

Entwicklung eines Referenzvorgehensmodells zur multikriteriellen Bewertung innovativer Sicherheitstechniken

**Dissertation zur Erlangung des akademischen Grades eines
Doktors der Ingenieurwissenschaften (Dr.-Ing.)**

im

**Fachbereich D – Architektur, Bauingenieurwesen,
Maschinenbau, Sicherheitstechnik**

der

Bergischen Universität Wuppertal

- Abteilung Sicherheitstechnik -

vorgelegt von

Dipl.-Wi.-Ing. Stephan Grandt

aus Karlsruhe

Wuppertal 2015

Die Dissertation kann wie folgt zitiert werden:

urn:nbn:de:hbz:468-20151027-113124-2

[<http://nbn-resolving.de/urn/resolver.pl?urn=urn%3Anbn%3Ade%3A468-20151027-113124-2>]

Prüfungskommission

Vorsitz:	Univ.-Prof. Dr.-Ing. B.H. Müller
Erster Gutachter:	Univ.-Prof. Dr.-Ing. Frank Fiedrich
Zweiter Gutachter:	apl. Prof. Dr. rer. pol. Ralf Pieper
Mitglied:	Univ.-Prof. Dr.-Ing. Uli Barth
Tag der Verleihung:	31.07.2015

Abstract

The accelerated use of new kinds of reactive security measures in civil aviation at the beginning of the new millennium led to the current debate about striking the right balance between freedom and safety. Those responsible for making decisions at both corporate and state level have to consider the interests of very different groups of stakeholders. Any decision about the use of innovative security technologies therefore requires an evaluation that satisfies the relevant stakeholders' interests in aviation security on the one hand and takes different evaluation criteria into account at an early stage of the innovation process on the other hand. A multi-criteria decision-making problem results here due to partially conflicting objectives, the issue of acceptance and constant technological change. This is converted into an evaluation scheme in this research paper, consolidated in a process model and should be applicable as a generalized approach.

An analysis of current development trends in aviation security helps to narrow down the object of research. This is then used as a basis to examine the requirements of a holistic, multi-criteria evaluation of innovative security technologies. An in-depth literature analysis and sector-specific interviews with the relevant stakeholder groups form the basis for developing a set of evaluation dimensions and criteria that are particularly relevant for assessing technologies in the sector of aviation security. These analyses result in a model-based approach, realized by the successively development of a reference model. Supported by a suitable modeling technology and taking multi-criteria, innovation and acceptance-specific approaches into account, this model illustrates the logical chronological sequence of the multi-criteria evaluation of innovative security technologies in aviation security. Furthermore, its transferability to other aviation security applications is guaranteed.

The result of a case study of holistic multi-criteria evaluation conducted in a research project is plotted with the help of software-based applications and provides information about where potentials for optimization or changes lie with regard to different security technologies. Misplaced investments in new security technologies in the future, as was observed for example when introducing security scanners, can be avoided at an early innovation stage of technology development by applying the developed reference model. The validation of the reference model using the case of the aviation security checkpoint reveals that the developed evaluation structure, the combination of methods and the logical chronological approach are consistent, on the one hand, but also shows the potential for improvement with regard to future applications.

Zusammenfassung

Die Forcierung des Einsatzes reaktiver, neuartiger Sicherheitsmaßnahmen in der zivilen Luftfahrt zu Beginn des neuen Jahrtausends führte zu einer gegenwärtigen Debatte über das angemessene Verhältnis von Freiheit und Sicherheit. Entscheidungsträger auf unternehmerischer, wie auch staatlicher Ebene sehen sich dabei mit der Berücksichtigung von Interessen unterschiedlichster Anspruchsgruppen konfrontiert. Die Entscheidung über den Einsatz innovativer Sicherheitstechniken verlangt folglich nach einer Bewertung, welche zum einen den Interessen relevanter Stakeholder im Bereich der Luftsicherheit gerecht wird und zum anderen unterschiedliche Bewertungskriterien frühzeitig im Innovationsprozess berücksichtigt. Vor dem Hintergrund teilweise konfliktärer Zielsetzungen, der Akzeptanzfrage sowie dem stetigen technologischen Wandel wird das hieraus resultierende multikriterielle Entscheidungsproblem in der vorliegenden Forschungsarbeit in ein Bewertungssystem überführt, welches abschließend in einem Vorgehensmodell gebündelt wird und als generalisierbares Verfahren Anwendung finden soll.

Zur Eingrenzung des Forschungsgegenstandes trägt die Analyse der gegenwärtigen Entwicklungstendenzen im Bereich der Luftsicherheit bei, auf deren Basis die Anforderungen an eine ganzheitliche multikriterielle Bewertung innovativer Sicherheitstechniken untersucht werden. Eine ausgedehnte Literaturanalyse sowie bereichsspezifische Interviews mit entsprechenden Stakeholder-Gruppen bilden die Basis für die Entwicklung eines Sets an Bewertungsdimensionen und -kriterien, welche für die Technikbewertung im Luftsicherheitsbereich von besonderer Relevanz sind. Diese Analysen führen zu einem modellbasierten Lösungsansatz, welcher durch die sukzessive Entwicklung eines Referenzvorgehensmodells realisiert wird. Unterstützt durch eine geeignete Modellierungstechnik und unter Berücksichtigung multikriterieller, innovations- sowie akzeptanzspezifischer Ansätze, bildet dieses Modell den zeitlogischen Ablauf der multikriteriellen Bewertung innovativer Sicherheitstechniken im Bereich der Luftsicherheit ab. Darüber hinaus wird die Übertragbarkeit auf weitere Anwendungsbereiche der Luftsicherheit gewährleistet.

Das Ergebnis einer in der Forschungsarbeit durchgeführten Fallstudie zur ganzheitlichen multikriteriellen Bewertung wird mithilfe softwarebasierter Anwendungen grafisch dargestellt und gibt im vorliegenden Anwendungsfall Aufschluss darüber, in welchen Bereichen Optimierungs- bzw. Änderungspotenziale in Bezug auf verschiedene Sicherheitstechniken liegen. Durch das entwickelte Referenzvorgehensmodell können zukünftige Fehlinvestitionen in neue Sicherheitstechniken, wie sie beispielsweise bei der Implementierung des Security Scanners zu beobachten waren, bereits in den frühen Innovationsphasen der Technologieentwicklung vermieden werden. Anhand der Validierung des Referenzvorgehensmodells am Anwendungsfall der Luftsicherheitskontrolle wird einerseits aufgezeigt, dass die entwickelte Bewertungsstruktur, der Methodenverbund und das zeitlogische Vorgehen schlüssig sind und andererseits Verfeinerungspotenzial bezüglich zukünftiger Anwendungen liegt.

*„Wer die Freiheit aufgibt, um Sicherheit zu gewinnen,
der wird am Ende beides verlieren.“*

Benjamin Franklin

Danksagung

Zum erfolgreichen Abschluss der vorliegenden Forschungsarbeit haben eine Vielzahl von Personen in unterschiedlicher Weise beigetragen. Ihnen möchte ich an dieser Stelle meine Dankbarkeit aussprechen. Zu besonderem Dank bin ich meinem Doktorvater und akademischen Lehrer Herrn Univ.-Prof. Dr.-Ing. Frank Fiedrich verpflichtet. Er hat diese Arbeit in allen Phasen durch seine stetige Diskussionsbereitschaft in fachlichen Fragen begleitet und durch seine Motivation entscheidend zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen. Dank gebührt ferner Herrn apl. Prof. Dr. rer. pol. Ralf Pieper für die freundliche Übernahme des weiteren Gutachtens sowie Univ.-Prof. Dr.-Ing. Uli Barth und Univ.-Prof. Dr.-Ing. B.H. Müller für die Komplettierung bzw. den Vorsitz der Prüfungskommission.

Diese Arbeit entstand während meiner Tätigkeit als wissenschaftlicher Mitarbeiter im Competence Center Foresight (ehemals: Innovations- und Technologie-Management und Vorausschau) am Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI in Karlsruhe. Während dieser Zeit erhielt ich tatkräftige Unterstützung von zahlreichen Kollegen und Freunden. Vielmals bedanken möchte ich mich bei meinen Mentoren Dr.-Ing. Ralph Seitz und Dr. Benjamin Teufel, mit denen ich viele anregende Diskussionen führte und die mir in der kritischen Phase meiner Arbeit durch ihre konstruktive Herangehensweise eine große Hilfe waren. Bedanken möchte ich mich auch bei Dr. Antje Bierwisch, die mir bei allen auftretenden Problemen immer hilfreich zur Seite stand, für die jederzeit angenehme Zusammenarbeit. Ebenso geht mein Dank an meine weiteren wissenschaftlichen Arbeitskollegen, die durch die Schaffung eines stets harmonischen Arbeitsklimas und ihre kollegiale Verhaltensweise zum Erfolg dieser Arbeit beigetragen haben. Den Assistentinnen des CCV, Simone Oswald und Petra Sandker, gilt mein Dank für Hilfestellungen bei organisatorischen Belangen sowie die Endkorrektur meiner Arbeit.

Ein sehr herzlicher Dank gilt meiner Familie, die mich in dieser Zeit in vielerlei Hinsicht unterstützt hat. Vielen Dank auch an meine Freunde, die alle auf ihre Weise zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen haben. Zuletzt möchte ich mich bei meiner Lebensgefährtin Julia Wendler für ihren uneingeschränkten Rückhalt und die liebevolle Aufmunterung von ganzem Herzen danken. Die kraftspendende Zweisamkeit mit ihr war eine unabdingbare Voraussetzung für die Entstehung dieser Arbeit. Ihr gilt mein besonderer Dank.

Karlsruhe, Oktober 2015

Stephan Grandt

Inhalt

Tabellen	VI
Abbildungen.....	VII
Abkürzungen.....	X
1 Einleitung	1
1.1 Problemstellung	1
1.2 Zielsetzung.....	3
1.3 Theoretischer Bezugsrahmen und Abgrenzung.....	5
1.4 Aufbau der Arbeit	6
2 Sicherheitskonzept der Forschungsarbeit sowie Entwicklungen im Bereich der Luftsicherheit	9
2.1 Sicherheitskonzept.....	9
2.1.1 Luftverkehrssicherheit und Luftsicherheit.....	9
2.1.2 Flughafen als System.....	10
2.1.3 Besonderheiten von Sicherheitstechniken	11
2.2 Entwicklungstrends im Rahmen des Systems Flughafen	12
2.2.1 Trends im zivilen Luftverkehr	13
2.2.2 Internationale Unterschiede	14
2.2.3 Auswirkungen auf die Praxis	15
2.2.4 Prognosen in der Systemplanung Flughafen	16
2.3 Entwicklungsgeschichte der Luftsicherheit	17
2.4 Rahmenbedingungen für Entscheidungen im Bereich der Luftsicherheit.....	19
2.4.1 Internationale Organisationen zur Wahrung der Sicherheit im zivilen Luftverkehr	19

2.4.2	Rechtsgrundlagen zur Verteilung von Sicherheitsaufgaben	22
2.4.3	Sicherheitsplanung an internationalen Flughäfen	26
2.5	Sicherheitsmaßnahmen im Bereich der Luftsicherheit.....	28
2.5.1	Luftsicherheitskontrolle	29
2.5.2	Innovationen in der Luftsicherheit	31
2.6	Anforderungsprofil.....	33
2.7	Zwischenfazit	35
3	Stand der Forschung.....	37
3.1	Technologie- und Innovationsmanagement	37
3.1.1	Der Technologielebenszyklus	38
3.1.2	Entwicklung von Sicherheitstechniken im Zeitverlauf.....	41
3.1.3	Technikbewertung.....	42
3.2	Entscheidungstheorie und Operations Research (OR)	43
3.2.1	Grundlagen von Multi-Attribut-Methoden	46
3.2.2	Der PROMETHEE-Ansatz	48
3.2.3	Anwendungen von Multi-Attribut-Methoden	51
3.3	Entscheidungsfindung in Gruppen	53
3.3.1	Stakeholder-Konzept.....	53
3.3.2	Einbeziehung von Stakeholdern	54
3.4	Akzeptanzforschung.....	56
3.5	Systemtechnik und Modelltheorie	58
3.5.1	Systemtechnik.....	58
3.5.2	Modelltheorie und Referenzvorgehensmodell.....	59
3.5.3	Modellierung.....	62
3.6	Zwischenfazit	62
4	Modellentwicklung.....	65
4.1	Modellierung des Referenzvorgehensmodells	65
4.1.1	Systematisches Vorgehen	65
4.1.2	Entwicklung des Meta- und Basisvorgehensmodells	66

4.2	Phase der Zieldefinition.....	69
4.2.1	Analyse des Anwendungsbereichs	70
4.2.2	Anforderungsanalyse	71
4.2.3	Zielformulierung	74
4.2.4	Abgrenzung.....	74
4.3	Phase der Modellierungstechnik und des Methodenverbundes.....	75
4.3.1	Untersuchung und Entwicklung modellorientierter Methoden	75
4.3.2	Untersuchung und Entwicklung problemspezifischer Methoden.....	79
4.4	Phase der Modellerstellung.....	85
4.4.1	Erweiterungsmodell Identifikation von Stakeholdern.....	86
4.4.2	Erweiterungsmodell Identifikation von Kriterien	88
4.4.3	Erweiterungsmodell SIRA-Value in Use - Workshops.....	91
4.4.4	Erweiterungsmodell SIRA-Value in Use - Assessment	93
4.4.5	Erweiterungsmodell Zusammenführung der Ergebnisse	95
4.4.6	Referenzvorgehensmodell	97
4.5	Zwischenfazit	98
5	Modellumsetzung am Anwendungsfall der Luftsicherheitskontrolle	101
5.1	Validierung des Erweiterungsmodells Identifikation von Stakeholdern	101
5.1.1	Vorauswahl der Alternativen	101
5.1.2	Identifikation relevanter Stakeholder bzw. Stakeholder-Gruppen	106
5.1.3	Entwicklung der Bewertungsmatrizen	109
5.1.4	Zusammenfassung.....	109
5.2	Validierung des Erweiterungsmodells Identifikation von Kriterien.....	110
5.2.1	Literaturanalyse bestehender Technikbewertungen	111
5.2.2	Empirische Datenerhebung.....	116
5.2.3	Synthese und Validierung der induktiv und deduktiv gewonnenen Erkenntnisse	119
5.2.4	Zusammenfassung.....	126

5.3	Validierung des Erweiterungsmodells SIRA-Value in Use - Workshops	127
5.3.1	Entwicklung und Vorbereitung des Workshop-Konzepts	127
5.3.2	Realisierung des Workshop-Konzepts	129
5.3.3	Zusammenfassung.....	133
5.4	Validierung des Erweiterungsmodells SIRA-Value in Use - Assessment.....	133
5.4.1	Berücksichtigung von Unsicherheit	134
5.4.2	Berechnung der Kriterienausprägungen und -gewichtungen.....	134
5.4.3	Entwicklung des Verfeinerungsmodells Technologielebenszyklus	135
5.4.4	Validierung des Verfeinerungsmodells Technologielebenszyklus	136
5.4.5	Datenübertragung in das Software-Programm.....	141
5.4.6	Zusammenfassung.....	141
5.5	Validierung des Erweiterungsmodells Zusammenführung der Ergebnisse	142
5.5.1	Ergebnisdarstellung	142
5.5.2	Sensitivitäts- und Robustheitsanalysen	157
5.5.3	Diskussion und Handlungsempfehlungen.....	160
5.5.4	Zusammenfassung.....	163
5.6	Fazit	163
6	Zusammenfassung und Ausblick	165
6.1	Zusammenfassende Darstellung der Ergebnisse	165
6.2	Ausblick.....	169
	Literaturverzeichnis.....	173
	Anhang	192
A.	Luftsicherheitsgesetz	192
B.	Passagier-Prozesskarte	193

C.	Interview-Leitfaden am Beispiel der Version des BMI.....	194
D.	Der Kriterienkatalog in seiner Ausgangsform.....	197
E.	Finaler Kriterienkatalog	202
F.	Bewertungsergebnisse.....	208
a.	Status Quo	208
b.	Zukunftsmodell.....	213

Tabellen

Tabelle 2-1: Anforderungsprofil der Entwicklung eines Konzepts zur Bewertung innovativer Sicherheitstechniken im Luftsicherheitsbereich.....	34
Tabelle 3-1: Abgrenzung von MCDA-Verfahren	45
Tabelle 3-2: Abgrenzung von MADM-Verfahren.....	46
Tabelle 4-1: Anforderungsbeurteilung hinsichtlich der Entwicklung des Referenzvorgehensmodells	73
Tabelle 4-2: Bewertungsmatrix	82
Tabelle 5-1: Stakeholder-Gruppen und Anzahl der interviewten Personen.....	117
Tabelle 5-2: Erweiterungen und Veränderungen der Stakeholder-Gruppe <i>Experten</i>	131
Tabelle 5-3: Erweiterungen und Veränderungen des Stakeholders <i>Passagier</i>	132
Tabelle 5-4: Ergebnisanalyse der Online-Befragung der EBS	140
Tabelle 5-5: Bezugsgefüge zwischen Akzeptanzattributen und Bewertungskriterien	141
Tabelle 5-6: Stakeholderspezifische Gewichtung der Bewertungsdimensionen	143
Tabelle 5-7: Auswahl besonders bewertungsrelevanter Kriterien	144
Tabelle 5-8: Relative Stärke/Schwäche sowie Nettoflüsse der Technikalternativen.....	146
Tabelle 5-9: Stakeholderspezifische Gewichtung der TAM-Einflussfaktoren	155
Tabelle 5-10: Auswahl der sensitivsten Bewertungsdimensionen aus Sicht der Stakeholder	157

Abbildungen

Abbildung 1-1: Internationaler Terrorismus, Anzahl Zwischen- und Todesfälle	1
Abbildung 1-2: Aufbau der Arbeit.....	6
Abbildung 2-1: Das 3-Säulen-Modell der Sicherheit im zivilen Luftverkehr	25
Abbildung 2-2: Sicherheitsplanung an britischen sowie nordirischen Flughäfen.....	28
Abbildung 3-1: Idealtypischer Technologielebenszyklus	39
Abbildung 3-2: Integrierter Technologielebenszyklus.....	40
Abbildung 3-3: Werte im technischen Handeln.....	43
Abbildung 3-4: Pauschalisierte Präferenzfunktionen des PROMETHEE- Ansatzes	49
Abbildung 3-5: Der Ablaufprozess der multikriteriellen Analyse	52
Abbildung 3-6: Stakeholder-Identifikation nach Achterkamp und Vos.....	54
Abbildung 3-7: Modellgraph des TAM	57
Abbildung 3-8: Merkmale von Referenzmodellen.....	62
Abbildung 4-1: Metavorgehens-/Basismodell zur Entwicklung des Referenzvorgehensmodells	67
Abbildung 4-2: Drei-Ebenen-System nach Scheer	68
Abbildung 4-3: Die erste Phase - Zieldefinition.....	69
Abbildung 4-4: Bezugssystem des Anwendungsbereichs	71
Abbildung 4-5: Die zweite Phase – Modellierungstechnik und Methodenverbund	75
Abbildung 4-6: Standardsymbolarchiv der aktivitätsorientierten Modellierung	77
Abbildung 4-7: Erweiterungsset des bestehenden Symbolarchivs.....	78
Abbildung 4-8: Methodisches Konzept zur multikriteriellen Bewertung von Sicherheitstechniken	81
Abbildung 4-9: Bewertungssystem SIRA-Value	84
Abbildung 4-10: Die dritte Phase – Modellerstellung.....	85
Abbildung 4-11: Erweiterungsmodell <i>Identifikation von Stakeholdern</i>	87
Abbildung 4-12: Erweiterungsmodell <i>Identifikation von Kriterien</i>	89
Abbildung 4-13: Erweiterungsmodell <i>SIRA-Value in Use - Workshops</i>	91

Abbildung 4-14: Erweiterungsmodell <i>SIRA-Value in Use - Assessment</i>	94
Abbildung 4-15: Erweiterungsmodell <i>Zusammenführung der Ergebnisse</i>	96
Abbildung 4-16: Entwickeltes Referenzvorgehensmodell und seine Verknüpfungen	98
Abbildung 5-1: Prozessdarstellung des <i>Status Quo</i>	103
Abbildung 5-2: Prozessdarstellung des <i>Zukunftsmodells</i>	105
Abbildung 5-3: Ansatz zur frühzeitigen Berücksichtigung unterschiedlicher Interessen	108
Abbildung 5-4: Beispielhafter Ausschnitt der Bewertungsmatrix des Stakeholders <i>BMI</i>	109
Abbildung 5-5: Klassische Dimensionen der Technikbewertung und deren Kriterien.....	112
Abbildung 5-6: Nicht-technische Dimensionen der Technikbewertung und deren Kriterien.....	114
Abbildung 5-7: Morphologischer Kasten der Akzeptanzkriterien	115
Abbildung 5-8: TAM-orientierte Strukturierung relevanter Kriterien (grün) der <i>Experten</i>	125
Abbildung 5-9: TAM-orientierte Strukturierung relevanter Kriterien (grün) des <i>Passagiers</i>	126
Abbildung 5-10: Verfeinerungsmodell <i>Technologielebenszyklus</i>	136
Abbildung 5-11: Bibliometrische Analyse <i>Torbogensonde</i> für die Jahre 1980- 2013	138
Abbildung 5-12: Bibliometrische Analyse <i>Security Scanner</i> für die Jahre 1980- 2013	138
Abbildung 5-13: Relative Stärke/Schwäche der Technikalternativen aus Sicht der Stakeholder	145
Abbildung 5-14: PROMETHEE II Rangfolge in Abhängigkeit der Stakeholder- Perspektive.....	147
Abbildung 5-15: Visuelle Analyse der Ergebnisse des Stakeholders <i>Passagier</i>	148
Abbildung 5-16: Visuelle Analyse der Ergebnisse des Stakeholders <i>Sicherheitsdienstleister</i>	149
Abbildung 5-17: Visuelle Analyse der Ergebnisse des Stakeholders <i>Produzenten</i>	150

Abbildung 5-18: Visuelle Analyse der Ergebnisse des Stakeholders <i>Technologieentwickler</i>	151
Abbildung 5-19: Visuelle Analyse der Ergebnisse des Stakeholders <i>Fluggesellschaften</i>	152
Abbildung 5-20: Visuelle Analyse der Ergebnisse des Stakeholders <i>BMI</i>	153
Abbildung 5-21: Visuelle Analyse der Ergebnisse des Stakeholders <i>Flughafenbetreiber</i>	154
Abbildung 5-22: Globale Analyse der Technikalternativen <i>Status Quo</i> und <i>Zukunftsmodell</i>	155
Abbildung 5-23: Globale Bewertung der Betroffenheit bzw. Akzeptanz im engeren Sinne	156
Abbildung 5-24: Analyse variierender Gewichtung des Stakeholders <i>Passagier</i>	159

Abkürzungen

9/11	Nine-Eleven, Terroranschläge vom 11. September 2001
Abb.	Abbildung
Abs.	Absatz
ACI	Airports Council International
AG	Aktiengesellschaft
AHP	Analytischer-Hierarchie-Prozess
ANP	Analytischer-Netzwerk-Prozess
Art.	Artikel
AVSEC Committee	Aviation Security Committee
BMBF	Bundesministerium für Bildung und Forschung
BMI	Bundesministerium des Inneren
BMVBS	Bundesministerium f. Verkehr, Bau und Stadtentwicklung
bspw.	beispielsweise
BPol	Bundespolizei
BVerfGE	Bundesverfassungsgericht
bzw.	beziehungsweise
CAPPS	Computer Assisted Passenger Pre-Screening System
CEP	Common Evaluation Process
ConOps	Concept of Operations
EBS	European Business School
ECAC	European Civil Aviation Conference
EduaR&D	Energie Daten und Analyse R&D
EG	Europäische Gemeinschaft
ELECTRE	Elimination Et Choix Traduisant la Réalité

et al.	et alii (und andere)
EU	Europäische Union
EWM	Erweiterungsmodell
FAA	Federal Aviation Administration
Fraunhofer ISI	Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung
F&E	Forschung und Entwicklung
GAIA	Geometrical Analysis for Interactive Assistance
ggfs.	ggfs.
GPS	Global Positioning System
GVA	Global Visual Analysis
IATA	International Air Transport Association
ICAO	International Civil Aviation Organization
ISO	Internationale Organisation für Normung
IT	Informationstechnik
JFK	John F. Kennedy International Airport (IATA Kürzel)
Kap.	Kapitel
LuftSiG	Luftsicherheitsgesetz
LuftVG	Luftverkehrsgesetz
MA	Mitarbeiter
MADM	Multi Attribute Decision Making
MATRA	Multi-Agency Threat Assessment
MAUT	Multi Attribute Utility Theory
MAVT	Multi Attribute Value Theory
MAXQDA	MAX Qualitative Daten Analyse
MCDA	Multi-Criteria Decision Analysis

MCDM	Multi-Criteria Decision Making
MCT	Minimum Connecting Time
MODM	Multi Objective Decision Making
MS Excel	Microsoft Excel
NATO	North Atlantic Treaty Organization
NF	Nettofluss
Nr.	Nummer
OR	Operations Research
PC	Personal Computer
PPBM	Positive Passenger Baggage Matching
PROMETHEE	Preference Ranking Organisation Method for Enrichment Evaluations
RAG	Risk Advisory Group
SAGAS	Stakeholders' Advisory Group on Aviation Security
SARPS	Standards and Recommended Practices
SEG	Security Executive Group
SIIE	Strascheg Institute for Innovation and Entrepreneurship
SIRA	Sicherheit im öffentlichen Raum
SM	Sicherheitsmaßnahme(n)
SMCE	Social Multi-Criteria Evaluation
SSCP	Security Screening Checkpoint
TAM	Technologieakzeptanzmodell
Tab.	Tabelle
TCO	Total Cost of Ownership
TLZ	Technologielebenszyklus
TSA	Transport Security Administration

u.a.	unter anderem
UNO	United Nations Organization
US	United States
USA	United States of America
VDI	Verein Deutscher Ingenieure
vgl.	vergleiche
VO	Verordnung
WHO	World Health Organization
WoS	Web of Science
z.B.	zum Beispiel

1 Einleitung

1.1 Problemstellung

Nicht erst die Anschläge von New York bzw. Washington am 11. September 2001 sowie die Anschläge von Madrid und London am 11. März 2004 bzw. 7. Juli 2005 offenbarten die zunehmende und allgegenwärtige Bedrohung der westlichen Welt durch terroristische Aktivitäten und damit einhergehend die Gefährdung der öffentlichen Sicherheit. Betrachtet man die reine Anzahl transnationaler terroristischer Vorfälle lässt sich zwar ein abnehmender Verlauf erkennen, jedoch nimmt die Zahl der Opfer terroristischer Aktivitäten nicht im gleichen Ausmaß ab (vgl. Abb. 1-1). Neben der Tatsache, dass terroristische Aktivitäten einem gewissen Muster folgen,¹ lässt sich jedoch ein weiterer wesentlicher Punkt ableiten. Terroristische Anschläge werden immer *effizienter* und somit *tödlicher*. Der Grund hierfür liegt, neben der proportionalen Zunahme von fundamentalistischen Gruppierungen, in erster Linie an den immer wieder zum Einsatz kommenden neuartigen Technologien (Frey et al. 2004).

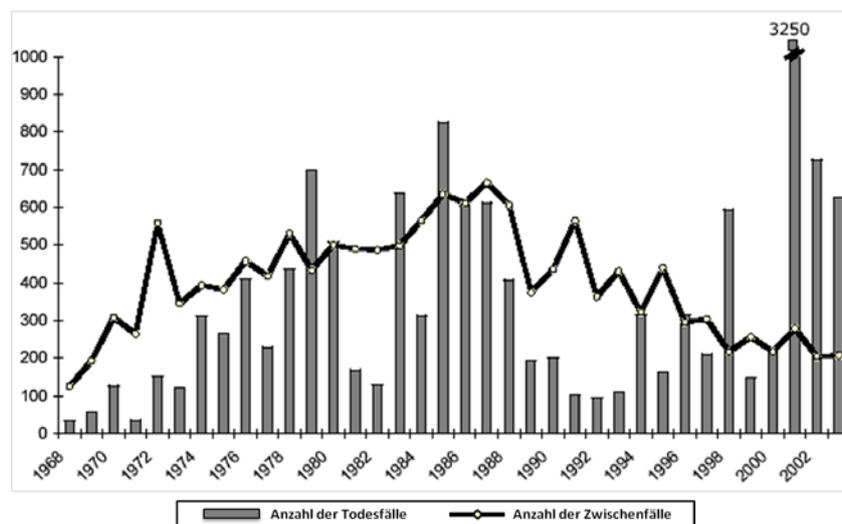


Abbildung 1-1: Internationaler Terrorismus, Anzahl Zwischen- und Todesfälle
(Vgl. US Department of State sowie Sandler und Enders 2004)

Die in jüngster Zeit verübte Art von Anschlägen verfolgt das Ziel möglichst viele Todesfälle zu verursachen sowie die damit verbundene Erschütterung des sozialen und wirtschaftlichen Lebens. Der zukünftige Einsatz von radiologischen oder biologischen Substanzen im Rahmen solcher Angriffe scheint denkbar, wenn nicht sogar wahr-

¹ Gründe hierfür sind u.a. begrenzte Ressourcen-Kapazitäten sowie der Kreislauf reaktiver Gegenmaßnahmen entsprechend der Art terroristischer Aktivitäten.

scheinlich. Gerade der zivile Luftverkehr ist seit jeher ein beliebtes Ziel politisch motivierter Straftäter² gewesen und scheint auch in Zukunft nichts an seiner Attraktivität für potenzielle Attentäter, respektive Terroristen, einzubüßen (Giemulla und Rothe 2011). Die Folge hieraus ist ein weitreichender Einsatz neuartiger Sicherheitstechniken, welche den Schutz kritischer Infrastrukturen, wie bspw. Flughäfen, gewährleisten sollen.³ Hierbei zeigt sich ein umfangreiches Spektrum, von Flüssigkeitsbeschränkungen im Fluggepäck über Vorratsdatenspeicherung und biometrische Ausweise, bis hin zum Einsatz sogenannter Security Scannern.⁴ Diese Tatsache scheint der Stein des Anstoßes einer öffentlichen Debatte zu sein, in deren Mittelpunkt die Frage nach einem angemessenen Verhältnis von Freiheit und Sicherheit steht. Dass sich der Staat bei der Balancierung des Gleichgewichts mitunter schwer tut, wird in der Öffentlichkeit seither kontrovers diskutiert.⁵ Ulrich Beck formuliert die Reaktionen des Staates auf potenzielle Risiken dabei als „...rastlose Suche nach der verlorenen Sicherheit mittels Maßnahmen und Strategien, die Kontrolle und Sicherheit eher vorgaukeln als gewährleisten und das allgemeine Unsicherheits- und Bedrohungsgefühl schüren (Beck 2007).“ Politische und mediale Verstärker steigern die gefühlte Unsicherheit dabei oftmals noch in Form von öffentlichen Diskursen, die dazu genutzt werden, den Bedarf nach Sicherheit auch für andere Zwecke umzuleiten (Hoffmann-Riem 2009). Die Frage, wie viel Überwachung ein Staat braucht stellte sich bereits George Orwell in seinem Roman *1984* und sie soll auch hier nicht außer Acht gelassen werden.⁶

Der vermehrte Einsatz von Sicherheitsmaßnahmen, gerade im Falle kritischer Infrastrukturen, lässt keinen Zweifel an einer Verschiebung des Gleichgewichts zwischen

² Im Interesse einer besseren Lesbarkeit wird nicht ausdrücklich in geschlechtsspezifischen Personenbezeichnungen differenziert. Die gewählte männliche Form schließt eine adäquate weibliche Form gleichberechtigt ein.

³ Die vorliegende Arbeit greift auf einen Technikbegriff zurück, welcher technische Artefakte und Sicherheitsmaßnahmen gleichermaßen umfasst (Rammert und Schulz-Schaeffer 2002). Unter dem Technologiebegriff wird das Wissen über die entsprechende Technik zusammengefasst.

⁴ Auch Körperscanner, Ganzkörperscanner, Bodyscanner oder Nacktscanner genannt. Hierbei handelt es sich um sensorbasierte Geräte, mit denen der Körper einer Person sowie Gegenstände unter der Kleidung abgebildet werden können, um somit bspw. Waffen oder Sprengstoffe sichtbar zu machen. Die Realisierung kann auf Basis der Terahertz- oder der Röntgenstrahlung erfolgen.

⁵ Als Beispiel seien hier vergangene Urteile des Bundesverfassungsgerichts genannt. Dieses Gericht hat die ihm obliegende, insbesondere am Rechtsstaatsprinzip orientierte, Prüfung einer Reihe von Sicherheitsgesetzen vorgenommen und ist dabei vielfach zum Ergebnis der Verfassungswidrigkeit ihrer Ausgestaltung gekommen (Hoffmann-Riem 2009).

⁶ Der im Juni 1949 erschienene Roman *1984* von George Orwell handelt von einer Dystopie, in der ein totalitärer Präventions- und Überwachungsstaat im Jahre 1984 dargestellt wird.

bürgerlichen Freiheitsrechten und öffentlicher Sicherheit, hin zu letzterer. Gerade anhand des Security Scanners lassen sich bezüglich der Akzeptanz innovativer Techniken im internationalen Vergleich erhebliche Unterschiede feststellen. Die Entscheidung über den Einsatz von Sicherheitstechniken verlangt folglich nach einer Bewertung, welche unterschiedliche Bewertungskriterien berücksichtigt. Hieraus lässt sich die These ableiten, dass innovative Sicherheitslösungen nur dann erfolgreich sein können, wenn zum einen ihr Nutzen bzw. Mehrwert transparent dargestellt und diese zum anderen im Dialog mit Anwendern bzw. Öffentlichkeit optimiert werden. Die Akzeptanz scheint ein wesentlicher Bestandteil für den Erfolg solcher Entscheidungen zu sein, jedoch ist sie nicht der einzige. Die Integration neuer Techniken in bestimmte Sicherheitsmaßnahmen wirkt sich in der Regel auf den betrachteten Gesamtprozess aus und kann dadurch unterschiedliche Konsequenzen hervorrufen. Eine isolierte Betrachtung dieser Technik im Vorfeld der Entscheidung ist daher nicht zielführend. Vielmehr bedarf es einer ganzheitlichen Betrachtung, die ökonomische, technische, ökologische sowie gesellschaftliche Auswirkungen bei der Implementierung einer Sicherheitstechnik beachtet. Hieraus resultiert ein multikriterielles Entscheidungsproblem, welches durch teils konfliktäre Zielsetzungen gekennzeichnet ist. Es liegt folglich der Schluss nahe, dass Entscheidungen bezüglich der Sicherheit im öffentlichen Raum in Abhängigkeit verschiedener Dimensionen als auch Stakeholder getroffen werden müssen.⁷

Dennoch wurden bislang kaum multikriterielle Ansätze im Zusammenhang mit der Bewertung innovativer Sicherheitstechniken eingesetzt. Zwar finden diese Methoden eine breit gefächerte Anwendung innerhalb unterschiedlichster Themenfelder, gerade aber die Berücksichtigung multipler Perspektiven und die damit verbundene Verknüpfung oftmals konfliktärer Zielgrößen im Sicherheitsbereich kommt dabei zu kurz. Für die Bewertung von Sicherheitstechniken liegen lediglich wenige Veröffentlichungen vor, von denen keine die Integration eines adäquaten Stakeholder-Ansatzes vornimmt und welche zumeist auf Teilaspekte einer ganzheitlichen Bewertung, wie beispielsweise wirtschaftliche, sicherheitstechnische oder akzeptanzspezifische Faktoren abzielen.

1.2 Zielsetzung

Die Dissertation setzt sich zum Ziel diese Lücke durch die Integration unterschiedlicher Bewertungskriterien und Perspektiven in den Entscheidungsprozess und im Speziellen

⁷ Unter dem Begriff des Stakeholders werden hier, synonym zur Anspruchsgruppe, die verschiedenen beteiligten bzw. betroffenen Akteure hinsichtlich weitreichender Entscheidungen im Luftsicherheitsbereich verstanden, wie bspw. Flughafenbetreiber, Passagiere und Mitarbeiter. Im weiteren Verlauf der vorliegenden Arbeit wird der Stakeholder-Begriff in Kap. 3.3.1 spezifiziert.

in den frühen Phasen des Innovationsprozesses zu schließen. Die Arbeit beschäftigt sich mit der Entscheidungsanalyse, insbesondere mit der theoretischen Entwicklung neuer Entscheidungsunterstützungstechniken sowie der praktischen Umsetzung bzw. Implementierung eines Bewertungskonzepts. Berücksichtigung finden dabei Verhaltensaspekte in der Entscheidungsfindung sowie neue Techniken zur Entscheidungsfindung in Gruppen. Hierdurch lassen sich folgende Leitfragen formulieren, die im Kontext der Dissertation zu beantworten sind:

- (1) Wie können innovative Sicherheitstechniken vor ihrer Implementierung seitens der beteiligten Stakeholder und hinsichtlich relevanter Bewertungskriterien ausgewählt bzw. optimiert werden?
- (2) Wer sind die beteiligten Stakeholder, die für eine ganzheitliche Bewertung innovativer Sicherheitstechniken von Relevanz sind?
- (3) Welches sind die relevanten Faktoren, welche die Bewertung innovativer Sicherheitstechniken im Bereich der Luftsicherheit beeinflussen?
- (4) Welche Aspekte spielen hinsichtlich des Einsatzes zukünftiger Sicherheitstechniken eine tragende Rolle und welchen Faktor besitzt dabei die Akzeptanz?
- (5) Welches Set an methodischen Ansätzen erfordert die ganzheitliche Bewertung innovativer Sicherheitstechniken im Bereich der Luftsicherheit?

Diesen Fragestellungen wird im Rahmen der vorliegenden wissenschaftlichen Arbeit nachgegangen. Insbesondere soll dabei untersucht werden, welche Methoden bei der Entscheidung über den Einsatz innovativer Sicherheitstechniken in geeigneter Weise in ein Bewertungskonzept integriert und mithilfe eines Vorgehensmodells angewendet werden müssen.⁸ Dieses Referenzvorgehensmodell soll den Anwender aus dem Luftsicherheitsbereich, wie bspw. den Flughafenbetreiber oder Technologieentwickler dazu befähigen, eine eigenständige Bewertung von Sicherheitstechniken durchzuführen, um potenzielle Fehler beim Technologieeinsatz bereits in den frühen Phasen des Innovations- bzw. Entwicklungsprozesses zu identifizieren und somit zukünftig anfallende Kosten in Entwicklung und Anwendung im Vorfeld zu vermeiden. Zur schrittweisen Erlangung dieses Ziels werden folgende Unterziele verfolgt:

- Darstellung der Entwicklungstendenzen im Luftsicherheitsbereich sowie der Besonderheiten von Sicherheitstechniken zur Bestimmung von Anforderungen an das Bewertungskonzept.

⁸ Ein Referenzvorgehensmodell ist ein vorgefertigtes Lösungsschema zur Bewältigung einer praktischen Problemstellung aus einem speziellen Anwendungsbereich. Es besteht aus einzelnen, flexiblen Elementen, die vornehmlich die Semantik des Anwendungsbereichs als Lösungsprozess repräsentieren (Seitz 2004). Zur detaillierten Erörterung der Bedeutung von Referenzvorgehensmodellen wird auf Kap. 3.5.2 verwiesen.

- Analyse bisheriger Arbeiten und Formulierung eines neuen Lösungsansatzes.
- Konzeption einer geeigneten Modellierungstechnik.
- Entwicklung bzw. Konzeption des gesamten Referenzvorgehensmodells sowie seiner erforderlichen Elemente.
- Realisierung und Validierung des Referenzvorgehensmodells anhand eines Anwendungsfalls aus dem Bereich der Luftsicherheit.

Durch die Bewertung soll gezeigt werden, welche Sicherheitstechniken unter Berücksichtigung unterschiedlicher Perspektiven am besten geeignet wären und welche Ausgestaltungsform den besten Kompromiss für alle beteiligten Stakeholder darstellen wird. Hinsichtlich der Zielerreichung ist es notwendig eine Fallstudie im Luftsicherheitsbereich durchzuführen, um Gewichtungen bzw. Ausprägungen von Bewertungskriterien aus Sicht der relevanten Stakeholder zu identifizieren. Die Bewertung soll anhand des entwickelten Referenzvorgehensmodells stattfinden, das exemplarisch Anwendung findet und gleichzeitig die Übertragbarkeit auf weitere Anwendungsfelder verdeutlicht.

1.3 Theoretischer Bezugsrahmen und Abgrenzung

Bezüglich der Erfüllung der gesteckten Ziele sind die Grundlagen des Innovations- und Technologiemanagements, der Entscheidungstheorie und des Operations Research (OR), der Entscheidungsfindung in Gruppen, der Akzeptanzforschung sowie der Systemtechnik und Modelltheorie von Relevanz.

Die Grundlagen des Innovations- und Technologiemanagements, der Entscheidungstheorie und des OR, der Akzeptanzforschung sowie der Entscheidungsfindung in Gruppen bilden die Basis für den Methodenverbund des zu konzeptionierenden Referenzvorgehensmodells. Sie stellen folglich die essenziellen Elemente des Bewertungskonzepts dar.

Die Systemtechnik bzw. die Modelltheorie ist der theoretische Bezugsrahmen des zu entwickelnden Referenzvorgehensmodells. Die Richtlinien der Modellierungstechnik sowie das zur Anwendung festgelegte Symbolarchiv bilden die theoretische Grundlage der vorliegenden Arbeit.

Der Bereich der Luftsicherheit, insbesondere die Entscheidungsfindung bezüglich der hier zum Einsatz kommenden Sicherheitstechniken, bildet den Untersuchungsgegenstand dieser Arbeit. Dieser wird analysiert und aus den Ergebnissen spezifische Anforderungen an das zu entwickelnde Referenzvorgehensmodell abgeleitet. Der hieraus ermittelte Methodenverbund bildet das System zur Bewertung innovativer Sicherheitstechniken im Luftsicherheitsbereich.

Die Untersuchung aktueller Entwicklungstrends im Bereich der Luftsicherheit wird auf die Luftsicherheitskontrolle sowie die hier genutzten bzw. sich in Planung befindlichen Sicherheitstechniken eingegrenzt. Die beispielhafte Modellumsetzung wird, auf Basis der Erkenntnisse aus Kapitel 2, für die Luftsicherheitskontrolle dargestellt. Zusätzlich soll das Referenzvorgehensmodell dem Anwender die Option gewährleisten im Anwendungsfall nicht genutzte Bewertungsmodule eigenständig zu integrieren.

1.4 Aufbau der Arbeit

Die Forschungsarbeit unterteilt sich in sechs Kapitel, welche folgenden Ablauf ergeben:

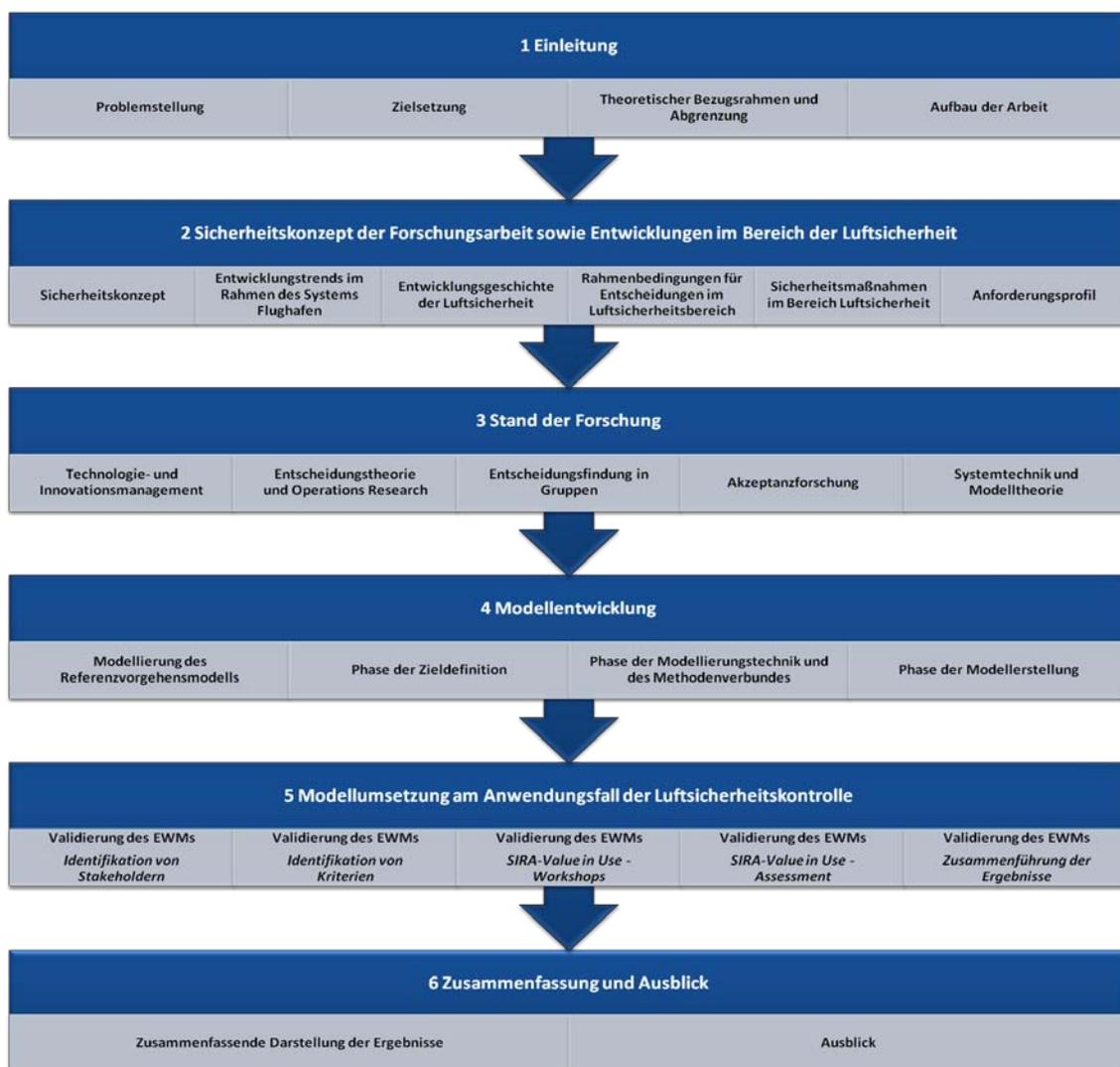


Abbildung 1-2: Aufbau der Arbeit

Kapitel 1 konkretisiert die Zielsetzung der Arbeit, in Form der Entwicklung eines Referenzvorgehensmodells zur multikriteriellen Bewertung innovativer Sicherheitstechniken,

vor dem Hintergrund der einleitenden Problemstellung sowie der in diesem Kontext resultierenden Fragestellungen.

Die Relevanz der Fragestellungen wird in Kapitel 2 *Sicherheitskonzept der Forschungsarbeit sowie Entwicklungen im Bereich der Luftsicherheit* vor dem Hintergrund des sicherheitstechnischen Wandels im Bereich der Luftsicherheit, initiiert durch die Ereignisse der letzten Jahre, untersucht und im Kontext relevanter Rahmenbedingungen erläutert. Diese Entwicklungen zeigen nicht nur Auswirkungen auf die Organisation und Arbeitsabläufe am Flughafen, sondern auch auf die Gesellschaft und verdeutlichen die Sonderstellung, welche der Sicherheitstechnik am Flughafen und deren Einsatz zukommt. Bei der Entwicklung eines effektiven Bewertungssystems gilt es diese Auswirkungen zu berücksichtigen.

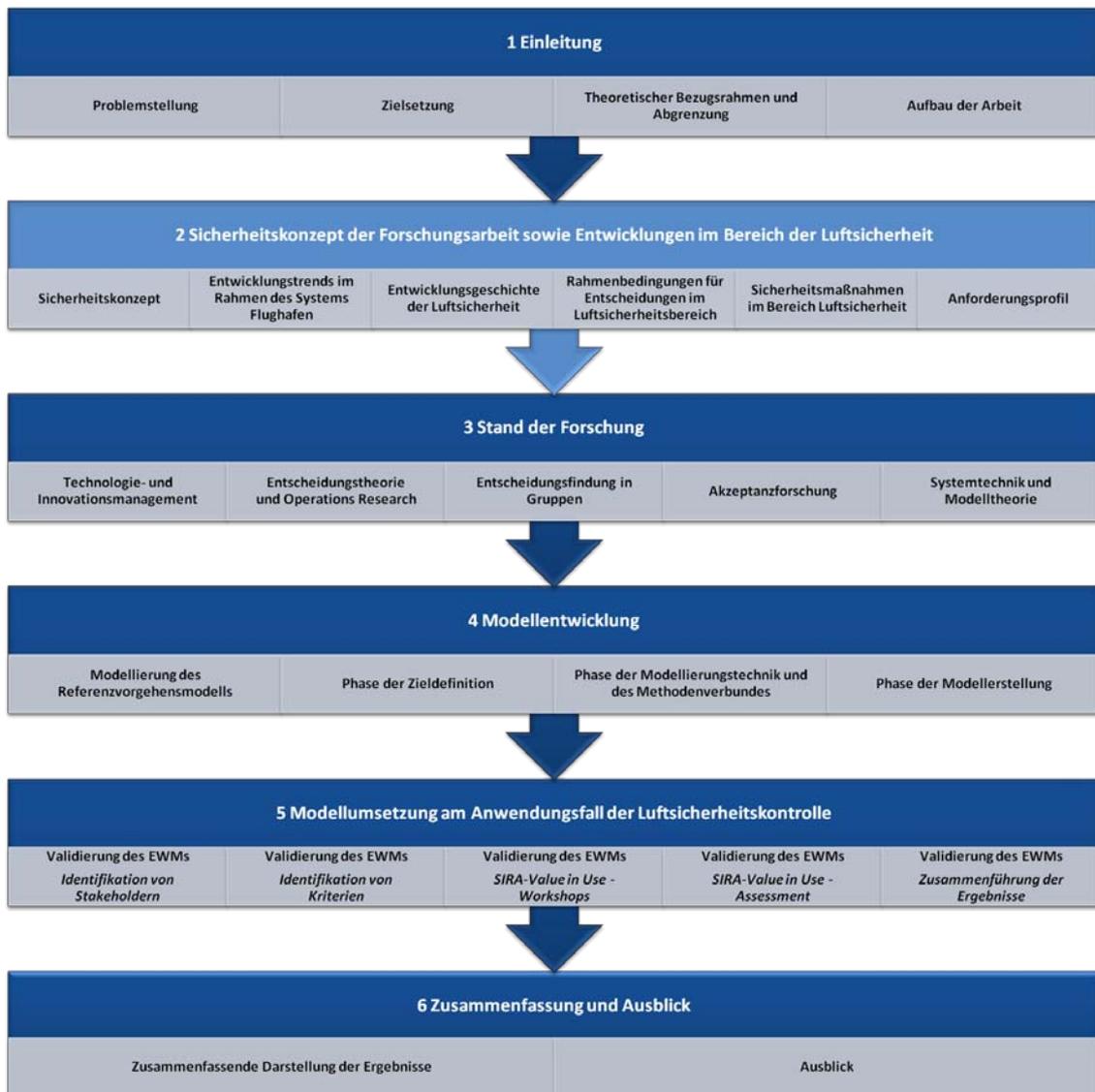
Im dritten Kapitel *Stand der Forschung* wird die wissenschaftliche Basis der vorliegenden Forschungsarbeit beschrieben. Hierzu werden die Grundlagen des Innovations- und Technologiemanagements, der Akzeptanzforschung, der Entscheidungstheorie bzw. des OR, der Entscheidungsfindung in Gruppen sowie der Systemtechnik und Modelltheorie erörtert.

Das Hauptziel der Arbeit ist die *Entwicklung eines Referenzvorgehensmodells* zur Bewertung innovativer Sicherheitstechniken, dargestellt in Kapitel 4. Zu Beginn wird, in einer ersten Phase, die Methodik der Modellierung präsentiert und anschließend die Zieldefinition formuliert. Mit der anschließenden zweiten Phase wird eine entsprechende Modellierungstechnik festgelegt, der geeignete Verbund von Methoden entwickelt und in einem zielführenden Bewertungskonzept zusammengeführt. Mit der letzten Phase beginnt die Erstellung des Referenzmodells auf Basis der determinierten Modellierungstechnik sowie der als relevant identifizierten methodischen Ansätze.

Das in Kapitel 4 entwickelte Referenzvorgehensmodell wird anschließend in Kapitel 5 anhand des *Anwendungsfalls der Luftsicherheitskontrolle* realisiert und beispielhaft umgesetzt. Zudem steht die Entwicklung von Verfeinerungsmodellen im Fokus, welche die Integration der verschiedenen methodischen Ansätze gewährleisten sollen.

Abschließend werden in Kapitel 6 die wesentlichen *Ergebnisse dieser Arbeit* schlussfolgernd zusammengefasst und gewürdigt. Der zugehörige *Ausblick* soll auf potenzielle weitere Ansätze, im Dunstkreis der vorliegenden Arbeit angrenzenden Forschungsarbeiten, verweisen.

Abbildung 1-2 dient im Folgenden als Stütze der Verständlichkeit bzw. besseren Übersicht und wird folglich jedem Kapitel vorangestellt, wobei das zugehörige Kapitel farblich hervorgehoben wird.



2 Sicherheitskonzept der Forschungsarbeit sowie Entwicklungen im Bereich der Luftsicherheit

Vor dem Hintergrund der zivilen Luftfahrt wird, ausgehend von der Definition des zugrundeliegenden Sicherheitskonzepts, in diesem Kapitel die jüngste Entwicklung im Luftsicherheitsbereich dargestellt. Bedingt durch die Fokussierung auf Sicherheitstechniken im Kontext Flughafen, werden hierfür notwendige Begriffsdefinitionen sowie organisationale Aspekte bei der Implementierung von Sicherheitstechniken erläutert. Der Übersicht gegebener Rahmenbedingungen bezüglich Entscheidungen im Bereich der Luftsicherheit folgt ein abschließender Überblick hinsichtlich relevanter Techniken im Kontext der Luftsicherheitskontrolle. Der aus der Analyse generierte Erkenntnisgewinn dient der Ableitung gezielter Anforderungen an das zu entwickelnde Vorgehensmodell.

2.1 Sicherheitskonzept

Im folgenden Abschnitt werden Begrifflichkeiten rund um das Sicherheitskonzept der vorliegenden Arbeit erläutert, um der weiteren Verwendung eine klare Ausgangsbasis zu verschaffen und insbesondere Fehlinterpretationen bei der Auslegung des Sicherheits- und auch Luftsicherheitsbegriffs vorzubeugen.

2.1.1 Luftverkehrssicherheit und Luftsicherheit

Der deutsche Sprachgebrauch versteht unter dem Sicherheitsbegriff den Zustand in Form des Geschütztseins vor Gefahr oder Schaden (Duden 2006). Wird im Allgemeinen folglich die Sicherheit als das höchstmögliche Freisein von Gefährdungen definiert, so umfasst sie die im angloamerikanischen Sprachraum gebräuchliche Unterscheidung der beiden Themen Security und Safety zur Gänze. In der Praxis wird sich diesem technischen Ansatz zur Unterscheidung häufig bedient (Mickel et al. 2005).

Menschen verbinden mit dem Begriff der Sicherheit nicht nur persönliche Eindrücke und Erlebnisse, sondern auch Gesellschaftliche, Rechtliche sowie Wirtschaftliche (Giemulla und Rothe 2011). Christopher Daase belegt hierbei die Vielschichtigkeit des Sicherheitsbegriffs, indem er unterschiedliche Aspekte der Sicherheit aufzeigt und ihn anhand diversifizierter Dimensionen strukturiert bzw. erweitert (Daase 2010). Insbesondere die akademische Diskussion innerhalb der Politikwissenschaften, welche den Begriff der Sicherheit kontrovers behandelt, spiegelt eine Loslösung aus dem rein militärischen Bereich wider (Gusy und Kapitza 2012). Eine detaillierte Analyse des Sicherheitsbegriffs sowie die hiermit einhergehende sicherheitspolitische Diskussion würden den Rahmen der vorliegenden Arbeit sprengen, weshalb im Folgenden vielmehr der zugrundeliegende Fokus auf den Bereich der zivilen Luftfahrt eingegrenzt werden soll.

Die Sicherheit stellt nicht nur einen grundlegenden Aspekt und wichtige Voraussetzung für den finanziellen Erfolg von Unternehmen dar, sondern spiegelt gerade im Luftverkehr das Schlüsselattribut wider, welches es am meisten zu schützen gilt. Im Luftverkehr wird dabei anhand der heute auch in der deutschen Sprache gebräuchlichen angelsächsischen Ausdrücken Safety und Security differenziert. Im Bereich Safety spielen betriebliche sowie technische Vorschriften eine Rolle, welche den Gebrauch eines Flugzeuges bestimmen. Hierbei handelt es sich folglich größtenteils um Gefahren die luftfahrtspezifisch sind und somit aus dem Umstand heraus entstehen können (Giemulla und Rothe 2011). Konkret behandelt das Thema Safety also die Verhinderung betriebsbedingter Gefahren (Wilkesmann 2002). Dieser Bereich wird im Deutschen, bezogen auf den zivilen Luftverkehr, allgemein als *Luftverkehrssicherheit* definiert.

Der Sicherheitsbegriff im Luftverkehr im Sinne von Security sieht hingegen das Vorbeugen von unrechtmäßigen, rechtswidrigen Angriffen von außen vor, die dem Luftverkehr an sich nicht immanent sind (Richter 2013). Hierunter sind Gefahrenlagen vorstellbar die im engen Zusammenhang mit terroristischen Aktivitäten gebracht werden können. Dieser Bereich wird im Deutschen der *Luftsicherheit* zugeordnet. Art. 3 Abs. 2 Verordnung (EG) Nr. 300/2008 definiert Luftsicherheit als „die Kombination von Maßnahmen sowie von personellen und materiellen Ressourcen, die dazu dienen, die Zivilluftfahrt vor unrechtmäßigen Eingriffen zu schützen, die die Sicherheit der Zivilluftfahrt gefährden“. Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wird der schwerpunktmäßige Fokus auf die Regularien der Luftsicherheit gelegt.

2.1.2 Flughafen als System

Die Fokussierung auf das System Flughafen und insbesondere den Untersuchungsgegenstand der Luftsicherheit bedingt die Erörterung der Verknüpfungen dieses Komplexes im Vorfeld der Untersuchung. Das System des Flughafens stellt in seiner Gesamtheit die physikalische Komponente dar, an dem ein modaler Transfer von der Landseite hin zur Luftseite realisiert wird.⁹ Der Flughafen stellt somit eine Schlüsselstelle im Luftverkehrssystem dar, indem er die Interaktionsschnittstelle derjenigen Anspruchsgruppen bildet, deren Interessen bei der Umsetzung strategischer Planungsentscheidungen zu berücksichtigen sind (Ashford et al. 2012):

- Der Flughafen: Mit seinen kommerziellen und operationellen Konzessionsinhabern, Pächtern und Partnern stellt der Flughafen ein äußerst komplexes System dar, dessen Betrieb dem örtlich ansässigen Flughafenbetreiber obliegt.

⁹ Im Allgemeinen auch als steriler (Luftseite) bzw. öffentlicher Raum (Landseite) bezeichnet.

- Die Fluggesellschaften: Sie stellen eine überaus einflussreiche Anspruchsgruppe des Systems Flughafen dar, welche, in Abhängigkeit der Größe des Flughafens, mitunter eine beträchtliche Anzahl einnehmen kann.
- Der Kunde: Eine weitere Anspruchsgruppe des Systems Flughafen bilden die Besucher und Fluggäste. Dabei ist diese Gruppe als weniger einflussreich anzusehen, sondern vielmehr betroffen durch die Gegebenheiten des Systems.

2.1.3 Besonderheiten von Sicherheitstechniken

Die Betroffenheit der Anspruchsgruppe des Passagiers durchlief, infolge des Einsatzes neuartiger Sicherheitstechniken, innerhalb der vergangenen Jahre eine zunehmende Intensivierung. Nicht erst die terroristischen Aktivitäten der letzten Dekade haben gezeigt, dass Sicherheitsrisiken einem Wandel unterliegen und die Verwundbarkeit des modernen Lebens damit schonungsloser offengelegt wird als je zuvor. Auch im Bereich der zivilen Sicherheit selbst lässt sich eine Transformation beobachten, welche einerseits eine Änderung des Sicherheitsbewusstseins innerhalb der Bevölkerung sieht und andererseits das Bestreben aufzeigt, auf Technisierungsprozesse zu setzen, um ein gesteigertes Sicherheitsniveau zu erreichen (Haverkamp et al. 2011). Treiber dieser Entwicklung sind unter anderem die Internationalisierung der Wirtschaft, die weltweite Mobilität sowie der technologische Wandel (Giemulla und Rothe 2011). Selbst minimale Beeinträchtigungen der zentralen kritischen Infrastrukturen unserer Gesellschaft können die Robustheit gesamter Versorgungsnetze auf die Probe stellen und erheblichen Schaden verursachen. Die hier zum Einsatz kommenden Sicherheitstechniken verfolgen das Ziel, die zentralen Nervensysteme unserer Gesellschaft zu schützen und somit die Betriebs- wie auch die Angriffssicherheit zu festigen. Hierbei stehen nicht nur ausschließlich technologische Aspekte im Fokus, sondern auch gesetzliche, politische sowie gesellschaftliche. Neben den klassischen Trägern von Sicherheit, wie dem Militär und den polizeilichen Behörden, spielen dabei involvierte Akteure eine ebenso tragende Rolle. Der in jüngster Zeit erkennbare Trend zur Auslagerung von Sicherheitsaufgaben an private Unternehmen und auch Forschungseinrichtungen belegt diesen Aspekt (Karioth 2007). Auch hier lässt sich ein Wandlungsprozess, hinsichtlich der institutionellen Regelung des Sicherheitsbereichs, erkennen. In der Literatur wird an dieser Stelle oftmals der Begriff der Sicherheitsarchitektur verwendet (Haverkamp et al. 2011). Die Diversität der Sicherheitsrisiken vergangener Jahre zeigt deutlich, dass sich die Gesellschaft nicht gegen alle Eventualitäten absichern kann, denn in komplexen Systemen ist es unmöglich Risiko auszuschließen. Doch nicht nur die Sicherheitsrisiken unterliegen einem permanenten Wandel, auch das Sicherheitsverständnis innerhalb der Bevölkerung ist Gegenstand dieses Wandels. Sicherheit wird nicht mehr län-

ger als die reine Abwesenheit von Gefahren verstanden, sondern vielmehr als ein erfolgreiches Management von Risiken und Ungewissheit (Bierwisch et al. 2013).

Sicherheitsentscheidungen in Risikoorganisationen wie dem Flughafen ziehen zumeist tiefgreifende Wirkungen auf die gesamten Abläufe und Prozesse des Flughafens nach sich. Darüber hinaus besteht eine formale administrative Struktur, welche Veränderungen erschweren bzw. verzögern können (Kirschenbaum et al. 2012). Neben dem eingehend bereits identifizierten Spannungsverhältnis zwischen Freiheit und Sicherheit, besteht aus unternehmerischer Sicht in Form der Komponente Wirtschaftlichkeit ein weiterer Aspekt, welcher das bestehende Spannungsverhältnis erweitert. Sie spielt aus der unternehmerischen Perspektive eine ebenso zentrale Rolle, denn Sicherheit ist eine essentielle Bedingung für wirtschaftliche Stabilität und die Entwicklung von Unternehmen bzw. eines ganzen Landes (Giemulla und Rothe 2011). Darüber hinaus spielt der Grad des Sicherheitsniveaus auch aus Sicht der Fluggesellschaften eine wesentliche Rolle, denn häufig ist sie der ausschlaggebende Faktor bei der Einschätzung eines Flughafens als potenzieller Standort (Kazda und Caves 2007). Im Zuge der Globalisierung und Internationalisierung sowie der damit einhergehenden steigenden Anzahl des Passagieraufkommens ist hier ein immenser Aufwand vonnöten um den zivilen Luftverkehr in angemessenem Maße zu sichern. Die Definition eines Optimums, welches Aufwand und Kosten in geeigneter Weise abwägt, scheint dabei kaum greifbar. Das Streben nach vollkommener Sicherheit gilt aufgrund des resultierenden Freiheitsverlusts allgemein als nicht zielführend (Frietsch et al. 2013). Im Allgemeinen sollte der Nutzen des Sicherheitsgewinns infolge der Umsetzung neuartiger Sicherheitsmaßnahmen die Kosten der Implementierung und Anwendung rechtfertigen. Im Zuge sicherheitspolitischer Reaktionen auf bestimmte Gefahrenlagen sieht die Realität jedoch oftmals anders aus (Vasigh et al. 2013). Aufgrund dessen wird nach einer technologischen Effizienzsteigerung verlangt, welche schnellere, komfortablere und zudem sicherere Kontrollen gewährleistet und gleichzeitig auch die Wirtschaftlichkeit nicht aus den Augen verliert (Giemulla und Rothe 2011).

2.2 Entwicklungstrends im Rahmen des Systems Flughafen

Um für den weiteren Verlauf der Arbeit ein grundlegendes Verständnis für die Entscheidungsfindung im Flughafenbereich zu schaffen, wird im Folgenden auf aktuelle Entwicklungstendenzen im Rahmen des Systems Flughafen eingegangen. Hierbei wird der Fokus ebenso auf aktuelle Trends gelegt, welche die Flughafenbranche maßgeblich beeinflussen, wie auch im internationalen Vergleich zu beobachtende Unterschiede. Die damit verbundenen Auswirkungen auf die Praxis schließen den Abschnitt ab.

2.2.1 Trends im zivilen Luftverkehr

Im Allgemeinen richtet sich die Auslegung eines Flughafens an den Vorgaben und Wünschen unterschiedlicher Anspruchsgruppen aus, wobei die charakteristische Lebenszyklusdauer einen Zeithorizont von bis zu 50 Jahren aufweist. Neben den bereits genannten Anspruchsgruppen der Fluggäste sowie der vor Ort tätigen Fluggesellschaften obliegt dem Planer und Betreiber des Flughafens die Berücksichtigung zusätzlicher Stakeholder. Hierzu zählt in erster Linie das Interesse des BMI, der Bundespolizei sowie der Landesluftfahrtbehörden, welchen nach dem Bundespolizeigesetz die Aufgabe des Schutzes der Luftsicherheit zugewiesen ist bzw. diese an autorisierte Sicherheitsdienste übertragen kann. Die Vielzahl von Stakeholdern sowie kontinuierlich steigende Passagierzahlen haben die Planung bzw. den Betrieb von Flughäfen seit Anfang des 21. Jahrhunderts maßgeblich beeinflusst. Hierbei haben sich vier Trends herauskristallisiert, welche die Leistungskennzahlen der gesamten Flughafenbranche wesentlich bestimmen (Neufville und Odoni 2003).

Als wesentlicher Trend in der zivilen Luftfahrt kann das *langfristige Wachstum* identifiziert werden. Eine zentrale Rolle spielen hierbei bspw. sinkende Preise, die Sicherheit bzw. der Komfort beim Fliegen sowie ein allgemein gestiegenes Nutzungsverhalten hinsichtlich der Zivilluftfahrt. Dem entgegen wirken jedoch zusätzliche Faktoren, welche das langfristige Wachstum hemmen können. Hierzu zählen u.a. steigende Kerosinpreise, neuartige Kommunikationsmöglichkeiten und Sicherheitsbedenken durch die Passagiere. Grundsätzlich jedoch sollte der Betreiber, unter Berücksichtigung einer nachhaltigen Planung, auf substantielles Wachstum vorbereitet sein.

Einen weiteren Trend stellt die *Kommerzialisierung* dar. Die hier zu beobachtende Entwicklung, weg von Staatsunternehmen in einer regulierten Umgebung, ebnet den Weg hin zur Geschäftsführung innerhalb einer freien Marktwirtschaft. Wirtschaftliche Leistung und Effizienz werden schlussfolgernd zu ausschlaggebenden Kriterien, welche die optimale Auslegung und Gestaltung des Flughafens maßgeblich bestimmen.

Die *Globalisierung* führte in der jüngeren Vergangenheit zur Bildung internationaler Allianzen zwischen unterschiedlichen Flughäfen. Verschärft wurde dieser Trend durch die Formierung globaler Allianzen von Fluggesellschaften zu Beginn des neuen Jahrtausends. Zudem stärkt die Globalisierung die Tendenz hin zur Übernahme internationaler Best Practices im zivilen Luftverkehr.

Als vierter übergreifender Trend kann der *technologische Wandel* identifiziert werden. Das Informationszeitalter führt zu grundlegenden Änderungen hinsichtlich Flughafenplanung und -design. Zum einen wird mithilfe technologischer Innovation der jüngsten Zeit, wie z.B. das eTicketing, ein schnellerer Check-In gewährleistet, wodurch der Pas-

sagierfluss einen Wandel erfährt. Zum anderen stellt das E-Commerce einen Treiber der Distribution dar und führt somit zu einer steigenden Nachfrage für Fracht-Services.

Die Flughafenplanung tendierte hinsichtlich ihrer Weiterentwicklung bisher zu einer engen Verzahnung mit technischen Problemstellungen und befasste sich in der Praxis weniger mit breiteren Fragestellungen wie Kosten und Einnahmen, stochastischer Verkehr und Risiken, Operations und Management. Neuere Entwicklungen zeigen, dass sich die Gestaltung und Planung von Flughäfen mehr und mehr zu einem demokratischen, weniger technischem bzw. richtliniengeprägten Akt wandelt, wobei alltägliche Bedürfnisse, vor dem Hintergrund wirtschaftlicher Interessen, im Vordergrund stehen. Wesentliche Erfolgskriterien fokussieren entsprechend auf Kosteneffektivität, Preis-Leistungsverhältnis, technische und wirtschaftliche Effizienz sowie letztendlich Profitabilität. Verlangt wird daher nicht nur architektonisch und ingenieurwissenschaftlich geprägte Kenntnisse, sondern ein breit gefächertes Wissen, welches ökonomische Analysen umfasst und das Management von Risiken einbindet. Eine systemische Perspektive ist somit gefordert.

2.2.2 Internationale Unterschiede

Auf internationaler Ebene besitzen die USA eine Art Vorreiterrolle in der zivilen Luftfahrt, da sie eine Vielzahl von Herausforderungen, wie bspw. ein erhöhtes Verkehrsaufkommen, oftmals vor anderen Nationen bewältigt haben. Die damit einhergehenden Veränderungen beeinflussten die Planung von Flughäfen nachhaltig.¹⁰ Die Privatisierung des Luftverkehrs sowie des Flughafenbetriebes in den USA gilt es bei der Definition von Rückschlüssen aus dem internationalen Vergleich zu beachten. Auf regionaler Ebene können bereits geringfügige Unterschiede bei der Adoption von innovativen Maßnahmen den Ausschlag über Erfolg bzw. Misserfolg geben. Hierbei handelt es sich zumeist um kulturelle Aspekte. Eine wesentliche Rolle spielt in diesem Zusammenhang die gesellschaftliche Akzeptanz, denn der Anwendung spezifischer Verfahren kann in Anbetracht des Einsatzes innerhalb differenzierter Regionen die soziale Anerkennung fehlen. Folglich muss der Schluss gezogen werden, dass die Beantwortung der Akzeptanzfrage an regionale Gegebenheiten angepasst werden sollte. Die Übernahme von Best Practice Methoden bspw. des Vorreiters USA muss somit nicht zwingend auf andere Regionen übertragbar sein (Neufville und Odoni 2003).

Internationale Anforderungen hinsichtlich der Gestaltung und des Betriebs von Flughäfen definiert zumeist die International Civil Aviation Organization (ICAO). Auch wenn

¹⁰ Hierzu zählen u.a. auf legislativer Ebene die *Open Skies Politik*, auf operationaler Ebene die Airline-Allianzen sowie auf technischer Ebene das GPS.

die Luftverkehrsbranche versucht identische Anforderungen an die Flughafenbetreiber zu richten, so entwickeln doch viele Nationen individuelle Lösungen, um bestimmten Anforderungen zu begegnen, was zu einer Verwendung unterschiedlicher technischer Lösungsansätze führen kann. Aus architektonischer Sicht bspw. lassen sich bezüglich der Flugzeug-Kontaktstellen im internationalen Vergleich signifikante Unterschiede feststellen. Während im europäischen Raum eine parkende Positionierung distanziert vom Terminal bevorzugt wird, priorisieren die USA einen Standpunkt direkt am Gebäude, mithilfe beweglicher Luftbrücken.

Aus Sicht des Flughafenbetreibers, als Entscheidungsträger hinsichtlich der Anlagengestaltung bzw. des -betriebs, bieten sich folglich eine Vielzahl technischer Lösungsansätze an, welche im Kontext der Problemstellung zu beurteilen sind. Gerade im vielfältig verknüpften Autoritätsbereich des Flughafens bedarf es einer Ermittlung relevanter Entscheidungsträger sowie einer effizienten und zielführenden Gestaltung des Entscheidungsprozesses. Der internationale Vergleich weist auch diesbezüglich grundlegende Unterschiede auf. So lassen sich in der Vielfalt der am Entscheidungsfindungsprozess beteiligten Stakeholder signifikante Ausprägungen erkennen, welche von Berücksichtigung einer zentralen Autorität bis hin zur Beteiligung unterschiedlicher Interessengruppen reichen. Hierbei lässt sich für die USA eine eher dezentralisierte Struktur erkennen, welche das Machtverhältnis traditionell zugunsten des Flughafenbetreibers auslegt, die Interessen der Fluggesellschaften, der Federal Aviation Administration (FAA) und weiterer Interessengruppen aber dennoch berücksichtigt. Gegensätzlich stellt sich die Lage bspw. in Frankreich dar. In einer zentralisierten Struktur obliegt der Regierung als Volksvertretung in der Regel die Entscheidungsmacht. Ergänzend spielt bei der Flughafengestaltung bzw. des -betriebs die Auswahl geeigneter Kriterien eine tragende Rolle, welche dabei ebenso nationale Unterschiede aufweisen können. Abhängig von der Vielfalt der im Entscheidungsprozess beteiligten Stakeholder findet eine Schwerpunktsetzung statt, die sich in Japan bspw. an technischen Kriterien orientiert, während in Großbritannien der Fokus auf wirtschaftliche Kriterien gelegt wird. In den USA ist ein Mix beider Ansätze zu beobachten (Neufville und Odoni 2003). Insbesondere hinsichtlich der Gestaltung von Sicherheitsmaßnahmen gilt es wesentliche Kriterien auf regionaler Ebene zu erfüllen und gleichzeitig die definierten Ziele zu erreichen.

2.2.3 Auswirkungen auf die Praxis

Die Übernahme von Best Practice Lösungen ist in der Praxis ein probates Mittel. Bei der Flughafenplanung sollte jedoch darauf geachtet werden, dass eine Anpassung an die jeweilige neue Region stattfindet. Flughafenbetreiber und auch die lokal agierenden Fluggesellschaften beurteilen die gleichen Konzepte auf unterschiedliche Weise. Ein Benchmarking im internationalen Vergleich wird an dieser Stelle durch individuelle

Kenngößen erschwert, da sie lediglich in den seltensten Fällen die Übertragung auf eine international aussagekräftige Gesamtgröße gewährleisten. Jegliche Gewichtung von Dimensionen und Kriterien stellen relative Werte dar, die nicht die Prioritäten aller länderübergreifenden Entscheidungsträger widerspiegeln können. Die Implementierung technischer Lösungen seitens global agierender Organisationen steht im engen Zusammenhang mit sozialen Werten und erfordert folglich eine sorgfältige Handhabung hinsichtlich der Übertragung von Best Practice Ansätzen. So scheiterten niederländische Spezialisten des Amsterdam Airport Schiphol bei der Installation eines internationalen Passagiergebäudes in New York/JFK aufgrund der immensen Macht der Fluglinien in den USA (Neufville und Odoni 2003). Dies verdeutlicht die Abhängigkeit technischer Lösungen von sozialen bzw. politischen Werten, nicht nur auf Seiten der gesellschaftlichen Ebene, sondern auch auf der unternehmerischen.

Kai Wendler beschäftigte sich in seiner Arbeit mit der Planung von Fluggastanlagen, insbesondere vor dem Hintergrund des Wandels der Sicherheitsanforderungen im zivilen Luftverkehr und zeigt dabei Auswirkungen anhand einer vergleichenden Analyse an unterschiedlichen europäischen Flughäfen auf (Wendler 2011). Die Einbindung relevanter, im Planungsprozess involvierter Stakeholder spielte diesbezüglich ebenso eine zentrale Rolle wie die Einschätzung jener Auswirkungen auf das Flughafen-Layout anhand unterschiedlicher Bewertungskriterien. Die Analyse resultierte in der Erkenntnis, keine pauschale Gestaltungsvorgabe hinsichtlich der Integration von Sicherheitsprozessen ableiten zu können und betonte vielmehr die Abhängigkeit von unterschiedlichen regionalen Einzelfaktoren. Die Studie belegt die Abhängigkeit des Bewertungsprozesses von spezifischen regionalen Besonderheiten sowie der konkreten Problemstellung, bei einer gleichzeitigen Integration relevanter Stakeholder.

2.2.4 Prognosen in der Systemplanung Flughafen

Die gegebene Infrastruktur sowie das Wachstum des Flughafens konfrontieren die entsprechenden Entscheidungsträger bisweilen mit immensen Problemen bezüglich der Kapazitätsplanungen bzw. des Anbaus. Hierbei sind nicht nur die unterschiedlichen Kontrollstellen direkt betroffen, sondern das gesamte Layout sowie die Terminalplanung des Flughafens (U.S. Congress 1984). Die Berücksichtigung von Erweiterungsflächen innerhalb der entsprechenden Bereiche stellt den Flughafenbetreiber vor eine herausfordernde Aufgabe. Die Erfahrung zeigt, dass belastbare Prognosen hinsichtlich des Passagieraufkommens in der zivilen Luftfahrt nur sehr schwer zu erstellen sind und bedingt durch lange Planungshorizonte zumeist eine relativ niedrige Genauigkeit

aufweisen (Neufville und Odoni 2003).¹¹ Darüber hinaus lassen sie folglich auch hinsichtlich weiterer notwendiger Faktoren, wie bspw. der Anteil der Transferpassagiere, die geforderte Präzision vermissen. Begründet wird diese, für den zivilen Luftverkehr charakteristische Problematik, anhand der der Vorausschau zugrundeliegenden Extrapolation vergangener Trends in die Zukunft, was sich für den spezifischen Bereich des zivilen Luftverkehrs als problematisch darstellt. Denn jene Trends unterliegen einem konstanten Wandel, bedingt durch ökonomische, technologische, industrielle und politische Faktoren, welche einen positiven wie auch negativen Einfluss haben können.¹² In der zunehmend deregulierten Branche der Luftfahrt wird diese Problematik zukünftig erwartungsgemäß sogar noch verschärft.¹³ Dieser Umstand erfordert ein flexibles Design der Einrichtungen, welches sich auf zukünftige Anforderungen entsprechend ausrichten lässt.

2.3 Entwicklungsgeschichte der Luftsicherheit

Die Wurzeln der Luftsicherheit reichen in die 30er Jahre des 20. Jahrhunderts zurück. Erste Übergriffe auf panamerikanische Luftfrachtmaschinen seitens peruanischer Revolutionäre zielten dabei jedoch nicht auf die Ausübung terroristischer Akte ab, sondern der Verbreitung von Propaganda-Blättern. Eine regulierte Luftsicherheit entstand jedoch erst weitaus später, als Reaktion auf einen Wandel der Bedrohungssituation in den 60er bzw. 70er Jahren. Während die Anfänge der Luftsicherheit von Flugzeugentführungen zur Flucht vor Verfolgung und Repression geprägt waren, erfuhren sie in den 60er Jahren einen zunehmend politisch motivierten Charakter (Wilkins 2001). Begründet durch die Machtannahme Fidel Castros 1959 und der damit verbundenen Zunahme von Übergriffen auf amerikanische Flugzeuge sowie gestiegene terroristische Aktivitäten von arabischer Seite, sah sich der damalige US-Präsident Richard Nixon 1970 veranlasst ein umfangreiches Anti-Kidnapping Programm zu verabschieden, an welchem sich auch europäische Länder ein Beispiel nahmen. Sicherheitsfragen entwi-

¹¹ Ascher und Neufville belegen in den 70er Jahren die Unzuverlässigkeit von Prognosen im zivilen Luftverkehr (Ascher 1978, Neufville 1976). Makridakis untermauert die Ergebnisse hinsichtlich kurzfristiger Prognosen (Makridakis und Hibon 1979, Makridakis 1984, Makridakis und Wheelwright 1987, Wheelwright und Makridakis 1989, Makridakis 1990).

¹² Beispiele hierfür sind im negativen Sinn die Ölkrise der 70er Jahre, die Finanzkrise Asiens der 90er Jahre sowie terroristische Aktivitäten. Positive Effekte hingegen kann der technische Fortschritt hervorrufen. Allianzen bergen das Potenzial den Service bzw. den Konsum zu wandeln. Politische Änderungen wie der Fall der Sowjetunion und die damit verbundene Beseitigung der Verkehrsbarrieren zwischen Russland, China und dem Westen riefen eine Wandlung der Verkehrsmuster hervor.

¹³ Die FAA stellt jährlich Prognosen zum Verkehrsaufkommen und Flughafenbetrieb für die nächsten fünf Jahre auf, jedoch lassen sich auch hier Diskrepanzen zur Realität erkennen.

ckelten sich zu einer signifikanten Größe für die reisende Öffentlichkeit und bedingten somit die Tatsache, dass sich der amerikanische Kongress damit befasste (Wells und Young 2004). Mit dem Ziel dieser politischen Entwicklung entgegenzuwirken, wurde die Durchführung weltweit gleichermaßen vollzogenen Sicherheitsmaßnahmen angestrebt, was zu einer Festlegung von Mindeststandards durch die ICAO im Jahre 1974 führte und Security-Anforderungen zu einem festen Bestandteil der zivilen Luftfahrt werden lies (Wendler 2011). Zusätzlich führte die FAA 1978, im Rahmen der Federal Aviation Regulations Part 107 - Airport Security, den *Flughafen-Sicherheitsplan* ein, zu dessen Implementierung die Flughafenbetreiber seither an ihrer Wirkungsstätte verpflichtet sind. Dieser Plan gilt auch in den meisten europäischen Ländern als Richtlinie für die ansässigen Flughafenbetreiber.

Als Folge des Lockerbie-Attentats am 21. Dezember 1988 wurde ein verstärkter Einsatz von Röntgengeräten zum Scannen von Gepäckstücken, gerade beim Anflug europäischer Flughäfen oder solchen aus dem mittleren Osten initiiert. Seither wird ein Abgleich der aufgegebenen Gepäckstücke mit den an Bord befindlichen Passagieren durchgeführt. Die Sicherheitsmaßnahme ist bekannt unter dem Namen Positive Passenger Baggage Matching (PPBM) (Neufville und Odoni 2003). Einen weitaus größeren und sprunghafteren Wandel innerhalb der Luftsicherheit verursachten die historischen Anschläge vom 11. September 2001. Sie beendeten eine in den USA zehnjährige anschlagfreie Zeit. Der verheerendste internationale terroristische Anschlag aller Zeiten, welcher vier separate jedoch koordinierte Flugzeugentführungen beinhaltet, führte zu einem Wandel der gesamten Sicherheitskultur, nicht nur in den USA, sondern auch weltweit. Als Reaktion auf diese Anschläge implementierte die USA mit der Unterzeichnung des US-amerikanischen Luftsicherheitsgesetzes die Luftsicherheitsbehörde Transportation Security Administration (TSA) in die organisationale Struktur des U.S. Verkehrsministeriums. Doch nicht nur in den USA, auch auf europäischer und nationaler Ebene wurden die Bemühungen die Luftsicherheitsarchitektur zu stärken intensiviert und eine Vielzahl von Sicherheitslücken geschlossen (Giemulla und Rothe 2011).

Der Einsatz neuartiger Sicherheitstechniken wird in der Literatur kontrovers diskutiert und führt bisweilen zu der Einschätzung, dass die Anzahl der Sicherheitsmaßnahmen ein kaum mehr handhabbares Maß erreicht haben (Thomas 2010). Die Entwicklung der Luftsicherheit und insbesondere der Luftsicherheitskontrolle zeigt, dass, neben der Servicequalität, die tatsächlich erreichbare Durchsatzrate an Passagieren pro Stunde den ausschlaggebenden Faktor darstellt (Wendler 2011). Im Zuge der Anschläge vom 11. September 2001 sowie der infolgedessen intensivierten Kontrollmaßnahmen wurde der langjährig angenommene Optimalwert von 600 auf 450 korrigiert (Blow 1996), (Neufville und Odoni 2003). Jedoch sollen diese Maßnahmen keine Belastung für das Sicherheitspersonal darstellen, sondern vielmehr wird eine Erhöhung der Sicherheit,

eine Beschleunigung des Abfertigungsprozesses sowie eine Kapazitätssteigerung durch den Einsatz neuer, innovativer Techniken angestrebt (Schulz et al. 2010). In Fachkreisen wird schlussfolgernd zunehmend nach einem Entscheidungsprozess verlangt, welcher eine sorgfältige Beurteilung des Zusatznutzens innovativer Sicherheitstechniken bzw. des Optimierungspotenzials bestehender Ansätze realisierbar macht.

2.4 Rahmenbedingungen für Entscheidungen im Bereich der Luftsicherheit

Um Entscheidungen im Luftsicherheitsbereich eine Nachvollziehbarkeit und Zugänglichkeit zu gewähren, bedarf es einer Erörterung der Rahmenbedingungen, welche beim diesbezüglichen Findungsprozess zum Tragen kommen. Neben den bedeutendsten internationalen Organisationen zur Wahrung der Sicherheit im zivilen Luftverkehr sowie den geltenden Rechtsgrundlagen zur Verteilung von Sicherheitsaufgaben soll daher im folgenden Kapitel die daraus resultierende Sicherheitsplanung am Flughafen dargestellt werden.

2.4.1 Internationale Organisationen zur Wahrung der Sicherheit im zivilen Luftverkehr

Dass sich terroristische Aktivitäten in den seltensten Fällen auf einen geographischen Bereich einschränken lassen hat die Vergangenheit mehrfach gezeigt. Von der Planung bis hin zu den Auswirkungen eines Anschlages lässt sich zumeist eine Verstrickung globalen Ausmaßes erkennen. Die Luftsicherheit auf ein nationales Thema zu begrenzen wäre infolgedessen nicht zielführend. Folgerichtig kann die Luftsicherheit nicht auf nationaler Basis gewährleistet werden, sondern verlangt einen internationalen oder zumindest grenzüberschreitenden Ansatz (Giemulla und van Schyndel 2006). Infolgedessen werden nachfolgend relevante internationale Organisationen zur Wahrung der Sicherheit im zivilen Luftverkehr dargestellt.

2.4.1.1 Die internationale Zivilluftfahrtorganisation – ICAO (International Civil Aviation Organization)

Die ICAO, gegründet im Zuge des Abkommens über die internationale zivile Luftfahrt am 07. Dezember 1944, häufig auch bezeichnet als Chicagoer Abkommen, ist eine Organisation der UNO mit Sitz in Montreal, die sich mit Luftverkehrsfragen befasst. Zu den Hauptaufgaben der ICAO zählt die Förderung der Weiterentwicklung der internationalen Zivilluftfahrt. Dies geschieht grundsätzlich in der Form von Richtlinien und Empfehlungen, welche dazu dienen sollen, die Sicherheit und Standardisierung in der zivilen Luftfahrt zu erhöhen, indem eine international durchgängige Anwendung angestrebt

wird.¹⁴ Zu unterscheiden ist dabei die Schärfe der Vorgaben. So stellen die Richtlinien Regeln dar, die von den Vertragsstaaten notwendiger Weise eingehalten werden müssen, wohingegen Empfehlungen einen Vorgabencharakter aufweisen, der im Sinne einer Vereinheitlichung der internationalen Luftfahrt wünschenswert wären.

Im Kontext der vorliegenden Arbeit ist Anhang 17 des Chicagoer Abkommens von besonderem Interesse. Er umfasst den Bereich „Sicherheit – Schutz der internationalen Zivilluftfahrt vor widerrechtlichen Eingriffen“ und untergliedert sich dabei in folgende Kapitel (Richter 2013):

- Kap. 1 - Definitionen: Festsetzung von Begrifflichkeiten
- Kap. 2 - Allgemeines: Ziele und Aufgaben, Verhältnis Sicherheit – Leichtigkeit des Luftverkehrs, internationale Zusammenarbeit, Sicherheitsausrüstung, Forschung und Entwicklung
- Kap. 3 - Organisation der Luftsicherheit: Beinhaltet Richtlinien und Empfehlungen zur Organisation der Luftsicherheit im innerstaatlichen Bereich, zu Flughäfen und Luftfahrtunternehmen sowie im Bereich der Qualitätskontrolle
- Kap. 4 - Präventive Sicherheitsmaßnahmen: Sollen das Mitführen gefährlicher Gegenstände, welche einem widerrechtlichen Eingriff dienen sollen, verhindern
- Kap. 5 - Durchführung von Abwehrmaßnahmen gegen widerrechtliche Eingriffe

2.4.1.2 Die Europäische Zivilluftfahrtkonferenz – ECAC (European Civil Aviation Conference)

Die ECAC, gegründet in Straßburg im Jahre 1955, stellt eine zwischenstaatliche Organisation dar, deren Aufgabe es ist, ähnlich der ICAO,¹⁵ die Weiterentwicklung eines sicheren und gleichzeitig effizienten Luftverkehrs europaweit zu sichern. Zur Zielerreichung sieht die ECAC zum einen die Harmonisierung der Luftverkehrspolitik/-praxis der europäischen Mitgliedstaaten und zum anderen die Förderung des Verständnisses über luftverkehrspolitische Angelegenheiten zwischen den Mitgliedsstaaten vor (Richter 2013). Die ECAC besitzt jedoch keine Rechtsetzungsbefugnis, wodurch ihre Beschlüsse eher empfehlende Eigenschaften aufweisen. Eine rechtswirksame Verankerung erfordert die Umsetzung in den jeweiligen Mitgliedstaaten. Dennoch leistet die ECAC

¹⁴ Hierbei handelt es sich um die sogenannten SARPS (Standards And Recommended Practices) zur Verfeinerung des Chicagoer Abkommens. Sie werden als Anhänge zu diesem Abkommen verabschiedet (bislang wurden 18 Anhänge verabschiedet).

¹⁵ Die ECAC arbeitet sehr eng mit der ICAO sowie den Organen der Europäischen Union (vgl. Kapitel 3.4.1.3) zusammen. Darüber hinaus berücksichtigt sie auch die Interessen der Fachverbände und Organisationen der Luftfahrtindustrie, wohingegen die Zusammenarbeit mit einzelnen Sicherheits- und Polizeibehörden nicht explizit verankert ist.

gerade im Bereich der europäischen Luftsicherheit einen maßgeblichen Beitrag, denn eine Vielzahl der europäischen Beschlüsse werden seitens der ICAO aufgenommen und umgesetzt. Darüber hinaus wurde speziell das Thema Luftsicherheit in Form der Arbeitsgruppe *Security Working Group* im Aufgabenbereich der ECAC verankert, welche wiederum aus vier unterschiedlichen Projektgruppen besteht. Die Aufgabenbereiche dieser vier Gruppen sehen wie folgt aus:¹⁶

- ECAC Audit Team: Organisation, Durchführung und Auswertung des ECAC-Luftsicherheits-Audit-Programms
- Training Task Force: Aus- und Fortbildung von Sicherheitspersonal
- Guidance Material Task Force: Einheitliche Auslegung der europäischen Luftsicherheitsvorschriften
- Technical Task Force: Anforderungen an die Kontrolltechnik

Die Task Forces kommunizieren ihre Arbeitsergebnisse an die Steuerungsgruppe Security Programme Management Group, jedoch befinden sich weder hier, noch in den vier Arbeitsgruppen alle Mitgliedstaaten. Hierfür wird auf die Unterstützung des Sicherheitsforums, bestehend aus High-Level Experten der Branche, zurückgegriffen. Nur in diesem Forum sind auch alle Staaten enthalten, wodurch ein Austausch der Ergebnisse und somit eine Legitimation der Entscheidungsvorschläge gewährleistet ist.

Die unterschiedlichen Beschlüsse der ECAC hinsichtlich jeglicher Angelegenheiten der Luftsicherheit fanden erstmals 1985 eine Zusammenkunft, niedergeschrieben im *ECAC Handbuch Verkehrserleichterungen und Sicherheitsangelegenheiten – ECAC Dokument Nr. 30* (ECAC). Ziel des Dokuments, welches einer regelmäßigen Überarbeitung gemäß der gegenwärtigen Evolution der Luftsicherheit unterliegt, ist die Etablierung eines uniformen Mindeststandards der Luftsicherheit innerhalb aller 44 Mitgliedsstaaten der ECAC (Richter 2013).

2.4.1.3 Die Europäische Union

Als europäisches Gremium leistet die Europäische Union, insbesondere nach dem 11. September 2001, einen signifikanten Beitrag zur Vereinheitlichung und verbindlichen Regelung der Luftsicherheit im europäischen Raum und steht somit im engen Zusammenhang mit der ECAC. Als Reaktion auf jene terroristische Anschläge verordnete die EU in Form der europäischen Kommission die verbindliche Umsetzung aller Sicherheitsmaßnahmen des ECAC Dokument Nr. 30 (Giemulla und van Schyndel 2006). Hierbei steht nicht nur die Umsetzung normativer Standards im Fokus, sondern auch

¹⁶ Vgl. ECAC, unter: <https://www.ecac-ceac.org//activities/security> [abgerufen am 14.08.2014]

die Kontrolle ihrer Anwendung, um den Schutz aller Beteiligten im zivilen Luftverkehr sicherzustellen. Zur Zielerreichung wurden die sogenannten EU-Luftsicherheitsverordnungen ins Leben gerufen. Durch ihre relativ kurzfristigen Umsetzungsprozesse gewährleisteten sie die schnellstmögliche Realisierung eines einheitlichen europäischen Luftsicherheitsraums und ermöglichen somit eine flexible Anpassung hinsichtlich der gegebenen Entwicklungen (Richter 2013).

Unterstützt wird die Kommission durch den Luftsicherheits-Ausschuss *Aviation Security Committee (AVSEC Committee)*, welcher sowohl die Umsetzung, als auch die Weiterentwicklung von Sicherheitsmaßnahmen in der Luftsicherheit garantieren soll (Giemulla und van Schyndel 2006). Die länderübergreifende Berücksichtigung der Anforderungen eines sicheren zivilen Luftverkehrs soll dabei dem immer globaler werdenden Problem des Terrorismus entgegenwirken. Zudem bedient sich die Europäische Kommission einer eigens installierten Beratergruppe, der *Stakeholders' Advisory Group on Aviation Security (SAGAS)*, welche sich aus unterschiedlichen Vertretern der Luftverkehrswirtschaft zusammensetzt (Richter 2013). Nicht nur die SAGAS, auch das AVSEC Committee, mit seinen Vertretern aus allen Mitgliedsstaaten der Europäischen Union, verdeutlichen die Wichtigkeit der Zusammenführung unterschiedlicher Interessengruppen im Bereich der Luftsicherheit, um das Ziel eines standardisierten technischen Kontrollniveaus zu verwirklichen.

2.4.2 Rechtsgrundlagen zur Verteilung von Sicherheitsaufgaben

2.4.2.1 Europäische Luftsicherheitsverordnungen

Eine weitere Maßnahme zur Harmonisierung der Vorschriften im Bereich der Luftsicherheit in der Post-9/11-Ära wurde mit dem Erlass der europäischen Luftsicherheitsverordnungen auf europäischer Ebene vollzogen. Die Verordnung (EG) Nr. 2320/2002¹⁷ des Europäischen Parlaments, welche als erste EU-Luftsicherheitsverordnung am 19.01.2003 in Kraft trat, sah EU-weit einheitliche Sicherheitsmaßnahmen auf beträchtlichem Niveau vor.¹⁸ Diese Verordnung greift ihrerseits auf das ECAC Dokument Nr. 30, Teil II zurück und übertrug der Europäischen Kommission weitergehende Exekutivbefugnisse für den Erlass der dafür erforderlichen

¹⁷ Weitere Novellen der Europäischen Luftsicherheitsverordnung traten seither in Kraft, welche die Verordnung (EG) Nr. 2320/2002 erweiterten und als Grundverordnung anschließend Bestand haben.

¹⁸ Vgl. BMI, unter: www.bmi.bund.de/DE/Themen/Sicherheit/Bundespolizei/Luftsicherheit/luftsicherheit_node.html [abgerufen am 14.08.2014]

Durchführungsvorschriften und bildet zugleich die Basis für ein heute umfassendes Regelungswerk, geschaffen durch die EU (Giemulla und van Schyndel 2006). Hierzu zählen Grundstandards, Durchführungs-, Ergänzungs- und Änderungsvorschriften sowie Verweisungen und nicht-veröffentlichte Regelungen (Richter 2013). Die hier geschaffenen Grundstandards für Maßnahmen im Luftsicherheitsbereich sowie die diesbezüglich gelisteten Durchführungsvorschriften sollen zu einer Standardisierung des europäischen Luftraumes beitragen, ohne dabei Zuständigkeiten festzusetzen. Die Maßnahmen zur Realisierung der Grundstandards hinsichtlich Luftsicherheitsfragen werden seitens des AVSEC Committees entwickelt, wobei die Beratergruppe SAGAS der Europäischen Kommission über den gesamten Regelungsprozess hinweg zu informieren ist. Des Weiteren sind die einzelnen Mitgliedsstaaten der EU dazu verpflichtet ein Nationales Sicherheitsprogramm für die Zivilluftfahrt anzufertigen, umzusetzen und auch weiterzuentwickeln.¹⁹

Infolge der Verabschiedung der europäischen Luftsicherheitsverordnungen zählen heute EU-weit einheitliche Sicherheitsmaßnahmen wie die Personal- und Warenkontrollen, welche analog zu den Fluggastkontrollen durchgeführt werden, und die vollständige Kontrolle des aufgegebenen Gepäcks zum Repertoire eines europäischen Flughafens. Zusätzlich stehen die Mitgliedstaaten in der Pflicht ein nationales Luftsicherheitsprogramm zu erstellen, ein nationales Qualitätskontroll- und Schulungsprogramm zu verfassen und darüber hinaus umfassende Audits im Hinblick auf die Einhaltung der Sicherheitsbestimmungen auf den Flughäfen durchzuführen (Giemulla und van Schyndel 2006).

2.4.2.2 Luftsicherheitsgesetz

Die Konsequenzen, welche weltweit aus den Anschlägen auf das World Trade Center sowie das Pentagon resultierten sind ebenso weitreichend wie vielfältig. Aus deutscher Sicht stellt insbesondere die Einführung des *Luftsicherheitsgesetzes (LuftSiG)*²⁰ einen zentralen Baustein des nationalen Sicherheitsprogramms für die Zivilluftfahrt dar (Rzepka 2009). Das Luftsicherheitsgesetz dient dabei in erster Linie der Ergänzung des europäischen Rechts. Die Möglichkeit zur Veränderung oder Einschränkung obliegt dem Luftsicherheitsgesetz nicht (Giemulla und van Schyndel 2006). Das Luftsicherheitsgesetz trat nach einer längeren Anlaufphase am 15.01.2005 in Kraft und fand seine Verankerung im Bundesgesetzblatt. Grund für die Verzögerung der Umset-

¹⁹ Vgl. VO 300/2008 Art. 10 Abs. 1.

²⁰ Das LuftSiG bildet, insbesondere hinsichtlich der Regelung der Zuständigkeiten innerhalb der Luftsicherheit, eine wesentliche Grundlage dieser Forschungsarbeit. Anhang A der vorliegenden Arbeit veranschaulicht das LuftSiG in seiner Gesamtheit.

zung waren in erster Linie Zweifel an der Verfassungsmäßigkeit einzelner Verfügungen, welche z.B. den Beschuss sogenannter Renegade-Flugzeugen²¹ vorsahen (Möller 2013). Auch im Nachgang des Inkrafttretens des Luftsicherheitsgesetzes wurden entsprechende Paragraphen mehrmals Gegenstand einer erfolgreichen Verfassungsbeschwerde (Rzepka 2009).

Das Luftsicherheitsgesetz trennte die Security-Vorschriften zum Schutz des Luftverkehrs vor äußeren Gefahren aus dem Luftverkehrsgesetz (LuftVG) heraus und ist seitdem Bestandteil des Gesetzes zur Neuregelung von Luftsicherheitsaufgaben. Ziel der Implementierung des Luftsicherheitsgesetzes war es, klar definierte Zuständigkeiten bei Bund und Ländern zu schaffen, um somit einen effizienten Prozess bei der Umsetzung von Sicherheitsmaßnahmen zu gewährleisten. Die Aufgabe des Abwehrens von Angriffen auf die Sicherheit des Luftverkehrs obliegt dabei der Luftsicherheitsbehörde.²²

Auch wenn der originäre Wortlaut den Eindruck einer umfassenden Luftsicherheitsbehörde vermittelt, spiegelt dies nicht die Realität wider, denn selbst auf der Ebene der obersten Bundesbehörde ist die Zuständigkeit zweier Ministerien verankert. Zum einen ist dies das *Bundesministerium des Inneren (BMI)* und zum anderen das *Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS)*.²³ Darüber hinaus bestehen Eigensicherungspflichten der Flughafenbetreiber und Fluggesellschaften (Richter 2013). Das folgende Schaubild verdeutlicht die Zuständigkeiten in Form eines 3-Säulen-Modells (vgl. Abb. 2-1).²⁴

²¹ Zur Klassifizierung eines Flugzeugs als „Renegade-Flugzeug“ hat die NATO vier Kriterien (Verlust des Funkkontakts; Abweichen vom genehmigten Flugplan; Nichtbefolgung der Anweisung der Flugsicherung; keine eingeschaltete Sekundärkennung) aufgestellt, von denen zumindest zwei erfüllt sein müssen (Hirsch 2009). Die Zahl der Alarmstarts, auch als „Alpha-Scramble“ bezeichnet, ist relativ hoch und wird auch deswegen stark kontrovers diskutiert.

²² Vgl. § 2 Satz 1 LuftSiG.

²³ Die Anordnung behördlicher Sicherheitsmaßnahmen an deutschen Verkehrsflughäfen erfolgt in erster Linie durch das BMI, im Einvernehmen mit dem BMVBS (Richter 2013).

²⁴ Oftmals wird das Modell durch eine vierte Säule ergänzt, die Säule der Zuverlässigkeitsprüfung (§ 7 LuftSiG), da sie wesentlicher Bestandteil der Sicherheitsüberprüfung ist. Zudem ist sie Aufgabenteil der Landesluftfahrtbehörde (Frantz und Aue 2013). Im Rahmen der vorliegenden Arbeit spielt sie jedoch eine untergeordnete Rolle.

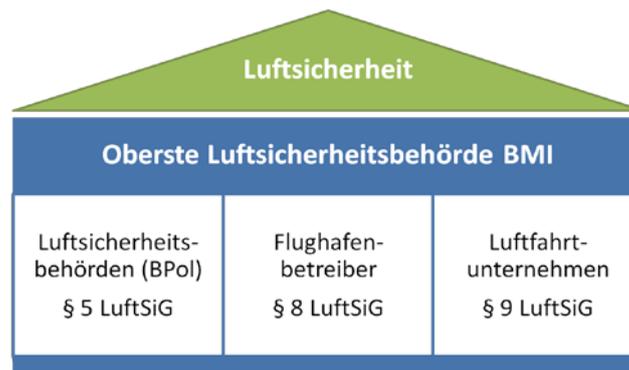


Abbildung 2-1: Das 3-Säulen-Modell der Sicherheit im zivilen Luftverkehr
(Eigene Darstellung, vgl. Richter 2013)

Das Luftsicherheitsgesetz dient dem Schutz vor Angriffen auf die Sicherheit des Luftverkehrs, insbesondere vor Flugzeugentführungen, Sabotageakten und terroristischen Anschlägen. Die Luftsicherheitsbehörde hat die Aufgabe diese Angriffe abzuwehren. Sie nimmt insbesondere Zuverlässigkeitsüberprüfungen vor, lässt Luftsicherheitspläne zu, ordnet Sicherungsmaßnahmen der Flugplatzbetreiber und der Luftfahrtunternehmen an und überwacht deren Einhaltung (Giemulla und van Schyndel 2006). Hinsichtlich des Kontexts der Problemstellung sind die im 3-Säulen-Modell erfassten Paragraphen von besonderer Rolle. § 5 LuftSiG regelt besondere Befugnisse²⁵ der Luftsicherheitsbehörden. Hierunter fallen Standardmaßnahmen wie bspw. die Kontrolle von Personen und mitgeführten Gegenständen. Der Luftsicherheitsbehörde obliegt nach § 5 Abs. 5 LuftSiG die Übertragung hoheitlicher Befugnisse auf private Unternehmen. Folglich kann die Durchführung der Sicherheitsmaßnahmen gemäß § 5 Abs. 1 bis 4 LuftSiG auch durch Beliehene, z.B. Sicherheitsdienstleistern, wahrgenommen werden.²⁶ Die Eigensicherungs- und Mitwirkungspflichten der Flughafenbetreiber regelt § 8 LuftSiG. Nach diesem Paragraphen sieht sich der Flughafenbetreiber verpflichtet die durchgeführten Sicherungsmaßnahmen in einem Luftsicherheitsplan schriftlich festzuhalten, welcher der zuständigen Luftsicherheitsbehörde vorzulegen ist. Die Eigensicherungs- und Mitwirkungspflichten der Luftfahrtunternehmen definiert § 9 LuftSiG. Auch Fluggesellschaften sehen sich, nach § 9 Abs. 1 Satz 2 LuftSiG, dazu verpflichtet, bestimmte Sicherungsmaßnahmen im Luftsicherheitsplan aufzuführen. Hier besteht ebenso die

²⁵ Neben den besonderen Befugnissen nach § 5 LuftSiG werden in § 3 LuftSiG, in der sogenannten Generalklausel, die allgemeinen Befugnisse der Luftsicherheitsbehörde zusammengefasst. Die Generalklausel dient dazu im Einzelfall existierende Gefahren für die Luftsicherheit zu bekämpfen, wobei § 4 LuftSiG die Luftsicherheitsbehörden dazu anhält hierbei nach dem Prinzip der Verhältnismäßigkeit zu agieren.

²⁶ Baumann bietet eine detaillierte Betrachtung, aus der rechtspolitischen Perspektive, zur Einbeziehung von Privaten in die Fluggast- und Gepäckkontrollen (Baumann 2007).

Verpflichtung zur Vorlage des Plans bei der Luftsicherheitsbehörde sowie zur Durchführung der dargestellten Sicherungsmaßnahmen gemäß § 9 Abs. 1 Satz 5 LuftSiG. Darüber hinaus spielt auch § 11 LuftSiG eine tragende Rolle, welcher das Verbot des Mitführens bestimmter Gegenstände in Luftfahrzeugen regelt (Rzepka 2009).²⁷

Das Luftsicherheitsgesetz bildet zusammen mit den Luftsicherheitsverordnungen der EU die rechtliche Basis für die Abwehr von äußeren Gefahren und für die Sicherheit des Luftverkehrs (Richter 2013). Zusätzlich dient das Luftsicherheitsgesetz der Umsetzung der Rechtsakte der EU sowie der weiteren Ausgestaltung von Sicherheitsmaßnahmen.

2.4.3 Sicherheitsplanung an internationalen Flughäfen

2.4.3.1 Sicherheitsplanung

Die Sicherheitsplanung am Flughafen ist ein vielschichtiges und komplexes Konstrukt. Sicherheitsentscheidungen in Risikoorganisationen, wie z.B. Flughäfen, ziehen zumeist tiefgreifende Wirkungen auf die gesamten Abläufe und Prozesse des Flughafens nach sich. Darüber hinaus besteht zumeist eine formale administrative Struktur, welche Veränderungen erschweren bzw. verzögern können (Kirschenbaum et al. 2012). Die Beteiligung der in den Prozess eingebundenen Institutionen ist dabei sehr hoch. Neben den bereits erwähnten Stakeholdern des Flughafenbetreibers, der vor Ort operierenden Fluggesellschaften, der obersten Luftsicherheitsbehörde sowie der Sicherheitsdienstleister spielen auch weitere Stakeholder, wie bspw. nationale Luftfahrt-Organisationen, nationale Sicherheitskräfte, die Polizei, das Militär, medizinische Dienste, Gewerkschaften, die Zollbehörde und auch staatliche Behörden eine wichtige Rolle (Ashford et al. 2012). Die Vielfalt der potenziell involvierten Stakeholder ließe sich gewiss noch erweitern, denn eine umfassende Bewertung von Sicherheitstechniken sollte neben den wichtigsten in der Sicherheitsplanung eingebundenen Anspruchsgruppen, auch die Interessen der Passagiere und Mitarbeiter in Betracht ziehen.

Für die Sicherheitsplanung am Flughafen ergeben sich entsprechende Anforderungen. Im Wesentlichen sollten Bemühungen gestartet werden, um zum einen unbefriedigende Zustände zu beseitigen und zum anderen die Existenz systematischer Probleme zu identifizieren. Durch die Anwendung eines analytischen Ansatzes können die Stärken und Schwächen eines Sicherheitssystems bewertet werden. Ashford et al. fassen

²⁷ Vgl. BMI: *Liste verbotener Gegenstände*, unter:
http://www.bmi.bund.de/SharedDocs/Downloads/DE/Themen/Sicherheit/Bundespolizei/VerboteneGegenstaende.pdf?__blob=publicationFile [abgerufen am 14.08.2014]

diesbezüglich die konzeptuelle Struktur der Sicherheitsplanung in einem Kreislaufmodell zusammen (Ashford et al. 2012). Zur Einschätzung und Identifikation von Gefahren wird eine fortlaufende Situationsbewertung initiiert, welche die Veränderungen des Sicherheitsklimas beobachtet und analysiert. Wesentliche Faktoren, die dieses Klima im besonderen Maße beeinflussen können, sind politische Bewegungen und Unruhen sowie die Offenkundigkeit anderer Sicherheitsvorfälle. Die Neubewertung von Bedrohungen sollte nicht nur den Grad der Bedrohung, sondern auch wahrgenommene Trends berücksichtigen, insbesondere die Art der genutzten Waffen, Technologien und angewandten Taktiken.

2.4.3.2 Flughafen-Sicherheitsplan

Im internationalen Vergleich lässt sich die Struktur eines dominierenden Sicherheitsprogramms erkennen, welches bezüglich der Konventionen der ICAO ausgerichtet ist. Dennoch bestehen signifikante Unterschiede im Grad der Beteiligung der entsprechenden Zentralregierung sowie dem Grad der Delegation von Aufgaben an regionale oder staatliche Behörden und Flughafenbetreiber (Tan 2007). Die Vorgaben der ICAO sehen dabei für jeden Mitgliedsstaat einerseits die Etablierung einer nationalen, zentralen Organisation im Verantwortungsbereich der Luftsicherheit vor und andererseits die Entwicklung eines *Flughafen-Sicherheitsplans*. Jedoch spezifizieren sie nicht die Beziehungsverhältnis relevanter Stakeholder bzw. Prozesse. Der US-Ansatz bspw. baut auf der Verantwortlichkeit und angeordneten Vorgaben der TSA, geführt durch die Regierung, auf. Hierbei handelt es sich um einen strengen Top-Down-Ansatz, der in ähnlicher Weise auch in Deutschland zu beobachten ist. Hier übernimmt das *BMI* die Funktionen der TSA. Andere Nationen hingegen bevorzugen eine weitaus weniger zentralisierte Regelung. Im Vereinigten Königreich bspw. existiert eine Struktur der Sicherheitsplanung die einen Bottom-Up-Ansatz verfolgt, basierend auf einer Einschätzung bzw. Bewertung lokaler Risiken am jeweiligen Flughafen.

Britische sowie nordirische Sicherheitspläne basieren dabei auf der MATRA-Methodik (Multi-Agency Threat Assessment). Abb. 2-2 zeigt die strukturellen Zusammenhänge der Sicherheitsplanung an britischen Flughäfen sowie die konkrete Einbindung des Flughafen-Sicherheitsplans. Basierend auf einem seitens der Risk Advisory Group (RAG), bestehend aus dem Flughafenmanagement sowie lokalen polizeibehördlichen Vertretern, entwickelten Risikoreport bezüglich der aktuellen Gefährdungslage am Flughafen, leitet die Security Executive Group (SEG) gezielte Sicherheitsmaßnahmen ab. Die Gruppe der Sicherheitsexekutive setzt sich dabei aus Flughafenbetreiber, lokalen Polizeikräften und -behörden sowie den operierenden Fluggesellschaften zusammen. Der Risikoreport dient der RAG als Grundlage für die Entwicklung eines seitens der SEG berichtigten Sicherheitsplans, welcher innerhalb eines gewissen Zyklus er-

neut einer Bewertung unterzogen werden muss. Dort wo ein zusätzlicher Bedarf an Kontrollpersonal identifiziert wird, sieht die Sicherheitsplanung die Verabredung einer polizeidienstliche Vereinbarung vor, welche den Flughafenbetreiber sowie die örtliche Polizeibehörde dazu verpflichtet, den Grad der Überwachung und die Art der Finanzierung zu definieren (Wheeler 2002).

Flughafen-Sicherheitsplanung in UK – Rahmenbedingungen und Planungskreislauf

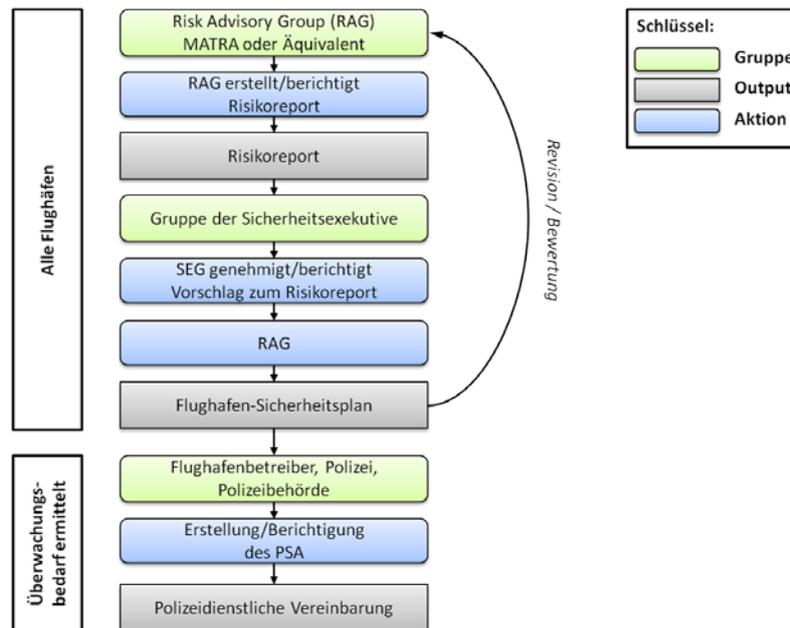


Abbildung 2-2: Sicherheitsplanung an britischen sowie nordirischen Flughäfen
(Eigene Darstellung, vgl. Wheeler 2002)

Die Darstellung verdeutlicht die Einbindung des Flughafen-Sicherheitsplans in die Sicherheitsplanung anhand des britischen Bottom-Up-Ansatzes. Auch in Deutschland stellt der Sicherheitsplan einen zentralen Faktor der Sicherheitsplanung an Flughäfen gemäß den Vorgaben der ICAO dar. Dem *BMI* sowie der ihm unterstehenden *Bundespolizei* obliegt dabei die Umsetzung der Grundsätze des Sicherheitsplans, welcher genaue Abläufe für verschiedenste Ausnahmesituationen vorsieht und unter Umständen in der Durchführung gezielter Sicherheitsmaßnahmen mündet. Auch die Luftsicherheitskontrolle kann in Anbetracht der aktuellen Gefahrenlage direkt betroffen sein.

2.5 Sicherheitsmaßnahmen im Bereich der Luftsicherheit

Die Gewährleistung von Sicherheit am Flughafen und im Speziellen im Passagierterminal benötigt eine klar definierte und durchgehende Abgrenzung der Land- und Luftseite bzw. des nicht-sicherheitskontrollierten und des sicherheitskontrollierten Bereichs.

Die Anzahl der Zugangsstellen zur Luftseite ist streng limitiert und in Abhängigkeit der Gefährdungslage mit angemessenem Einsatz von Sicherheitspersonal besetzt. Der Zugang zum sterilen Bereich mittels eines Personaleingangs sollte nicht direkt und für die Öffentlichkeit als geschlossen gekennzeichnet sein. Hierbei ist darauf zu achten, dass das gleiche Kontrollniveau auch für das Personal erreicht wird. Einen Prozess-Überblick, von der Ankunft am Flughafen bis zum Boarding des Flugzeugs zeigt die Passagier-Prozesskarte (vgl. Anhang B). Im Kontext der vorliegenden Arbeit soll dabei der gezielte Fokus auf den Bereich der Luftsicherheitskontrolle gelegt werden.

2.5.1 Luftsicherheitskontrolle

Die *Luftsicherheitskontrolle bzw. die Passagier- und Handgepäckkontrolle*²⁸ regelt den Übergang zwischen dem nicht-sicherheitskontrollierten und dem sicherheitskontrollierten Bereich der Luftseite, wobei Fluggäste und deren Handgepäck überprüft werden, mit dem Ziel die Übertragung von Gefahrgut in den sterilen Bereich zu verhindern. Für einreisende Fluggäste aus dem EU-Raum wurde dabei ein gemeinsamer Sicherheitsstandard definiert. Als Transferpassagiere gelten sie weiterhin als sicherheitskontrolliert und müssen sich folglich keiner erneuten Kontrolle unterziehen. Dieses Reglement wurde im Juni 2011 auf Reisende aus den USA erweitert (Lufthansa 2011). Reisende aus Drittstaaten hingegen, die in einem EU-Land zwischenlanden, gelten als nicht-sicherheitskontrolliert und dürfen daher nicht mit Fluggästen vermischt werden, die nach EU-Standard kontrolliert wurden. Transferpassagiere aus Nicht-EU-Staaten müssen entweder beim Betreten des Terminals die Luftsicherheitskontrolle durchlaufen oder durch bauliche Maßnahmen getrennt von den übrigen Fluggästen zur nächsten existierenden Luftsicherheitskontrollstelle geführt werden, um eine Vermischung zu verhindern.²⁹ Wells und Young unterscheiden hinsichtlich der Umsetzung der Sicherheitsmaßnahmen anhand von vier Ansätzen (Wells und Young 2004):

- reaktiv – proaktiv
- kooperativ – nicht-kooperativ
- invasiv – nicht-invasiv
- technisch – nicht-technisch

Seit Bestand der ersten kriminellen Bedrohungen der zivilen Luftfahrt lässt sich eine Implementierung reaktiver Maßnahmen erkennen, um auftretenden Bedrohungen vorzubeugen. Die Konsequenzen dieses reaktiven Paradigmas münden zum einen in der

²⁸ Vgl. Anhang B: Passagier-Prozesskarte (SM 7 - Luftsicherheitskontrolle).

²⁹ Vgl. hierzu detaillierter EU Verordnung Nr. 300/2008

Reduktion der Anzahl von Attacken in Form der akuten Bedrohungen, zum anderen werden hierdurch aber auch neue Bedrohungen gegenüber der Zivilluftfahrt geschaffen, auf welche das System noch nicht vorbereitet ist (Wells und Young 2004). Als Resultat dieser Konsequenz wird im Allgemeinen ein Umschwenken vom reaktiven Ansatz und klassischen Kontrollen von Passagieren bzw. Gepäckstücken, hin zu einem proaktiven Ansatz des Personenschutzes bezüglich des gesamten Flughafengebiets gesehen. Ein proaktiver Ansatz erfordert ein abgestimmtes Zusammenspiel von technischer und humaner Expertise. Im Folgenden soll daher nicht nur auf reaktive, sondern auch auf proaktive Sicherheitstechniken eingegangen werden. Neben den in diesen Bereichen neuartigen Kontrollverfahren werden auch noch weitere Maßnahmen und Techniken, insbesondere fortschrittliche Informationstechnologien, als Bereicherung der Luftsicherheit gesehen. Diese zielen einerseits auf die proaktive wie auch reaktive Vorbeugung von potentiellen zukünftigen Bedrohungen und andererseits auf die gleichzeitige Effizienzsteigerung des gesamten Systems ab.

Eine weitere Differenzierung von Sicherheitsmaßnahmen führen Ashford et al. durch, legen dabei jedoch ausschließlich die strukturelle Auslegung der Luftsicherheitskontrolle zugrunde. Unterschieden wird an dieser Stelle anhand zentralisierter bzw. dezentralisierter Maßnahmen (Ashford et al. 2012). *Zentralisierte Kontrollen* führen die Passagiere in ein steriles Gebiet im Abflugbereich, in dem sich mehrere Gates befinden. Dies erfordert einerseits weniger Sicherheitspersonal, andererseits jedoch anspruchsvollere Kontrollen. Ein Problem stellt dabei die potentielle Vermischung nicht-sicherheitskontrollierter Personen mit sicherheitskontrollierten Personen aus dem sterilen Bereich dar. *Dezentralisierte Kontrollen* hingegen werden direkt vor dem Boarding des Flugzeuges durchgeführt. Nach der Kontrolle werden die Passagiere in eine sterile Lounge geführt. Einige Flughafenbetreiber gehen davon aus, dass dezentralisierte Kontrollen ein Maximum an Sicherheit gewährleisten. Jedoch erfordert dieser Ansatz der Passagierkontrolle mehr Personal bzw. Ausrüstung und tendiert somit auch zu mehr Verzögerungen. An einigen internationalen Flughäfen werden diese Kontrollen praktiziert, insbesondere dort wo internationale Transferpassagier abgefertigt werden.

Der Prozess der Luftsicherheitskontrolle zeigte in den letzten Jahren und insbesondere nach dem 11. September 2001 den signifikantesten Einfluss auf die Terminalplanung und den Terminalbetrieb an den weltweit größten kommerziellen Flughäfen (Wendler 2011). Auch wenn die Luftsicherheitskontrolle in Deutschland komplett unter den Autoritätsbereich der Bundespolizei fällt, sollten sich Flughafenbetreiber über diesen Effekt stets bewusst sein. Als Standard für das Layout typischer Sicherheitskontrollstellen

können die Richtlinien der TSA gesehen werden.³⁰ Der in den USA implementierte *Security Screening Checkpoint (SSCP)* gilt zwar allgemein auch in Europa als Standard, die Richtlinie hierfür soll jedoch nicht als allgemeingültig und notwendig für alle Rechtsprechungen verstanden werden. SSCPs ähneln sich in Größe und Layout weltweit. Die TSA definiert, länderspezifisch für die USA, eine ausgiebige Anleitung betreffend Planung, Gestaltung und Ausführung dieses Sicherheitsbereichs. Darüber hinaus finden sich spezifische Guidelines in Form von Publikationen der International Air Transport Association (IATA), welche der uniformen Gestaltung von Sicherheitsmaßnahmen hinsichtlich Effizienz und Standardisierung dienen sollen (IATA 2004). Die TSA verlangt die Bildung von Kontrollstellen anhand definierter Module, entweder aus ein- oder zweispurigen Partnermodulen. Zur Konfiguration der Sicherheitskontrollstellen können, je nach Größe des Flughafens, individuelle Bahnen miteinander kombiniert werden (TSA 2006). Zum Einsatz kommen dabei unterschiedliche technische Elemente. Seit 2010 finden solche Kontrollen auch mithilfe des Security Scanners statt, nicht nur in den USA, sondern auch innerhalb vereinzelter Europäischer Länder. Resultierend aus dem Einsatz dieser Geräte entwickelte sich in der Öffentlichkeit eine Diskussion, welche das Eindringen in die Privatsphäre kritisierte und zur gesellschaftlichen Ablehnung gegenüber dieser Sicherheitstechnik führte. Zusätzliche Verschärfung erlangte diese Diskussion durch die in den USA durchgeführte manuelle Abtastkontrolle bei der Verweigerung der neuartigen Kontrolltechnik. Neuere technische Entwicklungen zielen darauf ab, Sicherheitsmaßnahmen effizienter bzw. kundenfreundlicher zu gestalten, um dem stetig wachsenden Passagieraufkommen sowie dem verschärften Kontrollniveau in geeigneter Weise zu begegnen.

2.5.2 Innovationen in der Luftsicherheit

Im Folgenden werden einige Innovationen der letzten Jahre sowie potenzielle zukünftige Konzepte aus dem Bereich der Luftsicherheit und insbesondere in Bezug zur Luftsicherheitskontrolle beleuchtet, um der im weiteren Verlauf der Arbeit anstehenden Bewertung unterschiedlicher Technikalternativen als Einordnungshilfe zu dienen.

Die zweifelsohne meistdiskutierte Sicherheitstechnik des letzten Jahrzehnts stellt der *Security Scanner* dar. Dieses System bedient sich der Generierung dreidimensionaler Abbilder der Oberfläche des menschlichen Körpers, um auf Basis dessen die Identifikation sicherheitsgefährdender Gegenstände, welche am Körper getragen werden, zu gewährleisten. Das System bietet den Vorteil nicht nur metallische Gegenstände zu

³⁰ In den USA liegen die Machtverhältnisse, ähnlich dem Verhältnis Bundespolizei - Flughafenbetreiber, bei der TSA. Das „No Tolerance“-Mandat der TSA verleiht ihnen absolute Kontrolle über die sicherheitsrelevanten Bereiche.

identifizieren, sondern auch nicht-metallische Gegenstände, wie bspw. Plastiksprengstoff und Keramikmesser, welche dem klassischen Metalldetektor verborgen bleiben. Die Technologie basiert dabei auf elektromagnetischer Strahlung, die mit einer Frequenz im Terahertzbereich arbeitet. Darüber hinaus wird zur Darstellung der Körperoberfläche oftmals auf Mikrowellenstrahlung zurückgegriffen (Schulz et al. 2010). Der Security Scanner befindet sich in den USA und einigen europäischen Ländern im Einsatz. Offene Fragen über mögliche gesundheitliche Risiken, potenzielle Verletzung von Grundrechten sowie erhebliche Fehlalarmraten und damit verbundene Wartezeiten in der Testphase verzögerten die Einführung in Deutschland. Dennoch gilt die Technik des Security Scanners als zukunftsweisend.

Das *Computer Assisted Passenger Pre-Screening System II (CAPPS II)* ist eine Erweiterung des Profiling Systems, initiiert durch die FAA. Dabei handelt es sich um ein nicht-diskriminierendes Selektierungssystem, welches Passagierdaten benötigt, um dessen Identität zu verifizieren und ausgehend hiervon das potenzielle Risiko einzuschätzen. Die Darstellung unterschiedlicher Risikozonen erfolgt farblich anhand einer Ampelfunktion. Das System startet mit vier Datenblöcken der Passagierinformation. Dem Namen, der Adresse, der Telefonnummer und dem Geburtsdatum. Die Risikobewertung des CAPPS II erfolgt dabei anhand der Recherche von hinterlegten Datenbanken. CAPPS II wurde dazu entwickelt die Anzahl der zufällig durchgeführten Sicherheitskontrollen, welche als Folge der Anschläge vom 11. September 2001 vermehrt durchgeführt wurden, zu reduzieren. Zudem soll CAPPS II ein umfassendes Prescreening von Passagieren ermöglichen, ohne dabei auf einer Ebene der Rassen-diskriminierung zu agieren (Wells und Young 2004).

Während CAPPS II den Fokus auf ein Prescreening der Passagiere auf Grundlage vorangegangener Delikte legt, basiert das *Trusted Traveler Programm* auf der freiwilligen Abgabe personenbezogener Daten, um die Personenkontrolle am Flughafen in einen zeitlich vorgeschalteten Prozess zu verlagern (Wells und Young 2004). So lässt sich die Personen- und Handgepäckkontrolle auf einer Art Express-Schiene durchlaufen, was vor allem für Viel- bzw. Geschäftsflieger von erheblichem Vorteil sein kann. Gleichzeitig ermöglicht dieses Programm die Fokussierung der Luftsicherheitsassistenten auf diejenigen Passagiere, die nicht im Trusted Traveler Programm registriert sind. Kritische Stimmen sprechen jedoch zum einen von der Beeinträchtigung der Privatsphäre bzw. der Bevorzugung bestimmter Gruppen, zum anderen von der gleichzeitigen Benachteiligung von Personen mit minimalst kriminellem Hintergrund bzw. geringerer finanzieller Vertrauenswürdigkeit.

Als weitere Innovation der Neuzeit gelten *biometrische Kontrollverfahren*. Die Biometrie ist ein Verfahren zur automatisierten Identifikation und Verifikation von Personen an-

hand körperlicher Merkmale. Die Integration dieser Verfahren ist, z.B. bei der Nutzung hoheitlicher Reisedokumente,³¹ weit verbreitet. Zum einen sollen biometrische Kontrollverfahren dabei helfen den Schutz vor Dokumentenmissbrauch zu gewährleisten, zum anderen dienen sie dazu den Kontrollprozess im Allgemeinen zu vereinfachen und somit zu beschleunigen (Schulz et al. 2010).

Einen vielversprechenden Ansatz hinsichtlich der zukünftigen Realisierung der Luftsicherheitskontrolle stellt der *Checkpoint of the Future* dar.³² Diese langfristige Vision für das Jahr 2020, entwickelt durch die IATA, sieht einen ununterbrochenen Prozess von der Bordkartenkontrolle bis zum Boarding des Flugzeugs vor, welcher einen minimalen Eingriff seitens der Luftsicherheitsassistenten vorsieht. Basierend auf einem risikobasierten Ansatz soll mithilfe dieses Kontrollprozesses eine gezielte Allokation von Sicherheitsressourcen sowie eine Komfortsteigerung für den Fluggast realisiert werden, um langfristig den derzeit verfolgten *One Size Fits All-Ansatz* zu verdrängen.³³

2.6 Anforderungsprofil

Die im vorliegenden Kapitel durchgeführte Analyse spezifischer Anforderungen an ein Bewertungskonzept im Luftsicherheitsbereich entscheidet über die in dieser Arbeit zu modellierenden Betrachtungsgegenstände und mündet in der Erstellung eines Anforderungsprofils. Nachfolgende Tabelle bündelt diejenigen Anforderungen, welche sich aus der Betrachtung des zugrundegelegten Sicherheitskonzepts sowie aktueller Entwicklungstrends im Bereich der Luftsicherheit ergeben haben, um im weiteren Verlauf als Grundlage zur Entwicklung des Referenzvorgehensmodells zu dienen (vgl. Tab. 2-1).

³¹ Hierzu zählt u.a. der elektronische Reisepass, der das digitale Passbild im Chip hinterlegt. Er wurde am 01. November 2005 in Deutschland eingeführt. Die zweite Generation, eingeführt im November 2007, sieht zusätzlich die Speicherung zweier Fingerabdrücke vor.

³² Zum Zeitpunkt der Durchführung der Dissertation noch als *Checkpoint of the Future* bekannt, wird das Joint-Venture-Programm der IATA und des Airports Council International (ACI) heute unter dem Begriff *Smart Security* geführt. Eine Roadmap, welche die wesentlichen Schritte bis zum Jahr 2020 aufzeigt, liefert die IATA-Homepage. Vgl. IATA, unter: <http://www.iata.org/whatwedo/security/Pages/smart-security.aspx> [abgerufen am 04.11.14]

³³ Das Begriff *One Size Fits All* gilt in der Luftfahrtbranche als Schlagwort zur Beschreibung des in der jüngsten Zeit verfolgten Ansatzes der Luftsicherheitskontrolle, welcher die Gleichheit der Kontrolle für alle Fluggäste vorsieht.

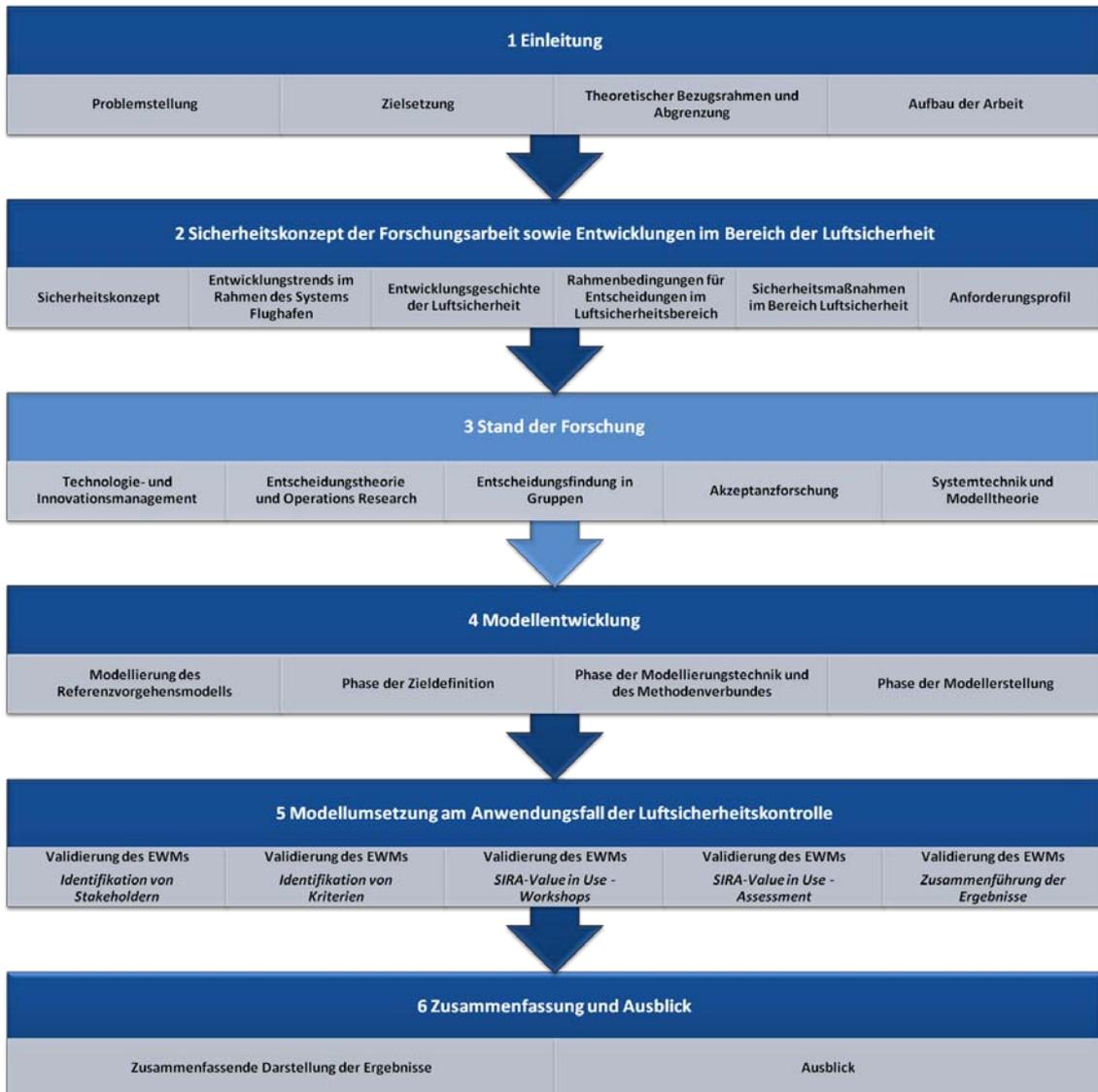
Tabelle 2-1: Anforderungsprofil der Entwicklung eines Konzepts zur Bewertung innovativer Sicherheitstechniken im Luftsicherheitsbereich

Herausforderung	Quelle	Anforderung	Methodischer Lösungsansatz
Steigende Passagierzahlen	IATA 2012; Schultz et al. 2010; Wells et al. 2004	Effizientere Kontrollen	Optimierungsmethoden MCDA
Schutz kritischer Infrastrukturen	Frietsch et al. 2013	Effektive Kontrollen, Sicherheitsgewinn	Multidimensionale Technikbewertung (Sicherheit)
Zunahme an Kontrollen	Beck 2007; Wendler 2011	Akzeptanz fördern	Akzeptanzmodelle
Spannungsfeld Freiheit - Sicherheit	Wolfgang Hoffmann-Riem 2009; Fischer 2012	Akzeptanz fördern	Akzeptanzmodelle
Kostenaspekt von Sicherheit	Kazda/Caves 2007; Schulz et al. 2010	Berücksichtigung wirtschaftlicher Aspekte, auch in frühen Phasen der Entwicklung	Multidimensionale Technikbewertung (Wirtschaftlichkeit)
Wahrnehmung von Sicherheit	Haverkamp 2014	Transparenz schaffen	Transparenter Prozess
Globalisierung, wirtschaftliche Vernetzung	Neufville/Odoni 2003; Wells et al. 2004; Ashford 2012	Effizientere Kontrollen	Optimierungsmethoden MCDA
Verhinderung terroristischer Aktivitäten	Frey 2004; Giumulla 2011	Effektive Kontrollen, Sicherheitsgewinn	Multidimensionale Technikbewertung (Sicherheit)
Vielzahl involvierter Interessengruppen	Richter 2013; Schulz et al. 2010; Ashford 2012; Wendler 2011	Integration multipler Perspektiven	Multi-Stakeholder-Ansatz
Langfristiges Wachstum	Neufville/Odoni 2003	Nachhaltige Planung	Ganzheitlicher Bewertungsansatz
Kommerzialisierung	Neufville/Odoni 2003	Leistung und Effizienz	Multidimensionale Technikbewertung (Wirtschaftlichkeit, Leistungsmerkmale)
Technischer Wandel	Neufville/Odoni 2003	Flughafenplanung und -design	Ganzheitlicher Bewertungsansatz
Erfolgskriterien (Kosteneffektivität, Preis/Leistung, technische und wirtschaftliche Effizienz, Profitabilität)	Neufville/Odoni 2003; Wells et al. 2004; Schulz et al. 2010	Systemische Perspektive	Ganzheitlicher Bewertungsansatz
Regionale Unterschiede	Neufville/Odoni 2003; Wendler 2011	Berücksichtigung kultureller, religiöser und soziodemographischer Aspekte	Multidimensionale Technikbewertung (gesellschaftliche Aspekte), Akzeptanzmodell, Multi-Stakeholder-Ansatz
Spannungsverhältnis Prognosen - Wachstum	Neufville/Odoni 2003; Wheelwright 1989; Makridakis 1990	Kapazitätsplanung und Anbau, flexible Systeme	Multidimensionale Technikbewertung (Kompatibilität)
Stark vernetzte rechtliche Rahmenbedingungen (US-getrieben)	Schulz et al. 2010; Richter 2013; Giumulla 2006	Berücksichtigung rechtlicher Aspekte, Integration multipler Stakeholder	Multidimensionale Technikbewertung (Recht), Multi-Stakeholder-Ansatz
Unterstützung der Sicherheitsplanung (Flughafensicherheitsplan)	Ashford 2012; Schulz et al. 2010	Integration in Sicherheitsplanung	Ganzheitlicher Bewertungsansatz
Bewertung verschiedener Technikalternativen und deren lebenszyklusbedingter Unterschiede	Schulz et al. 2010; IATA 2012; Buchholz et al. 2008	TLZ-bedingte differenzierte Betrachtung	Integrierter Technologielebenszyklusansatz
Geringe Flexibilität des Betreibers hinsichtlich infrastruktureller Änderungen	Schulz et al. 2010; Neufville/Odoni 2003; Ashford 2012; Wendler 2011	Entwicklung flexibler Systeme	Technikbewertung in frühen Phasen der Entwicklung
Lange Entwicklungszeiten/-zyklen	Buchholz et al. 2008	Entwicklungsfehler vermeiden	Technikbewertung in frühen Phasen der Entwicklung
Diskursanfälligkeit von Sicherheitstechniken	Bonß 2011; Haverkamp et al. 2011; Bonß/Wagner 2012	Entwicklungsfehler vermeiden, Akzeptanz fördern	Technikbewertung in frühen Phasen der Entwicklung, Akzeptanzmodelle
Organsatorische und arbeitstechnische Auswirkungen	Ashford 2012; Wells/Young 2004	Berücksichtigung organisatorischer und arbeitstechnischer Aspekte	Multidimensionale Technikbewertung (Organisation)
Regional differenzierte Kontrollstandards	IATA 2012; Neufville/Odoni 2003; Ashford 2012	Vereinheitlichung von Kontrollstandards	Ganzheitlicher Bewertungsansatz

2.7 Zwischenfazit

Basierend auf dem der vorliegenden Forschungsarbeit zugrundegelegten Sicherheitskonzept wurde in diesem Kapitel die Entwicklung im Rahmen des Systems Flughafen bzw. konkret für den Anwendungsfall der Luftsicherheit beleuchtet. Zusätzlich wurden die Rahmenbedingungen hinsichtlich der Entscheidungsfindung im Bereich der Luftsicherheit abgesteckt und darüber hinaus der Fokus auf die Luftsicherheitskontrolle sowie der hier aktuell bzw. potenziell in Zukunft zum Einsatz kommenden Sicherheitstechniken gelegt. Die gewonnenen Erkenntnisse wurden abschließend in einem Anforderungsprofil gebündelt, welches im weiteren Verlauf der Arbeit als Grundlage hinsichtlich der zu modellierenden Betrachtungsgegenstände im Rahmen der Referenzmodellierung dienen soll.

Abschließend kann konstatiert werden, dass die jüngste Entwicklung im Bereich der Luftsicherheit sowie die hierbei eingesetzten Sicherheitstechniken die Prozesse am Flughafen auf unterschiedlichste Weise beeinflussen. Angesichts immer höherer Sicherheitsanforderungen sowie komplexen Gefährdungssituationen kommt einer ganzheitlichen Bewertung innovativer Sicherheitstechniken, welche nicht ausschließlich die Kosten als Hauptauswahlkriterium neuer Systeme im Fokus hat, in der Zukunft eine große Bedeutung zu. Die Anforderungen an das zu modellierende Referenzvorgehensmodell sind aufgrund der beobachteten Entwicklungen sehr breit gefächert. Das im Rahmen dieses Kapitels erarbeitete Anforderungsprofil soll als Ausgangsbasis dienen ein individuell zugeschnittenes Bewertungskonzept zu definieren, welches den Besonderheiten von Sicherheitstechniken und im Speziellen der Luftsicherheit gerecht wird. Das nachfolgende Kapitel dient der Aufarbeitung der relevanten, im Modellierungsprozess benötigten Elemente und stellt dessen Grundlagen in den Fokus. Ziel ist es einerseits den Stand der Forschung aufzubereiten sowie andererseits der darauffolgenden Modellentwicklung in geeigneter Weise zu assistieren.



3 Stand der Forschung

Basierend auf den resultierenden methodischen Anforderungen des vorangegangenen Kapitels werden im Folgenden die Grundlagen aus dem Bereich des Technologie- und Innovationsmanagement, der Entscheidungstheorie und des OR, der Entscheidungsfindung in Gruppen, der Akzeptanzforschung sowie der Systemtechnik und Modelltheorie beleuchtet. Diese stellen hinsichtlich der Problemstellung und dem Ziel dieser Forschungsarbeit die notwendigen methodischen Grundlagen dar. Das im weiteren Verlauf der Arbeit zu entwickelnde Referenzvorgehensmodell stützt sich auf den thematischen Rahmen der Systemtechnik und Modelltheorie. Die benötigten methodischen Komponenten werden aus dem Technologie- und Innovationsmanagement, der Entscheidungstheorie bzw. dem OR sowie der Akzeptanzforschung abgeleitet.

3.1 Technologie- und Innovationsmanagement

Die Bedeutung des Managements technologischer Innovationen, nicht nur für den wirtschaftlichen Erfolg von Unternehmen, ist offensichtlich, denn sie sind mitunter der Wegbereiter eines radikalen Wandels in Wirtschaft, Gesellschaft und Politik. Das Technologiemanagement befasst sich mit ganzheitlichen Aufgaben des allgemeinen Managements. Es integriert Planung, Gestaltung, Optimierung, Einsatz und Bewertung von technischen Produkten und Prozessen aus den Perspektiven Mensch, Organisation und Umwelt (Altfelder et al. 1973). In der Literatur wird unter dem *Technologiemanagement* weitläufig das Management der Technologieentwicklung gesehen, wo hingegen das *Innovationsmanagement* als das Management der Technikentstehung definiert ist (Hauschildt 1997).

Beide Bereiche haben einen gewissen Querschnittcharakter, weshalb sie oftmals auch als Äquivalent dargestellt werden, weisen aber dennoch eigenständige Aufgabenfelder auf. Das Innovationsmanagement hat die Aufgabe, die Bedürfnisse der Gesellschaft, die Anforderungen der Kunden und den Erkenntnisgewinn aus Technik und Wissenschaft zu zielgenauen Problemlösungen zusammenzuführen. Es hat den Zwang zur wirtschaftlichen Verwertung und muss den Bruch mit der traditionellen Technologie betrachten. Das Innovationsmanagement erfolgt systematisch, die Ergebnisse sind dabei jeweils einmalig. Als Teilaufgabe des Technologiemanagements hat die Technikbewertung die Aufgabe, das umfangreiche vorhandene Methodenarsenal weiterzuentwickeln und neu auftkommende Methoden zu integrieren. Unternehmen soll es somit dienen, die technologische Wettbewerbsfähigkeit mithilfe aktueller, wie auch zukünftiger Technologien, aufrecht zu erhalten. Das Technologiemanagement stellt oftmals den Initiator für das Innovationsmanagement dar und definiert folglich dessen Aufga-

ben. Beide Bereiche, das Technologie- und das Innovationsmanagement, stellen im Kontext der Problemstellung somit relevante Grundlagen für diese Arbeit dar.

Auf makroökonomischer Ebene treten neue Technologien als Treiber der wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Entwicklung auf, wobei sie im Zeitverlauf dynamischen und komplexen Veränderungen unterliegen. Der Grund hierfür wird allgemein in den sich permanent wandelnden Rahmenbedingungen, in Form des technischen Fortschritts und dynamischen Konsumentenverhaltens, gesehen (Siegwart und Senti 1995). Den technologischen Wandel in angemessener Weise in das Bewertungskonzept zu integrieren stellt einen Kernaspekt der vorliegenden Arbeit dar. Zur Umsetzung dieses Vorhabens soll auf ein Konzept zurückgegriffen werden, welches im Technologie- und Innovationsmanagement erlaubt, Technologien je nach Reifegrad voneinander zu unterscheiden. Es handelt sich dabei um das Konzept des Technologielebenszyklus, welcher den Entwicklungsverlauf einer Technologie über die Zeit abbildet.

3.1.1 Der Technologielebenszyklus

Das klassische Konzept des Produkt- und Technologielebenszyklus stellt ein Instrument der Unternehmensplanung dar und findet seine Anwendung traditionell im Marketing, zur Abbildung des technologischen Wandels. Hier wird anhand der Position des Produktes im Lebenszyklus eine geeignete Strategie zur Gewinnmaximierung abgeleitet, ebenso wie Prognosen und Erklärungen zur Absatzentwicklung. Der klassische Lebenszyklus von Produkten und Technologien wird in der Regel als S-Kurve dargestellt. Diese reflektiert, in Anlehnung an die Ergebnisse der Diffusionsforschung von Rogers, den kumulierten Umsatz verteilt über die Zeit (Rogers 2003).

Die einzelnen Phasen der Zeitachse sowie der Lebenszyklus an sich können dabei je nach Produkt bzw. Technologie von unterschiedlicher Dauer sein (Pfeiffer und Bischof 1981). Die nachfolgende Darstellung zeigt den idealtypischen Verlauf der Lebenszykluskurve einer Technologie sowie die einzelnen Stadien hinsichtlich ihres Reifegrades (vgl. Abb. 3-1).

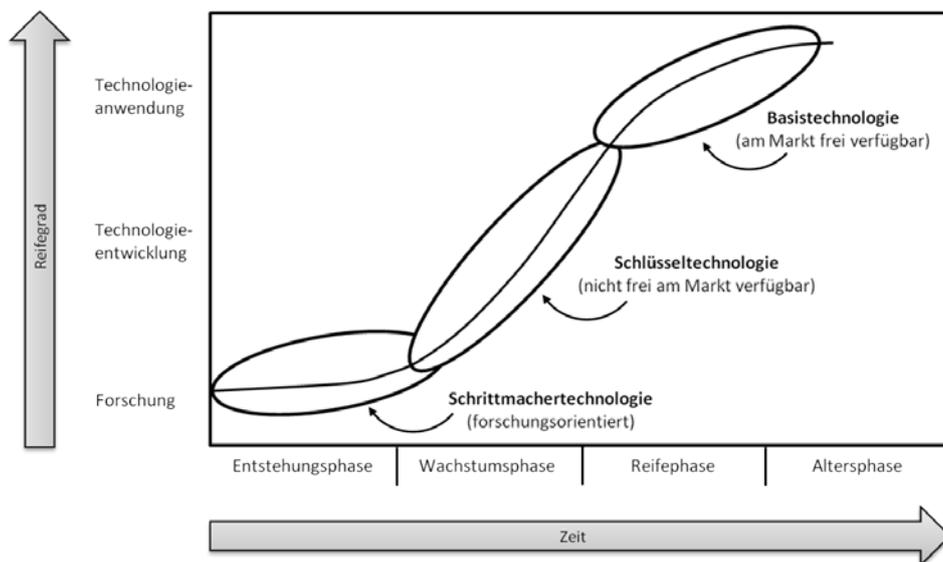


Abbildung 3-1: Idealtypischer Technologielebenszyklus
(Eigene Darstellung, vgl. Weule 2002)

Der S-förmige Verlauf des Technologiezyklus stellt einen idealtypischen Verlauf dar, der nicht immer nachgewiesen werden kann und somit in der Literatur eher kritisch gesehen wird (Hoffmann und Hoffmann 1972). Eine Berücksichtigung des technologischen Wandels im Bewertungsverfahren erfordert eine möglichst differenzierte und realitätsgetreue Abbildung des technologischen Wandels, um unterschiedlich weit entwickelte Technologien der Luftsicherheitskontrolle entsprechend bewerten zu können. Grundsätzlich lässt sich beim klassischen Konzept zwar eine vage Zuordnung der Produkte in die einzelnen Phasen aufzeigen und somit kann es durchaus dazu dienen, unterschiedliche Phasen der Entwicklung von Sicherheitstechniken abzubilden. Dennoch wird bei den meisten klassischen Modellen die Entstehungsphase unzureichend berücksichtigt, was gerade im Falle der Bewertung von innovativen Sicherheitstechniken eine verlässliche Anwendung erschwert. Hierzu bestehen in der Literatur zahlreiche Weiterentwicklungen des klassischen Technologielebenszyklus (Pfeiffer und Bischof 1981), (Zotter 2007). Das von Meyer-Krahmer und Dreher entwickelte Modell eines modernen Lebenszyklus wirkt dieser Problematik entgegen, indem es Theorien aus unterschiedlichen Fachrichtungen integriert und auf die Entstehungsphasen von Technologien fokussiert und diese differenziert abbildet (Meyer-Krahmer und Dreher 2004).³⁴ Der Entscheidungsunterstützung während des Innovationsprozesses soll hierdurch in der vorliegenden Arbeit in angemessenem Maße beigetragen werden.

³⁴ Zu diesen Theorien zählt bspw. die Theorie der Innovationsökonomik, welche sich u.a. mit der Messbarmachung des technologischen Wandels beschäftigt (vgl. Grupp 1997).

Moderner integrierter Technologielebenszyklus (TLZ)

Das Konzept des modernen integrierten Technologielebenszyklus (vgl. Abb. 3-2) bietet vielerlei Vorteile bei der Betrachtung und Bewertung innovativer Sicherheitstechniken. Es bezieht zum einen die Entstehungsphasen von Technologien mit ein, indem es die F&E-dominierte frühe Phase des Zyklus detaillierter beleuchtet als klassische Modelle, zum anderen erfolgt eine Erweiterung des klassischen Lebenszyklus um die detaillierte Abbildung der Diffusionsphase. Nach einer anfänglichen Euphorie findet eine Phase der Ernüchterung statt, welche eine Neuorientierung nach sich zieht. Somit liefert das moderne integrierte Technologiezykluskonzept die vielversprechende Möglichkeit zur Berücksichtigung des technologischen Wandels von Sicherheitstechniken bei der multikriteriellen Entscheidungsunterstützung. Die Zuordnung von Sicherheitstechniken zu den einzelnen Phasen kann sich im Rahmen einer multikriteriellen Bewertung bspw. in einer unterschiedlichen Kriteriengewichtung widerspiegeln.

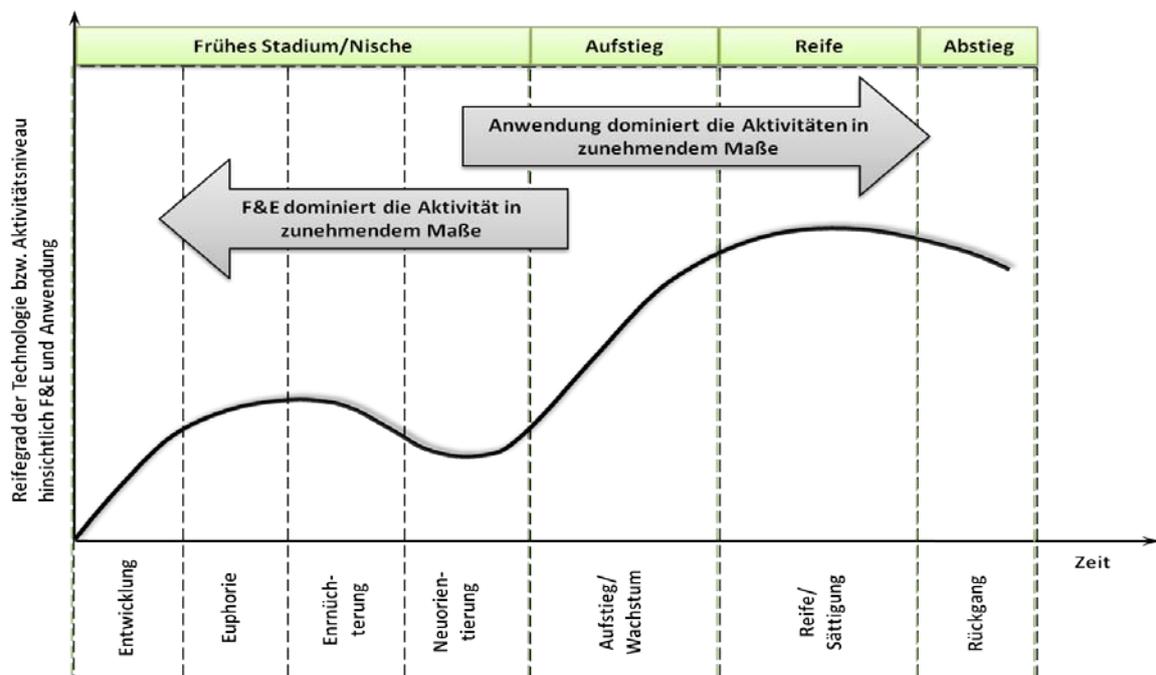


Abbildung 3-2: Integrierter Technologielebenszyklus
(Eigene Darstellung, vgl. Grupp 1997; Meyer-Krahmer und Dreher 2004)

Es wird die These vertreten, dass sich die Bewertungsdimensionen und -kriterien von Sicherheitstechniken in Abhängigkeit der eingenommen Stakeholder-Perspektive in unterschiedlichen Ausprägungsformen befinden und dass sie darüber hinaus im Verlaufe des Technologieentwicklungsprozesses einem möglichen Wandel unterliegen.

3.1.2 Entwicklung von Sicherheitstechniken im Zeitverlauf

Der technische Fortschritt bedingt je nach Anwendungszweck und Zeitpunkt zumeist die Verfügbarkeit mehrerer Technikalternativen, welche sich jedoch in ihrem Reifegrad unterscheiden können. Naturgemäß ist hierbei die Anwendung innovativer Sicherheitstechniken mit einem höheren Risiko verbunden, als bei der Anwendung reifer Alternativen. Im Gegenzug versprechen neuere Techniken oftmals ein höheres zukünftiges Leistungsniveau und gewährleisten, bezogen auf die Luftsicherheitskontrolle, unter Umständen eine effizientere Abfertigung des konstant steigenden Passagieraufkommens. Bei der Entscheidung zwischen etablierten und innovativen Techniken sollten folglich zu erwartende Entwicklungen berücksichtigt werden, indem die jeweilige Technik je nach Entwicklungsstand und Position im Technologielebenszyklus mit unterschiedlichen Maßstäben bewertet wird. Dem Entscheider sollte demzufolge die Möglichkeit geboten werden, die Relevanz einzelner Bewertungskriterien je nach Reifegrad der Sicherheitstechnik zu differenzieren. Das in dieser Arbeit zu entwickelnde Bewertungskonzept soll diesem Aspekt Rechnung tragen, indem es die Berücksichtigung des technologischen Wandels in angemessener Weise erlaubt.

Das im vorangegangenen Abschnitt vorgestellte Konzept des integrierten Technologielebenszyklus soll dazu dienen die Relevanz einzelner Bewertungskriterien in Abhängigkeit des Reifegrades der jeweiligen Sicherheitstechnik in das Bewertungskonzept zu integrieren. Hierzu ist eine Zuordnung der jeweiligen Sicherheitstechnik zur entsprechenden Phase im Lebenszyklus vonnöten. Je nachdem, ob sich eine Technik in einer frühen oder späten Phase des Zyklus befindet, dienen unterschiedliche Indikatoren zur Verortung im Technologiezyklus. Um eine valide Zuordnung in Form einer integrierten Betrachtung zu gewährleisten, bedarf es unter Umständen einer Vielzahl von Indikatoren. Die Indikatorik bedient sich hierbei zumeist den Methoden der Bibliometrie sowie der Patent- und Marktanalyse (Grupp 1999), (Hinze und Schmoch 2004). Die Validierung der Zuordnung zur jeweiligen Phase wird in der vorliegenden Arbeit mithilfe einer indikatorenbasierten Analyse angestrebt.

Das Forschungsprojekt EduaR&D fasst die beobachteten relevanten Gesichtspunkte der Technologielebenszyklus-Analyse mittels der Indikatorik wie folgt zusammen (FZ Jülich GmbH und Projektträger Jülich 2009). Zum einen sind wissenschaftliche Publikationen und technische Aktivitäten, in Form von Patenten, stark miteinander korreliert. Dabei laufen Letztere den Publikationen meist um fünf bis zehn Jahren hinterher. Zum anderen gilt der Technologielebenszyklus als recht lang. Zwischen beiden Anstiegen des Kurvenverlaufs wird ein Zeitintervall von 15 Jahren angenommen. Bezüglich der Marktaktivitäten ist zumeist dann ein relevantes Niveau zu beobachten, wenn die Patente ihren zweiten Hype erlebt haben.

Eine Studie zur Sicherheitssteigerung durch IT-Anwendungen belegt für den Fall des Flughafens Stuttgart den Wandel der Innovationszyklen von Sicherheitstechniken innerhalb der letzten 20 Jahre (Hartmann et al. 2008). Die Innovationszyklen der betrachteten Sicherheitstechniken weisen dabei keinen charakteristisch klaren Bruch auf, sondern sind durch einen graduellen Austausch einzelner Systemelemente geprägt. Das Aufsetzen auf bestehenden Schnittstellen scheint dabei ein Schlüsselfaktor hinsichtlich der Aktualisierung und Erweiterung von Technologielebenszyklen zu sein. Aufgrund dessen weisen die von der Leitstelle Stuttgart eingesetzten Sicherheitstechniken mitunter ein über zehnjähriges Alter auf (Hartmann et al. 2008).

3.1.3 Technikbewertung

Technische Entwicklungen und Innovationen in ihrem Entstehungsprozess zu erkennen und zu deuten wird weitläufig als essentieller Faktor der Wettbewerbsfähigkeit von Unternehmen gesehen. Ein hierfür zweckmäßiges Innovations- und Technologiemanagement bzw. ein integriertes Technologiemanagement kann als Bindeglied zwischen Technologieangebot einerseits und gesellschaftlichem Problemlösungsbedarf andererseits, bspw. in Form von Akzeptanz bzw. Ablehnung technischer Innovationen, verstanden werden (Geldermann 2006). Beispiele für Instrumente eines integrierten Technologiemanagements sind die Technologiefrüherkennung, das Technologie-monitoring, der Informations- und Technologietransfer, die Technikfolgenabschätzung, die Technikbewertung sowie die Umsetzungs- und Evaluationsanalysen (Zweck 1999).

Die Richtlinie 3780 des Vereins Deutscher Ingenieure (VDI) stellt im Rahmen der Technikbewertung Grundbegriffe und einen theoretischen Rahmen bereit, gibt dem Anwender dabei jedoch keine konkrete Methode an die Hand (VDI 1991). Eine umfassende Bewertung, welche technische, ökonomische, ökologische und gesellschaftliche Dimensionen miteinander vereint, setzt eine interdisziplinäre Zusammenarbeit zwischen Ingenieur-, Natur- und Sozialwissenschaftlern voraus. Hier setzt die *VDI-Richtlinie 3780 Werte für das technische Handeln* an, indem sie relevante Dimensionen anbietet, die häufig in Konkurrenz- bzw. Instrumentalbeziehung zueinander stehen (vgl. Abb. 3-3). Je nach Themenbezug können diese Beziehungen variieren. Darüber hinaus erfordern bestimmte Anwendungsfälle, insbesondere hinsichtlich der Berücksichtigung nicht-technischer Dimensionen, ggfs. eine Erweiterung sowie eine detailliertere Ausdifferenzierung des Wertekataloges.

Die Werte im technischen Handeln dienen als Grundlage zur Zusammenstellung relevanter Bewertungsdimensionen und -kriterien der Technikbewertung, die gerade hinsichtlich der nicht-technischer Aspekte ergänzt werden und in das finale Bewertungskonzept integriert werden müssen.

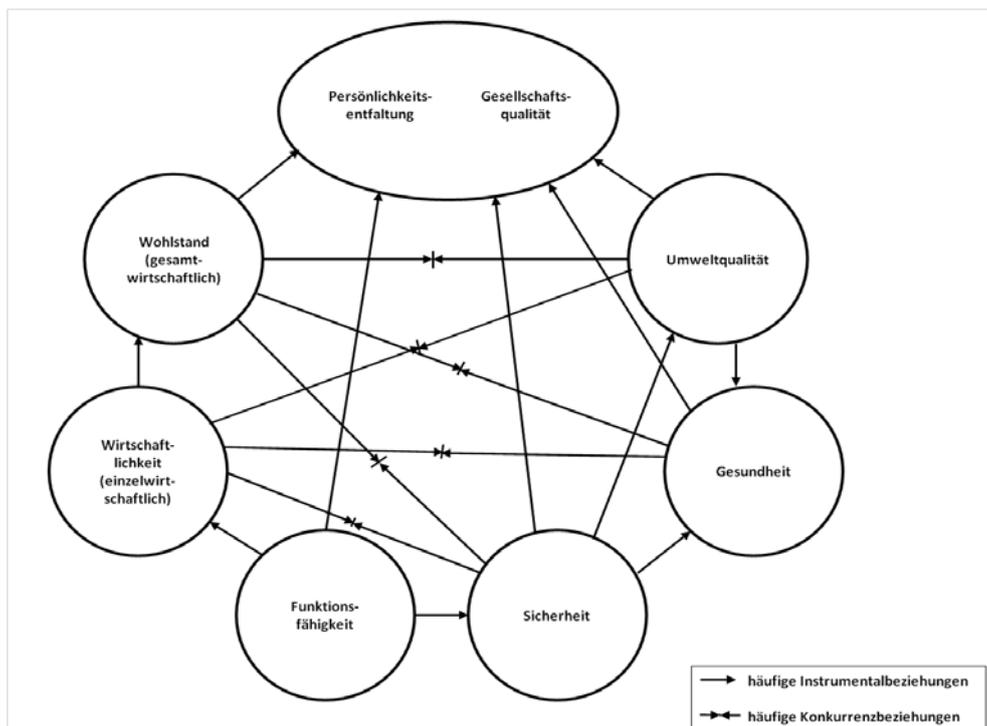


Abbildung 3-3: Werte im technischen Handeln
(Vgl. VDI 1991)

3.2 Entscheidungstheorie und Operations Research (OR)

Die Entscheidungstheorie befasst sich mit dem Erkennen und Beschreiben von Entscheidungssituationen, in denen sich ein oder mehrere Entscheidungsträger mithilfe klassischer analytischer Modelle und Entscheidungsregeln auf eine Entscheidung bzw. Alternative festlegen (Geldermann 1999). Ein Entscheidungsproblem ist durch die Präsenz von wenigstens zwei Alternativen, welche in Form von Handlungsalternativen, Aktionen oder Strategien auftreten können, gekennzeichnet, zwischen denen mindestens ein Entscheidungsträger³⁵ eine Entscheidung bzw. Auswahl treffen kann oder muss (Dinkelbach und Kleine 1996). Hierbei findet eine Formalisierung statt, indem Sachverhalte als mathematische Probleme formuliert werden. Der Entscheidungsfindungsprozess wird allgemein als logische und zeitliche Abfolge der Analyse eines Entscheidungsproblems verstanden. Über die logische Verknüpfung von sowohl objektiven, als auch subjektiven Entscheidungsprämissen wird hier eine Beurteilung der zur Verfügung stehenden Alternativen durchgeführt, um eine Problemlösung zu erzielen. Die gegebene und notwendige Subjektivität verhindert oftmals eine rein objektiv richti-

³⁵ Entscheidungsträger können z.B. Individuen, Unternehmen oder auch Staaten sein.

ge Entscheidung und führt die Beteiligten vielmehr an eine Kompromisslösung heran, welche die Erwartungen und Präferenzen der involvierten Stakeholder in angemessenem Maße befriedigt.

Das OR nimmt dabei eine wichtige Rolle als Instrument zur Entwicklung von Entscheidungsvorlagen zumeist in Unternehmen ein. Es entwickelt quantitative Modelle und Methoden zur Entscheidungsunterstützung und Optimierung. Die multikriteriellen Methoden besitzen hierbei eine hohe Relevanz, denn sie wurden entwickelt um die Nachteile klassischer Optimierungsmodelle, welche zumeist auf rein ökonomische Zielgrößen fokussieren, zu überwinden. So werden innerhalb klassischer Methoden bspw. zur Ermittlung des Optimums häufig Annahmen getroffen, die in der Realität nicht immer zielführend sind. Die vollständige Vergleichbarkeit verschiedener Alternativen, eindeutig quantifizierbare Daten als Bewertungsgrundlage und die Transitivität von Präferenzvorstellungen sind dabei nur einige Beispiele (Oberschmidt 2010). Die Verfahren der multikriteriellen Entscheidungsunterstützung *Multi-Criteria Decision Analysis (MCDA)*³⁶ sind Techniken, mit denen Handlungsalternativen und Objekte unter der Berücksichtigung mehrerer Zielgrößen beurteilt werden können. Einzelentscheidungen entsprechen dabei in den seltensten Fällen einem Abbild der Realität, vielmehr sind bei der Wahl zwischen mehreren Alternativen häufig eine Vielzahl teilweise konfliktärer Zielsetzungen bzw. Kriterien, die nicht immer in vergleichbaren Einheiten gemessen werden oder direkt quantifizierbar sind sowie unterschiedlicher Wertungen aus der Perspektive mehrerer Entscheidungsträger zu berücksichtigen (Beccali et al. 1998), (Zimmermann und Gutsche 1991).

Strebt der Anwender eine Bewertung verschiedener Alternativen unter der Berücksichtigung einer Vielzahl von Zielgrößen an, bieten sich neben der Nutzung multikriterieller Verfahren auch traditionelle makroökonomische Modelle an, welche eine Monetarisierung der integrierten Zielgrößen anstreben. Verschaffen die Einfachheit der Vorgehensweise und die Vergleichbarkeit der Ergebnisse noch wesentliche Vorteile, sieht sich der Anwender jedoch bei der methodischen und praktischen Umsetzung mit zahlreichen Schwierigkeiten konfrontiert (Hohmeyer 1992). Zudem scheint eine Monetarisierung von Zielgrößen wie bspw. Gesundheit und Sicherheit aus heutiger Sicht überholt und ethisch überaus fragwürdig (Cavallaro 2009). Hier setzen die multikriteriellen Verfahren an, um sowohl die Nachteile klassischer Optimierungsmodelle, die in der Regel alleine auf die Kostenminimierung unter Berücksichtigung von Randbedingungen ausgerichtet sind, zu umgehen und eine wie in traditionellen makroökonomischen Nutzenmodellen übliche Monetarisierung aller Bewertungsgrößen zu

³⁶ Der Begriff Multi-Criteria Decision Making (MCDM) wird häufig synonym verwendet.

vermeiden. Darüber hinaus bieten sie den Vorteil des Einbezugs quantitativer, wie auch qualitativer Informationen in die Bewertung (Roy 2005). Die multikriteriellen Verfahren scheinen somit die geeignetere Option zu sein, um innovative Sicherheitstechniken unter der Berücksichtigung multipler Zielgrößen einer tragfähigen Bewertung zu unterziehen. Das aktuelle Kapitel soll im weiteren Verlauf die Tauglichkeit multikriterieller Verfahren für die Anwendung bezüglich der bestehenden Problemstellung überprüfen und weiter untermauern.

Zu unterscheiden sind zwei wesentliche Gruppen multikriterieller Verfahren (Zimmermann und Gutsche 1991), (Brans und & Mareschal 2005). Neben den *Multi-Attribut-Methoden (MADM - Multi Attribut Decision Making)*, welche in erster Linie einem diskreten Lösungsraum, also aus einer bestimmten Anzahl bekannter Alternativen, ein Ranking erstellen, zählen hierzu die *Multi-Objectiv-Verfahren (MODM - Multi Objective Decision Making)*. Diese ermitteln aus einem stetigen Lösungsraum eine optimale Alternative, welche die gegebenen Nebenbedingungen erfüllt (vgl. Tab. 3-1).

Tabelle 3-1: Abgrenzung von MCDA-Verfahren

	Multi Attribute Decision Making MADM	Multi Objective Decision Making MODM
Lösungsraum	Menge diskreter Alternativen $A := \{A_1, \dots, A_m\}$	<ul style="list-style-type: none"> • Meist stetiger Lösungsraum • Alle Alternativen zulässig, welche die Nebenbedingungen erfüllen
Ziel	Klassifikation bzw. Ordnung von Alternativen	Berechnung der (besten) Alternative(n) aus dem Lösungsraum heraus
Ausgangsbasis	Menge entscheidungsrelevanter Kriterien $C := \{C_1, \dots, C_n\}$	Ausdrücklich quantifizierbare Zielfunktionen $z(x)$ in Form von Vektoren, die gleichzeitig zu optimieren sind
Mathematische Formulierung der Problemstellung	Zielerreichungs-/Entscheidungsmatrix $X := (x_{ij})$ mit $i = (1, \dots, m)$; $j = (1, \dots, n)$	Vektoroptimierungsmodelle $\max \left\{ z(x) = \begin{pmatrix} z_1(x) \\ z_2(x) \\ \vdots \\ z_k(x) \end{pmatrix} \mid x \in X; X \subset \mathfrak{R}^n \right\}$

Die Lösungsansätze der MODM-Verfahren stützen sich häufig auf Methoden des linearen Programmierens und bieten sich daher insbesondere bei der Optimierung von Systemen an, um aus einer Vielzahl von Kombinationen das optimale System zu entwickeln (Figueira et al. 2005), (Zimmermann und Gutsche 1991). MADM-Methoden hingegen bewerten im Vorhinein ausgewählte Alternativen auf Grundlage der simultanen Berücksichtigung unterschiedlicher Kriterien, welche wiederum auf vielfältigen Skalenniveaus ausgedrückt werden können (Belton und Stewart 2002). Hinsichtlich der Bewertung innovativer Sicherheitstechniken ist es daher ausreichend auf MADM-Verfahren zu fokussieren, da im Rahmen der Arbeit auf die vergleichende Bewertung etablierter und innovativer Sicherheitstechniken abgezielt wird, deren Merkmalsausprägungen begrenzt sind. Diese gilt es hinsichtlich relevanter Kriterien zu beurteilen. Der Beitrag einzelner Alternativen zu den jeweiligen Zielgrößen lässt sich dabei mithilfe mehrerer Kriterien in verschiedenen Einheiten messen, womit die nötigen Voraussetzungen zur Anwendung von MADM-Verfahren gegeben sind.

3.2.1 Grundlagen von Multi-Attribut-Methoden

MADM-Verfahren beurteilen Alternativen anhand einzelner Bewertungsdimensionen bzw. -kriterien. Ihr Ziel ist es dabei, diejenige Alternative zu ermitteln, welche die Präferenzen und Zielvorstellungen der Entscheider in geeigneter Weise widerspiegeln. Für die Gesamtbewertung der Alternativen stehen verschiedene Aggregationsverfahren zur Verfügung, welche in die amerikanische und europäische Schule³⁷ unterteilt werden (vgl. Tab. 3-2 sowie (Geldermann et al. 2002)).

Tabelle 3-2: Abgrenzung von MADM-Verfahren

	Amerikanische Schule	Europäische/französische Schule
Annahme	Genauere Vorstellung des Entscheiders über Nutzen der Kriterienausprägung und -gewichtung	Unterstellt, dass dem Entscheider seine Präferenzen nicht bewusst sind
Ziel	Offenlegung und Interpretation im Rahmen der Präferenzvorstellung	<ul style="list-style-type: none"> Entscheidungsunterstützung zur Strukturierung der Problemstellung Aufzeigen der Konsequenzen unterschiedlicher Kriteriengewichtung
Methoden	Klassische MADM-Verfahren, z.B.: <ul style="list-style-type: none"> Nutzwertanalyse AHP/ANP (Analytischer Hierarchie/Netzwerk-Prozess) 	Outranking-Verfahren, z.B.: <ul style="list-style-type: none"> ELECTRE (Elimination Et Choix Traduisant la Réalité) PROMETHEE (Preference Ranking Organisation Method for Enrichment Evaluations)

³⁷ Die Wurzeln der europäischen Schule liegen in Frankreich, weshalb sie oftmals als französische Schule bezeichnet wird.

Den Methoden der *amerikanischen Schule* liegt die Annahme zugrunde, dass Präferenzen durch eine Nutzenfunktion dargestellt werden können und sich der Gesamtnutzen einer Alternative aus der Summe aller Teilnutzen hinsichtlich der unterschiedlichen Kriterien errechnet. Diese Annahmen bilden jedoch nur in den seltensten Fällen eine realitätsgetreue Grundlage (Brans und Mareschal 2005). Zu den am häufigsten angewandten Verfahren der amerikanischen Schule zählen neben der Nutzwertanalyse³⁸ der Analytische Hierarchie bzw. Netzwerk-Prozess (AHP/ANP, vgl. (Saaty 2005)). Charakteristisch für diese Methoden ist, dass der Entscheider eine klare Vorstellung über den Nutzen der Kriterienausprägung hat und er in der Lage ist, seine Präferenzen über die Gewichtung der Kriterien klar auszudrücken. Zwar kommen diese Verfahren aufgrund ihrer Einfachheit und guten Umsetzbarkeit häufig zum Einsatz, jedoch sind die Nachteile, wie bspw. der Informationsverlust aufgrund des hohen Aggregationsniveaus der Ergebnisse sowie die Kompensationseffekte guter und schlechter Kriterien, nicht von der Hand zu weisen (Geldermann und Rentz 2000).

Die Methoden der *französischen Schule*, die sogenannten Outranking-Verfahren, setzen sich zum Ziel, die Nachteile der nutzentheoretisch basierten Methoden der amerikanischen Schule zu überwinden.³⁹ Die französische Schule vertritt dabei die Annahme, dass sich die Entscheider ihrer Präferenzen nicht vollständig bewusst sind. Zu ihren Vorteilen zählt die Tatsache, dass sie Kompensationseffekte zwischen Kriterienausprägungen weitestgehend versuchen zu vermeiden. So lassen sich bspw. Schwellenwerte definieren, um einer Kompensation vorzubeugen (French et al. 2009). Darüber hinaus bieten diese Verfahren die Möglichkeit in strikte Präferenz, Indifferenz, schwache Präferenz sowie Unvergleichbarkeit der verschiedenen Alternativen zu unterscheiden (Roy 1980). Unsicherheiten bezüglich der Kriterienausprägung und Präferenzvorstellungen lassen sich ebenso in die Bewertung einbinden, wie qualitative und quantitative Kriterien in simultaner Weise (Geldermann et al. 2000), (Salo und Hämmäläinen 1995), (Xu 2005). Zudem benötigt ihre Anwendung, im Vergleich zu den Methoden der amerikanischen Schule, weniger paarweise Vergleich seitens des Nutzers (Dagdeviren 2008).

Basierend auf den einhergehend erörterten Vorteilen wird in der vorliegenden Untersuchung auf die Ansätze der europäischen Schule zurückgegriffen. Hieraus resultiert eine Entscheidungsunterstützung, welche mit widersprüchlichen Informationen umgehen

³⁸ Zu den Verfahren der Nutzwertanalyse zählen die Multi Attribute Utility Theory (MAUT) sowie die Multi Attribute Value Theory (MAVT), vgl. auch Dyer 2005 sowie Zimmermann und Gutsche 1991.

³⁹ Im Deutschen werden diese Verfahren auch oft als Prävalent-Verfahren oder entscheidungstechnologische Ansätze bezeichnet, vgl. auch Zimmermann und Gutsche 1991.

und Konsequenzen unterschiedlicher Kriteriengewichtungen aufzeigen kann (Geldermann und Rentz 2001). Zu den bekanntesten Verfahren zählen PROMETHEE und ELECTRE. Ein wesentlicher Vorteil des PROMETHEE-Ansatzes stellt die mögliche Berücksichtigung von Unsicherheiten in der Kriterienausprägung dar. Hierdurch lässt sich Indifferenz und schwache Präferenz hinsichtlich bestimmter Kriterien seitens der Stakeholder abbilden. Zudem kann durch die Anwendung beider Verfahren dem Kompensationseffekt positiver und negativer Kriterien vorgebeugt werden (Beccali et al. 2003). Aufgrund zahlreicher weiterer Vorteile, wie bspw. das gut nachvollziehbare Aggregationsverfahren, eine nutzerfreundliche Handhabbarkeit sowie einer hinreichenden Stabilität der Ergebnisse im Vergleich zum ELECTRE-Ansatz (Brans et al. 1986), wird in der vorliegenden Arbeit die Methode des PROMETHEE bevorzugt.

3.2.2 Der PROMETHEE-Ansatz

Die Tauglichkeit des PROMETHEE-Ansatzes hinsichtlich der Anwendung in Multi-Stakeholder-Prozessen wurde in der Praxis bereits mehrfach unter Beweis gestellt (Brans und Mareschal 2005), (Wang et al. 2009). Entsprechend der angestrebten Einbindung relevanter Stakeholder im Bewertungskonzept sowie dem hierbei ange-dachten partizipativen Prozess zur Ermittlung der Einschätzungen von Entscheidungsträgern zielt die Verwendung des PROMETHEE-Ansatzes insbesondere auf die Transparenz-Steigerung bezüglich der oftmals schwer nachvollziehbaren multikriteriellen Ansätze ab.

Das PROMETHEE basiert, wie grundlegend jeder Outranking-Ansatz, auf der Durchführung von paarweisen Vergleichen von mindestens zwei Alternativen hinsichtlich unterschiedlicher Bewertungskriterien (Roy 1980). Diese werden, basierend auf den abgegebenen Einschätzungen der Entscheidungsträger, automatisch durchgeführt und müssen dabei nicht zwingend auf gleicher Skalenart vorliegen. Als Ausgangsbasis für die paarweisen Vergleiche unterschiedlicher Alternativen dient hierbei die Bewertungsmatrix, welche für jeden Stakeholder individuell zu erstellen und auf denen die Kriterienausprägung bezüglich der entsprechenden Alternativen hinterlegt sind. Mithilfe von Präferenzfunktionen sowie der Gewichtung einzelner Bewertungskriterien, welche die relative Bedeutung der Kriterien anhand eines Gewichtungsvektors zueinander widerspiegeln, führt das PROMETHEE eine Aggregation paarweiser Vergleichswerte durch, um entsprechend eine partielle (PROMETHEE I) bzw. vollständige Rangfolge (PROMETHEE II) der Alternativen abzuleiten (Oberschmidt 2010). Der PROMETHEE-Ansatz wird gemäß der Arbeit von Brans wie folgt beschrieben (Brans et al. 1986).

Zur Bestimmung der Kriterienausprägungen $f_j(a_i)$ bedarf es einer diskreten Menge an Alternativen $A=(a_1, \dots, a_i, \dots, a_m)$ sowie einem Set an Bewertungskriterien $C=(c_1, \dots, c_j, \dots, c_n)$, auf Basis dessen folgende Schritte durchgeführt werden:

1. Schritt: Wahl der Präferenzfunktion

Die Präferenzfunktion p_j ist für jedes Bewertungskriterium zu bestimmen und definiert je nach Unterschiedlichkeit der Kriterienausprägungen die Präferenz von Alternative a_{i^*} gegenüber Alternative a_i .

$$p_j(d_j(a_{i^*}, a_i)) = p_j(f_j(a_{i^*}) - f_j(a_i)) \text{ mit } p_j \in [0; 1]$$

Zur Abbildung realer Präferenzvorstellungen der Entscheidungsträger bietet das PROMETHEE die Auswahl sechs unterschiedlicher Präferenzfunktionen an, die im praktischen Anwendungsfall als ausreichend angesehen werden (vgl. Abb. 3-4). Hinsichtlich der Auswahl geeigneter Präferenzfunktionen leisten Anand und Kodali einen hinreichenden Beitrag (Anand und Kodali 2008).

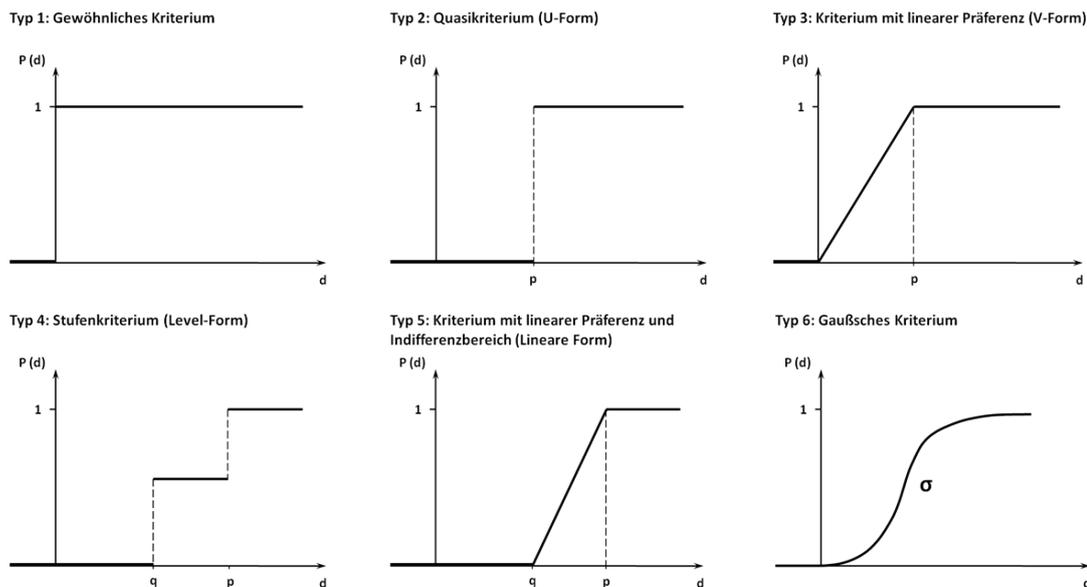


Abbildung 3-4: Pauschalisierte Präferenzfunktionen des PROMETHEE-Ansatzes
(Eigene Darstellung, vgl. Brans et al. 1986)

2. Schritt: Bestimmung des Gewichtungsvektors

Die Berechnung der Rangfolge spezifischer Alternativen nach PROMETHEE I und II erfordert die Aufstellung eines Gewichtungsvektors $w^T=(w_1, \dots, w_j, \dots, w_n)$ für jede im Bewertungsprozess berücksichtigte Stakeholder-Perspektive. Die Summe der einzelnen Elemente ergibt 1 und ist bei Bedarf zu normalisieren.

3. Schritt: Bestimmung des Präferenzindex

Die Berechnung des Präferenzindex π gibt, unter Berücksichtigung der Bewertungskriterien und deren entsprechender Gewichtung, Aufschluss über den Grad der Präferenz von Alternative a_{i^*} gegenüber Alternative a_i .

$$\pi(a_{i^*}, a_i) = \sum_{j=1}^n w_j \cdot \rho_j(a_{i^*}, a_i)$$

4. Schritt: Bestimmung des Ausgangs- und Eingangsflusses

Um die Vergleichbarkeit einer Alternative mit allen anderen Alternativen auf Basis der berücksichtigten Bewertungskriterien zu gewährleisten, sieht das PROMETHEE die Berechnung von Eingangs- sowie Ausgangsflüssen vor.

Der Ausgangsfluss gibt Aufschluss über die relative Stärke einer Alternative a_{i^*} verglichen mit allen weiteren Alternativen:

$$\phi^+(a_{i^*}) = \sum_{\substack{i=1 \\ i \neq i^*}}^m \pi(a_{i^*}, a_i) = \sum_{\substack{i=1 \\ i \neq i^*}}^m \sum_{j=1}^n w_j \cdot \rho_j(a_{i^*}, a_i)$$

Entsprechend gibt der Eingangsfluss Aufschluss über die relative Schwäche einer Alternative a_{i^*} verglichen mit allen weiteren Alternativen:

$$\phi^-(a_{i^*}) = \sum_{\substack{i=1 \\ i \neq i^*}}^m \pi(a_i, a_{i^*}) = \sum_{\substack{i=1 \\ i \neq i^*}}^m \sum_{j=1}^n w_j \cdot \rho_j(a_i, a_{i^*})$$

5. Schritt: Bestimmung der partiellen Präordnung (PROMETHEE I)

Auf Basis des Ausgangsflusses können nachfolgende Präordnungen induziert werden:

$a_{i^*} P^+ a_i$ wenn $\phi^+(a_{i^*}) > \phi^+(a_i)$ (a_{i^*} wird gegenüber a_i präferiert)

$a_{i^*} I^+ a_i$ wenn $\phi^+(a_{i^*}) = \phi^+(a_i)$ (Indifferenz liegt vor)

$a_{i^*} P^- a_i$ wenn $\phi^-(a_{i^*}) < \phi^-(a_i)$ (a_{i^*} wird gegenüber a_i präferiert)

$a_{i^*} I^- a_i$ wenn $\phi^-(a_{i^*}) = \phi^-(a_i)$ (Indifferenz liegt vor)

Nach PROMETHEE I lässt sich die partielle Präordnung (P^I, I^I, R^I) durch die Überschneidung dieser beiden Präordnungen ableiten:

- i. Präferenz $a_{i^*} P^I a_i$ hinsichtlich Alternative a_{i^*} gilt bei $a_{i^*} P^+ a_i$ und $a_{i^*} P^- a_i$ oder $a_{i^*} P^+ a_i$ und $a_{i^*} I^- a_i$ oder $a_{i^*} I^+ a_i$ und $a_{i^*} P^- a_i$
- ii. Indifferenz $a_{i^*} I^I a_i$ gilt bei $a_{i^*} I^+ a_i$ und $a_{i^*} I^- a_i$
- iii. Unvergleichbarkeit gilt bei $a_{i^*} R^I a_i$

6. Schritt: Bestimmung der vollständigen Präordnung (PROMETHEE II)

Die vollständige Präordnung (P^I, I^I) nach PROMETHEE II kann auf Basis des Nettoflusses $\phi^{net} = \phi^+ (a_{i^*}) - \phi^- (a_{i^*})$ je Alternative erstellt werden und beugt der Möglichkeit der Unvergleichbarkeit vor.

- i. Präferenz $a_{i^*} P^I a_i$ hinsichtlich Alternative a_{i^*} gilt bei $\phi^{net} (a_{i^*}) > \phi^{net} (a_i)$
- ii. Indifferenz $a_{i^*} I^I a_i$ gilt bei $\phi^{net} (a_{i^*}) = \phi^{net} (a_i)$

Bei der Durchführung der multikriteriellen Analyse mithilfe des PROMETHEE-Ansatzes empfiehlt sich die Ermittlung der Rangfolge der Alternativen sowohl anhand der relativen Stärke bzw. Schwäche (PROMETHEE I) als auch des Nettoflusses (PROMETHEE II). Zu beachten ist dabei der potenzielle Informationsverlust, welcher aufgrund des höheren Aggregationsniveaus des Nettoflusses bei der Anwendung des PROMETHEE II-Rankings auftreten kann (Brans und & Mareschal 2005). Um eine eindeutige Interpretation der Bewertungsergebnisse zu gewährleisten, bedarf es daher der Anwendung beider Vorgehensweisen.

3.2.3 Anwendungen von Multi-Attribut-Methoden

Betrachtet man die gängigen Ansätze der Entscheidungsunterstützung, lässt sich feststellen, dass die Grundlage zur Lösung der Problemstellung im Vorhandensein einer klar strukturierten Fragestellung bzw. klar definierter Alternativen sowie Bewertungsdimensionen und -kriterien liegt (Belton und Stewart 2002). Dieser Fakt ist in der Realität jedoch in den seltensten Fällen gegeben, sodass auf einen ganzheitlichen Analyseansatz zurückgegriffen wird, welcher die wesentlichen Phasen eines multikriteriellen Bewertungsprozesses beinhaltet (vgl. Abb. 3-5). Die multikriterielle Analyse ermöglicht dabei speziell die Berücksichtigung einer Vielzahl unterschiedlicher Dimensionen sowie ihrer zugehörigen qualitativen und quantitativen Kriterien.

In der deutschen wie internationalen Literatur finden sich zahlreiche Anwendungsbeispiele sowie Weiterentwicklungen zur multikriteriellen Analyse, insbesondere auch im Hinblick auf Entscheidungen in Gruppen (Brans und & Mareschal 2005), jedoch blieb eine Anwendung im Sicherheitsbereich bisher außen vor. Die Methodenvielfalt sowie ihre Anwendung in den unterschiedlichsten Bereichen ist immens. Nicht nur bei taktischen und operativen Entscheidungen kommen sie zum Tragen, gerade auch bei strategischen Entscheidungen entfalten multikriterielle Verfahren ihre Wirksamkeit. Betrachtet man die bezüglich der vorliegenden Arbeit relevanten Anwendungen im Zusammenhang einer ganzheitlichen Technikbewertung, so lässt sich ein bestimmter Prozessablauf erkennen, welcher durch die Bewertung leitet und ggfs. um weitere Schritte erweitert werden kann. In Anlehnung an Belton und Stewart verdeutlicht Abb.

3-5 die wesentlichen Prozessschritte der multikriteriellen Analyse, die sich im Rahmen einer ausgedehnten Literaturanalyse bestätigt haben. Sie sind dabei jedoch nicht immer klar voneinander zu trennen und gehen teilweise fließend ineinander über.

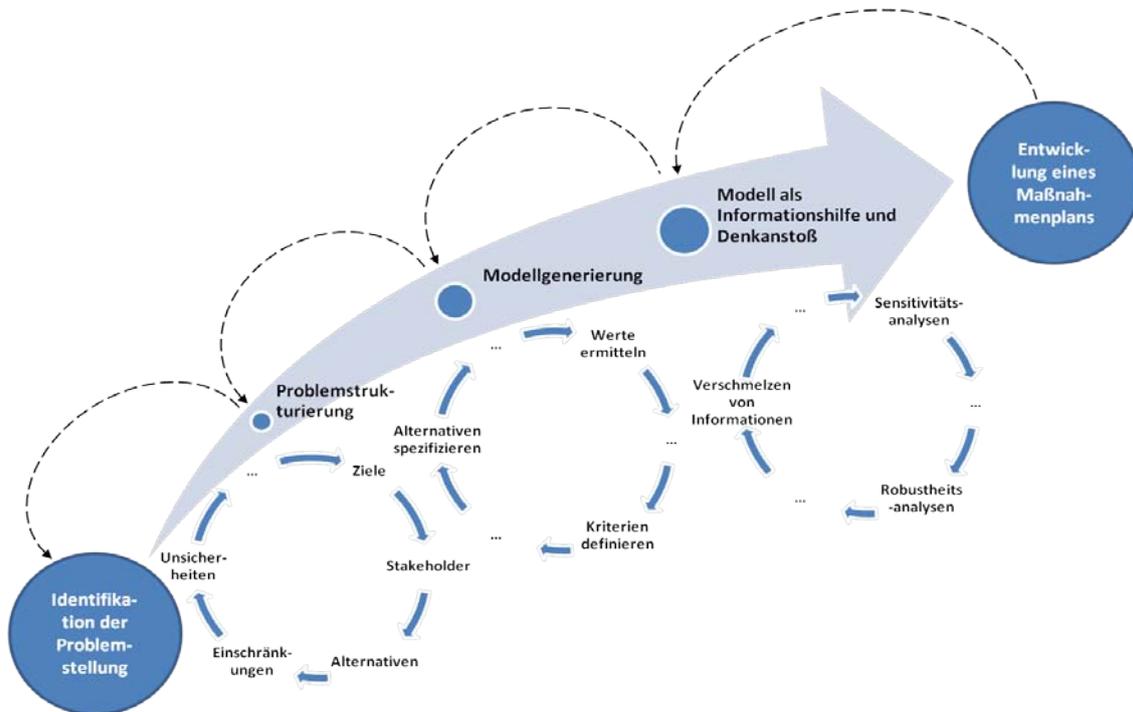


Abbildung 3-5: Der Ablaufprozess der multikriteriellen Analyse
(Eigene Darstellung, vgl. Belton und Stewart 2002)

Ausgehend von der Definition der Problemstellung folgen anschließend die Festlegung der Alternativen sowie die Bestimmung der für die Bewertung relevanten Dimensionen und Kriterien. Im weiteren Verlauf werden die Kriterienausprägungen der bezüglichen Alternativen ermittelt und darüber hinaus die Relevanz der Dimensionen bzw. Kriterien bestimmt, indem eine entsprechende Gewichtung zugeteilt wird. Auf Basis der verfügbaren Informationen werden anschließend mithilfe der geeigneten Aggregationsmethode die Bewertungsergebnisse errechnet, um hieraus eine Rangfolge der Alternativen zu abzuleiten. Die dabei ermittelten Ergebnisse lassen sich in einem folgenden Schritt einer Sensitivitätsanalyse unterziehen, mit der die Stabilität des Resultats und kritische Kriterien näher untersucht werden können. Darüber hinaus besteht die optionale Möglichkeit Methoden zur Berücksichtigung von Unsicherheiten in die unterschiedlichen Prozessschritte der Bewertung mit einfließen zu lassen. Aktuellere Anwendungen beziehen zudem vermehrt die Vielzahl der Stakeholder in den Bewertungsprozess mit ein, indem Gruppenentscheidungsprozesse an unterschiedlichen Stellen der Bewertung berücksichtigt und somit die unterschiedlichen Perspektiven der jeweiligen Stakeholder integriert werden. Den Ablauf der multikriteriellen Analyse gilt es in das

angestrebte Bewertungskonzept zu integrieren, um abschließend, hinsichtlich der Problemstellung, angemessene Handlungsempfehlungen abzuleiten. Eine Leitlinie, welche das Wesen der einzelnen Phasen bzw. des gesamten Prozesses in geeigneter Weise umschreibt lautet: *Through complexity to simplicity* (Belton und Stewart 2002).

3.3 Entscheidungsfindung in Gruppen

In der Literatur werden unter Stakeholdern⁴⁰ diejenigen Gruppen verstanden, auf welche Unternehmen in betriebswirtschaftlicher Hinsicht ein besonderes Augenmerk haben sollten. Rückführend auf die Arbeiten von Freeman, wird ein Stakeholder als „...any group or individual who can affect or is affected by the achievement of the organization's objectives“ definiert (Freeman 2010).

3.3.1 Stakeholder-Konzept

Die Identifizierung der am Prozess beteiligten relevanten Stakeholder bildet die elementare Grundlage und Ausgangsbasis für eine erfolgreiche Technikbewertung. Welche Perspektiven genau im Rahmen der Evaluierung integriert werden sollen, hängt dabei maßgeblich von der Problemstellung sowie den gegebenen Rahmenbedingungen ab. Die weitreichenden Konsequenzen und Auswirkungen von Entscheidungen über den Einsatz von Sicherheitstechniken und das hieraus resultierende Interesse der Öffentlichkeit spiegelt die Wichtigkeit der Einbindung unterschiedlicher Perspektiven in einer Art und Weise wider, wie es sonst bei den wenigsten Technologien der Fall ist.

In der Literatur finden sich zahlreiche Ansätze, die versuchen den Stakeholder-Begriff zu operationalisieren, indem sie eine Verfeinerung und Typisierung des Begriffs vornehmen. Mitchell et al. sehen dabei folgende relevante Aspekte (Mitchell et al. 1997):

- Anspruchsberechtigte vs. Beeinflusser
- aktuelle vs. potenzielle Beziehungen
- Grad der Dringlichkeit des Anspruchs

Unter den verschiedenen Ansätzen besteht jedoch Einigkeit in einem Punkt, der Prozess der Identifikation der Stakeholder stellt den kritischen Aspekt der Stakeholder-Analyse dar (Mitchell et al. 1997), (Achterkamp und Vos 2007), (Bryson 2004), (Elias et al. 2002), (Varvasovszky und Brugha 2000). Die explizite Adressierung der gezielten Identifizierung relevanter Stakeholder wurde dabei weitestgehend umgangen. Eine

⁴⁰ Im Marketing sowie der Öffentlichkeitsarbeit wird der Begriff Anspruchsgruppen synonym verwendet. In der vorliegenden Arbeit wird dieser Begriff ebenfalls synonym verwendet.

Ausnahme bildet der Ansatz nach Achterkamp und Vos, welcher die Stakeholderidentifikation anhand unterschiedlicher Kriterien vorsieht (Achterkamp und Vos 2007). Er empfiehlt demnach die Identifikation anhand der Attributen *most inclusive* und *most ethical*. Dies bedeutet, dass nicht nur die *einflussreichen (involved)*, sondern auch die *betroffenen (affected)* Stakeholder einbezogen werden sollten (vgl. Abb. 3-6). Somit wird die Verwendung eines Macht- bzw. Hierarchiekonzepts vermieden. Bryson betont die Wichtigkeit einer klaren Zieldefinition zu Beginn der Stakeholder-Analyse (Bryson 2004). Vor dem Hintergrund der Technikbewertung unter dem Einbezug gesellschaftlicher Dimensionen kristallisiert sich dieser Ansatz demzufolge als geeignet heraus, da er die ethischste Identifikation und Eingruppierung von Stakeholdern gewährleistet. Darüber hinaus soll das Bewertungskonzept die Möglichkeit bieten, auch latente Stakeholder zu identifizieren, die je nach zukünftiger Entwicklung zunehmend an Bedeutung gewinnen könnten. Denn nur eine integrierte Bewertung, welche diejenigen Perspektiven und deren Wirkzusammenhänge in geeigneter Weise abbildet, kann den Anforderungen einer umfassenden Bewertung gerecht werden.

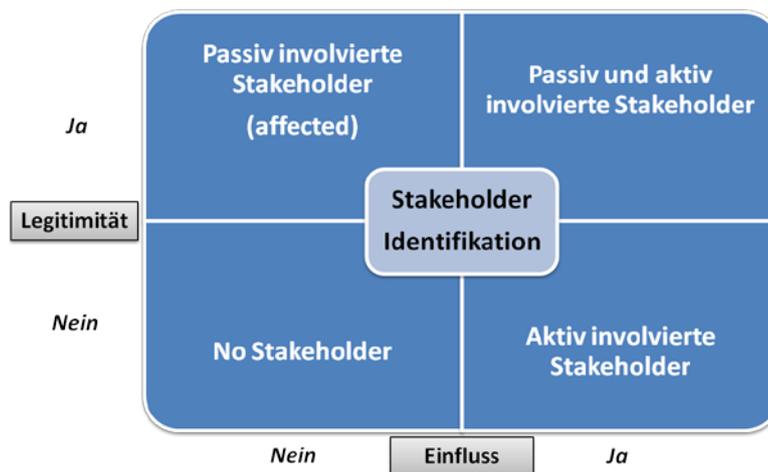


Abbildung 3-6: Stakeholder-Identifikation nach Achterkamp und Vos
(Eigene Darstellung, vgl. Achterkamp und Vos 2007)

3.3.2 Einbeziehung von Stakeholdern

Bei der Entwicklung und Anwendung des Bewertungskonzepts können die unterschiedlichen Stakeholder an verschiedenen Stellen im Prozess eingebunden werden. Hierzu werden häufig partizipative Prozesse genutzt, die mithilfe von Workshops bzw. Interviews und Befragungen durchgeführt werden (Buchholz et al. 2009), (Karakosta et al. 2009), (Stagl 2006). Neben der Einbindung in den Bewertungsvorgang an sich, ist eine möglichst frühe Integration, bspw. bereits bei der Formulierung der Problemstellung oder bei der Identifikation der wesentlichen Dimensionen und Kriterien, zu emp-

fehlen, um eine lückenlose Bewertung zu ermöglichen (Georgopoulou et al. 1997), (Jones et al. 1990). Ebenso stellt die Unterstützung im Auswahlprozess der geeigneten Aggregationsmethode mitunter eine nützliche Option dar. Auch die Entwicklung von Alternativen und Szenarien durch verschiedene Stakeholder, mithilfe spezieller Interviews bzw. Workshops, finden vereinzelt Berücksichtigung (Kowalski et al. 2009), (Haldi et al. 2002).

Die Einbindung der Stakeholder in den Auswahlprozess der geeigneten Aggregationsmethode stellt nicht den Schwerpunkt dieser Arbeit dar, vielmehr wird der Fokus auf die frühe sowie durchgängige Integration der Stakeholder in den Bewertungsprozess gelegt. Somit soll der Entscheidungsfindung in Gruppen zum einen bei der Auswahl der Kriterien auf Basis von Experteninterviews sowie Befragungen und zum anderen bei der Bewertung an sich, in Form von partizipativen Workshops, Rechnung getragen werden.

Eine Berücksichtigung der Perspektiven der verschiedenen Akteure erfolgt in der Regel über die Gewichtung der einzelnen Bewertungskriterien bzw. -dimensionen und spiegelt im weiteren Sinne die subjektiven Präferenzen der Stakeholder wider. Die Aggregation individueller Ausprägungen erfolgt dabei über das arithmetische oder geometrische Mittel. Jedoch gilt die Aggregation individueller Gewichtungen nicht als unproblematisch, da hier auch individuelle Informationen verloren gehen können (Schulz und Stehfest 1984). In der Praxis wird folglich häufig auf eine Aggregation der individuellen Bewertungen verzichtet und ein eher offener, transparenter Prozess angestrebt. So können, anstelle mathematischer Berechnungen, auch offene Diskussionsprozesse dazu dienen, einen Konsens über die Kriteriengewichtung in der Gruppe zu erlangen (Almeida et al. 2005). Darüber hinaus ist in einigen Fällen die Anwendung der Cluster-Analyse zu beobachten. Dabei kann die Cluster-Analyse dazu dienen, Cluster ähnlicher Bewertungen abzubilden, auch um Unstimmigkeiten unterhalb der Stakeholder (Karger und Hennings 2009) und Strategien der Stakeholder bei der Verleihung von Gewichtungen aufzudecken (Shackley und McLachlan 2006) oder auch um Akteure anhand ihrer Machtbefugnis einzuordnen (Tsoutsos et al. 2009).

Das zu entwickelnde Referenzvorgehensmodell soll die Berücksichtigung unterschiedlicher Perspektiven und somit Stakeholder in den Prozess gewährleisten. Das Ziel ist es dabei, im Kontext der Problemstellung, den unterschiedlichen Akteuren die Möglichkeit zu bieten, Bewertungsdimensionen bzw. -kriterien auszuwählen und hierbei eine individuelle Gewichtung je nach Akteursgruppe zu vergeben und auch zu analysieren. Die Analyse der angelegten Experteninterviews mit Entscheidern aus dem Sicherheitsbereich soll dazu dienen, ein weitestgehend breites und ausgewogenes Spektrum an Stakeholdern im angestrebten Bewertungskonzept zu integrieren.

3.4 Akzeptanzforschung

In Deutschland liegen die Wurzeln der Akzeptanzforschung Ende der 60er bzw. Anfang der 70er Jahre. Sie ist die Folge einer veränderten Einstellung der Bevölkerung bezüglich technologischer Entwicklungen und rückt potenzielle Risiken bzw. negative Folgen hinsichtlich des Technikeinsatzes in den Fokus, was die Entstehung eines geänderten Bewusstseins mit sich führt. Zu unterscheiden ist dabei Akzeptanz auf individueller sowie gesellschaftlicher Ebene. Im gesellschaftlichen Kontext wird Akzeptanz oft in Zusammenhang mit der Umsetzung von politischen Entscheidungen verwendet (Simon 2001). Im unternehmerischen Kontext findet der Akzeptanzbegriff bei der Einführung von neuen Produkten Berücksichtigung. Akzeptanz neuartiger Techniken kann im Bewusstsein der Bevölkerung nicht mehr als gegeben angenommen werden.

Zur Ermittlung der Technikakzeptanz kommen in der Theorie und Praxis zahlreiche Akzeptanzmodelle zum Einsatz, die ermitteln inwieweit eine bestimmte innovative Technik von den Nutzern angenommen oder abgelehnt wird. Die Anzahl der in der Literatur vertretenen Modelle ist sehr hoch (Riedemann 2011). Aus den unterschiedlichen Ansätzen kristallisiert sich zunächst ein Verfahren heraus, welches die Akzeptanzfrage aufgrund seiner Flexibilität in geeigneter Weise behandelt - das Technologieakzeptanzmodell (Davis 1985).

Technologieakzeptanzmodell (TAM)

Das TAM dient in erster Linie der Untersuchung der Akzeptanz bzw. Ablehnung von Informationssystemen durch den Endnutzer bzw. diesbezüglich ausschlaggebender Faktoren (Davis 1989). In diesem Bereich stellt das TAM das mit Abstand populärste Modell dar und findet folglich, anhand zahlreicher Zitierung, Eingang in unterschiedlichste wissenschaftliche Beiträge (Riedemann 2011). Davis entwickelte das TAM in mehreren Stufen. Es zählt, bspw. im Gegensatz zum dynamischen Phasenmodell nach Kollmann (Kollmann 1998), zu den weniger komplexen Modellen. Dabei ist es gekennzeichnet durch eine einfache Handhabung und eine unkomplizierte Anwendung, denn berücksichtigt werden, in Form des wahrgenommenen Nutzens sowie der Bedienbarkeit, lediglich zwei Einflussfaktoren. Es findet dementsprechend eine Abwägung von Aufwand und Nutzen statt, wobei auf beide Einflussfaktoren auch externe Reize einwirken können. Dieses Akzeptanzmodell gehört im angloamerikanischen Raum zu den am weitesten verbreiteten Modellen und ist in der Literatur häufig sowohl in Reinform als auch in leichter Abwandlung bzw. Weiterentwicklung zu finden (Venkatesh und Davis 2000), (Venkatesh und Bala 2008).

Nach dem TAM wird die Bereitschaft zur Annahme maßgeblich von den Faktoren wahrgenommener Nutzen und Benutzbarkeit bestimmt. Diese prägen die Innovations-

bereitschaft maßgeblich, denn je stärker beide ausgeprägt sind umso größer ist die Wahrscheinlichkeit der Nutzung der Innovation. Der wahrgenommene Nutzen verhält sich dabei subjektiv und beeinflusst die Intention der Nutzung direkt. Die Abhängigkeiten werden anhand des nachfolgenden Graphen illustriert (vgl. Abb. 3-7).

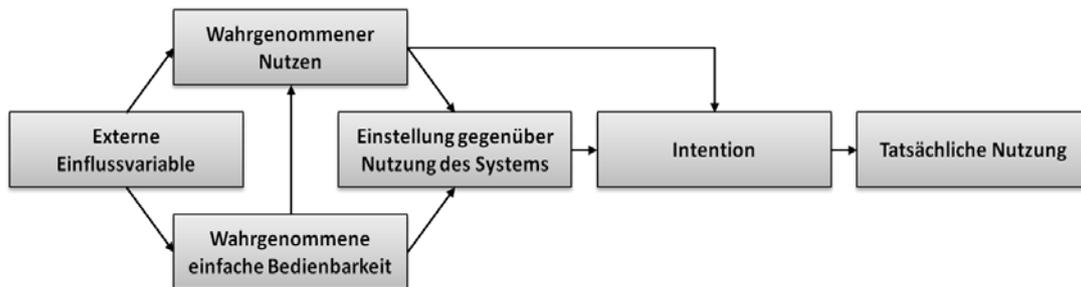


Abbildung 3-7: Modellgraph des TAM
(Eigene Darstellung, vgl. Davis 1989)

Zu den Vorteilen des TAM zählen neben der bereits erwähnten Flexibilität, welche sich in zahlreichen Weiterentwicklungen widerspiegelt, die geringe Komplexität im Vergleich zu anderen Modellen, eine weite Verbreitung sowie die Berücksichtigung externer Reize. Eine Herausforderung wird in der Berücksichtigung der Freiwilligkeitsthematik im Akzeptanzmodell gesehen. Eine Abwandlung des TAM scheint somit erforderlich, um aktuellen Entwicklungen in der Akzeptanzforschung gerecht zu werden. Aktuelle Studien zeigen weitere Indikatoren zur Messung der Technikakzeptanz auf, bspw. die Einstellung, das Vertrauen und das Wissen einer Technik gegenüber (Fischedick 2008). Die Erweiterung des Modells kann somit in der zielorientierten Aufnahme weiterer Einflussgrößen auf die Akzeptanz bzw. Ablehnung einer Technik gesehen werden.

Gesellschaftliche Perspektive der Technikbewertung

In Bezug auf eine gesamtgesellschaftliche Perspektive der Technikbewertung wurde in den letzten Jahren immer wieder die Notwendigkeit betont, die Trennung von wissenschaftlicher Analyse und politischer Entscheidung durch Arrangements kooperativen Problemlösens von Politik, Interessengruppen, Betroffenen und wissenschaftlichen Experten zu überwinden (Hennen et al. 2004). Konzepte wie partizipative Technikgestaltung werden zunehmend nicht nur unter dem Blickwinkel Akzeptanzverbesserung, sondern auch unter dem Aspekt verbesserter Innovationsprozesse durch aktive Nutzereinbindung betrieben. Ansätze sind hier bspw. unternehmerische Ansätze der Open Innovation (Chesbrough 2006), (Gassmann et al. 2007), (Reichwald et al. 2009) und der Lead User Methode (Hippel 1986), (Hippel 2005) oder Verfahren der Stakeholder-Partizipation im Rahmen der Technikfolgenabschätzung (Hennen et al. 2004).

Im Bereich der Sozialforschung spiegeln die Arbeiten von Wolfgang Bonß hinsichtlich des Umgangs mit (Un-)Sicherheit in der Moderne sowie des Wandels der Risikokultur die aktuelle Diskussion wider (Bonß 2011). Das an dieser Stelle postulierte Spannungsfeld von Sicherheit und Innovation bedarf einer Berücksichtigung innerhalb der Risiko- und Sicherheitsforschung. Ebenso thematisiert Rita Haverkamp den Umgang mit (Un-)Sicherheit sowie die Rolle von Sicherheitstechniken in Verbindung mit der subjektiven bzw. objektiven Sicherheit und betont dabei die zunehmend wichtigere Rolle der Technik im Allgemeinen sowie der Sicherheitsdienstleister als Anwender selbiger (Haverkamp 2014). Renn wiederum befasst sich mit der Wahrnehmung sowie der adäquaten Einschätzung von Risiken und hinterfragt dabei die Rolle der Medien hinsichtlich der unterschiedlichen Wahrnehmung von Risiken innerhalb der Gesellschaft (Renn 2014). Im Allgemeinen stellen mediale Effekte und Diskurse einen wesentlichen Einflussfaktor bei der Akzeptanz neuartiger Sicherheitstechniken dar.

Die Anzahl der in der Literatur vertretenen Modelle der Akzeptanzforschung sowie der Technikfolgenabschätzung sind vielzählig, jedoch fielen deren Anwendungen im Zusammenhang mit der Bewertung innovativer Sicherheitstechniken geringfügig aus. Während Paul et al. bspw. einen mathematischen Ansatz zur Messung der Akzeptanz von Sicherheitsmaßnahmen verfolgen (Paul et al. 2008), zielen Sanquist et al. auf die Akzeptanzuntersuchung unterschiedlicher Sicherheitsmaßnahmen anhand einer Hauptkomponentenanalyse ab (Sanquist et al. 2008). Die gezielte Berücksichtigung eines Akzeptanzmodells blieb bisweilen jedoch aus.

3.5 Systemtechnik und Modelltheorie

3.5.1 Systemtechnik

Unter einem System wird ein „sinnvolles, in sich gegliedertes, geordnetes Ganzes zur Ordnung eines Gegenstands- oder Gedankenbereichs verstanden (Pfeifer 1995)“. Es beinhaltet Elemente sowie die Beziehungen dieser Elemente zueinander (Ackoff 1971), wobei unterschieden wird in Systeme gedanklicher und natürlicher Natur (Lehner et al. 1995). Informationen werden letzterem zugeordnet (Probst und Gomez 1991).

Systeme lassen sich in drei unterschiedliche Konzepte separieren, wobei hier in strukturelle, funktionale und hierarchische Sichtweisen unterschieden wird (Ropohl 1979). Unter die strukturelle Sichtweise fallen die Elemente bzw. Dinge sowie die Relation, in der sie zueinander stehen. Systemtheoretisch wird bei der strukturellen Sichtweise in Reihen-, Parallel- und Rückkopplung differenziert. Die Art und Weise des Verhaltens von Elementen wiederum wird durch die funktionale Sichtweise definiert. Werden Element oder Dinge eines Systems hingegen als ein Sub-System dargestellt, greift das

Konzept der hierarchischen Sichtweise. Wichtig ist hierbei, dass diese drei Systemkonzepte ganzheitlich betrachtet werden. Die Summe der Elemente sowie deren Beziehungen untereinander definieren den Grad der Komplexität des Systems und werden als systemeigene Form der Komplexität bezeichnet. Betrachtet man die Umweltkomplexität eines Systems, lässt sich feststellen, dass ein höherer Grad festzustellen ist als bei der systemeigenen Form, wobei die Weltkomplexität den höchsten Grad aufzuweisen hat. Sie bildet die Umwelt aller erdenklichen Systeme. Sofern ein theoretisches, als auch praktisches Handeln gewährleistet sein soll, sieht die Systemtheorie eine Reduktion der Komplexität des Systems vor (Krieger 1996), (Luhmann 1996).

Nach Ropohl (1979) übernehmen Systeme die Organisation von Erkenntnissen aus der Wirklichkeit, indem Beziehungen und Abhängigkeiten der einzelnen Elemente berücksichtigt werden (Ropohl 1979). Als grundlegender Vorteil wird dabei die Möglichkeit der Darstellung potenzieller Wirkzusammenhänge, an denen sich die Zukunft orientieren wird, gesehen. Die Nutzung als reine, nachträglich skizzierte Wirklichkeitsdarstellung wird folglich um eine dynamische und zukunftsorientierte Komponente erweitert. Die Grenzen bestehen jedoch dort, wo Systeme nicht mehr das genaue Pendant zur realen Problemstellung darstellen können.

3.5.2 Modelltheorie und Referenzvorgehensmodell

Der Begriff des Modells wird aus heutiger Sicht für sehr vielfältige Verwendungszwecke genutzt, weshalb eine eindeutige Zuordnung bzw. Definition der Begrifflichkeit nur recht schwer realisierbar ist. Hinsichtlich des in dieser Arbeit angewandten Verwendungszwecks des Begriffs, im Sinne der Einbindung eines Referenzvorgehensmodells in die dargestellte Thematik, wird auf eine Definition zurückgegriffen, welche sich aus der historischen Evolution des Wortes *Modell* ableiten lässt. Die ursprüngliche Entstehung des Begriffs führt auf den lateinischen Begriff *Maß* (*modellus*) zurück, aus welchem der italienische Terminus *modello* entstammt. Die Überbringung in die deutsche Sprache führt auf das 16. Jahrhundert zurück. Hierunter wird seither die Definition des *Vorbilds*, eines *Musters* bzw. eines *Entwurfs* verstanden. Betrachtet man hingegen die Entstehung des Verbs *modellieren*, im Sinne der Herstellung eines Modells, sind dessen Wurzeln im italienischen Begriff *modellare* aufzufinden (Pfeifer 1995).

Modelltheorie

Betrachtet man die Modelldefinitionen sowie deren modelltheoretische Ursprünge in unterschiedlichen Wissenschaften wie bspw. der Informatik oder der Betriebswirtschaftslehre, lässt sich eine Einteilung von drei Modellmerkmalen definieren (Stachowiak 1992). Nach Stachowiak und seiner Definition der allgemeinen Modellthe-

orie ist die *Abbildung* eines Modells ein charakteristisches Merkmal. Hierunter wird zum einen die Darstellung eines Objekts als Entwurf und zum anderen auch die Darstellung eines Vorbildes für ein Objekt verstanden. In beiden Fällen ist sie die Repräsentation eines natürlichen bzw. künstlichen Originals, welche selbst wiederum die Funktion eines Modells einnehmen kann. Von einer Abbildung wird dann gesprochen, wenn sich Attribute eines Modells den jeweiligen Attributen des Originals zuordnen lassen (Stachowiak 1973). Ziel und Zweck von Modellen ist es demzufolge einerseits wirkliche Systeme zu definieren bzw. zu formen und andererseits Erkenntnisse über Zusammenhänge und Sachverhalte realer Probleme zu generieren (Adam 1996).

Die Realität mit all ihren Attributen darzustellen, überschreitet die Möglichkeiten von Modellen, weshalb nur auf die Abbildung der für den Konstrukteur und Anwender relevanten Attribute zurückgegriffen werden sollte. Sie bieten somit einen Teilausschnitt eines Objekts aus der Realität, für den ein Abbild erstellt definiert werden soll (Busse von Colbe und Laßmann 1986). Hier greift das zweite Hauptmerkmal von Modellen, die *Verkürzung* (Stachowiak 1973). Im Allgemeinen wird hierbei von einer Komplexitätsreduzierung des Modells gesprochen (Berthel 1970). Die Reduktion der Komplexität kann dabei auf verschiedene Arten erfolgen, bspw. perspektivenspezifisch, bei der Betrachtung eines bestimmten Sachverhaltes aus verschiedenen Perspektiven oder stufenweise, bei einer Reduktion durch Abstraktion (Sinz und Popp 1993).

Das dritte Hauptmerkmal von Modellen wird durch den *Pragmatismus* bestimmt. Er stellt den Bezug zum Subjekt her, da Modelle dem Original nicht automatisch eindeutig zugeordnet werden. Modelle werden dem Nutzer innerhalb eines bestimmten Zeitraums und unter Einschränkung auf bestimmte gedankliche oder tatsächliche Operationen erstellt (Stachowiak 1973). Stachowiak unterscheidet je nach Art der Beziehung zwischen Modell und zugehörigem Original in syntaktische, strukturelle Annäherungen sowie in semantische, inhaltliche Annäherungen im Modell.

Einen ganzheitlichen Überblick über alle möglichen Arten von Modellen zu geben würde den Rahmen dieser Arbeit sprengen, da sie in den unterschiedlichsten Anwendungsbereichen und in einer Vielzahl von Funktionen in der Literatur auftauchen. Für den weiteren Verlauf der Arbeit wird auf das Modellverständnis der Modelltheorie, Betriebswirtschaftslehre und Informatik zurückgegriffen, welches ein Modell zum einen als Abbildung und zum anderen als Konstruktion auffasst.

Das Referenzmodell lässt sich hierbei den Informationsmodellen zuordnen und ist somit ein Teil der klassischen Modellart der Betriebswirtschaftslehre sowie der Wirtschaftsinformatik, als Hybrid zwischen der Betriebswirtschaftslehre und der Informatik (Ferstl und Sinz 2006). Die Wirtschaftsinformatik definiert und gliedert die Referenz-

modelle in drei unterschiedliche Modelltypen, das Referenzanwendungssystemmodell, das Referenzorganisationsmodell und das Referenzvorgehensmodell (Reiter 1997), (Scheer 1996). In der Betriebswirtschaftslehre hingegen sind die Informationsmodelle auch nach Anwendungszweck gegliedert, woraus sich drei wesentliche Modelltypen ableiten lassen, das Beschreibungsmodell, das Erklärungsmodell sowie die Entscheidungsmodelle (Scheruhn 1997), (Seitz 2004).

Referenzvorgehensmodell

Referenzvorgehensmodelle bieten dem Nutzer einen begrenzten Ausschnitt aus der Realität, herunter gebrochen auf einen spezifischen Wissensbereich. Demzufolge können sie als Depot für explizites Domänenwissen verstanden werden, zumal hier Klassen von Anwendungsfällen dargestellt werden (Becker et al. 2002). Es handelt sich bei Referenzvorgehensmodellen um allgemeingültige und von individuellen Besonderheiten abstrahierte Modelle (Marent 1995). Darüber hinaus liegt der Fokus beim Referenzvorgehensmodell weniger auf der syntaktischen Form, sondern vielmehr auf der Semantik, in Form des gesamten, das Domänenwissen repräsentierenden, Verbundes aller Einzelemente (Ohlendorf 1998). Als wesentlicher Vorteil von Referenzvorgehensmodellen kann die Flexibilität in Form der Zusammensetzung der einzelnen Module für den jeweiligen Modellnutzer verstanden werden (Remme 1997), (Rosemann und Schütte 1998). Die Verwendung von Referenzvorgehensmodellen ermöglicht das Erstellen von Konstruktionen, die dem Modellnutzer zur Verfügung gestellt werden können, um einen Bereich realer Situationen abzubilden und als vorgefertigte Lösungsschemata der Bewältigung praktischer Problemstellungen zu dienen (Kosiol 1964). Referenzvorgehensmodelle sind somit in der Lage einen Lösungsprozess abzubilden.

Wirft man einen sprachgeschichtlichen Blick auf den Begriff der Referenz, führen dessen Wurzeln zurück auf die Kaufmannssprache, wo der Begriff als Empfehlung oder Bezugnahme verstanden wird (Pfeifer 1995). Die Wissenschaft hingegen definiert den Begriff der Referenz als „Terminus der Semantik für die extensionale Komponente der Bedeutung (Duden 1989)“. Sinn und Zweck der Erstellung eines Referenzvorgehensmodells ist folglich die Schaffung einer Bezugsbasis sowie die Nutzung des, dem Modell immanenten, Empfehlungscharakters.

Nach Seitz wird im weiteren Verlauf der Arbeit demnach auf folgende Definition eines Referenzvorgehensmodells zurückgegriffen: „Ein Referenzvorgehensmodell ist ein vorgefertigtes Lösungsschema zur Bewältigung einer praktischen Problemstellung aus einem speziellen Anwendungsbereich. Es besteht aus einzelnen, flexiblen Elementen, die vornehmlich die Semantik des Anwendungsbereichs als Lösungsprozess repräsen-

tieren (Seitz 2004)“. Zur besseren Verständlichkeit verdeutlicht Abb. 3-8 die relevanten Merkmale eines Referenzmodells sowie das gängige Verständnis selbiger.

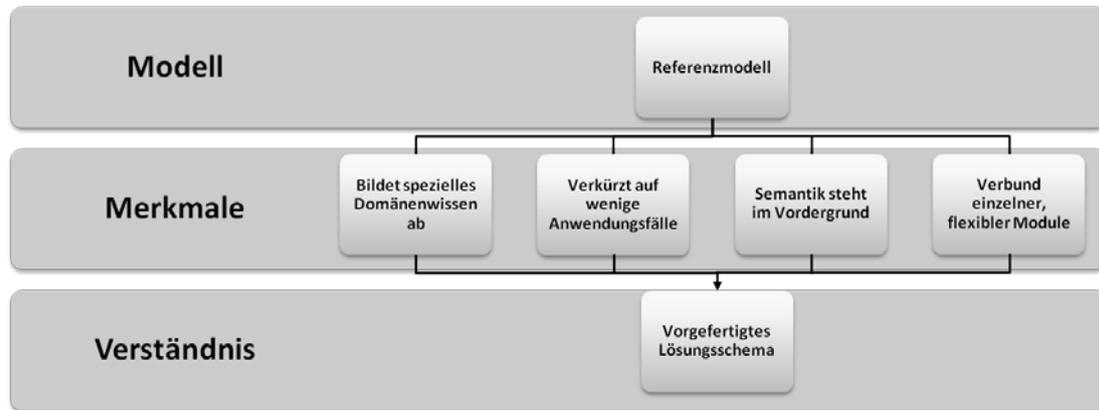


Abbildung 3-8: Merkmale von Referenzmodellen
(Eigene Darstellung, vgl. Seitz 2004)

3.5.3 Modellierung

Zur Erstellung von Referenzmodellen wird sich der Zuhilfenahme unterschiedlicher Modellierungstechniken bedient, welchen wiederum unterschiedliche Sprachen zugrundeliegen. Die verwendete Sprache kann ebenfalls als Modell ausgedrückt werden, als sogenanntes sprachorientiertes Metamodell (Seitz 2004). Zur Erstellung eines Referenzmodells ist es jedoch nicht notwendig die Sprache durch Modelle auszudrücken, vielmehr wird der Prozess der Modellierung in der vorliegenden Arbeit durch Handlungsanweisungen bestimmt (Holten 2001).

3.6 Zwischenfazit

Ausgehend vom einhergehend erstellten Anforderungsprofil an ein Konzept zur multikriteriellen Bewertung innovativer Sicherheitstechniken wurde im vorliegenden Kapitel der entsprechende Stand der Forschung dargestellt. Technische Entwicklungen und Innovationen in ihrem Entstehungsprozess zu erkennen und zu deuten wird weitläufig als Wettbewerbsvorteil gesehen. Das Technologie- und Innovationsmanagement ermöglicht die Berücksichtigung lebenszyklusspezifischer Aspekte, welche sich in Abhängigkeit der Entwicklung von Sicherheitstechniken im Zeitverlauf ergeben. Diese Aspekte gilt es hinsichtlich der passfähigen Abbildung des technologischen Wandels im Prozess der Technikbewertung zu berücksichtigen.

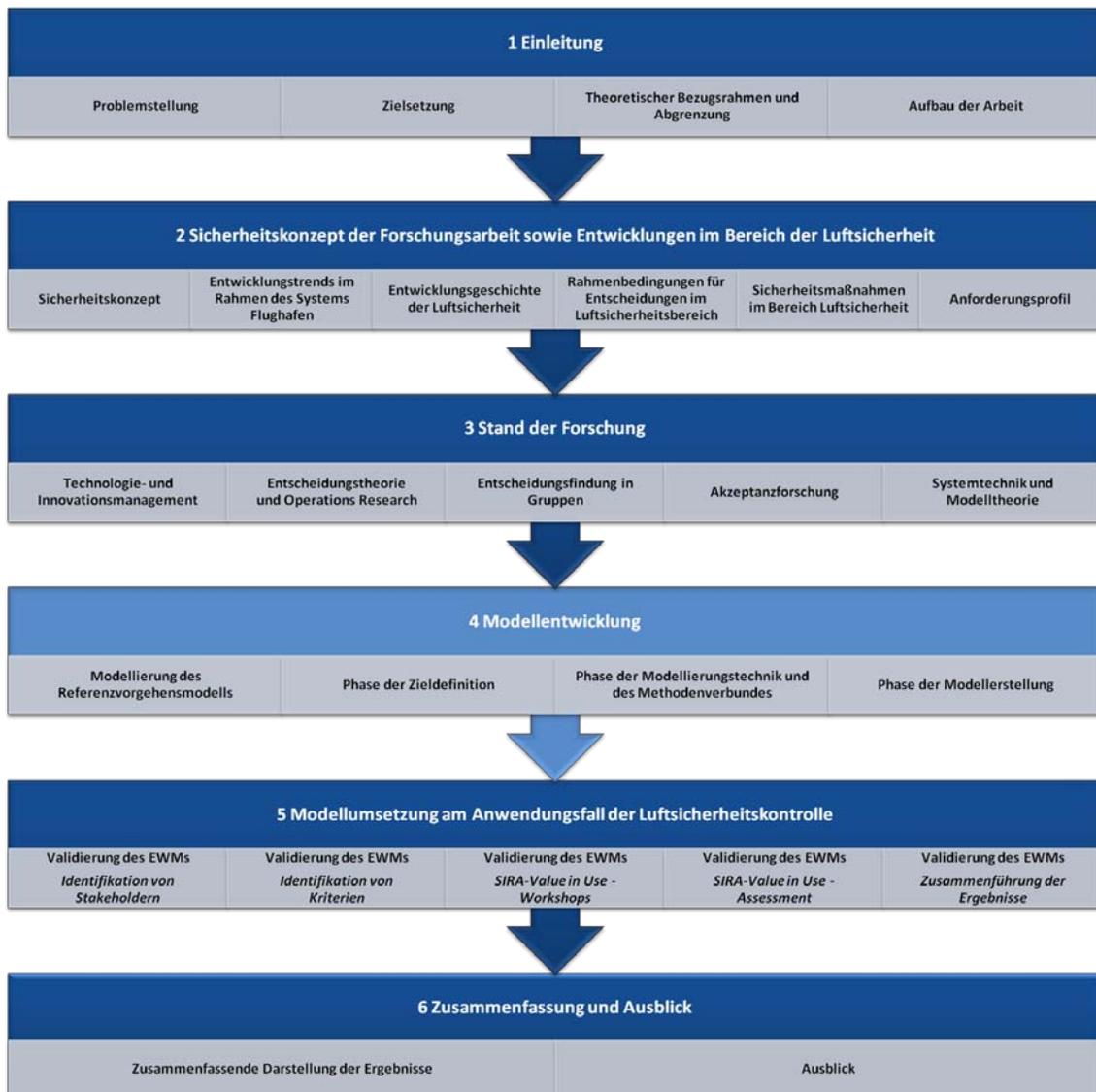
In Forschung und Praxis haben sich die Methoden der Entscheidungstheorie sowie des OR seit jeher als Unterstützungselement hinsichtlich der Beurteilung unterschiedlicher

Entscheidungsoptionen bewährt. Insbesondere die Verfahren der multikriteriellen Entscheidungsunterstützung MCDA sind Techniken, mit denen Handlungsalternativen und Objekte unter der Berücksichtigung mehrerer Zielgrößen beurteilt werden können. Das PROMETHEE, als Outranking-Ansatz der französischen Schule, vereint eine gute Nachvollziehbarkeit bzw. Handhabbarkeit sowie eine hinreichende Stabilität der Ergebnisse. Darüber hinaus gewährleistet es einerseits ausreichend Optionen zur gezielten Weiterentwicklung hinsichtlich unterschiedlicher Fragestellungen sowie andererseits die unproblematische Integration in das zu entwickelnde Vorgehensmodell.

Die Entscheidungsfindung in Gruppen nimmt vor dem Hintergrund weitreichender Konsequenzen und Auswirkungen von Entscheidungen über den Einsatz von Sicherheitstechniken und dem daraus resultierenden Interesse der Öffentlichkeit einen zentralen Stellenwert ein. Die Identifizierung der am Prozess beteiligten relevanten Stakeholder bildet die elementare Grundlage und Ausgangsbasis für eine erfolgreiche Technikbewertung. Der diesbezüglich verfolgte Stakeholder-Ansatz sieht die Einbindung einflussreicher, wie auch betroffener Anspruchsgruppen vor. Deren potenzielle Beteiligung innerhalb unterschiedlicher Phasen des MCDA-Prozesses ist ebenso Gegenstand des Grundlagenteils und dient als Ausgangsbasis der Entwicklung und Anwendung des Bewertungskonzepts.

In Anbetracht der Berücksichtigung einer gesamtgesellschaftlichen Perspektive in der Technikbewertung bedient sich die vorliegende Arbeit Aspekten der Akzeptanzforschung. Sie ist die Folge einer veränderten gesellschaftlichen Einstellung der Bevölkerung bezüglich technischer Entwicklungen. Zur Zielerreichung wird sich dem Ansatz des TAM bedient, welcher anhand der Einflussfaktoren wahrgenommener Nutzen sowie wahrgenommene Bedienerfreundlichkeit Erkenntnisse über die Akzeptanz bzw. Ablehnung von Sicherheitstechniken liefern kann und im weiteren Verlauf als Basis zur Abbildung akzeptanzspezifischer Aspekte im zu entwickelnde Bewertungskonzept fungiert. Jedoch erfordert die Anwendung hinsichtlich des Untersuchungsgegenstandes der Luftsicherheit einen problemspezifischen Zuschnitt.

Die Systemtechnik diene als Grundlage der Darstellung des Modellverständnisses der Betriebswirtschaftslehre sowie der Wirtschaftsinformatik. Aufgrund seiner Passfähigkeit hinsichtlich der Lösung praktischer Problemstellungen aus einem spezifischen Anwendungsbereich sowie seiner Flexibilität wurde das Referenzvorgehensmodell für die vorliegende Forschungsarbeit als geeigneter Ansatz identifiziert. Diese Flexibilität soll im weiteren Verlauf der Arbeit die Verknüpfung der einzelnen methodischen Ansätze sicherstellen. Die Entwicklung des Vorgehensmodells und seinen methodischen Verknüpfungen ist Gegenstand von Kap. 4.



4 Modellentwicklung

Auf Basis des in Kapitel 3 identifizierten Methodenverbundes wird im vorliegenden Kapitel ein Referenzvorgehensmodell zur multikriteriellen Bewertung innovativer Sicherheitstechniken im Luftsicherheitsbereich hergeleitet. Gleichzeitig soll durch das Referenzvorgehensmodell die Übertragbarkeit auf weitere Anwendungsfälle im Bereich der Luftsicherheit sichergestellt werden, um dem Modellnutzer die Möglichkeit zu geben, das Bewertungskonzept eigenständig anzuwenden. Eine Betrachtung ähnlich gelagerter wissenschaftlicher Publikationen im Modellierungsbereich zeigt, dass es zum aktuellen Zeitpunkt keine Arbeiten über die Modellierung eines Referenzvorgehensmodells zur Bewältigung der aufgezeigten Problemstellung gibt. Insbesondere der Prozess der Modellerstellung wird dabei nur selten detailliert beleuchtet.⁴¹ Die Modelltheorie definiert hinsichtlich der Modellentwicklung vier Phasen (Becker et al. 2002):

- Phase 1: Zieldefinition
- Phase 2: Modellierungstechnik / Methodenverbund
- Phase 3: Modellerstellung
- Phase 4: Modellumsetzung

Die Zieldefinition, die Modellierungstechnik sowie die Modellerstellung sind Gegenstand dieses Kapitels. Die Modellrealisierung wird im nachfolgenden fünften Kapitel beispielhaft anhand des Anwendungsfalls der Luftsicherheitskontrolle dargestellt.

4.1 Modellierung des Referenzvorgehensmodells

Aus wissenschaftlicher Sicht bedarf es einer Methodik, welche ein systematisches Vorgehen gewährleistet, um die Entwicklung eines Referenzvorgehensmodells zu ermöglichen (Teubner 1999). Das Metavorgehensmodell wird dabei als essentieller Teil und Ausgangsbasis verstanden (Schütte 1998).

4.1.1 Systematisches Vorgehen

Bei der Erstellung eines Referenzvorgehensmodells bedarf es einem systematischen Vorgehen, welchem eine ordnungsgemäße Modellierung zugrunde liegt. Dieses Vorgehen dient der Sicherstellung der Lösung eines übergeordneten Problems, hier in Form der Entwicklung eines Referenzvorgehensmodells, indem unterschiedliche Aufgaben in Beziehung gesetzt werden und abschließend als Gesamtprozess eine Lö-

⁴¹ Ausnahmen bilden an dieser Stelle Arbeiten aus dem Baubereich, z.B. die Arbeiten von Seitz 2004 und Harlfinger 2006. Hier wird der Prozess der Modellerstellung ebenso in den Fokus gerückt wie die eigentliche Modellanwendung.

sungshilfe darstellen (Becker et al. 2001). Das Vorgehensmodell setzt hierbei die unterschiedlichen Phasen und deren beinhalteten Aufgaben in eine logische Abfolge. Die Abbildung und Festlegung der Aufgaben ist ein wesentlicher Teil der Modellierung (Schlagheck 2000). Als Inhalt der verschiedenen Aufgaben können hierbei vordefinierte Problemlösungstechniken zur Anwendung kommen, welche aus definierten Regeln bestehen. Durch die Anwendung von Methoden generiert der Modellanwender wiederum einen Output in Form von Dokumenten. Diese dienen mitunter der Weiterverwendung innerhalb nachgelagerter Prozessschritte. Aufgrund des Referenzcharakters einzelner Elemente des Vorgehensmodells spricht man folglich von einem Referenzvorgehensmodell (Scheer et al. 2002). Diese Methodik sollte aus wissenschaftlicher Sicht als Grundlage der Entwicklung von Referenzvorgehensmodellen dienen, um den Anforderungen einer ordnungsgemäßen Modellierung gerecht zu werden. Jedoch ist eine Anpassung auf den Einzelfall erforderlich.

4.1.2 Entwicklung des Meta- und Basisvorgehensmodells

Die nachfolgende Abbildung definiert den Ablauf des Metavorgehensmodells zur Entwicklung eines Referenzvorgehensmodells (vgl. Abb. 4-1). Es beinhaltet die allgemeinen Phasen der Modellentwicklung nach der Modelltheorie in Form der Zieldefinitionen, der Modellierungstechnik bzw. des Methodenverbundes, der Modellerstellung sowie der Modellumsetzung (Becker et al. 2002). Aus der inhaltlichen Definition der vier Phasen lässt sich das Basisvorgehensmodell erstellen, welches zum einen Aufgaben aufzeigt und zum anderen diese mit den ermittelten Problemlösungstechniken verknüpft. Diese Techniken sollen im Verlauf der Arbeit dazu dienen die definierten Aufgaben zu lösen. Hierzu wird sich einem Verbund an Methoden bedient, welcher der Problemlösung in geeigneter Weise gerecht wird. Auf die genaue Darstellung der Problemlösungstechniken in Form des entwickelten Methodenverbundes wird innerhalb der einzelnen Phasendefinitionen im vorliegenden Kapitel detailliert eingegangen. Die in Phase 3 entwickelten Erweiterungsmodelle stellen den Hauptaufwand der Modellierung dar und können durch Verfeinerungsmodelle ergänzt werden, welche wiederum auf einen sehr spezifischen Anwendungsfall zugeschnitten sind. Die in Phase 3 entwickelten Erweiterungs- und Verfeinerungsmodelle werden abschließend in Phase 4 am Anwendungsfall der Luftsicherheitskontrolle umgesetzt. Darüber hinaus soll die Möglichkeit zur Übertragung des Bewertungskonzepts auf weitere Anwendungsfälle im Luftsicherheitsbereich veranschaulicht werden.

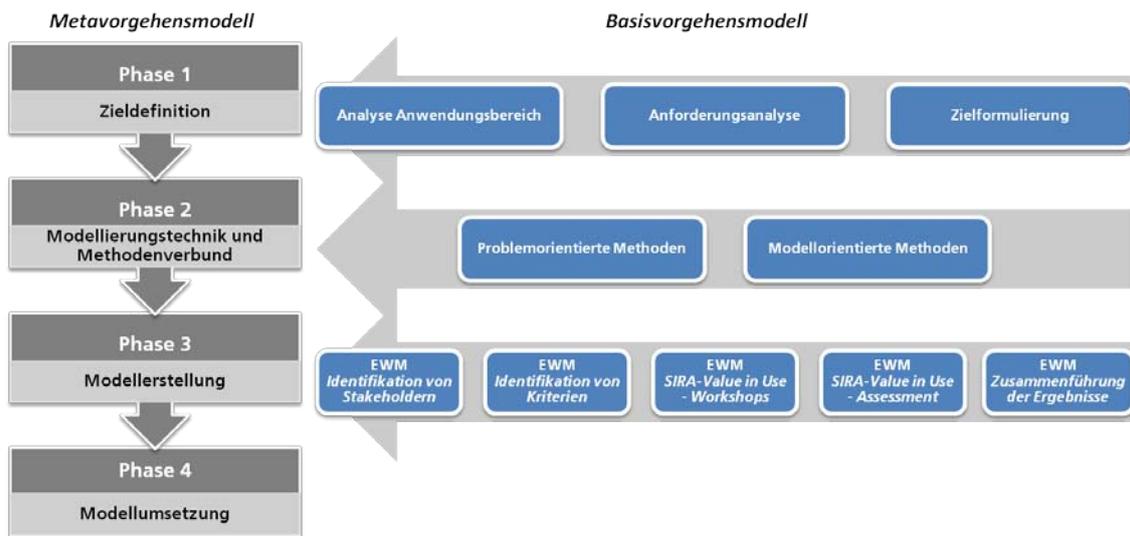


Abbildung 4-1: Metavorgehens-/Basismodell zur Entwicklung des Referenzvorgehensmodells (Eigene Darstellung)

Nach der modelltheoretischen Darstellung der einzelnen Phasen zur Modellentwicklung sowie der dazugehörigen Problemlösungstechniken, soll Abb. 4-2 den Zusammenhang zwischen Modellentwicklung, Methodenverbund und der durch die Methoden-anwendung erzeugten Datenbasis aufzeigen.⁴² Hierbei ist die untergeordnete Ebene jeweils als Teilmenge der übergeordneten Ebene zu verstehen. Auf oberster Stufe lässt sich das in dieser Arbeit entwickelte Referenzvorgehensmodell, welches den zeitlogischen Ablauf der einzelnen Aufgaben abbildet, einordnen. Diese Ebene umfasst folglich das Meta- und Basisvorgehensmodell sowie alle entwickelten Erweiterungs- und Verfeinerungsmodelle. Auf mittlerer Ebene bewegen sich die Problemlösungstechniken, die eigens auf die Problemstellung zugeschnitten sind und in Form eines Methodenverbundes zur Lösung selbiger dienen. Die unterste Ebene umfasst die Datenebene, welche sämtliche, durch die Methoden-anwendung aus übergeordneter Ebene, erzeugte Dokumente beinhaltet. Dies wird durch die Modellumsetzung am Anwendungsfall der Luftsicherheitskontrolle im weiteren Verlauf der Arbeit durchgeführt. Die hier erzeugte Datenbasis und deren Verknüpfungen mit den übergeordneten Ebenen bildet das Drei-Ebenen-System folglich in geeigneter Weise ab.

⁴² Hierbei soll sich an einem *Drei-Ebenen-System* in Anlehnung an August-Wilhelm Scheer orientiert werden (Scheer 2001).

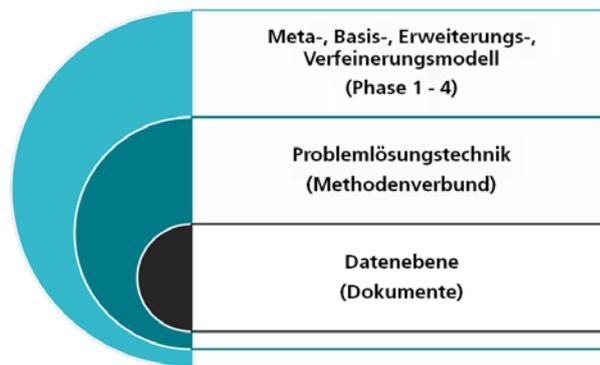


Abbildung 4-2: Drei-Ebenen-System nach Scheer
(Eigene Darstellung, vgl. Scheer 2001)

Zur Verdeutlichung der weiteren Vorgehensweise innerhalb der Referenzmodellierung werden die einzelnen Phasen des Metavorgehensmodells nachfolgend beschrieben und anschließend im nächsten Abschnitt umgesetzt.

Die *Phase der Zieldefinition* ist geprägt durch eine Top-Down Vorgehensweise, welche eine sukzessive Eingrenzung des Zielbereichs vorsieht. Anhand dieses Vorgehens wird sichergestellt ein finales Ziel zu formulieren, welches basierend auf einer anfänglich allgemeinen Ausgangslage, spezifische Aspekte von selbst ausschließt. Man spricht hier von einem deduktiven Ansatz. Zusätzlich soll hier bereits die Perspektive der Modellierung sowie die Domäne in welcher das Referenzvorgehensmodell zur Anwendung kommen soll, spezifiziert werden. Den Einsatzbereich klar festzulegen und einzugrenzen ist ein wesentlicher Aspekt der Modellierung, um einerseits potenzielle, zukünftige Anwender des Modells abzuleiten und andererseits die Anforderungen an das zu entwickelnde Modell zu definieren. Abschließend sei festgehalten, dass die Phase der Zieldefinition aus der Analyse des Anwendungsbereichs, der Anforderungsanalyse sowie der Zielformulierung per se besteht.

Die *Phase der Modellierungstechnik und des Methodenverbundes* regelt, in Abhängigkeit der erzielten Ergebnisse aus der vorhergehenden Phase, welcher Methodenverbund zur Zielerreichung konstruiert werden muss. Dieser Verbund legt letztendlich dar, wie und mit welchen Mitteln die durch das Referenzvorgehensmodell erstellte logische Abfolge von Aufgaben gelöst werden soll. Zu unterscheiden ist dabei in problemspezifische Methoden, welche die benötigten Problemlösungstechniken bereitstellen sowie modellorientierte Methoden, welche die eigentliche Entwicklung des Modells, in Form der Modellierungstechnik, gewährleisten.

Die *Phase der Modellerstellung* sieht, ausgehend von der einleitenden Zielbeschreibung und der damit verbundenen Konstellation von Methoden sowie Modellierungstechniken, die Entwicklung einzelner Erweiterungsmodelle vor, welche in weiterführenden

Fällen ggfs. durch ergänzende Verfeinerungsmodelle erweitert werden. Das Referenzvorgehensmodell wird letztendlich durch sämtliche entwickelte Erweiterungs- und Verfeinerungsmodell abgebildet.

In der abschließenden *Phase der Modellumsetzung* findet der Einsatz der in Phase 3 entwickelten Erweiterungs- und Verfeinerungsmodelle statt. Die erstmalige Nutzung des Modells wird in der vorliegenden Arbeit anhand des Beispiels der Luftsicherheitskontrolle durchgeführt. Zusätzlich soll in diesem Zusammenhang das entwickelte Verfeinerungsmodell „Technologielebenszyklus“ exemplarisch getestet werden.

4.2 Phase der Zieldefinition

Die erste Phase der Entwicklung eines Referenzvorgehensmodells sieht die Festlegung der Ziele und eine grobe Skizzierung des Problembereichs vor, um im weiteren Verlauf den anschließenden Phasen als Ausgangsbasis zu dienen, insbesondere der gezielten Methodenauswahl in Phase 2. Hierbei empfiehlt sich die Anwendung einer Top-Down-Vorgehensweise, welche zu Beginn einen eher weit gefassten Ansatz verfolgt, um darauf folgend den Zielbereich schrittweise einzugrenzen. Die Ergebnisse einer Anforderungsanalyse sollen hier Berücksichtigung finden und im Anschluss, in Form einer Anforderungsbewertung, weiter eingegrenzt werden. Abb. 4-3 zeigt den Ablauf von Phase 1. Die hier enthaltenen Aufgaben sind geprägt durch die Eingrenzung des Anwendungsbereichs und münden ggfs. in Unteraufgaben. Die Eingrenzung der Zielformulierung erfolgt hier über eine eingehende Analyse des Anwendungsbereichs, welche eine Anwendungs- und Zweckbeschreibung sowie die Entwicklung eines Bezugssystems vorsieht. Zusätzlich wird eine Anforderungsanalyse durchgeführt, welche ein Anforderungsprofil erstellt und dieses im Anschluss beurteilt. Die abschließende Zieldefinition rundet Phase 1 ab.

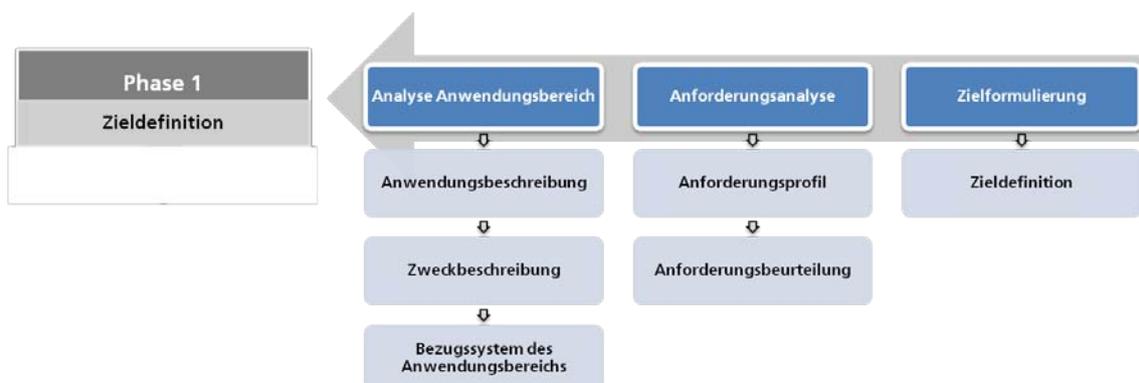


Abbildung 4-3: Die erste Phase - Zieldefinition
(Eigene Darstellung)

4.2.1 Analyse des Anwendungsbereichs

Anwendungsbeschreibung

Ausgehend von der Frage nach dem Anwendungsbereich steht in der Anwendungsbeschreibung, als Teilaufgabe der Analyse des Anwendungsbereichs, die Identifizierung des Modellanwenders sowie die potenzielle Einbindung weiterer Stakeholder im Fokus. Als Anwendungsbereich wurde einleitend bereits der Luftsicherheitsbereich sowie die hiermit verbundene Sicherheitsplanung am Flughafen festgelegt. Der *Flughafenbetreiber* wird hierbei als einer der zentralen Stakeholder und Anwender des Bewertungskonzepts gesehen, jedoch ist eine Nutzung durch weitere involvierte oder gar betroffene Stakeholder nicht ausgeschlossen.

Zweckbeschreibung

Das zu entwickelnde Modell soll idealerweise in den frühen Phasen des Entwicklungs- und Innovationsprozesses neuer Techniken zum Einsatz kommen und in erster Linie dem *Flughafenbetreiber* als Referenzvorgehensmodell zur systematischen Umsetzung eines Konzepts zur Bewertung innovativer Sicherheitstechniken dienen. Dem Modellnutzer soll es zudem möglich sein, weitere relevante Perspektiven optional in der Bewertung zu integrieren. Zudem handelt es sich beim entwickelten Referenzvorgehensmodell um ein generalisierbares Verfahren, welches die Übertragbarkeit auf andere Untersuchungsbereiche der Luftsicherheit gewährleisten soll.

Bezugssystem des Anwendungsbereichs

Die Forderung nach einem generalisierbaren Verfahren setzt eine flexible Anpassung des Anwendungsbereichs sowie die dazugehörige mögliche Änderung des Hauptanwenders und dessen Anwendungsfokus voraus. Dieser Forderung soll über das nachfolgend dargestellte dreidimensionale Bezugssystem, welches zudem im Vorfeld der Validierung des Referenzvorgehensmodells als Orientierungshilfe dienen soll, Rechnung getragen werden (vgl. Abb. 4-4). Der Fokus auf den Hauptanwender wird hier zum einen um den Entscheidungshorizont und zum anderen um den Anwendungsgrund ergänzt. Die Betriebswirtschaftslehre spaltet den unternehmerischen Planungshorizont in operative, taktische und strategische Planung auf (Bea et al. 2010).⁴³ Aufgrund der schwerpunktmäßigen multikriteriellen Ausgestaltung des Bewertungskonzepts zielt der Einsatzbereich des Modells vorwiegend auf eine Entscheidungsunter-

⁴³ Die Betriebswirtschaftslehre definiert den operativen, als kurzfristigen Bereich, von weniger als einem Jahr, wohingegen der taktische Bereich die Mittelfristplanung von ein bis drei Jahren umfasst. Der strategische Bereich umfasst die langfristige Planung von über drei Jahren (Bea et al. 2010).

stützung im taktischen bzw. strategischen Bereich ab, da MCDA-Verfahren in erster Linie in der mittel- bis langfristigen Planung zur Anwendung kommen, wie es bspw. im Baubereich bei der Planung von Bauprojekten der Fall ist (Sandoval-Wong und Schwarz 2010). Jedoch kann auch die Anwendung im taktischen Bereich, insbesondere bei der wiederholten Nutzung des Modells zu unterschiedlichen Zeitpunkten, von Nutzen sein. Die dritte Dimension des Bezugssystems differenziert anhand des Anwendungsgrundes der Modellnutzung. Hierbei wird zwischen der Optimierung bzw. der Selektion unterschiedlicher Alternativen differenziert.⁴⁴ Dieses dreidimensionale Bezugssystem lässt eine flexible Verortung des Anwendungsbereichs in Abhängigkeit der eingenommenen Perspektive, des Entscheidungshorizonts und des Anwendungsgrundes des Modells zu.

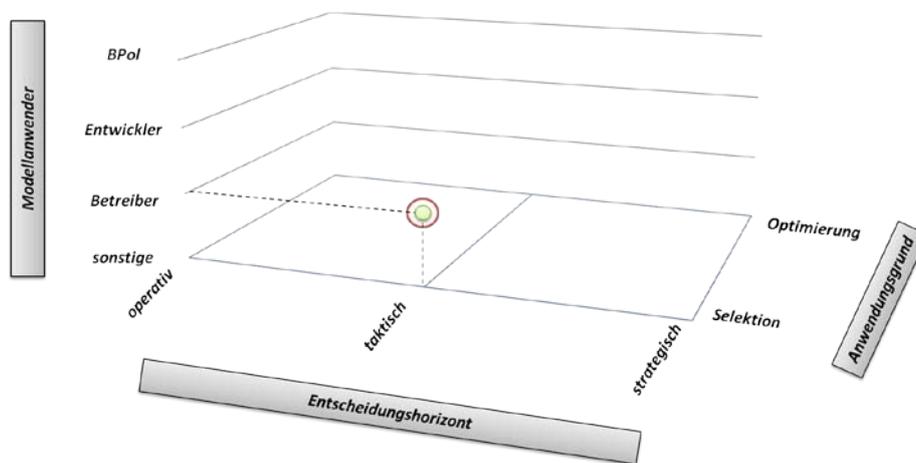


Abbildung 4-4: Bezugssystem des Anwendungsbereichs
(Eigene Darstellung, vgl. Becker et al. 2002)

4.2.2 Anforderungsanalyse

Die Entscheidung über die im Vorgehensmodell zu berücksichtigenden Anforderungen sollten insbesondere durch eine Anforderungsanalyse fundiert werden, denn die identifizierten und integrierten Anforderungen bestimmen den Entwicklungsaufwand für das Referenzvorgehensmodell maßgeblich (Becker et al. 2002). Grundsätzlich gilt es in diesem Aufgabenbereich zu analysieren, welche Referenzvorgehensmodelle bereits vorhanden sind, denn bereits existente Vorgehensmodelle können die eigene Modellierung obsolet machen.

⁴⁴ Becker et al. führen in ihrem Beitrag *Konfigurative Referenzmodellierung* eine ähnliche Perspektivenwahl ein und sprechen in diesem Zusammenhang von einem *Framework für die Perspektivendefinition* (Becker et al. 2002).

Die Existenz eines Referenzvorgehensmodells zur multikriteriellen Bewertung innovativer Sicherheitstechniken wurde im bisherigen Verlauf bereits negiert. Ebenso ist die Analyse der Anforderungen, in Form der Entwicklung eines Anforderungsprofils, bereits erfolgt (vgl. Kap. 2.6). Aus den Ergebnissen der Analyse sind konkrete methodische Anforderungen abzuleiten. Das entwickelte Anforderungsprofil gilt es anschließend zu beurteilen, um eine Auswahl relevanter Anforderungen treffen sowie wesentliche Betrachtungsgegenstände berücksichtigen zu können.

Nachfolgende Tabelle stellt die *Anforderungsbeurteilung* hinsichtlich der Entwicklung des Referenzvorgehensmodells zur multikriteriellen Bewertung innovativer Sicherheitstechniken im Luftsicherheitsbereich grafisch dar (vgl. Tabelle 4-1). Hierzu wurden die Forderungen des einhergehend erstellten Anforderungsprofils extrahiert und methodisch klassifiziert, um anschließend ihre Bedeutung bezüglich der Modellentwicklung zu beurteilen. In diesem Schritt wurden einerseits die spezifischen Anforderungen einem methodischen Lösungsansatz durch den Eintrag eines Kreuzes zugeteilt und andererseits farblich markiert, welche Bedeutung die Umsetzung der Anforderung durch einen spezifischen Lösungsansatz im zu entwickelnden Modell hat.⁴⁵ Anforderungen können dabei mehrere Lösungsansätze tangieren.

Durch diese Vorgehensweise soll sichergestellt werden, relevante Anforderungen hinsichtlich des Zwecks der Modellierung zu identifizieren und in der anschließenden zweiten Phase der Modellierungstechnik und des Methodenverbundes zu berücksichtigen. Zudem bietet dieses Verfahren den Mehrwert, bei der Übertragung des Bewertungskonzepts auf weitere spezifischere Anwendungsbereiche als Ausgangsbasis für einen passgenauen Zuschnitt des Modells zu dienen.

⁴⁵ Die farbliche Markierung hinsichtlich der Bedeutung der methodischen Umsetzung ist durch folgendes System gekennzeichnet: grün = hohe Bedeutung; gelb = mittlere Bedeutung; orange = niedrige Bedeutung.

Tabelle 4-1: Anforderungsbeurteilung hinsichtlich der Entwicklung des Referenzvorgehensmodells

Herausforderung	Quelle	Anforderung	Methodischer Lösungsansatz				
			Ganzheitlicher Bewertungsansatz	MCDa-Ansatz	Akzeptanzmodell	Multi-Stakeholder-Ansatz	Technologie-lebenszyklus
Langfristiges Wachstum	Neufville/Odoni 2003	Nachhaltige Planung	x				
Erfolgskriterien (Kosteneffektivität, Preis/Leistung, technische und wirtschaftliche Effizienz, Profitabilität)	Neufville/Odoni 2003; Wells et al. 2004; Schulz et al. 2010	Systemische Perspektive	x				
Technischer Wandel	Neufville/Odoni 2003	Integrationsfähigkeit in Flughafenplanung und -design	x				
Unterstützung der Sicherheitsplanung (Flughafensicherheitsplan)	Ashford 2012; Schulz et al. 2010	Integration in Sicherheitsplanung	x				
Regional differenzierte Kontrollstandards	IATA 2012; Neufville/Odoni 2003; Ashford 2012	Vereinheitlichung von Kontrollstandards	x				
Steigende Passagierzahlen	IATA 2012; Schultz et al. 2010; Wells et al. 2004	Effizientere Kontrollen		x			
Globalisierung, wirtschaftliche Vernetzung	Neufville/Odoni 2003; Wells et al. 2004; Ashford 2012	Effizientere Kontrollen		x			
Schutz kritischer Infrastrukturen	Frietsch et al. 2013	Effektive Kontrollen, Sicherheitsgewinn		x			
Verhinderung terroristischer Aktivitäten	Frey 2004; Giemulla 2011	Effektive Kontrollen, Sicherheitsgewinn		x			
Kostenaspekt von Sicherheit	Kazda/Caves 2007; Schulz et al. 2010	Berücksichtigung wirtschaftlicher Aspekte, auch in frühen Phasen der Entwicklung		x			
Organsiatorische und arbeitstechnische Auswirkungen	Ashford 2012; Wells/Young 2004	Berücksichtigung organisatorischer und arbeitstechnischer Aspekte		x			
Kommerzialisierung	Neufville/Odoni 2003	Leistung und Effizienz		x			
Spannungsverhältnis Prognosen - Wachstum	Neufville/Odoni 2003; Wheelwright 1989; Makridakis 1990	Kapazitätsplanung und Anbau, flexible Systeme		x			
Stark vernetzte rechtliche Rahmenbedingungen (US-getrieben)	Schulz et al. 2010; Richter 2013; Giemulla 2006	Berücksichtigung rechtlicher Aspekte, Integration multipler Stakeholder		x		x	
Regionale Unterschiede	Neufville/Odoni 2003; Wendler 2011	Berücksichtigung kultureller, religiöser und soziodemographischer Aspekte		x	x	x	
Zunahme an Kontrollen	Beck 2007; Wendler 2011	Akzeptanz fördern			x		
Spannungsfeld Freiheit - Sicherheit	Wolfgang Hoffmann-Riem 2009; Fischer 2012	Akzeptanz fördern			x		
Wahrnehmung von Sicherheit	Haverkamp 2014	Schaffung von Transparenz			x	x	
Diskursanfälligkeit von Sicherheitstechniken	Bonß 2011; Haverkamp et al. 2011; Bonß/Wagner 2012	Entwicklungsfehler vermeiden, Akzeptanz fördern			x		x
Vielzahl involvierter Interessengruppen	Richter 2013; Schulz et al. 2010; Ashford 2012; Wendler 2011	Integration multipler Perspektiven				x	
Lange Entwicklungszeiten/-zyklen	Buchholz et al. 2008	Entwicklungsfehler vermeiden					x
Bewertung verschiedener Technikalternativen und deren Lebenszyklusbedingter Unterschiede	Schulz et al. 2010; IATA 2012; Buchholz et al. 2008	TLZ-bedingte differenzierte Betrachtung					x
Geringe Flexibilität des Betreibers hinsichtlich infrastruktureller Änderungen	Schulz et al. 2010; Neufville/Odoni 2003; Ashford 2012; Wendler 2011	Entwicklung flexibler Systeme					x

Legende (Bedeutung) hoch mittel gering

4.2.3 Zielformulierung

Das Ziel besteht darin, ein Referenzvorgehensmodell zur multikriteriellen Bewertung innovativer Sicherheitstechniken zu entwickeln, welches dem Modellnutzer die Möglichkeit bietet, das Bewertungskonzept eigenhändig auszuführen. Flankiert wird dieses Vorhaben durch die Verwendung einer geeigneten Modellierungstechnik sowie der Entwicklung relevanter Elemente für das Bewertungskonzept. Die abschließende Realisierung und Validierung des Referenzvorgehensmodells am Anwendungsfall der Luftsicherheitskontrolle rundet das Gesamtbild ab. Zusätzlich wird dieser Anwendungsfall um die Entwicklung sowie testhafte Validierung eines Verfeinerungsmodells erweitert.

4.2.4 Abgrenzung

Phase 1 der Zieldefinition fokussiert auf die Erarbeitung und Umsetzung der Kernelemente zur Entwicklung des Referenzvorgehensmodells. Dies wurde für den Anwendungsbereich der Luftsicherheit realisiert. Zugleich wird durch dieses Vorgehen die Einsatzmöglichkeit für weitere mit der Zielstellung kompatiblen Anwendungen gewährleistet, indem das weitere Vorgehen sowie das entwickelte Methodenset herangezogen werden. Das zu entwickelnde Vorgehensmodell sieht als Hauptanwender den *Flughafenbetreiber* vor und ermöglicht diesem die Integration weiterer relevanter Stakeholder, welche den Implementierungsprozess neuartiger Sicherheitstechniken maßgeblich begleiten. Den ermittelten Anforderungen des Anwendungsbereichs wird in der anschließenden Phase der Modellierungstechnik und des Methodenverbundes Rechnung getragen, indem hier im Kontext der Problemstellung beurteilte und gezielt entwickelte Methoden herangezogen werden.

Der Fokus der vorliegenden Arbeit liegt auf der Konzeption eines geeigneten Methodenverbundes anhand der anwendungsspezifischen Anforderungen sowie auf der Entwicklung eines Referenzvorgehensmodells zur multikriteriellen Bewertung innovativer Sicherheitstechniken. Auf die Darstellung aller inhaltlichen Sachverhalte wird bewusst verzichtet, da dies die Kapazitäten dieser Arbeit sprengen würde. Die Modellrealisierung findet anhand des Anwendungsfalls der Luftsicherheitskontrolle statt und soll zudem die Übertragbarkeit auf weitere Anwendungen im Bereich der Luftsicherheit aufzeigen.

4.3 Phase der Modellierungstechnik und des Methodenverbundes

Phase 2 erfordert die Bereitstellung von Methoden, welche es dem Modellentwickler ermöglichen die in Phase 1 definierten Anforderungen an das System zu realisieren und somit einen individuellen Methodenverbund definieren. Unterschieden wird an dieser Stelle anhand modellorientierter Methoden, welche die Entwicklung des Modells gewährleisten und problemspezifischer Methoden, die benötigte Problemlösungstechniken strukturieren und bereitstellen (vgl. Abb. 4-5).

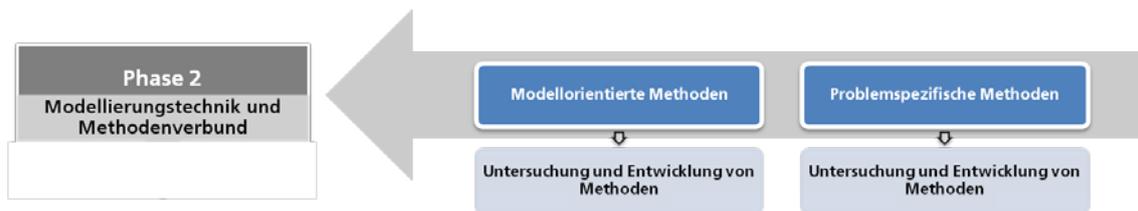


Abbildung 4-5: Die zweite Phase – Modellierungstechnik und Methodenverbund
(Eigene Darstellung)

4.3.1 Untersuchung und Entwicklung modellorientierter Methoden

Nachfolgend werden unterschiedliche Modellierungsansätze analysiert, um anschließend ihre Eignung im Kontext der vorliegenden Problemstellung zu beurteilen. Eine Analyse unterschiedlicher Modellierungsansätze lässt eine Klassifizierung in drei Methodentypen erkennen. Unterschieden wird hierbei in ereignisorientierte, aktivitätsorientierte sowie prozessorientierte Methoden (Hooper 1986).

4.3.1.1 Ereignisorientierter Modellierungsansatz

Bei der ereignisgesteuerten Modellierung handelt es sich um die klassische Form der Modellierung. Sie sieht die Modellentwicklung anhand der Konstellation und Entwicklung verschiedener Ereignisse vor, welche ihren Zustand verändern können. Man spricht bei dieser Prozessform von einer ereignisgesteuerten Prozesskette, wobei diese durch die Abfolge und Zuordnung von Ereignissen definiert wird (Scheer und Thomas 2005). Die Literatur weist die ereignisgesteuerte Prozesskette mitunter in modifizierten Varianten aus, so zu erkennen bei der erweiterten ereignisgesteuerten Prozesskette, welche das Sortiment an Funktionen zudem um Informationsobjekte, Informationsträger, Anwendungssysteme, Hardware-Komponenten und Organisationseinheiten erweitert (Seitz 2004). Die ereignisgesteuerte Modellierung stellt bei wenigen Ereignissen und genauer Information über deren Eintrittszeitpunkten eine vorteilhafte

Modellierungstechnik dar. Jedoch stellt diese Modellierungsart bei zunehmender Komplexität der Bedingungen einen erheblichen Modellierungsaufwand dar, was eine zusätzliche Reduzierung der Transparenz mit sich zieht. Die Ereignisse selbst besitzen bei der ereignisgesteuerten Modellierung keinen genau definierten Zeitverbrauch, vielmehr nutzt dieser Ansatz zeitlogische Abhängigkeiten, um Prozesse abzubilden.

4.3.1.2 Aktivitätsorientierter Modellierungsansatz

Der aktivitätsorientierte Modellierungsansatz betont die Beschreibung von Vorgängen und Ereignissen sowie deren Anordnung im Prozess, wobei Ereignisse zwischen Aktivitäten nicht abgebildet werden können (Kalmring und Dzhendova 2006). Dieser Umstand ist hinsichtlich einer geplanten Nutzung zu prüfen. Diese Modellierungsform findet ihre Anwendung in Programmablaufplänen und im Process Landscaping (Balzert 1982), (Gruhn und Wellen 2000). Die aktivitätsorientierte Modellierung fokussiert bei der Festlegung des Symbolarchivs zum einen auf konzeptionelle Gesichtspunkte, welche sich mit der Bestimmung der verwendeten Begriffe befasst und zum anderen auf repräsentative Gesichtspunkte, welche diesen Begrifflichkeiten bildhafte Symbole zuordnen. Der Modellierungsprozess kann ggfs. durch Handlungsanweisungen ergänzt werden (Becker et al. 2002). Der aktivitätsorientierte Ansatz erlaubt die Nutzung eines individuellen Symbolarchivs, welches den Standardvorrat an Symbolen erweitert. Hierdurch wird dem Anwender ein ideales Abbild der Realität wiedergespiegelt, das seinen Bedürfnissen gerecht wird. Darüber hinaus gilt das Verfahren der aktivitätsorientierten Modellierung auch bei erhöhter Komplexität als gut handhabbar und weist bei engverzahnten Ereignissen eine bessere Handhabung als andere Ansätze auf.

4.3.1.3 Prozessorientierter Modellierungsansatz

Die prozessorientierte Modellierung bezieht sich immer auf Objekte, sogenannte entities. Der Ablauf des Prozesses erfolgt dabei durch einen Nachrichtenaustausch zwischen diesen entities, wie es bspw. das semantische Objektmodell belegt (Ferstl und Sinz 1994). Dieser Modellierungsansatz, welcher auf dem Prinzip der Kapselung, Vererbung sowie des Polymorphismus basiert, verlangt die Definition eines Objektschemas und eine anschließende Clusterung aller Objekte in Objektklassen. Der Austausch von Nachrichten zwischen Objekten sowie die zugehörige objektteigene Methode definiert den Prozessablauf und wird in Interaktionsdiagrammen abgebildet (Seitz 2004). Die prozessorientierte Modellierung findet häufig bei der Darstellung von Geschäftsprozessen Anwendung. Hinsichtlich der Visualisierung weist sie jedoch eine mangelnde Nutzerfreundlichkeit auf, begründet durch ihre historische Entwicklung, basierend auf bestehenden Programmiersprachen (Scheer und Jost 1996). Darüber

hinaus erweist sich die ansatzspezifische Berücksichtigung von Klassen- und Interaktionsdiagrammen als immenser Komplexitätstreiber.

4.3.1.4 Auswahl und Zusammenstellung des Symbolarchivs

Die Zielsetzungen der Projekte, welche im Rahmen der Referenzmodellierung bearbeitet werden, unterscheiden sich zumeist grundlegend. Dies ist der Grund warum eine allgemeingültige Modellierungstechnik nicht existent ist. Vielmehr stellt die Entwicklung der Modellierungstechnik selbst einen wesentlichen Aufgabenteil der Referenzmodellierung dar (Becker et al. 2000). Nachfolgend soll daher die Auswahl eines geeigneten Modellierungsansatzes sowie die Erstellung und Erweiterung des Symbolarchivs zur spezifischen Entwicklung des Referenzvorgehensmodells erfolgen.

Hinsichtlich der Handhabung weisen die ereignis- und aktivitätsorientierten Methoden erhebliche Vorteile gegenüber der prozessorientierten Modellierung auf, da diese die Perspektive des Modellentwicklers sowie den zeitlogischen Prozessablauf in geeigneter Weise abbilden. Zudem erweist sich die Modellierung komplexer Zusammenhänge mittels prozessorientierter Verfahren als problematisch, da die Berücksichtigung von Interaktionsdiagrammen schnell Probleme hinsichtlich der Übersichtlichkeit aufwirft. Der Einsatz dieser Verfahren wird für die Entwicklung von Vorgehensmodellen folglich als nicht ideal angesehen. In der Literatur werden ereignis- sowie aktivitätsorientierte Ansätze wegen ihrer Benutzerfreundlichkeit hervorgehoben. Letzterer weist jedoch den entscheidenden Vorteil der Gestaltung individueller Symbole auf. Dieser Fakt und die erfüllte Bedingung, dass bei der multikriteriellen Bewertung innovativer Sicherheitstechniken die Abfolge der Aktivitäten und nicht die Zwischenereignisse im Fokus stehen sollen, begründet die Wahl der aktivitätsorientierten Verfahren als Modellierungstechnik für die vorliegende Problemstellung. Die Modellierung des Referenzvorgehensmodells zur multikriteriellen Bewertung erfordert die Erweiterung des Standardsymbolarchivs der aktivitätsorientierten Verfahren. Hierzu gilt es vorerst das bestehende Set zu beschreiben (vgl. Abb. 4-6). Die Auswahl sowie die Erweiterung des Symbolarchivs erfolgt in Anlehnung an Seitz und Harlfinger (Seitz 2004), (Harlfinger 2006).

Repräsentative Gesichtspunkte					
Konzeptionelle Gesichtspunkte	Aktivität	Transition	Verknüpfungsoperator	Dokument	Endzustand

Abbildung 4-6: Standardsymbolarchiv der aktivitätsorientierten Modellierung
(Eigene Darstellung)

Ausgehend von Aktivitäten, welche unterschiedliche Komplexität aufweisen können und der Problemlösung dienen, definiert das Standardsymbolarchiv Transitionen, die den zeitlichen Übergang zwischen einzelnen Aktivitäten regeln. Des Weiteren werden Verknüpfungsoperatoren, welche logische entscheidungsrelevante Verzweigungen darstellen sowie Dokumente, die aus der Bearbeitung von Aktivitäten resultieren, und der letztendliche Endzustand definiert. Dieses Set an Symbolen bedarf, wie einhergehend erwähnt, einer problemspezifischen Erweiterung (vgl. Abb. 4-7).

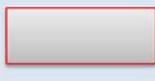
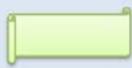
Repräsentative Gesichtspunkte					
Konzeptionelle Gesichtspunkte	Phase im Meta-vorgehensmodell	Aufgabe im Basis-vorgehensmodell	Phaseninhalt	Erweiterungs-/Verfeinerungsmodell	Inhalt Erweiterungs-/Verfeinerungsmodell
Repräsentative Gesichtspunkte					
Konzeptionelle Gesichtspunkte	Handlungsanweisung	Informationsfluss	Bewertungshierarchie der Dimensionen	Bewertungsmatrix	Datenbank

Abbildung 4-7: Erweiterungsset des bestehenden Symbolarchivs
(Eigene Darstellung)

Die ersten Erweiterungen umfassen im Wesentlichen die Bestandteile des einleitend in diesem Kapitel erstellten Meta- und Basisvorgehensmodells. Hierbei wird auf Symbole der Phasendefinition im Metavorgehensmodell, des Phaseninhalts im Basisvorgehensmodell sowie der darin enthaltenen Aufgaben zurückgegriffen. Die weitere Auflistung von Symbolen ist der detaillierten Darstellung der einzelnen Erweiterungs- und Verfeinerungsmodelle zuzuordnen. Ausgehend von der Definition der jeweiligen Modelle und deren inhaltlicher Eingrenzung wird das Symbolarchiv um Handlungsanweisungen ergänzt, welche über das gesamte Modell hinweg in unterschiedlicher Form, bspw. als Fragelisten, zur Geltung kommen. Zusätzlich wird der Aspekt des Informationsflusses zwischen einzelnen Elementen gekennzeichnet und die Bewertungshierarchie sowie die hieraus resultierende Bewertungsmatrix, samt all ihrer Kriterien, symbolisiert. Finalisiert wird das Symbolarchiv durch die Abbildung der Datenbank, installiert zur Sammlung von Dokumenten und Daten, welche infolge der Methodenanwendung generiert werden.

4.3.2 Untersuchung und Entwicklung problemspezifischer Methoden

Die grundlegenden Funktionsweisen der identifizierten Methoden wurden eingehend beschrieben. Dieser Abschnitt rückt die abgeleiteten methodischen Anforderungen an das zu entwickelnde Referenzvorgehensmodell in den Vordergrund und regelt das Zusammenwirken der einzelnen berücksichtigten methodischen Elemente.

4.3.2.1 Strukturierung des methodischen Bewertungskonzepts

Wesentliche methodische Anforderungen an das zu entwickelnde Referenzvorgehensmodell wurden in Kapitel 2.7 detailliert dargestellt und anschließend in Kapitel 4.2.2 beurteilt. Auf Basis dessen soll im weiteren Verlauf ein Bewertungskonzept entwickelt werden, welches die Wirkzusammenhänge der einzelnen methodischen Elemente und die Bewertungsstruktur definiert, um anschließend ein finales Bewertungssystem zu erstellen, welches das entwickelte Konzept um weitere Elemente erweitert.

Resultierend aus dieser Beurteilung lassen sich die wichtigsten Anforderungen zusammenfassen. Auf übergeordneter Ebene soll den Anforderungen einer nachhaltigen Planung sowie der Einnahme einer systemischen Perspektive im Luftsicherheitsbereich, in Form eines ganzheitlichen Bewertungsansatzes, Rechnung getragen werden. Als Kernelement dient hierzu der MCDA-Ansatz, welcher, unter Berücksichtigung unterschiedlicher Dimensionen, verschiedene Technikalternativen bewertet bzw. optimiert. Zur Abbildung und Entwicklung der gesellschaftlichen Dimension soll dabei auf Aspekte eines Akzeptanzmodells zurückgegriffen werden, ergänzt um eine lebenszyklusspezifische Betrachtung der Alternativen, um einer bedarfsorientierten Planung in den frühen Phasen des Entwicklungsprozesses gerecht zu werden und Entwicklungsfehler zu vermeiden. Begleitet wird dieser Prozess durch einen Multi-Stakeholder-Ansatz, der die Integration unterschiedlicher Interessengruppen im Bereich der Luftsicherheit gewährleisten soll. Hinsichtlich der Strukturentwicklung des Bewertungskonzepts ergeben sich durch die Berücksichtigung der unterschiedlichen methodischen Ansätze spezifische Elemente, welche nachfolgend näher betrachtet werden.

4.3.2.1.1 Bewertungshierarchie

Die multikriterielle Bewertung unterschiedlicher Technikalternativen sieht die strukturierte Erfassung ausschlaggebender Kriterien vor. Häufig dient hierzu die Erstellung einer Hierarchie zur Strukturierung relevanter Kriterien, in Form eines sogenannten Entscheidungsbaumes, als Hilfsmittel (Renn 2003), (Alanne et al. 2007). Zwar stellt die

Strukturierung von Kriterien und Alternativen ein charakteristisches Merkmal der Aggregationsmethode AHP⁴⁶ dar, jedoch stellt sich dieses Vorgehen auch bei der Anwendung anderer Methoden als vorteilhaft heraus, da insbesondere bei der Berücksichtigung zahlreicher Kriterien eine zielführende Übersichtlichkeit geschaffen wird. Für die vorliegende Problemstellung und vor dem Hintergrund des komplexen Anwendungsbereichs der Luftsicherheit bietet sich die Nutzung einer Bewertungshierarchie an. Zur Steigerung der Übersichtlichkeit soll zudem auf eine Clusterung von Bewertungskriterien zu übergreifenden Dimensionen, welche bspw. Aspekte der Wirtschaftlichkeit oder der Sicherheit zusammenfassen, zurückgegriffen werden (Bartels et al. 2008). Somit ermöglicht die zu entwickelnde Bewertungshierarchie eine strukturierte und transparente Bewertung, welche individuell gestaltbar und ggfs. modular erweiterbar ist.

Die Identifikation von Kriterien, welche für Entscheidungssituationen im Luftsicherheitsbereich von Relevanz sind, wird als Teil des entwickelten Vorgehensmodells in Kapitel 4.4.2 detailliert beleuchtet. Sie ist speziell auf den Anwendungsfall zugeschnitten und bedarf bei weiteren Anwendungen ggfs. einer spezifischen Erweiterung bzw. Eingrenzung. Die entwickelte Bewertungshierarchie dient letztendlich dazu unterschiedliche und klar definierte Technikalternativen aus dem Bereich der Luftsicherheit zu bewerten. Die Vorauswahl bzw. Spezifizierung der Alternativen ist dabei Gegenstand der entsprechenden Erweiterungsmodelle des Referenzvorgehensmodells.

4.3.2.1.2 Synthese unterschiedlicher Ansätze sowie Strukturergebnis

Die ermittelte Darstellung der Bewertungshierarchie sowie das Zusammenspiel der einzelnen methodischen Ansätze bilden die Voraussetzungen des Bewertungskonzepts. Abb. 4-8 stellt die Zusammenhänge graphisch dar und bildet das Bewertungskonzept, welches den ermittelten methodischen Anforderungen gerecht werden soll, in seiner Gesamtheit ab. Die entwickelte Bewertungshierarchie mitsamt ihren unterschiedlichen Dimensionen und Kriterien dient als Ausgangsbasis der multikriteriellen Bewertung unterschiedlicher Alternativen von Sicherheitstechniken, individuell durchgeführt seitens der als relevant eingestuften Stakeholder. Die Einbeziehung multipler Perspektiven bzw. die Entscheidungsfindung in Gruppen stellt einen zentralen Bestandteil des Bewertungskonzepts dar, um der Berücksichtigung unterschiedlicher Interessen und somit einem ganzheitlichen Ansatz gerecht zu werden. Grundsätzlich ist dabei zu beachten, dass die zu bewertenden Dimensionen und Kriterien je nach Stakeholder variieren, da die Bewertung anhand der individuellen Relevanz erfolgt. Die Abbildung des technologischen Wandels erfolgt innerhalb des Bewertungskonzepts

⁴⁶ Beispiele zur Anwendung des AHP liefern Lee und Hwang 2010 sowie Zangeneh et al. 2009.

über die differenzierte Gewichtung einzelner Dimensionen, in Abhängigkeit der betrachteten Alternativen. Einerseits soll hierbei eine technologielebenszyklusbasierte Analyse der Alternativen Aufschluss über die Reife der Technologien geben und andererseits, in Abhängigkeit dessen, Auswirkungen auf die Gewichtung untersucht und berücksichtigt werden. Die Integration von modellbezogenen Akzeptanzaspekten wird im vorliegenden Konzept über die Gestaltung der Akzeptanzdimension realisiert, wobei auf eine Kriterienstruktur zurückgegriffen wird, welche sich am Aufbau des TAM orientiert und im wesentlichen dessen Haupteinflussfaktoren zugeordnet werden kann.

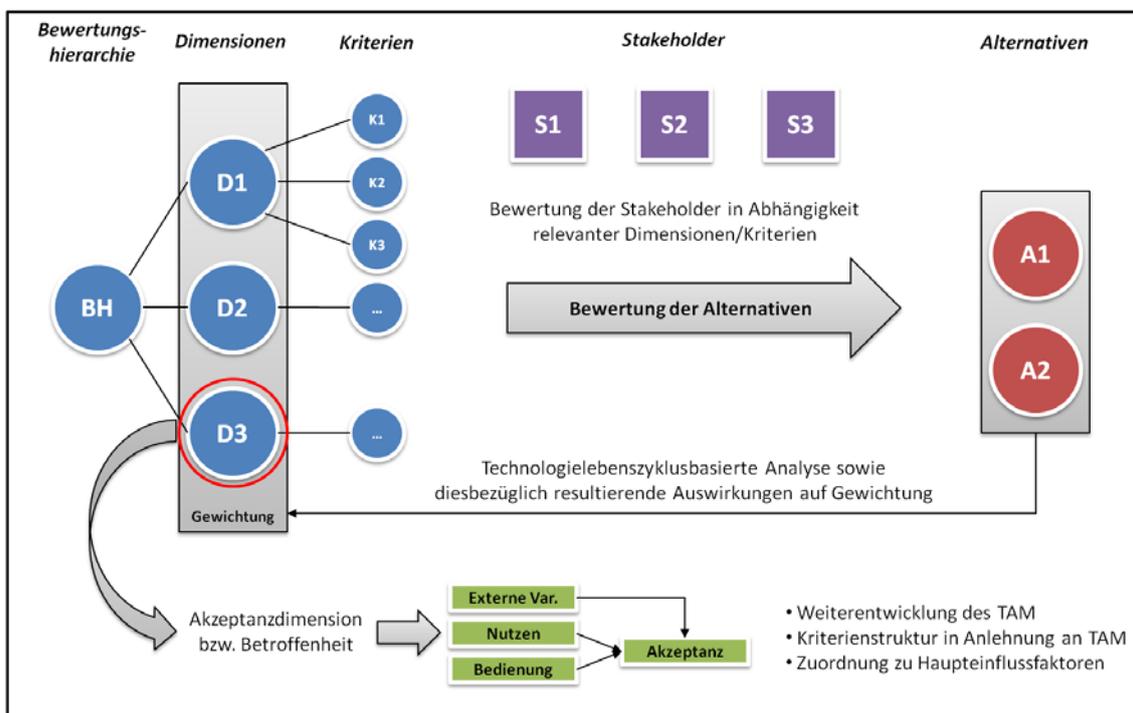


Abbildung 4-8: Methodisches Konzept zur multikriteriellen Bewertung von Sicherheitstechniken (Eigene Darstellung)

Abb. 4-8 stellt die methodischen Wirkzusammenhänge des erstellten Konzepts graphisch dar, jedoch bedarf es zur Entwicklung eines komplexen Bewertungssystems weiterer Elemente, um eine handhabbare Nutzung für den Anwender sicherzustellen.

4.3.2.2 Bewertungssystem

Im folgenden Abschnitt soll zunächst das entwickelte Bewertungskonzept spezifiziert und um weitere relevante Elemente erweitert werden. Diese Elemente werden anschließend zu einem strukturierten softwarebasierten Bewertungssystem verschmolzen, um auf dessen Grundlage final das Referenzvorgehensmodell zu entwickeln.

4.3.2.2.1 Spezifizierung des Bewertungskonzepts

Der vorliegende Abschnitt sieht die Spezifizierung und Konkretisierung des entwickelten Bewertungskonzepts vor. Hierzu wird die erstellte Bewertungshierarchie in eine Bewertungsmatrix überführt. Sie ist für jeden Stakeholder individuell zu erstellen und dient der Bewertung einzelner Kriterien sowie der Gewichtung von Dimensionen und Kriterien. Zudem spielen weitere Faktoren, wie die Skalierung bzw. Zielausrichtung von Kriterien, bei der multikriteriellen Bewertung eine tragende Rolle. Die letztendliche Bewertung mittels der passgenauen Aggregationsmethode schließt die Spezifizierung ab. Die benannten Elemente dienen der Spezifizierung des Bewertungskonzepts und werden anschließend detailliert dargestellt. Beginnend wird die Strukturierung der Bewertungshierarchie in die *Bewertungsmatrix* überführt, indem einzelne Dimensionen und deren geclusterte Kriterien festgehalten und nummeriert werden. Die Anordnung von Kriterien kann dabei auch durch die Gestaltung von Unterebenen geschehen, wodurch einzelne Blöcke von Kriterien erneut Cluster bilden (vgl. Tabelle 4-2). Bewertet werden letzten Endes nur diejenigen Kriterien, welche sich auf der untersten Ebene (gelbe Markierung) der Bewertungskette wiederfinden. Die Identifikation relevanter Kriterien ist ein wesentlicher Bestandteil dieser Arbeit und umfasst einen Teilbereich des Vorgehensmodells.

Tabelle 4-2: Bewertungsmatrix

Kriterium Nr.	Bewertungsdimension	Kriterium Ebene 1	Kriterium Ebene 2	Kriterium Ebene 3	Zielausrichtung		Skalierung				Gewichtung	Bewertung A1	Bewertung A2
					Ziel	Min/Max	Skalenart	Skala	Messgröße	NT-Kriterium			
D 1	Dimension 1												
1		Kriterium 1											
D 2	Dimension 2												
2		Kriterium 2											
3		Kriterium 3											
4		Kriterium 4											
D 3	Dimension 3												
5		Kriterium 5											
6			Kriterium 6										
7			Kriterium 7										
8				Kriterium 8									
9				Kriterium 9									
10				Kriterium 10									
11		Kriterium 11											
12			Kriterium 12										
13				Kriterium 13									
14				Kriterium 14									
15				Kriterium 15									
16		Kriterium 16											
17		Kriterium 17											

Als weiteren Teilschritt sieht die Spezifizierung des Bewertungskonzepts die Erfassung der *Zielausrichtung* zu bewertender Kriterien vor, indem einerseits das Ziel des Kriteriums festgehalten und andererseits dessen positive Ausrichtung bestimmt wird. Betrachtet man bspw. ein Kriterium der Wirtschaftlichkeitsdimension, so kann eine Preisreduktion aus der Perspektive des einen Stakeholders in der positiven Ausrichtung anhand der Minimierung des Ziels und aus anderer Perspektive anhand der Maximierung des Ziels münden. Dies gilt es in der Bewertungsmatrix strukturell festzuhalten.

Die multikriterielle Bewertung sieht in der Regel die Bewertung von Kriterien unterschiedlicher Wissensdisziplinen und Fachbereiche vor, wodurch eine differenzierte Betrachtung der *Skalierung* zumeist vonnöten ist. Die Skalierung von Kriterien kann je nach Anwendungsfall und Wahl der Aggregationsmethode variieren und ist, aufgrund dessen, Bestandteil des Referenzvorgehensmodells. Grundsätzlich wird anhand der Skalenart, der Skala, der zugehörigen Messgröße sowie einer potenziellen Einstufung als Null-Toleranz-Kriterium differenziert.⁴⁷

Die *Gewichtung* von Kriterien dient der Abbildung subjektiver Wertvorstellungen der Stakeholder entsprechend seines persönlichen Zielsystems (Oberschmidt 2010). Sie ist, im Gegensatz zur eigentlichen Bewertung, unabhängig von den zu bewertenden Alternativen und spiegelt die grundsätzliche Einstellung des Entscheiders hinsichtlich bestimmter Kriterien wider. Zu gewichten sind dabei nicht nur relevante Kriterien, sondern auch die entsprechenden Bewertungsdimensionen. Zusätzlich liegt dem Bewertungskonzept die Annahme zugrunde, dass die Gewichtung der Dimensionen maßgeblich von den betrachteten Techniken und deren Positionierung im Technologielebenszyklus beeinflusst wird. Die Umsetzung dieser Annahme wird über die Entwicklung des Verfeinerungsmodells *Technologielebenszyklus* angestrebt.

Die Bestimmung der Kriterienausprägung bzw. der *Bewertung* von Alternativen erfolgt stakeholder-spezifisch für jede betrachtete Alternative und in Abhängigkeit der gewählten Skala. Die anschließende Verrechnung der Ausprägungen und deren jeweilige Gewichtung erfolgt über die zuvor bestimmte Aggregationsmethode und liefert als Ergebnis die stakeholder-spezifische Beurteilung. Darüber hinaus besteht die Möglichkeit einer aggregierten, globalen Bewertung, welche mehrere Stakeholder-Perspektiven und somit Beurteilungen miteinander vereint.

Die entwickelte Bewertungsmatrix dient als Ausgangsbasis der multikriteriellen Bewertung und ist je nach Anwendungsfall individuell zu füllen. Diesbezüglich ist die Skalierung und Gewichtung von Kriterien Gegenstand von Kapitel 4.4.3, wohingegen die Bewertung der unterschiedlichen Alternativen Bestandteil von Kapitel 4.4.4 bzw. 4.4.5 ist.

4.3.2.2.2 Einbezug softwarebasierter Elemente

Um einen transparenten Entscheidungsprozess hinsichtlich der Auswahl geeigneter Technikalternativen zu ermöglichen und den komplexen Ansätzen der multikriteriellen Analyse gerecht zu werden, empfiehlt sich die Anwendung einer geeigneten Software-

⁴⁷ Zur detaillierten Darstellung der Begrifflichkeiten wird an dieser Stelle auf Kapitel 4.4.3 verwiesen, welches die Teilaufgabe der Skalierung der Kriterien umfasst.

unterstützung. Eine allgemeine Zusammenstellung hinsichtlich potenzieller Softwaretools zur Unterstützung multikriterieller Anwendungen bietet die Literatur in ausreichender Weise (Belton und Stewart 2002), (Weistroffer et al. 2005). Die Wahl der geeigneten Berechnungssoftware hängt dabei maßgeblich von der gewählten Aggregationsmethode ab und ist, aufgrund der auf den spezifischen Anwendungsfall bezogenen Nutzung, ebenfalls Bestandteil des Referenzvorgehensmodells (vgl. Kapitel 4.4.3).

Darüber hinaus sieht das Bewertungssystem sowie die spätere Anwendung des Referenzvorgehensmodells die Installation einer Datenbank vor, welche vorrangig der Sammlung und Verarbeitung von Daten dient. Hierbei handelt es sich in erster Linie um relevante Daten wie Bewertungsmatrizen, Diagramme zur Ergebnisdarstellung sowie wesentliche Dokumente bzw. Verknüpfungen zu selbigen. Diese wiederum können als Input für weitere Elemente des Bewertungssystems, wie bspw. die Berechnungssoftware, dienen. Zudem vermag die Datenbank zur ergänzenden Berücksichtigung der technologielebenszyklusspezifischen Gewichtung der Dimensionen herangezogen werden. Die Entwicklung der Datenbank basiert auf MS Excel.

4.3.2.2.3 Zusammenspiel einzelner Elemente

Auf Basis des Bewertungskonzepts und dessen Erweiterung, in Form des Einbezugs softwarebasierter Elemente, wurde in den vorangegangenen Abschnitten die Grundlage für den Entwurf des finalen Bewertungssystems SIRA-Value erstellt (vgl. Abb. 4-9).

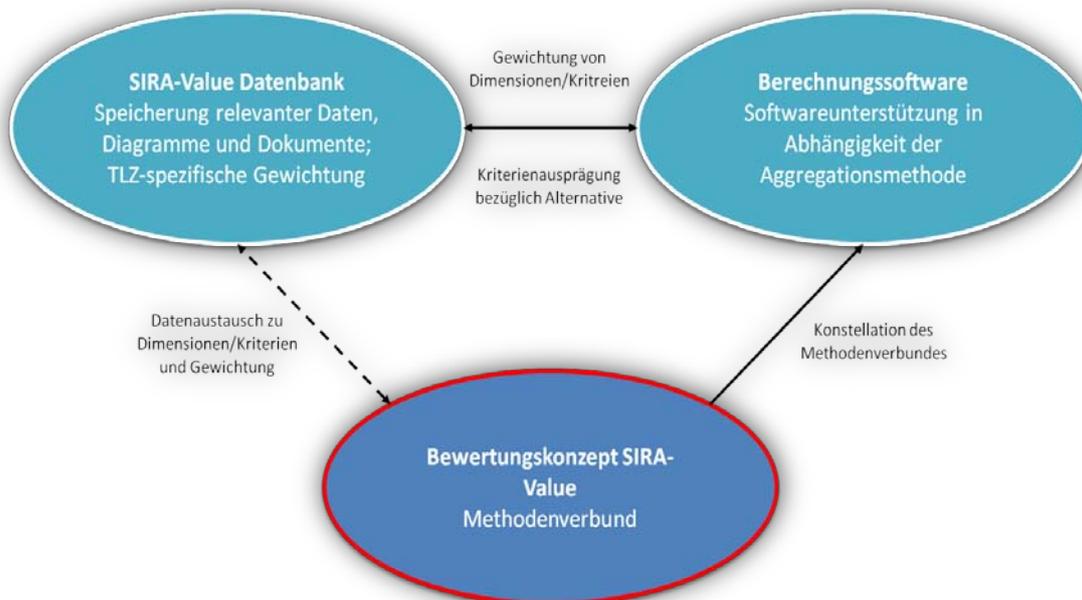


Abbildung 4-9: Bewertungssystem SIRA-Value
(Eigene Darstellung)

Abb. 4-9 illustriert die Wirkzusammenhänge der einzelnen Elemente des Systems, auf dessen Basis im weiteren Verlauf dieser Arbeit das Referenzvorgehensmodell zur multikriteriellen Bewertung innovativer Sicherheitstechniken entwickelt wird. Somit wird die Entwicklung eines Modells sichergestellt, welches die Anwendung unterschiedlicher multikriterieller Aggregationsmethoden erlaubt und durch die Berücksichtigung der passfähigen Berechnungssoftware sowie einer entsprechenden Datenbank assistiert wird. Hinsichtlich seiner flexiblen Ausgestaltung ist folglich die Übertragbarkeit des Referenzvorgehensmodells gewährleistet. Diese Flexibilität soll zudem die Anwendung des Modells zu unterschiedlichen Zeitpunkten ermöglichen.

4.4 Phase der Modellerstellung

Die in der vorherigen Phase identifizierten modellorientierten und problemspezifischen Methoden werden nachfolgend dazu dienen das Referenzvorgehensmodell zu erstellen. Hierzu bedarf es der Entwicklung der Erweiterungsmodelle *Identifikation von Stakeholdern*, *Identifikation von Kriterien*, *SIRA-Value in Use – Workshops*, *SIRA-Value in Use – Assessment* und *Zusammenführung der Ergebnisse* (vgl. Abb. 4-10). Das Ziel von Phase 3 besteht in der Entwicklung eines Referenzvorgehensmodells zur Umsetzung der multikriteriellen Bewertung innovativer Sicherheitstechniken.



Abbildung 4-10: Die dritte Phase – Modellerstellung
(Eigene Darstellung)

Zur Abbildung des technologischen Wandels wird zudem auf die Integration eines Verfeinerungsmodells zur vertiefenden Analyse der spezifischen Problemstellungen zurückgegriffen. Der Zugriff auf das zu entwickelnde Verfeinerungsmodell erfolgt über das Erweiterungsmodell *SIRA-Value in Use – Assessment*, da hier die direkte Verknüpfung über die Beeinflussung der Dimensionengewichtung erfolgt und somit technologielebenszyklusspezifische Auswirkungen in die Bewertung integriert werden können. Die Entwicklung des Verfeinerungsmodells *Technologielebenszyklus* erfolgt in der abschließenden Phase der Modellumsetzung und wird daraufhin beispielhaft im Kontext des vorliegenden Anwendungsfalls realisiert. Das entwickelte Referenzvorgehensmodell spiegelt im Wesentlichen einen sequentiellen und iterativen Prozess wider, welcher die Abfolge aller Erweiterungsmodelle vorsieht. Jedoch stellt das Erweiterungsmodell *Identifikation von Kriterien* ein Element dar, das optional angesprochen

wird. Hierdurch wird eine Prozesserleichterung gewährleistet, indem auf ein bestehendes Set an Kriterien zurückgegriffen werden kann. Der iterative Charakter des Modells äußert sich über das mehrmalige Durchlaufen des Prozesses, einerseits realisiert durch eine nicht befriedigende Ergebnisdarstellung oder andererseits bestimmt durch fixe Zeitpunkte, eigenständig definiert durch den Anwender, um eine Beurteilung zu verschiedenen Zeitpunkten zu ermöglichen. Die Bewertung zu unterschiedlichen Zeitpunkten kann gerade hinsichtlich langfristiger Planungsaufgaben sinnvoll und vorteilhaft sein (Diederichs 2000). Die ausführliche Darstellung der einzelnen Elemente übernehmen die folgenden Abschnitte 4.4.1 bis 4.4.5.

4.4.1 Erweiterungsmodell Identifikation von Stakeholdern

Die Anwendung der multikriteriellen Analyse erlaubt die Einbindung von Stakeholdern an differenzierten Prozessstellen. Das entwickelte Referenzvorgehensmodell sieht deren Integration insbesondere bei der Wahl der zu berücksichtigenden Bewertungskriterien, der Durchführung der letztendlichen Bewertung unterschiedlicher Technikalternativen sowie der Gewichtung von Dimensionen bzw. Kriterien vor. Die Analyse der Grundlagen der Entscheidungsfindung in Gruppen wurde im theoretischen Teil dieser Arbeit bereits ausführlich beschrieben (vgl. Kapitel 3.3). Durch das Erweiterungsmodell *Identifikation von Stakeholdern* wird der Forderung Rechnung getragen, multiple Perspektiven in das Bewertungssystem zu integrieren und hinsichtlich deren Berücksichtigung eine Erweiterbarkeit und Aktualisierbarkeit zu gewährleisten (vgl. Abb. 4-11).

Ausgehend von der Definition des Anwendungsbereichs der Luftsicherheit sowie der beschriebenen Zieldefinition fordert das entwickelte Referenzvorgehensmodell als ersten Teilschritt eine *Vorauswahl der zu bewertenden Alternativen*. Die multikriterielle Analyse beschränkt sich bei der Auswahl im Wesentlichen auf technologisch umsetzbare Optionen, welche sich bereits im Einsatz befinden bzw. verfügbar sind (Mróz und Thiel 2005). Zur Identifikation jener Techniken kann eine Literaturanalyse von Nutzen sein. Oftmals sieht sich der Anwender mit einem fixen Repertoire an Alternativen konfrontiert, welche vorab, bspw. als Projektvorschläge, einer multikriteriellen Analyse unterzogen werden sollen (Liang et al. 2006). Jedoch zeigen neuere Trends, dass die Betrachtung zukünftiger Technikentwicklungen vermehrt den Zugang zur multikriteriellen Analyse finden und somit ein zukunftsorientierter Fokus besteht (Browne et al. 2010). Hierbei stehen nicht nur Technikalternativen alleine im Mittelpunkt, sondern auch vorliegende Szenarien (Liposcak et al. 2006) bzw. Szenarien, welche kooperativ mit den beteiligten Stakeholdern erarbeitet werden (Madlener et al. 2007). Dies gilt es in einem ersten Schritt zu spezifizieren und festzuhalten.

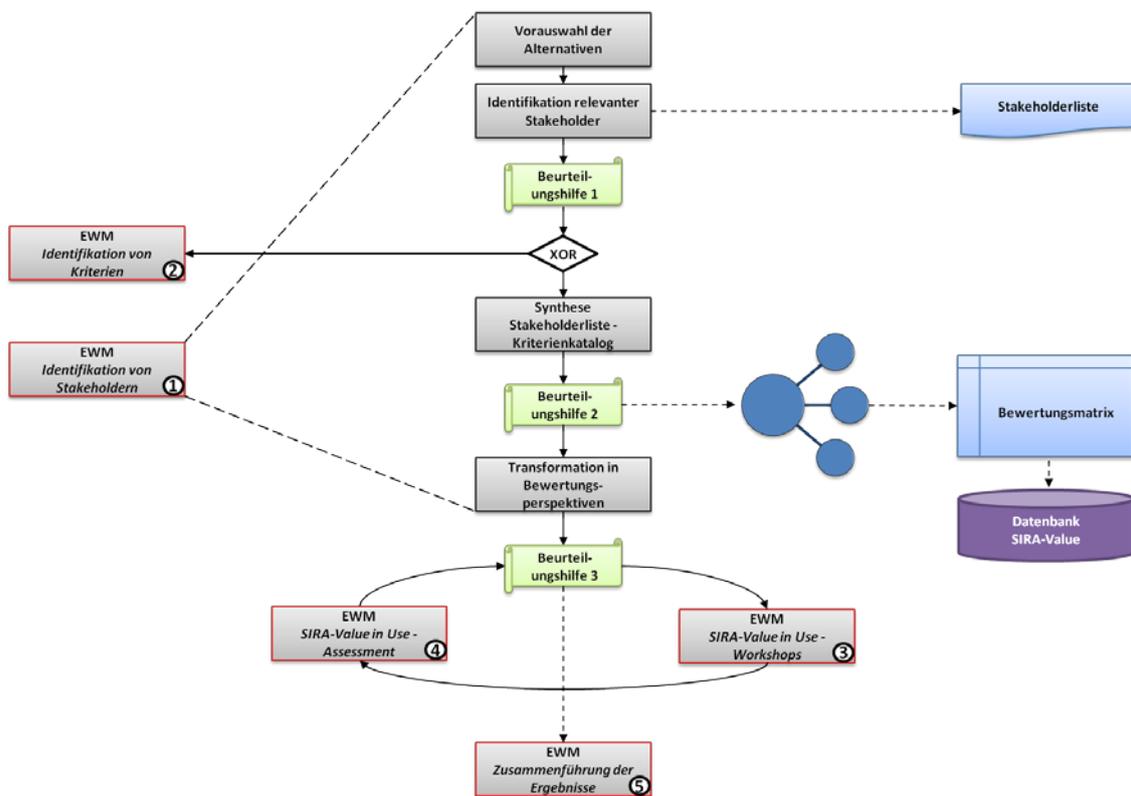


Abbildung 4-11: Erweiterungsmodell *Identifikation von Stakeholdern*
(Eigene Darstellung)

Die Definition des Anwendungsbereichs sowie die Vorauswahl der Alternativen haben maßgeblichen Einfluss auf den folgenden Teilschritt, die *Identifikation relevanter Stakeholder*. Die Wichtigkeit der Integration multipler Perspektiven, insbesondere vor dem Hintergrund weitreichender Konsequenzen von Entscheidungen im Luftsicherheitsbereich, wurde innerhalb der theoretischen Grundlagen bereits untermauert. Dieser Arbeitsschritt sieht die Identifizierung relevanter Akteure vor sowie deren genaue Art der Einbindung in den Entscheidungsprozess, festgehalten im Dokument *Stakeholderliste*. Die Auslegung der Einbindungsart hat grundlegende Auswirkungen auf die Gestaltung des Erweiterungsmodells *SIRA-Value in Use – Workshops* und regelt somit die Gestaltung eines eher offenen oder separierten Prozesses. Dieser Teilschritt soll dem Anwender die Integrationsmöglichkeit multipler Perspektiven bieten und darüber hinaus das Entscheidungsspektrum der Stakeholder hinsichtlich der möglichen Alternativen-/Kriterienauswahl, Gewichtung und Bewertung eingrenzen. Die nachfolgende Beurteilungshilfe steuert den weiteren Verlauf. Sie verweist einerseits auf das optionale Erweiterungsmodell *Identifikation von Kriterien* zur Erarbeitung eines Kriterienkataloges und andererseits, im Falle bestehender Kriteriensets, auf das weiterführende Element.

Der folgende Arbeitsschritt *Synthese Stakeholderliste - Kriterienset* führt einen Abgleich der identifizierten Akteure mit dem entwickelten bzw. bestehenden Kriterienkatalog durch. Die zugehörige Beurteilungshilfe unterstützt den Anwender bei der Aufstellung einer umfassenden Bewertungshierarchie sowie der daraus resultierenden stakeholder-spezifischen Bewertungsmatrix. Die diesbezüglich angefertigten Dokumente werden in der projektspezifischen Datenbank hinterlegt.

Das weiterführende Element *Transformation in Bewertungsperspektiven* bereitet den anschließenden Bewertungsprozess vor, indem festgelegt wird, welche Bewertungsperspektiven, einzeln oder aggregiert, die weiteren Erweiterungsmodelle durchlaufen.

Auf die identifizierten Stakeholder werden im weiteren Verlauf nacheinander die Erweiterungsmodelle *SIRA-Value in Use – Workshop* sowie *SIRA-Value in Use – Assessment* angewendet. Die Umsetzung wird über die Modellierung einer Schleife realisiert, welche in Kombination mit einer Beurteilungshilfe das Abbruchkriterium bestimmt und in das abschließende Erweiterungsmodell *Zusammenführung der Ergebnisse* weiterführt. Das Abbruchkriterium der Schleife ist erfüllt, sobald alle gewünschten Perspektiven durch die in der Schleife berücksichtigten Erweiterungsmodelle abgearbeitet wurden und die Anzahl der übrig gebliebenen Stakeholder Null erreicht.

4.4.2 Erweiterungsmodell Identifikation von Kriterien

Nachdem die relevanten Stakeholder identifiziert und gelistet wurden findet ein optionaler Zugriff auf das Erweiterungsmodell *Identifikation von Kriterien* statt (vgl. Abb. 4-12). Dem Anwender wird somit die Möglichkeit geboten einerseits auf das bestehende, in dieser Arbeit entwickelte, Kriterienset zurückzugreifen oder andererseits eigenständig ein Set relevanter Kriterien zu entwickeln bzw. eine Erweiterung durchzuführen. Somit soll sichergestellt werden, dem Modellnutzer jederzeit die Möglichkeit offen zu lassen, Kriterien zur Bewertung von Technikooptionen im Luftsicherheitsbereich selbst zu definieren, da diese maßgeblich von den Zielen der im Bewertungsprozess berücksichtigten Stakeholder abhängen (Diakoulaki und Karangelis 2007).

Einleitend wird die *Schaffung einer einheitlichen Diskussions- und Recherchebasis* anhand der Entwicklung eines Glossars empfohlen. Somit soll sichergestellt werden eine uniforme Ausgangsbasis für das weitere Vorgehen zu generieren, welche hinsichtlich der Entwicklung von Kriterien einen erheblichen Verständnisvorteil bietet. Basierend auf einer, häufig innerhalb von Projektteams bearbeiteten, multikriteriellen Analyse wird somit eine aktive und erfolgreiche Zusammenarbeit im Prozess gefördert.

Die anschließende Aufgabe der *Literaturrecherche* umfasst die Analyse bereits vorliegender Veröffentlichungen und Studien hinsichtlich der Nennung relevanter Entschei-

zungskriterien. Eine ausgedehnte Analyse bestehender Forschungsarbeiten ist oftmals Ausgangsbasis für die Entwicklung eines Kriterienkataloges (Haldi et al. 2002), (Ghafghazi et al. 2009). Zur Darstellung der Ergebnisse sieht das Vorgehensmodell die strukturierte Erfassung und Visualisierung der Kriterien in Form einer Mindmap vor. Zudem empfiehlt sich an dieser Stelle bereits die Clusterung von Kriterien zu relevanten Dimensionen. Somit wird ein erstes Kriterienset erschaffen, welches im weiteren Verlauf flexibel modifiziert und ergänzt werden kann.

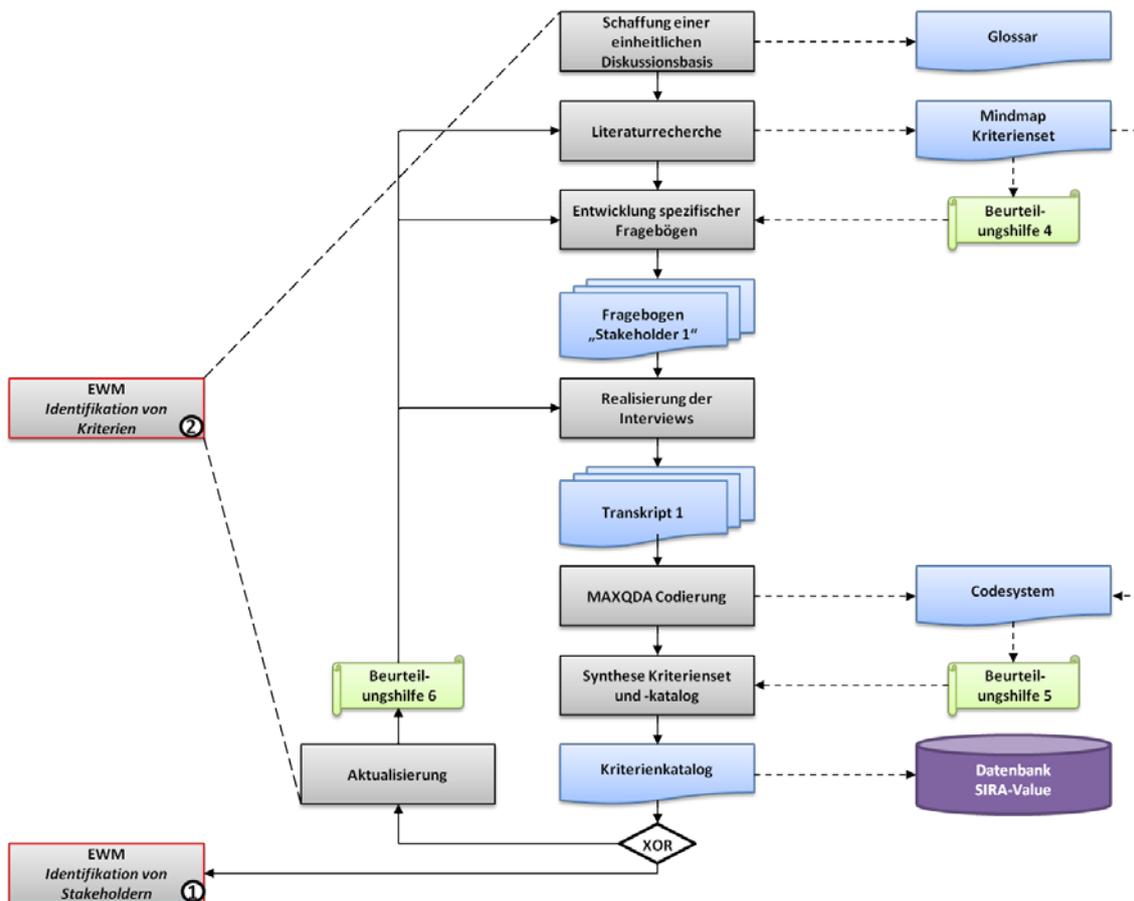


Abbildung 4-12: Erweiterungsmodell *Identifikation von Kriterien*
(Eigene Darstellung)

Aufbauend auf der entwickelten Mindmap erfolgt im nächsten Abschnitt die *Entwicklung spezifischer Fragebögen*, welche der Durchführung von Experteninterviews dienen. Ergänzt wird dieser Prozess durch die Anwendung einer spezifischen Beurteilungshilfe, welche in Abhängigkeit der im Vorfeld identifizierten Stakeholder bei der Fragebogenentwicklung assistiert. Die Einbeziehung externer Fachexperten bzw. Stakeholder zur Identifizierung relevanter Entscheidungskriterien ist auch in der Literatur eine weit verbreitete Praxis (Karger und Hennings 2009). Somit soll sichergestellt

werden, auf Basis des theoriebasierten Kriteriensets, eine empirische Erweiterung zu realisieren. Ausgangspunkt bildet die in vielen Stakeholder-Ansätzen enthaltene These, dass die Akzeptanz einer Neuerung seitens einer Stakeholder-Gruppe durch das Erfüllen ihrer spezifischen Anforderungen an diese Neuerung erhöht wird (Mitchell et al. 1997). Der zugrundeliegende Stakeholder-Ansatz bedingt folglich eine Erweiterung der in der Literatur enthaltenen Kriterien, die hinsichtlich der empirischen Anforderungen eine erste Orientierungsfunktion aufweisen (Bierwisch et al. 2014).

Die Umsetzung der stakeholderspezifischen Fragebögen wird im nächsten Prozessschritt *Realisierung der Interviews* vorgenommen.⁴⁸ Die Durchführung kann dabei telefonisch, sollte jedoch, wenn möglich face-to-face realisiert werden, da diese Art der Interviewdurchführung gegenüber telefonischen Interviews wesentliche Vorteile aufweist. Einerseits liefert dieses Vorgehen einen höheren Ertrag an gewonnen Information, andererseits gewährleistet es dem Interviewer eine bessere Kontrolle über das Gespräch (Gläser und Laudel 2009).

Im weiteren Verlauf sieht das Vorgehensmodell eine Volltranskription der Interviewaufnahmen vor, um diese anschließend im Rahmen einer qualitativen Inhaltsanalyse zu strukturieren. Hierzu wird sich dem Verfahren der *MAXQDA-Codierung*⁴⁹ bedient, welches ein Codesystem relevanter Anforderungen bzw. Kriterien erzeugt und sodann, in Abgleich mit der literaturbasierten Mindmap, in den folgenden Prozessschritt einfließt.

Das Arbeitsergebnis in Form des abgeglichenen Codesystems wird im nächsten Teilschritt anhand einer weiteren Beurteilungshilfe im folgenden Prozessabschnitt *Synthese Kriterienset und –katalog* verifiziert. Der final erstellte Kriterienkatalog wird erstmalig in der projektspezifischen Datenbank gespeichert und im Anschluss einer Qualitätsprüfung unterzogen, welche über den Aktualisierungsbedarf des Kataloges entscheidet.

Die *Aktualisierung* verweist in Assistenz einer spezifischen Beurteilungshilfe und je nach Qualitätsniveau zurück auf die Pfadpunkte *Literaturrecherche*, *Entwicklung spezifischer Fragebögen* bzw. *Realisierung der Interviews*. Der hier verfolgte Ansatz gleicht der sukzessiven Erweiterung des Codesystems, bis dieses als gesättigt angesehen werden kann. Das optimale und gewünschte Qualitätsniveau beendet die Anwendung des Erweiterungsmodells *Identifikation von Kriterien* und führt zurück zum Erweiterungsmodell *Identifikation von Stakeholdern*.

⁴⁸ Weiterführende und vertiefende Literatur zur Methode des Experteninterviews bieten Meuser und Nagel 2005 sowie Liebold und Trinczek 2009.

⁴⁹ Die MAXQDA-Codierung stellt eine softwarebasierte Form der qualitativen Inhaltsanalyse dar. Zur weiterführenden und vertiefenden Analyse vgl. Kuckartz 2010 sowie Mayring 2010.

4.4.3 Erweiterungsmodell SIRA-Value in Use - Workshops

Nachfolgend wird das Erweiterungsmodell *SIRA-Value in Use – Workshops* beschrieben (vgl. Abb. 4-13). Es dient der Strukturierung und Durchführung des Bewertungskonzepts. Die Bewertung erfolgt anhand des charakteristischen Musters der multikriteriellen Analyse (Belton und Stewart 2002), wohingegen das Gestaltungskonzept der Workshops dem Anwender vielfältige Optionen der Durchführung bietet.

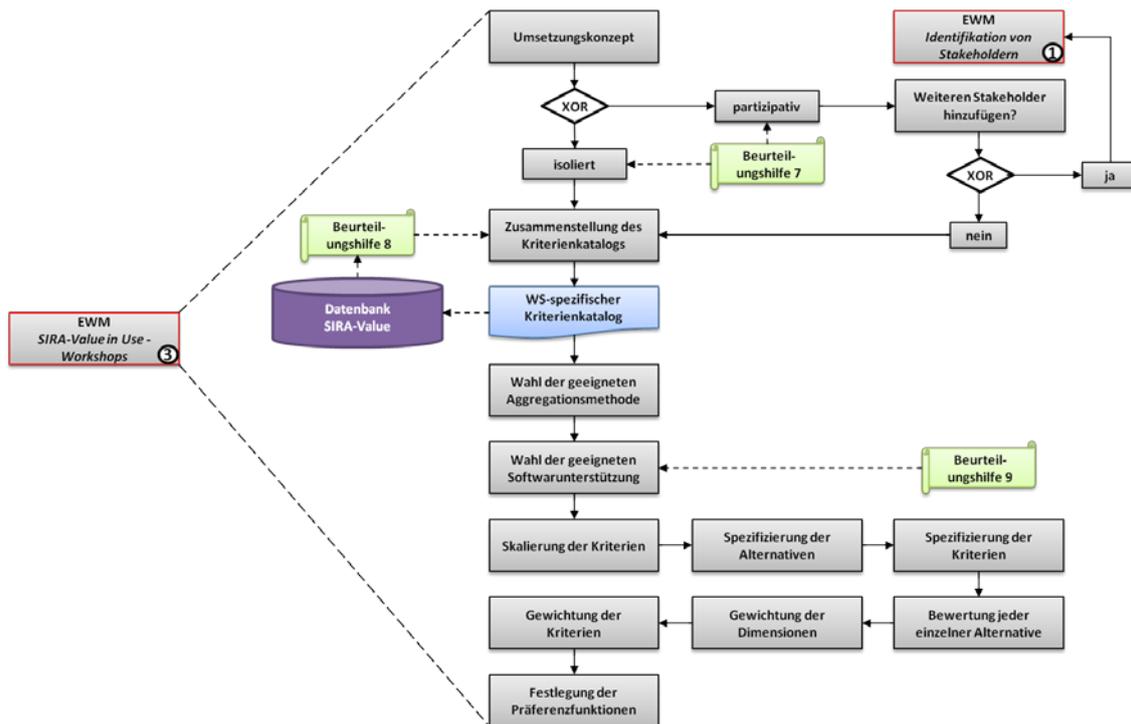


Abbildung 4-13: Erweiterungsmodell *SIRA-Value in Use - Workshops*
(Eigene Darstellung)

Zunächst wird der Anwender vor die Entscheidung des *Umsetzungskonzepts* gestellt. Hierbei besteht die Möglichkeit auf einen isolierten oder einen partizipativen Prozess zurückzugreifen. Der Begriff des Workshops ist dabei als Durchführungskonzept der Bewertung bzw. Gewichtung zu sehen und kann in isolierter Form, z.B. als Online-Befragung oder als partizipativer Prozess, in Form eines offenen Prozesses zur Förderung der Diskussion und Kreativität, durchgeführt werden. Im Rahmen partizipativer Entscheidungsprozesse werden häufig Workshops mit Stakeholdern unterschiedlicher Fachbereiche durchgeführt, um letztendlich vor dem Hintergrund der Diversität einen Konsens zu erzielen (Andrews 2003). Zusätzlich wird dem Anwender die Möglichkeit geboten, weitere Stakeholder in den Prozess zu integrieren, um eine reduzierte Komplexität des Bewertungskonzepts zu erzielen. So bietet sich bspw. die Zusammenfassung von Stakeholder-Gruppen an, die gemeinsam am Workshop teilnehmen sollen.

Ausgehend von der Anzahl der involvierten Stakeholder erfolgt anschließend die *Zusammenstellung des Kriterienkatalogs*. Dieser ist gemäß den beteiligten Stakeholder workshop-spezifisch anzupassen und wird als Dokument in der Datenbank hinterlegt.

Die *Wahl der geeigneten Aggregationsmethode* stellt eine wesentliche Grundlage der multikriteriellen Bewertung dar und wurde aufgrund dessen ausführlich, für den vorliegenden Anwendungsfall, innerhalb der theoretischen Grundlagen dieser Arbeit behandelt (vgl. Kapitel 3.2). Es bleibt dem Anwender jedoch selbst überlassen eine andere Methode der nutzentheoretisch basierten Modelle oder der Outranking-Ansätze zu berücksichtigen. Zur Auswahl der angemessenen Methode liefert die Literatur zahlreiche Studien (Guitouni und Martel 1998). In einigen Fällen kann es unter Umständen von Nutzen sein unterschiedliche Methoden miteinander zu kombinieren (Goletsis et al. 2003). Auch die parallele vergleichende Anwendung unterschiedlicher Verfahren erfreut sich großer Popularität (Ananda und Herath 2006), (Sanchez 2002).

Der Forderung nach einem effektiven und transparenten Entscheidungsprozess wird durch die Implementierung des Elements *Wahl der geeigneten Softwareunterstützung* Rechnung getragen. Die Anzahl der am Markt verfügbaren Softwarepakete, die eine oder mehrere der einführend dargestellten Verfahren umsetzen, ist groß und scheint angesichts der schnell voranschreitenden Entwicklung von Softwaresystemen nicht abzubrechen. Weistroffer et al. liefern bspw. eine Übersicht gängiger Softwarepakete zur Durchführung multikriterieller Analysen (Weistroffer et al. 2005).

Zur Abfrage der Kriterienausprägung erlauben die meisten Verfahren der multikriteriellen Analyse die Berücksichtigung von Informationen quantitativer, wie auch qualitativer Art. Der Prozessschritt *Skalierung der Kriterien* sieht zuallererst die Einstufung sämtlicher Kriterien qualitativer oder quantitativer Art vor, um anschließend die Skalenart⁵⁰ und dessen Messgröße⁵¹ zu definieren. Alle Informationen sind in der stakeholder-spezifischen Bewertungsmatrix zu vermerken.

Darüber hinaus erfordert das weitere Vorgehen die *Spezifizierung der Alternativen und Kriterien*, aufbauend auf der Vorauswahl der Alternativen sowie dem workshop-spezifischen Kriterienkatalog. Insbesondere hinsichtlich der Beschreibung der Alternativen erfordert die multikriterielle Analyse eine klare Abgrenzung, um eine eindeutige Bewertungsgrundlage für alle Entscheidungsträger zu schaffen und somit Verzerrun-

⁵⁰ Die am meisten verwendete Klassifikation führt auf Stevens zurück (Stevens 1946). Dieser unterscheidet Nominal-, Ordinal-, Intervall- und Verhältnisskalen.

⁵¹ Die Messgröße ist insbesondere für die Unterscheidung von Informationen quantitativer Art von Relevanz. Hierbei kann es sich bspw. um wirtschaftliche Kennzahlen wie Euro oder leistungsbezogene Angaben wie kWh handeln.

gen in der Bewertung zu vermeiden. Bezüglich des Kriterienkatalogs sieht dieser Schritt die Erweiterung bzw. Reduktion vor, welche idealerweise in Zusammenarbeit mit den Stakeholdern innerhalb des Workshops getroffen werden (Stagl 2006).

Seitens der Stakeholder erfolgt anschließend die *Bewertung jeder einzelnen Alternative*, welche später als Eingangsgröße in die multikriterielle Bewertung einfließt, anhand der zuvor ausgewählten Skala. Wohingegen die *Gewichtung der Dimensionen und Kriterien* einmalig und unabhängig von den Alternativen erfolgt. Diese sollen die subjektiven Wertvorstellungen der Stakeholder reflektieren. Eine simple Methode der Gewichtung stellt die Gleichverteilung der Wertvorstellung dar, indem jedes Kriterium zumindest zu Beginn mit dem gleichen Wert belegt wird (Basson und Petrie 2007). Weitere Methoden bestehen in der Vergabe von Punkten (Renn 2003), der Zuordnung auf einer Skala (Papadopoulos und Karagiannidis 2008) oder der Eingruppierung in vorgefertigten Kategorien von Bedeutungen (Güngör und Arikan 2000). Weitere Ansätze sehen die Aufstellung eines Rankings von Bewertungsdimensionen und -kriterien, um darauffolgend eine Gewichtung abzuleiten (Daim et al. 2009). Die Gewichtungsmethoden sind ebenso weitreichend wie vielfältig und bieten gerade bezüglich der Anwendung nutzentheoretisch basierter Modelle zusätzliche Alternativen, oftmals basierend auf Trade-off-Analysen mit den Entscheidungsträgern (Hämäläinen und Karjalainen 1992). Aufgrund der Verwendung von Outranking-Verfahren im Rahmen dieser Arbeit, wird jedoch auf eine detaillierte Analyse verzichtet.

Der abschließende Teilschritt *Festlegung der Präferenzfunktionen* stellt ein optionales Element im Referenzvorgehensmodell dar und tritt lediglich im Zusammenhang der ausgewählten Aggregationsmethode PROMETHEE ein. Die theoretischen Grundlagen wurden in Kapitel 3 bereits ausgiebig beschrieben. Brans et al. liefern Empfehlungen die zur Auswahl der passgenauen Präferenzfunktion führen (Brans et al. 1986).

4.4.4 Erweiterungsmodell SIRA-Value in Use - Assessment

Basierend auf den seitens der Stakeholder erarbeiteten Ergebnissen des vorgelagerten Workshops, wird im Erweiterungsmodell *SIRA-Value in Use – Assessment* die Aggregation der Kriterienausprägungen, unter Zuhilfenahme des jeweiligen Softwarepakets, durchgeführt. Abb. 4-14 stellt die zeitlogische Abfolge des Modells graphisch dar.

Zur Zielerreichung sieht der erste Schritt des Erweiterungsmodells die vorläufige Ausrichtung der im weiteren Verlauf der Anwendung folgenden Sensitivitätsanalysen vor, welche das am häufigsten eingesetzte Verfahren zur *Berücksichtigung von Unsicherheiten* sind (Oberschmidt 2010). Dem Anwender des Modells wird hierbei die Möglichkeit geboten zwischen der Berücksichtigung von Unsicherheit hinsichtlich der Bestim-

mung der Kriterienausprägung bezüglich jeder Alternative, der Gewichtung von Kriterien und Dimensionen sowie der Aggregation der Kriterienausprägungen zur Gesamtwertung zu differenzieren. Zudem werden dem Anwender optional die Berücksichtigung mehrerer Faktoren sowie die Berücksichtigung keiner Unsicherheitsfaktoren angeboten. Die häufigste Anwendung stellt die Variation der Gewichtung dar, indem der Anwender entweder fiktive Gewichtungssets aufstellt (Doukas et al. 2007) oder in Kooperation mit dem jeweiligen Stakeholder Feedbackschleifen durchführt (Løken et al. 2009). Die Realisierung von Sensitivitätsanalysen erfolgt im folgenden Erweiterungsmodell und wird dort detailliert angesprochen, jedoch erfordern einige Softwaretools vorab die Bearbeitung von Daten, was eine vorläufige Erfassung erforderlich macht.

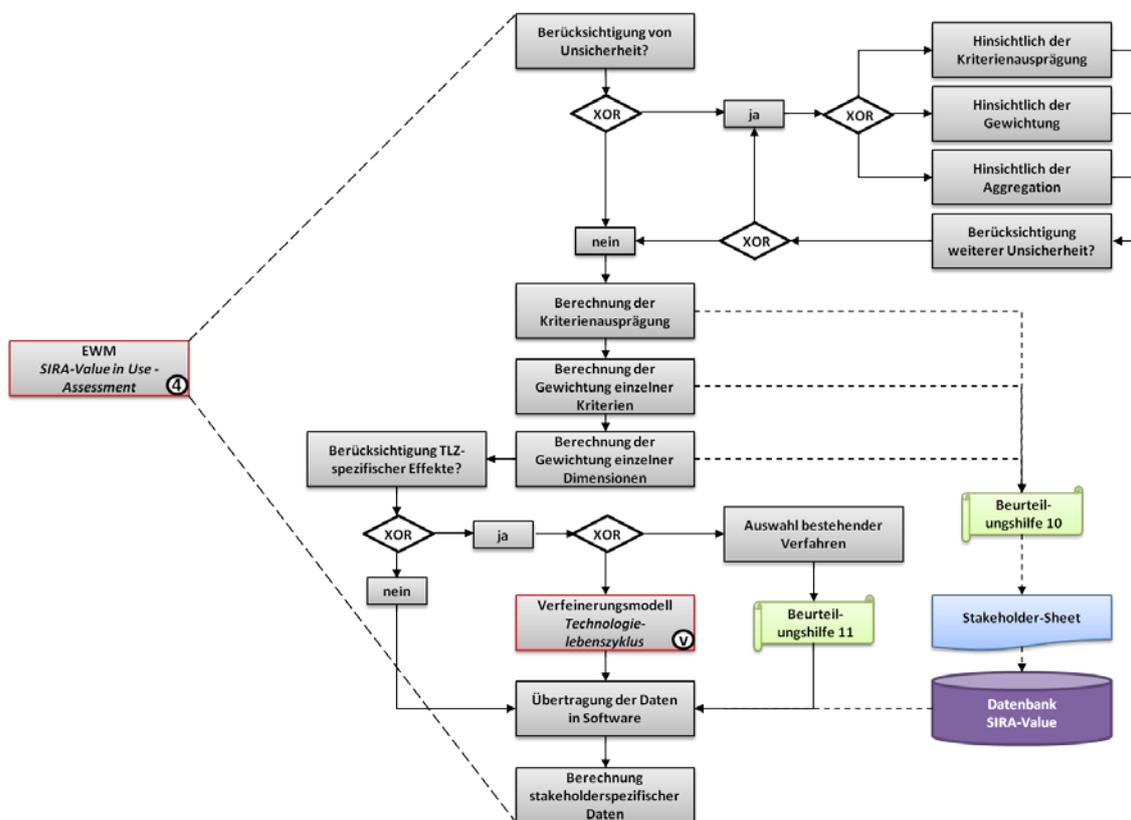


Abbildung 4-14: Erweiterungsmodell *SIRA-Value in Use - Assessment*
(Eigene Darstellung)

Das weitere Vorgehen erfordert die *Berechnung der Kriterienausprägung* sowie die *Berechnung der Gewichtung einzelner Kriterien und Dimensionen*. Hierbei empfiehlt sich die Erstellung eines Stakeholder-Sheets, welches sämtliche relevanten Daten des Stakeholder bzw. der Stakeholder-Gruppen auf Basis der Bewertungsmatrix strukturiert und unter Assistenz einer Beurteilungshilfe zusammenfasst. Alle gesammelten Daten werden abschließend in der projektspezifischen Datenbank hinterlegt.

Der folgende Abschnitt des vorliegenden Erweiterungsmodells umfasst die *Berücksichtigung technologielebenszyklusspezifischer Effekte* und somit den Einbezug von Unsicherheit hinsichtlich der Gewichtung. Dem Anwender soll dabei die Option geboten werden auf die Integration jener Effekte zu verzichten oder auf ein bestehendes Verfahren bzw. das in der vorliegenden Arbeit entwickelte Verfeinerungsmodell *Technologielebenszyklus* zurückzugreifen. Eine Beurteilungshilfe gibt Aufschluss über die Existenz bestehender Verfahren, wohingegen das spezifische Verfeinerungsmodell für den speziellen Anwendungsfall in Kapitel 5 entwickelt wird. Die abschließende *Übertragung der Daten* erfolgt anhand des zuvor ausgewählten Softwarepakets und mündet in der Berechnung der stakeholder-spezifischen Daten.

4.4.5 Erweiterungsmodell Zusammenführung der Ergebnisse

Nachfolgend wird das Erweiterungsmodell *Zusammenführung der Ergebnisse* beschrieben (vgl. Abb. 4-15). Zunächst wird der Anwender vor die Frage gestellt wie viele unterschiedliche Perspektiven bzw. *Stakeholder-Sheets* er in den Ergebnisdarstellung berücksichtigen möchte. Handelt es sich dabei um mehr als eine Perspektive, ist eine *Verschmelzung der Informationen* sowie die hieraus resultierenden *Aggregation* der Daten vonnöten, um auf dessen Basis die weiteren Schritte durchführen zu können.

Im Arbeitsschritt *Sensitivitäts- und Robustheitsanalysen* werden Methoden zur Berücksichtigung von Unsicherheit zusammengefasst. Die Variierung von Gewichtungen, sei es hinsichtlich Dimension oder Kriterien, stellt dabei typischerweise den häufigsten Anwendungsfall dar. Ein vielfach verwendetes Verfahren besteht in der Analyse sogenannter Stabilitätsintervalle der Kriteriengewichtungen, welche Auskunft über den Spielraum von Gewichtungsänderungen geben, ohne eine Rangfolgenänderung der Alternativen hervorzurufen (Burton und Hubacek 2007). Zahlreiche Softwarepakete bieten dem Nutzer die Möglichkeit anhand eines Schiebereglers die Gewichtung interaktiv zu variieren und somit eine graphisch anschauliche Visualisierung des Einflusses sich ändernder Gewichtungen zu verdeutlichen. In einem dynamischen Modell, welches die übrigen Kriterien der Änderung anpasst, spricht man von sogenannten *Walking Weights* (Tsoutsos et al. 2009). Darüber hinaus besteht bei der Anwendung von Outranking Verfahren die Möglichkeit, hinsichtlich der gewählten Präferenzfunktionen Schwellenwerte zu variieren bzw. im Falle der Anwendung von PROMETHEE, die gesamte Präferenzfunktion zu ändern (Geldermann et al. 2002). Eine weitere Form der Sensitivitätsanalyse stellt die Veränderung der Gewichtungs- oder Aggregationsmethode dar, um folglich eine vergleichende Analyse der Ergebnisse durchzuführen (Erdogmus et al. 2006). Zusätzlich hat der Anwender die Option Wahrscheinlichkeiten bezüglich der Ausprägungen zu definieren, um auf diese Weise Unsicherheit abzubilden (Heinrich et al. 2007). Zur Berücksichtigung von Unsicherheiten hinsichtlich der

Kriterienausprägung ist die Einbindung von Fuzzy-Zahlen eine häufig verwendete Methode. Diese können, bspw. basierend auf Intervallen bzw. Verteilungen, Eingang in die Bewertung finden, wodurch eine Festsetzung von Wahrscheinlichkeiten umgangen werden kann (Siskos und Hubert 1983). Den Möglichkeiten der Sensitivitäts- und Robustheitsanalysen scheinen dabei kaum Grenzen gesetzt, zumal die Entwicklung neuartiger Softwaretools rasant voranschreitet. Geldermann et al. sowie Treitz geben Einblicke in weitere Formen dieser Analysearten (Geldermann et al. 2003), (Treitz 2006). Die Wahl des passenden Ansatzes sollte dabei immer hinsichtlich dessen Komplexität und Verständlichkeit getroffen werden, da nur so die Transparenz des Prozesses gewährleistet wird. Im Rahmen der Sensitivitäts- und Robustheitsanalysen erstellte Diagramme und Tabellen werden in der Datenbank hinterlegt.

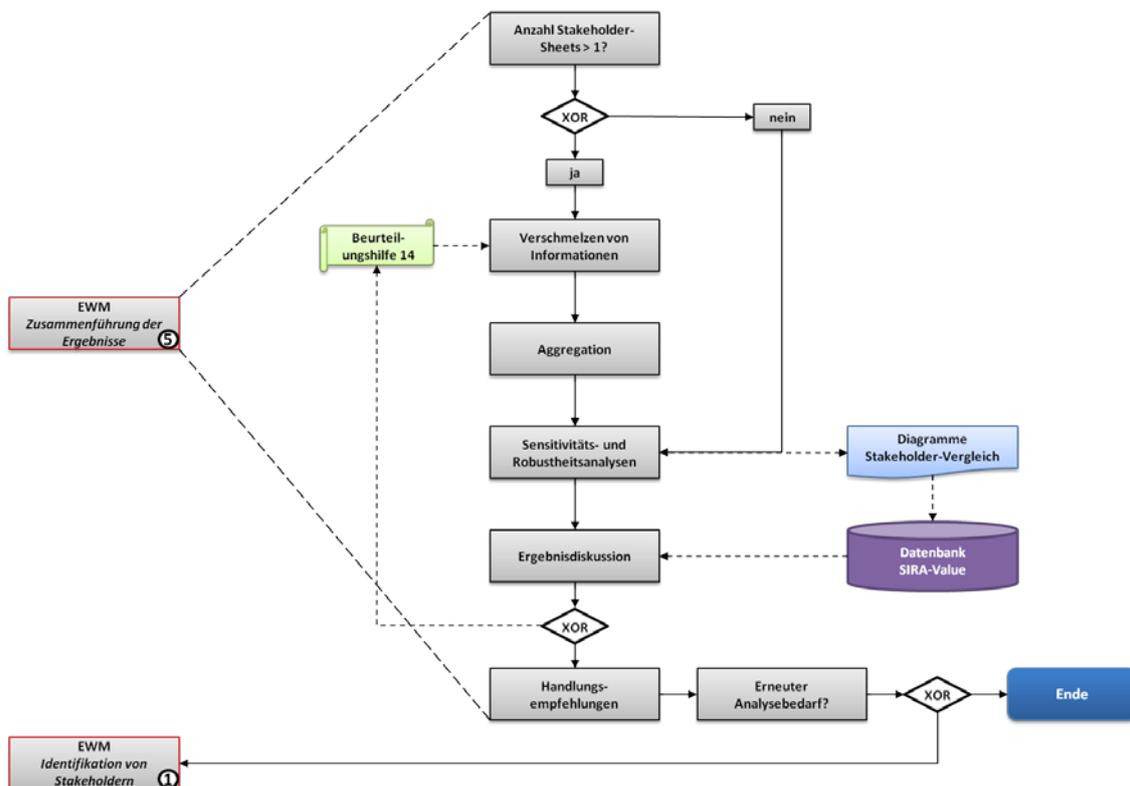


Abbildung 4-15: Erweiterungsmodell *Zusammenführung der Ergebnisse*
(Eigene Darstellung)

Die anschließende *Ergebnisdiskussion* auf Basis der zuvor ausgetragenen Analysen und hinterlegten Dokumente entscheidet über die Berücksichtigung bzw. Eliminierung von Stakeholder-Perspektiven, um ggfs. einen spezifischeren Blick auf die Problemstellung zu realisieren. Hierzu wird unter Assistenz einer Beurteilungshilfe auf den Arbeitsschritt *Verschmelzung von Informationen* zurück verwiesen. Die hinreichende Ergebnisqualität stellt das Abbruchkriterium des Referenzvorgehensmodells dar. Sollte

diese nicht erfüllt sein führt die Modellstruktur den Anwender zurück zum Erweiterungsmodell *Identifikation von Kriterien*, um ggfs. einen weiteren Durchlauf des Referenzvorgehensmodells, entsprechend den Anforderungen zur Nachbesserung der Ergebnisse, anzustoßen.

4.4.6 Referenzvorgehensmodell

Die abschließende Abbildung stellt das Grobgerüst des Vorgehensmodells dar und fasst den zeitlogischen Zusammenhang der erstellten Erweiterungs- bzw. Verfeinerungsmodelle zusammen, ohne diese zu detaillieren (vgl. Abb. 4-16). Es setzt sich aus den Erweiterungsmodellen *Identifikation von Stakeholdern*, *Identifikation von Kriterien*, *SIRA-Value in Use – Workshop*, *SIRA-Value in Use – Assessment* und *Zusammenführung der Ergebnisse* sowie dem Verfeinerungsmodell *Technologielebenszyklus* zusammen. Die Pfeile definieren die Schnittstellen zwischen den jeweiligen Modellen.

Beginnend mit dem zentralen Erweiterungsmodell *Identifikation von Stakeholdern*, welches alle weiteren Modelle anspricht, werden sämtliche Erweiterungsmodelle nacheinander durchlaufen. Bei mehrmaliger Anwendung des Modells stellt das Erweiterungsmodell *Identifikation von Kriterien* ein optionales Modell dar. Für jeden Stakeholder werden sequentiell die Erweiterungsmodelle *SIRA-Value in Use – Workshop* und *SIRA-Value in Use – Assessment* durchlaufen. Der Einsatz einer Beurteilungshilfe steuert dabei die Zusammenfassung mehrerer Gruppen von Stakeholdern, um die Prozesskomplexität sowie die damit verbundene Anzahl an Wiederholungen der modellierten Schleife zu reduzieren. Auf das Verfeinerungsmodell *Technologielebenszyklus* wird hierbei optional zugegriffen. Haben alle relevanten Stakeholder die Erweiterungsmodelle durchlaufen ist die gruppenspezifische Bewertung abgeschlossen und das Erweiterungsmodell *Zusammenführung der Ergebnisse* beschließt den Prozess, sofern die gewünschte Ergebnisqualität erzielt wurde.

Das Erweiterungsmodell *Zusammenführung der Ergebnisse* umfasst die Aufbereitung und Visualisierung der gesammelten Daten. Der diesbezügliche Erkenntnisgewinn kann den Anwender dazu veranlassen weitere Stakeholder-Perspektiven in die Bewertung zu integrieren bzw. die Spezifizierung besonders relevante Bewertungskriterien anzustoßen. In diesem Falle wird auf das zentrale Element *Identifikation von Stakeholdern* zurück verwiesen.

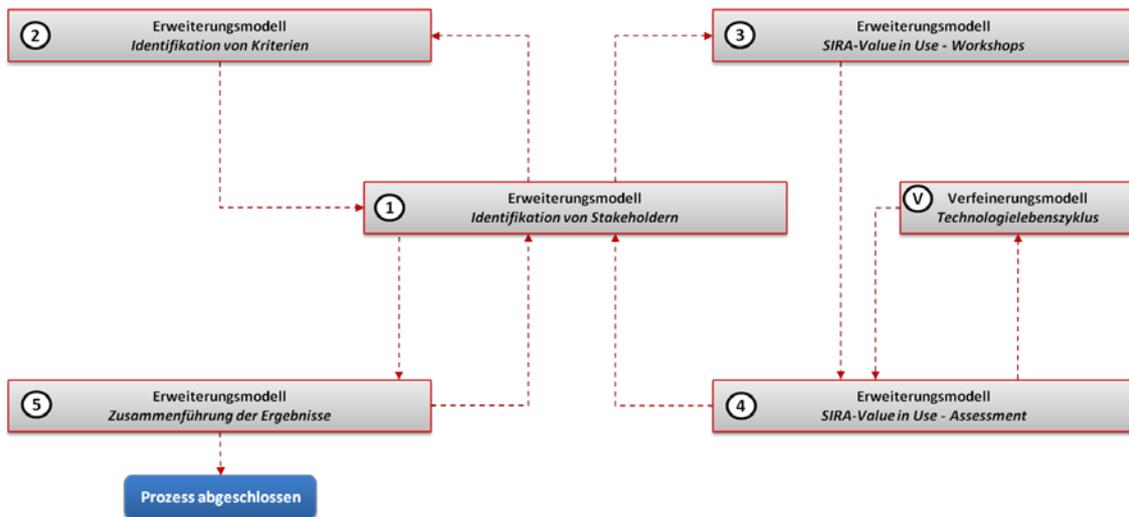


Abbildung 4-16: Entwickeltes Referenzvorgehensmodell und seine Verknüpfungen
(Eigene Darstellung)

4.5 Zwischenfazit

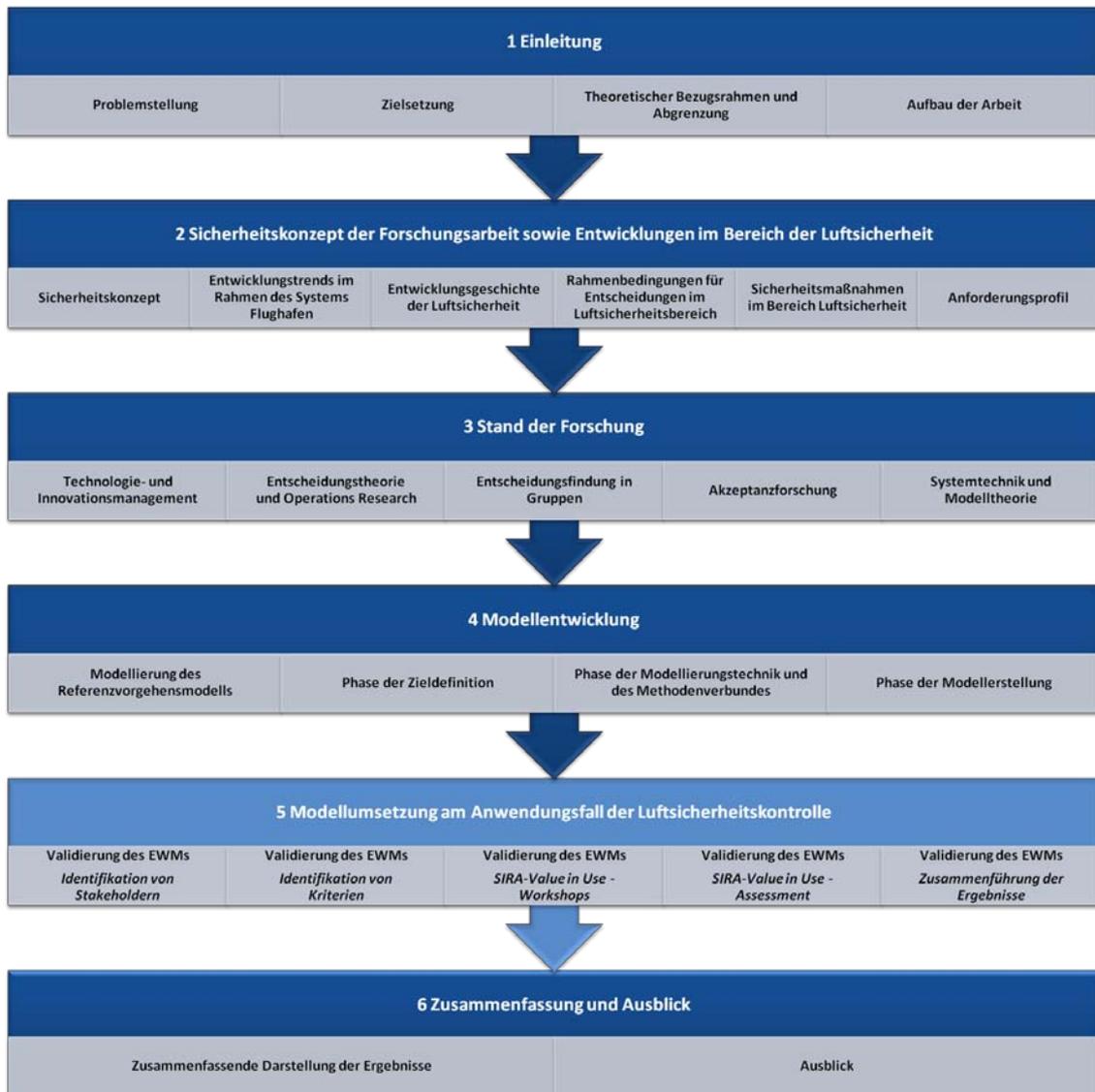
Kapitel 4 befasst sich mit der Entwicklung eines Referenzvorgehensmodells zur systematischen Umsetzung eines Konzepts zur multikriteriellen Bewertung innovativer Sicherheitstechniken. Hinsichtlich der Erarbeitung der Zieldefinition, innerhalb der ersten Phase, wurde der Anwendungsbereich analysiert und darauf basierend eine Anforderungsanalyse initiiert, auf dessen Grundlage die Zieldefinition des zu entwickelnden Referenzvorgehensmodells formuliert wurde.

Gegenstand von Phase zwei waren die Untersuchung und Entwicklung von Modellierungsansätzen sowie die Entwicklung eines geeigneten Methodenverbundes. Hinsichtlich der Analyse von Modellierungsansätzen erwies sich das aktivitätsorientierte Verfahren als zielführend, da es das zeitlogische Vorgehen in geeigneter Weise abbildet. Darüber hinaus wurde das bestehende Symbolarchiv um jene Symbole erweitert, welche sich für die im weiteren Verlauf der Arbeit erfolgende Referenzmodellierung als notwendig erwiesen. Des Weiteren wurde, ausgehend von den methodischen Anforderungen an das zu entwickelnde Referenzvorgehensmodell, ein Bewertungskonzept erstellt, welches die methodischen Elemente strukturiert. Dieses Konzept erfuhr anschließend eine spezifische Erweiterung, indem relevante Elemente zur Durchführung einer multikriteriellen Analyse berücksichtigt und softwarebasierte Komponenten einbezogen wurden. Ausgehend von den Herausforderungen der Technikbewertung im Luftsicherheitsbereich wurde somit eine Bewertungsstruktur erschaffen, die flexibel anwendbar und auf weitere Anwendungsbereiche übertragbar ist.

Phase 3 beschreibt die Entwicklung unterschiedlicher Erweiterungsmodelle, welche das zeitlogische Vorgehen der Bewertung definieren. Ausgehend von der Identifikation der im Prozess zu berücksichtigenden Stakeholder wird die Basis für eine erfolgreiche Bewertung, in Form eines Kataloges von Bewertungskriterien, entwickelt. Die Erarbeitung eines solchen Kataloges, für den Anwendungsfall Luftsicherheit, wird im folgenden Kapitel exemplarisch durchgeführt und soll, ggfs. unter spezifischen Modifizierungen, als Grundlage für weitere Anwendungen dienen.

Die Erweiterungsmodelle *SIRA-Value in Use – Workshop* und *SIRA-Value in Use – Assessment* beschreiben die zeitlogische Abfolge der Bewertung und werden von jedem relevanten Stakeholder durchlaufen. Ausgehend vom entwickelten Workshopkonzept, welches die Zusammenführung von Stakeholder-Gruppen erlaubt und somit den Prozessaufwand eingrenzt, wird dem Anwender die Möglichkeit geboten, eigenständig ein individuelles Bewertungskonzept zusammenzustellen. Auf das in Kapitel 5 für den Anwendungsfall der Luftsicherheitskontrolle entwickelte Verfeinerungsmodell *Technologielebenszyklus* zur Abbildung des technologischen Wandels wird hierbei optional zugegriffen. Haben alle relevanten Stakeholder die Erweiterungsmodelle durchlaufen ist die gruppenspezifische Bewertung abgeschlossen.

Abschließend wurde das Erweiterungsmodell *Zusammenführung der Ergebnisse* entwickelt. Es beinhaltet die Zusammenführung, Aufbereitung und Visualisierung der gesammelten Daten, auf Basis dessen der Anwender Handlungsempfehlungen zur Entscheidungsunterstützung ableitet und auf Basis des realisierten Erkenntnisgewinns über die Integration weiterer Stakeholder-Perspektiven entscheidet. Darüber hinaus besteht die Möglichkeit zur Fokussierung auf Teilausschnitte der Bewertung, um eine isolierte Betrachtung besonders relevanter Bewertungskriterien anzustoßen. Die gewünschte Ergebnisqualität beendet den Prozess und fixiert ggfs. den nächsten Bewertungsdurchlauf, andernfalls wird auf das zentrale Element Identifikation von Stakeholdern zurück verwiesen.



5 Modellumsetzung am Anwendungsfall der Luftsicherheitskontrolle

Um das entwickelte Referenzvorgehensmodell zu validieren werden die jeweiligen Erweiterungsmodelle *Identifikation von Stakeholdern*, *Identifikation von Kriterien*, *SIRA-Value in Use – Workshops*, *SIRA-Value in Use – Assessment* und *Zusammenführung der Ergebnisse* im vorliegenden Kapitel auf konkrete Fragestellungen des Luftsicherheitsbereichs angewendet. Im Anwendungsfall⁵² wird auf die Bestimmung relevanter Einflussfaktoren abgezielt, welche maßgeblich die Akzeptanz bzw. Ablehnung von Sicherheitstechniken im öffentlichen Raum beeinflussen. Das Ziel besteht darin, die Anwendbarkeit des Vorgehensmodells hinsichtlich der Identifikation stakeholder-spezifischer Bewertungskriterien sowie der Überführung jener Kriterien in ein integratives Bewertungssystem aufzuzeigen, um daraufhin als generalisierbares Verfahren für zukünftige Anwendungen hinsichtlich Investitionsentscheidungen im Bereich der Luftsicherheit zu dienen. Ausgehend vom Fokus auf die gegenwärtige und zukünftige Ausgestaltung der Passagier- und Handgepäckkontrolle am Flughafen werden nachfolgend die einzelnen Erweiterungsmodelle des Referenzvorgehensmodells umgesetzt.

5.1 Validierung des Erweiterungsmodells Identifikation von Stakeholdern

Beginnend mit dem Erweiterungsmodell *Identifikation von Stakeholdern* wird im vorliegenden Abschnitt einerseits eine Vorauswahl der zu bewertenden Technikalternativen und andererseits die Identifikation relevanter, betroffener Akteure aus dem Bereich der Luftsicherheit durchgeführt, um auf Grundlage dessen die relevanten Bewertungsmatrizen zu entwickeln.

5.1.1 Vorauswahl der Alternativen

Die Vorauswahl der zu bewertenden Alternativen stellt den Ausgangspunkt des MCDA-Prozesses dar und wird durch das Betrachtungsfeld sowie die konkrete Problemstellung eingegrenzt. Zur Identifizierung bedeutsamer Alternativen im Luftsicherheitsbe-

⁵² Der vorliegende Anwendungsfall steht in engem Zusammenhang mit dem Verbundprojekt SIRA („Sicherheit im öffentlichen Raum“), welches im Rahmen dieser Forschungsarbeit als Dissertationsprojekt diente. Die schwerpunktmäßige Eigenleistung lag dabei in der eigenständigen Durchführung von Literaturanalysen bzw. Experteninterviews zur Identifikation relevanter Bewertungskriterien, der Erarbeitung differenzierter Technikalternativen, der mitwirkenden Konzeption und Durchführung zweier partizipativer Stakeholder-Workshops sowie der Auswertung der im Rahmen der Workshops erarbeiteten Daten. Vgl. SIRA, unter: www.sira-security.de [abgerufen am: 18.11.2014]

reich können Expertenbefragungen dazu dienen vorab nicht relevante Alternativen, hinsichtlich der Fragestellung bzw. deren Umsetzbarkeit anhand spezifischer Hemmnisse, auszuschließen (Oberschmidt 2010). Hierbei dienten insbesondere die Fraport AG sowie die Deutsche Lufthansa AG als Austauschpartner, deren Bedarfe durch die Auswahl der zu betrachtenden Sicherheitstechniken Rechnung getragen werden sollte. Darüber hinaus wurde als primärer Modellanwender der *Flughafenbetreiber* identifiziert, welcher schlussendlich auch im Interesse seiner ansässigen Fluglinien agiert. Auf technischer Ebene lag der Fokus auf denjenigen Techniken, welche hinsichtlich relevanter Kriterien wie bspw. der Relevanz für den Flughafenbetreiber, Aktualität, gesellschaftliche Relevanz sowie der Positionierung der Technik in der Lebenszyklusphase von Interesse waren. Ausgehend vom Fokus auf den Bereich der Passagier- und Handgepäckkontrolle wurde das Untersuchungsobjekte final eingegrenzt und mündete zum einen in der Priorisierung des *Status Quo*⁵³, als Personen- und Handgepäckkontrolle wie sie heute auf europäischer Ebene annähernd einheitlich praktiziert wird, und zum anderen in der Definition eines zukünftigen Konzepts, basierend auf dem, seitens der IATA entwickelten, *Checkpoint of the Future*.

5.1.1.1 Status Quo der Luftsicherheitskontrolle

Die Luftsicherheitskontrolle bzw. die Passagier- und Handgepäckkontrolle regelt im Allgemeinen den Übergang zwischen dem nicht-sicherheitskontrollierten Bereich der Landseite und dem sicherheitskontrollierten Bereich der Luftseite, wobei Fluggäste und deren Handgepäck überprüft werden, so dass keine gefährlichen Gegenstände bzw. Gefahrenstoffe in den sicherheitskontrollierten Bereich und damit auch die Flugzeuge gelangen können (vgl. Kapitel 2.5.1). Nachfolgende Abbildung stellt den Prozess der Sicherheitskontrolle, wie wir sie heute kennen graphisch, sprich den *Status Quo*, dar (vgl. Abb. 5-1).

⁵³ Unter dem Status Quo wird die heutige Luftsicherheitskontrolle, wie sie der Großteil deutscher Flughäfen durchführt, verstanden. Sie beinhaltet im Wesentlichen Techniken zur Metalldetektion, wie die Hand- und Torbogensonde sowie Techniken auf Basis von Röntgengeräten zur Überprüfung des Handgepäcks. Der Status Quo schließt folglich die Technik des Security Scanners aus, dessen zehnmonatige Testphase in Deutschland am Flughafen Hamburg und dessen Einführung am 23.11.2012 am Flughafen Frankfurt sich mit der Ausarbeitung dieser Arbeit und der Durchführung der stakeholderspezifischen Workshops überschneidet. Vgl. Spiegel, unter: <http://www.spiegel.de/reise/aktuell/frankfurter-flughafen-nutzt-ab-sofort-nacktscanner-im-normalen-betrieb-a-868952.html> [abgerufen am 04.11.2014]

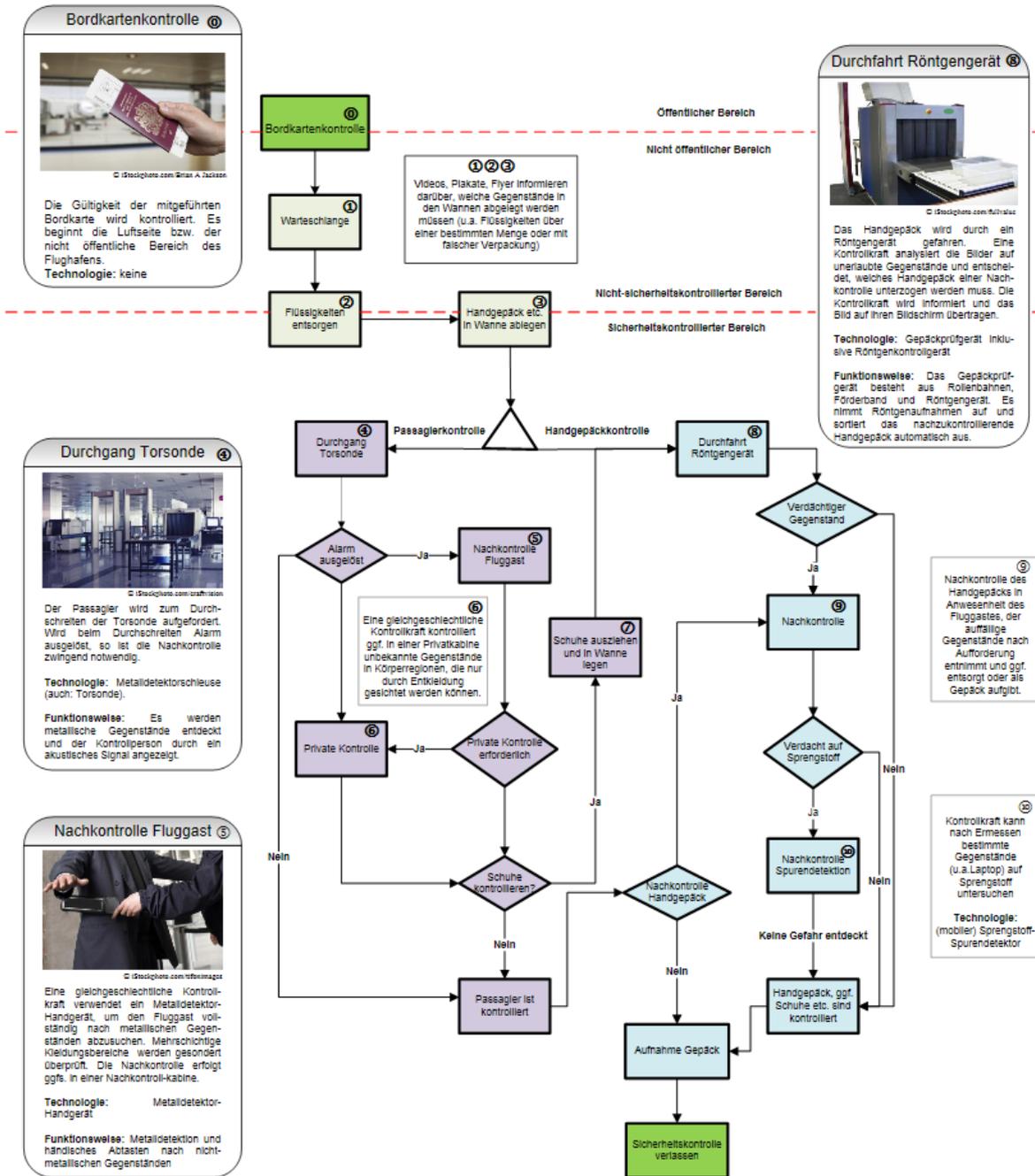


Abbildung 5-1: Prozessdarstellung des Status Quo (Eigene Darstellung)

Beginnend mit der Bordkartenkontrolle, welche die Gültigkeit des mitgeführten Tickets überprüft, findet der Übergang vom öffentlichen in den nicht-öffentlichen Bereich bzw. von der Landseite hin zur Luftseite statt. In diesem nicht-sicherheitskontrollierten Bereich bereitet sich der Fluggast auf die bevorstehende Kontrolle vor, begibt sich zur Kontrollstelle und entsorgt ggfs. mitgeführte unerlaubte Gegenstände und Flüssigkeiten. Darauf folgend beginnt der Abschnitt der zweigeteilten Kontrolle und somit der Grenzbereich zum sicherheitskontrollierten Gebiet. In einem parallel ablaufenden Prozess wird einerseits die Passagierkontrolle durchgeführt und andererseits das Handgepäck auf die Mitführung unerlaubter Gegenstände geprüft. Auf technischer Ebene wird sich, im Falle der Handgepäckkontrolle, einem Gepäckprüfgerät auf Basis eines Röntgenscanners bedient, wohingegen die Passagierkontrolle anhand einer Metalldetektorschleuse, auch Torbogensonde genannt, sowie einer Handsonde zur Metalldetektion für eventuelle Nachkontrollen durchgeführt wird. In Verdachtsfällen kann seitens des Luftsicherheitsassistenten zudem auf die Option der privaten Kontrolle zurückgegriffen werden. Ist der Kontrollprozess erfolgreich abgeschlossen gilt der Fluggast als sicherheitskontrollierter Passagier. Dieser Ansatz der Kontrolle wird in der Fachbranche auch als *One Size Fits All-Ansatz* bezeichnet, da hier jeder Passagier als gleicher Risikofaktor eingestuft wird.⁵⁴

5.1.1.2 Zukunftsmodell in Anlehnung an den Checkpoint of the Future

Der *Checkpoint of the Future* ist ein visionäres Zukunftskonzept der IATA, dessen Realisierung bis ins Jahr 2020 angestrebt wird (vgl. Kap. 2.5.2). Ausgehend von einem Modernisierungs- und Weiterentwicklungsbedarf der heutigen Passagier- und Handgepäckkontrolle, aufgrund steigender Passagierzahlen, wird dieser Ansatz in der zivilen Luftfahrt weitläufig als wesentlicher Schritt weg vom *One Size Fits All-Ansatz* hin zum risikobasierten Ansatz gesehen (IATA 2012). Er soll dazu dienen, die Luftsicherheitskontrolle in einen nachhaltigen, effizienten und effektiven Prozess zu überführen, welcher sich innovativer Sicherheitstechniken bedient (vgl. Abb.5-2).

⁵⁴ Das subjektive Empfinden der Luftsicherheitsassistenten kann dieses Bild unter Umständen verzerren, prinzipiell sind jedoch alle Passagiere vor der Luftsicherheitskontrolle als gleich zu betrachten.

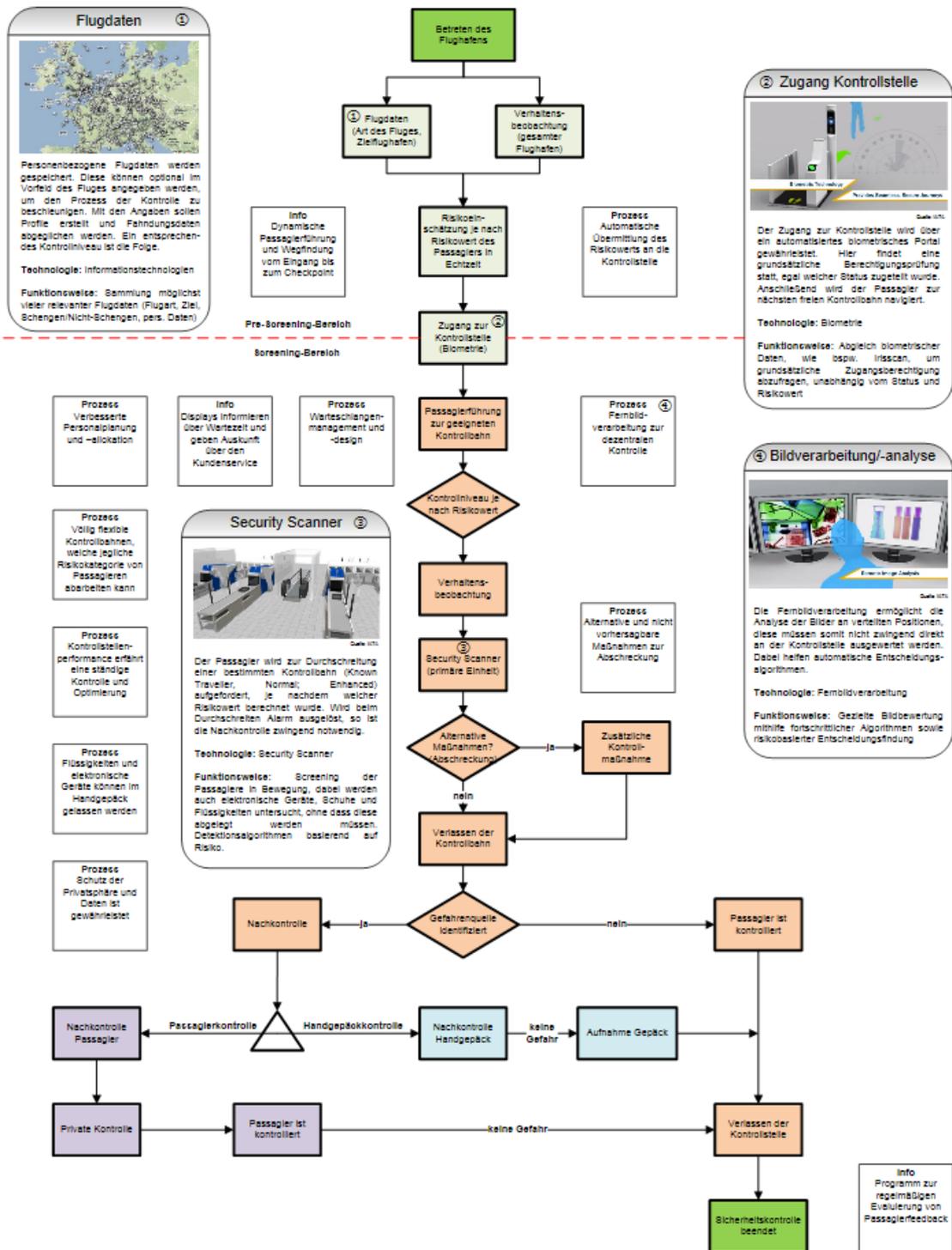


Abbildung 5-2: Prozessdarstellung des *Zukunftsmodells*
 (Eigene Darstellung)

Die zu bewertende Technikalternative des *Zukunftsmodells* basiert in ihren Grundsätzen auf dem risikobasierten Ansatz des *Checkpoint of the Future* und beinhaltet als Kernelement den Security Scanner. Die Aufteilung des Prozesses gliedert sich in einen Screening- und einen Pre-Screening-Bereich. Letzterer beginnt mit dem Betreten des Flughafens und umfasst die Sammlung von Fluggastdaten sowie eine Verhaltensanalyse, welche sich über den gesamten Flughafen erstreckt. Die hier ermittelten Daten werden in Echtzeit zu einer Risikoeinschätzung je Passagier zusammengeführt und an die Kontrollstellen, an denen der Übergang zum Screening-Bereich beginnt, übermittelt. Der Zugang zur Kontrollstelle wird über ein automatisiertes, biometrisches Portal gewährleistet, welches unabhängig vom Risikostatus des Fluggasts eine Berechtigungsprüfung durchführt und den Fluggast zur nächsten freien Kontrollbahn leitet. Der folgende Prozess bündelt vorerst die Passagier- und Handgepäckkontrolle, aufgrund der Tatsache, dass der Security Scanner als primäre Einheit des Kontrollprozesses sowohl den Fluggast, als auch das Handgepäck beim Durchschreiten einer bestimmten Kontrollbahn screent. Die Intensität des Kontrollniveaus richtet sich dabei nach dem zuvor bestimmten Risikowert und wird durch die flexible Kontrollbahn automatisiert durchgeführt. Das Screening der Passagiere in Bewegung sowie deren mitgeführte Gegenstände wie bspw. elektronische Geräte, Schuhe und Flüssigkeiten gewährleistet einen effizienten Kontrollprozess. Assistent durch eine Fernbildverarbeitung wird der direkte Platzbedarf an der Kontrollstelle folglich minimiert. Lediglich im Verdachtsfall spaltet sich der Prozess in eine separate Passagier- bzw. Handgepäckkontrolle auf. Ist dies nicht der Fall, gilt der Fluggast nach dem verdachtsfreien Durchschreiten des Security Scanners als sicherheitskontrolliert. Ergänzt wird der Prozess der Luftsicherheitskontrolle durch zahlreiche weitere Funktionen, welche einen nachhaltigen Prozess und somit eine effiziente und effektive Luftsicherheitskontrolle ermöglichen sollen. Hierzu zählen unter anderem alternative, nicht vorhersagbare Sicherheitsmaßnahmen, die regelmäßige Evaluierung von Passagierfeedback, der gewährleistete Datenschutz, eine verbesserte Personalallokation und -planung sowie Komfortfunktionen, wie bspw. eine dynamische Passagierführung bzw. ein Warteschlangenmanagement.

5.1.2 Identifikation relevanter Stakeholder bzw. Stakeholder-Gruppen

Basierend auf dem theoretischen Konzept der *Securitization-Theorie*, welche im Wesentlichen den Akt der Versicherheitlichung in die Komponenten Sprecher, Referenzobjekt und Publikum aufteilt (Buzan et al. 1998), sowie dem Stakeholder-Ansatz nach Achterkamp und Vos (Achterkamp und Vos 2007), welcher sowohl einflussreiche als auch betroffene Stakeholder berücksichtigt (vgl. Kapitel 3.3.1), wurde die Identifikation

relevanter Stakeholder-Perspektiven im Hinblick auf akzeptierte Sicherheitstechniken durchgeführt.

Als Sprecher wurden, vor dem Hintergrund des Anwendungsbereichs der Luftsicherheit, diejenigen Akteure identifiziert, welchen der Schutz und die Sicherheit des Luftverkehrs obliegen. Die jeweiligen Zuständigkeiten verdeutlicht das *3-Säulen-Modell* des Luftsicherheitsgesetzes (vgl. Kap. 2.4.2.2). Der Schutz vor Angriffen auf die Sicherheit des Luftverkehrs ist hoheitliche Aufgabe der Luftsicherheitsbehörden und wird durch das Luftsicherheitsgesetz geregelt. Oberste Luftsicherheitsbehörde der Bundesrepublik Deutschland ist gemäß § 16 Abs. 4 LuftSiG das *BMI*.⁵⁵ Das *BMI* und die ihr untergeordnete Bundespolizeidirektion überträgt nach § 5 LuftSiG besondere Befugnisse auf private Dienstleister, die nach behördlicher Beleihung den Großteil der praktischen Sicherheitsmaßnahmen ausführen (Giemulla und Rothe 2011). Gemäß § 8 LuftSiG ist der *Flughafenbetreiber* zum Schutz des Flughafenbetriebs vor Angriffen auf die Sicherheit des Luftverkehrs verpflichtet. Die Eigensicherungs- und Mitwirkungspflichten der Luftfahrtunternehmen definiert § 9 LuftSiG. Somit konnten als einflussreiche Stakeholder und Umsetzungsorgane der hoheitlichen Aufgabe des Schutzes des Luftverkehrs das *BMI* bzw. die ihr untergeordnete *Bundespolizei*, der *Flughafenbetreiber*, die beliebigen *Sicherheitsdienstleister* sowie die *Fluggesellschaften* identifiziert werden.

Als Referenzobjekt ist der Untersuchungsgegenstand der Passagier- und Handgepäckkontrolle bzw. die zu bewertenden Technikalternativen zu verstehen. Als Stakeholder des Referenzobjekts wurden diejenigen Akteure identifiziert, deren Interessen durch die Einführung sowie den Einsatz der Sicherheitstechnik betroffen sind, unabhängig davon, ob diese aktiv in den Entscheidungsprozess über die Einführung involviert sind (Mitchell et al. 1997). Als besonders relevant wurden dabei *Institute der angewandten Forschung*, welche an der Entwicklung entsprechender Sicherheitstechniken beteiligt sind sowie *Produzenten jener Sicherheitstechniken* angesehen.

Ausgehend vom referierten Securitization-Ansatz nimmt der Fluggast die Rolle des Publikums und somit eines weiteren betroffenen Stakeholders ein. Aus forschungspraktischen Gründen musste die hohe Anzahl prinzipiell bzw. indirekt betroffener Akteure auf die erwähnten direkt betroffenen Kernakteure begrenzt werden und spaltet sich wie folgt auf:

⁵⁵ Als oberste zuständige Bundesbehörde obliegt dem BMI die Entscheidungsbefugnis im Luftsicherheitsbereich. Die Anordnung behördlicher Sicherheitsmaßnahmen erfolgt jedoch im Einvernehmen mit dem BMVBS (vgl. Kap. 2.4.2.2). Als Kernakteur wurde im vorliegenden Anwendungsfall auf das BMI bzw. die Bundespolizei zurückgegriffen.

- Flughafenbetreiber
- Sicherheitsdienstleister
- Fluggesellschaften
- Institute der angewandten Forschung bzw. Technologieentwickler
- Produzenten der Sicherheitstechniken
- Passagiere/Fluggäste
- BMI/Bundespolizei

Hinsichtlich des Entwicklungs- und Einsatzprozesses der betrachteten Technikalternativen sowie teils widersprüchlicher Anforderungen und Präferenzen der unterschiedlichen Stakeholder, in Bezug auf innovative Techniken der Luftsicherheitskontrolle, wird hierdurch die Annahme einer möglichst abdeckenden Diversität von Stakeholdern vertreten und folglich einer umfassenden Bewertung in geeigneter Weise Rechnung getragen. Somit wird sichergestellt, die Interessen verschiedener Anspruchsgruppen, welche zu unterschiedlichen Zeitpunkten im Entwicklungs- und Einsatzprozess zur Geltung kommen, frühzeitig zu berücksichtigen und Fehler, welche zu schwerwiegenden Änderungsprozessen führen könnten, zu vermeiden (vgl. Abb. 5-3).

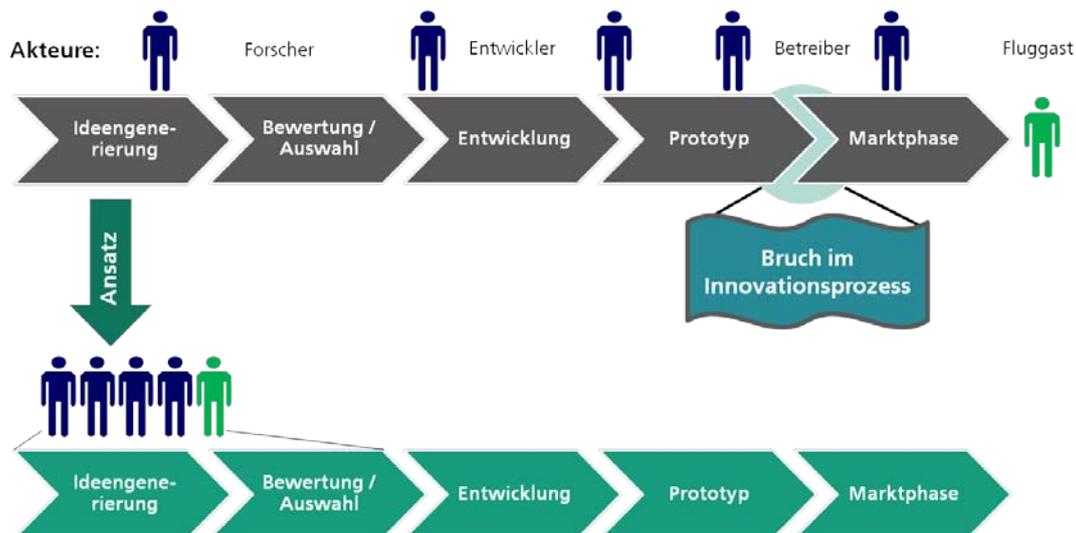


Abbildung 5-3: Ansatz zur frühzeitigen Berücksichtigung unterschiedlicher Interessen
(Eigene Darstellung)

Nach Beendigung der Vorauswahl von Alternativen sowie der Identifikation von Stakeholdern verweist das Referenzvorgehensmodell auf das Erweiterungsmodell *Identifikation von Kriterien*, welches in Abhängigkeit der identifizierten, relevanten Akteure die Zusammenstellung des Kriterienkataloges definiert (vgl. Kapitel 5.2). Der folgende Abschnitt, Entwicklung der Bewertungsmatrizen, bedient sich zur Erstellung der Bewertungsgrundlage diesem Katalog.

5.1.3 Entwicklung der Bewertungsmatrizen

Zur Entwicklung der stakeholder-spezifischen Bewertungsmatrizen bedient sich der Modellanwender des, im folgenden Erweiterungsmodell entwickelten, Kriterienkataloges (vgl. Kap. 5.2). Dieser wird unter Assistenz einer Beurteilungshilfe hinsichtlich seiner, aus Sicht der unterschiedlichen Stakeholder, relevanten Bewertungskriterien untersucht. Zusätzlich erfordert die Entwicklung der Bewertungsgrundlage die Eingrenzung der Kriterien hinsichtlich der Abfrage der ausgewählten Alternativen. Insbesondere Kriterien, welche in engem Zusammenhang mit zukünftigen Technikentwicklungen stehen, erfordern hierbei eine Prüfung auf Relevanz und Sinnhaftigkeit. Das Arbeitsergebnis, in Form der stakeholder-spezifischen Bewertungsmatrizen als Prozessgrundlage, wird anschließend in der Datenbank SIRA-Value hinterlegt, um im Erweiterungsmodell *SIRA-Value in Use – Workshops* eine weitere spezifische Anpassung zu erfahren. Einen beispielhaften Ausschnitt der Bewertungsmatrix des Stakeholders *BMI* für die Dimensionen Diskurs und Sicherheit zeigt Abb. 5-4.

Stakeholder BMI											
Kriterium Nr.	Bewertungsdimension	Kriterium Ebene 1	Zielausrichtung		Skalierung				Gewichtung	Bewertung Status Quo	Bewertung Zukunftsmodell
			Ziel	Min/Max	Skalenart	Skala	Messgröße	NT-Kriterium			
D 1	Diskurs										
1		Positive Positionierung des öffentlichen Diskurses	Maximierung der positiven Positionierung	max	Ordinalskala	qualitativ	Zutrefflichkeit	nein			
D 4	Sicherheit										
40		Lückenlose Überprüfung möglich	Maximierung der Ganzheitlichkeit von Kontrollen	max	Ordinalskala	qualitativ	Zutrefflichkeit	nein			
41		Körperzonenbasierte Gefahrenmeldung	Erhöhung der Sicherheit	max	Ordinalskala	qualitativ	Zutrefflichkeit	nein			
42	nur Zukunftsmodell*	Vermeidung neuer Risiken	Maximierung der Risikovermeidung	max	Ordinalskala	qualitativ	Zutrefflichkeit	nein			
43		Feintuning der Falschalarmrate je nach Szenario (keine höhere Falschalarmrate)	Maximierung des Feintunings der Falschalarmrate	max	Ordinalskala	qualitativ	Zutrefflichkeit	nein			
44		Höhere Trefferquote	Maximierung der Trefferquote	max	Verhältnisskala	numerisch (%)	Trefferquote	nein			
45		System liefert möglichst viel relevante Information	Maximierung der Ausgabe relevanter Informationen	max	Ordinalskala	qualitativ	Zutrefflichkeit	nein			

Abbildung 5-4: Beispielhafter Ausschnitt der Bewertungsmatrix des Stakeholders *BMI*
(Eigene Darstellung)

5.1.4 Zusammenfassung

Das Erweiterungsmodell *Identifikation von Stakeholdern* subsummiert im Wesentlichen die drei Teilschritte Vorauswahl der Alternativen, die Identifikation prozessrelevanter Stakeholder sowie die Erstellung der Bewertungsgrundlage in Form der stakeholder-spezifischen Bewertungsmatrizen. Die Umsetzung des Erweiterungsmodells resultierte in der Auswahl und Beschreibung zweier Technikalternativen, welche einerseits den derzeit im Einsatz befindlichen Prozess der Luftsicherheitskontrolle, benannt als *Status Quo*, und andererseits, stellvertretend für eine innovative Sicherheitstechnik, ein *Zukunftskonzept*, in Anlehnung an die seitens der IATA entwickelte *Vision Checkpoint of the Future*, beinhalten. Der Prozess der Stakeholder-Identifikation lieferte eine möglichst umfassende Liste von sieben relevanten Entscheidungsträgern, welche nicht

ausschließlich nach ihrer Entscheidungsmacht selektiert wurden, sondern auch gerade hinsichtlich deren Betroffenheit bzw. deren passiver Involviertheit. Die Liste beinhaltet das *BMI*, den *Flughafenbetreiber*, den *Sicherheitsdienstleister*, die *Fluggesellschaften*, *Institute der angewandten Forschung*, *Produzenten der Sicherheitstechniken* sowie die *Fluggäste*. Im Folgenden wurde, unter Referenz auf das Erweiterungsmodell *Identifikation von Kriterien*, die Entwicklung der sieben stakeholder-spezifischen Bewertungsmat- rizen betrieben, welche als Grundlage für die anstehende Bewertung dienen. Der wei- tere Prozess wird in Abhängigkeit der gewählten Stakeholder-Perspektiven durch das vorliegende Erweiterungsmodell gesteuert und bildet den Kern des Vorgehensmodells.

5.2 Validierung des Erweiterungsmodells Identifikation von Kriterien

Im vorliegenden Kapitel wird das Erweiterungsmodell *Identifikation von Kriterien* umge- setzt. Die Analyse relevanter Bewertungsdimensionen und –kriterien stellt einen we- sentlichen Schwerpunkt dieser Arbeit dar. Das Ziel dieses Erweiterungsmodells stellt zum einen die thematische und inhaltliche Bestandsaufnahme des Untersuchungsfel- des der Luftsicherheit dar und liegt zum anderen in der Analyse bestehender Technik- bewertungen sowie der empirischen Erweiterung und Validierung identifizierter Dimen- sionen und Entscheidungskriterien.

Die Schaffung einer einheitlichen Diskussionsbasis dient dabei als Ausgangsbasis ei- ner erfolgreichen Datenerhebung. Die Harmonisierung zentraler Begrifflichkeiten sowie die Spezifikation der inhaltlichen und methodischen Vorgehensweisen sollen einerseits die erfolgreiche Zusammenarbeit innerhalb der am Prozess beteiligten Personen ge- währleisten und andererseits die Fachexpertise bezüglich des Untersuchungsfeldes schärfen. Zur Zielerreichung dienten zahlreiche Telefonkonferenzen, welche den In- formationsaustausch unterhalb der Beteiligten sicherstellte sowie zahlreiche Arbeits- treffen, welche der Schaffung eines gemeinsamen Verständnisses der zentralen Be- grifflichkeiten dienten. Das Arbeitsergebnis sollte zudem in Form eines Glossars fest- gehalten werden, welches die wesentlichen Elemente des Untersuchungsfeldes bein- haltet. Gerade hinsichtlich der folgenden Literaturanalyse und der Durchführung empi- rischer Erhebungen im Kreise von Fachexperten stellt die Schaffung einer klaren und einheitlichen Diskussionsbasis einen unabdingbaren Erfolgsfaktor dar, um ein erfolg- reiches Vorgehen sicherzustellen.

5.2.1 Literaturanalyse bestehender Technikbewertungen

Ausgehend von der Entwicklung einer einheitlichen Diskussionsbasis und der damit einhergehend gewonnenen Fachexpertise, wird im Folgenden eine Literaturanalyse bestehender Technikbewertungen durchgeführt, welche der Identifikation allgemeiner und besonders relevanter Bewertungsdimensionen/–kriterien dient, um diese anschließend durch eigene empirische Erhebungen zu validieren bzw. zu erweitern.

Die Analyse einschlägiger Literatur, fokussierend auf die Bewertung unterschiedlicher Technikalternativen, lieferte eine Vielzahl an Entscheidungskriterien, welche stets auf das konkrete Ziel der beteiligten Stakeholder zugeschnitten sind. Die eingehende, allgemeine Analyse soll dazu dienen ein deduktiv ermitteltes Kriterienset zu erstellen, welches im Folgenden induktiv, mithilfe stakeholder-spezifischer Experteninterviews, validiert wird. Das Arbeitsergebnis der Literaturanalyse spiegelt sich in einer Sammlung unterschiedlichster Entscheidungskriterien wider, welche hinsichtlich deren inhaltlichen Zuordnung zu spezifischen Dimensionen geclustert und anschließend in Form einer Mindmap strukturiert bzw. visualisiert wurden. Basierend auf der Analyse relevanter Literatur und Prozessbeschreibungen wurden erste zweckgerichtete Entscheidungsdimensionen identifiziert. Als besonders relevant präsentierten sich in diesem frühen Stadium insbesondere die Dimensionen der Sicherheit, des Rechts, der Umwelt, der Organisation, der Leistungsmerkmale, der Wirtschaftlichkeit und der Kompatibilität. Zusätzlich wurden diese Dimensionen um nicht-technische Aspekte, in Form soziodemographischer, sozialer und akzeptanzbezogener Aspekte, ergänzt.

Die finale Konstellation relevanter Bewertungsdimensionen, welche im System zur Bewertung innovativer Sicherheitstechniken berücksichtigt werden sollen, spiegelt sich in der Unterscheidung klassischer, eher technischer Dimensionen einer multikriteriellen Bewertung sowie gesellschaftlicher, nicht-technischen Dimensionen, welche in engem Zusammenhang einschlägiger Akzeptanzuntersuchungen stehen, wider.

Die Analyse entsprechender Technikbewertungen resultierte in einer Vielzahl von Bewertungskriterien, welche in den unterschiedlichsten Entscheidungssituationen eine tragende Rolle spielten und dabei stets an die spezifische Problemstellung gekoppelt waren. Der Fokus auf Ansätze der multikriteriellen Analyse erlaubte eine detaillierte Differenzierung und Konkretisierung von Entscheidungskriterien, welche anschließend zu sieben unterschiedlichen, eher klassischen Bewertungsdimensionen zusammengefasst werden konnten. Abb. 5-6 zeigt die Zusammenfassung jener Bewertungsdimensionen der Technikbewertung sowie ihre zugeordneten Bewertungskriterien.

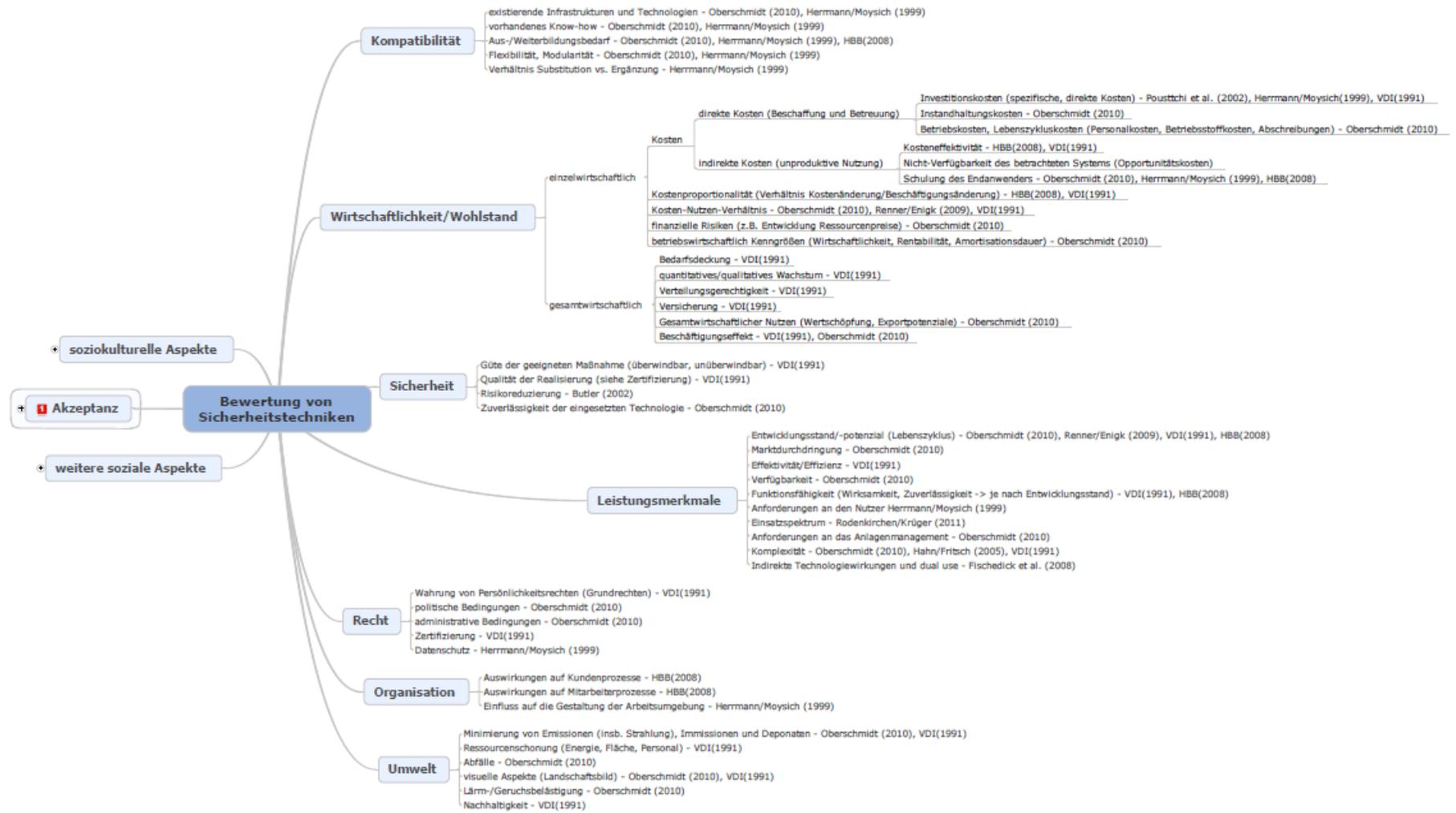


Abbildung 5-5: Klassische Dimensionen der Technikbewertung und deren Kriterien

Die Kompatibilität wird großteils mit der Auswahl komplexer Techniklösungen in Verbindung gebracht und schließt Kriterien ein, welche die Einbettung in bestehende Infrastrukturen betreffen. Zudem steht das potenzielle Konfliktrisiko mit dem bestehenden Humankapital im Fokus. Aus unternehmerischer Sicht fokussiert die multikriterielle Analyse häufig auf Aspekte der Wirtschaftlichkeit, indem anhand einzel- und gesamtwirtschaftlicher Gesichtspunkte unterschieden wird. Die Untersuchung bekannter Anwendungsfälle aus dem Sicherheitsbereich zeigte naturgemäß die Inklusion von Sicherheitsaspekten auf. Hierbei lag der Fokus auf der Qualität und Zuverlässigkeit der betrachteten Technikalternativen sowie auf der Minimierung von Risikopotenzialen bezüglich des Anwendungsbereichs. Kriterien der Leistungsmerkmale dienten zumeist dazu das prinzipielle Problemlösungspotenzial der betrachteten Alternativen zu beurteilen. Bedingt durch das breite Anwendungsspektrum multikriterieller Methoden resultierte die Analyse hierbei in einer Vielzahl von Kriterien welche die Leistungsmerkmale tangieren. In erster Linie wurden jedoch Aspekte der Funktionsfähigkeit sowie der Effizienz bzw. der Effektivität untersucht. Durch Kriterien, welche administrative, politische sowie persönliche Zusammenhänge beurteilen, soll zudem rechtlichen Gesichtspunkten Rechnung getragen werden. In einigen Publikationen werden darüber hinaus organisatorische Aspekte bedacht, indem Auswirkungen auf den Kunden- und Mitarbeiterprozess integriert werden. Auch Umweltauswirkungen finden Eingang in eine Vielzahl aktueller Studien, insbesondere werden dabei Aspekte der Nachhaltigkeit und des angemessenen Ressourceneinsatzes bewertet.

Die Analyse nicht-technischer Bewertungskriterien resultierte in der Clusterung dreier gesellschaftlicher Dimensionen, die in erster Linie den Fokus einschlägiger Akzeptanzuntersuchung widerspiegeln (vgl. Abb. 5-6). Basierend auf dem zugrunde liegenden Fokus stellt die Akzeptanzdimension die umfangreichste Konstellation von Bewertungskriterien dar. Die meisten Akzeptanzstudien schließen die Haupteinflussfaktoren des TAM, den wahrgenommenen Nutzen und die Bedienbarkeit, mit ein. Weitere Faktoren stellen technologiespezifische Aspekte, wie die Zuverlässigkeit, die Zukunftssicherheit, die Eignung nach Zielgruppe, das Vertrauen in die Technik sowie die Begeisterung für selbige dar. Des Weiteren spielen aber auch Aspekte der Sichtbarkeit betrachteter Technikalternativen, in Form sogenannter Akzeptanzstellen, eine ausschlaggebende Rolle. Einen hohen Stellenwert nehmen zudem Gesichtspunkte ein, welche die Privatsphäre bzw. die Vertraulichkeit der Daten betreffen. Darüber hinaus verdeutlicht die Analyse die Wichtigkeit der Berücksichtigung gesundheitlicher Aspekte, welche einerseits das Wohlbefinden sowie die Kontrolle über die Situation umfassen und andererseits auf die Minimierung gesundheitlicher Belastungen abzielen. Einen weiteren Faktor, welcher speziell in aktuellen Akzeptanzuntersuchungen Eingang findet und hierbei kontrovers diskutiert wird, stellt das subjektive Sicherheitsgefühl dar.

Neben der Bewertungsdimension der Akzeptanz rückt die Literaturanalyse bekannter Akzeptanzuntersuchungen zudem soziokulturelle sowie weitere soziale Aspekte in den Fokus. Unter soziokulturellen Aspekten werden hierbei kulturelle und ethische Aspekte subsummiert, welche durch demografische Eigenschaften, der Ideologie sowie der Sprache ergänzt werden. Weitere soziale Aspekte fokussieren in erster Linie auf die Wahrnehmung der betrachteten Technikalternative in der Öffentlichkeit, zusammengefasst durch die Kriterien der Transparenz und des öffentlichen Diskurses.

Das Ergebnis in Form einer schematischen Darstellung der ersten identifizierten nicht-technischen Dimensionen und Kriterien zeigt Abb. 5-6. Auf Basis bestehender Technikbewertungen wurde zusätzlich bereits eine erste Einstufung der potenziellen Skalierung durchgeführt, wodurch die spätere Erstellung des Kriterienkatalogs unterstützt werden soll.

Des Weiteren erfolgte die systematische und strukturierte Erfassung einzelner Dimensionen und deren beinhaltete Kriterien in Form eines morphologischen Kastens. Abb. 5-7 veranschaulicht ein Bündel von Akzeptanzkriterien sowie deren erstmalige Skalierung der Merkmalsausprägungen beispielhaft für die Bewertungsdimension der Akzeptanz. Dieses Vorgehen gewährleistet den strukturierten Vergleich einzelner Kriterien sowie die problemlose Überführung in die Bewertungsmatrizen bzw. MCDA-Software.

	Merkmalsausprägungen				
Begeisterung	Niedrig		Mittel		Hoch
Privatsphäre	Niedrig		Mittel		Hoch
Kontrolle über Situation	Niedrig		Mittel		Hoch
Wohlbefinden	Niedrig		Mittel		Hoch
Vertraulichkeit der Daten	Niedrig		Mittel		Hoch
Gesundheitliche Belastung	Keine	Niedrig		Mittel	Hoch
Eignung nach Zielgruppe	Altersgruppe			Nutzungshäufigkeit	
	Jugendliche	Erwachsene	Rentner	Wenigflieger	Vielflieger
Einfache Handhabung	Bedienung			Vorgangsdauer	
	Einfach		Kompliziert	Kurz	Lang
Bewusster Nutzen	Niedrig		Mittel		Hoch
Zeit	Niedrig		Mittel		Hoch
Akzeptanzstellen	Anzahl			Verbreitung	
	Niedrig	Mittel	Hoch	National	International
Zuverlässigkeit	Niedrig		Mittel		Hoch
Vertrauen	Niedrig		Mittel		Hoch

Abbildung 5-7: Morphologischer Kasten der Akzeptanzkriterien
(Eigene Darstellung)

Grundsätzlich ist bei der Kategorisierung von Bewertungskriterien darauf zu achten, dass eine eindeutige Zuteilung nicht immer realisierbar ist und unter Umständen anders ausgelegt werden kann. Darüber hinaus kann die Bildung von Unterebenen in Form eines Hierarchiesystems sinnvoll sein. Die hier erfolgte Abgrenzung der Bewertungsdimensionen, einerseits in direkt aus der Akzeptanzforschung hergeleiteten und andererseits aus der klassischen Technikbewertung resultierenden Kriterien, bildet jedoch, bezüglich der gegebenen Zielsetzung, eine passgenaue Grundlage für die empirische Erweiterung des ermittelten Kriteriensets. Zudem wird die spätere Bildung eines Hierarchiesystems ermöglicht. Aufgrund der erfolgten Kategorisierung wird im weiteren Verlauf, hinsichtlich gesellschaftlicher Kriterien, von der Akzeptanz bzw. Betroffenheit im engeren Sinne gesprochen. Die Akzeptanz im weiteren Sinne umfasst Kriterien, welche die klassischen Bewertungsdimensionen umschließen und folglich indirekte Auswirkungen auf die Akzeptanz bzw. Ablehnung einer Technikalternative besitzen.

5.2.2 Empirische Datenerhebung

Der Literaturanalyse bestehender Technikbewertungen schließt sich im Vorgehensmodell die Vorbereitung und der Durchführung von stakeholderspezifischen Interviews zur Validierung und Erweiterung des entwickelten Sets an Entscheidungskriterien und Entscheidungsdimensionen an. Die in den Experteninterviews erhobenen Daten dienen dabei maßgeblich der Identifizierung der Anforderungen an zukünftige Sicherheitstechniken am Flughafen, um letztendlich in Form eines Katalogs an relevanten Entscheidungskriterien Eingang in das Bewertungssystem zu finden.

5.2.2.1 Konstruktion der Interview-Leitfäden

Ausgehend vom Ziel des Erweiterungsmodells *Identifikation von Kriterien*, das theoriebasiert gewonnene Set an allgemeinen Anforderungen an neue Sicherheitstechniken empirisch zu erweitern, wurden die Interview-Leitfäden vor dem Hintergrund des Bewertungsgegenstandes, in Form zukünftiger Sicherheitstechniken, welche den gesamten Prozess der Kontrolle von Passagieren und Handgepäck umfassen, konstruiert. Dem Vorgehen liegt die These zugrunde, dass die Akzeptanz einer Gruppe von Stakeholdern hinsichtlich einer neuartigen Technikalternative durch das Erfüllen ihrer spezifischen Anforderungen an jene Innovation erhöht wird (Mitchell et al. 1997). Folglich ist eine Erweiterung der in der Literatur enthaltenen Anforderungen auf empirische Anforderungen vonnöten. Die literaturbasiert gewonnen Erkenntnisse dienen hierbei als Grundlage und Orientierungshilfe bei der Konstruktion der Interview-Leitfäden. Als relevant definiert wurde eine Anforderung an diese Sicherheitstechniken dann, wenn sie durch mindestens einen der beteiligten Stakeholder artikuliert wurde. Die Interviews zielten folglich darauf ab, das Set an für die Stakeholder potentiell relevanten Anforder-

rungen so umfassend wie möglich zu erweitern und daraus operationalisierte Bewertungskriterien für den Anwendungsfall der Luftsicherheitskontrolle zu entwickeln.

Zur Ermittlung und Auswahl relevanter Interview-Partner wird auf die im Erweiterungsmodell *Identifikation von Stakeholdern* erstellte Liste von Stakeholdern zurückgegriffen. Es wurde angenommen, dass die Mitglieder dieser Stakeholder-Gruppen jeweils unterschiedliche, teils auch widersprüchliche Anforderungen und Präferenzen in Bezug auf zukünftige Techniken der Luftsicherheitskontrolle aufweisen und deshalb für eine umfassende Bewertung unerlässlich sind.⁵⁶ Die Abfrage relevanter Entscheidungskriterien des *Passagiers* erfolgte dabei nicht in Form eines Experten-Interviews sondern zielte auf die Validierung des finalen Sets als Fokusgruppe im entsprechenden Workshop ab. Wie in der nachfolgenden Tabelle dargestellt, wurden in den meisten Stakeholder-Gruppen jeweils mehrere Individuen, insgesamt 18, interviewt (vgl. Tab. 5-1). Die Auswahl der Interviewpartner erfolgte anhand des Ziels einer möglichst repräsentativen Gestaltung der jeweiligen Gruppe, um gleichzeitig eine hohe Diversität hinsichtlich deren Funktionen und Wissen zu gewährleisten.

Tabelle 5-1: Stakeholder-Gruppen und Anzahl der interviewten Personen

Stakeholder-Gruppen	Anzahl der Interviewpartner
BMI / Bundespolizei	1
Flughafenbetreiber	3
Sicherheitsdienstleister	5
Institute der angewandten Forschung	5
Produzenten der Sicherheitstechniken	4
Fluggesellschaften	als Stakeholder im Expertenworkshop
Passagiere / Fluggäste	als Fokusgruppe im Passagierworkshop (16 Personen)

Ausgehend von der Vorgabe das literaturbasiert identifizierte Kriterienset empirisch zu verfeinern, wurden entsprechend der relevanten Stakeholder-Gruppen fünf Varianten des Interview-Leitfadens erstellt, welche allesamt auf ein ca. einstündiges Interview ausgelegt wurden und mit 15 bis 25 offenen Fragen genügend Erweiterungspotenzial gewährleisten sollten. Die Zusammenstellung der Fragen orientierte sich dabei stark an den gewonnenen Bewertungsdimensionen sowie den dazugehörigen Entscheidungskrite-

⁵⁶ Im Rahmen der Forschungsarbeit konnte auf die Stakeholder-Gruppe der *Fluggesellschaften* nicht als Interviewpartner zurückgegriffen werden, jedoch als Workshop-Teilnehmer. Letztendlich wurde auf die Gruppe der Flughafenbetreiber verwiesen, welche größtenteils identische und somit sich deckende Anforderungen an das Bewertungsmodell aufwiesen.

rien der Literaturanalyse. Unabhängig von den jeweiligen stakeholderspezifischen Anpassungen beinhaltete jeder Fragebogen die folgenden Fragenblöcke (Bierwisch et al. 2014):

- Allgemeine Fragen, darunter Informationen zur interviewten Person sowie zu bestehenden und neuen Systemlösungen, zu denen der Interview-Partner Expertise besitzt
- Fragen zur Bandbreite und Relevanz individueller Bewertungskriterien aus Sicht des Interviewpartners
- Fragen zur Bandbreite und Relevanz von Bewertungskriterien, die sich auf die im Kontrollprozess physisch Betroffenen (Passagiere, Sicherheitspersonal) beziehen (Akzeptanzdimensionen im engeren Sinn)
- Fragen zur individuellen Ausdifferenzierung bereits identifizierter Kriterien
- Fragen zur Ausdifferenzierung bereits identifizierter Bewertungskriterien, die sich auf die im Kontrollprozess physisch Betroffenen (Passagiere, Sicherheitspersonal) beziehen

Stellvertretend für die final entwickelten Interview-Leitfäden wird im Anhang die Version *BMI/Bundespolizei* beispielhaft detailliert dargestellt (vgl. Anhang C).

5.2.2.2 Durchführung der Experteninterviews

Die 18 Experteninterviews wurden größtenteils, sofern realisierbar, von Angesicht zu Angesicht durchgeführt und mitgeschnitten. Nach diesem Ansatz erfolgte die Realisierung von dreizehn Gesprächen, wohingegen die restlichen fünf Interviews telefonisch absolviert wurden. Dabei wurden die Interviewten gebeten, sich entweder eine im Einsatz befindliche bzw. eine potentiell zukünftige Sicherheitstechnik auszuwählen, zu der sie hinreichend Expertise besitzen, um anschließend perspektivisch relevante Bewertungskriterien zu erfragen. Bei den Stakeholder-Gruppen *Sicherheitsdienstleister* und *BMI/Bundespolizei* wurden die Bewertungskriterien nicht in Bezug auf eine konkrete Sicherheitstechnik, sondern auf allgemeinerer Ebene diskutiert.

5.2.2.3 Qualitative Inhaltsanalyse der Experten-/Stakeholderinterviews

Im Anschluss an die Durchführung der Experteninterviews wurden die Aufnahmen der Interviews volltranskribiert und im Rahmen einer qualitativen, inhaltlich strukturierenden Inhaltsanalyse ausgewertet (Mayring 2010). Die strukturierende Inhaltsanalyse bildet ein gängiges Verfahren der Textanalyse, das eine systematische und nachvollziehbare Kategorisierung der im Text enthaltenen Informationen erlaubt. Als Ausgangspunkt diente ein Kategoriensystem, welches aus dem theoriebasiert gewonnenen Bewertungskriterien erstellt wurde. Im Verlauf der Kodierung wurden diese Kriterien mittels

der Textanalysesoftware MAXQDA sukzessive um weitere Bewertungskriterien erweitert und teilweise neu kategorisiert. Begonnen wurde mit der Kodierung der Interviews von Forschungsinstitutionen, die an der Entwicklung entsprechender Sicherheitstechniken beteiligt sind. Die weitere Auswertung erfolgte anhand der Reihenfolge: *Produzenten der Sicherheitstechniken, Flughafenbetreiber, Sicherheitsdienstleister* für die Personenkontrolle am Flughafen und *BMI/Bundespolizei*.

5.2.3 Synthese und Validierung der induktiv und deduktiv gewonnenen Erkenntnisse

Die Synthese bzw. Validierung der induktiv und deduktiv gewonnen Erkenntnisse resultierte, der Logik der Argumentationen folgend, in der Kategorisierung der Bewertungskriterien nach acht Dimensionen. Unterhalb der übergeordneten Dimensionen wurden die Anforderungen möglichst differenziert erfasst, um die Verständlichkeit bei der späteren Bewertung zu gewährleisten und mögliche Zielkonflikte zwischen den Anforderungen zu erkennen. Nachfolgend werden jene Bewertungsdimensionen sowie die darin beinhalteten Kriterien beschrieben, welche zur multikriteriellen Bewertung innovativer Sicherheitstechniken herangezogen werden sollen.

5.2.3.1 Sicherheit

Zur Beurteilung der Anforderungen an zukünftige Sicherheitstechniken, welche auf die Gewährleistung oder Erhöhung der Sicherheit abzielen, wurden sechs relevante Bewertungskriterien identifiziert. Die Bedienbarkeit und den Nutzensgewinn bezüglich der Sicherheit sollen die Gewährleistung der lückenlosen Überprüfung, die körperzonenbasierte Gefahrenmeldung sowie die Überlieferung möglichst relevanter Informationen durch das System abdecken. Die Berücksichtigung des Kriteriums Vermeidung neuer Risiken stellt darüber hinaus die Abschätzung neuer, durch die betrachteten Alternativen induziert Risikoquellen sicher. Zusätzlich werden Kriterien bezüglich der Trefferquote sowie der Falschalarmrate definiert, welche insbesondere innerhalb der durchgeführten Experteninterviews diskutiert wurden. Zum einen wird hier auf die Erhöhung der Trefferquote abgezielt und zum anderen die Möglichkeit des Feintunings der Falschalarmrate je nach Bedrohungslage und Szenario beurteilt.

5.2.3.2 Wirtschaftlichkeit

Basierend auf der Literaturanalyse sowie den realisierten Experteninterviews werden, für den vorliegenden Anwendungsfall, nachfolgende Kriterien zur Beurteilung der Vorteilhaftigkeit innovativer Sicherheitstechniken aus wirtschaftlicher Sicht herangezogen. Die Strukturierung relevanter Bewertungskriterien gliedert sich dabei in Indikatoren,

welche die Wirtschaftlichkeitsanforderungen einerseits innerhalb der Entwicklung und andererseits bezüglich der Anwendung erfüllen. Während letztere insbesondere auf die vertretbare Erhöhung des Flugpreises durch höhere Total Cost of Ownership (TCO) infolge von Faktoren wie bspw. Materialkosten, Automatisierung, Schulungsaufwand, Bodenzeiten, Einsparpotenziale sowie die Vermeidung von Abtastung abzielen, fokussieren die Kriterien der Entwicklung in erster Linie auf die Finanzierung und die Sicherheit des Absatzmarktes. Die Abschätzung der Sicherheit des Absatzmarktes erfolgt hierbei über die Berücksichtigung von Bewertungskriterien, welche Alleinstellungsmerkmale der Technik betrachten und zusätzlich das Anforderungsprofil an die jeweilige Technik hinsichtlich ihrer Konsistenz und Stabilität abschätzen. Weitere Kriterien zur Beurteilung der Wirtschaftlichkeit bezüglich spezifischer Sicherheitstechniken werden im Gewinn von Kunden konkurrierender Transportunternehmen sowie in der hinreichenden Abschreibungszeit durch ein stabiles System gesehen.

5.2.3.3 Recht

Hinsichtlich einer möglichst umfassenden Beurteilung von Anforderungen, welche auf die Konformität mit dem bestehenden rechtlichen Rahmen abzielen, resultierte die eingehende Analyse in einer Vielzahl sogenannter Null-Toleranz-Kriterien, welche den Einsatz potenzieller Alternativen in dichotomischer Weise regeln, indem sie eine rechtliche Nutzbarkeit entweder bejahen oder verneinen. Zu diesen Kriterien zählen neben der Erfüllung der Bestimmungen des Luftsicherheitsgesetz sowie der EU-Verordnungen auch allgemeine Aspekte wie die Einhaltung der Brandschutzkonformität bzw. eine vorhandene oder zu erwartende ISO-Normierung. Zusätzlich spielen Aspekte bezüglich der Konformität mit Gesetzen des Gesundheitsschutzes sowie der Regulierung des Einsatzes ionisierender Strahlung eine tragende Rolle. Letztere bedingt zum einen die Erfüllung der nationalen Röntgenschutzverordnung und zum anderen die Einhaltung der WHO-Richtlinien. Weitere rechtliche Kriterien, welche die Erfüllung durch die betrachteten Technikalternativen voraussetzt, stellen die Anforderungen der ICAO und ECAD, die Testkriterien der ECAC in Form des CEP-Programms, der Richtlinienkatalog bezüglich der Mitarbeiter, die Richtlinien des *BMI* hinsichtlich der Zertifizierung des Personals sowie die Zertifizierung der Trefferquote, respektive Falschalarmrate, dar. Ein wesentlicher Fokus wurde zudem auf die Wahrung von Persönlichkeitsrechten gelegt sowie die aus Sicht des Luftsicherheitsassistenten handlungseinschränkende Erfordernis der Einwilligung in nicht-kooperative Kontrollen.

Um über die Integration restriktiver Null-Toleranz-Kriterien hinaus Aspekte der Privatsphäre und des Datenschutzes abzudecken, werden zusätzlich Bewertungskriterien bezüglich völkerrechtlicher Aspekte sowie der Gewährleistung von Anonymität und der Privatsphäre berücksichtigt. Letztere umfasst in ihrer Unterebene Aspekte, die insbe-

sondere in engem Zusammenhang mit dem Einsatz des Security Scanners eine negative mediale Prägung erfahren haben. Hierzu zählen in erster Linie die Vermeidung des Ablegens der Kleidung, die Gewährleistung der Verfremdung anatomischer Details sowie die Vermeidung von Handlungen, welche den Vorwurf sexueller Belästigung hervorrufen könnten. Darüber hinaus wurde dem Verzicht auf Erhebung von Audio-Informationen, in Form eines entsprechenden Bewertungskriteriums, entsprochen.

5.2.3.4 Organisation

Für einen möglichst objektiven Technikvergleich wurden Anforderungen, die auf die Beachtung oder Veränderung der organisatorischen Gegebenheiten vor Ort abzielen, hinsichtlich ihrer Prozesstauglichkeit kategorisiert. Ein Schwerpunkt wird dabei auf die Berücksichtigung des Betriebskonzepts (Concept of Operations) im Entwicklungsprozess sowie auf die Gegebenheit einer hinreichenden Prozesstreue bzw. Flexibilität gelegt. Zudem wurde die Möglichkeit der flexiblen Parametrisierung durch Operatoren sowie die Möglichkeit des effizienten Zusammenspiels aller Teilprozesse als essentiell betrachtet. Hinsichtlich ressourcenbasierter Aspekte resultierte die Analyse in der Entwicklung von Kriterien bezüglich der Abstimmung und Kommunikation auf höherer Ebene, der Eignung für Flughäfen aller Größen, der vorhandenen Kompetenz des Sicherheitspersonals, des minimalen Personaleinsatzes, einer hinreichenden Wartungsarmut, der Erfüllung des ausgewogenen Zusammenspiels zwischen Mensch und Maschine sowie der damit verbundenen Erfüllung des optimalen Automatisierungsgrades. Darüber hinaus wurde zur Erfüllung von Verifikationen und Tests der BPol bzw. Landesluftfahrtbehörde ein entsprechendes Kriterium erstellt.

5.2.3.5 Umwelt

Zur Beurteilung ökologischer Anforderungen, die auf den Schutz der Umwelt abzielen, bietet sich die Berücksichtigung ressourcenbezogener Bewertungskriterien an. Entsprechend wurden im Rahmen des Anwendungsfalls der Luftsicherheit Kriterien berücksichtigt, welche die Minimierung der Leistungsaufnahme, einen vertretbarer Material- und Rohstoffbedarf, eine ökologisch einwandfreie Entsorgung, den vertretbaren Energiebedarf sowie die Vermeidung elektromagnetischer Verschmutzung beurteilen.

5.2.3.6 Kompatibilität

Die Bündelung von Anforderungen, welche auf die Beachtung oder Erhöhung der technischen Interoperabilität abzielen, resultierte in der Erstellung der Bewertungsdimension der Kompatibilität. Diese sieht insbesondere die Beurteilung der Vereinbarkeit neuartiger Techniken mit der bestehenden Infrastruktur vor, realisiert durch Bewer-

tungskriterien die zum einen die Minimalisierung des Platzbedarfs bzw. des Gewichts beurteilen und zum anderen eine möglichst hohe Funktionalität bezüglich der gegebenen Raumarchitektur vorweisen. Entsprechend der Forderung nach einer möglichst hohen Interoperabilität neuartiger Sicherheitskonzepte, verdeutlichte die Analyse der Literatur und Expertenmeinungen die Wichtigkeit des Aufsetzens, einerseits auf bestehenden technischen sowie andererseits softwareseitigen Schnittstellen. Letztere sehen die Beurteilung anhand eines effizienten Matchings von Hard- und Software, einer passgenauen Hard-/Softwareunterstützung zur Effizienzsteigerung von Sicherheitsmaßnahmen und einer generellen Beurteilung der Kompatibilität der Systemtechnologie mit benötigten PC-Lösungen vor.

5.2.3.7 Diskurs

Zur Messung der Auswirkungen des öffentlichen Diskurses auf die Akzeptanz bzw. Ablehnung innovativer Techniken existiert insbesondere im Luftsicherheitsbereich kein allgemein anerkanntes Konzept. Entsprechend den Ergebnissen der exerzierten Literaturanalyse sowie der qualitativen Analyse spezifischer Experteninterviews stellt die Berücksichtigung medialer Wechselwirkungen in eine ganzheitliche Technikbewertung jedoch einen essentiellen Bestandteil dar. Aufgrund dessen sieht der in der vorliegenden Arbeit entwickelte Kriterienkatalog die Integration der Diskursdimension vor, welche, bestehend aus einem singulären Bewertungskriterium, die Einschätzung einer positiven bzw. negativen Positionierung des öffentlichen Diskurses gegenüber der betrachteten Sicherheitstechnik, aus Sicht der unterschiedlichen Stakeholder, aufnimmt.

5.2.3.8 Betroffenheit

Ähnlich dem Konzept zur Berücksichtigung des öffentlichen Diskurses beschäftigt sich nur eine geringe Anzahl von Studien mit der Integration sozialer Aspekte in die multikriterielle Bewertung. Lediglich Giuseppe Munda schlägt im Kontext der multikriteriellen Analyse seinen Ansatz der Social Multi-Criteria Evaluation (SMCE) vor, zielt dabei jedoch auf die Berücksichtigung sich ändernder gesellschaftlicher Sichtweisen im Bewertungsprozess ab (Munda 2004), (Munda 2006). Im Kontext der vorliegenden Problemstellung ist jedoch vielmehr die Identifikation von Kriterien zur Beurteilung der Einstellung und Betroffenheit verschiedener Stakeholder einer spezifischen Sicherheitstechnik gegenüber von Interesse. Die Integration sozialer Aspekte in Form einer Akzeptanzdimension im engeren Sinne, welche mit ihren unterschiedlichen Bewertungskriterien auf die Erfüllung von Bedürfnissen der physisch Betroffenen abzielt, stellte folglich eine wesentliche Herausforderung des entwickelten Bewertungskonzepts dar. Unter der Betroffenheitsdimension werden entsprechend diejenigen, aus der Analyse resultierenden Bewertungskriterien subsummiert, welche direkten Einfluss auf

die Akzeptanz bzw. Ablehnung von Sicherheitstechniken besitzen. Im Gegensatz dazu wird die Gesamtheit der weiteren, einhergehend definierten Bewertungsdimensionen und -kriterien unter dem Begriff der Akzeptanz im weiteren Sinne gebündelt. Diese weisen großteils einen eher indirekten Einfluss auf die Einstellung gegenüber einer spezifischen Technikalternative auf.

Hinsichtlich der Strukturierung der Dimension der Betroffenheit nahm das TAM eine zentrale Rolle ein. Sie umfasst Bewertungskriterien die den Einflussfaktoren des wahrgenommenen Nutzens sowie der Bedienerfreundlichkeit zugewiesen werden können und entsprechend dem Ansatz des TAMs bzw. dessen Weiterentwicklungen, Einfluss auf die Einstellung und das Nutzungsverhalten gegenüber einer bestimmten Technikalternative aufweisen. Die Weiterentwicklungen des TAM in Form des TAM2 (Venkatesh und Davis 2000) bzw. TAM3 (Venkatesh und Bala 2008) zielen auf die Akzeptanzuntersuchung softwarebasierter Anwendungen ab, indem es entsprechende Einflussfaktoren hinsichtlich des Nutzens sowie der Bedienerfreundlichkeit spezifiziert und zusätzlich den Faktor der Subjective Norm berücksichtigt. Das in der vorliegenden Arbeit entwickelte hierarchische Strukturierungskonzept folgt dem Ansatz des weiterentwickelten Akzeptanzmodells und schneidet diesen auf den spezifischen Anwendungsfall der Luftsicherheit zu. An dieser Stelle dient das TAM⁵⁷ somit als eine entsprechende Heuristik zur Strukturierung sozialer, akzeptanzbezogener Bewertungskriterien.⁵⁸

Aufgrund der durchgeführten Experteninterviews konnte eine breite Vielfalt an Kriterien zur Beurteilung sozialer Aspekte identifiziert werden. Diese wurden, unter Assistenz von Unterkategorien, den übergeordneten Einflussfaktoren des TAM, dem wahrgenommenen Nutzen, der Bedienerfreundlichkeit sowie der Subjective Norm zugeordnet. Der wahrgenommene Nutzen setzt sich dabei aus dem Prozessnutzen, der durch den Einsatz des betrachteten Systems geleistet wird, der Transparenz des Kontrollprozesses, der Kundenzufriedenheit sowie gesundheitlichen Aspekten zusammen. Der Einflussfaktor der Bedienerfreundlichkeit beinhaltet die Unterkategorien der Kommunikation, der einfachen Handhabung, des Enjoyments in Form eines Anreizes für technikaffine Fluggäste und auch Luftsicherheitsassistenten sowie des Vertrauens in die jeweilige Technik. Die Subjective Norm, die Normen definiert denen das Verhalten folgt, um-

⁵⁷ TAM steht fortlaufend stellvertretend für das ursprüngliche Technologieakzeptanzmodell sowie dessen Weiterentwicklungen.

⁵⁸ Es handelt sich hierbei um eine vereinfachende Annahme, dessen empirische Validierung nicht belegt ist. Die Durchführung einer empirischen Validierung würde den Rahmen der vorliegenden Arbeit sprengen. Das TAM fungiert in diesem Falle als Instrument zur Kategorisierung von Bewertungskriterien zur strukturierten multikriteriellen Analyse der Akzeptanz von Sicherheitstechniken, welches Aspekte der Erfahrung bzw. Freiwilligkeit sowie Wechselwirkungen zwischen verschiedenen Einflussfaktoren ausschließt.

fasst die Unterkategorien Privatsphäre, Datenschutz sowie die Vermeidung von Stigmatisierung.

Entsprechend der zugrundegelegten Strukturierung erfolgte eine Zuordnung der Bewertungskriterien zu den jeweiligen Unterkategorien respektive Einflussfaktoren, in Abhängigkeit der eingenommenen Stakeholder-Perspektive. Abb. 5-8 veranschaulicht die Strukturierung bewertungsrelevanter Kriterien aus Sicht der Experten.⁵⁹ Die Kriterien der Standardisierung der Kontrolltechnik, der Gewährleistung der Abfederung von Spitzenzeiten, des Beitrags zur Vereinheitlichung inter- und nationaler Kontrollen, des sozialverträglichen Abbaus von Sicherheitspersonal und der Zuverlässigkeit von Detektion, Identifikation oder Abgleich stellen allesamt Aspekte des Prozessnutzens dar und sind ausschließlich aus Sicht des Experten bewertungsrelevant. Die Kategorie der Transparenz erfährt keine Bewertung seitens der Experten, wohingegen die Kundenzufriedenheit die Kriterien der Dauer der Trennphase zwischen Passagier und Handgepäck, den Fakt, dass sich der Passagier nicht auf die Kontrolle vorbereiten muss, die Reduktion der Wartezeit bzw. Minimum Connecting Time (MCT), die Passenger Convenience und einen vertretbaren Geräuschpegel umfasst. Die Reduktion der körperlichen Belastung findet über die Unterkategorie Gesundheit, zusammen mit den zuvor definierten Bewertungskriterien, Eingang in die Einschätzung des Nutzens. Die aus Expertensicht zu bewertenden Kriterien der Bedienerfreundlichkeit setzen sich aus den kommunikativen Elementen Verständlichkeit der Arbeitsanweisungen, Kommunikation der Luftsicherheitsassistenten, Kommunikation der Sinnhaftigkeit von Kontrollen, den Elementen der einfachen Handhabung durch die Leitstelle und das Sicherheitspersonal sowie den geschaffenen Anreiz für technikaffine Mitarbeiter durch die eingesetzte Sicherheitstechnik zusammen. Dem Einflussfaktor der Subjective Norm wurden die Bewertungskriterien Zumutbarkeit des Eingriffs in die Privatsphäre, die systematische Analyse passagierbezogener Daten in Form von Verhaltensanalysen, Fluggastdaten und Profiling sowie bezogen auf die Vermeidung von Stigmatisierung, die Berücksichtigung kultureller Unterschiede zugeordnet.

⁵⁹ Unter der Gruppe der *Experten* wurden das *BMI*, der *Flughafenbetreiber*, die *Fluggesellschaften*, der *Sicherheitsdienstleister*, die *Produzenten von Sicherheitstechniken* sowie die *Institute der angewandten Forschung* zusammengefasst.

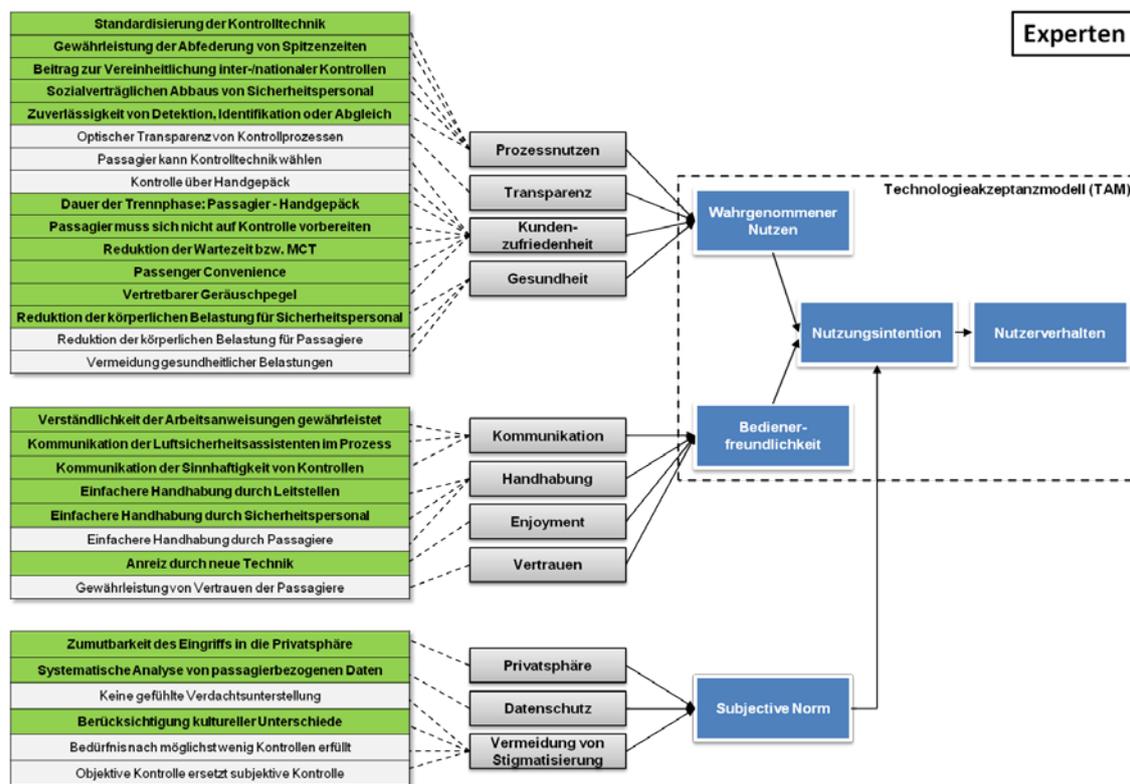


Abbildung 5-8: TAM-orientierte Strukturierung relevanter Kriterien (grün) der *Experten*
(Eigene Darstellung)

Nachfolgende Abbildung veranschaulicht die Strukturierung bewertungsrelevanter Kriterien aus Sicht der *Passagiere* (vgl. Abb. 5-9). Bezüglich des wahrgenommenen Nutzens wird auf die Einschätzung des Prozessnutzens verzichtet. Von zentraler Rolle hingegen sind die Kriterien optische Transparenz sowie sämtliche Kriterien hinsichtlich der Kundenzufriedenheit, welche auch für die Experten von Relevanz sind, zuzüglich der Kriterien Wahl der Kontrolltechnik und Kontrolle über Handgepäck. Die Zwischenkategorie der Gesundheit setzt sich aus Passagiersicht einerseits aus der Reduktion körperlicher und andererseits aus der Vermeidung gesundheitlicher Belastungen zusammen. Der Faktor der Bedienerfreundlichkeit setzt sich zum einen aus den reduzierten Kategorien der Kommunikation und Handhabung und zum anderen aus den Kriterien Anreiz durch neue Technik sowie Gewährleistung von Vertrauen des Passagiers zusammen. Das Konstrukt der Subjective Norm deklariert aus Passagiersicht sämtliche identifizierten und zugeordneten Bewertungskriterien als bewertungsrelevant. Neben dem zumutbaren Eingriff in die Privatsphäre und dem Datenschutz hinsichtlich der Einschränkung der systematischen Analyse passagierbezogener Daten stehen hier insbesondere Kriterien im Fokus, welche der Vermeidung von Stigmatisierung dienen. Dies beinhaltet die Beurteilung der Kriterien keine gefühlte Verdachtsunterstellung, die Be-

rücksichtigung kultureller Unterschiede, die Erfüllung des Bedürfnisses nach möglichst wenig Kontrolle und den Austausch subjektiver Kontrollen durch objektive Kontrollen.

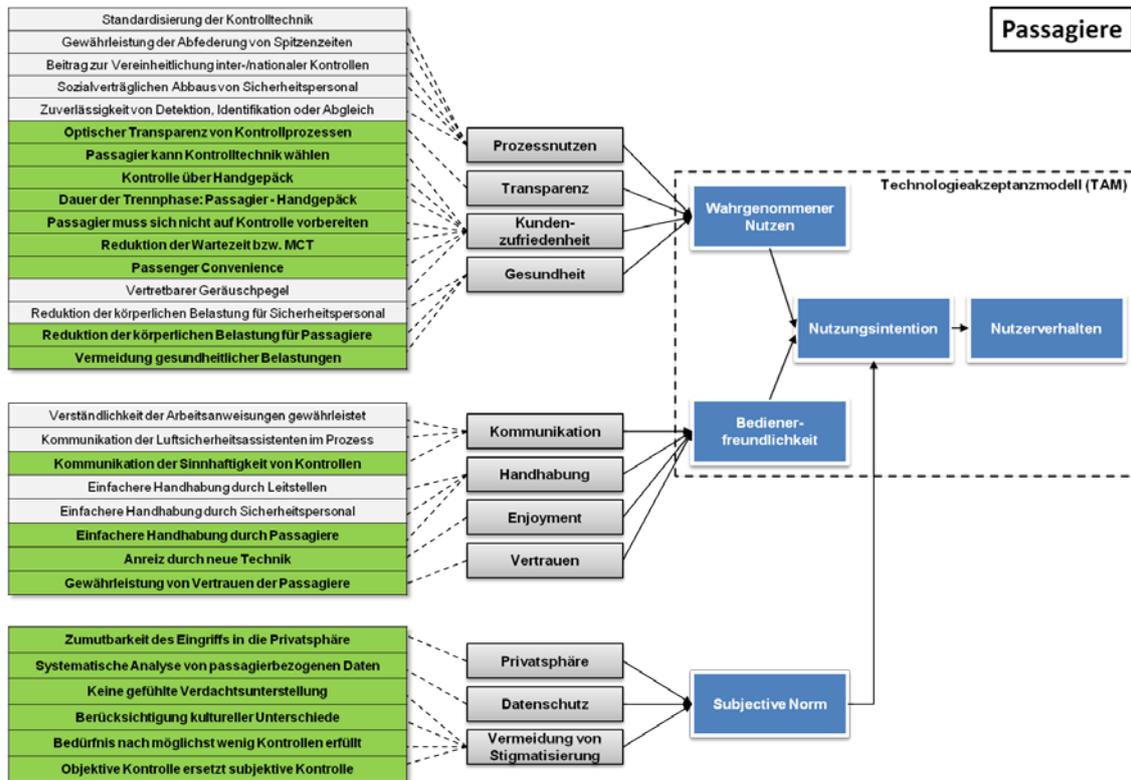


Abbildung 5-9: TAM-orientierte Strukturierung relevanter Kriterien (grün) des *Passagiers* (Eigene Darstellung)

5.2.4 Zusammenfassung

Das Erweiterungsmodell *Identifikation von Kriterien* dient der optionalen Entwicklung eines Kriteriensets zur multikriteriellen Bewertung innovativer Sicherheitstechniken. Für die vorliegende Arbeit wurde erstmalig ein Katalog relevanter Bewertungskriterien entwickelt, welcher als Grundlage für weitere Anwendungen im Luftsicherheitsbereich dienen kann. Eine ausgedehnte Analyse relevanter Literatur der multikriteriellen Bewertung sowie der Akzeptanzforschung diente zur Identifizierung wesentlicher Bewertungskriterien, um als Grundlage für die Validierung bzw. induktive Erweiterung des identifizierten Kriteriensets in Form von spezifischen Experteninterviews zu fungieren.

Die qualitative Inhaltsanalyse der durchgeführten Experteninterviews lieferte als Ergebnis einen umfassenden und systematisierten Katalog von Anforderungen an derzeit im Einsatz befindliche sowie zukünftige Sicherheitstechniken, welche den gesamten Prozess der Passagier- und Handgepäckkontrolle umfassen. Die Analyse resultierte in

der Definition der acht Bewertungsdimensionen Sicherheit, Wirtschaftlichkeit, Recht, Organisation, Umwelt, Kompatibilität, Diskurs und Betroffenheit sowie der Zuordnung entsprechender Kriterien. Die Strukturierung der Bewertungsdimension der Betroffenheit nahm bei der Entwicklung des Kriterienkataloges aufgrund des Anwendungsfokus eine wesentliche Rolle ein, indem sie einerseits Ansätze bestehender Akzeptanzuntersuchungen berücksichtigt und diese andererseits strukturell weiterentwickelt sowie auf den konkreten Anwendungsfall der Luftsicherheit zuschneidet.

Der entwickelte Kriterienkatalog stellte die Basis für die zu erstellenden Bewertungsmatrizen dar, welche im weiteren Verlauf im Erweiterungsmodell *SIRA-Value in Use – Workshops* zur Anwendung kommen und dort ggfs. hinsichtlich der Vollständigkeit validiert werden. Das resultierende vorläufige Kategoriensystem mit seinen einzelnen Dimensionen und Entscheidungskriterien wird im Anhang entsprechend dargestellt (vgl. Anhang D).

5.3 Validierung des Erweiterungsmodells SIRA-Value in Use - Workshops

In diesem Kapitel wird das Erweiterungsmodell *SIRA-Value in Use – Workshops* validiert. Dem ausgewählten Workshopkonzept und der Durchführung in Form von stakeholder-spezifischen Workshops liegt ein Ansatz zugrunde, welcher unter anderem auf die Bestimmung relevanter Akzeptanzfaktoren hinsichtlich des Einsatzes neuartiger Sicherheitstechniken abzielt und dabei die Integration multipler Stakeholder-Perspektiven sicherstellt. Im Rahmen der Forschungsarbeit wurde die multikriterielle Bewertung verschiedener Technikalternativen direkt von den identifizierten Stakeholdern durchgeführt. Das vorliegende Erweiterungsmodell widmet sich der Umsetzung des Bewertungsprozesses in Form von Experten- und Passagierworkshops.

5.3.1 Entwicklung und Vorbereitung des Workshop-Konzepts

5.3.1.1 Definition des Umsetzungskonzepts

Zur Bestimmung der Kriterienausprägungen bzw. zur Bewertung der Technikalternativen *Status Quo* und *Zukunftsmodell* wurde im Rahmen der Forschungsarbeit auf die Umsetzung eines partizipativen Workshopkonzepts zurückgegriffen. Hinsichtlich der Workshopkonzeption wurde dabei auf die Option des vorliegenden Erweiterungsmodells zurückgegriffen, unterschiedliche Stakeholder zu Stakeholder-Gruppe zusammenzufassen. Die Bildung von Stakeholder-Gruppen bietet insbesondere den Vorteil die Komplexität des weiteren Vorgehens gezielt zu steuern und durch die Bildung möglichst homogener Gruppen einen Mehrwert hinsichtlich Austausch und Qualität der

Ergebnisse zu erzielen. Entsprechend wurde der Fokus auf die Durchführung eines Passagier- sowie eines Expertenworkshops gelegt. Letzterer umfasste die Stakeholder *BMI*, den *Flughafenbetreiber*, den *Sicherheitsdienstleister*, die *Fluggesellschaften*, *Institute der angewandten Forschung* sowie *Produzenten von Sicherheitstechniken*. Hinsichtlich des chronologischen Ablaufs der einzelnen Workshops wurde auf die Variante des vorangeschalteten Expertenworkshops zurückgegriffen. Dies bietet den Vorteil, Spezifizierungen hinsichtlich der zu bewertenden Technikalternativen durch die beteiligten Technikexperten zuzulassen und erfüllt folglich die Prämisse der multikriteriellen Analyse, klar abgesteckte Alternativen zur Bewertung heranzuziehen. Neben der Bestimmung der Kriterienausprägungen zielte das definierte Konzept insbesondere darauf ab, den einhergehend entwickelten Kriterienkatalog auf seine Vollständigkeit der Bewertungsdimensionen und –kriterien hin zu prüfen und ggfs. zu erweitern.

Zwar durchlaufen die einzelnen Stakeholder-Gruppen das vorliegende Erweiterungsmodell und auch das Erweiterungsmodell *SIRA-Value in Use – Assessment* sequentiell, aus Gründen der Übersichtlichkeit werden jedoch die Vorbereitung der Workshops und die Bewertung gemeinsam betrachtet.

5.3.1.2 Workshop-Vorbereitung

Zur Vorbereitung der Experten- und Passagierworkshops bedient sich das Erweiterungsmodell *SIRA-Value in Use – Workshops* dem in Kapitel 5.2 erstellten Kriterienkatalog und bereitet diesen workshopspezifisch auf. Insbesondere soll an dieser Stelle erneut untersucht werden, welche Kriterien, bezogen auf den Anwendungsfall, für die unterschiedlichen Stakeholder und die zu bewertenden Alternativen von Relevanz sind. Das Arbeitsergebnis, in Form des workshopspezifischen Kriterienkataloges, wird anschließend in der Datenbank hinterlegt und dient als Orientierungshilfe für die anzupassenden Bewertungsmatrizen sowie der strukturierten Erfassung der Bewertungsergebnisse und späteren Übertragung in das Softwaretool.

Hinsichtlich der Auswahl einer geeigneten Aggregationsmethode wurde auf die im Grundlagenteil der vorliegenden Arbeit durchgeführte Analyse von Bewertungsansätzen zurückgegriffen (vgl. Kap. 3.2). Fokussiert wurde hierbei auf das Identifizieren, Analysieren und Auswählen von Bewertungsansätzen, abstrakt für Innovationen und konkret für innovative Sicherheitstechniken. Entsprechend der in den Grundlagen dieser Forschungsarbeit erörterten Vorteile, fiel die Wahl der geeigneten Aggregationsmethode auf den Outranking-Ansatz der französischen Schule, das PROMETHEE (vgl. Kap. 3.2.2).

Als weitere Teilaufgabe der Technikbewertung sieht das Vorgehensmodell die Wahl der geeigneten Softwareunterstützung vor. Zwar wurde im vorliegenden Anwendungs-

fall auf die Softwareunterstützung innerhalb des Bewertungsprozesses verzichtet bzw. in den nachgelagerten Prozess verschoben und auf eine klassische Workshopumsetzung mithilfe von Metaplanwänden bzw. Post-Its vertraut, doch gerade hinsichtlich der Aufbereitung der Bewertungsergebnisse birgt der Einsatz professioneller Software ein immenses Nutzenpotential. Dieses reicht von einer vereinfachten bzw. unkomplizierten Handhabung der Überführung der Bewertungsergebnisse, bis hin zu einer anschaulichen Visualisierung zur Interpretation der Ergebnisse. Die auf dem Markt angebotene Software ist vielfältig und reicht von frei verfügbaren Angeboten, bis hin zu oftmals kostspieligen kommerziellen Softwarelösungen (Grandt et al. 2014). Des Weiteren ist darauf zu achten, diejenige Software zu ermitteln, welche eine in Anbetracht der Problemstellung passende Aggregationsmethode unterstützt. Basierend auf der Auswahl des multikriteriellen Bewertungsansatzes in Form des PROMETHEE sowie dem Ergebnis der diesbezüglichen Recherchearbeiten fiel die Wahl auf die Nutzung des Softwaretools D-Sight.⁶⁰

Die Abfrage der Einschätzung hinsichtlich der Kriterienausprägung erfolgte über eine Likert-Skala, welche fünf Items berücksichtigte.⁶¹ Den Teilnehmern wurde somit die Möglichkeit geboten ihre Zustimmung bzw. Ablehnung in mehreren, vorgegebenen Abstufungen zu artikulieren. Die Abfrageform entspricht dem methodischen Vorgehen der Akzeptanzforschung, welche diese Art der Skalierung häufig zur Messung individueller Einstellungen heranzieht (Malhotra 1996). Ausnahmen bildeten an dieser Stelle entsprechend gekennzeichnete Null-Toleranz-Kriterien, welche die Antwortoptionen über die definierte Nominalskala ja/nein zuließen. Um die Verständlichkeit des Bewertungsprozesses zu steigern wurden zudem Beschreibungen hinsichtlich jedes Kriteriums und jeder Alternative formuliert, welche die Verbindung zwischen Kriterium und Kriterienausprägung darstellen. Durch die positive Formulierung der Beschreibung konnte dabei sichergestellt werden die Zielausrichtung sämtlicher Kriterien, über die gewählte qualitative Ordinalskala bzw. Likert-Skala, zu maximieren.

5.3.2 Realisierung des Workshop-Konzepts

5.3.2.1 Expertenworkshop

Die Realisierung des Expertenworkshops zielte auf Teilnehmer ab, welche Expertise im Bereich der Luftsicherheitskontrolle am Flughafen aufwiesen und folglich über spe-

⁶⁰ Vgl. D-Sight, unter: www.d-sight.com [abgerufen am 04.11.2014]

⁶¹ Die im Experten- und Passagierworkshop verwendeten Items lauten: trifft nicht zu, trifft eher nicht zu, neutral, trifft eher zu und trifft voll zu.

zifisches Fachwissen hinsichtlich der ausgewählten Alternativen verfügten. Berücksichtigung fanden hierbei Anwender wie *Sicherheitsdienstleister* und *Flughafenbetreiber*, *Technikentwickler aus Wissenschaft und Forschung* sowie *Verantwortliche auf politischer Ebene*.⁶²

Beginnend mit der Spezifizierung der ausgewählten Technikalternativen wurde den Workshopteilnehmern die in Kapitel 5.1.1 getroffene Vorauswahl an Alternativen umfangreich durch Input-Vorträge dargelegt, um diese anschließend im Kreise der Experten zu diskutieren. Entsprechend der Diskussion und den Einschätzungen seitens der Experten erfuhren die Sicherheitsentwürfe eine Anpassung. Unproblematisch stellte sich in diesem Zusammenhang die Diskussion des *Status Quo* dar, welcher die Luftsicherheitskontrolle zum aktuellen Zeitpunkt widerspiegelte. Im Gegensatz hierzu wurden die Elemente des *Zukunftsmodells* kontrovers diskutiert. Als zentrale Elemente wurden hierbei im Wesentlichen die in Kapitel 5.1.1 dargestellten Aspekte gesehen. Kritisch wurde an dieser Stelle jedoch die biometrische Erfassung von Personen im öffentlichen Bereich, der Einsatz von Known Traveller-Programmen, die vorgelagerte Passagierdifferenzierung und aufgrund des Gleichbehandlungsgrundsatzes, das Profiling durch systematisches Auswerten personenbezogener Daten gesehen. Die genannten Aspekte fanden, der Argumentation der Experten folgend, keine Berücksichtigung. Die Technikalternative des *Zukunftsmodells* wurde explizit entsprechend gekennzeichnet und fand in dieser Form auch Eingang in den folgenden Passagierworkshop.

Anschließend wurde der, bezüglich der Expertengruppe aufbereitete, Kriterienkatalog den Teilnehmern vorgestellt und auf dessen Vollständigkeit hin geprüft. Ergänzungen und detailliertere Erläuterungen zum Kriterienkatalog wurden bei Bedarf direkt durch die Teilnehmer vorgenommen. Konkret bezogen sich die Erweiterungen und Veränderungen der Stakeholder-Gruppe der Experten auf folgende Aspekte (vgl. Tab. 5-2).

⁶² Die genaue Anzahl der in der Bewertung berücksichtigten Experten belief sich auf 11 Teilnehmer, darunter ein Teilnehmer des BMI, jeweils eine Person repräsentativ für einen der weltweit größten Flughafenbetreiber bzw. Fluggesellschaft, vier Vertreter zweier unterschiedlicher Sicherheitsdienstleister aus dem süddeutschen Raum, zwei Personen stellvertretend für eine der größten Einrichtungen der angewandten Forschung innerhalb Deutschlands sowie zwei Personen repräsentativ für zwei europaweit führende Unternehmen der Produktion von Sicherheitstechniken.

Tabelle 5-2: Erweiterungen und Veränderungen der Stakeholder-Gruppe *Experten*

Nr.	Änderungsart	Bewertungsdimension	Kriterium alt	Kriterium neu
10	geändert	Wirtschaftlichkeit	Einsatz kostengünstiger Materialien gegeben	Einsatz kostengünstiger Systemkomponenten gegeben
12	geändert	Wirtschaftlichkeit	(Teil)automatische Detektion (Flughafenbetreiber) gegeben	Wirtschaftlichkeitsgewinn durch Automatisierung
15	geändert	Wirtschaftlichkeit	Geringer Schulungsaufwand beim Personal	Schulungsaufwand beim Personal
-	neu	Wirtschaftlichkeit	-	Verschlanung der Prozesse
-	neu	Wirtschaftlichkeit	-	Durchsatz pro Stellflächeneinheit
56	verschoben	Wirtschaftlichkeit	Minimaler Personaleinsatz (Organisation)	Minimaler Personaleinsatz
58	verschoben	Wirtschaftlichkeit	Wartungsarmut gegeben (Organisation)	Wartungsarmut gegeben
-	neu	Wirtschaftlichkeit	-	Auslastung der Technik
31	gestrichen	Recht	Verzicht auf Erhebung von Audio-Informationen	-
-	neu	Sicherheit	-	Random-Kontrolle möglich
-	neu	Sicherheit	-	Unvorhersagbare Maßnahmen
-	neu	Sicherheit	-	Einstellung des Detektionsniveaus
-	neu	Organisation	-	Wandel des Schulungsbedarfs
-	neu	Kompatibilität	-	Standardisierung von Systemschnittstellen
66	geändert	Umwelt	Minimierung der Leistungsaufnahme	Minimierung der Leistungsaufnahme (Wärmeentwicklung)
74	geändert	Betroffenheit	Minimierung der Trennphase: Passagier - Handgepäck	Dauer der Trennphase: Passagier - Handgepäck
75	geändert	Betroffenheit	Passagier kann sich auf Kontrolle vorbereiten	Passagier muss sich nicht auf Kontrolle vorbereiten
80	geändert	Betroffenheit	Reduktion der körperlichen Belastung	Reduktion der körperlichen Belastung für Sicherheitspersonal
85	geändert	Betroffenheit	Systematische Analyse von passagierbezogenen Daten	Systematische Analyse von passagierbezogenen Daten in Form von Verhaltensanalysen
85	geändert	Betroffenheit	Systematische Analyse von passagierbezogenen Daten	Systematische Analyse von passagierbezogenen Daten in Form von Fluggastdaten
85	geändert	Betroffenheit	Systematische Analyse von passagierbezogenen Daten	Systematische Analyse von passagierbezogenen Daten in Form von Profiling
-	neu	Betroffenheit	-	Passenger Convenience
-	neu	Betroffenheit	-	Zumutbarkeit des Eingriffs in die Privatsphäre

Im Anschluss an die Spezifizierung der Bewertungskriterien erfolgte die individuelle Bewertung beider, alternativer Sicherheitsentwürfe durch die Workshop-Teilnehmer anhand der Erfüllung der Bewertungskriterien, in Bezug auf die jeweilige Technikaliter-

native. Zur Abbildung der subjektiven Wertvorstellungen hinsichtlich des individuellen Zielsystems der einzelnen Stakeholder, wurde anschließend die Gewichtung der Bewertungsdimensionen und –kriterien durchgeführt. Betreffend der einzelnen Dimensionen wurden die Teilnehmer gebeten die individuelle Relevanz von 1 (unwichtig) bis 8 (sehr wichtig) einzuschätzen, wohingegen die Vergabe von jeweils fünf Gewichtungspunkten innerhalb jeder Dimension für die Gewichtung besonders bewertungsrelevanter Kriterien durch die Teilnehmer sorgte. Auf die Diskussion von spezifischen Präferenzfunktionen wurde im Anwendungsfall aufgrund der Komplexität des berücksichtigten Kriterienkataloges verzichtet und bezüglich jedes Bewertungskriteriums auf die Präferenzfunktion des Typs 1 (gewöhnliches Kriterium) zurückgegriffen.

5.3.2.2 Passagierworkshop

Analog zum Expertenworkshop wurde sequentiell die Realisierung des entwickelten Workshopkonzepts mit der Stakeholder-Gruppe der *Passagiere* durchgeführt. Dem Passagierworkshop lagen die im Expertenworkshop hinsichtlich des Kriterienkataloges durchgeführten Änderungen zugrunde. Der Fokus der 16 Teilnehmer lag dabei auf der Bewertung und Gewichtung passagierbezogener Bewertungskriterien.

Zur einheitlichen Bewertung wurden die einhergehend durch die Expertengruppe validierten Sicherheitsentwürfe herangezogen und den Teilnehmern entsprechend präsentiert. Der Passagierworkshop richtete sich an die Bürger, in der Rolle als Passagier. Folglich standen dabei passagierbezogene Bewertungskriterien im Fokus. Die Änderungen und Erweiterungen des Stakeholders *Passagier* beschränkten sich auf die folgenden passagierbezogenen Aspekte (vgl. Tab. 5-3). Der finale Kriterienkatalog, welcher sämtliche Änderungen und Erweiterungen beider Workshops beinhaltet wird im Anhang dargestellt (vgl. Anhang E).

Tabelle 5-3: Erweiterungen und Veränderungen des Stakeholders *Passagier*

Nr.	Änderungsart	Bewertungsdimension	Kriterium alt	Kriterium neu
-	neu	Betroffenheit	-	Kontrolle über Handgepäck
15	geändert	Betroffenheit	Reduktion der körperlichen Belastung	Reduktion der körperlichen Belastung für Passagier
-	neu	Betroffenheit	-	Objektive Kontrolle ersetzt subjektive Kontrolle

Die Bewertung und Einschätzung der jeweiligen Kriterienausprägungen erfolgte sinngemäß dem entsprechenden Vorgehen des Expertenworkshops. Bezüglich der Abbildung subjektiver Wertvorstellungen wurde im Falle der Gewichtung der Bewertungsdimensionen jedoch auf die Erstellung eines Rankings der Dimensionen vertraut. Be-

gründet durch die geringere Anzahl relevanter Dimensionen für die *Passagiere* sollte somit eine möglichst differenzierte und aussagekräftige Gewichtung realisiert werden. Die als besonders bewertungsrelevant eingestuften Bewertungskriterien wurden durch zehn zu verteilende Gewichtungspunkte pro Person, über alle Dimensionen hinweg, gekennzeichnet. Analog zum Expertenworkshop war die Möglichkeit der Kumulation von Punkte gegeben. Ebenso wurde, entsprechend der oben angeführten Argumentation, auf die Diskussion von spezifischen Präferenzfunktionen verzichtet und bezüglich jedes Bewertungskriteriums auf die Funktion des Typs 1 zurückgegriffen.

5.3.3 Zusammenfassung

Die Validierung des Erweiterungsmodells *SIRA-Value in Use – Workshops* fokussierte im Wesentlichen auf die Entwicklung des Workshopskonzepts sowie der Umsetzung des entwickelten Bewertungssystems durch die berücksichtigten Stakeholder-Gruppen. Im vorliegenden Anwendungsfall wurde auf die Konzeption eines partizipativen Workshopkonzepts zurückgegriffen, welches seitens der definierten Stakeholder-Gruppen *Experten* bzw. *Passagiere* durchlaufen wurde. Aus chronologischer Sicht folgt der Passagier- dem Expertenworkshop, wodurch eine Detaillierung durch Fachexperten hinsichtlich der betrachteten Technikalternativen *Status Quo* und *Zukunftsmodell* und eine anschließende Einschätzung klar definierter Alternativen sichergestellt wurde. Nachdem das vorhandene Set an Kriterien und Dimensionen durch die Teilnehmer auf dessen Vollständigkeit überprüft wurde, erfolgten die abschließende Bewertung relevanter Bewertungskriterien sowie die Gewichtung von Kriterien und Dimensionen.

5.4 Validierung des Erweiterungsmodells SIRA-Value in Use - Assessment

Im vorliegenden Kapitel wird das Erweiterungsmodell *SIRA-Value in Use – Assessment* angewendet. Dessen Validierung liegen die gewonnenen Erkenntnisse und Daten des durchgeführten Experten- und Passagierworkshops zugrunde. Ein Großteil der Daten wurde eigenständig im Rahmen des Forschungsprojekts SIRA erhoben. Das Modell widmet sich der Aufbereitung der stakeholderspezifischen Bewertungsergebnisse hinsichtlich der darauf folgenden Übertragung in die, speziell für den Anwendungsfall ausgewählte, Softwareunterstützung D-Sight. Das Referenzvorgehensmodell sieht den sequentiellen Durchlauf aller im Bewertungsprozess berücksichtigten Stakeholder-Perspektiven vor. Aus Gründen der Komplexitätsreduzierung werden sie im vorliegenden Kapitel jedoch gemeinsam beschrieben.

5.4.1 Berücksichtigung von Unsicherheit

Der erste Arbeitsschritt des Erweiterungsmodells *SIRA-Value in Use – Assessment* bietet die optionale Möglichkeit der Berücksichtigung von Unsicherheiten im Prozess der multikriteriellen Analyse. Diese können zum einen hinsichtlich der Wertvorstellungen einzelner Stakeholder sowie deren Kriterienausprägungen berücksichtigt werden, wozu der Ansatz des PROMETHEE die Berücksichtigung entsprechender Präferenzvorstellungen vorsieht und diese somit implizit definiert. Auf die Berücksichtigung differenzierter Präferenzfunktionen wurde aufgrund der Komplexität des Kriterienkataloges verzichtet und mit der Wahl der Präferenzfunktion des Typs 1 (gewöhnliches Kriterium) vordefiniert, wodurch die Annahme getroffen wurde, dass sich die jeweiligen Stakeholder ihrer Präferenzen hinsichtlich der Kriterienausprägung bewusst sind. Auch auf eine Berücksichtigung von Unsicherheit bezüglich der Aggregation wird in dieser Forschungsarbeit verzichtet, begründet durch den Fokus, nicht auf die Untersuchung der Eigenheiten einzelner Aggregationsverfahren, sondern vielmehr auf die Relevanz einzelner Bewertungskriterien und –dimensionen.

Der Möglichkeit zur Berücksichtigung von Unsicherheit wird in der vorliegenden Arbeit insofern Rechnung getragen, als dass eine variierende Gewichtung in Abhängigkeit der Technologielebenszyklusphase, in welcher sich die entsprechenden Sicherheitstechniken befinden, in die Bewertung integriert wird. Diesbezüglich wird im vorliegenden Erweiterungsmodell die Entwicklung und anschließende Validierung des Verfeinerungsmodells *Technologielebenszyklus* angestoßen. Zuvor bedarf es jedoch der Bestimmung der Kriterienausprägungen und -gewichtungen, um darauf aufbauend einen modifizierten Gewichtungsvektor abzuleiten. Die weiterführende Analyse von Stabilitätsintervallen bezüglich einzelner Kriterien bzw. Dimensionen findet im abschließenden Erweiterungsmodell, in Form von Sensitivitätsanalysen, Berücksichtigung.

5.4.2 Berechnung der Kriterienausprägungen sowie Kriteriengewichtungen

Der vorläufigen Bestimmung der Integration spezifischer Unsicherheiten folgt die Aufbereitung der Beurteilungen einzelner Stakeholder, in Form der Berechnung von Kriterienausprägungen. Zur Übertragung der, innerhalb der Workshops herangezogenen, qualitativen Ordinalskala in das Softwaretool D-Sight wurde auf die Transformation in eine quantitative Verhältnisskala zurückgegriffen, wodurch die Abbildung der Mittelwerte einzelner Stakeholder-Perspektiven im Intervall [1,5] sichergestellt werden konnte. Die Einbindung von Null-Toleranz-Kriterien wurde über die Definition einer qualitativen Nominalskala (ja/nein) realisiert. Teilnehmer, die der Einschätzung von Null-Toleranz-Kriterien gegenüber indifferent waren, wurden als neutral (x) markiert. Die

Gewichtung einzelner Bewertungsdimensionen erfolgte über die prozentuale Verteilung der im Workshop vergebenen Gewichtungspunkte. Entsprechend erfolgte die Gewichtung der Bewertungskriterien, jedoch je Kriterium mit der vordefinierten Ausgangsgewichtung von eins sowie einer anschließenden Zuordnung der im Workshop verteilten Gewichtungspunkte. Aufgrund der hohen Anzahl an Bewertungskriterien wurde somit sichergestellt, sämtliche Kriterienausprägungen in der Bewertung zu berücksichtigen. Das vorliegende Erweiterungsmodell sieht die Dokumentation der Kriterienausprägungen und -gewichtungen im entsprechenden Stakeholder-Sheet bzw. der darin festgehaltenen Bewertungsmatrix vor. Die jeweiligen Bewertungs- und Gewichtungsergebnisse werden im Anhang in detaillierter Form dargestellt (siehe Anhang F).

5.4.3 Entwicklung des Verfeinerungsmodells *Technologielebenszyklus*

Die nachfolgende Abbildung zeigt das, bezüglich des speziellen Anwendungsfalls entwickelte, Verfeinerungsmodell *Technologielebenszyklus* zur Integration variierender Gewichtungen von Dimensionen und Kriterien in Abhängigkeit der Technologielebenszyklusphasen der betrachteten Technikalternativen (vgl. Abb. 5-10). Ausgehend von der Abfrage der Art des Verfahrens verweist das Verfeinerungsmodell auf bestehende Verfahren zur Integration von Kriteriengewichtungen in Abhängigkeit der Lebenszyklusphase sowie den in der Forschungsarbeit entwickelten Ansatz. Zur Durchführung und Integration bestehender Verfahren der phasenabhängigen Gewichtung in die Technikbewertung assistiert die entsprechende Beurteilungshilfe.⁶³ In Ermangelung eines passfähigen Verfahrens, hinsichtlich des Anwendungsfalls Luftsicherheit, sieht das Erweiterungsmodell *SIRA-Value in Use – Assessment* die Entwicklung des Verfeinerungsmodells *Technologielebenszyklus* vor. Dieses Verfeinerungsmodell basiert auf empirischen Erkenntnissen sowie der Analyse des Anwendungsbereichs Luftsicherheit, welche zu einem individuellen Ansatz bei der Berücksichtigung des technologischen Wandels führen. Maßgeblich ist dabei die Bestimmung der Technologielebenszyklusphase, in der die untersuchten Technikalternativen aktuell positioniert sind. Diesbezüglich sieht das Modell die Durchführung einer indikatorenbasierten, bibliometrischen Analyse der jeweiligen Sicherheitstechnik vor, welcher sich eine empirische Identifikation des Neuheitseffekts anschließt. Im letzten Arbeitsschritt soll final derjenige Gewichtungsvektor ermittelt werden, welcher entsprechend der phasenabhängigen Effek-

⁶³ Bestehende Verfahren zur Integration lebenszyklusphasenspezifischer Gewichtungen in die Technikbewertung existieren in der Literatur selten. Vielversprechende Ansätze stellen hierbei die Arbeiten des Forschungszentrums Jülich sowie Julia Oberschmidt dar (FZ Jülich GmbH und Projektträger Jülich 2009, Oberschmidt 2010). Sie zielen auf die Abbildung des technologischen Wandels im Energiebereich ab.

te auf bestimmte Bewertungsdimensionen und-kriterien und aus der Perspektive des jeweiligen Stakeholders, in modifizierter Form, Eingang in die Bewertung findet.

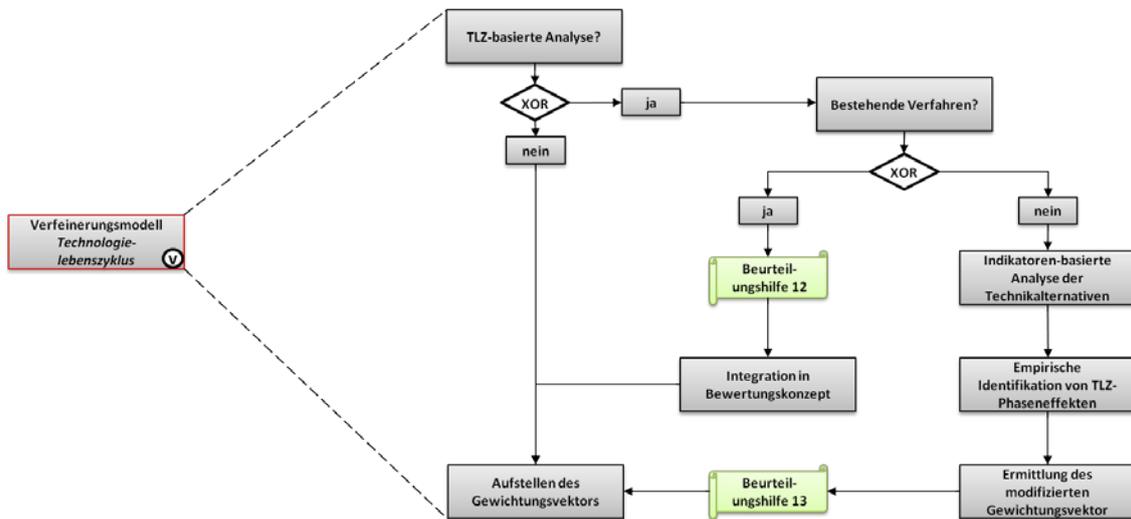


Abbildung 5-10: Verfeinerungsmodell *Technologielebenszyklus*
(Eigene Darstellung)

5.4.4 Validierung des Verfeinerungsmodells *Technologielebenszyklus*

Nachfolgend wird die Validierung des Verfeinerungsmodells *Technologielebenszyklus* für den Anwendungsfall der Luftsicherheitskontrolle dargestellt. Im Kontext der Forschungsarbeit steht insbesondere die Perspektive des Stakeholders *Passagier* und die Bestimmung dessen Faktoren der Akzeptanz bzw. Ablehnung von Techniken der Luftsicherheitskontrolle im Fokus. Aufgrund dessen soll das vorliegende Verfeinerungsmodell dazu dienen die Berücksichtigung von Unsicherheit hinsichtlich der Gewichtung einzelner Bewertungskriterien und Dimensionen exemplarisch für den Stakeholder *Passagier* durchzuführen.

5.4.4.1 Bibliometrische Analyse unterschiedlicher Sicherheitstechniken aus dem Bereich der Luftsicherheit

Die indikatorenbasierte Analyse in Form von Publikations- und Patentanalysen dient der Abbildung von Forschungsergebnissen und -prozessen in Wissenschaft und Wirtschaft sowie der damit verbunden Analyse von Innovationen in der frühen Phasen ihrer Entwicklung (Ball und Tunger 2005). Im vorliegenden Anwendungsfall stand die Analy-

se wissenschaftlicher Publikationen, auch als bibliometrische Analysen⁶⁴ bezeichnet, zur Abbildung des wissenschaftlichen Diskurses hinsichtlich der ausgewählten Technikalternativen im Fokus. Im Rahmen dieser Forschungsarbeit wird die bibliometrische Analyse als ausreichend angesehen, da sie vor allem eine Bewertung der Wirksamkeit und Qualität der öffentlichen Forschung darstellt, auf dessen Ergebnissen die private Forschung oftmals aufbaut. Zur Analyse einschlägiger Publikationen wurde die von Thomson Reuters bereitgestellte Datenbank *Web of Science (WoS)* genutzt, welche diesbezüglich in der Regel als Referenz dient (Frietsch et al. 2013). Die Analyse diente einerseits dazu die Diskussion bezüglich eingesetzter Sicherheitstechniken am Flughafen auf der Wissenschaftsebene sowohl aus technischer, als auch nicht-technischer Perspektive näher zu beleuchten und andererseits anhand deren zeitlichem Verlauf Rückschlüsse hinsichtlich der Positionierung innerhalb deren Technologielebenszyklus zu erlangen. Die empirische Bestimmung von Technologiezyklen soll dazu dienen, um die darauffolgenden Analysen in einen theoretischen Rahmen einordnen zu können.

Die bibliometrische Analyse weltweiter Trends technologischer und wissenschaftlicher Lösungen hinsichtlich des *Status Quo*, also der Luftsicherheitskontrolle wie wir sie heute kennen, lieferte im zeitlichen Verlauf von 1980-2013 die in Abb. 5-11 dargestellte absolute Anzahl an Publikationen. Dabei zeigt die Kurve einen generell moderaten Anstieg, der in den frühen 90er Jahren einsetzt und eine leichte Abdämpfung um die Jahrtausendwende erfährt. Entsprechend dem Ansatz des modernen integrierten Technologielebenszyklus lässt sich hier eine abgeschwächte Phase der Ernüchterung und Neuorientierung erkennen. Schmoch begründet die reduzierten Ausschläge hinsichtlich des Kurvenverlaufs der Publikationen mit einem expliziteren Reagieren der Unternehmen auf technologische und wirtschaftliche Ergebnisse, die nicht deren Erwartungen entsprechen (Schmoch 2007). Im weiteren Verlauf erfährt die anschließende Phase des Anstiegs nach 2007 einen Bruch und führt in die Phase der Reife über, welche durch einen erneut moderaten Anstieg gekennzeichnet ist. Der *Status Quo* wird schlussfolgernd der Phase der Reife zugeordnet.

⁶⁴ Zur weiterführenden Betrachtung der indikatorenbasierten Analyse vgl. Frietsch et al. 2013.

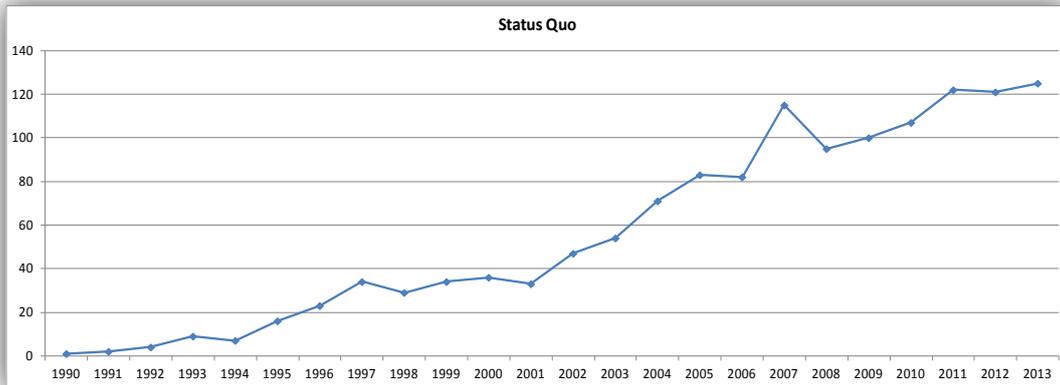


Abbildung 5-11: Bibliometrische Analyse *Torbogensonde* für die Jahre 1980-2013
(Eigene Darstellung; Quelle: WoS)

Die Analyse wissenschaftlicher Publikationen hinsichtlich des *Security Scanners* zeigt im Zeitraum von 1980-2013 den in Abb. 5-12 verdeutlichten Verlauf bezüglich der Anzahl der Publikationen. Hierbei zeigt die Kurve einen generell steilen Aufstieg, kurz nach der Jahrtausendwende und durchläuft die Phasen der Entwicklung und der Euphorie, begründet durch die Anschläge vom 11. September 2001 und der resultierenden Neuausrichtung der Luftsicherheitskontrolle. Dem Anstieg wird im Jahr 2007 in Form einer moderaten Ernüchterung ein Ende gesetzt, gefolgt von einem erneuten Anstieg bzw. dem Beginn der Phase der Neuorientierung im Jahr 2010. Eine klare Zuordnung zur Phase der Neuorientierung bzw. Aufstiegs scheint dabei kaum möglich zu sein, wird jedoch aufgrund der beobachteten Entwicklungen tendenziell der Phase des Aufstiegs zugeordnet. Diese Phase ist im Wesentlichen durch einen Übergang zur nächsten Technikgeneration oder deren maßgebliche Weiterentwicklung gekennzeichnet. Der *Security Scanner* wird schlussfolgernd der Phase des Aufstiegs zugeordnet.

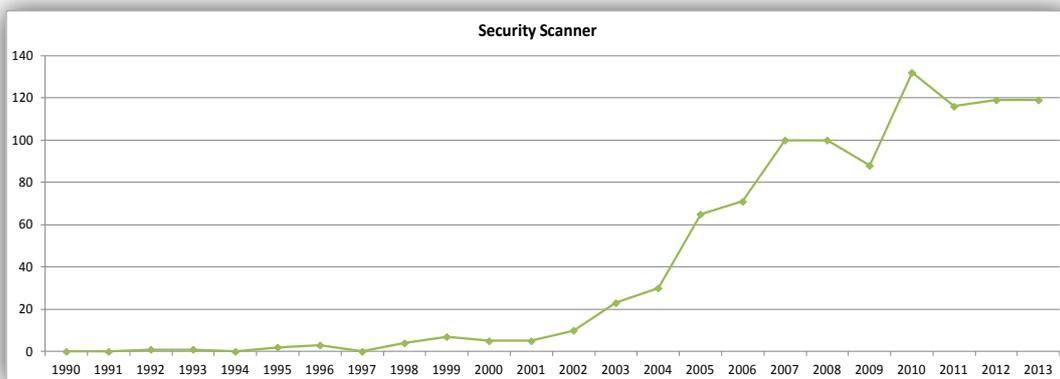


Abbildung 5-12: Bibliometrische Analyse *Security Scanner* für die Jahre 1980-2013
(Eigene Darstellung; Quelle: WoS)

5.4.4.2 Empirische Identifikation von Technologielebenszyklusphaseneffekten

Zur empirischen Identifikation von Technologielebenszyklusphaseneffekten wurde auf die Befragungsergebnisse der EBS zurückgegriffen.⁶⁵ Die im Zusammenhang der empirischen Erweiterung und Validierung identifizierter Akzeptanzkriterien seitens der EBS durchgeführte Online-Befragung von 1.540 Passagieren in Deutschland diente unter anderem dazu die Relevanz ausgewählter Akzeptanzattribute hinsichtlich der Alternativen *Status Quo* und *Security Scanner* zu identifizieren (Georgi 2014). Die eigenständigen weiterführenden Untersuchungen sollten dabei Aufschluss über Verschiebungen hinsichtlich der Relevanz ausgewählter Akzeptanzattribute aus Sicht des Stakeholders *Passagier* liefern, um somit Rückschlüsse auf eine differenzierte Gewichtung in Abhängigkeit der Lebenszyklusphase abzuleiten. Die Technikalternative des *Security Scanners* wurde durch die Befragten dabei explizit als Neuheit deklarierte.⁶⁶

Die Wichtigkeit einzelner Akzeptanzattribute wurde im Rahmen der Online-Befragung mittels einer 5-Punkt-Skalen mit den Ausprägungen *sehr unwichtig* bis *sehr wichtig* sowie der Angabe *keine Einschätzung* abgefragt. Zu beachten ist dabei, dass der Stichprobenumfang je Mittelwert unterschiedlich ausfiel. Entsprechend der nachfolgenden Tabelle lassen sich die Verschiebungen innerhalb der Kriteriengewichtungen wie folgt zusammenfassen (vgl. Tab. 5-4). Einen relevanten positiven Ausschlag weisen im Wesentlichen die Attribute Wahlmöglichkeit der Kontrolltechnik sowie das Bedürfnis nach möglichst wenig Nachkontrolle auf. Diese werden für den *Security Scanner*, im Vergleich zum *Status Quo*, als relevanter eingestuft, wohingegen die erhöhte Sicherheit beim Fliegen durch den Einsatz des *Security Scanners* das Attribut mit dem negativsten Ausschlag darstellt. Eher moderate Ausschläge, in positiver Richtung, zeigen die Attribute der Vorbereitung auf die Luftsicherheitskontrolle, der Anonymität sowie der ethischen Aspekte auf. Die Attribute Privatsphäre, Vertraulichkeit der Daten, Kon-

⁶⁵ Die im Rahmen des Verbundprojekts SIRA seitens des Projektpartners EBS durchgeführte Online-Befragung konnte dazu herangezogen werden, die Möglichkeit zur Berücksichtigung von Unsicherheit in Form der Kriteriengewichtung im entwickelten Vorgehensmodell aufzuzeigen und exemplarisch im Verfeinerungsmodell Technologielebenszyklus für den Stakeholder *Passagier* anzuwenden. Aufgrund der unterschiedlichen Grundgesamtheit der Online-Befragung sowie der Workshopteilnehmer besitzt die Aussagekraft der Differenzen innerhalb der Kriteriengewichtung jedoch eingeschränkten Charakter.

⁶⁶ Der Mittelwert der Neuheitsvariablen lag auf der Skala [1,5] mit 3,647 Stimmen im zustimmenden Bereich. Die Einschätzung der *Passagiere* deckt sich dabei mit der bibliometrischen Analyse des *Security Scanners* und dessen Einstufung im Grenzgebiet des frühen Stadiums und des Aufstiegs (vgl. Kap. 5.4.4.1). Ein weiterer Anhaltspunkt hierfür stellt die Einführung des *Security Scanners* der zweiten Generation am Flughafen Frankfurt, als charakteristisches Merkmal im Anschluss an die Phase der Ernüchterung und Neuorientierung, dar.

trolle der Wertsachen sowie die gefühlte Verdachtsunterstellung weisen hingegen einen moderat negativen Ausschlag auf die Gewichtung auf. Die Überprüfung der Mittelwerte beider Stichproben belegt die Differenz der Mittelwerte gerade hinsichtlich der Attribute mit erhöhtem Ausschlag. Zudem weisen exakt diese Attribute eine hinreichende Signifikanz auf. Die entsprechenden Differenzen sind folglich sowohl parametrisch als auch nicht-parametrisch gemessen signifikant, wodurch eine Verschiebung ausgewählter Gewichtungen beim Vergleich beider Technikalternativen belegt werden kann. Basierend auf dem Erkenntnisgewinn der Online-Befragung, sind diese hinreichend in der Bewertung zu berücksichtigen.

Tabelle 5-4: Ergebnisanalyse der Online-Befragung der EBS
(Die Diskussion der Mittelwerte bietet Georgi 2014)

Akzeptanzattribut	Mittelwert Status Quo	Mittelwert Security Scanner	Δ Mittelwert ⁶⁷	z-/t-Test ⁶⁸	Wilcoxon-Mann-Whitney-Test ⁶⁹
Wahlmöglichkeit	3,282	3,590	0,308	ja	ja
Nachkontrollen	3,677	3,965	0,287	ja	ja
Vorbereiten	3,887	3,986	0,099	ja	ja
Anonymität	4,242	4,311	0,069	ja	ja
Ethisch	4,058	4,124	0,066	nein	ja
Privatsphäre	4,351	4,344	-0,007	nein	nein
Vertraulichkeit	4,396	4,376	-0,020	nein	nein
Wertsachen	4,313	4,286	-0,028	nein	nein
Verdacht	4,275	4,238	-0,037	nein	nein
Sicherheit	4,508	4,363	-0,145	ja	ja

Zur Übertragung der empirischen Ergebnisse hinsichtlich der Auswirkungen lebenszyklusabhängiger Effekte in das entwickelte Bewertungssystem rückt die nachfolgende Tabelle die Beziehungen zwischen den Akzeptanzattributen der durchgeführten Online-Befragung und den passagierbezogene Bewertungskriterien des entwickelten Krite-

⁶⁷ Hinsichtlich der Definition der Differenz des Mittelwertes diente der *Security Scanner* als Referenz, um entsprechend positive bzw. negative Auswirkungen der Einführung einer innovativen Sicherheitstechnik auf die Gewichtung ausgewählter Kriterien zu überprüfen.

⁶⁸ Der *z-/t-Test* der beiden Stichproben *Status Quo* und *Security Scanner* diente der Überprüfung des Verhaltens beider Grundgesamtheiten zueinander anhand deren Mittelwerte. Hierbei wurde die Hypothese geprüft, ob die Differenz beider Mittelwerte als gleich Null angesehen werden kann, bei einem Signifikanz-Niveau von $\alpha=0,05$.

⁶⁹ Der *Wilcoxon-Mann-Whitney-Test* diente der Überprüfung der Signifikanz hinsichtlich der Angehörigkeit zur selben Grundgesamtheit, der beiden Stichproben *Status Quo* und *Security Scanner*. Hierbei wurde die Hypothese geprüft, ob die Differenz der Positionen beider Stichproben gleich 0 ist, bei einem Signifikanz-Niveau von $\alpha=0,05$.

rienkataloges in den Fokus (vgl. Tabelle 5-5). Dabei sollen bei der anschließenden Übertragung der Kriteriengewichtungen in die Bewertungssoftware diejenigen Bewertungskriterien eine modifizierte Gewichtung, aus Sicht des Stakeholders *Passagier*, erfahren, die hinsichtlich ihrer Signifikanz positiv getestet wurden. Der modifizierte Gewichtungsvektor des Stakeholders *Passagier* beinhaltet folglich positive, wie auch negative Effekte in Abhängigkeit der betrachteten Sicherheitstechniken und deren Positionierung im Technologielebenszyklus.

Tabelle 5-5: Bezugsgefüge zwischen Akzeptanzattributen und Bewertungskriterien

Akzeptanzattribut	Nr. Kriterium	Bewertungskriterium	Prozentuale Abweichung
Wahlmöglichkeit	71	Passagier kann Kontrolltechnik wählen	7,71%
Nachkontrollen	83	Bedürfnis nach möglichst wenig Kontrollen erfüllt	7,18%
Vorbereiten	75	Passagier muss sich nicht auf Kontrolle vorbereiten	2,48%
Anonymität	35	Gewährleistung von Anonymität	1,73%
Ethisch	30	Völkerrechtliche Aspekte	1,66%
Privatsphäre	neu 14	Zumutbarkeit des Eingriffs in die Privatsphäre	-0,18%
	36	Gewährleistung der Privatsphäre	-0,18%
Vertraulichkeit	neu 11	Systematische Analyse passagierbezogener Daten	-0,50%
Wertsachen	74	Dauer der Trennphase: Passagier - Handgepäck	-0,69%
	neu 10	Kontrolle über Handgepäck	-0,69%
Verdacht	72	Keine gefühlte Verdachtsunterstellung	-0,91%
Sicherheit	D4	Sicherheit	-3,63%

5.4.5 Datenübertragung in das Software-Programm

Der Arbeitsschritt der Datenübertragung in die Softwareunterstützung D-Sight bedient sich der Datenbank *SIRA-Value* sowie der darin hinterlegten Informationen. Dem Anwender steht dabei einerseits die Option des Datenimports über eine spezifische Vorlage sowie andererseits die Möglichkeit des Kopierens entsprechender Bewertungsmatrizen zur Verfügung. Die abschließende Aggregation der gesammelten Daten runden das Erweiterungsmodell *SIRA-Value in Use - Assessment* ab und ermöglichen eine Zusammenführung im folgenden Erweiterungsmodell.

5.4.6 Zusammenfassung

Das Erweiterungsmodell *SIRA-Value in Use - Assessment* umfasst die Aufbereitung der stakeholderspezifischen Bewertungsergebnisse zur Übertragung in das ausgewählte Softwaretool D-Sight, in sequentieller Form. In einem ersten Schritt wurde hierbei die Art der zu berücksichtigenden Unsicherheit im Anwendungsfall festgelegt. Zur

Identifikation und Abbildung besonders sensitiver Bewertungskriterien wurde dabei auf die Integration von Unsicherheit hinsichtlich der Kriteriengewichtung zurückgegriffen, um darauffolgend einerseits diesbezügliche Sensitivitätsanalysen durchzuführen sowie andererseits Effekte auf die Gewichtung, in Abhängigkeit der eingenommenen Technologielebenszyklusphase der betrachteten Alternativen, zu überprüfen. Das für den spezifischen Anwendungsfall entwickelte Verfeinerungsmodell *Technologielebenszyklus* diente diesbezüglich zur exemplarischen Abbildung phasenabhängiger Effekte des Stakeholders *Passagier*. Zur Abschätzung der Positionierung der beiden Technikalternativen *Status Quo* und *Zukunftsmodell* wurde im Verfeinerungsmodell eine bibliometrische Analyse durchgeführt, welche die differenzierte Positionierung und den Neuheitsgrad des *Zukunftsmodells* respektive *Security Scanners* belegt. Des Weiteren dienten zusätzliche empirische Untersuchungen der Identifikation phasenabhängiger Effekte, welche hinsichtlich deren Signifikanz geprüft und darauffolgend, anhand eines modifizierten Gewichtungsvektors, in die Bewertung integriert wurden. Die Übertragung der gesammelten Daten aller Stakeholder in das Softwaretool rundet das vorliegende Erweiterungsmodell ab.

5.5 Validierung des Erweiterungsmodells Zusammenführung der Ergebnisse

Der Zugriff auf das Erweiterungsmodell *Zusammenführung der Ergebnisse* wird über die, im zentralen Erweiterungsmodell *Identifikation von Stakeholdern*, modellierte Schleife realisiert. Dieser wird nach Erfüllung des Abbruchkriteriums der entsprechenden Beurteilungshilfe gewährleistet, sobald alle gewählten Stakeholder-Perspektiven die Erweiterungsmodelle *SIRA-Value in Use - Workshops* sowie *SIRA-Value in Use - Assessment* durchlaufen haben. Darauf folgend führt das vorliegende Erweiterungsmodell die Zusammenführung und Interpretation der gesammelten Daten durch.

5.5.1 Ergebnisdarstellung

Die Aggregation der Daten erfolgt anhand der paarweisen Vergleiche des in Kapitel 3.2.2 beschriebenen PROMETHEE-Algorithmus, unter Berücksichtigung des modifizierten Gewichtungsvektors des Stakeholders *Passagier* und in Abhängigkeit der unterschiedlichen Lebenszyklusphasen der betrachteten Technikalternativen. Die Auswertung erfolgte unter Zuhilfenahme des Softwareprogramms D-Sight. Im Folgenden wird ein Überblick hinsichtlich der Ergebnisse der multikriteriellen Bewertung beider Technikalternativen *Status Quo* und *Zukunftsmodell* aus der Perspektive der unterschiedlichen, im Prozess berücksichtigten, Stakeholder gewährleistet. Ausgehend von einer stakeholderspezifischen Betrachtung liegt der Fokus hierbei auf der ganzheitli-

chen, zusammenführenden Bewertung sämtlicher Stakeholder-Perspektiven. Die abschließende, detaillierte und isolierte Untersuchung der im Bewertungsprozess integrierten TAM-Aspekte dient der Ableitung dedizierter Schlussfolgerungen.

5.5.1.1 Stakeholderspezifische Betrachtung

Um die Komplexität des Bewertungsprozesses und die darin berücksichtigte Vielzahl an Bewertungskriterien in ihrer Gesamtheit zu erfassen, empfiehlt die einführende Analyse die Betrachtung der stakeholderspezifischen Gewichtung einzelner Dimensionen und Kriterien. Die Analyse der Gewichtungen resultierte in der Identifikation hochrangiger, besonders entscheidungsrelevanter bzw. nachrangiger, das Ergebnis eher marginal beeinflussender Bewertungsdimensionen. Tab. 5-6 gibt Aufschluss über die prozentuale Gewichtung einzelner Bewertungsdimensionen, in Abhängigkeit der eingenommenen Bewertungsperspektive. Der Stakeholder *Passagier* nimmt hierbei eine Sonderrolle ein, da für ihn nicht-relevante Bewertungsdimensionen ausgeblendet wurden. Die Dimension des Rechts und der Betroffenheit nehmen, stellvertretend für alle Stakeholder, eine überaus gewichtige Rolle ein, wohingegen der öffentliche Diskurs zumeist eine untergeordnete Rolle spielt. Als Dimension immenser Wichtigkeit kristallisierte sich die Sicherheitsdimension heraus, welche aus Sicht der Experten einheitlich hoch gewichtet wurde. Die Dimensionen der Wirtschaftlichkeit und Organisation belegen mehrheitlich eine Mittelrang-Positionierung, gefolgt von der Dimension der Kompatibilität sowie der Umwelt. Letztere wurde seitens der Mehrzahl der Experten als eher nachrangig eingestuft.

Tabelle 5-6: Stakeholderspezifische Gewichtung der Bewertungsdimensionen

	Passagier	Sicherheitsdienstleister	Produzenten	Technologieentwickler	Fluggesellschaften	BMI	Flughafenbetreiber
Diskurs	17.51%	5.73%	11.43%	4.76%	6.25%	11.76%	6.25%
Wirtschaftlichkeit	0.0%	12.88%	13.33%	13.10%	16.67%	11.76%	16.67%
Recht	45.53%	16.90%	11.43%	11.90%	16.67%	15.69%	16.67%
Sicherheit	0.0%	17.18%	15.24%	17.86%	16.67%	15.69%	16.67%
Organisation	0.0%	13.69%	13.33%	14.29%	14.58%	13.73%	12.50%
Kompatibilität	0.0%	12.17%	10.48%	10.71%	12.50%	11.76%	12.50%
Umwelt	0.0%	4.56%	10.48%	8.33%	2.08%	3.92%	2.08%
Betroffenheit	36.95%	16.91%	14.29%	19.05%	14.58%	15.69%	16.67%

Die Analyse der Relevanz einzelner Bewertungskriterien, hinsichtlich des Einflusses auf die Gesamtbewertung, lieferte für die jeweiligen Stakeholder das in Tab. 5-7 dargestellte Resultat und bildet die drei wichtigsten Kriterien ab. Der öffentliche Diskurs, als Kriterium und Dimension zugleich, findet innerhalb der dimensional Betrachtung Berücksichtigung. Während aus Sicht der *Passagiere* in erster Linie rechtliche Aspekte, insbesondere die Wahrung von Persönlichkeitsrechten, im Mittelpunkt stehen, fokussiert die Bewertung der *Experten* zumeist auf sicherheitstechnische Aspekte, wie bspw. die Vermeidung neuer Risiken, die lückenlose Überprüfung, der Einsatz von Random-Kontrollen sowie eine höhere Trefferquote ab. Aus Sicht der *Produzenten von Sicherheitstechniken* bildet, als einziges Kriterium der Dimension Umwelt überhaupt, die Minimierung der Leistungsaufnahme das wichtigste Bewertungskriterium. Basierend auf einer eher niederrangigen Gewichtung der Dimension Umwelt verdeutlicht dies den Stellenwert des Kriteriums. Der wirtschaftliche Aspekt, in Form der Auslastung der Technik, nimmt aus Sicht der *Fluggesellschaften* eine zentrale Rolle ein.

Tabelle 5-7: Auswahl besonders bewertungsrelevanter Kriterien

	Bewertungskriterium	Dimension	Gewichtung
Passagier	Wahrung von Persönlichkeitsrechten	Recht	20,20%
	Völkerrechtliche Aspekte	Recht	10,10%
	Gewährleistung von Anonymität	Recht	7,70%
Sicherheitsdienstleister	Vermeidung neuer Risiken	Sicherheit	5,30%
	EU-Verordnung	Recht	4,00%
	Höhere Trefferquote	Sicherheit	3,30%
Produzenten von Sicherheitstechniken	Minimierung der Leistungsaufnahme (Wärmeentw.)	Umwelt	5,20%
	System liefert möglichst viel relevante Information	Sicherheit	3,80%
	Möglichkeit des Aufsetzens auf best. Schnittstellen	Kompatibilität	3,10%
Technologieentwickler	Lückenlose Überprüfung möglich	Sicherheit	3,80%
	Einstellung des Detektionsniveaus	Sicherheit	3,80%
	Erfüllung von Tests der BPol / Landesluftfahrtbehörde	Recht	3,40%
Fluggesellschaften	Auslastung der Technik	Wirtschaftlichkeit	4,50%
	Funktionalität ermöglichende Raumarchitektur	Kompatibilität	3,10%
	Effizientes Zusammenspiel aller Teilprozesse möglich	Organisation	2,60%
BMI	Random-Kontrolle möglich	Sicherheit	3,40%
	Einstellung des Detektionsniveaus	Sicherheit	3,40%
	Luftsicherheitsgesetz	Recht	2,90%
Flughafenbetreiber	Höhere Trefferquote	Sicherheit	4,80%
	Minimaler Verbrauch an Stellfläche	Kompatibilität	2,90%
	Minimales Gewicht	Kompatibilität	2,90%

Die Aggregation der Bewertungsdaten mithilfe des PROMETHEE-Ansatzes ermöglicht die Bildung der Rangfolge beider Technikalternativen, aus Sicht der unterschiedlichen Stakeholder, nach PROMETHEE I und II. Einen Überblick der Ergebnisse, hinsichtlich des PROMETHEE I, zeigt Abb. 5-13. Jedes Symbol steht hierbei für die Bewertungsergebnisse aus Sicht des jeweiligen Stakeholders, linksseitig für die Technikalternative des *Status Quo* und rechtsseitig für die des *Zukunftsmodells*. Die Abszisse spiegelt hierbei das Maß der relativen Stärke, basierend auf dem positiven Outranking-Fluss ϕ^+ des PROMETHEE-Ansatzes, und die Ordinate das Maß der relativen Schwäche, basierend auf dem negativen Outranking-Fluss ϕ^- des PROMETHEE-Ansatzes, wider. Demzufolge entspricht die positive Bewertung einer Alternative einer Positionierung möglichst weit rechts bzw. möglichst weit unten im Diagramm, während eine negative Bewertung gegensätzlich im linken, oberen Bereich verortet wird.

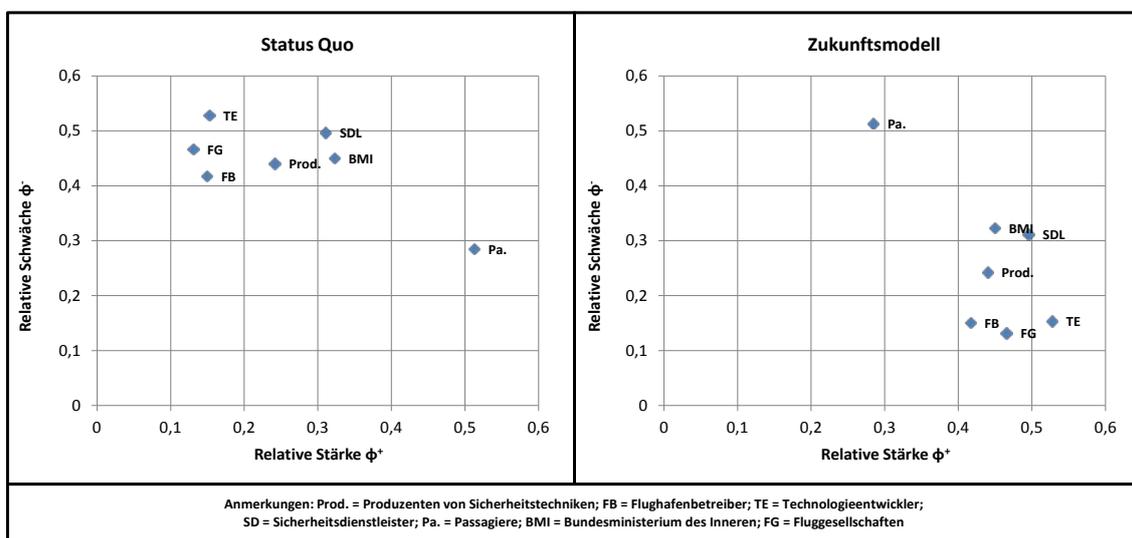


Abbildung 5-13: Relative Stärke/Schwäche der Technikalternativen aus Sicht der Stakeholder (Eigene Darstellung)

Für die Technikalternative des *Status Quo* wird eine besonders positive Bewertung aus Sicht des Stakeholders *Passagier* deutlich. Das Maß der relativen Stärke ist hier als einziges im nennenswert positiven Bereich verortet. Aus der Perspektive der *Experten* erfährt der *Status Quo* eine weitaus negativere Einschätzung. Das Maß der relativen Schwäche verdeutlicht diese Einstufung durch die Positionierung im Intervall [0,41; 0,53] für alle *Experten*. Das Maß der relativen Stärke variiert jedoch im stärkeren Umfang und verdeutlicht eine sehr schwache Beurteilung der Stakeholder *Fluggesellschaften*, *Flughafenbetreiber* sowie *Technologieentwickler*. Eine moderatere, leicht höher angeordnete Einschätzung der relativen Stärke weisen die Stakeholder *Produzenten von Sicherheitstechniken*, *Sicherheitsdienstleister* sowie das *BMI* auf. Aufgrund der Tatsache, dass genau zwei Alternativen miteinander verglichen werden, ergibt sich das

Diagramm zur Beurteilung des *Zukunftsmodells* aus der Umkehr der Bewertungsergebnisse des *Status Quo* bzw. durch die Spiegelung der entsprechenden Symbole anhand der Diagonalen des Koordinatensystems. Eine positive Positionierung des *Zukunftsmodells* ergibt sich hier insbesondere für die Stakeholder *Technologieentwickler*, *Fluggesellschaften* und *Flughafenbetreiber*. Ebenso verdeutlicht sich dieses Bild für die Stakeholder *Produzenten von Sicherheitstechniken*, *Sicherheitsdienstleister* sowie das *BMI*, jedoch bei einem gleichzeitig höheren Maß der relativen Schwäche. Die negativste Einstufung erfolgt aus Sicht des Stakeholders *Passagier*. Tab. 5-8 fasst die Bewertungsergebnisse beider Technikalternativen aus Sicht der berücksichtigten Stakeholder in strukturierter Form zusammen und veranschaulicht, neben der relativen Stärke/Schwäche, zusätzlich die Ergebnisse nach PROMETHEE II, in Form des Nettoflusses je Alternative aus der jeweiligen Stakeholder-Perspektive.

Tabelle 5-8: Relative Stärke/Schwäche sowie Nettoflüsse der Technikalternativen

	Status Quo	Zukunftsmodell
Passagiere	Nettofluss: 0,227	Nettofluss: -0,227
	ϕ^+ 0,513	ϕ^+ 0,285
	ϕ^- 0,285	ϕ^- 0,513
Sicherheitsdienstleister	Nettofluss: -0,185	Nettofluss: 0,185
	ϕ^+ 0,311	ϕ^+ 0,496
	ϕ^- 0,496	ϕ^- 0,311
Produzenten von Sicherheitstechniken	Nettofluss: -0,197	Nettofluss: 0,197
	ϕ^+ 0,242	ϕ^+ 0,440
	ϕ^- 0,440	ϕ^- 0,242
Technologieentwickler	Nettofluss: -0,375	Nettofluss: 0,375
	ϕ^+ 0,153	ϕ^+ 0,528
	ϕ^- 0,528	ϕ^- 0,153
Fluggesellschaften	Nettofluss: -0,335	Nettofluss: 0,335
	ϕ^+ 0,131	ϕ^+ 0,466
	ϕ^- 0,466	ϕ^- 0,131
BMI	Nettofluss: -0,127	Nettofluss: 0,127
	ϕ^+ 0,323	ϕ^+ 0,450
	ϕ^- 0,450	ϕ^- 0,323
Flughafenbetreiber	Nettofluss: -0,267	Nettofluss: 0,267
	ϕ^+ 0,150	ϕ^+ 0,417
	ϕ^- 0,417	ϕ^- 0,150

Die Rangfolge der Alternativen nach PROMETHEE I und II ergibt sich schlussfolgernd eindeutig. Als einziger Stakeholder zieht der *Passagier* den *Status Quo* dem *Zukunftsmodell* vor, wohingegen aus Sicht aller *Experten* das *Zukunftsmodell* die bevorzugte Alternative darstellt. Abb. 5-14 veranschaulicht die Ergebnisse nach PROMETHEE II

für beide Technikalternativen, in Abhängigkeit der berücksichtigten Stakeholder und zeigt anhand des Nettoflusses die Dominanz einerseits des *Status Quo* aus Sicht der *Passagiere* sowie andererseits des *Zukunftsmodells* aus Sicht der *Experten* auf.

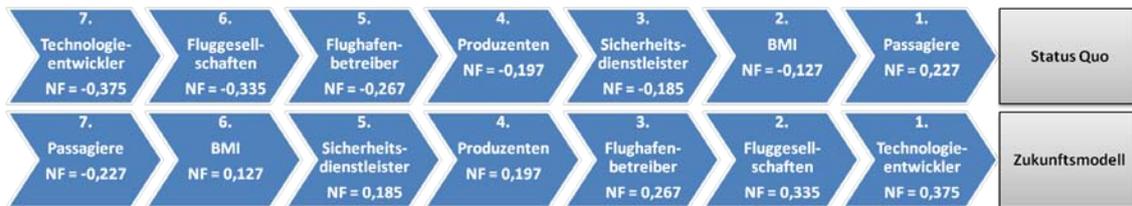


Abbildung 5-14: PROMETHEE II Rangfolge in Abhängigkeit der Stakeholder-Perspektive
(Eigene Darstellung; Anmerkung: NF steht für Nettofluss)

Die folgende Analyse der Bewertungsdimensionen dient der Identifizierung wesentlicher Einflussfaktoren hinsichtlich des Bewertungsergebnisses je Alternative, um darauf aufbauend dedizierte Schlussfolgerung hinsichtlich des *Status Quo* sowie des *Zukunftsmodells* abzuleiten. Die Analyse wird separat für jeden Stakeholder durchgeführt und bedient sich, neben der *Global Visual Analysis (GVA)*⁷⁰, als wesentlicher Bestandteil des PROMETHEE, der Darstellungsform der Profil- und Balkendiagrammen zur Visualisierung des prozentualen Einflusses einzelner Dimensionen auf das Ergebnis.

Die Verteilung des dimensionalen Einflusses hinsichtlich des Bewertungsergebnisses und der damit verbundenen Präferenz für die Alternative des *Status Quo*, aus Sicht des Stakeholders *Passagier*, verdeutlicht die klare Positionierung der *Passagiere* aufgrund der deutlich besseren Bewertung bezüglich der Dimensionen Recht und Diskurs (vgl. Abb. 5-15). Die *GVA* belegt diesen Fakt durch die Ausrichtung der Achsen Diskurs und Recht in Richtung des *Status Quo*, ebenso wie die Ausrichtung der Entscheidungsach-

⁷⁰ Die *GVA* dient der visuellen Erfassung der Struktur eines multikriteriellen Entscheidungsproblems. Ausgangspunkt stellt die Abbildung von n Alternativen in einem k -dimensionalen Raum dar. k kann hierbei vielfältig, stellvertretend z.B. für Dimensionen, Kriterien und auch Stakeholder verwendet werden und folglich Möglichkeiten der Darstellbarkeit überschreiten. Aufgrund dessen findet eine Projektion des k -dimensionalen Raums auf eine Ebene (GAIA Ebene), auf Basis der Hauptkomponentenanalyse statt. Hier können Informationen verloren gehen, jedoch stellt die GAIA Ebene diejenige Ebene mit dem höchsten Informationsgehalt dar und nimmt daher die Eigenschaften eines Metamodells an (Brans und Mareschal 2005). Maßgeblich für die Interpretation ist dabei die Entscheidungsachse, welche das Ergebnis abbildet. Die Rangfolge kann, anhand der Projektionen der Alternative, auf der Achse abgelesen werden. Eine zentrale Rolle spielt die Länge der Achsen. Je länger sie sind, desto ausschlaggebender sind sie für das Ergebnis. Die Richtung der Achsen gibt Aufschluss über ähnliche Präferenzen bzw. Konflikte, wobei ähnliche Richtungen gleiche Präferenzen widerspiegeln bzw. gegensätzliche Richtungen Konflikte. Achsen die keine Beziehung zueinander aufweisen stehen orthogonal zueinander. Ähnliche Alternativen sind räumlich nah beieinander verortet, wohingegen Alternativen die hinsichtlich einer bestimmten Achse gut bewertet wurden sich ebenfalls in Richtung jener Achsen positionieren.

se (rot) in Richtung der präferierten Alternative. Hinsichtlich der Dimension der Betroffenheit, in diesem Falle aufgeteilt nach ihren Einflussfaktoren wahrgenommener Nutzen, Bedienbarkeit sowie Subjective Norm, fällt die Bewertung jedoch zugunsten des *Zukunftsmodells* aus. Anhand der Länge der Achsen der entsprechenden Dimensionen bzw. Kriterien gibt die GVA Aufschluss darüber, wie ausschlaggebend sie für das Bewertungsergebnis sind.

Hieraus wird ersichtlich, dass die Bedienbarkeit sowie insbesondere die Subjective Norm nicht maßgeblich für die differenzierte Bewertung beider Alternativen sind, da ihr Anteil am Bewertungsergebnis in ähnlichem Maße ausfällt, wohingegen der wahrgenommene Nutzen einen ausschlaggebenden Einfluss auf das Ranking beider Alternativen zugunsten des *Zukunftsmodells* aufweist.

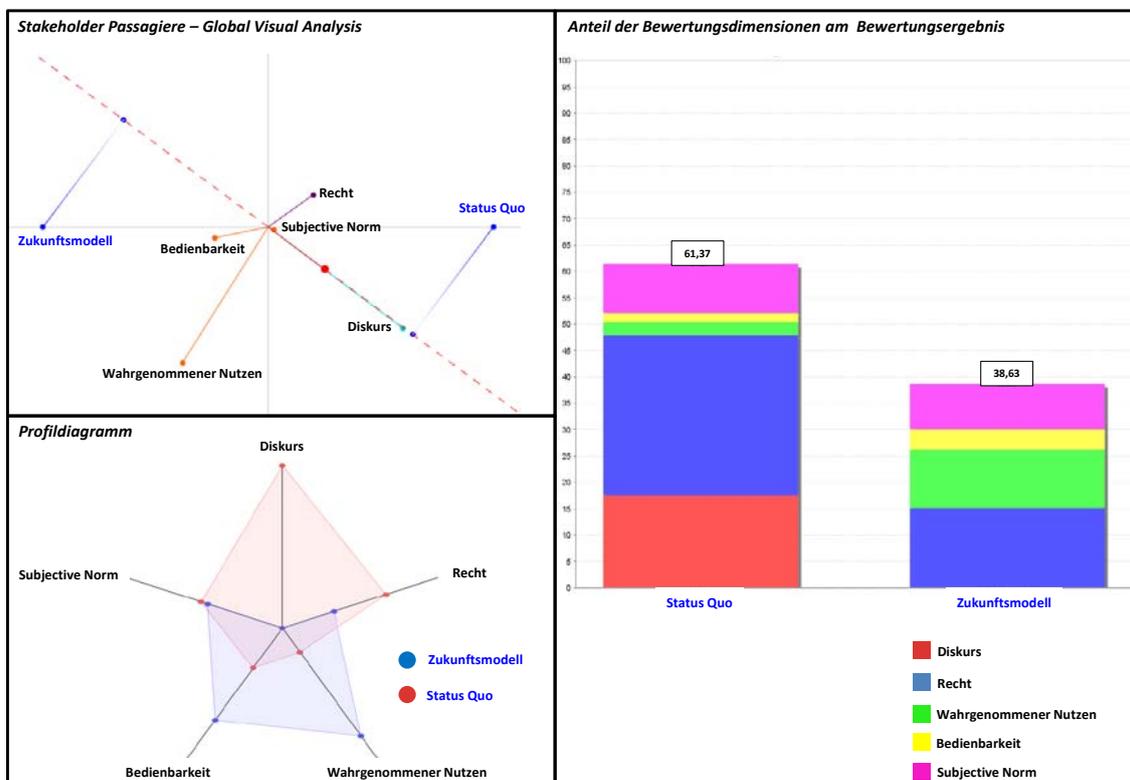


Abbildung 5-15: Visuelle Analyse der Ergebnisse des Stakeholders *Passagier*
(Eigene Darstellung)

Die Analyse der Bewertungsdimensionen aus der Perspektive des Stakeholders *Sicherheitsdienstleister* verdeutlicht die untergeordnete Rolle der Dimensionen Sicherheit und Wirtschaftlichkeit, da sich die diesbezüglichen Ergebnisse nur geringfügig unterscheiden (vgl. Abb. 5-16). Ebenso weisen die Dimensionen Recht und Umwelt, zugunsten des *Status Quo* sowie die Dimension der Organisation zugunsten des *Zukunftsmodells* einen weitestgehend mittelmäßigen Einfluss auf das Endergebnis auf.

Den ausschlaggebendsten Einfluss auf die Bewertung, aufgrund einer differenzierten Bewertung, beinhalten die Dimensionen der Betroffenheit und der Kompatibilität. Sie bilden den positivsten Einfluss auf das Ergebnis zugunsten des *Zukunftsmodells*, während der Diskurs einen zentralen Faktor für die Bewertung des *Status Quo* darstellt.

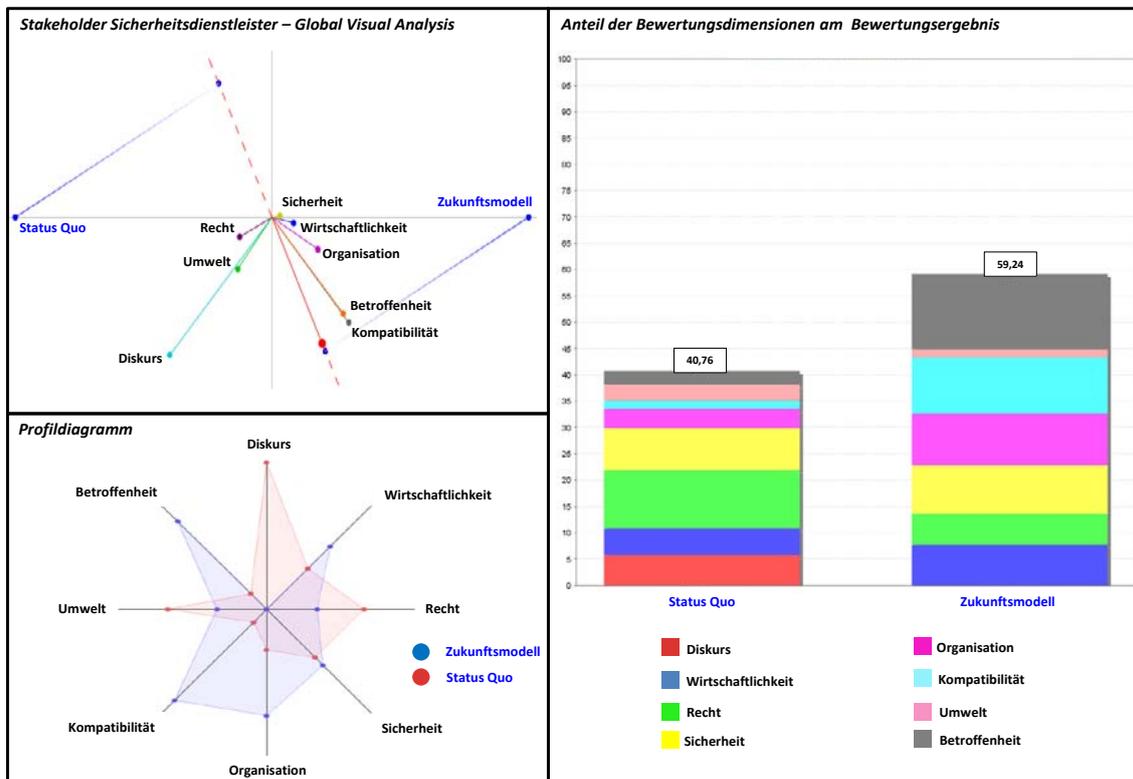


Abbildung 5-16: Visuelle Analyse der Ergebnisse des Stakeholders *Sicherheitsdienstleister* (Eigene Darstellung)

Aus Sicht des Stakeholders *Produzenten von Sicherheitstechniken* zeigt die Analyse nach Bewertungsdimensionen, ausgenommen die Dimensionen des Rechts und des Diskurses, eine differenzierte Bewertung für alle Dimensionen auf, welche letzten Endes das *Zukunftsmodell* als bevorzugte Alternative hervorhebt (vgl. Abb. 5-17). Als einzige Bewertungsdimension weist die Umwelt hierbei einen positiven Ausschlag zugunsten des *Status Quo* auf, während die Dimensionen der Organisation, der Betroffenheit, der Kompatibilität, der Sicherheit sowie der Wirtschaftlichkeit einen wesentlichen Beitrag zur positiven Bewertung des *Zukunftsmodells* leisten. Den deutlichsten Unterschied in der Bewertung beider Alternativen weisen dabei die Dimensionen der Wirtschaftlichkeit, der Umwelt sowie der Sicherheit auf.

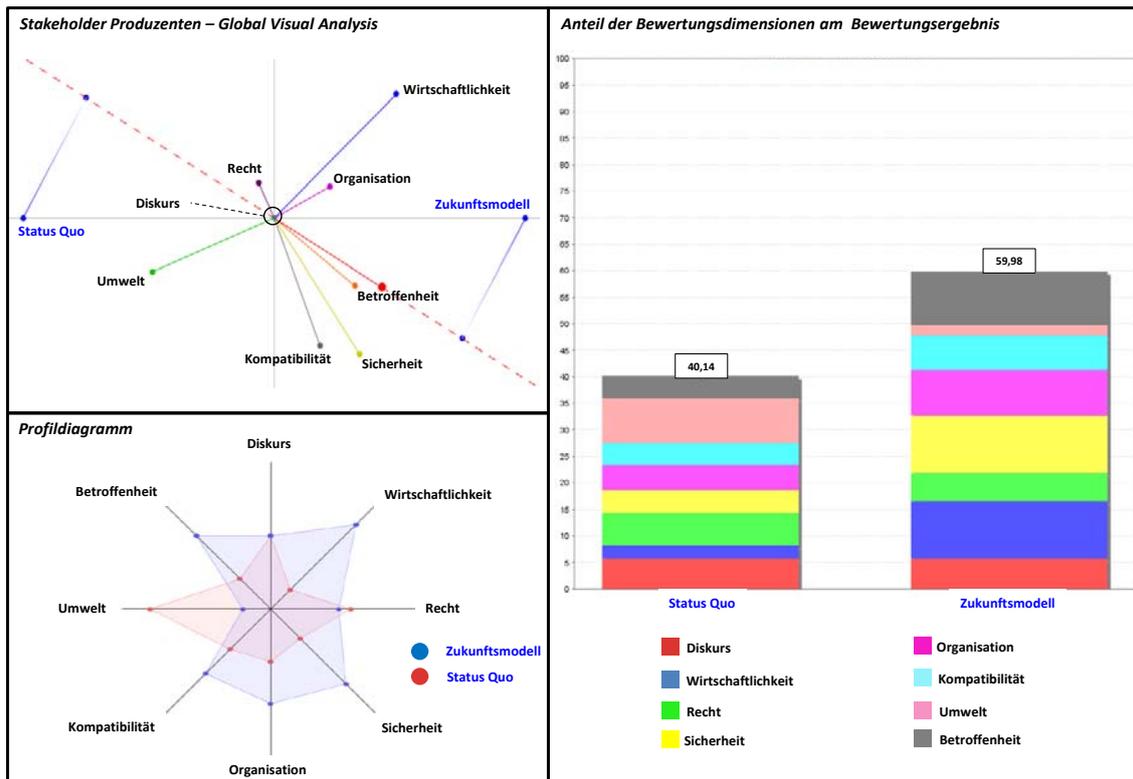


Abbildung 5-17: Visuelle Analyse der Ergebnisse des Stakeholders *Produzenten*
(Eigene Darstellung)

Die Gesamtbewertung des Stakeholders *Technologieentwickler* weist die deutlichste Präferenz für die Technikalternative des *Zukunftsmodells* auf (vgl. Abb. 5-18). Lediglich die Bewertung hinsichtlich der Dimension der Umwelt fällt zugunsten des *Status Quo* aus und verhält sich dabei konfliktär zu den Dimensionen der Organisation und insbesondere der Kompatibilität, welche aus Sicht des *Technologieentwicklers* positiv hinsichtlich des *Zukunftsmodells* eingeschätzt wurden. Darüber hinaus weisen zusätzlich die Dimensionen der Sicherheit, der Wirtschaftlichkeit sowie der Betroffenheit ein deutlich besseres Bewertungsergebnis zugunsten des *Zukunftsmodells* auf. Am deutlichsten fallen hierbei die Bewertung der Sicherheit und der Betroffenheit aus. Während der Stakeholder *Technologieentwickler* in diesen Bereichen klare Vorteile bezüglich des *Zukunftsmodells* sieht, fallen die Bewertungsdimensionen Recht und Diskurs, aufgrund einer nicht differenzierten Bewertung kaum bzw. überhaupt nicht ins Gewicht und sind folglich nicht ausschlaggebend für das Endergebnis.

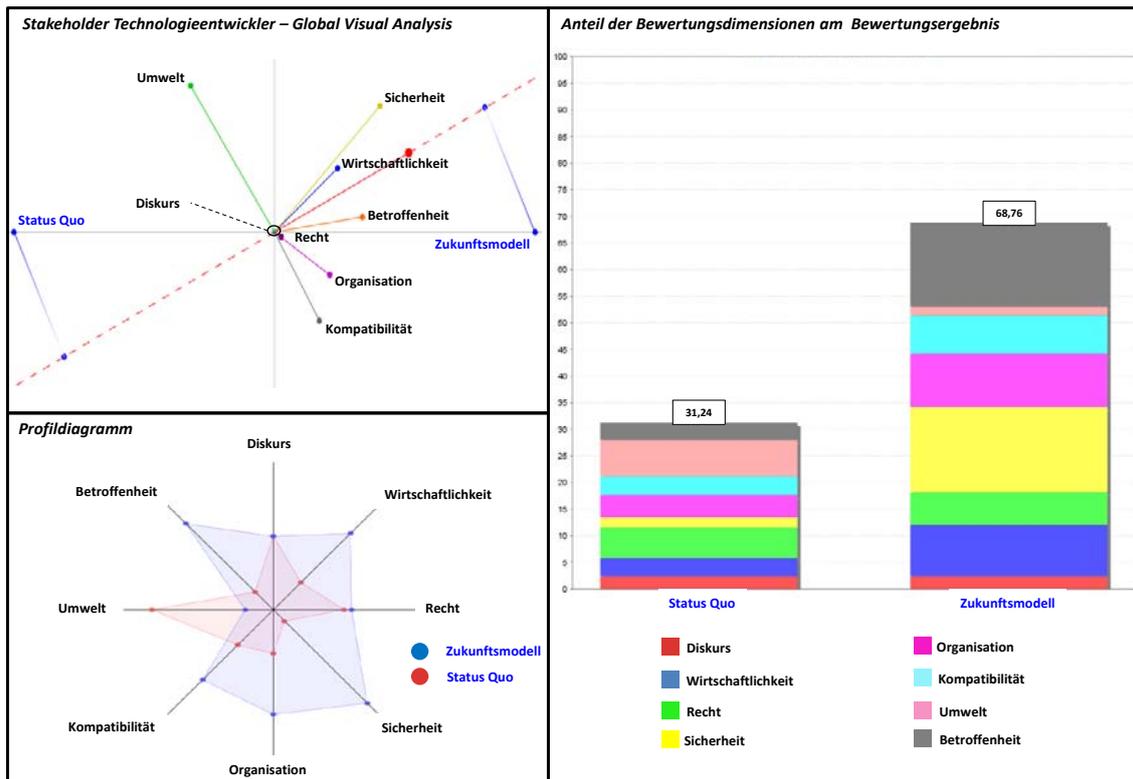


Abbildung 5-18: Visuelle Analyse der Ergebnisse des Stakeholders *Technologieentwickler*
(Eigene Darstellung)

Ein ebenfalls eindeutiges Bewertungsergebnis bezüglich der Präferenz des *Zukunftsmodells* weist der Stakeholder *Fluggesellschaften* auf, wie die Analyse der Bewertungsdimensionen belegt (vgl. Abb. 5-19). In hohem Maße konfliktär verhält sich dabei die Dimension des Rechts in Bezug zu den Dimensionen Diskurs und insbesondere der Betroffenheit, wohingegen sich die Dimension der Umwelt in leicht abgeschwächter, konfliktärer Form bezüglich der Sicherheit und des Rechts positioniert. Letztere bildet diejenige Bewertungsdimension, welche allein zugunsten des *Status Quo* beurteilt wurde, während rechtliche Aspekte bezüglich des *Zukunftsmodells* als problematisch eingestuft wurden. Für die Bewertungsdimension der Umwelt ist zusätzlich eine neutrale Bewertung seitens der *Fluggesellschaften* erkennbar. Sie stellt für das Endergebnis, zusätzlich bedingt durch eine ohnehin relativ niedrige Einstufung der Relevanz, keinen ausschlaggebenden Faktor für das Endergebnis dar. Als kritisch sind schlussfolgernd, außer der Dimension Umwelt, alle Bewertungsdimensionen einzustufen. Insbesondere trifft dies auf die Dimensionen Diskurs und Sicherheit zu, welche unverkennbar zugunsten des *Zukunftsmodells* eingestuft wurden.

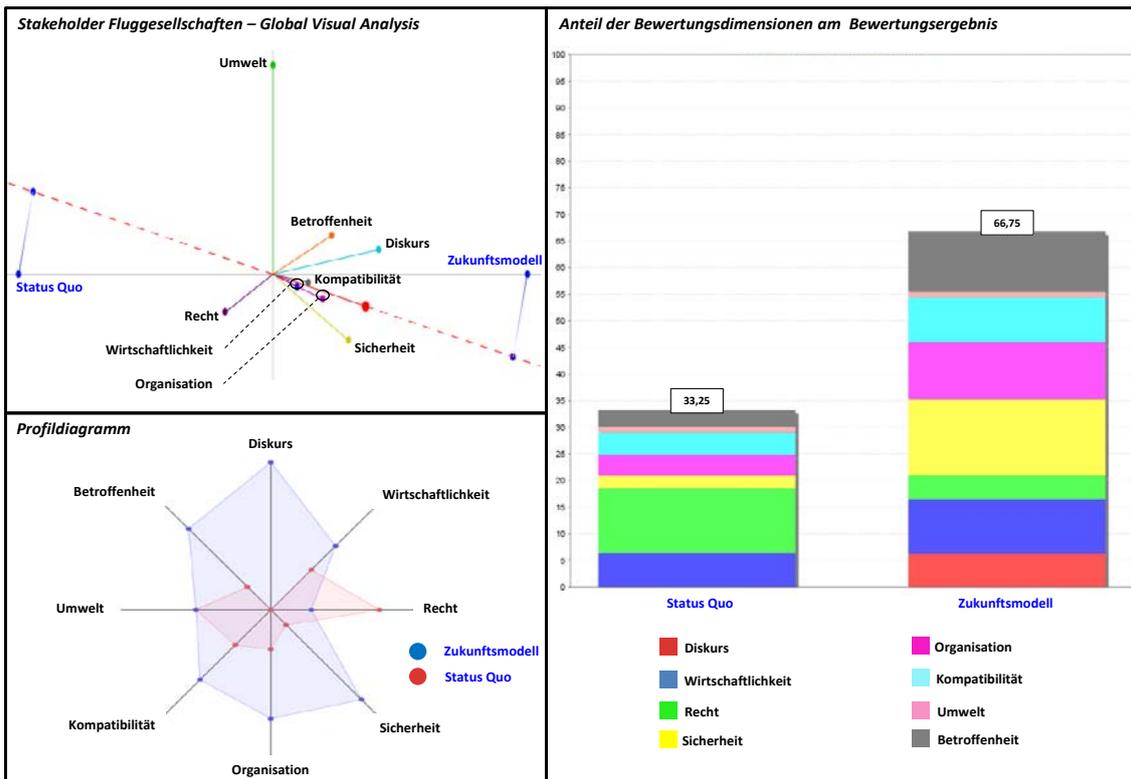


Abbildung 5-19: Visuelle Analyse der Ergebnisse des Stakeholders *Fluggesellschaften*
(Eigene Darstellung)

Der Stakeholder des *BMI* weist unter allen berücksichtigten Perspektiven die ausgewogenste Gesamtbewertung der beiden Technikalternativen *Status Quo* und *Zukunftsmodell* auf (Abb. 5-20). Als besonders kritisch kristallisieren sich hierbei die Dimensionen des Diskurses zugunsten des *Status Quo* sowie die Dimensionen der Kompatibilität und der Sicherheit, zugunsten des *Zukunftsmodells*, heraus. Einen weit aus moderateren Einfluss auf das Gesamtergebnis weisen die Dimensionen der Betroffenheit und des Rechts auf, während sich die Dimensionen Umwelt, Wirtschaftlichkeit sowie Organisation größtenteils weniger beeinflussend gegenüber selbiger verhalten. Die Analyse konfliktärer Beziehungen einzelner Bewertungsdimensionen verdeutlicht die Ausgewogenheit der Bewertungsergebnisse aus der Perspektive des *BMI*. Während sich die, bezüglich des *Status Quo*, positive Einschätzung des Diskurses sowie rechtlicher Aspekte konfliktär zur Kompatibilitätsdimension verhalten, lässt sich dieser Aspekt ebenfalls für die, hinsichtlich des *Zukunftsmodells*, positiv bewerteten Dimensionen Sicherheit und Betroffenheit erkennen. Diese stehen im Konflikt zur Bewertungsdimension Umwelt, welche seitens des *BMI* zugunsten des *Status Quo* bewertet wurde.

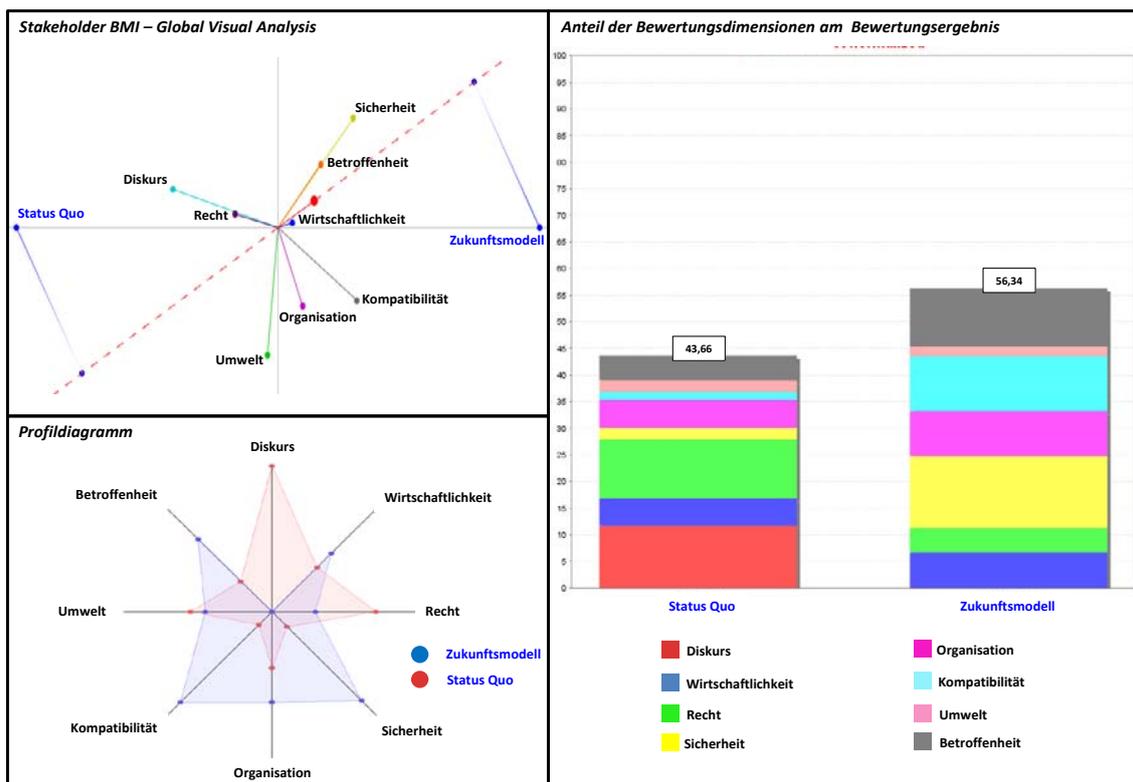


Abbildung 5-20: Visuelle Analyse der Ergebnisse des Stakeholders *BMI*
(Eigene Darstellung)

Eine deutlich positive Gesamtbewertung zugunsten des *Zukunftsmodells* weisen auch die Ergebnisse des Stakeholders *Flughafenbetreiber* auf, denn auch aus seiner Perspektive werden überwiegend Vorteile hinsichtlich dieser Technikalternative gesehen (vgl. Abb. 5-21). Das Profil des *Flughafenbetreibers* weist dabei signifikante Ähnlichkeiten zum Profil des Stakeholders *Fluggesellschaften* auf. Als wesentlicher Unterschied wird lediglich die Bewertung der Diskursdimension neutral eingestuft. Während die Dimensionen Umwelt und Kompatibilität auch an dieser Stelle einen eher geringfügigen Einfluss auf die Bewertung haben, spiegeln sich in den Bewertungsdimensionen Sicherheit und Recht die wesentlichen, kritischen Aspekte wider. Weitere Dimensionen, die einen moderaten Einfluss hinsichtlich der Bewertungsergebnisse aufweisen, stellen zusätzlich die Betroffenheit, die Wirtschaftlichkeit sowie die Organisation dar. Sowohl die Bewertungsdimension der Wirtschaftlichkeit als auch der Organisation spiegeln dabei eine konfliktäre Positionierung gegenüber den rechtlichen Aspekten wider.

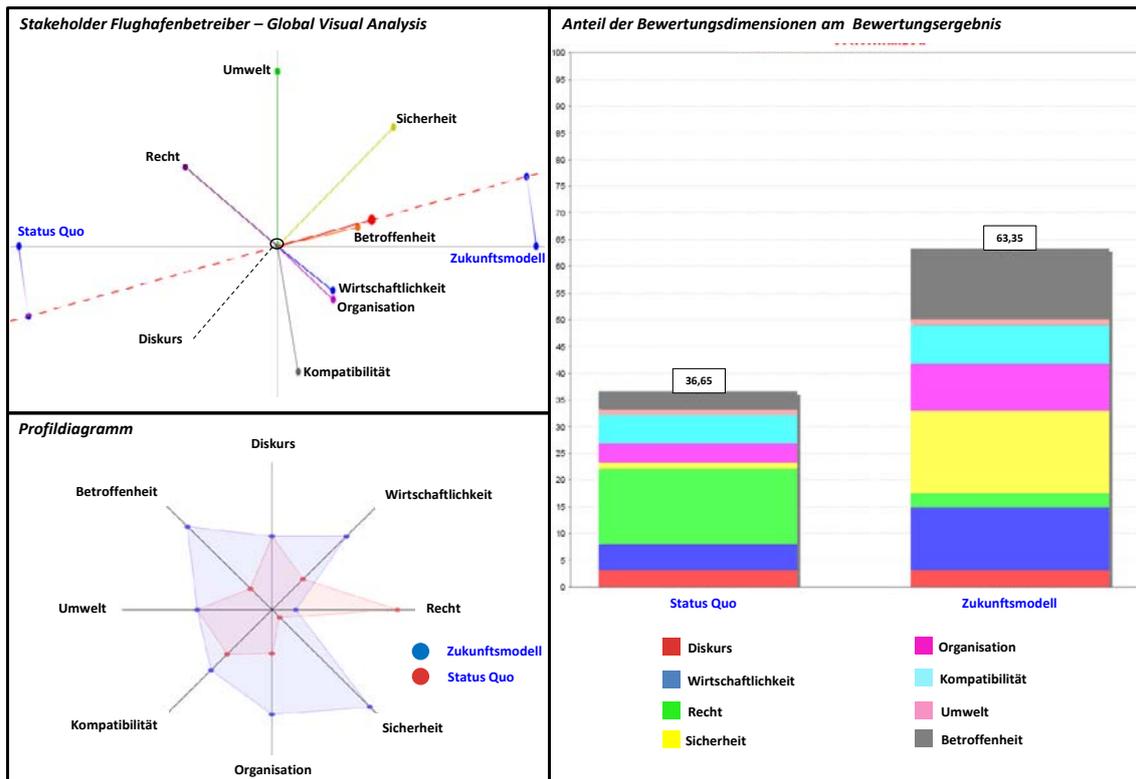


Abbildung 5-21: Visuelle Analyse der Ergebnisse des Stakeholders *Flughafenbetreiber* (Eigene Darstellung)

5.5.1.2 Globale Betrachtung

Aus den gewonnenen Bewertungsergebnissen je Stakeholder-Perspektive wird im Folgenden die globale Bewertung abgeleitet. Sie dient der Zusammenführung der berücksichtigten Perspektiven, um zunächst entsprechend einer Gleichgewichtung aller sieben Stakeholder-Perspektiven von jeweils 14,29% eine Rangfolge der Alternativen zu entwickeln und Schlussfolgerungen, hinsichtlich deren Einfluss auf die Bewertung, zu identifizieren. Abb. 5-22 stellt die globale Analyse mithilfe der GVA sowie der Gesamtbewertung, unter der Bedingung des gleichgewichteten Einflusses sämtlicher im Prozess berücksichtigten Stakeholder, graphisch dar. Aus den dargestellten Ergebnissen ist die Bevorzugung des *Zukunftsmodells* gegenüber dem *Status Quo* im Verhältnis 6:4 ersichtlich. Als ausschlaggebend stellt sich hierbei die einheitliche Priorisierung des *Zukunftsmodells* der *Experten* heraus, wobei die Stakeholder *Technologieentwickler*, *Fluggesellschaften* sowie *Flughafenbetreiber* die stärkste Präferenz aufweisen. Leichte Verschiebungen in den indifferenten Bereich, jedoch immer noch zugunsten des *Zukunftsmodells*, sind an dieser Stelle für die Stakeholder *Sicherheitsdienstleister*, *Produzenten von Sicherheitstechniken* und insbesondere des *BMI* ersichtlich. Als einziger Stakeholder bevorzugt der *Passagier* den *Status Quo* vor dem *Zukunftsmodell*.

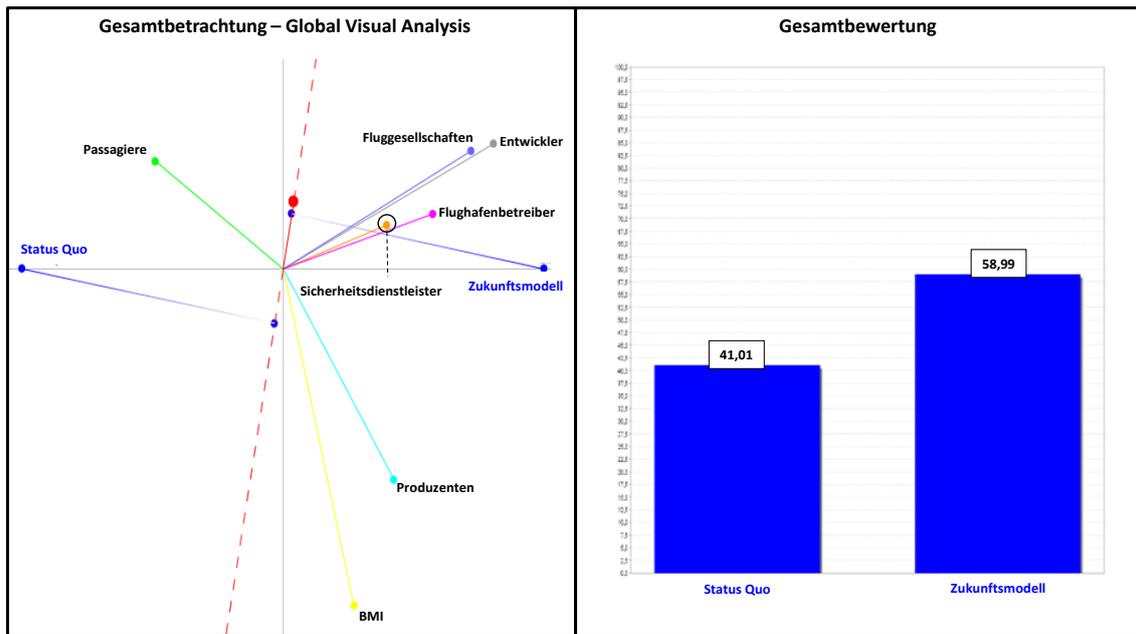


Abbildung 5-22: Globale Analyse der Technikalternativen *Status Quo* und *Zukunftsmodell* (Eigene Darstellung)

5.5.1.3 Akzeptanzuntersuchung im engeren Sinne

Zur detaillierten Betrachtung der Akzeptanz im engeren Sinne soll im Folgenden eine Analyse der Dimension der Betroffenheit sowie die damit verbundene Fokussierung auf deren TAM-relevante Einflussfaktoren durchgeführt werden. Die isolierte Betrachtung der zentralen Akzeptanzdimension soll dabei Rückschlüsse zur gezielten Ableitung von Handlungsempfehlungen, hinsichtlich des Einsatzes neuartiger Sicherheitstechniken, gewährleisten. Nachfolgende Tabelle fasst die Gewichtung der TAM-relevanten Einflussfaktoren aus der Perspektive des jeweiligen Stakeholders zusammen und verdeutlicht die Wichtigkeit des wahrgenommenen bzw. erwarteten Nutzens seitens der *Experten* sowie die Wichtigkeit der Subjective Norm für den Stakeholder *Passagier* (vgl. Tab. 5-9).

Tabelle 5-9: Stakeholderspezifische Gewichtung der TAM-Einflussfaktoren

	Passagier	Sicherheitsdienstleister	Produzenten	Technologieentwickler	Fluggesellschaften	BMI	Flughafenbetreiber
Erwarteter Nutzen	36.74%	52.15%	62.19%	62.19%	59.22%	48.15%	59.32%
Bedienbarkeit	14.91%	26.13%	20.66%	20.66%	22.24%	25.93%	22.14%
Subjective Norm	48.35%	21.72%	17.15%	17.15%	18.54%	25.93%	18.54%

Die Bewertung beider Technikalternativen anhand der isolierten Dimension der Betroffenheit führt zur Erkenntnis der Bevorzugung des *Zukunftsmodells* seitens aller Stakeholder. Während die Einschätzung der *Experten*, insbesondere aus Sicht der *Sicherheitsdienstleister* und *Technologieentwickler*, eindeutig zugunsten des *Zukunftsmodells* ausfällt, spiegelt die Beurteilung des *Passagiers* selbiges Bild in abgeschwächter Form wider. Abb. 5-23 veranschaulicht die Zusammenführung der Ergebnisse in der globalen Betrachtung. Als ausschlaggebend für das positive Abschneiden des *Zukunftsmodells* erwies sich dabei, neben dem Einflussfaktor der Bedienbarkeit, in erster Linie der wahrgenommene Nutzen. Insbesondere anhand der Unterkategorie Kundenzufriedenheit stuften alle Stakeholder das *Zukunftsmodell* weitaus besser ein als den *Status Quo*. Aus der Perspektive der *Experten*, bis auf den Stakeholder *Produzenten von Sicherheitstechniken*, stellte zudem der Prozessnutzen einen ausschlaggebenden Faktor bezüglich der Bevorzugung des *Zukunftsmodells* dar. Aus der Analyse der Einflussfaktoren wird ersichtlich, dass der *Status Quo* lediglich bezüglich der Subjective Norm Vorteile gegenüber dem *Zukunftsmodell* aufweisen kann. Entsprechend fällt die Bewertung aus Sicht der Stakeholder *Passagiere*, *Produzenten von Sicherheitstechniken*, *Technologieentwickler*, *Fluggesellschaften* und *BMI* diesbezüglich positiv für den *Status Quo* aus. Zurückzuführen ist dies auf die positivere Einstufung hinsichtlich der Unterkategorie Datenschutz aus Sicht der Stakeholder *Produzenten von Sicherheitstechniken*, *Technologieentwickler* und *BMI* sowie der Unterkategorien Privatsphäre bzw. Vermeidung von Stigmatisierung aus der Perspektive der *Passagiere* bzw. der *Fluggesellschaften*.

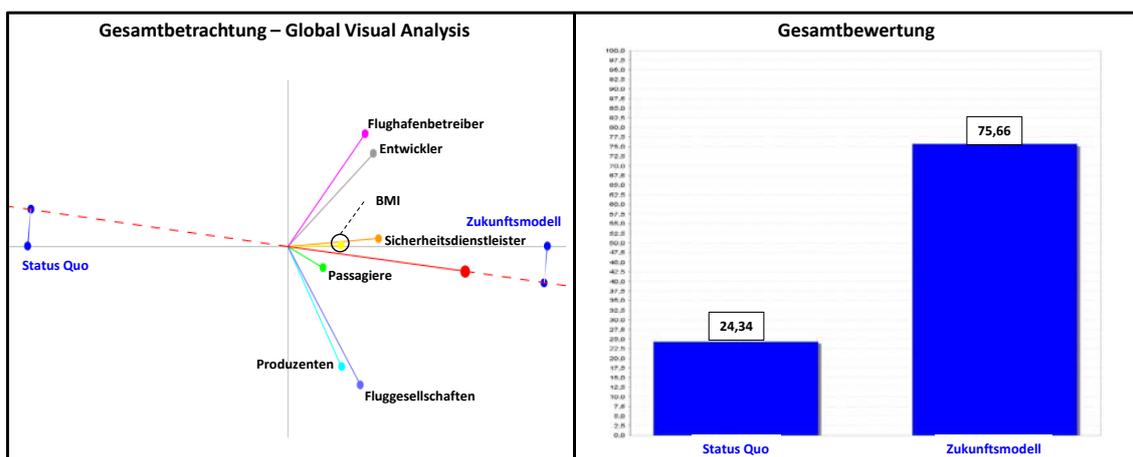


Abbildung 5-23: Globale Bewertung der Betroffenheit bzw. Akzeptanz im engeren Sinne
(Eigene Darstellung)

5.5.2 Sensitivitäts- und Robustheitsanalysen

Der Auswertung der Daten folgt im weiteren Verlauf die Analyse einzelner Bewertungsdimensionen und -kriterien in Form von Sensitivitäts- und Robustheitsanalysen. Die Untersuchung erfolgt anhand der Berechnung von Stabilitätsintervallen, unter Zuhilfenahme des Softwareprogramms D-Sight. Im Folgenden wird ein Überblick hinsichtlich relevanter Stabilitätsintervalle aus Sicht der unterschiedlichen Stakeholder gewährleistet, um anschließend die zusammenführende Bewertung, unter der Berücksichtigung variierender Stakeholder-Gewichtungen, aufzuzeigen.

5.5.2.1 Stakeholderspezifische Analyse

Die Bestimmung von Stabilitätsintervallen erfolgt in der Regel über die Variation einer Gewichtung zwischen 0% und 100%, während das Verhältnis der übrigen Gewichtungen konstant gehalten wird. Die hierbei abgeleiteten Ober- und Untergrenzen W_{\max} bzw. W_{\min} definieren die Schwellenwerte, hinsichtlich deren Überschreitung sich die Rangfolge der Alternativen ändert. Tab. 5-10 veranschaulicht perspektivisch besonders sensitive Bewertungsdimensionen. Die real in der Bewertung definierte Gewichtung (W_{current}) wird dabei ebenso festgehalten wie die Breite des Intervalls (ΔW), welche eine Variation der Gewichtung ohne Änderung der Rangfolge zulässt. Die Ergebnisse hinsichtlich der Sensitivitätsanalysen einzelner Bewertungsdimensionen verdeutlichen insbesondere die geringste Stabilität der Gewichtung der Dimensionen Recht, Umwelt und Diskurs aus Sicht der *Experten* sowie, aus der Perspektive des *Stakeholders Passagier*, die Sensitivität der Dimension Betroffenheit.

Tabelle 5-10: Auswahl der sensitivsten Bewertungsdimensionen aus Sicht der Stakeholder

	Dimension	W_{\min}	W_{current}	W_{\max}	ΔW
Passagier Sicherheitsdienstleister	Betroffenheit	0%	36,95%	65,70%	65,70%
	Diskurs	0%	5,73%	20,43%	20,43%
	Recht	0%	16,90%	47,57%	47,57%
Produzenten	Umwelt	0%	4,56%	38,60%	38,60%
	Recht	0%	11,43%	74,45%	74,45%
Entwickler Fluggesellschaften	Umwelt	0%	10,48%	31,96%	31,96%
	Umwelt	0%	8,33%	42,71%	42,71%
BMI Flughafenbetreiber	Recht	0%	16,67%	52,02%	52,02%
	Diskurs	0%	11,76%	21,69%	21,69%
	Recht	0%	15,69%	35,63%	35,63%
Flughafenbetreiber	Umwelt	0%	3,92%	57,63%	57,63%
	Recht	0%	16,67%	40,11%	40,11%

Sensitivitätsanalysen nehmen im Rahmen der Entscheidungsfindung eine tragende Rolle ein. Das Lernen und Verstehen der Auswirkungen einzelner Kriterien auf den gesamten Prozess ist weitaus wichtiger als rein numerische Resultate (Belton und Stewart 2002). Der Entscheider gewinnt durch deren Anwendung eine transparente und vielschichtige Sicht auf die Problemstellung. Aufgrund dessen liefert insbesondere die Analyse der Sensitivität von Bewertungskriterien zusätzliche Aufschlüsse hinsichtlich der Validität der Bewertungsergebnisse. Der Umfang sensibler Bewertungskriterien je Stakeholder nimmt, angesichts der Komplexität des entwickelten Sets an Kriterien, einen beachtlichen Umfang an. Im Folgenden wird insofern beispielhaft auf besonders sensible Bewertungskriterien in Abhängigkeit unterschiedlicher Stakeholder-Perspektiven eingegangen. Aus Sicht des *Passagiers* erwiesen sich, rückführend auf die Ergebnisse aus Tab. 5-10, insbesondere die Kriterien der Bewertungsdimension Betroffenheit als sensibel. Im Fokus stehen hierbei die Kriterien der Vermeidung gefühlter Verdachtsunterstellungen während des Prozesses der Luftsicherheitskontrolle sowie die angemessene Trennphase bezüglich des Fluggasts und dessen Handgepäck. Darüber hinaus erwies sich eine Vielzahl an weiteren Bewertungskriterien auf einem ähnlich sensiblen Niveau, überwiegend zurückzuführen auf die Dimension der Betroffenheit sowie auf rechtliche Aspekte. Perspektivisch für den Stakeholder *Sicherheitsdienstleister* spielen, neben der positiven Positionierung des öffentlichen Diskurses, sicherheitstechnische Aspekte, wie die Vermeidung neuartiger Risiken durch den Einsatz der Technikalternative eine sensible Rolle. Wohingegen für die *Produzenten von Sicherheitstechniken* ökologische und die Kompatibilität betreffende Aspekte, in Form einer minimalen Leistungsaufnahme bzw. das potenzielle Aufsetzen auf bestehenden Schnittstellen, im Fokus stehen. Die Bewertungskriterien des Stakeholders *Technologieentwickler* erwiesen sich als vergleichsweise stabil. Rückführend auf die Bewertungsergebnisse ist dies durch die klare Präferenz hinsichtlich des *Zukunftsmodells* zu begründen. Dennoch stellen auch hier ökologische Aspekte, wie der vertretbare Energiebedarf und Leistungsaufnahme, die bestimmenden Faktoren dar. Ein ähnliches Bild zeigt sich für den Stakeholder *Fluggesellschaften*, jedoch spiegeln hier rechtliche Normen, wie das Luftsicherheitsgesetz sowie die EU-Verordnungen, die sensibelsten Bewertungskriterien wider. Die Sensitivitätsanalyse hinsichtlich der Bewertungskriterien identifizierte das *BMI* als denjenigen Stakeholder mit den instabilsten Intervallen bezüglich der Kriteriengewichtung, begründet durch die homogene Bewertung beider Alternativen. Besonders sensible Faktoren stellen hierbei, neben dem öffentlichen Diskurs, rechtliche Aspekte, wie das Luftsicherheitsgesetz, dar sowie eine Vielzahl weiterer Kriterien der Dimensionen Umwelt und Wirtschaftlichkeit, auf einem sehr sensiblen Niveau. Im Gegensatz hierzu erwiesen sich die Kriterien aus Sicht des *Flughafenbetreibers* als vergleichsweise unsensibel. Nichtsdestotrotz lässt sich auch hier ein Fokus

auf zahlreiche rechtliche Aspekte erkennen, insbesondere spielen hier erneut das Luftsicherheitsgesetz sowie die EU-Verordnungen eine zentrale Rolle.

5.5.2.2 Globale Analyse

Nach der Analyse sensibler Bewertungsdimensionen und –kriterien erfolgt die Sensitivitätsanalyse hinsichtlich der globalen Bewertung, welche die Bewertungsergebnisse der im Prozess berücksichtigten Stakeholder zusammenführt, und der damit verbundenen Variation der Stakeholder-Gewichtung. Basierend auf der bisherigen Annahme der Gleichverteilung von 14,29% je Stakeholder resultierte die globale Bewertung in der stakeholderübergreifenden Präferenz für das *Zukunftsmodell* (vgl. Kap. 5.5.1.2). Jedoch obliegt es dem Ermessen des Entscheiders, den Einfluss einzelner Stakeholder bzw. Stakeholder-Gruppen neu zu definieren, um somit Rückschlüsse in Abhängigkeit dessen Interessenslage zu knüpfen. Hinsichtlich der Akzeptanzuntersuchung seitens der Fluggäste wird die Untersuchung des Einflusses der Gewichtung des Stakeholders *Passagier* als sinnvoll angesehen. Beispielhaft wird hierbei auf die Stakeholder-Gruppe der *Experten* zurückgegriffen, welche in diesem Falle als Gesamtheit zum Vergleich mit den Bewertungsergebnissen des *Fluggasts* herangezogen wird. Folglich liegt in diesem Falle eine Gleichgewichtung (50:50) beider Gruppen vor. Abb. 5-24 veranschaulicht das Bewertungsergebnis, welches nunmehr nahezu identisch für beide Alternativen ausfällt. Die Analyse des Stabilitätsintervalls der Gewichtung des Stakeholders *Passagier* belegt die Erkenntnis einer Rangfolgenänderung bei der Überschreitung des Schwellenwertes von 52,10%.

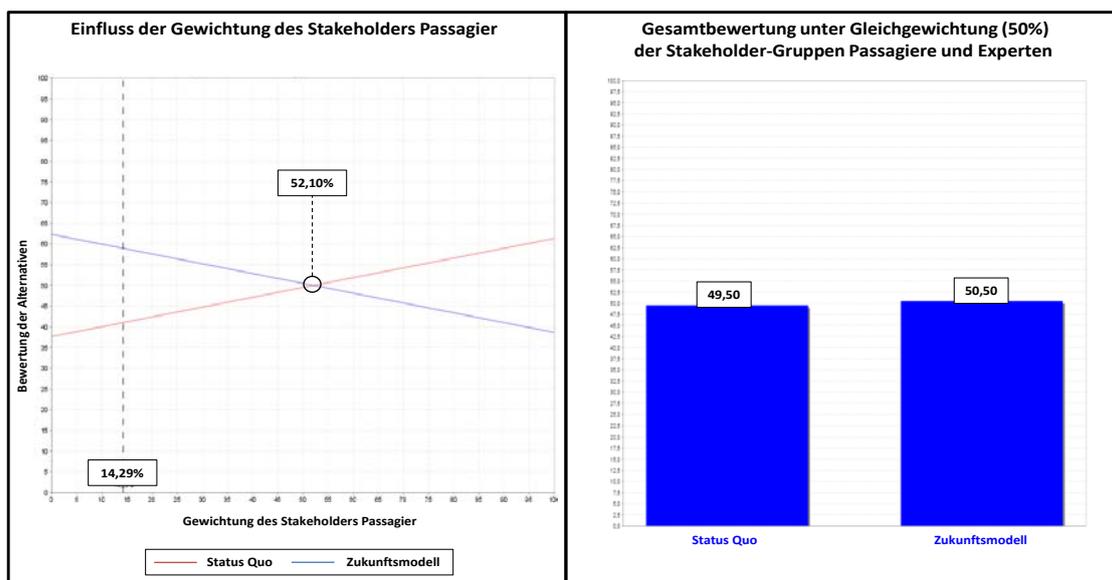


Abbildung 5-24: Analyse variierender Gewichtung des Stakeholders *Passagier*
(Eigene Darstellung)

5.5.3 Diskussion und Handlungsempfehlungen

Die dargestellten Ergebnisse beruhen auf den Einschätzungen der Fokusgruppen *Experten* und *Passagiere*, welche im Rahmen partizipativer Workshops ermittelt wurden. Das Vorgehen ermöglichte die Identifizierung echter Präferenzen, stellvertretend für die als relevant identifizierten Stakeholder, hinsichtlich des Einsatzes aktueller bzw. zukünftiger Sicherheitstechniken. Zwar wurde auf die Berücksichtigung differenzierter Präferenzfunktionen, aufgrund der Komplexität des verwendeten Kriteriensets, verzichtet, dennoch lassen sich aus den Ergebnissen direkte Handlungsempfehlungen hinsichtlich des Einsatzes beider Technikalternativen ableiten.

Anhand der Analyse der Bewertungsergebnisse, basierend auf dem Ansatz des PROMETHEE, lässt sich hinsichtlich des Vergleichs beider Sicherheitsmaßnahmen hervorheben, dass in den meisten Fällen ein besseres Abschneiden des *Zukunftsmodells* zugrundeliegt. Auch die globale Bewertung weist, unter der Annahme der Gleichgewichtung der Stakeholder-Perspektiven, eine Bevorzugung des *Zukunftsmodells* auf. Während der Stakeholder *Passagier* den *Status Quo* und somit die heutige Luftsicherheitskontrolle positiver bewertet als das *Zukunftsmodell*, fällt die Bewertung der übrigen Stakeholder zugunsten des *Zukunftsmodells* aus. Ausgehend vom Ziel der multi-kriteriellen Analyse, in Form der transparenten Darstellung des Bewertungsergebnisses, bedarf es jedoch der Veranschaulichung unterschiedlicher Einflüsse auf das Endergebnis. Zu unterscheiden ist hierbei in Kriterien die, aus Sicht des jeweiligen Stakeholders, besonders relevant für die Bewertung sind und diesen Status aufgrund einer entsprechenden Gewichtung, unabhängig von den betrachteten Alternativen, erlangen sowie Kriterien, welche besonders kritisch für das Endergebnis sind, da sie aufgrund einer differenzierten Bewertung bezüglich der Alternativen besonders ausschlaggebend für das Endergebnis sind. Sensitive Kriterien hingegen können aufgrund einer geringen Stabilität leicht eine Änderung des Bewertungsergebnisses hervorrufen.

Die Relevanz spiegelt sich aus Sicht des Stakeholders *Passagier* insbesondere in der hohen Gewichtung rechtlicher Gesichtspunkte wider. Auf der Ebene der Kriterien verdeutlicht sich dieser Aspekt anhand sozialer Kriterien, insbesondere der Wahrung von Persönlichkeitsrechten bzw. der Berücksichtigung völkerrechtlicher Aspekte im Rahmen der Luftsicherheitskontrolle. Während aus Sicht der übrigen Stakeholder, zusammengefasst unter der Gruppe der *Experten*, nahezu einheitlich sicherheitstechnische und ebenso rechtliche Aspekte eine tragende Rolle spielen. Dabei zielen die wesentlichen Kriterien unter anderem auf die Vermeidung neuer Risiken sowie einer höheren Trefferquote durch den Einsatz der Sicherheitstechnik ab. Vereinzelt hohe Gewichtungen im Bereich der Wirtschaftlichkeit bzw. Umwelt bilden die Ausnahme. So stellt die Auslastung der eingesetzten Technik und die Minimierung der Leistungsaufnahme

aus Sicht der *Fluggesellschaften* bzw. der *Produzenten von Sicherheitstechniken* einen wesentlicher Faktor dar. Ebenso erfuhr die Dimension der Betroffenheit eine Positionierung im oberen Relevanzbereich. Die weiterführende Betrachtung TAM-relevanter Einflussfaktoren verdeutlichte dabei die Wichtigkeit des wahrgenommenen Nutzens aus Sicht der *Experten* sowie der Subjective Norm aus der Perspektive des *Passagiers*.

Die Beurteilung des *Passagiers* basiert auf der Einschätzung der drei Bewertungsdimensionen Diskurs, Recht und der Betroffenheit sowie deren entsprechende Bewertungskriterien. Alle berücksichtigten Dimensionen erweisen sich dabei als kritisch, wobei die Nachteile hinsichtlich des *Zukunftsmodells* anhand einer höheren Diskursanfälligkeit sowie einer schwächeren Konformität hinsichtlich rechtlicher Aspekte gesehen werden. Erstaunlich deutlich werden hingegen die Vorteile des *Zukunftsmodells* bezüglich der Betroffenheit gesehen, begründet insbesondere durch einen deutlich höheren Nutzen in Form der Kundenzufriedenheit. Lediglich die Subjective Norm wird auf der Ebene der Einflussfaktoren positiv zugunsten des *Status Quo* bewertet und ist hauptsächlich auf eine kritische Einschätzung der systematischen Analyse passagierbezogener Daten zurückzuführen. Speziell der kontrovers diskutierte Begriff des Profilings wies eine deutlich negativere Bewertung auf und verdeutlicht die Bedenken der *Passagiere* hinsichtlich zukünftiger Maßnahmen. Die Bewertungsergebnisse seitens der *Experten* spiegeln ein größtenteils homogenes Bild, in Bezug auf die kritischen Dimensionen, wider. Den zentralen Faktor bildet hierbei der Sicherheitsgewinn durch den Einsatz des *Zukunftsmodells*, aufgrund einer höheren Trefferquote oder der Möglichkeit zur Durchführung von Random-Kontrollen. Darüber hinaus verdeutlichten die Ergebnisse, dass in Bezug auf die Bewertungsdimension Betroffenheit deutlich positivere Einschätzungen hinsichtlich des Prozessnutzens sowie der Kundenzufriedenheit, aber auch im Zusammenhang der Kompatibilität des Systems, getroffen wurden. Vereinzelt Bedenken, bspw. in Form ökologischer Gesichtspunkte, wie einer zu hohen Leistungsaufnahme aus Sicht der *Produzenten von Sicherheitssystemen*, begleiten eine oftmals kritische Beurteilung des *Zukunftsmodells* auf Basis rechtlicher Aspekte. Die Bestimmungen des Luftsicherheitsgesetzes waren diesbezüglich ebenso ausschlaggebend, wie die Konformität hinsichtlich erlassener bzw. zu erwartender EU-Verordnungen.

Die durchgeführte Analyse der Sensitivität bzw. Robustheit einzelner Dimensionen bzw. Kriterien ermöglicht die Identifikation von Stabilitätsintervallen und resultiert in der Erkenntnis, dass perspektivisch für den *Experten* ökologische sowie rechtliche Aspekte von hoher Sensibilität geprägt sind, während der Stakeholder *Passagier* bezüglich der Betroffenheit eine potenzielle Anfälligkeit hinsichtlich einer Rangfolgenänderung der Alternativen aufweist. Dies spiegelt sich folgerichtig auf der Ebene der Bewertungskriterien wider. Die Sensitivität einzelner Dimensionen und Kriterien steht dabei in engem Zusammenhang mit der Deutlichkeit des Endergebnisses. Während die Bewertung der

Stakeholder *Technologieentwickler, Fluggesellschaften* sowie *Flughafenbetreiber* eine grundlegende Stabilität aufweist, lässt sich insbesondere für das *BMI* eine hohe Anfälligkeit erkennen. Die Sensitivitätsanalyse verdeutlicht, dass bereits geringfügige Variationen der Gewichtung zu einer Änderung der Rangfolge beider Alternativen führen können. Die Untersuchung der Sensibilität hinsichtlich der Stakeholder-Gewichtung belegt die Relevanz des Stakeholders *Passagier* im vorliegenden Anwendungsfall. Eine differenzierte Gewichtung der unterschiedlichen Stakeholder ermöglicht, je nach Interessenlage des Modellanwenders, eine fokussierte Bewertung beider Technikalalternativen. Dem *Passagier* fällt hierbei eine tragende Rolle zu, da ausschließlich dessen modifizierte Gewichtung in einem potenziellen Wandel der Rangfolge resultiert.

Die Analyse der Bewertungsergebnisse zeigt auf, wo genau die kritischen Punkte bzw. Stellschrauben innerhalb des untersuchten Anwendungsfalls liegen. Bei einem kontinuierlichen Anstieg der Passagierzahlen sowie Sicherheitsrisiken ist eine Anpassung des heutigen Modells mittelfristig vorzunehmen. Zwar scheint die Beibehaltung des *Status Quo* keine langfristig tragfähige Option zu sein, dennoch sieht der *Passagier* hinsichtlich des *Zukunftsmodells* sowohl in Bezug zur Einhaltung rechtlicher Aspekte, als auch zur Erhebung passagierbezogener Daten, erhebliches Konfliktpotential. Der Stakeholder *Passagier* nimmt im Bewertungsprozess eine zentrale Rolle ein und belegt, in Abhängigkeit der gewählten Stakeholder-Gewichtung, die Relevanz der Berücksichtigung kundenorientierter Gesichtspunkte im vorliegenden Bewertungsansatz. Die alleinige Betrachtung ökonomischer Faktoren, auf Basis von Experteneinschätzungen und quantitativer Daten, vermag diesen Beitrag nicht zu leisten. Der Weg hin zu einer alternativen und effizienten Luftsicherheitskontrolle im Jahr 2020 führt ausschließlich über die Berücksichtigung der identifizierten Faktoren. Das *Zukunftsmodell* als nahtloser Prozess, unter minimaler Belastung des *Passagiers*, bis zum Betreten des Flugzeugs verkörpert den Wunsch des *Passagiers* nach neuartigen Kontrollmaßnahmen. Die Einschätzung des *Zukunftsmodells* zeichnet sich in erster Linie dadurch aus, dass sicherheitstechnische Vorteile sowie ein gesteigener Nutzen, insbesondere hinsichtlich der Kundenzufriedenheit, als realisierbar erachtet werden. Dieser Aspekt belegt die Relevanz der Berücksichtigung nutzerorientierter Faktoren im Bewertungsprozess.

Die Kriterien spiegeln somit wesentliche Zielkonflikte in der aktuellen Diskussion um die zukünftige Luftsicherheitskontrolle, wie etwa veränderte Bedrohungslagen, erhöhtes Passagieraufkommen oder die passagierfreundliche Gestaltung der Kontrollen, wider (Bierwisch et al. 2014). Entlang des Innovationsprozesses bzw. bei der Entwicklung und dem Einsatz von Sicherheitstechniken für die Passagier- und Handgepäckkontrolle treffen unterschiedliche Rationalitäten aufeinander, etwa in den Bereichen Sicherheit, Ökonomie oder Recht, die kontroverse Perspektiven in Bezug auf die wünschenswerten Alternative erzeugen. Die Analyse der Ergebnisse auf der Metaebene

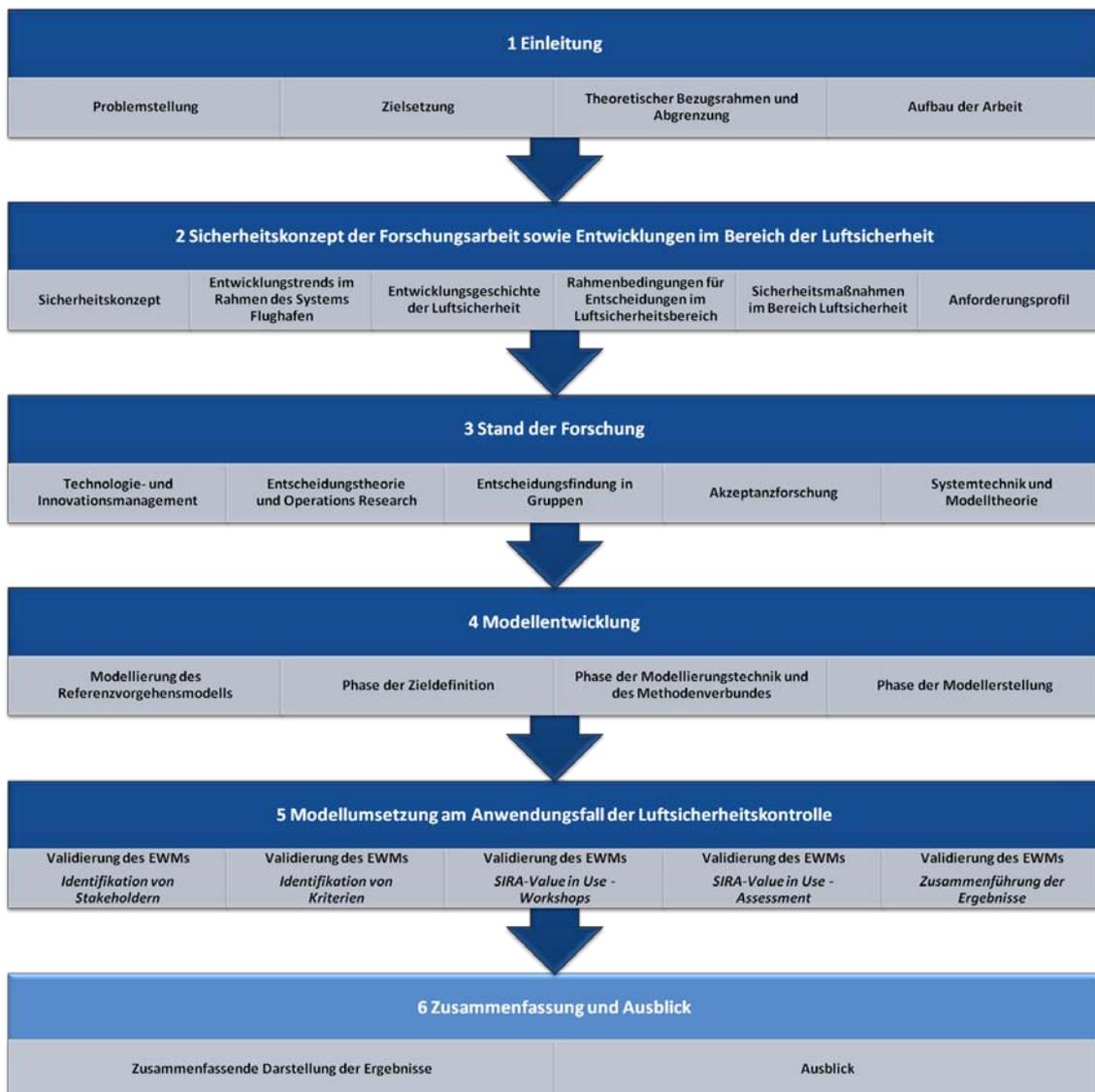
der Bewertungsdimensionen sowie die gezielte Fokussierung auf ausschlaggebende Kriterien der Mikroebene weisen aus Sicht des Modellanwenders eine zufriedenstellende Qualität hinsichtlich der Möglichkeit zur Ergebnisinterpretation auf. Ein erneuter Analysebedarf ist somit nicht vorhanden. Der Prozess zur multikriteriellen Bewertung innovativer Sicherheitstechniken, anhand des Referenzvorgehensmodells konnte somit erfolgreich für den Anwendungsfall der Luftsicherheitskontrolle abgeschlossen werden.

5.5.4 Zusammenfassung

Die Validierung des Erweiterungsmodells *Zusammenführung der Ergebnisse* wurde auf Basis der erarbeiteten Daten erfolgreich umgesetzt. Ausgehend von einer stakeholder-spezifischen Darstellung relevanter Ergebnisse wurde dabei die Betrachtung der globalen Gesamtbewertung sowie einer isolierten Untersuchung der Akzeptanz im engeren Sinne, zur Identifikation besonders relevanter bzw. kritischer Dimensionen und Kriterien, vorangetrieben. Darauf aufbauend diente die Umsetzung von Sensitivitätsanalysen der Identifikation, hinsichtlich des Bewertungsergebnisses, besonders sensibler Dimensionen und Kriterien sowie der Darstellung der Konsequenzen unterschiedlicher Stakeholder-Gewichtungen. Der Erkenntnisgewinn mündete in der abschließenden Erstellung gezielter Handlungsempfehlungen.

5.6 Fazit

Die Umsetzung des Erweiterungsmodells *Identifikation von Kriterien* hat gezeigt, dass die Entwicklung eines Kriteriensets zur multikriteriellen Bewertung innovativer Sicherheitstechniken erstmalig erfolgreich durchgeführt werden konnte, welches bedarfsweise hinsichtlich weiterer Anwendungen im Luftsicherheitsbereich zugeschnitten bzw. erweitert werden kann. Dabei wurde die Strukturierung einer Bewertungsmatrix vorgenommen, welche anschließend, mittels spezifischer Workshops, zur Bewertung der Technikalternativen *Status Quo* und *Zukunftsmodell* durch die jeweiligen Stakeholder herangezogen wurde. Diese Vorgehensweise stellte die gezielte Datenerhebung zur multikriteriellen Analyse der Luftsicherheitskontrolle sicher, welche in der Aggregation und Auswertung der Daten mündet. Die Anwendung des Erweiterungsmodells *SIRA-Value in Use - Assessment* ergab, dass ein Verfeinerungsmodell zur Integration technologielebenszyklusspezifischer Effekte entwickelt werden muss, da die Analyse des empirischen Datenmaterials signifikante Unterschiede hinsichtlich der Kriteriengewichtung in Abhängigkeit des Entwicklungsstandes der Sicherheitstechniken aufwies. Abschließend bündelt das vorliegende Erweiterungsmodell den Erkenntnisgewinn, basierend auf den Analyseergebnissen sowie der Durchführung von Sensitivitäts- und Robustheitsanalysen, in der Erstellung dedizierter Handlungsempfehlungen.



6 Zusammenfassung und Ausblick

6.1 Zusammenfassende Darstellung der Ergebnisse

Ausgehend von der Erkenntnis eines kontinuierlichen Wachstums der Passagierzahlen, bei einem gleichzeitigen Anstieg von Sicherheitsrisiken, geriet die Luftfahrt als elementarer Bestandteil der weltweiten Verkehrsinfrastruktur und Sinnbild der Globalisierung innerhalb der letzten Jahre zunehmend in den Fokus der medialen Berichterstattung. Der Luftsicherheit obliegt hierbei der Schutz der zivilen Luftfahrt vor äußeren Gefahren. In Anbetracht der diesbezüglich eingesetzten Sicherheitstechniken scheint eine Anpassung des heutigen Modells mittelfristig vonnöten zu sein. Der Fokus auf die Luftsicherheitskontrolle belegt diesen Fakt, nicht ausschließlich durch die mehrfach gescheiterte Einführung des Security Scanners in Deutschland. Gerade auch die jüngsten Geschehnisse untermauern die Notwendigkeit eines Wandels des Systems. Die Konsequenzen des Einsatzes neuartiger Sicherheitstechniken sind dabei, bedingt durch eine hohe Anzahl involvierter Anspruchsgruppen, ebenso weitreichend wie vielfältig und stehen im engen Zusammenhang mit wirtschaftlichen, gesellschaftlichen sowie medialen Effekten. Spezielle Lösungsansätze zur ganzheitlichen Bewertung von Techniken der Luftsicherheit sind aus der betrieblichen Sicht jedoch nicht existent.

Die vorliegende Arbeit setzt sich zum Ziel, Entwicklungstendenzen im Luftsicherheitsbereich aufzuzeigen sowie Entscheidungskriterien unterschiedlicher Interessenvertreter hinsichtlich des Einsatzes neuartiger Sicherheitstechniken zu analysieren und abzubilden, um aus den gewonnen Erkenntnissen ein Referenzvorgehensmodell zur multikriteriellen Bewertung innovativer Sicherheitstechniken zu entwickeln und beispielhaft für den Anwendungsfall der Luftsicherheitskontrolle umzusetzen.

Die Relevanz der Problemstellung wird zunächst vor dem Hintergrund der jüngsten Entwicklungstendenzen und grundlegender Rahmenbedingungen, wie bspw. Gesetze und Normen für Entscheidungen im Bereich der Luftsicherheit, erörtert. Es wird festgestellt, dass sich die strategische Planung am Flughafen mit zahlreichen Herausforderungen, wie der erschwerten Aufstellung von Prognosen oder der Vereinheitlichung von weltweiten Sicherheitsstandards, konfrontiert sieht. Die hieraus abgeleiteten Anforderungen an eine integrierte, ganzheitliche Bewertung wurden in einem Anforderungsprofil strukturiert zusammengefasst und hinsichtlich ihrer Berücksichtigung im zu entwickelnden Vorgehensmodell aufbereitet.

Der Stand der Forschung hinsichtlich des Technologie- und Innovationsmanagement, der Entscheidungstheorie und Operations Research, der Entscheidungsfindung in Gruppen, der Akzeptanzforschung sowie der Systemtechnik und Modelltheorie ist Ge-

genstand des dritten Kapitels. Die hier geschaffenen Grundlagen gewährleisten die Entwicklung eines Referenzvorgehensmodells, welches basierend auf flexiblen Elementen, als vorgefertigter Ansatz zur Lösung der vorliegenden Problemstellung aus dem spezifischen Anwendungsbereich dient. Die multikriterielle Analyse fungiert dabei als zentrales Element, flankiert durch Ansätze der Stakeholder-Identifikation, der Akzeptanzforschung sowie der Integration technologielebenszyklusspezifischer Effekte. Durch letztere wird dem Umstand Rechnung getragen, dass sich gegenwärtige bzw. zukünftige Sicherheitstechniken in differenzierten Entwicklungsstadien befinden und diese Stadien folglich unterschiedliche Auswirkungen auf die Gewichtung von Dimensionen und Kriterien haben.

Im vierten Kapitel erfolgt die Entwicklung des Referenzvorgehensmodells zur systematischen, multikriteriellen Bewertung innovativer Sicherheitstechniken in drei Phasen. Die erste Phase der Bestimmung der Zieldefinition umfasst die Analyse des Anwendungsbereichs sowie die Erstellung eines Anforderungsprofils. Die zweite Phase der Modellierungstechnik bzw. des Methodenverbundes identifiziert die aktivitätsorientierten Verfahren als passfähigste Methode und führt daraufhin eine Erweiterung des bestehenden Symbolarchivs durch. Darüber hinaus befasst sich die zweite Phase mit der Verknüpfung problemspezifischer Methoden und der damit verbundenen Entwicklung des angestrebten Bewertungskonzepts. Basierend auf den methodischen Anforderungen an das zu entwickelnde Referenzvorgehensmodell wird ein Bewertungskonzept zur strukturierten Erfassung der einzelnen methodischen Elemente erstellt. Die anschließende spezifische Erweiterung um relevante softwarebasierte Elemente, bezüglich der Durchführung einer multikriteriellen Analyse, gewährleistet die Definition eines Bewertungssystems, welches im Folgenden in seiner Gesamtheit durch das Referenzvorgehensmodell abgebildet wird. Ausgehend von den Herausforderungen der Technikbewertung im Luftsicherheitsbereich wurde infolgedessen eine flexibel anwendbare Bewertungsstruktur geschaffen sowie die Übertragbarkeit auf weitere Anwendungsbereiche sichergestellt. Die dritte Phase der Modellerstellung definiert das zeitlogische Vorgehen anhand von fünf entwickelten Erweiterungsmodellen. Im Erweiterungsmodell *Identifikation von Stakeholder* werden diejenigen Interessensvertreter ermittelt, welche zum einen Einfluss hinsichtlich des Untersuchungsgegenstandes und zum anderen eine direkte Betroffenheit durch selbige aufweisen. Im nächsten Schritt beschreibt das Erweiterungsmodell *Identifikation von Kriterien* die literaturbasierte Analyse sowie empirische Ermittlung relevanter Bewertungsdimensionen und -kriterien. Das anschließende Erweiterungsmodell *SIRA-Value in Use – Workshops* und *SIRA-Value in Use – Assessment* widmen sich der schrittweisen Bewertung seitens der unterschiedlichen Stakeholder, während das abschließende Erweiterungsmodell *Zusammenführung der Ergebnisse* der Aggregation und Auswertung der gesammelten Daten dient.

Das neu entwickelte Referenzvorgehensmodell sowie die hierbei integrierten und erarbeiteten Methoden werden in Kapitel 5, der Modellrealisierung, anhand des Anwendungsfalls der Luftsicherheitskontrolle validiert. Die Erweiterungsmodelle *Identifikation von Stakeholdern* und *Identifikation von Kriterien* werden dabei erstmalig für den konkreten Untersuchungsgegenstand angewendet. Die angestrebte, möglichst weitgehende Einbeziehung betroffener und einflussreicher Akteure in den Entscheidungsprozess wurde anhand des verwendeten Stakeholder-Ansatzes sowie zahlreicher Experteninterviews, zur Vorauswahl relevanter Bewertungskriterien, durchgeführt. Die Erkenntnisse einer ausgedehnten Literaturanalyse sowie deren empirische Erweiterung, anhand gezielter Experteninterviews, dienen der Identifikation relevanter Bewertungsdimension und -kriterien. Das entsprechend entwickelte Set an Bewertungskriterien kann folglich bedarfsweise hinsichtlich weiterer Anwendungen im Luftsicherheitsbereich zugeschnitten bzw. erweitert werden. Die Ergebnisse belegen die Eignung des gewählten Stakeholder-Ansatzes insofern, dass sich die Einschätzungen bezüglich des Einsatzes aktueller bzw. der Implementierung zukünftiger Sicherheitstechniken stark variieren. Der Bedarf des Aufgreifens differenzierter Stakeholder-Perspektiven, hinsichtlich einer erfolgreichen multikriterielle Bewertung, wird entsprechend belegt. Die Erweiterungsmodelle *SIRA-Value in Use – Workshops* und *SIRA-Value in Use – Assessment* werden anhand spezifischer Workshops zur Bewertung der Technikalternativen *Status Quo* und *Zukunftsmodell* seitens der jeweiligen Stakeholder realisiert. Anhand strukturierter partizipativer Workshops, unter fachlicher Anleitung, wird der Ansatz der multikriteriellen Analyse denjenigen Stakeholdern näher gebracht, die mit dem Prozess nicht vertraut sind, um ihnen den Zugang so komfortabel wie möglich zu gestalten.

Das im Rahmen der Bewertung ergänzte Verfeinerungsmodell *Technologielebenszyklus* dient der Abbildung des technologischen Wandels und wird beispielhaft für den Stakeholder *Passagier* angewandt. Zwar weist der vorliegende Anwendungsfall lediglich einen geringen Ausschlag der Effekte in Abhängigkeit der Positionierung der betrachteten Sicherheitstechniken innerhalb des Technologielebenszyklus auf und unterscheidet sich damit nur marginal von den Ergebnissen einer Betrachtung, unabhängig von der Berücksichtigung des technologischen Wandels. Jedoch trägt die, exemplarisch für den Stakeholder *Passagier*, durchgeführte Verknüpfung des Lebenszyklus-Ansatzes mit den Methoden der multikriteriellen Analyse dazu bei, ein transparentes Bild des Entscheidungsproblems zu kommunizieren und die potenzielle Einbindung phasenbedingter Effekte in die Bewertung aufzuzeigen. Die Identifizierung der Verschiebungen innerhalb der Gewichtungen unterschiedlicher Bewertungskriterien lässt Rückschlüsse auf spezifische Aktivitäten hinsichtlich Forschung und Entwicklung zu. Der Anwendungsfall zeigt, dass das entwickelte Referenzvorgehensmodell, vor dem

Hintergrund multipler Stakeholder-Beteiligung, einen effizienten und transparenten Vergleich unterschiedlicher Technikalternativen, welche sich in differenzierten Technologielebenszyklusphasen befinden, ermöglicht. Die abschließende Umsetzung des Erweiterungsmodells Zusammenführung der Ergebnisse bündelt den erzielten Erkenntnisgewinn, basierend auf der Analyse der Ergebnisse sowie der Durchführung von Sensitivitäts- und Robustheitsanalysen, in der Erstellung dedizierter Handlungsempfehlungen. Durch das Fallbeispiel werden die Anwendbarkeit sowie die Funktionalität des Referenzvorgehensmodells in geeigneter Weise belegt. Die zusammenfassende Betrachtung der vorliegenden Arbeit verdeutlicht, dass durch das im Kontext dieser Arbeit entwickelte Referenzvorgehensmodell schlussfolgernd ein wissenschaftlicher Analyserahmen geschaffen wurde, welcher als hilfreiche Ausgangsbasis hinsichtlich der Unterstützung von Entscheidungsfindungsprozessen im Luftsicherheitsbereich gesehen wird.

Vor dem Hintergrund der eingehend formulierten Leitfragen konnte die erstmalige Anwendung des Referenzvorgehensmodells erfolgreich realisiert werden. Der hier geschaffene Analyserahmen stellt dem Anwender aus der Praxis ein Modell zur Verfügung, welches unter der Berücksichtigung multipler Stakeholder sowie relevanter Entscheidungskriterien den Einsatz aktueller bzw. zukünftiger Sicherheitstechniken optimieren kann. Durch die Integration des Sets unterschiedlicher methodischer Ansätze sowie den Einbezug entscheidender Praxispartner aus der zivilen Luftfahrt konnte zum einen den Anforderungen einer holistischen Bewertung innovativer Sicherheitstechniken Rechnung getragen und zum anderen ein generalisierbares Verfahren entwickelt werden, welches dem Modellnutzer aus der Praxis als Unterstützungsinstrument für weitere Anwendungsfälle, bspw. für den Fall der Videoüberwachung, zur Verfügung steht. Die Übertragung des Bewertungssystems bedingt jedoch die Berücksichtigung regionaler Gesichtspunkte, denn entsprechend den Analysen in Kapitel 2 führt die Übernahme regionaler Best Practices in der zivilen Luftfahrt nicht zwingend zum Erfolg. Das vorliegende Konzept versucht diesem Aspekt durch die Integration kultureller Kriterien sowie unterschiedlicher Interessensgruppen Rechnung zu tragen.

Der praktischen Umsetzung des Referenzvorgehensmodells sind jedoch auch Grenzen gesetzt, welche sich anhand der kritischen Reflexion des durchlaufenen Prozesses widerspiegeln. Einerseits bildet die modellinhärente Restriktion der strukturellen Wiedergabe der Wirklichkeit auch im vorliegenden Fall eine wesentliche Grenze und vermag anhand der durchgeführten partizipativen Workshops und Experteninterviews lediglich einen selektiven Wirklichkeitsausschnitt abzubilden, andererseits vermag es ebenso wenig eine vollständige Risikovermeidung zu leisten. Das Vorgehensmodell dient hierbei als möglichst präzises Hilfsmittel zur Einschätzung von Entscheidungssituationen im Luftsicherheitsbereich. Die Aussagekraft der Bewertungsergebnisse ist

folglich vor dem Hintergrund dieses Aspekts zu beurteilen. Darüber hinaus gilt es aus Sicht des Anwenders die Angemessenheit des Verhältnisses zwischen Aufwand und Nutzen der Bewertung nicht aus dem Fokus zu verlieren, da dieses, angesichts einer hohen Anzahl von Kriterien, recht schnell aus dem Gleichgewicht zu geraten vermag. Auf methodischer Ebene ist darauf hinzuweisen, dass es in der subjektiven Betrachtung des Entscheiders liegt, ob das entwickelte Verfahren zur Abbildung des technologischen Wandels anhand einer differenzierten Gewichtung in Abhängigkeit der Technologielebenszyklusphase den geeigneten Lösungsweg abbildet oder eine konstante Gewichtung seine Präferenzen eher widerspiegelt. Der im Rahmen des Referenzvorgehensmodells entwickelte sowie exemplarisch aufgezeigte Ansatz zeigt eine Option zur Berücksichtigung solcher Effekte auf. Vor dem Hintergrund der Komplexität des technologischen Wandels scheint die Berücksichtigung jener Effekte gerechtfertigt, jedoch besteht auch hier weiterhin Potenzial für zukünftige Forschungsarbeiten.

6.2 Ausblick

Die Identifikation kritischer Bewertungsdimensionen und -kriterien anhand des Outranking-Verfahrens PROMETHEE, für die beiden Sicherheitsentwürfe *Status Quo* und *Zukunftsmodell*, konnte für den Anwendungsfall der Luftsicherheitskontrolle erfolgreich durchgeführt werden. Aus methodischer Sicht bestehen Erweiterungsmöglichkeiten in der Berücksichtigung des technologischen Wandels. In zukünftigen Anwendungen ist einerseits zu prüfen, ob eine differenzierte Gewichtung in Abhängigkeit der Technologielebenszyklusphase sinnvoll bzw. aus Sicht des Modellanwenders erwünscht ist. Es ist festzuhalten, dass aufgrund des Vorgehens, insbesondere hinsichtlich der Entwicklung des Kriteriensets sowie einer stakeholderbezogenen Abdeckung des gesamten Lebenszyklus vom Entwickler bis zum Anwender, versucht wurde eine möglichst umfassende Abdeckung phasenbedingter Besonderheiten bereits in das Set zu integrieren und die Differenzen innerhalb der Gewichtungen folglich geringe Ausschläge aufwiesen. Doch insbesondere bei der Analyse einer Vielzahl von Technikalternativen mit unterschiedlicher Phasenpositionierung stößt das gewählte exemplarische Vorgehen an seine Grenzen. Des Weiteren bietet der verfolgte Ansatz Erweiterungspotenzial hinsichtlich der Entscheidungsfindung in Gruppen. Aufgrund der Relevanz der Berücksichtigung von Bewertungsgrößen unterschiedlicher Wissensdisziplinen und Fachgebiete innerhalb der multikriteriellen Analyse, erfolgte im Anwendungsfall der Zugriff auf partizipative Methoden der Entscheidungsfindung, unter Beteiligung möglichst heterogener Stakeholder. Die Zusammenführung verteilten Wissens bzw. die Datenerhebung im Bewertungssystem bietet dabei aus konzeptioneller, wie auch methodischer Sicht Entwicklungsspielraum neuartiger Ansätze. Denkbar sind hierbei kombinatorische Ansätze, bspw. bezüglich der Verknüpfung szenariobasierter Verfahren bzw. Co-Design

Ansätze zur Entwicklung wünschenswerter Alternativen aus Sicht relevanter Stakeholder und der damit verbundenen multikriteriellen Bewertung entsprechend entwickelter Zukunftsbilder.

Die Gestaltung der zukünftigen Luftsicherheitskontrolle beinhaltet eine Vielzahl an Herausforderungen. Die Absicht deren uneingeschränkter Lösung anhand einer idealen Sicherheitstechnik bzw. eines idealen methodischen Vorgehens gleicht einer Utopie. Subjektive Einschätzungen eines bzw. weniger individueller Entscheidungsträger, stellvertretend für eine gesamte Gruppe von Stakeholdern, vermögen hierbei kaum die Definition einer Ideallösung zu leisten. Vor dem Hintergrund der Forschungsfrage jedoch, leistet die vorliegende Arbeit einen wesentlichen Beitrag, den Entscheidungsprozess bezüglich des Einsatzes innovativer Sicherheitstechniken im Luftsicherheitsbereich, in Abhängigkeit multipler Stakeholder-Perspektiven, transparenter und effizienter zu gestalten. Die jüngste Entwicklungsgeschichte belegt die Auswirkungen von Entscheidungen im Luftsicherheitsbereich sowie deren weitreichende Konsequenzen. Die Post-9/11-Ära ist geprägt durch eine Vielzahl überstürzter, weil reaktiv eingeführter, ad-hoc Entscheidungen, welche die Struktur der Luftsicherheitskontrolle, wie wir sie heute kennen, in entschiedenem Maße bestimmen. Der Einsatz verschiedener Sicherheitstechniken führte hierbei zu einer kontrovers geführten und langfristig andauernden politischen und gesellschaftlichen Debatte. Weitere Rahmenbedingungen wie das stetig steigende Passagieraufkommen, lassen die heutige Option nicht ausschließlich aufgrund kapazitiver Engpässe, sondern auch aus ökonomischen Gesichtspunkten langfristig kaum tragfähig erscheinen. Und auch aus der sicherheitstechnischen Perspektive scheint ein strukturelles Umdenken hinsichtlich der Luftsicherheitskontrolle aufgrund aufkommender, neuartiger Sicherheitsrisiken, welche durch den Status Quo nicht wesentlich abgedeckt sind, unabdingbar.

Auf politischer Ebene ist aktuell ein Umdenken erkennbar. Der Versuch nationale Rahmenbedingungen auf europäische sowie insbesondere internationale Bedingungen auszurichten sollen zur Vereinheitlichung des Kontrollprozesses beitragen. Die Realisierung eines tragfähigen Konzepts bedient sich dabei einer Vielzahl verfügbarer sowie prinzipiell realisierbarer, technischer Lösungen. In Anlehnung an das seitens der IATA entwickelte Konzept *Checkpoint of the Future*, stellt der in der vorliegenden Arbeit dargestellte Sicherheitsentwurf des *Zukunftsmodells* eine plausible Lösungsoption dar. Das im Rahmen dieser Forschungsarbeit entwickelte Vorgehensmodell kann dazu beitragen die zukünftige Luftsicherheitskontrolle effizient und nutzerfreundlich zu gestalten. Angesichts immer höherer Sicherheitsanforderungen und komplexerer Gefährdungssituationen kommt einer ganzheitlichen Bewertung innovativer Sicherheitsmaßnahmen, die nicht nur die Kosten als Hauptauswahlkriterium neuer Systeme zum Fokus haben, in der Zukunft eine gewichtige Bedeutung zu.

Die Tatsache, dass die frühzeitige Einbindung von Passagieren bzw. deren Interessenvertreter bezüglich Entscheidungen, welche die Flugsicherheit betreffen, Synergieeffekte hervorrufen können betonten Flugsicherheitsexperten auch infolge der jüngsten Geschehnisse im zivilen Luftverkehr. Ereignisse, wie bspw. das rätselhafte Verschwinden des Fluges MH 370 der Malaysia-Airline bzw. der Abschuss eines Passagierflugzeuges selbiger Airline über der Ukraine, im Zuge der Krim-Krise, belegen die Notwendigkeit einer umfassenden Bewertung von Sicherheitstechniken, nicht nur im Luftsicherheitsbereich, sondern auch im Bereich der Luftverkehrssicherheit. Die Tatsache, dass es sich im Falle des entwickelten Referenzvorgehensmodells um ein generalisierbares Verfahren handelt, welches einerseits die Anwendung zu unterschiedlichen Zeitpunkten und andererseits den Einsatz in anderen Anwendungsbereichen gewährleisten soll, lässt Spielraum für eine Übertragung des Vorgehensmodells auf Problemstellungen der Luftverkehrssicherheit. Als ganzheitlicher Ansatz zur Untersuchung der gesellschaftlichen Akzeptanz bzw. Ablehnung von Sicherheitstechniken verfolgt der vorliegende Anwendungsfall eine spezifische Zielsetzung, jedoch erlaubt die Flexibilität des Ansatzes einen Zuschnitt bzw. eine Eingrenzung bspw. auf wirtschaftliche oder sicherheitstechnische Aspekte.

Das Sicherheitsempfinden innerhalb der Gesellschaft erfuhr angesichts der Vorfälle im neuen Jahrtausend einen tiefgreifenden Wandel. In Anbetracht neu aufkommender Gefährdungslagen sowie dem hieraus resultierenden Einsatz moderner Sicherheitsmaßnahmen stellt die Fixierung des Gleichgewichts im Spannungsfeld zwischen Freiheit und Sicherheit eine große Herausforderung dar. Aufgrund der Komplexität dieser Entscheidungssituation wird dem Entscheider folglich eine völlig neuartige Art von Sensibilität bezüglich der Ergebnisqualität abverlangt. Die Einbindung unterschiedlichster Interessenvertreter respektive Stakeholder im vielschichtig vernetzten System der Luftsicherheit, vor dem Hintergrund oftmals konfliktärer Zielsetzungen, machen den Einsatz eines effektiven Managementansatzes unverzichtbar. Das entwickelte Referenzvorgehensmodell stellt dabei eine Option dar, Konfliktpotenziale bereits in den frühen Phasen des Innovationsprozesses aufzudecken und teure Folge- bzw. Änderungskosten zu vermeiden. Die berücksichtigte Modellierungstechnik bietet hierbei eine theoretische Grundlage zur Definition neuer Modelle und Ansätze im Luftsicherheitsbereich.

Literaturverzeichnis

Achterkamp, M.; Vos, J. (2007): Critically identifying stakeholders – evaluating boundary critique as a vehicle for stakeholder identification. In: *Systems research and behavioral Science* (24), S. 3–14.

Ackoff, R. (1971): Towards a System of Systems Concepts. In: *Management Science* (17).

Adam, D. (1996): Planung und Entscheidung. Modelle - Ziele - Methoden. Mit Fallstudien und Lösungen. Wiesbaden: Gabler Verlag.

Alanne, K.; Salo, A.; Saari, A.; Gustafsson, S.-I. (2007): Multi-criteria evaluation of residential energy supply systems. In: *Energy and Buildings* 39 (12), S. 1218–1226.

Almeida, A. de; Moura, P.; Marques, A.; Almeida, J. de (2005): Multi-impact evaluation of new medium and large hydropower plants in Portugal centre region. In: *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 9 (149–167).

Altfelder, K.; Bartels, H. G.; Horn, J.-H. (1973): Lexikon der Unternehmensführung. Zielsetzen, Planen, Entscheiden, Realisieren, Kontrollieren. Ludwigshafen (Rhein): F. Kiehl.

Anand, G.; Kodali, R. (2008): Selection of lean manufacturing systems using the PROMETHEE. In: *Journal of Modelling in Management* 3 (1), S. 40–70.

Ananda, J.; Herath, G. (2006): Reconciling Value Conflicts in Regional Forest Planning in Australia: A Decision Theoretic Approach. International Association of Agricultural Economists, 2006 Annual Meeting, August 12-18, 2006, Queensland, Australia.

Andrews, C. J. (2003): Spurring inventiveness by analyzing tradeoffs: A public look at New England's electricity alternatives. In: *Environmental Impact Assessment Review* 12 (1-2), S. 185–210.

Ascher, William (1978): Forecasting. An appraisal for policy-makers and planners. Baltimore, MD: Johns Hopkins University Press.

Ashford, N.; Stanton, H.; Moore, C. (Hg.) (2012): Airport Operations. 3. Aufl. New York: McGraw-Hill Professional.

Ball, Rafael; Tunger, Dirk (2005): Bibliometrische Analysen - Daten, Fakten und Methoden. Grundwissen Bibliometrie für Wissenschaftler, Wissenschaftsmanager, Forschungseinrichtungen und Hochschulen. Jülich: Forschungszentrum, Zentralbibliothek (12).

- Balzert, Helmut (1982): Die Entwicklung von Software-Systemen, Prinzipien, Methoden, Sprachen, Werkzeuge. Zürich: Bibliographisches Institut (34).
- Bartels, M.; Dittmann, L.; Huther, H.; Kocyba, H.; Lindenberger, D.; Lutsch, W. et al. (2008): Schwerpunkte und Effizienzstrategien in der Energieforschung. Abschlussbericht zum Forschungsvorhaben "Multidimensionale Technikbewertung" im Programm EduaR&D des BMWi. Frankfurt am Main: Arbeitsgemeinschaft für Wärme und Heizkraftwirtschaft (AGFW) e.V. bei dem VDEW (Hrsg.).
- Basson, L.; Petrie, J. G. (2007): An integrated approach for the consideration of uncertainty in decision making supported by Life Cycle Assessment. In: *Environmental Modelling and Software* 22 (2), S. 167–176.
- Baumann, Karsten (2007): Die Einbeziehung von Privaten in die Fluggast- und Gepäckkontrollen. In: Frank Oschmann (Hg.): Luftsicherheit. Luftsicherheit durch Staat und Privat ; der Faktor Sicherheitsgewerbe an Flughäfen ; Ergebnisse der FORSI-Workshops. Köln, Berlin, Bonn, München: Heymann, S. 29–47.
- Bea, Franz Xaver; Berg, Claus C.; Schweitzer, Marcell (2010): Allgemeine Betriebswirtschaftslehre. 10. Aufl. Stuttgart [u.a.]: Fischer (1082).
- Beccali, M.; Cellura, M.; Ardente, D. (1998): Decision making in energy planning: the ELECTRE multicriteria analysis approach compared to a fuzzy-sets methodology. In: *Energy Conversion Management* 39 (16-18), S. 1869–1881.
- Beccali, M.; Cellura, M.; Mistretta, M. (2003): Decision-making in energy planning. Application of the ELECTRE method at regional level for the diffusion of renewable energy technology. In: *Renewable Energy* 28, S. 2063–2087.
- Beck, Ulrich (2007): Weltrisikogesellschaft. Auf der Suche nach der verlorenen Sicherheit. Frankfurt am Main: Suhrkamp.
- Becker, J.; Delfmann, P.; Knackstedt, R.; Kuroпка, D. (2002): Konfigurative Referenzmodelle. In: J. Becker und R. Knackstedt (Hg.): Wissensmanagement mit Referenzmodellen. Konzepte für die Anwendungssystem- und Organisationsgestaltung. Heidelberg: Physica-Verlag, S. 25–64.
- Becker, J.; Holten, R.; Knackstedt, R.; & Schütte, R. (2000): Referenz-Informationsmodellierung. In: In F. Bodendorf, & M. Grauer, *Verbundtagung Wirtschaftsinformatik 2000*.
- Becker, J.; Knackstedt, R.; Holten, R.; Hansmann, H.; Neumann, S. (2001): Konstruktion von Methodiken: Vorschläge für eine begriffliche Grundlegung und domänenspezifische

sche Anwendungsbeispiele. In: *In J. Becker, H. Grob, & S. Klein, Arbeitsberichte des Instituts für Wirtschaftsinformatik.*

Belton, V.; Stewart, T. (2002): *Multiple criteria decision analysis. An integrated approach.* Bosten, Dordrecht, London: Kluwer Academic Publishers.

Berthel, J. (1970): Modelle allgemein. In: *In E. Kosiol, Handwörterbuch des Rechnungswesens.*

Bierwisch, A.; Teufel, B.; Grandt, S.; Seitz, R.; Beyerer, J.; Vagts, H.; Krempel, E. (2014): *Sicherheit im öffentlichen Raum – SIRA Schlussbericht.* Karlsruhe.

Bierwisch, Antje; Seitz, Ralph; Grandt, Stephan (2013): *The innovation system of security. A new quality in the relationship between political, economic and social actors.* In: Fraunhofer ISI (Hg.): *Innovation system revisited. Experiences from 40 years of Fraunhofer ISI research,* S. 129–152.

Blow, Christopher J. (1996): *Airport terminals.* 2nd edition. Oxford, Boston: Butterworth-Heinemann.

Bonß, Wolfgang (2011): *(Un-)Sicherheit in der Moderne.* In: Peter Zoche (Hg.): *Zivile Sicherheit. Gesellschaftliche Dimensionen gegenwärtiger Sicherheitspolitiken.* Bielefeld: transcript.

Brans, J.-P.; & Mareschal, B. (2005): *PROMETHEE Methods.* In: J. Figueira, S. Greco und M. Ehrgott (Hg.): *Multiple Criteria Decision Analysis: State of the Art Surveys.* Berlin: Springer Verlag.

Brans, J.-P.; Vincke, P.; Mareschal, B. (1986): *How to select and how to rank projects: The PROMETHEE method.* In: *European Journal of Operational Research* 24 (2), S. 228–238.

Browne, D.; O'Regan, B.; Moles, R. (2010): *Use of multi-criteria decision analysis to explore alternative domestic energy and electricity policy scenarios in an Irish city-region.* In: *Energy* 35 (2), S. 518–528.

Bryson, J. (2004): *What to do when stakeholders matter – stakeholder identification and analysis techniques.* In: *Public Management Review* 6 (1), S. 21–53.

Buchholz, T.; Rametsteiner, E.; Volk, T.; Luzadis, V. (2009): *Multi criteria analysis for bioenergy systems assessments.* In: *Energy Policy* 37, S. 484–495.

- Burton, J.; Hubacek, K. (2007): Is small beautiful? A multicriteria assessment of small-scale energy technology applications in local governments. In: *Energy Policy* 35 (12), S. 6402–6412.
- Busse von Colbe, W.; Laßmann, G. (1986): Betriebswirtschaftstheorie. Berlin: Springer Verlag.
- Buzan, Barry; Wæver, Ole; Wilde, Jaap de (1998): Security. A new framework for analysis. Boulder, Colo: Lynne Rienner Pub.
- Cavallaro, F. (2009): Multi-criteria decision aid to assess concentrated solar thermal technologies. In: *Renewable Energy* 34, S. 1678–1685.
- Chesbrough, Henry William (2006): Open innovation. The new imperative for creating and profiting from technology. Cambridge: Harvard Business School; Harvard Business School Press.
- Daase, Christopher (2010): Der erweiterte Sicherheitsbegriff. In: *Sicherheitskultur im Wandel* Working Paper 1.
- Dagdeviren, M. (2008): Decision making in equipment selection: An integrated approach with AHP and PROMETHEE. In: *Journal of Intelligent Manufacturing* (19).
- Daim, T.; Yates, D.; Peng, Y.; Jimenez, B. (2009): Technology assessment for clean energy technologies: The case of the Pacific Northwest. In: *Technology in Society* 31 (3), S. 232–243.
- Davis, F. (1985): A technology acceptance model for empirically testing new end-user information systems. Theory and results: Massachusetts Institute of Technology.
- Davis, F. D. (1989): Perceived Usefulness, Perceived Ease of Use, and User Acceptance of Information Technology. In: *MIS Quarterly* 13 (3), S. 319–339.
- Diakoulaki, D.; Karangelis, F. (2007): Multi-criteria decision analysis and cost-benefit analysis of alternative scenarios for the power generation sector in Greece. In: *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 11 (4), S. 716–727.
- Diederichs, C. J. (2000): Entwicklung eines Bewertungssystems für ökonomisches und ökologisches Bauen und gesundes Wohnen. Bonn: Deutscher Verband der Projektmanager in der Bau- und Immobilienwirtschaft.
- Dinkelbach, W.; Kleine, A. (1996): Elemente einer betriebswirtschaftlichen Entscheidungslehre. Berlin: Springer Verlag.

Doukas, H. C.; Andreas, B. M.; Psarras, J. E. (2007): Multi-criteria decision aid for the formulation of sustainable technological energy priorities using linguistic variables. In: *European Journal of Operational Research* 182 (2), S. 844–855.

Duden (1989): Das Herkunftswörterbuch. Etymologie der deutschen Sprache. Die Geschichte der deutschen Wörter bis zur Gegenwart. Mannheim: Wissenschaftlicher Rat der Dudenredaktion.

Duden (2006): Duden, die deutsche Rechtschreibung. Auf der Grundlage der neuen amtlichen Rechtschreibregeln. 24., völlig neu bearb. u. erw. Auflage. Mannheim, Leipzig, Wien, Zürich: Dudenverl. (1).

Dyer, J. (2005): MAUT - Multi Attribute Utility Theory. In: J. Figueira, S. Greco und M. Ehrgott (Hg.): *Multiple Criteria Decision Analysis: State of the Art Surveys*. Berlin: Springer Verlag.

ECAC: Policy Statement in the Field of Civil Aviation Security. ECAC.CEAC DOC No. 30 (PART II).

Elias, A.; Cavana, R.; Jackson, L. (2002): Stakeholder analysis for R&D project management. In: *R&D Management* 32 (4), S. 301–310.

Erdogmus, S.; Aras, H.; Koç, E. (2006): Evaluation of alternative fuels for residential heating in Turkey using analytic network process (ANP) with group decision-making. In: *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 10 (3), S. 269–279.

Ferstl, O.; Sinz, E. (2006): *Grundlagen der Wirtschaftsinformatik*. München: Oldenbourg Wissenschaftsverlag.

Ferstl, Otto K.; Sinz, Elmar J. (1994): *Der Ansatz des Semantischen Objektmodells zur Modellierung von Geschäftsprozessen*. Bamberger Beiträge zur Wirtschaftsinformatik. Bamberg: Otto-Friedrich-Universität.

Figueira, J.; Greco, S.; Ehrgott, M. (2005): Introduction. In: J. Figueira, S. Greco und M. Ehrgott (Hg.): *Multiple Criteria Decision Analysis: State of the Art Surveys*. Berlin: Springer Verlag.

Fischedick, Manfred (2008): *Sozioökonomische Begleitforschung zur gesellschaftlichen Akzeptanz von Carbon Capture and Storage (CCS) auf nationaler und internationaler Ebene*. Hg. v. Wuppertal Institut, STE, Fraunhofer ISI und BSR Sustainability GmbH. Wuppertal.

Frantz, Christian Gottfried; Aue, Oliver (2013): *Luftsicherheit kompakt Hinweise zur Aufgabenwahrnehmung*. 1. neue Ausg. Stuttgart: Boorberg, R.

Freeman, R. Edward (2010): Strategic management. A stakeholder approach. Cambridge: Cambridge University Press.

French, Simon; Maule, John; Papamichail, Nadia (2009): Decision behaviour, analysis and support. Cambridge, New York, Melbourne, Madrid, Cape Town, Singapore, Sao Paulo, Delhi: Cambridge University Press.

Frey, B. S.; Luechinger, S.; Stutzer, A. (2004): Calculating Tragedy: Assessing the Costs of Terrorism. In: *Working Paper Series ISSN 1424-0459, Working Paper No. 205*.

Frietsch, Rainer; Beckert, Bernd; Bierwisch, Antje; Bratan, Tanja; Eichhammer, Wolfgang; Friedewald, Michael et al. (2013): Ökonomische Analyse der Bedarfsfelder der Hightech-Strategie. Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung. Karlsruhe.

FZ Jülich GmbH; Projektträger Jülich (2009): Das EduaR&D-Projekt: Energie-Daten und Analyse R&D. Entwicklung und Anwendung systemanalytischer Instrumente für die Schwerpunktsetzung in der Energieforschungspolitik. LIT Verlag: Lit (27).

Gassmann, O.; Ebersbach, L.; Reinecke, S. (2007): Neue Grenzen für Innovationen – Innovieren oder kreativ imitieren? In: Christian Belz, Torsten Tomczak und Marcus Schögel (Hg.): *Innovation Driven Marketing. Vom Trend zur innovativen Marketinglösung*. 1. Aufl. Wiesbaden: Gabler, S. 49–61.

Geldermann, J.; Rentz, O. (2000): Bridging the gap between American and European MADM-approaches? Proceedings of the 51st meeting of the European Working Group "Multicriteria Aid for Decisions", Madrid.

Geldermann, J.; Rentz, O. (2001): Integrated technique assessment with imprecise information as a support for the identification of best available techniques. In: *OR Spektrum (2001) (23)*, S. 137–157.

Geldermann, J.; Spengler, T.; Rentz, O. (2000): Fuzzy outranking for environmental assessment. Case study: Iron and steel making industry. In: *Fuzzy Sets and Systems (115)*.

Geldermann, J.; Zhang, K.; Rentz, O. (2002): Entwicklung eines integrierten Gruppenentscheidungsunterstützungssystems. In: Wolf Fichtner und Jutta Geldermann (Hg.): *Einsatz von OR-Verfahren zur techno-ökonomischen Analyse von Produktionssystemen*. Workshop der GOR-Arbeitsgruppe OR im Umweltschutz. Frankfurt am Main: Lang.

Geldermann, J.; Zhang, K.; Rentz, O. (2003): Sensitivitätsanalysen für das Outranking-Verfahren PROMETHEE. In: W. Habenicht, B. Scheubrein und R. Scheubrein (Hg.): Multi-Criteria- und Fuzzy-Systeme in Theorie und Praxis. Lösungsansätze für Entscheidungsprobleme mit komplexen Zielsystemen. Wiesbaden: Deutscher Universitäts-Verlag, S. 127.

Geldermann, Jutta (1999): Entwicklung eines multikriteriellen Entscheidungsunterstützungssystems zur integrierten Technikbewertung. Als Ms. gedr. Düsseldorf: VDI-Verlag (105).

Geldermann, Jutta (2006): Mehrzielentscheidungen in der industriellen Produktion. Karlsruhe: Universitätsverlag Karlsruhe.

Georgi, Christoph (2014): Ergebnisbericht der EBS Universität für Wirtschaft und Recht gemeinnützige GmbH über das BMBF-geförderte Forschungsprojekt „Sicherheit im öffentlichen Raum (SIRA)“. Strascheg Institute for Innovation & Entrepreneurship (SIIE), EBS Business School (FKZ: 13N11287).

Georgopoulou, E.; Lalas, D.; Papagiannakis, L. (1997): A multicriteria decision aid approach for energy planning problems: The case of renewable energy option. In: *European Journal of Operational Research* 103 (1), S. 38–54.

Ghafghazi, S.; Sowlati, T.; Sokhansanj, S.; Melin, S. (2009): A multicriteria approach to evaluate district heating system options. In: *Applied Energy* 87 (4), S. 1134–1140.

Giemulla, E.; van Schyndel, H. (2006): Luftsicherheitsgesetz. Kommentar. 1. Aufl. Neuwied: Luchterhand Verlag; Luchterhand.

Giemulla, Elmar; Rothe, Bastian R. (2011): Handbuch Luftsicherheit. Hg. v. Bastian R. Rothe. Berlin: Univ.-Verl. der TU.

Gläser, J.; Laudel, G. (2009). Experteninterviews und qualitative Inhaltsanalyse als Instrumente rekonstruierender Untersuchungen. 3. Auflage. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.

Goletsis, Y.; Psarras, J.; Samouilidis, J. E. (2003): Project ranking in the Armenian energy sector using a multicriteria method for groups. In: *Annals of Operations Research* 120 (1-4), S. 135–157.

Grandt, S.; Bierwisch, B.; Seitz, R. (2014): Die Herausforderungen multikriterieller Bewertung technologischer Innovationen im Bereich der Luftsicherheit unter Berücksichtigung nicht-technischer Dimensionen. In: Wagner Wagner und Wolfgang Bonß (Hg.):

Risikobasiert versus One Size Fits All. Neue Konzepte der Passagierüberprüfung im Flugverkehr, München: SIRA Conference Series, Heft 3, 10/2014.

Gruhn, V.; Wellen, U. (2000): Process Landscaping: Eine Methode zur Geschäftsprozessmodellierung. In: *Wirtschaftsinformatik* 4, S. 297–309.

Grupp, Hariolf (1997): Messung und Erklärung des Technischen Wandels. Grundzüge einer empirischen Innovationsökonomik ; mit 26 Tabellen. Berlin, Heidelberg, New York: Springer Verlag.

Grupp, Hariolf (1999): Foundations of the Economics of Innovation: Theory, Measurement and Practice. Celenham, Northampton: Edward Elgar.

Guitouni, A.; Martel, J. (1998): Tentative guidelines to help choosing an appropriate MCDA method. In: *European Journal of Operational Research* 109 (2), S. 501–521.

Güngör, Z.; Arikan, F. (2000): A fuzzy outranking method in energy policy planning. In: *Fuzzy Sets and Systems* 114 (1), S. 115–122.

Gusy, Christoph; Kapitza, Annika (2012): Sicherheitsrecht, -politik und -kultur im demokratischen Verfassungsstaat. In: Christopher Daase und Thorsten Bonacker (Hg.): Sicherheitskultur. Soziale und politische Praktiken der Gefahrenabwehr. Frankfurt am Main: Campus, S. 45–66.

Haldi, P. A.; Frei, C.; Beurskens, L.; Zhuikova, N. (2002): Multicriteria/multi-stakeholders comparative assessment of electricity generation scenarios in the sustainability context: A Swiss case study. In: *International Journal of Sustainable Development* 5 (1-2), S. 102–124.

Hämäläinen, R. P.; Karjalainen, R. (1992): Decision support for risk analysis in energy policy. In: *European Journal of Operational Research* 56 (2), S. 172–183.

Harlfinger, Thomas (2006): Referenzvorgehensmodell zum Redevlopment von Bürobestandsimmobilien. Norderstedt: Books on Demand (10).

Hartmann, Bernd; Buchholz, Andrea; Beckert, Bernd (Hg.) (2008): Sicherheit durch IT. Marktchancen und Herausforderungen am Beispiel Baden-Württemberg. Stuttgart: MFG-Stiftung Baden-Württemberg [u.a.] (FAZIT-Schriftenreihe, Bd. 14).

Hauschildt, Jürgen (1997): Innovationsmanagement. 2., völlig überarb. und erw. Aufl. München: Vahlen.

Haverkamp, Rita (2014): Ergebnisse aus dem Verbundprojekt Barometer Sicherheit in Deutschland (BaSiD). In: Kerner, Hans-Jürgen u. Marks, Erich (Hrsg.), Internetdoku-

mentation des Deutschen Präventionstages. Hannover 2014. Online verfügbar unter www.praeventionstag.de/Dokumentation.cms/2816.

Haverkamp, Rita; Kaufmann, Stefan; Zoche, Peter (2011): Einführung in den Band. In: Peter Zoche (Hg.): *Zivile Sicherheit. Gesellschaftliche Dimensionen gegenwärtiger Sicherheitspolitiken*, 9-19. Bielefeld: transcript.

Heinrich, G.; Basson, L.; Cohen, B.; Howells, M.; Petrie, J. (2007): Ranking and selection of power expansion alternatives for multiple objectives under uncertainty. In: *Energy* 32 (12), S. 2350–2369.

Hennen, L.; Petermann, T.; Scherz, C. (2004): Partizipative Verfahren der Technikfolgen-Abschätzung und parlamentarische Politikberatung. Neue Formen der Kommunikation zwischen Wissenschaft, Politik und Öffentlichkeit. In: *TAB-Arbeitsbericht Nr. 96*.

Herrmann, Thomas; Moysich, Klaus (1999): Checkliste möglicher akzeptanzbeeinflussender Faktoren. In: Norbert Szyperski (Hg.): *Perspektiven der Medienwirtschaft. Kompetenz, Akzeptanz, Geschäftsfelder*. Lohmar: Josef Eul Verlag GmbH (Bd. 5), S. 211-225.

Hinze, S.; Schmoch, U. (2004): Opening the black box. Analytical approaches and their impact on the outcome of statistical patent analyses. In: W. Glänzel, H. Moed und U. Schmoch (Hg.): *Handbook of Quantitative Science and Technology Research. The Use of Publication and Patent Statistics in Studies on R&D Systems*. Dordrecht, Norwell, New York, London: Kluwer Academic Publishers, S. 215–235.

Hippel, Eric von (1986): Lead Users: A Source of Novel Product Concepts. In: *Management Science* 32 (7), S. 791–805.

Hippel, Eric von (2005): *Democratizing innovation*. Cambridge, London: MIT Press.

Hirsch, Burkhard (2009): Recht zur vorsätzlichen Tötung Unschuldiger? Der Streit über die Luftsicherheit. In: Andreas von Arnould (Hg.): *Sicherheit versus Freiheit?* Berlin: Berliner Wiss.-Verl., S. 57–76.

Hoffmann, K.; Hoffmann, Klaus (1972): *Der Produktlebenszyklus. Eine kritische Analyse*. 1. Aufl. Freiburg: Rombach (6).

Hoffmann-Riem, Wolfgang (2009): Sicherheit braucht Freiheit. In: Andreas von Arnould (Hg.): *Sicherheit versus Freiheit?* Berlin: Berliner Wiss.-Verl., S. 117–129.

Hohmeyer, O. (1992): Renewables and the full costs of energy. In: *Energy Policy* (20).

Holten, R. (2001): Metamodell. In: *In P. Mertens, Lexikon der Wirtschaftsinformatik*.

Hooper, J. W. (1986): Strategy-related characteristics of discrete-event languages and models. In: *Simulation* 46 (4), S. 153–159.

Hüsing, Bärbel; Bierhals, Rainer; Bührlen, Bernhard; Friedewald, Michael; Kimpeler, Simone; Menrad, Klaus et al. (2002): Technikakzeptanz und Nachfragemuster als Standortvorteil. Abschlussbericht. Karlsruhe: Fraunhofer ISI.

IATA (2004): Airport Development Reference Manual. Montreal, Kanada: IATA.

IATA (2012): Checkpoint of the Future. Executive Summary. Online verfügbar unter <http://www.iata.org/whatwedo/security/Documents/cof-executive-summary.pdf>, zuletzt geprüft am 18.04.2014.

Jones, M.; Hope, C.; Hughes, R. (1990): A multi-attribute value model for the study of UK energy policy. In: *Journal of the Operational Research Society* 41 (10), S. 919–929.

Kalmring, Dirk; Dzhendova, Galina (2006): Modellierung von IT-Sicherheit: Analyse und Synthese. In: Patrick Horster (Hg.): D-A-CH Security 2006. Bestandsaufnahme, Konzepte, Anwendungen, Perspektiven. Klagenfurt: Syssec, S. 97–109.

Karakosta, C.; Doukas, H.; Psarras, J. (2009): Directing clean development mechanism towards developing countries' sustainable development priorities. In: *Energy for Sustainable Development* 13, S. 77–84.

Karger, C. R.; Hennings, W. (2009): Sustainability evaluation of decentralized electricity generation. In: *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 13 (3), S. 583–593.

Karioth, Detlef W. (2007): Die Gewährleistung der Flughafensicherheit durch Staat und Privat. In: Frank Oschmann (Hg.): Luftsicherheit. Luftsicherheit durch Staat und Privat ; der Faktor Sicherheitsgewerbe an Flughäfen ; Ergebnisse der FORSI-Workshops. Köln, Berlin, Bonn, München: Heymann, S. 81–115.

Kazda, Antonín; Caves, Robert E. (2007): Airport design and operation. 2. Aufl. Amsterdam, Boston: Elsevier.

Kirschenbaum, A. A.; Mariani, M.; van Gulijk, C.; Rapaport, C.; Lubasz, S. (2012): Airports at risk: the impact of information sources on security decisions. In: *Journal of Transportation Security* 5 (Issue 3), S. 187–197.

Kollmann, T. (1998): Akzeptanz innovativer Nutzungsgüter und -systeme: Konsequenzen für die Einführung von Telekommunikations- und Multimediasystemen. Wiesbaden: Gabler Verlag.

- Kosiol, E. (1964): Betriebswirtschaftslehre und Unternehmensforschung. In: *Zeitschrift für Betriebswirtschaft* (34), S. 743–762.
- Kowalski, K.; Stagl, S.; Madlener, R.; Omann, I. (2009): Sustainable energy futures: Methodological challenges in combining scenarios and participatory multicriteria analysis. In: *European Journal of Operational Research* (197).
- Krieger, D. J. (1996): Einführung in die allgemeine Systemtheorie. München, Stuttgart: UTB.
- Kuckartz, Udo (2010): Einführung in die computergestützte Analyse qualitativer Daten. 3. aktualisierte Auflage. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Lee, D. J.; Hwang, J. (2010): Decision support for selecting exportable nuclear technology using the analytic hierarchy process. A Korean case. In: *Energy Policy* 38 (1), S. 161–167.
- Lehner, F.; Maier, R.; Hildebrand, K. (1995): Wirtschaftsinformatik: Theoretische Grundlagen. München, Wien: Hanser Fachbuch.
- Liang, Z.; Yang, K.; Sun, Y.; Yuan, J.; Zhang, H.; Zhang, Z. (2006): Decision support for choice optimal power generation projects: Fuzzy comprehensive evaluation model based on the electricity market. In: *Energy Policy* 34 (17), S. 3359–3364.
- Liebold, R.; Trinczek, R. (2009): Experteninterview. In: S. Kühl, P. Strodtholz und A. Taffertshofer (Hg.): *Handbuch Methoden der Organisationsforschung. Quantitative und Qualitative Methoden*. 1. Auflage. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften, S. 32–56.
- Liposcak, M.; Afgan, N. H.; Duic, N.; da Graça Carvalho, M. (2006): Sustainability assessment of cogeneration sector development in Croatia. In: *Energy* 31 (13), S. 2276–2284.
- Løken, E.; Botterud, A.; Holen, A. T. (2009): Use of the equivalent attribute technique in multi-criteria planning of local energy systems. In: *European Journal of Operational Research* 197 (3), S. 1075–1083.
- Lüdemann, Christian; Schlepper, Christina (2011): Der überwachte Bürger zwischen Apathie und Protest - Eine empirische Studie zum Widerstand gegen staatliche Kontrolle. In: Nils Zurawski (Hg.): *Überwachungspraxen - Praktiken der Überwachung. Analysen zum Verhältnis von Alltag, Technik und Kontrolle*. Opladen [u.a.]: Budrich UniPress, S. 119-138.

Lufthansa (2011): Sicherheit: Harmonisierung auf hohem Niveau dringendste Aufgabe: Deutsche Lufthansa AG Politikbrief.

Luhmann, N. (1996): Soziale Systeme: Grundriss einer allgemeinen Theorie. Frankfurt: Suhrkamp Verlag.

Madlener, R.; Kowalski, K.; Stagl, S. (2007): New ways for the integrated appraisal of national energy scenarios: The case of renewable energy use in Austria. In: *Energy Policy* 35 (12), S. 6060–6074.

Magistrat der Stadt Wien, MA 33 (2008): Sicherheit im öffentlichen und halböffentlichen Raum. Leitfaden der Stadt Wien. Magistratsdirektion - Geschäftsbereich Bauten und Technik.

Makridakis, S. (1984): The Forecasting Accuracy of Major Time Series Methods. In: *International Journal of Forecasting* Vol. 2 (1), S. 119–121.

Makridakis, S.; Hibon, M. (1979): Accuracy of Forecasting: An Empirical Investigation. In: *Journal of the Royal Statistical Society Series A-Statistics in Society* 142.

Makridakis, S.; Wheelwright, S. (1987): The Handbook of Forecasting: A Manager's Guide. New York: John Wiley & Sons.

Makridakis, S. G. (1990): Forecasting, planning, and strategy for the 21st century. New York: The Free Press; Collier Macmillan.

Malhotra, Naresh K. (1996): Marketing research - an applied orientation. 2. ed. London: Prentice-Hall Internat. [u.a.].

Marent, C. (1995): Branchenspezifische Referenzmodelle für betriebswirtschaftliche IV-Anwendungsbereiche. In: *Wirtschaftsinformatik* (37).

Mayring, Philipp (2010): Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken. 11. aktualisierte und überarbeitete Auflage. Weinheim: Beltz.

Meuser, M.; Nagel, U. (2005): Experteninterview und der Wandel der Wissensproduktion. In: Alexander Bogner, Beate Littig und Wolfgang Menz (Hg.): Das Experteninterview. Theorie, Methode, Anwendung. 2., Aufl. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften, S. 35–60.

Meyer-Krahmer, F.; Dreher, C. (2004): Neue Betrachtungen zu Technikzyklen und Implikationen für die Fraunhofer Gesellschaft. In: D. Spath (Hg.): Forschungs- und Technologiemanagement. Potenziale nutzen - Zukunft gestalten. München, Wien: Hanser Verlag, S. 27–35.

- Mickel, Wolfgang W.; Bergmann, Jan; Grupp, Claus D. (2005): Handlexikon der Europäischen Union. 3. Aufl. Baden-Baden: Nomos.
- Mitchell, R.; Agle, B.; Wood, D. (1997): Toward a theory of stakeholder identification and salience: Defining the principle of who and what really counts. In: *Academy of Management Review* 22 (4), S. 853–886.
- Möllers, Martin H. W. (2013): Luftsicherheit. Frankfurt am Main: Verl. für Polizeiwissenschaft (Jahrbuch öffentliche Sicherheit, 10).
- Mróz, T. M.; Thiel, T. (2005): Evaluation of a heating system for buildings using multiple criteria decision analysis. In: *Archives of Civil Engineering* 51 (2), S. 281–298.
- Munda, G. (2004): Social multi-criteria evaluation: Methodological foundations and operational consequences. In: *European Journal of Operational Research* 158 (3), S. 662–677.
- Munda, G. (2006): Social multi-criteria evaluation for urban sustainability policies. In: *Land Use Policy* 23 (1), S. 86–94.
- Neufville, R. de (1976): Airport Systems Planning: A Critical Look at the Methods and Experience. Cambridge, Macmillan, London: MIT Press.
- Neufville, Richard de; Odoni, Amedeo R. (2003): Airport Systems. Planning, design, and management. London: McGraw-Hill.
- Oberschmidt, Julia (2010): Multikriterielle Bewertung von Technologien zur Bereitstellung von Strom und Wärme. Göttingen: Fraunhofer IRB; Fraunhofer Verlag.
- Ohlendorf, T. (1998): Architektur betrieblicher Referenzmodellsysteme: Konzept und Spezifikation zur Gestaltung wiederverwendbarer Norm-Software-Bausteine für die Entwicklung betrieblicher Anwendungssysteme. Aachen: Shaker Verlag.
- Papadopoulos, A.; Karagiannidis, A. (2008): Application of the multi-criteria analysis method Electre III for the optimisation of decentralised energy systems. In: *Omega* 36 (5), S. 766–776.
- Paul, Matthias; Mettenheim, Hans-Jörg von; Breitner, Michael H. (2008): Akzeptanz von Sicherheitsmaßnahmen: Modellierung, Numerische Simulation und Optimierung. In: *IWI Discussion Paper Series from Institut für Wirtschaftsinformatik* No 28, Universität Hannover.
- Pfeifer, W. (1995): Etymologisches Wörterbuch des Deutschen. München: Deutscher Taschenbuch Verlag.

- Pfeiffer, W.; Bischof, P. (1981): Produktlebenszyklen - Instrument jeder strategischen Produktplanung. In: H. Steinmann (Hg.): Planung und Kontrolle. Probleme der strategischen Unternehmensführung. München: Verlag Franz Vahlen.
- Pousttchi, Key; Selk, Bernhard; Turowski, Klaus (2002): Akzeptanzkriterien für mobile Bezahlverfahren. In: Mobile and Collaborative Business, S. 51-67.
- Probst, G.; Gomez, P. (1991): Vernetztes Denken: Ganzheitliches Führen in der Praxis. Wiesbaden: Dr. Th. Gabler Verlag.
- Rammert, W.; Schulz-Schaeffer, I. (2002): Technik und Handeln. Wenn soziales Handeln sich auf menschliches Verhalten und technische Abläufe verteilt. In: Werner Rammert und Ingo Schulz-Schaeffer (Hg.): Können Maschinen handeln? Soziologische Beiträge zum Verhältnis von Mensch und Technik. Frankfurt/Main, New York: Campus, S. 11–64.
- Reichwald, R.; Piller, F.; Reichwald, Ralf; Piller, Frank; Ihl, Christoph (2009): Interaktive Wertschöpfung. Open Innovation, Individualisierung und neue Formen der Arbeitsteilung. 2. Aufl. Wiesbaden: GWV Fachverlage GmbH.
- Reiter, C. (1997): Toolbasierte Referenzmodellierung - State-of-the-Art und Entwicklungstrends. In: *In J. Becker, M. Rosemann, & R. Schütte, Entwicklungsstand und Entwicklungsperspektiven der Referenzmodellierung.*
- Remme, M. (1997): Konstruktion von Geschäftsprozessen: Ein modellgestützter Ansatz durch Montage generischer Prozesspartikel. Wiesbaden: Gabler Verlag.
- Renn, O. (2003): Social assessment of waste energy utilization scenarios. In: *Energy* 28 (13), S. 1345–1357.
- Renn, Ortwin (2014): Das Risikoparadox. Warum wir uns vor dem Falschen fürchten. Orig.-Ausg. Frankfurt am Main: Fischer Taschenbuch (Fischer Taschenbuch, 19811).
- Renner, Goetz; Enigk, Holger (2009): Akzeptanz- und Begeisterungsfaktoren von technischen Innovationen. Daimler AG, Customer Research Center.
- Richter, Steffen (2013): Luftsicherheit - Schutz vor Angriffen auf den zivilen Luftverkehr. Einführung in die Aufgaben und Maßnahmen zum Schutz vor Angriffen auf die Sicherheit des zivilen Luftverkehrs. 3. Auflage. Stuttgart: Richard Boorberg Verlag; Boorberg.
- Riedemann, Patrick (2011): Kundenakzeptanz von Innovationen im Produktentwicklungsprozess. Berlin: Freie Universität Berlin.

Rodenkirchen, Sonja; Krüger, Malte (2011): Der Internet-Zahlungsverkehr aus Sicht der Verbraucher. Ergebnisse der Umfrage IZV10. Köln: IfH (Bd. 25).

Rogers, Everett M. (2003): Diffusion of Innovations. 5. Aufl. New York: The Free Press.

Ropohl, G. (1979): Eine Systemtheorie der Technik - Zur Grundlegung der allgemeinen Technologie. München, Wien: Hanser.

Rosemann, M.; Schütte, R. (1998): Multiperspektivische Referenzmodellierung. In: *In J. Becker, M. Rosemann, & R. Schütte, Referenzmodellierung: State-of-the-Art und Entwicklungsperspektiven.*

Roy, B. (1980): Selektieren, Sortieren und Ordnen mit Hilfe von Prävalenzrelationen. Neue Ansätze auf dem Gebiet der Entscheidungshilfe für Multikriterien-Probleme. In: *Schmalenbachs Zeitschrift für Betriebswirtschaftliche Forschung* 32, S. 465–497.

Roy, B. (2005): Paradigms and Challenges. In: J. Figueira, S. Greco und M. Ehrgott (Hg.): *Multiple Criteria Decision Analysis: State of the Art Surveys.* Berlin: Springer Verlag.

Rzepka, Dorothea (2009): Graubuch Innere Sicherheit. Die schleichende Demontage des Rechtsstaates nach dem 11. September 2001. Norderstedt: Books on Demand.

Saaty, T. (2005): The Analytic Hierarchy and Analytic Network Process for the Measurement of Intangible Criteria and for Decision Making. In: J. Figueira, S. Greco und M. Ehrgott (Hg.): *Multiple Criteria Decision Analysis: State of the Art Surveys.* Berlin: Springer Verlag.

Salo, A.; Hämäläinen, R. (1995): Preference programming through approximate ratio comparison. In: *European Journal of Operational Research* 82, S. 458–475.

Sanchez, R. (2002): Implementation of multicriteria decision aiding models: Electre III, MacBeth, Promethee, Analytic Hierarchy Process and Naiade. Cochabamba: CEPLAG - UMSS.

Sandler, T.; Enders, W. (2004): Transnational Terrorism: An Economic Analysis: JEL classifications: D74 H.

Sandoval-Wong, J. A.; Schwarz, J. (2010): Entwicklung eines Projektmanagementsystems auf der Basis von Entscheidungstheorien und Risikomanagement. In: Josef Zimmermann (Hg.): *1. Agenda4-Forschungssymposium der Baubetriebs- und Immobilienwissenschaften. [Tagungsband].* München: Agenda4 e.V.

- Sanquist, Thomas F.; Mahy, Heidi; Morris, Frederic (2008): An Exploratory Risk Perception Study of Attitudes Toward Homeland Security Systems. In: *Risk Analysis* 4, S. 1125–1133, zuletzt geprüft am 22.09.2014.
- Scheer, A. (1996): ARIS-House of Business Engineering. Saarbrücken: Institut für Wirtschaftsinformatik.
- Scheer, A.-W.; Jost, W. (1996): Geschäftsprozessmodellierung innerhalb einer Unternehmensarchitektur. In: Gottfried Vossen und Jörg Becker (Hg.): Geschäftsprozessmodellierung und Workflow-Management. Modelle, Methoden, Werkzeuge. 1. Auflage. Bonn, Albany [u.a.]: International Thomson Publishing.
- Scheer, A.-W.; Seel, C.; Georg, W. (2002): Entwicklungsstand in der Referenzmodellierung. In: *Industrie Management* 18 (1), S. 9–12.
- Scheer, A.-W.; Thomas, O. (2005): Geschäftsprozessmodellierung mit der ereignisgesteuerten Prozesskette. In: *Das Wirtschaftsstudium* 34 (8-9), S. 1069–1078.
- Scheer, August-Wilhelm (2001): ARIS - Modellierungsmethoden, Metamodelle, Anwendungen. 4. Aufl. Berlin [u.a.]: Springer.
- Scheruhn, H. (1997): Integration von Referenzmodellen bei der Einführung betrieblicher Anwendungssysteme. In: *In J. Becker, M. Rosemann, & R. Schütte, Entwicklungsstand und Entwicklungsperspektiven der Referenzmodellierung.*
- Schlagheck, Bernhard (2000): Objektorientierte Referenzmodelle für das Prozeß- und Projektcontrolling. Grundlagen, Konstruktion, Anwendungsmöglichkeiten. Wiesbaden: Dt. Univ.-Verl. [u.a.].
- Schmoch, U. (2007): Double-boom cycles and the Comeback of Science-push and Market-pull. In: *Research Policy* 36, S. 1000–1015.
- Schulz, Axel; Baumann, Susanne; Wiedenmann, Simone (2010): Flughafen-Management. München: Oldenbourg (Lehr- und Handbücher zu Tourismus, Verkehr und Freizeit).
- Schulz, V.; Stehfest, H. (1984): Regional energy supply optimization with multiple objectives. In: *European Journal of Operational Research* (17).
- Schütte, R. (1998): Grundsätze ordnungsmäßiger Referenzmodellierung: Konstruktion konfigurations- und anpassungsorientierter Modelle. Wiesbaden: Gabler.

Seitz, Ralph (2004): Entwicklung eines Referenzvorgehensmodells zur Erstellung eines Bewertungssystems für die Planung der Sicherheit von Rechenzentren. Berlin: dissertation.de (1).

Shackley, A.; McLachlan, C. (2006): Trade-offs in assessing different energy futures: a regional multi-criteria assessment of the role of carbon dioxide capture and storage. In: *Environmental Science & Policy* (9).

Sieewart, Hans; Senti, Richard (1995): Product life cycle management. Die Gestaltung eines integrierten Produktlebenszyklus. Stuttgart: Schäffer-Poeschel.

Simon, B. (2001): Wissensmedien im Bildungssektor. Eine Akzeptanzuntersuchung an Hochschulen. Wien: WU Vienna University of Economics and Business.

Sinz, E.; Popp, K. (1993): Zur Ableitung der Grobstruktur des konzeptuellen Schemas aus dem Modell der betrieblichen Diskurswelt. In: *In K. Kurbel, Wirtschaftsinformatik '93*.

Siskos, J.; Hubert, P. (1983): Multi-criteria analysis of the impacts of energy alternatives: A survey and a new comparative approach. In: *European Journal of Operational Research* 13 (3), S. 278–299.

Spiekermann, Sarah; Rothensee, Matthias (2005): Soziale und psychologische Bestimmungsfaktoren des Ubiquitous Computing. Berlin: Institut für Wirtschaftsinformatik, Humboldt-Universität zu Berlin.

Stachowiak, H. (1973): Allgemeine Modelltheorie. Wien: Springer Verlag.

Stachowiak, H. (1992): Modell. In: *In H. Seiffert, & G. Radnitzky, Handlexikon zur Wissenschaftstheorie*.

Stagl, S. (2006): Multicriteria evaluation and public participation: the case of US energy policy. In: *Land Use Policy* (23).

Stevens, S. S. (1946): On the Theory of Scales of Measurement. In: *Science* 103, S. 677–680.

Tan, S. (2007): Airport Security - Presentation to CAAS Strategic Airport Management Program. Singapore: Civil Aviation Agency of Singapore.

Teubner, R. (1999): Organisations- und Informationssystemgestaltung: Theoretische Grundlagen und integrierte Methoden. Wiesbaden: Gabler.

Thomas, Andrew R. (2010): Security Trap. In: *Passenger Terminal World* March, S. 39–40.

- Treitz, M. (2006): Production process design using multi-criteria analysis. Karlsruhe: Universitätsverlag.
- TSA (2006): Recommended Security Guidelines for Airport Planning, Design and Construction. Washington DC: TSA.
- Tsoutsos, T.; Drandaki, M.; Frantzeskaki, N.; Iosifidis, E.; Kiosses, I. (2009): Sustainable energy planning by using multi-criteria analysis application in the island of Crete. In: *Energy Policy* (37).
- U.S. Congress (1984): Airport System Development. Washington, D.C.: Office of Technology.
- Varvasovszky, Z.; Brugha, R. (2000): A stakeholder analysis. In: *Health Policy and Planning* 15 (3), S. 338–345.
- Vasigh, Bijan; Fleming, Ken; Tacker, Tom (2013): Introduction to air transport economics. From theory to applications. Farnham, Surrey, Burlington, VT: Ashgate.
- VDI (1991): Technikbewertung. Begriffe und Grundlagen Richtlinie 3780. Düsseldorf.
- Venkatesh, Viswanath; Bala, Hillol (2008): Technology Acceptance Model 3 and a Research Agenda on Interventions. In: *Decision Sciences* Volume 39 (2), S. 273–315.
- Venkatesh, Viswanath; Davis, Fred D. (2000): A Theoretical Extension of the Technology Acceptance Model. Four Longitudinal Field Studies. In: *Management Science* Vol. 46 (2), S. 186–204.
- Wang, J. J.; Jing, Y. Y.; Zhang, C. F.; Zhao, J. H. (2009): Review on multi-criteria decision analysis aid in sustainable energy decision-making. In: *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 13 (9), S. 2263–2278.
- Weistroffer, H. R.; Smith, C. H.; Narula, S. C. (2005): Multiple criteria decision support software. In: J. Figueira, S. Greco und M. Ehrgott (Hg.): Multiple Criteria Decision Analysis: State of the Art Surveys. Berlin: Springer Verlag, S. 989–1033.
- Wells, A.; Young, S. (2004): Airport planning & management. 5. Aufl. New York: McGraw-Hill Professional.
- Wendler, Kai (2011): Terminalplanung unter Sicherheitsaspekten. Die Auswirkungen der sich verändernden Sicherheitsanforderungen im Luftverkehr auf die Planung von Fluggastanlagen. Aachen: Shaker.
- Weule, H. (2002): Integriertes Forschungs- und Entwicklungsmanagement. Grundlagen - Strategien - Umsetzung. München, Wien: Carl Hanser; Hanser.

Wheeler, J. (2002): Airport Security. Independent Report for the Department of Transport and the Home Office. London: HMSO.

Wheelwright, Steven C.; Makridakis, Spyros G. (1989): Forecasting methods for management. New York: Wiley.

Wilkesmann, Peter (2002): Terroristische Angriffe auf die Sicherheit des Luftverkehrs. In: *Neue Zeitschrift für Verwaltungsrecht (NVwZ)* 11/2002, S. 1316–1320.

Wilkins, Peter (2001): Wake-up call. In: *Passenger Terminal World* November (32-36).

Xu, Z. (2005): Deviation measures of linguistic preference relations in group decision making. In: *Omega* 33, S. 249–254.

Zangeneh, A.; Jadid, S.; Rahimi-Kian, A. (2009): A hierarchical decision making model for the prioritization of distributed generation technologies. A case study for Iran. In: *Energy Policy* 37 (12), S. 5752–5763.

Zimmermann, Hans-Jürgen; Gutsche, Lothar (1991): Multi-Criteria-Analyse. Einführung in die Theorie der Entscheidungen bei Mehrfachzielsetzungen. Berlin, Heidelberg: Springer Verlag.

Zotter, K.-A (2007): Modelle des Innovations- und Technologiemanagements. In: H. Strebel (Hg.): Innovations- und Technologiemanagement. 2. Aufl. Wien: UTB, S. 49–91.

Zweck, A. (1999): Technologiefrüherkennung: Ein Instrument zwischen Technikfolgenabschätzung und Technologiemanagement. In: S. Bröchler, G. Simonis und K. Sundermann (Hg.): Handbuch Technikfolgenabschätzung. Band 2. Berlin, S. 723–731.

Anhang

A. Luftsicherheitsgesetz

Abschnitt 1: Allgemeines

- § 1 Zweck
- § 2 Aufgaben

Abschnitt 2: Sicherheitsmaßnahmen

- § 3 Allgemeine Befugnisse der Luftsicherheitsbehörde
- § 4 Grundsatz der Verhältnismäßigkeit
- § 5 Besondere Befugnisse der Luftsicherheitsbehörden
- § 6 Erhebung, Verarbeitung und Nutzung personenbezogener Daten
- § 7 Zuverlässigkeitsüberprüfungen
- § 8 Sicherungsmaßnahmen der Flugplatzbetreiber
- § 9 Sicherungsmaßnahmen der Luftfahrtunternehmen
- § 10 Zugangsberechtigungen
- § 11 Verbotene Gegenstände
- § 12 Aufgaben und Befugnisse des verantwortlichen Luftfahrzeugführers

Abschnitt 3: Unterstützung und Amtshilfe durch die Streitkräfte

- § 13 Entscheidung der Bundesregierung
- § 14 Einsatzmaßnahmen, Anordnungsbefugnis
- § 15 Sonstige Maßnahmen

Abschnitt 4: Zuständigkeit und Verfahren

- § 16 Zuständigkeiten
- § 17 Ermächtigung zum Erlass von Rechtsverordnungen

Abschnitt 5: Bußgeld- und Strafvorschriften

- § 18 Bußgeldvorschriften
- § 19 Strafvorschriften
- § 20 Bußgeld- und Strafvorschriften zu § 12

Abschnitt 6: Schlussbestimmung

- § 21 Grundrechtseinschränkungen

B. Passagier-Prozesskarte

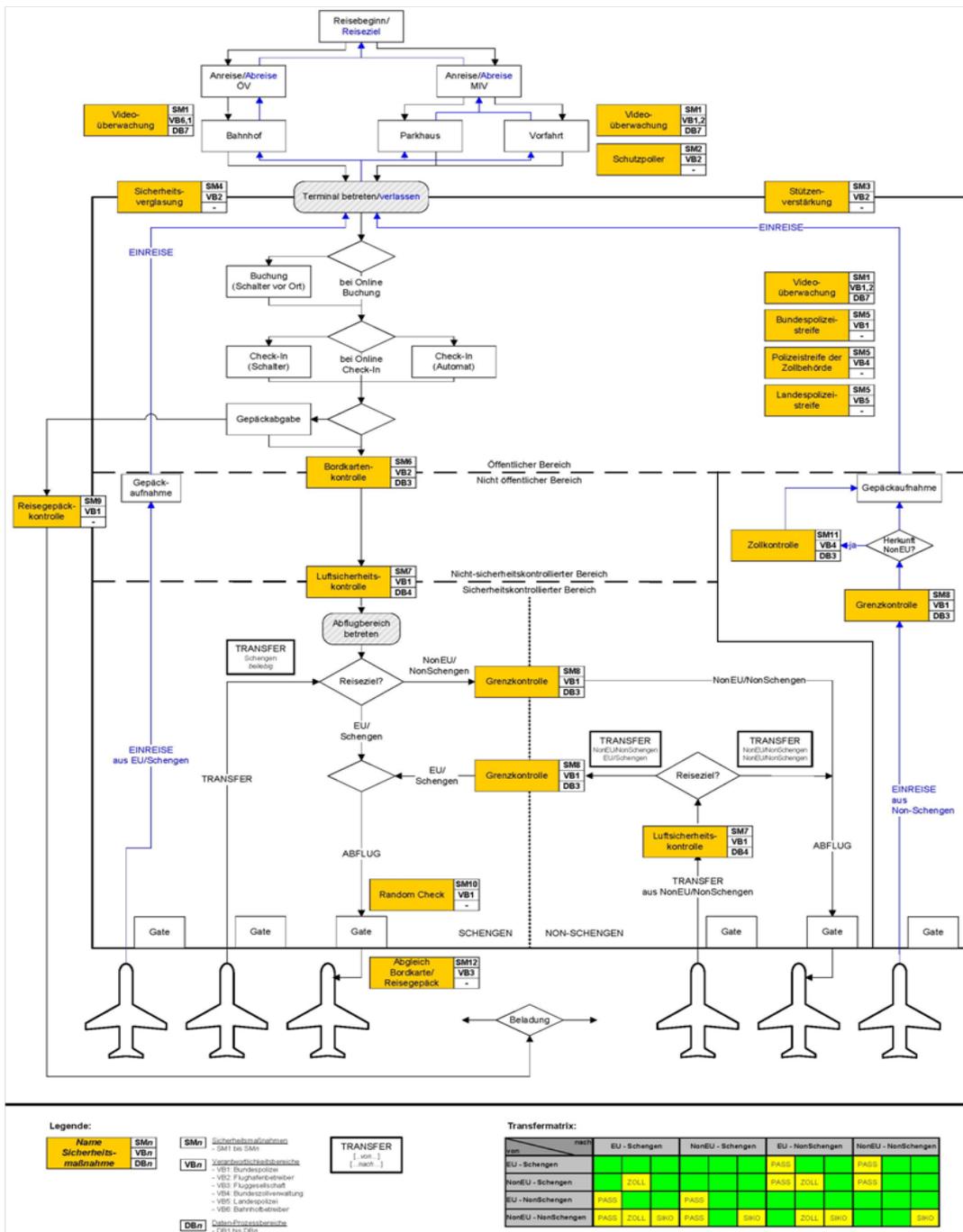


Abbildung A 1: Passagier-Prozesskarte der EBS Business School
(Quelle: Strasczeg Institute for Innovation and Entrepreneurship SIIE)

C. Interview-Leitfaden am Beispiel der Version des BMI

Interviewleitfaden „Bewertungsdimensionen für die Akzeptanz von Sicherheitstechniken und -maßnahmen“ in der Luftsicherheitskontrolle

A. Allgemeine Fragen

I. Informationen zur interviewten Person

- 1) Bitte beschreiben Sie kurz Ihre Funktion und Ihren Arbeitsbereich.
- 2) Welches waren Ihre Tätigkeiten, bevor Sie in Ihre heutige Funktion gewechselt sind?

II. Informationen zu den Anwendungsszenarien

- 3) Was können heute im Einsatz befindliche Systeme und Maßnahmen für den Prozess der Passagierkontrolle am Flughafen leisten, was nicht?

Bitte wählen Sie nun ein entsprechendes System aus, das sich momentan in der Entwicklung oder bereits am Markt befindet und zu dem Sie möglichst viele Informationen besitzen.

- 4) In welchen Ländern und wie flächendeckend kommt das System zum Einsatz / soll das System zum Einsatz kommen?
- 5) Welche Stakeholder waren / sind bei der Entscheidung über die Einführung des Systems involviert? Welche weiteren Stakeholder können von der Einführung betroffen sein / sind von der Einführung betroffen?
- 6) Welchen Gefahren kann das System voraussichtlich effektiver begegnen als bestehende Systeme? Welche Arten von intendierten Angriffen oder Bedrohungsszenarien stehen hinter diesen Risiken?
- 7) Welche weiteren Vorteile sehen Sie in diesem System?

B. Fragen zur Bandbreite und Relevanz systembezogener Bewertungskriterien:

- 8) Welche externen Anforderungen wurden bzw. werden an Sie bei der Entscheidung über die Einführung des Systems herangetragen? Von wem werden diese Anforderungen an Sie herangetragen?
- 9) Welche sind dabei die drei wichtigsten Kriterien?
- 10) Welche Anforderungen werden dabei besonders stark durch den öffentlichen Diskurs beeinflusst, welche weniger stark?

C. Fragen zur Bandbreite und Relevanz systembezogener Akzeptanzdimensionen im engeren Sinn:

- 11) Welche Anforderungen muss das System für den Prozess der Passagierkontrolle aus Ihrer Sicht erfüllen, um (1) bei Ihnen und (2) bei anderen Stakeholdern auf Akzeptanz zu stoßen?
- 12) Welche sind dabei die drei wichtigsten Kriterien?

D. Fragen zur Ausdifferenzierung systembezogener Bewertungskriterien:

- 13) Welche Eigenschaften und Kriterien muss das System aus Ihrer Sicht erfüllen, um effektiv **Sicherheit** zu gewährleisten? Zu denken ist hier beispielsweise an folgende Aspekte:
 - Sicherheitsgewinn (Erhöhung der „Trefferquote“) und Reduktion der Falschalarmrate
 - zusätzliche Risiken, welche aus der Technologie (System) selbst erwachsen
- 14) Welche **rechtlichen Anforderungen** muss das System erfüllen? Denken Sie dabei unter anderem bitte an die folgenden Aspekte:
 - Grundrechte, z. B. Datenschutz
 - Sicherheitsverordnungen, -normen und -richtlinien
 - Anforderungen, die sich aus dem Luftsicherheitsgesetz ergeben
 - (Vermeiden der) Notwendigkeit von Einwilligungen durch den Passagier
 - notwendige Zertifizierungen
 - weitere Regulierungen, z. B. in Bezug auf gesundheitliche Risiken
 - Völkerrechtliche Aspekte
- 15) Welche **versicherungstechnischen Auflagen** muss das System erfüllen? Denken Sie dabei unter anderem bitte an die folgenden Aspekte:
 - a. Bedingungen für Versicherungsleistung, z. B. Brandschutzauflagen
 - b. Eigenschaften für kostengünstigeren Versicherungstarif
- 16) Welche **Wirtschaftlichkeitsanforderungen** spielen für Sie beim Einsatz des Systems eine Rolle? Denken Sie dabei unter anderem bitte an die folgenden Aspekte:
 - Kosten zusätzlichen oder qualifizierteren Personals im Verhältnis zur Personaleinsparung
 - Gesamtbetriebskosten (TCO) und Erhöhung des Flugpreises
 - Einsatz kostengünstiger Materialien
- 17) Welche Kriterien hinsichtlich der Einbettung in **organisatorische Prozesse** bei der Passagierkontrolle spielen bei der Ausgestaltung des Systems eine Rolle? Denken Sie dabei unter anderem bitte an die folgenden Aspekte:
 - Auswirkungen auf Entscheidungsträger und -prozesse

- Auswirkungen auf Prozesse des Sicherheitspersonals
 - Auswirkung auf den durch den Kunden (Passagier) wahrgenommenen Kontrollprozess
- 18) Welche **Kompatibilitätsanforderungen** spielen bei dem System eine Rolle? Denken Sie dabei unter anderem bitte an die folgenden Aspekte:
- Funktionalität ermöglichende Raumarchitektur
 - Kompatibilität mit bestehenden und zukünftigen Prozessen
 - Kompatibilität mit bestehenden und zukünftigen Systemen/Modularität (Hard- und Software)
 - vorhandenes Know-how sowie Aus- und Weiterbildungsbedarf
- 19) Spielen darüber hinaus bestimmte **ökologische Anforderungen** eine Rolle, und wenn ja, welche? Denken Sie dabei unter anderem bitte an die folgenden Aspekte:
- Ressourcenschonung (Energie, Fläche und Personal)
 - benötigte Materialien und Abfälle
 - weitere ökologische Aspekte, z. B. elektromagnetische Verschmutzung

E. Fragen zur Ausdifferenzierung systembezogener Akzeptanzdimensionen im engeren Sinn:

- 20) Wurden bzw. werden die verschiedenen **Bedürfnisse von Passagieren** (z. B. körperliches und psychisches Wohlbefinden, subjektives Sicherheitsgefühl, Privatsphäre) bei der Entscheidung über den Einsatz des Systems explizit berücksichtigt? Um welche Bedürfnisse handelte es sich im Einzelnen und auf welche Weise erfolgte/erfolgt dies?
- 21) Welche **ethischen Anforderungen** spielten bzw. spielen bei der Entscheidung über die Einführung eine Rolle?
- 22) Kann das System Ihrer Ansicht nach zu einer **einfacheren Handhabung** (1) durch das Sicherheitspersonal und (2) für den Passagier führen, und wenn ja, aus welchen Gründen?
- 23) Kann das System zu einer **Reduktion der Wartezeit/MCT** führen, und wenn ja, aus welchen Gründen?
- 24) Kann das System Probleme mit der **Vertraulichkeit der Daten** der Passagiere hervorrufen, und wenn ja, aus welchen Gründen?
- 25) Kann das System Ihrer Ansicht nach das **Vertrauen der Passagiere** in die Passagierkontrolle erhöhen, und wenn ja, aus welchen Gründen?

D. Der Kriterienkatalog in seiner Ausgangsform

Kriterium Nr.	Bewertungsdimension	Kriterium Ebene 1	Kriterium Ebene 2	Kriterium Ebene 3	Zielausrichtung		Skalierung				Gewichtung	Bewertung Status Quo	Bewertung Zukunftsmodell	
					Ziel	Min / Max	Skalenart	Skala	quantitative Messgröße	NT-Kriterium				
D 1	Diskurs													
1		Positive Positionierung des öffentlichen Diskurses			Positive Positionierung des öffentlichen Diskurses	Max	Ordinalskala	qualitativ						
D 2	Wirtschaftlichkeit													
2		Erfüllung Wirtschaftlichkeitsanforderungen Entwicklung												
3			Finanzierung der vorwettbewerblichen Entwicklung gegeben		Maximierung der Finanzierungskosten	Max	Verhältnisskala	numerisch	Finanzierungspot in Euro					
4			Rechtfertigung durch Sicherheit des Absatzmarktes											
5				Marktchancen durch Alleinstellungsmerkmal	Marktchancen steigern	Max	Ordinalskala	qualitativ						
6				Konsistenz der Anforderungsprofile (USA-EU, national-international)	Vereinheitlichung der Anforderungsprofile	Max	Ordinalskala	qualitativ						
7				Stabilität der Anforderungsprofile	Stabilisierung der Anforderungsprofile	Max	Ordinalskala	qualitativ						
8		Erfüllung Wirtschaftlichkeitsanforderungen Anwendung												
9			Vertretbare Erhöhung des Flugpreises durch höhere TCO											
10				Einsatz kostengünstiger Materialien gegeben	Minimierung der Materialkosten	Min	Ordinalskala	qualitativ						
11				Einsparungspotenzial rechtfertigt zusätzliches qualifiziertes Personal	Maximierung des Einsparpotenzials	Max	Ordinalskala	qualitativ						
12				(Teil)automatische Detektion (Flughafenbetreiber) gegeben	Erhöhung des Automatisierungsprozesses	Max	Ordinalskala	qualitativ						
13				Geringe Bodenzeiten	Minimierung der Bodenzeiten	Min	Ordinalskala	qualitativ						
14				keine Abtastung notwendig	Minimierung von Körperkontakt	Min	Ordinalskala	qualitativ						
15				Geringer Schulungsaufwand beim Personal	Minimierung des Schulungsaufwandes	Min	Verhältnisskala	numerisch	Mehrkosten pro Jahr in Euro					
16		Gewinn von Kunden konkurrierender Transportunternehmen			Maximierung der Kundenzahlen	Max	Verhältnisskala	Prozent	Abschbarer Kundenzuwachs					
17		Hinreichende Abschreibungszeit durch stabiles System			Maximierung des Produktlebensdauer	Max	Verhältnisskala	numerisch	Abschreibungszeitraum in Jahren					

D 3	Recht												
18	Brandschutzkonformität				*Null-Toleranz"-Kriterium	-	Nominalskala	ja/nein		√			
19	Luftsicherheitsgesetz				*Null-Toleranz"-Kriterium	-	Nominalskala	ja/nein		√			
20	EU-Verordnung				*Null-Toleranz"-Kriterium	-	Nominalskala	ja/nein		√			
21	Erfüllung des Richtlinienkatalogs seitens der MA				*Null-Toleranz"-Kriterium	-	Nominalskala	ja/nein		√			
22	Richtlinien der Bundespolizei (Zertifizierung des Personals)				*Null-Toleranz"-Kriterium	-	Nominalskala	ja/nein		√			
23	Erfüllung der Testkriterien der ECAC in der EU (CEP-Programm)				*Null-Toleranz"-Kriterium	-	Nominalskala	ja/nein		√			
24	Konformität mit Regulierungen des Einsatzes ionisierender Strahlung												
25		Erfüllung WHO-Richtlinie			*Null-Toleranz"-Kriterium	-	Nominalskala	ja/nein		√			
26		Erfüllung nationaler Röntgenschutzverordnungen			*Null-Toleranz"-Kriterium	-	Nominalskala	ja/nein		√			
27	Konformität mit Gesetzen zum Gesundheitsschutz				*Null-Toleranz"-Kriterium	-	Nominalskala	ja/nein		√			
28	Wahrung von Persönlichkeitsrechten				*Null-Toleranz"-Kriterium	-	Nominalskala	ja/nein		√			
29	keine Erfordernis Einwilligung in nicht-kooperative Kontrollen				Minimierung der adm. Vorgaben	Min	Nominalskala	ja/nein					
30	Völkerrechtliche Aspekte				Berücksichtigung völkerrechtlicher Besonderheiten	Max	Ordinalskala	qualitativ					
31	Verzicht auf Erhebung von Audio-Informationen				Minimierung der Erhebung von Audio-Information	Min	Ordinalskala	qualitativ					
32	Erfüllung der Anforderungen ICAO und ECAD				*Null-Toleranz"-Kriterium	-	Nominalskala	ja/nein		√			
33	Zertifizierung (Trefferquote/Fehlalarm) vorhanden oder erwartet				*Null-Toleranz"-Kriterium	-	Nominalskala	ja/nein		√			
34	ISO-Normierung vorhanden oder erwartet				*Null-Toleranz"-Kriterium	-	Nominalskala	ja/nein		√			
35	Gewährleistung von Anonymität (Vertraulichkeit der Daten)				Maximale Gewährleistung von Anonymität	Max	Ordinalskala	qualitativ					
36	Gewährleistung der Privatsphäre												
37		Kleidung ablegen weitgehend vermeidbar			Minimierung der Abgabe persönlicher Gegenstände	Min	Ordinalskala	qualitativ					
38		Vorwurf "sexueller Belästigung" vermeidbar			Minimierung von Körperkontakt	Min	Ordinalskala	qualitativ					
39		Gewährleistung der Verfremdung anatomischer Details			Maximierung der Verfremdung anatomischer Details	Max	Ordinalskala	qualitativ					

D 4	Sicherheit												
40	Lückenlose Überprüfung möglich				Ganzzeitlichkeit von Kontrollen	Max	Ordinalskala	qualitativ					
41	Körperzonenbasierte Gefahrenmeldung				Erhöhung der Sicherheit	Max	Ordinalskala	qualitativ					
42	Vermeidung neuer Risiken				Minimierung neuer Risiken	Min	Ordinalskala	qualitativ					
43	Feintuning der Falschalarmrate je nach Szenario (keine höhere Falschalarmrate)				Optimierung der Falschalarmrate	Opt	Ordinalskala	qualitativ					
44	höhere Trefferquote				Maximierung der Trefferquote	Max	Verhältnisskala	Prozent	Trefferquote				
45	System liefert möglichst viel relevante Information				Minimierung der Ausgabe irrelevanter Informationen	Min	Ordinalskala	qualitativ					
D 5	Organisation												
46	Conops im Entwicklungsprozess berücksichtigt				Marktchancen steigern	Max	Ordinalskala	qualitativ					
47	Hinreichende Prozessstreuung gegeben				Maximierung der Prozessstreuung	Max	Ordinalskala	qualitativ					
48	Hinreichende Flexibilität des Prozesses gegeben				Maximierung der Flexibilität des Prozesses	Max	Ordinalskala	qualitativ					
49	Flexible Parametrisierung durch Operatoren möglich				Maximierung der Flexibilität des Prozesses	Max	Ordinalskala	qualitativ					
50	Effizientes Zusammenspiel aller Teilprozesse möglich				Maximierung des effizienten Zusammenspiels aller Teilprozesse	Max	Ordinalskala	qualitativ					
51	Eignung für Flughäfen aller Größen				Maximierung der Kompatibilität	Max	Ordinalskala	qualitativ					
52	Erfüllung des optimalen Automatisierungsgrades				Erhöhung des Automatisierungsprozesses	Max	Ordinalskala	qualitativ					
53	Abstimmung und Kommunikation auf höherer Ebene				Gestaltung eines positiven Kommunikationsprozesses	Max	Ordinalskala	qualitativ					
54	Erfüllung des ausgewogenen Zusammenspiels zwischen Mensch und Maschine				Gestaltung eines positiven Zusammenspiels Mensch - Maschine	Max	Ordinalskala	qualitativ					
55	Erfüllung von Verifikation und Tests der BPol				"Null-Toleranz"-Kriterium	-	Nominalskala	ja/nein		√			
56	Minimaler Personaleinsatz				Minimierung des Personaleinsatzes	Min	Ordinalskala	qualitativ					
57	Kompetenz des Sicherheitspersonals vorhanden				Qualifikation der Mitarbeiter	Max	Ordinalskala	qualitativ					
58	Wartungsarmut gegeben				Minimierung des Wartungsaufwandes	Min	Ordinalskala	qualitativ					

D 6	Kompatibilität													
59	Hard-/Softwareunterstützung zur Effizienzsteigerung von SM				Maximierung der Effizienz durch Softwareunterstützung	Max	Ordinalskala	qualitativ						
60	Minimaler Verbrauch an Stellfläche				Minimierung der eingenommenen Stellfläche	Min	Verhältnisskala	numerisch	Stellfläche in m ²					
61	Minimales Gewicht				Minimierung des Gewichts	Min	Verhältnisskala	numerisch	Gewicht in kg					
62	Funktionalität ermöglichende Raumarchitektur				Maximierung der Funktionalität durch entsprechende Raumarchitektur	Max	Ordinalskala	qualitativ						
63	Möglichkeit des Aufsetzens auf bestehende Schnittstellen				Maximale Einbindung bestehender Schnittstellen	Max	Ordinalskala	qualitativ						
64	Kompatibilität der Systemtechnologie mit benötigten PC-Lösungen				Maximierung der Kompatibilität mit PC-Lösungen	Max	Ordinalskala	qualitativ						
65	Effizientes Matching von Hardware und Software				Maximierung der Effizienz durch Software/Hardware-Matching	Max	Ordinalskala	qualitativ						
D 7	Umwelt													
66	Minimierung der Leistungsaufnahme				Minimierung der Leistungsaufnahme	Min	Verhältnisskala	numerisch	Leistungsaufnahme in Watt					
67	vertretbarer Material- und Rohstoffbedarf				Minimierung des Material- und Rohstoffbedarfs	Min	Ordinalskala	qualitativ						
68	ökologisch einwandfreie Entsorgung möglich				Maximal ökologisch einwandfreie Entsorgung	Max	Ordinalskala	qualitativ						
69	vertretbarer Energiebedarf				Minimierung des Energieverbrauchs	Min	Verhältnisskala	numerisch	Stromverbrauch in kWh					
70	Vermeidung elektromagnetischer Verschmutzung				Minimierung elektromagnetischer Verschmutzung	Min	Verhältnisskala	numerisch	Leistungsdichte in S (Watt/m ²)					

D #	Betroffenheit													
71	Passagier kann Kontrolltechnik wählen				"Null-Toleranz"-Kriterium	-	Nominalskala	ja/nein		√				
72	keine gefühlte Verdachtsunterstellung				Minimierung von Diskriminierung/ Verdachtsunterstellungen	Min	Ordinalskala	qualitativ						
73	Vertretbarer Geräuschpegel				Minimierung des Geräuschpegels	Min	Verhältnisskala	numerisch	Dezibel in Bel					
74	Minimierung der Trennphase: Passagier - Handgepäck				Minimierung der Trennphase Passagier - Handgepäck (optisch)	Min	Verhältnisskala	numerisch	Zeit t					
75	Passagier kann sich auf Kontrolle vorbereiten				Informativweitergabe an Passagier	Max	Ordinalskala	qualitativ						
76	Gewährleistung der Abfederung von Spitzenzeiten				Minimierung der Last durch Spitzenzeiten	Min	Ordinalskala	qualitativ						
77	Beitrag zur Vereinheitlichung inter-nationaler Kontrollen				Vereinheitlichung von Kontrollstellen	Max	Ordinalskala	qualitativ						
78	Verständlichkeit der Arbeitsanweisungen gewährleistet (MA)				Maximale Verständlichkeit von Arbeitsanweisungen	Max	Ordinalskala	qualitativ						
79	Anreiz durch neue Technik (für technikkaffine MA)				Maximierung des Anreizes durch neue Technik	Max	Ordinalskala	qualitativ						
80	Minimierung der körperlichen Belastung für Sicherheitspersonal				Minimierung der körperlichen Belastung des Personals	Min	Ordinalskala	qualitativ						
81	Gewährleistung optischer Transparenz von Kontrollprozessen				Maximierung der Transparenz an Kontrollstellen (optisch)	Max	Ordinalskala	qualitativ						
82	Berücksichtigung kultureller Unterschiede				"Null-Toleranz"-Kriterium	-	Ordinalskala	qualitativ						
83	Bedürfnis nach möglichst wenig Kontrollen erfüllt				Minimierung der Anzahl an Kontrollen/Kontrollstellen (bewusste)	Min	Ordinalskala	qualitativ						
84	Möglichkeit sozialverträglichen Abbaus von Sicherheitspersonal				"Null-Toleranz"-Kriterium	-	Ordinalskala	qualitativ						
85	Verzicht auf Profiling (Erfüllung ethischer Kriterien)				Minimierung der Nutzung von Profiling	Min	Ordinalskala	qualitativ						
86	Gewährleistung von Vertrauen der Passagiere				Maximierung des Vertrauens der Passagiere	Max	Ordinalskala	qualitativ						
87	Reduktion der Wartezeit bzw. MCT				Minimierung der Wartezeit	Min	Ordinalskala	qualitativ						
88	Einfachere Handhabung durch Leitstellen				Maximierung der Handhabbarkeit durch Leitstelle	Max	Ordinalskala	qualitativ						
89	einfachere Handhabung durch Sicherheitspersonal				Maximierung der Handhabbarkeit durch Sicherheitspersonal	Max	Ordinalskala	qualitativ						
90	einfachere Handhabung durch Passagiere				Maximierung der Handhabbarkeit durch Passagier	Max	Ordinalskala	qualitativ						
91	Zuverlässigkeit von Detektion, Identifikation oder Abgleich				Maximierung der Zuverlässigkeit von Detektion, Identifikation, Abgleich	Max	Ordinalskala	qualitativ						
92	Kommunikation benötigter Informationen an Passagier/MA möglich													
93		Kommunikation der Luftsicherheitsassistenten im Prozess			Pos. Gestaltung des Kommunikationsprozesses Mitarbeiter - Mitarbeiter	Max	Ordinalskala	qualitativ						
94		Kommunikation der Sinnhaftigkeit von Kontrollen			Positive Kommunikation der Sinnhaftigkeit von Kontrollen	Max	Ordinalskala	qualitativ						
95	Gewährleistung Passenger Convenience (u. a. bei Wartezeit)				Maximierung der Passenger Convenience	Max	Ordinalskala	qualitativ						
96	Vermeidung gesundheitlicher Belastungen				Minimierung gesundheitlicher Belastungen	Min	Ordinalskala	qualitativ						

E. Finaler Kriterienkatalog

Kriterium Nr.	Bewertungsdimension	TAM-Einflussfaktor	Kriterium Ebene 1	Kriterium Ebene 2	Kriterium Ebene 3	Zielausrichtung		Skalierung			Gewichtung	Bewertung Status Quo	Bewertung Zukunftsmodell
						Ziel	Min / Max	Skalenart	Skala	quantitative Messgröße			
D 1	Diskurs												
1			Positive Positionierung des öffentlichen Diskurses			Positive Positionierung des öffentlichen Diskurses	Max	Ordinalskala	qualitativ				
D 2	Wirtschaftlichkeit												
2			Erfüllung Wirtschaftlichkeitsanforderungen Entwicklung										
3				Finanzierung der vorwettbewerblichen Entwicklung gegeben		Maximierung der Finanzierungskosten	Max	Verhältnisskala	numerisch	Finanzierungspot in Euro			
4				Rechtfertigung durch Sicherheit des Absatzmarktes									
5					Marktchancen durch Alleinstellungsmerkmal	Marktchancen steigern	Max	Ordinalskala	qualitativ				
6					Konsistenz der Anforderungsprofile (USA-EU, national-international)	Vereinheitlichung der Anforderungsprofile	Max	Ordinalskala	qualitativ				
7					Stabilität der Anforderungsprofile	Stabilisierung der Anforderungsprofile	Max	Ordinalskala	qualitativ				
8			Erfüllung Wirtschaftlichkeitsanforderungen Anwendung										
9				Vertretbare Erhöhung des Flugpreises durch höhere TCO									
10 (geändert)					Einsatz kostengünstiger Systemkomponenten gegeben	Minimierung der Systemkosten	Min	Verhältnisskala	numerisch	Materialkosten			
11	nur Zukunftsmodell*				Einsparungspotenzial rechtfertigt zusätzliches qualifiziertes Personal	Maximierung des Einsparpotenzials	Max	Ordinalskala	qualitativ				
12 (geändert)					Wirtschaftlichkeitsgewinn durch Automatisierung	Erhöhung des Automatisierungsprozesses	Max	Ordinalskala	qualitativ				
13					Geringe Bodenzeiten	Minimierung der Bodenzeiten	Min	Ordinalskala	qualitativ				
14					Keine Abtastung notwendig	Minimierung von Körperkontakt	Min	Ordinalskala	qualitativ				
15 (geändert)					Schulungsaufwand beim Personal	Minimierung des Schulungsaufwandes	Min	Verhältnisskala	numerisch	Mehrkosten pro Jahr in Euro			
16	nur Zukunftsmodell*		Gewinn von Kunden konkurrierender Transportunternehmen			Maximierung der Kundenzahlen	Max	Verhältnisskala	Prozent	Absehbarer Kundenzuwachs			
17			Hinreichende Abschreibungszeit durch stabiles System			Maximierung des Produktlebensdauer	Max	Verhältnisskala	numerisch	Abschreibungszeitraum in Jahren			
neu 1			Verschlinkung der Prozesse			Maximierung der Verschlinkung der Prozesse	Max	Ordinalskala	qualitativ				
neu 2			Durchsatz pro Stellflächeneinheit			Maximierung des Durchsatzes pro Stellflächeneinheit	Max	Verhältnisskala	numerisch	Durchsatz pro Stunde			
56 verschoben			Minimaler Personaleinsatz			Minimierung des Personaleinsatzes	Min	Ordinalskala	qualitativ				
58 verschoben			Wartungsamt gegeben			Minimierung des Wartungsaufwandes	Min	Ordinalskala	qualitativ				
neu 3			Auslastung der Technik			Maximierung der Auslastung der Technik	Max	Ordinalskala	qualitativ				

D 3	Recht														
18			Brandschutzkonformität			"Null-Toleranz"-Kriterium	-	Nominalskala	ja/nein		√				
19			Luftsicherheitsgesetz			"Null-Toleranz"-Kriterium	-	Nominalskala	ja/nein		√				
20			EU-Verordnung			"Null-Toleranz"-Kriterium	-	Nominalskala	ja/nein		√				
21			Erfüllung des Richtlinienkatalogs seitens der MA			"Null-Toleranz"-Kriterium	-	Nominalskala	ja/nein		√				
22			Richtlinien der BMI (Zertifizierung des Personals)			"Null-Toleranz"-Kriterium	-	Nominalskala	ja/nein		√				
23			Erfüllung der Testkriterien der ECAC in der EU (CEP-Programm)			"Null-Toleranz"-Kriterium	-	Nominalskala	ja/nein		√				
24			Konformität mit Regulierungen des Einsatzes ionisierender Strahlung												
25				Erfüllung WHO-Richtlinie		"Null-Toleranz"-Kriterium	-	Nominalskala	ja/nein		√				
26				Erfüllung nationaler Röntgenschutzverordnungen		"Null-Toleranz"-Kriterium	-	Nominalskala	ja/nein		√				
27			Konformität mit Gesetzen zum Gesundheitsschutz			"Null-Toleranz"-Kriterium	-	Nominalskala	ja/nein		√				
28			Wahrung von Persönlichkeitsrechten			"Null-Toleranz"-Kriterium	-	Nominalskala	ja/nein		√				
29			Keine Erfordernis Einwilligung in nicht-kooperative Kontrollen			"Null-Toleranz"-Kriterium	-	Nominalskala	ja/nein		√				
30			Völkerrechtliche Aspekte			Berücksichtigung völkerrechtlicher Besonderheiten	Max	Ordinalskala	qualitativ						
31	gestrichen!!		Verzicht auf Erhebung von Audio-Informationen			Minimierung der Erhebung von Audio-Information	Min	Ordinalskala	qualitativ						
32			Erfüllung der Anforderungen ICAO und ECAD			"Null-Toleranz"-Kriterium	-	Nominalskala	ja/nein		√				
33			Zertifizierung (Trefferquote/Fehlalarm) vorhanden oder erwartet			"Null-Toleranz"-Kriterium	-	Nominalskala	ja/nein		√				
34			ISO-Normierung vorhanden oder erwartet			"Null-Toleranz"-Kriterium	-	Nominalskala	ja/nein		√				
35			Gewährleistung von Anonymität			Maximale Gewährleistung von Anonymität	Max	Ordinalskala	qualitativ						
36			Gewährleistung der Privatsphäre												
37				Kleidung ablegen weitgehend vermeidbar		Minimierung der Abgabe persönlicher Gegenstände	Min	Ordinalskala	qualitativ						
38				Handlungen, die den Vorwurf "sexueller Belästigung" hervorrufen könnten, vermeidbar		Minimierung von Körperkontakt	Min	Ordinalskala	qualitativ						
39				Gewährleistung der Verfremdung anatomischer Details		Maximierung der Verfremdung anatomischer Details	Max	Ordinalskala	qualitativ						

D 4		Sicherheit												
40			Lückenlose Überprüfung möglich			Ganzheitlichkeit von Kontrollen	Max	Ordinalskala	qualitativ					
41			Körperzonenbasierte Gefahrenmeldung			Erhöhung der Sicherheit	Max	Ordinalskala	qualitativ					
42	nur Zukunftsmodell*		Vermeidung neuer Risiken			Minimierung neuer Risiken	Min	Ordinalskala	qualitativ					
43			Feintuning der Falschalarmrate je nach Szenario (keine höhere Falschalarmrate)			Optimierung der Falschalarmrate	Opt	Ordinalskala	qualitativ					
44			Höhere Trefferquote			Maximierung der Trefferquote	Max	Verhältnisskala	Prozent	Trefferquote				
45			System liefert möglichst viel relevante Information			Minimierung der Ausgabe irrelevanter Informationen	Min	Ordinalskala	qualitativ					
neu 4			Random-Kontrolle möglich			Maximierung der Möglichkeiten zur Random-Kontrolle	Max	Ordinalskala	qualitativ					
neu 5			Unvorhersagbare Maßnahmen			Maximierung der Mögl. zur Durchführung unvorhersagbarer Maßnahmen	Max	Ordinalskala	qualitativ					
neu 6			Einstellung des Detektionsniveaus			Maximierung der Mögl. zur Einstellung des Detektionsniveaus	Max	Ordinalskala	qualitativ					
D 5		Organisation												
46			Conops im Entwicklungsprozess berücksichtigt			Maximierung der Marktchancen	Max	Ordinalskala	qualitativ					
47			Hinreichende Prozessstreuung gegeben			Maximierung der Prozessstreuung	Max	Ordinalskala	qualitativ					
48			Hinreichende Flexibilität des Prozesses gegeben			Maximierung der Flexibilität des Prozesses	Max	Ordinalskala	qualitativ					
49			Flexible Parametrisierung durch Operatoren möglich			Maximierung der Flexibilität des Prozesses	Max	Ordinalskala	qualitativ					
50			Effizientes Zusammenspiel aller Teilprozesse möglich			Maximierung des effizienten Zusammenspiels aller Teilprozesse	Max	Ordinalskala	qualitativ					
51			Eignung für Flughäfen aller Größen			Maximierung der Kompatibilität	Max	Ordinalskala	qualitativ					
52			Erfüllung des optimalen Automatisierungsgrades			Erhöhung des Automatisierungsprozesses	Max	Ordinalskala	qualitativ					
53			Abstimmung und Kommunikation auf höherer Ebene			Gestaltung eines positiven Kommunikationsprozesses	Max	Ordinalskala	qualitativ					
54			Erfüllung des ausgewogenen Zusammenspiels zwischen Mensch und Maschine			Gestaltung eines positiven Zusammenspiels Mensch - Maschine	Max	Ordinalskala	qualitativ					
55			Erfüllung von Verifikation und Tests der BPöI / Landesluftfahrtbehörde			"Null-Toleranz"-Kriterium	-	Nominalskala	ja/nein		√			
57			Kompetenz des Sicherheitspersonals vorhanden			Qualifikation der Mitarbeiter	Max	Ordinalskala	qualitativ					
neu 7			Wandel des Schulungsbedarfs			Maximierung des Wandels	Max	Ordinalskala	qualitativ					

D 6	Kompatibilität													
59			Hard-Softwareunterstützung zur Effizienzsteigerung von SM			Maximierung der Effizienz durch Softwareunterstützung	Max	Ordinalskala	qualitativ					
60			Minimaler Verbrauch an Stellfläche			Minimierung der eingenommenen Stellfläche	Min	Verhältnisskala	numerisch	Stellfläche in m ²				
61			Minimales Gewicht			Minimierung des Gewichts	Min	Verhältnisskala	numerisch	Gewicht in kg				
62			Funktionalität ermöglichende Raumarchitektur			Maximierung der Funktionalität durch entsprechende Raumarchitektur	Max	Ordinalskala	qualitativ					
63			Möglichkeit des Aufsetzens auf bestehende Schnittstellen			Maximale Einbindung bestehender Schnittstellen	Max	Ordinalskala	qualitativ					
64			Kompatibilität der Systemtechnologie mit benötigten PC-Lösungen			Maximierung der Kompatibilität mit PC-Lösungen	Max	Ordinalskala	qualitativ					
65			Effizientes Matching von Hardware und Software			Maximierung der Effizienz durch Software-Hardware-Matching	Max	Ordinalskala	qualitativ					
neu 8			Standardisierung von Systemschnittstellen			Maximierung der Standardisierung von Systemschnittstellen	Max	Ordinalskala	qualitativ					
D 7	Umwelt													
66 (geändert)			Minimierung der Leistungsaufnahme (Wärmeentwicklung)			Minimierung der Leistungsaufnahme	Min	Verhältnisskala	numerisch	Leistungsaufnahme in Watt				
67			Vertretbarer Material- und Rohstoffbedarf			Minimierung des Material- und Rohstoffbedarfs	Min	Ordinalskala	qualitativ					
68			Ökologisch einwandfreie Entsorgung möglich			Maximal ökologisch einwandfreie Entsorgung	Max	Ordinalskala	qualitativ					
69			Vertretbarer Energiebedarf			Minimierung des Energieverbrauchs	Min	Verhältnisskala	numerisch	Stromverbrauch in kWh				
70			Vermeidung elektromagnetischer Verschmutzung			Minimierung elektromagnetischer Verschmutzung	Min	Verhältnisskala	numerisch	Leistungsflussdichte in S (Watt/m ²)				

D 8	Betroffenheit														
neu 9		Wahrgenommenerer Nutzen	Prozessnutzen	Standardisierung der Kontrolltechnik		Maximierung der Standardisierung der Kontrolltechnik	Max	Ordinalskala	qualitativ						
71		Wahrgenommenerer Nutzen	Kundenzufriedenheit	Passagier kann Kontrolltechnik wählen		Maximierung der Wahlmöglichkeiten der Kontrolltechnik	Max	Ordinalskala	qualitativ						
72		Subjective Norm	Vermeidung von Stigmatisierung	Keine gefühlte Verdachtsunterstellung		Minimierung von Diskriminierung / Verdachtsunterstellungen	Min	Ordinalskala	qualitativ						
73		Wahrgenommenerer Nutzen	Kundenzufriedenheit	Vertretbarer Geräuschpegel		Minimierung des Geräuschpegels	Min	Verhältnisskala	numerisch	Dezibel in Bel					
74 (geändert)		Wahrgenommenerer Nutzen	Kundenzufriedenheit	Dauer der Trennphase: Passagier - Handgepäck		Minimierung der Trennphase Passagier - Handgepäck (optisch)	Min	Verhältnisskala	numerisch	Zeit t					
neu 10		Wahrgenommenerer Nutzen	Kundenzufriedenheit	Kontrolle über Handgepäck		Maximierung der Kontrolle über Handgepäck	Max	Ordinalskala	qualitativ						
75 (geändert)		Wahrgenommenerer Nutzen	Kundenzufriedenheit	Passagier muss sich nicht auf Kontrolle vorbereiten		Informativweitergabe an Passagier	Max	Ordinalskala	qualitativ						
76		Wahrgenommenerer Nutzen	Prozessnutzen	Gewährleistung der Ablieferung von Spitzenzeiten		Minimierung der Last durch Spitzenzeiten	Min	Ordinalskala	qualitativ						
77		Wahrgenommenerer Nutzen	Prozessnutzen	Beitrag zur Vereinheitlichung inter-nationaler Kontrollen		Vereinheitlichung von Kontrollstellen	Max	Ordinalskala	qualitativ						
78		Bedienbarkeit	Kommunikation	Verständlichkeit der Arbeitsanweisungen gewährleistet (MA)		Maximale Verständlichkeit von Arbeitsanweisungen	Max	Ordinalskala	qualitativ						
79		Bedienbarkeit	Enjoyment	Anreiz durch neue Technik (für technikaffine MA / Passagiere)		Maximierung des Anreizes durch neue Technik	Max	Ordinalskala	qualitativ						
80		Wahrgenommenerer Nutzen	Gesundheit	Reduktion der körperlichen Belastung											
80 (geändert 1)		Wahrgenommenerer Nutzen	Gesundheit		Reduktion der körperlichen Belastung für Sicherheitspersonal	Minimierung der körperlichen Belastung des Personals	Min	Ordinalskala	qualitativ						
80 (geändert 2)		Wahrgenommenerer Nutzen	Gesundheit		Reduktion der körperlichen Belastung für Passagiere	Minimierung der körperlichen Belastung des Pe	Min	Ordinalskala	qualitativ						
81		Wahrgenommenerer Nutzen	Transparenz	Gewährleistung optischer Transparenz von Kontrollprozessen		Maximierung der Transparenz an Kontrollstellen (optisch)	Max	Ordinalskala	qualitativ						
82		Subjective Norm	Vermeidung von Stigmatisierung	Berücksichtigung kultureller Unterschiede		"Null-Toleranz"-Kriterium	-	Ordinalskala	qualitativ						
83		Subjective Norm	Vermeidung von Stigmatisierung	Bedürfnis nach möglichst wenig Kontrollen erfüllt		Minimierung der Anzahl an Kontrollen/Kontrollstellen (bewusste)	Min	Ordinalskala	qualitativ						
84		Wahrgenommenerer Nutzen	Prozessnutzen	Möglichkeit sozialverträglichen Abbaus von Sicherheitspersonal		"Null-Toleranz"-Kriterium	-	Ordinalskala	qualitativ						
neu 11		Subjective Norm	Datenschutz	Systematische Analyse von passagierbezogenen Daten											
85 (geändert 1)		Subjective Norm	Datenschutz		Systematische Analyse von passagierbezogenen Daten in Form von Verhaltensanalysen	Minimierung der Nutzung von Verhaltensanalyse	Min	Ordinalskala	qualitativ						
85 (geändert 2)		Subjective Norm	Datenschutz		Systematische Analyse von passagierbezogenen Daten in Form von Fluggesitzdaten	Minimierung der Nutzung von Fluggesitzdaten	Min	Ordinalskala	qualitativ						
85 (geändert 3)		Subjective Norm	Datenschutz		Systematische Analyse von passagierbezogenen Daten in Form von Profiling	Minimierung der Nutzung von Profiling	Min	Ordinalskala	qualitativ						

86		Bedienbarkeit	Vertrauen	Gewährleistung von Vertrauen der Passagiere		Maximierung des Vertrauens der Passagiere	Max	Ordinalskala	qualitativ				
87		Wahrgenommenerer Nutzen	Kundenzufriedenheit	Reduktion der Wartezeit bzw. MCT		Minimierung der Wartezeit	Min	Ordinalskala	qualitativ				
neu 12		Bedienbarkeit	Handhabung	Einfache Handhabung									
88		Bedienbarkeit	Handhabung		Einfachere Handhabung durch Leitstellen	Maximierung der Handhabbarkeit durch Leitstelle	Max	Ordinalskala	qualitativ				
89		Bedienbarkeit	Handhabung		Einfachere Handhabung durch Sicherheitspersonal	Maximierung der Handhabbarkeit durch Sicherheitspersonal	Max	Ordinalskala	qualitativ				
90		Bedienbarkeit	Handhabung		Einfachere Handhabung durch Passagiere	Maximierung der Handhabbarkeit durch Passagier	Max	Ordinalskala	qualitativ				
91		Wahrgenommenerer Nutzen	Prozessnutzen	Zuverlässigkeit von Detektion, Identifikation oder Abgleich		Maximierung der Zuverlässigkeit von Detektion, Identifikation, Abgleich	Max	Ordinalskala	qualitativ				
92		Bedienbarkeit	Kommunikation	Kommunikation benötigter Informationen an Passagier / MA möglich									
93		Bedienbarkeit	Kommunikation		Kommunikation der Luftsicherheitsassistenten im Prozess	Pos. Gestaltung des Kommunikationsprozesses Mitarbeiter - Mitarbeiter	Max	Ordinalskala	qualitativ				
94		Bedienbarkeit	Kommunikation		Kommunikation der Sinnhaftigkeit von Kontrollen	Positive Kommunikation der Sinnhaftigkeit von Kontrollen	Max	Ordinalskala	qualitativ				
95		Wahrgenommenerer Nutzen	Gesundheit	Vermeidung gesundheitlicher Belastungen		Minimierung gesundheitlicher Belastungen	Min	Ordinalskala	qualitativ				
neu 13		Wahrgenommenerer Nutzen	Kundenzufriedenheit	Passenger Convenience		Maximierung der Passenger Convenience	Max	Ordinalskala	qualitativ				
neu 14		Subjective Norm	Privatsphäre	Zumutbarkeit des Eingriffs in die Privatsphäre		Minimierung des Eingriffs in die Privatsphäre	Min	Ordinalskala	qualitativ				
neu 15	nur Zukunftsmodell*	Subjective Norm	Vermeidung von Stigmatisierung	Objektive Kontrolle ersetzt subjektive Kontrolle		Minimierung subjektiver Kontrollen	Min	Ordinalskala	qualitativ				

* Für die ausschließlich hinsichtlich des Zukunftsmodells zu bewertenden Kriterien wurde für die Alternative des Status Quo der neutrale Wert 3,00 angenommen, um die Möglichkeit der paarweisen Vergleiche zu gewährleisten.

Bewertungsrelevant für Experten
Bewertungsrelevant für Experten und Passagiere
Bewertungsrelevant für Passagiere
TAM-Verknüpfung

F. Bewertungsergebnisse

a. Status Quo

Tabelle F 1: Bewertungsergebnisse der Technikalternative *Status Quo*

Bewertungsdimension/-kriterium	Pa.	SD	Prod.	TE	FG	BMI	FB
Diskurs							
Positive Positionierung des öffentlichen Diskurses	2,92	3,00	-	3,00	3,00	3,00	-
Wirtschaftlichkeit							
Finanzierung der vorwettbewerblichen Entwicklung gegeben	-	4,00	1,00	3,00	-	4,00	-
Marktchancen durch Alleinstellungsmerkmal	-	2,00	1,50	3,50	-	3,00	-
Konsistenz der Anforderungsprofile (USA-EU, national-international)	-	4,00	1,50	4,00	4,00	4,00	-
Stabilität der Anforderungsprofile	-	4,00	1,00	2,00	-	3,00	3,00
Einsatz kostengünstiger Systemkomponenten gegeben	-	3,50	3,50	3,00	-	4,00	-
Einsparungspotenzial rechtfertigt zusätzliches qualifiziertes Personal	-	3,00	3,00	3,00	3,00	-	3,00
Wirtschaftlichkeitsgewinn durch Automatisierung	-	2,00	2,00	2,00	-	2,00	2,00
Geringe Bodenzeiten	-	2,33	2,00	2,00	2,00	5,00	-
Keine Abtastung notwendig	-	1,00	1,00	2,00	1,00	1,00	1,00
Schulungsaufwand beim Personal	-	4,00	3,00	5,00	-	4,00	4,00
Gewinn von Kunden konkurrierender Transportunternehmen	-	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	-
Hinreichende Abschreibungszeit durch stabiles System	-	3,50	4,00	4,00	-	4,00	-
Verschlinkung der Prozesse	-	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	1,00
Durchsatz pro Stellflächeneinheit	-	3,00	3,00	3,00	1,00	3,00	2,00
Minimaler Personaleinsatz	-	1,60	2,00	2,00	1,00	2,00	1,00

Wartungsarmut gegeben	-	2,00	3,50	1,50	-	2,00	-
Auslastung der Technik	-	3,00	3,00	3,00	1,00	2,00	-
Recht							
Brandschutzkonformität	-	ja	ja	ja	ja	ja	ja
Luftsicherheitsgesetz	-	ja	ja	ja	ja	ja	ja
EU-Verordnung	-	ja	ja	ja	ja	ja	ja
Erfüllung des Richtlinienkatalogs seitens der MA	-	ja	ja	x	ja	ja	ja
Richtlinien des BMI (Zertifizierung des Personals)	-	ja	ja	ja	ja	ja	ja
Erfüllung der Testkriterien der ECAC in der EU (CEP-Programm)	-	ja	ja	ja	ja	ja	ja
Erfüllung WHO-Richtlinie	-	x	ja	ja	ja	ja	ja
Erfüllung nationaler Röntgenschutzverordnungen	-	ja	ja	ja	ja	ja	ja
Konformität mit Gesetzen zum Gesundheitsschutz	-	ja	ja	ja	ja	ja	ja
Wahrung von Persönlichkeitsrechten	nein	ja	ja	ja	ja	x	ja
Keine Erfordernis Einwilligung in nicht-kooperative Kontrollen	nein	-	-	x	-	x	-
Völkerrechtliche Aspekte	3,00	-	-	-	-	-	-
Erfüllung der Anforderungen ICAO und ECAD	-	ja	ja	ja	-	ja	ja
Zertifizierung (Trefferquote/Fehlalarm) vorhanden oder erwartet	-	ja	ja	x	-	ja	-
ISO-Normierung vorhanden oder erwartet	-	nein	x	x	-	ja	-
Gewährleistung von Anonymität	2,21	4,33	4,50	4,00	-	5,00	5,00
Kleidung ablegen weitgehend vermeidbar	2,38	1,00	1,00	2,00	3,00	2,00	1,00
Handlungen, die den Vorwurf "sexueller Belästigung" hervorrufen könnten, vermeidbar	3,33	3,67	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00

Gewährleistung der Verfremdung anatomischer Details	4,50	-	-	-	-	-	-
Sicherheit							
Lückenlose Überprüfung möglich	-	2,20	3,50	1,00	4,00	2,00	3,00
Körperzonenbasierte Gefahrenmeldung	-	4,00	4,00	4,00	1,00	1,00	4,00
Vermeidung neuer Risiken	-	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
Feintuning der Falschalarmrate je nach Szenario (keine höhere Falschalarmrate)	-	3,00	3,00	3,00	1,00	3,00	-
Höhere Trefferquote	-	3,00	3,00	3,00	2,00	4,00	1,00
System liefert möglichst viel relevante Information	-	2,00	2,00	1,00	2,00	2,00	2,00
Random-Kontrolle möglich	-	4,00	4,00	5,00	5,00	4,00	4,00
Unvorhersagbare Maßnahmen	-	2,00	4,00	1,00	5,00	1,00	3,00
Einstellung des Detektionsniveaus	-	1,00	4,00	4,00	5,00	2,00	3,00
Organisation							
Conops im Entwicklungsprozess berücksichtigt	-	4,00	3,50	4,00	-	4,00	-
Hinreichende Prozesstreue gegeben	-	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
Hinreichende Flexibilität des Prozesses gegeben	-	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
Flexible Parametrisierung durch Operatoren möglich	-	1,00	1,00	1,00	-	1,00	-
Effizientes Zusammenspiel aller Teilprozesse möglich	-	4,00	3,00	3,00	-	3,00	-
Eignung für Flughäfen aller Größen	-	4,75	4,50	4,00	5,00	5,00	4,00
Erfüllung des optimalen Automatisierungsgrades	-	2,00	2,50	2,00	2,00	2,00	3,00
Abstimmung und Kommunikation auf höherer Ebene	-	3,00	3,00	2,50	2,00	3,00	-
Erfüllung des ausgewogenen Zusammenspiels zwischen Mensch und Maschine	-	3,50	3,00	2,50	2,00	3,00	3,00
Erfüllung von Verifikation und Tests der BPol / Landesluftfahrtbehörde	-	x	ja	ja	-	ja	ja

Kompetenz des Sicherheitspersonals vorhanden	-	3,00	3,00	3,00	-	3,00	3,00
Wandel des Schulungsbedarfs	-	3,50	4,50	2,50	3,00	4,00	3,00
Kompatibilität							
Hard-/Softwareunterstützung zur Effizienzsteigerung von Sicherheitsmaßnahmen	-	4,00	3,50	4,00	-	4,00	-
Minimaler Verbrauch an Stellfläche	-	3,00	3,00	4,00	2,00	3,00	-
Minimales Gewicht	-	3,00	3,50	4,00	-	3,00	3,00
Funktionalität ermöglichende Raumarchitektur	-	3,00	3,00	4,00	1,00	2,00	2,00
Möglichkeit des Aufsetzens auf bestehende Schnittstellen	-	3,00	4,00	4,00	-	3,00	-
Kompatibilität der Systemtechnologie mit benötigten PC-Lösungen	-	2,00	2,00	4,00	-	-	-
Effizientes Matching von Hardware und Software	-	2,00	2,00	4,50	-	3,00	-
Standardisierung von Systemschnittstellen	-	2,00	2,00	3,00	-	1,00	-
Umwelt							
Minimierung der Leistungsaufnahme (Wärmeentwicklung)	-	3,00	3,50	3,50	-	3,00	-
Vertretbarer Material- und Rohstoffbedarf	-	3,50	3,50	3,00	-	4,00	-
Ökologisch einwandfreie Entsorgung möglich	-	3,00	3,50	3,50	-	4,00	-
Vertretbarer Energiebedarf	-	3,50	3,00	3,50	-	4,00	-
Vermeidung elektromagnetischer Verschmutzung	-	4,00	4,00	4,00	-	2,00	-
Betroffenheit							
Standardisierung der Kontrolltechnik	-	2,00	3,00	3,00	2,00	2,00	2,00
Passagier kann Kontrolltechnik wählen	1,00	-	-	-	-	-	-
Keine gefühlte Verdachtsunterstellung	3,00	-	-	-	-	-	-
Vertretbarer Geräuschpegel	-	2,75	2,50	3,00	2,00	3,00	3,00

Dauer der Trennphase: Passagier - Handgepäck	2,27	2,50	2,00	2,00	3,00	3,00	2,00
Kontrolle über Handgepäck	1,13	-	-	-	-	-	-
Passagier muss sich nicht auf Kontrolle vorbereiten	1,64	2,75	2,50	3,00	1,00	2,00	1,00
Gewährleistung der Abfederung von Spitzenzeiten	-	2,50	4,00	1,50	2,00	2,00	2,00
Beitrag zur Vereinheitlichung inter-/nationaler Kontrollen	-	2,00	1,50	3,00	2,00	3,00	2,00
Verständlichkeit der Arbeitsanweisungen gewährleistet (MA)	-	2,67	2,50	3,00	2,00	2,00	-
Anreiz durch neue Technik (für technikaffine MA / Passagiere)	1,43	2,50	2,00	4,00	3,00	3,00	-
Reduktion der körperlichen Belastung für Sicherheitspersonal	-	3,00	3,00	2,50	2,00	3,00	2,00
Reduktion der körperlichen Belastung für Passagiere	2,29	-	-	-	-	-	-
Gewährleistung optischer Transparenz von Kontrollprozessen	3,93	-	-	-	-	-	-
Berücksichtigung kultureller Unterschiede	2,40	2,00	1,50	2,50	4,00	2,00	2,00
Bedürfnis nach möglichst wenig Kontrollen erfüllt	2,67	-	-	-	-	-	-
Möglichkeit sozialverträglichen Abbaus von Sicherheitspersonal	-	2,00	1,50	2,00	3,00	2,00	-
Systematische Analyse von passagierbezogenen Daten in Form von Verhaltensanalysen	3,69	5,00	5,00	3,00	-	5,00	-
Systematische Analyse von passagierbezogenen Daten in Form von Fluggastdaten	1,92	5,00	5,00	3,00	-	5,00	-
Systematische Analyse von passagierbezogenen Daten in Form von Profiling	1,57	5,00	5,00	3,00	-	5,00	-
Gewährleistung von Vertrauen der Passagiere	2,47	-	-	-	-	-	-
Reduktion der Wartezeit bzw. MCT	2,00	2,00	2,00	2,00	1,00	2,00	3,00
Einfachere Handhabung durch Leitstellen	-	3,00	3,00	3,00	2,00	2,00	-
Einfachere Handhabung durch Sicherheitspersonal	-	4,00	3,50	3,50	3,00	4,00	3,00
Einfachere Handhabung durch Passagiere	3,62	-	-	-	-	-	-

Zuverlässigkeit von Detektion, Identifikation oder Abgleich	-	4,00	4,00	1,50	1,00	2,00	-
Kommunikation der Luftsicherheitsassistenten im Prozess	-	3,50	2,50	3,00	4,00	4,00	4,00
Kommunikation der Sinnhaftigkeit von Kontrollen	2,85	2,67	3,00	3,50	2,00	2,00	2,00
Vermeidung gesundheitlicher Belastungen	2,69	-	-	-	-	-	-
Passenger Convenience	2,33	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
Zumutbarkeit des Eingriffs in die Privatsphäre	3,54	3,00	3,00	3,00	-	3,00	3,00
Objektive Kontrolle ersetzt subjektive Kontrolle	3,00	-	-	-	-	-	-

b. Zukunftsmodell

Tabelle F 2: Bewertungsergebnisse der Technikalternative *Zukunftsmodell*

Bewertungsdimension/-kriterium	Pa.	SD	Prod.	TE	FG	BMI	FB
Diskurs							
Positive Positionierung des öffentlichen Diskurses	2,30	2,50	-	3,00	4,00	2,00	-
Wirtschaftlichkeit							
Finanzierung der vorwettbewerblichen Entwicklung gegeben	-	3,00	4,00	5,00	-	3,00	-
Marktchancen durch Alleinstellungsmerkmal	-	2,00	2,00	4,00	-	4,00	-
Konsistenz der Anforderungsprofile (USA-EU, national-international)	-	2,50	3,00	3,50	3,00	3,00	-
Stabilität der Anforderungsprofile	-	2,50	3,00	3,50	-	3,00	3,00
Einsatz kostengünstiger Systemkomponenten gegeben	-	2,00	3,00	3,00	-	2,00	-
Einsparungspotenzial rechtfertigt zusätzliches qualifiziertes Personal	-	2,33	3,50	3,00	3,00	-	4,00
Wirtschaftlichkeitsgewinn durch Automatisierung	-	5,00	4,00	5,00	-	4,00	4,00
Geringe Bodenzeiten	-	2,00	3,00	3,50	3,00	1,00	-
Keine Abtastung notwendig	-	2,50	3,00	2,00	4,00	4,00	4,00

Schulungsaufwand beim Personal	-	4,00	4,50	3,50	-	3,00	3,00
Gewinn von Kunden konkurrierender Transportunternehmen	-	3,33	3,00	3,00	4,00	3,00	-
Hinreichende Abschreibungszeit durch stabiles System	-	4,00	4,00	3,00	-	3,00	-
Verschlanung der Prozesse	-	4,00	4,00	4,00	3,00	4,00	3,00
Durchsatz pro Stellflächeneinheit	-	4,00	3,00	3,00	4,00	4,00	4,00
Minimaler Personaleinsatz	-	3,00	3,50	2,50	3,00	3,00	4,00
Wartungsarmut gegeben	-	3,00	2,50	2,50	-	3,00	-
Auslastung der Technik	-	4,00	4,00	4,50	1,00	3,00	-
Recht							
Brandschutzkonformität	-	ja	ja	ja	x	ja	x
Luftsicherheitsgesetz	-	ja	ja	ja	nein	nein	x
EU-Verordnung	-	x	ja	ja	nein	nein	x
Erfüllung des Richtlinienkatalogs seitens der MA	-	ja	x	ja	x	ja	x
Richtlinien des BMI (Zertifizierung des Personals)	-	ja	ja	ja	x	ja	x
Erfüllung der Testkriterien der ECAC in der EU (CEP-Programm)	-	x	ja	x	x	x	x
Erfüllung WHO-Richtlinie	-	ja	ja	ja	x	ja	x
Erfüllung nationaler Röntgenschutzverordnungen	-	ja	ja	ja	x	ja	x
Konformität mit Gesetzen zum Gesundheitsschutz	-	ja	ja	ja	x	ja	x
Wahrung von Persönlichkeitsrechten	nein	nein	nein	x	x	nein	x
Keine Erfordernis Einwilligung in nicht-kooperative Kontrollen	ja	-	-	ja	-	nein	-
Völkerrechtliche Aspekte	2,67	-	-	-	-	-	-

Erfüllung der Anforderungen ICAO und ECAD	-	ja	ja	x	-	ja	x
Zertifizierung (Trefferquote/Fehlalarm) vorhanden oder erwartet	-	ja	ja	x	-	x	-
ISO-Normierung vorhanden oder erwartet	-	x	nein	ja	-	x	-
Gewährleistung von Anonymität	1,33	1,60	2,50	3,00	-	1,00	3,00
Kleidung ablegen weitgehend vermeidbar	4,46	3,75	2,50	4,00	4,00	4,00	4,00
Handlungen, die den Vorwurf "sexueller Belästigung" hervorrufen könnten, vermeidbar	4,29	3,80	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
Gewährleistung der Verfremdung anatomischer Details	4,17	-	-	-	-	-	-
Sicherheit							
Lückenlose Überprüfung möglich	-	2,00	4,00	1,50	4,00	5,00	4,00
Körperzonenbasierte Gefahrenmeldung	-	4,00	2,00	4,00	4,00	4,00	4,00
Vermeidung neuer Risiken	-	2,25	2,00	5,00	4,00	3,00	4,00
Feintuning der Falschalarmrate je nach Szenario (keine höhere Falschalarmrate)	-	4,00	4,00	4,00	3,00	4,00	-
Höhere Trefferquote	-	3,00	4,00	4,00	4,00	3,00	3,00
System liefert möglichst viel relevante Information	-	4,00	4,00	5,00	5,00	3,00	4,00
Random-Kontrolle möglich	-	5,00	4,00	5,00	5,00	5,00	5,00
Unvorhersagbare Maßnahmen	-	5,00	4,00	4,00	5,00	5,00	5,00
Einstellung des Detektionsniveaus	-	4,00	4,00	5,00	5,00	5,00	5,00
Organisation							
Conops im Entwicklungsprozess berücksichtigt	-	5,00	4,00	5,00	-	5,00	-
Hinreichende Prozessstreuung gegeben	-	2,33	2,00	4,50	4,00	4,00	4,00
Hinreichende Flexibilität des Prozesses gegeben	-	3,50	3,50	4,00	4,00	4,00	4,00
Flexible Parametrisierung durch Operatoren möglich	-	3,00	3,00	4,00	-	3,00	-

Effizientes Zusammenspiel aller Teilprozesse möglich	-	5,00	5,00	4,50	-	5,00	-
Eignung für Flughäfen aller Größen	-	2,00	2,50	3,00	3,00	3,00	2,00
Erfüllung des optimalen Automatisierungsgrades	-	4,00	3,50	4,00	4,00	4,00	4,00
Abstimmung und Kommunikation auf höherer Ebene	-	4,00	4,00	4,00	3,00	3,00	-
Erfüllung des ausgewogenen Zusammenspiels zwischen Mensch und Maschine	-	4,00	4,00	4,50	5,00	5,00	4,00
Erfüllung von Verifikation und Tests der BPol / Landesluftfahrtbehörde	-	ja	ja	ja	-	ja	ja
Kompetenz des Sicherheitspersonals vorhanden	-	2,00	2,00	2,00	-	2,00	3,00
Wandel des Schulungsbedarfs	-	5,00	4,00	5,00	4,00	4,00	4,00
Kompatibilität							
Hard-/Softwareunterstützung zur Effizienzsteigerung von SM	-	4,00	4,00	4,50	-	5,00	-
Minimaler Verbrauch an Stellfläche	-	3,00	3,00	2,00	3,00	3,00	-
Minimales Gewicht	-	4,00	3,50	4,00	-	4,00	3,00
Funktionalität ermöglichende Raumarchitektur	-	4,00	3,50	4,00	4,00	5,00	3,00
Möglichkeit des Aufsetzens auf bestehende Schnittstellen	-	4,00	3,00	4,50	-	4,00	-
Kompatibilität der Systemtechnologie mit benötigten PC-Lösungen	-	4,00	3,50	5,00	-	-	-
Effizientes Matching von Hardware und Software	-	4,00	4,00	4,50	-	4,00	-
Standardisierung von Systemschnittstellen	-	4,00	4,00	5,00	-	5,00	-
Umwelt							
Minimierung der Leistungsaufnahme (Wärmeentwicklung)	-	3,00	3,00	3,00	-	3,00	-
Vertretbarer Material- und Rohstoffbedarf	-	2,50	3,00	3,00	-	2,00	-
Ökologisch einwandfreie Entsorgung möglich	-	3,50	4,00	3,00	-	4,00	-
Vertretbarer Energiebedarf	-	2,50	3,00	3,00	-	3,00	-

Vermeidung elektromagnetischer Verschmutzung	-	3,00	3,00	4,00	-	3,00	-
Betroffenheit							
Standardisierung der Kontrolltechnik	-	4,00	4,00	5,00	5,00	4,00	5,00
Passagier kann Kontrolltechnik wählen	2,87	-	-	-	-	-	-
Keine gefühlte Verdachtsunterstellung	3,07	-	-	-	-	-	-
Vertretbarer Geräuschpegel	-	3,33	3,50	3,50	3,00	3,00	4,00
Dauer der Trennphase: Passagier - Handgepäck	3,83	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Kontrolle über Handgepäck	4,00	-	-	-	-	-	-
Passagier muss sich nicht auf Kontrolle vorbereiten	2,86	3,50	3,50	3,00	4,00	4,00	3,00
Gewährleistung der Abfederung von Spitzenzeiten	-	3,50	3,00	5,00	5,00	3,00	5,00
Beitrag zur Vereinheitlichung inter-/nationaler Kontrollen	-	3,67	2,50	4,00	3,00	4,00	5,00
Verständlichkeit der Arbeitsanweisungen gewährleistet (MA)	-	3,50	3,00	3,50	3,00	3,00	-
Anreiz durch neue Technik (für technikaffine MA / Passagiere)	2,85	3,50	4,00	4,00	4,00	5,00	-
Reduktion der körperlichen Belastung für Sicherheitspersonal	-	4,00	3,00	4,50	4,00	5,00	4,00
Reduktion der körperlichen Belastung für Passagiere	4,18	-	-	-	-	-	-
Gewährleistung optischer Transparenz von Kontrollprozessen	2,31	-	-	-	-	-	-
Berücksichtigung kultureller Unterschiede	2,80	4,00	3,50	4,00	3,00	4,00	3,00
Bedürfnis nach möglichst wenig Kontrollen erfüllt	2,00	-	-	-	-	-	-
Möglichkeit sozialverträglichen Abbaus von Sicherheitspersonal	-	3,00	2,00	3,00	3,00	3,00	-
Systematische Analyse von passagierbezogenen Daten in Form von Verhaltensanalysen	1,42	2,00	1,00	2,00	-	1,00	-
Systematische Analyse von passagierbezogenen Daten in Form von Fluggastdaten	1,46	2,00	1,00	2,00	-	1,00	-

Systematische Analyse von passagierbezogenen Daten in Form von Profiling	1,87	2,00	1,00	2,00	-	1,00	-
Gewährleistung von Vertrauen der Passagiere	3,07	-	-	-	-	-	-
Reduktion der Wartezeit bzw. MCT	4,07	4,33	4,00	4,50	3,00	4,00	4,00
Einfachere Handhabung durch Leitstellen	-	3,67	4,00	4,50	3,00	3,00	-
Einfachere Handhabung durch Sicherheitspersonal	-	4,33	4,00	4,50	3,00	4,00	5,00
Einfachere Handhabung durch Passagiere	4,15	-	-	-	-	-	-
Zuverlässigkeit von Detektion, Identifikation oder Abgleich	-	3,50	3,50	3,50	3,00	3,00	-
Kommunikation der Luftsicherheitsassistenten im Prozess	-	2,50	3,50	3,00	3,00	1,00	3,00
Kommunikation der Sinnhaftigkeit von Kontrollen	2,46	3,00	2,50	4,00	3,00	4,00	3,00
Vermeidung gesundheitlicher Belastungen	3,64	-	-	-	-	-	-
Passenger Convenience	2,93	4,33	4,00	5,00	5,00	5,00	5,00
Zumutbarkeit des Eingriffs in die Privatsphäre	3,08	3,50	3,00	4,50	-	3,00	4,00
Objektive Kontrolle ersetzt subjektive Kontrolle	4,00	-	-	-	-	-	-

Lebenslauf

„Der Lebenslauf ist in der Online-Version aus
Gründen des Datenschutzes nicht enthalten“