

Das Enzo Ferrari Museum - eine Fusion zweier Designwelten

Dr.-Ing. Lucio Blandini¹, Dr. Timo Schmidt^{1,3}, Dr.-Ing. Thomas Winterstetter¹, Prof. Dr. Dr. E.h. Werner Sobek^{1,2,3}

1 Werner Sobek Stuttgart, Albstrasse 14, 70597 Stuttgart, Deutschland

2 Universität Stuttgart, ILEK, Pfaffenwaldring 7+14, 70569 Stuttgart, Deutschland

3 IIT, Illinois Institute of Technology, 3360 S. State St., Chicago, IL, 60616, USA

Direkt gegenüber dem historischen Geburtshaus von Enzo Ferrari in Modena befindet sich das neue Museum für die Marken Ferrari und Maserati. Das äußere Erscheinungsbild dieses Gebäudes wird von einer geschwungenen Glasfassade und einer doppelt gekrümmten, stark an eine Fahrzeugkarosserie erinnernden Aluminiumhülle geprägt. Die Glasfassade ist bis zu 11 m hoch und wird von Edelstahlseilen getragen; maßgeschneiderte Sonnenschutzelemente und eine hochwertige Isolierverglasung optimieren den Energieeintrag bei gleichzeitig hoher Transparenz. Die metallische Außenhülle des Gebäudes ist aus Aluminiumelementen gefertigt, die im typischen Ferrari-Gelb eingefärbt sind; das Fertigungssystem für diese Metallkonstruktion wurde dem Schiffsbau entlehnt. Dadurch konnte eine fugelose Hülle von extremer geometrischer Komplexität realisiert werden, deren Formensprache bewusst Assoziationen mit dem Automobil design hervorruft.

Engineering the Skin of the “Casa Enzo Ferrari” Museum in Modena. The exhibition gallery of the Enzo Ferrari Museum in Modena has been designed by Future Systems London, referring to iconic free form elements of the sport car design. The gallery façade is composed of a curved glass envelope facing Enzo Ferrari’s birth house as well as of a free-form yellow aluminum roof. This paper focuses on the customized solutions developed to engineer both the glass and the aluminum façade.

Schlagwörter: Freiform-Geometrie, Seilfassade, Aluminiumdach

Keywords: free form geometry, cable-stayed facade, aluminium roof

1 Architektonisches Konzept

Das von Jan Kaplicky (FutureSystems) entworfene Museum „Casa Enzo Ferrari“ in Modena lehnt sich gestalterisch bewusst an Stilelemente des Automobilbaus an. Die homogene geschwungene Oberfläche der Dachkonstruktion bildet eine Karosserie, aus der sich elegant die Oberlichter wölben. Fließende Übergänge zur Topographie der Umgebung betten das Gebäude in die stark industriell geprägte Peripherie von Modena ein. Die Glasfassade fasst, zusammen mit dem Geburtshaus von Enzo Ferrari, einen Platz, der den Eingangsbereich für beide Gebäude bildet.

Aus dem Museum schaut man so – quasi durch die Frontscheibe – direkt auf das historische Geburtshaus von Enzo Ferrari, während man umgekehrt aus dem Geburtshaus heraus Gestaltungselemente sieht, die wesentlich durch Enzo Ferrari geprägt wurden.



Bild 1-1 Gesamtansicht – Das neue Ausstellungsgebäude rechts und das renovierte Geburtshaus von Enzo Ferrari links, Modena

2 Geometrie

Die organische Formensprache führt zu doppelt gekrümmten Flächen, die mit konventionellen Gebäudehüllen nicht zu generieren sind. Die 78 m lange und 45 m breite Karosserie ist „geometrisch unbestimmt“, kann also nicht abgewickelt und somit auch nicht durch die Addition einfach gekrümmter Elemente erzeugt werden. Die Gebäudehülle ist spiegelsymmetrisch zur Längsachse des Bauwerkes. Entlang der Glasfassade sind die Dachhälften unterschiedlich beschnitten, was optisch eine Aufhebung der Symmetrie zur Folge hat. Die Hauptfläche der Gebäudehülle ist synklastisch gekrümmt; lediglich die Auswölbungen der zehn Skylights führen zu einer antiklastischen Krümmung im Übergangsbereich zur Hauptdachfläche.

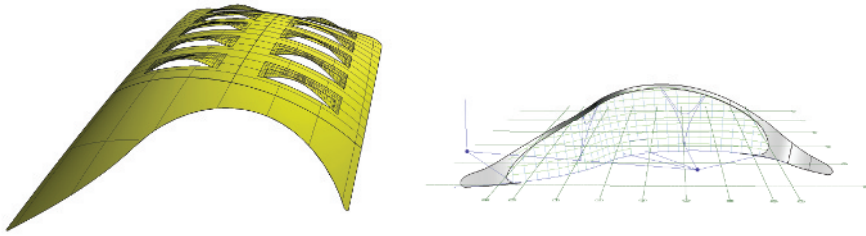


Bild 2-1 Geometrie der Aluminiumhülle und der Glasfassade

Die um 12.5° nach innen geneigte Glasfassade ist geometrisch durch zwei sich überschneidende Kegelflächen definiert. Dadurch ist die Fassadenfläche abwickelbar und kann mit trapezförmigen, planaren Glasscheiben belegt werden. Nur die oberste Scheibenreihe der Seilfassade ist aufgrund der räumlich gekrümmten Schnittfläche unregelmäßig. Hierdurch entstehen 21 Sonderdetails im Bereich der Fassadenanbindung; diese wurden durch typisierte Details gelöst, die parametrisch an die jeweilige bauliche Situation angepasst wurden.

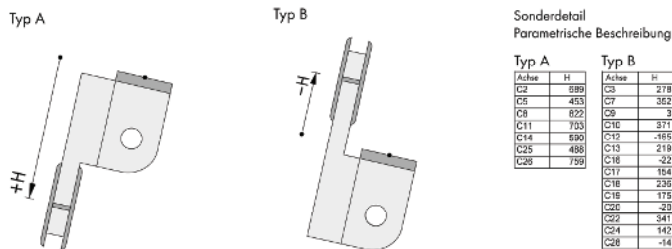


Bild 2-2 Obere Fassadenanbindung - Parametrische Beschreibung der 21 Sonderdetails

Die vertikalen Seile der Fassade schließen oben an ein 62 m langes, doppelt gekrümmtes Rundhohlprofil an. Die Geometrie dieses im Schnitt 1.000 mm messenden Stahlprofils ist analytisch nicht definierbar. Der Träger wurde deshalb – unter Verwendung von klar definierten Toleranzen – in einfach gebogene Stahlprofile segmentiert, um die Herstellung deutlich zu vereinfachen. Die einzelnen Segmente mit einer variablen Wandstärke von bis zu 40 mm wurden dann vor Ort zusammengeschweißt.

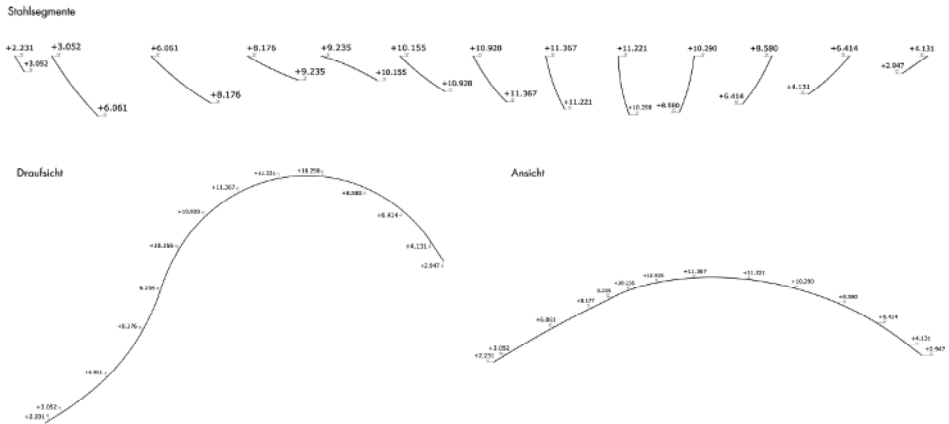


Bild 2-3 Segmentierung des Stahlrundhohlprofils

3 Die Glasfassade

Die leicht geneigte Seilfassade wird von vertikal angeordneten Edelstahlspiralseilen mit einem Durchmesser von 32 mm getragen. Die mit Argon gefüllte Isolierverglasung besteht aus außenliegenden, je 10 mm starken ESG-Glasscheiben und einem innenliegenden SentryGlas®Plus-Verbund aus zwei miteinander laminierten TVG-Glasscheiben, die beide je eine Stärke von 6 mm haben.

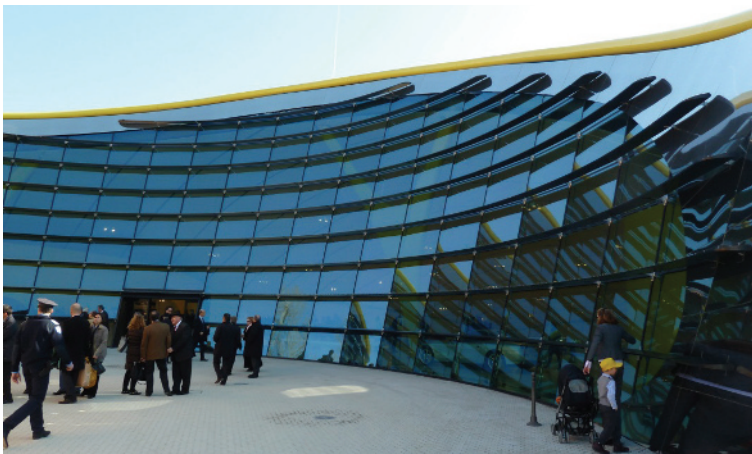


Bild 3-1 Glasfassade, Sicht von außen

Der Sonnenschutz der Fassade wird durch schwarz beschichtete Aluminiumelemente gewährleistet, die nicht nur den Energieeintrag regulieren, sondern die auch das Erscheinungsbild eines Autokühlers assoziieren. Die extrudierten Profile sind nicht gebogen; die außenliegenden Enden wurden aber je nach Position in der Fassade stärker oder schwächer abgefräst, um eine gebogene Kante zu bilden. In die Aluminiumelemente eingesetzte Heizbänder sorgen dafür, dass die Fassade im Winter schneefrei bleibt.

Bereich der nach Bedarf
abgefräst wurde

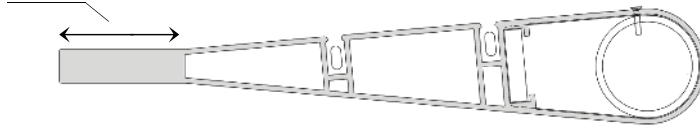


Bild 3-2 Glasfassade, Aluminiumquerschnitt des Sonnenschutzelementes



Bild 3-3 Glasfassade, Sicht von innen

Speziell für die Seilfassade in Modena entwickelte Werner Sobek ein Edelstahlelement, das gleichzeitig als Seilklemme und als Glashalter fungiert. Ziel dieser Entwicklung war es, das Detail so zu gestalten, dass es sich harmonisch in die Gestaltung des Gesamtentwurfs einfügt – und gleichzeitig den erforderlichen Materialeinsatz so weit wie möglich zu reduzieren. Hierfür wurde die Geometrie des Elements in Abstimmung mit einem italienischen Hersteller, der auf das Gießen von kleinen Designobjekten spezialisiert ist, vollständig in 3D generiert.

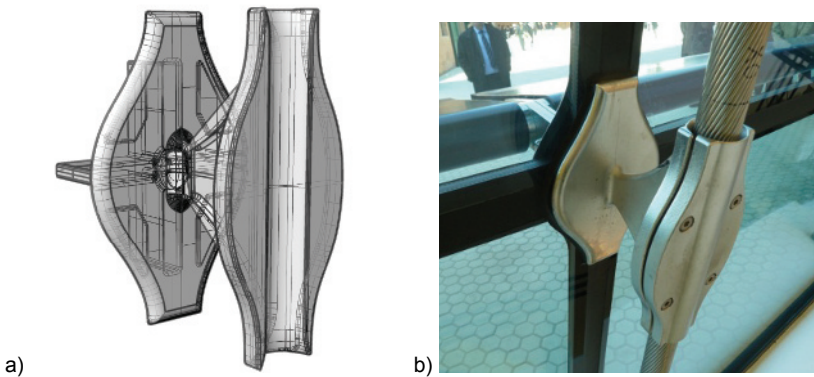


Bild 3-4 Fassade Seilklemme – a) 3D-Modell des zentralen Gussteils, b) eingebaute Seilklemme und Glashalter

Ein wichtiger Zielwert bei der Tragwerksplanung der Seilfassade war die Begrenzung der horizontalen Verformung: durch entsprechende Maßnahmen konnte die maximale Verformung (d.h. unter extremen Windlasten) auf 133 mm begrenzt werden. Hierdurch wird sichergestellt, dass die Verwindung der Glasscheiben nie über den mit dem Glashersteller abgestimmten Wert hinausgeht. Aufgrund der Fassadenkrümmung wird das Silikon in den Fugen bei einer Verformung der Fassade ungleichmäßig belastet; die Bemessung der Silikonfugen war deshalb besonders wichtig. Um die angestrebten lokalen und globalen Verformungswerte zu erreichen, wurde jede Seilvorspannung einzeln optimiert – die Vorspannungswerte variieren dabei zwischen 80 und 330 kN. Die beiden Türen in der Fassade konnten im Übrigen ohne Berücksichtigung der Fassadenverformungen geplant werden, da die Türrahmen vom Stahlportal (an den die Seile anschließen) entkoppelt sind.

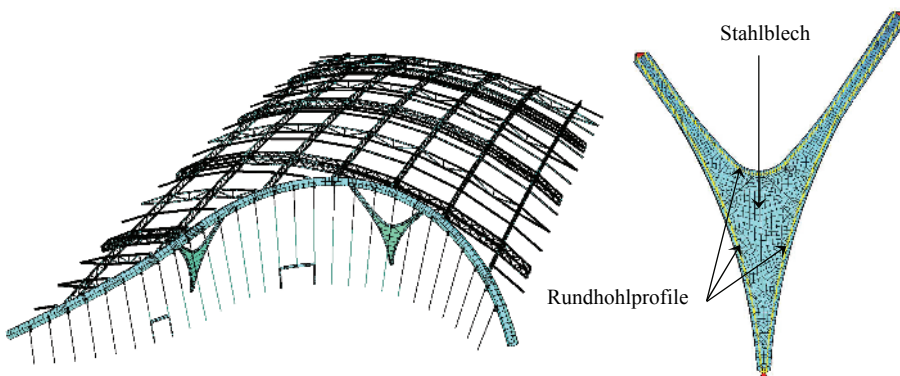


Bild 3-5 Tragwerksmodelle – Gesamtmodell und Sondermodell der Stütze

Die Spiralseile sind an einem Rundhohlprofil oben angeschlossen. Dieser Träger schließt in der Horizontalen an den Dachstahlbau an; der Anschluss an den Massivbau des Gebäudes erfolgt durch eine Gabelverbindung an den beiden Enden des Trägers. In seiner Mitte wird der Träger durch zwei Y-förmige, geneigte Stahlstützen gehalten, die an ihren Kopf- und Fußpunkten gelenkig gelagert sind. Der Querschnitt der Stützen ist variabel und besteht aus jeweils drei Rohren, die durch 10 mm dicke gelaserte Stahlbleche zusammengeschweißt sind.

4 Die Aluminiumhülle

Für die Eindeckung der opaken Außenhaut wurde ein aus dem Schiffsbau adaptiertes Aluminiumsystem verwendet. Das aus 125 mm breiten Strangpressprofilen bestehende System kann in den meisten Fällen durch Kaltverformung in Extrusionsrichtung und durch eine Polygonalisierung entlang der Nut- und Federverbindungen die vorgegebene Geometrie abbilden.



Bild 4-1 Aluminiumhülle

Im Übergangsbereich zwischen der Hauptdachfläche und den Erhebungen der Skylights finden sich die stärksten Krümmungsradien; diese konnten nicht allein über eine reine Kaltverformung der Strangpressprofile vor Ort realisiert werden. Die Aluminiumprofile wurden für diese Bereiche vorgebogen auf die Baustelle geliefert. Die Anordnung der zehn Skylights folgte rein architektonischen Vorgaben. Die Schnittkanten der Auswölbungen fielen deshalb nicht mit den gegebenen Rändern der Aluminiumprofile zusammen. Die Fixierung auslaufender Aluminiumprofile an der Dachhaut und an der Unterkonstruktion stellte die größte konstruktive Herausforderung dar.

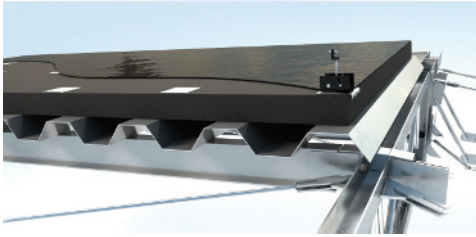


Bild 4-2 Unterkonstruktion der Aluminiumfassade

Um die organische Form wirtschaftlich zu erstellen, wurden das Haupttragwerk, die Trapezblecheindeckung und die Wärmedämmung aus Foamglas nicht doppelt gekrümmt, sondern polygonal ausgeführt. Lediglich die opake Außenhaut und die transluzente Membran der Innenraumdecke sind doppelt gekrümmt. Im Foamglas sind Krallenplatten positioniert, auf die die Dachunterkonstruktion montiert wurde. Eine Bitumenbahn überdeckt das Foamglas und die integrierten Krallenplatten und bildet die Notentwässerungsebene. Zur Überbrückung der variierenden Abstände zwischen Tragwerk und Hülle wurde eigens ein Anschlussdetail entwickelt, das auf unterschiedliche Winkel- und Höhendifferenz eingestellt werden kann.



Bild 4-3 Aluminiumhülle, typisches Anschlussdetail

Die fugenlose Hülle verhält sich thermisch wie eine monolithische Aluminiumplatte. Mit angesetzten Oberflächentemperaturen von -20 °C bis $+80\text{ °C}$ muss ein Temperaturdelta von 100 K berücksichtigt werden. Aufgrund der daraus resultierenden thermischen Verformungen wurde das Dach nur an einem zentralen Punkt in Bauwerksmitte an einem Festlager fixiert; zusätzlich erfolgte eine Befestigung an zwei Loslagern in Querrichtung und an einem Loslager in Längsrichtung. Alle weiteren Verbindungspunkte sind horizontal verschiebbar und ermöglichen dadurch eine freie Bewegung der gesamten Dachhaut.

Als tragende Unterkonstruktion wurde aus Kostengründen ausschließlich mit Laser geschnittener Flachstahl verwendet, der nach dem Zuschnitt als L-Profil gekantet wurde. Durch den gebogenen Verlauf der Oberkante konnten die Profile optimal an die gewünschte Geometrie angepasst werden. Die Daten für die Unterkonstruktion konnten so als ein kompletter Satz direkt an die Hersteller geliefert werden. Insgesamt wurden allein für die Regeldachflächen 5.000 Anschlussdetails gefertigt und auf der Dachkonstruktion positioniert. Hierfür wurden parametrisch generierte Datensätze für 2.500 unterschiedliche L-Profile mit 10.000 Lasercutlinien und 62.500 individuell positionierten Bohrlöchern bereitgestellt.

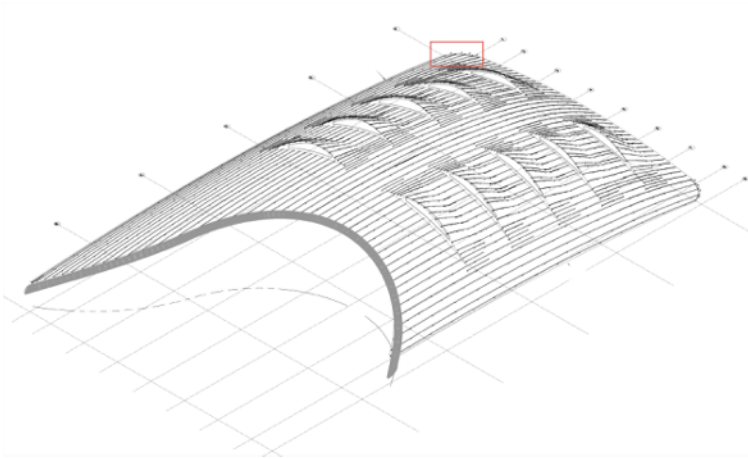


Bild 4-4 Aluminiumhülle, Stahlunterkonstruktion

Die Konstruktion der Skylights erwies sich als noch anspruchsvoller als die (bereits sehr komplexe) Dachhaut selbst. Alle Daten für die Oberflächen der Laibungen und die dazugehörigen Verbindungselemente wurden ebenfalls parametrisch generiert. Auf den Aluminiumblechen wurden rückseitig Gewindebolzen angebracht, um die Fixierung nicht nach außen hin sichtbar werden zu lassen.

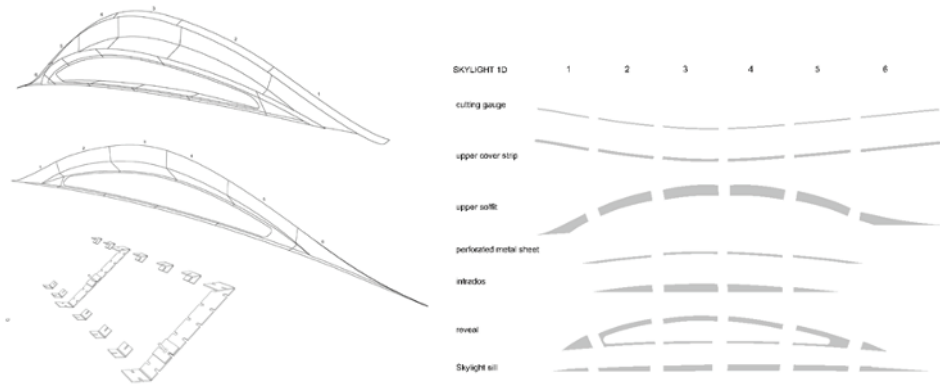


Bild 4-5 Aluminiumhülle, Skylights

5 Fazit

Die Tragwerk- und Fassadenplanung für das Museum „Casa Natale Enzo Ferrari“ in Modena war aufgrund der geometrischen Komplexität der Gebäudehülle und wegen des hohen Gestaltungsanspruchs eine besondere Herausforderung. Die hochtransparente, geschwungene Seilfassade sowie das fugenlose, doppelt gekrümmte Aluminiumdach machten eine sehr detaillierte Planung und Herstellungsarbeit erforderlich. Nicht nur stilistisch wurden dadurch Elemente des Automobildesigns in den Entwurf integriert. Technisch kamen Verfahren und Präzisionsanforderungen zum Einsatz, wie man sie sonst nur aus dem Maschinen- und Schiffsbau kennt. Ergebnis dieses Prozesses ist eine spannende Architektur, die durch ihre ungewöhnliche Formensprache und die überzeugende Detailqualität geprägt ist; ermöglicht wurde dies nicht zuletzt durch eine innovative Tragwerks- und Fassadenplanung in enger Abstimmung mit den Architekten, anderen Fachplanern und den ausführenden Firmen.

6 Literatur

- [1] Future Systems, Shiro Studio: Museo Casa Enzo Ferrari, Modena, Milano, Electa architettura, 2012.
- [2] Blandini, L., Schmidt, T., Winterstetter T., Sobek W.: The Enzo Ferrari Museum, Modena - Engineering a Free Form Skin. Proceedings of “Advanced Building Skins”, Graz, 2012, S. 27-28.