

**Integration
von
Elektroantrieben
in Luftfahrzeuge
aus Sicht der Lufttüchtigkeitsforderungen**

Inhalt

- **Die Bauvorschrift**
- **Historische Entwicklung
des Elektro-Fluges**
- **Die aktuellen Richtlinien**
- **Beispiele**

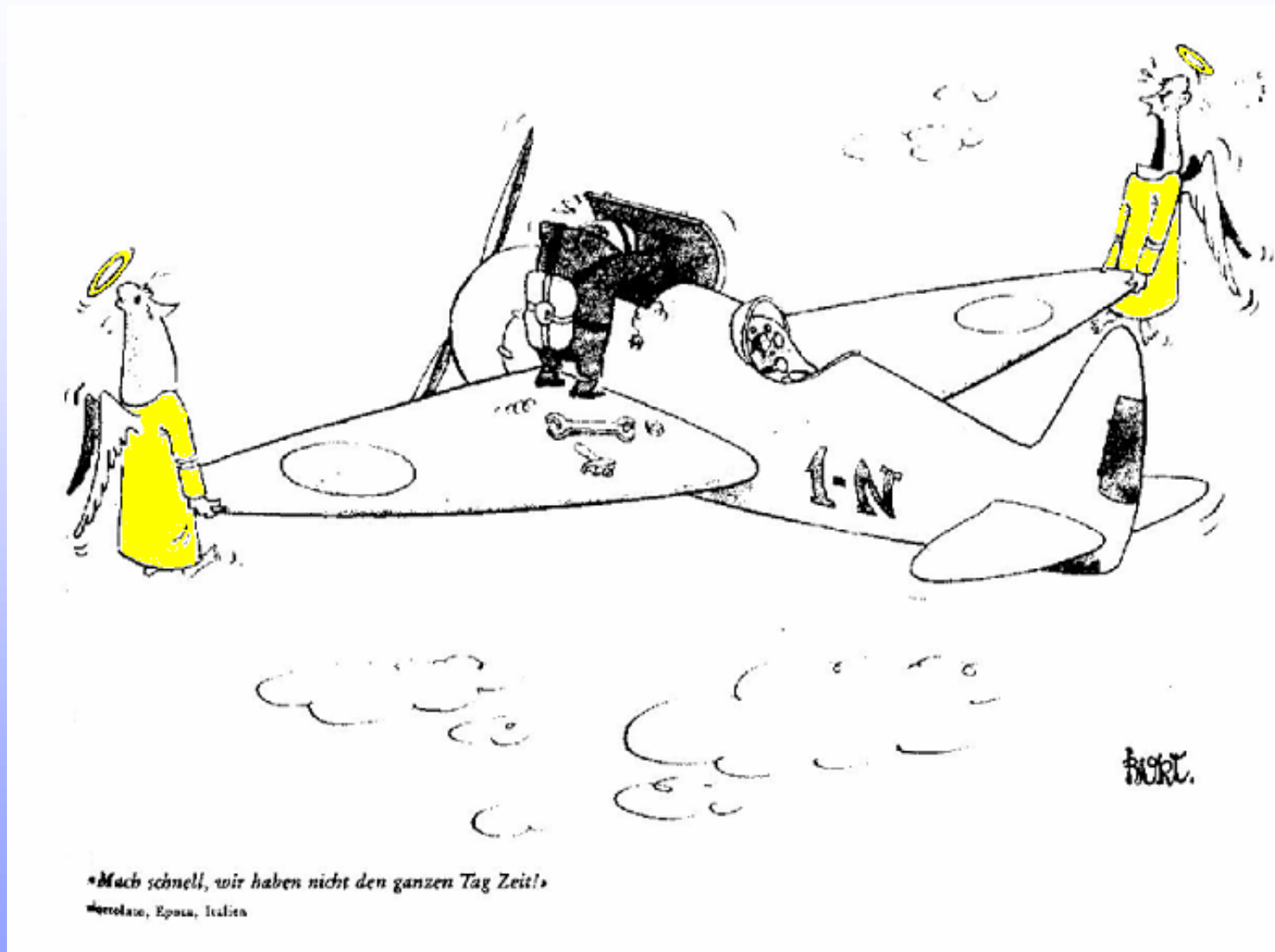
Lufttüchtigkeitsforderungen (Bauvorschriften)

- ➔ **Sie wurden entwickelt,
als technische Anforderungen an ein Flugzeug**
 - Festigkeit , Flugeigenschaften

- ➔ **Sie werden angepasst aufgrund von Erfahrungen**
 - Lebensdauer, Bedienung, Bedienelemente

- ➔ **Sie werden angepasst an den Stand der Technik**
 - neue Bauweisen (z.B. Faserverbund)
 - neue Antriebe (z. B. Elektro)
 - Leistungsanpassung

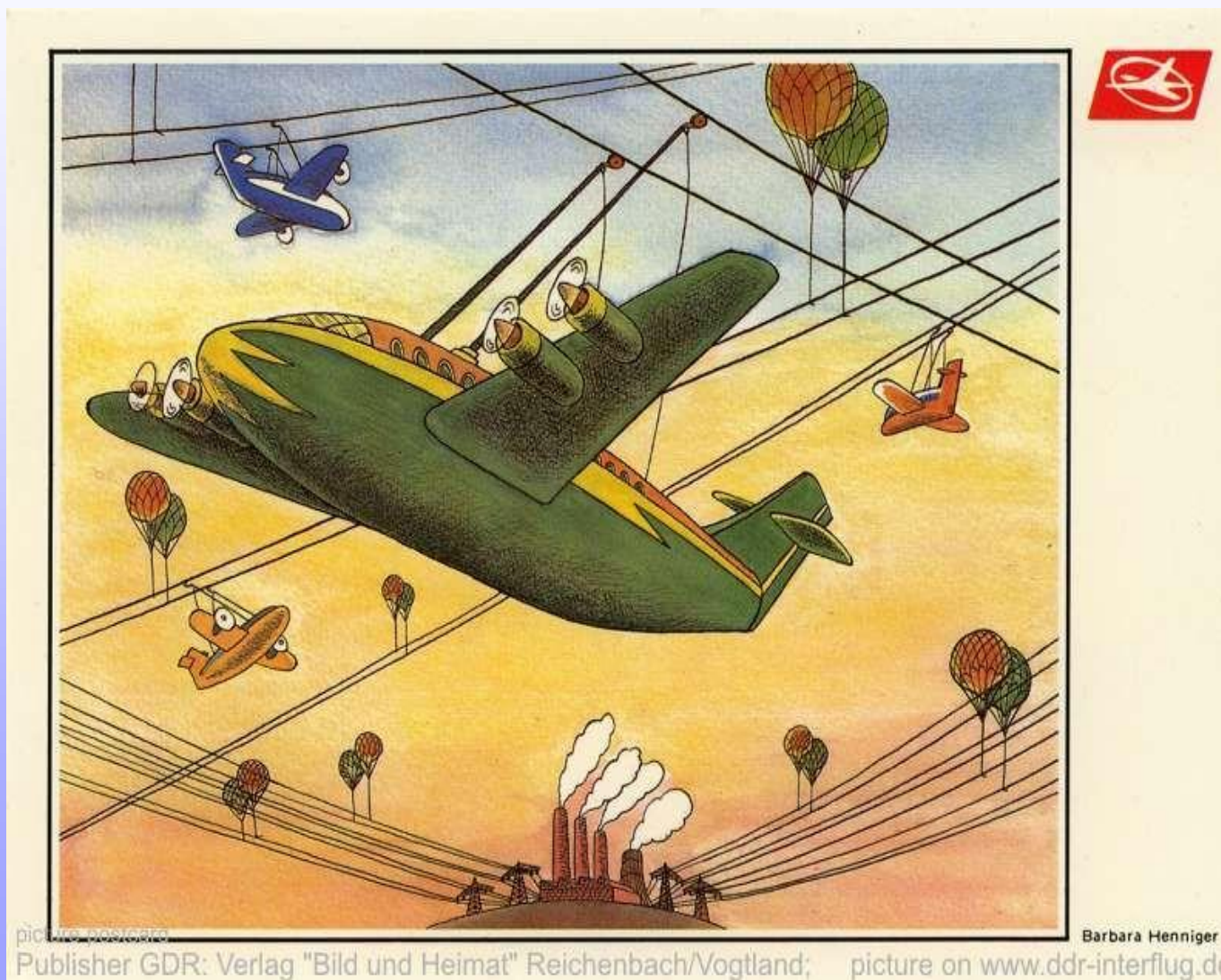
- ➔ **Sie werden angepasst aufgrund von Unfällen**
 - Crashverhalten, Betriebssicherheit





Internet

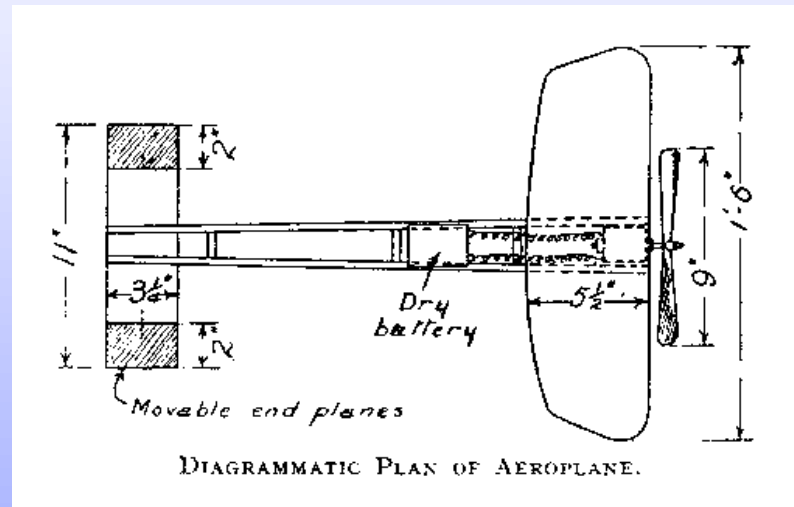
Ein kleiner Überblick über die Entwicklung des Elektrofluges



Entwicklungsgeschichte

1909

Modellflugzeug



Internet

mit 45 cm Spannweite und ca. 900 g
Es konnte mit Elektroantrieb ca 8 min fliegen

'Electric Flight' published by Argus Books, 1983

Entwicklungsgeschichte

1973 MB-E1

erster Elektro-Motorsegler



Internet



Das erste manntragende Elektroflugzeug wurde von **Fred Militky** gebaut und geflogen, er war Konstr. bei GRAUPNER (HiFly-elektro)

MB-E1 ist eine Brditschka HB-3 mit 10kW (13 PS) E-Motor (9min)

Entwicklungsgeschichte

1996 Icaré 2 gewann den Preis als Solarflugzeug



Uni Stuttgart

Ausschreibung:

Berblinger Preis der Stadt Ulm (Solarflugwettbewerb)

Angewendet wurde die

Richtlinie für den Nachweis der el. Anlage von Motorseglern (15.9.1992) + Ergänzungen

Entwicklungsgeschichte

1997 Antrag zum Bau des ersten Serien-Motorseglers mit Elektroantrieb durch Lange – Flugzeugbau

2003 Antares E1
Erstflug



Lange Aviation

Die Bauvorschrift musste angepasst werden:

I 421-Elektro-97

„Vorläufige Richtlinie für den Einbau von Elektroantrieben in Motorseglern“
(als Grundlage gab es die JAR 22,Ch.5 + diese zusätzlichen Forderungen)

Entwicklungsgeschichte

2006 erster E-Motor zugelassen
 noch mit der
vorläufigen RiLi über Elektro-Motoren

Für E-Motoren selbst wurden

Spezial Conditions für die CS22, Absch. H

erstellt, die seit 2007 als abgestimmte Fassung
 mit den EASA - Ländern bei der EASA zur
 Veröffentlichung liegen.



Lange Aviation

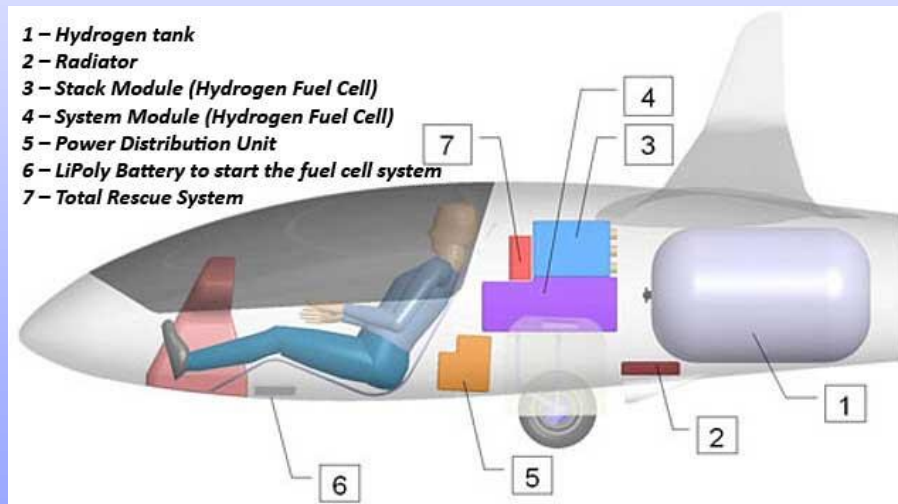
Entwicklungsgeschichte

2007 Hydrogenius

projektiert als Brennstoffzellen –Flugzeug
und angeregt aufgrund der Ausschreibung des Berblinger Preises 2006

2008 Antares H2

Antrag in Kooperation mit dem DLR. Er flog erfolgreich 2009 in Hamburg



Uni-Stuttgart

Anpassung: *Special Conditions für den Einbau von Brennstoffzellen
in Segelflugzeugen und Motorseglern*

Entwicklungsgeschichte

2009 Antrag für Doppelsitzer Arcus E mit Lange - Antrieb

2010 Antrag für DG-1000-TE als nichteigenstartfähiger Motorsegler



Schempp-Hirth



DG-Flugzeugbau

Entwicklungsgeschichte

2010 als **e-Genius** umgewandelt aufgrund der mangelnden Brennstoffzelle, um am Berblinger Preis 2011 teilnehmen zu können.

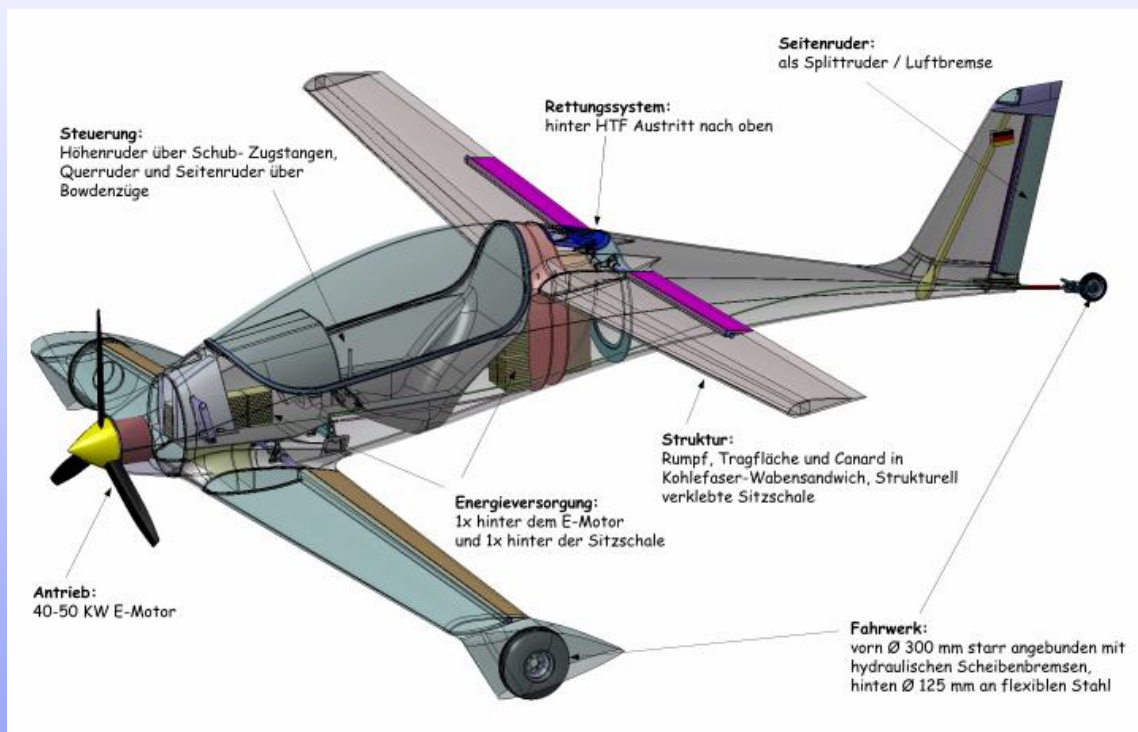


Uni Stuttgart

- ➔ Im gleichen Jahr hat die NASA einen Elektroflug-Wettbewerb für 2011 initiiert.
 - Der E-Genius belegt den 2ten Platz
 - Der E-Genius gewinnt den Lindbergh-Preis als leisester Motorsegler.

Entwicklungsgeschichte

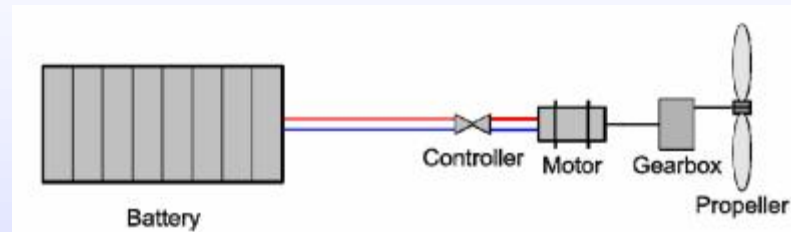
2012 gibt es jetzt aktuell einen OUV-Antrag auf ein VLA / JAR23 Motorflugzeug mit E-Antrieb, eine Quickie-E.



Thoebel. OUV

Die vorläufigen RiLi für E-Motorflugzeuge müssen noch verhandelt und abgesprochen werden.

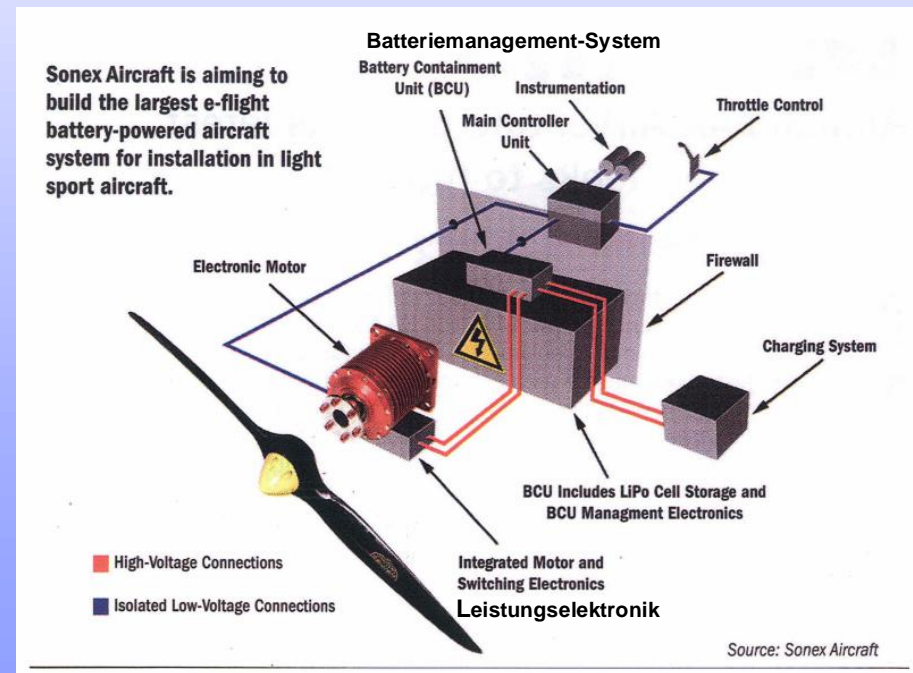
Funktionsprinzip des Elektroantriebs



Martin Hepperle, DLR



SONEX Aircraft



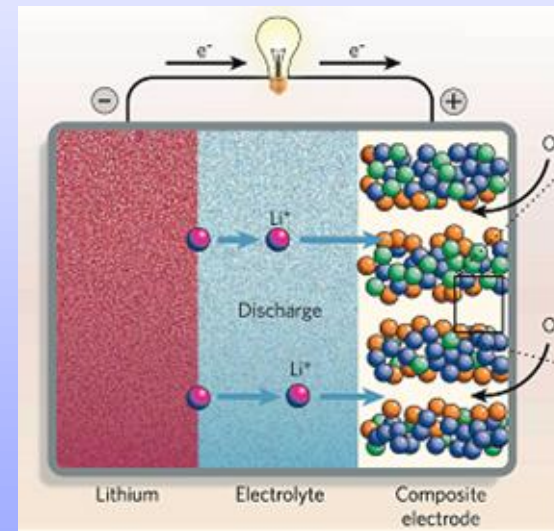
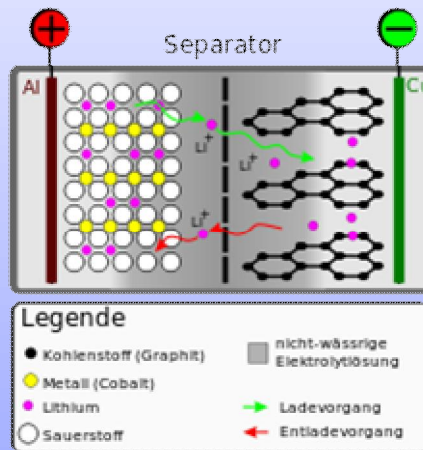
Akku - Systeme

LI-Po

LI-io

LI-Fe

LI-Luft



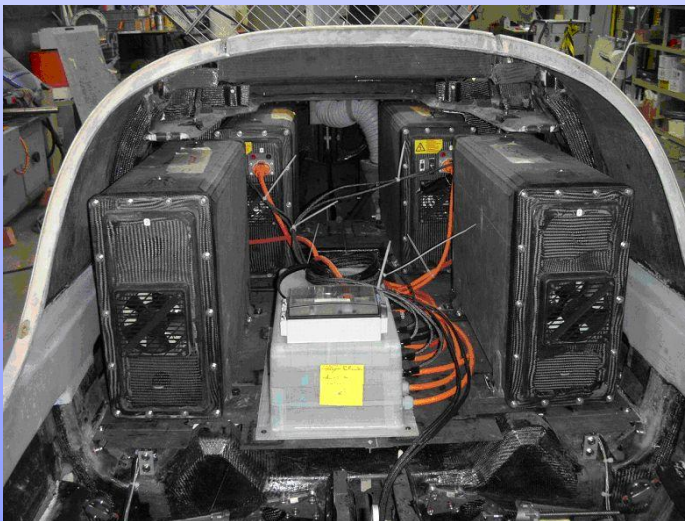
**Vorläufige Richtlinie
für den Einbau von Elektroantrieben
in Motorseglern
Ausgabe 2 vom 10.1.2011**

als Ergänzung zur JAR 22

JAR 22, Abschnitt C - Festigkeit

Notlandbedingungen (22.561)

- Sammlerbatterien oder andere Energiequellen die den Piloten im Notlandefall gefährden können, müssen einer Bruchträglichkeitslast von **15 g nach vorne** widerstehen.



E-Genius



SAFT VL41M

Lange Aviation

JAR 22, Abschnitt E - Triebwerksanlage

Definition und Einbau (22.901)

Der Motor muß einem anerkannten Qualitätsstandard entsprechen



Anmerkung: 22.901 (b)(1) gilt als erfüllt, wenn der Elektro-Motor das **CE- Prüfzeichen** hat. (Gesetz EMVG vom 9.11.92, BGB 1992, Teil 1 Seite 1864)

JAR 22, Abschnitt E - Triebwerksanlage

Motorsegler mit einklappbaren Triebwerken od. Propellern (22.902)

Wenn das Triebwerk eingeklappt ist und während des Aus- und Einfahrens dürfen **keine elektrischen Funkenabrisse und Funkstörungen** entstehen.



JAR 22, Abschnitt E - Triebwerksanlage

Motoren (22.903)

Derzeit sind keine Bauvorschriften für Elektro- Flugmotoren veröffentlicht.

Die Zulassung des Motors wird bis auf weiteres in die Zulassung des Motorseglers einbezogen.

Propeller (22.905) - *bleibt unverändert*

JAR 22, Abschnitt E - Energieanlage

Energieanlage, allgemeines (22.951)

- Jede Energieanlage muß so gebaut und angeordnet sein,
- daß der Energiefluß für das einwandfreie Arbeiten des Motors unter allen normalen Betriebsbedingungen gewährleistet ist.
 - daß eine gleichmäßige Belastung der Energiequellen erfolgt.
(**Batteriemanager**)

Es muß ein Schutz gegen **Überladung und Tiefentladung** der Akku's oder anderer Energiequellen vorgesehen sein.
(Tiefentladung nur ,wenn für den Akku - Typ erforderlich)

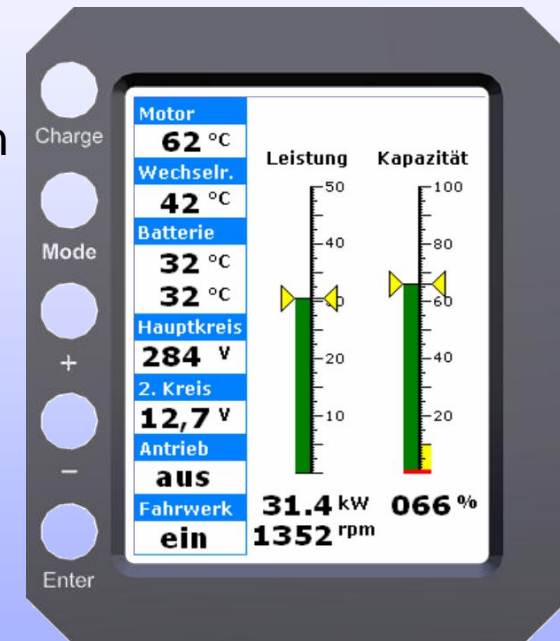
JAR 22, Abschnitt E - Energieanlage

Nichtnutzbare Energie-Restmenge (22.959)

Die nichtnutzbare Energie- Restmenge muß durch eine **Low - Level Angabe** festgelegt sein und angezeigt werden. (Voltmeter)

Batterien oder andere Energiequellen (22.963)

Die Eignung und Zuverlässigkeit muß aufgrund von Erfahrungen oder Versuchen nachgewiesen sein.

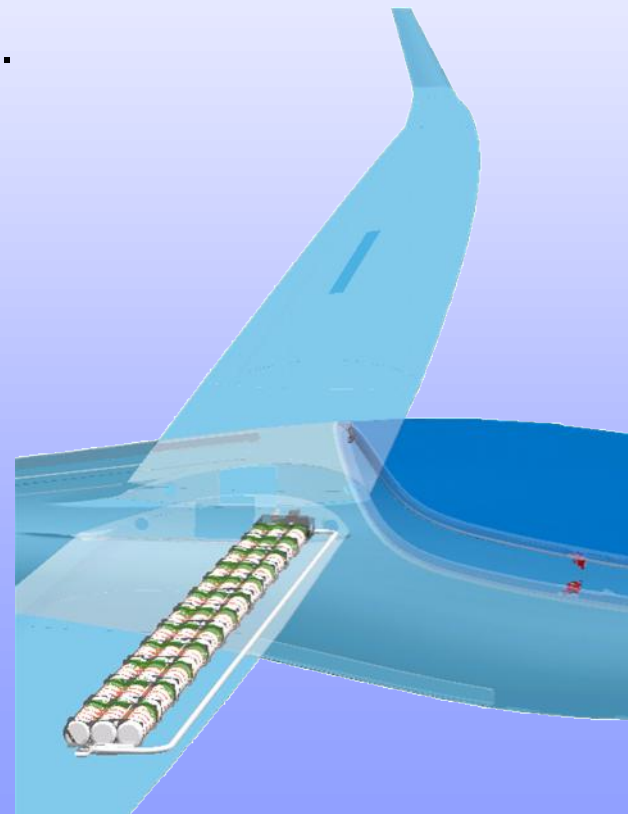


JAR 22, Abschnitt E - Energieanlage

Einbau der Energiequellen (22.967)

Jede Energiequelle ist unter Beachtung von Ermüdungsfestigkeit (22.627) einzubauen.

- bei Scheuern: Polster vorsehen.
- bei Dämpfen: Einbauraum belüften.



JAR 22, Abschnitt E - Energieanlage

Kühlung- Allgemeines (22.1041)

Die Einrichtungen zur Motorkühlung müssen in der Lage sein, die Temperaturen aller Bestandteile des Motors, seiner Aggregate und Anlagen innerhalb der Temperaturgrenzen zu halten, die vom Motorhersteller **für alle wahrscheinlichen Betriebszustände** festgelegt wurden.



E-Genius



Icaré

JAR 22, Abschnitt E - Energieanlage

Kühlung

Luftzufuhr für die Motorkühlung (22.1091)

Die Luftzuführung für die Kühlung des Motors muß unter allen wahrscheinlichen Betriebsbedingungen gewährleistet sein.



EADS



Lange Aviation

JAR 22, Abschnitt E - Energieanlage

Kühlversuchsverfahren für Motorsegler mit Elektromotoren (22.1047)

Hierzu sind zu messen:

- 1) Start mit Startleistung: **eine Minute**
- 2) Danach Steigflug mit höchster Dauerleistung
bis zum Erreichen der **höchsten Temperaturanzeige**
- 3) weiter bis zum Ausschöpfen der Energie der Akkus **bis zum Low - Level**
Jedoch maximal für 5 Minuten.

Die höchste zu erwartende Lufttemperatur ist mit 38° C in NN anzusetzen
(Bedingung für einen heißen Tag).

JAR 22, Abschnitt E - Energieanlage

Bedieneinrichtungen und Hilfsgeräte des Triebwerkes

Motorschalter (22.1145)

Der Motorstromkreis muß unabhängig geschaltet werden und für seine Betätigung darf nicht die Betätigung irgend eines anderen Schalters erforderlich sein.

NOTAUS-Schalter

Leistungshebel



JAR 22, Abschnitt E - Energieanlage

Kapazität der Energiequellen (22.1165)

- (a) Die Kapazität der Batterien, Akkus oder anderer Energiequellen muß mindestens so groß sein, (bei Motorseglern) daß
- 1) ein Start auf eine Höhe von **360 m** (22.65) mit einer entsprechenden Motorlaufzeit plus
 - 2) eine **1 minütige Reserve** möglich ist und
 - 3) der Bedarf der elektrischen (und elektronischen) **Verbraucher** für eine sichere Flugdurchführung vorhanden ist.

.....

.....

- (c) Es muß für den Motorbetrieb ein getrennter Stromkreis vorhanden sein.

JAR 22, Abschnitt F - Ausrüstung

Triebwerks-Überwachungsgeräte (22.1305)

- (a) Ein Drehzahlmesser oder Leistungsmesser
- (b) Ladezustandsanzeiger der Energiezellen (Speicher)
- (c) ein Motortemperaturanzeiger (oder Innenkühlungsanzeige)
- (d) wenn Flüssigkeitskühlung eingebaut, Kühlflüssigkeitstemperaturanzeige
- (e) ein Betriebsstundenzähler



JAR 22, Abschnitt F - Ausrüstung

22.1365 Elektrische Leitungen und Zubehör (22.1365)

Elektrische Leitungen sind so zu verlegen, daß elektromagnetische und gegenseitige Beeinflussungen den sicheren Betrieb nicht gefährden. (Induktion, EMV)

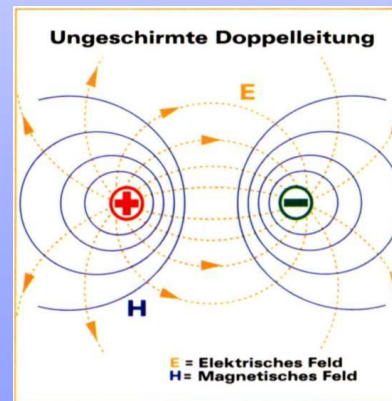
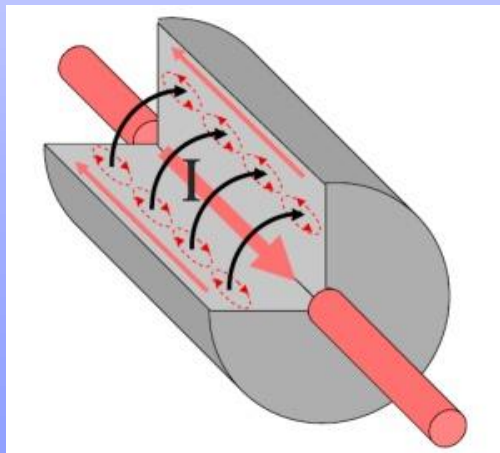


Abbildung 1a: Elektromagnetische Felder bei ungeschirmtem Kabel.

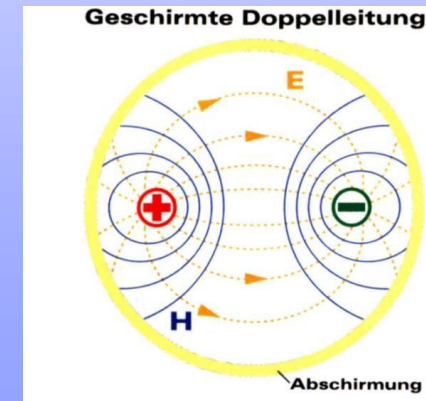


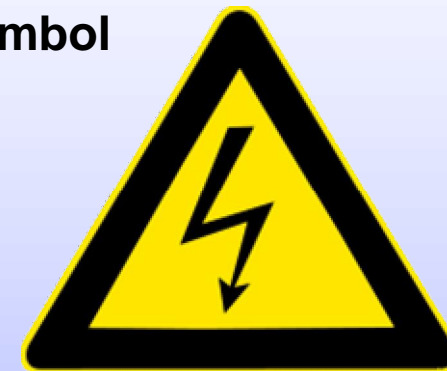
Abbildung 1b

JAR 22, Abschnitt F - Ausrüstung

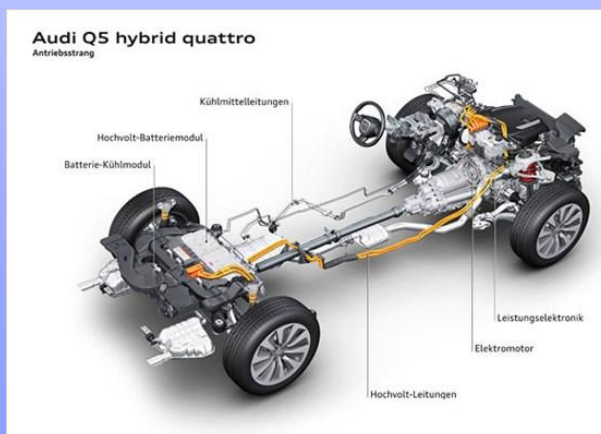
Hochvolt-Leitungen

(nach ECE-R100)

Warnsymbol



Kennzeichnung der Hochvoltkabel: - Orange – gemäß ISO 6469-3



JAR 22, Abschnitt H - Motoren

Motorleistung und Betriebsgrenzen (22.1807)

Die Leistungs- und Grenzwerte für den sicheren Betrieb des Motors müssen durch die vorgeschriebenen Prüfstandsläufe nachgewiesen werden. Sie beziehen sich auf:

- Drehzahlen
- Temperaturen
- Umweltbedingungen
- Lebensdauer
- Belastbarkeit



Lange Aviation

JAR 22, Abschnitt H - Motoren

Gestaltung und Bauausführung

Brandverhütung (22.1817)	unverändert
Dauerverhalten (22.1819) (zwischen Wartungsintervallen)	unverändert
Motorkühlung (22.1821)	unverändert
Motoraufhängung und Festigkeitsverband (22.1823)	unverändert
Anschluß von Hilfsgeräten (22.1825)	unverändert
Schwingungen (22.1833)	unverändert

Energieanlage und Luftzufuhranlage (22.1835)

- Die Energieanlage muß so gestaltet und ausgeführt sein, daß der Motor **im gesamten Betriebsbereich** unter allen Anlaß-, Flug- und atmosphärischen Bedingungen **mit der nötigen Energie versorgt** wird.

JAR 22, Abschnitt H - Motoren

Dauerprüfung (22.1849)

- ➔ Dauerprüfung von insgesamt 6 Betriebsstunden
 - Die Dauerprüfung kann in der Motorseglerzelle durchgeführt werden.

- ➔ Sie setzt sich hierbei aus Bodenläufen und Flugprüfungen zusammen.
 - Die **Bodenläufe** sind in einem festen Programm in § 22.1849 (c) festgelegt

 - Die **Flugprüfungen** umfasst mindestens 50 Starts
 - davon mindestens 30 Steigflüge bis zum Ausschöpfen der Energieträger auf das Low-Level.
 - 15 Flüge von den 30 Flügen sollten bei sommerlichen Temperaturen (mindestens 25° C am Boden) durchgeführt werden.

JAR 22, Abschnitt H - Motoren

Jeder **Bodenlauf** muß wie folgt durchgeführt werden:

Reihenfolge	Dauer (Minuten)	Betriebsbedingungen
1	1	Anlassen- Leerlauf
2	4	Startleistung
3	2	Kühllauf (Leerlauf)
4	4	Startleistung
5	2	Kühllauf (Leerlauf)
6	4	Startleistung
7	2	Kühllauf (Leerlauf)
8	5	75% der höchsten Dauerleistung
9	2	Kühllauf (Leerlauf)
10	15	höchste Dauerleistung
11	2	Kühllauf und Abstellen
Insgesamt:	43'	

Während oder nach der Dauerprüfung ist der Energieverbrauch (Leistungsaufnahme) in den einzelnen Leistungsstufen zu ermitteln.

Hinweise:

➔ Hinweis für eventuelle Wasserlandungen:

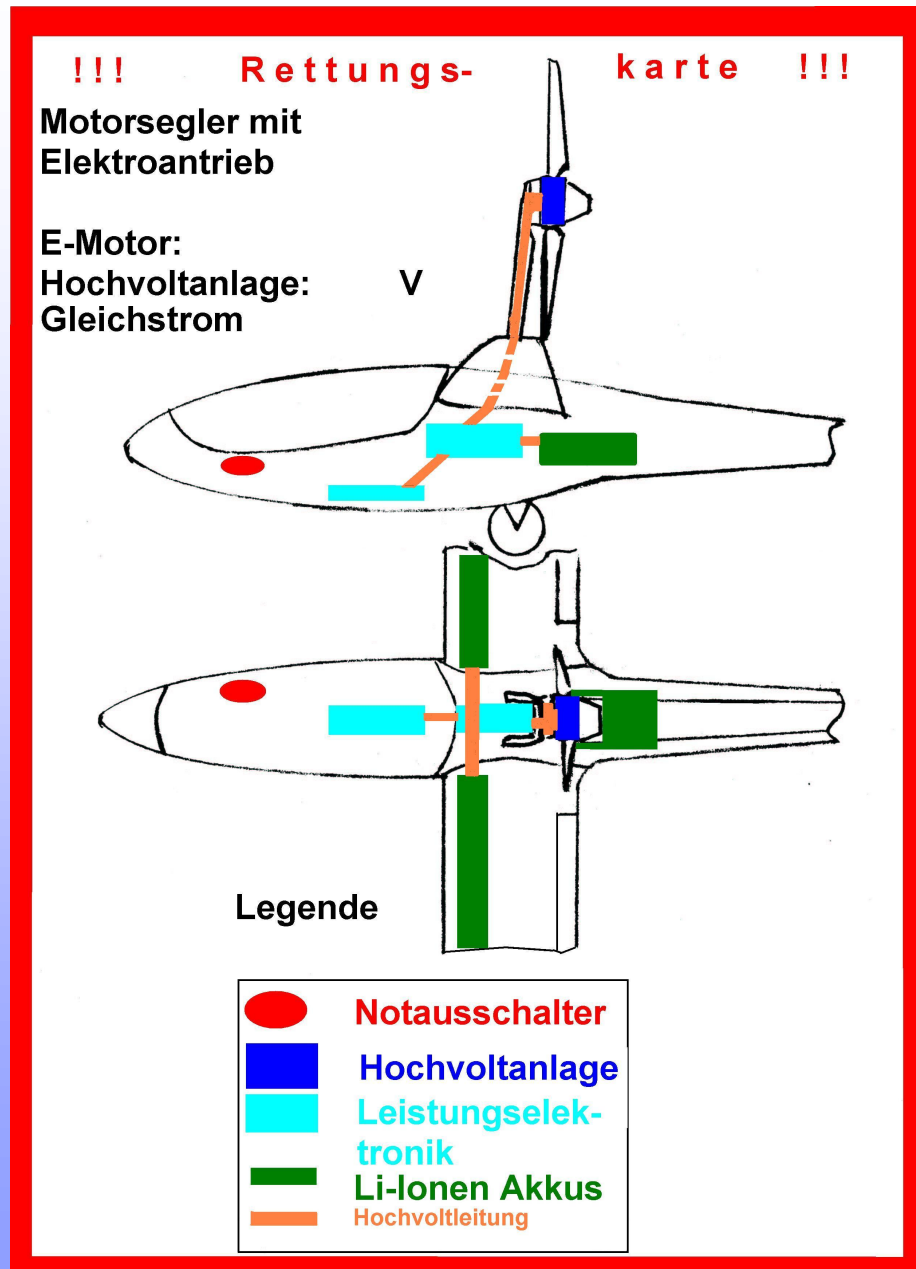
Hinweis im Flughandbuch:

- Verhalten bei unvermeidlichen Wasserlandungen -
(**Stromschlaggefahr**)

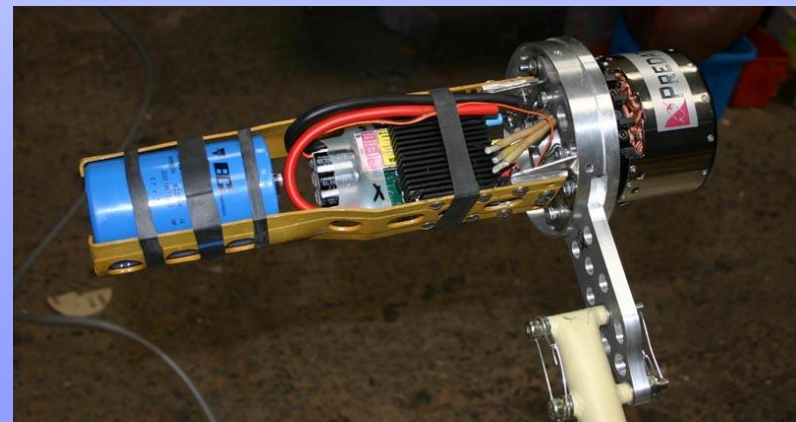
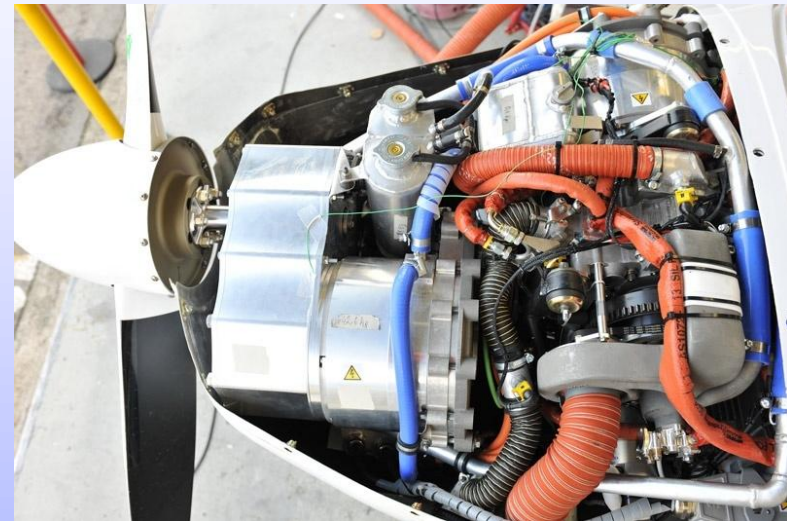
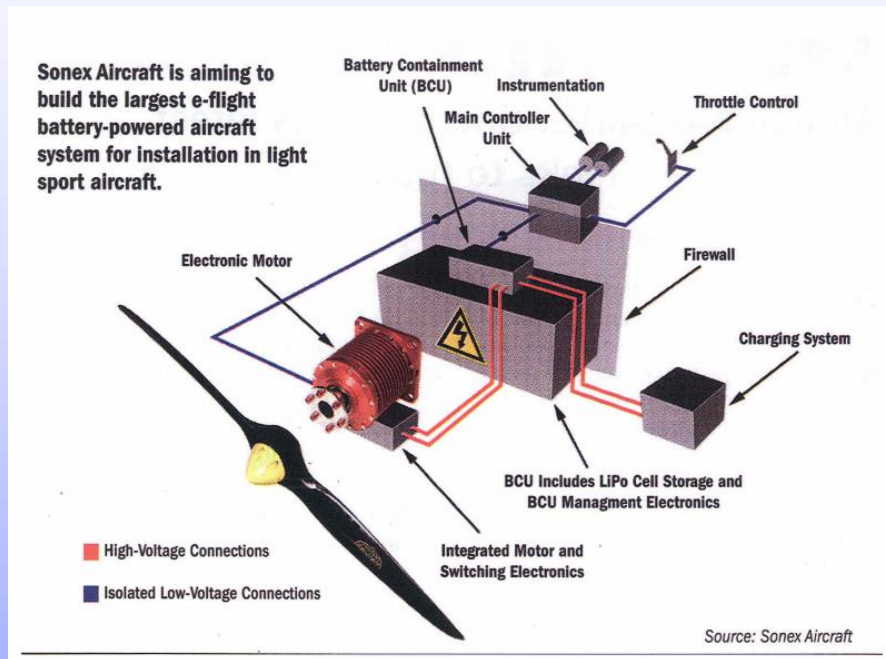
➔ Rettungskarte

Es wird empfohlen, eine Rettungskarte mitzuführen um bei Rettungsmaßnahmen Hinweise zu geben, in welchen Bereichen sich für Retter Gefahren befinden wie hochvoltige Anlagen, Kabel, Akkus oder eine Leistungselektronik.

Dabei hat es sich als sehr hilfreich erwiesen, diese Karte wetterfest einzulaminieren und sie im Rumpf so anzubringen, daß sie von aussen gut sichtbar ist.



Beispiele



Beispiele

→ Der selbe Flugzeugtyp, aber unterschiedliche Realisierungen

Jean-Luc Soullier 2009



4 x 7 kW
26 kg LiPo-Akku
30 Min. Flugzeit

Hugues Duval (Brttany Ferries)



2 x 30 kW
LiPo-Akku
10 Min. Flugzeit
(282 km/h)

2 x 10kW
45 kg LiPo-Akku
45 Min. Flugzeit



EADS

Beispiele



Edgley EA-9 „Optimist“

Projekt der
Queen Mary's University
London, U.K.



Danke für Ihre Geduld

**Noch Fragen
?**