

Nach den Sternen gegriffen

ELEKTROMOTORSEGLER ANTARES

Die Zukunft hat noch im alten Jahrtausend begonnen: Bei Lange Flugzeugbau in Zweibrücken entsteht das erste motorisierte Segelflugzeug mit praxistauglichem Elektroantrieb.

ELEKTROANTRIEB, leise und umweltfreundlich, wie gemacht für Segelflugzeuge.



IN DER NEUEN Werkhalle von Lange Flugzeugbau entstehen gerade die Produktionsformen für den 20-m-Flügel der Antares.

Elektroflug: Leise, vibrationsarm und ganz ohne Abgase, dazu bärenstark im Antritt, vor allem aber zuverlässig. Der Erprobungsträger LF-20E von Lange Flugzeugbau benötigt von den drei Kilometern Piste in Zweibrücken nicht einmal 100 Meter. Dann hat er auf Abhebegeschwindigkeit beschleunigt und zieht auf einer beeindruckend steilen Bahn schnell außer Sichtweite. Hören kann man den Elektromotorsegler schon nach dem Abheben nicht mehr.

Für die Leistung gibt's nachvollziehbare Angaben: Das Maximalsteigen der LF-20E beträgt 4,4 m/s.

In der Höhe, mit nachlassender Batteriespannung, lässt zwar auch das Steigen nach, Schluss ist aber erst in knapp 1700 m. Das Durchschnittssteigen bis dort hinauf beträgt rund 2,9 m/s.

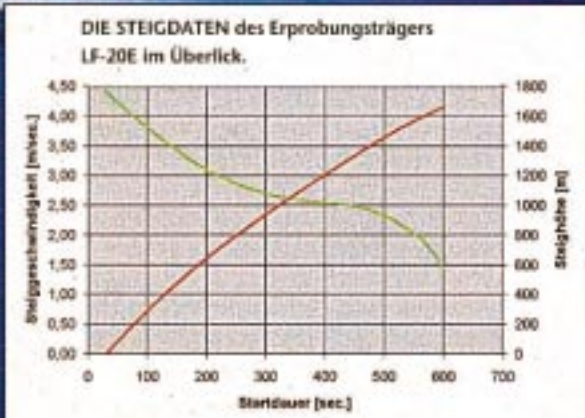
Es ist längst nicht der erste Start des Elektroseglers, den Dipl.-Ing. Axel Lange Ende November am Firmenstandort Zweibrücken demonstriert. Abgeschirmt von der Öffentlichkeit erfolgte der Erstflug bereits am 7. Mai 1999. Im Laufe des Sommers hat es der Erprobungsträger auf über 30 Starts und 20 Flugstunden gebracht. Auf dem Prüfstand hat das Antriebssystem – der 42 kW starke High-Tech-Motor

mit kompletter Steuerungselektronik und dem großen Zweiblattpropeller – schon rund 80 Stunden unter Vollast absolviert. Nach einer Flugsaison kann der Antrieb jetzt vorgezeigt werden.

Der Antrieb steht, jetzt entsteht das Flugzeug

Die Praxiserprobung in einem modifizierten Serienflugzeug ist ein entscheidender Schritt auf dem Weg zu einem ganzheitlichen Konzept, zu dem Griff nach den Sternen – nach Antares im Sternbild der Skorpions, wie das Projekt benannt wurde. Die Antares von Lan-

ge Flugzeugbau wird ein speziell auf den Elektroantrieb hin ausgelegter Einsitzer mit 20 m Spannweite, dessen Flügel für den Einsatz in der 18-m-Klasse durch Abnahme der Wingtips um 2 m gekürzt werden kann. Der aerodynamische Entwurf soll dem High-Tech-Antrieb nicht nachstehen. Die beste Gleitzahl wird bei einem Wert besser als 54 anvisiert. Im Vergleich der Flächenbelastungen wird sich die Antares noch unterhalb der Konkurrenten mit Verbrennungsmotor, Ventus 2eM, ASH 26e und LS9 ansiedeln. Nur die DG-800 wird ein günstigeres Gewichtsverhältnis aufweisen.



Einen guten Eindruck der Möglichkeiten, die ein solch konzipiertes Hochleistungssegelflugzeug bieten kann, liefert schon der Erprobungsträger LF-20E. Basis ist eine DG-800, deren struktureller Aufbau bereits in der Fertigung – damals noch in einer Privatinitiative von Axel Lange und Joachim Lill – stark modifiziert wurde. Die ohnedies schon mit üppiger Flügelfläche ausgestattete 800 wuchs mit zusätzlichen Wingtips auf 20 m Spannweite und 12,4 m² Fläche, so dass sich trotz des zusätzlichen Batteriegewichtes eine für Motorssegler durchaus typische Flächenbelastung ergibt. Auf der anderen Seite verhilft die mit der Spannweitenvergrößerung verbundene Steigerung der Streckung auf über 32 ih-

rerseits zu besseren Langsamflugleistungen. Auch Antares wird über 20 m Spannweite verfügen. Dipl.-Ing. Axel Lange, Geschäftsführer und Chefkonstrukteur der Lange Flugzeugbau, sieht in der Fixierung der modernen eigenstartfähigen Segelflugzeuge auf 18 m Spannweite eine unnötige Beschränkung: „Leistungsmäßig bringen die zusätzlichen zwei Spannweitenmeter noch einmal einen richtigen Sprung, ohne dass Wendigkeit geopfert werden muss.“ Wie viel denn nun die 18 Batteriemodule in den Tragflügeln wiegen, will Axel Lange nicht verraten. Der Entwickler in Japan habe ihn zu strengem Stillschweigen über alle näheren Spezifikationen verpflicht-

et. Weitere Angaben könnten zu viel von der Batterieentwicklung preisgeben. Nur so viel steht fest: Es handelt sich um Metallhydrid-Akkus. Für das umweltfreundliche Projekt kamen die mit Memoryeffekt gehandicapten und nicht gerade umweltgerechten Nickel-Cadmium-Akkus, so Axel Lange, schon wegen ihrer geringen Energiedichte (Wh/kg) nicht in Frage. **Weltweites Netzwerk von Spezialisten für die Antares** Die Batterien sind nicht das einzige, was ein auf seinem Gebiet herausragender Spezialist in Vorreiterrolle beisteuert. Für seinen Griff zu den Sternen hat sich Axel Lange in Einzelfragen das Know-how einer

ganzen Reihe von Spezialisten gesichert. In realistischer Einschätzung der eigenen Möglichkeiten wurde gleich von Beginn an in der jungen, 1996 gegründeten Firma darauf gesetzt, sich auf die Richtlinienkompetenz, das Zusammenführen der Komponenten und die Fertigung zu konzentrieren. Anstelle langwieriger Eigenentwicklungen wurden die weltweit verfügbar besten Fachleute eingebunden. Heute hat sich für die Antares ein weltumspannendes Netzwerk an Kompetenz etabliert. Den Batteriehersteller entdeckte Lange in Japan, Motor und Leistungselektronik wurden am HTL Biel in der Schweiz entwickelt, der Propeller von Dr. Martin Hepperle in Braunschweig. Die aerodynami-

sche Auslegung der Antares kommt von Professor Loek M. Boermans von der TU Delft in den Niederlanden, in dessen Windkanal die Flügelprofile fast aller jüngeren Segelflugzeuge flügge wurden. Im Bereich Flugmechanik stand Professor Wolf Röger, FH Aachen, beratend zur Seite. Mit der Entwicklung der elektronischen Steuer- und Regleinheiten ist Schicke Elektronik beauftragt. Die Crashtests wird der TÜV Rheinland vornehmen. Das HTL Biel gilt heute schlicht als das Kompetenzzentrum für hochwertige Elektromotoren, die sich insbesondere durch einen extrem hohen Wirkungsgrad und Gleichlauf auszeichnen. In Biel entstanden bereits ähnlich ausgelegte Antriebe für Elektrofahrzeuge der

Autoindustrie. Für die Antares konzipierten die Professoren Jeanneret und Vezzini am HTL einen neuen, auf 42 kW ausgelegten, bürstenlosen und damit nahezu wartungsfreien Motor mit einer selbstregulierenden Analogsteuerung. Der Außenläufermotor ist mit einer Masse von 28,5 kg und den Abmessungen von 207 mm Länge und 250 mm Durchmesser leicht und kompakt geraten. Die Leistungssteuerung, die bereits in Industriefahrzeugen Alltagsseinsätze meistert, bringt mit gewichtigem Kühlkörper derzeit noch 9 kg auf die Waage.

Hoch effizient und nahezu wartungsfrei

Mit E-Motoren aus dem Regal, die heute in den vielfältigsten Anwendungen stecken, hat der Antares-Antrieb wenig gemein. So hat der Antares-Motor einen Wirkungsgrad von 90 Prozent! Zum Vergleich: Ein Scheibenwischermotor im Auto bringt es dagegen auf einen Wirkungsgrad von rund 40 Prozent, hochwertige Industriemotoren auf einen von 70 Prozent. Von großer Bedeutung ist zudem, dass der Flugmotor sehr gleichmäßig läuft – was auch Elektromotoren von ihrer Konstruktion nicht von vornherein mitgegeben ist. Werden größere Schwungmassen in Bewegung gesetzt, spielt der gleichmäßige Lauf eine eher untergeordnete Rolle, denn die glätten Unregelmäßigkeiten mühelos. Nur stellt beim Flugzeug der Propeller nun mal keine große Schwungmasse dar.

So viel Know-how auch in dem Antrieb steckt, der Aufbau des Motors ist relativ einfach. Er besteht aus wenigen Bauteilen und kann auch in nicht spezialisierten Betrieben gefertigt werden, so dass für die Produktion keine Herstellerabhängigkeit besteht. Die ersten drei Prototypen der inzwischen patentierten Konstruktion entstanden in den Pilatus-Flugzeugwerken. Wie lange solch ein High-Tech-Motor hält? Die Frage nach einer Lebensdauerbeschränkung – in der Luftfahrt üblich – war den Bieler Professoren, deren Motoren unter anderem in Kraftwerken im Dauereinsatz stehen, völlig fremd. Axel Lange denkt dennoch an eine vorgeschriebene Überholung (TBO) nach 1000 Stunden, dann wären, um ganz sicher zu gehen, zwei Kugellager auszutauschen. Allerdings dürfte es für einen Klapptriebwerk-

er, dessen Antrieb zum Start und nur ab und an zur Überwindung einer Flaute genutzt wird, sehr schwer sein, diese Betriebsstunden zu erreichen.

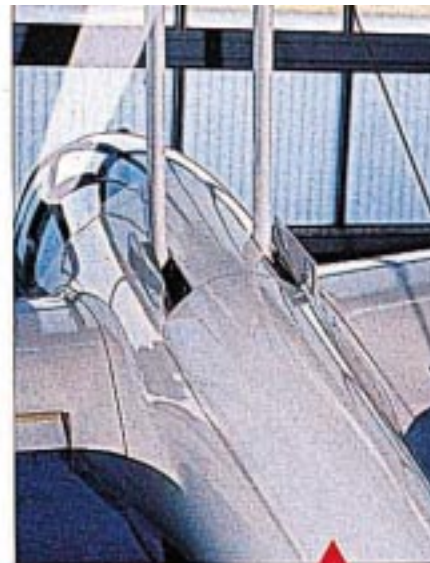
Ausgelegt ist der Motor für eine Drehzahl von 1500 U/min, maximal sind 1700 U/min möglich. Entsprechend groß ist auch der Zweiblattpropeller ausgefallen. Die außen am Motor wegen des Klappmechanismus schwenkbar angeflanschten Blätter beschreiben einen Kreis mit 2 m Durchmesser. Der Wirkungsgrad der Luftschraube steht der des Motors nur wenig nach. Konstrukteur Dr. Hepperle hat ihn mit 83 Prozent berechnet.

Der Clou des Ganzen ist geradezu die genial einfache Bedienung. Es gibt nur ein einziges Bedienelement, einen Schieberegler. Mit Anheben eines kleinen im Griff integrierten Sperrhebels (gegen unbeabsichtigtes Betätigen) kann der Bediengriff auf der linken Seitenkonsole aus der hinteren Ruhelage vorgeschoben werden, der Motor fährt aus. Das Herumlenken des Bediengriffs um eine seitliche Sperre in der Führungsschiene führt in die Leerlaufstellung (rund 200 U/min). Danach funktioniert der Schieberegler wie ein üblicher Leistungshebel.

Um ein vorschnelles Einschalten des Motors im noch nicht voll ausgefahrenen Zustand oder ein Überdrehen wie bei Klapptriebwerks-Motorsiegler mit Verbrennungsmotoren braucht sich der Pilot beim Antares-Antrieb keine Sorgen zu machen. Im Horizontalflug wird einfach die gewünschte Leistung gewählt – maximal sind 170 km/h möglich –, den Rest erledigt die elektronische Regelung automatisch.

Einhebel-Bedienung Einfacher geht's nicht mehr

Zurück in die Segelflugkonfiguration geht's genau so einfach. Bediengriff zurückziehen in die Leerlaufstellung – run um die Seitensperre – und ganz zurück. Das Abbremsen, Zurückdrehen in die senkrechte Position und Halten des Propellers in dieser Position erledigt die Leistungssteuerung selbstständig. Auf mechanische, störanfällige Hilfsmittel wurde ganz verzichtet. Automatisch, ohne jedes Zutun des Piloten erfolgen, sobald der Propellerturm ausgefahren ist, auch das Schließen der großen Motorraumklappen sowie später das

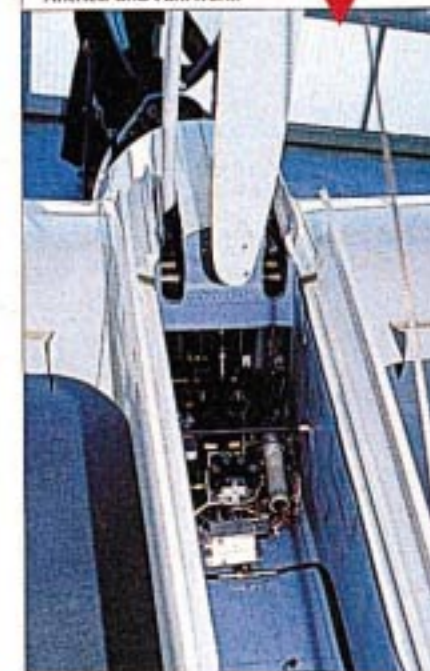


FÜR DEN KRAFTFLUG bleiben nur die kleinen Klappen um die Motorträger geöffnet.

KOMPAKT: der 42 kW starke E-Motor. Die Popellierblätter werden außen angeflanscht.



AUFGERÄUMTER Motorkasten. Rechts: die Hydraulikeinheit für Antrieb und Fahrwerk.





AXEL LANGE
in der LF-20E.
Eigenständiges
Rollen ist
möglich.

notwendige erneute Öffnen und Schließen beim Einfahren.

Einfacher geht's nicht. Die Bedienung des Antares-Antriebs steht in keinem Vergleich zu der herkömmlich motorisierter Segelflugzeuge. Lange hat die Einhebelbedienung deshalb auch zum Patent angemeldet.

Bewegt werden Propellerturm, Klappen und Fahrwerk hydraulisch. Das hat gleich mehrere Vorteile.

So ist ein zeitversetztes Schließen der Motorraumklappen möglich, und das erlaubt, die Kanten für dichtes Schließen zu profilieren. Das hydraulische Fahrwerk spart im Cockpit Platz. Das Steuergestänge entfällt, ebenso ansonsten freizuhaltender Raum für den Bedienweg. Die Bedienung erfolgt hier über einen kleinen Schalter im Instrumentenbrett. Diverse Sicherungen verhindern Fehlbedienungen. Ausgefahren ist das Fahrwerk in 1,4 Sekunden, mit dem Notsystem in 0,75 Sekunden und eingefahren in 2,8 Sekunden.

Kleines Versteck für den großen Propeller

Der Drehpunkt für den hohen Propellerturm wurde weit nach vorn gesetzt. In der Konsequenz des Klappmechanismus bedeutet dies, dass der Motorkasten nicht übermäßig weit in die Rumpfröhre ragt. Dank der schwenkbaren Lagerung der Propellerblätter passt der Prop zudem in einen hinten stark verengten Motorkasten, was wiederum der Festigkeit und dem Strukturgewicht zugute kommt.

Diese Überlegungen haben letztlich auch zum Konzept des Druckpropellers geführt. Eine Zuganordnung hätte den Motorraumkasten für den strukturellen Aufbau ungünstig weit nach hinten verlagert. Den Nachteil der Druckanordnung in Sachen Geräuschentwicklung soll eine spezielle Profilierung der Trägerstreben auffangen.

Im Cockpit hat sich das motorseitige Bedien- und Anzeigeelementarium auf den Bediengriff und ein Anzeigeelement reduziert. Auf einem großen LCD in einem 80-mm-Rundgehäuse zeigt es im Erprobungsträger noch eine Vielzahl von Werten an – im Serienmodell soll sich das auf das Notwendige reduzieren.

In der LF-20E werden die Drehzahl, Motortemperatur und viele Details zu den Batteriemodulen (Spannung, Temperatur, ...) ange-

zeigt. Die Daten werden gespeichert und können für eine spätere gegebenenfalls notwendige Fehleranalyse ausgelesen werden. Eine Sicherheitsschaltung verhindert Tiefentladung der Batterien und überbrückt Einzelmodule, sollte einmal eines ausfallen. Gase, die bei einem Defekt eines Batteriemoduls entstehen können, werden über das Kühlsystem ausgeblasen.

Optimale Stromversorgung dank Klimaanlage

„Für die Akkus gibt es eine „Klimaanlage“, damit können sie vor dem Start auf die optimale Betriebstemperatur von 30 °C gebracht werden. Im Entladebetrieb, wenn sie sich aufheizen, werden sie automatisch gekühlt. Der Batteriecontainer vor dem Holm ist dazu in ein ausgeklügeltes Lüftungskanalsystem eingebettet. Die Lüfterklappen auf den Flügelunterseiten werden automatisch gefahren.“

Der Motor selbst verträgt eine Erwärmung auf 150 °C, im Flug wurden bislang aber maximal 80 °C erreicht.

In Fragen der Systemsicherheit hat Axel Lange keine Kosten gescheut. Kompromisse waren hier tabu. So fließt der Betriebsstrom in mehrfach geschirmten Aluminiumkabeln mit Kevlarmantel, wie sie zum Beispiel auch im Airbus verwendet werden. Offene Steckdosen gibt es nicht. Im Flügel-Rumpf-Übergang sitzen berührungssichere Hochspannungssteckverbindungen (Stückpreis: 800 DM).

Der Kabelbaum bleibt – einmal von der Dicke der Zuführungen abgesehen – bescheiden. Axel Lange: „Die Kabelbäume bei Klapptriebwerks-Motorsegeln mit Verbrennungsmotor sind erheblich größer.“ Wird es damit schon von vornherein weniger Störeinflüsse elektromagnetischer Strahlung (EMV) geben?

Nur zu oft steckt der Teufel aber im Detail. Für die Erprobung des neuartigen Antriebssystems hat sich Lange Flugzeugbau mit der LF-20E deshalb reichlich Zeit genommen. Dem Kunden soll ein voll ausgereiftes System geboten werden. Und mit dem Erprobungsträger verschafft sich Lange Flugzeugbau bis zum geplanten Produktionsstart der Antares in 2001 einen Vorsprung von zweieinhalb Jahren oder rund 400 Starts.

Bis dahin wird auch ein Schnellladesystem entwickelt sein, derzeit

beansprucht das Laden rund acht Stunden. Eventuell kann dann auch ein integriertes Ladesystem angeboten werden, so dass zum „Tanken“ nur noch das Netzkabel eingesteckt werden muss.

Wie viele Ladezyklen halten die Batterien? Lange schätzt, dass ein Batteriesatz eine Technologiegeneration überleben sollte. Der Batteriehersteller verspricht rund 800 Zyklen, wobei von der Nutzung der gesamten Batteriekapazität ausgegangen wird, die sich in der Praxis gar nicht immer ergeben wird. Lange: „Bei einem fälligen Ersatz der Batterie werden die Antares-Halter eher die Chance nutzen, das System zu modernisieren, weil leistungsfähigere, leichtere Akkus zur Verfügung stehen werden.“

Professor Loek M. Boermans, der die Antares aerodynamisch entworfen hat, ist von dem Antrieb jedenfalls begeistert. Auf dem DLR-Symposium für Segelflugzeugentwicklung Mitte November in Braunschweig, wo er die Antares in den Grundzügen vorstellte, zog er, ohne die eigene Kompetenz in Zweifel zu stellen, das Resümee: „Wenn das Flugzeug so gut wird wie der Motor, dann wird es ein Knaller!“

Das muss auch die Einschätzung der Finanziers der jungen, eigers für die Antares gegründeten Lange Flugzeugbau gewesen sein. Axel Lange: „Alles sehr erfolgreiche Unternehmen in anderen Wirtschaftszweigen – und Segelflieger.“ Bis zum Verkaufsstart/Produktionsbeginn wird jedenfalls kräftig investiert. Basis der Finanzierung ist ne-

ben dem Risikokapital eine staatliche Förderung in Form von Innovationsfördermitteln und im Rahmen der Strukturförderung Rheinland-Pfalz in der bislang vom Militär dominierten Region Zweibrücken. Zwischenzeitlich wurden auch schon in hochmodernen Fertigungsverfahren komplizierte CFK-Teile der Medizintechnik produziert.

Inzwischen haben die heute zehn Mitarbeiter von Lange Flugzeugbau, darunter drei Ingenieure, den Neubau mit direktem Flugplatzanschluss bezogen. Ende November war dort die Fertigung der Flügelformen in vollem Gange. Die gefrästen Urmodelle der unteren Flügelhälften waren abformfertig. Die Produktionsformen für die Oberseiten waren bereits fertiggestellt – in modernem Standard, in CFK mit integrierter Wasserheizung.

2001 werden die ersten Antares ausgeliefert

In der großen Halle sollen nach Start und Hochfahren der Produktion einmal 40 Antares pro Jahr entstehen. Axel Lange ist recht zuversichtlich, dieses Ziel auch zu erreichen. Schließlich soll das High-Tech-Paket Antares preislich nur geringfügig über dem der konventionellen Konkurrenz angesiedelt sein. Die Technik wird mit zusätzlichen 10 000 Mark, das Spannweitenplus von zwei Metern mit zusätzlichen 5000 Mark bezahlt sein – im Vergleich zum Systempreis eines motorisierten Segelflugzeugs dieser Klasse fast ein Klacks.

Mit den Nachteilen des Elektroantriebs ließe sich leben. Das wären die bei Montage/Demontage erheblichen Flügeltgewichte. Hierfür wird es Hilfsmittel geben.

Anders als der Klapptriebwerkler mit Verbrennungsmotor wird der Antares-Pilot auch mit einer deutlich enger begrenzten Energiekapazität auskommen müssen. Die verfügbare Steighöhe mit einer Batterieladung ist bei der Antares zum gegenwärtigen Zeitpunkt auf 1900 m begrenzt. Dass viele Piloten motorisierter Segelflugzeuge in der Praxis so viel nicht einmal nutzen, zeigt eine unter Eigenstartern erhobene Statistik. In den meisten Fällen läuft der Motor nur beim Start und dann für eine deutlich geringere Starthöhe, so dass auch beim Elektroantrieb eine Batteriereserve für die Überbrückung einer oder gar mehrerer Flaute verbleibt.

Auf der Plusseite für den Elektroantrieb stehen die Zuverlässigkeit, die Umweltfreundlichkeit – es könnten sogar Starts an Flugplätzen möglich werden, die ansonsten motorgetriebene Flugzeuge ausschließen –, der hohe Bedienungskomfort und die Unabhängigkeit von der Dichtehöhe, nur der Propeller lässt mit der Höhe im Wirkungsgrad nach.

Wie sich das beim Antares-Vorläufer LF-20E darstellt, wird ein Pilot Report im Frühjahr darstellen. Mit einer detaillierten Beschreibung der Antares sollte dann ein realistischer Ausblick auf die Chancen der neuen Technik möglich sein. ■

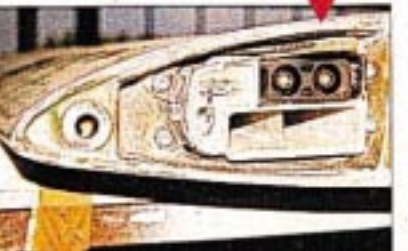
Gerhard Marzinzik

DATENSPIEGEL		ANTARES	
Hersteller	Lange Flugzeugbau Flugplatz Zweibrücken www.Lange-Flugzeugbau.com		
Verwendung	Wettbewerb, Wandern		
Besatzung	1		
Antrieb			
Motor	42 kW Elektromotor DC/DC brushless / Außenläufer		
Propeller	Zweiblatt-Festpropeller		
Batterien	NAMI		
Abmessungen			
Spannweite	m	18	20
Flügelfläche	m ²	11,9	12,6
Streckung		27,2	31,7
Rumpflänge	m	7,4	7,4
Höhe	m	1,45	1,45
Massen			
Rüstmasse	kg	401	405
max. Abflugmasse	kg	595	595
max. Flächenbel.	kg/m ²	50	47,2
min. Flächenbel.	kg/m ²	39,6	37,7
max. Wasserballast	kg	120	120
Leistungen			
Höchstgeschw.	km/h	270	270
max. Steiggeschw. bei 45 kg/m ²	m/s	4,8	4,8
mittlere Steighöhe	m	1890	1890
Steighöhe bei max. Zuladung	m	1510	1510
Mindestgeschw.	km/h	73	71
geringstes Sinken	m/s	0,54	0,52
beste Gleitzahl		> 51	> 54

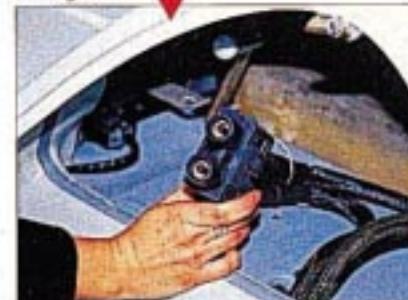
AUFGERÄUMTES COCKPIT:
Der Schubhebel hat den Platz des Fahrwerkshebels eingenommen.



DIE BATTERIE mit ausgeklügeltem Lüftungssystem hat ihren Sitz vor dem Holm.



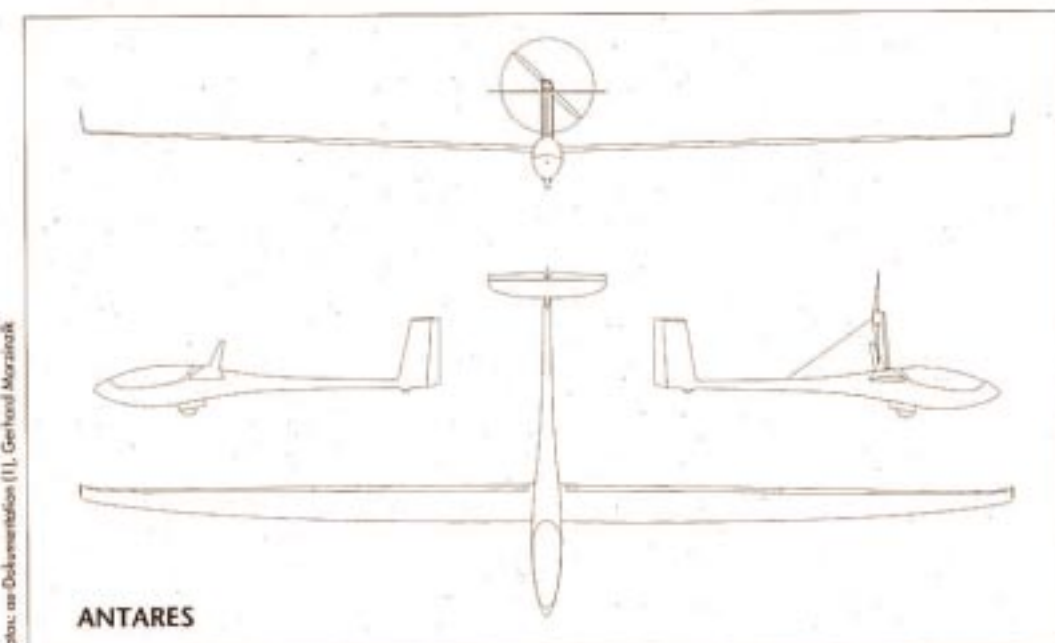
SICHERHEIT: Mit diesen berührungssicheren Steckverbindungen kann nichts schiefliegen.



STECKKONTAKTE in der Wurzelrippe für Stromversorgung und Steuerleitungen.



EINFACHER geht es nicht mehr: die Einhebelbedienung.



Fotos: von Dokumentations (1), Gerhard Marzinzik