

Klaus Spies

Institut für Bergbaukunde II  
Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen, Deutschland

## **INNOVATIONSFÖRDERUNG DURCH MARKTORIENTIERTE ENTWICKLUNGS- STRATEGIE**

**Ein Beitrag zur Förderung der Kreativität in den Ingenieurwissenschaften**

### Zusammenfassung:

Besonders bei Innovationen und Diversifikationsbemühungen hat sich die marktorientierte Entwicklungsstrategie bewährt, die bei der praktischen Entwicklungsarbeit in der Industrie entstanden ist. Die Methode gestattet es, die beim Erfinden unbewußt ablaufenden kognitiven Denkprozesse in den Bereich des Bewußten zu verlagern und den "Erfindungssprung" in kleine überschaubare Schritte zu zerlegen.

Die Sicherung der Produktionsstandorte in den westlichen Industrieländern und die Bemühungen, in den Staaten des ehemaligen Ostblocks die Technologiestandards des Weltmarkts zu erreichen, machen in beiden Ländergruppen tiefgreifende Innovationen und die Entwicklung neuer Techniken erforderlich. In diesem Zusammenhang wird fast immer auch der vielzitierte "Erfindergeist" beschworen. Die Konstruktionsmethodik, die CAD-Technik, rechnerintegrierte Fertigungs- und Qualitätssicherungs-Systeme haben zwar die Produktentwicklung gegenüber früher revolutioniert und vielfältige neue Möglichkeiten der Beschleunigung, besseren Zielverfolgung und Kostensenkung geschaffen, zum eigentlichen Produktfindungsprozeß, zur Erarbeitung von neuen Produktideen, zum Finden neuer Techniken und zum Erfinden können sie jedoch wenig beitragen. Hier schließt die marktorientierte Entwicklungsstrategie, über die ich schon auf früheren konstruktionstechnischen Kolloquien und ICED-Konferenzen berichtet habe, eine immer größer werdende Bedarfslücke [1].

Schöpferische Ingenieurarbeit erfordert neben Fachkompetenz ein hohes Maß an Phantasie und Kreativität, zwei in der menschlichen Natur begründete Persönlichkeitsmerkmale, die durch elektronische Rechenanlagen nicht ersetzt werden können. Die Konstruktionsmethodik wäre hier besser geeignet, jedoch ist der kognitive Aufwand bei ihrem sehr abstrakt gehaltenen Formalismus sehr groß, so daß sie bei der Tagesarbeit in den Konstruktions- und Entwicklungsbüros leider noch nicht die von ihren Initiatoren angestrebte Anwendungsbreite gefunden hat.

Die marktorientierte Entwicklungsstrategie ist bei der praktischen Entwicklungsarbeit in einem unter hohem Konkurrenzdruck stehenden Industriezweig entstanden, sie berücksichtigt die

Marktmechanismen und hat sich in der Vergangenheit bei der Entwicklung neuer Technologien bereits vielfältig bewährt. Über die Grundsätze und Ablaufstrukturen der Methode habe ich bei früheren Gelegenheiten bereits mehrfach berichtet [2,3], heute möchte ich Ihnen die Bedeutung von Phantasie und Kreativität im konstruktiven Gestaltungsprozeß näher erläutern.

Kreativität und Phantasie spielen sowohl bei der Weiterentwicklung der Wissenschaft als auch in der Technik eine bedeutende Rolle. In der Wissenschaft bewirken sie Erkenntnissprünge von gesicherten Plattformen aus, die meist zu großen Fortschritten und erheblicher Wissensmehrung führen. In der Technik sind Phantasie und Kreativität unabdingbare Voraussetzung bei Innovationssprüngen, bei der Erarbeitung neuer Konzeptionen für vorgegebene Aufgabenstellungen und bei der Schaffung vollkommen neuer Technologien. An dieser Stelle sind die Appelle an den "Erfindergeist" einzuordnen. Allerdings kann die Tagesarbeit in den Konstruktionsbüros ebenfalls nicht ohne ein gewisses Maß an Kreativität erledigt werden.

Die Psychologen - vor allem in den USA - haben seit dem "Sputnik-Schock" in stark zunehmendem Maße damit begonnen, sich mit der Kreativität, ihrer Deutung und Förderung und vor allem ihrer gezielten Anwendung in schöpferischen Berufen zu befassen. Empfehlungen und Hilfen für den Konstruktionsprozeß sind dabei nicht herausgekommen. Ich habe vor etwa 25 Jahren aus ganz anderer Richtung versucht, das Wesen und die Bedeutung der Kreativität zu verstehen und zu erfassen. Meine damaligen Mitarbeiter und ich hielten uns für ein sehr kreatives Team, weil wir in einem schrumpfenden Markt durch Innovationen, vor allem durch Diversifikationen, den Bestand des Unternehmens sichern und durch zahlreiche neue Produkte die Geschäftstätigkeit ausweiten konnten. Um nicht auf mehr oder weniger zufällige Ideen und Erfindungen angewiesen zu sein, sondern die Kreativität gezielt und systematisch einsetzen zu können, haben wir uns nach der Entstehung innovativer Ideen und Erfindungen, nach der Erarbeitung neuartiger, häufig unkonventioneller Konzeptionen systematisch rückschauend gefragt, welche Voraussetzungen, Impulse und Zusammenhänge für das Zustandekommen der Erfindungen maßgebend waren. Dabei haben sich im Laufe der Zeit Erkenntnisse ergeben, welche die Grundlage für die Entwicklungsstrategie darstellten. Dies sind vor allem

- die ständige Marktbezogenheit des Entwicklungsgeschehens,
- die allgemeinen Gesetzmäßigkeiten beim technischen Entwicklungsgeschehen  
und
- die Grundbestandteile des technischen Erfindungsprozesses sowie
- die kognitiven Zusammenhänge beim Entstehen von Erfindungen.

Erfindungen im allgemeinen Sinne sind Einfälle der schöpferischen Phantasie, die nach den Formgesetzen der realen Welt oder einer geistigen Wirklichkeit zu einem Ding oder Werk gestaltet werden. Damit sind Erfindungen Ergebnisse kognitiver Denkprozesse, die meist im Unbewußten ablaufen. Sie bestehen aus vielschichtigen Such-, Übertragungs-, Umstrukturierungs- und Kombinationsprozessen, deren Ergebnis u.a. von der Ausgangssituation, vom sozialen und

psychologischen Umfeld, von der Phantasie und der Kreativität sowie auch davon abhängt, mit welchem Nachdruck, inneren Zwang und Streß das Nachdenken zum Auffinden geeigneter Lösungen erfolgt. Je stärker um die Lösung gerungen wird, umso größer ist die Wahrscheinlichkeit, daß sofort, nach kurzer oder in vielen Fällen auch nach längerer Zeit eine mehr oder weniger brauchbare Lösung als Erfindung ins Bewußtsein gelangt. Umfangreiche praktische Erfahrungen und ein hohes Maß an Praxisorientierung des Erfinders führen in den meisten Fällen zu brauchbaren und praktisch umsetzbaren Erfindungen. Die Praxisorientierung stellt gewissermaßen im Unbewußten eine Hemmschwelle dar, die utopische bzw. nicht realisierbare Lösungen ausschließt.

Durch die Entwicklungsstrategie wird der "Erfindungssprung" in eine ganze Reihe kleiner, überschaubarer und kontrollierbarer Einzelschritte zerlegt, deren Aneinanderreihung zum gleichen Ziel führt, welche jedoch auch von Ingenieuren und Konstrukteuren nachvollzogen werden können, die hinsichtlich ihrer Kreativität lediglich als "normal begabt" angesehen werden können.

Unabhängig davon, ob eine Erfindung intuitiv als Ergebnis unbewußter kognitiver Denkprozesse bei einem Erfinder entsteht oder unter Anwendung der Entwicklungsstrategie das Ergebnis von methodischen, im Bereich des Bewußten ablaufenden Verfahrensschritten ist, besteht der technische Teil des Erfindungsprozesses immer aus den gleichen Bestandteilen, nämlich (Bild 1)

- aus der Übertragung von vorbekannten Technologiebausteinen auf andere Anwendungen oder
- aus der Umstrukturierung von vorbekannten Technologiebausteinen oder
- aus der neuartigen Kombination von vorgeannten Technologiebausteinen bzw.
- aus der Kombination zweier oder aller drei der vorerwähnten Grundbestandteile.

Die Grundbestandteile des technischen Erfindungsprozesses lassen sich nun der Stufeneinteilung kognitiver Vorstellungs- und Denkinhalte zuordnen. Kreativität als schöpferischer Einfall ist bekanntlich gebunden an eine Fähigkeit, die wir mit Phantasie, auch Vorstellungsvermögen oder Einbildungskraft bezeichnen. Phantasie kann dabei als kognitiver Vorgang angesehen werden, in dem Vorstellungs- und Denkinhalte frei oder gelenkt strömen können. Dabei gibt es drei aufeinander aufbauende Stufen (Bild 1), in denen jeweils ein größeres Maß an Phantasie bzw. Vorstellungsvermögen benötigt wird, nämlich Vorstellungsvermögen

- reproduktiv aus der Erinnerung.
- durch freie Ausgestaltung der Erinnerungsinhalte zu neuen Gebilden und
- die vollständige Neuproduktion anschaulicher Inhalte.

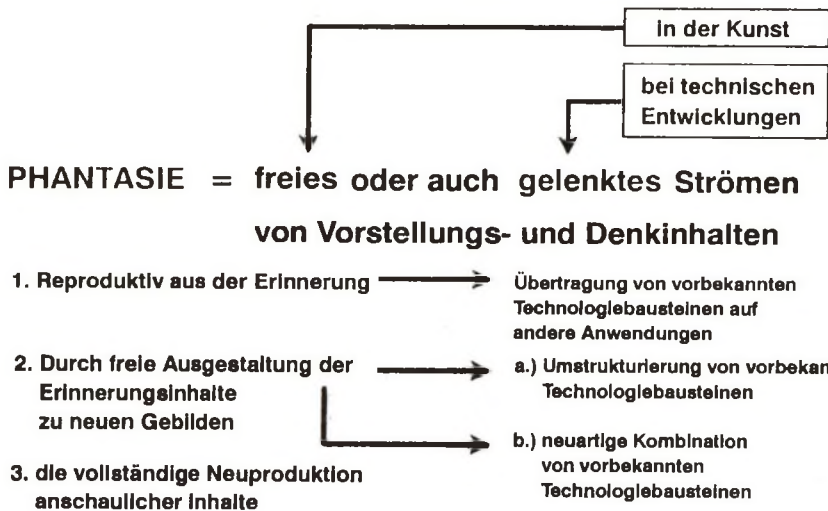


Bild 1. Grundbestandteile des technischen Erfindungsprozesses und Stufeneinteilung der Phantasie

Die Fähigkeit, Phantasie der dritten Stufe zu entwickeln, gehört - wenn man die schöpferischen Kräfte auf die Ingenieurwissenschaften bezieht - in jedem Falle schon in den Bereich der Genialität. Bedeutende Erfindungen benötigen schöpferische Fähigkeit der zweiten Stufe, Durchschnittserfindungen entstehen gemäß der ersten Stufe. In diese Stufe gehören auch die sog. AHA-Effekte, d.h. Einsichten, daß an anderer Stelle Vorbenutztes auf bestimmte Problemlösungen übertragen werden kann. Für alle technischen Erfindungen gilt die Zuordnung gemäß Bild 1.

Die neue Entwicklungsstrategie besteht aus zehn Grundsätzen, deren erster die Unterscheidung zwischen den Entwicklungsformen "Weiterentwicklung in Nutzung befindlicher Techniken" und "Aufsuchen völlig neuer Technologien" einschließlich der wichtigen Erkennung der Entwicklungsgrenzen ist. Der zweite Grundsatz enthält eines der wesentlichen Merkmale der Entwicklungsstrategie, daß bezogen auf die physikalisch-technischen Wirkungsmechanismen - von wenigen Ausnahmen abgesehen - nichts grundsätzlich Neues mehr erfunden wird. Das bedeutet, daß sich neuartige Technologien vor dem Hintergrund der vorgegebenen Anforderungsprofile systematisch aus vorbekannten Technologiebausteinen früherer Techniken zusammensetzen lassen. Die operativen Ablaufstrukturen legen hierbei die Vorgehensweise im einzelnen fest. Über den Grundsatz des Abstrahierens findet man die jeweiligen Bereiche in der Technik, in denen über gezielte, breitgefächerte Literatur- und Patentrecherchen problemrelevante Bausteine gesucht werden können, aus denen dann anschließend durch Umstrukturierung, Kombination und

kreative Aufarbeitung Funktionsträger zur Erfüllung der Teilfunktionen gebildet werden können.

Durch die zehn Grundsätze und die Ablaufstrukturen der Entwicklungsmethodik ergibt sich eine Suchraumerweiterung (Bild 2), durch welche die Kreativität im Gestaltungsprozeß ganz erheblich erhöht wird. Der Einzelerfinder (linke Seite) kann bei der Suche nach Lösungen für vorgegebene Problem- bzw. Aufgabenstellungen lediglich auf die im bewußten und unbewußten Gedächtnis gespeicherten Technologiebausteine zurückgreifen, wobei das Reservoir der unbewußt gespeicherten Technologiebausteine sehr viel größer ist als das der bewußt gespeicherten. Aus diesen Technologiebausteinen kann er bewußt und mehr noch unbewußt im Zuge des Erfindungsprozesses durch Übertragen, Umstrukturieren und Kombinieren zu problemrelevanten Lösungen für die vorgegebene Aufgabenstellung kommen. Dabei ist das Reservoir der unbewußt gespeicherten Technologiebausteine, d.h. der größte Teil der für die Idee bzw. intuitive Erfindung lösungsrelevanten physikalisch-technischen Wirkungsmechanismen durch die Bewußtseinsbarriere verschlossen, was sich besonders nachteilig auswirkt und zur Folge hat, daß sich ein Erfinder oft wochen-, monate- oder jahrelang unter Druck und Streß setzen muß, damit über die unbewußt ablaufenden Prozesse eine Idee oder Erfindung ins Bewußtsein gelangen kann.

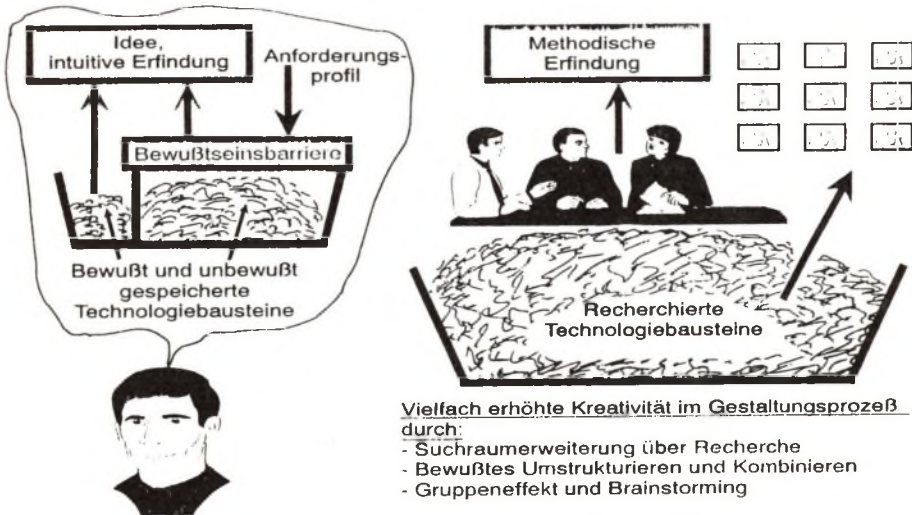


Bild 2. Intuitives und methodisches Erfinden

Durch die der Entwicklungsstrategie zugrundeliegenden, gezielten und breitgefächerten Literatur- und Patentrecherchen und die visuelle Darstellung der gefundenen Bausteine bzw. physikalisch-technischen Wirkungsmechanismen wird beim methodischen Erfinden (rechte Seite in Bild 2) nicht nur ein um ein Vielfaches größeres Reservoir an lösungsrelevanten Technologiebausteinen gebildet, sondern diese Technologiebausteine sind während des gesamten kreativen Gestaltungsprozesses auch jederzeit zugänglich. Die gegenüber dem Einzelerfinder vielfach erhöhte Kreativität im methodischen Gestaltungsprozeß ergibt sich durch

- die Suchraumerweiterung infolge der gezielten, breitgefächerten Recherchen,
- das bewußte Umstrukturieren und Kombinieren (Fehlen der Bewußtseinsbarriere) und durch
- die Kreativitätssteigerung über den Gruppeneffekt und durch Brainstorming.

Die Entwicklungsstrategie dient in erster Linie dazu, in der Frühphase des Entwicklungsgeschehens so viele problemrelevante Lösungsalternativen wie möglich zu erarbeiten und bereits im Konzeptstadium eine Optimierung vorzunehmen. Daran schließen sich dann die Entwicklungsphasen "Entwerfen", "Ausarbeiten" und "Erproben" an. Die Vielzahl der mit der Entwicklungsmethodik erarbeiteten Lösungsalternativen und deren Bewertung bietet die Gewähr dafür, daß nur die bestgeeignete oder die bestgeeignetsten Konzeptionen für die spätere Realisierung genutzt werden. Hierdurch kann viel Zeit und vor allem auch Entwicklungskapital eingespart werden.

Die Befähigung zur souveränen Anwendung der Entwicklungsmethodik kann am besten durch entsprechende Seminare erworben werden, in denen die Beherrschung der zehn Grundsätze und das Vorgehen nach den vorgegebenen Ablaufstrukturen erlernt wird. Seit mehr als zehn Jahren biete ich eine zweisemestrige Vorlesung mit entsprechenden Übungen an unserer Hochschule an und bin am Ende der Lehrveranstaltungen stets von neuem überrascht, wie die Studenten gelernt haben, systematisch neue Techniken zu entwickeln sowie Lösungsalternativen zu finden und zu erfinden. In speziellen Seminaren für Konstrukteure und Entwicklungsingenieure konnten des öfteren Konzeptionen für neue Produkte gefunden werden.

Zunächst wurde die Entwicklungsstrategie zur Entwicklung neuer Maschinen, Geräte, Systeme und Verfahren für den Bergbau benutzt. Die wichtigsten baulichen Merkmale des Schildausbaus, neuartige Vortriebs- und Gewinnungstechniken, die zum Teil zu betriebsreifen Geräten weiterentwickelt und mit Erfolg zum Einsatz gebracht werden konnten, sind mit der Methode gefunden worden. Später wurden dann auch neue Konzeptionen für andere Industriezweige entwickelt, wie beispielsweise eine neuartige Schleudertechnologie, mit welcher der Spritzbeton substituiert werden kann, eine Betonmischmaschine, die im "One-Line-Verfahren" in 2 Sekunden Beton herstellt und ein neuartiges mechanisches Garagensystem, durch welches sich eine Nutzungsverbesserung von Parkplätzen und Nutzvolumenoptimierung von Parkhäusern und Tiefgaragen ergibt.

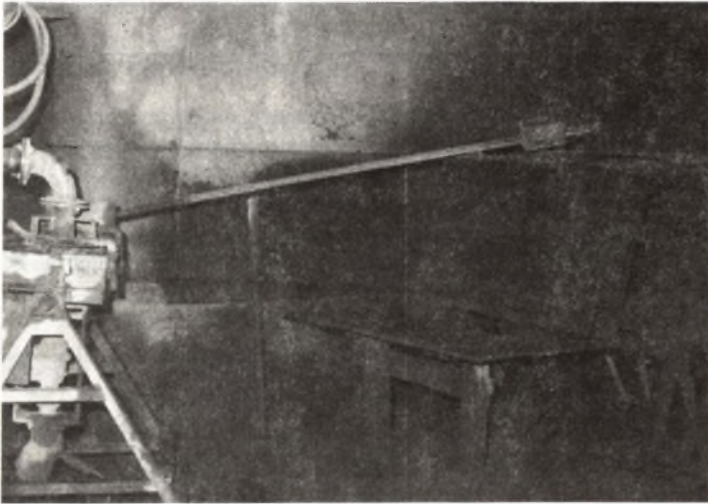
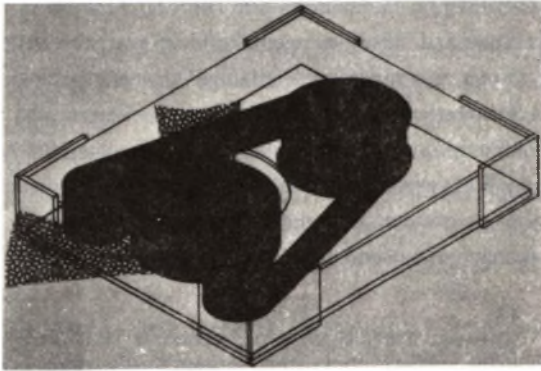


Bild 3. Neuartige Schleudertechnologie

Wichtigster Bestandteil der neuen Schleudertechnologie [4] ist eine Schleudermaschine (Bild 3), bei der ein schnell laufendes Pumpenrad auf dem größten Teil seines Umfanges von einem mitumlaufendem Gehäusegurt umschlungen ist. Die Maschine ist in der Lage, sämtliche stückigen, körnigen, pastösen und flüssig-teigigen Stoffe in gut gebündelten Strahlen mit Geschwindigkeiten bis zu 45 m/s zu schleudern. Vielfältige Anwendungsmöglichkeiten bieten sich bei der Substitution des Spritzbetons, bei der Einbringung von Versatz und industriellen Abfallstoffen in untertägige Hohlräume und beim Umschlag von Massengütern [5-7].

Wenn der kurze Einblick in die neue Methode aus zeitlichen Gründen zwangsläufig sehr unvollständig ist, so hoffe ich trotzdem, daß die Entwicklungsstrategie eine nützliche und sinnvolle Ergänzung der Konstruktionsmethodik und der CAD-Technik darstellt.

## REFERENCES

- [1] Spies, K.: Entwicklung neuer technischer Konzeptionen durch systematisches Zusammenfügen aus Bausteinen vorbekannter Techniken. International Conference on Engineering Design ICED 85, Hamburg 1985, p. 364-371
- [2] Spies, K.: Kreativitätsförderung durch methodisches Vorgehen. International Conference on Engineering Design ICED 1991, Zürich 1991, p. 77-88
- [3] Spies, K.: Entwicklungsgrenzen machen neue Abbautechniken erforderlich. Glückauf 122 (1986), Nr. 1, p.20-26
- [4] Spies, K.: A New Centrifugal Stowing Technique to Place Industrial Waste in Void Spaces. Tagungsband Second International Conference on Environmental Issues and Management of Waste in Energy and Mineral Production, Calgary 1992, p. 1023-1030
- [5] Spies, K.: Neuere Untersuchungen zur nachträglichen Einkapselung gefahrenträchtiger Altdeponien. Vortrag Aachener Umwelttage 1993
- [6] Spies, K.: Beseitigung des Gefahrenpotentials von Altdeponien durch nachträgliche Abdichtung mit Mitteln der Bergbautechnik. XLIII. Berg- u. Hüttenmännischer Tag v. 1.-4. Juli 1992
- [7] Spies, K.: Nachträgliche Abdichtung von gefahrtächtigen Altdeponien mit Mitteln der Bergbautechnik. AbfallwirtschaftsJurnal 4 (1992), Nr. 10

Gutachter: Karol Reich