

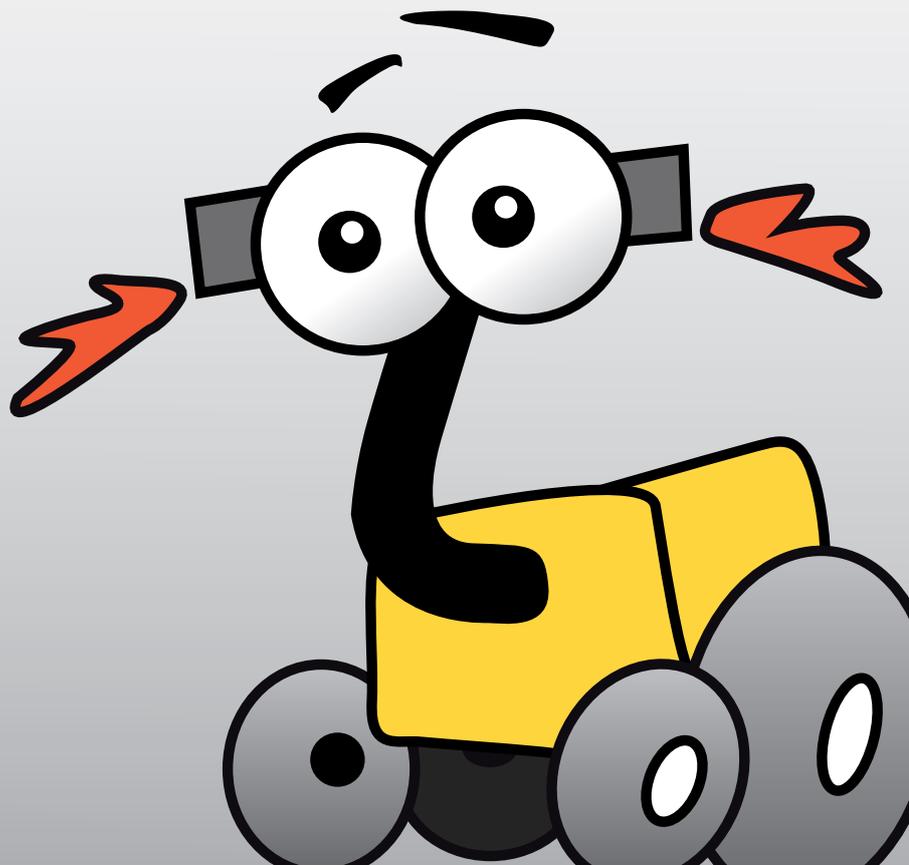
# NXT-Geschöpfe aus einem Baukasten

Fünf Entwürfe für LEGO MINDSTORMS NXT 1.0 oder 2.0

Von Fay Rhodes

Übersetzt von Matthias Paul Scholz

**Roberta**<sup>®</sup>  
Lernen mit Robotern



**Roberta<sup>®</sup>**

**Lernen mit Robotern**

**NXT-Geschöpfe aus einem Baukasten**

Fünf Entwürfe für LEGO MINDSTORMS NXT 1.0 oder 2.0

Von Fay Rhodes

Übersetzt von: Matthias Paul Scholz

# Impressum

**Ausgabe** April 2011

**Copyright** © 2004-2011 by  
Fraunhofer-Institut Intelligente Analyse und Informationssysteme  
IAIS  
© 2011 Fay Rhodes  
Solange nicht anderweitig festgelegt, darf kein Teil dieses Buches  
ohne schriftliche Genehmigung der Autorin benutzt oder reproduziert  
werden, außer zum Zweck der Besprechung.

**Verfasserin** Fay Rhodes

**Projekt-  
gruppe** Thorsten Leimbach (Leitung), Sebastian Trella, Beate Jost, Ulrike  
Petersen

**Adresse** Initiative Roberta® - Lernen mit Robotern  
Fraunhofer-Institut Intelligente Analyse und Informationssysteme  
IAIS Schloss Birlinghoven, 53754 Sankt Augustin  
Internet: [www.roberta-home.de](http://www.roberta-home.de)  
E-Mail: [roberta-zentrale@iais.fraunhofer.de](mailto:roberta-zentrale@iais.fraunhofer.de)

**Waren-  
zeichen** LEGO® und Mindstorms™ sind eingetragene Warenzeichen der Firma  
The LEGO Group.  
Microsoft®, Windows® und Internet Explorer® sind eingetragene  
Warenzeichen der Firma Microsoft Corporation.  
Java™ ist eingetragenes Warenzeichen der Firma SUN Microsystems Inc.  
Roberta® ist eingetragenes Warenzeichen der Fraunhofer-Gesellschaft.

**Förderung** 2002-2006



2005-2008



---

## Geleitwort

Der Wirtschaftsstandort Deutschland ist angewiesen auf gut ausgebildete Nachwuchskräfte in naturwissenschaftlich-technischen Fächern. Ziel vieler Initiativen ist es deshalb, Kinder möglichst frühzeitig mit den »MINT«-Themen Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften und Technik vertraut zu machen.

Das Fraunhofer-Institut für Intelligente Analyse- und Informationssysteme IAIS hat bereits im Jahr 2002 das Projekt »Roberta® – Lernen mit Robotern« ins Leben gerufen: Roberta nutzt die Faszination von Robotern, um Schülerinnen und Schülern Naturwissenschaften, Technik und Informatik spannend und praxisnah zu vermitteln.

Es ist es eine spannende, wichtige aber auch herausfordernde Aufgabe, diese Wissensgebiete an die nächsten Generationen zu vermitteln. Ihre erfolgreiche Bewältigung ist nicht einfach nur ein Teil des allgemeinen Bildungsauftrages – diese Aufgabe hat auch eine gesellschafts- und wirtschaftspolitische Bedeutung, die man nicht hoch genug einschätzen kann.

In aktuellen Diskussionen um die Zukunftsaussichten unseres Landes wird immer wieder gefordert, dass wir (wieder) innovativer und mutiger werden, damit wir in der globalisierten Wirtschaft qualitativ hochwertige und global wettbewerbsfähige Produkte und Dienstleistungen anbieten können. Dazu brauchen wir jedoch junge Menschen, die unser Land durch eine erstklassige Ausbildung zu Ingenieurinnen und Ingenieuren und mit innovativen Ideen voran bringen.

Allerdings weisen Studien des Vereins Deutscher Ingenieure (VDI) hier auf einen enormen Mangel hin: Jährlich fehlen demnach unseren Wirtschaftsunternehmen rund 50.000 ausgebildete Ingenieurinnen und Ingenieure (Dez. 2010). Vor allem die klein- und mittelständischen Industrieunternehmen klagen über diesen Fachkräftemangel und halten ihn heute und in den nächsten Jahren für eine zentrale Herausforderung im Wettbewerb.

Wenn man die Entwicklung der Studierenden- und Absolventenzahlen in technischen Fächern an deutschen Hochschulen betrachtet, so stellt man fest, dass dieser Fachkräftemangel nur durch eine signifikante Steigerung der Anfängerzahlen nachhaltig ausgeglichen werden kann. Eine besondere Rolle kommt hierbei der Erhöhung des Anteils der Frauen zu, die weiterhin stark unterrepräsentiert sind. Wenn es gelingt, mehr Mädchen schon in der Schule für Technik, Mathematik und Naturwissenschaften zu begeistern, können neue Talente und Potentiale für die technischen Fächer erschlossen werden.

Wir freuen uns vor diesem Hintergrund besonders, dass sich das Roberta-Projekt mittlerweile zu einer erfolgreichen und umfangreichen Initiative entwickelt hat, zu der ein großes Netzwerk von Partnern entscheidend beiträgt. Schon über 50.000 Teilnehmerinnen und Teilnehmer, vorwiegend im Alter von 10 bis 16, haben Kurse besucht, und mehr als 94% äußern sich positiv und würden die Kurse weiterempfehlen. Ohne das persönliche Engagement der vielen Roberta-Begeisterten, und ohne die Förderung durch unsere Partner bei öffentlicher Hand und Unternehmen, wäre ein solcher Erfolg nicht möglich, ihnen allen gilt deshalb unser besonderer Dank!

Wir hoffen, dass auch dieser Roberta-Band nützliches und spannendes Material bietet, um weitere Schülerinnen und Schüler für technische Themen zu begeistern.

Prof. Dr. Stefan Wrobel  
Institutsleiter Fraunhofer IAIS

Sankt Augustin, im April 2011

## Vorwort zu diesem Band

**Hinweis** Dieser Roberta-Band ist die deutsche Übersetzung des Buchs *Lego Mindstorms NXT 2.0 One-Kit Creatures* von Fay Rhodes

Die Publikation der deutschen Version des Buchs wurde direkt von der Autorin an die Roberta-Zentrale herangetragen.

Das Buch NXT-Geschöpfe aus einem Baukasten ergänzt mit seinen Anregungen zum Bau von der Natur inspirierter NXT-Geschöpfe ideal das Roberta-Konzept, indem es die Auswahl (vor allem für Mädchen) interessanter Themen und Experimente erhöht.

**Fay Rhodes** In ihren Roboter-Tieren vereint Fay Rhodos ihre natürliche Neugier mit ihrem kreativen Talent und zeigt dabei zugleich, wie technische Artefakte funktionieren. Sie besitzt einen Abschluss als Grundschulpädagogin und hat ein besonderes Interesse daran, Kinder - insbesondere Mädchen wie ihre Enkelin Rachel - für die Naturwissenschaften bereits in einem frühen Alter zu begeistern. Fay Rhodos ist auch Autorin des Buchs *The NXT Roboter Zoo Alive: Endangered Species*. Als Mitglied der LEGO® MINDSTORMS Community Partner Programs, unterstützt sie die Mindstorms Abteilung der Firma LEGO in Kontakt mit den NXT Anwendern zu bleiben.

**Matthias Paul Scholz** Matthias Paul Scholz ist langjähriges Mitglied des LEGO® MINDSTORMS Community Partners Program, Autor mehrerer englischsprachiger NXT-Bücher und war einer der Entwickler der leJOS NXJ Java Plattform für den NXT. Er betreibt eine eigene umfangreiche LEGO® MINDSTORMS NXT - Seite, den deutschsprachigen NXT-Blog Die NXTe Ebene und ist einer der Autoren des weltweit größten NXT-Blog THE NXT STEP. Mit Fay verbindet ihn eine lange Zusammenarbeit in Projekten der NXT Community; er ist immer wieder von ihrem Talent beeindruckt, die typischen Merkmale von Tieren mit wenigen LEGO-Teilen in einem eleganten Design einzufangen - ihre Schöpfungen sind nicht nur Maschinen, sie sind auch Kunstwerke.

**Hinweis**

Roberta® ist ein eingetragenes Markenzeichen. Roberta Schriftzug und Logo dürfen nicht ohne Zustimmung des Fraunhofer IAIS verwendet werden.

Institutionen, die RobertaRegioZentrum werden möchten sowie Lehrkräfte und ErzieherInnen, die Roberta-Kurse durchführen möchten, dürfen den Namen verwenden, sofern sie vom Fraunhofer IAIS dazu autorisiert sind und eine entsprechende Lizenz erworben haben.

Alle in diesem Buch enthaltenen Bilder, die sich auf Roboter beziehen, wurden von der Autorin erstellt:

- Küken – Markus Koljonen
- Grashüpfer – Keith Ponmakis
- Hai – Terry Goss

Die übrigen Bilder sind gemeinfrei.

**Danksagung  
der Autorin**

An dieser Stelle Dank an:

*NeXTSTORM* für das ausführliche Testen jedes Modells und die Verbesserungsvorschläge. Wer seine Schöpfungen noch nicht kennt, sollte die Webseite (<http://web.me.com/NeXTSTORM/NeXTSTORM/Creations.html>) oder seinen Kanal auf YouTube besuchen – man wird es nicht bereuen!

Meinem Ehemann Rick, der vor allen anderen mich bis hierher gebracht hat.

Matthias Paul Scholz für die Übersetzung



Rachel Winson, meine Muse

## Die Roberta-Reihe

### **Roberta**

Die »Roberta Reihe« dokumentiert das Roberta-Konzept. Beides wurde vom Fraunhofer IAIS zusammen mit PartnerInnen entwickelt und vom Bundesministerium für Bildung und Forschung gefördert.

Zum Roberta-Konzept gehören:

- Ein Konzept für Roboterkurse, die für Mädchen interessant sind. Roberta-Kurse werden von geschulten Roberta-Teacher durchgeführt.
- Ein Konzept zur Schulung (Roberta Teacher-Training) von Lehrkräften (und anderen), die Roberta-Kurse anbieten wollen.
- Lehr- und Lernmaterialien, die in der Roberta-Reihe zusammengefasst sind, mit deren Hilfe geschulte Roberta-Teacher Roberta-Kurse durchführen können. Die Materialien enthalten insbesondere auch didaktische Hinweise zur gendergerechten Gestaltung von Roboter-Kursen.
- Ein bundesweites Netzwerk regionaler Roberta-Zentren, das den Roberta-Teacher einerseits im RegioZentrum »vor Ort« Unterstützung bietet, zum Beispiel durch den Verleih von Roboterbaukästen, und andererseits den – auch überregionalen – Erfahrungsaustausch ermöglicht.

Die Arbeiten wurden im Projekt »Roberta – Mädchen erobern Roboter« und »Roberta goes EU« durchgeführt.

### **Roberta-reihe**

Wegen der Fülle des Lehr- und Lernmaterials wurde der ursprünglich entwickelte Materialordner mit seinen fast 1000 Seiten in mehrere Bände aufgeteilt. Viele Details, zum Beispiel viele Experimente und die ausführlichen Bauanleitungen, wurden auf CD-ROM ausgelagert.

Die Reihe:

1: Roberta – Grundlagen

Dieser Band enthält Grundlagen zur Planung und Durchführung von Roberta-Kursen. Dazu gehören insbesondere didaktische Hinweise zur gendergerechten Kurs-Gestaltung. Das Buch führt in die Robotik ein, stellt unterschiedliche Baukästen vor und zeigt Möglichkeiten der Programmierung für die Steuerung der Roboter auf.

1 RCX: Roberta – Grundlagen und Experimente für Lego Mindstorms RCX (mit CD-ROM)

Dieser Band bietet eine Fülle von Experimenten, detaillierte Bauanleitungen, Tipps und Tricks zur Vermeidung bzw. Lösung technischer Probleme mit den Roboter-Baukästen (LEGO Mindstorms Robotics Invention System). Zu allen Experimenten finden sich auf der CD-ROM Programmierbeispiele in RIS und NQC (NotQuiteC)

1 NXT: Roberta – Grundlagen und Experimente für Lego Mindstorms NXT (mit CD-ROM)

Dieser Band bietet eine Fülle von Experimenten, detaillierte Bauanleitungen, Tipps und Tricks zur Vermeidung bzw. Lösung technischer Probleme mit den Roboter-Baukästen (LEGO Mindstorms NXT). Zu allen Experimenten finden sich auf der CD-ROM Programmierbeispiele in der Education Software und NXC (NoteXactlyC)

2: Roberta – Der Simulator RobertaSim (mit CD-ROM)

Die Software simuliert LEGO Mindstorms Roboter (der Serie Robotics Invention System 2.0). Sie ermöglicht, einen virtuellen Roboter in den gewohnten Programmiersprachen (RIS/RCX Code und NQC) zu programmieren. Das zu erwartende Verhalten des realen Roboters kann auf dem Bildschirm in Echtzeit verfolgt werden, wobei die Bedienung des virtuellen Roboters der des realen nachempfunden ist.

3: Roberta – Programmieren mit Java und C (mit CD-ROM)

Band 3 ergänzt die in Kapitel 8 in Band 1 vorgestellten Programmiermöglichkeiten (mit RIS und NQC) um Java und C. Dabei wird insbesondere die Installation der entsprechenden Programmierumgebung erklärt, der Umgang mit ihr erläutert sowie Besonderheiten beschrieben.

3 NXT: Roberta – Programmieren mit Java

der Roberta-Reihe ergänzt die in Band 1 – NXT vorgestellten Programmiermöglichkeiten (mit NXT-G und NXC) um Java (leJOS). Dabei werden neben den Grundlagen der objektorientierten Programmierung insbesondere auch auf die Umsetzung von Java auf das LEGO Mindstorms NXT System mit leJOS behandelt. Die Beschreibung reicht von der Installation von leJOS bis zur Umsetzung größerer Experimente unter leJOS. Dieser Band richtet sich an Personen die bereits erste Erfahrung mit textuellen Programmiersprachen haben.

4: Roberta – Weiterführende Experimente (mit CD-ROM)

Band 4 ergänzt Kapitel 5 von Band 1 und präsentiert zusätzlich zu dem dort vorgestellten Thema »Ameisen« die Themen »Braitenberg Vehikel«, »Inverses Pendel / Balancing-Bot« und »NXTracking«. Er dient als Quelle zur Planung und Durchführung von langen, vertiefenden Roberta-Kursen und hilft bei der Thematisierung von weiterführenden Experimenten aus der Informatik und den Naturwissenschaften. In Roberta spielen Themen eine wichtige Rolle, da die Roboter-Experimente über die Beschäftigung mit dem speziellen Fach-Thema erschlossen werden. Die Themen lassen sich zudem leicht verwenden, um speziell auch das Interesse von Mädchen zu wecken.

Die Ergänzungsbände Band 2 bis 4 sind voneinander unabhängig. Sie setzen Kenntnisse aus Band 1 voraus.

Als weitere Ergänzung der Materialien kann eine DVD des Fraunhofer IAIS genutzt werden, die die Geschäftsfelder zur Robotik, Roberta und andere Robotik-Projekte sowie Roboter des Instituts vorstellt (Bezug über [www.iais.fhg.de/de/presse/](http://www.iais.fhg.de/de/presse/)).

**Roberta-Box** Die Roberta Box Premium ist eine auf Basis des LEGO MINDSTORMS Education NXT Systems ausgewählte Zusammenstellung von LEGO Education Materialien, Dokumentationen, Aufgabensammlungen, Software und Arbeitsmaterialien für die Durchführung von Roberta-Kursen. Mit der Roberta-Box wird eine Arbeitsgruppe von 2 bis 3 SchülerInnen grundlegend mit Materialien zum Bauen und Programmieren von Robotern nach dem Roberta-Konzept ausgestattet.

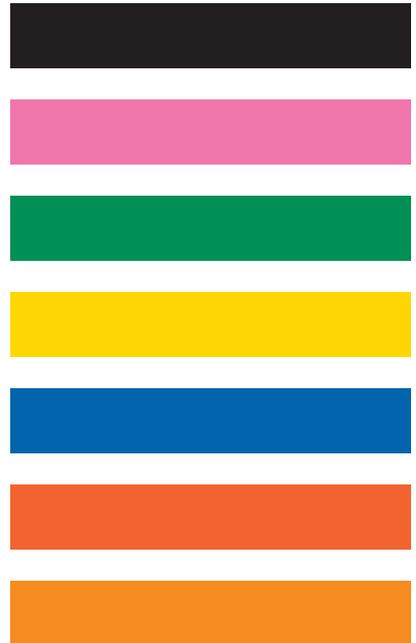


Inhalt der Box:

- 1 x 9797 LME NXT Basis Set
- 1 x LME NXT Software 2.1 Einzellizenz
- 1 x 8887 LEGO Trafo
- 1 x Roberta Testparcours
- 1 x Roberta Aufkleber Set
- 1 x Rollbandmaß
- 1 x Roberta-Reihe Band 1
- 1 x Roberta Reihe Band 1-NXT
- 1 x gelbe Kunststoffbox mit Deckel
- 1 x Roberta Dress-Up-Kit
- 2 x NXT Klebefolien in Pink und Gelb

**Roberta  
Klebefolie**

Mit den NXT Klebefolien (Design by Garry Redrup and Ashley Green) lassen sich die NXT Steine individuell mit einer farbigen Haut bekleben und verzieren. Die Folien sind strapazierfähig, abwaschbar und rückstandslos abziehbar. Der Foliensatz enthält die folgenden Farben: Grün, Pink, Orange, Blau, Gelb, Sand und Schwarz. Die Farben in der Darstellung können abweichen.



### **Das Projekt Roberta**

Das Projekt ist eine gemeinsame Aktivität aller beteiligten PartnerInnen und des BMBF zur Steigerung des Anteils von Frauen in technischen Fächern und Berufen und gegen den Mangel an technischen Fachkräften. Damit diese Ziele erreicht werden können, muss das Interesse von Mädchen für Informatik und Technik geweckt und Verständnis für technische Systeme gefördert werden.

Roberta gehört zum Geschäftsfeld »Ausbildungsrobotik« des Fraunhofer IAIS, in dem mobile Roboter und Roboterbaukästen für die Aus- und Weiterbildung sowie zielgruppenspezifische Lehr- und Lernmaterialien entwickelt werden.

Das Projekt wird vom Bundesministerium für Bildung und Forschung von November 2002 bis Dezember 2006 und von der EU von Oktober 2005 bis Dezember 2008 gefördert. Während in den ersten drei Jahren das Roberta-Konzept im Mittelpunkt stand, konzentrieren sich die Arbeiten im Jahr 2006 auf eine besondere Aktivität zur Stärkung des Mädchenanteils bei Robotik-Wettbewerben und auf die Verbreitung von Roberta national, wie international.

Zunächst wurden Lehr-Materialien für kurze »Schnupperkurse« erarbeitet und Trainings für Roberta-Teacher durchgeführt. Anschließend wurden schrittweise umfangreichere Kurse entwickelt, das Material sukzessive ergänzt und zur Verfügung gestellt. Die durchgeführten Kurse evaluierte eine unabhängige Begleitforschung. Die Evaluationsergebnisse flossen in die Weiterentwicklung der Materialien ein. Parallel dazu wurde aufgrund einer entsprechenden Nachfrage das Netzwerk, das zu Beginn aus vier RegioZentren bestand, ausgebaut.

Eine wesentliche Intention des Projektes war, die Qualität der Ergebnisse sicherzustellen. Dafür wurden

- eine unabhängige Institution mit der Begleitforschung beauftragt,
- kompetente PartnerInnen zur Mitarbeit gewonnen und
- die jeweiligen Ergebnisse auf regelmäßigen Workshops mit allen PartnerInnen vorgestellt, diskutiert und begutachtet.

**Begleit-  
forschung**

Die Begleitforschung wurde von der Universität Bremen durchgeführt.

- Die Forschungsgruppe Digitale Medien in der Bildung (DiMeB, Prof. Dr. Heidi Schelhowe) hat qualitative Untersuchungen mit Hilfe von Interviews und Video-Aufnahmen einzelner Kurse und Schulungen durchgeführt. Hieraus resultieren insbesondere Hinweise zu Gender-Aspekten und Empfehlungen für eine gendergerechte Kursgestaltung.
- Das Institut für Didaktik der Naturwissenschaften, Abteilung Physikdidaktik (IDN, Prof. Dr. Horst Schecker) hat quantitative Untersuchungen mittels Fragebogenerhebungen durchgeführt. Hieraus resultieren insbesondere die Aussagen über die Akzeptanz der Kurse und ihre Wirkung auf die TeilnehmerInnen.

Lehrer und Lehrerinnen von beteiligten Schulen mussten sich verpflichten Fragebögen auszufüllen, für Interviews zur Verfügung zu stehen und kurze Ergebnisberichte ihrer Kurse anzufertigen. Auf diese Weise haben sie die Entwicklung und Ausführung der Kurse und Materialien mit gestaltet und zur Qualität beitragen.

**Partner-  
Institutionen**

Neben der Universität Bremen waren die folgenden Institutionen von Anfang an als KooperationspartnerInnen an der Entwicklung beteiligt. Sie haben insbesondere zusätzliche pädagogische und didaktische Kompetenzen eingebracht:

- Deutsches Museum Bonn
- Landesinstitut für Schule – Bremen, Medien/Landesbildstelle
- LEGO Educational Division, Billund
- Städtisches Gymnasium Lechenich, Erfstadt
- Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, Institut für Verteilte Systeme
- Universität Koblenz-Landau, Institut für Psychologie, Ada-Lovelace-Projekt
- Kompetenzzentrum TeDiC e.V., Bielefeld

Bis März 2011 kamen weitere Institutionen als regionale Zentren dazu. Mit den RobertaRegioZentren in den EU-Ländern Schweiz, Österreich, Italien, England und Schweden gibt es nun 36 Zentren, an denen Roberta weiter verbreitet wird.

### **Politische Motivation**

Das Projekt »Roberta« beruft sich auf den Auftrag des Aktionsprogramms der Bundesregierung »Innovation und Arbeitsplätze in der Informationsgesellschaft des 21. Jahrhunderts«.

»Ziel ist, die Nutzung der neuen Medien als allgemein gebräuchliche Lehr- und Lernmaterialien in den Schulalltag zu integrieren«.

In der breiten Nutzung von Informations- und Kommunikationstechniken sieht die Bundesregierung besonders die Chancen, junge Menschen besser auf private und berufliche Anforderungen der Wissensgesellschaft vorzubereiten und zu neuen kooperativen Lehr- und Lernformen zu finden. Dabei muss die

»Bereitstellung, Verarbeitung und Vermittlung von Wissen durch pädagogisch hochwertige Bildungssoftware den spezifischen Bedürfnissen von Schulen, Lehrerinnen und Lehrern sowie Schülerinnen und Schülern gerecht werden«.

Unterrichtskonzepte sind zu entwickeln und zu erproben, die elektronische und multimediale Lehrmaterialien systematisch in den Unterricht integrieren.

Frauen sollen laut Aktionsprogramm gleichberechtigt an der Entwicklung und Gestaltung der Informationsgesellschaft beteiligt sein. Voraussetzung dafür ist, dass Mädchen schon im Kindesalter auf geeignete Weise mit technischen Inhalten vertraut gemacht werden und ihr Interesse geweckt wird.

# Einleitung

Alle Roboter in diesem Buch sind

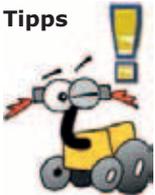
- Mit einem einzigen NXT 1.0 oder NXT 2.0 Retail Set gebaut – man braucht keine teuren zusätzlichen Teile
- Einfach zu bauen und laufen verlässlich
- Neuartig – keine aufgewärmten Roboter aus anderen Büchern oder von der LEGO Webseite

## LEGO Teile

Falls man mal Teile verloren hat, kann man sie entweder in anderen LEGO Sets finden, die man möglicherweise besitzt – insbesondere TECHNIC und BIONICLE -, oder sie im Internet unter den folgenden Adressen nachkaufen:

- [www.bricklink.com](http://www.bricklink.com)
- [www.legoeducation.com](http://www.legoeducation.com)
- <http://shop.lego.com/PAB/>

## Tipps



Es ist empfehlenswert, extra-kurze und -lange Kabel zu verwenden. Man kann dabei gar nicht genug betonen, wie nützlich diese Arten von Kabeln für den Roboterbau sind: es kann nämlich ziemlich schwierig sein, ein langes Kabel um einen Roboter herum zu wickeln (und außerdem sieht das meistens nicht gut aus). Und Roboter, die über Kabel ferngesteuert werden, wie etwa der in diesem Buch enthaltene Grashüpfer, sind mit extra-langen Kabeln einfacher zu benutzen. Solche Kabel können gegenwärtig direkt vom LEGO Store oder über [www.mindstorms.com](http://www.mindstorms.com) bezogen werden. Weiterhin sollte man daran denken, dass man auch mit kostengünstigen Materialien eine hohe Wirkung erzielen kann: handelsübliche Bastelutensilien wie Pappe, Stoffreste, Faden oder Bänder stellen kreative Alternativen mit niedrigen oder sogar keinen zusätzlichen Kosten dar. Die Möglichkeiten sind hier nur durch die Erreichbarkeit und die eigene Vorstellungskraft beschränkt. Für Leser, die Sachen gerne selber bauen, gibt es entsprechende

## Anleitungen

[www.philohome.com/nxtcables/nxtcable.htm](http://www.philohome.com/nxtcables/nxtcable.htm).

## Zubehör

Die Firma LEGO bietet dazu technische Hilfe an: <http://www.lego.com/de-de/default.aspx> und es gibt auch einige deutschsprachige Foren, in denen man wertvolle Unterstützung bekommen kann; eines davon ist zum Beispiel [www.mindstormsforum.de](http://www.mindstormsforum.de).

# Inhaltsverzeichnis

|                  |  |    |
|------------------|--|----|
| <b>Kapitel 1</b> | <b>Der kleine NXT-Grashüpfer</b> .....           | 1  |
|                  | Bauanleitung .....                               | 4  |
|                  | Programm .....                                   | 8  |
| <b>Kapitel 2</b> | <b>Das Küken</b> .....                           | 9  |
|                  | Bauanleitung .....                               | 12 |
|                  | Programm .....                                   | 21 |
|                  | Beispiele für andere Vögel mit Watschelgang..... | 22 |
| <b>Kapitel 3</b> | <b>Der Pfeilschwanzkrebs</b> .....               | 23 |
|                  | Bauanleitung .....                               | 26 |
|                  | Programm .....                                   | 39 |
| <b>Kapitel 4</b> | <b>Der Pillendreher</b> .....                    | 41 |
|                  | Bauanleitung .....                               | 44 |
|                  | Programm .....                                   | 57 |
| <b>Kapitel 5</b> | <b>Der Hai</b> .....                             | 59 |
|                  | Bauanleitung .....                               | 62 |
|                  | Muster für Rückenflossen und Schwanz .....       | 75 |
|                  | Programm .....                                   | 76 |

# **Kapitel 1: Ein kleiner NXT-Grashüpfer**

## **Band 1 - NXT**

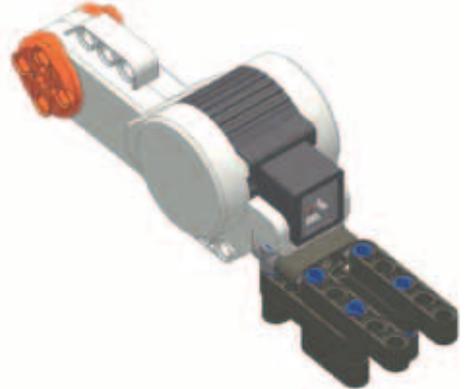
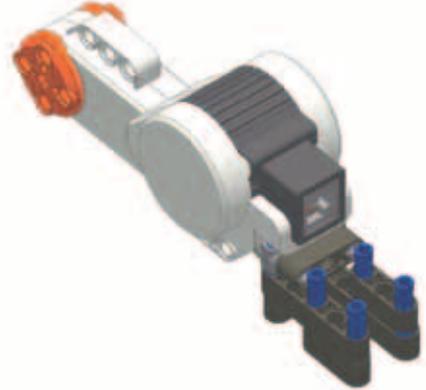
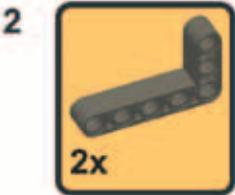
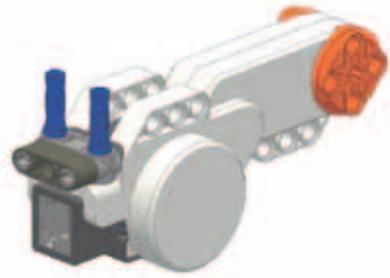
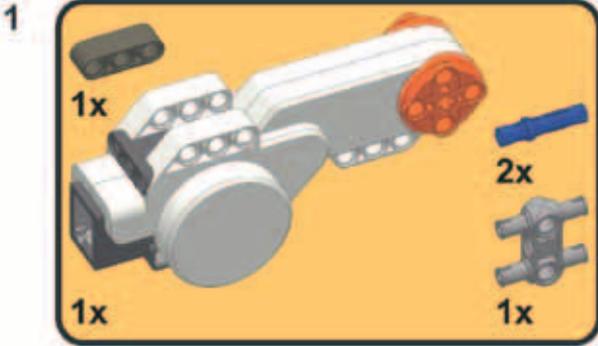
---

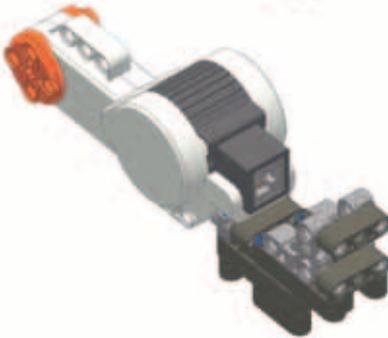
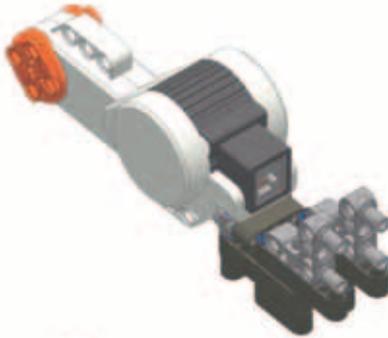
|                    |   |
|--------------------|---|
| Bauanleitung ..... | 4 |
| Programm .....     | 8 |

## 1. Der kleine NXT-Grashüpfer

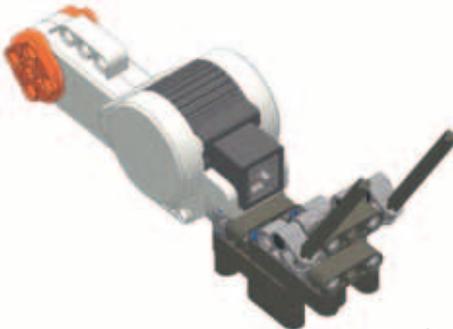
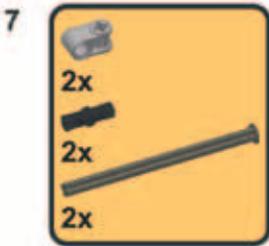


Will man Roboter-Lebewesen bauen, so ist die ungewöhnliche Größe und das hohe Gewicht des NXT-Steins manchmal eine besondere Herausforderung. Dieser einfache Grashüpfer wird deswegen über Kabel ferngesteuert – das heißt, man hält den NXT-Stein in der Hand und verbindet ihn über ein möglichst langes Kabel mit dem Roboter. Die größte Herausforderung bei diesem einfachen Roboter ist es dabei, das Kabel derartig anzubringen, dass es die Bewegung des Grashüpfers nicht behindert.

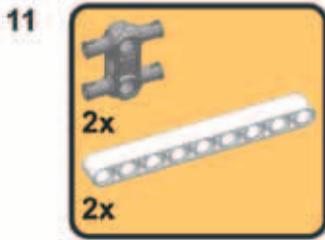
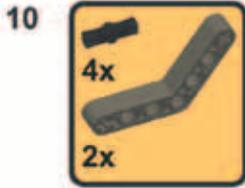
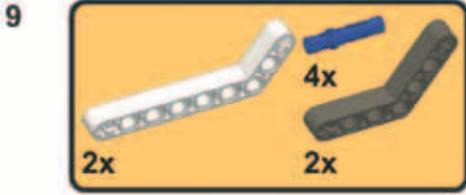




Die im nächsten Schritt benutzten Achsen können bei Bedarf auch durch jede andere Achse ersetzt werden.



*Für die Augen des Grashüpfers können auch Zahnräder statt der Nockscheiben verwendet werden.*



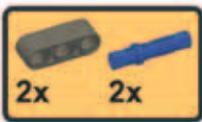
13

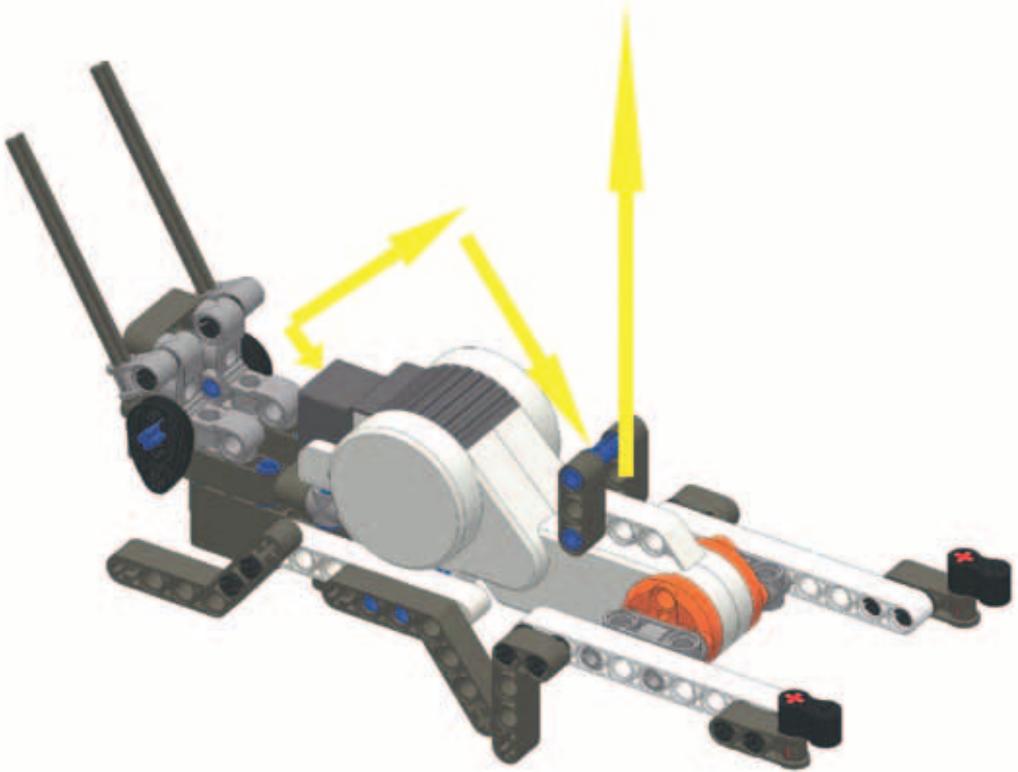


14



15





Jetzt muss man nur noch das längste Kabel, das man hat, wie abgebildet am Grashüpfer befestigen und mit dem Ausgang A des NXT-Steins verbinden.

## Beispielprogramme für den Grashüpfer



**Warte-Block**  
NXT-Knöpfe  
Eingabe-Knopf  
Gedrückt

**Motor-Block**  
Ausgang A  
Abwärtspfeil  
Stärke—95  
1 Umdrehung

**Schleife**  
Unendlich

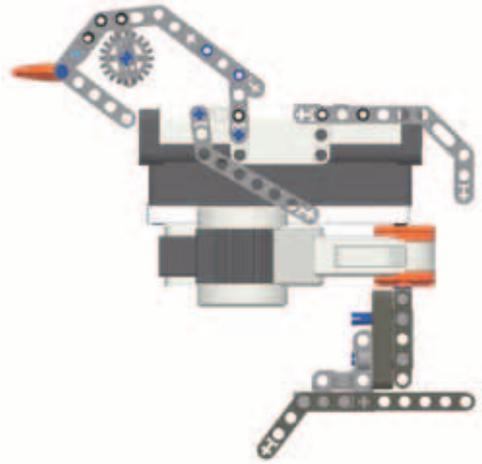
## **Kapitel 2: Küken**

**Band 1 - NXT**

---

|  |    |
|--|----|
| Bauanleitung .....                               | 12 |
| Programm .....                                   | 21 |
| Beispiele für andere Vögel mit Watschelgang..... | 22 |

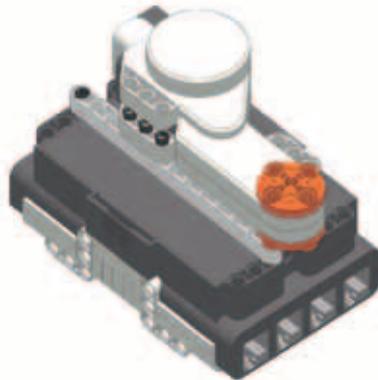
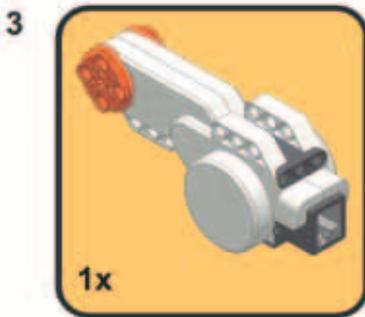
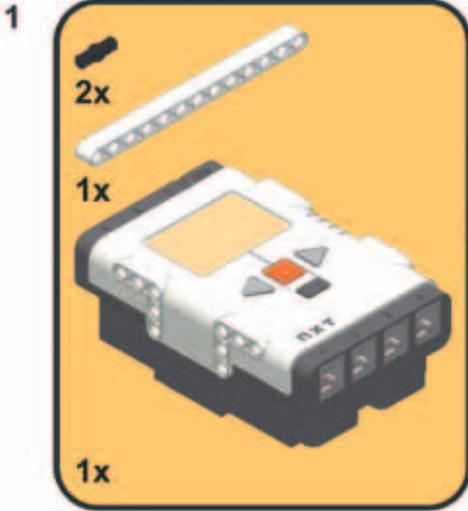
## 2. Das Küken



Schauen wir doch mal, wie sich dieser Vogel bewegt.

Aber Vorsicht! Es könnte zum Lachen sein.

## Der Körper



## Linker Fuß

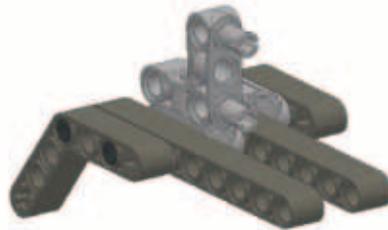
1



2



3



## Rechter Fuß

1



2



3



## Beide Füße

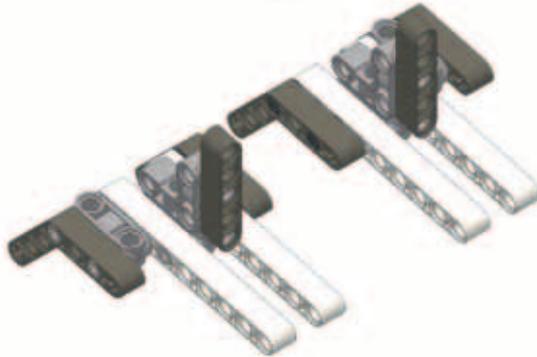
1



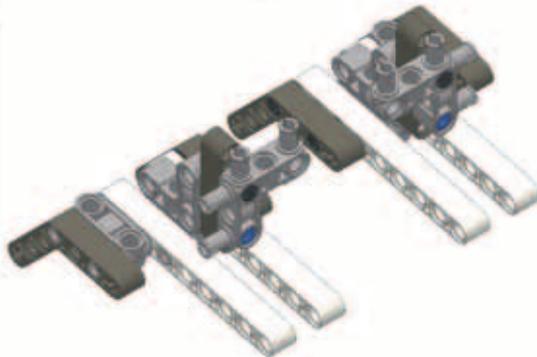
2



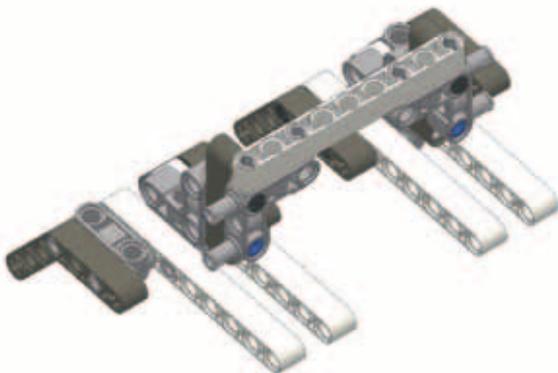
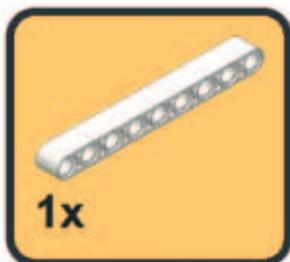
3



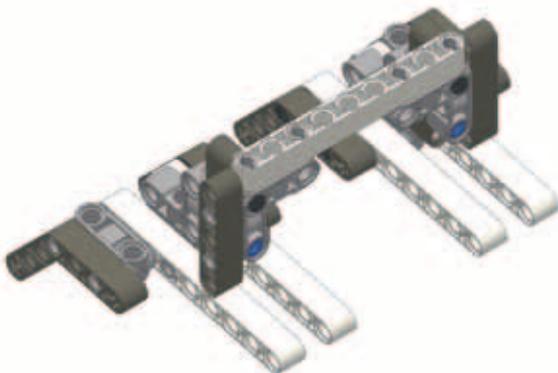
4



5

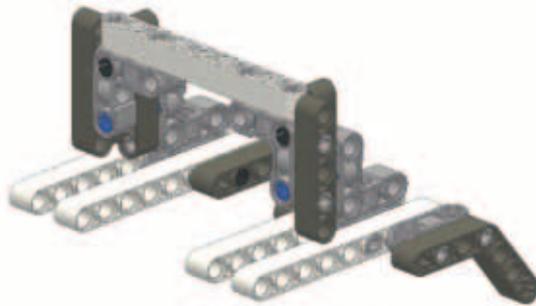


6



## Zusammenfügen des Kückens

1



2



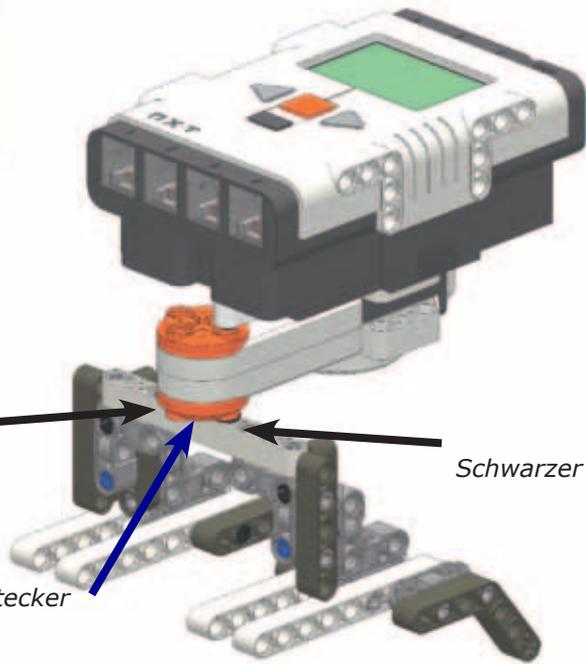
Schwarzer Stecker



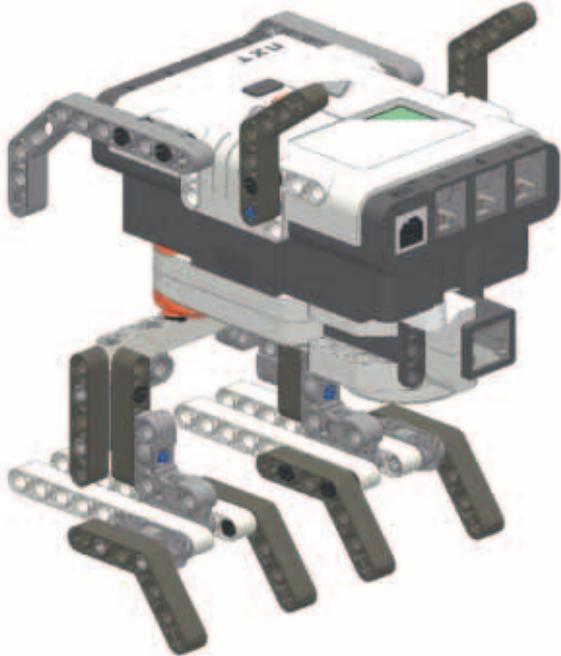
Schwarzer Stecker



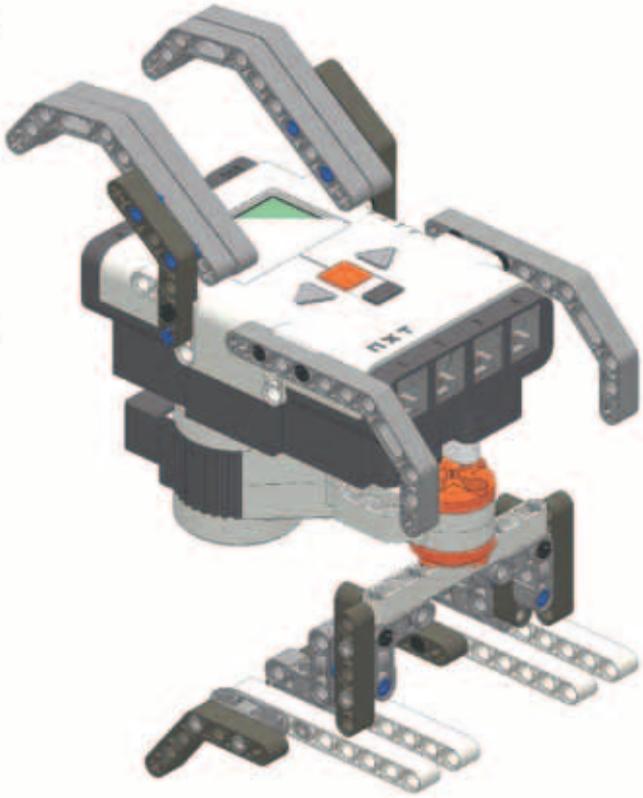
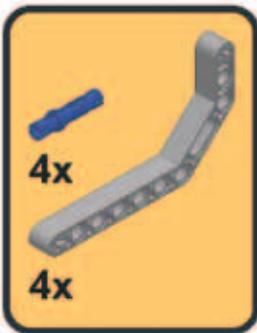
Blauer Stecker



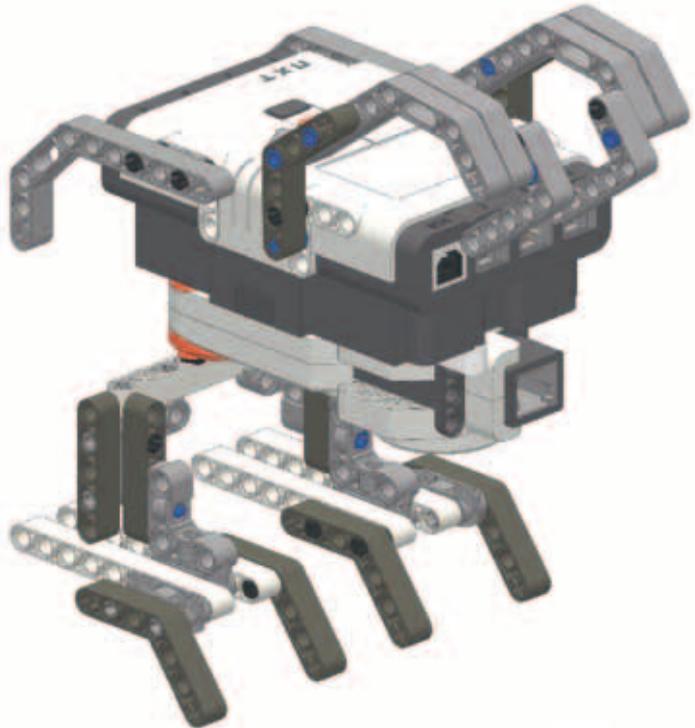
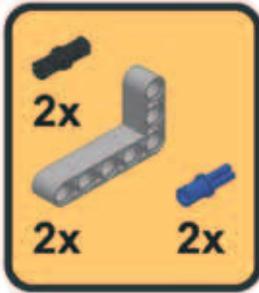
3



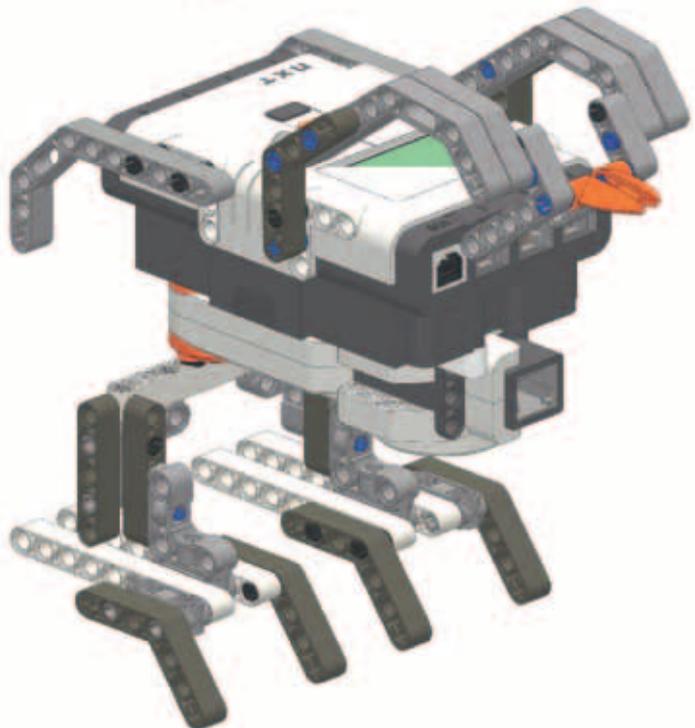
4



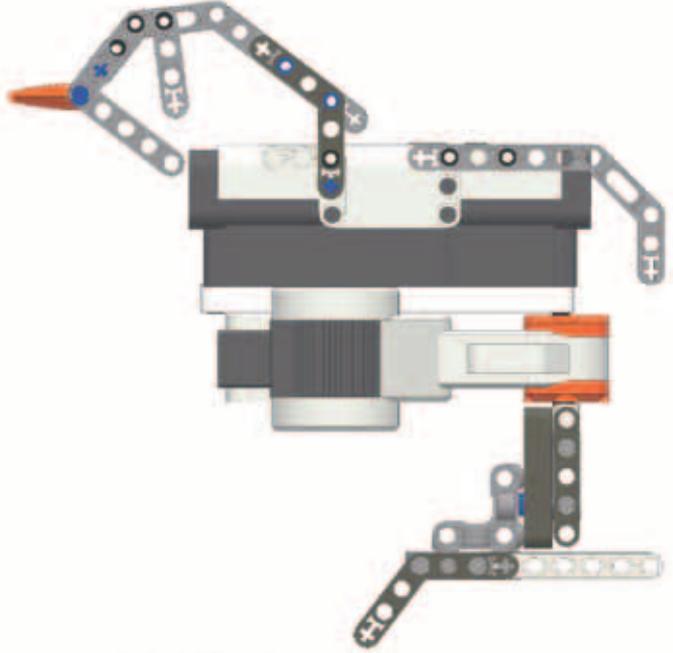
5



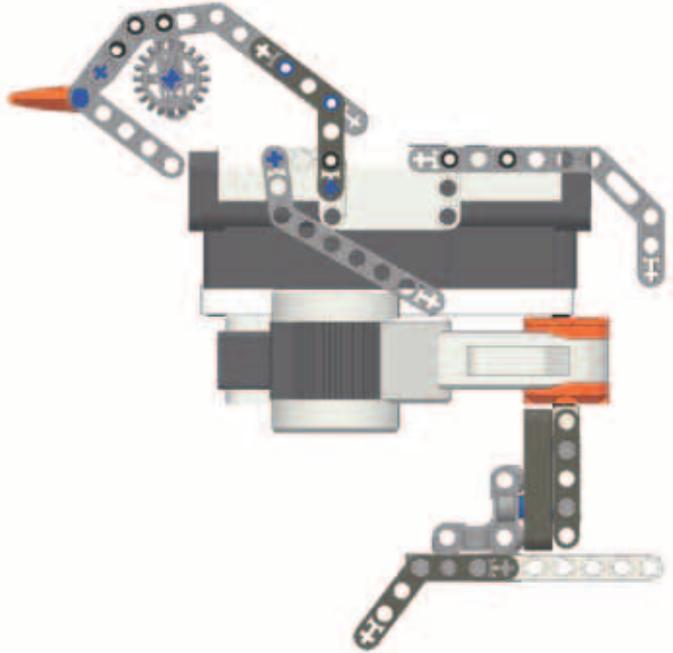
6



7



8

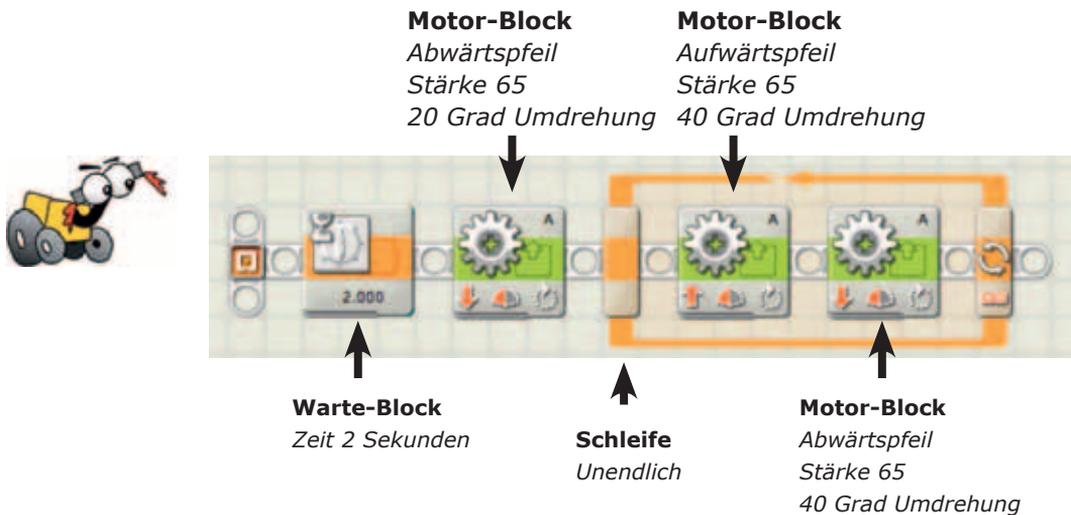


## Verkabelung

Am besten benutzt man das kürzeste Kabel, das zur Verfügung steht, um den Motor mit Ausgang A zu verbinden (falls man keine sehr kurzen Kabel hat, wäre dies eine gute Gelegenheit für eine Anschaffung).

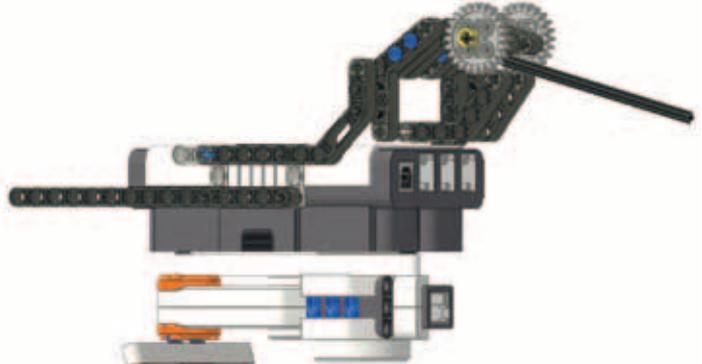
## Beispielprogramm für einen Watschelgang

Der Vogel fängt an zu laufen, wenn man ihn ausreichend vorwärts und rückwärts schwingt (und damit Zentrifugalkraft erzeugt). Fällt er dabei um, so ist er entweder aus dem Gleichgewicht, der Untergrund ist nicht eben genug oder der NXT-Stein bewegt sich zu weit oder zu langsam. Falls der Vogel im Kreis läuft, so stimmt vielleicht etwas mit dem Zentrum des Gleichgewichts nicht.



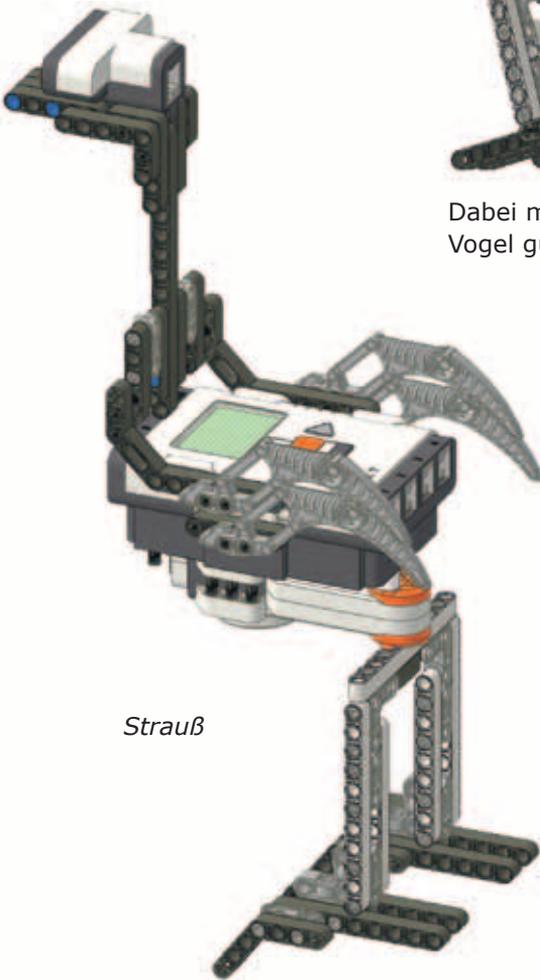
Hinweis: der Untergrund muss sehr eben sein.

## Beispiele für andere Vögel mit Watschelgang

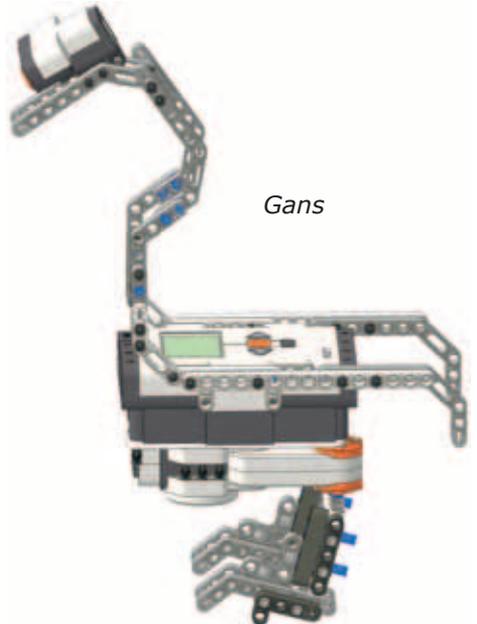


*Strandläufer*

Dabei muss man immer daran denken, dass der Vogel gut ausbalanciert sein sollte.



*Strauß*



*Gans*

## **Kapitel 3: Der Pfeilschwanzkrebs**

**Band 1 - NXT**

---

|                    |    |
|--------------------|----|
| Bauanleitung ..... | 26 |
| Programm .....     | 39 |

### 3. Der Pfeilschwanzkrebs



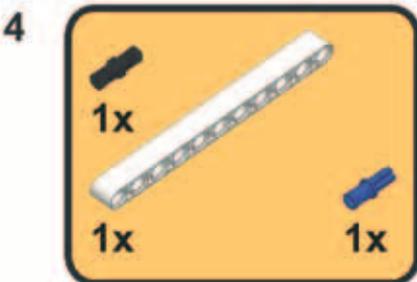
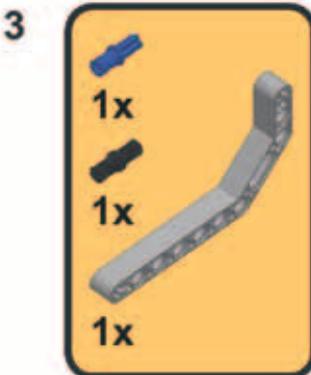
Wer schon einmal selbst einen Pfeilschwanzkrebs gesehen hat, weiß, dass sein Schwanz wirklich wie ein Pfeil aussieht und dass sein Körper wie ein Hufeisen geformt ist — dreht man ihn um, so sieht man eine Menge kleiner Füßchen.

Das folgende Design des Modells des echten Pfeilschwanzkrebs enthält nicht alle diese Füßchen, aber die vorhandenen geben zumindest eine gute Vorstellung und bewegen den Roboter auch recht ordentlich umher – sogar auf unebenem Untergrund.

Bioarchäologen haben Anhaltspunkte dafür gefunden, dass der Pfeilschwanzkrebs die älteste noch heute vorkommende Art auf der Erde ist.

Meine Lieblingstatsache über Pfeilschwanzkrebse? Sie haben **blaues** Blut.

## Gehäuse-Rahmen 1



## Gehäuse-Rahmen 2

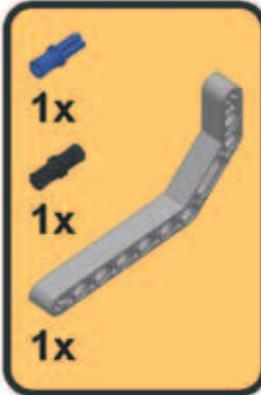
1



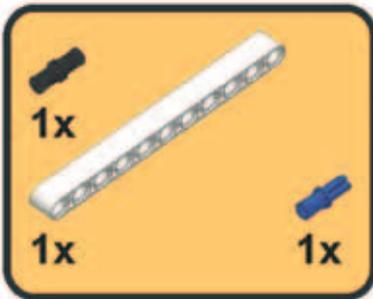
2



3

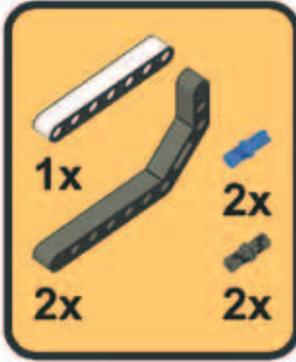


4



### Gehäuse-Rahmen 3

1



2



3

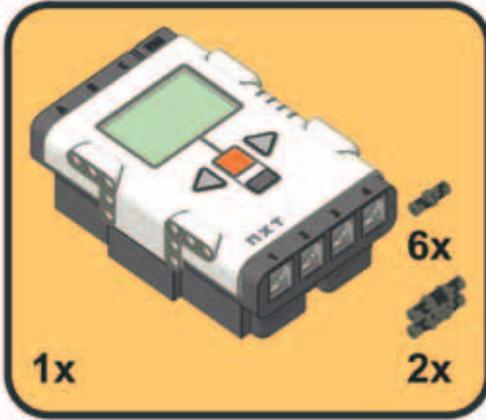


4



## Zusammenbau des Roboters

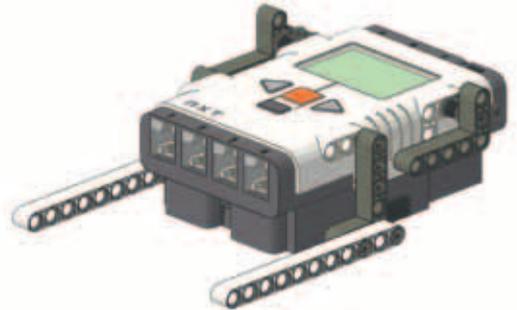
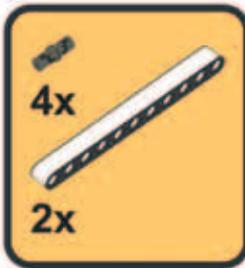
1



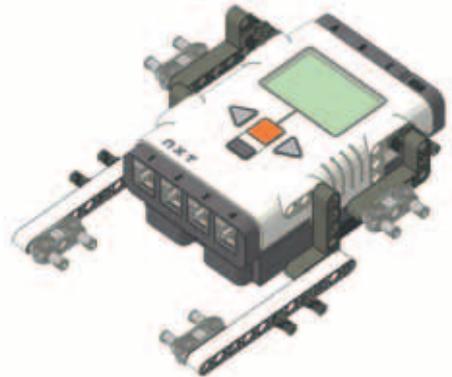
2



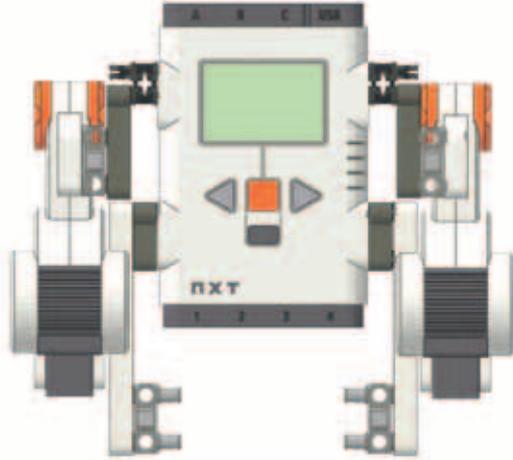
3



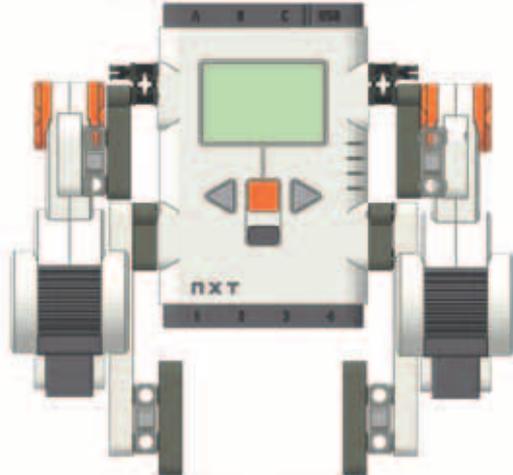
4



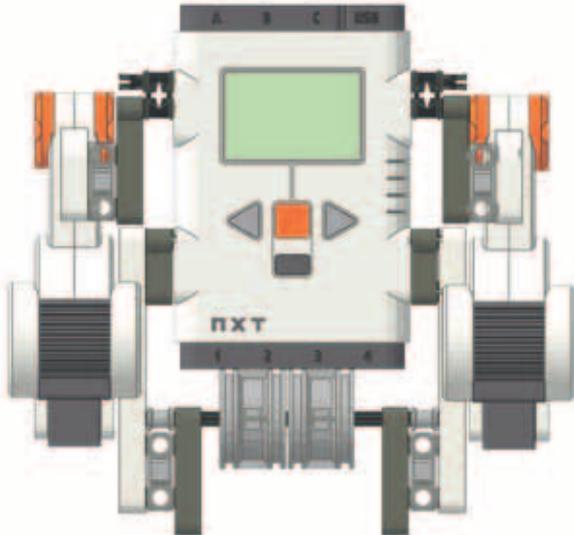
5



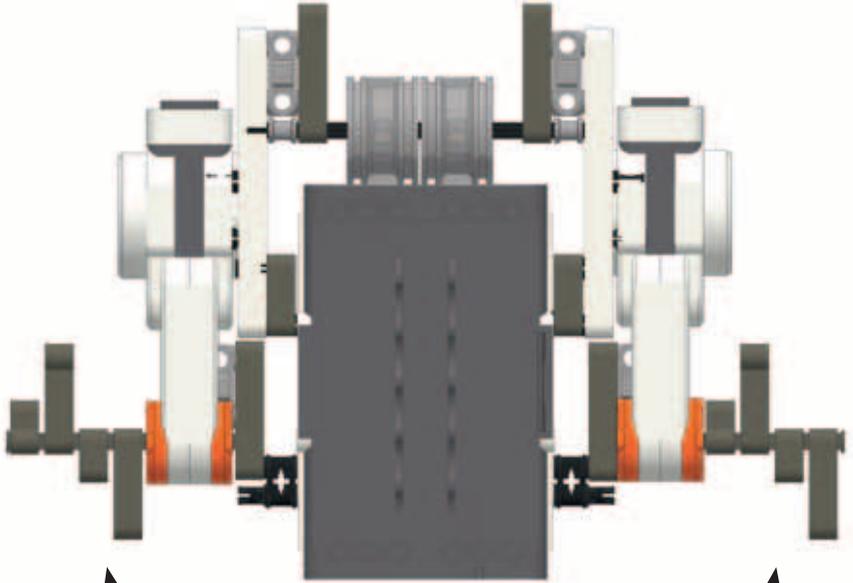
6



7

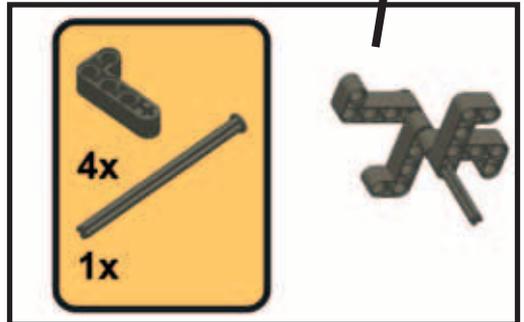
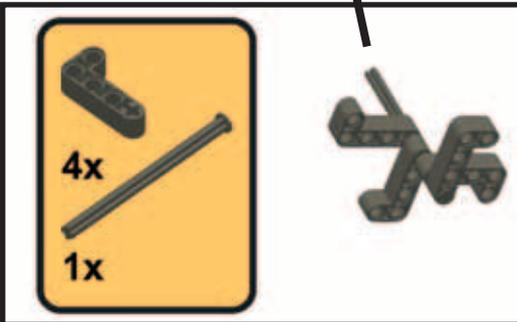


8



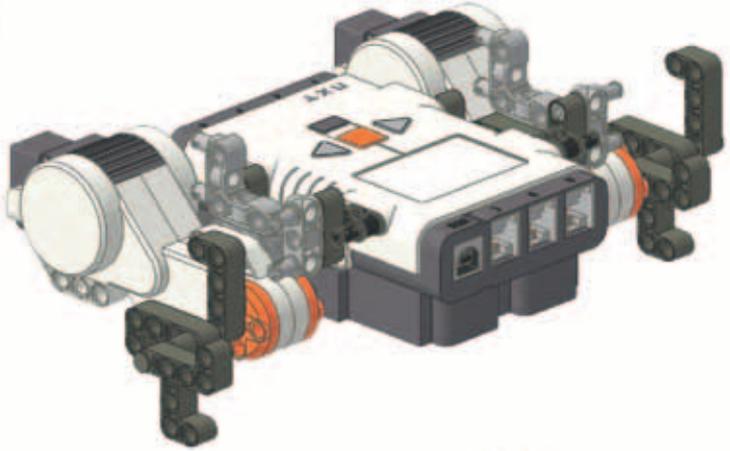
**Linke Füße**

**Rechte Füße**

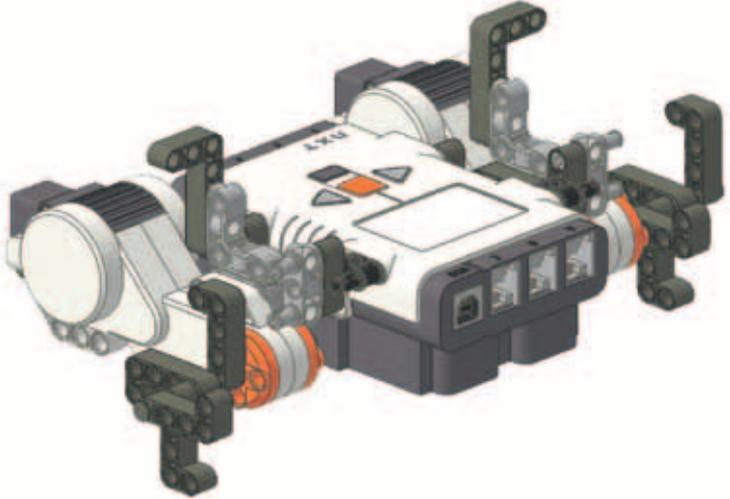


Bei Verwendung von Version 1 des NXT-Set ersetzt man die Stopper-Achse durch eine normale Achse der Länge 10 mit einer Buchse am Ende (eine Buchse ist das kleine Teil aus Schritt 7).

9

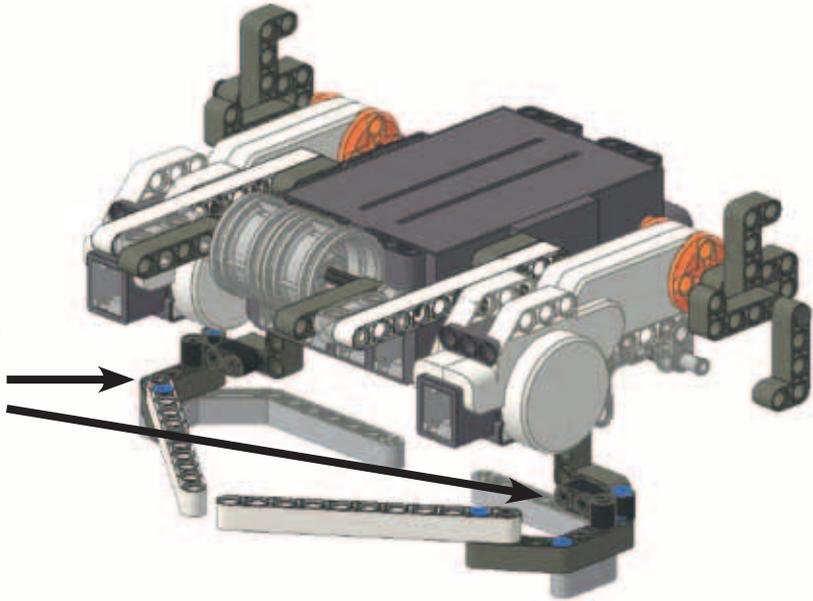


10

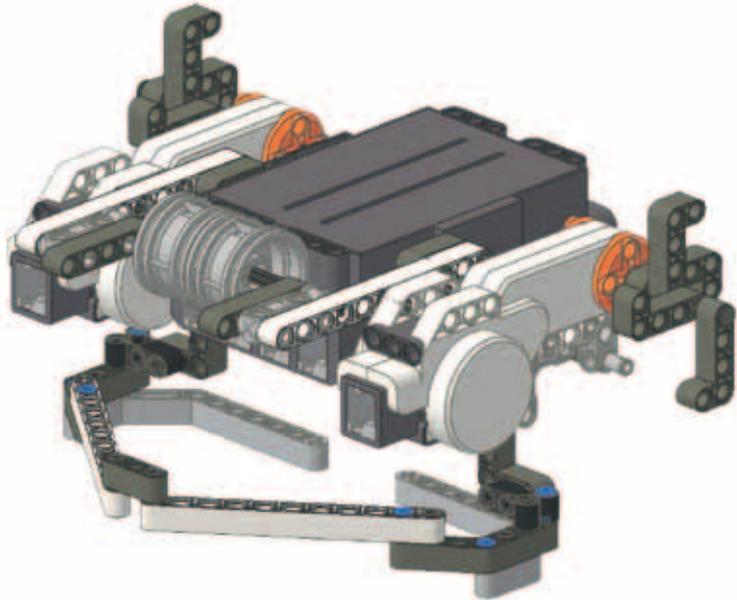


11

Hier die Gehäuse-  
Rahmen 1 und 2  
anbringen

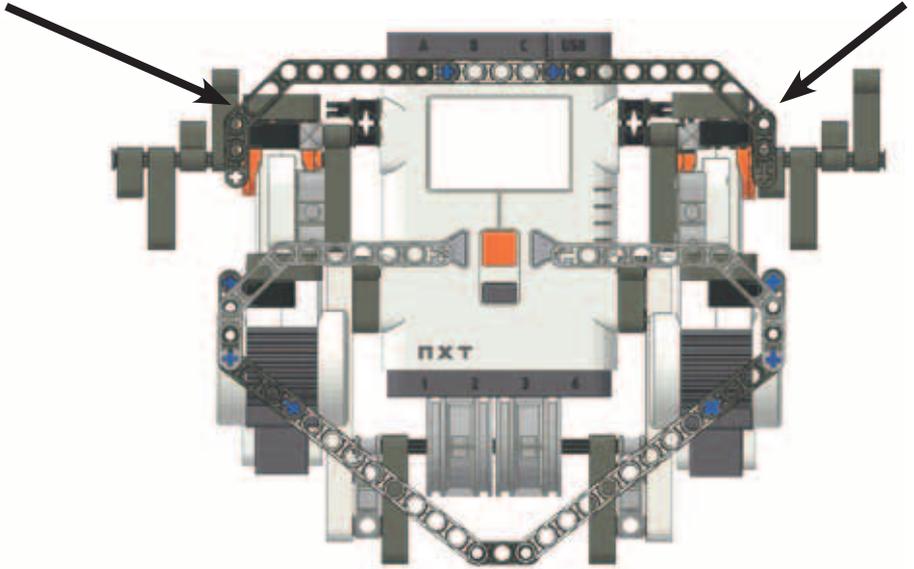


12

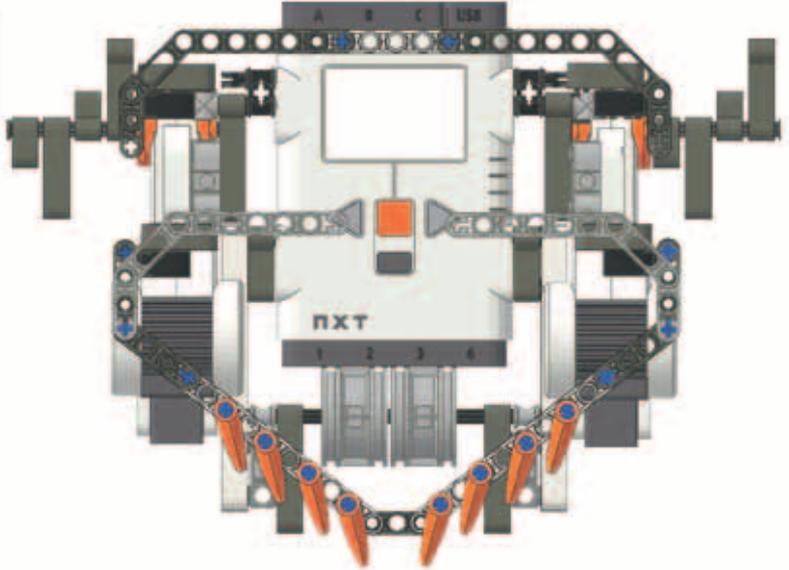


Hier Gehäuse-Rahmen 3 anbringen

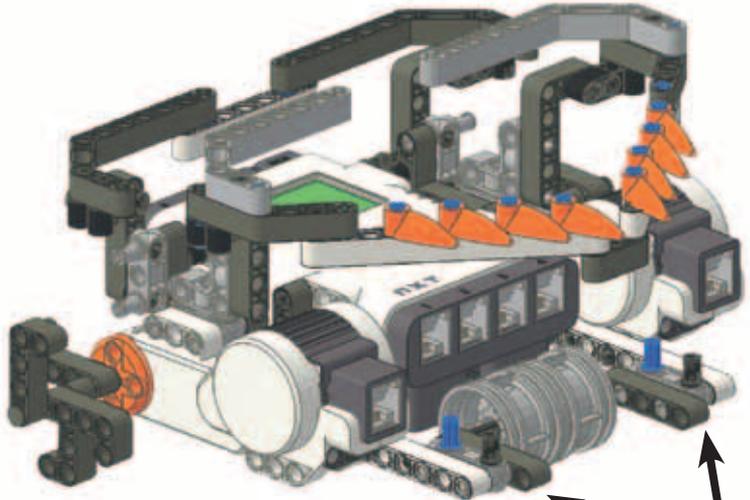
13



14



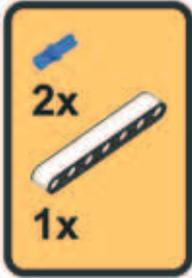
15



16



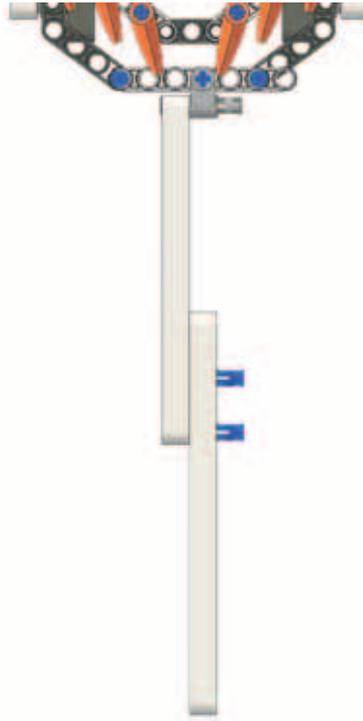
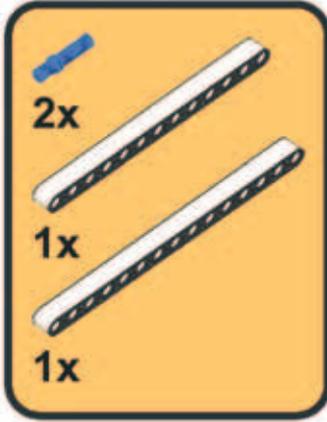
17



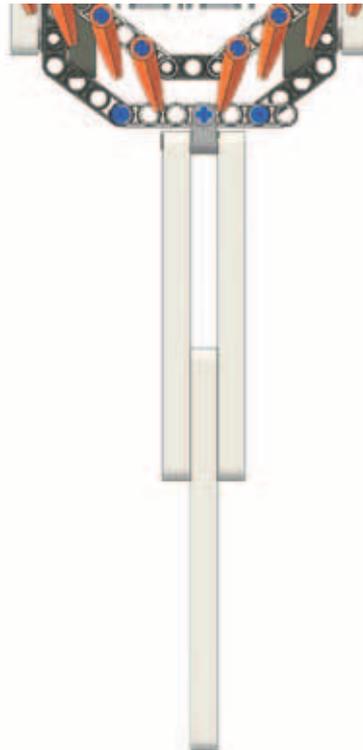
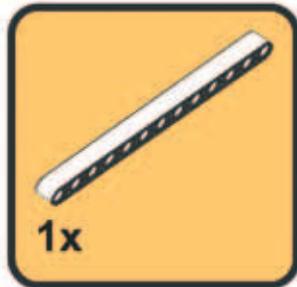
18



19



20



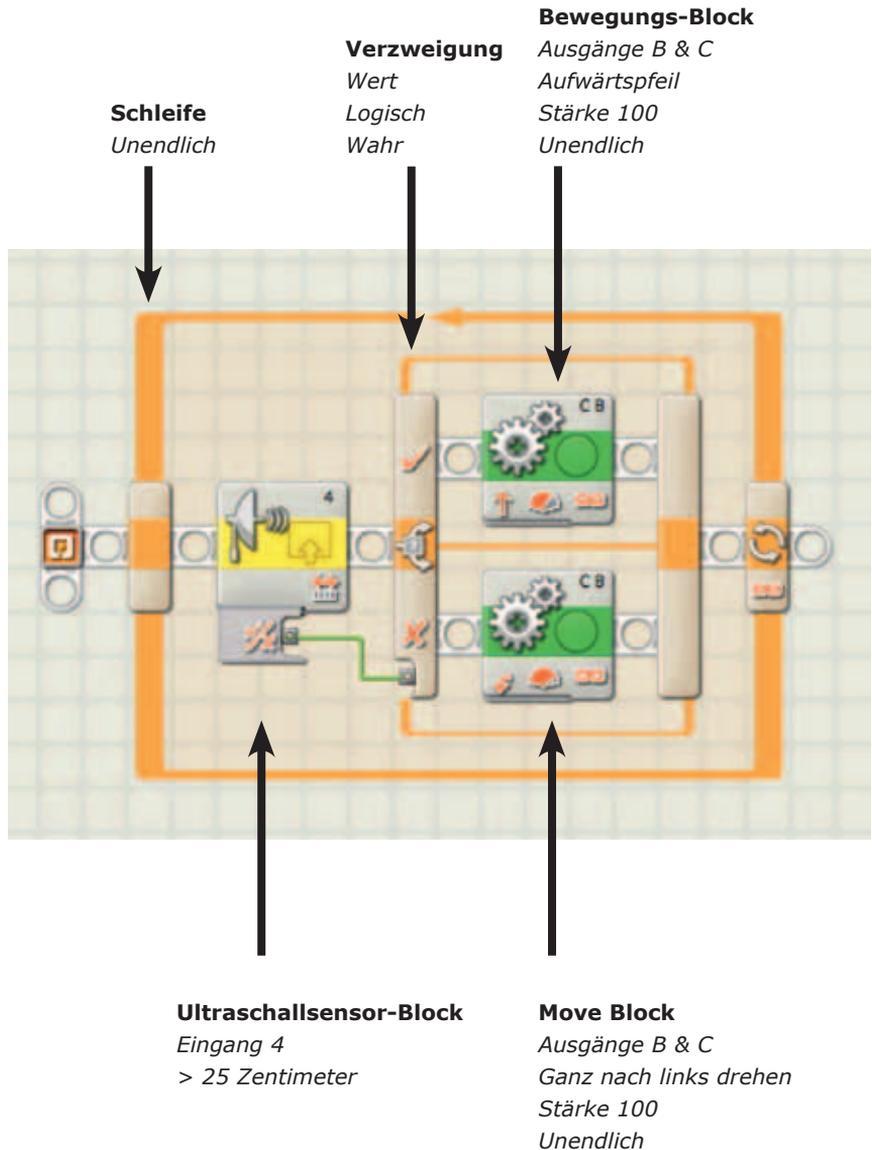
## Hinzufügen des Ultraschall-Sensors



## Verkabelung

Die Motoren mit den Ausgängen B und C verbinden.  
Den Ultraschallsensor mit Eingang 4 verbinden.

## Beispielprogramm für den Pfeilschwanzkrebses





## **Kapitel 4: Der Pillendreher**

**Band 1 - NXT**

---

|                    |    |
|--------------------|----|
| Bauanleitung ..... | 44 |
| Programm .....     | 57 |

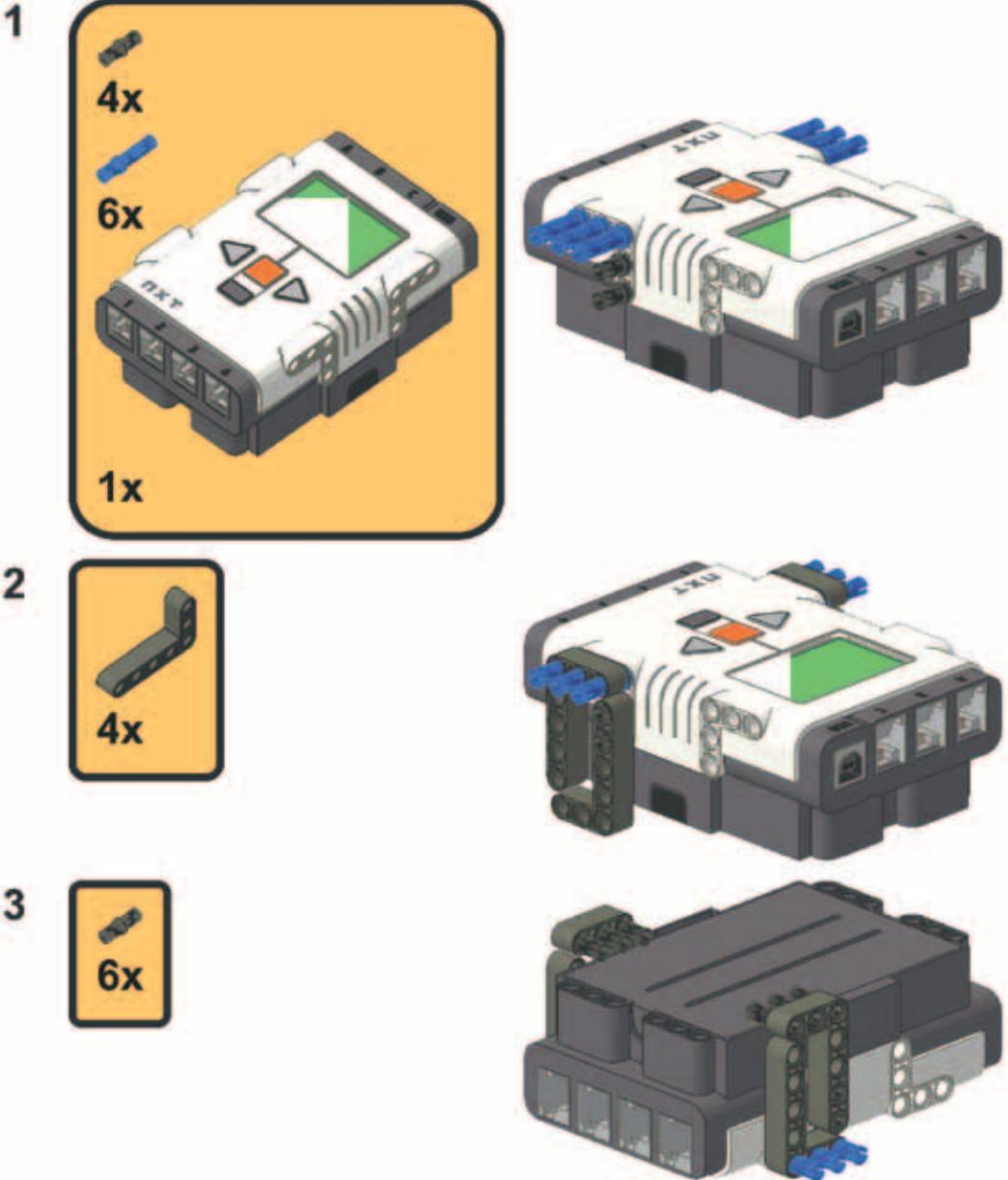
## 4. Der Pillendreher



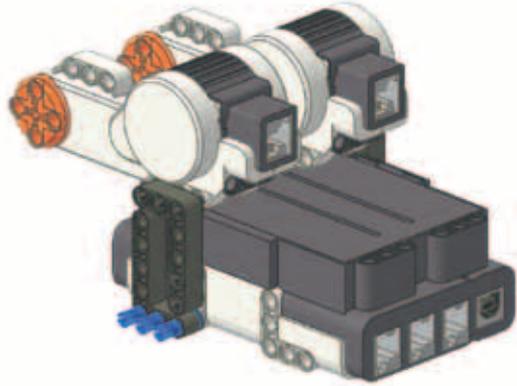
Der Pillendreher ist ein Käfer, der auf seinen Vorderbeinen rückwärts läuft, während er mit den Hinterbeinen eine Mistkugel rollt.

Die alten Ägypter nannten ihn „Skarabäus“ und beteten ihn als Gottheit an. Darstellungen des Skarabäus finden sich auf vielen altägyptischen Gegenständen, insbesondere bei Schmuck, der sowohl von Lebenden als auch von Toten getragen wurde.

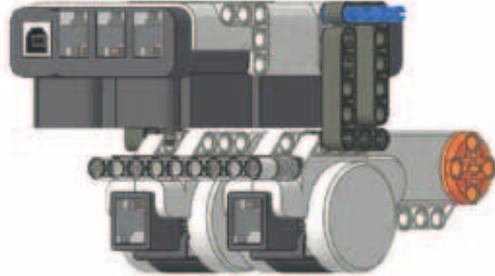
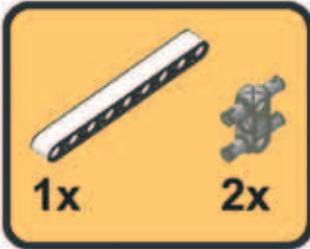
## Körper des Pillendrehers



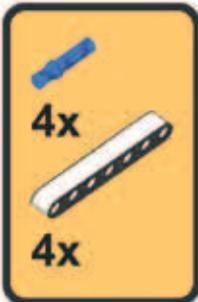
4



5



6



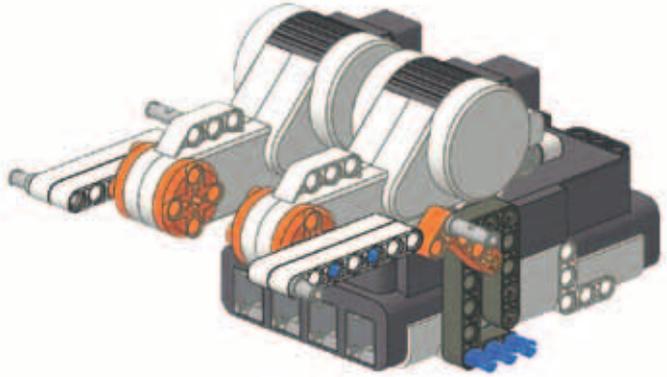
*Zwei 7er Balken  
auf jedem Motor.*



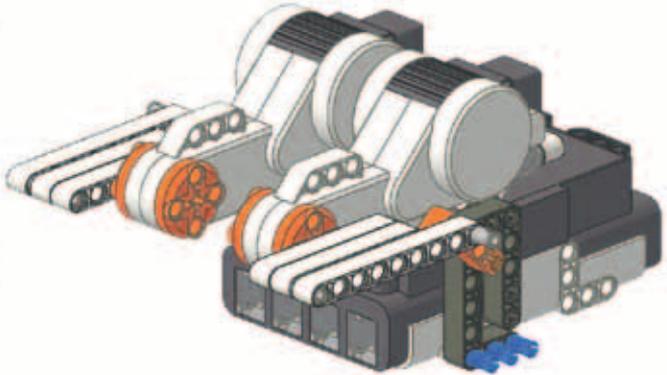
7



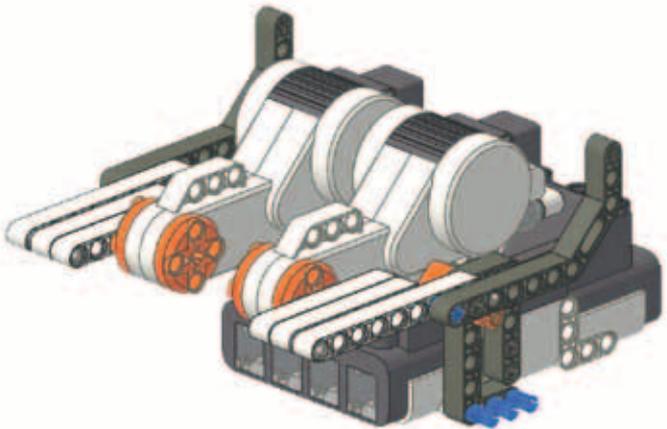
8



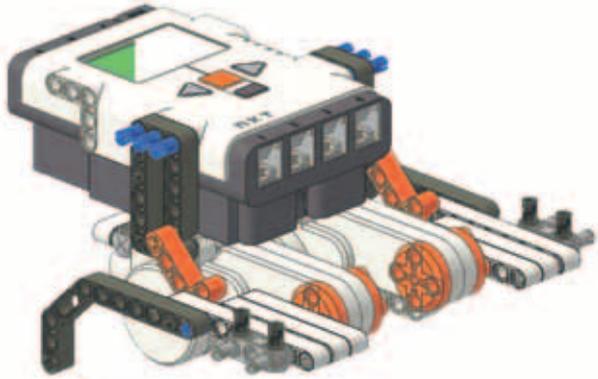
9



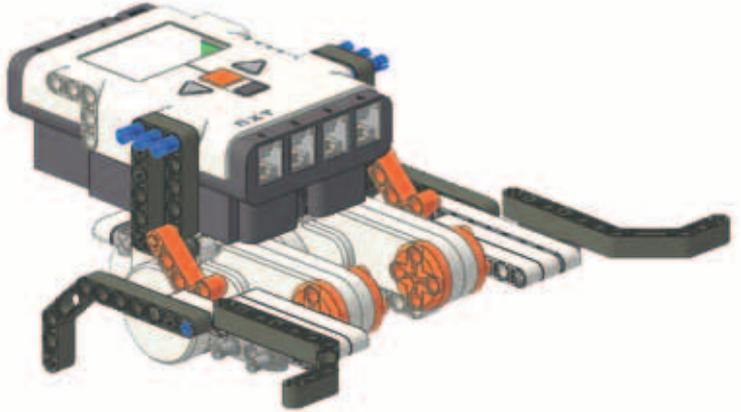
10



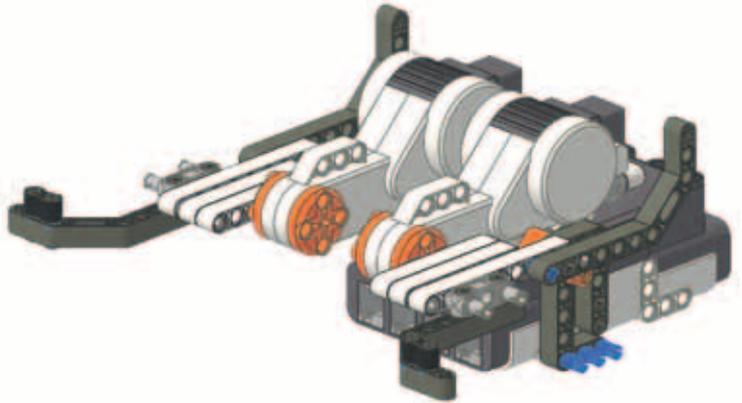
11



12



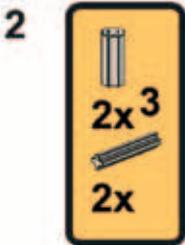
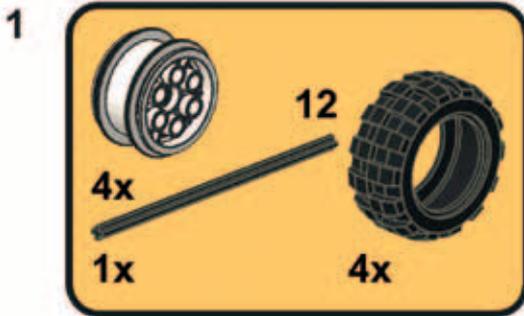
13



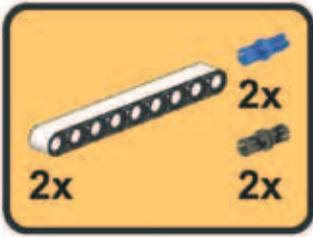
## Die Mistkugel

Wir zeigen hier zwei unterschiedliche Möglichkeiten, eine Mistkugel zu bauen. (Version 1 sieht man gleich anschließend.) Für alle, die über ein Paar großer TECHNIC-Räder verfügen, gibt es zusätzlich Version 2 ab Seite 50. Falls man sogar noch etwas kreativer sein will, kann man auch ein Knäuel Garn verwenden; auch das wird auf Seite 50 gezeigt.

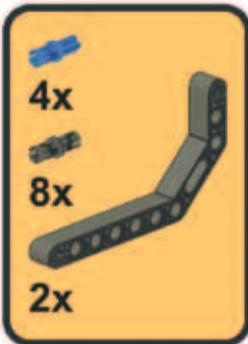
### Version 1



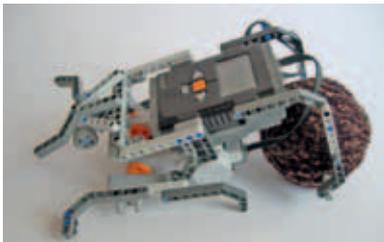
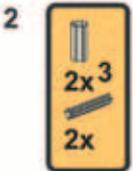
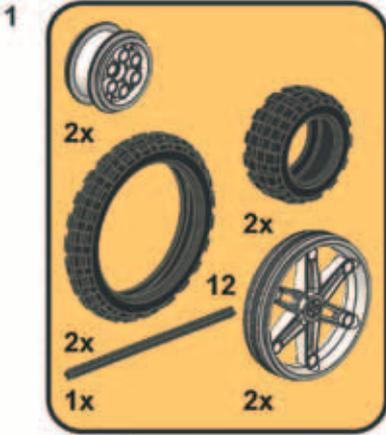
4



5

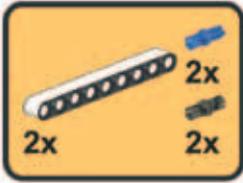


## Version 2

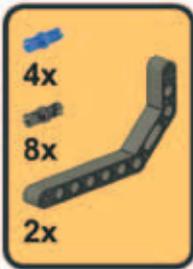


Meine Lieblings-Mistkugel:  
ein Knäuel Garn.

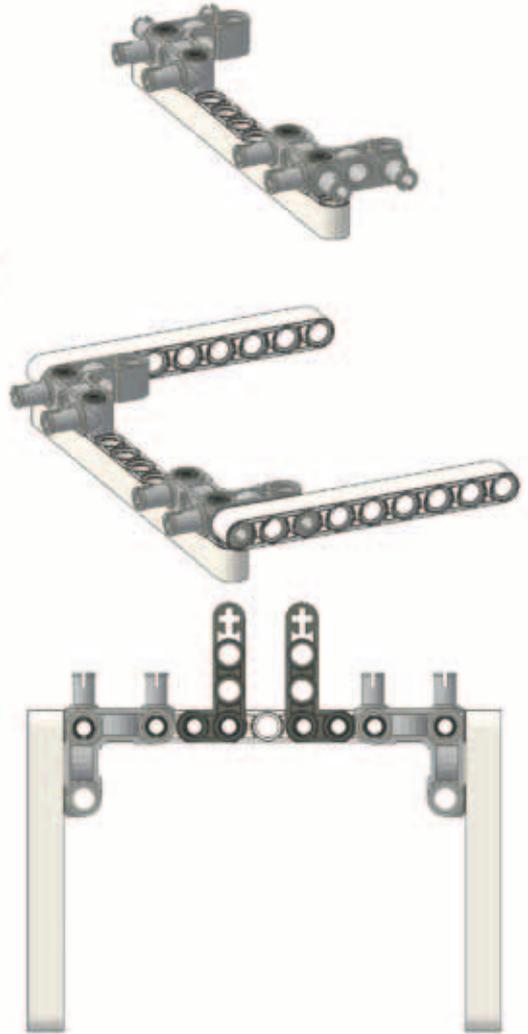
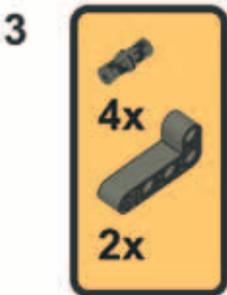
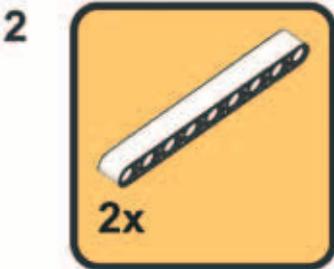
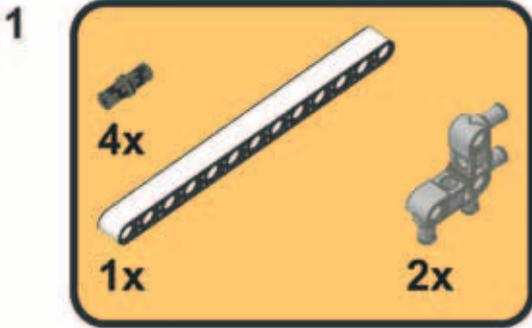
4



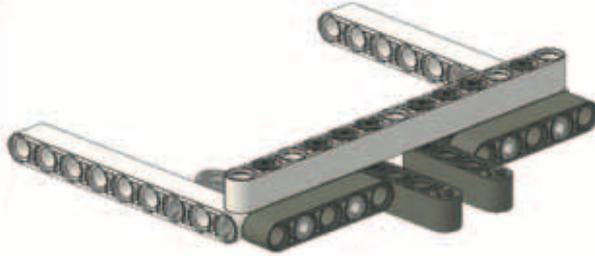
5



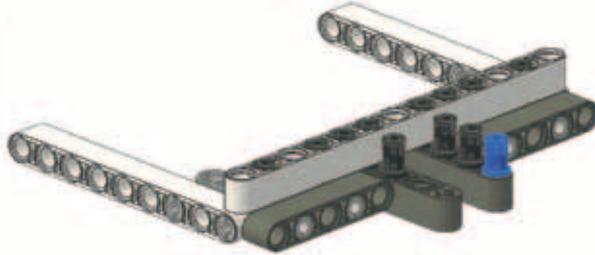
## Kopf des Pillendrehers



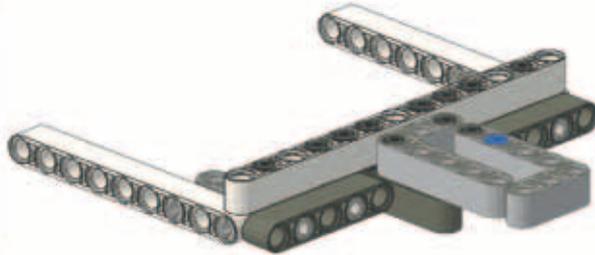
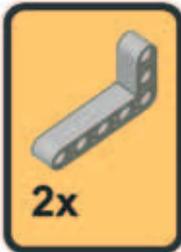
4



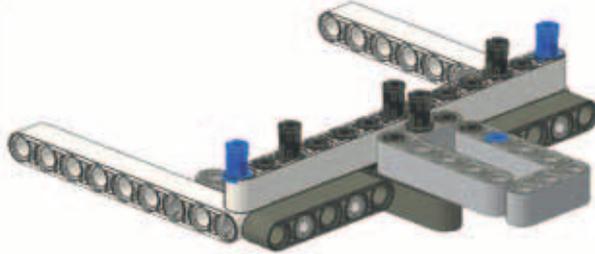
5



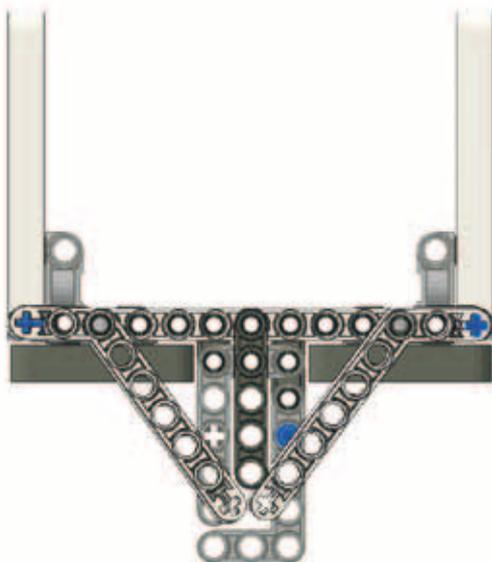
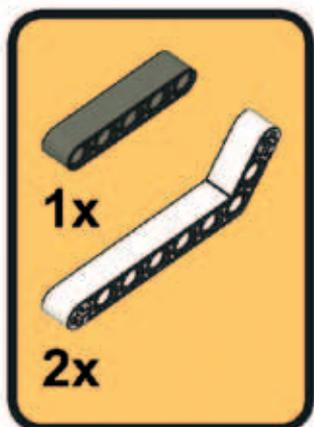
6



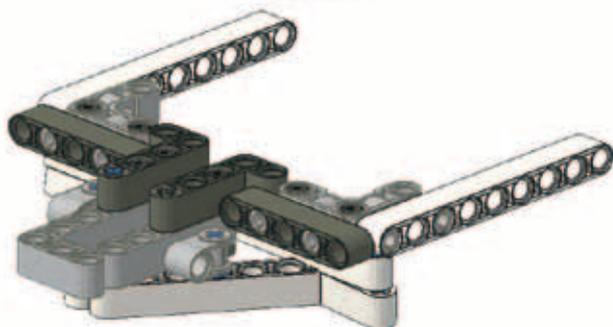
7



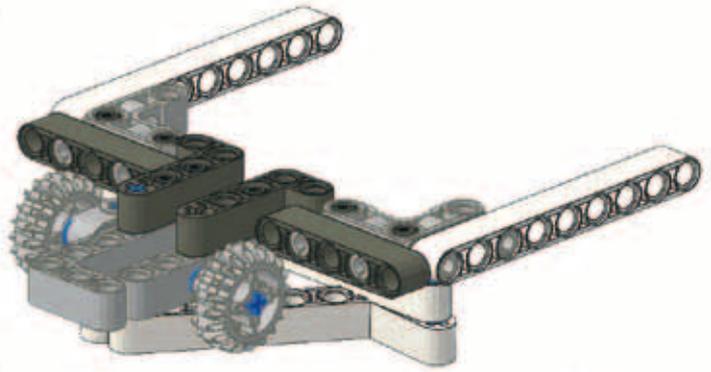
8



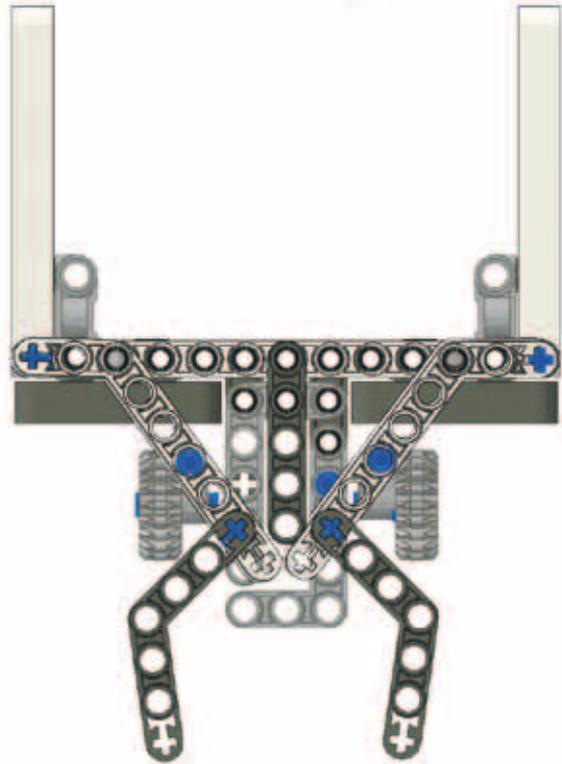
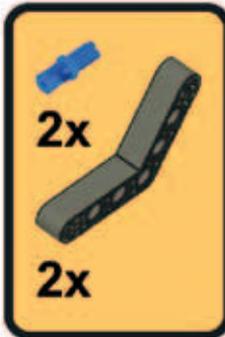
9



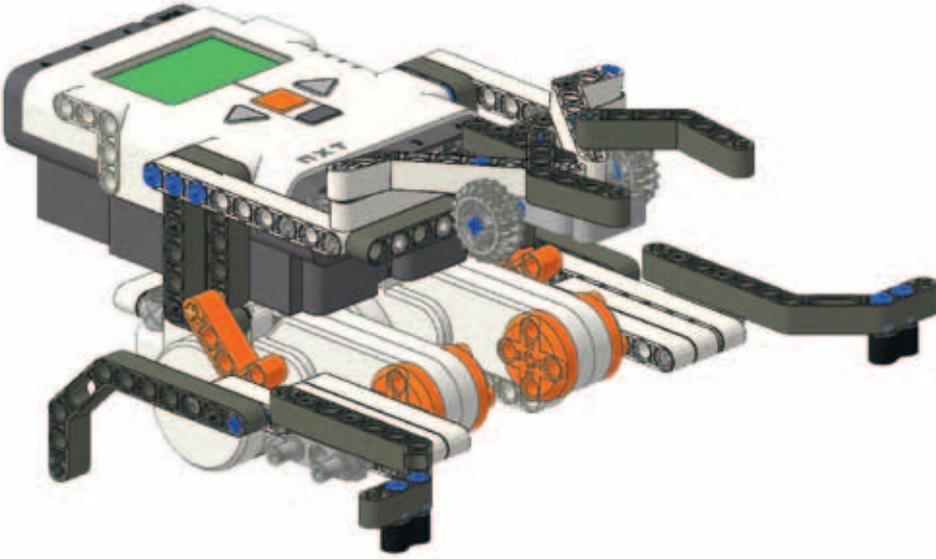
10



11



Jetzt kann man den Kopf mit dem Körper verbinden.



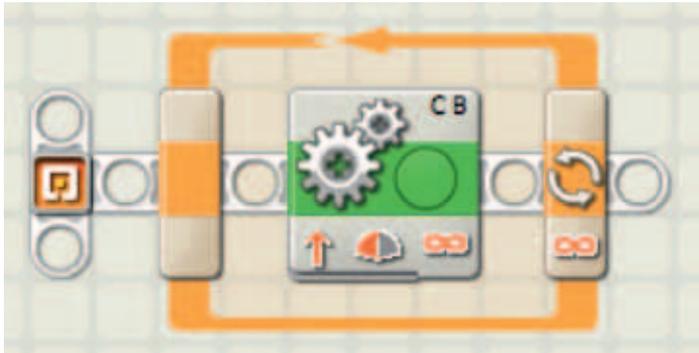
Und nun noch die Mistkugel und die Hinterbeine mit dem Körper:



## Verkabelung

Man verbindet die Motoren mit den Ausgängen B und C.

## Beispielprogramm für den Pillendreher



1. Man beginnt mit einer Unendlich-Schleife.
2. In die Schleife kommt ein Motor-Block mit Aufwärtspfeil, 60% Stärke und unendlicher Dauer.

Bringt man noch einen Ultraschall-Sensor am Hinterkörper an (am Kopf würde er immer nur zum Boden zeigen), so kann man das Programm dahingehend erweitern, dass der Käfer Hindernissen ausweicht.



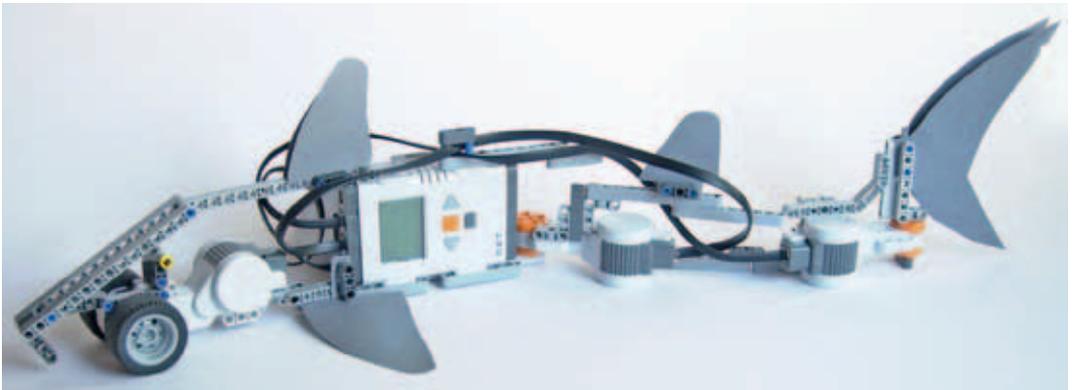
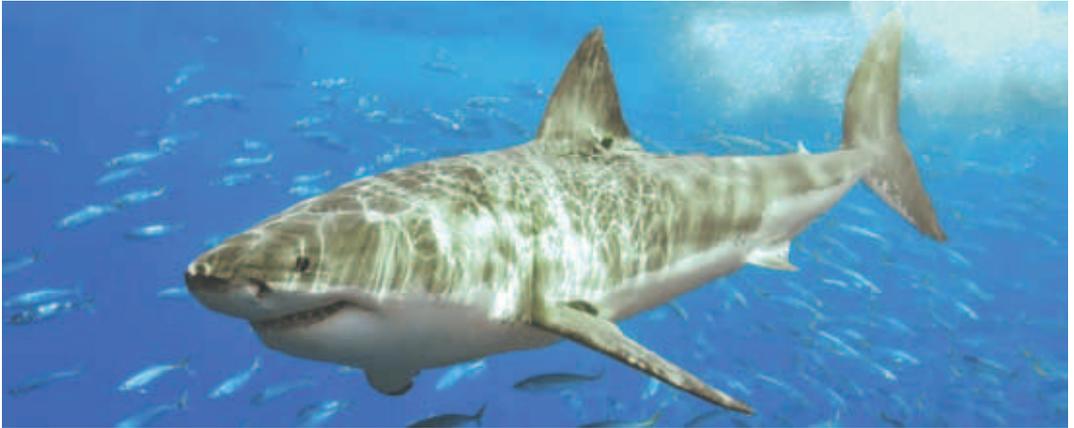
## **Kapitel 5: Der Hai**

**Band 1 - NXT**

---

|  |    |
|--|----|
| Bauanleitung .....                         | 62 |
| Muster für Rückenflossen und Schwanz ..... | 75 |
| Programm .....                             | 76 |

## 5. Der Hai



Wie man sieht, mache ich Haifisch-Flossen am liebsten aus Pappe, wie es sie in jedem Geschäft für Schreibwaren- oder Schulbedarf gibt; Vorlagen dazu finden sich hier im Buch. Will man hingegen nur LEGO-Elemente nutzen, so enthält die nächste Seite dazu zwei Vorschläge.

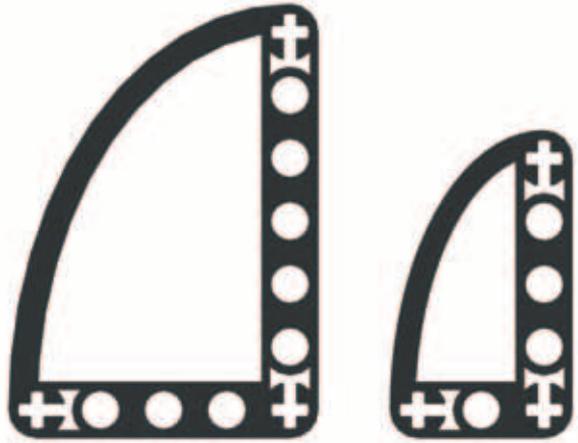
Das diesem Roboter zu Grunde liegende Muster kann man auch für andere Wesen benutzen, die sich schlängelnd fortbewegen, zum Beispiel ein Barrakuda oder eine Schlange.

Was man auch immer anstellt: der Hai muss im Trockenen bleiben. Der NXT ist nicht wasserfest!

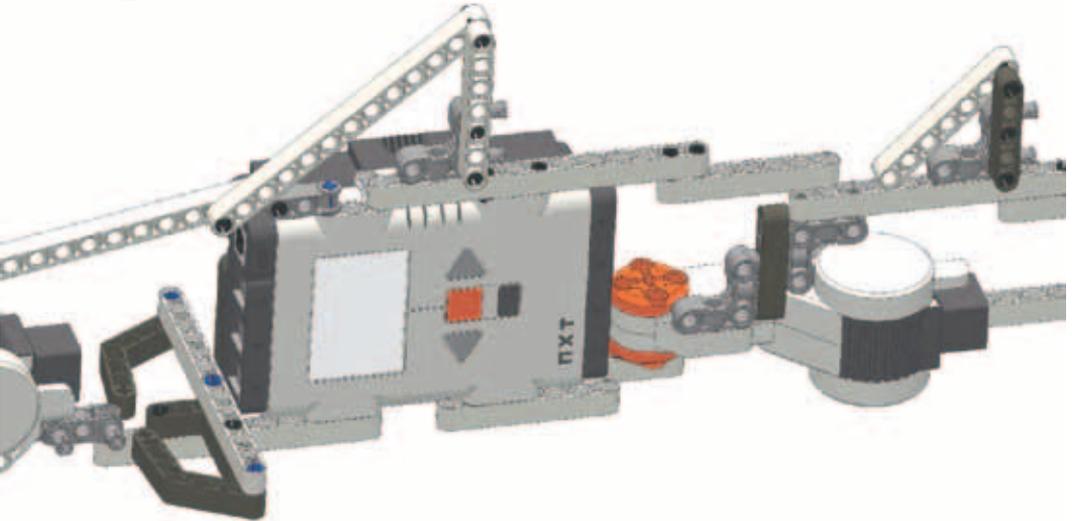
## Flossen

### Für den LEGO-Puristen...

Wer meint, nur LEGO-Elemente für einen NXT-Roboter nutzen zu dürfen, dem empfehle ich für die Rückenflossen die folgenden Teile, die allerdings nicht in den NXT-Sets enthalten sind:

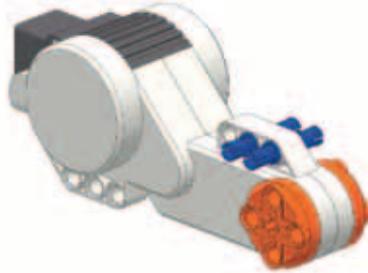
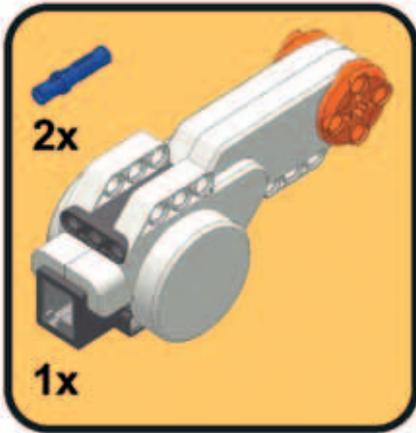


Will man allein mit seinem NXT-Set auskommen, so kann man die Flossen auch auf folgende Weise modellieren:

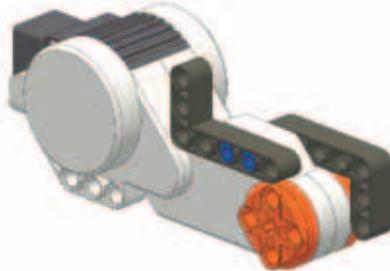


## Hai, Abschnitt 1

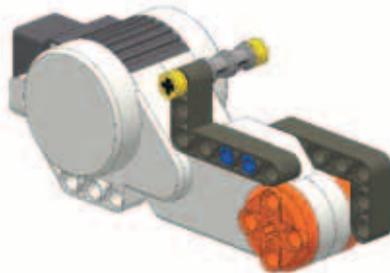
1



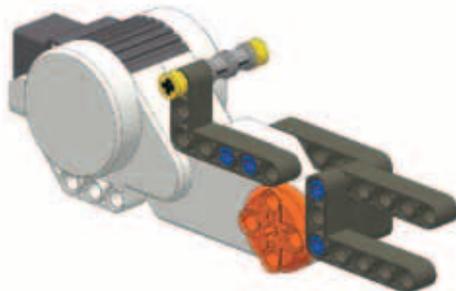
2



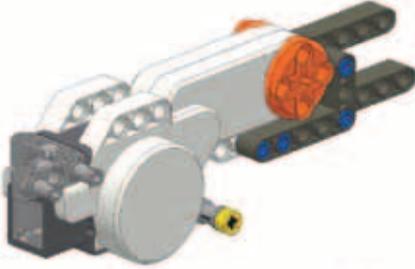
3



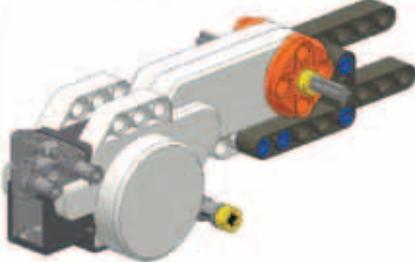
4



5



6



7

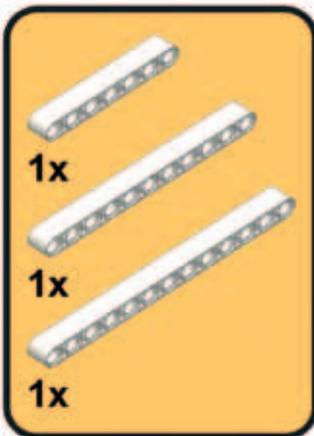


## Hai, Abschnitt 2

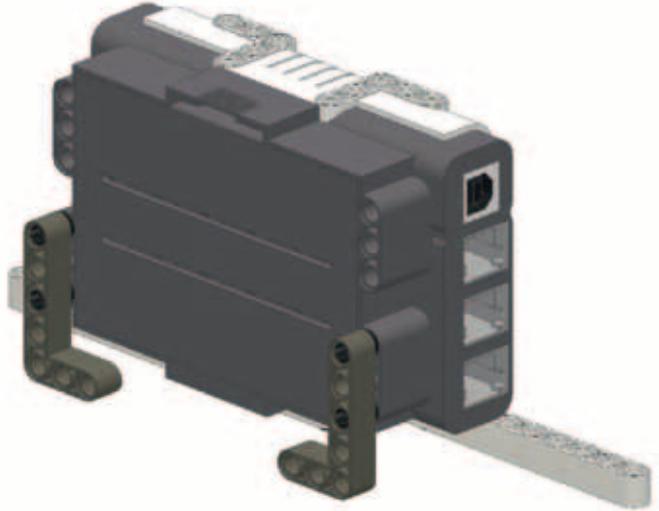
1



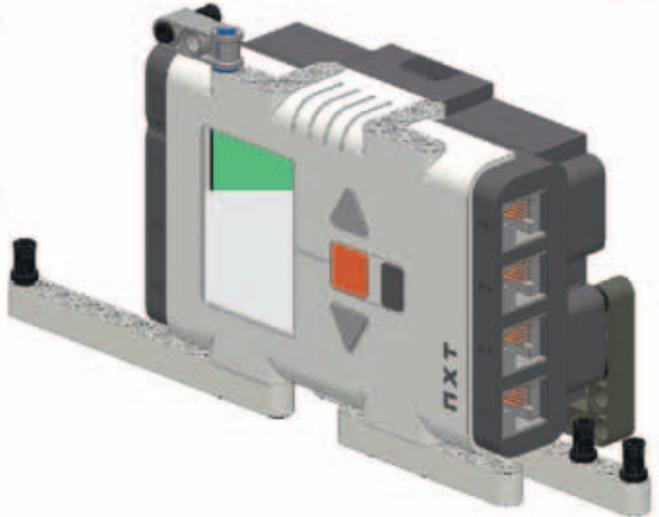
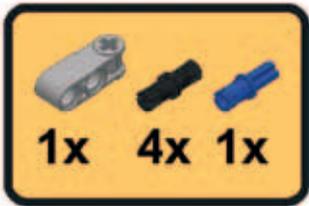
2



3

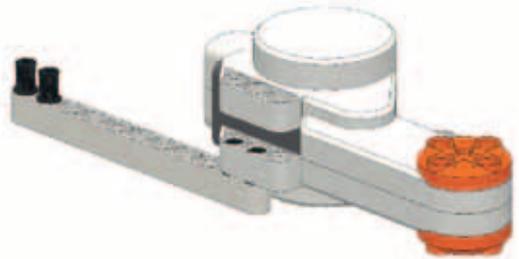
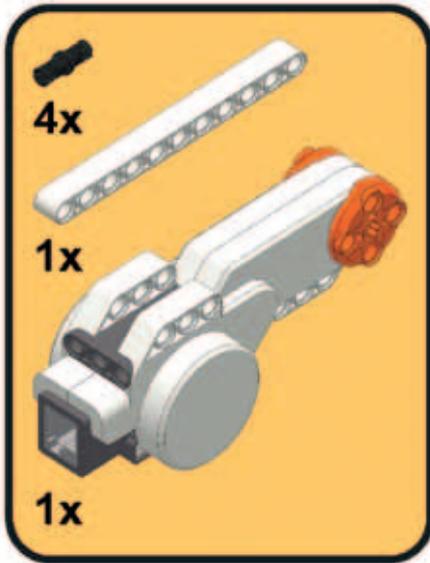


4

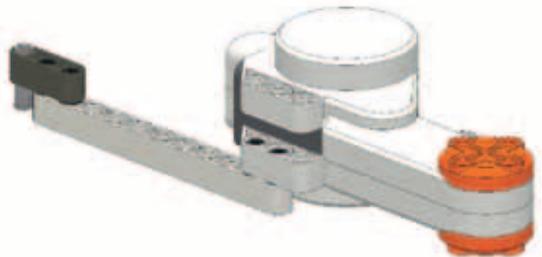


## Hai, Abschnitt 3

1

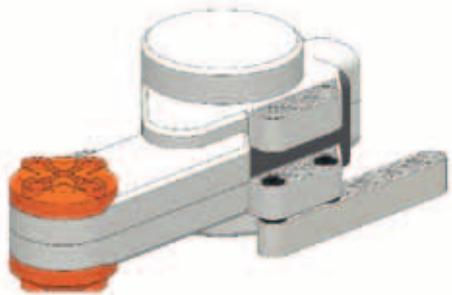
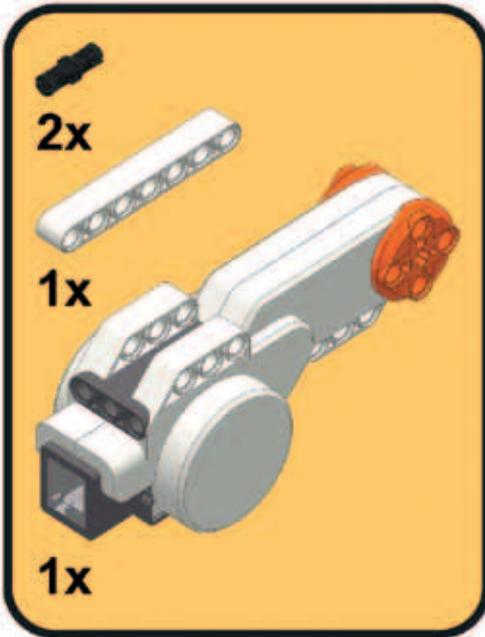


2

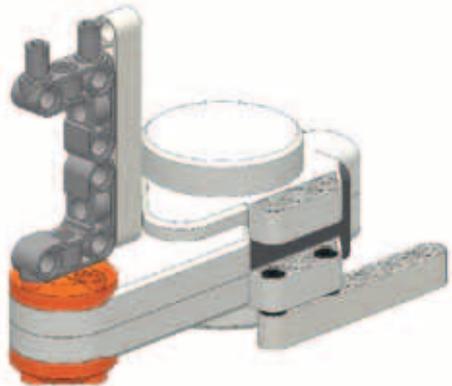


## Hai, Abschnitt 4

1

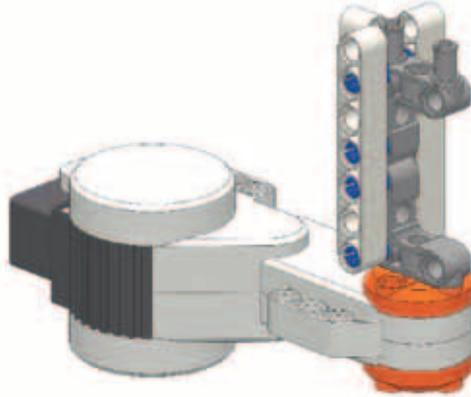
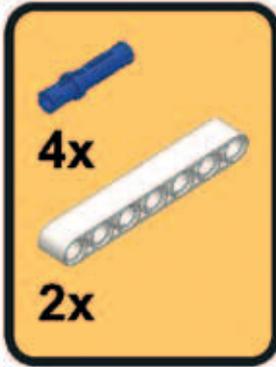


2

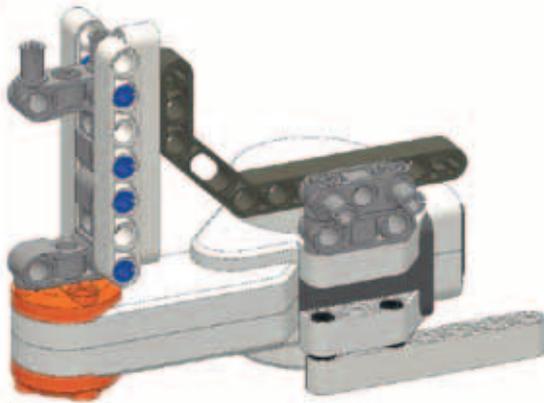


Die Pappflossen bringt man mit Hilfe zweier 7er Balken an.

3



4



5





Will man die Flossen nur aus LEGO-Elementen machen, so reichen die Teile des NXT-Set für den folgenden Entwurf des Schwanzes aus:

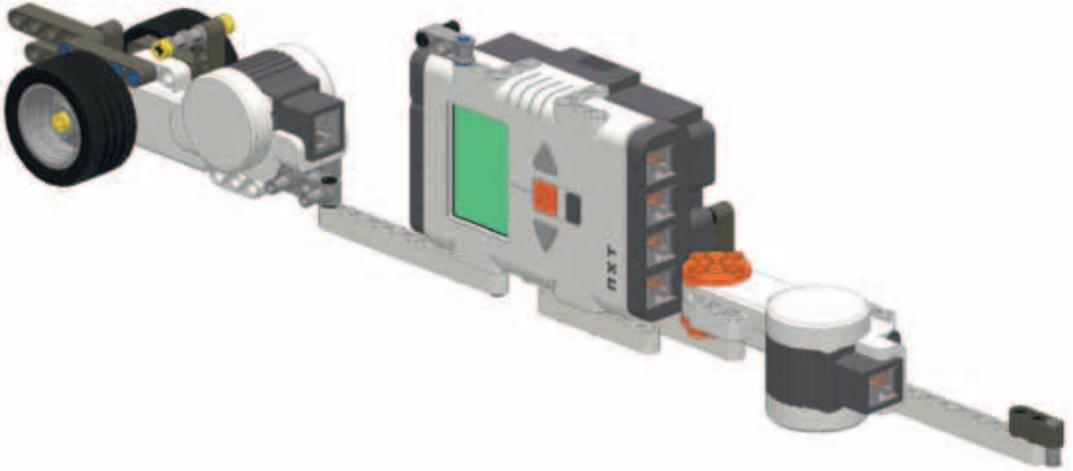


## Zusammenfügen der Abschnitte

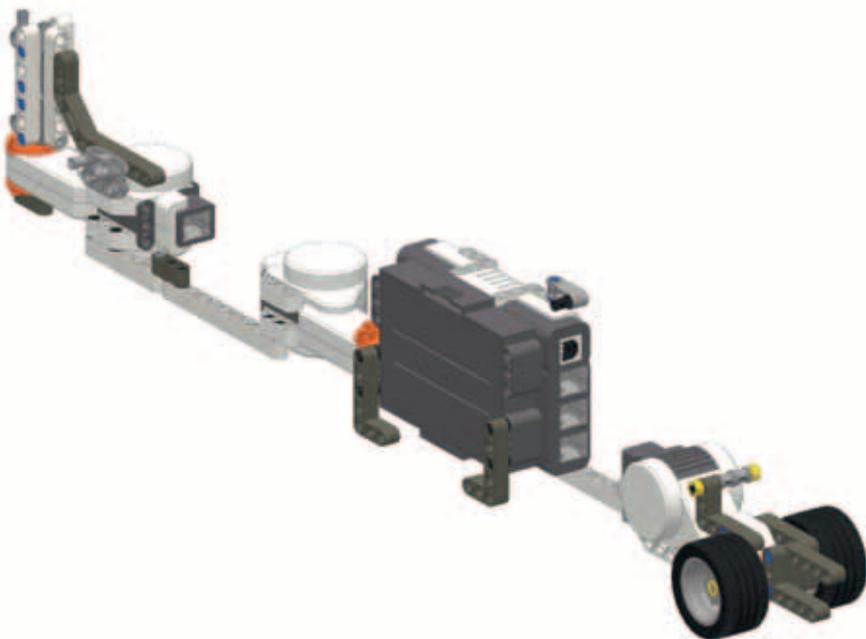
Man verbindet Abschnitt 1 mit Abschnitt 2.



Hinzufügen von Abschnitt 3.

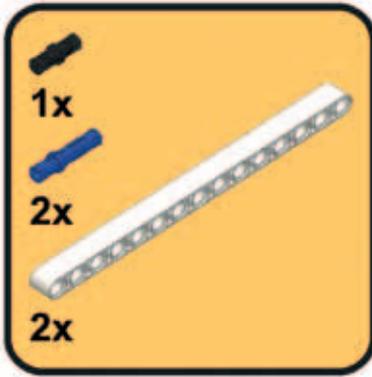


Hinzufügen von Abschnitt 4.

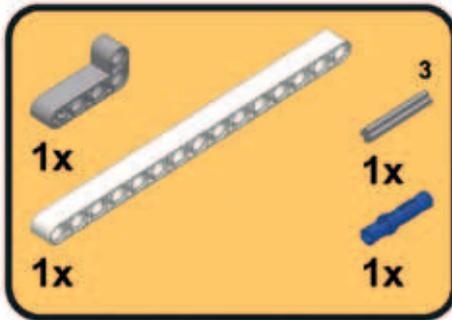


## Der Kopf

1



2

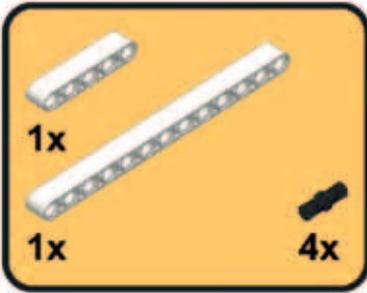


Bei Verwendung von Version 2.0 des NXT-Set benutzt man einen 13er Balken, einen blauen Kreuzstecker und einen schwarzen Stecker.

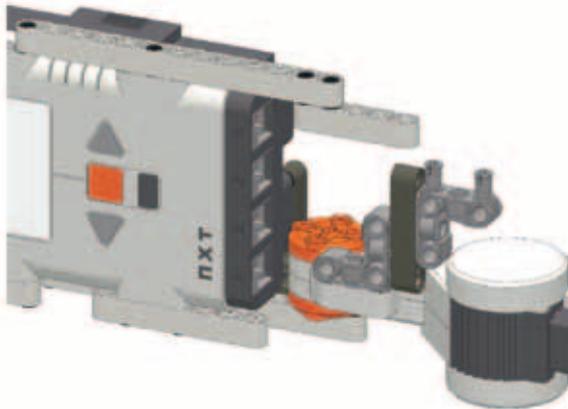


## Endmontage

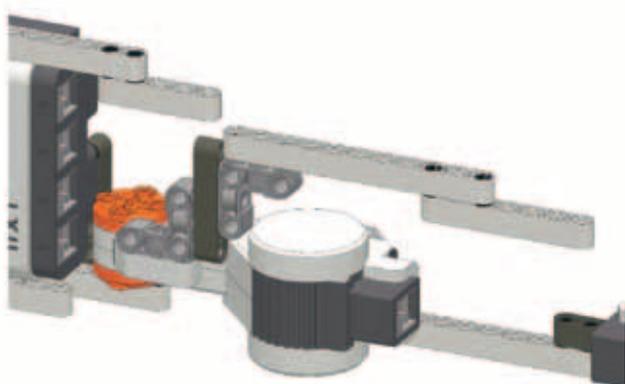
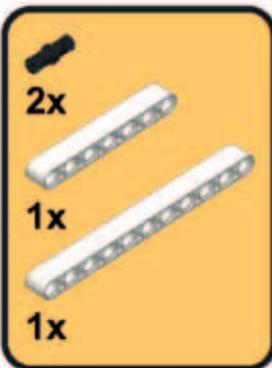
12



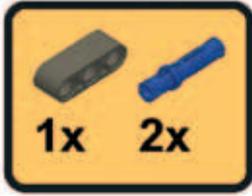
13



14



15



*Diese Vorrichtung hält die Kabel am rechten Platz.*

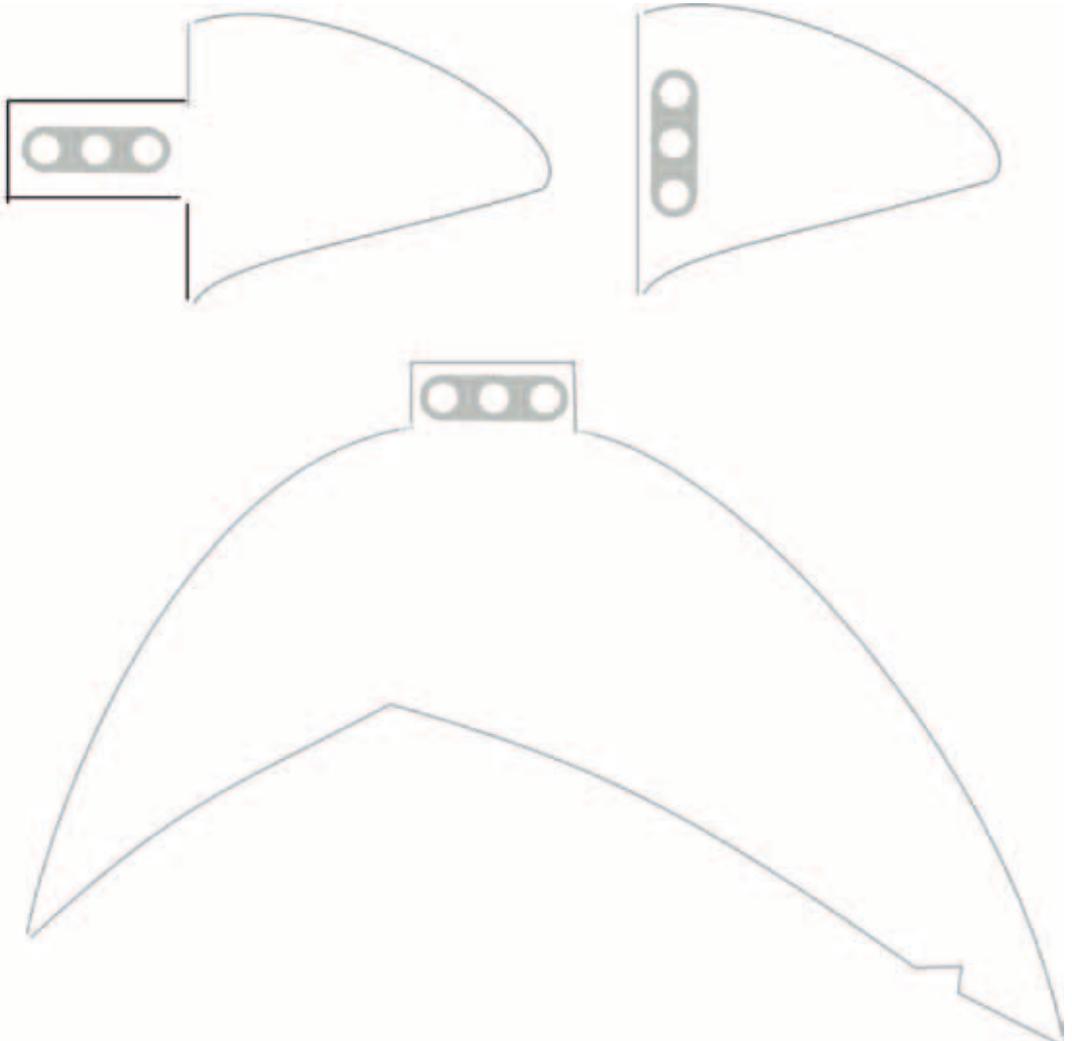
## Verkabelung

Man verbindet den Motor des Vorderrads mit Ausgang C, den mittleren Motor mit Ausgang B und den Schwanzmotor mit Ausgang A.

Man sollte darauf achten, dass die Kabel die Bewegung des Roboters nicht behindern.

## Muster für Rückenflosse und Schwanz

Mit diesen Vorlagen kann man einen Großen Weißen Hai machen. Haie kommen in vielen unterschiedlichen Gestalten und Flossenformen vor. Es empfiehlt sich, sich auch einmal andere Arten anzuschauen und dazu eigene Muster zu entwerfen.



Schwanzflosse des Großen Weißen Hais

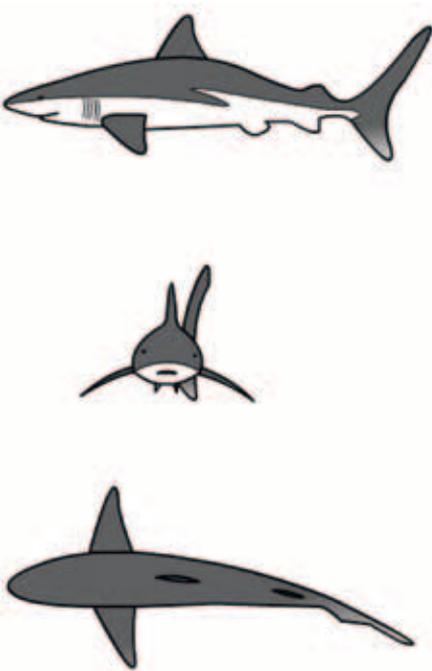
Auf dem ersten Bild dieses Kapitels kann man sehen, wie die Flossen angebracht werden.

## Programmierung des Hais

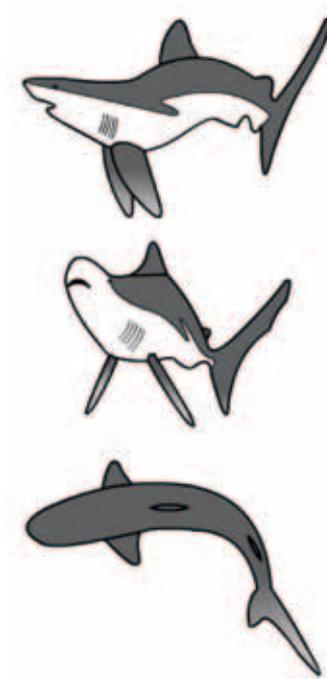
Das folgende Programm gibt die Bewegung eines ruhigen Hais wieder. Möchte man einen eher aggressiven Hai, so sollte man die Winkel der Bewegungen erhöhen, also die Grade in den Motor-Blöcken.

Wenn sich der Hai drehen soll, so kann man das durch stärkere Aktionen mit dem mittleren Motor erreichen; es lohnt sich, damit etwas herum zu experimentieren.

*Die Bewegungen eines ruhigen Hais*



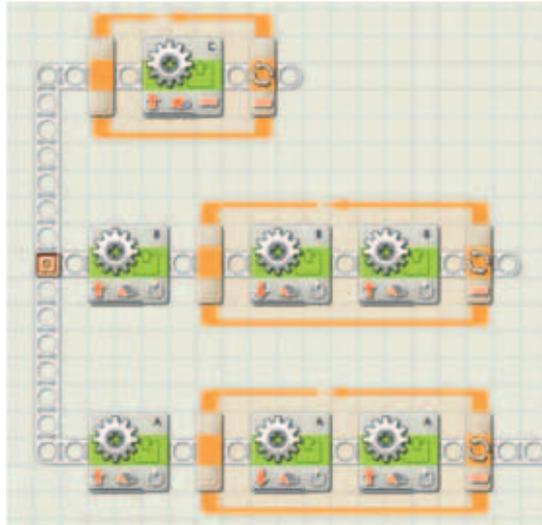
*Die Bewegungen eines aggressiven Hais*



*Illustrationen von Chris Huh*

Der Hai sollte bei Start des Programms exakt gerade ausgerichtet sein.

### Ablaufträger 1



### Ablaufträger 2

### Ablaufträger 3

### Ablaufträger 1

|  |   |
|--|---|
| <b>Schleifen-Block</b><br><i>Unendlich</i> | <b>Motor-Block</b><br><i>Ausgang C</i><br><i>Aufwärtspeil</i><br><i>Stärke 75</i><br><i>Unendlich</i> |
|--|---|

### Ablaufträger 2

|   |  |  |   |
|---|--|--|---|
| <b>Motor-Block</b><br><i>Ausgang B</i><br><i>Aufwärtspeil</i><br><i>Stärke 30</i><br><i>30 Grad</i> | <b>Schleifen-Block</b><br><i>Unendlich</i> | <b>Motor-Block</b><br><i>Ausgang B</i><br><i>Abwärtspeil</i><br><i>Stärke 30</i><br><i>60 Grad</i> | <b>Motor-Block</b><br><i>Ausgang B</i><br><i>Aufwärtspeil</i><br><i>Stärke 30</i><br><i>60 Grad</i> |
|---|--|--|---|

### Ablaufträger 3

|   |  |  |   |
|---|--|--|---|
| <b>Motor-Block</b><br><i>Ausgang A</i><br><i>Aufwärtspeil</i><br><i>Stärke 26</i><br><i>30 Grad</i> | <b>Schleifen-Block</b><br><i>Unendlich</i> | <b>Motor-Block</b><br><i>Ausgang A</i><br><i>Abwärtspeil</i><br><i>Stärke 26</i><br><i>60 Grad</i> | <b>Motor-Block</b><br><i>Ausgang A</i><br><i>Aufwärtspeil</i><br><i>Stärke 26</i><br><i>60 Grad</i> |
|---|--|--|---|