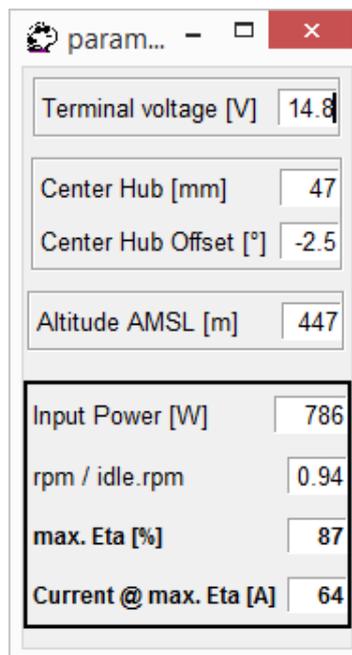


MotCalc V8.5

In der Version V8.5 von MotCalc wird jetzt ein zweites Fenster für die direkte Eingabe von der Klemmenspannung (Terminal Voltage) am Drehzahlstellereingang, sowie der Mittelstückgröße [25 mm, 62 mm] und einem Versatzwinkel [- 2.5 °, + 5 °] geöffnet.

Auch die Höhe über Meeresspiegel kann eingegeben werden. Die Höhe ist per default auf 0 m gesetzt. Mit abnehmender Höhe sinkt die Propellerleistung und der Schub bei konstanter Drehzahl linear mit dem Luftdruck.



Terminal voltage [V]	14.8
Center Hub [mm]	47
Center Hub Offset [°]	-2.5
Altitude AMSL [m]	447
Input Power [W]	786
rpm / idle.rpm	0.94
max. Eta [%]	87
Current @ max. Eta [A]	64

Bei dem Propellertyp GM_32 wird intern mit 32 mm als Basis für das Mittelstück (engl. Center Hub) gerechnet, 42 mm als Basis für die Aeronaut Cam Carbon (ACC). Bei einer abweichenden Mittelstückgröße wird so automatisch die Steigung und der Durchmesser angepasst. Daher immer die Propellergröße Durchmesser & Steigung vom Propeller in Zoll ins Programm eingeben, sowie das verwendete Mittelstück.

Details zur Berechnung siehe Seite 2.



Falls **Use own n100** verwendet wird, muss für eine korrekte Standschub und Vpitch Berechnung, der tatsächliche Durchmesser und Steigung eingetragen werden. Auch der Propellertyp sollte für die Standschubberechnung auf dem entsprechenden Propellertyp stehen. Die Funktion Center Hub & Hub Offset wird hierbei nicht verwendet.

Falls **Use own n100** verwendet wird, wird nicht berücksichtigt, es wird mit 0 m für den Höheneinfluß gerechnet.

Bei der Verwendung von einem Mittelstück mit von der Norm abweichenden Größe, muss der tatsächliche Durchmesser und die Steigung angepasst werden.

Verwendet man eine größeres Mittelstück, dann verändern sich der Durchmesser als auch die Steigung.

Beispiel:

Geben ist ein ACC 15x8 und ein 52 mm Mittelstück. Der neue Durchmesser beträgt jetzt:

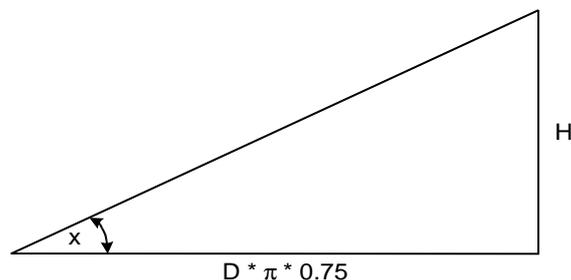
$$15 \text{ Zoll} + ((52 \text{ mm} - 42 \text{ mm}) / (25.4 \text{ mm} / \text{Zoll})) = 15.39 \text{ Zoll}$$

Bei der Steigung wird von einem linearen Anstieg der Steigung über dem Radius $D/2$ ausgegangen. In diesem Fall wäre die Strahlggeschwindigkeit (V_{pitch}) über dem Durchmesser konstant. Dies wäre bei einem idealen Propeller der Fall.

Bei dem ACC 15x8 ergibt sich die neue Steigung jetzt zu :

$$(15.39 \text{ Zoll} / 15 \text{ Zoll}) * 8 \text{ Zoll} = 8.21 \text{ Zoll}$$

Berechnung der Propellersteigung bei einem um den Versatzwinkel $[\circ]$ verdrehten Mittelstück. Die Beziehung zwischen der Propellersteigung und dem Propellerumfang $D * \pi$ ist im folgenden Bild dargestellt. Gemessenen wird die Steigung meistens bei 75 % des Blattdurchmessers.



Zusammenhang zwischen der Steigung H und dem Steigungswinkel x:

$$H = D * \pi * 0.75 * \tan(x)$$

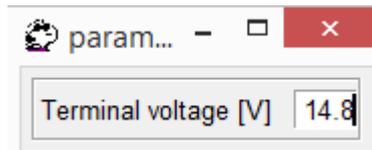
Der Steigungswinkel x wird um den Versatzwinkel verdreht.

```
% Propellersteigung mit Mittelstück +/- Versatzwinkel [°]
D = 15
H = 8
Versatzwinkel = -2.5
x = H / (D * pi * 0.75)
y = atan(x) + Versatzwinkel
H1 = tan(y) * D * pi * 0.75
H1 = 6.4
```

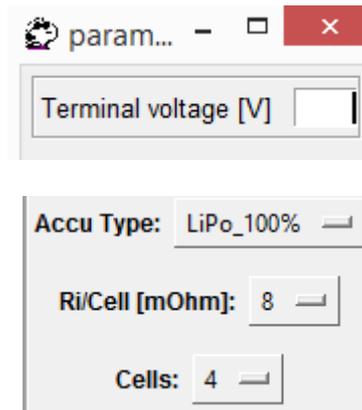
Berechnung von Durchmesser und Steigung bzw. der Höheneinfluß auf das n100 siehe auch folgender Link:

<https://www.rc-network.de/threads/motcalc-v8-3.11834401/#post-11936453>

Wird eine Terminal Voltage größer Null in das Feld eingetragen, dann wird mit diesem Wert gerechnet.



Ist das Feld leer, dann wird mit den Akkuparametern und dem Akku DC-Ri gerechnet.



LiPo_100% entspricht 4.1 Volt pro Zelle, der LiPo ist praktisch voll.

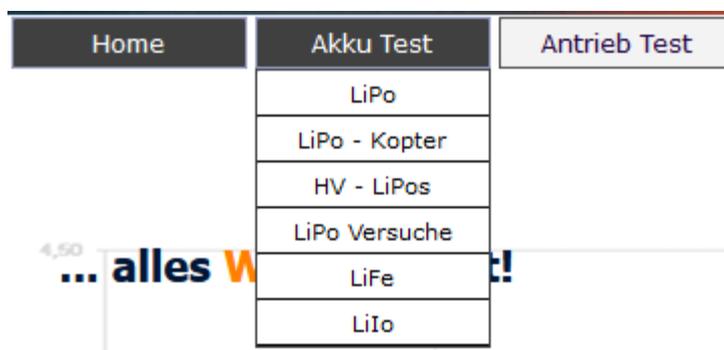
LiPo_50% entspricht 3.8 Volt pro Zelle, entspricht einem DOD von ca. 50 % .

LiIo_50% entspricht 3.7 Volt pro Zelle, entspricht einem DOD von ca. 50 % .

LiFePo entspricht 3.2 Volt pro Zelle.

NiXX entspricht 1.2 Volt pro Zelle.

Tipp: Wer den DC-Ri der LiXX-Zellen nicht kennt → <https://www.elektromodellflug.de/>



In dem zweiten Fenster werden noch die Eingangsleistung U_{xl} am Reglereingang sowie das Verhältnis Lastdrehzahl / Leerlaufdrehzahl berechnet. Auch wird der max. Wirkungsgrad und der Strom beim max. Wirkungsgrad berechnet.

Input Power [W]	786
rpm / idle.rpm	0.94
max. Eta [%]	87
Current @ max. Eta [A]	64

Das Verhältnis **rpm / idle.rpm** entspricht dem erreichbaren Wirkungsgrad des Motors ohne Eisen- und Reibungsverluste, der Wirkungsgrad wird alleine durch den Regler Ri, Stecker R und Motor R bestimmt. Daher kann der Wirkungsgrad niemals höher als dieses Verhältnis ausfallen.

Der max. Wirkungsgrad ist der Wirkungsgrad vom Motor bei einer Statortemperatur von typisch 60°C, der Regler als auch die Stecker Akku-Regler und Regler-Motor werden hier als Verlustfrei betrachtet. Somit können die Angaben bezüglich des max. Wirkungsgrades mit denen vom Hersteller, falls vorhanden, verglichen werden.

Sollte das **max. Eta** über 88 % liegen, dann ist vorsicht geboten. Solche Wirkungsgrade werden i. d. R. nur von hochpreisigen BLDC Motoren erreicht. Die Herstellerangaben bezüglich dem Motor R und dem I_0 sind teilweise sehr optimistisch, gerade auch der Leerlaufstrom ist in der Praxis oftmals deutlich höher als angegeben.

Noch etwas zur Propeller n100 und Standschubberechnung:

Die Berechnung vom n100 basiert auf einer Mittelwertgeraden vom Leistungskoeffizient C_P , dieser ist eine Funktion vom Verhältnis Steigung / Durchmesser. Gerade bei den ACC Klappflugschrauben weichen einige Größen stark von diesem Mittelwert ab. Das Paradebeispiel ist die 14x8 und 15x8, sie besitzen praktisch ein identisches n100. Grund sind unter anderem die große Abweichung der nominalen Steigung und der gemessenen Steigung. Bei der 14x8 wurden 9 Zoll anstatt der angegebenen 8 Zoll gemessen. Bei der 9.5x5 sind es sogar 5.9 Zoll anstatt der 5 Zoll. Daher wurden im Programm einige Propellergrößen im C_P korrigiert. Daher kann es zu Abweichungen beim Strom, Leistung etc. verglichen mit der MotCalc Version 8.4 kommen.

Die Berechnung vom Standschub wurde aufgrund neuer Quellen von den APC-E und ACC Propellern etwas angepasst. Grundsätzlich ist die Berechnung vom Standschub als Größenordnung zu sehen. Abweichungen vom tatsächlichem Standschub können durchaus im Bereich von +/- 20 % liegen. Zum einen wird die berechnete Wellenleistung als Input der Standschubberechnung verwendet, dann natürlich der Durchmesser. Ohne Kenntnisse des Schubkoeffizient C_T eines Propellers kann man nur eine Annahme bezüglich der Schubeffizienz treffen. Auch gilt der berechnete Standschub für eine unbehinderte Luftströmung, bei einem großen Rumpf (z.B. Pichler Bergfalke) wird der Standschub gerade bei kleineren Luftschrauben sicherlich deutlich geringer ausfallen.

Quellen für den Standschub (Schubkoeffizient C_T) und deren Berechnung:

Aeronaut Cam Carbon Winkanal-Messwerte:

<https://m-selig.ae.illinois.edu/props/volume-3/propDB-volume-3.html>

APC Herstellerangaben zur Leistung, Standschub und der aerodynamischen Koeffizienten nach NACA :

https://www.apcprop.com/files/PER2_STATIC-2.DAT

Der Standschub von Propellern und Rotoren:

<https://www.rc-network.de/threads/der-stands-chub-von-propellern-und-rotoren.11779893/>

Anhang: Propeller n100-Werte

A1 Aeronaut Cam Carbon (ACC)

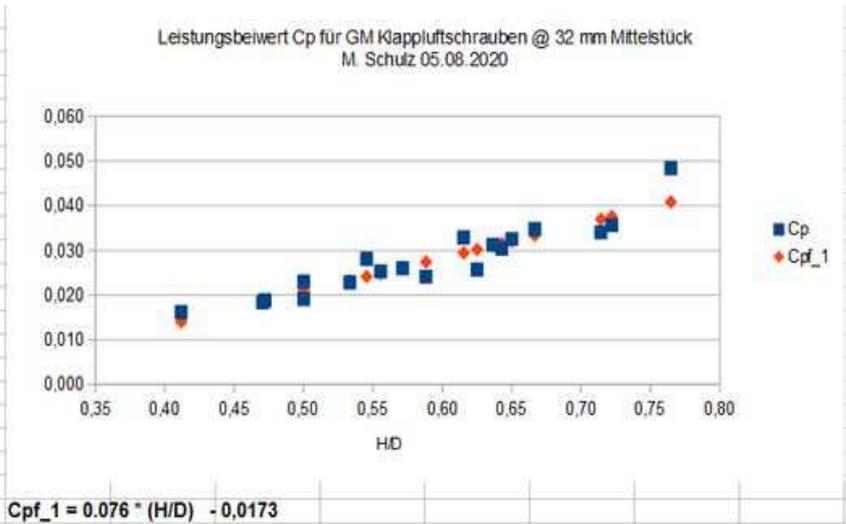
			Gemessene N-100 Werte (=Drehzahl bei 100 W)														
			Mittelstück 42 mm					Mittelstück 47 mm					Mittelstück 52 mm				
			-5°	-2,5°	0°	+2,5°	+5°	-5°	-2,5°	0°	+2,5°	+5°	-5°	-2,5°	0°	+2,5°	+5°
CAM-Carbon	20,0 x 12,5 cm	8,0x 5,0"	11200	10700	10150	9450	9000	10750	10270	9750	9070	8640	10190	9740	9230	8600	8190
CAM-Carbon	23,0 x 12,5 cm	9,0x 5,0"	9900	9400	8800	8400	7900	9540	9060	8480	8100	7620	9138	8680	8120	7750	7290
CAM-Carbon	24,0 x 12,5 cm	9,5x 5,0"	9000	8550	8100	7550	7100	8680	8250	7810	7290	6850	8370	7950	7520	7020	6600
CAM-Carbon	25,5 x 15,0 cm	10,0x 6,0"	8800	8400	7850	7200	6650	8510	8123	7590	6962	6430	8184	7810	7320	6696	6184
CAM-Carbon	25,5 x 20,0 cm	10,0x 8,0"	7350	7000	6600	6000	5550	7100	6760	6330	5800	5360	6880	6530	6100	5600	5180
CAM-Carbon	28,0 x 18,0 cm	11,0x 7,0"	7250	6850	6400	5900	5450	7030	6640	6210	5720	5270	6820	6440	5960	5550	5120
CAM-Carbon	28,0 x 20,0 cm	11,0x 8,0"	6650	6450	6150	5500	5000	6450	6256	5960	5330	4850	6244	6056	5775	5165	4695
CAM-Carbon	30,5 x 16,5 cm	12,0x 6,5"	6890	6390	6000	5680	5430	6700	6210	5830	5520	5280	6500	6030	5660	5360	5120
CAM-Carbon	30,5 x 20,0 cm	12,0x 8,0"	5750	5550	5300	4900	4600	5590	5390	5150	4760	4470	5420	5230	5000	4620	4340
CAM-Carbon	30,5 x 23,0 cm	12,0x 9,0"	5700	5450	5050	4800	4450	5535	5290	4910	4660	4321	5375	5140	4760	4526	4196
CAM-Carbon	32,0 x 19,0 cm	12,5x 7,5"	5950	5750	5200	4900	4550	5790	5595	5060	4768	4430	5623	5434	4910	4630	4230
CAM-Carbon	33,0 x 20,0 cm	13,0x 8,0"	5700	5400	5150	4800	4450	5550	5260	5010	4670	4330	5390	5110	4880	4540	4210
CAM-Carbon	33,0 x 28,0 cm	13,0x11,0"	4850	4600	4400	3950	3650	4720	4480	4280	3850	3550	4590	4350	4170	3740	3450
CAM-Carbon	35,5 x 20,0 cm	14,0x 8,0"	4600	4400	4150	3900	3550	4490	4290	4050	3810	3460	4370	4180	3940	3710	3372
CAM-Carbon	35,5 x 23,0 cm	14,0x 9,0"	4400	4200	3950	3700	3350	4300	4100	3850	3600	3250	4150	4000	3750	3500	3150
CAM-Carbon	35,5 x 25,5 cm	14,0x10,0"	4170	3940	3750	3590	3450	4070	3840	3660	3500	3370	3960	3740	3560	3410	3280
CAM-Carbon	38,0 x 20,0 cm	15,0x8,0"	4950	4625	4140	3840	3550	4865	4545	4069	3774	3489	4781	4468	3999	3710	3429
CAM-Carbon	38,0 x 25,5 cm	15,0x10,0"	4150	4000	3700	3400	3170	4078	3931	3636	3341	3115	4009	3864	3574	3284	3062
CAM-Carbon	38,0 x 33,0 cm	15,0x13,0"	3800	3600	3300	3050	2850	3720	3520	3230	2980	2790	3620	3430	3150	2910	2720
CAM-Carbon	40,5 x 20,0 cm	16,0x8,0"	4560	4250	3900	3650	3350	4478	4173	3830	3584	3290	4405	4105	3767	3526	3236
CAM-Carbon	40,5 x 25,5 cm	16,0x10,0"	3960	3710	3500	3330	3190	3880	3640	3420	3260	3130	3790	3550	3350	3180	3050
CAM-Carbon	40,5 x 33,0 cm	16,0x13,0"	3550	3400	3200	2900	2650	3480	3330	3130	2840	2600	3400	3250	3060	2770	2530
CAM-Carbon	43,0 x 23,0 cm	17,0x 9,0"	3900	3700	3400	3250	3070	3820	3630	3330	3180	3010	3740	3550	3260	3120	2950
CAM-Carbon	43,0 x 28,0 cm	17,0x11,0"	3400	3180	3000	2860	2730	3330	3120	2940	2800	2670	3260	3050	2880	2740	2620
CAM-Carbon	43,0 x 33,0 cm	17,0x13,0"	2940	2790	2650	2540	2440	2880	2730	2600	2490	2390	2820	2680	2540	2440	2340
CAM-Carbon	45,5 x 28,0 cm	18,0x11,0"	3400	3250	3070	2800	2600	3342	3195	3018	2752	2556	3203	3061	2960	2637	2450
CAM-Carbon	47,0 x 30,5 cm	18,5x12,0"	3000	2900	2760	2430	2250	2958	2859	2721	2396	2218	2919	2822	2685	2364	2189

<https://www.rc-network.de/attachments/luftschraubenvergleichswerte-xls.11905683/>

A2 GM Klappflufschrauben

Die Werte der GM Klappflufschrauben basieren auf Messwerten der A. Reisenauer Home Page, sowie aus eigenen Messwerten. Die Scale Klappflufschrauben sind nicht enthalten.

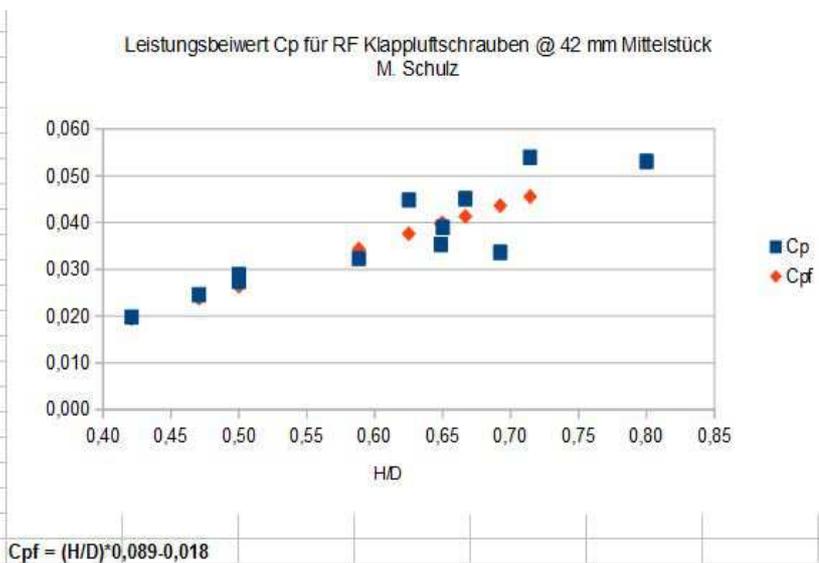
GM M32	n100	H/D	Cp
11x6	7170	0,55	0,028
12x8	5777	0,67	0,035
13x8	5149	0,62	0,033
14x7	5130	0,50	0,023
14x8	4921	0,57	0,026
14x9	4672	0,64	0,030
14x10	4501	0,71	0,034
15x8	4583	0,53	0,023
16x8	4365	0,50	0,019
16x10	3955	0,63	0,026
17x7	4171	0,41	0,016
17x8	3994	0,47	0,018
17x10	3652	0,59	0,024
17x13	2895	0,76	0,048
18x8.5	3606	0,47	0,019
18x10 (neu)	3269	0,56	0,025
18x13	2915	0,72	0,036
20x13	2520	0,65	0,033
22x14	2180	0,64	0,031



A3 RFM Klappflufschrauben

Die Werte der RF Klappflufschrauben basieren auf Messwerten der A. Reisenauer Home Page. Die RF S-Typen sind nicht enthalten.

RF M42	n100	H/D	Cp
10x8	6798	0,80	0,053
12x6	6251	0,50	0,027
12x8	5297	0,67	0,045
13x9	5112	0,69	0,034
14x10	3859	0,71	0,054
16x8	3806	0,50	0,029
16x10	3286	0,63	0,045
17x8	3629	0,47	0,025
17x10	3312	0,59	0,032
18.5x12	2793	0,65	0,035
19x8	3239	0,42	0,020
20x13	2374	0,65	0,039



A4 N100-Werte von APC Luftschrauben

https://www.apcprop.com/files/PER2_N100.DAT

A5 Leistungsaufnahme der ACC, GM und APC-E im Vergleich

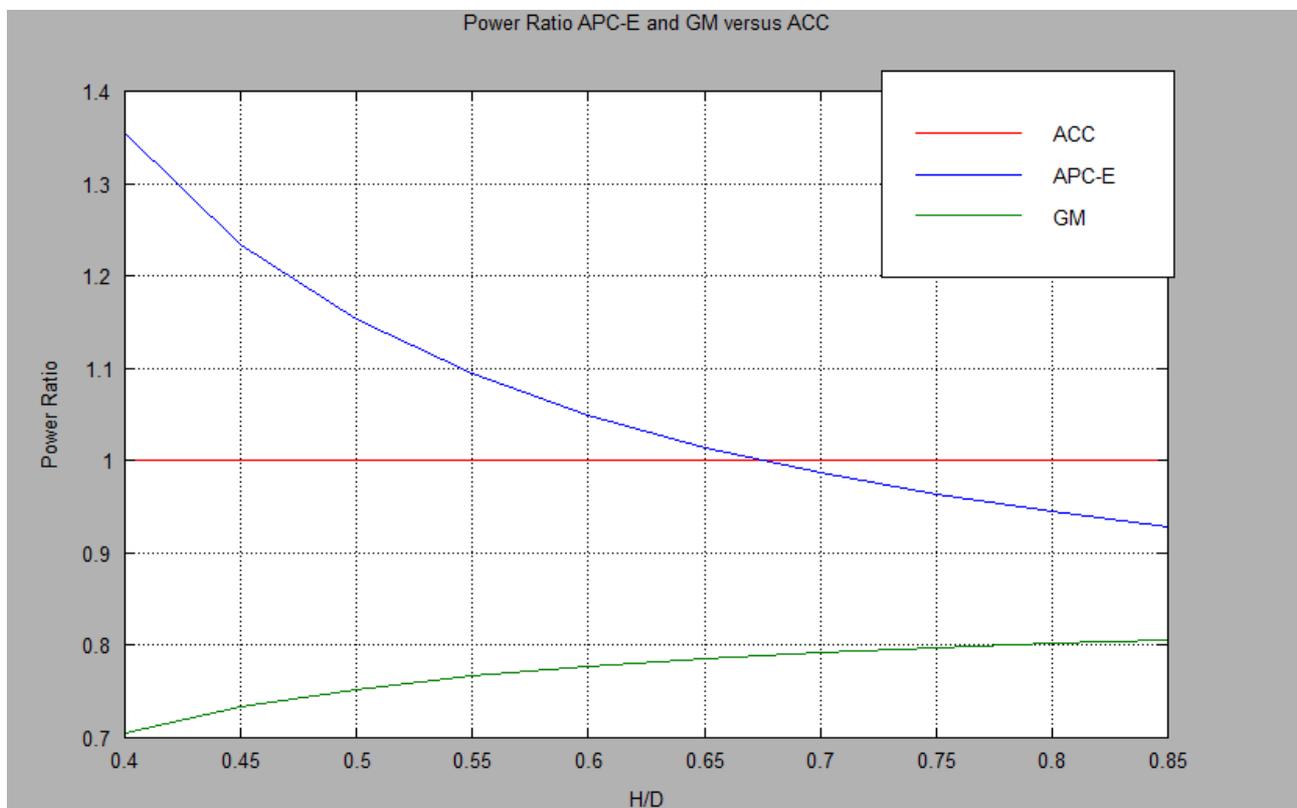
Die Propellertypen ACC, GM sowie die APC-E besitzen bei gleichem DxH stark unterschiedliche Leistungsaufnahmen. Der Vergleich ist ein Mittelwert, basierend auf dem Leistungskoeffizient C_p , welcher maßgeblich von dem Verhältnis H/D bestimmt wird.

Zusammen mit dem Durchmesser und der Drehzahl wird die Leistungsaufnahme vom Propeller bestimmt.

ρ ... air density [kg/m³]
 C_p ... Power Coefficient
D... Propeller Diameter [m]
n... revolutions per sec

$$P_{mech} = \rho \cdot C_p \cdot D^5 \cdot n^3$$

In der Grafik werden die ACC Klappflugschrauben als Referenz angenommen. Die GM Klappflugschrauben sind laut dem Plot diejenigen mit dem geringsten Leistungsbedarf. Die Leistungsunterschiede bei der gleichen Drehzahl und gleichem DxH sind teilweise enorm. Dies hat in der Praxis auch einen entsprechenden Einfluß auf den Schub eines Propellers.



Nach der Impulstheorie steigt der Standschub bei konstanter Drehzahl mit dem Durchmesser und mit der Strahlggeschwindigkeit (Pitch Speed) zum Quadrat. Ein Propeller mit einem niedrigeren C_P bei gleichem $D \times H$, bringt also bei weniger Eingangsleistung theoretisch den gleichen Schub als ein Propeller mit einem höheren C_P . Deutlich spürbar ist das z.B. bei den GM Klappluftschauben. Eine ACC 14x8 kann man nach meiner Erfahrung direkt gegen eine GM 16x8 austauschen. Der Standschub T als auch der max. Steigwinkel im Flug ist spürbar besser, die Stromaufnahme jedoch auf einem identischen Niveau.

$$T = \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \cdot \frac{\rho}{2} \cdot U_{pitch}^2$$

Abkürzungen, Begriffe und Übersetzungen:

ACC	Aeronaut Cam Carbon Klappluftschrauben
APC-E	APC Elektro Luftschrauben
Center Hub	Mittelstück bei Klappluftschrauben
tan	Winkelfunktion Tangens
atan	Arcustangens = Umkehrfunktion vom Tangens
Center Hub Offset	Versatzwinkel vom Mittelstück
C_p	Leistungskoeffizient Propeller (nach NACA definition)
current	Strom
D	Propeller Durchmesser
DOD	Depth of discharge = Entladetiefe
Efficiency, Eta	Wirkungsgrad
GM	Georgi Mirov CFK Klappluftschrauben
H	Propeller Steigung
in	Inch = Zoll
idle	Leerlauf
I_0	Leerlaufstrom
n100	Propellerdrehzahl bei 100 Watt Leistungsaufnahme
NACA	National Advisory Committee for Aeronautics
NiXX	NiCd oder NiMh Akku
Pitch	Propeller Steigung
Terminal voltage	Klemmenspannung = konstante Versorgungsspannung
Shaft Power	Wellenleistung = abgegebenen Motorleistung
Static Thrust, T	Stand Schub

Zum Download vom MotCalc_V85_RCN:

<https://www.magentacloud.de/lnk/KEUNGS2q>



Die Freigabe ist passwortgeschützt.