



Integriertes EU Projekt: Technologieinnovation im Tunnel und Kavernenbau (TUNCONSTRUCT)

*Integrated European research project: **Technology Innovation in Underground Construction (TUNCONSTRUCT)***

Die Ausnützung des unterirdischen Raums kann wesentlich zu einer Verbesserung der Lebensqualität beitragen. Man denke nur an den Beitrag von U-Bahnen zur Verringerung der Feinstaubbelastung oder an innovative Ideen zur unterirdischen Beförderung von Fracht. Der unterirdische Raum wird derzeit nicht ausreichend genutzt. Man kann sich z.B. in Zukunft eine Stadt praktisch ohne Autoverkehr vorstellen (Abb. 1), wo die früheren Verkehrsflächen für Parks und Freizeiträume genutzt werden. Einer der Gründe warum der unterirdische Raum nicht vermehrt genutzt wird ist, dass die Kosten und die Risiken des unterirdischen Bauens im Vergleich mit dem Hochbau wesentlich höher sind. Ziel des Projekts TUNCONSTRUCT ist es durch die Einführung innovativer Technologien den Tunnel- und Kavernenbau wesentlich effizienter und weniger riskant zu machen. Dies sollte den Weg für die Einführung von innovativen Lösungen für Infrastruktur und Städte freigeben.

Einleitung

Die Verkehrssituation wird vor allem in den Transitländern immer prekärer. Anrainer der Transitstrecken haben schon lange „die Nase voll“ von Schwerlastern, die in einer nicht endend wollenden Kolonne durch das Land donnern. Gleichzeitig wird die Umweltverschmutzung durch den Verkehr in den Städten immer ärger (die Grenzwerte für Feinstaub wurden z.B. in Graz dieses Jahr schon mehrmals überschritten). Diese Situation wird sich in den nächsten Jahren noch verschlechtern und die Gesellschaft ist gefordert etwas zu tun.

Für die Verkehrsinfrastruktur bietet sich der unterirdische Raum nahezu unbegrenzte Möglichkeiten. Vor einigen Jahren wurde an der Universität Bochum ein Konzept entwickelt das es erlaubt Fracht

über ein unterirdisches Tunnelsystem pneumatisch (ähnlich wie bei einer Flaschenpost) zu verschicken. Den Stadtverkehr kann man durch den Bau von unterirdischen Verkehrssystemen (U-Bahn etc.) wesentlich verringern. Die Erstellung eines unterirdischen Verkehrsnetzwerks ist jedoch extrem kostenaufwendig und dieses kann nur realisiert werden wenn die Kosten und Bauzeiten für

unterirdische Bauwerke wesentlich reduziert werden können. Derzeit sind z.B. Projekte im Tunnelbau viel aufwendiger und risikoreicher als im Hochbau und Überschreitungen der Bauzeit und der Baukosten sind keine Seltenheit.

Der Grund liegt darin, dass die Eigenschaften des Baugrunds, in dem der Tunnel gebaut wird oft stark variieren und nicht mit genügender Genauigkeit bekannt sind. Vorhersagen sind daher häufig nicht mit genügender Genauigkeit möglich, da die für die Computermodelle notwendigen Eingabedaten fehlen. Ohne Vorhersage bzw. Kenntnis der geologischen Verhältnisse ist aber eine ausreichende Dimensionierung der notwendigen Stützmittel und der Aushubssequenz schwer möglich und dies macht Änderungen während des Vortriebs notwendig. Schlussendlich ist es bei einer Kostenkalkulation wichtig

die Gesamtkosten d.h. die Kosten von der Planung bis zum Abriss zu berücksichtigen, da die Wartungskosten über die Lebenszeit eines Tunnels signifikant sein können.

„Technologieschub“ für den Tunnelbau

Ende 2003 wurde im 6. Rahmenprogramm der Europäischen Union Projektanträge zum Thema „Technologieinnovation in der Bauindustrie“ eingeladen. Gesucht wurden Projektanträge für integrierte Projekte, welche interdisziplinär und paneuropäisch sein sollten. Es sollte eine „kritische Masse“ mobilisiert werden welche einen wesentlichen „Technologieschub“ erlaubt. Nach sehr intensiven Verhandlungen ist es gelungen ein Konsortium für das Projekt zusammenzustellen welches die Hauptakteure aus Industrie Wissenschaft und Wirtschaft in der europäischen Union integriert. Am Forschungsschwerpunkt nehmen 43 Partner aus 11 Mitgliedsländern der EU teil. Von Seiten der TU Graz sind 3 Institute involviert:

- Institut für Baustatik (technische Koordination, numerische Simulation),
- Institut für Felsmechanik und Tunnelbau (Expertensysteme)
- Institut für Betriebswirtschaftslehre und Betriebssoziologie (administrative Koordination/Controlling).

Aus der Steiermark sind folgende Unternehmen dabei:

- VOEST Alpine Bergtechnik (Baumaschinen)
- Geodata (Messung/Aufnahme, Visualisierung)
- Montanuniversität Leoben (Erkundung, Baumaschinen)

Die Laufzeit des Projekts beträgt 4 Jahre und das Gesamtbudget ist 26 Millionen Euro, wovon 14 Millionen Euro von der EU und der Rest von den Partnern aufgebracht werden. Ziel des Projekts ist es durch Einsatz von innovativer Technologie die Kosten und die Bauzeit für den Tunnel- und Kavernenbau wesentlich zu vermindern und die Sicherheit und Nachhaltigkeit zu erhöhen.

Um dies zu erreichen wurde die Arbeit in folgende Hauptgebiete unterteilt, die die 4 Teilprojekte des Forschungsschwerpunkts darstellen:

- Vorhersage und Bemessung
- Baumaschinen und Baumaterialien
- Prozesse
- Wartung und Instandsetzung

Vorhersage und Bemessung

Die Situation derzeit ist, dass die Zuverlässigkeit und Bedienbarkeit der Vorhersagemodelle nicht zufriedenstellend ist. Nur in seltenen Fällen werden wirklichkeitsnahe drei-dimensionale Simulationsmodelle angewendet. Die geologischen Verhältnisse werden in Modellen oft sehr ungenau wiedergegeben, da einerseits die Information fehlt andererseits die Benutzerfreundlichkeit des Programmsystems und Möglichkeit der Modellierung begrenzt sind. Ziel des Teilprojektes ist es, die Leistungsfähigkeit und Genauigkeit von bestehenden Simulationsmodellen zu erhöhen und diese so benutzerfreundlich zu machen dass sie auch von Nichtspezialisten in kurzer Zeit verwendet werden können. Aufgabe des Instituts für Baustatik wird es sein, innovative Simulationsmodelle für den Tunnelbau zu



Abb 1: Die Stadt der Zukunft, so könnte sie aussehen wenn der Verkehr sich größtenteils unterirdisch abspielt.

entwickeln. Da die Kenntnis der geologischen Gegebenheiten sehr lückenhaft ist, fehlen oft wichtige Eingabedaten für die Modelle und daher muss zusätzlich die Erfahrung in die Bemessung einfließen. Mit diesem Thema wird sich u.a. das Institut für Felsmechanik und Tunnelbau befassen.

Baumaschinen und Baumaterialien

Es gibt grundsätzlich zwei Arten Tunnel/Kavernen zu konstruieren: Mechanischer Vortrieb mit Tunnelbohrmaschinen (TBM) o.ä. und Sprengvortrieb. Unter idealen Bedingungen ist der TBM Vortrieb am schnellsten und billigsten. Allerdings haben Tunnelbohrmaschinen Probleme bei veränderlichen Bodeneigenschaften bzw. unvorhergesehenen geologischen Verhältnissen und sie sind nicht überall einsetzbar (z.B. bei größeren Kavernen). Ziel der geplanten Entwicklungen in diesem Bereich ist es Tunnelbohrmaschinen weit unabhängiger von den geologischen Verhältnissen zu machen. Es sollen auch die Fräswerkzeuge dauerhafter gemacht werden sodass die Frequenz der Wartung reduziert werden kann. Ein weiterer Nachteil einer TBM ist, dass derzeit nur Tunnel mit einem



Abb. 2: Die derzeit größte Tunnelbohrmaschine, geplant ist es den Durchmesser noch zu vergrößern

Durchmesser von maximal 14 m gebohrt werden können. Will man mehr als zwei Fahrbahnen in einem Tunnel unterbringen und dadurch den Bau von zwei Röhren vermeiden muss dieser Durchmesser erhöht werden. Ziel ist es eine TBM mit über 15 m Durchmesser zu entwickeln. Zusätzlich beschäftigt sich dieses Teilprojekt mit dem Einsatz von neuen Materialien wie z.B. hochfesten Beton, intelligente und selbst reparierende Materialien.

Durchmesser von maximal 14 m gebohrt werden können. Will man mehr als zwei Fahrbahnen in einem Tunnel unterbringen und dadurch den Bau von zwei Röhren vermeiden muss dieser Durchmesser erhöht werden. Ziel ist es eine TBM mit über 15 m Durchmesser zu entwickeln. Zusätzlich beschäftigt sich dieses Teilprojekt mit dem Einsatz von neuen Materialien wie z.B. hochfesten Beton, intelligente und selbst reparierende Materialien.

Prozesse

In vielen Industrieunternehmen ist der Ablauf der Prozesse sehr gut optimiert. Man denke nur an den Flugzeugbau, wo die Lage jeder der Millionen Bauteile jederzeit elektronisch abrufbar ist und die Arbeitsvorgänge exakt nach vorgegebenem Schema ablaufen. In gewisser Beziehung kann man eine Tunnelbaustelle mit TBM Vortrieb auch als eine Fabrik betrachten. Leider sind derzeit die Abläufe nicht so optimal geregelt. Ideal wäre es wenn man alle relevante Daten über die gesamte Lebenszeit d.h. von der Planung, Bemessung, Bauausführung, Wartung bis zur Dekommisionierung auf Knopfdruck abfragen könnte. Interessant wäre vor allem der kontinuierliche Vergleich von Messung mit Ergebnissen von numerischen Simulationen und die ständige Verbesserung der Kenntnisse der geologischen Verhältnisse während des Bauablaufs. Die Situation derzeit ist, dass Daten teilweise in unterschiedlichen Formaten abgespeichert sind, was den Zugriff erschwert. Auch gibt es derzeit keine Möglichkeit die Gesamtkosten eines Tunnels zu bestimmen. Ziel des Teilprojekts ist es eine einheitliche Datenstruktur für den Tunnelbau zu entwickeln, bei dem alle Daten auf Knopfdruck abgefragt bzw. aktualisiert werden können. Dies, zusammen mit innovativen Visualisierungsmethoden wie z.B. virtueller Realität, erlaubt dem Tunnelbauingenieur zu jeder Zeit über einen tragbaren Computer einen raschen und problemlosen Überblick über die gegenwärtige Situation.

Wartung und Instandsetzung

Ein wesentlicher Bestandteil, der oft in einer Kostenberechnung

vernachlässigt wird sind die Wartungs- und Instandsetzungskosten. Diese sind über die Lebenszeit eines Tunnels signifikant und vergleichbar mit den Baukosten. Die Wartungskosten hängen sehr stark vom Verschleiß der verwendeten Materialien ab. Die derzeit in regelmäßigen Abständen notwendigen Inspektionen sind auch ein wichtiger Kostenfaktor, wobei man hier auch die Kosten der Gesellschaft berücksichtigen muss. Tunnelsperren wegen Wartungsarbeiten führen zu Verkehrsbehinderungen und zu Risiken. So wurde z.B. einer der bekannten verheerenden Feuerunfällen durch die Absperrung einer Richtungsfahrbahn im Tunnel für Wartungsarbeiten verursacht. Ziel dieses Teilprojekts ist es den Aufwand für die Wartung durch den Einsatz von eingebetteten Messsensoren und Robotern wesentlich zu verringern.

Technologie Transfer und das Image der Bauindustrie

In der Gesellschaft hat die Bauindustrie oft den Ruf einer low-tech, umweltfeindlichen Industrie. Ein Ziel des Projekts wird es auch sein dieses Image zu ändern und die Bauindustrie als jene zu präsentieren, die es mit Hilfe von modernsten Technologien möglich macht die Lebensqualität zu erhöhen. Dadurch sollen auch in Zukunft mehr junge Leute dazu animiert werden Bauingenieurwesen zu studieren (derzeit sind die Studentenzahlen in einigen EU Ländern inklusive Österreich rückläufig). Es ist geplant, die im Projekt entwickelten Innovationen in die Vorlesungen einfließen zu lassen, sodass sie universitäre Ausbildung am letzten Stand ist. Ein zweiter wichtiger Aspekt ist der Technologietransfer. Am Ende des Projekts muss die Reduktion der Baukosten und Bauzeit nachgewiesen werden. Daher werden alle entwickelten Prototypen an Tunnelbaustellen ausführlich getestet. Im Konsortium befinden sich auch Tunnelbetreiber und Bauräger, die den Zutritt zu den Baustellen zugesagt haben.

Integrated European research project: Technology Innovation in Underground Construction (TUNCONSTRUCT)

The utilization of the underground space can have a significant impact on living conditions. One can think of the contribution underground trains make to the reduction of pollution and of innovative ideas for sending freight underground. In general it can be said that underground space is currently underused. One can envisage a city of the future that has virtually no vehicle traffic above ground, thereby freeing space for parks and recreational facilities (Figure 1). One of the reasons that underground space is underutilized is because, as compared to above ground construction, underground construction is still too risky and expensive. The aim of the project is to make underground construction significantly less risky and expensive by introducing innovative technology. This should free the way for the introduction of innovative solutions that have been proposed for the transport infrastructure and cities. The integrated project TUNCONSTRUCT gathers many of the main players in industry, research and business in a consortium of 35 partners from 11 countries of the European Union. The total budget for the 4 year project is 26 Mio €, of which 14 Mio € is provided by the European Commission. The planned innovations involve all aspects of underground construction and can be divided into the following areas:

- Prediction and design
- Construction equipment
- Processes
- Maintenance and repair