

Diss. ETH No. 17876

## **MANAGING TECHNOLOGICAL LIMITS**

A dissertation submitted to  
ETH ZURICH

for the degree of  
Doctor of Sciences

presented by  
KARIN LÖFFLER  
Dipl.Wi.-Ing., Universität Karlsruhe (TH)  
born 27.03.1979  
citizen of Germany

accepted on the recommendation of  
Prof. Dr. Roman Boutellier, examiner  
Prof. Dr. Dr. Hugo Tschirky, co-examiner

2008

## ABSTRACT

Technological limits hinder companies from improving the performance of processes and products, in a similar manner as battery capacity restricts the performance of mobile communication devices, or drilling process technologies restrict the speed to complete oil-well boreholes. These 'bottleneck technologies' offer the potential for companies to differentiate from their competitors. Technological limits can be anticipated, if laws of nature constraining a technology or economical constraints are known.

In practice, there is a need to improve awareness for technological limits, as not knowing or ignoring technological limits can lead to e.g. delays in product launch or to the misspending of research and development resources. Although it seems to be obvious that technological limits are important indicators for future evolution of a technology, so far there is not much indication in literature of how to identify and handle technological limits in practice.

With these research efforts, we contribute to the understanding of the phenomenon of technological limits in context of technology management, by providing insights into dynamics and interdependencies of limits on different product levels, and by analysing the perception and successful approaches of decision makers in bottleneck situations.

In this study, findings on technological limits primarily contribute to competitive strategy as well as to technology and product planning. On the strategic level, technological limits are hints for positioning in value chains and can guide growth strategies. On the product level, knowledge of technological limits is crucial when selecting partners in co-innovation situations, or when defining boundaries between product modules.

As one key result we have found, that the fundamental decision to be made in the management of technological limits is to choose between the following five options: optimise, compensate, substitute, observe or exit the technology field. Because most bottlenecks cannot be solved via one-dimensional thinking, the focus is on understanding problems' root-causes and establishing appropriate structures and routines in companies. By analysing root-causes of bottlenecks, companies have come to unexpected, yet successful solutions.

To guide practitioners to successfully identify and manage technological limits, a roadmap has been designed in close collaboration with companies. It covers the process from perception and identification of technological limits by decision makers, and proceeds with an analysis of technological limits in product architectures. Finally, it proposes how to manage technological limits - inside a company or by sourcing technologies from outside.

The research methodology includes literature search on technological limits, multiple case studies in 40 technology based companies, experience exchange groups, and action research studies. Based on identified patterns and on successful practice cases, solutions were elaborated in collaboration with practitioners. Results of this research project have been published in fourteen articles, addressing scientists as well as practitioners.

## ZUSAMMENFASSUNG

Technologische Limits hindern Unternehmen daran, die Leistung von Produkten und Prozessen zu verbessern. Beispielsweise begrenzt die Kapazität von Batterien die Leistung von mobilen Kommunikationsgeräten, oder Bohr-Technologien beschränken die Geschwindigkeit mit der Bohrlöcher für die Ölförderung fertig gestellt werden können. Diese Bottleneck-Technologien bieten Potential für Differenzierung vom Wettbewerb. Technologische Limits können antizipiert werden, wenn Naturgesetze eine Technologie beschränken und ökonomische Nebenbedingungen bekannt sind.

In der Praxis besteht Bedarf, das Bewusstsein für technologische Limits zu verbessern. Technologische Limits nicht zu kennen führt häufig zu Fehlinvestitionen in Forschung und Entwicklung oder zu Verzögerungen bei der Markteinführung von Produkten. Obwohl es ersichtlich ist, dass technologische Limits wichtige Indikatoren für die zukünftige Entwicklung von Technologien darstellen, sind nur wenige Hinweise in der Literatur vorhanden, wie mit technologischen Limits in der Praxis umgegangen werden kann.

Diese Arbeit trägt zum Verständnis des Phänomens technologischer Limits im Kontext des Technologiemanagements bei. Es werden Einblicke geboten in die Dynamik von Limits und in Abhängigkeiten von Limits auf verschiedenen Produktebenen. Erfolgreiche Ansätze werden vorgestellt, wie Entscheidungsträger in der Forschung und Entwicklung technologische Limits wahrnehmen und managen.

Ergebnisse dieser Forschung zu technologischen Limits betreffen sowohl die Geschäftsentwicklung einer Firma als auch ihre Produkt- und Technologieplanung. Technologische Limits liefern Hinweise für eine mögliche Positionierung in Wertschöpfungsketten, und können so Einfluss auf strategische Entscheidungen haben. Auf Produktebene hat das Wissen über technologische Limits Einfluss auf die Wahl möglicher Kooperationspartner in Entwicklungsprojekten oder auf die Definition von Produktmodulen. Bei der Entscheidung für eine Innovationsrichtung haben Unternehmen die Wahl zwischen fünf Optionen: Optimieren, Substituieren, Kompensieren, Beobachten, oder das Technologiefeld verlassen.

Um Praktiker bei der Identifikation und beim Management von technologischen Limits zu unterstützen, wurde in enger Zusammenarbeit mit Unternehmen eine Roadmap entwickelt. Sie deckt den Prozess von der Wahrnehmung und Identifikation, über die Analyse der Produktarchitektur, bis zum Management von technologischen Limits ab.

Der Forschungsansatz umfasst Literaturstudien zu technologischen Limits, Fallstudien in 40 technologiebasierten Unternehmen, die Durchführung von Arbeitskreisen, und Action Research Projekte. Basierend auf beobachteten Mustern und auf erfolgreichen Beispielen wurden Lösungen gemeinsam mit Praktikern erarbeitet. Die Ergebnisse dieser Forschungsarbeit wurden in vierzehn wissenschaftlichen und praxisorientierten Artikeln veröffentlicht.