

# Inhalt

Vorwort .....	6
Hinweise zum Buch .....	7
Wichtige Abkürzungen .....	8
Schnellübersicht für den Drohnenflug .....	11
Betrieb in der Kategorie „OFFEN“,	
Niedriges Risiko .....	13
Betrieb in der Kategorie „Speziell“,	
Mittleres Risiko .....	15
Betrieb in der Kategorie	
„Zulassungspflichtig“, Höheres Risiko .....	16
Übersicht über den zeitlichen Ablauf	
von wichtigen Regularien .....	17
1 Begriffsbestimmungen .....	18
1.1 Begrifflichkeiten zur unbemannten	
Luftfahrt .....	18
1.1.1 Flugmodell und unbemanntes	
Luftfahrzeug .....	18
1.1.2 Wichtige Definitionen .....	19
Themenfeld 2 –	
Luftverkehrsrecht, Betriebsregeln .....	23
2.1 Einführung (A1/A3) .....	23
2.2 Luftverkehrssystem und	
Europäische Regulierung .....	24
2.2.1 Einführung in die EASA .....	24
2.2.2 Die EU-Grundverordnung .....	25
2.2.3 Das nationale Luftverkehrsrecht .....	26
2.2.4 Die nationalen Luftverkehrs-	
Verordnungen .....	26
2.2.5 Die nationale Luftfahrtverwaltung .....	27
2.3 Betriebsvorschriften für UAS .....	28
2.3.1 Betriebskategorie OFFEN (open) .....	29
2.3.1.1 Allgemeine Bestimmungen,	
Flugregeln und Betriebsverbote .....	29
2.3.1.2 UAS Betrieb in der	
Unterkategorie A1 .....	30
2.3.1.3 UAS Betrieb in der	
Unterkategorie A2 .....	32
2.3.1.4 UAS Betrieb in der	
Unterkategorie A3 .....	33
2.3.2 Betriebskategorie SPEZIELL (specific) .....	34
2.3.2.1 Verfahren für eine	
Betriebsgenehmigung .....	35
2.3.2.1.1 SORA (Risikoanalyse	
des geplanten UAS-Betriebs) .....	36
2.3.2.1.2 Standardszenarien STS .....	38
2.3.2.1.2.1 Anwendungsfall für den	
Betrieb nach STS-01 .....	39
2.3.2.1.2.2 Praktisches Fallbeispiel	
STS 2 .....	39
2.3.2.1.3 Vordefinierte Risikobewer-	
tungen PDRA .....	41
2.3.2.1.4 Betreiberzeugnis LUC .....	42
2.3.2.2 Betriebskategorie	
ZULASSUNGSPFLICHTIG (certified) .....	42
2.3.2.3 Ausnahmen für Behörden und	
Organisationen mit Sicherheitsaufgaben .....	43
2.3.2.4 Modellflug .....	43
2.4 Qualifikation der Fernpilot:innen .....	44
2.4.1 EU-Kompetenznachweis A1/A3 .....	44
2.4.2 EU-Fernpilotenzeugnis .....	47
2.4.3 Syllabus EU-Fernpilotenzeugnis A2 .....	48
2.4.4 Praktische Selbsterklärung .....	50
2.5 Registrierung von UAS Betreiber:innen .....	50
2.6 Pflichten der verantwortlichen	
UAS Betreiber:innen .....	51
2.7 Pflichten der Fernpilot:innen .....	52
2.8 Technische Anforderungen an UAS .....	54
2.8.1 Konformität und Veränderungen	
an UAS .....	54
2.8.2 Klassifizierung UAS-Klassen .....	55
2.8.2.1 MTOM-Grenze von 25 kg .....	56
2.8.2.2 Aufprallenergie-Grenze .....	56
2.8.2.3 Limitierung Höchst-	
geschwindigkeit .....	56
2.8.2.4 Langsamflugmodus .....	57
2.8.2.5 Höhenlimitierung .....	57
2.8.2.6 Fernidentifizierung .....	57
2.8.2.7 Geo-Sensibilisierung .....	57
2.8.2.8 Geo-Fence System .....	57
2.8.2.9 Zusätzliche	
Systemanforderungen .....	58
2.8.2.10 UAS-Klassen C5 und C6 .....	59
2.8.3 UAS ohne Klassifizierung – Bestands-	
und Übergangsregelungen .....	59
2.9 Geografische Gebiete	
für den UAS Betrieb .....	61
2.9.1 UAS-Betrieb in geografischen	
Gebieten (§21h LuftVO) .....	62
2.9.2 Auflistung der Bedingungen der	
geografischen Gebiete in Deutschland .....	64
2.9.2.1 Abstand zu Flugplätzen .....	66
2.9.3 Besonderheiten bei	
Menschenansammlungen .....	68
2.10 Luftraumordnung / Luftraumstruktur .....	68
2.10.1 Unkontrollierter Luftraum .....	69
2.10.1.1 Luftraum G (Golf) .....	69
2.10.2 Kontrollierter Luftraum .....	72
2.10.2.1 Luftraum C (Charlie) .....	72
2.10.2.2 Luftraum D (Delta) .....	73
2.10.2.3 Luftraum D-CTR (Delta CTR) .....	73
2.10.2.4 Luftraum E (Echo) .....	73
2.10.3 Sondergebiete ED-R, ED-D,	
TMZ, RMZ, ATZ .....	76
2.10.3.1 Flugbeschränkungsgebiete ED-R .....	76
2.10.3.2 Gefahrenggebiete (ED-D) .....	77
2.10.3.3 Radio Mandatory Zone (RMZ) .....	77
2.10.3.4 Aerodrome Traffic Zone (ATZ) .....	77
2.10.3.5 Transponder Mandatory Zone .....	78
2.10.3.6 Sichtflugbedingungen	
in den Lufträumen .....	78
2.10.4 ICAO-Karten der BRD .....	79
2.10.4.1 ICAO-Kartenblätter .....	79

2.10.4.2 Die Kartensymbole der ICAO-Karte.....	79
2.11 Aufstieg in einer Kontrollzone D-CTR.....	88
2.12 U-Space.....	90
2.13 Amtliche Veröffentlichungen für die Flugvorbereitung.....	91
2.13.1 Gemeinsame Informationsdatenbank (Common Information Service, CIS).....	91
2.13.2 Das Luftfahrthandbuch AIP.....	92
2.13.3 Nachrichten für Luftfahrer.....	92
2.13.4 NOTAM.....	93
2.13.5 VFR-Bulletin und Drohnen-Apps.....	93
2.14 Haftpflichtversicherung.....	94
2.14.1 Weitere sinnvolle Versicherungen in Zusammenhang im Betrieb von UAS.....	94
2.14.1.1 Elektronik Versicherung.....	94
2.14.1.2 Foto- und Videografen Versicherung.....	95
2.14.1.3 Cyberversicherung.....	95
<b>Themenfeld 3 – Persönlichkeitsrecht, Datenschutz, Urheberrecht.....</b>	<b>96</b>
3.1. Die Zulässigkeit von Luftaufnahmen.....	96
3.1.1 Das Allgemeine Persönlichkeitsrecht.....	97
3.1.2 Das Recht am eigenen Bild.....	98
3.1.3 Der Datenschutz.....	99
3.1.3.1 Das Recht auf informationelle Selbstbestimmung.....	100
3.1.3.2 Die DSGVO.....	101
3.1.3.3 Das Bundesdatenschutzgesetz.....	103
3.1.4 Das Urheberrecht.....	103
3.1.4.1 Der urheberrechtliche Schutz von Werken der Baukunst.....	103
3.1.4.2 Geschützte Bauwerke als „unwesentliches Beiwerk“.....	104
3.1.4.3 Die Zulässigkeit der Anfertigung von „Privatkopien“.....	105
3.1.4.4 Die sog. „Panoramafreiheit“.....	105
3.1.5 Das Markenrecht.....	106
3.2 Der Schutz von Luftaufnahmen durch das Urheberrecht.....	106
<b>THEMENFELD 4 –</b>	
Allgemeine UAS Kunde.....	108
4.1 Allgemeine Kenntnisse UAS.....	108
4.1.1 Grundprinzipien des Fliegens.....	108
4.1.1.1 Auftriebskraft bei einem Flugzeug mit Tragflächen (Starrflügler).....	108
4.1.1.2 Auftriebskraft durch Propeller.....	109
4.1.2 Verschiedene Drehrichtungen der Rotorblätter bei Multikoptern.....	110
4.1.3 Fluglageregelung bei einem Multikopter.....	111
4.1.4 Steuerung des Multikopters.....	111
4.1.5 Steuerung eines Starrflüglers.....	113
4.1.6 Fluglage – und Assistenzsysteme, GPS.....	114
4.1.7 Flugmodi.....	115
4.1.8 Eigenschaften Funkwellen.....	117
4.1.9 Datenlink/Datenverbindung (command & control).....	118
4.1.10 Fernidentifizierung.....	120

4.2 Flugleistung eines UAS und Limits (auch A2).....	120
4.2.1 Anweisungen Benutzerhandbuch des UAS.....	120
4.2.2 Hauptkomponenten des UAS.....	120
4.2.2.1 Die Strukturkomponente.....	121
4.2.2.2 Die Antriebskomponente.....	123
4.2.3 Masse Schwerpunktermittlung.....	124
4.2.3.1 Begriff der Masse.....	124
4.2.3.2 Masse-Unterteilungen.....	125
4.2.3.3 Schwerpunkt.....	126
4.2.3.4 Schwerpunktsverschiebung.....	127
4.2.4 Typische Flugleistungen und Betriebsbereiche Multikopter, Flächenflugzeug und Hybrid.....	129
4.2.4.1 Betriebsbereiche.....	129
4.2.4.2 Flug-Leistungswerte, MTOW, Reichweite, Mindestgeschwindigkeit.....	131
4.2.5 Zulässiger Flugbereich, Einschränkungen.....	131
4.2.5.1 Systembeschränkungen allgemein.....	131
4.2.5.1 Flight-Envelope.....	132
4.2.5.2 Weight & Balance.....	134
4.2.5.3 Limitierung durch Energiespeicher.....	135
4.2.6 Nutzlasten (auch A2).....	135
4.2.6.1 Störungen der Aerodynamik.....	136
4.2.6.2 Sicherung Nutzlast.....	136
4.2.7 Gefahrgut (auch A2).....	137
4.3 Akkumulator (auch A2).....	137
4.3.1 Funktionsweise eines Akkus.....	138
4.3.1.1 Galvanisches Element (Zelle).....	138
4.3.1.2 Typen der galvanischen Zelle.....	139
4.3.2 Anordnung der Akkumulatoren.....	140
4.3.3 Wichtige Kennwerte eines Lithium-Ionen-Akkus.....	140
4.3.4 Laden und Entladen des Li-Ion-Akkus.....	143
4.3.4.1 Lade-/Entladeverhalten.....	144
4.3.4.2 Ladegeräte & Lademanagement.....	144
4.3.5 Betrieb und Laden bei Kälte.....	146
4.3.6 Lagerung und Entsorgung des Li-Ion-Akkus (auch A2).....	146
4.3.7 Zusammenfassung Sicherheitsregeln (auch A2).....	147
<b>THEMENFELD 5 –</b>	
Flugbetriebsverfahren/Risiken.....	149
5.1 Flugvorbereitung.....	149
5.1.1 Flugvorbereitung und mitzuführende Unterlagen.....	149
5.1.2 Checklisten.....	150
5.1.3 Fluggebiet und Aufstiegsplatz.....	152
5.1.4 Beteiligte Personen.....	153
5.2 Flugbetrieb und Risiken beim Betrieb.....	155
5.2.1 Abflug- und Normalverfahren.....	155
5.2.2 Flug in Sichtweite, Follow-Me, FPV.....	156
5.2.2.1 VLOS.....	156
5.2.2.2 Follow-Me-Modus.....	156
5.2.2.3 Extended VLOS und FPV-Flug.....	162
5.2.3 BVLOS.....	162
5.2.4 Beleuchtung Ausrüstung für Nachtflugbetrieb.....	162

5.2.5 Risiken beim Betrieb.....	163
5.2.6 Unbeteiligte Person.....	165
5.3 Nichtplanmäßige Verfahren.....	166
5.3.1 Maßnahmen/Verhalten und abnormale Situationen während des Fluges.....	166
5.3.1.1 Verhalten bei Annäherung bemannter Luftfahrzeuge.....	166
5.3.1.2 Verlust bei Orientierung und/oder des Sichtkontaktes.....	167
5.3.1.3 Verlust der Funkverbindung.....	167
5.3.1.4 Spannungsabfall.....	168
5.3.1.5 Kritisches Wetter.....	168
5.3.2 Notfallverfahren.....	169
5.3.3 Meldung von Ereignissen und Störungen.....	171
5.4 Wartung/Dokumentation.....	172
5.4.1 Flugbuch.....	172
5.4.2 Wartung, Instandhaltung, Pflege.....	172
<b>THEMENFELD 6 – Technische/betriebliche Risikominimierung.....173</b>	
6.1 Einführung Safety Management System.....	173
6.2 Risikobewertung.....	174
6.3 Sicherheitsrisiken mit unbeteiligten Personen.....	176
6.4 Sicherheitsbereiche (Arbeitsvolumen, Sicherheitsvolumen, Notfallpuffer).....	177
6.4.1 Arbeitsvolumen.....	177
6.4.2 Sicherheitsvolumen.....	178
6.4.3 Notfallpuffer.....	179
6.5 Minderungsmaßnahmen.....	181
6.5.1 Technische Risikominderungen.....	181
6.5.1.1 Langsamflugmodus.....	181
6.5.1.2 Zusätzliche Minderungen.....	182
6.5.1.3 Flugabbruchsystem (flight termination system).....	182
6.5.1.4 Systeme zur Raumbegrenzung (Geo-Fence Systeme).....	182
6.5.2 Organisatorische Risikominderungen.....	183
6.5.2.1 Organisation von Abläufen / Verantwortlichkeiten.....	184
6.5.2.2 Eindeutige Zuordnung von Verantwortlichkeiten.....	184
6.5.2.3 Qualifikation / Erfahrung des Personals.....	184
6.5.2.4 Trainingsstand des Personals.....	186
6.5.2.5 Kommunikation.....	186
6.5.2.6 Mindset (Einstellung/Verhalten).....	186
6.5.2.7 Just Culture.....	187
6.5.3 Einhaltung der Entfernung zu unbeteiligten Personen.....	187
6.5.3.1 Schätzen von Distanzen (Entfernung, Höhe, relative Abstände).....	188
6.5.3.1.1 Die Erinnerungsmethode.....	189
6.5.3.1.2 Die Vergleichsmethode.....	190
6.5.3.1.3 Daumen(sprung)methode.....	190
6.5.3.2 Mögliche Fehlerquellen beim Entfernungsschätzen.....	191
6.5.3.2.1 Orientierung der Distanz im Raum.....	191
6.5.4 1:1 Regel.....	192

<b>THEMENFELD 7 – Leistungsbeschränkungen des Menschen/Tauglichkeit.....194</b>	
7.1 Erschöpfungszustände / Müdigkeit.....	195
7.2 Berausende Mittel.....	196
7.3 Medikamente.....	196
7.4 Krankheiten.....	197
7.5 I'm SAFE (Ich bin sicher).....	197
7.6 Wahrnehmungshindernisse.....	198
7.6.1 Luftlagebild/ Situational Awareness.....	198
7.6.2 Erfassung von Geschwindigkeiten.....	199
7.6.3 Sichtverhältnisse.....	199
7.6.4 Dämmerung und Dunkelheit.....	199
7.6.5 Nachtbetrieb.....	200

<b>THEMENFELD 8 – Meteorologie.....201</b>	
8.1 Die Atmosphäre.....	201
8.1.1 Zusammensetzung.....	201
8.1.2 Die Standardatmosphäre.....	202
8.2 Wetterbestimmende Größen.....	202
8.2.1 Temperatur.....	202
8.2.2 Luftdruck.....	203
8.2.3 Barometrische Höhenmessung.....	204
8.2.4 Luftdichte.....	206
8.2.5 Luftfeuchte.....	206
8.2.5.1 Eigenschaften.....	206
8.2.5.2 Luftfahrtrelevante Begriffe der Luftfeuchte.....	207
8.2.6 Sichtweite.....	208
8.3 Adiabatischer Vorgang.....	209
8.3.1 Trockenadiabatisch.....	210
8.3.2 Feuchtadiabatisch.....	210
8.4 Luftschichtung.....	212
8.4.1 Stabile und labile Luftschichtung.....	212
8.4.2 Inversion.....	213
8.5 Wolken.....	216
8.5.1 Wolkenarten.....	216
8.6 Nebel.....	217
8.7 Niederschlag.....	218
8.8 Vereisung.....	219
8.8.1 Klareisbildung.....	219
8.8.2 Raueisbildung.....	219
8.9 Gewitter.....	220
8.10 Wind und Turbulenz.....	221
8.10.1 Entstehung des Windes.....	221
8.10.2 Wind mit Erdrotation.....	222
8.10.3 Einfluss der Reibung.....	224
8.10.4 Winddrehung.....	225
8.11 Kleinräumige lokale Windsysteme.....	225
8.11.1 Das Seewind-Landwindssystem.....	225
8.11.2 Berg- und Talwind.....	227
8.12 Turbulenz.....	228
8.13 Sonnenwinde.....	230
8.14 Flugwetterberatung (auch A2).....	231

<b>THEMENFELD 9 – Praktische Kompetenzen.....233</b>	
9.1 Praktische Selbstschulung.....	233
9.2 Befähigungsüberprüfung / Skilltest.....	238
Danksagung.....	239
Die Autoren.....	240