

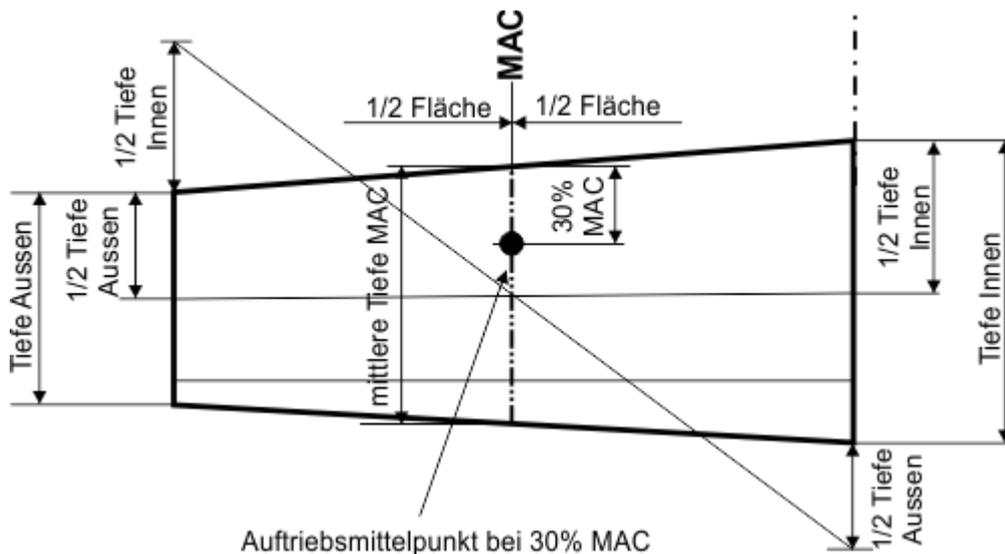
Schwerpunktrechnung für F2B Modelle

Die Lage des Schwerpunktes ist für das Flugverhalten unserer Modelle entscheidend. Durch die Anordnung der verschiedenen Einzelteile und Baugruppen entlang der Längsachse lässt sich der Schwerpunkt bereits vor dem Bau so planen, dass beim Einfliegen keine grossen Korrekturen durch das Anbringen von Trimmgewichten notwendig werden.

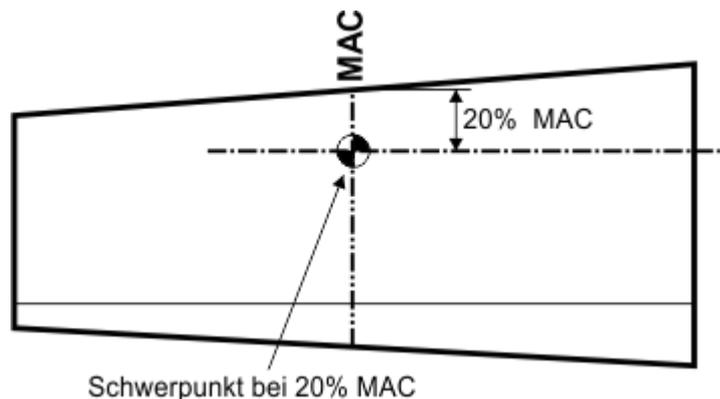
Wo soll der Schwerpunkt liegen?

Um einen stabilen Horizontalflug zu ermöglichen, muss der Schwerpunkt **vor** dem **Auftriebsmittelpunkt der Tragfläche** (inkl. Klappen) liegen. Der Auftriebsmittelpunkt eines typischen F2B Flügels liegt bei ca. 30% der **mittleren Flächentiefe MAC**.

Die Länge MAC und die Lage des Auftriebsmittelpunktes lassen sich grafisch bestimmen:



Stabiler Horizontalflug bei ausreichender Wendigkeit wird erreicht, wenn der Schwerpunkt ca. **10% vor dem Auftriebsmittelpunkt**, also bei ca. **20% MAC**, liegt:

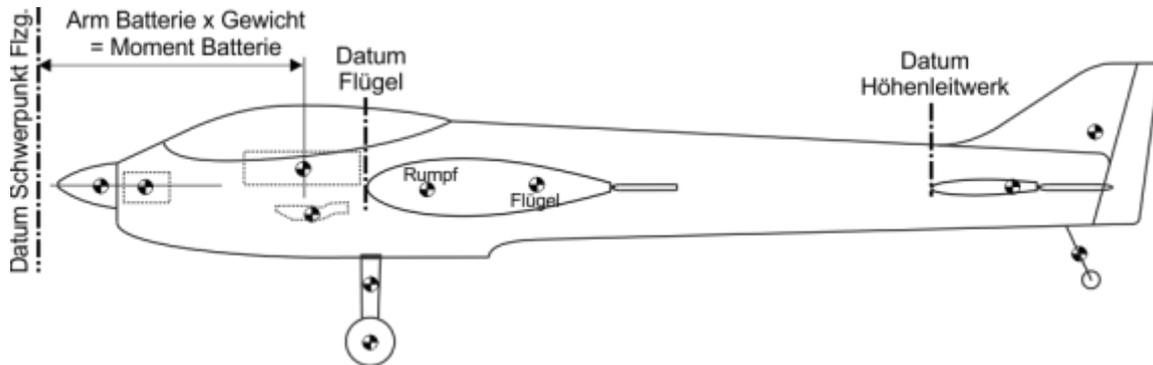


Wie der Schwerpunkt eines Flugzeuges bestimmt wird

Dazu werden zwei verschiedene Werte benötigt:

- Die **Gewichte** der Einzelteile, oder auch der Baugruppen (inkl. Treibstoff), in Gramm.
- Der **Abstand des Schwerpunktes der Teile** oder Gruppen von einem gemeinsamen Nullpunkt, in mm; der **Arm**

Der gemeinsame Nullpunkt bzw. das **Datum** aller Teile liegt auf der Längsachse in einem festen Abstand **vor** dem Flugzeug. Das Gewicht jedes Teiles oder jeder Gruppe wird mit seinem Abstand (Arm) vom Datum multipliziert und ergibt so ein (Dreh-) **Moment** in Gmm.



Moment ist:

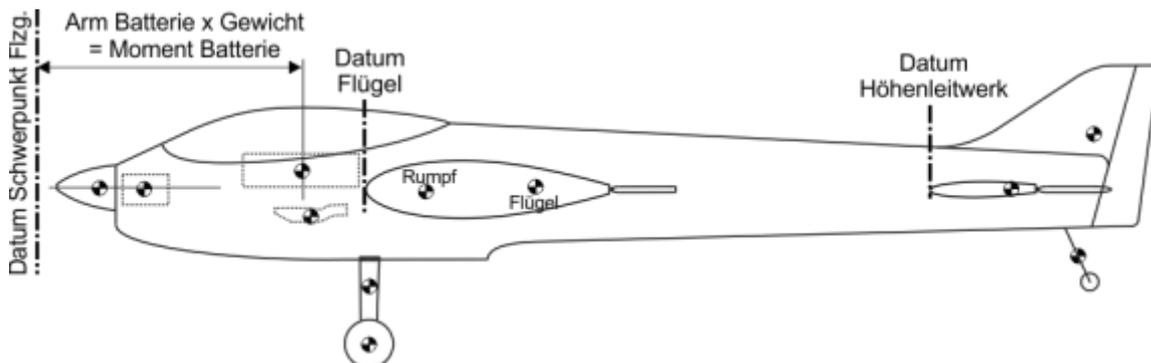
Batterie 400 Gr. mal Abstand SP Batterie vom Datum 250 mm = $400 \times 250 = 100000$ Gmm

Schwerpunkt ist:

Summe aller Momente dividiert durch Summe aller Gewichte.

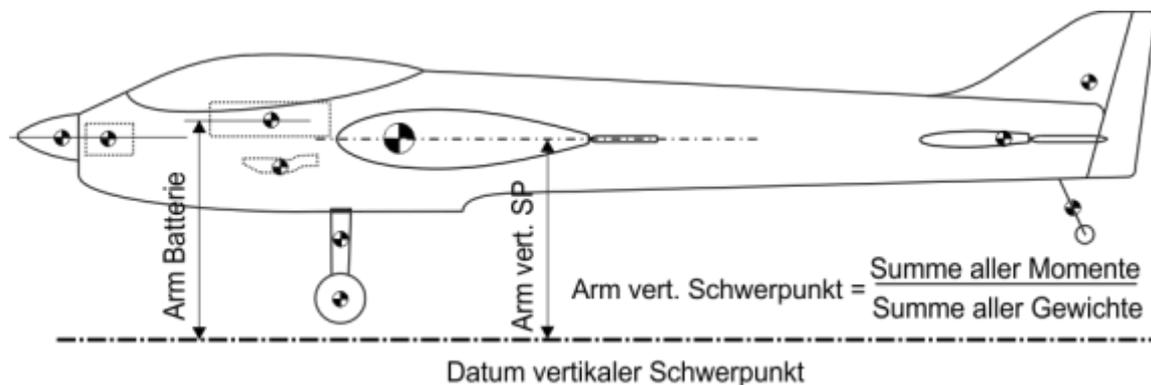
Das heißt:

- Die Momente werden addiert.
- Die Gewichte werden addiert.
- Die Summe aller Momente wird dividiert durch die Summe aller Gewichte.
- Dies ergibt den Abstand bzw. **Arm** des Schwerpunktes vom Datum.



Der vertikale Schwerpunkt

Der vertikale Schwerpunkt **muss** auf der Mittellinie des Flügels, bzw. des Segmentes, liegen. Auch geringe Abweichungen erzeugen, **verstärkt durch die Fliehkraft**, im Horizontalflug ein Drehmoment um die Längsachse des Flugzeuges. Dieses muss durch Trimmgewichte ober- oder unterhalb der Mittellinie korrigiert werden. Es ist deswegen notwendig, die vertikale Anordnung der Bauteile (Fahrwerk, Batterie, usw.) so zu wählen, dass **der vertikale Schwerpunkt auf die Mittellinie des Flügels fällt**.



Wie genau stimmen solche Berechnungen?

Im Grossflugzeugbau werden Gewichte und Momente bis auf die letzte Schraube sehr genau erfasst und auf die gleiche Weise in die „Weight and Balance“ Berechnung einbezogen. Zuerst bei der Konstruktion und danach vor jedem Flug. Dementsprechend sehr genau stimmt der Schwerpunkt des fertigen Fliegers beim Start (und auch vor der Landung). Wie immer, so steckt auch hier der Teufel im Detail, was bedeutet dass, je feiner detailliert Arme und Gewichte eingegeben werden, desto exakter ist das Resultat. Es lohnt sich deswegen durchaus, **für alle Baugruppen eine separate Tabelle** zu erstellen und diese noch vor dem Bau mit den Sollwerten für Gewichte und Arme zu füttern. Hier ein Beispiel für die Baugruppe „Höhenleitwerk“ aus einem aktuellen Projekt:

Höhenleitwerk	Schwerpunktrechnung					
Flächeninhalt qdm	10.48					
		Anzahl (St. od. qdm)	Gewicht / Stück	Gewicht	Arm ab Nase Stabilo	Moment
Rippen Stabilo 2 mm		18	0.2	3.6	51	184
Beplankung Stabilo		2	10	20.0	57	1140
Nasenhalm Stabilo		2	2.5	5.0	13	65
Randbogen Stabilo		2	1	2.0	63	126
Hauptholm Stabilo		2	4	8.0	51	408
Endh. Stabilo		1	2.8	2.8	100	280
Verstärkung Hauptholm		16	0.1	1.6	50	80
Verstärkung Endholm		16	0.1	1.0	84	84
Verstärkung Endholm		1	1.5	1.0	95	95
Nasenhalm HR		2	0.8	1.6	103	165
Verstärkung GFK Mitte		1	1.5	1.5	50	75
Beplankung HR 1.5 mm		4	4.0	16.0	140	2240
Gitterrahmen HR		16	0.2	3.2	136	435
Aufnahme Horn		2	1.5	3.0	120	360
Endholm HR		2	1.2	2.4	160	384
Füllstück 5 mm innen		2	0.7	1.4	132	185
Randbogen HR		2	0.2	0.4	124	50
Horn Höhensteuer 3 mm		1	14.0	14.0	110	1540
Scharnier 16 x 32 mm MPJ-2503W		6	0.8	4.5	102	459
Leim und Grundierung		1	12	12.0	85	1020
Rohbau				105		
Fertigschliff Stabilo & HR				15		
Summe aller Gewichte Rohbau				90		
Summe aller Momente Rohbau						9374
Arm Rohbau					104	
					Arm ab Nase Stabilo	Moment
Bespannung und Lackierung			Gr/qdm	Gewicht		
Oberfläche		20.0				
Bespannpapier Japico weiss 12 Gr			0.12	2.4	80	192
Anstrich Spannlack 50%		6	0.06	7.2	80	575
Acryl Farbe inkl. Verzierungen			0.7	14.0	80	1117
Summe aller Gewichte Finish				24		
Summe aller Momente Finish						1883

Arm Finish					80
Höhenleitwerk Summe d. Gewichte				114	
Summe aller Momente					11257
SP HLW, ab Nase Stabulo					99
Arm Höhenleitwerk ab Datum Flzg.					1141

Werden die die einzelnen Tabellen dann zusammengefasst, so lässt sich recht genau berechnen, wo der Schwerpunkt liegen wird und welchen Einfluss eine Änderung der Position und/oder des Gewichtes eines Bauteils, oder auch eines Trimmgewichtes, auf die Schwerpunktlage haben wird.

Baugruppen	Gewicht	Arm ab Datum	Moment
SP Rumpf & Seitenleitwerk, ab Datum	1065	347	369875
SP Tragfl. m. Klappen, ab Datum	490	554	271315
Arm Höhenleitwerk ab Datum	114	1141	129568
Gewichtsausgleich Leinen (1/2 Leinengewicht)	20	468	9360
Zusatztrimmgewicht Aussen	10	468	4680
Schrauben & Diverses	20	300	6000
Summe aller Gewichte	1718		
Gewicht oz.	60.6		
Summe aller Momente			790797
Schwerpunkt ab Datum, mm	460		

Die Werte in diesen beiden Tabellen sind als unvollständige Beispiele zu verstehen. Um eigene Untersuchungen, bzw. Planungen durchzuführen stelle ich auf Anfrage gerne eine vollständige und bearbeitbare Excel Tabelle zur Verfügung. (peterdgermann@bluewin.ch).

2. Juni 2021 pg