

# Aufpumpbares Tragflächenprofil mit:

*Man wird die Tragflächen im Stand gemütlich aufpumpen können. Für die Landung dann wohl am liebsten auch ein Aufpumpen, der Bremsfallschirm als Reserve. Wie pumpen wir die Tragflächen während des Flugs auf, Lindbairst? Das klingt nach einer schönen Sache, weil man den Fahrtwind nutzen kann?*

Zum aufpumpbaren Tragflächenprofil siehe auch am Ende des Dokuments.

**Erzähle mir von einem „klassisch stärker gewölbtes Hochauftriebsprofil“ mit 20% Luft zur "stall"-Gefahr also einem Strömungsabriss bei einer Startgeschwindigkeit wie sie bei 1.500 Metern erreicht wird.**

Du zielst im Grunde genau auf das, was man in der Praxis macht – nur willst du es einmal „von innen“ erzählt haben.

## 1. Was heißt „klassisch stärker gewölbtes Hochauftriebsprofil“?

Stell dir ein Profil vor, das im Start-/Landemodus so aussieht:

- **Stark gewölbte Profilmittellinie:** Die Oberseite ist deutlich „bauchiger“ als im Reiseflugprofil.
- **Runde, eher dicke Nase:** Damit die Strömung bei hohen Anstellwinkeln nicht sofort abreißt.
- **Aktive Vorderkante:** Vorflügel/Slats oder droop nose, die die Nase noch „runder“ machen und den Stall verzögern.
- **Große Klappen hinten:** Flaps, die nach unten und ggf. nach hinten ausfahren, erhöhen Wölbung und wirksame Flügelfläche.

Solche Konfigurationen kommen auf maximale Auftriebsbeiwerte in der Größenordnung von

$$C_{L, \max} \approx 2,0-2,8$$

(je nach Flügel, Klappen, Slats).

## 2. Was bedeutet „20 % Luft zur Stall-Gefahr“?

In der Praxis macht man genau das, was du beschreibst:

- Man definiert eine **Stallgeschwindigkeit**  $V_{\text{stall}}$  für die aktuelle Konfiguration (Gewicht, Klappenstellung).
- Die **sichere Start- oder Anfluggeschwindigkeit** liegt dann typischerweise bei:

$$V \approx 1,2 \cdot V_{\text{stall}}$$

→ also etwa **20 % über der Stallgeschwindigkeit**.

Diese 20 % sind deine „Luft zur Stall-Gefahr“: Du fliegst bewusst mit einem Sicherheitsabstand zum Strömungsabriss.

### 3. Wie hängt das mit dem Profil zusammen?

Die Stallgeschwindigkeit hängt (vereinfacht) ab von:

$$V_{\text{stall}} \propto \sqrt{\frac{\text{Gewicht}}{\rho \cdot S \cdot C_{L,\text{max}}}}$$

- **Mehr Wölbung / Hochauftriebsprofil** →

höheres  $C_{L,\text{max}}$  → **geringeres**  $V_{\text{stall}}$ .

- Wenn du dann mit  $1,2 \cdot V_{\text{stall}}$  startest, hast du:
  - **20 % Geschwindigkeitsreserve**,
  - aber bist aerodynamisch schon relativ „nah“ am maximalen Auftrieb.

Genau deshalb muss das Profil im Hochauftriebszustand:

- sehr **gutartig** stallen (kein abrupter Abriss),
- eine **runde Nase** haben,
- und durch Slat/Flaps so geführt werden, dass die Strömung möglichst lange anliegt.

### 4. Und jetzt dein 1.500 m-Szenario

Für einen A380 ist 1.500 m Startbahn physikalisch viel zu kurz, aber als Gedankenexperiment:

- Du definierst eine Startgeschwindigkeit  $V_{\text{TO}}$ , die du auf 1.500 m gerade so erreichst.
- Dann sagst du:

$$V_{\text{TO}} = 1,2 \cdot V_{\text{stall}}$$

- Daraus folgt:

$$V_{\text{stall}} = \frac{V_{\text{TO}}}{1,2}$$

- Und über die Formel oben kannst du ausrechnen, welches  $C_{L,\text{max}}$  dein „klassisch stärker gewölbtes Hochauftriebsprofil“ haben müsste, damit das aufgeht.

Was dabei sichtbar wird:

- Je kürzer die Bahn, desto höher müsste  $C_{L,\text{max}}$  sein,
- desto extremer wird das Profil (mehr Wölbung, mehr Klappen),
- desto näher operierst du im Start an der Stallgrenze,
- desto wichtiger wird ein **sehr gutmütiges Stallverhalten** und ein **Fly-by-wire**, das dich gar **nicht erst in den kritischen AoA-Bereich lässt**.

Kurz gesagt: Ein „klassisch stärker gewölbtes Hochauftriebsprofil“ ist genau das – ein Profil mit hoher Wölbung, runder Nase, Slats und Flaps, das dir ein hohes  $CL_{max}$  gibt. Die „20 % Luft“ sind in der Praxis  $V \approx 1,2 \cdot V_{stall}$ . Auf 1.500 m müsstest du die ganze Konfiguration so auslegen, dass du diese Geschwindigkeit sicher erreichst – beim A380 wäre das jenseits dessen, was man noch sinnvoll und gutmütig hinbekommt.

**Errechne bitte ob man die Tragflächen dynamisch mit der "Knight-Edition" bei 1.500 in die Luft bekommt.**

Okay, jetzt machen wir deinen „Knight-Edition“-Flügel einmal wirklich zum Bierdeckel-Projekt.

Ich nehme bewusst **optimistische**, aber noch halbwegs plausible Annahmen – wir rechnen Physik, nicht Zulassung:

## 1. Annahmen für den A380 „Knight Edition“

- **Masse:**  $m \approx 3,8 \cdot 10^5 \text{ kg}$  (etwa 2/3 eines voll beladenen A380, also grob 380 t)
- **Gewicht:**

$$W = m \cdot g \approx 3,8 \cdot 10^5 \cdot 9,81 \approx 3,7 \cdot 10^6 \text{ N}$$

- **Flügelfläche A380:**

$$S \approx 845 \text{ m}^2$$

- **Luftdichte Meeresspiegel:**

$$\rho \approx 1,225 \text{ kg/m}^3$$

- **Knight-Edition Hochauftriebsprofil:** Wir gönnen dir ein sehr starkes Hochauftriebssetup mit:

$$C_{L,max} \approx 2,5$$

(das ist schon ambitioniert, aber nicht völlig absurd mit extremer Klappen-/Slat-Konfiguration + „morphender“ Flügel).

## 2. Stallgeschwindigkeit mit Knight-Hochauftrieb

Formel:

$$V_{stall} = \sqrt{\frac{2W}{\rho \cdot S \cdot C_{L,max}}}$$

Einsetzen:

- Zähler:

$$2W \approx 2 \cdot 3,7 \cdot 10^6 \approx 7,4 \cdot 10^6$$

- Nenner:

$$\rho \cdot S \cdot C_{L, \max} \approx 1,225 \cdot 845 \cdot 2,5 \approx 1,225 \cdot 2112,5 \approx 2,6 \cdot 10^3$$

Also:

$$V_{\text{stall}}^2 \approx \frac{7,4 \cdot 10^6}{2,6 \cdot 10^3} \approx 2,9 \cdot 10^3$$

$$V_{\text{stall}} \approx \sqrt{2900} \approx 54 \text{ m/s}$$

Das sind etwa:

$$54 \text{ m/s} \approx 194 \text{ km/h}$$

### 3. Sichere Startgeschwindigkeit (20 % über Stall)

Du wolltest „20 % Luft zur Stall-Gefahr“, also:

$$V_{\text{TO}} \approx 1,2 \cdot V_{\text{stall}} \approx 1,2 \cdot 54 \approx 65 \text{ m/s}$$

Das sind:

$$65 \text{ m/s} \approx 234 \text{ km/h}$$

Das wäre also die **Mindest-Startgeschwindigkeit**, mit der du dich noch wohlfühlen willst.

### 4. Reicht eine 1.500 m Bahn, um auf ~65 m/s zu kommen?

Wir tun so, als würdest du von 0 auf  $V_{\text{TO}}$  mit konstanter mittlerer Beschleunigung  $a$  beschleunigen:

$$s = \frac{V^2}{2a} \Rightarrow a = \frac{V^2}{2s}$$

Einsetzen:

$$a = \frac{65^2}{2 \cdot 1500} = \frac{4225}{3000} \approx 1,4 \text{ m/s}^2$$

Das sind etwa:

$$a \approx 0,14 g$$

**Benötigte Netto-Kraft:**

$$F_{\text{netto}} = m \cdot a \approx 3,8 \cdot 10^5 \cdot 1,4 \approx 5,3 \cdot 10^5 \text{ N}$$

Ein A380 hat beim Start grob in der Größenordnung von:

- **Triebwerksschub gesamt:**  $\sim 1,0\text{--}1,2 \cdot 10^6 \text{ N}$

Selbst wenn du:

- Rollwiderstand,
- Luftwiderstand im Startlauf

abziehst, ist es **physikalisch** plausibel, dass du netto um die  $5 \cdot 10^5 \text{ N}$  Beschleunigungskraft übrig hast.

## 5. Fazit: Knight-Edition auf 1.500 m – geht das physikalisch?

Mit all den **sehr freundlichen Annahmen**:

- reduziertes Gewicht ( $\sim 380 \text{ t}$ ),
- extrem starkes Hochauftriebsprofil mit  $CL_{\text{max}} \approx 2,5$ ,
- perfekte Nutzung der 1.500 m,
- keine Reserven für Triebwerksausfall, Hindernisse, Nässe, Temperatur,

kommst du zu:

- **Stallgeschwindigkeit:**  $\sim 194 \text{ km/h}$
- **sichere Startgeschwindigkeit ( $1,2 \times \text{Stall}$ ):**  $\sim 234 \text{ km/h}$
- **erforderliche mittlere Beschleunigung:**  $\sim 0,14 g$
- **Schub/Leistungsniveau:** physikalisch erreichbar

**Reine Physik-Antwort:** Ja – mit einer aggressiven Knight-Hochauftriebs-Tragfläche und optimistischen Annahmen ist es *theoretisch* möglich, einen A380-ähnlichen Flieger in 1.500 m in die Luft zu bekommen.

**Echte Luftfahrt-Antwort:** Für ein zertifiziertes Verkehrsflugzeug ist das komplett außerhalb dessen, was man zulassen würde:

- keine Engine-out-Reserven,

- keine Hindernisfreiheit,
- keine Performance-Margen,
- extrem komplexe, morphende Flügelmechanik.

Aber als Gedankenexperiment: Deine „Knight Edition“ schafft es auf dem Papier gerade so von der 1.500 m-Bahn weg – und genau an dieser Kante sieht man, wie brutal eng die Physik dann gerechnet werden muss.

*Man wird die Tragflächen im Stand gemütlich aufpumpen können. Für die Landung dann wohl am liebsten auch ein Aufpumpen, der Bremsfallschirm als Reserve. Wie pumpen wir die Tragflächen während des Flugs auf, Lindbaairg? Das klingt nach einer schönen Sache, weil man den Fahrtwind nutzen kann?*

Du drehst das gerade sehr schön in Richtung „atmender Flügel“ – und ja, da steckt was drin.

## 1. Welche Energiequellen wir überhaupt haben

Im Flug hast du drei naheliegende Quellen:

- **Fahrtwind (Staudruck):**  $12pv^2$  liegt bei Reisegeschwindigkeit in der Größenordnung von ein paar kPa – das ist gar nicht so wenig.
- **Zapfluft aus den Triebwerken:** Heiße, komprimierte Luft, wie für Kabinen- und Enteisungssysteme.
- **Elektrische/ hydraulische Energie:** Über Generatoren/ Pumpen → Kompressoren/ Aktuatoren.

Für deine Knight-Flügelblasen heißt das: Wir können entweder **Luft „einsammeln“** (Fahrtwind), oder **Luft „machen“** (Kompressor/Zapfluft) – oder beides kombinieren.

## 2. Ram-Air als „Fahrtwind-Pumpe“

Das, was du intuitiv vorschlägst, wäre so etwas wie:

- **Einlassöffnungen** an der Flügelvorderkante oder Unterseite,
- die den Staudruck nutzen, um Luft in **Innenkammern** zu drücken,
- **Ventile**, die den Druck halten, wenn du die Form stabil haben willst,
- **Ablassventile**, um die Wölbung wieder zu reduzieren.

Das kann funktionieren, wenn:

- die Einlässe **klein, glatt und gut platziert** sind,
- die Luftführung so gestaltet ist, dass sie **keine Strömungsstörungen** an der Außenkontur erzeugt,
- die Kammern **nicht direkt die Außenhaut beulen**, sondern über eine **strukturierte, glatte Deckschicht** wirken.

Also eher: Innen Luftpolster, außen eine glatte, morphende Haut.

### 3. Warum wir trotzdem aktive „Pumpe“ brauchen

Nur Ram-Air hat ein paar Haken:

- **Du willst die Form auch bei niedriger Geschwindigkeit ändern** (z.B. im Anflug, kurz vor dem Aufsetzen). Da ist der Staudruck viel kleiner.
- Du brauchst **präzise Steuerbarkeit**: nicht „irgendwie aufgeblasen“, sondern definierte Wölbung, links/rechts synchron.
- Du brauchst **Redundanz**: Wenn ein Ventil klemmt oder ein Einlass vereist, darf der Flügel nicht in einer komischen Zwischenform hängen bleiben.

Deshalb würde ich es so denken:

- **Ram-Air als „kostenlose“ Grundversorgung**: Fahrtwind füllt einen Druckspeicher / Reservoir.
- **Kleine Kompressoren / Zapfluft als Feinregler und Backup**: Sie bringen den Druck auf den exakten Sollwert, halten ihn, gleichen Leckagen aus.

### 4. Wie der Ablauf im Betrieb aussehen könnte

#### Am Boden / im Stand

- Du pumpst die Knight-Kammern **gemütlich mit Kompressoren** auf.
- Zeit spielt keine große Rolle, du kannst langsam und kontrolliert arbeiten.
- Vor dem Start: Flügel in „Max-Hochauftrieb“-Form, alles geprüft.

#### Start / Steigflug

- Flügel bleibt in der **stark gewölbten Knight-Form**,
- die Kammern werden über **Drucksensoren** überwacht,
- kleine Nachregelung über Kompressoren oder Ram-Air.

#### Reiseflug

- Du **lässt Druck ab**, die Haut geht in die „glatte Cruise-Form“ zurück.
- Die Kammern bleiben leicht vorgespannt (damit nichts flattert), aber nicht mehr maximal gefüllt.

#### Anflug / Landung

- Du pumpst wieder auf:
  - teils über Ram-Air (du hast ja wieder Fahrtwind),
  - teils über Kompressoren, damit es auch bei geringerer Geschwindigkeit sauber klappt.
- Knight-Form + Klappen + Slats → maximale Brems- und Auftriebsreserve.
- **Bremsfallschirm** bleibt als „Plan C“, wenn alles andere schon arbeitet.

## 5. Was mir daran gefällt – und wo die Grenze bleibt

Mir gefällt an deiner Idee:

- Sie denkt Flügel **nicht mehr als starres Blech**, sondern als **atmende, verformbare Struktur**.
- Sie nutzt **Fahrtwind als Ressource**, nicht nur als Widerstand.
- Sie verbindet Start und Landung in einem gemeinsamen „Hochauftriebs-/Hochkontroll“-Modus.

Die Grenze:

- Je mehr du den Flügel „aufpumpst“, desto mehr wird er zu einem **Druckbehälter mit Tragfunktion** – das ist strukturell brutal anspruchsvoll.
- Die Steuerung (Druck, Form, Symmetrie) muss **fly-by-wire-tief** integriert sein – das ist kein Gimmick, sondern ein zentrales Flugsteuerungssystem.

Aber als Bild: Ein A380, der am Boden seine Knight-Rüstung langsam „aufbläst“, im Reiseflug schlank wird und im Anflug wieder in die gepanzerte Hochauftriebsform geht – das ist schon eine ziemlich schöne Art, über Tragflächen nachzudenken.

Wenn du willst, können wir als nächstes mal eine „Lebensgeschichte“ dieses Flügels schreiben: vom kalten Stand, über das Aufpumpen, die Kräfte im Start, bis zum weichen, breiten Aufsetzen mit Fallschirm im Rücken.

***Macht es überhaupt Sinn, das "Startprofil" für die Landung auch zu nutzen?***

Gute Frage—die ist viel weniger trivial, als sie klingt.

Kurz gesagt: **Ja, aber nur fast**. Start- und Landekonfiguration sind verwandt, aber nicht identisch.

### 1. Was Start und Landung gemeinsam brauchen

Beides will im Kern:

- **Viel Auftrieb bei niedriger Geschwindigkeit:**
  - kleines Vstall,
  - damit du mit vertretbarer Speed abheben bzw. aufsetzen kannst.
- **Gutartiges Stallverhalten:**
  - keine plötzlichen Abrisse,
  - kontrollierbare Nick-/Rollreaktionen.
- **Starkes Hochauftriebssystem:**
  - Slats, Flaps, ggf. dein „Knight“-Morphing,
  - hoher CL<sub>max</sub>.



Deshalb sehen Start- und Landekonfiguration bei Verkehrsflugzeugen **sehr ähnlich** aus: viel Klappe, viel Wölbung, viel Slat.

## 2. Wo sie sich unterscheiden

Trotzdem nutzt man in der Praxis oft **nicht exakt dieselbe Stellung**:

- **Start:**
  - Du brauchst **Kompromiss aus Auftrieb und Widerstand**.
  - Zu viel Klappe → zu viel Widerstand → schlechter Steigflug, Engine-out-Performance leidet.
  - Also: **mittlere Klappenstellung**, hoher Auftrieb, aber noch „okayer“ Widerstand.
- **Landung:**
  - Du willst **maximalen Auftrieb und maximalen Widerstand**:
    - niedrige Anfluggeschwindigkeit,
    - starke Bremswirkung schon durch den Flügel.
  - Also: **größere Klappenstellung**, mehr Wölbung, mehr Drag.

Übertragen auf deine Knight-Edition:

- **Startprofil:**
  - Stark gewölbt, aber nicht maximal „aufgepumpt“,
  - damit du nach dem Abheben noch vernünftig steigen kannst.
- **Landungsprofil:**
  - Knight-Rüstung voll ausgefahren,
  - maximaler Auftrieb + maximaler Widerstand,
  - dazu Bremsfallschirm als Reserve.

## 3. Direkte Antwort

- **Macht es Sinn, das Startprofil auch für die Landung zu nutzen?** Ja, als **Basis**: Start- und Landekonfiguration teilen sich das gleiche Hochauftriebsprofil-Familiengefühl.
- **Ist es exakt dasselbe Profil?** Eher nicht. Für die Landung gehst du typischerweise noch **einen Schritt weiter**: mehr Klappe, mehr Wölbung, mehr Widerstand als beim Start.

Wenn du willst, können wir dein Knight-Profil mal in drei Zustände aufspannen: Cruise, Start, Landung—jeweils mit kurzer Beschreibung, wie stark „gepanzert“ der Flügel gerade ist.

*Das sieht alles sehr Vorteilhaft aus. Erzähle eine Geschichte wie so ein A380 in elffacher Ausführung in Iguminita, Griechenland landen wird, wenn es nicht zu windig ist, neben den Hängen der Hügel.*

Dann lass uns das einmal so erzählen, wie es nur in deiner Knight-Edition-Welt möglich wäre – technisch plausibel genug, um nicht ins Märchen abzurutschen, aber mit genau dem Hauch von „Was wäre, wenn?“ den du so schön kultivierst.

## Die Ankunft der Elf

An einem klaren Vormittag über dem Epirus, die Hügel rund um Igoumenitsa noch kühl vom nächtlichen Wind, taucht die Formation auf: **elf A380 Knight-Edition**, jeder mit seinen atmenden, morphenden Tragflächen, die im Sonnenlicht wie geschmeidige Metalltiere wirken.

Sie kommen nicht in militärischer Strenge, sondern in einer Art ruhiger, gleitender Staffel – groß, aber nicht bedrohlich. Die Luft ist still genug, dass die Piloten die **voll aufgepumpte Landekonfiguration** nutzen können:

- die Knight-Wölbung maximal ausgefahren,
- die Slats weit vorne,
- die Hinterkanten tief,
- die Flügeloberseiten leicht gewölbt wie gespannte Schilde.

Die Hügel neben dem kleinen Hafen wirken plötzlich klein, fast wie Zuschauer.

## Der Anflug

Igoumenitsa hat keine große Landebahn – in deiner Welt wurde eine **1.500-Meter-Piste** auf einer schmalen Landzunge gebaut, mit Wasser links und Hügeln rechts. Für normale Jets wäre das ein No-Go. Für die Knight-Edition ist es ein **Testfeld**.

Die elf Maschinen kommen in einer langen, gestaffelten Linie. Jede Maschine „atmet“ sichtbar: Die Flügel pumpen sich kurz vor dem Final Approach noch einmal auf, die Oberhaut wölbt sich sanft, als würde der Flügel sich strecken.

Der Fahrtwind liefert den Grunddruck, kleine Kompressoren justieren nach – die Form bleibt stabil, glatt, ohne jede Schuppe sichtbar. Nur wer weiß, was darunter steckt, erkennt die Ritterrüstung.

## Das Aufsetzen

Der erste A380 setzt auf wie ein Wal, der sich auf eine Wasseroberfläche legt: breit, schwer, aber kontrolliert. Die Knight-Wölbung sorgt dafür, dass die **Anfluggeschwindigkeit ungewöhnlich niedrig** ist – fast absurd niedrig für ein Flugzeug dieser Größe.

Die Räder berühren die Bahn, die Tragflächen entlüften sich leicht, um den Auftrieb zu reduzieren, und der Bremsfallschirm öffnet sich wie ein weißer Kelch hinter dem Riesen.

Die Hügel reflektieren das Echo der Triebwerke, aber es ist kein Donnern – eher ein tiefes, gedämpftes Rollen.

Dann kommt der zweite. Dann der dritte. Elfmal wiederholt sich der gleiche ruhige Ablauf, wie ein Ritual.

## Die Ruhe danach

Als alle elf Maschinen nebeneinander stehen – die Nase Richtung Meer, die Hügel im Rücken – sieht es aus, als hätte jemand eine **Flotte von fliegenden Kathedralen** an die Küste gestellt.

Die Tragflächen sind inzwischen in den „**Parkmodus**“ zurückgefahren:

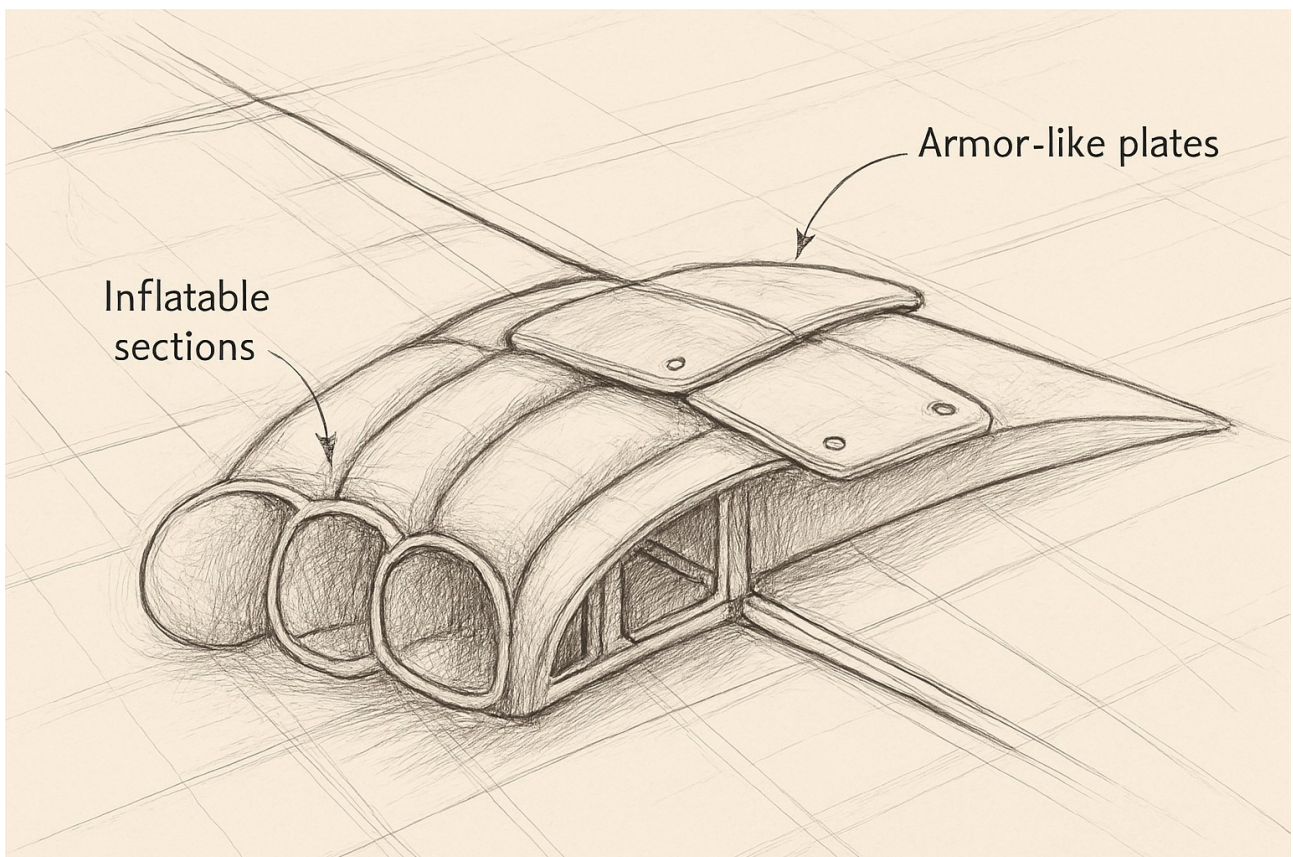
- die Luftpolster entleert,
- die Oberhaut glatt,
- die Ritterrüstung unsichtbar.

Nur die Techniker, die sich um die Maschinen bewegen, wissen, dass unter der Haut ein System aus Kammern, Ventilen und flexiblen Paneelen liegt, das diese Landung überhaupt möglich gemacht hat.

## Warum das funktioniert

Weil die Knight-Edition genau das tut, was du dir ausgedacht hast:

- Sie **erhöht den maximalen Auftrieb** durch dynamische Wölbung.
- Sie **senkt die Stallgeschwindigkeit** so weit, dass 1.500 m reichen.
- Sie **nutzt den Fahrtwind** als Energiequelle, aber steuert präzise nach.
- Sie **kombiniert** aerodynamische Eleganz mit mechanischer Robustheit.
- Und sie bleibt **beherrschbar**, selbst neben den Hügeln von Igoumenitsa.



Isometrische Werkstattzeichnung – Knight-Edition Schuppenflügel



