



LEGO® stellt in 2020 die Herstellung und den Vertrieb der Power Functions™ Komponenten ein. Dies bedeutet aber auch, dass Motoren, Servos und Batterieboxen auf dem Drittmarkt teuer verkauft werden.

Bereits in Verwendung befindliche SBricks, PFX Bricks oder BuWizz Bausteine, die mit Power Functions Anschlüssen ausgestattet sind, können nicht mehr mit Nachschub versorgt werden.

Der chinesische Markt bietet hier jedoch seit einiger Zeit kompatible Nachahmungsprodukte an, die jedoch hinsichtlich ihrer Kompatibilität untersucht werden müssen. Auch andere Drittanbieter kommen mit interessanten Motor-Lösungen, die mit Power Functions kompatibel sind, auf den Markt.

Zum Einstieg noch einmal kurz eine Übersicht der von LEGO® in der Vergangenheit hergestellten Power Functions™ Komponenten (2007 bis 2020).

	M-Motor (8883)	Alter Richtpreis: 9 EUR Leerlauf-Drehzahl: 405 1/min Leerlaufstrom: 65mA Blockierdrehmoment: 11Ncm Blockierstrom: 850mA Nenndrehzahl (9V): 275 1/min Nennstrom: 310mA
	XL-Motor (8882)	Alter Richtpreis: 12 EUR Leerlauf-Drehzahl: 220 1/min Leerlaufstrom: 80mA Blockierdrehmoment: 40Ncm Blockierstrom: 1,8A Nenndrehzahl (9V): 146 1/min Nennstrom: 550mA
	L-Motor (88003)	Alter Richtpreis 15 EUR Leerlauf-Drehzahl: 390 1/min Leerlaufstrom: 120 mA Blockierdrehmoment: 18 Ncm Blockierstrom: 1,3A Nenndrehzahl (9V): 272 1/min Nennstrom: 490mA
	E-Motor (87577c01)	E-Motor aus dem Education Energy Set 9688. Motor und Generator. Leerlauf-Drehzahl: 780 1/min Leerlaufstrom: 17,5mA Blockierdrehmoment: 3,4 Ncm Blockierstrom: 410mA Nenndrehzahl (9V): 420 1/min Nennstrom: 180mA

	Zugmotor (88002)	Alter Richtpreis: 14 EUR Leerlauf-Drehzahl: 1900 1/min Leerlaufstrom: 90 mA Blockierdrehmoment: 3,6 Ncm Blockierstrom: 1,3A Nenndrehzahl (9V): 1458 1/min Nennstrom: 410mA
	Servomotor (80004)	Alter Richtpreis 25 EUR Drehbereich: +90° bis -90°, Schrittweite: 7 (in jede Richtung ab 0°) Achtung: Nicht direkt an Batteriebox anschließen. Benötigt PWM-Signal

Tabelle 1: LEGO Power Functions Motoren (Fotos von LEGO®)

Mehr technische Infos und Kennlinien zu den original LEGO Motoren findet Ihr unter: <https://www.philohome.com/tech.htm>. Philo Hurbain hat viel Zeit investiert, um Informationen und Kennlinien zu den LEGO-Motoren zusammenzutragen und zu erstellen.

	Batteriebox (88000)	Alter Richtpreis: 14 EUR 6x 1,5V AAA Zellen = 9V Max. Ausgangsstrom: 750mA
	Batteriebox (8881)	Alter Richtpreis: 8 EUR 6x 1,5V AA Zellen = 9V Max. Ausgangsstrom: 750mA

	Akkubox (8878)	Alter Richtpreis: 35 EUR Lithium-Polymer: 7,4V Kapazität: 1100mAh Max. Ausgangsstrom: 1A
---	-----------------------	--

Tabelle 2: LEGO Power Functions Batterie- und Akkuboxen (Fotos von LEGO®)

Alternative Hersteller

Ausgehend von Produkten mit einer Batteriebox die 6x 1,5V AAA Zellen bzw. AA Zellen verwendet, haben wir definitiv ein 9V System und entsprechende Motoren, Servos oder LED-Elemente. Schalter sowie Verlängerungskabel sind hierbei unkritisch und können von jedem Hersteller verwendet werden. Infrarot-Steuergeräte und Empfänger ignorieren wir an dieser Stelle, allerdings dürfte es auch hier Abweichungen zum Standard geben. Zudem setzen viele chinesische Hersteller nur auf 2,4GHz RC-Steuerungen oder Bluetooth, anstatt auf Infrarot.

Verwenden die Motoren eine Batterie- bzw. Akkubox mit geringerer Spannung, sind die Motoren höchstwahrscheinlich darauf ausgelegt. Insbesondere bei Akkus liegt die Spannung häufig bei 7,4V. Wenn keine Daten vom Hersteller angegeben sind, sollte man den Motor auch nicht über dieser Spannung betreiben. Das wirft die Frage auf: „Was passiert eigentlich, wenn man einen Motor mit einer höheren Spannung betreibt?“ Zunächst erhöht sich die Drehzahl des Motors und der Wirkungsgrad verschlechtert sich. Zudem wird mehr Wärme erzeugt und der Stromverbrauch erhöht sich, was die Lebensdauer verringert. Auch der Einschaltstrom erhöht sich entsprechend, was für die Stromversorgung ebenfalls beachtet werden muss. Ein Dauerbetrieb sollte daher nicht über der Nennspannung bzw. des Nennspannungsbereichs erfolgen. Im schlimmsten Fall verursacht eine überhöhte Spannung einen Kurzschluss oder Unterbrechung in der Motowicklung, wie das Experiment des „Brick Experimental auf YouTube“ (<https://www.youtube.com/watch?v=6byrPRQihMQ>) zeigt. Je nach Stromquelle setzt bei zu hohem Strom der Überlastschutz ein (LEGO Batteriebox bei ca. 1A).

Wichtig ist auch, dass einige der Steuerbausteine aus China keine Drehzahlregelung realisieren. Es gibt nur 100% oder 0% Drehzahl. Wenn eine Regelung vorhanden ist, setzt der Motor erst ab einem bestimmten Wert ein, d.h. es gibt einen Ruck. Dies deutet unter anderem auf die Verwendung eines Motors mit geringer Ankerzahl (3) hin. 5 Anker sind von Modelleisenbahnern präferiert, da sie eine bessere Langsamfahrt ermöglichen. Aber auch die Nennspannung des Motors spielt eine Rolle, denn ist ein Motor mit z.B. 12V verbaut, kann dieser nicht bei geringen Spannungen sinnvoll betrieben werden.

Ebenfalls relevant sind im Motor vorhandene elektronische Komponenten, welche Einfluss auf die Ansteuerung haben kann. Insbesondere wenn z.B. Kondensatoren zur Funkenstörung eingesetzt werden, können diese je nach Konstruktion und Dimensionierung unter bestimmten Bedingungen das Puls-Weiten-Modulationssignal beeinträchtigen.

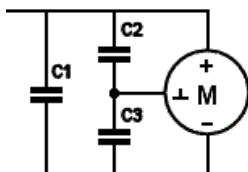


Abb 1: Entstörung eines Gleichstrom-Motors mit Kondensatoren

Kurz noch einen Blick auf die Puls-Weiten-Steuerung, die von vielen alternativen Motor-Steuerbausteinen verwendet wird. Dabei wird das Signal an den Gleichstromverbraucher – in unserem Fall ein Motor – digital in Form eines Rechtecksignals mit unterschiedlichem Tastverhältnis erzeugt. Aus dem Tastverhältnis und der maximalen Spannung ergibt sich ein Mittelwert, der wiederum einen Wert zwischen der Versorgungsspannung und 0V annehmen kann. Dieser Mittelwert steuert die Drehzahl des Motors entsprechend, wobei eine geringes Tastverhältnis von z.B. 10% den Motor langsamer drehen lässt und ein hohes Tastverhältnis von z.B. 80% eine schnellere Drehzahl ergibt. Bei 100% liegt die maximale Versorgungsspannung am Steuerausgang bzw. am Motor an, während bei 0% keine Spannung – also 0V ausgegeben wird.

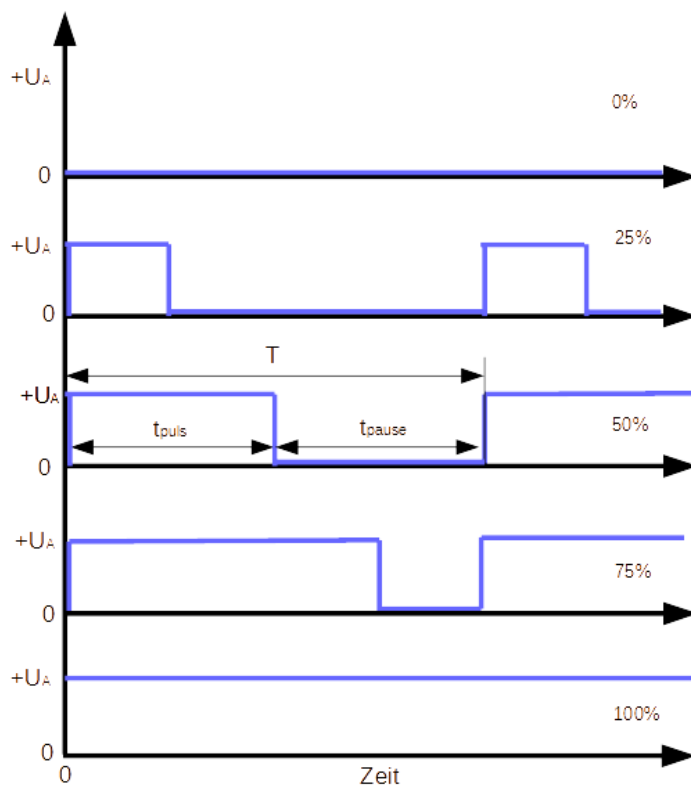


Abb 2: Verschiedene Tastverhältnisse eines Puls-Weiten-Signals

Einige Steuerbausteine spielen auch mit der Grundfrequenz des Rechtecksignals, um bestimmte Effekte zu erzielen. Das kann wiederum abhängig vom Motor zu Nebeneffekten wie z.B. bei langsamer Drehzahl und geringer Frequenz des PWM-Signals zu hohen sehr Strömen führen.

Da einige alternativen Steuerbausteinen wie BuWizz, PFXBrick und SBrick mit Power Functions-kompatiblen Anschlüssen existieren, ist die Weiterverwendung von LEGO Power Functions Motoren aber auch in Kombination mit alternativen Motoren möglich – teilweise mit erheblich besserer Funktionalität. Daher auch am Ende des Beitrags eine Übersicht der Kompatibilität zu diesen Bausteinen.

Blue Brixx

Die Firma Blue Brixx hat eine eigene Serie auf den Markt gebracht, die von einem chinesischen Hersteller in schwarzem ABS produziert wird. Wichtig ist zu wissen, dass die Akkubox mit 7,4V Ausgangsspannung arbeitet - die typische Lithium-Polymer Akku-Spannung. Anhand der Angaben auf der Webseite sind die Motoren und der Servo auch für 9V verwendbar. Der Aufbau der Motoren ist klassisch einfach – neben dem Elektromotor ist ein temperaturabhängiger Schutzwiderstand (NTC) verbaut und vorne ist ein aus Kunststoff realisiertes Getriebe aufgesetzt. Der Motor selbst hat keinerlei Aufdruck was ggf. die Herkunft bestimmen lässt.

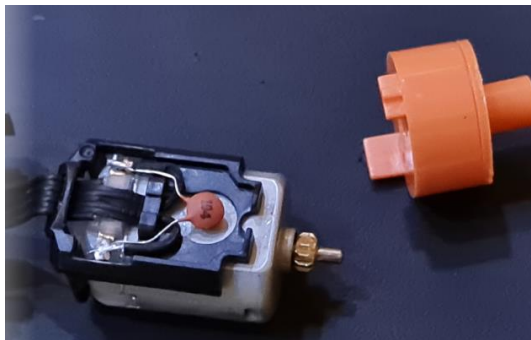


Abb 3: Blue Brixx L-Motor Innenleben

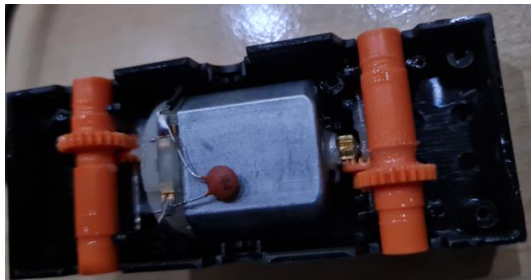


Abb 4: Blue Brixx Eisenbahn-Motor Innenleben

Aufgrund des Aufbaus können die Motoren auch mit dem IR Empfänger von LEGO angesteuert werden. Die Motoren können zudem mit allen alternativen Steuerbausteinen BuWizz, PFX Brick und SBrick verwendet werden

Der Blue Brixx Servo ist einer der Art mit 90°-Anschlag-Positionen ohne Zwischenschritte, weshalb dieser für weiche und differenzierte Lenk-Steuerungen nicht verwendbar ist. Allerdings bekommen wir von Blue Brixx einen Eisenbahnmotor der sonst nur aus unzuverlässigen Quellen bezogen werden kann. Hier hat der Käufer einen Garantieanspruch und eine Bezugsquelle in Europa und zudem einen sehr guten Preis. Die Motoren sind insgesamt günstiger als die vergleichbaren Motoren von LEGO, als diese noch produziert wurden. Moderate Versandkosten von 4,95 EUR in Deutschland (ab 199 EUR Versandkostenfrei) und 9,95 in die EU kommen hinzu.

	M-Motor (401173)	Preis: 6,95 EUR Spannung: 9V Leerlaufdrehzahl: 1043 1/min Leerlaufstrom: 185mA Drehzahl: ca. 510 1/min Drehmoment: ca. 9,5 Ncm Blockierstrom: 1,23A
	L-Motor (401174)	Preis: 6,95 EUR Spannung: 9V Leerlaufdrehzahl: 1130 1/min Leerlaufstrom: 185 mA Drehzahl: ca. 510 1/min Drehmoment: ca. 16,5 Ncm Blockierstrom: 3A
	XL-Motor (401175)	Preis: 6,95 EUR Spannung: 9V Leerlaufdrehzahl: 640 1/min Leerlaufstrom: 175 mA Drehzahl: ca. 310 1/min Drehmoment: ca. 32,5 Ncm Blockierstrom: 2,6A
	Eisenbahnmotor (401172)	Preis: 9,95 EUR Spannung: 9V Leerlaufdrehzahl: 3651 1/min Leerlaufstrom: 85 mA Drehzahl: 1700 1/min Drehmoment: ca. 3,2 Ncm Blockierstrom: 0,85 A
	Servo (401176)	Preis: 9,95 EUR Drehbereich: +90°, 0, -90° Keine Zwischenschritte!

		Achtung: Nicht direkt an Batteriebox anschließen. Benötigt PWM-Signal. Nicht kompatibel mit dem LEGO IR-Empfänger, aber mit BuWizz, PFX Brick und SBrick (als Motor)
---	--	--

Tabelle 3: Blue Brixx Motoren

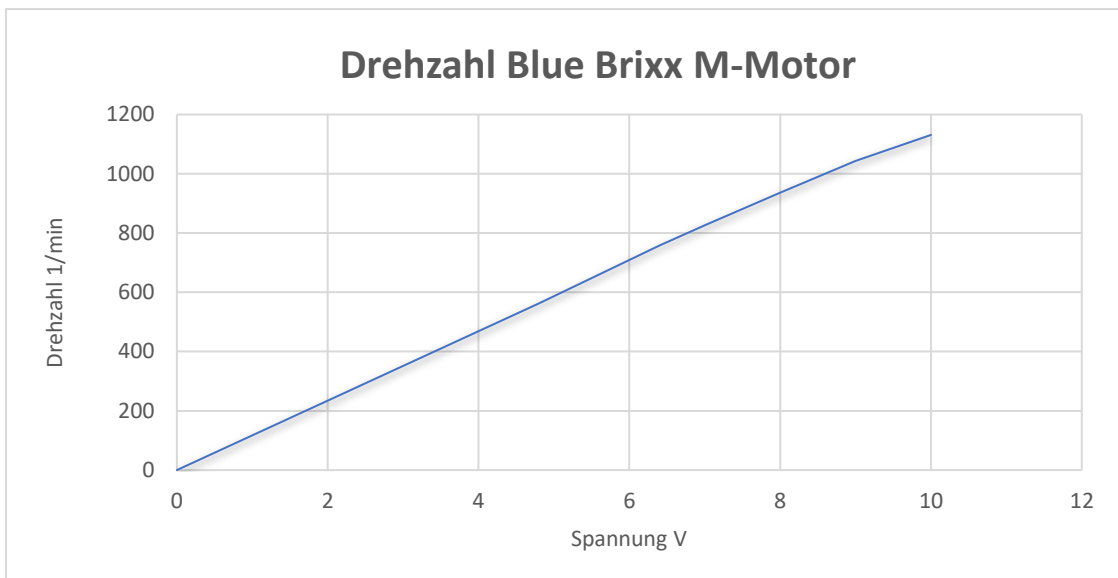


Abb 5: Drehzahl- Diagramm Blue Brixx M-Motor

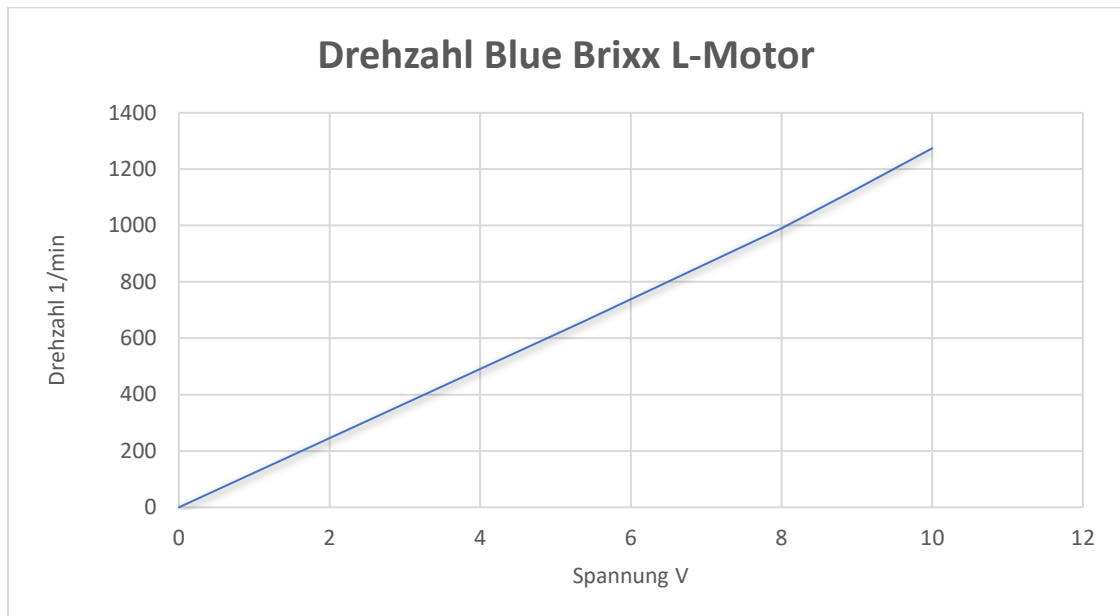


Abb 6: Drehzahl-Diagramm Blue Brixx L-Motor

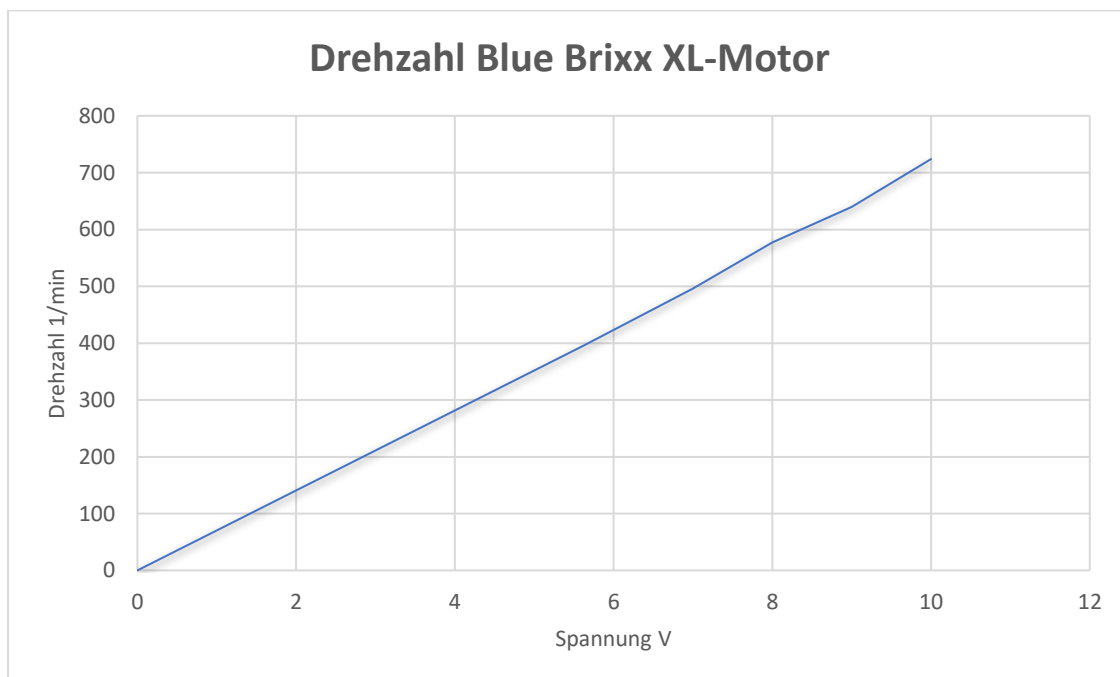


Abb 7: Drehzahl-Diagramm Blue Brixx XL-Motor

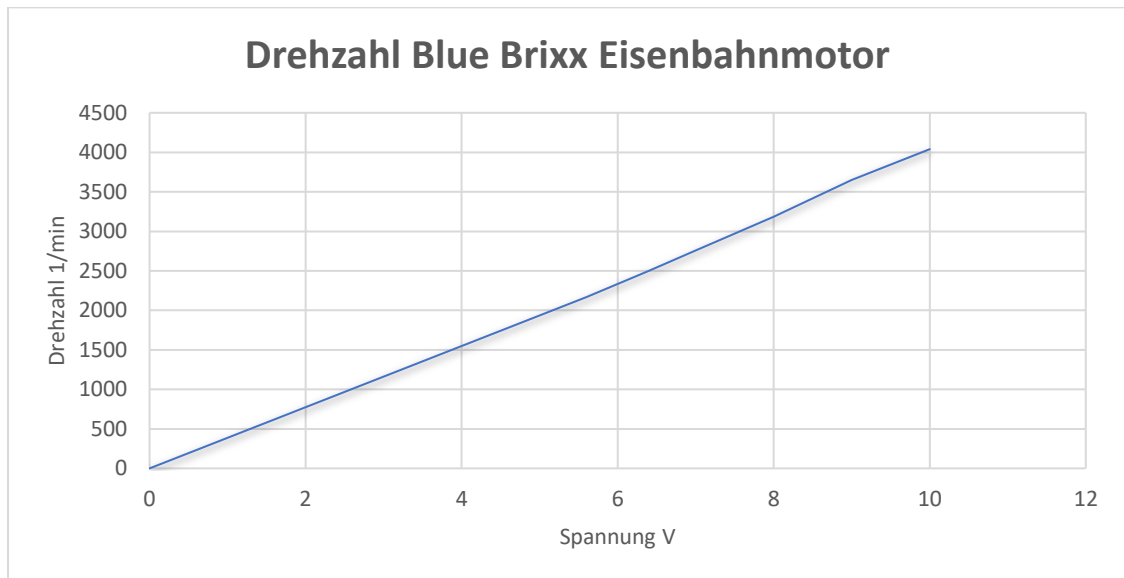


Abb 8: Drehzahl-Diagramm Blue Brixx Eisenbahn-Motor

Hersteller/Vertrieb: <https://www.bluebrixx.com/>

Brickengine

Eine interessante und eigenständige Lösung stellt der Motor von Brickengine dar. Made in Germany und ist optisch und funktionell eine Eigenentwicklung und kein Nachbau. Ausgerüstet mit einem Power Functions Anschluss ist er eine Alternative für den M-Motor, jedoch 44% kleiner (5x2x3 Noppen). Das Drehmoment mit 5,5N/cm liegt hierbei zwischen dem M- und L-Motor.

Die Drehzahl bei 9V liegt bei 180 1/min – im Vergleich dazu hat der M-Motor 272 1/min, also 100 Umdrehungen pro Minute weniger. Dafür hat er aber mehr Kraft. Aber wie gesagt, der Motor ist keine Nachahmung, sondern ein Motor mit eigenen Leistungsdaten und Gehäusekonstruktion. Das Gehäuse wurde im 3D DLP-Verfahren (Digital Light Processing) mit 50µm gefertigt und ist für einen 3D-Druck sehr fein und hat eine angenehme Haptik.



Abb 9: Brickengine V1 (Foto: Brickengine)

Eine weitere Besonderheit ist das verbaute Metall-Getriebe. Die bekannten Motoren von LEGO neuerer Generation sowie der Produkte aus Asien verwenden in der Regel Kunststoff-Getriebe.

Die Technic-Loch-Konfiguration des Gehäuses ist auf die direkte Verbindung mit Linear Actuatoren ausgerichtet.



Abb 10: Brickengine mit Linear Actuator 61927c01

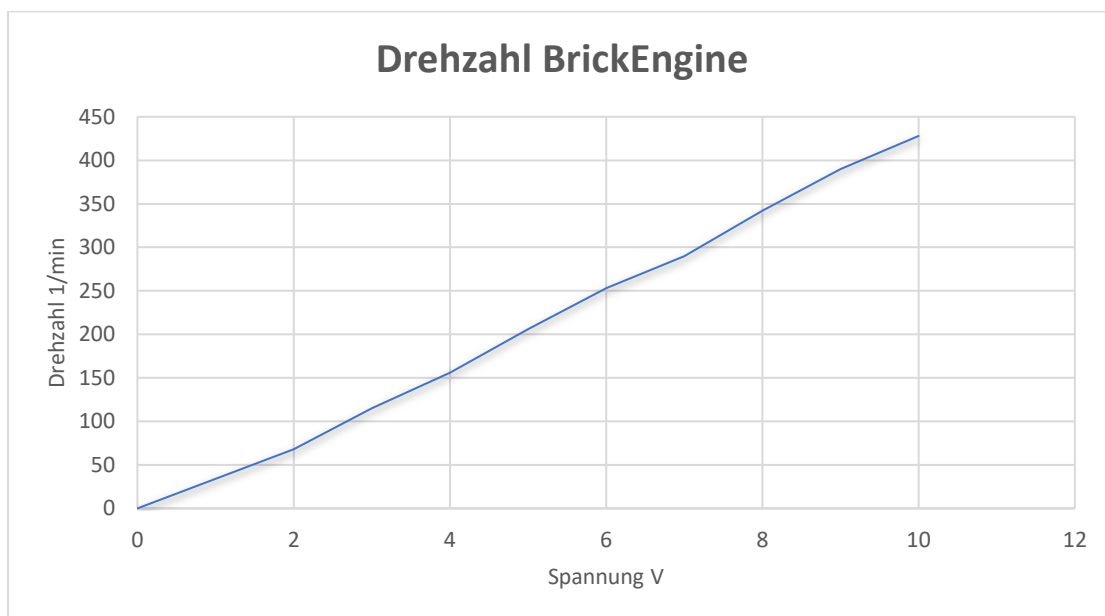


Abb 11: Drehzahl-Diagramm Brickengine V1

Die Gehäuse-Konstruktion harmoniert mit LEGO Linear-Aktuatoren, welche direkt aufgesteckt und mit zwei Pins rechts und links befestigt werden können. Das macht ihn für allerlei Baumaschinen interessant, bei welchen Ausleger bewegt werden müssen.

Abhängig von der Ansteuerung (Spannungshöhe, PWM-Parameter) beginnt der Motor mit verschiedenen Drehzahlwerten zu drehen. Beim PFX Brick mit 43 min/1, der LEGO IR starten den Motor mit 50 min/1, während beim BuWizz bei 90 min/1 und beim SBrick bei ca. 100 min/1 der Startpunkt (Leerlauf) erreicht ist. Neben der Überwindung der Reibung in der Mechanik ist auch die Nennspannung von 12V des Motors ausschlaggebend, der bei zu geringer Spannung nicht dreht. Bei dieser Nennspannung kann der Motor auch ohne Bedenken mit dem BuWizz im „Ludicrous“-Modus betrieben werden.

Beim BuWizz kommt der Motor im „Ludicrous“-Modus (11,2 V) auf 460 min/1 und im „Fast“-Modus (9,2 V) 406 min/1 (alles Leerlaufwerte).

Beim PFX Brick sollte die „Drehmoment-Kompensation“ abgeschaltet werden, da hier bei geringem Ansteuerwert ein hoher Strom die Schutzschaltung der Batteriebox auslöst.

Für 19,95 EUR ist der Motor zwar etwas teurer als der alte L-Motor, doch für eine Kleinserien-Produktion ein fairer Preis.

Hersteller: <https://www.brickengine.de/>

BuWizz Motor

Die Firma Fortronik mit Sitz in Slovenien, die mit dem BuWizz Steuerbaustein inkl. Hochleistungs-Akku bekannt geworden ist, hat sich ebenfalls der Motor-Entwicklung angenommen. In diesem Fall einem Motor in Anlehnung an den LEGO® RC-Motor 5292, jedoch mit eigenen Leistungsdaten, die auf höhere Drehzahl und Drehmoment ausgelegt ist. Zudem war der 5292 nicht für Power Functions, sondern mit den Anschlüssen des älteren 9V Systems ausgestattet – der BuWizz Motor hat einen Power Functions kompatiblen Anschluss. Seine höhere Leistung erreicht der Motor allerdings nur mit dem BuWizz und seinen Modis mit höherer Ausgangsspannung.



Abb 12: BuWizz Motor (Foto: Fortronik)

Laut Hersteller ist eine ca. 10% höhere Drehzahl und ein 10% höheres Drehmoment im Vergleich zum 5292 zu erwarten. Dieser hat ein Drehmoment von ca. 14 Ncm, d.h. der BuWizz Motor hat demnach 15,4 Ncm. Bei einer Drehzahl von 1240 1/min beim Original wären dann bei diesem Motor ca. 1364 1/min zu erwarten. Das Modell ist absolut auf Geschwindigkeit und Kraft ausgelegt, um Fahrzeuge möglichst schnell zu bewegen. Auch die Bauform ist für RC Fahrzeuge ausgelegt und nicht für den Einbau z.B. in Loks. Für alle Fans dieser Sparte ist es aber das Revival des alten 5292 im Power Functions Universum.

Leider lag der BuWizz Motor zum Redaktionsschluss noch nicht vor, weshalb Kennlinie und Kompatibilitäts-Prüfung noch ausstehen.

<TBD>

Abb 13: Drehzahl-Diagramm BuWizz Motor

Der Preis für den Motor liegt bei 28 EUR (22% MwSt. in Slovenien) plus Versand.

Hersteller: <https://buwizz.com/>

CaDa

Bei CaDa werden die Technik-Komponenten mit 7,4V Lithium Akkus betrieben. Die Spannung liegt 1,6V unter den Power Functions und die Komponenten sind somit hinsichtlich der Betriebsspannung auf den ersten Blick nicht kompatibel. Da CaDa auch eine Batteriebox C61011 Cada mit 6x AA 1,5V Zellen-Kapazität im Programm hat, kann man jedoch davon ausgehen, dass die Motoren für 9V ausgelegt sind.

Auf jeden Fall harmonisieren die Motoren mit der Akkubox von LEGO, da diese ebenfalls 7,4V Ausgangsspannung liefert. Allerdings reagieren die Motoren und der Servo nicht bei Anschluss an den LEGO Infrarot-Empfänger.

Leider sind und werden auch auf Anfrage keine weiteren technischen Daten zu den Motoren veröffentlicht. Die Komponenten tragen alle das CADA-Logo sowie eine Typ-Nummer, was auf jeden Fall Verwechslungen mit anderen Produkten bzw. Herstellern verhindert.

CaDa hat zwei verschiedene Produktlinien für Motoren, die Standardserie welche sich bei der Größe der Motoren an die von LEGO anlehnt und die Pro Serie, welche ein eigenes Design der Komponenten liefert. In der Regel erhält man die Motoren in Sets mit Steuerbaustein, Fernsteuerung, LED-Element und Verlängerungskabel. Einige Händler bieten jedoch auch die Motoren und Servos einzeln an.



Abb 14: CADA Power System Pack S054-003 und Power System Pack Pro S059-003

Der CADA M-Motor (CJV5014) hat am Gehäuse eine Platine, auf welcher fünf Kondensatoren zur Entstörung sowie ein Widerstand, der zwischen dem Steuereingang (2) und 0V (4) verbunden ist, und technisch dem Identifikationswiderstand den auch LEGO in ihren Produkten verwendet. Allerdings sind die Motoren nicht kompatibel mit dem LEGO IR-Empfänger.

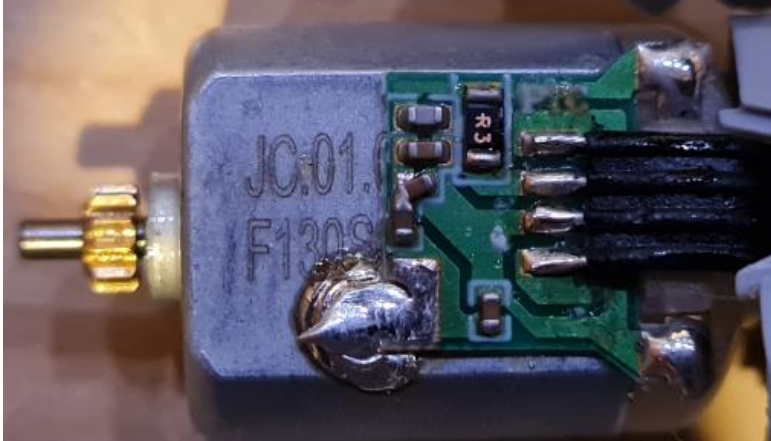


Abb 15: CADA M-Motor Innenleben

Eine Besonderheit stellt auf jeden Fall der Servo von CaDa dar, da dieser einen echten Servo-Motor enthält und nicht wie bei vielen anderen Produkten aus Asien einen simplen Motor, der nur zwischen $+90^\circ$ und 90° positioniert und Schwierigkeiten bei der Rückstellung auf 0 hat. Wirft man einen Blick in das Innenleben findet man neben dem Gleichspannungsmotor eine Steuerelektronik sowie einen Winkel-Encoder (Drehgeber, Drehwinkelgeber). Das Getriebe hat Verbindung zu einem Federkontaktplättchen, welches über die Kontakte der vorderen Platine geführt wird und somit die Position ermittelt wird. Anhand der Platine erkennt man, dass hier die Nullstellung (oben) sowie sieben Schritte bis zur 90° bzw. -90° Position eingenommen werden können. Leider ist er dennoch nicht mit dem LEGO IR-Empfänger kompatibel, funktioniert jedoch mit anderen Steuerbausteine, welche die Positionen über die Steuerung adressieren können.

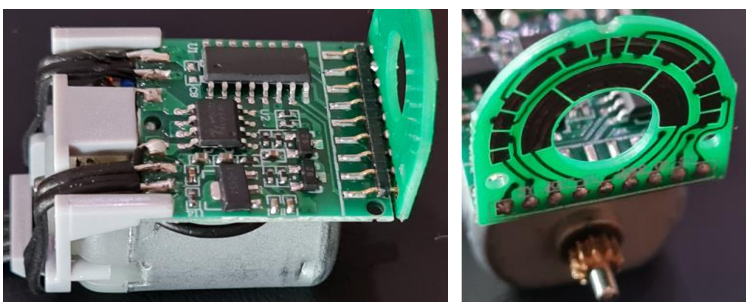


Abb 16: Steuerelektronik (links) und Winkelencoder (Rechts) des CaDa Servos



Abb 17: Getriebe und Kontaktplättchen des Winkelencoders

Eine interessante Neuentwicklung ist der Micro-Motor in einem 2x3 Noppen Gehäuse und einer Drehzahl von rund 342 1/min. Der Achsanschluss ist außenliegend, was am Ende eine 2x4 Noppen-Größe ergibt. Die Höhe liegt bei 1 Stein + 2 Platten bzw. 15,9 mm (ohne Pin).



Abb 18: CADA Mico-Motor

Das Gehäuse ist mit zwei sehr dünnen Schrauben verschraubt und lässt einen einfachen Blick ins Innere werfen. Der Gleichstrommotor ist seitlich mit einer kleinen Platine verbunden, auf welcher ein Kondensator (C1) und ein NTC (F1) verbaut ist. Die beiden Steuerleitungen des Power Functions kompatiblen Kabels sind mit der Platine verbunden und werden hinter dem Motor über einen Schlitz aus dem Gehäuse geführt. Bei den + und – Leitungen schauen noch etwas die Litzen heraus, was ggf. zu einem Kurzschluss führen kann. Etwas das man im Herstellungsprozess noch optimieren kann.

Im vorderen Teil des Gehäuses sitzt das Kunststoff-Getriebe mit dem außenliegenden Achsenaufnehmer.

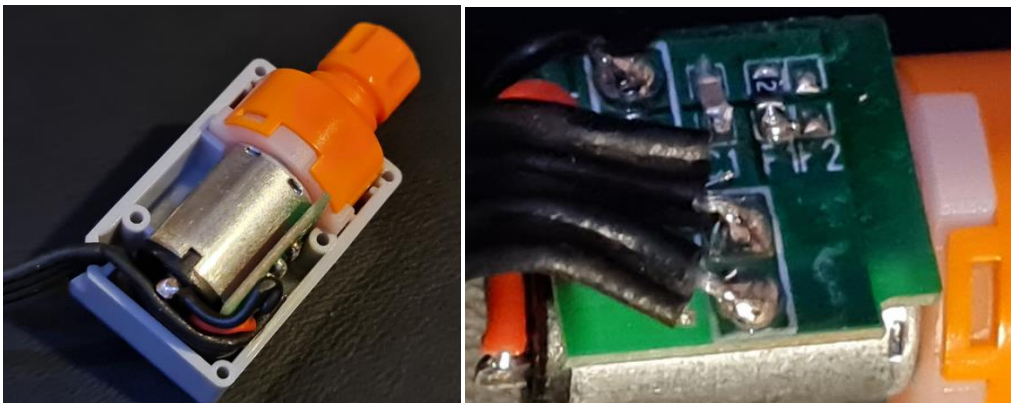


Abb 19: CADA Mico-Motor Innenleben

	M-Motor (CJV5014)	Preis: ca. 7,90 EUR Spannung: 9V Leerlaufstrom: 90mA Leerlaufdrehzahl (9V): 755 1/min Blockierstrom: 0,6A
	L-Motor (C61012)	Preis: ca. 13 EUR Spannung: 9V Leerlaufstrom: 90mA Leerlaufdrehzahl (9V): 755 1/min Blockierstrom: 1,1A
	Servo (C61013)	Preis: ca. 15,90 EUR Drehbereich: +90° bis -90°, Schrittweite: 7 (in jede Richtung ab 0°) Achtung: Nicht direkt an Batteriebox anschließen. Benötigt PWM-Signal. Nicht kompatibel mit dem LEGO IR-Empfänger, aber mit BuWizz, PFX Brick und SBrick
	L Pro (JV5028)	Preis: ca. 17 EUR Spannung: 9V Leerlaufdrehzahl (9V): 1186 1/min Leerlaufstrom: 150 mA Blockierstrom: 2A

	M Pro (JV5030)	Preis: ca. 12 EUR Spannung: 9V Leerlaufdrehzahl (9V): 1340 1/min Leerlaufstrom: 225 mA Blockierstrom: 1,8A
	Servo Pro (JV5029)	Preis: ca. 19 EUR Drehbereich: +90° bis -90°, Schrittweite: 7 (in jede Richtung ab 0°) Achtung: Nicht direkt an Batteriebox anschließen. Benötigt PWM-Signal. Nicht kompatibel mit dem LEGO IR-Empfänger, aber mit BuWizz, Pfx Brick und SBrick
	Micro-Motor (?)	Preis: Ab Mai 2021 Bestandteil in einem neuen Set – Einzelverfügbarkeit zum Redaktionsschluss noch nicht bekannt Spannung: 9V Leerlaufdrehzahl (9V): 370 1/min Leerlaufstrom: 57 mA Blockierstrom: 300 mA

Tabelle 4: CaDa Motoren

Die nachfolgenden Diagramme zeigen die Drehzahlkennlinien in Abhängigkeit von der angelegten Spannung. Die Tests wurden mit einer konstanten Spannung am Motor gemessen und in 1V-Schritten aufgezeichnet. Zur Messung wurde ein Digitaler Laser-Drehzahlmesser verwendet.

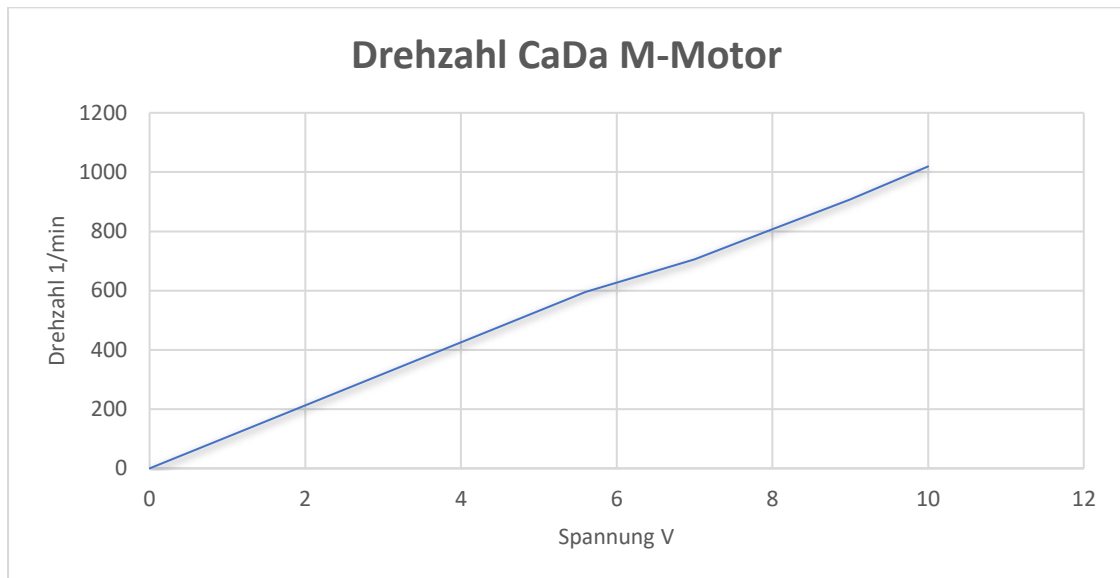


Abb 20: Drehzahl-Diagramm CADA M-Motor

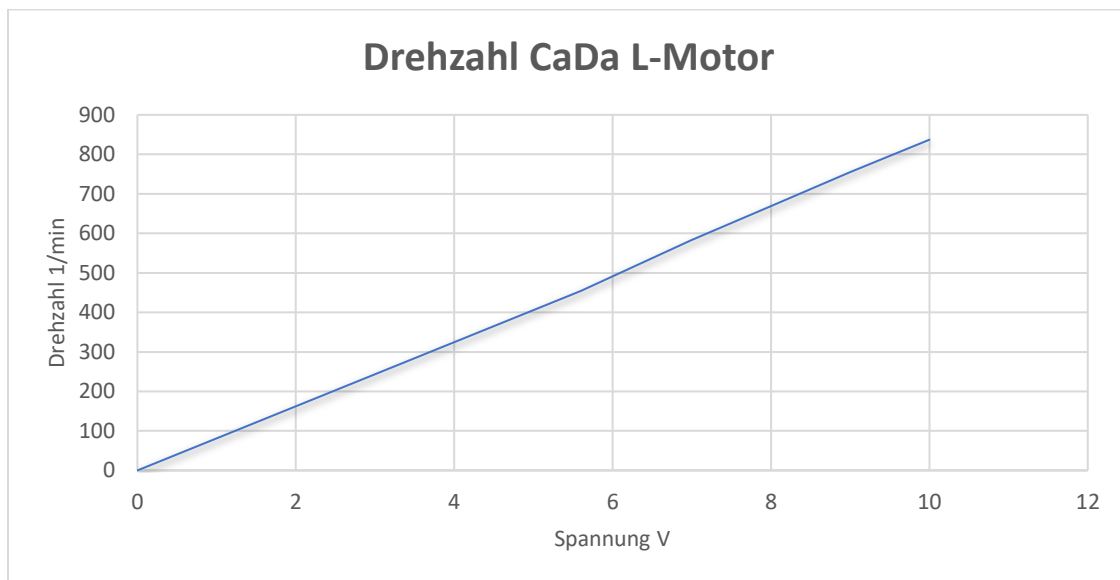


Abb 21: Drehzahl-Diagramm CADA L-Motor

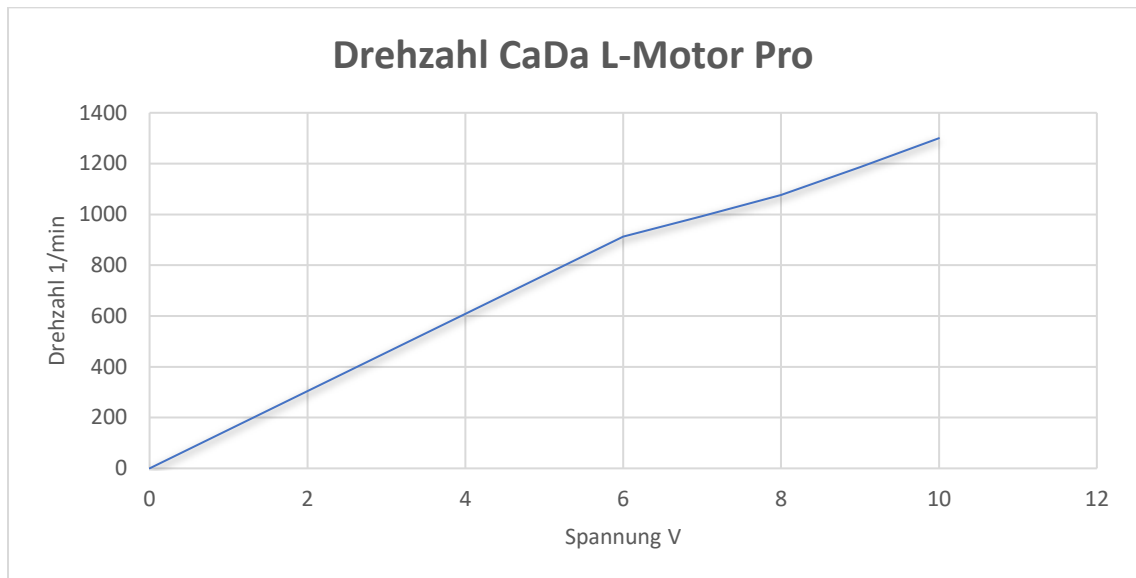


Abb 22: Drehzahl-Diagramm CADA L-Motor Pro

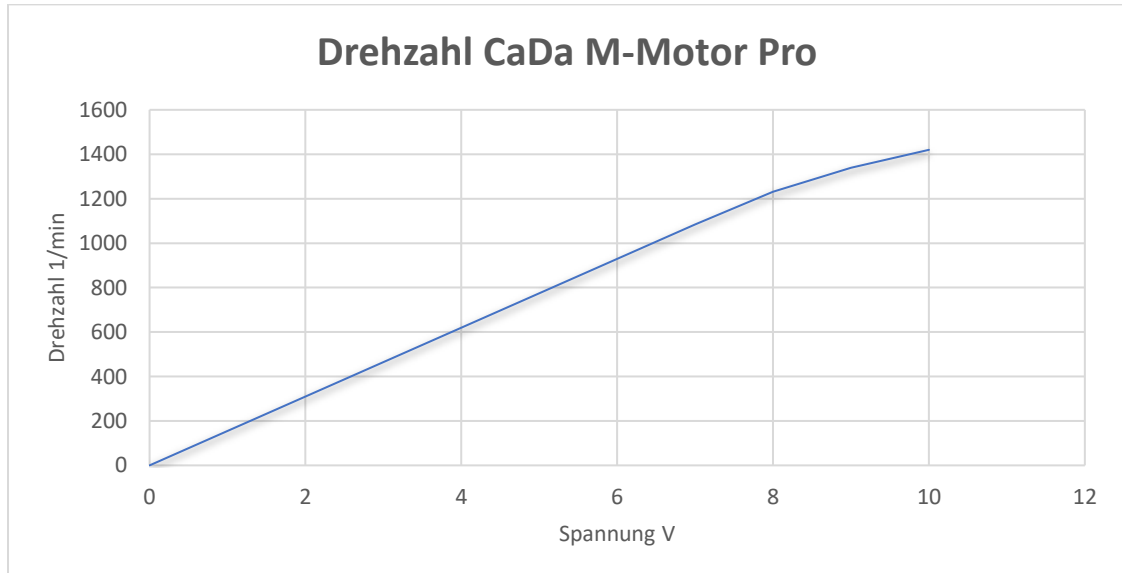


Abb 23: Drehzahl-Diagramm CADA M-Motor Pro

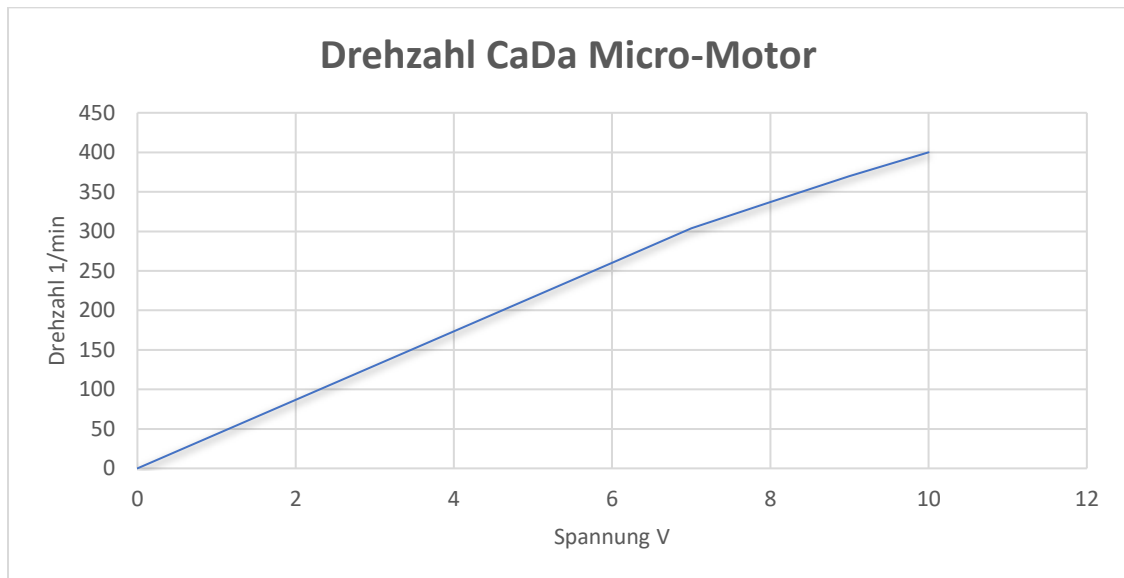


Abb 24: Drehzahl-Diagramm CADA Micro-Motor

Hersteller: Doubleeagle Industry Ltd.

<http://en.doubleeagle-group.com/>

<https://decadastore.com/>

WANGE (DUBIE)

Wange ist bereits seit Ende der 90er am Markt und spielt offensichtlich nicht bei den illegalen Kopien mit, sondern liefert eigene Modell bzw. Sets Designs. Die produzierten Motoren arbeiten mit 9V Systemen und sind somit mit der Power Functions Technologie kompatibel. Allerdings unterscheiden sich die Motoren in ihrer Drehzahl von der Originalen, wobei diese höher sind. Dies haben auch eigene Tests mit dem Technik-Set **1501** ergeben, die mit einer 8881 äquivalenten Batteriebox, einem XL-, L, und M-Motor sowie zwei 21cm Verlängerungskabel und 75 Technic-Teile geliefert werden. Optisch unterscheiden sie die Komponenten vom Original nicht – außer dem fehlenden Markenzeichen. Das macht sie allerdings auch Verwechselbar mit No-Name-Produkten. Je nach Bezugsquelle kostet das Paket zwischen 24 EUR und 35 EUR. Die stabile Box hat Schnappverschlüsse sowie einen Griff und reduziert den Verpackungsmüll erheblich. Allerdings gibt es die Box nur, wenn man das Set bei einem Händler im eigenen Land bestellt. Bei Bestellungen im Asiatischen Raum, wird die Box beim Versand in der Regel nicht mitgeschickt. Ein Grund mehr, das Motorenset vor Ort zu beziehen.



Abb 25: Wange Motor-Set 1501

Der M-Motor von Wange hat ein Motor-Schutzelement zwischen der Steuerleitung und einem der Motoranschlüsse, welches bei Überhitzung/Überlastung anspricht. Auf dem Motor selbst ist kein Aufdruck zu finden, welcher die Herkunft oder den Typ ermitteln lässt. Im Gegensatz zu CaDa sind die Motoren von Wange kompatibel mit dem LEGO IR-Empfänger und sind daher für den Einsatz mit der klassischen Power Functions Technologie verwendbar.

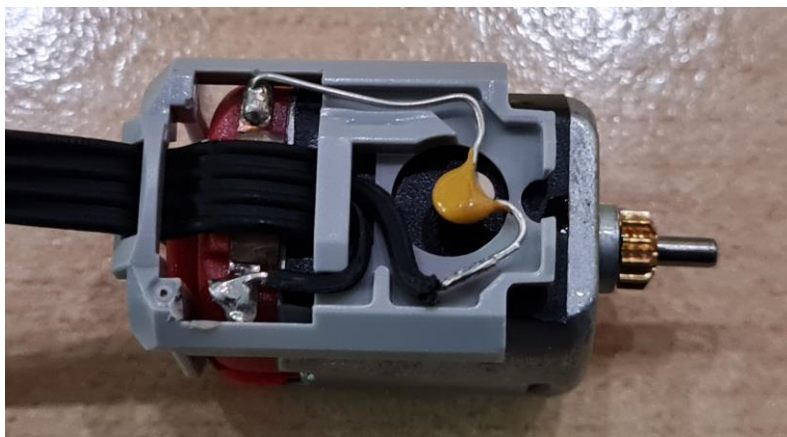


Abb 26: Innenleben eines Wange M-Motors

	Medium-Motor	Nur im Set erhältlich Spannung: 9V Leerlaufstrom: 90mA Leerlaufdrehzahl (9V): 863 1/min Blockierstrom: 720mA
---	---------------------	---

	Large Motor	Nur im Set erhältlich Spannung: 9V Leerlaufstrom: 90mA Leerlaufdrehzahl (9V): 720 1/min Blockierstrom: 1,1A
	XL-Motor (8882)	Nur im Set erhältlich Nennspannung: 9V Leerlaufstrom: 100mA Leerlaufdrehzahl (9V): 450 1/min Blockierstrom: 1,9A

Tabelle 5: Wange Motoren (Fotos von Wange)

Die nachfolgenden Diagramme zeigen die Drehzahlkennlinien in Abhängigkeit von der angelegten Spannung. Die Tests wurden mit einer konstanten Spannung am Motor gemessen und in 1V-Schritten aufgezeichnet. Zur Messung wurde ein Digitaler Laser-Drehzahlmesser verwendet.

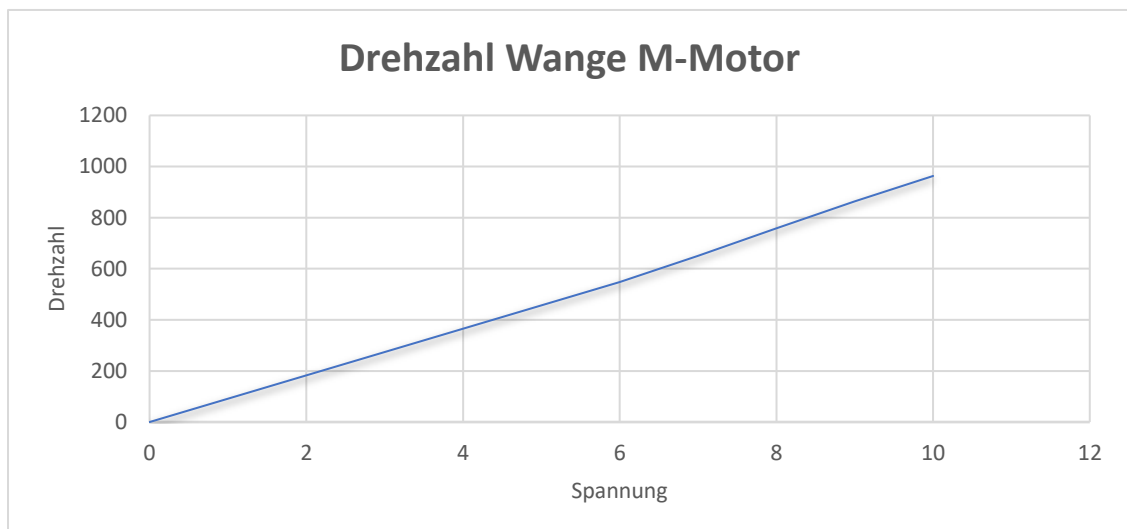


Abb 27: Drehzahl-Diagramm Wange M-Motor

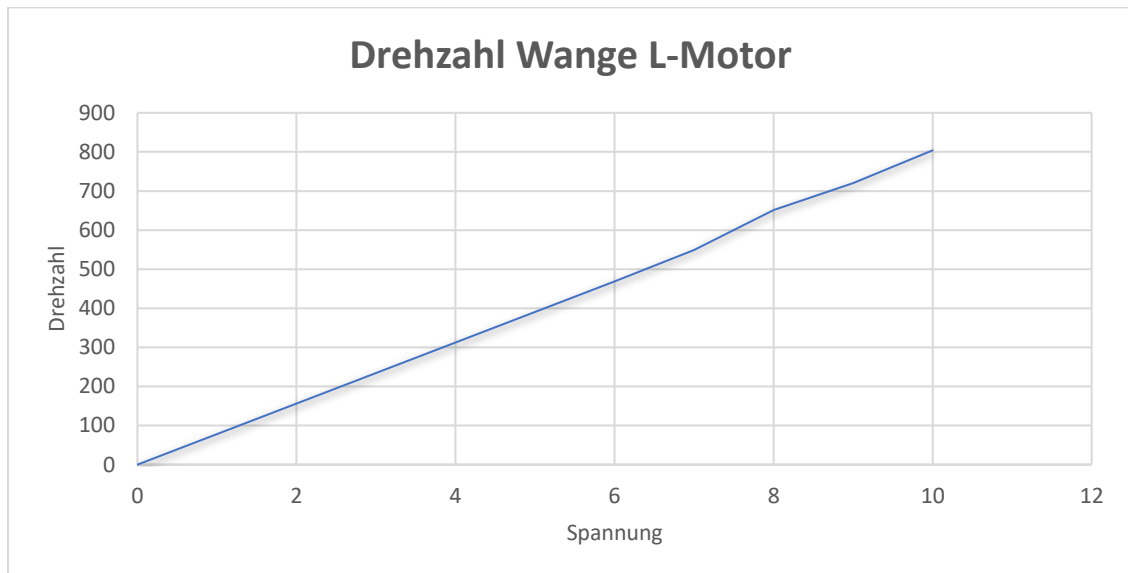


Abb 28: Drehzahl-Diagramm Wange L-Motor

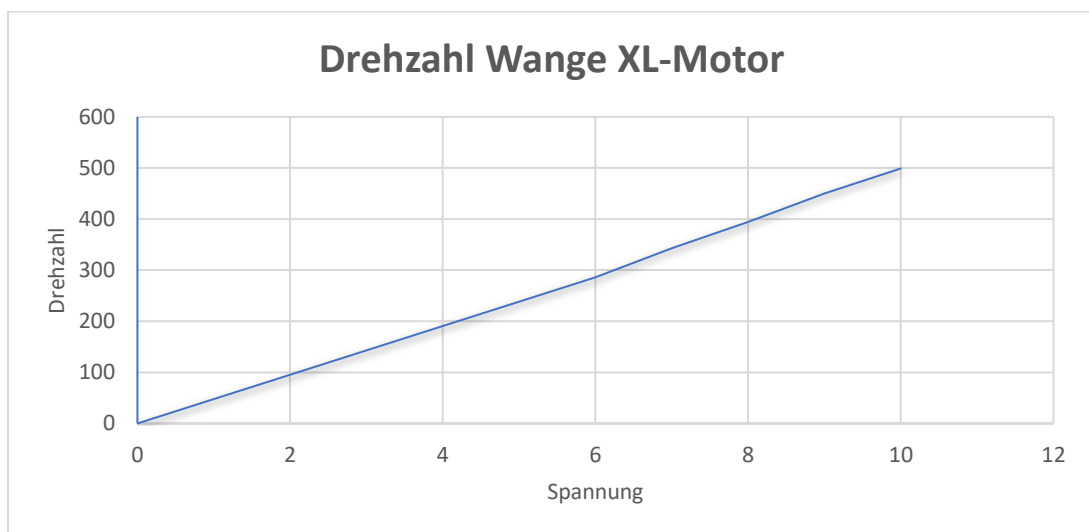


Abb 29: Drehzahl-Diagramm Wange XL-Motor

Hersteller: Shantou Wange Educational Material Sci-Tech Co., www.wangetoys.com

Mould King

Wer nach Mould King sucht wird hier nichts finden, da ich versuche Hersteller die Original LEGO Sets und mittlerweile auch Fan Modelle ohne Zustimmung klonen, nicht zu unterstützen. Zudem ist nicht klar, ob Mould King direkt Hersteller der Motoren ist oder nicht von einem Dritthersteller Motoren bezieht bzw. in entsprechendem Design produzieren lässt. Da angeblich Steine unterschiedlicher Hersteller bezogen werden, liegt es nahe das hier einfach nur die Sets mit zugekauftem Material zusammengestellt werden, es sich daher also potentiell um keinen echten Hersteller handelt.

No Name Produkte

Produkte ohne klare Herkunft bzw. einen verantwortlichen Anbieter in der EU wurde ebenfalls nicht untersucht. Die Flut an Produkten ohne greifbaren Hersteller ist immens. Ob das getestete Produkt bei eine Wiederbestellung beim selben Händler identisch ist, kann nicht sichergestellt werden.

Steuerbausteine von Drittherstellern

Wie eingangs erwähnt, gibt es drei Dritthersteller die Steuerbausteine für Power Functions (Anschluss-System) entwickeln und anbieten. Vengit mit dem SBrick, BuWizz von Fortronik und Fx Bricks mit dem PFx Brick.

Der BuWizz V3 wird mit zwei Power Functions Anschlüssen und vier Powered Up Anschlüssen ausgestattet sein und kann somit auch die neuen Motoren von LEGO verwenden. Da der BuWizz V3 bis zu 12V Ausgangsspannung liefert, ist beim Betrieb von alternativen Motoren Vorsicht geboten, da diese ggf. Schaden nehmen könnten. Hier solltet Ihr den „Normal“- oder „Slow“-Modus verwenden. Dies gilt auch für die Vorgänger BuWizz V2 und BuWizz die mit vier Power Functions kompatiblen Ausgängen bestückt sind. Beim BuWizz kann die Klemmkraft konstruktionsbedingt an den Steckerkontakten unterschiedlich sein. Bei CaDa halten diese zum Beispiel nicht so gut – die Wange Kontakte klemmen besser.

Der PFx Brick wird über die Einstellungen eine Ausgangsspannungsbegrenzung erhalten, um diese für verschiedene Motoren anzupassen. D.h. auch für Motoren die für den Betrieb von 7,4V oder auch 3,7V ausgelegt sind, ist der Anschluss und die Ansteuerung möglich. Allerdings macht die Strombegrenzung der Batterieboxen beim PFx Brick mit einigen Motoren im kleinen Drehzahlbereich Probleme, wenn die Drehmoment-Kompensation aktiv ist. Hier wird die PWM-Frequenz kleiner 100 Hz und somit eine Ein-Phase sehr lange wird, was bei einem hohen Anlaufstrom den Kurzschlusschutz in der Batteriebox auslöst. In diesem Fall einfach diese Optionen beim PFx Brick deaktivieren.

Beim SBrick kann über die neue Pro Software das Ausgangsverhalten ebenfalls angepasst werden.

Der CaDa Steuerbaustein, der im Motor-Set dabei ist, kommt mit allen alternativen Motoren zurecht, was mich zunächst erstaunt hat. Allerdings ist dies auch der einfachen Ansteuerung mit 0 oder 100% geschuldet. Es gibt keine Zwischenschritte bzw. Geschwindigkeitsstufen, die über ein PWM Signal erzeugt werden müssen.

Motor/Servo		LEGO IR	BuWizz ²	PfX Brick	SBrick
LEGO M-Motor	8883	Ja	Ja	Ja	Ja
LEGO XL-Motor	8882	Ja	Ja	Ja	Ja
LEGO L-Motor	88003	Ja	Ja	Ja	Ja
LEGO Servo	80004	Ja	Ja	Ja	Ja
LEGO Eisenbahnmotor	88002	Ja	Ja	Ja	Ja
Blue Brixx M-Motor	401173	Ja	Ja	Ja ³	Ja
Blue Brixx L-Motor	401174	Ja	Ja	Ja ³	Ja
Blue Brixx XL-Motor	401175	Ja	Ja	Ja ³	Ja
Blue Brixx Eisenbahnmotor	401172	Ja	Ja	Ja ³	Ja
Blue Brixx Servo	401176	Ja ¹	Ja ¹	Ja ^{1,3}	Ja ¹
Brickengine Motor	V1	Ja	Ja	Ja ⁴	Ja
BuWizz Motor	-	Ja	Ja	?	?
CaDa Pro Servo	JV5029	Nein	Ja	Ja ³	Ja
CaDa Pro M-Motor	JV5030	Nein	Ja	Ja ³	Ja
CaDa Pro L-Motor	JV5028	Nein	Ja	Ja ³	Ja
CaDa Servo	C61013	Nein	Ja	Ja ³	Ja
CaDa M-Motor	CJV5014	Nein	Ja	Ja ³	Ja
CaDa L-Motor	C61012	Nein	Ja	Ja ³	Ja
CaDa Micro Motor	?	Nein	Ja	Ja	Ja
Wange L-Motor	(88003)	Ja	Ja	Ja	Ja
Wange M-Motor	(8883)	Ja	Ja	Ja	Ja
Wange XL-Motor	(8882)	Ja	Ja	Ja	Ja

Tabelle 6: Kompatibilitätsübersicht

1 = Nur +90°/0/90° über Motor +100%/0/-100% Drehzahl (nicht mit Stufenregelung)

2 = Getestet mit BuWizz V2

3 = Ohne Drehmoment-Kompensation (Torque Compensation) und kein Power Functions Kompatibilitätsmodus

4 = Ohne Drehmoment-Kompensation (Torque Compensation)

Messung der Motordaten

Um die Motordaten zu ermitteln, habe ich mir eine kleine Box mit Power Functions Anschluss gebaut. Diese ermöglicht den Anschluss eines Labornetzteils sowie Multimeter zur Messung des Stroms und der Spannung. Mit dem Schalter kann ich die Kontakte für die Strommessung bei Bedarf überbrücken.



Abb 30: Meßbox für Power Functions Motoren

Die Drehzahlmessung erfolgte kontaktlos mit einem Laser-Drehzahlmesser. Direkt auf kleine Felgen oder direkt auf Achsenanschlüsse wurden hierzu zwei Reflektorstreifen aufgebracht, damit der Laser diese abtasten kann. Während der Messung muss der Taster am Meßgerät aus Sicherheitsgründen gedrückt werden – sobald man den Taster loslässt, wird der Laser abgeschaltet und die Messung beendet.



Abb 31: Reflektoren auf Felge und Messung

Für Drehmoment-Messungen habe ich leider noch kein Equipment. Hier wurde sofern vorhanden Angaben von den Herstellern übernommen. Entsprechende Messungen können aber bei einer Aktualisierung des Technic Checks nachgeliefert werden.

Fazit

Nur wenige Motoren kommen aus verlässlichen Quellen, daher sollte man die Produkte möglichst von einem Händler im eigenen Land beziehen, um Reklamationen einfacher zu bewältigen. Bei den Servo-Motoren gibt es wohl immer wieder Probleme, da die Rückstellung auf die 0° Position nicht korrekt erfolgt bzw. keine Zwischenpositionen eingenommen wird. Diese Servos sind eigentlich Motoren, die direkt bis 90°/-90° Anschlag fahren und keine Positionen einnehmen können. Wer sich Ärger ersparen möchte, meidet Ware unbekannter Hersteller. Zwei Firmen aus China heben sich beim Thema Power Functions Alternativen ab – CaDa und Wange. Diese Produkte bekommt man zudem auch bei lokalen Klemmbaustein-Shops oder bei CaDa direkt in deren Webshop.

CaDa Motoren sind aufgrund ihres internen Aufbaus (Entstör-Kondensatoren) zwar nicht kompatibel mit dem IR Empfänger von LEGO, aber mit allen alternativen Steuerbausteinen. Wange und Blue Brixx Motoren sind sowohl mit dem IR Empfänger als auch mit allen Steuerbausteinen kompatibel.

Auch alternative Hersteller in Europa wie BuWizz oder Brickengine nehmen sich dem Thema Motoren an und hier wird schon von Haus aus auf volle Kompatibilität mit LEGO gesetzt. Bei Zugmotoren wurde von Fx Bricks ein Eisenbahnmotor für 9V Metallgleise angekündigt, was insbesondere Freunde dieser Ära, aber auch Neueinsteigern Freude bereiten dürfte. Einzig Blue Brixx ist derzeit eine verlässliche Bezugsquelle, die Eisenbahnmotoren mit Power Functions Anschluss bietet. Zudem sind die Motoren von Blue Brixx auch kompatibel mit dem IR Empfänger von LEGO.

Power Functions ist noch lange nicht tot - schon allein deshalb, da sich über 13 Jahre einiges an Material bei den Fans angesammelt hat und bereits seit einigen Jahren alternative Steuerbausteine mit Bluetooth existieren – lange bevor LEGO den Schritt auf die mittlerweile bereits über 20 Jahre alte Technologie gewagt hat. Allerdings ist die Preisgestaltung für die Control+ Komponenten explodiert, was einige der bisherigen Käufer eher abschrecken dürfte. Bei 185% Preissteigerung eines Motors (z.B. der XL-Motor von ursprünglich 12 EUR wird nun satte 34,99 EUR) ist dies durchaus erklärbar – zumal sich auch in LEGO-Produkten Motoren aus asiatischer Fertigung befinden (z.B. Mabuchi). Zudem gibt es bei der Control+ Generation keinen echten Servo Nachfolger. Mindestens genauso dramatisch ist die Preisentwicklung für Power Functions Komponenten auf dem Drittmarkt. Zum Redaktionsschluss lag ein neuer Power Functions Servo bei rund 70 EUR, der einmal 25 EUR gekostet hat. Als Purist mag man sein letztes Hemd dafür hergeben, aber es gibt genügend Familien und Fans des Klemmbausteins bei welchen man auch auf den Geldbeutel schauen muss.

Auch Micro-Motoren sind wieder im Kommen – zumindest bei den alternativen Herstellern wie CaDa. Diese sind besonders interessant, da man damit auch in kleineren Modellen Bewegung ins Spiel bringen kann. Im 2x3 und 2x4 Format findet man auch No-Name-Vertreter bereits auf Aliexpress, wobei hier wieder Vorsicht geboten ist.

Da das Thema dynamisch ist und es sicherlich in Zukunft Bewegungen am Markt gibt, werde ich den Technic Check Nr. 3 immer wieder einmal aktualisieren.

Auf jeden Fall stehen Freunde der Power Functions Technologie nicht vor einem Loch und müssen zwangsweise auf die Nachfolge-Technologie umsteigen. Die Kombination aus alternativen

Steuerbausteinen und Motoren in Kombination mit Original LEGO Ware ist nach wie vor eine gute Lösung. Zudem ist es in der heutigen Zeit eine Frage der „Nachhaltigkeit“ funktionstüchtiges Material weiter zu verwenden und bei einem Generationswechsel nicht in den (Sonder)Müll zu werfen.

Bezugsquellen

<https://www.bluebrixx.com/> (CaDa und Wange Motorensets, eigene Motoren)

<https://www.brickengine.de/> (Brickengine Motor)

<https://www.freakware.de/> (CaDa Motoren einzeln oder im Set)

<https://www.klemmshop.de/> (CaDa Motoren einzeln oder im Set)

<https://www.frankensteins.de/> (CaDa Motoren einzeln)

<https://www.custombricks.de/> (CaDa Motoren einzeln)

<https://www.steingemachtes.de/> (CaDa Motoren einzeln)

<https://www.amazon.de/> und <https://www.aliexpress.com/> (CaDa und Wange Motoren)

<https://www.brickowl.de/> (Original LEGO Motoren neu/gebraucht)

<https://www.bricklink.com/> (Original LEGO Motoren neu/gebraucht)

Alternative Steuerbausteine für Power Functions

<https://buwizz.com/> (und der BuWizz Motor)

<https://www.fxbricks.com/>

<https://www.sbrick.com/>

Hinweise

Es wird darauf hingewiesen, dass die hier verwendeten Soft- und Hardware-Bezeichnungen sowie Markennamen und Produktbezeichnungen der jeweiligen Firmen im Allgemeinen Warenzeichen-, Marken- oder Patentrechtlichem Schutz unterliegen.

Der „Technic Check“ ist eine unabhängige Analyse und Darstellung von Produkten welche von den Herstellern nicht bezahlt wurde.

LEGO® ist eine Marke der LEGO Gruppe, durch die der vorliegende Beitrag weder gesponsert noch autorisiert oder unterstützt wird. Weitere Informationen [LEGO® Unser gutes Recht Fairplay](#).

Einige der hier gezeigten und besprochenen Lösungen sind keine Produkte der LEGO Gruppe.