(19) **Bundesrepublik Deutschland**
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 603 13 320 T2** 2007.12.20

(12) # Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) **EP 1 511 937 B1**
(21) Deutsches Aktenzeichen: **603 13 320.7**
(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/SE03/00743**
(96) Europäisches Aktenzeichen: **03 725 943.9**
(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2003/098048**
(86) PCT-Anmeldetag: **08.05.2003**
(87) Veröffentlichungstag der PCT-Anmeldung: **27.11.2003**
(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **09.03.2005**
(97) Veröffentlichungstag der Patenterteilung beim EPA: **18.04.2007**
(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **20.12.2007**

(51) Int Cl.[8]: ***F04C 28/00*** (2006.01)
F04C 18/16 (2006.01)
E21B 21/14 (2006.01)

(30) Unionspriorität:
147883 **20.05.2002** **US**

(73) Patentinhaber:
Sandvik Intellectual Property AB, Sandviken, SE

(74) Vertreter:
Dr. Weber, Dipl.-Phys. Seiffert, Dr. Lieke, 65183 Wiesbaden

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LI, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR

(72) Erfinder:
LEPPANEN, Jarmo, 32615 Alachua, FI, US

(54) Bezeichnung: **VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUM ENTLASTEN EINES SCHRAUBENKOMPRESSORS**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung

Hintergrund der Erfindung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft Luftkompressionssysteme und insbesondere solche Systeme, welche einen Schraubenkompressor verwenden, der von einem Motor angetrieben ist, wie z. B. einem Dieselmotor oder einem Elektromotor, der auch ein anderes Gerät antreibt und ein solches Gerät fortlaufend antreibt, wie auch den Schraubenkompressor, selbst während Perioden geringen Luftdruckverbrauchs.

[0002] Von einem Motor angetriebene Schraubenkompressoren sorgen für eine Druckluftquelle, die viele nützliche Funktionen durchführt. Schraubenkompressorsysteme erfreuen sich wegen ihrer Robustheit, Kompaktheit und Zuverlässigkeit einer Akzeptanz und merklichen Zunahme. Mit ihrer Ausgestaltung für lange Perioden (normalerweise über 100.000 Stunden) kontinuierlichen Betriebes sorgen sie bis zu 98% Onlineverfügbarkeit. Ihre niedrigen Wartungskosten zusammen mit ihrer hohen Energieeffizienz machen Betriebskosten minimal. Der gleichmäßige Lauf der Rotoren ermöglicht es den Schraubenkompressoren, die meisten schwierigen Gase, Verunreinigungen oder flüssige Klumpen ohne Vibration zu beherrschen.

[0003] Unter den vielen Beispielen von Maschinen, welche Schraubenkompressoren verwenden, befinden sich Bohranlagen, wobei eine Bohrkrone eines Bohrstranges gedreht wird, um ein Loch im Boden zu bohren, d.h. in Erde und/oder Gestein. Um die Schneidteile aus dem Loch zu spülen, wenn es gebohrt wird, ist es üblich, einen Schraubenkompressor zu verwenden, um Luftdruck zu erzeugen, der nach unten durch den Bohrstrang an die Vorderfläche der Bohrkrone geführt wird. Die Schneidteile werden in dem Luftstrom mitgerissen und zu der Oberfläche gebracht, wenn die Luft längs der Außenseite des Bohrstranges nach oben wandert. Die Druckluft dient auch der Kühlung der Schneidelemente der Bohrkrone.

[0004] Im Falle von sogenannten Schlagwerkzeugen wirkt die Druckluft auch für das Hin- und Herbewegen eines Schlagkolbens, der klopfende Schläge von einem Kolben auf eine sich drehende Bohrkrone aufbringt, um die Schneidtätigkeit zu begünstigen. Der Kolben ist unter der Erdoberfläche unmittelbar über der Bohrkrone angeordnet (d.h. ein sogenannter down-the-hole Hammer).

[0005] Bei vielen Druckluftanwendungen ist es üblich, den Schraubenkompressor von einem Motor antreiben zu lassen (d.h. ein brennstoffangetriebener Motor oder ein elektrisch angetriebener Motor), der auch eine andere Gerätschaft antreibt, wie z. B. ein Hydrauliksystem, welches wirkt, um: Hydraulikmotoren anzutreiben und den Bohrstrang anzuheben oder abzusenken, Bohrstangen dem Bohrstrang beim Fortschreiten des Bohrens hinzuzufügen, Bohrstangen von dem Bohrstrang zu entfernen, wenn der Bohrstrang aus dem Loch herausgezogen wird, einen Bohrmast anzuheben oder abzusenken, Nivellierungsbuchsen anzuheben und abzusenken und die Bohranlage vorzutreiben (im Falle einer mobilen Bohranlage). Der Motor treibt auch eine hydraulische Pumpe und ein Kühlgebläse eines Kühlsystems an.

[0006] Der Druckluftbedarf einer solchen Bohrmaschine hängt mit der Zufuhr von Spülluft zum Herausspülen von Schneidteilen und/oder dem Antreiben des Schlagkolbens eines Schlagwerkzeuges zusammen.

[0007] Längere Zeiten während des Betriebes der Bohranlage gibt es deshalb keinen Bedarf für Druckluft, wie z. B. während des Hinzufügens oder Wegnehmens von Bohrstangen, des Umsetzens der Bohranlage, des Einbauens der Bohranlage, der Mittagszeiten usw. Obwohl es während dieser Zeiten keinen Bedarf gibt, Druckluft umzuwälzen, um Schneidteile wegzuspülen oder den Schlagkolben hin und her zu bewegen, ist es doch notwendig, den Motor anzutreiben, um die Hydraulik mit Energie zu versorgen.

[0008] Bei einem typischen Luftkompressionssystem ist die Antriebsverbindung zwischen dem Schraubenkompressor und dem Motor derart, daß der Schraubenkompressor immer dann angetrieben wird, wenn der Motor angetrieben wird, und zwar unabhängig davon, ob ein kontinuierlicher Betrieb des Schraubenkompressors nicht notwendig ist, wenn kein Bohren erfolgt. Bei dem Bemühen, den verlorenen Energieverbrauch des Motors in einem solchen Falle zu reduzieren, wird der Lufteinlaß des Schraubenkompressors geschlossen, das aber hat nur eine Verringerung von etwa 25% der Energie zur Folge, die für den Antrieb des Schraubenkompressors erforderlich ist, denn selbst wenn der Einlaß geschlossen ist, komprimiert der Schraubenkompressor doch Luft an seinem Auslaß, d.h. Luft, die zwischen dem Kompressorauslaß und einem Luftvorrat eingefangen ist, mit welchem der Auslaß gewöhnlich verbunden ist. Die US-Patentveröffentlichung Nr. 2002/0021969, angemeldet am 9. August 2001 (jetzt US-Patent Nr. 6,599,093) mit dem Titel Kompressor, seine Steuerung, Vorrichtung und Steuerverfahren, Name des Erfinders Junichiro Totsuka, auf welcher die Oberbegriffe der Ansprüche 1, 13 und 21 basieren, beschreibt einen Kompressor mit einem Einlaßregelventil.

[0009] Es gibt gewisse Maßnahmen, die man unternehmen könnte, um den unnötigen Energieverbrauch zu verringern. Zum Beispiel könnte zwischen

dem Motor und dem Schraubenkompressor eine Kupplung vorgesehen werden, um den Kompressor während Zeiten geringen Luftbedarfs zu entlasten, dadurch würden aber erhebliche Kosten bei der Anlage hinzukommen, und die Kupplung würde in Situationen, in denen der Kompressor oft entlastet werden soll, sich schnell abnutzen.

[0010] Es ist unwirtschaftlich und unpraktisch, den Kompressor häufig ein- und auszuschalten. Selbst während Zeiten, in denen eine große Menge Druckluft nicht notwendig ist, werden diesbezüglich kleinere Mengen doch benötigt, woraufhin der Schraubenkompressor ein- und ausschalten muß, um den Luftvorrat ausreichend unter Druck zu halten.

[0011] Eine andere mögliche energiesparende Maßnahme schließt die Schaffung eines Zahntriebes mit variabler Geschwindigkeit ein, um den Schraubenkompressor zu entlasten, aber ein solcher Antrieb ist kompliziert und recht teuer, wie es auch ein Zahntrieb mit zwei Geschwindigkeiten und mit Kupplungen wäre. Bei einem Zahntrieb mit variabler Geschwindigkeit könnte die Drehzahl des Kompressors für einen verringerten Energieverbrauch reduziert werden.

[0012] Eine relativ preiswerte mögliche Maßnahme schließt das Antreiben des Schraubenkompressors mit einem Hydraulikmotor ein, der während Zeiten niedrigen Druckbedarfes leicht angehalten oder verlangsamt werden kann. Solche Antriebe sind jedoch relativ uneffizient (80% maximal), so daß während Zeiten niedrigen Druckluftverbrauchs erreichte Energieeinsparungen während Zeiten hohen Druckluftverbrauchs verlorengingen.

[0013] Es ist deshalb wünschenswert, ein Luftkompressionssystem zur Verfügung zu stellen, welches einen von einem Motor angetriebenen Schraubenkompressor verwendet, aber trotz eines Antriebes durch einen Motor während Zeiten niedrigen Druckluftverbrauches den Energieverbrauch relativ preiswert und doch einfach und zuverlässig minimal macht.

Zusammenfassung der Erfindung

[0014] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Schraubenkompressorentlastungssystem mit einem Schraubenkompressor, der einen Lufteinlaß und einen Luftauslaß hat. Ein Einlaßventil ist zum Schließen des Lufteinlasses vorgesehen. Eine Vakuumvorrichtung ist vorgesehen, die eine erheblich kleinere maximale Kapazität hat als der Schraubenkompressor. Die Vakuumvorrichtung hat einen Lufteinlaß und einen Luftauslaß. Der Lufteinlaß der Vakuumvorrichtung ist mit dem Luftauslaß des Schraubenkompressors verbindbar, um für die Vakuumvorrichtung die Möglichkeit vorzusehen, den Schraubenkompressor dadurch zu entlasten, daß entsprechende Drücke am Lufteinlaß und Luftauslaß des Schraubenkompressors im wesentlichen ausgeglichen werden, wenn das Lufteinlaßventil geschlossen ist.

[0015] Die Erfindung betrifft auch ein Verfahren zum mindestens teilweisen Entlasten des Schraubenkompressors durch Entfernen von Luft aus diesem, wenn der Schraubenkompressor angetrieben wird, während sein Lufteinlaß geschlossen ist. Vorzugsweise wird das Entlasten durch Verwendung der Vakuumvorrichtung erreicht.

[0016] Das Verfahren und die Vorrichtung können verwendet werden, um einen Schraubenkompressor zu entlasten und die Inbetriebsetzung eines Motors zu begünstigen, welcher den Schraubenkompressor antreibt, oder um mit dem Betrieb des Motors sparsam umzugehen, wenn er den Schraubenkompressor während Zeiten antreibt, wenn der Bedarf an Druckluft niedrig ist.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0017] Die Merkmale und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der folgenden ausführlichen Beschreibung bevorzugter Ausführungsformen derselben in Verbindung mit den anliegenden Zeichnungen, in welchen gleiche Bezugszahlen gleiche Elemente bezeichnen und bei denen ist:

[0018] Fig. 1 eine schematische Ansicht eines herkömmlichen Luftkompressionssystems unter Verwendung eines Schraubenkompressors,

[0019] Fig. 2 eine schematische Ansicht eines herkömmlichen Schraubenkompressors, der von einem Motor angetrieben ist, wobei der Schraubenkompressor im Querschnitt gezeigt ist,

[0020] Fig. 3 eine schematische Ansicht eines Luftkompressionssystems gemäß einer ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung,

[0021] Fig. 4 eine schematische Ansicht eines Luftkompressionssystems gemäß einer zweiten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung,

[0022] Fig. 5 eine schematische Ansicht eines Luftkompressionssystems gemäß einer dritten Ausführungsform der Erfindung,

[0023] Fig. 6 eine Seitenansicht einer herkömmlichen Bohrvorrichtung zum Bohren von Löchern im Boden, bei welcher die vorliegende Erfindung wirksam eingesetzt werden kann, und

[0024] Fig. 7 eine schematische Ansicht eines Luftkompressionssystems gemäß einer vierten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

Ausführliche Beschreibung bevorzugter Ausführungsformen der Erfindung

[0025] In Fig. 1 ist ein herkömmliches Luftkompressionssystem gezeigt, in welchem Luft von einem Schraubenkompressor **10** komprimiert wird und durch einen Hauptluftentladedurchlaß **14** geführt wird, dessen Entladeauslaß **14a** mit einem Einlaß des Luftvorrats **12** verbunden ist. Der Luftvorrat **12** speichert komprimierte Luft und enthält Schmiermittelöl, welches dem Hauptschraubenkompressor **10** mittels einer Leitung **11** zugeführt wird, um den Hauptschraubenkompressor zu schmieren, abzudichten und zu kühlen. Das Öl wird wegen einer Druckdifferenz zwischen dem Luftvorrat und dem Hauptschraubenkompressor in letzteren eingespritzt. Alternativ könnte eine (nicht gezeigte) Pumpe für das Einspritzen des Öles in den Hauptschraubenkompressor vorgesehen sein. Ein Ventil **13** ist zum Schließen der Leitung **11** vorgesehen, wenn der Motor **18** und der Hauptschraubenkompressor **10** abgeschaltet wurden. Der Hauptschraubenkompressor **10** verwendet vorzugsweise ein Paar von miteinander kämmenden Schrauben **16a**, **16b**, wie in Fig. 2 gezeigt ist. Die Schrauben werden von einem Motor **18** über eine geeignete Antriebskupplung **20** angetrieben.

[0026] Die Kupplung **20** zwischen dem Motor **18** und dem Hauptschraubenkompressor **10** ist dadurch gekennzeichnet, daß der Kompressor **10** immer dann angetrieben wird, wenn der Motor **18** angetrieben wird, und der Motor wird weiter angetrieben, selbst wenn der Druckluftbedarf auf ein Minimum absinkt. Das heißt, selbst wenn es einen kleinen oder keinen Bedarf an Druckluft gibt, ist es notwendig, daß der Motor mindestens eine andere Vorrichtung **22** antreibt (z. B. eine Hydraulikpumpe), so daß der Motor fortlaufend läuft. Der Hauptluftkompressor **10** wird somit fortlaufend angetrieben und verbraucht merklich Energie bei der Durchführung einer viel größeren Luftkompressionsfunktion, als notwendig ist. Dies passiert, selbst wenn ein Lufteinlaßventil **28**, welches an einem Lufteinlaß **26** des Hauptluftkompressors angeordnet ist, geschlossen wird, denn der Kompressor fährt fort, Luft am Luftauslaß **28** zu komprimieren. Wie oben bemerkt, könnte die Verwendung von Kupplungen, Antrieben mit variabler Geschwindigkeit usw. zwischen dem Motor und dem Kompressor den unnötigen Energieverbrauch eliminieren oder reduzieren, diese Vorrichtungen können aber zu merklich größeren Kosten, einer Komplexität und/oder Wartungsarbeiten führen.

[0027] Gemäß der vorliegenden Erfindung kann die von dem Hauptluftkompressor verbrauchte Energie in erheblicher Weise durch einen relativ einfachen, preiswerten und zuverlässigen Mechanismus selbst dann reduziert werden, wenn der Hauptkompressor von dem Motor fortlaufend mit voller Drehzahl angetrieben wird. Diesbezüglich betrachte man Fig. 3, die ein Luftkompressionssystem gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung zeigt. Die dort gezeigten Bestandteile, welche denen der Fig. 1 und Fig. 2 entsprechen, sind mit denselben Bezugszahlen bezeichnet. Es versteht sich also, daß der Hauptschraubenkompressor **10** der Fig. 3 dem Kompressor der Fig. 1 und Fig. 2 entspricht, welcher von dem Motor **18** angetrieben wird. Der Begriff "Motor", wie er hier benutzt wird, bedeutet jedes beliebige, zweckmäßige Antriebssystem, ob es z. B. durch Kraftstoff angetrieben wird (z. B. einen Verbrennungsmotor oder einen Dieselmotor) oder elektrisch angetrieben wird.

[0028] Vorgesehen ist auch eine kleine Vakuumvorrichtung **30**, die einen Lufteinlaß **32** und einen Luftauslaß **34** hat. Die Vakuumvorrichtung kann jede beliebige Vorrichtung sein, welche ein Vakuum erzeugt, wie z. B. eine Vakuumpumpe oder ein Kompressor (z. B. ein kleiner Schraubenkompressor). Ein beliebiger geeigneter Antriebsmechanismus ist für den Antrieb der Vakuumvorrichtung vorgesehen, z. B. ein Elektromotor mit einem Riemenantrieb und einer Kupplung oder, wie in Fig. 3 gezeigt ist, ein Hydrauliksystem, welches aus einem hydraulischen Motor **35** mit veränderlicher Drehzahl besteht, der von einer Hydraulikpumpe **36** angetrieben wird. Das in Fig. 3 gezeigte Hydrauliksystem schließt auch ein Rückschlagventil **37**, einen hydraulischen Akkumulator **38** und ein Absperrventil **39** aus zu erläuternden Gründen ein.

[0029] Die Vakuumvorrichtung ist vorzugsweise klein, d. h. sie hat eine erheblich kleinere Kapazität als der Hauptluftkompressor **10** und erfordert somit viel weniger Energie für den Betrieb, wenn sie Luft komprimiert. Zum Beispiel könnte eine Vakuumvorrichtung (wie z. B. ein kleiner Schraubenkompressor) eine Maximalkapazität haben, die kleiner ist als 10% (am meisten bevorzugt zwischen 3 und 7%) der Maximalkapazität des Hauptschraubenkompressors. Der Lufteinlaß **32** der Vakuumvorrichtung **30** steht mit dem Luftauslaß **28** des Hauptschraubenkompressors **10** an einer Stelle aufstromig von dem Rückschlagventil **15** in Verbindung (d. h. aufstromig bezüglich der Luftströmungsrichtung durch den Hauptluftentladedurchgang **14**).

[0030] Ein Rückschlagventil **46** ist in einem sekundären Luftentladedurchlaß **48** angeordnet, der sich von dem Luftauslaß **34** der sekundären Vakuumvorrichtung erstreckt und die Verbindung zu dem Hauptluftentladedurchlaß **14** an einer Stelle abstromig von dem Rückschlagventil **15** schafft. Der Betrieb des in Verbindung mit Fig. 3 erläuterten Systems wird nun diskutiert, wobei das System bei einer speziellen Anwendung verwendet wird, nämlich einer mobilen Bohranlage **50**, wie sie in Fig. 6 gezeigt ist. Es sei jedoch bemerkt, daß das System auch bei vielen anderen Anwendungen ebenso verwendet werden kann.

Die Bohranlage **50** schließt einen Hauptrahmen **52** ein, auf welchem ein Mast **54** angebracht ist, der angehoben und abgesenkt werden kann. Wenn der Mast angehoben ist, haltert er Bohrstangen **56** zur Bildung eines Bohrstranges, der nach und nach während eines Bohrvorganges in den Boden abgesenkt werden kann, wobei das Bohren durch eine Bohrkrone **58** erfolgt, die an einem unteren Ende des Bohrstranges angeordnet ist. Während eines Bohrbetriebes wird die Bohrkrone von einem hydraulischen Mechanismus gedreht, der mit hydraulischem Druckfluid aus Hydraulikpumpen **22** versorgt wird, welche durch den Motor **18** angetrieben werden. Von der Bohrkrone erzeugte Schnitteile werden von komprimierter Spülluft zu der Oberfläche getragen, welche durch den Bohrstrang nach unten zugeführt und dann nach oben entlang der Außenseite des Bohrstranges geführt wird. Die Spülluft wird von dem Hauptschraubenkompressor **10** zugeführt, welcher von dem Motor **18** angetrieben wird. Ein Spülventil **59** ist vorgesehen, um den Fluß der Spülluft zu dem Bohrstrang zu steuern. Ein Wasserkühlsystem **60** ist für das Kühlen des Hydraulikfluids vorgesehen, wobei das Kühlsystem eine Wasserpumpe und ein von dem Motor **18** angetriebenes Gebläse einschließt.

[0031] Wenn in hartem Boden oder Gestein gebohrt wird, kann ein Schlagbohren durchgeführt werden, bei welchem ein hin- und hergehender Kolben vorgesehen wird, um Abwärtsschläge auf die Bohrkrone aufzubringen, wenn diese dreht. Der Kolben kann entweder über dem Boden oder unter dem Boden angeordnet werden, d. h. gerade oberhalb der Bohrkrone. Ein über dem Boden angeordneter Kolben wird in typischer Weise von einer hydraulischen Druckflüssigkeit angetrieben, aber ein unmittelbar über der Bohrkrone angeordneter Kolben (d. h. ein sogenanntes down-the-hole-Bohren = im-Loch-Bohren) wird von der komprimierten Spülluft angetrieben, welche dann zu der Bohrkrone strömt. Beim Bohren in weicherem Boden wird die Bohrkrone ohne irgendwelche begleitende Kolbenschläge gedreht (d. h. ein sogenanntes rotary-drilling = Drehbohren). Es versteht sich also, daß während des Schlagbohrens down-the-hole größerer Luftdruck erforderlich ist als während des Drehbohrens.

Bohren:

[0032] Während des Bohrbetriebes (d. h. Dreh- oder Schlagbohren) ist das Lufteinlaßventil **24** offen, und der Hauptschraubenkompressor **10** wird bei voller Drehzahl von dem Motor **18** angetrieben, wobei die Vakuumvorrichtung **30** entweder angetrieben oder nicht angetrieben ist. Dementsprechend nimmt der Hauptschraubenkompressor Luft auf dem Lufteinlaß **24** auf und komprimiert sie und führt sie dem Luftvorrat **12** zu. Komprimierte Luft wird aus dem Luftvorrat abgezogen, um verschiedene Funktionen durchzuführen, in erster Linie, um als Spülluft zu dienen und die Bohrkrone zu spülen und zu kühlen und Schnitteile zur Oberfläche hochzutragen und möglicherweise auch einen Kolben hin- und herzubewegen (wenn das im-Loch-Schlagbohren durchgeführt wird).

Entlasten des Schraubenkompressors während des Motorbetriebes:

[0033] Es ist eventuell notwendig, zeitweilig den Bohrbetrieb anzuhalten, d. h. wenn Bohrstangen hinzugefügt oder weggenommen werden, der Bohrer für das Bohren aufgebaut wird, die Bohranlage versetzt wird usw., woraufhin Spülluft nicht notwendig ist. Dementsprechend wird das Spülventil **59** geschlossen. Der Motor **18** wird weiter angetrieben, um ein anderes Gerät zu betreiben, z. B. das Kühlsystem **60** und die Hydraulikpumpen, welche die Bohrstangen anheben oder absenken. Der Hauptschraubenkompressor **100** wird wegen der Eigenschaft seiner Verbindung mit dem Motor **18** fortlaufend angetrieben. Obgleich die in dem Luftvorrat **12** gespeicherte Druckluft einen maximal erforderlichen Druck erreicht hat und der tatsächliche Druckluftverbrauch Null oder minimal ist, wird somit der Hauptschraubenkompressor **10** weiterhin mit hoher Geschwindigkeit angetrieben, wobei unnötigerweise Energie verbraucht wird. Ein Teil dieses Energieverbrauches kann durch Schließen des Lufteinlaßventiles **24** reduziert werden, aber ein erheblicher Energiebetrag würde doch verbraucht, wenn der Hauptschraubenkompressor fortlaufend Luft am Luftauslaß **28** komprimiert.

[0034] Gemäß der vorliegenden Erfindung wird der Hauptschraubenkompressor **10** entlastet, um mit dem Komprimieren von Luft an dem Luftauslaß **28** aufzuhören. Dies erreicht man dadurch, daß man das Lufteinlaßventil **24** schließt und die Vakuumvorrichtung **30** antreibt. Demzufolge wird der Lufteinlaß **32** der Vakuumvorrichtung **30** mit dem Luftauslaß **28** des Hauptschraubenkompressors **10** in Verbindung gebracht, um an dem Luftauslaß **28** ein Vakuum zu ziehen, welches das Rückschlagventil **15** schließt und Luft aus dem Kompressor saugt, so daß die Kompressorschraube für die Kompression keine oder sehr wenig Luft belassen hat. Folglich ist die Dichte der Luft innerhalb des Hauptschraubenkompressors merklich reduziert, und die Saug- und Auspuffdrücke an entgegengesetzten Seiten des Hauptschraubenkompressors **10** sind im wesentlichen ausgeglichen. Das führt zur Entlastung des Kompressors **10**, so daß seine Rotation leichter gemacht ist, um erheblich die Energie zu reduzieren, die notwendig ist, um den Hauptschraubenkompressor **10** zu betreiben. Infolgedessen kann der Motor **18** mit geringerer Leistung und reduzierten Betriebskosten betrieben werden, die zu einer erhöhten Motorlebensdauer und Kompressorlebensdauer gehören.

[0035] In wichtiger Weise ist das System so ausgestaltet, daß trotz der Entlastung des Hauptschrau-

benkompressors **10** es keine Beeinflussung oder Unterbrechung der Schmierung des Hauptschraubenkompressors **10** gibt. Das heißt, der Luftvorrat kann weiterhin Schmiermittel-/Kühlöl zu dem Hauptschraubenkompressor **10** zuführen, weil die Vakuumvorrichtung **30** das Öl zu dem Luftvorrat zurückführt.

[0036] Es versteht sich, daß die Vakuumvorrichtung **30** während eines Bohrbetriebes angetrieben werden könnte, um als Druckverstärker zu fungieren und den Druck der dem Luftvorrat **12** zugeführten Druckluft zu verstärken.

Entlasten des Schraubenkompressors beim Motoranlauf:

[0037] Ein zusätzlicher Vorteil der vorliegenden Erfindung schließt die Fähigkeit ein, den Hauptschraubenkompressor **10** während des Anlaufens des Motors **18** zu entlasten, um es leichter zu machen, den Motor **18** zu starten. Ein solcher Vorteil wäre äußerst nützlich, wenn man den Motor **18** und den Hauptschraubenkompressor **10** bei sehr kaltem Wetter startet, speziell im Falle von kraftstoffbetriebenen Maschinen und/oder wenn ein Elektromotor gestartet wird, der möglicherweise 5 bis 6 mal so viel Ampere während des Anfahrens verbraucht als wenn der Hauptschraubenkompressor **10** während Bedingungen maximalen Luftverbrauches betrieben wird. Dies führt zu der Notwendigkeit übergroßer Energiekabel und Unterbrecher, um den hohen elektrischen Strom zu beherrschen.

[0038] Das Entlasten des Hauptschraubenkompressors **10** während (oder unmittelbar vor) dem Motoranlaufen erreicht man durch Antreiben der Vakuumvorrichtung **30**. Eine am meisten bevorzugte Art des Antreibens der Vakuumvorrichtung **30** während des Motoranlaufens schließt die Verwendung eines in Fig. 3 gezeigten Vordruck-Akkumulators **38** ein. Diesbezüglich diente das Antreiben der hydraulischen Pumpe **36** vor dem Motorabschalten nicht nur der Zufuhr von Hydraulikflüssigkeit zu dem Hydraulikmotor **35**, sondern diente auch dazu, den Hydraulikakkumulator **38**, der mit dem Auslaß der Pumpe **36** in Verbindung steht, mit Druck zu beaufschlagen. Wenn der Motor **18** abgeschaltet würde, wäre das zwischen dem Hydraulikmotor **35** und dem Akkumulator **38** angeordnete Absperrventil **39** geschlossen, wobei der Akkumulator 38 im Zustand unter Druck belassen wird. Während oder unmittelbar vor einem nachfolgenden Anlaufen des Motors **18** wird das Ventil **39** geöffnet, wobei die unter Druck stehende Hydraulikflüssigkeit aus dem Akkumulator **38** die Möglichkeit hat, vorübergehend den Motor **35** anzutreiben, welcher seinerseits die Vakuumvorrichtung **30**, z. B. einige Sekunden lang, antreibt, um in dem Hauptschraubenkompressor **10** ein Vakuum zu erzeugen und dadurch die Energie minimal zu machen, die notwendig ist, um die Schrauben des Hauptschraubenkompressors **10** zu drehen. Als Folge davon wird eine kleinere Last auf den Startmotor aufgebracht, um sein Anlaufen zu fördern. Während des Entlastens des Kompressors **10** und des Anlaufmotors **18** wird selbstverständlich der Lufteinlaß **26** geschlossen.

Modifikationen:

[0039] Zwei modifizierte Ausführungsformen der Erfindung sind in Fig. 4 bzw. Fig. 5 dargestellt, deren jede die Vakuumvorrichtung **30** in die Lage versetzt, selektiv als Druckverstärker und als Luftvolumenverstärker zu arbeiten. Unter Bezugnahme auf Fig. 4 verbindet ein Paar von Durchlässen **70** und **72** die Lufteinlaßseite **32** der Vakuumvorrichtung **30** jeweils mit dem Luftauslaß **28** und dem Lufteinlaß **26** des Hauptschraubenkompressors **10**. Ein Paar von Absperrventilen **76**, **78** ist für das wahlweise Öffnen bzw. Schließen der Durchlässe **70**, **72** vorgesehen. Während eines Bohrbetriebes können die Ventile **76** und **78** geschlossen sein, wobei der Hauptschraubenkompressor **10** wie der einzige Kompressor für Spülluft arbeitet. Zum Beispiel könnte das System während des Drehbohrens in dieser Betriebsart arbeiten (d. h. wenn kein oszillierender Schlagkolben vorgesehen ist). Wenn das System statt dessen in einem Schlagbohrbetrieb benutzt wird, in welchem Spülluft einen Schlagkolben hin- und herbewegt, könnte das Ventil **76** geöffnet werden, um den Lufteinlaß **32** der Vakuumvorrichtung mit dem Luftauslaß **28** des Hauptschraubenkompressors **10** in Verbindung zu bringen, woraufhin die Vakuumvorrichtung wie ein Druckverstärker arbeitet.

[0040] In dem Falle, wenn ein zusätzliches Luftvolumen während eines Bohrbetriebes benötigt wird, ist es nur notwendig, das Ventil **78** zu öffnen, um den Lufteinlaß **32** der Vakuumvorrichtung mit dem Lufteinlaß **26** des Hauptschraubenkompressors **10** zu verbinden. Dann würde die Drehzahl der Vakuumvorrichtung **30** erhöht, z. B. durch die Verwendung eines Antriebes mit variabler Geschwindigkeit für die Vakuumvorrichtung **30**, um zusätzliche Luft einzuziehen.

[0041] Man erkennt, daß während eines Kompressorentlastungsbetriebes, bei welchem die Vakuumvorrichtung **30** den Hauptschraubenkompressor **10** entlastet, wie oben beschrieben, das Ventil **76** offen wäre, und das Ventil **78** könnte entweder offen oder geschlossen sein, denn die entsprechenden Drücke an dem Lufteinlaß **26** und dem Luftauslaß **28** des Hauptschraubenkompressors **10** wären im wesentlichen ausgeglichen unbeachtlich davon, ob das Ventil **78** offen oder geschlossen ist.

[0042] Es versteht sich, daß der Durchlaß **72** und das Ventil **78** in dem System weggelassen sein könnten. Statt dessen könnte die Hauptfunktion, die von dem Durchlaß **72** und dem Ventil **78** durchgeführt wird, d. h. um ein zusätzliches Luftvolumen zur Ver-

fügung zu stellen, dadurch durchgeführt werden, daß ein mit einem Ventil versehener Lufteinlaß **80** für den zweiten Schraubenkompressor **30** vorgesehen wird, wie bei der Modifikation nach Fig. 5 gezeigt ist. Ein ähnliches Hilfsmittel könnte bei der in Verbindung mit Fig. 3 gezeigten Ausführungsform vorgesehen sein.

[0043] Man erkennt, daß durch das Wegnehmen von Luft aus dem Hauptschraubenkompressor **10** während Zeiten niedrigen Druckluftverbrauches Vorteile erreicht werden, selbst wenn dieses Wegnehmen weniger als vollständig ist. Diesbezüglich ist in Fig. 7 ein Entlastungssystem dargestellt, welches nicht eine Vakuumvorrichtung verwendet, um Luft aus dem Hauptschraubenkompressor **10** zu saugen.

[0044] Statt dessen ist ein kleiner Tank **90** vorgesehen, dem Schmieröl durch den Hauptschraubenkompressor **10** zugeblasen werden kann, wenn das Einlaßventil **24** geschlossen und das Ventil **76** offen ist, wie in Fig. 6 gezeigt ist. Der Tank **90** ist zur Atmosphäre hin vermittels eines herkömmlichen Entlüfters **92** offen.

[0045] Öl **94** wird aus dem Tank **90** von einer Hydraulikpumpe **96** zu dem Luftvorrat **12** gepumpt. Dadurch wird auch das Rückschlagventil **15** zu schließen veranlaßt. Der Luftvorrat **12** wäre auch zur Atmosphäre hin offen. Eine Pumpe **98** würde Öl zu dem Hauptschraubenkompressor **10** pumpen. Da der Hauptschraubenkompressor **10** Öl ausbläst, bläst er auch Luft aus, wodurch die Luftdichte in dem Hauptschraubenkompressor **10** reduziert wird und es leichter wird, die Schrauben zu drehen. Die Leichtigkeit der Drehung stammt auch von der Tatsache, daß der Hauptschraubenkompressor **10** nur gegen Atmosphärendruck arbeitet, d.h. ein bar (14,5 psi), wenn er das Öl ausbläst.

[0046] Obwohl der Kompressor **10** nicht in dem selben Maße entlastet wird wie bei den zuvor beschriebenen Ausführungsformen, bei welchen ein Vakuum in dem Hauptschraubenkompressor **10** aufgebaut wird, wird der Kompressor **10** nichtsdestoweniger in einem Ausmaß entlastet, welches ausreicht, um die für sein Betreiben erforderliche Energie merklich zu reduzieren.

[0047] Die Betätigung der verschiedenen Ventile der oben beschriebenen Ausführungsformen könnte von Hand erfolgen, bevorzugt ist aber eine automatische Betätigung.

[0048] Erwünschtenfalls könnte das Lufteinlaßventil **24** mit einem kleinen Loch versehen sein, welches durch dieses gebohrt ist, um die Möglichkeit vorzusehen, daß eine kleine Luftmenge durch das Ventil **24** selbst dann hindurchgeht, wenn das Ventil geschlossen ist, notwendigenfalls zur Verringerung des Kompressorgeräusches. Die Menge an Luft, die durch ein solches Loch hindurchgeht, ist jedoch so klein, daß, wie hier definiert ist, der Lufteinlaß **26** als "geschlossen" angenommen würde. Es versteht sich, daß durch die vorliegende Erfindung die Möglichkeit geschaffen wird, den Energieverbrauch des Motors **18** auf relativ einfache und wirtschaftliche Weise merklich zu reduzieren, während der Hauptschraubenkompressor **10** fortlaufend angetrieben wird oder während des Anlaufens des Motors.

[0049] Obwohl die vorliegende Erfindung in Verbindung mit ihren bevorzugten Ausführungsformen beschrieben wurde, versteht es sich für den Fachmann, daß Hinzufügungen, Streichungen, Modifikationen und Ersatzvorgänge, die nicht speziell beschrieben sind, vorgenommen werden können, ohne den Geltungsbereich der Erfindung zu verlassen, wie er in den anliegenden Ansprüchen definiert ist.

Patentansprüche

1. Ein Schraubenkompressorentlastungssystem, das auch in einer Bohrvorrichtung (**50**) verwendet werden kann, mit einem Motor (**18**), einem Mast (**54**) zum Stützen eines Bohrstrangs (**56**), einer hydraulischen Einrichtung (**22**), die zum Drehen des Bohrstrangs (**56**) mit dem Motor (**18**) in wirksamer Verbindung steht, einem Luftvorrat (**12**) zum Speichern komprimierter Spülluft, die dem Bohrstrang (**56**) bereitgestellt wird, einem Spülventil (**59**) zum selektiven Öffnen und Schließen einer Verbindung zwischen dem Luftvorrat (**12**) und dem Bohrstrang (**56**) und einem Schraubenkompressor (**10**), der einen Luftauslaß (**28**), der mit dem Luftvorrat (**12**) verbunden ist, und einen Lufteinlaß (**26**) aufweist, der ein Einlaßventil (**24**) zum Schließen des Lufteinlasses (**26**) aufweist, wobei das Schraubenkompressorentlastungssystem gekennzeichnet ist durch eine Vakuumeinrichtung (**30**) mit im wesentlichen geringerer maximaler Kapazität als der Schraubenkompressor (**10**), wobei die Vakuumeinrichtung (**30**) einen Lufteinlaß (**32**) und einen Luftauslaß (**34**) aufweist, wobei der Lufteinlaß (**32**) der Vakuumeinrichtung (**30**) mit dem Luftauslaß (**28**) des Schraubenkompressors (**10**) verbindbar ist, um es der Vakuumeinrichtung (**30**) zu ermöglichen, den Schraubenkompressor (**10**) durch Saugen von Luft aus dem Schraubenkompressor (**10**) zu entlasten, wenn das Lufteinlaßventil (**24**) geschlossen ist.

2. Schraubenkompressorentlastungssystem nach Anspruch 1, darüber hinaus mit einem Hauptluftentladedurchlaß (**14**), der mit dem Luftauslaß (**28**) des Schraubenkompressors (**10**) verbunden ist und mit einem ersten Rückschlagventil (**15**), das in dem Hauptluftentladedurchlaß (**14**) angeordnet ist, wobei das erste Rückschlagventil (**15**) so angeordnet ist, daß es einen Rückfluß von Luft aus dem Luftvorrat (**12**) in den Luftauslaß (**28**) des Schraubenkompressors (**10**) verhindert.

3. Schraubenkompressorentlastungssystem nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Luftauslaß (**34**) der Vakuumeinrichtung (**30**) so verbunden ist, daß er komprimierte Luft an den Luftvorrat (**12**) bereitstellt, so daß die Vakuumeinrichtung (**30**) ei-nen Druckerhöher bildet.

4. Schraubenkompressorentlastungssystem nach einem der Ansprüche 1 bis 3, darüber hinaus mit einer Rohrleitung (**11**) zum Leiten von Schmieröl aus dem Luftvorrat (**12**) zu dem Schraubenkompressor (**10**), wobei das Schmieröl von der Vakuumeinrichtung (**30**) an den Luftvorrat (**12**) zurückgeliefert wird.

5. Schraubenkompressorentlastungssystem nach einem der Ansprüche 1 bis 4, darüber hinaus mit einem Ventil (**76**), das zum Öffnen und Schließen einer Verbindung zwischen dem Lufteinlaß (**32**) der Vakuumeinrichtung (**30**) und dem Luftauslaß (**28**) des Schraubenkompressors (**10**) eingerichtet ist.

6. Schraubenkompressorentlastungssystem nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Vakuumeinrichtung (**30**) einen Schraubenkompressor aufweist.

7. Schraubenkompressorentlastungssystem nach einem der Ansprüche 1 bis 6, darüber hinaus mit einem Hydraulikmotor (**35**) zum Antreiben der Vakuumeinrichtung (**30**), einer hydraulischen Pumpe (**36**) zum Bereitstellen von unter Druck stehender Hydraulikflüssigkeit an den Hydraulikmotor (**35**), einem Akkumulator (**38**), der mit der Pumpe (**36**) in Verbindung steht zum Speichern unter Druck stehender Hydraulikflüssigkeit, und einem Ventil (**39**) zum selektiven Öffnen und Schließen einer Verbindung zwischen dem Akkumulator (**38**) und dem Hydraulikmotor (**35**), um es unter Druck stehender Hydraulikflüssigkeit aus dem Akkumulator (**38**) zu ermöglichen, zeitweilig den Hydraulikmotor (**35**) und die Vakuumeinrichtung (**30**) anzutreiben.

8. Schraubenkompressorentlastungssystem nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß der Motor (**18**), der in betrieblicher Verbindung mit dem Schraubenkompressor (**10**) steht, den Schraubenkompressor (**10**) antreibt, wann immer der Motor (**18**) läuft.

9. Schraubenkompressorentlastungssystem nach einem der Ansprüche 1 bis 8, darüber hinaus mit einem Ventil (**80**) zum selektiven Verbinden des Luftauslasses (**32**) der Vakuumeinrichtung (**30**) mit einer Frischluftquelle, wobei die Vakuumeinrichtung (**30**) einen Luftvolumendruckerhöher bildet.

10. Schraubenkompressorentlastungssystem nach einem der Ansprüche 1 bis 8, darüber hinaus mit einem Ventil (**78**), das selektiv zu öffnen und zu schließen ist, so daß der Lufteinlaß (**32**) der Vakuumeinrichtung (**30**) mit dem Lufteinlaß (**26**) über einen Durchlaß (**72**) verbunden wird, wobei die Vakuumeinrichtung (**30**) einen Luftvolumendruckerhöher bildet.

11. Schraubenkompressorentlastungssystem nach einem der Ansprüche 1 bis 10, darüber hinaus mit einem sekundären Luftentladedurchlaß (**48**), der den Luftauslaß (**34**) der Vakuumeinrichtung (**30**) mit dem Hauptluftentladedurchlaß (**14**) an einem Ort stromabwärts von dem Rückschlagventil (**15**) verbindet.

12. Schraubenkompressorentlastungssystem nach Anspruch 11, darüber hinaus mit einem zweiten Rückschlagventil (**46**) in dem sekundären Luftentladedurchlaß (**48**) zum Verhindern eines Rückflusses von komprimierter Luft in den Luftauslaß (**34**) der Vakuumeinrichtung (**30**).

13. Verfahren zum Entlasten eines Schraubenkompressors (**10**) mit den Schritten, die gekennzeichnet sind durch Antreiben des Schraubenkompressors (**10**), dessen Lufteinlaß (**26**) geschlossen ist, und Entfernen von Luft aus dem Schraubenkompressor (**10**) während des Antreibens, so daß der Schraubenkompressor (**10**) zumindest teilweise entlastet wird.

14. Verfahren nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß das Entfernen das Saugen von Luft aus dem Schraubenkompressor (**10**) aufweist, so daß der Schraubenkompressor (**10**) im wesentlichen entlastet wird.

15. Verfahren nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, daß das Entfernen ein Saugen von Luft aus dem Schraubenkompressor (**10**) durch eine Saugeinrichtung (**30**), die mit einem Luftauslaß (**28**) des Schraubenkompressors (**10**) verbunden ist, aufweist.

16. Verfahren nach Anspruch 15, darüber hinaus mit:
Bereitstellen von komprimierter Luft von einem Luftauslaß (**34**) der Vakuumeinrichtung (**30**) an einen Luftvorrat (**12**).

17. Verfahren nach Anspruch 16, darüber hinaus mit:
Bereitstellen von Schmieröl von dem Luftvorrat (**12**) an den Schraubenkompressor (**10**) und Zurückleiten des Schmieröls zu dem Luftvorrat (**12**) durch die Vakuumeinrichtung (**30**).

18. Verfahren nach Anspruch 13, darüber hinaus mit:
Bereitstellen von Schmieröl (**94**) von einer Schmierölquelle an den Schraubenkompressor (**10**).

19. Verfahren nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, daß das Entfernen ein Öffnen eines Ventils (**76**) an dem Luftauslaß (**28**) des Schraubenkompressors (**10**) aufweist und Blasen von Schmieröl (**94**) und Luft durch den Luftauslaß (**28**) aus dem Schraubenkompressor (**10**).

20. Verfahren nach Anspruch 19, darüber hinaus mit:
Leiten des ausgeblasenen Öls und der ausgeblasenen Luft in einen Tank (**90**), der unter Atmosphärendruck gehalten ist und Befördern des Öls (**94**) aus dem Tank (**90**) zurück zu der Quelle.

21. Verfahren zum Entlasten eines Schraubenkompressors (**10**), so daß ein Anlaufen eines Antriebsmotors (**18**) dafür erleichtert wird, mit den Schritten, die gekennzeichnet sind durch:
Schließen eines Lufteinlasses (**26**) des Schraubenkompressors (**10**),
Antreiben einer Vakuumeinrichtung (**30**), die eine wesentlich geringere maximale Kapazität aufweist als der Schraubenkompressor (**10**),
Verbinden eines Lufteinlasses (**32**) der Vakuumeinrichtung (**30**) mit einem Luftauslaß (**28**) des Schraubenkompressors (**10**), wodurch bewirkt wird, daß die Vakuumeinrichtung (**30**) den Schraubenkompressor (**10**) durch Saugen von Luft aus dem Schraubenkompressor (**10**) entlastet und
Starten des Antriebsmotors (**18**), um den Schraubenkompressor (**10**) anzutreiben.

22. Verfahren nach Anspruch 21, darüber hinaus mit:
Bereitstellen von komprimierter Luft von dem Luftauslaß (**34**) der Vakuumeinrichtung (**30**) an einen Luftvorrat (**12**).

23. Verfahren nach Anspruch 21, darüber hinaus mit:
Bereitstellen von Schmieröl von dem Luftvorrat (**12**) an den Schraubenkompressor (**10**) und
Zurückleiten des Schmieröls zu dem Luftvorrat (**12**) durch die Vakuumeinrichtung (**30**).

24. Verfahren nach Anspruch1, dadurch gekennzeichnet, daß das Antreiben ein Antreiben der Vakuumeinrichtung (**30**) durch unter Druck stehende Flüssigkeit von einem vorkomprimierten hydraulischen Akkumulator (**38**) einschließt.

Es folgen 5 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG. 1
(Stand der Technik)

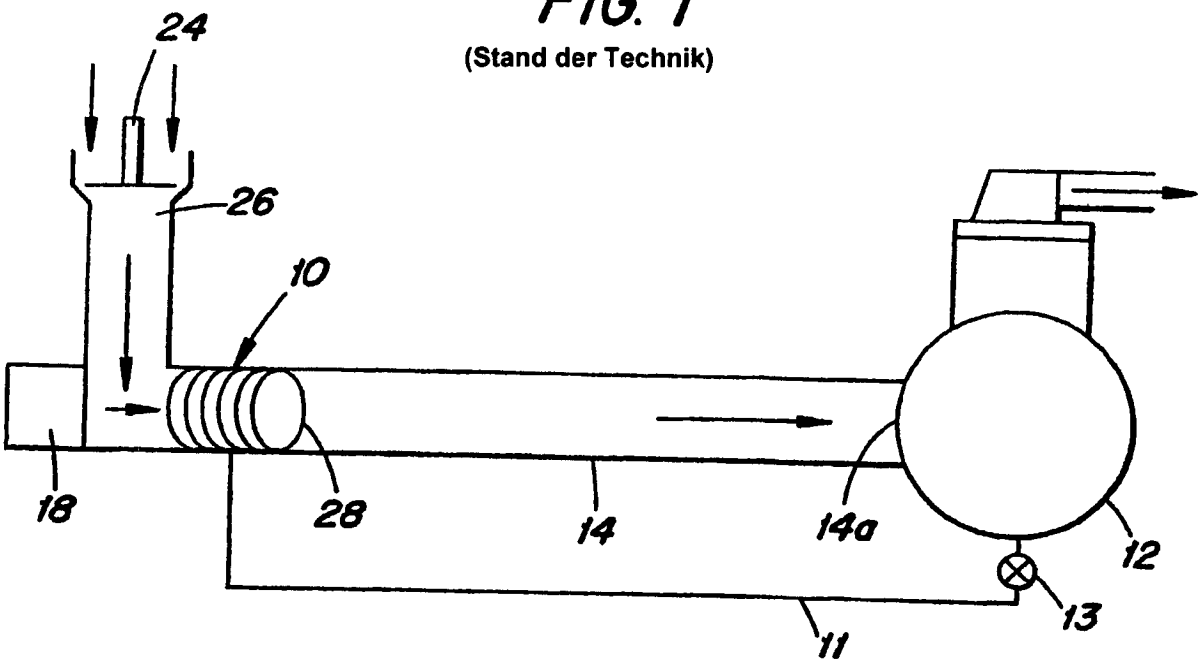
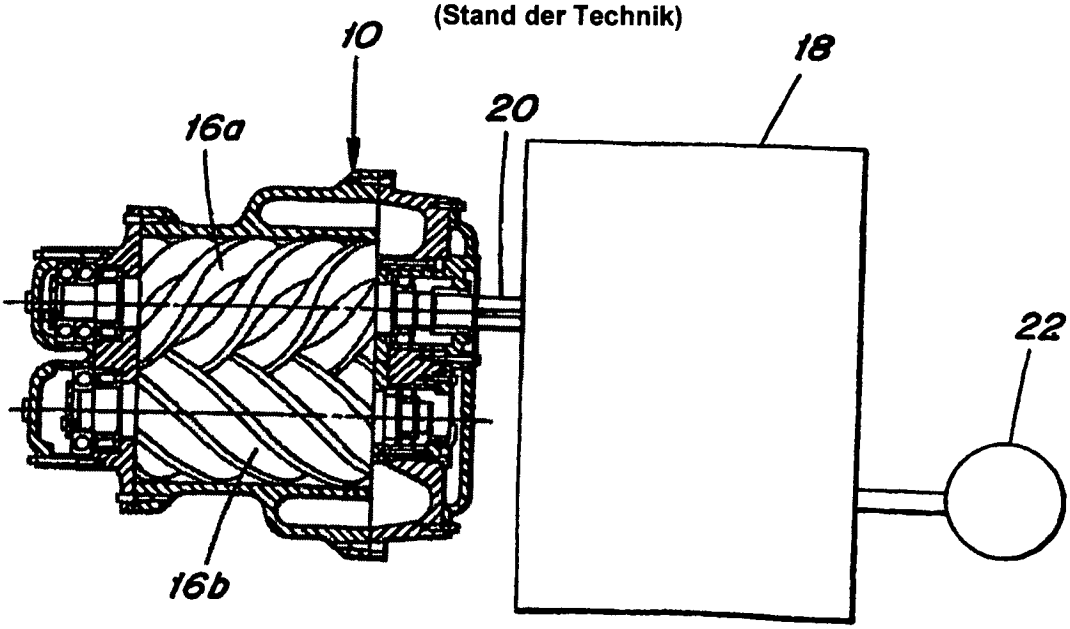


FIG. 2
(Stand der Technik)



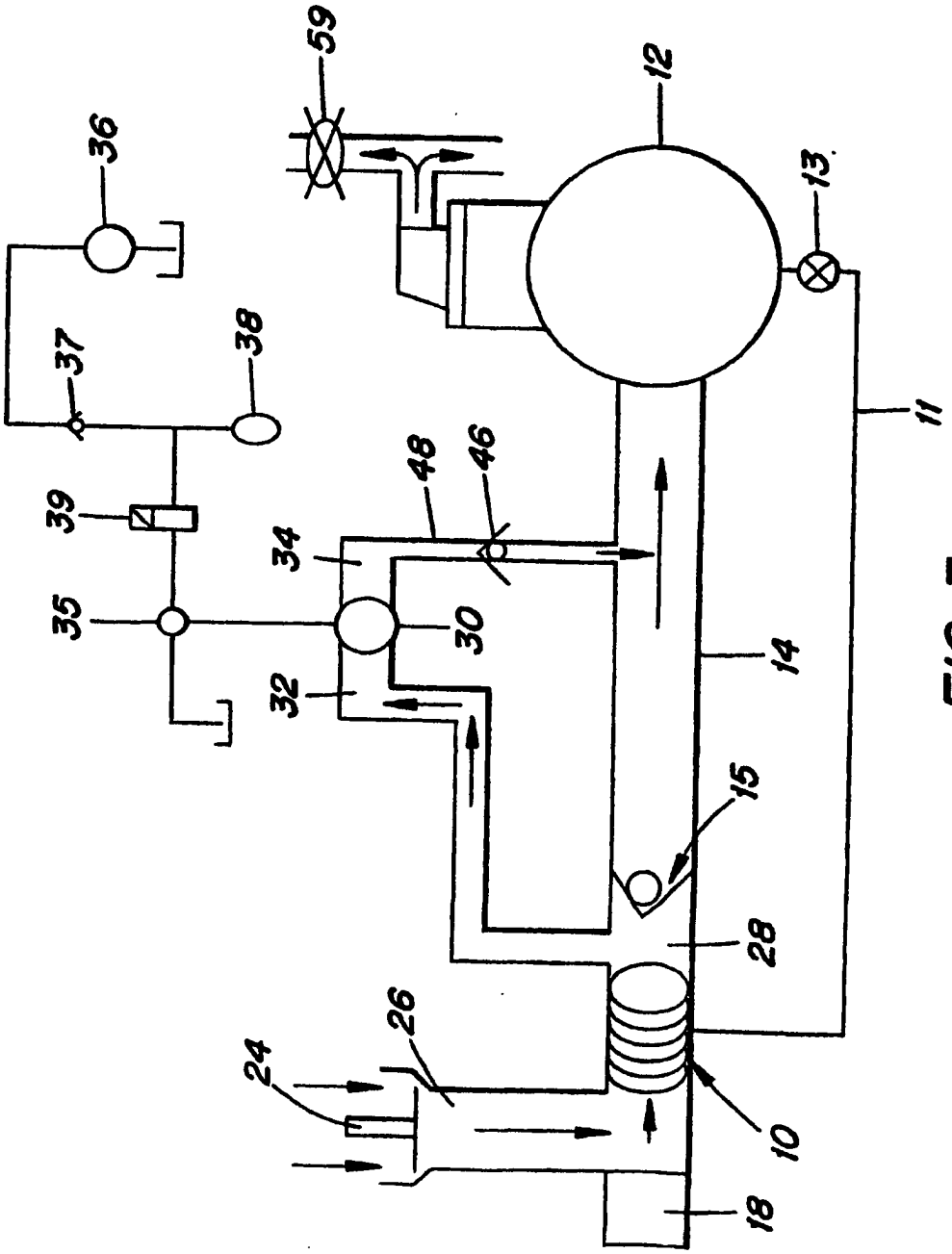


FIG. 3

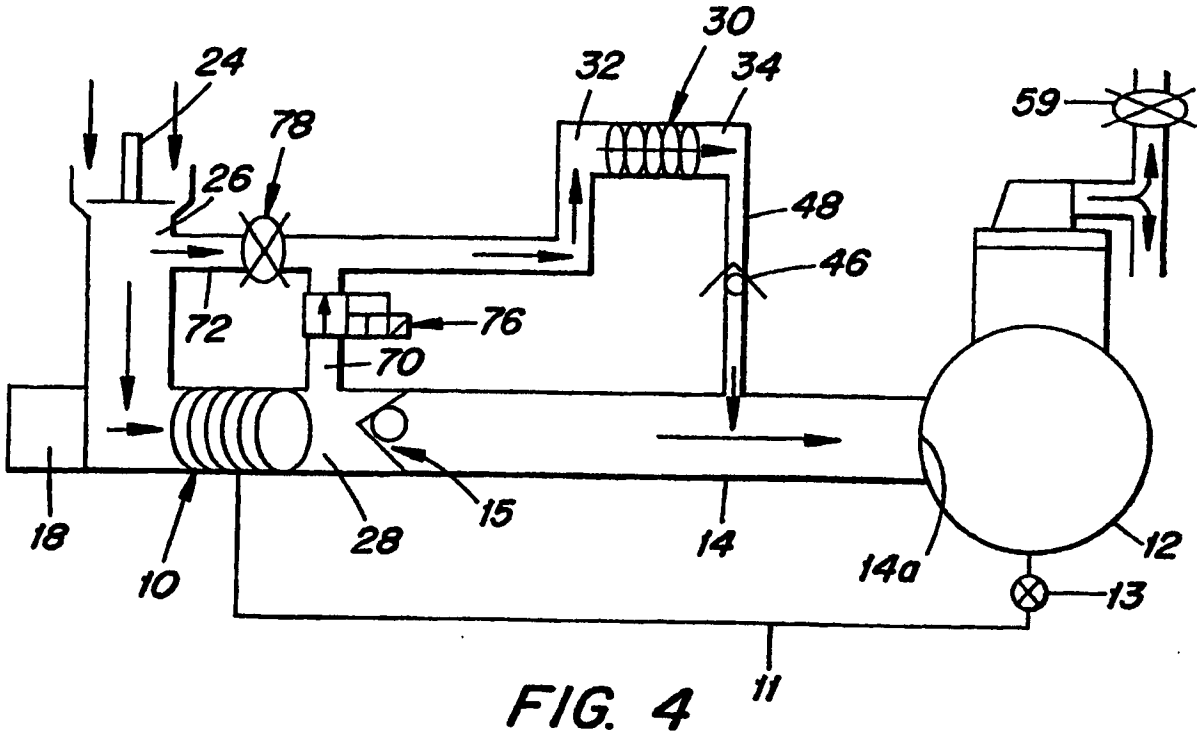

30
24
32
34
59
78
26
48
46
72
76
70
18
10
28
15
14
14a
12
13
11

FIG. 4

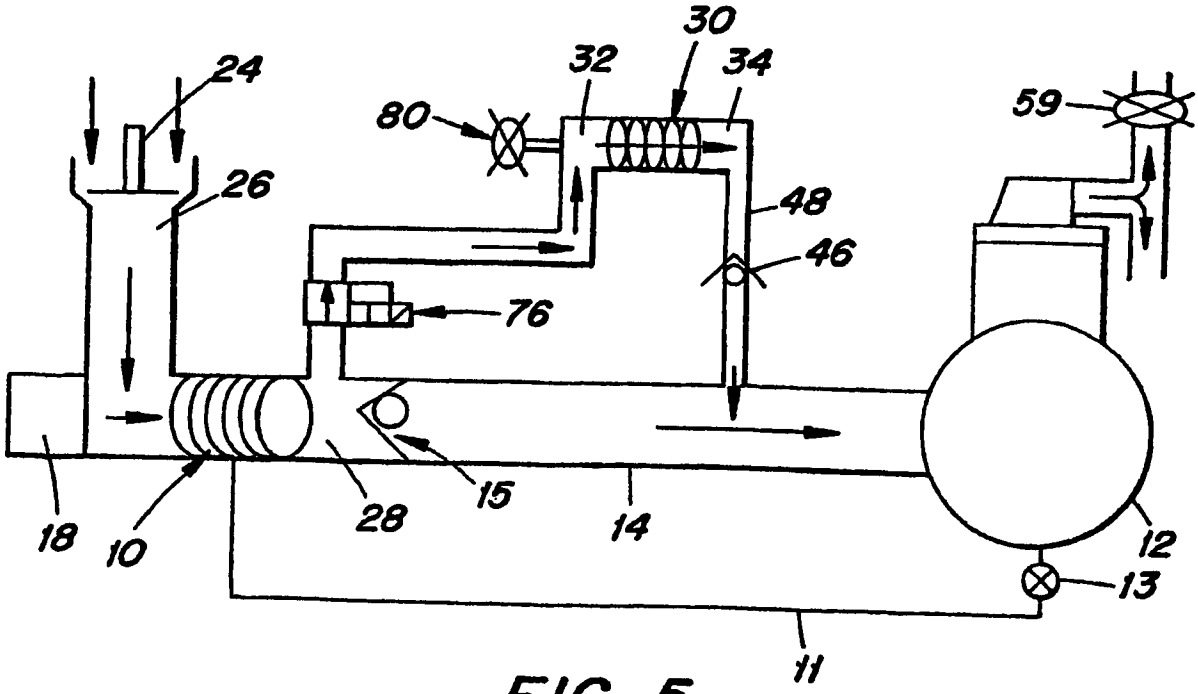

30
24
32
34
80
59
26
48
46
76
18
10
28
15
14
12
13
11

FIG. 5

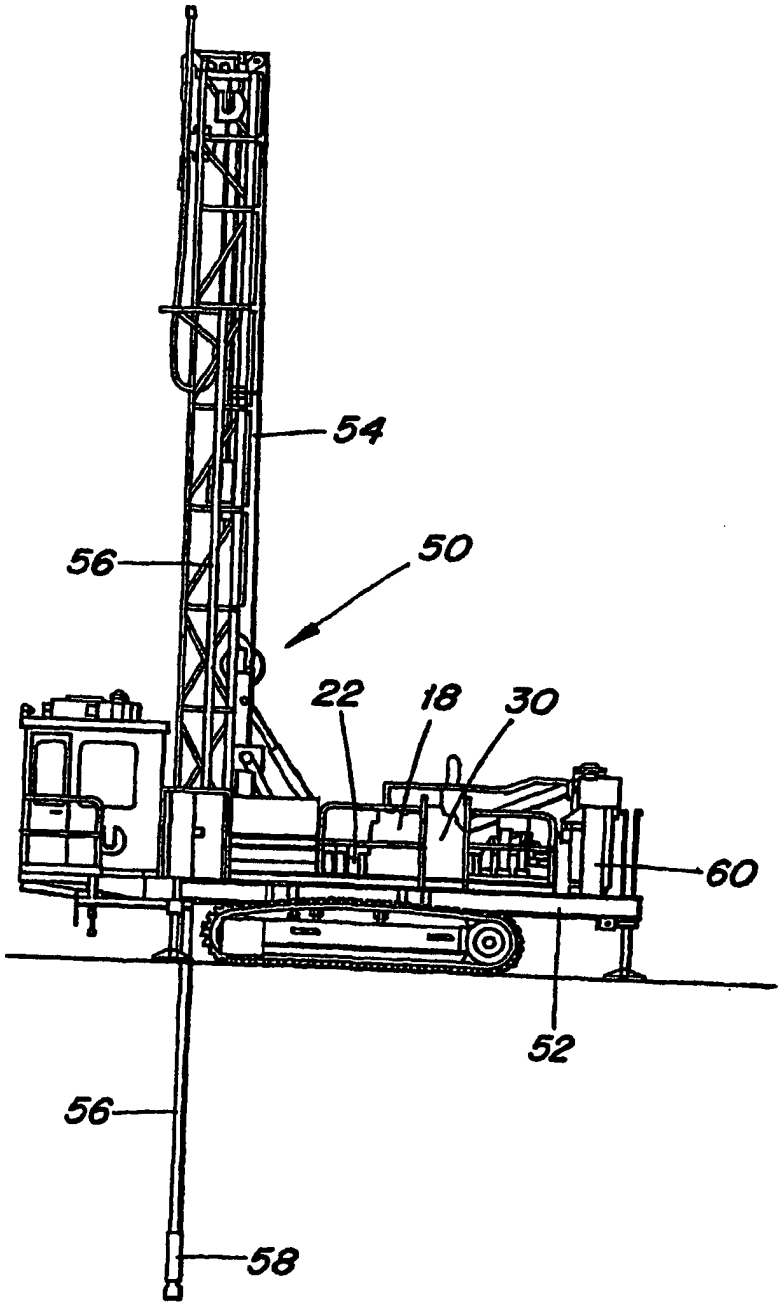


FIG. 6

(Stand der Technik)

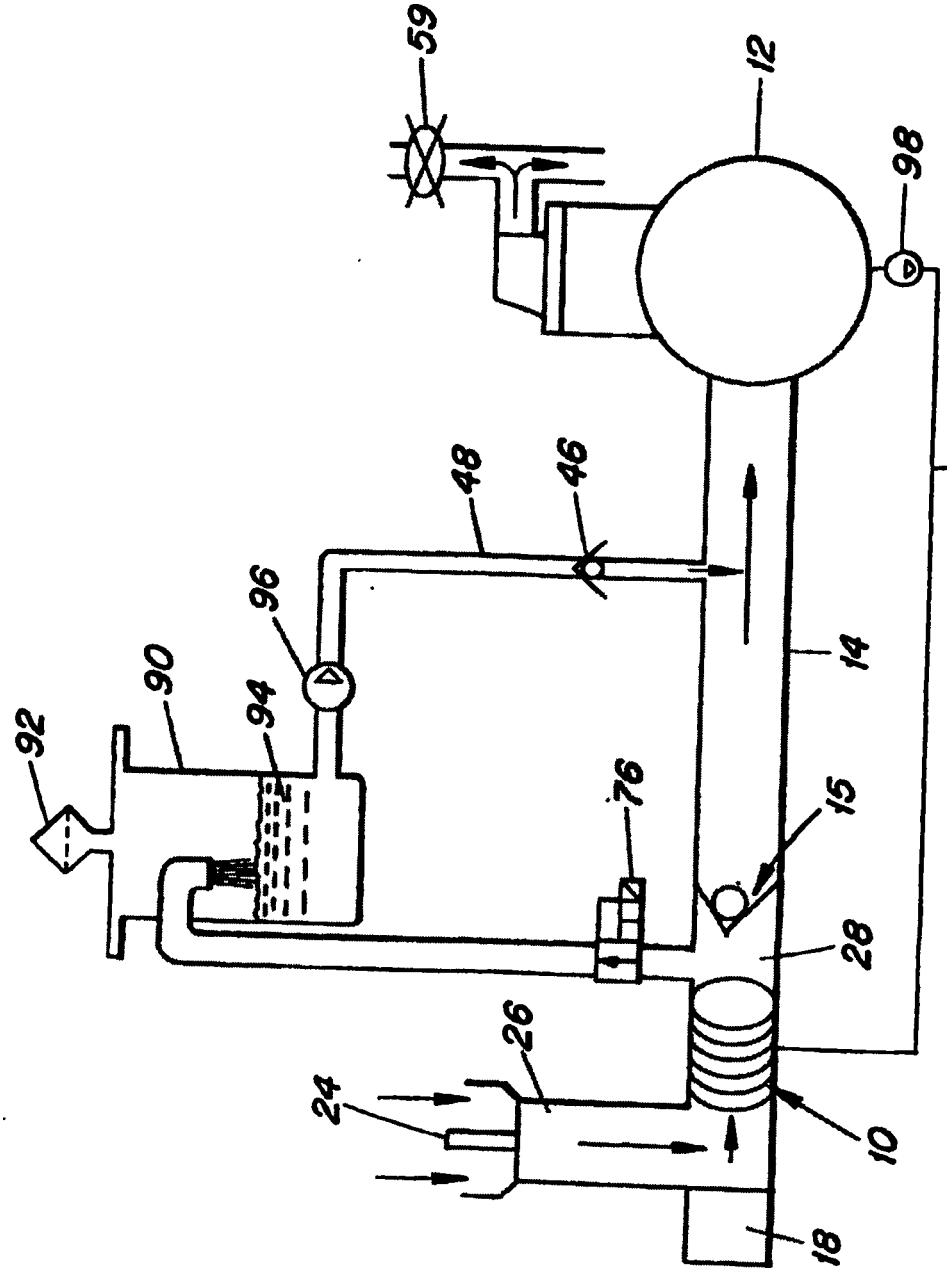


FIG. 7