



(12)

PATENTCHRIFT

(21) Anmeldenummer: 1197/95
(22) Anmeldetag: 13.07.1995
(42) Beginn der Patentdauer: 15.10.2001
(45) Ausgabetag: 25.06.2002

(51) Int. Cl.⁷: **E21D 11/40**

(56) Entgegenhaltungen:
DE 4105054A

(73) Patentinhaber:
D2 CONSULT DR. WAGNER/DR. SCHULTER
GESELLSCHAFT M.B.H.
A-4020 LINZ, OBERÖSTERREICH (AT).

(54) VERFAHREN ZUM BAU VON TUNNELANLAGEN

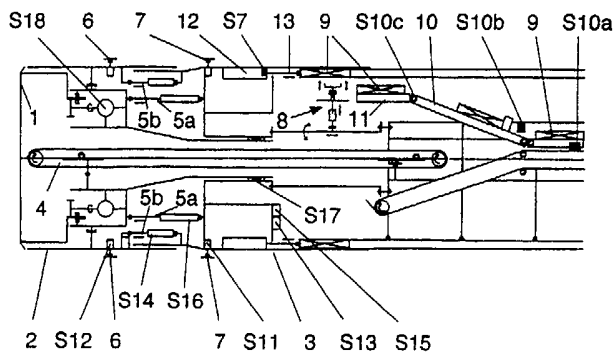
(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Bau von Tunnelanlagen, bestehend aus folgenden Schritten:

- Schaffung eines Hohlraums durch eine Vortriebsmaschine;
- Auskleidung des Hohlraums durch Setzen von Tübbing-Segmenten (9) mittels eines Erektors (8), wobei die Steuerung des Erektors (8) mit Hilfe einer Steuer-Einrichtung (109) durchgeführt wird;
- Verbindung der jeweils neu gesetzten Tübbing-Segmente (9) mit den bereits gesetzten Tübbing-Segmenten (9) durch Verbindungselemente, wie etwa Dübel (18) oder Bolzen;

wobei beim Einsetzen der Tübbing-Segmente (9) die jeweilige Stellung des Erektors (8) messtechnisch erfasst und datentechnisch gespeichert wird.

Eine Steigerung der Effizienz wird dadurch erreicht, dass zumindest Teilbereiche des Ausbaus automatisiert werden, wobei über Sensoren (S1) die Lage der zu setzenden Tübbing-Segmente (9) in Bezug auf bereits versetzte Tübbing-Segmente (9) bestimmt wird und dass der Erektor (8) auf der Basis der von den Sensoren (S1) bestimmten Werte gesteuert wird, wobei zusätzlich Positionsdaten erfasst werden.

Fig. 1



Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Bau von Tunnelanlagen, bestehend aus folgenden Schritten:

- Schaffung eines Hohlraums durch eine Vortriebsmaschine;
 - Auskleidung des Hohlraums durch Setzen von Tübbing-Segmenten mittels eines Erektors wobei die Steuerung des Erektors mit Hilfe einer Steuer-Einrichtung durchgeführt wird;
 - Verbindung der jeweils neu gesetzten Tübbing-Segmente mit den bereits gesetzten Tübbing-Segmenten durch Verbindungselemente, wie etwa Dübel oder Bolzen;
- wobei beim Einsetzen der Tübbing-Segmente die jeweilige Stellung des Erektors messtechnisch erfasst und datentechnisch gespeichert wird.

Im Tunnelbau wird beim Schildvortrieb eine Vortriebsmaschine eingesetzt, die das Gestein abträgt. Der Ausbruch wird kontinuierlich zur Tunnelöffnung abgefördert. Unmittelbar nach dem Ausbruch des Gesteins wird im Schutz des Schildes der Ausbau der Tunnellaubung mit Tübbing vorgenommen.

Die Tübbing-Segmente werden durch Förderbänder und dgl. zur Rückseite der Vortriebsmaschine befördert, wo sie von einem Erekter aufgenommen werden und zu den bereits eingesetzten Tübbing herangeführt werden. Der Erekter übernimmt die einzelnen Tübbing-Segmente von einem Übergabetisch mit seinem Greifer, der die Tübbing-Segmente an den für sie vorgesehenen Platz bringt. Aus der DE 41 05 054 A ist eine solche Vorrichtung bekannt.

Das Setzen der Tübbing-Segmente bei bekannten Verfahren und Vorrichtungen erfolgt durch eine händische Steuerung mittels einer Bedienungsperson, die diese Steuerung durchführt. Beim Versetzen werden die Tübbing-Segmente in Umfangsrichtung in Position gebracht und im allgemeinen durch Verbindungselemente an den bereits gesetzten Tübbing-Segmenten fixiert. Die händische Steuerung erfordert eine Bedienungsperson, die unter schwierigen Bedingungen die Tübbing-Segmente mittels des Erektors in ihre Einbaulage bringen muss. Die Geschwindigkeit und die Qualität des Ausbaus hängt dabei in einem großen Maß vom Geschick der Bedienungsperson ab. Weiters muss der Schildvortrieb während des Ausbaus üblicherweise gestoppt werden, da einerseits die Vortriebspresen für das Einpressen der Tübbing-Segmente benötigt werden und andererseits eine händische Steuerung während des Vortriebs nicht bewältigbar wäre.

Auch eine Steuerung, die mit einer Positionserfassung des Erektors ausgestattet ist und die es gestattet, bestimmte Positionen automationsunterstützt anzufahren, kann allenfalls eine gewisse Unterstützung der Bedienungsperson bringen, ändert jedoch an der grundsätzlichen Problematik nichts. Eine solche Steuerung ist etwa in der oben genannten DE 41 05 054 A offenbart.

Aufgabe der Erfindung ist es, diese Nachteile zu vermeiden und ein Verfahren zu schaffen, bei dem eine Bedienungsperson wirksam entlastet werden kann, indem zumindest Teilbereiche des Ausbaus automatisiert werden. In einer weiteren Ausbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens kann auf eine Bedienungsperson vollständig verzichtet werden, da die Automatisierung weitreichend ist. Es soll dabei der Ausbau zuverlässig, störungsfrei, mit hoher Präzision und geringem Zeitaufwand ohne Störung des Vortriebs durch den Ausbau der Tunnellaubung möglich sein.

Erfindungsgemäß wird dies dadurch erreicht, dass zumindest Teilbereiche des Ausbaus automatisiert werden, wobei über Sensoren die Lage der zu setzenden Tübbing-Segmente in Bezug auf bereits versetzte Tübbing-Segmente bestimmt wird und dass der Erekter auf der Basis der von den Sensoren bestimmten Werte gesteuert wird, wobei zusätzlich Positionsdaten erfasst werden.

Wesentlich an der Erfindung ist, dass nicht nur die Position der Gelenke oder die Ausfahrstellung der Zylinder des Erektors überwacht wird, sondern auch zusätzliche Positionsdaten bestimmt werden. Es hat sich herausgestellt, dass gerade die Bestimmung solcher Daten, die unter idealen Bedingungen bei Kenntnis alle übrigen relevanten Informationen, also auch der Position der Basis des Erektors im Weltkoordinatensystem, redundant wären, wesentliche Fortschritte bringt. Erst dadurch ist es möglich, die von der Bedienungsperson optisch wahrgenommenen Informationen, die dem Steuerungssystem nicht oder nur teilweise zur Verfügung stehen, so zu ersetzen, dass ein zuverlässiger Betrieb möglich ist.

In einer besonders vorteilhaften Ausführungsvariante der Erfindung erfolgt eine automatische Steuerung des Erektors durch ein Programm, das als Eingangswerte Daten verwendet, die von Sensoren zur Bestimmung der Lage der zu versetzenden Tübbing-Segmente erfasst werden. Bei einer solchen automatischen Steuerung ist eine eigene Bedienungsperson für die Steuerung des Erektors nicht mehr erforderlich.

Es ist besonders vorteilhaft, wenn das Anpressen der jeweils neu gesetzten Tübbing-Segmente an die bereits gesetzten Tübbing-Segmente durch Vortriebspresen der Vortriebsmaschine erfolgt, die sich an den Stirnflächen der Tübbing-Segmente abstützen, wobei der auf die Tübbing-Segmente ausgeübte Druck erfasst wird und wobei das ordnungsgemäße Setzen jedes Tübbing-Segments danach beurteilt wird, ob der erfasste Druck einen vorbestimmten Wert übersteigt oder nicht. Es wird dadurch zumindest eine Entlastung des Erektors erreicht, oder es ist überhaupt nicht möglich, mit dem Erekter eine Axialkraft auszuüben, die stark genug zum Einpressen der Verbindungselemente ist.

Eine besonders effiziente Arbeitsweise mit höchsten Vortriebsleistungen kann dadurch erreicht werden, dass der Ausbau des Hohlraums mit den Tübbing-Segmenten gleichzeitig mit dem Vortrieb durch die Vortriebsmaschine erfolgt. Dabei ist es günstig, wenn die Position der Vortriebsmaschine laufend erfasst wird und wenn die Steuerung der Vortriebsmaschine und die Steuerung des automatischen Ausbaus in einem gemeinsamen Programmablauf durchgeführt wird.

Ein wesentliche Vereinfachung des Arbeitsablaufes und eine Erhöhung der Sicherheit kann dadurch erreicht werden, dass die Identität der auf den Erekter übergebenen Tübbing-Segmente durch Sensoren erfasst wird.

Weiters betrifft die vorliegende Erfindung eine Vorrichtung zum Vortrieb und zum Ausbau von Tunneln oder Stollen, bestehend aus einer Vortriebsmaschine mit Vortriebspresen zur Erzeugung des für den Vortrieb notwendigen Drucks in Axialrichtung, einem Erekter zum Versetzen von Tübbing-Segmenten und einer Fördereinrichtung zum Transport der Tübbing-Segmente. Die erfindungsgemäße Vorrichtung ist dadurch gekennzeichnet, dass Sensoren zur Bestimmung der Lage der zu versetzenden Tübbing-Segmente vorgesehen sind, wobei Sensoren zur Erfassung der Lage des zu setzenden Tübbing-Segments in Bezug auf bereits versetzte Tübbing-Segmente vorgesehen sind, und dass eine Steuereinrichtung zur Steuerung des Erektors vorgesehen ist, die mit den Sensoren in Verbindung steht.

In der Folge wird die Erfindung durch die in den Figuren dargestellten Ausführungsbeispiele näher erläutert. Die Figuren zeigen: Fig. 1 schematisch einen Längsschnitt durch eine erfindungsgemäße Vorrichtung; Fig. 2 eine axonometrische Darstellung eines Details einer erfindungsgemäßen Vorrichtung; Fig. 3 ein Blockdiagramm, das die Funktionen der Bauteile der erfindungsgemäßen Vorrichtung zeigt; Fig. 4 eine Darstellung der Wirkbeziehungen bei Vorrichtungen nach dem Stand der Technik; in Gegenüberstellung zu einer Darstellung der Wirkbeziehungen beim erfindungsgemäßen Verfahren; Fig. 5 bis 17 Blockdiagramme bzw. Flussdiagramme von Teilbereichen des erfindungsgemäßen Verfahrens.

Die erfindungsgemäße Vorrichtung besteht aus einem Bohrkopf 1, einem vorderen Schild 2, der unter Umständen auch weggelassen sein kann und einem hinteren Schild 3. Der mit den Abbaumessern ausgestattete Bohrkopf 1 bricht das Gestein aus, das mit einer Fördereinrichtung 4 weggeführt wird. Die Schilde 2 und 3 sind in Axialrichtung zueinander verschiebbar, wodurch ein Fortschreiten der Vorrichtung möglich ist. Der Bohrkopf 1 ist über Zylinder 5a mit dem hinteren Schild 3 verbunden, um die Vortriebskraft zu übertragen. Über Zylinder 5b kann die Lage der Schilde 2 und 3 gegeneinander verändert werden. Weiters können am vorderen Schild 2 vordere Gripper 6 vorgesehen sein, die zur Fixierung der Lage der Vorrichtung beim Hartgesteinsausbruch dienen. In gleicher Weise können am hinteren Schild 3 hintere Gripper 7 angebracht sein. Eine nicht dargestellte Antriebsvorrichtung treibt den Bohrkopf 1 an und versorgt die übrigen Bauteile der Vorrichtung. An der Rückseite des hinteren Schildes 3 ist ein Erekter 8 angebracht, der dazu dient, Tübbing-Segmente 9 zu versetzen. Die Tübbing-Segmente 9 werden über ein Förderband 10 zu einem Übergabetisch 11 gefördert, wo sie vom Erekter 8 ergriffen werden können. Am hinteren Schild 3 vorgesehene Zylinder 12, aus denen Anpressstempel 13 ausfahrbar sind, stützen sich auf den bereits versetzten Tübbing-Segmenten 9 ab, um die Vortriebskraft der Vorrichtung in Axialrichtung zu erzeugen. Gleichzeitig werden durch die Anpressstempel 13 die Tübbing-Segmente 9 in ihre endgültige Stellung im Tübbingring eingepresst. Der Erekter 8 ist um die Tunnelachse schwenkbar, um die Tübbing-Segmente 9 in jede Position entlang des Umfanges setzen zu können.

In Fig. 2 sind der Erekter 8 und der Übergabetisch 11 detailliert dargestellt. Ein Tübbing-Segment 9 ist zur Erhöhung der Übersichtlichkeit vom Erekter 8 abgehoben dargestellt. Der Erekter 8 ist auf Schienen 14 oder Wellen in Axialrichtung verschiebbar gelagert, wobei die Verschie-

bung durch einen Zylinder 15 erfolgt. Zwischen diesen Schienen 14 ist das in dieser Figur nicht dargestellte Förderband 4 zum Abtransport des Gesteinsbruches angeordnet. Das vom Erektor 8 getragene Tübbing-Segment 9 ist mit Verbindungselementen 18 versehen und kann eine Ausnehmung 9a aufweisen, die zur Herstellung eines genauen Sitzes eines anschließenden Segments 9 dient. Weitere Zylinder 16 dienen zur Vertikalbewegung des Erektor-Kopfes und zum Schwenken um die Längsachse. Das Tübbing-Segment 9 wird mit einem Greifer 17 festgehalten, über nicht dargestellte Antriebe in jede Raumlage gebracht werden kann.

In der Folge werden die Sensoren beschrieben, die dazu dienen, die für die Steuerung der Vorrichtung erforderlichen Daten zu erfassen. Die dabei beschriebenen Sensoren dienen dazu, Eingangswerte für eine speicherprogrammierbare Steuerung zur Verfügung zu stellen, die Teilbereiche oder die Gesamtheit der Vortriebsmaschine samt den zugehörigen Einrichtungen zum Ausbau steuert.

Sensoren S10a, S10b und S10c dienen dazu, die ordnungsgemäße Anlieferung von Tübbing-Segmenten 9 zu überwachen. Der Sensor S10a stellt das Auflegen eines Tübbing-Segments 9 durch einen nicht dargestellten Kran auf das Förderband 10 fest. Der Sensor S10a kann dabei auch als Barcode-Leser ausgebildet sein, der in der Lage ist, eine auf dem Tübbing-Segment 9 angebrachte Markierung zu lesen und damit die Identität des Segments 9 festzustellen. Der Sensor S10b ist auf die Nocken des Förderbandes 10 gerichtet und überwacht den Transport des Segments 9 durch die Bewegung des Förderbandes 10. Ein weiterer Sensor S10c, der am Ende des Förderbandes 10 vorgesehen ist, überprüft noch einmal die Markierung des Tübbing-Segments 9. Auf diese Weise kann auch eine vorübergehende manuelle Bedienung im Störfall zwischen zwei automatischen Läufen erfolgen.

Sensoren S9 stellen fest, ob ein Tübbing-Segment 9 auf dem Übergabetisch 11 aufliegt und ob die Lage innerhalb eines zulässigen Bereichs ist. Der Sensor S8 dient dazu, die räumliche Position des Übergabetisches 11 zu bestimmen, falls dieser verfahrbar ist.

Sensoren S5a, S5b und S5c bestimmen die axiale, radiale und die Rotationslage des Erektor-Kopfes.

Der Erektor 8 ist mit folgenden Sensoren ausgestattet: Ein Sensor S1 ermittelt die Lage des auf dem Erektor 8 befindlichen Tübbing-Segments 9 relativ zu den bereits versetzten Tübbing-Segmenten 9.

Weitere Sensoren S2 bestimmen, ob Verbindungselemente 18 vorhanden sind oder nicht und ob diese beim Einsetzen des Segments 9 auch verschwinden. Dadurch ist eine Überprüfung des richtigen Einsetzens des Tübbing-Segments 9 möglich.

S3 sind Sensoren, die bestimmen, ob der Weg des Segments 9 vom Übergabetisch zur Einbaustelle frei ist oder nicht. Es muss insbesondere festgestellt werden, ob die entsprechenden Anpressstempel rechtzeitig zurückgezogen worden sind oder nicht. Weiters kann bestimmt werden, ob der Einsetzweg seitlich verschoben ist und ob eine kollisionsfreie Bewegung bis zur Einsetzstelle möglich ist. Bei manchen Erektorkonstruktionen befindet sich das Förderband 4 zum Abtransport des Gesteinsbruches nicht mittig im Axialbereich des Erektors 8. Hier muss der Erektor 8 das Förderband 4 beim Einbau bestimmter Segmente 9 umfahren. Die Sensoren S3 dienen in einem solchen Fall auch als Hilfseinrichtungen zur Umfahrung des Förderbandes 4.

Mit Hilfe der Sensoren S4 kann die räumliche Lage des Greifers 17 bestimmt werden. Im Zusammenwirken mit den Sensoren S5a, S5b und S5c können damit alle sechs räumlichen Freiheitsgrade des Tübbing-Segments 9, das vom Greifer 17 gehalten wird, bestimmt werden.

Die Sensoren S6 dienen dazu, zu überprüfen, ob das jeweilige Segment 9 sicher vom Greifer 17 gehalten wird oder nicht. Es wird dazu sowohl der vom Segment 9 ausgeübte Druck überprüft, als auch die Wegstrecke, um die die Sensoren S6 eingedrückt sind. Dies stellt einen wesentlichen Sicherheitsaspekt dar.

Wesentlich sind die Sensoren S7, die den Druck bestimmen, der von den Anpressstempeln 13 auf die gesetzten Tübbing-Segmente 9 ausgeübt wird. Wenn der so bestimmte Druck einen vorbestimmten Wert übersteigt, so wird dies als Kriterium betrachtet, das aussagt, dass dieses Segment 9 ordnungsgemäß gesetzt ist. Gleichzeitig kann eine Positionsmessung durch diese Sensoren S7 vorgenommen werden. Diese Positionsmessung erlaubt auch die Feststellung des Vortriebs der Vortriebsmaschine.

Die Sensoren S1 bis S10 ermöglichen in ihrer Gesamtheit eine lückenlose und redundante

Überwachung des jeweiligen Zustandes der beweglichen Teile beim Ausbau der Tunnelwand. Die in der Folge beschriebenen Sensoren S11 bis S18 dienen dazu, Informationen über den jeweiligen Zustand der Vortriebsmaschine zu liefern. Dies wird für eine vollautomatische Steuerung benötigt, die die Vortriebsmaschine einbezieht.

5 Die Sensoren S11 und S12 bestimmen die Lage und den Druck der hinteren bzw. der vorderen Gripper 7 bzw. 6. Beim Hartgesteinsbohren wird durch diese Gripper 6, 7 die Lage der Vortriebsmaschine fixiert.

Die Sensoren S13 und S15 bestimmen die räumliche Lage und die Neigung der Vortriebsmaschine.

10 Mit den Sensoren S14 wird die Stellung des vorderen Schildes 2 relativ zum hinteren Schild 3 bestimmt. Die Sensoren S16 bestimmen den Ausfahrweg des Bohrkopfes 1 und die Druckkraft des Bohrkopfes 1 auf das Gebirge.

Die Sensoren S17 können zusätzlich vorgesehen sein, um die Kippwinkel des Bohrkopfes zu messen. Mit den Sensoren S18 kann das Drehmoment des Bohrkopfes 1 bestimmt werden. Dies kann entweder über den Stromverbrauch oder über Drehmomentgeber erfasst werden. In gleicher Weise kann die Drehzahl des Bohrkopfes 1 bestimmt werden. Es können weitere, nicht dargestellte Sensoren vorgesehen sein, die etwa die abgeführte Materialmenge bestimmen.

In der Fig. 3 ist schematisch in Form eines Blockdiagramms der grundsätzliche Aufbau der erfindungsgemäßen Vorrichtung im funktionellen Zusammenhang dargestellt.

20 Die Fig. 4 zeigt im oberen Bereich die Schnittstellen eines Verfahrens zum Tunnelbau nach dem Stand der Technik mit der Außenwelt. Der untere Bereich der Fig. 4 zeigt eine analoge Darstellung für das erfindungsgemäße Verfahren. Es ist ersichtlich, dass ein Unterschied zum bekannten Verfahren nur mehr eine indirekte Beziehung des Menschen, also einer Bedienungsperson, zur Tunnelbaumaschine (TBM) besteht, die mit einer unterbrochenen Linie dargestellt ist. Dies soll aussagen, dass beim vollautomatischen Verfahren die Interaktion des Bedienungspersonals mit der Tunnelbaumaschine (TBM) nur mehr bei Vorliegen außergewöhnlicher Zustände, also beispielsweise bei Störfällen, stattfindet. Ansonsten erfolgt durch den Menschen nur mehr die Eingabe allgemeiner Parameter für die automatische Steuerung.

Die Fig. 5 ist ein Blockdiagramm, das grundsätzlich die Informationsflüsse zeigt, die insgesamt beim Vortrieb und Ausbau von Tunneln nach dem erfindungsgemäßen Verfahren auftreten. Die erfindungsgemäße Tunnelbaumaschine 100 besitzt eine Reihe von Sensoren, um aktuelle Informationen über ihr Umfeld zu gewinnen. Diese Sensoren, die einen Teil der Tunnelbaumaschine 100 darstellen, sind in der Fig. 5 mit 101 bezeichnet. Allgemein kann man sagen, dass die Tunnelbaumaschine 100 mit ihrer Umgebung 102 und dem Tunnelbauprozess 103 interagiert. Eine indirekte Beziehung besteht, wie dies oben angedeutet worden ist, mit der Bedienungsperson 104. Eine Steuer-Einrichtung 105 dient zur Steuerung der Tunnelbaumaschine 100. Die Steuer-Einrichtung 105 kann funktionell in folgende Teile untergliedert werden: die Steuerung des Schneidrades 106, die Abförder-Steuerung 107, die Vortriebs-Steuerung 108, die Erektor-Steuerung 109 und die Zuliefer-Steuerung 110. Allgemein werden Eingaben an die Steuer-Einrichtung 105 mit 111 bezeichnet. Es handelt sich dabei um Vermessungs- und Vorbohrdaten, um Sensor-Signale und um manuelle Eingaben der Bedienungsperson 104. Die Symbole 112 stellen gespeicherte Daten dar, auf die die Steuer-Einrichtung 105 zugreifen kann und die zum Teil auch von der Steuer-Einrichtung 105 erzeugt oder geändert werden können. Weiters erzeugt die Steuer-Einrichtung 105 Ausgaben 113, die auf die Tunnelbaumaschine 100 einwirken und die der Bedienungsperson angezeigt werden können.

Die Fig. 6 greift einen Teilbereich der Steuer-Einrichtung 105 von Fig. 5 heraus, nämlich die Schneidrad-Steuerung 106. Diese kann in eine Kraft-Drehmoment-Steuerung 106a und in eine Richtungs-Steuerung 106b untergliedert werden. Es besteht eine Interaktion mit der Vortriebs-Steuerung 108 und mit der Abförder-Steuerung 107.

50 Die Fig. 7 greift einen Teilbereich der Steuer-Einrichtung 105 von Fig. 5 heraus, nämlich die Vortriebs-Steuerung 108. Diese kann in die Schild-Steuerung 108a und in die Steuerung des Segment-Einbaus 108b untergliedert werden. Weiters steht die Vortriebs-Steuerung 108 mit der Schneidrad-Steuerung 106 und mit der Erektor-Steuerung 109 in Interaktion.

Die Fig. 8 greift einen Teilbereich der Steuer-Einrichtung 105 von Fig. 5 heraus, nämlich die Erektor-Steuerung 109. Diese kann in folgende hintereinander durchzuführende Schritte unterglie-

dert werden: Segment Greifen 109a, Segment Positionieren 109b, Segment Versetzen 109c, erste Position Anfahren 109d. Die Erektor-Steuerung 109 interagiert mit der Vortriebs-Steuerung 108 und der Zuliefer-Steuerung 110.

Das Flussdiagramm von Fig. 9 zeigt in grundsätzlicher Weise den Ablauf der Schneidrad-Steuerung anhand eines Beispiels, und zwar für den Bereich der Kraft-Drehmoment-Steuerung 106a von Fig. 6. In den einzelnen Verfahrensschritten 115a, 115b, 115c, 115d und 115e finden Eingaben 111 statt, es finden Interaktionen mit der Abförder-Steuerung 107 und mit der Richtungs-Steuerung 106b statt, so dass letztlich die entsprechende Ausgabe an das Schneidrad 113 erfolgt.

In gleicher Weise ist in Fig. 10 der Abschnitt der Richtungs-Steuerung 106b der Schneidrad-Steuerung 106 dargestellt. Die Verfahrensschritte sind mit 116a, 116b, 116c, 116d, 116e und 116f bezeichnet.

Bei der Abförder-Steuerung 107, die in Fig. 11 dargestellt ist, geht in den Verfahrensschritten 117 einerseits die Messung der abgeführten Menge und andererseits die Freigabe durch ein Logistiksystem ein. Als Ausgabe erfolgt ein Signal 113 an den Abförder-Antrieb.

In der Fig. 12 ist die Schild-Steuerung 108a teilweise dargestellt, wobei die Fortsetzung in Fig. 13 erfolgt. Die einzelnen Verfahrensschritte sind mit 118a, 118b, 118c, 118d, 118e, und in Fig. 13 weiter mit 118f und 118g bezeichnet. Es bestehen Verbindungen mit der Schneidrad-Steuerung 106, mit der Erektor-Steuerung 109. Weiters ist in der unteren Hälfte von Fig. 13 der Teil der Vortriebs-Steuerung näher dargestellt, der mit dem Segment-Einbau in direktem Zusammenhang steht. Dies hat seinen Grund darin, dass das Anpressen der einzelnen Tübbing-Segmente an den vorangegangenen Ring durch die Vortriebs-Pressen erfolgt. Auch die Erfassung des korrekten Einbauszustandes wird, wie dies oben beschrieben worden ist, aus dem Druck abgeleitet, der an den jeweiligen Vortriebspressen anliegt. Die Verfahrensschritte sind hier mit 118h, 118i, 118j und 118k bezeichnet.

In der Fig. 14 ist ein Teil der Erektor-Steuerung dargestellt, nämlich der Abschnitt Segment Greifen 109a. Es werden hintereinander die Verfahrensschritte 119a, 119b, 119c, 119d und 119e durchgeführt.

In der Fig. 15 ist der Abschnitt 109b der Erektor-Steuerung näher dargestellt, der das Positionieren der Segmente betrifft. Die Verfahrensschritte sind 120a, 120b, 120c und 120d.

In gleicher Weise sind in der Fig. 16 die Abschnitt Segment Versetzen 109c und Anfahren der ersten Position 109d mit den Verfahrensschritten 121a, 121b, 121c, 121d und 121e dargestellt.

Schließlich ist in der Fig. 17 die Zuliefer-Steuerung 110 näher ausgeführt. Die erste Gruppe von Verfahrensschritten, nämlich die Schritte 122a und 122b betreffen den Fall, dass händisch eine Sperrung eingegeben wird. Die zweite Gruppe von Verfahrensschritten, nämlich 122c, 122d und 122e, betreffen den Fall der Freigabe durch die Bedienungsperson.

Die vorliegende Erfindung ermöglicht es, eine sehr weitgehende Automation des Tunnel-Vortriebs vorzunehmen, wobei durch die erfindungsgemäße Art der Erfassung von Umgebungszuständen mittels geeigneter Sensoren ein sicherer Betrieb mit minimalem Überwachungsaufwand erreicht werden kann. Im Sinne der Erfindung ist es jedoch auch möglich, nur Teilbereiche des Gesamtprozesses zu automatisieren und andere Bereiche bei der händischen Steuerung zu belassen. Wesentlich an der Erfindung ist die Redundanz bei der Erfassung durch die Sensoren.

PATENTANSPRÜCHE:

1. Verfahren zum Bau von Tunnelanlagen, bestehend aus folgenden Schritten:

- Schaffung eines Hohlraums durch eine Vortriebsmaschine;
 - Auskleidung des Hohlraums durch Setzen von Tübbing-Segmenten (9) mittels eines Erektors (8), wobei die Steuerung des Erektors (8) mit Hilfe einer Steuer-Einrichtung (109) durchgeführt wird;
 - Verbindung der jeweils neu gesetzten Tübbing-Segmente (9) mit den bereits gesetzten Tübbing-Segmenten (9) durch Verbindungselemente, wie etwa Dübel (18) oder Bolzen; wobei beim Einsetzen der Tübbing-Segmente (9) die jeweilige Stellung des Erektors (8) messtechnisch erfasst und datentechnisch gespeichert wird;
- dadurch gekennzeichnet**, dass zumindest Teilbereiche des Ausbaus automatisiert

- werden, wobei über Sensoren (S1) die Lage der zu setzenden Tübbing-Segmente (9) in Bezug auf bereits versetzte Tübbing-Segmente (9) bestimmt wird und dass der Erektor (8) auf der Basis der von den Sensoren (S1) bestimmten Werte gesteuert wird, wobei zusätzlich Positionsdaten erfasst werden.
- 5 2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine automatische Steuerung des Erektors (8) durch ein Programm erfolgt, das als Eingangswerte Daten verwendet, die von Sensoren (S1 - S10) zur Bestimmung der Lage der zu versetzenden Tübbing-Segmente (9) erfasst werden.
 - 10 3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Anpressen der jeweils neu gesetzten Tübbing-Segmente (9) an die bereits gesetzten Tübbing-Segmente (9) durch Vortriebspresen (12) der Vortriebsmaschine erfolgt, die sich an den Stirnflächen der Tübbing-Segmente (9) abstützen, wobei der auf die Tübbing-Segmente (9) ausgeübte Druck erfasst wird und wobei das ordnungsgemäße Setzen jedes Tübbing-Segments (9) danach beurteilt wird, ob der erfasste Druck einen vorbestimmten Wert übersteigt oder nicht.
 - 15 4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Ausbau des Hohlraums mit den Tübbing-Segmenten (9) gleichzeitig mit dem Vortrieb durch die Vortriebsmaschine erfolgt.
 - 20 5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Position der Vortriebsmaschine laufend erfasst wird und dass die Steuerung der Vortriebsmaschine und die Steuerung des automatischen Ausbaus in einem gemeinsamen Programmablauf durchgeführt wird.
 - 25 6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass die beim Setzen vom Tübbing-Segment (9) auf die Anpressstempel (13) ausgeübte Kraft von einem oder mehreren Sensoren erfasst wird.
 - 30 7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Identität der auf den Erektor (8) übergebenen Tübbing-Segmente (9) durch Sensoren (S10a, S10c) erfasst wird.
 - 35 8. Vorrichtung zum Vortrieb und zum Ausbau von Tunneln oder Stollen, bestehend aus einer Vortriebsmaschine mit Vortriebspresen (12) zur Erzeugung des für den Vortrieb notwendigen Drucks in Axialrichtung, einem Erektor (8) zum Versetzen von Tübbing-Segmenten (9) und einer Fördereinrichtung zum Transport der Tübbing-Segmente, **dadurch gekennzeichnet**, dass Sensoren (S1) zur Bestimmung der Lage der zu versetzenden Tübbing-Segmente (9) vorgesehen sind, wobei mindestens ein Sensor (S1) zur Erfassung der Lage des zu setzenden Tübbing-Segments (9) in Bezug auf bereits versetzte Tübbing-Segmente (9) vorgesehen ist, und dass eine Steuereinrichtung (109) zur Steuerung des Erektors (8) vorgesehen ist, die mit den Sensoren (S1) in Verbindung steht.
 - 40 9. Vorrichtung nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Sensor (S1) zur Erfassung der Lage des zu setzenden Tübbing-Segments (9) am Erektor (8) angebracht ist und die Annäherung an ein bereits gesetztes Segment (9) optisch erfasst.
 - 45 10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 8 oder 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass mindestens ein Sensor (S10a, S10c) zur Identifizierung der vom Erektor (8) übernommenen Tübbing-Segmente (9) vorgesehen ist, der vorzugsweise als Barcode-Leser ausgebildet ist.
 - 50 11. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 8 bis 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass mindestens ein Sensor (S7) zur Erfassung des von den Vortriebspresen auf ein Tübbing-Segment (9) ausgeübten Drucks vorgesehen ist.
 - 55 12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 8 bis 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass Sensoren (S4, S5a, S5b, S5c) zur Erfassung der räumlichen Lage des auf dem Erektor (8) befindlichen Tübbing-Segments (9) in allen sechs Freiheitsgraden vorgesehen sind.
 13. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 8 bis 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass mindestens ein Sensor (S6) zur Bestimmung des sicheren Ergreifens des Tübbing-Segments (9) durch den Erektor (8) vorgesehen ist.
 14. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 8 bis 13, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Steuereinrichtung dazu ausgebildet ist, den Ausbau mit Tübbing-Segmenten (9) auf Basis der von Sensoren (S1 - S18) erfassten Daten automatisch zu steuern.

15. Vorrichtung nach Anspruch 14, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Steuereinrichtung als speicherprogrammierbare Steuerung ausgebildet ist.
16. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 14 bis 15, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Steuereinrichtung für die Steuerung der Vortriebsmaschine, für die Steuerung des Erektors (8) und für die Steuerung der Zulieferung zum Erektor (8) ausgebildet ist.
17. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 14 bis 16, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Steuereinrichtung dazu ausgebildet ist, den Ausbau mit Tübbing-Segmenten (9) gleichzeitig mit dem Vortrieb zu steuern.

HIEZU 17 BLATT ZEICHNUNGEN

Fig. 2

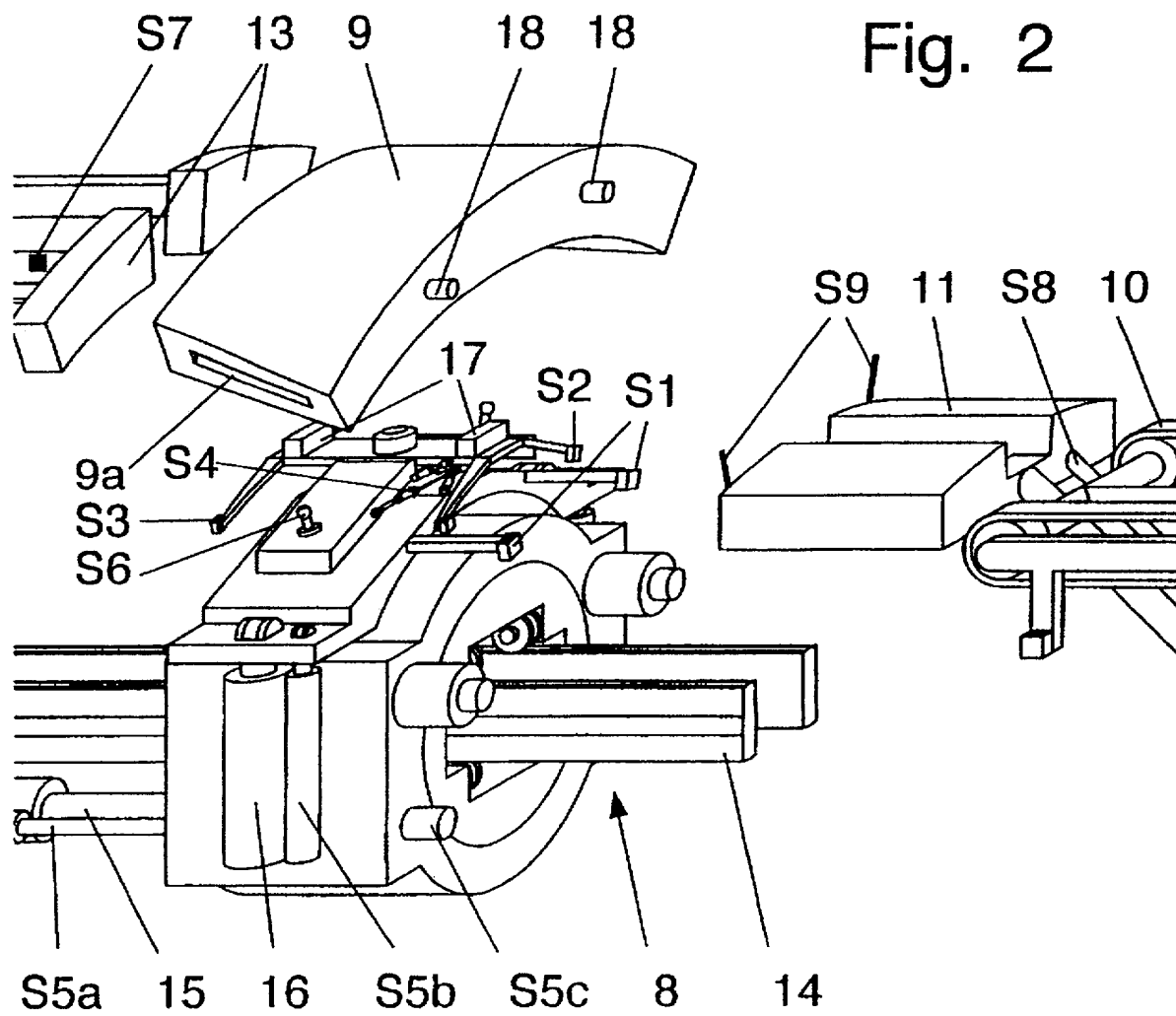


Fig. 3

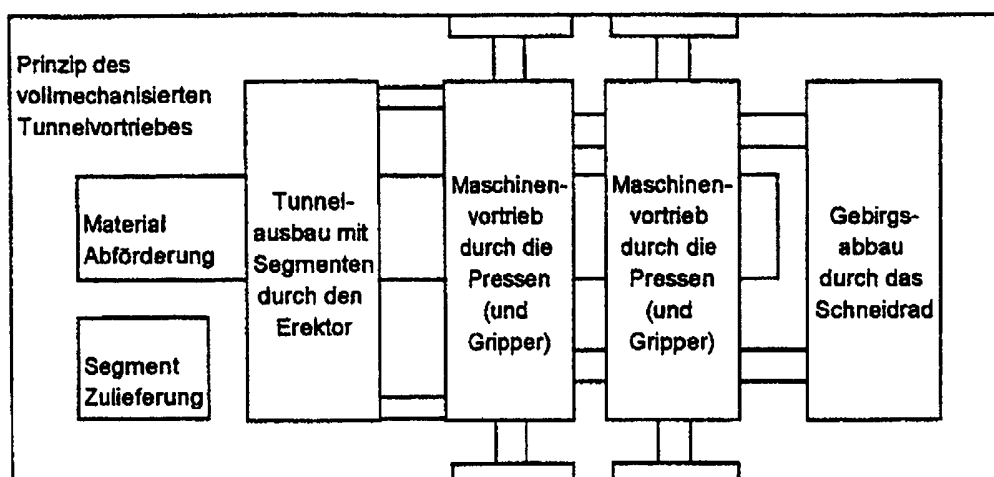


Fig. 4

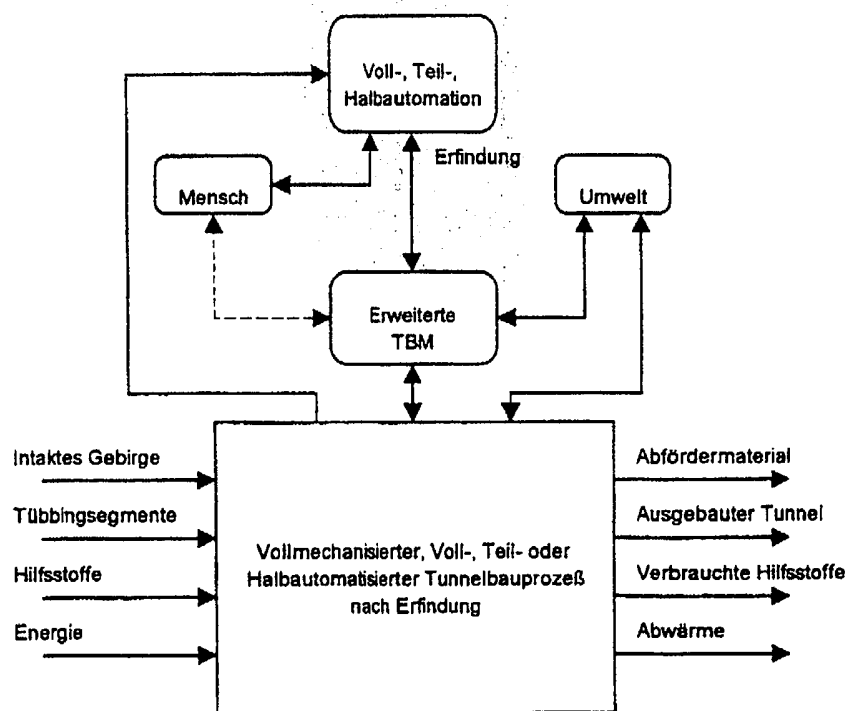
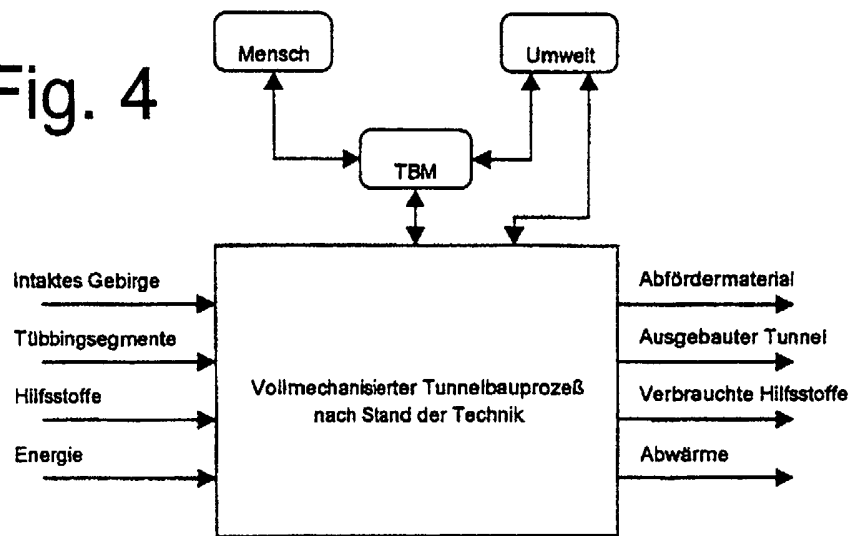


Fig. 5

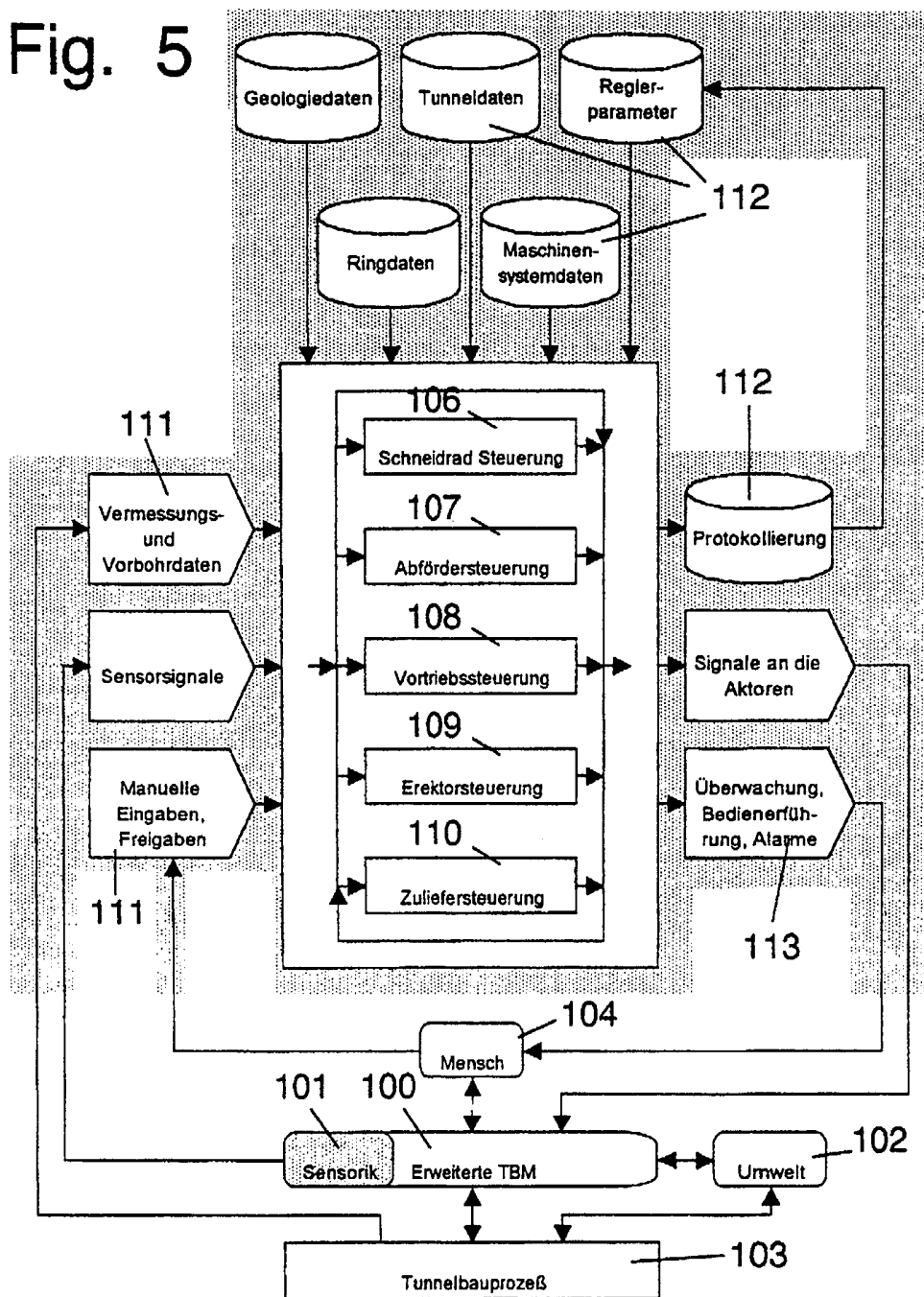


Fig. 6

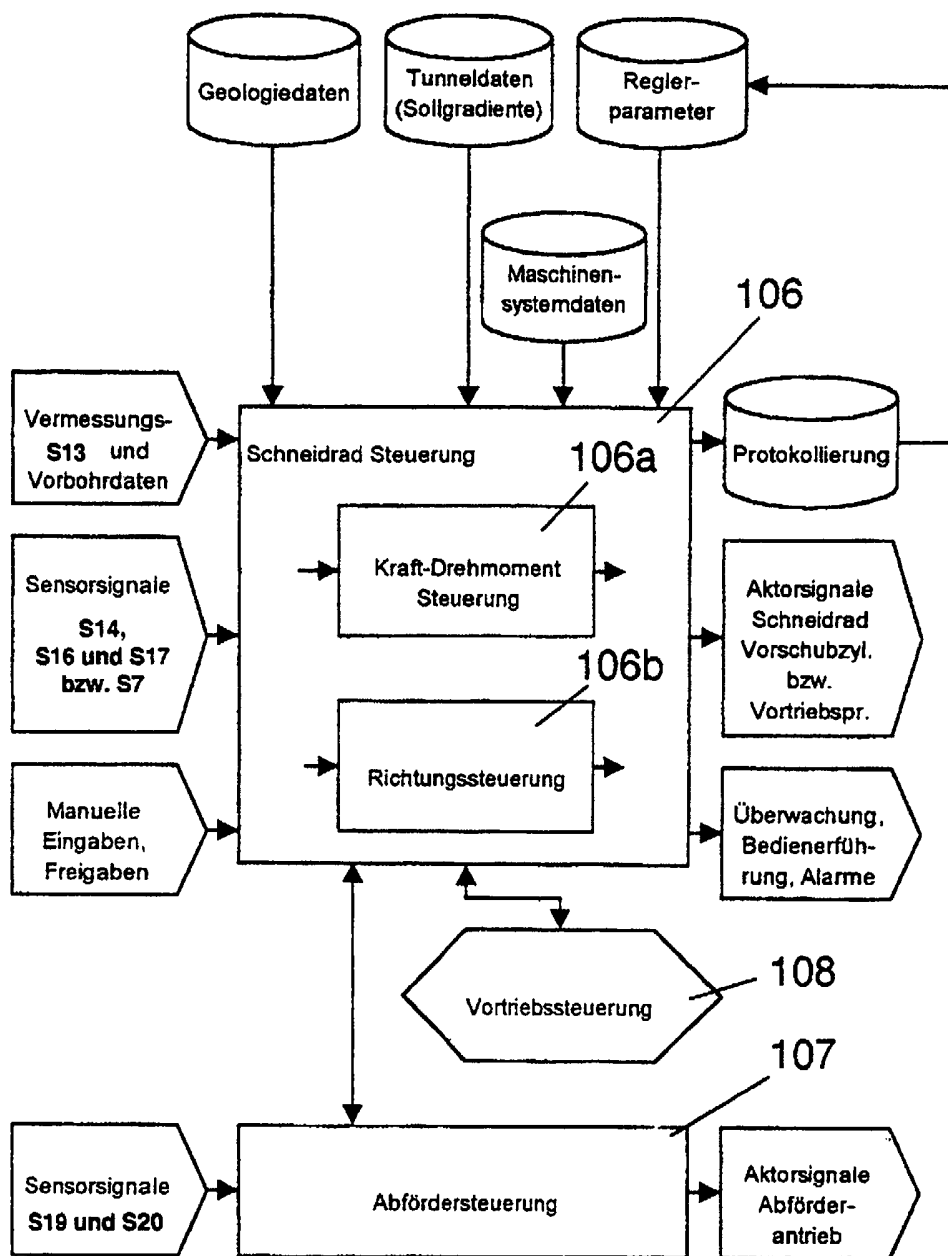


Fig. 7

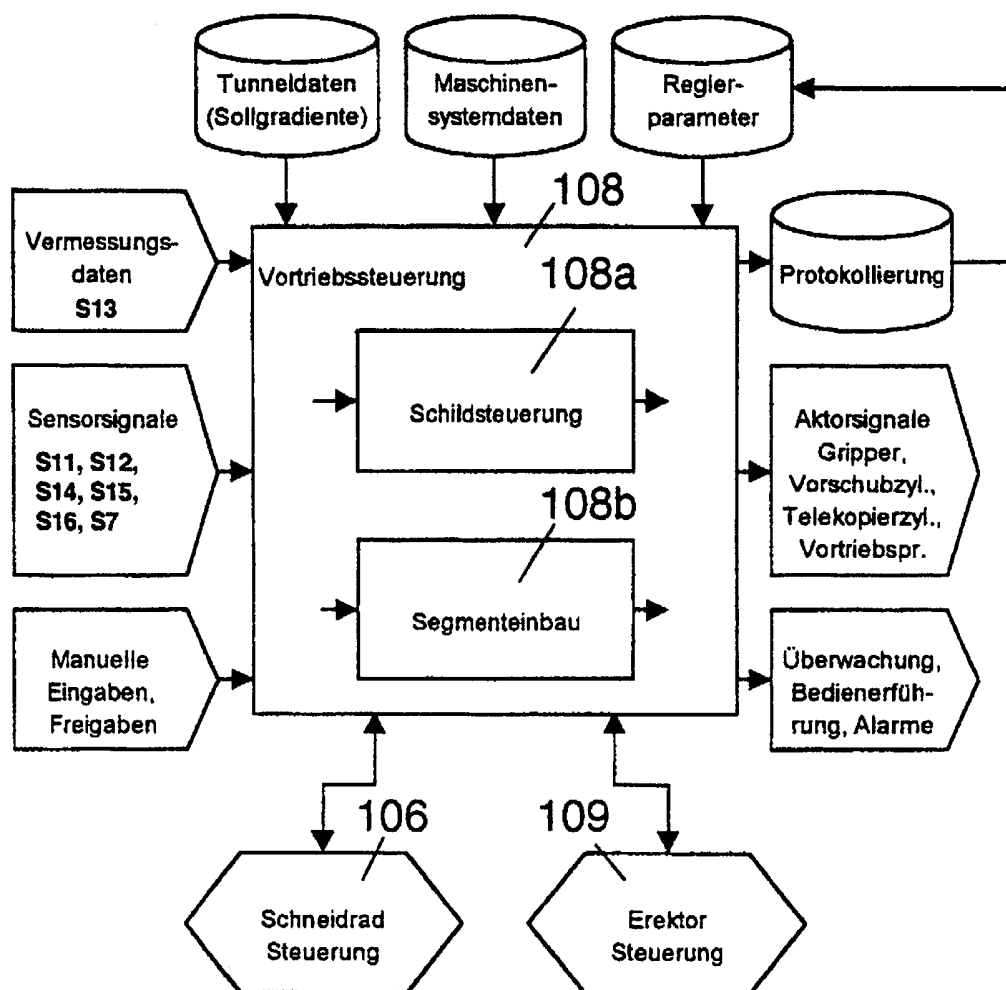


Fig. 8

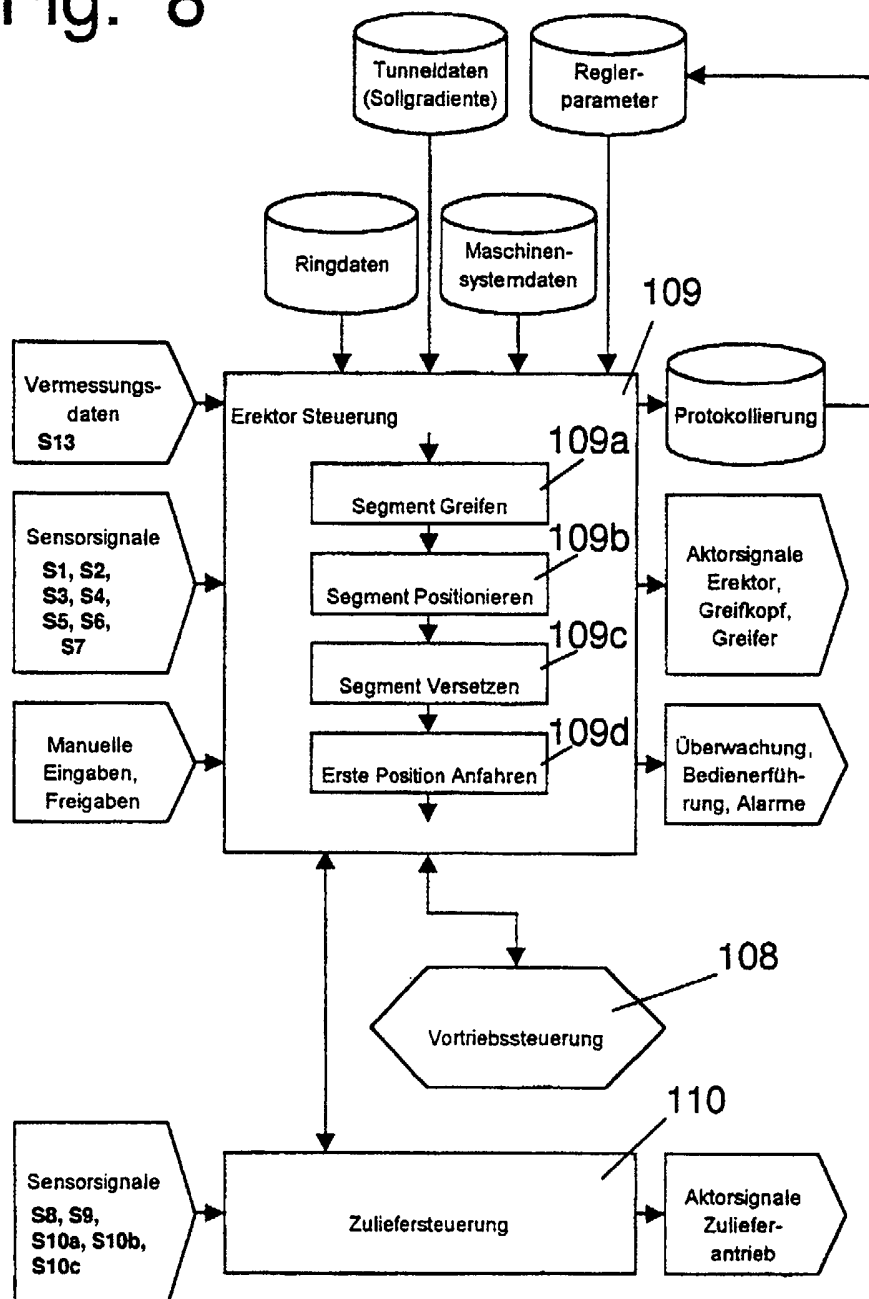


Fig. 9

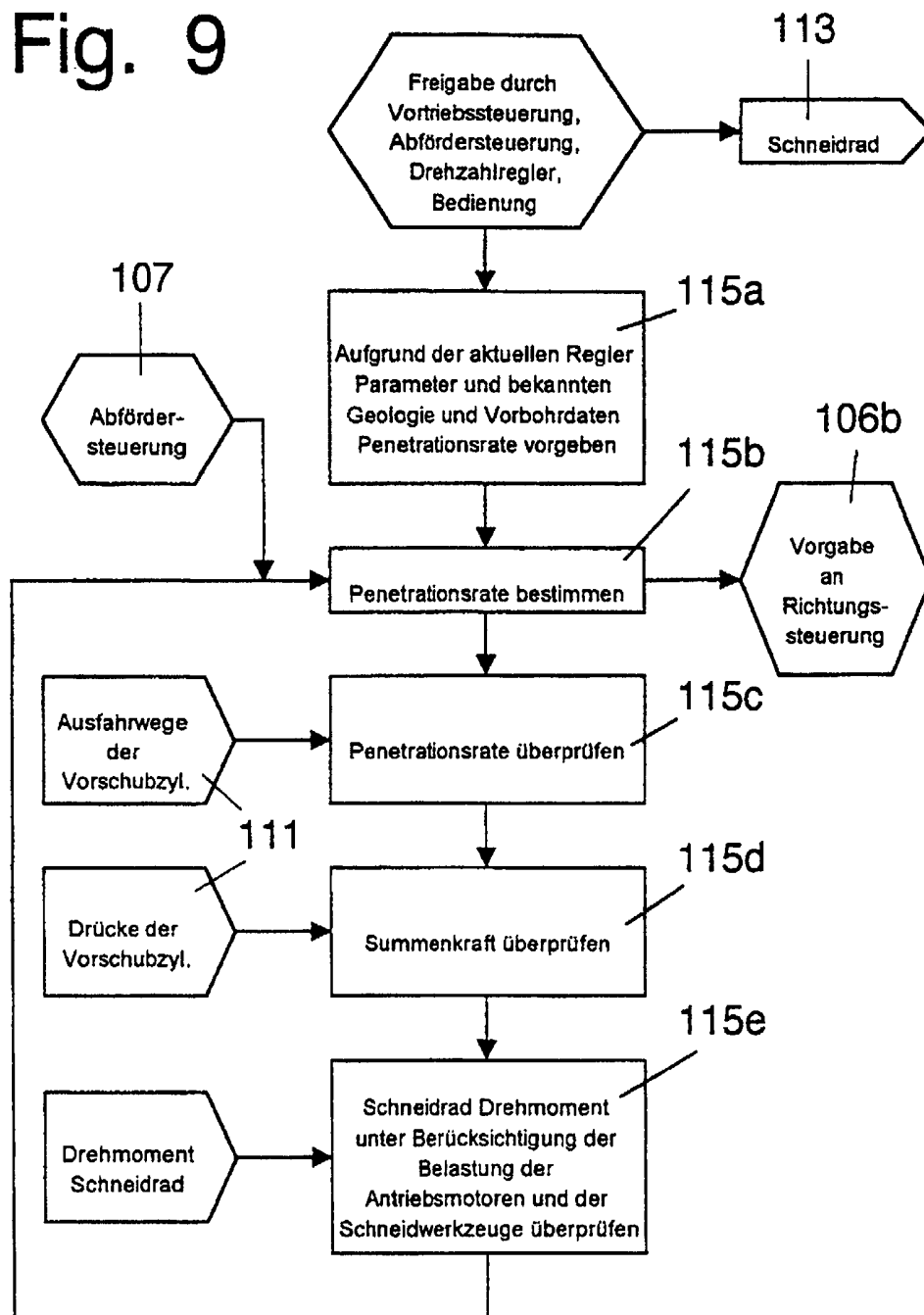


Fig. 10

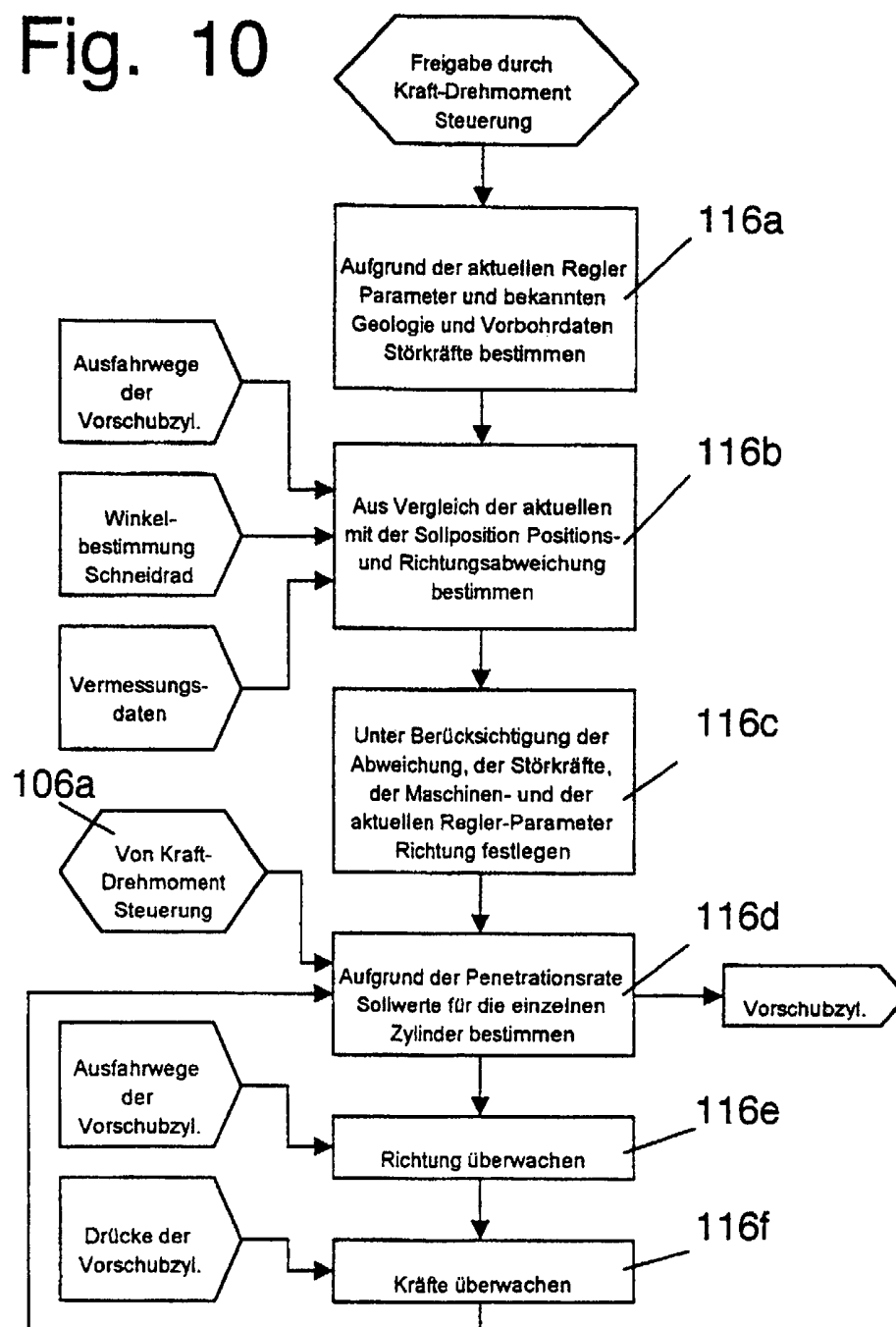


Fig. 11

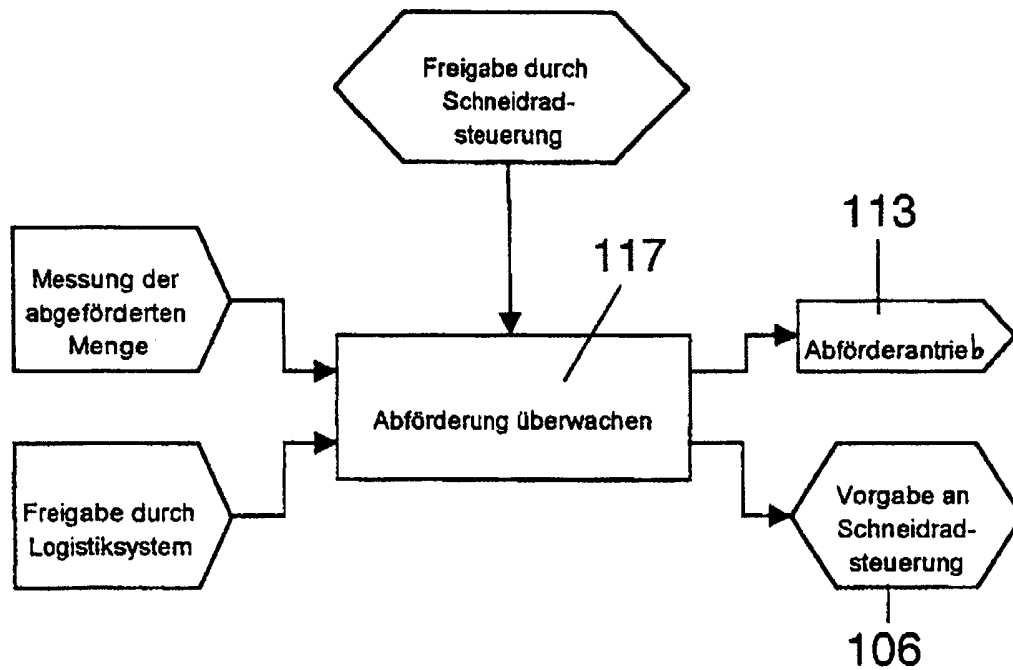
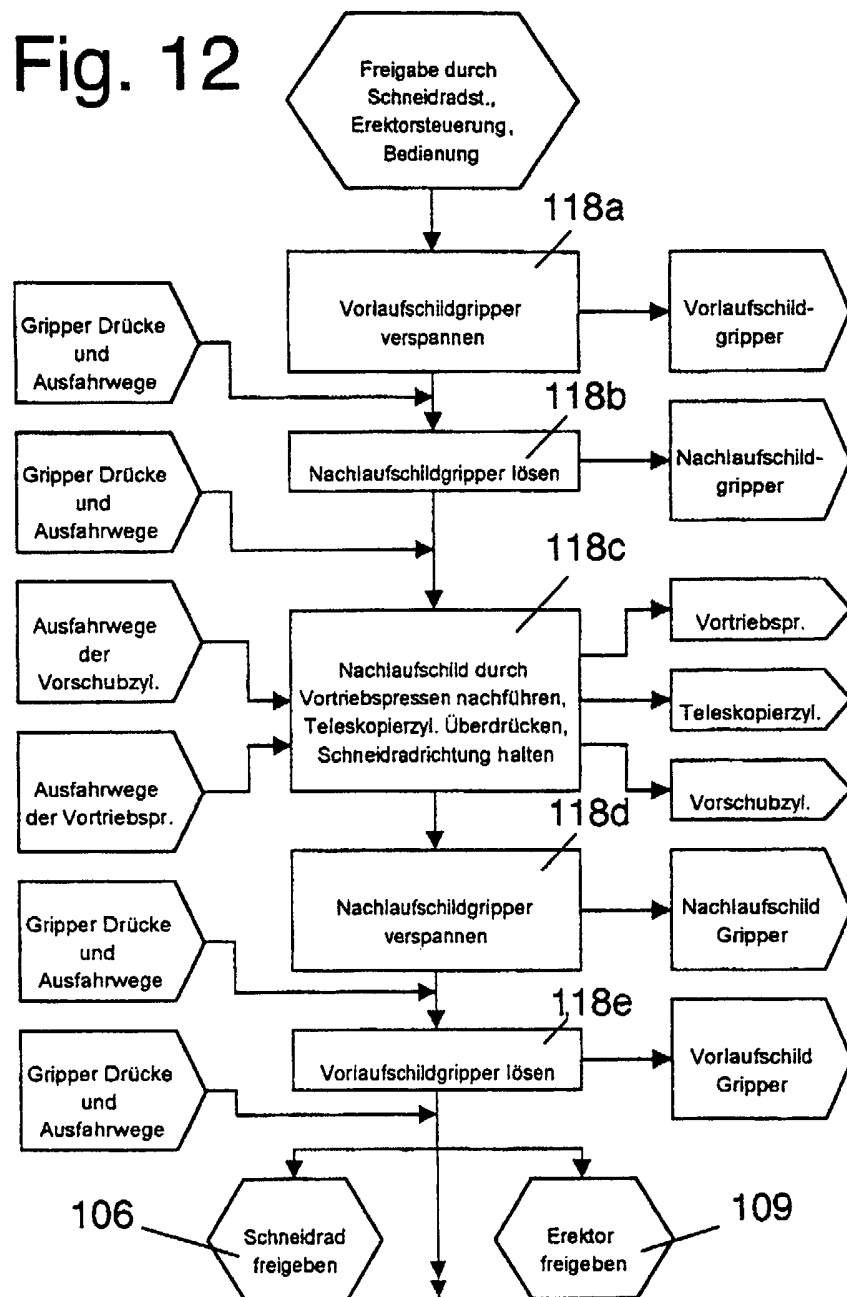


Fig. 12



(Fig. 13)

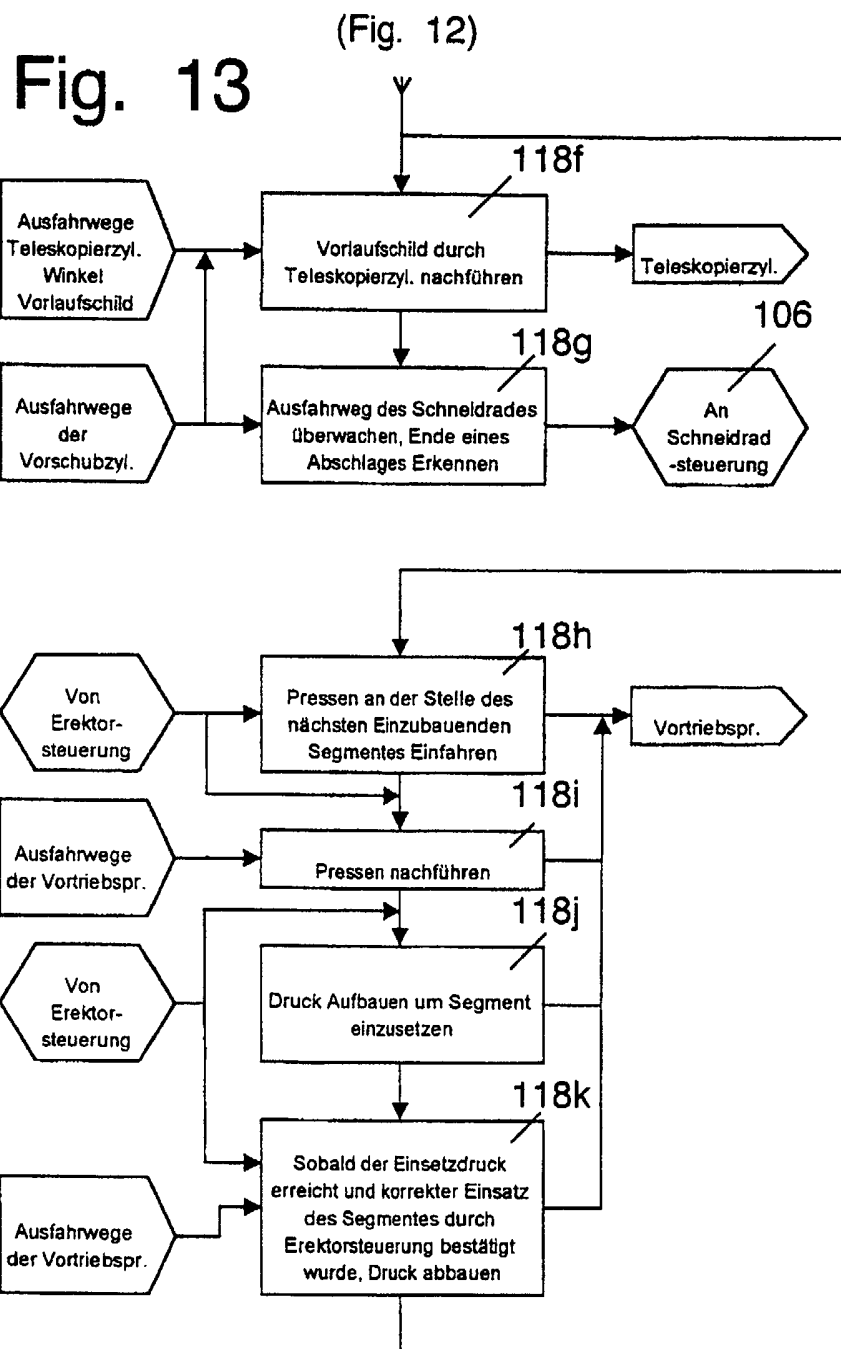
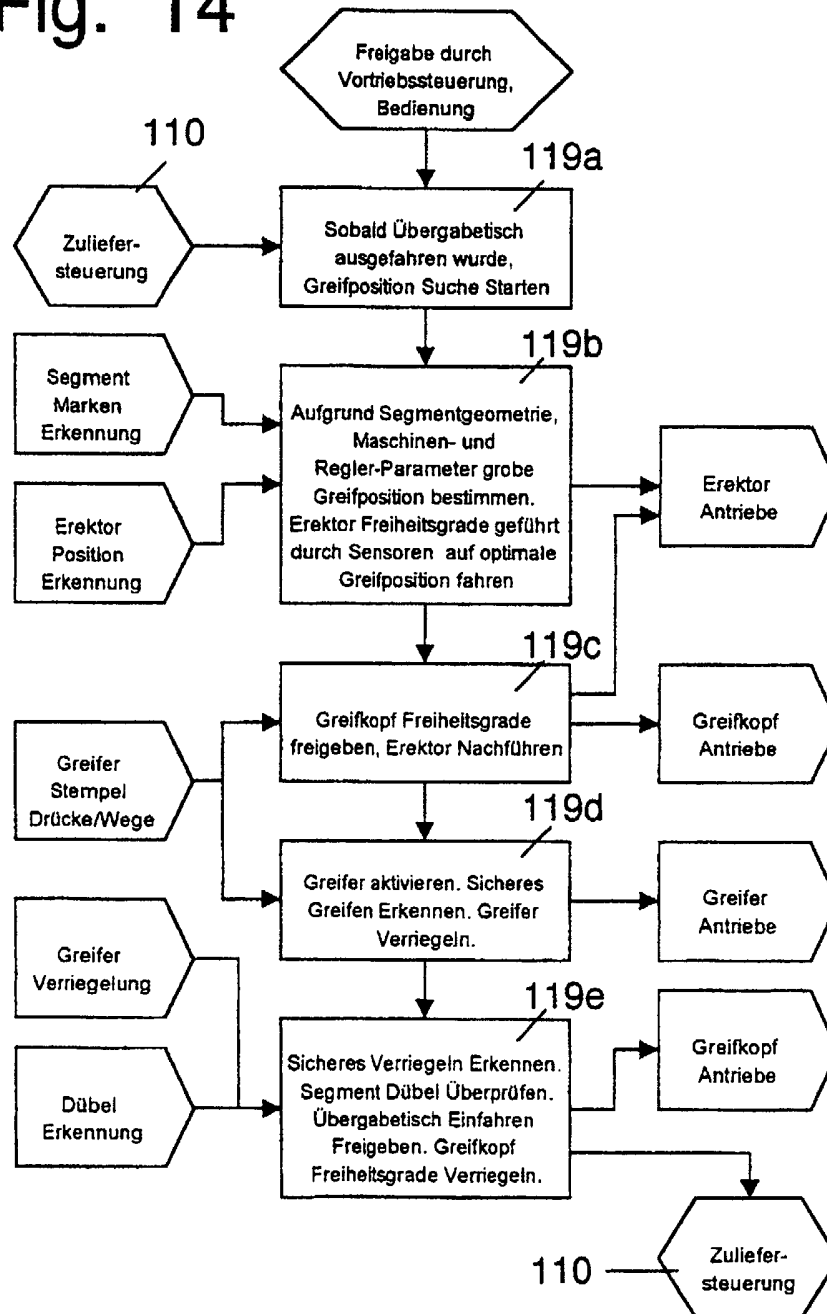


Fig. 14



```

graph TD
    Start{{Freigabe durch Zuliefersteuerung}} --> 120a
    120a[Aufgrund Vermessungsdaten, Tunneldaten, Ringdaten, Maschinen- und Regler-Parameter grobe Einsetzposition Festlegen] --> 120b
    120b[Grobposition kollisionsfrei Anfahren] --> 120c
    120c[Aufgrund der aktuellen Reglerparameter und geführt durch Sensoren optimale Einsetzposition Anfahren] --> 120d
    120d[Greifkopf Freiheitsgrade Freigeben] --> End{{Vortriebssteuerung}}
    
    VD{{Vermessungsdaten}} --> 120a
    EHA{{Erkennung von Hindernissen}} --> 120b
    SME{{Segment Marken Erkennung}} --> 120c
    EPA{{Erektor Position Erkennung}} --> 120c
    GPE{{Greifkopf Position Erkennung}} --> 120d
    
    120a --> VTS1{{Vortriebssteuerung Pressen Einfahren}}
    120b --> EA{{Erektor Antriebe}}
    120c --> GA{{Greifkopf Antriebe}}
    120d --> VTS2{{Vortriebssteuerung}}
  
```

The flowchart illustrates the control sequence for a mobile robot 108. It begins with a start event (hexagon) labeled "Freigabe durch Zuliefersteuerung". This leads to a process block 120a, which is labeled "Aufgrund Vermessungsdaten, Tunneldaten, Ringdaten, Maschinen- und Regler-Parameter grobe Einsetzposition Festlegen". An input "Vermessungsdaten" (in a pentagon) feeds into block 120a. Block 120a outputs to a "Vortriebssteuerung (Pressen Einfahren)" (in a hexagon). From block 120a, the flow goes to block 120b, labeled "Grobposition kollisionsfrei Anfahren". An input "Erkennung von Hindernissen" (in a pentagon) feeds into block 120b. Block 120b outputs to "Erektor Antriebe" (in a pentagon). From block 120b, the flow goes to block 120c, labeled "Aufgrund der aktuellen Reglerparameter und geführt durch Sensoren optimale Einsetzposition Anfahren". Two inputs, "Segment Marken Erkennung" and "Erektor Position Erkennung" (both in pentagons), feed into block 120c. Block 120c outputs to "Greifkopf Antriebe" (in a pentagon). From block 120c, the flow goes to block 120d, labeled "Greifkopf Freiheitsgrade Freigeben". An input "Greifkopf Position Erkennung" (in a pentagon) feeds into block 120d. Block 120d outputs to a final "Vortriebssteuerung" (in a hexagon).

Fig. 16

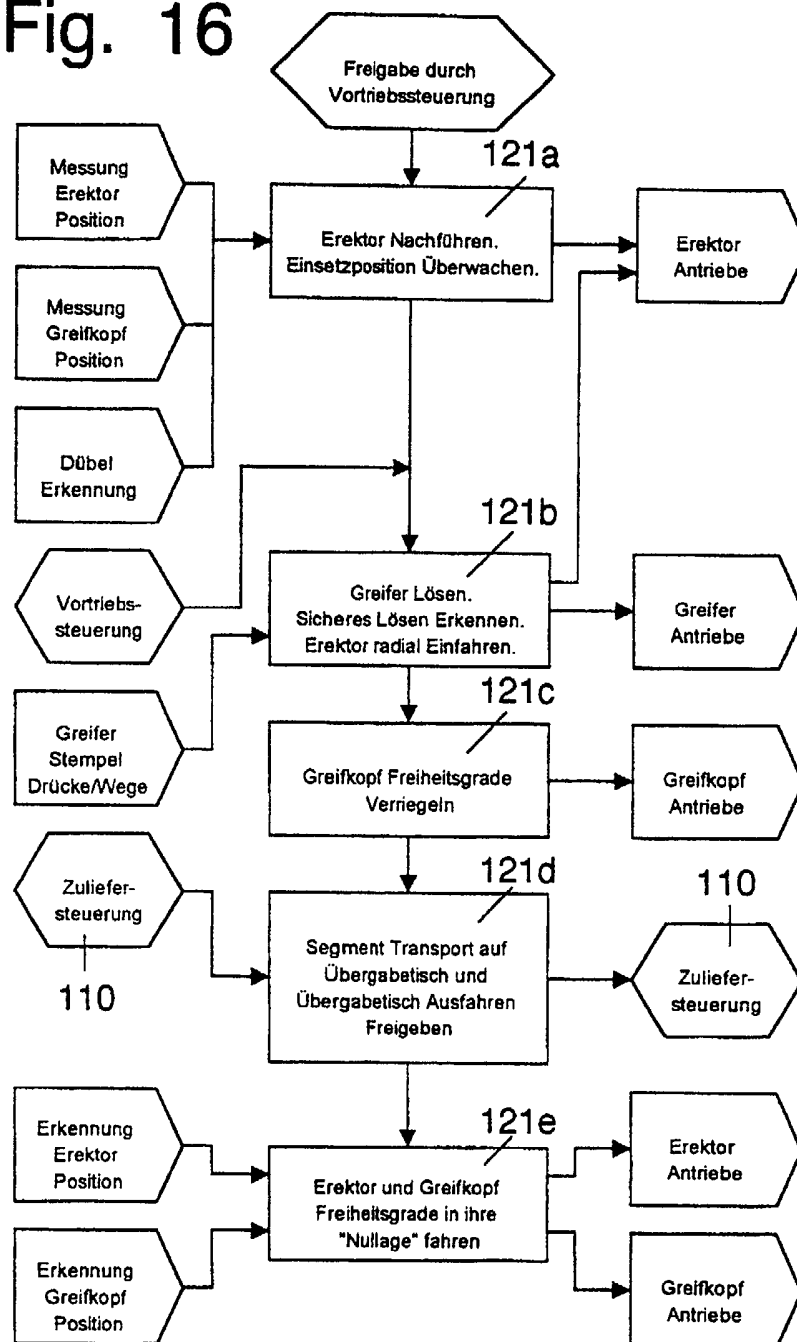


Fig. 17

