



(12) Wirtschaftspatent

(19) DD (11) 219 038 A3

Erteilt gemäß § 18 Absatz 2 Patentgesetz

3(51) C 12 N 1/26

AMT FÜR ERFINDUNGS- UND PATENTWESEN

 (21) WP C 12 N / 240 565 7 (22) 09.06.82 (45) 20.02.85

(71) VEB Petrolchemisches Kombinat Schwedt, 1330 Schwedt (Oder), DD; Allunionsforschungsinstitut für die Synthese von Eiweißstoffen Moskau, Moskau, SU

(72) Triems, Klaus, Dr. Dipl.-Chem., DD; Bauch, Joachim, Dr. Dipl.-Chem., DD; Langner, Jürgen, Dipl.-Chem., DD; Brendler, Walter, Dipl.-Biol., DD; Tuchan, Gerhard, Dipl.-Ing., DD; Reichelt, Lothar, Dipl.-Ing., DD; Hallensleben, Siegfried, Dipl.-Ing., DD; Kammel, Klaus, Dipl.-Ing., DD; Listewnik, Hans-Frieder, Dipl.-Ing., DD; Ždannikova, Jevgenia N., Kandidat der biologischen Wissenschaften, SU; Meščankin, Gennadij I., SU

 (54) Verfahren zur Gewinnung von Biomasse

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Gewinnung von Biomasse im ungeschützten Prozeß auf Kohlenwasserstoffen, wie z. B. Erdöldestillaten oder -raffinaten auf dem Gebiet der Biotechnologie. Das Ziel der Erfindung besteht in der Entwicklung eines Verfahrens, bei dem ein nicht geschützter Prozeß zur Herstellung von Biomassesuspensionen einen Schutz vor Infektionen durch Fremdorganismen in Form von auftretenden anaeroben Mischgärungen erfährt. Der Erfindung liegt die Aufgabe der Schaffung von technologischen Bedingungen im Verfahren zur Gewinnung von Biomasse zugrunde, bei denen bei einer ungeschützten Prozeßführung das Auftreten von Fremdorganismen, die anaerobe Mischgärungserscheinungen hervorrufen können, verhindert wird und die Qualitätsparameter der Biomassesuspension eingehalten werden. Erfindungsgemäß wird die Aufgabe gelöst, indem ein Verfahren angewendet wird, bei dem die durch einen ungeschützten Fermentations- und Aufarbeitungsprozeß gewonnene konzentrierte Biomassesuspension bei einer bestimmten Temperatur eine bestimmte Standzeit durchläuft, wobei gleichzeitig Luft in die Suspension eingetragen wird. Damit werden zusätzliche technologische Maßnahmen und ein erhöhter ökonomischer Aufwand vermieden.

Titel der Erfindung

Verfahren zur Gewinnung von Biomasse

IPK: C 12 N

Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Gewinnung von Biomasse, die durch eine mikrobielle Konvertierung von Kohlenwasserstoffgemischen, insbesondere von n-alkanhaltigen Erdöldestillaten bzw. -raffinaten mit Hefen, gewonnen werden.

Sie kann in der mikrobiologischen Industrie angewendet werden und ist in die IPK C 12 N einzuordnen.

Charakteristik der bekannten technischen Lösungen

Mikrobielle Biomassen, die durch Kultivierung von Mikroorganismen, z. B. auf der Basis von Kohlenwasserstoffgemischen, insbesondere n-alkanhaltigen Erdöldestillaten bzw. -raffinaten gewonnen werden, werden bekanntlich im Fermentationsprozeß erzeugt.

Bekanntere Verfahren sind in den DE-OS 1417560, DE-OS 1470480, DE-OS 1470484, DE-OS 1470517 und DD-WP 105 825 beschrieben.

In den genannten Verfahren wird die Züchtung der eingesetzten Mikroorganismen durch die kontinuierliche Zugabe von einer Kohlenstoffquelle als Substrat, von einem Nähr- und Spurensalzmedium, Wasser- und Luft als Sauerstoffquelle in einem Fermentor vorgenommen. Bei Anwendung von n-alkanhaltigen Erdöldestillaten bzw. -raffinaten als Kohlenstoffquelle besteht der kontinuierlich abgeführte Fermentorauslauf aus einem Vierphasengemisch, bestehend aus nichtkonvertierten Kohlenwasserstoffen, überschüssigen Nähr- und Spurensalzen, Luft und den gezüchteten Mikroorganismen.

Die weitere Aufkonzentrierung der Mikroorganismenbiomasse erfolgt durch einen Aufrahmungsprozeß, der einen großen Teil des wäßrigen Kulturmediums und der im Gemisch vorhandenen Luft abtrennt und die wäßrige Phase in den Konzentrationsprozeß zurückführt.

Die aufgerahmte Mikroorganismenbiomasse wird in einem anschließenden mehrstufigen Separationsprozeß bzw. Eindampfungsprozeß unter spezifischen Bedingungen hinsichtlich der Verweilzeit und des Temperaturregimes von dem größten Teil an nichtumgesetzten Erdöldestillat- bzw. -raffinatanteilen sowie von weiteren Prozeßwasseranteilen befreit.

Unter den angewendeten Aufarbeitungsbedingungen wird die Lebensfähigkeit der Mikroorganismen beseitigt bzw. bei Berücksichtigung der vorhergehenden nicht sterilen Prozeßführung stark eingeschränkt.

Die erzeugte bräunliche, sahnige Biomassesuspension weist im Durchschnitt folgende Zusammensetzung auf:

Hefetrockensubstanz	:	19 bis 24 Masse-%
Wasser	:	69,6 bis 74,6 Masse-%
Erdöldestillat	:	3,2 Masse-%
Salze	:	0,2 bis 1,0 Masse-%
oberflächenaktive Substanzen	:	bis 0,5 Masse-%

Zur Gewinnung einer Hefetrockensubstanz wird die Biomassesuspension im technologischen Ablauf zwischenzeitlich gelagert und nachfolgend einem Trocknungsprozeß, insbesondere einer Düsenzerstäubungstrocknung unterzogen. Die Stapelung der Biomassesuspension erfolgt hierbei zur Vermeidung Entmischungerscheinungen der Suspension unter Rühren bei einem pH-Wert von 4,5 - 6,0 und einer Temperatur von 283 bis 343 K, vorrangig bei 313 bis 323 K. Die Standzeit der Suspension vor dem Eingang in den Trocknungsprozeß richtet sich nach der jeweiligen Trocknerleistung bzw. der verfügbaren Trocknerkapazität.

Es kann unter Berücksichtigung dieser Bedingungen zu Standzeiten der Biomassesuspension von über 10 Stunden kommen. Unter diesen nicht sterilen Bedingungen kann es in Abhängigkeit vom Standort der Produktionsanlage zu Infektionserscheinungen in Form von anaeroben Mischgärungen der Biomassesuspension kommen, die sich in der Neigung der Suspension zur Schaumbildung und in der Nichteinhaltung der Grenzwerte des Behälterstandes äußert. Der Verarbeitungsprozeß der Biomassesuspension wird erschwert, es kommt durch die eingetretenen anaeroben Prozesse zur Anreicherung von Stoffwechselprodukten im Medium, die die Medieneigenschaften für eine nachfolgende Verarbeitung nachteilig beeinflussen. Die Infektionsprozesse zeigen sich an der Zunahme nach Art und Menge von bakteriellen Begleitorganismen, die dem Verfahrensprinzip fremd sind (Bakterienkeime 10^8 Keime/ml wäßriger Phase).

Solche gealterten und infizierten Biomassesuspensionen verhalten sich bei den nachfolgend angewendeten Trocknungsbedingungen so, daß das gebildete mittlere Trocknungskorn eine Abnahme der Schüttdichte erfährt und die gebildeten einzelnen Hohlkugeln dünnere Schalen aufweisen. Die Verstärkung korrosiver Eigenschaften des Mediums ist nicht auszuschließen, das Auftreten eines unerwünschten Geruches gegenüber dem normalen charakteristischen Hefegeruch ist zu verzeichnen.

Es sind aus der Literatur zur Gewinnung von mikrobiellen Biomassen und Eiweißkonzentraten Verfahren bekannt, die die Beseitigung bzw. Vermeidung von Infektionen zum Ziele haben.

Eine Möglichkeit besteht in der Erhöhung der Lagerungstemperatur der Biomassesuspension, zum Beispiel bis zu 358 K, wobei die Infektionsgefahr herabgemindert wird. Außer dem zusätzlichen ökonomischen Aufwand ist dabei aber zu berücksichtigen, daß die Temperaturbeständigkeit der Suspension dabei ihre Grenze erreicht.

Die Veränderung des pH-Wertes der Biomassesuspension in die Nähe des Wertes im Fermentationsprozeß (z.B. 4,1) bzw. der Anhebung des pH-Wertes in den alkalischen Bereich (z.B. 8) vermindert ebenfalls das Auftreten einer bakteriellen Infektion, so daß anaerobe Gärungsprozesse nicht stattfinden. Diese Methoden der Verhinderung bzw. Beseitigung von Infektionen haben unter den Bedingungen der Lagerung der Biomassesuspension die entscheidenden Nachteile, daß der Grad der hydrolytischen Reaktionen der Biomasse zuungunsten von Ausbeute und Qualität zu nimmt, die Verstärkung korrosiver Erscheinungen an Apparaten, Pumpen und Rohrleitungen erfolgt und im Falle der Verschiebung des pH-Wertes in das alkalische Gebiet Ausfällungen von Salzen bzw. eine Wasserhärte zu erwarten sind. Ein höherer technisch-ökonomischer Aufwand und ein höherer technologischer Umfang zur Sicherung der Gebrauchswerteigenschaften der aus der Biomassesuspension erzeugten Futterhefe ist notwendig.

Die spezielle Zusammensetzung der Biomassesuspension im Verfahren zur Gewinnung von Biomasse aus Erdöldestillaten bzw. -raffinaten verursacht auch den Ausschluß weiterer Methoden zur Verhinderung bzw. Beseitigung von Infektionserscheinungen, wie zum Beispiel die Absenkung der Temperatur (Devis, Tarasjuk, Zeitschrift "Mikrobiologische Industrie" 1972, Nr. 5, S. 1 - 3), die Zugabe von Konservierungs- bzw. Entschäumermittel sowie die Zugabe von weiteren Erdöldestillat bzw. kohlenwasserstoffhaltigen Medien. Technisch-ökonomische Mehrbelastungen und vor allem Beeinträchtigungen der Qualität des zu gewinnenden Endproduktes wären die Folgeerscheinungen. In der Praxis wird eine Methode angewendet, die den Abbruch des Prozesses bei Nachweis von Infektionen herbeiführt. Das hat den Verlust von hochkonzentrierten Biomassesuspensionschargen zur Folge und bedeutet hohe ökonomische Verluste, Belastungen der Umwelt,

speziell der Abwasserlast und einen zusätzlichen Reinigungsaufwand für die Behältnisse und einen erhöhten Rohstoffeinsatz zum Ausgleich des Produktionsausfalls. Die sichere Verhinderung des Eintretens und/oder Einschränkung der möglichen Auswirkungen von Infektionen ist deshalb eine wichtige Maßnahme einer effektiven Prozeßführung zur Gewinnung einer hohen Biomassequalität.

Ziel der Erfindung

Es ist das Ziel der Erfindung ein Verfahren zu entwickeln, bei dem ein nicht geschützter Prozeß zur Gewinnung von Biomassesuspensionen durch Konvertierung von n-Alkane enthaltenen Erdöldestillaten bzw. -raffinaten einen Schutz vor Infektionen durch Fremdorganismen in Form von auftretenden anaeroben Mischgärungen erfährt.

Darlegung des Wesens der Erfindung

Die Zielstellung der Erfindung beinhaltet als technische Aufgabe die Schaffung von technologischen Bedingungen im Verfahren zur Gewinnung von Biomasse, bei denen bei einer ungeschützten Prozeßführung das Auftreten von Fremdorganismen, die infektionsbedingte Schaumentwicklungen hervorrufen können, verhindert wird und die Qualitätsparameter der Biomasse eingehalten werden.

Erfindungsgemäß wird die Aufgabe gelöst, indem ein Kombinationsverfahren angewendet wird, bei dem die durch einen ungeschützten Fermentations- und Aufarbeitungsprozeß gewonnene konzentrierte Biomassesuspension, bestehend aus Hefetrockensubstanz, Wasser, Erdöldestillat oder -raffinat, anorganischen Salzen und oberflächenaktive Substanz, bei einer bestimmten Temperatur eine bestimmte Standzeit durchläuft, wobei gleichzeitig Luft in die Suspension eingetragen wird.

Die dem Kombinationsverfahren zugrundeliegenden einzelnen Maßnahmen führen isoliert voneinander nicht zur Verhinderung des Auftretens von Fremdorganismen, die die Ursache für eine Schaumentwicklung der Suspension bilden.

Die im Fermentationsprozeß gewonnene Biomasse, die durch eine Aufrauhmung, Separation oder Vakuumindampfung aufkonzentriert wird, wobei der überwiegende Anteil an Erdöldestillat bzw. -raffinat und Wasser abgetrennt wird, unterliegt im technologischen Ablauf zur Gewinnung einer Hefetrockensubstanz durch einen Trocknungsprozeß mit dem Ziel ihrer nachfolgenden extraktiven Reinigung einer Stapelung, bevor die Biomasse in Anpassung an die nachgeschalteten Trockner bzw. deren Leistung weiterverarbeitet wird.

Die Biomassesuspension weist dabei im Durchschnitt folgende Kennzahlen auf:

Dichte bei 283 K : ca. 1020 - 1050 kg/m³
Wärmeleitfähigkeit : = 0,41868 W/(m.k)
mittlere spezifische Wärme : c = 3,5169 J/kg

Die Stapelung der Biomasse erfolgt zumeist in zylindrischen Behältern, wobei der Produktstand in den Stapelbehältern zwischen 1,5 bis 4,5 m, in der Regel 3,5 m beträgt. Zur Vermeidung von Entmischungserscheinungen in der Biomasse und damit der Ausbildung eines Erdöldestillat- bzw. -raffinatfilmes wird die gelagerte Biomasse gerührt.

Als günstiger Bereich der Stapelung hat sich hierbei eine Temperatur von 283 bis 343 K, vorzugsweise 313 bis 323 K ergeben.

Bei dieser Temperatur, unter Berücksichtigung der Reaktionsfähigkeit der Hefesuspension und der nichtgeschützten Stapelung, ist die Biomasse infektionsgefährdet. Eine bakterielle Kontamination in der Größenordnung von 10⁸ Keimen/ml wäßrige Phase, wobei stäbchenförmige Keime und Kokkenformen überwiegen, ist jeder Zeit möglich. Die Folge sind unerwünschte anaerobe Mischgärungsprozesse in der Suspension, die zur Nichtbeherrschung des Prozesses und ökonomischen

Verlusten führen. Hierbei hat sich die Standzeit der Suspension in den Behältern als außerordentlich bedeutungsvoll herausgestellt. Standzeit des Produktes von 2 bis 8 Stunden, vorzugsweise 4 bis 6 Stunden, haben sich für die Weiterverarbeitung der Suspension als günstig erwiesen, da das Auftreten bakterieller Infektionserscheinungen in diesem Zeitraum vermieden wird. Bei der Lagerung einer hochkonzentrierten Biomassesuspension in Behältern mit großen Schichthöhen, der Gefahr von Totvolumina mit gealtertem Produkt bei Temperaturbereichen, die eine bakterielle Kontamination förderlich sind sowie pH-Werten in der Suspension um 4,5 bis 6,0 hat sich in Kombination einer geeigneten Lagerungstemperatur und einer optimalen Standzeit der Suspension die Belüftung der Suspension als vorbeugende Maßnahme zur Verhinderung bzw. Aufhebung möglicher anaerober Mischgärungsreaktionen durch Infektionen bei ungeschützten Bedingungen ergeben. Hierzu wird über eine geeignete Verteilungsvorrichtung in Abhängigkeit der gelagerten Biomassesuspensionsmenge Luft kontinuierlich über die Standzeit eingetragen, so daß anaerobe Lebensbedingungen für bakterielle Infektionskeime aufgehoben sind.

Damit ist die Weiterverarbeitung der Biomassesuspension durch einen sich anschließenden Trocknungsprozeß gewährleistet und Produktverluste sowie Beeinträchtigungen der Qualität werden vermieden. Die Stabilität der Prozeßführung wird erreicht und die wirtschaftliche Effektivität ist gesichert.

Die Erfindung wird an folgenden Ausführungsbeispielen näher erläutert:

Beispiel 1

In einem 2200 m³ Tauch-Strahlfermentor mit einem Arbeitsvolumen von 1223 m³ werden in einem kontinuierlichen Verfahren Hefen der Gattung - *Lodderomyces elongisporus* (IMET H128) auf einer Erdöldestillatfraktion vom Siedebereich 513 bis 633 K gezüchtet. Der n-Alkan-gehalt im Erdöldestillat beträgt 16,5 %.

Die Fermentationstemperatur beträgt 306 K, der pH-Wert liegt bei 4,2. Die Verweilzeit im Fermentor beträgt 4 Stunden. Der spezifische theoretische Energieeintrag liegt bei 1,10 kW/t.

Die Nähr- und Spurensalze werden in Form von zwei Nährsalzlösungen in den Fermentationsprozeß eingeführt. Die Nährsalzlösung I ist eine 15-%ige wäßrige Kaliumchloridlösung, Nährsalzlösung II ist eine aus den Medien Magnesiumsulfat, Kupfersulfat, Zinksulfat, Mangansulfat, Eisen-III-chlorid, Phosphorsäure und Wasser bestehende saure Salzlösung.

Die sich aus den nachfolgend aufgeführten Verbrauchs- und den Prozeßkennwerten ergebenden Dosiermengen der Nähr- und Spurenelemente sind der im kontinuierlichen Prozeß angestrebten Produktivität angepaßt.

Spezifische Verbrauchskennziffern der Nähr- und Spurensalzlösungen

Element	spezifischer Element-Bedarf g Element/kg Hefetrocken- substanz	eingesetzter Rohstoff
P	17,5 - 18	Phosphorsäure 74,5 %ig
K	20	Kaliumchlorid
Mg	0,94	Magnesiumsulfat
Fe	0,02	Eisen-II-sulfat
Cu	0,02 - 0,03	Kupfersulfat
Mn	0,16	Mangansulfat
Zn	0,22	Zinksulfat

In das wäßrige Prozeßwasser wird zur Intensivierung des Fermentationsprozesses eine Hilfsstoffkombination von der Struktur Propylenoxidethylenoxidaddukt/polyethylenglykol in einer Konzentration von etwa 600 mg/l wäßriges Kulturmedium zugegeben.

Die Produktivität des Prozesses beträgt 3,6 kg Hefetrockensubstanz (t.l bei einer Ausnutzung der n-Alkane im Erdöldestillat von 65 %).

Die Aufkonzentrierung des Fermentorablaufes erfolgt durch eine Aufrauhmung des Vierphasengemisches Erdöldestillat/Biomasse/Prozeßwasser/Luft, wobei eine Abscheidung des Prozeßwassers von 60 % erzielt wird. Das abgetrennte Prozeßwasser wird in den Fermentationsprozeß zurückgeführt. Zum Aufgerahmten gibt man wiederum etwa 800 mg/l Aufgerahmtes der genannten Hilfsstoffkombination und erhitzt die Suspension auf 353 bis 358 K. Durch Anwendung einer zweistufigen Separation wird weitgehend das entparaffinierte Erdöldestillat und weiteres Prozeßwasser abgetrennt. Das abgetrennte Erdöldestillat wird auf separativen Wege weiter gereinigt und einen Raffinationsprozeß unterzogen.

Die auf etwa 10,5 % aufkonzentrierte Biomassesuspension wird durch eine Vakuumindampfung weiter aufkonzentriert und vor der sich anschließenden Druckdüsenzerstäubungstrocknung in zylindrischen Stapelbehältern bei 313 bis 323 K 5,8 Stunden gestapelt, wobei Luft durch die etwa 3,5 m hohe Suspensionsschicht so eingetragen wird, daß keine anaerobe Mischgärungerscheinungen auftreten. (50 m³ Luft/Stunde bezogen auf ca. 30 m³ Biomassesuspension)

Die Zusammensetzung der Suspension lautet:

Hefetrockensubstanz	:	21,4 Ma.-%
Gesamtextrahierbares	:	6,5 Ma.-%
davon Kohlenwasser-		
stoffe	:	3,1 Ma.-%
Wasser	:	72,1 Ma.-%

Durch eine extraktive Reinigung der Trockenbiomasse in einer kontinuierlichen Drehscheibenextraktionsanlage bei 313 K mit einem Extraktionsmittelgemisch Benzin-Äthanol-Wasser (= 80-19-1 Vol.-%) wurden die restlich in der Biomasse enthaltenen Kohlenwasserstoffe und der Hauptteil der Lipide entfernt. Bei Anwendung einer Druckdüsenzerstäubungstrocknung kann nachfolgend ein Trockenprodukt mit folgenden Eigenschaften erhalten werden.

Aussehen	:	- gelb bis braun
Gefüge	:	- griesig, rieselfähig
Form	:	- poröse Hohlkugeln
Verhalten	:	- gering hykroskopisch
Geruch und Geschmack	:	- arteigen
mittlerer Kugeldurchmesser	:	180 μm
maximaler	"	: ca. 500 μm
minimaler	"	: ca. 50 μm
Schüttdichte	:	450 - 550 kg/m^3
Rütteldichte	:	bis ca. 700 kg/m^3
Hefetrockensubstanz	:	72,3 Ma.-%
Gesamtextrahierbares	:	18,1 Ma.-%
Wasser	:	9,6 Ma.-%

Das Extraktionsmittel wird anschließend aus der extrahierten Biomasse durch eine zweistufige thermische Trocknung entfernt. Das Endprodukt zeichnet sich durch eine hohe Qualität aus.

Kennzahlen der Biomasse, bezogen auf Trockenprodukt

Aussehen	: beige bis hellbraun
Gefüge	: nicht klumpig
Geruch und Geschmack	: arteigen
Rohproteingehalt	: 61,7 %
Lysingehalt	: 7,7 %
Methioningehalt	: 1,4 %
Nukleinsäuregehalt	: 7,8 %
Magnesiumgehalt	: 1390 kg/kg
Kupfergehalt	: 79 mg/kg
Eisengehalt	: 500 mg/kg
Mangangehalt	: 160 mg/kg
Zinkgehalt	: 770 mg/kg

Beispiel 2

Im Vergleich zu Beispiel 1 wird ein weiterer Produktionsversuch unter den geschilderten Arbeitsbedingungen durchgeführt. Auf Grund von Abweichungen im optimalen Prozeßregime in den Verfahrensstufen der Separation und der Vakuumeindampfung und einer betrieblichen Störung in der Trocknungsstufe wird die Biomassesuspension vor der Trocknung 12 Stunden bei 323 K in einer Schichthöhe von 4,0 m unter leichten Rühren zur Vermeidung von Sedimentationserscheinungen gelagert. Hierbei kommt es zu Erscheinungen einer anaeroben Mischgärung des Produktes, die bewirkt, daß starkes Schäumverhalten auftritt. Die Folge ist ein Überschäumen des Behälters, große Verluste an Produkt, ein Mehraufwand an Arbeitsvermögen zum Säubern der Behälter und eine Belastung der Umwelt durch Auftreten von unangenehmen Gerüchen gebildeter niederer Carbonsäuren und Zersetzungsprodukten des Eiweißes. In der Suspension hat sich eine aus Stäbchen und Kokken bestehende Bakterienproduktion (10^8 Keime/ml) angesiedelt, ein Gehalt von etwa 4g/l °

wäßrige Phase Fettsäuren ist festzustellen.
Eine Weiterverarbeitung der infizierten Biomasse-
suspension zur Gewinnung einer extrahierfähigen
Biomasse ist nicht möglich bzw. sehr erschwert,
das korrosive Verhalten einer solchen Suspension
gegenüber den Behältern, Pumpen und Rohrleitungen
verstärkt sich, zusätzliche Aufwendung seitens
der Abwasser- bzw. Abproduktvernichtung sind zu
verzeichnen.

Erfindungsanspruch

Verfahren zur Gewinnung von Biomasse durch Züchtung von Hefen auf Kohlenwasserstoffgemischen, insbesondere n-alkanhaltigen Erdöldestillaten bzw. -raffinaten, gekennzeichnet dadurch, daß hochkonzentrierte Biomassesuspension zur Verhinderung einer infektionsbedingten Schaumentwicklung vor ihrer Trocknung durch Kombination der Maßnahmen Temperatureinwirkung bei 313 bis 333 K, mit Verweilzeiten von maximal 8 Stunden unter gleichzeitigem Eintrag von Luft behandelt wird.