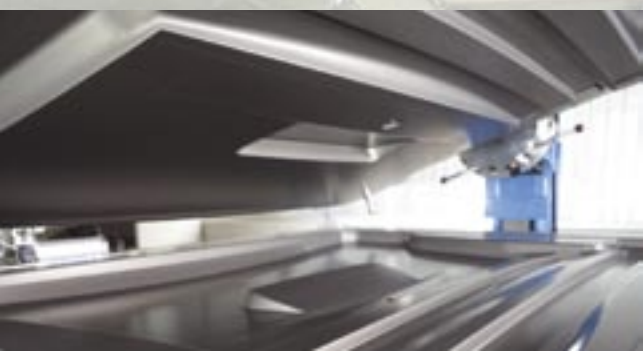


EUROPLAST REPORT 24



CFK-Strukturen für Nutzfahrzeuge	2	CFK structures for commercial vehicles
CAD/CAM von der Konstruktion bis zum Fertigprodukt	4	CAD/CAM from design to the finished product
Fahrerhaustüren aus GFK/CFK-Hybridmaterial	5	Driver's cab doors made from GFK/CFK hybrid material
CFK-Motorraumklappe für Reisebusse	6	CFK engine compartment flap for long-distance coaches

CFK-Strukturen für Nutzfahrzeuge CFK structures for commercial vehicles



Bereits vor einigen Jahren rief die Automobilindustrie ihre kunststoffverarbeitenden Zulieferer auf, sich mit der Herstellung von Komponenten und Strukturen aus kohlefaserverstärkten Kunststoffen (CFK) zu befassen. Bis dahin war die Anwendung dieser Hochleistungs-Werkstoffgruppe beschränkt auf die Luft- und Raumfahrttechnik und auf Renn- und Sportfahrzeuge bzw. -boote.

Der Werkstoff CFK ist für den Anwender und Konstrukteur hochinteressant, denn die Kohlenstofffaser hat eine extrem hohe Festigkeit, einen großen Elastizitätsmodul, eine ausgezeichnete Ermüdungssteifigkeit, ein geringes spezifisches Gewicht von nur $1,8 \text{ g/cm}^3$ (gegenüber $2,5 \text{ g/cm}^3$ bei Glasfasern) und einen negativen thermischen Ausdehnungskoeffizienten. Sie ist elektrisch leitend und elektromagnetisch abschirmend. Ihr Nachteil waren die hohen Material- und Verarbeitungskosten, so dass ihre Anwendung beispielsweise für die Nutzfahrzeugindustrie als zu teuer galt. Stattdessen wurden überwiegend Glasfaserverstärkungen in Verbindung mit ungesättigten Polyesterharzen eingesetzt.

Nun spielt im Fahrzeugbau bekanntlich das Gewicht neben Sicherheitsgesichtspunkten eine ganz entscheidende Rolle. Jedes Kilogramm weniger Gewicht spart Brennstoff und/oder erhöht die Nutzlast. Auf die Lebensdauer eines Fahrzeugs bezogen ergeben sich da ganz erstaunliche Summen, und dies besonders bei langlebigen Bussen, LKW und Sonderfahrzeugen. Hier, das heißt in jährlichen Bedarfsgrößenordnungen bis 10.000 Stück, sieht die Automobilindustrie besondere Vorteile für den Werkstoff CFK.

Nach einer gründlichen Marktanalyse kamen wir bei der C.F. Maier Europlast zu dem Schluss, dass eine Beschäftigung mit CFK interessant und notwendig ist. Allerdings mussten Wege gefunden werden, um die Material- und Verarbeitungskosten auf ein für die Nutzfahrzeugsparte akzeptables Maß zu senken. Dies ist in mehrjähriger Entwicklungsarbeit gelungen

- a) durch die Verwendung von Kohlenstoffgarnen mit Einzelfasern, die deutlich preisgünstiger sind als die in der Luft- und Raumfahrt üblichen, extrem feinen Garne;
- b) durch die Entwicklung des Hochdruck-RTM-Verfahrens (RTM = Resin Transfer Molding), für dessen rationelle Anwendung besondere und aufwendige Fertigungseinrichtungen erforderlich sind;
- c) durch die Entwicklung kostengünstiger Werkzeugkonzeptionen und schließlich
- d) durch die Bauteiloptimierung mittels der Finite-Elemente-Methode (FEM), mit der anhand vorgegebener Lastfälle die günstigste Faserorientierung definiert und der gewichts- und kostenmäßig optimale Materialeinsatz garantiert wird. Wir verfügen über eine hohe FEM-Kompetenz; die Rechenkapazität wurde Mitte des Jahres deutlich erweitert. Die Ergebnisse der FEM-Berechnungen werden mit Laminat-Musterplatten in unserem Prüflabor abgesichert.

Um die Vorteile der CFK-Technologie nicht nur theoretisch, sondern in der Praxis demonstrieren zu können, haben wir in Eigenregie ein großformatiges, 2-schaliges Bauteil für die Omnibusindustrie entwickelt und unserem Kun-

CFK-Strukturen für Nutzfahrzeuge

CFK structures for commercial vehicles

den zur Erprobung zur Verfügung gestellt. Die Ergebnisse waren erwartungsgemäß gut, und es liegen inzwischen bereits Serienaufträge auch für andere Bauteile vor.

Für die neue CFK-Abteilung wurde eine eigene Halle gebaut und mit modernster maschineller Ausstattung versehen. Die ersten Werkzeuge sind eingefahren, und wir sind inzwischen sicher,

Several years ago, the automobile industry called upon its plastics processing suppliers to become involved with the manufacture of components and structures from carbon fiber reinforced plastics (CRP). Previously, the use of this high-performance material group had been primarily restricted to aeronautical and space technology, and to racing cars, sports cars, and boats.

CRP is a highly interesting material for the user and for the designer, as carbon fibers are extremely strong, have a high modulus of elasticity, excellent fatigue strength, low specific weight of only 1.8 g/cm³ (compared with 2.5 g/cm³ for glass fibers), and a negative thermal coefficient of expansion. It is electrically conducting and electromagnetically shielding. Its disadvantage has been the high material and processing costs, so that its application in the commercial vehicle industry, for example, was considered to be too expensive. Instead, glass fiber reinforcement has been predominantly used in conjunction with unsaturated polyester resins.

Now, it is well known that, along with safety aspects, weight plays a decisive role in vehicle manufacturing. Every kilogram less weight saves fuel and/or increases the payload. Referred to the lifetime of a vehicle, this gives rise to quite amazing sums, particularly in the case of buses, trucks, and special vehicles with long-service lives. Here, that is to say in the case of annual demands of up to 10,000 units, the automobile industry sees particular advantages in the use of CRP.

Following a fundamental analysis of the market, we at C.F. Maier Europlast have come to the conclusion that involvement with CRP is both interesting and necessary. However, ways would have to be found of reducing material and processing costs to an acceptable level for the commercial vehicle sector. This has been achieved after many years of development work

that our customers in the commercial vehicle industry are using the material CFK or hybrid constructions in conjunction with an epoxy resin matrix increasingly.

We are pleased to present to you the latest process technology from the C.F. Maier Group with this Europlast-Report.

a) by the use of carbon yarns with individual fibers, which are considerably less expensive than the extremely fine yarns, which are common in air and space travel;

b) by the development of the high-pressure RTM process (RTM = Resin Transfer Molding), which requires special and elaborate manufacturing equipment for its rational application;

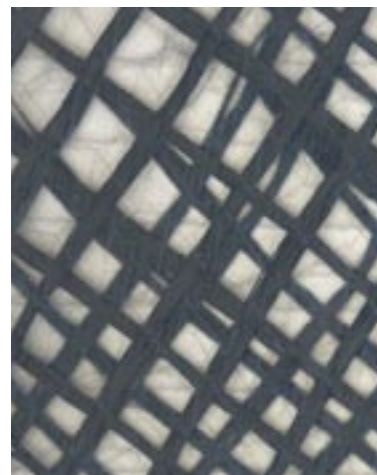
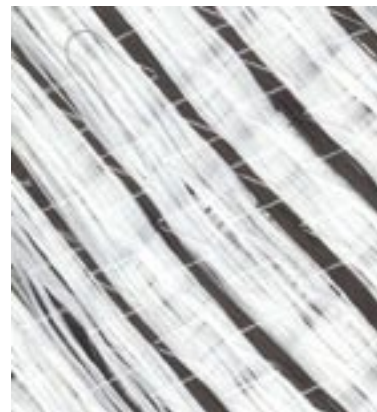
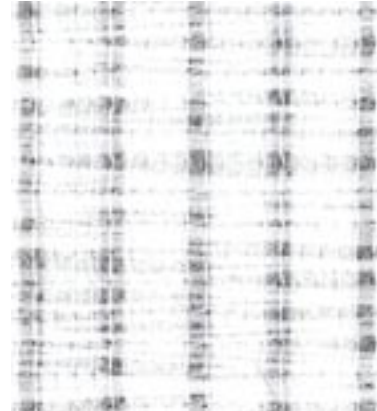
c) by the development of cost-effective tool concepts, and finally

d) by component optimization using the Finite Element Method (FEM), with which the most favorable fiber orientation is defined, based on the specified load cases, and the optimum use of material from the point of view of weight and cost is guaranteed. We have a high level of FEM expertise; the calculating capacity was considerably increased in the middle of the year. The results of the FEM calculations are supported by laminated prototype sheets in our test laboratory.

In order to be able to demonstrate the advantages of CRP technology, not only theoretically but also practically, we have developed, on our own initiative, a large-format, double-skinned component for the coach industry and made this available to our customers for testing. As expected, the results were good, and in the meantime, serial orders have also been received for other components.

A dedicated workshop has been built for the new CRP department and equipped with the most up-to-date machinery. The first tools have been broken in, and in the meantime, we are sure that our customers in the commercial vehicle industry will make increasing use of CRP or hybrid structures in conjunction with an epoxy resin matrix.

We are pleased to be able to present to you the latest process technology from the C.F. Maier Group with this Europlast-Report.



CAD/CAM von der Konstruktion bis zum Fertigprodukt

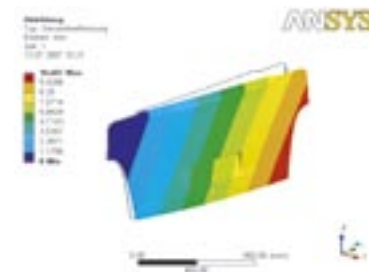
CAD/CAM from design to the finished product



3D-CAD-Konstruktion
3D-CAD construction



Vermessung eines Bauteils
Measuring of a component



FEM Simulation
FEM simulation

Die Einführung der CAD-Konstruktionstechnik bei der C.F. Maier Europlast und die Übernahme von CAD-Zeichnungen der Kunden waren vor Jahren die ersten Schritte bei der Gestaltung neuer Produkte. Inzwischen wird die CAD/CAM-Technik lückenlos von der Konstruktion bis zum fertigen Erzeugnis angewandt (Abbildung 1).

Ausgehend von den 3D-CAD-Datensätzen der Konstruktion werden Urmodelle hergestellt, die Werkzeuge gefräst und Vorrichtungen gebaut, Beschnitte festgelegt und Bauteilabmessungen abgeglichen. Dadurch fallen Maßabweichungen zwischen den einzelnen Schritten weg; die früher oft mehrfach notwendigen Optimierungsmaßnahmen entfallen.

Years ago, the introduction of CAD design technology at C.F. Maier Europlast and the incorporation of the customers' CAD drawings marked the first step in the design of new products. In the meantime, CAD/CAM technology is used seamlessly from the design to the finished product (Figure 1).

Starting from the 3D CAD design data records, master patterns are produced, the tools are milled and fixtures made, cuts are defined, and component dimensions adjusted. This eliminates dimensional variations between the individual steps; the optimization measures, which previously were often repeatedly required, are no longer necessary.

Um das fertige Bauteil zusätzlich zu prüfen, wird es bei uns auf einer 6 x 2,5 m großen Messmaschine vermessen und online mit den 3D-CAD-Daten verglichen. Abweichungen zwischen dem Produkt und seinem Datenmodell werden sofort angezeigt und abgestellt.

Um noch besser und schneller zu werden, wurden bei der Europlast nun auch Berechnungen nach der Finite Elemente Methode (FEM) eingeführt. Sie dient nicht nur der Festigkeitsberechnung von Bauteilen und der Optimierung der Verstärkungsfasern von CFK- und GFK-Erzeugnissen, sondern auch zur belastungsgerechten Auslegung von Werkzeugen und Vorrichtungen.

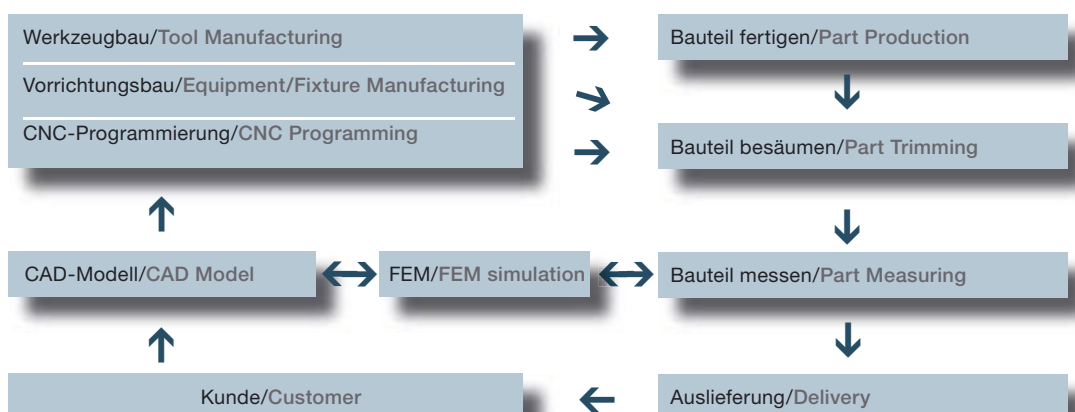
Wir sind dabei, die geschlossene CAD-CAM-Kette auch in den Auslandswerken der C.F. Maier-Gruppe einzuführen.

In order to carry out additional checks on the finished component, it is measured in our plant on a 6 x 2.5 m measuring machine and compared online with the 3D CAD data. Variations between the product and its data model are displayed and remedied immediately.

In order to become better and faster, calculations using the Finite Element Method (FEM) have now been introduced at Europlast. They are used not only for calculating the strength of components and optimizing the reinforcing fibers of CRP and GRP products, but also for designing tools and fixtures for the correct loading.

We are currently also introducing the closed CAD-CAM chain into the plants of the C.F. Maier Group abroad.

Abbildung 1:
Geschlossene CAD-CAM-Kette
Figure 1:
Closed CAD-CAM chain



Fahrerhaustüren aus GFK/CFK-Hybridmaterial

Driver's cab doors made from GFK/CFK hybrid material

Bei Liebherr-Ehingen wurde für Kranfahrzeuge eine neue Fahrerkabine entwickelt, die künftig bei allen Fahrzeugtypen zum Einsatz kommen soll. C.F. Maier Europlast liefert die Türen in GFK/CFK-Mischbauweise.

Die Fahrerhaustüren wurden bisher in Aluminium-Schalenbauweise gefertigt. Bessere Designfreiheit und geringeres Gewicht bei vergleichbarer Festigkeit bieten Faserverbundmaterialien und empfahlen sich deshalb als optimale Lösung für die nächste Türegeneration. Realisiert wurde das Projekt mit einer Epoxidharzmatrix und einer Mischung aus Glas- und Kohlefaserverstärkungen. Das Ergebnis: beste technische Werte bei vertretbaren Kosten.

Die neuen Türen bestehen wieder aus einer zweiteiligen Konstruktion mit Außen- und In-

At Liebherr-Ehingen, a new driver's cab has been developed for crane vehicles, which in the future is to be introduced for all types of vehicles. C.F. Maier Europlast supplies the doors with a mixed GRP/CRP structure.

Driver's cab doors were previously manufactured using an aluminum-shell design. Composite fiber materials provide better design freedom and lower weight with comparable strength, and therefore recommended themselves as the optimum solution for the next generation of doors. The project was implemented using an epoxy resin matrix and a mixture of glass fiber and carbon fiber reinforcements. The result: excellent technical parameters at an acceptable cost.

Form der Tür-Innenschale
Form of the door's inner shell



nenschale. Der Materialaufbau wurde zunächst mit FEM-Hilfe optimiert, anschließend wurden, ausgehend von den 3D-CAD-Daten, je zweiteilige Aluminiumwerkzeuge hergestellt, in denen der formgebende Prozess nach dem Hochdruck-RTM-Verfahren abläuft. Die Rohteile werden auf CNC-Anlagen nach den CAD-Vorgaben beschnitten und anschließend in hochgenauen Klebevorrichtungen zusammengefügt. Blech-Beschlagteile zur Türbefestigung an der Kabine kommen hinzu.

Liebherr komplettiert die Türen mit Scheiben, Dichtungen, Schlössern usw.

Bedingt durch die Hochdruck-RTM-Technologie entsteht eine sehr hohe Oberflächenqualität der Bauteile. Bei der Endlackierung werden Class A-Oberflächen erreicht.

The new doors again consist of a two-part structure with an outer and inner shell. The material design was first optimized with the help of FEM, and the two-part aluminum tools, in which the forming process is carried out, using the high-pressure RTM method, were then manufactured starting from the 3D CAD data. The blanks are cut on CNC machines, according to the CAD specifications, and subsequently joined together in highly accurate gluing fixtures. Sheet metal fittings are added for fixing the doors to the cab.

Liebherr completes the doors with windows, seals, locks, etc.

The high-pressure RTM technology results in a very high-quality surface finish for the components. Class A surface finish is achieved in final painting.

Kranfahrzeug mit Fahrerhaustür von C.F. Maier
Crane vehicle with driver's cab door by C.F. Maier



Detail der Fahrerhaustür
Detail of the driver's cab door



CFK-Motorraumklappe für Reisebusse

CFK engine compartment flap for long-distance coaches

Gewichtsreduzierung ist für Omnibusse ein entscheidender Gesichtspunkt, um Kraftstoff zu sparen, die Zuladung zu erhöhen und die Fahreigenschaften zu verbessern. Der Hochleistungswerkstoff CFK bietet in dieser Hinsicht neue, interessante Ansatzpunkte. C.F. Maier hat seine Bedeutung erkannt und kann erste Erfolge vorweisen.

Gerade die großformatige Heck-Motorraumklappe, die ca. 2,5 m hinter der Hinterachse liegt und deshalb massendynamisch über das reine Gewicht hinaus für die Omnibuskonstruktion

von Bedeutung ist, bot sich als Versuchsobjekt für eine CFK-Konstruktion an. Außerdem wird von der Klappe hohe Steifigkeit erwartet, weil sie beim Öffnen und Schließen über die Scharnierpunkte stark belastet wird. Die zu erwartende Gewichtseinsparung kommt hinzu.

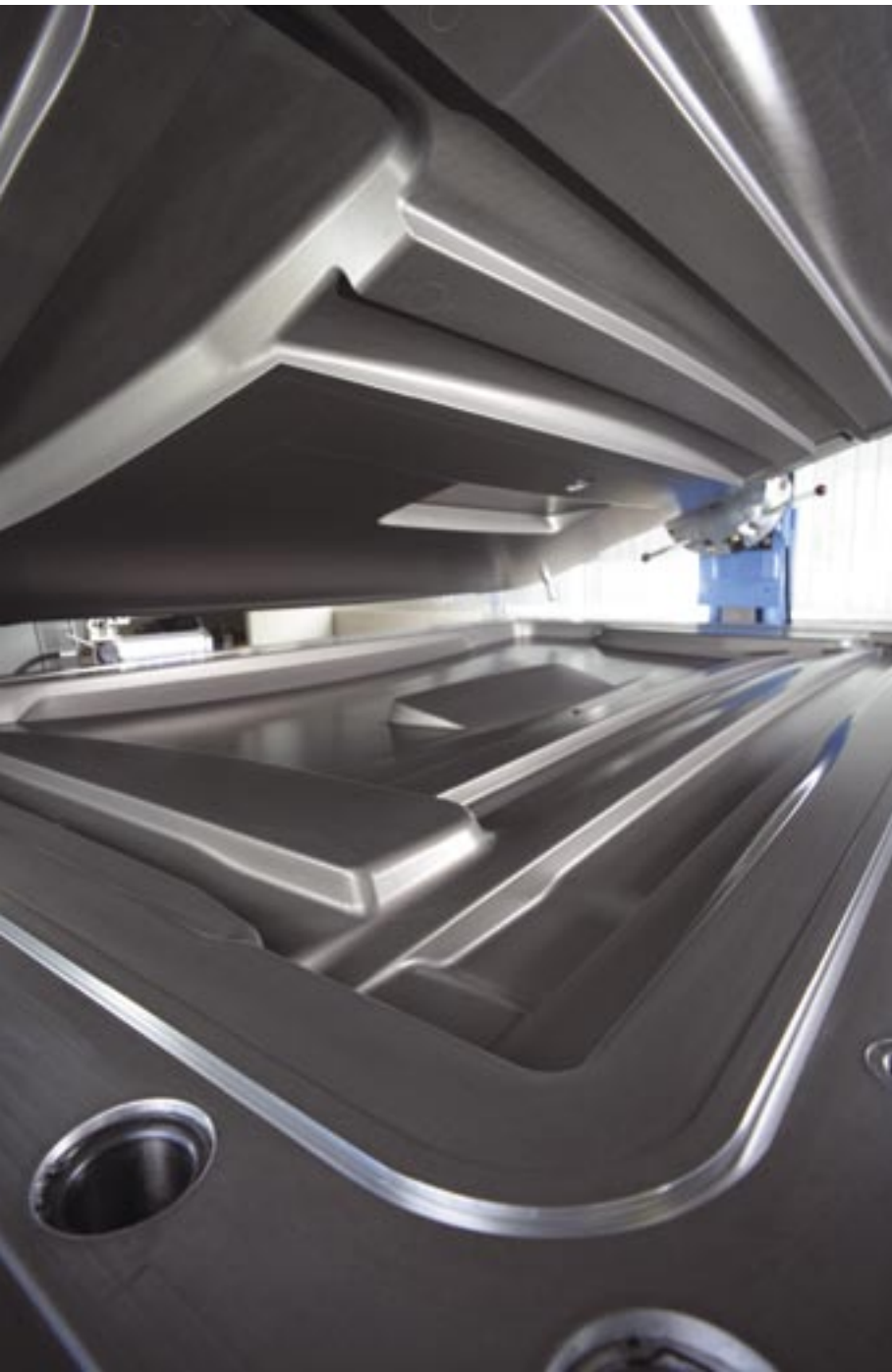
Um dem Omnibushersteller die CFK-Vorteile in der Praxis demonstrieren zu können, stellte die Europlast aus eigenem Antrieb mehrere CFK-Heckklappen für einen laufenden Omnibustyp her. Dazu mussten zunächst Kunststoffwerkzeuge für die Innen- und Außenschale geschaffen werden. Aus ihnen wurden dann im Hochdruck-RTM-Verfahren mehrere Schalenpaare gefertigt, auf RTM-Anlagen beschnitten und durch Verkleben verbunden.

Die Eigenschaften der bemusterten Klappen waren so seriennah, dass sie beim Kunden auf Festigkeit, Oberflächenqualität, Lackierfähigkeit usw. getestet werden konnten.

Die Versuche auf dem Pulser wie auch die Online-Lackierung brachten so gute Ergebnisse, dass der Kunde die Serienwerkzeuge für eine neue Reisebus-Motorklappe in Auftrag gab.

Das ursprüngliche Bauteilgewicht konnte von 25 kg auf 11,8 kg reduziert werden.

Geöffnetes Werkzeug
Opened tool



Motorraumklappe
Engine compartment flap



CFK-Motorraumklappe für Reisebusse

CFK engine compartment flap for long-distance coaches

Weight reduction is a decisive aspect for buses in order to save fuel, increase the payload, and improve driving characteristics. The high-performance CRP material offers new, interesting approaches in this area.

C.F. Maier has recognized its significance and is able to demonstrate the first achievements.

The large-format rear engine compartment flap, which is located some 2.5 m behind the rear axle and is therefore significantly over and above the pure weight for the mass-dynamic design of the bus, lent itself particularly as a trial object for a CRP structure. Furthermore, a high degree of stiffness is expected from the flap, as it is heavily loaded via the hinge points when opening and closing. In addition to this, a saving in weight is to be expected.

In order to be able to demonstrate the advantages of CRP to the bus manufacturer in

practice, Europlast produced several CRP rear flaps for a current bus type at its own instigation. To do this, plastic tools first had to be created for the inner and outer shell. From these, several pairs of shells were then manufactured using the high-pressure RTM process, cut to size on CNC machines, and joined by gluing.

The characteristics of the sample flaps were so close to series production that the customer was able to test them for strength, quality of surface finish, suitability for painting, etc.

Trials on the pulser, as well as the online painting, produced such good results that the customer has placed an order for the standard tools for a new long-distance coach engine flap.

The original component weight has been reduced from 25 kg to 11.8 kg.



Rückansicht Reisebus mit geöffneter Motorraumklappe
Rear view of a long-distance coach with opened engine compartment flap

Detailansicht der Innenseite der Motorraumklappe
Detail view of the reverse side of the engine compartment flap





Impressum

C.F. Maier Europlast GmbH & Co KG
Postfach 1160
89548 Königsbrunn, Germany
Telefon +49(0)7328 81-07
Telefax +49(0)7328 81-286
info-ep@c-f-maier.de

www.c-f-maier.de

Bilder

Produktfotos: mit Genehmigung
der Kundenfirmen
Teilfotos: C.F. Maier,
Wesser & Bogenschütz

Gestaltung

Büro h2a

Druck

Druckerei Kopp

2007/09

