

# 9

Omgang met materieel op de grond

**Omgang met zweefvliegtuigen en sleepkisten**

**Onderdelen van zweefvliegtuigen 1**

**Onderdelen van zweefvliegtuigen 2**

**Cockpitkapdiscipline**

**De vleugel en de wind**

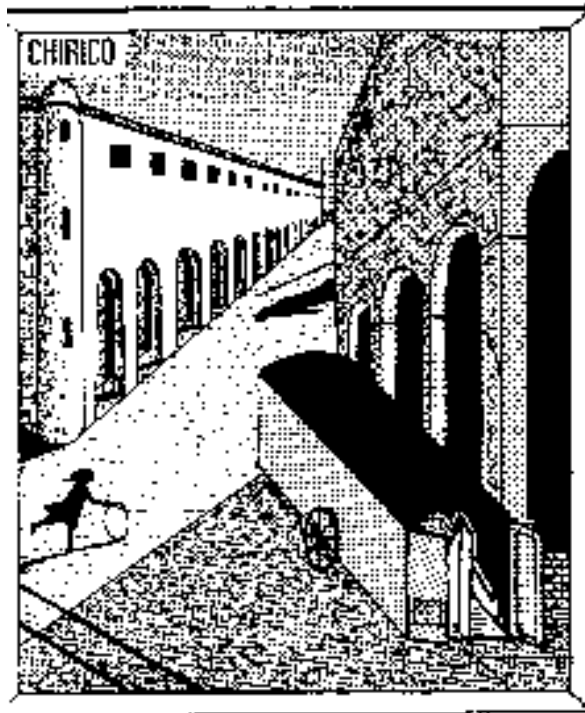
**Transport achter een auto**

**Hulp bij het starten**

**Sleepvliegtuigen en hun propellers**

**Dagelijkse inspecties**

**De lier**



## 9 Het omgaan met materieel op de grond

De Wet van Gilbertson: Niets is veilig voor een idioot met voldoende talent.

### 9.1 Omgang met zweefkisten en sleepvliegtuigen

[1.2] <1.2>

#### 9.1.1. Waar mag aan geduwd of getrokken worden:

##### 9.1.1.1 Onderdelen van zweefvliegtuigen die gebruikt mogen worden om te duwen en te tillen:

Handvatten, vleugelvoorkanten, tips, cockpitranden, transportwielletjes voor staart en vleugeltips en ander speciaal transportgereedschap;

##### 9.1.1.2 Onderdelen van zweefvliegtuigen die NIET gebruikt mogen worden om te duwen en te tillen:

achterlijsten van houten kisten, kielvlakken en stabilo's, roeren, opzettips, plaatsen waar "no push", "no handling" "no step" of equivalenten op staan, cockpitkappen, delen van propellers enz.

#### 9.1.2 Cockpitkapdiscipline

Sommige clubs hebben de sluiting van de cockpitkap van tweekitters naar buiten gebracht. Cynisch zou men kunnen opmerken dat dat gedaan is om de tijd uit te sparen die nodig is voor het praten tegen clubleden die hun arm (liefst gehuld in een dik vliegjack) door het zijraampje steken om een kabel aan of af te koppelen, of die proberen de kap aan de rand of bovenkant van het raampje op te tillen. Reparaties die van dat soort activiteiten het gevolg zijn vallen doorgaans zéér duur uit! Weten uw clubleden wat alleen al zo'n schuifraampje kost?

Het is vrijwel altijd verstandig op de grond de kap te sluiten en zelfs te vergrendelen (maar alléén aan de kant van het raampje!!), zeker bij vlagerige of krachtige wind (kappen kunnen ook opengeblazen worden en dat leidt vrijwel altijd tot schade). Als de kap dan toch geopend is moet er voor gezorgd te worden dat die niet dicht kan vallen of dichtgeblazen kan worden.

Bij sommige vliegtuigen, zoals de ASK21, kan een brandgevaarlijke situatie ontstaan wanneer de zon door de openstaande achterste kap schijnt, die dan als brandglas of concave spiegel op de achterste hoofdsteun werkt. Bij de ASK23 bijvoorbeeld - en waarschijnlijk ook bij andere kisten - kan bij openstaande kap een gat in een instrument of in het instrumentenpaneel gebrand worden!

Wijs uw leerlingen erop dat ze **nooit** met hun handen aan het perspex komen: zweet en vet veroorzaken, vooral bij regen of condens en tegen de zon in, slecht zicht. Stof, fijn zand e.d. blijven daar op plakken. Het schoonmaken en -houden van de cockpitkap is nuttig, maar dient wél met de juiste materialen te geschieden.

Het controleren van de kapsluiting door met beide handen tegen het perspex te drukken in plaats van tegen de prikkeldraadstangen of de rand is ook niet zo best, evenmin als vette haren! Perspex van kappen is beschadigd doordat vliegers een pet met een knoopje er middenop droegen; in turbulentie ging dat dwars door de kap heen!

Als de cockpitkap aan de binnenzijde beslaat moet u de waterfilm niet met uw hand verwijderen! Gebruik daarvoor uitsluitend een **schone** droge, **zachte** doek, die zich in een **afgesloten** zakje in de cockpit bevindt; op die manier kunnen zich daarin geen (minuscule) harde deeltjes verzamelen (als u die tenminste niet tijdens het poetsen van de vaak stoffige cockpitrand oppikt!). Er ontstaan anders talloze kleine krasjes die u onder normale lichtomstandigheden niet ziet.

Zolang er voldoende licht is dat van voorwerpen om ons heen, de grond en dergelijke teruggekaatst kan worden kunt u doorgaans nog wel door een vervuilde kap kijken. Als daarentegen de hoeveelheid licht minder wordt of als we min of meer tegen de zon inkijken zien we hoofdzakelijk het licht dat

door het vuil óp en de krassen in de kap gereflecteerd wordt. Bij het bereiken van het dauwpunt condenseert water eerst op de vervuilde plekken en fijn stof blijft er dan nóg beter op hangen!

Als u echter in een noodsituatie gedwongen wordt tijdens de vlucht de beslagen kap schoon te maken en u heeft dat zakje met die brandschone doek tóch niet bij u: gebruik dan uw hand en niet uw mouw of uw thermiekpetje!

De meeste spuitbussen met schoonmaakmiddel bevatten isopropylalcohol, waar perspex niet tegen kan. Schoonmaken dient met grote hoeveelheden water en zeep te geschieden (en stof van cockpitrand en prikkeldraadstangen moet daarbij niet meegenomen worden). Een zemen lap die u ook gebruikt om romp en vleugels schoon te maken is een vijand van de kap!

Uw technicus kan u vertellen hoe en met welke middelen de kap gereinigd of gepolijst moet worden. Als u een barst ontdekt: meld het onmiddellijk!

Dek - als u maar even kunt - de kap op de grond met de daarvoor bestemde hoes af. Een hoes heeft maar één binnenkant, dus uitsluitend die kant mag met het perspex in aanraking komen! Zorg ook voor een **schone** reserve.

### 9.1.3 De vleugel en de wind

Het is een goede gewoonte om tijdens grondtransport met harde wind, zeker **bij hoogdekkers**, een extra helper aan de windkanttip te hebben.

Een bewijs van goed vliegerschap is ook het parkeren van zweefvliegtuigen met de tip laag aan de windkant, als het betreffende type voor omwaaien gevoelig is; remkleppen uit en voldoende banden volledig op de tip (en niet half in het gras liggend, want dan is het effect minder dan de helft en kan de vleugel er ook nog onderuit draaien!). Zorg dat er geen steentjes e.d. aan de band plakken. Zwaardere kisten kunnen ook neergelegd worden met de hoge tip in de wind; ze zullen doorgaans niet omwaaien. De gevallen waarbij ze dan, als bij een lichtere kist, ook van banden voorzien moeten worden zijn betrekkelijk zeldzaam. De meeste plastic kisten hebben zelden banden nodig en veel bezitters ervan willen ze ook niet gebruiken vanwege de kans op vuil en krassen. Een zweefvliegtuig is doorgaans het veiligst geparkeerd als de wind schuin van achteren inkomt. Een band aan beide zijden van de staart is doorgaans voldoende om wegdraaien van de kist te voorkomen.

Nog beter is om een band (staalkabeltje met tuinslang eromheen, of een stuk van een bagagesjorband) om het achterste deel van de romp te doen en die met één of twee flinke grondpennen vast te zetten. Een oude autoveiligheidsriem kan daar ook voor gebruikt worden: die is ook erg nuttig - en beter dan een autoband - om met twee pennen in de grond de vleugeltip te verankeren!

### 9.1.4 Transport achter een auto

Gebruik bij voorkeur een sleepkabel die minstens zo lang is als de spanwijdte van de kist. Het materiaal ervan moet niet té elastisch zijn, een breukstuk eraan is ideaal. Een wat sjofele lus aan de einden, in plaats van een net stel ringen, is verkeerde zuinigheid.

Laat iemand bij de staart of vleugelwortelvoorrand lopen om als menselijke rem te dienen. Houd daarbij rekening met inhalen, vooral wanneer u een helling afgaat. Zorg, als dat tóch gebeurt, dat de kist recht achter de auto blijft: houd de vleugel niet aan één kant tegen: de andere tip kan zich dan versnellend in de achterraut van de auto boren! De tiploper moet de **linkertip** vasthouden, zodat de bestuurder van de auto hem goed kan zien. Alleen bij een hoogdekker zoals de K7 en veel zijwind van de rechterkant kan het nuttig zijn om voor de andere tip nog een tweede man in te schakelen.

Bij het maken van scherpe bochten moet een helper er voor zorgen dat de staart omhooggehouden wordt (door b.v. op de neus te drukken) om ervoor te zorgen dat staartwiel- of slof niet beschadigd kunnen worden (Niet doen kan een bandje kosten!!).

Let erop dat de bestuurder van de auto wakker is, de radio af staat en een raam open is, zodat hij verzoeken zoals "**STOP!**" kan horen. Het gebruik van de zwaartepunthaak lijkt beter, maar vergroot de kans op uitscheren wanneer niet goed aan de tip meegelopen wordt, vooral bij een relatief korte kabel. Ook hier zal bij gebruik van de neushaak een zelfcorrigerend effect optreden!

Weet "iedereen" hoe het transportwiel veilig aan de kist bevestigd moet worden?

## 9.2 Hulp bij het starten (de tiploper) <1 .3>

BIJ DE START BEVINDT DE TIPLOPER ZICH ALTIJD AAN DE LINKERVLEUGEL, TENZIJ ZEER DRINGENDE REDENEN HEM DWINGEN RECHTS TE STAAN:

- \* Bij veel vliegtuigen zit de zwaartepunthaak aan de linkerkant en wordt de kist door de kabel naar rechts getrokken; de tiploper kan zien of er iets met de kabel gebeurt.
- \* Het is voor de vlieger van belang dat hij in een noodgeval altijd weet aan welke zijde de tiploper zich bevindt. De tiploper houdt de vleugel met zijn rechterhand vast: het merendeel van de mensheid is rechts en beheerst die hand derhalve iets beter.
- \* Het raampje zit aan de linkerkant, zodat daardoor nog enige verbale communicatie mogelijk is.
- \* *Het dragen van ringen houdt voor tiplopers een risico in: er zijn nare ongevallen gebeurd toen die bleven haken.*

## 9.3 Sleepvliegtuigen en hun propellers

Benader sleepkisten en motorzwevers vanaf de vleugelachterkant:

PROPELLERS KUNNEN DODEN!

Stilstaande propellers zijn bijna *nét* zo gevaarlijk als draaiende: de kleinste beweging ervan kan de motor doen aanslaan - behandel ze dus altijd alsof ze draaien. Denk er ook aan wat de propellerwind teweeg kan brengen!

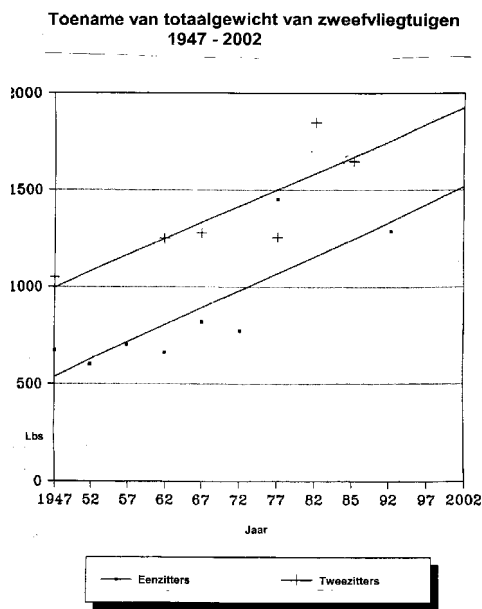
## 9.4 Dagelijkse inspecties

Dagelijkse inspecties moeten zorgvuldig geleerd worden en leerlingen dienen voor ieder type uitgecheckt te worden. Leg de nadruk op controle van de combinatie besturingsorganen/roeren bij iedere DI. In geval van twijfel: doe het over. Het is doorgaans een goede zaak leerlingen dagelijkse inspecties pas te leren wanneer ze solo of daar tegenaan zijn.

**Raadpleeg waar nodig altijd een zweefvliegtechnicus!!**

## 9.5 De Lier

Te zijner tijd loopt u de kans dat - als in de club een "lierproject" opgezet wordt - uw mening daarover gevraagd wordt. Misschien dat dit hoofdstuk u daarbij wat kan helpen. En een beetje extra kennis van het liergebeuren is voor een instructeur ook nooit weg..... In de loop der tijden is, zoals grafiek 1 (in lbs!!) laat zien, het gewicht van het gemiddelde zweefvliegtuig nogal toegenomen. Dat kan een verandering in de lierfilosofie van de club teweegbrengen - als dat al niet gebeurd is.



Grafiek 1

aan verbonden zijn. Een derde mogelijkheid is hydraulische aandrijving (bij voorkeur elektronisch aangestuurd), waarin veel nieuwe ontwikkelingen plaats vinden en die derhalve meer en meer in de belangstelling komt.<sup>(66)</sup> Het voordeel is dat de kabelkracht constant is, maar dat kan in sommige gevallen als nadeel werken: bij enkele systemen kan de lierman bij een dreigende overtrek b.v. niet even gauw extra gas geven om de situatie te redden: de meningen hieromtrent zijn nog steeds verdeeld. Het lijkt erop dat de mogelijkheid om tijdens de start zowel toerental en kabelkrachtinstelling (en met een vaste voorinstelling per vliegtuigtype) te variëren de beste oplossing is (zoals bij de laatste versie van de Supacat lier)

Het aantal **trommels** c.q. kabels. Er zijn bij iedere club momenten dat de startcapaciteit ontoereikend is en de mooie zestrømmellier lokt dan in de verte. Het kan soms interessant zijn om - i.v.m. de bedrijfszekerheid - voor tweemaal twee trommels te kiezen. Essentieel is dat een goede analyse opgezet wordt: wat is de werkelijke behoefte en is e.e.a. financieel verantwoord? Een goed spreadsheetprogramma en veel "wat als" kan daarbij helpen.

Voor al in buitenland worden nogal eens tweetrommellieren gebouwd die gebaseerd zijn op de achteras van een vrachtwagen. Het overschakelen tussen de twee trommels wordt dan bereikt door er een te blokkeren. Het differentieel krijgt het daarbij zwaar te verduren, maar er zijn types die daar tegen schijnen te kunnen. We raden het toch maar niet aan....

Een interessant alternatief dat al jaren op de Wasserkuppe gebruikt wordt en sinds enige tijd ook bij de Midlands Gliding Club op de Long Mynd (waar bij gunstige weersomstandigheden nog steeds de rubberkabelstart in zwang is!) met succes toegepast wordt is een enkele kabel met een terughaalertje. Dit systeem werkt zeer efficiënt, zonder kabelparachute maar met een voorloopstuk, en aangetoond is dat daarmee 200 starts per dag gerealiseerd kunnen worden. Vooral voor clubs die parallel met een motorvliegbedrijf draaien en/of over marginale veldbreedte beschikken kan dit een interessante optie zijn.

Welke mogelijkheden zijn er?

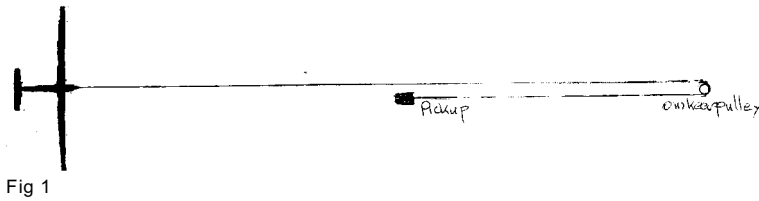
De motor, de overbrenging, het aantal en de vorm van de trommels en de kabel.

Voor de **motor** kunnen we kiezen tussen diesel, benzine, LPG en elektriciteit. Diesel heeft nog steeds veel voordelen: betrouwbaar, relatief goedkope brandstof, hoog koppel bij lage toerentallen. Het kan - gezien de huidige brandstofprijzen - zinvol zijn een benzinemotor voor LPG aan te passen. Let wel op de milieuwetgeving i.v.m. opslag!

Er zijn - voorzover bekend - momenteel twee velden in Duitsland en een in Denemarken waar de lier op elektriciteit draait. Milieuvriendelijk (maar productie en transport van elektriciteit zijn dat eigenlijk niet), weinig geluid, maar nadeel is de moeilijke verplaatsbaarheid.

De **transmissie**: veelal wordt een koppelomvormer gebruikt die doorgaans goed werkt (de verhouding tussen minimaal en maximaal koppel kan 2,5 zijn, 5 is mooier!). Nog steeds worden hier en daar lieren aangetroffen die met een ordinaire versnellingsbak draaien, waar nogal wat nadelen

De **kabel**: in Nederland worden momenteel overwegend kabels van goede kwaliteit gebruikt. In het buitenland vinden we hier en daar nog clubs die met pianodraad werken. Door de relatief hoge treksterkte en daarmee lage gewicht en luchtweerstand kan een duidelijk grotere hoogte bereikt worden. Er kan redelijk efficiënt mee gewerkt worden, vooral als hiervoor de autostart



met een omkeerpulley gebruikt wordt. De auto (vaak een pickup met automatische versnellingsbak) rijdt dan naar het startende vliegtuig toe. De snelheid ervan is bij weinig wind wel cruciaal. Een verhard pad, zoals een startbaan, is hierbij essentieel. Bij een kabelbreuk bestaat wel de kans op veel krullen..... Snelle reparatie- methoden zijn ontwikkeld.

Het zou ideaal zijn als de lierman tijdens de start niet alleen de beschikking zou hebben over het motortoerental maar ook over de kabelkracht en vooral de **snelheid** van de opgelierde kist. Doordat veel liermotoren tegenwoordig wat ruim bemeten zijn is de kans op overbelasting van de kabel of het breukstukje groter geworden. Kabelkrachtmeting kan daarbij helpen, eventueel gekoppeld met een akoestisch waarschuwingssignaal.

Telemetrie kan inzicht verschaffen over de werkelijke vliegsnelheid. Akaflieg Karlsruhe heeft de ASTS (Airspeed Transmission from Sailplanes) in ontwikkeling. Werkfrequentie 433 MHz, omzetten via RS232 format naar een LC display met snelheidsbalk, waarmee zowel de snelheid numeriek als de afwijkingen daarvan weergegeven worden, e.e.a. gekoppeld aan akoestische signalering. Denk daarbij wel aan de (jaarlijkse) kosten voor een zendvergunning e.d.

Er is in de loop der tijden veel aan de lierstart gerekend en nog steeds zijn er vragen. Het voert te ver hier de informatie uit al dat werk in extenso te verwerken, maar een aantal van deze rapporten is - tegen fotokopieer- en verzendkosten via de Afdeling Zweefvliegen verkrijgbaar. Zie daarvoor de opgave aan het eind van dit hoofdstuk. Ook in Nederland wordt momenteel (2002) weer onderzoek gedaan, de uitkomsten waren op het moment van publicatie nog niet beschikbaar. In deze tekst is onder meer dankbaar gebruik gemaakt van het werk van Goulthorpe <sup>(56, 57)</sup>, Gibson <sup>(58)</sup>, Irving <sup>(67)</sup>, Riddell <sup>(59)</sup> en Akaflieg Karlsruhe <sup>(60)</sup>.

De rolfase en de rotatie: bijna instinctief probeert iedere vlieger om zo min mogelijk kabellengte te gebruiken voordat hij roteert. Op de gevaren van steil starten hoeven we hier niet verder in te gaan. Er wordt wel eens half schertsend gezegd dat voor steile starters hun levensverzekering de eerste zes seconden het meeste nut heeft..... Gelukkig komen kabelbreuken op zeer geringe hoogte relatief weinig voor, maar..... Een kabel- of breukstukbreuk kan veroorzaakt worden door te hard trekken, een windstoot, een slechte kabel of een vermoeid breukstuk; gezien de training daarop is dat doorgaans geen probleem. Gevaarlijk is de vlieger die te steil start - ook bij voldoende snelheid - waardoor hij de kist kan overtrekken. Daarvoor was hij al bezig een minder optimale klimstand te gebruiken, want hij gebruikte een trekkracht die onnodig groot was. Vervelend daarbij is dat de vlieger laag zittend vaak niet het gevoel heeft dat hij grote krachten opwekt.

De acceleratie bij het begin van de start is doorgaans 0,5 g, dus de helft van het gewicht van de kist plus de rolweerstand - en dat moet beneden de breukstuksterkte blijven. De kist bereikt vliegsnelheid in circa 4 seconden, over een afstand van een 50 meter - of veel minder naarmate er meer wind staat. De kabel sleept nog over de grond en de kracht ervan grijpt eerst ver beneden het zwaartepunt aan, zodat de traagheid van de kist de neus omhoog wil laten gaan. Bij kisten als de K 8 (hoogdekker en rechtop zittende vlieger, dus een hoog zwaartepunt) is dat effect zeer sterk, waardoor het soms nodig is dat de knuppel volledig in het vooronder gaat. Gelukkig gaat de kabelkrachtrichting vrij snel na het roteren door het zwaartepunt en daarmee vermindert ook de staartlastige component.

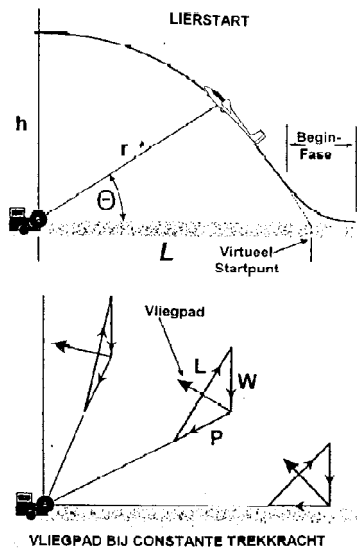


Fig 2 De geidealiseerde start

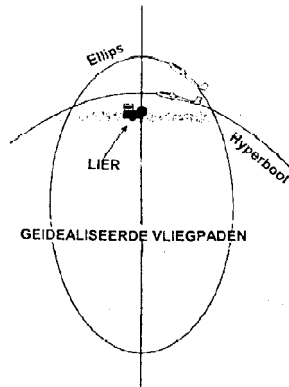


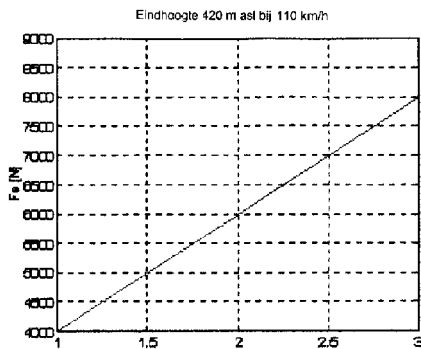
Fig 3 Geidealiseerde vliegpaden

Bij kisten die op neuswiel of schaats rusten kan de forse acceleratie de staart hard tegen de grond slaan, niet prettig en niet goed voor de kist. De lierman moet er dus voor zorgen dat hij niet te krachtig versnelt, een serie katapultstarts is ook niet leuk voor het breukstukje.

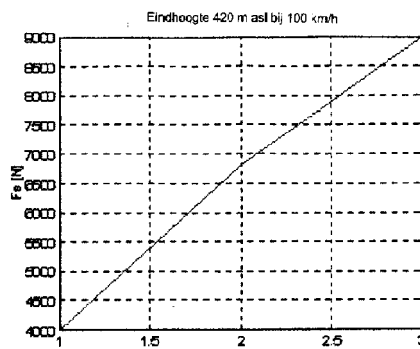
Bij het roteren blijft de kabel min of meer horizontaal en de vergroting van de vliegsnelheid gaat in verticale richting, dus de acceleratie ook. Het effect daarvan is een schijnbare verhoging van het gewicht van de kist: bij 0,5 g wordt die dan 1,5 maal zo zwaar. Tijdens de rotatie wordt de kabelkracht niet alleen groter door de toenemende klimhoek maar ook door de acceleratie. Dat geldt ook voor lift en vleugelbelasting. Rotatie kan dus de kabel overbelasten bij een

klimhoek die op zichzelf nog geen excessieve kabelkracht zou opleveren. Het meest kritische moment in de start is net wanneer de klimstand het steilst is, bij de hoek die voor het begin van de klim gekozen is. In het begin voorzichtig roteren, met een vrij snelle toename als hoogte en snelheid toenemen is niet de beste manier om een breukstukbreuk te voorkomen.

Wat getallen: stel de kist vliegt net, met een snelheid van 80 km/h. De vlieger wil dan een klimhoek van 45° t.o.v. de grond aannemen, een hoek die zo steil is dat het breukstuk dat net kan verdragen. Zodra de kist naar die hoek geroteerd is krijgt die een verticale snelheid gelijk aan de horizontale, dus



Grafiek 2



Grafiek 3

80 km/h. Als de rotatie in 4,5 seconde gebeurt heeft de kist een verticale versnelling van 5 m/s<sup>2</sup>, of circa 0,5 g. Maar dat is alleen maar het gemiddelde: de werkelijke versnelling hangt af van de vorm van het door de vlieger gemaakte vliegpapad

en kan dus groter zijn..... Na de rotatie naar 45° is de vliegsnelheid 113 km/h, als de kabelsnelheid constant blijft.

Hoe gevaarlijk dat kan zijn kunt u afleiden uit de lift die bij de rotatie nodig is. Normaal vliegend is die ongeveer gelijk aan het gewicht van de kist, dus op een punt in de rotatie waar meer lift nodig is gaat ook de overtreksnelheid omhoog. Als in bovenbeschreven voorbeeld de rotatie bij 80 km/h 20° per seconde bedraagt geeft dat een verticale acceleratie van 0,82 g. Als de normale overtreksnelheid 60 km/h is zou de nieuwe overtreksnelheid oplopen tot bijna 81 km/h. De kist is dan (vrijwel) overtrokken. Dat kan dus als de hoeksnelheid van de rotatie maar groot genoeg is. Bij toenemende snelheid wordt het gevaar voor overtrek uiteraard kleiner, maar voor een breukstukbreuk groter.

Bij veel simulaties wordt er ten onrechte van uitgegaan dat de kabel gedurende de gehele start recht is. Het gewicht van de kabel en de luchtweerstand ervan spelen met toenemende hoogte een steeds grotere rol - ook de combinatie van parachute en het (meestal dikke) voorloopstuk, dat door zijn eigengewicht maar vooral door zijn grotere luchtweerstand nog iets steiler komt te hangen!



Het doorhangen van de kabel is wezenlijk van belang. Dat doorhangen betekent ook dat het even duurt voordat een aanpassing van de snelheid door de lierman de kist bereikt. Verder wordt ook meestal gedacht dat bij gelijke weersomstandigheden een eenzitter hoger van de lier komt dan een tweezitter. Dat is lang niet altijd het geval, onder meer omdat het grotere gewicht van de tweezitter een grotere kabelspanning en daarmee een geringere zakking oplevert (de hoek tussen kabel en vliegpadd bepaalt de efficiency van het lierproces). De grafieken 2 en 3 <sup>(55)</sup> maken dat duidelijk.

Bij de geïdealiseerde lierstart (waar we hier, wat vereenvoudigd, mee beginnen) wordt uitgegaan van: geen wind, geen doorhangen van de kabel, constante kabelkracht, geen g-krachten en een virtueel startpunt. De lier zorgt dan alleen voor het leveren van potentiële energie aan de kist. We krijgen dan om te beginnen het beeld van figuur 1. We zien dat de lift met de hoogte toeneemt en dat die altijd groter is dan het gewicht en de trekkracht <sup>(56)</sup>.

Verder kunnen we stellen dat:

#### GEIDEALISEERDE START

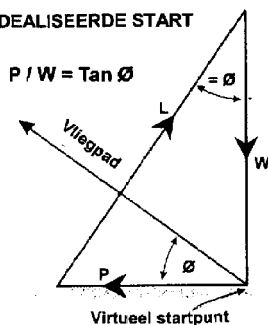


Fig 4

W het gewicht van de kist.

De geïdealiseerde hoogte

$h = [(P/W)/(1 + P/W)] \times L$ . Dus als de trekkracht gelijk is aan het gewicht ( $P/W=1$ ) dan is de geïdealiseerde hoogte gelijk aan  $L/2$ , of de halve kabellengte. Dat overdrijft de in de praktijk haalbare hoogte, m.a.w. je komt het hoogst als de kabelkracht het grootst is - maar dat hoeft niet de kracht te zijn waarbij de hoogste snelheid behaald wordt (zie weer grafieken 2 en 3)....

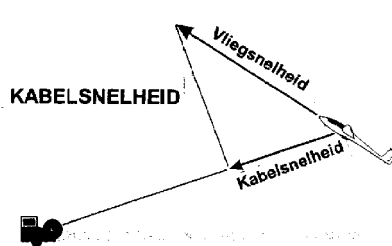
De lift is - per definitie - altijd haaks op het vliegpadd. Dat betekent dat dit pad bepaald wordt door de verhouding  $P/W$  en de hoek ertussen. Daarom is het vliegpadd gebogen - met een constante  $P/W$  is er dus slechts 1 vliegpadd vanuit het virtuele startpunt. De vorm van de curve is niet belangrijk, alleen - om de gedachten te bepalen - kunnen we zeggen dat wanneer de trekkracht groter dan de lift is het vliegpadd een deel van een ellips beschrijft; en als  $P < L$  is wordt dat een deel van een hyperbool, de lier is daarbij het middelpunt (fig. 3).

Uit de krachtendriehoek ziet u dat hoe groter de  $P/W$  verhouding is des te steiler de start verloopt. Starts steiler dan  $45^\circ$  vragen meer kabelkracht en volgen een ellips. In het bovenste deel van de start is de lift het grootst en is dan gelijk aan  $P+W$ , dus daar is ook de vleugelbelasting het grootst. Fig 4 laat zien dat de geïdealiseerde hoogte een afgeleide is van  $\phi$ , de hoek tussen het vliegpadd en de grond, is en omdat  $P/W = \tan \phi$  is de bereikte hoogte gelijk aan  $[\tan \phi / (1 + \tan \phi)] \times L$ .

In rustige lucht hangt de kabelsnelheid af van de gewenste vliegsnelheid en de hoek tussen kabel en vliegpadd. Hoe groter die hoek is des te lager de kabelsnelheid dan moet zijn. Als de vliegsnelheid constant moet blijven zal de kabelsnelheid dus in het begin - als de hoek klein is - groot zijn en geleidelijk afnemen tot het zweefvliegtuig ongeveer  $90^\circ$  boven de lier vliegt. De samenwerking tussen vlieger en lierman moet daartoe optimaal zijn: de eerste regelt de stand van de kist voor het beste pad en de lierman past de kabelsnelheid daarop aan. Ze bereiken dan een optimale constante vliegsnelheid, een constante  $P/W$  en daarmee de grootste hoogte.

**Tabel 1 Geïdealiseerde hoogte**

Kabellengte, evenals in de andere tabellen, 1000 m			
P/W	0,5	1,0	1,5
Klimhoek	27°	45°	56°
h (in m)	300	500	600



werk aan de lier = potentiële energie van het zweefvliegtuig, of kabelkracht maal lengte opgewonden kabel is gelijk aan het gewicht van de kist maal de bereikte hoogte, of  $P(L-h) = Wh$ .

Daarbij is L de kabellengte tussen lier en virtueel startpunt, is h de bereikte hoogte, P de trekkracht en

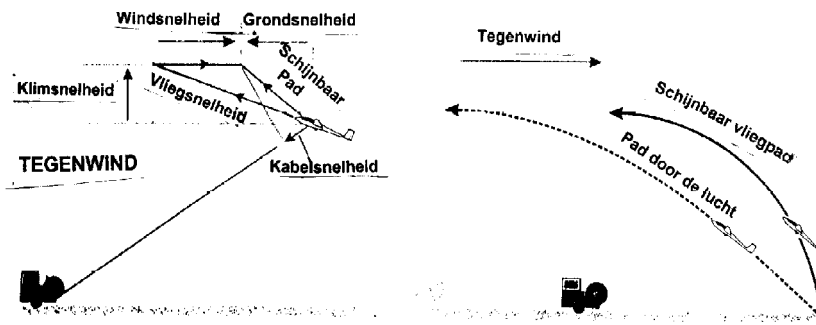


Fig 5 Het effect van wind tegen

Dat kan in sommige gevallen leiden tot een ongewenste situatie. Als bij een kist de verhouding P/W 1,5 is mag daarmee theoretisch, omdat  $\text{tg } 56^\circ = 1,5$ , een klimhoek van  $56^\circ$  gevlogen worden. Hoewel deze hoek, onder meer als gevolg van het doorhangen van de kabel, in de praktijk iets kleiner zal zijn vraagt de vliegveiligheid toch

om een wat vlakkere klim, zeker in het eerste deel. De kabelsnelheid moet dan wel hoger worden. Over de duim zal de opgeofferde hoogte ongeveer gelijk zijn aan de vermindering van de hoek, dus klimhoek gehalveerd geeft ongeveer de halve hoogte.

Iets waar bij een lierstart ook rekening mee gehouden moet worden: bij een normale vlucht wordt de liftkracht op de vleugels verminderd door het gewicht ervan, bij de lierstart worden door de naar beneden gerichte lierkabelkrachten de buiging van de vleugel en de krachten op de vleugel/rompovergang derhalve veel groter. Veel vliegers realiseren zich ook onvoldoende dat de kist een ontwerpmanoeuvresnelheid heeft. Beneden die snelheid kan de kist de krachten van volle roeruitslagen aan. Bij Vne worden die bewegingen beperkt tot een derde. Het is niet ondenkbaar dat bij een zweefvliegtuig het hoogteroer al vol naar boven uitgeslagen is; de combinatie met volle richtingsroeruitslagen kan dan kritisch voor de staartconstructie worden. Door remous kan de lift toenemen tot 1,2 Ca max.

De geïdealiseerde hoogte wordt in de praktijk door wind vermeerderd en door het doorhangen van de kabel verminderd. Wat is de invloed van wind recht op de neus? De windsnelheid verandert de verticale component van de vliegsnelheid niet, wel is de grondsnelheid, het horizontale deel, lager (fig. 9a); de kist blijft dus langer aan de kabel hangen en zal - omdat de klimsnelheid gelijk blijft - hoger komen. En de klimstand blijft hetzelfde, tegenwind of niet. De vorm van het vliegpad wijzigt uiteraard wel, met harde wind wordt er minder kabel ingelieerd en het vliegpad benadert een kwart cirkel. Tabel 2 geeft het effect van tegenwind met 1000 meter kabel. De extra hoogte verkregen wordt benaderd door: optimale hoogte bij windstilte x (windsnelheid/vliegsnelheid), bijvoorbeeld  $300 \times 30/100 = 90$  meter.

**Tabel 2 Het effect van tegenwind**

Bereikbare hoogte in meters

P/W	0,5	1,0	1,5
wind/vliegsnelheid			
0	300	500	600
0,2	400	600	725
0,4	500	760	920

Zoals we reeds opmerkten: bij het geïdealiseerde vliegpad worden gewicht en luchtweerstand verwaarloosd - en daarmee het doorhangen van de kabel - maar ze kosten wel energie! De energie van de lier wordt dus niet alleen gebruikt voor de potentiële energie van het zweefvliegtuig (zie fig 10). Bij de gebruikte P/W verhouding zal de kist dus lager komen en de veronderstelde rechte lijn tussen lier en kist is er ook niet!

Naarmate men hoger komt zal de kabelkrachtrichting meer voor het zwaartepunt liggen, er ontstaat dus een duikmoment: de kist wordt neuslastig. Aan het einde van de lierstart zal veelal de stabilo/hogteroercombinatie dat niet kunnen compenseren - het gevolg is dat de invalshoek afneemt. Indien de lierman onvoldoende gas terugneemt zal in de praktijk de kist gaan versnellen. Dit dynamisch effect kan aan het einde van de lierstart nog wat additionele hoogte geven als de snelheid wordt teruggebracht.

**Tabel 3A**

**Hoogte en klimhoek onder invloed van doorhangen kabel**

P/W	0,5	1	1,5
ideaal	300 (27°)	500 (45°)	600 (56°)
kist van 350 kg	210 (17°)	390 (35°)	500 (47°)
kist van 500 kg	255 (21°)	425 (38°)	530 (50°)

Laag boven de grond is het gewicht van de kabel het belangrijkste, op grotere hoogte is dat de luchtweerstand. De kracht op de ontkoppelhaak ligt dus niet op de rechte lijn tussen kist en lier maar maakt daarmee een grotere hoek, die afhankelijk is van de verhouding tussen die twee krachten, maar verkleind wordt door de trekkracht die probeert de kabel recht te trekken. Het is duidelijk dat daardoor de krachtendriehoeken in fig 2 veranderen. Bij een gelijkblijvende P/W wordt de klim minder steil, de lift neemt iets toe. Fig 7 laat dat zien. Houden we dezelfde klimstand aan als zonder doorhangen bereikt wordt dan nemen trekkracht en lift duidelijk toe, dus ook de vleugelbelasting. Dat doorhangen betekent ook dat de kabel bij de kist al verticaal hangt voordat die boven de lier is aangekomen. Voorbij dat punt vermindert daardoor de vliegsnelheid en kan de haak zich openen.

**Tabel 3B**  
**P/W en bereikte hoogte, invloed doorhangen kabel**

klimhoek	27°	45°	56°
P/W geïdealiseerd	0,5 (340 m)	1,0 (500 m)	1,5 (600 m)
kist van 300 kg	0,75 (300 m)	1,42 (475 m)	2,1 (580 m)
kist van 500 kg	0,68 (315 m)	1,25 (480 m)	1,8 (580 m)

**DOORHANGEN KABEL**

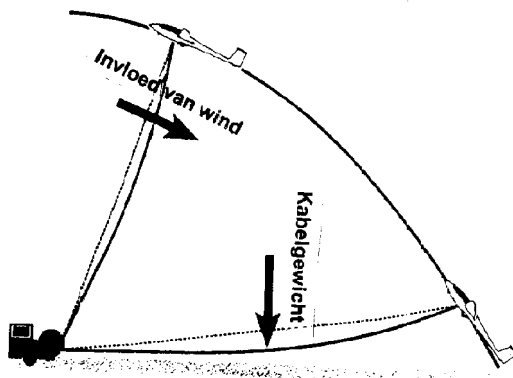


Fig 6

De effecten van doorhangen zijn moeilijk te berekenen. Tabel 3A laat de invloed zien bij 2 vliegtuigge- wichten en een kabeln- lengte van 1000 m. De zwaardere kist heeft een grotere trekkracht, dus minder doorzakken, en bereikt daardoor een hoogte die dicht bij de

geïdealiseerde hoogte ligt. Tabel 3B geeft de P/W verhouding die nodig is om het doorhangen tegen te gaan. Dus: lichte kisten, lange kabels en een vlakke klimhoek vormen samen een slechte combinatie!

Hoewel de luchtweerstand van een zweefvliegtuig in normale vlucht zo rond 1/40 van de liftkracht is kan die aan de kabel toenemen tot circa 1/30. Daarmee wordt het geïdealiseerde vliegp- pad een stukje ongunstiger, het wordt vlakker. Fig 8 laat dat zien. Als we er van uitgaan dat de vermindering van de optimale hoogte als gevolg van de vliegtuigweerstand gelijk is aan de kabeln- lengte gedeeld door de effectieve L/D verhouding bij het ontkoppelen dan zou met 1000 m kabeln- lengte en een

L/D verhouding van 30 het ontkoppelen ongeveer 30 meter lager liggen. Ook hier weer: de optimale hoogte wordt bereikt door te ontkoppelen voordat de trekkracht loodrecht naar beneden gericht is, want er komt een punt waarbij de horizontale trekkrachtcomponent net gelijk is aan de weerstand van de kist. Daar voorbij verliest de kist snelheid, verliest energie. De beste plek van ontkoppelen is dus iets voor het punt waar de kabelkracht verticaal wordt. Die afstand is weer ongeveer gelijk aan [lengte/ (L/D)] (fig 9). De vliegsnelheid heeft daar weinig invloed op. Aan het einde van de lierstart wordt de kist dus vaak omlaag getrokken. Het plotseling losschieten van de kabel geeft zonder bijdrukken een grote belasting van vleugels en stabilo. Een windvlaag kan het breukstuk doen

**EFFECT VAN DOORHANGEN KABEL**

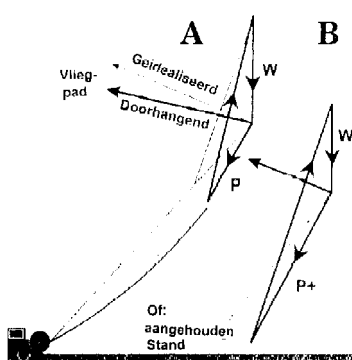


Fig 7

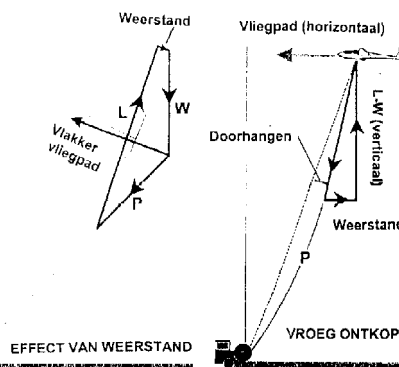


Fig 8

Fig 9

bezwijken, of de kist overtrekken! Als de snelheid te hoog is moet de lierman geleidelijk gas terug nemen omdat anders de kabel er af kan schieten.

Overigens kan gesteld worden dat met moderne vliegtuigen bij een kabelbreuk op 80 meter hoogte nog veilig een verkort

circuit gedraaid kan worden - als er maar snelheid is! De standaardfoutserie: schrik - de neus te hoog

trekken - te langzaam vliegen - overtrek en mogelijk tolvlucht is er nog steeds en daarom blijft rechtuit landen de veiligste optie!

Tabel 4 geeft nog de bereikbare hoogte bij verschillende windsnelheden en de invloed van doorhangen daarbij.

klimhoek	27°	35°	47°
P/W	0,75	1,0	1,5
wind/vliegsnelheid			
0	305 m	390 m	500 m
0,2	370 m	465 m	590 m
0,4	460 m	575 m	745 m

Akaflieg Karlsruhe heeft een theoretisch model gemaakt dat het gedrag van een zweefvliegtuig bij een lierstart beschrijft. De energiebalans ziet er uit zoals in fig 10. Wat er tijdens de lierstart gebeurt zien we in fig 11, waar energie tegen de tijd uitgezet is. De bovenste lijn stelt de totaalenergie voor en - van boven naar beneden - resp.

trommelenergie, potentiële energie van de kabel, aërodynamische verliezen van de kabel, kinetische energie van de kabel, wrijving tussen kabel en bodem, aërodynamische verliezen van de kist, de rolweerstand, de kinetische energie en ten slotte de potentiële energie ervan. Helaas liggen een aantal curven dicht bij elkaar.

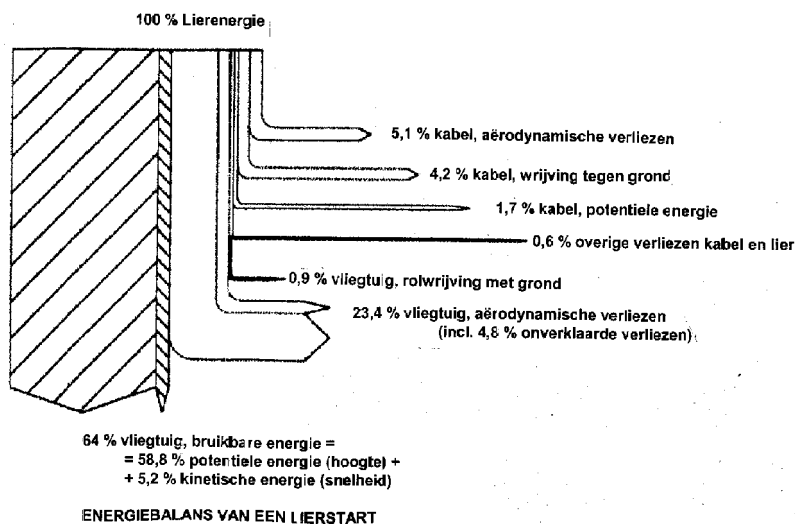


Fig 10

Verdere literatuur:

J.C. Riddell "The effect of inertia on the winch launching of sailplanes", OSTIV 1997, 18 blz. (61)

J.C. Riddell "The system of launching sailplanes by internal combustion engined winch", 39 blz. (62)

L. Bogan "Glider winch launch simulation" (van internet, Bluenose Soaring Club), 6 blz. (63)

J. Gibson "Understanding the winch launch" S&G 2/87, 4 blz. (64)

B. Scull "Winching - myths, mythology and facts" S&G 2/92, 2 blz (65)

F. Seijffert "Optimaal veilig en hoog aan de lier" (publicatie bestemd voor "Thermiek") (66)

F.G. Irving "Speed and Flight Path Boundaries for Winch Launching" Technical Soaring XVI no 4 (67)