

# 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 Risikobewertungen 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 Höchstgeschwindigkeit .....	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 Gefahrengebiete (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	4.2 Flugleistung eines UAS und Limits (auch A2).....	120
2.11 Aufstieg in einer Kontrollzone D-CTR.....	88	4.2.1 Anweisungen Benutzerhandbuch des UAS.....	120
2.12 U-Space.....	90	4.2.2 Hauptkomponenten des UAS.....	120
2.13 Amtliche Veröffentlichungen für die Flugvorbereitung.....	91	4.2.2.1 Die Strukturkomponente.....	121
2.13.1 Gemeinsame Informationsdatenbank (Common Information Service, CIS).....	91	4.2.2.2 Die Antriebskomponente.....	123
2.13.2 Das Luftfahrtbuch AIP.....	92	4.2.3 Masse Schwerpunkttermittlung.....	124
2.13.3 Nachrichten für Luftfahrer.....	92	4.2.3.1 Begriff der Masse.....	124
2.13.4 NOTAM.....	93	4.2.3.2 Masse-Unterteilungen.....	125
2.13.5 VFReBulletin und Drohnen-Apps.....	93	4.2.3.3 Schwerpunkt.....	126
2.14 Haftpflichtversicherung.....	94	4.2.3.4 Schwerpunktverschiebung.....	127
2.14.1 Weitere sinnvolle Versicherungen in Zusammenhang im Betrieb von UAS.....	94	4.2.4 Typische Flugleistungen und Betriebsbereiche Multikopter, Flächenflugzeug und Hybrid.....	129
2.14.1.1 Elektronik Versicherung.....	94	4.2.4.1 Betriebsbereiche.....	129
2.14.1.2 Foto- und Videografen Versicherung.....	95	4.2.4.2 Flug-Leistungswerte, MTOW, Reichweite, Mindestgeschwindigkeit.....	131
2.14.1.3 Cyberversicherung.....	95	4.2.5 Zulässiger Flugbereich, Einschränkungen.....	131
<b>Themenfeld 3 – Persönlichkeitsrecht, Datenschutz, Urheberrecht .....</b>	<b>96</b>	4.2.5.1 Systembeschränkungen allgemein.....	131
3.1. Die Zulässigkeit von Luftaufnahmen.....	96	4.2.5.1 Flight-Enveloppe.....	132
3.1.1 Das Allgemeine Persönlichkeitsrecht.....	97	4.2.5.2 Weight & Balance.....	134
3.1.2 Das Recht am eigenen Bild.....	98	4.2.5.3 Limitierung durch Energiespeicher.....	135
3.1.3 Der Datenschutz.....	99	4.2.6 Nutzlasten (auch A2).....	135
3.1.3.1 Das Recht auf informationelle Selbstbestimmung.....	100	4.2.6.1 Störungen der Aerodynamik.....	136
3.1.3.2 Die DSGVO.....	101	4.2.6.2 Sicherung Nutzlast.....	136
3.1.3.3 Das Bundesdatenschutzgesetz .....	103	4.2.7 Gefahrgut (auch A2).....	137
3.1.4 Das Urheberrecht .....	103	4.3 Akkumulator (auch A2).....	137
3.1.4.1 Der urheberrechtliche Schutz von Werken der Baukunst.....	103	4.3.1 Funktionsweise eines Akkus.....	138
3.1.4.2 Geschützte Bauwerke als „unwesentliches Beiwerk“.....	104	4.3.1.1 Galvanisches Element (Zelle).....	138
3.1.4.3 Die Zulässigkeit der Anfertigung von „Privatkopien“.....	105	4.3.1.2 Typen der galvanischen Zelle.....	139
3.1.4.4 Die sog. „Panoramafreiheit“.....	105	4.3.2 Anordnung der Akkumulatoren.....	140
3.1.5 Das Markenrecht .....	106	4.3.3 Wichtige Kennwerte eines Lithium-Ionen-Akkus.....	140
3.2 Der Schutz von Luftaufnahmen durch das Urheberrecht.....	106	4.3.4 Laden und Entladen des Li-Ion-Akkus.....	143
<b>THEMENFELD 4 – Allgemeine UAS Kund...</b>	<b>108</b>	4.3.4.1 Lade-/Entladeverhaltens.....	144
4.1 Allgemeine Kenntnisse UAS.....	108	4.3.4.2 Ladegeräte & Lademanagement .....	144
4.1.1 Grundprinzipien des Fliegens.....	108	4.3.5 Betrieb und Laden bei Kälte .....	146
4.1.1.1 Auftriebskraft bei einem Flugzeug mit Tragflächen (Starrflügler).....	108	4.3.6 Lagerung und Entsorgung des Li-Ion-Akkus (auch A2).....	146
4.1.1.2 Auftriebskraft durch Propeller.....	109	4.3.7 Zusammenfassung Sicherheitsregeln (auch A2).....	147
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		
<b>THEMENFELD 5 – Flugbetriebsverfahren/Risiken .....</b>	<b>149</b>		
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
<b>5.3 Nichtplanmäßige Verfahren.....</b>	<b>166</b>
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
<b>5.4 Wartung/Dokumentation.....</b>	<b>172</b>
5.4.1 Flugbuch.....	172
5.4.2 Wartung, Instandhaltung, Pflege.....	172
<b>THEMENFELD 6 – Technische/betriebliche Risikominimierung.....</b>	<b>173</b>
<b>6.1 Einführung Safety Management System.....</b>	<b>173</b>
<b>6.2 Risikobewertung.....</b>	<b>174</b>
<b>6.3 Sicherheitsrisiken mit unbeteiligten Personen.....</b>	<b>176</b>
<b>6.4 Sicherheitsbereiche (Arbeitsvolumen, Sicherheitsvolumen, Notfallpuffer).....</b>	<b>177</b>
6.4.1 Arbeitsvolumen.....	177
6.4.2 Sicherheitsvolumen.....	178
6.4.3 Notfallpuffer.....	179
<b>6.5 Minderungsmaßnahmen.....</b>	<b>181</b>
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.....</b>	<b>194</b>
<b>7.1 Erschöpfungszustände / Müdigkeit.....</b>	<b>195</b>
<b>7.2 Berauschende Mittel.....</b>	<b>196</b>
<b>7.3 Medikamente.....</b>	<b>196</b>
<b>7.4 Krankheiten.....</b>	<b>197</b>
<b>7.5 I'm SAFE (Ich bin sicher).....</b>	<b>197</b>
<b>7.6 Wahrnehmungshindernisse.....</b>	<b>198</b>
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.....</b>	<b>201</b>
<b>8.1 Die Atmosphäre.....</b>	<b>201</b>
8.1.1 Zusammensetzung.....	201
8.1.2 Die Standardatmosphäre.....	202
<b>8.2 Wetterbestimmende Größen.....</b>	<b>202</b>
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
<b>8.3 Adiabatischer Vorgang.....</b>	<b>209</b>
8.3.1 Trockenadiabatisch.....	210
8.3.2 Feuchtadiabatisch.....	210
<b>8.4 Luftsichtung.....</b>	<b>212</b>
8.4.1 Stabile und labile Luftsichtung.....	212
8.4.2 Inversion.....	213
<b>8.5 Wolken.....</b>	<b>216</b>
8.5.1 Wolkenarten.....	216
<b>8.6 Nebel.....</b>	<b>217</b>
<b>8.7 Niederschlag.....</b>	<b>218</b>
<b>8.8 Vereisung.....</b>	<b>219</b>
8.8.1 Klareisbildung.....	219
8.8.2 Rauiesbildung.....	219
<b>8.9 Gewitter.....</b>	<b>220</b>
<b>8.10 Wind und Turbulenz.....</b>	<b>221</b>
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
<b>8.11 Kleinräumige lokale Windsysteme.....</b>	<b>225</b>
8.11.1 Das Seewind-Landwindsystem.....	225
8.11.2 Berg- und Talwind.....	227
<b>8.12 Turbulenz.....</b>	<b>228</b>
<b>8.13 Sonnenwinde.....</b>	<b>230</b>
<b>8.14 Flugwetterberatung (auch A2).....</b>	<b>231</b>
<b>THEMENFELD 9 – Praktische Kompetenzen.....</b>	<b>233</b>
<b>9.1 Praktische Selbstschulung.....</b>	<b>233</b>
<b>9.2 Befähigungsüberprüfung / Skilltest.....</b>	<b>238</b>
<b>Danksagung.....</b>	<b>239</b>
<b>Die Autoren.....</b>	<b>240</b>