

Diss. ETH Nr. 12413

**Methode zur Technologiewahl bei der  
Produktentwicklung in der Elektronikindustrie**

ABHANDLUNG

zur Erlangung des Titels

DOKTOR DER TECHNISCHEN WISSENSCHAFTEN

der

EIDGENÖSSISCHEN TECHNISCHEN HOCHSCHULE ZÜRICH

vorgelegt von

Detlef Steck

Dipl. El.-Ing. ETH, lic. oec. HSG.

geboren am 5. August 1965  
aus Deutschland

Angenommen auf Antrag von

Prof. Fritz Huber, Referent

Prof. Dr. Günther Schuh, Korreferent

1997

---

## Kurzfassung

In der vorliegenden Arbeit wird eine Methode zur Entscheidungsunterstützung bei der Technologiewahl vorgestellt. Zwar lässt sich die Methode auch auf andere Branchen übertragen; betrachtet wird in dieser Arbeit jedoch nur die spezifische Situation während des Produktentwicklungsprozesses in der Elektronikindustrie. Die kundenseitigen Anforderungen an die Produktfunktionalität liegen fest. Wegen des hohen Abstraktionsniveaus zwischen diesen Anforderungen und den Technologien, die zu ihrer Realisierung eingesetzt werden, bestehen gerade in der Elektronikindustrie viele Freiheitsgrade für die Technologiewahl. In zunehmendem Masse bedeutet die Entscheidung für eine bestimmte Produkttechnologie zugleich die Festlegung der Technologien für die Produktionsprozesse. Die Methode dient darum der optimalen Wahl sowohl von Produkt- als auch von Prozesstechnologien. Ein Konzept beschreibt die Einordnung der Methode in den strategischen Planungsprozess des Unternehmens.

Das Risiko, welches mit der Technologiewahl verbunden ist, und als Folge davon der Bedarf nach Hilfsmitteln zur Entscheidungsunterstützung haben stetig zugenommen. Als Ursache lassen sich verschiedene Trends identifizieren, denen gemeinsam ist, dass sie die mit der Entscheidungssituation verbundene Komplexität und Dynamik vergrößern:

- Anstelle standardisierter Massenprodukte verlangen die Märkte zunehmend nach kundenspezifischen Produkten. Damit erhöhen sich die Produktvarietät, die Variantenzahl des Produktespektrums und die Komplexität des Designs.
- Produkt- und Prozesstechnologien lassen sich heute immer seltener unabhängig voneinander betrachten.
- Der auf den Unternehmen lastende Innovationsdruck führt zu kürzeren Produktlebenszyklen. Technologiewahlentscheidungen müssen deshalb wesentlich häufiger gefällt werden.
- Das Wissen über das Marktpotential und über die möglichen Lieferanten, deren Menge sich laufend, auch um branchenfremde Unternehmen erweitert, nimmt ab.

Der Bedarf nach einer Methode zur Technologiewahl wird dadurch akzentuiert, dass sich infolge des engen Zusammenhangs der Entscheidung mit den spezifischen Ressourcen eines Unternehmens keine generellen Handlungsempfehlungen abgeben lassen.

Im Anschluss an einen generellen Überblick über den Stand der Forschung werden vorhandene oder mögliche Methoden und Instrumente zur Technologiebewertung oder -auswahl klassifiziert. Die Einteilung erfolgt nach den methodischen Prinzipien, welche den Bewertungsansätzen zugrunde liegen. Ein Grossteil der Ansätze wird im einzelnen diskutiert. Darauf aufbauend werden die Methoden zur Technologiebewertung oder -auswahl anhand einer Sammlung von Anforderungen miteinander verglichen. Zum einen stammen die Anforderungen aus der Literatur zum Thema Entscheidungsunterstützung, zum anderen ergeben sie sich aus praktischen Erfahrungen in Unternehmen. Keine Methode genügt sämtlichen Anforderungen. Es

zeigt sich jedoch die Überlegenheit des Analytic Hierarchy Process gegenüber den bisher für die Technologiewahl eingesetzten Methoden, besonders für die Lösung der Gewichtungproblematik und wegen seiner Eignung in komplexen Entscheidungssituationen.

Der Analytic Hierarchy Process und seine theoretischen Grundlagen werden vorgestellt, wobei die Zulässigkeit und Eignung seiner vier Teilschritte begründet wird.

Das Konzept für die Produkt- und Prozesstechnologiewahl zeigt eine von mehreren Integrationsmöglichkeiten der Methode zur Technologiewahl bei der Produktentwicklung in die bestehenden Unternehmensstrukturen und -abläufe. Zu diesem Zweck wird ein geeigneter strategischer Rahmen skizziert, der als Voraussetzung für die Anwendung der Methode dienen kann. Dem ressourcenbasierten Ansatz wird unter gleichzeitiger Berücksichtigung der Anforderungen des wettbewerbsorientierten strategischen Managements dabei der Vorzug gegeben. Diskutiert werden die Aufgaben der für die Methode besonders relevanten Produktions-, Forschungs- und Entwicklungs- sowie Technologiestrategien.

Es wird gezeigt, an welcher Stelle im Prozess der Technologiewahl die Methode eingesetzt werden kann und welches die Auslöser für eine Methodenanwendung sein können. Daneben bietet das Konzept einen Rahmen für die Abstimmung der Auswirkungen von Entscheidungen während der Produktentwicklung auf die Prozesstechnologiewahl mit der im Produktionsbereich stattfindenden Festlegung der Produktionsprozesse. Im weiteren werden Möglichkeiten zur Identifikation und Beobachtung neuer Technologien vorgestellt - Aufgaben, die dem Technologiemanagement zugeordnet werden.

Die Evaluation der Produktionsprozesse wird in konzentrierter Form dargestellt. Sie ist jeweils nur dann durchzuführen, wenn das Ergebnis der (Produkt- und Prozess-) Technologiewahl nach Prozessen verlangt, die bis zu diesem Zeitpunkt nicht im Unternehmen verfügbar sind. Dabei sind mehr noch als bei der Produkttechnologiewahl strategische Kriterien zu berücksichtigen. Die Beurteilungskriterien für die Prozessevaluation werden strukturiert.

Die vorgestellte Methode zur Technologiewahl bei der Produktentwicklung beruht auf einem getrennt durchführbaren, dualen Vorgehen. Die leicht zu quantifizierenden Kriterien werden in der Art einer Produktvorkalkulation zusammengefasst, alle anderen Kriterien mittels des Analytic Hierarchy Process. Zusätzlich ist eine den Aufwand reduzierende Vorselektion vorgesehen. Die Methode führt zu einer Rangfolge der Technologiealternativen einer Baugruppe oder eines Produktes. Sie eignet sich für Gruppenentscheidungen und kann auch bei unsicherer oder unvollständiger Datenbasis sowie unbekanntem Wirkungszusammenhängen zwischen den Entscheidungsfaktoren angewandt werden.

Parallel zur allgemein gültigen Beschreibung des Vorgehens beim Einsatz der Methode zur Technologiewahl bei der Produktentwicklung wird die konkrete Anwendung am Beispiel einer Telekommunikationsbaugruppe dargestellt. Ein weiteres vollständiges Fallbeispiel, die Entwicklung eines Hörgerätes, dient der Verifikation der Methode.

## Abstract

The following dissertation presents a method to support the decision of technology selection. The specific focus here is on the situation during the product development process in the electronics industry. The method assumes that the customer requirements regarding product functionality are given. Due to the vast number of technologies that can be deployed to meet the customer demands, there exists, especially in the electronics industry, a high degree of freedom for selecting the appropriate technological solution. Over time, decisions for certain product technologies have increasing implications on the technologies of the production processes. The method presented herein serves to support the optimal selection of both product and process technologies. A framework defines how this method relates to the strategic planning process of a company. Although not addressed by this dissertation, the introduced method may be applied to other industries.

The risk associated with the selection of technologies has steadily increased and thus with it, so too the demand for decision support tools. The cause can be linked to various trends that are responsible for the increasing complexity and dynamic associated with decision making:

- In place of standardized mass produced goods, markets increasingly demand uniquely specified products. As a result, there is greater product variety, and the complexity of product design and of the production program is increased.
- With time, product and process technologies have become more closely integrated.
- The need to innovate is forcing companies towards shorter product life cycles. Therefore, the process of technology selection has to be conducted more frequently.
- The knowledge of both market potential and possible suppliers has decreased. The latter can be explained by a rise in the overall number of possible suppliers, the bulk of whom are new entrants from outside the industry.

The need for a method for the selection of technology is accentuated by the fact that no generally applicable set of actions can be proposed, since the decision is strongly influenced by the specific resources of the company.

Following a general survey of the current state of research in the field of technology evaluation and selection, the methods and tools that have been suggested or that are assumed to work are classified. The basic principles of these methods serve as classification criteria. A detailed discussion covers most of the methods. The analysis of the literature in the field of decision support and practical experience from firms in the electronics industry lead to a set of requirements that decision support tools have to fulfil. These requirements are then used to evaluate the methods for the evaluation and selection of technologies. None of the methods meet all the requirements, yet the Analytic Hierarchy Process is shown to be superior in com-

parison to the methods that have been deployed to date. This is perfectly true in terms of solving the problem of correctly weighing the evaluation criteria and dealing with complex decision situations.

A theoretical foundation for the Analytic Hierarchy Process is given, including arguments for the appropriateness and correctness of its four constituting steps.

The concept for the selection of product and process technologies depicts one of several ways for integrating the method for the selection of technology during product development into a company's existing organization and processes. For this purpose, a suitable strategic framework is outlined which serves as a prerequisite for the use of the method itself. Preference is given to the resource based view, though, at the same time, the requirements of a competition focused strategic management is taken into account. The discussion covers the purpose of production strategy, research and development strategy and technological strategy, all of them being particularly relevant for the newly developed method.

It is shown the instant within the technology selection process, when the method can be applied, as well as the possible ways in that the method can be triggered. Besides, the concept provides a mean for balancing the impact of product development decisions on the selection of process technologies with the definition of production processes that generally takes place in the manufacturing department. Further, possibilities for the identification and tracking of new technological developments are presented - a task that is related to the technology management function.

The process of evaluating the production processes is represented in short. Only if the result of the technology selection for both products and processes shows a demand for process technologies not yet being accessible in the company, this evaluation must be conducted. Hereby, strategic criteria are even more relevant than with the selection of product technologies. The criteria for the evaluation of the production processes are presented in a structured manner.

The method for the selection of technologies during product development that is introduced in this dissertation rests on a dual approach that can be followed independently. A sort of product costing deals with those criteria that are easy to quantify; the Analytic Hierarchy Process covers the remaining criteria. In addition, a pre-selection process is aimed at reducing the cost of succeeding steps. As a result, the method sets priorities for each of the product's or module's technological alternatives. The method is suitable for group decision processes, in the face of an unreliable or insufficient data base as well as in circumstances, where the interdependencies between the decision criteria remain hidden.

In parallel to a general description of the method's procedures, a practical example shows the application of the method during the product development phase of a module for a telecommunication device. Another complete example serves as a verification for the method's validity.