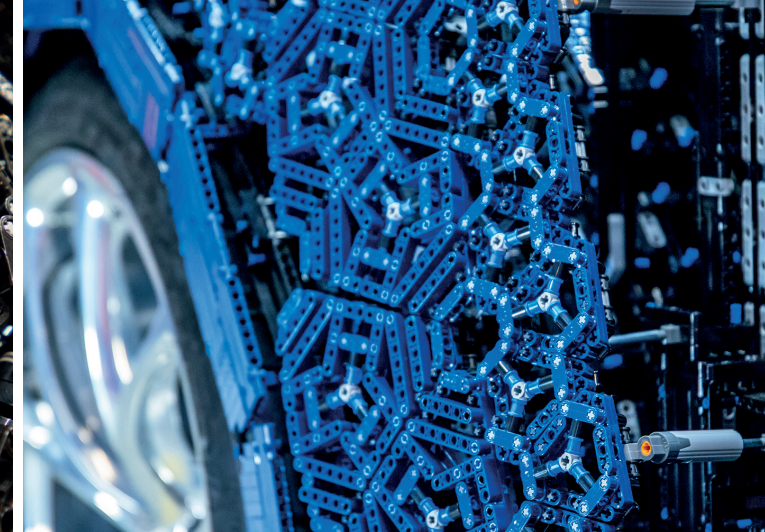
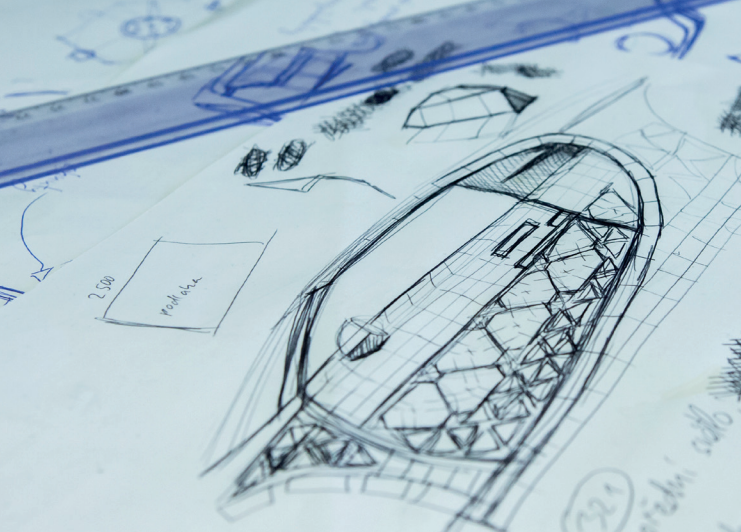


1:1 LEGO TECHNIC BUGATTI CHIRON PROJEKT:

Technische Dokumentation und Funktionen

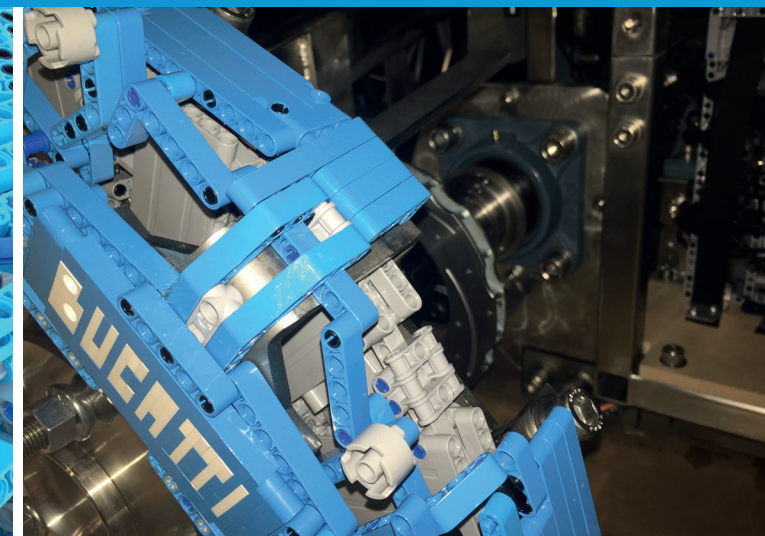
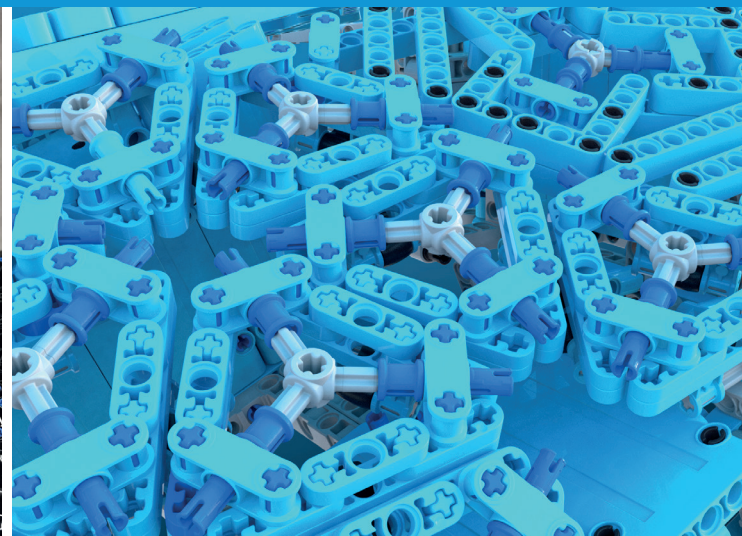
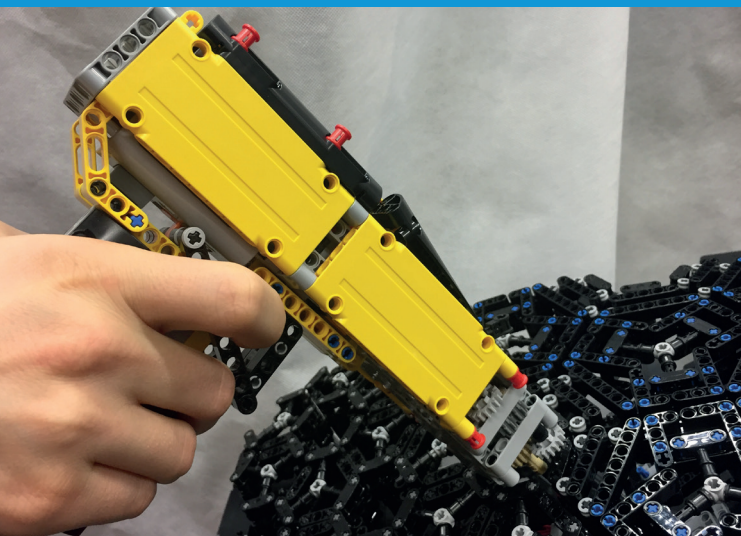


INHALT

1. Außendesign & Verkleidung
2. Innendesign
3. Innenkonstruktion
4. Fahrgestell & Rahmen
5. Motorisierung
6. Elektronik

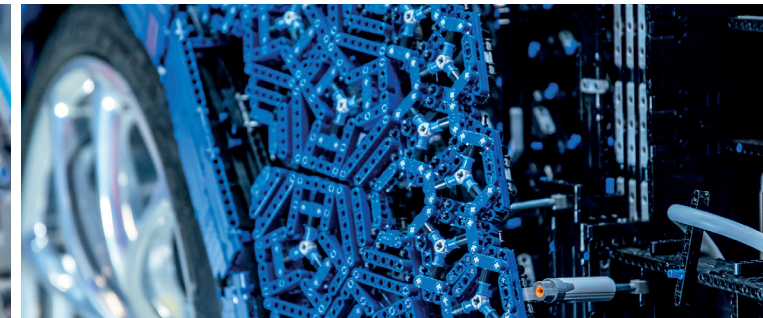
Fakten & Zahlen:

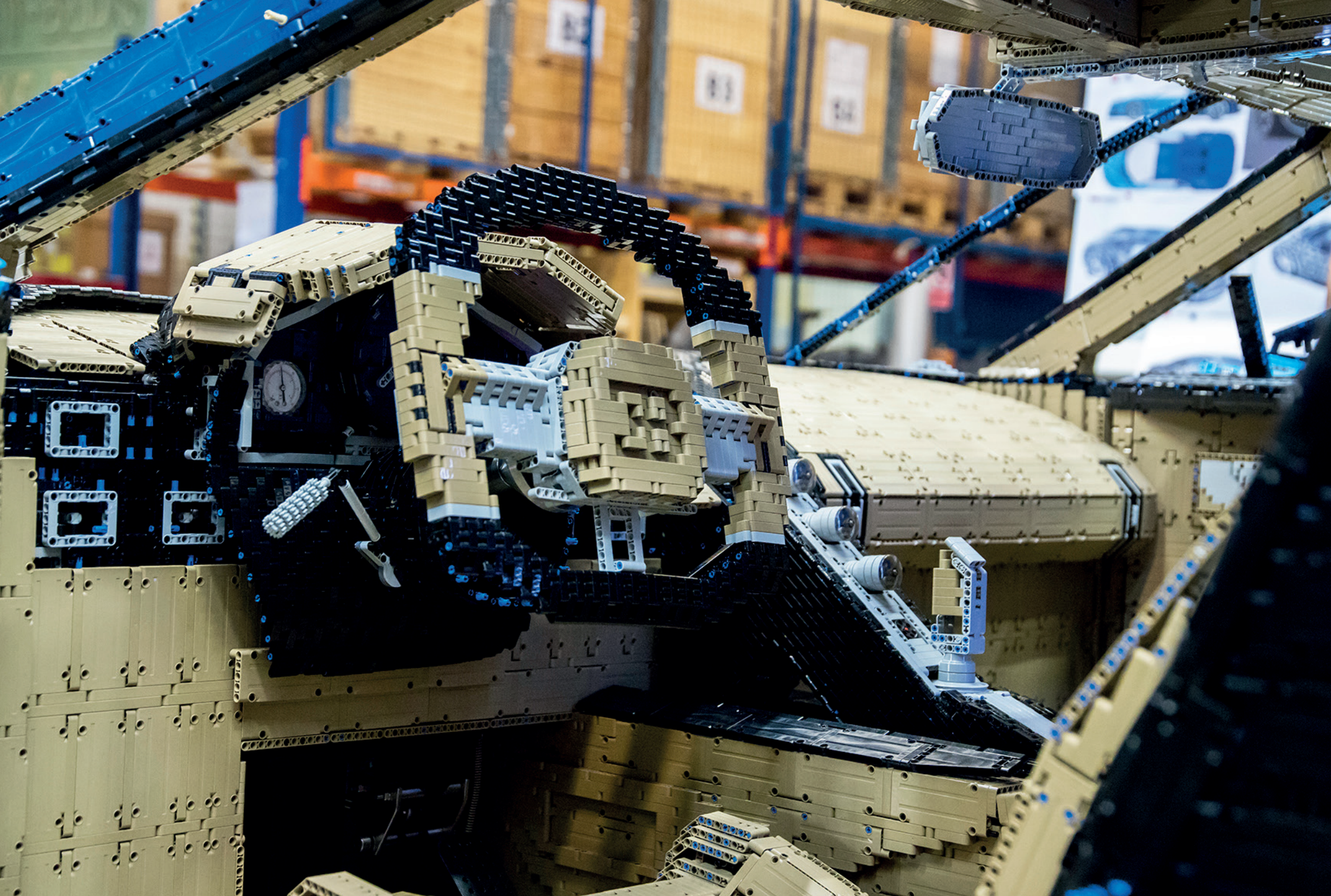
- Über 1.000.000 LEGO Elemente aus insgesamt 339 verschiedenen LEGO Technic Elementen wurden verwendet.
- Gesamte Montage ohne Kleber
- Gesamtgewicht: 1.500 kg
- Fahrzeugmotor besteht aus 2.304 LEGO Power Functions Motoren.
- Motor enthält 4.032 LEGO Technic Getriebe-/Zahnräder.
- Motor enthält 2.016 LEGO Technic Querachsen.
- Theoretische Leistung von 5,3 PS
- Drehmoment von schätzungsweise 92 Nm
- Funktionaler Heckspoiler (bestehend aus LEGO Power Functions und Pneumatikteilen)
- Funktionaler Tachometer, ausschließlich bestehend aus LEGO Technic Elementen
- Aufwand von 13.438 Stunden für die Entwicklung und Konstruktion



1. Außendesign & Verkleidung

- Für dieses Projekt wurden 56 maßgefertigte LEGO Technic Elemente (vorhandene Formen in neuen Farben) entwickelt, einschließlich maßgefertigter, transparenter Elemente für die Lampen.
- Zunächst wurden die wichtigsten Designlinien festgelegt. Danach wurde der Bereich dazwischen mit einer „Verkleidung“ aus miteinander verbundenen dreieckigen Segmenten, einer Art LEGO Technic Struktur, gefüllt.
- Die Verkleidung wird mit Hilfe der Technic Stellzylinder angebracht. Deren Abstand kann für die Gestaltung der äußeren Fahrzeugform geändert werden, was zur Nachbildung der komplexen organischen Formen des Originalfahrzeugs notwendig ist.
- Zur Justierung der Zylinderkolben wurde eigens ein spezieller elektrischer Schraubenzieher gebaut, der vollständig aus LEGO Technic Teilen besteht. Dieser Schritt war erforderlich, weil das Drehmoment eines echten Schraubenziehers zu hoch ist. Der LEGO Schraubenzieher verwendet einen Power Functions Motor, ein einfaches Getriebe und einen Schalter mit individuellem Design.
- Die Carbonteile des echten Autos wurden mit einer anderen Technic Struktur nachgebildet. Diese besteht aus einer schwarzen 3M-Trägerverkleidung zur Imitation der Textur und des Kontrastes des Originalmaterials.
- Die vordere hufeisenförmige Maske besteht aus einer Nachbildung des Kühlergrills vom Bugatti Chiron mit einem 3D-Effekt. Das gleiche Design kommt bei allen Grills am Auto zum Einsatz. Hergestellt wurde es durch zwei Lagen von sechseckigen Netzen aus Propellernaben-Elementen.
- Blinker in den Seitenspiegeln
- Der Heckspoiler lässt sich ausfahren und kippen. Er verfügt über ein komplexes pneumatisches System:
 - Ausgefahren wird der Spoiler durch den Antrieb von vier XL-Motoren, zwei pro Pylonen, mit einem Schneckenrad und einer Zahnstange über die Länge der Pylonen.
 - Vier zusätzliche XL-Motoren sorgen für den Antrieb von zwei maßgefertigten Kompressoren mit jeweils vier Technic Luftdruckpumpen.
 - Der Kippwinkel des Flügels wird von Technic Pneumatikteilen gesteuert.
 - In den Pylonen jedes Flügels sind drei große LEGO Pneumatikzylinder kaskadenförmig angeordnet. Der erste kippt den Flügel in die normale Betriebsposition; der zweite und der dritte heben ihn dann in die Luftbremsposition.
 - Zwei LEGO Power Functions Servomotoren steuern die LEGO Ventile.
 - Die PLC-Platine gibt ein Signal an die Servomotoren für das Öffnen und Schließen zum richtigen Zeitpunkt sowie in der richtigen Reihenfolge.
 - Die Luft im System wird hinten in acht LEGO Technic Drucklufttanks gespeichert.
 - Die Pneumatik-Elemente für den Spoiler sind durch 15 Meter lange Silikonleitungen miteinander verbunden.
 - Der Betriebsdruck liegt bei etwa 2,8 bar. Der Fahrer kann den Druck von einem in das Kombiinstrument eingebauten LEGO Manometer ablesen.
- Zu Wartungszwecken lassen sich einige Teile der Karosserie abnehmen (Front- und Heckhaube, Heckkotflügel). Diese Teile sind vollständig selbsttragend (keine Stahlbestärkung o. Ä. integriert) und verfügen über einen eigens dafür entwickelten Mechanismus zur Befestigung am restlichen Fahrzeug.
 - Die Pneumatikteile für den Spoiler werden durch 15 Meter lange Silikonleitungen angetrieben.
 - Der Betriebsdruck liegt bei etwa 2,8 bar.

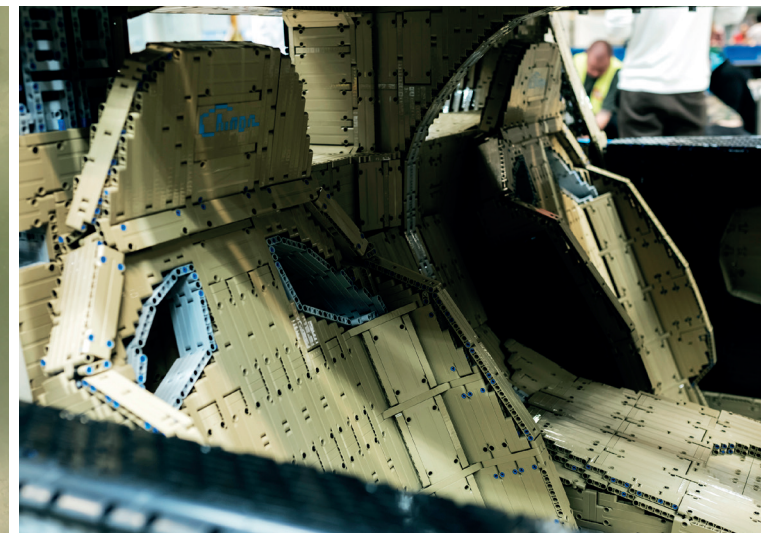
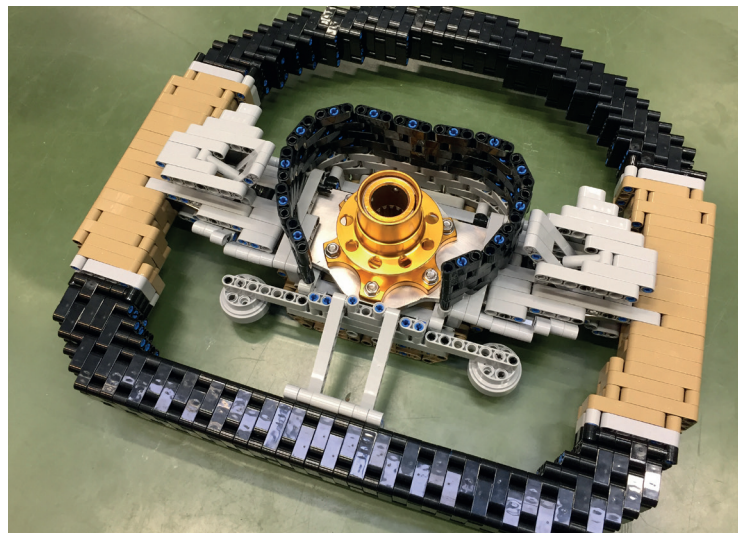
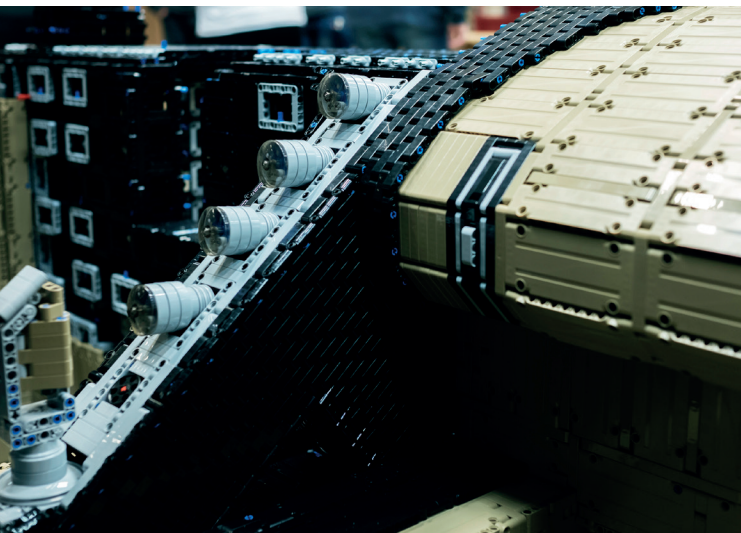


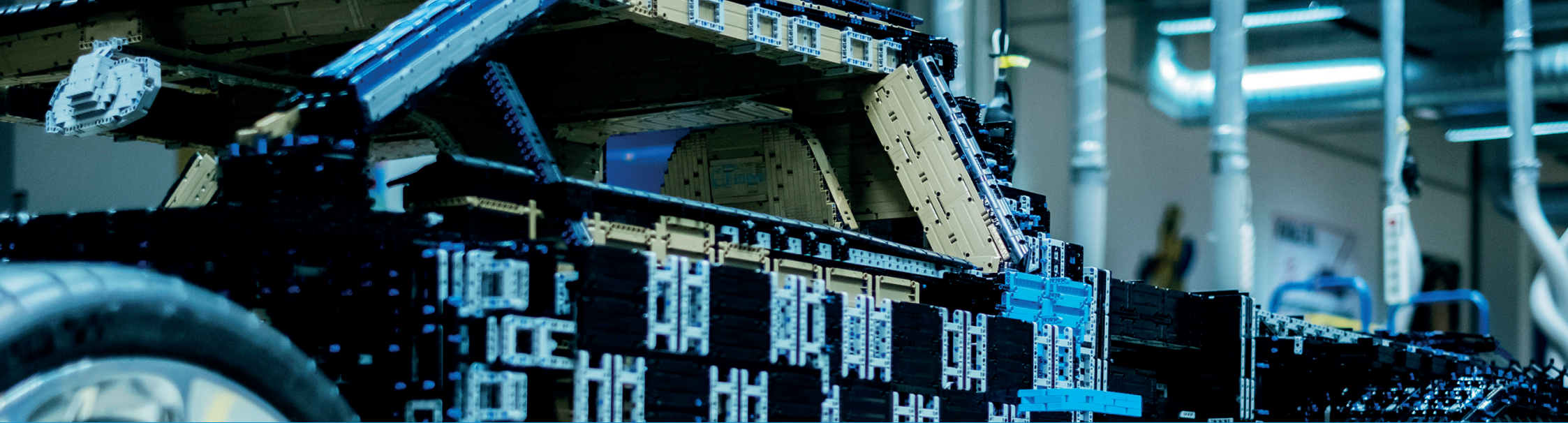


BUILD FOR REAL

2. Innendesign

- Zwei Personen können im Auto sitzen. Betrieb des Autos wie folgt:
 - Pedal zum Bremsen (da das Auto über einen Volt-Antrieb verfügt, gibt es kein Gaspedal -> weitere Informationen unter „Elektronik“)
 - Elf Schalter für die Beleuchtung und Motoren
 - Ein Schalthebel ist zwar vorhanden, jedoch nicht funktionstüchtig (es gibt kein Getriebe). Schaltwippen am Lenkrad für den Gangwechsel (ebenfalls nicht funktionstüchtig, da kein Getriebe vorhanden ist).
 - Nachbildung der Fahrtrichtungsanzeiger/Scheibenwischerarme
 - Geschwindigkeitsanzeige/Tachometer zur Anzeige der tatsächlichen Fahrgeschwindigkeit. Ebenfalls vollständig aus Technic Elementen hergestellt. Es handelt sich um einen Geschwindigkeits-sensor, der mit einem Power Functions L-Motor und Getriebe verbunden ist, das wiederum mit der Tachonadel verbunden ist.
 - Anhand der Druckanzeige (Manometer) im Armaturenbrett erkennt der Fahrer den Druck auf dem LEGO Pneumatiksystem für den Heckspoiler.
 - Zwei unterteilte Anzeigen für die Batteriespannung zur Überwachung der Antriebsleistung (zwei Batterien). Weitere Informationen sind unter „Elektronik“ zu finden.
 - Echte Sicherheitsgurte für beide Fahrzeuginsassen. Diese sind an Überrollkäfig und Stahlrahmen angebracht.
 - Es gibt ein echtes Motorschloss und einen Schlüssel, der den Motor durch ein Relais entriegelt. Optisch und haptisch wie das Original von Bugatti.
- Zwei Schlüssel: Der eine ist das Replikat des Bugatti-Schlüssels und wird in das Zündschloss gesteckt (allerdings nur für den Effekt). Der andere Schlüssel dient zur Entriegelung des Motorbetriebs.
- Maßgefertigtes Bugatti-Logo mit Silberbeschichtung am Lenkrad, bestehend aus 72 Technic Elementen
- Abnehmbares Lenkrad
- Türen und Schließmechanismus bestehen vollständig aus LEGO Technic Elementen.
- In einem Kanal zwischen den Sitzen sind zahlreiche Kabel sowie Druck- und Hydraulikleitungen untergebracht.
- Innenbeleuchtungsstreifen in der Mitte zwischen Fahrer und Beifahrer
- Rückspiegel innen, vollständig verstellbar





3. Innenkonstruktion

Es wurden verschiedene Arten von tragenden Strukturen entwickelt, jeweils mit unterschiedlicher Festigkeit, unterschiedlichem Drehmoment/Biege widerstand und unterschiedlichen Gewichtsp arametern.

Der Großteil der Innenstruktur wurde durch die Verkettung mehrerer Schichten von technischen Rahmen konstruiert, die durch Stifte und Balken miteinander verbunden sind. Dadurch ist eine sehr robuste Basis für den Halt der Verkleidung und des Innenraums entstanden. Diese Rahmenstruktur wurde dann mit Technic Blenden ummantelt, die ihr ein stabiles Aussehen und zusätzliche Stabilität verleihen.

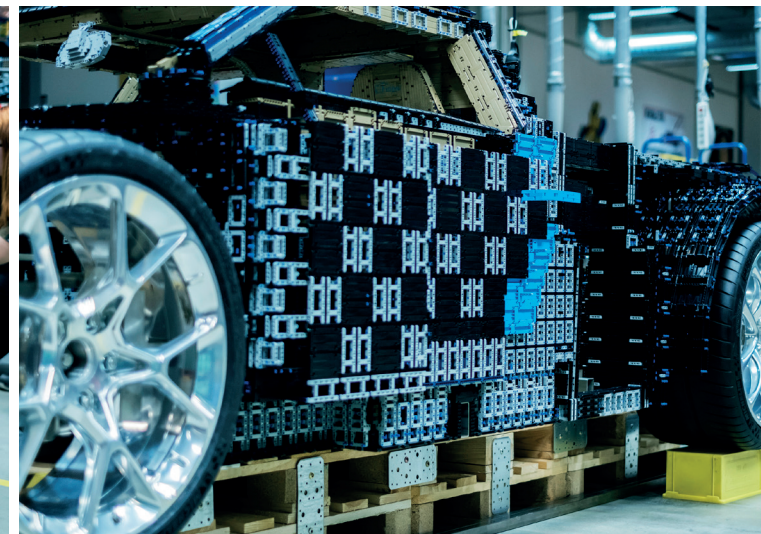
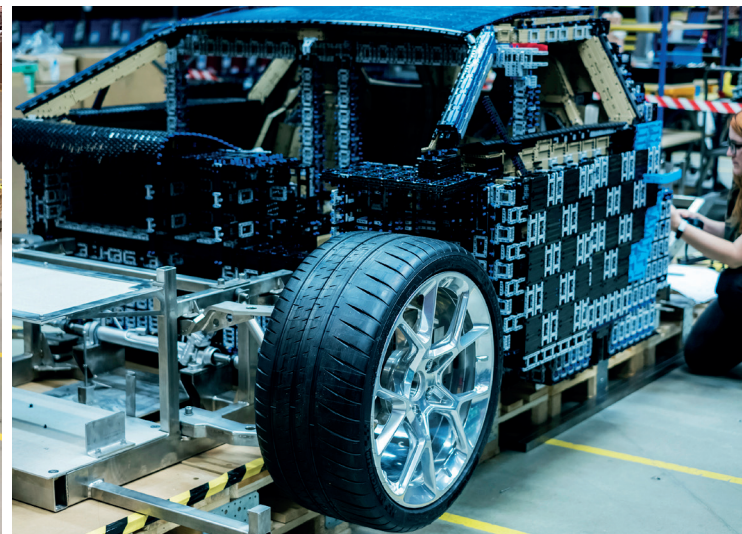
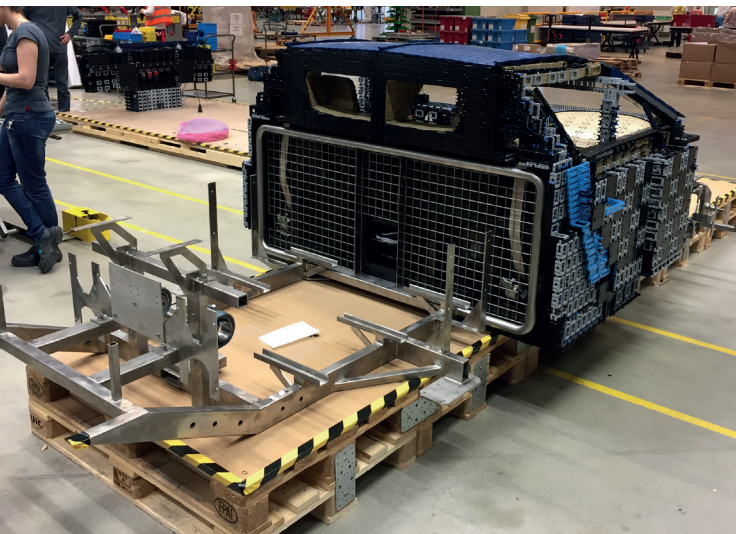
An Stellen, an denen keine solide Struktur erforderlich war, haben wir ein offeneres Gitter-Netzwerk verwendet. Dieses wurde entweder aus 3x11-Blenden oder aus einer Wabenstruktur gefertigt, die ebenfalls aus diesen Blenden besteht.

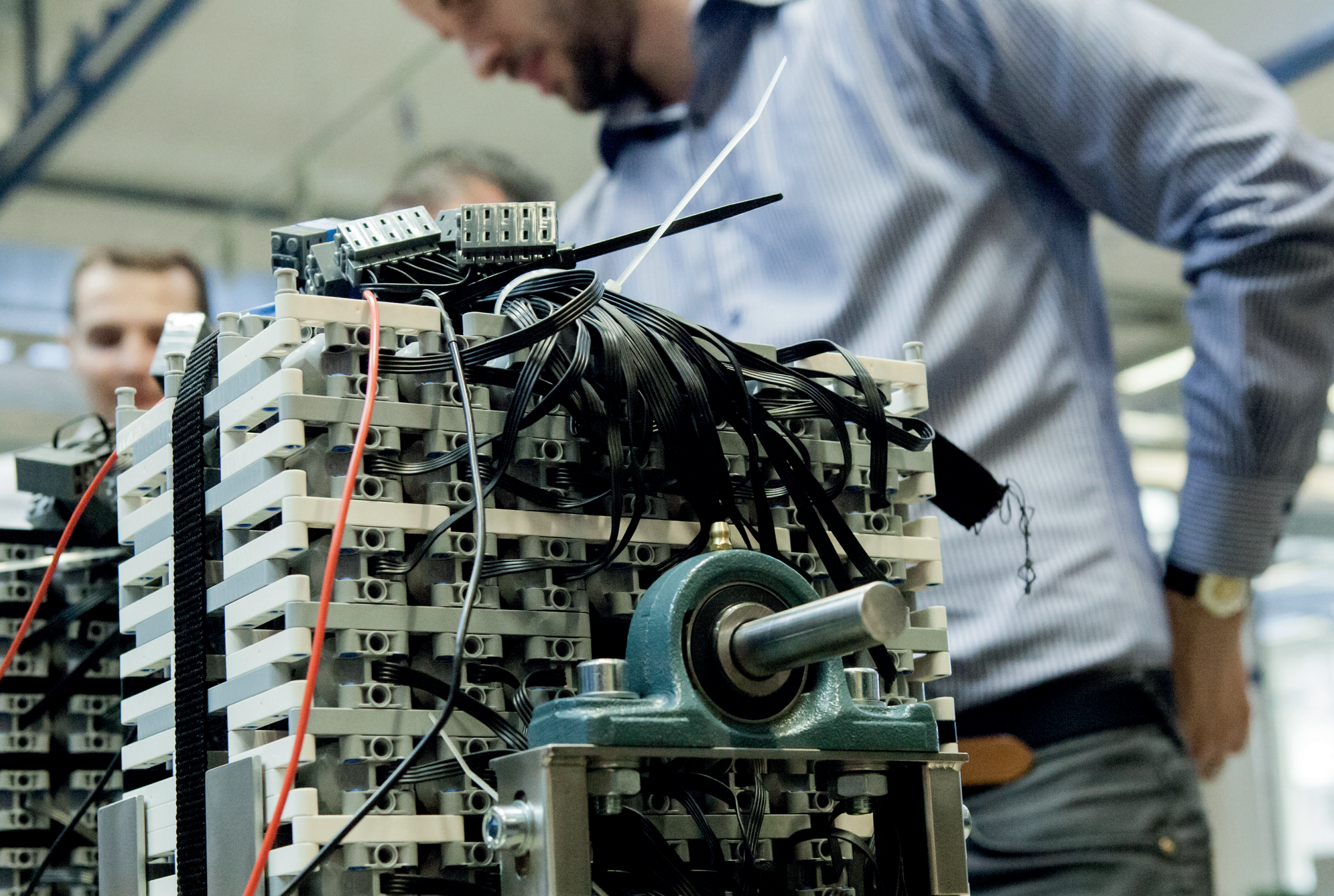
Die größte Herausforderung war die Innenausstattung, da deren Großteil tragfähig und gleichzeitig dem ursprünglichen Design nachempfunden ist. Es waren also etliche Versuche notwendig, bis schließlich die Balance zwischen richtigem Design und erforderlicher Stabilität (z. B. in den Sitzen) gefunden war.



4. Fahrgestell & Rahmen

- Zur Gewichtsunterstützung war ein spezieller Stahlrahmen notwendig.
- Das Modell lastet nur durch die Schwerkraft seines Eigengewichts auf diesem Rahmen.
- Der Stahlrahmen bietet die notwendige Sicherheit und strukturelle Stabilität und sorgt gleichzeitig dafür, dass das Gewicht auf ein Minimum reduziert wird.
- Der Stahlrahmen dient zur:
 - Befestigung der Vorder- und Hinterachse, die die Räder des original Bugatti Chiron verbindet
 - Befestigung des Hydraulikbremssystems aus einem Go-Kart
 - Anbringung der Servolenkung aus einem Geländefahrzeug, das mit einer Standardautobatterie betrieben wird
- Unterstützung des Gewichts der LEGO Elemente und der Personen im Fahrzeug
- Unterstützung des Gewichts der Power Functions Motoren
- Anbringung des Überrollkäfigs für die Sicherheit
- Bereitstellung von vier Hebepunkten in Form von Stahlplatten unter dem Fahrgestell, um das Auto für Wartungsarbeiten und den Transport anzuheben
- 1,5 Meter (Heckkotflügel und Kofferraumdeckel) sind der längste selbsttragende Abstand von separaten Technic Elementen.
- Keine Reifenaufhängung aufgrund der Komplexität und des am Fahrgestell zur Verfügung stehenden Platzes

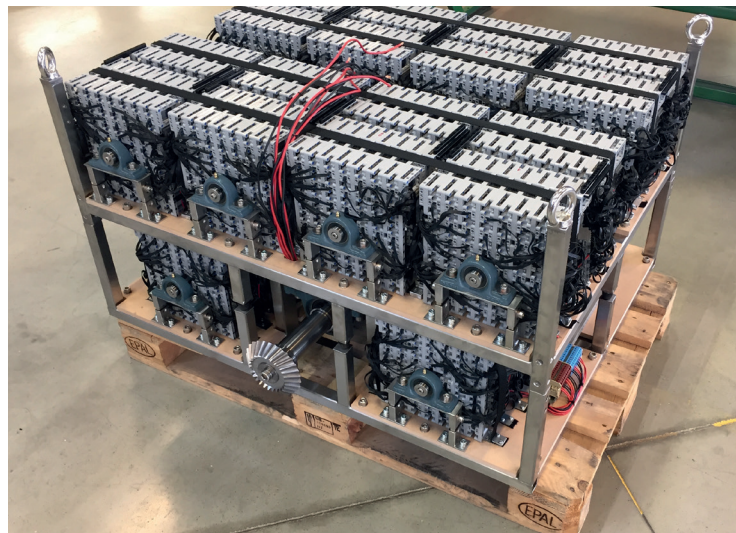
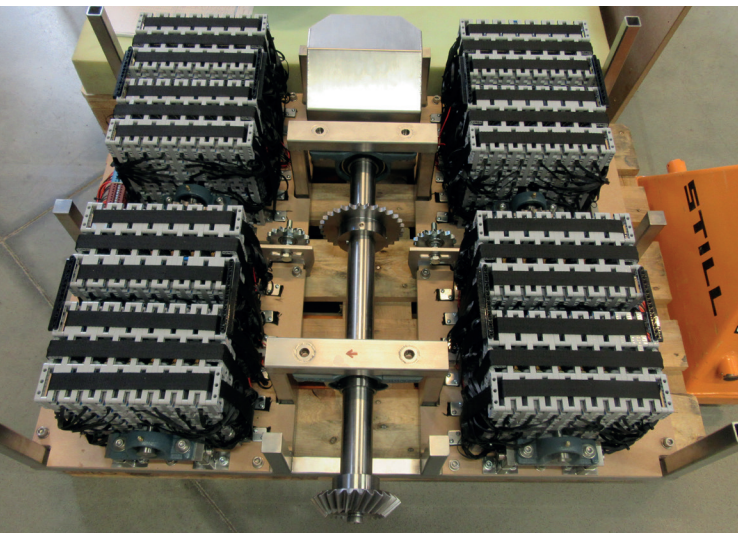




BUILD FOR REAL

5. Motorisierung

- Das Auto fährt mit ca. 30 km/h und wird von original LEGO Power Functions L-Motoren angetrieben.
- Der Motorblock mit Heckantrieb besteht aus:
 - insgesamt 24 Motorpaketen
 - 96 Power Functions L-Motoren pro Motorpaket
 - insgesamt 2.304 LEGO Power Functions L-Motoren
 - Jedes Motorpaket besteht fast ausschließlich aus original LEGO Elementen (abgesehen von 336 maßgefertigten Teflon-Unterlegscheiben pro Paket).
 - Abgesehen vom Rahmen selbst, der das Gewicht der Motorpakete trägt, sind das Kettenrad der ausgehenden Achse (mit einem in 3D-Druck hergestellten Carbon-Getrieberad) und die Kette zur Verbindung der Motorpakete mit der Hauptantriebswelle die einzigen Bauteile aus Stahl im gesamten Motorblock.
- Die Motorpakete enthalten zwei Lagen von LEGO Getrieberädern zur Verbindung aller Motoren in einem Paket, um die einwirkenden Kräfte auf das Getriebe zu reduzieren. Jedes Motorpaket umfasst insgesamt 4.032 LEGO Getrieberäder.
- Die maßgefertigten Teflon-Unterlegscheiben sollen die Reibung an den original LEGO Querachsen verringern.
- Die 24 Motorpakete sind durch eine Stahlkette an der Stahl-Hauptantriebswelle angebracht, die mit der Hinterachse verbunden ist.
- Die Motorblöcke sind modular und können ausgetauscht werden.



6. Elektronik

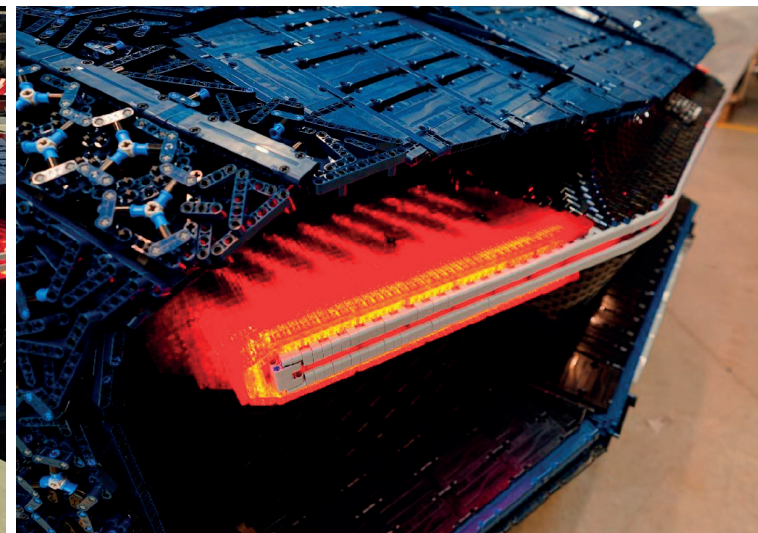
- Zwei Batterien im Auto dienen als Stromquelle:
 - 1x Batterie mit 80 Volt, die die 1.304 Power Functions L-Motoren mit Strom versorgt
 - LiFePo4-Typ, 24 Winston-Zellen, 160 Ah, max. Ladestrom auf 200 A begrenzt
 - Aufladezeit – max. 8 Stunden
 - Schutzschaltung zur Steuerung der Zellenausgleichsfunktion beim Laden und Entladen

Doch wie wird der Motor an eine 80-Volt-Batterie angeschlossen?

Pro Motorpaket sind immer sechs Motoren in Reihe und vier Motoren parallel geschaltet, also 24 Motoren mit einer Kombination aus Serien- und Parallelschaltung. Addiert man dies zur Gesamtzahl der Motorpakete, erhält man 12 Volt pro individuellem L-Motor.

- 1x Batterie mit 12 Volt (Standardautobatterie) für den Antrieb der Servolenkung und die gleichzeitige Abdeckung der Leistungsspitzen im System
 - DC/DC-80/12-V-Wandler zur Steuerung aller LED-Leuchten und sonstigen elektronischen Funktionen
 - DC/DC-80/24-V-Wandler zur Steuerung der elektromagnetischen Kupplungen
- Die Beschleunigung erfolgt über ein Potenziometer, das die Elektromotorblöcke startet und das Auto beschleunigt. Die Geschwindigkeit wird durch den bereitgestellten Spannungspegel des Potenziometers bestimmt.

- Die Bremsfunktion erfolgt über einen Sensor im Paddle, der Folgendes auslöst:
 - die Bremsleuchten
 - die Bewegung des Heckspoilerflügels in die Bremsposition
 - die Trennung der elektromagnetischen Kupplungen an der Hinterachse, sodass es keine Verbindung mehr zu den Motoren gibt; die Spannung an den Technic Power Functions Motoren wird automatisch auf null abgesenkt
 - die Trennung der Kupplungen vom Motor, um zu verhindern, dass die Drehmoment-Restleistung der Räder die Power Functions Motoren bremst
- PLC-Platine als WLAN-Lichtregler zur Ausführung eines Webservers, der sämtliche Leuchten und elektrischen Funktionen mit einem Mobilgerät fernsteuert
- Die gesamte Beleuchtung besteht aus LED-Leuchtbändern, einzelnen LEDs und größeren Lampen (COB-LEDs) für die Frontscheinwerfer.
- Die Einschaltreihenfolge ist genau wie beim original Bugatti Chiron (die Leuchten am Originalfahrzeug haben eine animierte Einschaltreihenfolge, die bei der LEGO Technic Version nachgestellt ist).



Zum ersten Mal ...

- ... haben wir ein voll funktionales, lebensgroßes LEGO Technic Auto mit Selbstantrieb gebaut.
- ... haben wir ein derart komplexes, nicht geklebtes LEGO Technic Modell gebaut.
- ... haben wir ein großes Modell entwickelt, das LEGO Technic Power Functions Motoren verwendet.
- ... haben wir ein selbstfahrendes, großes Modell mit LEGO Technic Elementen gebaut.
- ... mussten wir neuartige, transparente LEGO Technic Elemente entwickeln.
- ... haben wir 58 verschiedene Technic Q Elemente verwendet.
- ... haben wir tragende Teile entwickelt, die nur aus LEGO Technic Elementen bestehen.

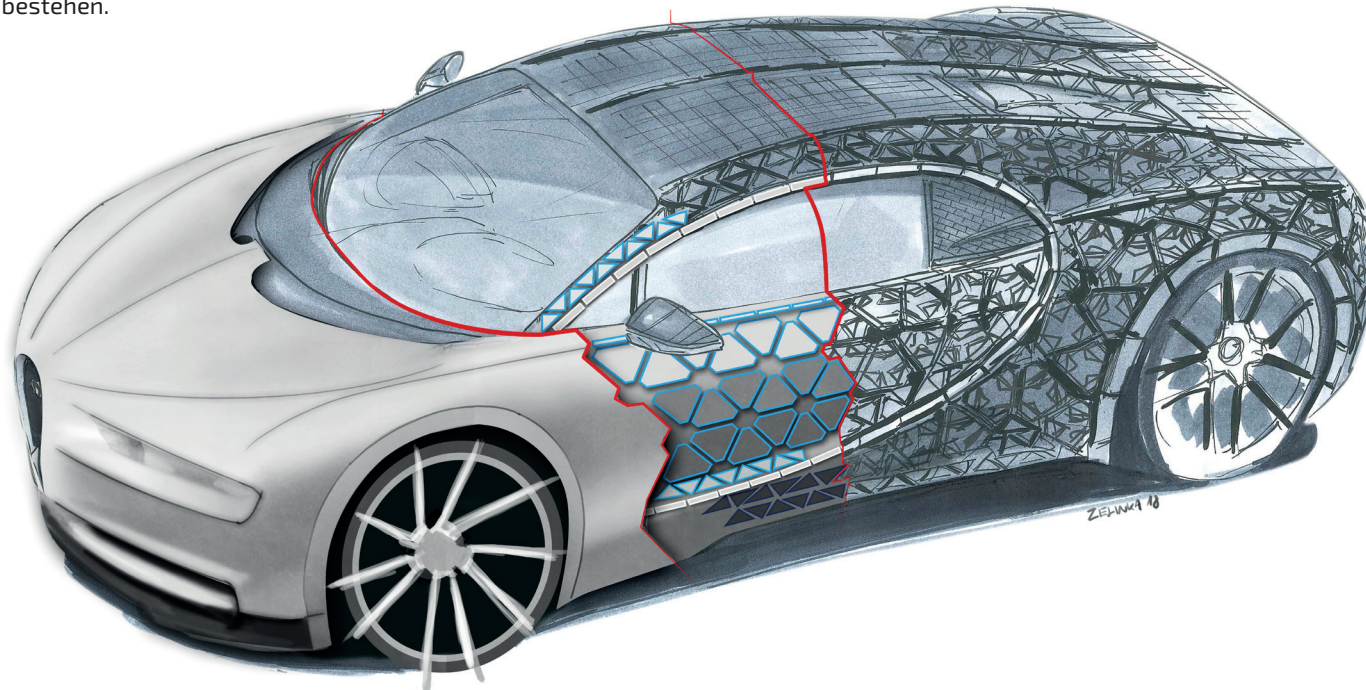
Übersicht über den Projektzeitplan:

12. Juni 2017: erstes Briefing für den 1:1-Nachbau des Bugatti Chiron.

Mitte August 2017: Konzeptpräsentation, erste Berechnungen, Machbarkeitsstudie.

Ende September 2017: grünes Licht für den START des Projekts.

Ende März 2018: fertiges Auto => NUR sechs Monate für die komplette Konzeptionierung, den Bau und die Fehlerbehebung.





Für weitere Informationen:

Kladno:

Projektleiter: Lukáš Horák <lukas.horak@LEGO.com>

Design und Konstruktion: Lubor Zelinka <lubor.zelinka@LEGO.com>

Metall- und Rahmeningenieur: Jakub Mašek <jakub.masek@LEGO.com>

Elektronik: Pavel Volný <pavel.volny@LEGO.com>

Billund:

Video- und Bild: Allan Jensen <Allan.Jensen@LEGO.com>

Projekteigner: Niels Henrik Horsted <niels.horsted@LEGO.com>