



## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft eine Zentrifugenanordnung, eine Zentrifuge, insbesondere Schälzentrifuge, sowie ein Verfahren zum Betreiben einer Zentrifugenanordnung gemäss den unabhängigen Ansprüchen der jeweiligen Kategorie.

**[0002]** Zentrifugen aller Art sind aus dem Stand der Technik in einer Vielzahl von Ausführungsformen und für eine nahezu unüberschaubare Zahl verschiedenster Anwendungen wohl bekannt.

**[0003]** So ist die Verwendung von ein- oder mehrstufigen Schubzentrifugen nicht nur, aber beispielsweise auch in der Grundstoff-, Agro- und Petrochemie zur Entfeuchtung verschiedenster Ausgangsstoffe weit verbreitet. Die Schubzentrifuge wird dabei über ein Einlaufrohr mit einer zu trennenden, d.h. mit einer zu entfeuchtenden Suspension (Fest-Flüssig-Gemisch) kontinuierlich gespeist. Bei schlecht fliessenden Produkten kann die Einspeisung durch eine Eintragsschnecke unterstützt sein. Ein Suspensionsverteiler beschleunigt und verteilt die Suspension über den ganzen Siebumfang in einem Füllbereich einer (ersten) Trommelstufe. Handelt es sich um eine mehrstufige Schubzentrifuge wird der grösste Teil der Flüssigkeit, typischerweise ca. 80% bereits im Füllbereich der ersten Trommelstufe abfiltriert und es bildet sich sehr schnell ein bereits verhältnismässig stabiler Feststoffkuchen.

**[0004]** Dabei führt die erste Trommelstufe neben der Rotationsbewegung auch eine axiale Schubbewegung, also eine axiale Oszillationsbewegung aus. Durch die axiale Oszillationsbewegung wird der Feststoffkuchen in Ringabschnitten schubweise von der ersten zur zweiten Trommelstufe geschoben. Nach der letzten Trommelstufe, bei zweistufigen Schubzentrifugen also nach der zweiten Trommelstufe wird der Feststoffkuchen über eine Austragsrinne und das Feststoffgehäuse aus der Zentrifuge ausgetragen. Je nach Anwendung können unterschiedliche Austragssysteme eingesetzt werden. Es kann zusätzlich eine Produktwaschung stattfinden bei der Verunreinigungen in der Mutterlauge mittels Waschdüsen ausgewaschen werden, usw.. Der Fachmann kennt eine ganze Reihe weiterer spezieller Ausgestaltungsmöglichkeiten und optionaler Prozesse, die je nach Bedarf eingesetzt werden können.

**[0005]** Ein wesentliches Kennzeichen aller Schubzentrifugen ist, dass mit ihnen ein kontinuierliches Arbeiten möglich ist. Das heisst, die zu trocknende Suspension kann kontinuierlich in dem Masse zu geführt werden, in dem das entfeuchtete Produkt aus der letzten Stufe ausgestossen wird und zwar ohne dass die Drehzahl der Zentrifuge geändert werden müsste. D.h., eine Schubzentrifuge kann in vielen Anwendungen über beträchtliche Zeiträume unter im Wesentlichen konstanten Betriebsbedingungen betrieben werden.

**[0006]** Anders verhält es sich dabei bei den sogenannten Schälzentrifugen, die aus dem Stand der Technik, ebenso wie die Schubzentrifugen, sowohl mit horizontal

als auch mit vertikal angeordneter Zentrifugentrommel wohl bekannt sind.

**[0007]** Oft ausgelegt für hohe Durchsatzleistungen unter härtesten Bedingungen müssen Schälzentrifugen konstruktionsbedingt im Gegensatz zu den Schubzentrifugen diskontinuierlich betrieben werden. Wie dem Fachmann an sich bekannt ist, erfolgt bei Schälzentrifugen die Fest-Flüssig-Trennung in einer Abfolge verschiedener spezifischer Prozessschritte, wobei die Drehzahl der Zentrifugentrommel bei zwei verschiedenen Prozessschritten sehr unterschiedlich sein kann. Den Produkteigenschaften entsprechend dauern die einzelnen Prozessschritte wenige Minuten bis mehrere Stunden. Je nach Steuerungstyp kann der Prozess vollständig automatisiert, halbautomatisiert oder manuell erfolgen.

**[0008]** Ein typisches Beispiel für den Einsatz von diskontinuierlichen Schälzentrifugen ist die Gipsverarbeitung bei der Rauchgasentschwefelung, zum Beispiel in Kohlekraftwerken zur Erzeugung elektrischer Energie. Bei der Rauchgasentschwefelung in Kohlekraftwerken fallen bekanntermassen fortlaufend erhebliche Mengen an feuchter Gipssuspension an, die zur weiteren Verarbeitung zunächst entfeuchtet, also auf ein vorgebares Mass getrocknet werden muss. Das geschieht typischerweise mit grossen Schälzentrifugen. Gips lässt sich nämlich aus bekannten technischen Gründen nur schlecht bzw. gar nicht in Schubzentrifugen verarbeiten. Einer der Hauptgründe dafür ist, dass die Teilchengrössen der Feststoffteilchen im Gips teilweise unter 100 µm liegen, Teilchengrössen, die zur effizienten Verarbeitung in Schubzentrifugen zu klein sind.

**[0009]** Die Entfeuchtung der feuchten Gipssuspension, der bei der Rauchgasentschwefelung im Wesentlichen kontinuierlich anfällt, erfolgt typischerweise in drei aufeinander folgenden Prozessschritten: in einem ersten Prozessschritt wird die Schälzentrifuge mit der feuchten Gipssuspension befüllt. Beim Befüllen läuft die Zentrifuge typisch mit einer mittleren Drehzahl, zum Beispiel mit einer Befüllungsdrehzahl zwischen 400 U/min und 600 U/min. Die feuchte Gipssuspension, oder in anderen Anwendungen eine andere zu entfeuchtende Suspension wird dabei beispielsweise über ein sogenanntes Füllschwert gleichmässig auf die Zentrifugentrommel aufgegeben. Bevorzugt wird mittels einer Füllgradüberwachung ein Überfüllen der Trommel verhindert.

**[0010]** Wenn die Trommel dann gefüllt ist, zum Beispiel bei der Gipsbehandlung durchaus mit sehr grossen Mengen an Material, die je nach Anforderungen und eingesetztem Zentrifugentyp zwischen einigen 100 Kg und mehr als 1 Tonne Material liegen können, wird die Zentrifugentrommel zum Trocknen der zuvor eingefüllten Suspension, also zum Beispiel Gips, von der oben erwähnten mittleren Befüllungsdrehzahl auf eine relativ hohe Entfeuchtungsdrehzahl, die zum Beispiel zwischen 600 U/m und 900 U/min oder durchaus auch noch höher sein kann, beschleunigt. In einer typischen Anwendung wird Gips bei einer Entfeuchtungsdrehzahl von ca. 800 U/min entfeuchtet. Der Entfeuchtungsvorgang kann da-

bei einige Minuten oder auch länger dauern.

**[0011]** Wenn der Entfeuchtungsvorgang abgeschlossen ist und der Feststoff nur noch eine vorgegebene Restfeuchte hat, wird die Zentrifugentrommel der Schälzentrifuge zum Austragen des getrockneten Produkts auf eine relativ niedrige Schälldrehzahl abgebremst, die zum Beispiel zwischen 10 U/min und 100 U/min liegen kann. Bei der Verarbeitung von Gips liegt die Schälldrehzahl typisch bei ca. 30 U/min bis 60 U/min.

**[0012]** Bei der reduzierten Schälldrehzahl schwenkt ein Schälmesser in den Produktkuchen ein, schält das entfeuchtete Produkt ab und das Produkt wird über eine Austragvorrichtung, z.B. über eine Austragrutsche oder einen Austragskonus zur weiteren Verarbeitung nach aussen abgeführt. Je nach Produkteigenschaft und Trommelbreite ist zum Produktaustrag aus der Zentrifugentrommel anstelle einer Austragrutsche zum Beispiel auch die Verwendung einer Austragsschnecke im Stand der Technik bekannt.

**[0013]** Wenn die Zentrifugentrommel entleert ist, kann die Schälzentrifuge wieder auf die Befüllungsdrehzahl beschleunigt werden und erneut mit feuchter Suspension, zum Beispiel mit feuchter Gipsuspension befüllt werden.

**[0014]** Vor allem dann, wenn die zu entfeuchtende Suspension wie bei der Rauchgasentschwefelung mehr oder weniger kontinuierlich anfällt, ist es bekannt mit mehreren Schälzentrifugen gleichzeitig zu arbeiten.

**[0015]** So werden bei der Rauchgasentschwefelung in Kohlekraftwerken bevorzugt mehrere, z.B. zwei bis sieben, insbesondere drei Schälzentrifugen parallel eingesetzt, so dass jeweils eine der Zentrifugen in einem der drei Betriebszustände Befüllen, Entfeuchten oder Schälen ist. Dadurch ist es möglich, den mehr oder weniger kontinuierlich anfallenden Gips möglichst ebenso kontinuierlich zu verarbeiten, da immer eine der drei Zentrifugen zum Befüllen bereit ist. Auf diese Weise können pro Maschine und pro Stunde typischerweise bis zu 2 Tonnen, 4 Tonnen, 6 Tonnen oder sogar noch mehr Gips problemlos verarbeitet werden, wobei jede Trommel zum Beispiel bis zu fünf oder sechs mal pro Stunde oder sogar noch häufiger befüllt werden kann.

**[0016]** Eine solche aus dem Stand der Technik bekannte Zentrifugenanordnung 1' ist zur Verdeutlichung schematisch anhand der Fig. 1 dargestellt. An dieser Stelle sei darauf hingewiesen, dass zur besseren Unterscheidung der Erfindung vom bekannten Stand der Technik, die Bezugszeichen zu den Merkmalen der bekannten Zentrifugenanordnung mit einem Hochkomma versehen sind, während in den übrigen Figuren, die sich auf erfindungsgemässe Ausführungsbeispiele beziehen, die entsprechenden Bezugszeichen kein Hochkomma tragen.

**[0017]** Die bekannte Zentrifugenanordnung gemäss Fig. 1 umfasst vier Zentrifugen 2', 21', 22', 23', 24', die jeweils einen elektrischen Antriebsmotor M1', M2', M3, M4' zum Antrieb der jeweiligen Zentrifugentrommel aufweisen. Jeder der vier Antriebsmotoren M1', M2', M3, M4' ist über einen jeweils eigenen Frequenzumformer

U1', U2', U3', U4' an eine Energieverbindung 3' angeschlossen, die über eine Ansteuerstation A' eine Verbindung zum öffentlichen Stromnetz N' herstellt. Dadurch ist zwischen den Antriebsmotoren M1', M2', M3, M4', über die Frequenzumformer U1', U2', U3', U4', die Energieverbindung 3' und die Ansteuerstation A' ein elektrischer Energieaustausch mit dem öffentlichen Stromnetz N' möglich. Die Frequenzumformer U1', U2', U3', U4' dienen dabei nicht nur der Drehzahlregelung des entsprechenden zugeordneten Antriebsmotors M1', M2', M3, M4', sondern bestimmen auch die Richtung des elektrischen Energieflusses.

**[0018]** Jede Zentrifuge 2', 21', 22', 23', 24' kann wie in Fig. 1 dargestellt über die Zuleitung ZE' separat bei Bedarf mit zu entfeuchtender Suspension S' über unabhängig bedienbare Absperrventile individuell befüllt werden.

**[0019]** Ist zum Beispiel die erste Zentrifuge 21' gerade fertig ausgeschält und wird zum anschliessenden erneuten Befüllen von der niedrigen Schälldrehzahl auf die mittlere Befüllungsdrehzahl beschleunigt, so ist der Frequenzumformer so eingestellt, dass aus dem öffentlichen Netz N', über die Ansteuerstation A' und die Energieverbindung 3' zum Beschleunigen der Zentrifugentrommel der Zentrifuge 21' elektrische Energie in den Antriebsmotor M1' der Zentrifuge 21' eingespeist wird.

**[0020]** Die zweite Zentrifuge 22', die bis vor kurzem noch bei der Entfeuchtungsdrehzahl betrieben wurde, hat dann zum Beispiel gerade mit dem Entfeuchtungsvorgang abgeschlossen und wird daher auf die Schälldrehzahl abgebremst. Daher ist der Frequenzumformer so eingestellt, dass über die Energieverbindung 3' und die Ansteuerstation A' elektrische Energie aus dem Antriebsmotor M1' der Zentrifuge 21' in das öffentliche Netz N' zurückgespeist wird.

**[0021]** Die dritte Zentrifuge 23' ist gerade bei der Befüllungsdrehzahl mit neuer zu entfeuchtender Suspension S' befüllt worden und wird daher gerade von der Befüllungsdrehzahl auf die Entfeuchtungsdrehzahl beschleunigt. Daher ist der Frequenzumformer so eingestellt, dass aus dem öffentlichen Netz N', über die Ansteuerstation A' und die Energieverbindung 3' zum Beschleunigen der Zentrifugentrommel der Zentrifuge 23' elektrische Energie in den Antriebsmotor M3' der Zentrifuge 23' eingespeist wird.

**[0022]** Dabei beansprucht der Antriebsmotor M3' der Zentrifuge 23', die mit einer grossen Menge sehr feuchter Suspension S' beladen ist, selbstverständlich zum Beschleunigen auf die hohe Entfeuchtungsdrehzahl sehr viel mehr elektrische Leistung als die Zentrifuge 21', die erstens im Wesentlichen leer ist und zweitens nur auf die mittlere Befüllungsdrehzahl beschleunigt werden muss.

**[0023]** Die vierte Zentrifuge 24' ist dabei im Stand-By Betrieb und steht daher still. Sie wird eingesetzt, wenn eine der Zentrifugen 21', 22', 23' ausfällt, zum Beispiel wegen eines Defekts oder zur Durchführung von Wartungsarbeiten.

**[0024]** Es versteht sich, dass auch mehr als drei oder vier Zentrifugen vorteilhaft verwendet werden können. In

der Praxis werden wie erwähnt häufig ein oder mehrere Blöcke von vier Zentrifugen vorgesehen, wobei jeweils eine der Zentrifugen im Stand-By Betrieb und somit als Reserve zur Verfügung steht, wenn eine Zentrifuge eines Blocks zum Beispiel wegen Wartungsarbeiten oder wegen eines Defektes ausfällt. Durch die Verwendung von Reserve Zentrifugen kann somit ein kontinuierlicher Betrieb, auch im Falle von Unterbrüchen bei einer einzelnen Zentrifuge, stets gewährleistet werden.

**[0025]** Darüber hinaus können je nach Anforderung neben den oben beschriebenen drei grundlegenden Prozessschritten auch weitere Prozessschritte vorgesehen werden. So kann eventuell eine Waschflüssigkeit auf den Produktkuchen aufgegeben werden und ein anschließendes Trockenschleudern vorgesehen werden. Auch ist es bekannt, dass eine beim Schälen auf dem Filtertuch der Zentrifugentrommel zurückgebliebene Produktrestschicht nach jedem Schälen oder periodisch in vorgebbaren Intervallen mittels bekannter Verfahren, zum Beispiel mit Gasdruck Stößen über Düsen, die ausserhalb der Zentrifugentrommel angeordnet sind, entfernt wird. Werden mehr als die drei grundlegenden Prozessschritte vorgesehen können z.B. eventuell entsprechend mehr Zentrifugen gleichzeitig in den Gesamtprozess eingebunden werden, so dass zur Durchführung jedes einzelnen Prozessschritt jeweils eine separate Zentrifuge zur Verfügung steht.

**[0026]** Ganz gleich wie die Entfeuchtungsprozesse im konkreten Fall ausgestaltet sind, ist es ein wesentlicher Nachteil der Entfeuchtung mittels Schälzentrifugen, dass diese in den drei beschriebenen Prozessschritten Befüllen, Entfeuchten und Schälen in drei sehr unterschiedlichen Betriebszuständen bei deutlich unterschiedlichen Drehzahlen betrieben werden müssen. Die Zentrifugentrommeln der Schälzentrifugen müssen also zwischen den drei Betriebszuständen ständig beschleunigt bzw. abgebremst werden, was selbstverständlich, insbesondere wenn man die oben angegebenen grossen Drehzahldifferenzen und die grossen beladenen Massen berücksichtigt, mit erheblichen Energiebewegungen verbunden ist.

**[0027]** Zunächst muss eine erhebliche Menge an Energie aufgewendet werden, um die Schälzentrifuge nach dem Befüllen von der mittleren Befüllungsdrehzahl auf die hohe Entfeuchtungsdrehzahl zu beschleunigen. Nach Abschluss des Entfeuchtungsvorgangs muss die Zentrifugentrommel auf die niedrige Schäldrehzahl abgebremst werden um dann nach dem Entleeren wieder auf die mittlere Befüllungsdrehzahl beschleunigt zu werden.

**[0028]** Entsprechend viel Energie geht bei den aus dem Stand der Technik bekannten Prozessen verloren. Die Schälzentrifugen werden in der Praxis mit Elektromotoren betrieben. Dabei ist es insbesondere bei älteren Anlagen häufig so, dass das Abbremsen der Zentrifugentrommel zum Beispiel einfach über geeignete mechanisch wirkende Reibbremsen oder Bremswiderstände erfolgt, die die in der Zentrifugentrommel in Form von

Rotationsenergie gespeicherte elektrische Energie in Wärme umwandeln, so dass diese beim Bremsen in Form von Wärme abgegebene Energie vollständig verloren ist.

**[0029]** Bei moderneren Anlagen wird versucht zumindest einen Teil der Bremsenergie zurückzugewinnen, in dem die beim Abbremsen frei werdende Rotationsenergie teilweise wieder in elektrische Energie zurückverwandelt und in das öffentliche Stromnetz zurückgespeist wird. Allerdings ist es bei der Rückspeisung der Rotationsenergie zurück in das öffentliche Stromnetz auch beim Einsatz bester Technik aus physikalischen Gründen grundsätzlich nicht möglich, in befriedigendem Umfang die beim Abbremsen der Zentrifugentrommel freiwerdende Rotationsenergie wieder in Form von elektrischer Energie in das öffentliche Stromnetz zurück zu speisen. Was vielleicht noch schwerer wiegt ist, dass die notwendige elektrische Technik sehr aufwändig und damit teuer ist und man vom öffentlichen Stromnetz abhängig ist.

**[0030]** So muss in jedem Fall für jede Zentrifuge ein separater elektrischer Antriebsmotor vorgesehen werden, wobei die Antriebsmotoren oft erhebliche elektrische Leistungen haben müssen. Bei der Gipsverarbeitung in der Rauchgasentschwefelung sind elektrische Leistungen der Antriebsmotoren von bis zu 160 kW oder sogar noch höher, durchaus üblich. Zur Drehzahlregelung und / oder damit eine Rückspeisung der elektrischen Energie in das öffentliche Stromnetz technisch möglich ist, muss für jede Zentrifuge, d.h. für jeden Antriebsmotor je ein eigener Frequenzumformer vorgesehen werden. Dabei sind die Flüsse der elektrischen Energie erheblichen Schwankungen unterworfen. So entstehen hohe Verbrauchsspitzen beim Beschleunigen der Motoren, die natürlich zudem davon abhängen, ob die leere Zentrifuge von der niedrigen Schäldrehzahl auf die mittlere Befüllungsdrehzahl beschleunigt wird oder ob die schwer gefüllte Zentrifuge von der mittleren Befüllungsdrehzahl auf die hohe Befeuchtungsdrehzahl beschleunigt wird. Ausserdem sind wie oben beschrieben oft mindestens drei Zentrifugen in verschiedenen Betriebszuständen gleichzeitig in Betrieb. Das heisst, der elektrische Energieverbrauch bzw. die Rückspeisung der rotatorischen Bremsenergie in Form von elektrischer Energie zurück in das öffentliche Stromnetz erfolgt zwangsläufig sehr ungleichmässig und ist ständig mit hohen elektrischen Leistungsspitzen bzw. elektrischen Leistungsschwankungen verbunden, die erhebliche Stromschwankungen und damit verbundenen zusätzliche ohmsche Verluste erzeugen, die die elektrischen Netze nicht nur unnötig belasten, sondern insgesamt zu zusätzlichen Energieverlusten führen. Das ist nicht nur aus ökonomischen Gesichtspunkten nicht wünschenswert, sondern auch aus ökologischer Sicht bedenklich.

**[0031]** Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es daher, eine Zentrifugenanordnung sowie eine Zentrifuge, insbesondere Schälzentrifuge vorzuschlagen, so dass die aus dem Stand der Technik bekannten Probleme ver-

mieden werden. Wobei insbesondere die beim Abbremsen der Zentrifuge frei werdende Rotationsenergie möglichst vollständig, unter Vermeidung unnötiger Verluste wieder zurück gewonnen werden kann und gleichzeitig die Stromnetze nicht unnötig mit grossen Leistungsschwankungen belastet werden. Darüber hinaus soll ein Verfahren zum Betreiben einer solchen Zentrifugenanordnung vorgeschlagen werden.

**[0032]** Die diese Aufgabe lösenden Gegenstände der Erfindung sind durch die Merkmale der unabhängigen Ansprüche 1, 11 und 15 gelöst. Die abhängigen Ansprüche beziehen sich auf besonders vorteilhafte Ausführungsformen der Erfindung.

**[0033]** Die Erfindung betrifft somit eine Zentrifugenanordnung mit einer Zentrifuge, wobei ein Antrieb der Zentrifuge über eine Energieverbindung mit einem Energiespeicher zur Herstellung eines Energieaustauschs verbunden ist, und ein Umsteuermittel vorgesehen ist, so dass im Betriebszustand eine Richtung des Energieaustauschs zwischen dem Energiespeicher und dem Antrieb der Zentrifuge umsteuerbar ist. Erfindungsgemäss ist der Energiespeicher ein lokaler Energiespeicher, aus welchem dem Antrieb der Zentrifuge zum Aufbau von Rotationsenergie in einem ersten Betriebszustand gespeicherte Energie zuführbar ist, und durch Umsteuerung des Energieflusses mittels des Umsteuermittels in einem zweiten Betriebszustand die in der Zentrifuge gespeicherte Rotationsenergie zur Speicherung dem lokalen Energiespeicher rückführbar ist.

**[0034]** Wesentlich für die Erfindung ist somit, dass ein lokaler Energiespeicher verwendet wird, aus welchem dem Antrieb der Zentrifuge zum Aufbau von Rotationsenergie in einem ersten Betriebszustand gespeicherte Energie zuführbar ist, und durch Umsteuerung des Energieflusses mittels des Umsteuermittels in einem zweiten Betriebszustand die in der Zentrifuge gespeicherte Rotationsenergie zur Speicherung dem lokalen Energiespeicher wieder rückführbar ist.

**[0035]** Dadurch kann eine erhebliche Menge an Energie, die zur Beschleunigung der Zentrifugentrommel der Zentrifuge aufgewendet werden muss, um die Schälzentrifuge nach dem Befüllen von der mittleren Befüllungsdrehzahl auf die hohe Entfeuchtungsdrehzahl zu beschleunigen, direkt aus dem lokalen Energiespeicher entnommen werden und damit wiederverwendet werden und braucht nicht neu eingekauft zu werden. Umgekehrt kann beim Abbremsen der Zentrifugentrommel die Bremsenergie in den lokalen Energiespeicher zurückgespeist und zur weiteren Verwendung zwischengespeichert werden.

**[0036]** Entsprechend viel Energie kann dadurch im Vergleich zu den aus dem Stand der Technik bekannten Anlagen eingespart werden, was einen wichtigen Beitrag zur CO<sub>2</sub> Reduktion darstellt.

**[0037]** Auch muss durch die vorliegende Erfindung die frei werdende Rotationsenergie nicht unbedingt wieder in elektrische Energie zurückverwandelt und vor allem nicht wieder in das öffentliche Stromnetz zurückgespeist

werden. Damit kann durch die Erfindung ein grosser Teil der notwendige elektrischen Technik eingespart werden, wie sie bei den bekannten Anlagen, die Rotationsenergie in Form von elektrischer Energie in das öffentliche Stromnetz zurückspeisen, unabdingbar notwendig ist. Auch die oben ausführlich beschriebenen Probleme und Nachteile bei der Rückspeisung der elektrischen Energie in das öffentliche Netz werden durch die Erfindung vermieden, da die zurück gewonnene Rotationsenergie nicht in das öffentliche Stromnetz sondern in den lokalen Energiespeicher von der Zentrifuge zurückgespeist wird.

**[0038]** In einem besonders bevorzugten Ausführungsbeispiel sind mindestens ein erster Antrieb einer ersten Zentrifuge und ein zweiter Antrieb einer zweiten Zentrifuge über die Energieverbindung mit dem lokalen Energiespeicher verbunden. Dabei ist für die erste Zentrifuge ein erstes Umsteuermittel und für die zweite Zentrifuge ein zweites Umsteuermittel vorgesehen, so dass im Betriebszustand die Richtung des Energieaustauschs zwischen dem Energiespeicher und dem ersten Antrieb der ersten Zentrifuge und / oder zwischen dem Energiespeicher und dem zweiten Antrieb der zweiten Zentrifuge durch ein Ansteuermittel jeweils unabhängig umgesteuert werden kann.

**[0039]** In einem speziellen Ausführungsbeispiel können der Antrieb der ersten Zentrifuge und der Antrieb der zweiten Zentrifuge zum direkten Energieaustausch mittels eines Steuermittels auch direkt miteinander verbunden sein, wobei das Umsteuermittel in einer bevorzugten Ausführungsform das Steuermittel umfasst. Dadurch ist es möglich, in vorgebbaren Betriebszuständen Rotationsenergie zwischen zwei Zentrifugen direkt und unter Umgehung des lokalen Energiespeichers auszutauschen. Dadurch können Energieverluste, die durch die Zwischenspeicherung allein schon aus physikalischen Gründen immer auftreten, weitestgehend vermieden werden.

**[0040]** Ganz besonders bevorzugt ist der Antrieb der Zentrifuge gemäss der vorliegenden Erfindung ein hydraulischer oder ein pneumatischer Antrieb, insbesondere ein Hydraulikmotor oder ein Pneumatikmotor.

**[0041]** Hydraulikmotoren und Pneumatikmotoren sind aus dem Stand der Technik an sich wohl bekannt und weit verbreitet. Stellvertretend soll nachfolgend dennoch kurz das Prinzip eines Hydraulikmotors exemplarisch beschrieben werden.

**[0042]** Hydraulikmotoren, auch Hydromotoren genannt, haben die Aufgabe, hydraulische Energie, d.h. Druck- und Fluidstrom in mechanische Arbeit umzuwandeln. Es existieren hierzu eine Vielzahl von Bauarten, die in ihrer Arbeitsweise grob in Konstant- und Verstellmotoren eingeteilt werden können.

**[0043]** Dabei besteht bei hydrostatischen Antrieben ein fester Zusammenhang zwischen Volumenstrom und Drehzahl. Sie sind ähnlich wie Hydraulikpumpen (z. B. wie eine Zahnradpumpe) aufgebaut. Die mit dem Ölstrom transportierte Energie wird wiederum durch Druckeinwirkung auf die Zahnräder in Rotationsenergie zu-

rückverwandelt. Sie werden im Stand der Technik als Antrieb u. a. für Förderbänder verwendet.

**[0044]** Axialkolbenmotor-Bauformen sind dagegen sowohl mit konstanten als auch variablen Hubvolumina bekannt. Sie werden zum Beispiel als Fahrtrieb von Baggern verwendet.

**[0045]** Das von hydrodynamischen Motoren erzeugte Drehmoment ist oft unabhängig von der Drehzahl steuerbar, was natürlich im Fall von Zentrifugen, die bei unterschiedlichen Drehzahlen unter unterschiedlichen Lasten, zum Beispiel mit Suspension oder ohne Suspension, oder mit getrocknetem Produkt oder natürlich unter sich kontinuierlich ändernder Last gefahren werden, sehr vorteilhaft ist. Beispielweise wenn bei einer Schälzentrifuge die Suspension nach und nach durch Ausscheidung des in ihre enthaltenden Wassers oder anderer Flüssigkeiten getrocknet wird, wodurch die in der Zentrifuge gelagerte Masse mit der Zeit abnimmt.

**[0046]** Das maximale Moment eines Hydraulikmotors wird dabei durch den Druck der Hydraulikflüssigkeit bestimmt, während das sogenannte Schluckvolumen die Drehzahl bestimmt, die im Wesentlichen vom zugeführten Volumenstrom abhängig ist.

**[0047]** Wird als Antrieb für die Zentrifuge ein hydraulischer oder pneumatischer Motor verwendet, so wird bevorzugt, aber nicht notwendig als Energiespeicher auch ein hydraulischer oder pneumatischer Energiespeicher, also letztlich ein entsprechender Druckspeicher vorgesehen.

**[0048]** In einem anderen Ausführungsbeispiel kann der Antrieb der Zentrifuge auch ein elektrischer Antrieb, insbesondere ein Elektromotor sein. In dem Fall kommt als lokaler Energiespeicher insbesondere ein elektrischer Energiespeicher, im Speziellen eine elektrische Batterie oder ein elektrischer Akkumulator, besonders bevorzugt ein Super-Kondensator in Frage.

**[0049]** Ein Super-Kondensator - häufig auch Ultra-Capacitor genannt - ist ein an sich bekannter Doppelschichtkondensator, der für die Energiespeicherung in elektrisch betriebenen Fahrzeugen bereits erfolgreich verwendet wird und einige prinzipielle Vorteile gegenüber Batterien bzw. Akkumulatoren hat.

**[0050]** Ein gewöhnlicher Kondensator besteht z.B. bei Elektrolyt-Kondensatoren im Prinzip aus drei Elementen: zwei Elektroden und einem Isolator. Wird eine Spannung an den Elektroden angelegt, so "wandern" die Elektronen zur Minus-Elektrode bis der Kondensator aufgeladen ist. Nach der Unterbrechung der Ladungsspannung bleibt die elektrische Energie an den Elektroden gespeichert. Wird anschließend ein Stromkreis, der über die Elektroden führt, geschlossen, dann gibt der Kondensator seine Ladung in Form von elektrischer Energie wieder ab. Die Menge an speicherbarer elektrischer Energie ist dabei allerdings begrenzt und in der Regel zum Antreiben von elektrischen Maschinen hoher Leistung nicht geeignet.

**[0051]** Anders verhält es sich bei einem Super-Kondensator, der ein sogenannter Doppelschichtkondensator ist. Bei diesem wird ausgenutzt, dass die Kapazität

eines Kondensators umso größer ist, je größer die Fläche der Elektroden ist und je kleiner der Abstand zwischen den Elektroden ist. Deshalb werden hier Kohlenstoff-Elektroden und ein organischer Elektrolyt sowie ein spezieller Separator, der zwar elektrisch isoliert, aber für Ionen durchlässig ist, verwendet. Auch der Elektrolyt ist sorgfältig ausgewählt: Seine Ionen bilden Dipole, damit sie zum jeweils entgegengesetzten Pol "wandern" können. Dort bilden sie, wenn die anliegende Spannung eine bestimmte Grenze nicht überschreitet, ein sehr dünnes Dielektrikum. Diese Eigenschaft wird Helmholtz-Effekt genannt. Da der Helmholtz-Effekt an beiden Elektroden gegenpolig auftritt, wird diese Art von Kondensator auch Doppelschichtkondensator genannt. Super-Kondensator oder Ultra-Capacitor wird er genannt, weil seine Kapazität erheblich größer ist, als bei normalen Elektrolyt-Kondensatoren.

**[0052]** Eine herkömmliche Batterie bzw. ein Akkumulator speichert viel Energie relativ langsam aufgrund einer chemischen Reaktion, während ein Ultra-Capacitor zwar etwas weniger Energie aber dafür in sehr viel kürzerer Zeit speichert. Damit kommt der Ultra-Capacitor z.B. allen Formen der regenerativen Energiegewinnung bei Fahrzeugen mit Elektro-Antrieb entgegen. Und ist daher in einer erfindungsgemässen Zentrifugenanordnung ebenfalls sehr vorteilhaft einsetzbar, wobei eventuell eine Mehrzahl von Super-Kondensatoren gleichzeitig eingesetzt werden muss, je nach dem wie gross die installierte elektrische Leistung der Zentrifugenmotoren ist.

**[0053]** Wenn z. B. Bewegungsenergie beim Bremsen in elektrische Energie umgewandelt wird, so geschieht dies nur für kurze Zeit und dann meistens mit hohen Leistungen. Bei Akkumulatoren müssen durch diese Spitzenleistungen hohe Speicherverluste in Kauf genommen werden und gleichzeitig verringert sich die Lebensdauer des Akkumulators.

**[0054]** Eine Batterie bzw. ein Akkumulator besitzt somit gegenüber einem Ultra-Capacitor zwar eine höhere Energiedichte, aber die Leistungsdichte ist beim Ultra-Capacitor erheblich besser als bei der Batterie bzw. dem Akkumulator. Ausserdem sind Batterien bzw. Akkumulatoren üblicherweise schwerer als Ultra-Capacitoren. Darüber hinaus müssen Batterien und Akkumulatoren aufwändig gewartet werden. Ultra-Capacitoren sind dagegen wartungsfrei. Und auch die Ökobilanz spricht für Ultra-Capacitoren, da organische Elektrolyte statt Schwermetalle (Blei) verwendet werden.

**[0055]** Ein weiterer besonderer Vorteil liegt darin, dass bei einer Umrüstung einer bestehenden Anlage die bereits installierten Zentrifugen mit Elektromotoren nicht ausgetauscht werden müssen. Lediglich die lokale Speichertechnik muss neu installiert werden und die notwendigen elektrischen Anpassungen zwischen den bisherigen Zentrifugen und der neuen Speichertechnik, die wie gesagt bevorzugt durch Super-Kondensatoren bereitgestellt wird, müssen vorgenommen werden. Eine solche Umrüstung ist somit besonders einfach und wirtschaftlich.

**[0056]** Besonders vorteilhaft können natürlich Super-Kondensatoren und Batterien bzw. elektrische Akkumulatoren zu einem elektrischen Energiespeicher kombiniert werden, so dass der so gebildete Energiespeicher einerseits die Vorteile einer Batterie oder eines Akkumulators, also insgesamt eine hohe elektrische Speicherkapazität hat und andererseits gleichzeitig die Vorteile des Super-Kondensators, also zum Beispiel den schnellen elektrischen Energieaustausch des Superkondensators aufweist.

**[0057]** Prinzipiell spielt die Speichertechnik an sich, mit der der lokale Energiespeicher ausgerüstet ist, für die vorliegende Erfindung keine wesentliche Rolle. So ist es zum Beispiel auch möglich, dass der verwendete Energiespeicher ein kinetischer Energiespeicher ist, in dem eine ausreichend grosse Masse in Rotation versetzt wird, so dass die aus den Zentrifugen zurück gespeiste Bremsenergie in Form von Rotationsenergie im kinetischen Energiespeicher gespeichert werden kann.

**[0058]** Insbesondere dann, wenn die im Energiespeicher gespeicherte Energie aus technischen Gründen nicht unmittelbar mit den Antrieben der Zentrifugen ausgetauscht werden kann, kann sehr vorteilhaft ein Energiewandler vorgesehen werden, der die aus den Antrieben der Zentrifugen zurück gewonnene Energie und / oder die im Energiespeicher gespeicherte Energie in eine andere kompatible Energieform umwandelt.

**[0059]** Wenn beispielsweise die Zentrifugen mit Elektromotoren ausgestattet sind, als Energiespeicher aber ein hydraulischer oder ein pneumatischer Druckspeicher verwendet werden soll, kann die beim Bremsen aus der Zentrifuge zurück gewonnene elektrische Energie einer geeigneten, mit einem Elektroantrieb ausgestatteten Pumpenmaschine zugeführt werden. Der Elektroantrieb treibt die Pumpenmaschine mit dem elektrischen Strom aus der Zentrifuge an, so dass die Pumpenmaschine den Druck im Energiespeicher erhöht. Dadurch kann die aus der Zentrifuge gewonnene elektrische Energie in Form von Druckenergie im Energiespeicher gespeichert werden.

**[0060]** Wird umgekehrt für die Erhöhung der Rotationsgeschwindigkeit einer Zentrifuge eine bestimmte Menge gespeicherter Druckenergie aus dem Energiespeicher benötigt, so kann die zuvor als Pumpe genutzte Pumpenmaschine im Turbinenbetrieb benutzt werden, indem jetzt das unter Druck stehende Fluid aus dem Energiespeicher in umgekehrter Richtung durch die Pumpenmaschine fließt, so dass die Pumpenmaschine den Elektroantrieb antreibt, der jetzt als Generator arbeitet und die Zentrifuge zur Erhöhung der Rotationsgeschwindigkeit der Zentrifugentrommel mit elektrischem Strom versorgen kann.

**[0061]** Der Fachmann versteht ohne weiteres, dass zum Beispiel bei Verwendung eines kinetischen Energiespeichers, dieser analog über eine elektrische Maschine Energie mit den Antrieben der Zentrifugen austauschen kann. Auch die Möglichkeiten andere Energiearten ineinander umzuwandeln sind dem Fachmann ge-

läufig und müssen hier nicht explizit beschrieben werden.

**[0062]** In der Praxis ist zur Ergänzung von Energieverlusten eine Energieergänzungseinheit zur Ergänzung mit externer Energie vorgesehen. Energieverluste sind nämlich aus rein physikalischen Gründen unausweichlich. Diese Energieverluste müssen natürlich regelmässig wieder ausgeglichen werden, da ansonsten die Zentrifugenanordnung früher oder später zum Stillstand kommt. Die Energieergänzungseinheit kann zum Beispiel ein vom öffentlichen Stromnetz gespeister elektrischer Kompressor, oder z.B. ein von einem Verbrennungsmotor angetriebener Kompressor sein.

**[0063]** Insbesondere dann, wenn eine Versorgung mit elektrischer Energie aus dem öffentlichen Stromnetz nicht oder zumindest nicht zuverlässig gesichert ist, empfiehlt sich besonders vorteilhaft z.B. eine Verbrennungskraftmaschine als Energieergänzungseinheit, weil dann eine vollständige Unabhängigkeit von einer externen elektrischen Energieversorgung gewährleistet ist.

**[0064]** Die Erfindung betrifft weiter ein Verfahren zum Betreiben einer Zentrifugenanordnung, umfassend eine Zentrifuge und einen Energiespeicher, wobei ein Antrieb der Zentrifuge über eine Energieverbindung mit einem Energiespeicher zur Herstellung eines Energieaustauschs verbunden wird. Dabei wird ein Umsteuermittel vorgesehen, so dass im Betriebszustand eine Richtung des Energieaustauschs zwischen dem Energiespeicher und dem Antrieb der Zentrifuge umgesteuert werden kann. Erfindungsgemäss wird als Energiespeicher ein lokaler Energiespeicher vorgesehen, und dem Antrieb der Zentrifuge wird aus dem Energiespeicher zum Aufbau von Rotationsenergie in einem ersten Betriebszustand gespeicherte Energie zugeführt, und durch Umsteuerung des Energieflusses mittels des Umsteuermittels wird in einem zweiten Betriebszustand die in der Zentrifuge gespeicherte Rotationsenergie zur Speicherung dem lokalen Energiespeicher zurückgeführt.

**[0065]** In einem besonders bevorzugten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung werden mindestens ein erster Antrieb einer ersten Zentrifuge und ein zweiter Antrieb einer zweiten Zentrifuge über die Energieverbindung mit dem lokalen Energiespeicher verbunden. Dabei wird für die erste Zentrifuge ein erstes Umsteuermittel und für die zweite Zentrifuge ein zweites Umsteuermittel vorgesehen, so dass im Betriebszustand die Richtung des Energieaustauschs zwischen dem Energiespeicher und dem Antrieb der ersten Zentrifuge und / oder zwischen dem Energiespeicher und dem Antrieb der zweiten Zentrifuge durch ein Ansteuermittel jeweils unabhängig umgesteuert werden kann.

**[0066]** Im Speziellen kann der Antrieb der ersten Zentrifuge und der Antrieb der zweiten Zentrifuge mittels eines Steuermittels miteinander verbunden werden, so dass in einem vorgegebenen Betriebszustand ein direkter Energieaustausch zwischen dem Antrieb der ersten Zentrifuge und dem Antrieb der zweiten Zentrifuge unter Umgehung des Energiespeichers vorgenommen werden kann. Dadurch kann weiter Energie eingespart wer-

den, weil ein Transfer über den Energiespeicher entfällt.

**[0067]** Insbesondere dann, wenn die Energie, die im Energiespeicher gespeichert wird, eine andere Energieform ist, als diejenige Energieform, mit der der Antrieb der Zentrifuge betrieben werden muss, kann ein Energiewandler vorgesehen werden, so dass die Energie beim Energieaustausch zwischen dem Antrieb der Zentrifuge und dem Energiespeicher geeignet umgewandelt werden kann.

**[0068]** Schliesslich betrifft die Erfindung auch eine Zentrifuge für eine erfindungsgemässe Zentrifugenanordnung und zur Durchführung eines erfindungsgemässen Verfahrens wie im Rahmen dieser Anmeldung beschrieben, wobei die Zentrifuge der vorliegenden Erfindung einen hydraulischen oder pneumatischen Antrieb, insbesondere eine Hydraulikmotor oder einen Pneumatikmotor umfasst.

**[0069]** Dabei versteht es sich von selbst, dass in speziellen Fällen die erfindungsgemässe Zentrifugenanordnung neben einer Schälzentrifuge auch zum Beispiel eine Schubzentrifuge jeglicher Art umfassen kann und das erfindungsgemässe Verfahren somit nicht nur mit Schälzentrifugen, sondern selbstverständlich auch mit Schubzentrifugen jeglicher Art durchgeführt werden kann. Dementsprechend kann eine erfindungsgemässe Zentrifuge mit einem hydraulischen oder pneumatischen Antrieb sowohl eine wie auch immer geartete Schälzentrifuge, als auch eine wie auch immer geartete Schubzentrifuge sein.

**[0070]** Die Erfindung wird im Folgenden anhand der schematischen Zeichnung erläutert. Es zeigen:

- Fig. 1 eine aus dem Stand der Technik bekannte Zentrifugenanordnung;
- Fig. 2 ein erstes einfaches Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemässen Zentrifugenanordnung;
- Fig. 3 ein Ausführungsbeispiel mit vier Schälzentrifugen.

**[0071]** Fig. 1 betrifft eine aus dem Stand der Technik wohl bekannte Zentrifugenanordnung, die eingangs bereits ausführlich beschrieben wurde und daher an dieser Stelle nicht mehr diskutiert werden muss.

**[0072]** Anhand der Fig. 2 soll im Folgenden ein erstes, sehr einfaches Ausführungsbeispiel einer Zentrifugenanordnung gemäss der vorliegenden Erfindung erläutert werden, welche Zentrifugenanordnung im Folgenden gesamthaft mit dem Bezugszeichen 1 bezeichnet wird.

**[0073]** Die Zentrifugenanordnung 1 der Fig. 2 umfasst eine Zentrifuge 2, welche über eine Zulaufeinrichtung ZE mit zu entfeuchtender Suspension S gespeist werden kann. Das fertig entfeuchtete Produkt P, das durch Entfeuchtung der Suspension S entsteht, kann dann nach Abschluss des Entfeuchtungsvorgangs, wie schematisch durch den Pfeil P dargestellt, in an sich bekannter Weise mittels eines Schälmessers aus der Zentrifugen-

trommel der Zentrifuge 2 zur weiteren Verarbeitung ausgeschält werden.

**[0074]** Dabei ist ein Antrieb der Zentrifuge 2 über eine Energieverbindung 3 mit einem Energiespeicher 4 zur Herstellung eines Energieaustauschs verbunden. Weiter ist ein Umsteuermittel 5 vorgesehen, so dass im Betriebszustand der Zentrifuge 2 eine Richtung des Energieaustauschs zwischen dem Energiespeicher 4 und dem Antrieb der Zentrifuge 2 umsteuerbar ist. Erfindungsgemäss ist der Energiespeicher 4 ein lokaler Energiespeicher 4, aus welchem dem Antrieb der Zentrifuge 2 zum Aufbau von Rotationsenergie in einem ersten Betriebszustand gespeicherte Energie zuführbar ist, und durch Umsteuerung des Energieflusses mittels des Umsteuermittels 5 in einem zweiten Betriebszustand die in der Zentrifuge 2 gespeicherte Rotationsenergie zur Speicherung dem lokalen Energiespeicher 4 zumindest teilweise rückführbar ist.

**[0075]** Das heisst, wenn die Zentrifugentrommel der Zentrifuge 2 beispielsweise auf eine höhere Umdrehungszahl beschleunigt werden muss, steuert das Umsteuermittel 5 den Energiefluss derart, dass ein Teil der im lokalen Energiespeicher 4 gespeicherte Energie dem Antrieb der Zentrifuge 2 zur Beschleunigung der Zentrifugentrommel zugeführt wird. Wenn umgekehrt die Zentrifugentrommel der Zentrifuge 2 auf eine niedrigere Drehzahl abgebremst wird, leitet das Umsteuermittel die beim Bremsen frei werdende Rotationsenergie in den lokalen Energiespeicher zurück, so dass diese im lokalen Energiespeicher zwischengespeichert wird und für einen nächsten Beschleunigungsvorgang einer Zentrifugentrommel wieder zugeführt werden kann.

**[0076]** Somit geht zumindest ein grosser Teil der beim Abbremsen der Zentrifugentrommel frei werdende Energie nicht verloren, und muss auch nicht wie im Stand der Technik zurück in das öffentliche Stromnetz gespeist werden, sondern wird unter stark minimierten Verlusten, lokal zur weiteren Verwendung im lokalen Energiespeicher 4 effizient zwischengespeichert.

**[0077]** Dabei kann bei der vorliegenden Erfindung der Antrieb der Zentrifuge 2 grundsätzlich verschieden realisiert sein. So kann der Antrieb der Zentrifuge 2 zum Beispiel ein hydraulischer oder ein pneumatischer Antrieb, insbesondere ein oben bereits eingehend beschriebener Hydraulikmotor oder ein Pneumatikmotor sein. In einem anderen Ausführungsbeispiel kann der Antrieb der Zentrifuge 2 auch zum Beispiel ein elektrischer Antrieb, insbesondere ein Elektromotor sein.

**[0078]** Entsprechendes gilt auch für den lokalen Energiespeicher 4. Der lokale Energiespeicher 4 kann grundsätzlich ein beliebiger geeigneter lokaler Energiespeicher 4 sein. So kann der Energiespeicher 4 zum Beispiel ein hydraulischer oder pneumatischer lokaler Druckspeicher sein. Oder der lokale Energiespeicher 4 kann ein elektrischer Energiespeicher, insbesondere ein oben näher beschriebener Super-Kondensator sein, oder in einem ganz speziellen Ausführungsbeispiel auch ein lokaler kinetischer Energiespeicher sein, in dem zur Speiche-



rung der Energie zum Beispiel eine genügend grosse Masse mechanisch rotiert.

**[0079]** Wenn der Antrieb der Zentrifuge 2 zum Beispiel ein hydraulischer oder pneumatischer Antrieb ist, dann ist der lokale Energiespeicher 4 bevorzugt, aber nicht notwendig, ebenfalls ein hydraulischer oder pneumatischer lokaler Energiespeicher 4. Also zum Beispiel ein hydraulischer oder pneumatischer Druckspeicher, in welchem ein Hydrauliköl oder eine andere Hydraulikflüssigkeit, oder ein Gas wie Luft, insbesondere getrocknete Luft, ein Inertgas wie Stickstoff oder ein anderes geeignetes Gas unter vorgebbaren Druckverhältnissen gespeichert wird.

**[0080]** Wenn der Antrieb der Zentrifuge 2 zum Beispiel ein elektrischer Antrieb, wie ein an sich bekannter Elektromotor ist, dann ist der lokale Energiespeicher 4 bevorzugt, aber nicht notwendig, ebenfalls ein elektrischer lokaler Energiespeicher 4, insbesondere ein genügend grosser bzw. eine Mehrzahl Super-Kondensatoren, wie es im Prinzip zum Beispiel aus dem Automobilbau bekannt ist. Oder es kann in bestimmten Fällen auch eine geeignete elektrische Batterie bzw. elektrischer Akkumulator vorteilhaft eingesetzt werden.

**[0081]** Dabei muss der Typ des Antriebs der Zentrifuge 2 nicht zwingend mit dem Typ des lokalen Energiespeichers 4 übereinstimmen. Wie oben bereits ausführlich erläutert, kann zusätzlich ein Energiewandler vorgesehen sein, so dass die Energie im Energiespeicher 4 auch in einer anderen Form gespeichert werden kann, als sie zur Verwendung für den Antrieb zur Verfügung gestellt werden muss.

**[0082]** Wie in Fig. 2 schematisch dargestellt, wird darüber hinaus in der Praxis in der Regel eine Energieergänzungseinheit 7 vorgesehen sein, die die im Energiespeicher 4 gespeicherte Energie bei Bedarf ergänzt.

**[0083]** In Fig. 3 ist ein für die Praxis besonders wichtiges Ausführungsbeispiel in schematischer Weise dargestellt. Die Zentrifugenanordnung 1 gemäss Fig. 3 ist eine Zentrifugenanordnung zur Entfeuchtung von Gips, der bei der Rauchgasentschwefelung in einem Kohlekraftwerk anfällt.

**[0084]** Die erfindungsgemässe Zentrifugenanordnung 1 gemäss Fig. 1 umfasst vier Zentrifugen 2, 21, 22, 23, 24, die im vorliegenden Beispiel jeweils einen Hydraulikmotor zum Antrieb der jeweiligen Zentrifugentrommel der Zentrifugen 2, 21, 22, 23, 24 aufweisen. Jeder der vier Antriebsmotoren ist über ein hydraulisches Umsteuermittel 5, 51, 52, 53, 54 an eine Energieverbindung 3 angeschlossen, die die hydraulischen Umsteuermittel 5, 51, 52, 53, 54 mit einem hydraulischen Energiespeicher 4 verbindet. Die hydraulischen Umsteuermittel 5, 51, 52, 53, 54 sind zum Beispiel elektronisch ansteuerbare hydraulische Mehrwegsteuerventile. Die Energieverbindung 3 ist eine druckfeste Leitung, in der das hydraulische Medium, z.B. Hydrauliköl zwischen den Hydraulikmotoren der Zentrifugen 2, 21, 22, 23, 24 und dem hydraulischen Energiespeicher 4, der hier ein hydraulischer Druckspeicher ist, hin und her bewegt werden kann.

**[0085]** Der hydraulische Druckspeicher 4 umfasst dabei wie dargestellt bevorzugt einen Vorspeicher 41 und einen Hauptspeicher 42. Von den Hydraulikmotoren der Zentrifugen 21, 22, 23, 24 zurückgeführte hydraulische Energie wird zur Pufferung zunächst in den Vorspeicher 41 gespeist und nicht direkt in den Hauptspeicher 42. Der Vorspeicher 41 fängt somit die oft sehr starken Druckschwankungen auf, die im Betriebszustand bei der Rückführung der hydraulischen Druckenergie auftreten. Zwischen Vorspeicher 41 und Hauptspeicher 42 sind nicht explizit dargestellte Druckregulierungsvorrichtungen vorgesehen, so dass die im Vorspeicher 41 gespeicherte hydraulische Druckenergie gezielt in den Hauptspeicher 42 eingespeist werden kann, wo sie dann unter kontrollierten Druckbedingungen wieder den Zentrifugen 21, 22, 23, 24 zur Erzeugung von Rotationsenergie zur Verfügung gestellt werden kann. Es versteht sich, dass in der Praxis auch noch weitere Druckspeicher und Regel- und Ventileinheiten an geeigneten Stellen vorgesehen werden können.

**[0086]** Des Weiteren ist eine Energieergänzungseinheit 7 vorgesehen, die die aus physikalischen Gründen unausweichlichen Energieverluste wieder ausgleicht. Das kann zum Beispiel ein vom öffentlichen Stromnetz N gespeister elektrischer Kompressor, oder z.B. ein von einem Verbrennungsmotor V angetriebener Kompressor 7 sein. Bevorzugt ist das hydraulische System an sich in sich geschlossen. Das heisst, der Kompressor 7 gleicht in der Regel nur die im Betriebszustand unvermeidlich auftretenden Druckverluste aus und wird, ausser z.B. nach einer Wartung oder Reparatur des Systems, im normalen Betrieb kein zusätzliches Hydrauliköl nachfüllen. Selbstverständlich muss die Energieergänzungseinheit 7 nicht zwingend gemäss Fig. 3 am Hauptspeicher 42 angeschlossen sein, sondern kann im Prinzip an jeder geeigneten Stelle im hydraulischen System vorgesehen sein.

**[0087]** Somit dienen die hydraulischen Umsteuermittel 5, 51, 52, 53, 54 bevorzugt sowohl der Drehzahlregelung des entsprechenden zugeordneten Hydraulikmotors, als auch der Einstellung der Richtung des hydraulischen Energieflusses. Muss eine der Zentrifugen 2, 21, 22, 23, 24 beschleunigt werden, so wird das zugeordnete hydraulische Umsteuermittel 5, 51, 52, 53, 54 zum Beispiel von einer nicht dargestellten elektronischen Datenverarbeitungsanlage derart eingestellt, dass Hydrauliköl aus dem hydraulischen Druckspeicher derart und in dem Masse in den entsprechenden Hydraulikmotor fliessen kann, dass dieser wie gewünscht beschleunigt und auf die notwendige Drehzahl gebracht wird.

**[0088]** Wenn die entsprechende Zentrifuge 2, 21, 22, 23, 24 dann auf die vorgegebene Solldrehzahl beschleunigt worden ist, kann mit dem zugeordneten hydraulischen Umsteuermittel 5, 51, 52, 53, 54 die Einhaltung der Solldrehzahl gesteuert oder geregelt werden.

**[0089]** Muss eine Zentrifuge 2, 21, 22, 23, 24 von einer höheren auf eine niedrigere Drehzahl abgebremst werden, so wird das zugeordnete hydraulische Umsteuer-

mittel 5, 51, 52, 53, 54 von der elektronischen Datenverarbeitungsanlage derart eingestellt, dass Hydrauliköl aus dem entsprechenden Hydraulikmotor derart und in dem Masse in den hydraulischen Druckspeicher zurückfließen kann, dass der Antriebsmotor wie gewünscht abgebremst und auf die notwendige niedrigere Drehzahl gebracht wird und dort mit Hilfe des Umsteuermittel 5, 51, 52, 53, 54 auf der niedrigen Drehzahl gesteuert oder geregelt wird.

**[0090]** Jede Zentrifuge 2, 21, 22, 23, 24 kann wie im Prinzip bereits anhand der Fig. 1 erläutert, über eine Zuleitung separat bei Bedarf mit zu entfeuchtender Suspension über separat bedienbare Absperrventile individuell befüllt werden. Die Zuleitung mit Absperrventilen ist im Wesentlichen identisch zu der aus dem Stand der Technik bekannten Vorrichtung, z.B. gemäss Fig. 1, so dass aus Gründen der Übersichtlichkeit auf deren explizite Darstellung hier verzichtet werden kann.

**[0091]** Ist zum Beispiel die erste Zentrifuge 21 gerade fertig ausgeschält und wird zum anschliessenden erneuten Befüllen von der niedrigen Schälldrehzahl auf die mittlere Befüllungsdrehzahl beschleunigt, so wird das hydraulische Umsteuermittel 51 so eingestellt, dass aus dem hydraulischen Energiespeicher 4, das heisst aus dem Hauptspeicher 42 über die hydraulische Druckleitung 3 zum Beschleunigen der Zentrifugentrommel der Zentrifuge 21 hydraulische Druckenergie in den Hydraulikmotor der Zentrifuge 21 eingespeist wird.

**[0092]** Die zweite Zentrifuge 22, die bis vor kurzem noch bei der Entfeuchtungsdrehzahl betrieben wurde, hat dann zum Beispiel gerade mit dem Entfeuchtungsvorgang abgeschlossen und wird daher auf die Schälldrehzahl abgebremst. Daher ist das hydraulische Umschaltmittel 52 so eingestellt, dass über die Energieverbindung 3 hydraulische Druckenergie aus dem Hydraulikmotor der Zentrifuge 21 in das den hydraulischen Energiespeicher 4, das heisst in den Vorspeicher 41 zurückgespeist wird.

**[0093]** Die dritte Zentrifuge 23 ist gerade bei der Befüllungsdrehzahl mit neuer zu entfeuchtender Suspension befüllt worden und wird daher gerade von der Befüllungsdrehzahl auf die Entfeuchtungsdrehzahl beschleunigt. Daher ist das hydraulische Umschaltmittel 53 so eingestellt, dass aus dem hydraulischen Druckspeicher 4, genauer aus dem Hauptspeicher 42 über die hydraulische Druckleitung 3 zum Beschleunigen der Zentrifugentrommel der Zentrifuge 23 hydraulische Druckenergie in den Hydraulikmotor der Zentrifuge 23 eingespeist wird.

**[0094]** Dabei beansprucht der Antriebsmotor der Zentrifuge 23, die mit einer grossen Menge sehr feuchter Suspension beladen ist, selbstverständlich zum Beschleunigen auf die hohe Entfeuchtungsdrehzahl sehr viel mehr hydraulische Leistung als die Zentrifuge 21, die erstens im wesentlichen leer ist und zweitens nur auf die mittlere Befüllungsdrehzahl beschleunigt werden muss.

**[0095]** Die vierte Zentrifuge 24 ist dabei im Stand-By Betrieb und steht daher still. Sie wird eingesetzt, wenn

eine der Zentrifugen 21, 22, 23 ausfällt, zum Beispiel wegen eines Defekts oder zur Durchführung von Wartungsarbeiten.

**[0096]** Der Fachmann versteht ohne weiteres, das sich das zuvor ausführlich erläuterte hydraulische Ausführungsbeispiel auch auf pneumatische oder elektrisch äquivalente Ausführungsformen, die als Energiespeicher 4 einen Super-Kondensator, Batterie oder Akkumulator haben, in völlig analoger Weise ebenfalls bezieht.

**[0097]** Insbesondere versteht der Fachmann sofort, dass die Erfindung nicht nur die exemplarisch geschilderten speziellen Ausführungsbeispiele umfasst, sondern auch alle geeigneten Kombinationen, die vorteilhaft in der Praxis eingesetzt werden können, abdeckt.

## Patentansprüche

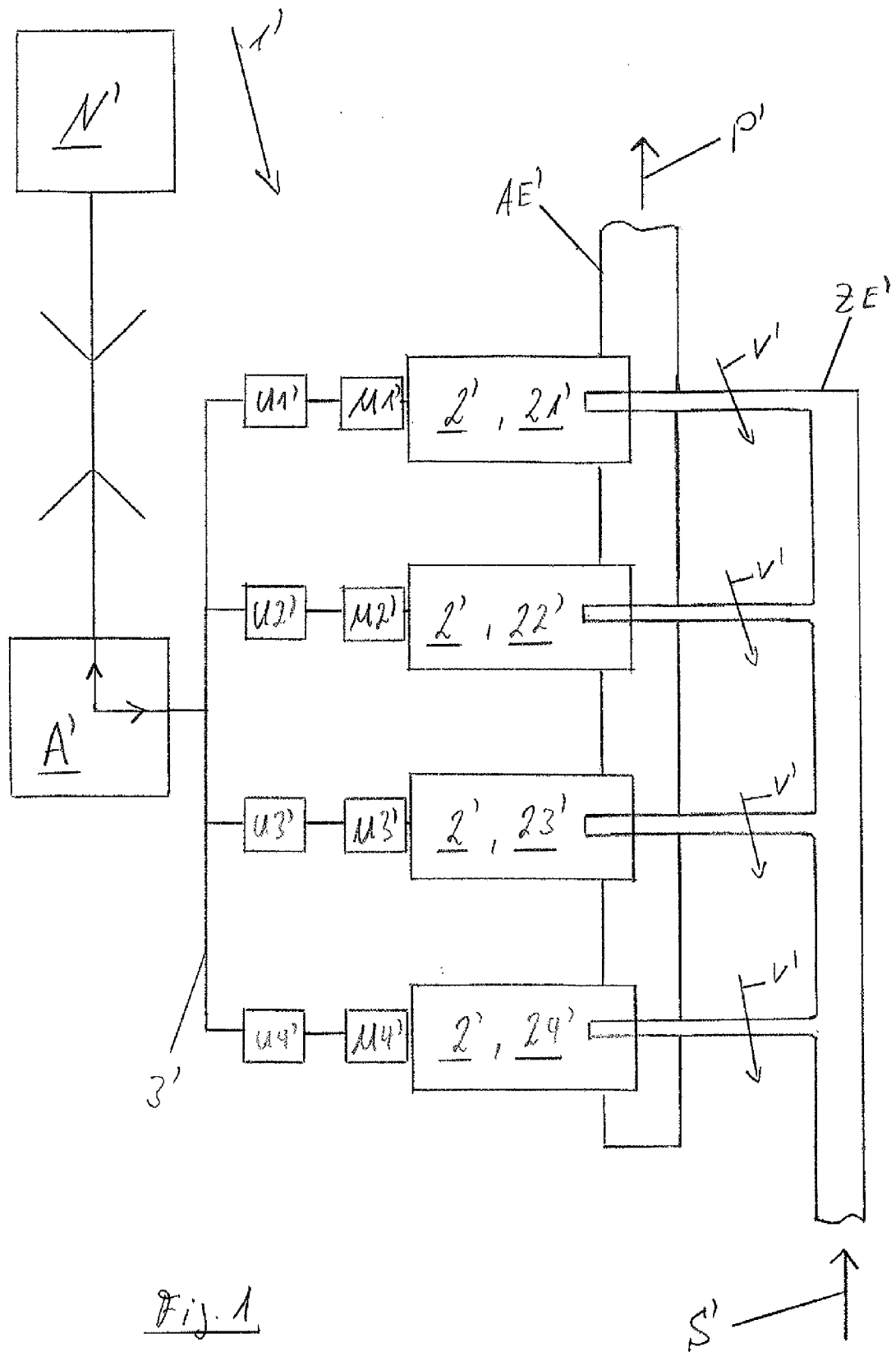
1. Zentrifugenanordnung mit einer Zentrifuge (2, 21, 22, 23, 24), wobei ein Antrieb der Zentrifuge (2, 21, 22, 23, 24) über eine Energieverbindung (3) mit einem Energiespeicher (4) zur Herstellung eines Energieaustauschs verbunden ist, und ein Umsteuermittel (5, 51, 52, 53, 54) vorgesehen ist, so dass im Betriebszustand eine Richtung des Energieaustauschs zwischen dem Energiespeicher (4) und dem Antrieb der Zentrifuge (2, 21, 22, 23, 24) umsteuerbar ist, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Energiespeicher (4) ein lokaler Energiespeicher (4) ist, aus welchem dem Antrieb der Zentrifuge (2, 21, 22, 23, 24) zum Aufbau von Rotationsenergie in einem ersten Betriebszustand gespeicherte Energie zuführbar ist, und durch Umsteuerung des Energieflusses mittels des Umsteuermittels (5, 51, 52, 53, 54) in einem zweiten Betriebszustand die in der Zentrifuge (2, 21, 22, 23, 24) gespeicherte Rotationsenergie zur Speicherung dem lokalen Energiespeicher (4) rückführbar ist.
2. Zentrifugenanordnung nach Anspruch 1, wobei mindestens ein erster Antrieb einer ersten Zentrifuge (21) und ein zweiter Antrieb einer zweiten Zentrifuge (22) über die Energieverbindung (3) mit dem lokalen Energiespeicher (4) verbunden ist, und für die erste Zentrifuge (21) ein erstes Umsteuermittel (51) und für die zweite Zentrifuge (22) ein zweites Umsteuermittel (52) vorgesehen ist, so dass im Betriebszustand die Richtung des Energieaustauschs zwischen dem Energiespeicher (4) und dem ersten Antrieb der ersten Zentrifuge (21) und / oder zwischen dem Energiespeicher (4) und dem zweiten Antrieb der zweiten Zentrifuge (22) durch ein Ansteuermittel jeweils unabhängig umgesteuert werden kann.
3. Zentrifugenanordnung nach einem der Ansprüche 1 oder 2, wobei der Antrieb der ersten Zentrifuge (21) und der Antrieb der zweiten Zentrifuge (22) zum direkten Energieaustausch mittels eines Steuermittels

miteinander verbunden sind.

4. Zentrifugenanordnung nach Anspruch 3, wobei das Umsteuermittel (5, 51, 52, 53, 54) das Steuermittel umfasst. 5
5. Zentrifugenanordnung nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei der Antrieb der Zentrifuge (2, 21, 22, 23, 24) ein hydraulischer oder ein pneumatischer Antrieb, insbesondere ein Hydraulikmotor oder ein Pneumatikmotor ist. 10
6. Zentrifugenanordnung nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei der Antrieb der Zentrifuge (2, 21, 22, 23, 24) ein elektrischer Antrieb, insbesondere ein Elektromotor ist. 15
7. Zentrifugenanordnung nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei der Energiespeicher (4) ein hydraulischer oder pneumatischer Druckspeicher ist. 20
8. Zentrifugenanordnung nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei der Energiespeicher (4) ein elektrischer Energiespeicher, insbesondere ein Super-Kondensator ist, oder wobei der Energiespeicher (4) ein kinetischer Energiespeicher ist. 25
9. Zentrifugenanordnung nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei ein Energiewandler vorgesehen ist. 30
10. Zentrifugenanordnung nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei zur Ergänzung mit externer Energie eine Energieergänzungseinheit (7) vorgesehen ist. 35
11. Verfahren zum Betreiben einer Zentrifugenanordnung (1) umfassend eine Zentrifuge (2, 21, 22, 23, 24) und einen Energiespeicher (4), wobei ein Antrieb der Zentrifuge (2, 21, 22, 23, 24) über eine Energieverbindung (3) mit einem Energiespeicher (4) zur Herstellung eines Energieaustauschs verbunden wird, und ein Umsteuermittel (5, 51, 52, 53, 54) vorgesehen wird, so dass im Betriebszustand eine Richtung des Energieaustauschs zwischen dem Energiespeicher (4) und dem Antrieb der Zentrifuge (2, 21, 22, 23, 24) umgesteuert werden kann, **dadurch gekennzeichnet, dass** als Energiespeicher (4) ein lokaler Energiespeicher (4) vorgesehen wird, und dem Antrieb der Zentrifuge (2, 21, 22, 23, 24) aus dem Energiespeicher (4) zum Aufbau von Rotationsenergie in einem ersten Betriebszustand gespeicherte Energie zugeführt wird, und durch Umsteuerung des Energieflusses mittels des Umsteuermittels (5, 51, 52, 53, 54) in einem zweiten Betriebszustand die in der Zentrifuge (2, 21, 22, 23, 24) gespeicherte Rotationsenergie zur Speicherung dem loka-

len Energiespeicher (4) zurückgeführt wird.

12. Verfahren nach Anspruch 11, wobei mindestens ein erster Antrieb einer ersten Zentrifuge (21) und ein zweiter Antrieb einer zweiten Zentrifuge (22) über die Energieverbindung (3) mit dem lokalen Energiespeicher (4) verbunden wird, und für die erste Zentrifuge (21) ein erstes Umsteuermittel (51) und für die zweite Zentrifuge (22) ein zweites Umsteuermittel (52) vorgesehen wird, so dass im Betriebszustand die Richtung des Energieaustauschs zwischen dem Energiespeicher (4) und dem Antrieb der ersten Zentrifuge (21) und / oder zwischen dem Energiespeicher (4) und dem Antrieb der zweiten Zentrifuge (22) durch ein Ansteuermittel jeweils unabhängig umgesteuert werden kann.
13. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 oder 12, wobei der Antrieb der ersten Zentrifuge (21) und der Antrieb der zweiten Zentrifuge (22) mittels eines Steuermittels (6) miteinander verbunden werden, und in einem vorgegebenen Betriebszustand ein direkter Energieaustausch zwischen dem Antrieb der ersten Zentrifuge (21) und dem Antrieb der zweiten Zentrifuge (22) unter Umgehung des Energiespeichers (4) vorgenommen wird.
14. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 13, wobei ein Energiewandler vorgesehen wird und die Energie beim Energieaustausch zwischen dem Antrieb der Zentrifuge (2, 21, 22, 23, 24) und dem Energiespeicher (4) umgewandelt wird.
15. Zentrifuge für eine Zentrifugenanordnung (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 10 zur Durchführung eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 11 bis 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Zentrifuge einen hydraulischen oder pneumatischen Antrieb, insbesondere Hydraulikmotor oder Pneumatikmotor umfasst.



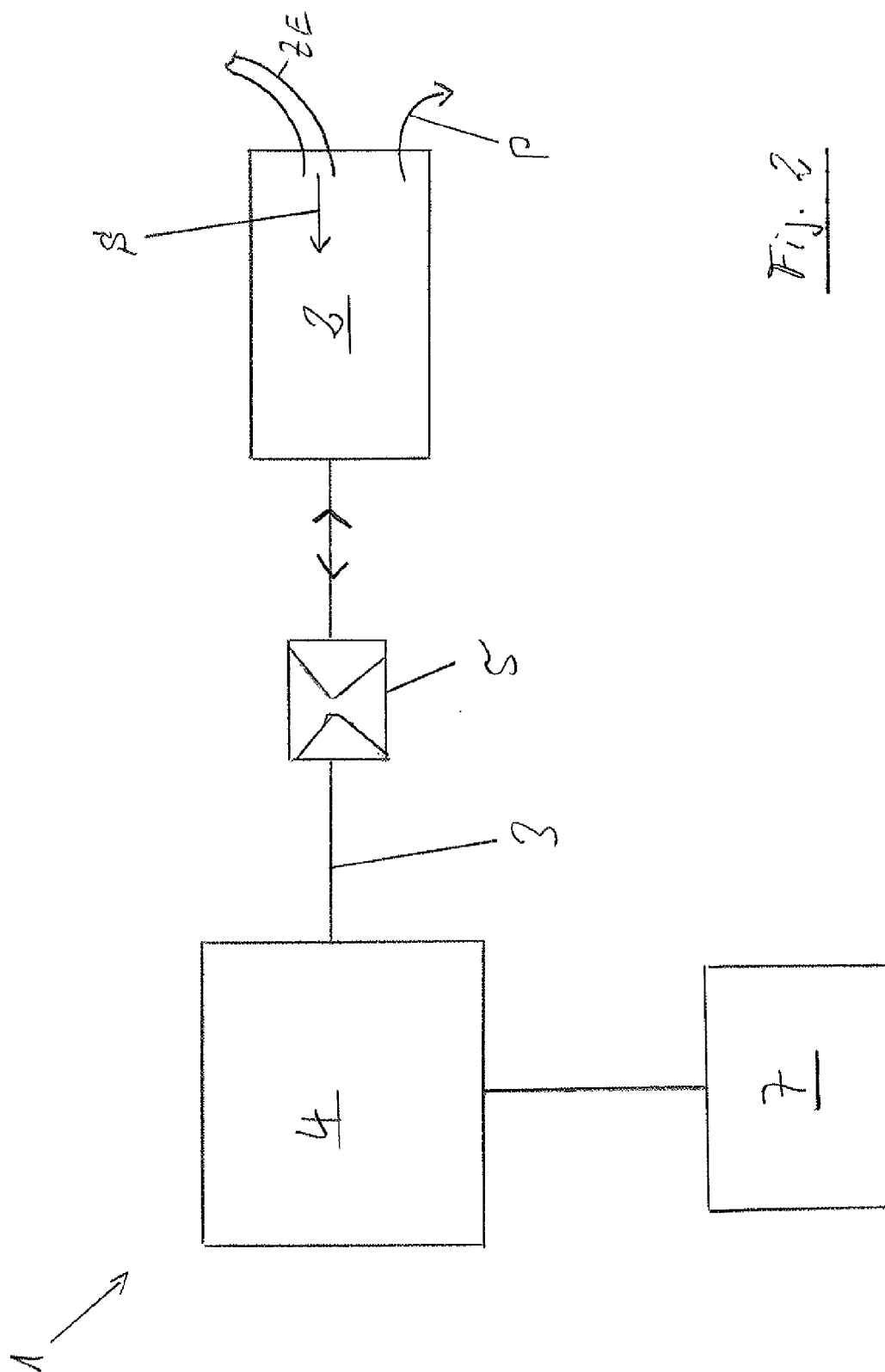


Fig. 2

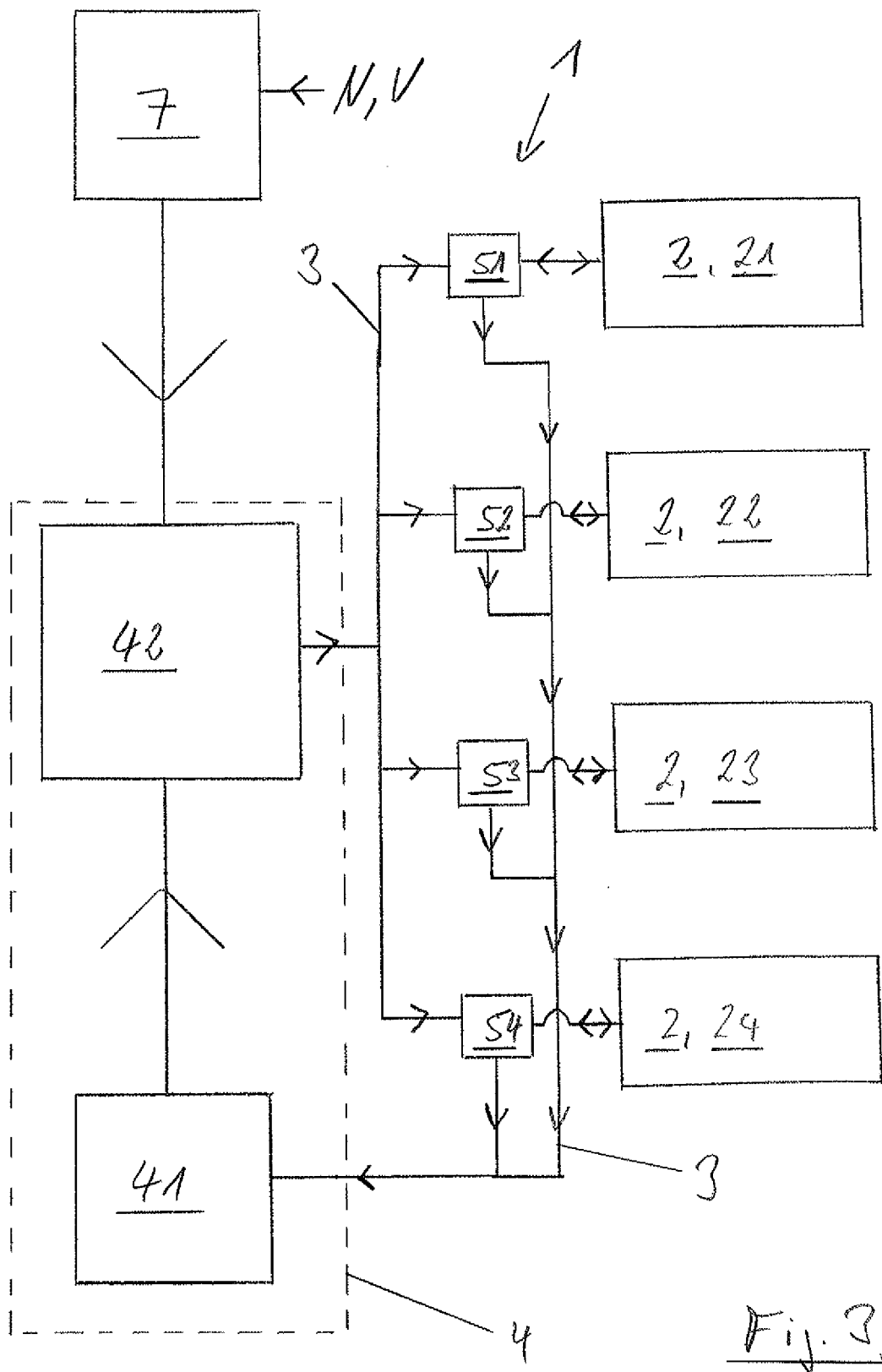


Fig. 3



## EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung  
EP 10 19 5436

| EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                      |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|
| Kategorie                                                                                                                                                                                                                                                                         | Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile                                                                       | Betrifft Anspruch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)                   |
| X                                                                                                                                                                                                                                                                                 | DE 30 31 232 A1 (BALSTER DIPL PHYS DR HUGO) 25. März 1982 (1982-03-25)<br>* Seite 11, letzter Absatz - Seite 14 *<br>* Anspruch 1; Abbildung 2 *<br>----- | 1,3-5,7,<br>11,13,15                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | INV.<br>B04B5/10<br>B04B9/02<br>B04B9/06<br>B04B9/10 |
| X                                                                                                                                                                                                                                                                                 | DE 21 10 736 B1 (BUCKAU WOLF MASCHF R) 25. Mai 1972 (1972-05-25)<br>* Spalte 3, Zeile 4 - Spalte 6; Abbildungen *<br>-----                                | 1-6,8-15                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                      |
| X                                                                                                                                                                                                                                                                                 | DE 36 34 994 A1 (KRAUSS MAFFEI AG [DE]) 21. April 1988 (1988-04-21)<br>* Spalte 3, Zeile 31 - Spalte 5; Abbildungen *<br>-----                            | 1,5-7,9,<br>11,14,15                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                      |
| X                                                                                                                                                                                                                                                                                 | US 5 919 123 A (PHILLIPS VICTOR [US]) 6. Juli 1999 (1999-07-06)<br>* das ganze Dokument *<br>-----                                                        | 1,6,8,<br>10,11                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                      |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)                      |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | B04B                                                 |
| Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                      |
| Recherchenort<br><b>München</b>                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                           | Abschlußdatum der Recherche<br><b>9. Mai 2011</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Prüfer<br><b>Leitner, Josef</b>                      |
| KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE<br>X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet<br>Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie<br>A : technologischer Hintergrund<br>O : mündliche Offenbarung<br>P : Zwischenliteratur |                                                                                                                                                           | T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze<br>E : älteres Patentedokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist<br>D : in der Anmeldung angeführtes Dokument<br>L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument<br>.....<br>& : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument |                                                      |

 2  
EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

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

EP 10 19 5436

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentedokumente 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.

09-05-2011

| Im Recherchenbericht<br>angeführtes Patentedokument |    | Datum der<br>Veröffentlichung | Mitglied(er) der<br>Patentfamilie |            | Datum der<br>Veröffentlichung |
|-----------------------------------------------------|----|-------------------------------|-----------------------------------|------------|-------------------------------|
| DE 3031232                                          | A1 | 25-03-1982                    | KEINE                             |            |                               |
| -----                                               |    |                               |                                   |            |                               |
| DE 2110736                                          | B1 | 25-05-1972                    | AT                                | 321226 B   | 25-03-1975                    |
|                                                     |    |                               | CS                                | 161146 B2  | 04-05-1975                    |
|                                                     |    |                               | FR                                | 2128308 A1 | 20-10-1972                    |
|                                                     |    |                               | IT                                | 946155 B   | 21-05-1973                    |
|                                                     |    |                               | US                                | 3753351 A  | 21-08-1973                    |
| -----                                               |    |                               |                                   |            |                               |
| DE 3634994                                          | A1 | 21-04-1988                    | KEINE                             |            |                               |
| -----                                               |    |                               |                                   |            |                               |
| US 5919123                                          | A  | 06-07-1999                    | KEINE                             |            |                               |
| -----                                               |    |                               |                                   |            |                               |

EPO FORM P0461

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