

# Innovationsmanagement als unternehmerische Erfolgsstrategie - Überlegungen zu Innovationsaktivitäten im Schweizer Tunnelbau

**Conference Paper**

**Author(s):**

Girmscheid, Gerhard; Hartmann, Andreas

**Publication date:**

1999

**Permanent link:**

<https://doi.org/https://doi.org/10.3929/ethz-a-005998161>

**Rights / license:**

In Copyright - Non-Commercial Use Permitted

**Originally published in:**

Tunnel 18

# Innovationsmanagement als unternehmerische Erfolgsstrategie – Überlegungen zu Innovationsaktivitäten im Schweizer Tunnelbau

Gerhard Girmscheid, Andreas Hartmann

Innovationen bieten die Chance für eine langfristige, wirtschaftlich erfolgreiche Unternehmensentwicklung. Anhand aktueller Innovationen und innovativer Entwicklungstendenzen im Schweizer Tunnelbau werden Möglichkeiten und Bedingungen untersucht, durch ein kundenorientiertes Innovationsmanagement diese Chance zu nutzen.

Seit der Mitte des 19. Jahrhunderts haben sich im modernen Tunnelbau enorme Entwicklungssprünge vor allem in der Material- und Maschinenteknik vollzogen. Am Anfang war die Entwicklung einer Neuerung eher dem Zufall überlassen, und die Prozesse von der Ideenfindung bis zur -umsetzung liefen meist unkoordiniert ab. Heute verlangen das vorhandene technische Wissen und die gewachsenen Anforderungen an Bauwerk und Bauprozess eine gezielte Suche nach neuen Ideen sowie die Umsetzung von tech-

nisch und wirtschaftlich realisierbaren, sozial- und umweltgerechten Lösungen komplexer Problemstellungen. Dies erfordert ein systematisches und gesteuertes Vorgehen der Entwicklungstätigkeiten, damit das Ergebnis eine effektive und effiziente Neuerung ist. Ob die

Neuerung Erfolg hat, hängt zudem in entscheidendem Maße von ihrer Kundenorientierung ab. Erst wenn sie zum Nutzen des Kunden eingesetzt werden kann, wird sie am Markt bestehen können. Die Neuerung kann als Innovation bezeichnet werden.

Durch den Aufbau eines kundenorientierten Innovationsmanagements können Unternehmen den Markterfolg von Neuerungen nachhaltig verbessern. Die Erkenntnis, daß damit dem Unternehmen ein Instrument zur Verfügung steht, um langfristig wettbewerbsfähig zu bleiben, hat sich spätestens seit dem erhöhten Wettbewerbsdruck und dem einge-

setzten Strukturwandel auch in der Bauwirtschaft durchgesetzt.

## 1 Merkmale von Innovationen

Innovation ist heute ein häufig benutzter Begriff für jegliche Art von Veränderungen. Der Ursprung liegt im lateinischen „innovatio“ mit der Bedeutung „Erneuerung“. Verschiedenartige Begriffsauffassungen lassen eine innerbetriebliche Auseinandersetzung mit dem, was als innovativ anzusehen ist, erforderlich werden. Denn Erneuerung verlangt die Auseinandersetzung mit vorher nicht bekannten Problemen bzw. die Lösung dieser Probleme auf neuartige Weise. Die Behandlung von innovativen Problemstellungen mit in Routinetätigkeiten bewährten Lösungen ist nicht erfolgversprechend. Je nach Bedeutung und Ausmaß der angestrebten innovativen Entwicklung ist der Innovationsgehalt des Problems vorab zu klären und eine sachgerechte Einstufung und Inangriffnahme der Innovationsproblematik vorzunehmen. Gleichzeitig wird zur Reduzierung der Unsicherheit, die mit jeder Neuerung verbunden ist, die Wahl geeigneter und angemessener Methoden und Mittel notwendig. Voraussetzung für die richtige innerbe-



1 SCC-Beton bei der Konsistenzermittlung

Prof. Dr.-Ing. Gerhard Girmscheid, Leiter des Institutes für Bauplanung und Baubetrieb Bereich Baubetriebswissenschaften und Bauverfahrenstechnik, ETH Zürich/CH; Dipl.-Ing. Andreas Hartmann, Assistent am Institut für Bauplanung und Baubetrieb, Bereich Baubetriebswissenschaften und Bauverfahrenstechnik, ETH Zürich/CH

triebliche Einschätzung und Einordnung innovativer Problemstellungen ist die Kenntnis der grundsätzlichen Merkmale von Innovationen:

- der Neuartigkeit
- der wirtschaftlichen Relevanz
- der Komplexität und
- des Risikos.

Durch sie setzen sich Innovationen von Routinelösungen ab.

## 2 Gegenstand von Innovationen


Das Hauptaugenmerk innovativer Veränderungen in Unternehmen gilt der Unternehmensleistung. Danach lassen sich zwei Arten von Innovationen voneinander abgrenzen, die auch als technische Innovationen bezeichnet werden:

### 2.1 Produktinnovation


Unter Produktinnovation ist die Schaffung neuer Produkte und die Weiterentwicklung vorhandener Produkte sowie deren erfolgreicher Absatz zu verstehen. Im Mittelpunkt der Veränderungen stehen die Produktfunktionen, die neue Bedürfnisse oder bestehende Bedürfnisse besser erfüllen sollen. Ziele, die mit Produktinnovationen verfolgt werden, sind z. B. ein höherer Ertrag oder die Erschließung neuer Absatzmärkte.

Das Produkt im Bauwesen ist primär das Bauwerk. Demnach könnte bei einer neuen Funktion oder einer funktionalen Verbesserung des Bauwerkes von einer Innovation gesprochen werden. Im wesentlichen ändern sich die Funktionen von Bauwerken nicht. Vielmehr werden Eigenschaften des Bauwerkes, wie z. B. Dauerhaftigkeit, so verändert, daß eine bessere Funktionserfüllung erreicht bzw. die Erstellung

### La gestion des innovations comme stratégie d'entreprise – Réflexions sur les activités innovatrices dans les constructions de tunnels en Suisse

 Les innovations contribuent au succès économique de l'évolution à long terme des entreprises. Elles constituent une chance dont les possibilités et conditions d'utilisation par une gestion ciblée en fonction des besoins spécifiques des clients sont étudiées à l'exemple des innovations actuelles et tendances innovatrices dans la construction des tunnels en Suisse.

### Management dell'innovazione come strategia imprenditoriale di successo – Riflessioni sulle attività innovative nella perforazione in galleria in Svizzera

 Le innovazioni offrono l'opportunità di sviluppo aziendale a lungo termine e di successo dal punto di vista economico. Sulla base delle recenti innovazioni e tendenze di sviluppo innovative nella perforazione in galleria in Svizzera vengono esaminate possibilità e condizioni per sfruttare questa opportunità attraverso un management dell'innovazione che vada a beneficio del cliente.

### Innovation Management as an entrepreneurial Success Strategy – Reflections on Innovation Activities in Swiss Tunnelling

 Innovations afford the opportunity for a long-term, economically successful company development. On the basis of current innovations and innovative developments trends in Swiss tunnelling, possibilities and conditions are investigated, which exploit this chance through client-orientated innovation management.

des Bauwerkes unter gegebenen Randbedingungen erst ermöglicht wird.

Bei der Suche nach Ansätzen für Veränderungen von Bauwerkseigenschaften gelangt man von der gesamthaften zu einer detaillierten Betrachtung des Bauwerkes. Die verschiedenen technischen Komponenten (Bauteile) eines Bauwerkes besitzen wiederum bestimmte Funktionen und Eigenschaften. Im Beispiel eines Tunnelbauwerkes übernimmt das Bauteil Tunnelschale statische Funktionen und trägt

durch neue und verbesserte Eigenschaften, wie z. B. Dichtigkeit, zur Verbesserung der Gesamteigenschaften des Tunnels bei.

Eine weitere Detaillierung führt zu den Grundelementen des Bauwerkes, den Baustoffen. Neue und verbesserte Baustoffe bzw. Baustoffeigenschaften bilden einen Ausgangspunkt für innovative Produktentwicklungen in der Bauwirtschaft.

Beispiel: Self Compacting Concrete (SCC). Beim SCC handelt sich um einen Beton, bei dem die Nachverdichtung

mittels Tauch- oder Schalungsrüttler ganz entfällt und auch kleine, enge Hohlräume zuverlässig verfüllbar sind. Die Fließfähigkeit von Betonen wurde bisher über den Wassergehalt erreicht, was oft zu einem schlechten inneren Zusammenhalt der Mischung und als Folge zu einer niedrigen Betonqualität hinsichtlich der Dichtigkeit führte. Durch seine speziellen Betonrezepturen und die Zugabe neuer Betonzusatzmittel verursacht der SCC trotz Fließfähigkeit keine Minderung der Betonqualität (Bild 1). Ursprünglich aus Japan stammend, wurde das Potential des SCC auch in der Schweiz erkannt und hat zu ersten intensiven material- und verfahrenstechnischen Versuchen geführt. Mit kleineren Anwendungen, z. B. als Verfüllbeton von Rohren eines Pressvortriebes in Zürich oder bei der Instandsetzung des St. Bernadino, beginnt auch seine praktische Verwendung [1, 2].

Einen weiteren Ausgangspunkt stellt das zwischen den drei Betrachtungsebenen Baustoffe – Bauteile – Bauwerk als Verbindungselement fungierende Konstruktionsprinzip dar. Beim Tunnelbauwerk sind als Konstruktionsprinzip die zwei- oder einschalige Tunnelauskleidung zu nennen. Die Abhängigkeit zwischen Konstruktionsprinzip und Bauteil- bzw. Bauwerkseigenschaften wird bei Anwendung des SCC für die Tunnelschale ersichtlich. Mit dem SCC könnte die Verknüpfung der Vorteile des zwei- mit denen des einschaligen Ausbaus gelingen. Dünne Gewölbeschalen, die nur die statisch notwendige Stärke aufweisen, werden mit einem Beton erstellt, der mit normalem Schalbeton vergleichbare Eigenschaften besitzt [1].



2 Spritzmobil mit Funkfernbedienung (Quelle: MBT)

## 2.2 Prozeßinnovation

Prozeßinnovationen dienen in erster Linie der Neugestaltung der im Unternehmen für die Leistungserstellung notwendigen Produktionsprozesse. Darüber hinaus können auch die Prozesse von Planungs- und Betreiberleistungen Gegenstand innovativer Entwicklungen sein.

Im Mittelpunkt der Veränderungen stehen die Produktionsfaktoren, die in neuartiger Weise miteinander kombiniert oder selbst neu bzw. weiterentwickelt werden, hier insbesondere die Arbeitsmittel. Ziele, die mit Prozeßinnovationen verfolgt werden,

sind z. B. die Senkung der Herstellkosten oder die Steigerung der Produktqualität.

Innovationen in den Produktionsprozessen beinhalten vornehmlich die weitgehende Übernahme von Teilfunktionen menschlicher Arbeit durch maschinelle Einrichtungen. Mechanisierung und Automatisierung sind in allen Prozeßklassen anzutreffen.

### a) Fertigungsprozesse

Beispiel: Spritzbetonapplikation. Am Anfang des Spritzbetons wurde die Spritzdüse zum Applizieren des Betons ausschließlich handgeführt. Um den Düsenführer von Gefährdungsbe-

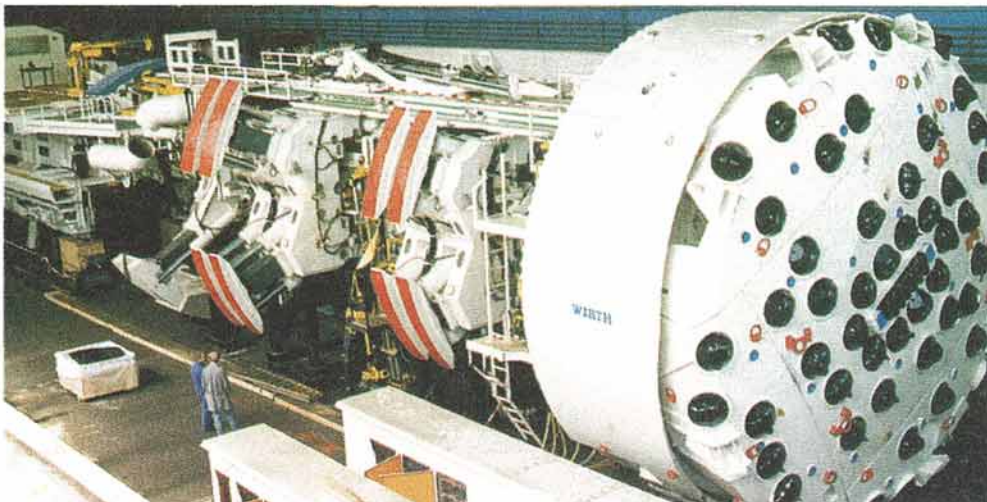
reichen fernzuhalten und die Spritzleistung zu steigern, wurden Spritzmanipulatoren entwickelt, bei denen die Düse an einem Ausleger beweglich montiert ist und aus sicherer Entfernung vom Düsenführer gesteuert wird (Bild 2). Aufgrund der schwierigen Beurteilung des aufgespritzten Betons durch den Spritznebel kann die Qualität des mit Manipulatoren aufgetragenen Spritzbetons noch nicht als gut bezeichnet werden. Der nächste Entwicklungsschritt umfaßt daher die vollautomatische Spritzbetonapplikation mit einem Spritzroboter, der auf Grundlage der mit einem Laserdi-

stometer abgescannten Tunneloberfläche und unter Berücksichtigung von Staub und Rückprall selbstgesteuert den Spritzbeton auftragen soll.

Beispiel: TBM. Die Vortriebsleistungen von Gripper TBM werden neben der Bohrdauer eines Hubs maßgeblich durch die Zeit für einen nötigen Sicherungseinbau bestimmt. Neu- und Weiterentwicklungen zielen darauf ab, die Sicherungsarbeiten weitgehend zu mechanisieren, um auch bei schlechteren Gebirgsverhältnissen hohe Vortriebsgeschwindigkeiten beibehalten zu können. Dazu gehören z. B. Erektoren zum Versetzen von Stahlbögen, Ankerbohr- und -setzeinrichtungen und rundum laufende Spritzautomaten, wie sie beim TBM-Vortrieb des Vereinatunnels Anwendung fanden (Bild 3). Des Weiteren wird angestrebt, bei hohen Gebirgsdrücken ein Verkleben der TBM zu verhindern, indem der Durchmesser von Bohrkopf (Bild 4) und Bohrkopfschild (Bild 5) vergrößert werden kann [3]. Die Flexibilität heutiger Tunnelvortriebsmaschinen läßt die Grenze zwischen TBM und Schildmaschinen verschwimmen. Um sich wechselnden geologischen Verhältnissen anpassen und auch Tunnel mit unterschiedlicher Geologie maschinell auffahren zu können, wurden z. B. Mixschilder entwickelt und beim Anschlußstollen Glatt sowie im Tunnel Zürich-Thalwil eingesetzt (Bild 6).

### b) Transportprozesse

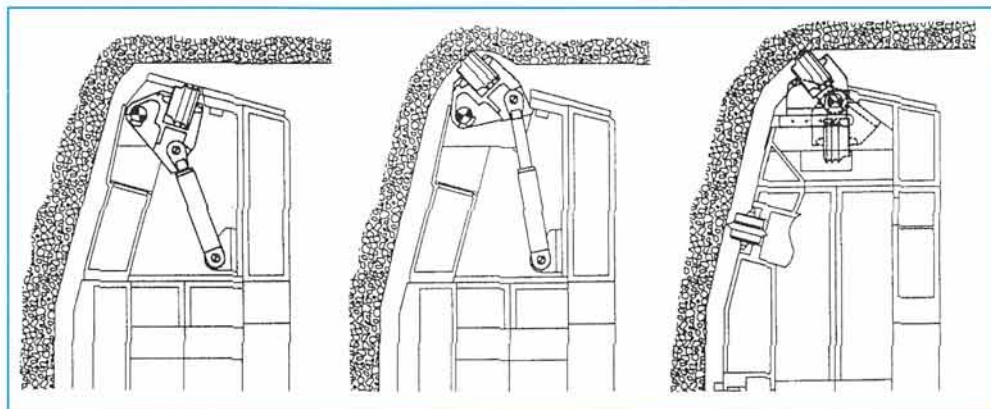
Beispiel: Bandspeicher. Beim Einsatz von Bandförderern zum Abtransport des Ausbruchmaterials aus dem Tunnel sind die Bänder über die Förderstrecke kontinuierlich und mit möglichst wenigen Übergangspunkten zu



3 Gripper TBM – Vereinatunnel (Quelle: Wirth)

installieren, um eine hohe Leistung und eine geringe Staubentwicklung zu gewährleisten. Zudem müssen die Bänder dem Baufortschritt entsprechend verlängerbar sein. Die Entwicklung von Bandspeicheranlagen, die am Ende vor dem festen Abwurfbereich angeordnet werden, ermöglichte kontinuierlich hohe Förderleistungen, geringe Staubbelastung und niedrigen Bedienungs- und Wartungsaufwand. Das Band durchläuft den Bandspeicher in mehreren Lagen. Beim Vortrieb wird der Bandspeicher wie ein Flaschenzug immer weiter zusammengezogen, bis das Verlängerungsband aufgebraucht ist. Das Verlängerungsband wird dann aufgeschnitten und ein neues eingeschweißt. Der Anschlußstollen Glatt und der Tunnel Zürich-Thalwil können als Anwendungsbeispiele genannt werden (Bild 7).

Beispiel: Dumper Vierradlenkung. Der Transport des Ausbruchmaterials trifft im Tunnelbau auf erschwerte Bedingungen. Ohne die Möglichkeit des seitlichen Ausweichens im Querschnitt müssen beträchtliche Schüttmassen über ständig wachsende Distanzen befördert werden. Innovative Transportlösungen müssen die engen Platzverhältnisse mit eingeschränkten Wendemöglichkeiten, die gegenseitige Behinderung von Fahrzeugen und parallellaufenden Arbeiten sowie die schlechten Sichtverhältnisse berücksichtigen. Allradgelenkte Dumper sind z. B. eine solche innovative Lösung. Beim Sprengvortrieb des Bahntunnels Saint-Aubin-Sauges konnten durch den Einsatz von Dumpfern mit Allradlenkung langwierige und gefährliche Rangiermanöver und



4 Vergrößerung des Bohrdurchmessers (Quelle: Wirth)

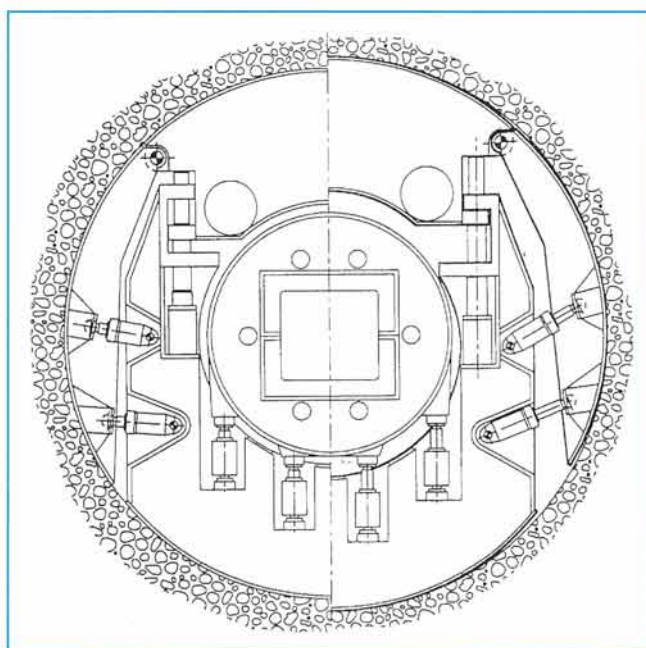
das Rückwärtsfahren zu Wendebuchten vermieden werden. Die Allradlenkung verschaffte den 32,5 t schweren Dumpfern eine bisher nicht erreichte Wendigkeit. Die 7,8 m langen Kipper konnten ohne Zurücksetzen auf einer Breite von 12,4 m wenden, bei einmaligem Zurücksetzen genügten bereits 10 m [4]. Andere Beispiele für innovative Transportlösungen bei Pneubetrieb sind Wendefahrerstand, Niederemissionsmotoren, Abgasreinigung, spezielle Wendevorrichtungen, Wechseldulden u. a.

#### c) Kontrollprozesse

Beispiel: Fahrwegüberwachung. Eine Innovation, die Transportprozesse unterstützt, ist die Video-Fahrwegüberwachung bei gleisgebundener Schutterung. Durch sie wird es möglich, bei behinderter Sicht durch Einbauten, Kurven oder ungünstige Wagenquerschnitte freie Sicht auf die Fahrstrecke zu behalten und evtl. Gefahrensituationen rechtzeitig zu erkennen. Beim Bau des Druckstollens Amsteg wurde z. B. ein drahtloses Überwachungssystem eingesetzt, welches

die Bilddaten über Funk zum Führerstand leitet. Der Fahrweg wurde über Monitore überwacht, wobei sich das System auch für die Kontrolle des Beladevorganges einsetzen läßt. Verschiedene Arbeitsstellen können so von einer einzigen Person kontrolliert werden. Die drahtlose Übertragung gestattet zudem ein flexibles Zusammensetzen der Züge, ohne daß Kabel neu miteinander verbunden werden müssen [5].

Beispiel: Seismische Vorauserkundung. Um Aussagen über den Aufbau und die felsmechanischen Eigenschaften des Gebirges im Vortriebsbereich treffen zu können, wurde ein Meßverfahren entwickelt, mit dem Änderungen im Vor- und Umfeld des Gebirges vorhergesagt und felsmechanische Parameter festgestellt werden können. Ausgesendete akustische Signale werden von möglichen Störungen des Gebirges reflektiert, und aus den Echolaufzeiten werden Raumlage, Schnittwinkel mit der Tunnelachse und Distanz zur Tunnelbrust bestimmt. Das Meßverfahren wurde in erster Linie zur Unterstützung des Fertigstellungsprozesses beim Vortrieb mit Tunnelbohrmaschinen entwickelt, um durch das rechtzeitige Lokalisieren von kriti-



5 Vergrößerung des Bohrkopfschildes (Quelle: Wirth)



6 Tunnelvortriebsmaschine mit Mixschild – Tunnel Zürich–Thalwil (Quelle: Herrenknecht)

schen Gebirgsbereichen einen permanenten Vortrieb zu gewährleisten. Zum Einsatz gelangte das Meßverfahren z. B. beim TBM-Vortrieb des Vereinatunnels [6] und wird eine Weiterentwicklung im Rahmen der NEAT erfahren. d) Wartungsprozesse

Beispiel: Teleservice. Durch die gewaltigen Fortschritte in der Telekommunikation können Maschinenhersteller und -betreiber ihre Geräte weltweit überwachen und betreuen. Erste Maschinendatenerfassungen sind bei Großgeräten schon im Einsatz. Die Datenübertragung kann über Funk, Mobiltelefonnetz oder Satellitenkommunikation erfolgen. Zustandsdaten von Baugruppen, Positionsdaten aktueller Bewegungsvorgänge u. a. können durch Überwachungssensoren erfaßt und online ausgewertet werden. Den Maschinenführer warnen die Daten rechtzeitig vor Störungen. Fernabfragen erlauben permanente Kon-

trollen des Betriebszustandes. Die Einrichtungen, um eine Maschine online überwachen zu können, werden unter dem Begriff Teleservice zusammengefaßt. Mit Hilfe der Online-Überwachung lassen sich Serviceleistungen erheblich effizienter und gün-

stiger ausführen, da Wartungsintervalle nicht mehr fix nach einer gewissen Anzahl von Betriebsstunden ausgelegt werden müssen, sondern sich nach den technischen Indikatoren richten. Ausfallzeiten und Unterhaltskosten können reduziert werden [7].



7 Bandspeicheranlage – Anschlußstollen Glatt (Quelle: Rowa)

### 3 Anwendungsbereich von Innovationen

Die Betrachtung der Anwendungsbereiche von Innovationen erscheint für die Einschätzung der Möglichkeiten und Bedingungen einer erfolgreichen Realisierung von Innovationen sinnvoll. Es lassen sich drei Anwendungsbereiche unterscheiden:

#### 3.1 Projektunabhängige Innovationen

Projektunabhängige Innovationen besitzen einen breiten Anwendungsbereich, der einzelne Phasen oder den gesamten Bauprozess von der Planung bis zur Ausführung umfassen kann. Sie stellen Entwicklungen dar, die aus anderen Industriebereichen direkt oder modifiziert übernommen wurden (z. B. Kommunikationstechnik) bzw. grundlegende Problemlösungen für die Bauwirtschaft anbieten (z. B. Fernüberwachung von Baumaschinen). Danach erfolgt der Anstoß zum einen durch technische Neuerungen anderer Industriebereiche, zum anderen durch Veränderungen in den Rahmenbedingungen des Baumarktes bzw. durch die Rahmenbedingungen selbst.

Beispiel: Navigation von Baumaschinen. Sind bei konventioneller Spurführung und Niveauregelung im Straßen- und Tiefbau aufwendige Führungsdrähte und Absteckungen einzurichten, reduzieren motorisierte Tachymeter oder GPS den Vermessungsaufwand erheblich. Auch im Tunnelbau mit erhöhter Belastung durch Staub und Abgase sowie künstlicher Beleuchtung erleichtern Navigationssysteme für Transport- und Abbaugeräte die notwendigen Kontrollprozesse.

Beispiel: Flexibilität von Baumaschinen. Baumaschinen sind heute vielfach als universell einsetzbare Geräteplattformen konzipiert, um für verschiedene Fertigungs- und Transportprozesse zur Verfügung zu stehen. Bohrjumbos finden Verwendung als Träger- und Energiequelle sowohl für Bohrausrüstungen als auch zum Setzen von Anker und zum Injizieren. Der modulartige Aufbau von Basisgeräten gestattet eine schnelle und kostengünstige Anpassung an häufig wechselnde Bauaufgaben.

Projektunabhängige Innovationen sind meist das Ergebnis von Forschungs- und Entwicklungstätigkeiten (F&E) in Unternehmen der Maschinen- und Baustoffindustrie. Unternehmen der Bauwirtschaft treten in erster Linie als Nutzer projektunabhängiger Innovationen auf. Für sie besteht die Aufgabe, projektunabhängige Innovationen in ihrem Nutzen für das Unternehmen richtig zu bewerten und rechtzeitig einzuführen. Nur so wird mit ihnen ein Wettbewerbsvorteil zu erringen sein.

### 3.2 Projektübergreifende Innovationen

Projektübergreifende Innovationen sind Entwicklungen, deren Anwendungsbereiche sich aus einer für verschiedene Bauprojekte gültigen Problemstellung ergeben und Projekte gleicher oder verschiedener Sparten (z. B. Tunnelbau, Brückenbau) der Bauwirtschaft umfassen können.

Den Anstoß geben Erkenntnisse aus der Forschung sowie das gesammelte Know-how aus früheren Projekten, die Potentiale für innovative Neu- und Weiterentwicklungen erkennen lassen bzw. projektübergreifen-



8 Computerunterstütztes Bohren von Sprenglöchern (Quelle: Atlas Copco)

de Problemstellungen aufdecken. Die von konkreten Projekten losgelöste Problemstellung erlaubt für die Lösungssuche einen der Problemstellung angemessenen Zeit- und Kostenrahmen. Entsprechend lassen sich mit projektübergreifenden Innovationen auch Lösungen entwickeln, die auf Erkenntnisse von tiefgehenden F&E-Tätigkeiten und Marktuntersuchungen zurückgreifen können, die Neuartigkeit der angestrebten Lösung kann steigern.

Unternehmen der Bauwirtschaft kann bei der Realisierung von projektübergreifenden Innovationen sowohl eine passive als auch eine aktive Rolle zukommen. In der passiven Rolle treten sie als Kunden auf, die ihre Erfahrungen als Bedürfnisse an Maschinen-, Baustoff- und Softwarehersteller weitergeben, die diese dann in Neu- bzw. Weiterentwicklungen umsetzen. Die Entwicklungs-

ergebnisse stehen in der Regel dem gesamten Baumarkt zur Verfügung. Für das einzelne Planungs- bzw. ausführende Unternehmen beschränkt sich damit der erzielbare Wettbewerbsvorteil auf eine frühzeitige Beteiligung bei der Diffusion von Forschungs- und Entwicklungsergebnissen in wirtschaftlich anwendbare Neuerungen.

Beispiel: Profilgenaues Sprengen. Mehr- oder Minderausbruch beim Sprengvortrieb ist mit erheblichen Mehrkosten verbunden. Um den erwünschten Ausbruch erzielen zu können, wurden Bohrwagen entwickelt, die es dem Bediener erlauben, die Sprenglöcher an der Ortsbrust anhand eines vorgegebenen Sprengbildes mit Bohrlochansatzpunkten und Auslenkung des Bohrloches computerunterstützt zu bohren (Bild 8). Die tatsächlich während des Bohrvorganges erreichten Bohrdaten werden

abgespeichert und mit den geforderten Daten verglichen. Profilgenaues Sprengen verringert zudem die Sprengerschütterungen, wodurch der Sprengvortrieb auch bei relativ nahe zum Tunnel liegender Bebauung zum Einsatz gelangen kann. Der Fensterstollen Mitholz und der Straßentunnel Gorges du Seyon bei Neuchâtel sind Beispiele für erste erfolgreiche Anwendungen in der Schweiz [8, 9]. Das profilgenaue Sprengen kann unter Verwendung elektronischer Zünder noch verbessert werden, da diese praktisch keine Streuungen bei den Verzögerungszeiten aufweisen und eine Zündgenauigkeit besser als 1/1000 s besitzen. Weitere Entwicklungen in der Bohr- und Sprengtechnik gehen in Richtung verpumpbarer Sprengstoffe, Reduktion der Sprengstoffmenge und Anzahl der Sprenglöcher, Reduzierung der Toxizität der Sprengstoffe u. a.

Beispiel: Zusatzmittel zur Hydratationssteuerung beim Naßspritzverfahren. Bei Spritzbetonmischungen setzt nach 1,5–2 Stunden die Zementhydratation ein. Lange Transportwege vom Betonwerk zur Baustelle, Verzögerungen im Vortrieb und das Versagen von Maschinen erhöhen die Gefahr eines späteren Einbaus, der den Rückprall steigert und die erreichbaren Festigkeiten senkt. Zusatzmittel zur Steuerung der Zementhydratation (z. B. Delvocrete) verlängern die Verarbeitungszeit erheblich. Sie stellen sicher, daß zum Zeitpunkt der Applikation nur eine beschränkte oder noch gar keine Zementhydratation stattgefunden hat. Durch die Stabilisierung des Spritzbetons bis zu 72 Stunden entfallen zeitraubende Reinigungen der Leitungen. Die Anwendung des Naßspritzverfahrens läßt sich nunmehr zeitlich und in den aufgebrauchten Mengen viel flexibler gestalten, was mit beachtlichen Kosteneinsparungen verbunden ist [10].

In der aktiven Rolle können Unternehmen der Bauwirtschaft aufbauend auf ihrem Know-how Lösungsansätze für erkannte Problemstellungen selbst erarbeiten. Sie können je nach Bedarf Kooperationen mit anderen Unternehmen oder mit Forschungseinrichtungen eingehen. Die Zusammenarbeit kann in mehreren oder einzelnen Phasen des Innovationsprozesses stattfinden. Des weiteren besteht die Möglichkeit, die komplette Problemlösung als Auftrag zu vergeben. Mit der aktiven Realisierung von projektübergreifenden Innovationen können Unternehmen der Bauwirtschaft einen Know-how-Vorsprung erwerben, der sich in Verbindung mit einer

strategischen Grundausrichtung in langfristige Wettbewerbsvorteile umsetzen läßt.

Beispiel: Neue Lösungen für den Tunnelausbau. Neben dem bereits erwähnten SCC haben weitere Materialien und Bauteile Stadien in der Entwicklung erreicht, in denen sie sich als wirtschaftlich vielversprechende Neuerungen für den Tunnelausbau erweisen könnten. Die gespritzten Abdichtungsfolien gehören dazu. Die Folie wird dabei auf eine vliesartige Drainmatte aufgebracht und durch eine innere Betonschicht eingedeckt. Durch die Verbundwirkung der Spritzfolie entsteht ein neues statisches System. Neuere Foliensysteme könnten auch mit Deckschichten aus Spritzbeton oder SCC versehen und so zur Herstellung von zweischaligen Ausbausystemen mit dünnen Innenschalen genutzt werden. Da die Folien auf dem Untergrund haften, besitzen sie einen wasserdrängenden Effekt. Für dünne Innenschalen bedarf es daher einer wirksamen Drainage. Einige Punkte bleiben noch offen und bedürfen weiterer Untersuchungen. So könnten die Folien im Brandfall ein Sicherheitsrisiko darstellen. Zufließendes Wasser schwemmt die frisch aufgespritzte Folie weg, weshalb Vorabdichtungen notwendig sind. Die hochentwickelten Folien sind verhältnismäßig teuer. Dennoch überwiegen die Potentiale, eine weitere Auseinandersetzung erscheint lohnend [1].

### 3.3 Projektabhängige Innovationen

Projektabhängige Innovationen sind Entwicklungen, deren Anwendungsbereich sich auf konkrete Bauprojekte beschränkt. Die Übertragbarkeit der Entwicklung auf

andere Projekte ist normalerweise gering.

Den Anstoß geben die spezifischen Gegebenheiten und Vorgaben eines Projektes, die Problemstellungen zur Folge haben, welche mit den bekannten, konventionellen Methoden und Mitteln nicht zu lösen sind. Die an ein konkretes Projekt gebundene Problemstellung zwingt den zeitlichen und finanziellen Rahmen, sich am Zeit- und Kostenbudget des Projektes auszurichten. Werden vom Bauherrn nicht ausdrücklich innovative Lösungen gefordert, ermöglichen die kurzen Projektbearbeitungszeiten sowie die begrenzten finanziellen und personellen Mittel oftmals nur Neuerungen mit inkrementellem Charakter, bzw. der mögliche Nutzen kann nicht vollends erreicht werden.

Meist basieren die Lösungen projektabhängiger Innovationen auf bereits bestehenden Konzepten, die verbessert und den neuen Randbedingungen angepaßt werden. Entsprechend kann mit dem gewonnenen Know-how aus früheren Projekten ein Wettbewerbsvorteil errungen werden, der im Ausarbeiten und Anbieten einer besonders günstigen, qualitativ hochwertigen und/oder originellen Problemlösung für die anstehende Bauaufgabe besteht und die Ausführung des Bauauftrages zum Ergebnis hat. Die Chance, diesen Wettbewerbsvorteil nutzen zu können, erhöht sich beim frühzeitigen Zusammenführen des Know-hows durch verschiedene Formen der Kooperation unter Einbeziehung des Bauherren.

Der Vorteil, der mit projektabhängigen Innovationen zu erzielen ist, wird nur für die Dauer des Projektes wirksam bleiben.

Beispiel: Materialbewirtschaftung. Große Mengen an Ausbruchmaterial beim Lötschberg-Basistunnel (5 Mio. m<sup>3</sup>) und der Umstand, daß heute Entsorgungspraktiken wie künstlich angelegte Deponien den Umweltaanforderungen nicht mehr gerecht werden, zwangen die projektierenden Ingenieure, zusammen mit Umweltfachleuten und den zuständigen Behörden, ein Konzept zur Materialbewirtschaftung zu erarbeiten. Dabei wurden größtmögliche Rücksicht auf die Umwelt genommen, die Anliegen der Region berücksichtigt und eine weitgehende Wiederverwendung des Ausbruchmaterials angestrebt. Zwar bedeutet die Materialbewirtschaftung einen gewissen Mehraufwand an Personal, doch mit der Aufbereitung und Verwertung des Ausbruchmaterials als Betonzuschlagstoff ist letztlich eine Kosteneinsparung zu erreichen [11]. Für den Gotthard-Basistunnel wurde ebenfalls ein Konzept zur Materialbewirtschaftung erarbeitet.

Beispiel: Hängebühne. Ein hoher, schmaler und kleiner Querschnitt, eine lange aufzufahrende Strecke, eine anspruchsvolle Logistik und hartes, zähes, standfestes Gestein führten beim Sprengvortrieb des Vereinatunnels Süd zu einer Vortriebsinstallation mit zweispurigem Gleisbetrieb und Hängebühne (Bild 9). Die Hängebühne integrierte ein Förderband, eine Wagenbeladung und eine 3-t-Kranbahn. Sie übernahm damit die Ver- und Entsorgung des Vortriebes. Da sie an Schienen aufgehängt wurde, konnte die 230 m lange Hängebühne die Parkzone für die Vortriebsgeräte, den Sohlenausbau, Umschlag- und Lagerplätze sowie einen

unter der Bühne stehenden Schutterzug überbrücken. Dadurch war ein kontinuierlicher Abtransport des Ausbruchmaterials bei gleichzeitiger Erstellung der Betonsohle möglich. Zudem konnten Auswirkungen von Störungen im rückwärtigen Bereich auf den Vortrieb vermindert werden [12]. Die für einen Sprengvortrieb erreichte Effizienzsteigerung war erheblich.

#### 4 Management von Innovationen

Neben dem Erkennen von Gegenstand und Anwendungsbereich innovativer Tätigkeiten gehört das systematische und zielorientierte Hervorbringen von Innovationen zu den wesentlichsten Voraussetzungen, um sich durch eine gesteigerte Wettbewerbsfähigkeit langfristig erfolgreich am Markt behaupten zu können. Zur erfolgreichen Initiierung und

Durchführung entsprechender Innovationsprojekte bedarf es eines Innovationsmanagements, das die Innovationsfähigkeit und die Innovationsbereitschaft des Unternehmens erhöht, indem es die dazu erforderlichen internen Rahmenbedingungen schafft. Ein solches Innovationsmanagement ist gesamtunternehmerisch und bereichsübergreifend zu verstehen und sein Erfolg ist in diesem Sinne abhängig von folgenden Faktoren [13]:

- Innovationsstrategie
- Organisationsstruktur
- Organisationsprozesse
- Unternehmenskultur
- Führungsstil
- Mitarbeitermanagement
- Kommunikationssystem.

Die Ausarbeitung einer Innovationsstrategie bildet die Grundlage für das systematische und zielorientierte Innovieren eines Unternehmens. Strukturelle Rahmenbedingungen müssen zum einen der Neuartigkeit von

Innovationen gerecht werden, indem sie genügend Freiraum für Kreativität und Eigeninitiative schaffen, und zum anderen eine zeitlich und finanziell abgesteckte Bewertung von Zwischen- und Endergebnissen zulassen, indem sie Verantwortlichkeiten festlegen und Entscheidungen vorbereiten. Eine für die Innovationstätigkeit förderliche Unternehmenskultur läßt Platz für neue Ideen und zeigt eine gewisse Risikobereitschaft und Fehlertoleranz. Zudem sind innovative Mitarbeiter zu fördern und gezielt zu qualifizieren. Informationen und innerbetriebliches Know-how sind dem gesamten Unternehmen zugänglich zu machen, und interne und externe Kommunikation sind mit Hilfe geeigneter Maßnahmen (z. B. Pausenräume, Informationssysteme) zu unterstützen.

Mit dem Aufbau eines Innovationsmanagements besteht für Unternehmen der

Bauwirtschaft die Möglichkeit, Innovationen zu generieren, die dem gezielten Ausbau ihrer Kernkompetenzen dienen und damit zu kompetitiven Konkurrenzvorteilen beitragen. Der wirtschaftliche Erfolg wird sich dabei in erster Linie über die Kundenorientierung der Neuentwicklungen einstellen. Der vorliegende Beitrag hat dazu einige Aspekte bautechnischer Innovationen näher untersucht und anhand von Innovationen aus dem Schweizer Tunnelbau illustriert. Die angestellten Überlegungen sollen Unternehmen der Bauwirtschaft anregen, sich verstärkt mit innovativen Entwicklungen auseinanderzusetzen und die Chance, die sie für eine langfristig erfolgreiche Unternehmensentwicklung bieten, zu nutzen.

#### Literatur:

- [1] Amberg, E.: Innovative Konzepte für den Tunnelbau. Schweizer Baublatt: Verkehrsbau. 99/1998, S. 33–36
- [2] Schlumpf, J.; Oppikofer R.: Selbstverdichtender Beton (SCC). Tunnel 4/1999, S. 87–93
- [3] Hentschel, H.: Durchschlag am Vereinatunnel. Tunnel 4/1997, S. 10–22
- [4] Drahtlose Fahrwegüberwachung in Tunneln mit Zugverkehr. Tunnel 4/1997, S. 66–67
- [5] Allradgelenkte Dumper im Tunnelvortrieb. Tunnel 4/1997, S. 67
- [6] Amberg, R.: Der Einsatz einer TBM bei hoher Überlagerung und großer Gebirgsfestigkeit. Felsbau 1/1994, S. 19–24
- [7] Lenfert, W.: Von maschinentechnischen Einzelentwicklungen zu vernetzten Bauprozessen. Bauwirtschaft 12/1997, S. 47–52
- [8] Stratmann, M.: Fensterstollen Mitholz: Profiligenauer Vortrieb mit Bohr- und Sprengarbeit. Tunnel 4/1997, S. 42–49
- [9] Profiligenauer Sprengvortrieb im Juramergel. Tunnel 4/1999, S. 84–86
- [10] Arild, T.: Spritzbeton für die Felsicherung. MBT International Underground Construction Group, 4. überarbeitete Auflage, 1996
- [11] Zermatten, M.; Robyr, E.: Materialbewirtschaftung Lötschberg-Basistunnel Süd. Tunnel 4/1999, S. 40–42
- [12] Gruber, L.: Hochleistungs-Sprengvortrieb Vereinatunnel Süd. Tunnel 4/1997, S. 23–30
- [13] Wagner, M.; Kreuter, A.: Erfolgsfaktoren innovativer Unternehmen. In: iomanagement. HandelsZeitung Fachverlag AG (1998), Nr. 10, S. 34–41



9 Hängebühne – Vereinatunnel (Quelle Rowa)