonatationsedukt unter Erhalt eines alkalischen Carbonatationsprodukts und
- Carbonatation des alkalischen Carbonatationsprodukts umfassend einen ersten und mindestens einen weiteren Carbonationsschritt b1) und b2) unter Erhalt des Carbonatationsprodukts, im Rahmen derer jeweils ein CO₂-angereichertes Carbonatationsgas in das alkalische Carbonatationsedukt eingeleitet und ein CO₂-abgereichertes Abgas ausgeleitet wird, **gekennzeichnet durch**
- Einleiten mindestens eines Anteils des Abgases des mindestens einen weiteren Carbonationsschritts in das alkalische Carbonatationsedukt vor dem ersten Carbonationsschritt, so dass vor dem ersten Carbonationsschritt b1) ein Vorcarbonationsschritt b0) durchgeführt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei das Carbonatationsedukt ein Zuckerrohsaft und das Carbonatations-

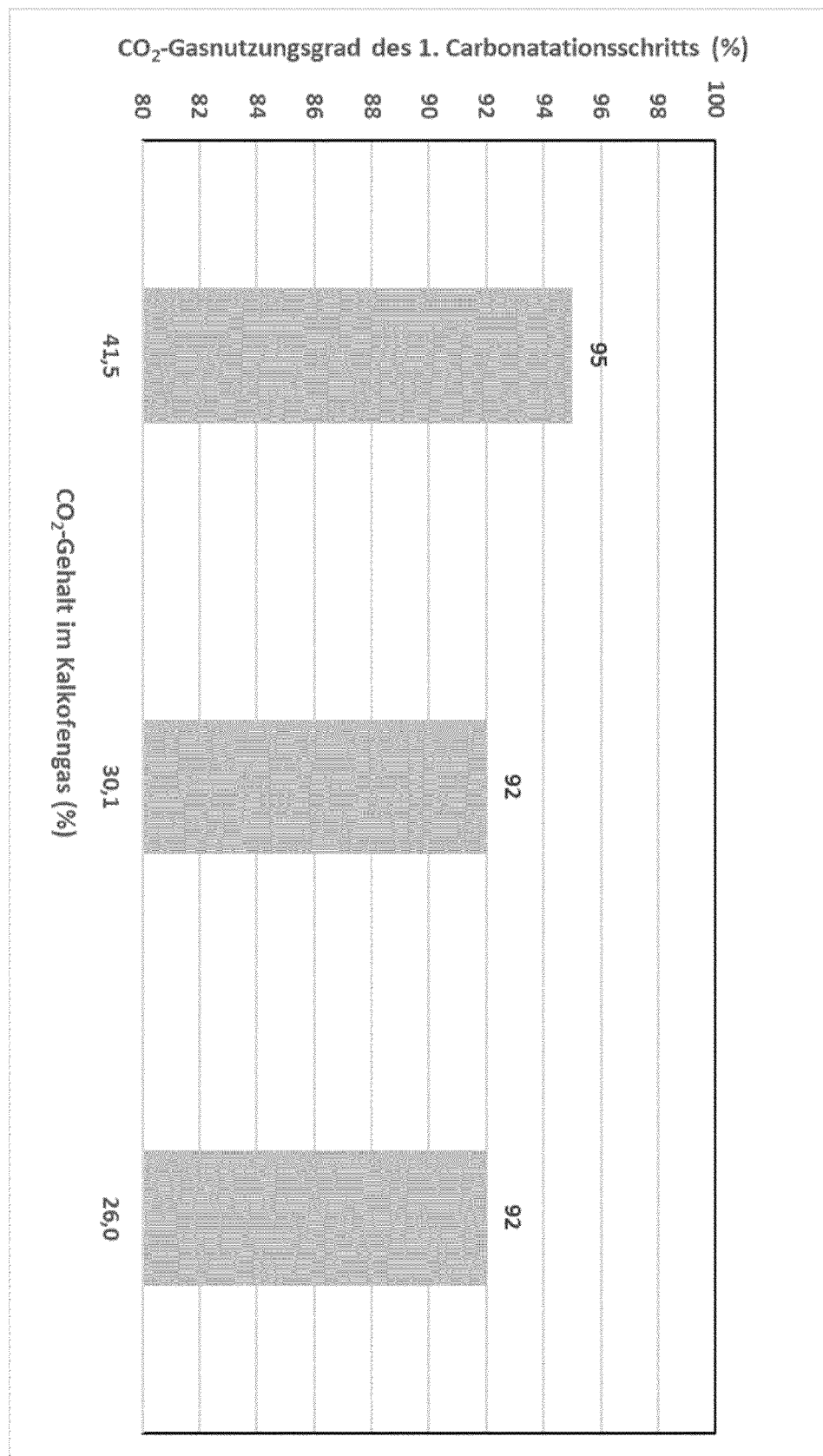
produkt ein Dünnsaft oder das Carbonatationsedukt eine Rohzuckerlösung und das Carbonatationsprodukt eine aufgereinigte Rohzuckerlösung ist.

3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Verfahren in einer Vorrichtung zur Herstellung von einem Carbonatationsedukt aus einem Carbonatationsprodukt umfassend mindestens einen ersten Carbonatationsbehälter (203) und mindestens einen weiteren Carbonatationsbehälter durchgeführt wird.
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Vorrichtung (200) einen dem ersten Carbonatationsbehälter (203) vorgeschalteten Vorcarbonatationsbehälter (202) aufweist.
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Vorrichtung mindestens eine Leitung (240) von dem mindestens einen weiteren Carbonatationsbehälter zu einem vorgeschalteten Vorcarbonatationsbehälter (202), aufweist, um zumindest einen Teil des Abgases des mindestens einen weiteren Carbonatationsschritts in das alkalische Carbonatationsedukt vor dem ersten Carbonatationsschritt einzuleiten.
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Abgas des mindestens einen weiteren Carbonatationsschritts einen CO₂-Gehalt von 1 bis 40 Vol.-%, insbesondere 15 bis 27 Vol.-%, (bezogen auf Gesamtvolumen Abgas) aufweist.
7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Abgas des mindestens einen weiteren Carbonatationsschritts nach Verfahrensschritt b) und vor Verfahrensschritt c) mit einem CO₂-angereicherten Carbonatationsgas gemischt wird.
8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das CO₂-angereicherte Carbonatationsgas durch einen mit Koks- oder Gas-betriebenen Kalkofen gewonnen wird oder zumindest ein Anteil eines Kesselhausgases ist.
9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das nach Anspruch 9 gewonnene CO₂-angereicherte Carbonatationsgas einen CO₂-Gehalt von 1 bis 99 Vol.-% (bezogen auf Gesamtvolumen CO₂-haltiges Gas) aufweist.
10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Carbonatationsedukt aus Zuckerrüben oder Zuckerrohr gewonnen wird.
11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der CO₂-Gasnutzungsgrad des mindestens einen weiteren Carbonatationsschritts mindestens 20 % beträgt.
12. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der CO₂-Gesamtgasnutzungsgrad der Carbonatation mindestens 70 % beträgt.
13. Vorrichtung zur Herstellung von einem Carbonatationsprodukt aus einem Carbonatationsedukt, insbesondere geeignet und ausgelegt zur Durchführung eines Verfahren gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche 1 bis 12, umfassend mindestens einen ersten Carbonatationsbehälter (203), mindestens einen weiteren Carbonatationsbehälter und mindestens eine Leitung (240) von dem mindestens einen weiteren Carbonatationsbehälter in einen vorgeschalteten Carbonatationsbehälter, die geeignet ist, zumindest einen Teil eines Abgases aus dem mindestens einen weiteren Carbonatationsbehälter in ein alkalisches Carbonatationsedukt vorliegend in einem vorgeschalteten Carbonatationsbehälter einzuleiten.
14. Vorrichtung (200) nach Anspruch 13, wobei dem ersten Carbonatationsbehälter (203) ein Vorcarbonatationsbehälter (202) vorgeschaltet ist.
15. Vorrichtung nach Anspruch 13 oder 14, wobei der vorgeschaltete Carbonatationsbehälter der Vorcarbonatationsbehälter (202) ist.
16. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 13 bis 15, wobei die Vorrichtung eine Rübenzucker- oder Zuckerrohrzuckerverarbeitungsvorrichtung zur Herstellung von Dünnsaft aus Zuckerrohrsafte ist.
17. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 13 bis 16, wobei die Vorrichtung eine Zuckerraffinationsvorrichtung zur Herstellung von einer aufgereinigten Rohzuckerlösung aus einer Rohzuckerlösung ist.

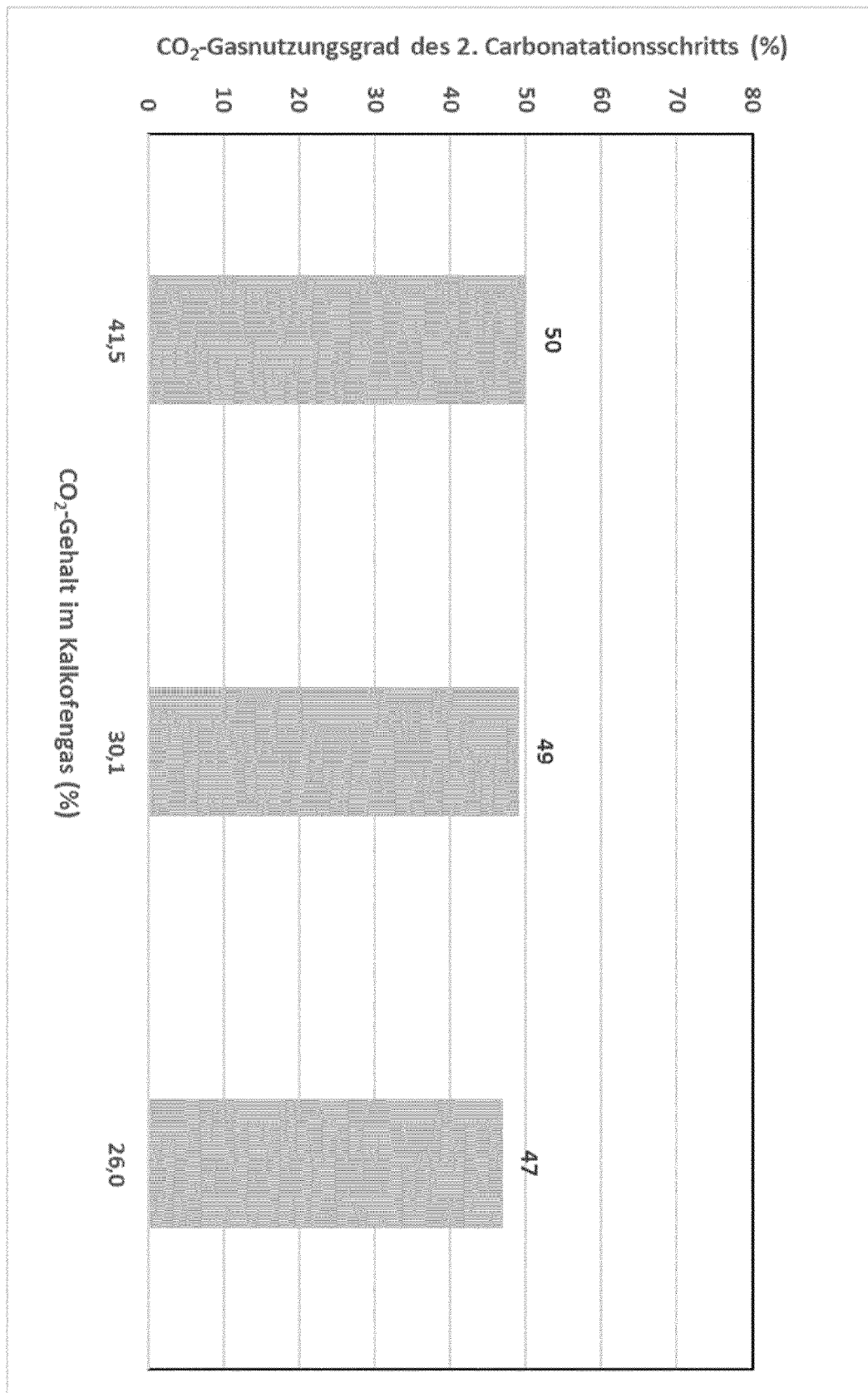
Figur 1:



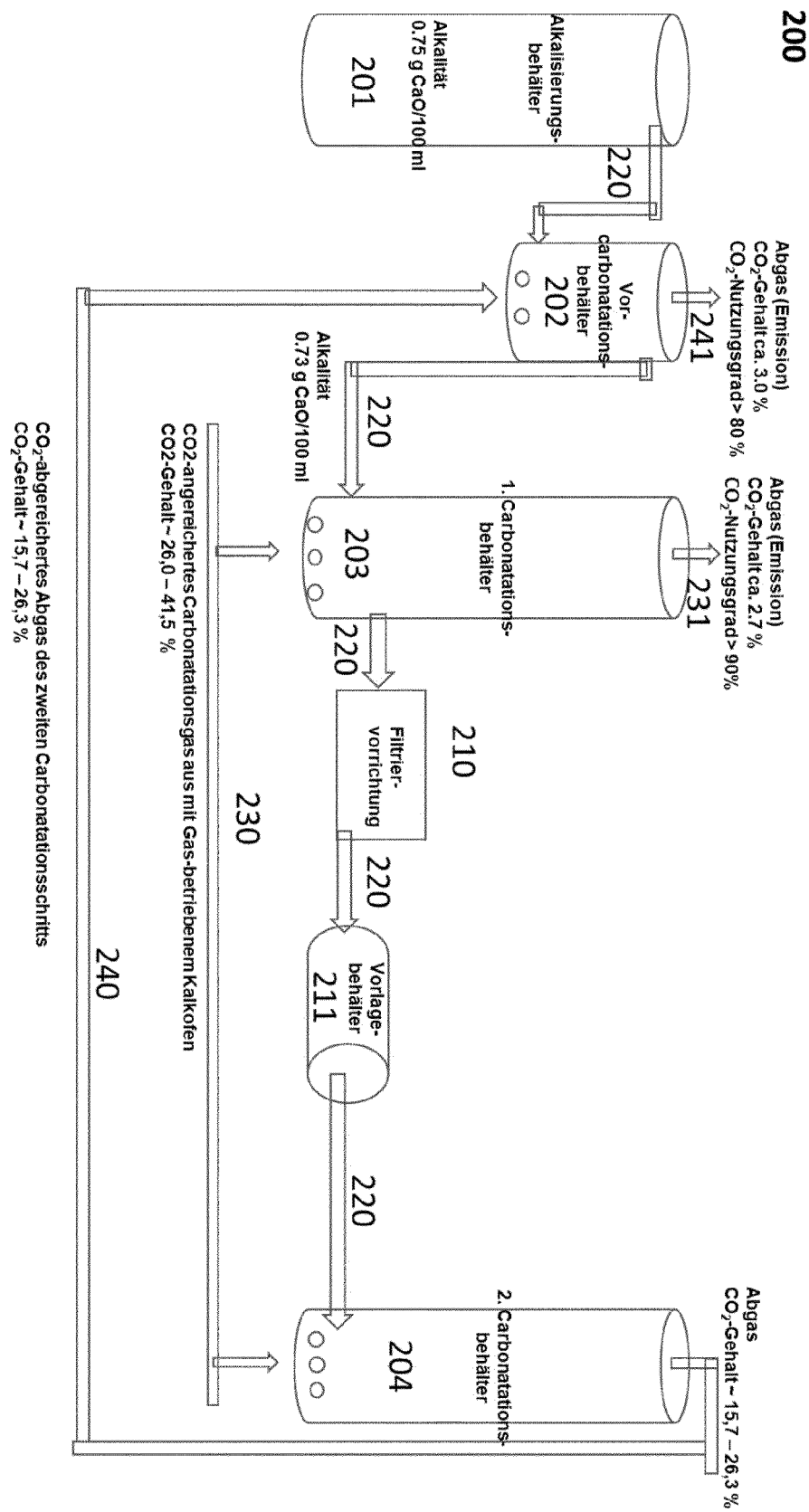
Figur 2:



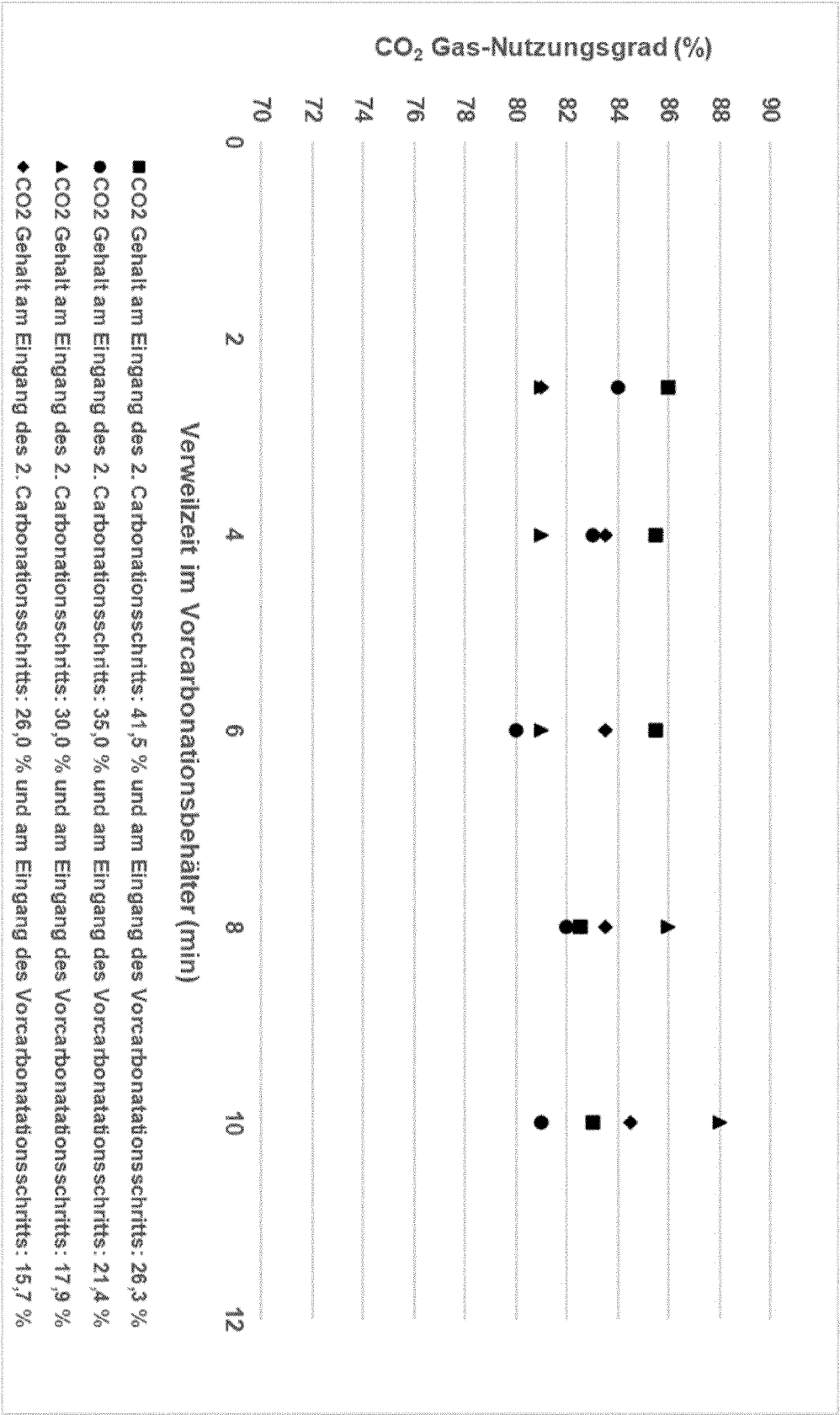
Figur 3



Figur 4:



Figur 5





EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 23 17 8130

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

2

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	DE 29 25 283 A1 (SUEDEDEUTSCHE ZUCKER AG) 8. Januar 1981 (1981-01-08)	13, 16, 17	INV. C13B20/00
A	* Seite 6, Zeile 24 - Zeile 34 *	1-12, 14, 15	C13B20/02 C13B20/06

A	CN 113 912 062 A (GUANGZHOU HUATANG CO LTD) 11. Januar 2022 (2022-01-11) * Zusammenfassung *	1-17	

A	CA 2 918 465 A1 (SIDEL SYSTEMS USA INC [US]) 6. September 2016 (2016-09-06) * Absatz [0056] *	1-17	

A	US 2016/333429 A1 (KERR JOHN [GB] ET AL) 17. November 2016 (2016-11-17) * Absatz [0016]; Abbildung 1 *	1-17	

A	CN 106 414 561 A (DU PONT) 15. Februar 2017 (2017-02-15) * Zusammenfassung *	1-17	

A	US 2 067 362 A (VON STIETZ GEORGE E G) 12. Januar 1937 (1937-01-12) * Abbildung 1 *	1-17	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC) C13B

Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 7. Oktober 2023	Prüfer Czerny, M
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE			
X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 23 17 8130

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.
Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

07-10-2023

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 2925283 A1	08-01-1981	AT E3305 T1	15-05-1983
		DE 2925283 A1	08-01-1981
		DK 215480 A	23-12-1980
		EP 0021364 A1	07-01-1981
		US 4424078 A	03-01-1984

CN 113912062 A	11-01-2022	KEINE	

CA 2918465 A1	06-09-2016	CA 2918465 A1	06-09-2016
		US 2015251135 A1	10-09-2015

US 2016333429 A1	17-11-2016	CA 2934804 A1	02-07-2015
		EP 3087034 A2	02-11-2016
		GB 2522777 A	05-08-2015
		TW 201538736 A	16-10-2015
		US 2016333429 A1	17-11-2016
		WO 2015097455 A2	02-07-2015
		ZA 201603797 B	18-12-2019

CN 106414561 A	15-02-2017	BR 112016011654 A2	08-08-2017
		BR 112016011693 A2	08-08-2017
		CN 106028831 A	12-10-2016
		CN 106414561 A	15-02-2017
		EP 3087190 A1	02-11-2016
		EP 3094668 A1	23-11-2016
		US 2015147311 A1	28-05-2015
		US 2015147786 A1	28-05-2015
		WO 2015077573 A1	28-05-2015
		WO 2015077576 A1	28-05-2015

US 2067362 A	12-01-1937	KEINE	

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82