



Johannes Rieke (Autor)
**Bewertung von CFK-Strukturen in einem
multidisziplinären Entwurfsansatz für
Verkehrsflugzeuge**



<https://cuvillier.de/de/shop/publications/6336>

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

Abbildungsverzeichnis	v
Tabellenverzeichnis	xi
Symbolverzeichnis	xiii
1 Einleitung	1
1.1 Motivation	1
1.2 Stand der wissenschaftlichen Entwicklung bei der Strukturmassenvorhersage	5
1.2.1 Modellgeneratorfähigkeiten	7
1.2.2 Lastfälle und Lasten	10
1.2.3 Analyseverfahren und Dimensionierung	10
1.2.4 Aeroelastikfähigkeiten	11
1.2.5 Gesamtentwurfskapazitäten	12
1.3 Ziel der Arbeit	12
1.4 Vorgehensweise	13
2 Flugzeugentwurf	15
2.1 Entwurfsprozess eines Verkehrsflugzeuges	15
2.1.1 Phasen des Flugzeuggesamtentwurfs	15
2.1.2 Eingliederung und Rolle des Vorentwurfs	17
2.2 <i>Tools</i> für den Flugzeuggesamtentwurf	18
2.2.1 Gesamtentwurfsverfahren	18
2.2.2 Multidisziplinäre Analysemethoden	20
2.3 Entwurfsprogramm PrADO	20
2.3.1 Programmstruktur PrADO	21
2.3.2 Entwurfsmodule	23
2.3.3 Strukturdimensionierungs- und Aeroelastikmodul Modul SAM	25
3 Analyse- und Entwurfsmethoden für den multidisziplinären Entwurf	29
3.1 Einleitung	29
3.2 Auswahl und Berechnung von kritischen Lastfällen	30
3.2.1 Bodenmanöver und Landevorgänge	31
3.2.2 Manöver- und Böenlasten	32
3.2.3 Weitere Lasten	33
3.2.4 Zusammenstellung der relevanten Lastfälle	34



3.3	Stationäre Strömung der Gesamtkonfiguration	35
3.3.1	Numerische Aerodynamikverfahren im Flugzeugentwurf	35
3.3.2	Strömungsberechnung mit dem Panelverfahren HISSS	37
3.3.3	Anpassen der Zirkulationsverteilung	40
3.4	Strukturanalyse	44
3.4.1	Grundlegende Annahmen	44
3.4.2	Analyse von Faser-Kunststoff-Verbunden	44
3.4.3	Berechnung des Stabilitätsverhaltens	55
3.4.4	Beulanalyse - Vergleich mit analytischer Methode und linearer FEM	63
3.5	Strukturdimensionierungsverfahren	68
3.5.1	Einleitung	68
3.5.2	<i>Fully Stressed Design</i> und <i>Fully Exerted Design</i>	71
3.5.3	Dimensionierung gegen Beulen	73
3.6	Statische Aeroelastik	74
3.6.1	Strukturauslegung mit Verformungseinfluss	76
3.6.2	<i>Aeroelastic Tailoring</i> - Theorie	79
3.6.3	<i>Aeroelastic Tailoring</i> - Beispiel	84
4	Validierung	89
4.1	Entwurfsstudie eines Mittelstreckenflugzeug	89
4.1.1	Vergleich der Strukturmassen und der Gesamtentwurfsdaten mit dem Referenzflugzeug	90
4.1.2	Einfluss der Schneeballeffekte	95
4.1.3	Dimensionierung mit und ohne Beulkriterium	96
4.1.4	Anpassung der Zirkulationsverteilung	98
4.1.5	Rückrechnung der <i>jigshape</i> aus der <i>flightshape</i>	101
4.2	Entwurfsstudie eines Langstreckenflugzeugs	103
4.2.1	Vergleich der Strukturmassen und der Gesamtentwurfsdaten mit dem Referenzflugzeug	103
4.2.2	Vergleich mit der gestreckten Version	105
4.3	Zusammenfassung der Validierungsergebnisse	107
5	Parameterstudien	109
5.1	Parameterstudie am Mittelstreckenflugzeug	109
5.1.1	Einfluss der Zirkulationsverteilung im Reiseflug ohne Einfluss der Elastizität auf die <i>flightshape</i>	109
5.1.2	Einfluss der statischen Aeroelastik auf die Variation der Zirkulationsverteilung	114
5.2	Parameterstudie am Beispiel eines Langstreckenflugzeuges	117
5.2.1	Einfluss der Zirkulationsverteilung im Reiseflug ohne Einfluss der Elastizität auf die <i>flightshape</i>	117
5.2.2	Einfluss der statischen Aeroelastik	119
5.3	Vergleich der Effekte am Mittel- und Langstreckenflugzeug	121



6	<i>Aeroelastic Tailoring</i>-Studie an einem Mittelstreckenflugzeug	125
6.1	Fragestellung	125
6.2	Vorgehen	126
6.3	<i>Aeroelastic Tailoring</i> des vorwärtsgepfeilten Flügels	129
6.3.1	Einfluss auf den Gesamtentwurf	129
6.3.2	Querruderwirksamkeit	132
6.4	<i>Aeroelastic Tailoring</i> des rückwärtsgepfeilten Flügels	135
6.4.1	Einfluss auf den Gesamtentwurf	135
6.4.2	Querruderwirksamkeit	137
6.5	Vergleich der Ergebnisse der <i>Tailoring</i> -Studie	139
6.6	Verbesserung des vorwärtsgepfeilten Entwurfs	140
6.7	Fazit der <i>Tailoring</i> -Studie	144
7	Zusammenfassung, Schlussfolgerung und Ausblick	147
	Literaturverzeichnis	153
A	Analyse- und Entwurfsmethoden	167
A.1	Landestoß	167
A.2	Beulsicherheit	167
A.3	<i>Tailoring</i>	171
B	Validierung	175
B.1	Vergleich der Strukturmassen MR A/C	176
B.2	Anpassung der Zirkulationsverteilung MR A/C	178
B.3	Dimensionierung mit und ohne Beulkriterium MR A/C	181
B.4	Vergleich der Strukturmassen LR A/C	184
B.5	Vergleich der Strukturmassen PrADO-PIANO	186
C	Parameterstudien	189
C.1	MR A/C	190
C.2	LR A/C	198
D	<i>Tailoring</i>-Studien	205
E	Materialdaten	219
F	Laminatdaten	221
G	Berechnung der Querruderwirksamkeit	225