



## Übersicht und Hinweise

- Vorwort
- Inhaltsübersicht
- Erläuterungen zum Einsatz im Unterricht

# FLIEGEN

Lerneinheiten für den Fachunterricht in der Oberstufe

von

Karsta Holch  
Franz Kranzinger  
Roland Künzel  
Sebastian Nossing  
Klaus Strienz

und der DFS Deutsche Flugsicherung GmbH

## Bildquellennachweis

11, 12, 13, 14, 16, 17, 22, 30, 33, 35, 36, 37, 41, 42, 51, 57, 58, 59, 101, 106, 107, 148, 153, 164 DFS Deutsche Flugsicherung GmbH, Langen; 8, 14 Digitale Bibliothek, Uni Halle, Repro Klaus Strienz; 8, 95 Carlo Saraceni; 9 Berblinger – wikimedia commons; 9 United States Coastguard uscg.mil; 11 Boeing; 11, 84, 102, 126, 146 Deutsche Lufthansa; 13 Arbeitsheft Luftverkehr; 16 www.flightradar24.com; 17 Undine Aust – fotolia.com; 17 Appaloosa – wikimedia commons; 19 asray – fotolia.com; 20 TimeToneBoy – fotolia.com; 21 CoastChild – fotolia.com; 21 hjschneider – fotolia.com ; 21 Martin Waldseemüller; 22 Christian Kube; 22 www.peschges-variometer.de; 34 Josullivan.59 – wikimedia commons 39 Ericos – fotolia.com; 43 Daelin – fotolia.com, 45 JuergenG – wikimedia.commons; 45 Jörg Hackemann – fotolia.com; 45 tsuneomp – fotolia.com; 45 duchtpilot22 – fotolia.com; 47 mettus – fotolia.com; 48, 50, 53, 54, 55, 73, 74, 75, 77, 79, 80, 82, 128, 131, 134, 152 Franz Kranzinger; 49 Arrows – fotolia.com; 53, 54, 55, 86 Klaus Strienz; 55 Matthias Peuker, 57 tkarcher – wikimedia commons; 58 ulfborstel – wikimedia commons; 59 rottenman – fotolia.com; 60 PD-USGov-Military-AirForce; 64, 65, 66, 67, 68, 69, 96, 98, 99, 100, 141, 142, 143, 144, 156, 157, 158, 159, 160, 161 Roland Künzel, 64, 156 mhp – fotolia.com; 64, 156 emmi – fotolia.com; 64, 156 K.-U. Häbler – fotolia.com; 65, 157 Michael Fritzer – fotolia.com 65, 86, 88, 89, 90, 157 Klett-Archiv; 66, 158 Armin Völler – fotolia.com; 72 Marc Xavier – fotolia.com; 72 Subbotina Anna – fotolia.com 72 frankoppermann – fotolia.com; 83 Eugen Wais – fotolia.com; 83 Rainer Claus – fotolia.com; 85 www.noaa.org; 85 Fraunhofer-Institut IGB Stuttgart; 86 photolib.noaa.org; 90 Murat Subatli – fotolia.com; Justaman – fotolia.com; 91, 126 DLR Köln (CC-BY3.0); 92 Jenny Thompson – fotolia.com; 93 dominik1411 – wikimedia commons; 93 yetishooter – fotolia.com; 95 Andreas Wolf – fotolia.com; 97 h\_lunke – fotolia.com; 97 Stefan Ibold – fu-berlin.de; 97 mihhailov – fotolia.com; 101 Oddoai – fotolia.com; 108 photocrew – fotolia.com; 110 Klaus Epele – fotolia.com; 116, 168 Karlonina Kara – fotolia.com; 120, 172 Sebastian Kaulitzki – fotolia.com; 126 Microsoft GmbH; 129 Otto Durst – fotolia.com; 128 Eray – fotolia.com; 130 addel – fotolia.com; 136 dell – fotolia.com; 140 ferkelraggae – fotolia.com; 140 lansc – fotolia.com; 143 Hannes Eichinger – fotolia.com; 145 eyewave – fotolia.com; 146 Lufthansa; 148 Unclesam – fotolia.com; 149 Inga Nielsen – fotolia.com; 150 Pulwey – fotolia.com; 151 psdesign1 – fotolia.com; 151 Topical Press Agency; 153 Fraport AG; 176 mirpic – fotolia.com

### 1. Auflage

1 5 4 3 2 1 | 2017 16 15 14 13 12

Alle Drucke dieser Auflage sind unverändert. Die letzte Zahl bezeichnet das Jahr des Druckes.

Das Werk und seine Teile sind urheberrechtlich geschützt. Jede Nutzung in anderen als den gesetzlich zugelassenen Fällen bedarf der vorherigen schriftlichen Einwilligung des Verlages. Hinweis § 52 a UrhG: Weder das Werk noch seine Teile dürfen ohne eine solche Einwilligung eingescannt und in ein Netzwerk eingestellt werden. Dies gilt auch für Intranets von Schulen und sonstigen Bildungseinrichtungen. Fotomechanische oder andere Wiedergabeverfahren nur mit Genehmigung des Verlages.

Auf verschiedenen Seiten dieses Arbeitsbuches befinden sich Verweise (Links) auf Internetadressen. Haftungshinweis: Trotz sorgfältiger inhaltlicher Kontrolle wird die Haftung für die Inhalte der externen Seiten ausgeschlossen. Für den Inhalt dieser externen Seiten sind ausschließlich die Betreiber verantwortlich. Sollten Sie daher auf kostenpflichtige, illegale oder anstößige Inhalte treffen, so bedauern wir dies ausdrücklich und bitten Sie, uns umgehend per E-Mail davon in Kenntnis zu setzen, damit beim Nachdruck der Nachweis gelöscht wird.

Eine Zusammenarbeit der DFS Deutsche Flugsicherung GmbH und der Klett MINT GmbH  
© DFS Deutsche Flugsicherung GmbH, Langen und Klett MINT GmbH, Stuttgart

#### Autoren:

Kapitel 1, 2, 3: Klaus Strienz, Höchststadt; Sebastian Nossing, Langen  
Kapitel 4, 5: Prof. Franz Kranzinger, Waiblingen; Sebastian Nossing, Langen  
Kapitel 7, 11: Prof. Franz Kranzinger, Waiblingen  
Kapitel 6, 9, 13: Roland Künzel, Berlin  
Kapitel 8: Klaus Strienz, Höchststadt  
Kapitel 10, 14: Karsta Holch, Wiesenbach  
Kapitel 12: Roland Künzel, Berlin; Klaus Strienz, Höchststadt

**Redaktion:** Dr. Jürgen A. Schmidt, Fellbach

**Projektkoordination und Herstellung:** Julia Pfeil, Dr. Reinhard Merz

**Lektorat:** Juliane Kube, Heidelberg

**Umschlag, Gestaltung, Illustrationen:** Katharina Merz, Mainz

**Bildbearbeitung:** Christian Kube, Heidelberg

**Presswerk:** Osswald GmbH & Co., Leinfeld-Echterdingen

**Reproduktion und Druck:** MedienHaus Plump GmbH, Rheinbreitbach

Printed in Germany

## Vorwort: Der Traum vom Fliegen

Auf der imaginären Rangliste der Menschheitsträume steht er ganz weit oben: der Traum vom Fliegen. Seit der Antike ranken sich Sagen und Märchen darum, den scheinbar endlosen Luftraum über uns zu beherrschen und selbst heute, wo Flugreisen längst zum Alltag gehören, hat das Fliegen nichts von seiner Faszination eingebüßt.

Unbestritten stellt der Flugverkehr mittlerweile auch einen großen Wirtschaftsfaktor dar, so dass es nahe liegt, junge Menschen für die vielfältigen Aufgaben in der Luftfahrt zu begeistern: Naturwissenschaften und Technik bilden die Grundlage, aber auch viele soziale, ökonomische und nicht zuletzt umweltpolitische Fragestellungen spielen dabei eine Rolle, von denen manche offensichtlich sind, andere weniger. So ist die deutsche Flugsicherung trotz ihres vielseitigen Berufsangebots für Fluglotsen, Ingenieure und Informatiker als Ausbildungsunternehmen weitgehend unbekannt. Um so wichtiger ist es, jungen Menschen diese attraktive und sichere berufliche Perspektive näher zu bringen.

Mit dieser Handreichung möchten wir Schulen und speziell Sie als Lehrerinnen und Lehrer mit geeigneten Materialien für den Unterricht sowie für die Fortbildung unterstützen. In Zusammenarbeit mit Pädagogen haben wir daher rund um das Thema Fliegen Unterrichtsmaterialien für Sie zusammengestellt, alters- und lehrplangerecht und im besten Sinn fächerübergreifend.

Wir, das sind die DFS Deutsche Flugsicherung GmbH als großer deutscher Arbeitgeber im Bereich der Luftfahrt und *Klett MINT* als Teil des größten deutschen Bildungsunternehmens, das sich vor allem der Förderung der Disziplinen Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften und Technik in Schule, Studium und Beruf verschrieben hat. Wir hoffen, dass *Fliegen – Lerneinheiten für den Fachunterricht in der Oberstufe* Ihnen viele neue Ideen und Impulse bietet und wünschen Ihnen viel Freude damit im Unterricht.



Michael Ostgen

Leiter Flugsicherungsakademie  
DFS Deutsche Flugsicherung GmbH



Dr. Dierk Suhr

Geschäftsführer  
Klett MINT GmbH

## Inhaltsverzeichnis

Erläuterungen zum Einsatz im Unterricht	6	<b>Kapitel 6: Biologie</b>	
<b>Kapitel 1: Geschichte</b>		6.1 Biologie des Fliegens	64
1.1 Geschichte des Fliegens	9	6.2 Vogelflug – die größte Flugschau der Welt	65
1.2 Geschichte der Flugsicherung	12	6.3 Insekten als fliegende Liebesboten	66
<i>Lösungen</i>	15	6.4 Ahorn und Co. – Flugkünstler unter sich	67
<b>Kapitel 2: Geographie</b>		6.5 Pollenflug – Sex-Tourismus im Pflanzenreich?	68
2.1 Flugbewegungen	16	6.6 Sporenverbreitung durch die Luft	69
2.2 Flugrouten und Flugzeit	17	<i>Lösungen</i>	70
2.3 Zeit und Zeitzonen	19	<b>Kapitel 7: Strömungslehre</b>	
2.4 Navigation	21	7.1 Einführung in die Strömungslehre	72
<i>Lösungen</i>	23	7.2 Dynamischer Auftrieb	73
<b>Kapitel 3: Englisch – Sprache der Luftfahrt</b>		7.3 Luftwiderstand	75
3.1 Funkverkehr	24	7.4 Profilpolare	77
3.2 Phraseologie	31	7.5 Wirbel	79
<i>Lösungen</i>	33	<i>Lösungen</i>	81
<b>Kapitel 4: Flugverkehr</b>		<b>Kapitel 8: Meteorologie</b>	
4.1 Flugverkehr – ein gigantisches Unterfangen	34	8.1 Alle reden vom Wetter	83
4.2 Pilot und Tower am Start	35	8.2 Enteisierung	84
4.3 Pilot und Tower bei der Landung	37	8.3 Luftdruck	86
4.4 Kontrolle des Luftraums	40	8.4 Fronten	88
<i>Lösungen</i>	44	8.5 Vulkanismus und Luftfahrt	91
<b>Kapitel 5: Fluggeräte und Technik</b>		8.6 Luftlöcher	92
5.1 Fluggeräte – eine Übersicht	45	<i>Lösungen</i>	94
5.2 Impuls	46	<b>Kapitel 9: Chemie</b>	
5.3 Impulserhaltung	47	9.1 Chemie des Fliegens	95
5.4 Hubschrauber	49	9.2 Federn: Leichtgewichte mit Potenzial	96
5.5 Flugzeuge	51	9.3 Der Stoff, aus dem die Flügel sind	98
5.6 Wir bauen ein Flugmodell	53	9.4 High Tech – Low Weight	100
5.7 Navigationssysteme (ILS) und Radar	56	9.5 Schweben – leichter als Luft	101
<i>Lösungen</i>	61	9.6 Kein Eis auf Rumpf und Piste	102
		<i>Lösungen</i>	103

## **Kapitel 10: Human Factors**

10.1 Human Factors – Fähigkeiten für die Karriere	106
10.2 Teamfähigkeit	107
10.3 Leistungsvermögen	112
10.4 Eigenanalyse der Schwächen und Stärken	114
10.5 Selbstbewusstsein stärken	115
10.6 Körpersprache – Eigenregie – Resilienz	116
10.7 Stressbewältigung	119
10.8 Zeitmanagement	121
<i>Lösungen</i>	124

## **Kapitel 11: Flugphysik**

11.1 Die Mechanik des Fliegens	126
11.2 Kräfte und Bewegungsphasen	127
11.3 Leitwerke und Ruder	128
11.4 Fahrwerk	129
11.5 Steuerorgane – Flugverhalten	131
11.6 Trimmung	135
11.7 Flugfiguren	136
<i>Lösungen</i>	138

## **Kapitel 12: Fliegen und Umwelt**

12.1 Fliegen und Umwelt – ein Widerspruch in sich?	140
12.2 Zero Emission – Wasserstoff im Tank	141
12.3 CO <sub>2</sub> – Das Unsichtbare sichtbar machen	143
12.4 Bio-Kerosin – Aufwind durch Rapsfelder?	145
12.5 Billigflieger – Vom Monopol zur Marktwirtschaft	146
12.6 „Greenwashing“ – Ökomeilen statt Bonusmeilen?	148
12.7 Fliegen und Lärm – der Kampf um die Dezibels (dB)	150
<i>Lösungen</i>	154

## **Lerneinheiten für den bilingualen Unterricht**

### **Kapitel 13: Biology**

13.1 Biology of Flight	156
13.2 Bird flight – the greatest air show on earth	157
13.3 Insects as flying sex ambassadors	158
13.4 Maple and Co. – flying acrobats	159
13.5 Pollen flight – sex tourism in the plant kingdom?	160
13.6 Air-borne spore dispersal	161
<i>Solutions</i>	162

### **Kapitel 14: Human Factors**

14.1 Human Factors – career capabilities	164
14.2 Mutual respect and disregarding your own feelings	165
14.3 Human performance	166
14.4 Body language – self-assurance – resilience	168
14.5 Stress management	171
<i>Solutions</i>	173

Index	174
-------	-----

Weitere Informationen	176
-----------------------	-----

## Erläuterungen zum Einsatz im Unterricht

Im Elternhaus, im Kindergarten, in der Grundschule und in allen weiterführenden Schulen stellen Kinder die Frage: Wie fliegt ein Flugzeug? Das Erstaunliche an dieser Frage: Stets wird sie beantwortet und von den Kindern, später von den Schülerinnen und Schülern, immer wieder erneut gestellt. Das Falten eines einfachen Falt-Papier-Modells im Kindergarten ist ebenso faszinierend wie der Bau eines anspruchsvolleren Flugmodells in späteren Klassen bis in die Sekundarstufe II.

Diese Handreichung unterstützt den Unterricht in der Oberstufe und vermittelt Lehrkräften als Stoffsammlung die wesentlichen Grundlagen im Umfeld des Fliegens, um ein Projekt oder Projekttag zu organisieren – etwa zur Aerodynamik. Aber nicht nur für das Fach Physik werden Sie viele Anregungen für den Unterricht finden, sondern auch für die Fächer Biologie, Geographie, Englisch, Wirtschaftskunde, Technik oder Chemie. Das Besondere an diesen Materialien ist der fächerübergreifende Aspekt. Hier finden Sie motivierende Ideen und Hintergrundwissen zu ganz unterschiedlichen Themen:

- zur Geschichte des Fliegens
- zur Flugsicherung
- zu Flugbewegungen, Flugrouten, Flugzeiten, Zeitzonen und zur Navigation
- zur Kommunikation im Luftverkehr (angewandtes Englisch)
- zur Organisation des Flugverkehrs – u. a. im Tower eines Flughafens
- zur Aerodynamik von Flugzeugen und Hubschraubern
- zu vertieften physikalischen Aspekten – u. a. dynamischer Auftrieb, Luftwiderstand, Profilpolare, Wirbel
- zu Steuerung von Fluggeräten
- zu biologischen Aspekten Vogelflug, Samenflug, Pollenflug, Insektenflug und Schimmelsporen
- zu meteorologischen Aspekten – u. a. Luftdruck, Wetterfronten, Vulkane und Fluglöcher
- zu chemischen Aspekten – vom Aufbau einer Feder, Materialfragen, High Tech bis zur Enteisierung
- zu persönlichen Verhaltensweisen – u. a. Teamfähigkeit, Leistungsvermögen, Körpersprache, Stress, Zeitmanagement
- zum Thema Fliegen und Umwelt – u. a. Emissionsvermeidung, CO<sub>2</sub>-Problematik, Billigflieger, Lärmbelästigung
- zu biologischen Aspekten und persönlichen Verhaltensweisen in englischer Sprache für den bilingualen Unterricht

In dieser Handreichung werden die vielfältigen Aspekte des Fliegens dargestellt. Die Mindmap auf der folgenden Seite vermittelt einen Eindruck von der Komplexität des Themas.

Die einzelnen Kapitel und Lerneinheiten sind so angelegt, dass unkompliziert auch Teile davon als abgeschlossenes Projekt in Projekttagen durchgeführt werden können. Ebenso können Sie ein Thema auswählen und mit dem vorliegenden Material eine Unterrichts(doppel)stunde gestalten.

Bei der Konzeption wurde Wert auf wissens- und handlungsorientierte Ansätze gelegt. Dabei ist selbstständiges, aktives und vor allem fächerübergreifendes Lernen ganz wesentlich. Der Inhalt wurde so konzipiert, dass Alltagserfahrungen und Interessen der Schülerinnen und Schüler einbezogen und sie zur aktiven Auseinandersetzung mit dem Schulstoff, den Naturgesetzen und mit ihrer Umwelt herausgefordert werden. Dabei steht die Vernetzung von vorhandenen Präkonzepten mit den neuen Inhalten im Vordergrund. Für den bilingualen Unterricht sind die Lerneinheiten zur Biologie und zu den Human Factors auch in englischer Sprache als Kapitel 13 bzw. 14 angefügt.

Diese Handreichung wurde für Lehrerinnen und Lehrer konzipiert, die einzelnen Teile können als Kopiervorlagen für den Unterricht verwendet werden. Zu allen Themen finden Sie Bauanleitungen, Versuchsbeschreibungen oder Aufgaben sowie – auf separaten Seiten – auch die ausführlichen Lösungen.

Auf der beiliegenden CD-ROM finden Sie ergänzend zu den Heftinhalten:

- die Radarsimulation ECOROSE der DFS für Schulen
- Zusatzmaterial zu einigen Aufgaben
- viele Fotos und Grafiken als vierfarbige und hochaufgelöste Dateien
- die vorliegende Handreichung in elektronischer Form

Zusätzliche Unterrichtsmaterialien in Form von Postern, Flyern und weiteren Druckmaterialien können Sie bei Bedarf bei der DFS anfordern:  
schule@dfs.de

Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wird auf den konsequenten Gebrauch der männlichen und weiblichen Form verzichtet. Sämtliche Bezeichnungen beziehen sich natürlich trotzdem auf Männer und Frauen gleichermaßen.

