

Ein Lehrbuch  
für Piloten  
nach  
europäischen  
Richtlinien

# Flugdurchführung

## Flugleistung von Hubschraubern





# Flugdurchführung

## Teil 4:

### Flugleistung von Hubschraubern

Ein Lehrbuch für Piloten  
nach europäischen Richtlinien

1. Auflage Juli 2016

Final Version 18.08.16

Copyright © 2016 bei K.L.S. Publishing, Köln

Alle Rechte vorbehalten

Vervielfältigungen jeglicher Art z. B. in Form konventioneller Kopiertechnik oder auch mit Mitteln der elektronischen Datenverarbeitung auch in Auszügen nur mit schriftlicher Genehmigung des Verlags

Herstellung: Verschiedene Druckereien im Auftrag des Verlags

Dieses Buch wurde im Digitaldruckverfahren hergestellt.

Verlag: K.L.S. Publishing, Köln

Umschlaggestaltung, Satz und Layout: K.L.S. Publishing, Köln

Text: Neue deutsche Rechtschreibung

Mit 66 Abbildungen (Grafiken, Fotos) und 4 Tabellen

ISBN-13: 978-3-942095-36-5 (Schwarz-Weiß-Druck)

ISBN-13: 978-3-942095-35-8 (Farbdruck)

ISBN-13: 978-3-942095-65-5 (e-Book)

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek:

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet unter <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

# INHALTSVERZEICHNIS

<b>Vorwort des Verlags</b> .....	<b>9</b>
<b>030 Flugdurchführung Teil 4:</b> .....	<b>11</b>
<b>Einleitung</b> .....	<b>13</b>
Gliederung des Themas 030 .....	13
Gliederung des Bandes 034.....	14
Dokumente mit Prüfungsvorgaben.....	14
Weiterführende Literatur .....	14
<b>034 00 00 00 FLUGLEISTUNG VON HUBSCHRAUBERN</b> .....	<b>15</b>
<b>01 00 00 Generelles zur Flugleistung von Hubschraubern</b> .....	<b>17</b>
01 01 00 Gesetzliche Regelungen .....	17
01 01 01 Anforderungen zur Zulassung gemäß CS-27/ CS-29 .....	18
Kategorie A und B .....	18
01 01 02 Vorschriften für Betriebsverfahren .....	22
01 02 00 Allgemeine Theorie der Flugleistung (Helikopter).....	25
01 02 01 Flugphasen.....	25
01 02 02 Definitionen, Begriffe und Konzepte .....	26
Flugplätze für Hubschrauber .....	26
Take-off Parameter beim Hubschrauber .....	30
Take-Off Mass (TOM).....	30
Reported Headwind Component (RHC) .....	30
Take-off Distance Required (TODRH) .....	30
Take-off Decision Point (TDP) .....	31
Rejected Take-off Distance Required (RTODRH) .....	31
Take-off Distance Available (TODAH).....	31
Defined Point after Take-off (DPATO).....	32
Rotation Point (RP) .....	33
Distance (DR) .....	33
Größen R und D .....	34
Vorschrift zur lateralen Hindernisfreiheit.....	35
Landing Parameter beim Hubschrauber .....	36
Landing Distance Required (LDRH) .....	36
Landing Decision Point (LDP).....	36
Landing Distance Available (LDAH).....	36
Defined Point Before Landing (DPBL) .....	36

Committal Point (CP).....	37
Umgebungsbedingungen für Hubschrauberflüge.....	37
V-Speeds für Hubschrauber .....	38
Take-off Decision Speed ( $v_1$ ).....	38
Take-off Safety Speed für Cat A Hubschrauber ( $V_{TOSS}$ ) .....	38
Geschwindigkeit mit maximaler Steigrate ( $v_y$ ) .....	38
Strukturelle Maximalgeschwindigkeit ( $V_{NE}$ ) .....	39
Reisegeschwindigkeit ( $v_C$ ), maximale Reisegeschwindigkeit ( $v_{MC}$ ).....	39
Geschwindigkeiten für maximale Flugdauer, maximale Reichweite.....	39
Geschwindigkeiten für die Fahrwerksbetätigung .....	40
Schwebeflug, HIGE, HOGE.....	41
Vorwärtsflug .....	42
Steigen, Sinken im Vorwärtsflug .....	43
Steiggradient, Steigwinkel .....	44
Maximale Schwebhöhe, Dienstgipfelhöhe, absolute Gipfelhöhe, .....	47
Maximalgeschwindigkeit, Endurance, Reichweite .....	50
01 02 03 Power required / Power available Kurven .....	52
Physikalische Leistung, Triebwerkleistung .....	52
Parasitäre Leistung (Parasite Power).....	54
Induzierte Leistung (Induced Power).....	54
Profilleistung des Rotors (Rotor Profile Power) .....	55
Leistung für Nebenaggregate (Ancillary Power).....	56
Benötigte Gesamtleistung (Power required) .....	56
Die Power required/Power available-Kurve .....	58
Geschwindigkeit mit dem besten Steigwinkel ( $v_x$ ) .....	62
01 02 04 Diagramm kritische Höhe/kritische Geschwindigkeit .....	63
01 02 05 Einflussgrößen auf die Hubschrauber-Performance .....	64
Altitude.....	64
Temperatur .....	64
Luftfeuchtigkeit.....	65
Wind .....	65
Masse des Helikopters .....	66
Konfiguration des Helikopters .....	66
Schwerpunktlage des Helikopters.....	67
<b>02 00 00 PERFORMANCE-KLASSE 3 – Hubschrauber mit einem Triebwerk.....</b>	<b>69</b>
02 01 00 Flugleistung beim Single-Engine Helikopter.....	70
02 02 00 Start und Landung (inklusive Schwebeflug) .....	71
02 03 00 Steig-, Reise- und Sinkflug .....	72
02 04 00 Leistungsdaten im Flughandbuch (SEPH).....	73

02 04 01 Start (inklusive Schwebeflug) .....	74
02 04 02 Steigflug.....	77
02 04 03 Reiseflug .....	79
02 04 04 Landung (inklusive Schwebeflug) .....	82
<b>03 00 00 PERFORMANCE-KLASSE 2 .....</b>	<b>83</b>
03 01 00 Betrieb ohne Garantie für eine sichere Notlandung .....	83
03 02 00 Start.....	84
03 03 00 Abflugstrecke .....	84
03 04 00 Landung .....	85
03 04 00 Start und Landung auf einem Helideck.....	86
<b>04 00 00 PERFORMANCE-KLASSE 1 – Hubschrauber zertifiziert nach CS-29 .....</b>	<b>89</b>
04 01 00 Start.....	90
04 01 01 Benötigte Startstrecke.....	91
04 01 02 Benötigte Startstrecke beim Startabbruch .....	98
04 01 03 Landestrecke von TDP bis zum kompletten Stopp.....	99
04 01 04 Steigflug.....	99
04 01 05 Start mit Berücksichtigung von Hindernissen .....	100
04 01 06 Leistungsdaten zum Start im Flughandbuch.....	101
04 02 00 Steigflug .....	105
04 02 01 Technik des Steigflugs.....	105
04 02 02 Leistungsdaten zum Steigflug im Flughandbuch .....	106
04 03 00 Reiseflug.....	108
04 03 01 Techniken des Reiseflugs .....	108
04 03 02 Maximale Flugdauer .....	108
04 03 03 Maximale Reichweite .....	110
04 03 04 Maximale Reisegeschwindigkeit.....	110
04 03 05 Reiseflughöhen.....	112
04 03 06 Leistungsdaten zum Reiseflug im Flughandbuch.....	112
04 04 00 Triebwerkausfall im Reiseflug .....	112
04 04 01 Technik beim En-route flight OEI.....	113
04 04 02 Leistungsdaten bei OEI im Flughandbuch.....	113
04 05 00 Sinkflug .....	117
04 05 01 Leistungsdaten Sinkflug im Flughandbuch .....	117
04 06 00 Landung .....	117
04 06 01 Anforderungen bei der Landung .....	117
04 06 02 Landeverfahren .....	118
04 06 03 Leistungsdaten Landung im Flughandbuch .....	118

<b>05 00 00 Musterprüfungsfragen</b> .....	<b>119</b>
<b>Performance of Helicopters (Syllabus)</b> .....	<b>135</b>
Anzahl Prüfungsfragen gemäß PART.ARA.FCL.300 .....	148
<b>Anhang</b> .....	<b>151</b>
PART CAT Performance of Helicopters.....	153
Abkürzungen .....	164
Internetlinks .....	166
Literaturverzeichnis .....	168
Autor dieses Buches.....	170
Bildnachweis .....	171
Übersicht der Lehrbuchreihe nach PART-FCL .....	172



## Vorwort des Verlags

Seit Gründung der Joint Aviation Authorities (JAA) zur Einführung und Regelung einheitlicher europäischer Luftfahrtstandards wird ein einheitlicher Themenkatalog als Basis für alle Prüfungen zur Erlangung europäischer Luftfahrtslizenzen verwendet, der Flight Crew Licensing (FCL) Syllabus, nun in der Zuständigkeit der EASA.

Das vorliegende Buch ist ein Einzelband aus der K.L.S. Publishing Lehrbuchreihe zur Pilotenausbildung, mit dem Schwerpunkt auf Berufs- und Verkehrspilotenausbildung. Es ist wie alle Bände aus dieser Reihe (eine Übersicht über sämtliche Bände befindet sich im Anhang) nach den Lernzielvorgaben des europäischen Themenkatalogs strukturiert und behandelt kurz und genau sämtliche Sachgebiete zum Prüfungsfach. Es eignet sich zur Vorbereitung auf die theoretische Prüfung beim Lizenzerwerb von ATPL, CPL und PPL/IR und kann daneben als ergänzende Vertiefung zum Computertaining genutzt werden.

Das vorliegende Buch kann als Lehrbuch im Selbststudium und parallel dazu im Theorieunterricht verwendet werden. Es bietet sich an, die einzelnen Kapitel bzw. Themen des vorliegenden Faches jeweils einzeln zu studieren bzw. im Unterricht durchzunehmen und danach mit Selbstübungen oder mit Gruppenübungen im Unterricht zu vervollständigen. Zur Prüfung des Erlernten in Selbstprüfungen bzw. bei gemeinsamen Übungssessions in der Gruppe bietet sich zusätzlich die Verwendung marktgängiger Computerlernprogramme an.

Noch ein Wort zu Prüfungsaufgaben. Die K.L.S. Publishing Lehrbuchreihe beinhaltet keine Sammlung von Prüfungsaufgaben zum Lernfach. Die Autoren und der Verlag sind der Meinung, dass zum Üben von Prüfungsaufgaben und für Selbsttests die bekannten Computerlernprogramme wegen der interaktiven Arbeitsweise und der ent-

haltenen Möglichkeiten bei Statistik und Auswertung das bessere Medium darstellen. Andererseits ist das Buch das bessere Medium, wenn es um die Vermittlung komplexer Zusammenhänge geht, die man sich meistens nur in einer ruhigen Studiumgebung mit Hilfe eines Fachbuches selbst erarbeiten kann.

Daher werden in den Lehrbüchern dieser Reihe neben der Darstellung von Sachthemen und Theorie ausschließlich einzelne Beispielaufgaben mit nach zu vollziehenden Berechnungen behandelt und ihr jeweiliger Lösungsweg aufgezeigt. Beide Lern- bzw. Arbeitsmethoden – das Buch, um den Stoff zu erlernen, und der Computer, um das Gelernte zu üben – lassen sich so gut miteinander kombinieren.

Noch ein Wort zur Korrektheit der Darstellung. Das Buch wurde durch eine Reihe von Experten auf Fehler hin überprüft. Wer trotzdem Fehler oder Ungenauigkeiten erkennt, möge bitte den Verlag anschreiben. Aufgrund des Digitaldruckverfahrens besteht die Möglichkeit, Fehler relativ zügig so zu korrigieren, dass bereits nach kurzer Zeit weitere gelieferte Exemplare fehlerbereinigt sind. Die im Buch verzeichneten Hyperlinks können sich im Laufe der Zeit ändern, ohne dass wir hier stets eine Korrektur vornehmen werden.

Am Ende des Buches ist der englische Original-Syllabus für das Prüfungsfach ergänzt. Die dort als Fragen formulierten Lernziele können in einem Unterrichtskonzept ergänzend zur Ausbildung direkt als mündliche Übungsfragen verwendet werden.

Wer im Syllabus als Lernziel die praktische Vorgehensweise und Methodik konkreter Flugplanung für den Instrumentenflug mit weltweiter oder zumindest europäischer Perspektive erwartet, wird übrigens enttäuscht sein. Im Syllabus und der Prüfung werden lediglich Einzelaspekte des Themas behandelt. Die Vermittlung von praktischem Wissen steht dabei nicht im Fokus. Wir haben an einigen Stellen versucht, die Lücken ein wenig zu füllen.

Der Verlag dankt allen, die beim Verfassen des Buches unterstützt haben und die nach Durchlesen des Manuskripts wertvolle fachliche Hinweise gaben.

K.L.S. Publishing Verlag,

Köln, im Juni 2016

# 030 Flugdurchführung

## Teil 4:

### 034 Flugleistung von Hubschraubern



## **Lernziele für das Fach Flugdurchführung – Flugleistung von Hubschraubern (034)**

Für den Betrieb von Luftfahrzeugen ist ein bestimmtes Maß an Kenntnissen zur Flugleistung erforderlich. Der Pilot hat nachzuweisen, dass er diese Kenntnisse besitzt.

Lernziele:

*Kenntnisse.* Nach Beendigung seines/ihres Trainings muss der/die Pilot(in) in der Lage sein, für das verantwortliche Führen eines Luftfahrzeuges

1. die theoretischen Grundlagen der Flugleistung eines Hubschraubers und ihre Bedeutung für den sicheren Flug zu kennen,
2. die Leistungsparameter eines Hubschraubers, ihre Grenzwerte und ihre Auswirkungen auf die Flugphasen zu kennen,
3. die Methodik der Flugplanung und die Verfahren der Überwachung während eines Fluges (Monitoring) zu kennen.

*Fähigkeiten.* Nach Beendigung seines/ihres Trainings muss der/die Pilot(in) in der Lage sein,

1. die Flugleistung eines Helikopters anhand vorgegebener Daten zu berechnen und hinsichtlich der zulässigen Grenzwerte zu beurteilen,
2. die Leistungsparameter eines Hubschraubers im Umfeld der Flugplanung anzuwenden und hinsichtlich aller Grenzwerte zu bestimmen,
3. VFR- und IFR-Flüge eigenständig zu planen und durchzuführen inklusive der kontinuierlichen Überwachung in allen Phasen eines Fluges.

*Gültigkeitsbereich.* Die Lernziele sind anzuwenden für (Helikopter(H)):

1. Verkehrspilotenlizenzen (ATPL/IR(H) , ATPL(H))
2. Berufspilotenlizenzen (CPL(H))

### **Theoretischer Unterricht und Prüfungen**

Der *theoretische Unterricht* umfasst das Training, den theoretischen Syllabus und die Lernziele. Mit den abschließenden theoretischen Prüfungen wird ermittelt, ob der Pilot das erforderliche Wissen und die Fähigkeiten im Hinblick auf die Lernziele des Syllabus durch Unterricht und Training erzielt hat.

## Gliederung des Themas 030

Die Lernziele zum Themenkomplex Beladung, Performance, Flugplanung und Flugmonitoring, also alles, was mit Planung und konkreter Durchführung eines Fluges zu tun hat, ist mit seinen Lernzielen in den JAA/EASA Syllabus 031, 032, 033 und festgelegt. Wir haben daher dem Hauptthema, also der Syllabus Id-Nr. 30, den Begriff Flugdurchführung zugeordnet. Genauer bestehen die Unterthemen von ‚Flugdurchführung‘ aus folgenden Bereichen:

- ▶ **Masse und Schwerpunktlage (Mass and Balance)**  
Theoretische Grundlagen und Berechnung  
Syllabus-Abschnitt 031
- ▶ **Flugleistung von Flugzeugen (Performance of Aeroplanes)**  
Flugleistung und ihre Grenzwerte in allen Flugphasen, theoretische Grundlagen und praktische Anwendung  
Syllabus-Abschnitt 032
- ▶ **Flugplanung und Monitoring (Flight Planning and Monitoring):**  
Methodik der navigatorischen Flugplanung und Flugüberwachung im Flug  
Syllabus-Abschnitt 033
- ▶ **Flugleistung von Hubschraubern (Performance of Helicopters)**  
Flugleistung und ihre Grenzwerte in allen Flugphasen, theoretische Grundlagen und praktische Anwendung  
Syllabus-Abschnitt 034

Im Rahmen unserer Lehrbuchreihe sind die Unterthemen jeweils als eigenständige Lehrbücher angelegt. Der vorliegende Band behandelt das Thema Flugleistung von Hubschraubern.

## Gliederung des Bandes 034

Der Band enthält entsprechend dem Syllabus vier Kapitel: Das erste Kapitel beschäftigt sich mit der allgemeinen Theorie der Flugleistung von Hubschraubern ergänzt mit einer Übersicht über die gesetzlichen Vorschriften bei Zulassung (CS-27, CS-29) und Betrieb (OPS 3 bzw. CAT.POL.H). Die drei folgenden Kapitel haben den praktischen Aspekt der Performancetheorie zum Inhalt, jeweils an Beispielen zur Flugplanung für einmotorige und zweimotorige Hubschrauber. Ergänzt ist ein Kapitel mit kommentierten Musterprüfungsfragen.

## Dokumente mit Prüfungsvorgaben

**CAP-Dokumente.** Bei der Behandlung der einzelnen Themen wird Bezug genommen auf Daten von FCL-Musterhubschraubern und Charts, die im Dokument

- ▶ CAP 758 (Mass and Balance – Performance – Flight Planning and Monitoring)

enthalten sind.

Die CAP Dokumente werden von der englischen Luftfahrtbehörde CAA (Civil Aviation Authority) herausgegeben und sind im Internet kostenlos verfügbar.

Obwohl die hieraus genutzten Daten im vorliegenden Band dort dargestellt sind, wo sie genutzt werden, wird empfohlen, sich das CAP Dokument zusätzlich herunterzuladen. Detailinformationen sind im Literaturverzeichnis zu finden.

## Weiterführende Literatur

Als Ergänzung zur Flugausbildung gibt es zurzeit kaum weiterführende Literatur zum Thema Flugleistung von Hubschraubern. Eine sinnvolle Ergänzung kann das ‚Rotorcraft Flying Handbook‘ der FAA sein (FAA-H-8023-21).

Ansonsten sind die meisten Bücher zur Helikopter Theorie für Konstrukteure geschrieben und setzen daher fundierte mathematisch-physikalische Kenntnisse voraus. Einige der frei im Internet verfügbaren Theoriebücher sind im Literaturverzeichnis angegeben.

# 034 00 00 00

## FLUGLEISTUNG VON HUBSCHRAUBERN



Abbildung 1: Am 11. August 1986 erreichte Trevor Egginton mit einem Lynx AH MK.1 mit 400,87 km/h über eine Strecke von 15 km und 25 km einen neuen Geschwindigkeits-Weltrekord für reguläre Hubschrauber.





## Generelles zur Flugleistung von Hubschraubern

### 01 01 00 Gesetzliche Regelungen

Die gesetzlichen Vorschriften zur Zulassung von Luftfahrzeugen regeln neben den Sicherheitsanforderungen auch die Anforderungen hinsichtlich der von einem Luftfahrzeug mindestens zu erbringenden Flugleistungen. Zum Beispiel wird dort geregelt, welche Steigleistung für ein Luftfahrzeug beim Ausfall von einem oder mehreren Triebwerken im kritischen Moment eines Starts nachzuweisen ist. Die Anforderungen sind je nach Zulassungsklasse unterschiedlich geregelt. In Europa werden folgende Zulassungsvorschriften angewendet:

- ▶ CS-22 (Sailplanes and Powered Sailplanes)
- ▶ CS-23 (Normal, Utility, Aerobatic and Commuter Aeroplanes)
- ▶ CS-25 (Large Aeroplanes)
- ▶ CS-27 (Small Rotorcraft)
- ▶ CS-29 (Large Rotorcraft)
- ▶ CS-31HB (Hot Air Balloons)
- ▶ CS-34 (Aircraft Engine Emissions and Fuel Venting)
- ▶ CS-36 (Aircraft Noise)
- ▶ CS-APU (Auxiliary Power Units)
- ▶ CS-AWO (All Weather Operations)
- ▶ CS-E (Engines)
- ▶ CS-P (Propellers)
- ▶ CS-VLA (Very Light Aeroplanes)
- ▶ CS-VLR (Very Light Rotorcraft)

Zusätzlich zu den Regelungen für die Zulassung von Luftfahrzeugen hat der Betreiber eines Luftfahrzeugs die Betriebsverfahren nach EU OPS 1 (Flugzeuge) bzw. JAR OPS 3<sup>1</sup> (Hubschrauber) einzuhalten, sofern das Luftfahrzeug kommerziell betrieben wird. Im Rahmen des Syllabus werden nur CS-27, CS-29 und JAR OPS 3 näher betrachtet.

### 01 01 01 Anforderungen zur Zulassung gemäß CS-27/ CS-29

Ähnlich wie bei der Zulassung von Flugzeugen in den Zulassungsklassen CS-23/CS-25 werden die europäischen EASA Lufttüchtigkeitsanforderungen (engl. EASA airworthiness requirements oder Certification Specifications, Abk. CS) bei Hubschraubern in CS-27 (Small Rotorcraft) und CS-29 (Large Rotorcraft) geregelt. Als Unterscheidungsmerkmale dienen dabei zwei Größen und zwar zum einen die maximal zulässige Abflugmasse (engl. Maximum Take-off Mass, Abk. MTOM) und zum anderen die maximal zulässige Anzahl Passagiere (engl. Maximum Operational Passenger Seating Configuration, Abk. MOPSC, vormals MAPSC, A für Allowed).

- Hubschrauber mit einer maximalen Abflugmasse von nicht mehr als 3.175 kg (7.000 lbs) und nicht mehr als neun Passagiersitze können gemäß der Vorschriften in CS-27 zugelassen werden.
- Hubschrauber mit einer maximalen Abflugmasse von mehr als 3.175 kg oder mehr als neun Passagiersitze müssen gemäß der Vorschriften in CS-29 zugelassen werden.

Zulassungsklasse	MTOM	MOPSC
CS-27	≤ 3.175 kg	≤ 9 Passagiere
CS-29	> 3.175 kg	> 9 Passagiere

Tabelle 1

### Kategorie A und B

Unabhängig davon, ob ein Hubschrauber in CS-27 oder CS-29 zugelassen ist, unterscheidet man Hubschrauber nach ihrer jeweiligen Kategorie.

---

<sup>1</sup> Die Vorschriften in EU OPS 1 und JAR OPS 3 sind im Rahmen der EASA „PART“ Änderungen in andere Dokumente verlegt worden. Die Performanceabschnitte von JAR OPS 3 sind in PART.CAT.POL.H transponiert worden. Wir gehen im Rahmen dieses Buches auf beide Darstellungen ein, soweit möglich.