

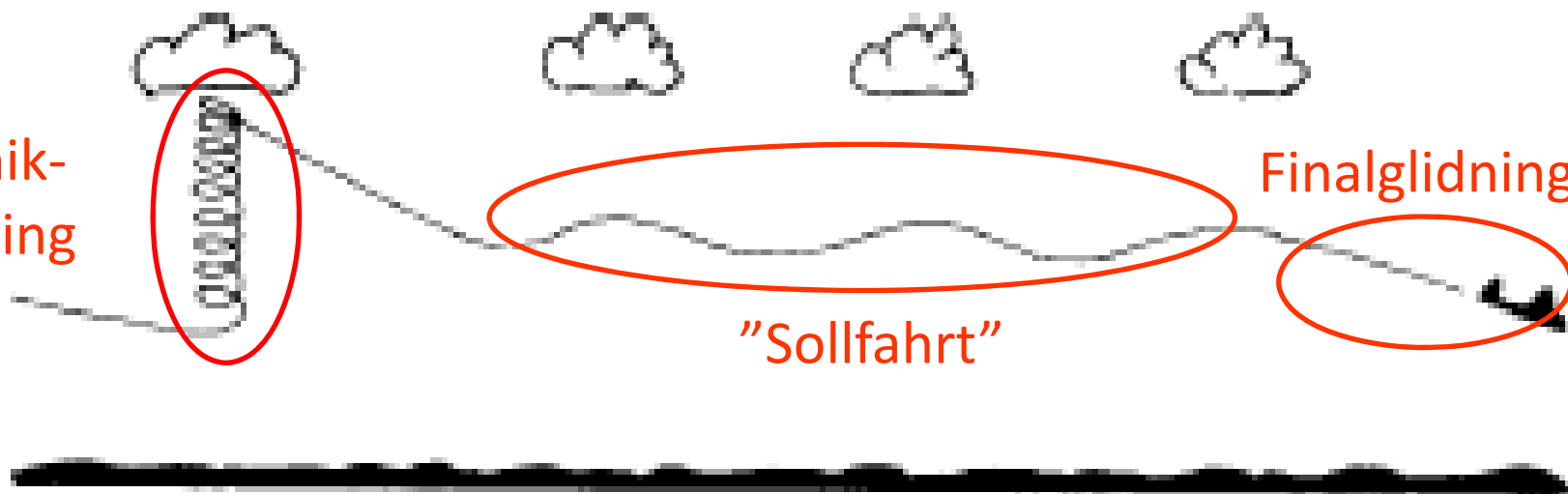
”Sollfahrtteori”



DFS Reiher

Robert Danewid

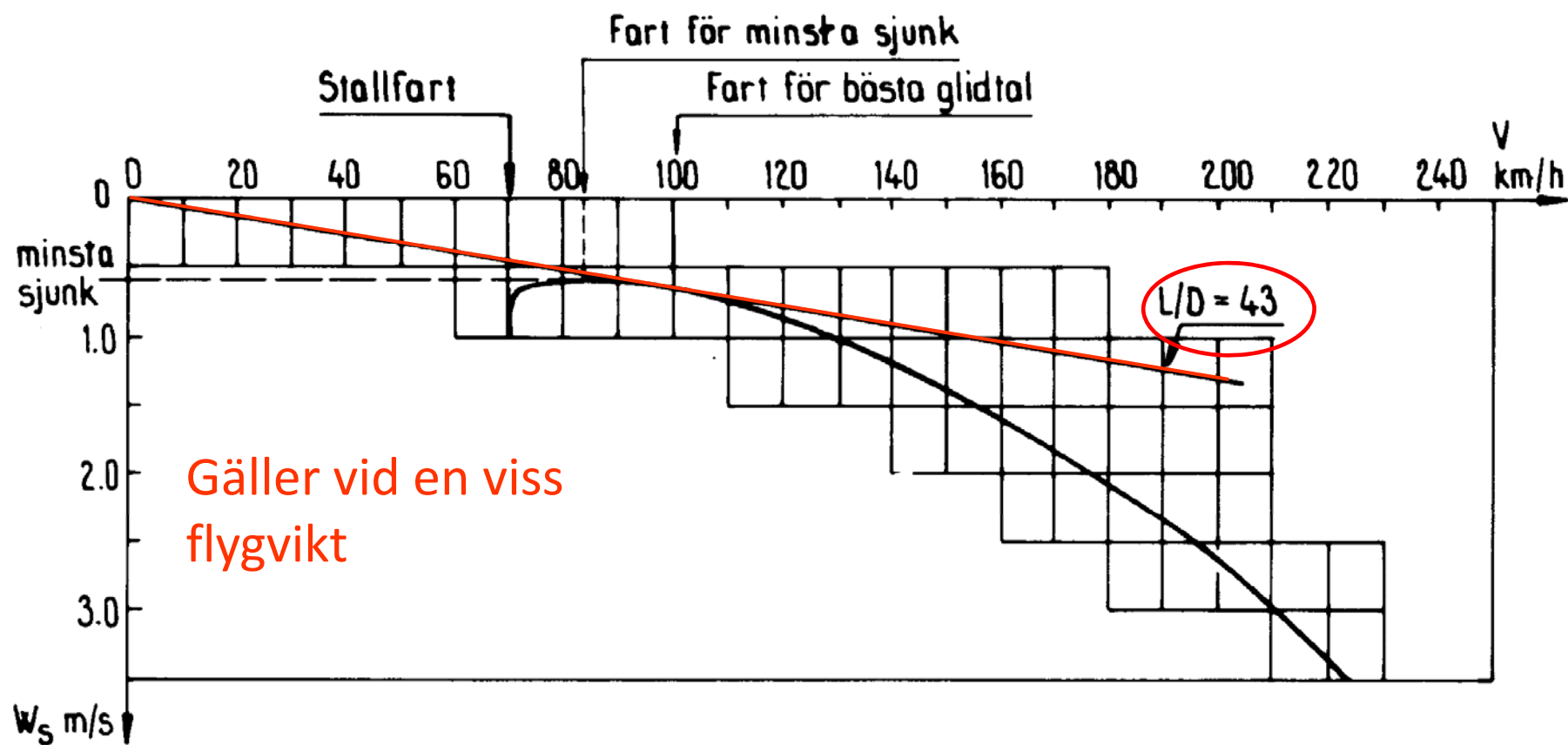
Termik-
flygning

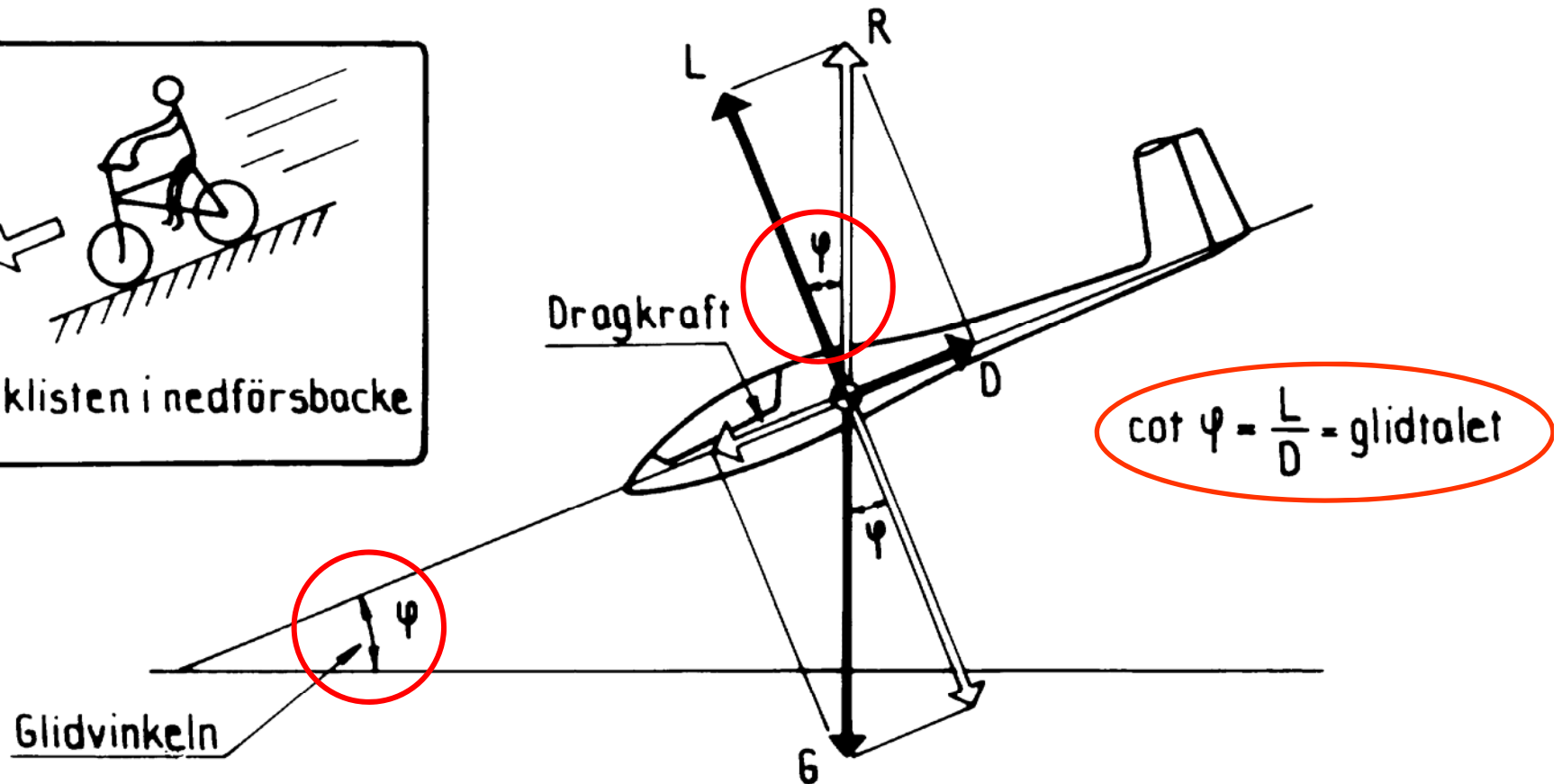
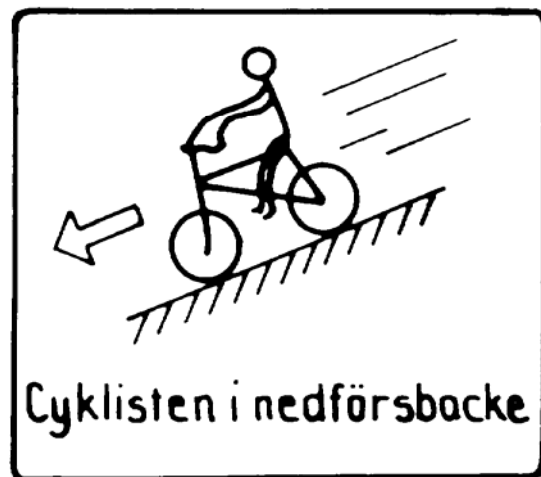


Finalglidning

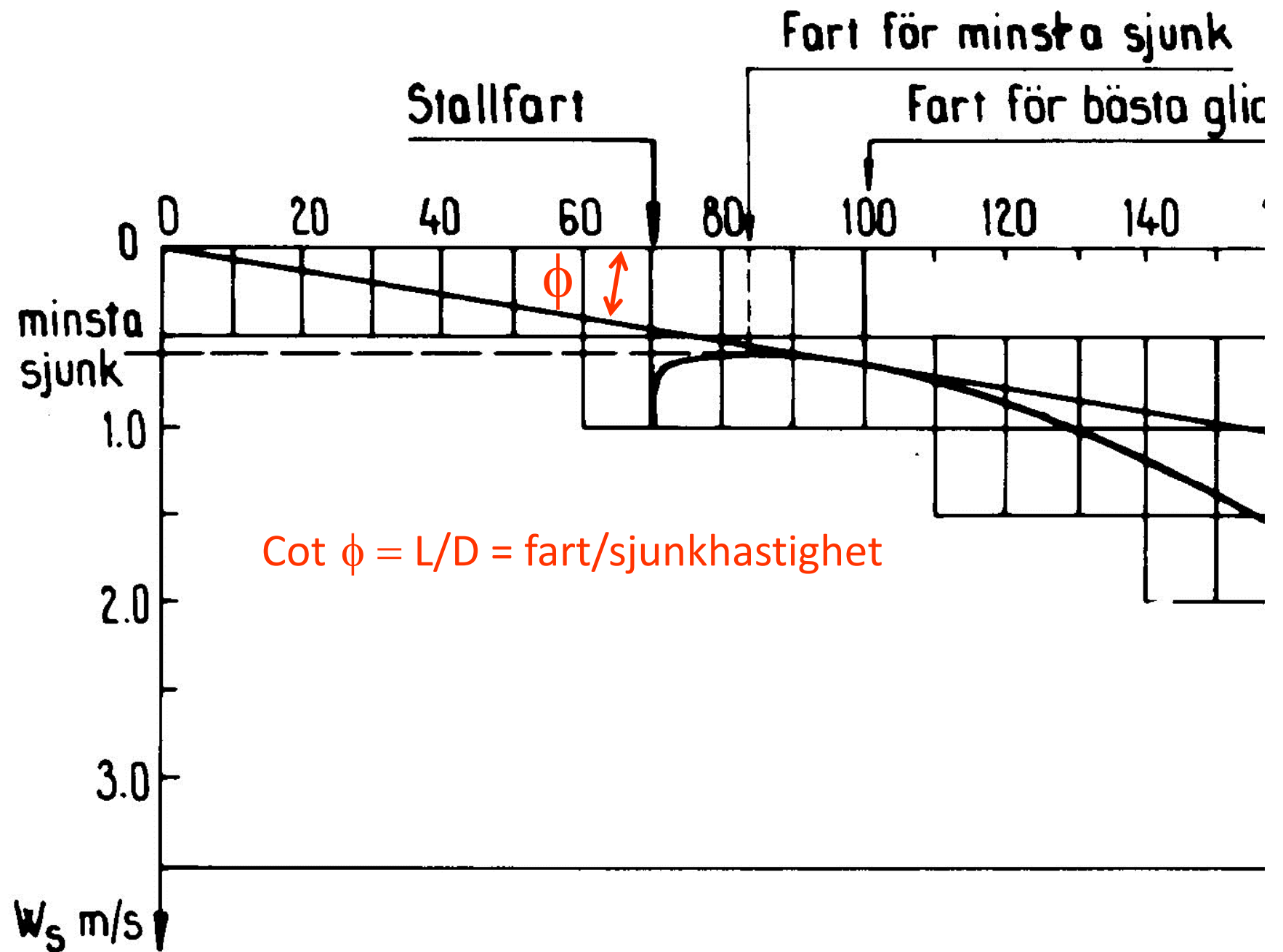
"Sollfahrt"

Polarkurvan





Min ϕ = bästa glidtal, t ex 40 i glidtal ger $\phi = 1.4$ grader

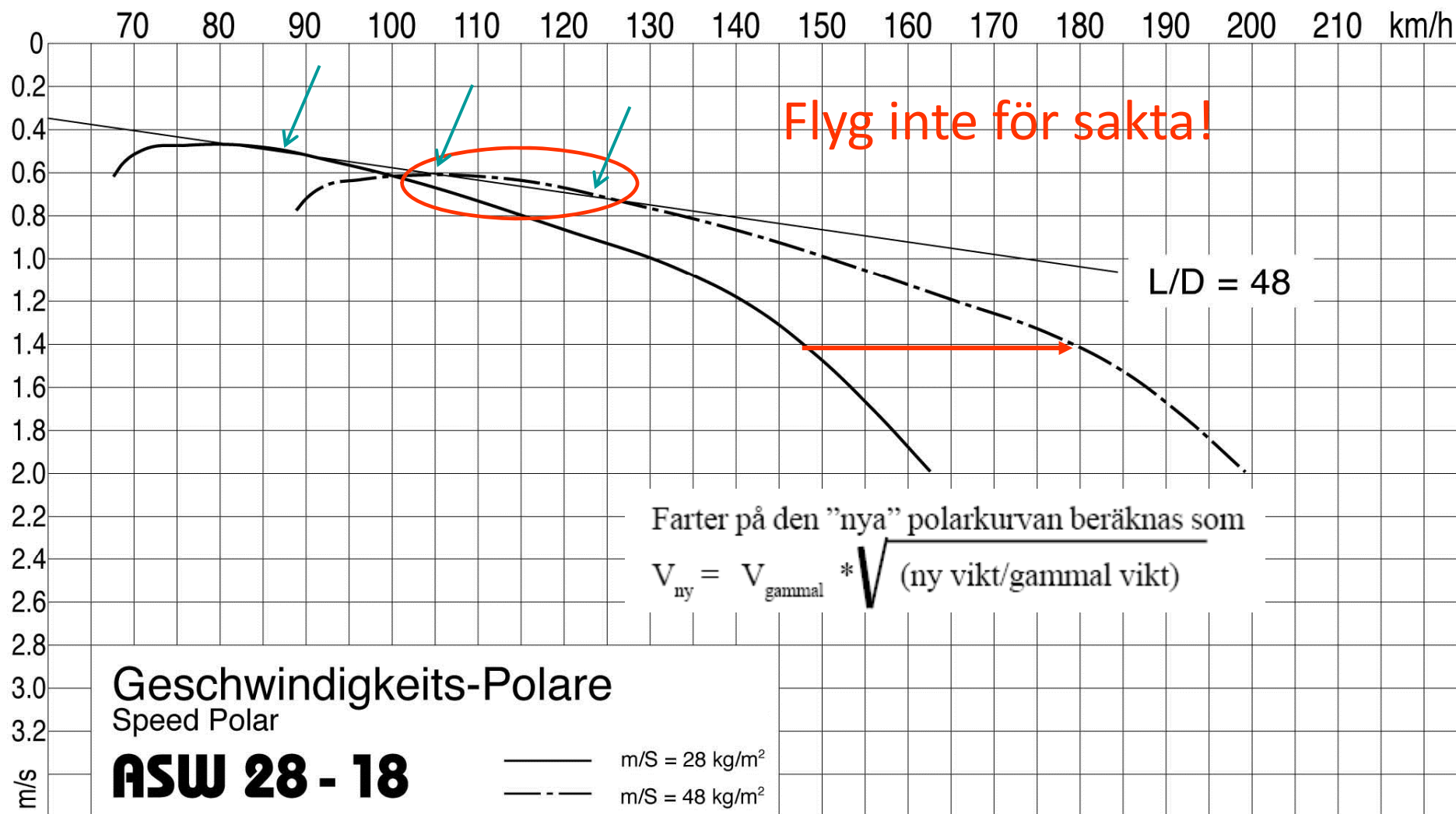


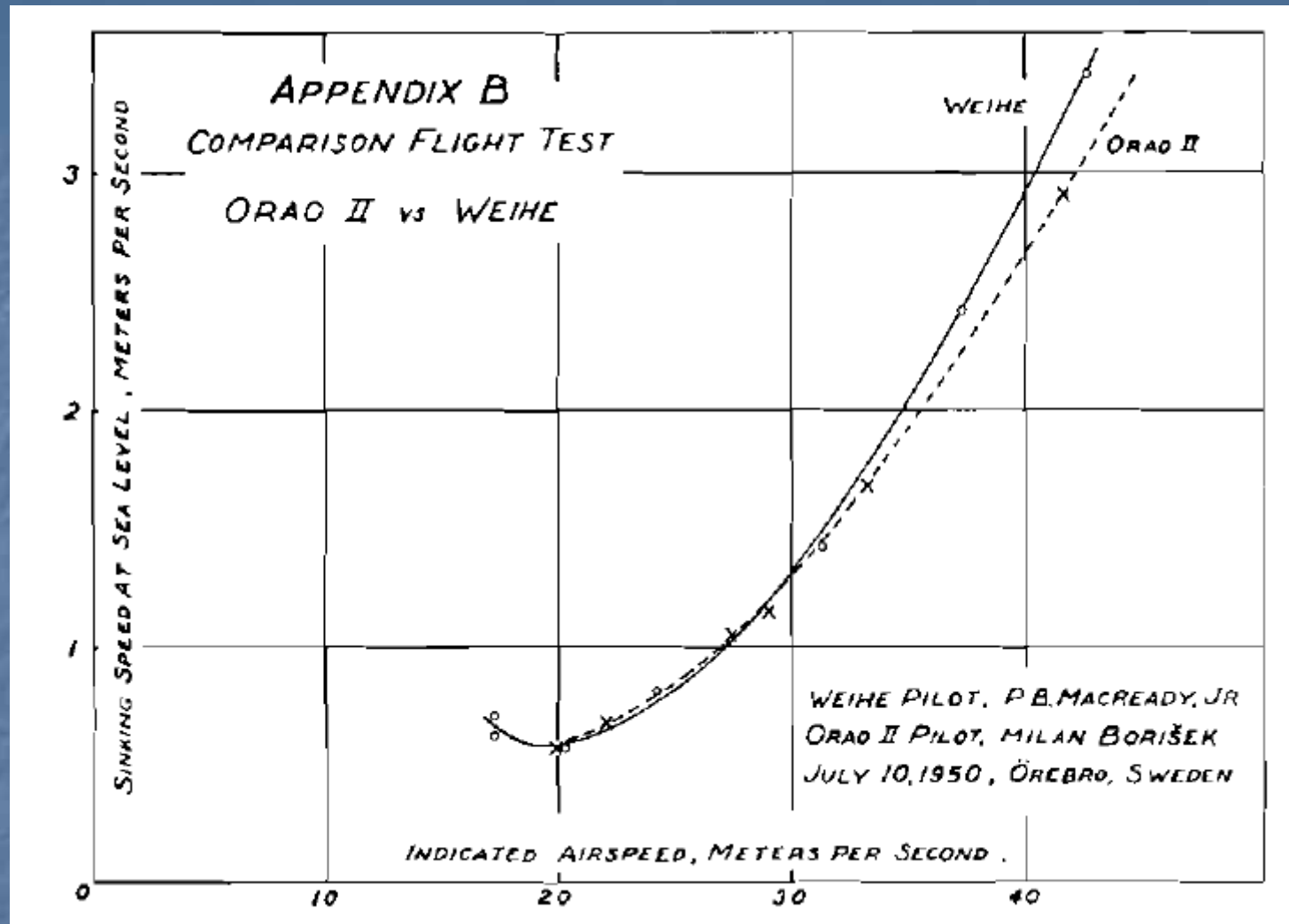
Glidtalet kan t ex skrivas som

Lyftkraft/motstånd L/D

fart/sjunkhastighet V/W_s

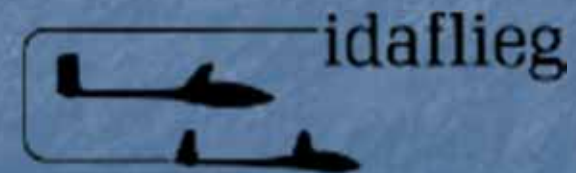
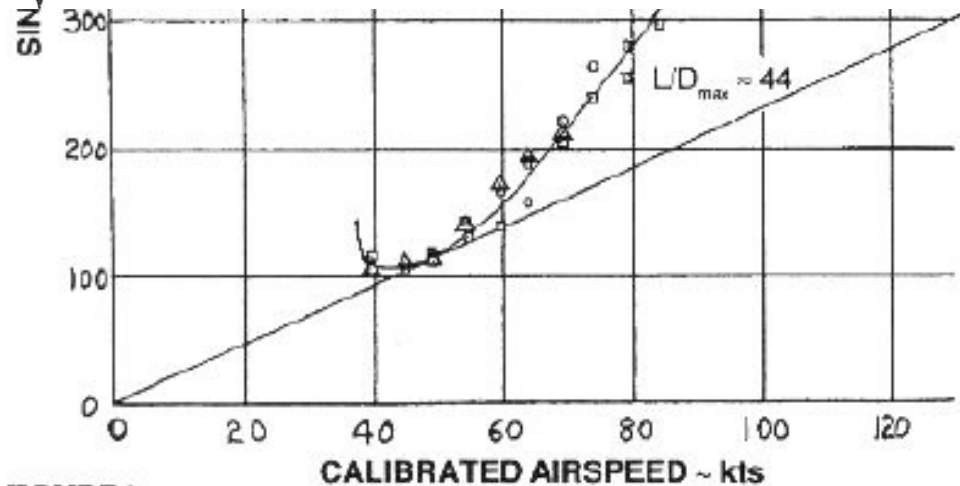
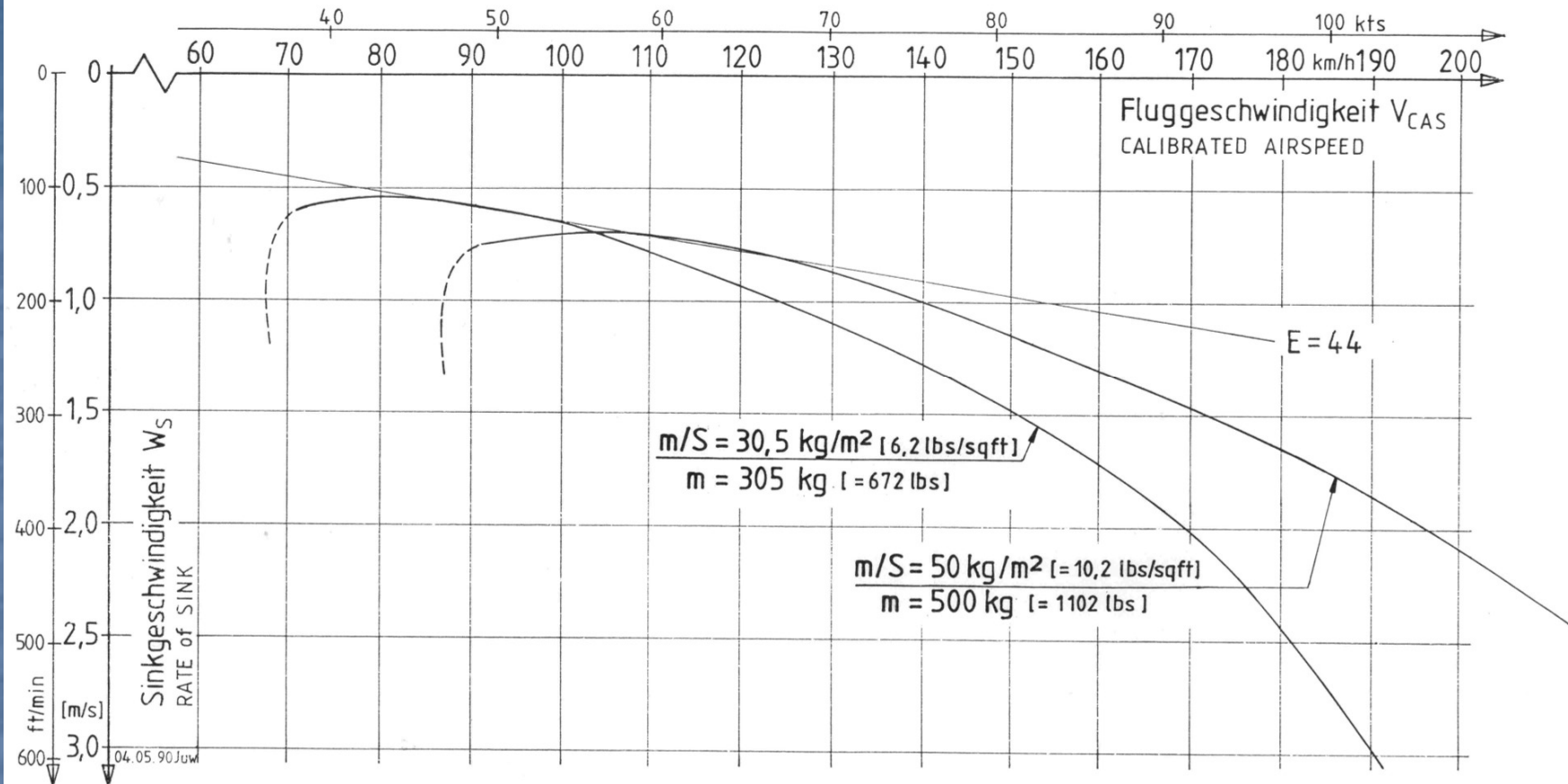
flugen distans/höjdförlust





Dick Johnson 1950

ASW 24 Flugleistungspolaren



INTERESSENGEMEINSCHAFT DEUTSCHER
AKADEMISCHER FLIEGERGRUPPEN E.V.





"Solfahrtflygning"

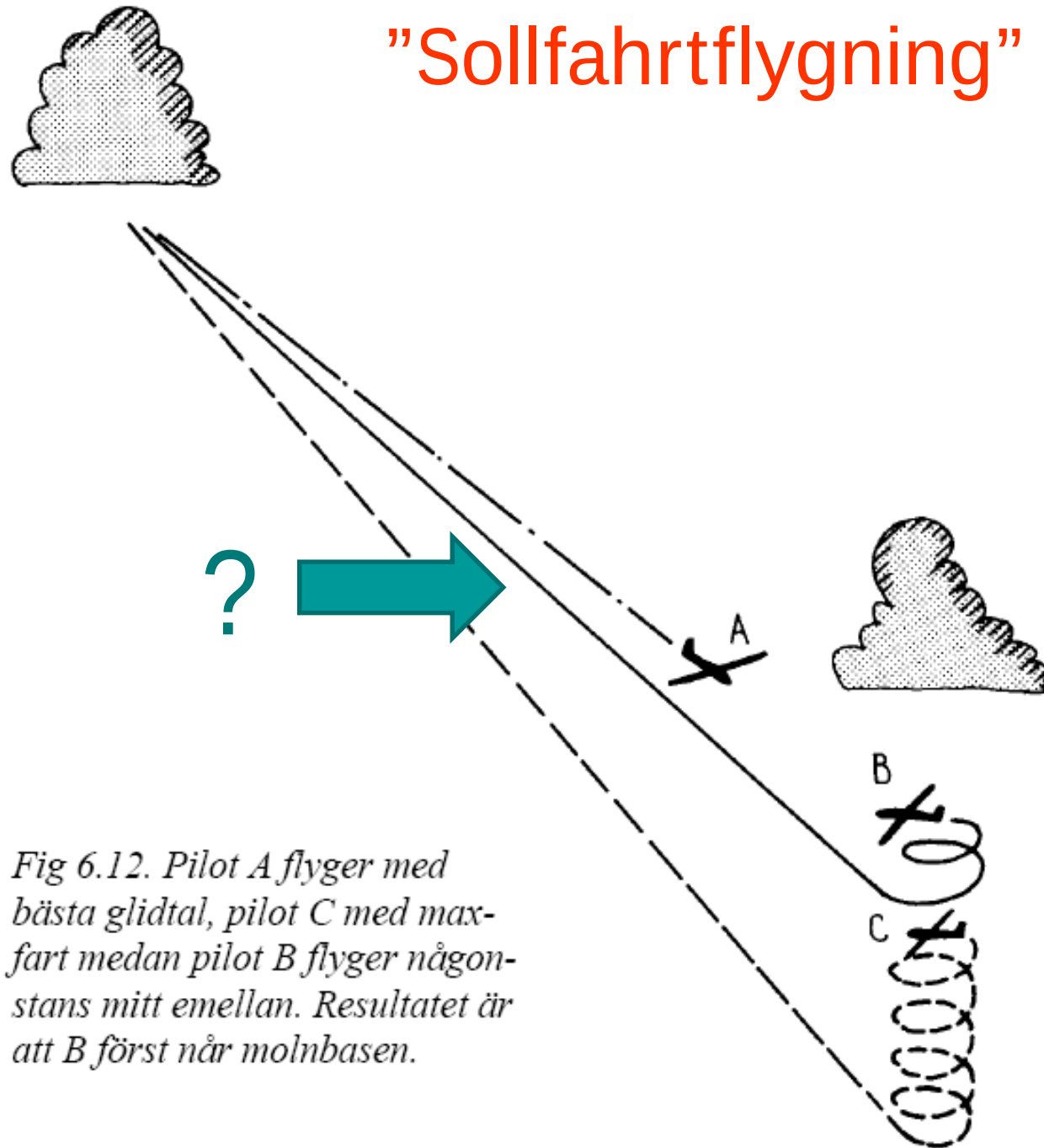


Fig 6.12. Pilot A flyger med bästa glidtal, pilot C med maxfart medan pilot B flyger någonsans mitt emellan. Resultatet är att B först når molnbasen.



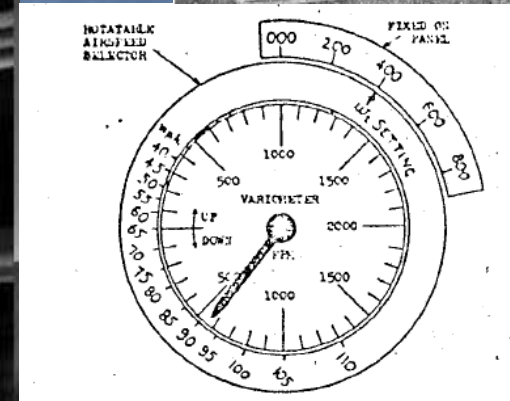
Wolfgang Späte

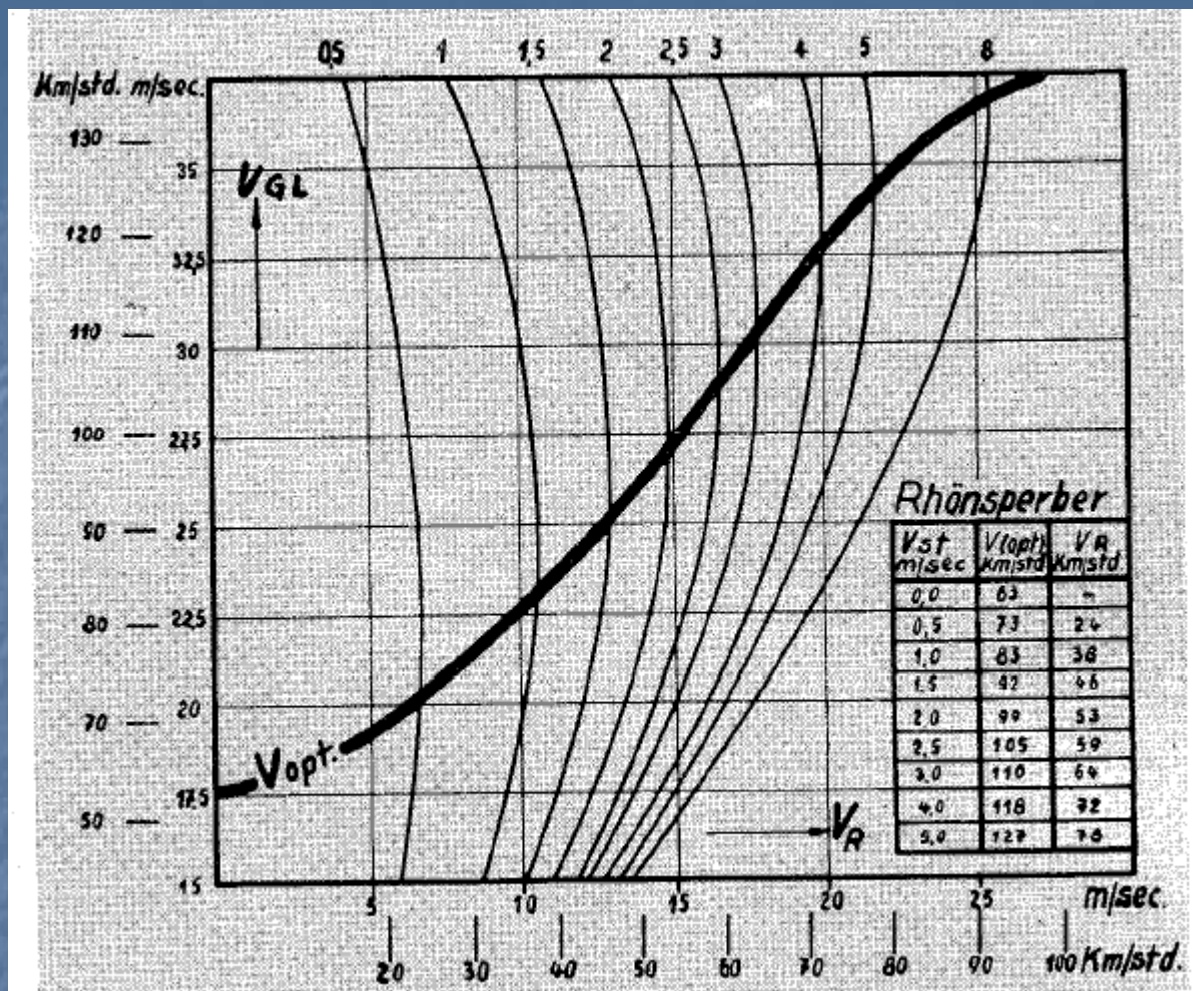


Heinz Huth



Paul MacCready





Problemet

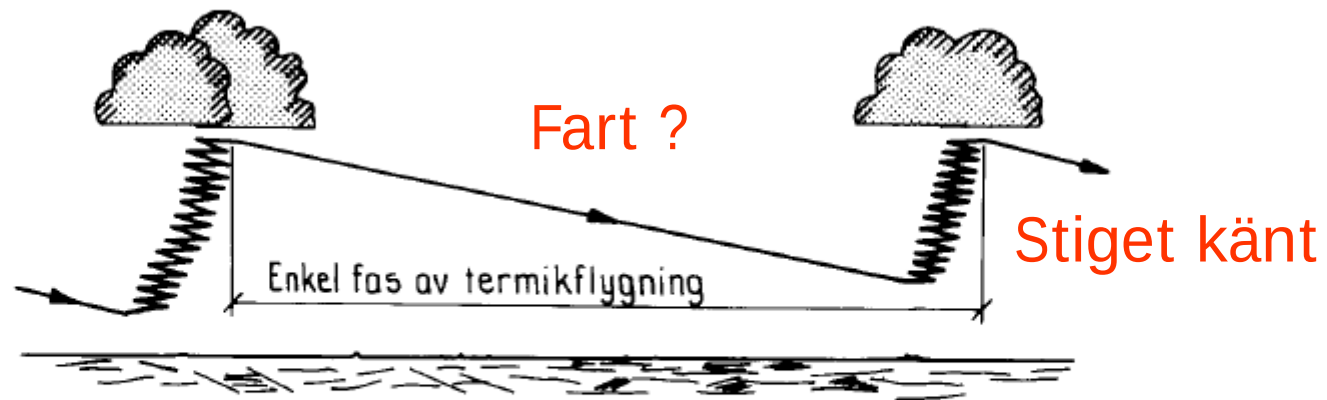
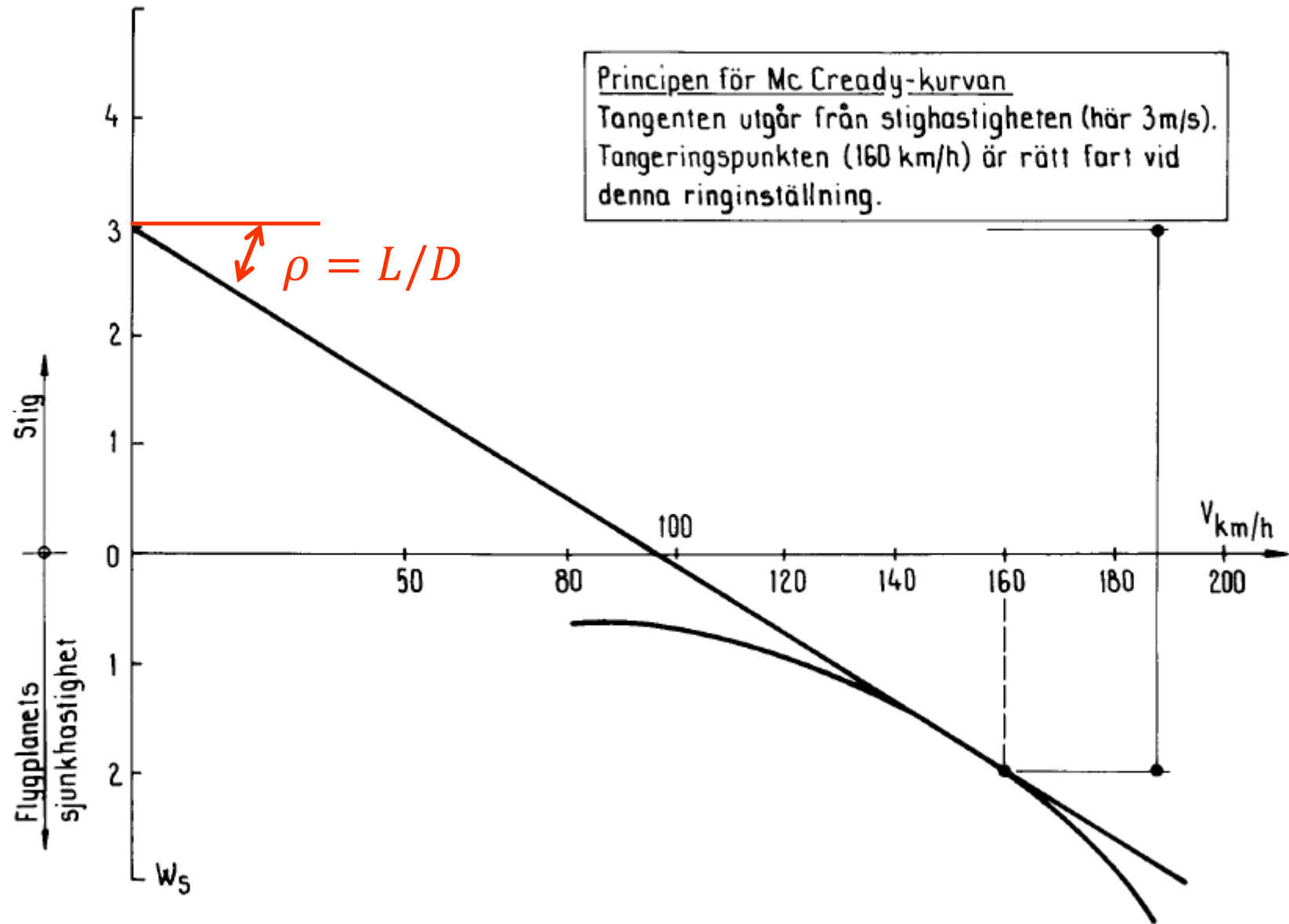
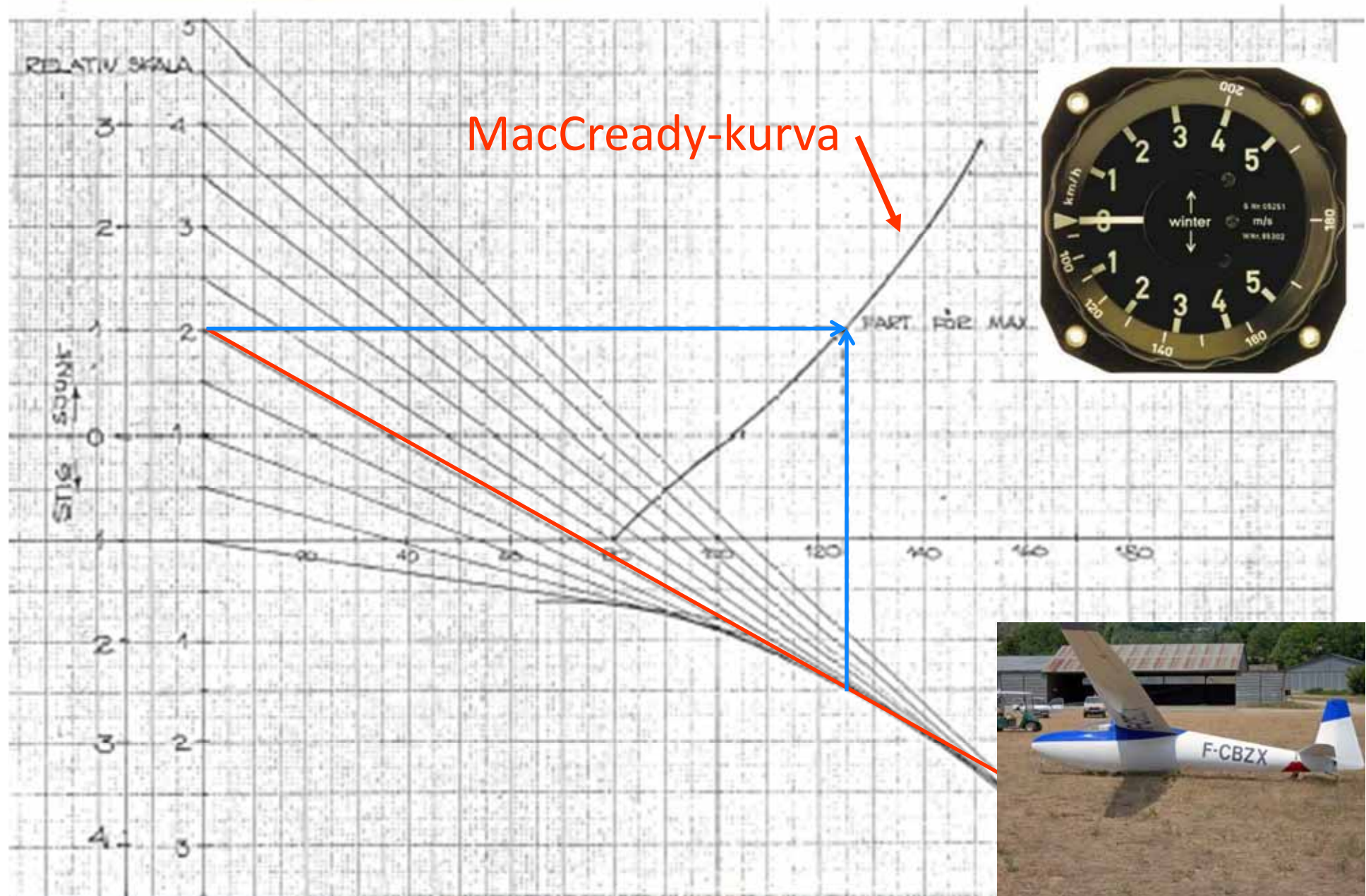


Fig 6.13. Problemet: Hur hög skall farten under glidflygningen vara i relation till stiget i nästa blåsa för att den totala tiden för glidflygningen och kurvningen skall bli så kort som möjligt?

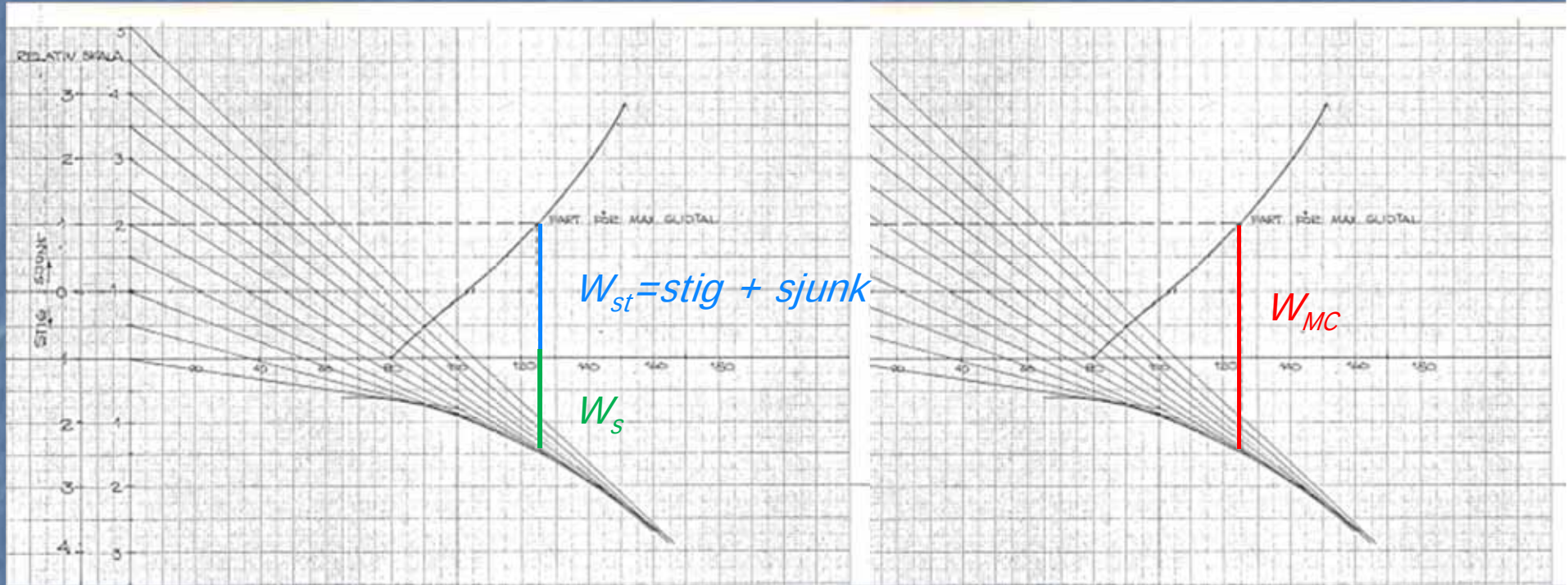




Matematiskt

Polarkurvan antas vara ett andragradspolynom

$$W_s = aV^2 + bV + c$$

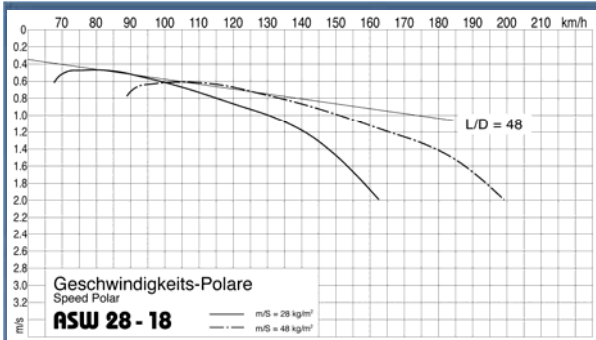


$$W_{MC} = \frac{dW_s}{dV} V = 2aV^2 + bV$$

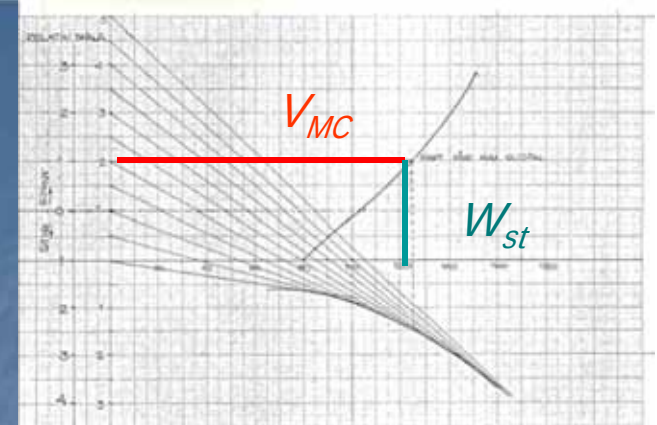
$$W_{MC} = W_{st} + W_s$$

- Att sätta ringen på 1 och flyga i 1 m/s sjunk ger samma fart som
- Att sätta ringen på 2 och flyga i lugn luft
- Som att sätta den på 0 och flyga i 2 m/s sjunk





$$V_{MC} = \sqrt{\frac{c - W_{st}}{a}}$$



där W_{st} är MC-värdet – ringinställningen

För ASW 28-18E med en vingbelastning på 48 kg/kvm är a, b och c (om vi räknar i km/h)

$$a = -0.000354$$

$$b = 0.0592944$$

$$c = -4.475032$$

W_{st} m/s	V_{MC} km/h
0	112
1	151
2	181
3	208

[Remde polar ASW28.xls](#)

Solfahrtteorins antagande

- Flygplanets polar är känd
- Flyghöjden (eller distansen till nästa blåsa) har ingen betydelse
- Stiget i nästa blåsa är känt
- Vinden har ingen inverkan
- är det så???????

Bugs!

Glidalsförsämring p g a nedsmutsad vingframkant

flygplanstyp	glidtal ren	glidtal smutsig
PIK-20	38.0	29.5
LS3	41.8	36.0
Std Cirrus	35.9	34.5
Mini-Nimbus	38.8	35.8
ASW19	38.0	35.8
ASW20	41.7	32.7
Nimbus II	47.4	38.4



Enl Dick Johnson

Flyghöjden?

- Flyger man lika fort på 500 m som på 2000 m?
- Sannolikheten att nå en blåsa ökar med höjden
- Alltså läge att tillämpa sannolikhetsteori!

Termiken...

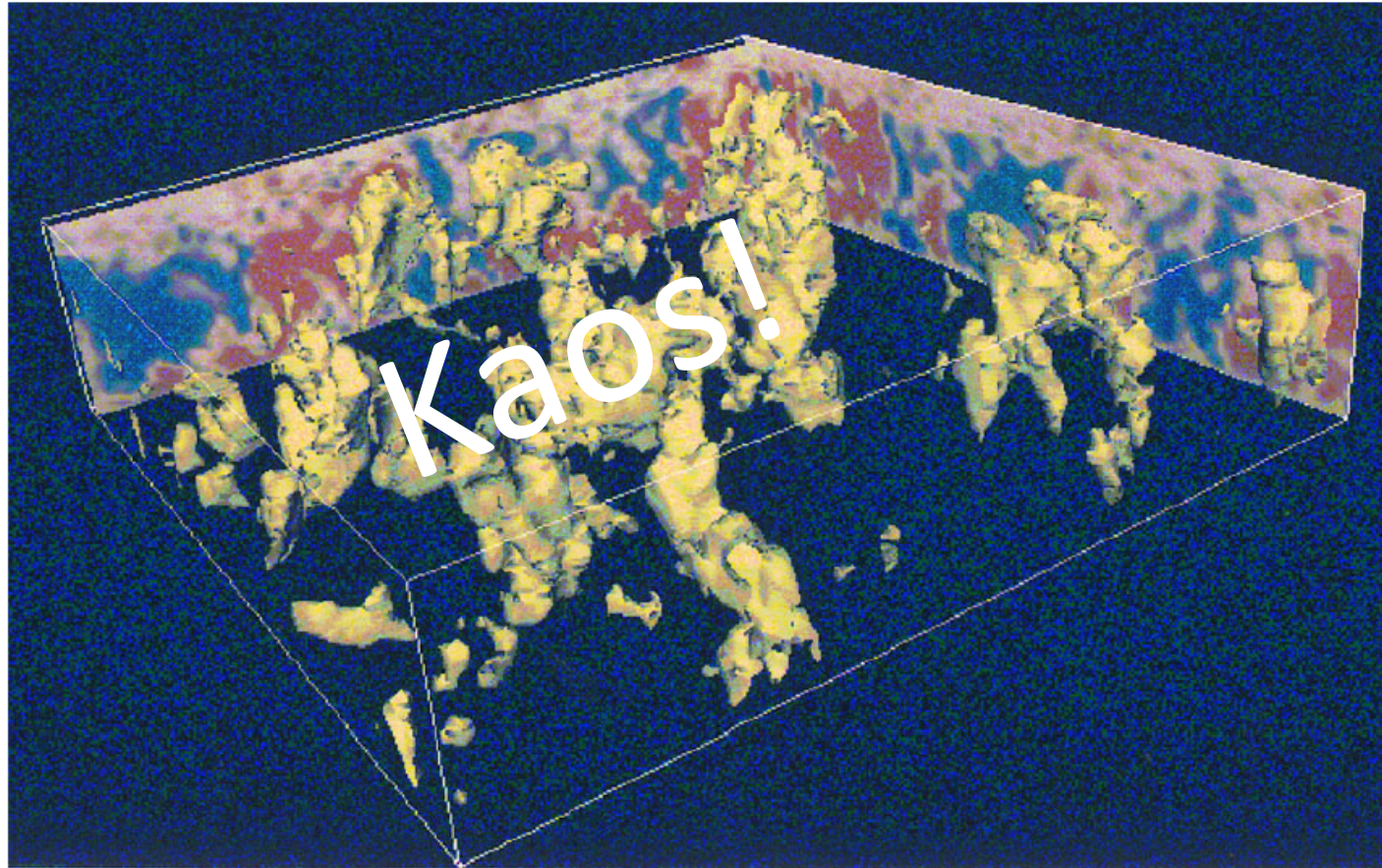
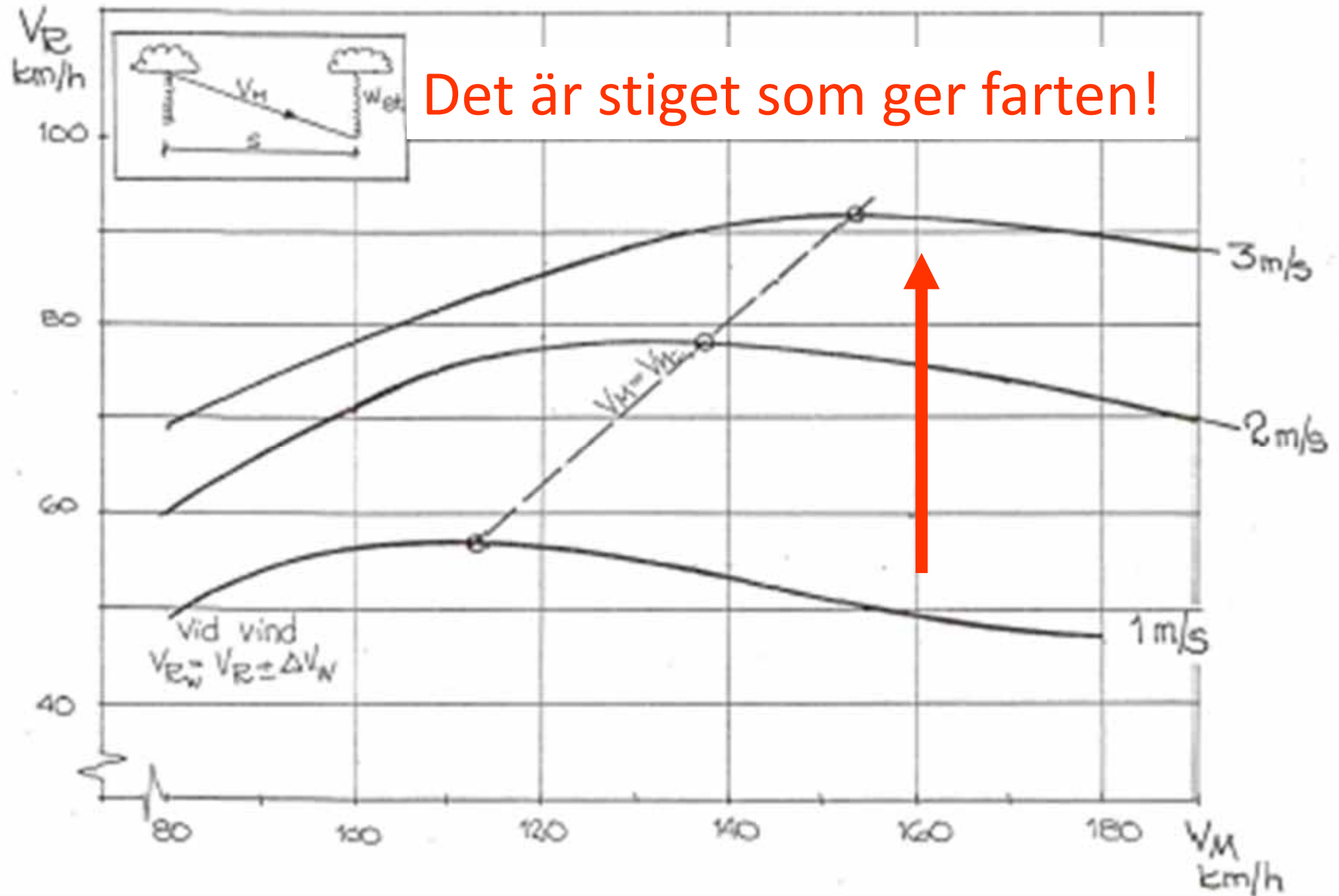


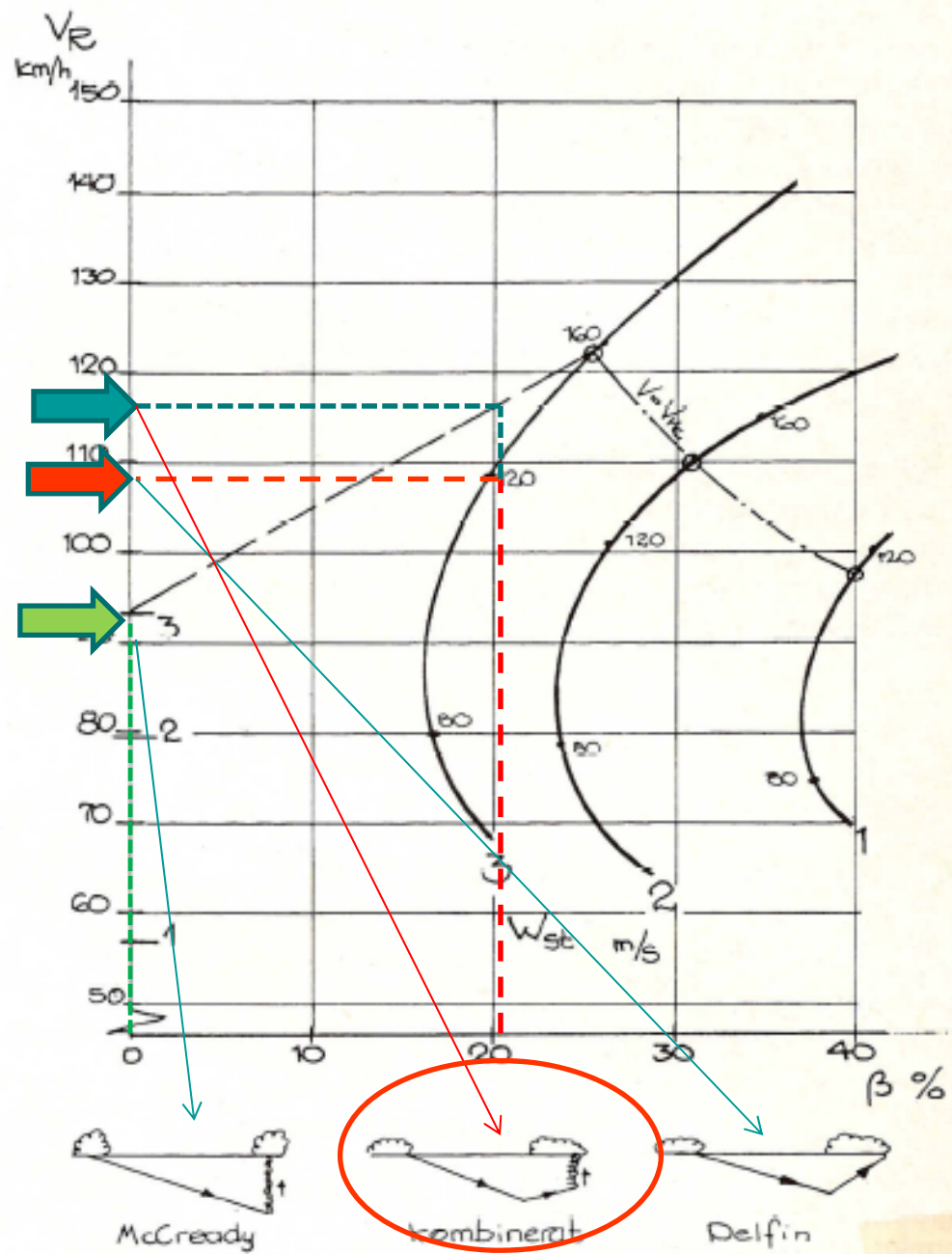
Figure 6: Perspective rendering of thermals in a computer model. Volumes enclosed by yellow surfaces are thermals. On the back and side walls, upward motion is in red and downward in blue. The resolution is 52 m in the horizontal and 21 m in the vertical, and the box is 5 x 5 x 1.25 km. Graphic copyright 1998 Peter Sullivan / National Center for Atmospheric Research, used by permission.

V_R som funktion av V_M vid olika stig



*Det är hur mycket stig vi kan få ut ur
blåsorna som bestämmer vår
medelfart, inte hur fort vi flyger
mellan blåsorna.*

V_R som funktion av β vid olika steg

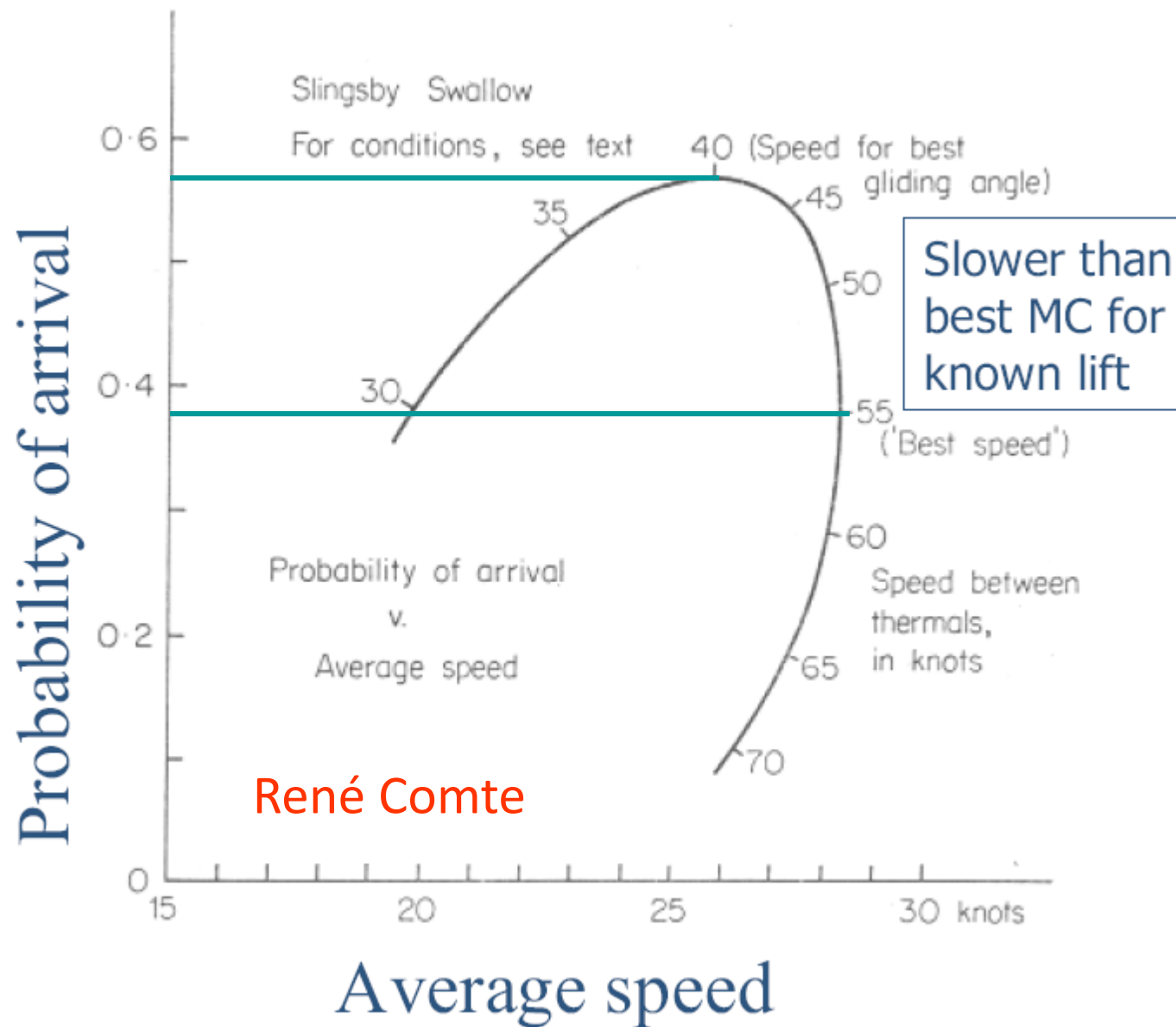


Delfinflygning

Kauer &
Junginger

(från Aerokurier 1973)

*Skruva aldrig ner ringen, eller om man
så vill, dra aldrig ner farten mellan
stigen, för att möjliggöra ren
delfinflygning*



René Comte

"The arm-chair-pilot" Anthony Edwards 1963

OSTIV



OPTIMAL SOARING WITH HAMILTON-JACOBI-BELLMAN EQUATIONS*

ROBERT ALMGREN[†] AND AGNÈS TOURIN[‡]

Abstract. Competition glider flying, like other outdoor sports, is a game of stochastic optimization, in which mathematics and quantitative strategies have historically played an important role. We address the problem of uncertain future atmospheric conditions by constructing a nonlinear Hamilton-Jacobi-Bellman equation for the optimal speed to fly, with a free boundary describing the climb/cruise decision. This equation comes from a singular stochastic exit time control problem and involves a gradient constraint, a state constraint and a weak Dirichlet boundary condition. An accurate numerical solution requires robust monotone numerical methods. The computed results are of direct applicability for glider flight.

Key words. Hamilton-Jacobi equations, variational inequalities, stochastic control, monotone approximation, viscosity solutions

Icke för vanliga dödliga

3.2. Hamilton-Jacobi-Bellman equation. Now we first derive the partial differential equation satisfied by $u(x, z)$ by assuming the differentiability of u . Then, we will explain how the theory of viscosity solution helps us solve this problem and list all the relevant references.

Climb. From height $z < z_{\max}$ in lift $\ell > s_{\min}$, the glider can access a new height $z' = z + (\ell - s_{\min})\Delta t > z$ by circling ($v = 0$) for time Δt . Therefore,

$$u(x, z) \leq u(x, z') + \frac{z' - z}{\ell - s_{\min}} \quad \text{for all } 0 \leq z \leq z' \leq z_{\max},$$

or

$$\frac{u(x, z') - u(x, z)}{z' - z} \geq -\frac{1}{\ell - s_{\min}}.$$

The Mean Value Theorem of calculus then tells us that

$$u_z(x, z) \geq -\frac{1}{\ell(x) - s_{\min}} \quad \text{wherever } \ell(x) > s_{\min}. \quad (3.3)$$

As noted above, we have $u_z \leq 0$ even when $\ell(x) \leq s_{\min}$. Below we shall identify $m = -1/u_z$, and then this may be written

$$m \geq \max\{\ell - s_{\min}, 0\}. \quad (3.4)$$

Cruise. Because the pilot has the option to fly forward (in the direction of decreasing x) at any speed v with $0 < v \leq v_{\max}$,

$$\begin{aligned} u(x, z) &\leq \Delta t + u(x + \Delta x, z + \Delta z) \\ &\sim -\frac{\Delta x}{v} + u(x) + \left(u_x + \frac{s(v) - \ell}{v} u_z\right) \Delta x, \quad \Delta t \rightarrow 0, \end{aligned}$$

with $\Delta x = -v \Delta t$ and $\Delta z = (\ell - s) \Delta t$; we write $\ell = \ell(x)$. Cancelling the common $u(x)$ and retaining only terms of size $\mathcal{O}(\Delta x)$, since this inequality is true for any v we have

$$\begin{aligned} 0 &\leq -u_x + \min_{0 < v \leq v_{\max}} \left(\frac{1}{v} - \frac{s(v) - \ell}{v} u_z \right) \\ &= -u_x - u_z \min_v \frac{m - \ell + s(v)}{v} = -u_x - u_z \frac{m - \ell + s(v_*)}{v_*} \end{aligned}$$

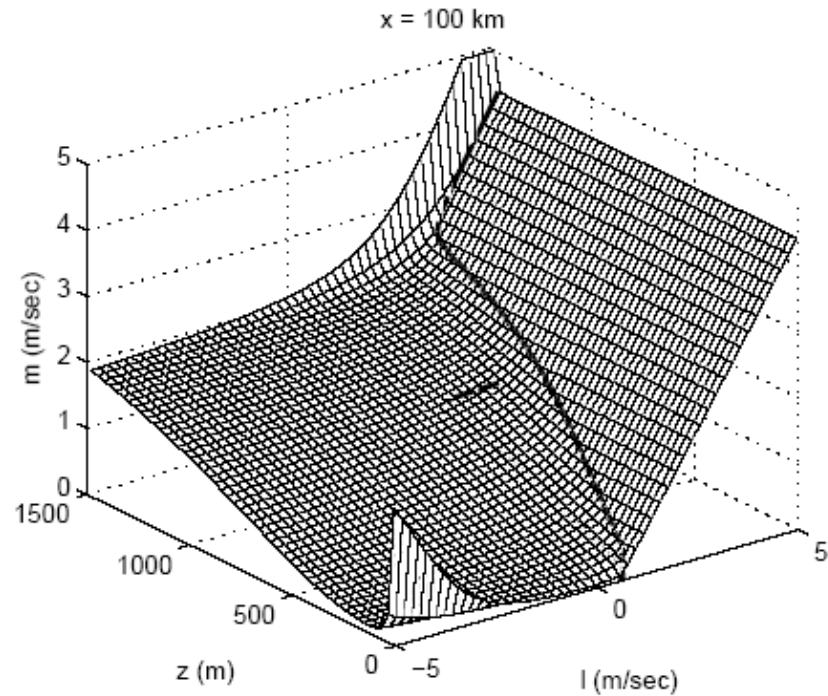


FIG. 4.2. MacCready function m for the same parameters as in Figure 4.1, as a function of lift ℓ and height z at a fixed distance $x = 100$ km. The heavy line is the cruise/climb boundary, where $m = \ell - s_{\min}$. The relatively weak dependence of m on ℓ in the cruise region $\ell < \ell_*$ is a partial justification of MacCready theory for uncertain lift.

Stå på när du är på höjd, håll igen
när du kommer lågt

Just a little faster, please

John Cochrane

There comes a time that you want to fly a little bit faster. Maybe you've been to a contest or two and you've seen what amazing speeds the top pilots achieve – and often in surprisingly bad conditions. Maybe you want to go for a badge, or just cover a little more territory in your cross-country flying. We are glued to this sport by obsessive self-improvement, and a little more speed soon becomes the focus of that obsession.

MacCready Theory with Uncertain Lift and Limited Altitude

John H. Cochrane¹

May 4, 1999

Tips från Cochrane

- *Sväng inte i svaga blåsor.* Flyg genom dem; lämna svaga blåsor för att hitta bättre; kan du inte centrera, fortsatt framåt.
- *Landa inte ute!* Balansera ditt val av blåsor med risken för att landa ute.
- *Flyg inte upp i molnbasen.* Lämna utrymme i höjddled för att kunna kurva i femmetaren om den dyker upp.

Vad ska man då sätta "ringen" på?

- Det första man ska tänka är att inställt MacCreadyvärde inte är ett inställt termikvärde utan en "farthållare".
- Aldrig under 1 m (då riskerar man att flyga långsammare än fart för bästa glidtal)
- Skåneväder 1
- Bra väder 2
- Högre än så lönar sig inte för då är man uppe i V_{NE}

Och i praktiken blir det....

(i min ASW 28:a)

- "Vanligt väder": 150 – 160 km/h
- "Bautaväder": 180 – 190 km/h

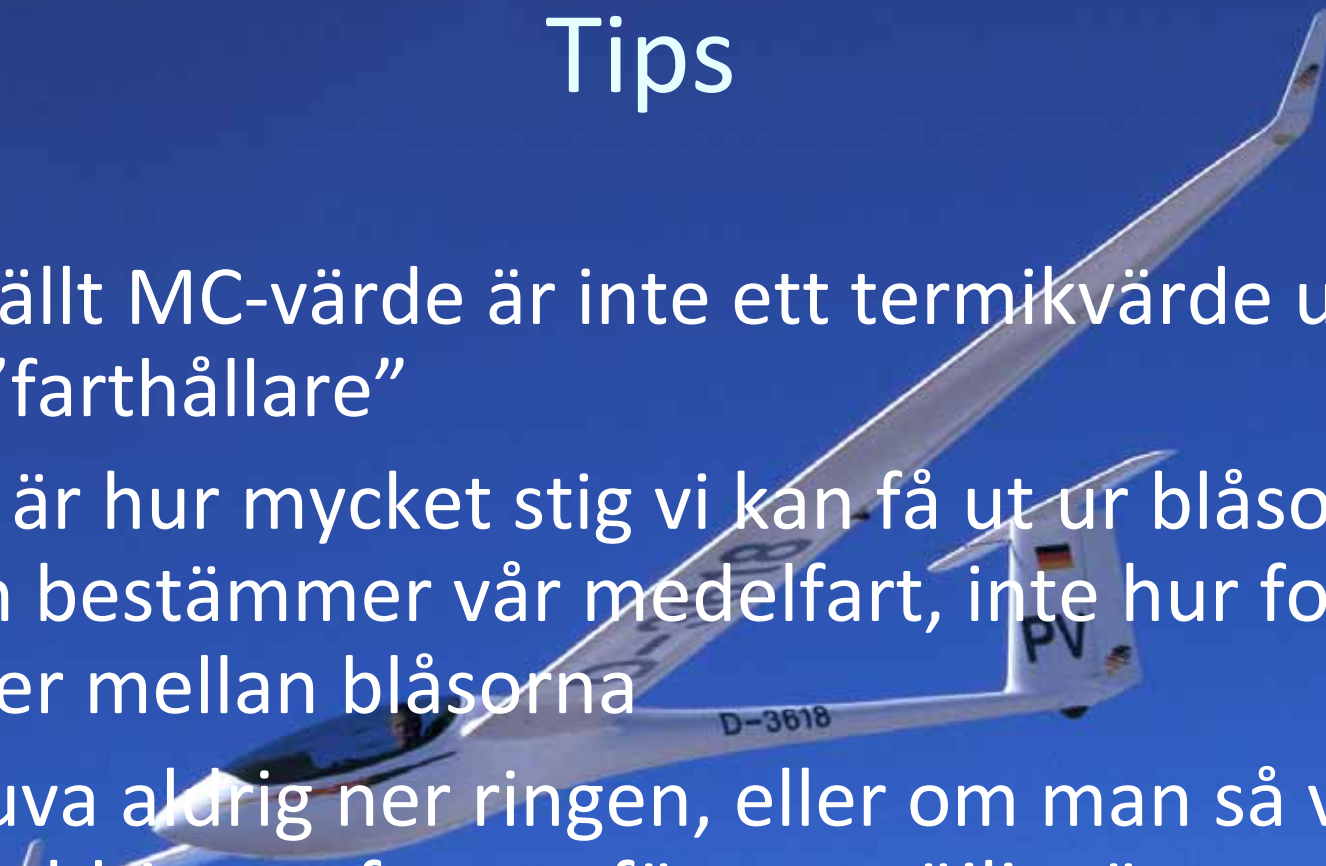
W_{st} m/s	V_{MC} km/h
1	151
2	181
3	208

Rhansperber

V_{st} m/sec	V_{topf} km/std	V_A km/std
0,0	63	—
0,5	73	24
1,0	83	38
1,5	92	46
2,0	99	53
2,5	105	59
3,0	110	64
4,0	118	72
5,0	127	76

Tips

- Inställt MC-värde är inte ett termikvärde utan en "farthållare"
- Det är hur mycket stig vi kan få ut ur blåsorna som bestämmer vår medelfart, inte hur fort vi flyger mellan blåsorna
- Skruva aldrig ner ringen, eller om man så vill, dra aldrig ner farten, för att möjliggöra ren delfinflygning – den kombinerade stilen





Flyg fort i sjunk, sakta i stig

Stå på när du är på höjd, håll
igen när du kommer lågt

Get high, stay high

Frågor?

