Freiballon
und
Freileitungen

Gefördert durch den Bundesminister für Verkehr

1997

(2. Auflage, 1998)

DFSV

DAeC

Diese Broschüre zum Thema „Freiballon und Freileitungen“ ist auf Anregung des Deutschen Freiballonsport-Verbandes (DFSV) vom Büro Flugsicherheit beim Deutschen Aero Club (DAeC) zusammen mit Gerhard Hurck (DFSV) erstellt worden.

Vertrieb: Büro Flugsicherheit
beim Deutschen Aero Club e.V.
Hermann-Blenk-Str. 28
38108 Braunschweig

Verfasser:

Gerhard Hurck		Aufbau; Literatursammlung; Abschnitte 1, 2, 5.1 und 6; Diagramme Seiten 34, 37, 41, 58, 59
Matthias Borgmeier	(FSI)	Zusammenstellung; Gestaltung; Abschnitt 5;
Jens Eisenreich	(FSI)	Abschnitt 3;
Wolfgang Berger	(FSI)	Abschnitt 4.

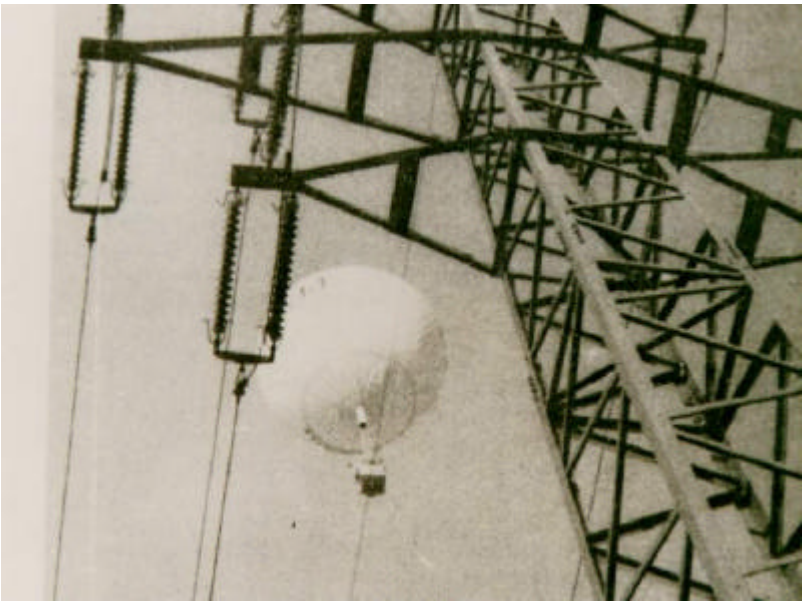
Ein besonderer Dank gilt Herrn Dipl.- Ing. Jürdens, VEW AG, Dortmund (fachliche Beratung Abschnitt 2) sowie den Herren Ottmar Gottschalg und Ralf Keil, DAeC, sowie Gerhart Berwanger, Oerlinghausen für die redaktionelle Überarbeitung und Beratung.

Copyright:
Nachdruck - auch auszugsweise - unter Angabe der Quelle erwünscht.

Allein der Ballonführer ist für die sichere Führung des Freiballons und die Sicherheit seiner Mitfahrer und Dritter verantwortlich.

Nur er hat das Entscheidungsrecht.

(§§ 2 und 3 Luft-VO)



„Wer jemals in dem Freiballon
aufsteigt ganz Glück - und wundervoll
und dann zur Landung angesetzt,
kaum noch Ballast, vom Wind gehetzt
und dieses unter sich dann sieht,
dem geht es, glaub ich,
ans Gemüt.“

(Stenschke, FV Augsburg)

Freileitungen

sind oberirdische geführte Leitungen zur Fortleitung von Strom.

Sie bestehen aus freigespannten, meist blanken Seilen und den Stützen (Masten) mit Trag- und Befestigungseinrichtungen.

Gliederung

		Seite
1.	**Einführung**	5
2.	**System der Stromversorgung und Stromgefahren**	7
2.1	Stromerzeugung und Stromart	7
2.2	Stromverteilungsnetz	7
2.2.1	Spannungsebenen	8
2.2.2	Leitungen und Kabel	9
2.3	Freileitungssysteme	9
2.3.1	Leiterseile und Beseilung	10
2.3.2	Isolatoren	11
2.3.3	Leitungsmaste	12
2.3.4	Identifizierung der Maste und Stromkreise	13
2.3.5	Bahnstromleitungen	14
2.3.6	Leitungstrassen	14
2.3.7	Schutzmaßnahmen im Netz	16
2.4	Gefährdung durch elektrischen Strom	17
2.4.1	Stromfluß durch den Körper	18
2.4.2	Annäherung an Leitungen mit Spannungen über 1 kV	19
3.	**Ursachen der Berührung**	22
3.1	Menschliche Faktoren	23
3.1.1	Bewußte Fehlhandlungen	24
3.1.2	Unbewußte Fehlhandlungen	24
3.1.3	Arbeitsfehler	25
3.2	Entscheidungsfindung	26
3.3	Ablenkung	28
3.4	Sehen, aber nicht wahrnehmen	30
3.5	Zusammenfassung	32

Seite

4. Vermeidung der Berührung 33

4.1 Fahrtvorbereitung und Fahrtplanung 33

4.2 Start 35

4.3 Fahrt in Reisehöhe 37

4.4 Landung 39

4.4.1 Landeentscheidung und -vorbereitung 39
4.4.2 Abstieg und Tieffahrt 40

5. Verhalten des Freiballonführers und der Verfolgercrew 45

5.1 Wirkung einer Leiterberührung 45

5.1.1 Mechanische Abtrennung von Korb- und Hüllenseilen 45
5.1.2 Gefährdung der Korbinsassen 46

5.2 Drohende Gefahr der Berührung 47

5.2.1 „Reißen” oder „Brennen” 47
5.2.2 Explosionsgefahr verringern 49
5.2.3 Schutz der Passagiere 50

5.3 Berührung von Freileitungen 50

5.3.1 Ballonhülle hat Leitungskontakt 52
5.3.2 Ballonhülle liegt über der Leitung 53
5.3.3 Kontakt mit den Leitungen im Brenner-/Korbbereich 54
5.3.4. Noch einmal davongekommen ? 55

5.4 Mentale Vorbereitung 55

6. Schlußbemerkung 56

Anlage 1: Faustformel zur Berechnung des Sicherheitsabstandes zwischen Startplatz und Leitungsmast 57

Anlage 2: Änderung des Gleitpfades beim schnellen Abstieg in bodennahe Windscherungen 58

Anlage 3: Merkregeln für den Piloten 59

Anlage 4: Notfall-Checkliste für die Verfolgercrew 60

Literaturverzeichnis 61

Bildquellen 62

Freiballon und Freileitungen

1. Einführung

Freileitungen stellen, von starken Turbulenzen abgesehen, die größte Gefahr für den Freiballon dar. Eine Kollision des Ballons mit Freileitungen ist in der Regel mit sehr schwer Verletzten, Toten und zerstörtem Ballongerät verbunden, wie die Unfallstatistik ausweist.

Ursache der schweren Unfälle sind die **Kurzschlußströme** bei Berührung der Stromleiter. Sie können zu Körperdurchströmung, zu Bränden und Explosionen und zum Absturz durch Abtrennen des Korbes führen.

Bereits 1912 hat der Deutsche Luftfahrer-Verband gemeinsam mit dem Verband Deutscher Elektrotechniker eine Kommission zur "Beratung von Schutzmaßnahmen gegen die Gefahren von Starkstromleitungen für die Luftfahrt" gebildet. Es ging damals um allgemeine Anhaltspunkte für die Erkennung von Hochspannungsleitungen, um die Gefahr bei Berührung elektrischer Leitungen und um das Verhalten beim und nach dem Landen.

Wenn der Deutsche Freiballonsport-Verband e. V. das Thema "Freiballon und Freileitungen" nun zum Anlaß einer eigenen Sicherheitsinformation nimmt, so wird damit eine Lücke geschlossen, die in den letzten Jahren an Bedeutung gewonnen hat. Die über alles Erwarten große Zunahme der Zahl der Heißluftballone mit ihrer im Vergleich zum Gasballon höheren Windempfindlichkeit, ihrer größeren trägen Masse und mit ihrem erheblichen Vorrat eines brand- und explosionsfähigen Brenngases im Korb hat das Sicherheitsproblem Freileitung verstärkt.

Deutschland folgt mit dieser Broschüre dem Beispiel anderer Ballonsport betreibenden Länder. Wie aus dem **Literaturverzeichnis** im Anhang hervorgeht, haben sich vor allem die USA seit vielen Jahren mit Sicherheitsbroschüren, Artikeln im Fachschriftum und Vorträgen auf Sicherheitskonferenzen eingehend mit der Gefährdung durch Freileitungen auseinandergesetzt, Unfälle ausgewertet und Verhaltensregeln für den Ballonführer aufgestellt und damit vorbildliche Sicherheitsarbeit für den Freiballonsport geleistet.

In Deutschland wurde das Thema bisher nur auf der Sicherheitskonferenz 1986 in Frankfurt/Main behandelt (Lit. 7).

Diese Schrift ist gedacht für den verantwortlichen **Freiballonführer** und für seine **Verfolger.** Sie ist so aufgebaut, daß zunächst das **System** der elektrischen **Freileitungen** mit den besonderen **Gefährdungen** für den Freiballon beschrieben wird. Damit werden die Grundlage für die Erkennbarkeit von Freileitungen, die Art der Gefährdung und die Folgen einer Berührung vermit-

telt. Es folgen dann die freiballonspezifischen Abschnitte über die **Ursachen** von Freileitungsberührungen, über die **Maßnahmen** zur Vermeidung derselben und über das **Verhalten** bei Berührung von Freileitungen.

Freileitungen sind grundsätzlich eine besondere Art von **Hindernissen**, die dem Freiballon gefährlich werden können. Demgemäß gelten die in den Abschnitten „Ursachen und Vermeidung der Berührung" gemachten Ausführungen und Hinweise in weitem Umfang für Hindernisse schlechthin, gleich welcher Art. Sie sind insoweit nicht freileitungsspezifisch, sondern zugleich von **allgemeiner Bedeutung** für den Ballonführer bei den Betriebsphasen Start, Fahrt und Landung. Aus diesem Grund haben die Verfasser es für zweckmäßig gehalten, die genannten Abschnitte ausführlicher zu behandeln.

2. System der Stromversorgung und Stromgefahren

2.1 Stromerzeugung und Stromart

Elektrischer Strom[1] wird in Elektrizitätswerken erzeugt und mit Leitungen dem Verbraucher zugeführt. Die Generatorspannung am Kraftwerk wird zur Verringerung der Stromstärke und der Übertragungsverluste auf Hochspannung transformiert und in der Nähe des Verbrauchers auf Verteil- oder unmittelbar auf Verbrauchsspannung umgespannt.

Die Stromübertragung erfolgt in der Regel in Form einer dreiphasigen Wechselspannung, die als Drehstrom an den Ableitungen zur Verfügung steht. Der Strom fließt in Leitern im geschlossenen Kreislauf und nur solange Spannung erhalten bleibt.

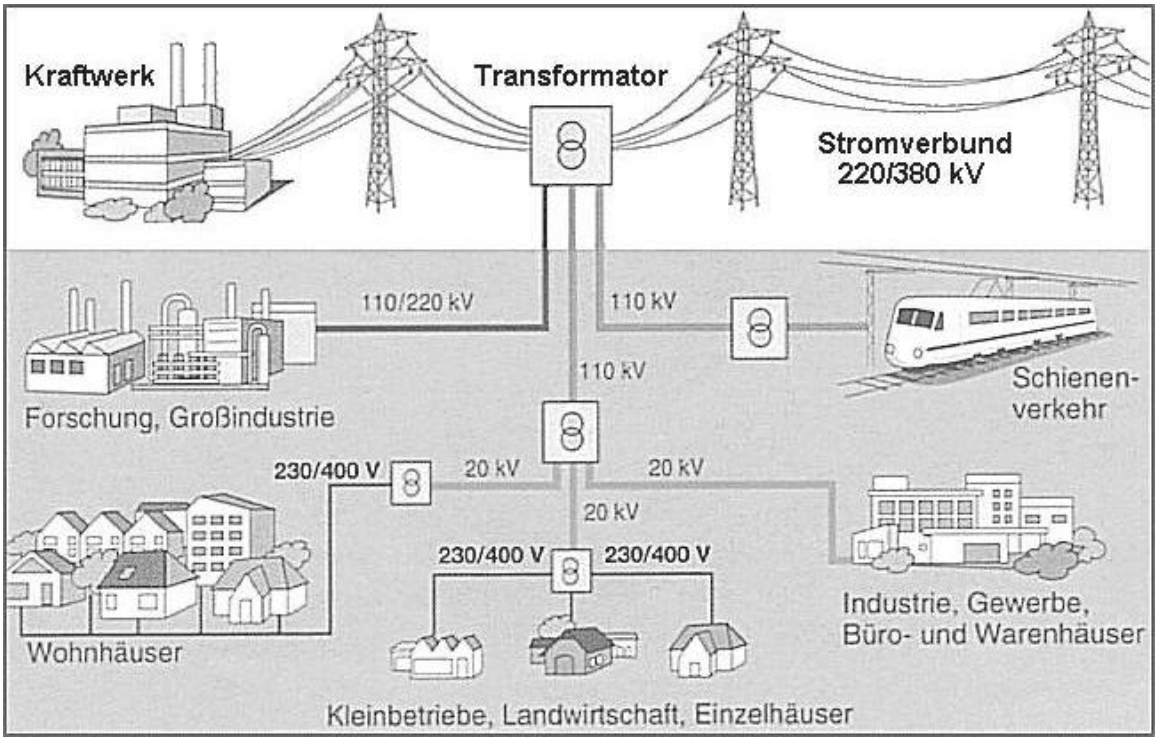
2.2 Stromverteilungsnetz

Zum elektrischen Versorgungsnetz gehören alle Freileitungen und Kabel nebst allen Umspann- und Verteilanlagen, die den Strom von den Generatoren im Kraftwerk auf die gewünschten Spannungen und Stromstärken transformieren und zum Verbraucher bringen. Für den Ballonfahrer sind die Freileitungen und die oberirdisch geführten Kabel von Bedeutung.

Über große Entfernungen wird der Strom grundsätzlich in oberirdisch geführten Drahtleitungen fortgeleitet. An das Hochspannungsverbund- und -transportnetz schließt sich das Übertragungs- und Verteilernetz an. Ausgangs- und Endpunkte sind die Stationen oder Knotenpunkte. Die Netze sind dicht und eng vermascht.

---

[1] Mit **Strom** bezeichnet man die gerichtete Bewegung elektrischer Ladungen, die durch einen Leiter fließt. Die übertragene elektrische **Leistung**, gemessen in **Watt** (W) ergibt sich aus dem Produkt von **Spannung in Volt** (V) mit der **Stromstärke in Ampere** (A). Übertragen auf das Beispiel einer Wasserleitung entspricht die Spannung dem Druck, der das Wasser durch die Leitung fließen läßt, und die Stromstärke der Wassermenge, die in der Sekunde durch den Wasserhahn fließt.



Stromübertragung vom Kraftwerk zum Verbraucher

2.2.1 Spannungsebenen

Das weitverzweigte Leitungsnetz gliedert sich entsprechend den unterschiedlichsten Aufgaben in drei **Spannungsebenen:**

a) Hochspannung (400 bis 60 Kilovolt):

Das Hochspannungsnetz[2] dient dem weiträumigen Stromtransport zwischen Kraftwerken und Verbrauchsschwerpunkten.

Zu ihm gehören vornehmlich die 380 kV, die 220 kV- und die 110 kV-Leitungen.

Die auf die Spannungsebene 380 kV ausgebauten Verbundnetze werden von den Energieversorgungsunternehmen gemeinsam betrieben und dienen dem Stromaustausch mit den Nachbarländern, dem Ausgleich von Netzschwankungen und der Sicherheit der Versorgung. Die 110 kV-Leitungen werden auch von Regionalversorgern betrieben.

b) Mittelspannung (60 bis 1 Kilovolt):

Das Mittelspannungsnetz dient der weiteren Stromverteilung oder führt zu Umspannanlagen, die den Strom in die Verbraucherspannung umspannen.

Die bevorzugten Übertragungsspannungen betragen 20 kV für Überlandnetze und 10 kV für den Anschluß an städtische Erdkabelnetze.

Zum Mittelspannungsnetz gehört auch das 110 kV Bahnstromnetz mit den 15 kV Speise- und Oberleitungen. Es wird mit zweiphasigem Wechselstrom betrieben.

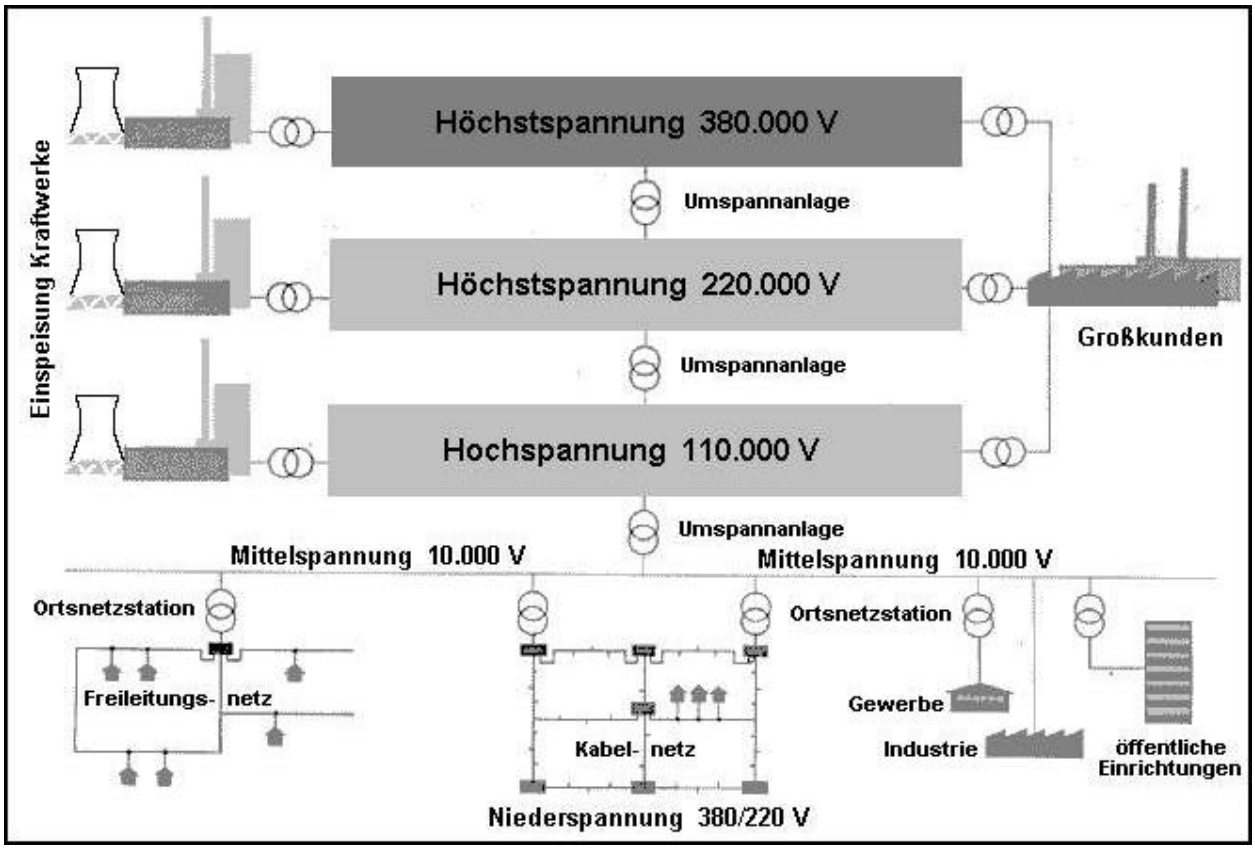
---

[2] Auch gegliedert in das Höchstspannungsnetz 380 und 220 Kilovolt und das Hochspannungsnetz 110 Kilovolt.

c) Niederspannung (kleiner 1 Kilovolt):

Zum Niederspannungsnetz gehören Leitungen bis 1 kV Spannung. In der Regel wird der in Ortsnetzstationen eingespeiste Mittelspannungsstrom auf 220/380 Volt umgewandelt und an die Endverbraucher geliefert.

Mittel- und Niederspannungsnetze werden von regionalen Versorgungsunternehmen betrieben.



Die Spannungsebenen und ihre Aufgaben

2.2.2 Leitungen und Kabel

Das **Transportnetz** ist ein Freileitungsnetz, das Verteilnetz besteht aus Freileitungen oder in dicht bebauten Gebieten auch aus umhüllten Drähten oder erdverlegten Kabeln, bestehend aus mehreren zusammengeführten isolierten und ummantelten Leitungsdrähten. Der Kabelanteil im Verteilnetz steigt, was aus Sicht des Ballonfahrers von Vorteil ist.

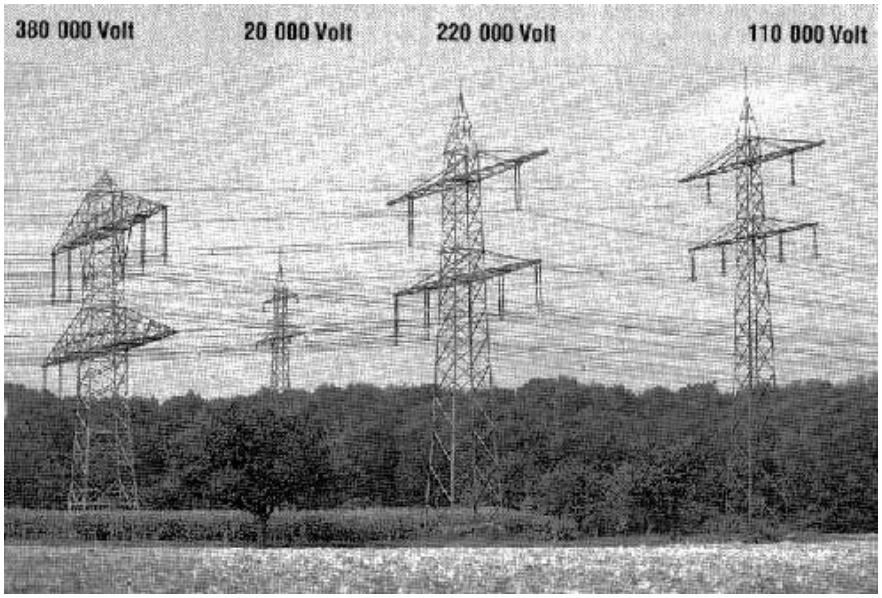
2.3 Freileitungssysteme

Ein Freileitungssystem besteht aus den **Leitern** (Seilen), den **Isolatoren** und den **Masten.**

Ein **Leiterseil** überträgt jeweils eine Stromphase. Im Hoch- und Mittelspannungsnetz bilden jeweils drei Leiterseile einen Stromkreis, im Niederspannungsnetz sind es vier Leiter.

Die spannungsführenden Leiter sind mit Isolatoren an Masten befestigt. Die Leiter, bei Freileitungen auch Seile genannt, sind nicht mit einer Isolierung umgeben. Es wird das Isoliervermögen der Luft ausgenutzt.

eim **Hochspannungsnetz** trägt ein Mast abweichend von den **Mittel- und Niederspannungsnetzen** üblicherweise mehrere Stromkreise. Bei Stromkreisen



verschiedener Spannungsebenen liegen die Seile der höheren Spannungsebene immer an den oberen Masttraversen.

Hochspannungs-Leitungstrassen

2.3.1 Leiterseile und Beseilung

Die dem Stromtransport dienenden Leiter sind als Seile oder bei Niederspannung als massive Drähte ausgeführt. Die Drahtseile bestehen in der Regel aus zusammengedrehten Stahldrähten, die mit Aluminiumdraht umwickelt sind.

Der **Durchmesser der Leitungsseile** richtet sich nach der zu übertragenden Leistung und nach dem Abstand der Tragmasten. Die Zugfestigkeit[3] der Seile, und damit die **Seilspannung**, ist sehr hoch, um Masten zu sparen.

[3] Die Seilspannung beträgt rund 8 daN/mm² Querschnitt; die metallischen Seilquerschnitte im Mittel- und Hochspannungsbereich liegen bei rund 100 bis 600 mm². Das ergibt Seilspannungen von 800 bis 4800 daN.

Der **Mindestabstand** der zwischen den Masten durchhängenden Leiterseile zum höchsten Punkt auf der überspannten Oberfläche darf 6 m nicht unterschreiten.

Der **Abstand der Seile** voneinander und vom Mast ist abhängig von der **Spannungsebene,** da die Überschlagsgefahr von Phase zu Phase oder Erde mit der Spannung zunimmt. So beträgt z. B. der übliche Abstand von Seil zu Seil bei 380 kV-Stromkreisen 6,5 m in der Horizontalen und 10 m in der Vertikalen.

Bei Hochspannungsübertragung 380 und 220 kV werden anstelle je eines Leiterseils **Bündel** mit mehreren parallel geführten Teilleitern für jede Phase verwendet. Die Teilleiter haben etwa 40 cm Abstand voneinander und sind mit Distanzstäben vor gegenseitiger Berührung gesichert. Zweck dieser sog. **Bündelleiter** ist es, den Verlust an elektrischer Energie durch Glimmentladungen (Korona-Effekt) in wirtschaftlich tragbaren Grenzen zu halten. Üblich sind beim 220 kV-Netz 2er-Bündel und beim 380 kV-Netz 3er-oder 4er-Bündel.

Neben den Strom übertragenden Seilen werden auf den Leitungstrassen der Hochspannungsebene, in Ausnahmefällen auch bei Mittelspannungsnetzen, sog. **Erd- oder Blitzseile** als Schutz gegen atmosphärische Störungen mitgeführt. Sie haben einen gleichen oder auch etwas geringeren Durchmesser als die Leiterseile, sind aber **spannungslos.** Sie verlaufen auf den **Mastspitzen,** um die tiefliegenden Leiterseile gegen Blitzschlag zu schützen**.** Bei Niederspannungsnetzen wird ein Erdleiter als 4. Seil mitgeführt.

Für die Übertragung von Informationen dienen verseilte **Luftkabel** von Mast zu Mast oder seit einigen Jahren in die Erdseile oder Phasenleiter integrierte **Lichtwellenleiter** (Glasfasern). Von ihrer elektrischen Spannungshöhe her stellen sie zwar keine Gefahr für den Freiballon dar, allerdings von ihrer mechanischen Festigkeit und Spannung.

Niederspannungsleitungen bestehen in der Regel aus 4 Seilen oder Drähten und bei kurzen Entfernungen auch aus Kabeln mit 4 isolierten Leitern.

Die für den Freiballon relativ ungefährlichen **Telefonleitungen** sind dadurch gekennzeichnet, daß sie einzeln als Kabel auf Holzmasten geführt werden.

2.3.2 Isolatoren

Die Leiterseile sind mittels Isolatoren an den Masten aufgehängt. Art, Länge und Zahl der Isolatoren richten sich nach der Höhe der Spannung. Sie stellen damit ein wichtiges Identifikationsmerkmal dar.

Bei der **Hochspanungsebene** sind folgende Lösungen üblich:

- 380kV: 3-gliedrige Einfach- bis Vierfach-Hängekette aus Langstabisolatoren
- 220kV: 2-gliedrige Einfach- oder Doppelhängekette
- 110kV: 1 Langstabisolator

Mittel- und Niederspannungsebene: Stützenisolatoren

2.3.3 Leitungsmaste

Als **Maste** werden je nach Stromleistung, Spannungsebene, Trassenbedingungen und Spannweite der Beseilung (Mastabstand) eingesetzt:

Stahlgittermaste (Vierkantiges Stahlfachwerk) mit **Traversen** (Mastausleger) für mehrere Stromkreise in Zweiebenenanordnung und für lange Überspannstrecken
sowie
einstielige Stahlrohr- oder Schleuderbetonmaste
oder
Holzpfähle als Einschaft-, A- oder Portalmast.

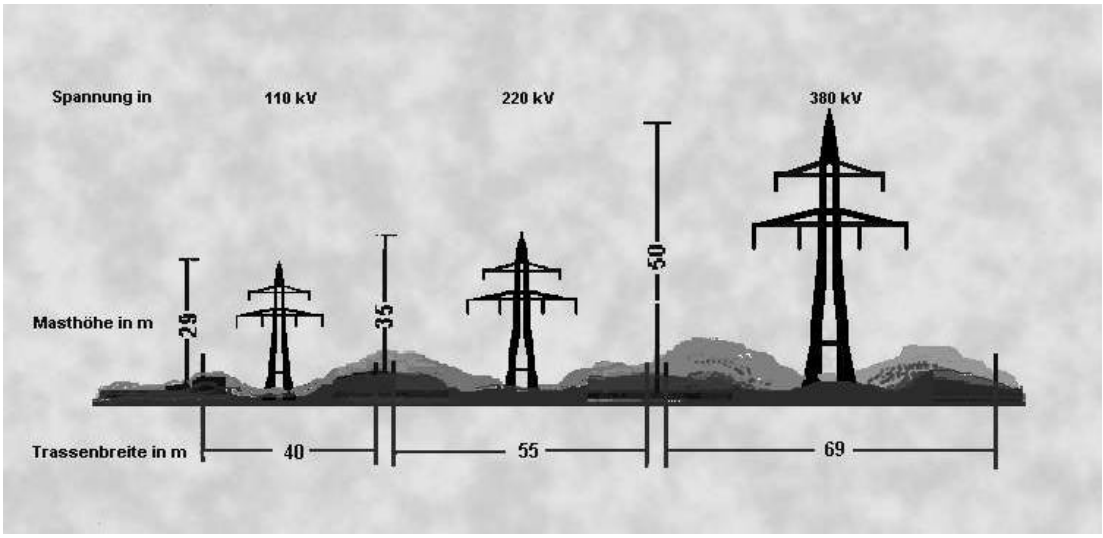
Art, Höhe und Beseilung der Maste geben neben den Isolatoren einen Hinweis auf die Höhe der Spannung. Die nachfolgenden Zahlen gelten für **Standardausführungen**, Abweichungen sind möglich.

Hochspannung: Gittermaste

- 380kV = 60-75 m Höhe; 450 m Abspannweite
- 220kV = 40-45 m Höhe; 350 m Abspannweite
- 110kV = 30-35 m Höhe; 250 m Abspannweite

Mittel- und Niederspannung:

- 40 bis 80 m, bei Betonmasten bis 200 m Abspannweite



Masthöhen und Trassenbreiten

Bei **Hochspannungsleitungen** werden in der Regel Gittermaste unterschiedlicher Bauformen, bei 110-kV-Leitungen auch einstielige Stahlmaste eingesetzt.

Für die **Mittelspannung** sind 10 m hohe T-Masten aus Stahl, Beton oder Holz mit einem Stromkreis, überwiegend mit Einebenenanordnung der Leiter, üblich. Die Umspannung auf Niederspannung erfolgt oft durch Maststationen.

Für die **Niederspannung** sind max. 10 m hohe Holzpfähle oder Betonmaste, z. T. mit Querträger, und 4 Isolatoren je Stromkreis üblich, falls nicht Kabel benutzt werden.

Die Tragmaste werden durch regelmäßig in bestimmten Abständen angeordnete verstärkte **Abspannmaste** entlastet. Sie sind in der Regel höher und die Leiter sind näher an den Masttraversen geführt. Abspannmaste übernehmen auch als Winkelmaste den seitlichen Zug bei einer Richtungsänderung der Leiter.

Beachte:

Besondere Vorsicht vor den niedrigen T-Masten im Mittelspannungsbereich!

2.3.4 Identifizierung der Maste und Stromkreise

Es gibt in Deutschland kein einheitliches System zur Kennzeichnung der Maste und der Stromkreise. Alle Maste mit Stromkreisen von über 1000 Volt tragen ein **Warnschild** mit Blitzpfeil und Hinweis.

Das von den Versorgungsunternehmen angewendete System (Zahlen, Symbole, Farben), gestattet es, Trasse und Standort des Mastes und seine Beseilung eindeutig festzustellen.

Es empfiehlt sich, das System der örtlich angewendeten Mastkennzeichnungen bei den zuständigen Verbund- und Regionalversorgungsunternehmen zu erfragen und sich mit ihm vertraut zu machen.

2.3.5 Bahnstromleitungen

Die von den Umspannwerken ausgehenden Bahnstromleitungen führen **Wechselstrom** von **110 kV** Spannung. Die Bahnstromleitungsmasten tragen in der Regel eine Traverse mit 2 Stromkreisen, bestehend aus je einer Phase und einem Erdleiter.

In Unterwerken wird die Spannung auf 15 kV transformiert und **Speiseleitungen** zugeführt. Sie verlaufen oftmals parallel zum Oberleitungssystem, das die Fahrdrähte mit dem Stromkreis verbindet.

2.3.6 Leitungstrassen

Die der Führung einer Freileitung dienenden Maste bilden in ihrer Aufeinanderfolge eine **Leitungstrasse**[4]**.**

---

[4] Bei der Führung der Trasse werden Topographie, Bebauung und Bodenbewuchs berücksichtigt, um Natur- und Landschaftsbild wenig zu beeinträchtigen. Die Zahl der Trassen wird durch **Mehrfachbelegung** der Maste verringert.

Waldüberspannungen werden zu vermeiden gesucht, Waldschneisen werden nicht gradlinig sondern in Winkeln angelegt, Leitungen werden an Waldrändern entlanggeführt und Bergrücken werden mit zwei niedrigen Masten auf den Flanken der Kuppe anstelle eines hohen Mastes auf der Bergkuppe überspannt. Bei Aufteilung auf mehrere Trassen werden diese in engem Abstand parallel zueinander geführt.

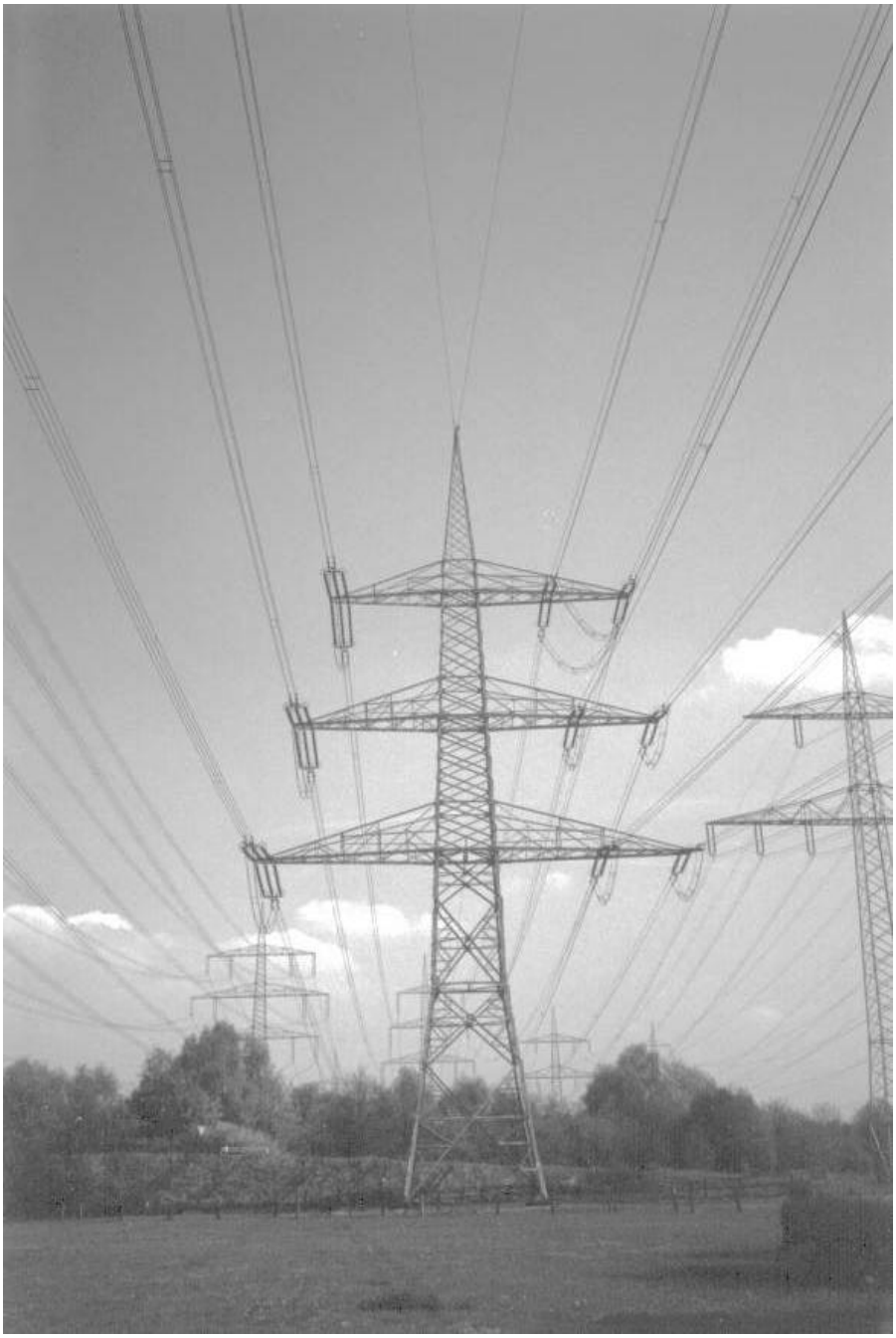
110 kV - Winkel-Abspannmast

10 kV - Umspannstation
(Mittelspannung-Niederspannung

220/380 V - Leitungen ; Telefonkabel

Übergang
Erdkabel - Freileitung

Die Bemühungen, die Trassen in die Landschaft einzupassen, erschwert ihre Wahrnehmung durch den Ballonfahrer. Dies gilt insbesondere für die Mittelspannungsebene. Ihre niedrigen Masten werden oft parallel zu mit Bäumen gesäumten Straßen oder quer über Felder geführt. Sie stellen eine besondere Gefahr bei Tieffahrten und bei der Anfahrt zur Landung dar.



Leitungstrassen im Hochspannungsbereich

Beachte:

Ein Mast führt zu einem anderen!

2.3.7 Schutzmaßnahmen im Netz

Störungen im elektrischen Netz können durch **Kurzschlüsse** zwischen zwei spannungsführenden Leitern verschiedener Polarität auftreten. Bei geerdeten Spannungsquellen stellt auch der **Erdschluß** eine Form des Kurzschlusses dar.

Bei einem Kurzschluß tritt ein sehr hoher **Kurzschlußstrom** auf. Um die Folgen zu verringern, sind im System der elektrischen Energieübertragung Sicherheitsvorrichtungen eingebaut, die im Fehlerfall abschalten. Es handelt sich bei höheren Spannungen um Leitungsschutzschalter, das sind Selbstschalter mit einem thermischen Überstromauslöser und einem elektromagnetischen **Kurzschluß-Schnellauslöser.**

Im Störungsfall, z. B. bei **Kurzschlüssen** im **Hochspannungsnetz** werden in der Regel die Stromkreise selektiv in Millisekunden abgeschaltet. Bei 220 und 380 kV-Netzen ist in der Regel eine **Kurzunterbrechungsautomatik** (Schnellwiedereinschaltung) eingebaut, die nach dem Kurzschluß die fehlerhafte Phase einmalig für 100 bis 200 Millisekunden aus und wieder einschaltet, um einen Lichtbogen zu löschen. Ist die Fehlerquelle nicht beseitigt, schaltet der Schalter wieder aus und bleibt in Aus-Stellung. Die endgültige Wiedereinschaltung des gestörten Stromkreises erfolgt also **nicht automatisch** sondern erst nach Feststellung der Störungsursache und Öffnen einer Wiedereinschaltsperre [5].

Bei **Mittelspannungsnetzen** schalten Überstromschalter im Stromkreis selbsttätig ab und werden in der Regel nicht wieder eingeschaltet.

In **Niederspannungsnetzen** sind Leistungsschalter und Schmelzsicherungen zum Schutz gegen Überströme und Kurzschlüsse eingebaut.

Die verschiedenen Systeme und Verfahren zum Schutz bei Kurzschlüssen bei gleichzeitiger weitgehender Aufrechterhaltung der Stromversorgung werden unter dem Begriff **Betriebsführung der Netze** zusammengefaßt.

2.4 Gefährdung durch elektrischen Strom

Elektrizität kann sehr gefährlich sein. Die Gefährdungen beruhen auf den speziellen Wirkungen, die der Strom auf den menschlichen Körper und auf im Kurzschluß befindliche Gegenstände ausübt. Unfälle durch elektrischen Strom führen besonders häufig zum Tode der Verletzten, sei es durch **direkten Stromfluß** oder sei es bei Freiballonen auch durch die zerstörenden Wirkungen der **Hitze** auf Korb und Hülle und auf das Füllgas oder die Brennerflaschen.

---

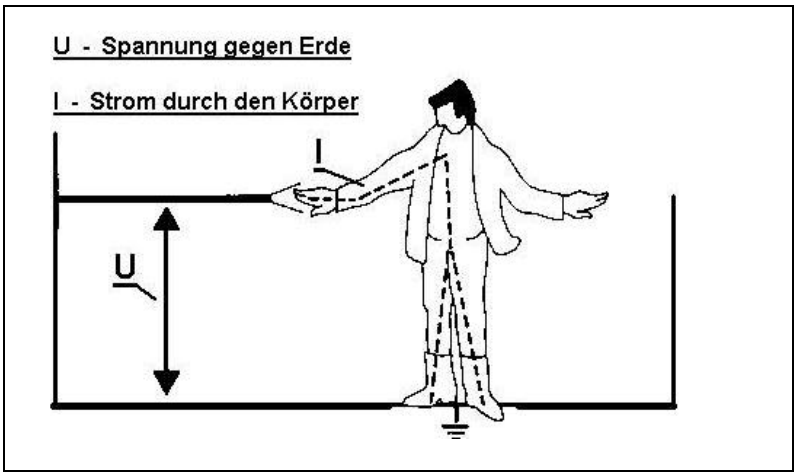
[5] Eine für den Ballonfahrer wichtige Sonderlösung gibt es bei den **110-kV-**Übertragungs- und Verteilnetzen. Um das Zusammenbrechen der Stromversorgung durch Leitungsstörungen zu verhindern, werden bei **1-poligem Erdschluß** (Ein Seil am Boden) diese Stromkreise nicht abgeschaltet, sondern es werden der Erdschlußstrom begrenzt und die Spannung in den beiden anderen Leitern leicht erhöht. Dieser Zustand wird so lange gehalten, bis die Fehlerquelle herausgefunden ist und es zu einer Abschaltung kommen kann. Bei 110-kV-Leitungen ist also besondere Vorsicht geboten.

Die Gefährdung steigt generell mit der **Höhe** der Spannung und der **Dauer** der Einwirkungszeit.

Leitungsmaste und Erdleiter sind spannungslos, eine Berührung ist daher gefahrlos. Auch die Berührung nur eines der Leiter oder Leiterbündels eines Stromkreises ist gefahrlos, sofern nicht eine Verbindung zur Erde besteht, sei es über den Erdleiter, den Mast oder den Ballon. Kommen zwei Leiter zusammen oder ein Leiter und Erde zusammen oder kommen sie einander zu nahe, so fließt Strom oder schlägt Strom in Form eines **Lichtbogens** über.

2.4.1 Stromfluß durch den Körper

Strom fließt nur in einem geschlossenem Stromkreis. Der menschliche Körper ist leitfähig. Für den Menschen besteht daher Gefahr, wenn er ein **Teil** dieses **Stromkreises** wird.



Der elektrische Durchströmungsfall

Bei **Wechselströmen** treten schon bei Stromstärken über 6 mA Reizwirkungen auf Muskeln und Nerven auf. Stromstärken über 25 mA können bereits zu Atemlähmungen und Bewußtlosigkeit mit Todesfolge oder zu Herzkammerflimmern und Herzstillstand führen.

Überträgt man diese Werte auf die Spannungsebenen so gilt, daß lebensgefährliche Ströme unter ungünstigen Umständen bereits bei Spannungen unter 220 V fließen können. Das führt zu der wichtigen Feststellung, daß alle Freileitungen, die elektrische Energie gleich welcher Spannungsebene transportieren, gefährlich sind und ein Kontakt unter allen Umständen vermieden werden sollte.

Beachte:

Freileitungen, gleich welcher Spannung, sind gefährlich!

Der **Stromfluß** durch den Körper kann dadurch entstehen, daß

- der Strom von einem Leiter durch den Körper zur Erde fließt, oder daß
- der Körper zwischen zwei Leiter gerät und diese überbrückt.

Der geringe Leitungswiderstand des menschlichen Körpers bewirkt hohe Kurzschlußströme. Diese bedeuten hohe Temperaturen und dadurch auch die Gefahr schwerer, lebensgefährlicher Verbrennungen.

Bei Stromstärken, wie sie im **Mittel- und Hochspannungsnetz** auftreten, kommt es neben dem Atem- und Herzstillstand durch die große Wärmewirkung zu schweren Gewebezerstörungen, Verkochen der Muskulatur und Verstümmelungen.

Beim **Ballon** verläuft ein Kurzschlußstrom in den meisten Fällen durch die metallischen Teile im und in der Nähe des Korbes. Die **Insassen** sind wegen der Enge im Korb und der Berührungsnähe zu Metall-Teilen sehr gefährdet. Beim Heißluftballon ist die Gefährdung durch Stromfluß besonders groß, da die Heizanlage (Brenner + Druckgasbehälter + Schläuche und Armaturen) den Strom gut leitet. Der Hüllenstoff ist in trockenem Zustand ein sehr schlechter Leiter. Dies gilt nicht für die dünne Meßleitung vom Temperatursensor oben in der Hülle zum Meßgerät im Korb (Ionisatationspfad). Auch um dieses Gefahrenmoment auszuschalten, gibt es inzwischen erprobte drahtlose Meßsysteme, die einen Kurzschlußstrom durch das Temperaturmeßkabel verhindern.

2.4.2 Annäherung an Leitungen mit Spannungen über 1 kV

Bei Freileitungen im Mittelspannungs- und Hochspannungsbereich können bereits bei **Annäherung** an die Leiterseile, also ohne direkte Berührung, Überschläge entstehen. Die **Überschlagsgefahr** hängt damit zusammen, daß sich um die elektrischen Leiter elektromagnetische Wechselfelder bilden, die nicht überbrückt werden dürfen. Deswegen haben die Leiter Abstände voneinander, die mit der Spannungshöhe größer werden.

Wird ein Mindestabstand[6] zu den spannungsführenden Teilen unterschritten, treten **Kurzschlüsse mit Lichtbögen**[7] auf. Sie können durch direkte Einwirkung oder durch die große Strahlungshitze zu schweren Verbrennungen führen und, was sich beim Freiballon **katastrophal** auswirken kann, **tragende Seile durchschweißen, Druckgasflaschen aufschweißen und das unter hohem Druck freiwerdende Brenngas wie auch brennbares Füllgas in der Ballonhülle zur Explosion bringen und Sekundärbrände erzeugen.**

Beim "**Anfahren**" eines Freiballons an eine Freileitung ist die Gefahr sehr groß, daß durch den Kraftstoß beim Aufprallen die große träge Masse des Freiballons die **Leiterseile aneinander drückt** oder daß der **Sicherheitsabstand** zwischen den Seilen unterschritten wird. In beiden Fällen tritt ein **Überschlag** ein, und Ballon und Insassen liegen im Kurzschlußstromkreis. Auch eine Verbindung zwischen Erdseil und Leiterseil führt zu einem Kurzschluß.

Auf eine weitere Gefahr ist hinzuweisen, den **Erdschluß** durch ein abgerissenes **Leiterseil** oder durch das **Schlepptau** oder **Halteseil** des Freiballons.

Um den Berührungspunkt eines auf den Erdboden herabhängenden Leiter- oder Ballonseiles bildet sich, solange Strom fließt, ein Spannungstrichter. Wird dieser Spannungstrichter überbrückt, z.B. durch einen darüber schreitenden Menschen, kann es zu Stromschlägen kommen. Die Gefahr steigt mit der Schrittlänge.

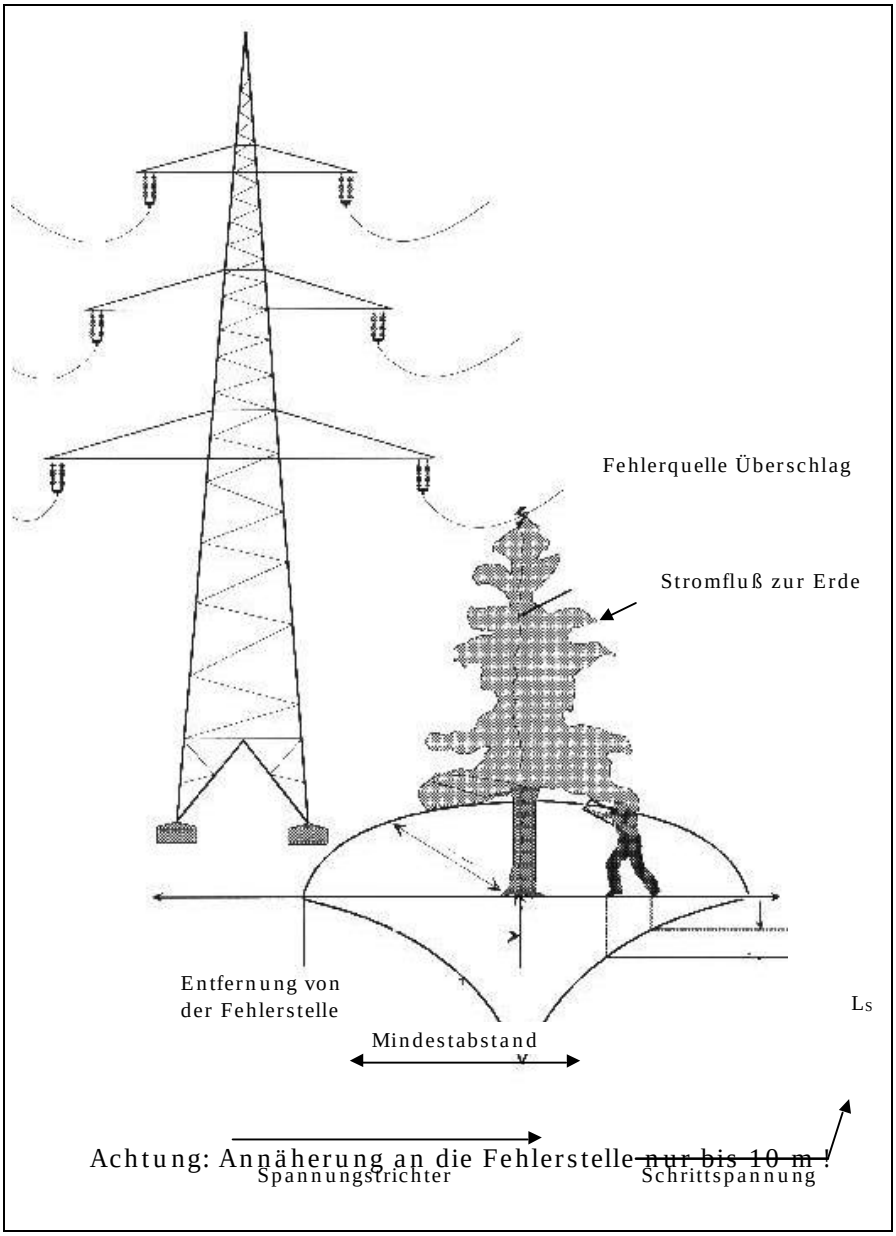
---

[6] Einer **Berührung gleichzusetzende Mindestabstände** von einem Leiter bei Leiterspannungen von:

		zulässige Annäherung an einen Leiter		
10 kV bis 20 kV	rd. 20-30 cm	bis 1kV	=	1 m
110 kV	rd. 1,1 m	1-110kV	=	3 m
220 kV	rd. 2,2 m	110-120kV	=	4 m
380 kV	rd. 2,9 m	220-380kV	=	5 m

[7] Bei den selbständigen Gasentladungen in Form einer **Bogenentladung** handelt es sich um einen Stromfluß in Gassäulen (ionisierte Gasmoleküle). Die Ionisierung läuft lawinenartig ab und vermindert den Widerstand zwischen den Stromleitern. Sie treten bei hohen Stromdichten auf, sind außerordentlich lichtstark und erzeugen Temperaturen von mehreren tausend Grad.

Spannungstrichter bei Erdschluß eines Leiterseils



Auf die besondere Gefahr durch herabhängende 110 kV-Seile wird ausdrücklich hingewiesen.

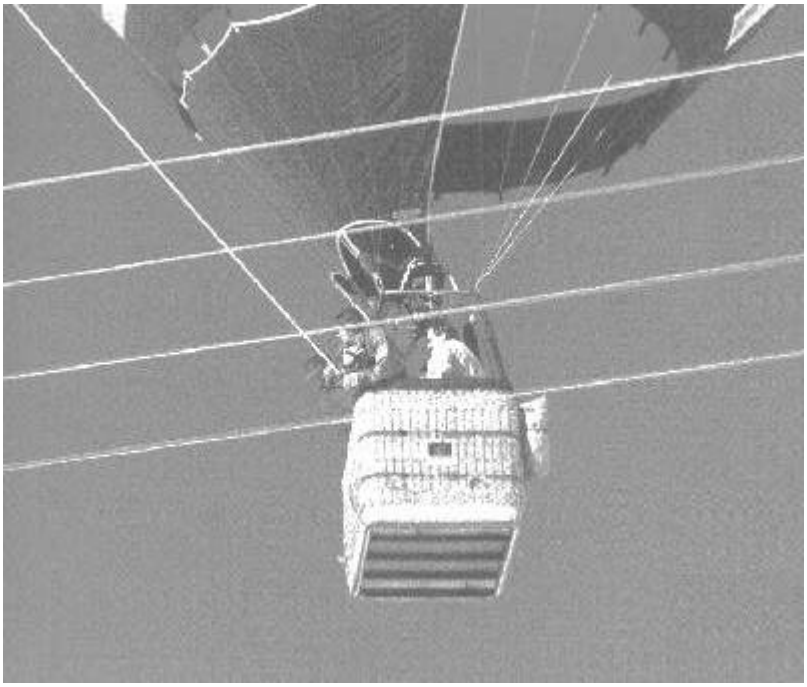
3. Ursachen der Berührung

Kein **Freiballonführer** fährt seinen Ballon mit **Absicht** in **Freileitungen**.

Wenn es gleichwohl dazu kommt, so ist es nahezu ausnahmslos die Folge von Fehlern, die im Verantwortungsbereich des Ballonführers gelegen haben; **Pilots Error**.

Es kann eine singuläre Ursache sein, meistens ist es aber eine Abfolge von Fehlern, die zum Unfall führen.

Naturgemäß passieren diese Unfälle in der Betriebsphase Start und Landung.



(Entnommen aus: F.Franke/P.Vinzenz, Die hohe Kunst des Ballonfahrens, Pietsch-Verlag, Stuttgart 1996)

3.1 Menschliche Faktoren

Bei nahezu allen Unfällen spielen pilotenbezogene Faktoren eine Rolle. Erkenntnisse darüber, welche Faktoren letztendlich vor und während einer Ballonfahrt zu **Fehlentscheidungen** führen, sind die Grundlage zur Entwicklung von **Abwehrstrategien**.

Dem trägt die international anerkannte **Klassifizierung** der menschlichen Faktoren (**human factors**) beim Unfallgeschehen Rechnung (Lit. 23).

- **Bewußte Fehlhandlungen**
- **Unbewußte Fehlhandlungen**
- **Arbeitsfehler**
- **Physische und psychische Einschränkung der Handlungsfähigkeit**

Der Unfall, die Berührung einer Freileitung, ist immer das Ende einer meist längeren **Ereigniskette,** in der alle diese menschlichen Faktoren neben äußeren Einflüssen (Wetter, Sichtverhältnisse u.a.) und selten auch technischen Fehlern (Brennerstörung) die entscheidende Rolle spielen. Deswegen soll in den folgenden Abschnitte auf die drei ersten Faktoren ausführlich eingegangen werden.

Es darf jedoch nicht verkannt werden, daß bewußte und unbewußte Fehlhandlungen oder Arbeitsfehler häufig die Folge des vierten Faktors, der physisch oder psychisch meist unbemerkt eingeschränkten Handlungsfähigkeit sind. Krasse Einwirkungen auf Körper und Geist, wie Sauerstoffmangel, schnelle Druckänderung, extreme Temperaturen u.a., sind in der normalen Ballonfahrt zwar nicht von Bedeutung. Aber auch die milderen Störeinflüsse wie Nikotingenuss, Restalkohol, die häufig unterschätzten Nebenwirkungen harmloser Medikamente, leichte Erkrankung, Übermüdung, Schlafmangel, Erschöpfung nach harter körperlicher Arbeit schränken die **Urteilsfähigkeit** und die sichere **Reaktionsfähigkeit** so weit ein, daß daraus Fehlhandlungen entstehen können.

Nicht zuletzt muß darauf hingewiesen werden, daß kritische Situationen immer mit starkem Stress verbunden sind. Stress versetzt den Körper in erhöhte Alarmbereitschaft und befähigt zu schnellem und richtigem Handeln. **Stressüberlastung** bewirkt aber das Gegenteil. Da sich Stressfaktoren addieren, ist es lebenswichtig, daß der Pilot ohne Stressvorbelastung aus Privatleben oder Beruf in den Korb steigt und zusätzlicher Stress an Bord vermieden wird. Wer mit dem letzten Gas landet und von seinen Gästen während der Landeanfahrt mit Fragen bombardiert wird, läuft Gefahr zu versagen, wenn durch eine plötzlich auftauchende Freileitung schnelles überlegtes Handeln notwendig wird.

3.1.1 Bewußte Fehlhandlungen

Bewußte Fehlhandlungen sind Folgen von Gleichgültigkeit, Disziplinlosigkeit, Informationsmangel, Unvorsichtigkeit oder Überheblichkeit.

Die Kollision mit einer Freileitung am Ende einer einstündigen Ballonfahrt bei böigem Wind oder einsetzender Thermik wirft Fragen nach den Ursachen auf. Wie konnte der Pilot, obwohl entsprechende Windwarnungen vorlagen, an seinem Startentschluß festhalten? Was hat ihn dazu getrieben, diese Grenzen ganz bewußt zu überschreiten?

Im folgenden sind beispielhaft einige Verhaltensweisen aufgeführt:

- **Disziplinlosigkeit** („ ... was schert mich das Luftrecht, was gehen mich Betriebsgrenzen an!“)
- **Informationsmangel** („ ... wieso Wetterberatung, die örtlichen Bedingungen sind doch okay!“)
- **Gleichgültigkeit** („ ... einige sind schon gestartet, jetzt habe ich aufgerüstet, eingepackt wird erst nach der Fahrt!“)
- **Unvorsichtigkeit** („ ... was soll denn schon passieren, landen kann man doch überall!“)
- **Überheblichkeit** („ ... damit werde ich schon fertig ... ”)

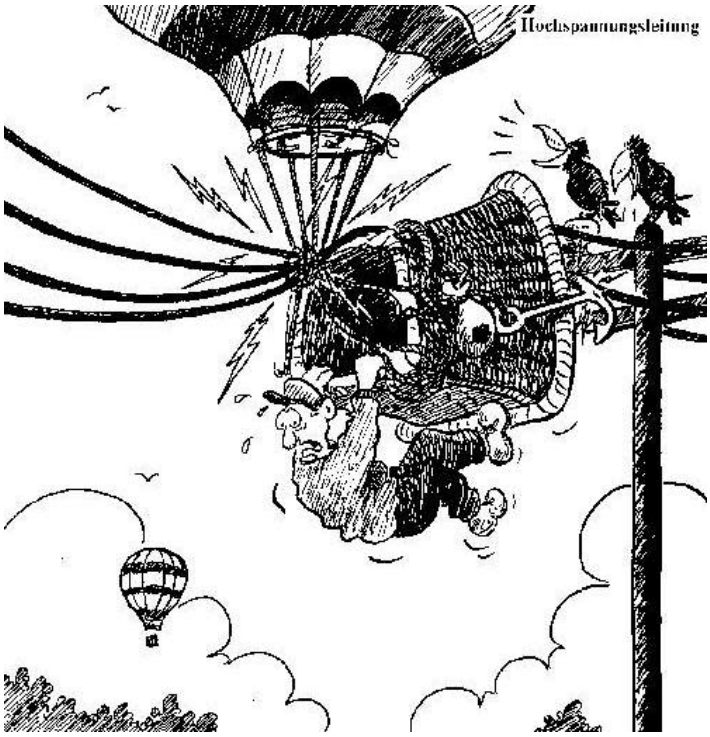
3.1.2 Unbewußte Fehlhandlungen

Selbstsicherheit in Verbindung mit Selbstzufriedenheit (complacency), eine an sich positive Eigenschaft, die viele Ballonfahrer aufweisen, kann sehr gefährlich sein.

Seinen Fähigkeiten zu vertrauen, kann beispielsweise seine Ursache in profunder Kenntnis eines Sachverhaltes oder in über lange Zeit gewonnener Erfahrung haben.

Gefährlich wird **Selbstsicherheit**, wenn aus ihr **Selbstüberschätzung** wird und **Risiken** eingegangen werden**.**

Dann kann es zu unbewußten Fehlhandlungen kommen, denn Selbstüberschätzung geht Hand in Hand mit Vergeßlichkeit, Langeweile, Unaufmerksamkeit, Ablenkungen und Mißverständnissen.



(© aus: Fröhliches Wörterbuch „Ballonfahren“, TOMUS Verlag)

Am gefährlichsten ist ein trügerisches Gefühl von Sicherheit, da sich Folgen von unbewußt begangenen Fehlern oft nicht oder zu spät bemerkbar machen:

Ein Ballonfahrer, der zusammen mit seinen Gästen das Erlebnis einer besonders guten Fernsicht genießt, vernachlässigt dadurch vielleicht seine anderen Aufgaben und bemerkt das Einsetzen der Böentätigkeit nicht. Er wird erst aus seinen Träumen gerissen, als er mit der kritischen Betriebsphase, der Landung, beginnt und mit einem nicht mehr beherrschbaren Ballon hart auf den Boden aufschlägt oder eine Leitungskollision unvermeidbar ist.

3.1.3 Arbeitsfehler

Ursachen von Arbeitsfehlern sind fehlende Eignung und/oder ungenügende Ausbildung und schlechter Trainingsstand.

Eignung Hier liegt die Verantwortung bei den Fluglehrern, Ausbildungsleitern, Flugschulen und Vereinen. In erster Linie die ausbildenden Fluglehrer eine Eignungsfeststellung ihrer Schüler treffen.

Ausbildung Wenn hier von Ausbildung die Rede ist, bezieht sich dies neben dem Vermitteln von Grundwissen vor allem auf das Antrainieren von Fertigkeiten, die zur sicheren Ballonführung erforderlich sind.

Auch hier sind die Fluglehrer gefordert, jede Ausbildungsfahrt zu nutzen, um neben der Ausbildung auch die Erziehung zu einem Piloten zu fördern, der die volle Verantwortung für das Luftfahrzeug und die Passagiere trägt und sich dessen stets bewußt ist.

Trainingsstand Jedem ist sicher klar, daß die vom Gesetzgeber geforderte Mindestfahrtenzahl zur Scheinverlängerung wenig mit dem aktuellen Trainingsstand gemein hat. Auch eine große Anzahl an Fahrten läßt nur Rückschlüsse auf die Gesamterfahrung zu. Viel eher drückt sich der aktuelle Trainingsstand darin aus, wie ein Pilot Notverfahren beherrscht. Wann wurde das letzte Mal ein Brennerausfall in der Luft simuliert? Bei welchen Wetterlagen wurde in letzter Zeit gefahren, und von wieviel verschiedenen Startplätzen wurde in den letzten Monaten gestartet?

3.2 Entscheidungsfindung

Probleme im Korb können schlagartig auftreten, sie können sich schleichend entwickeln, sie können relativ einfach sein, oder aber so komplex werden, daß nicht mehr alle Aspekte überschaut werden können. Dann kommt es leicht zu Fehlentscheidungen oder Irrtümern -**Pilot errors**- die wir vermeiden müssen.

Eine notwendige **Charaktereigenschaft** guter Piloten ist **Entschlußfreude**. Die Qualität der Entscheidungen, die der Ballonfahrer zu treffen hat, wird von mehreren Faktoren bestimmt:

Wissen und **Erfahrung** beeinflussen **Situationseinschätzung** und die **Wahlmöglichkeiten**.

Es leuchtet ein, daß mit dem **Wissensumfang** die Richtigkeit der Situationsanalyse und die Auswahlmöglichkeiten im Hinblick auf das weitere Vorgehen zunehmen.

Erfahrung zeigt sich dadurch, daß wichtige von unwichtigen Informationen schnell und zuverlässig unterschieden werden. Erfahrung ist auch hilfreich beim Entwerfen passender Lösungsstrategien. Erfahrung erwirbt man durch „Fahren“, durch bewußtes Fahren und Verarbeitung aller Geschehnisse.

Heydegger betont, daß mentales Training, also gedankliches Durchspielen, den geringsten Aufwand erfordert, um den Erfahrungsschatz zu erweitern. Durch „**was - wäre - wenn**“ Überlegungen lassen sich Problemerkennung, Problembehandlung, Schadensbegrenzung und weiteres Vorgehen als abrufbare Verhaltensweisen für verschiedene Szenarien im Kopf abspeichern.

(© aus: Fröhliches Wörterbuch „Ballonfahren“, TOMUS-Verlag)

Niemand ist in der Lage, genau zu sagen, was wir lernen und lehren müssen, um immer eine der jeweiligen Situation entsprechende Entscheidung zu treffen, aber es gibt einige allgemeine Empfehlungen :

- Reduziere die Arbeitsbelastung, um Zeit für die Entscheidungsfindung zu gewinnen
- Handle erst, wenn du das Problem verstanden hast
- Wäge Zeit- und Risikofaktoren ab
- Plane Ausweichmöglichkeiten
- Zögere nicht bei der Durchführung

- Führe einmal getroffene Entscheidungen konsequent zu Ende

3.3 Ablenkung

Nach den vorliegenden Erkenntnissen werden die Mehrzahl der Unfälle infolge Freileitungsberührung durch **Ablenkung** der **Aufmerksamkeit** des Ballonführers von der Ballonführung verursacht. Die folgende Schilderung ist ein typisches Beispiel:

Nach dem normal verlaufenen Aufrüstvorgang des Heißluftballons und der Kontrolle des Parachuteventils hob der Ballon nach Lösen der Startfessel ab. Laut Aussage des Ballonführers stieg der Ballon anfangs mit 1,5 m/s und bewegte sich auf eine etwa 350 m entfernte Freileitung zu. Diese Steigrate hätte bei dem vorhandenen Abstand zur Freileitung und der herrschenden Windgeschwindigkeit (ca. 7 kt) zum sicheren Übersteigen der Freileitung ausreichen müssen.

Nach dem Abheben verstaute der Ballonführer die Schnelltrennkupplung und erledigte andere Arbeiten im Korb. Dabei schaute er laut Aussage der Passagiere nicht in Fahrtrichtung, vergaß zu heizen und der Steigwinkel wurde flacher.

Viel zu spät, kurz vor der dann nicht mehr zu vermeidenden Kollision mit der Stromleitung, erkannte er plötzlich die sich anbahnende Gefahr und realisierte, daß die Leitung nicht mehr sicher überfahren werden konnte. Daraufhin forderte er die Fahrgäste auf, aus dem Ballonkorb zu springen. Der Ballonführer und ein Fahrgast sprangen aus ca. 3-4 m Höhe aus dem Korb. Durch die Entlastung kam es zur Kollision mit der Freileitung und die im Korb verbliebenen Passagiere stiegen weiter auf. Per Funkanleitungen vom Boden konnte der Ballon durch die Passagiere zu Boden gebracht werden. Der auf Weisung des Piloten abgesprungene Passagier verletzte sich schwer.

(In der geschilderten Situation wäre es sicher besser gewesen,den Freiballon durch ein zügiges und konsequentes „Aufreißen“ noch vor der Leitung zu Boden zu bringen. Bei der eigentlichen Ursachenfindung muß jedoch schon vorher angesetzt werden.)

Eine Ballonfahrt fordert vom Ballonführer ein hohes Maß an **Konzentration im besonderen in Bodennähe**. In Streßsituationen kann der notwendige Konzentrationsaufwand zur Steuerung des Ballons das **Konzentrationsvermögen** des Ballonführers übersteigen. Unter diesen Bedingungen wird die Wahrnehmungsfähigkeit bei Konzentration auf eine Teilaufgabe beeinträchtigt (Target Fixation) .

Typische Beispiele sind Anpeilen eines Zielkreuzes bei Wettbewerben, das Fixieren auf ein ganz bestimmtes Landefeld, die Beobachtung einer nahen, seitlich verlaufenden Freileitung unter Vernachlässigung der Geländebeobachtung in Fahrtrichtung.

Wir haben an Bord meistens keine zweite sachkundige Person, die Fehler rechtzeitig bemerkt. Konzentrationseinschränkungen des Ballonführers können damit lebensgefährlich werden. Die Konzentration wird vor allem durch Aufgaben, die außerhalb der direkten Ballonführung zu erledigen sind, beeinträchtigt. In dem oben beschriebenen Fall waren es die Arbeiten im Korb während der Startphase. Infolge dieser „Target Fixation“ entstehen lebensgefährliche Risiken.

Weitere Ablenkungen:

Passagiere: Vordergründig könnten Passagiere einfach als „Nutzlast“ betrachtet werden, welche auf die Sicherheit der Ballonfahrt keinen Einfluß hat. Während der Fahrt sind die Passagiere jedoch durch den Ballonführer zu betreuen. Fragen sind zu beantworten und auf das richtige Verhalten und Wohlbefinden der Korbinsassen ist zu achten. Keinesfalls darf sich eine Nervosität des Ballonführers auf die Passagiere übertragen.

Sonstige Aufgaben: Zur Ballonführung gehören natürlich ebenfalls die Bewirtschaftung des Brennstoffes oder des Ballastes, der Funkverkehr, die Navigation und die Vorbereitung des Korbes für die Landung.

Alle diese Aufgaben, die meist erheblich von der reinen Führung des Ballons ablenken, sollten keinesfalls während der arbeitsintensiven und bodennahen Betriebsphasen Start, Tieffahrten und Landung durchgeführt werden.

Bei Tieffahrten und in der Landephase hat der Ballonführer seine volle Aufmerksamkeit der Beobachtung des Geländes auf Hindernisse und der Wirkung des Bodenwindes auf den Ballon zu widmen. Ruhe im Korb, keine Gespräche mit den Passagieren, kein Funkverkehr, keine Ablenkung durch längere Kontrolle der Bordinstrumente!

Je geringer die Fahrthöhe, um so höher muß
die **Konzentration** sein.
Ablenkung um jeden Preis vermeiden !

3.4 Sehen, aber nicht wahrnehmen

Im Luftfahrzeug sind wir weitgehend auf die Augen angewiesen. Sie liefern über 90% der Informationen, die wir für die Ballonführung benötigen. Das Auge gibt uns über die Auswertung der Lichtreize im Gehirn ein weitwinkliges, farbiges, räumliches und konturenscharfes Bild aus dem wir die Lage im Luftraum, die Bewegung des Ballons, die Landschaft mit ihren Flächen und Hindernissen und die Werte unserer Instrumente und Anzeigen im Korb mühelos entnehmen.

Aber dieser Eindruck täuscht. Tatsächlich ist die optische Wahrnehmung ein sehr **komplexer Vorgang** der auch viele Schwachstellen und Fehlerquellen enthält.

Zunächst kann die Aufnahme der optischen Informationen durch das Auge bereits beeinträchtigt sein. Wir können davon ausgehen, daß Ballonfahrer dank der Fliegertauglichkeitsuntersuchung grundsätzlich „gute Augen“ haben, sei es auch mit einer korrigierenden Sehhilfe. Auf krankhafte Veränderungen muß deswegen hier nicht eingegangen werden. Aber auch die Aufnahmefähigkeit des gesunden Auges kann erheblich eingeschränkt sein.

Müdigkeit, Alkohol, Nikotin und Medikamente reduzieren die Lebendigkeit des Auges und engen das Sehfeld deutlich ein. Darunter leiden die Empfindlichkeit der Netzhaut (das Bild wird trüb, kontrastarm, unscharf) , die Anpassung an Nah- oder Fernsicht (z.B. Wechsel zwischen Instrument und Landschaft), die Pupillenwanderung und damit die schnelle unbewußte Blickführung auf die wichtigen Punkte (z.B. Horizont, Boden, Instrument, Hindernis, Gasanzeige, Hindernis,... usw.), vor allem aber die Fähigkeit, Gefahren im äußeren, peripheren Blickfeld schnell und sicher wahrzunehmen. Der bei einer tiefen Landeanfahrt plötzlich rechts außen hinter einem Baum auftauchende Mast wird dann vielleicht nicht mehr rechtzeitig gesehen, weil er außerhalb des jetzt noch nutzbaren Blickfeldes liegt. Der Vollständigkeit halber sei erwähnt, daß Sauerstoffmangel bereits ab einer Höhe von 1.500 m eine messbare Reduzierung des Blickwinkels bewirkt.

Neben diesen körpereigenen Behinderungen des Auges sollten externe Sehhindernisse konsequent vermieden werden. Der Blick auf alles Wichtige muß frei sein, das ist die ganze Landschaft vor uns, die Instrumente, die Hülle, die Leinen, die Anzeige des gerade benutzten Gaszylinders. Die richtige Position des Piloten im Korb ist hierfür die wichtigste Voraussetzung. Sehbehinderne Sonnenbrillen, scheuklappenartige Kopfbedeckungen oder Frisuren sollte der Freiballonführer nicht tragen.

Blendung ist ein weiteres Problem, vor allem bei Landeanfahrten gegen die tiefstehende Sonne. Der übergroße Lichtreiz des direkt ins Auge einfallenden Sonnenlichts „betäubt“ quasi die Netzhaut, so daß sie einige lange Sekunden das

umliegende Bild nicht mehr aufnehmen kann. Sekunden die genügen, um eine Freileitung zu spät zu sehen. Sonnenbrillen helfen hier nicht. Sie müssten so stark sein, daß sie zugleich das wichtige Landschaftsbild zu sehr abdunkeln. Eine einfache Schirmmütze hilft, durch richtige Kopfhaltung kann die Sonne abgeblendet und die darunter liegende Landschaft gut gesehen werden.

Die Blendung durch sehr helles diffuses Licht, z.B. bei der Fahrt über eine sonnenbeschienene Schneelandschaft, über Wolken oder im Gegenlicht in starkem Dunst kann durch den Schatten eines Mützenschirms nicht beseitigt werden. Jetzt hilft eine gute nicht zu dunkle Sonnenbrille, solange nicht direkt in die Sonne geschaut wird.

Der Vorgang der Wahrnehmung spielt sich aber nur zum geringsten Teil im Auge, zum weitaus größeren Teil im Gehirn ab. Hier wird das gesehene interpretiert, wichtiges von unwichtigem getrennt und unbewußt die Blickführung (Pupillen- und Kopfbewegung) so gesteuert, daß aus der riesigen Vielfalt der vom Auge aufgenommenen Informationen die in der momentanen Lebenslage notwendigen Dinge bewußt erkannt, wahrgenommen werden. Diese Fähigkeit des Gehirns wurde im Laufe des Lebens erlernt. Für jede neue Lebenssituation müssen wir hinzulernen, die visuelle Wahrnehmung trainieren.

Der erfahrene Ballonfahrer sieht mehr als der Gast, erkennt kleinste Bewegungsänderungen des Ballons, sieht Leitungen und Masten meist vor seinen Gästen. Seherfahrung kann durch bewußtes Hinschauen, durch ständige kritische Rundumbeobachtung mit wachem Auge erworben und schnell und wirkungsvoll verbessert werden.

Besonders wichtig ist dies bei schlechten Sicht- und Licht-Verhältnissen. Den dunklen Mast im hellen Licht vor hellem Hintergrund sieht jeder, den grünen Mast im Gegenlicht vor dunklem Wald erkennt nur, wer solche schwachen Konturen schon öfter gesehen und im visuellen Gedächtnis gespeichert hat. Je schlechter Hindernisse erkennbar sind, um so wichtiger ist die Beobachtungserfahrung, die Fähigkeit die vorausliegende Landschaft nach Anzeichen von Wahrnehmbarem, nach verdeckten und „getarnten“ Gefahren, Hindernissen, Freileitungen und Masten abzusuchen.

Es ist offensichtlich, daß die visuelle Wahrnehmung von vielen Faktoren beeinflußt wird. Der Mensch neigt dazu, seine Fähigkeit des Sehens zu überschätzen und die Grenzen der Wahrnehmung zu unterschätzen. Freiballonführer sollten sich davor hüten.

3.5 Zusammenfassung

Faßt man die **wesentlichen Ursachen** von Freileitungsberührungen zusammen, so stehen nach den vorliegenden Erkenntnissen aus Unfällenim Vordergrund:

- Mangelhafte Fahrtvorbereitung und Fahrtplanung
- Mangelnder Respekt vor den Kräften der Natur
- Ignoranz des Ballonführers und Überschätzung der eigenen Fähigkeit
- Verkennen der dem Aerostaten systemeigenen Eigenschaften
- Überschreitung von Betriebsgrenzen
- Entscheidungsschwäche und zögerliches Handeln
- Unüberlegtes Handeln und Verlust der Konzentration bei Streßsituationen
- Unaufmerksamkeit und Ablenkung
- Blickfixierung statt Umsicht
- Ungenügende Sicht und Sonnenblendung

Diese Ursachen können einzeln oder als Glieder einer Ereigniskette plötzlich zu
lebensbedrohlichen Situationen
für die Balloninsassen führen.

4. Vermeidung der Berührung

Nachdem mögliche Ursachen von Hindernisberührungen dargelegt wurden, sollen nun wirksame Vermeidungsstrategien untersucht werden. In der Praxis können durch unvollständige, teilweise fehlerhafte Entscheidungen und Handlungen des Ballonführers Situationen entstehen, in denen eine Leitungsberührung nicht mehr zu vermeiden ist.

Was kann der Ballonführer tun, um die Entwicklung solcher Situationen rechtzeitig zu erkennen und zu vermeiden ?

4.1 Fahrtvorbereitung und Fahrtplanung

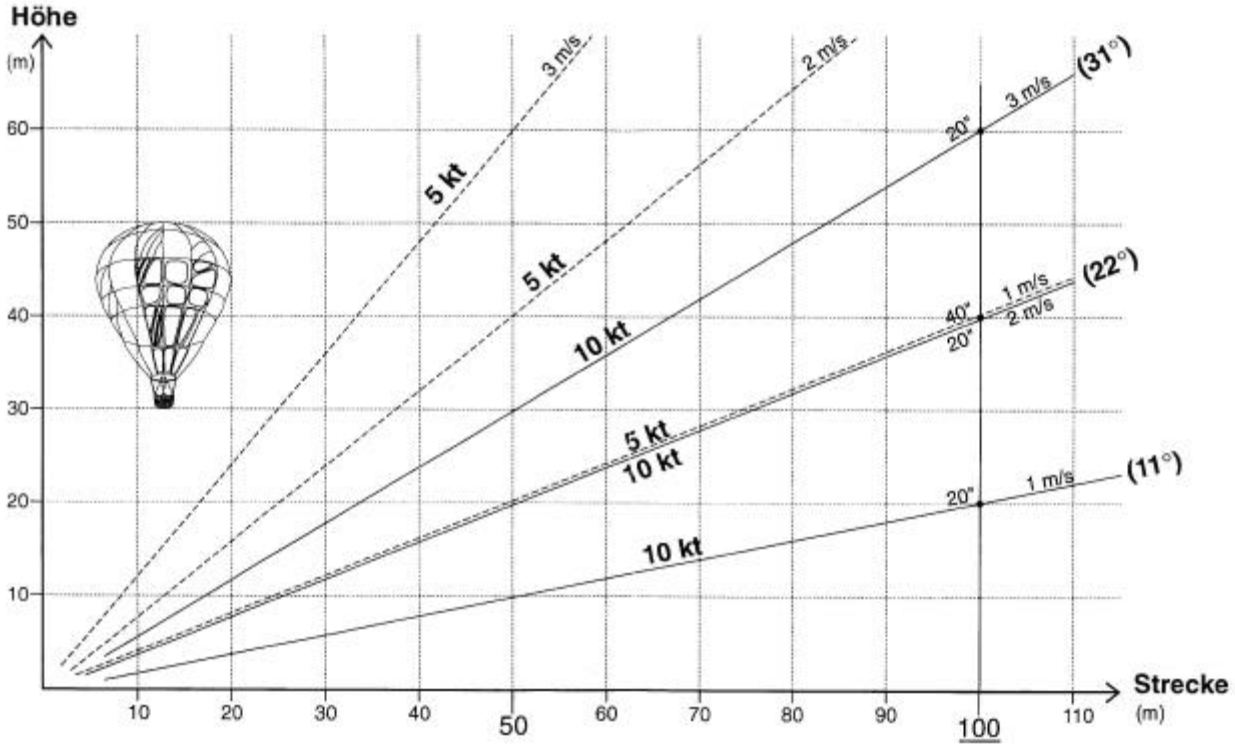
Abhängig von der **Aufgabenstellung** einer Ballonfahrt wird deren Vorbereitung einen sehr unterschiedlichen Umfang annehmen. Eine Wettbewerbsfahrt im Hochgebirge oder ein Rekordversuch kann deshalb nicht direkt mit einer Schönwetterballonfahrt mit Gästen in einfachem Gelände verglichen werden.

Jedem Ballonführer sollte klar sein, daß der Ballon das Luftfahrzeug mit den geringsten Steuermöglichkeiten ist. Damit kommt der **richtigen Beurteilung** der zu erwartenden meteorologischen Bedingungen während der Fahrt, unter Beachtung der Geländeverhältnisse im wahrscheinlichen Landegebiet, eine große Bedeutung zu.

Bei einer geeignet erscheinenden Wetterlage, abgesichert durch eine aktuelle Flugwetterberatung, kann mit der unmittelbaren Vorbereitung der Fahrt begonnen werden.

Bei der **Auswahl** eines geeigneten Aufrüst- und Startplatzes sind für die geplante Ballonfahrt insgesamt, neben den rechtlichen Erfordernissen und der Verantwortung für die Passagiere, folgende Faktoren bedeutsam:

- Zielstellung der Ballonfahrt
- Wetterbedingungen, Windsituation
- Startzeit und mögliche Fahrdauer
- Beschaffenheit des voraussichtlichen Landegebietes
- Erfahrungs- und Übungsstand des Ballonführers
- Konstitution der Passagiere



Der Steigwinkel des Ballons nach dem Abheben hängt von der Wind- und der Steiggeschwindigkeit ab. Der geometrische Zusammenhang wird aus der Abbildung ersichtlich

Zur **Durchführung** eines sicheren Starts müssen weiterhin unbedingt folgende Punkte berücksichtigt werden, wie:

- Hindernissituation in Startrichtung innerhalb eines ausreichend großen Startsektors
- Richtung und Stärke des Bodenwindes
- Temperaturgradient der bodennahen Luftschichten

Durch Beobachtung des Aufstiegsverhaltens von **Pilotballons** zu Beginn des Aufrüsten und unmittelbar vor dem Start bekommt der Ballonführer wertvolle Hinweise über das Windprofil in Bodennähe.

Zur Kalkulation des **Sicherheitsabstandes** (Abstand zwischen Startpunkt und Freileitung) zu Hindernissen in Startrichtung kann folgende Faustregel als Anhalt dienen :

Sicherheitsabstand (m) = Windgeschwindigkeit (kt) x 10 + Masthöhe (m)

Beispiel: Windgeschwindigkeit 10 kt, Masthöhe 30 m

Sicherheitsabstand = 10 x 10 + 30 = 130 m

Das entspricht nach dem **Diagramm im Anhang 1 (Seite 57)** einer mittleren Steiggeschwindigkeit von 1,15 m/s, wobei allerdings kein vertikaler Sicherheitsabstand über der Mastspitze berücksichtigt wurde.

Für den Extremfall (15 kt Wind und 100 m Masthöhe) ergeben sich ein Abstand von 250 m und eine Steiggeschwindigkeit von 3 m/sec, die nur bei gleichmäßiger Windströmung, ausreichendem Hülleninnendruck (Beladung) und Start aus der Startfessel mit großer Anfangssteigkraft sicher zu erreichen ist.

Sonstige Hinweise zur oben genannten Faustformel sind aus dem Diagramm zu ersehen.

Lassen Gelände- und Wetterverhältnisse am Startplatz, die wahrscheinliche meteorologische Entwicklung während der Fahrt und die Verhältnisse im voraussichtlichen Landegebiet sichere Bedingungen erwarten, kann die Entscheidung zu starten getroffen werden.

4.2 Start

Am Startort erfolgt die **Einweisung** der Passagiere und der Crew vor dem Kaltfüllen der Ballonhülle am stehenden, für die Fahrt fertig vorbereiteten Korb. Dabei sollten auch die Mitfahrer aufgefordert werden, während der Ballonfahrt mit auf Freileitungen zu achten.

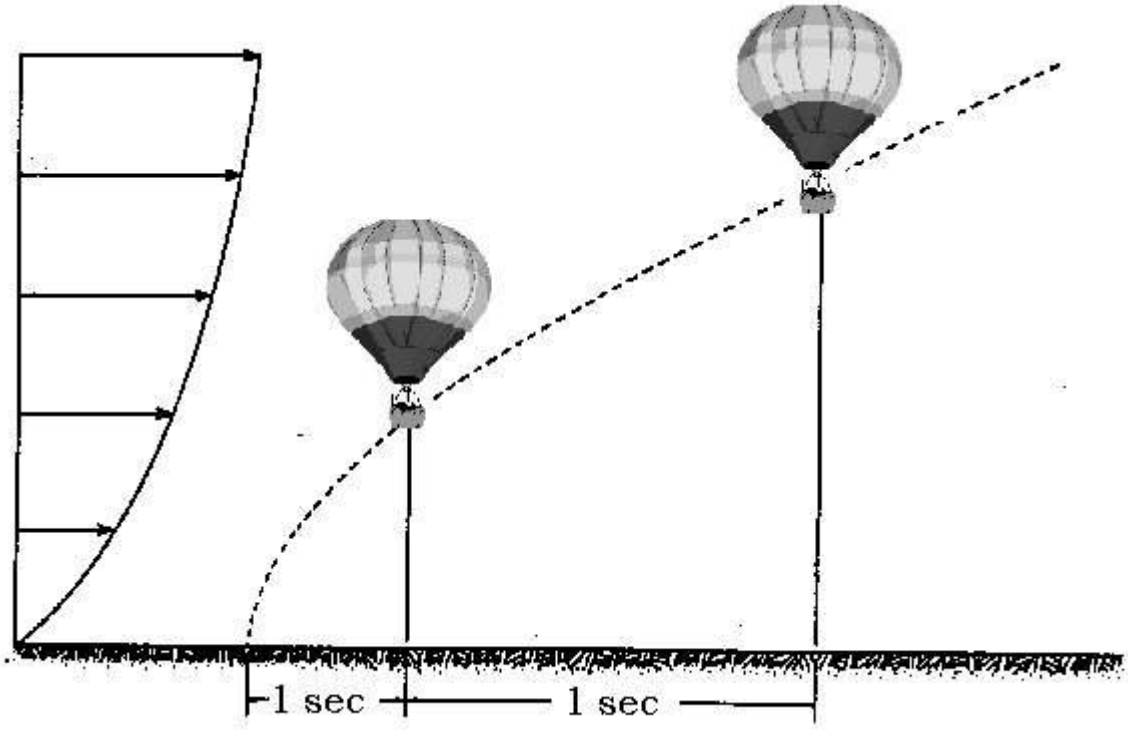
Ein guter Ballonführer wird vor und während des Füllens die Übersicht behalten, alle wichtigen Kontrollen nach **Checkliste** selbst durchführen und dabei die Wetterentwicklung ständig beobachten.

Die erforderliche Kraft zum Erreichen einer ausreichenden Steigrate ist vor allem abhängig vom Windprofil und der Temperaturschichtung der bodennahen Luftschicht.

Die sachgerechte Verwendung einer **Startfessel** ist Vorbedingung für einen sicheren Start mit definierter Steigkraft; das bedeutet, ein Lösen des Ballons aus einem **stabilen** Fesselzustand.

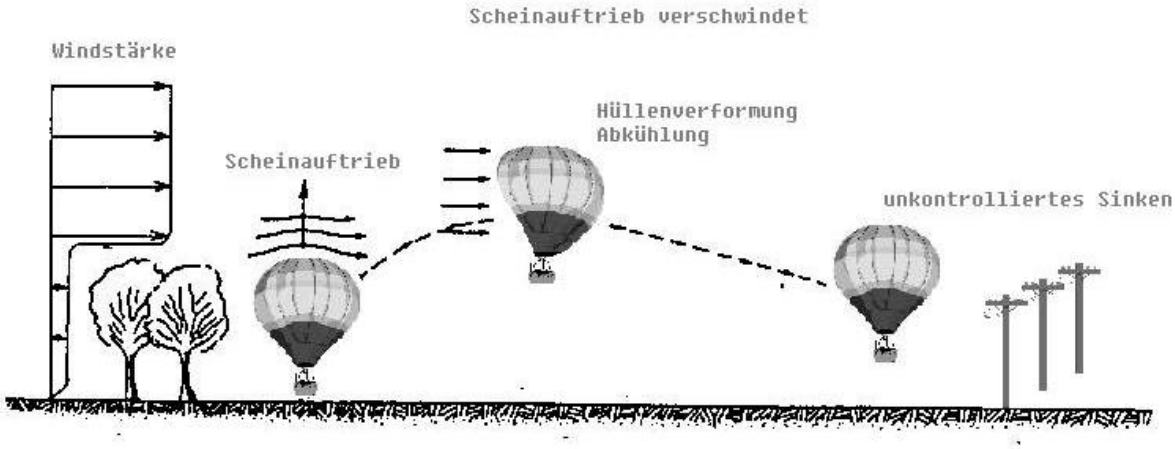
Der Ballonführer hat **nach dem Abheben** des Ballons vom Boden seine **Aufmerksamkeit** unbedingt und uneingeschränkt **in Fahrtrichtung** zu konzentrieren und darf sich durch nichts ablenken lassen.

Mangelhafte **Aufmerksamkeitsverteilung** durch Winken zu den am Boden zurückbleibenden Zuschauern oder durch Arbeiten im Korb kann zwar Sicherheit nach außen vortäuschen, aber die Bewegungsbahn des Ballons und drohende Gefahren durch Hindernisse werden zu spät oder nicht erkannt.



Windprofil und theoretische Aufstiegskurve ohne Berücksichtigung von Scheinauftrieb und Hüllenverformungen

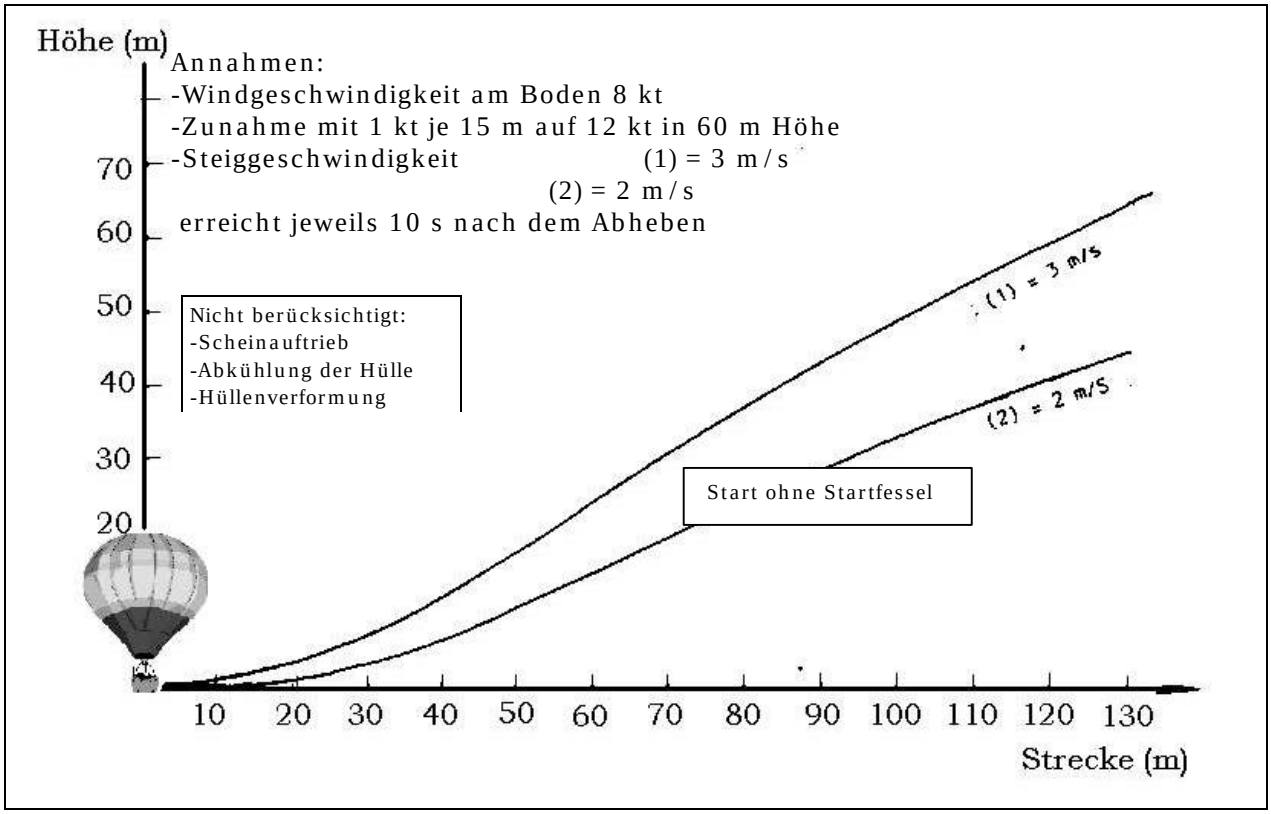
Die **Steigrate** des Ballons, die zum Überfahren in Startrichtung liegender Hindernisse bis zur Mindestsicherheitshöhe erforderlich ist, kann, vor allem beim Start im Windschatten, durch bodennahe Windscherungen, aerodynamischen Scheinauftrieb, Hüllenverformungen und Abkühlungseffekte, sowie durch Bodeninversionen sehr stark reduziert oder völlig unterbrochen werden. In solchen Fällen ist sofortiges Handeln des Ballonführers erforderlich. Sei es durch kräftiges Heizen gegebenenfalls mit allen Brennern, oder Startabbruch durch volles Aufreißen der Hülle.



Aufstiegskurve beim Start aus dem Lee mit Scheinauftrieb und Hüllenverformung

Beim Start in Richtung auf eine Leitung oder ein anderes Hindernis, sollte sich der Ballonführer einen Punkt auf halber Distanz zum Hindernis einprägen. Wenn der Ballon bei diesem Punkt noch nicht die erwartete und notwendige Höhe erreicht hat, ist der Start konsequent abzubrechen und die Hülle mit allen verfügbaren Mittel schnellsten zu entleeren.

Zu bedenken ist, daß der Ballon zunächst aus dem Ruhezustand beschleunigt



werden muß, die Windgeschwindigkeit in der Regel mit dem Abstand vom Boden zunimmt und somit der Steigwinkel abflacht. Eine Hand gehört immer an das Fahrventil oder an den auf dem Korbrand stehenden Ballastsack.

Rechnerisch ermittelte Steigkurve

In der Steigphase sollte das Windprofil stufenweise erkundet und mit den Informationen der Fahrtplanung verglichen werden. Die richtige Auswahl der Fahrthöhe, abhängig von den Wind- und Geländeverhältnissen, kann jetzt entscheidend dazu beitragen, ein geeignetes Landegelände zu finden. Abhängig von der Geschwindigkeit und Richtung des Windes kann nun die zweckmäßige Fahrthöhe festgelegt und die ungefähre Fahrtdauer bemessen werden.

Eine grobe **Fahrtplanung vor** dem Aufrüsten, eine erste Überprüfung **nach** dem Start und eine laufende Kontrolle **während** der Fahrt sind ein wichtiges Handwerkzeug des Ballonführers. Dem Flugschüler sollte dieses Verfahren intensiv beigebracht werden.

4.3 Fahrt in Reisehöhe

Ist der Ballon einmal in seinem statischen Gleichgewicht mit der umgebenden Luftmasse, scheint keine ständige Steuerung mehr erforderlich zu sein. Sehr schnell kann deshalb der Ballonführer in die Versuchung kommen, sich durch mitfahrende Gäste, durch navigatorische Tätigkeiten, durch Kommunikation mit der Verfolgercrew oder durch sonstige Arbeiten im Korb von seinen 3 ständigen und wichtigsten Aufgaben ablenken zu lassen:

"Fly the balloon ! Fly the balloon ! Fly the balloon !"

Vor allem in geringen Höhen ist ein konzentriertes und bewußtes Steuern des Ballons unbedingt erforderlich.

Wenig erfahrene Ballonführer richten ihre Aufmerksamkeit oft auf Geländemerkmale und Wetterverhältnisse, die zufälliges Interesse hervorrufen. Zum sicheren Ballonfahren ist jedoch ein systematisches, gezieltes **Beobachten** des Luftraumes und eines ausreichend breiten Geländesektors in Fahrtrichtung erforderlich.

Während der Fahrt muß die **Wetterentwicklung** ständig beobachtet werden. Vor allem bei instabilen meteorologischen Verhältnissen ist darauf großen Wert zu legen, damit die Fahrt bei einsetzender Thermik, oder sich entwickelnden Schauern oder Gewittern rechtzeitig abgebrochen werden kann. Die ständige Beobachtung des **Bodenwindes** in Richtung und Stärke anhand von Rauch- und Stoffahnen, den Bewegungen von Pflanzen (Getreide, Laubbäume) und der Wellenbildung auf Gewässern gehört zu den ständigen Aufgaben der Ballonführung und ist vor allem bei Fahrten nach Sonnenaufgang erforderlich, um das Auflösen der Bodeninversion rechtzeitig zu erkennen.

Die Einfahrt in **Nebel** führt zu einem nicht kalkulierbaren, hohen Risiko, daher ist bei nebelgeneigter Wetterlage besondere Vorsicht geboten.

Nicht bei Nebel starten! Nicht in Nebel einfahren!
Nebel tötet!

Der Verlauf der Ballonfahrt ist vom Ballonführer mit der **Fahrtplanung** zu vergleichen. Der Brennstoffverbrauch und der Brennstoff- oder Ballastvorrat sind ständig zu überwachen. Die **Geländeverhältnisse** in Fahrtrichtung sind für eine **rechtzeitige Landeentscheidung** von großer Bedeutung.

Mit seiner großen trägen Masse und der relativ begrenzten Steuerbarkeit stellt der Freiballon besondere Anforderungen an ein weitsichtiges Vorausdenken und Handeln des Ballonführers.

Korrektes Verhalten im Luftraum, Navigation und Kommunikation mit Verfolgern und anderen Ballonfahrern runden die Aufgaben des Ballonführers ab. Die Entscheidung, wann welche Tätigkeiten durchzuführen sind, hat der Ballonführer immer **zugunsten der sicheren Führung des Ballons** bis zur abgeschlossenen Landung zu treffen.

Bei Fahrten, die zufällig über und parallel zu einer Leitungstrasse verlaufen, muß der Ballonführer versuchen, durch Höhenänderungen (in erster Linie nach oben) einen seitlichen Abstand von der Freileitung zu gewinnen. Gelingt dies nicht, kann in Ausnahmefällen auch kontrolliertes tiefes Fahren den gewünschten Erfolg bringen.

4.4 Landung

4.4.1 Landeentscheidung und -vorbereitung

Der Ballonführer hat seine **Landeentscheidung** in Abhängigkeit von folgenden Faktoren zu treffen:

- Brennstoff- oder Ballastvorrat
- Wetterentwicklung, Sichtverhältnisse
- Tageszeit
- Geländebeschaffenheit und Hindernisse in Fahrtrichtung
- Schadensminimierung für Dritte

In Hinsicht auf eine sichere Landung sind von untergeordneter Bedeutung:

- Aufgabenstellung und vorgesehene Dauer der Fahrt
- Bergungsmöglichkeiten des Ballons
- Wünsche der Passagiere

Mit den Vorbereitungen zur Landung hat der Ballonführer rechtzeitig in ausreichender Höhe und ohne Zeitdruck zu beginnen.

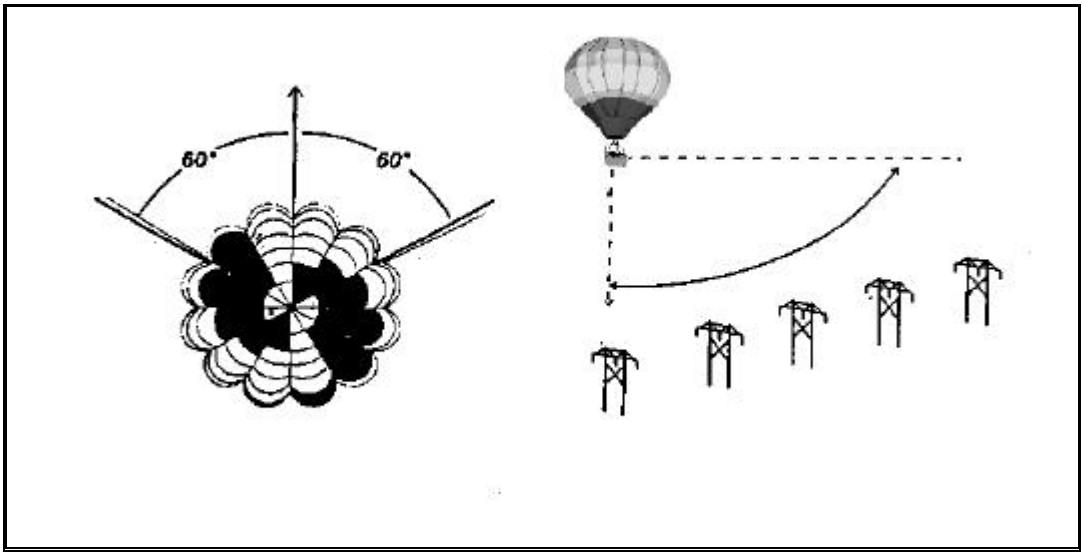
Vor dem Abstieg zur Landung sind die Mitfahrer erneut auf das richtige Verhalten hinzuweisen und ihnen die Plätze im Korb anzuweisen. Sehr hilfreich ist es, wenn alle Korbinsassen den Ballonführer bei der Beobachtung von Hindernissen unterstützen.

Die Funktion der gesamten Heizanlage und die Zugänglichkeit der Steuerleinen sind zu überprüfen. Alle losen Gegenstände im Korb sind sicher zu verstauen oder ausreichend zu befestigen. Es müssen volle Flaschen angeschlossen wer-

den, die Sandschürze ist zu füllen und die Ballastsäcke sind griffbereit bereitzustellen.

4.4.2 Abstieg und Tieffahrt

Der Ballonführer hat seinen Platz im Korb so zu wählen, daß er **freie Sicht** in Fahrtrichtung, sowie nach unten hat und damit das Beobachten in horizontaler und vertikaler Richtung unbehindert durchführen kann.

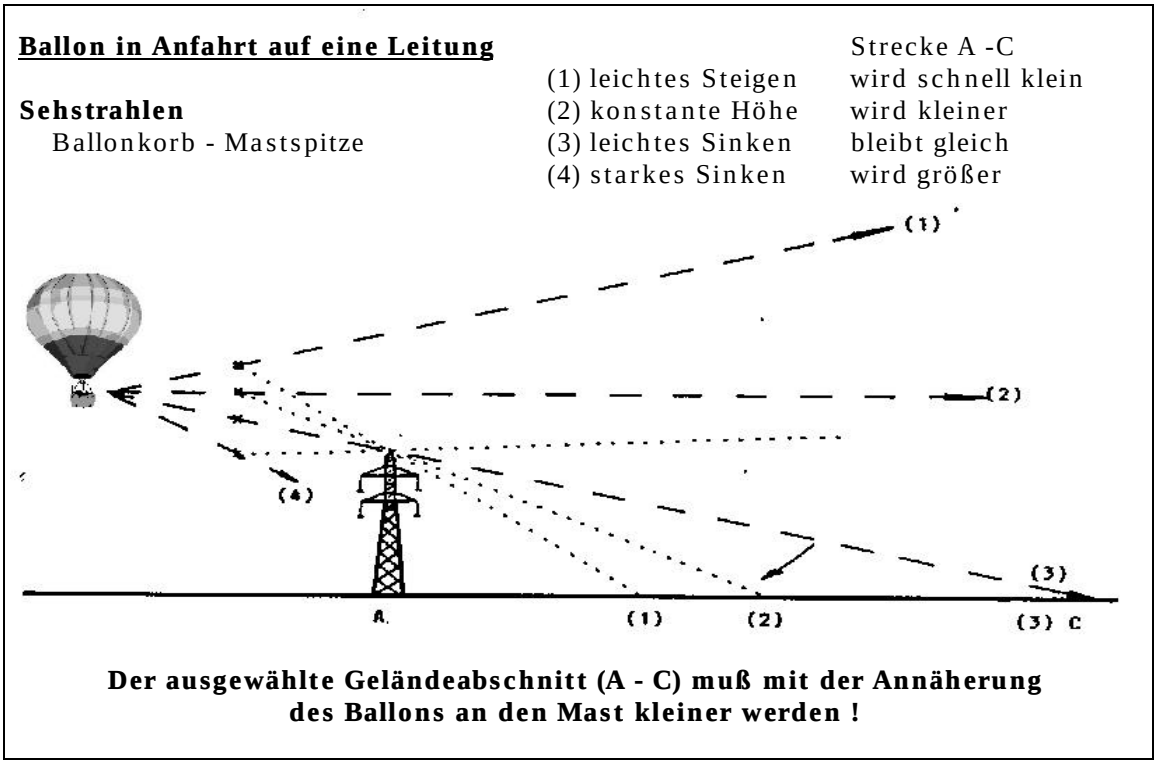


Sektoren rechts und links der Fahrtrichtung — **von der Fahrthöhe bis senkrecht unter dem Ballon zum Grund**

Folgende Regeln der Blickführung sind dabei unbedingt zu beachten:

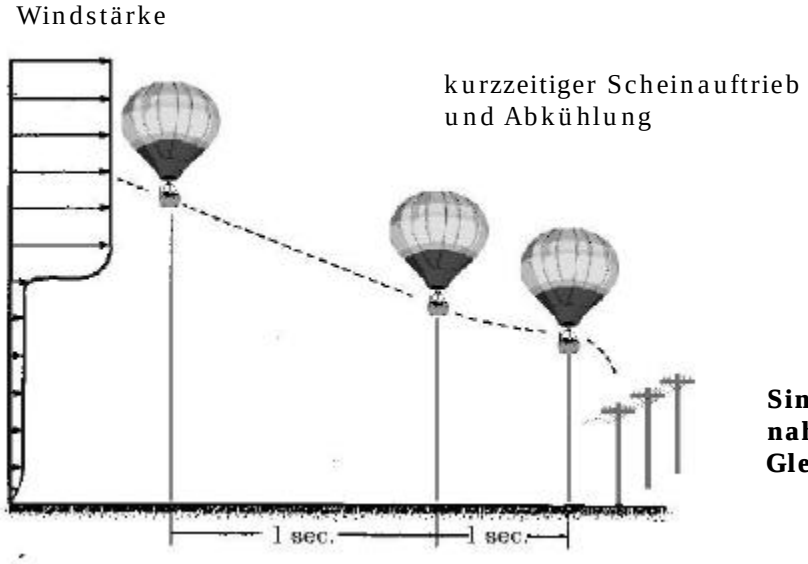
- Die Spitzen der nächsten Masten beobachten; sie müssen absinken und in sicherem Abstand vor der Leiung unter dem Horizont sein.
- Fahrtverlauf bei der Überfahrt nicht durch das Variometer sondern durch Beobachtung der vorausliegenden Landschaft (Mittelgrund-Horizont) kontrollieren - nur Kontrollblicke zu den Masten.
- Nicht auf Drähte schauen - horizontale Linien ermöglichen kein perspektivisches Sehen und führen zu falscher Entfernungseinschätzung.
- Nach der Überfahrt, vor allem beim Sinken unbedingt Kontrollblicke rückwärts zur Leitung!

Bei Fahrt in geringer Höhe zur Vorbereitung der Landung kann ein geübter Ballonführer durch die Beobachtung von **Blickpunkten** schnell erkennen, ob die **Bewegungsrichtung** des Ballons ein sicheres Überqueren von Leitungen und anderen Hindernissen ermöglicht.

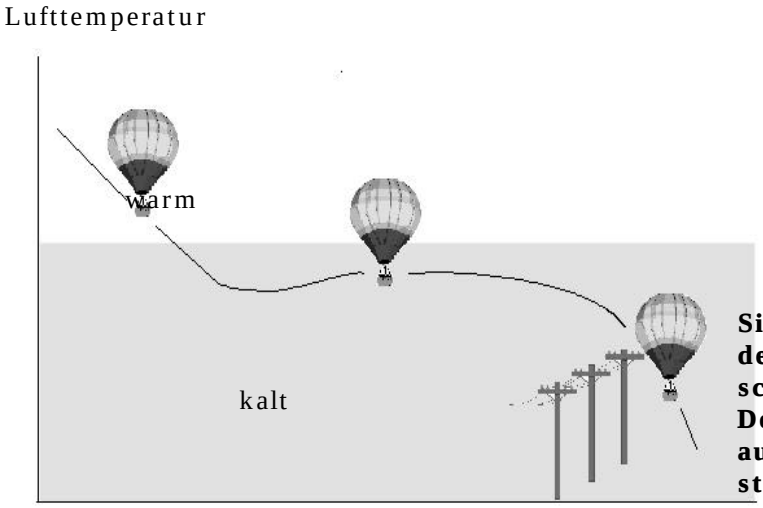


Blickwinkel bei Annäherung an eine Leitung

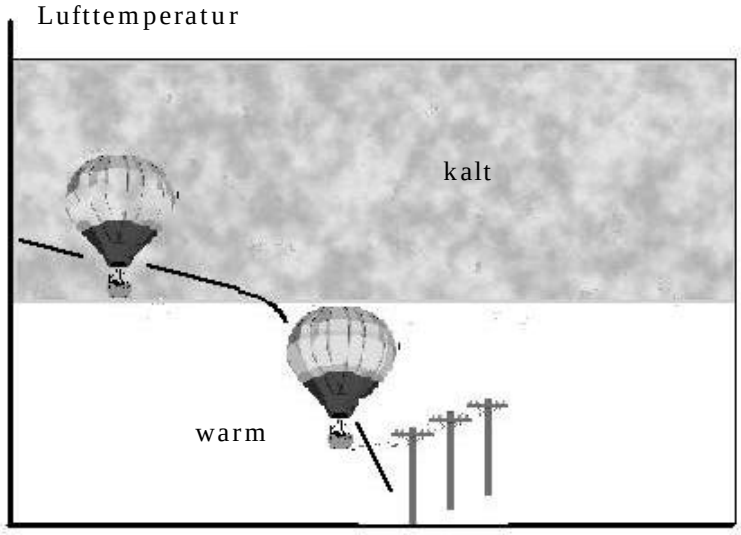
In der Anfahrt zur Landung muß der Ballonführer in Bodennähe die konkreten meteorologischen Besonderheiten, wie Windgeschwindigkeit und -richtung, Turbulenzen und Temperaturschichtung richtig erkennen, die wahrscheinlichen Reaktionen des Ballons im voraus abschätzen und rechtzeitig ohne Verzögerung darauf reagieren. Eine zweite Landeanfahrt ist besser als eine Kollision mit Hindernissen. Bei höheren Windgeschwindigkeiten oben muß der Ballonfahrer über dem Boden mit einer horizontalen Windscherung rechnen. Dies gilt im besonderen bei Bodeninversionen. Gleitpfad und/oder Fahrtrichtung können sich sprunghaft ändern. Selbst mit einem Zurückfahren in die Leitung hinein muß gerechnet werden **(siehe auch Anlage 2 auf Seite 58)**. Das Abwerfen eines Pilotballons beim Abstieg kann hilfreich sein.



Sinkverhlten bei bodennaher Windscherung.Der Gleitpfad wird steiler.



Sinkverhalten bei bodennaher Kaltluftschicht.
Der Ballon schwimmt auf, der Gleitpfad wird steiler.



Sinkverhalten bei bodennaher Warmluftschicht.
Der Ballon fällt durch

Freileitungen sind in ausreichendem Abstand zu überfahren !
Der Ballonführer muß sicher sein, daß die Bewegung des Ballons in jedem Falle, sei es in Steigfahrt, Horizontalfahrt oder kontrollierter Sinkfahrt, eingehalten werden kann.

Besteht auch nur ein geringes Risiko, daß der Ballon unerwartet ins Sinken kommt, sind Freileitungen steigend zu überfahren.

Ein Abbremsen des Ballons in Baumkronen, insbesondere an Waldrändern, birgt immer die Gefahr einer Kollision mit einer dahinter versteckt verlaufenden Leitung und ist deshalb zu unterlassen.

Landungen in der Nähe und in Richtung auf Freileitungen zu, sind zu vermeiden.
Ein Mast steht nie allein !

In der eigentlichen Landephase muß der Pilot den Ballon bis zum Aufsetzen und dem sicheren Stand konzentriert steuern. Zur Vermeidung von Flurschäden oder zur besseren Bergung des Ballons wird dieser nach einer stehenden Landung oft zu einem geeigneteren Ort verbracht. Für einige Ballonführer scheint dann jedoch der Entscheidungs- und Handlungsdruck vorbei zu sein, was folgendes Unfallbeispiel zeigt:

In der Anfahrt zum Landeplatz steuerte der Pilot seinen Ballon sicher über eine Freileitung. Nach der Landung sollte der Ballon bei sehr geringem Wind an den Rand der Wiese gebracht werden. Die Freileitung war jetzt für den im Korb stehenden Ballonführer durch die Ballonhülle teilweise verdeckt und der Ballonführer hatte sie auch bereits vergessen. Der Ballon wurde in die Leitung getragen, es kam zum Erdschluß, der Kurzschlußstrom schweißte über das Temperaturmeßkabel einen Propangasbehälter auf und es kam zur Explosion.

Das Aussteigen nach stehender Landung muß unter Beachtung der noch vorhandenen Tragkraft erfolgen.

Zum Verbringen des Ballons muß der Ballonführer **im** Korb sein. Die größere Böenempfindlichkeit bei geringem Innendruck einer abgekühlten HL-Ballonhülle oder einer unprallen Gasballonhülle ist dabei zu beachten. Erst wenn die entleerte Hülle am Boden liegt, ist eine Ballonfahrt beendet und der Ballonführer seiner Verantwortung als Luftfahrzeugführer enthoben.

Der Ballonführer verläßt als letzter den Korb!

5. Verhalten des Freiballonführers und der Verfolgercrew

Nach der Beschreibung der verschiedenen **Stromversorgungssysteme** mit ihren Gefahren, sowie der **Ursachen** und der **Vermeidung** von Freileitungsberührungen, wird nun das Verhalten bei drohender oder eingetretener Berührung behandelt.

Zwar glaubt jeder Pilot durch sein umsichtiges Verhalten niemals in eine solche Situation geraten zu können, doch können viele, auch der erfahrenen Ballonfahrer, bereits auf kritische Erlebnisse im Zusammenhang mit Freileitungen zurückblicken.

5.1 Wirkungen einer Leitungsberührung

5.1.1 Mechanische Abtrennung von Korb- und Hüllenseilen

Nach den Erfahrungen der letzten Jahrzehnte ist die häufigste **Ursache des Absturzes** von Ballonkörben als Folge der Berührung von Freileitungen nicht die elektrische sondern die **mechanische Durchtrennung** von Hüllen- und / oder Korbseilen. Jede Berührung der tragenden Ballonseile mit den Leiterseilen einer Freileitung, gleich ob stromführend oder nicht, führt bei der großen bewegten Masse, die ein Freiballon darstellt, zu einem entsprechend hohen An-

druck an die gespannten Leiterseile, durch den Winddruck meistens verbunden mit einer Ablenkung der Bewegungsrichtung in die Trassenrichtung.

Ein **Gleiten der Ballonseile** entlang der sehr zugfesten und straff gespannten Leiterseile kann wegen der großen **Gleitreibungskräfte** schon nach wenigen Metern Gleitweg zu einem **Durchtrennen** von Litzen der Ballonseile führen. Es tritt eine **Kettenreaktion** ein, und schließlich reißen die zunächst noch intakten Hüllen- oder Korbseile wegen Überlastung. Die Insassen fallen aus dem Korb oder der Korb stürzt mit den Insassen auf den Boden. Ein unkontrollierter Absturz, dazu noch in Schräglage, führt schon bei wenigen Metern Sturzhöhe zu schweren und oftmals tödlichen Verletzungen. Der Sturz aus oder mit dem Korb ist die Haupttodesursache bei Freileitungsunfällen, noch vor der Zahl der Toten durch Körperkurzschluß oder Explosion von Flüssiggasflaschen im Korb.

5.1.2 Gefährdung der Korbinsassen

Die zweite große Gefahr ist die **Annäherung oder Berührung** stromführender Seile. Auch sie führt in der Regel zu schweren Verletzungen oder gar zum Tod.

Als **Folge** der auftretenden Kurzschlüsse und Lichtbögen

- können das brennbare Füllgas in der Hülle des Gasballons explodieren und der Korb abstürzen
- kann der Stromfluß über die Temperaturmeßleitung von der Hülle des HL-Ballons in den Korb geleitet werden
- können Hüllen- oder Korbseile elektrisch durchgeschweißt oder mechanisch abgetrennt werden
- können Flüssiggasflaschen aufgeschweißt und Schlauchleitungen durchgetrennt werden
- können Sekundärbrände entstehen
- können Verfolger und Helfer gefährdet werden.

Die Korbinsassen sind in allen Fällen direkt oder indirekt auf das äußerste gefährdet durch

Stromdurchfluß - Verbrennungen - Absturz.

Meistens treten mehrere Wirkungen ein.

Beachte:

Freileitungen stellen eine tödliche Gefahr dar! („Powerlines can kill you!“)

5.2 Drohende Gefahr der Berührung

5.2.1 “Reißen oder Brennen“

Stellen wir uns einmal die folgende Situation vor:

In der Landephase erkennen ein Pilot oder seine Verfolger erst sehr spät, daß in geringer Entfernung vorraus quer zur geplanten Landerichtung eine Stromleitung verläuft, die evtl. nicht mehr sicher überfahren werden kann. Was ist in dieser Situation besser: „Reißen oder Brennen“?

Aus einem **natürlichen Reflex** heraus wird man geneigt sein zu versuchen, sofort mit dem Einsatz aller Brenner zu steigen, um die Leitungen zu überfahren. Dies kann eventuell gelingen, wenn der Ballon schon vorher in leichtem Steigen begriffen war. Für diese Entscheidung spricht auch, daß bei gelungenem Passieren der Leitungen die Gefahr sofort gebannt ist. Wer will jedoch vorhersagen, daß dieser Versuch gelingt und die Leitungen sicher überfahren werden können? Wer kann bewußt ein solches Risiko verantworten?

Es wird auf jeden Fall nicht gelingen, wenn der Ballon sich zum Zeitpunkt des Erkennens der Leitung im **Gleichgewicht** oder gar leichtem **Sinken** befindet. Eine **große träge Masse**, die insbesondere der Heißluftballon darstellt, in ihrer Bewegungsrichtung umzukehren, bedeutet einen zusätzlichen Zeitverlust. Zeit ist gleichbedeutend mit Höhe, diese reicht aber bei Kollisionsgefahr nicht aus. Der Ballon reagiert bei stabiler Horizontalfahrt schneller in Richtung Sinken als in Richtung Steigen. Es erfordert immer weniger Zeit, sprich Höhe, die Bewegung beizubehalten oder zu verstärken, als die Bewegungsrichtung umzukehren. Die nach aller Erfahrung bessere Möglichkeit heißt daher also „reißen“ und mit allen zur Verfügung stehenden Mitteln zu versuchen, vor der Leitung an den Boden zu kommen. Vor allem für Ballone, die mit den neuen **Schnellentleerungssystemen** ausgerüstet sind, stellt dies sicher die bessere Alternative dar.

Für diese Entscheidung spricht auch, daß bei einer eventuellen Berührung oberhalb des Äquators die Hülle nach unten, während sie bei einem Kontakt unterhalb des Äquators nach oben gedrückt wird und damit der Korb mit seinen Insassen und den Flüssiggasflaschen Berührung mit den Leitungen bekommt.

Eine US-amerikanische **Unfallauswertung** (Lit. 9) aus den achtziger Jahren, wo sich **bei 39 Freileitungsunfällen im Zeitraum von 3 Jahren** 20 Piloten für das Reißen und 19 Piloten für das Brennen entschieden, belegt diese wichtige Erkenntnis .

„Brennen“	„Reißen“
26% der Unfälle endeten tödlich	keiner der Unfälle endete tödlich
47% der Unfälle mit Schwerverletzten	30% der Unfälle mit Schwerverletzten

Das Prinzip **„Reißen statt brennen“** gilt grundsätzlich auch für den **Gasballon**. Allerdings besteht bei ihm aufgrund seiner geringeren trägen Masse und der Möglichkeit, sehr schnell mehrere Sack Ballast abzuwerfen, eher die Aussicht, eine **rechtzeitige Umkehr der Bewegungsrichtung** zu erreichen. Gelingt dies nicht, ist das Gefahrenpotential allerdings größer als beim Heißluftballon. Das liegt daran, daß bei einer Berührung der Hülle des mit einem brennbaren Füllgas gefüllten Gasballons ein Kurzschluß zu einer Explosion des Gas - Luftgemisches in der Hülle führen kann, die den Korb mit Insassen zum Absturz bringt.

So lassen sich drei Problembereiche des „Reißens“ (Lit. 2) herausarbeiten, die einem Piloten in einer solchen Situation die Entscheidung schwer machen:

- Das Selbstvertrauen (ego) des Piloten wird „angekratzt“, da er mit der Kritik, er habe überreagiert („...den Ballon hättest Du doch über die Leitungen bringen können...“) fertig werden muß.

  Allerdings ist es doch sicher besser zu reißen und zu überleben und somit überhaupt die Möglichkeit zu haben, sich persönlich mit diesen Kritikern noch auseinandersetzen zu können.

- Die Ballonhülle kann erheblichen Schaden durch Freileitungskontakt davontragen.

  Auch hier gilt: Die Versicherungen oder der Halter zahlen sicher lieber eine neue Ballonhülle, als für Folgekosten nach Personenschäden aufzukommen. Auch der Drittschaden, den eine Ballonhülle anrichten kann, ist sehr gering.

- Es besteht ein Risiko, daß die Passagiere oder der Pilot bei der dann unter Zeitdruck eingeleiteten (und im Zweifelsfalle harten) Landung vor der Leitung verletzt werden können.

Eine härtere Landung, auf die man vorbereitet ist, stellt auf jeden Fall eine wesentlich geringere Gefahr für Korbinsassen und Gerät dar, als die Möglichkeit einer gefährlichen Leitungsberührung!

Zusammenfassend läßt sich feststellen, daß das „**Reißen**“ vor einer plötzlich auftauchenden Freileitung zwar Probleme aufwirft. Die Konsequenzen sind allerdings in fast allen Fällen bei weitem nicht so schlimm, wie beim vergeblichen Versuch, durch „Heizen“ die Leitungen zu übersteigen und dann in direkten Kontakt mit den Freileitungen zu kommen.

Im Zweifelsfall - „Reißen“ !

Die Chancen zu überleben sind beim „Reißen“ wesentlich höher, auch beim Reißen aus 100 ft Höhe, als beim Absturz aus 100 ft Höhe, wenn die Korb- und Hüllenseile abgetrennt sind, von den Wirkungen eines Kurzschlusses oder Lichtbogen ganz abgesehen. Überdies ist zu bedenken, daß ein volles Reißen in 100 ft angesichts der Trägheit eines Ballons bis zum Erreichen seiner Endfallgeschwindigkeit eine vergleichsweise geringere Gefährdung zur Folge haben wird. Beim Gebrauch eines Schnellentleerungssystems ist allerdings Vorsicht geboten.

5.2.2 Explosionsgefahr verringern !

Was sollte man tun, um bei einem drohenden Kontakt mit Freileitungen die Gefahren so klein wie möglich zu halten?

Da es nicht möglich ist, die mit Brenngas unter Druck gefüllten Schläuche der Heizanlage voll zu schützen, muß versucht werden, das System zu „**entschärfen**“.

In dieser Situation ist es von entscheidender Bedeutung, eine genaue Übersicht über die angeschlossenen Flaschen zu haben. Mit **Kugelhähnen** ausgerüstete Flaschen haben durch die sichtbare Stellung des Ventilhebels und den kurzen Verschlußweg einen entscheidenden Vorteil! Also:

1. Die Flaschenventile sind sofort zu schließen!
2. Falls möglich: Restgas aus den Schläuchen entleeren und Zündflammen abdrehen!

5.2.3 Schutz der Passagiere

Es ist sehr wichtig, die Passagiere mit schnellen und kurzen Anweisungen auf die **besondere Situation** hinzuweisen. Die für den normalen Landevorgang vorgenommene **Einweisung** sollte um die folgenden Verhaltensregeln ergänzt werden:

Harte Landung nach Aufreißen :	**Festhalten und abfedern!**
Bei drohendem Kontakt im Korbbereich :	**Abducken - keine Metallteile und Schläuche berühren!**

5.3 Berührung von Freileitungen

Je nach Art der Berührung muß situationsabhängig unterschiedlich verfahren werden. Im folgenden soll auf die drei am häufigsten vorkommenden Szenarien eingegangen werden.

1. ***Die Hülle berührt die Stromleitung oder ist dieser sehr nah.***
2. ***Die Hülle liegt über den Leitungen.***
3. ***Kontakt mit den Leitungen im Brenner- / Korbbereich. Eventuell sind Hüllen- / Korbseile durchgetrennt.***

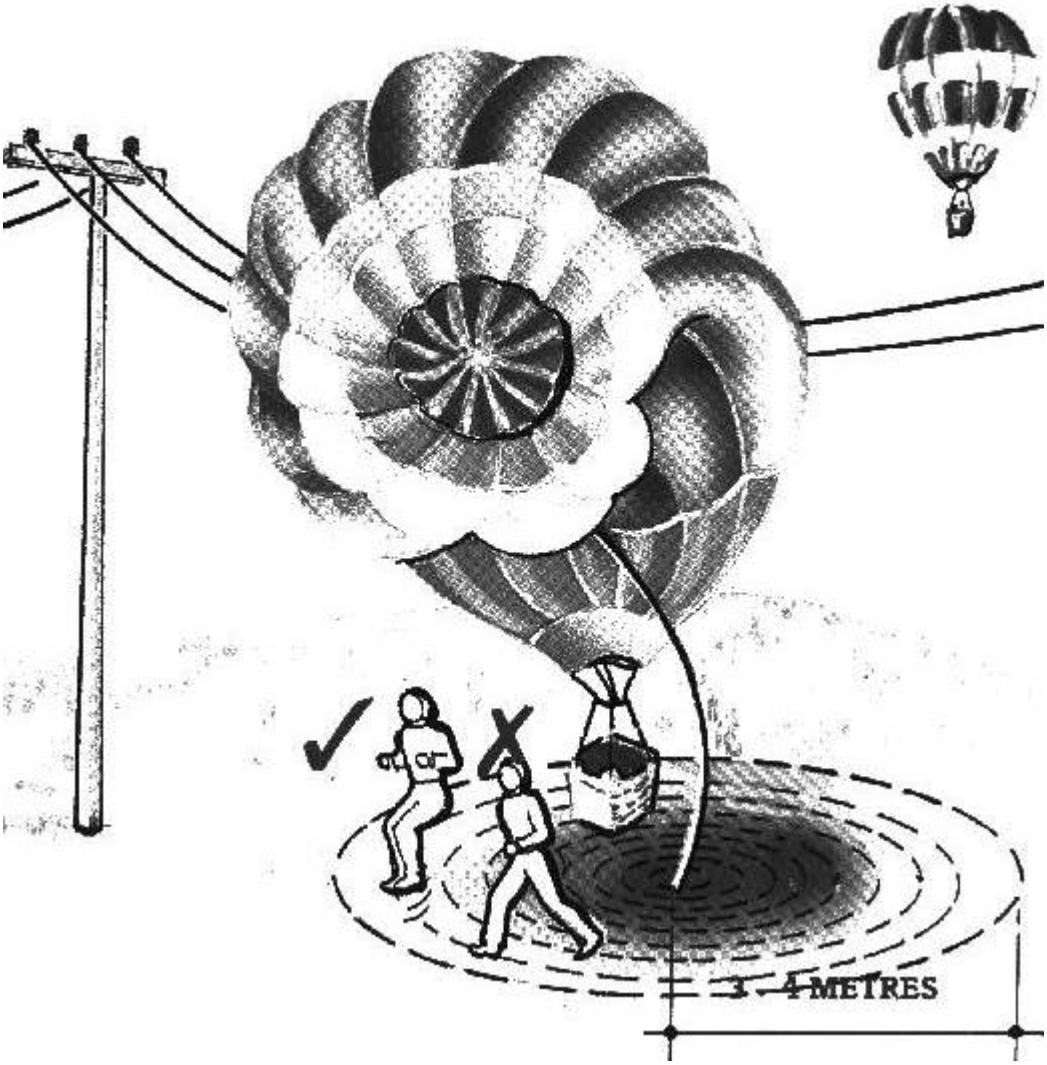
In allen drei Situationen ist schnelle, aber überlegte und vorsichtige Handlungsweise gefordert. Zunächst gilt es festzustellen, ob die Situation stabil ist, oder ob und in welche Richtung sie sich jeden Augenblick verändern kann.

Solange sie **stabil** ist, sollten Pilot und Besatzung im Korb verbleiben und warten, bis Hilfe von außen hinzukommt. Der Ballonführer muß die Helfer am Boden durch Zuruf aus dem Korb anweisen, wie sie sich zu verhalten haben.

Bei **instabilen Situationen,** wie z.B. unkontrollierbares Feuer, starkes Schwanken des Korbes, ausströmendes Propan oder der Gefahr des Kippens oder Abreißen des Korbes, sollte dieser falls möglich sofort verlassen werden.

Folgende allgemeine Regeln sollten bei allen Arten von Unfällen mit Freileitungsberührung Beachtung finden:

- ***Helfer und Zuschauer sollten zunächst einen sicheren Abstand zum Ballon und den evtl. vom Korb herunterhängenden Leinen einhalten, bis die Lage eindeutig geklärt ist.***
- ***Falls Freileitungsseile gerissen sind und den Boden berühren, muß im Hinblick auf den Spannungstrichter ein ausreichender Sicherheitsabstand von mindestens 10 Metern zu den aufliegenden Leitungsenden eingehalten werden.***



- ***Unterrichten Sie den Rettungsdienst (Notruf 112) unter Angabe von Unfallart und Ort, möglichst mit Angabe der Mastbezeichnung und Stromtrasse (siehe Anhang: Notfall Checkliste).***

- ***Ist kein Telefon verfügbar, so kann über die internationale Notfrequenz (121,5 Mhz) Hilfe gerufen werden. Sie können sicher erwarten, daß diese Frequenz von anderen Luftfahrzeugen abgehört und Ihre Meldung aufgenommen und weitergeleitet wird.***

5.3.1 Ballonhülle hat Leitungskontakt

Der Ballon ist auf eine Leitung zugetrieben und die noch gefüllte Hülle berührt die Stromleitung oder ist dieser sehr nah.

Auch wenn dies das eher ungefährlichste der drei Szenarien darstellt, sollte die Gefahr nicht unterschätzt werden. Es darf unter keinen Umständen von den

Verfolgern oder Zuschauern versucht werden, den Ballon von den Freileitungen wegzuziehen, da hierdurch ein **Erdschluß** hergestellt werden kann.

Was kann in einer solchen Situation getan werden?

- Einer der Verfolger sollte in sicherem Abstand um den Ballon herumgehen und die Lage dem Ballonführer schildern. Keiner der Außenstehenden darf sich ohne Erlaubnis des Ballonführers dem Korb nähern

- Erst wenn eindeutig feststeht, daß keine Gefahr eines Stromschlages besteht (Vorsicht: **Automatische Wiedereinschaltung** möglich!), darf der Ballon geborgen werden.

5.3.2 Ballonhülle liegt über der Leitung

Nach einem Leitungskontakt im (unteren) Hüllenbereich legt sich die Hülle über die Leitungen, ohne daß ein Kurzschluß oder Überschlag zwischen den Leiterphasen eingetreten ist. Der Korb hängt eventuell in einigen Metern Höhe.

Alle Außenstehenden müssen ausreichenden **Sicherheitsabstand** zum Ballon einhalten.

Der Korb darf erst verlassen werden, wenn sichergestellt ist, daß der Strom abgeschaltet wurde. Falls doch ein vorheriges Verlassen des Korbes notwendig ist, muß darauf geachtet werden, daß zwischen Korb (oder Haltetauende) und Erdboden kein Kurzschluß auftreten kann („Abspringen“ statt „Abseilen“).

5.3.3 Kontakt mit den Leitungen im Brenner- / Korbbereich

Diese Situation ist die gefährlichste der drei geschilderten und in den meisten Fällen mit Toten oder Schwerverletzten verbunden. Wie schon im einleitenden Abschnitt beschrieben, besteht bei einem Kontakt der Tragseile oder des Korbes mit den Freileitungen die Gefahr, daß die Tragseile **mechanisch oder elektrisch durchtrennt** werden und der Korb aus größerer Höhe unkontrolliert auf den Erdboden schlägt.

19.09.1968 , Langhorne(Pa./USA); Korbseile durch Kurzschluß durchgeschweißt, Pilot und Fahrgast durch Absturz getötet

Desweiteren können durch **Lichtbögen** Flaschen aufgeschweißt werden, so daß es dadurch auch bei geschlossenen Flaschenventilen zu Propanaustritt mit Explosion im Korb kommen kann.

Bei einem **Brand im Korb** kann unter Umständen das sofortige Verlassen des Korbes auch unter Inkaufnahme von Verletzungen die einzige Rettung sein.

Bei der Bergung von Verletzten aus dem Korb ist zunächst zu prüfen, ob Teile des Ballons noch immer **Leitungskontakt** haben. Erst wenn dies eindeutig nicht der Fall ist, kann mit der Evakuierung der Insassen begonnen werden (Anhang: „Notfall-Checkliste“).

5.3.4 Noch einmal davongekommen?

Auch nach leichten Leitungsberührungen und Verdacht auf Spannungsüberschlag ohne Berührung, ist die Fahrt unverzüglich zu beenden.

Es liegen Erfahrungen vor, daß Korbseile schwer beschädigt wurden, ohne das diese Schäden sichtbar waren. Der Ballon sollte in solchen Fällen unbedingt **einem LTB zur Untersuchung** vorgestellt werden.

5.4 Mentale Vorbereitung

Kein Ballonführer kann sich davon freisprechen, nicht doch einmal in einen Unfall mit Freileitungskontakt verwickelt zu werden.

Jedoch kann bei all diesen Szenarien schnelles und überlegtes Handeln die eventuellen Folgen verringern helfen.

Auch das schon im Abschnitt „Entscheidungsfindung“ (3.2.) genannte **mentale Durchspielen** dieser Situationen mit seinen möglichen Abläufen und eventuell zu ergreifenden Verhaltensmustern können beim Bewältigen eines solchen Zwischenfalles helfen „instinktiv“ die richtige Entscheidung zu treffen und so das Ausmaß des Schadens möglichst gering zu halten.

Pilot und **Verfolgercrew** sollten sich über einen eventuellen **Ablaufplan** und das Verhalten nach einer Freileitungsberührung genau im klaren sein, um im Ernstfall unter Zeitdruck richtig handeln zu können (Anhang: „Merkregeln für den Piloten“ und „Notfall Checkliste“).

6. Schlußbemerkung

Der Aerostat Freiballon ist unter einem verantwortungsbewußten Piloten bei guten äußeren Bedingungen und innerhalb seiner Betriebsgrenzen ein **„sanftes" Luftfahrzeug**. So hat er viele begeisterte Freunde gefunden, die das besondere Erlebnis des „Luftmeeres" aus dem Weidenkorb zu schätzen gelernt haben.

Allerdings erfordern die **bodennahen Bewegungen** des Freiballons eine sehr konzentrierte Ballonführung, um Kollisionen mit Hindernissen gleich welcher Art zu vermeiden. Kein Ballonführer kann Situationen ausschließen, bei Tieffahrt, Anfahrt und Landung, die hohe Ansprüche an sein Können und seine Reaktionsfähigkeit stellen. Dann gilt es auch für den Freiballonführer, „professionell" zu reagieren, wie es von einem Luftfahrzeugführer schlechthin erwartet werden muß. Freileitungen, die in Bewegungsrichtung des Ballons verlaufen, können schnell zu solchen Situationen führen.

Der Ballonführer tut gut daran, sich stets bewußt zu sein, daß er im Falle von Freileitungsberührungen auf den Prüfstand gestellt wird und sich nicht durch die Einrede „höhere Gewalt" entlasten kann. Es sind <u>seine</u> Entscheidungen und <u>sein</u> Handeln oder Unterlassen, die zum Unfall geführt haben.

Diese Schrift soll dazu beitragen, dem Ballonführer die Gefahren der Berührung mit einer Freileitung eindringlich vor Augen zu führen und ihm Hinweise zu geben, um Stromunfälle zu vermeiden oder die meist schrecklichen Folgen von Stromunfällen zu verringern.

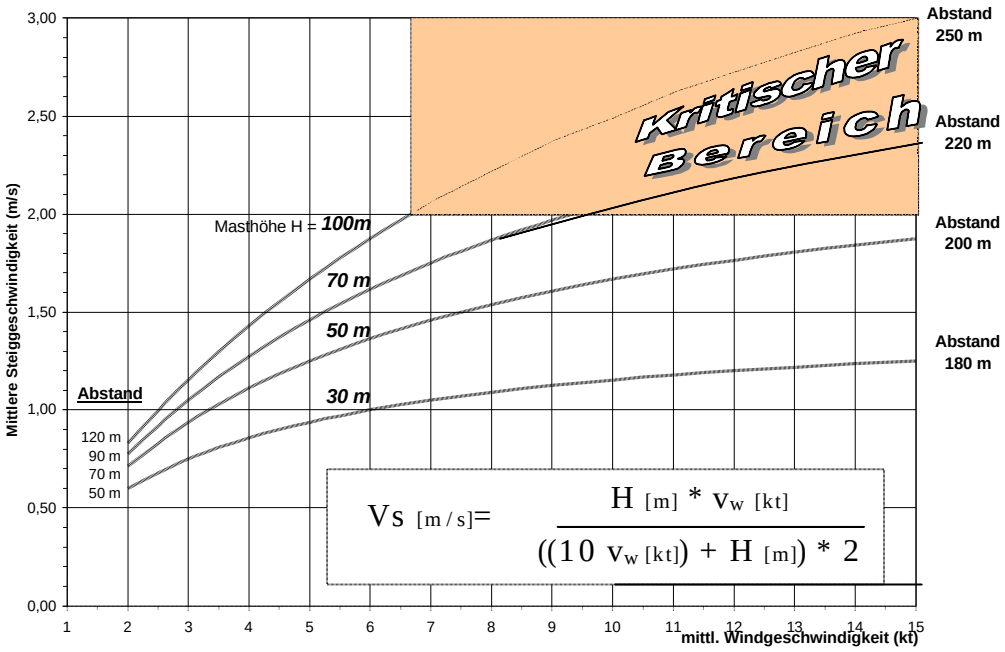
Es liegt nicht in der Absicht der Verfasser, starre Richtlinien herauszugeben oder theoretische Belehrungen erteilen zu wollen. Dazu sind die möglichen Geschehnisse in ihrem Ablauf viel zu mannigfaltig. Vielmehr geht es um die **Weitergabe von Erfahrungen der Praxis**, zum Teil sehr leidvollen Erfahrungen, gewonnen aus der Auswertung von Unfällen und Beinahe-Unfällen.

So liegt auch eine besondere Verantwortung bei den **Ballonfluglehrern**. Sie haben es in der Hand, ihre Schüler vom ersten Besteigen des Korbes an systematisch und unter Anlegung eines strengen Maßstabes mit den Eigenschaften eines Freiballons vertraut zu machen, Standardverfahren zu üben und Kenntnisse, Fähigkeiten und Verhalten zu vermitteln, alles das, was die Angelsachsen so treffend unter dem schlecht zu übersetzenden Begriff **„airmanship"** verstehen, im Gegensatz zu dem „alles-kann-Piloten", dem typischen Vertreter einer „ballooning showmanship".

Möge diese Schrift ihre guten Wirkungen haben. Erst das Gefühl der Sicherheit bei der Führung des Ballons kann dem Piloten den uneingeschränkten und besonderen Genuß vermitteln, der unserem schönen Ballonsport zu eigen ist.

Faustformel zur Berechnung des Sicherheitsabstandes beim Start

Sicherheitsabstand (m)= Windgeschwindigkeit (kt) x 10 + Masthöhe (m)



Mittlere Steiggeschwindigkeit (m/s) in Abhängigkeit von mittlerer Windgeschwindigkeit und Masthöhe (ohne Höhenreserve), bei Anwendung der Faustformel

Kritischer Bereich:

Mittlere Steiggeschwindigkeiten von 2 m/s und mehr setzen eine ausreichende und gleichbleibende **aerostatische Steigkraft** beim Lösen der Startfessel und einen ausreichenden **Hülleninnendruck** voraus.

Beispiel:

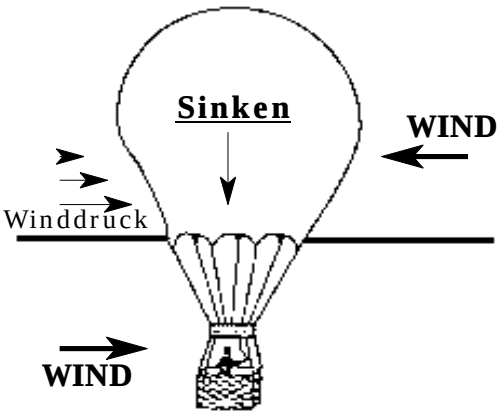
Ein 3.000 m³ Heißluftballon hat bei 90°C HL-Temperatur unter Normalbedingungen (15°C Luft-temperatur und Normaldruck) eine Tragfähigkeit von 250 kg pro 10 m³.

Um die angegebenen Steiggeschwindigkeiten zu erreichen, bedarf es folgender Steigkräfte und der dazu notwendigen Erhöhung der Heißlufttemperatur:

- ***2 m/s*** *31 kg, d.h. Erhöhung der HL-Tempeatur um 4°C*
- ***3 m/s*** *70 kg, d.h. Erhöhung der HL-Tempeatur um 9°C*

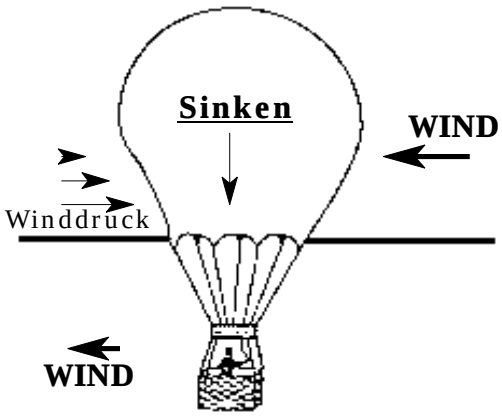
Änderung des Gleitpfades beim schnellen Abstieg in bodennahe Windscherungen

Änderung der Windrichtung
(Fall 1)



Wind im Korb von vorne, bis die Hülle die Fahrtrichtung gewechselt, dann Wind aus alter Fahrtrichtung, bis Hülle die Windgeschwindigkeit erreicht hat

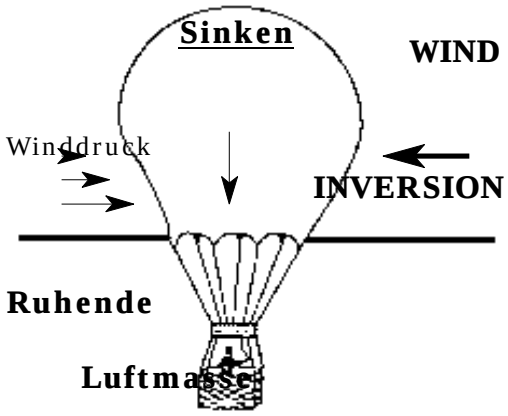
Änderung der Windgeschwindigkeit
(Fall 2)



Wind im Korb von vorne, bis die Hülle die geringere Windgeschwindigkeit angenommen hat

Gefahren: **+ Hüllenverformung + Scheinauftrieb + Abkühlung +**
Folgen: **Sinkkraft wird größer, Gleitpfad wird steiler als angesetzt und die Fahrtrichtung (Fall 1) kann sich ändern**

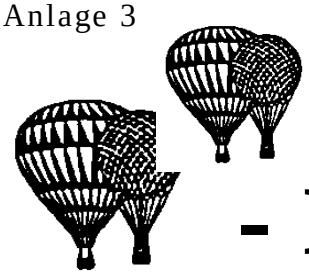
Sinken in ruhende Luftmasse
(Fall 3)

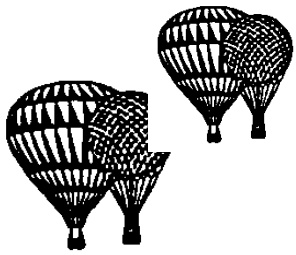


Wind im Korb von vorne, bis die Hülle gegenüber der unteren Luftmasse zur Ruhe gekommen ist.

Gefahren: **+ Hüllenverformung**
+ Scheinauftrieb
+ Abkühlung

Folgen: **Sinkkraft wird größer, Gleitpfad wird steiler, bis zum senkrechten Abstieg**





iballon und Freileitungen

Freiballon und Freileitun

- Merkregeln -
- Notfall Checkliste -

für den Piloten

für die Verfolgercrew

- Nutzen Sie jede Gelegenheit zum **Erfahrungsaustausch**.
- Nehmen Sie an den **Sicherheitskonferenzen** und -seminaren teil.
- Entwickeln Sie diskutieren und üben Sie die entsprechenden **Notfallmaßnahmen**.
- Sprechen Sie diese Maßnahmen auch mit Ihrer **Verfolgercrew** durch. Übergeben Sie ihnen ein Exemplar dieser Broschüre.
- **Fahren** Sie Ihren Ballon sicher und konzentrieren Sie sich auf das jeweils Wesentliche. **Ablenkung** oder Fehlentscheidungen können tragisch enden.
- **Beobachten** Sie sorgfältig, um auch eine „versteckte“ Freileitung nicht zu übersehen. Dies gilt besonders bei Fahrten gegen die Sonne und bei schlechter Sicht.
- **Überfahren** Sie Freileitungen in ausreichender Höhe absolut kontrolliert, im Zweifel steigend.
- **Landen** Sie nicht auf Freileitungen zu.
- Im Zweifel: **„Reißen statt Brennen“!** Eine Berührung der Freileitung mit der Hülle ist erfahrungsgemäß ungefährlicher als mit dem Korb.
- Wenn der **Freileitungskontakt unabwendbar** scheint:
  - Flaschenventile schließen und Heizsystem „entschärfen“.
  - Schützen Sie Ihre Mitfahrer durch klare Anweisungen.
- **Bei Leitungskontakt** gilt
  - Verschaffen Sie sich einen Überblick über die Situation.
  - Handeln Sie entsprechend.
- Solange Sie nicht sicher sind, daß die Gefahr eines Stromschlages ausgeschlossen ist, halten Sie **Zuschauer und Helfer** auf ausreichendem Abstand.

- Versuchen Sie **nicht zu nah** an den Ballon heranzugehen! Parken Sie die Fahrzeuge in ausreichender Entfernung.
- Halten Sie **Ausschau**, ob abgerissene **Leiterseile** herunterhängen und den Boden berühren. Informieren Sie den Ballonführer und bleiben Sie mindestens 10 m von den Leitungsenden entfernt.
- **Unterrichten** Sie den Piloten und die Passagiere, daß Sie Hilfe holen werden. Die „Erste - Hilfe“ - Ausrüstung und der Feuerlöscher sollten in der Nähe des Ballons verbleiben.
- **Schreiben Sie** sich den genauen Ort des Ballons, die Nummer des nächsten Leitungsmastes (und evtl. der Trasse) auf.
- Geben Sie diese Daten und eine Schilderung der Situation unverzüglich über die **Notrufnummer (112)** weiter, damit die Rettungsmaßnahmen eingeleitet und das zuständige Elektrizitätswerk informiert werden kann.
- **Halten Sie** alle Zuschauer vom Ballon und der Freileitung weit genug entfernt.
- Helfen Sie niemandem, den Ballonkorb zu verlassen, wenn die Gefahr besteht, daß ein Kurzschluß hergestellt wird. Sie gefährden sich selbst und das Leben der Korbinsassen.
- Erst wenn sichergestellt ist, daß der Strom abgestellt wurde, kann mit der Bergung der Korbinsassen und des Ballons begonnen werden.

Text angelehnt an: Lit.18

Text angelehnt an: Lit.18

Literaturverzeichnis

1	Luftfahrt und Hochspannungsleitungen	Rasch, F.; DZFL 8/1911
2	**Powerline Exerpts**	Dyer, A.+T.; BFA 1976
3	Powerlines (in „Practical Balloning“	Hval, B.; Canada 1977
4	Powerlines	Comstock, T.; USA 1978
5	Powerlines and Thunderstorms	Ruppenthal, B.; FAA 1981
6	Powerline Contact Accident Description	Garner, W.; CBAN 3/1982
7	Beitrag zur Gefahr durch Freileitungen	Hurck, G.; DFSV-Siko 1986
8	Die unsichtbare Gefahr	Dietz;Fliegermagazin 3/1991
9	Powerline Safety-What to do?	Hamilton, B.+Meyer, G.;BL 3/1991
10	Powerlines Kill	Reusse´, T.; BL 3/1991
11	Deadley Distractions	Richardson, R.; BL 3/1991
12	Look´n Ain´t See´n	Kramer, M.; BL 3/1991
13	Scanning	Hamilton, T.;BL 3/1991
14	Powerlines	Skylines, BFA 5/1991
15	„Powerlines? Won´t happen to me“	Isler, M.; BJ Fall 1992
16	The Danger of DSE	Smith, E.; BL 1/1992
17	Powerlines and Ballons	Lindstrand, P.; Aerostat 8/93
	Precautions araund Powerlines	Lindstrand, P.; BL 6/1993
	Instructor Seminar on Powerlines	Lindstrand, P.; PC 6+7/93
18	**Powerline Safety Manual**	Shope, St.; BFA 1994
19	„Sehen und Vermeiden“	LBA fsm 1/1994
20	Powerlines : A crash course (crew)	Smith, K.; BL 8/1995
21	Balloning,Elektricity and Powerline	Stockwell, P. ; BL 11/1995
22	Vorsicht Hochspannung	DHV-Info 87
23	Verhaltensmodifikation als Mittel zur Fehlervermeidung	Heydegger, F.; Frankfurt 1995
24	Heißluftballon und Überlandleitung - zunehmend anziehend ??	FUS-Unfallinformation V142, 7/1996
25	Oft überschätzt: Die Leistung des Auges	Berwanger, G.;Aerokurier 4+5/96
26	Watch out for Powerlines	DME Australien
27	Powerlines - Watch out !	SEC Australien
28	Strom Basiswissen	IZE , Frankfurt 1995
29	Wir über uns - Freileitungen	VEW Dortmund
30	Sicherheit für Sie. Umgang mit elektr. Geräten	HVBG St.Augustin 1995
31	Piloten / Achtung Kabel	FUS / LBA 7/1988

Erläuterungen zum Literaturverzeichnis :

Aerostat	UK
BFA	Ballon Forderation of Amerika
BJ	Balloning Journal (BFA)
BL	Ballon Life (USA)
CBAN	Chesapeake Balloons Association Newsletters
DFSV	Deutscher Freiballonsport Verband
DHV	Deutscher Hängegleiterverband
DME	Department of Minerals and Energy (New South Wales)
DZFL	Deutsche Zeitschrift für Luftschiffahrt
FAA	Federal Aviation Administration (USA)
FUS	Flugunfalluntersuchungsstelle beim LBA
HVBG	Hauptverband der gewerbl. Berufsgenossenschaften
IZE	Informationszentrale der Elektrizitätswirtschaft e.V., Frankfurt/M.
LBA	Luftfahrtbundesamt Braunschweig
PC	Pilots Circular (USA)
SEC	State Electricity Commission of Victoria
VEW	Vereinigte Elektrizitätswerke Westfalen AG, Dortmund

Bildquellen

(soweit nicht als Bildunterschrift vermerkt)

Bild Seite	1	Der Freiballon, Stuttgart, Januar 1968
Bild Seite	6	Aerostat, Dec. 1981
Bild Seite	8	Lit. 28
Bild Seite	9,13,21	Lit. 29
Bild Seite	10	Lit. 8
Bild Seite	18	Lit. 30
Bild Seite	36, 42	Lit. 2
Bild Seite	40	Lit. 18
Bild Seite	45	Aerostat Aug. 1978
Bild Seite	51	Lit. 26
Bild Seite	54	Norgard, The book of ballons, N.V. 1971