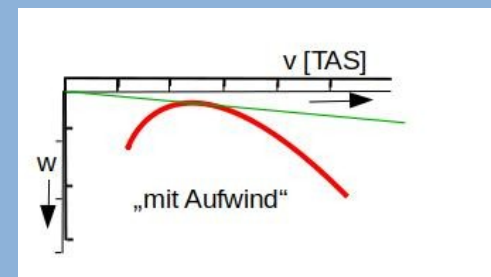
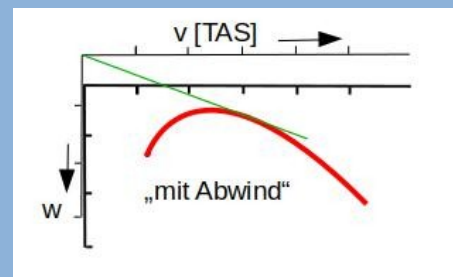
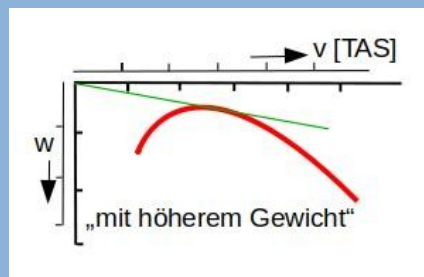
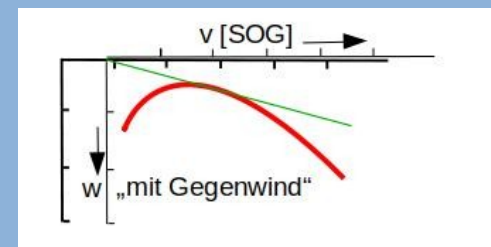
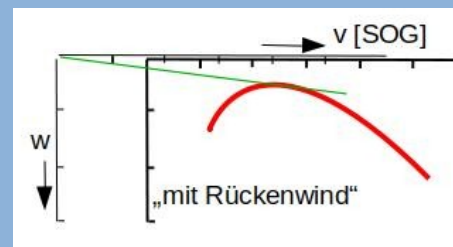
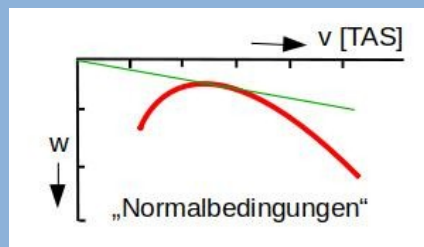


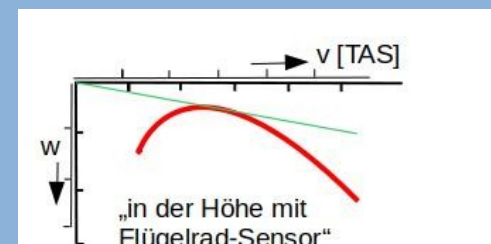
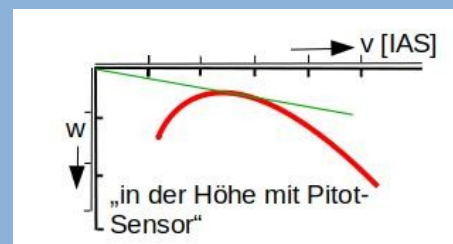
# Anwendungen

## Polare im realen Umfeld

Ein häufig gehörtes Argument lautet: „Was hilft einem eine noch so schöne Polare? Die Realität sieht doch ganz anders aus.“ Für diejenigen, die glauben, meinen oder hoffen, mit einer einzigen Kurve die Gleiteigenschaften ihres Flügels passend für jede Situation beschreiben zu können, ist das sogar wahr. Diejenigen, die etwas tiefer blicken, erkennen aber, dass aufgrund der relativ einfachen Gleichgewichts-Beziehungen zwischen Luftkräften und Gewichtskraft durchaus belastbare Aussagen zur Gleitleistung unter realen Bedingungen möglich sind. Die ermittelte „Polare unter Normalbedingungen – 1013,25 hPa, 15° C – kann sogar als Kurve unter allen realen Bedingungen erhalten bleiben, wenn man die Achsen entsprechend verschiebt und die Maßstabs-Skalen entsprechend anpasst. Schematisch wird dies im folgenden erläutert und anschließend für einige Beispiele der erfolgten Polare gezeigt. Man beachte die unterschiedlichen Definitionen der Geschwindigkeit.



In diesen Beispielen wird jeweils nur der eine Parameter geändert. Die grüne Linie markiert die beste Gleitzahl über Grund.



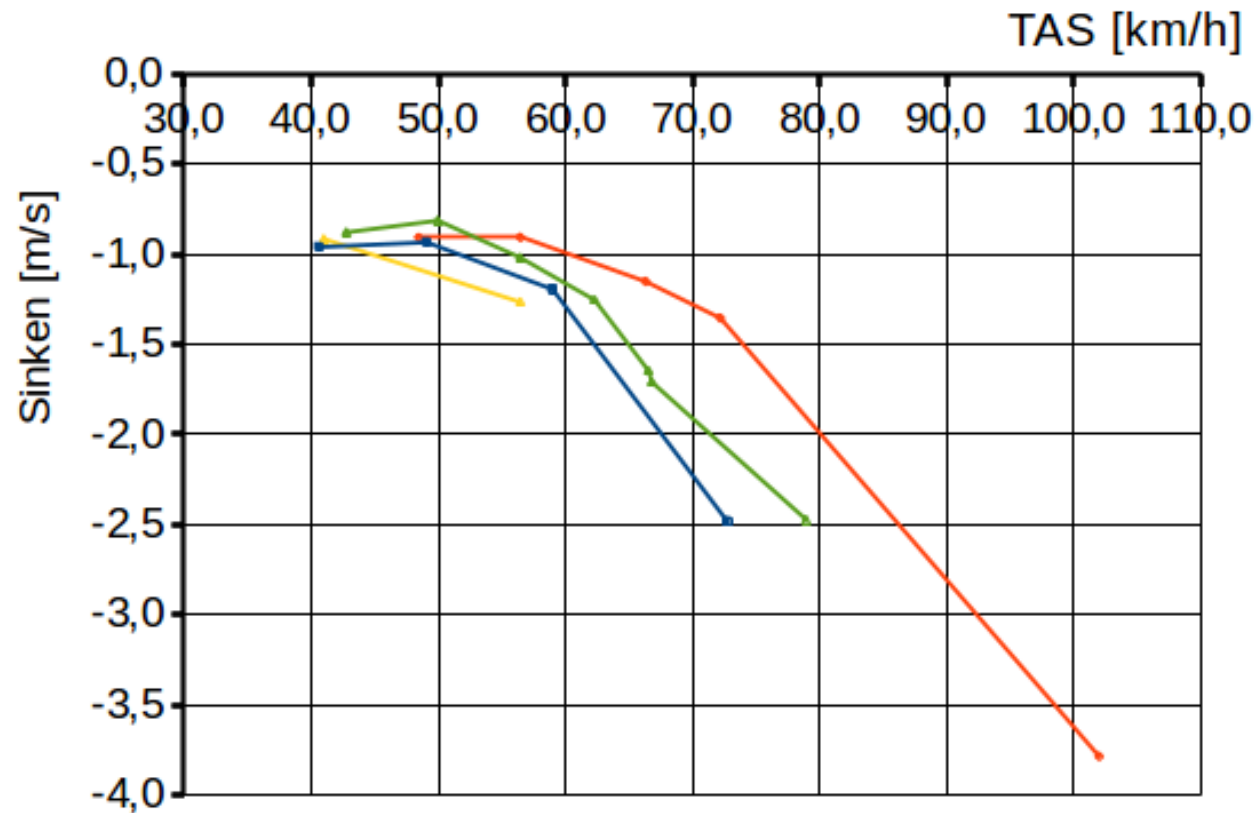
TAS = true\_air\_speed, IAS = indicated\_air\_speed, SOG = speed\_over\_ground

# Anwendungen

Polare im realen Umfeld

Normierte Geschwindigkeits-Polare

Normierte Polaren ATOS-S  
Siegmars Flügel:  $G/F = 10,2 \text{ kg/m}^2$

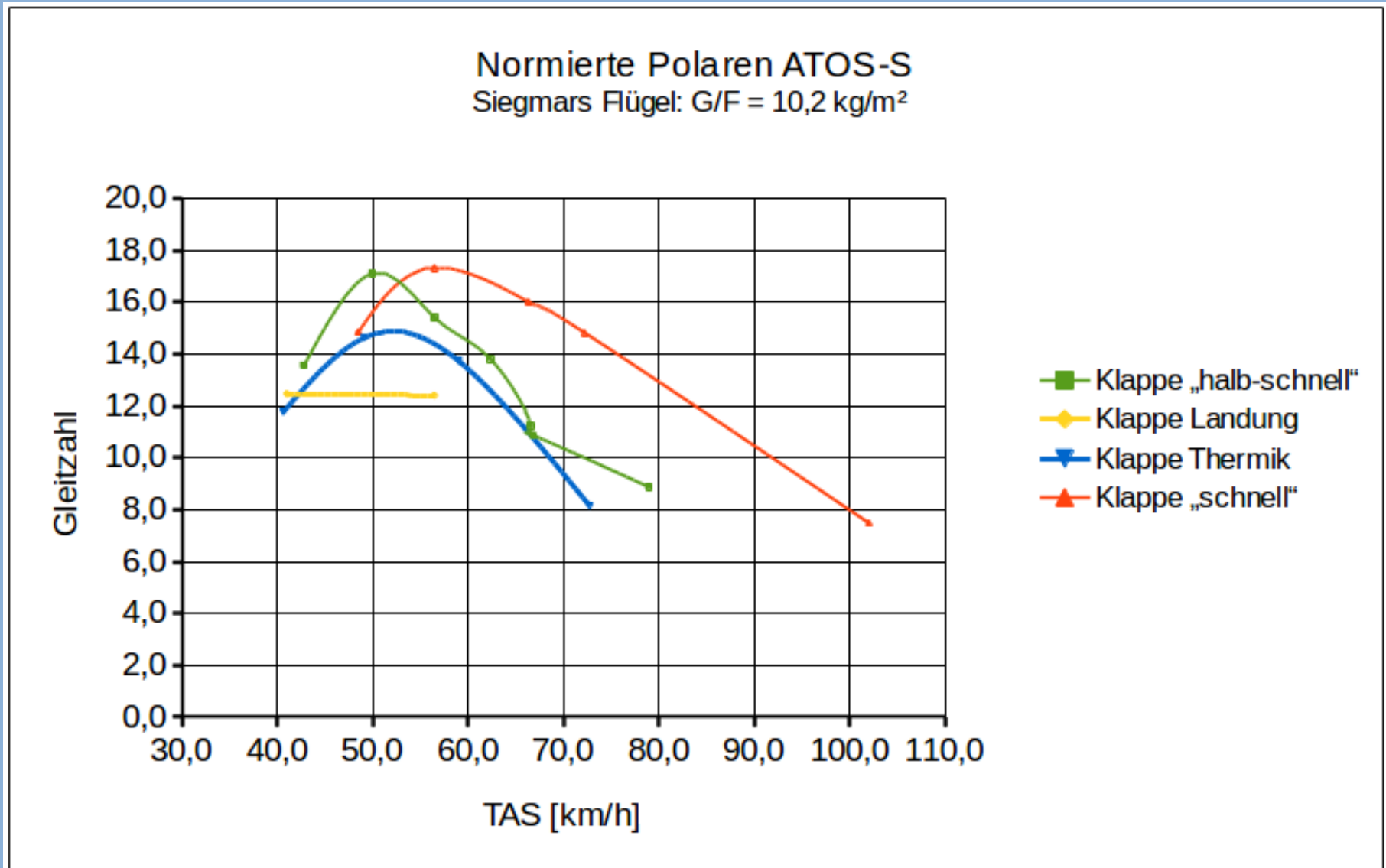


- Klappe Thermik
- ▲ Klappe „halb-schnell“
- ◆ Klappe „schnell“
- ▲ Klappe Landung

# Anwendungen

Polare im realen Umfeld

Normierte Gleitzahl-Polare

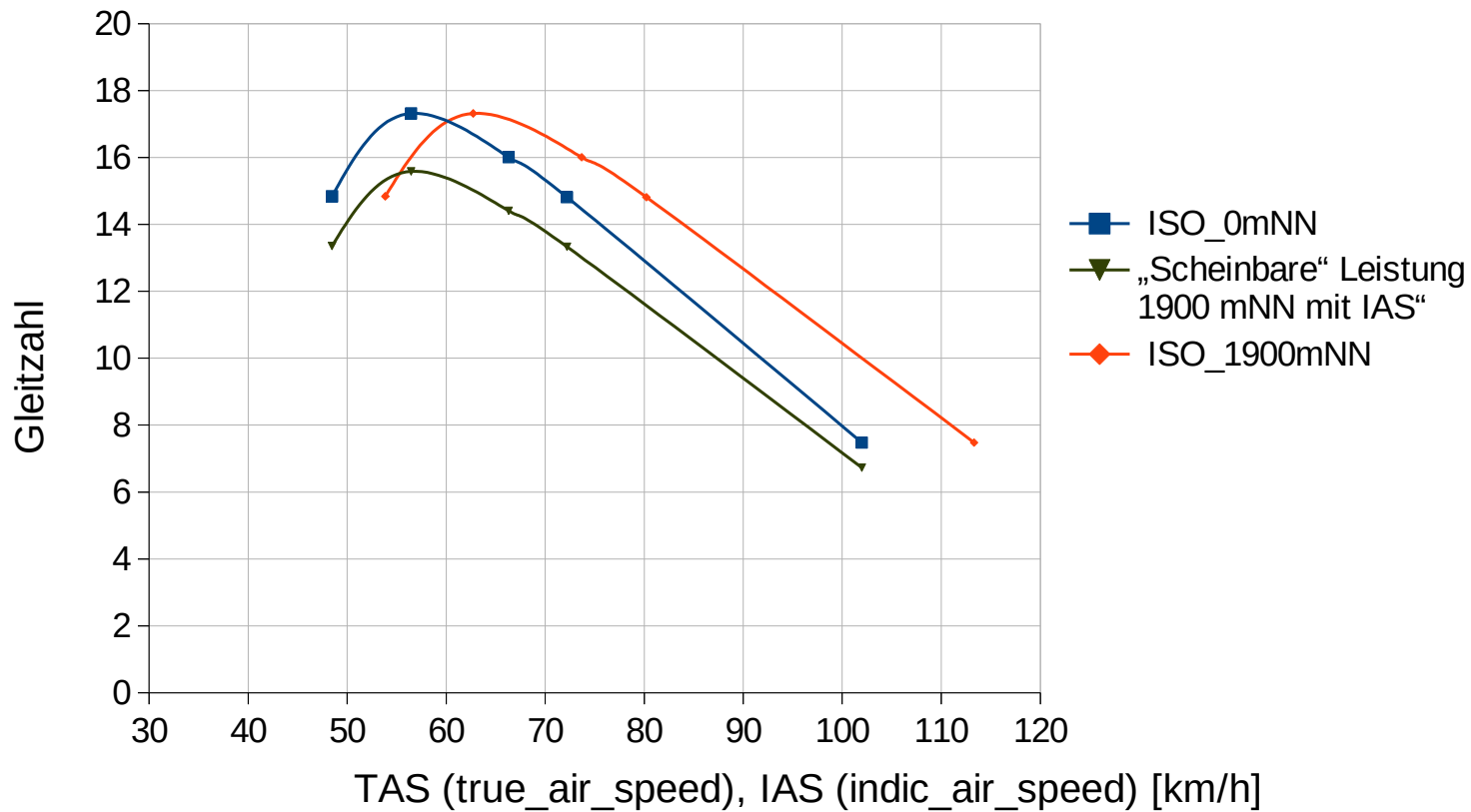


# Anwendungen

## Polare im realen Umfeld

Reale Einflüsse, Klappe auf "schnell"

0 mNN gegen 1900 mNN



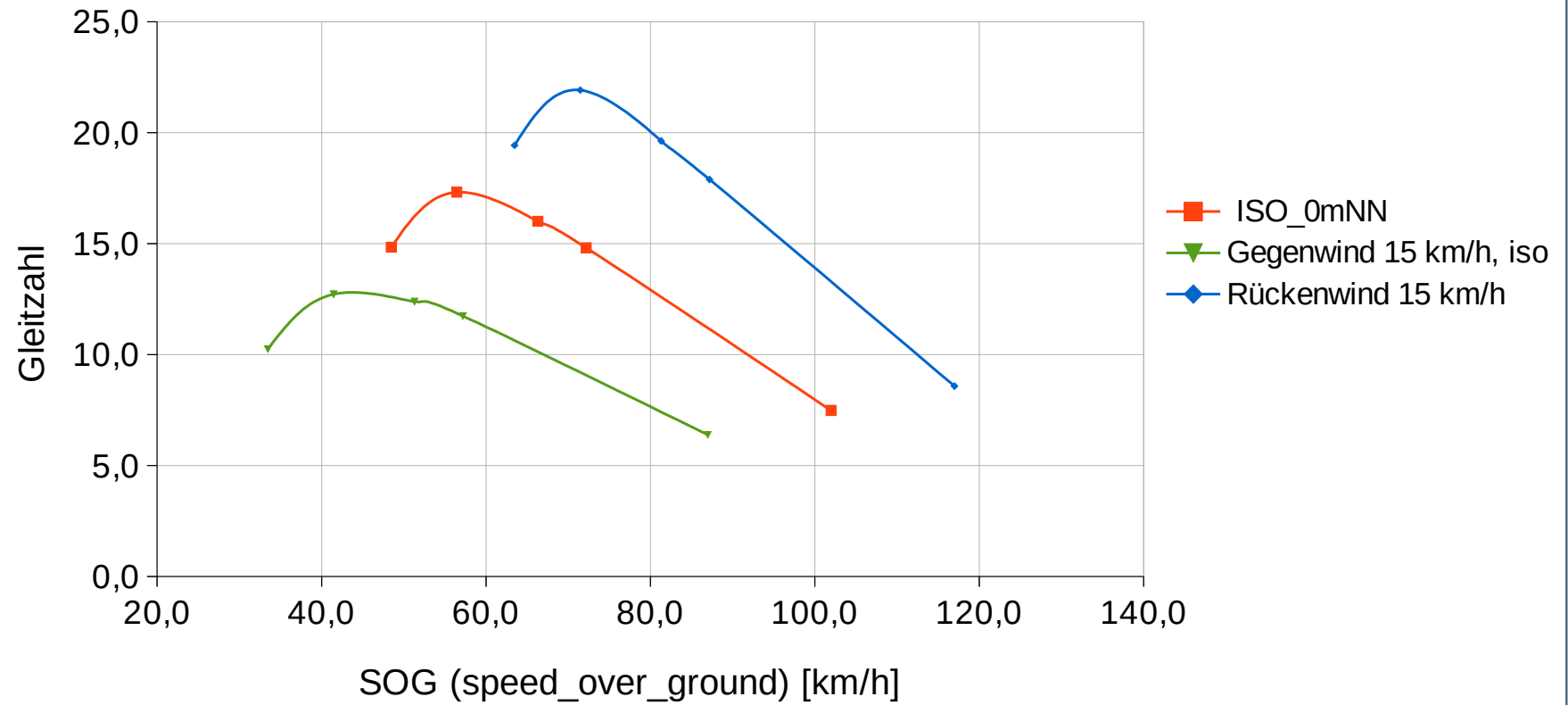
Anmerkung: Mit Flügelrad-speed-Sensor wird in der Höhe schneller geflogen, mit Staudrucksensor merkt man nur die höhere Sinkgeschwindigkeit!

# Anwendungen

## Polare im realen Umfeld

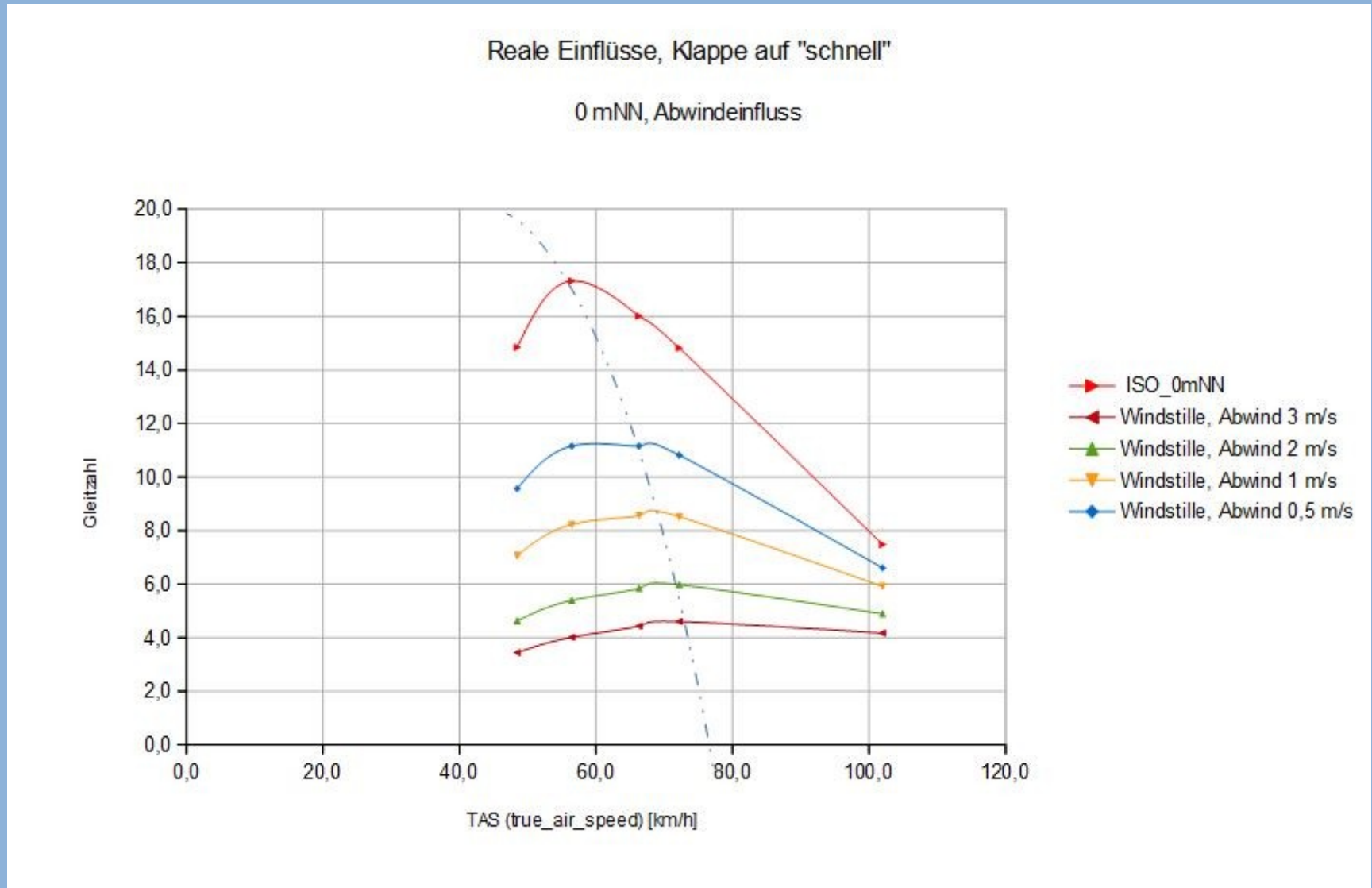
Reale Einflüsse, Klappe auf "schnell"

0 mNN, Windeinfluss 15 km/h



# Anwendungen

## Polare im realen Umfeld



Mit zunehmender Abwindgeschwindigkeit sinkt die Gleitzahl drastisch. Dabei steigt die Geschwindigkeit bei bester Gleitzahl deutlich an.

# Schlussbemerkung

Die Ergebnisse erscheinen durchaus plausibel.



Und nebenbei: Ein einmalig schöner Flug und großen Dank an Tom.

Im Anhang:       - Standard-Atmosphäre  
                      - Polaren von A-I-R

# Anhang 1

## Standard-Atmosphäre



### Übersicht von DWD

#### ICAO-Standardatmosphäre (ISA)

Die ICAO (International Civil Aviation Organization) hat für die Luftfahrt eine Norm-Atmosphäre definiert, für die gilt:

- Luft wird als ein absolut trockenes Gas betrachtet, d.h. die Relative Luftfeuchte U beträgt U = 0%.
- Die Konstanten als globale Mittelwerte im mittleren Meeresniveau (NN) lauten:
  - Lufttemperatur  $\rightarrow T_0 = 288,15 \text{ K (15 } ^\circ\text{C)}$ ,
  - Luftdruck  $\rightarrow p_0 = 1.013,25 \text{ hPa}$  und
  - Luftdichte  $\rightarrow \rho_0 = 1,2250 \text{ kg m}^{-3}$ .
- Die vertikale Temperaturänderung beträgt
  - bis 11.000 m ü. NN  $\rightarrow -0,0065 \text{ K m}^{-1}$  (Abnahme mit der Höhe),
  - von 11.000 bis 20.000 m  $\rightarrow 0 \text{ K}$  (keine Temperaturänderung) und
  - von 20.000 bis 32.000 m  $\rightarrow 0,0010 \text{ K m}^{-1}$  (Zunahme mit der Höhe).

Die ICAO-Standardatmosphäre (ISA) zeigt eine lineare Temperaturabnahme von 0,65 K pro 100 m bis zur Tropopause in 11 km Höhe. Von 11 bis 20 km bleibt die Temperatur der ISA dann konstant.

Werte der ICAO-Standardatmosphäre (ISA)

Höhe [m ü. NN]	Luftdruck [hPa]	Lufttemperatur [°C]	Luftdichte [kg m <sup>-3</sup> ]
-1.000	1.139,29	21,5	1,3470
0 (NN)	1.013,25	15,0	1,2250
1.000	898,75	8,5	1,1116
2.000	794,95	2,0	1,0065
3.000	701,09	-4,5	0,9091
5.000	540,20	-17,5	0,7361
7.000	410,61	-30,5	0,5895
9.000	307,42	-43,5	0,4663
11.000 (Tropopause)	226,32	-56,5	0,3692
13.000	165,10	-56,5	0,2665

#### Normalatmosphäre OACI'

#### Ausschnitt aus Standard <sup>255</sup>

Die OACI-Standardwerte der Erdatmosphäre beruhen auf folgenden Festlegungen:

1. Das Höhenmaß ist der Geopotentialmeter m'. In MKS-Einheiten entspricht er 9,80665 m<sup>2</sup> s<sup>-2</sup>. Eine Erhöhung um 1 Meter an einem Ort mit der Normfallbeschleunigung von 9,80665 m s<sup>-2</sup> entspricht 1 Geopotentialmeter. Da die Fallbeschleunigung sich im Höhenbereich der Tafel nur um wenige Hundertstel ändert, kann in der Praxis der Geopotentialmeter einem Meter gleichgesetzt werden. Nullpunkt der Höhenskala ist die Höhe des Meeres des internationalen Erdgeoids.

2. Zusammensetzung der Erdatmosphäre. Sie wird als trocken vorausgesetzt.

Gas	Mol.-Gew.*	Vol. %
Stickstoff (N <sub>2</sub> )	28,016	78,09
Sauerstoff (O <sub>2</sub> )	32,000	20,95
Argon (Ar)	39,944	0,93
Kohlendioxid (CO <sub>2</sub> )	44,010	0,03
Neon (Ne)	20,183	1,8 × 10 <sup>-4</sup>
Helium (He)	4,003	5,24 × 10 <sup>-4</sup>
Krypton (Kr)	83,7	1,0 × 10 <sup>-4</sup>
Wasserstoff (H <sub>2</sub> )	2,016	5,0 × 10 <sup>-4</sup>
Xenon (Xe)	131,3	8,0 × 10 <sup>-4</sup>
Ozon (O <sub>3</sub> )	48,000	1,0 × 10 <sup>-4</sup>
Radon (Rn)	222	6,0 × 10 <sup>-12</sup>

Daraus resultiert ein Molekulargewicht  $M = 28,966$ .

3. Nullwerte in Meereshöhe  
 Luftdruck  $p_0 = 1,013250 \times 10^5 \text{ N m}^{-2} (= 760 \text{ Torr})$   
 Temperatur  $T_0 = 288,16^\circ \text{ K} (= t_0 = 15^\circ \text{ C})$   
 Schallgeschwindigkeit  $c_0 = 331,45 \text{ m s}^{-1}$
4. Konstanten  
 Univers.Gaskonstante  $R = 8,31436 \times 10^7 \text{ J kmol}^{-1} \text{ grad}^{-1}$   
 Dynam. Viskosität bei 23° C  $\mu = 1,8325 \times 10^{-4} \text{ m}^{-1} \text{ kg s}^{-1}$   
 SUTHERLAND-Konstante  $S = 120^\circ \text{ K}$
5. Abgeleitete Nullwerte in Meereshöhe  
 Dichte  $\rho_0 = \frac{p_0 M}{R T_0} = 1,2250 \text{ m}^{-3} \text{ kg (M in kg kmol}^{-1})$   
 Dyn. Visk.  $\mu_0 = \mu \left( \frac{T_0}{T_{\mu}} \right)^{1,75} \left( \frac{T_{\mu} + S}{T_0 + S} \right) = 1,7932 \times 10^{-4} \text{ m}^{-1} \text{ kg s}^{-1}$   
 $(T_{\mu} = [23 + 273,16]^\circ \text{ K})$
6. Berechnung der Höhengradienten vgl. Originalquelle.

Höhe m'	Temperatur °C	Luftdruck p (p <sub>0</sub> = Luftdruck in Meereshöhe)			Siedepunkt H <sub>2</sub> O** °C	Dichte m <sup>-3</sup> kg	Dyn. Viskosität m <sup>-1</sup> kg s <sup>-1</sup> (× 10 <sup>4</sup> )	Schall- geschwindigkeit m s <sup>-1</sup>	Höhe m'
		mb	Torr	p/p <sub>0</sub>					
500	11,750	954,61	716,01	0,942125	98,34	1,1673	17,771	338,504	500
550	11,425	948,90	711,73	0,936490	98,17	1,1616	17,755	338,310	550
600	11,100	943,22	707,47	0,930882	98,01	1,1560	17,739	338,117	600
650	10,775	937,56	703,23	0,925302	97,84	1,1504	17,723	337,924	650
700	10,450	931,94	699,01	0,919748	97,67	1,1448	17,707	337,730	700
750	10,125	926,34	694,81	0,914222	97,51	1,1392	17,690	337,537	750
800	9,800	920,76	690,63	0,908723	97,34	1,1337	17,674	337,343	800
850	9,475	915,22	686,47	0,903250	97,18	1,1281	17,658	337,149	850
900	9,150	909,70	682,33	0,897804	97,01	1,1226	17,642	336,956	900
950	8,825	904,21	678,21	0,892385	96,84	1,1171	17,626	336,761	950
1000	8,500	898,74	674,11	0,886992	96,68	1,1117	17,609	336,567	1000



# Anhang 2

(Polaren aus AIR-Veröffentlichung)

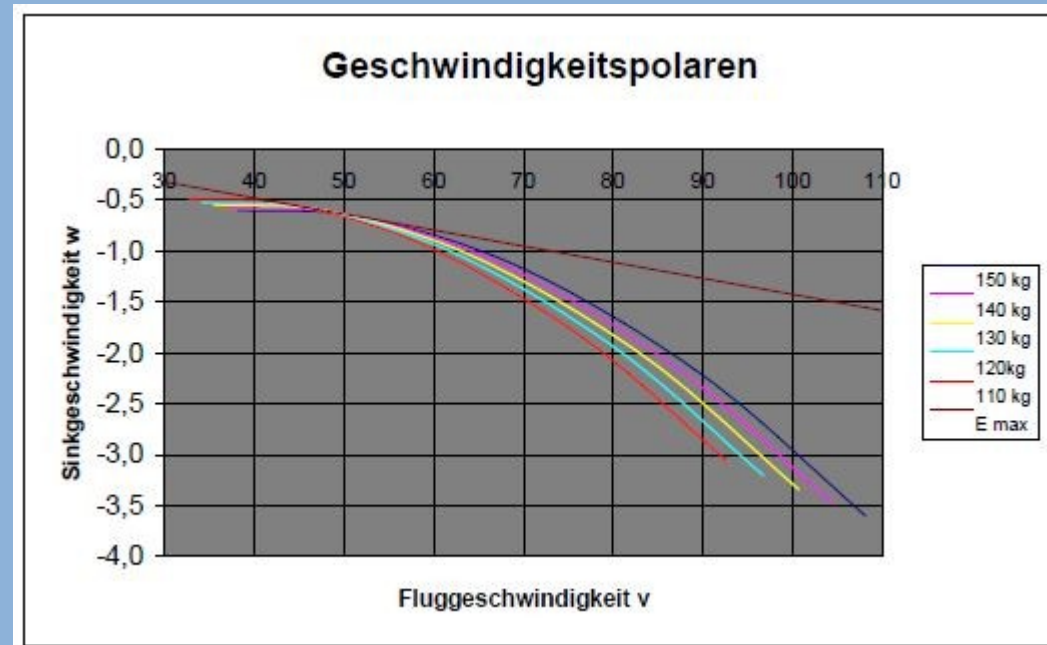
	AIR-Flügel							
Typ	Fläche [m²]	min_G [kg]	max_G [kg]	min_G/F [kg/m²]	max_G/F [kg/m²]	min/max-G/F	aktuelle G/F-Werte	
V	14,1	90	150	6,4	10,6	0,60		
VS	11,8	83	122	7,0	10,3	0,68	Siegmar (10,2)	
VQ	14,2	85	179	6,0	12,6	0,47	Hugo E-Trike (10,3)	
VRS	12,2	87	172	7,1	14,1	0,51		
VR	14,3	85	180	5,9	12,6	0,47		
VR190				k.A.	k.A.			
VX	16	110	231	6,9	14,4	0,48		

## Geschwindigkeitspolaren für verschiedene Fluggewichte

Abkürzungen: v: Fluggeschwindigkeit  
w: Sinkgeschwindigkeit  
E: Gleitzahl, die Geschwindigkeit des besten Gleitens ist gelb markiert

Masse (kg)	v (km/h)	v (m/s)	w (m/s)	E (-)
150	38,00	10,56	-0,75	14,1
	52,00	14,44	-0,82	17,6
	70,00	19,44	-1,33	14,6
	90,00	25,00	-2,38	10,5
	108,00	30,00	-3,75	8,0
140	36,71	10,20	-0,72	14,1
	50,24	13,95	-0,79	17,6
	67,63	18,79	-1,28	14,6
	86,95	24,15	-2,30	10,5
	104,34	28,98	-3,62	8,0
130	35,38	9,83	-0,70	14,1
	48,41	13,45	-0,76	17,6
	65,17	18,10	-1,24	14,6
	83,79	23,27	-2,22	10,5
	100,54	27,93	-3,49	8,0
120	33,99	9,44	-0,67	14,1
	46,51	12,92	-0,73	17,6
	62,61	17,39	-1,19	14,6
	80,50	22,36	-2,13	10,5
	96,60	26,83	-3,35	8,0
110	32,54	9,04	-0,64	14,1
	44,53	12,37	-0,70	17,6
	59,94	16,65	-1,14	14,6
	77,07	21,41	-2,04	10,5
	92,49	25,69	-3,21	8,0

## Beispiel: Polaren AIR-ATOS-VR



Die Polaren von AIR für den ATOS-VR gelten wie zuvor erläutert für ISO Standard-Atmosphäre (0 mNN, 15°C) !!