



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 602 14 758 T2** 2007.09.13

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 451 444 B1**

(51) Int Cl.⁸: **E21B 44/00** (2006.01)

(21) Deutsches Aktenzeichen: **602 14 758.1**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/FI02/00997**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **02 783 135.3**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2003/050388**

(86) PCT-Anmeldetag: **05.12.2002**

(87) Veröffentlichungstag

der PCT-Anmeldung: **19.06.2003**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **01.09.2004**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **13.09.2006**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **13.09.2007**

(30) Unionspriorität:

20012418 07.12.2001 FI

(73) Patentinhaber:

Sandvik Mining and Construction Oy, Tampere, FI

(74) Vertreter:

Abitz & Partner, 81677 München

(84) Benannte Vertragsstaaten:

**AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB,
GR, IE, IT, LI, LU, MC, NL, PT, SE, SI, SK, TR**

(72) Erfinder:

**SAHA, Heikki, FIN-33340 Tampere, FI; KESKINIVA,
Markku, FIN-33400 Tampere, FI; KOSKIMÄKI,
Antti, FIN-33340 Tampere, FI; RANTALA, Esa,
FIN-33470 Ylöjärvi, FI; PÖYSTI, Tapani, FIN-33270
Tampere, FI; PELTONEN, Vesa, FIN-33300
Tampere, FI; NIEMI, Jaakko, FIN-33580 Tampere,
FI; KEMPPAINEN, Timo, FIN-33270 Tampere, FI;
UITTO, Vesa, FIN-33720 Tampere, FI; LEMMETTY,
Pauli, FIN-33820 Tampere, FI**

(54) Bezeichnung: **VERFAHREN UND EINRICHTUNG ZUR STEUERUNG DES BETRIEBS EINER GESTEINSBOHR-
VORRICHTUNG**

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

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Steuern des Betriebs einer Gesteinsbohrvorrichtung, wobei die Gesteinsbohrvorrichtung umfasst: ein Schlaggerät, ein Drehgerät, ein Zufuhrgerät, ein Spülgerät und ein Werkzeug und einen Einsatz, der im Werkzeug angeordnet ist, und in welcher Gesteinsbohrvorrichtung das Schlaggerät angeordnet ist, um Aufprallenergie zu erzeugen, die auf das Werkzeug gerichtet ist, das Drehgerät angeordnet ist, um das Werkzeug in einem Bohrloch zu drehen, das Zufuhrgerät angeordnet ist, um das Werkzeug in das Bohrloch zuzuführen, und das Spülgerät angeordnet ist, um zum Spülen des Bohrabgangs aus dem Loch Spülmittel durch das Werkzeug und den Einsatz zuzuführen.

[0002] Die Erfindung betrifft auch eine Ausrüstung zum Steuern des Betriebs der Gesteinsbohrvorrichtung, wobei die Gesteinsbohrvorrichtung umfasst: ein Schlaggerät, ein Drehgerät, ein Zufuhrgerät, ein Spülgerät und ein Werkzeug und einen Einsatz, der im Werkzeug angeordnet ist, und in welcher Gesteinsbohrvorrichtung das Schlaggerät angeordnet ist, um Aufprallenergie zu erzeugen, die auf das Werkzeug gerichtet ist, das Drehgerät angeordnet ist, um das Werkzeug in einem Bohrloch zu drehen, das Zufuhrgerät angeordnet ist, um das Werkzeug in das Bohrloch zuzuführen, und das Spülgerät angeordnet ist, um zum Spülen des Bohrabgangs aus dem Loch Spülmittel durch das Werkzeug und den Einsatz zuzuführen.

[0003] Gesteinsbohrvorrichtungen und Gesteinsbohrmaschinen, die darin angeordnet sind, werden z.B. zum Bohren und Ausheben von Gestein in Gruben, Steinbrüchen und Baustellen verwendet. Wenn Löcher in ein Gestein gebohrt werden, können sich die Bohrbedingungen auf unterschiedliche Weisen ändern. Schichten in der Gesteinsmasse können in der Härte variieren, und deshalb sollten Charakteristika, die das Bohren beeinflussen, entsprechend einem Bohrwiderstand eingestellt werden. Beim Bohren gibt es gleichzeitig vier unterschiedliche Funktionen beim Gebrauch: Drehen des Bohrers in einem zu bohrenden Loch, Brechen des Gesteins durch Schlagen auf einen Bohrschaft mit dem Schlaggerät, sowie Bohrvorschub und -spülung, wodurch Bohrabgang aus dem gebohrten Loch entfernt wird. Wenn Gestein durch Schlagen auf den Bohrschaft mit dem Schlaggerät gebrochen wird, wird Aufprallenergie des Schlaggeräts mittels Bohrstangen, die herkömmlicherweise als Verlängerungen des Bohrschafts dienen, auf einen Bohreinsatz übertragen, der auf das Gestein schlägt, wobei es zum Brechen gebracht wird. Ein Gesteinsbruch wird folglich hauptsächlich durch die Wirkung des Aufpralls hervorgerufen, und der Zweck der Drehung besteht hauptsächlich darin, zu gewährleisten, dass knopfartige Bohrelemente

des Bohreinsatzes oder andere Verschleißteile am äußeren Ende der Bohrstangen immer eine neue Stelle im Gestein treffen.

[0004] Da die Bohrbedingungen variieren, sind die Beziehungen zwischen den unterschiedlichen Bohrfunktionen für ein erfolgreiches Bohrergebnis entscheidend. Berufliche Fertigkeiten der Bedienperson spielen folglich eine sehr wichtige Rolle bei dem erfolgreichen Bohrergebnis, weil es insbesondere bei variierenden Bohrbedingungen außerordentlich schwierig ist, die richtigen Beziehungen zwischen den unterschiedlichen Bohrfunktionen zu finden, vornehmlich aufgrund sehr anspruchsvoller Betriebsbedingungen der Gesteinsbohrvorrichtung ist es sehr schwierig, zuverlässige automatische Systeme, d.h. Mess- und Regelsysteme, in der Gesteinsbohrvorrichtung und der Bohrmaschine darin einzurichten. Folglich ist, weil das erfolgreiche Bohrergebnis in hohem Maße von der Bedienperson abhängt, eine lange Arbeitserfahrung einer guten Bedienperson erforderlich. Andererseits erfordert es, wenn sich die Bedienperson von einem Gerät zu einem anderen bewegt, eine neue Übungszeit bei der Handhabung der Gesteinsbohrvorrichtung, um ein gutes Bohrergebnis zu erzielen. Die US-A-3 670 826, US-A-3 669 197, US-A-3 666 025 und die WO 00 08303 A1 offenbaren verschiedene Steuersysteme für Gesteinsbohrer.

[0005] Es ist ein Ziel der vorliegenden Erfindung, eine neue Lösung zum Steuern des Betriebs einer Gesteinsbohrvorrichtung bereitzustellen.

[0006] Das Verfahren der Erfindung ist gekennzeichnet durch Setzen der höchsten zulässigen Zufuhrkraft des Zufuhrgeräts und der niedrigsten zulässigen Zufuhrkraft des Zufuhrgeräts, Setzen der höchsten zulässigen Schlagenergie des Schlaggeräts und der niedrigsten zulässigen Schlagenergie des Schlaggeräts, Setzen einer oberen und unteren Grenze für die Beziehung zwischen der Zufuhrkraft des Zufuhrgeräts und der Schlagenergie des Schlaggeräts, welche obere und untere Grenze als Grenzen für einen Zielbetriebsbereich der Beziehung zwischen der Zufuhrkraft des Zufuhrgeräts und der Schlagenergie des Schlaggeräts dienen, Bestimmen der Zufuhrkraft des Zufuhrgeräts und der Schlagenergie des Schlaggeräts, Bestimmen der Beziehung zwischen der Zufuhrkraft des Zufuhrgeräts und der Schlagenergie des Schlaggeräts auf der Grundlage der Zufuhrkraft des Zufuhrgeräts und der Schlagenergie des Schlaggeräts, und durch Einstellen der Zufuhrkraft des Zufuhrgeräts und der Schlagenergie des Schlaggeräts, so dass die Beziehung zwischen der Zufuhrkraft des Zufuhrgeräts und der Schlagenergie des Schlaggeräts innerhalb des Zielbetriebsbereichs ist, der durch die obere und untere Grenze begrenzt wird.

[0007] Weiter ist die Ausrüstung der Erfindung da-

durch gekennzeichnet, dass die Ausrüstung umfasst: Einrichtungen zum Setzen der höchsten zulässigen Zufuhrkraft des Zufuhrgeräts und der niedrigsten zulässigen Zufuhrkraft des Zufuhrgeräts, Einrichtungen zum Setzen der höchsten zulässigen Schlagenergie des Schlaggeräts und der niedrigsten zulässigen Schlagenergie des Schlaggeräts, Einrichtungen zum Setzen einer oberen und unteren Grenze für die Beziehung zwischen der Zufuhrkraft des Zufuhrgeräts und der Schlagenergie des Schlaggeräts, welche obere und untere Grenze als Grenzen für einen Zielbetriebsbereich der wechselseitigen Beziehung zwischen der Zufuhrkraft des Zufuhrgeräts und der Schlagenergie des Schlaggeräts dienen, Einrichtungen zum Bestimmen der Zufuhrkraft des Zufuhrgeräts und der Schlagenergie des Schlaggeräts auf der Grundlage der Zufuhrkraft des Zufuhrgeräts und der Schlagenergie des Schlaggeräts, und mindestens eine Steuereinheit zum Einstellen der Zufuhrkraft des Zufuhrgeräts und der Schlagenergie des Schlaggeräts, so dass die Beziehung zwischen der Zufuhrkraft des Zufuhrgeräts und der Schlagenergie des Schlaggeräts innerhalb des Zielbetriebsbereichs ist, der durch die obere und untere Grenze begrenzt wird.

[0008] Die grundlegende Idee der Erfindung besteht darin, dass der Betrieb der Gesteinsbohrvorrichtung, die ein Schlaggerät zur Erzeugung von Aufprallenergie auf ein Werkzeug der Gesteinsbohrvorrichtung, ein Drehgerät zum Drehen des Werkzeugs in einem Bohrloch, ein Zufuhrgerät zur Zufuhr des Werkzeugs in das Bohrloch und ein Spülgerät zur Zufuhr von Spülmittel durch das Werkzeug und den Einsatz zum Spülen von losem Bohrabgang aus dem Loch umfasst, gesteuert wird, indem die Zufuhrkraft des Zufuhrgeräts und die Schlagenergie des Schlaggeräts gesteuert wird und indem die Zufuhrkraft des Zufuhrgeräts und die Schlagenergie des Schlaggeräts auf der Grundlage der Zufuhrkraft des Zufuhrgeräts und der Schlagenergie des Schlaggeräts automatisch eingestellt werden.

[0009] Eine bevorzugte Ausführungsform der Erfindung umfasst: Setzen der höchsten und der niedrigsten zulässigen Zufuhrkraft des Zufuhrgeräts und der Schlagenergie des Schlaggeräts, Setzen der oberen und der unteren Grenze für die Beziehung zwischen der Zufuhrkraft des Zufuhrgeräts und der Schlagenergie des Schlaggeräts, welche obere und untere Grenze als Grenzen für einen Zielbetriebsbereich der wechselseitigen Beziehung zwischen der Zufuhrkraft des Zufuhrgeräts und der Schlagenergie des Schlaggeräts dienen, Bestimmen der Beziehung zwischen der Zufuhrkraft des Zufuhrgeräts und der Schlagenergie des Schlaggeräts auf der Grundlage der Zufuhrkraft des Zufuhrgeräts und der Schlagenergie des Schlaggeräts, und Einstellen der Zufuhrkraft des

Zufuhrgeräts und der Schlagenergie des Schlaggeräts, so dass die Beziehung zwischen der Zufuhrkraft des Zufuhrgeräts und der Schlagenergie des Schlaggeräts innerhalb des Zielbetriebsbereichs ist, der durch die obere und untere Grenze begrenzt wird.

[0010] Die Erfindung weist einen Vorteil auf, dass die Lösung auf eine einfache Weise ausgeführt werden kann, weil die notwendigen Sensorelemente und andere Ausrüstung auf eine einfache Weise ausgeführt werden können. Dank einer Regelung, d.h. automatischen Steuerung des Bohrens auf der Grundlage von Messungen, ist es einfach, die Gesteinsbohrvorrichtung auch bei anspruchsvollen Bohrbedingungen zu verwenden, und die Bedienperson kann leicht und schnell lernen, wie unterschiedliche Gesteinsbohrvorrichtungen zu verwenden sind. Indem man das Bohren innerhalb des gewünschten Zielbetriebsbereichs hält, statt bei einem vorgegebenen gewünschten Wert, ist es möglich, das Schwingungsrisiko des Bohrsteuersystems, das mit der Bohrsituation verbunden ist, beträchtlich zu verringern. Die Lösung verringert die Beanspruchung leicht und einfach, der die Bohrausrüstung ausgesetzt ist, und verhindert, dass die Ausrüstung während des normalen Betriebs der Gesteinsbohrmaschine oder aufgrund des unsachgemäßen Gebrauchs der Gesteinsbohrmaschine beschädigt wird.

[0011] Im Folgenden wird die Erfindung in größerer Einzelheit in den angefügten Zeichnungen beschrieben.

[0012] [Fig. 1](#) ist eine schematische Seitenansicht einer Gesteinsbohrvorrichtung, auf die die Lösung der Erfindung angewandt wird;

[0013] [Fig. 2](#) ist eine schematische Seitenansicht der Lösung der Erfindung in Verbindung mit der Gesteinsbohrvorrichtung von [Fig. 1](#);

[0014] [Fig. 3](#) stellt schematisch das Prinzip eines Setzens eines Zielbetriebsbereichs von Schlaggerät- und Zufuhrgerätesteuerung in der Gesteinsbohrvorrichtung dar;

[0015] [Fig. 4](#) ist ein Blockdiagramm des Prinzips eines Steuerns der Gesteinsbohrvorrichtung, um den Betrieb des Schlaggeräts und des Zufuhrgeräts der Gesteinsbohrvorrichtung in dem Zielbetriebsbereich zu halten;

[0016] [Fig. 5](#) stellt schematisch das Prinzip eines Überwachens des Betriebs eines Drehgeräts und eines Spülgeräts der Gesteinsbohrvorrichtung dar;

[0017] [Fig. 6](#) ist ein Blockdiagramm des Betriebsprinzips eines Steuerns eines Drehmoments eines Drehgeräts und eines Spüldrucks eines Spülgeräts;

[0018] [Fig. 7](#) ist ein Blockdiagramm des Betriebsprinzips eines Steuerns einer Bohreindringgeschwindigkeit;

[0019] [Fig. 8](#) ist ein Blockdiagramm des Betriebsprinzips einer Gesteinsbohrvorrichtungsteuerung höherer Ebene;

[0020] [Fig. 9](#) ist ein Blockdiagramm des Betriebsprinzips eines Stoppzustands der Gesteinsbohrvorrichtung;

[0021] [Fig. 10](#) ist ein Blockdiagramm des Betriebsprinzips eines Startzustands der Gesteinsbohrvorrichtung; die [Fig. 11a](#) und [Fig. 11b](#) sind Blockdiagramme des Betriebsprinzips eines normalen Bohrzustands der Gesteinsbohrvorrichtung;

[0022] [Fig. 12](#) ist ein Blockdiagramm des Betriebsprinzips eines Blockierzustands der Gesteinsbohrvorrichtung, und

[0023] [Fig. 13](#) ist ein Blockdiagramm des Betriebsprinzips eines Zustands von verstopften Spüllöchern in der Gesteinsbohrvorrichtung.

[0024] [Fig. 1](#) ist eine schematische und sehr vereinfachte Seitenansicht einer Gesteinsbohrvorrichtung **1**, auf die die Lösung der Erfindung angewandt wird, und [Fig. 2](#) ist eine schematische Seitenansicht der Lösung der Erfindung in Verbindung mit der Gesteinsbohrvorrichtung von [Fig. 1](#). Die Gesteinsbohrvorrichtung **1** umfasst einen Ausleger **2**, an dessen Ende es einen Zufuhrträger **3** mit einer Gesteinsbohrmaschine **6** gibt, die ein Schlaggerät **4** und ein Drehgerät **5** umfasst. Im Allgemeinen umfasst das Schlaggerät **4** einen Schlagkolben, der sich durch die Wirkung eines Druckmediums bewegt und auf das obere Ende eines Werkzeugs **7** oder eines Verbindungsstücks schlägt, das zwischen dem Werkzeug **7** und dem Schlaggerät **4** angeordnet ist, wie z.B. einen Bohrschaft. Natürlich kann die Struktur des Schlaggeräts **4** auch von einem anderen Typ sein. Das hintere Ende des Werkzeugs **7** ist mit der Gesteinsbohrmaschine **6** verbunden, und am äußeren Ende des Werkzeugs **7** gibt es einen festangeordneten oder einen abnehmbaren Einsatz **8** zum Brechen von Gestein. Typischerweise ist der Einsatz **8** ein Bohreinsatz mit knopfartigen Elementen **8a**, aber andere Einsatzstrukturen sind auch möglich. Das Werkzeug **7** und der Einsatz **8** bilden den Bohrer der Gesteinsbohrmaschine **1**. Das Drehgerät **5** überträgt eine kontinuierliche Drehkraft auf das Werkzeug **7**, durch deren Wirkung der mit dem Werkzeug **7** verbundene Einsatz **8** nach einem Schlag des Schlaggeräts seine Position ändert und bei einem anschließenden Schlag auf eine neue Stelle im Gestein schlägt. Während eines Bohrens wird der Einsatz **8** mit einem Zufuhrgerät **9** gegen das Gestein gestoßen. Das Zufuhrgerät **9** ist im Zufuhrträger **3** angeordnet, und das

Schlaggerät **4** und das Drehgerät **5** sind in Verbindung damit bewegbar angeordnet. Das Zufuhrgerät **9** kann z.B. ein Druckmedium-betriebener Zylinder sein, der angeordnet ist, um das Schlaggerät **4** und das Drehgerät **5** auf dem Zufuhrträger **3** zu bewegen. Die Struktur und das Betriebsprinzip des Zufuhrgeräts **9** können jedoch variieren. Wenn tiefe Löcher gebohrt werden, d.h. bei einem sogenannten Verlängerungsstangenbohren, werden Bohrstangen **10a** bis **10c**, deren Anzahl von der Tiefe des zu bohrenden Lochs abhängt und die das Werkzeug **7** bilden, zwischen dem Einsatz **8** und der Bohrmaschine **6** angeordnet. Die Bohrmaschine **6** umfasst ein Spülgerät **11** zur Zufuhr von Spülmittel durch das Werkzeug **7** und den Einsatz **8** der Bohrmaschine **6**, um losen Bohrabgang aus dem Bohrloch herauszuspülen. Zwecks Klarheit zeigt [Fig. 1](#) nicht die Spüllöcher des Einsatzes **8**. Weiter stellt [Fig. 2](#) schematisch eine Zufuhrpumpe **12** dar, die das Zufuhrgerät **9** treiben soll, eine Schlagpumpe **13**, die das Schlaggerät **4** treiben soll, und eine Drehpumpe **14**, die das Drehgerät **5** treiben soll, die mit Druck beaufschlagtes Druckfluid vorzugsweise Hydrauliköl oder Bioöl zuführen, jedes zu dem dedizierten Gerät, das sie treiben. Die Pumpen sind in einem Druckkanal **15**, **16**, **17** von jedem Gerät angeordnet, durch welche Kanäle Druckfluid zu den Geräten in der Richtung von Pfeil A zugeführt wird. Das Druckfluid kehrt von jedem Gerät entlang von Rückkehrkanälen **18**, **19**, **20** der Geräte in der Richtung von Pfeil B zu einem Behälter zurück, der in den Figuren zwecks Klarheit nicht dargestellt ist. Die Bohrmaschine **6** umfasst auch eine Spülpumpe **21**, die im Druckkanal **22** des Spülgeräts **11** angeordnet ist, um Spülmittel, das typischerweise Wasser ist, dem Spülgerät **11** in der Richtung von Pfeil A zuzuführen. Die Zufuhrpumpe **12**, Schlagpumpe **13**, Drehpumpe **14** und Spülpumpe **21** werden typischerweise durch Motoren **12a**, **13a**, **14a** und **21a** getrieben. Zwecks Klarheit zeigt [Fig. 2](#) keine Steuerventile, die zur Steuerung des Schlaggeräts **4**, Drehgeräts **5**, Zufuhrgeräts **9** und Spülgeräts **11** verwendet werden. Die Struktur und der Betrieb der Gesteinsbohrvorrichtung und -maschine sind einem Fachmann an sich bekannt, und deshalb werden sie hier nicht in größerer Einzelheit erörtert.

[0025] Es ist für ein erfolgreiches Bohren sehr wichtig, dass sich unterschiedliche Bohrfunktionen, die ein Drehen des Bohrers im Bohrloch, Brechen des Gesteins durch Schlagen auf einen Bohrschaft oder direkt auf das Werkzeug **7** mit dem Schlaggerät und Zuführen des Bohrers und Spülen umfassen, in richtiger Beziehung zueinander befinden. Es ist besonders wichtig, dass das wechselseitige Verhältnis (FF/PP) der Zufuhrkraft FF des Zufuhrgeräts **9** und der Schlagenergie PP des Schlaggeräts **4** richtig ist. Die Steuerung des Betriebs der Gesteinsbohrvorrichtung **1** gemäß der Erfindung wird vorteilhafterweise ausgeführt, so dass zur Verringerung des Schwingungsrisikos beim Betreiben der Gesteinsbohrvor-

richtung **1** oder der Gesteinsbohrmaschine **6** das Verhältnis (FF/PP) zwischen der Zufuhrkraft FF des Zufuhrgeräts **9** und der Schlagenergie PP des Schlaggeräts **4** innerhalb eines gewünschten Zielbetriebsbereichs gehalten wird, statt genau einen gegebenen gewünschten Zielwert anzustreben. Dieses Prinzip wird schematisch in [Fig. 3](#) veranschaulicht, wo eine obere Grenze $(FF/PP)_{OL}$ und eine untere Grenze $(FF/PP)_{UL}$ für das Verhältnis (FF/PP) zwischen der Zufuhrkraft FF des Zufuhrgeräts **9** und der Schlagenergie PP des Schlaggeräts **4** gesetzt ist, und das Verhältnis (FF/PP) zwischen der Zufuhrkraft FF des Zufuhrgeräts **9** und der Schlagenergie PP des Schlaggeräts **4** innerhalb des Sollbetriebsbereichs gehalten wird, der durch die obere und untere Grenze begrenzt wird, um ein erfolgreiches Bohren zu erzielen. Zusätzlich stellt [Fig. 3](#) schematisch das Verhältnis $(FF/PP)_{MAX}$ von höchster zulässiger Zufuhrkraft FF zu Schlagenergie PP und das Verhältnis $(FF/PP)_{MIN}$ von niedrigster zulässiger Zufuhrkraft FF zu Schlagenergie PP dar, welches die Bohrausrüstung ohne Bruch toleriert. Die Zufuhrkraft FF des Zufuhrgeräts **9** oder eine Variable, die dieselbe wiedergibt, wird mit einem ersten Drucksensor **23** oder einem Drucktransmitter **23** gemessen, der in Verbindung mit dem Druckkanal **15** des Zufuhrgeräts **9** angeordnet ist, und die Schlagenergie PP des Schlaggeräts **4** oder eine Variable, die dieselbe wiedergibt, wird mit einem zweiten Drucksensor **24** oder einem Drucktransmitter **24** gemessen, der in Verbindung mit dem Druckkanal **16** des Schlaggeräts **4** angeordnet ist. Natürlich ist es klar, dass es möglich ist, statt des Werts oder Quotienten (FF/PP) den Wert oder Quotienten (PP/FF) als die wechselseitige Beziehung zwischen der Zufuhrkraft FF des Zufuhrgeräts **9** und der Schlagenergie PP des Schlaggeräts **4** zu verwenden, wodurch die notwendigen Grenzwerte auf der Grundlage des Werts oder Quotienten (PP/FF) bestimmt sind.

[0026] Bei der Steuerung des Betriebs der Gesteinsbohrvorrichtung besteht das Ziel darin, die Schlagenergie PP des Schlaggeräts **4** möglichst hoch zu halten. Als Folge wird, da sich das Verhältnis (FF/PP) der Zufuhrkraft FF des Zufuhrgeräts **9** zur Schlagenergie PP des Schlaggeräts **4** im Zielbetriebsbereich befindet, beschränkt durch die obere Grenze $(FF/PP)_{OL}$ und die untere Grenze $(FF/PP)_{UL}$, dargestellt in [Fig. 3](#), die Schlagenergie PP erhöht. Wenn man findet, dass die Zufuhrkraft FF in Bezug zur Schlagenergie PP übertrieben ist, wird die Schlagenergie PP erhöht. Jedoch wird, wenn die Schlagenergie PP bereits den gesetzten Maximalwert PP_{MAX} aufweist, die Zufuhrkraft FF verringert. Entsprechend wird, wenn man findet, dass die Zufuhrkraft FF in Bezug zur Schlagenergie PP zu niedrig ist, die Zufuhrkraft FF erhöht. Wenn die Zufuhrkraft FF schon den gesetzten Maximalwert FF_{MAX} aufweist, wird die Schlagenergie PP verringert. Die Einstellung des Verhältnisses (FF/PP) der Zufuhrkraft FF zur Schlagenergie PP, so dass der Zielbereich, der durch die

obere Grenze $(FF/PP)_{OL}$ und die untere Grenze $(FF/PP)_{UL}$ begrenzt wird, nicht überschritten wird, ist als ein Blockdiagramm in [Fig. 3](#) dargestellt.

[0027] Erhöhen oder Verringern der Schlagenergie PP und der Zufuhrkraft FF kann entweder direkt durch Standardschritte oder unter Verwendung von P-, PI-, PID- oder eines beliebigen anderen entsprechenden Algorithmus ausgeführt werden. Wenn notwendig, kann jede Situation entweder einen verschiedenen Algorithmus oder denselben Algorithmus mit unterschiedlichen Parametern verwenden. Der höchste zulässige Wert PP_{MAX} oder der niedrigste zulässige Wert PP_{MIN} der Schlagenergie PP wird während des Bohrens nicht geändert. Die obere Grenze FF_{MAX} der Zufuhrkraft FF kann während des Bohrens entweder durch die Steuerung des Drehmoments MM des Drehgeräts **5** oder den Spüldruck FP des Spülgeräts **11** geändert werden.

[0028] Die Steuerung des wechselseitigen Gleichgewichts der Zufuhrkraft FF des Zufuhrgeräts **9** und der Schlagenergie PP des Schlaggeräts **4** kann folglich durch die oben beschriebene Lösung ausgeführt werden. Die obere Grenze FF_{MAX} der Zufuhrkraft FF kann während des Bohrens entweder durch die Steuerung des Drehmoments MM des Drehgeräts **5** oder des Spüldrucks FP des Spülgeräts **11** geändert werden. Eine Erhöhung des Drehmoments MM und des Spüldrucks FP kann entweder vorhandene oder bevorstehende Probleme sichtbar werden lassen, wie z.B. Blockieren der Bohrausrüstung oder Verstopfen der Spüllöcher im Bohreinsatz. Die Steuerung von Bohrproblemsituationen verwendet ein Verfahren, bei dem zusätzlich zu den absoluten oberen Grenzen der gemessenen Variablen MM_{MAX} und FP_{MAX} das Drehmoment MM und der Spüldruck FP auch mit oberen Grenzen ΔMM_{MAX} und ΔFP_{MAX} für die Änderungsgeschwindigkeit der Variablen ΔMM und ΔFP versehen sind, was in [Fig. 5](#) für das Drehmoment MM des Drehgeräts **5** schematisch dargestellt ist. Zusätzlich ist eine Warngrenze MM_{WRN} und FP_{WRN} , die niedriger als die absolute obere Grenze MM_{MAX} und FP_{MAX} der Variablen ist, für den Absolutwert der Variablen gesetzt. Wenn notwendig, ist es auch möglich, eine Mehrzahl von Grenzwerten für den Absolutwert und den Änderungsgeschwindigkeitswert der Variablen zu verwenden. Das dargestellte Verfahren kann Fehlfunktionen vermeiden, die durch einen langsam ansteigenden Spüldruck FP des Spülgeräts **11** und Drehmoments MM des Drehgeräts **5** hervorgerufen werden, die von der zunehmenden Lochtiefe herrühren. Erst wenn die Bohrausrüstung wirklich blockiert oder verstopft ist, führt ein Anstieg im Drehmoment MM oder dem Spüldruck FP spezielle Maßnahmen herbei. Wenn der höchste zulässige Wert MM_{MAX} oder FP_{MAX} des Drehmoments M oder des Spüldrucks FP erreicht ist, wird der höchste zulässige Wert FF_{MAX} der Zufuhrkraft FF verringert. Und bei Überschreiten keiner der Warngrenzen wird der

höchste zulässige Wert FF_{MAX} der Zufuhrkraft FF zu dem höchsten zulässigen Sollwert FF_{MAXSET} rückgestellt, der dafür für die Bohrsituation gesetzt ist, welcher Wert während der Bohrsituation nicht zu einem höheren Niveau geändert werden kann. Das Prinzip der Drehmoment MM- und der Spüldruck FP-Funktionssteuerung ist in [Fig. 6](#) als ein Blockdiagramm dargestellt. Das Drehmoment MM des Drehgeräts **5** oder eine Variable, die es wiedergibt, kann mit einem dritten Drucksensor **25** oder Drucktransmitter **25** gemessen werden, der im Druckkanal **17** des Drehgeräts **5** angeordnet ist, und der Spüldruck FP des Spülgeräts **11** oder eine Variable, die ihn wiedergibt, kann mit einem vierten Drucksensor **26** oder Drucktransmitter **26** gemessen werden, der im Druckkanal **22** des Spülgeräts **11** angeordnet ist.

[0029] Zusätzlich zu den oben beschriebenen Steuerungen ist es notwendig, z.B. die Bohreindringgeschwindigkeit PS begrenzen zu können, wenn in einen Hohlraum gebohrt wird oder wenn das Bohren gestartet wird. Für diesen Zweck gibt es eine separate Eindringgeschwindigkeits PS-Steuerung, deren Betriebsprinzip als ein Blockdiagramm in [Fig. 7](#) dargestellt ist. Wenn die Eindringgeschwindigkeit PS die höchste zulässige Eindringgeschwindigkeit PS_{MAX} übersteigt, wird ein Bohren unterbrochen, und ein Bohr-Startzustand wird bis dahin vorgerückt, wo die Zufuhr unter Geschwindigkeitssteuerung erfolgt und der Schlag bei halber Energie erfolgt. Da sich die Eindringgeschwindigkeit PS unter der niedrigsten zulässigen Eindringgeschwindigkeit PS_{MIN} befindet, wird ein Bohren angehalten. Indem die Verwendung der Gesteinsbohrmaschine **6** verhindert wird, wenn die Eindringgeschwindigkeit PS übertrieben niedrig ist, ist es möglich, eine Gerätebeschädigung zu verringern, die durch die übertrieben niedrige Eindringgeschwindigkeit PS hervorgerufen wird. Vor einem Vergleichen der Minima der Eindringgeschwindigkeiten PS ist es möglich, den Eindringgeschwindigkeits PS-Wert einzustellen, indem er mit der Schlagenergie PP in das richtige Verhältnis gebracht wird, wodurch es möglich ist, eine Erwärmung von Ausrüstung und Verbindungen derselben zu vermeiden, die von einer übertrieben hohen Schlagenergie PP in Bezug zur übertrieben niedrigen Eindringgeschwindigkeit PS herrührt, was die Bohrausrüstung ziemlich schnell stocken lässt. Die Bohreindringgeschwindigkeit PS kann z.B. mit einem Geschwindigkeitsdetektor **27** gemessen werden, der in Verbindung mit dem Zufuhrgerät **9** oder dem Schlaggerät **4** angeordnet ist und der angeordnet ist, um die Bohreindringgeschwindigkeit PS direkt zu messen. Alternativ ist es z.B. möglich, eine Strecke zu messen, die durch das Schlaggerät **4** auf dem Zufuhrträger **3** in einer vorgegebenen Zeit zurückgelegt wird, wobei Sensorelemente in Verbindung mit dem Schlaggerät angeordnet sind, was die Bestimmung der Bohreindringgeschwindigkeit auf der Grundlage der Zeit ermöglicht, die verstrichen ist, und der Strecke, die zurückgelegt

ist.

[0030] Der tatsächliche Controller ist als ein 5-Zustands-Controller ausgeführt, wobei die Zustände einen Stoppzustand eines Bohrens, Startzustand, normalen Bohrzustand, Blockierzustand von Ausrüstung und Verstopfungszustand von Spüllöchern umfassen. Zusätzlich umfasst der Controller einen Notstoppzustand zum schnellen Stoppen des Bohrens im Fall eines Notstands. Das Betriebsprinzip höherer Ebene des Controllers ist als ein Blockdiagramm in [Fig. 8](#) dargestellt.

[0031] Das Betriebsprinzip des Stoppzustands ist als ein Blockdiagramm in [Fig. 9](#) dargestellt. Im Stoppzustand können die wechselseitige Stoppreihenfolge und Zeitsteuerung von unterschiedlichen Vorgängen frei bestimmt werden, d.h. jeder Vorgang kann zu einem gewünschten Zeitaugenblick gestoppt werden. Vorteilhafterweise werden die Vorgänge in der folgenden Reihenfolge gestoppt: Zufuhr, Schlag, Drehung, Spülen. Ein Zähler, der die Stoppssequenz steuert, verwendet einen Überlaufpuffer, wodurch der Zähler bis zu seinem Maximalwert vorwärtszählt und im Maximalwert bleibt, bis er in Verbindung mit einem Stoppzustandsausstieg rückgesetzt wird.

[0032] Der Startzustand wird verwendet, wenn ein Bohren von dem Anfang oder in der Mitte eines Bohrens eines Lochs nach einer manuell ausgeführten Unterbrechung gestartet wird, sowie, wenn das Bohren nach Bohren in einen Hohlraum neugestartet wird. Das Betriebsprinzip des Startzustands der Bohrmaschine ist als ein Blockdiagramm in [Fig. 10](#) dargestellt. Im Startzustand sind die Steuerungen des Drehmoments MM und der Spüldruck PF ein, aber der Bohrvorschub steht unter Geschwindigkeitssteuerung. Eine Übertragung vom Startzustand zum Bohrzustand findet auf der Grundlage eines Signals statt, das das Gleichgewicht zwischen der Schlagenergie PP und der Zufuhrkraft FF anzeigt.

[0033] Das Betriebsprinzip eines normalen Bohrzustands ist schematisch in den [Fig. 11a](#) und [Fig. 11b](#) mittels eines Blockdiagramms dargestellt, so dass sich das Blockdiagramm in [Fig. 11a](#) in [Fig. 11b](#) fortsetzt. Die entsprechenden Linien, die die Blockdiagramme der [Fig. 11a](#) und [Fig. 11b](#) verbinden, sind durch CL1, CL2, CL3 und CL4 in den [Fig. 11a](#) und [Fig. 11b](#) angezeigt. Im Bohrzustand wird die oben beschriebene Regelung durchgeführt, d.h. der Betrieb der Bohrmaschinensteuerung wird auf der Grundlage der Messungen und der Steuerungswerte FF_{SET} , PP_{SET} , MM_{SET} und FP_{SET} automatisch eingestellt, so dass das Verhältnis (FF/PP) der Zufuhrkraft FF zur Schlagenergie PP möglichst hoch gehalten wird. Z.B. kann der Spüldrucksollwert FP_{SET} oder der Spülstromsollwert FS_{SET} so eingestellt werden, dass er einen festen Wert aufweist, oder kann als eine Funktion der Eindringgeschwindigkeit PS

und der Schlagenergie PP geändert werden. Die Notwendigkeit zum Spülen kann folglich zu der Eindringgeschwindigkeit PS in das richtige Verhältnis gebracht werden, die in direktem Verhältnis zum Volumen von entfernbarem Gesteinsmaterial in einer Zeiteinheit steht. Die Schlagenergie PP weist einen verbindenden Faktor zur Härte von Gesteinsmaterial auf, d.h., wenn die Eindringgeschwindigkeit PS bei einer verhältnismäßig niedrigen Schlagenergie hoch ist, sollte ein Spülen im Allgemeinen geringfügig erhöht werden, weil Gestein dann weich ist, und das erzeugte Bohrloch kann einen größeren Durchmesser als den nominalen Durchmesser aufweisen, und folglich kann die Menge von entfernbarem Gesteinsmaterial pro Zeiteinheit auch größer sein. Mathematisch ausgedrückt

$$\text{Spülstrom} = a_1 \times \text{Eindringgeschwindigkeit} + b_1 \times \text{Schlagenergie.}$$

[0034] Desgleichen kann z.B. der Sollwert RS_{SET} der Drehgeschwindigkeit RS konstant gehalten werden oder als eine Funktion von Schlagfrequenz geändert werden. Für jeden Bohreinsatz gibt es einen spezifischen optimalen Schwenkwinkel zwischen zwei aufeinanderfolgenden Schlägen. Dieser Schwenkwinkel variiert bis zu einem gewissen Grade entsprechend der Gesteinhärte. Mathematisch ausgedrückt

$$\text{Drehgeschwindigkeit} = a_2 \times \text{Schlagfrequenz} + b_2 \times \text{Schlagenergie.}$$

[0035] Wenn ein Blockierisiko der Ausrüstung detektiert wird, wobei entweder der Absolutwert des Drehmoments MM oder der Änderungsgeschwindigkeitswert ΔMM des Drehmoments den gesetzten Grenzwert überschreitet, wird ein Bohr-Blockierzustand angenommen, dessen Betriebsprinzip als ein Blockdiagramm in [Fig. 12](#) dargestellt ist. Im Blockierzustand besteht das Ziel darin, die Ausrüstung abzunehmen, indem man die Zufuhr entweder für einen gegebenen voreingestellten Abstand oder bis zur Rückkehrgrenze rückwärts laufen lässt. Gleichzeitig werden der Sollwert RS_{SET} der Drehgeschwindigkeit RS und die Schlagenergie PP auf die maximalen Werte gesetzt. Wenn die Ausrüstung abgenommen ist, wird das Bohren neugestartet. Wenn die Ausrüstung innerhalb der Zeitgrenze nicht abgenommen werden kann, die für einen Zähler gesetzt ist, der das Blockieren der Ausrüstung überwacht, wird das Bohren angehalten.

[0036] Das Betriebsprinzip des Verstopfungszustands von Spüllöchern ist als ein Blockdiagramm in [Fig. 13](#) dargestellt. Wenn es ein Risiko gibt, dass die Spüllöcher verstopfen, wird dieselbe Prozedur übernommen wie im Fall des Blockierzustands, aber statt eines Änderns des Sollwerts RS_{SET} der Drehgeschwindigkeit RS wird der Sollwert des Spülstroms FS geändert.

[0037] Zur Ausführung der Lösung der Erfindung umfasst die Gesteinsbohrmaschine **1** eine Steuereinheit **28**, die ein Mikroprozessor, ein Signalprozessor, eine programmierbare Logikschaltung oder eine ähnliche Datenverarbeitungseinheit sein kann, die die erforderlichen Funktionen, die oben beschrieben sind, ausführen kann. Die Steuereinheit **28** bestimmt Steuervariablen FF_{CO} , PP_{CO} , MM_{CO} und FF_{CO} auf der Grundlage der gemessenen Daten oder von Daten, die durch weitere Verarbeitung davon bestimmt sind, um einen Motor **12a**, der eine Zufuhrpumpe **12** treibt, einen Motor **13a**, der eine Schlagpumpe **13** treibt, einen Motor **14a**, der eine Drehpumpe **14** treibt, und einen Motor **21a**, der eine Spülpumpe **21** treibt, zu steuern. Die Steuereinheit **28** wird auch verwendet, um die Sollwerte und die Grenzwerte zu setzen, d.h. den höchsten und den niedrigsten zulässigen Wert für die Variablen, die zu steuern und zu überwachen sind. Es kann eine Mehrzahl von Steuereinheiten **28** geben, und in diesem Fall können die Vorgänge zum Steuern der Gesteinsbohrvorrichtung **1** auf unterschiedliche Steuereinheiten verteilt sein, die über Datenübertragungsbusse, die zwischen ihnen bereitgestellt werden, kommunizieren können.

[0038] Die Lösung der Erfindung ist als solche zum Bohren von Kurz- und Langlöchern gleichermaßen anwendbar. Die Lösung kann auf eine einfache Weise ausgeführt werden, weil die notwendigen Sensorelemente und andere Ausrüstung auf eine einfache Weise ausgeführt werden können. Dank einer Regelung, d.h. automatischem Steuern des Bohrens auf der Grundlage von Messungen, ist es einfach, die Gesteinsbohrmaschine auch bei anspruchsvollen Bohrbedingungen zu verwenden, und die Bedienperson kann leicht und schnell lernen, wie unterschiedliche Gesteinsbohrmaschinen zu verwenden sind. Die Lösung verringert auf eine einfache Weise die Beanspruchung, welche die Schläge des Schlaggeräts erzeugen und denen die Bohrausrüstung ausgesetzt ist, und verhindert, dass während des normalen Betriebs der Gesteinsbohrvorrichtung oder aufgrund des unsachgemäßen Gebrauchs der Gesteinsbohrvorrichtung die Ausrüstung beschädigt oder blockiert wird oder die Spüllöcher des Einsatzes verstopft werden.

[0039] Die Zeichnungen und die damit in Beziehung stehende Beschreibung sollen die erfinderische Idee nur veranschaulichen. Die Einzelheiten der Erfindung können innerhalb des Umfangs der Ansprüche variieren. Das Druckmedium, das verwendet wird, ist vorzugsweise ein Druckfluid, wie beispielsweise Hydrauliköl oder Wasser. Jedoch kann das Druckmedium, das verwendet wird, auch Druckluft sein, wodurch die Struktur der Gesteinsbohrvorrichtung derjenigen einer typischen pneumatischen Gesteinsbohrvorrichtung entspricht, aber das Betriebsprinzip und das Steuerprinzip bleiben entsprechend der beschriebenen Lösung.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Steuern des Betriebs einer Gesteinsbohrvorrichtung, welche Gesteinsbohrvorrichtung (1) umfasst: ein Schlaggerät (4), ein Drehgerät (5), ein Zufuhrgerät (9), ein Spülgerät (11), ein Werkzeug (7) und einen Einsatz (8), der im Werkzeug (7) angeordnet ist, und in welcher Gesteinsbohrvorrichtung (1) das Schlaggerät (4) angeordnet ist, um auf das Werkzeug (7) gerichtete Aufprallenergie zu erzeugen, das Drehgerät (5) angeordnet ist, um das Werkzeug (7) in einem Bohrloch zu drehen, das Zufuhrgerät (9) angeordnet ist, um das Werkzeug (7) in das Bohrloch zuzuführen, und das Spülgerät (11) angeordnet ist, um zum Spülen von losem Bohrabgang aus dem Loch Spülmittel durch das Werkzeug (7) und den Einsatz (8) zuzuführen, gekennzeichnet durch

Setzen der höchsten zulässigen Zufuhrkraft (FF_{MAX}) des Zufuhrgeräts (9) und der niedrigsten zulässigen Zufuhrkraft (FF_{MIN}) des Zufuhrgeräts (9),

Setzen der höchsten zulässigen Schlagenergie (PP_{MAX}) des Schlaggeräts (4) und der niedrigsten zulässigen Schlagenergie (PP) des Schlaggeräts (4),

Setzen einer oberen und unteren Grenze für die Beziehung zwischen der Zufuhrkraft (FF) des Zufuhrgeräts (9) und der Schlagenergie (PP) des Schlaggeräts (4), welche obere und untere Grenze als Grenzen für einen Zielbetriebsbereich der Beziehung zwischen der Zufuhrkraft (FF) des Zufuhrgeräts (9) und der Schlagenergie (PP) des Schlaggeräts (4) dienen, Bestimmen der Zufuhrkraft (FF) des Zufuhrgeräts (9) und der Schlagenergie (PP) des Schlaggeräts (4), Bestimmen der Beziehung zwischen der Zufuhrkraft (FF) des Zufuhrgeräts (9) und der Schlagenergie (PP) des Schlaggeräts (4) auf der Grundlage der Zufuhrkraft (FF) des Zufuhrgeräts (9) und der Schlagenergie (PP) des Schlaggeräts (4), und durch Einstellen der Zufuhrkraft (FF) des Zufuhrgeräts (9) und der Schlagenergie (PP) des Schlaggeräts (4), so dass die Beziehung zwischen der Zufuhrkraft (FF) des Zufuhrgeräts (9) und der Schlagenergie (PP) des Schlaggeräts (4) innerhalb des Zielbetriebsbereichs ist, der durch die obere und untere Grenze begrenzt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch Bestimmen der Zufuhrkraft (FF) des Zufuhrgeräts (9) auf der Grundlage des Drucks in einem Druckkanal des Zufuhrgeräts (9) und durch Bestimmen der Schlagenergie (PP) des Schlaggeräts (4) auf der Grundlage des Drucks in einem Druckkanal des Schlaggeräts (4).

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass, wenn die Beziehung zwischen der Zufuhrkraft (FF) des Zufuhrgeräts (9) und der Schlagenergie (PP) des Schlaggeräts (4) innerhalb des Zielbetriebsbereichs ist, die Schlagenergie (PP) des Schlaggeräts (4) erhöht wird.

4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass, wenn die Zufuhrkraft (FF) des Zufuhrgeräts (9) im Vergleich mit der Schlagenergie (PP) des Schlaggeräts (4) übertrieben ist, die Schlagenergie (PP) des Schlaggeräts (4) erhöht wird.

5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass, wenn sich die Schlagenergie (PP) des Schlaggeräts (4) im vorgegebenen Maximalwert (PP_{MAX}) befindet, die Zufuhrkraft (FF) des Zufuhrgeräts (9) verringert wird.

6. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass, wenn die Zufuhrkraft (FF) des Zufuhrgeräts (9) im Vergleich mit der Schlagenergie (PP) des Schlaggeräts (4) übertrieben niedrig ist, die Zufuhrkraft (FF) des Zufuhrgeräts (9) erhöht wird.

7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass, wenn sich die Zufuhrkraft (FF) des Zufuhrgeräts (9) im vorgegebenen Maximalwert (FF_{MAX}) befindet, die Schlagenergie (PP) des Schlaggeräts (4) verringert wird.

8. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Zufuhrkraft (FF) des Zufuhrgeräts (9) oder die Schlagenergie (PP) des Schlaggeräts (4) durch Standardschritte oder unter Verwendung eines P-, PI- oder PID-Algorithmus geändert wird.

9. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch weiter Bestimmen eines Drehmoments (MM) des Drehgeräts (5), Bestimmen einer Änderung (ΔMM) im Drehmoment (MM) des Drehgeräts (5), Setzen des höchsten zulässigen Werts (MM_{MAX}) für das Drehmoment (MM) des Drehgeräts (5), Setzen des höchsten zulässigen Werts (ΔMM) für die Änderung im Drehmoment (MM) des Drehgeräts (5) und durch Setzen des höchsten zulässigen Werts (FF_{MAX}) für die Zufuhrkraft (FF) des Zufuhrgeräts (9) auf der Grundlage des Drehmoments (MM) des Drehgeräts (5) oder der Änderung (ΔMM) im Drehmoment (MM) des Drehgeräts (5).

10. Verfahren nach Anspruch 9, gekennzeichnet durch Bestimmen des Drehmoments (MM) oder der Änderung (ΔMM) im Drehmoment (MM) des Drehgeräts (5) auf der Grundlage des Drucks im Druckkanal des Drehgeräts (5).

11. Verfahren nach Anspruch 9 oder 10, gekennzeichnet durch Vergleichen des Drehmoments (MM) des Drehgeräts (5) mit dem höchsten zulässigen Wert (MM_{MAX}) des Drehmoments (MM), Vergleichen des Werts einer Änderung (ΔMM) im

Drehmoment (MM) des Drehgeräts (5) mit dem höchsten zulässigen Wert (ΔMM_{MAX}) der Änderung (ΔMM) im Drehmoment (MM) und durch Verringern des höchsten zulässigen Werts (FF_{MAX}) der Zufuhrkraft (FF) des Zufuhrgeräts (9), wenn das Drehmoment (MM) des Drehgeräts (5) den höchsten zulässigen Drehmomentwert (MM_{MAX}) überschreitet oder wenn die Änderung (ΔMM) im Drehmoment (MM) des Drehgeräts (5) den höchsten zulässigen Wert (ΔMM_{MAX}) der Änderung (ΔMM) im Drehmoment (MM) überschreitet.

12. Verfahren nach Anspruch 9 oder 10, gekennzeichnet durch

Vergleichen des Drehmoments (MM) des Drehgeräts (5) mit dem höchsten zulässigen Wert (MM_{MAX}) des Drehmoments (MM),

Vergleichen des Werts der Änderung (ΔMM) im Drehmoment (MM) des Drehgeräts (5) mit dem höchsten zulässigen Wert (ΔMM) der Änderung (ΔMM) im Drehmoment (MM) und durch

Setzen des höchsten zulässigen Werts (FF_{MAX}) der Zufuhrkraft (FF) des Zufuhrgeräts (9) auf seinen Sollwert (FF_{MAXSET}), wenn das Drehmoment (MM) des Drehgeräts (5) dem höchsten zulässigen Wert (MM_{MAX}) des Drehmoments (MM) höchstens gleichkommt und wenn die Änderung (ΔMM) im Drehmoment (MM) des Drehgeräts (5) dem höchsten zulässigen Wert (ΔMM_{MAX}) der Änderung (ΔMM) im Drehmoment (MM) höchstens gleichkommt.

13. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch weiter

Bestimmen von Spüldruck (FP) des Spülgeräts (11), Bestimmen einer Änderung (ΔFP) im Spüldruck (FP) des Spülgeräts (11),

Setzen des höchsten zulässigen Werts (FP_{MAX}) für den Spüldruck (FP) des Spülgeräts (11),

Setzen des höchsten zulässigen Werts (ΔFP_{MAX}) für die Änderung (ΔFP) im Spüldruck (FP) des Spülgeräts (11), und durch

Setzen des höchsten zulässigen Werts (FF_{MAX}) für die Zufuhrkraft (FF) des Zufuhrgeräts (9) auf der Grundlage des Spüldrucks (FP) des Spülgeräts (11) oder der Änderung (ΔFP) im Spüldruck (FP) des Spülgeräts (11).

14. Verfahren nach Anspruch 13, gekennzeichnet durch Bestimmen des Spühdruks (FP) des Spülgeräts (11) oder der Änderung (ΔFP) im Spüldruck (FP) des Spülgeräts (11) auf der Grundlage des Drucks im Druckkanal des Spülgeräts (11).

15. Verfahren nach Anspruch 13 oder 14, gekennzeichnet durch

Vergleichen des Spühdruks (FP) des Spülgeräts (11) mit dem höchsten zulässigen Wert (FP_{MAX}) des Spühdruks (FP),

Vergleichen der Änderung (ΔFP) im Spüldruck (FP) des Spülgeräts (11) mit dem höchsten zulässigen

Wert (ΔFP_{MAX}) der Änderung (ΔFP) im Spüldruck (FP) und durch

Verringern des höchsten zulässigen Zufuhrkraftwerts (FF_{MAX}) des Zufuhrgeräts (9), wenn der Spüldruck (FP) des Spülgeräts (11) den höchsten zulässigen Spüldruckwert (FP_{MAX}) überschreitet oder wenn die Änderung (ΔFP) im Spüldruck (FP) des Spülgeräts (11) den höchsten zulässigen Wert (ΔFP_{MAX}) der Änderung (ΔFP) im Spüldruck (FP) überschreitet.

16. Verfahren nach Anspruch 13 oder 14, gekennzeichnet durch

Vergleichen des Spühdruks (FP) des Spülgeräts (11) mit dem höchsten zulässigen Wert (FP_{MAX}) des Spühdruks (FP),

Vergleichen der Änderung (ΔFP) im Spühdruks (FP) des Spülgeräts (11) mit dem höchsten zulässigen Wert (ΔFP_{MAX}) für die Änderung (ΔFP) im Spühdruks (FP) und durch

Setzen des höchsten zulässigen Werts (FF_{MAX}) der Zufuhrkraft (FF) des Zufuhrgeräts (9) auf seinen Sollwert (FF_{MAXSET}), wenn der Spühdruks (FP) des Spülgeräts (11) dem höchsten zulässigen Wert (FP_{MAX}) des Spühdruks (FP) höchstens gleichkommt oder wenn die Änderung (ΔFP) im Spühdruks (FP) des Spülgeräts (11) dem höchsten zulässigen Wert (ΔFP_{MAX}) der Änderung (ΔFP) im Spühdruks (FP) höchstens gleichkommt.

17. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch

Bestimmen einer Bohreindringgeschwindigkeit (PS), Setzen der höchsten zulässigen Bohreindringgeschwindigkeit (PS_{MAX}),

Setzen der niedrigsten zulässigen Bohreindringgeschwindigkeit (PS_{MIN}),

Vergleichen der Bohreindringgeschwindigkeit (PS) mit der höchsten zulässigen Bohreindringgeschwindigkeit (PS_{MAX}), und wenn die Bohreindringgeschwindigkeit (PS) die höchste zulässige Eindringgeschwindigkeit (PS_{MAX}) überschreitet, Unterbrechen des Bohrens und sein nochmaliges Neustarten

und/oder Vergleichen der Bohreindringgeschwindigkeit (PS) mit der niedrigsten zulässigen Bohreindringgeschwindigkeit (PS_{MIN}), und wenn die Bohreindringgeschwindigkeit (PS) unter der niedrigsten zulässigen Eindringgeschwindigkeit (PS_{MIN}) ist, Unterbrechen des Bohrens.

18. Verfahren nach Anspruch 17, gekennzeichnet durch Bestimmen der Bohreindringgeschwindigkeit (PS) durch direktes Messen der Bohreindringgeschwindigkeit (PS).

19. Ausrüstung zum Steuern des Betriebs einer Gesteinsbohrvorrichtung, welche Gesteinsbohrvorrichtung (1) umfasst: ein Schlaggerät (4), ein Drehgerät (5), ein Zufuhrgerät (9), ein Spülgerät (11), ein Werkzeug (7) und einen Einsatz (8), der im Werkzeug (7) angeordnet ist, und in welcher Gesteinsbohrvor-

richtung (1) das Schlaggerät (4) angeordnet ist, um auf das Werkzeug (7) gerichtete Aufprallenergie zu erzeugen, das Drehgerät (5) angeordnet ist, um das Werkzeug (7) in einem Bohrloch zu drehen, das Zufuhrgerät (9) angeordnet ist, um das Werkzeug (7) in das Bohrloch zuzuführen, und das Spülgerät (11) angeordnet ist, um zum Spülen des losen Bohrabgangs aus dem Loch Spülmittel durch das Werkzeug (7) und den Einsatz (8) zuzuführen, dadurch gekennzeichnet, dass die Ausrüstung umfasst Einrichtungen zum Setzen der höchsten zulässigen Zufuhrkraft (FF_{MAX}) des Zufuhrgeräts (9) und der niedrigsten zulässigen Zufuhrkraft (FF_{MIN}) des Zufuhrgeräts (9), Einrichtungen zum Setzen der höchsten zulässigen Schlagenergie (PP_{MAX}) des Schlaggeräts (4) und der niedrigsten zulässigen Schlagenergie (PP_{MIN}) des Schlaggeräts (4), Einrichtungen zum Setzen einer oberen und unteren Grenze für die Beziehung zwischen der Zufuhrkraft (FF) des Zufuhrgeräts (9) und der Schlagenergie (PP) des Schlaggeräts (4), welche obere und untere Grenze als Grenzen für einen Zielbetriebsbereich der wechselseitigen Beziehung zwischen der Zufuhrkraft (FF) des Zufuhrgeräts (9) und der Schlagenergie (PP) des Schlaggeräts (4) dienen, Einrichtungen zum Bestimmen der Zufuhrkraft (FF) des Zufuhrgeräts (9) und der Schlagenergie (PP) des Schlaggeräts (4), Einrichtungen zum Bestimmen der Beziehung zwischen der Zufuhrkraft (FF) des Zufuhrgeräts (9) und der Schlagenergie (PP) des Schlaggeräts (4) auf der Grundlage der Zufuhrkraft (FF) des Zufuhrgeräts (9) und der Schlagenergie (PP) des Schlaggeräts (4), und mindestens eine Steuereinheit (28) zum Einstellen der Zufuhrkraft (FF) des Zufuhrgeräts (9) und der Schlagenergie (PP) des Schlaggeräts (4), so dass die Beziehung zwischen der Zufuhrkraft (FF) des Zufuhrgeräts (9) und der Schlagenergie (PP) des Schlaggeräts (4) innerhalb des Zielbetriebsbereichs ist, der durch die obere und untere Grenze begrenzt wird.

20. Ausrüstung nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens die folgenden Zustände zum Steuern des Betriebs der Gesteinsbohrvorrichtung (1) in der Steuereinheit (28) bestimmt werden: Notstoppzustand, Stoppbohrzustand, Startbohrzustand, Normalbohrzustand, Bohrblockierzustand und 'Spühhlöcher in dem Einsatz (8) des Gesteinsbohrwerkzeugs (7) verstopft'-Zustand.

21. Ausrüstung nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, dass die Ausrüstung umfasst: mindestens einen ersten Drucksensor (23) zum Bestimmen der Zufuhrkraft (FF) des Zufuhrgeräts (9) auf der Grundlage des Drucks im Druckkanal des Zufuhrgeräts (9) und mindestens einen zweiten Drucksensor (24) zum Bestimmen der Schlagenergie (PP) des Schlaggeräts (4) auf der Grundlage des Drucks im

Druckkanal des Schlaggeräts (4).

22. Ausrüstung nach einem der Ansprüche 19 bis 21, dadurch gekennzeichnet, dass die Ausrüstung weiter umfasst: Einrichtungen zum Bestimmen eines Drehmoments (MM) des Drehgeräts (5) und einer Änderung (ΔMM) im Drehmoment (MM) des Drehgeräts (5), Einrichtungen zum Setzen des höchsten zulässigen Werts (MM_{MAX}) für das Drehmoment (MM) des Drehgeräts (5) und des höchsten zulässigen Werts (ΔMM) für die Änderung im Drehmoment (MM) des Drehgeräts (5) und Einrichtungen zum Setzen des höchsten zulässigen Werts (FF_{MAX}) für die Zufuhrkraft (FF) des Zufuhrgeräts (9) auf der Grundlage des Drehmoments (MM) des Drehgeräts (5) oder der Änderung (ΔMM) im Drehmoment (MM) des Drehgeräts (5).

23. Ausrüstung nach Anspruch 22, dadurch gekennzeichnet, dass die Ausrüstung umfasst: mindestens einen dritten Drucksensor (25) zum Bestimmen des Drehmoments (MM) und/oder der Änderung (ΔMM) im Drehmoment (MM) des Drehgeräts (5) auf der Grundlage des Drucks im Druckkanal des Drehgeräts (5).

24. Ausrüstung nach Anspruch 22 oder 23, dadurch gekennzeichnet, dass die Ausrüstung umfasst: Einrichtungen zum Vergleichen des Drehmoments (MM) des Drehgeräts (5) mit dem höchsten zulässigen Wert (MM_{MAX}) des Drehmoments (MM) oder zum Vergleichen des Werts einer Änderung (ΔMM) im Drehmoment (MM) des Drehgeräts (5) mit dem höchsten zulässigen Wert (ΔMM_{MAX}) der Änderung (ΔMM) im Drehmoment (MM).

25. Ausrüstung nach Anspruch 24, dadurch gekennzeichnet, dass die Ausrüstung umfasst: Einrichtungen zum Verringern des höchsten zulässigen Werts (FF_{MAX}) der Zufuhrkraft (FF) des Zufuhrgeräts (9), wenn das Drehmoment (MM) des Drehgeräts (5) den höchsten zulässigen Drehmomentwert (MM_{MAX}) überschreitet oder wenn die Änderung (ΔMM) im Drehmoment (MM) des Drehgeräts (5) den höchsten zulässigen Wert (ΔMM_{MAX}) der Änderung (ΔMM) im Drehmoment (MM) überschreitet.

26. Ausrüstung nach Anspruch 24, dadurch gekennzeichnet, dass die Ausrüstung umfasst: Einrichtungen zum Setzen des höchsten zulässigen Werts (FF_{MAX}) der Zufuhrkraft (FF) des Zufuhrgeräts (9) auf seinen Sollwert (FF_{MAXSET}), wenn das Drehmoment (MM) des Drehgeräts (5) dem höchsten zulässigen Wert (MM_{MAX}) des Drehmoments (MM) höchstens gleichkommt und wenn die Änderung (ΔMM) im Drehmoment (MM) des Drehgeräts (5) dem höchsten zulässigen Wert (ΔMM) der Änderung (ΔMM) im Drehmoment (MM) höchstens gleichkommt.

27. Ausrüstung nach einem der Ansprüche 19 bis

26, dadurch gekennzeichnet, dass die Ausrüstung weiter umfasst: Einrichtungen zum Bestimmen von Spüldruck (FP) des Spülgeräts (11) und einer Änderung (Δ FP) im Spüldruck (FP) des Spülgeräts (11), Einrichtungen zum Setzen des höchsten zulässigen Werts (FP_{MAX}) für den Spüldruck (FP) des Spülgeräts (11) und des höchsten zulässigen Werts (ΔFP_{MAX}) für die Änderung (Δ FP) im Spüldruck (FP) des Spülgeräts (11) und Einrichtungen zum Setzen des höchsten zulässigen Werts (FF_{MAX}) für die Zufuhrkraft (FF) des Zufuhrgeräts (9) auf der Grundlage des Spüldrucks (FP) des Spülgeräts (11) oder der Änderung (Δ FP) im Spüldruck (FP) des Spülgeräts (11).

28. Ausrüstung nach Anspruch 27, dadurch gekennzeichnet, dass die Ausrüstung umfasst: mindestens einen vierten Drucksensor (26) zum Bestimmen von Spüldruck (FP) des Spülgeräts (11) und/oder einer Änderung (Δ FP) im Spüldruck (FP) des Spülgeräts (11) auf der Grundlage des Drucks im Druckkanal des Spülgeräts (11).

29. Ausrüstung nach Anspruch 27 oder 28, dadurch gekennzeichnet, dass die Ausrüstung umfasst: Einrichtungen zum Vergleichen des Spüldrucks (FP) des Spülgeräts (11) mit dem höchsten zulässigen Wert (FP_{MAX}) des Spüldrucks (FP) oder der Änderung (Δ FP) im Spüldruck (FP) des Spülgeräts (11) mit dem höchsten zulässigen Wert (ΔFP_{MAX}) für die Änderung (Δ FP) im Spüldruck (FP).

30. Ausrüstung nach Anspruch 29, dadurch gekennzeichnet, dass die Ausrüstung umfasst: Einrichtungen zum Verringern des höchsten zulässigen Zufuhrkraftwerts (FF_{MAX}) des Zufuhrgeräts (9), wenn der Spüldruck (FP) des Spülgeräts (11) den höchsten zulässigen Spüldruckwert (FP_{MAX}) überschreitet oder wenn die Änderung (Δ FP) im Spüldruck (FP) des Spülgeräts (11) den höchsten zulässigen Wert (ΔFP_{MAX}) für die Änderung (Δ FP) im Spüldruck (FP) überschreitet.

31. Ausrüstung nach Anspruch 29, dadurch gekennzeichnet, dass die Ausrüstung umfasst: Einrichtungen zum Setzen des höchsten zulässigen Werts (FF_{MAX}) der Zufuhrkraft (FF) des Zufuhrgeräts (9) auf seinen Sollwert (FF_{MAXSET}), wenn der Spüldruck (FP) des Spülgeräts (11) dem höchsten zulässigen Wert (FP_{MAX}) für den Spüldruck (FP) höchstens gleichkommt oder wenn die Änderung (Δ FP) im Spüldruck (FP) des Spülgeräts (11) dem höchsten zulässigen Wert (ΔFP_{MAX}) für die Änderung (Δ FP) im Spüldruck (FP) höchstens gleichkommt.

32. Ausrüstung nach einem der Ansprüche 19 bis 31, dadurch gekennzeichnet, dass die Ausrüstung umfasst: Einrichtungen zum Bestimmen einer Bohreindringgeschwindigkeit (PS), Einrichtungen zum Bestimmen der höchsten zulässigen Bohreindringgeschwindigkeit (PS_{MAX}) und der niedrigsten zulässigen

Bohreindringgeschwindigkeit (PS_{MIN}), Einrichtungen zum Vergleichen der Bohreindringgeschwindigkeit (PS) mit der höchsten zulässigen Bohreindringgeschwindigkeit (PS_{MAX}) und der niedrigsten zulässigen Bohreindringgeschwindigkeit (PS_{MIN}), Einrichtungen zum Unterbrechen des Bohrens und seinem Neustarten, wenn die Bohreindringgeschwindigkeit (PS) die höchste zulässige Eindringgeschwindigkeit (PS_{MAX}) überschreitet, und Einrichtungen zum Unterbrechen des Bohrens, wenn die Bohreindringgeschwindigkeit (PS) unter der niedrigsten zulässigen Eindringgeschwindigkeit (PS_{MIN}) ist.

33. Ausrüstung nach Anspruch 32, dadurch gekennzeichnet, dass die Ausrüstung umfasst: mindestens einen Geschwindigkeitsdetektor (27) zum Bestimmen der Bohreindringgeschwindigkeit (PS) durch direktes Messen der Bohreindringgeschwindigkeit (PS).

Es folgen 11 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

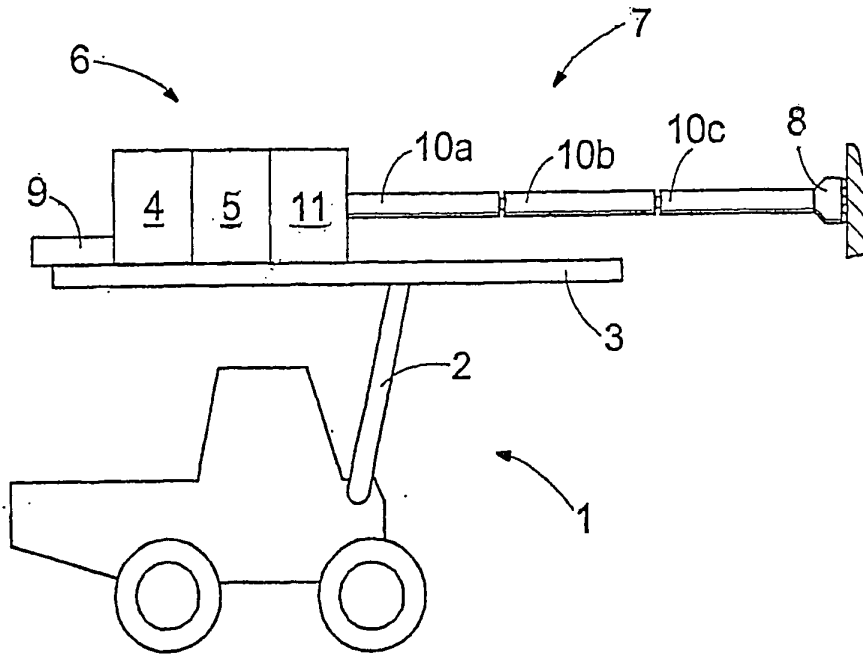


FIG. 1

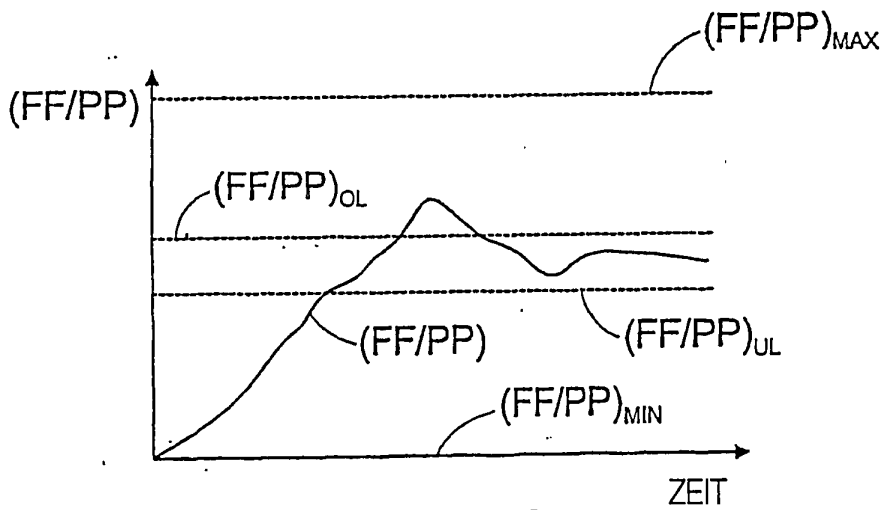


FIG. 3

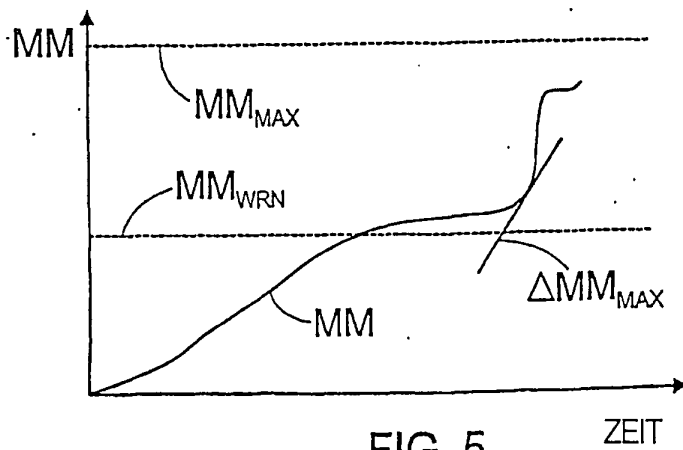


FIG. 5

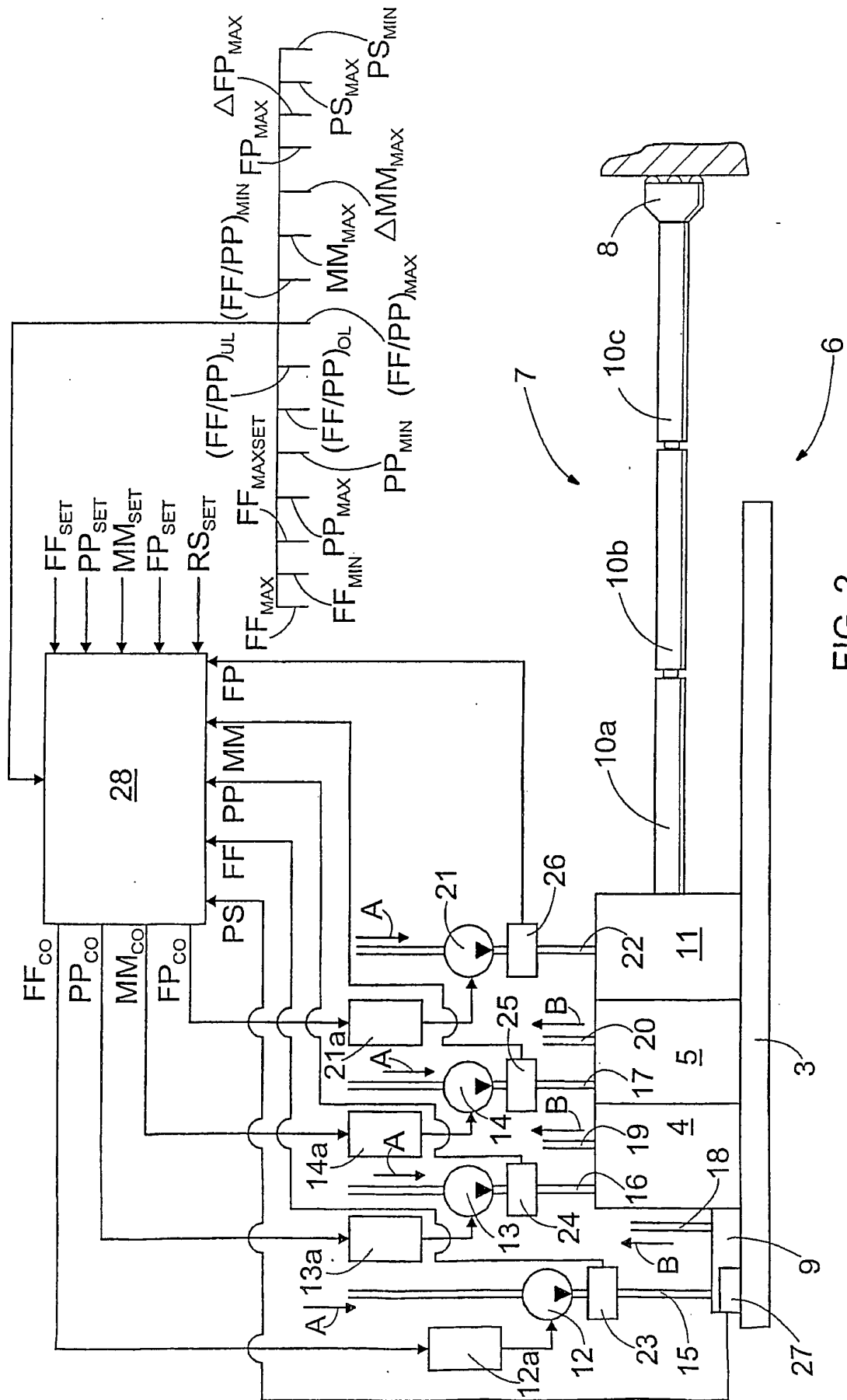


FIG. 2

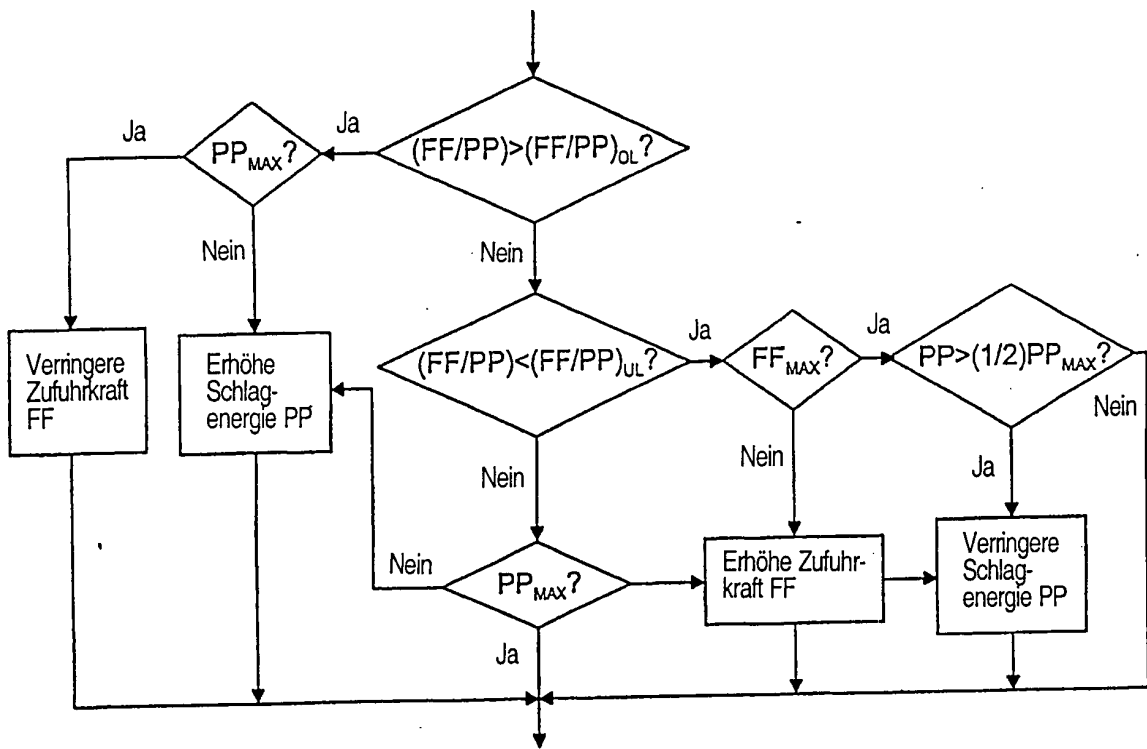


FIG. 4

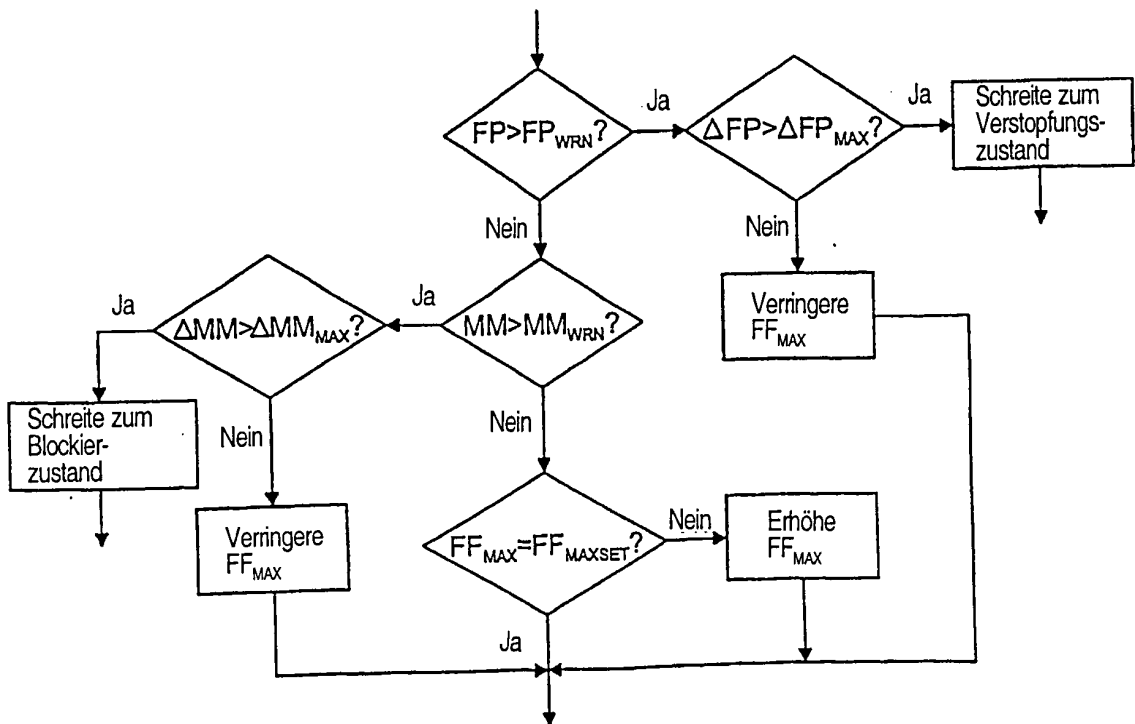


FIG. 6

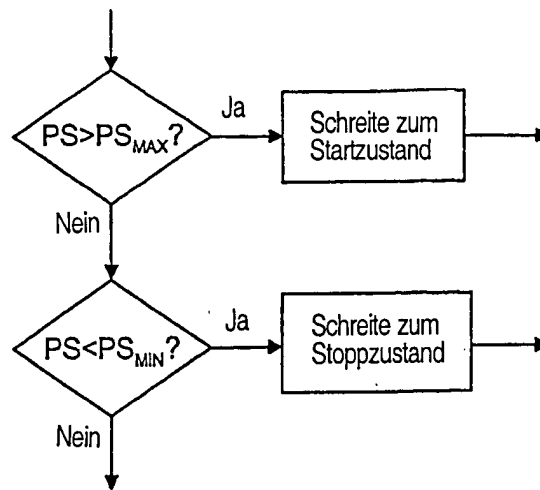


FIG. 7

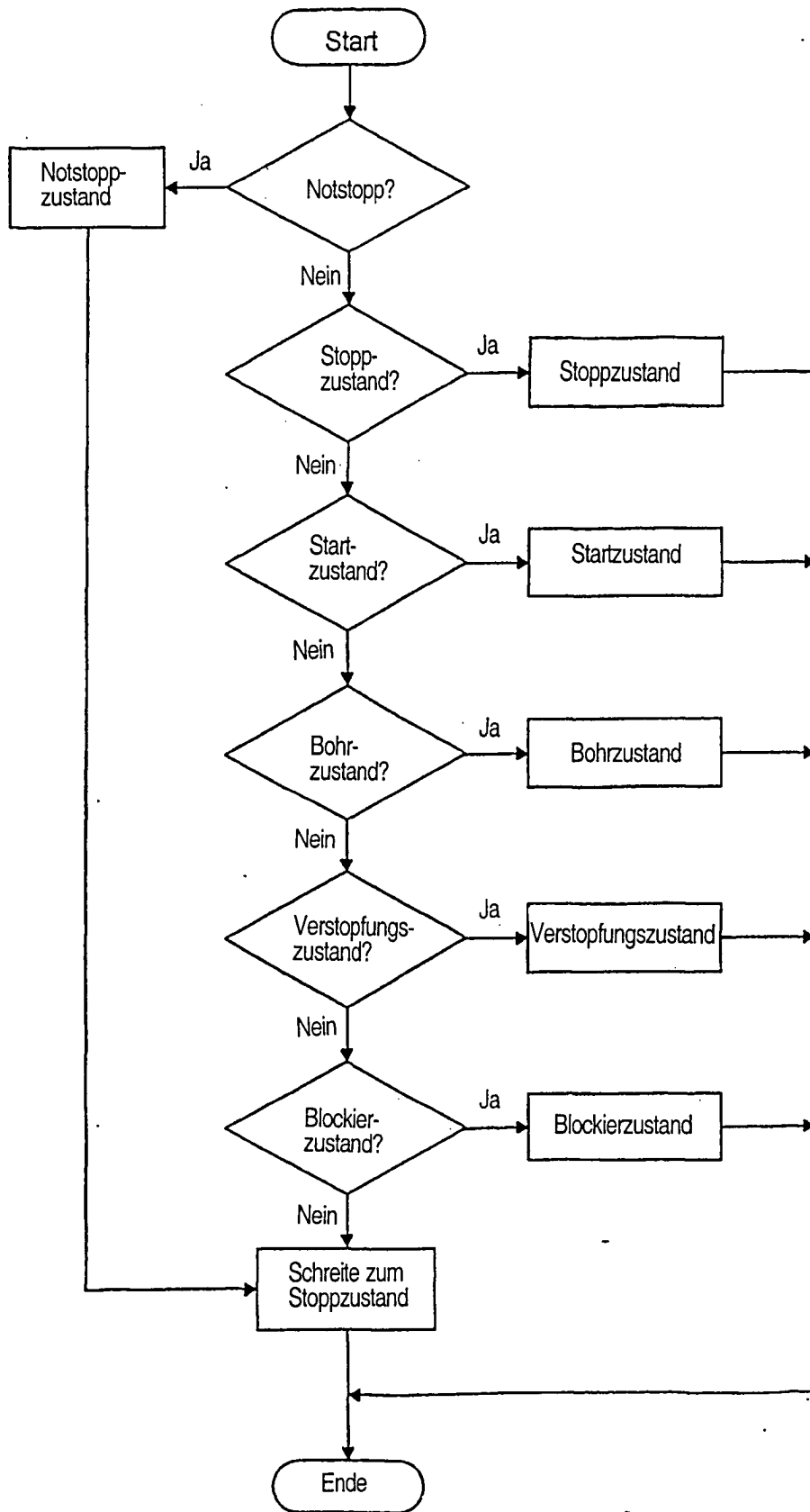


FIG. 8

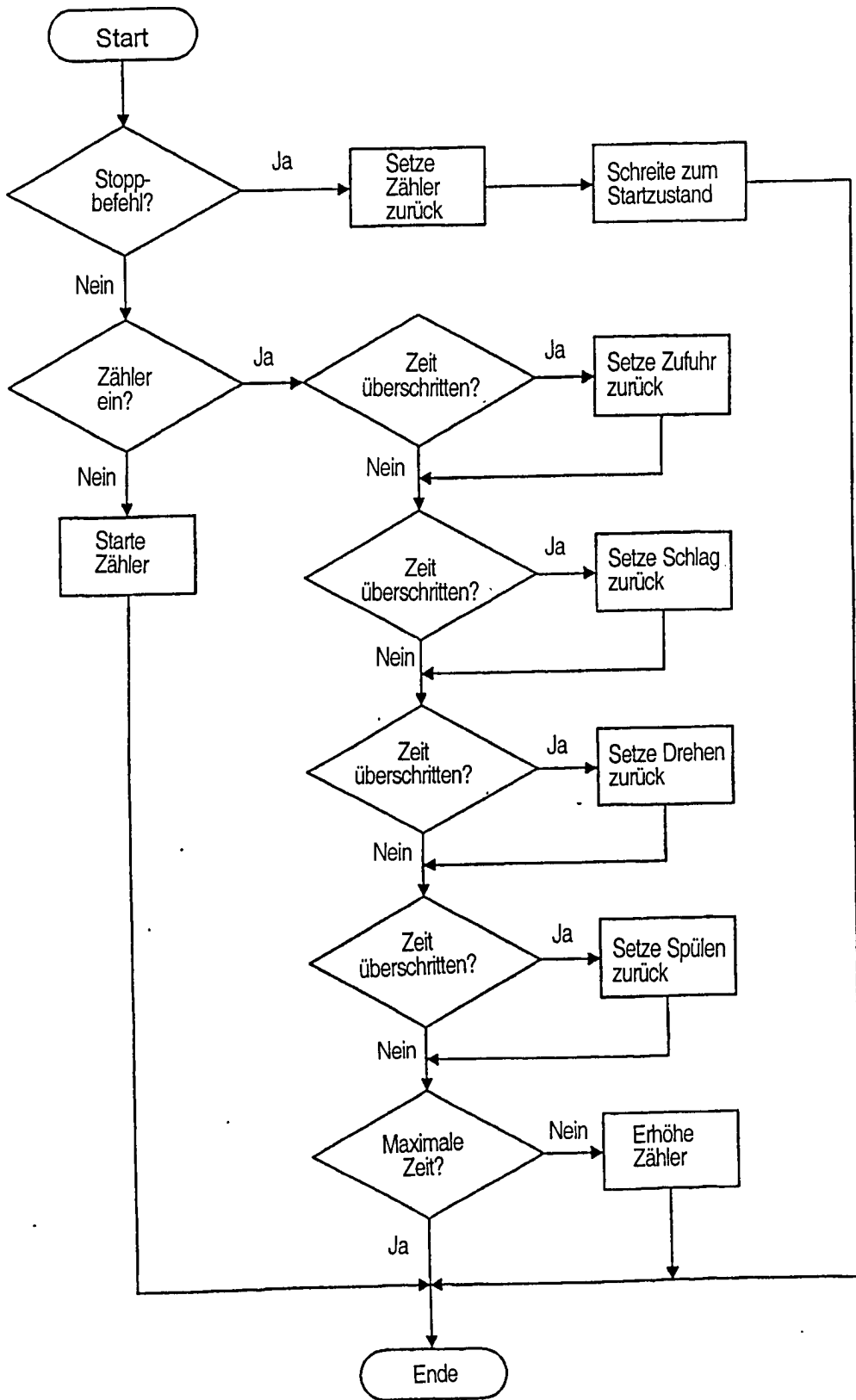


FIG. 9

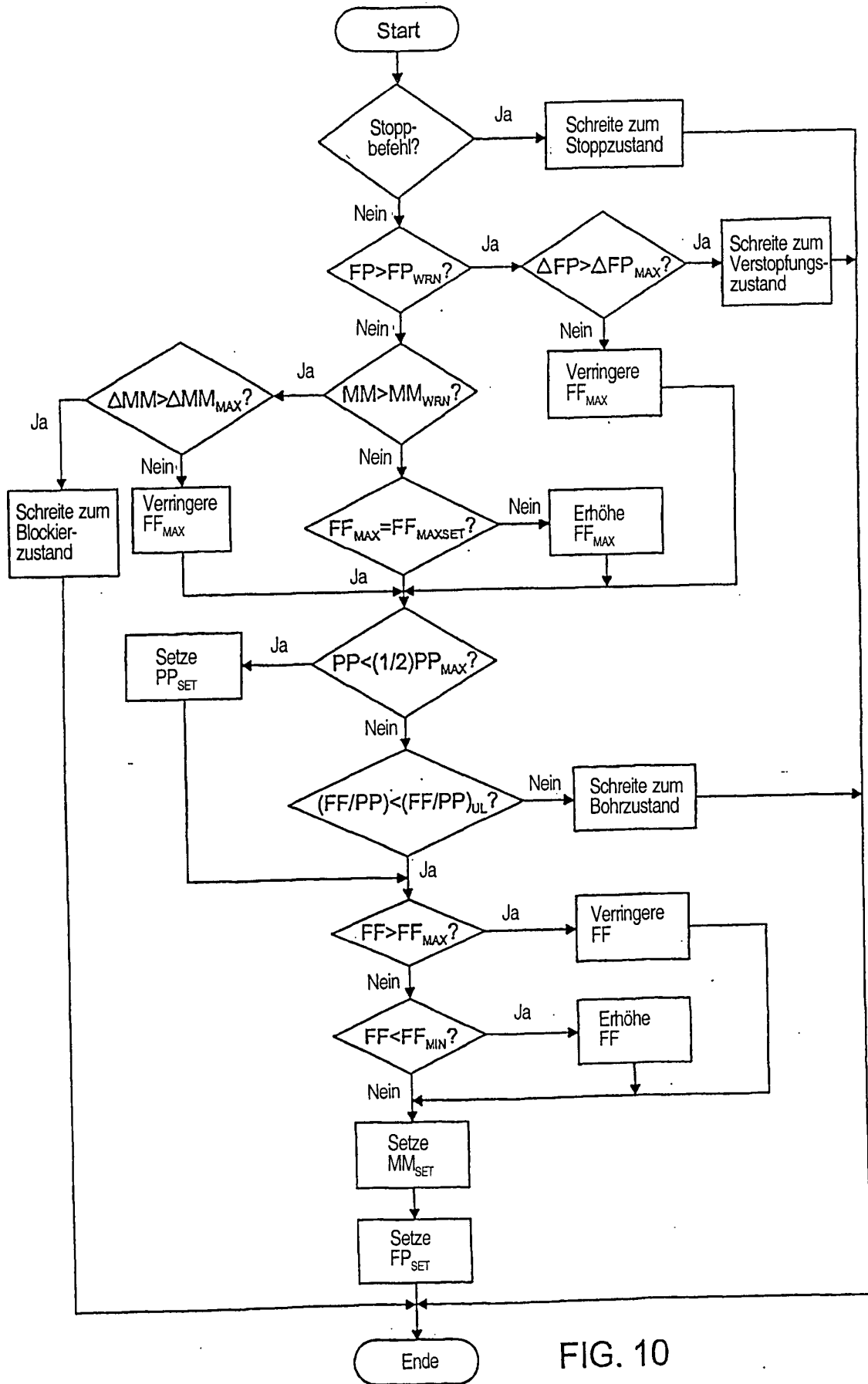


FIG. 10

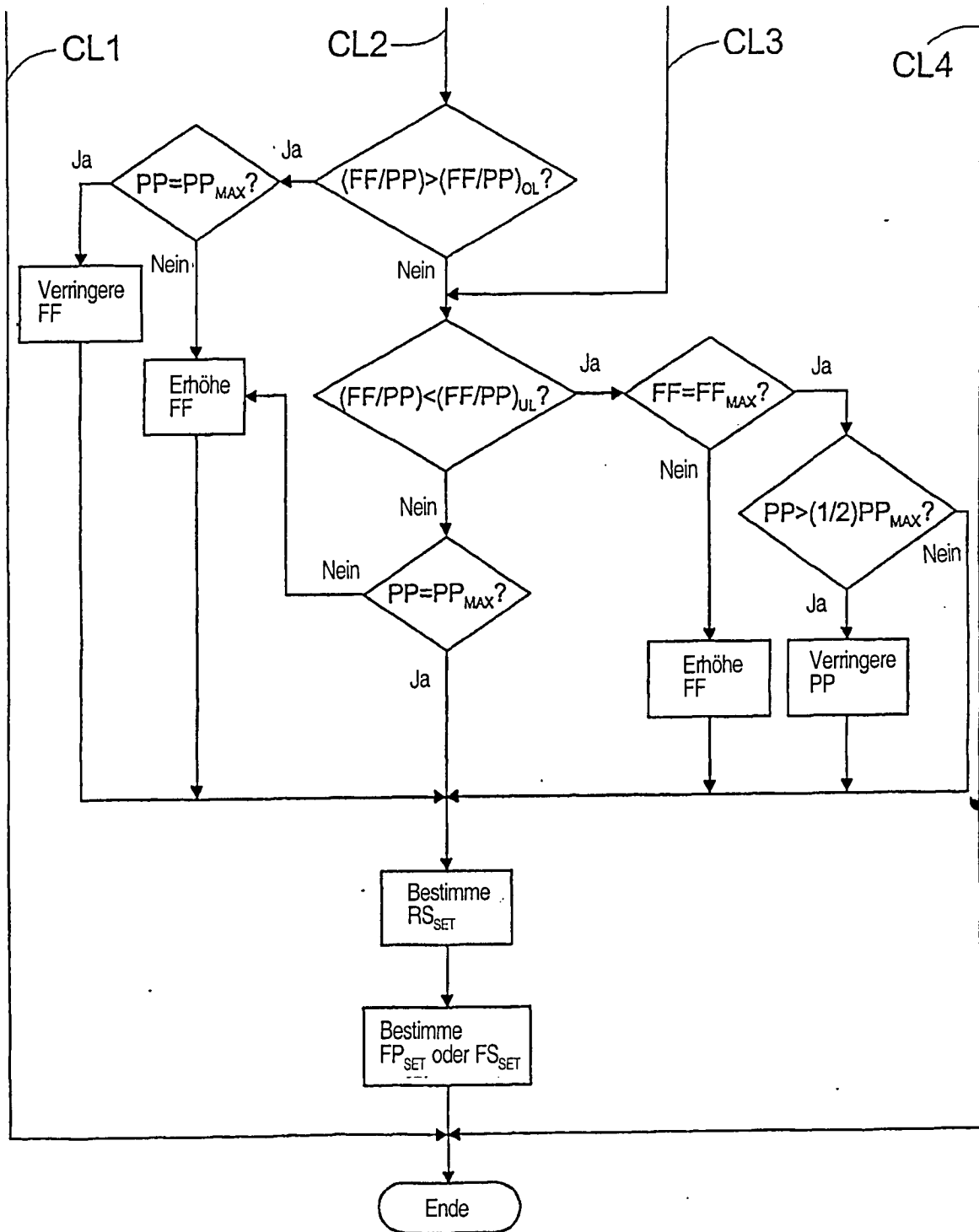


FIG. 11b

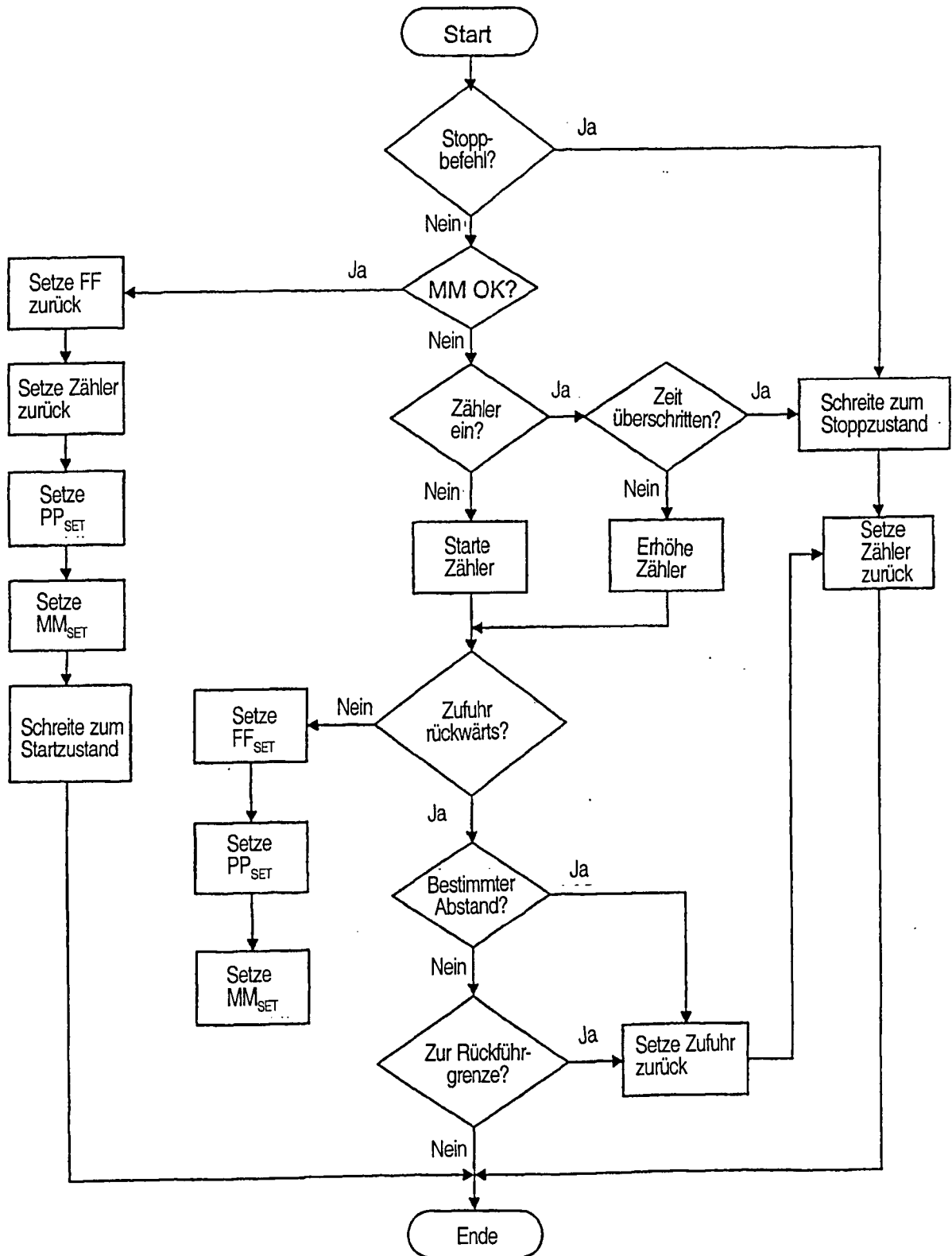


FIG. 12

