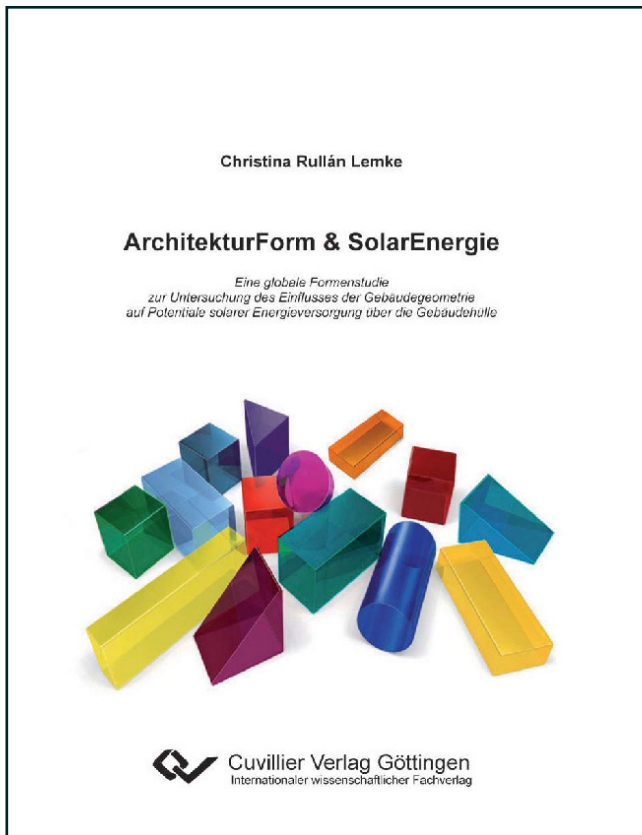




Christina Rullán Lemke (Autor)
ArchitekturForm & SolarEnergie

*Eine globale Formenstudie zur Untersuchung des Einflusses der
Gebäudegeometrie auf Potentiale solarer Energieversorgung über
die Gebäudehülle*



<https://cuvillier.de/de/shop/publications/723>

Copyright:

Cuvillier Verlag, Inhaberin Annette Jentzsch-Cuvillier, Nonnenstieg 8, 37075 Göttingen, Germany
Telefon: +49 (0)551 54724-0, E-Mail: info@cuvillier.de, Website: <https://cuvillier.de>

Inhaltsverzeichnis

Kapitel 1	Einleitung	1
1.1	Problemaufriss und Motivation	1
1.2	Aufbau der Arbeit.....	5
Kapitel 2	Präfossile Solararchitektur	7
2.1	Sonne und Architektur	7
2.2	Autochthone Solararchitektur	8
2.3	Beispiele regionalspezifischer Solararchitektur	9
2.3.1	Tropen: Batak-Häuser	9
2.3.2	Wüste: Kasbah	10
2.3.3	Mediterran: Megaron	12
2.3.4	Mediterran: Priene (Solare Siedlungsform).....	14
2.4	Kriterien einer solaren Gebäudeform.....	15
Kapitel 3	Postfossile Solararchitektur	19
3.1	Energiedesign.....	19
3.2	Erneuerbare Energien in der Architektur	21
3.3	Architektonische Relevanz	23
3.4	Anforderungen zukünftiger Solararchitektur	25
3.4.1	Amplifikation	26
3.4.2	Konzentration.....	26

3.4.3	Kombination.....	27
3.4.4	Integration.....	27
3.4.5	Substitution.....	27
3.4.6	Adaption.....	28
3.5	Gebäudeform und Energie.....	30
3.6	Verlustminimierungs- versus Gewinnmaximierungsstrategie.....	32
3.7	Forschungsfrage.....	34
Kapitel 4	Formbeeinflussende energetische Gebäudekenngrößen (Stand der Forschung)	35
4.1	Oberflächen-Volumen-Verhältnis (A/V) - Verlustminimierung.....	35
4.1.1	Definition.....	35
4.1.2	Kritische Betrachtung des A/V-Verhältnisses.....	41
4.2	EGZ (Entwurfsgütezahl) – Transmissionsgewinnmaximierung.....	41
4.2.1	Definition.....	41
4.2.2	Kritische Betrachtung der Entwurfsgütezahl.....	46
4.2.3	Kritische Betrachtung der Kombination von A/V und EGZ.....	48
4.3	Solar Envelope - Verschattungsminimierung.....	49
4.3.1	Definition.....	49
4.3.2	Konstruktionsprinzip des Solar Envelopes.....	51
4.3.3	Ermittlung räumlicher Einflüsse.....	55
4.3.4	Mathematische Konstruktion des Solar Envelopes.....	56
4.3.5	Programme zur Berechnung eines Solar Envelopes.....	58
4.3.6	Einfluss der Straßenführung.....	60
4.3.7	Kritische Betrachtung des Solar Envelopes.....	63
4.4	Zusammenfassung.....	67
Kapitel 5	Untersuchungsaufbau (Methode)	69
5.1	Forschungsansatz.....	69
5.2	Methodisches Vorgehen.....	69
5.3	Ablaufdiagramm.....	72

Kapitel 6	Anlegen der Datenbanken	73
6.1	Generierung der Formenreihen	73
6.1.1	Formengruppe 1	74
6.1.2	Formengruppe 2	75
6.1.3	Formengruppe 3	75
6.1.4	Formengruppe 4	76
6.1.5	Formengruppe 5	76
6.1.6	Formengruppe 6	77
6.1.7	Formengruppe 7	78
6.1.8	Grundvolumina	79
6.2	Ermittlung repräsentativer Standorte	79
6.2.1	Kurzeinführung in die Klimatologie	80
6.2.2	Effektive Klimaklassifizierung nach Köppen.....	82
6.2.3	Einführung temperaturrelevanter Klimazonen.....	84
6.2.4	Kurzeinführung in die Demographie	88
6.2.5	Vorgehen zur Ermittlung der Bevölkerungsgewichtung	89
6.3	Erstellung der Parametermatrix	94
6.3.1	Dämmstandard	94
6.3.2	Solarer Wirkungsgrad	94
6.3.3	Belegungsgrad.....	96
6.3.4	Parametermatrix und Zeitachse	97
Kapitel 7	Festlegung der Vorgaben und Untersuchungsgrenzen	98
7.1	Untersuchungsgrenzen – Formen	98
7.2	Untersuchungsgrenzen – Standorte	99
7.3	Untersuchungsgrenzen – Parameter	99
7.4	Untersuchungsgrenzen – Berechnung	100
Kapitel 8	Grundlagen der Berechnung thermischer Verluste (Formelwerk)	103
8.1	Benötigte Eingangsgrößen	103
8.2	Entwicklung einer Formel zur Abschätzung thermischer Verluste	104

Kapitel 9	Grundlagen der Berechnung solarer Strahlung (Formelwerk)	106
9.1	Verwendete Literatur	107
9.2	Physikalische Daten der Sonne	109
9.3	Energieentstehung in der Sonne	110
9.4	Extraterrestrische Strahlung E_0 und Solarkonstante I_{Sc}	112
9.5	Atmosphärendurchgang	115
9.5.1	Aufbau der Atmosphäre	115
9.5.2	Optisches Fenster	117
9.5.3	Strahlungsspektrum	117
9.6	Modellierung der Erdatmosphäre	118
9.6.1	CD-Atmosphäre (clear, dry)	119
9.6.2	RNC-Atmosphäre (real, no clouds)	119
9.6.3	RC-Atmosphäre (real, cloudy)	119
9.7	Extinktionsvorgänge beim Atmosphärendurchgang	119
9.7.1	Rayleigh-Streuung	121
9.7.2	Mie-Streuung	121
9.7.3	Mehrfachreflexion zwischen Himmel und Umgebung	122
9.7.4	Gesamtbetrag der Diffusstrahlung $E_{DMR,RNC}$	123
9.8	Air Mass AM	124
9.8.1	Extinktion in der CD-Atmosphäre	126
9.8.2	Absorption durch Ozon	127
9.8.3	Absorption durch Permanentgase	127
9.8.4	Streuung an Molekülen	128
9.8.5	Absorption durch Wasserdampf	128
9.8.6	Streuung an Aerosolen	129
9.9	Einfluss der Bewölkung auf die Solarstrahlung	130
9.9.1	Wolkenklassifikation	132
9.9.2	Einfluss der Bewölkung auf den Direktstrahlungsanteil	133
9.9.3	Einfluss der Bewölkung auf den Diffusstrahlungsanteil	133
9.9.4	Bedeckungsgrad	133

9.10	Global-, Direkt- und Diffusstrahlung.....	134
9.11	Direktstrahlung auf geneigte Flächen	135
9.11.1	Zeitgleichung Z	136
9.11.2	Wahre Ortszeit (WOZ) t_S	136
9.11.3	Die sechs Winkel zur Bestimmung des Sonnenstandes.....	137
9.11.4	Breitengrad φ	138
9.11.5	Stundenwinkel ω	138
9.11.6	Deklination δ	138
9.11.7	Monatsmittlerer Tag m	138
9.11.8	Zenitwinkel θ_Z	139
9.11.9	Sonnenhöhenwinkel (Elevation) α	139
9.11.10	Azimutwinkel a_S	140
9.11.11	Stundenwinkel des Sonnenauf- und -untergangs ω_S	140
9.11.12	Tageslänge t_d	140
9.11.13	Berechnung des Einfallswinkels auf einen beliebig ausgerichteten Kollektor K	141
9.11.14	Neigungswinkel β und Azimut a_K einer beliebig orientierter Flächen K	141
9.11.15	Einfallswinkel der Direktstrahlung $\theta_{Dir,K}$ auf beliebig orientierte Flächen K	141
9.11.16	Stundenwinkel des Sonnenuntergangs $\omega_{S,K}$ beliebig orientierter Flächen K	142
9.11.17	Tageslänge $t_{d,K}$ für eine beliebig orientierte Fläche K	143
9.12	Extraterrestrische Strahlung	144
9.12.1	Intensität extraterrestrischer Strahlung I_0 auf eine horizontale Fläche.....	144
9.12.2	Summe extraterrestrischer Strahlung E_0 auf eine horizontale Fläche	144
9.13	Berechnung der stündlichen Global- und Diffusstrahlung.....	144
9.14	Clearness Index k_T	145
9.15	Modelle zur Bestimmung des Clearness Index.....	146
9.15.1	Modell nach Page	146
9.15.2	Modell nach Liu und Jordan.....	147
9.15.3	Modell nach Bendt et al.	147
9.15.4	Ergänzung durch Herzog.....	148
9.15.5	Modell von Hollands und Huget.....	148
9.15.6	Modell von Klein und Beckmann.....	149

9.16	Bestimmung des Diffusanteils über den Clearness Index	149
9.17	Bestimmung des Direktanteils über den Diffusanteil	150
9.18	Global-, Direkt- und Diffusstrahlung auf beliebig ausgerichtete Empfangsflächen K	150
9.18.1	Stündliche Direktstrahlung $\dot{G}_{Dir,K}$ auf eine beliebig ausgerichtete Fläche K	150
9.18.2	Stündliche Diffusstrahlung $\dot{G}_{Diff,K}$ auf eine beliebig ausgerichtete Fläche K	151
9.18.3	Stündliche Reflexionsstrahlung $\dot{G}_{Ref,K}$ auf eine beliebig ausgerichtete Fläche K	152
9.18.4	Stündliche Globalstrahlung $\dot{G}_{G,K}$ auf beliebig geneigte, ausgerichtete Flächen	152
Kapitel 10	Einführung der meteorologischen Datenquelle	153
10.1	Kurze Einführung in die Meteorologie.....	153
10.2	Messung der Solarstrahlung in Bodenstationen	154
10.3	Probleme mit Strahlungsmessung von Bodenstationen	155
10.4	Satellitenmeteorologie	156
10.5	Vorteile der Satellitenmeteorologie.....	157
10.6	Verfügbare Datensätze zur Solarstrahlung.....	158
10.7	Beschreibung der meteorologischen Datenbank SSE.....	160
Kapitel 11	Validierung der Strahlungsberechnung	163
11.1	Globalstrahlung auf die Horizontale.....	163
11.2	Globalstrahlung auf geneigte südorientierte Empfangsflächen.....	164
11.3	Globalstrahlung auf eine senkrechte Südfassade	164
11.4	Globalstrahlung auf eine senkrechte Nordfassade	166
11.5	Globalstrahlung auf senkrechte Ost- und Westfassaden.....	167
11.6	Zusammenfassung	169
Kapitel 12	Vorstellung des entwickelten Programms	170
12.1	Beschreibung des Programmaufbaus	171
12.2	Eingabe und Verwaltung allgemeiner Gebäudedaten	172
12.3	Gebäudedatenblatt	173
12.4	Gebäudeformeingabe	173
12.5	Standorteingabe	175

Kapitel 13	Durchführung der Untersuchung	178
13.1	Ablauf des Versuchs.....	178
13.2	Kombination.....	178
13.3	Kalkulation.....	179
13.4	Rotation.....	179
13.5	Selektion.....	179
13.6	Sortierung.....	179
Kapitel 14	Analyse der Einzelergebnisse	180
14.1	Aufbau und Erläuterung des Formenranking-Datenblattes.....	181
14.2	Nutzung der Entwurfsempfehlungen des Formenrankings.....	184
Kapitel 15	Graphische Analyse der Gesamtergebnisse	186
15.1	Beschreibung der Analysemethode.....	186
15.2	Durchgeführte Untersuchungen.....	188
15.3	Kompaktheit (A/V-Verhältnis).....	189
15.4	Oberfläche.....	190
15.5	Konventionell / Unkonventionell.....	191
15.6	Konventionell / Unkonventionell (kleine A/V).....	192
15.7	Konventionell / Unkonventionell (mittlere A/V).....	193
15.8	Konventionell / Unkonventionell (große A/V).....	194
15.9	Höhe.....	195
15.10	Quader / Pyramide (flach).....	196
15.11	Quader / Pyramide (mittelhoch).....	197
15.12	Quader / Pyramide (hoch).....	198
15.13	Gruppe1.....	199
15.14	Gruppe 2.....	200
15.15	Gruppe 3.....	201
15.16	Gruppe 4.....	202
15.17	Gruppe 5.....	203

15.18	Gruppe 6	204
15.19	Gruppe 7	205
15.20	Zusammenfassung	206
Kapitel 16	Mathematische Analyse der Gesamtergebnisse	207
16.1	Verhältnis: Gradtage G_t zu Jahresenergiebilanz	209
16.2	Verhältnis: Globalstrahlung/Gradtage E_{Glob} / G_t zu Jahresenergiebilanz	210
16.3	Verhältnis: Kompaktheit A/V zur Einstrahlung auf die Oberfläche E_O	213
16.4	Verhältnis: Oberfläche O zur Jahresenergiebilanz	214
16.5	Verhältnis: Ober-/Grundfläche O/G zu Einstrahlung Oberfl./Globalstrahlung E_O / E_{Glob}	215
16.6	Verhältnis: Grundfläche G zu Einstrahlung Oberfläche/Globalstrahlung E_O / E_{Glob}	217
Kapitel 17	Vertiefende Einzelstudien	218
17.1	Standortstudie	218
17.1.1	Klimadiagramme	219
17.1.2	Jahresverlauf Heiz- und Kühlgradtage	219
17.1.3	Jahresverlauf Transmissionsverluste	220
17.1.4	Jahresverlauf Albedo, Bewölkung und Clearness Index	221
17.1.5	Jahresverlauf Extraterrestrische, Global-, Direkt- und Diffusstrahlung	222
17.1.6	Tagesverlauf Bewölkung und Clearness Index	223
17.1.7	Tagesverlauf Extraterrestrische, Global-, Direkt- und Diffusstrahlung	224
17.1.8	Orientierungsabhängige optimale Neigung der Empfangsflächen	225
17.1.9	Jahresverlauf der Monatsenergiebilanzen	227
17.1.10	Matrix der Jahressummen-Energiebilanzen	228
17.1.11	Analyse der Standortmatrix	229
17.2	Rankingstudie	230
17.2.1	Einfluss der Parameter	230
17.2.2	Einfluss des Standortes	231
17.2.3	Einfluss des Sortierungsmerkmals	232
17.2.4	Analyse der Rankingmatrix	233

17.3	Rotationsstudie.....	235
17.3.1	Aufbau der Rotationsstudie.....	235
17.3.2	Ergebnisse.....	239
17.4	Potentialstudie.....	240
Kapitel 18	Zusammenfassung und Diskussion der Ergebnisse	244
Kapitel 19	Schlussbetrachtung	251
19.1	Das Werkzeug und sein Nutzen	251
19.2	Grenzen der Übertragbarkeit.....	252
19.2.1	Realität des Entwurfsprozesses.....	252
19.2.2	Altbau-Neubau-Diskussion	253
19.3	Gesellschaftliche Bedeutung	256
19.4	Ausblick und Schlusswort.....	258
	Abbildungsverzeichnis	262
	Tabellenverzeichnis	268
	Literaturverzeichnis	270
	Anhänge (A bis J).....	285
	Anhang A: Formengruppen.....	287
	Anhang B: Repräsentative Standorte.....	301
	Anhang C: Formenranking Madrid nach Jahresenergiebilanz	305
	Anhang D: Übersichtsmatrix aller 42 Standorte bei mittleren Parametern	311
	Anhang E: Ergebnisfelder mit Farbfilter zur Musteranalyse des Einflusses der Kompaktheit	314
	Anhang F: Zusammenfassende Übersicht der Ergebnisfelder.....	321
	Anhang G: Standortstudie (meteorologisch).....	324
	Anhang H: Formenranking Madrid (nach Jahresenergiebilanz bei schlechten Parametern).....	335
	Anhang I: Rankingstudie – Station Nord / Dakar (nach Einstrahlungsdichte u. Jahresenergiebilanz) ...	341
	Anhang J: Standortstudie (Auswertung des Formenrankings).....	346