
Patentansprüche

1. Vorrichtung zum automatisierten Einbau wenigstens eines Tunnelausbausegments eines Tunnelausbaurings zum Ausbauen eines von einer Tunnelbohrmaschine aufgefahrenen Tunnelabschnitts, die mit der Tunnelbohrmaschine koppelbar ist,

- mit einem Manipulator mit wenigstens einem Werkzeug zum Aufnehmen, Halten und Platzieren des wenigstens einen Tunnelausbausegments, und mit wenigstens einem Aktuator zum Bewegen des wenigstens einen Werkzeugs, wobei das wenigstens eine Werkzeug mittels des wenigstens einen Aktuators in radialer, tangentialer und/oder axialer Richtung in Bezug auf die Maschinenachse der Tunnelbohrmaschine im Raum des durch die Tunnelbohrmaschine errichteten Tunnelabschnitts verfahrbar ist,
- mit wenigstens einem Werkzeugpositionssensor, der am Manipulator und/oder Werkzeug vorgesehen ist, zur Erfassung der jeweiligen Ist-Position und Ist-Lage des Werkzeugs im Raum des Tunnelabschnitts,
- mit wenigstens einem Tunnelausbausegmentsensor, der am Manipulator und/oder Werkzeug vorgesehen ist, mit dem eine Ist-Position und/oder Ist-Lage wenigstens eines Abschnitts wenigstens eines bereits angeordneten Tunnelausbausegments erfassbar ist, und/oder mit dem eine Ist-Position und/oder Ist-Lage des jeweils zu platzierenden Tunnelausbausegments erfassbar ist,
- mit wenigstens einer Steuerung, die auf Einbaudaten der Tunnelausbausegmente zugreift, und die auf die Messdaten des wenigstens einen Werkzeugpositionssensors und des wenigstens einen Tunnelausbausegmentsensors zugreift, und mit der basierend auf den Einbaudaten und Messdaten der wenigstens einen Aktuator und das wenigstens eine Werkzeug steuerbar sind, um das Werkzeug von der Aufnahme-Position zur Soll-

Platzierungsposition des jeweiligen Tunnelausbausegments zu bewegen, dieses in die Ist-Platzierungsposition auszurichten und das Tunnelausbausegment gegen wenigstens ein bereits platziertes Tunnelausbausegment eines Tunnelausbaurings anzuordnen, wobei wenigstens zwei Tunnelausbausegmentsensoren vorgesehen sind, und wobei es sich bei dem Tunnelausbausegmentsensor um eine Time-of-Flight-Kamera handelt.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass es sich bei dem wenigstens einen Werkzeug um ein Aufnahmeelement handelt.

3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass es sich bei dem wenigstens einen Werkzeugpositionssensor um eine Wegmesszylinder, Drehwinkelgeber, Lagesensor, Inklinometer und/oder Wegaufnehmer handelt.

4. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass es sich bei den Daten um einen Verlegeplan der zu platzierenden Tunnelausbausegmente, einen Lieferplan der zu platzierenden Tunnelausbausegmente, eine Position eines Aufnahmeorts zur Aufnahme des jeweils zu platzierenden Tunnelausbausegments, eine Soll-Platzierungsposition des jeweils zu platzierenden Tunnelausbausegments, und/oder Informationen über die Art sowie physikalische Eigenschaften wie beispielsweise Gewicht und Dimensionen des jeweiligen zu platzierenden Tunnelausbausegments handelt.

5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens ein zusätzlicher Tunnelausbausegmentsensor, bevorzugt als Time-of-Flight-Kamera oder 2D Kamera, vorgesehen ist.

6. Vorrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass der zusätzliche Tunnelausbausegmentsensor im Bereich der Tunnelausbausegmentsensoren oder im Bereich des Werkzeugs vorgesehen ist.

7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass Vortriebspresen der Tunnelbohrmaschine von der Steuerung ein- und ausfahrbar ansteuerbar sind, so dass diese gegen platzierte Tunnelausbausegmente anpressbar sind.

8. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass ein Zuführeinheit (Segmentfeeder) zum Zuführen des Tunnelausbausegments zu einem Aufnahmeort zur Aufnahme durch das Werkzeug von der Steuerung ansteuerbar, so dass das Tunnelausbausegment über die Steuerung bereitstellbar ist.

9. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass ein Sensor der Time-of-Flight-Kamera ein 2D Bild aufnimmt.

10. Verfahren zum automatisierten Einbau wenigstens eines Tunnelausbausegments eines Tunnelausbaurings zum Ausbauen eines von einer Tunnelbohrmaschine aufgefahrenen Tunnelabschnitts mit einer Vorrichtung, insbesondere nach einem der Ansprüche 1 bis 9, an der ein mit wenigstens einem Werkzeug zum Aufnehmen, Halten und Platzieren des wenigstens einen Tunnelausbausegments bestückter Manipulator vorgesehen ist, und die in einer Tunnelbohrmaschine vorgesehen ist,

- wobei das wenigstens eine Werkzeug mit wenigstens einem Aktuator in radialer, tangentialer und/oder axialer Richtung in Bezug auf die Maschinenachse der Tunnelbohrmaschine im Raum des durch die Tunnelbohrmaschine errichteten Tunnelabschnitts bewegt wird,
- wobei mit wenigstens einem Werkzeugpositionssensor, der am Manipulator und/oder Werkzeug vorgesehen ist, eine Ist-Position und Ist-Lage des Werkzeugs im Raum des Tunnelabschnitts erfasst wird,
- wobei mit wenigstens einem Tunnelausbausegmentsensor, der am Manipulator und/oder Werkzeug vorgesehen ist, eine Ist-Position und/oder Ist-Lage wenigstens eines Abschnitts wenigstens eines bereits angeordneten Tunnelausbausegments erfasst wird, und/oder wobei mit dem wenigstens einen Tunnelausbausegmentsensor eine Ist-Position und/oder Ist-Lage des jeweils zu platzierenden Tunnelausbausegments erfasst wird,
- wobei wenigstens eine Steuerung bereitgestellt wird, die auf Einbaudaten der Tunnelausbausegmente sowie auf die Messdaten des wenigstens einen Werkzeugpositionssensors und des wenigstens einen Tunnelausbausegmentsensors zugreift,
- wobei die wenigstens eine Steuerung basierend auf den Einbaudaten und Messdaten den wenigstens einen Aktuator und das wenigstens eine Werkzeug steuert, so dass das Werkzeug mit dem Tunnelausbausegment von dessen jeweiligen Aufnahmeposition zu dessen jeweiligen Soll-Platzierungsposition bewegt wird und das Tunnelausbausegment basierend auf den Messdaten des Tunnelausbausegmentsensors in die Ist-Platzierungsposition ausgerichtet und gegen wenigstens ein bereits platziertes Tunnelausbausegment eines Tunnelausbaurings angeordnet wird,

wobei wenigstens zwei Tunnelausbausegmentsensoren bereitgestellt werden, und

wobei es sich bei dem Tunnelausbausegmentsensor um eine Time-of-Flight-Kamera handelt.

11. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass es sich bei dem wenigsten einen Werkzeug um ein Aufnahmeelement handelt.

12. Verfahren nach Anspruch 10 oder 11, dadurch gekennzeichnet, dass es sich bei dem wenigstens einen Werkzeugpositionssensor um eine Wegmesszylinder, Drehwinkelgeber, Lagesensor, Inklinometer und/oder Wegaufnehmer handelt.
13. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass es sich bei den Daten um einen Verlegeplan der zu platzierenden Tunnelausbausegmente, einen Lieferplan der zu platzierenden Tunnelausbausegmente, eine Position eines Aufnahmeorts zur Aufnahme des jeweils zu platzierenden Tunnelausbausegments, eine Soll-Platzierungsposition des jeweils zu platzierenden Tunnelausbausegments, und/oder Informationen über die Art sowie physikalische Eigenschaften wie beispielsweise Gewicht und Dimensionen des jeweiligen zu platzierenden Tunnelausbausegments handelt.
14. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens ein zusätzlicher Tunnelausbausegmentsensor, bevorzugt als Time-of-Flight-Kamera oder 2D Kamera vorgesehen wird.
15. Verfahren nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass der zusätzliche Tunnelausbausegmentsensor im Bereich der Tunnelausbausegmentsensoren oder im Bereich des Werkzeugs vorgesehen wird.
16. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 15, dadurch gekennzeichnet, dass ein Sensor der Time-of-Flight-Kamera ein 2D Bild aufnimmt.
17. Verfahren nach einem der Ansprüche 14 bis 16, dadurch gekennzeichnet, dass die Daten der zwei Tunnelausbausegmentsensoren mit den Daten des zusätzlichen Tunnelausbausegmentsensors kombiniert werden.
18. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 17, dadurch gekennzeichnet, dass ein Zuführeinheit (Segmentfeeder) zum Zuführen des Tunnelausbausegments zu einem Aufnahmeort zur Aufnahme durch das Werkzeug von der Steuerung gesteuert wird, so dass das Tunnelausbausegment über die Steuerung bereitgestellt wird.
19. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 18, dadurch gekennzeichnet, dass Vortriebspresen der Tunnelbohrmaschine von der Steuerung ein- und ausfahrbar angesteuert werden, so dass diese gegen platzierte Tunnelausbausegmente angepresst werden.

20. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 19, dadurch gekennzeichnet, dass nachdem das letzte Tunnelausbausegment (Schlussstein) des Tunnelausbausegmentrings montiert wurde, der Manipulator mit wenigstens zwei Time-of-Flight-Kamera einen Abstand zwischen den Tunnelausbausegmenten des Tunnelausbausegmentrings und einer Bohrlochwand des Tunnelabschnitts vermisst, bevorzugt indem der Tunnelausbausegmentring wenigstens teilweise abgefahren wird.

21. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 20, dadurch gekennzeichnet, dass nach dem Platzieren des Tunnelausbausegments an der Soll-Position das Werkzeug des Manipulators mit dem platzierten Tunnelausbausegment verbunden bleibt und beim Anpressen des Tunnelausbausegments mit wenigstens einer der Vortriebspresen der Tunnelbohrmaschine mitbewegt wird, und dass dabei die Bewegung des Werkzeugs erfasst wird.