März 2003

MODULTEC – Modultechnologie für Leichtmobile

Schlussbericht



HORLACHER

energieschweiz

Autoren:
Max Horlacher
Thomas Efler
Dr. Susanne Wegmann (Redaktion)

Projekt MODULTEC I
BFE-Vertragsnummer 54961
Projektdauer: Dezember 1995 bis August 1999

Projekt MODULTEC II
BFE-Vertragsnummer 79188
Projektdauer: September 1999 bis März 2003

Horlacher AG
Güterstrasse 9, CH-4313 Möhlin
Tel. 062 851 21 18, Fax 061 851 32 00
info@horlacher.com www.horlacher.com

Dank

Leichtbau für Fahrzeuge ist für die Firma Horlacher immer ein zentrales Thema gewesen. Die Fahrzeuge für Strasse und Schiene möglichst leicht zu bauen und damit dazu beizutragen, den Energieverbrauch im Bereich der Mobilität möglichst tief zu halten, sind für uns zentrale Anliegen.

Wir waren auch immer von den Vorteilen überzeugt, den die Kunststoffe im Fahrzeugbau bieten und sahen in diesem Material ein grosses Potenzial zu signifikanten Gewichtseinsparungen. Aus dem Wunsch heraus, dieses Potenzial am konkreten Beispiel aufzuzeigen, ist das Projekt MODULTEC entstanden. Zuerst mit einer selbsttragenden Kunststoffkarosserie für ein Stadtfahrzeug und später mit Prototyp-Modulen für ein Serienfahrzeug sollte die Machbarkeit im Massstab 1:1 demonstriert werden. Wir waren davon überzeugt, dass nur so die stark in den Traditionen verhaftete Automobilindustrie von den Vorzügen des leichten Baummaterials zu überzeugen ist. Schliesslich sehen wir immer wieder, welch nachhaltige Wirkung selber Erlebtes hat. Das grosse Interesse der Industrie am Erreichten stimmt uns zuversichtlich.

Mit dem Projekt MODULTEC konnten wir der Industrie mit Modellen und Prototyp-Modulen nicht nur vor Augen führen, dass eine stelbsttragende Karosserie aus Kunststoff ohne Abstriche bei der Sicherheit möglich ist. Wir konnten auch zeigen, dass die modulare Bauweise sogar wesentliche Vorteile für die Fertigung der Fahrzeuge bringt. Beides war nur möglich dank der Unterstützung des Projekts durch das Bundesamt für Energie (BFE), die es uns während mehrer Jahre gewährte. Hierfür sind wir dem BFE zu grossem Dank verpflichtet. Mit dieser Unterstützung hat das BFE auch geholfen, der Schweizer Zulieferindustrie neue Perspektiven zu eröffnen. Insbesondere danken möchten wir dem Projektbegleiter Martin Pulfer, der uns immer wieder wertvolle Impulse gab und fruchtbare Kontakte vermittelt hat. Wir danken auch dem vormaligem Direktor des BFE, Dr. Eduard Kiener und Vize-Direktor Dr. Hans Luzius Schmid sowie Dr. Gerhard Schriber und Peter Cunz für ihre anhaltende Unterstützung des Projekts und das uns entgegengebrachte Vertrauen.

Dass die Erkenntnisse aus dem Projekt MODULTEC bereits an der Schwelle zur industriellen Umsetzung und somit zum Erreichen des eigentlichen Ziels stehen, verdanken wir zu wesentlichen Teilen der Firma Rieter. Ihr Projektleiter Dr. Markus Zogg hat einen bedeutenden Anteil am Erfolg des ganzen Projekts und spielt eine zentrale Rolle in der industriellen Umsetzung. Wichtige Impulse verdanken wir auch Jean-Philippe Thomé. Den eigentlichen Anstoss zur Zusammenarbeit der beiden Firmen gab Kurt Feller, Verwaltungsratspräsident der Rieter AG, dem wir hierfür besonders herzlich danken.

Eine weitere besonders fruchtbare Zusammenarbeit entwickelte sich mit dem Thermoplasthersteller Quadrant. Insbesondere konnten wir auf das breite Fachwissen und die langjährige Erfahrung von Hans Pfister zählen, der zu den Pionieren im Bereich der Thermoplaste zählt. Für sein Interesse an unseren Arbeiten und die vielen Impulse danken wir ihm ganz herzlich.

Im Bereich der Klebtechnik konnten wir uns auf die fachliche Unterstützung durch Pierre-André Blaser und Peter Reutimann und von der Firma 3M stützen, wofür wir dankbar sind.

Von Anfang an bestand eine fruchtbare Zusammenarbeit mit Prof. Felix Walz von der ETH Zürich, die über die mit seiner Unterstützung durchgeführten Crash-Tests hinausging. Hilfreich war auch die Zusammenarbeit mit der Fachhochschule beider Basel in Muttenz, wo wir in Prof. Hansruedi Manz einen erfahrenen Fachmann für Arbeiten mit Karbon gefunden haben, und mit der Fachhochschule Aargau in Windisch, wo uns Prof. Jochen Müller zusammen mit den Studierenden mit Berechnungen und Tests unterstützt hat. Wir freuen uns darüber, dass diese Institutionen auch weiterhin mit uns zusammenarbeiten möchten.

Max Horlacher
Horlacher AG

Möhlin, 13. März 2003

Vorwort

Das erste Mal, dass ich auf den Namen Horlacher aufmerksam wurde, war in der zweiten Hälfte der Achtzigerjahre im Zusammenhang mit der Tour de Sol. Als Staaner (Bewohner von Stein am Rhein) habe ich mich natürlich in erster Linie für das Abschneiden des Teams Gridelli interessiert, die zu unser aller Freude in der Kategorie «Solarmobile mit Manpowerunterstützung» immer ganz vorne mit dabei waren. Bei den «richtigen Autos», bei denen die Fahrer nicht in die Pedale treten mussten und welche die Solarpanele auch nicht immer selbst mitführten sondern zu Hause auf dem Dach montiert hatten, wurden Mercedes, VW, BMW, Fiat, etc. oft von den Schweizer Horlacher – Fahrzeugen geschlagen.

In den folgenden Jahren ist die Firma Horlacher immer wieder mit originellen Elektromobilen aufgefallen, welche im Gegensatz zu denjenigen, die von den grossen Automobilherstellern gezeigt wurden, auch mit «vernünftigen» Reichweiten (zum Teil über 500 km mit einer Batterieladung) zu gefallen wussten.

Mit den Crashtests der Horlacher Elektromobile aus Kunststoff wurde der Name Horlacher mit einem Schlag in der ganzen Automobilindustrie berühmt. Der von den Ingenieuren der grossen Automobilhersteller abgesicherte Stand der Technik war, dass Fahrzeuge unter 3,5 m Gesamtlänge im Crashfall erhebliche Sicherheitsmängel haben, da nicht genügend Knautschzone zur Verfügung steht. Diese Weisheit wurde durch Crashtests mit verschiedenen Kleinwagen für jedermann ersichtlich untermauert. In diesem Umfeld wurde auch ein nur 2,5 m langes Horlacher Elektromobil aus Kunststoff mit mehr als 50 km/h gegen eine Wand gefahren. Das Resultat war schlicht sensationell. Alle am Dummy gemessenen Kennwerte waren im «grünen Bereich» und sogar die Frontscheibe des Fahrzeugs blieb ganz. Auch die Bilder des Frontalcrashs eines Horlacher Elektromobils mit einem Audi 100 gingen damals um die Welt. Mit diesen Versuchen wurde nicht nur der Stand der Technik «revidiert» sondern auch die Latte bei den Sicherheitsansprüchen an Kleinwagen massiv erhöht. Kleinwagenprojekte von Firmen mit hohen Sicherheitsansprüchen wurden durch die Erkenntnisse aus diesen Versuchen erst möglich. Die Schweizer Firma Horlacher hat der weltweiten Automobilindustrie gezeigt, dass auch Kleinwagen sicher gebaut werden können.

Die Firma Rieter Automotive kam erstmals 1998 in direkten Kontakt mit Horlacher. Ein Team von zwölf Mitarbeitern war während drei Monaten in den USA unter Leitung von Prof. Prahallad auf der Suche nach einer neuen Langzeitstrategie. Bei der Suche nach den neuesten Trends haben meine Kollegen von Amory Lovins (Rocky Mountain Institute) den Hinweis erhalten doch auch «vor der eigenen Haustür» nachzuforschen und die Firma Horlacher zu besuchen. Das dort gezeigte Modultec-Fahrzeug, dessen Fahrzeugstruktur aus wenigen strukturellen Modulen aufbaut ist, hat unsere Langzeitstrategie wesentlich beeinflusst. Aus diesem Besuch hat sich eine kontinuierliche und intensive Zusammenarbeit entwickelt. Horlacher ist für uns heute ein wichtiger Partner bei der Erforschung neuer Ansätze. Mit Horlacher zusammen können schnell und unkompliziert Ideen und Anschauungsmodelle realisiert werden, die aus Geheimhaltungsgründen nie an Schulen kommuniziert werden können. Ergänzend zu den angewandten Forschungsprojekten mit Horlacher laufen auch verschiedene Grundlagenuntersuchungen in Zusammenarbeit mit den Schweizer Ingenieurschulen.

Der Bekanntheitsgrad der Firma Horlacher in der Automobilindustrie ist gross. Wenn man bei unseren Kunden erwähnt, dass im Rahmen einer Besprechung möglicher neuer Projekte bei uns in Winterthur auch ein Besuch bei Horlacher möglich wäre, wächst das Interesse meistens schlagartig. Anstelle der üblichen zwei bis drei Vertreter kommen dann meistens vier bis fünf mit.

Für Rieter Automotive, einer der zahlreichen Schweizer Zulieferer der Automobilindustrie, ist die Firma Horlacher mittlerweile ein wichtiger Partner für angewandte Forschungsprojekte, vor allem im Bereich langfristiger Projekte mit faserverstärkten Kunststoffen. Wir hoffen, dass wir diese erfolgreiche Zusammenarbeit auch in Zukunft fortsetzen können.

Dr. Markus Zogg
Rieter Automotive Management AG
International Business Development

September 2002

Inhaltsverzeichnis

Seite

DANK 3

VORWORT 5

INHALTSVERZEICHNIS 7

ZUSAMMENFASSUNG 9

1. ZIELSETZUNGEN 12

1.1 Hauptziel: Senkung der CO2-Emissionen 12
1.1.1 Steigender Treibstoffverbrauch und höheres Fahrzeuggewicht 12
1.1.2 Potenzial des Leichtbaus 12

1.2 Optimierte Fertigung von Verbundstoff-Karosserien 12
1.2.1 Entwicklung von Werkstoffen für den Leichtbau 12
1.2.2 Neue Kunststoff-Faserkombinationen 13
1.2.3 Kunststoff-Recycling 13
1.2.4 Potenzial der modularen Bauweise 13
1.2.5 Belastbare und hitzebeständige Klebstoffe 14

1.3 Industrielle Umsetzung 14
1.3.1 Gesamtwirtschaftliche Aspekte 14
1.3.2 Trend zu Systemgruppen in der Automobilindustrie 14
1.3.3 Herstellung von Modulen zu Demonstrationszwecken 15

1.4 Fussgängerschutz 15

2. PROJEKTPHASEN 16

2.1 Erfahrungen im Leichtbau mit City I bis City III 16
2.1.1 City I: Elektrisches Stadtauto mit Schiebetüre 16
2.1.2 City I mit Radnabenmotor 16
2.1.3 City II und City III 16
2.1.4 Pick-ups 17
2.1.5 Crash-Test 19

2.2 MODULTEC I 19
2.2.1 Anforderungen an Kunststoff als Baumaterial 19
2.2.2 Materialtests 19
2.2.3 Tests mit Klebern 21
2.2.4 Sandwichbauweise 22
2.2.5 Segmentierung 22
2.2.6 Demonstrationsmodell 22

2.3 MODULTEC II 25
2.3.1 Industrielle Umsetzung als Ziel 25
2.3.2 Zusammenarbeit mit der Firma Rieter 25
2.3.3 Prototyp eines Bodenmoduls 25
2.3.4 Prototyp eines Dachmoduls 26
2.3.5 Segmentierung 26

2.4 Fertigung eines MODULTEC-Bodenmoduls 26

2.5 Fertigung eines MODULTEC-Dachmoduls 31

2.6 Vorbereitung für eine industrielle Fertigung 33
2.6.1 Zusammenarbeit mit GMT-Hersteller Quadrant 33
2.6.2 Prototypenwerkzeuge 33
2.6.3 Klebeversuche in Zusammenarbeit mit 3M 34
2.6.4 Recycling der Kunststoffkarosserie 34
2.6.5 NININ, MODULTEC mit Spaceframe 34

2.7 Fussgängerschutz 35
2.7.1 Verhinderung des Sekundäraufpralls 35
2.7.2 Zebralift 35

3. BEURTEILUNG DES PROJEKTS 37

3.1 Erreichte Ziele 37
3.1.1 Gewichtsreduktion 37
3.1.2 Demonstration der Machbarkeit 37

3.2 Informationstätigkeit 37
3.2.1 Öffentliche Präsentationen 37
3.2.2 Firmeninterne Präsentationen 39
3.2.3 Breites Medienecho 39

3.3 Erste industrielle Umsetzungen 40
3.3.1 Kunststoffanteil 40
3.3.2 Schiebetüren und Kompaktfahrzeuge 40

3.4 Herstellung eines strassentauglichen Prototyps 41

3.5 Einfluss unterschiedlicher Fahrzeugphilosophien 42

4. PERSPEKTIVEN 42

4.1 Industrielle Umsetzung 42

4.2 Weitere Gewichtsreduktionen 42

4.3 Weitere Demonstrationsmodelle 43
4.3.1 Modell für ein Two-Box-Konzept 43
4.3.2 Weitere Prototypmodule 43

4.4 Speicherung von alternativen Treibstoffen 43

4.6 Weitere Entwicklungsarbeiten für den Fussgängerschutz 44

5. ANHANG 45

Zusammenfassung

In der Schweiz zählt der Strassenverkehr zu den grössten Verbrauchern fossiler Energieträger und ist damit für einen wesentlichen Teil der CO_2-Emissionen verantwortlich. Das Potenzial zur Senkung der CO_2-Emissionen ist im Bereich Mobilität jedoch gross. Allein durch eine Gewichtsreduktion der Autos liesse sich der Treibstoffverbrauch respektive der CO_2-Ausstoss markant senken.

Projektziele

Mit dem Projekt MODULTEC bezweckte die Firma Horlacher AG in Möhlin aufzuzeigen, wie ein Fahrzeug bei gleicher oder besserer Sicherheit erheblich leichter gebaut werden kann. Dank der modularen Bauweise und der Verwendung von Faserverbundstoffen auch für statisch belastete Teile sollte eine Gewichtsreduktion von 30% gegenüber einem vergleichbaren Fahrzeug in herkömmlicher Bauweise erreicht werden.

Der modulare Fahrzeugaufbau ist auf die Entwicklung in der Automobilindustrie ausgerichtet, wonach Autos zunehmend nach dem Baukastensystem gefertigt werden. Längerfristig dürften die Autohersteller nur noch wenige wichtige Elemente selber fertigen und die restlichen Elemente als Module von Zulieferern beziehen. Die bedeutende Schweizer Zulieferindustrie sieht in dieser Marktentwicklung eine Chance.

Im Projekt MODULTEC gewährt die enge Zusammenarbeit mit der Schweizer Zulieferindustrie und deren Materialzulieferern eine optimale und rasche Umsetzung im Automobilbau der durch das Projekt gewonnenen Erkenntnisse. Da sich die Zulieferer stark an den Interessen der Autoindustrie orientieren, sind die Module entsprechend praxisnah auslegt. Die Zulieferer haben grösstes Interesse daran, den einzelnen Automobilherstellern möglichst rasch neuartige Baugruppen und ganze Systeme vorzuschlagen.

Das Projekt MODULTEC bezweckt denn auch, die industrielle Umsetzung aufzuzeigen. Die Ziele des Projektes sind die Entwicklung und die Optimierung verschiedener Karosseriemodule in Leichtbauweise. Insbesondere die Bodengruppe sollte sich für die Integration von unterschiedlichen Antriebssystemen und ihren Energie- respektive Treibstoffspeichern eignen. Damit sollte die Möglichkeit gegeben sein, die modulare Bauweise sowohl für Fahrzeuge mit herkömmlichem Verbrennungsmotor als auch für solche mit alternativen Antriebssystemen zu verwenden.

MODULTEC I

Bei MODULTEC I, das von 1995 bis 1998 dauerte, lag das Schwergewicht auf der Umsetzung, Entwicklung und Herstellung einer selbsttragenden, möglichst leichten Karosserie aus mit Fasern verstärkten Kunststoffen, die in Modulen aufgebaut ist und die die üblichen Sicherheitsstandards erfüllt.

Neben der Suche nach der optimalen Segmentierung standen Tests mit verschiedenen Kunststoffen und Verfahren im Vordergrund. Neben der Stabilität und der Fertigungszeit spielte die möglichst vollständige Recyclierbarkeit der verwendeten Materialien eine wesentliche Rolle. Ferner sind erste Klebstoffe zur späteren Verklebung der einzelnen Module getestet worden.

Zu Demonstrationszwecken wurde ausserdem ein Modell eines vollständigen Karosseriekörpers aus Faserverbundstoff für ein 2-plätziges Kompaktfahrzeug in Originalgrösse entwickelt und gebaut. Dieses lässt sich von zwei Personen in weniger als drei Minuten zusammenstecken.

MODULTEC II

MODULTEC II (1999 bis 2002) stellte einen ersten Schritt zur industriellen Umsetzung der Erkenntnis von MODULTEC I dar. Hierfür wurden bei einem Serienfahrzeug die Bodengruppe und das komplette Dach entfernt und durch Module aus Kunststoff ersetzt. Für dieses Projekt konnte mit der Firma Rieter der grösste Schweizer Zulieferer der Autoindustrie als Partner gewonnen werden. Diese Zusammenarbeit wird die industrielle Umsetzung beschleunigen helfen. Aus Gründen der industriellen Geheimhaltung sind die Resultate aus MODULTEC II bisher nur intern präsentiert worden.

Die Arbeiten im Rahmen von MODULTEC II bestätigten die zentrale Rolle der Segmentierung. Sowohl das Boden- wie auch das Dachmodul sind auf der Basis der vom Fahrzeughersteller gelieferten CAD-Daten gefertigt worden. Beim Bodenmodul zeigte es sich, dass die zum Grundformensatz hinzugefügten Vertiefungen für nachträglich einzubauende Komponenten eine Verbesserung der Steifigkeit bewirkte. Dies erlaubte es, grosse Flächen mit gleicher Materialdicke herzustellen wie kleinere Flächen, was eine entsprechende Gewichtsreduktion ermöglichte.

Dank einer weitergehenden Bearbeitung der CAD-Daten und der Vereinfachung der Formen konnte beim Dachmodul ein wesentlicher Arbeitsschritt übersprungen werden. Da die Daten weitgehend an die Anforderungen an den Kunststoff angepasst wurden, musste kein Urmodell gefertigt werden. Die bearbeiteten CAD-Daten konnten direkt zum Fräsen der Negativformen verwendet werden.

Beurteilung des Projekts

Mit den beiden Projekten MODULTEC I und II konnte bewiesen werden, dass sich das Fahrzeuggewicht unter Einsatz von neuartigen Werkstoffen um 30% reduzieren lässt, ohne die hohe Fahrzeugsicherheit zu tangieren.

Alleine mit den Gewichtseinsparungen, die der Leichtbau von Boden- und Dachmodul erlauben, liess sich das Leergewicht des verwendeten Serienfahrzeugs von 1250 kg auf 1100 kg senken. Dies und aerodynamische Optimierungen erlauben insgesamt eine Reduktion des Treibstoffverbrauchs um schätzungsweise 1,3 Liter Benzin oder 3 kg CO_2 pro 100km.

Da mit dem Boden- und dem Dachmodul zuerst die beiden komplexesten Teile realisiert worden sind, darf davon ausgegangen werden, dass sich die ganze Fahrgastzelle in modularer Leichtbauweise aus mit Fasern verstärkten Kunststoffen herstellen und sich das gesamte Fahrzeuggewicht entsprechend um etwa 30% senken lässt. In einem Folgeprojekt sollen weitere Module in der gleichen Technik hergestellt und gleichzeitig das Bodenmodul zur serienreifen Bodengruppe weiterentwickelt werden.

Als unerwartet grosses Hindernis erweist sich die unterschiedliche, oft Jahrzehnte alte Fahrzeugphilosophie der einzelnen Automobilkonzerne. Dies erschwert die industrielle Umsetzung der modularen Bauweise, da immer wieder neue Konzepte zu erarbeiten sind.

Perspektiven

In Zusammenarbeit mit Rieter und ihrer Kundschaft sollen die Erkenntnisse schrittweise in serienmässig hergestellten Fahrzeugen umgesetzt werden. Bereits hat ein Konzern sein Interesse signalisiert, eines seiner erfolgreich eingeführten Modelle durch einzelne Modultec-Module in Zukunft leichter zu bauen. Ein weiteres Projekt sieht vor, den modularen Leichtbau aus Kunststoff mit einem Space-Frame aus Aluminium zu kombinieren.

Weitere geplante Arbeiten sind die Entwicklung von Boden- und Dachmodulen für Serienfahrzeuge mit anderem Fahrzeugkonzept. Vorgesehen ist auch das bestehende, auf einem europäischen Mittelklasse-Wagen mit One-Box-Konzept, das heisst auf der klassischen Van-Bauweise beruhenden Bodenmodul-Prototypen mit der Bodengruppe eines Kleinwagens mit Two-Box-Konzept mit separatem Motorraum eines anderen europäischen Herstellers zu vergleichen. Diese Arbeiten stellen weitere wichtige Schritte zur industriellen Umsetzung dar.

Im Hinblick auf die Verwendung des Bodenmoduls für unterschiedliche Antriebssysteme soll zudem versucht werden, den Wasserstoffspeicher für ein mit Brennstoffzellen ausgerüstetes Auto in den Boden zu integrieren. Ferner soll getestet werden, wie weit sich die Kunststoffkarosserie als modularer Kapillarspeicher für gasförmige Treibstoffe eignet. Diese Idee ist 2001 mit dem dritten Rang des Hans E. Moppert-Preises für zukunftsweisende Energieprojekte ausgezeichnet worden.

Ausserdem wird der Fussgängersicherheit auch in Zukunft hohe Priorität beigemessen. Es soll ein Frontmodul entwickelt werden, das dank einem teilweise doppeltwandigen Aufbau die Aufprallenergie des Fussgängers weitgehend absorbieren und so ein Wegschleudern respektive den oft fatalen Sekundäraufprall verhindern kann. Vollständig beseitigen lässt sich das Unfallrisiko nur bei einer Trennung der Verkehrswege von Auto und Fussgänger. Der Zebra-Lift bietet diese Möglichkeit. In Zusammenarbeit mit der ETH Lausanne und der Industrie soll dieser zur Serienreife weiterentwickelt werden.



Die im Rahmen von MODULTEC gefertigten Modelle und Prototypmodule halfen, an internationalen Fachtagungen wie jener des Rohbau-Expertenkreises in Stuttgart das Potenzial des Leichtbaus auf eindrückliche Art zu demonstrieren.

1. Zielsetzungen

1.1 Hauptziel: Senkung der CO_2-Emissionen

1.1.1 Steigender Treibstoffverbrauch und höheres Fahrzeuggewicht

2001 wurden rund 36% aller in der Schweiz verbrauchten fossilen Energieträger im Strassenverkehr als Benzin oder Diesel verbrannt. Damit ist die Mobilität in der Schweiz der grösste Verbraucher von fossilen Energieträgern. Zwischen 1990 und 2000 nahm der Verbrauch dieser Treibstoffe um 9,8% zu. Die aktuellen Trends deuten auf einen weiterhin steigenden Treibstoffverbrauch durch den Strassenverkehr hin.

Dies steht im Widerspruch zur deutlichen Verbesserung der Effizienz des Benzin- und Dieselantriebs in den letzten Jahrzehnten. Gemäss auto-schweiz hat der spezifische Treibstoffverbrauch zwischen 1995 und 2001 um rund 0,8 l pro 100 km abgenommen.

Gleichzeitig sind die Fahrzeuge jedoch schwerer geworden. Nach Angaben von auto-schweiz hat sich das durchschnittliche Fahrzeuggewicht von 1991 bis 2001 von 1230 auf 1390 kg erhöht. Verantwortlich für die Gewichtszunahme sind vor allem Sicherheits- und Komfortelemente wie ABS, Airbags und Klimaanlagen. Die Zunahme des Fahrzeuggewichts ist zu einem wesentlichen Teil mitverantwortlich für den steigenden Treibstoffverbrauch durch den Strassenverkehr.

1.1.2 Potenzial des Leichtbaus

Die Senkung des Fahrzeuggewichts würde es erlauben, bedeutende Mengen Treibstoff zu sparen und die CO_2-Emissionen spürbar zu senken: Gemäss einer Studie der Migros liessen sich pro Jahr 40 Millionen Liter Benzin einsparen und die CO_2-Emissionen um 90'000 Tonnen vermindern, wenn jedes Auto in der Schweiz zehn Kilogramm leichter wäre. Letzteres entspricht gut 0,5% des gesamten CO_2-Ausstosses des Strassenverkehrs. Das Potenzial, das Fahrzeuggewicht mit neuen, leichten Baustoffen zu senken, beträgt nach Schätzungen der Firma Rieter bis zu 60% des gesamten Fahrzeuggewichts und ist somit beträchtlich.

Mit dem Projekt MODULTEC bezweckt die Firma Horlacher AG in Möhlin in erster Linie zu zeigen, wie ein Fahrzeug bei gleicher oder besserer Sicherheit erheblich leichter gebaut werden kann. Die angestrebte Gewichtsreduktion liegt bei 30% des Fahrzeuggewichts.

1.2 Optimierte Fertigung von Verbundstoff-Karosserien

1.2.1 Entwicklung von Werkstoffen für den Leichtbau

Um dieses Hauptziel zu erreichen, waren im Rahmen des Projektes vorerst hoch belastbare und leichtgewichtige Werkstoffe und Komponenten zu entwickeln. Mit dem Projekt MODULTEC sollte dann eine Herstellungsmethode für sehr leichte, selbsttragende

Kunststoffkarosserien entwickelt werden, die sich für die Anwendung in der industriellen Serienproduktion eignen. Hierfür kam die Systembauweise zur Anwendung.

Der Sicherheit wurde besondere Beachtung geschenkt. Sie soll für Kleinfahrzeuge im Leichtbau einen mindestens gleich hohen Standard erreichen wie für Kleinwagen in herkömmlicher Bauweise.

1.2.2 Neue Kunststoff-Faserkombinationen

Mit Glasfasern verstärkte Kunststoffverbunde können die Anforderungen im Bereich des Gewichts und in Bezug auf die Belastung erfüllen. Die langen Härtezeiten und die bei jedem Werkstück spezifisch auf die zu erwartende Belastung auszurichtende Orientierung der eingesetzten Fasern treiben jedoch die Taktzeiten bei der Fertigung und die Produktionskosten in die Höhe. Um die Fertigungszeiten zu senken, wurden im Rahmen des Projektes MODULTEC neue Kunststoff- und Faserkombinationen gesucht sowie das Härtungsverfahren optimiert.

1.2.3 Kunststoff-Recycling

Bei der Verwendung von Kunststoff stellt sich immer auch die Frage nach der Entsorgung respektive der Wiederverwertung des Materials. Das Projekt strebte die Verwendung von Kunststoffen an, die sich mit vertretbarem Aufwand möglichst weitgehend recyclieren lassen.

Grundsätzlich ist die Wiederverwertung von Kunststoffen, die mit Glasfasern verstärkt sind, zwar möglich. Bis vor kurzem war dies allerdings sehr aufwändig, da der Kunststoff zuerst von den Glasfasern getrennt werden musste, bevor er eingeschmolzen und wiederverwertet werden konnte.

Im Rahmen seiner Dissertation untersuchte Markus Zogg an der ETH Zürich unterschiedliche Verfahren des Kunststoff-Recyclings (Diss. Nummer 11946, ETHZ). Basierend auf den Erkenntnissen aus diesen Untersuchungen sind für das Projekt MODULTEC für die einzelnen Bauteile Kunststoffe gewählt worden, die sich in einem möglichst geschlossenen Kreislauf wieder in der Neuproduktion von Bauteilen verwenden lassen.

Hierzu galt es insbesondere Verfahren zu finden, die die langen Glasfasern im Recycling-Prozess nicht zerstören, damit der so verstärkte Kunststoff als Ganzes wieder als Ausgangsstoff für neue Bauteile verwendet werden kann. Diese langen Verstärkungsfasern machen den hohen Wert der Produkte aus, in dem sie dem Kunststoff hohe Zugfestigkeit, Schlagzähigkeit und Biegefestigkeit geben.

1.2.4 Potenzial der modularen Bauweise

Neue Technologien haben bekanntermassen vor allem dann eine gute Chance zur raschen Marktdurchdringung, wenn sie eine Senkung der Fertigungskosten erlauben. Das Zerlegen der Fahrzeugkarosserie in einzelne Module trägt wesentlich zum Erreichen dieses Ziels bei. Kunststoff als Baumaterial auch für tragende Elemente erleichtert eine solche modulare Bauweise. Kunststoffmodule wiederum erlauben es, den Preis für die Werkzeuge für die Karosseriemodule, das heisst für die Pressformen, um bis zu einem Faktor 100 zu senken. Die Kunststoffmodule bieten zudem die Möglichkeit, sämtliche

Schichten, inklusive der sicherheitstechnisch wichtigen Schäumung und der Lackierung, in einem Arbeitsgang auszuführen. Dies wiederum erlaubt eine preisgünstige und bedarfsgerechte Herstellung der Fahrzeugmodule.

Ausserdem erlaubt es die modulare Fertigung, Material und Bauweise für jedes Modul entsprechend den angestrebten Anforderungen zu optimieren. Diese Komponenten können dezentral produziert und wie ein Puzzle «just in time» zusammengesetzt werden. Das macht namhafte Einsparungen bei der Fertigungszeit und den Produktionskosten möglich und erlaubt eine flexiblere Gestaltung der Produktion. Da auf den gleichen Maschinen auch ganz andere Kunststoffteile hergestellt werden können, ist keine Dauerauslastung notwendig, was die Produktionskosten weiter senken hilft.

Im Rahmen der Projekte MODULTEC I und II sollte eine Leichtbau-Fahrzeugkarosserie für einen 2-plätzigen Kleinwagen entwickelt werden, die aus mehreren Modulen besteht und von zwei Personen in wenigen Minuten zusammengesteckt werden kann. In einem weiteren Schritt sollte zu Demonstrationszwecken ein strassentauglicher Prototyp hergestellt werden.

1.2.5 Belastbare und hitzebeständige Klebstoffe

Die modulare Bauweise setzt voraus, dass die einzelnen Kunststoffmodule so zusammengefügt werden können, dass sie die bestehenden Sicherheitsstandards erfüllen. Teil des Projektes MODULTEC war es deshalb auch, Klebstoffe zu finden, welche die Sicherheitsanforderungen in Bezug auf physikalische Belastungen aber auch bei Hitzeeinwirkung beispielsweise bei einem Brand erfüllen.

1.3 Industrielle Umsetzung

1.3.1 Gesamtwirtschaftliche Aspekte

In die Entwicklung von neuen Baustoffen für Autos zu investieren, ist für die Schweiz auch ohne eigene Automobilindustrie aus wirtschaftlicher Sicht interessant. Bereits heute zählt die Schweizer Zulieferindustrie der Automobilhersteller zu den wichtigsten Wirtschaftszweigen. Ihr Exportvolumen ist vergleichbar mit jenem der Uhrenindustrie.

Da die Autohersteller einen immer grösseren Teil der Komponenten nicht mehr im eigenen Haus herstellen sondern von spezialisierten Betrieben beziehen, öffnen sich auch für die Schweizer Zulieferer neue Chancen. Die Firma Rieter, der grösste Schweizer Zulieferer der Autoindustrie, geht von einer Wachstumsrate von 75% für die nächsten Jahre aus. Durch diese engen Kontakte zwischen den Firmen Horlacher und Rieter können neue Erkenntnisse und Neuentwicklungen auch aus der Schweiz vergleichsweise rasch in den Automobilbau einfliessen.

1.3.2 Trend zu Systemgruppen in der Automobilindustrie

Die Automobilindustrie wünscht ausserdem zunehmend, dass ganze Systemgruppen geliefert werden, die bereits mit allen Komponenten fixfertig ausgerüstet sind. In der Automobilfabrik sollen dann nur noch die einzelnen, voll funktionsfähigen Module mit-

einander verbunden werden. Im Frontteil beispielsweise soll der Zulieferer idealerweise bereits alle Lampen montieren und die Kabel verlegen, so dass diese in der Montage des Werks nur noch angeschlossen werden müssen.

MODULTEC bietet eine ideale Basis für die Herstellung von solchen voll ausgerüsteten, leichten Modulen, die neben den statischen auch weitere Funktionen wie Lärm- und Wärmedämmung übernehmen. Sie sind ausserdem Träger für elektronische und mechanische Bauteile wie beispielsweise Becherhalter oder Halterung für einen Laptop.

1.3.3 Herstellung von Modulen zu Demonstrationszwecken

In Zusammenarbeit mit der Firma Rieter sollten im Rahmen des Projekts MODULTEC II erste industrielle Anwendungen entwickelt werden, die die Machbarkeit am konkreten Beispiel aufzeigen. Die einzelnen Bauteile sollten zu Demonstrationszwecken in einem Serienfahrzeug mit One-Box-Konzept, das heisst in einem Fahrzeug in der klassischen Van-Bauweise, integriert werden. Diese Arbeiten fanden unter strengster Geheimhaltung statt, um das Firmengeheimnis der Kunden von Rieter zu wahren.

Mit dem Boden- und dem Dachmodul sind als Erstes die komplexesten Teile ausgewählt worden. Mit ihrer Realisierung lassen sich Potenzial und Machbarkeit der modularen Bauweise am überzeugendsten demonstrieren.

Den beiden gewählten Modulen kommen besonders viele Funktionen zu, indem hier Tank, Klimatechnik, Stromversorgungsnetz, Elektronik und weitere wichtige Elemente integriert sind. Zudem spielt beim Dachmodul neben den Sicherheitsaspekten die maximale Gewichtsreduktion eine ausschlaggebende Rolle für die Lage des Schwerpunkts und damit das Fahrverhalten des Fahrzeugs.

1.4 Fussgängerschutz

Im Projekt MODULTEC hatte der aktive Fussgängerschutz einen hohen Stellenwert. Integriert wurden namentlich Erkenntnises aus Tests, die Prof. Felix Walz von der ETH Zürich leitete und die er in Zusammenarbeit mit der Winterthur Unfallforschung durchführte. Diese Tests zeigten, dass der Sekundäraufprall auf der Strasse ein weit grösseres Verletzungsrisiko darstellt als der Primäraufprall auf dem Auto.

Das Projekt MODULTEC suchte nach einem optimierten Design für die Frontpartie, welches es erlaubt, das Risiko eines Sekundäraufpralls möglichst stark zu verringern.

2. Projektphasen

2.1 Erfahrungen im Leichtbau mit City I bis City III

2.1.1 City I: Elektrisches Stadtauto mit Schiebetüre

Bereits 1985 begann sich die Firma Horlacher mit dem Leichtbau für Autos zu beschäftigen. 1989 wurde mit der Entwicklung eines ersten 2-plätzigen Stadtfahrzeugs mit Elek-troantrieb, dem City I, begonnen.

Dieses nur 2,00 Meter lange und inklusive Batterien 460 kg leichte Elektrofahrzeug hatte als eine von mehreren Innovationen beidseits eine Schiebetüre. Schiebetüren zeichnen sich einerseits durch einen hohen Gebrauchswert aus. Insbesondere ist das Ein- und Aussteigen in engen Parklücken so viel einfacher als mit herkömmlichen Türen. Andererseits erlauben Schiebetüren auch Gewichtseinsparungen. Auf den Scheibenheber-Mechanismus beispielsweise kann verzichtet werden, weil anstatt dem Fenster die Türe ein wenig geöffnet werden kann.



CITY I:
Selbsttragende Kunststoffkarosserie mit 2 Schiebetüren
Konzept: Querparken
Gesamtlänge: 2,0 Meter

2.1.2 City I mit Radnabenmotor

In einer zweiten Phase wurde der City I mit einem Radnabenmotor ausgerüstet. Dies war das erste Fahrzeug mit dieser Technologie, das in der Schweiz die Strassenzulassung erhielt.

2.1.3 City II und City III

Mit dem City II und III wurden zwei weitere Fahrzeuge für Präsentationen gefertigt, die beide bezüglich Konzept und Aussenform optimiert wurden. Der City II ist mit 2,3 m um 30 cm länger als der City I. Der City III wurde um weitere 30 cm auf 2,6 m verlängert. Dadurch können Front- und Heckbereich bei einem Zusammenstoss mehr Energie absorbieren, was den Insassenschutz entsprechend verbessert. Ausserdem bieten die leicht längeren Fahrzeuge mehr Raum für die Zuladung, ohne wesentliche Einbussen in anderen Bereichen in Kauf nehmen zu müssen. So stieg das Leergewicht des Fahrzeugs ohne Batterien nur von 240 kg für den City I auf 260 kg für den City III.



CITY II:
Gesamtlänge: 2,3 Meter
Basismodell für Pick-up I
2 Schiebetüren



CITY III:
Gesamtlänge: 2,6 Meter
Basismodell für Pick-up II
2 Schiebetüren

2.1.4 Pick-ups

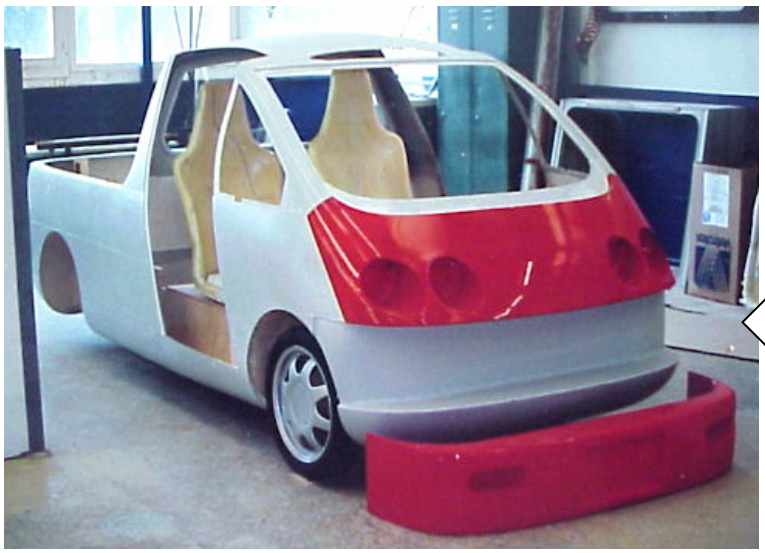
Für Demonstrationsfahrten in den USA ist der City II kurzfristig zu einem Pick-up umgebaut worden. Hierzu wurde eine teilweise modulare Bauweise entwickelt und erstmals verwirklicht. In der Folge wurde ein weiterer Pick-up mit modularem Aufbau realisiert und mit einem Elektroantrieb ausgerüstet. Diesen kaufte die SMUD-electric in Kalifornien zu Versuchszwecken. Eine dritte Pick-up-Rohkarosserie wurde im Rahmen eines Projektes der Schweizer Firma Esoro überarbeitet und als Versuchsträger für einen Brennstoffzellenantrieb umgebaut.



Pick-up I:
Bei einer Demonstration in den USA setzte sich auch der amerikanische Präsident Bill Clinton in den Pick-up I.



Formensatz für Pick-up II
Der Pick-up II mit Elektroantrieb diente der SMUD- electric in Kalifornien als Versuchsträger.





Pick-up III
Eine Pick-up-Rohkarosserie wurde als Versuchsträger für einen Brennstoffzellenantrieb umgebaut.

2.1.5 Crash-Test

Mit dem City II wurde 1992 ein erster Crash-Test durchgeführt. Dieser und spätere Crash-Tests zeigten, dass auch ein Kleinwagen sicher gebaut werden kann. Diese Demonstration hat unter anderem den positiven Entscheid von Mercedes-Benz, den Smart zu produzieren, nachweislich wesentlich beeinflusst.

Die Erfahrungen aus dem ersten Crash-Test von 1992 und die Erkenntnisse aus dem modularen Umbau des City III zum Pick-up führten zum Projekt MODULTEC.

2.2 MODULTEC I

1996 startete die Horlacher AG das Projekt MODULTEC I, in welchem sie im Antriebsbereich mit der Firma Esoro AG in Zürich zusammenarbeitete und welches das BFE unterstützt hat.

2.2.1 Anforderungen an Kunststoff als Baumaterial

Mit MODULTEC I bezweckte die Horlacher AG zu zeigen, welche Rolle Kunststoff als Baumaterial für Autos spielen kann. Bei Beginn des dreijährigen Projektes lag der Kunststoffanteil für die Serienfahrzeuge schätzungsweise bei lediglich 10%. Ein wesentlich höherer Kunststoffanteil würde eine entsprechende Gewichtsreduktion und damit einen tieferen Treibstoffverbrauch ermöglichen.

Das Hauptziel von MODULTEC I war es deshalb, ein möglichst leichtes, kompaktes Auto aus selbsttragenden Kunststoffmodulen zu bauen, das einen möglichst tiefen Treibstoffverbrauch hat. Gleichzeitig sollte es den Insassen und den anderen Verkehrsteilnehmern den gleich guten Schutz bietet wie ein Serienfahrzeug mit einer Stahlblech-Karosserie.

In einem ersten Schritt wurden die Möglichkeiten zur schnellen und wirtschaftlichen Herstellung von leichten Elektromobilen in Sandwichbauweise mit Faser-Kunststoff-Verbunden untersucht. Das Endprodukt hatte möglichst leicht, crashsicher, hitzebeständig und optisch schön zu sein.

2.2.2 Materialtests

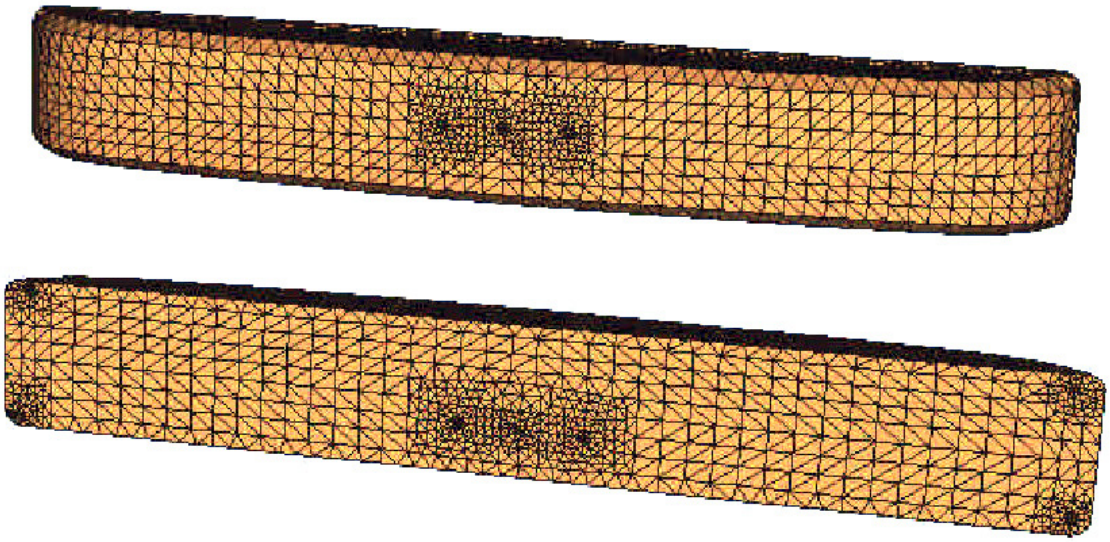
Zum Erreichen dieses Ziels wurden vorerst in Zusammenarbeit mit der Fachhochschule Aargau in Windisch neue Verfahren und Materialien auf ihre Praxistauglichkeit hin geprüft. Untersucht wurden namentlich das Resin Transfer Moulding (RTM), die Glass Mat reinforced Thermoplastics (GMT) und das Schaumharzverfahren.

- **Resin Transfer Moulding RTM**

  Mit dem RTM, bei welchem der Kunststoff in die Formen injiziert wird, können erste Pressversuchen durchgeführt werden, ohne dass bei diesem Verfahren kostspieliges Stahlwerkzeug nötig ist. Aus diesem Material gefertigt wurden Stossstangen, Stuhlschalen, Seitenmodule und eine Bodengruppe für Tests. Die Formen hierfür wurden von der Firma Horlacher hergestellt.

Das Hauptziel der Arbeiten mit RTM war die Senkung der Taktzeit. Von der Industrie gefordert sind zehn Minuten für ein Bauteil. Dies konnte zwar erreicht werden, aber die Vorbereitungszeit von 20 bis 30 Minuten für die Mumie war noch deutlich zu lang.

Die in diesem Verfahren verwendeten Duroplaste sind vor allem gegenüber den Thermoplasten der grösseren Herstellungstaktzeiten wegen im Nachteil und eignen sich deshalb nicht für die Massenproduktion. Als weiteren Nachteil erwies sich im Projekt, dass der Injektionsprozess mit der vorhandenen Software nicht simuliert werden konnte. Dieses Verfahren wurde in der Folge nicht mehr weiter verfolgt.



Oben abgebildet ist ein Finites Elemente Modell einer Stossstange für ein MODULTEC-Fahrzeug. Die Fachhochschule Aargau hat das Modell zur Evaluation einer Simulationstechnik verwendet, die an der ETH Zürich für den RTM-Prozess entwickelt worden ist. Die Erkenntnisse sind direkt ins Projekt MODULTEC eingeflossen.

- **Glass Mat reinforced Thermoplastics GMT**

  Von Anfang an besonders viel versprechend erschienen die GMT. Diese lassen sich gut mit anderen Materialen kombinieren und sind leicht zu gestalten. Allerdings erfordern sie teures Stahlwerkzeug für die Fertigung und haben eine leicht narbige Oberfläche. Dank der späteren Zusammenarbeit mit der Firma Rieter konnte im Anschlussprojekt MODULTEC II mit Halbzeug gearbeitet werden, das die Partnerfirma weiter verarbeitete.

  Ein weiterer Nachteil waren bei Projektbeginn die Taktzeiten im Stundenbereich. Diese konnten jedoch auf die von der Industrie vorgegebenen zehn Minuten gesenkt werden.
  Anfänglich wurden GMT nur für Verschalungen verwendet. Ihre mechanischen Eigenschaften konnten im Projekt MODULTEC jedoch soweit verbessert werden, dass sich daraus auch dauernd belastete Teile fertigen lassen. In Zusammenarbeit

mit der Fachhochschule beider Basel ist beispielsweise ein Querlenker aus GMT erfolgreich getestet worden. Die Anwendungen für GMT sind weiterhin in rascher Entwicklung begriffen. Dies trifft namentlich für tragende Elemente auch im Fahrzeugbau zu.

Die gewünschten mechanischen Eigenschaften sind vorerst unter anderem durch Überdicken erreicht worden. Heute in der Entwicklung befindliche GMT werden es in Zukunft jedoch erlauben, weniger dicke und damit leichtere Elemente zu fertigen. Neben den erzielten Fortschritten bei den mechanischen Eigenschaften der GMT liess sich auch die Qualität der leicht genarbten Oberfläche verbessern.

- **Langfaser verstärkte Thermoplaste (LFT)**

  Wie die GMT erschienen auch die LFT als viel versprechend. Sie sind etwas kostengünstiger in der Herstellung, lassen aber eine weniger hohe mechanische Belastung zu. GMT und LFT sind insbesondere in der späteren Zusammenarbeit mit der Firma Rieter im Projekt MODULTEC II verwendet worden.

- **Schaumharzverfahren**

  Mit dem Schaumharzverfahren, das in der Industrie bereits Ende der 1990er Jahre für die Produktion von Elementen in grossen Stückzahlen eingesetzt wurde, konnten im Vergleich zum RTM-Verfahren sehr leichte Bauteile hergestellt werden, welche gute mechanische Eigenschaften ergaben. Als nachteilig erwies sich die sehr schlechte Oberflächenqualität. Dies lässt sich jedoch mit tief gezogenen Thermoplast-Bauteilen kaschieren, was gleichzeitig die Lackierung ersetzt. Für die industrielle Fertigung eignet sich das Schaumharzverfahren jedoch nicht, da die Herstellung zu langsam ist.

An den oben beschriebenen Materialien wurden an der Fachhochschule Aargau mit einfachen Prüfvorrichtungen erste Schlaguntersuchungen durchgeführt. Bei den Tests zeigte die Aussenhaut grosse Schlagfestigkeit. Die Schaumschicht, erwies sich als geeignet als sehr elastisches Material. Die Sandwichbauweise der Module bietet damit die Möglichkeit, die Karosserie je nach den Anforderungen an Stabilität und Elastizität der einzelnen Teile flexibel zu gestalten. Dadurch lässt sich die Karosserie sowohl für den Insassen- als auch den Fussgängerschutz optimieren.

2.2.3 Tests mit Klebern

Erste Versuche mit Klebern, welche in kurzer Zeit bei Temperaturen über 100°C aushärten, scheiterten vorerst an der zu geringen Wärmebeständigkeit der Schäume. In der Folge wurden Kleber untersucht, welche bei max. 60°C nach kurzer Zeit eine genügend grosse Festigkeit für die Weiterverarbeitung aufwiesen.

In Zusammenarbeit mit 3M wurden später auch Klebstoffe erfolgreich getestet, die sich bei Raumtemperaturen genügend rasch aushärten, um die Taktzeiten insgesamt tief zu halten (siehe 2.2.7).

2.2.4 Sandwichbauweise

Für die Karosserie wurde eine Sandwichbauweise gewählt, bei der zwei Schichten GMT einen Schaum- oder Wabenkern aus Aluminium oder Kunststoff umschliessen. Abgedeckt wurden die GMT auf der äusseren Seite mit einer Folie und auf der Fahrzeuginnenseite mit der Innenbekleidung mit integrierter Lärm- und Wärmedämmung.

Das so aufgebaute Modul kann in einem einzigen Pressvorgang und in einem einzigen Werkzeug gefertigt werden. Damit sind gegenüber der herkömmlichen Fertigung von Karosserien erhebliche Zeiteinsparungen möglich.

2.2.5 Segmentierung

Anfänglich war geplant, die Karosserie in sieben Hauptteile zu segmentieren. Die Aufteilung und Konstruktion der aus mit Fasern verstärktem Kunststoff gefertigten Teile hatte eine optimale Kraftaufteilung zum Ziel. Sie berücksichtigte wirtschaftliche Aspekte und orientierte sich an den Anforderungen der industriellen Produktion in Bezug auf die Taktzeiten. In diesen Bereichen konnten die Anforderungen erfüllte werden. Im Laufe der Arbeit zeigte sich jedoch, dass eine Segmentierung in zehn Hauptteile die gesetzten Anforderungen besser erfüllt.

2.2.6 Demonstrationsmodell

Zu Demonstrationszwecken ist ein Modell in Originalgrösse eines vollständigen Karosseriekörpers eines 2-plätzigen Leichtbaufahrzeugs aus Laminat in einem Kaltpressverfahren entwickelt worden, das sich zur industriellen Fertigung aus GMT oder gegebenenfalls aus Langfaser-Thermoplasten eignen würde.

Das Modell besteht aus zehn Hauptteilen, die sich von zwei Personen in wenigen Minuten zu einer selbsttragenden Karosserie zusammenfügen lassen. Am Konzept der Schiebetür wurde bei diesem Modell festgehalten. Die angestrebte Gewichtsreduktion von 30% gegenüber einem vergleichbaren Fahrzeug konnte dabei erreicht werden.

Gleichzeitig mit dem Demonstrationsmodell sind auch die nötigen Versuchswerkzeuge entwickelt und hergestellt worden. Dieses lässt sich von zwei Personen in wenigen Minuten zusammenstecken (siehe nachfolgende Abbildungen).

2.2.7 Klebetests

In Zusammenarbeit mit der Arbeitsgruppe für Umwelthygiene der Universität Zürich sind mit den Kunststoffen Tests im Bereich der Sicherheit durchgeführt und insbesondere die Klebestellen geprüft worden. Als Klebstoff verwendet wurde unter anderem das in der Schweiz entwickelte Epoxydharz.

In den Tests erwiesen sich die Klebestellen als die widerstandsfähigsten Teile. Sie stellen folglich eine eigentliche Verstärkung der Karosserie dar. Die Segmentierung in zehn anstatt der ursprünglich geplanten sieben Hauptmodule stellt somit nicht eine Schwächung sondern eine Stärkung der Karosserie dar.















Demonstrationsmodell des Karosserie-körpers eines 2-plätzigen Leichtfahr-zeugs















Module des Demonstrationsmodells des Karosseriekörpers eines 2-plätzigen Leichtfahrzeugs

2.3 MODULTEC II

2.3.1 Industrielle Umsetzung als Ziel

Als Folgeprojekt zu MODULTEC I bezweckte MODULTEC II die Umsetzung der Erkenntnisse aus dem ersten Projekt für einzelne Bauteile, um diese wiederum zu testen. Insbesondere sollten verschiedene Bauteile einer kompletten, selbst tragenden Karosserie aus Kunststoff für ein serienmässig hergestelltes Fahrzeug gefertigt werden.

2.3.2 Zusammenarbeit mit der Firma Rieter

Für MODULTEC II konnte mit der Firma Rieter der grösste Schweizer Zulieferer der Automobilindustrie als Partner gewonnen werden. Diese Zusammenarbeit ergab sich 1998 durch die Kontaktvermittlung des amerikanischen Vordenkers Amroy Lovins und auf Grund der im Projekt MODULTEC I erreichten Entwicklungsschritte. Diese enge Zusammenarbeit mit Rieter spielt eine entscheidende Rolle in der späteren schrittweisen industriellen Umsetzung für den Bau von Serienfahrzeugen.

Die Firma Rieter ihrerseits wollte ihrer Kundschaft aus der Automobilindustrie die Möglichkeiten der nahen Zukunft aufzeigen und am konkreten Beispiel demonstrieren, wie einzelne Module aufgebaut sein könnten. Das Projektziel war es denn auch, dass der Zulieferer später seinen Kunden das zu entwickelnde Modul als komplettes Systembauteil liefern kann. In diesem sollen alle Komponenten bereits funktionstüchtig integriert sein, sodass das Modul direkt in die Montage gehen kann.

Damit reagierte Rieter auf die Langzeitkonzepte für die Fahrzeugherstellung der Automobilindustrie. Diese zielen einerseits darauf hin ab, in die Autos zusätzliche Komfortelemente zu integrieren. Andererseits ist eine hohe Energieeffizienz zu erreichen und sind gleichzeitig auch die Produktionskosten möglichst tief zu halten. Die modulare Bauweise verspricht hier wesentliche Vorteile, indem sich beispielsweise im Boden Kanäle für die Stromversorgung und für die Heizung direkt integrieren lassen.

2.3.3 Prototyp eines Bodenmoduls

Als erstes wurde im Projekt MODULTEC II ein Bodenmodul-Prototyp für ein Serienfahrzeug hergestellt. Die Bodeneinheit steht bei jedem Fahrzeug am Anfang der Produktionslinie. Gleichzeitig ist dies auch das komplexeste und anforderungsreichste Modul. Dieses wurde bewusst und aus der Überlegung heraus gewählt, dass sich das komplette Fahrzeug in dieser Technik bauen lässt, wenn das komplexeste Modul realisierbar ist. So konnten zudem Entwicklungszeit und -kosten eingespart werden.

Die Komplexität des Bodenmoduls geht darauf zurück, dass es einerseits ausgezeichnete Struktureigenschaften aufzuweisen hat. Andererseits sind hier diverse Komfortfunktionen wie Belüftung und die Leitsysteme für die Energieversorgung der gesamten Bord-Elektronik zu integrieren.

Der Prototyp des Bodenmoduls wurde für verschiedene Antriebskonzepte ausgelegt. Es lässt sich sowohl ein Antriebssystem mit Verbrennungsmotor als auch ein Elektroantrieb einbauen. Dabei stellte die Integration einer Brennstoffzelle eines der Hauptziele dar. Dieses konnte in Zusammenarbeit mit der Firma Esoro realisiert werden, für die Horla-

cher eine Rohbaukarosserie in Leichtbauweise für den «HyCar», ein Pick-up Conceptcar mit Brennstoffzellen, gefertigt hat (siehe Bilder 2.1.4).

2.3.4 Prototyp eines Dachmoduls

Anschliessend an die Fertigung des Bodenmoduls wurde für das gleiche Serienfahrzeug ebenfalls ein Prototyp eines Dachmoduls gefertigt. Dieses ist ähnlich komplex im Aufbau und hat ebenfalls hohe Anforderungen in Bezug auf die Integration von Komfortelementen zu erfüllen wie der Boden. Zudem spielt das Gewicht des Dachs eine ausschlaggebende Rolle für das Fahrverhalten des Fahrzeugs. Ein leichtes Dach erlaubt es, den Schwerpunkt des Fahrzeugs zu senken, womit sich das Fahrverhalten verbessert. Ein leichtes Dach ist deshalb besonders wünschenswert.

2.3.5 Segmentierung

Bei MODULTEC II spielte auch die Segmentierung der Module eine entscheidende Rolle. Im Rahmen des Gesamtprojekts sind vorab alle Schnittstellen und Baugruppen so definiert worden, dass sie den Ansprüchen an eine rationelle Fertigung, an eine optimale Verbindungstechnik, an Sicherheit und an Variabilität für verschiedene Konzepte zu genügen vermögen. Die Fahrgastzelle ist in zwölf Hautteile und mehrere Nebenmodule wie Armaturenbrett und Instrumententräger aufgeteilt worden.

Entsprechend der weiteren Segmentierung der Karosserie sind weitere Teile wie beispielsweise Türen und Heckdeckel im MODULTEC-Verfahren hergestellt und miteinander verbunden worden.

2.4 Fertigung eines MODULTEC-Bodenmoduls

Für die Fertigung des ersten Prototyps eines Bodenmoduls wählte Rieter ein Serienfahrzeug eines europäischen Autoherstellers, zu welchem ein enges Auftragsverhältnis bestand. Dem gewählten Fahrzeug liegt ein One-Box-Konzept zu Grunde, das sich bestens zur Segmentierung und damit zur Realisierung von MODULTEC-Prototypen eignet. Das erste Urmodell wurde mittels der CAD-Daten gebaut, die der Hersteller der Fahrgastzelle des Versuchsautos zur Verfügung stellte.

Die Fertigung des MODULTEC-Bodenmoduls ging zunächst von einem Grundformensatz ohne Vertiefungen für die nachträglich einzubauenden Komponenten aus (siehe Illustrationen unten). Mit zusätzlichen Formenelementen, die im Grundformensatz befestigt werden, lassen sich verschiedene Muster fertigen. So lässt sich das Bodenmodul entsprechend den unterschiedlichen Anforderungen der einzelnen Antriebssysteme leicht anpassen. Diese Formen dienten dann als Musterteile zur Herstellung der ersten Bodenteile.

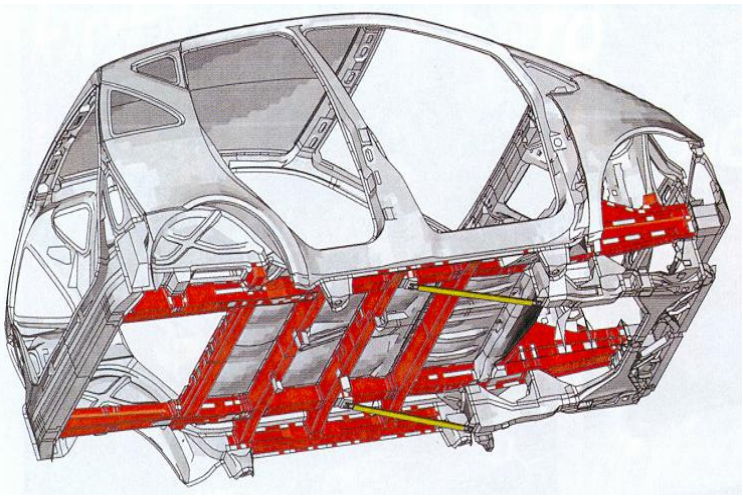
Das Bodenmodul reicht von der vorderen Spritzwand bis zum Heckblech. Die einzelnen Bodenteile bestehen aus einer Innen- und einer Aussenschale, die in der Sandwichbauweise Schaum oder Waben aus Aluminium oder Kunststoff umschliessen.

Um das gesamte Fahrzeuggewicht möglichst tief zu halten, werden so viele Funktionen wie sinnvoll ins Bodenelement integriert. Eine Besonderheit des Bodenmoduls sind die durchgehenden Sitzschienen, welche verschiedene Funktionen zu erfüllen haben. Die Schienen sind gleichzeitig Sitzbefestigung wie auch Stromzuführung von verschiedenen Stromverbrauchern. Zusätzlich zu den Sitzschienen und den Heizungskanälen sind im Bodenmodul weitere Komfortfunktionen wie Staufächer, Kühlboxen und die Bordstromversorgung auf der Oberseite sowie Freiräume für Antriebsaggregate und Tanks auf der Unterseite zu integrieren. Der Benzintank ist im mittleren Teil des Bodens, Staufach und Kühlbox im hinteren Teil montiert.

Die Vertiefungen, die für das Einbauen der Komponenten nötig sind, geben der Bodengruppe zusätzliche Steifigkeit. Damit können grosse Flächen mit gleicher Materialdicke gefertigt werden wie kleinere Elemente, womit nennenswerte Gewichtseinsparungen möglich sind. Das Zusammenfassen der Funktionen erlaubt eine Gewichtsreduktion von schätzungsweise 15-20%. Das gesamte Gewicht des Bodenmoduls konnte um 30% gegenüber dem Bodenteil des Serienfahrzeugs reduziert werden.

Das Konzept des weiteren Vorgehens sieht vor, dass der Boden mit den beiden Seitenmodulen sowie dem Front- und dem Heckmodul verklebt wird. Vor dem Verkleben soll das Bodenmodul mit allen Funktionsträgern ausgerüstet werden.

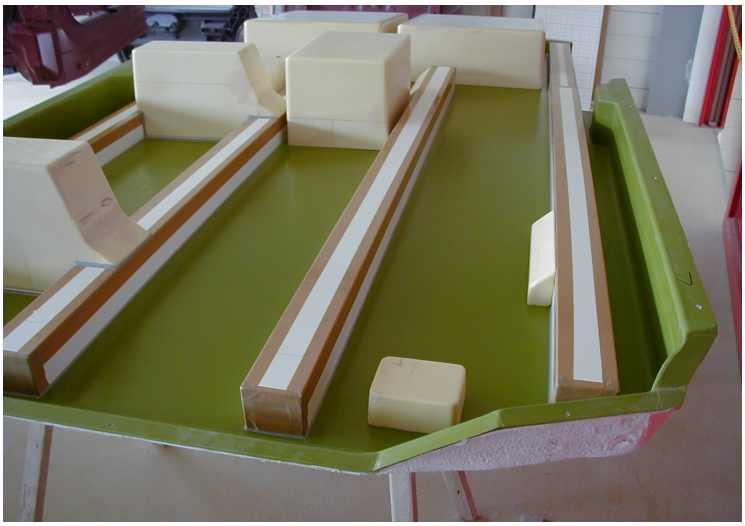
Fertigungsschritte des Prototyp-Bodenmoduls



Eine Bodengruppe in herkömmlicher Stahlbauweise eines Fahrzeugs mit One-Box-Konzept wird durch ein leichtes komplettes Bodenmodul aus Kunststoff ersetzt.



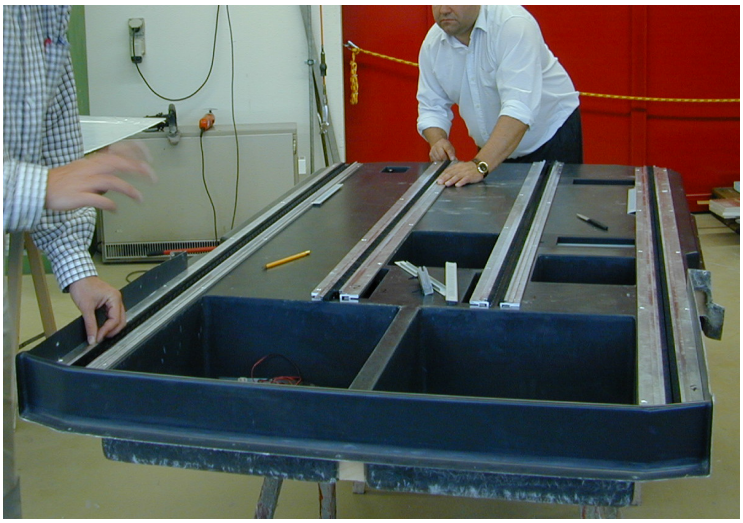
Mit dem Hauptformensatz wird zunächst die Bodengruppe ohne Funktionselemente gebaut.



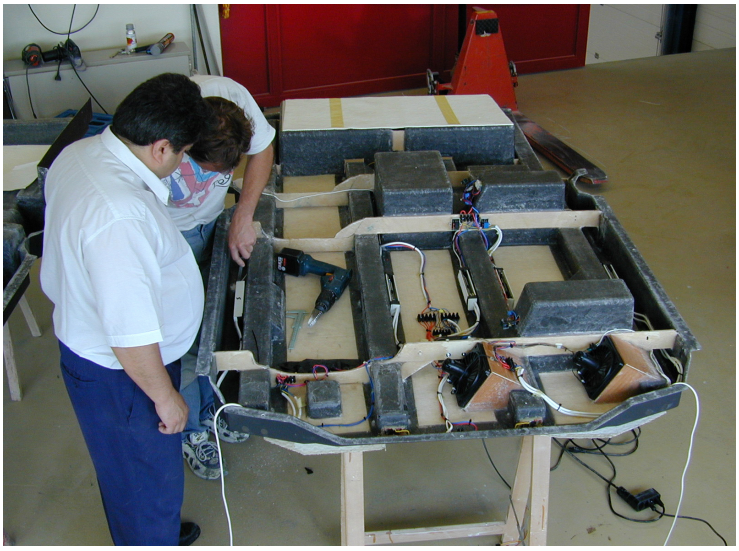
Verschiedene Hilfsformen ergänzen die obere Bodenform zum eigentlichen Werkzeug, mit dem die Bodengruppe gefertigt wird.



Bodengruppe mit den verschiedenen Vertiefungen für die Komfortelemente und den Tank (blaue Formen hinten).



Die vier Stromschienen für Sitzbefestigung, Energieversorgung und Innenraumbelüftung werden in der oberen Hälfte der Bodengruppe eingesetzt.



Elektrifizierung des Bodens



Bodengruppe in der Karosserie



Hitzeverschalung des Unterbodens



Modellbau der Mittelkonsole



Mittelkonsole mit Stromabnehmer und Befestigung auf der Sitzschiene

2.5 Fertigung eines MODULTEC-Dachmoduls

Nach der Fertigung des Bodenmoduls folgte als nächster Schritt die Konzeption eines kompletten Dachmoduls in der Sandwich-Bauweise. Für diesen Prototyp diente wiederum das gleiche Serienfahrzeug, in welches das Bodenmodul eingebaut wurde.

Auch hier dienten die vom Autohersteller zur Verfügung gestellten CAD-Daten als Basis für die Konstruktion des Prototyp-Moduls. Die auf die Verarbeitung von Stahlblech abgestimmten CAD-Daten sind an die Kunststoffverarbeitung adaptiert worden, was vor allem eine Vereinfachung der Formen bedeutete. Die ursprünglichen CAD-Daten lieferten die nötigen groben Eckpunkte, welche zu den verschiedenen Flächen geglättet wurden.

Die so bearbeiteten Daten dienten dem Modellbauer direkt zum Fräsen der Negativformen. Dieses Vorgehen ersparte für das Dachmodul den Bau eines Urmodells und das anschliessende Abformen. Damit liess sich der Produktionsprozess um einen wesentlichen Arbeitsschritt verkürzen.

Wie der Boden besteht auch das Dach aus einer Aussen- und einer Innenhaut. Der Hohlraum dient wiederum grösstenteils als Stauraum oder als Träger für verschiedene Komponenten wie Ventilatoren, Lautsprecher oder sonnenabhängige Verdunkelungssysteme. Um zur Integration der Komfortelemente Raum zu gewinnen, ist das Dach des Serienfahrzeugs um wenige Zentimeter angehoben und die Innenverkleidung etwas gesenkt worden.

Das Dach setzt sich aus einem Hauptmodul und drei kleinen Modulen in der Dachmitte zusammen, die untereinander austauschbar sind und nach Wunsch transparent sein können. Diese kleinen Module könnten auch mit Solarzellen ausgerüstet sein und Solarstrom beispielsweise zum Betreiben von Ventilatoren generieren.

Bei der Montage des Prototypmoduls wurde das Dach mit der bestehenden Karosserie der Fahrgastzelle des Serienfahrzeugs verklebt und zuvor die verschiedenen Funktionsträger in das Dach eingebaut.

Im Vergleich zum Serienfahrzeug konnte das Gewicht des Dachs dank der Leichtbauweise um mindestens die Hälfte reduziert werden. Die effektive Gewichtsreduktion ist abhängig von den Komfortelementen, die zusätzlich in dieses Modul integriert werden.

Fertigungsschritte des Prototyp-Dachmoduls



Der Formensatz besteht aus insgesamt 10 Teilen und wurde anhand von CAD-Daten gefräst.



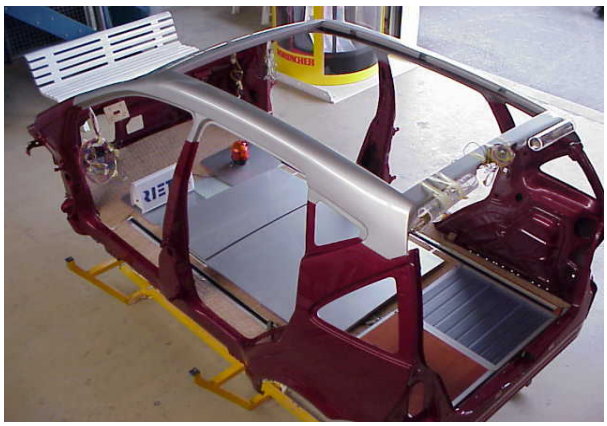
Der Formensatz der Innenverkleidung wird fürs Abformen vorbereitet.



Form für die innere A-, B- und C-Säule



Elektrifizierung des Dachmoduls



Das Dachmodul wird bereits fertig elektrifiziert mit der übrigen Karosserie verklebt.



Die einzelnen Dachmodule können untereinander ausgetauscht werden.



Um den Stauraum für verschiedene Komponenten zu vergrössern, wurde das Dach um 4 cm angehoben.



In der Dachkante befindet sich die Stromschiene, welche die Energie für die einzelnen Module liefert.

2.6 Vorbereitung für eine industrielle Fertigung

Im Hinblick auf die spätere industrielle Fertigung sind möglichst einfache geometrische Formen für die einzelnen Teile gewählt worden, da die Presswerkzeuge für diese kostengünstiger sind als für komplexe Formen. Alle Kanten der einzelnen Module wurden deshalb mit dem grösstmöglichen Radius versehen. Dies begünstigt das Fliessen der Fasern und der Matrix, wodurch sich auch der Arbeitsdruck des Pressvorgangs reduzieren lässt.

2.6.1 Zusammenarbeit mit GMT-Hersteller Quadrant

In Zusammenarbeit mit den Systemlieferanten ist das Zusammenfügen der extern hergestellten Elemente optimiert und koordiniert worden. Dies ist deshalb wichtig, weil sich möglichst passgleiche Elemente mit weniger Klebstoff verkleben lassen, wodurch Material- und Gewichtseinsparungen möglich sind. Eine enge Kooperation hat sich zwischen Horlacher und dem GMT-Hersteller Quadrant entwickelt, der im Projekt MODULTEC eine Chance für frühe, praxisorientierte Testes der neusten Materialien sieht. Die Firma stellte für MODULTEC ausserdem das Werkzeug für die Presse der Halbzeuge zur Verfügung.

2.6.2 Prototypenwerkzeuge

Es wurden zudem Prototypenwerkzeuge entwickelt und einzelne Teile aus verschiedenen Halbzeugen im 0-Serien-Verfahren hergestellt. Ferner führte man mit den erstellten Teilen Klebe-, Belastungs- und Beflammungstest durch und integrierte die Erkenntnisse in die weitere Arbeit.

2.6.3 Klebeversuche in Zusammenarbeit mit 3M

1998 und 1999 führte Horlacher in Zusammenarbeit mit 3M und der Fachhochschule Aargau erste Klebeversuche der Kunststoffmodule durch. Zäh elastisches Epoxyharz lieferte die besten Werte bei den Zugscher- und Steifigkeitstests. Sie eignen sich besonders gut für die schnelle und sichere Verklebung von Kunststoffen. Die besten Resultate ergaben sich, wenn die zu fügenden Flächen nicht lackiert und leicht aufgeruht waren.

In ersten Versuchen wurden Eckpfeiler und Stossstangen an die Frontpartie angeklebt. In einer zweiten Phase wurde die Dachpartie verklebt. Um die Aushärtungszeit zu verkürzen, führte man zudem Tests mit Erwärmung des Klebestoffes durch. Dieses Vorgehen erlaubt ein so schnelles Aushärten des Klebestoffes, dass die Karosserie bereits nach zwei Stunden tragfähig genug und das Fahrzeug zur Abfahrt bereit ist.

Um dereinst einzelne Karosserie-Teile beispielsweise bei einem Schaden zu ersetzen oder um das Fahrzeug für eine möglichst vollständige Wiederverwertung in die einzelnen Module zu zerlegen, können auf die Klebeflächen Kupferdrähte gelegt werden. Diese lassen sich bei Bedarf mit Elektrizität erhitzen und die Module so einfach trennen. Erste Versuche mit dieser Technik sind im Rahmen des Projekts MODULTEC erfolgreich ausgeführt worden. Diese Technik ist jedoch noch weiterzuentwickeln.

2.6.4 Recycling der Kunststoffkarosserie

Wie Markus Zogg in seiner 1996 an der ETH Zürich publizierten Dissertation (Nr. 11'946) zeigen konnte, ist es möglich, die im Projekt MODULTEC verwendeten, mit Fasern verstärkten Kunststoffe wiederzuverwerten. Als Faktoren, die das Recycling von Verbundstoffen mit einem Faseranteil von 50% und mehr erleichtern, nennt er unter anderem scharfe Messer bei der Schneidmühle, damit die Fasern beim Zerkleinern möglichst nicht ausfransen, vollkommen benetzte Fasern, grosse Sieblöcher für grosse Häcksel und ein hoher Matrixanteil, zähe Matrices bei den zu verwertenden Abfällen und feine Verstärkungsgewebe mit fester Bindung.

2.6.5 NININ, MODULTEC mit Spaceframe

Auf Verlangen von Rieter und im Hinblick auf neue Fahrzeugkonzepte eines Kunden, der eng mit der Aluminiumindustrie zusammenarbeitet, ist mit NININ ein tragbares, mit diversen elektrischen Installationen ausgerüstetes Demonstrationsfahrzeug im Massstab 1:5 realisiert worden. Das Fahrzeug kombiniert einen Spaceframe aus Aluminium mit der MODULTEC-Kunststoffkarosserie.

Gegenüber der verklebten Kunststoffkarosserie stellt dies einen Rückschritt in der Entwicklung dar. Diese Hybridbauweise ist jedoch ein sinnvoller Zwischenschritt zwischen einer reinen Stahlkarosserie und einer solchen vollständig aus Kunststoff. Solche Zwischenlösungen lassen sich in der Industrie oftmals deutlich schneller umsetzen als die radikaleren Varianten, wie sie die selbsttragende Kunststoffkarosserie darstellt.

2.7 Fussgängerschutz

2.7.1 Verhinderung des Sekundäraufpralls

Im Bereich Fussgängerschutz führte Horlacher in Zusammenarbeit mit Prof. Felix Walz von der ETH Zürich und mit der Winterthur Unfallforschung Tests mit verschiedenen Frontmodulen für Fahrzeuge mit einem One-Box-Konzept durch (siehe Abbildungen).





Für den Fussgänger-Crash-Test sind Frontmodule mit unterschiedlichem Design gefertigt und an ein Serienfahrzeug montiert worden.

Diese Tests ergaben, dass auch bei optimierten, runden Formen der Frontpartie das Risiko des Sekundäraufpralls nicht in befriedigendem Mass vermindert werden kann. Ein wesentlicher Grund dafür ist, dass die Karosserie herkömmlicher Fahrzeuge die Aufprallenergie ungenügend absorbiert. Der Fussgänger wurde bei allen getesteten Frontpartien weggeschleudert und hätte sich beim Sekundäraufprall meist tödliche Verletzungen zugezogen.

2.7.2 Zebralift

Vollständig beseitigen lässt sich das Unfallrisiko nur dann, wenn der motorisierte Verkehr und die Fussgänger nicht die gleichen Verkehrsflächen benutzen. Aus diesem Grund hat die Firma Horlacher gleichzeitig mit dem Projekt MODULTEC einen so genannten Zebra-Lift entwickelt. Dieser transportiert die Fussgänger in einer Kabine über die Strasse ohne den Verkehrsfluss zu behindern. Diese Lösung bietet eine vollständige Trennung des Weges von Fussgängern und Fahrzeugen.

Vom Zebra-Lift wurde zu Demonstrationszwecken zwei Modelle gefertigt, eines im Massstab 1:10 und eines 1:2. Diese Modelle wurden verschiedenlicht an internen und öffentlichen Veranstaltungen gezeigt, wobei sie auf grosses Interesse gestossen sind.



Zebralift im Modell 1:2 an der SUN 21 im Jahr 2000 in Basel

3. Beurteilung des Projekts

3.1 Erreichte Ziele

3.1.1 Gewichtsreduktion

Die in den beiden Projekten MODULTEC I und MODULTEC II gesetzten Ziele sind weitgehend erreicht worden. Insbesondere liess sich zeigen, dass die Gewichtsreduktion der Fahrgastzelle dank der modularen Leichtbauweise gegenüber einem vergleichbaren Fahrzeug in herkömmlicher Bauweise auf mindestens 30% geschätzt werden kann.

Alleine mit den Gewichtseinsparungen, die das Boden- und das Dachmodul erlauben, liesse sich das Gewicht des verwendeten Serienfahrzeugs von 1250 kg Leergewicht auf 1100 kg senken. Zusammen mit aerodynamischen Optimierungen würde diese Gewichtsreduktion Einsparungen beim Treibstoffverbrauch von 1,3 Liter Benzin respektive 3 kg CO_2 pro 100 km erlauben.

3.1.2 Demonstration der Machbarkeit

Mit der Fabrikation der Fahrgastzelle für ein Stadtauto sowie je eines voll funktionsfähigen Prototyps eines Boden- und eines Dachmoduls für ein Serienfahrzeug konnte die Realisierbarkeit der modularen Leichtbauweise im Massstab 1:1 aufgezeigt werden. Diese dienten zusammen mit einem Modell im Massstab 1:5 eines markenneutralen Fahrzeugs verschiedentlich zu Demonstrationszwecken bei interessierten Kunden der Firma Rieter.

3.2 Informationstätigkeit

In allen Phasen des Projekts nahm die Informationstätigkeit einen bedeutenden Raum ein. Dadurch sollte die Basis für eine möglichst schnelle industrielle Umsetzung gelegt werden. Die Modelle und Prototypen leisteten sowohl für die Veranschaulichung von Philosophie und Konzept als auch zur Demonstration der Machbarkeit des modularen Leichtbaus insbesondere für das Fachpublikum sehr gute Dienste.

3.2.1 Öffentliche Präsentationen

Horlacher und Rieter haben das Projekt an mehreren Informationsveranstaltungen einem internationalen Fachpublikum vorgestellt. Die Modelle und Prototypmodule halfen, diese Vorträge möglichst anschaulich zu gestalten. Im Hinblick auf die industrielle Umsetzung kommen zwei Präsentationen an Veranstaltungen in Deutschland besondere Bedeutung zu:

- An der 4. Europäischen Automobilkonferenz im Juni 2001 in Bad Nauheim, an welcher führende Ingenieure namhafter Automobilfirmen teilnahmen, haben Vertreter der beiden Firmen das Projekt MODULTEC vorgestellt und Zukunftsperspektiven für eine modulare Bauweise aufgezeigt.



Konferenz Bad Nauheim

- An einer Fachtagung des Rohbau-Expertenkreises Stuttgart konnte das Projekt im Juni 2001 ebenfalls vorgestellt werden. An dieser Veranstaltung nahmen 300 Vertreter der europäischen Automobilindustrie und insbesondere zahlreiche Konzernstrategen teil.



Fachtagung Stuttgart

- Am 5. Aachener Kolloquium zur Fahrzeug- und Motorentechnik, das vom Lehrstuhl für angewandte Thermodynamik und dem Institut für Kraftfahrwesen Aachen der RWTH Aachen in Zusammenarbeit mit dem VDI veranstaltetet wurde, stellte M. Horlacher das Projekt unter dem Titel «Wenn die Natur das Auto gemacht hätte ...» im Oktober 1995 vor. Er zeigte Ideen zur Fahrzeugentwicklung und zur Fahrzeuggestaltung aus Faserverbundwerkstoffen, die die Veranstalter als unkonventionell bezeichneten. Es wurde auch auf die Bedeutung von runden Formen im Hinblick auf den Fussgängerschutz hingewiesen und die Ergebnisse der Crash-Tests mit Leichtbaufahrzeugen vorgestellt. An dieser Veranstaltung nahmen über 700 Personen aus der Industrie, von Behörden und Lehre sowie 50 Studenten teil.

Ausserdem ist das Projekt MODULTEC an zahlreichen öffentlichen Veranstaltungen in der Schweiz und an Ausstellungen gezeigt worden.

3.2.2 Firmeninterne Präsentationen

Das Projekt wurde verschiedentlich an internen Veranstaltungen der Firma Rieter vorgestellt. Mehrere Automobilhersteller aus Europa und Übersee haben die Firma Horlacher zusammen mit Vertretern der Firma Rieter besucht und ihr Interesse an einzelnen im Projekt MODULTEC entwickelten Bauteilen bekundet.

Unter den Interessenten, die die Firma Horlacher besucht haben, sind auch Ingenieure eines europäischen Automobilkonzerns, die sich nun vor allem für die Möglichkeiten interessieren, einzelne Segmente eines erfolgreichen Serienfahrzeugs leichter zu bauen. Diese Ingenieure erwägen, vermehrt auch für statisch belastete Teile Kunststoff zu verwenden. Die Modulbauweise würde sich für dieses Serienfahrzeug bestens eignen, da sein Design eine grobe Gliederung problemlos in wenige Hauptmodule zulässt.

3.2.3 Breites Medienecho

Das Projekt MODULTEC hat bei den Medienschaffenden von Anfang an ein grosses Interesse gefunden. Namhafte Zeitungen haben das Thema wiederholt aufgegriffen. Im Anhang ist exemplarisch ein kleiner Auszug aus dem Pressespiegel angefügt. Staatliche und private Radio- und Fernsehsender haben verschiedentlich über das Projekt berichtet.

Die breite Berichterstattung durch die Medien ist wesentlich für die rasche Verbreitung der neuen Erkenntnisse betreffend der Möglichkeiten von Kunststoff als Baumaterial für tragende Elemente von Autos verantwortlich. Sie spielt auch eine wichtige Rolle in der Schaffung der Akzeptanz von Kunststoff als Baumaterial für tragende Elemente von Autos in der breiten Öffentlichkeit und damit bei der potenziellen Kundschaft solcher Fahrzeuge.

3.3 Erste industrielle Umsetzungen

Mit der Firma Rieter konnte der grösste Schweizer Zulieferer als Partner für das Projekt MODULTEC gewonnen werden. Alle Entwicklungsarbeiten im Projekt MODULTEC berücksichtigten die Bedürfnisse einer späteren Serienfertigung. Beides erleichtert eine möglichst direkte industrielle Umsetzung wesentlich.

Für den Zulieferer bedeuten die Neuentwicklungen im Rahmen dieses Projektes die Möglichkeit, den Automobilherstellern optimierte Bauteile anbieten zu können, die leichter sind und Kosten sparend produziert werden können. Punktuell dürften bereits entsprechende Modifikationen bei bestehenden Lieferverträgen vorgenommen worden sein, was eine allmähliche Gewichtsreduktion der Fahrzeuge erlaubt.

3.3.1 Kunststoffanteil

Bei den Serienfahrzeugen hat der Kunststoffanteil in den letzten Jahren rasch zugenommen. Innerhalb von zehn Jahren ist er von schätzungsweise 10% auf heute zwischen 25 und 40% gestiegen.

Die mit dem Projekt MODULTEC demonstrierte Machbarkeit einer vollständig aus Kunststoff gefertigten Karosserie bei unverändert hoher Sicherheit für den Fahrgast dürfte bei der rascheren Einführung von Kunststoffelementen eine gewisse Rolle gespielt haben. Insgesamt darf erwatet werden, dass Kleinwagen, die heute etwa 800 bis 900 Kilogramm wiegen, dank dem Projekt MODULTEC bereits in wenigen Jahren um 150 bis 200 Kilogramm leichter sein könnten.

3.3.2 Schiebetüren und Kompaktfahrzeuge

Die Industrie hat ausserdem bereits einzelne wesentliche Elemente der von Horlacher entwickelten Fahrzeugkonzepte in ihren jüngsten Prototypen aufgenommen. So haben 2002 verschiedene Autohersteller erste Modelle mit Schiebetüren präsentiert, die unter anderem Gewichtseinsparungen erlauben. Am Automobilsalon in Paris im Oktober 2002 hat Peugeot mit dem Sésame einen ersten seriennahen Kleinwagen mit Schiebetür präsentiert.



Alle Fahrzeuge von Horlacher hatten Schiebetüren, so auch der 1990 gefertigte «Sport».



«Sésame», ein Kleinwagen mit Schiebetür von Peugeot, vorgestellt am Pariser Salon 2002. Gemäss Presseberichten soll das Fahrzeug bereits 2003 als Peugeot 107 kommerzialisert werden.

Mit einem Conceptcar präsentierte VW 2002 erstmals einen Kleinwagen mit einem Verbrauch von nur noch einem Liter Diesel auf 100 km. Um diesen tiefen Verbrauch zu erreichen, realisierte VW mehrere Neuerungen, wie sie von der Firma Horlacher in ihren Prototypen vorgeschlagen wurden. Dazu zählten unter anderem die Schiebetür und die Verwendung von Kunststoff auch für tragende Elemente. Einzelne Journalisten erinnerte dieser 1L-VW an den Carbon von Horlacher aus dem Jahre 1988 (siehe Pressebericht im Anhang).



Der 1L-Conceptcar von VW erinnert an den Carbon von Horlacher aus dem Jahre 1988.

3.4 Herstellung eines strassentauglichen Prototyps

Die geplante Fertigung eines kompletten strassentauglichen Prototyps ist im ursprünglichen Sinn nicht realisiert worden. Der Grund liegt darin, dass Rieter gegenüber ihrer Kundschaft nicht den falschen Eindruck erwecken wollte, das Unternehmen beabsichtige in Zukunft vollständige Autos zu fertigen und damit die heutigen Kunden zu konkurrenzieren.

Allerdings sind seit Beginn des Projekts MODULTEC mehrere Leichtbau-Karosserien für strassentaugliche Fahrzeuge gefertigt worden. Als Beispiel sei der Blue Angel der Fach-

hochschule Zentralschweiz erwähnt. Mit einer spektakulären Veranstaltung im April 1997 im Bahnhof Luzern, bei welcher das Hybridfahrzeug alleine mit der in Supercapacitors gespeicherten Bremsenergie eine Lok 2000 zog, konnte gleichzeitig auch auf eindrückliche Weise die Belastbarkeit des Leichtbaus demonstriert werden. Ein weiteres Beispiel für eine Leichtbau-Karosserie ist der Pick-up, den die Firma Esoro mit Brennstoffzellen ausgerüstet hat.

3.5 Einfluss unterschiedlicher Fahrzeugphilosophien

Trotz den ermutigenden Kontakten zur Automobilindustrie und ersten Umsetzungen gilt es zu berücksichtigen, dass der modulare Leichtbau eine grundlegende Erneuerung der Fahrzeugkonzepte und der Philosophie im Fahrzeugbau bedingt. Diese ist nicht zuletzt aus wirtschaftlichen Gründen nur schrittweise zu realisieren. Bis zur vollständigen Umsetzung wird es entsprechend mehrere Jahre wenn nicht Jahrzehnte dauern.

Der Umsetzungsprozess wird auch dadurch verlangsamt, dass jeder Automobilkonzern eine eigene Fahrzeugphilosophie pflegt und dieser in der Regel seit Jahrzehnten treu geblieben ist. Dies erschwert die Weiterentwicklung und vor allem die industrielle Umsetzung der modularen Leichtbauweise, da immer wieder neue Konzepte zu erarbeiten sind. Die unterschiedlichen Konzernphilosophien erweisen sich als eines der wichtigsten Hindernisse für die industrielle Umsetzung des modularen Leichtbaus.

4. Perspektiven

4.1 Industrielle Umsetzung

In Zusammenarbeit mit Rieter und ihrer Kundschaft sollen die Erkenntnisse schrittweise in serienmässig hergestellten Fahrzeugen umgesetzt werden. Bereits hat ein Konzern sein Interesse signalisiert, eines seiner erfolgreich eingeführten Modelle durch einzelne Leichtbau-Module in Zukunft leichter zu bauen. In Frage kommen für dieses Fahrzeug insbesondere das Dach- und das Bodenmodul.

Ein weiteres Projekt sieht vor, den modularen Leichtbau aus Kunststoff mit einem Space-Frame aus Aluminium zu kombinieren. Dies würde einen wichtigen Zwischenschritt zur industriellen Umsetzung des modularen Leichtbaus mit einer Karosserie vollständig aus Kunststoff bedeuten.

4.2 Weitere Gewichtsreduktionen

In der weiteren Forschungs- und Entwicklungsarbeit bleibt die Gewichtsreduktion der Fahrzeuge und damit die Verminderung des Treibstoffverbrauchs respektive die Senkung der CO_2-Emissionen eines der wichtigsten Ziele. Maximal dürfte die modulare Leichbauweise es erlauben, das Leergewicht des exemplarisch bearbeiteten Serienfahrzeugs um weitere 30 – 40% auf 600 kg Leergewicht zu senken.

Dank den im Rahmen von MODILTEC I und II entwickelten Demonstrationsmodellen bietet sich die Chance, bei Präsentationen Impulse mit nachhaltiger Wirkung zu setzen und so in der Industrie zur Integration der Leichtbauweise vor allem für neue oder überarbeitete Fahrzeugmodelle anzuregen.

Um die Vorteile der modularen Leichtbauweise gegenüber der herkömmlichen Bauweise für die verschiedenen Fahrzeugkonzepte herauszuschälen und aufzuzeigen, sollen nun die entwickelten Baugruppen in Leichtbauweise mit bereits bestehenden Teilen verschiedener Hersteller verglichen werden.

4.3 Weitere Demonstrationsmodelle

4.3.1 Modell für ein Two-Box-Konzept

Um das grosse Potenzial der modularen Leichtbauweise deutlicher aufzeigen zu können, soll in Zusammenarbeit mit der Firma Rieter das Bodenmodul weiterentwickelt werden. Der Industrie soll am Objekt demonstriert werden, dass sich die modulare Leichtbauweise für die unterschiedlichsten Fahrzeugkonzepte eignet.

Hierfür ist einerseits geplant, eine vollständige Bodengruppe für einen Kleinwagen eines anderen europäischen Automobilherstellers zu entwickeln und davon wiederum ein Demonstrationsmodell herzustellen. Anderseits soll für einen noch zu bestimmenden Mittelklassenwagen mit einem Two-Box-Konzept ebenfalls ein Prototypmodul gefertigt werden.

4.3.2 Weitere Prototypmodule

Ein weiterer Entwicklungsschritt zur kompletten modularen Leichtbau-Karosserie stellt die Herstellung eines Seitenmoduls dar, das wie das Boden- und das Dachmodul mehrere Funktionen übernehmen soll. Entsprechend dem von der Firma Horlacher gepflegten ganzheitlichen Ansatz soll der Seitenaufprallschutz für die Insassen möglichst verbessert werden. Ausserdem sollen in nächster Zeit Seitenteile, Front- und Heckteile hergestellt und miteinander verklebt werden. Ferner soll ein noch zu bestimmendes Teil in einer Vorserie produziert und so die industrielle Fertigung gestestet und zur Serienreife weiterentwickelt werden.

4.4 Speicherung von alternativen Treibstoffen

Im Hinblick auf die Verwendung des Bodenmoduls für unterschiedliche Antriebssysteme soll auch versucht werden, einen Wasserstoffspeicher für ein Brennstoffzellfahrzeug in das Bodenmodul zu integrieren.

Als weiterer Schritt soll ferner getestet werden, wie weit sich die Kunststoffkarosserie als modularer Kapillarspeicher für gasförmige Treibstoffe eignet. Diese Idee hat die Juri des Hans E. Moppert-Preises für zukunftsweisende Energieprojekte 2001 mit dem dritten Rang ausgezeichnet.

4.5 Neue Kunststoffe

In jüngster Zeit haben sich neue PET zunehmend als vielseitige, zukunftsträchtige Kunststoffe profiliert. Ein wichtiger Vorteil ist, dass PET gespritzt und deshalb schneller verarbeitet werden kann als andere Kunststoffe. PET lässt sich zudem gut mit Glasfasern kombinieren und ist vergleichsweise einfach zu recyclieren. Neue PET sind deutlich hitzebeständiger als GMT. Erstere lassen sich bis 220°C erhitzen, letztere nur auf 100°C.

Die Firma Horlacher hat bereits versuchsweise erste Teilsegmente von Karosserieteilen wie zum Beispiel Kotflügelecken in PET gefertigt. Für grössere Elemente sind jedoch grosse Werkzeuge notwendig, was eine Zusammenarbeit mit der Industrie bedingt.

Ebenfalls in Zusammenarbeit mit der Industrie zu testen sind diese viel versprechenden, schwerbrennbaren Thermoplaste im Bezug auf ihre Entflammbarkeit und die Entwicklung von Giftgasen in einem Brandfall.

4.6 Weitere Entwicklungsarbeiten für den Fussgängerschutz

Im Bereich Fussgängerschutz soll als nächstes nun geprüft werden, ob sich ein Frontmodul aus Kunststoff fertigen lässt, das dank seinem teilweise doppelwandigen Aufbau die Aufprallenergie des Fussgängers weitgehend absorbieren und so ein Wegschleudern verhindern kann. Die Sandwichbauweise, die für den modularen Leichtbau verwendet wird, dürfte sich hierfür besonders gut eignen, da der Aufbau der Karosserie den spezifischen Anforderungen der einzelnen Partien leicht angepasst werden kann. Dieses Frontmodul soll mit den EU-Richtlinien kompatibel sein und die EU-Sicherheitsvorschriften erfüllen.

Ausserdem soll auch das Projekt Zebra-Lift weiterverfolgt werden. Diese Lösung für eine vollständige Trennung des Weges von Fussgängern und Fahrzeugen stösst bei Verkehrsplanern auch im benachbarten Ausland auf ein reges Interesse. Nach den beiden Demonstrationsmodellen soll der Zebra-Lift in Zusammenarbeit mit der ETH Lausanne und der Industrie soweit weiterentwickelt werden, dass er industriell gefertigt werden kann.

5. Anhang

Schreiben von Prof. Dr. Felix Walz, Arbeitsgruppe für Unfallmechanik, Uni/ETH

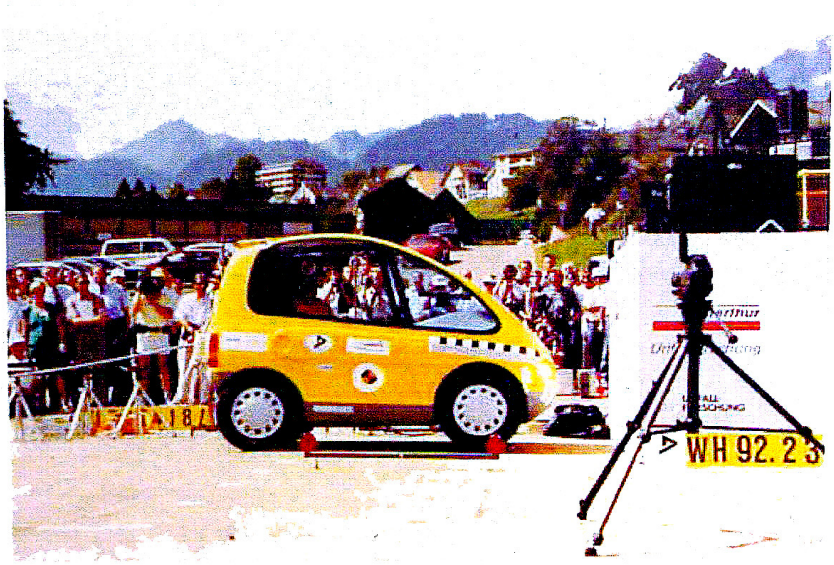
Brief von Prof. Hansruedi Manz, Dozent für Leichtbau, FHBB

Brief von Prof. Dr. Jochen Müller, Leiter Studiengang Maschinenbau, FHA

Berichte von Präsentationen des Projektes MODULTEC

- Rieter AG
- Botschaft United Kingdom

Auszug aus dem Pressespiegel



Sicherheit für Leichtfahrzeuge

Bild:Crashtest vor Vertretern der gesamten europäischen Automobilindustrie

Arbeitsgruppe für Unfallmechanik Prof. Felix Walz:

"Die Firma Horlacher leistete im Rahmen verschiedener Crashtests mit Ihren MODULTEC - Konzepten wertvolle Arbeit, ohne die eine rasche Markteinführung heute bekannter Kleinwagenkonzepte nicht möglich gewesen wäre."

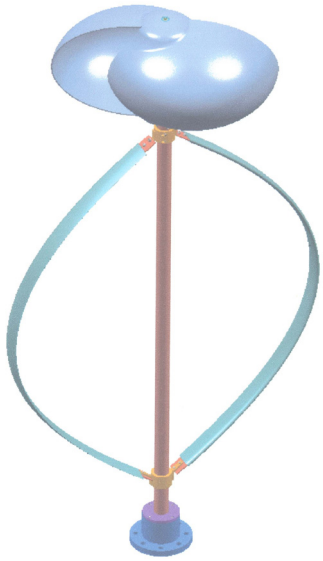
Prof. Dr. med. Felix Walz
Arbeitsgruppe für Unfallmechanik
c/o Institut für biomedizinische Technik
Uni/ETH
Gloriastr. 35
8092 Zürich

F. Walz

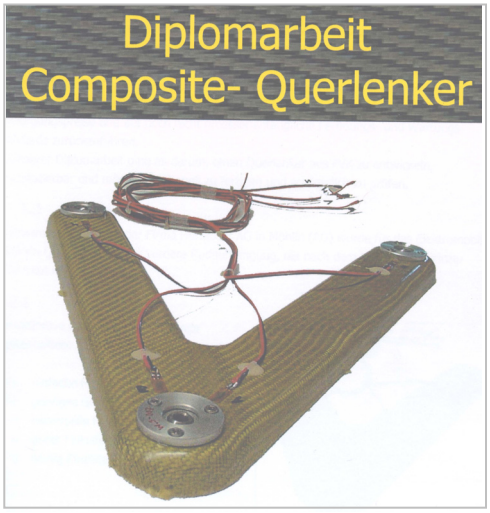
Zürich, 8.8.02

Zusammenarbeit Horlacher AG --- FHBB Leichtbau

Seit 1996 dürfen Maschinenbau-Studenten und -Studentinnen der FHBB im Rahmen von Semester- und Diplomarbeiten immer wieder Projekte mit der Fa. Horlacher AG durchführen:



Konstruktionsarbeit (Studenten des 2. Studienjahres)
Kombination der Horlacher -Windeier mit einem Darrieus-Propeller. Das Windei dient als Anlasser, um den energetisch wirkungsvolleren Darrieus-Rotor bei niedrigen Windgeschwindigkeiten in Bewegung zu bringen.



Semester- /Diplomarbeit
Entwickeln eines Composite-Querlenkers für ein Horlacher Leichtmobil, Schwerpunkt der Arbeit war die rechtzeitige, sichere Erkennung von Schäden im Betrieb und das Fail-Safe-Verhalten des Lenkers.



Diplomarbeit
Konzept- und Machbarkeitsstudie für den Zebralift. Basierend auf einer Idee der Horlacher AG wurden verschiedene Varianten ausgearbeitet und bewertet, Risikoanalysen wurden durchgeführt und ein Modell hergestellt.

Projekte für und mit der Horlacher AG sind für mich jedes Mal ein Highlight, stellen doch die innovativen Ideen und Visionen, die aus dieser Firma kommen, stets besondere Anforderungen an Kreativität, Methodik und Fachkenntnis der Studierenden. Motivierend ist zudem die Tatsache, dass Konstruktionen, bei denen „Funktionsverdacht“ besteht, bei der Horlacher AG sehr unbürokratisch verwirklicht und getestet werden können.

H. Manz
Dozent für Leichtbau

Fachhochschule Aargau
Nordwestschweiz

Klosterzelgstrasse
CH-5210 Windisch
Prof. Dr. J. Müller
Leiter Studiengang Maschinenbau

☎ +4156 462 4556
FAX: 056 462 44 15
e-mail: j.mueller@fh-aargau.ch

Memo

AN:	Firma Horlacher AG
VON:	Jochen Müller
Datum:	09.12.02
Betreff:	Zusammenarbeit mit der Firma Horlacher

Zusammenarbeit von Horlacher AG und dem Studiengang Maschinenbau der FHA

Forschungs- und Entwicklungsprojekte

Mit der Firma Horlacher wurden im Bereich der Faser-Kunststoff-Verbunde des Zentrums für Kunststofftechnik (ZKA) und dem Studiengang Maschinenbau der FHA seit 1996 verschiedene Forschungsprojekte erfolgreich durchgeführt:

1. Modultec des Kantons Aargau:
    - Entwicklung von Herstellungsmethoden für hochbelastbare und leichte Komponenten für Elektromobile
    - Einbezug der Komponenten in die Belastung des Elektromobils, tragende Funktion der Karosserie des Fahrzeugs mit dem Ziel der Gewichtsreduktion
4. KTI-Projekt 4086 „Reduktion der Time to Market von hochbelastbaren, leichten und wirtschaftlichen Bauteilen aus Faser-Kunststoff-Verbunden". In den folgenden Teilarbeiten des Gesamtprojekts war die Firma Horlacher dabei beteiligt:
    - Simulation und Optimierung des Herstellungsprozesses RTM
    - Untersuchung der Auswirkung von Schlagbeanspruchungen auf Komponenten

Die Zusammenarbeit war ausnahmslos erfolgreich und wies sich auch durch die notwendige Dynamik aus. Verschiedenste Lösungsmöglichkeiten wurden zwischen den Partnern erörtert und auch umgesetzt.

Entwicklung von Zukunftstrends

Während regelmässig durchgeführten Kontakten wurden Ideen und Konzepte besprochen und erörtert mit dem Ziel der Entwicklung von effizienten und wirtschaftlichen Bauweisen für den Automobilbau, wobei auch die dort übliche Seriegrösse und gestalterische Anforderungen berücksichtigt wurden. Diese Diskussionen waren für uns besonders wertvoll, da hier zukunftsweisen-

de Ideen zustande kamen, die zu Projekten bzw. zu interessanten Semester- und Diplomarbeiten führten. Vor allem wurden Konzepte für tragende Karosseriestrukturen und Krafteinleitungen im Automobilbau entwickelt. Diese Ideen werden auch heute noch in der stetig fortgesetzten Zusammenarbeit mit Horlacher konsequent weiter verfolgt. Die Zusammenarbeit entwickelte sich im Laufe der Zeit zu einer ausgezeichneten Symbiose, bei der jede der Partner ihre Stärke einbrachten.

Diese Arbeiten werden ihren Beitrag leisten auf dem Weg zu effizienten und energiesparenden Automobilen.



Jochen Müller

Leiter Studiengang Maschinenbau

Content

Summary **1**

Content **2**

1. Horlacher / Rieter presentation **3**
1.1. presentation 3
1.2. Feedback Daimler Chrysler 3
1.3. Feedback BMW 3
1.4. Feedback Audi 3
1.5. Feedback Volkswagen 3
1.6. Feedback Ford 4
1.7. handouts 4

2. WTA Worldstar **5**
2.1. philosophy 5
2.2. business approach 5
2.3. general design 6
2.4. composite structure design 6
2.5. various 7

3. various **8**
3.1. Esoro 8
3.2. Webasto roof module 8
3.3. Ford Pivco Th!nk 8
3.4. Renault Avantime 9
3.5. Ligier Nova 9
3.6. painting / backmolding of surface foils 9

1. Horlacher / Rieter presentation

1.1. presentation

Together with Thomas Efler from Horlacher I had a presentation at the "composite car body - today and tomorrow" conference.

Thomas Efler from Horlacher started presenting their history in building composite vehicles, then we assembled the Horlacher Modultec in front of the audience and at the end I had a short presentation about Rieter's approach to modules:

- general automotive trends
- Rieter today
- Rieter modules (overhead, underfloor, trunk)
- the idea that modules could in future probably also be structural like in Horlacher Modultec Concept car (not mentioning our Living Cell Concept))

1.2. Feedback Daimler Chrysler

- Ralf Maier (Wettbewerbsanalyse (PF2/PWA), Sindelfingen) and Thomas P. Schlösser (Forschung und Technologie 4 Fertigungstechnik 2 (FT4/T2), Ulm) are strongly interested in the presented modular approach. They would be interested in getting more information about our ideas and would like, if possible, to join our Living Cell presentation at Daimler Chrysler (planned for end of July).

1.3. Feedback BMW

- Martin Klink (BMW AG, Leiter Technologie, Montage, Fertigung, Forschungs- und Ingenieurszentrum) is interested in the modular approach presented by Rieter and Horlacher. He contacted Thomas Efler and asked for an electronic version of my presentation performed in Bad Nauheim and for a possibility to visit Horlacher and Rieter to get more information about the Rieter thinking concerning modularity (BMW is thinking about a modular (spaceframe) approach for the next generation Mini).

1.4. Feedback Audi

- Thomas Holzheimer (Process Engineering Non-Metals, Ingolstadt) is interested in the presented modular approach. He would like to get more information (should probably be invited if we have a customer presentation at Audi).
- In a short discussion after my presentation Mr. Holzheimer explicitly said that Audi is interested in a floor module including structure, underfloor, acoustic treatment and interior surface.

1.5. Feedback Volkswagen

- Hermann Boekhoff (Group Research - Environment and Transportation Car Concepts) is interested in the modular approach presented by Rieter and Horlacher. He asked for

a CD of my presentation performed in Bad Nauheim. He would also be interested in getting more information about the Rieter thinking concerning modularity (LCC presentation at Volkswagen ?).

1.6. Feedback Ford

- H. Keller (Ford Forschungszentrum) mentioned in his presentation that Ford is thinking about a modular approach in vehicle design. In a discussion after dinner he said Ford would have plans for a modular vehicle and is thinking about an implementation of a modular designed niche-vehicle (fun-car segment). Mr. Keller promised to pass my business card to a college dealing with the modular approach.

1.7. handouts

The handouts of the presentations of Thomas Efler (Horlacher) and me were sent to the following people:

Audi AG: **Thomas Holzheimer**, Process Engineering, Non-Metals
BMW AG: **Martin Klink**, Leiter Technologie Montage Fertigung, Forschungs- und Ingenieurszentrum
BMW AG: **Hans Schwager**, Head of Plastics Development, Process Technologies
Borse Fahrzeugteile GmbH & Co.: **Stephan Müller**, Entwicklung Motoren, Kunststoffe
Corus Research: Michael Onink, Project Leader, Automotive Products & Applications
Daimler Chrysler AG: Thomas Kleeh, Entwicklung PKW / Karosserie C-Klasse
Daimler Chrysler AG: **Ralph Maier**, Wettbewerbsanalyse
Daimler Chrysler AG: Andreas Rzyski, Werk Sindelfingen, Abt. PWT/VBT
Daimler Chrysler AG: **Thomas P. Schlösser**, Forschung und Technologie, Fertigungstechnik
EDAG Engineering + Design AG: **Martin Best**, Branch Office Manager
Esoro AG: **Diego Jaggi**, Geschäftsführer
Faurecia: **Marco Braun**, Concept Development, Customer Division BMW / DC / GM
GE Plastics b.v.: **Peter van de Flier**, Marketing Manager Exterior Body Panels, Automotive Marketing Europe
Honda R&D Europe (UK) Ltd: **David Abraham**, ?
Menzolit-Fibron GmbH: **Konrad Wartenburg**, Director Sales / Semi-Finished Products
Norsk Hydro Deutschland GmbH: **Guenter Bergmann**, ?
Polynorm Automotive Holding B.V.: **Laurens F. van der Sande**, Advanced Engineering
PSA Peugeot Citroën: **Jean Cusset**, Materials and Processes, Cooperation and Partnership
Resinex Deutschland GmbH: **Torsten Mehler**, Technischer Leiter
TCI Technologies & Communication International GmbH, **Fritz Ebert**, President
Ticona GmbH: **Gerhard Weber**, Anwendungsentwicklung Automobil
Vetrotex Reinforcements, **Peter Thornburrow**, Market Development Manager
Volkswagen AG: **Hermann Boekhoff**, Group Research, Environment and Transportation, Car Concepts
Volkswagen AG: **Martin Remmert**, Research and Development, Body development, Advance engineering, Plastics
Volkswagen AG: **Friedrich Stute**, Konzeptplanung Kunststoffe
Volkswagen Nutzfahrzeuge: **Josef Mügge**, Pilotorganisation, Fügetechnikum, Neue Technologien
World Transport Authority: **Doug Norman**, Founder
World Transport Authority: **John Tidy**, Vice President Operations

Bern, den 29. November 2002

British Embassy
Berne

Thunstrasse 50
PO Box 265
3000 Berne 15

Telephone: +41 31 359 77 24
Fax: +41 31 359 77 01
Beat.Haessig@fco.gov.uk

Horlacher AG
Herrn Max Horlacher
Güterstrasse 9
4313 Möhlin

AKADEMISCHER BESUCH AUS GROSSBRITANNIEN: "TRENDS IN HYBRID METALLIC POLYMER AND COMPOSITE AUTOMOTIVE STRUCTURES": NOVEMBER 2002

Sehr geehrter Herr Horlacher,

Mit diesem Schreiben möchte ich mich noch einmal herzlich bei Ihnen bedanken und zwar für die wertvollen und informativen Momente welche die Britische Gruppe in Ihrem Betrieb geniessen konnte.

Lieder sind im Moment nur die Präsentationen der Britischen Firmen veröffentlicht worden (auf Internet www.faraday-advance.net) und noch kein Bericht über die Besuche in den verschiedenen Firmen. Letzterer wird erst anlässlich des "dissemination seminars" am 6. Februar 2003 in London herauskommen.

Ich möchte es aber nicht unterlassen, Ihnen hiermit mitzuteilen, dass ich und die Gruppe sehr beeindruckt waren von Ihrer Technologie, Ihrem Unternehmertum und Ihres Pioniergeistes. Wir haben alle viel von Ihnen profitiert und es wäre sicher wünschenswert, dass Sie mit den Teilnehmern der Gruppe in Kontakt bleiben. Dies auch im Sinne eines bilateralen Technologie-Austausches.

In diesem Sinne wünsche ich Ihnen weiterhin viel Erfolg und danke Ihnen nochmals bestens.

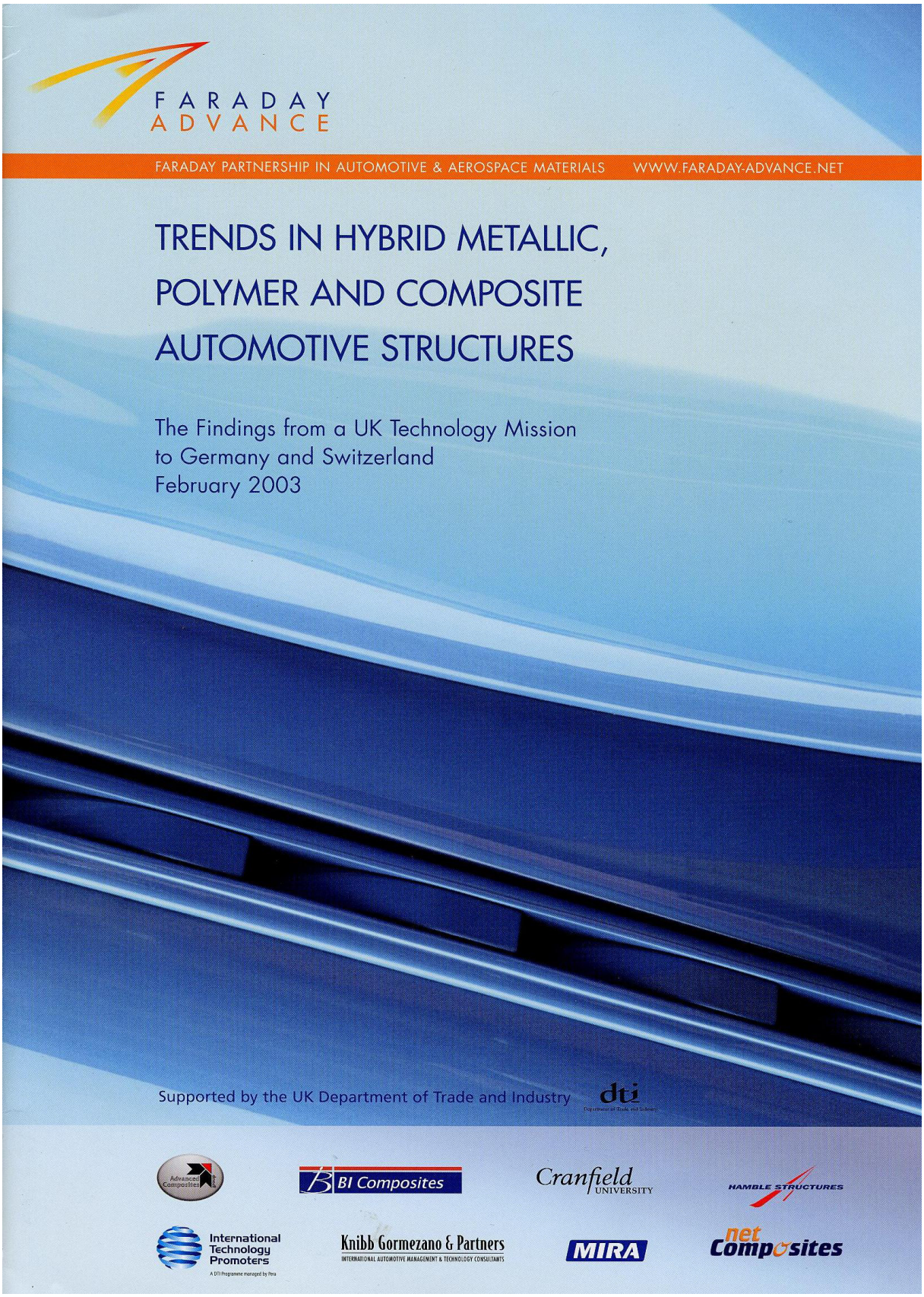
Mit freundlichen Grüssen

Beat Haessig
Vice-Consul Trade Development

Whereas every effort has been made to ensure that the information given herein is accurate, British Trade International or its sponsoring Departments, the Department of Trade & Industry and Foreign and Commonwealth Office, accept no responsibility for any errors, omissions or misleading statements in that information and no warranty is given or responsibility is accepted as to the standing of any firm, company or individual mentioned

TRADE PARTNERS UK
www.tradepartners.gov.uk

Brief der britischen Botschaft und Bericht der UK Technology Mission


FARADAY
ADVANCE
FARADAY PARTNERSHIP IN AUTOMOTIVE & AEROSPACE MATERIALS WWW.FARADAY.ADVANCE.NET
TRENDS IN HYBRID METALLIC, POLYMER AND COMPOSITE AUTOMOTIVE STRUCTURES
The Findings from a UK Technology Mission to Germany and Switzerland February 2003
Supported by the UK Department of Trade and Industry
dti
Advanced Composites Group
BI Composites
Cranfield UNIVERSITY
HAMBLE STRUCTURES
International Technology Promoters
A DTI Programme managed by Pera
Knibb Gormezano & Partners
INTERNATIONAL AUTOMOTIVE MANAGEMENT & TECHNOLOGY CONSULTANTS
MIRA
net Composites

ORGANISATIONS VISITED

Much of the activity for new automotive materials, particularly hybrid structures, thermoplastics and composites has been led from Germany and Switzerland.

Germany is leading Europe in the awareness of industrial impact on the environment and is dominating the adoption of new technologies to enhance performance and reduce weight. Germany dominates the use of high volume composite production technologies such as SMC/GMT materials.

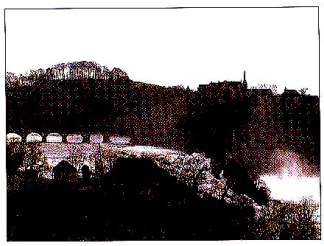
Switzerland is advanced in the use of aluminium and polymer components for the European automotive industry (in particular Germany), with major organisations such as Alcan supplying components for primary structures and looking to hybrid technologies for the future.

The potential host companies were selected to give a cross section of OEM, Tier 1 and research organisations.

Alcan
Alcan Technology & Management Ltd
In October 2000 the former Alusuisse merged with Alcan, forming a strong global force in aluminium, and aluminium alloy supply.

There are 170 employees at the Alcan Technology Centre in Neuhausen, situated on the Rheinfall, a third being technicians and engineers. At Neuhausen, one of the core competencies is composites development (15% composites, 14% automotive) and there is close collaboration with Alcan Airex where composite products for primary structures in transport applications are developed and produced.
Alcan have built a centre for composite manufacturing in pilot series and prototype work, with major R&D facilities. The company also designs, develops and manufactures structural composite parts for rail, air freight and road transport applications.

Alcan are investing substantially in composites production facilities and have a large research team investigating manufacturing technology for lightweight composites. They have productionised both RTM and vacuum infusion technology for several transport applications. They appear to have established themselves as the main European centre for lightweight composite component production and have many collaborative partnerships investigating novel materials and manufacturing technology, particularly thermoplastic RTM.



Rheinfall at Alcan

BMW
BMW Forschungs- und Innovationszentrum (FIZ)
The BMW Research and Development centre in Munich employs 6,500 people. BMW produced 900,000 cars in 2002, from the 'Mini' to the 7 Series; the 7, Z and X5 Series, together with some 'Mini' variants, are produced at below 50,000 units per annum.

BMW have been proactive in the development of composites in vehicle structures and presented the Z22 vehicle, which gave a 50% weight reduction over steel for a carbon fibre body side structure, albeit too expensive for volume production. However, the Z22 gave them an understanding of the weight saving, manufacturing cost and technology limitations using carbon/epoxy composites and this has led to new strategic partnerships for carbon fibre composite component development.

DLR
Deutsche Forschungsanstalt für Luft- und Raumfahrt (DLR)
DLR is a German non-university research establishment with a total of 4000 employees. The primary task of the DLR is to establish a scientific-technical basis for the development and utilisation of future aircraft and spacecraft. We visited the Structures and Design department of DLR, located in Stuttgart. This group has long term activities in crashworthiness design and numerical crash simulation which have focussed primarily on aeronautical composite structures, fuselage structures and helicopters. It also has extensive experience of dynamic and impact tests on composite materials and structures, and some work has been undertaken and applied in the area of automotive structures.

Alongside their long established work on structural analysis and performance simulation, the DLR has recently established a new research centre, the Institute for Vehicle Concepts. Its objective is to develop novel vehicle systems, which will be ultimately emission free. The first vehicle developed at the Centre is the Hylite, which uses conventional batteries, but future versions, to be built in 2004, will use a fuel cell with hub electric motors. This vehicle uses a steel frame and a carbon and glass fibre body module.

Ford
Ford Forschungszentrum Aachen – FFA
In 1994, the Aachen Research Centre was founded to expand Ford's global research activities and further raise standards in these areas. Ford at Aachen employs around 150 people in research with a further 700 at Dearborn in the USA.

Ford's strategy is based around volume production, building half a million vehicle platforms with flexibility to accommodate 70,000 - 200,000pa variants. No variants are expected to 50,000pa. Ford's strategy is that 90% of body-in-white will be in steel for the next decade for vehicle builds over 100,000pa and this has led to further heavy investment in steel research and production.

Ford has no current in-house activity in lightweight structures development in Germany, with new research funding focussed at Dearborn. Within the Ford Premier Automotive Group, the Aston Martin Vanquish is used as a technology proving vehicle for composite structures in

low volumes, but as yet there is no evidence of transfer to higher volume vehicles. The focus of Ford's polymers and composites development is on assembly cost reduction through polymer injection moulding with steel inserts for attachment and stiffness.

Horlacher
The department of vehicle construction within Horlacher AG pursues structural and design development aspects of lightweight vehicles, for electrical and/or alternative drivetrain vehicles. In addition, Horlacher partners with other organisations to provide a range of solutions in:

- Composite material technology
- Drive and battery technology
- Mechanical and technical engineering
- Passenger security
- Vehicle design and aerodynamics

Max Horlacher is pursuing low emission cars as a personal mission. Over the past couple of decades, he has produced many complete composite bodied demonstrators, some of which have been produced in low volume – around 20 in total. Most have been battery powered, but one successfully used a small diesel powerplant.

Horlacher are not specifically developing new materials or process technologies, but have successfully demonstrated the use of complete GRP and CFRP body structures using a modular design for very fast assembly technology. The vehicles are functional but have very simple systems, produced to demonstrate the concept of composite modules. Horlacher is interested in catalysing development in the industry, but not in large-scale production itself; they are looking for external companies that will continue development for large-scale production.

IKA
Institut für Kraftfahrwesen
The Institut für Kraftfahrwesen in Aachen has the overall mission of 'Teaching, Research & Development for Innovative Mobility'. It was founded in 1902 and has about 250 employees in total, with more than 55 scientists

It undertakes 30% of its research and development work for OEMs in Europe, USA and Asia as well as worldwide tier one suppliers (43%). It also undertakes public funded research (24%), with the remainder of its business coming from general industry (3%).

IKA is closely affiliated to Aachen University and is concerned with motor vehicles, including passenger cars, trucks and motorcycles as well as associated topics such as traffic and environment. The scientific research work falls broadly into 6 main areas:

- Traffic
- Acoustics
- Electronics
- Drivetrain
- Body
- Chassis

Our contact was with the Body Department.



IKA

IKV
Institut für Kunststoffverarbeitung
Since it was founded in 1950, the Institut für Kunststoffverarbeitung (IKV) has undertaken practical research, innovation and technology transfer in the area of plastics technology. The Institute is run by an Association of Sponsors, which currently has a membership of 300 companies from the plastics sector worldwide. The members of this Association of Sponsors benefit from their cooperation with the Institute by being able to exploit advantages from innovative developments at a particularly early stage.

Professor Michaeli is Director of the Institute and Managing Director of the Association of Sponsors. He is also Professor of Plastics Processing at the Faculty of Mechanical Engineering at Aachen University.

The Institute's work encompasses research in the field of plastics technology, education for students of the University of Aachen and training in plastics processing. At present, the Institute has a staff of 140, including 80 scientists, who are engaged in research, development and training.

The underlying objective being pursued by all the working groups within the Department of Composites/PU Technology is the exploitation of the full potential of fibre-reinforced plastics. A new composites facility has recently been set up to provide more laboratory and office space. A very extensive range of projects was evident, covering both high volume thermoplastic composites processes and thermoset liquid moulding processes.

Rieter
Rieter Automotive Management AG
Rieter is a Swiss corporate group operating on a global scale. Its systems and services for the textile, automotive and plastics industries are acknowledged as leaders in their field. The group is organized in the two divisions of Rieter Textile Systems and Rieter Automotive Systems.

Rieter Automotive Systems develops and manufactures systems, noise control and thermal insulation products and interior trim from fibres and plastics for the automotive industry. They have a network of over 40 manufacturing plants, 8 product development centres and 10 acoustic labs in Europe, North America, South America and Asia.

Rieter's core business is in acoustics with vehicle comfort seen as the major growth area. This has led to developments in PP/glass composites, especially for integration into complex modules such as headliners and floor components.

JOINING AND DISASSEMBLY

Gordon Bishop, NetComposites



Coloured Roof on the New Mini

To gain further advances in vehicle weight and structural performance, there is a very strong trend to combine materials rather than use them alone, in a synergistic integration of different materials and processing technologies.

This enables the production of highly efficient hybrid structures that make use of the best properties of each of the different materials, reducing the weight of the vehicle and increasing its structural performance at the same time. This trend towards hybrid structures was seen throughout our series of visits, with the possible exception of Horlacher.

In hybrid structures, the successful use of dissimilar materials relies on effective joining technology to ensure that loads are transferred between the materials. However, at the other end of the vehicle life, these hybrid materials must somehow be separated again so that the component materials can be recovered or recycled. Allied to this is the issue of repair during the life of the vehicle.

Trend to Hybrid Structures

In the Focus front end module, Ford arguably has the most high-profile hybrid structure currently in production. Ford is actively looking at other hybrid solutions, including the cross-car beam as an integral part of the cockpit. Modularity is key to Ford but there are other restrictions that prevent this, including issues such as repair, and they felt that it was not straightforward to go to a high degree of modularity at the front end of the vehicle.

BMW were particularly interested in using simple metal parts in hybrid structures to give complex designs and weight reduction. The materials of interest to them were:

- Steel
- Aluminium
- PA6, 30% glass reinforced (standard and Impact modified)
- Polypropylene, 30% glass reinforced (long and short fibres)
- Thermoplastic elastomers

BMW were considering either in-mould assembly, over-injecting and joining in one go, or in post-mould assembly. Applications of primary interest were the front end, door module, cross-car beam and seat frame, and they indicated that an integrated front end module was likely to be present in a future car. However, they felt that there were quality risks in complex pre-assembled parts, especially delicate and painted parts such as bumpers, in transporting them from suppliers.

DLR have been integrating composite materials and steel in crash structures, so that in a crash situation the folding steel crushes a composite material, rather than just collapsing in air. They saw a strong link between steel and thermoplastic composites to get the required balance of weight and stiffness.

Joining Techniques

DLR has investigated a range of joining techniques for thermoplastic composites, including:

- Riveting
- Press Welding
- Vacuum welding
- Heating and vacuum
- Heating and pressing
- Co-moulding

Resistance welding involved the use of a metal mesh or carbon fibres and used an additional polymer layer to give the required bond. This has been applied with a PEI film on a carbon/PEEK composite.

DLR has also used a dog-bone joining concept to bring together a number of small pressure vessels in a single structure to give the best possible pressurised volume in a small package. This idea has been developed for compressed natural gas tanks running at 250bar or hydrogen tanks pressurised to 750bar, but at the moment it is thought that this technique will be too expensive in production to be economically viable. In the longer term the idea was for the tank to also act as a structural part of the vehicle.

Alcan were especially active in studying the joining of carbon fibre and aluminium structures for automotive applications. For

APPENDIX 1:
CONTACT DETAILS OF ORGANISATIONS VISITED

Alcan

Alcan Technology & Management AG
Badische Bahnhofstrasse 16
CH-8212 Neuhausen
Switzerland

T +41 52 674 9712
F +41 52 674 9611
www.alcan.com

Markus Henne
Program Manager, Composites
markus.henne@alcan.com

Ford

Ford Forschungszentrum Aachen GmbH
Advanced Material Technologies
Süsterfeldstrasse 200
52072 Aachen
Germany

T +49 241 9421 228
F +49 241 9421 303
www.ford.com

Jürgen Wesemann
jweseman@ford.com

IKV

Institut für Kunststoffverarbeitung (IKV)
Aachen University RWTH
D- 52056 Aachen
Germany

T +49 241 80 23 884
F +49 241 80 22 316
www.ikv-aachen.de

Dipl.-Ing. Ingo Kleba
Head of Department, Composites/PU Technology
kleba@ikv.rwth-aachen.de

BMW

BMW Gmbh
BMW Forschungs- und Innovationszentrum (FIZ)
Knorrstrasse 147
80788 München
Germany

T +49 89-3 82-0
F +49 89-3 82-2 58 58
www.bmwgroup.com

Dr Rudolf Stauber
Director, Operating Strength and Materials Development
rudolf.Stauber@bmw.de

Horlacher

Horlacher AG
Güterstrasse 9
CH-4313 Möhlin
Switzerland

T +41 61 851 21 18
F +41 61 851 32 00
www.horlacher.com

Thomas Efler
info@horlacher.com

Rieter

Rieter Automotive Management AG
Schlosstalstrasse 43
CH-8406 Winterthur
Switzerland

T +41 52 208 83 30
F +41 52 208 85 86
www.rieter.com

Dr Markus Zogg
International Business Development
marcus.zogg@rieterauto.com

DLR

Deutsche Forschungsanstalt für Luft - und Raumfahrt (DLR)
German Aerospace Center
Institute of Structures and Design
Pfaffenwaldring 38-40
D-70569 Stuttgart
Germany

T +49 711 6862 297
F +49 711 6862 227
www.st.dlr.de/BK

Dr Alastair Johnson
Structural Integrity Department
alastair.johnson@dlr.de

IKA

Institut für Kraftfahrwesen (IKA)
Aachen University RWTH
D- 52056 Aachen
Germany

T +49 241 / 80-25 600
F +49 241 / 80-22 147
www.ika.rwth-aachen.de

Flavio Friesen
Head of Body Department
office@ika.rwth-aachen.de

sun21: Energisch in Richtung Energiewende

Basel. pld. Eine nachhaltige Energiezukunft ist möglich, braucht aber entsprechende Leitlinien der Politik und das Engagement von uns allen. So lautet zusammengefasst die Botschaft des diesjährigen internationalen Energieforums sun21, das am kommenden Mittwoch startet. «Dass das Thema ein Bedürfnis ist, sehen wir schon daran, dass es zum fünften Mal stattfindet», freute sich an der gestrigen Medienorientierung Baudirektorin Barbara Schneider, deren Amt für Umwelt und Energie auch Hauptsponsor des Anlasses ist.



Montage des Ökomobil-Prototypen «Modultec» auf dem Theaterplatz. Die Bestandteile sollen dereinst von Schweizer Zulieferern gefertigt werden. *AM*

Politische Vorgaben wichtig

Eine wichtige Voraussetzung, um in Sachen Energiewende die grüne Kurve zu kriegen, seien politische Vorgaben, meinte Martin Vosseler, Co-Geschäftsleiter der Konferenz. Basel-Stadt unterstützt mit der Förderabgabe seit Jahren Energieeffizienz sowie erneuerbare Energieträger und motiviert mit der Lenkungsabgabe zum Stromsparen. Auf schweizerischer Ebene steht demnächst die Abstimmung über das Elektrizitätsmarktgesetz (EMG) an. Dazu ist am Donnerstag eine Informationsveranstaltung mit Bundesrat Moritz Leuenberger programmiert. Allerdings ist die sun21-Runde nur mit befürwortenden Stimmen besetzt. «Aus Sicht der erneuerbaren Energien hat das EMG praktisch nur Vorteile», verteidigt Co-Geschäftsleiterin Yoka Verdegaal den Entscheid. Kritik kommt allerdings vom regionalen Komitee «EMG: nein danke!»: «Die Veranstaltung lässt sich für plumpe Abstimmungspropaganda missbrauchen», heisst es in einem Communiqué, das zudem eine Protestaktion gegen das erwähnte Podium ankündigt.

Noch sind die Anteile an Strom und Wärme aus erneuerbaren Energiequellen bescheiden. Doch der Markt wächst je länger desto mehr, unterstrich Verdegaal mit Blick auf Deutschland: «Hier nahm im letzten Jahr die installierte Fläche an Solaranlagen um 30 Prozent zu, über 2000 neue Windräder sorgten für einen Rekordzuwachs.» Langfristig wäre mehr möglich. Das wird am Mittwoch Gregor Czisch von der Universität Kassel demonstrieren, indem er ein Modell für die umfassende Versorgung Europas aus erneuerbaren Energien vorlegen wird.

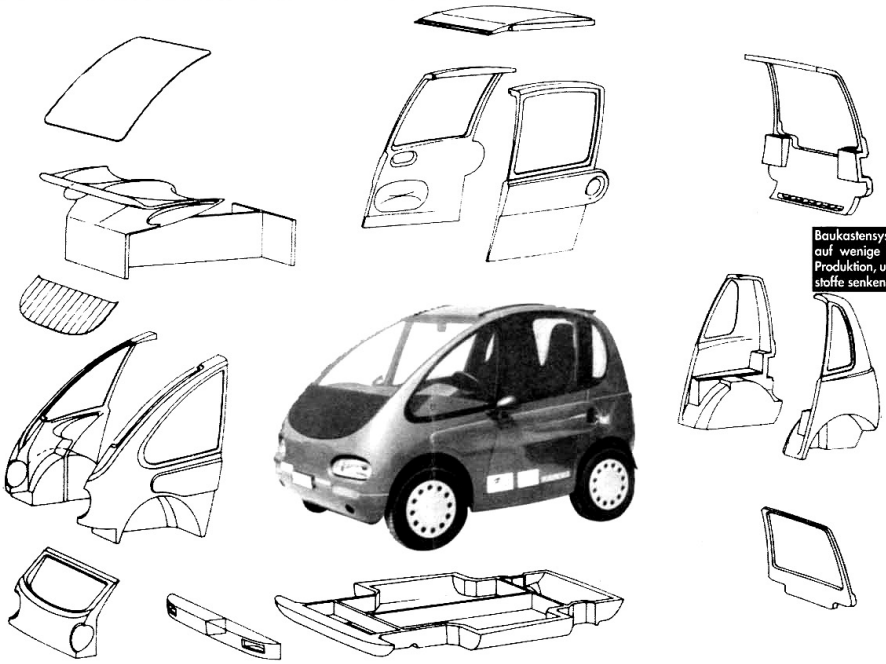
Neben politischen Leitlinien und gutem Willen braucht es auch die entsprechende Technik. Solarmobil-Pionier Max Horlacher präsentierte gestern seinen Prototypen «Modultec», einen leichten Zweisitzer (Strom oder Hybrid), dessen Bestandteile zu einem grossen Teil von Schweizer Zulieferern gefertigt werden könnten. Mehr Technik zu besichtigen gibts wie schon im Vorjahr an der gleichzeitig in Freiburg in Breisgau stattfindenden Intersolar.

Kein isolisiertes Vorgehen

Dass die Schweiz nicht isoliert handeln kann, macht der Donnerstagabend deutlich. Hier geht es im Vorfeld des Erdgipfels in Johannesburg von Ende August darum, Nachhaltigkeit auch in den Beziehungen zu Südländern anzustreben. Der indische Minister für erneuerbare Energien, Shri M. Kannappan, berichtet von den Anstrengungen, den rasch wachsenden Energiehunger seines Lands unabhängig von fossilen Quellen zu decken. Wie dies in Zusammenarbeit mit Europa erreicht werden kann, zeigt das Projekt DesiPower: Auf der Basis von Biomasse-Vergärung werden Kleinkraftwerke erstellt, die nicht nur für ihren Unterhalt Arbeitsplätze schaffen, sondern auch durch den erstmals vorhandenen Strom neue Gewerbebetriebe möglich machen.

● **Weiterer Bericht Seite 45**

Basler Zeitung, 27. Juni 2002



Baukastensystem: Die Beschränkung auf wenige Elemente vereinfacht die Produktion, und die superleichten Kunststoffe senken den Energieverbrauch.

Plastikschüsseln auf dem Sprung

Die Zukunft des Autos gehört den extraleichten Faserverbundwerkstoffen

Die meisten Autos bestehen noch immer schwergewichtig aus Blech. Neue Werkstoffe machen aber dem Stahl zunehmend Konkurrenz. Trotz grosser Hoffnungen müssen sich diese aber im Markt erst noch durchsetzen.

Christian Peter

Die Szene ist eindrücklich: In der hellen Fertigungshalle der Firma Horlacher in Möhlin steht eine unförmige Kunststoffschale auf dem Boden. Auf Anweisung des Chefs beginnen nun zwei Mitarbeiter rund ein Dutzend vorgeformte Bestandteile an der Wanne zu befestigen. Zwei Minuten später ist das Werk – der Rohbau eines «Horlacher City 3» – vollendet.

«Modular concept» nennt sich die superschnelle Konstruktionsweise, und das Beispiel könnte Schule machen. Statt aus einer Vielzahl von schweren Stahlteilen lässt sich ein Auto bereits heute aus wenigen faserverstärkten Kunststoffteilen zusammensetzen. Die Vorteile liegen auf der Hand: Dank des geringeren Gewichts wird Energie gespart, und durch die Beschränkung auf wenige Module vereinfacht sich die Produktion.

Einer, der schon früh mit Verbundwerkstoffen experimentiert hat, ist Max Horlacher, der Seniorchef des Möhliner Unternehmens. 40 Mitarbeiter und Mitarbeiterinnen stellen hier Teile aus faserverstärkten Kunststoffen her, unter anderem auch für die Horlacher-Elektroautos, die speziell leicht gebaut werden.

Die Entwicklung Richtung Leichtbau ist im vollen Gang

«In den letzten 10 Jahren hat in der Automobilindustrie ein Umdenken eingesetzt», ist Max Horlacher überzeugt. «Heute hören mir die Firmenbosse von VW, Mercedes oder BMW zu, wenn ich an ihren Konferenzen referiere.» Doch bis der Koloss «Autoindustrie» auf solche Impulse reagiert, dauert es. Die Entwicklung hin zum Leichtbau ist aber seiner Meinung nach in vollem Gang. «Nehmen Sie einen Renault Espace: Da haben Sie zwar noch einen Metallrahmen, aber dazwischen finden Sie überall Teile aus Kunststoff.»

Szenenwechsel. Auch die Firma Esoro in Glattbrugg beschäftigt sich intensiv mit der Entwicklung von Leichtbauautos. Geschäftsführer Diego Jaggi kann denn auch das zunehmende Interesse der Automobilindustrie an den Faserverbundwerkstoffen bestätigen. Allerdings könne man erst dann von einem eigentlichen Kunststoffauto sprechen, wenn nicht nur die Verkleidung, sondern auch die tragende Struktur aus Leichtmaterialien gefertigt sei. Und dazu habe vorderhand noch kein grosses Automobilunternehmen den Mut.

Und Mut würde ein solcher Schritt tatsächlich erfordern. «Wer Autos in Stückzahlen von mehreren 100'000 produziert», so Diego Jaggi, «kann fast kein Risiko eingehen.» Deshalb, so seine Argumentation, werden neue Techniken über Nischenprodukte eingeführt. Gleichzeitig forschen aber auch alle Unternehmen an neuen Materialien. Das wiederum kommt ganz direkt auch der Firma Esoro zugute, die davon lebt, dass sie im Auftrag von Kunden aus der Industrie zukunftsträchtige Lösungen im Autobau entwickelt.

Einer, der nicht ohne weiteres in den Abgesang auf den Stahl einstimmen mag, ist Professor Lino Guzzella vom Institut für Energietechnik an der ETH Zürich. Für ihn sind drei Dinge entscheidend.

- Die Kosten: Obwohl faserverstärkte Kunststoffe billig sind und die Zahl der Bestandteile reduziert werden kann, bleibt Stahl wegen seiner einfacheren und schnelleren Verarbeitung die kostengünstigere Variante.
- Die Rezyklierbarkeit: Stahl lässt sich einfach trennen und wieder verwerten. Das Abfallproblem ist bei den modernen Werkstoffen dagegen ungelöst.
- Die Sicherheit: Stahl hat erwiesenermassen ein energievernichtendes Aufprallverhalten. Bei den Kunststoffen ist dies nicht gleichermassen der Fall.

Leichtfahrzeuge gleich sicher wie die Blechkarossen

Gerade in der Frage der Sicherheit sind aber in letzter Zeit grosse Anstrengungen unternommen worden, um nachzuweisen, dass auch kleine Autos sicher gebaut werden können. Mehrere Crash-Tests an der ETH Zürich haben gezeigt, dass ein Leichtfahrzeug (Rahmen aus Aluminium, Verkleidung aus Kunststoff) genau so sicher sein kann wie ein konventionelles Auto, sofern bei der Konstruktion auf Sicherheitsaspekte geachtet wird. Und dies sei, so Professor Felix Walz von der Arbeitsgruppe für Unfallmechanik an der ETH Zürich, zunehmend der Fall. Crash-Tests mit Fahrzeugen, die ganz aus faserverstärkten Kunststoffen gefertigt sind, wurden bisher allerdings nur mit relativ geringen Geschwindigkeiten vorgenommen.

Faserverstärkte Multikomponenten

Die neuartigen Werkstoffe sind eine Kombination aus einem textilen Gewebe (Matte) und einer Matrix (Klebmasse). Glasfasern (besonders preisgünstig), Kohlenstofffasern (besonders leicht) oder Kevlar (besonders reissfest) bilden das Gewebe, Epoxidharz oder Polyester die Matrix. Im Duroplastverfahren lassen sich auch äusserst komplexe Formen in einem Arbeitsgang herstellen. Allerdings braucht die Fertigung viel Zeit (Härtung). Beim Rennwagen- und Flugzeugbau ist der Einsatz dieser Werkstoffe bereits Routine.

Der Hypercar nimmt Gestalt an

Konzepte für ultraleichte und energieeffiziente Autos gibt es schon lange. Derzeit ist es der sogenannte «Hypercar», der die Gemüter bewegt.

Der Hypercar ist kein konkretes Auto, sondern eine Idee, wie das Auto der Zukunft auszusehen hat, wobei gewisse Eigenschaften feststehen: Hybridantrieb (Elektro/Benzin), ultraleichte Materialien, aerodynamische Optimierung. Treibende Kraft hinter dem Hypercar-Konzept ist Amory B. Lovins, eine schillernde Figur aus der amerikanischen Forscher- und Businesswelt. 1999, so seine Erwartung, ist der Hypercar auf dem Markt. Innovative Schweizer Unternehmen wie Horlacher, Esoro oder Wenko, aber auch die technischen Möglichkeiten einer ABB oder Novartis haben es Lovins speziell angetan.

Lovins Wirken wird sehr unterschiedlich beurteilt. Während ihn die einen als Visionär und Querdenker schätzen, bezeichnen ihn andere als «spekulativ» und «überdreht». Einen «bunten Hund» nennt ihn Max Horlacher, als «provozierenden und anregenden Visionär» sieht ihn Diego Jaggi. Auch Lino Guzzella kennt Lovins seit Jahren. Er erzähle zwar viel Unsinn, so seine Meinung, doch immerhin gebe er immer wieder Anlass zu Diskussionen.

Seite 52: Interview mit Amory B. Lovins

Logistik für KMUs!

Moderne Logistiklösungen für KMUs! Über 300 Anbieter aus dem In- und Ausland präsentieren Ihnen, wie Sie Ihre Waren- und Informationsflüsse optimieren können. Profitieren Sie von dieser geballten Ladung an Logistik-Know-how! Vom 13. bis 16. Mai in Basel: L'97 – 2. Internationale Fachmesse für integrierte Logistik.

13.–16. Mai 1997

Infos: L'97. Messe Basel. Postfach. CH-4021 Basel/Schweiz.
Tel. +41 61 686 20 20. Fax +41 61 686 21 88.
e-mail: log@messebasel.ch http://www.messebasel.ch/log

Messe Basel.

OFFIZIELLE ZEITSCHRIFT DES SCHWEIZERISCHEN CARROSSERIEVERBANDES VSCI
carrossier

Editorial

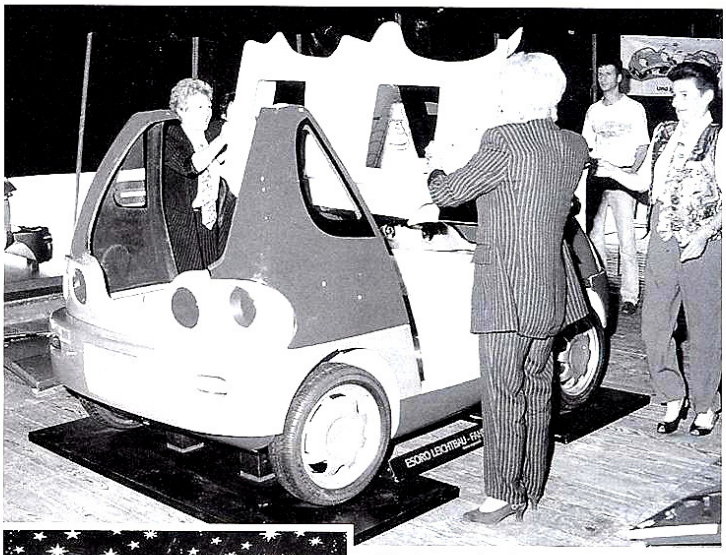


Mit seinen Fahrzeugen modernster Bauart ist die Firma Horlacher für uns alle ein Begriff. Max Horlacher bezeichnet sich als Carrossier-Fan –, nur so war es möglich, ihn trotz seines ausgebuchten Terminkalenders zu uns an die Generalversammlung zu bringen. Seine drei gezeigten Fahrzeuge sind sehenswert und vor allem für uns Carrossiers zukunftsweisend. Gut beraten, wer das Gezeigte studiert und analysiert.
Dass der CRB den Alternativreparaturen als Arbeit für den Carrosserie-Fachmann einen grossen Stellenwert beimisst, hat er schon mehrfach bewiesen. Dies unterstreicht auch das zweite Seminarthema, wobei vor allem das «Drücken» in unserer Region in den letzten Monaten perfektioniert und somit auch im Detail mit den neu entwickelten Werkzeugen gezeigt werden konnte.
Mit Nationalrat Hans Ruedi Gysin haben wir einen kompetenten Gastreferenten gefunden, der sich schon vermehrt und mit Erfolg für die Belange der Carrossiers eingesetzt hat. Bei Beschaffungsaufträgen setzt er sich vehement für das hiesige Gewerbe ein, und auch in Verkehrsfragen zeigt er viel Fachkompetenz.
Die Fahrt zum attraktiven Damenprogramm mit dem Besuch des berühmten Musikautomatenmuseums in Seewen, welches heute vom schweizerischen Landesmuseum betreut wird, führt durch eine der schönsten Gegenden des Baselbiets.
Dass sich die Basler nach der GV noch ein stimmungsvolles Abendprogramm einfallen lassen, hat man doch von uns erwartet. Denn nach GV, Seminar und Sitzungsarbeit ist «Feststimmung» bei einem guten Essen und Weintropfen die beste «Medizin», um die Carrossiers in Stimmung zu bringen.

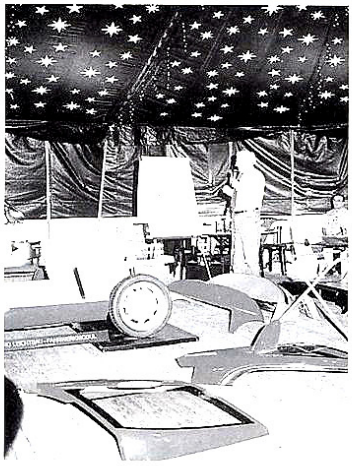
Mit freundlichen Grüssen
Ruedi Wenger,
Präsident CRB

Wenn Träume Wirklichkeit werden

Im aargauischen Möhlin, in der Nähe von Rheinfelden, ist die Firma Horlacher stationiert und jedem Carrosseriekenner ein Begriff durch die Herstellung von Kunststoffteilen und Fahrzeugen aus Kunststoff. Nicht zuletzt auch durch die spektakulären Erfolge der «Horlacher» zwischen 1985 und 93 beim Gewinn von insgesamt fünf Weltmeistertiteln an der Tour de Sol sowie zahlreiche 1. Plätze an internationalen Rennen. Herrlich erfrischend wusste Max Horlacher von seinen Visionen und Bubenträumen im Zusammenhang mit dem Bau von Flugzeugen und Autos zu berichten. Einem Grundsatz sei er in seinem Leben immer treu geblieben, dem Bild vom Reiter nämlich, der nach jedem Fall vom Pferd immer wieder aufgestiegen sei. Er bezeichnete sich als Carrosserie-Fan, und nur aus diesem Grund sei er trotz eines ausgebuchten Terminkalenders an diese Tagung gekommen. Seine drei mitgebrachten Fahrzeuge konnten die Carrossiers begeistern. Die showmässige Demonstration eines Fahrzeugzusammenbaus – ausgeführt von vier Damen aus dem CRB – war absolut sensationell. Ungefähr 5 Minuten brauchte das Team, um einen «Horlacher» zusammenzubauen. Auch die anschliessende Diskussion zeigte auf, dass die Besucher sich Gedanken machten über die Zukunft von Kleinwagen aus Kunststoff. *HB*



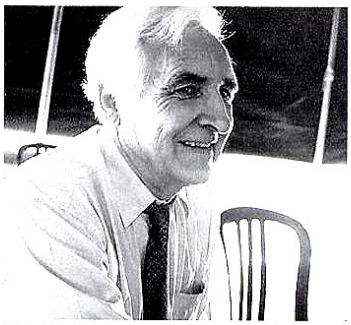
Vier Damen des CRB setzten in 5 Minuten das Auto zusammen.



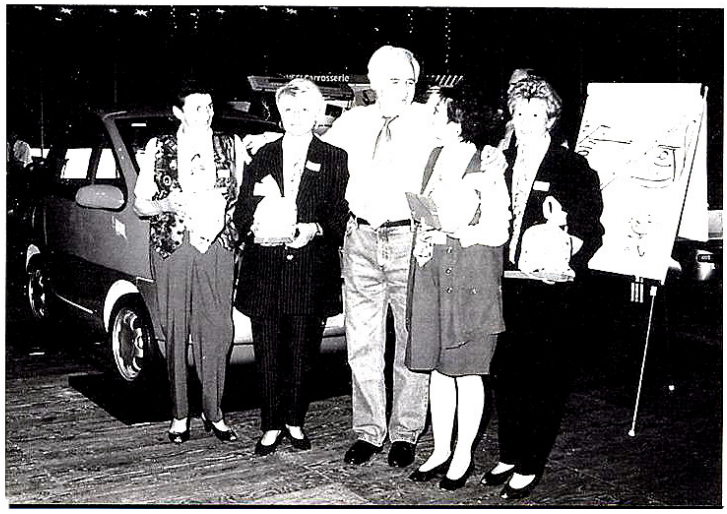
Fein säuberlich ausgebreitet waren die Autoteile.



Fertig präsentiert sich der «Horlacher» (oben), und Max Horlacher bedankt sich bei den Power-Frauen des CRB (unten).



Max Horlacher, Autodesigner und interessanter Gesprächspartner.



Kunststoffteile besser und billiger herstellen

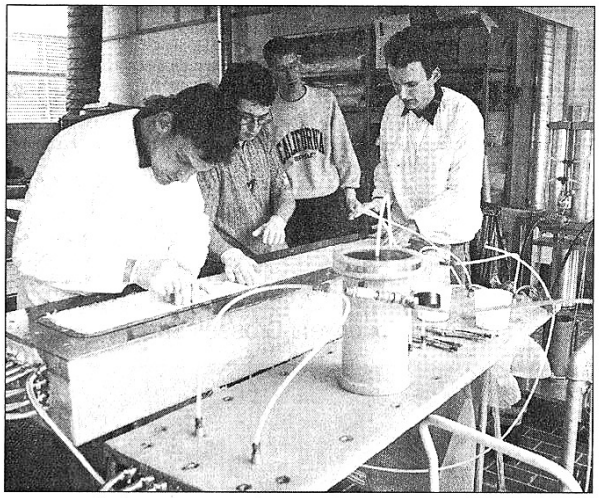
KATZ-Diplomarbeit Studenten entwickelten hochbelastbare Stossstange für das Horlacher-Elektromobil

Das Projekt «Elektromobil in Blockbauweise» (Horlacher/FH Aargau) ist abgeschlossen. Das Ziel, die industrielle Fertigungstechnik leichter, hochbelastbarer Komponenten aus Faser-Kunststoffverbunden zu optimieren, ist damit erreicht.

HANS-PETER STEINER

Stabilität ist beim Bau von Elektromobilen besonders wichtig, vor allem, wenn es um die Sicherheit geht. Ebenso wichtig ist, dass die Karosserieelemente eines solchen Fahrzeuges industriell, d. h. in Grossserie, herstellbar sind. Voraussetzung dazu: Geeignete Kunststoffe, die im Klebesystem zusammengesetzt werden (Blockklebesystem aus Faser-Kunststoff-Verbunden). Sinn und Zweck der Leichtbauweise ist der Firma Horlacher (Möhlin) Motivation genug: «Wenn in der Schweiz jedes Auto zehn Kilo leichter wäre, würden pro Jahr 40 Millionen Liter Benzin gespart.»

Ein entsprechendes Projekt der FH Aargau (Direktionsbereich Technik) zusammen mit Horlacher/Esoro, dem Bundesamt für Energiewirtschaft sowie dem Kanton ist im KATZ in Aarau vorgestellt worden. Titel: «Elektomobil in Blockbauweise». Die Rahmenbedingungen: Das E-Mobil muss umweltfreundlich (keine Emissionen von CO, CO_2, NO_x) und wirtschaftlich im Betrieb sein, eine ausreichende Reichweite aufweisen, gutes Fahrverhalten zeigen, ausreichenden Innenraum und Sicherheit für die Passagiere bieten und industriell in Grossserien zu fertigen sein.



KATZ Aarau *Studenten giessen eine Kunstharz-Stossstange für ein E-Mobil.* FOTO: HPS

Aufprall mit 70 km/h

Die beteiligten Studenten zeigten, als Ergebnis einer preisgekrönten Diplomarbeit, eine eigens konzipierte Stosseinrichtung. Sie haben das Gerät innerhalb von vier Wochen selbst konstruiert, mit der (Kunststoffverbund-)Platten auf ihr Verhalten bei hohen Energien bis zu 70 km/h getestet werden können. Das erlaubt, Materialkomponenten zu optimieren. Die Studenten führten zudem vor, wie eine hochbelastbare Stossstange für das «Horlacher Modultec», ein kleines Elektromobil, im RTM-Herstellungsverfahren (resin transfer molding = Harzinjektionsverfahren) aus glasfasergewebeverstärktem Duroplast produziert wird. Das entsprechende Werkzeug haben die Studenten selbst gebaut, inklusive des Gerätes, das das flüssige Kunstharz in die Form drückt. Sie kamen auf eine Herstellungszeit von zehn Minuten, aber «das soll noch optimiert werden». Ein Alternativverfahren, da allerdings nicht die hohen Qualitätsanforderungen eines tragenden Kunststoffteils erfüllt, erlaubt es, eine Stossstange in nur zwei Minuten zu pressen. «Autozulieferer, die mit diesen Verfahren arbeiten, sind an einer Verbesserung natürlich sehr interessiert» sagte Projektleiter Jochen Müller von der FH Aargau, Direktionsbereich Technik.

Time to market

Das Projekt, in das der Kanton Aargau über drei Jahre 500 000 Franken investiert hat, sei ein gutes Beispiel der Zusammenarbeit zwischen Fachhochschule und KMU im Gebiet der angewandten Forschung und Entwicklung mit der FH als Bindeglied zwischen Hochschule und Industrie, so Müller. Mit seinem Abschluss ist die Forschungstätigkeit auf dem Gebiet der Faserkunststoff-Verbunde (für Fahrzeug- und Maschinenbau sowie für die Bauindustrie) längst nicht zu Ende.

Die Kommission für Technologie und Innovation KTI (Bund) hat bereits im Oktober 1998 «mit grosser Begeisterung» ein weiteres Projekt genehmigt (Nr. 4086), an dem zehn schweizerische Firmen beteiligt sind, davon sechs Aargauer (Horlacher, Airtex, Romay, Symalit, MKT und Tissa). Sie tragen 50 Prozent des Jahresbudgets von rund einer Million Franken. Ziel des Projektes: Die Verkürzung der Marktreife (time to market) von Bauteilen aus Hochleistungs-Faserkunststoffverbunden. «Seit 4. Januar 1999 arbeiten wir voll daran», sagte Jochen Müller.

Aargauer Zeitung, März 1999

Klare Umweltvorteile für Elektromobile

Leistungsfähigere Batteriesysteme verbessern die Alltagstauglichkeit der umweltfreundlichen Elektrofahrzeuge

Verglichen mit konventionellen Benzin- oder Diesel-Autos verfügen Elektromobile über deutliche Umweltvorteile. Die beschränkte Speicherkapazität herkömmlicher Batterien erwies sich jedoch bisher als grosse Schwachstelle dieser Fahrzeuge. Japanische Autokonzerne haben aber inzwischen Elektromobile entwickelt, die mit deutlich leistungsfähigeren Batterien Reichweiten von bis zu 200 Kilometern und höhere Geschwindigkeiten erreichen.

Elektromotoren sind relativ leise im Betrieb und verursachen vor Ort auch keine Schadstoff-Emissionen. Vor allem in den Städten, wo die Lärm- und Luftbelastung durch den motorisierten Verkehr häufig über den Immissionsgrenzwerten der entsprechenden Verordnungen liegt, überwiegen die Umweltvorteile von Elektrofahrzeugen klar.

Deutliche Pluspunkte ergeben sich auch bei einer umfassenden Ökobilanz, welche neben dem Betrieb die Herstellung und Entsorgung der Fahrzeuge sowie die Produktion der Betriebsenergie berücksichtigt. Dies weist die neue BUWAL-Untersuchung *Zur Situation des Elektrofahrzeugs bei der zukünftigen Stromversorgung der Schweiz* nach. Der Vergleich mit konventionellen Fahrzeugen beinhaltet eine Bilanz der Luftschadstoff-Emissionen und des Energieverbrauchs, wobei zwischen lokalen, regionalen und globalen Umweltauswirkungen differenziert wird.

Ökologische Bewertung von Elektromobilen

Im Nahbereich von stark befahrenen Strassen belasten konventionelle Motorfahrzeuge die Anwohner und Passanten mit gesundheitsschädigenden Abgasen wie krebserzeugendem Benzol, Russpartikel und Stickoxiden. Als Folge der Emissionen entstehen auf lokaler Ebene



In der Versuchsgemeinde Mendrisio TI wird der Elektrobus vielfältig eingesetzt, so auch für die Kindergärten. (Bild: InfoVel, Mendrisio)

Alltagstauglichkeit auf dem Prüfstand

Um die Alltagstauglichkeit der heute angebotenen Elektrofahrzeuge zu testen und laufende Verbesserungen zu erzielen, wurden verschiedene Fördermassnahmen erprobt. Eine Methode besteht darin, sogenannte Flottenversuche durchzuführen. Bekannte Beispiele sind die Langzeit-Tests mit deutschen Herstellern in Rügen oder die Versuche mit Peugeot/Citroën-Elektromobilen in La Rochelle. Auch die Electricité de France (EDF) besitzt mehrere hundert Elektrofahrzeuge.

Im Rahmen des Programms «Energie 2000» läuft hierzulande seit 1994 ein markenunabhängiger Grossversuch in der Gemeinde Mendrisio. Es ist geplant, den Anteil der Elektrofahrzeuge am Fahrzeugbestand hier bis zum Jahr 2001 auf zirka 8% zu erhöhen. Ende 1997 standen insgesamt 91 Elektromobile im Einsatz, davon 50 Autos, 7 Lieferwagen, 2 Busse, 4 Dreiräder, 13 Roller und 15 Fahrräder. Am Projekt beteiligen sich auch die Partnergemeinden Locarno TI, Ittigen BE, Wohlen BE, Muttenz BL, Riehen BS, Sion VS und Wil SG, in denen zusätzlich total 117 Elektrofahrzeuge immatrikuliert sind, darunter auch 2 Busse.

Der Versuch soll die Alltagstauglichkeit der heute angebotenen, effizienten Nahverkehrsfahrzeuge unter Beweis stellen. Im Sinne eines Anreizes werden die erhältlichen und im Hinblick auf ihre Energieeffizienz untersuchten Elektromobile mit 30 bis 50% des Kaufpreises subventioniert. Die Fahrzeughalter verpflichten sich im Gegenzug, regelmässig ihre Betriebsdaten abzuliefern. Daneben ist eine breite Palette von Begleitforschungen und Energiemessungen im Gang, um das Mobilitätsverhalten zu untersuchen und die Effizienz der Fahrzeuge nachzuweisen.

zudem Sachgüterschäden an Gebäuden und Materialien. Hier sprechen denn auch alle untersuchten Indikatoren zugunsten der sauberen Elektromobile.

Als regionale Umweltauswirkungen des Verkehrs fallen vor allem der Sommersmog, die Versauerung von Ökosystemen sowie der Stickstoffeintrag in Böden und Gewässer negativ ins Gewicht. Sofern der Strom zum Betrieb von Elektrofahrzeugen zu einem beträchtlichen Teil in thermischen Kraftwerken produziert wird, wie dies für den Strommix innerhalb der Europäischen Union (EU) der Fall ist, schneiden Elektromobile im ökologischen Vergleich einzig beim Kriterium Versauerung schlechter ab. Bezogen auf die regionalen Umweltfolgen des Verkehrs sprechen in der Schweiz dagegen alle Faktoren eindeutig für Elektrofahrzeuge. Grund dafür ist der hohe Anteil der Stromerzeugung in Wasserkraftwerken, was die Bewertung positiv beeinflusst. Dieselbe Beurteilung gilt im übrigen auch für die globalen Auswirkungen, wo insbesondere der Ausstoss an klimaverändernden Treibhausgasen massgebend ist.

Bedingt durch die Liberalisierung des Strommarktes und je nach Deckung des zukünftigen Elektrizitätsbedarfs können sich die Vergleiche ändern. Dabei spielt auch die zukünftige Beurteilung der Fortschritte bei herkömmlichen Fahrzeugen eine grosse Rolle. Unter der Voraussetzung aller heute in Betracht gezogenen Energieszenarien für die Schweiz wird auch in Zukunft ein Vorteil für Elektrofahrzeuge resultieren. *Aus Sicht des Umweltschutzes kann der Kauf von Elektrofahrzeugen deshalb empfohlen werden. Vor allem elektrisch unterstützte Zwei- und Dreiräder erweisen sich aufgrund ihres geringen Gewichts als sehr effizient.* Hoffnungsvolle Ansätze bei den Hochenergiebatterien lassen zudem vermuten, dass Elektromobile künftig kleiner und leichter werden, was deren Ökobilanz günstig beeinflusst.

Entwicklungsgeschichte der Elektromobile

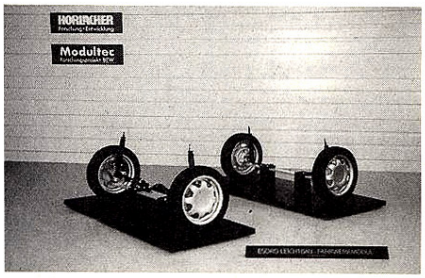
Elektromobile sind keine Erfindung der Moderne, sondern standen bereits um die Jahrhundertwende erstmals im Einsatz. Die Autos mit Blei-Säure-Batterien als Energiequelle wurden aufgrund

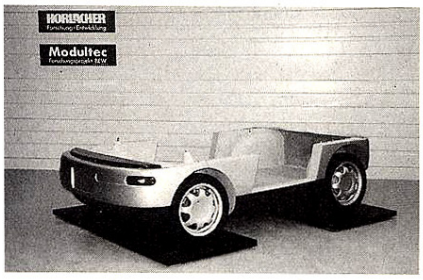
Sparpotential bei Benzinautos

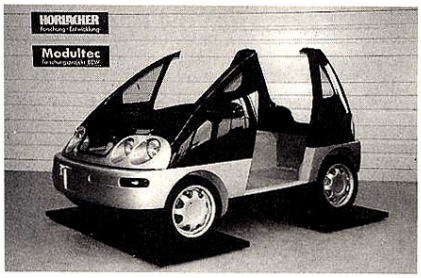
Elektromobile und weitere alternative Antriebssysteme für Motorfahrzeuge *(siehe dazu den nachfolgenden Beitrag, Seite 10)* können bei entsprechender Verbreitung einen Beitrag zur Verminderung der verkehrsbedingten Schadstoffbelastung leisten. Doch auch herkömmliche Motorfahrzeuge verfügen über ein grosses Potential zur Reduktion des Treibstoff-Verbrauchs und der Emissionen. Dies gilt in erster Linie für den Benzinmotor. Mit dem Projekt SMILE hat die Umweltorganisation Greenpeace den Beweis angetreten, dass mit Mehrkosten von rund 10% ohne Komforteinbusse ein Benzinverbrauch von nur drei Litern pro 100 km realisierbar ist.

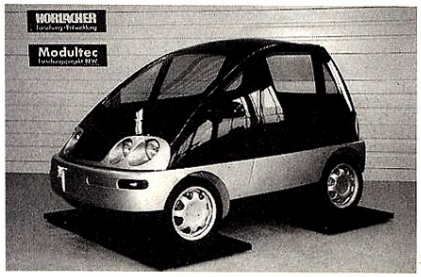
Einen grossen Einfluss auf den Treibstoffbedarf und die damit verbundenen Schadstoff-Emissionen hat zudem die persönliche Fahrweise. Wer defensiv fährt, das heisst sein Tempo allgemein reduziert, dazu die Höchstgeschwindigkeit vermindert und Abstriche bei der Beschleunigung in Kauf nimmt, der erzielt bei der heutigen Motoren-Technologie Treibstoff-Einsparungen von gegen 20%. Überdies trägt defensives Fahren zur Sicherheit im Strassenverkehr bei.

Allerdings: Allein mit einer schonenden Fahrweise sind die Probleme der vom Verkehr in vielerlei Hinsicht belasteten Städte (Lärm, Luftverschmutzung, Flächenverbrauch) nicht zu lösen. Dazu braucht es vielmehr eine Verlagerung des motorisierten Individualverkehrs zugunsten öffentlicher Verkehrsmittel und umweltfreundlicher Mobilitätsformen wie dem Fahrrad- oder Fussgängerverkehr.









Die Schweizer Firma Horlacher AG erforscht und entwickelt seit längerem Leichtbaukarrosserien für energieeffiziente Fahrzeuge. Im Bild die Modultec-Bauweise des 2-sitzigen Elektro-Stadtfahrzeugs City 3.
(Bild: Horlacher AG, Möhlin)

ihres hohen Gewichts aber bald von Benzin- und Dieselfahrzeugen abgelöst. Speziell als Solar- oder Elektrofahrzeuge konzipierte Verkehrsmittel kamen erst in den 70er und 80er-Jahren wieder auf den Markt. Die nachfolgenden Modelle sind heute unter dem Namen *LEM (Leicht-Elektro-Mobile)* bekannt und verwenden anstelle der ursprünglich mitgeführten Solarzellen meistens eine Bleibatterie mit Ladegerät an Bord als Antriebsquelle. Daraus ergeben sich freilich einige Nachteile. So wurde die Wetterunabhängigkeit mit einem Gewichtszuwachs erkauft, das vollständige Aufladen der Batterien dauert mehrere Stunden, und zudem reagieren Bleibatterien sehr empfindlich auf Temperaturschwankungen und Tiefentladungen. Anfänglich schaffte man damit nicht mehr als zirka 500 Ladezyklen. Überdies waren die erreichbaren Geschwindigkeiten und Reichweiten stark limitiert.

Automobilkonzerne treiben die Forschung voran

Unter dem Druck des vom amerikanischen Bundesstaat Kalifornien auf 1998 «angedrohten» Zero-Emission-Act kümmern sich seit Ende der 80er-Jahre auch die grossen Automobilhersteller um die Entwicklung und Produktion von Elektromobilen. Mit einem Gewicht von mehr als einer Tonne gelten umgerüstete Kleinfahrzeuge wie etwa der Peugeot 106 mit NiCd-Batterien nicht mehr als LEM, sondern gleichen konventionellen Autos. Angesichts der Reichweite von rund 80 km und möglichen Maximalgeschwindigkeiten von 80 bis 100 km/h fällt deren Leistungsvermögen gemessen am üblichen Motorfahrzeug-Standard aber immer noch deutlich ab. Bedingt durch die Kleinserien liegen die Preise zudem rund doppelt so hoch wie jene vergleichbarer Benzinfahrzeuge.

Der Stand der Technik ist aber seither weiter fortgeschritten. Vor allem japanische Autokonzerne bieten inzwischen Elektromobile an, die dank neuen Batterietypen wie Nickel-Metallhydrid- und Lithium-Ionen-Akkumulatoren grössere Reichweiten von bis zu 200 km und Geschwindigkeiten von herkömmlichen Autos erreichen. Diese modernen Fahrzeuge werden allerdings erst in Japan ausgeliefert.

Entwicklung neuer Hochenergie-Batterien

Trotz grossen Fortschritten bleibt die Batterie als Energiespeicher vorderhand die wesentliche Schwachstelle. Gemessen am Energieinhalt von fossilen Brennstoffen ist ihre Energiespeicherkapazität deutlich kleiner. Spezialfirmen und Automobilkonzerne treiben die Forschung im Bereich Hochenergie-Batterien aber derzeit mit voller Kraft voran.

Als grosser Hoffnungsträger für reine Elektrofahrzeuge gilt die Lithium-Ionen-Batterie. Sie ist viermal so leistungsfähig, aber doppelt so teuer wie die Bleibatterie. Ihre verhältnismässig hohe Energiedichte verspricht akzeptable Reichweiten bei vernünftigem Fahrzeuggewicht. Das System steht allerdings erst in der Erprobungsphase und muss noch eine bessere Lebensdauer erreichen.

Die Übersicht rechts erlaubt einen Vergleich aller heute erhältlichen und bald serienreifen Batteriesysteme:

Verantwortlich für den Inhalt:
Felix Reutimann, Sektion Verkehr,
Abteilung Luftreinhaltung, BUWAL



PD

Autobau wie im Legoland: *die Fahrzeugindustrie steht unmittelbar vor grundlegenden Umwälzungen*

So viel Zukunft in all dieser Vergangenheit

Von Christian Speich • Noch bis zum 31. Mai zeigt das Nationale Automobilmuseum im elsässischen Mülhausen die Sonderschau «Générations Electriques» – mit wegweisenden Exponaten auch aus der Schweiz

Wer das Musée National de l'Automobile in Mülhausen (192, Avenue de Colmar) nicht kennt, sollte es unbedingt kennenlernen, und vom 20. April bis zum 31. Mai besteht ganz besonders Grund dazu. Die Schausammlung vermag in ihrer Grandiosität ohnehin schon Automuffel zu faszinieren – ein virtuelles Parkhaus, das 100 Jahre lang nur eine Ein- und keine Ausfahrt gehabt zu haben scheint. Die jetzt eröffnete Ausstellung «Générations Electriques» allerdings signalisiert deutlich, wo's rausgeht – in die Zukunft.

Dieser Weg ist längst nicht mehr visionäre Skizze wissenschaftlicher Vordenker, sondern deutlich vorgezeichnet als Trend der Automobilindustrie. Die Umrüstung wachsender Privatverkehrssegmente mit einem ebenso wachsenden Angebot von Mini- und Mikrocars ist nicht mehr zu übersehen. Wenn nun in Mulhouse eine Elektromobilschau als zukunftsweisend bezeichnet wird, soll das dann etwa bedeuten, dass die Micros, alle die Renault-Twingo-Epigonen unterschiedlichster Herkunft, bald nur noch mit E-Antrieb zirkulieren werden?

Nein. Der Titel der Ausstellung ist denn auch so zutreffend wie missverständlich. Zwar wäre eine Modellreihe aus hundert Jahren E-Mobil-Geschichte denkbar, die eine kontinuierliche Entwicklung parallel zu jener der erdölbetriebenen Autos plausibel erscheinen liesse. Doch die hat es nie gegeben, was allerdings nicht heissen soll, dass keine Fortschritte gemacht worden wären auf dem Gebiet des elektrischen Antriebs von nicht netzgebundenen Fahrzeugen. Nur sind die verschiedenen E-Mobil-Generationen in weit auseinanderliegenden Zeiten und aus unterschiedlichsten Motiven entstanden. Aber mindestens zweimal haben sie damit der Fahrzeugtechnik Impulse gegeben, die mächtig in die Zukunft wiesen.

Geradezu schockartig war der Ansporn gleich zu Beginn der Autogeschichte, als noch nicht feststand,

Einige hatten die Chance, die Problemlösung «Auto» zu vergessen und das Problem noch einmal anzugehen.

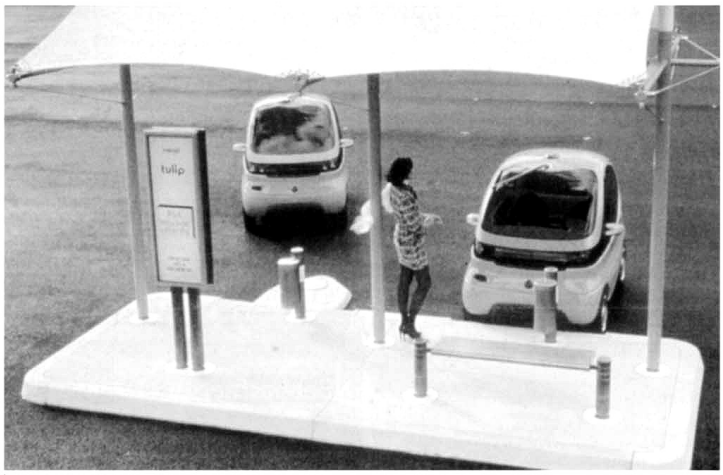
was das Surrogat des Hafersacks der wegmotorisierten Kutschenpferde sein sollte. Beim Ottomotor war es ein Tank, den man in der Apotheke füllen musste; die Dampfmaschine musste vor dem Fahren eingeheizt werden; und das Elektromobil wurde behindert durch schwere und sperrige Batterien. Jedoch: Als der belgische Autopionier Camille Jenatzky 1899 als erster die Tempo-100-Mauer durchbrach, tat er das mit einem Elektrogefährt. Seine Maschine namens «La Jamais Contente» schaffte 105,8 Stundenkilometer – eine unbequeme Herausforderung für die Benzinleute.

Und in jüngerer Zeit, mit dem Erdölschock von 1973 als Startpunkt, sieht sich das «Auto schlechthin» wiederum mit beschämenden Vorgaben aus neuen E-Mobil Entwicklungsbemühungen konfrontiert. Die Rückbesinnung auf den Elektromotor mit seinem verlockend hohen Wirkungsgrad hatte zur erneuten Auseinandersetzung mit dem Batteriegewicht angespornt, Fahrzeugleichtbau wurde zur Disziplin der Rekorde, und das Resultat waren Prototypen alltagstauglicher Gefährte mit extrem niedrigen Verbräuchen. Gerade mal knapp sechs Kilowattstunden Speicherenergie auf hundert Kilometer benötigte 1992 der «Horlacher Na-S-Sport» auf seiner Autobahnfahrt zum Genfer Autosalon (mit 547,02 Kilometer aus einer Batterie Distanz-Weltrekord). Durchschnitt der damals zirkulierenden Erdölautos: rund hundert Kilowattstunden auf hundert Kilometer.

Seither ist der Durchschnittsverbrauch aller in Verkehr stehenden Autos am Sinken – dank den Bemühungen der Industrie um gesteigerte Energieeffizienz. Sie waren schon am Laufen, als sich die Sprecher der Autowerke noch vehement gegen den angeblichen Schwachsinn wehrten, mühsam mit viel Blech erlangte Sicherheitsstandards mit ökonomisch irrelevanten Verbrauchssenkungen zunichte zu machen. Doch das Argument war damals schon wertlos: In aufsehenerregenden Crashtests war bewiesen worden, dass es möglich ist, kleine Leichtfahrzeuge sicher zu bauen, wiederum eine Lektion aus dem Hause Horlacher. Nach und nach wurde das Gemurre der Autobosse leiser, und dafür war plötzlich das Zauberwort «Dreiliterauto» erfunden. Gemeint war nicht der Motorenhubraum.

Wenn heute Ferdinand Piëch von VW in Aussicht stellt, nach dem Dreiwerde das Zwei-, aber gleich schon auch das Einliterauto folgen, dann meint er das genau so. Machbar aber ist es nur mit den Kleinen, den Leichten – mag das auch noch so kollidieren mit branchenüblichen Absatz-Umsatz-Annahmen. Der Mikro-Trend dürfte sich verstärken. Die heute politisch relevant gewordenen Klimaschutzargumente, die letztlich hinter der Drei-/Zwei-/Einliter-Absicht stecken, brauchen dabei gar keine Rolle zu spielen. Wenn es der Autowerbung gelungen ist, der züchtig waltenden Hausfrau einzureden, sie sei nur dabei, wenn sie Pampers und Tiefkühlpizza im Schützenpanzer abholt, so wird es ihr auch möglich sein, dem zugehörigen Gatten zu suggerieren, ohne Micro auf dem sündhaft teuren Firmenparkplatz sei er reif für die Überalterungsliste. Er wird dabei feststellen, dass er plötzlich für zwei Parkplätze zahlt.

Doch die Autobranche hat auch auf weiteren Gebieten die lästigen Sporen der frei von Industriezwängen vorpreschenden E-Mobil-Leichtbauer zu spüren bekommen. Diese hatten mit der selbstauferlegten vertrackten Aufgabe auch die Chance erhalten, die scheinbar optimale Problemlösung Automobil zu vergessen und das vermeintlich triviale Problem des motorisierten Personentransports an und für sich noch einmal – oder vielleicht erstmals – à fonds zu durchdenken. Dabei kamen zum einen Raumnutzungskonzepte zum Vorschein, die nun bereits von der Autoindustrie vereinnahmt worden sind (wiederum ist der Twingo das Original); zum anderen aber wurden die Fahrzeuge konzeptionell zu Modulen eines funktional definierten Gesamtsystems.



PD

Peugeots Systemergänzung zum öffentlichen Verkehr: *Tulip-Insel mit Elektrowägelchen*

Auch diese Überlegungen haben industrielles Echo im Auto-Establishment hervorgerufen. Das in der Schau in Mülhausen ausführlich vorgestellte Projekt «Tulip» von Peugeot ist ein besonders intelligentes Beispiel. Diese Tulpen sind keine Zweit- oder Drittfahrzeuge für den häuslichen Gebrauch. Der Name bezieht sich denn auch nicht auf das einzelne Wägelchen, sondern er steht für Transport Urbain Libre Individuel et Public. Als Erweiterung des öffentlichen Verkehrs in einen nicht mehr fahrplangebundenen Feinverteiler sorgt Tulip dafür, dass, wer das entsprechende Ticket gelöst hat, ein fahrbereites, GPS-gestütztes und via Freisprechtelefon stets mit einer Einsatzzentrale verbundenes E-Wägelchen vorfindet, das er am Schluss seiner Fahrt an der nächstgelegenen Tulip-Insel andockt, wo es sich über eine Induktionsschiene automatisch auflädt. Abgerechnet wird elektronisch.

Schon längst mit systemischen Transportlösungen befasst sich die Möhliner Horlacher AG. Wenn Seniorchef Max Horlacher («Immerhin bin ich bekannt mit dem Direktor der kleinsten Autofabrik der Welt») in philosophischer Bescheidenheit anmerkt, was sie in Möhlin bestenfalls beitragen könnten, sei, über das Nachdenken nachzudenken, dann ist das nur deshalb nicht masslos untertrieben, weil sich Horlachersche Gedanken stets zwangsweise materialisieren. In Mulhouse ist eine umfangreiche Evolutionsreihe solcher zu aller räumlichen Greifbarkeit hinzu auch noch wirklich auf der Strasse funktionierender Gedanken zu bestaunen.

Die Highlights – es sind eigentlich alle – sind einer breiten Öffentlichkeit bekannt. Neu jedoch dürfte «Tazi» sein, ein E-getriebener Tatzelwurm aus tonnenförmigen Rundsichtkabinen, ideales Transportsystem etwa für Ausstellungen, dessen Zuggeometrie so ausgelegt ist, dass sämtliche Kabinen sich millimetergenau um engste Kurvenradien folgen. Tazi wird am 27. April in Mülhausen praktisch eingesetzt.

Ebenfalls mit systemischem Ansatz durchdenkt Horlacher schon seit Jahren auch die Produktion der Fahrzeuge neu. Interessant ist, dass auch Peugeot in ihrem Ausstellungskonzept den modularen Zusammenbau der Tulip-Mobile betont. Die Ähnlichkeit zu Modultec, dem in der Nähe ausgestellten Entwicklungsprojekt von Horlacher mit dem Fahrzeugbau-Avantgardisten Diego Jaggi (Esoro AG) und der Technischen Hochschule Windisch frappiert. Klau? Wer war zuerst?

Völlig unwichtig. Modultec ist bereits wieder Riesenschritte weiter. Verbilligung der Werkzeuge (Pressformen) für die Karosseriemodule um den Faktor 100 und die Möglichkeit, sämtlichen Schichten inklusive der sicherheitstechnisch wichtigen Schäumung und der Lackierung in einem einzigen Arbeitsgang die Form zu geben, rücken eine Revolution in der Fahrzeugherstellung in unmittelbar nahe Zukunft.

Preisgünstig und im Sekundentakt können Microcar-Module bei Bedarf produziert werden. Dauerauslastung ist nicht nötig, weil auf den gleichen Maschinen auch ganz andere Kunststoffteile hergestellt werden können. Den Zusammenbau der Fahrzeuge – bereits etliche Male öffentlich demonstriert – bewerkstelligen zwei Leute gemütlich innert Minuten.

Modultec wurde und wird, ebenso wie Tazi und dessen einkabiniges Urmodul, das ebenfalls ausgestellte «Shuttle», im Rahmen von Energie 2000 vom Bundesamt für Energie (BFE) finanziell unterstützt. Insofern sind die Exponate aus der Schweiz in «Générations Electriques» auch Beiträge der Eidgenossenschaft. Darüber werden die BFE-Vertreter Martin Pulfer und Urs Muntwyler in dem mit der Thematik befassten Gremium der Internationalen Energieagentur wohl mit berechtigtem Stolz referieren.



PD

Mit 80 Passagieren durchs engste Labyrinth: *Tatzelwurm «Tazi»*

• *Christian Speich ist freier Wissenschaftspublizist und arbeitet zurzeit an einem für Frühjahr 1999 geplanten Buch über die erstaunlich wichtige Rolle der Schweiz bei den internationalen Entwicklungen neuer Individualverkehrsmittel*

Modultec: Neues Fahrzeugkonzept für Autos aus Kunststoff

Autos aus Kunststoff sparen Benzin

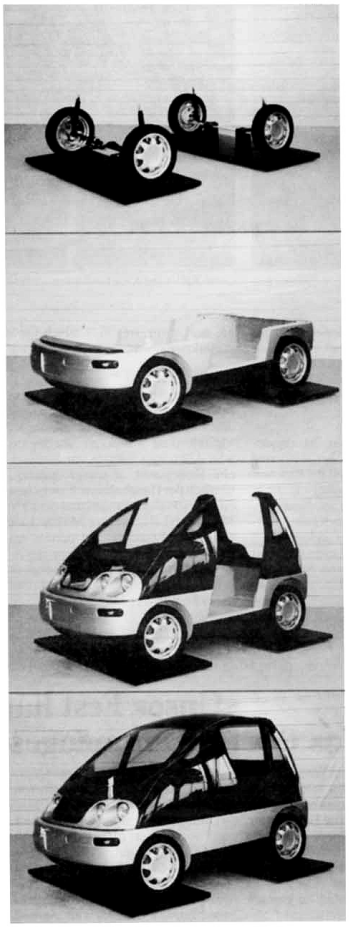
(ch-fo) Je leichter ein Auto ist, desto weniger Treibstoff verbraucht es. Kunststoff ist leichter als Stahl, doch daraus eine Karosserie in einem Stück zu bauen, ist aufwendig und kompliziert. Die Lösung: Das Auto als Puzzle – zusammengebaut aus einzelnen Kunststoffteilen.

MARTIN KILCHENMANN

Man nehme ein Fahrgestell mit vier Rädern, zwei Achsen, dem Antrieb und allem, was sonst noch dazugehört. Vorne hin setze man die Stossstange und das Frontteil mit den Scheinwerfern, hinten den Kotflügel, rundherum die Karosserieteile und Türen, obendrauf schliesslich das Dach. Dann montiere man die Sitze und das Armaturenbrett und füge die Scheiben ein. Alles verkleben – und schon habe man ein fahrtüchtiges Auto aus Kunststoff. Die Idee tönt einfach, doch für die praktische Umsetzung braucht es neben Innovation, eine grosse Portion Erfahrung sowie intensive Forschung. Max Horlacher, Aargauer Prototypen-Entwickler, arbeitet seit drei Jahren mit Unterstützung von Energie 2000 an seiner Idee. Modultec, so der Name seines Konzepts, ist nicht für das Kinderzimmer bestimmt, sondern für die Strasse. Dabei sollen die Kunststoffautos viel weniger Benzin verbrauchen wie herkömmliche Wagen. Thomas Efler von der Horlacher AG: «Wenn jedes Auto in der Schweiz zehn Kilogramm leichter wäre, könnte man im Jahr 40 Millionen Liter Benzin sparen.» Ein Kleinwagen, der heute etwa 800 bis 900 Kilogramm wiegt, soll dank Modultec um ganze 150 bis 200 Kilogramm leichter werden.

In der Einfachheit liegt die Lösung

Die Autoindustrie hat die Vorteile von Kunststoff längst erkannt. Zum Beispiel produzieren viele Hersteller schon heute Stossstangen aus Kunststoff. Ein ganzes Auto aus einer einzigen Pressform zu pellen, ist laut Thomas Efler aber sehr aufwendig. Die Lösung: Wieso nicht das ganze Auto aus Einzelteilen zusammenbauen? Die Einzelteile sollen gemäss Max Horlacher fixfertig aus der Pressform herauskommen, die Tür also bereits lackiert, isoliert und auf der Innenseite mit Stoff ausgekleidet. Im Frontteil sollen alle Lampen montiert und die Kabel verlegt sein – es muss dann nur noch richtig angeschlossen werden. «Einzelteile sind kleiner und weniger komplex als die gesamte Karosserie und können dadurch mit einfacheren Pressformen und wirtschaftlich rentabel hergestellt werden», erklärt der Entwickler.



Einzelne Autoteile aus Kunststoff fügen sich zu einer kompletten Karrosserie zusammen. Das Modell veranschaulicht die Idee von Modultec und steht zur Zeit im Mülhauser Auto-Museum. (Bilder: Horlacher AG)

Einzelteile erfüllen mehrere Funktionen

Die Teile sollen zudem mehrere Funktionen übernehmen. Zum Beispiel leistet jedes Kunststoffteil einen Beitrag an der Stabilität der ganzen Karrosserie. «Jedes Autoteil ist in sich stabil», sagt Thomas Efler (Kasten). Damit das ganze Auto zusammenhält, müssen die Teile verklebt werden. Dazu laufen zur Zeit noch Versuche mit der Fachhochschule Aargau. Der für Modultec vorgesehene Kunststoff ist ein sogenannter Thermoplast, das heisst er kann mehrmals mit Wärme verflüssigt und verformt werden und ist jeweils nach dem Auskühlen wieder stabil. Als zusätzliche Verstärkung dienen Fasern aus Glas. Diese sind so in den Kunststoff eingebettet, dass sie ein Netz bilden. Da Thermoplasten mit Wärme verformt werden können, sind Teile aus Kunststoff genauso leicht zu verarbeiten wie Stahlblech. Man legt zugeschnittene Matten aus dem betreffenden Kunststoff in eine Pressform, schliesst sie mit dem nötigen Druck und erwärmt das Ganze – fertig. Da der Kunststoff beim Erwärmen weich wird, können auch komplizierte Formen hergestellt werden. Der Thermoplast fliesst sozusagen in jede noch so kleine Ritze.

Wie entsorgen?

Bei der Verwendung von Kunststoff stellt sich immer die Frage nach dem Entsorgen. «Eine Karrosserie aus Kunststoff hält gut 100 Jahre», sagt Thomas Efler. Zudem müsse man all das Gewicht, das man einspare, auch nicht mehr entsorgen, erklärt der Fachmann weiter. Die Wiederverwertung von alten Teilen sei aber prinzipiell möglich, wenn auch zur Zeit noch sehr aufwendig. So muss man den Kunststoff zuerst von den Glasfasern trennen, bevor man ihn einschmelzen kann.

Positiver Effekt für die Schweiz

Modultec macht nicht nur Autos leichter und somit sparsamer, sondern könnte auch die Position der Schweiz als Zulieferer der Autoindustrie stärken. Und genau darin sieht Thomas Efler die Chance des neuen Konzepts. Bis 2001 soll ein erster fahrtüchtiger Prototyp gebaut und sollen Modelle von möglichen Produktionsanlagen vorgestellt werden. Bis Modultec jedoch marktfähig ist, und bis die Kunststoffautos wirklich auf unseren Strassen fahren, dauert es noch einige Zeit. Am Auto kann somit heute noch kein Gewicht eingespart werden. Wer trotzdem weniger Benzin verfahren möchte, kommt also um eine Abmagerungskur nicht herum – zehn Kilogramm weniger Gewicht kann eventuell auch so erreicht werden.

Als Sandwich stabil

Kunststoffteile sind stabiler als Stahl. Modultec erreicht dies durch einen dreischichtigen Aufbau seiner Teile. Die innere und äussere Schicht besteht aus zwei glasfaserverstärkten Kunststoffplatten, den Kern bildet entweder eine Wabenstruktur oder ein Kunststoffschaum. Das Ganze sieht also aus wie ein Sandwich. Damit ist bei Autos aus Plastik die gleiche Unfallsicherheit wie bei Stahlautos gewährleistet.

Revolutionäres in Sachen Automobilbau

Möhlin Die Horlacher AG setzt auf leichte Modulautos und verbucht damit internationale Erfolge

In manchen Dingen scheint die Horlacher AG der Zeit voraus zu sein – zum Beispiel im Autobau. Kein Wunder, besuchten gar VW-Designer den 35-Personen-Betrieb. Auch beim neuen ICE hat der Kunststoffbetrieb seine Finger im Spiel.

FABRICE MÜLLER

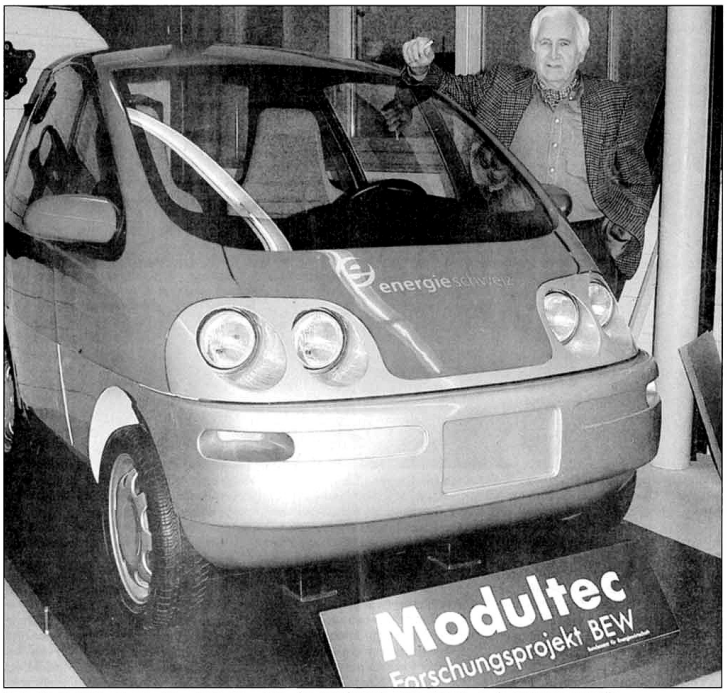
Achtung, fertig, los! Die Vorstellung gleicht einer Wettaktion aus der Fernsehsendung «Wetten, dass?...» Eine Autokarosserie wird aus insgesamt zwölf Einzelteilen in knapp zehn Minuten zusammengebaut. Kein Schraubenzieher, kein Leim, kein Schweissgerät kommt zum Einsatz. Alle Teile passen so haargenau ineinander, dass sie sich gegenseitig stabilisieren. Die zwei mit dem Zusammenbau beauftragten Männer haben sich heute zum ersten Mal an diese Herausforderung herangewagt. Deshalb brauchen sie etwas länger als die Konstrukteure des Wagens. Letztere benötigten ganze eineinhalb Minuten, um die Karosserie des Modultech-Autos «City 3» zusammenzubauen.

In den Werkhallen der Firma Horlacher AG könnten noch so manche Wetten abgeschlossen werden. Doch Achtung! – Wer zu skeptisch ist, verliert. Denn bei Horlacher werden in Sachen Fahrzeugbau und Design so manche Traditionen und herkömmliche Lösungen auf den Kopf gestellt. Nicht

Herkömmliche Lösungen werden auf den Kopf gestellt

schlecht staunten zum Beispiel die Autodesigner aus aller Welt beim ersten Crash-Test von 1992, wo neben diversen Kleinwagen auch das Modultech-Modell von Horlacher gegen eine Wand raste. Während die herkömmlichen Modelle ziemlich schlecht wegkamen, verblüffte das Wägelchen aus Kunststoff und Modulteilen die Experten wegen seiner Robustheit.

Der neuste Gag aus dem Hause Horlacher nennt sich «Zebralift». Die Firma entwickelte dieses neuartige System, das es Fussgängern ermöglicht, eine Strasse mithilfe einer Liftkonstruktion zu überqueren. In einer Kunststoffkabine werden sie von einer Seite zur anderen über die Strasse befördert. Vorteil dieser Innovation: Die öffentliche Hand kann auf teure Bauten verzichten und spart Geld. Das energieaufwändige Anhalten und Anfahren der Autos wird dadurch überflüssig. Noch wartet der Zebralift auf seine Realisation. Das Forschungsprojekt wird vom Bundesamt für Energie unterstützt.



Innovatives Unternehmen *Max Horlacher neben dem Modultech-Auto «City 3» in der Ausstellungshalle.* FOTO: FAB

Die Horlacher AG – welche dieses Jahr ihr 40-Jährige Bestehen feiern darf – hat sich auf Herstellung und Entwicklung von Produkten aus faserverstärktem Kunststoff und Verbundwerkstoffen spezialisiert. Das Unternehmen mit seinen 35 Angestellten liefert Fertigteile und Montage-Einheiten an diverse Industriezweige. Eine ihrer Stärken ist die Anfertigung von Modellen, Formen und Prototypen.

Zurzeit wird an den WC-Kabinen und Fensterrahmen für die SBB-Doppelstockwagen, an der Innenverkleidung für 240 Doppelstöcker der Belgischen Staatsbahnen, aber auch für Eisenbahnwagen aus Israel gearbeitet. Beim neuen ICE der Deutschen Bahn ist Horlacher mit der Innenverkleidung ebenfalls beteiligt sowie beim neuen Tram «Cobra» der Verkehrsbetriebe Zürich (VBZ). «Wir spüren keine Wirt-

Das Unternehmen spürt keine Wirtschaftsflaute

schaftsflaute, das Geschäft läuft sehr gut», berichtet Firmenleiter Max Horlacher stolz. Autos und Tüfteleien scheinen beim gelernten Keramikmaler in der Familie zu liegen. Sein Onkel baute in Colmar bis 1951 Chassis für Bugatti-Autos. Dabei erlebte dieser eine einzigartige «Tellerwäscher-Karriere» vom einfachen Bauernjungen zum Autokonstrukteur. «Ich wollte schon immer Autos bauen. Mein Traum war es, so zu werden wie mein Onkel. Im Gegensatz zu seinen grossen Autos – die im Dorf immer für Aufsehen sorgten, wenn er uns besuchte – konzentriere ich mich auf die wesentlichen Formen eines Fahrzeuges», erzählt Max Horlacher, der sich selber als Tüftler bezeichnet und nichts von Ingenieuren hält, «die sich zwar in der Uni oder an der ETH viel Wissen angeeignet haben, aber nie in den Wald gingen, um von der Natur zu lernen». Bei Horlacher entstehen viele Ideen spontan. Manchmal dienen Bierdeckel oder Servietten für Skizzen. Auf dem Tisch des Sitzungszimmers liegt ein A4-Block bereit – man weiss ja nie. «Gute Ideen kann man immer gebrauchen.»

Das mit den Innovationen und guten Ideen ist jedoch so eine Sache. Gewisse geniale Konstruktionen – manchmal seien es auch «Spinnereien», sagt Max Horlacher – fliessen nicht von heute auf morgen in die Industrie ein, sondern müssen Schritt für Schritt lanciert werden. «Die Schweiz ist selber zu klein für eine eigene Autoindustrie. Doch von der Denkart her sind in der Schweiz aber schon viele Ideen für die Automobilindustrie entstanden.»

In manchen Sachen scheint das Unternehmen an der Güterstrasse 9 der Zeit voraus zu sein, einige Ideen werden jedoch inzwischen in der Industrie umgesetzt. So arbeitet Horlacher mit einem Autohersteller zusammen, für den er Boden- und Dachteile aus Kunststoff fertigt. Neu daran ist, dass die Einzelteile fixfertig aus der Produktion kommen, das heisst, bereits mit al-

Vision von Autos ausschliesslich aus Kunststoffteilen

len Extras und Halterungen versehen sind. Ein anderer Hersteller kopierte für sein neues Stadtauto jene Schiebetüren, die Horlacher an seinen Modultech-Modellen verwendet.

Das von VW entwickelte 1-Liter-Auto aus Karbonfasern basiert auf einem Modell, das Horlacher bereits vor zwölf Jahren kreierte. In der Planungsphase schickte VW seine Designer nach Möhlin. Dank der Kunststoffkonstruktion ist ein Auto wesentlich leichter als herkömmliche Modelle. Ohne Antrieb wiegt zum Beispiel das Modell «City 3» von Horlacher um die 200 Kilo; mit Antrieb zirka 450 Kilo. «Autos werden tendenziell kürzer und leichter. Beim Antrieb gehören Gas und Wasserstoff zu den Zukunftslösungen. Doch so lange die Einsicht für die Notwendigkeit sparsamerer und umweltfreundlicher Autos fehlt und das Benzin immer noch fast nichts kostet, brauchen solche Innovationen Zeit», bedauert Max Horlacher.

Wann sich seine Vision von Autos, die aus fixfertigen Kunststoffteilen nach dem Vorbild des Modells «City 3» zusammengebaut werden, erfüllt, steht noch in den Sternen. Dass es einmal so weit kommen wird, davon ist Max Horlacher jedoch überzeugt. «Das Auto muss sich in diese Richtung entwickeln. Es ist gar nicht anders möglich. Das wäre eine revolutionäre Veränderung in der Autogeschichte. Unglaublich, dass es in Möhlin ein paar Menschen gibt, die an dieser Veränderung mithelfen können.»

Informationen: www.horlacher.ch.

Aargauer Zeitung, 10. Dezember 2002

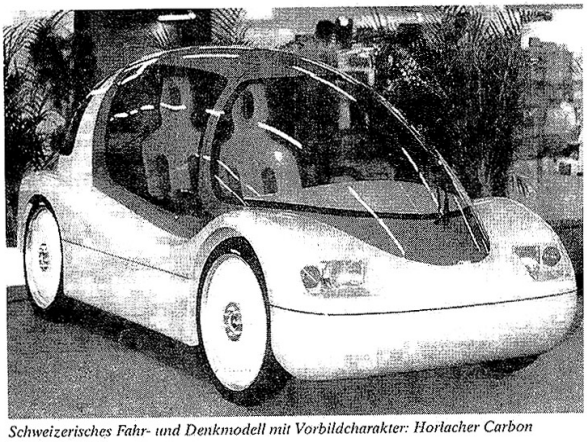
Vom einfachen Denken eines streitbaren Schweizers

Die Karosserie des Ein-Liter-Autos wurde bereits vor 17 Jahren auf die Räder gestellt / Ein Treffen mit Max Horlacher in Mühlhausen und Mölin

Das Ein-Liter-Auto treibt alle um. Ferdinand Piëch, Chef des VW-Konzerns, von der Suche nach dem Optimalen besessener Ingenieur und fähig zum dünnsten Lächeln seit Clint Eastwood, hat diese Vision jüngst wieder aus der Kiste geholt. Noch bis zum Ende seiner Amtszeit will er es fahren, das ist in zwei Jahren, und es wird nicht mehr sein als der Prototyp eines Sparmobils. Bei der Beschäftigung mit diesem Thema sind wir auf ein Auto gestoßen, das seit 17 Jahren existiert und den visionären Vorstellungen von Zeitschriften, Illustrierten und Auto-Ingenieuren entspricht. Es gibt noch zwei Exemplare davon, eines ist in der Schweiz für einen Energielieferanten unterwegs, das andere steht im formidablen Bugatti-Museum in Mühlhausen. Wir haben uns mit seinem Schöpfer verabredet.

Eine Begegnung mit Max Horlacher ist für jeden auch nur ein wenig von den Nachteilen des Bürolebens gezeichneten Menschen eine unangenehme Verabredung. Horlacher ist 69 Jahre alt, Treppen nimmt er mit federndem Schritt, sein Haar leuchtet weiß wie der Schnee auf dem Jungfraujoch, sein Verstand ist wach wie ein Wiesel im Frühling, und das Blatt, mit dem man sein Mundwerk verdecken könnte, wäre noch anzufertigen. „Der Piëch, der hat bis jetzt ja bewiesen, daß er kein Schwindler ist, ganz im Gegensatz zu anderen", sagt er zu uns im kleinen Konferenzraum der Horlacher AG im schweizerischen Mölin, und er lacht dabei wie ein Kind, das den Lehrer bei einer Unrichtigkeit ertappt hat.

Vier Stunden vorher haben wir uns mit Max Horlacher im Bugatti-Museum in Mühlhausen getroffen. Dort sind ein paar seiner Fahrzeuge zu sehen und auszuprobieren, und vor allem verweist er auf die Beziehung seiner Familie zu Bugatti, zu den alten Autos und seine Liebe zur einfachen Technik und zum einfachen Denken. Horlacher fertigt seit etlichen Jahren Verkleidungen, Fensterrahmen und Abdeckungen für Fahrzeuge des öffentlichen Nahverkehrs sowie für Autobahnraststätten. Er macht auch sogenannte Naßzellen oder kleine Häuschen, die stille Orte beherbergen. Damit verdient er für sich und die Horlacher AG das Geld, mit dem er unermüdlich seine Ideen in die Welt setzt. Und das sind nicht wenige. Weil er geschäftlich mit Kunststoff zu tun hat, kreisen sie um dieses Material, und damit sind wir beim Auto, beim Verbrauch von fossilen Energieträgern und beim Leichtbau. „Wir wollten ja niemals Autos bauen", sagt Horlacher und meint, er könnte ohnehin nur Anstöße geben, zu einem freieren Denken, das sich entfernt von den Schablonen der großen Industrie, ohne diese ganz zu verleugnen. Daß Horlacher kein weltfremder Träumer im alternativen Kleid ist, zeigen Erfolge bei der Tour de Sol, bei Solar-Rennen in Australien und der Bau von etlichen Automobil-Prototypen, die längst zur Serienfertigung taugten. Beispielsweise der Consequento: ein flotter Elektromotor-Flitzer für die kurzen Distanzen, etwa in der Smart-Klasse angeordnet, nur mit dem Vorteil, bereits auf den ersten Blick ob seines Designs für Begehrlichkeiten beim Betrachter sorgen zu können. Oder der Pantila: im Format eines Minivans gestaltet, etwa ein Jahr unterwegs in Thailand zur ohne Aufgeregtheiten verlaufenen Erprobung. Und dann eben dieses Fahrzeug im Bugatti-Museum.



Schweizerisches Fahr- und Denkmodell mit Vorbildcharakter: Horlacher Carbon

Dieses erstaunliche Gefährt heißt einfach Carbon, und es ist tatsächlich bereits im Jahre 1983 entstanden. Es weist zwei Sitzplätze auf, die hintereinander angeordnet sind. Nur so ist die nötige Schlankheit im Format zu erreichen. Das Dach ist eine teilweise getönte Kuppel, die Räder sind groß und schmal wegen des Rollwiderstands, und man sitzt sehr ordentlich auf etwas hartem Gestühl. Hinter den Passagieren ist noch Raum für Gepäck, und Carbon sieht aus, als habe er überhaupt keinen Luftwiderstand. Leichtbau ist Horlachers Zauberwort, und er setzt dabei dank seiner eigentlichen Profession auf Kunststoff. Mit dem kann er so umgehen, daß ein Typ seines Carbon-Modells nur die Hälfte vom Gewicht eines vergleichbar großen, aber konventionell gefertigten Kleinwagens hätte. An Bord des Carbon wäre dann auch ein Verbrennungsmotor, und selbst um die passive Sicherheit müsse man sich keine Sorgen machen, sagt Horlacher und verweist zum Beispiel auf seinen sogenannten Stoßgürtel: Um das kleine, komplett aus hochfestem Kunststoff gefertigte Fahrzeug läuft ein etwa zwanzig Zentimeter hohes Band, in dem wie in einem Bienenstock mehrere Lagen von Waben angeordnet sind. Diese verformen sich beim Crash, nehmen Energie auf, und damit konnte Horlacher schon vor etlichen Jahren bei entsprechenden Versuchen die Überlebensfrage in seinen kleinen Mobilen sehr positiv beantworten. Mit dem Carbon jedenfalls könnte VW-Chef Piëch rechnen, meint Horlacher, und er würde mit ihm auch ein Gespräch quasi von einem Unternehmensführe zum anderen, führen. „Der Piëch mach unser Auto nach", sagt der streitbar Schweizer und verweist auf einen Artike in der bedeutendsten Fachzeitschrift se nes Landes. Die schweizerische „Aut mobil Revue" hatte in einem Aufsat zum Ein-Liter-Auto eine Zeichnung vo einem Fahrzeug veröffentlicht (wie auc das deutsche Fachblatt „auto, motor un sport"), das als Vorbild für das Ein-Lite Auto dienen könnte. Es ähnelt dem Ca bon von Horlacher wie der etwas dicker Teil einer Gemeinschaft aus Zwilling brüdern. Daß die Schweizer dieses Vo bild nicht einmal erwähnten, wurmt Ho lacher, doch sagen würde er das nie. Au Gesprächen mit Auto-Ingenieuren wei er, daß es auch andere als nur technisch Hindernisse bei der Verwirklichung se ner Denk- und Konzeptionsarbeit gibt: „Da habe ich mit den Leuten von Opel oder von VW gesprochen, die alle ganz erstaunt waren und begeistert, und als es um die Fortführung der Konzepte ging, da fiel ihnen ein – die mangelnde Akzeptanz." Bei der Nennung dieses angeblichen Problems schüttelt es Horlacher vor unterdrücktem Lachen, es scheint aus dem Inneren eines Berges zu kommen, der nie in den Besitz von Menschen übergehen wird. Aber Horlacher hat keine Zeit, sich mit der Eindimensionalität des deutschen Ingenieurwesens auseinanderzusetzen.

Dafür denkt er schon wieder über neue Dinge nach: Zum Beispiel den Tazi und den Zebralift. Der Tazi ist kein Schreibfehler, sondern ein aus Modulen aufgebauter kleiner Zug, mit dem man bis zu vierzig Menschen über weitläufige Ausstellungsgelände (zum Beispiel das bei Autofreunden zu sinnverwirrender Hingabe führende Museum in Mühlhausen) im Tempo eines zügigen Spaziergängers befördern kann. Das von Elektromotoren getriebene Transportmittel ist von einfacher, gleichwohl komfortabler und in sich stimmender Charakteristik. Deichseln und ein zwischen jedem Modul in einer Schiene laufendes Rad verbinden jeweils zwei Einheiten. Die Expo in Hannover sei interessiert gewesen, berichtet Horlacher, aber man habe dann abgelehnt. Und mit dem Zebralift werden keineswegs die gestreiften Steppentiere hochgehievt. Es handelt sich dabei vielmehr um eine Transportmöglichkeit, die nur auf den ersten Blick ein Problem löst, das keines ist: Der Lift läuft auf einer Schiene über dem Straßen- oder Schienenverkehr und bewegt zum Beispiel ältere Menschen sicher von einer Seite zur anderen. Man hat bei Horlacher beobachtet, daß ältere oder behinderte Menschen kaum noch manche Straßen überqueren konnten. Ihre Gehzeit ist viel länger, als ihnen von der zuständigen Ampelschaltung gestattet wird. Mit dem bereits im Modell sanft und sicher laufenden sowie einfach zu bedienenden Zebralift (der Name ist vom Zebrastreifen abgeleitet) ist das Überqueren der Straßen eine sichere Übung. Man hat vom oberen Teil der Schiene aus einen guten Überblick.

Daß der Carbon von Horlacher in den alten Bugatti-Farben lackiert wurde, ist kein Zufall. Ein Onkel von Max Horlacher hat als Karossier geholfen, manchen Bugatti einzukleiden, und er selbst birgt im Keller einen kleinen Schatz. Es ist ein Bugatti, Baujahr 1926, mit Vierzylindermotor, Ausdruck einer genialen Einfachheit im Denken und im Formen. Vielleicht würde Max Horlacher seinen Bugatti und seinen Carbon auch Ferdinand Piëch zeigen. WOLFGANG PETERS

Der High-Tech-Volkswagen sprengt alle Grenzen

Die Technik des VW 1L im Detail / Serienfertigung ist eher unwahrscheinlich / Erstmals wieder Hinterradantrieb

An die Grenzen des Mach- und Fahrbaren hat sich VW jetzt herangearbeitet: Das sogenannte Ein-Liter-Auto hatte vor einer Woche (F.A.Z. vom 16. April) seinen spektakulären Auftritt zwischen Wolfsburg und Hamburg sowie vor der Hauptversammlung der Volkswagen AG. Wie das Wirtschaftsleben so spielt, fiel das Debüt des High-Tech-Prototypen mit dem Rückzug des High-Tech-Protagonisten Ferdinand Piëch vom Vorsitz des VW-Konzerns zusammen. Fast ein Thema für Hollywood oder für Rosamunde Pilcher. Piëch hatte schon immer nicht nur ein Händchen für Technik, sondern auch ein feines Gespür für deren Vermarktung. Aber auch ohne Sentimentalitätsspektakel ist der VW 1L mehr als einen flüchtigen Blick auf und unter sein Kohlefaserkleid wert.

Dabei zeigt sich, daß der Grenzbereich des Minimalverbrauchs von weniger als einem Liter Kraftstoff nur mit Aufwand und Verzicht zu erreichen ist. Es müssen Materialien aus der Zukunft des Autobaus eingesetzt und Ansprüche von Fahrer und Passagier ausgesetzt werden.

Natürlich weiß bei VW heute niemand, ob aus dem Demonstrationsobjekt jemals ein Auto wird, das in einer Preisliste für Serienfahrzeuge auftaucht. Frühestens im Jahr 2005 sei damit zu rechnen, und manche sagen, sieben Jahre des Feinschliffs müßten noch ins Land gehen, ehe der sparsamste VW aller Zeiten in Serie gehen könnte. Über einen Preis läßt sich nur spekulieren, aber Fachleute in der Autobranche sind sich einig: Die Chancen für eine Serienproduktion stehen eher schlecht. Die Vorstellungen der allermeisten Autokäufer bewegen sich noch nicht in jene Richtung, deren Ziel nicht Komfort und nicht Imagegewinn, sondern die Ausrichtung auf den Minimalverbrauch unter Hinnahme spartanischer Fahrverhältnisse ist. Denn unter den Autotechnikern dieser Welt gab es schon vorher keinen Zweifel, daß ein Fahrzeug mit diesem Verbrauch machbar ist. Extremer Leichtbau und hervorragende Windschnittigkeit seien erste Voraussetzungen dafür. Selbst aus dem vergleichsweise kleinen Unternehmen von Max Horlacher in der Schweiz, einem Spezialisten im Umgang mit Kunststoffen und genial vereinfachter Antriebstechnik sowie dem Aufspüren der Chancen auf dem Gebiet der Aerodynamik, rollten schon vor Jahren Prototypen, denen der VW-Sproß verblüffend ähnlich ist. Nicht weil man bei dem Technik-Riesen in Wolfsburg die Ideen von Horlacher aufgegriffen hätte (die entscheidenden Ingenieure können mit dem Namen des sperrig-umtriebigen Schweizers gar nichts anfangen), sondern weil ein Fahrzeug mit diesem Minimal-Verbrauchsziel nur so aussehen kann.

Und der VW 1L sieht nicht aus, als sei bei seinem Entstehen Schmalhans Küchenmeister gewesen. Schon eher ein Diätkoch. Das einer Zigarre mit dickerer Bauchbinde nicht unähnliche Gefährt kauert mit dem Heck auf der Straße, überall teure Materialien (Kohlefaser für die gleitend-fließende Karosse und Magnesium für Teile der Struktur) und Technik aus jenen Regalen, die zur Verfügung stehen, wenn es der Chef so will. Rund 20 Millionen Euro hat VW in Entwicklung und Prototypenbau des 1L gesteckt. Ein Aufwand, der sich neben dem werbewirksamen Auftritt höchstens mit Verweisen auf Erfahrungen mit derart ausgereizter Technik und dem Motivationsschub für die beteiligten Ingenieure rechtfertigen läßt. Die Anmutung des ohne Besatzung nur 290 Kilogramm wiegenden 1L kreiert Assoziationen an den Rennsport, an aktives Fahren und an den Spaß, den man mit einem derart minimierten und gleichzeitig maximierten Auto haben könnte. Ein Ausdruck des Mangels ist an dem ungewöhnlichen Fahrzeug nicht zu erkennen. Es erfüllt alle Vorschriften zum Crashverhalten, es hat ABS und ESP. Der häufige Aufenthalt im Windkanal hat sich gelohnt: Der Luftwiderstandsbeiwert liegt bei 0,195, zusammen mit der kleinen Querschnittsfläche ist ein rekordverdächtig geringer Luftwiderstand herausgekommen. Bei einer Länge von 3,56 Meter, einer Breite von 1,25 und einer Höhe von 1,10 Meter gibt es zwar Platz für zwei Menschen, sie müssen aber hintereinander sitzen, und ihr Bewegungsspielraum gleicht jenem, den Charles Lindbergh bei seinem Rekordflug hatte. Im Heck gibt es einen Kofferraum mit 80 Liter Fassungsvermögen unter der gut eingefügten Klappe, eine Kamera sorgt für den Blick nach hinten, auf Rückspiegel wurde verzichtet.



Starker Abgang: Mit dem versprochenen Ein-Liter-Auto verabschiedete sich Ferdinand Piëch als Vorstandsvorsitzender von VW. Doch die Zigarre hat kaum Chancen auf Realisierung.

Der Rahmen unter der Kohlefaserkarosse besteht aus Magnesium, die Kuppel über den Passagieren trägt in der Mitte einen Sonnenschutz. Zur Gewichtsverringerung und wegen des Energiebedarfs wurde auf Servoaggregate für Lenkung und Bremsen verzichtet, die Reifen sind ganz schmale Dinger von Michelin im 16-Zoll-Format, sie rollen mit geringstmöglichem Widerstand ab. Für den Antrieb ist eine Neuentwicklung zuständig, die im Heck sitzt, direkt vor der Hinterachse, und diese auch antreibt: seit den Tagen des Käfers der erste Straßen-VW mit dieser Konfiguration. In Frage kam nur ein Dieselmotor mit einem einzigen Zylinder. Deshalb hört sich die Maschine auch ein wenig nach Landwirtschaft an, sie tuckert aber eher hart, läuft dabei erstaunlich vibrationsarm und klingt mitunter etwas böse. Bei 4000 Umdrehungen in der Minute leistet der mit direkter Einspritzung (natürlich Pumpe-Düse-System) gefütterte, aber mit Saug- und nicht mit Turbolader-Technik arbeitende Diesel 6,3 kW (8,5 PS), und er bietet ein Drehmoment von 18,4 Newtonmeter bei 2000/min auf. Der Trieb für die drei Ventile des Motors (zwei für den Einlaß, eins für den Auslaß) wird von zwei obenliegenden Nockenwellen mit Hilfe von Rollenschlepphebeln übernommen, das Aggregat wiegt etwa 26 Kilogramm. Zylinderkopf und Kurbelgehäuse sind in einem Stück gegossen, Aluminium wurde hier eingesetzt.

Auch im Detail wurde gegeizt: Die Gehäuse für Kraftstoffpumpe und Getriebe bestehen aus Magnesium. Die automatisierte Sechsgangbox (Betriebsgewicht 23 Kilogramm) sucht sich mit elektronischer Hilfe den jeweils besten Gang, Zahnräder und Wellen wurden hohlgebohrt, Schrauben sind aus Titan, es gibt eine Freilauffunktion. Der Fahrer hat sich über einen in Fahrtrichtung rechts im Cockpit liegenden Drehschalter nur noch für die Richtung zu entscheiden. Innermotorische Maßnahmen verringern die Reibung der beweglichen Teile, der kleine Diesel sollte richtig flutschen. Die Höchstgeschwindigkeit des VW 1L wurde mit 120 km/h ermittelt, aus dem Stand erreicht er 80 km/h in 31 Sekunden. Nach VW-Verbrauchsmessungen kam ein Spritkonsum von 0,99 Liter Diesel für 100 Kilometer heraus. Während seiner Fahrt über 237 Kilometer von Wolfsburg nach Hamburg konsumierte der von Ferdinand Piëch bewegte VW 1L (auf dem Beifahrersitz der neue VW-Chef Bernd Pischetsrieder) insgesamt 2,1 Liter Diesel, das ist ein Durchschnittsverbrauch von 0,8860759 Liter auf 100 Kilometer. Die Aktionäre auf der Hauptversammlung äußerten sich dazu mit Beifall. WOLFGANG PETERS