

Kapitel 1

1. Segelfliegen und andere Luftsportarten

Das Fliegen mit schwach motorisierten oder antriebslosen Luftfahrzeugen erfordert besondere meteorologische Bedingungen. Ein Pilot, der ein solches Luftfahrzeug führt, muß bestimmte meteorologische Erscheinungen nutzen oder vermeiden, um in der Luft zu bleiben und sicher zum Zielort zu gelangen. Sein Erfolg hängt von seinen fliegerischen Fähigkeiten, den Flugleistungen und -eigenschaften seines Luftfahrzeuges und den meteorologischen Informationen ab, die vor und während des Fluges für seine Entscheidungen verfügbar sind. Um möglichst effektiv zu sein, muß er die meteorologischen Informationen und seine Augenbeobachtungen richtig interpretieren können.

1.1 Konstruktion und Leistungsfähigkeit

Bei schwach motorisierten und antriebslosen Luftfahrzeugen entscheiden Konstruktion und Leistungsfähigkeit darüber, ob und in welchem Umfang meteorologische Erscheinungen genutzt werden können oder zu vermeiden sind. Wettervorhersagen für den Luftsport erfordern daher zumindest ein Grundwissen über die Eigenschaften dieser Luftfahrzeuge.

1.1.1 Segelflugzeuge

Segelflugzeuge bestehen meistens aus faserverstärkten Kunststoffen, einige sind aus Metall, ältere aus Holz und Stoff. Sie können leicht montiert und demontiert werden. Zum Transport werden Anhänger benutzt. Alle Segelflugzeuge haben Quer-, Seiten- und Höhenruder wie Motorflugzeuge. Zusätzlich haben sie auch Bremsklappen, um die Sinkgeschwindigkeit im Landeanflug zu steuern.

Segelflugzeuge der Offenen Klasse, 18 m Klasse und FAI-15 m Klasse haben zudem Wölbklappen, um den Auftrieb und Widerstand geschwindigkeitsabhängig zu steuern. Ältere Segelflugzeuge haben als Fahrwerk ein feststehendes und teilweise verkleidetes Rad, Leistungssegelflugzeuge besitzen dagegen ein Einziehfahrwerk.

Segelflugzeuge sind nicht notwendigerweise Leichtflugzeuge. Die meisten modernen Segelflugzeuge können Wasserballast mitführen. Das zusätzliche Gewicht erhöht die Reisegeschwindigkeit beim Überlandflug. Der Wasserballast kann abgelassen werden, um in schwacher Thermik oder für den Anflug zur Landung das Gewicht zu reduzieren.

Doppelsitzige Segelflugzeuge werden hauptsächlich für Schul- und Passagierflüge eingesetzt, viele sind aber auch als Hochleistungssegelflugzeuge ausgelegt. Für Wettbewerbs- und Rekordflüge werden die Segelflugzeuge nach mehreren Kriterien (das auffälligste ist die Spannweite) in Klassen eingeteilt. In Tabelle 1.1 sind die Merkmale der Segelflugzeuge für diese Klassen angegeben.

Tabelle 1.1 Merkmale der Segelflugzeuge

Klasse	Spannweite	Leergewicht	Höchstgewicht	Beste Gleitzahl	Geringstes Sinken
Schulung (2-Sitzer)	17 m	360 kg	600 kg	1:34 bei 90 km/h	0,68 m/s
Doppelsitzerklasse	20 m	420 kg	700 kg	1:45 bei 103 km/h	0,58 m/s
"Welt" Klasse	13,44 m	190 kg	300 kg	1:33 bei 80 km/h	0,64 m/s
Clubklasse	15 m	230 kg	525 kg	1:42 bei 90 km/h	0,58 m/s
Standardklasse	15 m	230 kg	525 kg	1:44 bei 95 km/h	0,58 m/s
FAI-15 m Klasse	15 m	230 kg	525 kg	1:45 bei 105 km/h	0,51 m/s
18 m Klasse	18 m	270 kg	525 kg	1:47 bei 105 km/h	0,45 m/s
Offene Klasse	bis zu 30 m	480 kg	750 kg	1:60 bei 110 km/h	0,42 m/s

Die Leistungsfähigkeit von antriebslosen Flugzeugen kann aus den sogenannten "Geschwindigkeitspolaren" entnommen werden. Dies sind Diagramme, bei denen die Sinkraten über die wahren Eigengeschwindigkeiten (Geschwindigkeit gegenüber der umgebenden Luft) aufgezeichnet sind. In Abbildung 1.1 sind charakteristische Polaren für die antriebslosen Luftfahrzeugarten dargestellt. Die jeweiligen Überziehgeschwindigkeiten befinden sich unmittelbar links vom Minimum der Sinkrate (links vom höchsten Punkt der jeweiligen Polare). Die sogenannte Gleitzahl gibt an, wie weit das entsprechende Luftfahrzeug aus 1 km Höhe in ruhiger Luft gleiten kann. Die Zahl des besten Gleitens ergibt sich aus der Tangente an die Polare. Ein Hochleistungssegelflugzeug der Offenen Klasse kann mit einer Gleitzahl von 1:60 aus 1 km Höhe 60 km weit gleiten. Die Polaren werden insbesondere dazu benutzt, um die optimale Fluggeschwindigkeit (Solfahrt) und den Endanflug auf ein geplantes Flugziel zu berechnen, und um abzuschätzen, ab welchen Steigwerten es sich lohnt, Aufwinde entlang der

Flugstrecke zu nutzen. Für den Flugwetterberater sind die Polaren insofern interessant, weil er die Geschwindigkeiten und Sinkraten dieser Luffahrzeuge mit dem Horizontalwind und den Vertikalbewegungen der Atmosphäre in Beziehung bringen kann.

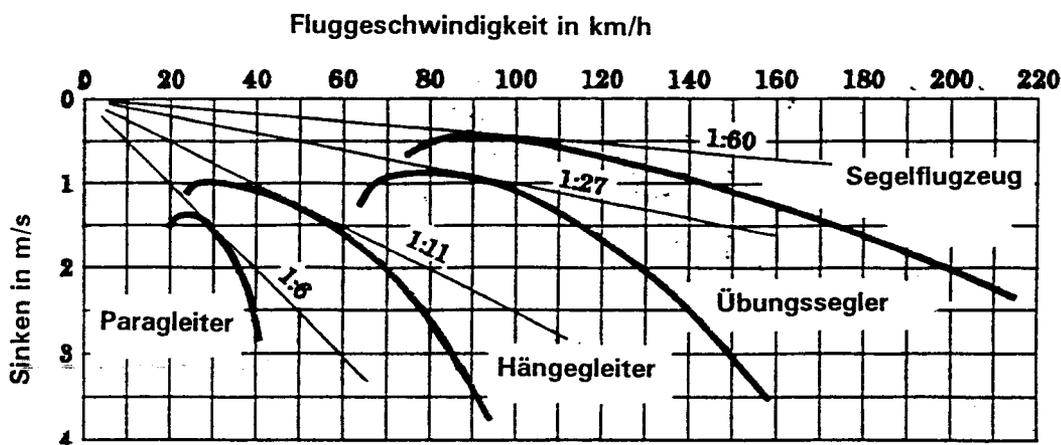


Abbildung 1.1 Charakteristische Geschwindigkeitspolaren für Segelflugzeuge, Hängegleiter und Paragleiter

1.1.2 Hängegleiter

Hängegleiter sind Leichtflugzeuge, die aus einem Röhrengestänge aus hochwertiger Aluminiumlegierung und einem stoffbezogenen Tragflügel bestehen. Schulfüge können mit einsitzigen Hängegleitern durchgeführt werden, aber die zweiseitige Schulung ist mittlerweile verbreitet. Der Hängegleiter kann leicht demontiert und in einen röhrenförmigen Sack zum Transport auf einem Autodach gepackt werden. Der Pilot ist unterhalb der Fläche aufgehängt. Der Hängegleiter wird durch Gewichtsverlagerung gesteuert, wobei der Pilot seine Position nach vorn, nach hinten und zu den Seiten hin verändert. Hängegleiter haben normalerweise kein Fahrwerk. Charakteristische Daten für normale Hängegleiter sind in Tabelle 1.2 aufgelistet. Hochleistungshängegleiter haben größere Spannweiten, spezielle Profile und wesentlich höhere Leistungen.

Tabelle 1.2 Merkmale der Hängegleiter

Spannweite	10 m
Flügelfläche	13 m ²
Leergewicht	35 kg
Zuladung	60-120 kg
Überziehggeschwindigkeit	30 km/h
Beste Gleitzahl	1:12
Höchstgeschwindigkeit	80 km/h

1.1.3 Gleitschirme (Paragleiter)

Paragleiten ist der einfachste Weg zum Fliegen. Die Ausrüstung besteht aus einem Fallschirm, der eine rechteckige, flügelähnliche Form mit integrierten Luftkammern aufweist. Diese Kammern werden mit Luft gefüllt, wenn der Pilot beim Start den Schirm schnell gegen den Wind bewegt. Während des Fluges bleiben die Kammern mit Luft gefüllt und stellen damit genug Auftrieb für das Gleiten zur Verfügung. Mit Hilfe von Steuerseilen kann der Pilot die Flügelspitzen einzeln oder gemeinsam nach unten ziehen und dabei den Widerstand erhöhen, um Flugmanöver wie Kurven sowie Änderungen der Sinkgeschwindigkeit zu bewirken. Die beste Gleitzahl liegt bei 1:9. Die Fluggeschwindigkeit beträgt ca. 40 km/h, die Überziehggeschwindigkeit liegt unter 20 km/h. Zum Ausgleich ihrer schlechten Gleiteigenschaften profitieren die Paragleiter von ihrer Manövrierfähigkeit und der langsamen Fluggeschwindigkeit, die es ihnen ermöglicht, sehr enge Thermik und Hangaufwinde auszunutzen. Der Fallschirm hat ein Gewicht von etwa 6 kg und kann leicht in einem Rucksack auf einen

Berg getragen werden. Der Pilot startet von einem Hang und landet auf seinen Füßen, nachdem die Fluggeschwindigkeit wenige Meter über Grund durch das Nachuntenziehen der Flügelspitzen reduziert wurde.

1.1.4 Heißluftballone

Ein Heißluftballon besteht aus einer Ballonhülle, einem Gasbrenner und einem Korb, der den Piloten und die Passagiere aufnimmt. Propan ist das meistbenutzte Gas, um die Luft in der Ballonhülle aufzuheizen. Es wird in Flaschen im Ballonkorb untergebracht. Größe, Gewicht und die Leistungsdaten, die für den Großteil der Heißluftballone gelten, sind in der Tabelle 1.3 zusammengestellt.

Die Steuerung erfolgt hauptsächlich durch Steigen und Sinken. Um die Flughöhe zu halten, heizt der Pilot mit kurzen Feuerstößen in Zeitabständen, die gerade lang genug sind, um den Wärmeverlust der Heißluft im Ballon gegenüber der Umgebungsluft auszugleichen. Um zu steigen, wählt der Pilot längere Feuerstöße oder kürzere Zeitabstände. Um zu sinken, läßt der Pilot die Heißluft abkühlen oder öffnet ein Ventil an der Oberseite der Hülle, um etwas Heißluft entweichen zu lassen.

Ein Ballon hat als "Aerostat" keinen Direktantrieb, um horizontal voranzukommen. Unter günstigen Wetterbedingungen ändert sich jedoch der Wind mit der Höhe und der Pilot kann durch die Wahl der geeigneten Höhen in einem Sektor, der durch die nutzbaren Windrichtungen vorgegeben ist, über Land fahren.

Tabelle 1.3 Bereiche, in denen die Merkmale der meisten Heißluftballone liegen

Volumen der Ballonhülle	Höhe	Gewicht in Tonnen	Nutzbarer Auftrieb in kg	Maximale Steigleistung	Sinkrate zur Landung
1600 m ³	20 m	1,5	850	5 m/s	4,0 m/s
8500 m ³	40 m	10,0	2000	5 m/s	3,5 m/s

(Die Gewichtsangabe schließt das Gewicht der Heißluft in der Ballonhülle mit ein).

1.1.5 Gasballone

Gasballone werden mit einem Gas gefüllt, das leichter ist als Luft. In Europa wird als Auftriebsgas Wasserstoff benutzt. Helium wird nicht so häufig verwendet, weil es außerhalb der USA sehr teuer ist. Um das Risiko von elektrostatischen Entladungen bei der Landung zu minimieren, besitzen Gasballone normalerweise eine antistatische Ummantelung der Ballonhülle. Gasballone sind im allgemeinen kleiner als Heißluftballone.

Zur Steuerung der Vertikalbewegungen wird Ballast (meist Sand) abgeworfen, um zu steigen, und durch ein Ventil an der Oberseite Gas abgelassen, um zu sinken. Während der Fahrt geht durch die Expansion der Hülle aufgrund der Erwärmung durch Sonnenstrahlung und beim Aufstieg immer etwas Gas verloren.

1.1.6 Heißluft-Luftschiffe

Ein Heißluft-Luftschiff ist ein Heißluftballon, dessen verstärkte Hülle etwa die Form eines dicken Fisches mit einer Schwanzflosse hat. Es trägt eine Kabine, einen motorgetriebenen Propeller und ein Seitenruder. Derzeit werden motorgetriebene Geschwindigkeiten bis etwa 25 km/h erreicht. Die Höhensteuerung funktioniert ähnlich wie beim Heißluftballon.

1.1.7 Ultraleichtflugzeuge

Durch internationale Konvention sind für Ultraleichtflugzeuge derzeit folgende Kriterien einzuhalten:

maximale Abflugmasse	300 kg (Einsitzer) 450 kg (Zweisitzer)
Lautstärke maximal	60 dB
Mindestfluggeschwindigkeit	kleiner als 65 km/h.

Innerhalb dieses Rahmens kann ein Ultraleichtflugzeug nahezu jedes Design aufweisen. Im wesentlichen werden bzgl. der Startart fuß- und rollstartfähige sowie bzgl. der Steuerung solche mit Steuerung durch Gewichtsverlagerung und mit 3-Achsen-Steuerung mittels Steuerruder unterschieden. Die Merkmale dieser Typen sind in Tabelle 1.4 zusammengestellt.

Tabelle 1.4 Merkmale von Ultraleichtflugzeugen

	Steuerung durch Gewichtsverlagerung	Steuerung durch Steuerruder
Spannweite	11 m	8 - 20 m
Flügelfläche	12 - 14 m ²	10 m ²
Leergewicht	48 - 150 kg	150 - 240 kg
Max. Startgewicht	300 - 450 kg	450 kg
Überziehgeschwindigkeit	45 km/h	50 km/h
Reisegeschwindigkeit	70 km/h	bis zu 270 Km/h
Max. Steiggeschwindigkeit	7 m/s	> 8 m/s

1.1.8 Motorsegler

Motorsegler sind Flugzeuge, die in den Betriebsarten Segelflug und Motorflug betrieben werden können. Es gibt 2 Arten von Motorseglern: Motorsegler, die überwiegend mit Motorkraft überland geflogen werden (sogenannte Touring Motorsegler), und Segelflugzeuge mit Klapptriebwerk.

Touring Motorsegler sind eigenstartfähige Flugzeuge (meist Zweisitzer). In der Betriebsart Motorflug werden sie zum Überlandflug wie Motorflugzeuge genutzt und weisen mittlerweile auch annähernd ähnliche Leistungsmerkmale auf. Sie haben jedoch eine wesentlich größere Spannweite als Motorflugzeuge und können in der Betriebsart Segelflug segeln und auch landen.

Bei Segelflugzeugen mit Klapptriebwerk wird der Motor im wesentlichen nur zum Eigenstart und/oder zum Überbrücken von aufwindarmen Gebieten als "Flautenschieber" und als Heimweghilfe benutzt, um Außenlandungen zu vermeiden. Bei eingeklapptem Triebwerk unterscheiden sich diese Flugzeuge praktisch nicht mehr von einem Segelflugzeug. Viele Hochleistungssegler sind mittlerweile mit Klapptriebwerk ausgerüstet.

1.1.9 Andere Luftsportarten

Hierzu gehören u.a. Fallschirmspringen und Modellfliegen. Diese Luftsportarten haben z.T. ähnliche Anforderungen an die Meteorologie wie z.B. Segelfliegen, Hängegleiten und Ballonfahren.

1.2 Flugbetrieb - Montage und Bodenbetrieb, Start, lokale Flüge und Überlandflüge, Anflug und Landung

1.2.1 Segelflugzeuge

Beim Aufbau eines Segelflugzeuges werden die Flächen und das Höhenruder an den Rumpf montiert und die Ruder angeschlossen. Ggf. wird noch Wasserballast in die Flächentanks gefüllt. Am Boden werden Segelflugzeuge von Hand geschoben oder von einem Auto gezogen. Im Freien abgestellte Segelflugzeuge müssen entsprechend gesichert und nachts auch verzurt werden.

Die am meisten verbreitete Startart ist der Flugzeugschlepp hinter einem Motorflugzeug oder einem Motorsegler bis in eine Höhe, in der der Segelflieger das Schleppseil ausklinkt und mit dem Segelflug beginnt. Eine häufig benutzte Schlepphöhe - insbesondere bei Wettbewerben - ist 600 m über Grund. Bei Querwinden von mehr als 20 km/h kann es beim Anschleppen, besonders für schwerbeladene Segelflugzeuge, schwierig sein, die Richtung zu halten und es besteht die Gefahr des "Ausbrechens". Weitere Startarten sind Windenstart, Autostart und Gummiseilstart. Der Windenstart ist besonders in Deutschland für Schul- und Übungsflüge weit verbreitet. Dabei wird das Segelflugzeug von einer fahrbaren, aber während des Schlepps feststehenden Seilwinde an einem 800 bis 1200 m langen Stahlseil steil hochgeschleppt. Die Schlepphöhen betragen je nach Seillänge und Windverhältnisse etwa zwischen 250 und 500 m. Der Autoschlepp wird in Europa aufgrund der begrenzten Platzverhältnisse nicht oder nur in wenigen Fällen betrieben. Der Gummiseilstart wurde insbesondere in den frühen Jahren des Segelfluges angewandt, um die damals noch sehr leichten Segelflugzeuge, speziell in Hanglagen oder von Bergkuppen aus, direkt in den Hangaufwind hinein zu starten. Beim Gummiseilstart wird ein elastisches Seil benutzt, um das Segelflugzeug katapultartig in die Luft zu ziehen.

Nach dem Start muß der Segelflieger ein Gebiet finden, in dem die Luft schneller steigt als das Segelflugzeug gegenüber der Umgebungsluft sinkt. So lange das Segelflugzeug in diesem Aufwind bleibt, gewinnt es an Höhe. Aufwindgebiete gibt es dort,

- wo der Wind hangaufwärts bläst (Abbildung 1.2a)
- wo erhitzte Luft eine geringere Dichte als die Umgebungsluft hat und deshalb aufsteigt. Die Aufwinde können durch Cumuluswolken gekennzeichnet sein (Abbildung 1.2b)
- wo die horizontale Luftströmung durch Wellenbildung modifiziert ist, wie man es häufig über und im Lee von Gebirgen beobachtet (Abbildung 1.2c). Wellenförmige Strömungen können auch im Zusammenhang mit konvektiven Aufwinden entstehen (thermische Wellen, Abbildung 1.2d).

Diese Aufwindarten können einzeln oder auch in kombinierter Weise über einem Fluggelände gleichzeitig auftreten.

Lokale Segelflüge und Überlandflüge bestehen aus längeren Gleitflügen, die nur vom Steigflug unterbrochen werden, wenn der Pilot entsprechende Aufwinde vorfindet. Meteorologisch gesehen wird die Flugzeit durch die Andauer der Aufwinde begrenzt.

Bei der Rückkehr von einem Überlandflug kann der Endanflug eines Hochleistungsseglers sehr lang und flach verlaufen, z.B. in einem Anflugwinkel von $1,25^\circ$ aus 2000 m Höhe und 80 km Entfernung vom Landeort. Die Endanflugrechnung beruht auf den Leistungsdaten des Segelflugzeuges unter Einbeziehung der Windkomponente entlang der Anflugrichtung. Während des Anfluges überprüft der Endanflugrechner ständig, ob sich das Segelflugzeug über oder unter dem gewählten Gleitpfad befindet. Der Wasserballast wird wenige Minuten vor der Landung abgelassen.

Die Landung erfolgt aus Sicherheitsgründen im allgemeinen gegen den Wind. Dabei sind auch bei Segelflugzeugen gewisse Grenzwerte für die Quer- und Rückenwindkomponente zu beachten. Da ein Segelflugzeug keinen Motor hat, mit dem ein Höhen- oder Geschwindigkeitsverlust aufgrund von Windscherungen, Abwinden oder starker Turbulenz ausgeglichen werden kann, müssen beim Anflug entsprechende Höhen- und/oder Fahrtreserven eingeplant werden.

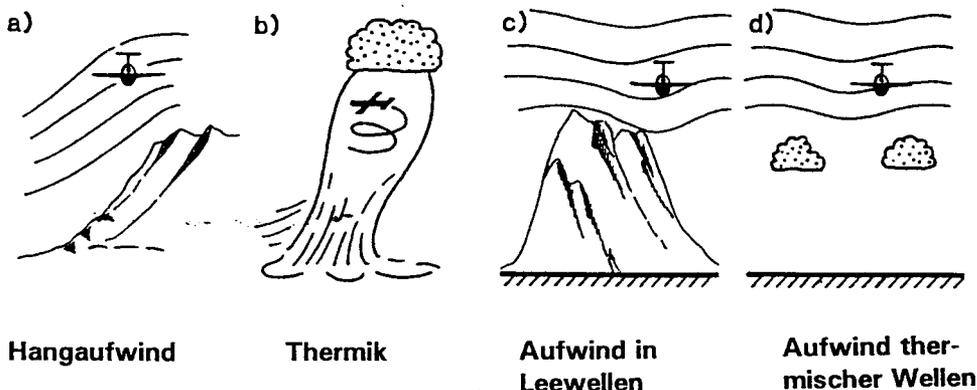


Abbildung 1.2 Aufwindquellen für den Segelflug

1.2.2 Hängegleiter und Paragleiter

Nach der Montage des Fluggerätes legt der Pilot die letzten Meter bis zur Startposition flugfertig angeschnallt mit dem Hängegleiter zu Fuß zurück. Bei starkem, böigem Wind kann dies zusätzliche Hilfe erfordern. In ungeschützten freien Lagen ist bei starkem und böigem Wind die Montage eines Hängegleiters oft schwierig. Gleitschirme werden am Startplatz ausgelegt und angeschnallt.

Im Bergland befinden sich an den offiziellen Startplätzen für Hängegleiter und Paragleiter meist abfallende Rampen, von denen mit wenigen Schritten direkt in den Hangaufwind gestartet wird. In der Ebene wird von den Hängegleitern in zunehmendem Maße auch der Windenstart und der Flugzeugschlepp (gewöhnlich mit Ultra-leichtflugzeugen) durchgeführt.

Hängegleiter und Paragleiter haben aufgrund ihrer eingeschränkten Gleitfähigkeit gegenüber den Segelflugzeugen einen deutlich kleineren Aktionsradius. Für den Überlandflug müssen daher die nutzbaren Aufwinde enger beieinander stehen.

Dafür haben Hänge- und Paragleiter die besseren Steigmöglichkeiten, weil sie aufgrund der geringeren Kreisflugeschwindigkeit engere Aufwinde und damit die stärkeren Aufwindkerne der Thermik optimal nutzen können.

Anflug und Landung erfolgen wie beim Segelflugzeug gegen den Wind, aber Entfernung, Zeit und Fluggeschwindigkeit unterscheiden sich signifikant. Hängegleiter und Paragleiter sind zudem viel anfälliger auf Turbulenz und Windscherungen und reagieren auf Böen viel stärker als ein Segelflugzeug.

1.2.3 Motorsegler und Ultraleichtflugzeuge

Touring Motorsegler und Ultraleichtflugzeuge können in Bezug auf ihre Bodenmanövrierfähigkeit und die meteorologischen Anforderungen wie leichte Motorflugzeuge, Motorsegler mit Klapptriebwerk wie Segelflugzeuge behandelt werden. Ultraleichtflugzeuge können jedoch in auffrischendem oder böigem Wind schwieriger zu manövrieren sein und haben diesbezüglich engere Betriebsgrenzen als Motorsegler.

Der Start erfolgt wie bei Motorflugzeugen. Bei den Segelflugzeugen mit Klapptriebwerken unterscheidet man eigenstartfähige Motorsegler und nichteigenstartfähige Motorsegler, die im Flugzeugschlepp oder an der Winde starten.

Im Flug verhalten sich Touring Motorsegler und Ultraleichtflugzeuge wie leichte Motorflugzeuge, Motorsegler mit ausgeschaltetem eingefahrenem Motor wie Segelflugzeuge.

Im Anflug und bei der Landung sind Ultraleichtflugzeuge in ihrer Anfälligkeit auf Windschwankungen den Hängegleitern ähnlicher als den Segelflugzeugen, aber sie reagieren nicht so stark wie Hängegleiter auf die Turbulenz. Motorsegler mit Klapptriebwerk landen mit eingefahrenem Motor.

1.2.4 Heißluftballone, Heißluftschiffe und Gasballone

Zur Startvorbereitung eines Heißluftballons wird zunächst die Ballonhülle ausgelegt und mit einem Gebläse mit Luft gefüllt. Anschließend wird die Luft mit den Brennern aufgeheizt bis der Ballon aufrecht steht. In dieser Aufrüstphase sind Windgeschwindigkeiten bis 15 km/h unkritisch. Bei größeren Windgeschwindigkeiten oder stärkeren Böen müssen gefüllte Heißluftballone an einem kurzen Seil z.B. an einem Auto angebunden werden. In auffrischendem oder böigem Wind kann es schwierig oder sogar unmöglich werden, einen Heißluftballon zu füllen und aufzuheizen. In seltenen Fällen ist der Start auf Stellen mit Windschutz beschränkt (z.B. im Lee hoher Bäume).

Beim Füllen eines Gasballons wird gleichzeitig Gas in die Hülle gepumpt und Ballast (normalerweise Sandsäcke) angehängt. Dieser Vorgang dauert deutlich länger als einen Heißluftballon vorzubereiten. Da ein Gasballon kleiner ist als ein Heißluftballon gleichen Auftriebs, kann er leichter in auffrischendem oder böigem Wind gehalten werden.

Heißluftballone starten mit dem zusätzlichen Auftrieb durch einen Propangasbrenner. Gasballonfahrer werfen Ballast ab, um zu starten.

Ballone werden mit der Windströmung, die in ihrer Höhe herrscht, weggetragen. Fahrtrichtung und Geschwindigkeit werden durch die Winde innerhalb des benutzten Höhenbandes bestimmt. Ballone können auch bei starken Winden komfortabel fahren, solange keine stärkere Turbulenz oder Windscherungen vorhanden sind. Thermische Konvektion ist jedoch ein größeres Problem. Thermische Auf- und Abwinde, verbunden mit wechselnden horizontalen Windschwankungen können insbesondere die Hülle eines Heißluftballons in allen Flugphasen gefährlich verformen. Um dieses Risiko zu vermeiden, wird mit Heißluftballonen gewöhnlich nur bei leichtem Wind während der nicht konvektiven Tageszeiten (früh morgens und nachmittags) gefahren.

In Gasballonen sind die Überlandfahrten meist höher, d.h. über der thermischen Konvektion und sie dauern länger als Heißluftballonfahrten. Es ist nicht ungewöhnlich, mit Gasballonen abends in die Dunkelheit hinein zu starten und zumindest bis in den nächsten Tag hinein zu fahren. Die Piloten sind darauf vorbereitet, nötigenfalls bei stärkerem Wind zu landen.

Die Anfahrt eines Heißluftballons zu einem Landeplatz hängt in kritischer Weise vom Windprofil ab. Wenn die Windrichtung konstant ist, kann der Pilot den Landeplatz direkt ansteuern. Dies geschieht nicht notwendigerweise mit einer gleichmäßigen Sinkrate bis zum Aufsetzen. Häufiger sinkt er bis zu einer Höhe, die gerade ausreicht, um bis zum ausgewählten Landeplatz frei von Hindernissen zu sein. Erst dann sinkt er weiter bis zum Aufsetzen. Wenn der Wind weniger als 15 km/h beträgt, ist die Landung normalerweise weich und der Ballon bleibt nach der Landung aufrecht stehen. Bei stärkerem Wind kann die Ballonhülle in Fahrtrichtung nach vom geblasen werden und der Korb umkippen. In der Zwischenzeit wird der Pilot die Ventile so weit wie möglich geöffnet haben, um die warme Luft entweichen zu lassen und das Zusammenfallen der Hülle zu beschleunigen. Bei noch stärkerem Wind kann der Korb mehrere 10 m oder sogar mehr als 100 m geschleift werden bevor er zum Stillstand kommt. In den meisten Fällen wird sich die Windgeschwindigkeit mit der Höhe ändern, so daß der Ballon in einer Kurve oder mit einem Zickzack-Kurs durch ein oder mehrere Windscherungen sinkt. Da sich der Bereich der verfügbaren Windrichtungen oft nur auf einen kleinen Winkelbereich beschränkt, kann der Pilot normalerweise nicht garantieren, einen vorgeplanten Landeplatz zu erreichen. In der Regel sind aber genügend Planungsinformationen verfügbar, um vorab festzulegen, ob eine Ballonfahrt in ein Gebiet mit brauchbaren Landeplätzen möglich ist. Bei schwachem Wind kann ein Ballon auf einem sehr kleinen Landeplatz landen, der nicht viel größer ist als die Querschnittsfläche der Hülle. Bei Windstille oder so schwachem Wind, daß der Ballon nicht zu einer freien Stelle gelangt, kann der Pilot ein Hafteseil vom Korb zur Bodenmannschaft abwerfen (Pilot und Bodenmannschaft sind normalerweise in Funkkontakt und die Bodenmannschaft verfolgt den Ballon mit dem Auto), um den Ballon zum Landeplatz zu ziehen. Wenn der Landewind stärker ist, wird ein größerer Landeplatz benötigt. Aber ein stärkerer Wind erlaubt dem Piloten auch eine größere Auswahl

an Landeplätzen. Wenn ein Ballon in einem kleinen Landefeld oder in der Nähe von Hindernissen gelandet wird (z.B. Hochspannungsleitungen) können plötzliche Windänderungen oder Böen Schwierigkeiten oder Gefahren im Landeprozess darstellen. Zur Sicherheit muß der Pilot genügend Gas haben, um den Anflug verzögern oder die Landung abbrechen zu können.

Anfahrt und Landung von Gasballonen sind im Prinzip ähnlich dem der Heißluftballone, aber Gasballonhüllen können mit Hilfe von Reißleinen schneller entleert werden. Für Langstreckenflüge (z.B. 24 Stunden oder mehr), die ein gewisses Risiko zur Landung in frischem oder starkem Wind beinhalten, kann ein Sicherungsgerät aktiviert werden, um bei der Landung die Hülle vom Korb zu trennen. Zur Sicherheit hat man normalerweise genug Ballast übrig, um die Landung verzögern oder abbrechen zu können.

Bei Heißluftschiffen verlaufen Anfahrt und Landung ganz ähnlich wie bei Heißluftballonen, außer daß Heißluftschiffe motorisiert sind und sich somit aus Eigenkraft langsam bewegen und ggf. auch durchstarten können.

1.3 Arten der Flugdurchführung

1.3.1 Übungs- und Lokalflüge

Übungs- und Lokalflüge werden meist an einem Flugplatz oder in der Nähe von einem geeigneten Landeplatz durchgeführt. Start- und Landeentscheidungen werden meist auf die meteorologischen Beobachtungen des Piloten oder eines Fluglehrers abgestützt.

1.3.2 Überlandflug

Die meisten nationalen Erlaubnisbehörden fordern von ihren Piloten eine theoretische und praktische Prüfung, bevor sie die Erlaubnis zum Überlandflug erhalten. Dafür benötigen die Piloten Routen- oder Gebietswettervorhersagen. Zur Sicherheit werden sie ihre eigenen Augenbeobachtungen und andere meteorologische Informationen, die sie im Flug erhalten, für ihre Entscheidungen nutzen.

1.3.3 Wettbewerbsflug

Weltmeisterschaften und formale internationale Meisterschaften werden in allen etablierten Luftsportarten durch den "Code Sportif" der internationalen Luftsportvereinigung F.A.I. (Federation Aeronautique Internationale) geregelt. Charakteristische Strecken-, Höhen- und Zeitbereiche für das Wettbewerbsfliegen im Segelflug, Hängegleiten und Heißluftballonfahren sind zusammen mit den beteiligten meteorologischen Skalen in Abbildung 1.3 dargestellt.

Für die Strecken gibt es keine festen Grenzen. Cumuluswolken, stehende oder stromab bewegte Wellen, Hangaufwinde und Konvergenzzonen ermöglichen Segelfluggpiloten bis über die Höhe der thermischen Konvektion zu steigen. Wolkenflug ist jedoch normalerweise in Wettbewerben nicht erlaubt, und das Steigen über die thermische Konvektionsschicht ist nicht immer ein Vorteil im Wettbewerbsflug. Die Höhenschicht für Ballonfahrten reicht normalerweise bis 1000 m über Grund für die meisten Wettbewerbsaufgaben und nur fallweise bis 2000 m. In vielen Situationen wird ein Ballonfahrer bis wenige Meter über Grund während der Wettbewerbsaufgaben sinken.

Segelflug- und Hängegleiter-Wettbewerbe bestehen aus einer unbestimmten und in starkem Maße vom Wetter abhängigen Anzahl von Streckenaufgaben um Wendepunkte, bei denen die Piloten Strecken- und Geschwindigkeitspunkte sammeln. Für jede Wettbewerbsgruppe oder Klasse wird an jedem Wettbewerbstag nur eine Aufgabe gestellt.

Heißluftballonaufgaben bestehen darin, festgelegte Ziele anzufahren und dabei auch substantielle Richtungsänderungen durchzuführen. Die Piloten müssen sogenannte Marker so nahe wie möglich an den Zielen abwerfen. Während einer einzigen Fahrt am Morgen oder am Nachmittag kann eine Serie mit mehreren Aufgaben ausgeschrieben werden.

Bei den Wettbewerben müssen die Tagesaufgaben und die daraus resultierenden Entscheidungen vor den Startzeiten festgelegt werden. Es ist sehr schwierig und manchmal sogar unmöglich, einmal getroffene Entscheidungen wieder zu ändern. Wenn z.B. eine große Zahl von Hängegleitern zusammen mit Bodenmannschaften, Fahrzeugen, Zuschauern usw. mit Bezug auf eine vorhergesagte Windrichtung zum Start bereit stehen, kann die Startrichtung nicht mehr gewechselt werden, um einer signifikanten Windänderung zu entsprechen. Nachdem die Piloten auf einem ausgeschriebenen Kurs abgeflogen sind, ist es praktisch unmöglich, die Aufgabe zu ändern. Deshalb sind meteorologische Informationen und Vorhersagen für den Erfolg und die Sicherheit von Wettbewerbsflügen von mitentscheidender Bedeutung.

Gasballonwettfahrten sind bzgl. Strecke, Höhe und Dauer in der Regel größer als bei Heißluftballonwettbewerben und beinhalten meist Streckenaufgaben. Klassische jährliche Wettbewerbe beinhalten Fahrten von ein oder zwei Tagen Dauer. Der Start erfolgt dabei oft am Abend. Die Fahrthöhen werden so gewählt, daß die stärkeren Winde in der Höhe ausgenutzt und konvektive Strömungen vermieden werden.

Motorsegler- und Ultraleichtflugzeug-Wettbewerbe können wie Segelflugwettbewerbe mit Streckenaufgaben, wie Sternflüge oder wie Motorflug-Ralleys mit Navigationsaufgaben durchgeführt werden. Dabei kann das geschickte Ausnutzen von Aufwinden die Leistung maßgeblich verbessern.

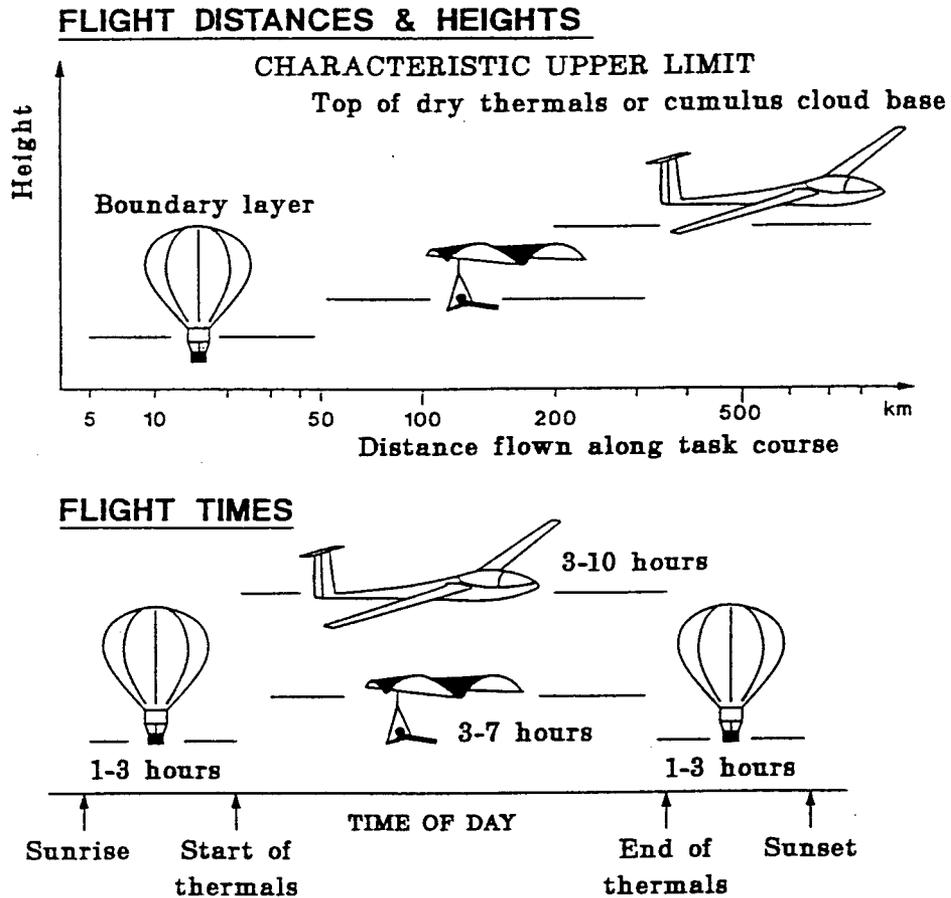


Abbildung 1.3 Charakteristische Strecken-, Höhen- und Zeitbereiche für Wettbewerbsflüge beim Segelfliegen, Hängegleiten und Heißluftballonfahren

Tabelle 1.5 enthält eine Aufstellung über die typische Anzahl von Wettbewerbspiloten bei offiziellen Meisterschaften für Segelflug, Hängegleiter und Heißluftballone.

Tabelle 1.5 Zahl der Wettbewerbspiloten

Wettbewerbstyp	Segelflug	Hängegleiter	Heißluftballon
Weltmeisterschaften	70 - 120	80 - 200	70 - 110
Internationale Meisterschaften	70 - 90	60 - 120	70 - 90
Nationale Meisterschaften	60 - 90	50 - 80	40 - 80
Landes- und Regionalmeisterschaften	30 - 60	30 - 60	20 - 50

1.3.4 Rekordflüge

Die Bedingungen für Rekordflüge sind ähnlich wie bei Wettbewerbsflügen. Einige Rekordarten beinhalten jedoch spezielle Anforderungen, die in enger Zusammenarbeit zwischen den beteiligten meteorologischen Diensten und den Piloten abgestimmt werden müssen. Dauerflugrekorde werden aus Sicherheitsgründen seit einiger Zeit nicht mehr geführt.

1.4 Instrumente

Segelflugzeuge, Hängegleiter, Motorsegler und Ultraleichtflugzeuge haben normalerweise einen Fahrtmesser, Höhenmesser, besonders empfindliche Variometer zur Anzeige der Steig- und Fallgeschwindigkeit und einen Kompaß. Einige sind auch mit Blindfluginstrumenten ausgerüstet. Die Instrumentierung wird oft durch elektronische Hilfen (z.B. zur Berechnung der optimalen Sollfahrt und von Endanflügen unter Einbeziehung von Navigationsdaten) und durch Tongeneratoren unterstützt, damit die Variometeranzeigen akustisch wahrgenommen werden können, ohne permanent auf das Variometer schauen zu müssen.

Ballone haben normalerweise einen Höhenmesser und ein Variometer. Heißluftballone haben zusätzlich auch ein Thermometer zur Anzeige der Lufttemperatur im oberen Bereich der Hülle.

Lange Jahre wurden Barographen eingesetzt, um Flüge und Fahrten durch einen Höhen-Zeit-Schrieb zu dokumentieren. Heute werden mehr und mehr digitale Datenlogger mit der Möglichkeit einer rechnergestützten Fluganalyse benutzt. Höherwertige Ausrüstungen werden auch für digitale Aufzeichnungen und detaillierte Analysen (einschließlich der Lufttemperatur und Feuchte) im Zusammenhang mit flugmeteorologischen Untersuchungen von Aufwinden und anderen meteorologisch interessanten Erscheinungen eingesetzt. Die elektronische Ausrüstung beinhaltet meist auch GPS-Empfänger und Rechner zur Nutzung von satellitengestützten Navigationsverfahren.

1.5 Meteorologische Anforderungen

Für die sichere und erfolgreiche Durchführung eines Fluges oder einer Fahrt benötigt ein Luftsportler entsprechende meteorologische Bedingungen, so daß er

- das Luftfahrzeug am Boden vor und nach dem Flug (allein oder mit Helfern) bewegen
- starten
- mit Hilfe von Aufwindströmungen oben bleiben
- Wettergefahren, insbesondere gefährliche Vertikalströmungen, vermeiden
- in Reichweite eines geeigneten Landeplatzes sein und
- einen sicheren Landeanflug durchführen

kann.

Die meteorologischen Anforderungen, die wetterbedingten Einflüsse und die gebräuchlichsten Vorhersageverfahren sind in den nachfolgenden Kapiteln beschrieben.

1.6 Gefahrenquellen

Gefahrenquellen, die die Allgemeinen Luftfahrt generell betreffen, werden hier nur kurz erwähnt, weil vorausgesetzt wird, daß die Flugwetterberater damit vertraut sind. In diesem Abschnitt werden daher nur diejenigen Gefahrenquellen behandelt, die speziell Segelfliegen, Hängegleiten und Ballonfahren betreffen.

1.6.1 Wind, Windscherung und Turbulenz am Boden und in der Startphase

Luftsportgeräte können durch starken Wind oder Böen beschädigt werden. Sie müssen vor dem Start sicher verzurt oder gehalten werden.

Windstarts können gefährlich sein, wenn das Flugzeug durch einen Höhenbereich mit Windscherung oder starken Windschwankungen geschleppt wird, die einen plötzlichen Geschwindigkeitsverlust verursachen. Dies ist besonders in niedriger Höhe gefährlich, wenn das Flugzeug noch nicht genügend Höhe hat, um die notwendige Fluggeschwindigkeit wieder aufzunehmen.

Flugzeugschlepp kann bei entsprechendem Querwind schwierig oder gefährlich sein, insbesondere dann, wenn das Segelflugzeug mit Wasserballast beladen ist.

Wenn ein Heißluftballon gefüllt und startbereit ist, kann ein erfahrener Pilot auch bei stärkerem Wind starten, wenn das Halteseil schnell gelöst wird.

1.6.2 Turbulenz im Flug

Die Gefahr durch Turbulenz hängt nicht nur von der Luftbewegung ab, sondern auch von der Größe, dem Gewicht, der aerodynamischen Auslegung, den Flugeigenschaften und der Geschwindigkeit des Luftfahrzeuges.

Turbulenz bedeutet für Segelflieger, daß der vorgesehene Flugweg nur durch starke Steuerbewegungen eingehalten werden kann. Lose Gegenstände können dabei durch das Cockpit fliegen. Trotz bemerkenswerter Beschleunigungskräfte ist es jedoch sehr selten, daß ein modernes Segelflugzeug durch Turbulenz beschädigt wird. Die schlimmste Turbulenz wird beim Segelfliegen in Rotorströmungen angetroffen. In dieser Turbulenz ist das Steuern eines Hängegleiters oder eines Ultraleichtflugzeuges extrem schwierig oder gar unmöglich. Die Steuerung durch Gewichtsverlagerung bei Hängegleitern und einigen

Ultraleichtflugzeugen versagt dann. Wenn ein Hängegleiter oder Ultraleichtflugzeug nicht mehr steuerbar ist, hat der Pilot noch die Möglichkeit, sich mit einem Fallschirm oder einem Rettungsgerät für Pilot und Luftfahrzeug zu retten.

Wenn ein Ballon in Turbulenzen kommt, verformt sich die Hülle. Leichte Verformungen wirken nicht notwendigerweise zerstörend, aber sie verursachen bei Heißluftballonen einen Verlust von Warmluft durch die große Öffnung der Hülle. Deshalb wird mehr Wärme und Gas benötigt, um die Höhe zu halten, und die geplante oder mögliche Fahrtdauer wird dadurch verkürzt. Wenn die Turbulenz intensiver ist, besteht die ernsthafte Gefahr, daß die Hülle so stark verformt wird, daß die Feuerstöße nicht mehr direkt in die Hülle gerichtet werden können. Ein zusammengefallener Ballon kann dann gefährlich schnell absacken.

1.6.3 Windscherung im Flug und im Endanflug

Im Flug sind Windscherungen normalerweise nur in Verbindung mit Turbulenz gefährlich. Beim Ballonfahren werden Windscherungen insbesondere in der atmosphärischen Grenzschicht für Richtungsänderungen bewußt genutzt.

Bei einem Überlandflug verläuft der Endanflug meist sehr flach. Endanflugsentscheidungen werden vom Piloten unter Einbeziehung der Windverhältnisse entlang des Gleitpfades getroffen. Wenn im Endanflug eine unerwartete Windscherung auftritt, die den Gleitpfad steiler werden läßt, kann es passieren, daß der Pilot sein Ziel nicht erreicht.

Im Landeanflug stellt ein plötzlicher Geschwindigkeitsverlust aufgrund einer Windscherung immer eine potentielle Gefahr dar. Wenn der Pilot angemessen gewarnt und auf solche Windscherungen vorbereitet ist, erhöht er die Geschwindigkeit in der Landekurve und im Endanflug, um der Gefahr vorzubeugen. Hängegleiter und Ultraleichtflugzeuge sind ebenfalls gefährdet. Sie sind zwar manövrierfähiger, verfügen aber nur über einen engen Geschwindigkeitsbereich, um die Scherungseffekte auszugleichen.

1.6.4 Starke Auf- und Abwinde, Fallwinde

Leistungsschwächere Segelflugzeuge, Hängegleiter, Ultraleichtflugzeuge, Ballone und Fallschirme verfügen oft nicht über genügend Fahrtreserven oder ausreichende Steig- und Sinkmöglichkeiten, um gefährliche Situationen durch starke Auf- und Abwinde insbesondere im Landeanflug zu vermeiden.

Fallwinde, wie sie z.B. bei Gewittern in Form von downdrafts oder im Zusammenhang mit Leewellen und bei der Gebirgsüberströmung auftreten, sind für alle Luftsportgeräte sehr gefährlich.

Auch die Virga einer scheinbar harmlosen Altocumuluswolken kann z.B. isolierte kleinräumige Fallwinde am frühen Morgen oder späten Nachmittag verursachen, die für Ballonfahrer gefährlich sind. Zu der direkten Abwindgefahr addiert sich dann noch der Impuls des Ballons mit 2 bis 9 Tonnen Luft in der Hülle.

1.6.5 Wellenflug

Besonders Segelflugzeuge, aber auch Hängegleiter und Ultraleichtflugzeuge fliegen häufig und sicher in Wellenströmungen. Die potentiellen meteorologischen Gefahren sind: Rotorturbulenz, starke Wellenabwinde und das Schließen einer Wolkendecke unterhalb des Luftfahrzeuges. Wenn sich bei einem Wellenflug die Wolkendecke unter dem Segelflugzeug schließt, kann dies erhebliche Navigationsprobleme, ggf. sogar einen ungeplanten Sinkflug durch Wolken zur Folge haben. Zusätzliche Gefahrenmomente sind dann Turbulenz, Vereisung und das Kollisionsrisiko mit höheren Bergen.

Wandernde Wellen oder Wellenpakete treten in Verbindung mit Low Level Inversionen oder Windscherungen häufiger auf als allgemein angenommen. Solche Wellen haben im allgemeinen aber nur wenig Einfluß auf die Flugdurchführung.

1.6.6 Sicht

Eine besondere Gefahr bei Wettbewerben ist das Zusammenstoßrisiko, wenn viele Segler oder Gleiter bei schlechter Sicht im engen Höhenbereich eines thermischen Aufwindes zusammen fliegen. Das gilt insbesondere auch für das Fliegen im Hangaufwind.

1.6.7 Regen, Gewitter mit Hagel, elektrische Entladungen und Vereisung

Regen hat einen schlechten Einfluß auf die Aerodynamik von Flugzeugen. Insbesondere die Laminarprofile von Leistungsflugzeugen reagieren mit empfindlichen Leistungsverlusten, wenn die Flügel naß sind. Diese Leistungsverluste können in Verbindung mit Abwinden, Turbulenzen oder Gleitpfadproblemen in Ausnahmefällen sogar zu Gefahrensituationen führen.

Bei Gewittern bestehen prinzipiell viele Gefahren: starke Turbulenz und Vereisung, starke Auf- und Abwinde, mit der Gefahr, in den Cb hineingezogen zu werden, extreme Abwinde (downbursts), Starkniederschlag, Graupel und Hagel sowie Blitzschlag.

Hagel kann feste Luftfahrzeuge sowohl in der Luft als auch am Boden erheblich beschädigen. Hängegleiter und Ultraleichtflugzeuge sind der Gefahr noch mehr ausgesetzt.

Elektrostatische Entladungen sind beim Flug in Gewitternahe nicht außergewöhnlich, ernsthafte Beschädigungen durch Blitze sind dagegen sehr selten. Bei Kohlefaser-verstärkten Luftsportgeräten besteht jedoch die große Gefahr, daß die Kohlefaser verbrennt und damit schwere Strukturschäden auftreten.

Bei elektrischen Entladungen während eines Winden- oder Autostarts wirkt das Seil wie ein Blitzableiter. An den Seilenden sind der Pilot und der Windenfahrer gleichermaßen gefährdet, wenn sie nicht entsprechend geschützt sind (z.B. durch ausreichende Erdung der Winde).

Vereisung stellt für den Luftsport keine wesentliche Gefährdung dar, weil sie außerhalb von Wolken nur in gefrierendem Niederschlag auftritt.

