

Patrick Scholz

# Methodik zur potenzial- und risikobasierten Technologiebewertung





# Methodik zur potenzial- und risikobasierten Technologiebewertung

## Methodology for Potential- and Risk-based Technology Assessment

Von der Fakultät für Maschinenwesen  
der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule Aachen  
zur Erlangung des akademischen Grades eines  
Doktors der Ingenieurwissenschaften  
genehmigte Dissertation

vorgelegt von

Patrick Scholz

### **Berichter/in:**

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Wirt. Ing Günther Schuh  
apl. Professor Dr.-Ing. Wolfgang Boos

Tag der mündlichen Prüfung: 13. Dezember 2021



# ERGEBNISSE AUS DER PRODUKTIONSTECHNIK

**Patrick Scholz**

Methodik zur potenzial- und risikobasierten  
Technologiebewertung

**Herausgeber:**

Prof. Dr.-Ing. T. Bergs  
Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Wirt. Ing. G. Schuh  
Prof. Dr.-Ing. C. Brecher  
Prof. Dr.-Ing. R. H. Schmitt

Band 8/2022



**Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek**

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <https://portal.dnb.de> abrufbar.

Patrick Scholz:

Methodik zur potenzial- und risikobasierten Technologiebewertung

1. Auflage, 2022

Apprimus Verlag, Aachen, 2022

Wissenschaftsverlag des Instituts für Industriekommunikation und Fachmedien  
an der RWTH Aachen

Steinbachstr. 25, 52074 Aachen

Internet: [www.apprimus-verlag.de](http://www.apprimus-verlag.de), E-Mail: [info@apprimus-verlag.de](mailto:info@apprimus-verlag.de)

ISBN 978-3-98555-051-7

D 82 (Diss. RWTH Aachen University, 2021)

# Vorwort

Die vorliegende Arbeit entstand während meiner Tätigkeit als wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Abteilung Strategisches Technologiemanagement am Fraunhofer-Institut für Produktionstechnologie IPT in Aachen. Die in dieser Zeit durchgeführten Industrieprojekte im Themenfeld der Technologiebewertung und -auswahl waren Motivation und Ausgangspunkt für diese Dissertation. Nachfolgend möchte ich all jenen Personen danken, die mich auf dem Weg zur Promotion begleitet und unterstützt haben.

Mein Dank geht zunächst an meinen Doktorvater Herrn Professor Günther Schuh für die Ermöglichung und wissenschaftliche Betreuung dieser Arbeit. Weiterhin danke ich Herrn Professor Wolfgang Boos für die engagierte Übernahme des Korreferats sowie Frau Professor Julia Kowalski für die Übernahme des Vorsitzes und Herrn Professor Ghaleb Natour für den Beisitz in der Promotionskommission.

Meinen ehemaligen Abteilungsleitern Markus Wellensiek und Dr. Ramon Kreuzer danke ich für die stete Diskussionsbereitschaft sowie ihre vielen konstruktiven Anmerkungen in den verschiedenen Phasen meiner Dissertation. Weiterhin bedanke ich mich bei meinen Arbeitskollegen am Fraunhofer IPT und den Entitäten am RWTH Aachen Campus, welche die vergangenen Jahre zu einer unvergesslichen Zeit gemacht haben. Dies gilt insbesondere für meine aktuellen und ehemaligen Kolleginnen und Kollegen aus der Abteilung Technologiemanagement, mit denen ich in unterschiedlichen Projekten zusammenarbeiten durfte. Stellvertretend möchte ich an dieser Stelle Dr. Paul Zeller, Maximilian Spangenberg, Marc Patzwald, Patrick Kabasci, Paul Scholz, Thomas Scheuer, Thomas Schwarberg, Tim Latz, Bastian Studerus, Carolin Hamm, Leonie Krebs, Dr. Felix Lau, Dr. Stephan Schröder, Dr. Florian Vogt, Dr. Tim Wetterney, Leonard Schenk, Leonard Cassel, Frederik Bennemann, Johanna Jacobi und Marc Schauss nennen. Danken möchte ich darüber hinaus meinen studentischen Hilfskräften und Abschlussarbeitern für ihre tatkräftige Unterstützung und ihren unermüdlchen Einsatz in diversen Industrie- und Forschungsprojekten.

Nicht zuletzt danke ich meiner Familie und meinen Freunden, welche aufgrund der Promotion in den vergangenen Jahren des Öfteren auf mich verzichten mussten. Großer Dank gilt hierbei meinen Eltern Monika und Walter Scholz für ihre bedingungs-

lose Unterstützung auf meinem bisherigen Lebensweg. Ohne euer Fördern und Fordern in den richtigen Momenten wäre mir diese Arbeit nicht möglich gewesen. Weiterhin danke ich meiner Großmutter Gerda Wüllner, die stets an mich geglaubt hat, sowie meinen Geschwistern Marielena, Niklas und Sebastian Scholz, die mir geholfen haben, den Blick für das Wesentliche zu behalten. Der größte Dank gebührt jedoch meiner Ehefrau Svenja Scholz, welche in den vergangenen Jahren wohl am meisten mitgelitten hat. Durch deinen stetigen Antrieb und motivierenden Zuspruch in manchen verzweifelten Stunden habe ich es geschafft, diese Arbeit zu vollenden. Hierfür danke ich dir von ganzem Herzen.

Aachen, im Januar 2022

Patrick Scholz

# Zusammenfassung

Innovative und leistungsfähige Technologien sind seit jeher ein Garant für den langfristigen wirtschaftlichen Erfolg produzierender Unternehmen. In Anbetracht eines beschleunigten technologischen Wandels und einer zunehmenden Wettbewerbsintensität sind etablierte Unternehmen daher mehr denn je gefordert, ihre Wettbewerbsposition durch die Entwicklung und den Einsatz neuer, innovativer Technologien zu erhalten. Hierzu ist die frühzeitige Fokussierung der begrenzten monetären und kapazitiven Unternehmensressourcen auf die erfolgversprechendsten Technologien von zentraler Bedeutung. Derzeit erfolgt die Technologieauswahl in Unternehmen vielfach auf Basis der individuellen Erfahrung einzelner Entscheidungsträger. Dieses Vorgehen birgt jedoch ein hohes Fehlbewertungsrisiko und steht, insbesondere vor dem Hintergrund der zu einem frühen Entscheidungszeitpunkt geringen Wissensbasis und hohen Informationsunschärfe, einer effektiven Technologieauswahl diametral entgegen.

Zielsetzung der vorliegenden Dissertation ist daher die Entwicklung einer Methodik zur prädiktiven potenzial- und risikobasierten Technologiebewertung als Grundlage für eine systematische Auswahl von Technologien. Durch die Methodik soll die systematische und reproduzierbare Ermittlung unternehmensindividueller Potenziale und Risiken von Technologien ermöglicht und so eine fundierte Entscheidungsgrundlage für die frühzeitige Technologieauswahl geschaffen werden.

Die entwickelte Methodik besteht aus fünf Teilmodellen. Zunächst werden die für die Bewertung der unternehmensindividuellen Potenziale und Risiken determinierenden Eingangsgrößen in Form relevanter Technologiecharakteristika und des unternehmensspezifischen Anwendungskontextes ermittelt. Anschließend werden als Grundlage für die Potenzialbewertung das Technologiepotenzial strukturiert sowie der Einfluss der Technologiecharakteristika auf das Potenzial ermittelt. Ergänzend werden mögliche Risiken durch die systematische Identifikation von Risikofaktoren expliziert und Interdependenzen zu den beschriebenen Eingangsgrößen für die Risikobewertung identifiziert. Abschließend wird eine Vorgehensweise entwickelt, durch welche Unternehmen die systematische und reproduzierbare Ermittlung der Potenziale sowie adäquaten Bewertung der Risiken von Technologien ermöglicht wird.



## Summary

Innovative technologies have always been a guarantee for the long-term economic success of manufacturing companies. Facing accelerated technological change and increasing competitive intensity, established companies are challenged more than ever to preserve their competitive position by developing and deploying new, innovative technologies. For this purpose, the early concentration of the limited monetary and capacitive company resources on the most promising technologies is of particular importance. At present, technology selection is often based on the knowledge and experience of corresponding decision-makers. However, this approach poses a high risk of misjudgment and is diametrically opposed to an effective technology selection, considering the low knowledge base and high uncertainty at an early stage.

Hence, the objective of the present thesis is the development of a methodology for predictive potential- and risk-based technology assessment as a foundation for a systematic selection of technologies. The methodology is intended to enable a systematic and reproducible determination of company-specific potentials and risks of technologies and, thus, to create the basis for sound decision-making for the technology selection at an early stage.

The methodology consists of five sub-models. First, the relevant technology characteristics and the company-specific application context are determined as input variables for the evaluation of the company-specific potentials and risks. Subsequently, the technology potential is structured and the relationship between the technology characteristics and the potential is elaborated as a foundation for the evaluation of the potential. Furthermore, potential risks are identified by a systematic investigation of risk factors and linked to the described input variables to enable the risk assessment. Finally, a procedure enabling companies to systematically determine the potentials and to adequately assess the risks of technologies in a replicable way has been developed.



# Inhaltsverzeichnis

<b>Verzeichnis der Abbildungen .....</b>	<b>VII</b>
<b>Verzeichnis der Tabellen .....</b>	<b>XIII</b>
<b>Verzeichnis der Abkürzungen .....</b>	<b>XV</b>
<b>1 Einleitung .....</b>	<b>1</b>
1.1 Motivation und Handlungsbedarf .....	2
1.2 Zielsetzung und Forschungsfrage .....	3
1.3 Wissenschaftliche Vorgehensweise und Aufbau der Arbeit .....	5
<b>2 Grundlagen und Stand der Forschung .....</b>	<b>11</b>
2.1 Allgemeine Grundlagen und Begrifflichkeiten .....	11
2.1.1 Begriffsverständnis und -definition von Technologie .....	11
2.1.2 Grundlagen des strategischen Managements .....	13
2.1.3 Ziele, Aufgaben und Aktivitäten des Technologiemanagements .....	14
2.2 Grundlagen zum Technologiepotenzial .....	16
2.3 Grundlagen zum Risiko .....	19
2.3.1 Begriffsverständnis und -definition des Risikos .....	19
2.3.2 Grundlagen des Risikomanagements .....	21

---

2.4	Eingrenzung des Betrachtungsbereichs.....	23
2.4.1	Objektbezogene Eingrenzung .....	23
2.4.2	Prozessbezogene Eingrenzung .....	25
2.4.3	Subjektbezogene Eingrenzung .....	26
2.5	Analyse und kritische Würdigung des Stands der Forschung.....	27
2.5.1	Kriterien zur Bewertung bestehender Ansätze .....	28
2.5.2	Darstellung und Bewertung bestehender Ansätze .....	29
2.5.3	Zusammenfassung der Bewertung bestehender Ansätze .....	40
2.6	Zwischenfazit zum Status quo und Ableitung des Forschungsbedarfs .....	42
<b>3</b>	<b>Konzeption der Methodik.....</b>	<b>45</b>
3.1	Anforderungen an die Methodik .....	45
3.1.1	Inhaltliche Anforderungen an die Methodik .....	45
3.1.2	Formale Anforderungen an die Methodik .....	48
3.2	Grundlagen der Modell- und Systemtheorie .....	50
3.2.1	Systemtheorie und Systemtechnik.....	50
3.2.2	Allgemeine Modellierungstheorie .....	52
3.3	Grobkonzept der potenzial- und risikobasierten Technologiebewertung .....	54
3.4	Zwischenfazit: Konzept zur potenzial- und risikobasierten Bewertung von Technologien.....	60
<b>4</b>	<b>Detaillierung der Methodik .....</b>	<b>63</b>
4.1	Generische Charakterisierung von Technologien .....	64
4.1.1	Ableitung von Anforderungen an die Technologieindikatoren .....	64
4.1.2	Identifikation möglicher Technologieindikatoren .....	66
4.1.3	Analyse und Synthese der Technologieindikatoren.....	69

---

4.1.4	Operationalisierung der Technologieindikatoren .....	74
4.1.5	Beschreibung der anwendungsspezifischen Relevanz von Technologien .....	82
4.1.6	Zwischenfazit zur Charakterisierung von Technologien .....	84
4.2	Beschreibung des Anwendungskontextes der Technologien .....	85
4.2.1	Identifikation von Merkmalen zur Beschreibung des Anwendungskontextes .....	86
4.2.2	Analyse und Auswahl relevanter Merkmale zur Beschreibung des Anwendungskontextes.....	89
4.2.3	Operationalisierung der Beschreibung des Anwendungskontextes .....	91
4.2.4	Bewertung der Anwendungsbedeutung aus Unternehmenssicht .....	94
4.2.5	Zwischenfazit zur Beschreibung des Anwendungskontextes.....	97
4.3	Konstitution des Technologiepotenzials .....	98
4.3.1	Dimensionen des Technologiepotenzials .....	99
4.3.2	Identifikation der Wirkbeziehungen zwischen den Technologieindikatoren und den Technologiepotenzialen .....	106
4.3.3	Konkretisierung der Wirkbeziehungen zwischen den Indikatoren und dem Technologiepotenzial .....	115
4.3.4	Zwischenfazit zur Bewertung des Technologiepotenzials.....	124
4.4	Ermittlung des Risikos von Technologien .....	125
4.4.1	Identifikation und Strukturierung des Risikos .....	125
4.4.2	Analyse der Ursache-Wirkungsbeziehungen zwischen den Indikatoren und den Teilrisiken .....	146
4.4.3	Zwischenfazit zur Risikobewertung .....	163
4.5	Gestaltung der potenzial- und risikobasierten Technologiebewertung.....	164
4.5.1	Gestaltung einer zielgerichteten Visualisierung für die Methodik.....	165

4.5.2	Entwicklung eines Bewertungsschemas für die Inputgrößen der Methodik.....	172
4.5.3	Ermittlung des Technologiepotenzials.....	174
4.5.4	Ermittlung des Risikos.....	178
4.5.5	Vorgehen zur potenzial- und risikobasierten Bewertung von Technologien .....	180
4.5.6	Zwischenfazit zur potenzial- und risikobasierten Bewertung von Technologien .....	184
<b>5</b>	<b>Validierung und kritische Reflexion .....</b>	<b>187</b>
5.1	Darstellung des Fallbeispiels .....	187
5.2	Anwendung der Methodik .....	188
5.2.1	Gewichtung der Potenzialdimensionen und Teilrisiken .....	189
5.2.2	Charakterisierung der Technologien und Beschreibung des Anwendungskontextes .....	191
5.2.3	Ermittlung der Technologiepotenziale und Risiken .....	193
5.2.4	Bewertung der Technologiealternativen .....	194
5.3	Kritische Reflexion.....	195
<b>6</b>	<b>Zusammenfassung und Ausblick.....</b>	<b>199</b>
	<b>Literaturverzeichnis.....</b>	<b>203</b>
	<b>Veröffentlichungen des Autors im Themenfeld .....</b>	<b>245</b>
<b>A.</b>	<b>Anhang.....</b>	<b>247</b>
A.1	Quellenbezug und Beschreibung der Technologiemerkmale .....	247

---

A.2	Referenzen der Anwendungsmerkmale.....	254
A.3	Gewichtung der Indikatoren des Technologiepotenzials.....	256
A.4	Synthese der Risikofaktoren.....	260
A.5	Identifizierte Risikofaktoren mit Quellenzuordnung .....	264
A.6	Zuordnung der Risikofaktoren zu den Teilrisiken .....	274
A.7	Gewichtung der Indikatoren für die Teilrisiken .....	278
A.8	Indikatoren für die Potenzial- und Risikobewertung .....	285
A.9	Bewertung der Technologien des Fallbeispiels.....	287
A.10	Bewertung der Anwendungen des Fallbeispiels .....	293
	<b>Lebenslauf.....</b>	<b>301</b>



## Verzeichnis der Abbildungen

Abbildung 1-1:	Wissenschaftssystematik nach ULRICH UND HILL.....	6
Abbildung 1-2:	Aufbau der Dissertation i. A. a. den Forschungsprozess der angewandten Wissenschaften nach ULRICH .....	8
Abbildung 2-1:	Zusammenhang zwischen Erfolgspotenzial, strategischer Erfolgsposition und Nutzenpotenzial i. A. a. BINDER UND KANTOWSKY .....	18
Abbildung 2-2:	Risikomanagementprozess i. A. a. DIN ISO 31000.....	22
Abbildung 2-3:	Bewertung bestehender Ansätze der relevanten Wissenschaftsliteratur .....	41
Abbildung 3-1:	Herleitung der inhaltlichen Anforderungen an die zu entwickelnde Methodik.....	46
Abbildung 3-2:	Grundelemente und -begriffe des Systemdenkens i. A. a. HABERFELLNER ET AL.....	50
Abbildung 3-3:	Vier Prinzipien des Vorgehensmodells i. A. a. HABERFELLNER ET AL.....	51
Abbildung 3-4:	Grobkonzept der Methodik zur potenzial- und risikobasierten Technologiebewertung.....	55
Abbildung 4-1:	Intensitäts-Beziehungs-Matrix i. A. a. PROBST UND GOMEZ.....	72
Abbildung 4-2:	Technologieindikatoren mit Ausprägungen .....	81
Abbildung 4-3:	Merkmale und Ausprägungen für die Beschreibung des Anwendungskontextes.....	91
Abbildung 4-4:	Darstellung der Kennwerte für die Ermittlung der Anwendungsbedeutung .....	96

Abbildung 4-5:	Übersicht der abgeleiteten Technologiepotenziale.....	102
Abbildung 4-6:	Wirkbeziehungen zwischen den Technologieindikatoren und Potenzialdimensionen.....	114
Abbildung 4-7:	Prozess der systematischen Literaturrecherche i. A. a. BROCKE ET AL. ....	127
Abbildung 4-8:	Taxonomie der Literaturrecherche i. A. a. COOPER .....	128
Abbildung 4-9:	Concept-Map mit Kernaspekten für die systematische Literaturrecherche .....	132
Abbildung 4-10:	Mehrstufiges Vorgehen zur Synthese relevanter Risikofaktoren .....	134
Abbildung 4-11:	Indikation des Entwicklungspotenzials.....	147
Abbildung 4-12:	Indikation des Umsetzungsrisikos .....	150
Abbildung 4-13:	Indikation des Substitutionspotenzials.....	151
Abbildung 4-14:	Indikation des Imitationsrisikos .....	153
Abbildung 4-15:	Indikation des Finanzierungsrisikos.....	154
Abbildung 4-16:	Indikation des Marktrisikos .....	156
Abbildung 4-17:	Indikation des Zulassungsrisikos .....	158
Abbildung 4-18:	Indikation des Rechtsrisikos .....	160
Abbildung 4-19:	Indikation des Akzeptanzrisikos.....	161
Abbildung 4-20:	Generische Phasen des Strategieprozesses i. A. a. EPPLER UND PLATTS .....	167
Abbildung 4-21:	Darstellungsalternativen zur Ergebnisvisualisierung .....	168
Abbildung 4-22:	Technologieportfolios nach PFEIFFER ET AL., Arthur D. Little und McKinsey .....	170
Abbildung 4-23:	Darstellungsform der Ergebnisse der Methodik .....	171
Abbildung 4-24:	Vorgehensweise des paarweisen Vergleich i. A. a. HARTSCHEN ET AL. ....	178

---

Abbildung 4-25: Vorgehensweise zur initialen Technologieauswahl .....	180
Abbildung 4-26: Vorgehen zur Ermittlung des Technologiepotenzials und -risikos .....	184
Abbildung 5-1: Priorisierung und Gewichtung der Potenzialdimensionen.....	189
Abbildung 5-2: Priorisierung und Gewichtung der Teilrisiken.....	190
Abbildung 5-3: Bewertung der Technologiealternativen im Technologieportfolio.....	195
Abbildung A-1: Einflussmatrix zu Technologiemerkmalen .....	253
Abbildung A-2: Gewichtung der Indikatoren des Synergiepotenzials.....	256
Abbildung A-3: Gewichtung der Indikatoren des Entwicklungspotenzials .....	257
Abbildung A-4: Gewichtung der Indikatoren des Kostensenkungspotenzials.....	257
Abbildung A-5: Gewichtung der Indikatoren des Qualitätspotenzials .....	258
Abbildung A-6: Gewichtung der Indikatoren des Imagepotenzials .....	258
Abbildung A-7: Gewichtung der Indikatoren des Innovationspotenzials .....	259
Abbildung A-8: Gewichtung der Indikatoren des Entwicklungsrisikos .....	278
Abbildung A-9: Gewichtung der Indikatoren des Umsetzungsrisikos.....	279
Abbildung A-10: Gewichtung der Indikatoren des Substitutionsrisikos.....	279
Abbildung A-11: Gewichtung der Indikatoren des Imitationsrisikos .....	280
Abbildung A-12: Gewichtung der Indikatoren des Finanzierungsrisikos.....	281
Abbildung A-13: Gewichtung der Indikatoren des Marktrisikos.....	282
Abbildung A-14: Gewichtung der Indikatoren des Zulassungsrisikos .....	283
Abbildung A-15: Gewichtung der Indikatoren des Rechtsrisikos .....	283
Abbildung A-16: Gewichtung der Indikatoren des Akzeptanzrisikos .....	284
Abbildung A-17: Bewertungsschema für die Beurteilung der Technologieindikatoren.....	285

---

Abbildung A-18: Bewertungsschema für die Beurteilung der Anwendungsindikatoren .....	286
Abbildung A-19: Generische Bewertung der Wärmerückgewinnung .....	287
Abbildung A-20: Bewertung der Wärmerückgewinnung für die Anwendung Kochen, Backen und Frittieren.....	287
Abbildung A-21: Generische Bewertung des Reluktanzmotors .....	288
Abbildung A-22: Bewertung des Reluktanzmotors für die Anwendung Separatoren, Pumpen und Kompressoren .....	288
Abbildung A-23: Generische Bewertung der Multifunktionsmembranen.....	289
Abbildung A-24: Bewertung der Multifunktionsmembranen für die Anwendung Wasseraufbereitung .....	289
Abbildung A-25: Bewertung der Multifunktionsmembranen für die Anwendung Entfernung von Fehleraromen .....	290
Abbildung A-26: Generische Bewertung des Kalten Plasmas.....	290
Abbildung A-27: Bewertung des Kalten Plasmas für die Anwendung Sterilisation .....	291
Abbildung A-28: Generische Bewertung der Gefrierkonzentration .....	291
Abbildung A-29: Bewertung der Gefrierkonzentration für die Anwendung Bier- und Saftkonzentration .....	292
Abbildung A-30: Bewertung der Gefrierkonzentration für die Anwendung Abwasserkonzentration .....	292
Abbildung A-31: Bewertung der Anwendung Kochen, Backen und Frittieren.....	293
Abbildung A-32: Bewertung der Anwendung Separatoren, Pumpen und Kompressoren.....	294
Abbildung A-33: Bewertung der Anwendung Wasseraufbereitung.....	295
Abbildung A-34: Bewertung der Anwendung Entfernung von Fehleraromen.....	296
Abbildung A-35: Bewertung der Anwendung Sterilisation.....	297
Abbildung A-36: Bewertung der Anwendung Bier- und Saftkonzentration .....	298

---

Abbildung A-37: Bewertung der Anwendung Abwasserkonzentration ..... 299



## Verzeichnis der Tabellen

Tabelle 4-1:	Merkmale zur Technologiecharakterisierung.....	68
Tabelle 4-2:	Potenzielle Technologieindikatoren für die Potenzial- bzw. Risikobewertung .....	73
Tabelle 4-3:	Stufen zur Bewertung der anwendungsbezogenen Technologierelevanz i. A. a. GOCHERMANN.....	83
Tabelle 4-4:	Bewertungsskala für den paarweisen Vergleich i. A. a. SAATY ....	116
Tabelle 4-5:	Synthetisierte Risikofaktoren .....	136
Tabelle 5-1:	Zu bewertende Technologien im Fallbeispiel.....	191
Tabelle 5-2:	Betrachtete Anwendungen des Fallbeispiels .....	192
Tabelle 5-3:	Ermittelte Potenzialwerte je Potenzialdimension und Technologie .....	193
Tabelle 5-4:	Ermittelte Risikowerte je Teilrisiko und Technologie .....	194
Tabelle A-1:	Technologiemerkmale mit Quellenbezug.....	247
Tabelle A-2:	Beschreibung der Technologiemerkmale.....	251
Tabelle A-3:	Referenzen der Anwendungsmerkmale.....	254
Tabelle A-4:	Random Consistency Index (RI) nach SAATY UND VARGAS .....	256
Tabelle A-5:	Pareto-Analyse der identifizierten Risikofaktoren.....	260
Tabelle A-6:	Risikofaktoren mit Quellenbezug .....	264
Tabelle A-7:	Risikofaktoren des Entwicklungsrisikos .....	274
Tabelle A-8:	Risikofaktoren des Umsetzungsrisikos .....	274
Tabelle A-9:	Risikofaktoren des Substitutionsrisikos.....	275

Tabelle A-10:	Risikofaktoren des Imitationsrisikos .....	275
Tabelle A-11:	Risikofaktoren des Finanzierungsrisikos .....	275
Tabelle A-12:	Risikofaktoren des Marktrisikos .....	276
Tabelle A-13:	Risikofaktoren des Zulassungsrisikos .....	276
Tabelle A-14:	Risikofaktoren des Rechtsrisikos .....	276
Tabelle A-15:	Risikofaktoren des Akzeptanzrisikos.....	277

## Verzeichnis der Abkürzungen

AHP	Analytischer Hierarchie-Prozess
BCG	Boston Consulting Group
bspw.	beispielsweise
bzgl.	bezüglich
bzw.	beziehungsweise
ca.	circa
CI	Konsistenzindex
CR	Konsistenz
d. h.	das heißt
DIN	Deutsches Institut für Normung e.V.
et al.	et alii
etc.	et cetera
F&E	Forschung und Entwicklung
f.	folgende
ggf.	gegebenenfalls
Hrsg.	Herausgeber
hrsg. v.	herausgegeben von
i. A. a.	in Anlehnung an
IAS	International Accounting Standards

IFRS	International Financial Reporting Standards
ISO	International Organization for Standardization
Jg.	Jahrgang
Jh.	Jahrhundert
$\lambda_{\max}$	Haupteigenwert
Mio.	Millionen
Mrd.	Milliarden
Nr.	Nummer
NWA	Nutzwertanalyse
o. V.	ohne Verfasserangabe
RI	Random Consistency Index
RWTH	Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule
S.	Seite
sog.	so genannt
Tab.	Tabelle
u. a.	unter anderem
UMEA	Uncertainty-Mode- and Effects-Analysis
VDI	Verein Deutscher Ingenieure e.V.
VDMA	Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbauer e.V.
Verl.	Verlag
vgl.	vergleiche
z. B.	zum Beispiel

# 1 Einleitung

*“We tend to overestimate the effect of a technology in the short run and underestimate the effect in the long run.”*

ROY AMARA [RATC18]

Innovative und leistungsfähige Technologien sind ein Garant für die beständige Wettbewerbsfähigkeit und den langfristigen wirtschaftlichen Erfolg technologieorientierter Unternehmen [COOP07a, S. 67; GARZ18, S. 3; SCHU17, S. 275]. Dies gilt angesichts der derzeitigen, vielschichtigen Herausforderungen, mit denen sich produzierende Unternehmen im internationalen Wettbewerb konfrontiert sehen, heute mehr denn je. So sind Unternehmen infolge der fortschreitenden Globalisierung mit einem erhöhten Wettbewerbsdruck in einem zunehmend unsicheren Wettbewerbsumfeld konfrontiert [COOP17, S. 48; SCHR20, S. 196]. Diese Wettbewerbssituation wird durch eine Vielzahl innovativer Start-ups verschärft, welche in die Domäne etablierter Unternehmen vordringen [ANDI18, S. 16]. Durch die Volatilität der Märkte wird der Bedarf, neue Technologie- und Markttrends frühzeitig zu erkennen und zu adressieren, weiter erhöht [DOMB16, S. 394]. Gleichzeitig ist eine Zunahme der Dynamik des technologischen Wandels festzustellen, welche sich in kürzer werdenden Technologielebenszyklen manifestiert [GASS06, S. 5; KUPF20, S. 1; SCHR20, S. 197 f.]. Diese Entwicklung geht darüber hinaus mit einem Anstieg der Anzahl und Komplexität von Technologien einher [GASS06, S. 7; SCHN15, S. 7]. Infolgedessen müssen Unternehmen in einem von zunehmender Unsicherheit geprägten Markt- und Technologieumfeld agieren [SCHR20, S. 196].

In diesem schnelllebigen, unklaren und wenig vorhersagbaren Umfeld sind etablierte Unternehmen mehr denn je gefordert, ihre Wettbewerbsposition durch die Entwicklung und den Einsatz neuer, innovativer Technologien zu erhalten [RECK19, S. 634; WAL20, S. 191]. Auf diese Weise können Kostenvorteile oder gesteigerte Leistungsumfänge für eine nachhaltige Differenzierung von Wettbewerbern erzielt werden

[CORS16, S. 8; HAUS16, S. 6]. Bei einer reinen Fokussierung auf risikoarme und kleinschrittige Weiterentwicklungen vorhandener Technologien besteht für Unternehmen hingegen die Gefahr, den Anschluss an technologisch führende Wettbewerber zu verlieren [GASS06, S. 7].

Die Entwicklung und Markteinführung signifikant neuer Technologien ist hingegen mit hohen Unsicherheiten verbunden [ARAB19, S. 1029; GASS06, S. 7]. So scheitert immer noch ein Großteil der innovativen Entwicklungsvorhaben in Unternehmen [BACK19, S. 12; WÖRD20, S. 183]. Weiterhin werden individuelle Chancen neuer Technologien häufig nicht oder zu spät erkannt [WÖRD20, S. 66]. Insbesondere technologiegetriebene Unternehmen müssen mögliche Potenziale jedoch frühzeitig erkennen, um die erforderlichen Technologien im Vergleich zu Wettbewerbern rechtzeitig erschließen zu können [WÖRD20, S. 66]. Eine Fehleinschätzung möglicher Risiken oder die Wahl der falschen Technologie resultiert indes in der Verschwendung wichtiger Ressourcen und hohen Opportunitätskosten, wodurch schlimmstenfalls der Fortbestand des Unternehmens gefährdet wird [GASS06, S. 7; THAM14, S. 3]. Daher ist die frühestmögliche Identifikation und Priorisierung der vielversprechendsten Technologien für den effizienten Einsatz der begrenzten monetären und kapazitiven Ressourcen des Unternehmens erfolgskritisch [WÖRD20, S. 183].

## 1.1 Motivation und Handlungsbedarf

Für eine effiziente und effektive Entscheidungsfindung in einem volatilen und unsicheren Umfeld müssen mögliche Potenziale von Technologien und damit verbundene Risiken frühestmöglich transparent und nachvollziehbar bekannt sein [ROME18, S. 10]. Bei der Technologiebewertung besteht hierbei die Herausforderung zum einen in dem starken Einfluss unternehmensspezifischer Rahmenbedingungen, wie dem geplanten Anwendungskontext auf die Höhe des Potenzials und den Umfang der Risiken. Zum anderen wird durch die Komplexität und Informationsunsicherheit bei der Analyse von Technologien sowie durch deren heterogenes und dynamisches Verhalten die Einschätzung von Potenzialen und Risiken signifikant erschwert. [JANG17, S. 512] Insbesondere ein früher Entscheidungszeitpunkt für den Einsatz von Technologien ist dabei durch eine geringe Wissensbasis und eine hohe Informationsunschärfe geprägt [GASS14, S. 7; SCHÖ18b, S. 7; VORB14, S. 204].

In diesem Kontext bzw. zu diesem Zeitpunkt sind quantitative Analysen wenig praktikabel und in Anbetracht der großen Anzahl an Alternativen bei der initialen Technologieauswahl unwirtschaftlich [HORO17, S. 4; SCHI16, S. 37]. In der Praxis erfolgt die initiale Priorisierung und Auswahl neuer Technologien daher häufig auf Basis der