

LEGO®-INGENIEURSKUNST

JEFF FRIESEN



dpunkt.verlag

LEGO[®]-
INGENIEURSKUNST

JEFF FRIESEN

AUS DEM ENGLISCHEN VON
RALF J. KLUMB

Jeff Friesen

Lektorat: Gabriel Neumann

Lektoratsassistentz: Anja Ehrlich

Übersetzung: Ralf J. Klumb, The Wordworms, Berlin

Copy-Editing: Claudia Lötschert, www.richtiger-text.de

Satz: inpunkt[w]o, Wilnsdorf, www.inpunktwo.de

Herstellung: Frank Heidt, Stefanie Weidner

Umschlaggestaltung: Eva Hepper, Silke Braun, nach Vorlage von No Starch Press Inc.

Druck und Bindung: Firmengruppe APPL, aprinta Druck, Wemding

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

ISBN:

Print 978-3-86490-970-2

PDF 978-3-98890-054-8

ePub 978-3-98890-055-5

mobi 978-3-98890-056-2

1. Auflage 2023

Translation Copyright für die deutschsprachige Ausgabe © 2023 dpunkt.verlag GmbH

Wieblinger Weg 17, 69123 Heidelberg

Copyright © 2022 by Jeff Friesen. Title of English-language original: *The LEGO Engineer*, ISBN 9781718502505, published by No Starch Press Inc. 245 8th Street, San Francisco, California United States 94103. The German-language 1st edition

Copyright © 2023 by dpunkt.verlag GmbH under license by No Starch Press Inc. All rights reserved.

Hinweis:

Dieses Buch wurde mit mineralölfreien Farben auf FSC®-zertifiziertem Papier aus nachhaltiger Waldwirtschaft gedruckt. Der Umwelt zuliebe verzichten wir zusätzlich auf die Einschweißfolie. Hergestellt in Deutschland.

Schreiben Sie uns:

Falls Sie Anregungen, Wünsche und Kommentare haben, lassen Sie es uns wissen: hallo@dpunkt.de.

Die vorliegende Publikation ist urheberrechtlich geschützt. Alle Rechte vorbehalten. Die Verwendung der Texte und Abbildungen, auch auszugsweise, ist ohne die schriftliche Zustimmung des Verlags urheberrechtswidrig und daher strafbar. Dies gilt insbesondere für die Vervielfältigung, Übersetzung oder die Verwendung in elektronischen Systemen.

Es wird darauf hingewiesen, dass die im Buch verwendeten Soft- und Hardware-Bezeichnungen sowie Markennamen und Produktbezeichnungen der jeweiligen Firmen im Allgemeinen warenzeichen-, marken- oder patentrechtlichem Schutz unterliegen.

LEGO, LEGO-Figuren und LEGO-Bausteine sind Warenzeichen der LEGO-Gruppe. Dieses Buch ist von der LEGO-Gruppe weder unterstützt noch autorisiert worden.

Alle Angaben und Programme in diesem Buch wurden mit größter Sorgfalt kontrolliert. Weder Autor noch Verlag noch Übersetzer können jedoch für Schäden haftbar gemacht werden, die in Zusammenhang mit der Verwendung dieses Buches stehen.

5 4 3 2 1 0



Copyright und Urheberrechte:

Die durch die dpunkt.verlag GmbH vertriebenen digitalen Inhalte sind urheberrechtlich geschützt. Der Nutzer verpflichtet sich, die Urheberrechte anzuerkennen und einzuhalten. Es werden keine Urheber-, Nutzungs- und sonstigen Schutzrechte an den Inhalten auf den Nutzer übertragen. Der Nutzer ist nur berechtigt, den abgerufenen Inhalt zu eigenen Zwecken zu nutzen. Er ist nicht berechtigt, den Inhalt im Internet, in Intranets, in Extranets oder sonst wie Dritten zur Verwertung zur Verfügung zu stellen. Eine öffentliche Wiedergabe oder sonstige Weiterveröffentlichung und eine gewerbliche Vervielfältigung der Inhalte wird ausdrücklich ausgeschlossen. Der Nutzer darf Urheberrechtsvermerke, Markenzeichen und andere Rechtsvorbehalte im abgerufenen Inhalt nicht entfernen.

Für meine Großeltern,
die ein kleines
Leben so viel größer
erscheinen ließen.

INHALTSVERZEICHNIS

VORWORTvii
EINLEITUNG	1
TECHNIK MIT LEGO	2
BAUANLEITUNG	3
BRÜCKEN UND TUNNEL	5
BALKENBRÜCKE	6
BAUE EINE LEGO-BALKENBRÜCKE	8
BOGENBRÜCKE	12
BAUE EINE LEGO-BOGENBRÜCKE	14
FACHWERKBRÜCKE	18
BAUE EINE LEGO-FACHWERKBRÜCKE	20
AUSLEGERBRÜCKE	26
BAUE EINE LEGO-AUSLEGERBRÜCKE	28
HÄNGEBRÜCKE	34
BAUE EINE LEGO-HÄNGEBRÜCKE	36
SCHRÄGSEILBRÜCKE	42
BAUE EINE LEGO-SCHRÄGSEILBRÜCKE	44
TUNNEL UND TUNNELBOHRMASCHINE	50
BAUE EINE LEGO-TUNNELBOHRMASCHINE	52
ZÜGE UND MEHR	57
DAMPFZUG	58
BAUE EINEN LEGO-DAMPFZUG	60
DIESELELEKTRISCHER ZUG	64
BAUE EINEN DIESELELEKTRISCHEN LEGO-ZUG	66
SHINKANSEN-ZUG	72
BAUE EINEN LEGO-SHINKANSEN-ZUG	74
MAGNETSCHWEBEBAHN	78
BAUE EINE LEGO-MAGNETSCHWEBEBAHN	80
HYPERLOOP	84
BAUE EIN LEGO-HYPERLOOP	86
DINGE, DIE SCHWIMMEN	91
KREUZFAHRTSCHIFF	92
BAUE EIN LEGO-KREUZFAHRTSCHIFF	94
CONTAINERSCHIFF	98
BAUE EIN LEGO-CONTAINERSCHIFF	100
TITANIC	104
BAUE EINE LEGO-TITANIC	106

LUFTKISSENBOOT	110
BAUE EIN LEGO-LUFTKISSENBOOT	112
UNTERSEEBOOT	114
BAUE EIN LEGO-UNTERSEEBOOT	116
FLUGMASCHINEN	119
LUFTSCHIFF	120
BAUE EIN LEGO-LUFTSCHIFF	122
FLUGZEUG	124
BAUE EIN LEGO-FLUGZEUG	126
HUBSCHRAUBER	128
BAUE EINEN LEGO-HUBSCHRAUBER.	130
DÜSENFLUGZEUG	132
BAUE EIN LEGO-DÜSENFLUGZEUG.	134
BEEINDRUCKENDE GEBÄUDE	137
VERDREHTER WOLKENKRATZER	138
BAUE EINEN VERDREHTEN LEGO-WOLKENKRATZER	140
BEGRÜNTETES GEBÄUDE.	142
BAUE EIN BEGRÜNTETES LEGO-GEBÄUDE	144
PENCIL TOWER	148
BAUE EINEN LEGO-PENCIL-TOWER.	150
DAS INTERLACE	152
BAUE EIN LEGO-INTERLACE	154
TURMDREHKRAN.	160
BAUE EINEN LEGO-TURMDREHKRAN.	162
RAUMFAHRT	167
RAKETENABSCHUSSRAMPE.	168
BAUE EINE LEGO-RAKETEN-ABSCHUSSRAMPE	170
FALCON HEAVY.	174
BAUE EINE LEGO-FALCON-HEAVY	176
INTERNATIONALE RAUMSTATION	180
BAUE EINE INTERNATIONALE LEGO-RAUMSTATION	182
WELTRAUM-START-SYSTEM	190
BAUE EIN LEGO-WELTRAUM-START-SYSTEM.	192
DANKSAGUNGEN	196
BILDNACHWEIS.	196
LITERATURVERZEICHNIS	197
STICHWORTVERZEICHNIS	198

VORWORT

Wenn man einmal von den Versuchen mit Dreck und Stöcken absieht, dann ist es wohl LEGO, mit dem unzählige Kinder (und vielleicht ebenso viele Erwachsene) ihre erste Berührung mit der Welt der Ingenieurskunst erleben. Viele der Lektionen in Universitätsvorlesungen waren bereits intuitiv von Studenten durch Zusammenbau, Testen, Fallenlassen, Zerschlagen, Werfen und Wiederausammenbau dieser einfachen Plastiksteine erlernt worden. LEGO fördert außerdem technische Fähigkeiten, die nicht in College-Kursen vermittelt werden können, wie Neugier, Kreativität, Geduld und Beharrlichkeit. Es ergibt Sinn, dass ein so begnadeter LEGO-Künstler wie Jeff Friesen eine Serie von Modellen ausgewählt hat, die viele der berühmtesten technischen Errungenschaften der Welt feiern.

Begleitend zu jeder meisterhaft designten Replik liefert Jeff eine Miniatur-Unterrichtseinheit zu den zugrunde liegenden technischen Prinzipien. Forschung zur Lehre demonstriert fortlaufend eine starke Verknüpfung zwischen Lernen und körperlicher Bewegung. Ich bin sicher, dass ich nicht der einzige Mensch bin, der während eines Spaziergangs oder bei manueller Arbeit ein Problem gelöst hat beziehungsweise dem dabei eine Erleuchtung kam. Bewegung und Berührung können

die Art und Weise neu formen, in der unser Gehirn Informationen verarbeitet und speichert; deshalb ist der Bau eines Modells beim Studieren der zugrunde liegenden Wissenschaft mehr als lohnenswert; es ist eine vollkommen überragende Art, um etwas Neues zu lernen.

Ich kann mich noch an meine ersten durch LEGO gewonnenen Erkenntnisse erinnern, einschließlich der Festigkeit von Verbindungen versetzter Steine, der Beziehung zwischen der Breite eines Turmfundaments und seiner Stabilität und des Stolzes, der aufkommt, wenn man eine Idee durch Planung und Design schließlich als Konstruktion realisiert. Jahrzehnte später entfachen diese frühen Inspirationen noch immer meinen Enthusiasmus für die Technik. Unsere verrückte Welt hat ein scheinbar unendliches Angebot an herausfordernden und wichtigen Problemen, die es zu lösen gilt, und wir brauchen eine entsprechende Zahl leidenschaftlicher Ingenieure und technisch gesinnter Menschen. Die folgenden Seiten werden garantiert das Interesse und die Freude an den Orten, Strukturen und Maschinen aufkommen lassen, die wir auf technische Weise realisieren.

Grady Hillhouse
Creator, Practical Engineering



Dieses Buch enthält Anleitungen für über 30 exklusive Modelle, die nicht bei LEGO erhältlich sind.

Die benötigten Teile, für einzelne Modelle jeweils abgepackt als Bausatz, bietet der Webshop von The Brickworms an: www.thebrickworms.com



EINLEITUNG

Jedes LEGO-Projekt ist ein technisches Projekt. Der Weg von der gedanklichen Vorstellung einer LEGO-Kreation bis zur Fertigstellung eines Modells spiegelt den technischen Designprozess wider, in dessen Verlauf Ingenieure ein Problem erkennen, eine Lösung finden und diese durch unzählige Tests und Modifikationen optimieren.

LEGO-Konstrukteure sind ebenfalls bemüht, ihre Entwürfe zu verbessern, und genau wie Ingenieure müssen sie sich innerhalb eines Satzes von Anforderungen und Einschränkungen bewegen, um ihre Ideen umzusetzen. Der einfache Vorgang des Verbindens einer Handvoll Steine fordert von dir, über Geometrie, strukturelle Integrität und räumliche Beziehungen nachzudenken. Du musst deine verfügbaren Ressourcen berücksichtigen und möglicherweise in einem bestimmten Budgetrahmen arbeiten, wenn es ans Besorgen neuer Teile geht. Wenn du mit LEGO baust, wirst du zum Ingenieur.

Ingenieure schufen die erbaute Welt. Jedes Stück Technik – von dem Stuhl, auf dem du sitzt, über die Steine, mit denen du formst, bis hin zur Tinte (oder den Pixeln), die du liest – ist ein Ergebnis des technischen Designprozesses. Getrieben von Neugier, studieren Ingenieure, wie und warum Dinge funktionieren, und sie nutzen diese Kenntnisse zum Entwickeln neuer Maschinen, Systeme und Strukturen.

Neugier ist im Ingenieurwesen und im Leben eine wertvolle Eigenschaft. In den vor dir liegenden Seiten erfährst du Dinge zu technischen Wundern in deiner Umwelt, von Hängebrücken bis zu Güterzügen, von Unterseebooten hin zu Hubschraubern und von Wolkenkratzern bis zur Internationalen Raumstation. Du entdeckst außerdem Bauanleitungen für den Bau von LEGO-Modellen genau dieser Errungenschaften. Nutze diese Modelle als Sprungbrett für deine eigenen Entwürfe und baue deine ganz eigene Welt im Tischformat.

DER DESIGNPROZESS DES INGENIEURS

WO LIEGT DIE HERAUSFORDERUNG?

Bestimme das Problem. Vielleicht möchtest du einen Fluss überqueren, ohne dabei nass zu werden, oder ein hohes Gebäude errichten, das nicht in sich zusammenbricht.

ENTWERFE EINE LÖSUNG

Forsche zum Thema, betreibe Brainstorming und setze kreatives Denken ein, um eine Lösung zu entwickeln, die mit verfügbaren Ressourcen machbar ist.

BAUE EINEN PROTOTYP

Mache deinen Entwurf zur Realität, indem du das erste funktionierende Modell schaffst.

BEWERTE DIE LEISTUNG

Funktioniert der Prototyp wie erwartet? Welche Verbesserungen lassen sich vornehmen?

NEHME VERBESSERUNGEN VOR

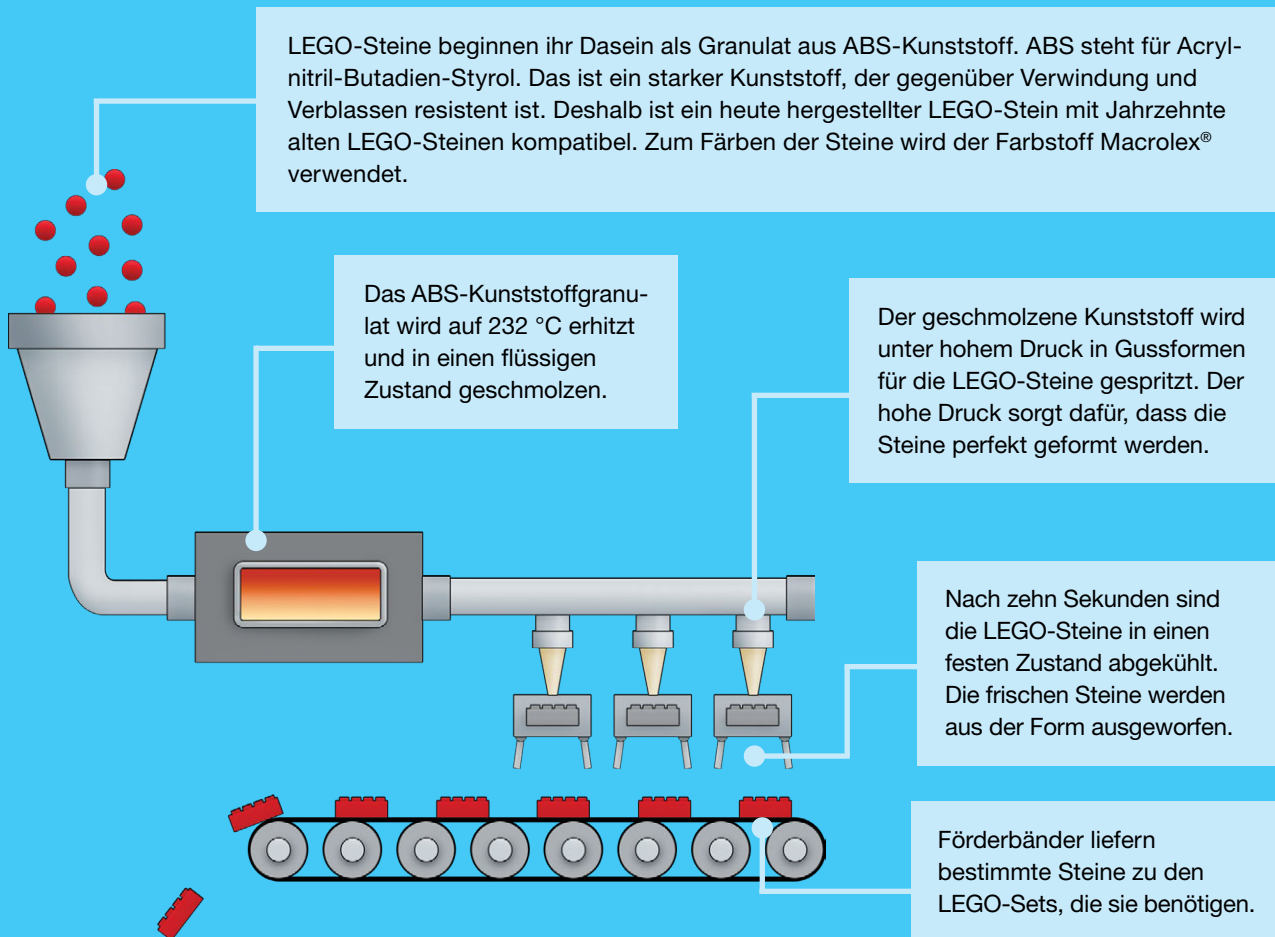
Verfeinere deinen Entwurf und verbessere den Prototyp, damit er so effektiv wie möglich ist. Präsentiere der Welt deinen verbesserten Entwurf.

TECHNIK MIT LEGO

LEGO und Technik waren schon miteinander verknüpft, bevor der erste LEGO-Stein aus einer Form sprang. Jedes LEGO-Element ist das Ergebnis aus akribischem Design und Ingenieurleistungen, wobei jedes neue Element viele Schritte durchläuft, bevor die endgültigen

Steine produziert werden. Unterdessen verfeinern Ingenieure ständig den Fertigungsablauf, experimentieren mit unterschiedlichen Materialien und Techniken, um die Herstellung von LEGO-Steinen effizienter und für eine bessere Umwelt nachhaltiger zu gestalten.

SO WERDEN LEGO-STEINE PRODUZIERT



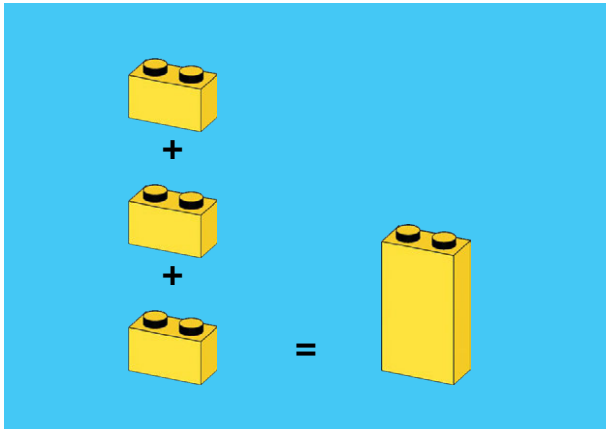
BAUANLEITUNG

LEGO-Sammlungen sind so individuell wie Fingerabdrücke. Du hast möglicherweise nicht genau jeden Stein, der für den Bau der Modelle in diesem Buch benötigt wird. Wenn du aber denkst wie ein Ingenieur, dann hilft dir das, dieses Hindernis zu überwinden.

Ingenieure würden liebend gern nach Lust und Laune coole neue Dinge bauen, aber sie müssen sich mit Budgets, der Logistik und Einschränkungen bei den Ressourcen beschäftigen, bevor der Bau überhaupt beginnt. Kreative Problemlösung ist bei jedem Schritt des technischen Ablaufs ein ständiger Begleiter. Hier sind ein paar Ideen, um zu den benötigten Steinen zu gelangen.

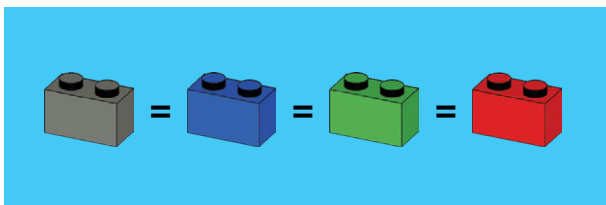
STEINE AUS STEINEN MACHEN

Du kannst aus vorhandenen Steinen neue Steine zusammensetzen, wenn du dabei die erforderlichen Abmessungen berücksichtigst.



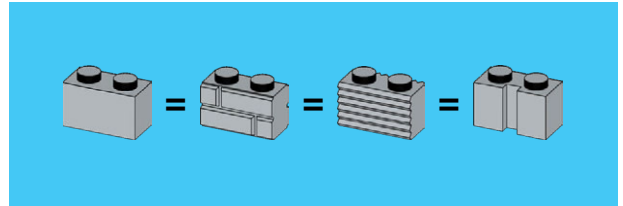
FARBEN ERSETZEN

Farbe ist eine ästhetische Wahl, aber für die strukturellen Qualitäten eines LEGO-Steins irrelevant. Ändere einfach die Farben, wie es dir gefällt.



STEINE ERSETZEN

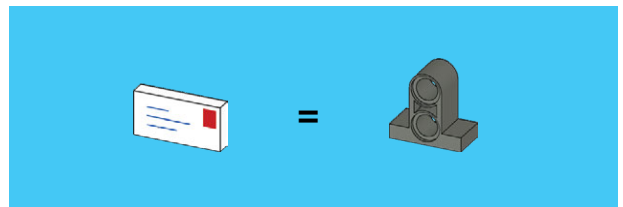
Wie bei der Farbe haben manche Steine auch ästhetische Merkmale, die für ihre strukturelle Qualität keine Rolle spielen. Alle diese 1x2-Steine erfüllen von der Struktur her genau dieselbe Funktion.



NEUE STEINE KAUFEN

Es ist leicht, bestimmte Steine über BrickLink zu kaufen: <https://www.bricklink.com>. BrickLink ist eine Zusammenstellung von Onlineshops, die LEGO-Teile einzeln verkaufen. Um das von dir gewünschte Teil zu finden, gib einfach die Artikelnummer in die Suchmaschine von BrickLink ein. Die Artikelnummer eines 1x2-Steins ist zum Beispiel 3004. Die Artikelnummer findest du in der Teileliste für jedes Modell unter jedem Stein abgedruckt. BrickLink lässt dich in Shops in deinem Land suchen, um die niedrigsten Versandkosten zu erzielen.

Wenn du dir die Mühe des Suchens nach den benötigten Steinen sparen möchtest, findest du diese als Bausatz abgepackt im Webshop von The Brickworms: www.thebrickworms.com



MICROSCALE

Von Natur aus sind die Modelle in diesem Buch klein. *Microscale*-Modelle wie diese haben zwei entscheidende Vorteile: Sie benötigen weniger Ressourcen für den Bau, und es passt eine größere Vielfalt an Modellen auf die Seiten dieses Buchs.



BRÜCKEN UND TUNNEL

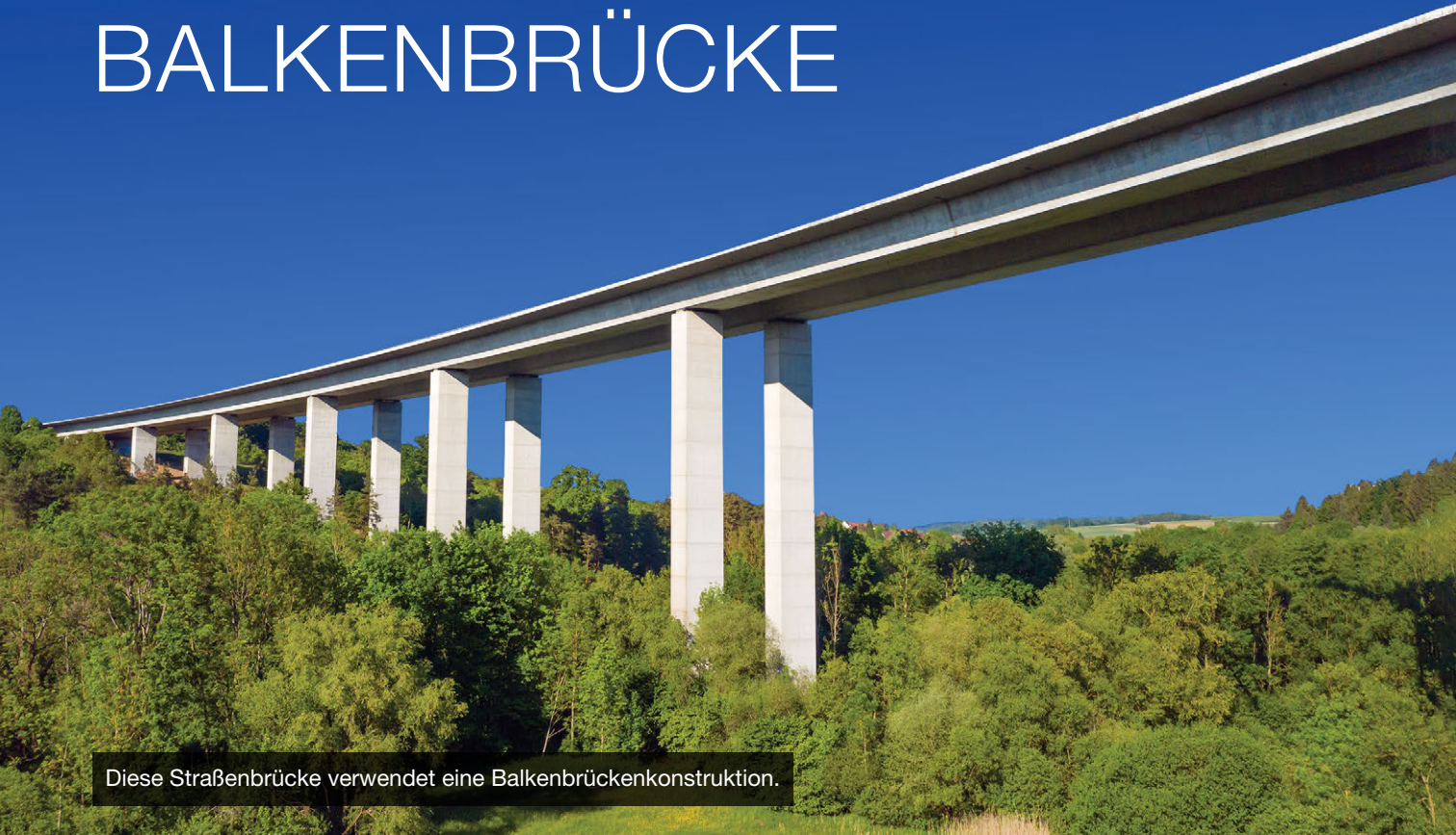
Wo der Wille besteht, ein Hindernis zu überwinden, werden Ingenieure einen Weg finden. Zum Beweis schau dir Brücken und Tunnel an.

Brücken werden als technische Meisterleistungen gefeiert, die ebenso viel Ehrfurcht hervorrufen können wie eine Naturlandschaft oder ein Kunstwerk. Es gibt sie in vielen Varianten, von einfachen Balkenbrücken bis hin zu weiten Hängebrücken, jede mit ihren eigenen Stärken und Schwächen.

Obwohl sie im Boden verborgen sind, sind Tunnel ebenso beeindruckende Infrastrukturleistungen, die einst unmögliche Reisen zu etwas Alltäglichem verwandeln. Sie erfordern spezielle Anlagen, und bis zur Fertigstellung vergehen oft Jahre.



BALKENBRÜCKE



Diese Straßenbrücke verwendet eine Balkenbrückenkonstruktion.

Ein horizontaler Balken, der an beiden Enden gestützt wird, ist eine Balkenbrücke. In ihrer einfachsten Form erfordert eine Balkenbrücke weder technisches noch menschliches Zutun irgendeiner Art: Ein Baumstamm, der einen Bach überquert, ist eine auf natürliche Weise auftretende Balkenbrücke! Dennoch: Moderne Balkenbrücken erfordern schlaue konstruierte Beton- und Stahldecks, um schwere Verkehrslasten zu tragen. Sie sind heute die am weitesten verbreitete Art von Brücken und werden in der Regel für Straßenbrücken und andere alltägliche Anwendungen eingesetzt.

WARUM EINE BALKENBRÜCKE?

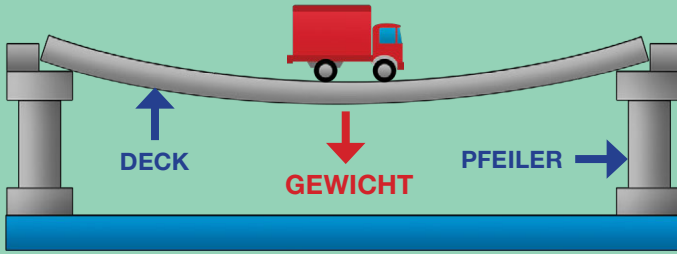
Balkenbrücken lassen sich einfach entwerfen und im Vergleich zu anderen Brückenarten billiger konstruieren. Sie lassen sich zudem schneller bauen, was weniger Verkehrsstörungen verursacht. Aneinandergesetzt, kön-

nen Balkenbrücken große Entfernungen zu geringen Kosten überspannen. Der Lake Pontchartrain Causeway in Louisiana ist zum Beispiel eine 39 Kilometer lange Reihe von Balkenbrücken und damit die weltweit längste Brücke, die Wasser überspannt.

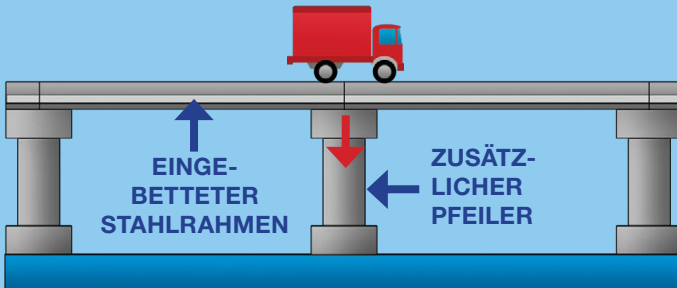
WO LIEGEN DIE GRENZEN EINER BALKENBRÜCKE?

Die horizontale Fläche einer Balkenbrücke nennt sich *Deck*, und ihre vertikalen Stützen, die die Last der Brücke zum Boden lenken, heißen *Pfeiler*. Je weiter die Pfeiler voneinander entfernt sind, desto schwächer wird das Deck, und umso eher wird es durchhängen. Infolgedessen beträgt die Spannweite von Balkenbrücken zwischen Pfeilern selten mehr als 75 Meter. Zum Vergleich: Eine Hängebrücke kann eine Spannweite von über 2.000 Metern zwischen den Türmen tragen.

WIE DU EIN DURCHHÄNGENDES DECK KORRIGIERST



Wenn die Pfeiler einer Balkenbrücke zu weit voneinander entfernt sind, hängt das Deck durch. Kompressionskräfte drücken auf die Oberseite des Brückendecks, während Spannkkräfte seine Unterseite dehnen. Diese rivalisierenden Kräfte können das Deck auseinanderreißen!

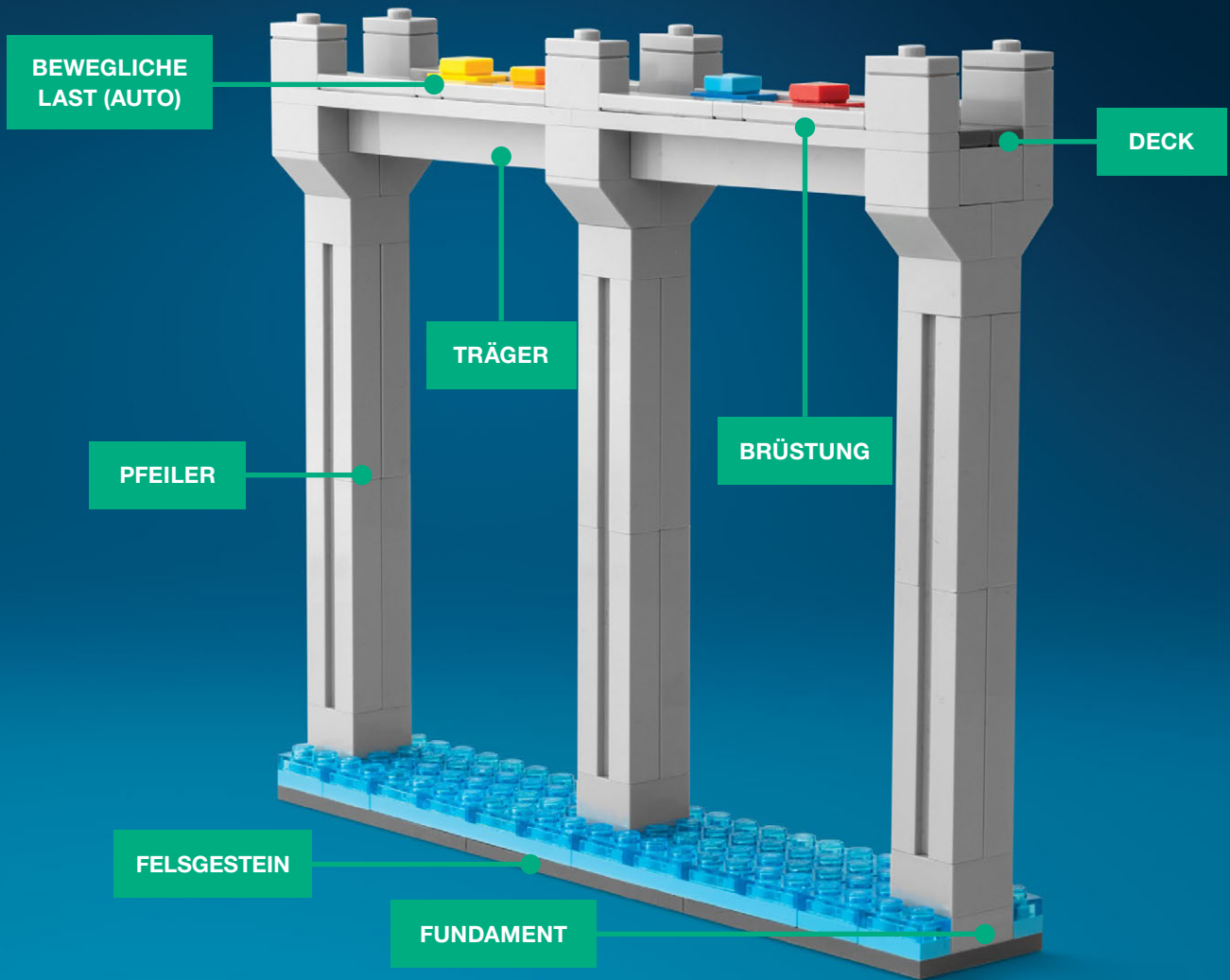


Wenn die Pfeiler näher beieinander stehen, beugt dieses einem Durchhängen vor. Zusätzlich kann man das Deck mit einer Kombination aus Stahl und Beton verstärken. Stahl ist gegenüber Spannung resistent, während Beton gegenüber Kompression resistent ist. Zusammen sind sie ein ideales Gespann für ein Brückendeck.

Die Kombination von Stahl mit Beton verstärkt das Deck einer Balkenbrücke.



BAUE EINE LEGO-BALKENBRÜCKE



12x
3004



5x
3022



4x
3023



4x
3023



42x
3023



6x
15573



1x
15573



1x
15573



1x
15573



1x
15573



4x
3070b



1x
3070b



1x
3070b



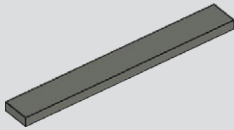
1x
3070b



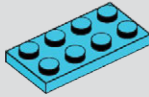
1x
3070b



12x
88393



4x
4162



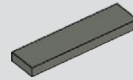
2x
3020



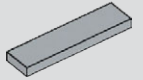
6x
3003



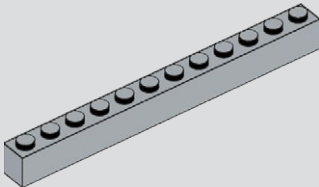
6x
3660



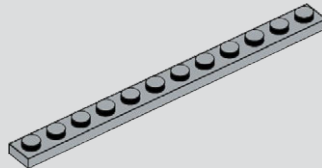
2x
2431



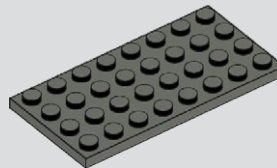
8x
2431



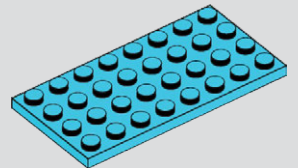
4x
6112



4x
60479

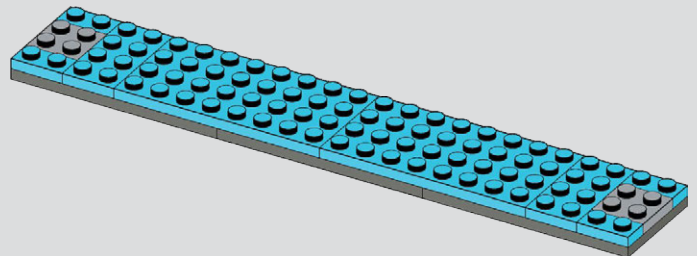
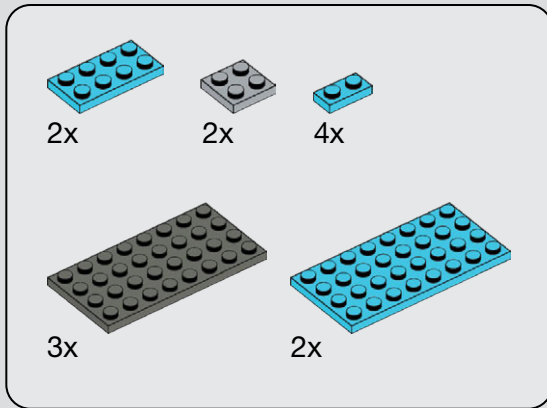


3x
3035

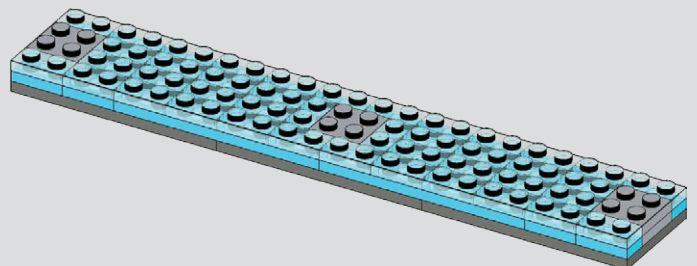
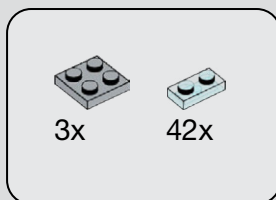


2x
3035

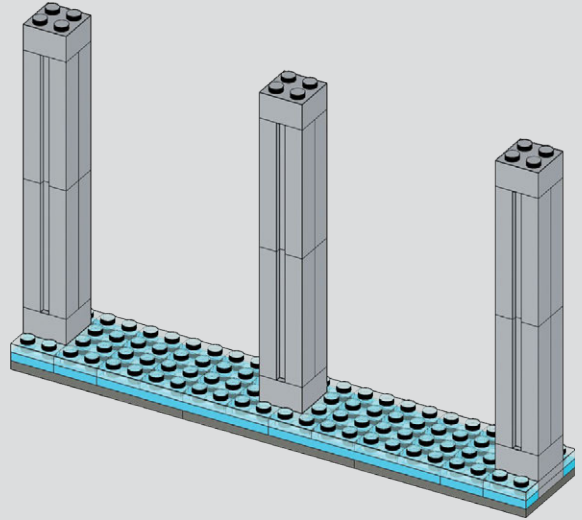
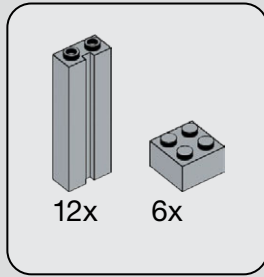
1



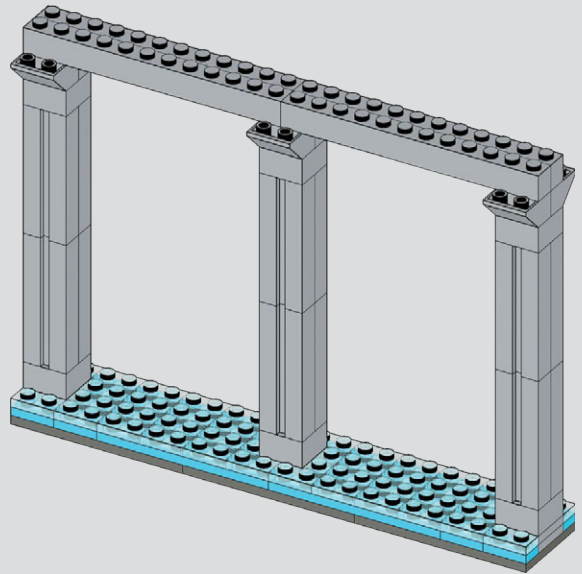
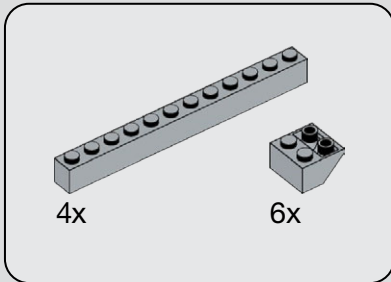
2



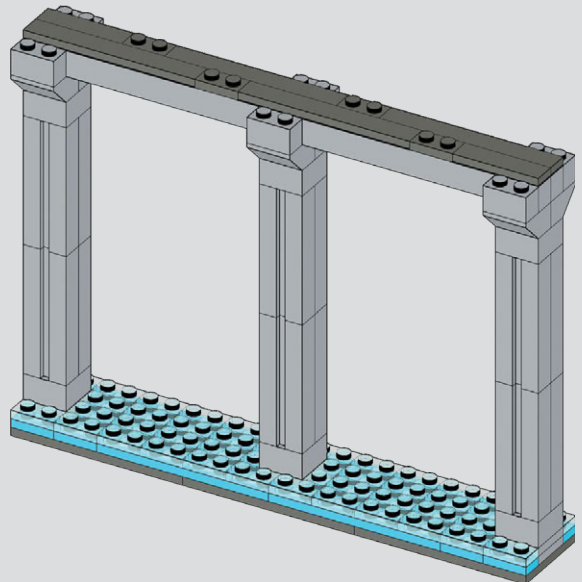
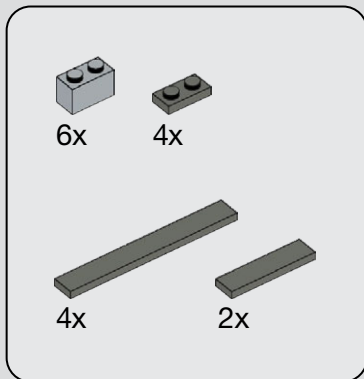
3



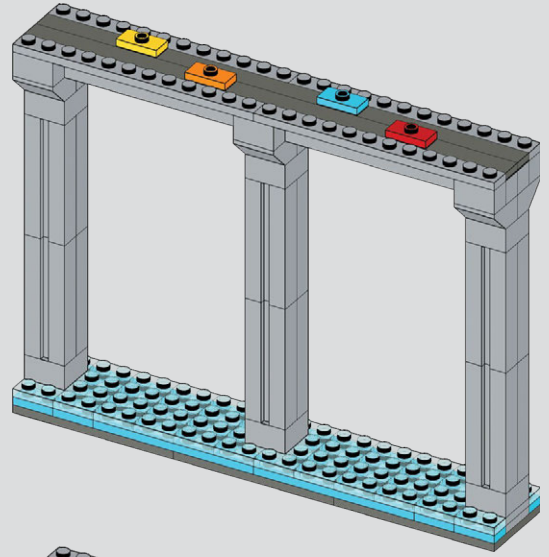
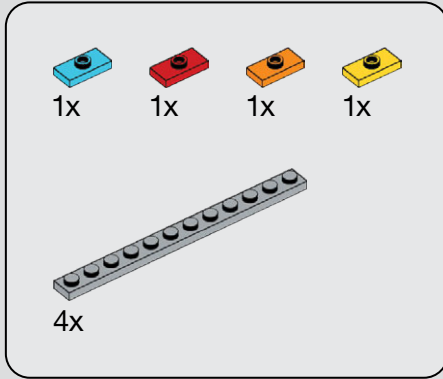
4



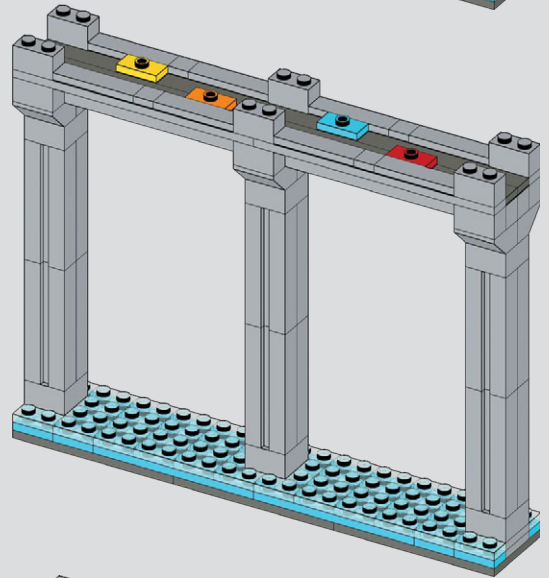
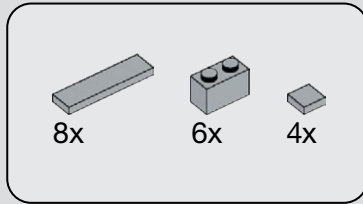
5



6



7



8

