Methodisches Gestalten und systematisches Entwickeln am Beispiel zukünftiger Fassadenlösungen

Fabian C. Schmid

Methodisches Gestalten und systematisches Entwickeln am Beispiel zukünftiger Fassadenlösungen

Fabian C. Schmid
Stuttgart, Deutschland

D93

Originaltitel der Dissertation: Die Funktionsintegration als richtungsweisendes Indiz zur systematischen Lösungsfindung im Gestaltungsprozess

ISBN 978-3-658-12212-6 ISBN 978-3-658-12213-3 (eBook)
DOI 10.1007/978-3-658-12213-3

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

Springer Vieweg

© Springer Fachmedien Wiesbaden 2015

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlags. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Der Verlag, die Autoren und die Herausgeber gehen davon aus, dass die Angaben und Informationen in diesem Werk zum Zeitpunkt der Veröffentlichung vollständig und korrekt sind. Weder der Verlag noch die Autoren oder die Herausgeber übernehmen, ausdrücklich oder implizit, Gewähr für den Inhalt des Werkes, etwaige Fehler oder Äußerungen.

Lektorat: Dr. Bernd Knappmann, Susanne Ullrich

Gedruckt auf säurefreiem und chlorfrei gebleichtem Papier

Springer Fachmedien Wiesbaden ist Teil der Fachverlagsgruppe Springer Science+Business Media (www.springer.com)

*Meinem Großvater Erich Schmid
Brückenbaukonstrukteur bei der Maschinenfabrik Esslingen AG
gewidmet*

Vorwort

Das vorliegende Buch konnte durch die mannigfaltigen Diskurse während meiner Zeit am Institut für Leichtbau Entwerfen und Konstruieren (ILEK), meines Studiums an der Universität Stuttgart und am Massachusetts Institute of Technology (MIT) sowie durch den offenen Austausch mit dem Kollegium an der Universität Stuttgart entstehen. In den vergangenen 6 Jahren prägten die bearbeiteten Forschungsprojekte am ILEK die Ausrichtung der Arbeit maßgeblich. Die Projekte wurden vom Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR) und der Friedrich und Elisabeth Boysen-Stiftung gefördert sowie durch die Groz-Beckert KG, die Global Safety Textiles GmbH und die Verseidag Indutex GmbH unterstützt. Hierfür mein herzlicher Dank.

Für die Förderung während meines bisherigen akademischen Werdegangs bedanke ich mich bei Herrn Professor Werner Sobek. Er ermöglichte damit den stetig währenden Diskurs zwischen Theorie und Praxis des Entwurfs- und Entwicklungshandelns, der Gestaltung sowie der Prüfung von Lösungsvarianten.

Herrn Professor Hansgeorg Binz danke ich für die anregenden Gespräche und die Impulse auf die Arbeit seitens der Konstruktionsmethodik und des Maschinenbaus.

Zuletzt gilt meiner Familie für die stetige Förderung, für den bedeutsamen Austausch und die großzügige Unterstützung während meines gesamten Ausbildungsweges ein besonderer Dank. Sie legte den Grundstein für meinen Werdegang und vermittelte die erforderlichen Werte.

Stuttgart, Juli 2015

Fabian Schmid

Kurzdarstellung

Durch Planungshandeln werden angemessene Lösungen für komplex erscheinende Herausforderungen angestrebt. Ziel der gestalterischen Tätigkeit aller im Planungsprozess beteiligten Disziplinen ist es, diese angemessenen Lösungen nachvollziehbar zu erarbeiten und schließlich umzusetzen. Durch methodisches Vorgehen werden die als komplex verstandenen Zusammenhänge analysiert und für die Synthese von Lösungsvarianten vorbereitet. Zudem ermöglichen zahlreiche Bewertungsverfahren eine objektive Einordnung von Lösungen anhand festzulegender Kriterien. Die besondere Fähigkeit der im Prozess handelnden Akteure besteht darin, aus unzähligen Möglichkeiten durch Intuition und Kreativität sowie iterativ angewendete Bewertung und Gestaltung die stringentste Lösung zu erarbeiten.

Die vorliegende Abhandlung zeigt, dass die Funktionsintegration als Indiz zur systematischen Lösungsfindung eingesetzt werden kann, um stringente Lösungsalternativen im Gestaltungsprozess frühzeitig und zielgerichtet zu erarbeiten. Um die Relevanz der Funktionsintegration für die Erarbeitung von Lösungen im Planungsprozess herauszustellen, werden folgende Punkte thematisiert:

- Einbinden des Indizes in die planungs- und systemtheoretische Vorgehensweise
- Exemplarische Anwendung der Vorgehensweise bei der Konzeption und Entwicklung von Systemmodellen für Fassadenelemente
- Umsetzung der resultierenden Systemmodelle in prototypische Bauelemente und Fassadenaufbauten
- Prüfung der Leistungsfähigkeit an den prototypischen Fassadenaufbauten
- Vergleich der Leistungsfähigkeit von systemtheoretischen Entwicklungen und prototypischen Lösungen, um die Anwendbarkeit der Vorgehensweise mittels *Funktionsintegration als Indiz* aufzuzeigen

Die betrachteten vielfältigen Funktionen müssen, um das Vorgehen vergleichen zu können, auf Basis übereinstimmender Grundlagen und innerhalb derselben Verständnisebene beschrieben werden. Als universale Grundlage dient die *allgemeinen Systemtheorie*. Mit dieser werden komplexe Sachverhalte

der Systeme, Strukturen, Relationen und Funktionen umfassend und disziplinübergreifend beschrieben. Gleichzeitig beruht die Beschreibungsweise auf den grundlegenden Faktoren *Stoff / Masse, Energie* und *Information*. Dies ermöglicht die eindeutige Veranschaulichung der Zusammenhänge.

Das Niveau der Funktionsintegration hilft als richtungsweisendes Indiz bei dieser ambivalenten Aufarbeitung der vernetzten Wirkweisen. Durch einheitlich strukturierte Systemmodelle bleiben Lösungsvarianten im gesamten Planungsprozess vergleichbar. Aus der Beurteilung der Leistungserfüllung und der Technikfolgenabschätzung sind Gestaltungstendenzen ableitbar und auf Strukturen, Komponenten und Wirkweisen der Systeme übertragbar.

Mit den Ergebnissen gibt die Abhandlung am Beispiel zukünftiger Fassadenlösungen einen Überblick, wie ein vielfältiges Anforderungsspektrum durch das Gestaltungshandeln in funktionsintegrierenden, masse- und ressourcenreduzierten Lösungen erfüllt werden kann. Der dargestellte Gestaltungsprozess zeigt, dass die Wirkweisen komplexer Zusammenhänge durch eine technikwissenschaftliche, systemtheoretische Aufarbeitung sowohl nachvollzogen als auch prognostiziert werden können. Zudem wird deutlich, dass zur Lösung komplexer Aufgaben ein gesamtheitlich ausgerichtetes Planungshandeln sowie inter- und transdisziplinäres Verständnis notwendig sind.

Abstract

Appropriate solutions to seemingly complex challenges are being pursued with planning. The aim of design of all involved disciplines within a planning process, is to develop and implement the most suitable solution. By analysis, complex recognized relationships will be processed and prepared for a synthesis of alternative solution variants. In addition, numerous evaluation methods offer an objective classification of the solutions according to defined criteria. Thereby the special accomplishment of the acting players persist in that, to select the most stringent solution out of an innumerable amount of alternatives with an intuitive and creative process by executing design and assessment in an interactive manner.

The thesis at hand shows, how functional integration as an indication can be used in design and assessment in order to identify stringent solution alternatives early and targeted in the planning process. To demonstrate the relevance of functional integration in the planning process, following topics will be treated:

- Embedding of the indication in the planning and the system theoretical approach
- Showcase of an approach for the conceptual design and development of system models for façade elements
- Implementation of the resulting system models in prototypical elements and façade constructions
- Review of the achieved performance of the façade prototypes
- Comparison between system theoretical development and the prototype performance in order to show the applicability by using *functional integration as an indication* in the planning process

For a successful appliance of the described approach it is necessary, that the observed various functions are described with a matching basic knowledge and the same level of understanding across the involved scientific disciplines. The general system theory shall serve as a universal basis.

Complex actual situations of systems, structures, relations and functions will be comprehensively and multidisciplinary described by using the theoretical understanding of the *general system theory*. Simultaneously the description is

based on the following factors: substance/mass, energy and information. These enables the explicit visualisation of the relationships.

The level of functional integration assists as a leading indication for the ambivalent processing of the cross-linked relationships. Alternative system solutions will be kept comparable within the entire planning process by using uniformly structured system models. The ranking of the making delivery and technology impact assessment makes design tendencies derivable and transferable to structures, components and systems.

With the results the thesis presents an overview how a diverse range of requirements can be fulfilled within a design process that leads to functional integration, mass- and resource reduced solutions by using the example of a prospective façade solution. The executed design process shows that the mode of action of complex relationships can be understood and predicted by using a technical-scientific and system-theoretical reprocessing method. Additionally, the necessity of an inter- and transdisciplinary understanding and a holistic planning becomes apparent for solving such complex challenges.

Inhaltsverzeichnis

Kurzdarstellung	ix
Abkürzungen	xvii
Abbildungsverzeichnis	xxiii
Tabellenverzeichnis	xxv
1 Einleitung	1
1.1 Problemstellung	1
1.2 Zielsetzung	2
1.3 Methodik	3
1.4 Inhaltsübersicht	4
2 Gestaltung im Planungsprozess	7
2.1 Gliederung von Planungsprozessen	7
2.2 Prinzipielle Schwierigkeiten beim Planen	10
2.3 Theoretische Aufarbeitung der prinzipiellen Schwierigkeiten beim Planen	12
2.4 Modelle, Methoden und Strategien	16
2.4.1 Abgrenzung	16
2.4.2 Planungsmethoden	17
2.4.3 Zielplanung	20
2.4.4 Entwurfs- und Entwicklungsmethoden	20
2.4.5 Bewertungsmethoden und Entscheidungsfindung	24
2.5 Systematisierung von Planungshandeln	25
2.6 Technisches Denken und Gestalten	30
2.6.1 Grundlagen der Technikwissenschaft	30
2.6.2 Transdisziplinäres Verständnis als Notwendigkeit für eine disziplinübergreifende Gestaltung	33
2.6.3 Anwendung des transdisziplinären Verständnisses	34

3	Systemdenken als strukturierende, theoretische Grundlage	39
3.1	Eine allgemeine Systemtheorie	39
3.1.1	Einführung	39
3.1.2	Systemaufbau	42
3.1.3	Systementwicklung	46
3.2	Systemverständnis im Bauwesen	47
3.2.1	Verständnis in der Praxis	47
3.2.2	Verständnis in der Planungstheorie	50
3.3	Systeme: Aufbau und Zusammenhänge	52
3.3.1	Der Strukturbegriff	52
3.3.2	Der Funktionsbegriff	53
3.3.3	Erfordernisse und Anforderungen	53
3.3.4	Effekte und Maßnahmen	54
3.3.5	Parameter, Faktoren und Kriterien	55
4	Systembezogene Teilschritte beim Gestalten	57
4.1	Systemanalyse	57
4.1.1	Zielsetzung der Systemanalyse	57
4.1.2	Identifikation von Bedingungen, Erfordernissen, Anforderungen und Kriterien	58
4.2	Systemsynthese	61
4.2.1	Einleitung	61
4.2.2	Wechselwirkungen, Synergien und Zielkonflikte	63
4.2.3	Funktionsintegration	64
4.2.4	Anwendung von Funktionsintegration im Gestaltungsprozess	68
4.3	Durchgängige, systembezogene Planung	72
4.3.1	Systematische Lösungsfindung im Gestaltungsprozess	72
4.3.2	Die entwickelte Vorgehensweise	73
4.3.3	Indiz und Indikator zur systematischen Lösungsfindung	75

5	Selektion eines exemplarischen Teilsystems	77
5.1	Kriterien für die Selektion eines exemplarischen Teilsystems . . .	77
5.2	Fassaden als Teilsystem von Gebäuden	81
5.2.1	Der Stellenwert der Fassaden und die Entwicklungsten- denzen	81
5.2.2	Anforderungen an Fassadensysteme	85
5.2.3	Die Systematik heutiger Fassadensysteme	88
5.3	Leichte und energieeffiziente Fassaden sowie deren Funktions- potenzial	92
5.3.1	Stoff/Masse, Energie und Information als Faktoren für den Vergleich unterschiedlicher Lösungsansätze	92
5.3.2	Effektive und effiziente ganzheitliche Lösungsansätze für ultraleichte Fassaden	100
5.3.3	Die Leistungsfähigkeit von textilen Werkstoffen als Flä- chelement	102
5.3.4	Potenzial textiler Produktions- und Herstellungsverfahren	103
6	Systemkonzeption einer Elementfassade	107
6.1	Systemanalyse	107
6.2	Systemsynthese	117
6.3	Systemkonzeption	119
6.3.1	Äußeres Deckelement	119
6.3.2	Inneres Deckelement	120
6.3.3	Kernelement	120
6.3.4	Kollektorelement	123
6.4	Systementwicklung und Umsetzung in Sachgesamtheiten	125
6.5	Anforderungen an das Systemkonzept und deren Zielerfüllung . .	128
6.5.1	Wärme und Feuchte	128
6.5.2	Bau- und Raumakustik	132
6.5.3	Brandverhalten und Brandschutz	135
6.5.4	Belichtung	139
6.5.5	Witterungseinflüsse	140
6.5.6	Weitere Anforderungen	141
6.6	Syntheseergebnis und Leistungsfähigkeit	142

7	Funktionsintegration als Indiz und Indikator	145
7.1	Arbeitsschritte einer zielgerichteten Systemsynthese	145
7.2	Erfüllbarkeit von Anforderungen	147
7.3	Wechselwirkungen zwischen Funktionen und Systemabgrenzung	150
7.4	Funktionen und Faktoren	151
7.5	Transdisziplinäre Prozesse und Strategien	152
8	Fazit und Ausblick	155
8.1	Fazit zu den planungstheoretischen Erkenntnissen	155
8.2	Fazit zu den erarbeiteten Fassadenlösungen	157
8.3	Ausblick	158
	Literaturverzeichnis	161
	Anhang A	171
1	Angewendete Methoden und Werkzeuge	171
2	Methoden für Systemanalyse, -transformation und -synthese . . .	173
3	Das Münchner Vorgehens- und Produktkonkretisierungsmodell .	177
	Anhang B	179
1	Nutzwertanalysen	179
2	Fassadenkategorien im Vergleich	181
3	Ergebnisse der Recherche und Analyse	185
4	Ergebnisse der Synthese	194
	Anhang C	201
1	Leistungsüberprüfung „Wärme und Feuchte“	201
2	Leistungsüberprüfung „Bau- und Raumakustik“	206
3	Leistungsüberprüfung „Brandverhalten und Brandschutz“	208
4	Leistungsüberprüfung „Belichtung“	209

Abkürzungen

DIN	Deutsches Institut für Normung e. V.
EC	Eurocode
ETFE	Ethylen-Tetrafluorethylen
FF	Fassadenfläche
FFA	Fensterflächenanteil
GF	Grundfläche
GFK	Glasfaserverstärkter Kunststoff
GK	Gebäudeklasse
GWP	Treibhauspotenzial
IBP	Fraunhofer-Institut für Bauphysik
ILEK	Institut für Leichtbau Entwerfen und Konstruieren
LBP	Lehrstuhl für Bauphysik
MKM	Münchner Produktkonkretisierungsmodell
PEI	Primärenergiebedarf
PES	Polyester
PTFE	Polytetrafluorethylen
TLA	Tageslichtautonomie
WDVS	Wärme-Dämm-Verbund-System

Begriffsbedeutung

apodiktisch	keinen Widerspruch duldend
Akkommodation	Veränderung und Erweiterung der Wissensstruktur
Assimilation	Informationsveränderung im Sinne einer Umdeutung
Assoziation	ursächliche Verknüpfung von Vorstellungen
Axiologie	Wertlehre
Emergenz	neue Qualitäten beim Zusammenwirken von Faktoren
Ethik	Grundsätze einer verantwortungsbewussten Einstellung
extrapolieren	über den gesicherten Bereich hinaus bestimmen
intendieren	auf etwas hinzielen, hinarbeiten, beabsichtigen
implizieren	einbeziehen, gleichzeitig beinhalten, bedeuten
Konnotation	assoziative, wertende Bedeutung, Begleitvorstellung

Symbole

$A_{\text{Taschengewebe}}$	Fläche des Taschengewebes in ausgebreitetem Zustand
α	Wirkweisen
c_{Wasser}	Spezifische Wärmekapazität von Wasser
Γ	Umgebung
ΔT	Temperaturdifferenz in K
f	Funktion
FFA_{empf}	Empfohlener Fensterflächenanteil
FFA_{min}	Minimal notwendiger Fensterflächenanteil
k	Komponente
κ	Gesamtmenge an Komponenten
p_p	Kopplung
p_t	Rückkopplung
π	Relationen
$Q_{\text{Taschengewebe}}$	Volumenstrom durch das Taschengewebe
R_W	Schalldämmmaß
Σ	System
Σ^+	Supersystem
Σ^-	Subsystem
$\tau_{\text{eq-empf}}$	Äquivalenter Transmissionsgrad für den empfohlenen Fensterflächenanteil
$\tau_{\text{eq-min}}$	Äquivalenter Transmissionsgrad für den minimal notwendigen Fensterflächenanteil
V_{Wasser}	Wasservolumen
W_{Aufnahme}	Energieaufnahmepotenzial
ϕ	Gesamtmenge an Funktionen
X	Einwirkung oder Input
Y	Auswirkung oder Output
Z	Zustand

Abbildungsverzeichnis

2.1	Planungsablauf	9
2.2	Klassifizierung von Entscheidungen	14
2.3	Das „Drei-Ebenen-Modell“ für Planungsprozesse	17
2.4	Begriffe und Zusammenhänge der grundlegenden Konstruktionsgrößen	23
2.5	Methodische, intuitive und ausgewogene Bearbeitungsweise	30
2.6	Blockschema eines Sachsystems	31
2.7	Blockschema des soziotechnischen Systems	33
2.8	Projektbearbeitung mit Eigenschaftsfrüherkennung	37
3.1	Grundbegriffe einer Systemdefinition	40
3.2	Systemtheorie und Modellkonstruktion	43
3.3	Systemhierarchie und Flussgrößen	44
3.4	Beispiele für die Verwendung des Systembegriffs bei Fassadenkonstruktionen	48
4.1	Zerlegung von Aufgaben in Teilaufgaben	60
4.2	Zuordnung von Funktionen, Effekten und Einzelteilen	60
4.3	Funktionsintegration in strukturaler und funktioneller Darstellung	65
4.4	Typen von Funktionsintegration im relationsorientierten Funktionsmodell	67
4.5	Tendenzen für die Zielerfüllung bei unterschiedlichen Systemen	68
4.6	Einschätzung der Leistungserfüllung bei der Funktionsintegration	71
4.7	Kriterieneinordnung im Faktorendiagramm zur Einschätzung von Integrationspotenzialen	71
4.8	Vorgehensweise für eine durchgängige, systembezogene Gestaltung mit Fokus auf der Bauteilentwicklung im Bauwesen	74
5.1	Mögliche Teilsysteme an Gebäuden	78
5.2	Einflüsse bei Fassadensystemen und ihre geometrische Ordnung	82
5.3	Erfüllbarkeit der Funktionen <i>Lastabtrag</i> und <i>Belichtung</i>	83
5.4	Funktionsprinzipien von Fassaden und deren prinzipieller Aufbau	89
5.5	Auswahl transparenter Lösungsvarianten	93
5.6	Auswahl transluzenter Lösungsvarianten	95

5.7	Auswahl opaker Lösungsvarianten	97
5.8	Pultrudierte, glasfaserverstärkte Profile und ausgerüstete Einheit einer mehrlagigen textilen Elementfassade	101
5.9	Profil der textilen Elementfassade mit Bauteilfügung	101
5.10	Detailisometrie und Schnittmuster eines <i>One-Piece-Woven-Werkstückes</i>	105
6.1	Hierarchische Ordnung eines Fassadensystem	110
6.2	Funktionsmodell passiver Wirkzusammenhänge	111
6.3	Funktionsmodell aktiver Wirkzusammenhänge	111
6.4	Relationsorientiertes Funktionsmodell für Flächenelemente . . .	113
6.5	Faktorendiagramm mit aufgetragenen Zielwerten einzelner Kriterien	115
6.6	Zielerfüllung für relevante bauphysikalische Kriterien	116
6.7	Entwickeltes Verbundvliesstoff-Element: Schnittansicht des mehrschichtigen Polyester-Nadelvliesstoffs	121
6.8	Entwickeltes Aerogel-Element: Schnittansicht des folienkaschier-ten, aerogelbefüllten Abstandsgewirks	122
6.9	Entwickeltes Kollektorelement: Schnittansicht des fluidgefüllten Taschengewebes	124
6.10	Systembeschreibung zu transparenten Lösungskonzepten	125
6.11	Prinzipskizze & Modellaufbau zur transparenten Lösungsvariante	125
6.12	Systembeschreibung zu transluzenten und zu opaken Lösungs-konzepten	126
6.13	Prinzipskizze & Modellaufbau zur transluzenten Lösungsvariante	126
6.14	Prinzipskizze & Modellaufbau zur opaken Lösungsvariante	127
6.15	Prinzip der Nachtauskühlung und Kondensation in leichten mehrschichtigen Fassadenkonstruktionen	129
6.16	Prinzipien zur Vermeidung von Kondensation in leichten mehrschichtigen Fassadenkonstruktionen	130
6.17	Prinzipien zur Lösung der Brandschutzanforderungen	138
6.18	Prinzipskizzen der zielführenden Lösungsvarianten	144
7.1	Kernaspekte in Entwurfs- und Entwicklungsprozessen für eine zielgerichtete Systemsynthese	146

Tabellenverzeichnis

2.1	Unterschied zwischen Disziplin und Transdisziplin nach Ropohl	35
4.1	Bedingungen, Erfordernisse und Parameter am Beispiel des Bauwesens	59
4.2	Hierarchische Gewichtung von Kriterien	61
5.1	Bedingungen für mögliche Elemente und Teilsysteme	79
5.2	Erfordernisse für mögliche Elemente und Teilsysteme	80
5.3	Kriterien für mögliche Elemente und Teilsysteme	80
5.4	Auswahl von Erfordernissen an Fassaden (phänomenologisch geordnet)	88
5.5	Vergleich der Perspektiven hinsichtlich einer exemplarischen Hierarchisierung von Erfordernissen	91
5.6	Einflüsse, Effekte und Attribute der transparenten Lösungsvarianten	94
5.7	Einflüsse, Effekte und Attribute der transluzenten Lösungsvarianten	96
5.8	Einflüsse, Effekte und Attribute der opaken Lösungsvarianten	98
5.9	Werkstoffe, eingesetzte Masse und ökologische Kennwerte von Lagenaufbauten für Fassadenflächenelemente	99
6.1	Relevante Kriterien zur exemplarischen Abbildung von Funktionsintegration am Beispiel einer Elementfassade	108
6.2	Maßnahmen/Mittel, resultierende Wechselwirkungen, Zielkonflikte und Synergien am Beispiel eines Fassadenflächenelements	109
6.3	Erfordernisse, Wirkräume und Gewichtung der Kriterien	112
6.4	Folgen und Aggregatzustände potentieller Umsetzungen einzelner Kriterien- und Zustandskombinationen	114
6.5	Zuordnungsmatrix der Kriterien, Einfluss- und Schutzfaktoren	115
6.6	Ausprägung der Bauelemente für die Funktionsbereiche	118
6.7	Kennwerte der <i>Wärme- & Feuchte</i> -Anforderungen mit den Leistungsbereichen prototypischer und herkömmlicher Lösungen	131
6.8	Kennwerte der <i>Bau- & Raumakustik</i> -Anforderungen mit den Leistungsbereichen prototypischer und herkömmlicher Lösungen	135
6.9	Kennwerte der <i>Brandschutz</i> -Anforderungen mit den Leistungsbereichen prototypischer und herkömmlicher Lösungen	138

6.10 Kennwerte der <i>Belichtungs</i> -Anforderungen mit den Leistungsbereichen prototypischer und herkömmlicher Lösungen	140
6.11 Kennwerte der <i>Witterungseinflüsse</i> mit den Leistungsbereichen prototypischer und herkömmlicher Lösungen (gültig für alle Funktionsbereiche)	140
6.12 Kennwerte der <i>weiteren Anforderungen</i> mit den Leistungsbereichen prototypischer und herkömmlicher Lösungen (für alle Funktionsbereiche)	141
6.13 Bewertungsmatrix zum Leistungsvergleich der untersuchten Lösungen	143