

*e*-volo

Volocopter



Vom Spielzeug zum bemannten  
Luftfahrzeug

Dipl.-Phys. Thomas Senkel

[www.e-volo.com](http://www.e-volo.com)

# Segelflug



# Schwebeflug



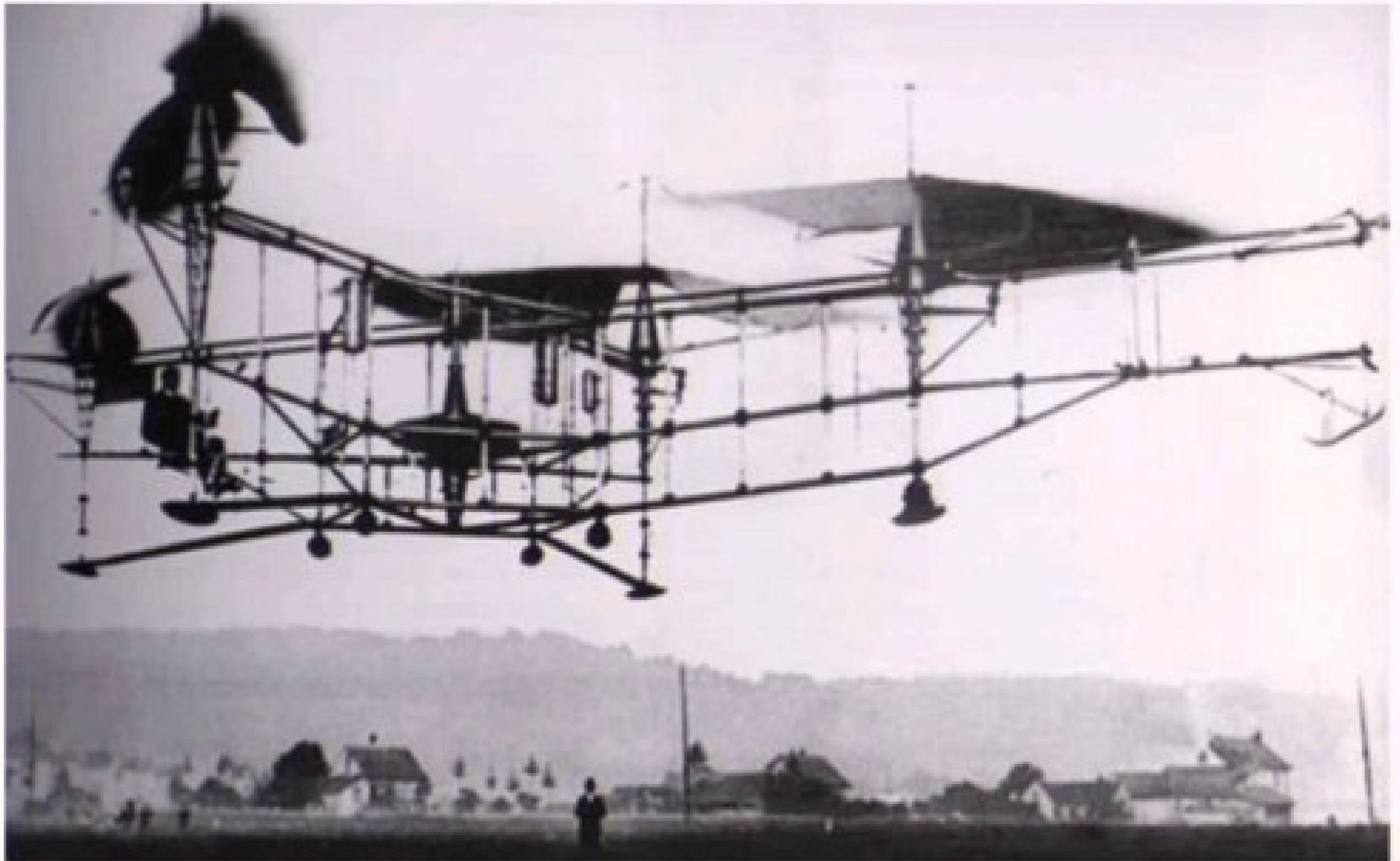
# Schwebeflug



# Etienne Oehmichen



# Oehmichen No 2, 1922



# Pescara Typ 4S, 1931



Bundesarchiv, Bild 103-12592  
Foto: o.Ang. | November 1931

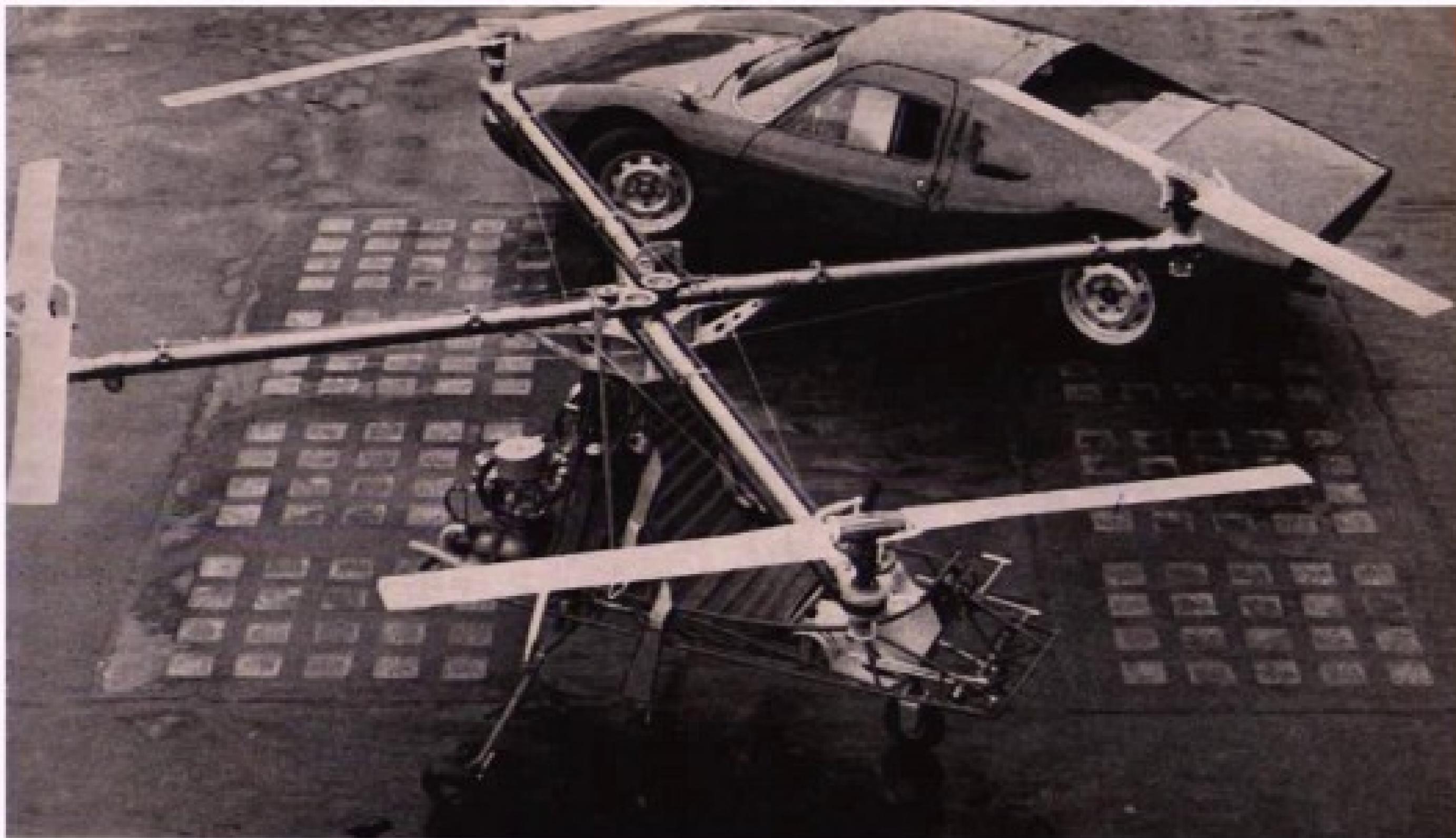
# Sikorsky VS-300, 1939



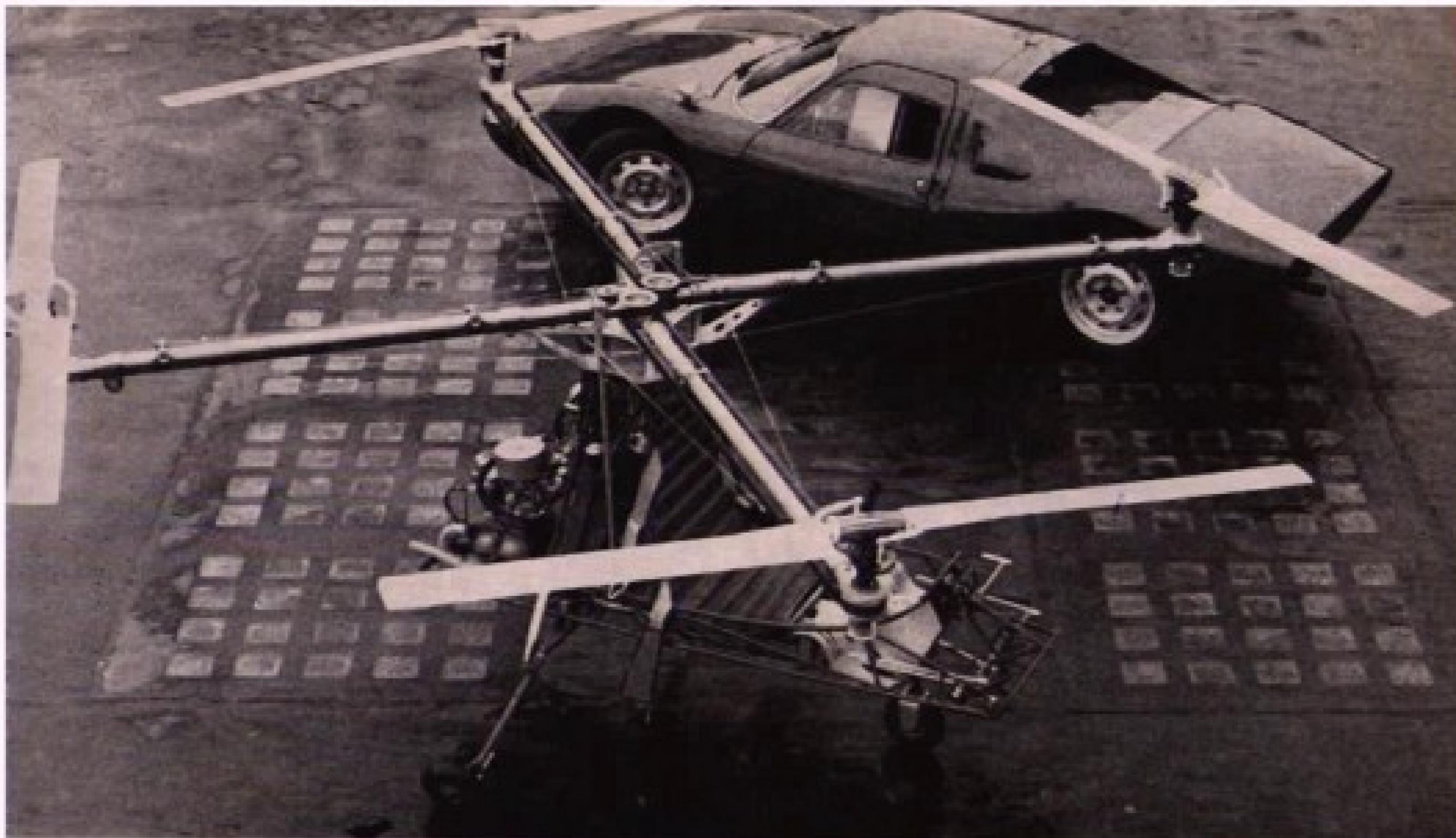
# Sikorsky VS-300, 1939



# Müller WGM-21, 1969



# Müller WGM-21, 1969



# e-volo VC1, 2011



Helicopter

Tandem-/Koax- Helicopter

Quadrocopter

Hexacopter

Oktocopter

Multicopter

Volocopter

Helicopter

Tandem-/Koax- Helicopter

Quadrocopter

Hexacopter

Oktocopter

Multicopter

Volocopter

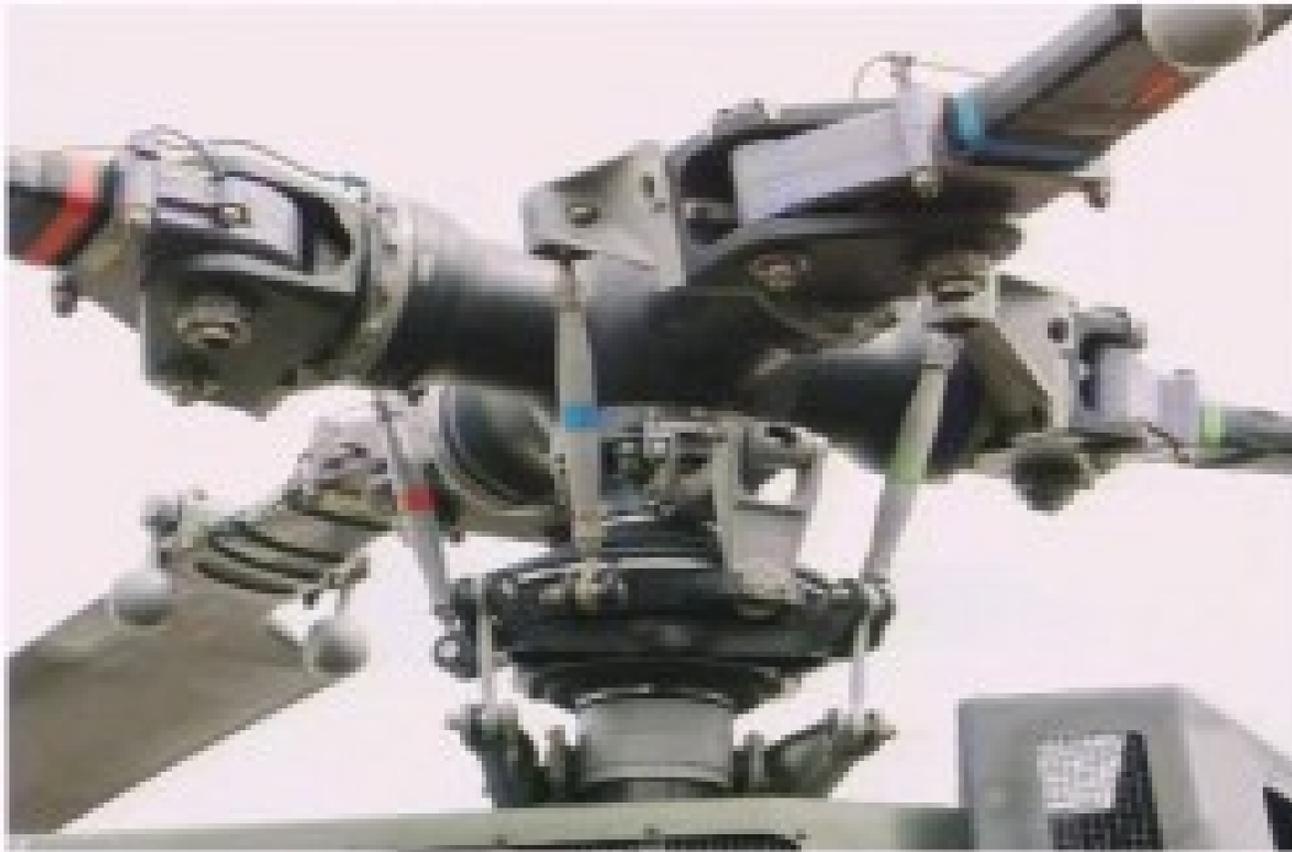
# Definition Volocopter

Ein senkrecht startendes und landendes, bemanntes Luftfahrzeug mit vielzähligen elektrisch angetriebenen Rotoren, bei dem die Lagestabilisierung durch Drehzahländerung erfolgt.

# Vorteile Volocopter

- Senkrechtes Starten und Landen, Schweben, einfaches Handling
- Leise und sauber durch E-Antrieb
- Einfache und zuverlässige Mechanik
- Günstig in Unterhalt und Wartung
- Sicherheit durch Redundanz und Gesamt-Rettungssystem
- Weitgehende Automatisierung möglich

# Rotorköpfe im Vergleich



- Taumelscheibe
- Gelenke
- Schubstangen



- Direktantrieb
- BLDC Motor

# Wie alles anfing...



# Wie alles anfang...

[Aktive Beiträge](#)



[Mikroopter](#) - [Forum](#) - [Mikroopter](#) - [Nachrichten](#) - [Supersize MKI](#)

[Foto-Video-Docking](#) Professionelle Luftschubsysteme in höchster Foto und Video Qualität [www.docking.de](#)

[RC-Flug, Neuheiten, günstig](#) Elektro-Jets, Flächenmodelle & Helis Direktimport und Europa-Preisliste [www.rcjet.com](#)

[Simons Helikopter](#) 3,5 Kanal Helikopter mit Mini-HD-Kamera-Set bei PEARL [www.pearl.de](#) [Google](#) [Images](#)

## Supersize MKI

Seite 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Autor	Neuer Beitrag
stern	11.01.2010 06:04
<b>Mitglied</b> Registrieren seit Jan 2010 Beiträge: 39 CW: Karlsruhe	<p><b>Selberflieger meinte</b></p> <p>Man könnte 4 Propa u 4 Motoren nehmen, die jeweils synchron arbeiten. Also nur 20 Motoren und Propeller</p> <p>Um bei der zuvor genannten Strahlflächenbelastung (Schub pro Fläche) von 8-12 kg/qm zu bleiben, bräuhete man dann 20 Propeller mit 24"</p> <p><b>Selberflieger meinte</b></p> <p>Die Propeller sind in rechtslinks doch bestimmt auch größer als 12" erhältlich.</p> <p>Dachte ich auch, gefunden habe ich bislang aber leider keine.</p> <p>Daher nochmal die Frage: Wer kennt Hersteller/Bezugsquellen für "große" LR Propeller?</p> <p><b>Selberflieger meinte</b></p> <p>Bis jetzt aber doch skeptisch, ob man wirklich mit 12 kW Gesamtleistung kommt.</p> <p>Wemja, die 7 g/ltr spez. Schub beim MKI im Schwabenstand hat man bekanntlich im Niedriglastbereich, man hat (und will) noch 2- bis 3-fache Schubreserven. Letzteres darf man mantragend natürlich nicht erwarten und es ist auch nicht nötig, denn wer will außer in der Achterbahn mit 2-3 g beschleunigt werden?</p> <p><b>Selberflieger meinte</b></p> <p>Sollten die kleineren Anteeile wirklich zwei effizienter sein?</p>

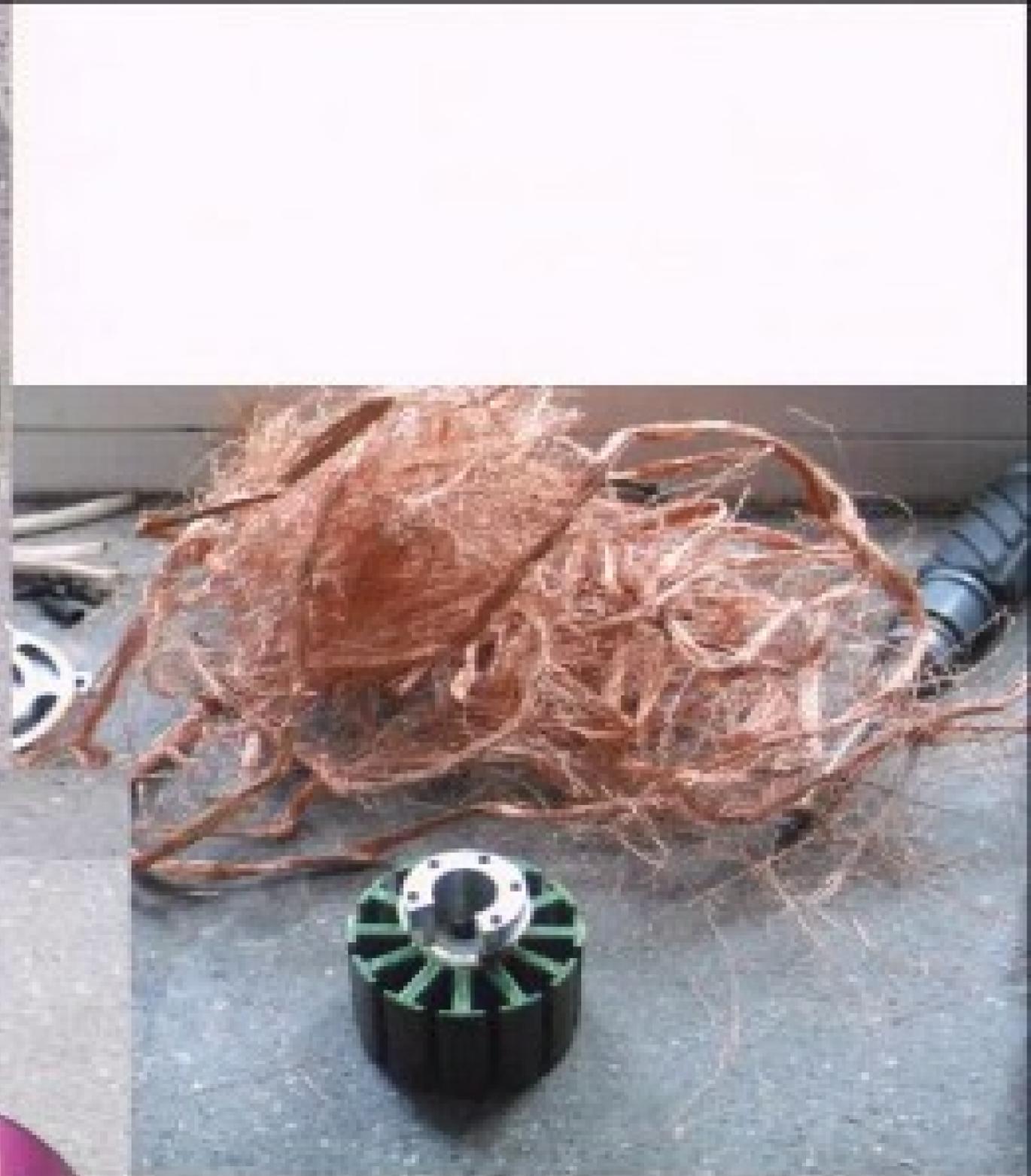
# Voraussetzungen

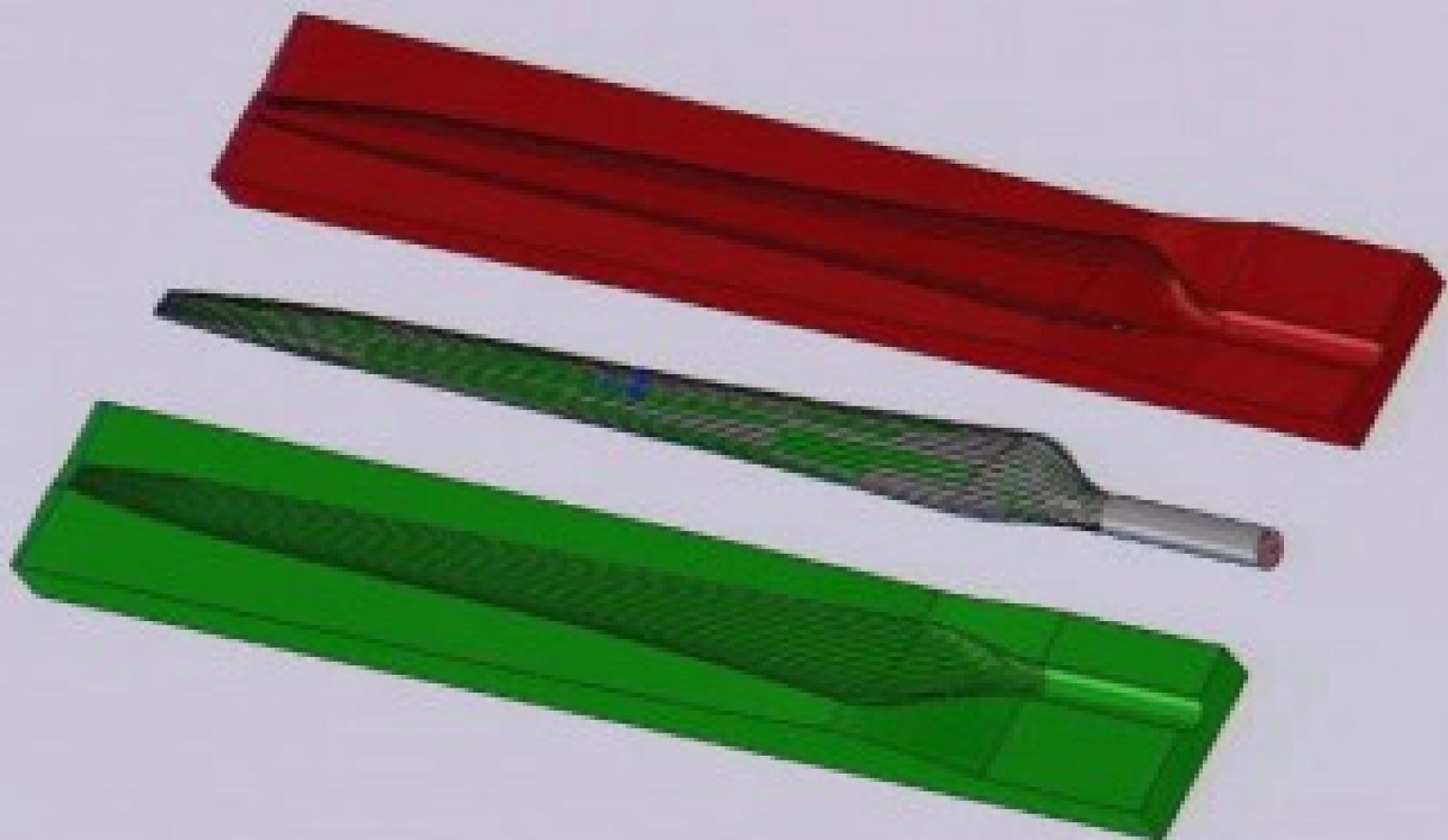
- Schnelle Mikrocontroller
- Preiswerte Sensoren (MEMS Gyroskope)
- Starke NdFeB Magnete
- BLDC Motoren mit hoher Leistungsdichte
- LiPo Akkus mit hoher Energiedichte
- Leichte und feste Materialien (Kohlefaser)





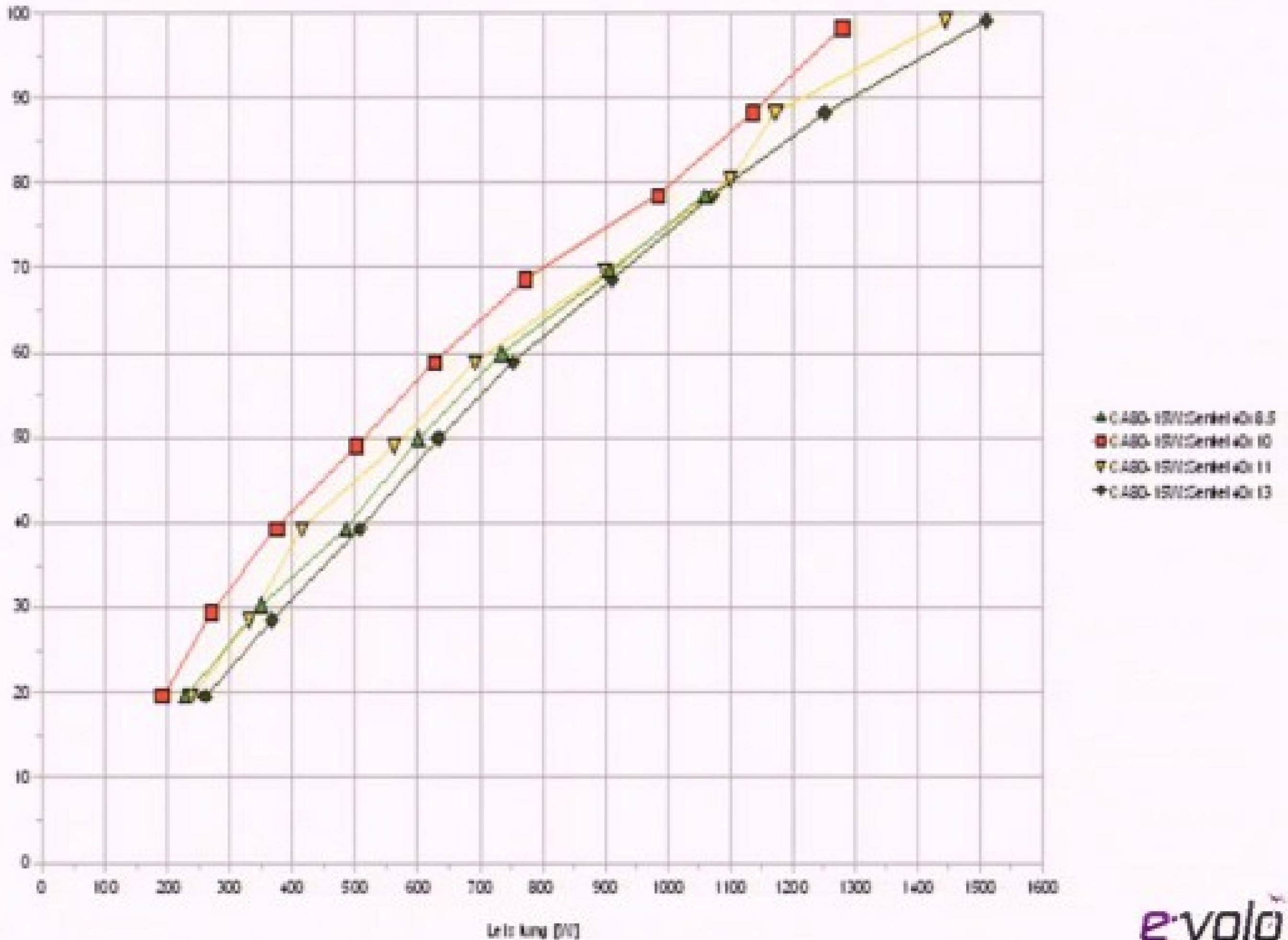








# Schubmessungen mit C80 und Senkel CFK Prop



# Strahltheorie

Der Leistungsbedarf  $P$  für den Schwebeflug ist gegeben durch:

$$P = \frac{1}{\zeta} \sqrt{\frac{S^3}{2\rho A}}$$

mit der Schubkraft  $S$ , der Rotorfläche  $A$ , der Luftdichte  $\rho$  und dem Gütegrad  $\zeta$ .

Für den Schwebeflug muss die Schubkraft genau so groß wie die Gewichtskraft sein.

Der spezifische Schub  $S/P$  ist gegeben durch:

$$\frac{S}{P} = \zeta \sqrt{2\rho} \sqrt{\frac{1}{S/A}}$$

Dabei ist  $S/A$  die Rotorflächenbelastung.

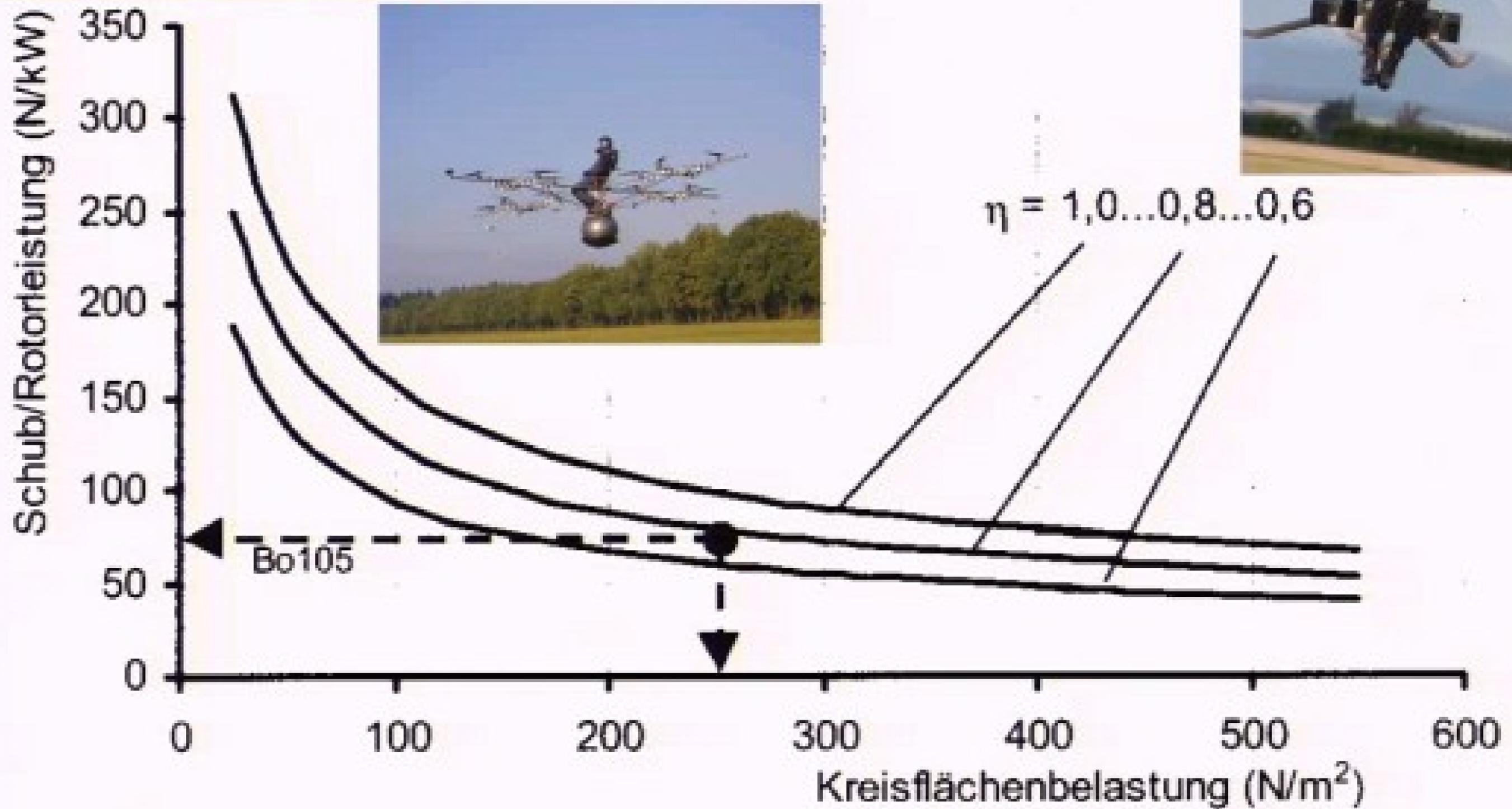
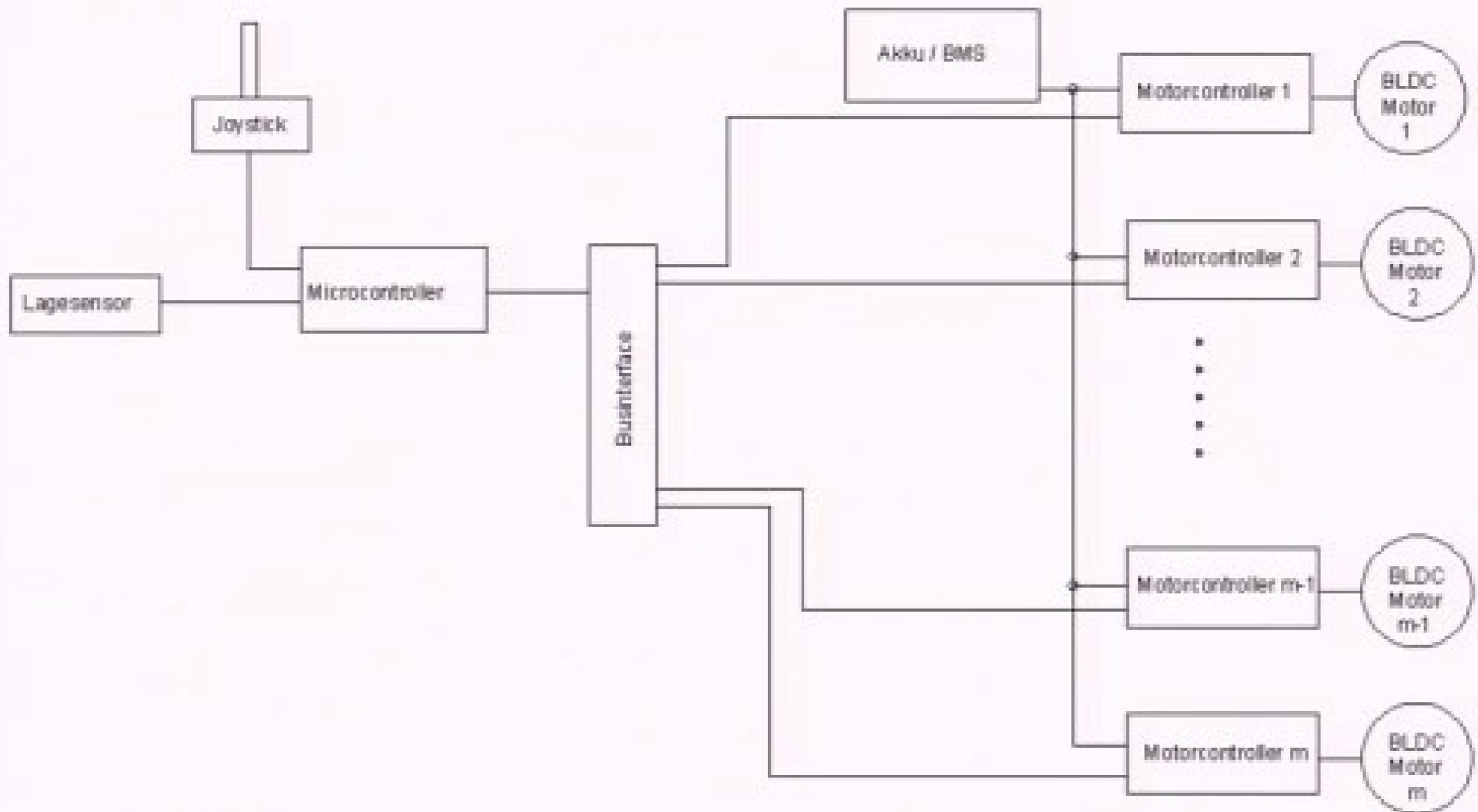


Bild 9.1 Leistungs- über der Kreisflächenbelastung

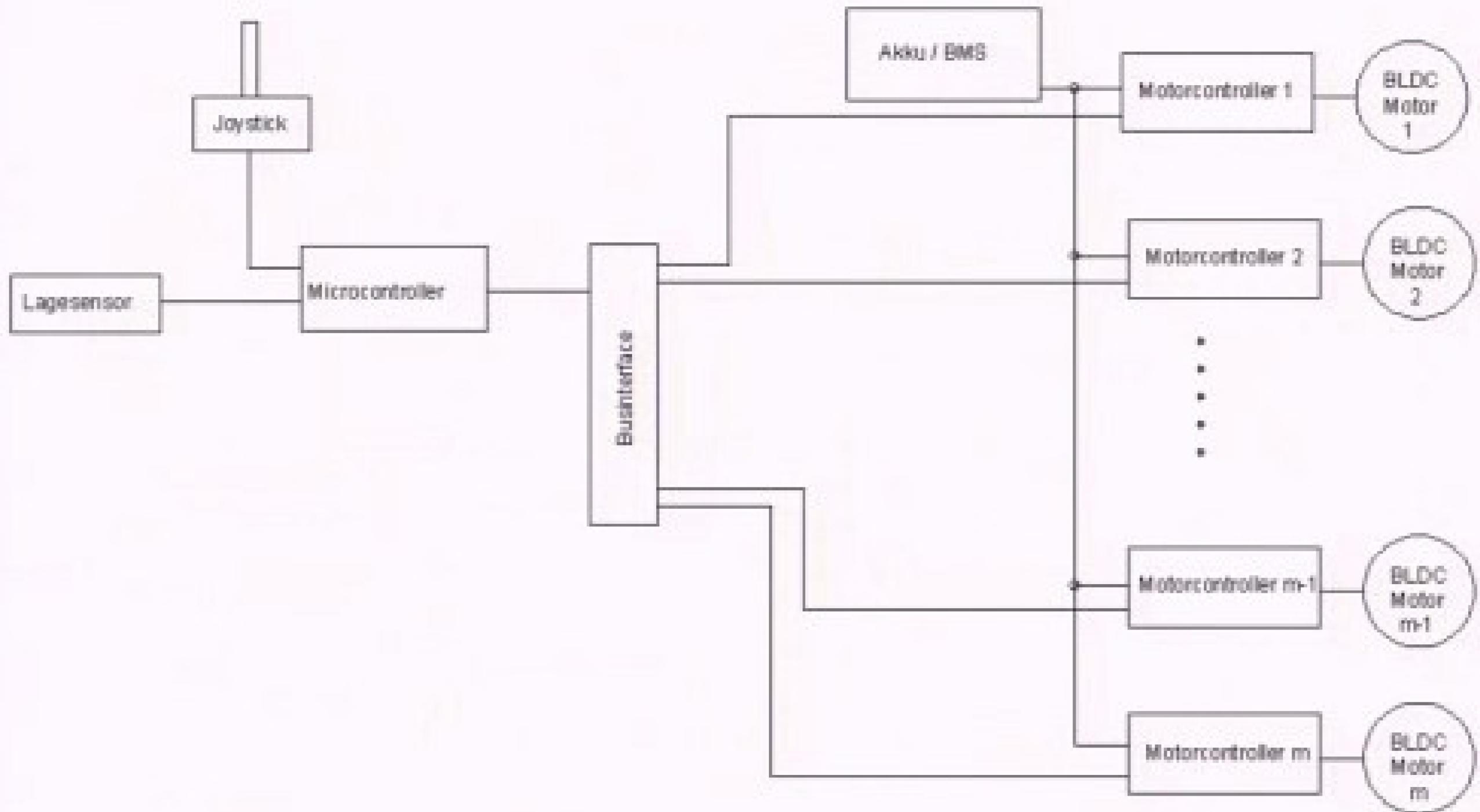




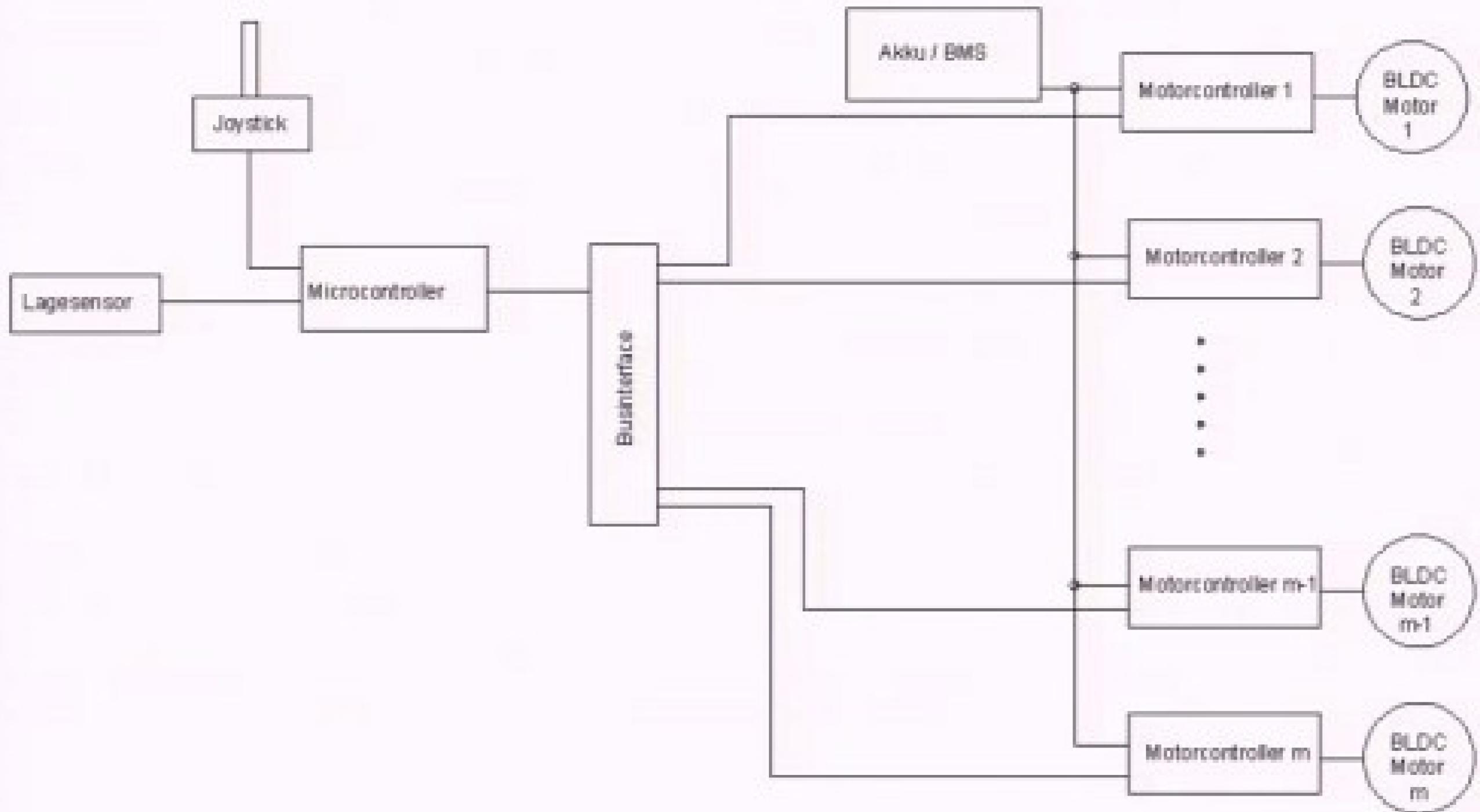
# Elektronik, einfach



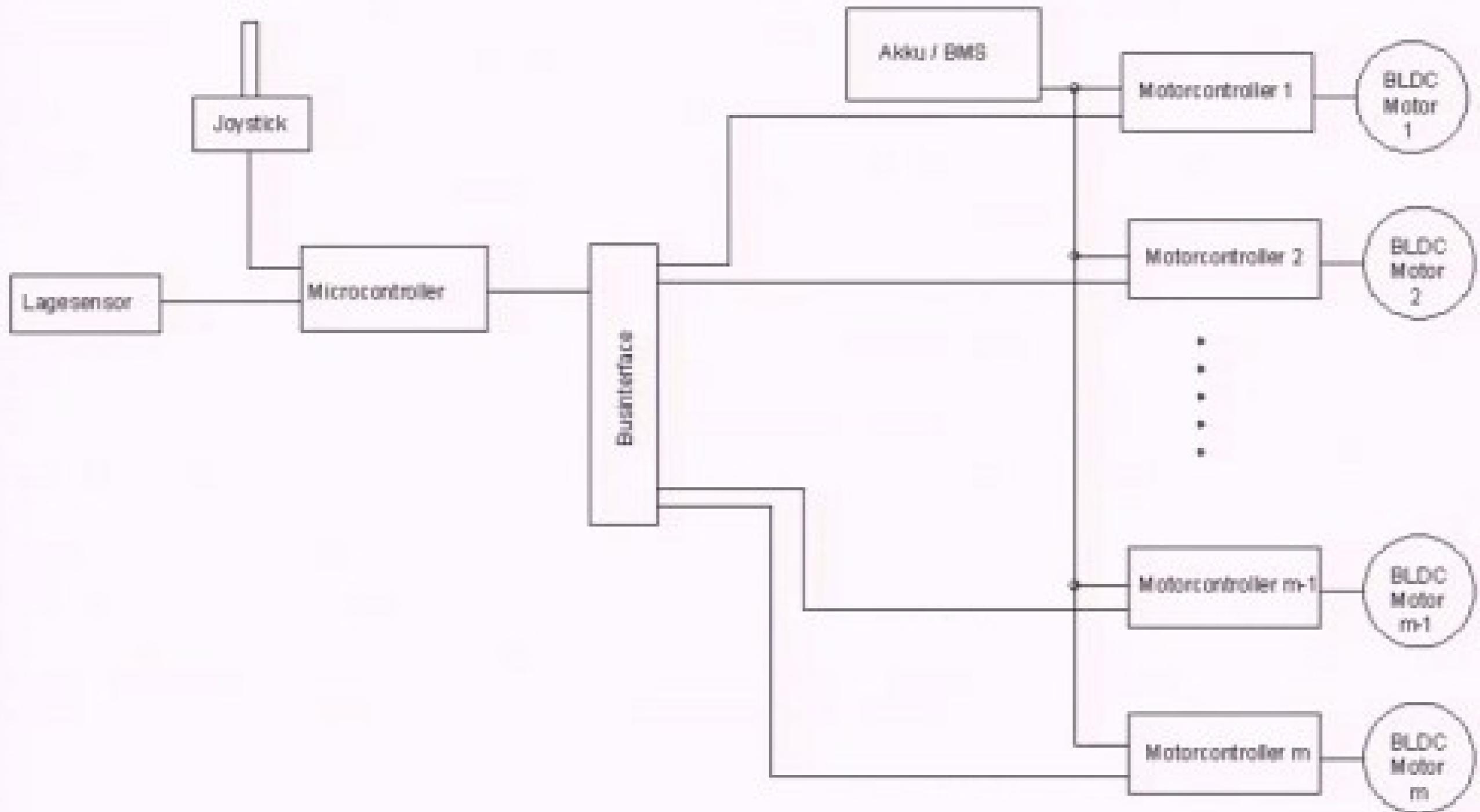
# Elektronik, einfach



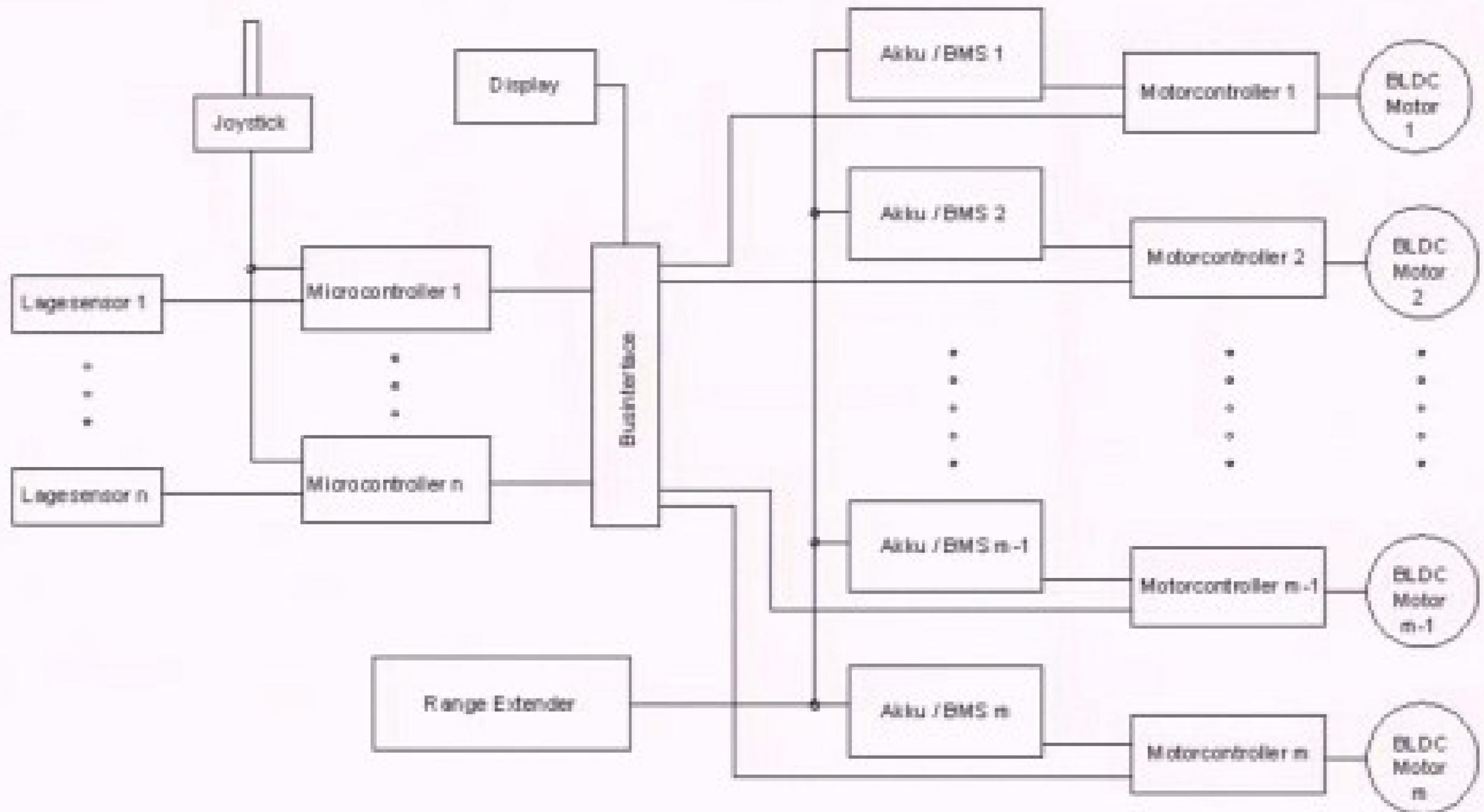
# Elektronik, einfach



# Elektronik, einfach



# Elektronik, mehrfach redundant



# Anordnung Akkus

	Zentral	2-3 Blöcke	18 Blöcke
Ausfallsicherheit	-	+	++
Handling	+	++	-
Akkus tauschen	0	++	-
Aufwand Gehäuse	++	+	-
Kabel zum Motorcontroller	-	0	++
Kabel zum Ladegerät	++	+	-
Aufwand BMS	++	+	-
Aufwand Ladegerät	+	+	0
Schwerpunktlage	+	++	0
Gewicht	+	0	-
Erwärmung	-	0	++
Ein-/Ausschalter	++	0	-







# Der große Tag: 21. Oktober 2011













# Weltweite Resonanz



- Video auf Youtube innerhalb 1 Woche 1 Mio. Klicks; inzwischen 3,5 Mio.
- Hunderte von Presseberichten und Fernsehbeiträgen weltweit
- Einladungen zu großen Luftfahrtmessen
- Lindbergh Electric Aircraft Prize (LEAP)

# Weltweite Resonanz



- Video auf Youtube innerhalb 1 Woche 1 Mio. Klicks; inzwischen 3,5 Mio.
- Hunderte von Presseberichten und Fernsehbeiträgen weltweit
- Einladungen zu großen Luftfahrtmessen
- Lindbergh Electric Aircraft Prize (LEAP)

# Weltweite Resonanz

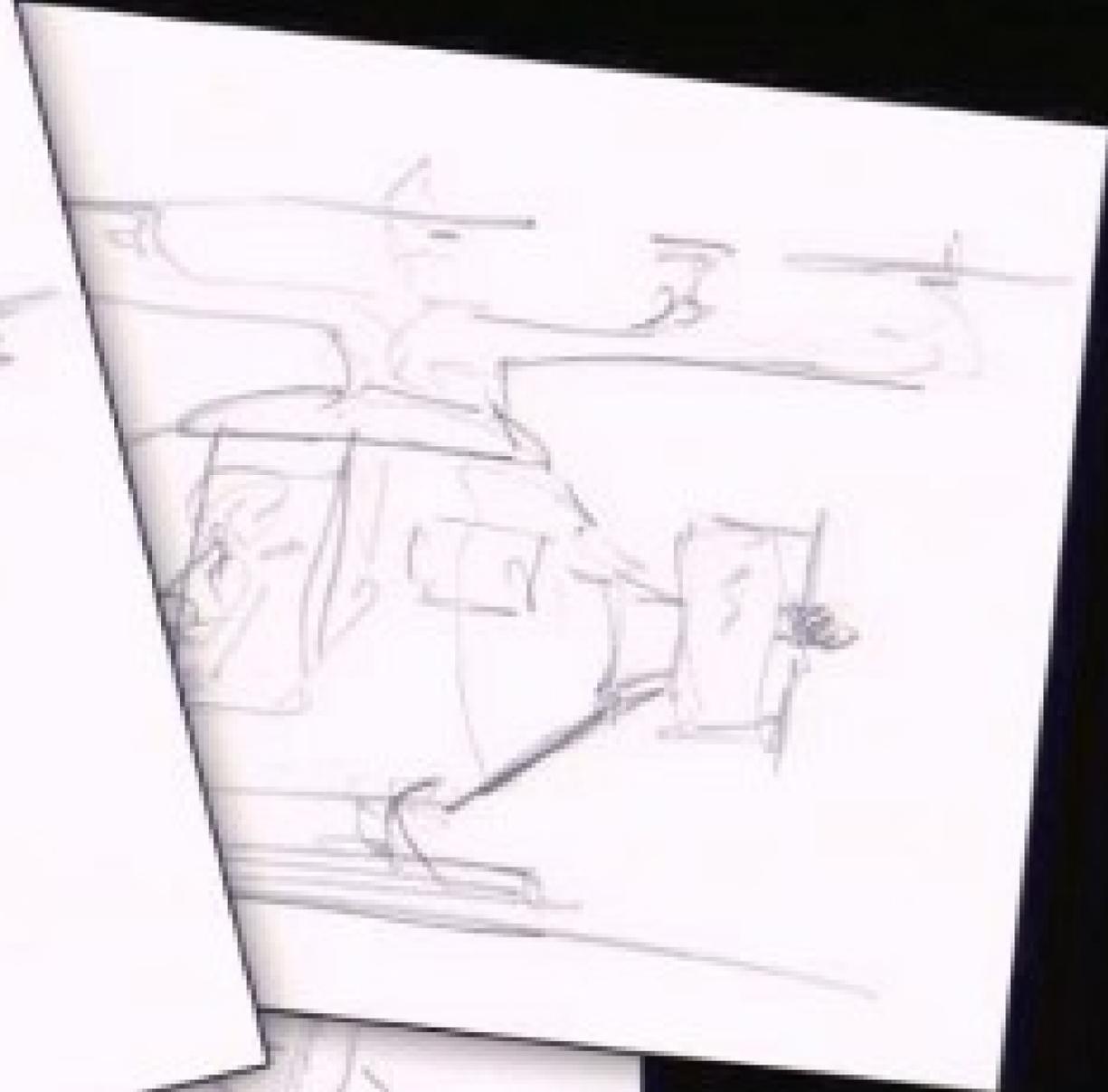
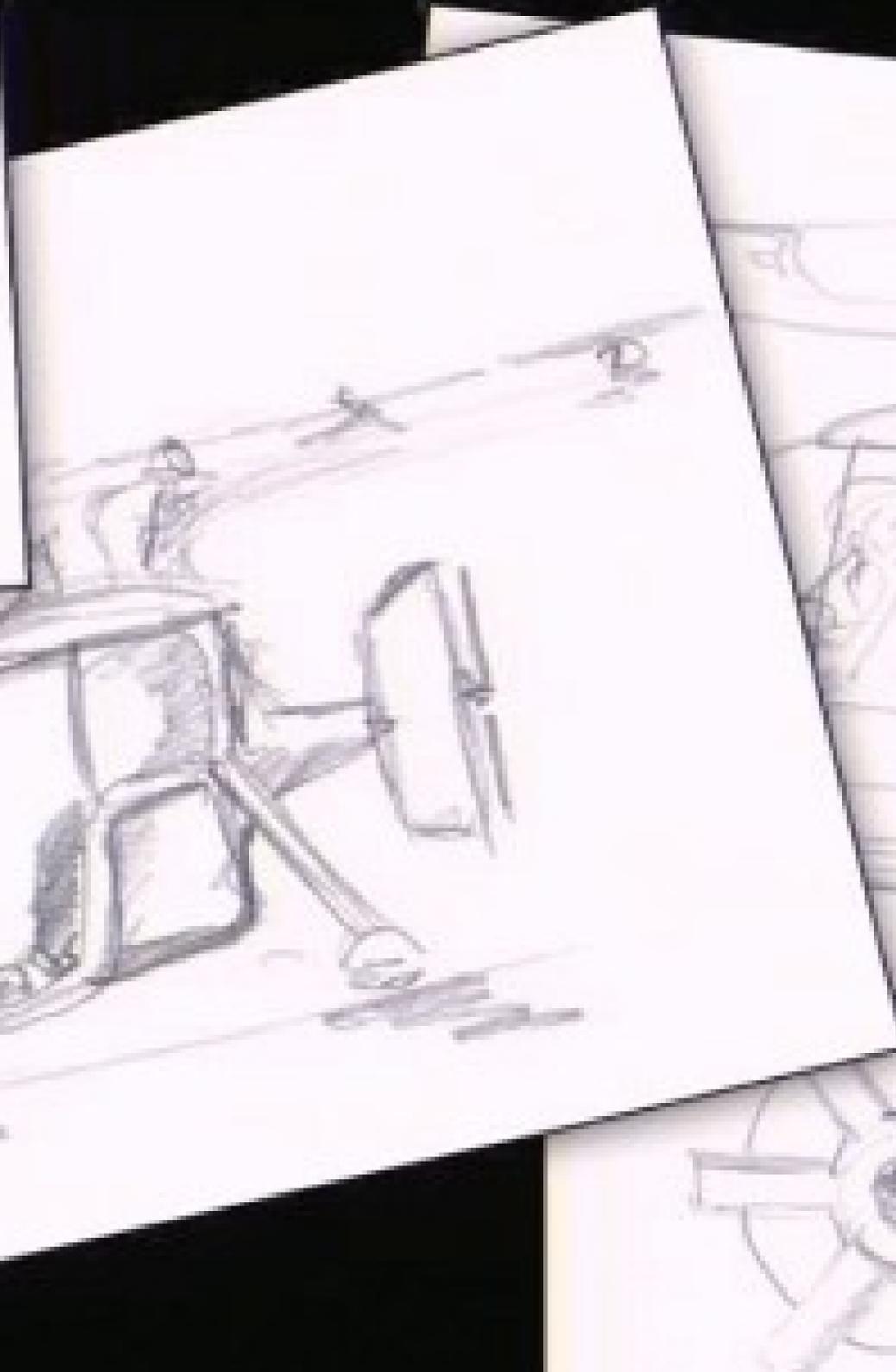
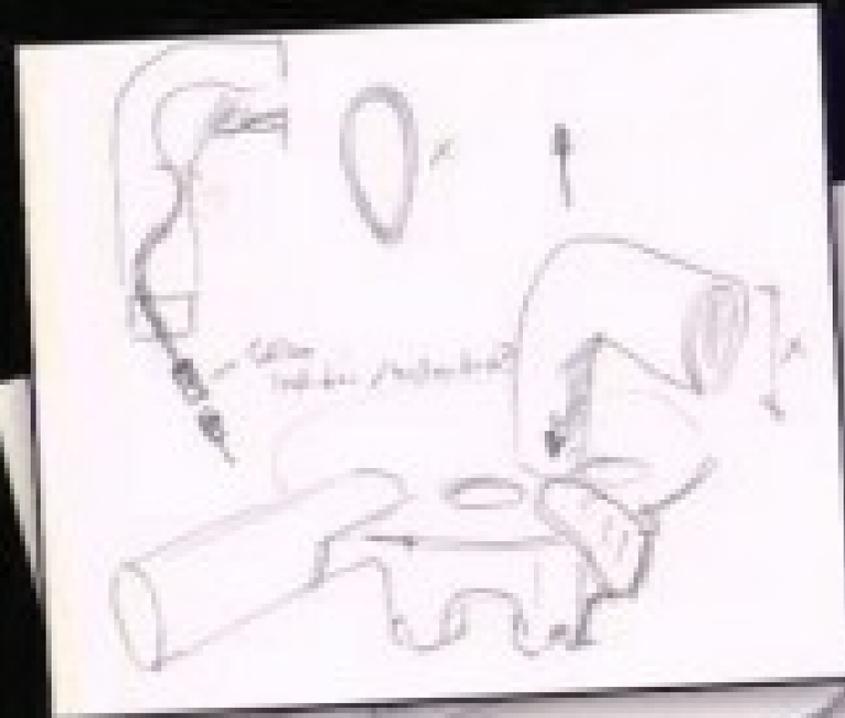


- Video auf Youtube innerhalb 1 Woche 1 Mio. Klicks; inzwischen 3,5 Mio.
- Hunderte von Presseberichten und Fernsehbeiträgen weltweit
- Einladungen zu großen Luftfahrtmessen
- Lindbergh Electric Aircraft Prize (LEAP)

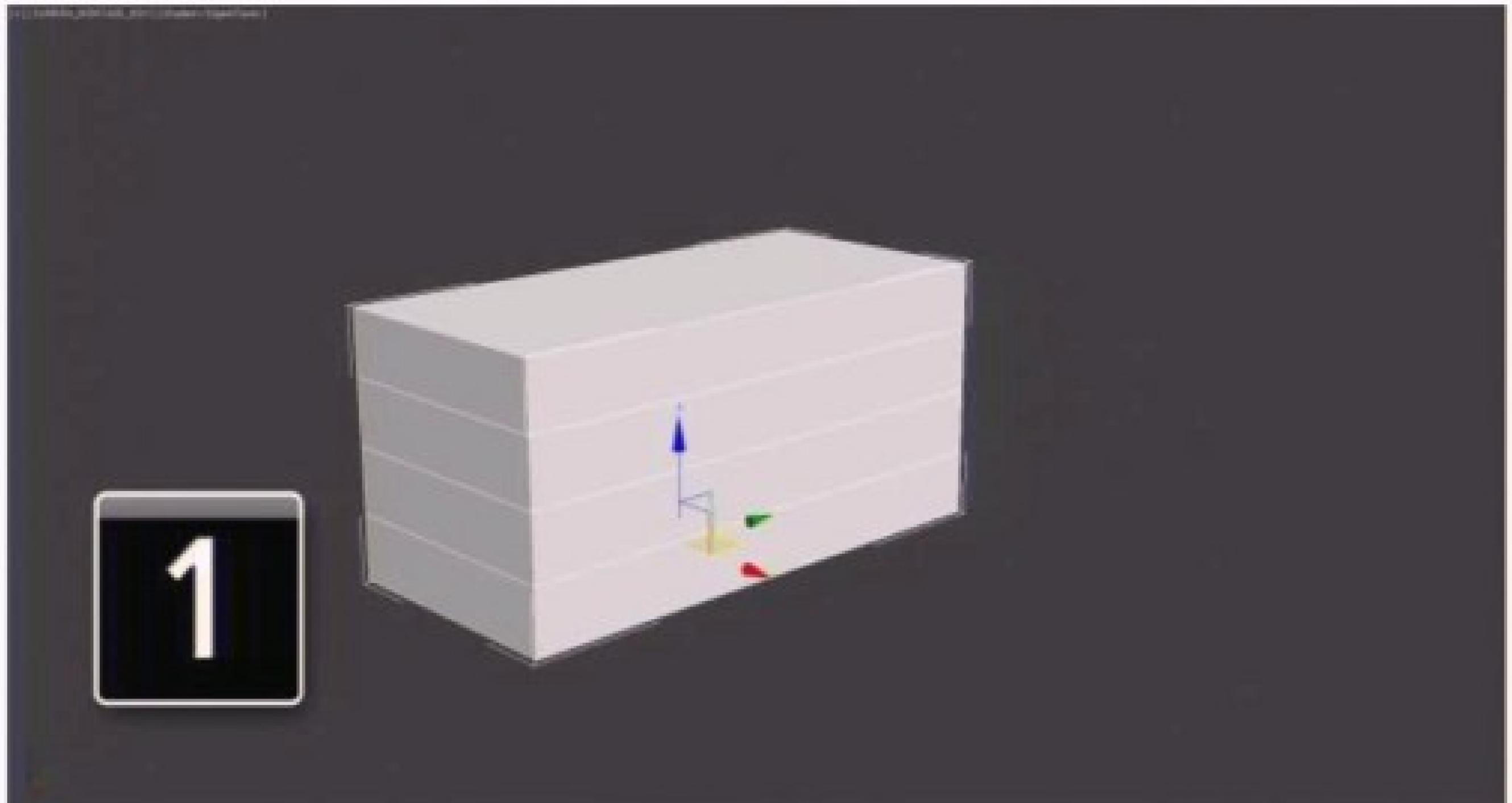
## ... und wie es weiter geht

- Entwicklung eines Zweisitzers in neu zu schaffender UL-Kategorie „Volocopter“
- $m_{tow} = 450 \text{ kg}$  (472,5 kg mit Rettungsgerät)
- Geschwindigkeit über 100 km/h (54 kn)
- Flughöhe bis zu 3000 m (6500 ft)
- Mehr als eine Stunde Flugdauer

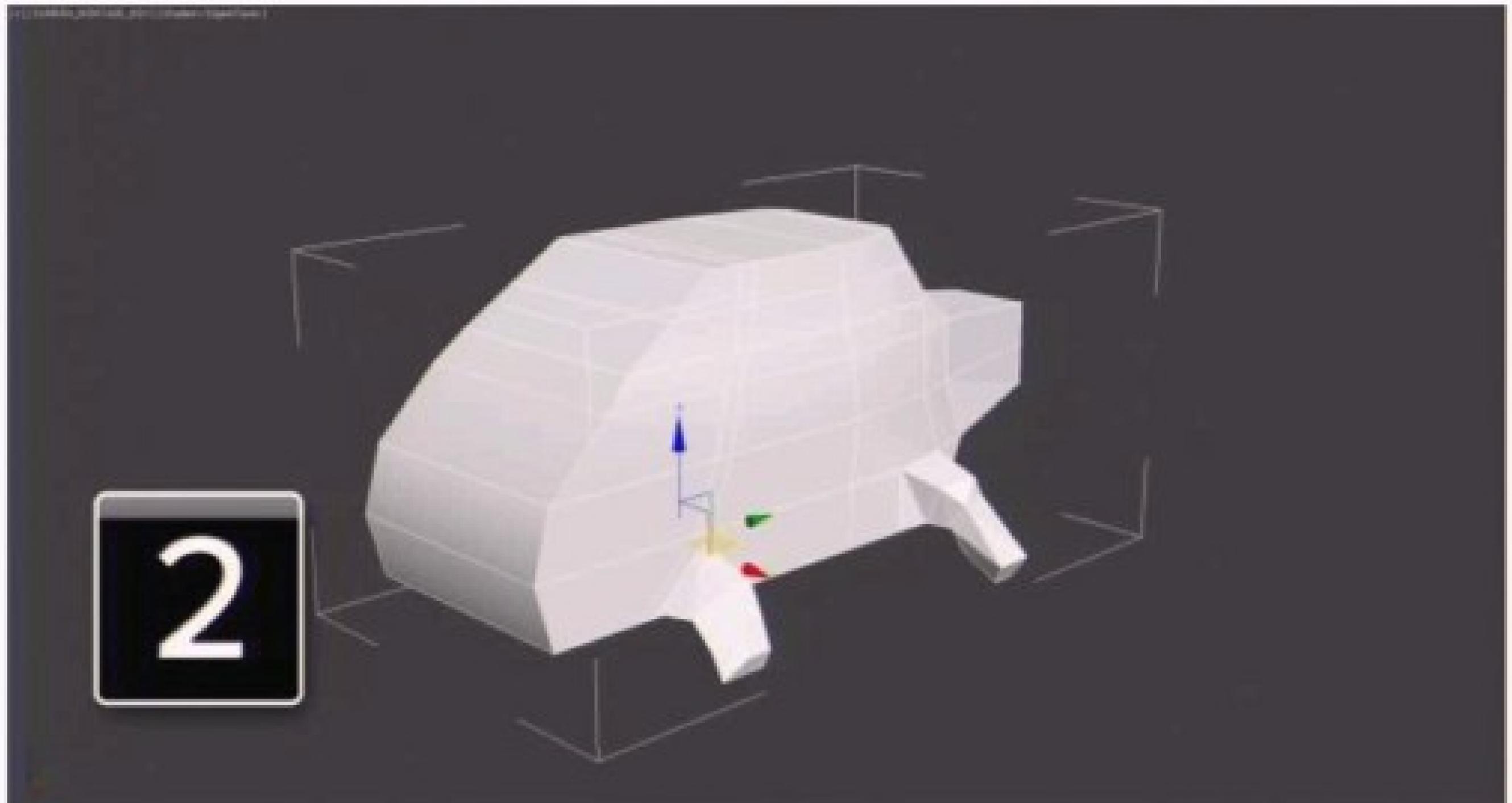
# Ideenskizzen



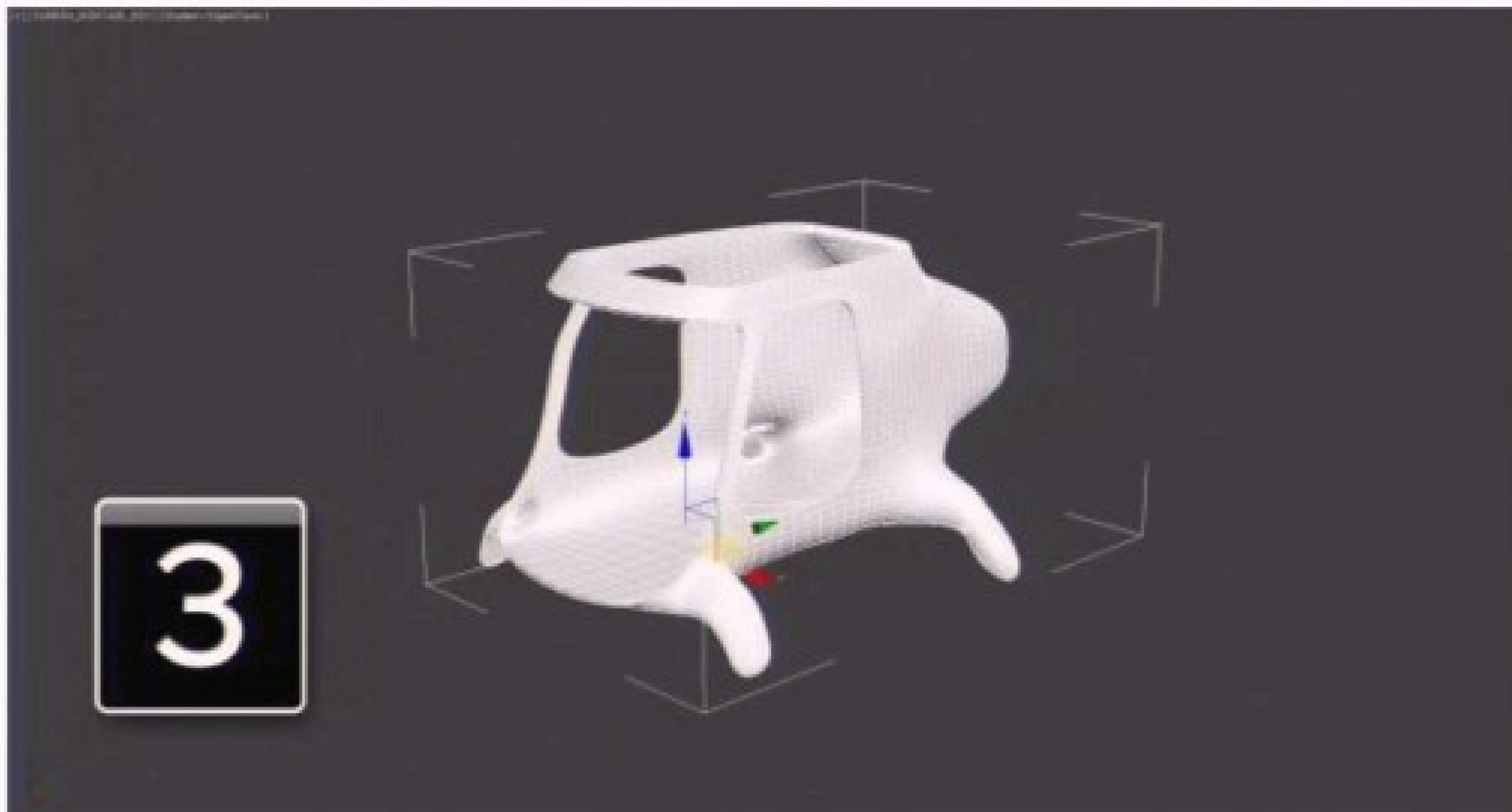
# *Beginn des Entwurfs für den VC02 auf Grundlage eines Quaders*



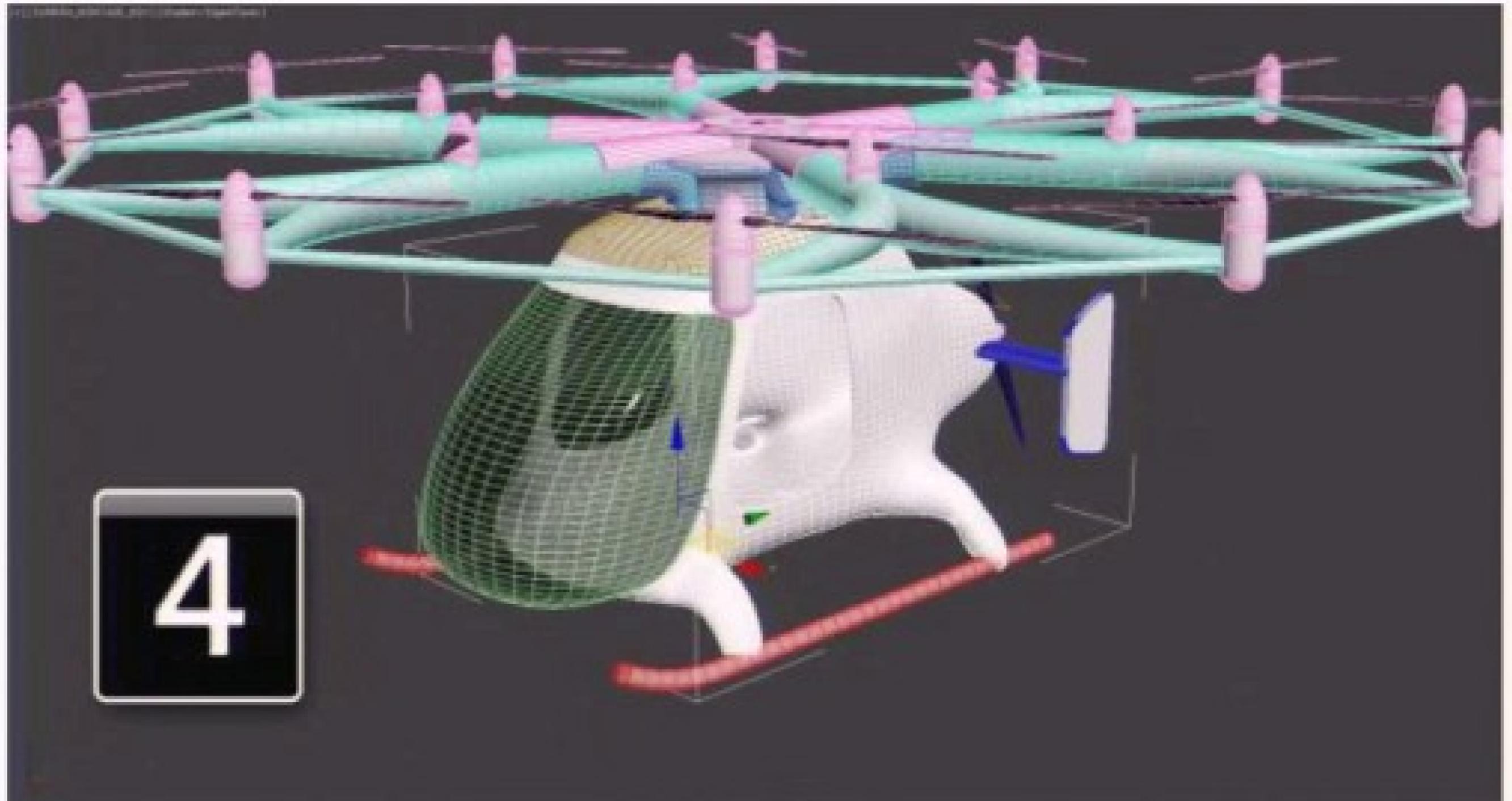
# *Anpassung der Geometrie nach den Vorgaben der ersten Konstruktionsdetails*



# *Verfeinerung der Geometrie mit eingebauten Öffnungen für Einstieg und Frontscheibe*



# *Fertiger Entwurf des VC02 als reines Geometrieobjekt*



4

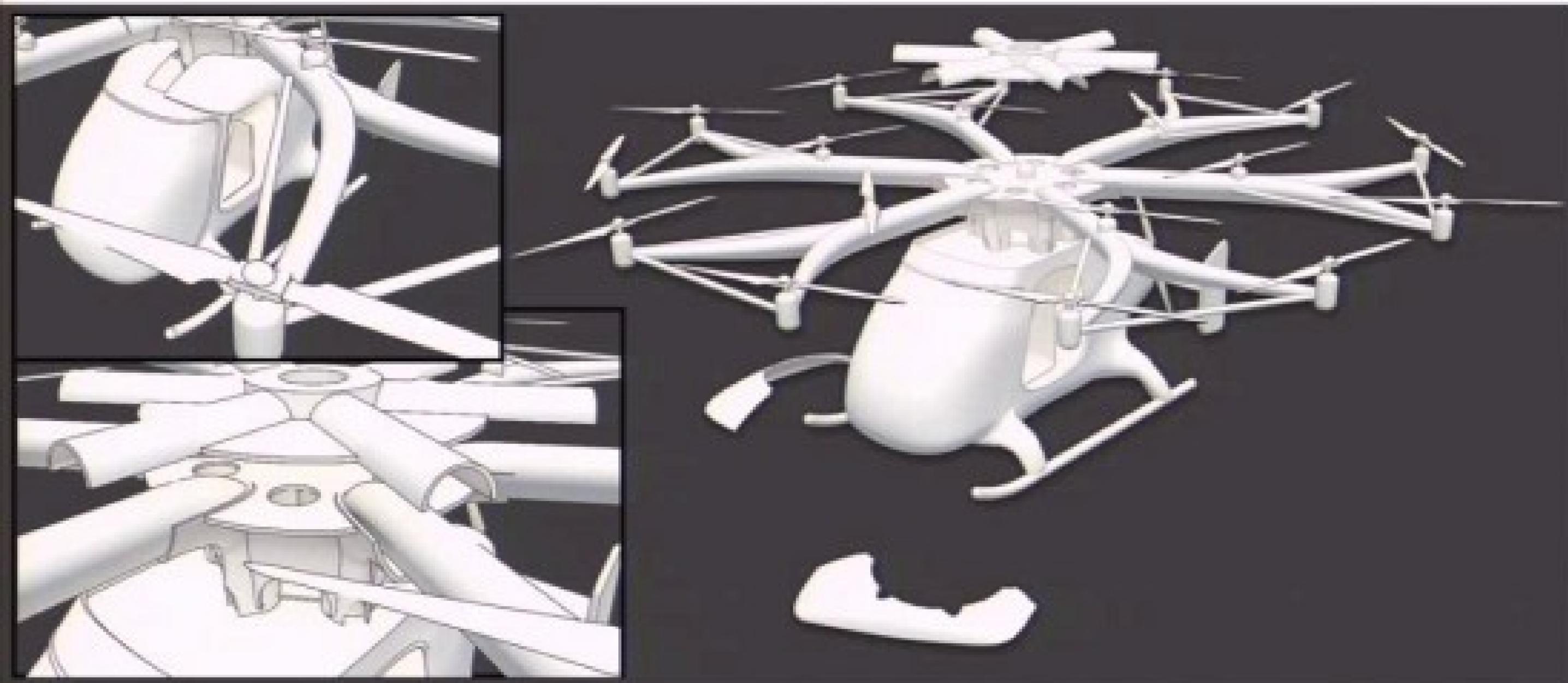
# VC Evolution 2P



# VC Evolution 2P



# Montagebeschreibungen mit dem Contour Shader von Mental Ray





# Mögliche Anwendungen

- Luftrettung in unwegsamen Gelände
- Flying Doctors
- Lufttaxi
- Luftsportgerät
- Extremsport (Fallschirmspringen, Basejumping, Extremski,...)
- Personal Aerial Vehicle (PAV)

# Mögliche Anwendungen

- Luftrettung in unwegsamen Gelände
- Flying Doctors
- Lufttaxi
- Luftsportgerät
- Extremsport (Fallschirmspringen, Basejumping, Extremski,...)
- Personal Aerial Vehicle (PAV)

# Mögliche Anwendungen

- Luftrettung in unwegsamen Gelände
- Flying Doctors
- Lufttaxi
- Luftsportgerät
- Extremsport (Fallschirmspringen, Basejumping, Extremski,...)
- Personal Aerial Vehicle (PAV)

e·volo

# Partner-Netzwerk



Hochschule Karlsruhe  
Technik und Wirtschaft  
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES



Universität Stuttgart

IAG

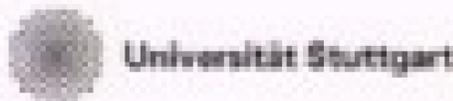


**mach:idee**  
Ingenieurbüro R. Mach



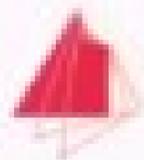
e·volò

# Partner-Netzwerk

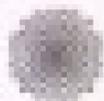


e·volò

# Partner-Netzwerk



Hochschule Karlsruhe  
Technik und Wirtschaft  
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES



Universität Stuttgart

IAG



mach:idee  
Ingenieurbüro R. Mach



e·volo

# Partner-Netzwerk



Hochschule Karlsruhe  
Technik und Wirtschaft  
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES



Universität Stuttgart

IAG



mach:idee  
Ingenieurbüro R. Mach



# Projekt MyCopter



EU-Forschungsverbund unter Leitung von Prof. Bülthoff, Institut für Biokybernetik, MPG Tübingen

Untersuchung von PAVs als effektives, effizientes und benutzerfreundliches Transportmittel.



Schwerpunkte:

- Nutzerzentriertes Mensch-Maschinen-Interface und Training
- Automatisierung von Abläufen
- Technologie-Folgen-Abschätzung

# Projekt MyCopter



EU-Forschungsverbund unter Leitung von Prof. Bülthoff, Institut für Biokybernetik, MPG Tübingen

Untersuchung von PAVs als effektives, effizientes und benutzerfreundliches Transportmittel.



Schwerpunkte:

- Nutzerzentriertes Mensch-Maschinen-Interface und Training
- Automatisierung von Abläufen
- Technologie-Folgen-Abschätzung

# VC Evolution 1P



# VC Evolution 1P



„Nichts ist mächtiger als eine Idee, deren Zeit gekommen ist!“ (Victor Hugo)

