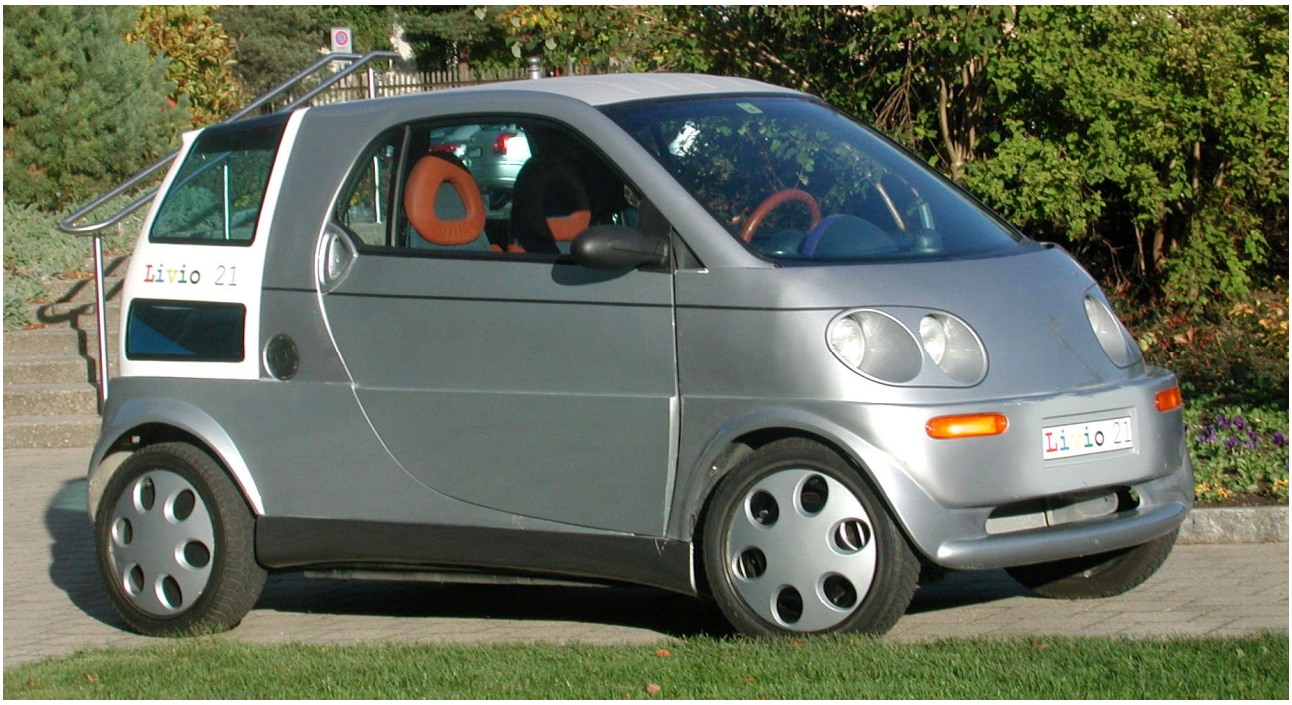
LIVIO 21: Lightweight Vision 0 for the 21st century

ein Technologieträger für Leichtfahrzeuge mit verbesserter Sicherheit für das 21. Jahrhundert

Technischer Schlussbericht 2008



Band 2

energieschweiz

Dank

Als Nachfolgeprojekt von Modultec konnte bei Livio 21 ein noch grösserer Kreis an interessierten Akteuren mit einbezogen werden. Das Potenzial der Leichtbauweisen wurde eingehend untersucht.

Diese Projektarbeit war aber nur möglich dank der Unterstützung durch das Bundesamt für Energie (BFE). Wir danken folgenden Verantwortlichen:

- Walter Steinmann, Direktor des BFE
- Peter Cunz, Leiter Sektion Rationelle. Energieverwendung
- Gerhard Schriber, Leiter Sektion Forschung
- Hermann Scherrer, Marktbereichsleiter Mobilität
- Martin Pulfer, Technologiebereichsleiter Verkehr

Das Projektteam ist überzeugt, dass mit den verschiedenen Resultaten bei Konzept, Materialien, Design, Prozessen und Sicherheit wertvolle Impulse für eine nachhaltige Fahrzeugentwicklung und -nutzung gegeben werden.

Projektleitung:
- Horlacher AG

Industriepartner:
- Rieter Automotive Management AG
- Georg Kaufmann AG
- Quadrant AG Plastic Composites
- Festo AG
- AXA-Winterthur Versicherung

Hochschule:
- Fachhochschule Nordwestschweiz



Vorwort

Das Bedürfnis nach Mobilität bleibt ungebrochen, die Mittel werden sich aber wandeln müssen. Von dieser Tatsache geht auch die Automobilindustrie aus. Es sind in Zukunft Fahrzeuge zu bauen, die den Ansprüchen der Nachhaltigkeit eher gerecht werden, als dies der Grossteil der heutigen Flotten tun kann. Kompakter, flexibler, intelligenter und vor allem viel leichter werden die Mobilitätsmittel sein - die Experten sind sich darüber nahezu einig. Seit Jahren beteiligen sich Schweizer Visionäre und Ingenieure in wegweisender Art an den Entwicklungsarbeiten für solche Automobile. Sie haben beispielsweise mit der Tour de Sol dem (Solar-) Elektromobil eine publikumswirksame Plattform gegeben, haben die Forschungsteams an Hochschulen inspiriert und der Industrie wertvolle Impulse verliehen.

Solche Ideen werden durch das Projekt Livio 21 unterstützt. Als Ziel sollen an einem kompakten Basisfahrzeuge unterschiedliche Technologien für Leichtbaumodule dargestellt und erprobt werden können. Erste Ideen wurden bereits am Genfer Automobilsalon 2007 gezeigt und haben auch im September 2007 an der Internationalen Automobil-Ausstellung (IAA) in Frankfurt für Beachtung gesorgt. Aufbauend auf Entwicklungsprojekt Modultec der Horlacher AG in Möhlin wurde 2004 - erneut in Zusammenarbeit mit der Rieter Automotive Management AG in Winterthur - ein vom Bundesamts für Energie (BFE) unterstütztes Fortsetzungsprojekt gestartet. Die Leicht-Bauweise wurde beim LIVIO-21-Projekt sowohl in der Konstruktion als auch bei neuen Herstelltechnologien für die verschiedenen Module umgesetzt. Dies kann Schweizer Produzenten einen Wettbewerbsvorsprung im internationalen Kontext ermöglichen. Sie sollen damit ihre Position im zunehmend an Bedeutung gewinnenden Markt für leichtgewichtige Karosserieteile stärken. Dazu waren aber umfangreiche Material- und Herstellprozessstudien notwendig und entsprechende Verfahren für eine möglichst einfache und kostengünstige Montage der einzelnen Komponenten ausfindig zu machen.

Autoren:

Max Horlacher, Thomas Efler, Horlacher AG, CH-4313 Möhlin

Dr. Markus Zogg, Rieter Automotive Management AG, CH-8406 Winterthur (bis 31. März 08)
Inspire ICS, CH-8092 Zürich (ab 1. April 08)

Inhalt

Dank **2**
Vorwort **3**
Inhalt **4**
1.A Zusammenfassung **6**
1.B Summary **9**
2. Einführung **11**
2.1. Motivation 11
2.2. Ziele Livio 21 11
2.3. Konzept Livio 21 12
2.4. Vorstudie 14
3. Basisfahrzeug Livio 21 ..... **17**
3.1. Livio 21 Metallstruktur 17
3.2. Livio 21 Design 19
3.3. Herstellung der Karosserieteile 22
4. Bodenmodul **24**
4.1. Bodenmodule für Livio 21 24
4.2. Schnittstelle zum Basisfahrzeug 26
4.3. Studie Bodenstruktur in RTM Technologie 27
4.4. Studie voll integriertes Bodenmodul 28
4.5. industrielle Umsetzung 31
4.6. Ausblick 32
5. Heckmodul **34**
5.1. Heckmodule für Livio 21 34
5.2. Schnittstelle zum Basisfahrzeug 34
5.3. Studie Camping-Heckmodul 36
5.4. industrielle Umsetzung 37
5.5. Ausblick 38
6. Dachmodul **40**
6.1. Dachmodule für Livio 21 40
6.2. Schnittstelle zum Basisfahrzeug 40
6.3. Studie integrierter Dachträger 42
6.4. industrielle Umsetzung 43
6.5. Ausblick 44
7. Frontmodul **45**
7.1. Frontmodule für Livio 21 45
7.2. Schnittstelle zum Basisfahrzeug 47
7.3. Einvolumenfahrzeuge und Fussgängersicherheit 48
7.4. Studie weiche A-Säule 49
7.5. erster Fussgängercrashtest 2005 52
7.6. die Rotation nach dem Aufprall verhindern 54
7.7. zweiter Fussgängercrashtest 2006 56
7.8. Studie Fussgängerschutz für Leichtbaufahrzeuge 58
7.9. dritter Fussgängercrashtest 2007 59
7.10. industrielle Umsetzung 61
7.11. Ausblick 63
8. andere Module **65**
8.1. Sitzmodul 65
8.2. Türmodul 65
8.3. Antriebsmodul 65

9. Einsatz von Druckluft im Auto 67
10. Design Alternativen 68
11. Ausblick 70
11.1. nachhaltige Mobilität 70
11.2. leichte Fahrzeuge verringern den Energieverbrauch 73
11.3. Fahrzeugstrukturen aus faserverstärkten Kunststoffen 75
11.4. effiziente Fahrzeuge für die Zukunft 80
12. Literatur 83
Anhänge 84
Anhang 1: Projektpartner 84
Horlacher AG 84
Rieter Automotive 86
Quadrant Plastic Composites 87
Georg Kaufmann Formenbau AG 88
Festo 89
AXA Winterthur 90
Fachhochschule Nordwestschweiz 91
Anhang 2: weitere Partner 94
BST Safety Textiles GmbH - ITG Automotive Safety Textiles GmbH 94
Berner Fachhochschule 95
Inspire ICS 96
Anhang 3: Überblick Studienarbeiten 98
Anhang 4: Präsentation LIVIO 21 an der BFE-Konferenz 2005 99
Anhang 5: Patentbeschreibung - Sicherheitsfahrzeug 126
Anhang 6: PCT Anmeldung 135

1.A Zusammenfassung

Der Projektname Livio 21 steht für "**li**ghtweight **vi**sion **0** for the **21**st century". Das bedeutet, dass mit Hilfe des Livio 21 neue Wege zur Verringerung des Gewichtes von Automobilen erforscht wurden und werden sollen, ohne die auch in Zukunft hohen Anforderungen an die Sicherheit (Insassen, Fussgänger, Radfahrer, ...) zu vernachlässigen.

Konkret wurden im Projekt LIVIO 21 die folgenden Ziele verfolgt:

- Aufbau eines markenneutralen Autos zum testen neuer, in den Modul-Prototypen erforschten, Lösungen auf der Strasse
- Erforschung neuer Technologien zur Herstellung von leichten Modulen für die Automobilindustrie

Mit dem Aufbau des markenneutralen Basisfahrzeugs Livio 21 wurde eine Möglichkeit geschaffen neue, in den Modul-Prototypen erforschte, Technologien und Lösungen nicht nur auf Prüfständen in Labors, sondern auch im realen Einsatz auf der Strasse zu erproben. Zudem wurde für die Schweizer Forschungsinstitute und Industrie eine markenneutrale Plattform aufgebaut werden, um neue Ideen in wirklichkeitsnahem Umfeld zu präsentieren, ohne gleich ein ganzes (teures) Auto aufbauen zu müssen.

Um eine hohe Flexibilität in der Forschung zu gewährleisten, wurden beim Basisfahrzeug Livio 21 Schnittstellen für **Boden**module, **Kofferraum**module, **Dach**module, **Front**module, **Sitz**module, **Seiten**module und **Antrieb**smodule definiert. Das Basisfahrzeug wurde, um den vorgegebenen Kostenrahmen nicht zu sprengen, einfach und robust gebaut und selbst nicht auf geringes Gewicht optimiert. Die technologischen Fortschritte wurden in den Forschungsarbeiten an den einzelnen Modulen erzielt und können auch in weiteren Forschungsprojekten so erbracht werden. Der Livio 21 steht nicht nur weiterhin den Projektpartnern sondern in Zukunft auch anderen Schweizer Forschungsinstituten und Firmen zur Erprobung und markenneutralen Darstellung von Innovationen zur Verfügung.

Bei der Erforschung neuer Technologien zur Herstellung von leichten Modulen für die Automobilindustrie hat sich das Projektteam auf das **Bodenmodul** und das **Frontmodul** konzentriert. Zusätzlich wurden erste Studien bearbeitet, um anhand von Funktionsmustern die vielfältigen Möglichkeiten zur Demonstration innovativer Ideen bei **Heckmodul**en und **Dachmodul**en aufzuzeigen.

Die grosse Herausforderung beim **Frontmodul** von leichten Einvolumenfahrzeugen, wie dem Livio 21, ist die Gewährleistung einer akzeptablen Insassen- und Fussgängersicherheit. Die Insassensicherheit kann, wie schon bei früheren Horlacher Fahrzeugen gezeigt wurde, mit einer steifen und stabilen Fahrgastzelle mit integrierten Elementen zur Absorption der Crashenergie garantiert werden. Die Fussgängersicherheit war zu Projektbeginn jedoch ein bei Einvolumenfahrzeugen bisher nicht gelöstes Problem. Fussgänger schlagen beim Aufprall auf das Fahrzeug mit dem Kopf auf die Frontscheibe oder auf den sehr steifen und harten Scheibenrahmen und werden dann so weggeschleudert, dass sie typischerweise mit dem Kopf voran auf der Strasse aufschlagen. Solche Unfälle enden oft schon bei geringen Geschwindigkeiten tödlich.

Es mussten also neue (Leichtbau-) Lösungen gesucht werden. Das neuartige Frontdesign umfasst eine auf den ersten ca. 25 cm eines Aufpralls weiche Front, die zusätzlich mit

zwei Airbags ausgestattet ist. Mit der leichten auf Fussgänger abgestimmten weichen Front kann ein grosser Teil der Aufprallenergie des Fussgängers absorbiert werden. Der obere Airbag, der die Frontscheibe und deren Rahmen abdeckt, fängt den Aufprall des Oberkörpers und des Kopfes "weich" ab und schützt dabei auch die Insassen des Fahrzeugs. Der untere Airbag, der auf Kniehöhe des Fussgängers aus der Stossstange hervor schiesst, verhindert mit seinem durch die Zackenform verursachten Rückhalteeffekt das gefährliche Rotieren beim Wegschleudern des Fussgängers. Dadurch kann sichergestellt werden, dass dieser zuerst mit den Füssen auf der Strasse aufschlägt, was seine Überlebenschancen deutlich erhöht. Dieses Konzept wurde mit zahlreichen Modifikationen und mehreren Crash-Tests Schritt für Schritt bis zum heutigen Stand entwickelt. Durch Verwendung von leichten weichen Materialien und Airbags zur "Abfederung" des Fussgängers konnte der Sicherheitsgewinn ohne viel zusätzliches Gewicht realisiert werden.

Bild 1.01: neues Frontmodul mit weicher Frontstruktur und Airbags auf Frontscheibe und Scheibenrahmen sowie an der Stosstange



Das vorliegende Frontmodulkonzept ist nach Informationen des Projektteams das weltweit erste mit akzeptabler Sicherheit beim Crash von Einvolumenfahrzeugen mit Fussgängern. Es ist somit das wohl wichtigste und innovativste Resultat des ganzen Livio 21 Projektes. Aus den aufgezeigten Ideen haben sich auch eine Patentanmeldung und eine Zusammenarbeit mit dem grössten Airbag-Produzenten Europas ergeben.

In einer weiteren Studie wurde ein mit der GMTex Technologie hergestelltes **Bodenmodul** mit verschiedenen integrierten Funktionen untersucht. Die mit dieser Technologie produzierten Grosserienbauteile (Zykluszeit typischerweise unter einer Minute) haben dort wo nötig mit Endlosfasern verstärkte Bereiche, welche strukturelle Lasten tragen können und werden in weniger hoch belasteten Bereichen in "abfalllosen" Fliesspressverfahren hergestellt. In das (von Hand nass laminierte) Demobauteil wurden Aufnahmen für Sitze, Handbremshebel, Schalthebel und Zündschloss sowie die Führung für Schubladen unter den Sitzen und die aerodynamische Verkleidung des Unterbodens integriert. Aufgrund der hohen Werkzeug-

kosten für Bauteile dieser Grösse konnte im Rahmen des Projektes Livio 21 leider kein Bodenmodulprototyp in der GMTex Technologie realisiert werden.



Bild 1.02: neues GMTex Bodenmodul mit integrierten Aufnahmen für Sitze, Handbremshebel, Schalthebel und Zündschloss sowie Führungen für Schubladen unter den Sitzen und aerodynamischer Verkleidung des Unterbodens

Erste Abschätzungen zeigen jedoch, dass ein GMTex Bodemodul im Vergleich zu Metallteilen eine Gewichtsersparnis von ca. 4 kg bringen würde. Dadurch würde ein durchschnittliches Auto in seinem "Leben" 72 kg CO_2 einsparen oder anders hochgerechnet: Wenn alle in der Schweiz immatrikulierten Autos anstelle der üblichen Metallbodenstruktur ein GMTex Bodenmodul hätten könnten 19'200 t CO_2 pro Jahr eingespart werden.

In GMTex Technologie hergestellte Bodenmodule könnten heute schon von den am Livio 21 beteiligten Schweizer Projektpartnern in grossen Serien hergestellt werden. Beim Einsatz in einer Kleinwagenplattform würden in der Schweiz 25 - 30 Millionen CHF Umsatz pro Jahr generiert werden (Werkzeuge GK Tooling ca. 750 kCHF; Material Quadrant ca. 6'600 $^{kCHF}/_{Jahr}$; Bauteilherstellung Rieter Automotive ca. 20'000 $^{kCHF}/_{Jahr}$). Solche Bodenmodule eignen sich speziell für grosse Fahrzeugserien, da der Prozess voll automatisiert abläuft und können daher auch in einem Hochlohnland, wie der Schweiz, profitabel hergestellt werden.

Bei all diesen Forschungsaktivitäten im Rahmen vom Projekt Livio 21 stand die Entwicklung neuer Technologien, Konzepte, Materialien und Prozesse für die Herstellung leichter Module für die Automobilindustrie im Vordergrund. Für die Schweizer Zulieferindustrie kann das in diesem Projekt erarbeitete Leichtbau Know-how zu einem bedeutenden Wettbewerbsvorteil werden, wenn sie darauf aufbauend in der Lage ist, mit weniger Gewicht die gleiche Funktionalität anzubieten.

1.B Summary

The project name LIVIO 21 stands for "**li**ghtweight **vi**sion **0 for the 21**st century". This means that, with the help of LIVIO 21, new ways of reducing the weight of cars have been and still are to be explored without neglecting the high demands placed on safety (occupants, pedestrians, cyclists ...) which will continue to be placed in the future, too. The following aims were pursued in the LIVIO 21 project:

- Construction of a non-proprietary make of car for the on-road testing of the new solutions developed in the module prototype models
- Research on new technologies for the production of lightweight modules for the automotive industry

With the construction of a non-proprietary LIVIO 21 basic vehicle, the possibility was presented of not only testing the technologies and solutions examined in the module prototypes on laboratory test facilities, but also of testing them in everyday use on the road. Moreover, Swiss research institutes and industry could be provided with a neutral platform on which they could present their new ideas in a realistic environment, without having to build a complete (expensive) vehicle themselves.

In order to guarantee a high flexibility for research, the basic LIVIO 21 vehicle was provided with interfaces for **floor** modules, **boot** modules, **roof** modules, **front** modules, **seat** modules, **side** modules and **drive** modules. In order not to exceed the defined cost framework, a simple and robust basic vehicle was designed which was itself not optimised for low-weight. Technological progress was made as part of the research work done on the individual modules which can also be provided in the same way in further research projects. Further, LIVIO 21 is not only available to the project's partners but, in the future, will also be available to other Swiss research institutes and companies for the testing and demonstration of their innovations on a non-proprietary vehicle.

In the course of research into new technologies for the production of lightweight modules for the automotive industry, the project team has focused its interest on the **floor module** and the **front module**. In addition, initial studies were carried out in order to point out the various possibilities for the demonstration of innovative ideas with respect to **rear-end modules** and **roof modules** on the basis of functional models.

The greatest challenge placed by the **front module** of light, single-volume vehicles like the LIVIO 21, is the guarantee of an acceptable level of occupant and pedestrian safety. As shown in earlier Horlacher vehicles, occupant safety can be guaranteed by using a stiff and stable passenger cell with integrated elements for the absorption of crash energy. At the beginning of the project, however, pedestrian safety was a problem not solved for single-volume vehicles up to now. In collisions with vehicles, pedestrians hit their heads on the windshield or on the very stiff and hard windshield frame and are then catapulted away head-first so that they typically hit the street head-first. Such accidents often end fatally even at low speeds.

New (lightweight construction) solutions had therefore to be found. The innovative front design features approximately 25 cm of soft front section which is additionally equipped with two airbags. With this light and soft front matched to pedestrians, a large part of the pedestrian's collision energy can be taken up. The upper airbag which covers the windshield and its frames absorbs the collision energy of the upper body and the head in a

“soft" way and, at the same time, also protects the occupants of the vehicle. The lower airbag that actuates from the bumper at the height of the pedestrian’s knees prevents, as a result of the retention effect of its zigzag form, the dangerous rotation of the pedestrian when flung away. In this way, it can be guaranteed that the pedestrian first hits the street feet-first and thus clearly increases his or her chances of survival. This concept was developed step-by-step to its present state as a result of numerous modifications and several crash tests. By using light, soft materials and airbags to "cushion" the pedestrian, an increase in safety was achieved without a lot of additional weight.

According to the project team’s information, the present front module concept is world-wide the first with acceptable safety levels as far as the collision of single-volume vehicles with pedestrians is concerned. Consequently, this is presumably the most important and most innovative result obtained from the whole LIVIO 21 project. A patent application and co-operation with the biggest airbag producer in Europe have resulted from the ideas described here.

In a further study, a **floor module** with various integrated functions manufactured using GMTex technology was examined. The large-series parts produced using this technology (cycle time typically under a minute) feature continuous-filament reinforced areas that can bear structural loads where necessary and, for less highly loaded areas, can be manufactured in a “waste-free” flow-press process. Receptacles for seats, hand brake levers, gear shift and ignition key as well as the guides for drawers under the seats and the aerodynamic covering of the floor assembly were integrated in the (manually wet-laminated) demonstration component. Unfortunately, no floor module prototype in GMTex technology could be implemented within the framework of the LIVIO 21 project on account of the high tooling costs for components of this size.

Initial estimates, however, show that a GMTex floor module would bring an economy in weight of approx. 4 kg as compared with metal parts. As a result, an average car would save 72 kg of CO_2 in its "life" or, in other words: 19,200 t of CO_2 per annum would be saved if all cars registered in Switzerland would have a GMTex floor module instead of the normal metal floor structure.

Floor modules made using GMTex technology could already be produced in large series today by Swiss LIVIO 21 project partners. If used in a small car platform, 25 - 30 million CHF of turnover could be generated annually in Switzerland (GK Tooling approx. 750 kCHF; Quadrant materials approx. 6,600 kCHF/year; component production at Rieter Automotive approx. 20,000 kCHF/year). Such floor modules are especially suitable for large-series vehicles as the manufacturing process runs in a fully automated way and, therefore, can also be run profitably in a high-wage country like Switzerland.

In all the research activities within the framework of the LIVIO 21 project, the development of new technologies, concepts, materials and processes for the production of lightweight modules for the automotive industry was in the foreground. For the Swiss component supply industry, the know-how on lightweight designs developed in this project can provide an important competitive advantage, if, on this basis, the same functionality can be offered at less weight.

2. Einführung

2.1. Motivation

Um die globale Klimaerwärmung und deren Folgen zu begrenzen muss der Ausstoss von CO_2 deutlich reduziert werden. Auch ist mittlerweile der weltweite Bedarf für Erdöl bei guter Konjunkturlage grösser als die Menge, die gefördert werden kann, was dann zu signifikant steigenden Ölpreisen führt (wie z.B. im Sommer 2008). Die gegenwärtige Mobilität der Menschen soll trotzdem erhalten oder sogar weiter ausgebaut werden (z.B. in Schwellenländern). Um das zu ermöglichen müssen zukünftige Fahrzeuge wesentlich weniger Energie verbrauchen oder, noch besser und, mit erneuerbarer Energie angetrieben werden.

Im Wesentlichen drei helfen Strategien den Energieverbrauch von Automobilen zu verringern:

- Verringerung des Fahrzeuggewichtes
- Verbesserung der Effizienz des Antriebs - von der Quelle bis ans Rad (well to wheel)
- Verringerung des Luftwiderstandes (besserer c_w Wert & geringere Querschnittsfläche)

Im Projekt Livio 21 konzentrierten wir uns auf die Verringerung des Fahrzeuggewichtes. Untersuchungen haben gezeigt, dass 100 kg weniger Gewicht ca. 0.5 $^{l}/_{100\ km}$ weniger Verbrauch ($\approx$ 12 $^{g}/_{km}$ weniger CO_2 Ausstoss) zur Folge haben.

2.2. Ziele Livio 21

Der Projektname Livio 21 steht für "**li**ghtweight **vi**sion **0** for the **21**st century". Das bedeutet, dass mit Hilfe des Livio 21 neue Wege zur Verringerung des Gewichtes von Automobilen erforscht wurden und werden sollen, ohne die auch in Zukunft hohen Anforderungen an die Sicherheit (Insassen, Fussgänger, Radfahrer, ...) zu vernachlässigen.

Konkret wurden im Projekt LIVIO 21 die folgenden Ziele verfolgt:

- **Aufbau eines markenneutralen Autos zum testen von neuen, in den Modul-Prototypen erforschten, Lösungen auf der Strasse** - die neuen Ideen aus den Forschungsarbeiten sollten nicht nur auf Prüfständen in Labors, sondern auch im realen Einsatz auf der Strasse getestet werden können; zudem sollte für die Schweizer Forschungsinstitute und Industrie eine markenneutrale Plattform aufgebaut werden, um neue Ideen in wirklichkeitsnahem Umfeld zu präsentieren, ohne gleich ein ganzes Auto aufbauen zu müssen
- **Erforschung neuer Technologien zur Herstellung von leichten Modulen für die Automobilindustrie** - dies umfasst Forschungsarbeiten und Studien zur Unterstützung der Vorentwicklung im Bereich der Konstruktion von Leichtbaumodulen sowie der zu verwendenden Materialien und Verarbeitungsprozesse

Diese Zielsetzung sollte die Schweizer Zulieferer der Automobilindustrie im Verfolgen des Trends zu leichten Modulen unterstützen und durch den Beitrag an die Entwicklung leichter Fahrzeuge mithelfen den weltweiten Treibstoff-Verbrauch und die darauf folgenden Emissionen zu reduzieren.

2.3. Konzept Livio 21

Grundsätzlich werden in der Forschung und der Industrie, wie auch im Projekt Livio 21 drei unterschiedliche Leichtbau-Ansätze verfolgt, die auch kombiniert werden können:

- **leistungsfähige Materialien**: zum Beispiel Einsatz von Werkstoffen mit höherer Festigkeit oder Steifigkeit relativ zur Dichte oder von Materialien deren Eigenschaften auf die Lastrichtungen abgestimmt werden können
- **konstruktive Massnahmen**: Abstimmen der Materialkombinationen und Formen auf die Belastung des Bauteils, zum Beispiel durch gezielte Verrippung von Bauteilen oder durch Einsatz von Sandwichelementen
- **Funktionsintegration**: durch die Integration von mehreren Funktionen in ein multifunktionales Bauteil können sowohl Gewicht als auch Kosten gespart werden

Gegenüber Metallstrukturen bieten Strukturen aus faserverstärkten Kunststoffen deutlich bessere Möglichkeiten die oben genannten Leichbauansätze in realen Bauteilen umzusetzen. Insbesondere sind die folgenden Vorteile von faserverstärkten Kunststoffen gegenüber Metallen von Bedeutung:

- gerichteten Faser können im Idealfall entsprechend den Lasten orientiert werden, was im Vergleich zu Metallen zu deutlich verbesserter Festigkeit und Steifigkeit relativ zum Gewicht führt
- durch einfachere und vielfältigere Möglichkeiten zur Realisierung von komplexen Geometrien von Bauteilen können konstruktive Leichbauansätze umgesetzt werden.
- durch die einfache variantenreiche Kombination verschiedener Materialien und Materialanordnungen können Funktionen integriert werden

Aufgrund dieser Fakten haben wir uns im Projekt Livio 21 bei der Technologieerforschung für die Module auf faserverstärkte Kunststoffe konzentriert.

In der **Realität** wird heute bei konventionellen Automobilen eine Metallstruktur (Rohkarosserie) zusammengeschweisst und dann mit vielen zusätzlichen Ein- und Anbauteilen komplettiert. Dabei hat typischerweise jedes Teil eine spezielle Funktion. Obwohl die Metallstruktur und auch viele der zusätzlichen Teile meistens bezüglich dem Gewicht - unter starker Berücksichtigung der Kosten - optimiert sind, ergibt sich auf diese Weise ein eher schweres "Gesamtpaket zur Erfüllung aller Funktionen".

Die **Träume** all derjenigen, die an extrem leichten und sicheren Fahrzeugen arbeiten sind Strukturen aus faserverstärkten Kunststoffen, in welche verschiedene Funktionen integriert werden können. Solche Strukturen können, wie beim Horlacher MODULTEC gezeigt wurde auch modular aufgebaut werden. Bei solchen Prototypen müssen immer alle voll strukturellen Modulen aufeinander abgestimmt werden, um ein attraktives Gesamtfahrzeug zu erhalten. Dies ist mit sehr viel Aufwand verbunden und daher für die Erforschung neuer Technologien und die industrielle Vorentwicklung neuer Module mit integrierten Funktionen nur bedingt geeignet.

Der beste Weg, um neue **Ideen** in der grundlagenorientierten und angewandten Forschung zu erproben sind Module mit leicht handhabbarer Grösse, die flexibel in ein Experimentalfahrzeug ein- und auch wieder ausgebaut werden können. Dafür ist ein Fahrzeugkonzept mit stabiler Rahmenstruktur (englisch: Spaceframe), deren Löcher mit den zu entwickelnden Modulen "gestopft" werden können, optimal geeignet. Dieses

Konzept wurde auch beim Basisfahrzeug vom Livio 21 umgesetzt (siehe Kapitel 3). Dabei lag der Fokus auf der Schaffung möglichst einfacher Schnittstellen zum ein- und ausbauen der Module, so dass die angefangenen und zukünftigen Forschungsarbeiten sich voll auf Konstruktion und Fertigungstechnologien für diese Leichtbaumodule mit integrierten Funktionen konzentrieren können (siehe Bild 2.3.01).

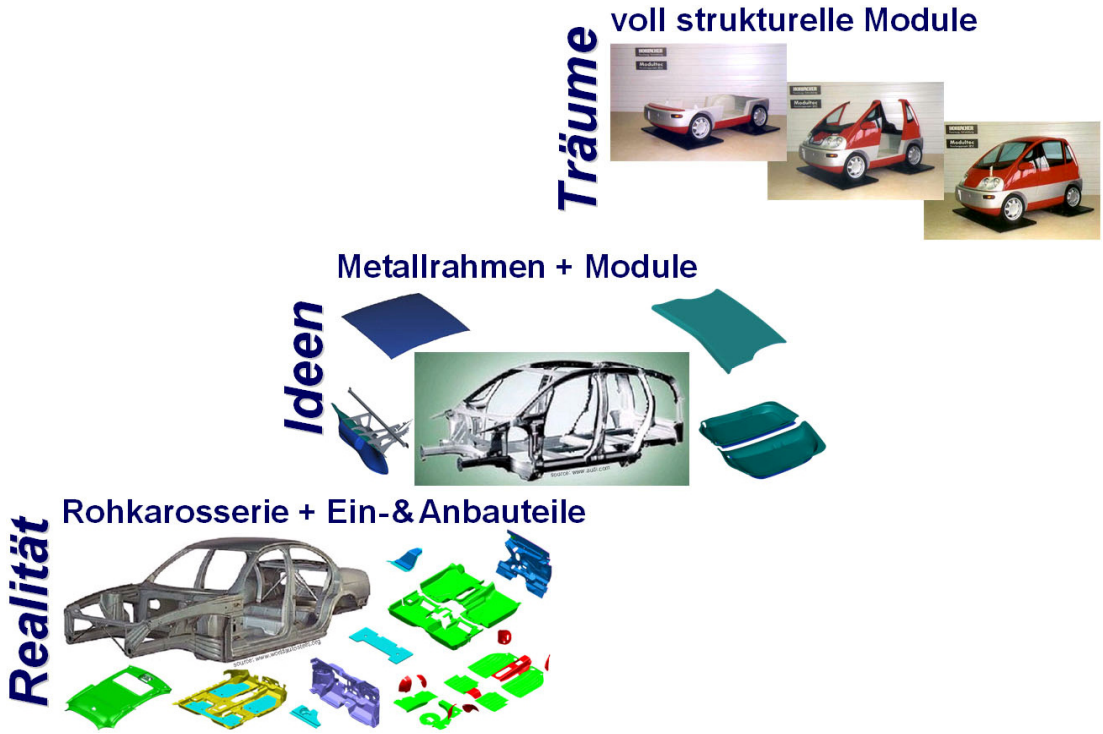


Bild 2.3.01: Leichtbaustrukturen im Automobilbau: Realität, Ideen & Träume; Quelle: /02/

In kleinen Serien, vorwiegend bei Sportwagen, werden heute schon Autos mit Rahmenstrukturen (meistens aus Aluminium) hergestellt. Dabei werden die "Löcher" im Normalfall, mangels marktüblicher Alternativen, mit Blechen zugeschweisst. Eine Ausnahme ist die Bodenplatte des Chevrolet Corvette C5 und C6, welche als Sandwichstruktur mit Balsaholzkern und Deckschichten aus faserverstärkten Kunststoffen ausgeführt ist (siehe Bild 2.3.02).

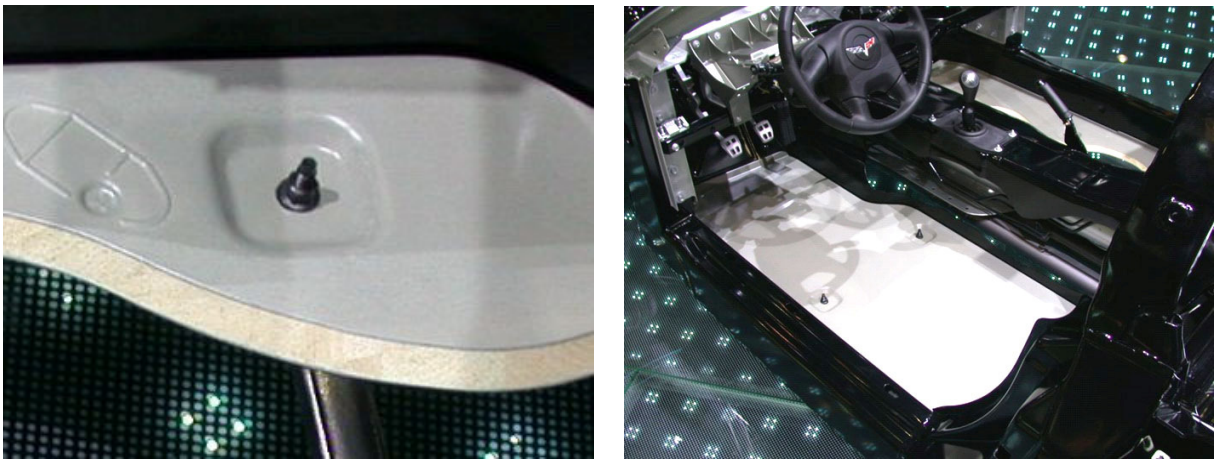


Bild 2.3.02: Bodenplatte des Chevrolet Corvette C6, Sandwichstruktur mit Balsaholzkern und Deckschichten aus glasfaserverstärkten Kunststoffen; Quelle: Markus Zogg, Automobilsalon Genf 2004

2.4. Vorstudie

Ein Demonstrationsmodell im Massstab 1:5 diente der Rieter Automotive Management AG um auf die Möglichkeiten hinzuweisen, die "Löcher" in einer Rahmenstruktur mit multifunktionalen Leichtbaumodulen aus faserverstärkten Kunststoffen zu schliessen. In direkten Kontakten wurde das Interesse verschiedener Automobilhersteller an einem modular aufgebauten und mit zahlreichen Komponenten aus faserverstärkten Kunststoffen versehenen Fahrzeug geprüft. Das Modellauto diente dabei der Visualisierung der Ideen, wie mit einem solchen Konzept eine einfache und sichere Fahrzeugrahmenstruktur konstruiert werden kann, welche mit Modulen mit integrierten Funktionen komplettiert wird.

Der Design-Vorschlag des Modells diente als Vorgabe für den Livio 21: ein modernes, zukunftsweisendes Fahrzeug zur nachhaltigen Mobilität.

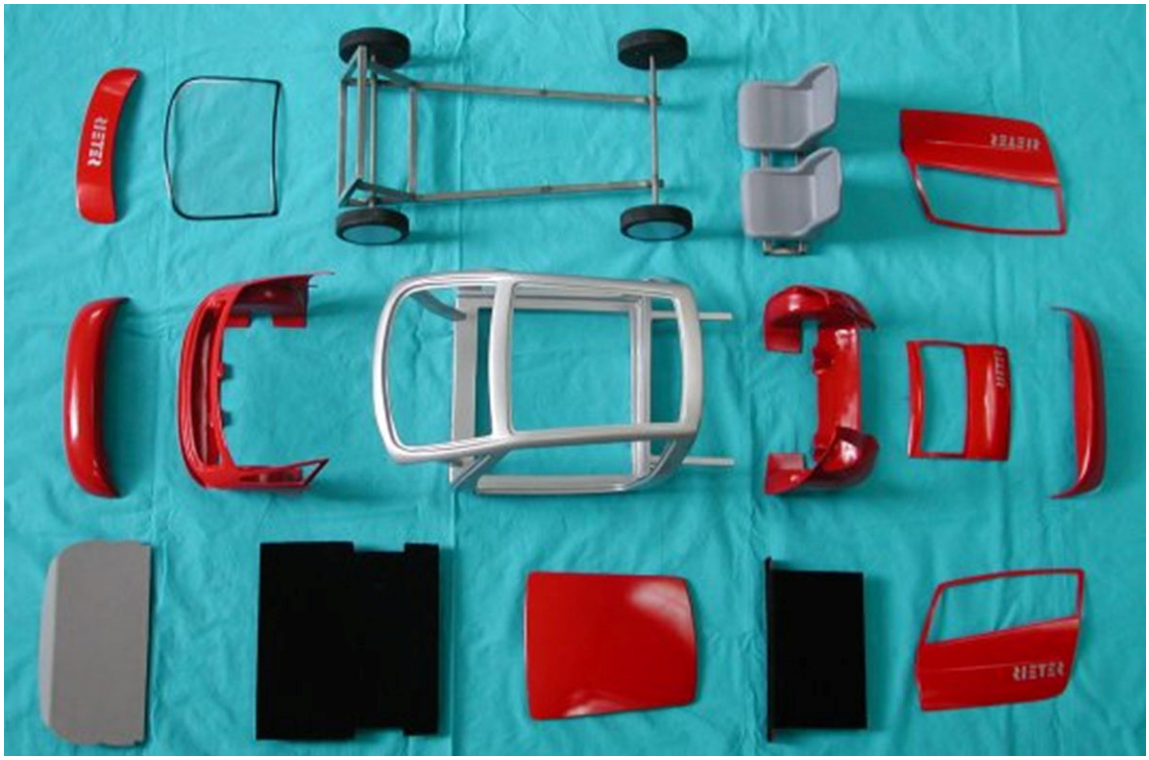


Bild 2.4.01: Einzelteile des Demonstrationsmodells; Quelle: /03/

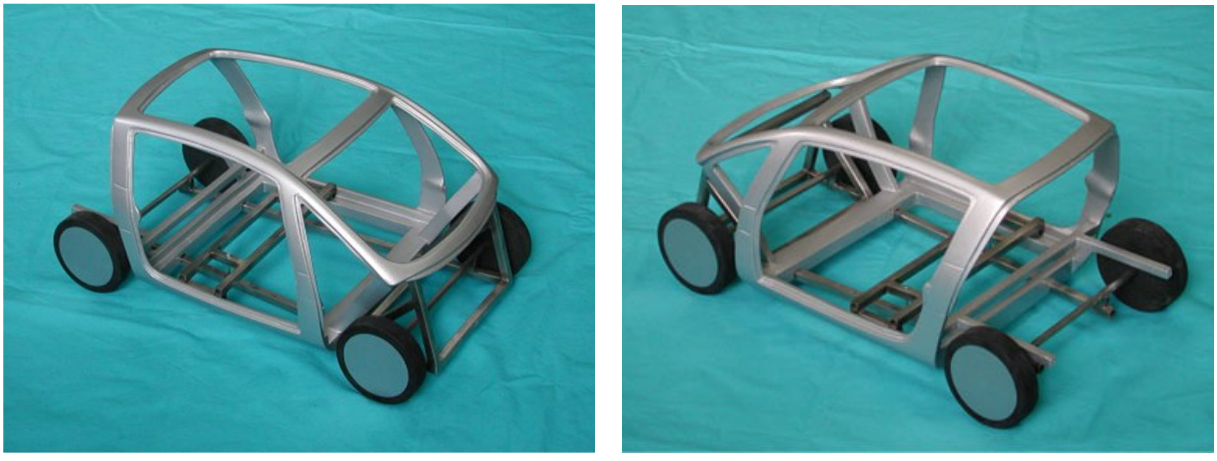


Bild 2.4.02: komplette Rahmenstruktur des Demonstrationsmodells mit durchgehenden Längsträgern und Querträgern bei den Sitzen zur Aufnahme der Crashlasten; Quelle: /03/




Bild 2.4.03: Passagierzellenteil der Rahmenstruktur des Demonstrationsmodells; Quelle: /03/




Bild 2.4.04: ... + Passagierraum - Bodenmodul + Kofferraumbodenmodul + Stirnwandmodul; Quelle: /03/




Bild 2.4.05: ... + Sitzmodul (mit integriertem Querträger); Quelle: /03/

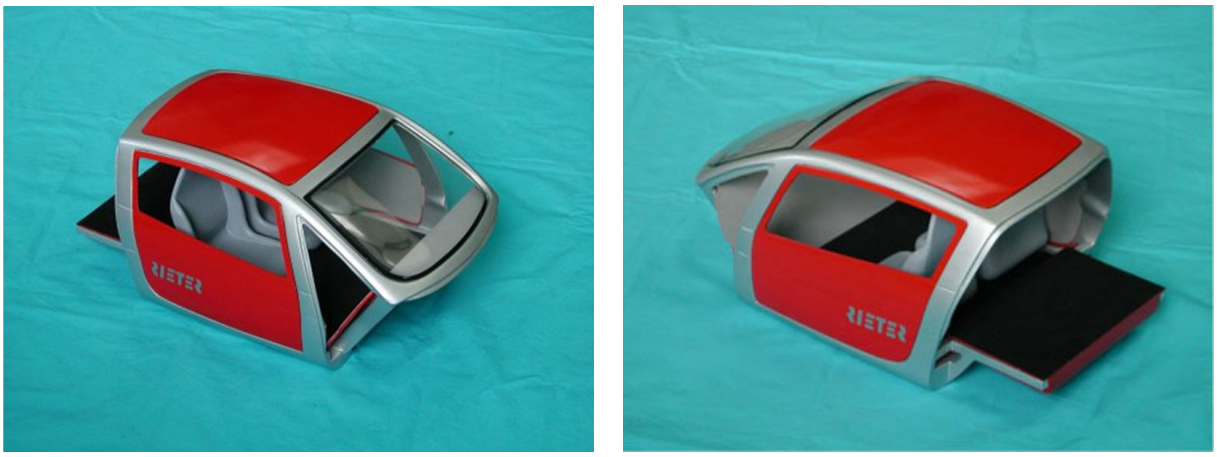


Bild 2.4.06: ... + Dachmodul + Frontscheibe + Türen; Quelle: /03/



Bild 2.4.07: ... + Frontmodul + Heckmodul; Quelle: /03/



Bild 2.4.08: ... + Antriebsmodul (mit integrierten Längsträgern) + Fronthaube + Heckklappe + Stossstangen; Quelle: /03/

3. Basisfahrzeug Livio 21

Ein Ziel vom Projekt Livio 21 war die Schaffung einer markenneutralen fahrbereiten Plattform, an welcher leichte, multifunktionale Module befestigt werden können. Auf diese Weise können solche Entwicklungen auf der Strasse getestet und zudem potenziellen Kunden und Partnern präsentiert werden.

3.1. Livio 21 Metallstruktur

Es ist zu beachten, dass die eingesetzte Metall-Struktur auf Basis eines handelsüblichen Strassenfahrzeugs nicht gewichtsoptimiert ist. Als "Spender-Fahrzeug" wurde ein Smart genutzt, den man während des Projekts stark modifiziert hat. Diese Primärstruktur aus Metall wurde von den beteiligten Projektpartnern zur Aufnahme der vorgesehenen Module modifiziert. Insbesondere wurde das Fahrzeug im Radstand um 30 cm verlängert, um mehr Platz für Boden- und Kofferraummodul zu schaffen.

Bild 3.1.01: Smart als Ausgangsfahrzeug für die Metallstruktur des Livio 21



Bild 3.1.02: neue Bodenplatte für Livio 21





Bild 3.1.03: ausschneiden des Originalbodens, um für das Bodenmodul Platz zu schaffen



Bild 3.1.04: Verlängern des Unterbaus der Metallstruktur

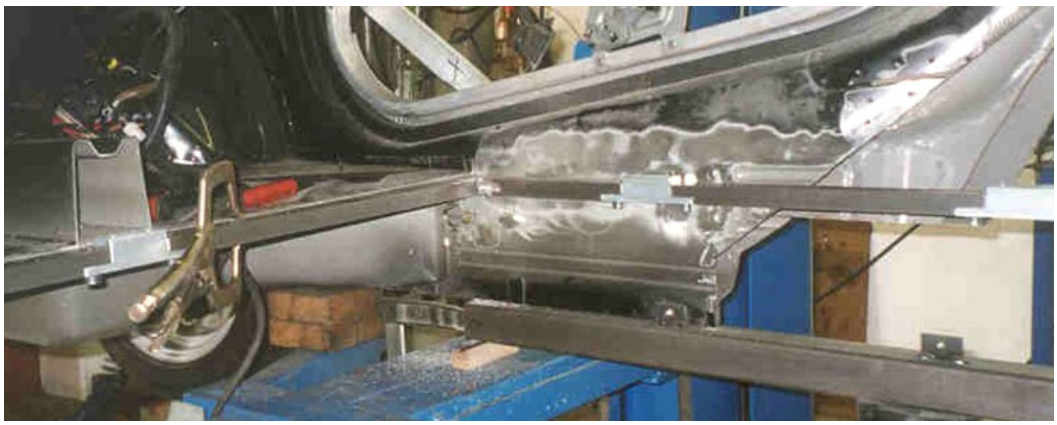


Bild 3.1.05: Einpassen des Rahmens für die Bodenmodule in die verlängerte Metallstruktur




Bild 3.1.06: Montage einer MDF Platte als Lehre/Platzhalter für das Bodenmodul

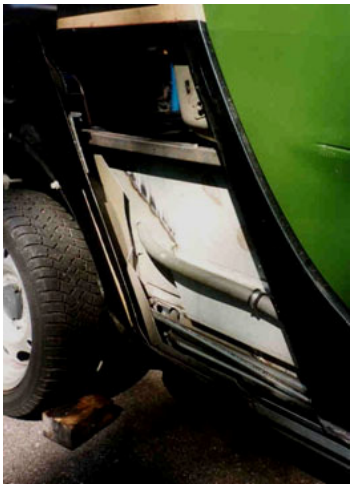



Bild 3.1.07: teilweise neu aufgebaute Metallstruktur im Bereich der Verlängerung




Bild 3.1.08: modifizierte Metallstruktur, bereit für weitere Aufbauarbeiten

3.2. Livio 21 Design

Ein wesentliches Anliegen des Livio 21 Projekts war die Gewährleistung der Modularität für verschiedene Anwendungen. Deshalb mussten beim Design des Livio 21 die Anforderungen der verschiedenen Module bezüglich Platzbedarf für Schnittstellen und Integration von Funktionen sowie die optisch sichtbaren Schnittkanten zwischen Basisfahrzeug und Modulen berücksichtigt werden. Ein markenneutraler Auftritt des Fahrzeugs bietet die Grundlage für weitergehende Gestaltungsarbeiten. Mit der Karosserieverlängerung ist die Voraussetzung geschaffen, um zusätzliche Überlegungen und innovative Studien durchzuführen, zum Beispiel konkrete leichtgewichtige Nutzfahrzeugsvarianten mit neuen Hecks zu untersuchen (siehe Kapitel 5 Heckmodul).

Die Gestaltung des Livio 21 war ein evolutionärer, über mehrere Wochen dauernder Prozess (siehe Bilder 3.2.01 bis 3.2.06), bei welchem kontinuierlich die Bauräume für die Module, die Schnittstellen zwischen Basisfahrzeug und Modulen sowie der markenneutrale Auftritt optimiert wurden.

Bild 3.2.01: erster Ansatz für die Gestaltung des Livio 21







Bild 3.2.02: erster Ideen für Frontairbag und Kombiheck





Bild 3.2.03: Gestaltung des unteren Bereichs des Fahrzeugs




Bild 3.2.04: Platz schaffen für eine weiche, fussgängerfreundliche Front




Bild 3.2.05: die wichtigsten Formen sind festgelegt



Bild 3.2.06: endgültige Form des Livio 21 mit Standarddach und Kombiheck

3.3. Herstellung der Karosserieteile

Um das auf der Metallstruktur mittels aufgesetzter und bearbeiteter Schaumklötzen entwickelte Styling in funktionsfähige Bauteile umzusetzen wurden vom gesamten Fahrzeug Negativformen hergestellt und darin Karosserieteile ablaminiert. Dies geschah beim realisierten Prototypen im Nasslaminierverfahren (siehe Bilder 3.3.01 bis 3.3.07). Mit diesem Formensatz und den daraus hergestellten Karosserieteilen war die Grundlage für die Entwicklung der einzelnen Module und Ihrer Schnittstellen zum Basisfahrzeug gegeben (siehe Kapitel 5 - 9).

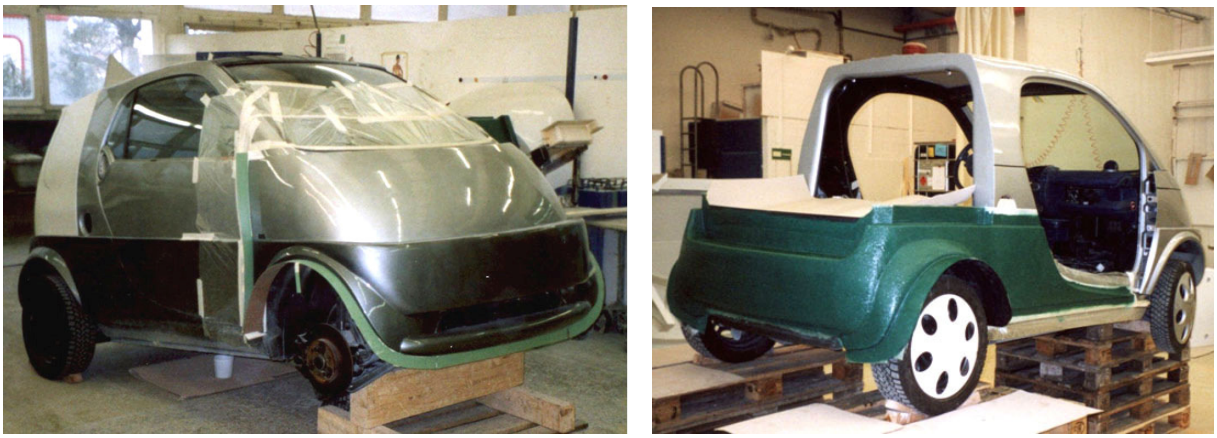


Bild 3.3.01: Definition der Trennstellen des Formensatzes

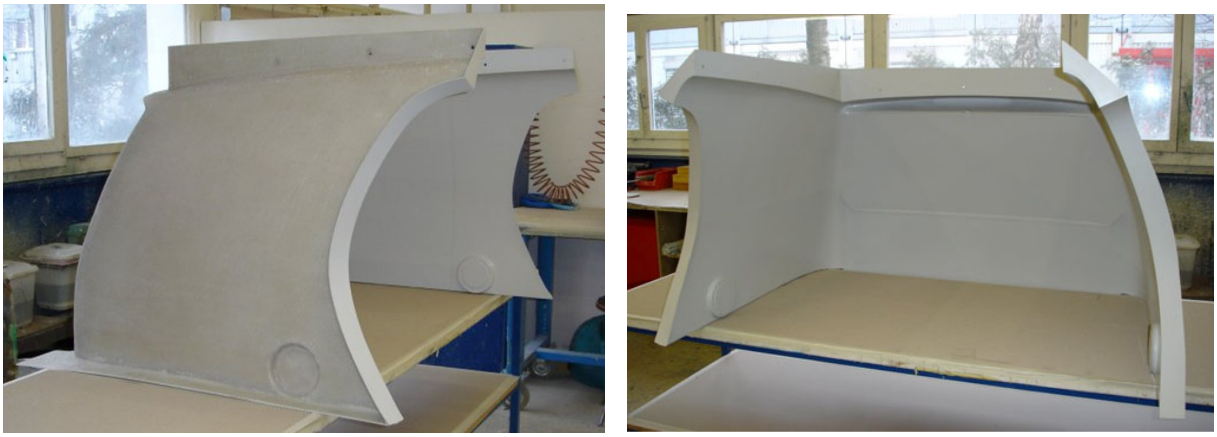
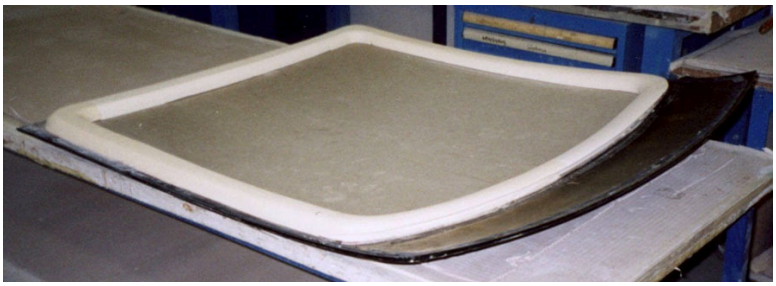


Bild 3.3.02: Formen für Kofferraummodul

Bild 3.3.03: Form für hintere, untere Abdeckung





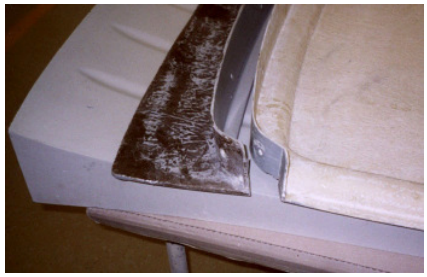


Bild 3.3.04: Formen für Dach

Bild 3.3.05: Form für eine Türe

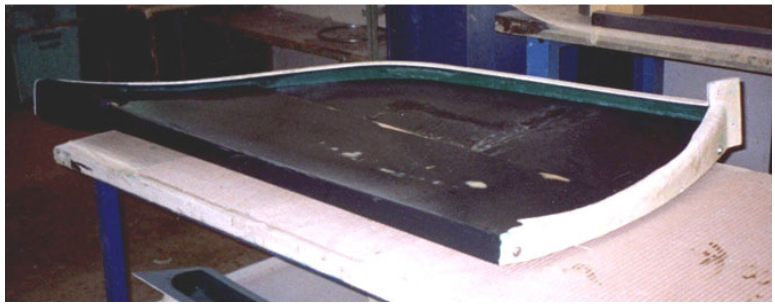


Bild 3.3.06: Formen für Seitenschweller

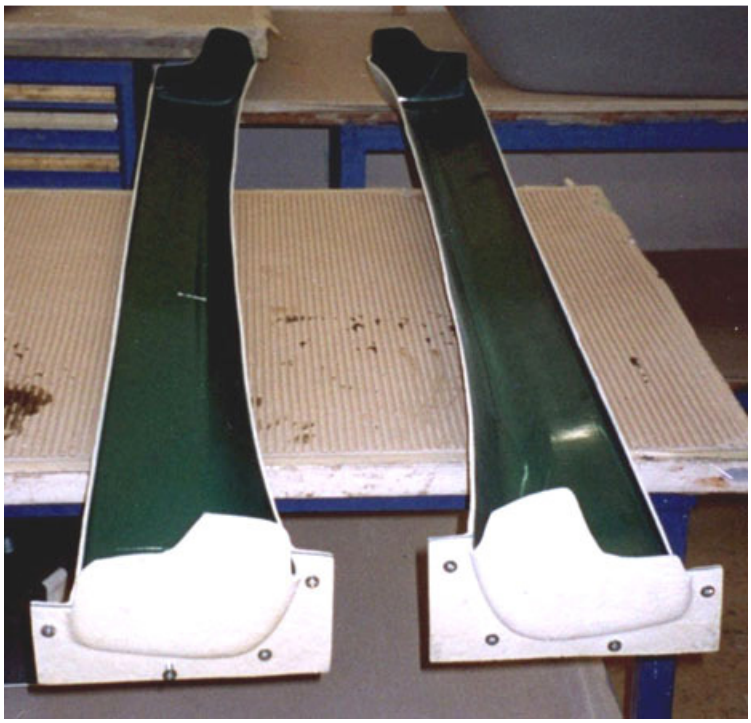






Bild 3.3.07: Livio 21 mit funktionsfähiger Karosserie

4. Bodenmodul

4.1. Bodenmodule für Livio 21

Die Anforderungen an ein Bodenmodul und seine Schnittstellen zur Primärstruktur des Fahrzeugs sind vielfältig:

- Aufnahme der strukturellen Lasten beim Betrieb des Fahrzeugs:
  Beitrag zur Torsionssteifigkeit des Gesamtfahrzeugs und Aufnahme von lokalen Lasten je nach Konzept
- Verhalten im Falle eines Crashs:
  der Fahrzeugboden sollte möglichst hohe Lasten übertragen können, damit die Überlebenszelle erhalten bleibt und es dürfen beim Versagen keine Löcher oder scharfe Kanten entstehen
- Unterbringung von verschiedenen Funktionen zusätzlich zu den strukturellen Anforderungen in einem meistens sehr eingeschränkten Bauraum:
  - angenehme Oberfläche in Inneren des Fahrzeugs (meistens Teppich)
  - thermische und akustische Isolation
  - Optimierung der Fahrzeugaerodynamik
  - Aufnahme verschiedener Leitungen (Strom, Lüftung, Bremsen, Benzin, etc.)
  - etc.
- Erfüllen der Umweltanforderungen
  - Temperaturen und Temperaturunterschiede
  - Chemikalien (innen und aussen)
  - etc.

In Serienfahrzeugen, z.B. im Chevrolet Corvette (siehe Bild 2.3.02) werden Bodenmodule fix in die tragende Metallstruktur des Fahrzeugs eingebaut, das heisst meistens verklebt und eventuell noch zusätzlich mechanisch fixiert. Um beim Forschungsprototypen Livio 21 verschiedene Bodenmodulkonzepte ohne grossen Aufwand erproben und vergleichen zu können wird zuerst ein Hilfsrahmen in die Metallstruktur eingeschraubt (siehe Kapitel 4.2). in welchen dann die Bodenmodule eingeklebt oder wie auch immer "realitätsnah" montiert werden können. Somit können mit dem Livio 21 nicht nur Bodenmodule sondern auch die Schnittstelle zwischen dem Bodenmodul und der Metallstruktur des Fahrzeugs erforscht und optimiert werden.

Bild 4.1.01: einfache Platte als Bodenmodul mit fahrzeugseitigem Rahmen vor Einbau



Beim Livio 21 können Sitze, Handbremse und Schalthebelbefestigung direkt auf das Bodenmodul oder auch auf einen fest mit der Metallstruktur verbundenen Hilfsrahmen montiert werden. Damit bietet der Livio 21 Möglichkeiten sowohl einfache Bodenmodule ohne strukturelle Belastungen (mit Metallrahmen für Sitze, Handbremse und Schalthebel) als auch voll integrierte Bodenmodule (ohne Metallrahmen), die alle Lasten aufnehmen, im realen Fahrzeugeinsatz zu erproben.

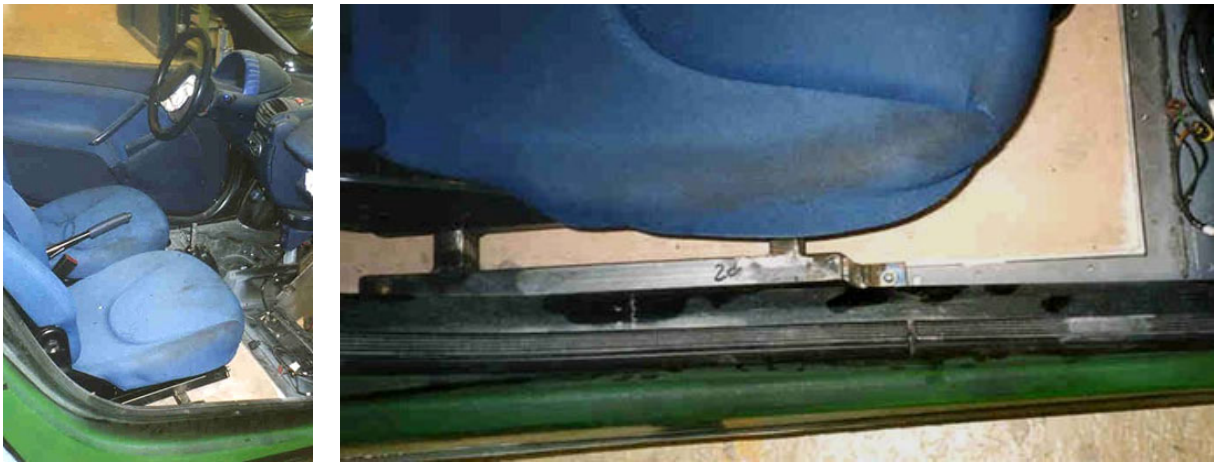


Bild 4.1.02: Befestigung der Sitze auf dem direkt mit der Metallstruktur verbundenen Hilfsrahmen



Bild 4.1.03: Befestigung der Handbremse (links) und des Schalthebels (rechts) auf dem direkt mit der Metallstruktur verbundenen Hilfsrahmen

Das einfachste Bodenmodul, das im Livio 21 eingebaut werden kann ist eine flache Platte von 888 mm Länge und 1048 mm Breite. Mit einem anderen Hilfsrahmen kann das Bodenmodul auch aus zwei flachen Platten mit jeweils 888 mm Länge und 521 mm Breite bestehen, die rechts und links des "Tunnels" angebracht werden. Damit können geometrisch einfache, mit "kleinen" Laborpressen hergestellte Bodenstrukturen im Fahrbetrieb erprobt werden. Diese Konfiguration ist für die Forschung und frühe Stadien der Vorentwicklung wichtig, da für die Herstellung der Proben (flache Platten) keine oder extrem kostengünstige Werkzeuge verwendet werden können. So können unterschiedliche Materialsysteme und Lagenaufbauten schnell und mit geringen Kosten realitätsnah erprobt werden. Diese einfache 2-Platten-Konfiguration wurde von Rieter Automotive Management AG verwendet, um verschiedene Gestaltungsmöglichkeiten der Schnittstelle

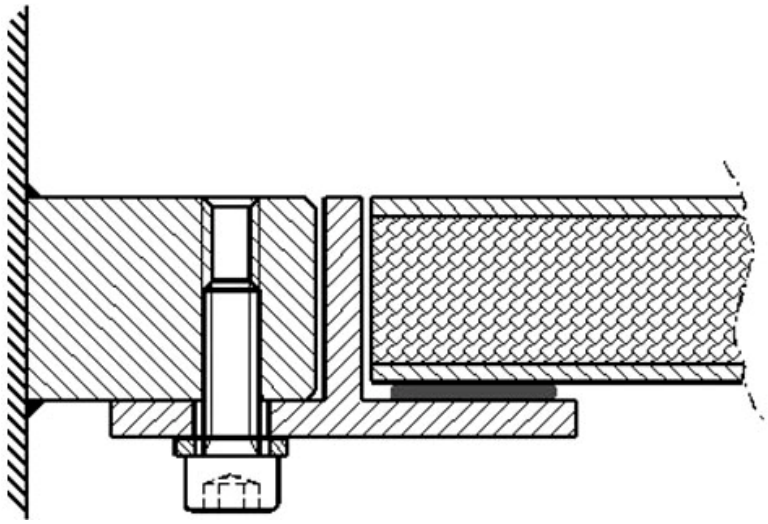
zwischen Bodenmodul und Metallrahmenstruktur aufzuzeigen. Als Bodenmodule wurden dafür leichte und steife Sandwichplatten verwendet, welche mit industriellen Prozessen (Zyklenzeiten unter 1 Min möglich) im Rieter R&T Composite Labor in Winterthur hergestellt wurden.

Eine erste Studie zu komplexeren Bodenmodulen mit integrierten Funktionen wird in Kapitel 4.4. beschrieben.

4.2. Schnittstelle zum Basisfahrzeug

Beim Forschungsprototypen Livio 21 werden die Bodenmodule in einen Hilfsrahmen montiert, der vorab in die Metallstruktur eingeschraubt wird. Somit können nicht nur Bodenmodulkonzepte sondern auch die Schnittstelle zwischen dem Bodenmodul und der Metallstruktur des Fahrzeugs erforscht und optimiert werden.

Bild 4.2.01: Schnittzeichnung des T-förmigen Aluminium Hilfsrahmens



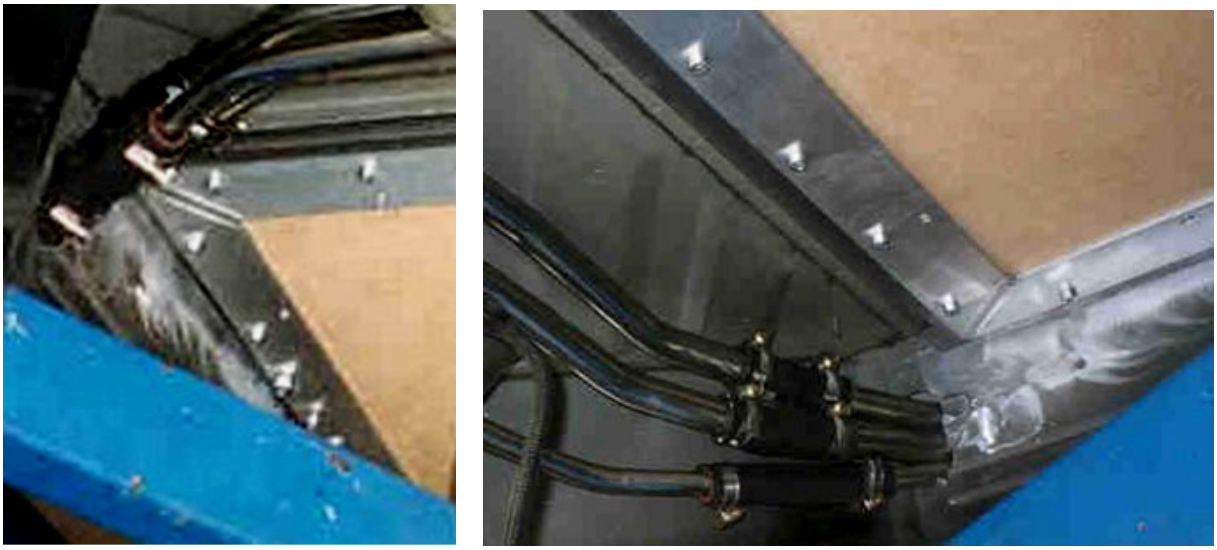


Bild 4.2.02: Aluminium Hilfsrahmen als Schnittstelle zwischen Bodenmodul (ebene Platte) und Basisfahrzeug

Für erste Forschungsarbeiten mit einfachen Platten als Bodenmodule wurde ein T-förmiger Aluminium Hilfsrahmen verwendet. Im Rahmen einer Optimierung der Schnittstelle zwischen Bodenmodul und Metallstruktur sind auch andere Geometrien denkbar. Indem die wie auch immer gestalteten Hilfsrahmen zuerst in die Metallstruktur einge-

schraubt werden, können so dann die Bodenmodule direkt ins Fahrzeug eingeklebt oder sonst irgendwie "realitätsnah" montiert werden. Für den Vergleich verschiedener Lösungen (Bodenmodule oder Schnittstellen) können die "fertig montierten" Bodenmodule mit Ihrem Hilfsrahmen einfach und schnell aus dem Fahrzeug aus- und auch wieder eingebaut werden. Dies sollte, abhängig von der Geometrie, auch mit den auf dem Bodenmodul montierten Anbauteilen (z.B. Sitze) möglich sein.

Beim Basisfahrzeug Livio 21 wurden alle elektrischen und sonstigen Leitungen, die bei Autos typischerweise unter dem Boden oder im Tunnel verlaufen, in den Seitenschwellern verlegt. Damit ist der Raum unter dem Bodenmodul frei, das heisst die ca. 200 mm unterhalb der "Fussabstellebene" können für die Erforschung zusätzlich in den Boden zu integrierender Funktionen genutzt werden.

4.3. Studie Bodenstruktur in RTM Technologie

An der Fachhochschule Nordwestschweiz wurde im Rahmen einer Diplomarbeit (Heggli, Richner, WS 2004/2005, betreut durch Prof. Dr. Jochen Müller) ein auf die halbe Breite verkleinerter Prototyp eines Bodenmoduls konstruiert, hergestellt und geprüft. Es wurde eine Sandwich-struktur mit längs und quer liegenden hohlen Verstärkungsträgern gewählt, welche im RTM Verfahren umgesetzt wurde.

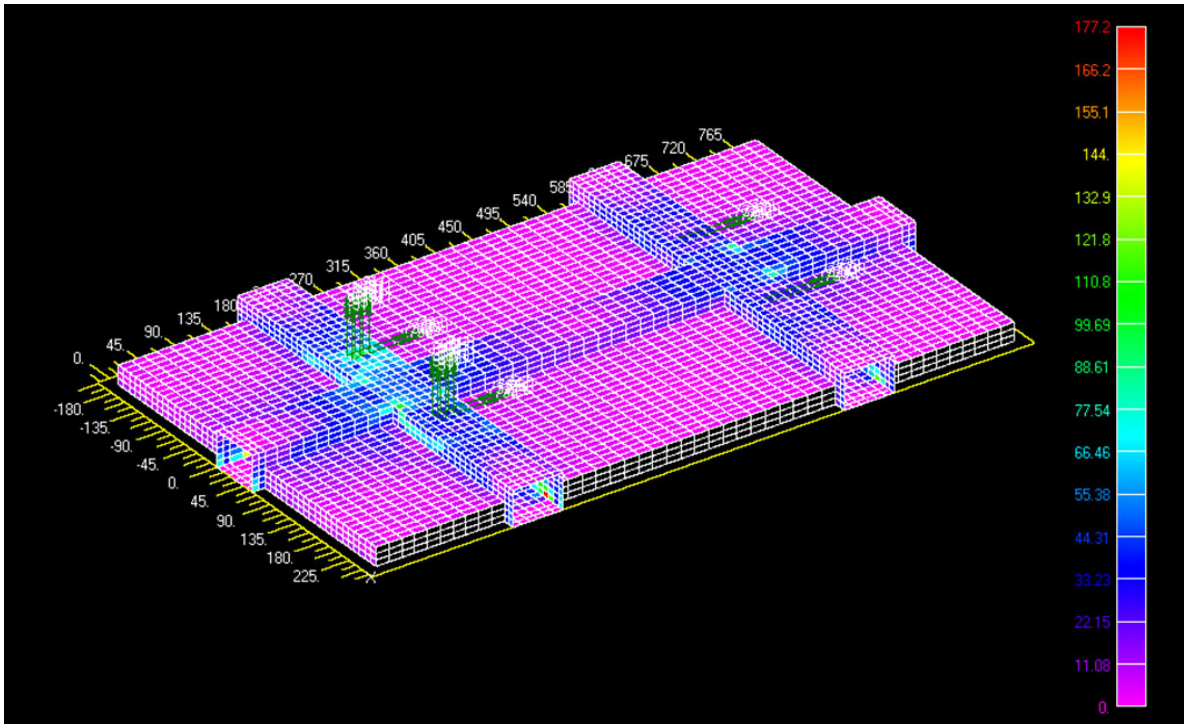


Bild 4.3.01: mechanische Simulation für RTM Bodenmodulprototyp mit reduzierten Abmessungen

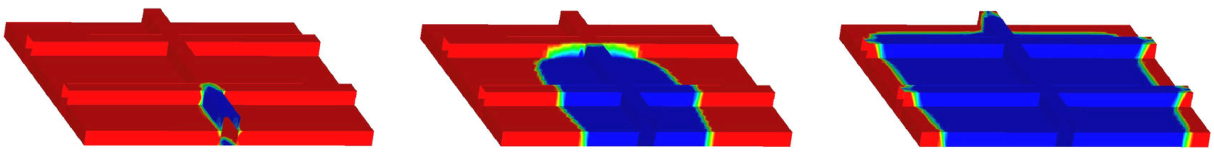


Bild 4.3.02: RTM Füllsimulation für Bodenmodulprototyp mit reduzierten Abmessungen



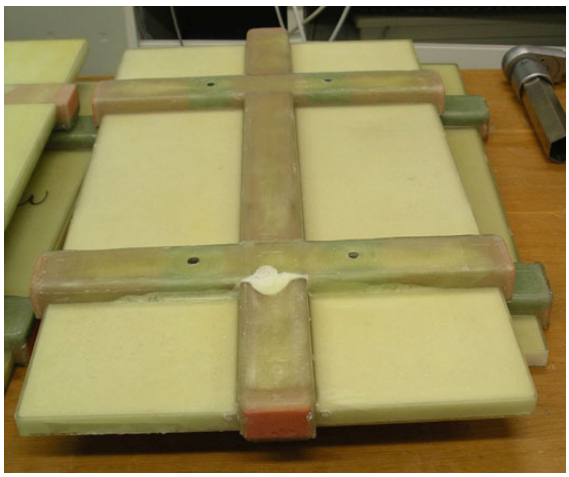
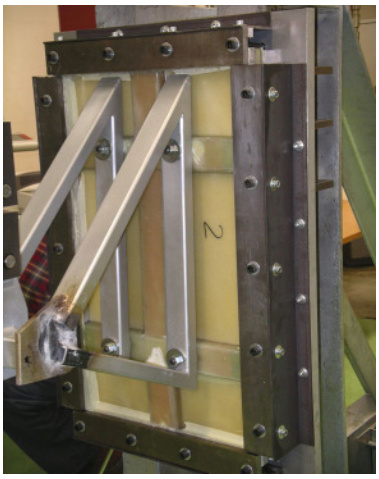


Bild 4.3.03: Füllvorgang des Bodenmodulprototyps mit reduzierten Abmessungen (links, die Presse wird zum aufbringen des Schliessdrucks auf das Werkzeug verwendet) und ausgeformter Bodenmodulprototyp



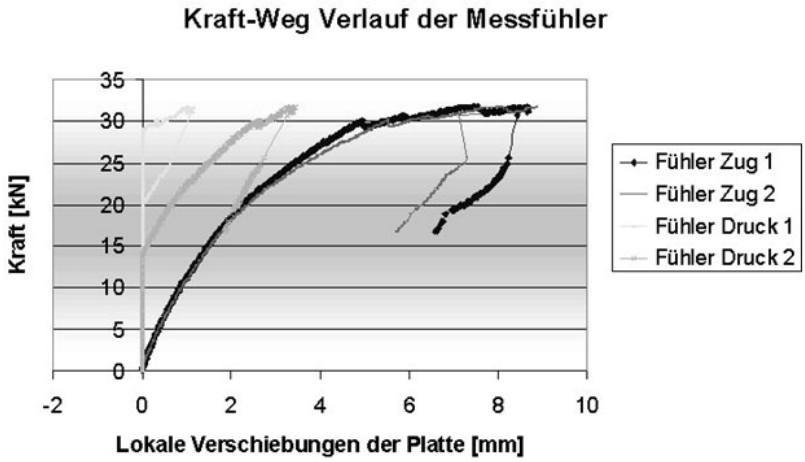


Bild 4.3.04: statische Prüfung der Sitzlasten des Bodenmodulprototyps mit reduzierten Abmessungen

4.4. Studie voll integriertes Bodenmodul

Eine Studie für ein mit der GMTex Technologie hergestelltes Bodenmodul mit verschiedenen integrierten Funktionen wurde von Rieter Automotive (Tier 1 Zulieferer von GMTex-Bauteilen für die Automobilindustrie), Quadrant (Lieferant von GMTex Halbzeugen) und GK Tooling (Hersteller von Werkzeugen für die GMTex Verarbeitung) gemeinsam mit der Horlacher AG durchgeführt.

Die GMTex Technologie erlaubt es Bauteile aus faserverstärkten Kunststoffen mit Zykluszeiten unterhalb einer Minute herzustellen. Die mit dieser Technologie hergestellten Bauteile habe dort wo nötig mit Endlosfasern verstärkte Bereiche, welche hohe strukturelle Lasten tragen können und werden in weniger hoch belasteten Bereichen im "abfalllosen" Fliesspressverfahren hergestellt. Mit diesem kombinierten Verfahren entstehen also mit grosserientauglichen Stückzahlen und ohne Randbeschnitt Bauteile, die hohe Belastungen aufnehmen können. Zudem bietet das Verfahren eine vergrösserte Gestaltungsfreiheit im Vergleich zu Metall-Konstruktionen. Dies wird zur Ausbildung von stabilen Lastpfaden in der Längsachse des Fahrzeugs (dort wo bei konventionellen Autos der Tunnel ist) und quer unter den Sitzen (als Verstärkung für den Seitencrash) genutzt. Auch andere Funktionen können mit

der GMTex Technologie durch eine intelligente Gestaltung, wie sie mit Metallen nicht möglich wäre, direkt ins Bodenmodul integriert werden.

Die folgenden Funktionen wurden in das (von Hand nass laminierte) Demobauteil integriert:

- Aufnahme für Sitze
- Aufnahme für Handbremshebel
- Aufnahme für Schalthebel und Zündschloss
- Führung für Schubladen unter den Sitzen
- aerodynamische Verkleidung des Unterbodens

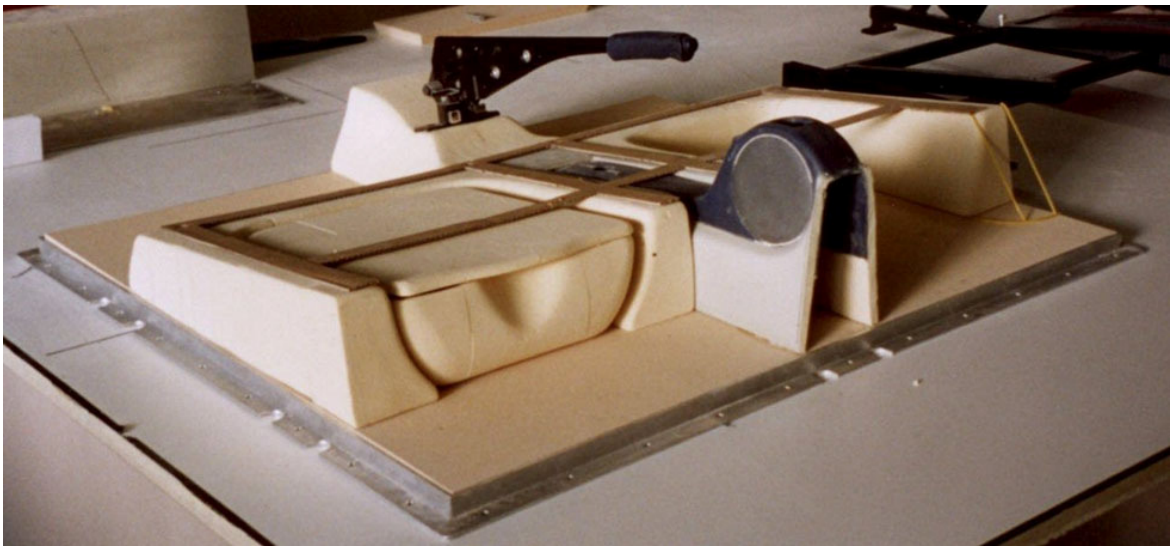


Bild 4.4.01: Mockup des voll integrierten Bodenmoduls im Rahmen der Geometriedefinition



Bild 4.4.02: Funktionalität der Schublade mit in das Bodenmodul integrierter Führung

Bei einem solchen Konzept können verschiedene Komponenten wie Sitzschienen, Handbremshebel, Zündschloss, Schalthebel, Schubladen, etc. bereits vor der Montage des Bodenmoduls integriert werden. Die Vormontage dieser Komponenten auf dem Bodenmodul kann schneller, zuverlässiger und damit auch kostengünstiger als direkt im Auto erfolgen, da das Modul in optimale Arbeitposition für die Mitarbeiter gebracht werden kann.

Beim vorliegenden Konzept wird das Bodenmodul bei der Montage direkt mit der Rahmenstruktur des Basisfahrzeugs verklebt (beim Livio 21: mit dem eingeschraubten Hilfsrahmen). Im Falle

eines grösseren Schadens am Bodenmodul kann dieses mit einem Draht bei der Klebestelle herausgetrennt werden (wie bei eingeklebten Frontscheiben). Somit ist es möglich beschädigte Bodenmodule ausserhalb des Autos zu reparieren oder sie ganz zu ersetzen.

Aufgrund der hohen Werkzeugkosten für GMTex Bauteile dieser Grösse konnte im Rahmen des Projektes Livio 21 leider kein Bodenmodulprototyp in der GMTex Technologie realisiert werden.





Bild 4.4.03: nass laminierter Prototyp des voll integrierten Bodenmoduls im Livio 21; rechts mit Handbremse, Sitzschienen und einem Sitz; Axel Bertram, Rieter Automotive Management AG in Winterthur, macht die Sitzprobe beim Prototyp

Bild 4.4.04: Platzverhältnisse bei 4-Sitzer-Anordnung mit 2 hintereinander gereihten Bodenmodulen



Erste Abschätzungen zeigten jedoch, dass ein solches Bodemodul inklusive Klebstoff zur Befestigung an der Metallstruktur des Basisfahrzeugs ca. 6 kg wiegen würde (ca. 5.5 kg für das Bodenmodul ohne Anbauteile + ca. 0.5 kg Klebstoff). Dieses Bauteil könnte 8 - 10 Metallteile mit ca. 10 kg Gewicht ersetzen, was pro Fahrzeug eine Gewichtsersparnis von 4 kg allein in der Bodenstruktur ergeben würde.

Mit den folgenden Annahmen wurden die möglichen Auswirkungen auf den CO_2 Ausstoss abgeschätzt.

- 4 kg Gewicht pro Auto eingespart durch das neue Bodenmodul
- pro 100 kg Gewichtsersparnis stösst ein Auto 12 g weniger CO_2 pro km aus
- ein durchschnittliches Auto fährt 15 "Lebensjahre" mit 10'000 $^{km}/_{Jahr}$
- 4'000'000 Autos fahren in der Schweiz

⇒ in **ein**em "**Autoleben**" können allein durch den Einsatz eines innovativen Bodenmoduls, wie es in dieser Studie untersucht wurde, **72 kg CO_2 eingespart** werden

⇒ wenn **alle in der Schweiz immatrikulierten Autos** anstelle der üblichen Metallbodenstruktur ein innovatives Bodenmodul hätten, wie es in dieser Studie untersucht wurde, könnten **19'200 t CO_2 pro Jahr eingespart** werden

Mit einem baukastenähnlichen modularen Fahrzeugkonzept können identische Bodenmodule in verschiedenen Fahrzeugtypen eingesetzt werden. Es wäre sogar denkbar, dass bei geeigneter Konstruktion der Metallstruktur des Basisfahrzeugs mit zwei hintereinander angeordneten Bodenmodulen eine viersitzige Variante realisiert werden könnte.

4.5. industrielle Umsetzung

In der GMTex Technologie hergestellte Bodenmodule (siehe Kapitel 4.4.) könnten heute schon von den Projektpartnern in grossen Serien hergestellt werden. Die entsprechenden, sehr teuren Anlagen und Maschinen sind in der Schweiz schon installiert und werden zur Zeit mit anderen Projekten ausgelastet. Für die Umsetzung in einem Serienfahrzeug müsste der in Kapitel 4.4. gezeigte Entwurf mit geeigneten Simulationsmodellen konstruktiv noch optimiert werden.

Das Bodenmodul als ein zentrales Bauteil eines Fahrzeugs kann für eine ganze Fahrzeugplattform von der Struktur her identisch ausführt werden. Die Unterschiede zwischen den einzelnen Fahrzeugen können durch unterschiedliche Zurüstteile realisiert werden. Deshalb kann bei solchen Bodenmodulstrukturen von hohen Stückzahlen ausgegangen werden.

Für das wirtschaftliche Potential wurde auf Basis der in Kapitel 4.4. beschriebenen Studie die folgende (grobe) Abschätzung gemacht:

- Volumen für eine Anwendung: 200'000 $^{Autos}/_{Jahr}$
- Materialkosten GMTex: ca. 6 $^{CHF}/_{kg}$
- Abmessungen Bodenmodul: 880 mm x 1'050 mm (für Kleinwagen)
- 5.5 kg GMTex pro Bodenmodul (ca. 33 CHF Materialkosten pro Bodenmodul)
- Kosten für ein fertiges Bauteil:
  - GMTex Bodenmodulstruktur (nur GMTex Bauteil): ca. 65 CHF
  - voll integriertes Bodenmodul (mit Akustikisolation, Teppich, Schubladen, etc.): ca. 100 CHF

Mit diesen Annahmen kann ein Bodenmodul für **eine Kleinwagenplattform** in der Schweiz folgende Umsätze generieren:

⇒ Kosten **Werkzeuge** (z.B. GK Tooling): ca. **750'000 CHF**

⇒ Umsatz **Material** (z.B. Quadrant): ca. **6'600'000** $^{CHF}/_{Jahr}$

⇒ Umsatz **Bauteilherstellung** (z.B. Rieter Automotive): ca. **20'000'000** $^{CHF}/_{Jahr}$

Zusätzliche Kosten für Klebstoff entstehen noch bei der Montage des Bodenmoduls in die Metallstruktur des Basisfahrzeugs. Auch für diese Materialien haben weltweit führende Hersteller wie Sika, Dow und Huntman (ehemals Ciba) mit grossen Forschungs- und Entwicklungszentren ein starkes Standbein in der Schweiz.

Das in Kapitel 4.4. untersuchte Bodenmodul ist für einen Kleinwagen ausgelegt. Bei grossflächigeren Bodenmodulen für andere Fahrzeugkonzepte und in Abhängigkeit der zu integrierenden Funktionen können auch erheblich grössere Umsätze pro Fahrzeug-baureihe erzielt werden.

Mit der GMTex Technologie hergestellte Bodenmodule eignen sich speziell für grosse Fahrzeugserien, da der Prozess voll automatisiert abläuft (→ wird auch in einem Hochlohnland, wie der Schweiz profitabel eingesetzt) und da keine oder nur sehr geringe Mengen an Abfällen entstehen. Die hohen Investitions- und Werkzeugkosten können problemlos auf die grossen Stückzahlen verteilt werden.

Für Fahrzeuge, die in kleineren Stückzahlen produziert werden (bis ca. 50'000 $^{Autos}/_{Jahr}$) müssten für die Herstellung von Bodenmodulen einfachere Prozesse mit geringern Investitions- und Werkzeugkosten eingesetzt werden. Von der Prozessseite geeignet sind Pressprozesse (Thermoplaste oder Duroplaste) oder LCM Verfahren (Liquid Composite Molding, Duroplaste; siehe Kapitel 4.3). Solche Verfahren generieren, vor allem wegen den geringeren Stückzahlen, auch deutlich kleinere Umsätze (grobe Schätzung: 5' 00'000 $^{CHF}/_{Jahr}$ bis 10' 00'000 $^{CHF}/_{Jahr}$ bei 50'000 $^{Autos}/_{Jahr}$).

4.6. Ausblick

Das Bodenmodul ist ein zentrales Element eines Personenwagens, das tief eingebaut ist. Als erstes führt die zentrale Lage in Sicherheitszelle des Passagierraums dazu, dass Bodenmodule im Bereich der Fahrzeuglängsachse die Teile sind, die bei Unfällen sehr gering Beschädigungen davontragen. Das heisst, Bodenmodule sind prädestiniert, um (im Bereich der Fahrzeuglängsachse) Komponenten zu integrieren, die bei Unfällen nicht beschädigt werden dürfen. Als zweites eignen sich Bodenmodule durch den tiefen Einbauort speziell für die Integration schwerer Bauteile.

Aufgrund dieser Überlegungen scheint es interessant die Integration folgender Elemente in Bodenmodule zu erforschen:

- Batterien für Elektromobile oder Fahrzeuge mit Hybridantrieb
- Drucktanks für gasförmige Treibstoffe (z.B. Wasserstoff für Brennstoffzellen)
- Elektrische oder elektronische Komponenten (Steuerungen, Brennstoffzellen, etc.)
- Leitungen jeglicher Art
- etc.

Der Livio 21 hat einen grossen freien Bauraum für das Bodenmodul unterhalb der Füsse der Passagiere (ca. 200 mm). Deshalb ist er speziell prädestiniert für die Erprobung von Bodenmodulprototypen, in welche die oben genannten Elemente integriert sind, im realen Einsatz auf der Strasse.

5. Heckmodul

5.1. Heckmodule für Livio 21

Der Livio 21 wurde so gestaltet, dass das Heckmodul inklusive allfälliger Trennwand zwischen Kofferraum und Fahrgastzelle und Kofferraumboden einfach ausgewechselt werden kann. Da die Module in konsequenter Leichtbauweise gefertigt sind, können sie von zwei Personen einfach und ohne spezielle Werkzeuge montiert werden.

Mit dem Heckmodul können die Vorteile der Modularität für den Fahrzeugbesitzer am besten gezeigt werden. Je nach Verwendung kann das Heckmodul einfach ausgewechselt werden. In Heckmodule eingebaute Ausrüstungen, die nicht gebraucht werden, werden einfach mit dem gesamten Heckmodul zu Hause gelassen und helfen so das Gewicht des fahrenden Fahrzeugs gering zu halten.

Nebst einem geschlossenen Heckmodul kann es auch ein offenes Pickup - Heckmodul oder unzählige andere auf spezifische Aktivitäten zugeschnittene Heckmodule geben (siehe Bild 5.1.01). So können die Vorteile der Modularität klar aufgezeigt werden. Handwerker (Elektriker, Kurierdienst), die während der Arbeit ihre Werkzeuge im Heckmodul verstaut haben können das gleiche Basisfahrzeug mit einem anderen Heckmodul auch für Freizeitaktivitäten und als Familienauto benutzen.

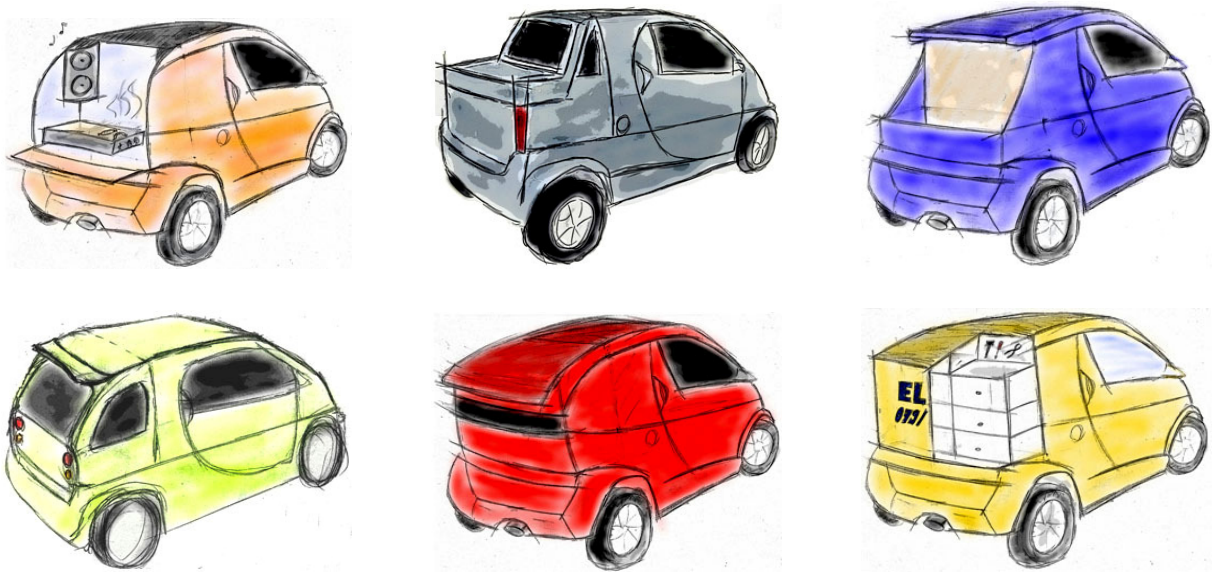


Bild 5.1.01: Auswahl verschiedener Heckmodulvarianten

5.2. Schnittstelle zum Basisfahrzeug

Die Schnittstelle vom Heckmodul zum Basisfahrzeug wurde so gestaltet, dass das Heckmodul inklusive Trennwand zwischen Kofferraum und Fahrgastzelle und Kofferraumboden ohne Werkzeug ausgetauscht werden kann. Die Schnittstelle wurde in einer Projektarbeit an der FHNW von den Studenten Marcel Erdin, Lukas Dysli, Sascha Kropf, René Sonderegger und Philippe Widmer unter Betreuung von Prof. Jochen Müller konzipiert, ausgelegt und realisiert.

Das Konzept erlaubt die Möglichkeiten von leicht auswechselbaren Heckmodulen mit unterschiedlichen Kofferraumkonzepten für den Transport unterschiedlicher, kunden-

spezifischer Gepäckstücke darzustellen. Selbstverständlich galt es, auch hierbei die Anforderungen des Leichtbau-Designs optimal zu erfüllen.

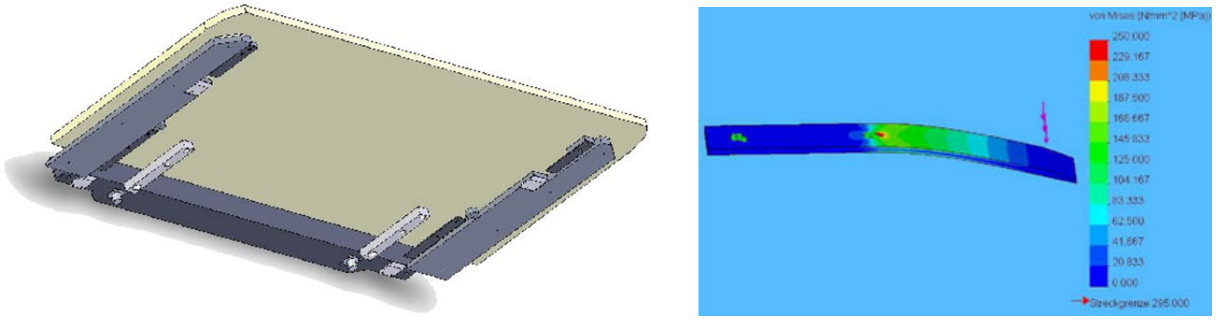
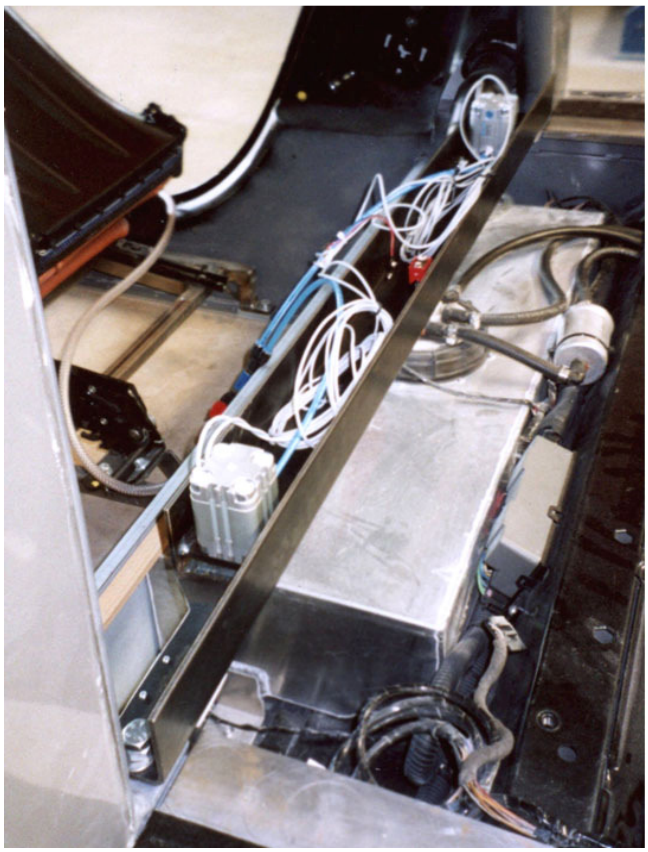


Bild 5.2.01: Schema der Schnittstelle am Boden des Moduls (links) und Berechnung der Federelemente unter maximaler Last (rechts)

Bild 5.2.02: Querbalken mit pneumatisch betätigten Bolzen zur Fixierung der Bodenplatte des Heckmoduls in Fahrzeuglängsrichtung



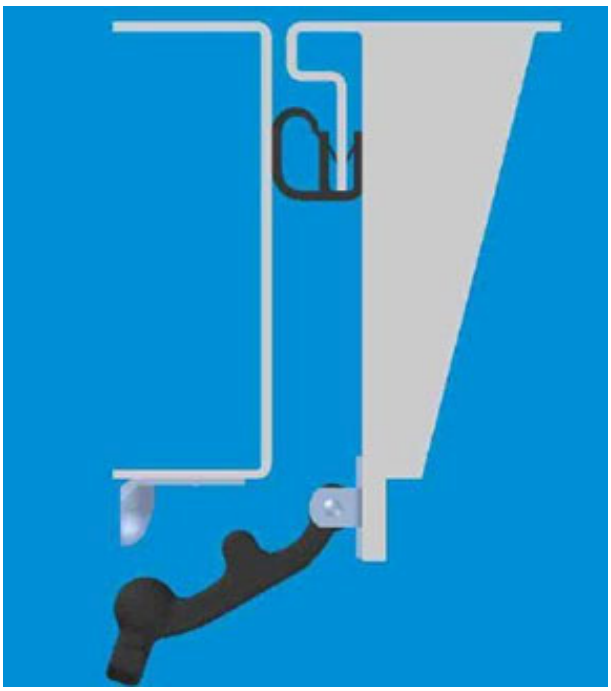


Bild 5.2.03: Gummischnappelemente zur Fixierung des Heckmoduls im Dachbereich

Bei der Montage wird das Heckmodul einige Zentimeter hinter der endgültigen Position auf das Heck des Basisfahrzeugs aufgesetzt. Durch Elemente am Kofferraumboden des Moduls, die zwischen den Führungsschienen des Basisfahrzeugs zu liegen kommen ist

die seitliche Führung des Heckmoduls gewährleistet. Dann wird das Heckmodul nach vorne geschoben, wobei sich vier am Boden des Moduls angebrachte Federelemente in am Basisfahrzeug befestigte Führungen "verkrallen". Dadurch ist das Heckmodul in der Vertikalrichtung gesichert. In Fahrzeuglängsrichtung wird das Heckmodul an der Bodenplatte mit zwei pneumatisch betätigten Bolzen fixiert. Am Dach des Fahrzeugs können bei Bedarf zusätzlich zwei Gummischnappelemente eingehängt werden. Diese aus dem Rennsport bekannten Elemente sind eine sehr leichte und von Hand schnell zu lösende Art für die Befestigung von verschiedenen Teilen.

5.3. Studie Camping-Heckmodul

Eine der vielfältigen Möglichkeiten von Heckmodulen wurde im Rahmen einer Projektarbeit an der FHNW von den Studenten Zeno Schuler, Daniel Fehlmann, Ronny Furger und Marc Zubler unter Betreuung von Prof. Jochen Müller aufgezeigt. Sie haben sich in einer Studie mit einer klappbaren Heckkonstruktion befasst, die beispielsweise sogar als Schlafkammer eingesetzt werden könnte. Bei dieser Campingidee stehen sicherlich nicht grosse Stückzahlen im Vordergrund, sondern es soll vielmehr aufgezeigt werden, dass die Transportkapazität durch den modularen Ansatz ohne erheblichen Aufwand vergrössert werden kann. Viele Leute kaufen ein grosses Auto, weil sie vielleicht 1-2 Mal im Jahr etwas Grösseres transportieren müssen. Der Kofferraum kann hier durch die Wahl eines geeigneten Heckmoduls den Bedürfnissen angepasst werden.

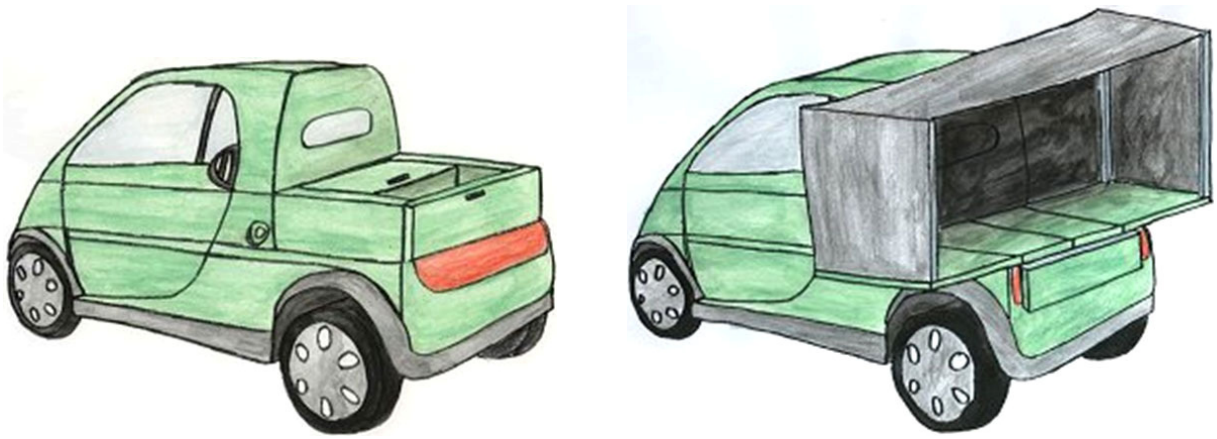


Bild 5.3.01: Konzeptskizzen des Camping-Heckmoduls in eingeklapptem (links) und ausgeklapptem (rechts) Zustand

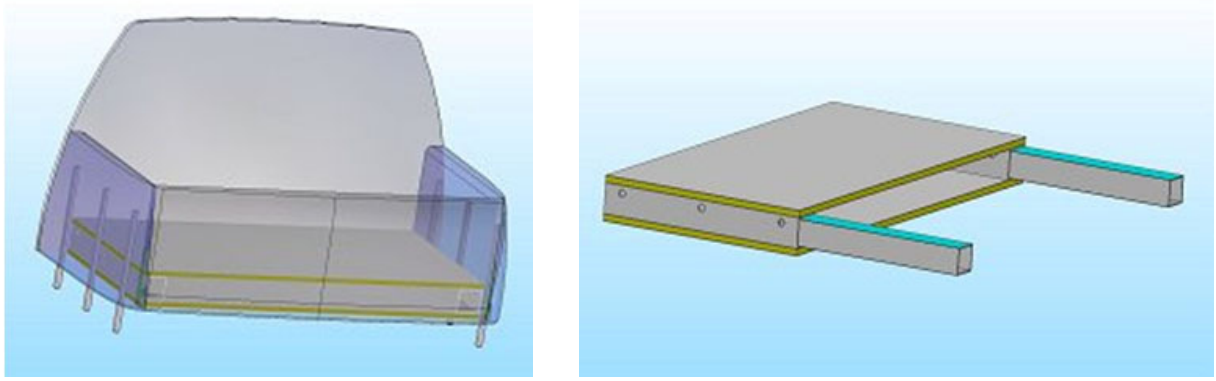


Bild 5.3.02: Packaging und Strukturkonzept des gesamten Camping-Heckmoduls (links) und der Bodenplatte des Camping-Heckmoduls (rechts)

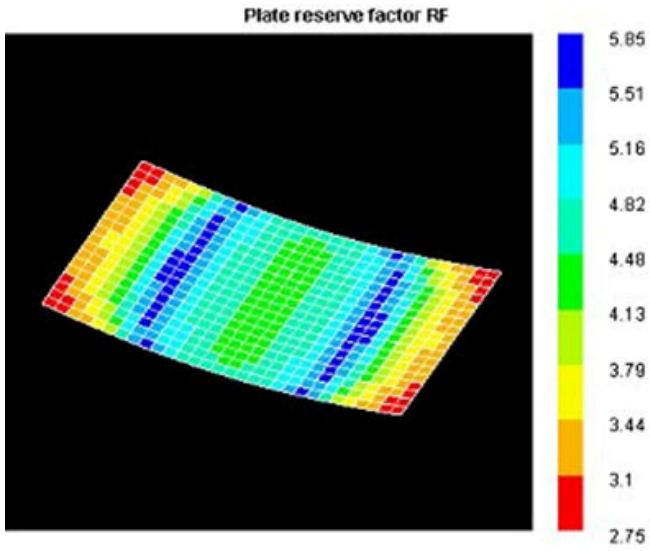


Bild 5.3.03: Strukturmodell der ausgeklappten Bodenplatte des Camping-Heckmoduls

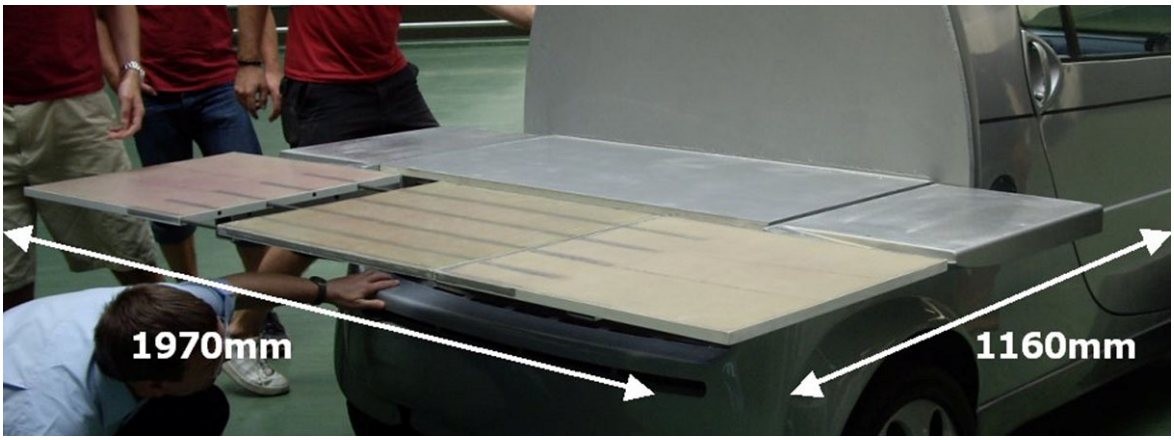


Bild 5.3.04: Funktionsmuster des Camping-Heckmoduls mit ausgeklappter Liegefläche

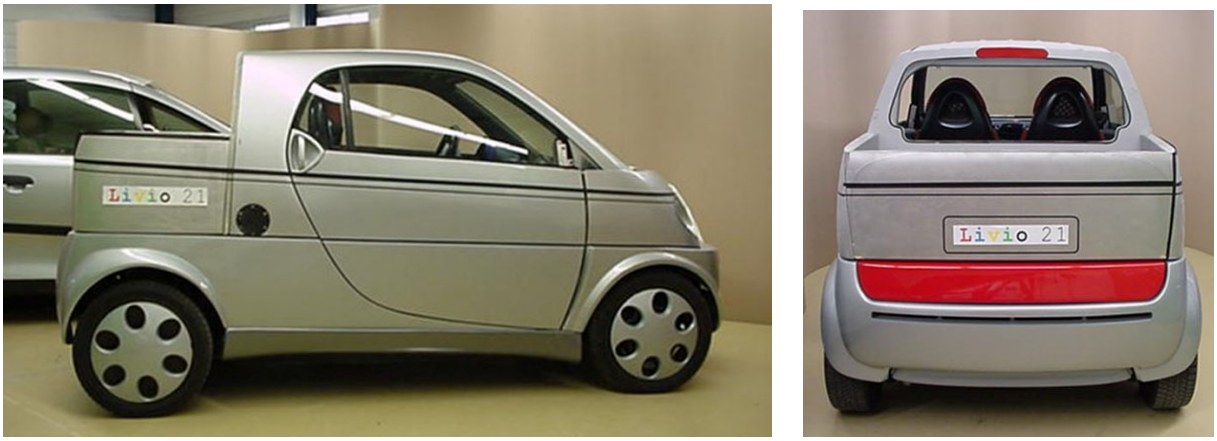


Bild 5.3.05: Funktionsmuster des Camping-Heckmoduls in eingeklapptem Zustand

5.4. industrielle Umsetzung

Heckmodule, wie sie am Livio 21 erprobt werden können, würden bei einem entsprechend konstruierten Grosserienfahrzeug mit ähnlichen Schnittstellen mit ganz unterschiedlichen Verfahren hergestellt werden.

Standard-Heckmodule, wie zum Beispiel das klassische Kombiheck, würden wahrscheinlich in grossen Stückzahlen (> 50'000 $^{Module}/_{Jahr}$) benötigt, wobei entsprechende Herstell-

prozesse zum Einsatz kommen könnten. Zum Beispiel könnten gewisse strukturelle Komponenten von solchen Heckmodulen, wie die Struktur der Heckklappe, in der GMTex Technologie realisiert werden. Solche Bauteile könnten, wie beim Bodenmodul, in einer Zusammenarbeit der in dieser Technologie weltweit führenden Schweizer Firmen GK Tooling (Werkzeugbau), Quadrant (Halbzeug) und Rieter Automotive (Bauteilherstellung) realisiert werden.

Bild 5.4.01: Livio 21mit Kombi Heckmodul



Andere Heckmodul-Typen würden vielleicht nur in deutlich geringeren Stückzahlen von einigen 1'000 $^{Modulen}/_{Jahr}$ verkauft. Dafür würden bei einer industriellen Umsetzung auch eher LCM Verfahren wie RTM oder SMC oder andere Pressverfahren eingesetzt. Die optimale Prozessauslegung kann erst nach genauer Definition der Anforderungen erfolgen.

Es wäre auch zu erwarten, dass einige Kunden speziell auf ihre Bedürfnisse zugeschnittene Heckmodule wollen. Dafür benötigt man Verfahren zur Herstellung von Einzelstücken oder kleinsten Stückzahlen bis einige 100 $^{Module}/_{Jahr}$. Solche Heckmodule würden dann wahrscheinlich aus einfachen Elementen aufgebaut oder im Nasslaminierverfahren (z.B. von der Horlacher AG) realisiert.

Zusätzlich zu den Strukturellen Komponenten könnte Rieter Automotive Teile der Innenverkleidung von Heckmodulen, z.B. Bodenteppiche, Seitenverkleidungen oder akustische Dachhimmel, liefern. Durch eine Konstruktion mit dem patentierten Rieter Ultralight System werden solche Teile im Vergleich zu konventionellen Produkten bis zu 40 % leichter.

5.5. Ausblick

Durch die Möglichkeit beim Livio 21 das Heckmodul inklusive Trennwand zwischen Kofferraum und Fahrgastzelle und Kofferraumboden ohne Werkzeug auszutauschen bieten sich vielfältige Variationsmöglichkeiten.

An Heckmodulen vom Livio 21 können die Hochschulen und die Schweizer Industrie in Zukunft verschiedene Forschungs- und Vorentwicklungsideen sowie erste Resultate darstellen und auf der Strasse testen, ohne dafür extra ein ganzes (viel teureres) Prototyp-fahrzeug aufbauen zu müssen. Hier eine Auswahl von verschiedenen unter den Projekt-partnern diskutierten Ideen:

- strukturell hoch belastete Leichbaukomponenten, wie z.B. die Bodenplatte des Heckmoduls
- Kofferraum- Verkleidungsteile an Boden, Seite oder Dach, nach Bedarf mit verschieden integrierten Funktionen, wie, z.B. Stauboxen, Befestigungselementen für Gepäck, Lautsprecher, etc.
- Konzepte und Komponenten für eine Heckklappe beim Kombiheck
- Konzepte und Komponenten für ein "Midgate" beim Pickup - diese "Trennwand" zwischen Ladefläche und Fahrgastraum lässt sich eventuell zum laden langer Güter öffnen oder es können Funktionen wie Lautsprecher, etc. integriert werden
- Lager- und Ordnungssysteme für kommerziell genutzte Heckmodule
- etc.

6. Dachmodul

6.1. Dachmodule für Livio 21

Das Dachmodul vom Livio 21wurde so konstruiert, dass es ohne Werkzeug je nach Ausführung von einer oder zwei Personen als ganzes ausgetauscht werden kann. Diese Flexibilität soll in erster Linie die Darstellung verschiedener Ideen für Leichtbaudächer oder die Integration von Funktionen in Fahrzeugdächer ermöglichen. Falls eine solche Konstruktion auch in einem Serienfahrzeug umgesetzt wird, wäre es möglich verschiedene, den jeweiligen Bedürfnissen angepasste, Dächer auf einem Basisfahrzeug zu nutzen. Z.B. könnte man im Sommer ein Cabrio Dachmodul und im Winter ein Dachmodul mit integriertem Skiträger montieren.

6.2. Schnittstelle zum Basisfahrzeug

Die Verbindung zum Basisfahrzeug wurde beim Livio 21 folgendermassen realisiert:

- *vorne:* mit einem formschlüssigen umgreifen des Rahmens des Basisfahrzeugs durch das Dachmodul über die gesamte Breite des Dachmoduls
- *hinten:* mit einem von Festo speziell für das LIVIO-21-Projekt entwickelten pneumatischen Element, das in der Mitte des Überrollbügels eingebaut ist

Das von Festo speziell für das Projekt Livio 21 entwickelte pneumatische Element besteht aus Aluminium und ist daher leicht und gleichzeitig äusserst stabil. Der Verriegelungsbolzen kann durch kurze Druckluftimpulse aus- und eingefahren werden. Durch eine intelligent ausgelegte Mechanik wird er in beiden Positionen arretiert.

Durch die einfache Konstruktion der Schnittstelle zwischen Basisfahrzeug und Dachmodul wird gewährleistet, dass die Dachmodule leicht und schnell ausgewechselt werden können.

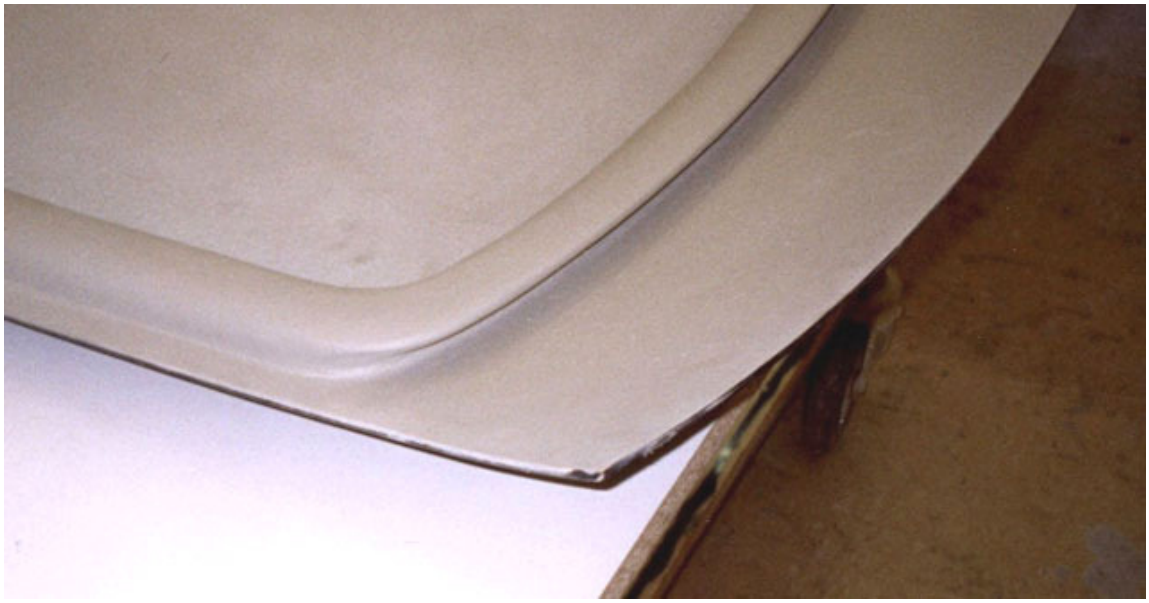


Bild 6.2.01: vorderer Abschluss des Dachmoduls mit "Kragen", der den Rahmen des Basisfahrzeugs umgreift

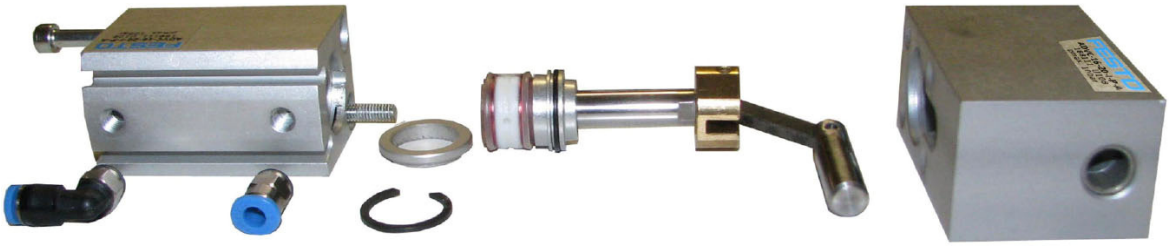


Bild 6.2.02: von Festo speziell für den Livio 21 entwickeltes pneumatisches Element, in zerlegtem Zustand

Bild 6.2.03: von Festo speziell für den Livio 21 entwickeltes pneumatisches Element, in vormontiertem Zustand



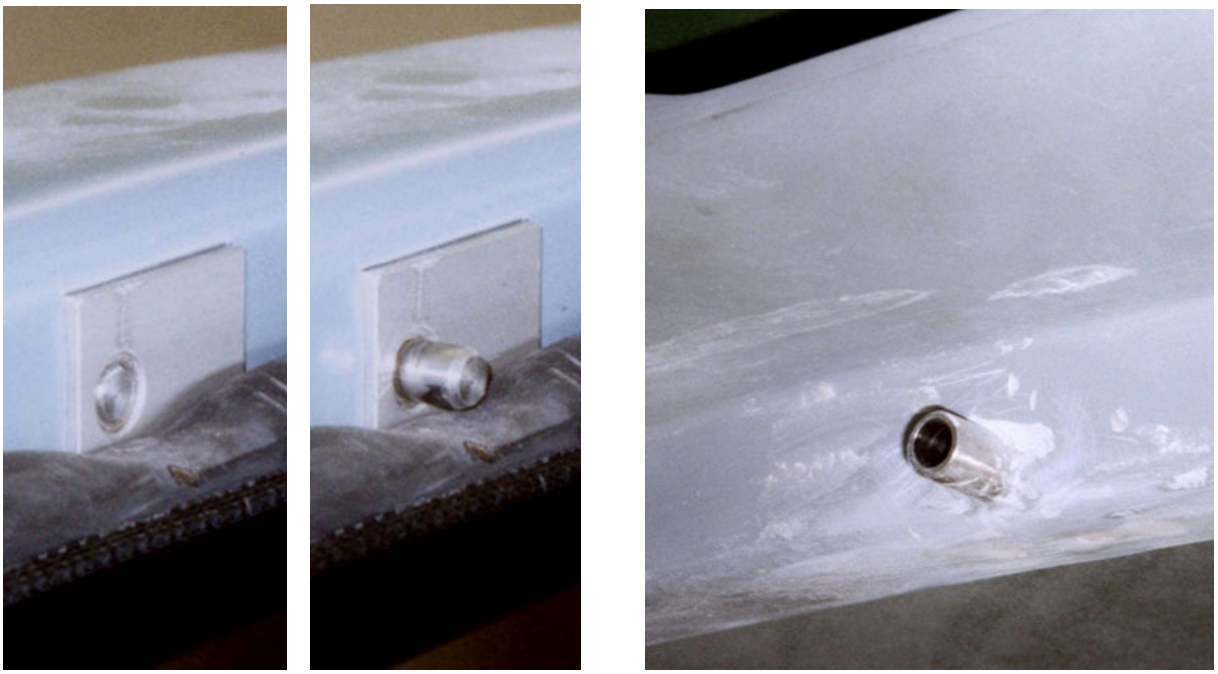


Bild 6.2.04: links: von Festo speziell für den Livio 21 entwickeltes pneumatisches Element, montiert in Überrollbügel, mit eingefahrenem Verriegelungsbolzen;
Mitte: von Festo speziell für den Livio 21 entwickeltes pneumatisches Element, montiert in Überrollbügel, mit ausgefahrenem Verriegelungsbolzen;
rechts; Gegenstück im Dachmodul

6.3. Studie integrierter Dachträger

In einer Projektarbeit an der Fachhochschule Nordwestschweiz haben die Studenten Daniel Flury, Reto Laube, Matthias Schäpper und Michael Szilagyi unter Betreuung von Prof. Jochen Müller ein Dachmodul entwickelt, auf welchem verschiedene Dachlasten transportiert werden können. Wichtig war dabei die aerodynamisch günstige Formgebung im Falle des Nichtgebrauchs. Ausgehend von den heute üblicherweise auf dem Dach eines Fahrzeugs transportierten Objekten (Ski, Snowboard, etc.) wurde ein integrierbares und zugleich klapp und versenkbares Halterungssystem entwickelt. Bei diesen Entwicklungsarbeiten wurde eine optimale Kombination von Modularität und Funktionalität angestrebt, so dass die spätere Nutzung des Fahrzeugs mit einer Vielfalt an Anwendungsoptionen ausgestattet werden kann.

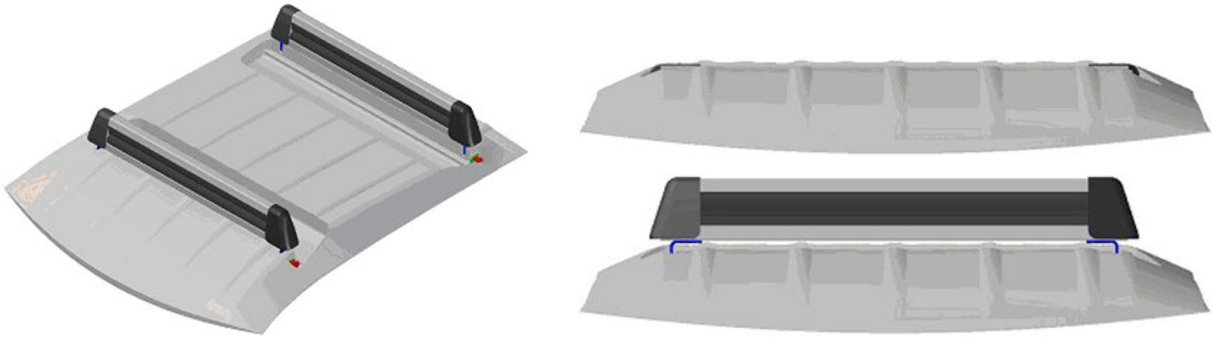
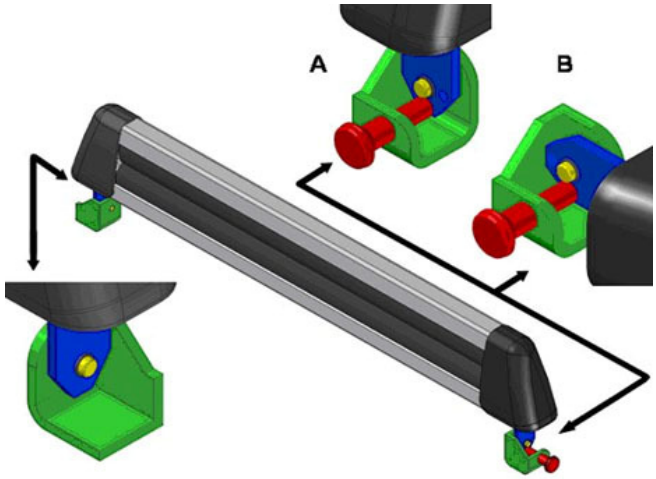


Bild 6.3.01: schematische Darstellung des Dachmoduls mit integriertem Dachträger

Bild 6.3.02: schematische Darstellung des Mechanismus zum auf- und einklappen des Dachträgers



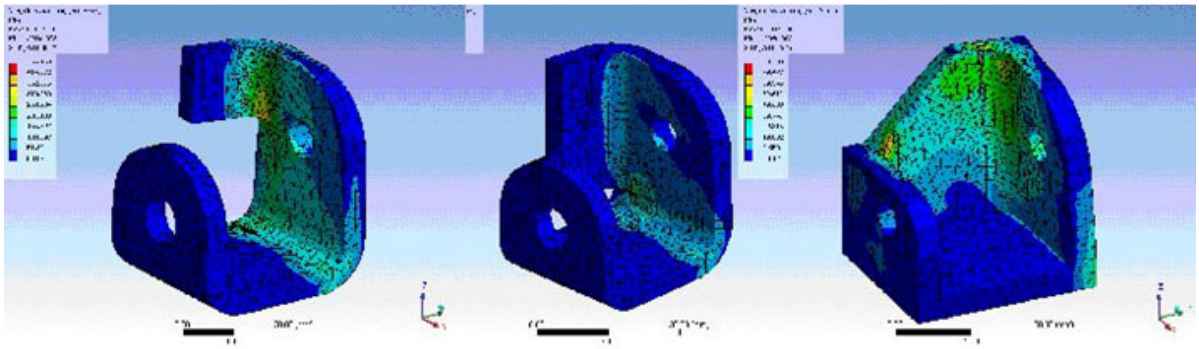


Bild 6.3.03: rechnerische Auslegung des Mechanismus zum auf- und einklappen des Dachträgers

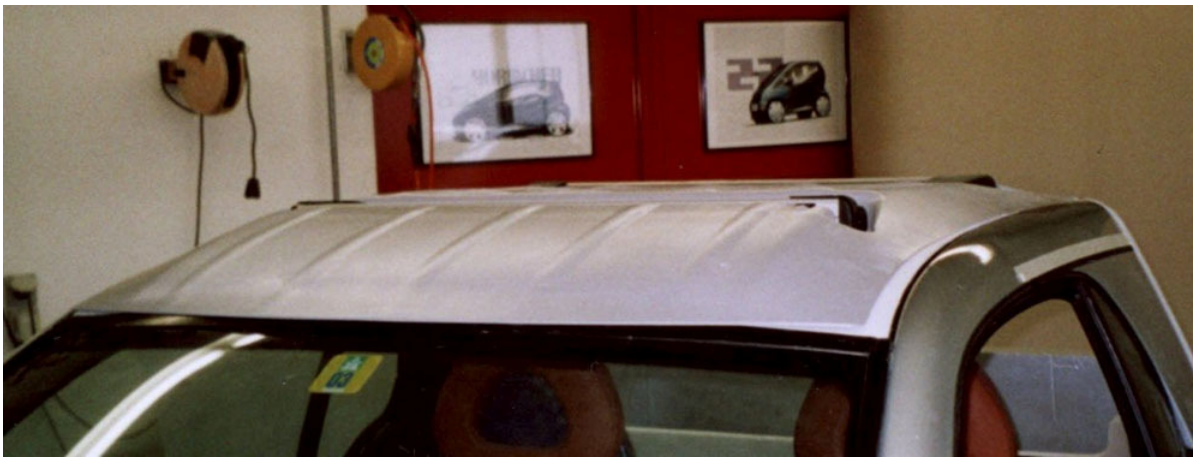


Bild 6.3.04: Dachmodul mit eingeklapptem Dachträger



Bild 6.3.05: Dachmodul mit ausgeklapptem Dachträger

6.4. industrielle Umsetzung

Es ist eher unwahrscheinlich, dass Fahrzeuge mit einfach austauschbaren Dachmodulen in grossen Serien hergestellt werden. Der Normalfall wird sein, dass eine gewählte Dachvariante im Herstellwerk fix auf das Basisfahrzeug montiert wird. Eine solche Modularität im Dachbereich wird heute schon bei verschiedenen Grossserienfahrzeugen beobachtet. Dort gibt es neben dem normalen Blechdach auch Optionen, wie zum Beispiel Schiebedächer, Glasdächer oder Faltdächer, wobei jeweils verschiedne Dachmodule eingeklebt werden. Ein Beispiel hierfür ist der Smart Fortwo, den es mit nicht transparentem Kunststoffdach, mit Glasdach oder mit einigen Anpassungen an den Seitenpanelen auch mit Faltdach gibt.

Das Dachmodul des Livio 21 dient in erster Linie der Erprobung von neuen Ideen, Aufbauten und Komponenten im Dachbereich. Die Art der industriellen Umsetzung bei einem erfolgreichen Ansatz hängt in erster Linie von den "beteiligten Komponenten" ab.

Das Projektteam erwartet, dass die zur industriellen Umsetzung benötigten Verfahren für die meisten Ideen schon existieren, das heisst, dass es sich bei den meisten Ideen eher um neue Anordnungen von mit bekannten Verfahren herstellbaren Teilen handelt als um Komponenten, die mit komplett neuen Prozessen hergestellt werden.

Es ist schwierig abzuschätzen, inwieweit Schweizer Firmen von solchen modularen Ansätzen im Dachbereich profitieren können. Der Livio 21 bietet ihnen aber eine Möglichkeit neue Ideen mit wenig Aufwand im Fahrbetrieb allfälligen Kunden vorzuführen.

6.5. Ausblick

Durch die Möglichkeit beim Livio 21 das Dachmodul ohne Werkzeug auszutauschen bieten sich vielfältige Variationsmöglichkeiten.

An Dachmodulen vom Livio 21 können die Hochschulen und die Schweizer Industrie in Zukunft verschiedene Forschungs- und Vorentwicklungsideen sowie deren Resultate darstellen und auf der Strasse testen, ohne dafür extra ein ganzes (viel teureres) Prototypfahrzeug aufbauen zu müssen. Zum Erklären der Innovationen kann das Dachmodul auch aus dem Fahrzeug herausgenommen und gut zugänglich präsentiert werden. Hier eine Auswahl von verschiedenen Ideen:

- Integration von Solarzellen ins Dachmodul, welche bei einem an der Sonne stehenden Fahrzeug die Lüftung laufen lassen können und bei fahrendem Fahrzeug mithelfen die Batterien aufzuladen.
- Darstellung und Erprobung neuer Ideen im Dachhimmel, zum Beispiel von Stauboxen, neuen Materialkombinationen, etc.
- Erprobung der Funktionalität von in Autodächer integrierten Antennen im Fahrbetrieb; gewisse Modelle aus dem Luxuswagensegment haben bis zu 8 Antennen pro Fahrzeug
- Darstellung und Erprobung neuer Konzepte und Komponenten für sich öffnende Dächer
- etc.

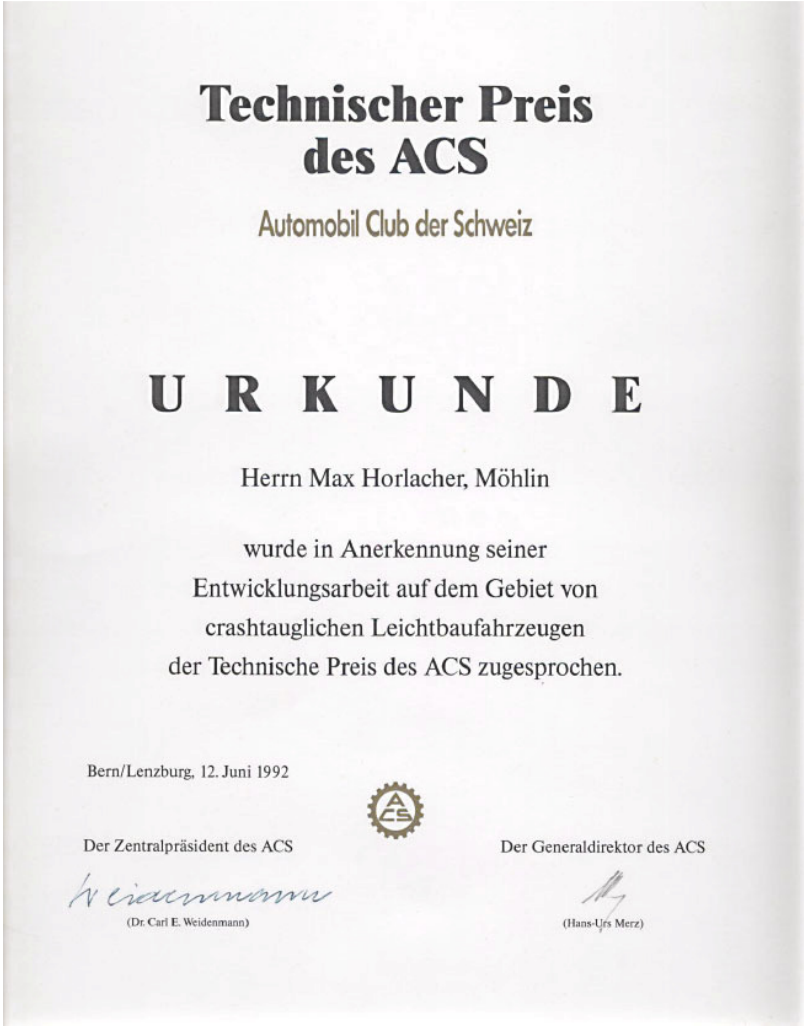
7. Frontmodul

7.1. Frontmodule für Livio 21

Das Frontmodul ist ganz vorne im Fahrzeug. Es hat einen wesentlichen Einfluss auf den Energieverbrauch und die Sicherheit des Fahrzeugs. Bezüglich Energieverbrauch sind sowohl der Luftwiderstand als auch das Gewicht der Fahrzeugfront wichtig. Die Nutzung leichter Materialien, die Integration in die modulare Gesamtstruktur und die Sicherheit von Fussgängern und Fahrzeuginsassen waren wichtige Kriterien bei der Konzeption und Entwicklung des Frontmoduls für den Livio 21. Zudem galt die Aufmerksamkeit stets einer möglichen wirtschaftlichen Produktionsweise.

Die Horlacher AG hat bereits mit früheren Entwicklungsprojekten die Fragen des Kollisionsverhaltens von Leichtbaufahrzeugen behandelt. Der Technische Preis des ACS an Max Horlacher in Anerkennung seiner Entwicklungsarbeiten bestätigt dies im Juni 1992 eindrücklich.

Bild 7.1.01: Urkunde des technischen Preises des ACS an Max Horlacher



Technischer Preis des ACS

Automobil Club der Schweiz

U R K U N D E

Herrn Max Horlacher, Möhlin

wurde in Anerkennung seiner Entwicklungsarbeit auf dem Gebiet von crashtauglichen Leichtbaufahrzeugen der Technische Preis des ACS zugesprochen.

Bern/Lenzburg, 12. Juni 1992

Der Zentralpräsident des ACS

(Dr. Carl E. Weidenmann)

Der Generaldirektor des ACS

(Hans-Urs Merz)

Schon die Crash-Tests mit dem Modultec Fahrzeug haben vor Jahren gezeigt, dass für die Insassen ein hoher Sicherheitsstandard erreicht werden kann. Der Livio 21 ist aber noch weiter gegangen. Zusätzlich zur Sicherheit der Passagiere war auch der Fussgängerschutz ein wichtiges Ziel. Dass ein wirkungsvoller Fussgängerschutz schon lange überfällig ist, wird auch durch den erst kürzlich erschienenen Kommentar von Alfons Studer in der Basler Zeitung (Februar 2008) suggeriert: „In der Schweiz jedenfalls leben Fussgänger

und Fussgängerinnen besonders gefährlich, wie eine Erhebung des TCS zeigt. Gemessen am Total aller tödlichen Unfälle verhindert nur Grossbritannien, dass wir Schweizer nicht den letzten Platz belegen müssen. Ernüchternd auch, dass wir Schweizer bei den tödlichen Unfällen auf dem Zebrastreifen kaum zu übertreffen sind.“ Die detaillierte Entwicklung des Fussgängerschutzes am Livio 21 wird in den nächsten Kapiteln eingehend behandelt.

Die vordere Kontur des Livio 21 wurde im Vergleich zum Spenderfahrzeug der Metallstruktur (Smart Fortwo) um ca. 25 cm nach vorne verlängert. Die tragende Struktur der Fahrgastzelle, die die Sicherheit der Insassen garantiert, wurde voll vom Smart übernommen. Der gewonnene Raum davor dient der Verbesserung der Aerodynamik (bessere Annäherung an die Tropfenform) und als Bauraum für die notwendigen Massnahmen zur Verbesserung der Fussgängersicherheit.

Bild 7.1.02: die durchsichtige Frontabdeckung lässt den gegenüber dem Smart gewonnen Platz im Frontmodul erahnen



7.2. Schnittstelle zum Basisfahrzeug

Beim Livio 21 wird das Frontmodul an denselben Punkten montiert, wie die Frontverkleidung beim Spenderfahrzeug, dem Smart Fortwo. Das heisst. das Frontmodul wird auf jeder Fahrzeugseite mit vier Laschen (zwischen den Scharnieren der Türen) an der Verlängerung der A-Säule festgeschraubt (siehe Bild 7.2.01). Zusätzlich wird es vorne in der Mitte durch die metallene Crashstruktur des Basisfahrzeugs geführt.

Durch diese Wahl der Schnittstelle war es möglich, die vorgesehenen Fussgängercrashtests mit dem Livio 21 Frontmodul, das auf einem gebrauchten Smart Fortwo montiert war, durchzuführen.

Bild 7.2.01: Fixierung des Livio 21 Frontmoduls mit Laschen an der verlängerten A-Säule des Basisfahrzeugs



7.3. Einvolumenfahrzeuge und Fussgängersicherheit

Bei effizienten und leichten Autos besteht der Wunsch trotz möglichst beschränkter Aussenabmessungen innen viel nutzbaren Platz zu haben. Wie viele Beispiele zeigen, führt dieser Kompromiss fast zwingend zu Einvolumenfahrzeugen (siehe Bild 7.3.01). Die Insassensicherheit solcher Autos kann, wie schon bei früheren Horlacher Fahrzeugen gezeigt wurde, mit einer steifen und stabilen Fahrgastzelle mit integrierten Elementen zur Absorption der Crashenergie garantiert werden. Die Fussgängersicherheit war zu Projektbeginn jedoch ein bei Einvolumenfahrzeugen ein bisher nicht gelöstes Problem.



Bild 7.3.01: moderne Einvolumenfahrzeuge:

links oben:	*Horlacher Modultec*	*Mitte unten:*	*Smart Fortwo*
links unten:	*Greempeace Smile*	*rechts oben:*	*Think City*
Mitte oben:	*Pininfarina Nido*	*rechts Mitte:*	*Mercedes A Klasse*
Mitte Mitte:	*Peugeot 1007*	*rechts unten:*	*Esoro 301*

Bei konventionellen Fahrzeugen (z.B. Limousinen oder Kombis mit nicht allzu hoher Front und langer Motorhaube) schlagen die Fussgänger bei einer Kollision mit Oberkörper und Kopf auf der Motorhaube auf. Diese muss entsprechend den neuen EU-Richtlinien durch konstruktive Massnahmen oder aktive Systeme nachgiebig gestaltet werden, sodass der Kopf einigermassen "weich" landet. Als weiterer Schwerpunkt zur Verbesserung der Fussgängersicherheit muss bei solchen Fahrzeugen die Front so gestaltet werden, dass die Knie des Fussgängers beim "abliegen" auf die Motorhaube nicht schwer verletzt werden. Nach dem Aufprall auf die Motorhaube rutschen die Fussgänger dann typischerweise mit den Beinen voran auf die Strasse.

Ganz anders verlaufen Kollisionen von Fussgängern mit Einvolumenfahrzeugen. Die Fussgänger schlagen beim Aufprall auf das Fahrzeug mit dem Kopf auf die Frontscheibe oder auf den sehr steifen und harten Scheibenrahmen und werden dann so weggeschleudert, dass sie typischerweise mit dem Kopf voran auf der Strasse aufschlagen (siehe Bild 7.3.02). Solche Unfälle enden oft schon bei geringen Geschwindigkeiten tödlich. Aufgrund dieser Erkenntnis wurde die Gestaltung des Frontmoduls von Anfang an auf die Sicherheitsaspekte bei Kollisionen mit Fussgängern ausgerichtet. Der Fokus lag demnach auf den Zusammenhängen zwischen Dynamik der Frontalkollision mit Personen und den

Möglichkeiten zur optimierten Material- und Konstruktionsanpassung im Frontbereich des Fahrzeugs.

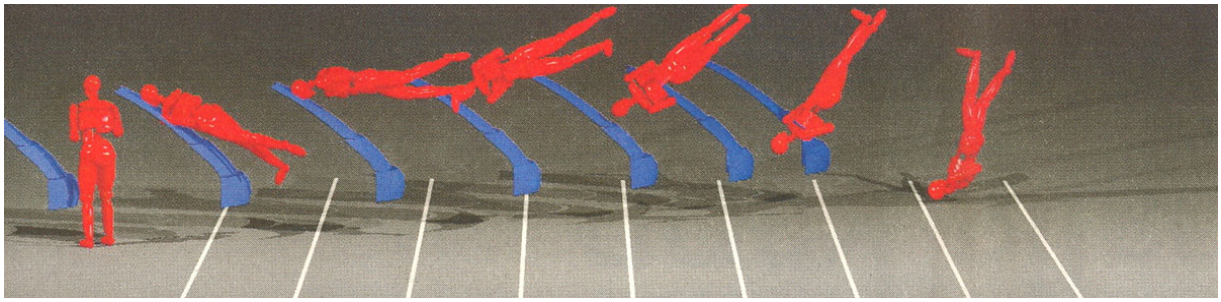


Bild 7.3.02: Simulation des Aufpralls eines Fussgängers auf ein Einvolumenfahrzeug; Quelle: Automobilrevue Nr. 42, 19. Oktober 2005

Eine wichtige Frage bei der Gestaltung des Front-Moduls war: Bedeutet eine erhöhte Sicherheit automatisch auch mehr Gewicht? Diese Situation trifft man heute bei den konventionellen Automobilen an. Kann mit einem neuen Konzept an der Frontpartie auch mit Leichtbaustrukturen die Sicherheit sowohl für die Insassen als auch für Fussgänger verbessert werden?

Das Livio 21 Projekt sollte Konzepte studieren, mit denen die Fussgängersicherheit wesentlich verbessert werden kann und die somit die EU-Richtlinien erfüllen oder nach Möglichkeit sogar übertreffen können. Als erste, grundlegende Idee entstand ein Polsterelement (Airbag) auf der Windschutzscheibe zur Absorption der Aufprallenergie, das zusammen mit einer sehr weich gestalteten unteren Frontpartie die Fussgänger bei einem Zusammenprall weich auffangen sollten.



Bild 7.3.03: Erster Ansatz zur Gestaltung des Frontmoduls des Livio 21 mit weicher Fronthaube und Stosstange sowie "Airbag" über Windschutzscheibe und Rahmen

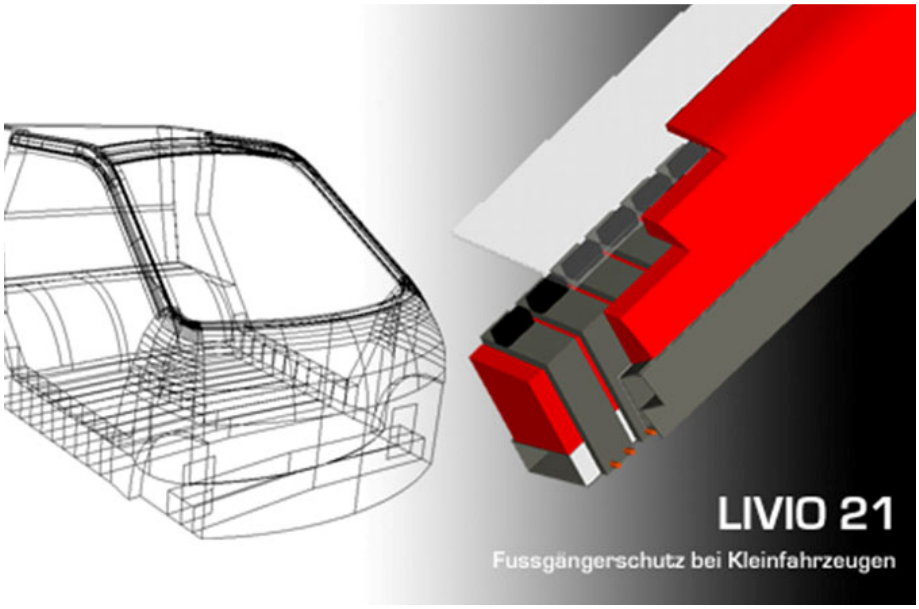
7.4. Studie weiche A-Säule

Eine grosse Gefahr für den Fussgänger ist bei einer Kollision mit einem Einvolumenfahrzeug der Aufprall des Kopfes auf die Windschutzscheibe oder den Scheibenrahmen. Während die Windschutzscheibe, vor allem in der Mitte, relativ weich ist, ist der Rahmen bei allen heute bekannten Fahrzeugen massiv und hart. Zum Beispiel ist die A-Säule ein Teil der Primärstruktur und leistet einen grossen Beitrag zur Torsionssteifigkeit des Fahrzeugs um die Längsachse. Zudem übernimmt sie grosse Lasten im Frontcrash und bei einem Überschlag.

An der Fachhochschule Nordwestschweiz entwickelten Marcel Stöcklin und Marco Volonté unter der Leitung von Prof. H.R. Manz ein interessantes Konzept für eine weiche A-Säule.

Es wurden mehrere Konzepte untersucht und nach verschiedensten Kriterien bewertet. Das Konzept „weicher Aufbau“ wurde dann weiter verfolgt. Dabei wurde angestrebt, die A-Säule im tragenden Querschnitt zu verkleinern und zurückzuversetzen. Auf diese neue A-Säule sollte ein weiches Material aufgebracht werden, welches die Aufprallenergie des Kopfes absorbieren kann. Im Rahmen einer Verfeinerung des Konzeptes wurde das Hauptaugenmerk auf die Halterung der Windschutzscheibe gelegt.

Bild 7.4.01: schematische Darstellung der weichen A-Säule



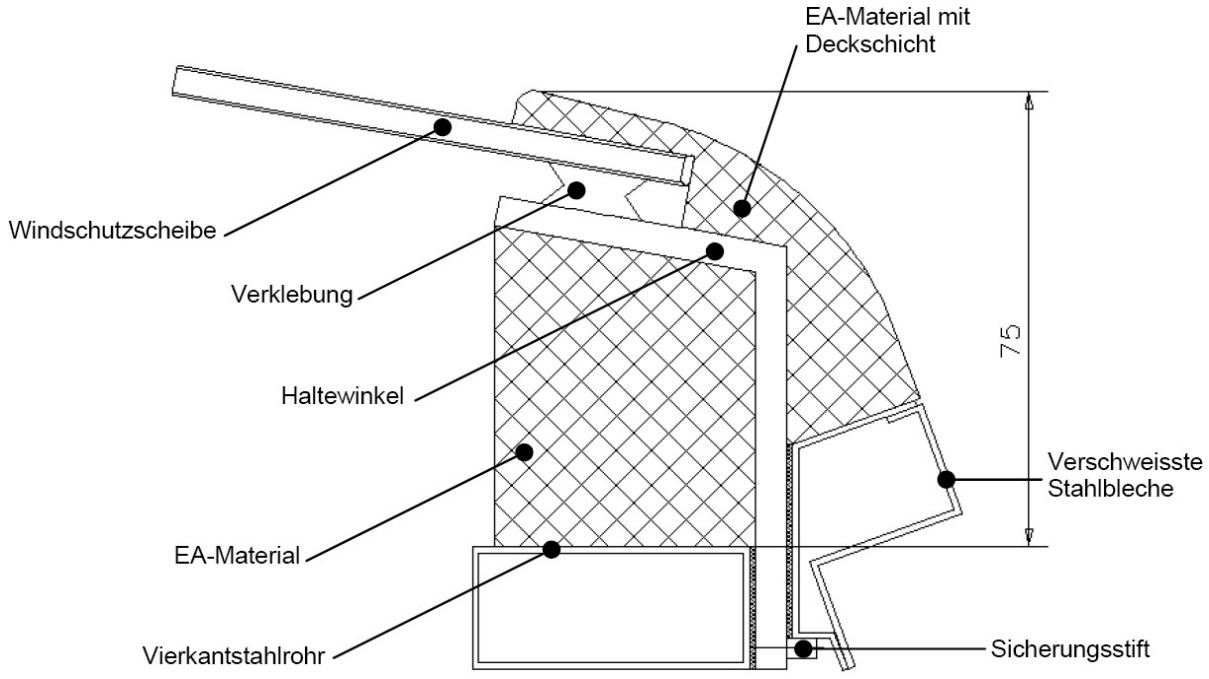


Bild 7.4.02: Querschnitt der neu entwickelten A-Säule mit weicher Oberfläche

Mit einer alternativen Konstruktion der A-Säule und Fixierung der Windschutzscheibe wurde versucht, die Verletzungsgefahr beim Aufprall zu reduzieren. Als Grundlage für die mechanische Auslegung der neuen A-Säule wurde an einem Smart Fortwo (diente auch als Basisfahrzeug für den Livio 21) die Steifigkeit (Torsion) gemessen. Mit den gewonnenen Daten konnte ein vereinfachtes FE-Modell des Fahrzeuges erstellt werden. Anhand dieses Modells wurden die Auswirkungen der Modifikationen auf die Fahrzeugtorsionssteifigkeit ermittelt.

Zwischen Windschutzscheibe und tragender A-Säule sowie als Abdeckung wurde ein Energie absorbierender Polyurethanschaum eingebracht. Um den Beitrag der Windschutzscheibe zur Fahrzeugtorsionssteifigkeit möglichst gut erhalten zu können, wurde die Scheibe mittels verschiebbarer Haltewinkel fixiert, welche in einer zweiteiligen A-Säule geführt sind. Im Rahmen der Studienarbeit wurden die einzelnen Elemente des neuen A-Säulenkonzepts inklusive Anbindung an die Windschutzscheibe im Detail sowie in den Auswirkungen auf das Gesamtfahrzeug ausgelegt und berechnet. Diese Modifikationen haben einen Torsionssteifigkeitsverlust von etwa 10% zur Folge. Dieser Verlust müsste durch Versteifungen im Bodenbereich des Fahrzeuges kompensiert werden.

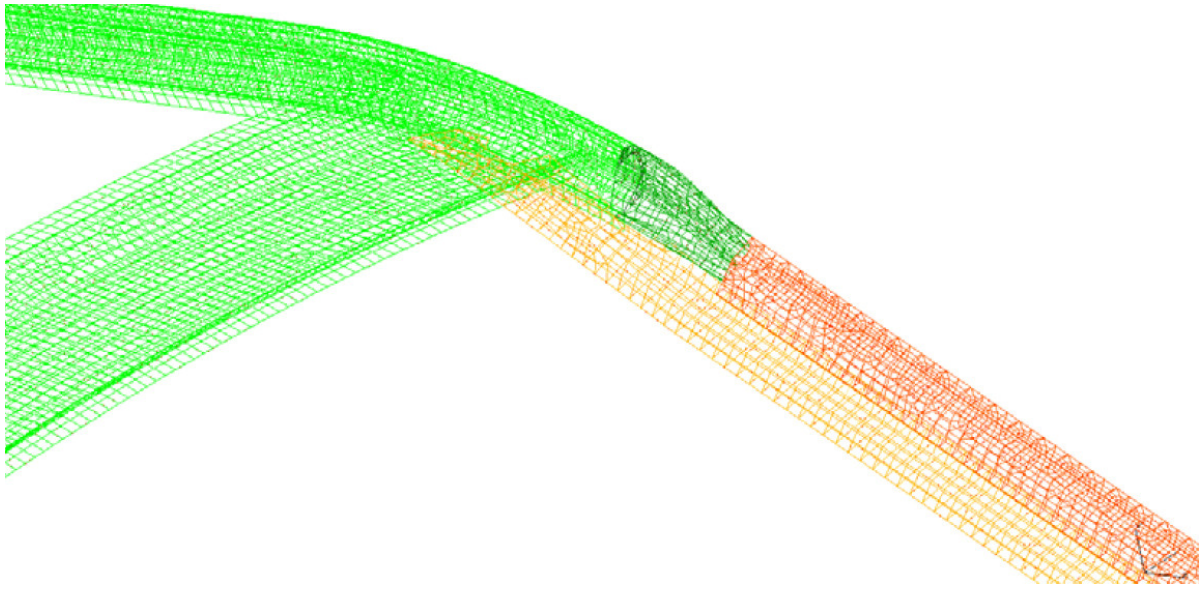


Bild 7.4.03: Modellierung der oberen Anbindung der neu entwickelten A-Säule mit weicher Oberfläche

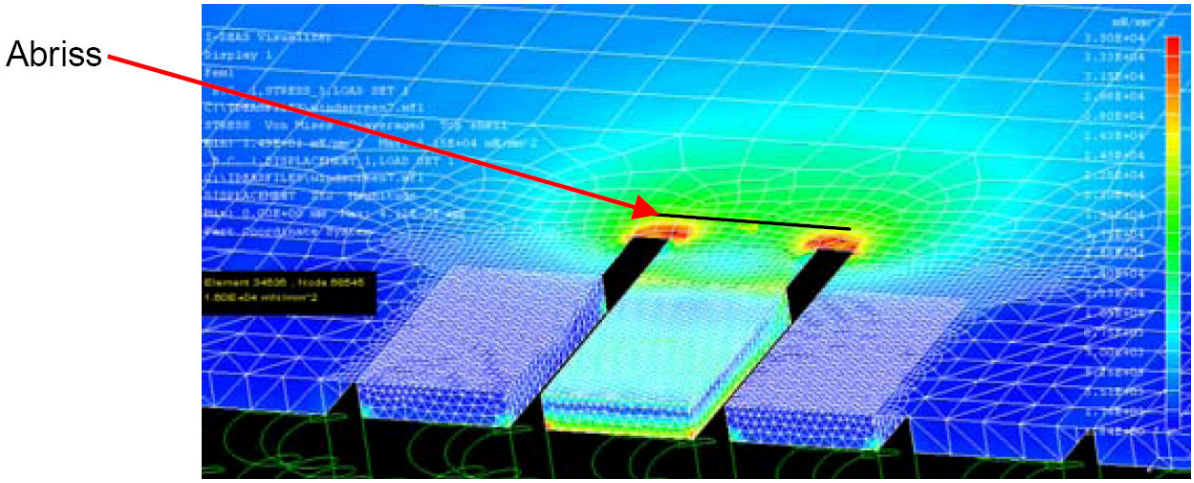


Bild 7.4.04: Berechnung der lokalen Belastungen der Frontscheibe bei einem Kopfaufprall auf die weiche A-Säule

7.5. erster Fussgängercrashtest 2005

Die mit dem LIVIO-21-Projekt forcierte Arbeit an einem wirksamen Schutz der Fussgänger bei einem Frontalaufprall auf ein Leichtbau-Fahrzeug entspricht der dringenden Suche nach geeigneten, technischen Lösungen. Mit den durch die Winterthur Versicherung durchgeführten Crashtests wollte man diese Entwicklung soweit bringen, dass eine möglichst geringe Verletzungsgefahr für die Fussgänger besteht.



Bild 7.5.01: Konfiguration beim ersten Fussgängercrashtest, Wildhaus, 17. Juni 2005





Bild 7.5.02: Airbag beim ersten Fussgängercrashtest, links: von innen, rechts: von aussen, Wildhaus, 17. Juni 2005

Die erste Priorität beim Crashversuch war das weiche Abfangen des Fussgängers. Deshalb wurde für den ersten Fussgängercrash am Versuchsfahrzeug eine leichte nachgiebige Frontstruktur und Stosstange montiert, die den Fussgänger im Knie- und Beckenbereich weich auffängt. Zum weichen Auffangen des Oberkörpers und des Kopfes wurde vor der Windschutzscheibe und deren Rahmen ein (von Hand gemachter) Airbag angebracht. Für den Versuch wurde der in Form einer Blume gestaltete Airbag bereits zuvor aufgeblasen, da gemäss Aussagen von Fachleuten die Erkennung des Crashs und das Auslösen des Airbags in der zur Verfügung stehenden Zeit kein Problem sein sollte.



①



②



③



④

Bild 7.5.03: erster Fussgängercrashtest Livio 21; Wildhaus; 17. Juni 2005

Als Nebeneffekt wollte das Projektteam sehen, ob das Eintauchen von Knien und Becken in die weiche Front die Rotationsbewegung nach dem Aufprall verhindern oder zumindest auf ein erträgliches Mass reduzieren kann.

Der Crashtest zeigte, dass mit einer weichen Frontstruktur und einem aussen liegenden Airbag als Kissen der Aufprall des Fussgängers stark abgeschwächt werden kann. Die Beine des Dummys sind weit in die Fahrzeugfront eingedrungen und das Becken wird (siehe Bild 7.5.03 - Aufnahme ①) weich abgefedert. Auch der Kopf wird durch den Airbag abgefangen (siehe Bild 7.5.03 - Aufnahme ②). So können schwere Verletzungen des Fussgängers beim Aufprall auf das Fahrzeug vermieden werden.

Die Versuche zeigten jedoch, dass trotz der weichen Struktur im unteren Bereich des Fahrzeugs, der Effekt einer Körperrotation beim "wegfliegen vom Auto" nicht verhindert werden konnte (siehe Bild 7.5.03 - Aufnahme ③). Infolgedessen erfolgt leider, wie bei der Simulation vorausberechnet, der Aufprall des Dummys mit dem Kopf voran auf dem Boden (siehe Bild 7.5.03 - Aufnahme ④), was bei einem realen Unfall höchstwahrscheinlich zu tödlichen Verletzungen führen würde.

Mit den getroffenen Massnahmen ist es dem Projektteam also gelungen, dass der Fussgänger den Aufprall auf das Auto wahrscheinlich mit geringen Verletzungen überleben würde. Dies ist ein erster Schritt in die richtige Richtung, kann jedoch nicht als Erfolg gewertet werden, da der Fussgänger sich beim Sekunden späteren Aufprall mit dem Kopf voran auf der Strasse mit grosser Sicherheit tödliche Verletzungen zuziehen würde.

7.6. die Rotation nach dem Aufprall verhindern

Nach den in Kapitel 7.5. beschrieben Ergebnissen des ersten Fussgängercrashtests waren also dringend gute Ideen gefordert, um die Rotation des Fussgängers nach dem Aufprall auf das Einvolumenfahrzeug zu verhindern.

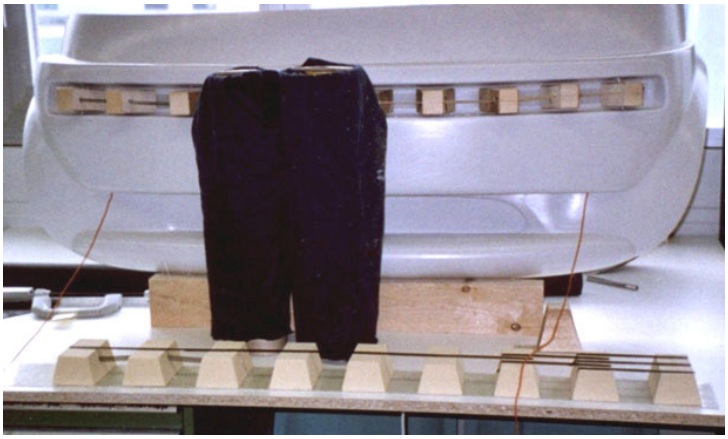


Bild 7.6.01: Idee 1 - "Vorhang", der aus den Seiten der Frontklappe hervor schiesst und den Fussgänger festhält

Der Crashtest zeigte dem Projektteam, dass durch gezielte Änderungen - Airbag und weichere Fahrzeugteile im Aufprallbereich - der Aufprall abgeschwächt werden kann und Erfolg versprechende Lösungen zu finden sind. Ein Fussgänger müsste jedoch gleichzeitig

an den Beinen kurz festgehalten werden, um die beobachtete Rotation beim "wegfliegen vom Auto" zu verhindern. Mit so einem Instrument ist die Voraussetzung gegeben, dass der Livio 21 nicht nur zu einem energieeffizienten Fahrzeug führt, sondern auch der Fussgängersicherheit gebührend Rechnung getragen wird - ein durchaus neues Verständnis von Mobilität im öffentlichen Raum. Auch Anton Brunner, Leiter „Unfallforschung“ bei den Winterthur Versicherungen und Experte bei Kollisionstests, hält fest, „dass mit einem kurzzeitigen Festhalten der Beine durch einen zusätzlichen Airbag die Rotation und damit die Kopfverletzungen weitgehend vermieden werden können. Die häufig bei Einvolumenfahrzeugen zu beobachtende Körperrotation wird vermieden, so dass der Dummy nicht mehr mit dem Kopf auf dem Boden landet.“

Eine erste Idee war eine Art "Vorhang", der aus der Seite der Fronthaube hervor schiesst und den Fussgänger festhält (siehe Bild 7.6.01). Dies könnte in Form eines Fangnetzes geschehen. Das Projektteam hatte jedoch keine Ideen, wie man einen funktionierenden Prototyp eines solchen Systems mit den zur Verfügung stehenden Mitteln und in der zur Verfügung stehenden Zeit realisieren könnte. Also mussten weitere Lösungsansätze gesucht werden.



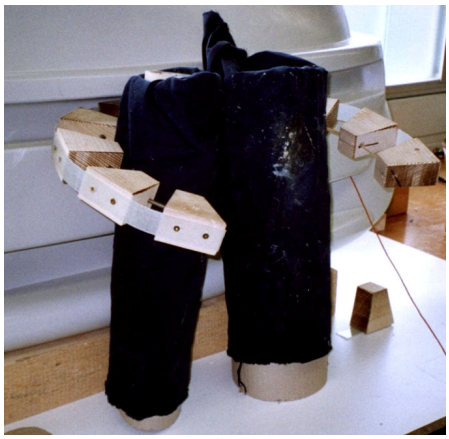


Bild 7.6.02: Idee 2 - vorgespannte "Feder" in der vorderen Stossstange, die sich um die Beine des Fussgängers schlingt und diese kurz festhält





Bild 7.6.03: Idee 3 - Kombination von Airbags und Klappmechanismus, die die Beine des aufprallenden Fussgängers kurz festhält

Eine zweite Idee war die Integration einer vorgespannten Feder in der vorderen Stossstange, die sich bei einem Aufprall um die Beine des Fussgängers schlingen würde (siehe Bild 7.6.02). Dieser Ansatz wurde mit Airbags im äusseren Bereich und einem Klappmechanismus in Fahrzeugmitte weiterentwickelt (siehe Bild 7.6.03). Dabei löst der (in Fahrzeugmitte) auftreffende Fussgänger die Airbags aus und bewirkt über sein Eintauchen in die weiche Struktur, dass die Airbags seine Beine kurz festhalten, um die Rotation beim "wegfliegen vom Auto" zu verhindern.

7.7. zweiter Fussgängercrashtest 2006

Bisher war immer noch unklar, wie gut die Idee, den Fussgänger kurz an den Beinen festzuhalten und so seine Rotation beim "wegfliegen vom Auto" zu verhindern in der Praxis wirklich ist. Es hätte durchaus sein können, dass dann gewisse unerwartete Effekte auftreten, die weiterhin zu höchstwahrscheinlich tödlichen Verletzungen führen.

Bild 7.701: Max Horlacher demonstriert den Versuchsaufbau, der im Crashtest untersucht werden soll





Bild 7.7.02: Funktionsweise des Klappmechanismus zum kurzfristigen festhalten der Beine des Fussgängers; durch das Eintauchen der Beine in die Weiche Stossstange umschliessen die Airbags die Beine des Fussgängers



Bild 7.7.03: Konfiguration beim zweiten Fussgängercrashtest, Wildhaus, 22. Juni 2006

Um mit einem praktischen Versuch zu überprüfen, ob das kurzzeitige Festhalten der Beine des Fussgängers zweckmässig ist, wurde die in Kapitel 7.6 beschriebene dritte Idee mit Airbags und Klappmechanismus in die Front des Livio 21 integriert. Der Airbag, der die Windschutzscheibe und deren Rahmen bedeckt wurde gegenüber Versuch 1 nicht verändert. Diese Konfiguration wurde am 22. Juni 2006 mit Hilfe der Winterthur Versicherung in Wildhaus getestet.

Der Fussgängercrashtest (siehe Bild 7.7.04) hat eindrücklich bewiesen, dass das kurzfristige festhalten der Beine des Fussgängers die Körperrotation wirkungsvoll verhindert. So landet der Fussgänger nach dem "wegfliegen vom Auto" mit den Beinen voran auf der Strasse, wodurch sich seine Überlebenschancen stark verbessern. Dieser Crashtest ist der erste den Spezialisten vom Projektteam bekannte Fussgängercrashtest mit einem Einvolumenfahrzeug, bei welchem die Rotation des Dummys verhindert werden konnte. Wenn eine solche neuartige, am Livio 21 entwickelte, Technologie an Einvolumenserienfahrzeugen realisiert würde, könnten also die Überlebenschancen von Fussgängern bei Zusammenstössen mit diesen Autos signifikant verbessert werden.

Die im zweiten Crashtest verwendete Konfiguration mit Airbags und Klappmechanismus, die in die Front des Livio 21 integriert wurden, funktioniert allerdings nur wenn der Fussgänger das Auto in der Mitte trifft. Die Weiterentwicklung der Idee führte schliesslich zu einem zweiten äusseren Airbag im Bereich der Stosstange, welcher die Beine des Fussgängers kurz festhalten sollte.

①


②


③


Bild 7.7.04: zweiter Fussgängercrashtest Livio 21; Wildhaus; 22. Juni 2006

7.8. Studie Fussgängerschutz für Leichtbaufahrzeuge

Für die Auslegung eines wirksamen Airbags muss zuerst die Aufprallkraft des Fussgängers auf das Auto abgeschätzt werden. Dies wurde an der Berner Fachhochschule für Technik und Informatik durch die Assistenten M. Schneider und H. Schwarzenbach und die beiden Studenten Benedikt Sturny und Christoph Schüpbach unter der Leitung des Dozenten B. Gerster im Rahmen einer Studienarbeit untersucht (Oktober 2006 bis März 2007).

Dabei wurden Berechnungen mit Hilfe des Kinematikprogramms Unigraphics NX 4 gemacht. Für diese Berechnungen müssen die Massen (Fahrzeug & Fussgänger), die Form und Gestallt (Fahrzeug & Fussgänger), die Aufprallgeschwindigkeit und die Verzögerung des Autos als Eingabegrössen bekannt sein.

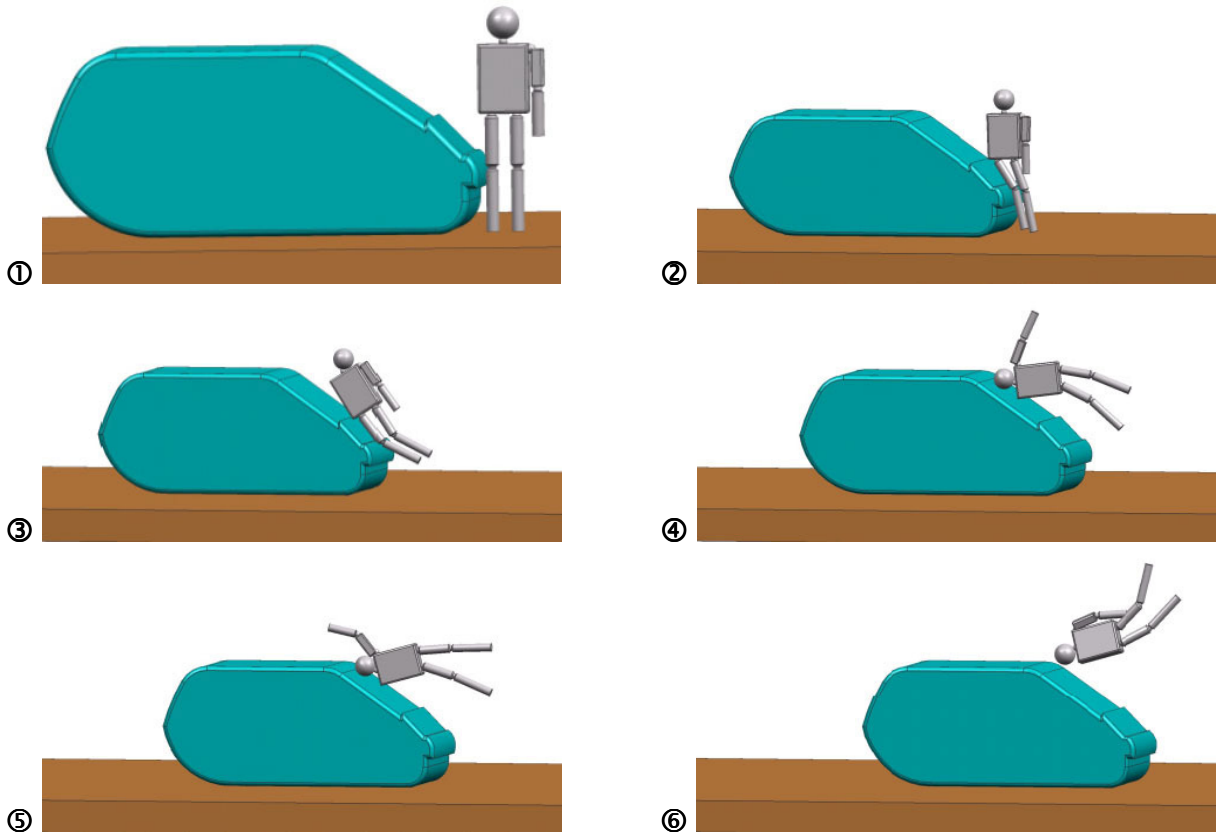


Bild 7.8.01: Simulation des Aufpralls eines Fussgängers auf die Front eines Leichtfahrzeugs

Ein Kinematikprogramm liefert nie so genaue Werte, wie sie ein Crashversuch mit einem Dummy, erlaubt aber eine gute und schnelle Abschätzung der auftretenden Kräfte ohne aufwändige Versuche. Die Resultate des Aufpralls können direkt aus der Simulation abgelesen werden. Beispielsweise beträgt die Kraft, mit welcher der Kopf auf die Frontscheibe auftrifft, im berechneten Fall 2457 N, was etwa 36 g entspricht. In der Simulation fuhr das Fahrzeug mit 40 km/h frontal in den Fussgänger, welcher seitlich zur Fahrbahn steht. Mit Hilfe dieser Werte konnte nun der Airbag ausgelegt und hergestellt werden.

7.9. dritter Fussgängercrashtest 2007

Für den dritten durch die Winterthur Versicherung durchgeführten Fussgängercrashtest im Juni 2007 in Wildhaus wurden sowohl auf Windschutzscheibe und Scheibenrahmen wie auch in der Stossstange professionelle Airbags von der Firma BST Safety Textiles GmbH (Maulburg Deutschland, siehe Kapitel 7.10) montiert. Durch die gezackte Konstruktion des Airbags in der Stossstange verhaken sich die Beine des auftreffenden Fussgängers und werden kurz festgehalten. Dieser Effekt funktioniert über die gesamte Breite der Fahrzeugfront, was ein bedeutender Fortschritt gegenüber der im zweiten Fussgängercrashtest verwendeten Konstruktion ist.

Für die Vereinfachung der Versuche wurden die Airbags schon vor dem Crash aufgeblasen. Experten sind der Meinung, dass die Erkennung des Unfalls und das rechtzeitige Auslösen der Airbags problemlos realisiert werden kann und daher nicht im Versuch nachgewiesen werden muss.



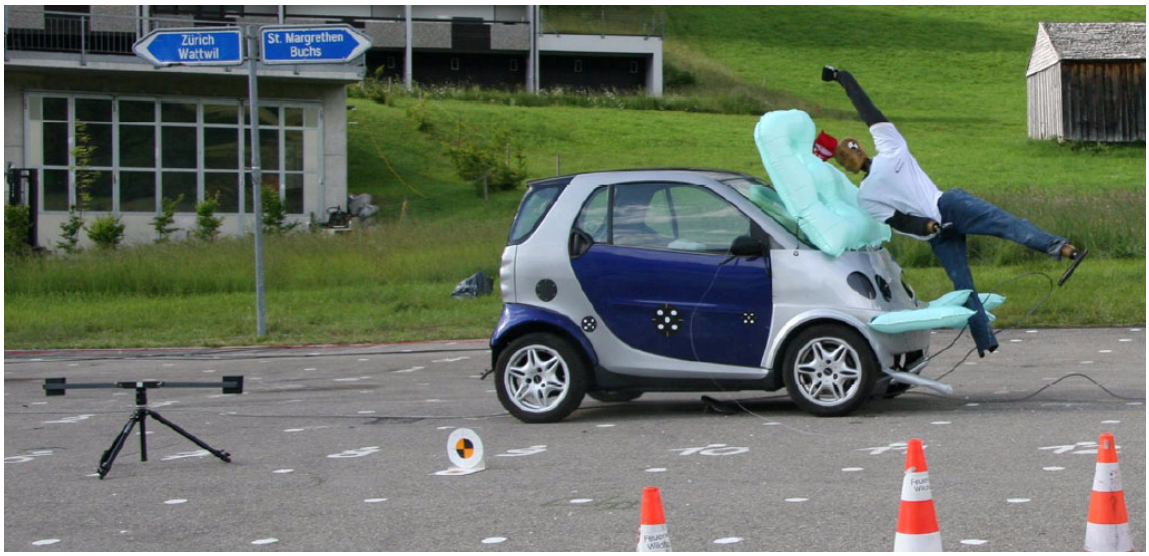
Bild 7.9.01: Konfiguration beim dritten Fussgängercrashtest, Wildhaus, Juni 2007

Bei diesem dritten Fussgängercrashtest konnten die Vorteile der am weitesten fortgeschrittenen Livio 21 Fahrzeugfont untersucht werden. Aufgrund der innovativen Leichtbauweise ist diese Konstruktion weitaus elastischer als bei heute üblichen Serienfahrzeugen. Die Energieabsorption beim Aufprall des Fussgängers zeigte zusätzliche Verbesserungen gegenüber den vorangegangenen Tests. Durch die optimale Energieaufnahme und durch das kurzzeitige Halten des Fussgängers konnte die gefährliche Rotation des Fussgängers weitestgehend vermieden werden.

Mit diesem am Livio 21 entwickelten Konzept kann ein Fussgänger bei einem Crash mit einem Einvolumenfahrzeug zum einen den Aufprall auf das Auto ohne grössere Verletzungen überstehen und zum anderen erst noch so weggeschleudert, dass er mit den Füssen zuerst auf der Strasse landet. Damit haben Fussgänger bei einem Unfall mit einem Einvolumenfahrzeug gegenüber dem heutigen Stand der Technik deutlich bessere Überlebenschancen und Aussichten auf signifikant weniger schwere Verletzungen.



①



②

Bild 7.9.02: dritter Fussgängercrashtest Livio 21; Wildhaus; Juni 2007

7.10. industrielle Umsetzung

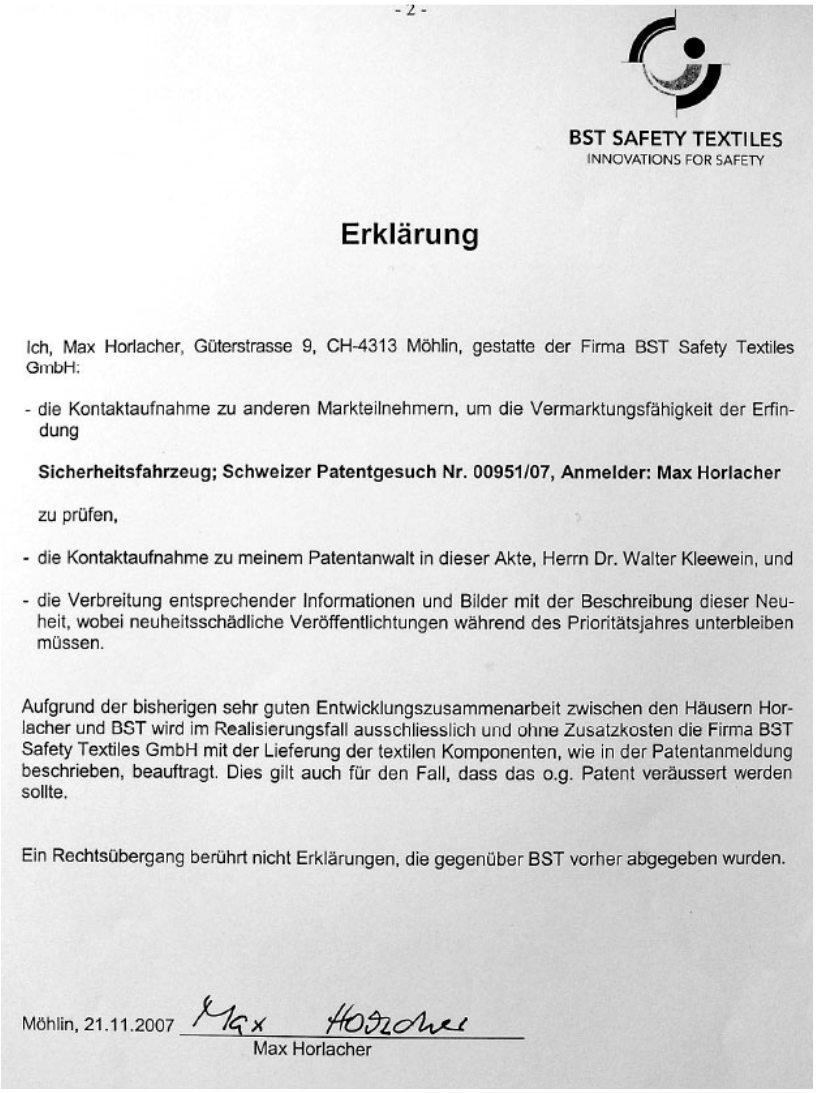
Basierend auf den wichtigsten Entwicklungen am Livio 21 Frontmodul hat Max Horlacher unter dem Titel "Sicherheitsfahrzeug" ein Patentgesuch eingereicht (Schweizer Patentgesuch Nr. 00951/07, siehe Anhang 6). Die Patentschrift fasst die wichtigsten am Frontmodul gemachten Erfindungen zusammen:

„Ein Fahrzeug, speziell ein Automobil, ist mit zwei Aussen-Airbags zum Schutz von mit dem Fahrzeug kollidierenden Personen ausgerüstet. Ein erster Airbag ist im Bereich der Stossstange angeordnet, ein zweiter Airbag befindet sich unterhalb der Windschutzscheibe. Ein mit einem Personensensor ausgestatteter Auslösemechanismus löst die beiden Airbags aus. Die Anordnung von zwei Airbags im Frontbereich des Fahrzeugs sowie eine spezielle Formgebung der Airbags reduziert das Verletzungsrisiko für die kollidierenden Personen grösstmöglich.“

Für die Entwicklung der Airbags im Frontmodul des Livio 21 konnte Firma BST Safety Textiles GmbH (Maulburg Deutschland) als Partner gewonnen werden. BST Safety Textiles GmbH entwickelt und forscht seit fast 20 Jahren nach optimalem Gewebe für Airbag-Anwendungen. Der textile Hintergrund reicht über 150 Jahre zurück. BST Safety Textiles GmbH stellt textile Gewebe her, die unter Berücksichtigung von umweltgerechten Kriterien

entwickelt und nach best verfügbarem Stand der Technik gefertigt werden. Die strengen ökologischen, wirtschaftlichen und qualitativen Vorgaben der Automobilindustrie motivieren zu kontinuierlicher Verbesserung in allen Bereichen. Das Unternehmen nutzt das im Projekt Livio 21 erarbeitete Know-how, um weiterhin Produkte und Innovationen für ein Plus an Sicherheit bereitzustellen. Max Horlacher gestattet mit seinem Schreiben vom 21. November 2007 der BST Safety Textiles GmbH die Kontaktaufnahme zu anderen Marktteilnehmern, um die Vermarktungsfähigkeit der Erfindung „Sicherheitsfahrzeug“ zu prüfen.

Bild 7.10.01: Erklärung zur industriellen Nutzung des Patentes von Max Horlacher durch die Firma BST Safety Textiles GmbH



- 2 -

BST SAFETY TEXTILES
INNOVATIONS FOR SAFETY

Erklärung

Ich, Max Horlacher, Güterstrasse 9, CH-4313 Möhlin, gestatte der Firma BST Safety Textiles GmbH:

- die Kontaktaufnahme zu anderen Markteilnehmern, um die Vermarktungsfähigkeit der Erfindung

  Sicherheitsfahrzeug; Schweizer Patentgesuch Nr. 00951/07, Anmelder: Max Horlacher

  zu prüfen,

- die Kontaktaufnahme zu meinem Patentanwalt in dieser Akte, Herrn Dr. Walter Kleewein, und

- die Verbreitung entsprechender Informationen und Bilder mit der Beschreibung dieser Neuheit, wobei neuheitsschädliche Veröffentlichtungen während des Prioritätsjahres unterbleiben müssen.

Aufgrund der bisherigen sehr guten Entwicklungszusammenarbeit zwischen den Häusern Horlacher und BST wird im Realisierungsfall ausschliesslich und ohne Zusatzkosten die Firma BST Safety Textiles GmbH mit der Lieferung der textilen Komponenten, wie in der Patentanmeldung beschrieben, beauftragt. Dies gilt auch für den Fall, dass das o.g. Patent veräussert werden sollte.

Ein Rechtsübergang berührt nicht Erklärungen, die gegenüber BST vorher abgegeben wurden.

Möhlin, 21.11.2007 Max Horlacher

Max Horlacher

Die vom Projektteam beim Livio 21 durchgeführten Forschungsarbeiten am Frontmodul waren eher grundlagenorientiert und dienten in erster Linie der Erarbeitung eines Konzeptes zur Verbesserung der Sicherheit von Fussgängern bei einem Crash mit leichten und kompakten Einvolumenfahrzeugen. Von der strukturellen Seite soll das Frontmodul weich sein, um die Beine und das Becken eines aufprallenden Fussgängers "sanft" abzufangen. Durch die Verwendung von leichten Airbags zur Verbesserung der Sicherheit, sollte das Frontmodul auch leicht gestaltet werden können.

Im Projekt Livio 21 wurde keine ausführliche Studie ausgeführt, wie ein dem erarbeiten Konzept entsprechendes Frontmodul im Detail konstruiert sein sollte, damit es alle Anforderungen erfüllt. Es ist nicht zu erwarten, dass beim vorliegenden Konzept die verbesserte Sicherheit, wie sonst im Automobilbau üblich, zu signifikant höherem Gewicht

führt. Durch geschickte Integration der Aufnahmen für die Airbags in das Frontmodul kann das Gewicht im Vergleich zu konventionellen Frontstrukturen wahrscheinlich sogar gesenkt werden.

Unter der für den Aufprall eines Fussgängers weichen und nachgiebigen Karosserieoberfläche des Frontmoduls sitzen komplexe multifunktionale Strukturen:

- die Wasserkastenstruktur unterhalb der Windschutzscheibe muss, wie es der Name schon sagt, das Wasser aufnehmen und ableiten, die Scheibenwischer, Scheibenwaschdüsen und neu auch den Windschutzscheibenairbag in zusammengefaltetem Zustand aufnehmen; diese Struktur sollte im normalen Betrieb des Fahrzeugs die Karosserieoberfläche sicher und steif abstützen, muss aber beim Aufprall eines Fussgängers diesen auch weich auffangen
- die Stossstangenstruktur muss neben den Fassungen für Lampen (je nach Design) neu auch den Stossstangenairbag in zusammengefaltetem Zustand aufnehmen; auch diese Struktur sollte im normalen Betrieb des Fahrzeugs die Karosserieoberfläche steif abstützen und muss aber beim Aufprall eines Fussgängers nachgeben, damit dieser in die Fahrzeugfront eintauchen kann; um diese widersprüchlichen Anforderungen zuverlässig zu erfüllen müssen wahrscheinlich gezielt Sollbruchstellen in das Bauteil eingearbeitet werden
- die Struktur hinter dem Frontspoiler muss sowohl im normalen Betrieb des Fahrzeugs die Karosserieoberfläche steif abstützen als auch bei einem Zusammenprall mit einem Fussgänger dessen Füsse steif abfangen; dadurch wird eine übermässige Belastung der Knie des Fussgängers vermieden

Solche komplexen multifunktionalen Strukturen werden bevorzugt aus faserverstärkten Kunststoffen hergestellt. Ein prinzipiell möglicher Prozess für solche Strukturen wäre das Spritzgiessen, wie es Rieter Automotive heute schon im Bereich von Wasserkästen angewendet wird. Da jedoch hohe Anforderungen an das Crashverhalten der Bauteile gestellt werden, wären wahrscheinlich die GMT oder GMTex Technologien am besten geeignet. Solche Teile könnten, wie beim Bodenmodul beschrieben, von den in dieser Technologie weltweit führenden Schweizer Firmen GK Tooling, Quadrant und Rieter umgesetzt werden. Vom Materialaufwand entsprechen die drei oben beschriebenen Strukturen zusammen ungefähr dem in Kapitel 4 beschriebenen Bodenmodul. Die Geometrie und damit auch die Formen sind jedoch wesentlich komplexer, wodurch die Werkzeuge um einiges teurer werden. Bei einer Realisierung dieser Teile für eine Kleinwagen Fahrzeugfamilie (200'000 $^{Autos}/_{Jahr}$) in der GMTex Technologie wäre also hier grob geschätzt mit einem Umsatz von ca. 30 Millionen $^{CHF}/_{Jahr}$ zu rechnen.

7.11. Ausblick

Die bisher vom Projektteam beim Livio 21 durchgeführten grundlagenorientierten Forschungsarbeiten am Frontmodul dienten in erster Linie der Erarbeitung eines Konzeptes zur Verbesserung der Sicherheit von Fussgängern bei einem Crash mit leichten und kompakten Einvolumenfahrzeugen. Das dabei entstandene Frontmodul-Konzept dient als Basis für weitergehende Entwicklungsarbeiten. Darauf aufbauend müsste nun ein industriell produzierbares Frontmodul ausgelegt und konstruiert werden. Dieses Frontmodul könnte mit der GMTex Technologie hergestellte Strukturelemente enthalten. Anhand einer solchen Studie könnten dann Gewicht und Herstellkosten des Frontmoduls seriös abgeschätzt werden. Mit den für eine Serienfertigung vorgesehenen Technologien

hergestellte Frontmodul Prototypen könnten dann für weitere Versuche und am Livio 21 für die Vermarktung des neuartigen Frontmoduls verwendet werden.

Im Weiteren könnte untersucht werden, ob auch gewisse Crashelemente der Fahrgastzelle, die für die Gewährleistung der Insassensicherheit wichtig sind, direkt in das Frontmodul integriert werden sollten. Damit können eventuell im Vergleich zu einer Montage an der Fahrgastzelle die Herstellkosten reduziert werden.

In zukünftigen Forschungsarbeiten sollte auch untersucht werden, ob das für den Kleinwagen Livio 21 erfolgreich entwickelte Frontmodul mit verbesserter Sicherheit bei Kollisionen mit Fussgängern auch auf andere Fahrzeugkategorien adaptiert werden kann. Das Projektteam glaubt, dass dadurch die Sicherheit von Fussgängern auch bei Kollisionen mit anderen in Agglomerationen verkehrenden Fahrzeugen erheblich verbessert werden könnte. Dabei denken wir zum Beispiel an entsprechend angepasste Frontmodule für Kleintransporter, Busse, Lastwagen oder auch Strassenbahnen.



Bild 7.11.01: konzeptionelle Ideenskizzen mit dem fächerförmigen Airbag: einerseits wird eine Kollision mit einem Fussgänger oder Radfahrer gedämpft und die Aufprallenergie somit absorbiert, anderseits dient der kurzzeitige Halt in den Fächern dazu, beim Zusammenprall die Gefahr des Wegschleudern und der Sekundärverletzung deutlich zu verringern

8. andere Module

Im Projekt Livio 21 wurden Forschungsarbeiten an den in den Kapiteln 4. bis 7. beschriebenen Boden-, Heck-, Dach- und Frontmodulen durchgeführt.

Das Basisfahrzeug Livio 21 bietet zusätzlich auch Möglichkeiten zur Erforschung neuer Ideen und Ansätze für Sitz-, Tür- oder Antriebsmodule. Aufgrund der Interessen der beteiligten Projektpartner sowie dem limitierten Finanz- und Zeitrahmen wurden an diesen Modulen im Rahmen des Projektes Livio 21 keine spezifischen Forschungsarbeiten ausgeführt.

8.1. Sitzmodul

Zur Zeit sind im Livio 21 die Originalsitze aus dem Smart Fortwo eingebaut, wobei auf Fahrer- und Beifahrerseite der Verstellmechanismus der Fahrerseite des Spenderfahrzeugs verwendet wurde.

Zukünftige Forschungsarbeiten sind in den Bereichen der Funktionalität (z.B. Anpassung an den Körper), der Struktur oder der Integration von Funktionen in die Struktur der Sitze denkbar. Zusammen mit dem Bodenmodul (siehe Kapitel 4.) können auch vollkommen neue innovative Sitzsysteme erforscht werden.

8.2. Türmodul

Die beim Livio 21 heute verwendeten Türen entsprechen in Struktur, Funktionalität und Innenverkleidung dem Spenderfahrzeug Smart Fortwo; nur die äussere Beplankung wurde der Form des Livio 21 angepasst.

Die Anbringung von für Fahrzeuge aus dem Hause Horlacher typische Schiebetüren wurde im Projektteam angedacht. Diese Idee wurde jedoch nicht weiterverfolgt, da die Prioritäten der Forschungsarbeiten aufgrund der Interessen der Projektpartner auf andere Module gelegt wurden. Neue Konzepte und Ideen für Fahrzeugtüren können jedoch in Zukunft am Livio 21 erprobt werden.

8.3. Antriebsmodul

Zur Zeit ist im Livio 21 das originale Antriebsmodul des Spenderfahrzeugs Smart ForTwo mit einem Benzinmotor inklusive hinterer Radaufhängung montiert. Da die am Projekt beteiligten Partner keine speziellen Kompetenzen im Bereich der Antriebstechnologien haben, wurden diesbezüglich auch keine Forschungsarbeiten durchgeführt. Der heute im Livio 21 eingebaute Benzinmotor könnte jedoch problemlos durch eine Dieselantriebseinheit vom Smart Fortwo ersetzt werden, was das Fahrzeug deutlich effizienter machen würde.

Beim Livio 21 ist das originale Smart Fortwo Antriebsmodul inklusive hinterer Radaufhängung mit einem Hilfsrahmen am Auto montiert. Dieser ist mit nur drei Schrauben mechanisch an der Primärstruktur des Basisfahrzeugs befestigt. Zusätzlich sind verschiedene Leitungen, wie elektrische Kabel, Bremsleitungen, Benzinleitungen, Wasserrohre zum Kühler, etc. an das Antriebsmodul anzuschliessen. Der Benzintank im Livio 21 befindet sich zwischen Antriebsmodul und den Sitzen.



Bild 8.3.01: ausgebautes Antriebsmodul des Livio 21

Für zukünftige Forschungsarbeiten im Bereich des Fahrzeugantriebs kann das bestehende Antriebsmodul (siehe Bild 8.3.01) des Livio 21 gegen ein innovatives Antriebsmodul, mit welchem neue Konzepte erprobt werden sollen, ausgetauscht werden. Zusätzlich ist unterhalb des Bodenmoduls viel Platz frei (siehe Kapitel 4.6), der für alternative Antriebe mit grösserem Platzbedarf genutzt werden kann.

9. Einsatz von Druckluft im Auto

Luft ist leicht, Druckluft kann zum Beispiel in den die Fahrzeugstruktur bildenden Hohlkörpern gespeichert und transportiert werden ohne das Gewicht zusätzlich stark zu erhöhen.

Im Projekt Livio 21 wurden verschiede Funktionen, wie z.B. die Verriegelung von Dach- und Heckmodul mit pneumatischen Elementen erfüllt (siehe Kapitel 5.2. und 6.2.). Dies sind neue Ansätze, die bisher bei Personenwagen nicht eingesetzt wurden. Besonderer Dank gilt hier der tatkräftigen Unterstützung der Forschungsabteilung von Prof. Dr. Kurt Stoll bei Festo. Diese hat beim LIVIO-21 Projekt verschiedene wertvolle Impulse und Entwicklungen eingebracht, beispielsweise wurden die mikro-pneumatischen Verschlussmechanismen für das Dachmodul, eigens für den Livio 21 konstruiert.

Anwendungsmöglichkeiten eines Druckluftsystems sind für verschiedene Aufgaben im Fahrzeug denkbar. Zum Beispiel arbeitet der von FESTO entwickelte „Muskel“ mit dehnbaren Schläuchen. Wird Druckluft hinein gegeben, so verkürzt sich deren Länge, es entsteht eine lineare Bewegung, die man für spezifische, Kraft beanspruchende Anwendungen nutzen kann. Verschiedene Aspekte einer Druckluft-Versorgung im Automobil müssen jedoch noch im Detail untersucht werden.



Bild 9.0.01: automobiltaugliches Druckluftaggregat mit 12 V Energieversorgung, wie es in Pannensets für Reifen eingesetzt wird; Quelle: www.swissroller.com

10. Design Alternativen

Das Design von Fahrzeugen ist extrem wichtig für den Erfolg einer Marke. Typischerweise beschäftigen sich grosse Teams bei den Autoherstellern mit der Designphilosophie, den markentypischen Gestaltungselementen und der Detailgestaltung von neuen Autos.

Um das markenneutrale Auftreten des Livio 21 sicherzustellen, wurde das Design des Basisfahrzeugs bewusst einfach, neutral und eher unauffällig gehalten. Dadurch wird den Projektpartnern die Möglichkeit geboten ihre Innovationen vielen potentiellen Kunden (Autohersteller) vorzustellen, ohne diese durch typische Elemente anderer Marken zu irritieren.

Bei der Herstellung von Serienfahrzeugen gibt es jedoch vielfältige Möglichkeiten Kleinwagen wie den Livio 21 attraktiv zu gestalten. Ein Beispiel ist die Design-Arbeit von Simon Michael Haltiner an der FHNW. Er hat einen Vorschlag erarbeitet, wie ein attraktives, mit modernen Elementen gestaltetes Fahrzeug mit den Abmessungen des Livio 21 aussehen könnte.

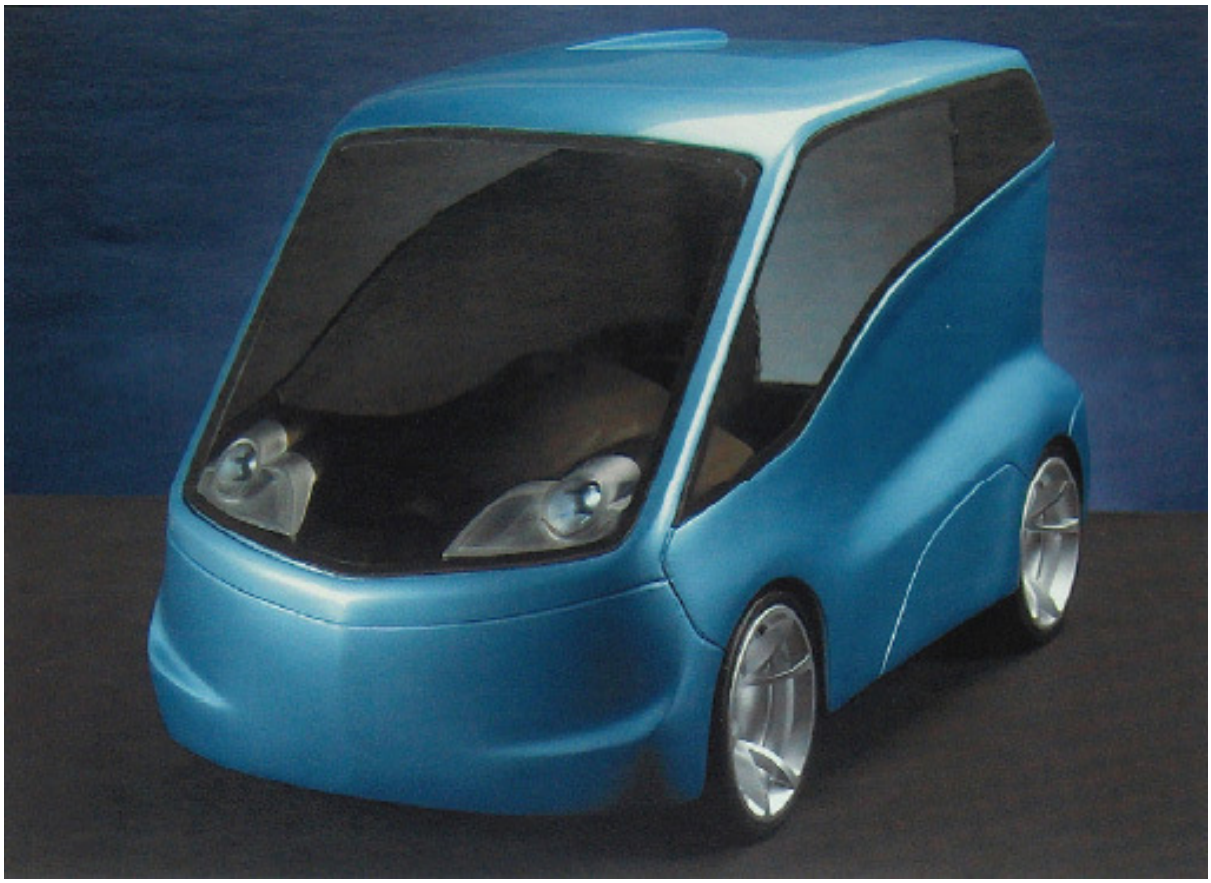


Bild 10.01: Designstudie Horlacher 6i von Simon Michael Haltinger

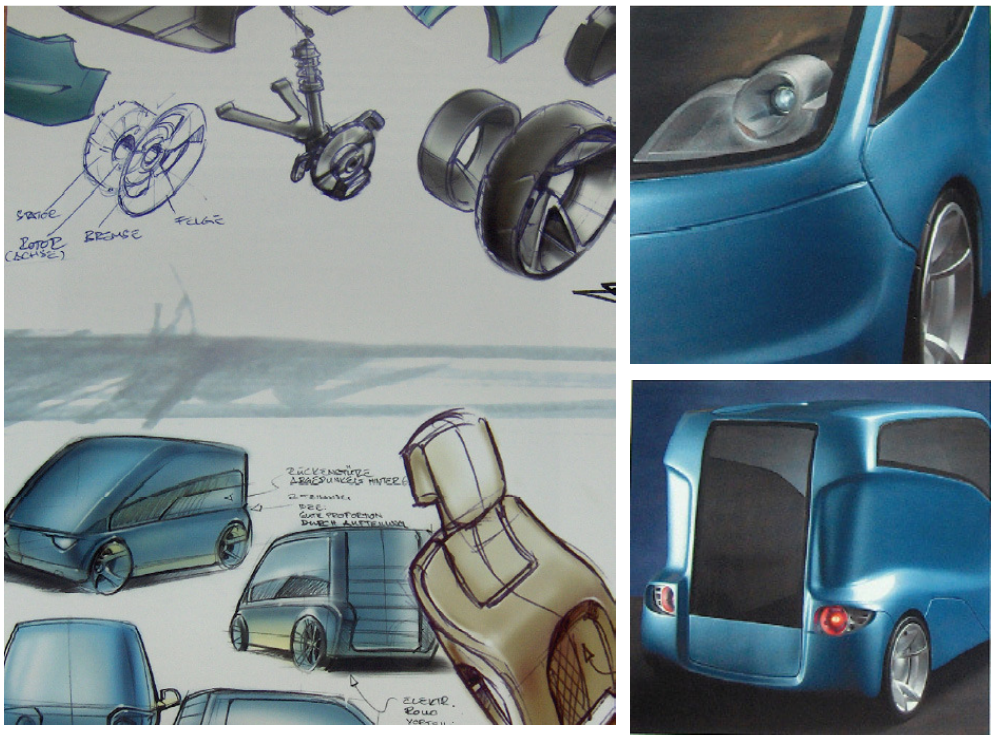


Bild 10.02: Skizzen und Details der Designstudie Horlacher 6i von Simon Michael Haltinger

Bild 10.03: Beschreibung der Designstudie Horlacher 6i von Simon Michael Haltinger

Horlacher 6i

Während meines Studiums habe ich mich auf Transport Design konzentriert. Aus diesem Grund machte ich in diesem Fachgebiet mehrere selbst initiierte Projekte und absolvierte während eines Semesters (2002) ein Praktikum bei BMW in München. Im Diplomprojekt wollte ich mich primär mit alternativen Antriebstechnologien auseinander setzen, da diese in absehbarer Zukunft ein zentrales Thema werden dürften. Die für ihre Pionierleistungen bekannte Schweizer Firma Horlacher bot sich deshalb für eine Zusammenarbeit an. Das Diplomprojekt Horlacher 6i basiert auf dem Grundkonzept des existierenden Horlacher Saxi. Horlacher 6i wurde in gemeinsamer Arbeit, im Hinblick auf eine potentielle Serienanfertigung, als Nahverkehrsbus neu gestaltet. Die Anzahl Insassen stieg von 4 auf 6, und Überlegungen zum Antriebskonzept führten zu externen Powerpacks, welche ein rasches Austauschen dieser Akkus ermöglichen. Der modulare Aufbau der Karosserie zielt auf niedrige Fertigungskosten und optimiert Reparatureigenschaften. Der Heckeinstieg wird durch die im Heckbereich vereinte Gürtel- und Schulterlinie thematisiert. Die ungewöhnliche «Face to face»-Sitzposition wird durch die sich nach oben hin öffnenden Flanken auch im Exterieur kommuniziert. Die zur Front hin wachsende Glasfläche symbolisiert Schutz für die Passagiere im Seiten- und Heckbereich. Seitlich unterteilt die markante Gürtellinie die Fahrgastzelle und das Fahrwerk, das einen kräftigen und soliden Eindruck vermitteln soll. Die tief nach unten reichende Windschutzscheibe sagt semantisch unmissverständlich: «Hier ist kein Motor – ich bin ein Elektrofahrzeug!»

11. Ausblick

11.1. nachhaltige Mobilität





Bild 11.1.01: Rund 20 Jahre liegen zwischen diesen beiden Fotos: links das VW 1-Liter-Fahrzeug aus Deutschland; rechts der Blue Angel aus dem Hause Horlacher; innovative Brückenkonstruktion als Hintergrund für fortschrittliche Automobiltechnik.

Das derzeitige Umfeld und die aktuellen Diskussionen um die beschränkten Erdölreserven und die Möglichkeiten von nachhaltiger Mobilität bestätigen die Relevanz des Projektes Livio 21 aufs Eindrücklichste.

- Neueste Erkenntnisse der Klimaforscher sind in den 2007 erschienenen IPCC - Berichten festgehalten und warnen vor einer weiteren Zunahme des CO_2-Ausstosses. Sie beeinflussen in starkem Masse auch die Verhandlungen zum Nachfolgeprogramm des Kyoto Protokolls.
- Unsicherheiten bei Prognosen und politischen Entwicklungen, ein noch nie gesehenes Preisniveau (deutlich über 100 Dollar pro Barrel im Sommer 2008) usw. machen Erdöl zum gefährlichen, weil unberechenbaren und begrenzenden Faktor der Wirtschaft. Anstrengungen zur Substitution sind einerseits durch die Erkenntnisse der Emissionsgefahren, anderseits durch die Fragen zur Energiequelle selbst verstärkt worden.
- In der 2007 publizierten Empa-Studie zu Biotreibstoffen wird die Umweltfreundlichkeit von gewissen Produkten angezweifelt. Die Unterschiede sind markant – vor allem bedingt durch den Anbau der Rohstoffe. Im Vergleich dazu schneidet der Solarstrom hervorragend ab – ein grosses Plus für Leichtfahrzeuge mit Elektromotorantrieben.
- Der Verkehr hat in der Schweiz nach wie vor einen Anteil von einem Drittel am Gesamtenergieverbrauch; 80 % erfolgt auf der Strasse.
- Martin Pulfer, Technologiebereichsleiter Verkehr beim BFE, stellte am 31. Oktober 2007 in Zürich die Strategie zur Verminderung des Energieverbrauchs vor: Saving, Shifting, Smoothing. Das Fernziel ist ein Flottenverbrauch von weniger als 3 Liter pro 100 km und die Nutzung von erneuerbarer Energie.
- Daniel Goeudevert, Mitglied des Club of Rome, hat sich in den 1980er-Jahren bei Ford und Volkswagen für kleinere und sparsamere Fahrzeuge eingesetzt. Er ist heute überzeugt, dass die Automobilindustrie nicht die Bedürfnisse der Kunden deckt, sondern sie eher erst weckt, und sie dann durch das Angebot stillt. In Zukunft wird es –

aufgrund der energiepolitischen und technologischen Veränderungen – zu einer grösseren Vielfalt kommen, angepasst auf örtliche Gegebenheiten, so auch beim Treibstoffangebot. (NZZ Folio 10/2007).

All diese Aussagen zeigen auf, dass zukünftige Fahrzeuge wesentlich weniger Energie verbrauchen oder, noch besser und, mit erneuerbarer Energie angetrieben werden. Verschiedene Prototypen haben in den letzten Jahren gezeigt, dass Fahrzeuge mit Verbräuchen von 1 - 2 $^{l}/_{100\ km}$ möglich sind. So wurden z.B. Leichtbaufahrzeuge der Firma Horlacher mit Hybridantrieben ausgerüstet. Auch der Volkswagen Prototyp V 1L mit einem Verbrauch von weniger als 1 $^{l}/_{100\ km}$ hat in der Öffentlichkeit viel Aufsehen erregt (siehe Bild 11.1.01).

Im Wesentlichen helfen drei Strategien den Energieverbrauch von Automobilen zu verringern:

- Verringerung des Fahrzeuggewichtes
- Verbesserung der Effizienz des Antriebs - von der Quelle bis ans Rad (well to wheel)
- Verringerung des Luftwiderstandes (besserer c_w Wert & geringere Querschnittsfläche)

Im Projekt Livio 21 haben wir uns auf die Verringerung des Fahrzeuggewichtes konzentriert. Untersuchungen haben gezeigt, dass 100 kg weniger Gewicht ca. 0.5 $^{l}/_{100\ km}$ weniger Verbrauch (≈ 12 $^{g}/_{km}$ weniger CO_2 Ausstoss) zur Folge haben. Von drei oben erwähnten Ansätzen hat der Leichtbau bei den heutigen Fahrzeugen sicher das grösste Energiesparpotential; weitere Überlegungen hierzu werden im Kapitel 11.2 dargestellt.

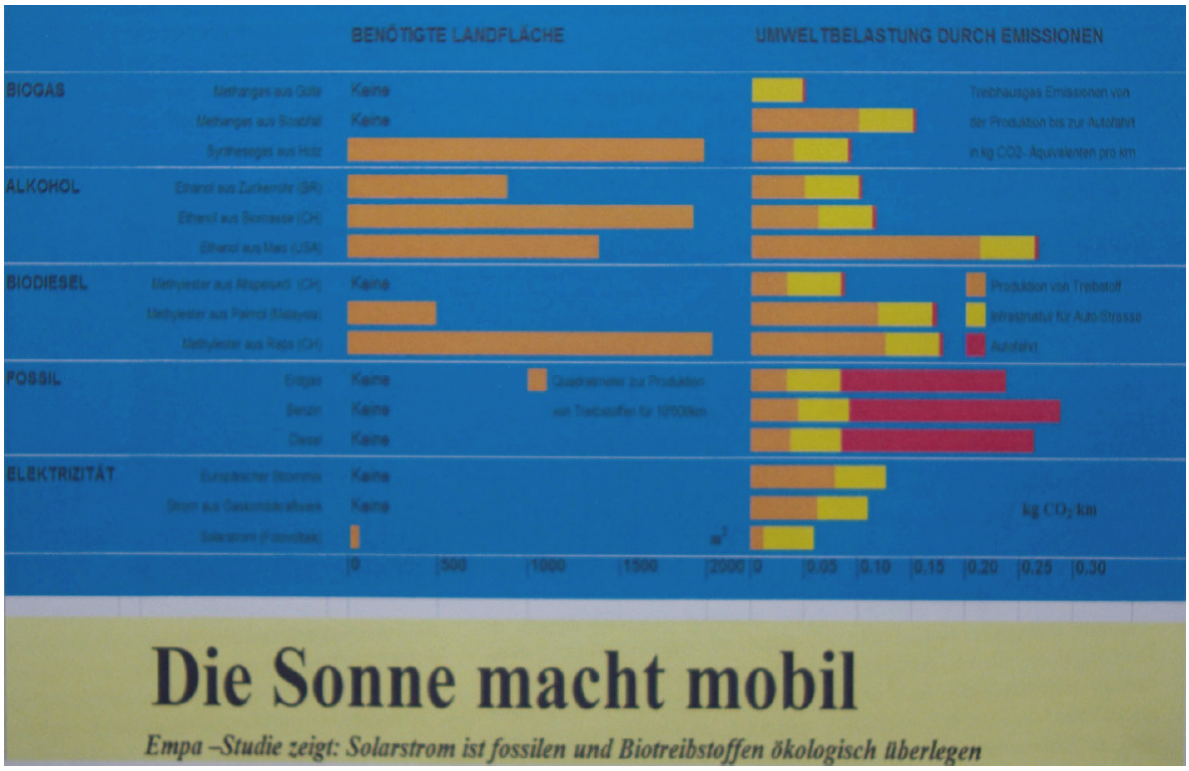


Bild 11.1.02: Gegenüberstellung verschiedener Treibstoffketten für Autos; Quelle: Sonntagszeitung 27. Mai 2007, basierend auf einer EMPA Studie

Beim Antrieb deutet vieles darauf hin, dass in Zukunft vermehrt Elektrofahrzeuge eingesetzt werden. Die Fortschritte, die in den letzten Jahren in den Batterietechnologien im

Allgemeinen und bei den Lithium-Ionen Batterien im Speziellen gemacht wurden lassen erwarten, dass die für Autos im Agglomerationsverkehr benötigten Strommengen mit akzeptablem Aufwand gespeichert werden können. Neben reinen Elektrofahrzeugen für kürzere Strecken bis ca. 100 km werden auch verschiedene Spielarten von Hybridantrieben in zukünftigen Autos zu finden sein. Das reicht von Mild-Hybriden mit einem kleinen Elektromotor zur Unterstützung des Verbrennungsmotors beim beschleunigen des Fahrzeugs bis hin zu elektrisch angetriebenen Autos, die einen kleinen Verbrennungsmotor mit Generator zur Vergrösserung der Reichweite haben.

Studien zeigen, dass neue Antriebstechnologien und auch erneuerbare Treibstoffe die Umweltbelastungen durch das Auto erheblich reduzieren können (siehe Bild 11.1.02). Max Horlacher: „Die kürzlich veröffentliche Empa-Studie zur Ökobilanz verschiedener erneuerbarer Treibstoffe hat deutlich aufgezeigt, dass der Solarstrom die besten Werte aufweist. Dies bestätigt unseren, vor Jahren bereits vertretenen Ansatz, mit Photovoltaik-Modulen Elektrizität zu produzieren, um mobil zu sein. Geeignet ist dies aber nur in Kombination mit den aufgezeigten Massnahmen zur Gewichtsreduktion und zu intelligenten Antriebssystemen."

Neben einem verbesserten Antrieb und einem verringertem Gewicht hilft auch ein verringerter Luftwiderstand den Energieverbrauch von Autos zu senken. Bei Fahrzeugen, die vorwiegend in der Stadt bei durchschnittlich sehr geringen Geschwindigkeiten bewegt werden, ist dieser Einfluss nicht sehr gross. Aber schon bei der in der Schweiz auf Überlandstrassen üblichen Geschwindigkeit von 80 $^{km}/_{h}$ hat die Aerodynamik einen bedeutenden Einfluss auf den Verbrauch der Fahrzeuge. Massnahmen zur Verbesserung der Aerodynamik können an der sichtbaren Karosserie, am Fahrzeugboden oder an den von der Luft durchströmten Teilen im Fahrzeug (z.B. Motorraum) erfolgen. Die wichtigsten Einflussgrössen für den Luftwiderstand sind der Luftwiderstandsfaktor c_w (siehe Bild 11.1.03) und die Querschnittsfläche der Autos.

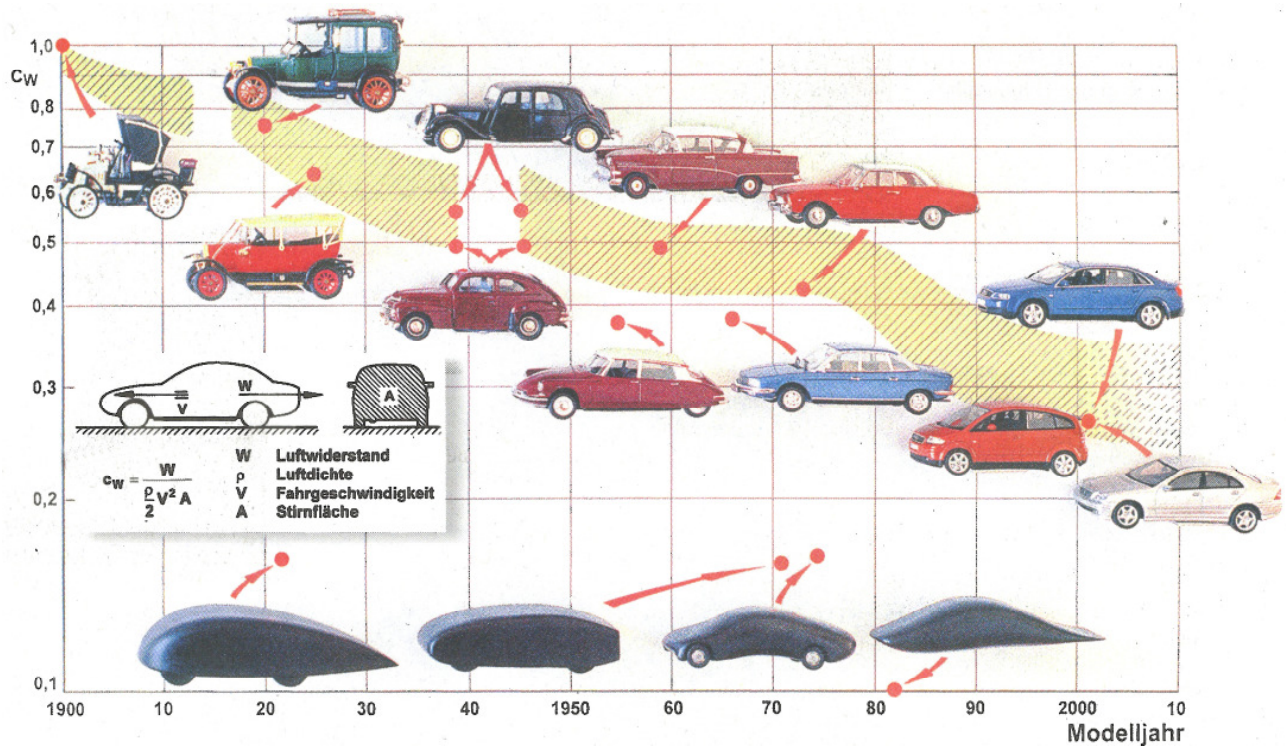


Bild 11.1.03:zeitliche Entwicklung des c_w Wertes von Autos; Quelle: Automobilrevue 30. Januar 2008

Konzepte für ökologische Fahrzeuge für den Überlandverkehr, wie zum Beispiel der VW 1L (siehe Bild 11.1.04) oder der Aptera Typ 1 (siehe Bild 11.1.05) aus den USA, versuchen neben Leichtbau und alternativen Antrieben auch aerodynamisch ein Optimum zu erreichen.



Bild 11.1.04: VW 1L; im Jahre 2002 vorgestellter Prototyp mit Diesel-Saugmotor (1 Zylinder, 299 cm³, 6.3 kW, 18.4 Nm, 29 kg), 290 kg schwer, mit einem Durchschnittsverbrauch von 0.99 $^{l}/_{100\ km}$



Bild 11.1.05: Aptera Typ 1; dieses Fahrzeug soll in den USA ab Ende 2008 für 29'900 USD verkauft werden; Plug-in Hybridantrieb, Durchschnittsverbrauch: 0.80 $^{l}/_{100\ km}$ (300 MPG); Quelle: www.aptera.com

11.2. leichte Fahrzeuge verringern den Energieverbrauch

Wie in Kapitel 11.1 dargestellt, gibt es bei Antrieb und Aerodynamik noch Möglichkeiten den Energieverbrauch von Autos zu optimieren. Das mit Abstand grösste Potential liegt jedoch im konsequenten Verringern des Fahrzeuggewichtes. Untersuchungen haben gezeigt, dass 100 kg weniger Gewicht ca. 0.5 $^{l}/_{100\ km}$ weniger Verbrauch zur Folge haben, was ca. 12 $^{g}/_{km}$ weniger CO_2 Ausstoss entspricht (siehe Bild 11.2.01). Bei einer Fahrleistung von 10'000 $^{km}/_{Jahr}$ führen also 100 kg weniger Gewicht zu einer Vermeidung von 120 kg CO_2 pro Jahr und Fahrzeug. Wenn **alle 4'000'000 Autos in der Schweiz 100 kg leichter** werden, können ohne weitere Massnahmen hochgerechnet also ca. **480'000 t CO_2 pro Jahr gespart** werden.

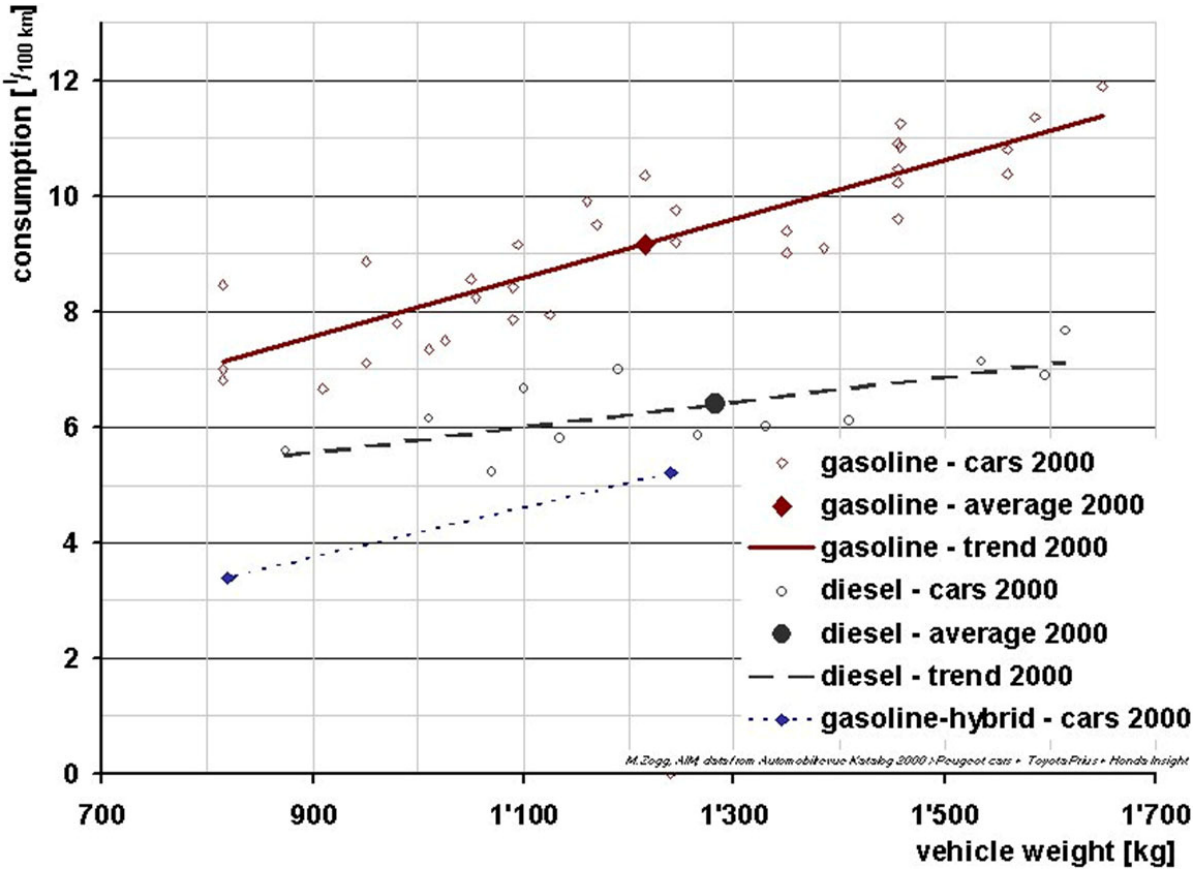


Bild 11.2.01: Verbrauch in Abhängigkeit des Fahrzeuggewichtes am Beispiel von Peugeot Fahrzeugen aus dem Jahre 2000; Quelle: /04/

Die Wichtigkeit des Gewichts für den Verbrauch von Autos wird auch durch die Aussagen von verschiedenen Experten bestätigt:

- Lino Guzzella, Professor an der ETH Zürich, weist seit Langem darauf hin, dass die Fahrzeugmasse der entscheidende Faktor für eine Reduktion des Energieverbrauchs darstellt. Daneben muss die gesamte Energiekette optimiert werden, also von der Primärquelle bis zum Rad.
- Murat Günak, Ex-Designchef von Volkswagen, erarbeitet mit der Mindset AG in Luzern ein zweisitziges Hybrid-Fahrzeug mit einem Gewichtsziel von 650 kg. Bereits 2008 sollen die ersten Prototypen realisiert werden (Quelle: auto, motor und sport, Okt. 2007).

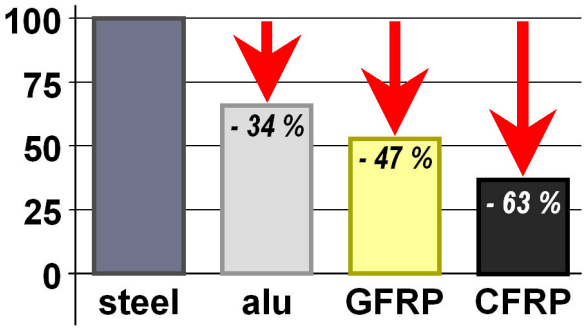
Effizienter Leichtbau kann durch die Verwendung von leichten Materialien mit guten mechanischen Eigenschaften und/oder mit konstruktiven Leichtbaumassnahmen erfolgen.

Extrem leichte und steife sowie stabile Strukturen, wie das Chassis von Rennwagen, Satelliten oder vermehrt auch die Strukturen von Flugzeugen werden heute mehrheitlich aus mit Kohlenstofffasern verstärkten Kunststoffen hergestellt. Auch in Kleinstserien hergestellte Sportwagen der oberen Preisklassen (z.B. Ferrari Enzo, Mercedes SLR, Porsche Carrera GT oder Bugatti Veyron) haben schon Primärstrukturen aus diesen Materialien.

Mit Kohlenstofffasern verstärkte Kunststoffstrukturen können im Vergleich zu Metallstrukturen bei gleicher Steifigkeit und Festigkeit, vor allem bei gerichteter Beanspruchung, signifikant leichter ausgelegt werden (siehe Bild 11.2.02). Zusätzlich haben die faserver-

stärkten Kunststoffe ein besseres Ermüdungsverhalten als Metalle und können im Crashfall bei gleichem Gewicht auch ein Vielfaches an Energie aufnehmen.

Bild 11.2.02: theoretisches Leichtbaupotential von verschiedenen Strukturwerkstoffen; basierend auf einer Mischung von Zug- und Biegeeigenschaften; Quelle: /05/



Auch mit konstruktiven Massnahmen kann das Gewicht von Strukturen verringert werden. Dabei wird zum einen versucht alles Material möglichst gut auszulasten, das heisst, das Material, das lokal nicht hoch belastet ist dort auch wegzulassen. Dies kann zum Beispiel durch Anbringen von Rippen oder durch die Verwendung von Sandwichelementen geschehen.

Ein weiterer wichtiger Ansatz ist die Integration von Funktionen. Einzelne Bauteile übernehmen dabei mehrere Funktionen anstatt, wie heute im Automobilbau üblich, für jede Funktion ein eignes Bauteil zu verbauen. Durch Integration von Funktionen in die Strukturkomponenten sollte es gegenüber der konventionellen Differentialbauweise möglich sein, sowohl Kosten als auch Gewicht zu sparen.

Faserverstärkte Kunststoffe haben im Vergleich zu Metallen ein besseres Potential zur Integration von Funktionen in Strukturkomponenten und bei vielen Verarbeitungsprozessen auch bessere Möglichkeiten mit komplexen Geometrien das Material optimal auszunutzen. Bei einer Verstärkung mit Kohlenstofffasern kommt noch das Leichtbaupotential des Werkstoffs dazu. Aus diesen Gründen können mit faserverstärkten Kunststoffen leichte Strukturen gebaut werden, die sowohl höchste strukturelle Anforderungen erfüllen als auch verschiedene Funktionen integrieren können. Daher ist zu erwarten dass in Zukunft auch vermehrt Autos aus diesen Werkstoffen hergestellt werden.

11.3. Fahrzeugstrukturen aus faserverstärkten Kunststoffen

Mit dem vom Bundesamt für Energie (BFE) unterstützten Aufbau des markenneutralen Fahrzeugs Livio 21 wurde eine Möglichkeit geschaffen neue Leichtbautechnologien und -lösungen nicht nur auf Prüfständen in Labors, sondern auch im realen Einsatz auf der Strasse zu erforschen. Bei den Forschungsarbeiten an den einzelnen Modulen haben die Projektpartner versucht die Vorteile der Faserverstärkten Kunststoffe bezüglich Leichbau möglichst gut auszunutzen.

In verschieden von Horlacher in den vergangenen Jahren hergestellten Elektromobil - Prototypen haben sich Leichtbaustrukturen aus faserverstärkten Kunststoffen im jahrelangen Einsatz über mehrere100'000 km bewährt (siehe Bilder 11.3.01 bis 11.3.04).

Bild 11.3.01:
Horlacher Carbon: Rennfahrzeug und im täglichen Einsatz;
Baujahr: 1990
Laufleistung: 100‘000 km
Gesamtgewicht: 350 kg
davon Batterien: 150 kg



Bild 11.3.02:
Horlacher Sport I: Testfahrzeug für verschiedene Batterietechnologien;
Baujahr: 1991
Laufleistung: 210‘000 km
Gesamtgewicht: 450 kg
davon Batterien: 110 kg



Bild 11.3.03:
Horlacher Sport II: Weiterentwicklung von Horlacher Sport I, steht im täglichen Einsatz;
Baujahr: 1992
Laufleistung: 120‘000 km
Gesamtgewicht: 460 kg
davon Batterien: 110 kg



Bild 11.3.04:
Horlacher Pickup: 4 Jahre Einsatz in den USA;
Baujahr: 1994
Laufleistung: 80'000 km
Gesamtgewicht: 500 kg
davon Batterien: 200 kg



Strukturen aus faserverstärktem Kunststoffen werden heute werden vor allem Hochleistungssportwagen aus dem obersten Preissegment eingesetzt (siehe Bilder 11.3.05 bis 11.3.07). Die tragenden Strukturen werden bei diesen in kleinsten Serien hergestellten Autos mit aus der Luft- und Raumfahrt bekannten Technologien realisiert. Vor allem wegen den in diesen Fahrzeugen installierten grossen Motoren und Antrieben sind diese Fahrzeuge mit über 1.3 t Leergewicht jedoch keine Leichtgewichte.

Bild 11.3.05:
Primärstruktur des Porsche Carrera GT aus faserverstärkten Kunststoffen;
Produktionsbeginn: 2001
Gesamtgewicht: 1'380 kg



Bild 11.3.06:
Schema der Primärstruktur aus faserverstärkten Kunststoffen und der Mechanik des Ferrari Enzo;
Produktionsbeginn: 2002
Gesamtgewicht: 1'365 kg

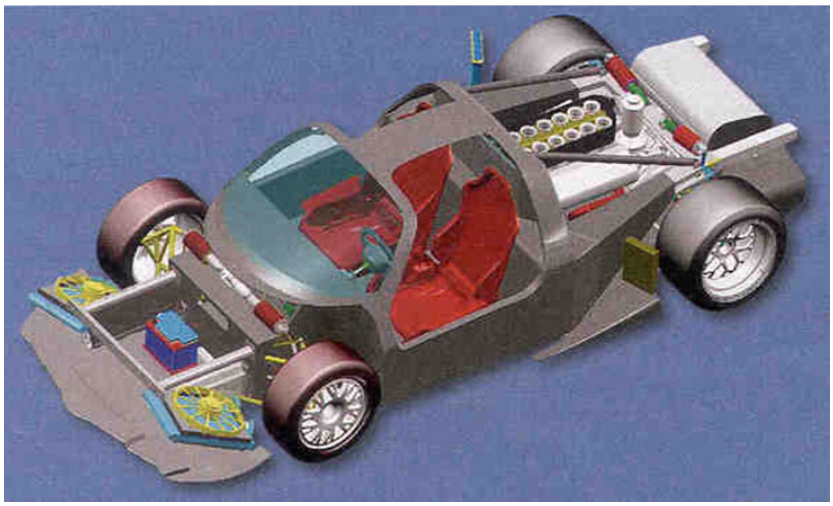




Bild 11.3.07:
Primärstruktur des Mercedes SLR aus faserverstärkten Kunststoffen;
Produktionsbeginn: 2003
Gesamtgewicht: 1'768 kg

Heute werden keine Fahrzeugstrukturen aus faserverstärkten Kunststoffen mit Technologien hergestellt, die sich für grosse Serien eignen. Ein verheissungsvoller Ansatz wurde von Chrysler mit dem CCV und den Folgeprojekten gemacht. Der damalige Chrysler-Vizepräsident Bob Lutz soll die Entwicklung dieses Kunststoff-Autos 1993 initiiert haben. Die Karosserie des Chrysler CCV wurde aus vier grossen Spritzgussbauteilen (2 innere und 2 äussere Schalen, PET) zusammengeklebt. Daraus ergab sich gegenüber heutigen Metallstrukturen ein völlig veränderter, leicht automatisierbarer Produktionsprozess. So würde der Aufbau eines Autos nur 6.5 Stunden (anstatt 19 Stunden bei einem konventionellen Auto) brauchen und die Werkzeugkosten könnten um 33 % reduziert werden. Die Investition ins Karosseriewerk für die Spritzgusskarosserie währen nur ein Drittel eines Werkes für eine herkömmliche Stahlkarosserie.



Bild 11.3.08:Chrysler CCV

Der Chrysler CCV wiegt nur 544 kg, wobei die Kunststoffkarosserie nur 95 kg wiegt. Als 1997 der Prototyp realisiert wurde, war der Entwickler Thomas Moore überzeugt: „Insgesamt ergibt das Kunststoff-Schalen-Prinzip ein äusserst stabiles Ganzes.“ Mit den Proto-

typfahrzeugen konnten alle gültigen US- und EU-Crashnormen erfüllt werden. Man war deshalb der Ansicht, dass die Zeit reif ist für neue Automobil-Konzepte. Das Spritzgussauto hat schliesslich seinen Weg in den Markt (noch ?) nicht gefunden. Aber es war ein äusserst interessanter Ansatz zur industriellen Umsetzung einer Kunststoffstruktur, der durchaus als Vorbild für andere dienen kann.

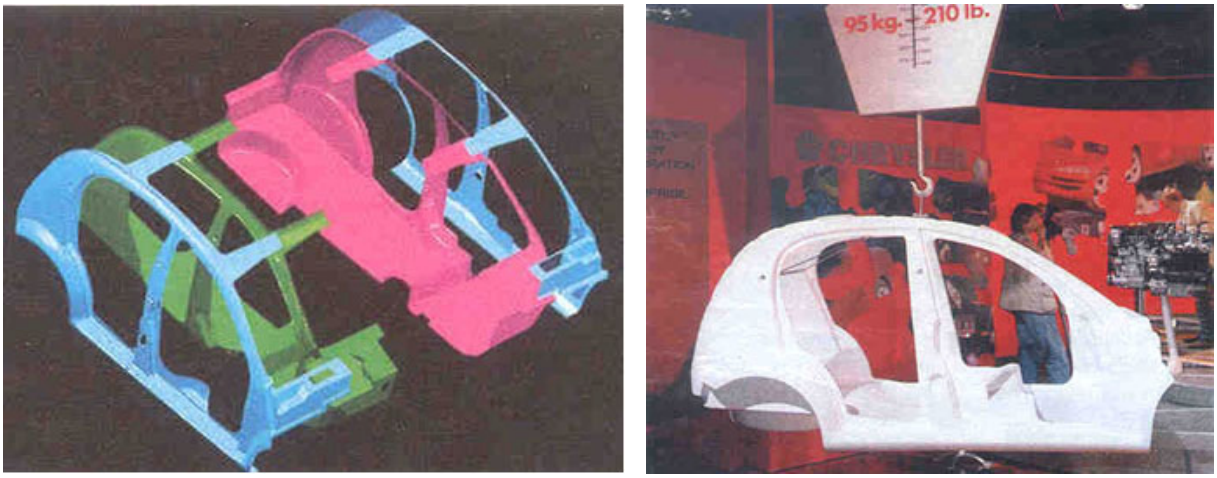


Bild 11.3.09:links: schematische Darstellung der Einzelschalen der Karosserie des Chrysler CCV; rechts: zusammengeklebte Rohkarosserie des Chrysler CCV

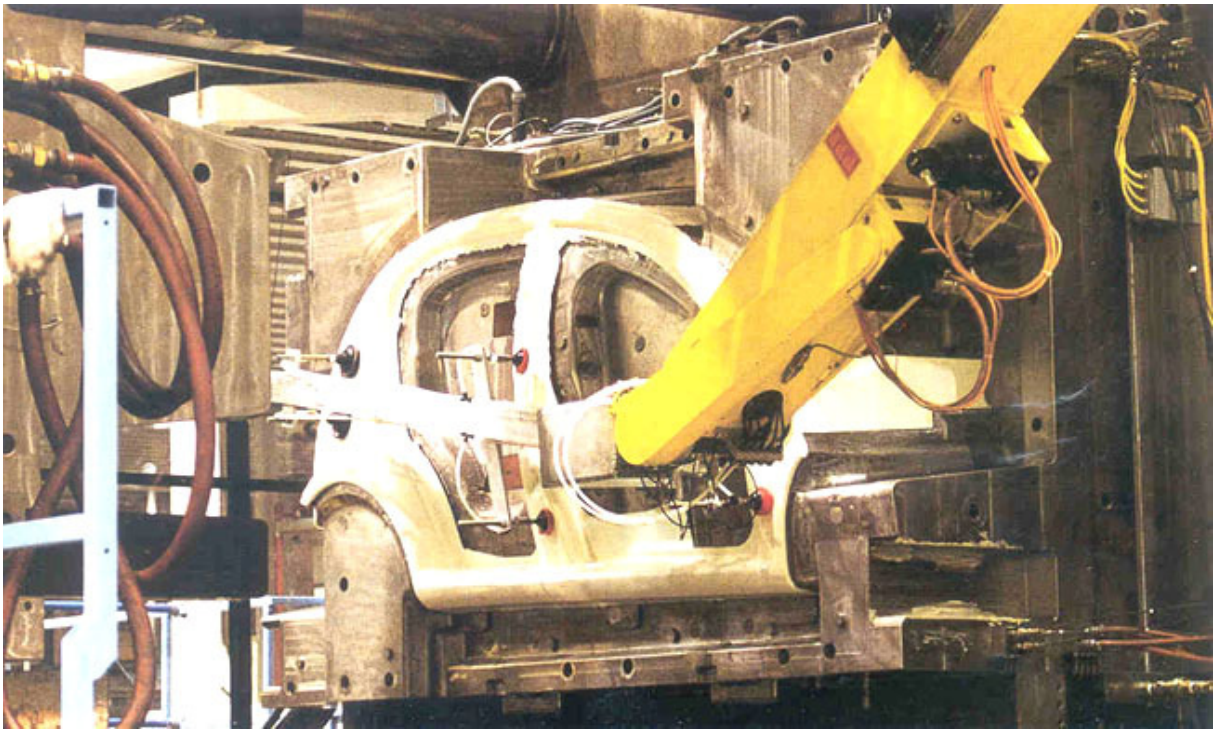


Bild 11.3.10:die rechte Aussenschale des Chrysler CCV wird aus dem Spritzgusswerkzeug entnommen

Ein weiterer wegweisender Ansatz wurde mit dem Horlacher Modultec vorgestellt. Dabei wurde ein Fahrzeug gezeigt, dessen Faserverbundstruktur aus wenigen Modulen zusammengeklebt wurde (siehe Bild 11.3.11). Crashtests mit solchen Strukturen haben bewiesen, dass mit diesem Ansatz sichere Kleinwagen aufgebaut werden können. Die Möglichkeit mit faserverstärkten Kunststoffen auch komplexe Geometrien zu realisieren führt zu einer Anzahl Module, die im Vergleich zu den Teilen herkömmlicher Metallstrukturen wesentlich kleiner ist.

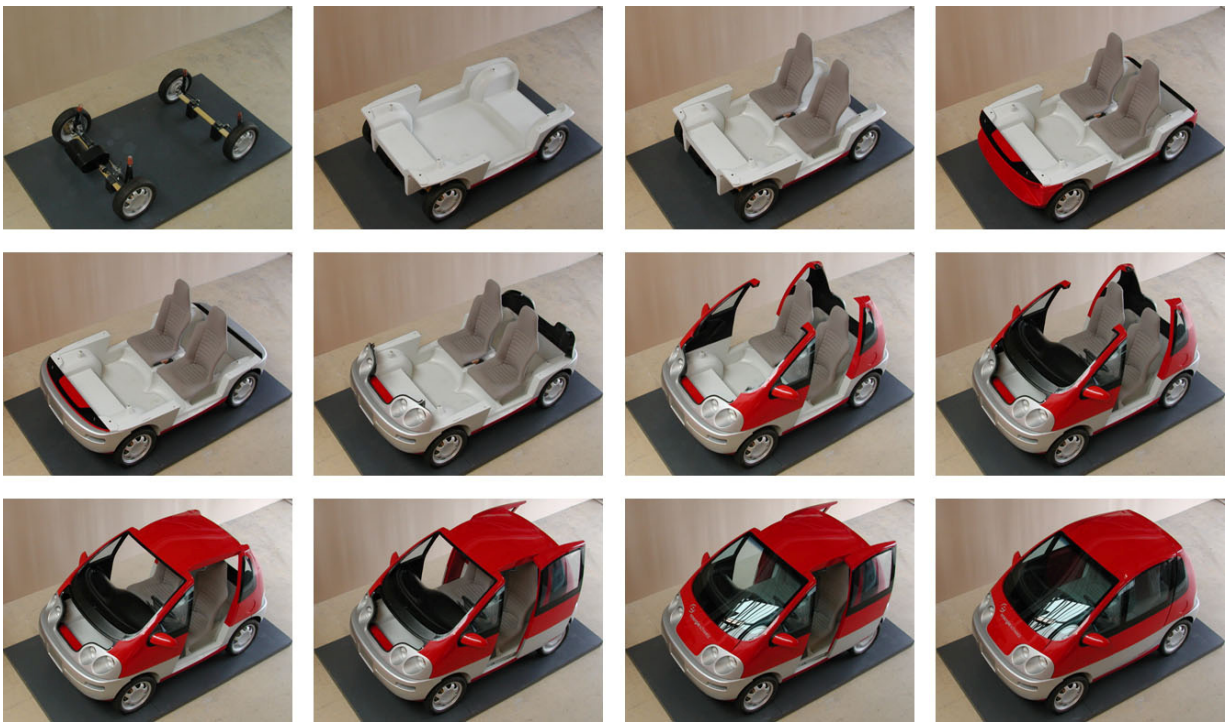


Bild 11.3.11:Aufbau des Horlacher Modultec aus verschiedenen vorgefertigten Modulen

Als "Weiterentwicklung" des Horlacher Modultec Ansatzes ist es denkbar, dass verschiedene Funktionen bei der Herstellung in die Module aus faserverstärkten Kunststoffen integriert oder dass vor dem Zusammenbau des Autos weitere funktionelle Teile angebracht werden. Dies würde die Fertigung von Autos wesentlich vereinfachen, da viele Einzelteile mit diesem Konzept nicht mehr unter schwierigen Arbeitsbedingungen in eine geschlossene Fahrzeugzelle eingebracht, sondern einfach an einem für die Arbeiter optimal platzierten Modul montiert werden können.

11.4. effiziente Fahrzeuge für die Zukunft

Verschiedene Prototypen haben gezeigt, dass durch Ausnutzung der spezifischen Vorteile, die faserverstärkte Kunststoffe gegenüber Metallen bieten, sehr leichte Fahrzeugstrukturen und somit auch äusserst effiziente Autos gebaut werden können. Bei Serienautos werden diese Vorteile heute nur bei in kleinsten Serien hergestellten Sportwagen des obersten Preissegmentes umgesetzt. Dabei werden aus der Luft- und Raumfahrt bekannte Verarbeitungstechnologien eingesetzt, mit welchen extrem leichte Strukturen mit kleinsten Stückzahlen (typischerweise in der Grössenordnung von 1 Stück pro Tag) hergestellt werden können.

Das Projekt von Chrysler, die Struktur des Chrysler CCV mit der für grosse Serien tauglichen Spritzgusstechnologie herzustellen, ist das einzige bisher bekannte Projekt, bei dem versucht wurde eine Fahrzeugstruktur aus faserverstärkten Kunststoffen mit einer grosserientauglichen Technologie herzustellen. Dieser Ansatz wurde leider nach der Übernahme von Chrysler durch Mercedes Benz nicht mehr weiter verfolgt. Es wurde auch nie kommuniziert, welche Überlegungen und Gründe zum Abbruch dieses interessanten Projektes geführt haben.

Um in Zukunft aber im grossen Stile bei der auf Autos basierenden Mobilität Energie sparen zu können, sind auch bei den in grossen Serien hergestellten kleineren und

mittleren Fahrzeuggrössen leichte Strukturen aus faserverstärkten Kunststoffen gefragt. Um dies realisieren zu können, gibt es hauptsächlich auf den folgenden drei Gebieten noch erheblichen Forschungs- und Vorentwicklungsbedarf:

- **Konzept & Konstruktion:** Eine intelligente Bauweise mit strukturell tragenden Modulen mit integrierten Funktionen, also eine Weiterentwicklung der beim Horlacher Modultec aufgezeigten Ideen, scheint dabei der aussichtsreichste Ansatz. Es muss erforscht werden, wie eine leichte und sichere Fahrzeugstruktur aus möglichst einfach herzustellenden Bauteilen aus faserverstärkten Kunststoffen aufgebaut werden kann. Dabei muss man die aus der Luft- und Raumfahrt bekannten "Technologiepfade" verlassen und auf leicht beherrschbare Verfahren zur Herstellung der einzelnen Module setzten, die auch mittlere und grosse Serien ermöglichen.
- **Integration von Funktionen:** Die einzelnen Module der Struktur sollten nach Möglichkeit verschiedene Funktionen wahrnehmen können. Anstatt, wie bisher üblich, für fast jede Funktion ein separates Bauteil ins Auto zu montieren sollten diese Funktionen wenn immer möglich in die Modulstruktur integriert werden. Dieser Ansatz ermöglicht es gleichzeitig Gewicht und Kosten zu sparen.
- **Materialien & Verarbeitungsprozesse:** Es gibt viele Technologien zur Herstellung von Bauteilen aus faserverstärkten Kunststoffen; aber keine eignet sich in den heute bekannten "Ausführungen" für die Herstellung von strukturellen Modulen aus faserverstärkten Kunststoffen in grösseren Serien. Gefragt sind neue oder weiter entwickelte automatisierbare Prozesse, mit denen "net-shape" (ohne dass Abfälle entstehen) strukturell tragende, leichte Module mit integrierten Funktionen hergestellt werden können. Während bei den Prozessen Innovationen in grösserem Ausmasse notwendig sind, sind auf der Materialseite sowohl bei den Verstärkungsfasern als auch bei den Duro- und Thermoplasten für Matrices weitere Fortschritte in kleinerem Ausmass zu erwarten.

Wenn die drei beschriebenen Forschungsgebiete parallel in einem Projekt weiter entwickelt werden, besteht die Gefahr sich zu verzetteln. Sinnvoller ist es, sich auf die wichtigsten Themen zu konzentrieren, die eine schnelle Umsetzung von Fahrzeugstrukturen aus faserverstärkten Kunststoffen erlauben. Kein Autohersteller wird das Risiko eingehen für ein in grossen Serien herzustellendes Fahrzeugmodell bei der Primärstruktur auf eine Technologie zu setzen, die noch nicht über längere Zeiträume erprobt ist. Daher ist zu erwarten, dass Fahrzeugstrukturen aus faserverstärkten Kunststoffen zuerst bei in kleinen Serien hergestellten Fahrzeugen möglich sein werden. Dabei muss aber der Schritt von Sportwagen des obersten Preissegmentes zu effizienten Kleinwagen für den Agglomerationsverkehr gemacht werden. Sinnvollerweise legt man den Forschungsschwerpunkt in den nächsten Jahren auf die Gebiete "Konzept & Konstruktion" und "Integration von Funktionen". Bei den "Materialien & Verarbeitungsprozessen" kann man sich dabei auf bewährte Technologien, wie zum Beispiel das Nasslaminierverfahren mit Epoxidharzen konzentrieren. Dieses Verfahren ist handarbeitsintensiv und daher in der Schweiz nur für kleinste Serien geeignet. In Ländern mit tieferem Lohnniveau könnten damit aber mit geringen Investitionen auch mittlere Fahrzeugserien mit einigen 1'000 Autos pro Jahr wirtschaftlich hergestellt werden.

In der Schweiz gibt es eine weltweit einmalige "Dichte" an Unternehmen die in der Faserverbundbranche tätig sind. Neben Verarbeitern, wie zum Beispiel Rieter Automotive, Horlacher oder Alcan Composites, sind dies mehrheitlich Firmen, die Materialien oder Halbzeuge herstellen und weltweit vertreiben, wie zum Beispiel Quadrant Composites,

Alcan Airex, Sika, Dow, Ems Chemie, Hunstman oder Gurit. Zusätzlich gibt es in der Schweiz einige Firmen, die Maschinen zur Herstellung von Materialien und Halbzeugen oder zur Verarbeitung von faserverstärkten Kunststoffen produzieren. Als Beispiel ist hier Rieter Textile Systems erwähnt, die Maschinen zur Herstellung von Glasfasern anbieten. Zudem wird erwartet, dass im Bereich der Automobilherstellung in Zukunft ein deutlich höherer Anteil der Wertschöpfung durch die Zulieferer erfolgt. Forschung, Vorentwicklung, Entwicklung und Produktion von innovativen Komponenten übernehmen dabei spezialisierte Institute und Firmen. Wenn mehr und mehr effiziente und leichte Fahrzeuge Strukturen aus faserverstärkten Kunststoffen aufweisen, stellt dies also eine besondere Chance für die oben erwähnten Schweizer Unternehmen dar, die unbedingt genutzt werden sollte. Forschungsprojekte, wie Livio 21 unterstützen diese Bemühungen in nachhaltiger Weise.

12. Literatur

/01/ Jürg Wellstein, *Wellstein Kommunikation GmbH*
Max Horlacher, *Horlacher AG*
Livio 21 - Schlussbericht Band 1 - ein Beitrag zu nachhaltiger Mobilität und verbesserter Fussgängersicherheit; 2008

/02/ Max Horlacher, *Horlacher AG*
Thomas Efler, *Horlacher AG*
Träume, Ideen, Realität - leichtere & effizientere Fahrzeuge für die Zukunft, Vortrag an der EcoCar Pressekonferenz, Automobilsalon Genf, 2. März 2005

/03/ Max Horlacher, *Horlacher AG*
Markus Zogg, *Rieter Automotive Management AG*
Wechselwirkung zwischen politischen Zielvorgaben und technischen Innovationen von Industrie und Forschungsanstalten; Bundesamt für Energie, Energie-Forschungstagung Verkehr / Akkumulatoren, Verkehrshaus Luzern, 18. September 2002

/04/ Markus Zogg, *Rieter Automotive Management AG*
Livio 21; Bundesamt für Energie, BfE Forschungs-konferenz Verkehr / Akkumulatoren, PSI Villigen, 15. Juni 2005

/05/ Markus Zogg, *Inspire ICS*
Neue Wege zum Recycling von faserverstärkten Kunststoffen; Diss ETH Nr. 11'946; 1997

Anhänge

Anhang 1: Projektpartner

Horlacher AG

Hompage:	www.horlacher.ch
Adresse:	Horlacher AG Güterstrasse 9 4313 Möhlin
Ansprechpartner:	Max Horlacher Thomas Efler
Projekt Livio 21:	Projektleitung sowie Aufbau des Basisfahrzeugs und von verschiedenen Modulen

Die Horlacher AG, gegründet 1962, hat sich auf die Entwicklung und Herstellung von Produkten aus Verbundwerkstoffen, insbesondere faserverstärktem Kunststoff spezialisiert. Sie ist eine private Aktiengesellschaft und wird geleitet von Max Horlacher und Gerhard Obrist. Die Horlacher AG liefert Fertigteile und Montage-Einheiten an diverse Industriezweige. Ihr Service beinhaltet auch die Anfertigung von Modellen, Formen und Prototypen.

Die Horlacher AG stellt Produkte aus faserverstärktem Kunststoff her die folgende Eigenschaften und Vorteile aufweisen:

- geringes Gewicht
- keine Korrosionsprobleme
- komplexe Formgebung ausführbar
- Integration mehrerer Funktionen in den Teilen möglich
- attraktive Oberflächenbeschaffenheit (strukturell oder glatt, matt oder glänzend; Farben nach RAL oder NCS)

Die Produkte umfassen folgende Bereiche:

- Verschalungsteile für Eisenbahnwaggons, Tram und Busse
- Elektro- und Leichtfahrzeuge
- Fassaden, Möbel, Dekoration, Design
- Abdeckungen für diverse Industriezweige

In enger Zusammenarbeit mit bewährten Partnern, bietet die Horlacher AG ihren Kunden sämtliche Herstellungsschritte an:

- Entwicklung
- Modellbau
- Formenbau
- Produktion

Für Konstruktionen werden moderne CAD-Systeme verwendet. Die Kunden profitieren von dem Vorteil nur einen Ansprechpartner zu haben, was Ihren organisatorischen und administrativen Aufwand verringert und gleichzeitig Zeit und Kosten spart.



Bild A1.01: Horlacher Firmengebäude mit Horlacher Elektromobilen (oben links) sowie einige Teile, die von der Horlacher AG hergestellt werden; Quelle: www.horlacher.ch

Die Horlacher AG fertigt in kleinen bis mittelgrossen Stückzahlen und kann ihren Kunden folgende Verarbeitungsmethoden anbieten:

- Handlaminier-Verfahren
- Sheet Moulding Compound (SMC) / Prepreg
- Vacuum-Injektion (VARTM)
- Expandierharz-Systeme

Die Horlacher AG beliefert diverse Industriezweige in der Schweiz und in Europa. Zu ihren Kunden gehören unter anderen Alcan MTS, Bombardier Transportation (Europa), Liebherr Verkehrstechnik, GBM Mittenwalde, Siemens Transportation Systems, Stadler Rail AG und Stoll Giroflex.

Rieter Automotive

Hompage:	www.rieter.com
Adresse:	Rieter Automotive Management AG Schlosstalstrasse 43 8406 Winterthur
Ansprechpartner:	Markus Zogg (bis 2006) Axel Bertram (ab 2007)
Projekt Livio 21:	konzeptionelle Auslegung des Basisfahrzeugs und Mitarbeit bei der Auslegung der Module aus Sicht des Zulieferers

Lösungen für akustischen Komfort und Hitzeschutz, Innenausstattung, Produkte, Systeme und Bauteile - all dies und einiges mehr gehört zu Rieter Automotive Systems. Als führender Lieferant für akustischen Komfort und Hitzeschutz entwickelte sich Rieter Automotive Systems zu einem anerkannten Partner für die weltweite Automobilindustrie.

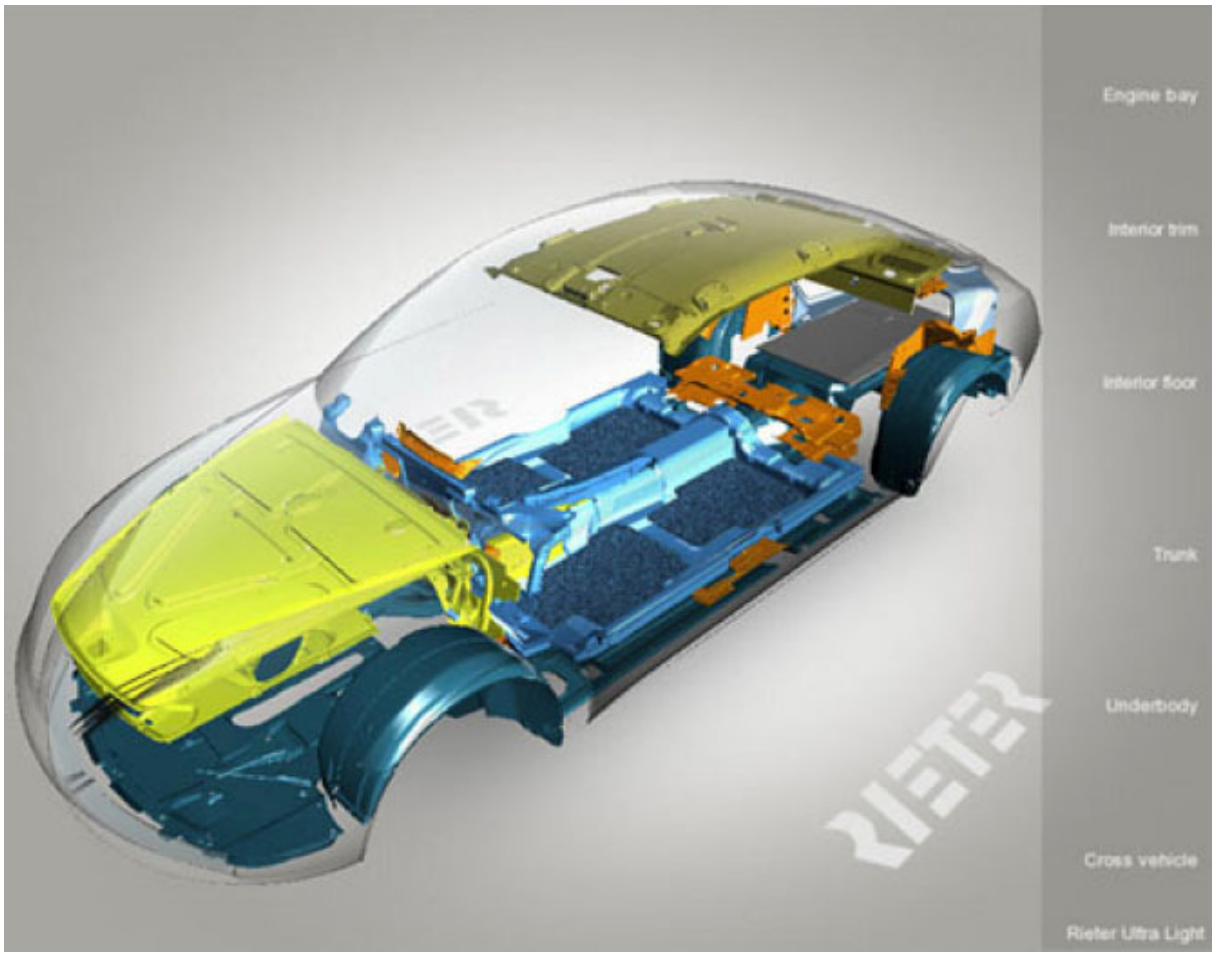


Bild A2.02: Produktpalette von Rieter Automotive; Quelle: www.rieter.com

Rieter Automotive Systems verfolgt als Akustik-Integrator und Systemzulieferer hat einen ganzheitlichen Ansatz, um das akustische Fahrverhalten des gesamten Fahrzeugs zu optimieren und integriert akustische Produkte und jene für den Hitzeschutz mit anderen Komponenten zu einfach installierbaren Modulen. Innovative Lösungen folgen einem ganzheitlichen Denkansatz - vom Motorraum über den Innenraum, den Unterboden, die Innenverkleidung bis hin zum Kofferraum - überall trägt das Unternehmen dazu bei,

Fahrzeuge komfortabler, leichter und effizienter zu machen. Rieter Automotive Systems hat das Können, das weltweite Netzwerk von Experten und entsprechende Produktionsstätten, um seine Kunden überall auf der Welt mit umfassenden Serviceleistungen zu versorgen. Komponenten, Systeme und Bauteile für akustischen Komfort und Hitzeschutz der Fahrzeuge werden entwickelt, konstruiert, produziert und getestet und schliesslich in Serie hergestellt. Dabei wird grosses Gewicht auf Styling und Design bei der gesamten Verkleidung der Teppichsysteme, des Innenraums und der Kofferraumverkleidung gelegt.

Rieter Automotive Systems ist als Partner in allen wichtigen Automobilmärkten präsent und vor Ort immer in der Nähe der Produktionsstätten der Kunden - auch bei jenen, die sich erst kürzlich etablierten. An der Schwelle ins 21. Jahrhundert als ein wahrhaft globaler Partner mit einer 200jährigen Geschichte: der Rieter-Konzern - einer der weltweit führenden Partner von Textilsystemen für natürliche und synthetische Fasern.

Quadrant Plastic Composites

Hompage:	www.quadrantcomposites.com
Adresse:	Quadrant Plastic Composites P.O. Box 5600 Lenzburg
Ansprechpartner:	Hans Pfister
Projekt Livio 21:	Mitarbeit bei der Auslegung der Module aus Sicht des Material- und Halbzeuglieferanten

Quadrant Plastic Composites sowie deren Tochtergesellschaften sind weltweit führend in Entwicklung, Herstellung und Verkauf von thermoplastischen Verbundwerkstoffen, die auf der Basis von Polypropylen-Matrizes und Glasfasern beziehungsweise Naturfasern produziert werden. Dank der guten Positionierung kann Quadrant Plastic Composites alle wichtigen regionalen Märkte der Welt effizient mit seinen hochwertigen Halbzeugen GMT, GMTex™, SymaLITE und Naturfasern beliefern. Dabei kann Quadrant Plastic Composites auf die Ressourcen der Produktionsstandorte und Verkaufsorganisationen der globalen Quadrant Gruppe zugreifen und damit schnelle Reaktionszeiten sicherstellen. Den Kunden bietet Quadrant Plastic Composites industrielle Designkapazitäten und CAD-Engineering-Ressourcen, wobei Gesamtlösungen - von der Produktidee bis zur Markteinführung - realisiert werden. Hierbei arbeitet Quadrant Plastic Composites einerseits mit den Pressereien und Teileanbietern zusammen, andererseits erstellen sie aber auch Konzepte direkt mit Systemlieferanten oder Automobilproduzenten.

Quadrant Plastic Composites entwickelt ihre thermoplastischen Verbundwerkstoffe sowie deren Anwendungen laufend weiter und produziert an allen Standorten hochwertige Halbzeuge. Mit ihren Einrichtungen zur Bauteilprüfung können bei Quadrant Plastic Composites nebst den eigenen Produkten auch Muster aus LFT, GMT, Metall und anderen Wettbewerbsmaterialien getestet werden. Quadrant Plastic Composites ist nach ISO/TS 16949:2002 zertifiziert und damit bestens in der Lage, die hohen Qualitätsanforderungen der Automobilindustrie zu erfüllen. Die Zielmärkte sind die Automobilindustrie, die Bauindustrie und Teile des Segments Elektronik und Elektrotechnik.



Bild A2.03: typische Produkte, die aus Halbzeugen von Quadrant Plastic Composites hergestellt werden; Quelle: www.quadrantcomposites.com

Die thermoplastischen Verbundwerkstoffe von Quadrant Plastic Composites und Quadrant Natural Fiber Composites werden hauptsächlich zur Fertigung von Automobilteilen eingesetzt. Hierbei wird unterschieden zwischen Anwendungen im Fahrzeugaussenbereich, im Fahrzeuginnenraum und verschiedenen technischen Teilen unter der Motorhaube und unter dem Fahrzeug. Je nach Anforderungen an die Bauteile kommen verschiedene Werkstoffe und Verarbeitungstechnologien zum Einsatz.

Vielfältige Anwendungen verdeutlichen, was in den verschiedenen Segmenten mit den Quadrant Plastic Composites Werkstoffen bereits realisiert wurde und welche neuen Entwicklungen zu erwarten sind.

Georg Kaufmann Formenbau AG

Hompage:	www.gktool.ch
Adresse:	Georg Kaufmann AG Rugghölzli 3 5453 Busslingen
Ansprechpartner:	Georg Kaufmann
Projekt Livio 21:	Gedankenaustausch bei der Auslegung der Module aus Sicht des Werkzeugbauers

Die Georg Kaufmann AG ist ein junges, dynamisches Unternehmen (gegründet 1972) im Herzen Europas - in der Schweiz. Bei ihr werden Präzisionswerkzeuge für die Verfahrens-

techniken des Hinterspritzens und Hinterpressens sowie für GMT-Formteile entwickelt und produziert. Über 80 hoch spezialisierte Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, ausgerüstet mit modernsten Arbeitsgeräten, helfen Formen zu konstruieren und zu bauen, die eine kostengünstige und umweltschonende Teileproduktion garantieren.



Bild A2.04: typische Produkte, die mit Werkzeugen der Georg Kaufmann AG hergestellt werden; Quelle: www.gktool.ch

Im 2002 eröffneten Tech-Center besteht neu die Möglichkeit, Werkzeuge zu mustern und Nullserien zu produzieren. Vom Kunden gewünschte Anpassungen können direkt vor Ort ausgeführt werden.

Mit ihren werkzeugtechnischen Entwicklungen hat die Georg Kaufmann AG entscheidenden Anteil daran, dass das Kaschieren von Kunststoffteilen mit Textilien oder Folien unmittelbar beim Spritzgiessen ein vor allem von der Fahrzeugindustrie angewandtes kostengünstiges Verfahren ist. Die überschaubare Grösse unseres Unternehmens bietet Gewähr für Flexibilität, Schnelligkeit bei Entscheidungen und den persönlichen Kundenkontakt bei der Beratung.

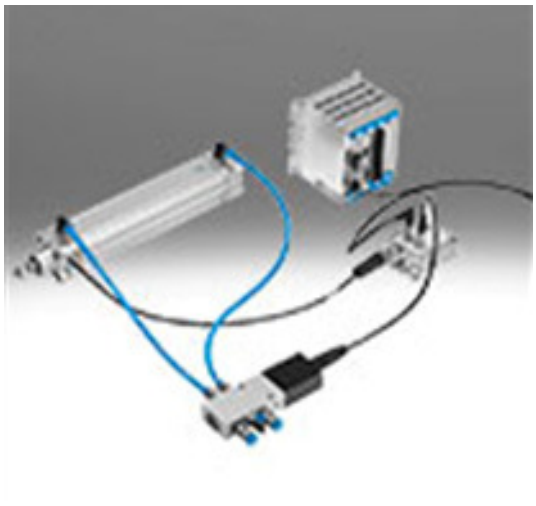
Festo

Hompage:	www.festo.com
Adresse:	Festo AG Postfach DE-73726 Esslingen
Ansprechpartner:	Kurt Stoll (Mitinhaber)
Projekt Livio 21:	intensiver Gedankenaustausch und Unterstützung durch das persönliche Forschungsteam von Kurt Stoll in Fragen der Pneumatik

Festo ist ein weltweit führender Lieferant von pneumatischer und elektrischer Automatisierungstechnologie. Das global ausgerichtete, unabhängige Familienunternehmen hat seinen Hauptsitz in Esslingen, Deutschland. Mit von zahlreichen Innovationen und Problemlösungen zu allen Aspekten der Pneumatik und dank einmaligen Angeboten zu beruflicher Aus- und Weiterbildung hat sich Festo im Laufe der letzten 50 Jahre zu einem führenden Unternehmen der Branche entwickelt.

Die Idee "möglichst nahe beim Kunden zu sein", lebt die Firma Festo seit ihrer Gründung. Die Festo AG in Dietikon wurde bereits 1956 gegründet und ist die Schweizer Tochter der Festo AG & Co. KG in Esslingen (DE). Die optimale sprachliche Betreuung der Kunden wird in der Französischen Schweiz mit der Filiale in Yverdon und im Tessin mit einer Filiale in Tenero gewährleistet. Beide Filialen bieten Ihnen das gesamte Festo Leistungs-

paket. Die hohe Qualität der Festo Leistungen ist das Resultat von kundenorientiertem Denken und Handeln.



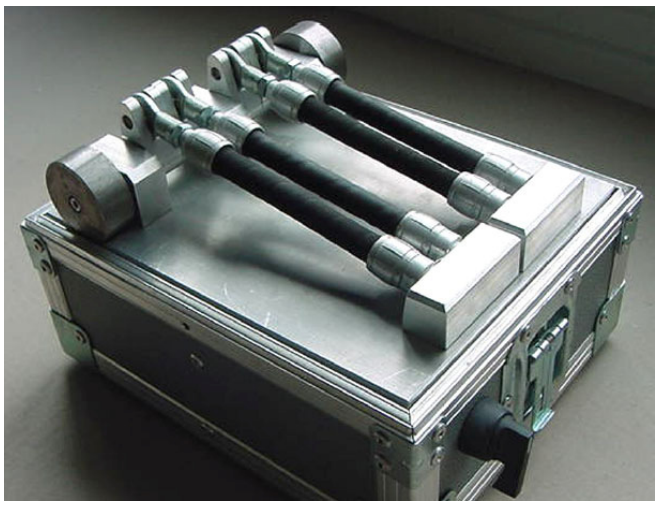


Bild A2.05: typische Produkte der Festo AG; Quelle: www.festo.com

AXA Winterthur

Hompage:	www.winterthur-insurance.ch
Adresse:	AXA Winterthur Group Accident Research General Guisan Strasse 40 8401 Winterthur
Ansprechpartner:	Anton Brunner
Projekt Livio 21:	Crashtests und Expertisen zur Unterstützung der Forschungsarbeiten am Frontmodul

Die AXA Winterthur ist mit einem Marktanteil von 21,4 Prozent die Nummer 1 im Versicherungsmarkt Schweiz. Die Produktpalette umfasst sämtliche Nichtleben-Versicherungen wie Personen-, Sach-, Haftpflicht-, Fahrzeug-, Kredit- und Reiseversicherungen sowie innovative und umfassende Vorsorgelösungen für Private und Unternehmen. Die Tochtergesellschaft Winterthur-ARAG (Rechtsschutzversicherungen) rundet das Angebot ab.

Die AXA Winterthur beschäftigt rund 4'100 Mitarbeitende. Zudem verfügt die AXA Winterthur über ein Vertriebsnetz mit über 300 selbständigen Generalagenturen und Agenturen mit rund 2'400 Mitarbeitern, welche exklusiv für AXA Winterthur tätig sind. Über 1,8 Millionen Privat- und Geschäftskunden in der Schweiz sind bei der AXA Winterthur versichert. Besonders stark ist die AXA Winterthur bei den Motorfahrzeugversicherungen für Privatpersonen und Flotten: Mit rund einer Million Policen ist sie hier die Nummer eins.

Als einziger Schweizer Versicherer verfügt die AXA Winterthur über eine eigene Unfallforschungsabteilung. Rund sieben Personen befassen sich mit Hergang, Ursachen und Auswirkungen von Verkehrsunfällen. Die gewonnenen Erkenntnisse fliessen in die Unfallrekonstruktion und in die Prävention ein. Die AXA Winterthur-Unfallforschung ist international tätig und arbeitet mit diversen Partnern zusammen. Zentrale Themen bzw.

Aktivitäten sind: Schleudertrauma-Prävention, Unfalldatenspeicher sowie die Crashtests in Wildhaus.



Bild A2.06: Bilder von den Crashtests, die regelmässig von der AXA Winterthur Unfallforschung durchgeführt werden; Quelle: www.winterthur-insurance.ch

Fachhochschule Nordwestschweiz

Hompage:	www.fhnw.ch/technik
Adresse:	Fachhochschule Nordwestschweiz Klosterzelgstrasse 5210 Windisch
Ansprechpartner:	Prof. Jochen Müller Prof. Hans Rudolf Manz
Projekt Livio 21:	Unterstützung durch Studienarbeiten bei der Entwicklung von Modulen

Fachhochschule Nordwestschweiz
Hochschule für Technik

Die Hochschule für Technik ist das Ausbildungszentrum für Ingenieure und Ingenieurinnen in der Nordwestschweiz und in Forschung und Entwicklung ein wichtiger Partner für die Wirtschaft. Die Bachelor- und Masterstudiengänge befähigen die Studierenden zur Lösung von anspruchsvollen Ingenieur-Aufgaben. Die Vermittlung von Grundlagenkenntnissen und aktuellstem Wissen wird ergänzt durch studentische Projektarbeiten mit Aufgabenstellungen aus der Industrie. Das bringt für die Absolventinnen und Absolventen hervorragende Chancen auf dem Arbeitsmarkt, auch über unsere Landesgrenzen hinaus.

Die Institute der Hochschule für Technik sind in den Bereichen Forschung und Entwicklung starke Partner für Industrie und Wirtschaft. Durch ihre hohe fachliche Kompetenz und Umsetzungsstärke unterstützen sie Unternehmen oder Institutionen bei der Realisierung von neuesten Entwicklungen und Innovationen - dies immer mit einer klaren Fokussierung auf den Kundennutzen.

Die Weiterbildungsangebote vermitteln aktuellstes Wissen und Trends aus Technologie und Wirtschaft und ermöglichen eine direkte Umsetzung im Arbeitsalltag. Die Hochschule für Technik FHNW ist ein starker Partner - mit ihr können Sie Ihre Zukunft gestalten

Kunststoffe aller Art bestimmen heute unser tägliches Leben. Am Institut für Kunststofftechnik (IKT, Prof. Jochen Müller) wird aktiv daran gearbeitet die Grenzen des Einsatzes stetig zu erweitern. Gemeinsam mit unseren Industriepartnern erschliesst das Institut neue

Anwendungen. Die dazu notwendige Innovationskraft wird durch Interdisziplinarität, welche aus den Kompetenzen unseres Teams resultiert, erreicht. Das Leitbild ist eine ganzheitliche Betrachtung der Produktentwicklung mit Kunststoffen. Dabei verschmelzen die Disziplinen Werkstoff, Konstruktion und Verarbeitung. An der FHNW hat die Kunststofftechnik den Charakter eines Schwerpunktes und ist sowohl in der Lehre, wie auch in der Forschung fest verankert. Das Institut für Kunststofftechnik unterrichtet im Studiengang Maschinenbau mit der Vertiefung Kunststofftechnik sowie dem berufsbegleitenden Master of Advanced Studies in Kunststofftechnik. Es betreibt anwendungsorientierte Forschung und Entwicklung für und mit Industriepartnern. Eine umfassende Infrastruktur erlaubt es die verschiedenen Aspekte der Konstruktion und Verarbeitung direkt nachzuvollziehen und die Wechselwirkung von Materialeigenschaften und deren Auswirkung detailliert zu analysieren.

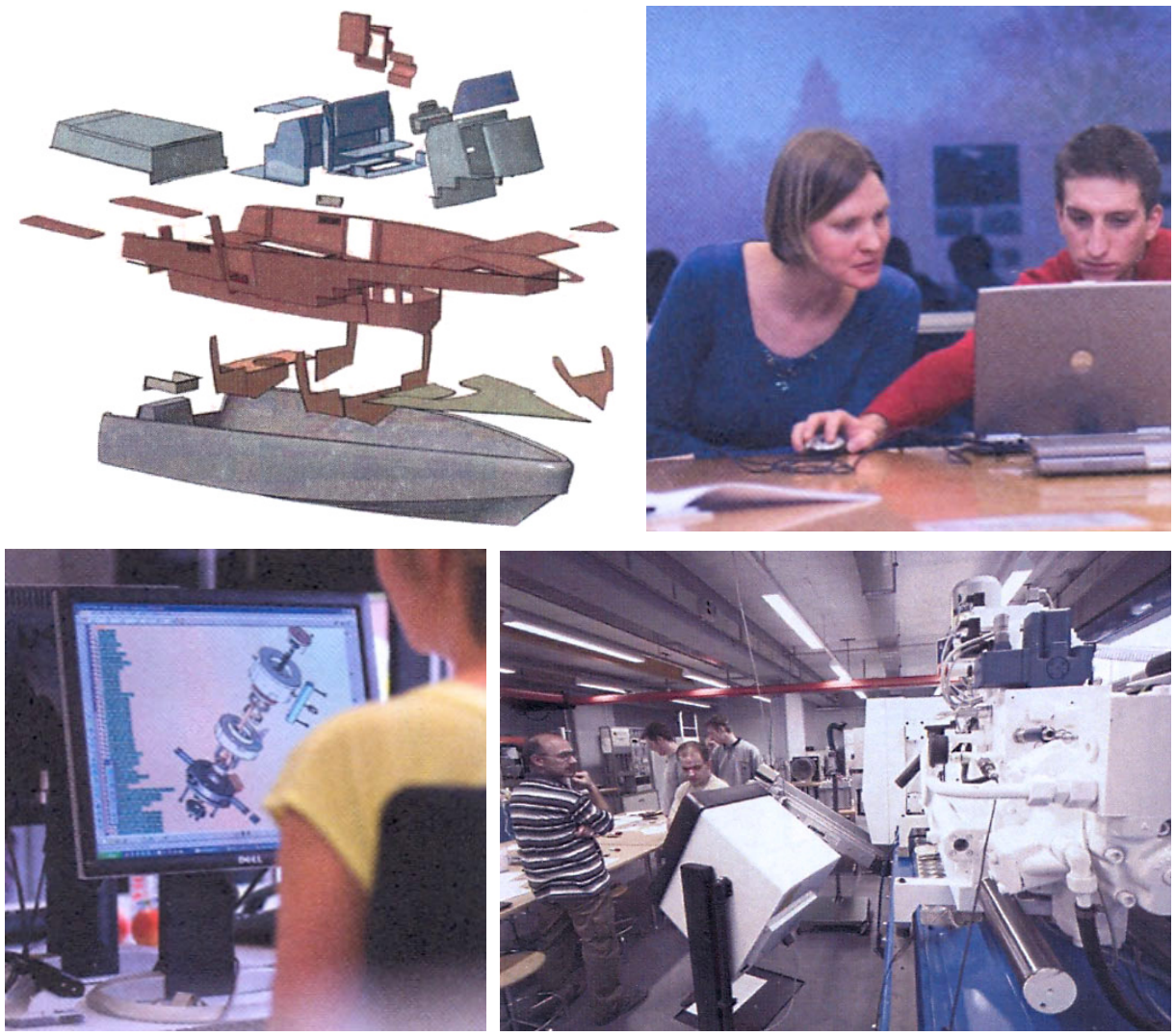


Bild A2.07: Industrieprojekte und Lehre am Institut für Kunststofftechnik der Fachhochschule Nordwestschweiz; Quelle: Broschüre FHNW, März 2008

Ein weiterer Schwerpunkt der FHNW wird am Institut für Produkt- und Produktionsengineering (Prof. Hans Rudolf Manz) gelehrt und erforscht. Innovative Produkte bestimmen die Wettbewerbsfähigkeit unserer Wirtschaft. Ein Grossteil der Produkte, welche wir in fünf Jahren kaufen, ist heute noch nicht entwickelt. Dies erfordert eine beschleunigte Umsetzung wissenschaftlicher Erkenntnisse in Produkte und Fertigungsverfahren. Daher fokussiert das Institut für Produkt- und Produktionsengineering in der anwendungsorien-

tierten Forschung auf die Produktentwicklung unter Anwendung moderner Technologien. Eine umfangreiche Labor- und Computerinfrastruktur ermöglicht es die optimale Kombination aus experimenteller und numerischer Expertise zum individuellen Nutzen der Industriepartner. In der Lehre bringt das Institut für Produkt- und Produktionsengineering die Kompetenzen aus der Produktentwicklung, Konstruktion, Simulation, Fertigung, Prozesstechnik, Werkstofftechnik usw. in diversen Bachelor-Studiengängen der FHNW (Maschinenbau, Systemtechnik, Wirtschaftsingenieurwesen usw.) und in den nationalen Master-Studiengang „Master of Science in Engineering“ ein. Dieser neu konzipierte Master-Studiengang richtet sich an hoch motivierte Bachelor-Absolventinnen und -Absolventen mit sehr gutem Abschluss. Die stark projektbezogene Vertiefung dieses Master-Studiums erfolgt bei uns an der Master Research Unit „Mechanical Engineering“.

Anhang 2: weitere Partner

BST Safety Textiles GmbH - ITG Automotive Safety Textiles GmbH

Hompage: www.bst-safety-textiles.com

Adresse: ITG Automotive Safety Textiles GmbH
Höllsteiner Strasse 25
DE-79689 Maulburg

Ansprechpartner: Ralf Flamm
Norbert Huber

Projekt Livio 21: Unterstützung bei den Airbags für das Frontmodul

In den vergangenen Jahren konnte sich die Firma insbesondere im Europäischen Airbagmarkt einen Namen machen. Um die erhöhte, internationale Leistungsfähigkeit und die Zugehörigkeit zur ITG Gruppe auch nach außen im Firmennamen zu dokumentieren, hat die Firma BST Safety Textiles GmbH den Namen geändert. Seit dem 07.03.2008 firmiert sie nun unter dem neuen Namen ITG Automotive Safety Textiles GmbH.

Die Kunden verbinden mit ITG Automotive Safety Textiles GmbH textile Kompetenz, hohe Qualität, Leistung und Innovation. Als Mitglied der International Textile Group, ITG, und zusammen mit dem Schwesterunternehmen Automotive Safety Components International, ASCI, konnte der Umfang der Produktpalette und das Know-how deutlich erweitert werden. Insbesondere aber ist die ITG Automotive Safety Textiles GmbH nunmehr in den wichtigsten Automobilregionen der Welt vertreten. Dies eröffnet den Kunden und der Firma völlig neue Perspektiven. Diese verfügt damit über einzigartige Wettbewerbsvorteile in einem immer stärker umkämpften Markt.

Die weltweite Fortentwicklung und der Wunsch der Menschen nach Sicherheit ist der Motor für die ITG Automotive Safety Textiles GmbH. Die Gestaltung und Umsetzung von neuen Webverfahren und Strukturen wurde seit der Gründung 1836 vorangetrieben. Bis heute ist das Unternehmen auf dem Weg, Textilien für Spezialbereiche zu entwerfen und anwendungsorientiert seinen Industriepartnern zur Verfügung zu stellen. Als Marktführer im europäischen Raum ist die ITG Automotive Safety Textiles GmbH der Partner, auf den sich die Automobilindustrie verlassen kann. Sie beliefert alle namhaften Automobilhersteller indirekt mit technischen Textilien für Airbags.

Ein weiter Bereich der Wertschöpfungskette vom Schären und Schlichten, über die Weberei sowie Ausrüstung und Beschichtung, Schneiden und Nähen, Falten und Vormontage kann von der ITG Automotive Safety Textiles GmbH kompetent abgewickelt werden. Weltweit tragen rund 1200 Mitarbeiter täglich zum Erfolg bei. Der ursprüngliche Unternehmenssitz im Südschwarzwald ist der Hauptproduktionsstandort mit drei Produktionsstätten, hinzu kommen Werke in Polen und den USA. Rund 350 Webmaschinen, über 45% der europäischen Kapazitäten, garantieren eine kontinuierliche Belieferung der internationalen Automobilbranche mit Airbag-Gewebe „made by ITG“.

Airbags sind aus heutigen Fahrzeugen nicht mehr wegzudenken. Vier bis zwölf Airbags pro PKW werden heute in Neuwagen eingebaut: Fahrer- und Beifahrerairbag, (Frontairbags), Kopfairbag und Seitenairbag oder Sidecurtain (OPW), Schutz von vorderen und hinteren Insassen, Thorax-Airbag (z.T. in Kombination als Kopf-Thorax-Seitenairbag), Knieairbag sowie Airbags für die Insassen auf den Rücksitzen. Das Vertrauen in „Textile Sicherheit“ ist mit

der Geschichte des Airbag eng verwoben. Unabhängig davon, welcher Körperbereich von einem Airbag geschützt werden soll, hat er als Hauptfunktion die Aufgabe, einen möglichen Aufprall auf ein Hindernis oder einen Zusammenstoß mit einem anderen Fahrzeug in seiner Wucht abzumildern. Meldet die mit dem Airbag gekoppelte Sensorik einen Aufprall, zündet das Airbagsteuergerät einen Gasgenerator, der den Airbag in 30-40 Millisekunden mit Luft füllt. Das Spezialgewebe lässt die Luft in Sekunden wieder kontrolliert entweichen. Die Entwicklung geht immer mehr in die Zielrichtung Unfallvermeidung durch intelligente Frühwarnsysteme. Trotzdem bleibt der Schutz der Insassen im Falle eines Crashs ein Kernthema der Automobilentwicklung. Die ITG Automotive Safety Textiles GmbH produziert für alle heute denkbaren Airbag-Formen und Schutzbereiche hochwertige, technisch ausgereifte Textilien.

Zwei Gewebetypen, Flach- und Doppelgewebe (OPW), stehen den Marktpartnern in unterschiedlicher Wertschöpfungstiefe und Ausprägung zu Verfügung. Je nach Fahrzeugtyp und Kundenanforderungen sind die Leistungsparameter definiert:

- Gewicht [$^{g}/_{m^2}$] & Dicke [mm]
- Höchstzugkraft [N] & Höchstzugkraft-Dehnung [%]
- Weiterreißkraft [N]
- Kammausziehkraft [N]
- Luftdurchlässigkeit statisch [$^{dm}/_{min}$ bei 500 Pascal Differenzdruck]
- Luftdurchlässigkeit dynamisch [$^{mm}/_{s}$]
- Flammfestigkeit, Brennrate [$^{mm}/_{min}$]

Hinsichtlich Variabilität und Vielseitigkeit kann die ITG Automotive Safety Textiles GmbH die Kundenwünsche individuell erfüllt werden. Die Inhouse-Fertigung (fast) aller Prozessschritte bis zum fertigen Airbag-Gewebe, macht eine schnelle und flexible Aufnahme und Umsetzung neuer Anforderungen möglich. Mustergewebe und Musterairbags werden auf Produktionsmaschinen erstellt und entsprechen der angebotenen Endqualität.

Berner Fachhochschule

Hompage: www.ti.bfh.ch

Adresse: Berner Fachhochschule
Technik und Informatik
Fachbereich Automobiltechnik
Postfach
2501 Biel/Bienne

Ansprechpartner: Bernhard Gerster

Projekt Livio 21: Unterstützung im Bereich der Fussgängersicherheit

Automobiltechnik ist faszinierend, vielfältig und in der Schweiz ein wesentlicher Wirtschaftsfaktor, denn jeder 7. Arbeitsplatz hängt vom Automobil ab. Als einzige Schweizer Ausbildungsstätte auf Ingenieurniveau in diesem Gebiet, sind die Absolventen der Berner Fachhochschule für Technik und Informatik denn auch gesuchte Fachleute von der Entwicklung bei Zuliefer- und Fahrzeugbaufirmen, über die technische Produktbetreuung und Schulung bis zur Unfallanalyse für Gerichte. Die Studierenden entscheiden sich bei

Studienantritt für eine der beiden Vertiefungsrichtungen (Technik & Dienstleistungen oder Fahrzeugbau). Die beiden Vertiefungen unterscheiden sich vor allem im letzten Studienabschnitt, den Ingenieurvertiefungen und tragen damit den individuellen Neigungen der Studierenden Rechnung. Automobil-Ingenieure und -Ingenieurinnen gestalten Mobilität, die (Automobil-) Wirtschaft erwartet gut ausgebildete Ingenieure.



Bild A2.01: Bilder von Projekten der Berner Fachhochschule - Fachbereich Automobiltechnik; Quelle: www.ti.bfh.ch

Inspire ICS

Hompage:	www.inspire.ethz.ch
Adresse:	Inspire ICS Leonhardstrasse 27 / LEO B2 8092 Zürich
Ansprechpartner:	Markus Zogg
Projekt Livio 21:	Verfassen des technischen Abschlussberichtes

Inspire ist ein hochschulnahes Transferzentrum für die Schweizer Maschinenindustrie. Es betreibt Forschung für die Industrie und löst Probleme in allen Wissensgebieten der Produktionstechnik. Methoden, Prozesse und Technologien - Inspire macht sie anwendungsreif.

Inspire bringt die besten Partner auf Seiten der Industrie und auf Seiten der Hoch- und Fachhochschulen sowie weiterer Kompetenzträger für gemeinsame Projekte zusammen. Inspire verfügt über die Köpfe, den Sachverstand und die Erfahrung, um Ideen erfolgreich in Innovationen umzusetzen. Wo Neuland beschritten werden soll, wo punktuell Kompetenzen in der Technik oder in der Projektabwicklung fehlen und wo unvoreingenommene Urteilkraft gefragt ist, da hilft Inspire.



Bild A2.02: Vernetzung von Inspire mit Industrie und Forschung (links)und Organisation von Inspire in verschiedenen Gruppen (rechts)

Inspire wächst und entwickelt sich im Dienste der Industrie, bündelt Kompetenzen und trägt und trägt zur Fokussierung der Schweizer Hochschullandschaft bei. Ausgehend von

der etablierten Zusammenarbeit mit dem Institut für Werkzeugmaschinen und Fertigung werden weitere Kooperationen im Bereich der ETH angestrebt. Ein Resultat davon ist Inspire ICS - Innovative Composite Structures. Diese Forschungsgruppe befasst sich mit innovativen Produktionsprozessen für Bauteile aus faserverstärkten Kunststoffen und daraus abgeleiteten Gestaltungsmöglichkeiten für den Leichtbaustrukturen.

Faserverstärkte Kunststoffe sind faszinierende Materialien für ein grosses Spektrum von Anwendungen. Oft sind sie Grundlage für signifikante Fortschritte und Innovationen. Im Vergleich zu Metallen haben sie die folgenden Stärken:

- Leichtbaupotential bei Strukturen mit mehrheitlich gerichteten oder flächigen Belastungen
- bessere Möglichkeiten zur Integration von Funktionen in die Struktur
- besseres Ermüdungsverhalten
- höhere Energieaufnahme im Crash
- komplexe Geometrien wirtschaftlich herstellbar (speziell für kleinere und mittlere Serien)

Gemeinsam mit dem Zentrum für Strukturtechnologien (ETH Zürich, IMES-ST) entwickelt und charakterisiert Inspire ICS Materialien und Verarbeitungsprozesse für komplexe Strukturen aus faserverstärkten Kunststoffen. Selbst entwickelte Simulationswerkzeuge helfen uns bei der Optimierung von Auslegung und Herstellung der Bauteile.

Anhang 3: Überblick Studienarbeiten

Modul	*Kapitel*	*Arbeit / Studenten*	*Betreuer / Schule*
Bodenmodul	4.3. Studie Bodenmodul in RTM Technologie	*Diplomarbeit* Heggli Richner	Prof. Jochen Müller Fachhochschule Nordwestschweiz
Heckmodul	5.2. Schnittstelle zum Basisfahrzeug	*Projektarbeit* Marcel Erdin Lukas Dysli Sascha Kropf René Sonderegger Philippe Widmer	Prof. Jochen Müller Fachhochschule Nordwestschweiz
Heckmodul	5.3. Studie Camping-Heckmodul	*Projektarbeit* Zeno Schuler Daniel Fehlmann Ronny Furger Marc Zubler	Prof. Jochen Müller Fachhochschule Nordwestschweiz
Dachmodul	6.3. Studie integrierter Dachträger	*Projektarbeit* Daniel Flury Reto Laube Matthias Schäpper Michael Szilagyi	Prof. Jochen Müller Fachhochschule Nordwestschweiz
Frontmodul	7.4. Studie weiche A-Säule	*Diplomarbeit* Marcel Stöcklin Marco Volonté	Prof. Hans Rudolf Manz Fachhochschule Nordwestschweiz
Frontmodul	7.8. Studie Fussgänger-schutz für Leichtbau-fahrzeuge	*Studienarbeit* Benedikt Sturny Christoph Schüpbach	Prof. Bernhard Gerster M. Schneider H. Schwarzenbach Berner Fachhochschule Technik und Informatik

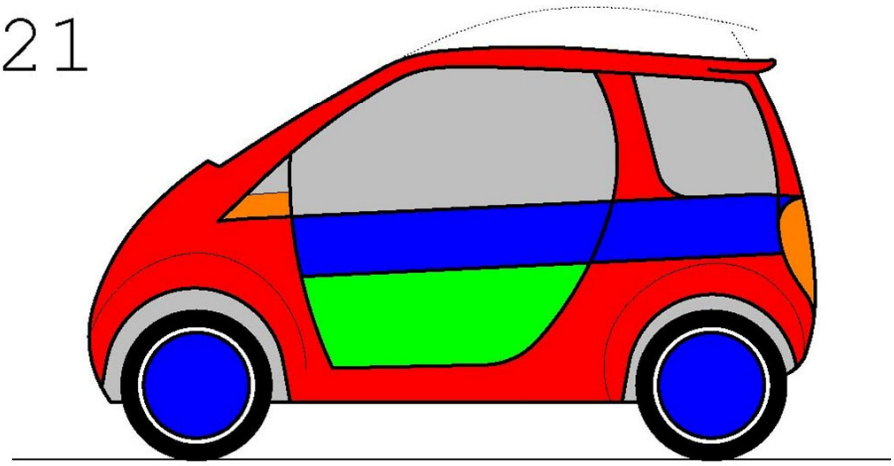
Anhang 4: Präsentation LIVIO 21 an der BFE-Konferenz 2005

RIETER

BFE Forschungskonferenz Verkehr / Akkumulatoren

Livio 21

Markus Zogg
15-June-2005



Rieter Automotive Systems

outline

RIETER

saving energy

reality - ideas - dreams

Livio 21

summary & conclusions

outline

RIETER

saving energy

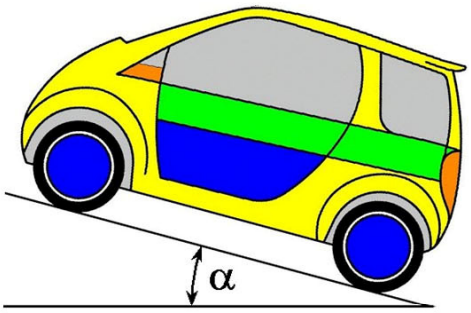
reality - ideas - dreams

Livio 21

summary & conclusions

efficient vehicles

RIETER

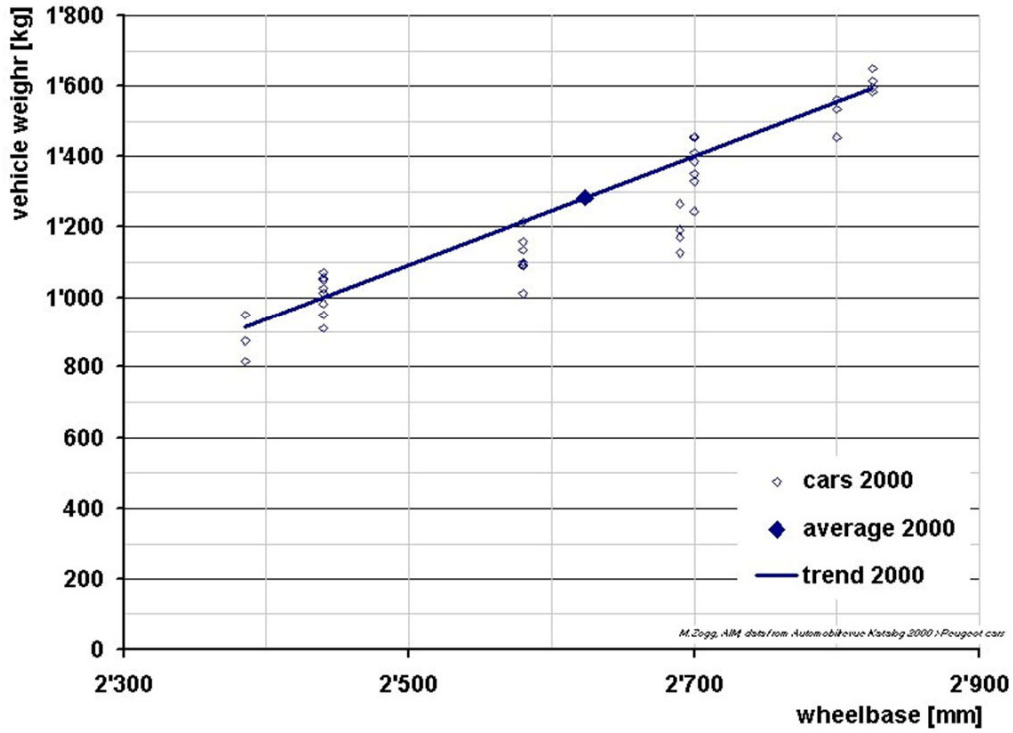


more **efficient** vehicles for the future need:

- **lower weight**
- **more efficient drivetrains**
- **improved aerodynamics**

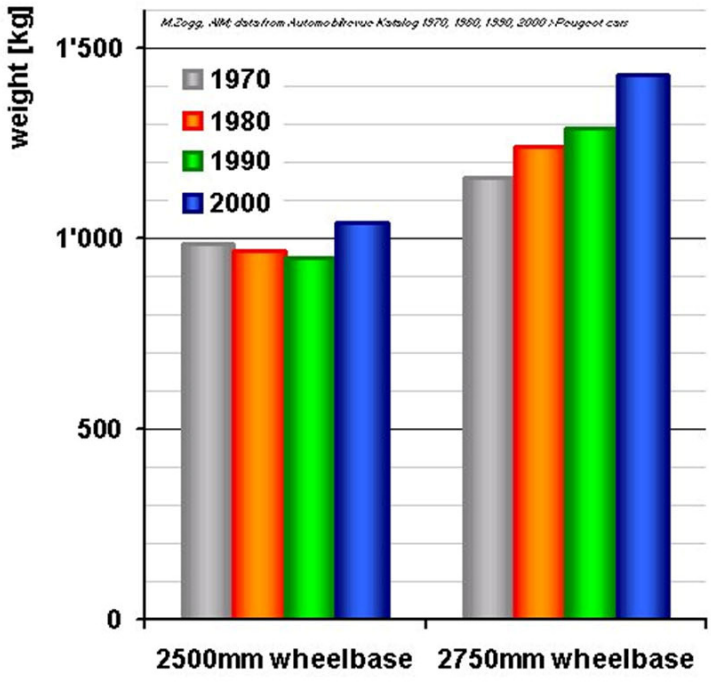
lower weight - vehicle weight trends

RIETER



lower weight - vehicle weight trends

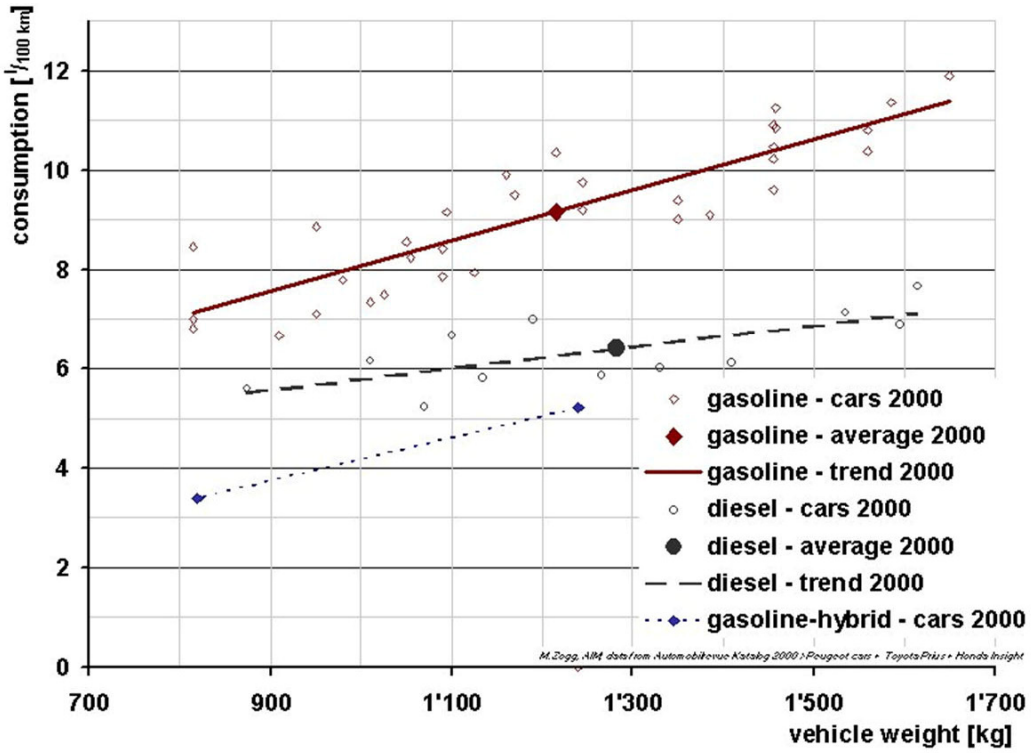
RIETER



- small cars:
  - 1970-1990 → lighter (lightweight design)
  - 1990-2000 → heavier (comfort & safety)
  - av. weight increase 1970-2000: 1.9 %/decade
- big cars:
  - 1970-2000 → heavier (comfort & safety)
  - av. weight increase 1970-2000: 7.2 %/decade
- average weight increase of all cars 1970-2000: 4.6 %/decade

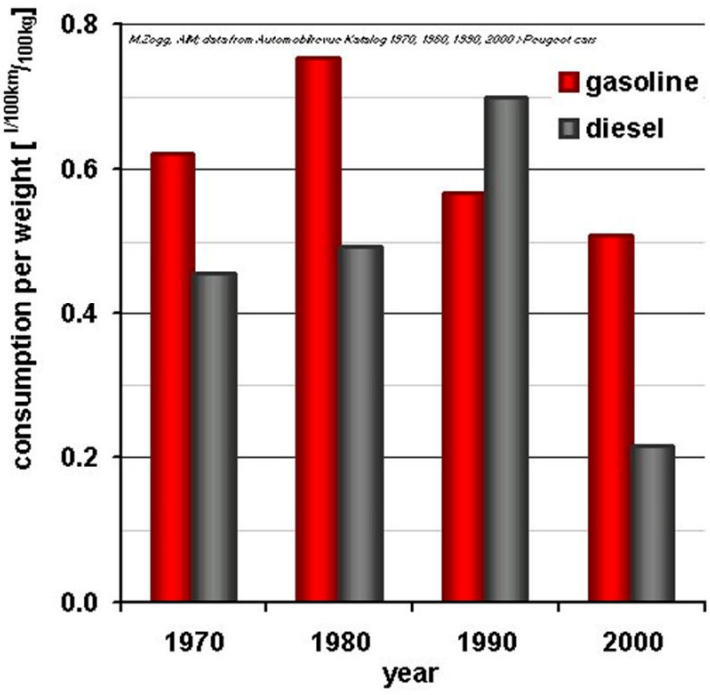
lower weight - consumption per vehicle weight

RIETER



lower weight - consumption per vehicle weight

RIETER



- average consumption per weight factor of gasoline cars: 0.61 $^{l/100km}/_{100kg}$
- average consumption per weight factor of diesel cars: 0.47 $^{l/100km}/_{100kg}$
- average consumption per weight factor of all cars: 0.54 $^{l/100km}/_{100kg}$

lower weight → RIETER ULTRA LIGHT™

RIETER

major concept elements

- optimal balance between damping, insulation & absorption
- replace insulation with absorption
  ⇒ eliminate heavy layer
  ⇒ utilize lightweight porous material
- use of lightweight damping composites
- make use of multifunctional parts
  ⇒ acoustic headliners,
  acoustic heat shields, ...
- place treatment near sources
  ⇒ wheelhouse,
  engine top cover,
  heat shields, engine
  encapsulation, ...

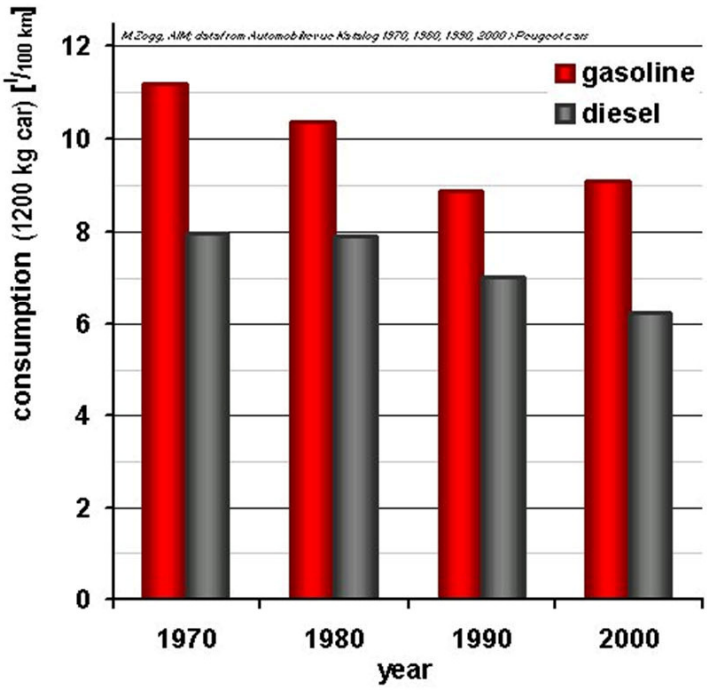
Excellence Innovation Leadership
Automotive News PACE AWARD
Ernst & Young LLP





drivetrains - consumption per engine type

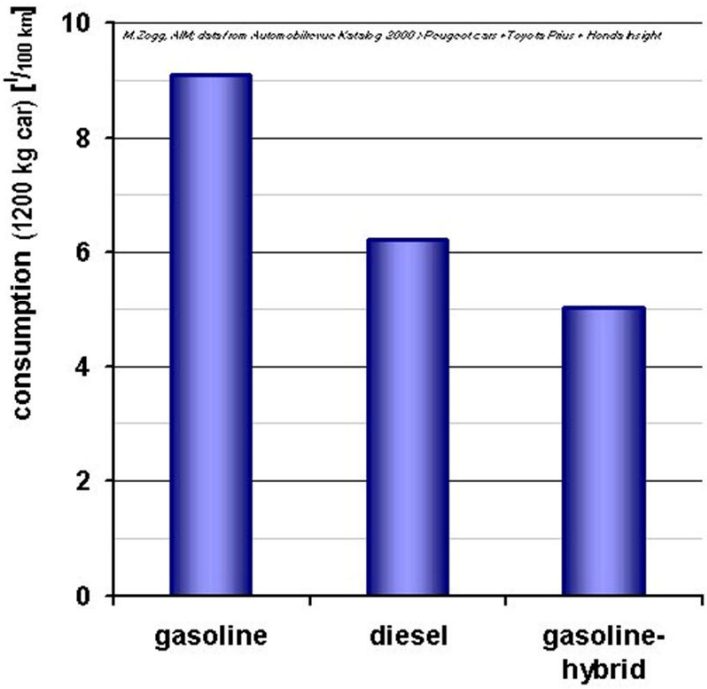
RIETER



- cars with same weight (1200 kg) & engine type have consumption reduced by ca. 7 $^{\%}/_{decade}$
  → improvements in drivetrain and aerodynamics

drivetrains - consumption per engine type

RIETER



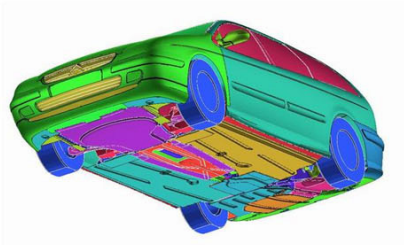
- a 1200 kg (2000) car with diesel engine consumes ca. 31 % less than a 1200 kg car with gasoline engine
- a 1200 kg (2000) car with hybrid engine consumes ca. 45 % less than a 1200 kg car with gasoline engine (ca. 19 % reduction compared to diesel engine)

improved aerodynamics

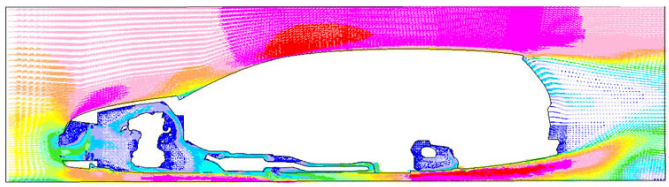
RIETER

Rieter Automotive **underfloor modules** help to **reduce fuel consumption** thanks to:

- reduced external drag
- reduced cooling drag











saving energy - summary

RIETER

lower weight,
more efficient drivetrains
and **improved aerodynamics**
are important
to reduce vehicle consumption

→ for market acceptance
this has to be done with:

- **minimum the same safety**
- **minimum the same comfort**
- **maximal the same costs**

compared to traditional cars

outline

RIETER

saving energy

reality - ideas - dreams

Livio 21

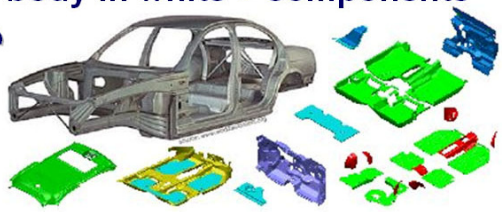
summary & conclusions

reality - cars today

RIETER

reality

body in white + components



dreams - lightweight cars in the future

RIETER

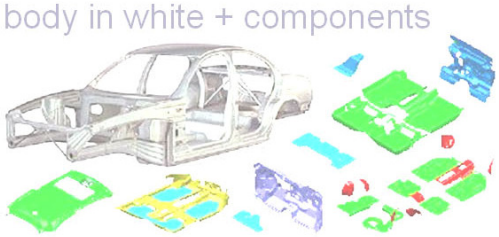
dreams

full structural modules



reality

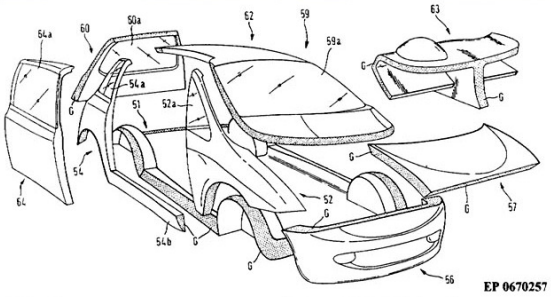
body in white + components



dreams - Horlacher Modultec

RIETER





energieschweiz



dreams - safety ?

RIETER

Horlacher City against wall (45 km/h)





Horlacher City (30 km/h) against Audi 100 (50 km/h)







dreams - integration of functions

RIETER

reality
- structure → body in white
- acoustics → 1 component
- therm. insulation → 1 component
- interior surface → 1 component
- etc. → components

dreams
- structure
- acoustics
- therm. insulation
- interior surface
- etc.

→ 1 module

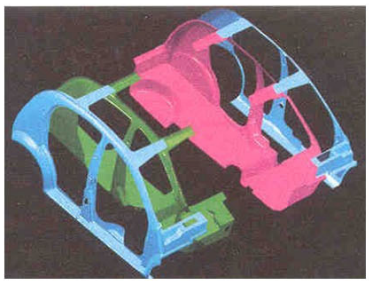
→ integration of functions **saves weight and costs**

dreams - potential industrialization

RIETER

Chrysler CCV







- body in white made of 4 injection molded parts (PET / GF, recycling possible)
- body in white: 95 kg
- total vehicle: 544 kg
- all European and US crash standards fullfilled
- body finish (without painting) is matte (acceptance ?)







ideas - next step

RIETER

dreams

full structural modules



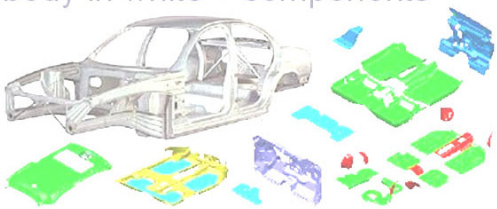
ideas

spaceframe + modules



reality

body in white + components



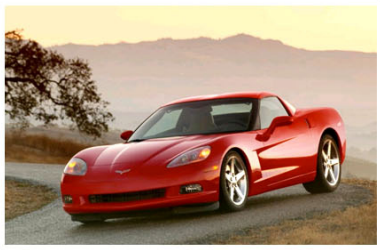
ideas - composite vehicle structure

RIETER

Chevrolet Corvette C6 (2004)

- metal spaceframe for overall vehicle structure
- sandwich floor panel:
  - GF/UP facings (SMC)
  - balsa wood core









pictures from Geneva Motor Show 2004 and from www.ultimatecarpage.com

idea - composite vehicle structure

RIETER

Microcar MC1

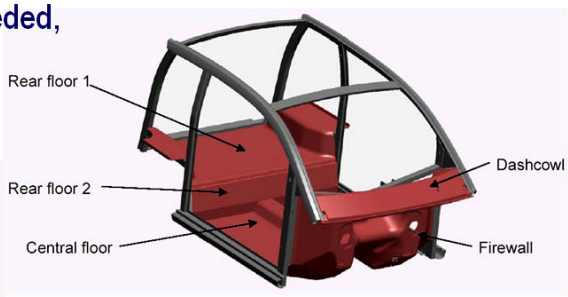
- aluminum spaceframe structure and PP/GF sandwich panels for firewall, passenger floor and trunk floor (supplier: Peguform)
- assembly of sandwich panels to spaceframe by gluing (clamping w.pattern, heat polymerization, cycle time: 35 min)
- lightweight car (no driving license needed, max. weight 350 kg, max. speed 45 $^{km}/_{h}$)
- ca. 10'000 $^{cars}/_{year}$



source: Microcar homepage; vision plastic car body 2010, Bad Nauheim, Nov-2004







ideas - summary

RIETER

the concept

spaceframe + modules with integrated functions

helps

to **save weight**

with

- minimum the same safety
- minimum the same comfort
- maximal the same costs

compared to traditional cars

outline

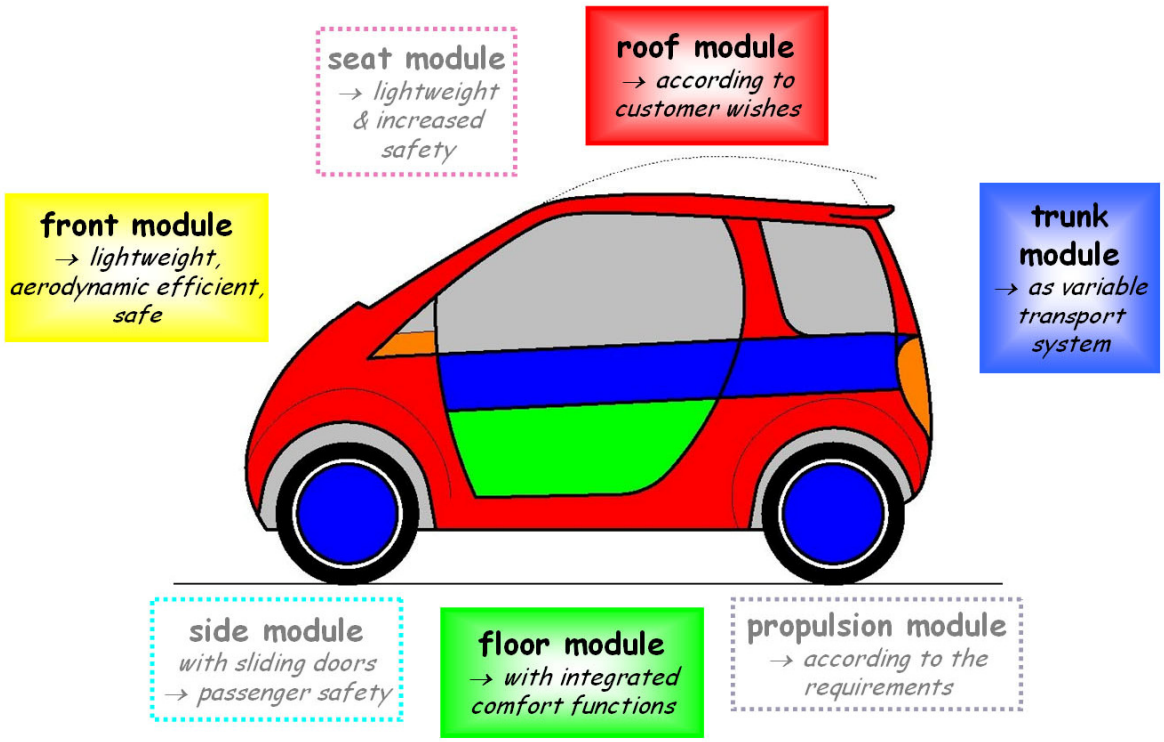
RIETER

saving energy

reality - ideas - dreams

Livio 21

summary & conclusions



Livio 21 targets

RIETER

targets

- development of new technologies (design, materials, processes) for manufacturing lightweight modules for the automotive industry
- establish a ready-to-drive platform (spaceframe type structure with neutral brand) to test these lightweight modules on the road
- ➔ support of Swiss automotive suppliers to follow the trend to lightweight modules
- ➔ reduce the global fuel consumption by supporting the development of lightweight vehicles

comment

- the propulsion module can not be realized by today's consortium and with the planned budget
- the metal spaceframe primary structure will not be weight-optimized (→ OEMs are much more competent)

Livio 21 project partners

RIETER

customer

- BFE / Energie Schweiz

energieschweiz

project leader

- Horlacher AG

HORLACHER.AG

industry partners

- Rieter Automotive Management AG
- Georg Kaufmann AG
- Quadrant
- Festo
- Winterthur

RIETER

GK

QUADRANT PLASTIC COMPOSITES

FESTO

winterthur

schools

- Fachhochschule Aargau
- Fachhochschule Beider Basel

Fachhochschule Aargau Nordwestschweiz | F | H | <

Fachhochschule beider Basel Nordwestschweiz FHBB | Departement Industrie | Abteilung Maschinenbau

Livio 21 basic vehicle

RIETER

target

- to establish a ready-to-drive platform (spaceframe type primary vehicle structure) where the lightweight modules can be mounted
  - ➪ to test lightweight modules on the road
  - ➪ to present lightweight modules to potential customers (on a neutral vehicle)

comment

- the metal spaceframe primary structure will not be weight-optimized (→ OEMs a much more competent)

Livio 21 basic vehicle

RIETER



Smart as basic vehicle



floor module with supporting frame and "vehicle frame"

Livio 21 basic vehicle

RIETER



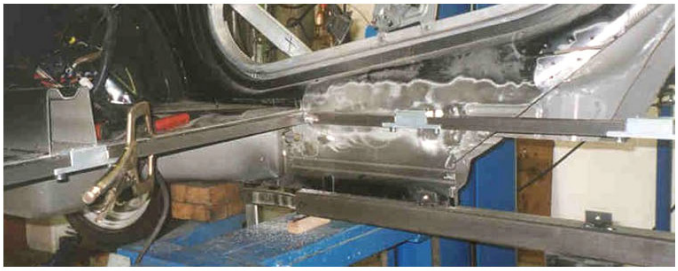
cut out the floor



Livio 21 basic vehicle

RIETER





stretch the vehicle



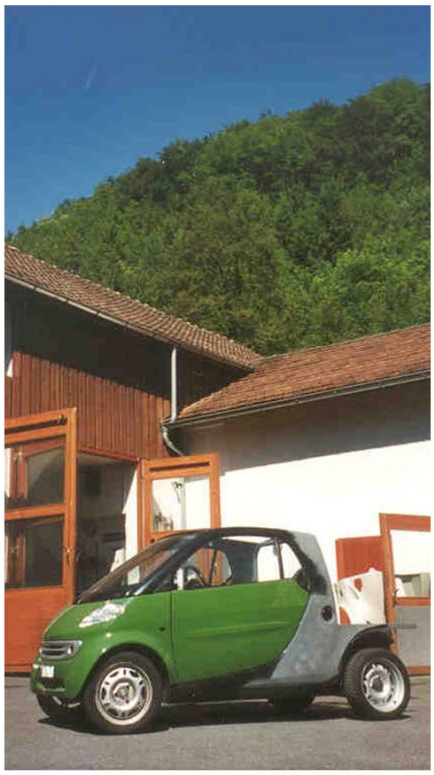
Livio 21 basic vehicle

RIETER





Livio 21 spaceframe and powertrain ready to drive



Livio 21 basic vehicle

RIETER

define a neutral
and "appropriate" styling





Livio 21 basic vehicle

RIETER



manufacturing of tools
for lightweight modules

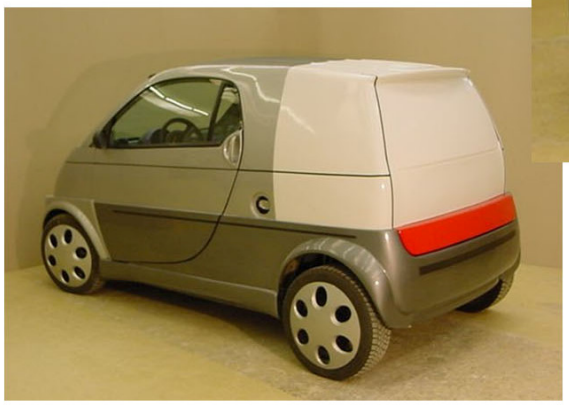


Livio 21 basic vehicle

RIETER

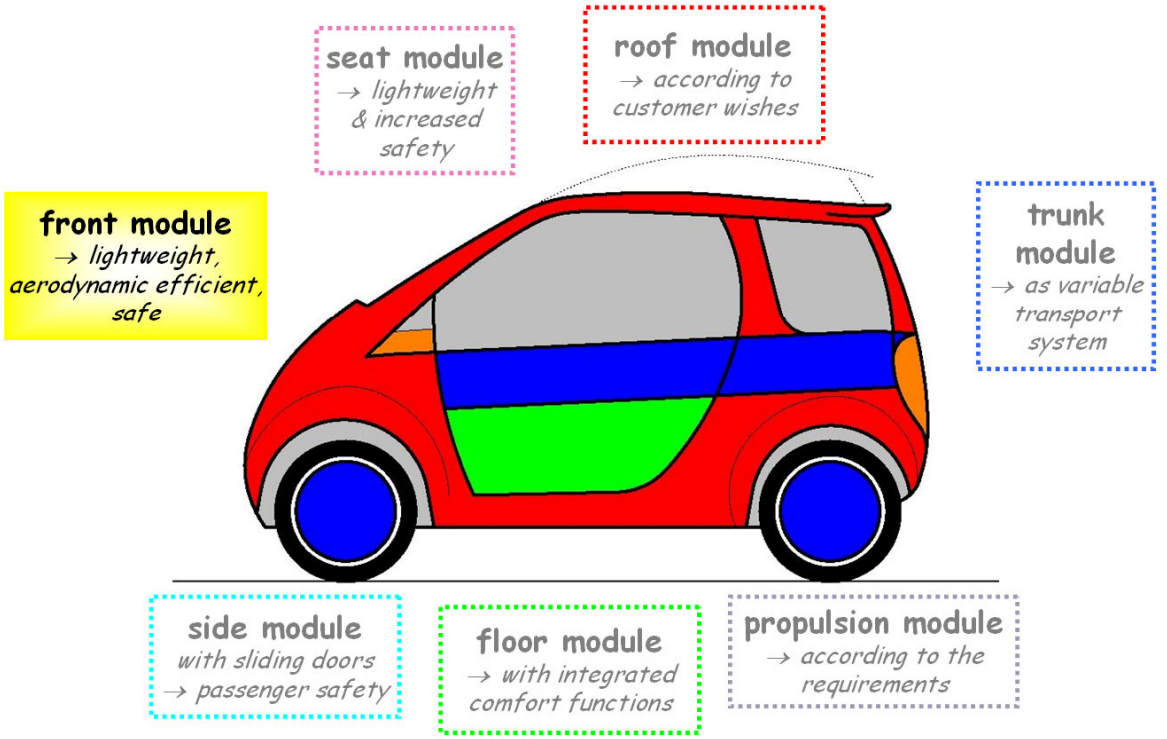
define & realize
basic vehicle - module interfaces





Livio 21 front modules

RIETER



Livio 21 front modules

RIETER

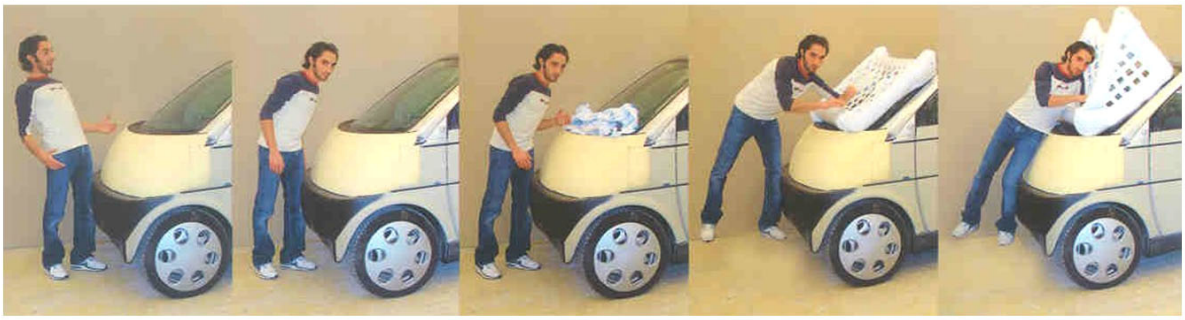
target

- reduction of the weight of vehicle front systems by:
  - lightweight design (e.g. by "use" of the better formability of plastics compared to metals)
  - use of lightweight materials
  - integration of functions into the module structure

  → reduction of fuel consumption
- develop concepts for improving the pedestrian safety at collisions with mono-volume vehicles
- development and testing of designs, materials and processes for an economic production of front modules

Livio 21 front modules

RIETER



first concept
for pedestrian protection



Livio 21 front modules

RIETER

diploma thesis **Stöcklin, Volonté**

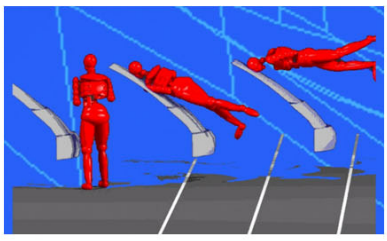
Fachhochschule beider Basel Nordwestschweiz **FHBB** | Departement Industrie | Abteilung Maschinenbau

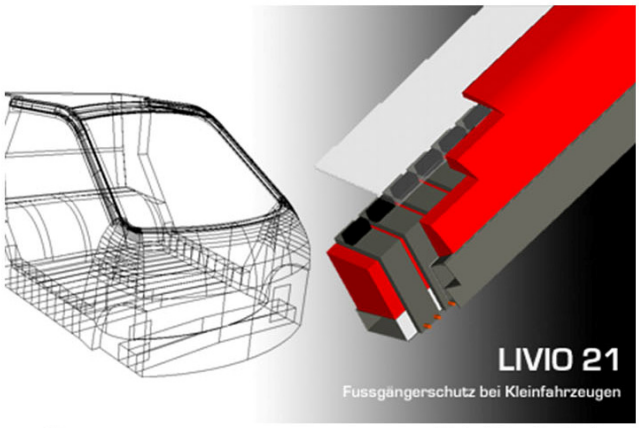
Prof. H.R. Manz
WS 2004/2005

concept study:

improved pedestrian safety for small vehicles

- modified design of A-column (without reduced view of driver)
- PU-foam on top of A-column to absorb pedestrian head impact energy
- modified design of windscreen fixation (soft, but keeps contribution to torsional stiffness of car)





Livio 21 front modules

RIETER



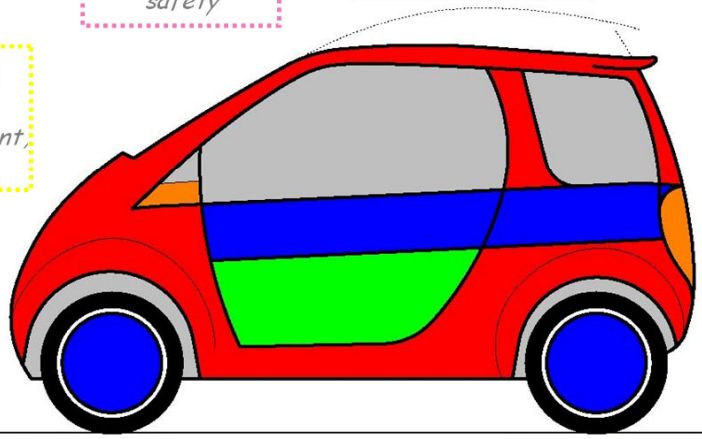


improved concept for pedestrian protection

pedestrian crash test on 17-June-2005

Livio 21 roof modules

RIETER



Livio 21 roof modules

RIETER

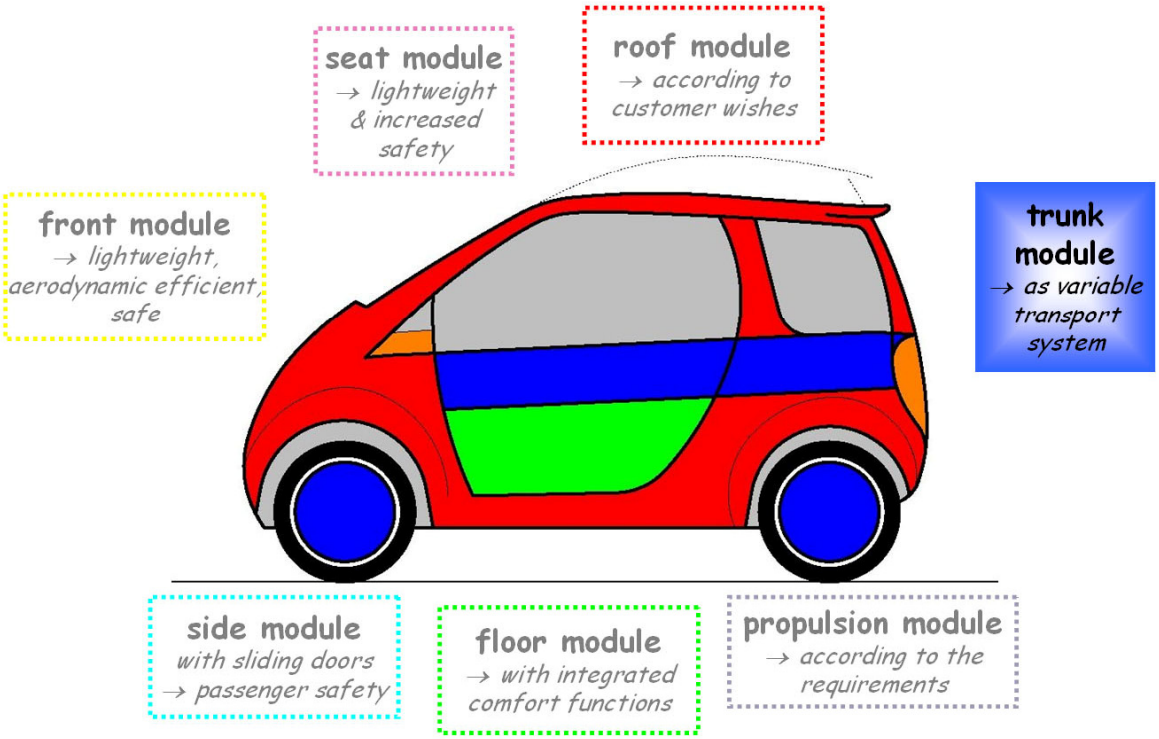
target

- reduction of the weight of vehicle roof systems by:
  - lightweight design (e.g. by "use" of the better formability of plastics compared to metals)
  - use of lightweight materials
  - integration of functions into the module structure

  → reduction of fuel consumption
- development and testing of designs, materials and processes for an economic production of roof modules
- demonstration of the potential of easy to change roof modules for the customization of vehicles (to always have just the weight and air resistance that is needed)

Livio 21 trunk modules

RIETER



Livio 21 trunk modules

RIETER

target

- reduction of the weight of vehicle trunk system by:
  - lightweight design (e.g. by "use" of the better formability of plastics compared to metals)
  - use of lightweight materials
  - integration of functions into th module structure

  → reduction of fuel consumption
- development and testing of designs, materials and processes for an economic production of trunk modules
- demonstration of the potential of easy to change trunk modules for a use in vehicles according to the "transport mission" (to always have just the vehicle weight that is needed)

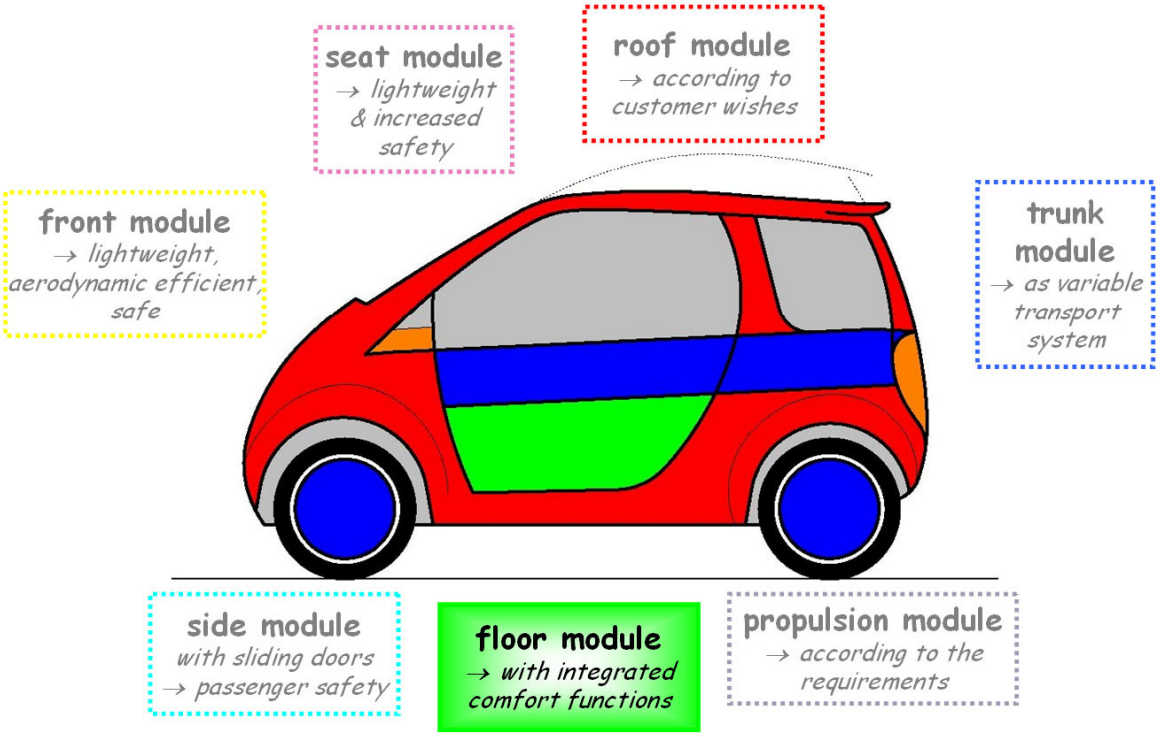
Livio 21 trunk modules

RIETER



Livio 21 floor modules

RIETER



Livio 21 floor modules

RIETER

target

- reduction of the weight of vehicle floor systems by:
  - lightweight design (e.g. by "use" of the better formability of plastics compared to metals)
  - use of lightweight materials
  - integration of functions into th module structure

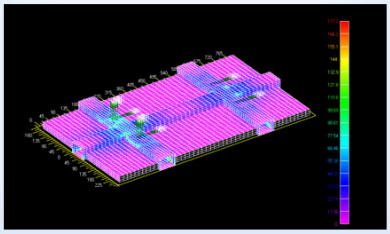
  → reduction of fuel consumption

- development and testing of designs, materials and processes for an economic production of floor modules

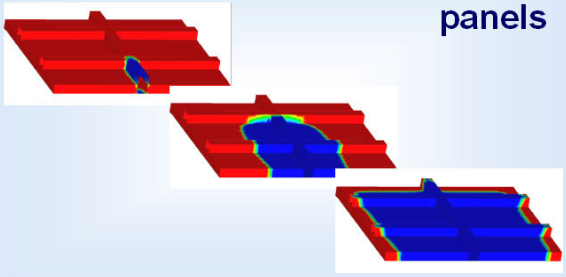
Livio 21 floor modules

RIETER

① mechanical simulation of floor panels



② process simulation for floor panels



diploma thesis Heggli, Richner

Fachhochschule Aargau Nordwestschweiz | F | H | A

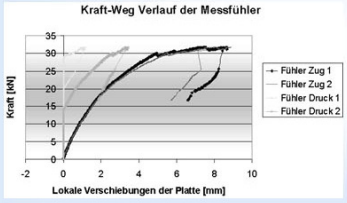
Prof. J. Müller
WS 2004/2005

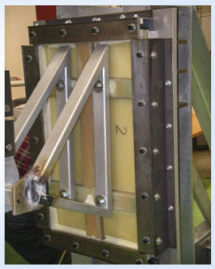
③ manufacturing of floor panel samples (RTM)





④ testing of floor panel samples





outline

RIETER

saving energy

reality - ideas - dreams

Livio 21

summary & conclusions

summary

RIETER

trends

- the weight of cars (same size) increased by ca. 4.6 $^{\%}/_{decade}$ (1970 - 2000)
- average consumption per weight factor of cars = ca. 0.54 $^{l/100km}/_{100kg}$ (1970 - 2000)
- cars with same weight (1200 kg) & engine type have consumption reduced by ca. 7 $^{\%}/_{decade}$ (1970 - 2000)
  → improvements in drivetrain and aerodynamics

saving energy

- **lower weight, more efficient drivetrains** and **improved aerodynamics** are important to reduce vehicle consumption
  → for market acceptance this has to be done with:
  - minimum the same safety
  - minimum the same comfort
  - maximal the same costs

  compared to traditional cars

conclusions

RIETER

saving weight

- the concept **spaceframe + modules with integrated functions** helps to **save weight** with
  - minimum the same safety
  - minimum the same comfort
  - maximal the same costs

  compared to traditional cars



HORLACHER.AG

RIETER

GK

QUADRANT PLASTIC COMPOSITES

FESTO

winterthur

Fachhochschule Aargau Nordwestschweiz FHBB

in the project Livio 21 we investigate these lightweight modules with support of

energieschweiz

thank you

energieschweiz

for supporting the project

Livio 21

thank you for your attention

Markus Zogg

Rieter Automotive Management AG
Schlosstalstrasse 43
CH-8406 Winterthur

Tel. +41 52 208 83 30
markus.zogg@rieterauto.com

Anhang 5: Patentbeschreibung - Sicherheitsfahrzeug

Sicherheitsauto

Sicherheitsfahrzeug

Die Erfindung betrifft ein Sicherheitsfahrzeug gemäss dem Oberbegriff des unabhängigen Anspruchs 1.

Zum Schutz von Fahrzeuginsassen ist heute jedes Automobil mit einem oder mehreren Airbags im Fahrzeuginneren ausgestattet. Um Fussgänger im Falle eines Zusammenstosses mit dem Fahrzeug zu schützen, ist es auch schon bekannt, das Fahrzeug mit einem Aussen-Airbag zu versehen. Die bekannten Aussen-Airbags sind bieten aber nicht nur ungenügenden Schutz, sondern bergen noch ein zusätzliches Verletzungsrisiko insofern, als sie die mit dem Fahrzeug kollidierende Person weg- und speziell in die Höhe schleudern und die Person beim Zurückfallen auf die Strasse unter Umständen noch schwerer verletzt werden kann als durch den Zusammenstoss mit dem Fahrzeug.

Ausgehend von diesem Stand der Technik soll durch die vorliegende Erfindung ein Sicherheitsfahrzeug geschaffen werden, welches bei einem Zusammenprall mit Fussgängern die Verletzungsgefahr für letztere möglichst reduziert.

Die Lösung dieser der Erfindung zugrundeliegenden Aufgabe ergibt sich aus den im kennzeichnenden Teil des unabhängigen Anspruchs 1 beschriebenen Merkmalen. Besonders vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche.

Im folgenden wird die Erfindung anhand der Zeichnung näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 eine Gesamtansicht eines Ausführungsbeispiels des erfindungsgemässen Sicherheitsfahrzeugs,

Fig. 2 die vordere Stossstangenpartie des Fahrzeugs mit eingelegtem Airbag,

Fig. 3 die Frontpartie des Fahrzeugs mit unter der Windschutzscheibe eingelegtem Airbag,

Fig. 4 das Fahrzeug mit zwei Aussen-Airbags im aktivierten (explodierten) Zustand,

Fig. 5 eine spezielle Ausgestaltung des Stossstangen-Airbags,

Fig. 6 ein Modell einer weiteren Ausgestaltung des Stossstangen-Airbags und

Fig. 7 ein Prinzipschema der Aktivierungsanordnung für die Airbags.

Das in Fig. 1 dargestellte Sicherheitsfahrzeug ist beispielsweise ein Kleinwagen mit Kunststoffkarosserie und Elektroantrieb. Zu erkennen sind in der Figur 1 namentlich eine als ganzes mit 1 bezeichnete Frontpartie, eine grosszügig dimensionierte vordere Stossstange 2 und eine Windschutzscheibe 3.

Das Fahrzeug ist mit zwei Aussen-Airbags ausgestattet. Ein erster Airbag 10 (Fig 2) befindet sich in einem Hohlraum der vorderen Stossstange 2 hinter einer Abdeckung 4. Ein zweiter Airbag 20 (Fig. 3) ist hinter der Frontpartie 1 unterhalb der Windschutzscheibe 3 angeordnet.

Die Fig. 2 zeigt die vordere Stossstange 2 mit abgenommener Abdeckung 4, wobei ein kurzes Stück 4' der Abdeckung zur Verdeutlichung der Verhältnisse eingezeichnet ist. Aus der Fig. 2 ist deutlich erkennbar, wie der erste Airbag 10 in zusammengefaltetem Zustand in der Stossstange angeordnet ist.

Die Fig. 3 verdeutlicht, wo der zweite Airbag 20 angeordnet ist. In der Praxis befindet sich der zweite Airbag in zusammengefaltetem Zustand knapp unterhalb der Windschutzscheibe 3 hinter der Frontpartie 1.

Die beiden Airbags 10 und 20 sind je mit einem herkömmlichen Explosions-Treibsatz zu ihrer Aktivierung ausgestattet und werden von einem Auslösemechnismus 30 gesteuert. Dieser weist geeignete Sensoren 31 auf, die bei einer Kollision mit einer Person den Auslösemechanismus triggern und die Aktivierung (Aufblähung) der beiden Airbags veranlassen (Fig. 7). Gemäss einem besonderen Aspekt der Erfindung sind die Sensoren 31 als Personen-Sensoren ausgebildet, welche den bevorstehenden bzw. eingetretenen Zusammenstoss mit einer Person erkennen können. Dadurch wird verhindert, dass die Airbags z.B. bei Kollision mit kleineren Gegenständen unbeabsichtigt gefeuert werden.

Die Fig. 4 zeigt die Airbags in aktiviertem (explodiertem, aufgeblähtem) Zustand. Wie man erkennt, steht der erste Airbag 10 etwa horizontal von der vorderen Stossstange 2 ab, während sich der zweite Airbag 20 wie eine Luftmatratze vor bzw. über der Windschutzscheibe 3 liegt. Die kollidierende Person wird dadurch optimal vor Verletzungen geschützt.

Besondere Bedeutung kommt nach einem weiteren wichtigen Aspekt der Erfindung der Formgebung der Airbags, speziell des ersten, in der Stossstange angeordneten Airbags 10 zu. Wie aus Fig. 4 erhellt, weist der erste Airbag 10 in explodiertem Zustand eine Reihe von kammartig angeordneten, im wesentlichen etwa keilförmigen Zinken 11 auf, welche sich von der Stossstange 3 nach vorne erstrecken. Im Falle einer Kollision mit einer Person umschliessen die Zinken 11 die Beine der Person und verhindern so, dass die Person weggeschleudert wird.

Dieser Schutzeffekt wird durch die gemäss Fig. 5 abgewandelte Formgebung des Airbags 10 noch verstärkt. Die Fig. 5 zeigt den Airbag im entfalteten, aber nicht aktivierten Zustand. Wie man erkennt, verdicken sich die Zinken 11 bei dieser Ausführungsform in Richtung auf die Stossstange zu, werden aber in Stossstangennähe wieder etwas schlanker, so dass zwischen den Zinken 11 Aussparungen 12 gebildet werden. Diese Aussparungen verbessern die Festhaltewirkung für kollidierende Personen.

Die Fig. 6 schliesslich zeigt ein Modell 10' des Stossstangen-Airbags ähnlich dem in Fig. 5 dargestellten. Im Unterschied zu diesem ist der Airbag 10' aber nicht aus zwei flachen Zuschnitten gefertigt, sondern aus drei oder mehreren Zuschnitten, was höhere Freiheit in der räumlichen Formgebung erlaubt. Dadurch kann die Rückhaltewirkung der Zinken noch weiter optimiert werden.

Die vorstehend beispielsweise im Zusammenhang mit einem Automobil erläuterte Sicherheitsausrüstung ist sinngemäss auch auf andere Fahrzeuge, beispielsweise etwa Strassenbahnen oder generell Schienenfahrzeuge übertragbar bzw. dort einsetzbar.

Patentansprüche

1. Sicherheitsfahrzeug mit mindestens einem Aussen-Airbag, dadurch gekennzeichnet, dass ein erster Airbag (10) im Bereich der vorderen Stossstange (2) des Fahrzeugs angeordnet ist und im explodierten Zustand eine kammartig gezinkte Gestalt mit von der Stossstange abstehenden Zinken (11) aufweist.

2. Fahrzeug nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen den Zinken (11) des ersten Airbags (10) in Stossstangennähe Aussparungen (12) gebildet sind, so dass die Abstände der Zinken (11) in Stossstangennähe grösser sind als weiter von der Stossstange entfernt.

3. Fahrzeug nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass unterhalb der Windschutzscheibe (3) des Fahrzeugs ein zweiter Airbag (20) angeordnet ist, welcher sich bei Aktivierung über die Windschutzscheibe legt.

4. Fahrzeug nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass ein Auslösemechanismus (30) für den ersten Airbag (10) oder den ersten und den zweiten Airbag (10,20) vorgesehen ist, welcher Auslösemechanismus mit einem Personensensor (31) ausgestattet ist.

5. Fahrzeug nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass ein gemeinsamer Auslösemechanismus (30) für beide Airbags (10,20) vorgesehen ist.

Zusammenfassung

Ein Fahrzeug, speziell ein Automobil, ist mit zwei Aussen-Airbags zum Schutz von mit dem Fahrzeug kollidierenden Personen ausgerüstet. Ein erster Airbag ist im Bereich der Stossstange angeordnet, ein zweiter Airbag befindet sich unterhalb der Windschutzscheibe. Ein mit einem Personensensor ausgestatteter Auslösemechanismus löst die beiden Airbags aus. Die Anordnung von zwei Airbags im Frontbereich des Fahrzeugs sowie eine spezielle Formgebung der Airbags reduziert das Verletzungsrisiko für die kollidierenden Personen grösstmöglich.

(Fig. 4)

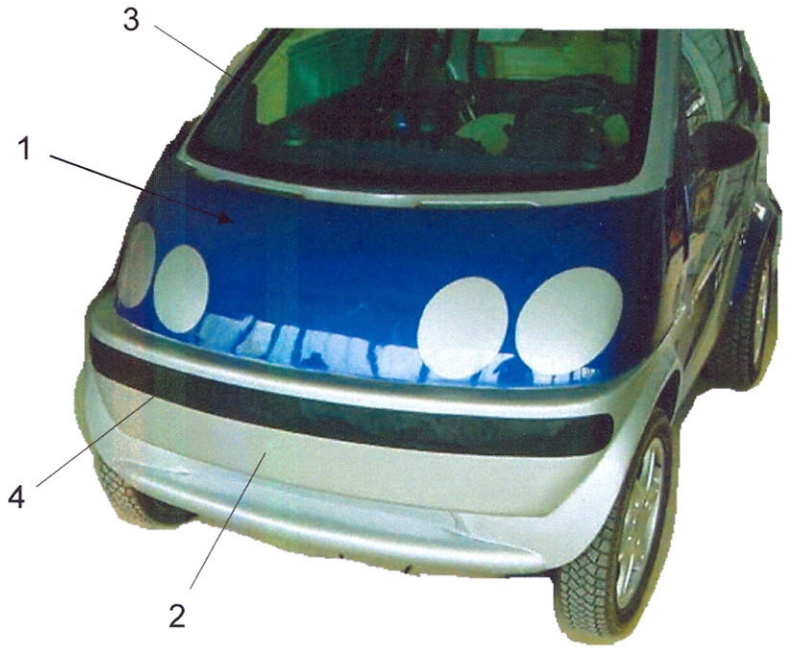


Fig. 1

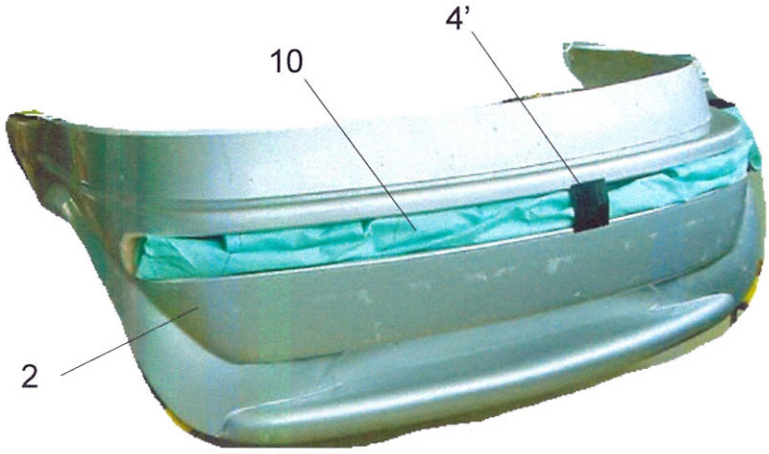


Fig. 2

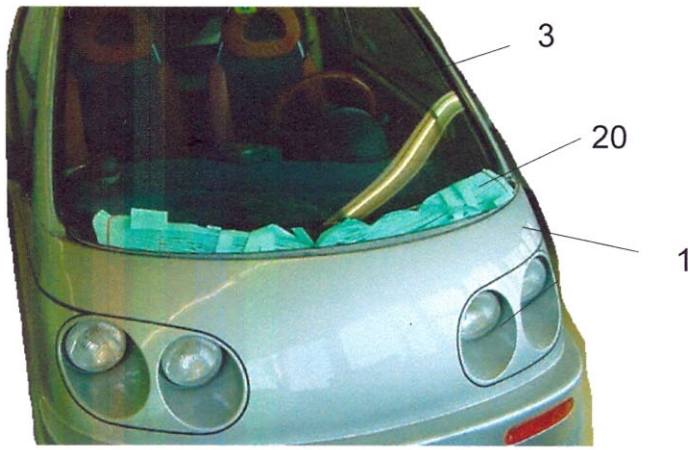


Fig. 3

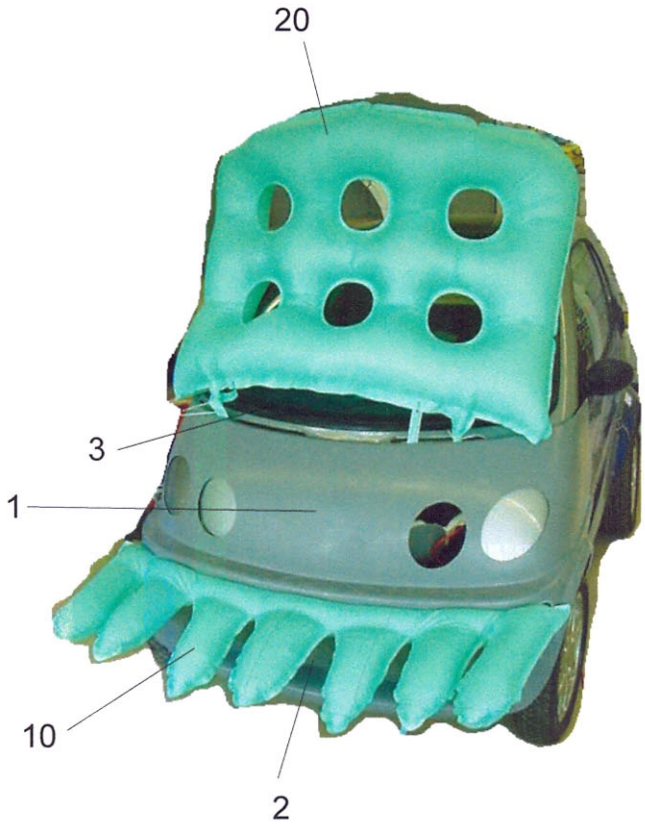


Fig. 4

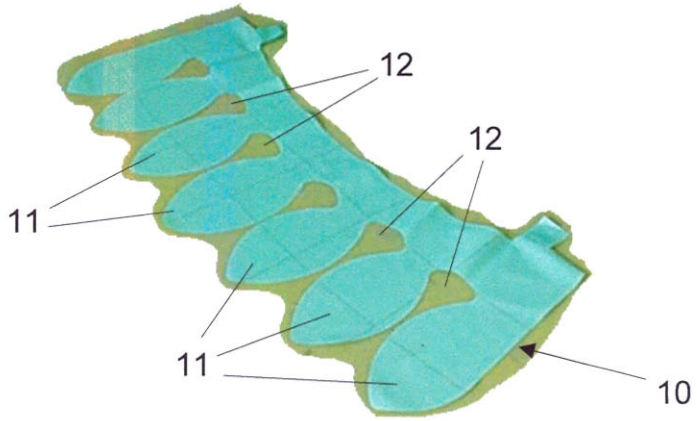


Fig. 5

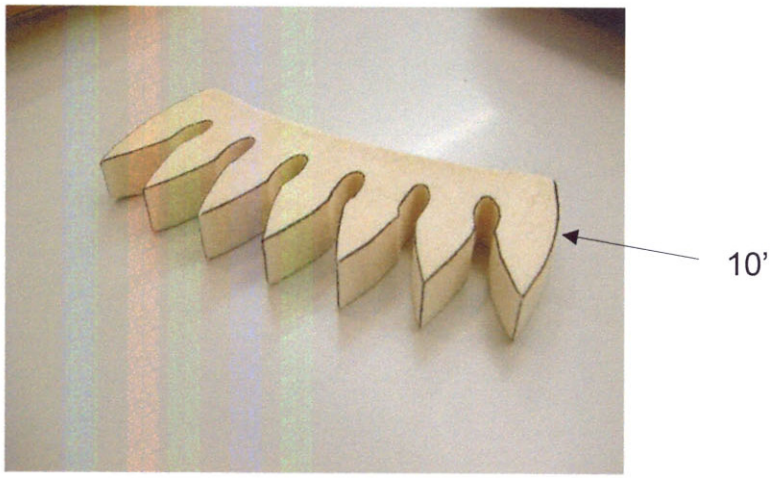


Fig. 6

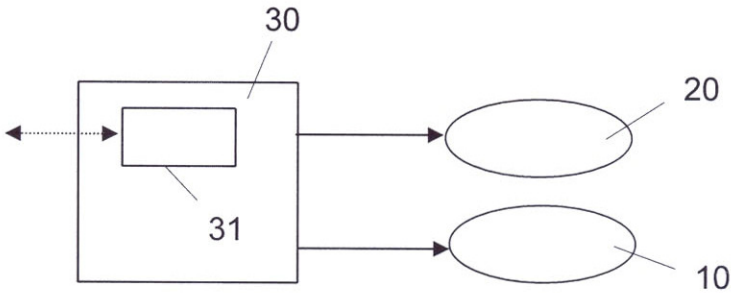


Fig. 7

Anhang 6: PCT Anmeldung

PATENT COOPERATION TREATY PCT/CH2008/000265

From the INTERNATIONAL BUREAU

PCT

NOTIFICATION OF RECEIPT OF RECORD COPY

(PCT Rule 24.2(a))

To:

HORLACHER AG
EFLER, Th.
Güterstrasse 9
CH-4313 Möhlin
SUISSE

Date of mailing *(day/month/year)*	IMPORTANT NOTIFICATION
30 June 2008 (30.06.2008)	
Applicant's or agent's file reference	International application No.
Sicherheitsfahrzeug	PCT/CH2008/000265

The applicant is hereby **notified** that the International Bureau has received the record copy of the international application as detailed below.

Name(s) of the applicant(s) and State(s) for which they are applicants:

HORLACHER, Max (all designated States)

International filing date: 10 June 2008 (10.06.2008)
Priority date(s) claimed: 14 June 2007 (14.06.2007)
Date of receipt of the record copy by the International Bureau: 16 June 2008 (16.06.2008)
List of designated Offices:

AP: BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW
EA: AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM
EP: AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR
OA: BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG
National: AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW

ATTENTION: The applicant should carefully check the data appearing in this notification. In case of any discrepancy between these data and the indications in the international application, the applicant should immediately inform the International Bureau. **In addition, the applicant's attention is drawn to the information contained in the Annex**, relating to:

- time limits for entry into the national phase - **see updated important information (as of April 2002)**
- requirements regarding priority documents (if applicable)

A copy of this notification is being sent to the receiving Office and to the International Searching Authority.

The International Bureau of WIPO 34, chemin des Colombettes 1211 Geneva 20, Switzerland	Authorized officer Poupel Sylvie
Facsimile No. +41 22 338 89 75	e-mail pt05.pct@wipo.int Telephone No. +41 22 338 74 05

Form PCT/IB/301 (October 2005) 1/DPG1BB3D0

ANNEX TO FORM PCT/IB/301

International application No.
PCT/CH2008/000265

INFORMATION ON ENTERING THE NATIONAL PHASE

The applicant is reminded that the **"national phase" must be entered** before each of the designated Offices indicated on the cover sheet of this notification by paying national fees and furnishing translations, as prescribed by Articles 22 and 39 and the applicable national laws. In addition, the applicant may also have to comply with **other special requirements** applicable in certain Offices. It is the **applicant's responsibility** to ensure that the necessary steps to enter the national phase are taken in a timely fashion. Most Offices do not issue reminders to applicants in connection with the entry into the national phase.

The **applicable time limit** for entering the national phase will, **subject to what is said in the following paragraph**, be **30 MONTHS** from the priority date, not only in respect of any elected Office if a demand for international preliminary examination is filed before the expiration of 19 months from the priority date (see Article 39(1)), but also in respect of any designated Office, in the absence of filing of such demand, where Article 22(1) as modified with effect from 1 April 2002 applies in respect of that designated Office. For further details, see *PCT Gazette* No. 44/2001 of 1 November 2001, pages 19926, 19932 and 19934, as well as the *PCT Newsletter*, October and November 2001 and February 2002 issues.

In practice, **time limits other than the 30-month time limit will continue to apply, for various periods of time**, in respect of certain designated or elected Offices. For **regular updates on the applicable time limits (20, 21, 30 or 31 months, or other time limit)**, Office by Office, refer to the *PCT Gazette* ("Section IV" part published on a weekly basis), to the *PCT Newsletter* (on a monthly basis) and to the relevant National Chapters in Volume II of the *PCT Applicant's Guide* (the paper version of which is updated usually twice a year and the Internet version of which is updated usually on a weekly basis). Finally, a cumulative table of all applicable time limits for entering the national phase is available from WIPO's Internet site, via links from various pages of the site, including those of the *Gazette*, *Newsletter* and *Guide*, at http://www.wipo.int/pct/en/index.html.

Information about the requirements for **filing a demand for international preliminary examination** is set out in the *PCT Applicant's Guide*, Volume I/A, Chapter IX. Note that only an applicant who is a national or resident of a PCT Contracting State which is bound by Chapter II has the right to file a demand for international preliminary examination (at present, all PCT Contracting States are bound by Chapter II).

REQUIREMENTS REGARDING PRIORITY DOCUMENTS

For applicants who have not yet complied with the requirements regarding priority documents, the following is recalled.

Where the priority of an earlier national, regional or international application is claimed, the applicant must submit a copy of the said earlier application, certified by the authority with which it was filed ("the priority document") to the receiving Office (which will transmit it to the International Bureau) or directly to the International Bureau, before the expiration of 16 months from the priority date, provided that any such priority document may still be submitted to the International Bureau before the date of international publication of the international application, in which case that document will be considered to have been received by the International Bureau on the last day of the 16-month time limit (Rule 17.1(a)).

Where the priority document is issued by the receiving Office, the applicant may, instead of submitting the priority document, request the receiving Office to prepare and transmit the priority document to the International Bureau. Such request must be made before the expiration of the 16-month time limit and may be subjected by the receiving Office to the payment of a fee (Rule 17.1(b)).

If the priority document concerned is not submitted to the International Bureau and if the request to the receiving Office to prepare and transmit the priority document has not been made (and the corresponding fee, if any, paid) within the applicable time limit indicated under the preceding paragraphs, any designated State may disregard the priority claim, provided that no designated Office may disregard the priority claim concerned before giving the applicant an opportunity, upon entry into the national phase, to furnish the priority document within a time limit which is reasonable under the circumstances (Rule 17.1(c)).

Where several priorities are claimed, the priority date to be considered for the purposes of computing the 16-month time limit (and all other PCT time limits) is the filing date of the earliest application whose priority is claimed (Article 2(xi)(b)).

PCT

ANTRAG

Der Unterzeichnete beantragt, daß die vorliegende internationale Anmeldung nach dem Vertrag über die internationale Zusammenarbeit auf dem Gebiet des Patentwesens behandelt wird.

Vom Anmeldeamt auszufüllen

Internationales Aktenzeichen

Internationales Anmeldedatum

Name des Anmeldeamts und "PCT International Application"

Aktenzeichen des Anmelders oder Anwalts *(falls gewünscht)* *(max. 12 Zeichen)* Sicherheitsfahrzeug

Feld Nr. I BEZEICHNUNG DER ERFINDUNG

SICHERHEITSFAHRZEUG

Feld Nr. II ANMELDER ☒ Diese Person ist gleichzeitig Erfinder

Name und Anschrift: *(Familienname, Vorname; bei juristischen Personen vollständige amtliche Bezeichnung. Bei der Anschrift sind die Postleitzahl und der Name des Staats anzugeben. Der in diesem Feld in der Anschrift angegebene Staat ist der Staat des Sitzes oder Wohnsitzes des Anmelders, sofern nachstehend kein Staat des Sitzes oder Wohnsitzes angegeben ist.)*

HORLACHER, Max
Riburgpark 8
4313 Möhlin
CH

Telefonnr.: +41 61 851 19 33

Telefaxnr.:

Registrierungsnr. des Anmelders beim Amt:

Staatsangehörigkeit *(Staat)*: CH

Sitz oder Wohnsitz *(Staat)*: CH

Diese Person ist Anmelder für folgende Staaten: ☒ alle Bestimmungsstaaten ☐ alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme der Vereinigten Staaten von Amerika ☐ nur die Vereinigten Staaten von Amerika ☐ die im Zusatzfeld angegebenen Staaten

Feld Nr. III WEITERE ANMELDER UND/ODER (WEITERE) ERFINDER

☐ Weitere Anmelder und/oder (weitere) Erfinder sind auf einem Fortsetzungsblatt angegeben.

Feld Nr. IV ANWALT ODER GEMEINSAMER VERTRETER; ODER ZUSTELLANSCHRIFT

Die folgende Person wird hiermit bestellt/ist bestellt worden, um für den (die) Anmelder vor den zuständigen internationalen Behörden in folgender Eigenschaft zu handeln als: ☐ Anwalt ☐ gemeinsamer Vertreter

Name und Anschrift: *(Familienname, Vorname; bei juristischen Personen vollständige amtliche Bezeichnung. Bei der Anschrift sind die Postleitzahl und der Name des Staats anzugeben.)*

Horlacher AG
Th. Efler
Güterstrasse 9
4313 Möhlin
CH

Telefonnr.: +41 61 851 21 18

Telefaxnr.: +41 61 851 32 00

Registrierungsnr. des Anwalts beim Amt:

☒ **Zustellanschrift:** Dieses Kästchen ist anzukreuzen, wenn kein Anwalt oder gemeinsamer Vertreter bestellt ist und statt dessen im obigen Feld eine spezielle Zustellanschrift angegeben ist.

Blatt Nr. ..2...

Feld Nr. V BESTIMMUNGEN

Die Einreichung dieses Antrags umfaßt **gemäß Regel 4.9 Absatz a die Bestimmung** aller Vertragsstaaten, für die der PCT am internationalen Anmeldedatum verbindlich ist, und insoweit verfügbar, für jede Art von Schutzrecht und sowohl für ein regionales als auch für ein nationales Patent.

Dennoch wird

☐ DE Deutschland **nicht** für ein nationales Schutzrecht **bestimmt**
☐ JP Japan **nicht** für ein nationales Schutzrecht **bestimmt**
☐ KR Republik Korea **nicht** für ein nationales Schutzrecht **bestimmt**
☐ RU Russische Föderation **nicht** für ein nationales Schutzrecht **bestimmt**

(Obenstehende Kästchen können nur angekreuzt werden, um die betreffenden Bestimmungen (unwiderruflich) auszuschließen, falls die internationale Anmeldung, zum Zeitpunkt ihrer Einreichung oder nachträglich gemäß Regel 26bis.1, in Feld Nr. VI die Priorität einer in dem betreffenden Staat eingereichten früheren nationalen Anmeldung beansprucht, um zu vermeiden, daß diese frühere nationale Anmeldung nach nationalem Recht ihre Wirkung verliert).

Feld Nr. VI PRIORITÄTSANSPRUCH

Die Priorität der folgenden früheren Anmeldung(en) wird hiermit in Anspruch genommen:

Anmeldedatum der früheren Anmeldung *(Tag/Monat/Jahr)*	Aktenzeichen der früheren Anmeldung	Ist die frühere Anmeldung eine:		
		nationale Anmeldung: Staat oder Mitglied der WTO	regionale Anmeldung: regionales Amt	internationale Anmeldung: Anmeldeamt
Zeile (1) 14.06.2007	00951/07	CH		
Zeile (2)				
Zeile (3)				

☐ Weitere Prioritätsansprüche sind im Zusatzfeld angegeben.

Übermittlung einer beglaubigten Abschrift: Das Anmeldeamt wird ersucht, eine beglaubigte Abschrift der oben bezeichneten früheren Anmeldung(en) zu erstellen und dem internationalen Büro zu übermitteln *(nur falls die frühere Anmeldung(en) bei dem Amt eingereicht worden ist (sind), das für die Zwecke dieser internationalen Anmeldung Anmeldeamt ist)*:

☐ sämtliche Zeilen ☒ Zeile (1) ☐ Zeile (2) ☐ Zeile (3) ☐ weitere, siehe Zusatzfeld

Wiederherstellung des Prioritätsrechts: Das Anmeldeamt wird ersucht, das Prioritätsrecht der oben bezeichneten oder im Zusatzfeld unter Punkt(e) (_____) angegebenen früheren Anmeldung(en) wiederherzustellen. *(Siehe auch die Anmerkungen zu Feld Nr. VI; weitere Angaben zur Begründung des Antrags auf Wiederherstellung des Prioritätsrechts sind einzureichen.)*

Einbeziehung durch Verweis: Ist ein in Artikel 11 Absatz 1 Ziffer iii Buchstabe d oder e genannter Bestandteil der internationalen Anmeldung oder ein in Regel 20.5 Absatz a genannter Teil der Beschreibung, der Ansprüche oder der Zeichnungen nicht anderswo in der internationalen Anmeldung, aber vollständig in einer früheren Anmeldung enthalten, deren Priorität, zu dem Datum, an dem ein oder mehrere in Artikel 11 Absatz 1 Ziffer iii genannte Bestandteile zuerst beim Anmeldeamt eingegangen sind, beansprucht wird, so wird dieser Bestandteil oder Teil, vorbehaltlich der Bestätigung nach Regel 20.6, für die Zwecke der Regel 20.6 in diese internationale Anmeldung einbezogen.

Feld Nr. VII INTERNATIONALE RECHERCHENBEHÖRDE

Wahl der internationalen Recherchenbehörde (ISA) *(falls zwei oder mehr als zwei internationale Recherchenbehörden für die Ausführung der internationalen Recherche zuständig sind, geben Sie die von Ihnen gewählte Behörde an; der Zweibuchstaben-Code kann benutzt werden)*:

ISA / EP

Antrag auf Nutzung der Ergebnisse einer früheren Recherche; Bezugnahme auf diese frühere Recherche *(falls eine frühere Recherche bei der internationalen Recherchenbehörde beantragt oder von ihr durchgeführt worden ist)*:

Datum *(Tag/Monat/Jahr)* Aktenzeichen Staat *(oder regionales Amt)*

Feld Nr. VIII ERKLÄRUNGEN

Die Felder Nr. VIII (i) bis (v) enthalten die folgenden Erklärungen *(Kreuzen Sie unten die entsprechenden Kästchen an und geben Sie in der rechten Spalte für jede Erklärung deren Anzahl an)* :

			Anzahl der Erklärungen
☐	Feld Nr. VIII (i)	Erklärung hinsichtlich der Identität des Erfinders	:
☐	Feld Nr. VIII (ii)	Erklärung hinsichtlich der Berechtigung des Anmelders, zum Zeitpunkt des internationalen Anmeldedatums, ein Patent zu beantragen und zu erhalten	:
☐	Feld Nr. VIII (iii)	Erklärung hinsichtlich der Berechtigung des Anmelders, zum Zeitpunkt des internationalen Anmeldedatums, die Priorität einer früheren Anmeldung zu beanspruchen	:
☐	Feld Nr. VIII (iv)	Erfindererklärung (nur im Hinblick auf die Bestimmung der Vereinigten Staaten von Amerika)	:
☐	Feld Nr. VIII (v)	Erklärung hinsichtlich unschädlicher Offenbarungen oder Ausnahmen von der Neuheitsschädlichkeit	:

Blatt Nr. ...3...

Feld Nr. IX KONTROLLISTE; EINREICHUNGSSPRACHE

Diese internationale Anmeldung **enthält**:

(a) **auf Papier**, die folgende Anzahl Blätter:

Antrag (inklusive Erklärungs- und Zusatzblätter)	:	3
Beschreibung (ohne Sequenzprotokoll und/oder diesbezügliche Tabellen)	:	4
Ansprüche	:	1
Zusammenfassung	:	1
Zeichnungen	:	3
Teilanzahl	:	12
Sequenzprotokoll	:	
diesbezügliche Tabellen	:	
(für beide, Anzahl der Blätter, soweit auf Papier eingereicht wird, unabhängig davon, ob zusätzlich auch in elektronischer Form eingereicht wird; siehe unter (c))		
Gesamtanzahl	:	12

(b) ☐ **ausschließlich in elektronischer Form** (Abschnitt 801(a)(i))
- (i) ☐ Sequenzprotokoll
- (ii) ☐ diesbezügliche Tabellen

(c) ☐ **auch in elektronischer Form** (Abschnitt 801(a)(ii))
- (i) ☐ Sequenzprotokoll
- (ii) ☐ diesbezügliche Tabellen

Art und Anzahl der Datenträger (Diskette, CD-ROM, CD-R oder sonstige) auf denen sich befinden
- (i) ☐ Sequenzprotokoll: . . . . . .
- (ii) ☐ diesbezügliche Tabellen: . . . . . .

(zusätzliche eingereichte Kopien unter Punkt 9(ii) und/oder 10(ii) in der rechten Spalte angeben)

Dieser internationalen Anmeldung liegen die folgenden Unterlagen bei *(kreuzen Sie die entsprechenden Kästchen an und geben Sie in der rechten Spalte jeweils die Anzahl der beiliegenden Exemplare an)* — Anzahl

1. ☒ Blatt für die Gebührenberechnung :
2. ☐ Original einer gesonderten Vollmacht :
3. ☐ Original einer allgemeinen Vollmacht :
4. ☐ Kopie der allgemeinen Vollmacht; Aktenzeichen (falls vorhanden): . . . . . :
5. ☐ Begründung für das Fehlen einer Unterschrift :
6. ☐ Prioritätsbeleg(e), in Feld Nr. VI durch folgende Zeilennummer(n) gekennzeichnet: . . . . . :
7. ☐ Übersetzung der internationalen Anmeldung in die folgende Sprache: . . . . . :
8. ☐ Gesonderte Angaben zu hinterlegten Mikroorganismen oder anderem biologischen Material :
9. ☐ Sequenzprotokoll in elektronischer Form *(Art und Anzahl der Datenträger)*
   - (i) ☐ Kopie ausschließlich für die Zwecke der internationalen Recherche nach Regel 13*ter* (und nicht als Teil der internationalen Anmeldung) :
   - (ii) ☐ *(nur falls Felder (b)(i) oder (c)(i) in der linken Spalte angekreuzt wurden)* zusätzliche Kopien einschließlich, soweit zutreffend, einer Kopie für die Zwecke der internationalen Recherche nach Regel 13*ter* :
   - (iii) ☐ zusammen mit entsprechender Erklärung, daß die Kopie(n) mit dem in der linken Spalte aufgeführten Sequenzprotokoll identisch ist :
10. ☐ Tabellen in elektronischer Form im Zusammenhang mit Sequenzprotokoll *(Art und Anzahl der Datenträger)*
    - (i) ☐ Kopie ausschließlich für die Zwecke der internationalen Recherche nach Abschnitt 802(b-*quater*) (und nicht als Teil der internationalen Anmeldung) :
    - (ii) ☐ *(nur falls Felder (b)(ii) oder (c)(ii) in der linken Spalte angekreuzt wurden)* zusätzliche Kopien einschließlich, soweit zutreffend, einer Kopie für die Zwecke der internationalen Recherche nach Abschnitt 802(b-*quater*) :
    - (iii) ☐ zusammen mit entsprechender Erklärung, daß die Kopie(n) mit dem in der linken Spalte aufgeführten Tabellen identisch ist (sind) :
11. ☐ Sonstige *(einzeln aufführen)*: . . . . . :

Abbildung der Zeichnungen, die mit der Zusammenfassung veröffentlicht werden soll (Nr.): 4

Sprache, in der die internationale Anmeldung eingereicht wird: deutsch

Feld Nr. X UNTERSCHRIFT DES ANMELDERS, DES ANWALTS ODER DES GEMEINSAMEN VERTRETERS

Der Name jeder unterzeichnenden Person ist neben der Unterschrift zu wiederholen, und es ist anzugeben, sofern sich dies nicht eindeutig aus dem Antrag ergibt, in welcher Eigenschaft die Person unterzeichnet.

Möhlin, den 09. Juni 2008

Max Horlacher

Vom Anmeldeamt auszufüllen

1. Datum des tatsächlichen Eingangs dieser internationalen Anmeldung:

2. Zeichnungen:
   - ☐ eingegangen:
   - ☐ nicht eingegangen:

3. Geändertes Eingangsdatum aufgrund nachträglich, jedoch fristgerecht eingegangener Unterlagen oder Zeichnungen zur Vervollständigung dieser internationalen Anmeldung:

4. Datum des fristgerechten Eingangs der angeforderten Richtigstellungen nach Artikel 11(2) PCT:

5. Internationale Recherchenbehörde *(falls zwei oder mehr zuständig sind)*: ISA /

6. ☐ Übermittlung des Recherchenexemplars bis zur Zahlung der Recherchengebühr aufgeschoben

Vom Internationalen Büro auszufüllen

Datum des Eingangs des Aktenexemplars beim Internationalen Büro: