

# Inhaltsverzeichnis

	Seite
<b>1 Einführung.....</b>	<b>6</b>
<b>2 Die Rahmenbedingungen.....</b>	<b>9</b>
<b>3 Definitionen und Konventionen.....</b>	<b>12</b>
3.1 <i>Koordinatensysteme</i> .....	12
3.2 <i>Massenträgheitsmomente</i> .....	13
3.3 <i>Anstellwinkel</i> .....	14
3.4 <i>Geschwindigkeitsdefinitionen</i> .....	16
<b>4 Strömungsabriss und Post Stall Gyration.....</b>	<b>17</b>
4.1 <i>Strömungsabriss</i> .....	17
4.2 <i>Post Stall Gyration</i> .....	17
4.2.1 Übersicht.....	17
4.2.2 Gerissene Rolle (Flick Roll, Snap Roll) .....	19
4.2.3 Selbstinduzierte Rolle.....	19
4.2.4 Taumeln (Tumbling).....	20
4.2.5 Spiralsturz, Steilspirale .....	20
<b>5 Das Trudeln .....</b>	<b>21</b>
5.1 <i>Die Trudelphasen</i> .....	21
5.1.1 Die Eingangsphase.....	22
5.1.2 Die Übergangsphase .....	24
5.1.3 Die ausgebildete Trudelbewegung .....	25
5.1.4 Die Beendigungsphase.....	28
5.2 <i>Trudelformen</i> .....	28
5.2.1 Flachtrudeln .....	29
5.2.2 Rückentrudeln (Inverted Spin) .....	30
5.2.3 Oszillierendes Trudeln.....	31
5.3 <i>Trudeleffekte</i> .....	35
5.3.1 Accelerated Spin .....	35
5.3.2 Crossover Spin.....	36
5.3.3 Pirouetteneffekt.....	36
<b>6 Masseneffekte beim Trudeln.....</b>	<b>37</b>
6.1 <i>Grundlagen</i> .....	37
6.1.1 Analogie zwischen Translation und Rotation.....	37
6.1.2 Massenträgheitsmoment .....	37
6.2 <i>Trägheitskopplung (Inertial Coupling)</i> .....	38
6.2.1 Zentrifugalkräfte/Kräfte nicht auf einer Wirkungslinie.....	39
6.2.2 Präzessionsmomente .....	41
6.3 <i>Trudeln Ausleiten unter Ausnutzung der Präzessionsmomente</i> .....	45
6.3.1 Rumpflastige Flugzeuge ("fuselage loaded" aircraft).....	45
6.3.2 Flügellastige Flugzeuge ("wing loaded" aircraft) .....	46

<b>7 Konstruktive Beeinflussung der Trudeleigenschaften.....</b>	<b>47</b>
7.1 <i>Allgemeines .....</i>	47
7.2 <i>Leitwerk und Massenträgheitsmomente .....</i>	47
7.2.1 Auslegung des Seitenleitwerks .....	48
7.2.2 Massenverteilung und Trägheitsmomente .....	51
7.2.3 Relative Dichte $\mu$ .....	53
7.2.4 Zusammenführung dieser drei Merkmale.....	54
7.2.5 Bestimmung der Massenträgheitsmomente .....	55
7.2.5.1 Rechnerische Methode.....	55
7.2.5.2 Experimentelle Methode.....	55
7.2.5.3 Statistische Methode .....	56
7.3 <i>Weitere Möglichkeiten .....</i>	63
7.3.1 Rumpfquerschnitt .....	63
7.3.2 Bestimmung der Rumpfseitenfläche.....	65
7.3.3 Verhältnis von Rumpf-Nasenlänge zu Rumpf-Hecklänge .....	66
7.3.4 Strakes und Finnen .....	67
7.3.5 Drooped Leading Edge/MOLE.....	68
<b>8 Die Bauvorschriften .....</b>	<b>70</b>
8.1 <i>Geschichtliche Entwicklung.....</i>	70
8.2 <i>Übersicht der Bauvorschriften .....</i>	71
8.2.1 Zweimotorige Flugzeuge .....	74
8.2.2 "Spin resistant"-Zulassung.....	75
8.2.2.1 Hintergründe .....	75
8.2.2.2 "Spin resistant" unter CS-23 und FAR-23 .....	77
8.2.2.3 "Spin resistant" unter CS-LSA .....	79
8.2.3 Zulassung von Experimentalen/Homebuilts/Oldtimers .....	80
8.2.4 Ultraleichtflugzeuge .....	81
8.3 <i>Gesamtrettungssysteme.....</i>	82
8.4 <i>Anstellwinkelfühler, Überziehwarngeräte und Stick Pusher .....</i>	82
<b>9 Erprobung der Trudeleigenschaften .....</b>	<b>85</b>
9.1 <i>Vorversuche .....</i>	85
9.1.1 Allgemeines .....	85
9.1.2 Modellgesetze .....	85
9.1.3 Erprobung im Trudelwindkanal.....	87
9.1.4 Erprobung mit ferngesteuertem Flugmodell.....	88
9.2 <i>Der Flugversuch .....</i>	90
9.2.1 Ziele der Trudelerprobung .....	90
9.2.2 Flugversuche vor der Trudelerprobung .....	91
9.2.2.1 Stabilitätsuntersuchungen .....	91
9.2.2.2 Überziehversuche .....	92
9.2.3 Vorbereitung der Versuche.....	93
9.2.4 Sicherheitsvorkehrungen .....	94
9.2.4.1 Anti-Trudelschirm .....	95
9.2.4.2 Raketen, Ballast und Spreizflosse.....	97
9.2.4.3 Fallschirm, Absprung, Notausstieg.....	97
9.2.4.4 Begleitflugzeug (Chase Airplane) .....	98
9.2.4.5 Vorbesprechung der Versuche (Preflight Briefing).....	99

9.2.4.6	Vorbereitung und Voraussetzungen des Testpiloten .....	99
9.2.5	Testinstrumentierung .....	100
9.2.6	Trudeln einleiten und Aufbau der Versuche (Spin Build-up) .....	102
9.2.7	Trudelmatrix .....	104
9.2.8	Testkarte und Dokumentation am Beispiel der Hoffmann H 40 .....	106
9.2.9	Stone-Prinzip .....	109
<b>10</b>	<b>Trudeln ausleiten.....</b>	<b>110</b>
10.1	<i>Generelles zum Ausleiten.....</i>	110
10.2	<i>Drehrichtung bestimmen .....</i>	111
10.3	<i>Das NASA-Standardverfahren.....</i>	113
10.4	<i>PARE.....</i>	115
10.5	<i>Beggs-Müller-Verfahren.....</i>	116
10.6	<i>Weitere unterstützende Möglichkeiten.....</i>	116
10.7	<i>Ausleiten aus dem Rückentrudeln.....</i>	118
<b>11</b>	<b>Festlegen des Notverfahrens zum Ausleiten von Trudeln .....</b>	<b>119</b>
<b>12</b>	<b>Fazit und Schlussbemerkung .....</b>	<b>121</b>
12.1	<i>An den Piloten.....</i>	121
12.2	<i>An den Konstrukteur .....</i>	124
<b>13</b>	<b>Literaturverzeichnis.....</b>	<b>125</b>