(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) **EP 4 330 519 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
26.03.2025 Patentblatt 2025/13

(21) Anmeldenummer: **22792805.8**

(22) Anmeldetag: **22.09.2022**

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):
E21D 9/10 *(2006.01)*

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
E21D 9/1093

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2022/076333

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2023/057217 (13.04.2023 Gazette 2023/15)

(54) **TUNNELBOHRMASCHINE UND VERFAHREN ZUM VORTREIBEN EINES TUNNELS MIT EINER TUNNELBOHRMASCHINE**

TUNNEL BORING MACHINE AND METHOD FOR TUNNELING USING A TUNNEL BORING MACHINE

TUNNELIER ET PROCÉDÉ POUR CREUSER UN TUNNEL AU MOYEN D'UN TUNNELIER

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR

(30) Priorität: **08.10.2021 DE 102021126200**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
06.03.2024 Patentblatt 2024/10

(73) Patentinhaber: **HERRENKNECHT AKTIENGESELLSCHAFT**
77963 Schwanau (DE)

(72) Erfinder:
- **WEHRMEYER, Gerhard**
  77963 Schwanau (DE)
- **NATHANSON, Emil**
  77948 Friesenheim (DE)
- **TRÖNDLE, Johannes**
  77933 Lahr/Schwarzwald (DE)

(74) Vertreter: **RACKETTE Patentanwälte PartG mbB**
Postfach 13 10
79013 Freiburg (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
DE-A1- 102018 102 330 **DE-T5- 112014 004 026**

- **ANONYMOUS: "Bauma Innovation Award 2022 for Continuous Tunnelling - tunnel", TUNNEL, vol. 06/22, 30 June 2022 (2022-06-30), pages 1 - 3, XP093012084, Retrieved from the Internet <URL:https://www.tunnel-online.info/en/artikel/bauma-innovation-award-2022-for-continuous-tunnelling_3886035.html> [retrieved on 20230106]**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

EP 4 330 519 B1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Tunnelbohrmaschine mit den Merkmalen des Oberbegriffs des Anspruchs 1.

[0002] Die Erfindung betrifft weiterhin ein Verfahren zum Vortreiben eines Tunnels mit einer Tunnelbohrmaschine.

[0003] Eine derartige Vorrichtung und ein derartiges Verfahren sind aus DE 10 2018 102 330 A1 bekannt. Die vorbekannte Tunnelbohrmaschine verfügt über ein Schneidrad und über eine Anzahl von Vortriebspressen, mit denen das Schneidrad in einer Vortriebsrichtung verschiebbar ist. Weiterhin ist eine Vortriebspressensteuereinheit vorhanden, mit der die Vortriebspressen ansteuerbar sind, wobei hierfür Mittel zum Visualisieren eines aus der Druckwirkung der Vortriebspressen resultierenden Gesamtdruckschwerpunkts vorgesehen sind. Bei dem Vortreiben eines Tunnels mit dieser Tunnelbohrmaschine lässt sich die Lage des Gesamtdruckschwerpunkts insbesondere beim Verbau von Tübbingen mit entsprechenden Lastwechseln an den Vortriebspressen während eines weiterhin stattfindenden Vortriebs optisch darstellen.

[0004] Aus DE 11 2014 004 026 T5 ist eine Tunnelbohrmaschine bekannt, die über Eingabemittel verfügt, die dazu eingerichtet sind, geometrische Daten zur Hubsteuerung der Schubstempel einzugeben, um dadurch die Bewegungsbahn der Tunnelbohrmaschine zu beeinflussen. Dabei sind die Mittel dazu eingerichtet, unabhängig von tatsächlich wirkenden Kräften die Hübe der Schubstempel zum Einhalten einer durch Geometrieparameter festgelegten Bewegungsbahn einzustellen.

[0005] Aus CN 111 810 171 A, CN 111 810 172 A und JP 2013 007 226 A sind Tunnelbohrmaschinen und Verfahren zum Vortreiben eines Tunnels bekannt, bei denen die durch Vortriebspressen ausgeübte Druckwirkung auf der Grundlage von Gruppenbildungen bei den Vortriebspressen erfolgt. Gemäß der CN 111 810 172 A ist hierbei eine Visualisierung der ausgeübten Gesamtkraft vorgesehen.

[0006] Üblicherweise erfolgt in der Praxis bei Tunnelbohrmaschinen das Einstellen der von einzelnen Vortriebspressen oder Gruppen von Vortriebspressen auszuübenden Vortriebskräfte über Potentiometer, die auf an die Vortriebspressen angeschlossene Ansteuermodule einwirken.

[0007] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Tunnelbohrmaschine der eingangs genannten Art anzugeben und ein Verfahren zum Vortreiben eines Tunnels mit einer Tunnelbohrmaschine der eingangs genannten Art anzugeben, die sich durch eine verhältnismäßig einfache und betriebssichere Bedienung auszeichnen.

[0008] Diese Aufgabe wird bei einer Tunnelbohrmaschine der eingangs genannten Art erfindungsgemäß mit den Merkmalen des kennzeichnenden Teils des Anspruchs 1 gelöst.

[0009] Diese Aufgabe wird bei einem Verfahren zum Vortreiben eines Tunnels erfindungsgemäß mit den Merkmalen des Anspruchs 10 gelöst.

[0010] Dadurch, dass bei der Tunnelbohrmaschine und bei dem Verfahren gemäß der Erfindung unter Vorgabe einer Soll-Gesamtvortriebskraft die tatsächliche Lage eines Ist-Gesamtdruckschwerpunkts direkt über das Beeinflussen der durch Koordinatenwerte bestimmten Lage einer in einem auf die Tunnelbohrmaschine bezogenen Koordinatensystem visualisierten Repräsentation eines gewünschten Soll-Gesamtdruckschwerpunkts und dabei bevorzugt über einen berührungsempfindlichen Bildschirm erfolgt, lässt sich die Tunnelbohrmaschine über diesen einen zentralen Betriebsparameter verhältnismäßig einfach steuern.

[0011] Weitere zweckmäßige Ausgestaltungen der Erfindung sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche.

[0012] Weitere zweckmäßige Ausgestaltungen und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen mit Bezug auf die Figuren der Zeichnung sowie ergänzende Erläuterungen.

[0013] Es zeigen:

Fig. 1 in einer schematischen Ansicht ein Ausführungsbeispiel einer ein Schneidrad aufweisenden Tunnelbohrmaschine, die mit einer Bedieneinheit ausgestattet ist,

Fig. 2 in einer Seitenansicht das Ausführungsbeispiel einer Tunnelbohrmaschine gemäß Fig. 1 mit einem von Vortriebspressen in einer horizontalen (X-) Richtung ausgeübten beispielhaften, über den gesamten Durchmesser des Schneidrads konstanten Kräfteverlauf für eine Geradeausfahrt,

Fig. 3 in einer Seitenansicht das Ausführungsbeispiel einer Tunnelbohrmaschine gemäß Fig. 1 mit einem von Vortriebspressen in der horizontalen (X-) Richtung ausgeübten beispielhaften, über den gesamten Durchmesser des Schneidrads sich konstant ändernden Kräfteverlauf für eine Kurvenfahrt,

Fig. 4 in einer Seitenansicht das Ausführungsbeispiel einer Tunnelbohrmaschine gemäß Fig. 1 mit einem von Vortriebspressen in der horizontalen (X-) Richtung ausgeübten beispielhaften, über einen Teil des Durchmessers des Schneidrads sich kontinuierlich ändernden Kräfteverlauf für eine Kurvenfahrt,

Fig. 5 in einer Seitenansicht das Ausführungsbeispiel einer Tunnelbohrmaschine gemäß Fig. 1 mit einem von Vortriebspressen in einer vertikalen (Y-) Richtung ausgeübten beispielhaften, über den gesamten Durchmesser des Schneidrads sich konstant ändernden Kräfteverlauf zum Ausgleich von sich in der Vertika-

len ändernden Gegenkräften für eine Horizontalfahrt,

Fig. 6 in einer Seitenansicht das Ausführungsbeispiel einer Tunnelbohrmaschine gemäß Fig. 1 mit einem von Vortriebspressen in der vertikalen (Y-) Richtung ausgeübten beispielhaften, über den gesamten Durchmesser des Schneidrads konstanten Kräfteverlauf für eine nach unten abtauchende Fahrt und

Fig. 7 in einem Ablaufplan ein Ausführungsbeispiel für die Vorgehensweise beim Betrieb einer Tunnelbohrmaschine zum Vortreiben eines Tunnels mit dem anhand Fig. 1 bis Fig. 3 erläuterten Ausführungsbeispiel einer Tunnelbohrmaschine gemäß der Erfindung.

[0014] Fig. 1 zeigt in einer schematischen Ansicht ein Ausführungsbeispiel einer Tunnelbohrmaschine 103 gemäß der Erfindung, die mit einem in Abbaurichtung vorderseitig gelegenen Schneidrad 106 ausgestattet ist. In Abbaurichtung rückseitig des Schneidrads 106 verfügt die Tunnelbohrmaschine 103 über eine Anzahl von Vortriebspressen 109, mit denen das Schneidrad 106 in einer Vortriebsrichtung verschiebbar und dabei insbesondere mit Vortriebskräften gegen eine im Abbaubetrieb in Abbaurichtung vor dem Schneidrad 106 liegende Ortsbrust 112 andrückbar ist.

[0015] Die Vortriebspressen 109 sind einzeln oder in Gruppen zusammengefasst einheitlich mit einer Vortriebspressensteuereinheit 115 verbunden, mit der die Vortriebspressen 109 zum Erzielen einer Druckwirkung ansteuerbar sind.

[0016] Die Vortriebspressensteuereinheit 115 wiederum steht mit einer Bedieneinheit 118 in Verbindung, über die der Vortriebspressensteuereinheit 115 zum Ansteuern der Vortriebspressen 109 erforderliche Steuerwerte nach einer Umrechnung von weiter unten näher erläuterten Koordinatenwerten in Druckwerten entsprechenden Steuerwerte einspeisbar sind.

[0017] Die Bedieneinheit 118 verfügt zum einen über einen berührungsempfindlichen Bildschirm mit einem ersten Eingabebereich 121, über den in einem Eingabefeld 130 als Eingabemittel von einem Maschinenführer direkt als Vorgabe ein Wert für die durch die Vortriebspressen 109 oder die Gruppen von Vortriebspressen 109 auf das Schneidrad 106 insgesamt auszuübende Soll-Gesamtvortriebskraft F_{ges} eingebbar ist.

[0018] Bei Abwandlungen für die direkte Eingabe der Soll-Gesamtvortriebskraft F_{ges} sind in dem ersten Eingabebereich 121 beispielsweise berührungsempfindliche Bereiche oder elektromechanische Taster beziehungsweise durch Drehen beziehungsweise durch Verschieben elektromechanisch wirkende Elemente wie Potentiometer oder Schieberegler vorgesehen.

[0019] Bei einer weiteren, nicht dargestellten Ausführung ist als Eingabemittel zur Vorgabe einer Soll-Gesamtvortriebskraft F_{ges} ein Vortriebsgeschwindigkeitsregelkreis vorhanden, dem in einem ersten Eingang von einem Maschinenführer eine gewünschte Soll-Vortriebsgeschwindigkeit und in einem zweiten Eingang die aktuell herrschende Ist-Vortriebsgeschwindigkeit der Tunnelbohrmaschine 103 einspeisbar ist. Der Ausgang des Vortriebsgeschwindigkeitsregelkreises liefert die Soll-Gesamtvortriebskraft F_{ges} als Vorgabe zur weiter unten näher erläuterten Weiterbearbeitung zum Einhalten der gewünschten Soll-Vortriebsgeschwindigkeit.

[0020] Weiterhin ist die Bedieneinheit 118 mit einem zweiten Eingabebereich 133 ausgestattet, der mit einer Anzahl von, und dabei zweckmäßigerweise vier, Tastfeldern 136, 139, 142, 145 als Bedienelemente ausgebildet ist, die bei dem hier erläuterten Ausführungsbeispiel durch paarweise Anordnung auf einer Horizontalen beziehungsweise auf einer Vertikalen zum Erniedrigen beziehungsweise zum Erhöhen von Koordinatenwerten eines gewünschten Soll-Gesamtdruckschwerpunkts (auch "Center of Thrust", abgekürzt "CoT", genannt) in einem auf die Tunnelbohrmaschine 103, und dabei insbesondere auf die Längsmittelachse eines im Wesentlichen zylinderartig ausgebildeten Schildelements 146 der Tunnelbohrmaschine 103, in dem die Vortriebspressen 109 angeordnet und fest verbaut sind, bezogenen Koordinatensystem dienen, der aus der Druckwirkung aller Vortriebspressen 109 resultiert.

[0021] Bei einer Ausführung sind die Tastfelder 136, 139, 142, 145 als bereichsweiser Bestandteil des berührungsempfindlichen Bildschirms berührungsempfindlich ausgebildet.

[0022] Bei einer anderen Ausführung sind die Tastfelder 136, 139, 142, 145 druckempfindlich als elektromechanische Taster ausgeführt.

[0023] Bei einer noch weiteren Ausführung weisen die Mittel zum Beeinflussen des Soll-Gesamtdruckschwerpunkts als durch Drehen beziehungsweise durch Verschieben elektromechanisch wirkende Elemente wie Potentiometer oder Schieberegler auf.

[0024] Weiterhin verfügt der Bildschirm der Bedieneinheit 118 bei diesem Ausführungsbeispiel als Visualisierungsmittel über einen weiteren, zweidimensional berührungsempfindlichen Bereich 148, auf dem eine symbolhafte Visualisierung eines einzunehmenden Soll-Gesamtdruckschwerpunkts 151 in dem durch eine X-Achse 154 für die horizontale Richtung und durch eine Y-Achse 157 für die vertikale Richtung, die sich in einem Nullpunkt 163 als Koordinatenursprung rechtwinklig schneiden, aufgespannten, auf die Tunnelbohrmaschine 103 bezogenen Koordinatensystem dargestellt ist.

[0025] Bei der in Fig. 1 mit einem schwarz ausgefüllten Kreis dargestellten Visualisierung handelt es sich um den Soll-Gesamtdruckschwerpunkt 151, dessen Koordinatenwerte in dem durch die X-Achse 154 und durch die Y-Achse 157 gebildeten Koordinatensystem zusammen mit dem beispielsweise über das Eingabefeld 130 eingebbare Wert für die auszuübende Soll-Gesamtvortriebskraft F_{ges} die Eingangswerte für die Vortriebspres-

sensteuereinheit 115 zum Ansteuern der Vortriebspressen 109 bilden.

[0026] Bei einer zweckmäßigen Weiterbildung ist vorgesehen, dass auf dem berührungsempfindlichen Bereich 148 auch ein Ist-Gesamtdruckschwerpunkt 166 in einer weiteren, als weiß ausgefüllter Kreis dargestellten Visualisierung dargestellt ist, die die von der Vortriebspressensteuereinheit 115 aus den Vortriebspressen 109 in die Bedieneinheit 118 zurückgegebene, aktuell tatsächlich vorhandene Lage des Ist-Gesamtdruckschwerpunkts 166 darstellt. In der Darstellung gemäß Fig. 1 weicht der Ist-Gesamtdruckschwerpunkt 166 beispielsweise aufgrund einer noch nicht abgeschlossenen, weiter unten näher erläuterten Regelung noch merklich von dem Soll-Gesamtdruckschwerpunkt 151 ab und wird sich während der Regelung weiter in Richtung eines in der Darstellung gemäß Fig. 1 sich von dem Ist-Gesamtdruckschwerpunkt 166 zu dem Soll-Gesamtdruckschwerpunkt 151 erstreckenden Regelungsrichtungspfeiles 167 bewegen.

[0027] Zum Verändern der Lage des Ist-Gesamtdruckschwerpunkts 166 lässt sich zusätzlich zu den Tastfeldern 136, 139, 142, 145 durch Berühren und Bewegen der Visualisierung des Soll-Gesamtdruckschwerpunkts 151 der Soll-Gesamtdruckschwerpunkt 151 in dem berührungsempfindlichen Bereich 148 in zwei Dimensionen beispielsweise mit einem Finger einer Bedienperson oder mit einem interaktiven Stift unter entsprechender Veränderung der der Vortriebspressensteuereinheit 115 eingespeisten Steuerwerte mit zugeordneten Druckwertänderungen verschieben, soweit dies die innerhalb eines in der Darstellung gemäß Fig. 1 gestrichelt und rein beispielhaft dargestellten zulässigen Wertebereichs 169 liegenden Betriebsbedingungen der Tunnelbohrmaschine 103 zum Einnehmen eines neuen Ist-Gesamtdruckschwerpunkts 166 grundsätzlich zulassen.

[0028] Fig. 2 zeigt in einer Seitenansicht das Ausführungsbeispiel einer Tunnelbohrmaschine 103 gemäß Fig. 1 mit einem von Vortriebspressen 109 in einer horizontalen Richtung entlang der X-Achse 154 ausgeübten beispielhaften, über den gesamten Durchmesser des Schneidrads 106 konstanten Kräfteverlauf 200 für eine Geradeausfahrt. In der Darstellung gemäß Fig. 2 bezeichnet die Z-Achse 203, die in Fig. 2 mit ihrem negativen Wertebereich dargestellt ist, in dem auf die Tunnelbohrmaschine 103 bezogenen Koordinatensystem die Richtung der Längsmittelachse des Schildelements 146, auf das bei diesem Ausführungsbeispiel und ansonsten ebenfalls zweckmäßigerweise das Koordinatensystem referenziert ist.

[0029] Weiterhin sind in Fig. 2 ein Gesamtkraftvektorpfeil 206 für die durch die Gesamtheit der Vortriebspressen 109 auszuübende, über das Eingabefeld 130 eingebbare Soll-Gesamtvortriebskraft F_{ges} und durch eine gestrichelte Linie 209 ein Wert für die mittlere Kraft F_m dargestellt.

[0030] Bei dem in Fig. 2 dargestellten Ausführungsbeispiel übt für eine Geradeausfahrt in Bezug auf eine Horizontale im Sinne eines kurvenfreien Vortriebs entlang einer in dieser Horizontalen liegenden Geraden jede Vortriebspresse 109 oder jede Gruppe von Vortriebspressen 109 die gleiche, der mittleren Kraft F_m entsprechende und durch einen Teilkraftvektorpfeil 212 dargestellte Teilvortriebskraft F_i aus, so dass der auf der Linie 209 liegende Kräfteverlauf 200 über den Durchmesser des Schneidrads 106 konstant ist und die Soll-Gesamtvortriebskraft F_{ges} genau auf der Z-Achse 203 liegt sowie durch den Nullpunkt 163 der X-Achse 154 geht. Dadurch ist ein Versatz der Soll-Gesamtvortriebskraft F_{ges} von der Z-Achse 203 in X-Richtung und damit eine X-Ablage CoT_X als Koordinatenwert des Soll-Gesamtdruckschwerpunkts 151 von der Z-Achse 203 in X-Richtung gleich Null.

[0031] Fig. 3 zeigt in einer Seitenansicht entsprechend Fig. 2 das Ausführungsbeispiel einer Tunnelbohrmaschine 103 gemäß Fig. 1 mit einem von Vortriebspressen 109 in der horizontalen Richtung entlang der X-Achse 154 ausgeübten beispielhaften, über den gesamten Durchmesser des Schneidrads 106 sich konstant ändernden Kräfteverlauf 300 für eine Kurvenfahrt.

[0032] In Fig. 3 sind ein Gesamtkraftvektorpfeil 306 für die durch die Gesamtheit der Vortriebspressen 109 auszuübende, über das Eingabefeld 130 eingebbare Soll-Gesamtvortriebskraft F_{ges}, durch eine gestrichelte erste Linie 309 ein Wert für die auszuübende mittlere Kraft F_m, durch eine gestrichelte zweite Linie 312 ein Wert für die zumindest auszuübende Minimalkraft F_{min} und durch eine gestrichelte dritte Linie 315 ein Wert für die höchstens auszuübende Maximalkraft F_{max} dargestellt.

[0033] Weiterhin sind in Fig. 3 durch einen Teilkraftvektorpfeil 318 beispielhaft die durch eine Vortriebspresse 109 oder einer Gruppe von Vortriebspressen 109, hier einer in der horizontalen Richtung seitlich relativ randseitig angeordneten Vortriebspresse 109, auszuübende Teilvortriebskraft F_i und durch einen Mittelkraftvektorpfeil 321 die durch die Gesamtheit der Vortriebspressen 109 auszuübende mittlere Kraft F_m dargestellt. Mit einem Differenzkraftvektorpfeil 324 ist die Differenzkraft $\Delta F_{x,i}$ als Differenz in X-Richtung aus der Teilvortriebskraft F_i sowie der mittleren Kraft F_m dargestellt. Mit einem Doppelpfeil 327 schließlich ist der Versatz der Soll-Gesamtvortriebskraft F_{ges} von der Z-Achse in X-Richtung und damit als Koordinatenwert die X-Ablage CoT_X des Soll-Gesamtdruckschwerpunkts 151 von der Z-Achse 203 in X-Richtung dargestellt, die in die Visualisierung des jeweiligen Gesamtdruckschwerpunkts 151, 166 in dem in dem Bereich 148 wiedergegebenen Koordinatensystem eingeht.

[0034] Zum Bewerkstelligen der Kurvenfahrt ist der Kräfteverlauf 300 in X-Richtung zwischen der Minimalkraft F_{min} sowie der Maximalkraft F_{max} mit einer sich über den gesamten Durchmesser des Schneidrads 106 kontinuierlich ändernden Kraft durch sukzessives Erhöhen der durch die Vortriebspressen 109 oder Gruppen von Vortriebspressen 109 ausgehend von der Minimalkraft

F_{min} mit bis zu der Z-Achse 203 zunächst negativen und dann positiven Werten der Differenzkräfte $\Delta F_{x,i}$ bis zu der Maximalkraft F_{max} eingerichtet.

[0035] Fig. 4 zeigt in einer Seitenansicht entsprechend Fig. 2 und Fig. 3 das Ausführungsbeispiel einer Tunnelbohrmaschine 103 gemäß Fig. 1 mit einem von Vortriebspressen 109 in der horizontalen Richtung entlang der X-Achse 154 ausgeübten beispielhaften, über einen Teil des Durchmessers des Schneidrads 106 sich kontinuierlich ändernden Kräfteverlauf 400 für eine Kurvenfahrt, wobei zum Vermeiden von Wiederholungen die in Fig. 3 und in Fig. 4 verwendeten gleichen Bezugszeichen einander entsprechende Elemente bezeichnen.

[0036] Aus Fig. 4 ist ersichtlich, dass die durch die Vortriebspressen 109 oder Gruppen von Vortriebspressen 109 ausgeübten Teilvortriebskräfte F_i über jeweils einen bestimmten Randbereich gleich sind und der Minimalkraft F_{min} beziehungsweise der Maximalkraft F_{max} entsprechen, während sich zwischen diesen Randbereichen über eine Mittenbereich die Teilvortriebskräfte F_i kontinuierlich ändern, was ebenfalls zu einer X-Ablage CoT_X des Gesamtdruckschwerpunkts von der Z-Achse 203 in X-Richtung und damit zu einer Kurvenfahrt in der Horizontalen führt.

[0037] Fig. 5 zeigt in einer gegenüber den Seitenansichten gemäß Fig. 2 bis Fig. 4 um 90 Grad gedrehten Seitenansicht das Ausführungsbeispiel einer Tunnelbohrmaschine 103 gemäß Fig. 1 mit einem von Vortriebspressen 109 in der vertikalen Richtung entlang der Y-Achse 157 ausgeübten beispielhaften, über den gesamten Durchmesser des Schneidrads 106 sich konstant ändernden Kräfteverlauf 500 zum Ausgleich von sich entsprechend gegensinnig in der Vertikalen ändernden Gegenkräften wie Erddruck, Wasserdruck, Reibung und dergleichen für eine Horizontalfahrt.

[0038] In Fig. 5 sind ein Gesamtkraftvektorpfeil 506 für die durch die Gesamtheit der Vortriebspressen 109 ausgeübte, über das Eingabefeld 130 eingebbare Soll-Gesamtvortriebskraft F_{ges}, durch eine gestrichelte erste Linie 509 ein Wert für die mittlere Kraft F_m, durch eine gestrichelte zweite Linie 512 ein Wert für die zumindest ausgeübte Minimalkraft F_{min} und durch eine gestrichelte dritte Linie 515 ein Wert für die maximal auszuübende Maximalkraft F_{max} dargestellt.

[0039] Weiterhin sind in Fig. 5 durch einen Teilkraftvektorpfeil 518 beispielhaft die durch eine Vortriebspresse 109 oder einer Gruppe von Vortriebspressen 109, hier einer in der vertikalen Richtung relativ nahe der Tunnelsohle angeordneten Vortriebspresse 109, ausgeübte Teilvortriebskraft F_i und durch einen Mittelkraftvektorpfeil 521 die durch die Gesamtheit der Vortriebspressen 109 ausgeübte mittlere Kraft F_m dargestellt. Mit einem Differenzkraftvektorpfeil 524 ist die Differenzkraft $\Delta F_{y,i}$ als Differenz in Y-Richtung aus der Teilvortriebskraft F_i sowie der mittleren Kraft F_m dargestellt. Mit einem Doppelpfeil 527 schließlich ist der Versatz der Soll-Gesamtvortriebskraft F_{ges} von der Z-Achse in Y-Richtung und damit als Koordinatenwert die Y-Ablage CoT_Y des Soll-Gesamtdruckschwerpunkts 151 von der Z-Achse in Y-Richtung dargestellt, die in die Visualisierung des jeweiligen Gesamtdruckschwerpunkts 151, 166 in dem in dem Bereich 148 wiedergegebenen Koordinatensystem eingeht.

[0040] Bei dem in Fig. 5 dargestellten Kräfteverlauf 500 werden durch die Vortriebspressen 109 die üblicherweise gleichmäßig mit der Tiefe zunehmenden Gegenkräfte an der Ortsbrust 112 kompensiert, um eine Horizontalfahrt im Sinne eines Tunnelvortriebs in einer Horizontalen ohne Abweichungen in der Vertikalen durchzuführen.

[0041] Fig. 6 zeigt in einer Seitenansicht gemäß Fig. 5 das Ausführungsbeispiel einer Tunnelbohrmaschine 103 gemäß Fig. 1 mit einem von Vortriebspressen 109 in vertikaler Richtung entlang der Y-Achse 157 ausgeübten beispielhaften, über den gesamten Durchmesser des Schneidrads 106 konstanten Kräfteverlauf 600 zum Ausführen einer nach unten auftauchenden Fahrt bei einem Vortrieb eines Tunnels, wobei zum Vermeiden von Wiederholungen die in Fig. 5 und in Fig. 6 verwendeten gleichen Bezugszeichen einander entsprechende Elemente bezeichnen.

[0042] Aus Fig. 6 ist ersichtlich, dass bei diesem in der Vertikalen entlang der Y-Achse 157 gleichbleibenden Kräfteverlauf 600 mit der mittleren Kraft F_m entsprechenden Teilvortriebskräften F_i und damit einem Verschwinden der Y-Ablage CoT_Y des Soll-Gesamtdruckschwerpunkts 151 von der Z-Achse 203 in Y-Richtung die Soll-Gesamtvortriebskraft F_{ges} auf der Z-Achse 203 liegt und die Y-Achse 157 an dem Nullpunkt 163 des Koordinatensystems schneidet. Dadurch werden die Gegenkräfte an der Ortsbrust 112 im oberen, firstnahen Bereich überkompensiert und im Bereich der Tunnelsohle unterkompensiert, so dass sich die Trajektorie des Tunnelvortriebs nach unten neigt und die Tunnelvortriebsmaschine 103 gegenüber einer Horizontalfahrt abgetaucht.

[0043] Fig. 7 zeigt in einem Ablaufplan die grundsätzliche Vorgehensweise bei einem Verfahren zum Vortreiben eines Tunnels mit einer Tunnelbohrmaschine 103 gemäß der Erfindung. In einem Bewertungsschritt 703 wird unter Berücksichtigung der sonstigen Betriebsparameter der Tunnelbohrmaschine 103 die aktuelle Position der Tunnelbohrmaschine 103 bewertet.

[0044] In einem dem Bewertungsschritt 703 nachfolgenden Einstellschritt 706 erfolgt anfänglich eine Auswahl beziehungsweise während des Vortreibens bei Bedarf eine Veränderung des Soll-Gesamtdruckschwerpunkts 151, auch "Center of Thrust", abgekürzt "CoT" genannt, indem dessen Koordinaten in dem Koordinatensystem entweder durch die Tastfelder 136, 139, 142, 145 oder durch Bewegen dessen Visualisierung in dem berührungsempfindlichen Bereich 148 eingestellt werden.

[0045] Dabei wird entsprechend der anhand Fig. 1 erläuterten Ausführung die Soll-Gesamtvortriebskraft F_{ges} über das Eingabefeld 130 als Eingabemittel direkt vorgegeben.

[0046] Bei der weiteren, nicht dargestellten Ausführung mit dem Vortriebsgeschwindigkeitsregelkreis als Eingabemittel gibt der Vortriebsgeschwindigkeitsregelkreis die Soll-Gesamtvortriebskraft F_{ges} zum Einhalten einer gewünschten Vortriebsgeschwindigkeit vor.

[0047] In einem dem Einstellschritt 706 nachfolgenden, mittels der Vortriebspressensteuereinheit 115 durchgeführten ersten Berechnungsschritt 709 erfolgt mit Vorgabe der voranstehend erläuterten Werte CoT_X, CoT_Y und F_{ges} ein Berechnen der Kraftkomponenten für die horizontale beziehungsweise für die vertikale Steuerung der Tunnelbohrmaschine 103 auszuübenden Kräfte F_i über ihre variablen Komponenten $\Delta F_{x,i}$ und $\Delta F_{y,i}$.

[0048] In einem dem ersten Berechnungsschritt 709 nachfolgenden zweiten Berechnungsschritt 712 erfolgt ebenfalls mit der Vortriebspressensteuereinheit 115 durchgeführt ein Berechnen der durch jede i-te Vortriebspresse 109 oder jede i-te Gruppe von Vortriebspressen 109 auszuübenden Kräfte F_i zum Erzeugen der gewünschten jeweiligen Kraftkomponenten $\Delta F_{x,i}$, $\Delta F_{y,i}$ unter Berücksichtigung der auszuübenden Soll-Gesamtvortriebskraft F_{ges}.

[0049] In einem dem zweiten Berechnungsschritt 712 nachfolgenden Umrechnungsschritt 715 erfolgt ein Umrechnen der von den Vortriebspressen 109 auszuübenden Kräfte F_i in die hydraulischen Drücke, mit denen die jeweiligen Vortriebspressen 109 zu beaufschlagen sind, um die Kräfte F_i tatsächlich auszuüben.

[0050] In einen dem Umrechnungsschritt 715 nachfolgenden Regelungsschritt 718 erfolgt die Regelung der die Vortriebspressen 109 tatsächlich beaufschlagenden hydraulischen Drücke, um den Ist-Gesamtdruckschwerpunkt 166 dem Soll-Gesamtdruckschwerpunkt 151 anzunähern und schließlich beide im Wesentlichen zur Deckung zu bringen.

[0051] In einem dem Regelungsschritt 718 nachfolgenden Betriebsschritt 721 wird die Tunnelbohrmaschine 103 entsprechend den zuletzt benutzten Betriebsdaten während einer vorbestimmten, in einem gewissen Umfang frei wählbaren Zeiteinheit betrieben, bis der nächste Bewertungsschritt 703 durchgeführt wird.

Patentansprüche

1. Tunnelbohrmaschine mit einem Schneidrad (106), mit einer Anzahl von Vortriebspressen (109), mit denen das Schneidrad (106) in einer Vortriebsrichtung verschiebbar ist, mit einer Vortriebspressensteuereinheit (115), mit der die Vortriebspressen (109) oder Gruppen von Vortriebspressen (109) ansteuerbar sind, und mit Visualisierungsmitteln (148), die zum Visualisieren eines aus der Druckwirkung der Vortriebspressen (109) oder Gruppen von Vortriebspressen (109) resultierenden Ist-Gesamtdruckschwerpunkts (166) eingerichtet sind, **dadurch gekennzeichnet, dass** Eingabemittel (130) vorhanden sind, die dazu eingerichtet sind, eine Soll-Gesamtvortriebskraft (F_{ges}) vorzugeben, dass die Visualisierungsmittel (148) dazu eingerichtet sind, einen Soll-Gesamtdruckschwerpunkt (151) und den Ist-Gesamtdruckschwerpunkt (166) anzuzeigen, dass eine mit der Vortriebspressensteuereinheit (115) verbundene Bedieneinheit (118) vorhanden ist, die über Mittel (133, 136, 139, 142, 145, 148) zum Beeinflussen des Ist-Gesamtdruckschwerpunkts (166) durch Verändern von Koordinatenwerten (CoT_x, CoT_Y) des Soll-Gesamtdruckschwerpunkts (151) in einem auf die Tunnelbohrmaschine (103) bezogenen Koordinatensystem (154, 157) zum wenigstens Annähern des Ist-Gesamtdruckschwerpunkts (166) an den Soll-Gesamtdruckschwerpunkt (151) verfügt, und dass die Vortriebspressensteuereinheit (115) dazu eingerichtet ist, die Änderung der Koordinatenwerte (CoT_x, CoT_Y) des Soll-Gesamtdruckschwerpunkts (151) in Druckwertänderungen beim Ansteuern der Vortriebspressen (109) oder Gruppen von Vortriebspressen (109) umzusetzen und einzuregeln.

2. Tunnelbohrmaschine nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Mittel zum Beeinflussen des Soll-Gesamtdruckschwerpunkts (151) Bedienelemente (136, 139, 142, 145) zum direkten Eingeben von Koordinatenwerten und/oder zum Erhöhen beziehungsweise Erniedrigen von Koordinatenwerten (CoT_x, CoT_Y) aufweisen.

3. Tunnelbohrmaschine nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** zum Erhöhen beziehungsweise zum Erniedrigen von Koordinatenwerten (CoT_x, CoTy) des Soll-Gesamtdruckschwerpunkts (151) der Bildschirm einen berührungsempfindlichen Bereich (133) mit berührungsempfindlichen Tastfeldern (136, 139, 142, 145) aufweist.

4. Tunnelbohrmaschine nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** zum Erhöhen beziehungsweise zum Erniedrigen von Koordinatenwerten (CoT_x, CoTy) des Soll-Gesamtdruckschwerpunkts (151) ein Bereich (133) mit druckempfindlichen Tastfeldern (136, 139, 142, 145) vorhanden ist.

5. Tunnelbohrmaschine nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** zum Erhöhen beziehungsweise zum Erniedrigen von Koordinatenwerten (CoT_x, CoTy) des Soll-Gesamtdruckschwerpunkts (151) durch Drehen oder Verschieben elektromechanisch wirkende Elemente vorhanden sind.

6. Tunnelbohrmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Bildschirm mit einem berührungsempfindlichen Bereich (148) vorhanden ist, in dem der visualisierte Soll-Gesamtdruckschwerpunkt (151) bei Berühren durch und Bewegung von einem Finger oder Gegenstand

von einer Anfangsposition in eine Endposition bewegbar ist, wobei die Abweichungen in den Koordinatenwerten (CoT_x, CoTy) der Endposition zu der Anfangsposition die Eingangswerte der Vortriebspressensteuereinheit (115) zum Anpassen der durch die Vortriebspressen (109) oder Gruppen von Vortriebspressen (109) ausgeübten Anpresskräfte bilden.

7. Tunnelbohrmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Koordinatensystem ein zweiachsiges orthogonales Koordinatensystem (154, 157) mit dem Nullpunkt (163) auf der Längsmittelachse eines Schildelements (146) der Tunnelbohrmaschine (103), in dem die Vortriebspressen (109) oder Gruppen von Vortriebspressen (109) angeordnet sind, ist.

8. Tunnelbohrmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Visualisierungsmittel (148) dazu eingerichtet sind, einen zulässigen Wertebereich (169) für den Soll-Gesamtdruckschwerpunkt (151) anzuzeigen, und dass die Vortriebspressensteuereinheit (115) dazu eingerichtet ist, nur Werte für einen Soll-Gesamtdruckschwerpunkt (151) zu verarbeiten, die innerhalb des zulässigen Wertebereichs (169) liegen.

9. Tunnelbohrmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** als Eingabemittel ein Vortriebsgeschwindigkeitsregelkreis vorhanden ist, der dazu eingerichtet ist, über eine in einen ersten Eingang einspeisbare Soll-Vortriebsgeschwindigkeit und über eine in einen zweiten Eingang einspeisbare Ist-Vortriebsgeschwindigkeit die Soll-Gesamtvortriebskraft (F_{ges}) unter Einhalten der Soll-Vortriebsgeschwindigkeit vorzugeben.

10. Verfahren zum Vortreiben eines Tunnels mit einer Tunnelbohrmaschine (103) mit den Schritten

- Bereitstellen einer Tunnelbohrmaschine (103) nach einem der Ansprüche 1 bis 9,
- Festlegen einer Solltrajektorie,
- Festlegen von anfänglichen Vortriebskräften der Vortriebspressen (109) oder Gruppen von Vortriebspressen (109) und
- während des Vortriebs wiederholtes Einstellen der Vortriebskräfte über Verändern eines Soll-Gesamtdruckschwerpunkts (151) in Koordinatenwerten (CoT_x, CoT_Y) des Soll-Gesamtdruckschwerpunkts (151) des auf die Tunnelbohrmaschine (103) bezogenen Koordinatensystems (154, 157).

Claims

1. Tunnel boring machine with a cutting wheel (106), with a number of driving presses (109) with which the cutting wheel (106) can be displaced in a driving direction, with a driving press control unit (115) with which the driving presses (109) or groups of driving presses (109) can be controlled, and with visualization means (148) which are designed to visualize an actual total pressure centre (166) resulting from the pressure effect of the driving presses (109) or groups of driving presses (109), **characterized in that** input means (130) are provided which are designed to specify a target total driving force (F_{ges}), that the visualization means (148) are designed to display a target total pressure centre (151) and the actual total pressure centre (166), that a control unit (118) connected to the driving press control unit (115) is present, which features means (133, 136, 139, 142, 145, 148) for influencing the actual total pressure centre (166) by changing coordinate values (CoT_x, CoT_Y) of the target total pressure centre (151) in a coordinate system (154, 157) related to the tunnel boring machine (103) for at least approximating the actual total pressure centre (166) to the target total pressure centre (151), and that the driving press control unit (115)
is designed to convert and regulate the change in the coordinate values (CoT_x, CoT_Y) of the target total pressure centre (151) into pressure value changes when controlling the driving presses (109) or groups of driving presses (109).

2. Tunnel boring machine according to Claim 1, **characterized in that** the means for influencing the target total pressure centre (151) have operating elements (136, 139, 142, 145) for directly entering coordinate values and/or for increasing or decreasing coordinate values (CoT_x, CoT_Y).

3. Tunnel boring machine according to Claim 2, **characterized in that** the screen has a touch-sensitive area (133) with touch-sensitive touch fields (136, 139, 142, 145) for increasing or decreasing coordinate values (CoT_x, CoT_Y) of the target total pressure centre (151).

4. Tunnel boring machine according to Claim 2, **characterized in that** an area (133) with pressure-sensitive touch fields (136, 139, 142, 145) is provided for increasing or decreasing coordinate values (CoT_x, CoT_Y) of the target total pressure centre (151).

5. Tunnel boring machine according to Claim 2, **characterized in that** electromechanically acting elements are provided for increasing or decreasing coordinate values (CoT_x, CoT_Y) of the target total pressure centre (151) by rotating or shifting.

6. Tunnel boring machine according to one of Claims 1 to 5, **characterized in that** a screen with a touch-sensitive area (148) is present, in which the visualized target total pressure centre (151) can be moved from an initial position to an end position when touched by and moved by a finger or object, wherein the deviations in the coordinate values (CoT_x, CoT_Y) of the end position to the initial position form the input values of the driving press control unit (115) for adjusting the contact forces exerted by the driving presses (109) or groups of driving presses (109).

7. Tunnel boring machine according to one of Claims 1 to 6, **characterized in that** the coordinate system is a two-axis orthogonal coordinate system (154, 157) with the zero point (163) on the longitudinal centre axis of a shield element (146) of the tunnel boring machine (103), in which the driving presses (109) or groups of driving presses (109) are arranged.

8. Tunnel boring machine according to one of Claims 1 to 7, **characterized in that** the visualization means (148) are designed to display a permissible value range (169) for the target total pressure centre (151), and that the driving press control unit (115) is designed to process only values for a target total pressure centre (151) that lie within the permissible value range (169).

9. Tunnel boring machine according to one of Claims 1 to 8, **characterized in that** a drive speed control circuit is present as input means, which is designed to specify the target total drive force (F_{ges}) via a target drive speed that can be fed into a first input and via an actual drive speed that can be fed into a second input while maintaining the target drive speed.

10. Method for driving a tunnel with a tunnel boring machine (103) having the steps of

- providing a tunnel boring machine (103) according to one of Claims 1 to 9,
- determining a target trajectory,
- determining initial drive forces of the driving presses (109) or groups of driving presses (109) and
- during driving, repeated adjustment of the drive forces by changing a target total pressure centre (151) in coordinate values (CoT_x, CoT_Y) of the target total pressure centre (151) of the coordinate system (154, 157) related to the tunnel boring machine (103).

Revendications

1. Tunnelier avec une roue de coupe (106), avec un nombre de presses de creusement (109), avec lesquelles la roue de coupe (106) peut être déplacée dans une direction de creusement, avec une unité de commande de presses de creusement (115), avec laquelle les presses de creusement (109) ou les groupes de presses de creusement (109) peuvent être commandés, et avec des moyens de visualisation (148), qui sont conçus pour visualiser un centre de gravité de pression total réel (166) résultant de l'effet de pression des presses de creusement (109) ou des groupes de presses de creusement (109), **caractérisé en ce que** des moyens d'entrée (130) conçus pour prédéfinir une force de creusement totale de consigne (F_{ges}) sont présents, **en ce que** les moyens de visualisation (148) sont conçus pour afficher un centre de gravité de pression total de consigne (151) et le centre de gravité de pression total réel (166), **en ce qu'**une unité de commande (118) reliée à l'unité de commande des presses de creusement (115) est présente, qui dispose de moyens (133, 136, 139, 142, 145, 148) pour influencer le centre de gravité de la pression total réel (166) en modifiant des valeurs de coordonnées (CoT_x, CoT_y) du centre de gravité de la pression total de consigne (151) dans un système de coordonnées (154, 157) rapporté au tunnelier (103) pour au moins rapprocher le centre de gravité de la pression total réel (166) du centre de gravité de la pression total de consigne (151), et **en ce que** l'unité de commande des presses de creusement (115) est conçue pour convertir et régler la modification des valeurs de coordonnées (CoT_x, CoT_y) du centre de gravité de la pression total de consigne (151) en modifications des valeurs de pression lors de la commande des presses de creusement (109) ou des groupes de presses de creusement (109).

2. Tunnelier selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** les moyens pour influencer le centre de gravité de pression total de consigne (151) présentent des éléments de commande (136, 139, 142, 145) pour l'entrée directe de valeurs de coordonnées et/ou pour l'augmentation ou la diminution de valeurs de coordonnées (CoT_x, CoT_y).

3. Tunnelier selon la revendication 2, **caractérisé en ce que** pour augmenter ou diminuer des valeurs de coordonnées (CoT_x, CoT_y) du centre de gravité de pression total de consigne (151), l'écran présente une zone sensible au toucher (133) avec des champs tactiles sensibles au toucher (136, 139, 142, 145).

4. Tunnelier selon la revendication 2, **caractérisé en ce qu'**une zone (133) avec des champs tactiles sensibles à la pression (136, 139, 142, 145) est présente pour augmenter ou diminuer les valeurs de coordonnées (CoT_x, CoT_y) du centre de gravité de pression total de consigne (151).

5. Tunnelier selon la revendication 2, **caractérisé en ce que** des éléments à action électromécanique sont présents pour augmenter ou diminuer des valeurs de coordonnées (CoT_x, CoT_y) du centre de gravité de pression total de consigne (151) par rotation ou déplacement.

6. Tunnelier selon l'une des revendications 1 à 5, **caractérisé en ce qu'**il existe un écran avec une zone sensible au toucher (148) dans laquelle le centre de gravité de pression total de consigne visualisé (151) peut être déplacé d'une position initiale à une position finale lorsqu'il est touché par et déplacé par un doigt ou un objet, les écarts dans les valeurs de coordonnées (CoT_x, CoT_y) de la position finale par rapport à la position initiale constituant les valeurs d'entrée de l'unité de commande des presses de creusement (115) pour adapter les forces de pression exercées par les presses de creusement (109) ou les groupes de presses de creusement (109).

7. Tunnelier selon l'une des revendications 1 à 6, **caractérisé en ce que** le système de coordonnées est un système de coordonnées orthogonales à deux axes (154, 157) avec le point d'origine (163) sur l'axe central longitudinal d'un élément de bouclier (146) du tunnelier (103) dans lequel les presses de creusement (109) ou des groupes de presses de creusement (109) sont disposés.

8. Tunnelier selon l'une des revendications 1 à 7, **caractérisé en ce que** les moyens de visualisation (148) sont conçus pour indiquer une plage de valeurs admissibles (169) pour le centre de gravité de pression total de consigne (151), et **en ce que** l'unité de commande des presses de creusement (115) est conçue pour traiter uniquement des valeurs pour un centre de gravité de pression total de consigne (151) qui sont situées dans la plage de valeurs admissibles (169).

9. Tunnelier selon l'une des revendications 1 à 8, **caractérisé en ce qu'**il existe comme moyen d'entrée un circuit de régulation de la vitesse de creusement qui est conçu pour prédéfinir la force de creusement totale de consigne (F_{ges}) par l'intermédiaire d'une vitesse de creusement de consigne pouvant être injectée dans une première entrée et par l'intermédiaire d'une vitesse de creusement réelle pouvant être injectée dans une deuxième entrée, en respectant la vitesse de creusement de consigne.

10. Procédé pour creuser un tunnel avec un tunnelier (103) comprenant les étapes suivantes

- Mise à disposition d'un tunnelier (103) selon l'une des revendications 1 à 9,
- Définition d'une trajectoire de consigne,
- Définition des forces de creusement initiales des presses de creusement (109) ou des groupes de presses de creusement (109) ; et
- Réglage répété des forces de creusement pendant le creusement par modification d'un centre de gravité de pression total (151) en valeurs de coordonnées (CoT_x, CoT_y) du centre de gravité de pression total de consigne (151) du système de coordonnées (154, 157) rapporté au tunnelier (103).

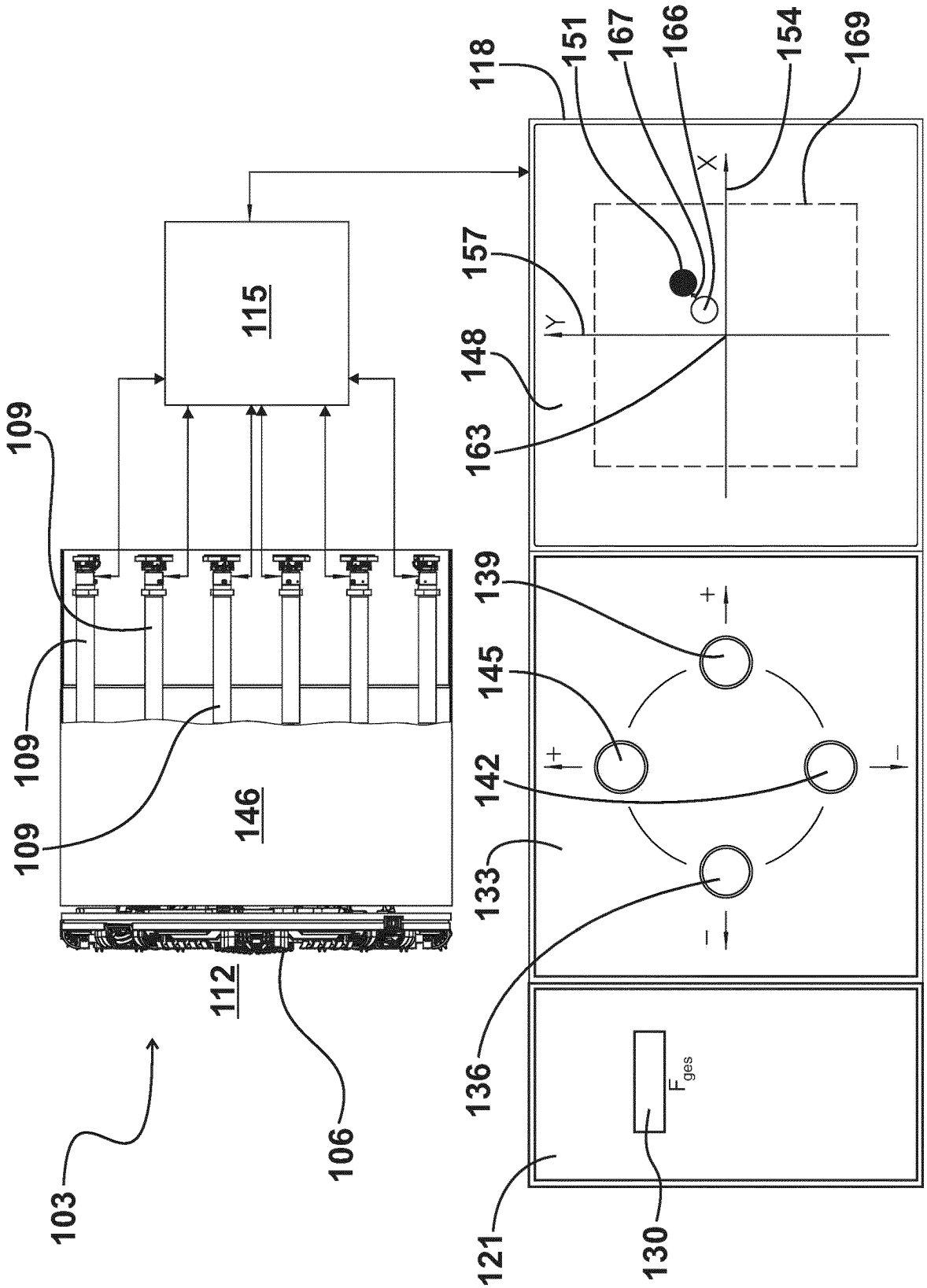

118
151
167
166
154
169
X
157
Y
148
163
115
109
109
109
146
139
145
142
133
136
121
130
112
106
103
F_{ges}

Fig. 1

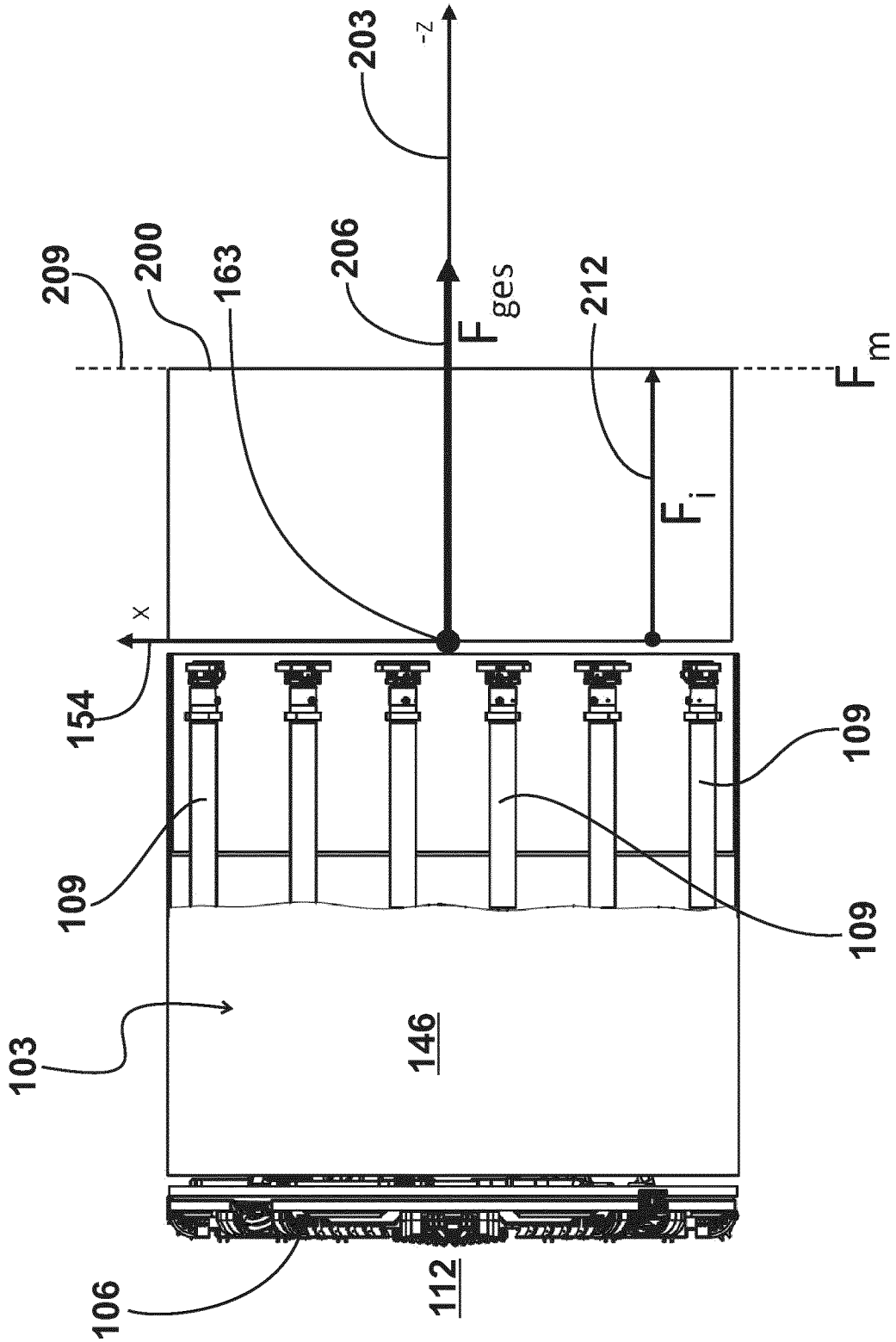

203
-z
209
200
163
206
212
F_{ges}
F_m
F_i
x
154
109
109
109
103
146
106
112

Fig. 2

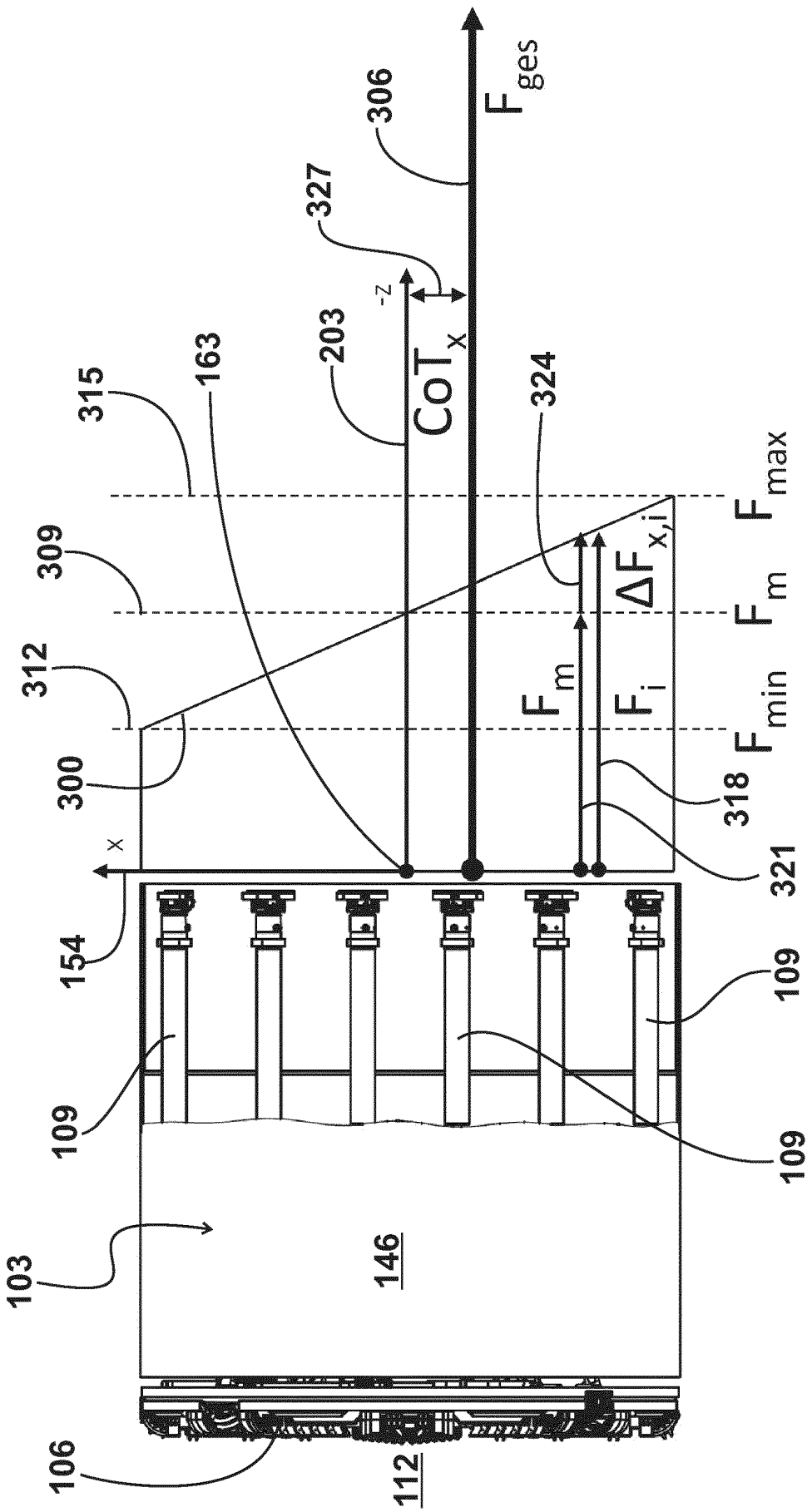

F_ges
306
327
-z
203
CoT_x
163
315
324
F_max
309
F_m
ΔF_x,i
312
F_m
F_i
F_min
300
318
x
321
154
109
109
109
103
146
106
112

Fig. 3

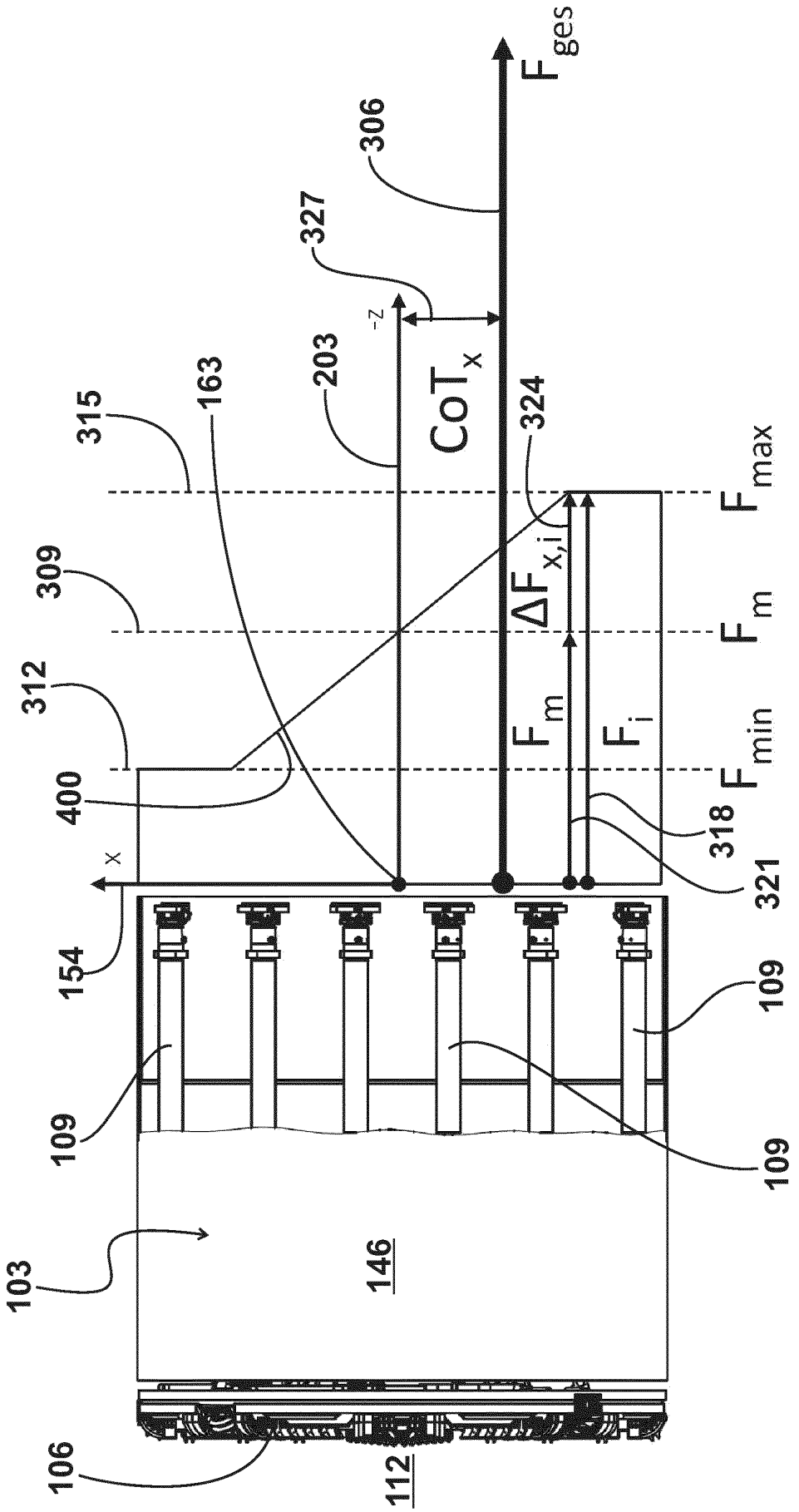

F_ges
306
327
-z
CoT_x
203
163
315
324
F_max
309
ΔF_x,i
F_m
312
F_m
F_i
F_min
400
318
321
x
154
109
109
109
103
146
106
112

Fig. 4

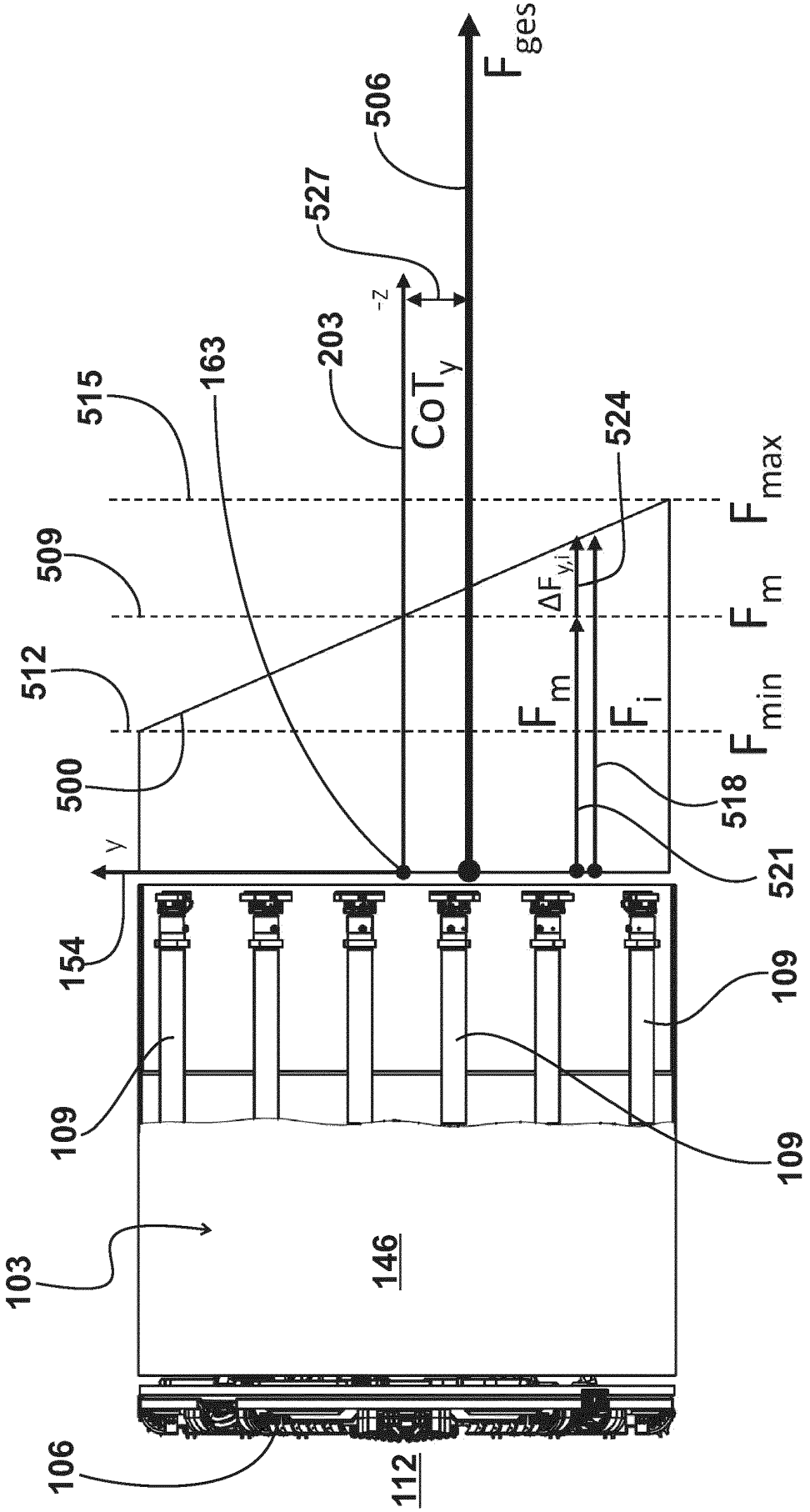

F ges
506
527
-z
203
CoT y
163
515
524
F max
509
ΔF y,i
F m
512
F m
F i
F min
500
518
y
521
154
109
109
109
103
146
106
112

Fig. 5

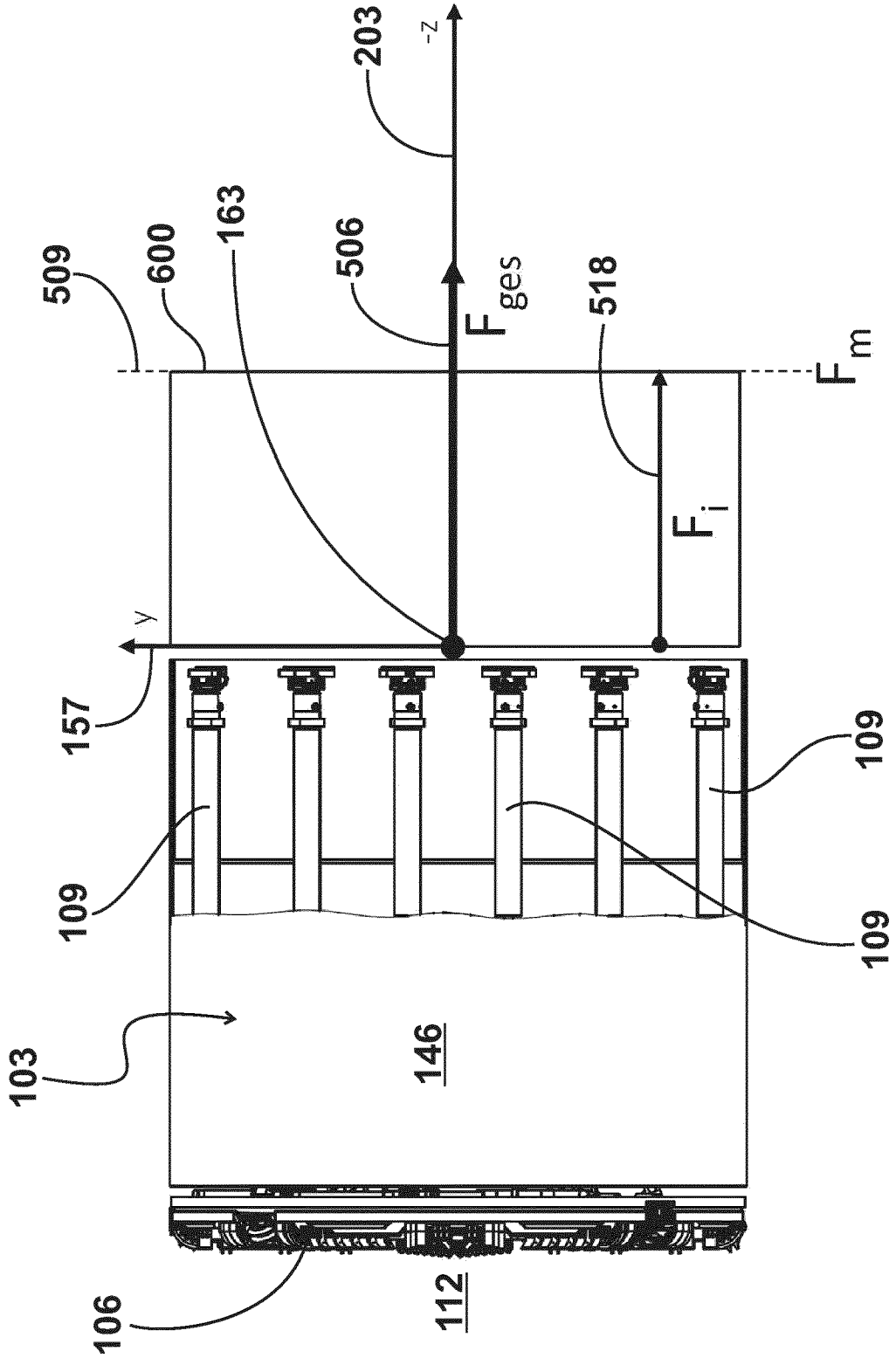

203
-z
509
600
163
506
518
F_{ges}
F_m
F_i
y
157
109
109
109
103
146
106
112

Fig. 6

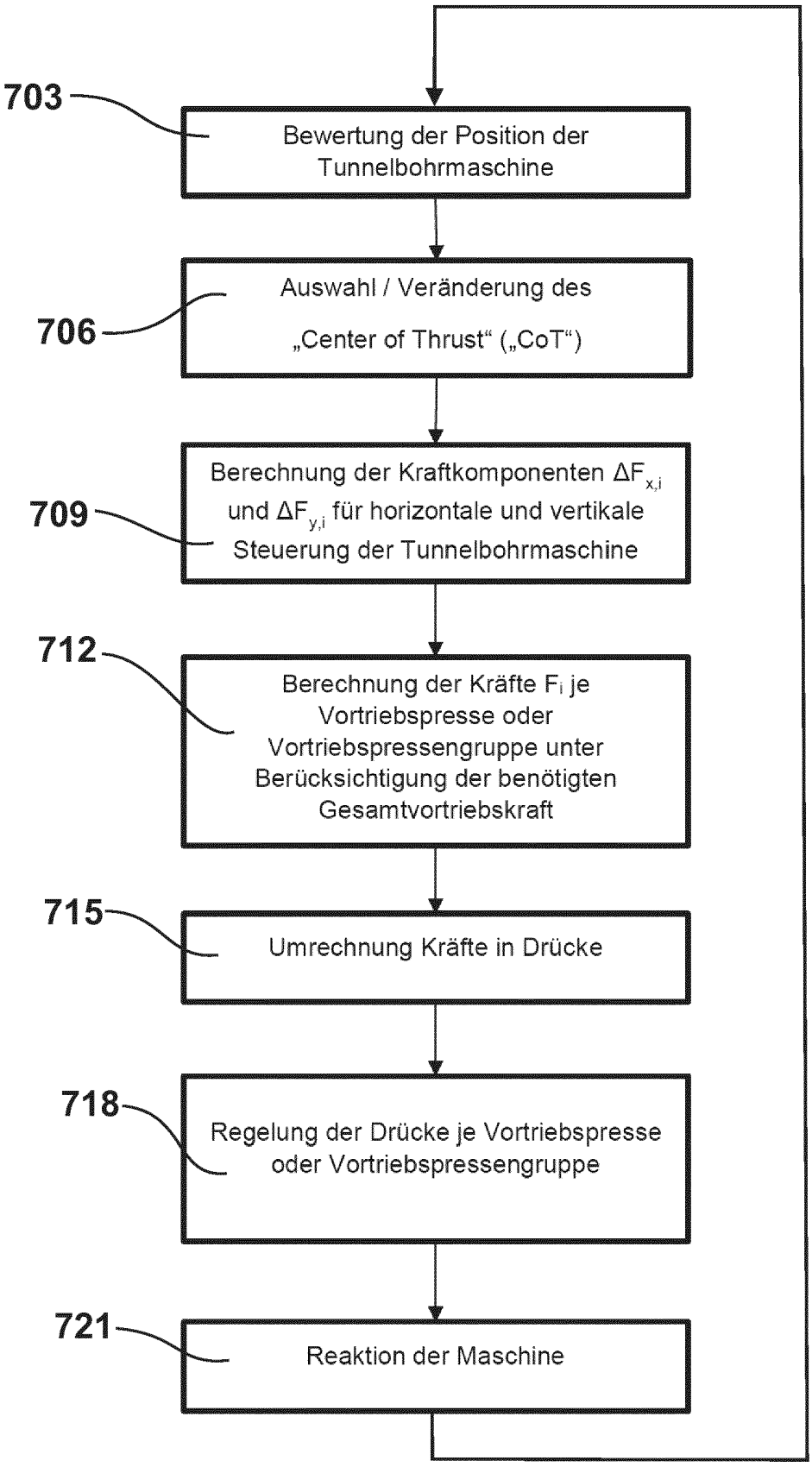

703
Bewertung der Position der Tunnelbohrmaschine
706
Auswahl / Veränderung des „Center of Thrust“ („CoT“)
709
Berechnung der Kraftkomponenten $\Delta F_{x,i}$ und $\Delta F_{y,i}$ für horizontale und vertikale Steuerung der Tunnelbohrmaschine
712
Berechnung der Kräfte F_i je Vortriebspresse oder Vortriebspressengruppe unter Berücksichtigung der benötigten Gesamtvortriebskraft
715
Umrechnung Kräfte in Drücke
718
Regelung der Drücke je Vortriebspresse oder Vortriebspressengruppe
721
Reaktion der Maschine

Fig. 7

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- DE 102018102330 A1 **[0003]**
- DE 112014004026 T5 **[0004]**
- CN 111810171 A **[0005]**
- CN 111810172 A **[0005]**
- JP 2013007226 A **[0005]**